

消防防災科学技術研究開発事例集 II

〈競争的研究資金制度 平成18・19年度 終了課題〉

平成21年3月

総務省消防庁

はじめに

近年の火災や災害については、平成 18 年 1 月に長崎県大村市において発生したグループホームにおける火災や平成 20 年 10 月に大阪市で発生した個室ビデオ店における火災、平成 19 年 7 月に発生した新潟中越沖地震における原子力発電所における火災、さらに、平成 20 年 6 月の岩手・宮城内陸地震における土砂災害など、特殊化・大規模化が著しい。これらは、大きく変化する社会構造やサービスに応じて発生したものもあり、消防に対して新たな対応を迫るものとなっている。また、発生の切迫性とその被害の深刻さが懸念される首都圏直下地震、さらに連動発生の可能性が指摘される東海・東南海・南海地震への災害防止や被害軽減のための対策など、消防に対しては、予防のための措置や災害発生後のファーストレスポンスとしての迅速かつ効果的な活動の実施が期待されている。このような国民の期待に応えるためには、消防防災科学技術に関する研究開発に積極的に取り組み、その成果を積極的に取り込むことにより高度で先進的な消防防災活動を実施することが極めて重要となっている。

このようなことを背景に、消防防災科学技術に関する研究開発については、平成 15 年度から消防防災科学技術の振興を図り、安心・安全に暮らせる社会の実現に資する研究を、提案公募の形式により、産学官において研究活動に携わる者等から幅広く募り、優秀な提案に対して研究費を助成し、産学官の連携を推進するとともに革新的かつ実用的な技術へ育成するための「消防防災科学技術研究推進制度」を実施している。本制度において、平成 20 年度までに 70 件の研究課題を採択しており、平成 19 年度までに 44 件の課題が終了した。この間、本制度を活用した研究課題が、内閣府（総合科学技術会議）等が主催する産学官連携功労者表彰において、平成 17 年度と 19 年度に総務大臣賞を受賞するなど、着実な成果をあげている。

本事例集は、消防防災科学技術研究推進制度における成果を、消防機関をはじめとする関係機関の方々に広く周知し、実際の消防防災活動における活用や実用化へ向けたさらなる研究につなげて頂くことを目的として取りまとめたものである。関係機関の方々におかれては、本事例集を消防防災に係る諸課題の解決に活用して頂くと共に、一層の消防防災科学技術の発展のために利用して頂きたいと考えている。

◆ 平成 17 年度 第 4 回産学官連携功労者表彰 総務大臣賞

水／空気2流体混合噴霧消火システムを用いた放水装備

研究担当者：野口真太郎 三菱重工業株式会社 横浜研究所鉄構研究室 研究員
金西猛 横浜市消防局消防訓練センター 研究開発課長
鶴田俊 独立行政法人消防研究所 特殊火災研究グループ長

都市の高層化に対応して、消火活動時の下階の水損被害を抑制するため、消火能力を維持しつつ、水の使用量を減少させる技術である。この技術により、消火ホースの小口径化や軽量化など操作性も向上した。三菱重工業による開発と（独）消防研究所による技術の科学的解析に、現場である横浜市消防局における事例分析と試験配備という3つの要素がそろって得られた研究成果である。



◆平成 19 年度 第 6 回産学官連携功労者表彰 総務大臣賞

少量型消火剤の開発と新たな消火戦術の構築

研究担当者：高橋 道夫 シャボン玉石けん株式会社 専務取締役
上江洲一也 北九州市立大学 教授
山家 桂一 北九州市消防局 防災対策部長

北九州市消防局の提案により、地元企業や大学との密接な産学官の連携体制を構築し、少量型消火剤の開発に成功した。シャボン玉石けん株式会社は、生分解性に優れた石鹼を界面活性剤として水に混ぜることにより表面張力を抑え、水滴化せず消火対象に広がり浸透しやすい消火剤を開発した。消火剤の環境負荷の小ささは、北九州市立大学の上江洲教授の水生生物を用いた環境毒性評価により確かめられた。この消火剤は、放水量を従来の約 17 分の 1 に低減させるだけでなく、消防車両や機材の小型軽量化により、消火活動の効率・機動性を増大させる新たな消火戦術の構築を可能にする等の様々なメリットがあり、安心・安全な社会作りへの貢献が期待できる。



本事例集の見方

本事例集は、平成 19 年 1 月に刊行された「消防防災科学技術研究開発事例集 I」の続編にあたるものであり、以下の二部構成となっている。

第一部 平成 18 年度と 19 年度終了課題の「総括票」及び「研究内容と成果」

第二部 平成 15 年度～17 年度終了課題のフォローアップであり、事例集 I がとりまとめられて以降に得られた成果等を加えた「総括票」

○第一部の総括票の構成は次のとおりである。

- ・ 研究実施期間
- ・ 配分額(研究実施各年度の競争的研究資金の配分額(契約額))
- ・ 研究代表者
- ・ 所属機関(研究代表者の所属機関)
- ・ 研究体制(研究に参加している機関の種別:産→民間企業等、学→大学等研究機関、官→消防機関等行政機関)
- ・ 研究概要
- ・ 研究成果の活用事例(研究成果を活用した事例又は活用を予定している事例)
- ・ 応用の方向性(今後、さらに研究を進めることによって期待される成果の活用)
- ・ キーワード(研究課題名に含まれないキーワードを記入)
- ・ 研究発表の状況等(学会、講演会、報道などへの発表の実績を記載してください。発表のタイトル、発表先(学会名・論文集の巻番号・ページ番号)、年月日などを記載)
- ・ 知的財産権の出願・登録状況等(本制度によって得られた成果が、特許・実用新案に申請されている場合は、その題名・申請・取得年月日などを記入)
- ・ 当該研究に対する今後の展開、意見等

○第二部の総括票は、第一部の総括票に加え以下の内容をフォローアップしている。

- ・ 特許や実用新案について(本制度によって得られた成果の、特許・実用新案への申請について)
- ・ 研究成果の応用例や製品化について(本制度によって得られた成果の応用例や製品化について)
- ・ 研究発表の状況等
- ・ 他の研究課題への波及

目次

第一部 平成18年度と19年度終了課題の成果

第1 防災情報通信システム等の高度化	3
1.1 土砂災害危険時の住民と消防本部との双方向情報支援システム	5
第2 住宅防火対策等の推進	11
2.1 分子認識による超高感度火災検知センサの開発	13
2.2 火災感知に影響を及ぼす天井流の流動性状と区画形状の相互作用	21
第3 防災力の向上	43
3.1 衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発	45
3.2 航空・衛星画像を用いた災害時における救助活動の阻害要因調査に関する研究	50
第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化	57
4.1 次世代防火服の開発	59
4.2 震災時等に建築物等の倒壊現場の瓦礫下(地下約 5m)に埋まった生存者 の有無及びその位置を迅速に特定するための手法の開発	65
4.3 救助支援型担架システムの開発	73
4.4 消防用多機能型ノズルの開発	79
4.5 消防緊急援助隊用電気温水装置の開発	82
第5 特殊災害対策の強化	89
5.1 多孔質珪質素材を用いた対原子力施設災害用放射線遮蔽材の開発	91
第6 危険物施設等の保安対策の充実	99
6.1 石油コンビナートのリスク評価・防災対策支援システムの開発	101
6.2 全面タンク火災消火支援用筏の開発に向けた実行可能性研究	107
6.3 浮屋根式タンクのスロッシング減衰装置の開発	113
第7 救急・救助業務の高度化	119
7.1 救急業務高度化データネットワークの開発	121
7.2 ヘリコプター救急体制の構築をもたらす社会的利益に関する定量的な研究	132
7.3 心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形の早期認知システムの開発	137
7.4 IC タグを使った救急搬送時の情報収集・伝達システムの開発	145
第8 環境への配慮	151
8.1 自然エネルギーを利用した林野火災用水利システム	153
第9 その他	159
9.1 消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究	161

第二部 平成15年度～17年度終了課題のフォローアップ

第1 防災情報通信システム等の高度化	179
1.1 防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発	179
第2 住宅防火対策等の推進	180
2.1 地下空間における避難と消防活動支援のための煙制御に関する研究	180
2.2 高齢化社会に対応した火災予防検知システムの開発	181
2.3 避難安全の高度化を目的とした避難者タイプの設定とその適用に関する研究	184
2.4 防災のための高信頼性ガスセンサの開発	185
第3 防災力の向上	186
3.1 豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム	186
3.2 地域防災体制のための心理学的プログラムの構築	187
3.3 参加型救命設計システムの構築と実践	191
第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化	193
4.1 障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究	193
4.2 消火設備を考慮した火災性状予測ツールの構築	194
4.3 複合センサによる消防隊員の携帯型位置特定システム	196
4.4 2流体ノズル PAG を用いた水損低減型消火システムの開発研究	197
4.5 防災観測機システムの開発	198
4.6 地下浸水時の避難・救助システムに関する研究	200
第5 特殊災害対策の強化	202
5.1 大容量泡放射システムにおける吸水設備の研究	202
第6 危険物施設等の保安対策の充実	203
6.1 セルフスタンドにおける顧客の静電気を主因とする防火対策に係る研究	203
6.2 津波による石油タンクの被害予測手段に関する研究	204
6.3 大型タンクの地震時スロッシングの予測と制御	205
6.4 廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス発生危険度評価手法の構築	206
第7 救急・救助業務の高度化	207
7.1 レスキュー工学の構築を目指した啓発活動のための核心的企画研究	207
7.2 消防・危機管理用具の性能に関する研究	209
7.3 救急需要に関する研究	210
第8 環境への配慮	211
8.1 環境に配慮した一般火災用消火剤の開発	211
第9 その他	213
9.1 消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究	213

第一部 平成 18 年度と 19 年度終了課題の成果

第1 防災情報通信システム等の高度化

第1 防災情報通信システム等の高度化

1.1 土砂災害危険時の住民と消防本部との双方向情報支援システム

研究実施期間	平成 16 年度～平成 18 年度
配分額(千円)	1,978(平成 16 年度)、2,506(平成 17 年度)、1,275(平成 18 年度)
研究代表者	水田敏彦
所属機関	秋田工業高等専門学校
研究体制	学・官
研究概要	本研究は,土砂災害の防災・被害軽減化に貢献する,市民・消防本部・自治体間の双方向情報支援システムの実現が目的である。まず,地域性を反映させた,確度の高い新たな斜面崩壊危険度評価法を開発する。次に,消防本部が現場住所の不明な災害通報を受けた際,聞き出した地物情報より場所を特定できるシステムを開発する。最後に,別途開発したシステム(土砂災害時空間情報公表システム,災害現場情報迅速収集システム,全庁統合型時空間地理情報システム)と新規開発システムを接続させ,従来市民・消防本部・自治体間で断片化傾向にあった土砂災害情報の共有を可能にし,平常時の自治体による危険箇所確認・修復,警戒時の住民による主体的な危険判断,災害発生時における消防本部の迅速な対応を支援するシステムを構築し,図上訓練実験により有効性の評価を行った。
研究成果の活用事例	双方向情報支援システムのペーパープロトタイプを作成し,自治体や消防本部の職員等を交えた図上実験を行った。図上実験にペーパープロトタイプテスト形式を採用することで,システム仕様の改善を容易に行えるようにした。テストの結果,情報更新状況のポップによる表示や,差分更新データの検査とクリーン化,アクセスされた履歴(足跡)の表示等の要求が出された。
応用の方向性	図上実験の結果,風水害の被害もリアルタイムに予測して欲しいとの要望が出た。また,防災教育の計画立案や方法を検討するための,一つのツールになるのではないかと考えられる。
キーワード	防災情報システム 斜面崩壊危険度 災害現場絞込 時空間 GIS 秋田県
研究発表の状況等	1) 浅野耕一・小笠原茂宏・小川淳二・水田敏彦・角本繁:時空間情報のWeb配信による地域防災力の向上に関する研究—その 1.土砂災害情報を事例としたシステムの検討と試作,地域安全学会梗概集,第 14 号,pp.89-90,2004 年 5 月 2) 小笠原茂宏・浅野耕一・水田敏彦・小川淳二:時空間WebGISの開発と一般向け災害情報システムへの応用—時空間情報システムと自治体・防

	<p>災情報環境の構築(4)ー,第 13 回地理情報システム学会講演論文集,pp.241-244,2004 年 10 月</p> <p>3) <u>水田敏彦・浅野耕一</u>:インターネットを活用した土砂災害情報提供システムの検討と試作,日本地震工学会大会梗概集,pp.460-461,2005 年 1 月</p> <p>4) <u>菅原達哉・水田敏彦・浅野耕一</u>:消防防災活動支援のための土砂災害情報システムの検討と試作ーその 1 データベースの構築と斜面崩壊危険度予測ー,日本建築学会大会学術講演梗概集B構造 II ,pp.645-646,2005 年 9 月</p> <p>5) <u>水田敏彦・浅野耕一・北野寛二</u>:消防防災活動支援のための土砂災害情報システムの検討と試作ーその 2 土砂災害情報処理と災害現場高速絞り込み検索システムの開発ー,日本建築学会大会学術講演梗概集B構造 II ,pp.647-648,2005 年 9 月</p> <p>6) <u>水田敏彦・浅野耕一</u>:土砂災害情報をリアルタイムに算出するシステムの開発ー消防防災活動支援のための土砂災害情報システムの構築(1),地理情報システム学会講演論文集,pp.489-492,2005 年 10 月</p> <p>7) <u>浅野耕一・水田敏彦・北野寛二・三浦常男</u>:時空間GISを用いた緊急通報現場特定支援システムの検討と試作ー消防防災活動支援のための土砂災害情報システムの構築(2),地理情報システム学会講演論文集,pp.493-496,2005 年 10 月</p> <p>8) <u>水田敏彦</u>:地震後の降雨による斜面崩壊危険度に関する基礎的研究ー数値標高モデルに基づく検討ー,東北地域災害科学研究,pp.115-120,第 42 卷,2006 年 3 月</p> <p>9) <u>浅野耕一・水田敏彦</u>:消防防災活動支援のための土砂災害情報システムの検討と試作 (その 3 土砂災害時空間情報公表システムの試作),日本建築学会大会学術講演梗概集A防火 海洋 情報システム技術,pp.493-494,2006 年 9 月</p> <p>10) <u>Toshihiko MIZUTA and koichi ASANO</u>:Two-Way Information Support System Between Residents and Fire Headquarter in Case of Landslide Disaster,Proceedings of First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, CD-ROM, 2006.9</p> <p>11) <u>水田敏彦・菅原達哉</u>:数値標高モデルに基づく豪雨によるリアルタイム斜面崩壊危険度予測システムの開発ー秋田県を事例対象としてー,地域安全学会論文集, No.8, pp.7-14, 2006 年 11 月</p> <p>12) <u>Toshihiko MIZUTA and koichi ASANO</u>:Study on disaster information linkage between Fire Headquarters and Local government -A case study for landslide disaster-, Proceedings of Fourth International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo, Japan, pp.519-526, 2007.3</p> <p>13) <u>水田敏彦・浅野耕一</u>:土砂災害危険時の消防本部と自治体間の双方向情報支援システムの開発,東北地域災害科学研究,pp.91-96,第 43 卷,2007 年 3 月</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>今後は、リアルタイム斜面崩壊危険度予測結果の妥当性を検討すること。一概に斜面崩壊といっても相当の多様性がありうるものと思われるので、斜面における雨量や土質資料が少ない現地点においては、データの活用法およびその妥当性については、今後更なる検討が必要である。また、災害情報連携を前提とした災害対応シナリオを作成し、必要に応じて改良を施しつつ、県と市町村における地域防災計画への適用も検討する計画である。これらの情報は、現在進行中の秋田県防災情報センターシステムを実現するための基盤技術として反映させる計画である。</p>

土砂災害危険時の住民と消防本部との双方向情報支援システム

○水田敏彦¹・浅野耕一²・三浦 常男³
Toshihiko Mizuta, Koichi Asano and Tsuneo Miura

研究課題の要旨: 本研究は、土砂災害の防災・被害軽減化に貢献する、市民・消防本部・自治体間の双方向情報支援システムの実現が目的である。まず、地域性を反映させた、確度の高い新たな斜面崩壊危険度評価法を開発する。次に、消防本部が現場住所の不明な災害通報を受けた際、聞き出した地物情報より場所を特定できるシステムを開発する。最後に、別途開発したシステム（土砂災害時空間情報公表システム、災害現場情報迅速収集システム、全庁統合型時空間地理情報システム）と新規開発システムを接続させ、従来市民・消防本部・自治体間で断片化傾向にあった土砂災害情報の共有を可能にし、平常時の自治体による危険箇所確認・修復、警戒時の住民による主体的な危険判断、災害発生時における消防本部の迅速な対応を支援するシステムを構築し、図上訓練実験により有効性の評価を行った。

キーワード: 防災情報システム、斜面崩壊危険度、災害現場絞込、時空間GIS、秋田県

1. はじめに

本研究は、図1に示すような土砂災害の防災・被害軽減化に貢献する、消防本部・自治体・地域住民間の、双方向的な情報支援システムの実現が目的である。灰色部分は、秋田県庁・由利本荘市役所と共同で研究が進められ、導入が検討されているシステムである。黒色部分が、本研究で新規に開発したシステムである。これらが接続される事で、土砂災害に対する防災力は飛躍的に向上する。

土砂災害時空間情報処理システムは、筆者らが携わってきた、斜面危険度評価法と時空間地理情報システム(時空間GIS)を発展させ、危険度推定精度を高める事で、従来は不可能だった土砂災害危険情報の市民や消防本部へのリアルタイムな提供を可能にする。また、地震や降雨等、複数の要因による相乗効果を考慮し、従来の単一の要因のみに依る評価法では見落とされる危険を回避する一方、過去に斜面崩壊が発生した区域は危険度が下がるため、全ての既往土砂災害情報を時空間GISにより統合・分析し“本当に危険な区域”のみに絞り込みを行う。

緊急通報現場特定支援システムは、携帯電話やIP電話等、発信場所が特定できない電話からの通報で、且つ通報者が現在位置を住所等で表現出来ない場合、周辺地物を聞き出す事で、通報位置を特定することができる。バス停の名称や電柱番号等、各場

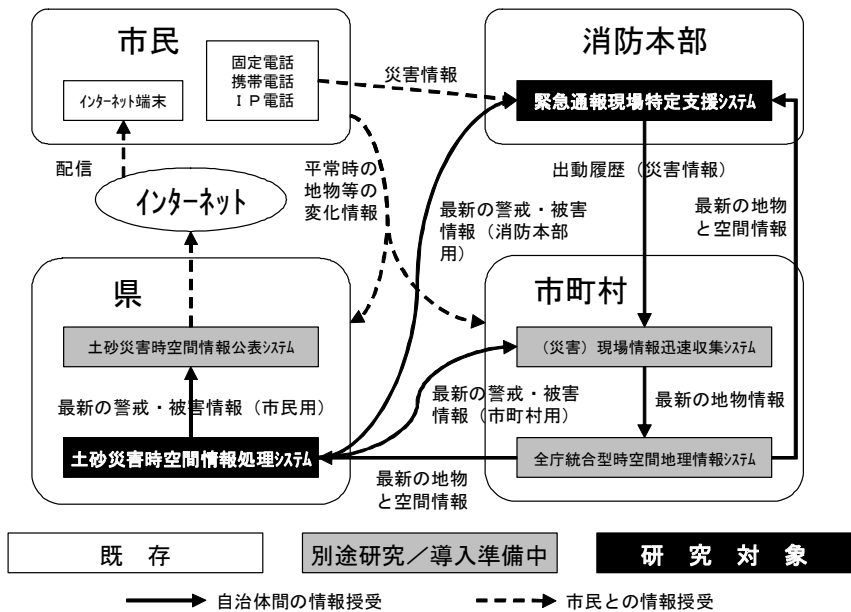


図1 土砂災害情報双方向支援システム

所に特有な情報を使った事例はあるが、本システムでは、地物の種別だけから場所を絞り込む事も可能にする。また、土砂災害時空間情報処理システムが提供する土砂災害危険度予測の時空間情報を現場の絞り込みに応用することが可能になる。これにより土砂災害発生への通報に対し、現場特定が難しい山間部であっても、到着時間を短縮し、人命救助等に貢献できる。

本研究の実施により、市民・消防本部・自治体間で断片化傾向にあった土砂災害情報を共有させ、平常時の自治体による危険区域の確認や危険箇所修復、災害警戒時の住民による主体的な危険判断、災害発生時における消防本部の迅速な対応を支援できるシステムを提示できるようになる。

(所属機関名)

- 1 秋田工業高等専門学校 環境都市工学科
- 2 秋田県立大学 建築環境システム学科
- 3 由利本荘市消防本部

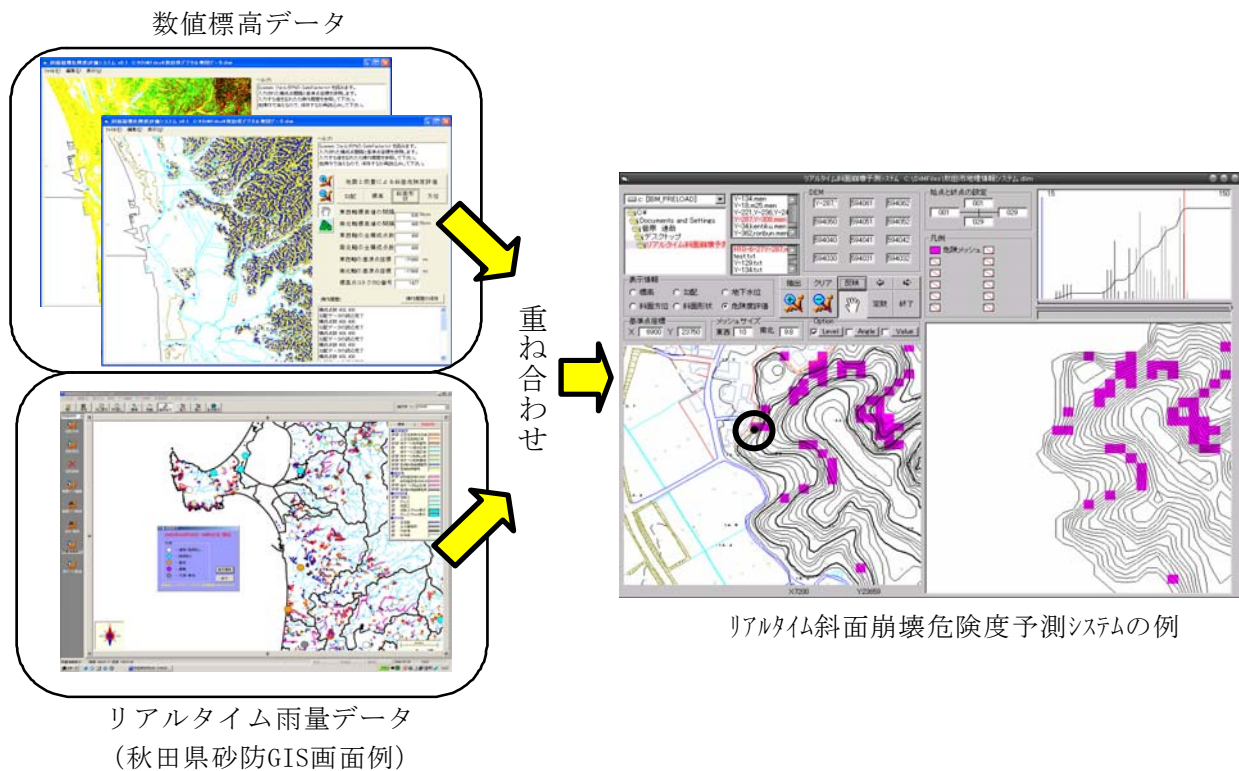


図2 土砂災害情報をリアルタイムに算出するシステムの概要

2. 土砂災害時空間情報処理システム

秋田県建設交通部河川砂防課では、県下 40 雨量局の雨量観測情報を、専用回線により即時的に市町村の砂防関係機関へ提供している。この状況を活かし、実際の砂防雨量観測データの即時性を持った取り込みと利活用を行った。

土砂災害時空間情報処理システムは、土砂災害危険情報をリアルタイムに算出することで、従来は不可能だった土砂災害危険情報の消防本部へのリアルタイムな提供を可能にする。必要な土砂災害情報としては、図2に示されるようなリアルタイムな斜面崩壊危険度予測システムを作ることが望まれる。そこで、秋田県砂防課の雨量観測システムに接続することで、実際の雨量観測データを利用した土砂災害危険情報をリアルタイムに算出するシステムを試作した。このシステムは既往の斜面崩壊危険度評価法¹⁾を基に、標高、勾配、斜面方位、斜面形状、およびリアルタイム地下水位、リアルタイム斜面崩壊危険度評価を行うことができる。また、雨量のリアルタイムデータ(図右上)と、勾配等 DEM に基づく地形データとを重ね合わせることで、DEM から描画される等高線と共に地下水位およびリアルタイム危険度評価結果を表示することができる(図右下)。さらに、これらの評価結果は1/2、500 都市計画図上に反映することができる(図左下)。因みに、都市計画図上の○は既往土砂災害発生箇所であり、この土砂災害が発生した時間の降雨データを入力

し、危険度評価を行ったところ、斜面崩壊の発生が再現されている。

3. 緊急通報現場特定支援システム

緊急通報現場特定支援システムは、土砂災害情報リアルタイム算出システムの試作結果を踏まえ、土砂災害を含む、消防への緊急通報に対し、事故/災害現場の特定を支援する事を目的としたシステムである。

3.1 災害現場高速絞込検索システムの開発

災害現場高速絞込検索システムの試作にあたって、由利本荘市消防本部の職員3名(うち1名は本研究分担者)と、現在の通報への対応状況を踏まえ、システムに要求される機能を検討した。主な内容は以下の通りである。

- 消防本部への電話による通報は、まだ固定電話が主流ではあるが、近年、発信場所の特定が難しい携帯電話の比率も増え、対応策が求められる。
- 電話回線から発信場所が特定できない場合は、住所や近隣の施設名等を通報者より聞き出す方法が主流だが、最近作られたアパート名を言われても、手元に資料が無く、場所の特定に役立たない場合がある。
- 通報者が、場所を明確に伝えられない場合も少なくない。その場合は、近くに見える地物の一般名称(タクシー標識等)や、路上からの通報の場合は、どこから来たのか経路を訪ねる事で場所を特

定する事になる。

- ・通報システムには、基本的に2名体制で応じるが、1人の場合もあり得るため、1人で操作できる事も求められる。将来的には、専従の職員を置く予定なので、その場合は、専門能力が求められる操作の実装も前提にできる。

以上を踏まえ、携帯電話やIP電話等、発信場所が特定できない電話からの通報で、且つ通報者が現在位置を住所等で表現できない場合、周辺地物を聞き出すことで、災害発生箇所を高速絞込検索するシステムを試作した。図3に災害現場高速絞込検索システムの例を示す。地物は郵便ポスト、バス停留所や自動販売機等12種類から構成されている。また、通報現場の特定にあたり、周辺状況による改まった確認が必要な場合、GISと連係した現地の画像やQuickTimeVRムービーを起動し、映された内容を通報者に確認する事で、位置を特定できるようにした。図4に画面例を示す。消防実務者の意見としては、QuickTimeVRのパン操作は、緊急通報時に馴染まないとの意見であったが、タッチパネル操作に変え、且つ地図上でどちらを見ているか図示するよう改良した結果、有効との評価を得た。

3.2 土砂災害危険情報リアルタイム共有機能

土砂災害の特徴の一つは、住民による自助・共助が困難な事であり、迅速な救助や避難誘導が求められる。ただし火災や交通事故と異なるのは、発生し得る場所をあらかじめ絞り込んでおけることである。本システムでは、住所・施設名・地物情報・経路による検索に加え、砂防三法と土砂災害防止法により設定された各種危険／警戒区域、および2章で試作した土砂災害情報リアルタイム算出システムにより得られる斜面崩壊危険エリア情報を共有し、土砂災害の通報に対して検索対象に加えられるようにした。また、緊急通報現場特定支援システムの操作履歴から、実際に発生した災害情報を市町村の災害現場情報迅速収集システムに配信するようになっている。

4. まとめ

本研究では、土砂災害を対象に、災害発生時における消防本部の迅速な対応を支援するシステムを検討し、試作を行った。今後は、リアルタイム斜面崩壊危険度予測結果の妥当性を検討すること。斜面崩壊といっても相当の多様性がありうるものと思われるので、斜面における雨量や土質資料が少ない現地点においては、データの活用およびその妥当性については、今後更なる検討が必要である。また、災害情報連携を前提とした災害対応シナリオを作成し、必要に応じて改良を施しつつ、地域防災計画への適用も検討したいと考えている。

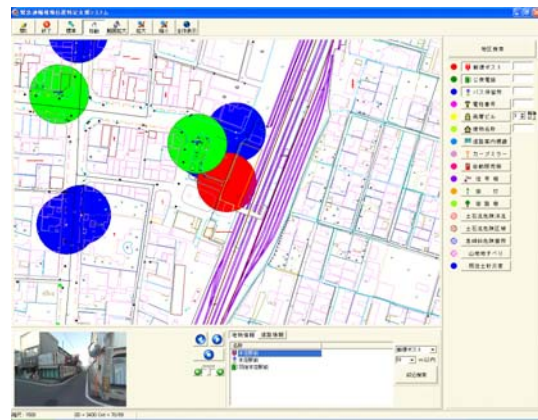
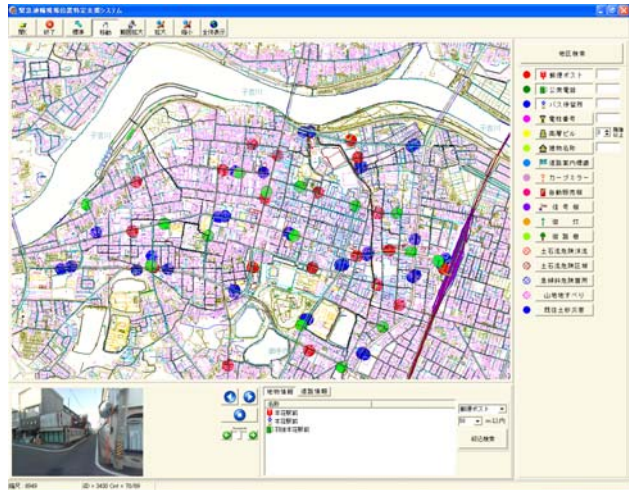


図3 災害現場高速絞込検索システムの例
(上：地物情報の検索結果
下：場所を絞り込んだ例)



図4 現場確認用映像の表示例
(画面左下に表示された画像に対するパン操作に合わせ、視野を示した地図中の扇形が回転する)

【参考文献】

- 1) 沖村孝・市川龍平：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法、土木学会論文報告集、No. 358、pp. 69-75、1985年

第2 住宅防火対策等の推進

第2 住宅防火対策等の推進

2.1 分子認識による超高感度火災検知センサの開発

研究実施期間	平成 16 年度～平成 18 年度
配分額(千円)	20,020(平成 16 年度)、19,319(平成 17 年度)、16,640(平成 18 年度)
研究代表者	都甲 潔
所属機関	九州大学
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>火災による被害を最小にするためには、火災の初期段階における環境変化を速やかに検知できる確実性が高い火災発生および予兆の判断システムを構築する必要がある。そのために、火災の初期段階において発生する化学物質、異常な匂いを高感度に検知するセンサとその応用システムの開発を進めた。その結果、初期火災時に発生するアンモニア、アルデヒド類、ベンゼン類などの異臭をその分子構造によって検知する高感度センシングを実現した。また、火災時に発生する水素などの還元性ガスと焦げ臭などを認識し、識別するソフトウェアを開発した。センサにより検知された異臭はその発生源を探知することが必要であるが、そのようなアクティブセンシングを行うロボットと探知アルゴリズムを開発した。</p> <p>以上の成果を基に、匂いセンサシステムを搭載した火災予兆探知ロボットの試作を行い、フィールド実験に成功した。</p>
研究成果の活用事例	開発したセンサと判断アルゴリズムを搭載した火災予兆探知ロボットの試作を行った。製品化は未定。
応用の方向性	探知ロボット、据え置き型センサ、さらに広く安全安心を守るセンサとして応用が可能。
キーワード	火災予兆探知ロボット、匂いセンサ、焦げ臭、異臭、アクティブセンシング
研究発表の状況等	<p>【論文・著書】</p> <p>1) 南戸, 竹井, “火災早期発見のためのニオイセンサシステムの開発”, 「超五感センサの最前線」, エヌティーエス, pp.189-196(2005).</p> <p>2) 石樽, 竹井, 山ノ口, 南戸, 笠原, 大藪, “火災早期発見のためのガスセンサシステムの開発”, Chemical Sensors, Vol.21, B, pp.130-132(2005).</p> <p>3) 石樽, 浅田, 竹井, 山ノ口, 南戸, 鈴木, 小林, “ニオイセンサアレイを用</p>

	<p>いた火災源探知システムの開発”, 日本味と匂学会誌, 12, pp.291-294 (2005).</p> <p>4) Y. Takei, T. Tashiro, H. Nanto, H. Kasahara, Y. Iwasaki, T. Oyabu, K. Toko, “ Odor sensor system for early fire detection and Its application to utility mobile robot”, Eleventh International Symposium on Olfaction and Electronic Nose-ISOEN’05, 334-239 (2005).</p> <p>5) M. Matsufuji, K. Masunaga, K. Hayashi, K. Toko, “ Detection of aldehydes using siliver mirror reaction, Sens. Materials”, 6, 329-338 (2006).</p> <p>6) S. O. Korposh, N. Takahara, J. J. Ramsden, S.-W. Lee, T. Kunitake, “Nano-assembled thin film gas sensors. I. Ammonia detection by a porphyrin-based multilayer film”, J. Biolog. Phys. Chem., 6, 125-132 (2006).</p> <p>7) 中川, 南戸, “セキュリティ分野におけるセンシング技術5”「自然空間におけるセキュリティとセンシング」, 電気学会誌, 126, 24-27 (2006).</p> <p>8) 浅田, 石樽, 竹井, 南戸, 大藪, 小林, “アレイ型半導体ガスセンサを用いた匂い源探索ロボットの開発”, 日本味と匂学会誌, 13, 529-532 (2006).</p> <p>9) 竹井, 岩崎, 吉栄, 大藪, 南戸, 林, 高本, 都甲, “匂いセンサ搭載ロボットの研究・開発”, AROMA RESEARCH , 8, 374-379 (2007).</p> <p>【講演・発表】</p> <p>1) 田代, 竹井, 参沢, 笠原, 岩将, 笠原, 岩崎, 大藪, 南戸 “防災用ガスセンサアレイの開発と火災探知ロボットへの応用”, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 2004.12.</p> <p>2) T. Takei, T. Tashiro, H. Nanto, H. Kasahara, S. Iwasaki, T. Oyabu, K. Toko, “ Odor sensor system for early fire detection and its application to utility mobile robot”, ISOEN2005, Spain, 2005.4.</p> <p>3) 松藤, 益永, 永田, 岩倉, 林, 都甲, “アルデヒド類の高感度・高選択検出方法の開発”, 平成17年度電気学会センサ・マイクロマシン準部門総合研究会, CHS05-11 (2005).</p> <p>4) 松藤, 益永, 林, 都甲, “銀鏡反応によるアルデヒド類の高感度検出”, 電気学会ケミカルセンサ研究会, CHS05-25 (2005).</p> <p>5) 石樽, 田代, 竹井, 参沢, 南戸, 大藪, 笠原, 岩崎, “ガスセンサアレイを用いた火災の認識”, 平成17年度電気学会センサ・マイクロマシン準部門総合研究会, CHS05-5 (2005).</p> <p>6) 石樽, 竹井, 山ノ口, 南戸, 笠原, 岩崎, “ガスセンサアレイを用いた早期火災検知”, 電気学会ケミカルセンサ研究会, CHS-05-19 (2005).</p>
--	--

	<p>7) 石樽, 竹井, 山ノ口, 南戸, 笠原, 岩崎, “ガスセンサアレイを用いた早期火災検知”, 電子情報通信学会技術研究報告会—有機エレクトロニクス研究(東京),2005.9.6.</p> <p>8) 石樽, 竹井, 山ノ口, 南戸, 笠原, 大藪, “火災早期発見のためのガスセンサシステムの開発”, 第40回化学センサ研究会, 2005.9.9.</p> <p>9) 石樽, 浅田, 竹井, 南戸, 鈴木, 小林, 大藪, “火災源探知システムの開発”, 電気学会ケミカルセンサ研究会, CHS05-26 (2005).</p> <p>10) 石樽, 浅田, 竹井, 山ノ口, 南戸, 鈴木, 小林, “ニオイセンサアレイを用いた火災源探知システムの開発”, 日本味と匂学会第39回大会, 2005.9.27.</p> <p>11) 高原, 李, 国武, “有機・無機ナノ複合化を利用した高感度匂いセンサ薄膜の設計”, 電気化学会秋季大会 (2006)</p> <p>12) 東野, 沢田, 大藪, 新保, 石樽, 竹井, 南戸, 都甲, “タバコ燻焼火災に対するガスセンサ特性”, 電気学会ケミカルセンサ研究会, CHS-06-5, pp.17-21 (2006)</p> <p>13) 新保, 石樽, 東野, 沢田, 大藪, 南戸, 都甲, “複数ガスセンサによる火災源種と位置の同定”, 第41回化学センサ研究会, (2006).</p> <p>14) 東野, 沢田, 大藪, 新保, 石樽, 竹井, 南戸, 都甲, “タバコ燻焼火災に対するガスセンサ特性”, 2006年度電気学会E部門総合研究会 (2006).</p> <p>15) 浅田, 石樽, 竹井, 南戸, 大藪, 小林, “アレイ型半導体ガスセンサを用いた匂い源探索ロボットの開発”, 平成18年度日本味と匂学会第40回記念大会 (2006).</p> <p>16) S. Sawada, T. Oyabu, T. Shinbo, Y. Takei, H. Nanto, Y. Toko, “Gas sensor characteristics for smoldering fire caused by a cigarette smoke”, The 11th International Meeting on Chemical Sensors (Held at Brescia) (2006).</p> <p>17) Y. Takei, T. Asada, D. Ishigure, H. Nanto, T. Oyabu, K. Toko, “Early fire detection and odor source detection using MOS-type gas sensor”, The 57th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (held at Edinburgh, UK) (2006).</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	ロボットに搭載するセンシングシステムの広い展開の可能性を見いだすことができた。今後はロボットも含めたアクティブなセンシング, センサネットワークとしての展開を考えている。

分子認識による超高感度火災検知センサの開発

○都甲 潔¹・林 健司¹・岩倉宗弘^{1*}・小野寺 武¹・南戸秀仁²・竹井義法²・参沢匡将^{2**}・大藪多加志³・笠原 浩⁴・吉栄康城⁴・岩崎幸代⁵・李 丞祐⁶・山本敏明⁷

Kiyoshi Toko, Kenshi Hayashi, Munehiro Iwakura, Takeshi Onodera, Hidehito Nanto, Yoshinori Takei, Tadanobu Misawa, Takashi Oyabu, Hiroshi Kasahara, Yasuki Yoshie, Yukiyo Iwasaki, Lee Seung Woo, and Toshiaki Yamamoto

研究課題の要旨：火災による被害を最小にするためには、火災の初期段階における環境変化を速やかに検知できる確実性が高い火災発生および予兆の判断システムを構築する必要がある。そのために、火災の初期段階において発生する化学物質、異常な匂いを高感度に検知するセンサとその応用システムの開発を進めた。その結果、初期火災時に発生するアンモニア、アルデヒド類、ベンゼン類などの異臭をその分子構造によって検知する高感度センシングを実現した。また、火災時に発生する水素などの還元性ガスと焦げ臭などを認識し、識別するソフトウェアを開発した。センサにより検知された異臭はその発生源を探知することが必要であるが、そのようなアクティブセンシングを行うロボットと探知アルゴリズムを開発した。以上の成果を基に、匂いセンサシステムを搭載した火災予兆探知ロボットの試作とフィールド実験に成功した。

キーワード： 火災予兆探知ロボット、匂いセンサ、焦げ臭、異臭、アクティブセンシング

1. はじめに

人は五感を総動員して周囲の異常や危険を感知している。そのような危険を察知する感覚として嗅覚は優れた能力を持っている。嗅覚はその高い検知感度によって空気中に含まれる化学成分のわずかな変化を捉え、我々を取り巻く環境に関する情報を与える。例えば、食品に含まれる腐敗臭やカビ臭に対して嗅覚は特に高い検知感度を持っており、口にすると食品が健康に悪影響を与える可能性を知り、摂取することを未然に防ぐ。熱によって発生する様々な化学物質も我々は高感度に検知することができ、熱によって起こる様々なダメージ、災害を早期に察知できる。このように匂いを使った危険探知は高い可能性を持っている。

火災による被害を最小にするためには、火災の初期段階における環境変化を速やかに検知できる火災予兆判断システムを構築する必要がある。そのために、火災の初期段階において発生する有香の化学物質の分子構造を認識し、超高感度で検出するセンサ開発を進めた。また、火災時に発生する水素などの還元性ガスと焦げ臭などの異臭を認識するソフトウェア開発を行った。さらに、これらの匂いセンサを搭載した火災予兆探知ロボットの開発を行った。

2. 火災時の異臭センシングデバイスの開発

火災時に発生する異臭を検知するためのセンサ開発では発生する匂い分子の特徴を認識するセンサについて研究を行った。まず、初期段階で発生する可能性があるガスに関する調査を行い、一酸化炭

素、水素、アルデヒド類、アンモニア類、ベンゼン・フラン類、有機酸を sub ppb オーダーで検出することをセンサの目標値と定めた。火災により発生するこれらの特定の化学物質に対して感度があるガスセンサと分子認識能を持つ高感度匂いセンサの開発を行った。

分子認識型センサでは有機・無機ナノ複合分子認識膜あるいは特異的化学反应を用いたセンサデバイスの開発を行った。

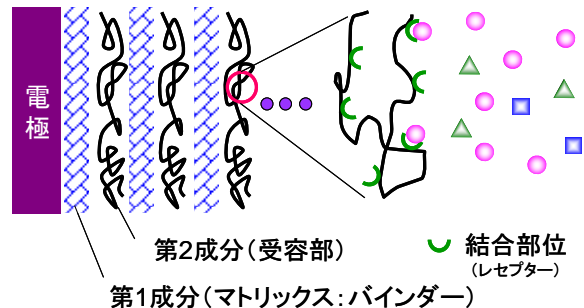


図. 1 分子認識膜の構造

図1に分子認識膜の例を示すが、電極上に形成された人工のレセプターを持つ多層の薄膜構造となっている¹⁾。レセプター部位は、例えば、分子鑄型法による自己組織化分子認識ホスト薄膜を持つナノ構造である¹⁾。作成したセンサ表面は火災時に発生するベンゼン類やアンモニア類に高感度・高選択性を持っており、異臭による高感度な早期火災発見を可能とするセンサとなり得る(図2)。また、典型的な焦げ臭であるアルデヒド類に選択性を持つトレンス試薬反応(銀鏡反応)を検出部とする図3

(所属機関名)

- 1 九州大学大学院 システム情報科学研究院
- 2 金沢工業大学 大学院工学研究科
- 3 金沢星稜大学 大学院地域経済システム研究科
- 4 新コスモス電機株式会社

- 5 株式会社 テムザック
- 6 北九州市立大学 国際環境工学部
- 7 北九州市消防局
- * (現)九州計測器株式会社
- ** (現)東京理科大学

に示す構造を持つ新規な電気化学的センシング方式の研究を行い、アルデヒドの高感度な検出原理を構築した²⁾。

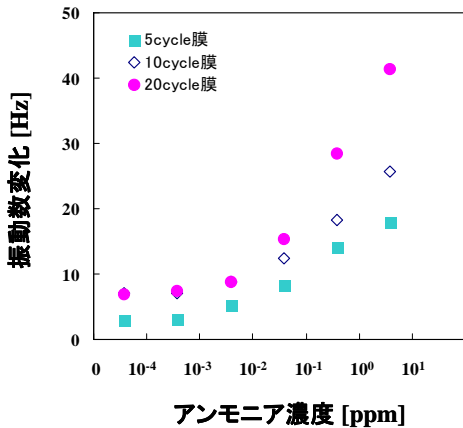


図. 2 分子認識膜によるアンモニアの高感度検出

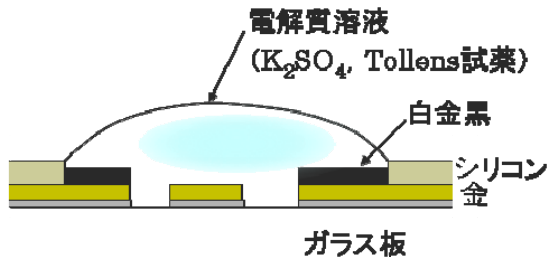


図. 3 電気化学的反応によるアルデヒドの特異的検出

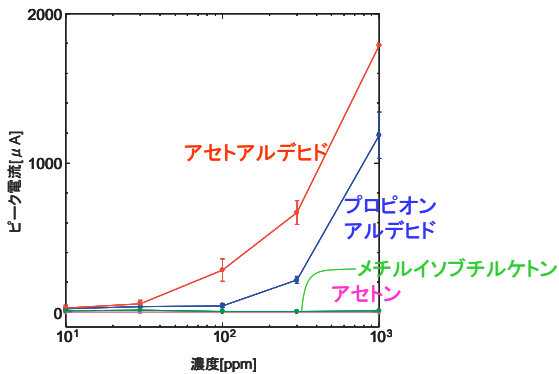


図. 4 銀鏡反応センサによるアルデヒド類の選択的検出

この検出方式では図4に示すように、アルデヒドに類似構造を持つアセトンなどの環境臭の中でもアルデヒド類の選択的検出が可能である。このように分子鑄型法や電気化学センサによりアルデヒド類、アンモニア、ベンゼン類などを選択的かつ高感度に検出することができることを確認した。

さらに、分子認識膜である酸化チタンゲル膜を用いた QCM (Quartz Crystal Microbalance) 型のセンサ

では、匂い物質が分子認識膜に吸着することにより生じる質量変化を高感度に検知する。分子認識膜 QCM 型センサでは実際に燻煙への大きな応答が確認でき、火災時の異常臭の検知が可能であった(図5、図6)。

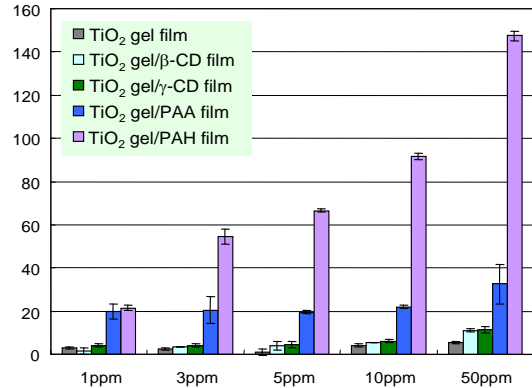


図. 5 杉燻煙ガスの分子認識型QCM測定

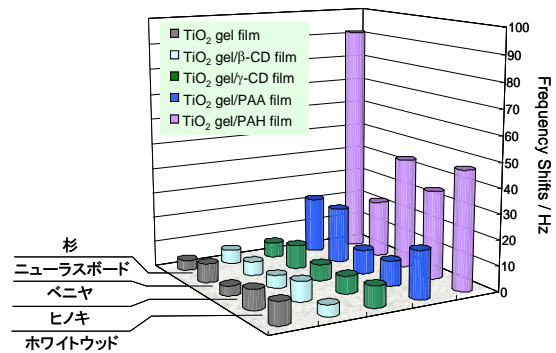


図. 6 各種建材への分子認識センサの応答プロファイル

この分子認識膜を複数種類用いた QCM センサでは各種建材に対する応答の違いも得られ、後述する火元の特定、異なる火元の包括的検出を可能とする匂い識別のためのマルチチャンネルセンサとしても用いることができる。

以上の研究成果より、火災発生に特有のガスを検知するセンサを匂いセンサと組み合わせることが重要であり、目標達成のためには家屋内、工場、事業所、公共施設など様々な環境中に存在する匂いと火災により発生するガス・異常臭を認識・識別するセンサシステム開発が必要不可欠であることを明確にした。

3. 火災時の異臭検知アルゴリズムと匂い源探知

人の嗅覚は複数の匂い物質を複数の匂い受容細胞によって検知し、その分子の特徴を脳において識別している。同様に匂いセンサにおいても化学物質への感度特性が異なる複数種類のセンサを用いた

センシングシステムが必要となる。このような嗅覚が行っているような匂い識別を代替するようなセンサシステムとセンサ信号処理、匂い識別アルゴリズムについて開発を行った^{3,4)}。

ここでは、匂いの検知感度や識別能力には劣るが、耐久性や信頼性が高い半導体ガスセンサを用いて異臭の検知アルゴリズム構築と匂い源探知を行った。検知システム開発においては、タバコや加熱セルロース、ナイロンなどから発生するガス（主に水素ガス）と外乱となる整髪料や香水などの日常臭とを識別・判断するシステムを構築し、ガスセンサと匂いセンサによる火種の選択的検知が可能であることを示した（図7）。

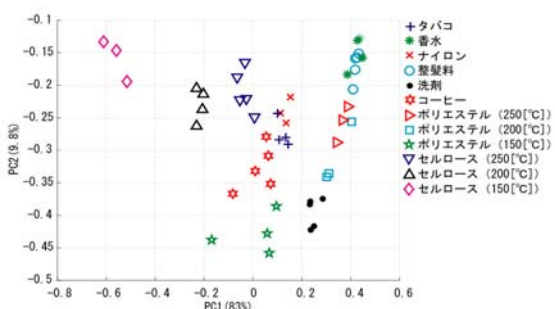


図. 7 半導体ガスセンサによる環境臭と燃焼時発生ガスの識別

さらに、センサ信号処理プログラムと匂いの種類を識別する判断アルゴリズムを構築した（図8、図9）。

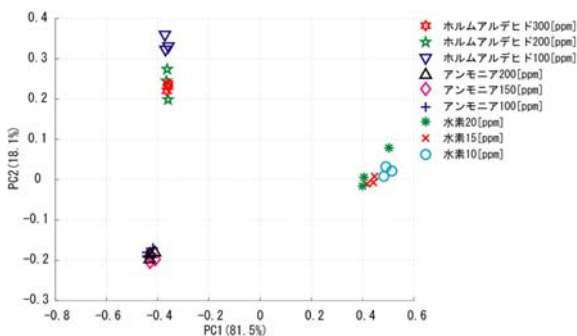


図. 8 半導体センサアレイの匂い物質およびガス応答の主成分マップ

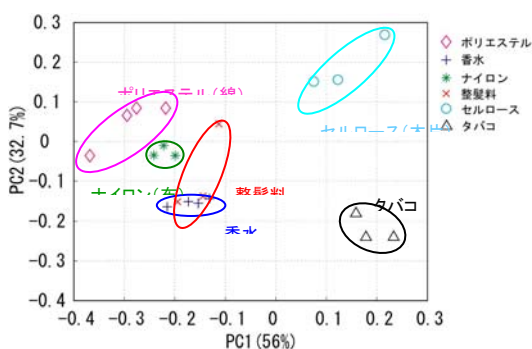


図. 9 半導体センサアレイによる匂い源の識別

この火災検知センサシステムは、(株)テムザックが開発・市販しているユーティリティロボット「番竜」(2004年プレスリリース)に搭載されている火災検知センサを発展させたものである。このロボットの火災探知能力を発展させたものが次節で述べる火災予兆探知ロボットである。

一方で、ガスセンサを搭載した小型の自走式ロボットを用い、匂い源探査に関する研究も行った^{5,6)}。このロボットは前後左右に4つのガスセンサを持ち、ガスの流れ(プルーム)を整える整流板を持つことで匂いが流れてくる方向を検知できる。その結果、匂いの流れを複数のセンサの信号の強弱から見出し、その源に向かって自走し、匂い源探知ができるロボットを実現することができた(図10)。

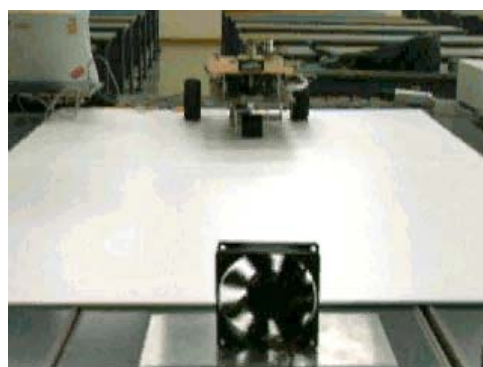


図. 10 匂い源探索ロボット

また、センサアレイによる室内ガス分布検出や火元識別に関しても調査・研究を行い、センシングシステムの性能に関する必要条件を明らかとした⁷⁾。この研究では、火災発生時の匂いガスの伝播状態をガスセンサで調べ、センサの配置およびアクティブセンシングのための基礎データを蓄積することができた。さらに、センサを異なる位置に配置したシステムによる火元識別では、火元の種類によって発生ガスの分布が変わるため、火元によって異なる位置のセンサが応答し、それらのセンサ応答によりガス拡散の検知と火元材料の識別が可能であった(図11)。

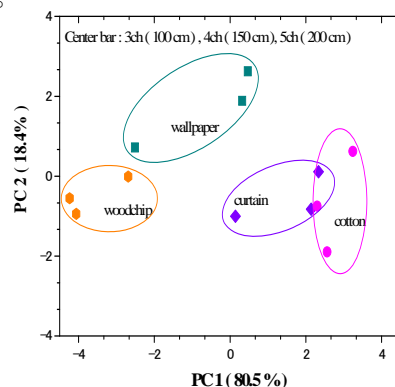


図. 11 センサアレイの配置による火元材料識別

4. 火災予兆探知ロボットの試作

次に、信頼性が高い酸化半導体型ガスセンサアレイを用い、信号処理プログラムと匂いの種類を識別する判断アルゴリズムを構築し、匂いセンサを搭載したロボットを試作した(図12、図13)⁸⁾。

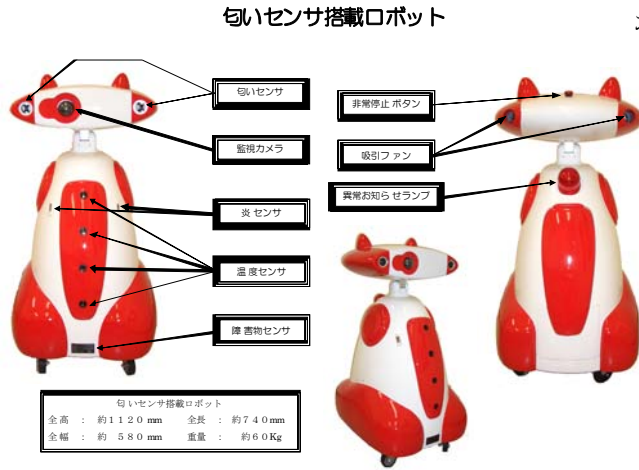


図. 12 匂いセンサを搭載した火災予兆探知ロボット

匂いセンサ搭載ロボット(センサ取り付け位置 2タイプ)

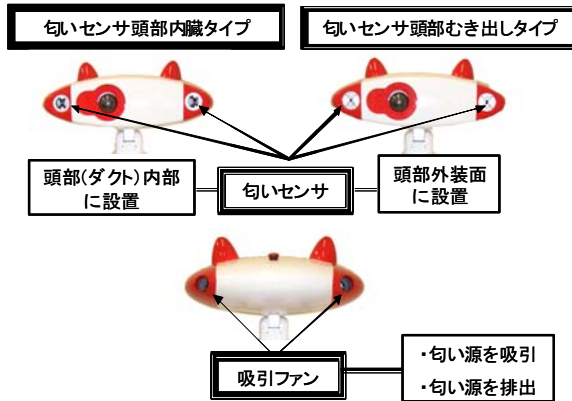


図. 13 センサ取り付け部

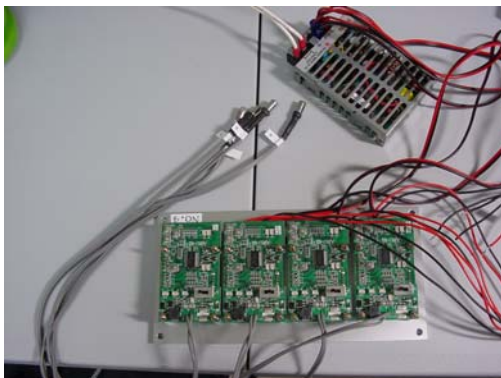


図. 14 搭載4チャンネル匂いセンサユニット

このロボットは室内空気吸引ファンと匂いセンサユニット(図14)を頭部を持っており、頭部のテレビカメラからの映像とともに匂いの異常シグナルを無線LANにより接続された監視センターに送り、的確な異常診断を行うことができる。また、ロボットは温度センサアレイ、炎センサを装着しており、火元探知も可能である。

このロボットを用いて建物内を見回るフィール実験を行い、喫煙を行った部屋を確実に探し出すことができた。実験では料理や化粧品の妨害臭の共下でもタバコの匂い識別が可能であった(図15、16)。

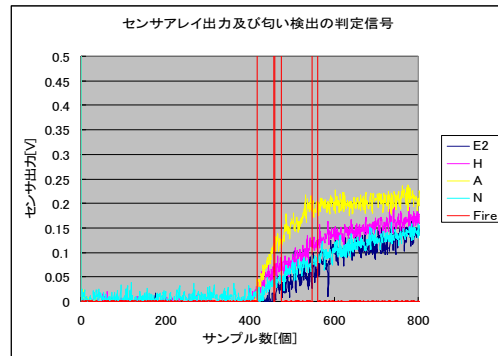


図. 15 火災による匂いの検知信号(複数のセンサ出力を処理し、縦棒位置で検知デジタル信号を出力する)

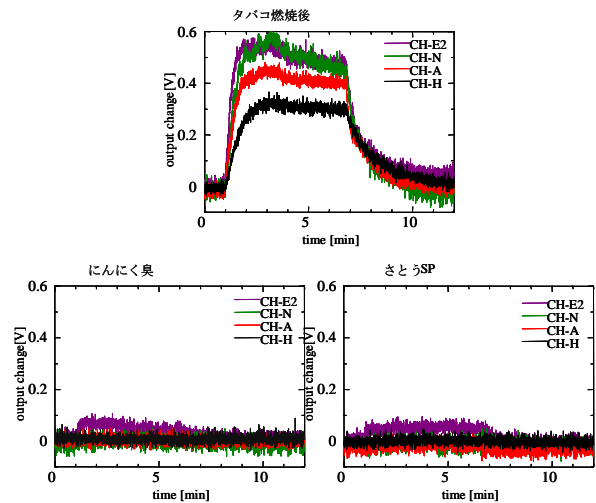


図. 16 各種匂いのセンサアレイによる識別(さとうspは芳香を持つ薬品のブレンド)

この火災予兆探知ロボットは2007年2月にプレスリリースを行ったが、九州大学工学部旧電気情報工学科棟において4つの部屋と廊下による現実的な空間を用いて、多くの人が居るマスコミの取材の中で実際に火災探知のデモンストレーションに成功

した。このような火災予兆探知ロボットの試作によって、匂いセンサを搭載した初期火災探知ロボットの高い可能性と期待を広く一般に示すことができた。

5. まとめ

以上の通り、高識別能・高感度匂いセンサデバイスの開発を行った。また、センサの信号処理とセンサアレイによって匂い源の識別、探知を行うアルゴリズムとセンサシステムを構築した。これらの成果に基づき、家屋内、工場、事業所、公共施設など様々な環境中に存在する匂いと火災により発生するガス・異常臭を検知・識別・探知できることを示す火災予兆探知ロボットを試作することに成功した。

【参考文献】

- 1) S. O. Korposh, N. Takahara, J. J. Ramsden, S.-W. Lee, T. Kunitake, “Nano-assembled thin film gas sensors. I. Ammonia detection by a porphyrin-based multilayer film”, *J. Biolog. Phys. Chem.*, 6, 125-132 (2006).
- 2) M. Matsufuji, K. Masunaga, K. Hayashi, K. Toko, “Detection of aldehydes using silver mirror reaction”, *Sens. Materials*, 6, 329-338 (2006).
- 3) 石樽、竹井、山ノ口、南戸、笠原、大藪, “火災早期発見のためのガスセンサシステムの開発”, *Chemical Sensors*, 21, B, 130-132 (2005).
- 4) 南戸、竹井, “火災早期発見のためのニオイセンサシステムの開発”, 「超五感センサの最前線」、エヌティーエス、189-196 (2005) .
- 5) Y. Takei, T. Tashiro, T. Misawa, H. Nanto, H. Kasahara, Y. Iwasaki, “Odor sensor system for early fire detection and its application to utility mobile robot”, *Sensors and Materials*, 17, 413-421 (2005).
- 6) 浅田、石樽、竹井、南戸、大藪、小林, “アレイ型半導体ガスセンサを用いた匂い源探索ロボットの開発”, *日本味と匂学会誌*, 13, 529-532 (2006).
- 7) 石樽、浅田、竹井、山ノ口、南戸、鈴木、小林, “ニオイセンサアレイを用いた火災源探知システムの開発”, *日本味と匂学会誌*, 12, 291-294 (2005) .
- 8) 竹井、岩崎、吉栄、大藪、南戸、林、高本、都甲, “匂いセンサ搭載ロボットの研究・開発”, *AROMA RESEARCH*, 8, 374-379 (2007) .

第2 住宅防火対策等の推進

2.2 火災感知に影響を及ぼす天井流の流動性状と区画形状の相互作用

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	17,264(平成 17 年度)、12,272(平成 18 年度)、6,448(平成 19 年度)
研究代表者	岡 泰資
所属機関	国立大学法人 横浜国立大学
研究体制	学
研究概要	建築物, 各種構造物あるいは製造施設において, 火災の早期感知は, 避難開始を促進する消火設備, 防火設備を迅速に作動させるという観点から, 非常に重要である。そこで天井流の煙濃度に注目し, 天井流の移動距離と煙濃度減衰の関係を明らかにした。また, 減光式煙濃度計を模型実験で使用可能とするために, 半導体レーザー光を用いた小型減光式煙濃度計の試作と従来品との性能比較から, 測定値の調和を図るための変換係数の算出を試みた。さらに, 天井流の流れ性状に影響を与える区画形状として, 梁や垂れ壁などの障害物の影響, 天井の傾斜を取り上げ, これら諸要因と天井流の相互関係を流動距離に対する温度, 速度, 煙濃度の減衰性状, 拡がり幅などの観点から実験的に把握した。また, 次元解析により非定常火源から発生した熱気流が, 天井下に点在したそれぞれの温度センサーに到達するまでの流動時間を理論的に求め, 各時刻における温度センサーからの出力をこの流動時間で補正した温度情報をもとに, 火点位置, 火源規模および天井高さを推定する手法を提案した。
研究成果の活用事例	製品化の事例はありません。
応用の方向性	区画形状や規模を考慮した感知器の設置位置や, 設計指針への提案
キーワード	煙濃度, 小型減光式煙濃度計, 障害物, 傾斜天井, 流動時間, 火点位置
研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 土井 央, 岡 泰資, 森本靖徳, 山内幸雄, 万本 敦, 江幡弘道: 減光式煙濃度計の小型化と性能評価, 平成 18 年度日本火災学会研究発表会, pp.258-261, 2006.5. 2) 新田孝太郎, 山口淳一, 村岡 宏, 岡 泰資: 天井面下の熱気流温度に基づく出火位置予測手法に関する研究, 平成 18 年度日本火災学会研究発表会, pp.222-225, 2006.5. 3) 土井 央, 岡 泰資, 山内幸雄, 万本 敦: 天井下気流におよぼす梁の影響に関する研究 —その 1 実験と結果—, 平成 19 年度日本火災学会研究発表会, 2007.5.

	<p>4) 岡 泰資, 土井 央, 山内幸雄, 万本 敦:天井下気流に及ぼす梁の影響に関する研究—その2 梁を乗り越えた気流性状—, 平成19年度日本火災学会研究発表会, pp.48-49, 2007.5.</p> <p>5) 新田孝太郎, 山井秀仁, 岡 泰資, 山口淳一, 村岡 宏:成長火源時の天井流温度に基づく火点検知手法に関する研究, 平成19年度日本火災学会研究発表会, pp.226-227, 2007.5.</p> <p>6) Oka, Y., Doi, H. and Sugawa, O., “On the condition whether the ceiling flow to be ‘confined’ or ‘go-over’ the obstacle”, Asia Pacific Symposium on Safety 2007, Oct. 30-Nov. 2, pp.393-396, Busan, 2007.</p> <p>7) Nitta, K., Yamaguchi, J., Oka, Y. and Muraoka, K., “Study on Prediction Method of Fire Location Based on Ceiling Jet Temperature in case of Growing Fire”, Asia Pacific Symposium on Safety 2007, Oct. 30-Nov. 2, pp.289-292, Busan, 2007.</p> <p>8) Oka, Y., Nitta, K., Yamauchi, J., and Muraoka, K., “Method of Predicting Fire Location and Intensity based on Ceiling Jet Temperature under an Unconfined Ceiling” Proceedings of 5th International Seminar on Fire and Explosion Hazards, Edinburgh, April 2007.</p> <p>9) 安藤真樹, 岡 泰資, 須川修身, 古屋賢一, 宮下達也:無限傾斜天井に沿った熱気流の流れ性状 —その1 実験と結果—, 平成20年度日本火災学会研究発表会, 2008.5.</p> <p>10) 須川修身, 古屋賢一, 宮下達也, 岡 泰資, 安藤真樹:無限傾斜天井に沿った熱気流の流れ性状—その2 数値計算による流れ性状の予測—, 平成20年度日本火災学会研究発表会, 2008.5.</p> <p>11) 村岡宏, 新田孝太郎, 山口純一, 間瀬亮平, 岡泰資:成長火源における天井流の性状予測に関する研究—その1 次元解析による気流温度及び流動時間予測式の導出—, 平成20年度日本火災学会研究発表会, 2008.5.</p> <p>12) 山口純一, 新田孝太郎, 村岡宏, 間瀬亮平, 岡泰資:成長火源における天井流の性状予測に関する研究—その2 実験結果との比較—, 平成20年度日本火災学会研究発表会, 2008.5.</p> <p>13) Nitta, K., Oka, Y., Yamauchi, J., Ko Muraoka, K., and Mase, R., “Prediction for Heat Release Rate Based on Ceiling Jet Temperature in case of Time-dependent Fire”, Int. Assoc. of Fire Safety and Science, Proceedings of the 9th International Symposium on Fire, 2008.</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	用途変更や改築等により初期の用途と異なる空間となった場合には、既存の感知器が新規空間に対しても十分な感度等が確保されているかを評価し、火災の成長段階のどの時点で作動し、その後火災の拡大が継続しても、避難に支障が生じない、あるいは火災を感知して消火システムが起動した時点で、制御可能かを確認する必要がある。このためには、感知器の設置位置と性能の両面からの評価が必要となり、本研究の成果は、これら評価に貢献できると考えられる。

火災感知に影響を及ぼす天井流の流動性状と区画形状の相互作用

○岡 泰資¹・須川修身²
Yasushi OKA and Osami SUGAWA

研究課題の要旨: 建築物, 各種構造物あるいは製造施設において, 火災の早期感知は, 避難開始を促進する消火設備, 防火設備を迅速に作動させるという観点から, 非常に重要である。そこで天井流の煙濃度に注目し, 天井流の移動距離と煙濃度減衰の関係を明らかにした。また, 減光式煙濃度計を模型実験で使用可能とするために, 半導体レーザー光を用いた小型減光式煙濃度計の試作と従来品との性能比較から, 測定値の調和を図るための変換係数の算出を試みた。さらに, 天井流の流れ性状に影響を与える区画形状として, 梁や垂れ壁などの障害物の影響, 天井の傾斜を取り上げ, これら諸要因と天井流の相互関係を流動距離に対する温度, 速度の減衰性状, 拡がり幅などを実験的に把握した。また, 次元解析により非定常火源から発生した熱気流が, 天井下に点在したそれぞれの温度センサーに到達するまでの流動時間を理論的に求め, 各時刻における温度センサーからの出力をこの流動時間で補正した温度情報をもとに, 火点位置および火源規模および天井高さを推定する手法を提案した。

キーワード: 天井流, 火災感知, 煙濃度, 小型減光式煙濃度計, 障害物, 傾斜天井, 流動時間, 火点位置

1. はじめに

建築物, 各種構造物あるいは製造施設において, 火災の早期感知は, 避難開始を促進する消火設備, 防火設備を迅速に作動させるという観点から, 非常に重要である。しかし現状の避難安全設計においては, 避難開始時間は空間の大きさによって一律に定まる, また防火戸等は作動した状態を想定しているなど, 火災感知器の作動効果が反映されていない。さらに通常の空間用途および建物構造では, 設置基準にしたがい使用すべき感知器の種類と感度が仕様書的に示されているため, 設置基準の範囲を超えて火災感知器の作動時間を性能的に考慮し, 感知器の種類や感度, 設置位置を設計することは殆どないのが実情である。

しかしながら, 用途変更や改築等により初期と異なる空間となった場合には, 既存の感知器が新規空間においても十分な感度が確保されているのかを評価し, 火災のどの時点で作動し, その後火災の拡大が継続しても, 避難に支障が生じない, あるいは火災を感知して消火システムが起動した時点で, その火災の進展を制御可能なのかを確認する必要がある。このためには, 感知器の性能評価が必要となる。

そこで本研究では, 感知器の性能を評価する上で重要な天井ジェットの流動性状に影響を与える要因として, 梁や垂れ壁などの障害物の影響, 天井の傾斜などを取り上げ, これら諸要因と天井ジェットの相互関係を流動距離に対する温度, 速度, 煙濃度の減衰性状, 拡がり幅などの観点から実験的に把握することを目的とする。

2. 天井流の煙濃度減衰

過去の実験結果との比較から天井流の温度, 速度に関する相似則成立の有無を確認するとともに, ヘプタンを燃料とした滑らかな水平無限天井下に形成される天井流の光学的煙濃度と流動距離との関係を把握するための実験的研究を実施した。さらに, 従来から使用されてきた JIS A1306 の規格に準拠した減光式煙濃度計 (以後, 従来型と記す) の模型実験への適用を想定した際に, その大きさが支障となることから, 光径の小さい市販の半導体レーザー (光径 1 mm) を投光部に用いた新規の小型減光式煙濃度計 (以下, 小型煙濃度計と記す) の開発を目的として, 光量の変化に対する出力の変化, 温度特性といった基本性能を把握するとともに, 従来型の減光式煙濃度計との相関性を検討した。

2.1 実験

煙濃度減衰把握のための実験装置

実験は床面積 10 m×10 m, 高さ 10 m の空間で実施した。この空間中央には高さが 1.5~8 m の範囲で調整可能な面積 7.3 m×7.3 m の吊り天井が設置されている。

模擬火源として 3 種の正方火皿(0.15 m×0.15 m, 0.33 m×0.33 m, 0.44 m×0.44 m)と 1 種の円形火皿(φ0.25 m)の計 4 種を使用した。これらの模擬火源を図 2-1 に示した火源位置に配置した。なお, 火源を中央に配置した予備実験との比較から, 天井流の温度, 速度などの物理量への火源位置の影響がないことを確認している。天井流の煙濃度は, 天井下 0.05 m の位置に火源中心からの水平距離(r)が $r=0, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 6.0$ m に設置した減光式煙濃度計により測定した。また, 天井流内の鉛直方向への煙濃度分布を測定するために, $r=2.0, 3.5$ m の位置に天井下 0.05 m から 0.12 m 間隔で計 5 点設置した。天井流の温度測定には素線径 0.32 mm の K 型熱電対を用い, $r=0, 1.0, 1.5, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 6.0$ m の位置に天井から 0.05 m 位置に設置した。また $r=0\sim 1.0$ m 間は 0.1 m 間隔に熱電対を設置した。 $r=2.0$ m

1 国立大学法人 横浜国立大学

2 諏訪東京理科大学

の位置では天井流内の鉛直方向への温度分布を測定するために、天井下面から0.1 m 間隔で計11点鉛直方向に熱電対を設置した。天井流の速度を測定するために、0.1 m 間隔に調整した一対の熱電対（素線径0.1 mmのK型熱電対）を $r=0.5, 1.0, 2.0, 3.5$ mの4箇所に設置した。これら1対の熱電対から得られた温度履歴の相関をもとに天井流の速度を求めた。また実験棟床面からの火源位置の高さを変化させることにより火源表面から天井までの高さ(H)を1.31 mと2.79 mの2種類変化させた。なお、火源の高さを変える際にも、燃料領域への空気の巻き込みに変化がないように火源周囲に1.8 m×1.8 mの仮想床を設置した。

燃料にはn-ヘプタンを用い、燃焼を安定させるために、燃料と同量の水を模擬火源に入れ、この水層上に燃料を浮かべた状態で着火、燃焼させた。発熱速度は燃料の重量減少を基に算出した。

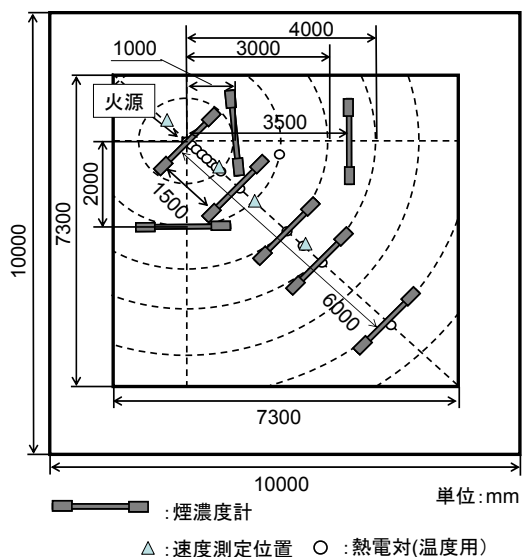


図 2-1 実験装置図

2.2 結果

天井流の温度および速度の測定データを既存の関係式[8]と比較した結果、今回の実験に十分な信頼性があることが確認された。そこで、煙濃度の実測結果も同様な信頼性があるとの立場に立って解析した。一般に、減光係数と煙濃度には以下の関係が成り立つ。

$$K = K_m C_{sm} \quad (2-1)$$

ここで K :減光係数[1/m], C_{sm} :煙の質量濃度[g/m³], K_m :煙の単位質量あたりの減光係数[m²/g]である。なお、減光係数は受光した初期の光強度 I_0 と煙層内を通過し受光器に到達した光強度 I との比の対数($K=\ln(I_0/I)$)で求められ、温度および速度と同様に着火後100~200秒の平均値を使用した。減光係数は式(2-2)にしたがって無次元化した。

$$K^* = \frac{K}{K_m Q_s} \frac{k_p Q}{\rho_a C_p T_a} Q^{*-2/3} \quad (2-2)$$

$$Q_s = Y_s \dot{m} \quad (2-3)$$

ここで k_p :総発熱量のうち火災プルームにより運ばれる熱の割合[-], Q_s :発煙速度[g/s], Y_s :煙生成率[g/g]である。また、式(2-2)の Q^* についても式(2-3)における Q を $k_p Q$ とした。

図2-2に減光係数と流動距離の関係を示した。これより減光係数も火源規模(発煙速度)および天井高さによらずほぼ一定の減衰性状を示すことが読み取れる。そこで流動距離に対する減光係数の減衰がAlpertの予測モデルと同様な形で表現できると考え、図2-3に示した関係から、切片および傾きを決定した。

$$K^* = a \left(\frac{r}{H} \right)^b \quad (2-4)$$

$$a=1.79, \quad b=-0.39$$

係数 a の値は、減光係数の無次元化にあたり式(2-2)の係数を、n-ヘプタンを燃料とした場合の値 $Y_s=0.037$ [g/g][1], $K_m=7.6$ [m²/g][2], $k_p=1$ を代入した結果である。

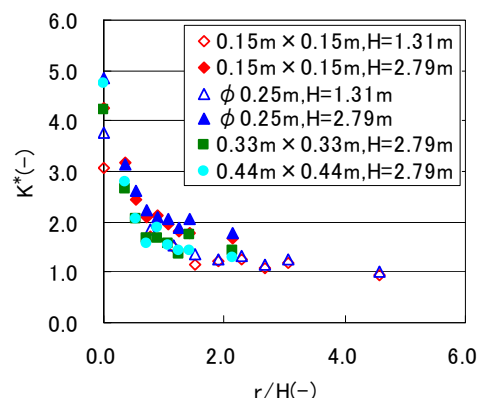


図 2-2 無次元減光係数の減

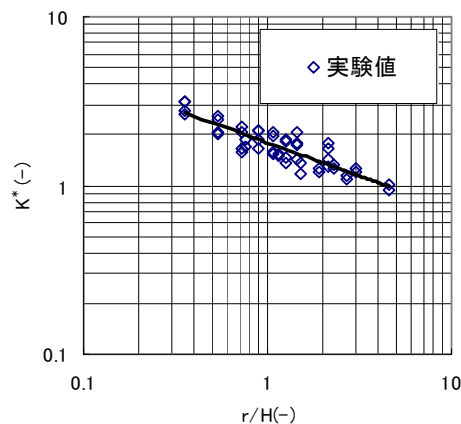


図 2-3 K^* と流動距離の関係

ここで a の値が燃料に依らず一定値となると仮定すれば式(2-1)~(2-4)より、煙濃度と流動距離の関係は式(2-5)と表現できる。

$$C_{sm} = \frac{c \cdot Q_s}{(k_p Q)^{1/3} H^{5/3}} \left(\frac{r}{H} \right)^b \quad (2-5)$$

$$Q = \Delta H_c \dot{m} \quad (2-6)$$

$$c = a \cdot \left(\frac{\rho_a C_p T_a}{g} \right)^{1/3} \quad (2-7)$$

$$C_{sm} = \frac{5.90 \cdot Q_s}{(k_p Q)^{1/3} H^{5/3}} \left(\frac{r}{H} \right)^{-0.39} \quad (2-8)$$

火源直上付近のよどみ領域を Alpert に倣い、 $r/H=0.18$ の値までとする。式(2-8)に $r/H=0.18$ を代入すると式(2-9)となる。

$$C_{sm} = \frac{11.5 \cdot Q_s}{(k_p Q)^{1/3} H^{5/3}} \quad (2-9)$$

以上をまとめると煙濃度の減衰式は以下のように表すことができる。

$$C_{sm} = \begin{cases} \frac{11.5 \cdot Q_s}{(k_p Q)^{1/3} H^{5/3}} & \left(\frac{r}{H} \leq 0.18 \right) \\ \frac{5.90 \cdot Q_s}{(k_p Q)^{1/3} H^{5/3}} \left(\frac{r}{H} \right)^{-0.39} & \left(\frac{r}{H} > 0.18 \right) \end{cases} \quad (2-10)$$

比較のため、上昇温度および煙濃度の実験値と流動距離の関係を、火源直上の値で規格化した結果が図2-3である。山内ら[3]により提案された煙濃度の近似式による計算値をあわせて示した。これより煙濃度は温度よりも流動距離に対する減衰が小さく、また式(2-10)は近似式[1]よりも火源から離れた位置での減衰が小さく、火源から遠くまで影響が及ぶことが明らかになった。ただし、燃料の種類を変えた場合や、燃焼状態および環境条件が変化した場合の燃料の特性値 (Y_s , K_m , k_p) に対する影響については課題が残されている。

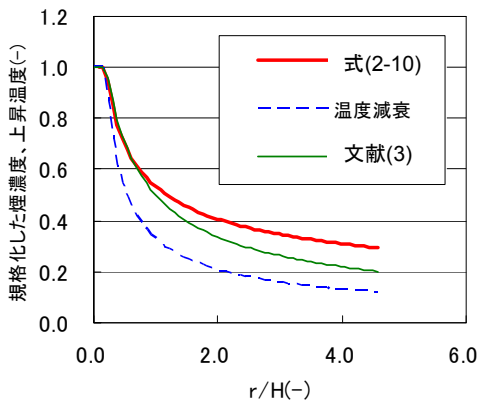


図2-4 煙濃度と温度の減衰

3. 減光式煙濃度計の小型化

従来から使用されてきた減光法による煙濃度の測定には、JIS A1306 [4]に規定された規格に準拠した測定器（以後、従来型と記す）を利用することになるが、その大きさが問題となる。そこで光径の小さい市販の半導体レーザー（光径 1mm）を投光部に用いた測定器を代替の小型減光式煙濃度計（以下、小型煙濃度計と記す）として用い、光量の変化に対する出力の変化、温度特性といった基本性能を把握すると共に従来型の減光式煙濃度計との相関性を検討した。

3.1 実験装置

図3-1に本研究で用いた小型煙濃度計と従来型煙濃度計の外観および寸法を示したように、1/7程度の大きさとなっている。小型煙濃度計に要求される性能として、①投光器からの光が受光器に到達するまでに減衰した光量（減光率）と受光部からの出力にある一定の相関が保存されること、②複数の煙濃度計同士に個体差が無いこと、③温度変化により出力が影響を受けにくいこと、④過去の光学的煙濃度データとの一貫性を保持するため、従来型と同等もしくは読替が可能となる出力が得られることが望まれる。

そこで、小型煙濃度計の基本性能を調べるために、ND フィルターを用いた減光と出力の直線性の確認実験およびほぼ均一な煙濃度の空間状態を保持できる循環式煙試験器を用いた実験を行なった。

温度変化に対する出力変化は、天井流に小型煙濃度計を曝す実験で確認した。燃料にはメタノール（一辺 0.22 m の正方火源）を用い、図3-2に示した 3 m×2.5 m の吊天井 60 mm に光軸が位置する様に、小型煙濃度計を火点から水平方向に 1.85 m および 2 m 離れた位置に設置した。なお、この実験では従来型の煙濃度計は設置しなかった。

さらに、様々な燃料を燃焼させた場合における従来型煙濃度計と小型煙濃度計の出力を比較した。燃料は n-ヘプタン（火皿直径 0.20 m）、木材片、ポリウレタン、綿灯芯の計 4 種類を用いた。

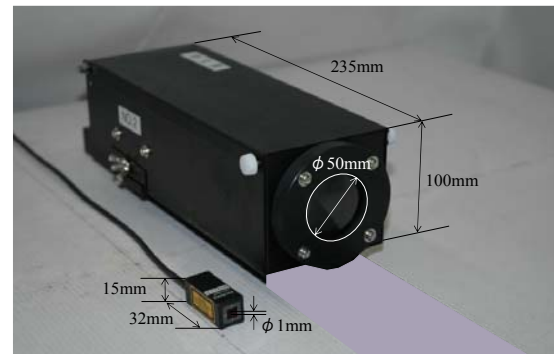


図3-1 小型煙濃度計と従来型煙濃度計との寸法比較

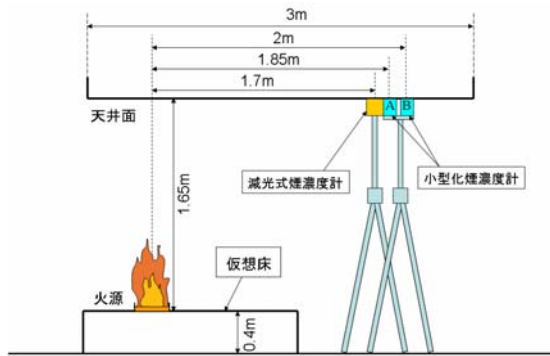


図 3-2 小型煙濃度計と従来型煙濃度計の
相関性確認実験・概念図（正面図）

実験は図 3-2 の装置を用いて ISO の火災試験の規格に準じた試験方法で行なった。しかし、木材片、ポリウレタンおよび綿灯芯の燃焼量は、実験装置の規模や燃焼時間等を勘案して 1/4 に縮小した。

3.2 結果

ND フィルターを用いた実験結果を図 3-3 に示したように、減光率が 50%以上の範囲では受光量の変化に対する小型煙濃度計からの出力に直線性があることを確認した。しかし、図 3-4 に示したように線香の薄い煙をほぼ均一に充満させた煙試験器を用いた実験では、減光率が数%の範囲で小型煙濃度計の出力に個体差が確認された。これは光量の減衰が非常に小さいある一定値以上の受光量範囲では受光量と出力に直線性がなくなる飽和特性によるものであると考え、直線性が確認された光量まで拡散板で受光部への到達光量を落とした再実験を行った。その結果を図 3-5 に示した。なお、再実験は図 3-4 において、個体差が生じた小型煙濃度計とそうでないものの 4 台について行った。図 3-5 より初期出力を落とすことで小型煙濃度計の出力の個体差をなくすことが出来ることが確認されたため、以後は初期出力を落とした状態で使用した。

温度上昇が出力に及ぼす影響を検討するために、断熱材で保護するなどの処置をしていない小型煙

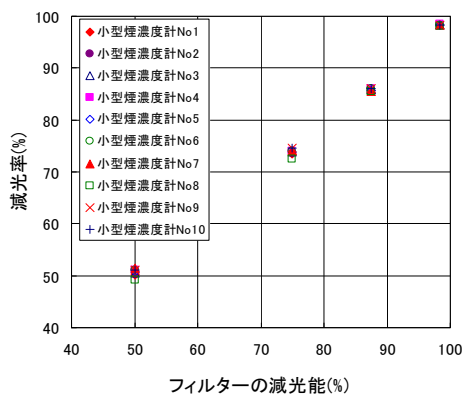


図 3-3 小型煙濃度計と煙試験器の出力の関係

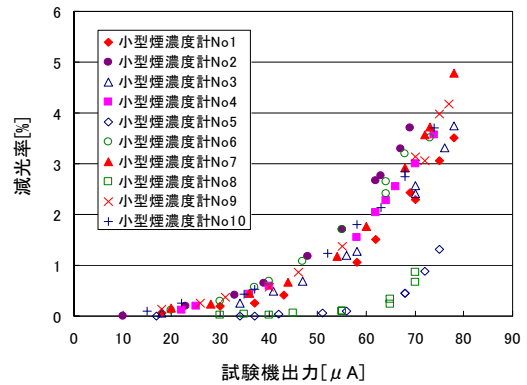


図 3-4 小型煙濃度計と煙試験器との相関性

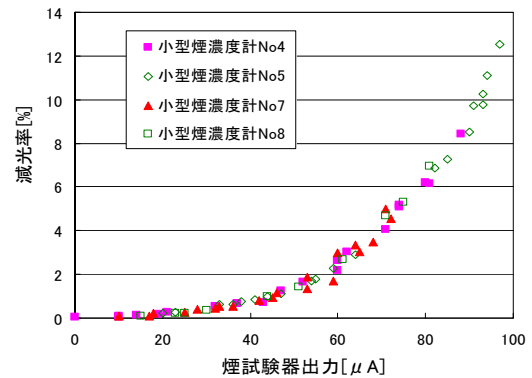


図 3-5 小型煙濃度計(初期出力小)と
煙試験器の相関性

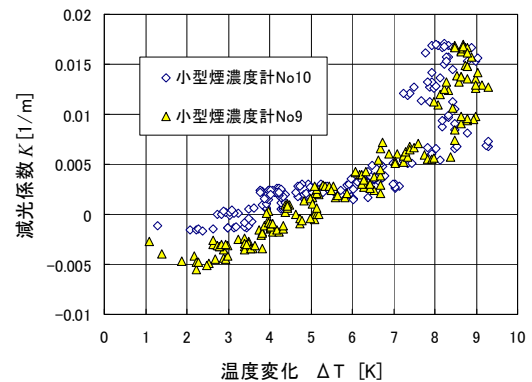


図 3-6 温度変化と減光係数の関係
(メタノール燃焼)

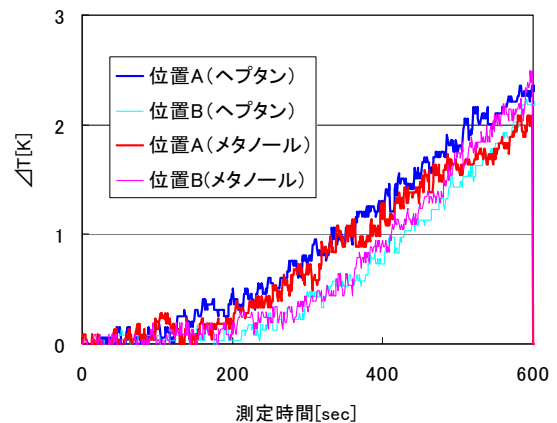


図 3-7 内部温度上昇

濃度計をメタノールを燃焼させることにより発生した熱気流に曝した時の投光部の温度変化と減光係数 K [1/m] の関係を図 3-6 に示す。これより温度上昇に伴って減光係数はある一定の傾きで変化することが分かる。しかし、急激な温度変化は煙濃度計の出力に影響を及ぼすことが確認されたため、以降の実験では各々の投・受光部に断熱材を取り付けた。

図 3-7 に小型煙濃度計を断熱材で保護した状態で実験を行った場合の断熱材内部の温度上昇の経時変化を示したように、断熱材内部の温度上昇は n-ヘプタンを燃焼させた場合が最も大きかったが、この温度上昇は断熱材で保護しない状態でメタノールを燃焼させた場合の温度上昇とほぼ同程度であった。

また、図 3-8 に減光係数の経時変化を示したように、n-ヘプタンを燃焼させた際の減光係数は、煙による減光と温度変化の影響が組み合わさった値となっている。しかし、メタノール用いた実験結果から、この温度範囲では温度変化による出力の変動幅は煙による減光係数の揺らぎ幅に比べ小さく、この性状は他の燃料についても同様であることから、温度の影響は小さく、無視できるとした。図 3-8 より従来型あるいは小型煙濃度計で測定した減光係数の波形がほぼ同様であることから、両者の出力には相関性があると考えられる。そこで一例として n-ヘプタンと綿灯芯を燃焼させた場合の従来型と小型煙濃度計の減光係数の比(相対値)の経時変化を図 3-9, 3-10 に示す。なお、煙濃度計の位置が火源から同位置になく、かつ可燃物の種類に依存して煙の伝播速度が異なるため時間補正をした。綿灯芯の結果は減光係数の比の変動が大きいですが、n-ヘプタンなどの他の燃料についてはほぼ一定値を推移した。そこで、準定常時における減光係数の比を時間平均すると相対値は、表 3-1 に示したように n-ヘプタン: 1.04 ± 0.09 , ポリウレタン: 1.16 ± 0.08 , 木材片: 1.14 ± 0.06 , 綿灯芯: 1.32 ± 0.42 となり、綿灯芯以外の燃料では約 1.1 となることが分かった。

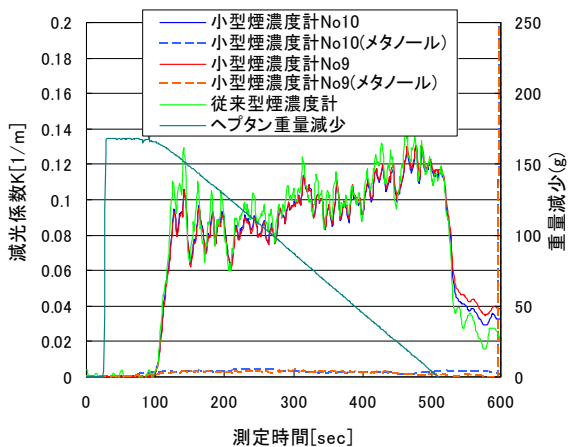


図 3-8 減光係数の時間変化

表 3-1 各燃料における相対値と標準偏差

燃料	平均した時間帯(sec)	相対値	標準偏差
ヘプタン	350-450	1.04	0.09
ポリウレタン	120-170	1.16	0.08
木材片	300-400	1.14	0.06
綿灯芯	350-450	1.32	0.42

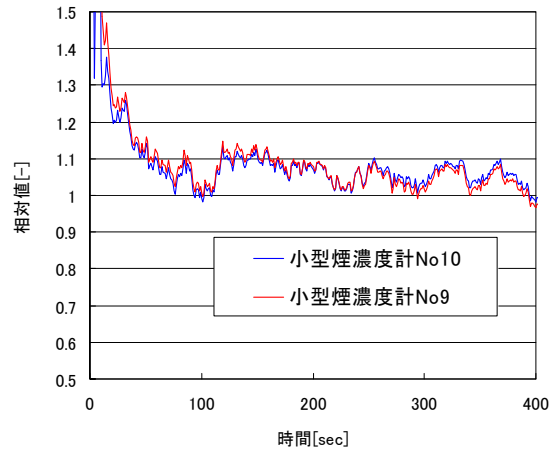


図 3-9 従来型煙濃度計との相対値 (n-ヘプタン)

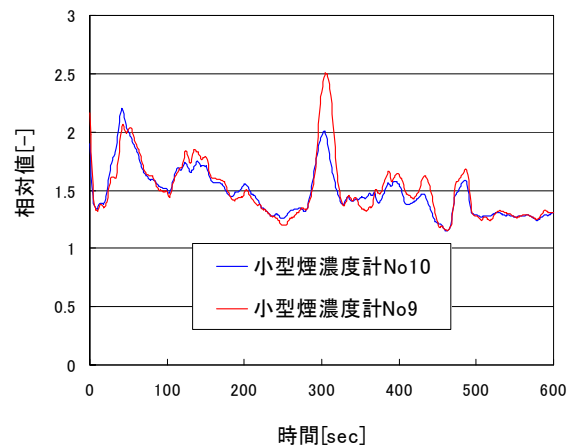


図 3-10 従来型煙濃度計との相対値 (綿灯芯)

3.3 考察

従来型と小型煙濃度計とで燃料の種類により相対値が異なるという結果が得られた。この原因として n-ヘプタン、木材、ポリウレタンの煙が有炎燃焼時の煙であるのに対し、綿灯芯からの煙は燻焼時の煙であり、煙の性質が異なるためであると考えられる。有炎燃焼の煙において従来型と小型煙濃度計とでほぼ一致した減光係数値とならなかった原因は、煙の粒径とそれぞれの煙濃度計で使用されている光源から射出される光の波長の違いにより減光が異なるという性質があると考えられる。つまり今回使用した従来型煙濃度計の光源は 560 nm にピークを持つ波長分布を有するのに対し、小型煙濃度計は単波長(670 nm)であることが主原因であると考えられる。

そこで従来型と小型煙濃度計で用いられている

光源の波長の違いが、出力にどのような影響を与えるかを以下のように検討した。有炎燃焼時の煙が炭素球であると仮定すると、炭素球一個当たりの減光効率は光の波長が単波長かつ可視領域（380-780 nm）であれば波長に関わらず粒径と光の波長の比で定まる[5]。そこで文献[6]より有炎時の粒径と粒子数の関係を読み取り、各粒径での減光効率に粒子数を乗じることで減光能率を算出した。波長分布がある場合は波長を 10 nm 毎に区切り、それぞれの波長で単波長と同様に減光能率を求めた後、減光能率に投光部の光強度分布、受光部の感度を考慮した寄与率を乗じ、それらを足し合わせることで全体の減光能率を求めた。各粒径における減光能率を図 3-11 に示した。これより、単波長と分布を有する波長においても、減光能率に顕著な違いがないと推定できる。さらに各粒子径での減光能率(図 3-11 におけるプロット)を足し合わせると単波長における減光能率と分布のある波長での減光能率との比は 1.19 となり、実験結果(≒1.1)と近い値となる。従って今回の実験で有炎燃焼における従来型と小型煙濃度計の出力の差は光の波長の違いであると考えられる。また、各燃料で相対値が異なるのは実際の煙が炭素球ではなく、燃料毎に異なるためであると考えられるが、煙を測定する際の煙濃度の変動幅(最大値、最小値の幅)を考慮すると変換係数として 1.1 程度を見込めば、誤差は小さいと考えられる。

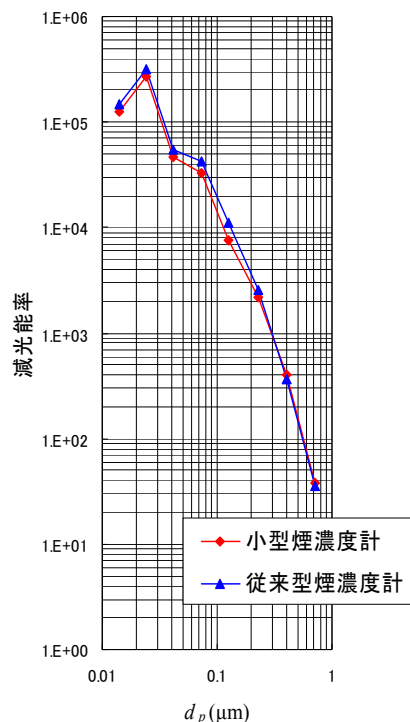


図 3-11 粒子径と減光能率

3.4 まとめ

本実験から以下の知見が得られた。

- 1) 光源としてレーザー光を用いる場合、光強度が大きい減光率の小さい領域では、飽和特性が現れることがある。このため光量の変化に対する出力の直線性が保存されることの確認が必要である。
- 2) 断熱材により投光器を保護することで、温度の影響を極力小さく抑えられる。
- 3) 従来型と小型煙濃度計とでは減光係数の経時変化の波形がほぼ同様であり、また一定の相関性が確認された。

しかし、以下の課題が残されている。

- 1) 小型煙濃度計の適用範囲は今回用いた温度範囲でのみであり、より高温となることが予想される火源直上近傍で使用する際には、今回のように温度上昇に対する出力の変化を確認し、影響がないことの確認あるいは補正方法を確立する必要がある。
- 2) 綿灯芯などの燻焼煙に対しては、さらなる検討が必要である。

【記号】 d_p : 粒径[μm], I : 測定中の光量, I_0 : 初期光量, K : 減光係数[$K [1/\text{m}] = -1/\text{Ln}(I/I_0)$], L : 光路長 (今回は $L=1[\text{m}]$), λ : 光の波長[μm]

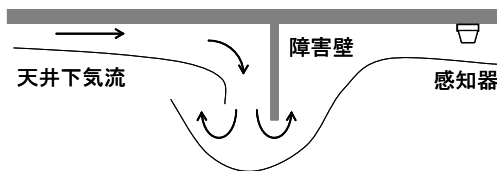
4 天井流が障害高さを乗り越えるか否かの判定

4.1 はじめに

従来から種々の感知器に対する作動時間予測モデルが提案されているがこれらのモデルは、水平かつ滑らかな天井下を流動する熱気流（以下、天井流）の性状をもとに構築されている。しかし実際の建築物の中には、天井からの垂れ壁、梁や空調ダクトなどの障害物が吊り天井で隠されず、剥き出しのままの直天井等が散見される。このような状況下では図4-1に示すように、障害物の高さに依存して天井流のスムーズな流れが阻害されることによる、火災感知器の作動時間の遅延が懸念される。

そこで本研究では、垂れ壁のような障害壁を有する天井下を流動する熱気流性状に着目し、火源直上から障害壁までの距離と障害壁の高さを基準に、天井下熱気流が障害壁を乗り越えるか否かを判定する関係式を理論的に考察し、模型実験との比較から、関係式を検証した。

(a) 障害壁を乗り越える場合



(b) 障害壁を乗り越えない場合

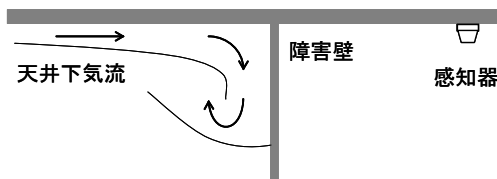


図 4-1 障害を乗り越えるか否かの概念

4.2 判定式の導出

図 4-2 に示すように、天井流は障害壁に衝突すると水平から鉛直下向きへとその方向を変え、障害壁に沿って下降する。この下向き熱気流がどこまで下降するのかが予測できれば、障害壁の高さと比較することで、天井流が障害壁を乗り越えるか否かを判定できると考えた。そこで二次元の下向きの熱気流を仮定し、以下に示した質量、運動量、エネルギー、煙濃度の保存式を導出した。

$$\text{質量} \quad \frac{d}{dy} b \bar{v} = \alpha \bar{v} \quad (4-1)$$

$$\text{運動量} \quad \frac{d}{dy} b \bar{v}^2 = -\frac{1}{2} f \bar{v}^2 - gb \frac{\Delta \rho}{\rho_a} \quad (4-2)$$

エネルギー

$$\frac{d}{dy} b C_p \rho_a \bar{v} \Delta \bar{T} = -h_w (\bar{T} - T_w) \quad (4-3)$$

$$\text{煙濃度} \quad \frac{d}{dy} b \bar{v} C_s = 0 \quad (4-4)$$

ここで b : 下降する天井流の厚み[m], C_s : 煙濃度 [kg/m^3], C_p : 定圧比熱 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$], f : 摩擦係数[-], g : 重力加速度 [m/s^2], h : 熱伝達係数 [$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$], T : 下降する天井流の温度 [$^{\circ}\text{C}$], ΔT : 温度上昇 [K], v : 下降する天井流速 [m/s], y : 天井流の厚みからの距離 [m], α : 巻き込み係数[-], ρ : 密度 [kg/m^3]である。また、添え字 a は周囲空気を、 w は天井表面を意味する。

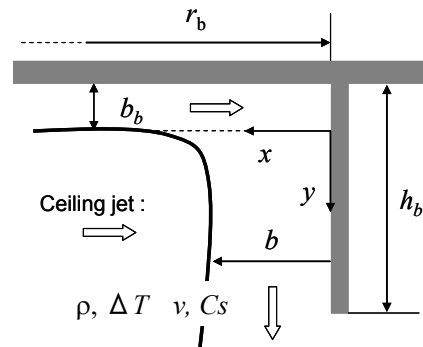


図 4-2 モデルの概念と変数の定義

既往の天井流性状モデル[7, 8, 9]にて予測される障害壁設置位置 (r_b) における温度、速度、煙濃度等の物理量を初期値として、式(4-1)~(4-4)の連立微分方程式を数値解析することで、下向きの熱気流が有する温度、速度、煙濃度と移動距離の関係性を求めた。いずれの計算においても天井高さは 4m で固定し、火源から水平方向へ 2~20m まで 6 カ所に障害壁を設定した。その結果の一例を図 4-3 に示す。

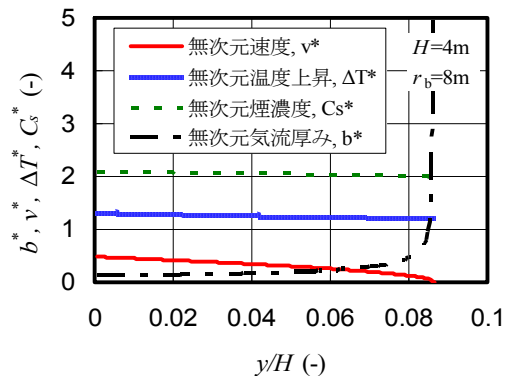


図 4-3 下向き熱気流の降下距離と各物理量の関係

それぞれの障害壁設置位置における下向き熱気流の降下距離（下向き熱気流の流速がゼロとなる位置として定義）を求めた結果が図 4-4 である。これより火源からの水平距離と下向き熱気流の流速がゼロとなる降下距離には一定の関係が見られ、次式で整理できた。

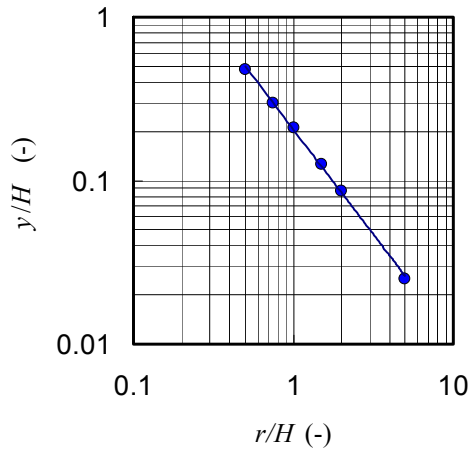


図 4-4 数値解析結果を基にした y/H と r/H の関係

$$\frac{y}{H} = 0.20 \left(\frac{r_b}{H} \right)^{-1.3} \quad (4-5)$$

ここで H : 天井高さ[m], r_b : 火源から障害壁までの水平距離[m]を表す。実際の最大降下距離は式(4-5)で求められる降下距離にももとの天井流の厚みとの和となる。なお天井流の厚みは Alpert が提案した関係式[8]から求めることができる。

4.3 実験

4.3.1 実験装置

天井流は火源直上の天井に衝突後、同心円状に拡がることから、その一部を切り出した図 4-5 に示したような $0.9 \text{ m(D)} \times 2.5 \text{ m(W)}$ の水平な模型天井を用いて実験を実施した。模擬天井は厚さ 12 mm のケイ酸カルシウム板に厚さ 30 mm のセラミックウールを重ねた構造である。

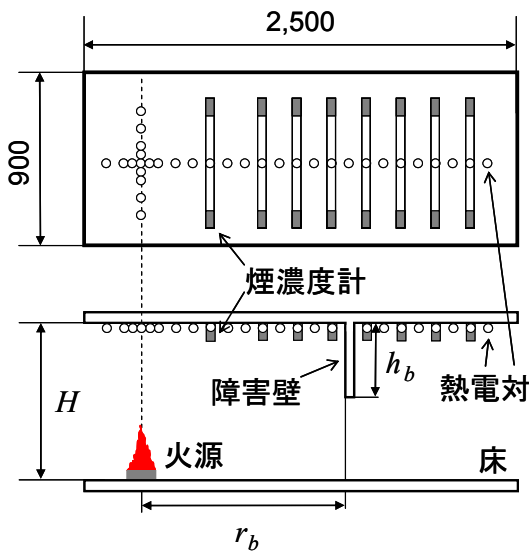


図 4-5 実験装置概略図

4.3.2 実験条件

燃料には n-ヘプタンを用いた。障害壁は厚さ 12.5 mm のセラミックボードで作成し、その設置位置(r_b)および障害壁高さ(h_b)を変化させた。表 4-1 に実験条件を示す。解析には準定常で燃焼しているとみなせる 60 秒間の平均値を用いた。

表 4-1 実験条件

距離 r_b (m)	天井高さ H (m)	Q (kW)	障害壁の幅 (m)
0.5	1	9	0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3
	0.6	9	0, 0.02, 0.05, 0.07, 0.1, 0.13, 0.15
1	1	9	0, 0.02, 0.05, 0.07, 0.1, 0.13, 0.15, 0.2, 0.22
		18	0, 0.07, 0.15, 0.17, 0.2
1.4	0.6	9	0, 0.05, 0.1, 0.13, 0.15, 0.2
	1	9	0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25

4.4 実験結果および考察

図 4-6 に障害壁高さを変化させた場合の天井流の流動距離と温度上昇の関係を示す。これから、障害壁高さの変化とともに、障害壁を乗り越えた直後に天井下熱気流の温度上昇の絶対値が低下すること、障害壁を乗り越えたあとの移動距離に対する温度上昇の減衰率が徐々に大きくなることが読み取れる。

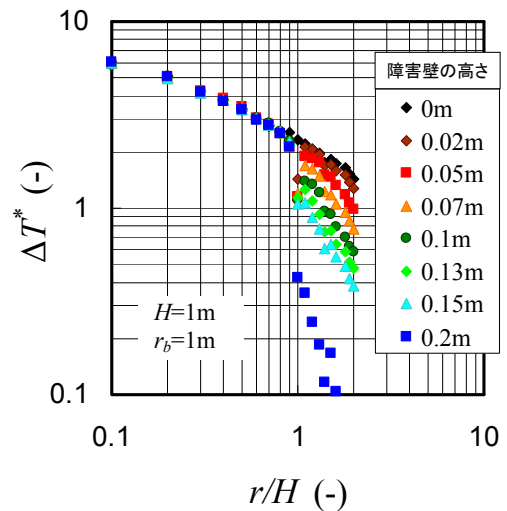


図4-6 障害壁高さの変化に伴う天井流の移動距離の温度上昇の関係

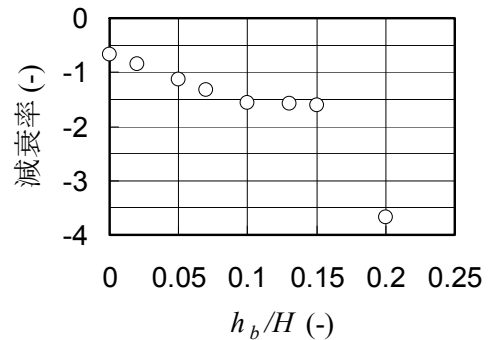


図 4-7 障害壁を乗り越えた天井流の移動距離に対する温度の減衰率と障害壁高さの関係

さらに天井流が高さの異なる種々の障害壁を乗り越

越えたあとの移動距離に対する温度上昇の減衰率と天井高さで規格化した障害壁高さの関係を図 4-7 に示したように、減衰率が急激に変化している障害壁高さが存在する。そこでこの障害壁高さを判定高さとした。式(4-5)は熱気流が鉛直下向きに流動し、その流速がゼロとなる位置として整理した結果であるが、塩水実験で可視化した流れの概略を図 4-8 に示したように、実際の下向き流れは流速がゼロとなる最大降下距離に到達する前に障害壁際から離れる流れとなっている。

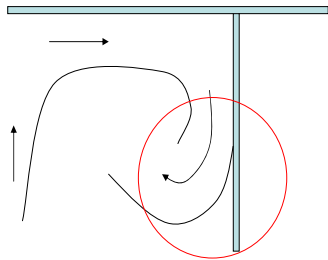


図 4-8 気流の概念図

したがって、下向きの熱気流の速度がゼロとなる高さ以前で乗り越えなくなると考えられる。そこで、式(4-5)を以下のように表し、係数 a の値を実験結果と一致するように決定することとした。

$$\frac{y}{H} = a \cdot 0.20 \left(\frac{r_b}{H} \right)^{-1.3} \quad (4-5)'$$

係数 a の最適値を探索したところ、図 4-9 に示したように $a=0.4$ で良好な値となった（障害壁に衝突する直前の天井流が持つ速度の6割の速度がなければ、天井流は火源側に戻されると解釈できる）。 $a=0.4$ として式(4-5)'を書き直すと、障害壁を乗り越える条件式の最終形は以下のように表すことができる。

$$\frac{h_{b_max}}{H} \leq \frac{b_b}{H} + 0.082 \left(\frac{r_b}{H} \right)^{-1.3} \quad (4-6)$$

$$\left(0.5 \leq \frac{r_b}{H} \leq 2 \right)$$

ただし

$$\frac{b_b}{H} = 0.112 \left\{ 1 - \exp \left(-2.24 \frac{r_b}{H} \right) \right\}$$

$$\left(0.26 \leq \frac{r_b}{H} \leq 2 \right)$$

ここで h_b : 障害壁高さ[m]を、添え字 b_b : 障害壁設置位置における天井流の厚み[m]を意味する。

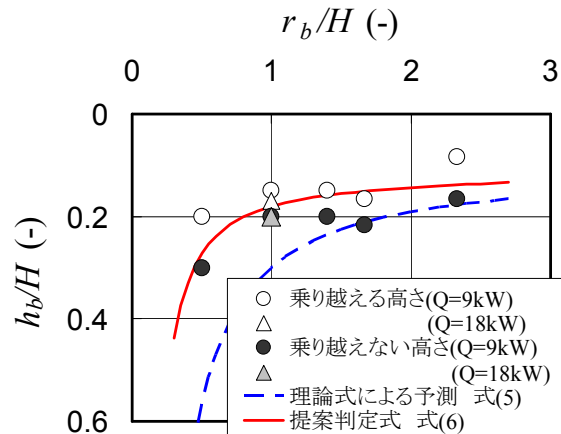


図 4-9 乗り越え条件式

4.5. まとめ

- 1) 天井流が障害壁に衝突し、障害壁に沿って下降する熱気流の各性状を理論的に取り扱った関係式と模型実験結果との比較から、天井流が乗り越えることのできる障害高さの条件式を提案した。
- 2) 天井流が障害壁を乗り越える高さは天井高さや移動距離に依存し、実験を実施した範囲内では発熱速度には依存しないことを確認した。

5 障害壁を越えたあとの天井流性状予測モデルの提案

5.1 はじめに

前節で求めた天井流が障害壁を乗り越えるか否かの判断式に基づき、天井流が障害壁を乗り越える範囲の障害壁高さで、障害壁を乗り越えたあとの天井流性状について検討し、温度上昇、速度および光学的煙濃度の減衰予測モデルの構築を試みた。減衰予測モデル導出にあたり、まず天井流が障害壁を乗り越えることによってどのような現象が起きているのか（天井流により運ばれる熱量や天井流に巻き込まれる雰囲気空気流量に変化が生じているのか）を検討し、その上で障害壁を設置した模型実験を行い、測定結果による性状の把握および予測モデルの構築を行うこととした。

5.2 障害壁を乗り越えたあとの性状予測式の考え方

図 5-1 に示すように、天井流が障害壁を乗り越える現象は、火源から上昇した熱気流が鉛直上向きから水平方向へとその流れの向きを変更し形成した一次の天井流が、障害壁を乗り越え再び滑らかに水平な天井に付着後、二次の天井流を形成する現象と解釈できる。このとき天井流が衝突する障害壁の前後で変化する物理量は、熱量（煙量）と質量流束であると考えられる。これは、

- ① 障害壁に衝突した一次の天井流のすべてが障害を乗り越えられるわけではないことによる乗り越えた天井流が有する熱量（煙量）および質量流束の減少
- ② 障害壁を乗り越えることによる流動距離の増加に伴う質量流束の増加

に起因すると考えられる。この天井流により運ばれる熱量の変化は温度上昇の変化として、また質量流束の変化は温度上昇あるいは煙濃度の移動距離に対する減衰性状の変化にそれぞれ現れると考えられる。

そこで図 5-2 に示したように、障害壁を乗り越えた後の熱量（煙量）と質量流束の変化は、火源位置および火源規模を置き換えることにより Alpert が提案した式(5-1)と同様な形式で表現できると仮定した。

$$\Delta T \propto \left(\frac{\dot{Q}^{2/3}}{H^{5/3}} \right) \left(\frac{r}{H} \right)^{-2/3}$$

$$\rightarrow \Delta T^* = \frac{\Delta T / T_a}{Q^{*2/3}} \propto A \left(\frac{r}{H} \right)^{-2/3} \quad (5-1)$$

これは二次の天井流も障害壁前の一次の天井流と同様に、その下面から周囲空気を巻き込みながら流動するといった現象が生じている。すなわち、準定常火源から発生した天井流であれば、障害を乗り越えた二次の天井流も Alpert が導

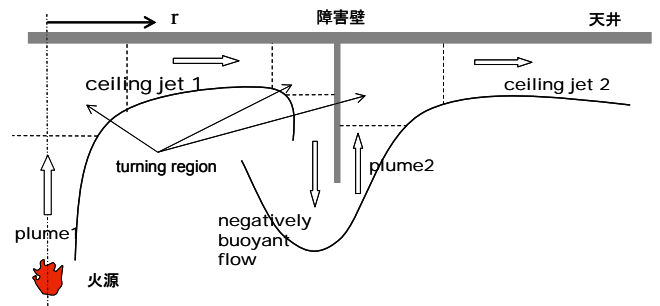


図 5-1 天井流の挙動概念図

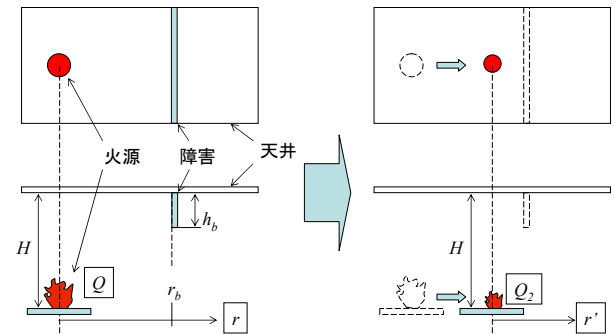


図 5-2 予測式概念図

出した物理モデルで示される減衰率と変わらないはずであるとの考えにより、式(5-2)のように表現した。

$$\Delta T_2^* = C \cdot A \cdot \left(\frac{r}{H} - B \right)^{-2/3} \quad (5-2)$$

ここで添え字2は障害壁を乗り越えたあとの値であることを意味する。式(5-2)中の変数 B は、流動距離の変化による減衰性状への影響を加味した変数であることから、障害壁を設置する位置(r_b)および障害壁の高さ(h_b)の関数、変数 C は熱量変化に関与することから障害壁の高さ(h_b)の関数とそれぞれ考えられる。これらの変数 B, C の関数形態は、障害壁の設置位置および障害壁の高さを変化させた模型実験結果をもとに決定することとした。

5.3 実験

実験は4節に記載した同様の装置、条件にて実施した。

5.4 考察

天井流の温度測定は、比較的容易にしかも詳細に行うことができる。また温度上昇についての性状予測が可能となれば、同じスカラー量である煙濃度についても同様の手法が適用可能であることから、主に温度上昇結果をもとに解析を進めた。

障害を乗り越えたあとの二次の天井流の温度上昇は、図 4-6 に示したように、障害壁が高くなればその絶対値が小さくなり、かつ移動距離に対する減衰率も徐々に大きくなる傾向を示した。図 4-7 に示した減衰率の変化は、もともとの火源規模を基準に

気流温度を補正したことおよびその位置を基準に気流の流動距離を算出し、整理したためと考えられる。

そこで変数 B を決定するために、まず $B \approx 0$ として式(5-2)の右辺を式(5-3)のように近似する。変数 B とべき乗数 x にある関係が成り立つとの考え、検討した結果、図 5-3 に示しように変数 B の 1.7 乗とべき乗数 x とに一定の関係があることが判った。

$$C \cdot A \cdot \left(\frac{r}{H} - B\right)^{-2/3} \approx C \cdot A \cdot \left(\frac{r}{H}\right)^x \quad (5-3)$$

また、変数 B は上述したように r_b と h_b の関数であると考えられるため、式(5)のように表現できる。

$$B = \left\{ \frac{-x - (2/3)}{0.873} \right\}^{1/1.7} \propto f(h_b) \cdot g(r_b) \quad (5-4)$$

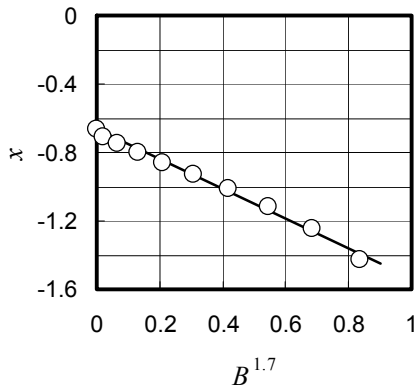


図 5-3 x と B の関係

ここで障害壁設置位置に関連する関数 $g(r_b)$ は、水平方向への温度上昇の変化が流動距離の $2/3$ 乗と関係があることから、障害壁設置位置に対しても距離の $2/3$ 乗と関連があると仮定する。また図 4-6 より、障害壁高さ (h_b/H) の値が 0.1 を境界としてその性状が異なることから $h_b/H \leq 0.1$ の範囲では、障害壁高さに関連する関数 $f(h_b)$ のべき乗数 1.7 をとると考えられる。一方 $h_b/H > 0.1$ の範囲では、温度の減衰率は障害壁高さに依らずほぼ一定値になっている。さらに障害がない場合には Alpert の関係式[8]に戻ることから $B=0$ となる。以上より関数 B は式(5-4)で表せる。

$$B = -1.2 f(h_b) \cdot (r_b/H)^{2/3} \quad (5-5)$$

$$f(h_b) = \begin{cases} \left(\frac{0.1+h_b/H}{0.1}\right)^{1.7} - 1 & \left(0 \leq \frac{h_b}{H} \leq 0.1\right) \\ 2^{1.7} - 1 & \left(0.1 \leq \frac{h_b}{H}\right) \end{cases}$$

ここで $h_b/H=0.1$ で性状が異なる要因として、1 次の天井流の厚みは $b_b/H \approx 0.1$ であることから、障害壁の高さと天井流の厚みの大小に依存すると考えられる。

この変数 B から変数 C は、次のように表現できる。

$$C = \frac{\Delta T_2}{B' \Delta T} \quad B' = \left(1 - \frac{B}{r/H}\right)^{2/3} \quad (5-6)$$

この式(5-7)を用いて変数 C と障害壁高さとの関係を求めると、図 5-4 に示したように障害壁高さの $5/3$ 乗と式(5-6)の逆数の間に直線関係が存在することが判った。よって、図 5-4 より近似式を求め変形すると、 C の値は次式で表すことができる。

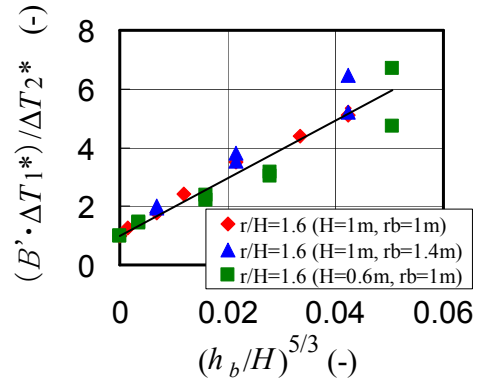


図 5-4 関数 C の決定

$$C = \frac{1}{98(h_b/H)^{5/3} + 1} \quad (5-7)$$

したがって、二次の天井流の温度上昇の減衰性状は式(5-8)で記述できる。

$$\Delta T_2^* = \frac{a_T}{98(h_b/H)^{5/3} + 1} \left(\frac{r}{H} + 1.2 \cdot f_T(h_b) \left(\frac{r_b}{H}\right)^{2/3} \right)^{-2/3}$$

$$a_T = \frac{5.38(\rho_a C_p \sqrt{g})^{2/3}}{T_a^{1/3}} \quad (5-8)$$

煙濃度の減衰性状についても温度上昇の場合と同様の手法を適用すると、式(5-9)で記述できる。

$$C_{s2}^* = \frac{a_{cs}}{29(h_b/H)^{5/3} + 1} \left(\frac{r}{H} + 1.2 \cdot f_{cs}(h_b) \left(\frac{r_b}{H}\right)^{0.39} \right)^{-0.39}$$

$$f_{cs}(h_b) = \begin{cases} \left(\frac{0.1+h_b/H}{0.1}\right)^{1.7} - 1 & \left(0 \leq \frac{h_b}{H} \leq 0.1\right) \\ 2^{1.7} - 1 & \left(0.1 \leq \frac{h_b}{H}\right) \end{cases} \quad (5-9)$$

$$a_{cs} = \frac{5.90(\rho_a C_p \sqrt{g})^{2/3}}{T_a^{1/3}}$$

図 5-5, 5-6 に式(5-8), (5-9)に基づく予測値と実験値の比較結果を示したように、温度上昇、煙濃度ともに実験値とよく一致していることが分かる。

また、流速については以下のように障害壁後の発熱速度を概算することで推測できると考えられる。

$$\dot{Q}_2 = \dot{Q} / \left(98 \cdot (h_b / H)^{5/3} + 1 \right)^{3/2} \quad (5-10)$$

5.5 まとめ

発熱規模および火源位置を補正することで障害壁を乗り越えた後の天井流の流れに沿った軸上性状予測式を提案した。

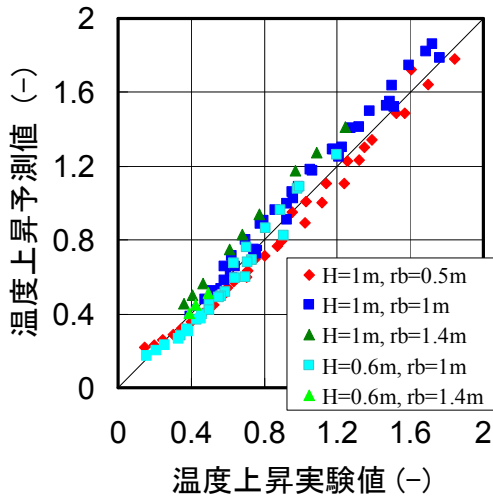


図 5-5 実験値と予測値の関係(温度)

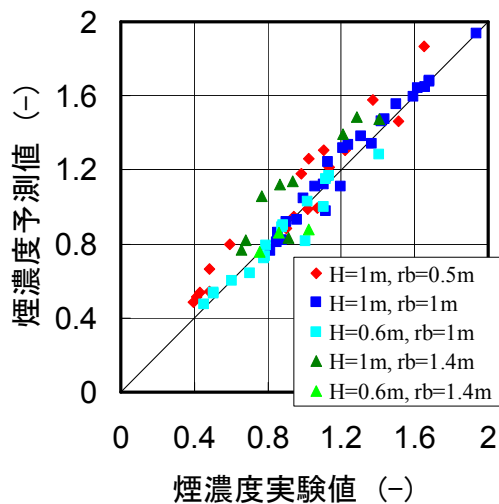


図 5-6 実験値と予測値の関係(煙濃度)

6 傾斜天井に沿った熱気流の流れ性状

6.1 はじめに

従来から水平で滑らかな表面をもつ無限天井下を流動する熱気流性状に注目した実験的・理論的な研究が実施され、設計段階で使用できるほどの有益な工学的モデルが提案されている。これに対して滑らかな表面をもつ傾斜した天井下を流動する熱気流、区画天井下に蓄積した熱気層中での熱気流の伝播、さらにこれらの流れ性状への火源位置の影響など、十分に把握されているとは言い難い。そこで、滑らかな表面をもつ傾斜した天井下を流動する熱気流の流動性状を把握するための検討を行った。

6.2 実験

図 6-1 に実験装置の概略を示したように、無限天井空間を模擬した高さ調節可能な 2.5 m(D)×3.0 m(W)の吊り天井を用いた。模擬火源は 1 辺 15cm の正方火皿とし、火皿底面から傾斜天井までの高さは 1.0 m と 1.5 m の 2 段階変化させた。燃料には n-ヘプタンとメタノールの 2 種類を用いた。素線径 0.2 mm の K 型熱電対を用いて天井下面から 1 cm での気流温度 (総計 102 点) と燃料の重量減少を測定した (図 6-2)。なお報告する温度は、燃料は準定常に燃焼しかつほぼ垂直に上昇したプルームが傾斜天井に衝突している時間帯での平均値である。図 6-3 に使用した変数の定義を示す。

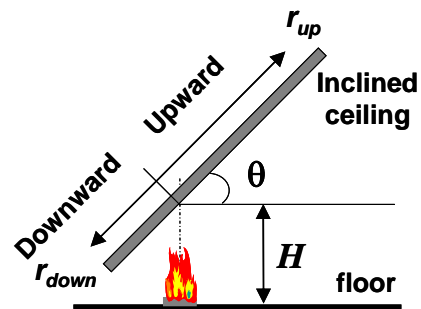


図 6-1 実験装置の概要

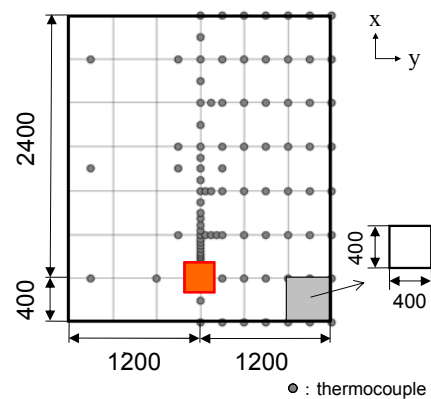


図 6.2 温度測定位置

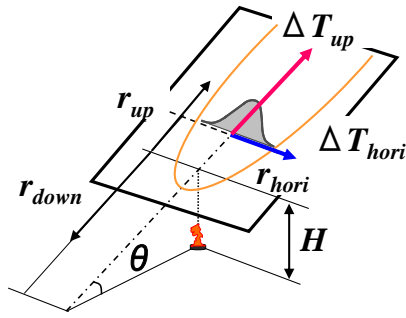


図 6.3 変数の定義

6.3 結果と考察

6.3.1 主軸方向温度減衰

主軸方向の温度減衰は Heskestad[10]が提案した水平無限天井における熱気流の移動距離と上昇温度の関係式中の移動距離の項を、プルームが傾斜天井に衝突した位置から傾斜天井に沿った移動距離(r_{up})ではなく水平方向へ投影した移動距離($r_{up} \cdot \cos\theta$)に置き換えることにより、図 6-4 に示したように天井の傾斜角度に係わらず整理することができた。また、プルームと天井流とを一連の流れとして連続的に取り扱う須川の提案式[11]においても、天井流の移動距離を同様に補正することで整理できることを確認した。

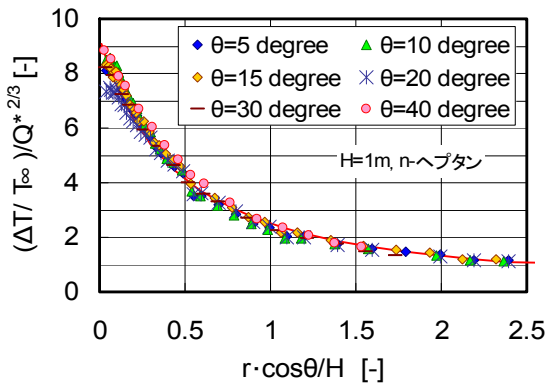


図 6-4 移動距離と上昇温度の関係

6.3.2 水平方向温度分布

測定温度をもとに作成した等温度線図から、傾斜天井に衝突した熱気流は、衝突点を中心に上方側と下方側にその流れが分かれるため、上方側に長く伸びた楕円状（外縁部包絡は放物状を描く）に広がる分布形状となる傾向が認められた。そこでこの水平方向（y 方向）への温度分布が正規分布で近似できると仮定し、プルームが傾斜天井に衝突した位置から上流側の 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4m の 6 箇所での水平方向への温度測定結果をもとに拡がり幅と天井傾斜角度の関係を検討した。測定結果の一例（ $H=1m$, $\theta=5^\circ$ & 30° , n-ヘプタン）を図 6-5 に示したように、線形近似したときの直線の傾きから拡がり幅を決定した。しかし天井の傾斜角度が 5° の結果

は、水平分布をとった位置（衝突点から上方側への距離の違い）の影響が大きいことが読み取れる。このばらつきは、天井の傾斜角度が大きくなるにつれて小さくなった。上述したように、傾斜天井に衝突した熱気流は上方側と下方側に係わらずそれぞれの方向に拡がっていくが、傾斜角度が大きくなるにつれて、上方側へ流れる熱気流が多くなるとともに、素直な流れとなるためであると考えられる。

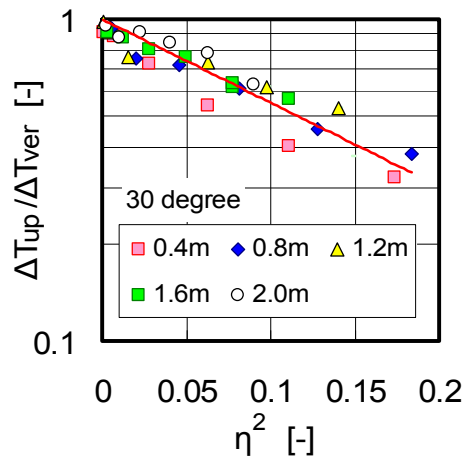
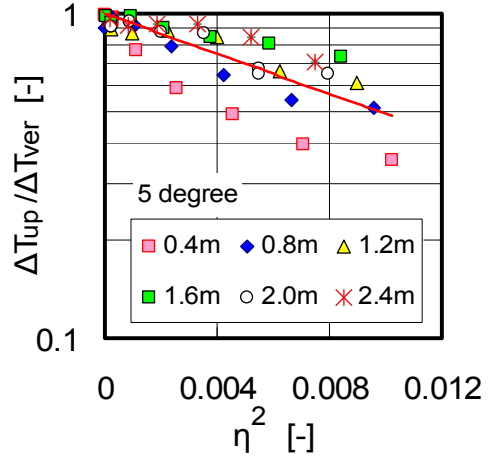


図 6-5 $\Delta T_{up}/\Delta T_{ver}$ と η の関係

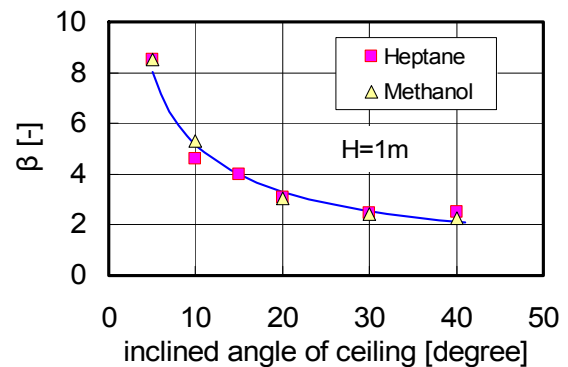


図 6-5 傾斜角度と拡がり幅の関係

傾斜角度が小さい条件下でのデータのばらつきを認めた上で、天井傾斜角度に対して熱気流の拡がり幅 (β) をプロットすると、図 6-6 に示したように天井の傾斜角度が大きくなるにつれて、 β の値は小さくなる傾向が見られ、燃料の違いは認められなかった。なおデータ整理に当たり、熱気流の出発点は、実験条件での位置ではなく図 6-3 に示したように天井の傾斜角度を考慮した仮想点源へと移動させた。したがって、熱気流の移動距離は $H/\sin\theta + r_{up}$ で定義される。

$$\Delta T_{up} / \Delta T_{ver} = \exp(-\eta^2 \cdot \beta^2)$$

$$\eta = r_{hori} / (H / \sin \theta + r_{up}) \quad (6-1)$$

$$\beta = 22.5 \cdot \theta^{-0.64}$$

6.3.3 下方側への流動距離

傾斜天井に衝突後、下方側へ向かって流れる熱気流はどこまでも流動するのではなく、限界到達距離 (L_{down}) が存在し、天井の傾斜角度が大きくなるとこの距離も徐々に小さくなるという傾向が確認された。そこでこの距離を求めるために、図 6-7 に示したように、下方側への熱気流の温度上昇と移動距離の関係図から、距離と温度の関係を示した二つの直線の交点として限界到達距離を定義し、天井の傾斜角度との関係を検討した。

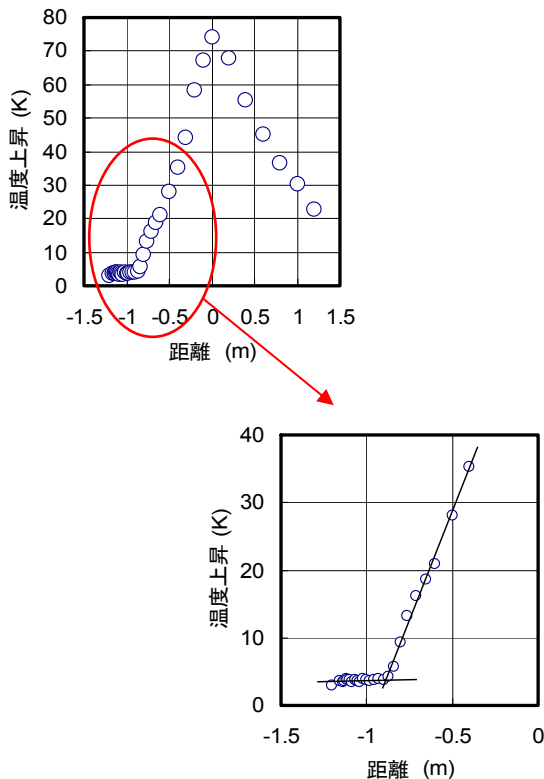


図 6-7 主軸に沿った温度分布と限界到達距離の定義方法 (天井傾斜角度: 30°, $H=1.5\text{m}$, n-へプタン)

その結果、発熱速度よりも天井高さの影響をより受けていることが認められた (天井高さを高くすることでこの限界到達距離も長くなった)。このような性状を示す原因は、火源から鉛直方向に上昇したブルームが傾斜天井により切り取られた体積流量 (V_c) であるのではないかと考え、この切り取られた体積流量を自由空間での同じ高さの倒立円錐形の体積流量 (V) に対する比に対してプロットした結果が図 6-8 である。なお V_c の値を算出するに当たり、円錐の半径、円錐の高さおよび天井面の傾きを入力条件とした Romberg 積分にて算出した。なお、ブルーム半径および円錐の高さ (仮想点源から傾斜天井までの距離) は、自由空間における Heskestad の提案式 [12] にて算出した。図 6-8 に示した関係は、発熱速度や傾斜天井高さに依存せず式(3)で表現することができた。

$$\frac{L_{down}}{H} = 0.0635 V^{-0.80} \quad (6-2)$$

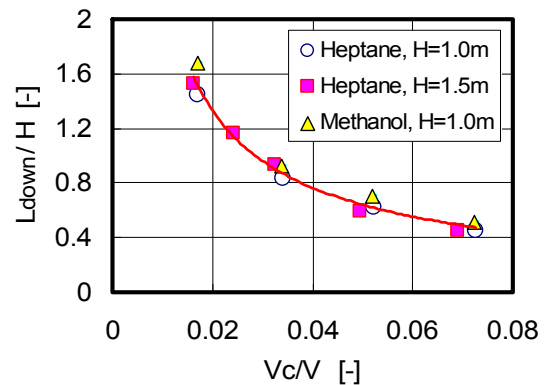


図 6-8 限界到達距離と傾斜天井によって切り取られた質量流量の関係

6.4 まとめ

滑らかな表面をもつ傾斜した天井下を流動する天井気流についての実験的検討から、楕円の長軸方向 (熱気流の流れの中心軸) に沿った流動距離と温度上昇の関係、水平方向への拡がり幅および下方側への熱気流の限界到達距離に対する実験式を導出した。これらの物理量を繰り合わせることにより、傾斜天井下に配置する火災感知器間の距離や作動レベルなどの検討に役立つものと考えられる。

7 天井流温度に基づく火点検知

7.1 はじめに

効率よく初期消火や延焼防止対策を講じ、建物の被害を最小限に食い止められるように複数に点在して設置された温度センサーの温度情報をもとに出火点をいち早く特定する手法について検討した。まず実際に無限天井空間を模擬した実験装置において成長速度の異なる火源を用いて実験を行い、温度・速度の実測データを収集したデータを用いて定常火源と成長火源からの天井流性状の違いを検討、成長火源に対して本システムを利用する上で加味すべき性状を次元解析によって導出した。さらにその結果を本検知システムに組み込み、予測精度を検討した。

7.2 天井流温度に関する予測式

火源の発熱速度 $Q(t)$ [kW] は時間の p 乗に比例するものとして次式で表す。

$$Q(t) = \alpha t^p \quad (7-1)$$

また、上昇する火災プルームと水平に流れる天井流を一つの流れとして扱うものとし、熱気流の火源からの流動距離は、火源表面から天井までの高さ H [m] と火源中心からの天井流の流動距離 r [m] の和として、 $H+r$ [m] とする。

天井流の通過断面積は流動距離 r を半径とする円の周長と天井流厚さの積となり、 r に比例して増加する。ここでは簡略化のため、火災プルームの通過断面積と同様に円形断面と考え、通過断面積 A [m²] を次式のように仮定する。

$$A = \pi \{C_1(H+r)\}^2 \quad (7-2)$$

着火 t 秒後の熱気流が、 $H+r$ [m] の距離を流動する時間を $\Delta t(H+r)$ [s]、 $H+r$ [m] 流動した位置での熱気流上昇温度を $\Delta T(t+\Delta t(H+r))$ [K]、同位置での平均流速を $\bar{u}(t+\Delta t(H+r))$ [m/s] と表すと、発熱速度 $Q(t)$ は

$$C_2 Q(t) = C_p \rho_\infty A \Delta T(t+\Delta t(H+r)) \cdot \bar{u}(t+\Delta t(H+r)) \quad (7-3)$$

ここで C_2 は総発熱速度のうち熱気流によって運ばれる熱量の割合である。さらに熱気流の上昇温度 $\Delta T(t+\Delta t(H+r))$ と平均流速 $\bar{u}(t+\Delta t(H+r))$ [m/s] には以下のような関係があると仮定する。

$$\frac{\sqrt{(\Delta T(t+\Delta t(H+r))/T_\infty)g(H+r)}}{\bar{u}(t+\Delta t(H+r))} = C_3 \cdot \left(\frac{H+r}{H}\right)^\delta \quad (7-4)$$

式(7-2)、(7-4)を式(7-3)に代入して熱気流の上昇温度 $\Delta T(t+\Delta t(H+r))$ について解くと式(7-5)となる。

$$\begin{aligned} \Delta T(t+\Delta t(H+r)) &= \left(\pi \frac{C_1^2 C_3}{C_2}\right)^{\frac{2}{3}} (C_p \rho_\infty T_\infty \sqrt{g})^{-\frac{2}{3}} T_\infty \cdot \\ & Q(t)^{\frac{2}{3}} (H+r)^{-\left(\frac{5+2\delta}{3}\right)} H^{\frac{2}{3}\delta} \end{aligned} \quad (7-5)$$

Heskestad & Delichatsios[13]は定常火源における天井流の上昇温度 ΔT に関して式(7-6)を導いている。

$$\begin{aligned} \Delta T(t+\Delta t(H+r)) &= (C_p \rho_\infty T_\infty \sqrt{g})^{\frac{2}{3}} T_\infty \cdot \\ & Q(t)^{\frac{2}{3}} H^{\frac{1}{3}} (0.139H + 0.232r)^{-\frac{4}{3}} \end{aligned} \quad (7-6)$$

式(7-5)と式(7-6)は次元が等しいが、式(7-6)では r と H に異なる値の係数を乗じており、火災プルーム領域と天井流領域で温度減衰傾向が異なることを表している。ただし、本研究では火災プルームと天井流を連続した同一の流れとして扱うため、式(7-6)は以下のように変形できると仮定した。

$$\begin{aligned} \Delta T(t+\Delta t(H+r)) &= C_4 (C_p \rho_\infty T_\infty \sqrt{g})^{\frac{2}{3}} T_\infty Q(t)^{\frac{2}{3}} H^{-\frac{1}{3}} (H+r)^{-\frac{4}{3}} \end{aligned} \quad (7-7)$$

式(7-5)と式(7-7)の次元は等しいことから、 $\delta = -0.5$ となる。また次式の関係が導かれる。

$$\frac{C_2}{C_1^2 C_3} = C_4^{3/2} \cdot \pi \quad (7-8)$$

7.3 天井流流動時間に関する予測式

式(7-5)を式(7-4)に代入して整理すると平均流速 $\bar{u}(t+\Delta t(H+r))$ は式(7-9)で表される。

$$\begin{aligned} \bar{u}(t+\Delta t(H+r)) &= (C_2 C_3^2)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{g}{C_p \rho_\infty T_\infty}\right)^{\frac{1}{3}} Q(t)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{H+r}{A}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{H+r}{H}\right)^{\frac{2}{3}\delta} \end{aligned} \quad (7-9)$$

熱気流の流動距離 $H+r$ は平均流速 $\bar{u}(t+\Delta t(H+r))$ を積分して(7-10)式で表される。ただし、天井流の速度分布は正規分布に従うと仮定する。

$$H+r = e \int_0^{\Delta t(H+r)} \bar{u}(t+\Delta t(H+r)) d\Delta t \quad (7-10)$$

式(7-10)に式(7-2)、式(7-9)を代入して $\Delta t(H+r)$ について整理すると、式(7-11)となる。

$$\Delta t(H+r) = \left(\frac{\pi C_1^2}{e C_2 C_3} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{g}{C_p \rho_\infty T_\infty} \right)^{\frac{1}{3}} Q(t)^{-\frac{1}{3}} H^{\frac{2\delta}{3}} (H+r)^{\frac{4-2\delta}{3}} \quad (7-11)$$

$\delta=-0.5$, 式(7-1)および式(7-8)式を式(7-11)に代入すると天井流の流動時間は式(7-12)となる。

$$\Delta t(H+r) = \frac{1}{e C_3 \sqrt{C_4}} \left(\frac{g}{C_p \rho_\infty T_\infty} \right)^{\frac{1}{3}} (\alpha t^p)^{\frac{1}{3}} H^{-\frac{1}{3}} (H+r)^{\frac{5}{3}} \quad (7-12)$$

なお, 比例定数 C_3 , C_4 については実験データより求める。

7.4 天井流性状予測のための検証実験

7.4.1 実験概要

前項で導いた天井流の性状予測式の妥当性を検証するため, 側壁の存在しない無限天井空間にて燃焼実験を行った。天井の大きさは 8.5 m(W)×5.8 m(L)で, 天井高さは 3 m である。火源の高さを変えることにより, 異なる天井高さでの実験を再現した。

7.4.2 測定項目および実験条件

測定項目は天井面下の熱気流温度, 熱気流の流速, および火源の重量減少速度である。熱気流温度は素線径 0.2 mm の K 型熱電対を天井面から 5 cm 下方に 45 点設置し, 1 秒間隔で測定した。流速は二方向プローブを, 天井面から 5 cm 下方の火源中心を通る一直線上に 6 点設置し, 1 秒間隔で測定した (図 7-1 参照)。

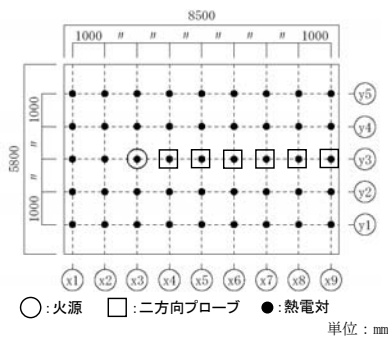
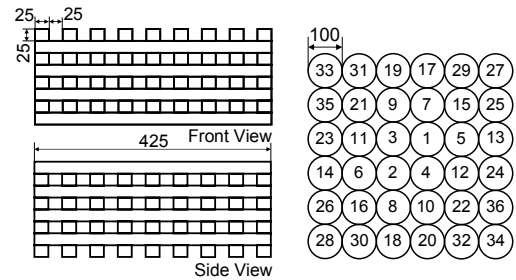


図 7-1 測定位置図

実験は火源の火災成長係数 α , べき乗数 p , 天井高さ H を変えて, 33 ケース実施した (表 7-1 参照)。なお, 成長火源では木材クリブとエタノールの 2 種類の燃料を用いた (図 7-2 参照)。エタノールを用いた場合, 直径 10 cm の燃焼火皿を 36 個配置し, 想定した発熱速度になるように各火皿を順次着火させることで異なる火災成長係数を再現した。

表 7-1 実験ケース一覧

No.	火源モデル	べき乗数 p [-]	燃料	火源設置面からの天井高さ [m]	火災成長係数 α [kW/s ²]
1	Q = α	0	メタノール	0.94	8.2
2					2.1
3					4.0
4					8.2
5				4.0	
6				9.4	
7				8.2	
8				4.0	
9				9.1	
10				8.2	
11				3.9	
12				9.1	
13	Q = αt	1	エタノール	1.6	0.393
14					0.785
15					1.33
16					2.30
17				0.422	
18				0.785	
19				1.29	
20				2.36	
21				1.6	0.0012
22				2.7	0.0020
23					0.0026
24				Q = αt^2	2
25	0.0118				
26	0.0217				
27	0.0399				
28	0.0671				
29	0.00481				
30	0.0116				
31	0.00249				
32	0.00427				
33	0.00565				



木材クリブ (大)
[小は 4 段組]

燃焼火皿の配置
と着火順序

単位 : mm

図 7-2 実験用火源

7.5 天井流の温度減衰性状と比例定数 C_4 の決定

前項(7-7)式における比例定数 C_4 を求める。ただし, 成長火源では未知の流動時間を考慮する必要があるため, 流動時間を考慮する必要のない定常火源の実験データより求めた。図 7-3 に定常火源の天井流の無次元温度上昇と無次元流動距離の関係を示す。式(7-7)式における比例定数を $C_4=4.73$ とすれば実験値と概ね一致した。

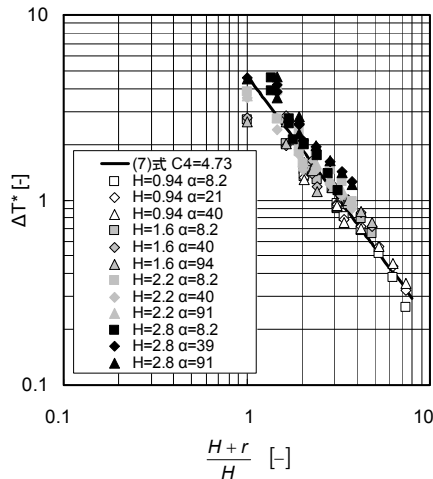


図 7-3 天井流の温度減衰(定常火源)

7.6 天井流の温度上昇と流速の関係

図 7-4 に各実験ケースにおける Fr 数の平方根と無次元流動距離の関係を示す。火災成長係数 α , べき乗数 p に関わらず無次元流動距離の増加と共に Fr 数は減少する。すべての実験データより最小二乗法により近似した指数関数のべき乗数は $\delta = -0.44$ となり, 次元解析で求めた -0.5 と近い値となった。また, 式(7-4)より $\delta = -0.5$ として近似した場合, 回帰式の比例定数 C_3 は 0.285 となった。

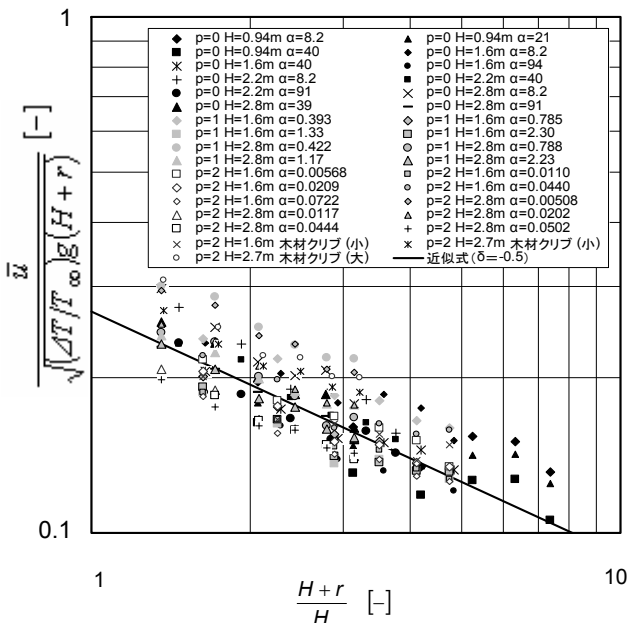


図 7-4 Fr 数の平方根と無次元流動距離の関係

7.6 天井流性状予測式

7.6.1 天井流温度

図 7-4 に示すように, 天井面下の天井流を考えた場合, ある時間 t (火源発熱速度 $Q(t)$) に発生した熱気流は, ある時間 (t_{travel}) かけて徐々に温度減衰しながら天井面下の位置 (H, r) に到達する。また, その時 ($t+t_{travel}$) の天井流温度を ΔT とする。ここで, H は火源面からの天井高さ, r は火源中心軸から感知器等の設置位置までの水平距離である。

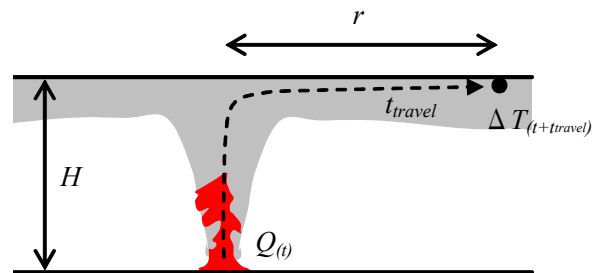


図 7-4 天井流温度予測の概念図

(1) 火源発熱速度: Q

時間 t と火源発熱速度 Q の関係は, 下式で与える。ただし, $0 \leq p \leq 2$ とする。

$$Q(t) = \alpha t^p \quad (7-13)$$

(2) 流動時間: t_{travel}

ある時点で火源より発生した熱気流が位置 (H, r) に到達するまでの流動時間 t_{travel} は, その時の火源発熱速度を Q として, 式(7-12)より下式により得られる。

$$t_{travel} = 0.95 Q(t)^{-1/3} H^{-1/3} (H+r)^{5/3} \quad (7-14)$$

(3) 天井流温度 ΔT

火源発熱速度 Q と位置 (H, r) の天井流温度の関係は, 図 7-3 より流動時間 t_{travel} を考慮して下式により得られる。

$$\Delta T_{(t+t_{travel})}^* = 4.73 \left(\frac{H+r}{H} \right)^{-4/3} \quad (7-15)$$

ただし, ΔT^* は下式で定義される無次元温度である。

$$\Delta T^* \equiv \frac{\Delta T_{(t+t_{travel})}}{T_\infty} \cdot \left(\frac{Q(t)}{C_p \rho_\infty T_\infty \sqrt{gH}^{5/2}} \right)^{-2/3} \quad (7-16)$$

7.6.2 温度到達時間の予測式

以下では, 天井流の温度が ΔT 上昇するまでに要する時間 (温度到達時間) の予測式を提案する。

(1) 温度到達時間: t_{detect}

感知器等の検知温度を ΔT_{detect} , 感知器の設置位置 (H, r) における熱気流を ΔT_{detect} 上昇させるために必要な火源発熱速度 (以後, 必要発熱速度 Q_{growth} と言う。) とすると, 温度到達時間 t_{detect} は, 火源発熱速

度が Q_{growth} に達するまでに要する時間 (以下, 火源成長時間 t_{growth} と言う), その時間 t_{growth} に発生した熱気流が位置 (H, r) に到達するまでの流動時間 t_{travel} との和と考えることができる。すなわち,

$$t_{detect} = t_{growth} + t_{travel} \quad (7-17)$$

である。

(2) 火源成長時間: t_{growth}

火源発熱速度が Q_{growth} に達するまでに要する時間 t_{growth} は, 式(7-13)より下式となる。

$$t_{growth} = (Q_{growth} / \alpha)^{1/p} \quad (7-18)$$

(3) 流動時間: t_{travel}

t_{growth} に発生した熱気流が位置 (H, r) に到達するまでの流動時間 t_{travel} は, 式(7-14)より下式となる。

$$t_{travel} = 0.95 Q_{growth}^{-1/3} H^{-1/3} (H+r)^{5/3} \quad (7-19)$$

(4) 必要発熱速度: Q_{growth}

位置 (H, r) における熱気流を ΔT_{detect} 上昇させるために必要な火源発熱速度 Q_{detect} は, 式(7-15)および(7-16)より, 下式となる。

$$Q_{growth} = 0.021 \Delta T_{detect}^{3/2} H^{1/2} (H+r)^2 \quad (7-20)$$

(5) 検知発熱速度: Q_{detect}

検知温度 ΔT_{detect} に達した時点の火源発熱速度 Q_{detect} は, 式(7-13)および式(7-17)より, 下式となる。

$$Q_{detect} = \alpha (t_{growth} + t_{travel})^p \quad (7-21)$$

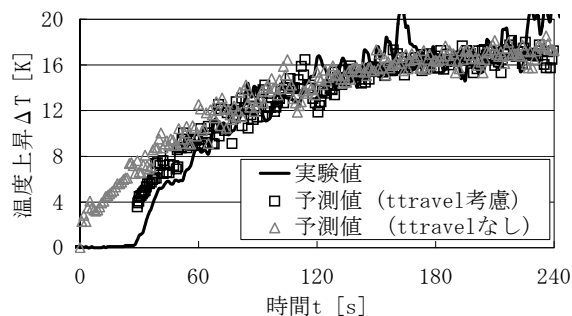
7.7 天井流温度予測式と実験結果の比較

図 7-5 は, (a) $p=1, \alpha=1.29\text{kW/s}$ および(b) $p=2, \alpha=0.0249 \text{ kW/s}^2$ とした場合に, 天井高さ $H=2.8 \text{ m}$, 水平方向に $r=5 \text{ m}$ 離れた位置における天井流温度の時間変化について予測値と実測値とを比較したものである。なお, 予測値については流動時間 t_{travel} を考慮した場合と考慮しない場合について示している。図 7-6 は, 天井流温度ならびに流動時間を予測する際に用いた火源発熱速度を示したものである。図 7-5(a), (b)より, 流動時間 t_{travel} を用いて天井流の温度を予測することで実測値に近い値を予測することができることがわかる。

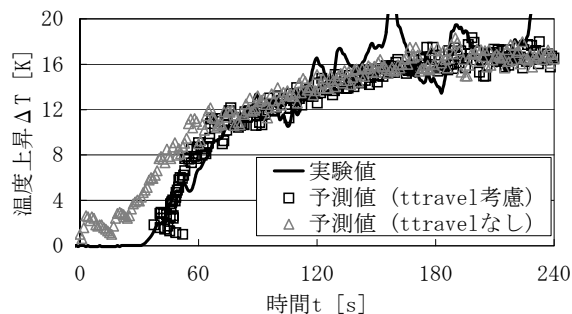
また, (b) $p=2$ は, (a) $p=1$ に比較して, 天井流温度 (t_{travel} 考慮) の初期の立ち上がり方が速い (急激に温度が上昇している) ことが分かる。このような急激な温度上昇は, 流動距離 r が長いほど顕著になると考えられ, 床面積の大きい空間では避難安全性を低下させる要因になる可能性がある。この点についても, 今後検討を行う必要がある。

7.8 温度到達時間予測式と実験結果の比較

図 7-7 は, 温度到達時間の予測値と実験値とを比較したものである。なお, 予測値, 実験値ともに, (a)は $\Delta T_{detect}=5\text{K}$, (b)は $\Delta T_{detect}=10\text{K}$ とした場合の温度到達時間を示している。図 7-7 より, 概ね予測値と実験値とは良く一致していることから, 温度到達



(a) アルコール成長火源($n=1, Q_0=1.29 \text{ kW/s}$)



(b) アルコール成長火源($n=2, Q_0=0.0249 \text{ kW/s}^2$)

図 7-5 天井流の温度の時間変化の予測

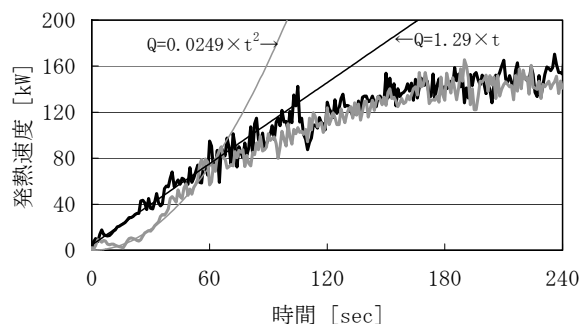


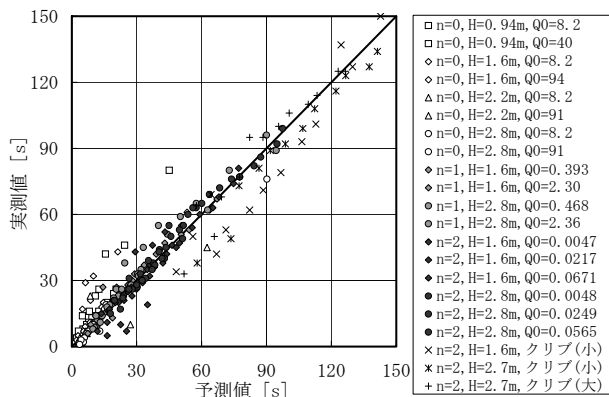
図 7-6 図 2 の予測で使用した火源発熱速度

時間予測式は妥当であるといえる。

7.9 まとめ

成長火源に適用可能な流動時間を考慮した天井流温度の予測式, ならびに温度到達時間の予測式を提案した。また, 成長速度の異なる火源による実験データと予測式による予測結果とを比較し, 本予測式の妥当性を検証した。

(a) $\Delta T_{detect}=5K$ とした場合



(b) $\Delta T_{detect}=10K$ とした場合

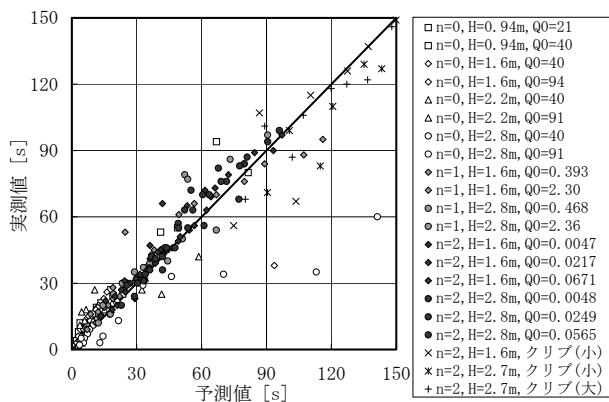


図 7-7 温度到達時間の予測結果

参考文献

- (1) The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, Chapter2-13, 2002.
- (2) J.D.Seader and I.N.Einhorn, "Some Physical, Chemical, Toxicological, and Physiological Aspects of Fire Smokes", 16th Symposium (international) on Combustion, pp.1423-1445, 1976.
- (3) 山内幸雄,万本敦, "光電式煙感知器の作動時間予測のための計算手法",日本火災学会論文集, Vol.52.No2, 2002.
- (4) JIS A1306
- (5) 早川一也 エアロゾルの科学 pp.125-128,産業図書株式会社
- (6) C.Helsper ら J.Aerosol Sci, Vol.11, pp.439-446
- (7) Alpert, R.L. : Calculation of response time of ceiling-mounted fire detectors, Fire technology, Vol.8, pp.181-195, 1972.
- (8) Alpert, R.L. : Turbulent Ceiling-Jet Introduced by Large-Scale Fires, Combustion Science and Technology, 1975.
- (9) 土井 央ら: 無限天井における天井流の煙濃度減衰性状, 日本火災学会概要集, pp.374-377,

- 2005.
- (10) Heskestad, G., Journal of Fire and Flammability, Vol.6, pp.253-257, 1975.
- (11) Sugawa, O., Fire Science and Technology, Vol.21, No.1, pp.57-67, 2001.
- (12) Heskestad, G., Fire Safety Journal, Vol.5, p.103, 1983.
- (13) G.Heskestad, Heat of combustion in spreading wood crib fires with application to ceiling jets, Fire safety Journal 41, pp343-348, 2006.

第3 防災力の向上

第3 防災力の向上

3.1 衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	19,019(平成 17 年度)、18,807(平成 18 年度)、18,482(平成 19 年度)
研究代表者	関根秀真
所属機関	株式会社三菱総合研究所
研究体制	産・学・官
研究概要	我が国の林野火災の消防戦術においては、火災情報の収集と情報共有化が重要な課題となっている。現行では、各機関が持つ紙ベースの林野火災防御図を基に、無線連絡により林野火災の発生位置や規模などの情報伝達が行われている。しかし、その情報量と質には限界があり、林野火災の早期発見、詳細な延焼状況の把握、正確な延焼予測を実施するには不十分な状況にある。本研究開発は、各種の衛星データを利用して林野火災情報を抽出・提供し、消防戦術の迅速な策定支援に活用することを目的としている。そのため、3つのサブテーマ(林野火災監視システムの開発、林野火災樹冠火危険度マップ作成手法の開発、林野火災延焼シミュレーションシステムの高精度化)を連携して実施することにより、衛星データを活用した林野火災消防戦術支援システムを開発した。
研究成果の活用事例	本システムは、林野火災の発生が予想される全国の消防本部への配備を想定して開発したもので、平常時～発災～沈火後の報告書作成までの林野火災防御活動の各段階において利用可能である。
応用の方向性	将来展望として、本プロトタイプシステムに基づき実用システムが開発され、各消防本部の定常業務にて活用されることを期待している。
キーワード	林野火災シミュレーションモデル、リモートセンシング、林野火災防御図、危険度格付け

研究発表の状況等	<p>1) Hozuma Sekine : Forest Fire Detection and Forest Environmental Preservation based on Remote Sensing Technology, State Key Laboratory of Fire Science, University of Science & Technology of China, Dec. 2007</p> <p>2) 大木 孝ほか研究担当者連名:衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発,東京情報大学 MODIS ワークショップ 2008年2月</p> <p>3) 佐野,木場,藤田:森林の林床可燃物の燃焼実験による延焼速度と火炎長の計測,日本火災学会平成19年度研究発表会概要集,60-60,2007</p> <p>4) 佐野,大輪,平野,鈴木:香川県東かがわ市地域における森林の種類別林野火災樹冠火危険度の格付け,日本火災学会平成19年度研究発表会概要集,130-131,2007</p> <p>5) 鈴木 圭,大野勝正,大輪安信,佐野俊和:林野火災拡大危険度マップ作成手法の開発,第117回 日本森林学会大会,2006</p> <p>6) 佐野俊和,鈴木 圭,大輪安信,大野勝正:広島県竹原市地域における森林の種類別林野火災樹冠火危険度の格付け,平成18年度日本火災学会研究発表会概要集, pp314-317, 2006</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>本件旧では,竹原広域消防本部の支援を頂き,平成19年度後半に実施した2回のデモンストレーションにおいては,実際の林野火災防御活動を行う上で本システムは概ね有効であるとの評価を頂いた。一方で,火災検知能力や延焼予測精度等の技術的な観点におけるいくつかの課題についても指摘がなされており,今後の研究開発が期待される場所である。</p> <p>今後は,各種の技術的な高度化だけでなく,運用面での課題抽出と対策の検討が必要であり,図上演習における利用や日々の林野火災防御活動における運用を通じた,実証的な研究開発の実施が望まれる。</p>

衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発

○ 関根秀真¹・木場正信¹・藤田尚毅¹・大木 孝¹・望月 潔²・平野晶彦²・
佐野俊和³・安田嘉純⁴・朴 鍾杰⁴

Hozuma sekine, Masanobu koba, Naoya fujita, Takashi ohki, Kiyoshi mochizuki, Masahiko hirata,
Toshikazu sano, Yosizumu yasuda and Park Jong Geol

研究課題の要旨: 本研究では、各種の衛星データを利用して林野火災情報を抽出し、地形情報や気象情報など併せ、延焼拡大をシミュレートし、消防戦術の迅速な策定支援に活用することを目的とする。そのため、次の3つのサブテーマを連携して実施することにより、衛星データを活用した林野火災消防戦術支援システムを開発した。

キーワード: リモートセンシング、林野火災延焼シミュレーション、Web GIS

1. はじめに

我が国の林野火災の消防戦術においては、火災情報の収集と情報共有が重要な課題となっている。現行では、各機関が持つ林野火災防御図を基に、無線連絡により、林野火災の発生位置や規模などの情報伝達が行われている。しかし、その情報量と質には限界があり、GIS(地理情報システム)等を活用した防御図の整備が求められている。最近、GPS 機能付携帯電話を利用した林野火災情報システムの開発が進められているが、詳細な延焼状況の把握には十分でない。また、従来から行われているヘリコプターによる情報収集活動も、大規模林野火災においては、煙が火災域の把握を妨げることも多く、夜間にはヘリコプターによる情報収集は行われまいといった問題点も存在する。一方、人工衛星の画像は昼夜に関わりなく火災に関する広域かつ豊富な情報を提供することができる。

本研究開発は、平成 17 年度消防防災科学技術研究推進制度にて採択された課題であり、3 ヶ年に渡り実施したものである。三菱総合研究所を研究代表とし、日本森林技術協会、広島県立総合技術研究所林業技術センター、東京情報大学、日本スペースイメージングの産官学連携による共同研究体制により実施した。我が国の林野火災の消防戦術においては、火災情報の収集と情報共有が重要な課題となっている。現行では、各機関が持つ紙ベースの林野火災防御図を基に、無線連絡により林野火災の発生位置や規模などの情報伝達が行われている。しかし、その情報量と質には限界があり、林野火災の早期発見、詳細な延焼状況の把握、正確な延焼予測を実施するには不十分な状況にある。本研究開発は、各種の衛星データを利用して林野火災情報を抽出・提供し、消防戦術の迅速な策定支援に活用することを目的としている。そのため、3つのサブテーマ(林野

火災監視システムの開発、林野火災樹冠火危険度マップ作成手法の開発、林野火災延焼シミュレーションシステムの高精度化)を連携して実施することにより、衛星データを活用した林野火災消防戦術支援システムを開発した。

2. 林野火災監視システムの開発

米国 NASA の地球観測衛星である Terra と Aqua に搭載された MODIS センサを対象として、我が国にて発生する林野火災を想定した林野火災抽出アルゴリズムを開発した。MODIS は、2 機の衛星に搭載されており、1 日 2~4 回の同一地点観測(昼夜)が可能であり、ユーザがデータを直接受信・処理できることから、低コストで定常的な林野火災の監視が可能である。

本研究では、火災の抽出手法として正規化熱指標 NTI 等のアルゴリズムを用いたリアルタイムによる林野火災抽出技術の開発し良好な結果を得た。

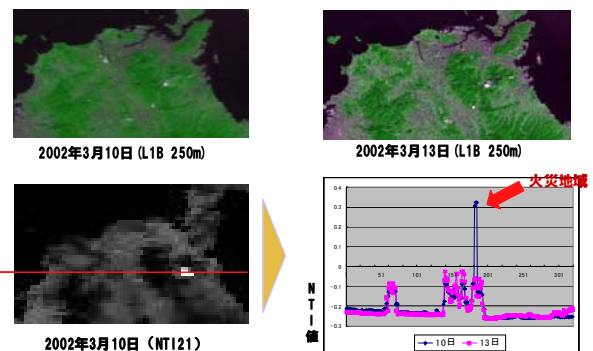


図1 国内火災の抽出事例(福岡県平尾台 300ha)

また、検知した林野火災を位置情報と共にデータベース化するシステムを開発した。MODIS は正確な位置情報を伴って林野火災を抽出することが可能である。本システムでは、抽出した林野火災を自動的にデータベース化すると共に、位置情報を元に GIS 上に表示できる。また、林野火災防御の活動状況等の入力フォーマットを用意しており、報告書作

(所属機関名)

1 株式会社三菱総合研究所

2 社団法人日本森林技術協会

3 広島県立総合技術研究所林業技術センター

4 東京情報大学情報システム学科

成や過去の林野火災情報の分析に利用することができる。

3. 林野火災樹冠火危険度マップ作成手法の開発

IKONOS、SPOT 等の高解像度衛星データを用いて、詳細な植生情報を解析・判読することにより、林野火災樹冠火危険度マップを作成する技術を開発した。林野火災においては、樹木の枝葉に火が燃え移る「樹冠火」が発生すると消火が困難となり、大規模な林野火災に発展する可能性が高くなる。この樹冠火に着目し、潜在的に樹冠火に移行しやすい森林タイプの格付けにより樹冠火危険度を定義した。そして、高解像度衛星画像による林野火災樹冠火危険度の格付け手法ならびにマップ作成技術の標準化のための技術開発を行った。

また、植生による樹冠火危険度に加え、高解像度衛星データをベースとして道路、構造物、消火栓、水利情報等の消防戦術策定に有用な情報を豊富に盛り込んだ新しい防御図を提案した。高解像度衛星データでは、航空写真のように視覚的に地上の状況を把握することが可能であり、関係者間における円滑な情報共有を促進する。

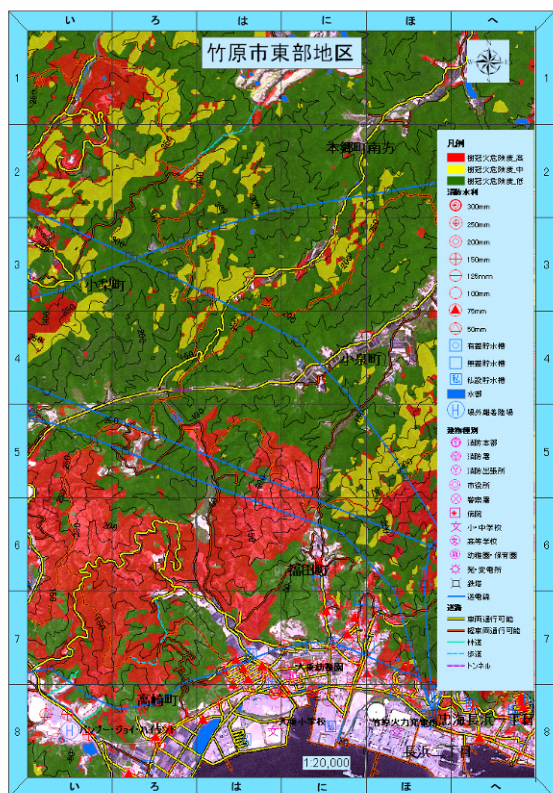


図2 開発した林野火災防御図（広島県竹原市）

なお、手法の開発においては、大規模林野火災が多発する瀬戸内海地域において、1年目（平成17年度）に広島県竹原市において格付けを行い、2年

目（平成18年度）には香川県東かがわ市において格付けを行った結果、ほぼ同じ森林の種類が分布し、格付けについてもほぼ同様であることが分かった。この成果に基づき、最終年度には格付け手法の標準化を行った。

4. 林野火災延焼シミュレーションシステムの高精度化

米国で開発された林野火災延焼シミュレーションモデル FARSITE を基本として、我が国の実状に適合する延焼予測の高精度化を実施すると共に、火災時の気象情報、地形、標高、植生を考慮し、迅速な対応を可能とする延焼予測シミュレーションシステムを開発した。植生に関する入力パラメータには、高解像度衛星による植生情報を利用した。また、森林タイプ別の臨床可燃物や風速条件による燃焼実験を行い、燃焼パラメータの精度向上を行った。さらに、消防現場における林野火災の防御戦術策定を迅速かつ効果的に支援するため、GISをベースとしたユーザインターフェースを開発した。火災シミュレーションにおいては、広島県竹原市の平成6年の植生復元図を用いた。計算期間は平成6年8月9日～11日の2日間とし、各火災の延焼拡大の様子を再現するとともに、延焼範囲予測を「消防活動あり」と「消防活動なし」で実施し良好な結果を得た。

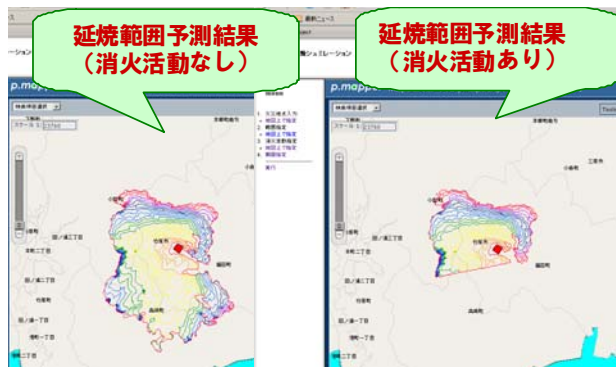


図3 林野火災延焼予測シミュレーション

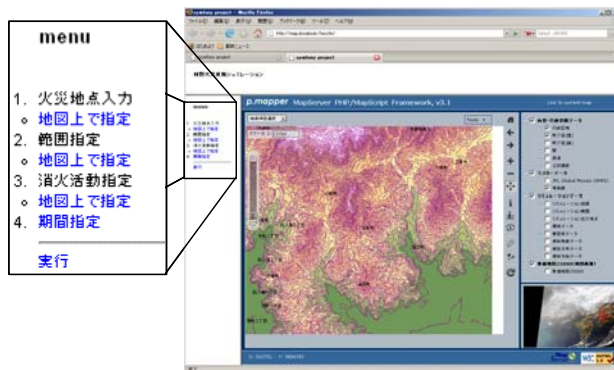


図4 林野火災延焼予測シミュレーション

5. まとめ

以上の研究を統合する成果として、消防本部での利用を想定した林野火災防御支援システムのプロトタイプシステムを開発した。WebGISを用いて、MODISによる林野火災検知結果、林野火災防御図、林野火災延焼シミュレーション結果を一元的に表示、管理すると共に、各機能のインターフェースを統合化した。

また、広島県竹原広域消防本部の協力によりプロトタイプシステムのデモンストレーションを2回実施し、本システムの有効性と実用化に向けた課題に関する議論を行った。本システムは、林野火災の平常時～発災～沈火後の報告書作成までの林野火災防御活動の各段階において利用可能である。具体的には、下記の機能を備えている。

- 林野火災履歴データベース
 - 過去の林野火災履歴を収録
 - 衛星データを用いた林野火災自動抽出アルゴリズムにより抽出された林野火災データを格納と表示
 - 林野火災位置情報、時刻情報を自動的にデータベース化
 - 林野火災時の消防活動に関する情報を沈火後に入力・保存
 - 火災報告作成のための支援インターフェース整備
- 林野火災防御図／樹冠火危険度マップ
 - 樹冠火危険度、防御図及びその元となる高解像度衛星画像、植生情報等の非更新データを格納と表示
 - 水利情報を含む地理情報データの格納と表示
- 延焼予測マップ
 - 発生林野火災に対する延焼シミュレーションを画面上にて操作
 - 延焼シミュレーションモデルの計算結果を格納

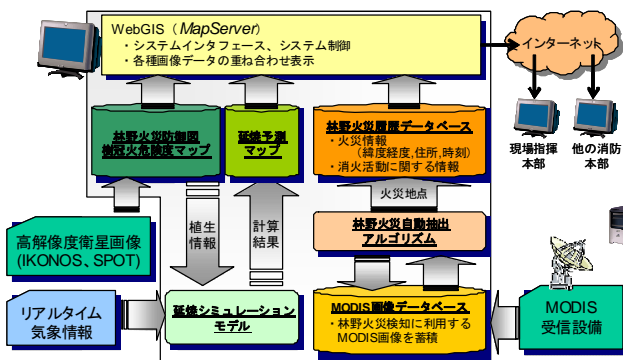


図5 林野火災防御支援システムの全体像



図6 竹原広域消防本部における報告

研究開発に当たっては、現場のニーズを可能な限り反映するため、竹原広域消防本部の支援を頂き、貴重な助言を頂いた。最終年度である平成19年度後半に実施した2回のデモンストレーションにおいては、実際の林野火災防御活動を行う上で本システムは概ね有効であるとの評価を頂いた。一方で、火災検知能力や延焼予測精度等の技術的な観点におけるいくつかの課題についても指摘がなされており、今後の研究開発が期待される所である。

今後は、各種の技術的な高度化だけでなく、運用面での課題抽出と対策の検討が必要であり、図上演習における利用や日々の林野火災防御活動における運用を通じた、実証的な研究開発の実施が望まれる。

【参考文献】

- 1) Hozuma Sekine : Forest Fire Detection and Forest Environmental Preservation based on Remote Sensing Technology, State Key Laboratory of Fire Science, University of Science & Technology of China, Dec. 2007
- 2) 大木 孝 ほか研究担当者連名：衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発、東京情報大学 MODIS ワークショップ 2008年2月
- 3) 佐野、木場、藤田：森林の林床可燃物の燃焼実験による延焼速度と火炎長の計測、日本火災学会平成19年度研究発表会概要集、60-60、2007
- 4) 佐野、大輪、平野、鈴木：香川県東かがわ市地域における森林の種類別林野火災樹冠火危険度の格付け、日本火災学会平成19年度研究発表会概要集、130-131、2007

第3 防災力の向上

3.2 航空・衛星画像を用いた災害時における救助活動の阻害要因調査に関する研究

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	3,463(平成 17 年度)、3,751(平成 18 年度)、3,655(平成 19 年度)
研究代表者	佐治 斉
所属機関	静岡大学
研究体制	産・学・官
研究概要	大規模災害が生じたとき、災害の全体像を的確にとらえた上、救助活動を阻害する要因を検出し、救急車両の通行路や被災者の避難経路等を迅速に発見し確保することは非常に重要である。しかし災害直後の被災地周辺状況から災害の全体像と救助活動を阻害する要因を、地上に設置された機器による限られた範囲の観測だけで瞬時に把握することは困難であり、また人の力で調査することは時間がかかり危険もともなう。これを踏まえ、本研究では、円滑な救助活動を支援することを目標とし、上空から撮影された画像情報と地図情報を活用し、災害時において道路・交通状況や被災地状況を含め広範囲の情報を一括自動解析するシステムを構築した。さらに、上空から撮影された様々な実画像データに対して実験を行うことでシステムを評価した結果、道路閉塞領域を含めた被災地周辺の広域情報の自動検知が、構築システムにより実現可能であることが判明した。
研究成果の活用事例	<ul style="list-style-type: none"> ・各都道府県の防災無線基地局や緊急消防援助隊へ救助支援情報を提供するシステム ・災害対策本部や緊急消防援助隊の救助計画立案時における必要情報を生成・提供するシステム ・被災者とその関係者へ被災地周辺情報を提供するシステム ・防災目的の地域情報地図を作成するシステム
応用の方向性	大規模災害に関わる様々な組織(消防救急,道路管理,交通管理等)や被災者に対し,被災地周辺の広域情報を迅速に広く配信・公開するための様々なシステムへの応用が考えられる。
キーワード	画像処理,道路閉塞,デジタル地図,大規模災害,救助支援情報

研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) テクスチャ特徴を用いた航空・衛星画像からの地震災害領域の検出, 中川譲, 藤山忠弘, 佐治斉, 第 31 回リモートセンシングシンポジウム講演論文集, pp.15-18, (2005.10). 2) 航空画像を用いた被災地周辺の道路情報抽出, 佐治斉, 日本地震工学会・大会-2005, pp.494-495, (2005.11). 3) Hough 変換を用いた平行四辺形の検出, 田中健介, 佐治斉, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J89D, No.3, pp.606-612, (2006.3). 4) 航空画像を用いた都市部における車両領域の検出, 佐治斉, 増山久美子, 画像ラボ7月号, pp.12-15, 日本工業出版, (2006.7). 5) テンプレートマッチングを用いた衛星・航空画像の位置合わせ, 石原光芳, 佐治斉, MIRU2006, 画像の認識・理解シンポジウム論文集, pp.896-899, (2006.7). 6) Hough 変換を用いた平行四辺形の抽出と車両抽出問題への適用, 田中健介, 佐治斉, MIRU2006, 画像の認識・理解シンポジウム論文集, pp.864-867, (2006.7). 7) 航空画像を用いた地震災害後の道路情報抽出, 佐治斉, 第 32 回リモートセンシングシンポジウム講演論文集, pp.63-64, (2006.11). 8) 航空画像を用いた道路閉塞領域の抽出, 藤山忠弘, 佐治斉, 第5回 ITS シンポジウム 2006, pp.229-235, (2006.12). 9) 上空斜め画像とデジタル地図の自動位置合わせ, 河合荘景, 佐治斉, ViEW2006 ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集, pp.276-279, (2006.12). 10) 航空画像を用いた災害後の道路閉塞解析, 浦部和哉, 佐治斉, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS2006, Vol.106, No.438, pp.1-6, (2006.12). 11) 航空画像を用いた道路標示抽出, 石野裕一, 佐治斉, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS2006, Vol.106, No.438, pp.7-12, (2006.12). 12) Vehicle Extraction from Aerial Images Using Voting Process and Frame Matching, Kensuke Tanaka and Hitoshi Saji, PROCEEDINGS OF THE 2007 IEEE INTELLIGENT VEHICLE SYMPOSIUM (CD), (2007.6). 13) Point Based Matching Algorithm for Damaged Area Detection, Mitsuyoshi Ishihara and Hitoshi Saji, Proceedings of the Fourth International Workshop on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images (CD), (2007.7). 14) Automatic Registration of Aerial Oblique Images and a Digital Map, Shokei Kawai and Hitoshi Saji, SICE Annual Conference, 2007, (CD), (2007.9).
----------	---

	<p>15) Analysis of Road Blockage after Disaster Using Aerial Images, Kazuya Urabe and Hitoshi Saji, SICE Annual Conference 2007, (CD), (2007.9).</p> <p>16) 航空画像を用いた地震災害後の道路閉塞状況解析, 河合荘景, 佐治斉, 日本地震工学会・大会-2007梗概集, pp.386-387, (2007.11).</p> <p>17) 航空画像とデジタル地図を用いた山間部における道路閉塞解析, 浦部和哉, 佐治斉, ITS シンポジウム 2007, in proceedings CD, pp.387-392, (2007.12).</p> <p>18) 航空画像を用いた広域・局所解析による道路標示抽出, 石野裕一, 佐治斉, ITS シンポジウム 2007, in proceedings CD, pp.195-200, (2007.12).</p> <p>19) 大規模地震災害後の航空画像を用いた通行可能道路幅算定, 中澤幸子, 佐治 斉, JViEW2007ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集, pp.298-301, (2007.12).</p> <p>20) 航空画像上の領域解析による道路標示抽出, 石野裕一, 佐治斉, 第15回 SICE リモートセンシングフォーラム資料, pp.15-16, (2008.2).</p>
<p>知的財産権の出願・登録状況等</p>	<p>道路閉塞検知手法や画像位置合わせ手法について特許出願予定</p>
<p>当該研究に対する今後の展開、意見等</p>	<p>当初の計画に照らして、システム検討や構築などの目標を達成した。今後は実用化に向けて、データの取得や配信方法も含め、更に研究開発を進める予定である。</p>

航空・衛星画像を用いた災害時における救助活動の阻害要因調査に関する研究

○佐治斉¹・市川朗²・村田隆裕³・小川住雄³・秋山尚夫⁴・浜松市消防本部⁵

Hitoshi Saji, Akira Ichikawa, Takahiro Murata, Sumio Ogawa, Hisao Akiyama, and Hamamatsu City Fire Department

研究課題の要旨: 地震や風水害などの大規模災害が生じたとき、災害の全体像を的確にとらえた上、救助活動を阻害する要因を迅速に検出し、救急車両の通行路や被災者の避難経路等を迅速に発見し確保することは非常に重要である。しかし、災害直後の被災地周辺状況から災害の全体像と救助活動を阻害する要因を、地上に設置された機器による限られた範囲の観測だけで瞬時に把握することは困難であり、また人の力で調査することは時間がかかり危険もともなう。これを踏まえ、本研究では、円滑な救助活動を支援することを目標とし、上空から撮影された画像情報と地図情報を活用し、災害時において道路・交通状況や被災地状況を含め広範囲の情報を一括自動解析するシステムを構築した。さらに、上空から撮影された様々な実画像データを用いて実験を行うことでシステムを評価した結果、道路閉塞領域を含めた被災地周辺の広域情報の自動検知が、構築システムにより実現可能であることが判明した。

キーワード: 画像処理、道路閉塞、デジタル地図、大規模災害、救助支援情報

1. はじめに

地震災害や風水害等の大規模災害が生じたとき、災害の全体像を的確にとらえた上、救助活動を阻害する要因を迅速に検出し、救急車両の通行路や被災者の避難経路等を迅速に発見し確保することは非常に重要である。しかし災害直後の被災地周辺状況から災害の全体像と救助活動を阻害する要因を、地上に設置された機器による限られた範囲の観測だけで瞬時に把握することは困難であり、また人の力で調査することは時間がかかり危険もともなう。これを踏まえ、本研究では、上空から撮影された衛星・航空画像群とGIS(デジタル地図)情報を用いて、災害時における被災地周辺情報を一括自動解析するシステムを計算機上に構築し、円滑な救助活動を支援することを目標として研究を進めた。

構築したシステムは、画像統合処理部、特徴抽出処理部、領域解析処理部、統合解析処理部から構成される。図.1に構築システムの概要を示した。

研究期間は3年間であったが、1年目にシステム全体の基本となる画像処理に関わるシステムの前半部分を作成し、2年目に後半部分を作成した。最終年度は、実応用を見据えた機能を追加し、さらに、構築したシステム上で、神戸市や長岡市などの実データを用いて評価実験を行った。

システム各部位の内容を以下で説明する。

2. 構築システム内容

構築したシステムの各部位について説明する。

2-1 画像統合処理部

まず、災害前後に撮影された画像に対し、雑音除去、陰影軽減、及び色調補正を行う前処理用のソフトウェアを作成した。

続いて、災害前に撮影された衛星画像とデジタ

ル地図の位置合わせを行い、基盤データを構築するための部位を作成した。この基盤データ構築は災害前に行い緊急を要する作業ではないため、手動で複数の対応点を抽出し位置合わせを行うことを基本とした。ただし、手動のみでは多少の位置ずれが生じる可能性があるため、画像と地図のエッジ方向に基づきより最適な位置に自動補正する機能を付加した。

最後に、上空から撮影された災害後画像と災害前に撮影された衛星画像との自動位置合わせを実現するためのソフトウェアを作成した。複数画像の自動位置合わせは、「特徴点抽出⇒特徴点間の

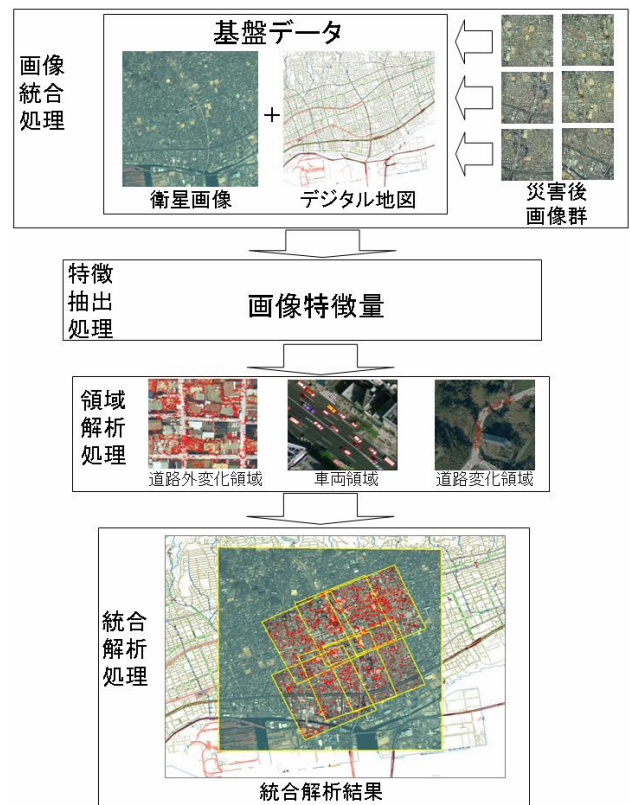


図.1 構築システム概要

1 国立大学法人 静岡大学
2 国立大学法人 京都大学
3 財団法人 日本交通管理技術協会
4 (元)財団法人 日本交通管理技術協会
5 浜松市消防本部

対応付け⇒画像全体位置合わせ」の流れで行う手法が一般的であるが、汎用の特徴点抽出手法を用いると、災害により被写体形状が変化した場合に大きな位置ずれが生じる。そこで本研究では、災害の影響の少ない領域のみから特徴点を抽出する手法を新たに考案し、これをもとに位置合わせを行うこととした。

2-2 特徴抽出処理部

統合された情報から、種々の画像特徴量を抽出する部位を作成した。ここでの特徴量は、比演算値、彩度、エッジ強度、エッジ角度、長エッジ等であり、災害前後の画像双方から抽出される。また画像間の位置合わせが実現されているため、各特徴量についての差分計算も可能であり、種々の特徴量を組み合わせることで変化域を抽出できる。

2-3 領域解析処理部

画像から抽出された種々の特徴量から各領域を抽出するシステム部位を構築した。具体的には、道路領域、道路外変化領域、車両領域、道路標示領域、及び道路閉塞領域である。

- ① **道路領域抽出処理部**：画像と位置合わせされたデジタル地図の道路領域情報を活用し、災害前後の画像双方から道路領域を自動抽出するプログラムを作成した。
- ② **道路外変化領域抽出処理部**：画像特徴量のうちエッジ情報と色情報を用い災害前後の値について差分計算を行うことで道路外の変化領域を抽出するプログラムを作成した。
- ③ **車両領域抽出処理部**：画像中から車両領域を抽出する部位を構築した。車両のコーナー候補点を先に抽出しこれを基点に領域を探索する手法に加え、エッジ画素上の色情報と矩形内の中心点情報も活用することで、より正確に車両領域を検出できるようプログラムを作成した。
- ④ **道路標示領域抽出処理部**：先に抽出された画像特徴量のうち、道路領域色と異なる色を持つ領域における長エッジの情報をを用いることで、画像中から車線や横断歩道といった道路標示領域を抽出するプログラムを作成した。
- ⑤ **道路閉塞領域抽出処理部**：災害前後の画像における道路領域から車両領域と道路標示領域を除いた領域について、エッジ情報と色情報の差分値を求めることで、道路上の変化領域を求めるプログラムを作成した。さらに、道路上の変化領域が道路閉塞領域か否かを判定するため、道路領域に隣接した道路外領域の情報を活用した。具体的には、道路外隣接領域が変化領域であれば道路閉塞が発生している可能性が高くなるため、そのような箇所を道路閉塞領域として抽出するプログラムを作成した。

2-4 統合解析処理部

解析された領域情報をもとに、道路幅員を算出し、通行不可能領域を求める部位と、車両領域数を用い道路上の車両台数密度を算出する部位を作成した。

- ① **道路領域抽出処理部**：デジタル地図と災害前後画像、及びこれまでに構築した道路閉塞領域抽出処理部の出力結果に対し、距離変換を適用することで道路幅員を算出するシステム部位を構築した。この部位により災害前の各道路の幅員の計測、主要道路とそれ以外の道路との区別、及び災害後の各道路の通行可能幅の算出が可能となる。
- ② **通行不可能領域算出部**：先に求めた通行可能幅算出結果に対してエッジ追跡処理を適用することにより、車両が通行不可能となる領域を算出する部位を構築した。
- ③ **車両台数密度算出部**：局所的に区分した道路領域ごとに、車両領域抽出数の領域面積に対する比率を算出することで、各局所道路領域内の車両台数密度を算出する部位を構築した。

3. 実験

構築システム上で、実画像や地図を用いた実験を行った。活用した計算機は、汎用の PC (CPU2. 8GHz、Memory1. 5GByte) である。

画像統合処理実験

1m 解像度の衛星画像 (株)日本スペースイメージング、神戸市 53Km² (2001 年 3 月)、長岡市 63Km² (2001 年 8 月)) と、20cm 解像度の航空画像 (株)パスコ、神戸市 1Km²×27 枚 (1995 年 1 月)、長岡市 2. 5Km²×19 枚 (2004 年 10 月)) に適用し実験を行った。画像を階層化して、画像サイズ±50%、回転角度± $\pi/3$ rad の範囲内で位置合わせを行ったが、目視で 4 画素以内の誤差で位置が合わされた。計算時間が約 2 分 (CPU2. 8GHz の PC 使用) かかるが、連続して撮影された画像であれば 2 枚目以後の処理は短時間となる。今後さらに精度向上と速度向上を目指す予定である。またデジタル地図とも位置合わせを行ったが、ここでは神戸市 (1/2500 神戸市都市計画局) と長岡市 (1/25000 (財) デジタル道路地図協会) を用いた。

領域解析処理実験

この実験では、データとして、画像統合処理部の実験で位置合わせされたものと同じものを用いた。

道路領域抽出については、地図上に正確に道路が再現されている箇所については、航空画像上で 15 画素以内のずれで道路領域が自動抽出された。また、正確に道路が再現されていない箇所について、手動で道路領域を抽出する機能をシステムに付加した。

道路外変化領域抽出については、目視で変化領域と見なせる領域をほぼ自動抽出できた。

車両領域抽出については東京都中央区の25cm解像度の画像(㈱東京デジタルマップ)を用い、500m×500mの領域について約16分の計算時間で89%の精度(台数)で結果が求められた。

道路標示領域抽出についても同様の画像を用い、約70秒の時間で断歩道が88%で車線が74%の抽出率となり、道路上の表示物が概ね自動抽出できた。

道路閉塞領域抽出については、目視で道路閉塞の候補と見なせる領域と自動抽出した領域を画素単位で比較した結果、都市部(神戸市航空画像)で76%、山間部(長岡市航空画像)で72%の抽出率であった(計算時間はいずれも1Km²あたり約150秒)。図.2と図.3に災害後の航空画像と道路領域を解析した結果を示す¹⁾。(図.2は神戸市航空画像の一部、図.3は長岡市航空画像の一部)。図内の中間領域は、変化領域であるが閉塞候補領域と断定できない領域である。

統合解析処理実験

先に求めた領域解析結果とデジタル地図情報を用い、道路上の通行不可能領域の検知を行った。道路領域解析結果から通行可能幅を算出し、通行不可能領域を抽出した結果、目視で確認できる通行不可能領域はすべて求められた。さらに同様の実験を他4枚の画像について行い、同等の結果を得た。計算時間はいずれも数秒程度である。

車両台数密度算出については、前節での車両領域抽出に成功した結果において、500m×500m程度の領域であれば、数秒ですべて算出できた。

様々な画像を用いた実験

被写体が鮮明な市販の可視画像のみならず、様々な画像を用いた検証実験も行った。

まず低解像度画像を用いた車両領域検知を行った。市販の衛星画像5枚(60cm解像度、800画素×800画素、日立ソフトウェアエンジニアリング㈱、東京都千代田区、2007年3月)を用い、車両抽出率は平均82%(最低でも75%)となり、広域交通の一括把握への利用が可能であることがわかった。

さらに、被災地検知について、災害後においての実利用が有効と思われる航空機SAR画像(独立行政法人情報通信研究機構)と無人航空機(カイトプレーン)赤外線画像(消防庁消防研究センター)を用いた実験も行った。図.4は災害後の航空機SAR画像と災害前の衛星画像とを位置合わせし被災領域を検知した結果であり、図.5は火災後の無人航空機赤外線画像と災害前の衛星画像とを位置合わせし火災領域を検知した結果である。なお、衛星画像は1m解像度(㈱日本スペースイメージング)のものである。いずれも正しい結果を得ており、本研究で構築したシステムが様々な画像に適用可能であることがわかった。なお、ここで活用した無人航空機は、飛行音が静かで災害直後の救助活動に支障を

きたさず、かつ赤外線カメラで撮影しているため夜間での活用も可能である。また航空機SARでは、悪天候下や煙が発生している状況においても被災地を撮影することができ、撮影時間や撮影場所の自由度が高く実用上有効である。

4. まとめ

これまでに、画像統合処理部、特徴抽出処理部、及び領域解析処理部などを構築し、その出力結果をもとに、道路を中心とした被災領域を解析するシステム部位を構築した。また市販の航空・衛星画像のみならず様々な画像を用いた実験を行い、システムの有効性を検証した。今後は、実利用を踏まえたシステムの改善と多種災害への応用実験、及び様々な災害関係組織の意見を踏まえた実利用・運用方法の検討を行う。

システム改善：実際の災害復旧活動において、関係者の利用が容易となるようシステムを改善する。具体的には、システムの高速度化、データ入出力の簡易化、災害画像のデータベース化、及び利用者の技能に合わせたインタフェースの構築を行う。

多種災害への応用実験：これまでは、大規模地震災害を対象としたデータのみを活用した実験を行ってきたが、今後は気象災害や火山災害などの自然災害のみならず、人為的な災害も含めて様々な状況下で取得されたデータを活用した実験を行い、また各々の災害復旧活動におけるシステムの具体的な活用方法を検討する計画である。

実利用・運用方法の検討：これまでに検討・構築したシステムの効率よい運用方法や、生成された情報の発信・配信方法を検討する。具体的には、大規模災害直後における緊急消防援助隊への支援情報を中心として、被災地域全体の概略と、周辺道路の状況や交通状況など救助活動に必要となる情報を、短時間に視覚的に提示できるようにシステムを拡張する。また本システムを稼動するのに必要なデータの効率的な入手経路とその配信方法、道路・交通管理組織や被災地住民などから間接的に得られた情報と本システムの出力結果との統合方法、及び本システムの活用を前提とした関係部隊の運用方法を地元消防本部や市役所など災害対策に関係する組織とともに検討する計画である。その他、消防車ナビへの配信データ、被災者把握データ、及び罹災証明データ等を生成する目的における活用につき、関係組織からはすでにご意見をいただいているが、その具体的な運用方法を今後検討する計画である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、消防庁消防大学校消防研究センターと独立行政法人情報通信研究機構からご協力をいただいた。ここに感謝する。



図. 2 (上) 航空画像 (株式会社パスコ)
 (下) 道路領域解析結果
 (青：通行可能領域、黄：中間領域、赤：閉塞候補領域)

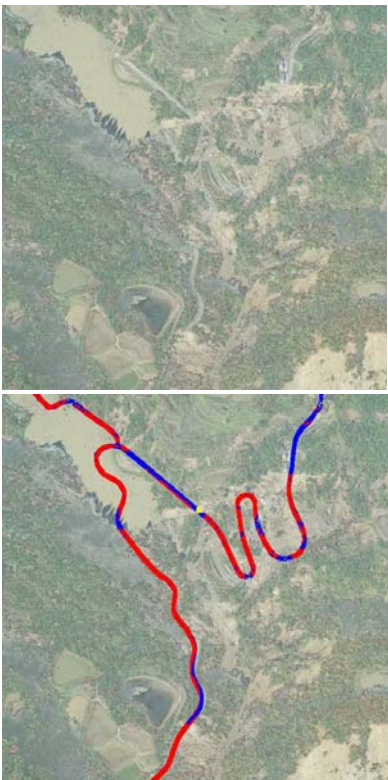


図. 3 (上) 航空画像 (株式会社パスコ)
 (下) 道路領域解析結果
 (青：通行可能領域、黄：中間領域、赤：閉塞候補領域)

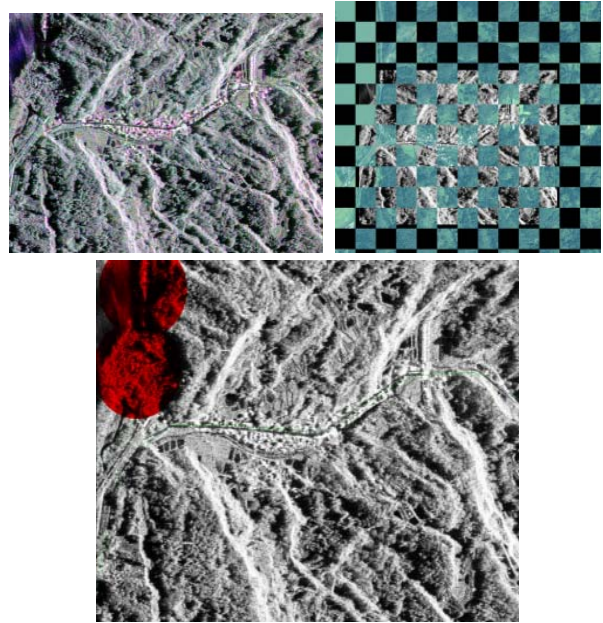


図. 4 (左上) 航空機 SAR 画像
 (独立行政法人情報通信研究機構)
 (右上) 画像位置合わせ結果
 (下) 被災領域検知結果 (赤で示した領域)

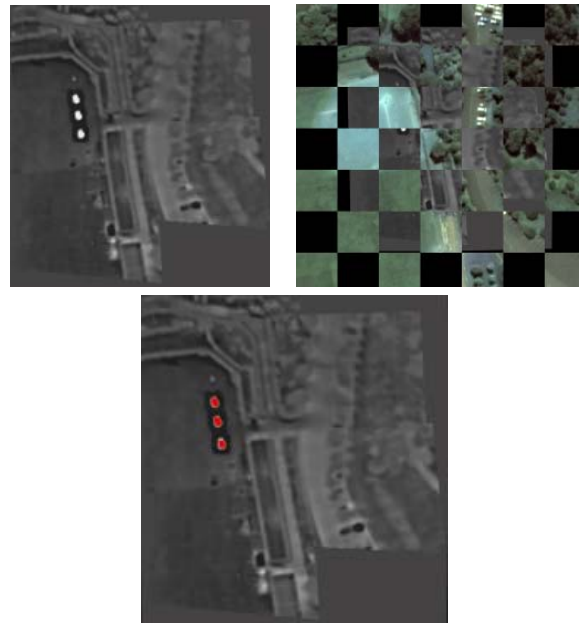


図. 5 (左上) 無人航空機赤外線画像
 (消防庁消防大学校消防研究センター)
 (右上) 画像位置合わせ結果
 (下) 火災領域検知結果 (赤で示した領域)

【参考文献】

- 1) 航空画像を用いた道路閉塞領域の抽出, 藤山忠弘, 佐治齊, 第 5 回 ITS シンポジウム 2006, pp. 229-235, 2006 年 12 月.

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.1 次世代防火服の開発

研究実施期間	平成 16 年度～18 年度
配分額(千円)	17,793(平成 16 年度)、18,657(平成 17 年度)、18,673(平成 18 年度)
研究代表者	小川孝裕
所属機関	財団法人日本防災協会
研究体制	産・学・官
研究概要	初年度は、次世代防火服研究会を設置し本テーマの推進母体とし、アンケートにより消防隊員の防火服ニーズを把握した。また、内外の防火服を収集し分析を行った。次年度は、防火服の+1 アップサイズ選択により運動性に改善が認められ、PCM 相変化物質使用の冷却ベストの防火服内着用が快適性の向上に有効であり、耐熱高強力繊維の使用により熱防護性の改善が認められた。これらの技術を踏まえて、最終年度には、生地試作や縫製型紙の試作を行い、実用的な防火服を試作し、消防隊員による模擬消防活動による評価を行った。次世代防火服の開発方向が明らかになった。
研究成果の活用事例	この研究により示した次世代防火服のプロトタイプと今後の開発の方向に沿った防火服の開発が、メーカーにより行われた結果、今では耐熱高強力繊維を有効活用した防火服の製造販売が開始され、冷却ベストの採用も進んでいる。また、防火服の適切なサイズ選択等の使用方法が指導されている。
応用の方向性	防火服の断熱層生地の立体化改善によりエアギャップの作製、耐熱高強力繊維活用技術の改善により軽量化と運動性の更なる改善、PCM の長所を生かしつつ低コスト冷材の開発によりヒートストレス課題の対策として期待される。
キーワード	熱防護性、快適性、ヒートストレス、PCM、運動性、耐炎計装マネキン、発汗マネキン、アラミド繊維、PBO 繊維

研究発表の状況等	<p>1) 第11回国際環境人間工学会スウェーデン2005-05-22～26「日本の消防隊員の消防活動負荷状況調査」発表 栢原裕</p> <p>2) 第4回消防研究所シンポジウム平成17年3月7日「防護服着用時の生理的負担・消防防護服着用時の不快感を軽減させる研究の必要性」基調講演 栢原裕</p> <p>3) 第79回日本産業衛生学会仙台平成18年5月11日「サーマルマネキンを使った防火服の温熱特性」ポスターセッション 上野哲</p> <p>4) 国際ミニシンポジウム福岡「消防用防火服の安全性・運動性・快適性」2007-03-08 発表 栢原裕・周金枚,田村照子・山田巧,澤田晋一・上野哲, 箭内英治,小川孝裕</p> <p>5) 繊維学会関東支部 2007-12-19「次世代防火服の開発」講演 小川孝裕</p> <p>6) 第5回日本防護服研究会学術総会 2008-02-13「次世代防火服の開発」講演 小川孝裕</p> <p>7) 労働安全研究Vol.1No.3,pp189-196,2008「サーマルマネキンを使った防火服の顕熱抵抗測定」上野 哲,澤田晋一</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>今回の研究は、現有素材と技術の活用による防火服の防護性・快適性・運動性にバランスの取れた改造が主題であったが、今後の大きな飛躍のためには、新繊維素材や新技術の開発から取り組む必要がある。繊維製品の開発には、原繊維、紡績、撚糸、製織編、縫製等の長い工程を駆使した効率的な試作が必要である。今後は、メーカー主導の開発が期待される。</p>

次世代防火服の開発

○小川孝裕¹
Takahiro Ogawa

研究課題の要旨：初年度(平成16年度)は、次世代防火服研究会を設置し本テーマの推進母体とし、アンケートにより消防隊員の防火服ニーズを把握した。また、内外の防火服を収集し分析した。第2年度(平成17年度)は、+1サイズアップのユトリ防火服の選択により運動性に改善が認められ、PCM相変化物質使用の冷却ベストの防火服内着用が快適性の向上に有効であり、耐熱高強度繊維の使用により熱防護性の改善が認められた。これらの技術を踏まえて、最終年度(平成18年度)には、生地試作や縫製型紙の試作を行い、実用的な防火服を試作し、消防隊員による模擬消防活動による評価を行った。次世代防火服の開発方向が明らかになった。

キーワード：熱防護性、快適性、ヒートストレス、PCM、総変化物質、運動性、耐炎計装マネキン、発汗マネキン、アラミド繊維、PBO繊維

1. はじめに

この研究の推進母体として、次世代防火服研究会が設置された。九州大学の栃原先生を委員長とし、研究者・製造者・使用者の産官学3者が一致協力して理想の防火服の開発を目指すこととした。研究会の委員は、表1のとおり。

表1 次世代防護服研究会委員と役割

委員名	所属機関	役割
栃原 裕 (委員長)	九州大学大学院教授 芸術工学研究員人間 工学教室	防火服の総合評価、環境 試験室による快適性評 価、模擬消防活動による 運動性評価
田村照子	文化女子大学教授	防火服の設計指導、発汗 マネキンによる快適性 評価、三次元同左解析に よる運動性評価
澤田晋一 上野 哲	(独)労働安全衛生総 合研究所 産業医学 総合研究所	運動発汗マネキンによる 運動性及び快適性評 価
箭内英治	消防研究センター大 規模火災研究室長	防火服生地の熱防護性 及び快適性評価、耐炎計 装マネキンによる熱防 護性評価
消防機関	全国消防長会、東京 消防庁、川崎市・名 古屋市・大阪市・福 岡市各消防局	アンケート実施、模擬消 防活動の指導、資器材の 貸与
全国消防 服装協会	防火服製造業者 繊維等防火服原料製 造業者	防火服生地試作及び縫 製、内外防火服の調達及 び調査、冷却装置の試作 及び調達、防火服以外の 個人防護装備品の調達、
小川孝裕	(財)日本防災協会理 事技術部長	研究代表者、本研究の総 合的推進、研究会事務局

(所属機関名)

1 財団法人 日本防災協会

2. 防火服アンケート調査

防火服には、消防隊員が火災現場において活動する際に、隊員を火災の熱から防護すること(熱防護性)だけでなく、防火服内の暑さによって心身の不調を起こさないこと(快適性)や消防活動に必要な手足等の動きを妨げないこと(運動性)も要求される。

全国消防長会を通じて、全国16都市の消防本部と796人の消防隊員に、現在使用中の防火服の課題や改良すべき点等のアンケート調査を実施した。

結果、図1のように、防火服に求められる機能、性能について、消火や救助活動における動作のしやすさ(運動性)が優先し、防護性・安全性(熱防護性)そして着心地の良さ(快適性)が重要である回答している。

(単位：%)

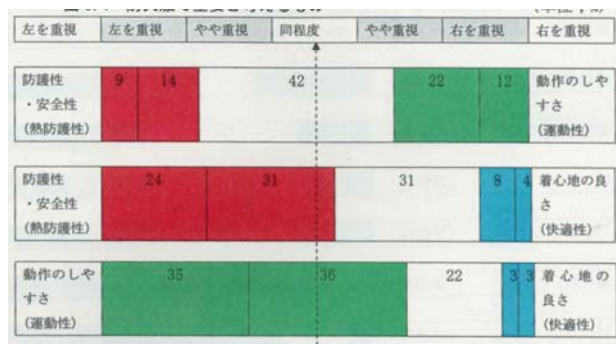


図1 防火服で重要と考えるもの

しかし、現用の防火服は、運動性と熱防護性については、ほぼ十分であるとしているが、改良すべき課題として、「暑い」「蒸れる」(快適性)等の原因で50%もの隊員が暑さで一時活動を休止する等、かなり気分が悪くなったと回答していること等から、熱的な不快さと事故を低減すること(快適性の改良)に対する要望が非常に大きいことが明らかになった。(図2を参照)

(単位：%)

質問項目	良い	やや良い	普通	やや悪い	悪い
短時間に着脱できる (運動性)	12	19	43	19	9
動きやすい (運動性)	6	16	36	31	9
軽い (運動性)	6	14	39	28	11
ゴワゴワしない (快適性)	4	14	42	29	10
暑くない (快適性)		20	37		39
蒸れない (快適性)		20	37		38
防火性が良い (熱防護性)	12	23		54	
放射熱に熱くない (熱防護性)	7	20		57	12
防寒性が良い (熱防護性)	24	28		31	12

図2 消防隊員による防火服の5段階評価

3. 現用防火服の性能評価

表2のとおり、アンケート対象の16消防本部及び欧州の3種類の合計19種類の防火服を構成する生地を調達し性能評価を実施した。日本の防火服性能基準等に定められた熱防護性(火炎や放射熱の

表2 試験防火服生地の仕様

試作番号 試作名	Sample 1 生地 上表		Sample 2 生地 上表		Sample 3 生地 上表		Sample 4 生地 上表		Sample 5 生地 上表		Sample 6 生地 上表		Sample 7 生地 上表		Sample 8 生地 上表		Sample 9 生地 上表		Sample 10 生地 上表		Sample 11 生地 上表		Sample 12 生地 上表	
	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(表裏)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(裏表)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(表裏)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(裏表)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(表裏)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(裏表)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(表裏)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様
生地目録(裏表)	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様	生地	仕様

熱伝達性等)、快適性(透湿性等)、運動性(重量等)合計18の試験項目について評価した。日本の15本部の防火服は、熱防護性や物性等について欧州規格EN469適合品と比較して同等以上の性能を有する結果であった。蒸発抵抗等の快適性については、性能基準化されていないとは言え、日本の銀面編地のもの及び一部の生地表織地のもの、そして欧州品が低位であった。

4. 防火服の試作評価

第2年度(平成17年度)は、使用者である消防

隊員のニーズを把握するため初年度に実施したアンケート及び現用防火服の評価に基づき、防火服の生地試作、縫製試作、性能評価を行った。その結果に基づき熱防護性は維持しつつ、主に快適性と運動性の改良を目標として、①各種耐熱性繊維の可能性、②防火服構造による熱伝達性(エアギャップ)・運動性・衣服内換気(ポンピング効果)の改良、③携帯型衣服内冷房装置の効果を期待して、試作し、サーマルマネキン、運動発汗マネキン、環境試験室での総合的着用運動評価を行った。

①耐熱高強力素材による熱防護性改良

現用防火服の主素材であるメタ系アラミド繊維を超える耐熱性PBO繊維(パラフェニルベンゾビスチン)100%や高強力パラ系アラミド繊維100%の生地を外層として防火服を試作した。発汗マネキンによる乾性・湿性熱抵抗値の快適性においては、比較(大都市現用)防火服と有意な差は無かったが、耐熱マネキンによる熱防護性評価においては、火炎により破れにくい等の耐熱性の高さが明らかになった。これは、耐熱高強力繊維の使用により引張や引裂強さの向上が図れるだけでなく、防火服の軽量化と運動性改良が期待できることを示している。

②ユトリ・スベリ・ストレッチ防火服と活動服による運動性の改良

防火服特に防火服ズボンの運動性の悪さが隊員より指摘されており、対策として防火服ズボンの内層にフィラメント糸を用いたスベリの良い生地を用い、また、防火服ズボンの内側に着用する活動服ズボンをストレッチ性の良い生地を試作した。また、通常より1~2サイズ大きいユトリ有る防火服の運動性への効果を評価した。モデル消防活動による被験者の着衣感と動作性を評価した結果、+1サイズユトリ防火服の効果は大きい、+2サイズは逆に運動性を損ねる。スベリ防火ズボンとストレッチ活動ズボンの運動性改良の効果は大きくなかった。発汗マネキン評価や三次元動作解析においても同様の結果を得た。ややユトリあるサイズの防火服活動服の着用が大切であることを示している。

③防火服内冷却装置による快適性の改良

密閉度の高い防火服の快適性について、携帯型冷却装置を防火服上着内部に装着させることで体温上昇を抑制し快適性の向上を図ることとした。環境実験室で被験者の生理反応(直腸温、平均皮膚温、心拍数)及び心理的反応を評価したところ、試作評価した3種の冷却装置(アイスパック、PCM相変化物質、冷却剤付循環ファン)の内、PCMが生体負担の増加抑制に最も効果的であった。発汗マネキンにおいても皮膚温上昇抑制効果が認められた。



図3 冷却材を取り付けた冷却ベストを防火服上衣の内側に着装

耐炎計装マネキンに防火服を着せて、マネキン周囲に設置した12本のノズルから火炎を8秒間放射し、防火服を通してマネキンに到達した熱流束を測定して、着用者の火傷程度を予測する試験方法



図4 耐炎計装マネキン

5. 防火服の試作評価

第2年度の防火服試作評価では、耐熱高強力繊維による軽量化の可能性、ユトリサイズを選択、PCM冷却装備が、快適性と運動性改良の技術として期待どおりの結果であることが明らかになった。

これを受けて最終第3年度(平成18年度)は、①耐熱高強力繊維による防火服を製作し、適正サイズの防火服を消防隊員に着用させた。また、②改良国産冷却ベストを試作し着用して、模擬消火訓練等を通じた実戦的評価を行い、改良効果を確認した。併せて、環境実験室等での被験者による運動性評価、並びに、発汗マネキンによる快適性の評価等を実施した。

①耐熱高強力繊維による生地試作と型紙設計から縫製試作した防火服

高強力繊維パラ系アラミド繊維は、引張や引裂の強さが最も求められる防火服外層に適しているが、外層への多用は、UVによる劣化のため品質的に、コスト的に難しい。第2年度より、耐UV性に優れた現行のメタ系アラミドを表面に、パラ系を裏面にした高強力表地用二重織組織の実用化を検討してきた。最終第3年度その試作表地による防火服を試作した。また研究会の助言と協力により、運動性改良のため防火服の肩、肘、腰、膝の可動部分の型紙設計から縫製試作を行った。

結果、引張・引裂強さの物性向上とともに、「熱防護性」については、表3のように生地評価及び防火服完成品の耐炎計装マネキン試験において、二重織組織のエアギャップ(含気効果)により大巾な改良が確認された。「運動性」については、表4のように、消防隊員による環境実験室での運動負荷実験や模擬消火活動による評価において、着脱しやすくなったと評価された。

表3 熱伝達性評価結果

性能基準	指標	現行	目標	結果
火炎熱伝達性 ISO9151	HTI24 (秒)	12	≥12	18.7
	HTI24 - HTI12	4	≥4	5.1
放射熱伝達性 ISO6942	t 24 (秒)	20	≥18	22.3
	t 24 - t 12 (秒)	6	≥6	7.6
	TF 透過率 (%)	32.1	≤30	23.6
火炎と放射熱伝達性 ISO9151	TTP 熱伝達火傷秒数	13.8	≥17.5	17.8
耐炎計装マネキン ISO13506 図4を参照	2度+3度火傷割合 (%) 8秒暴露 84kW/m2	18	≤15	12

表4 運動性の評価結果

性能基準	指標	現行	目標	結果
構成生地	目付 g/m2	620	≤550	565
防火服重さ	LLサイズ g	3,190	≤3,200	3,145
消防訓練での主観評価	足が上げやすい、脱着しやすい			
運動負荷試験主観評価	上着が重い(サスペンダーに不慣れ?) 上着が新しく固い?)			

②実用的国産冷却剤の試作と冷却剤装着ベストの防火服内着用

第2年度「快適性」の改善に効果のあった高価輸入品の固形PCMに対して、最終年度は国内メーカーの協力を得て、安価な水分散微粒PCMを試作した。結果、「快適性」については、表5のように、発汗マネキン試験において、試作品には輸入品よりも即効的な冷却効果が認められたが、

環境実験室での短時間の運動負荷実験においては体温上昇や体重減少等の温熱負担指標に現れるほどの大きな改善には至らなかった。

最終第3年度は、防火服とその表地の試作品は、「熱防護性」と「運動性」において改良効果が認められ、「快適性」の改良技術である冷却剤の安価国産化も期待できる結果となった。現有技術・素材による「防火服の最適な要素技術」が明らかになり、消防活動環境や消防戦術に対応した適切な性能を備えた防火服設計が可能となった。

併せて、消防隊員個々の体格に合わせた防火服の性能やサイズの適正な選択、適切な取扱い、維持管理等も重要であることが明らかになった。



図5 発汗マネキン (文化女子大 田村研)

表5 快適性の評価結果

性能基準	指標	現行	目標	結果
蒸発抵抗 ISO11092	Ref m ² ・Pa/W	9.2	≦30	9.0
全熱損失 ASTMF1868-C	QT W/m ²	367	≧300	373
発汗マネキン	1/Rd+1/Re	26.2	≧29	33.3
環境試験室での 生理反応 評価	Tre℃ Tsk℃ Tre-Tsk℃	38.9 38.0 0.87	≦38.5 ≦37.0 ≧0.5	38.7 37.0 1.70
55% VO ₂ max in 20℃60%RH	HR41 分-% 体重減少 g	91 1, 160	≦85 ≦1,000	69 1,100

6. おわりに

初年度(平成16年度)は、次世代防火服研究会を設置し、アンケートにより消防隊員の防火服ニーズを把握した。

第2年度は、ユトリサイズ防火服により「運動性」を改善、PCM(相変化物質)使用の冷却ベ

ストにより「快適性」を改善、耐熱PBO繊維や高強力パラ系アラミド繊維により「熱防護性」を改善した。

最終第3年度は、実用的な防火服を試作し、消防隊員による模擬消防活動等により評価を行い、次世代防火服の今後の開発方向が明らかになった。

この研究では、防火服の原料生地を試作や型紙設計・縫製試作、冷却剤や冷却ベストの試作は、1回しかできなかったが、2回3回と改良を重ねることにより性能の向上が期待される。更なる実用化に向けての研究は、各メーカーの今後に期待している。更には、今回の研究では現有の技術と素材による試作に限ったが、大きな飛躍には素材開発から取り組む必要があると思われる。

この研究の推進への次世代防火服研究会の皆様のご指導と協力に対して、また消防防災科学技術研究推進制度の支援に対して、ここに記して感謝したい。

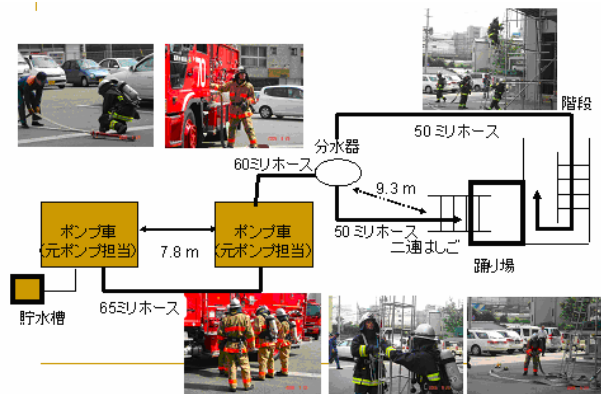


図6 消防訓練での試作防火服評価



図7 運動発汗マネキン (労働安全衛生総合研)

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.2 震災時等に建築物等の倒壊現場の瓦礫下(地下約 5m)に埋まった生存者の有無及びその位置を迅速に特定するための手法の開発

研究実施期間	平成 18 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	30,611(平成 18 年度)、19,240(平成 19 年度)
研究代表者	小泉俊雄
所属機関	千葉工業大学
研究体制	産・学
研究概要	本研究は(1)慣性カメラシステムの開発とそれをを用いた現場状況図の作成、(2)IC タグ(PFID)を用いた検索方法の開発の 2 項目を研究項目とした。(1)については、撮影さえしてくれば図化が可能な慣性カメラシステムを開発した。コンクリート廃棄場をガレキと見立てての図化、及び校舎の外壁の図化を実施したところ、現場の状況がよく図化されていることが分かり、開発した本システムは現場状況図作成に有効であることを確認した。(2)については日本の電波法で認可されている 5 つの周波数の IC タグのガレキによる減衰状況を実験にて確認し、315MHz のアクティブ型 IC タグシステムが使用できる可能性を得た。
研究成果の活用事例	2007 年 3 月に発生した能登半島沖地震において倒壊した製材所を迅速に慣性カメラで撮影し図化を実施した。今後も大規模災害現場の迅速な図化を予定している。
応用の方向性	大規模災害発生直後においてはできるだけ多くの災害現場の状況を迅速、正確に把握する必要がある。本研究で使用した慣性装置に GPS、デジタルカメラ、レーザスキャナー、赤外線カメラなどを搭載した総合情報収集提供システムの開発を進めている。
キーワード	慣性装置、慣性カメラ、写真測量、IC タグ
研究発表の状況等	1) 慣性写真測量の実用化に関する基礎的研究、応用測量論文集、日本測量協会、Vol.19,pp.43-53,2008 年 6 月 2) 地上型慣性測量の実用化に関する基礎的研究、土木学会第 63 回年次学術講演会、pp.4-220～4-221,2008 年 9 月
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	本研究は消防防災において価値ある研究と位置付け、慣性計測装置を用いた総合情報収集提供システムの開発として研究を進めている。

震災時等に建築物等の倒壊現場のガレキ下（地下約5m）に埋まった生存者の有無及びその位置を迅速に特定するための手法の開発

小泉俊雄¹・阿部三樹²・奥田孝之³・指宿良和⁴

研究課題の要旨：本研究は、(1)慣性カメラシステムの開発とそれを用いた現場状況図の作成、(2)IC タグ(PFID)を用いた探索方法の開発の2項目を研究項目とした。(1)については、撮影さえしてくれば図化が可能な慣性カメラシステムを開発した。コンクリート廃棄場をガレキと見立てての図化、及び校舎の外壁の図化を実施したところ、現場の状況がよく図化されていることが分かり、開発した本システムは現場状況図作成に有効であることを確認した。(2)については、日本の電波法で認可されている5つの周波数のIC タグのガレキによる減衰状況を実験にて確認し、315MHzのアクティブ型IC タグシステムが使用できる可能性を得た。

キーワード：慣性カメラ、写真測量、ICタグ

1. はじめに

本研究は次の2項目を研究項目とした。

1) 現場状況図の正確・迅速な作成システムの開発

現在、研究代表者が特許を持っている慣性カメラを改良し、正確かつ迅速に現場の状況を図化できるシステムの構築を行う。慣性カメラにより撮影された写真から現場状況図を作成する場合は、現場の基準点測量などが不要であるため、現場状況図の迅速な作成が可能となる。この機能をさらに改良し、迅速さと正確さの向上を図ることが本研究の目標である。

2) ガレキ下の生存者を探索する方法の開発

発災時における不明者数の正確な把握方法とその探索方法を、ICタグ等の利用という面から研究・開発する。被災した人の数とそのうち不明となった人の詳細（人数とできれば性別、年齢層などの属性についても）をできるだけ正確に把握するシステムをICタグ利用という面から構築する。そして、これにより現場の探索活動の効率化を図るとともに、落ちのこない確実な救出作業を行うこと¹

とが出来るシステムの開発を目指す。

2. 研究の全体構成

これら2研究項目間の関連は、図1に示すとおりであり、災害直後、迅速に作成された現場状況図に、ICタグシステムにより探索された生存者の位置情報を、迅速に表示するシステムを構築するものである。これにより、より詳細な探索場所、探索方法の検討が可能となり、効率のよい救助が可能となるものと考えられる。

全体構成図(現場状況図とICタグ探索との関係)

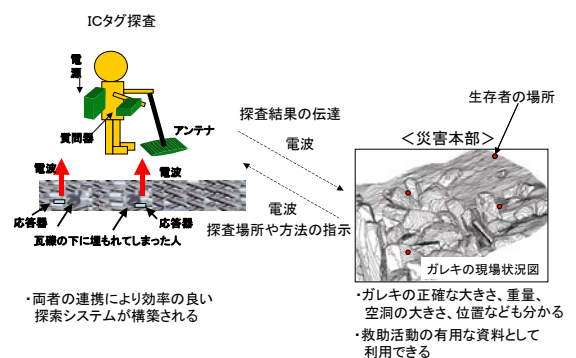


図1 研究の全体構成

3. 現場状況図の正確・迅速な作成システムの開発

ガレキ等に埋まった生存者を迅速・効率的に探索するためには先ず現場の状況を正確に把握する必要がある。本研究では慣性写真測量を用いて迅速かつ正確に現場状況図を作成する方法を研究する。一般に、空中写真から地図を作成する写真測量では、

¹ (所属機関名)

1 千葉工業大学工学部建築都市環境学科

2, 株式会社 写測

地上に基準点と呼ばれる点を数点設置し、その位置（緯度、経度、標高または平面位置（X，Y）と高さ（Z））を地上測量で測っておき（基準点測量と言う）、さらにその位置が写真に写るように、そこに対空標識を設置する必要があるなど多くの労力と時間がかかる。一般の写真測量は写真に写っているこの基準点を用いて、撮影時のカメラの位置と傾きを計算し図化するのである。

本研究で用いる慣性カメラは、カメラに加速度計とジャイロを取り付けることにより、撮影時のカメラの位置と傾きが基準点なしに計算されるようにしたものである。これにより、災害のような緊急を要する場合は、撮影さえすれば短時間で図化でき、この方法は有用である。

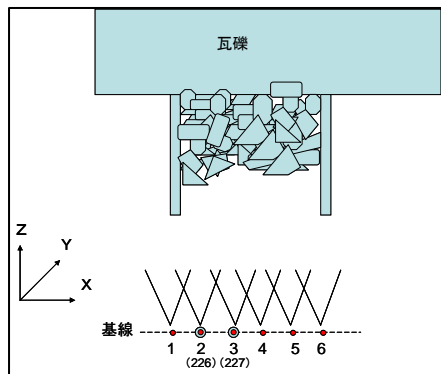
3-1 基礎実験

(1) 実験場所

製作した慣性カメラシステムを用いて、千葉工業大学の校舎およびコンクリート廃棄場をガレキと見立てて図化を行った。使用したガレキの写真を図2、校舎の写真を図3に示す。

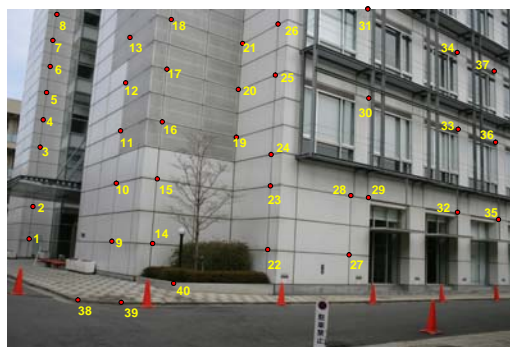


(a) 図化に使用した写真

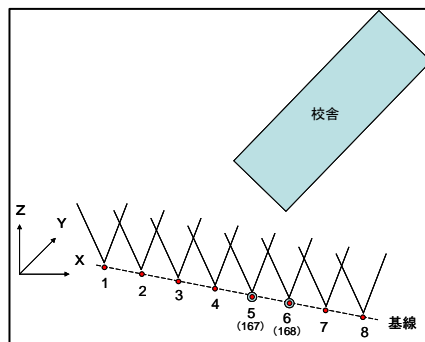


(b) 撮影状況

図2 ガレキと見立てたコンクリート廃棄場



(a) 図化に使用した写真



(b) 撮影状況

図3 千葉工業大学校舎

(2) 使用機材

使用したカメラはデジタルスチルカメラ EOS-1 Ds Mark II、また図化機はデジタル図化機 Imagestation SSK Pro を使用した。カメラ装置の写真を図4、現場での撮影風景の写真を図5、デジタル図化機の写真を図6、デジタル図化機での図化風景写真を図7に示す。



図4 慣性カメラ装置



図5 撮影風景



図6 デジタル図化機

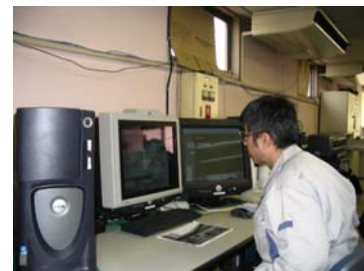


図7 図化風景

4. 測定結果

4-1 測定誤差

ガレキおよび校舎の標定点について、図化機による測定を行い、トータルステーションで測定した実測値（真値とした）と長さの比較を行った。ガレキにおける結果を表1に、校舎における結果を表2に示す。表の通り誤差は、おおむね10cm・20cmにおさまった。

表1 ガレキにおける測定結果

測定距離区間	測定と実測の長さの比較表		
	測定(m) $\Delta L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$	実測(m) $\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$	精度(m) $\Delta L - \Delta l$
7-9の距離	2.265	2.036	-0.229
1-3の距離	2.308	2.069	-0.239
7-1の距離	3.439	3.125	-0.314
9-3の距離	3.478	3.183	-0.295
5-1の距離	1.833	1.688	-0.145
5-9の距離	2.095	2.031	-0.064
13-14の距離	4.683	4.253	-0.430
16-15の距離	4.687	4.251	-0.436
13-16の距離	0.443	0.404	-0.039
14-15の距離	0.414	0.376	-0.038
21-22の距離	8.227	7.927	-0.300

表2 校舎における測定結果

測定距離区間	測定と実測の長さの比較表		
	測定(m) $\Delta L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$	実測(m) $\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$	精度(m) $\Delta L - \Delta l$
14-22の距離	4.467	4.418	-0.048
18-26の距離	4.321	4.416	0.095
14-18の距離	9.142	9.140	-0.002
22-26の距離	9.022	9.141	0.119
1-22の距離	24.470	24.846	0.376
8-26の距離	25.337	26.080	0.743
1-8の距離	17.351	17.107	-0.244
38-39の距離	1.190	1.075	-0.115

4-2 図化結果

ガレキについては、平面図、立面図、鳥瞰図をそれぞれ奥行き方向の等値線10cmで描画した。縮尺1/50の鳥瞰図を図8に示す。校舎についても、平面図、立面図、鳥瞰図を描画した。縮尺1/200の鳥瞰図を図9に示す。

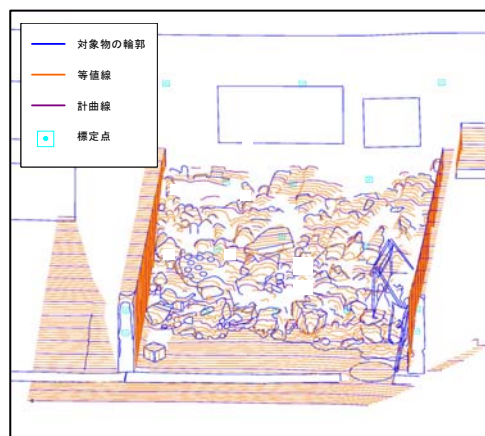


図8 ガレキの図化（鳥瞰図）

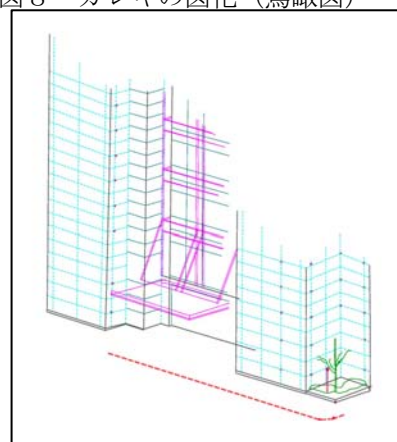


図9 校舎の図化（鳥瞰図）

5. ガレキ下の生存者を探索する方法の開発

大規模災害が発生したときに、ガレキの下に埋もれてしまった人を探索するには、現状では人による目視や犬の嗅覚に頼っていることが多い。しかし、これらの方法は、ガレキ下深く埋もれてしまった人を見落としをすることもある。また、一刻を争う救助活動において、場合によっては思わぬ時間がかかってしまう、といったような重大な問題点を有しており、人命救助のためには必ずしも万全の策とは言いがたい。

そこで、本研究では、近年、話題となっているICタグ(RFID)²⁾システムによる電波を用いた探索の可能性について検討する。

その概要は、ICタグシステムの応答器をあらかじめ人に取り付け、その人がガレキの下に埋もれてしまったときに、地上からその人を探し出すシステ

ムを構築するものである。

注) IC タグと RFID : IC タグとは、小型の情報チップのひとつであり、RFID の一種である。また、「タグ」とは荷札のことである。

RFID は、Radio Frequency Identification の略であり、ID 情報を埋め込んだタグから、電磁界や電波などを用いた近距離の無線通信によって情報のやり取りをするもの、およびその技術全般をいう。

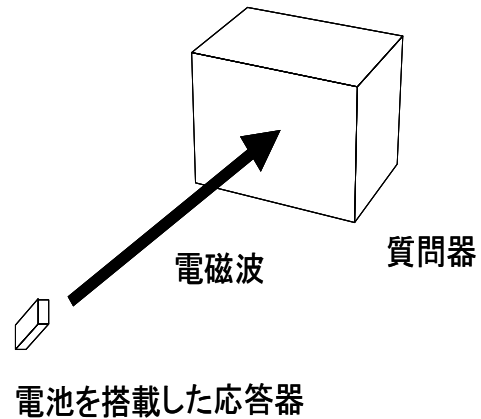


図 1 1 アクティブ型 IC タグシステム

5-1 システムの構成

IC タグシステムは、図 1 0 および図 1 1 に示すように、質問器（リーダ・ライタ）と応答器（IC タグ）から構成される。

IC タグシステムとは、この機器構成により、はなれた場所にあるモノなどに取り付けられた応答器（IC タグ）が持つ識別情報を、質問器が電波を用いて得るものである。

なお、IC タグシステムには、図 1 0 に示すような質問器からの電波による問いかけに対して、質問器から送出された電波を、電池を搭載していない応答器が反射し、そのときに情報を反射電波に乗せて情報を返送する反射型 IC タグと、図 1 1 に示すような電池を搭載している応答器が、自ら情報を質問器に向けて送出するアクティブ型がある。

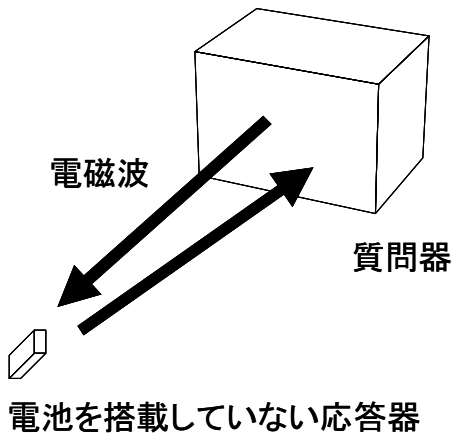


図 1 0 反射型 IC タグシステム

5-2 ガレキによる電波伝搬損失実験

ガレキの下に埋もれてしまった人を、IC タグシステムを用いて探査する場合、その人を探せるガレキの下の深さは、ガレキを挟んでの電波伝搬損失と、電波法に規定された送信できる電波の強さと、受信機の感度に依存する。そこで、図 1 2 に示す測定方法により、どの周波数の IC タグシステムが本目的に適しているかを評価した。

図 1 3 には質問器と応答器間の距離を 1m としたときの自由空間、乾いたガレキを介した場合、湿ったガレキを介した場合の通信経路電波伝搬損失を示す。反射型 IC タグは通信においてガレキを往復で通過する損失、アクティブ型 IC タグは片方向のみのガレキの通過損失となる。ここで乾いたガレキとして、図 1 4 に示すような厚さ 10cm の軽量ブロック 2 個を用い、20cm での電波伝搬損失を測定した結果を 1m に換算した値に、1m の自由空間の伝播損失を加えた値を、反射型 IC タグでは往復通信距離の 2m、アクティブ型 IC タグでは片方向の通信距離 1m として図 1 3 の測定結果を得ている。同様に、湿ったガレキとして、厚さ 10cm の軽量ブロック 2 個を用い、その間に軽く絞った濡れ雑巾を図 1 5 に示すように挟んだ。

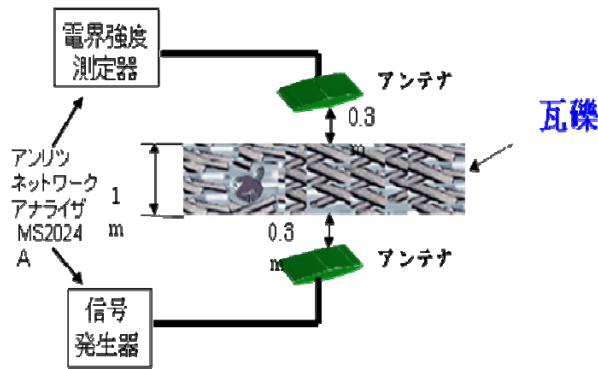


図 1 2 電波伝搬損失測定方法

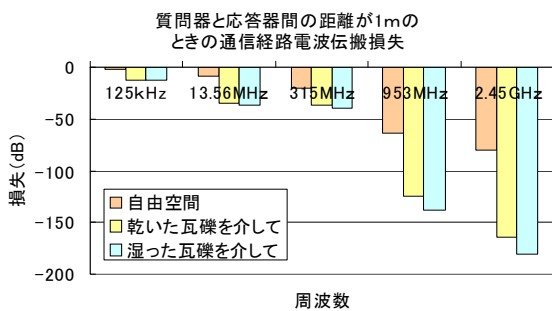


図 1 3 通信経路電波伝搬損失



図 1 4 通信経路電波伝搬損失の測定



図 1 5 湿ったガレキモデル

5-3 受信信号対雑音比の測定

図 1 6 に質問器と応答器間の距離を 1m とし、図 1 3 の結果と、各 IC タグシステムのハードウェア市販品の一般的な電気的特性を考慮し、応答器からの信号を質問器で受信できるかどうかの指数を信号対雑音比で評価した結果を示す。正の値は、応答器からの受信信号が質問器の受信アンテナ端で、雑音よりも強いことを示している。

この結果から、ガレキの下に埋もれてしまった人を探るには、315MHz のアクティブ型 IC タグシステムが使用できる可能性が高い。

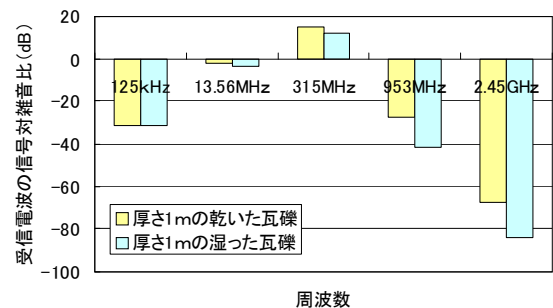


図 1 6 通信の可能性を示す受信信号対雑音比

5-4 探索システムとしての可能性

災害時不明者探索 IC タグ装置の可能性を考察する上で、各周波数の IC タグ装置の電気的仕様例を表 3 に示す。この値に前掲図 1 3 に示すガレキの伝播損失を代入したときの受信 S/N 比の値を前掲図 1 6 に示す。各周波数のシステムは、質問器の送信電力は電波法で定められた最大電力、受信感度は市販製品の平均的な感度、質問器のアンテナ最大外形寸法を 0.3m、応答器のアンテナ最大外形寸法を 0.05m とした。アンテナの最大外形寸法を L、自由空間での各周波数の 1 波長の長さを λ とすると、アンテナの相対利得 G (dBd) は、電子情報通信学会論文誌で進士昌明氏が提案している式 $G = 10\log(2L/\lambda)$ より計算した。この結果から、信号対雑音比が +10 dB 以上とれている 315MHz のアクティブ型 IC タグシステムが災害時不明者探索 IC タグ装置に利用できる可能性があると思われる。

表3 各周波数のICタグ装置の電氣的仕様例

周波数 (MHz)	認可送信電力 (dBm)	質問器アンテナ利得 (dBi)	応答器反射損失 (dB)
		最大外形寸法 0.3m	
125kHz	-10(想定)	-27	-15
13.56MHz	30	-25	-15
315MHz	-41.3	2	0
953MHz	30	4	-15
2.45GHz	23	8	-15

周波数 (MHz)	応答器アンテナ利得 (dBi)	受信機感度 (dBm/マージン含む)
	最大外形寸法 0.05m	
125kHz	-33	-65
13.56MHz	-17	-60
315MHz	-5	-105
953MHz	-2	-105
2.45GHz	1	-79

5. まとめと今後の課題

研究成果を、研究項目ごとにまとめると以下のとおりである。

- (1) 現場状況図の正確・迅速な作成システムの開発

慣性カメラシステムの開発及び慣性カメラシステムの現場状況図作製への有効性を検討した。慣性カメラシステムの開発にあたり、消防士が災害現場で救助活動を行うことを踏まえて背負子式とした。現場状況図の図化精度は基礎実験の結果、ノンプリズムトータルステーションでの測定結果との誤差は、おおむね 10 cm から 20 cm の範囲に収まり比較的精度の高い現場状況図が作製できた。今後の課題として、慣性カメラ装置の利便性（操作性、携帯性）の向上と測定精度の向上の研究を行う。

- (2) 生存者探索システムの開発

大規模災害が発生したときに、ガレキの下に埋もれてしまった人を探索する IC タグシステムによる電波を用いた探索の可能性について検討した。ガレキの下に埋もれてしまった人を探索する目的で IC タグシステムを用いる場合には、ガレキを挟んでの電波伝搬特性と電波法に規定された空中線電力による通信距離に依存する。そこで、日本で使用されている IC タグシステムの周波数 125kHz、13.56MHz、315MHz、953MHz、2.45GHz にお

る、厚さ 1m のガレキの電波伝播損失を測定した。その結果を基に、現状の市販されている IC タグシステムの受信感度特性を参考にして通信が行えるかどうかの考察を行った。この結果、ガレキの下に埋もれてしまった人を探索するには、315MHz のアクティブ型 IC タグシステムが使用できる可能性が高いと思われる。

今回、本目的には 315MHz のアクティブ型 IC タグシステムが適するという結果を得た。しかし、アクティブ型 IC タグシステムは電池を搭載しなければならないので、電池寿命を長くするため、IC タグの機能を必要最小限に絞込み、低消費電力化を考慮した回路設計を行う必要がある。また、315MHz のアンテナは大型になるので、特に応答器側のアンテナの小型化が今後の検討課題となる。

謝辞

このような研究の機会をお与えていただいた総務省消防庁消防技術政策室様に、心より感謝申し上げます。また、本研究を遂行するにあたり、(株)アンプレット 根日屋社長（工学博士、東京電機大学講師）をはじめとする検討委員会の委員の方々には、有益なご助言とご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

[参考文献・資料]

- 1) 白井靖幸、小泉俊雄：「慣性写真測量カメラの開発研究」、2002年7月 応用測量論文集 2002.7 Vol.13、pp.17～22
- 2) 根日屋 英之：「無電源反射型移動体無線識別システム」、2002年6月、平成14年度 電子情報通信学会 東北支部学術講演会、pp.1～3
- 3) 根日屋 英之、植竹 古都美：「無線 RFID タグ関連技術」2003年5月 平成15年度 電気学会 システム集積プロセス調査専門委員会、pp.1～4
- 4) 根日屋 英之、植竹 古都美：「ユビキタスネ

- ットワーク用 RFID システム」, 2003 年 7 月, 第 5 回 YRP 移動体通信産学官交流シンポジウム 2003, pp.156~157
- 5) 根日屋 英之:「ユビキタス時代の短距離通信と広帯域通信」, 2005 年 6 月, 第 7 回 YRP 移動体通信産学官交流シンポジウム 2005, 特別セッション 1, pp.10~11
- 6) 根日屋 英之, 植竹 古都美:「ユビキタス無線工学と微細 RFID」(第 2 版), 東京電機大学出版局
- 7) Klaus Finkenzeller (著) / ソフト工学研究所 (訳):「RFID ハンドブック RFID の原理と応用」, 日刊工業新聞社
- 8) RFID テクノロジー編集部/編:「無線 IC タグのすべて RFID」, 日経 BP 社
- 9) 根日屋 英之, 小川 真紀:「ユビキタス無線デバイス」, 東京電機大学出版局
- 1 0) 荻部 浩:「RFID の本」, 日刊工業新聞社
- 1 1) 井熊 均:「IC タグビジネス 実践手法と新分野への適用」, 東洋経済新報社
- 1 2) 石井 宏一:「IC タグが良くわかる」, オーエス出版社
- 1 3) (社) 日本自動認識システム協会編:「これでわかった RFID」, オーム社
- 1 4) 荒川 弘熙 (編) / NTT データ・ユビキタス研究会 (著):「IC タグってなんだ?」, カットシステム
- 1 5) 根日屋 英之(第 22 章): (社) 日本自動認識システム協会監修:「RF タグの開発と応用 II」, シーエムシー出版
- 1 6) 根日屋 英之, 植竹 古都美:「ユビキタス無線通信の基礎と RFID」, 月間バーコード, 2003 年 11 月~2004 年 2 月, 日本工業出版
- 1 7) 根日屋 英之(第 6 編 第 3 章), 小川 真紀(第 4 編 第 4 章): Electronic Journal 別冊「2006 RFID 技術ガイドブック」, 電子ジャーナル
- 1 8) 「特集◎発信源はごま粒チップ」, 日経エレクトロニクス, 2002 2-25 no.816, 日経 BP 社
- 1 9) 「IC タグの真実」, 日経コンピュータ, 2003.8.11 no.580, 日経 BP 社
- 2 0) 「RFID ビジネスガイドブック」, モバイル RF マガジン, Vol.88 2003, シーメディア
- 2 1) 「次世代 IC タグ」, NTS
- 2 2) 根日屋 英之, 小川 真紀:「ユビキタス時代のアンテナ設計」, 東京電機大学出版局
- 2 3) 進士 昌明, 「小形・薄形アンテナと無線通信システム」, 『電子情報通信学会論文誌 (B)』, vol.J71-B, no.11, pp.1198-1205, 1998 年 11 月
- 2 4) 地中レーダ、環境省ホームページ、
<http://www.env.go.jp/water/report/h17-10/mat03.pdf>
- 2 5) 超音波レーダ、本多電子株式会社ホームページ、<http://www.hondex.co.jp/>
- 2 6) 赤外線センサ、富士通株式会社ホームページ、
http://jp.fujitsu.com/group/labs/techinfo/techguide/list/ir-sensor_p04.html
- 2 7) ミリ波センサ、Pacific Northwest National Laboratory National Security Division 資料

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.3 救助支援型担架システムの開発

研究実施期間	平成 18 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	917(平成 18 年度)、851(平成 19 年度)
研究代表者	岩野優樹
所属機関	国立明石工業高等専門学校 機械工学科
研究体制	学
研究概要	本研究では、プラント施設や地下街をはじめとする施設内の災害において取り残された要救助者の救出時に、消防隊員の救助支援を行う担架システムの開発を目的とする。具体的には、上下にクローラを取り付けた担架を製作し、そのクローラを回転させることで要救助者を持ち上げることなく担架を体の下に滑り込ませる。そして、その担架を消防隊員の意思に従い、地面側のクローラのみを回転させることで救助活動(搬送時)のパワーアシストを行う。それにより、救助活動時の消防隊員の負担を軽減する機器の開発を行う。
研究成果の活用事例	地下鉄サリン事件のような多数の要救助者が発生しつつ、地下街や高層ビルといった要救助者の搬送に労力を要する現場において、この担架システムは活用できると考えている。
応用の方向性	老人ホームなどの高齢者施設や病院等に導入することにより、施設の職員や体力のない一般の人であっても、災害時の避難や平常時の移動などに利用できる
キーワード	ダブルクローラ、パワーアシスト、救助用資機材
研究発表の状況等	1) 岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳:救助支援型担架ロボットの開発. 第 12 回ロボティクス・シンポジウム予稿集, pp.342-347,2007 2) 岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳:“救助支援型担架ロボットの開発ー担架機構の基礎実験ー”. ロボティクス・メカトロニクス講演会’07 講演 CD-ROM, 2P1-L06,2007 3) 岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳:“救助支援型担架ロボットの開発”. 第 8 回システムインテグレーション部門講演会論文集, pp.282-283,2007 4) 岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳:救助支援型担架ロボットの機能評価. 第 13 回ロボティクス・シンポジウム, 2008.3.16-17
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	本研究で製作したシステムにより、要救助者を持ち上げずに担架へ乗せ、搬送の負担が軽減できることが確認できた。次のステップとしては、階段昇降に対応した担架システムの開発を行っていこうと考えている。

救助支援型担架システムの開発

○岩野優樹¹
Yuki Iwano

研究課題の要旨: 本研究では、プラント施設や地下街をはじめとする施設内の災害において取り残された要救助者の救出時に、消防隊員の救助支援を行う担架システムの開発を目的とする。具体的には、上下にクローラを取り付けた担架を製作し、そのクローラを回転させることで要救助者を持ち上げることなく担架を体の下に滑り込ませる。そして、その担架を消防隊員の意思に従い、地面側のクローラのみを回転させることで救助活動（搬送時）のパワーアシストを行う。それにより、救助活動時の消防隊員の負担を軽減する機器の開発を行う。

キーワード: ダブルクローラ、パワーアシスト、救助用資機材

1. はじめに

近年、都市機能の一極集中や建築技術等の急速な発展に伴い、建築物の高層化および深層化が進められている。

こういった状況の中、平成7年3月に発生した地下鉄サリン事件などの地下街災害においては、ほぼ密閉された空間ということから多数の傷病者が発生し、消防庁職員および地下鉄駅関係者による懸命な救助・救急活動が行われた。その際、災害が地下であったため、多くの傷病者を地下から地上へと搬送することが救助の主な活動内容であった。現在、災害の抑制や人命探査などにロボットが用いられてきているが、救助活動に関しては、対象が人であるという取り扱いの困難さから、消防隊員をはじめとする人の力に頼らざるを得ないのが現状である。実際その現場においても、職員や隊員が担架等を活用して人力で救助活動を行った¹⁾。このような地下街の災害にかぎらず、一度災害が発生した場合、それが人為的であるか否かにかかわらず、多数の傷病者が発生し、その傷病者を一刻も早く安全な場所まで救出しなければならないということは言うまでもない。しかし、その度に要救助者の搬送を消防隊員が人力で行っていたのでは、消防隊員にかかる負担ははかりしれない。

そこで本研究では、地下街やプラント施設をはじめとする施設内の災害において、現場に取り残された要救助者を迅速・安全に救出しつつ、消防隊員の負担を軽減することを目的とした救助支援型担架ロボットの開発を行う。

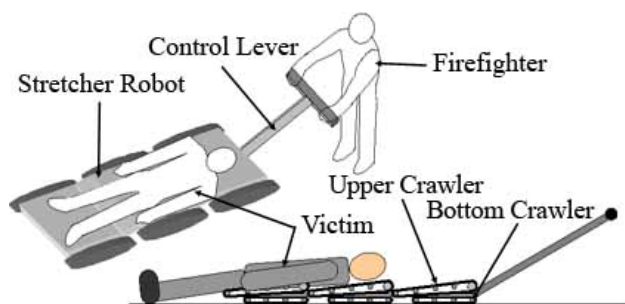


図.1 救助支援型担架システムのイメージ

(所属機関名)

¹ 明石工業高等専門学校 機械工学科

具体的には、救助活動の際に力を要する要救助者を担架へ乗せる作業を、図.1に示すような上下両面にクローラベルトを取り付けた担架で要救助者を持ち上げることなく半自動的に担架に乗せることで負担を軽減する。そして、搬送時の負担は下面のクローラでパワーアシストすることにより軽減するという支援機器を開発する。本稿では、救助支援型担架ロボットの概要を紹介し、上下両面にクローラを取り付けた、要救助者を持ち上げることなく担架に乗せる担架ロボットの試作結果および諸機能について述べる。

2. 基本コンセプト

救助支援型ロボットの概要を紹介するに当たり、まず救助活動において消防隊員の負担となっている点について考察する。要救助者が発生した場合、災害現場から安全な場所までの搬送方法を大別すると、以下の2つが挙げられる。

i. 要救助者を背負う・抱きかかえる等の方法で救助隊員が直接搬送

ii. 要救助者を担架に乗せ、数名の隊員で搬送
ここで、それぞれの方法におけるメリットデメリットを考える。まず、iの方法の場合、隊員は要救助者の体重すべてを一人で搬送しなければならない。そのため、隊員にかかる負担は大きくなる上に隊員より体が大きい・体重が重いといった場合の要救助者の搬送は非常に困難となる。ただし、一人で搬送を行うため、隊員の数が少ない場合においては比較的有効な手段であると考えられる。

一方、iiの場合担架を隊員2名で搬送するため、隊員一人当たりの負担は半分となり、大柄な要救助者であっても搬送は可能となる。しかし、この場合必ず数名の隊員が必要となってくることから、緊急性が高く十分な数の隊員を確保できる保障のない災害現場においては有効であるとは言い切れない。

ただし、これらの考察は救助活動の回数が少ない場合には当てはまるが、地下鉄サリン事件のような、要救助者が多数で地下と地上を何往復もしなければいけない状況下では、iの方法は通用しないと容易に想像がつく。

以上から、要救助者の搬送活動における救助隊員への負担を軽減させるには、搬送の際に担ぎ上げる動作を除くことが有効であると考えられる。さらに担架への積載の容易さと、搬送の負担が小さい作業方法が必要だといえる。

一方、先行研究として消防庁で図. 2 に示す要救助者の搬送を行う救出用台車の開発が行われている¹⁾。



図. 2 救出用台車

この台車は、駅構内等でゴミの運搬に利用されているクローラ型の階段昇降機に似た形状をしており、クローラの上部には、要救助者を2名乗せることができる構造となっている。この台車を用いた場合と、担架を用いた場合において、地下鉄の地上入口から出発し、ホームの要救助者を救助して地上まで戻ってくるという検証実験を行った結果、担架に比べ台車の所要時間は2倍になった²⁾。ただし、担架は2名が一組となり1名の要救助者を搬送、一方台車は1名で台車を操作し2名を搬送した。当然、両者の疲労度も異なり、台車を用いた場合はすぐにでも再進入可能であったのに対し、担架を用いた場合は早急に再進入することは困難であった。このように、台車（搬送支援機器）を用いた場合、消防隊員の負担軽減に一定の効果があることが実験的に得られている²⁾。ただし、この台車の欠点として、以下の2つが挙げられる。

- ・人力で要救助者を台車へ乗せる必要がある
- ・台車本体が重く、現場への到達に時間を要する

そこで、本研究では消防隊員が一人で救助活動が行え、かつ負担を軽減することができるという従来の台車のメリットを備えつつ、上記のデメリットを改善した救助支援型の担架ロボットの開発を提案する。このロボットは、上下両面にクローラベルトを取り付けた担架を製作することで、上面のクローラを回転させると要救助者を持ち上げることなく担架を体の下に滑り込ませることができる。要救助者を担架の上に乗せた後は、下面のクローラを用いて搬送のパワーアシストを行う。このロボットにより、一人で担架への移送および要救助者の搬送ができ、消防隊員の負担を軽減できると考える。なお、

二つ目のデメリットは、ロボット全体を小型軽量にすることで、消防隊員が背負って現場へ向かい時間短縮を狙うこととする。

次章では、体の下に滑り込ませる担架機構について検討および試作した結果について述べる。

3. 担架機構の開発

3.1 担架機構の検討

まず、担架を体の下に滑り込ませる機構について検討する。滑り込ませる方向については、想定する災害現場（地下街や施設内）の特徴を考慮し、横方向からではなく、縦方向から要救助者を乗せることとする³⁾。

そこで、担架の上下に図. 3 のようにクローラを取り付ける機構を提案する。

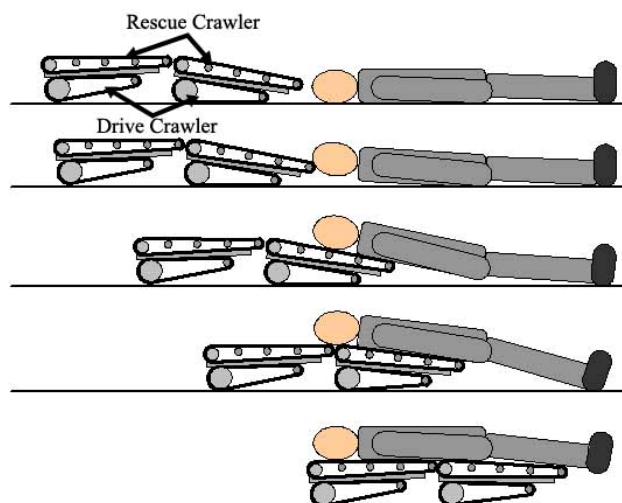


図. 3 担架機構のコンセプト

この機構により、上面のクローラを用いて要救助者を持ち上げることなく担架へ乗せ、下面のクローラを用いて搬送時のパワーアシストを行う。この機構において、担架を滑り込ませる際の力学的関係を図. 4 に示す。

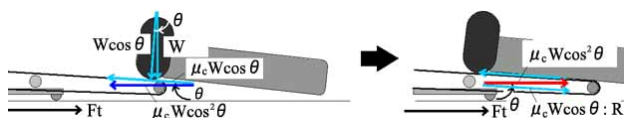


図. 4 担架挿入時の力学的関係

なお、図. 4 では担架二台に体全体を乗せて運ぶ構造になっているが、担架一台によって体の一部でも浮かすことができれば接地摩擦が軽減されるため、必ずしも体全体を浮かすとは限らない。また、図中では足元からの挿入となっているが、頭側からのアプローチであっても力学的関係は変わらない。

まず、クローラと体の間には摩擦力 $\mu_c W \cos \theta$

(μ_c :クローラと体の間の摩擦係数)が存在する。そして、クローラを反時計回りに回転させることで、その摩擦力により要救助者を担架の上に引っ張り上げようとする。しかし、担架の静止摩擦力に対し、要救助者の静止摩擦力の方が大きいため、担架が引っ張られる形で体の下に滑り込むこととなる。つまり、通常、反力として作用する $\mu_c W \cos^2 \theta$ の力の方向が推力 F_t と同じとなるため、担架を体の下に滑り込ませる条件は、

$$F_t + \mu_c W \cos^2 \theta > 0 \quad (3.1)$$

となる。そのため、従来法とは異なり、反力が存在しない上に、重量 W が増すにつれて $\mu_c W \cos^2 \theta$ が増加し、滑り込む力が強くなるという利点がある³⁾。このことから、滑り込ませる方法として適していると考え、この方法を担架の機構として採用する。

3.2 担架機構の概要

次に、試作した担架機構の仕様と概観を表. 1、図. 5 に示す。

表. 1 担架機構の仕様

	担架機構
サイズ[mm]	幅360×長さ400×高さ160
重量[kgf]	7.45(バッテリー含む)
担架部	12W DCモータ×1
駆動部	44W DCモータ×2
速度[mm/s]	459.1 (1.65 km/h)
バッテリー	ニッケル水素バッテリー7.2V

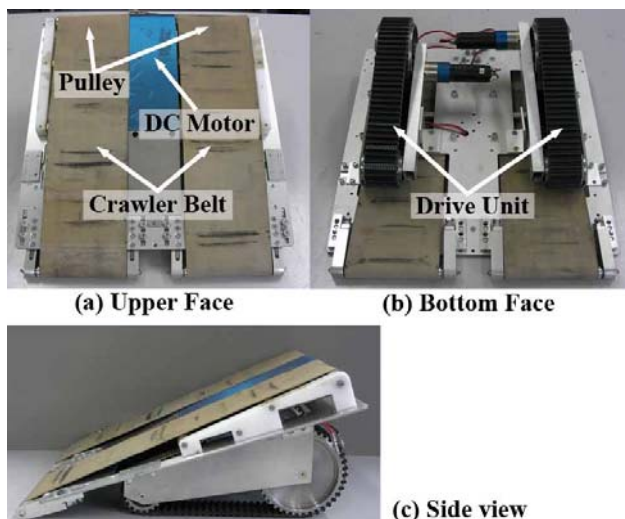


図. 5 担架機構の概観

この機構は、本体中央の DC モータを回転させ、その動力をウォームギアを介し、左右のプーリーに伝達することでクローラを回転させる構造となつて

いる (図. 5(a))。そして、裏面には担架へ乗せる際の移動および搬送時のパワーアシストを行うためのクローラが取り付けられている (図. 5(b))。同じクローラベルトでも、上面のクローラは人体に接触する場所であることから、凹凸のないフラットなものを使用し、下面のクローラは、段差等の乗り越えのために凸のついたものを使用する。そして、この担架機構は、クローラを回転させながら体の下に滑り込ませることで、重量に対して発生した摩擦を反力(推進力)として利用し、体の下に滑り込んでいくという特徴がある³⁾。そのため、滑り込ませる際の反力が存在しない上に、重量が増すにつれて反力が増加し、体の下に滑り込もうとする力が強くなるという利点がある。このことから、滑り込ませる方法として適している。

3.3 性能実験

次に、製作した担架機構を用いて性能実験を行う。実験は、機動性に関するもの(最大段差乗越え、最小進入幅)および、要救助者を担架へ乗せることができるかという項目について確認する。

まず、機動性に関する実験について述べる。機動性は、どの程度の段差まで乗越えることができるかという性能と、災害現場の特性上、狭い通路を通ることも考えられるため最小進入の通路幅について確認する。実験の様子を図. 6 に示す。

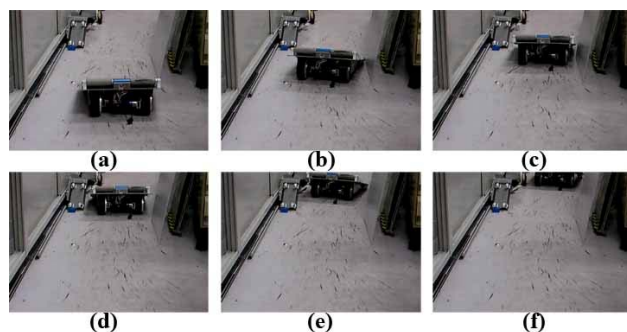


図. 6 最小進入通路幅の実験

実験の結果、最大段差乗越えは 50[mm]、最小進入幅は 400[mm]であった。最小進入幅に関しては、想定現場において有効であると考えられる。しかし、段差乗越え性能としては多連結機構とすることにより性能が向上することを考慮しても、若干改善の必要があると考える。今後、設計を見直し性能を向上させることを課題とする。

次に、要救助者を担架へ乗せることができるかという実験を行う。実験は、要救助者の上半身を見立てた物体を平坦なコンクリートの床の上に置き、担架機構を用いて、その物体の重量を増加させつつ、物体を担架の上に乗せることができるかというこ

とを確認する。実験の様子図.7に示す。

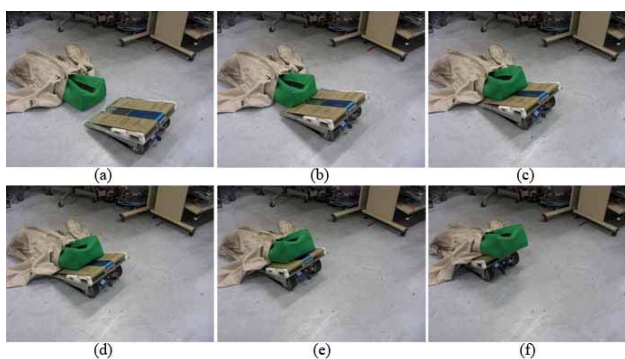


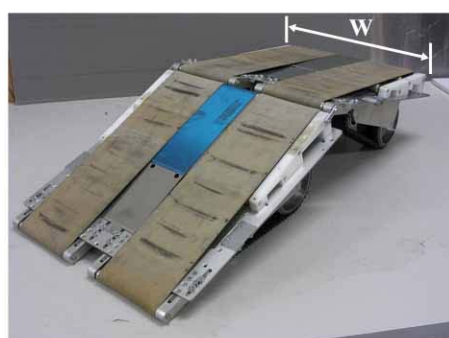
図.7 担架移送実験

実験を行った結果、35[kg]まで担架の上に乗せ、搬送も行えることが確認できた。本来は上半身だけでなく、下半身も含めた全身で実験を行うのが理想である。しかし、担架一台のみの実験のため全身が乗らないことと、全身の中で最も重量のある肩から腰（上半身）を担架に乗せることができれば、確実に下半身も乗せることが可能である³⁾ことから、本実験では上半身だけとした。また、物体を乗せていない状態での段差乗り越え実験を行った結果、50[mm]の段差の乗り越えが可能であることが確認できた。

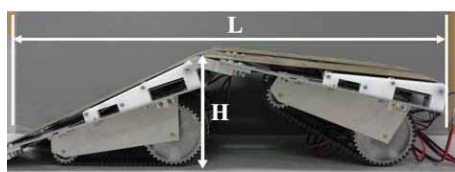
3.4 担架ロボットの製作

前節までに述べた担架機構を複数台連結したものを担架ロボットと呼ぶ。本節では、製作した担架ロボットの詳細および実際の人で実験を行った結果について述べる。

ここではまず、前節で製作した担架機構を2台連結する。製作した担架ロボットの仕様と概観を図.8と表.2に示す。



(a) Overview



(b) Sideview

図.8 担架ロボットの概観

表.2 担架ロボットの仕様

担架ロボット	
サイズ[mm]	幅360×長さ800×高さ180
重量[kgf]	14.9(バッテリー含む)
担架部	12W DCモータ×2
駆動部	44W DCモータ×4
速度[mm/s]	459.1 (1.65 km/h)
バッテリー	ニッケル水素バッテリー7.2V

連結した担架機構は同じものを2台用いる。これは、先頭車両用のロボットを特別に製作してしまうと、故障した際に代替を用意する必要がある。しかし、全て同じロボットを用いれば、代替が可能となり不測の事態が生じやすい災害現場での適応性が向上すると考えたからである。連結方法として、図.8に示すように1台目は担架先端を傾斜させたままであるが、2台目以降を同様に傾斜させると担架表面が凹凸状態となり、要救助者の姿勢が安定しない。そこで、2台目の先端を1台目の後端に乗りかかる状態で2台を連結する。さらに、要救助者の姿勢に柔軟に対応するため、連結部は完全に固定するのではなく、担架上を重量物が移動することに対し、受動的に連結部の角度が数度動くような構造としている(図.9)。

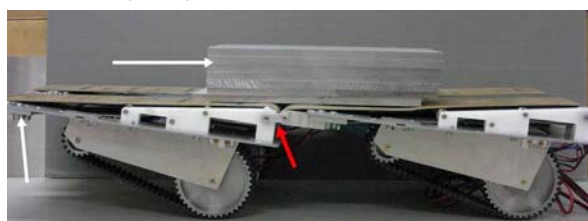


図.9 受動的な連結部

なお、バッテリーはニッケル水素バッテリー(7.2[V] 3000[mAh])を一本使用しているが、一本当たりの連続作業時間は30分程度である。重量も約370[g]と軽量のため、並列に接続しておけば作業時間もその分延長できる。

実際に要救助者を完全に乗せるには、最低あと一台担架機構を連結する必要がある。しかし、「滑り込むことができるか」という観点からは、2台目まで滑り込むことができれば3台目以降は同様に滑り込ませることができると考え、本稿では2台での連結までとする。今後搬送実験等を行う際には、3台以上の連結を行う。

3.5 操作システム

本研究で開発する担架ロボットは、消防隊員だけでなく一般の人にも利用してもらえようようなシンプルな操作システムを目指している。担架ロボットの操作は、図.10に示すように3つのスイッチで行

う。ロボットの左右の駆動（前後進）用にそれぞれ1つ、ベルトの回転の ON-OFF 用に1つの計3つである。

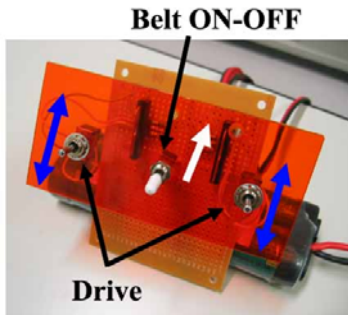


図. 10 コントローラ概観

3.6 検証実験

次に、実際に要救助者を担架に乗せることができるか（担架ロボットを体の下に滑り込ませることができるか）について確認する。実験は、約 60kg の要救助者を平坦な床の上に寝かせ、担架ロボットを用いて、頭側からアプローチし、要救助者の体の下に滑り込むことができるかということを確認する。なお、頭側からのアプローチは、頭部への危険性および頭髪等の巻き込みを考慮し、消防隊員があらかじめ頭部をカバーで保護した上で担架への移送を行なう。実際の災害現場においても、頸椎損傷等の危険性のため、担架上で頭部をベルトで固定するという方法が取られていることから、担架ロボットへ搬送する際も、そのような配慮が当然必要であると考える。評価項目としては、純粋に担架ロボットが体の下に滑り込むことができるかということを対象とし、所要時間の長短は本実験では問わない。しかし、実際の災害現場で要救助者を担架に乗せるのに数分も時間を要しては実用的ではないため、今後 30 秒程度で実現できるよう開発を進める予定である。実験の様子を図. 11 に示す。

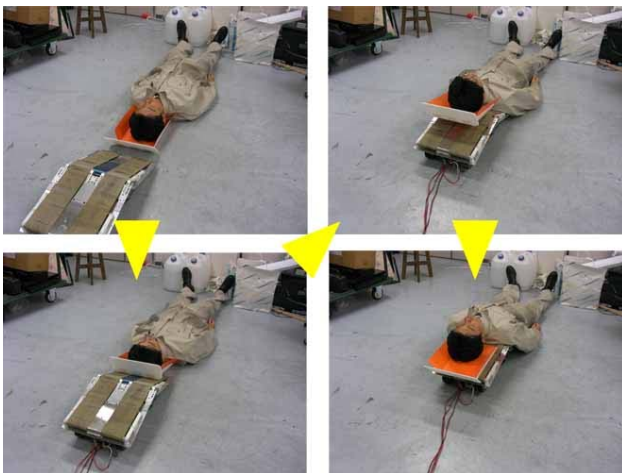


図. 11 担架移送実験
結果を見てもわかるとおり、頭側からのアプロ

チに対し、頭部を保護しつつ要救助者の体の下に滑り込むことができるということが確認できた。前述したとおり、本実験では所要時間を問題としていないが、参考までに述べると要救助者の体の下に滑り込むまでに 60[sec]程度要した。また、頭部へのカバーおよびモータやギアの回転部分にカバーを取り付けたことにより、頭髪、服の裾等が巻き込まれるという現象も見られなかった。頭部のカバーは、安全面の効果だけでなく、担架を体の下に滑り込ませる際に、従来のカバーなしの状態に比べ担架先端が滑り込ませやすくなる効果も見られた。このことから、カバーを着けるという対策は必要不可欠であると言える。

4. おわりに

本研究では地下街等で発生した災害において、現場から要救助者を迅速・安全に救出し、併せて消防隊員の労力の軽減を図ることを目的とした救助支援型担架ロボットの開発を目的としている。本稿では、担架等従来の救助用資機材を比較し、その救助支援型担架ロボットの基本コンセプトを紹介した。そして、要救助者を持ち上げることなく担架に乗せる機構を提案し、その試作と実験結果について述べた。具体的には、クローラベルトを用いた担架を提案し、ベルトを回転させることで担架にかかる摩擦力を推力へと活用した。その結果、低出力のモータであったとしても、要救助者の体の下に滑り込むことが確認できた。また、担架機構を用いることで、要救助者の牽引力を担架機構を使わない場合と比較して半分程度に抑えることができた。これらのことから、提案する担架ロボットが、救助活動において消防隊員の負担軽減の役割を果たすと期待できる。

今後は、担架機構を 2 連結から 3 連結、4 連結と拡張させることで要救助者を完全に担架に乗せた状態での搬送実験およびパワーアシストの効果も検証する。それ以外にも、要救助者を縛着するベルトの装備やコントローラの改善等も随時行っていくつもりである。

【参考文献】

- 1) 加藤和利, 矢ヶ崎孝, 石塚敏久, 米田雅一, 島倉宏明: 多数傷病者救出用台車の研究開発について (第 1 報), 消防科学研究所報, no.34, pp.70-77,1995
- 2) 矢ヶ崎孝, 石塚敏久, 大原義雄, 米田雅一, 島倉宏明, 橋本剛: 救出用台車の研究開発について (第 2 報), 消防科学研究所報, no.35, pp.65-72,1996
- 3) 岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳: 原子力施設災害における救助活動用担架構成ロボットの開発, 日本ロボット学会誌, vol.24,no.3, pp.80-86,2006

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4. 4 消防用多機能型ノズルの開発

研究実施期間	平成 19 年度
配分額(千円)	1,317(平成 19 年度)
研究代表者	岩崎博巳
所属機関	株式会社岩崎製作所
研究体制	産・官
研究概要	従来のノズルの注水方法である「ストレート注水」、「噴霧注水」の 2 種類では、火煙の遮断及び狭隘な場所への注水、並びに救助活動支援等が有効に出来ないことから、同一のノズルで「ストレート注水」、「噴霧注水」に加え、容易な操作で「平面注水」が可能な消防用多機能型ノズルの研究開発を行った。
研究成果の活用事例	なし
応用の方向性	平面注水を実用化することにより、狭隘な場所でウォーターカーテンとしての延焼防止、火煙を遮断することによる救出活動や避難路の確保、放水量が低減することによる水損防止、放水時の反動力が低減することによる隊員の負担軽減等、火災防御活動を行ううえで、様々な効果が期待される。
キーワード	ウォーターカーテン、水損防止
研究発表の状況等	なし
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	今後はこれらの問題点を踏まえた試作器の製造を行うとともに、川越地区消防局と試作機による消火実験等の検証を行うことで、製品化できるよう、引き続き開発を行っていく。

消防用多機能型ノズルの開発

○岩崎 博巳¹, 川井 光洋², 近藤 敏明³

Hiromi IWASAKI, Mitsuhiro KONDO and Toshiaki KONDO

研究課題の要旨: 従来のノズルの注水方法である「ストレート注水」、「噴霧注水」の2種類では、火煙の遮断及び狭隘な場所への注水、並びに救助活動支援等が有効に出来ないことから、同一のノズルで「ストレート注水」、「噴霧注水」に加え、容易な操作で「平面注水」が可能な消防用多機能型ノズルの研究開発を行った。

キーワード: ウォーターカーテン、水損防止

1. はじめに

消防活動の現場を取り巻く環境も多種多様化していることから、活動隊員の疲労を軽減するための無反動ノズルや、火災防御活動時の隊員の安全を考慮した噴霧ノズルなど、資器材の開発が行われている。しかし、従来のノズルの注水方法である「ストレート注水」、「噴霧注水」の2種類では、火煙の遮断及び狭隘な場所への注水、並びに救助活動支援等が有効に出来ないのが現状である。そこで、ひとつのノズルを容易に操作することで、「ストレート注水」、「噴霧注水」の2種類の注水方法に加え、「平面注水」が可能な消防用多機能型ノズルの開発を行った。

2. 先端ニードルと噴霧ノズルの試作 (モデルA)

平面注水ができる原理は、噴霧ノズルの先端ニードル部をブタ鼻型の形状にすることで、そこを通る水の流れを制御し、水圧力をかけることにより平面注水(カーテン状)を発生させることができる。そのニードル部の形状及び量産化を検討の結果、アルミ鋳造がベストと考え、以下のような金型製作を行った。



図1 ニードル部 (モデルA)

(所属機関名)

- 1 株式会社岩崎製作所
- 2 川越地区消防局 予防課
- 3 深田工業株式会社 製造本部

このモデルAの注水テストを0.2Mpaの圧力で実施した結果、

- ・注水の形状が均一なカーテン状にならない。
 - ・広がる角度が、150度位と広がりすぎた。
- 等の課題があり、ニードル部の形状変更のみでは上記問題点を解決することは難しいとの結論を得た。



図2 「平面注水」ノズルの試作品モデルA

4. モデルBへの改良

モデルAの試作と放水実験の結果から、

- ①ニードル部(先端)のブタ鼻部は平面注水に必要な形状であるが大幅な変更を必要とする。
- ②従来の噴霧ノズルの直射放水、通常噴霧(円錐状)、止水。それに平面噴霧(カーテン状)プラスする。

の2点を満たすことを第一の目的とし、岩崎製作所製品「ユミクロ」を改良することによりモデルBの製作を行った(図3と図4)。このモデルAの注水テストを、以下の条件で実施した結果が、図5~図7である。

- ・圧力 0.7Mpa
- ・流量 3,611/min
- ・放水飛距離 約13m

図からもわかるとおり、平明注水が実現しているが、①扇状の角度が不足するとともに、②中央部の水量が不足するという課題が分かった。



図3 ニードル部(モデルB)



図5 放水ヨコ全景



図4 ノズル本体(モデルB)



図6 放水タテ全景

5. おわりに

従来のノズルの注水方法である「ストレート注水」、「噴霧注水」の2種類に加え、「平面注水」が可能な消防用多機能型ノズルの研究開発を行った。

平面注水を実用化することにより、狭隘な場所でウォーターカーテンとしての延焼防止、火煙を遮断することによる救出活動や避難路の確保、放水量が低減することによる水損防止、放水時の反動力が低減することによる隊員の負担軽減等、火災防御活動を行ううえで、様々な効果が期待される。

今後、実験の結果得られた問題点を踏まえた試作器の改良と試作を行うとともに、川越地区消防局と試作機による消火実験等の検証を行うことで、製品化できるよう、引き続き開発を行っていく。



図7 放水後方より撮影

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.5 消防緊急援助隊用電気温水装置の開発

研究実施期間	平成 19 年度
配分額(千円)	9,264(平成 19 年度)
研究代表者	仲田要一
所属機関	株式会社エマックス東京
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>緊急消防援助隊の活動現場は非常に厳しい状況にある。ライフラインが崩壊し、災害活動の統制を行うべき県庁・市役所等が被害を受け、通信の混乱が加わるという悪条件の重なった中で、緊急消防援助隊は自給自足を原則とした長期間の救助活動を余儀なくされる。</p> <p>そこで、われわれはライフラインが崩壊した中で、唯一水と電源を保有している消防車両の機能を活用し、瞬時に温水を作ることができれば、より効果的な救命救護活動及び避難住民の支援活動が行えると考え、緊急消防援助隊用電気温水装置の研究開発を行なった。</p>
研究成果の活用事例	緊急消防援助隊の精神的ストレスや二次的感染(ウイルス)の予防および長期にわたる避難者生活への支援活動として、シャワーやお風呂の提供。
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・電源車等へ配備。 ・集団除洗システムを保有していない病院施設および災害基幹医療センターの壁等に設置。
キーワード	緊急消防援助隊・NBC 災害・除染・消防車両・電気温水装置・災害・基幹病院・災害医療
研究発表の状況等	なし
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>これから消防車両の内蔵型や簡易搬送型として製造し、全国の消防署に普及していきたいと考え取り組んでおります。</p> <p>また、集団除洗システムを保有していない病院施設および災害基幹医療センター等の壁等に容易に設置できる本装置を配備されることを強く望みます。</p>

緊急消防援助隊用電気温水装置に関する研究・開発

Development of an electric warm water device for firefighting and rescue team

○仲田要一¹・阿久津昌之²・鈴木正之³・米川力⁴・高槻精一²

youiti nakata and masayuki akutsu and masayukisuzuki and tikara yonekawa and seiiti takatuki

研究課題の要旨：緊急消防援助隊の活動現場は非常に厳しい状況にある。ライフラインが崩壊し、災害活動の統制を行うべき県庁・市役所等が被害を受け、通信の混乱が加わるという悪条件の重なった中で、緊急消防援助隊は自給自足を原則とした長期間の救助活動を余儀なくされる。

そこで、われわれはライフラインが崩壊した中で、唯一水と電源を保有している消防車両の機能を活用し、瞬時に温水を作ることができれば、より効果的な救命救護活動及び避難住民の支援活動が行えると考え、緊急消防援助隊用電気温水装置の研究開発を「消防防災科学技術研究推進制度」に基づき産学官連携による研究開発を行なった。

キーワード：緊急消防援助隊・NBC 災害・除染・消防車両・電気温水装置・災害・基幹病院・災害医療

1. はじめに

平成7年1月17日早朝に発生した阪神淡路大震災は、6400名の尊い命と3万5千人以上の負傷者を出し戦後最大の大災害となった。この大地震を契機とし、わが国の消防では、全国的な組織運用の緊急消防援助隊が構築され、大災害に立ち向かっている。しかし、実際の災害現場は非常に厳しい状況である。ライフラインが崩壊し、災害活動の統制を行うべき県庁・市役所等が被害を受け、通信の混乱が加わるという悪条件の重なった中では、緊急消防援助隊は自給自足を原則とした長期間の救助活動を余儀なくされる。災害時が冬季である場合は、防寒対策も容易なことではなく、救命救護活動はより困難を極める。

そこで、今回われわれはライフラインが崩壊した中で、唯一水と電源を保有している消防車両の機能を活用し瞬時に温水を作ることができれば、より効果的な救命救護活動及び避難住民の支援活動が行えると考え、緊急消防援助隊用電気温水装置の研究開発を行なった。

また、NBC災害においても除染(decontamination ; DECON)は化学物質等の体内への吸収を防ぎ、傷病者の生命や機能予後を改善させ、また救助者や医療従事者の二次災害を回避軽減するためにも非常に重要で、この目的を達するためには除洗は早ければ早いほど効果があり、そのため現場除洗が非常に重要な意味を持つ¹⁾。除洗方法としての大量の水による希釈除去(湿性除染)は有効な方法ではあるが、冷水による湿性除洗は低体温の合併の危険があり、特に冬季間は温水供給装置が不可欠である。大型の灯油式給湯器は、緊急消防援助隊等に車に装備していける大きさではなく、災害活動上現実的ではない。そこで、この電気温水装置を用いて、実際にNBC災害訓練での救急活動における有効性を検証したので併せて報告する。

この研究が、災害時の劣悪な環境の中で救命救護活動に励む緊急消防援助隊や災害医療チーム、そして何より、不安と緊張の中で避難生活を送る被災地住民のために、役立つ日が来ることを願ってやまない。

2. 緊急消防援助隊用電気温水装置の

システムイメージ

消防機関が保有する水(タンク車、化学車、水槽車等)、電源(救助工作車、電源車、発電機)を活用し、図1のように電気温水装置と効率よく組み合わせ災害現場で温水を作る。



図1 システムイメージ

3. 目標とする電気温水装置

(1) 温水40度を作れること。

冬季や北部地域の災害において、被災者や救助者のシャワーや入浴用の温水として利用ができる水温とする。

(2) 吐出水量6ℓ/min以上を出せること。

洗浄用シャワーやNBC災害時の除染シャワーに使用できる水量を吐出できるようにする。

(3) 小型軽量化を図りノートパソコン程度とする。

消防車両の常時積載が可能とすることで、災害現場で迅速に対応できる温水装置とする。

(4) 救助工作車および消防水槽付ポンプ車の能力に適合した電気温水装置とする。

救助工作車・消防水槽付ポンプ車の能力や構造に合わせることで、災害拠点病院等の壁付け等が容易にできること。

(所属機関名)

1 株式会社エマックス東京 3・4 自治医科大学

2 あ〜るえす株式会社 5 日光市消防本部

4. 従来の温水装置

消防で災害用として、現在保有している温水装置は灯油式ボイラーであり、消防車両に常時搭載しているものではなく有事の際にトラックを用意し積み荷し使用することとなり、迅速な対応は不可能に近いと思われる。大きな問題点として下記の要件が考えられる。



写真1 従来のボイラー式温水装置

- ボイラーが大きい（最小で94×88×40cm）重い（50kg～200kg）
- 付属品が多い（ガソリン・灯油の予備燃料）
- 消防車両での搬送は不可能（温水装置を搬送するためにトラック等の手配が必要）
- 災害現場への搬送・設定に人手が必要（小さな消防本部では不可能）
- 水源が水道だけの仕様となっている
- 災害現場での使用可能範囲が限定的（海・川・山などでは使用できない）
- 搬送時の危険性（転倒や燃料漏れ）

5. 緊急消防援助隊用電気温水装置の基本設計

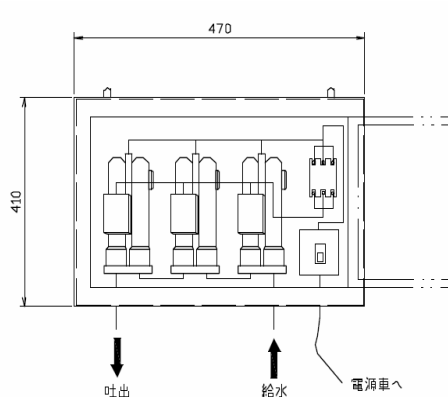


図2 緊急消防援助隊用電気温水装置基本設計図

図2の基本設計図に基づき、ヒーターの選定を行った。

6. ヒーターの選定

消防の装備品を使用して温水を瞬時に作ることもまた、救助工作車・消防水槽付ポンプ車の能力や構造に合わせることも、および、災害現場において有効に使用できるようにすること等を考え、図3のヒーターを選定した。

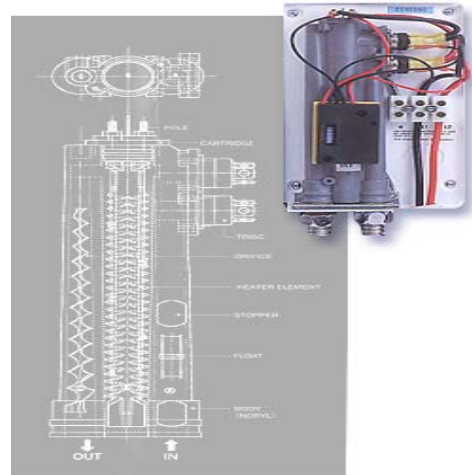


図3 エマックス社のヒーター

使用電源	機種		出力
	タイプ	型番	
単相200v	SP	400	4KW
		FC	EX500
	EX600		6KW
	EX750		7.5KW
	TM	EX600T	6KW
		EX750T	7.5KW
	ST	EX1000	10KW
		EX1200	12KW
		EX1500	15KW
三相200V	TH	EX1200	12KW
		EX1500	15KW
		EX1800	18KW

表1 ヒーター性能表

ヒーターは米国のエマックス社で開発したヒーターで、特殊ニッケル基合金、カートリッジがSiC系セラミックスでできており、いずれも米国GE社が特許を有する最先端素材であり、エマックスは米国UL規格、IEC（世界電気標準会議）、BAL（米国政府公認水質検査機関）等の認定を受け、性能と安全性が保証されている。

7. 緊急消防援助隊用電気温水装置の仕様

仕様（200V対応）

- ① 温水器 : ヒーター18.5KVA
- ② 制御盤 : 三相60A ブレーカー1台
- ③ 本体 : SS400ウレタン塗装
- ④ 脚 : SS400ウレタン塗装
- ⑤ 取手 : ABS 内側ボルト取付け形
- ⑥ 配管類 : TS式 PVC
- ⑦ バルブ類 : ボールバルブPVC、
ゲートバルブCAC406
- ⑧ 圧力計 : 一般形 0から0.6Mpa
- ⑨ ホース : 耐圧ホース+スチロール保温管

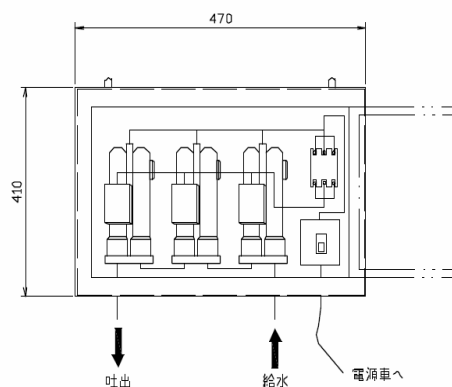


図5 緊急援助隊用電気温水装置



写真2 温水装置内部

8. 緊急消防援助隊用電気温水装置の性能

200V仕様の救助工作車内蔵型にすることで、100Aまでの電流と電力20KVAを使用することが可能となり、発電機の能力を最大限に利用できる。また、作業効率も良くなり、タンク車等から15mmの耐圧ホースを延ばし、セットするだけで済み作業は1分以内で行える。内蔵ヒーター18.5KVAを使用することで、表2で示す温水温度40℃時の吐出水量8.5ℓ/minを確保でき、シャワーテントとしての水圧および水量を十分に確保できる。コンパクトサイズで430mm×470mm×140mmで耐震動装置である。

- ・原水温度：5℃（最低温度）
- ・吐出水量：5ℓ/min～15ℓ/min（可変）

吐出水温 t °C	流量Q ℓ/min
54.4	5
54.5	5.5
53	6
51.3	6.5
48.4	7
45.5	7.5
43.2	8
41.4	8.5
39.6	9
37.4	9.5
35.8	10
33.1	10.5

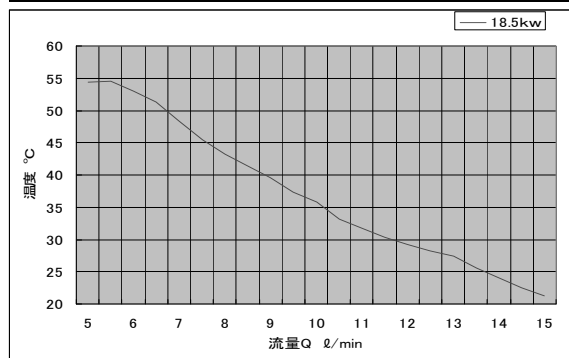


表2 原水温度変化表示

9. 消防水槽付ポンプ車（タンク車等）水質検証

条件1：水には悪条件下の夏季において水槽内の水質変化を調査するため、日光市消防本部今市消防署化学車の水槽で実施した。まず、検証初日に保有している水をすべて排水し、消防署前の消火栓より満水に補給し実施した。

- ① 保管状況 : 消防業務に支障のない程度で野外に放置した。
- ② 検査方法 : 化学車の放水口から検査容器に補給した。
- ③ 検査機関 : 平成19年9月10日から
(50日間) 平成19年10月30日の間
- ④ 検査機関 : 栃木県薬剤師会

水質検査検証結果

結果、緊急消防援助隊の活動限界を1週間と仮定し、夏季の悪条件下で検証を行なった、水槽内の水は50日経過しても、飲料水として可能であることが分かった。このことから、シャワー水として使用しても、安全であることが認められた。

10. 化学災害訓練おいての実証検証
(自治医科大学)

① 日時

平成20年2月29日(金)

11時30分から13時00分

② 検証内容

検証1 吐出水量と水温の検証

検証2 消防車の保有する2トンの水の効力検証

検証3 災害医療活動においての有効性の検証



写真3 化学災害訓練1



写真4 化学災害訓練2

検証1 吐出水量と水温の検証

石橋消防の化学車(水槽2トン)を使用し、電源は救助工作車200V仕様のジェネレーターを使い行う。電気温水装置の設置場所を化学車から6.3mの位置とし、直接シャワーヘッドを取り付け検証。化学車のポンプ圧力0.12Mpaで、放水口65mmから15mmの異型媒介を使い落とし送水、電気温水装置から13mmのホース5mを延長し、先端にシャワーノズルを装着した。



写真5 温水装置による除染風景1
(decontamination ; DECON)



写真6 温水装置による除染風景2
(decontamination ; DECON)

測定結果

原水温度: 9.2℃ 風速SSW: 1.5m/min

外気温度: 9.8℃ 実効湿度: 47.1%

原水温度℃	吐出水温 t℃	流量Q ℓ/min	除染人数
9.2	32	11	1人目~2人目
9.2	38	9.5	3人目~6人目
9.2	42	8.5	7人目~10人目

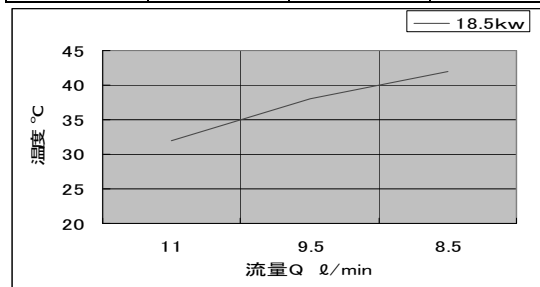


表3 訓練除洗データ

結果：消防水槽付ポンプ車の保有する水（原水温度 9.2℃）を送水圧力 0.12 Mpa で電気温水装置に送り検証した結果、42℃で 8.5 l/min と災害現場で十分な水量と水温を作れることを実証した。

検証 2 タンク車の保有する 2 トンの水の効力検証

条件：訓練時の外気温 9.8℃、原水温 9.2℃の状態
で合計 10 人に除染を行ったデータを基に、タンク車の保有する 2 トンの水の効力の検証を行った。



写真 5 石橋消防化学車



写真 6 (仮想) 救助工作車内臓型温水装置

結果：訓練時外気温 9.8℃、原水温 9.2℃の状態
で合計 10 人に除染を行った。吐出水温 42℃で
8.5L/min. の水量を確保することができた。消防
車の 2 t 水を使用し、傷病者 1 人に対して 9L/min.
の流量で 2 分間の除染を行うと仮定した場合、約
140 人洗浄できることが確認でき、災害現場で
十分使用できることを実証した。

検証 3 災害医療活動における有効性の検証 (鈴木教授・米川教授)

条件：栃木 DMAT（自治医科大学）のメンバー
で、災害医療活動における有効性の検証を行
った。また、病院前除染と現場除染との比較検
証も行った。



写真 7 栃木 DMAT による検証

結果：NBC 災害において現場除染は重要であるが、
救急の基本原理は、「迅速に病院に搬送すること」
であり、現場での時間をかけた除染はこの基本原
理に反する。言い換えれば現場ではいかに迅速に
除染ユニットを立ち上げ、除染に取り掛かるかが
重要である。今回の訓練では、現場除染用として
本装置と消防隊保有のタンク車および救助工作
車（電源）を使用し、迅速にシャワーシステムを
構築することができ、運転開始直後より温水が設
計通りに使用可能な状態となることが実証され
た。一方、今回の訓練では二次除染として病院前
除染も行い、こちらには従来の灯油式給湯器を使
用し本装置と比較検討した。灯油式給湯機ではバ
ーナーを点火してから温水が供給されるまでには
10 数分の慣らし運転が必要であり、組み立て
の時間も合わせると実際に使用開始できるまで
にはさらに時間がかかることを再認識させられ
た。また、医療機関用の除染シャワーシステムは
水源供給（水道管接続）の問題がある。水道の水
圧不足によりシャワーテントの水圧抵抗に負けて
しまう。家庭用配管水道を現場除染でそのまま
使用することはできない。本装置を利用すればタ
ンク車のみならず、消火栓、防火水槽等を利用し
迅速に温水を供給することが出来、時間や場所を
問わない災害時の温水装置としては非常に有効
と考えられる。

日本では、除染時の水の温度については明確な
ガイドラインは存在しない。しかし災害は必ずし
も温暖な地域や時期に発生するわけではなく、寒
冷条件における除染方法に関しては検討が必要
と思われる。今回の災害訓練では外気温 9.8℃
で、脱衣の段階でかなり寒かったと模擬患者より
訴えがあり、寒冷環境における除染作業では温

水供給装置は不可欠と考えられた。また、本装置による現場除染の際には長時間一定温度の温水を供給できたが、病院前の灯油式給湯機では水道圧により温度が不安定で、模擬患者より温水が若干熱かった、冷たかったという意見も挙げられた。本装置は消防ポンプにより除染に必要な一定の水温および流量は十分確保でき、安定性もあることが実証された。

今回の訓練はNBC災害における除染作業に対しての本装置の有効性を検討した。しかし除染作業に限らず、災害時の救急活動（救助・救急搬送・現場処置）において、特に冬季には温水の提供が活動の効率を向上することが容易と考えられる。本装置を用いることによって消防機関保有の水（タンク車、化学車、水槽車等）及び電源（救助工作車、電源車、発電機）を使用し、寒冷地も含むどのような場所でも、迅速かつ大量に温水を供給することができ、有効な医療救護活動につながるものと考えられる。

1 1. まとめ

緊急消防援助隊用電気温水装置の開発を1年間行った結果、当初の目的の軽量化・小型化は可能であり、水槽付ポンプ車または救助工作車に取り付け災害現場での使用を可能とすることに成功した。電源は救助工作車の動力電源・発電機200V仕様となるが、対応できるようにした。

2008年2月29日に自治医科大学で行われた化学災害想定訓練の際、現場除染の方法として本装置を実際に使用しその有効性について検証した。訓練時外気温9.8℃、原水温9.2℃の状態では合計10人に除染を行った。結果吐出水温4.2℃で8.5ℓ/min.の水量を確保することができた。2t化学車を使用し、傷病者1人に対して9ℓ/min.の流量で3分間の除染を行うと仮定した場合、約70人使用できることが確認でき、災害現場で十分使用できることを実証した。

考察：本研究により、消防車両の通常装備で迅速且つ簡便に使用可能な温水供給装置を試作することができた。そして化学災害を想定した消防訓練では外気温9.8℃と比較的低温条件にもかかわらず十分な水量と水温を確保することが可能で、実際の災害現場でも十分な救急救助活動を行え得るものと考えられた。現場除洗においてはポンプ車のホースからの放水による除洗も考えられるが¹⁾、冬季間に行いがたい方法である。本装置で供給できる温水の温度は外気温・原水温に影響されるが仮に原水温を5℃とした場合でも3.0℃の温水を1.2ℓ/min.の量で供給可能であり、

冬季間現場除洗を行う場合も使用可能と考えられる。

また、NBC災害における除染に限らず大規模災害時に迅速に温水を提供できることは、泥・ほこり等で汚れている負傷者の洗浄を行い、またライフライン寸断時の入浴用の温水やシャワーの提供を可能にする。

近年災害医療に対する対策も進みつつあるが、集団除洗システムを保有する施設は災害基幹医療センターにおいても11.4%にとどまっている²⁾。また、地震等の大規模災害時は医療機関の給湯設備が障害される可能性もある。本装置はライフライン寸断時も温水供給可能であり、現存の消防車両に簡便に取り付けることが可能であり、今後各緊急消防援助隊車両に配備されることで、より災害時の救急救助活動および救護支援活動に有用であるものと考えられた。

1 2. 今後の見通しおよび普及等

消防車両の通常装備として迅速且つ簡便に使用可能な温水供給装置として完成し、これから消防車両の内蔵型や簡易搬送型として製造し、全国の消防署に普及していきたいと考え取り組んでおります。

また、集団除洗システムを保有していない病院施設および災害基幹医療センター等の壁等に容易に設置できる本装置を配備されることを強く望みます。

そして、将来的には建設現場や工事現場で日常的に使われているジェネレーター（発電機）に本装置を内蔵することで、工事現場等で使用でき、尚且つ、災害時にはどこでも手配できるようになり、災害時の劣悪な環境の中で救命救護活動に励む救急隊員・救助隊員、そして何より、不安と緊張の中で避難生活を送る被災地住民のために、役立つ日が来ることを願ってやまない。

【参考文献】

- 1) 消防白書，平成19年版
- 2) 消防防災科学技術高度化戦略プラン，消防庁，2006

第5 特殊災害対策の強化

第5 特殊災害対策の強化

5.1 多孔質珪質素材を用いた対原子力施設災害用放射線遮蔽材の開発

研究実施期間	平成 17 年度～19 年度
配分額(千円)	2,960(平成 17 年度)、2,960(平成 18 年度)、2,960(平成 19 年度)
研究代表者	村上英樹
所属機関	国立大学法人 秋田大学
研究体制	官・学
研究概要	<p>1999 年に茨城県東海村の JCO で日本最悪の臨界事故が発生したが、その際 20 時間もの間、放射される中性子線を止めることができなかった。しかしながら、この危険な中性子も水素があれば遮断できる。水素を含む代表的な物質は水であり、その壁を造ることで遮蔽が可能となる。多孔質珪質素材である珪藻土の含水率は、その体積の 70%にも及ぶ。これを放射線源の周囲に積上げ、遠隔から放水すれば、珪藻土は自発的に吸水し、簡単に中性子遮蔽壁が構築できる。ガンマ線には、その遮蔽に効果がある重金属の溶液で対応する。比較的安全で、ポンプに負担を掛けない重金属の溶液として、酢酸ジルコニウムを選択した。これを珪藻土に保水させると、同じ厚さのコンクリートの半分程度のガンマ線遮蔽能力が発現する。即ち、ガンマ線遮蔽に必要なコンクリートの二倍の厚さで珪藻土を設置して、それに酢酸ジルコニウムを吸水させれば、中性子とガンマ線共に遮蔽することができる。</p>
研究成果の活用事例	<p>更なる研究を進め、臨界事故以外の原子力施設災害に対する効果を検証し、製品化を目指す予定。</p>
応用の方向性	<p>珪藻土は、その高い耐熱性と断熱性から、火災を伴う原子力事故にも十分対応可能である。加えて、金属ナトリウムを弾き、水を吸収する性質は、両者を安全に分離できることを示しており、「もんじゅ」に代表される高速増殖炉で心配される、ナトリウム漏洩事故の被害軽減にも役立つ。</p>
キーワード	珪藻土, 臨界事故, 中性子, ガンマ線, 酢酸ジルコニウム
研究発表の状況等	<p>平成 17 年度 「学術関係誌」 1) 村上英樹(2005):「珪藻土およびゼオライト(クリノタイロライト)を用いた軽量耐熱放射線遮蔽材」, 原子力 eye, Vol. 51, No. 10, 64-7 頁. 「国際会議報告集」 1) Murakami, H. , Odano, N. , Sawada, K. , Ohnishi, S. , Konnai, A. ,</p>

Kobayashi, Y. , Ohshima, H. and Okuta, H. (2005) : The Use of Microporous Siliceous Shale and Zeolite for High-Performance Radiation Shielding Materials, Proceedings of The 5th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2005) (Akita, Japan), pp. 254-8 (CD-ROM).

「学会発表」

- 1) 村上英樹, 小田野直光, 澤田健一, 大西世紀, 近内亜紀子, 小林祐記, 大島洋紀, 中央シリカ株式会社, 「珪藻土及びクリストバル岩を用いた軽量耐熱放射線遮蔽材の開発」, 日本素材物性学会平成 17 年度(第 15 回)年会, 秋田, 6 月.
- 2) 村上英樹, 小林祐記, 大島洋紀, 小田野直光, 大西世紀, 近内亜紀子, 中央シリカ株式会社, 「多孔質珪質泥岩を用いた軽量耐熱放射線遮蔽材の開発」, 第 42 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京, 7 月.
- 3) Murakami, H. , Odano, N. , Ohnishi, S. , Konnai, A. , Kobayashi, Y. , Ohshima, H. and Chuo Silika Co. Ltd, 「The Use of Microporous Siliceous Shale for High-Performance Radiation Shielding」, The 13th International Clay Conference (ICC2005) -Claysphere: past, present and future-, 東京, 8 月.
- 4) 村上英樹, 小田野直光, 澤田健一, 大西世紀, 近内亜紀子, 小林祐記, 大島洋紀, 中央シリカ株式会社, 「珪藻土及びモルデン沸石の中性子遮蔽能」, 岩鋳学会, 松山, 9 月.
- 5) 村上英樹, 小林祐記, 大島洋紀, 小田野直光, 澤田健一, 大西世紀, 近内亜紀子, 奥田博昭, 村木克行, 「珪藻土を用いた高性能遮蔽材の開発(1)遮蔽素材としての適性」, 日本原子力学会「2006 年春の年会」, 大洗, 3 月.
- 6) 小田野直光, 近内亜紀子, 澤田健一, 大西世紀, 村上英樹, 村木克行, 「珪藻土を用いた高性能遮蔽材の開発(2)遮蔽性能評価」, 日本原子力学会「2006 年春の年会」, 大洗, 3 月.

平成 18 年度

「学会発表」

- 1) 村上英樹, 小田野直光, 澤田健一, 大西世紀, 近内亜紀子, 村木克行, 奥田博昭, 「珪藻土及びゼオライトの放射線遮蔽特性とその原子力災害に対する効果」, 日本素材物性学会平成 18 年度(第 16 回)年会, 秋田, 6 月.

	<p>2) 村上英樹, 小田野直光, 近内亜紀子, 石橋健藏, 唐橋健治, 奥田博昭, 村木克行, 「ナトリウム火災に対する珪藻土の有効性」, 日本原子力学会「2007年春の年会」, 名古屋, 3月.</p> <p>「その他の発表」</p> <p>1) 村上英樹, 「秋田県産非金属資源の再認識及びその高度利用化(珪藻土とゼオライトを例にして)」, あきた産学官連携フォーラム 2006～知の種苗交換会～, 秋田, 11月.</p> <p>2) 村上英樹, 彩の国ビジネスアリーナ 2007, 埼玉, 2月. (本研究成果のパネルによる展示)</p> <p>平成 19 年度 「学会発表」</p> <p>1) 村上英樹, 荻部 隆「簡単な手法によるゼオライトの有効活用実施例」, ゼオライト学会「第 23 回ゼオライト研究発表会」, 秋田, 11月.</p>
<p>知的財産権の出願・登録状況等</p>	<p>現段階では, 該当無し。本制度申請以前については, 以下の通り。</p> <p>特許</p> <p>発明の名称: 放射線遮蔽材</p> <p>出願番号(出願年月日): 特許願 2005 年第 092735 号 (平成 17 年 3 月 28 日)</p> <p>出願人: 村上英樹 独立行政法人海上技術安全研究所 中央シリカ株式会社</p> <p>発明者: 村上英樹 小田野直光 奥田博昭</p> <p>登録番号: 特許 3926823(平成 19 年 3 月 9 日)</p>
<p>当該研究に対する今後の展開、意見等</p>	<p>珪藻土は, 多孔体なので, 高い断熱性と吸水性を持つ。更に耐熱性も高い為, 耐熱複合放射線遮蔽材の基礎素材として大変優れている。チェルノブイリのような, メルトダウンを伴う最悪な事故が起きた場合でも, 現段階で迅速に対応できる可能性を持つ放射線遮蔽材は, 珪藻土のみである。</p> <p>又, 珪藻土には, 液体金属ナトリウムと水を分離できる能力があるので(表面張力が大きい液体金属ナトリウムは珪藻土内に染み込まず, 一方の水は強力で吸水される), 高速増殖炉で心配されるナトリウム火災にも対応可能である。</p> <p>今後は, これら両事例に対応する為の具体的な方法を考案し, それに合わせた珪藻土放射線遮蔽材の改良を進めて行く予定である。</p>

多孔質珪質素材を用いた対原子力施設災害用放射線遮蔽材の開発

○村上英樹¹・小田野直光²・近内亜紀子²・澤田健一²・浅見光史²

Hideki Murakami, Naoteru Odano, Akiko Konnai, Ken-ichi Sawada and Mitsuhumi Asami

研究課題の要旨: 1999年に茨城県東海村のJCOで日本最悪の臨界事故が発生したが、その際20時間もの間、放射される中性子線を止めることができなかった。しかしながら、この危険な中性子も水素があれば遮断できる。水素を含む代表的な物質は水であり、その壁を造ることで遮蔽が可能となる。多孔質珪質素材である珪藻土の含水率は、その体積の70%にも及ぶ。これを放射線源の周囲に積上げ、遠隔から放水すれば、珪藻土は自発的に吸水し、簡単に中性子遮蔽壁が構築できる。ガンマ線には、その遮蔽に効果がある重金属の溶液で対応する。比較的安全で、ポンプに負担を掛けない重金属の溶液として、酢酸ジルコニウムを選択した。これを珪藻土に保水させると、同じ厚さのコンクリートの半分程度のガンマ線遮蔽能力が発現する。即ち、ガンマ線遮蔽に必要なコンクリートの二倍の厚さで珪藻土を設置して、それに酢酸ジルコニウムを吸水させれば、中性子とガンマ線共に遮蔽することができる。

キーワード: 珪藻土、原子力、臨界事故、中性子、ガンマ線、放射線遮蔽、酢酸ジルコニウム

1. はじめに

日本は、地質学的変動帯に位置する地震国であるにも拘らず、先進国としてのエネルギー需要から、諸外国に比べて、高密度で原子力発電所やそれらの関連施設を保有している。今迄、その設置に際しては入念な地質調査が行われ、安全性の十分な確認の後に建設が進められてきた。しかしながら、近年の新潟県中越沖地震や福岡県西方沖地震、更には岩手・宮城内陸地震の教訓から、予測不可能な大地震の発生も懸念されている(青森県六ヶ所村の核燃料再処理工場の直下にも活断層が存在する可能性が報じられた)。又、東海、東南海、南海地震の発生も危惧されており、それらの被害予想地域内でも原子力施設が稼働している。更に、昨今の国際情勢から、それらがテロの標的にされる心配も浮上してきた。

一方、隣国の中国、韓国、北朝鮮等でも原子力施設が稼働しており、それらに不測の事態が起きた際も、気象及び地理学的要因から、本邦は深刻なダメージを受ける。この場合も、直ちに対策を講じなければ、チェルノブイリの事故でヨーロッパが受けたような重篤な放射能汚染に見舞われてしまう。

自然災害や他国の影響以外でも懸念がある。地球温暖化対策で求められる原子力発電への要求は、更に国内の核関連施設の増加を齎す。この様な状況から、大都市近辺に立地した原子力施設で起こりうる、人為的ミスへの迅速な対応も喫緊の課題になる。1999年に茨城県東海村で起きたJCOの臨界事故では、20時間に亘り、発生する中性子線を止められなかった。

本研究課題では、これら原子力関連施設での災害が発生した際、迅速に対応できると共に、最終的には緊急作業用ヘリコプターや車両自体への装着もできる

放射線遮蔽材の開発を目的とした。

研究の結果、多孔質珪質素材である珪藻土は、原子力施設等から発生する中性子線及びガンマ線が混在する放射線場において、簡略な設備で展開ができ、現地での水や重金属溶液の添加により、実用的に使用できる遮蔽材として、最高の遮蔽性能が発現することが明らかになった。又、十分な耐熱性及び断熱性並びに耐酸性(フッ化水素酸を除く)を備え、軽量で、人体・生物・環境に無害であり、低放射化特性も有する。

更に珪藻土は、前記の耐熱性と断熱性から、火災を伴う原子力事故にも十分対応可能である。加えて、金属ナトリウムを弾き、水を吸収する性質は、両者を安全に分離できることを示しており、「もんじゅ」に代表される高速増殖炉で心配される、ナトリウム漏洩事故の被害軽減にも役立つ。

2. 珪藻土遮蔽材が持つ放射線遮蔽性能

珪藻土(図1、2)を用いて、原子力施設災害時用の、中性子線とガンマ線遮蔽に十分有効で、低放射化性と耐熱性及び断熱性に優れる、放射線遮蔽材の開発を行った(表1)。



図1 秋田県北秋田市の珪藻土鉱山
珪藻土は、秋田県を始め、国内で豊富に産する。

これまでの研究で、本珪藻土放射線遮蔽材は、簡

(所属機関名)

1 国立大学法人 秋田大学 工学資源学部 附属環境資源学
学研究センター

2 独立行政法人 海上技術安全研究所 運航・システム部門
システム安全技術研究グループ



図2 奥行き 5cm×縦横 30cm の枠にはめた粒状珪藻土試料
珪藻土粒子の大きさは、長径約 3mm。

単に水を含ませることができるので、中性子遮蔽に対して有効であり¹⁾(図3)、更に、遮蔽後に生成する熱中性子に対しては、その吸収に有効なホウ素を添加することも明らかになっている。しかしながら、原子力施設災害時に発生する主な放射線はガンマ線であり、その遮蔽が残された大きな課題であった。

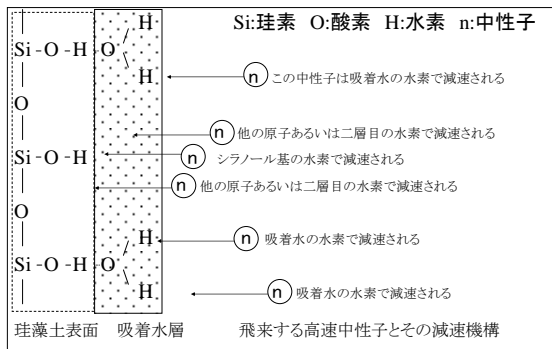


図3 珪藻土で中性子が減速されるメカニズム
飛来する中性子は、水素と衝突することにより、その運動エネルギーを失い、熱中性子にまで減速される。

ガンマ線遮蔽効果は、一般的に遮蔽物質の質量に依存する為、その効果を高めようとするれば、必然的に遮蔽材の重量が増加してしまう。重量の増加は、緊急時の展開に不利なので、次の方法を用いて解決した。最初に、珪藻土の軽量性を利用し、緊急時に現場へ迅速に展開する。次に、消防車の放水能力と珪藻土の吸水効果を活用し、重金属を含んだ溶液を遠隔から放水して珪藻土に添加する。この重金属には、環境や人体に害が少なく、耐熱性と非放射化特性を持つジルコニウムを選択した。又、ジルコニウムの溶媒には、前記の様に、やはり環境に無害で、機器の腐食がほとんど起こらない酢酸を採用した(酢酸ジルコニウム)。

実験の結果、酢酸ジルコニウム溶液は、図2に示した、米粒大に粉碎した珪藻土に容易に吸着され、吸収後も簡単に蒸発しないことが明らかになった。これは、

酢酸の粘性と乾燥に伴う表面部分の皮膜形成により、内部からの蒸発が抑制される為であると考えられる。

表1 珪藻土が持つ放射線遮蔽材としての特性

1	珪素、酸素等の中性子に対して放射化されにくい元素と、アルミニウム等の放射化しても短時間で安定化する元素で構成されている。
2	水素(シラノール基や吸着水として珪藻土表面や内部に存在)等の中性子遮蔽効果のある元素を含む。
3	熱に強く、シラノール基の水素も約 700℃まで珪藻土に結合している。
4	多孔体(本珪藻土の比表面積は約 64m ² /g)なので、必要な元素の添加等の操作(機能改良)が容易である。(軽量特性を活かした場合は、災害現場に迅速に展開可能。)
5	人体や生物に有害な元素がほとんど含まれていない。
6	中性子による放射化で問題となるコバルト、ユロピウム等を含まない(ICPによる化学分析で検出限界以下)。
7	耐酸性に優れる(フッ化水素酸を除く)。
8	備蓄ができる。(不測の事態の際に迅速な対応が可能。)

放射線遮蔽の実測例として、図4にガンマ線遮蔽効果を示す。コンクリートとの比較で分かる様に、酢酸ジルコニウム吸収(含有)珪藻土は、コンクリートの半分程度のガンマ線遮蔽性能を有する。言い換えれば、コンクリートの二倍程度の厚さを目安に珪藻土を設置して、それに酢酸ジルコニウム溶液を吸水させれば、十分にガンマ線を遮蔽することができる。又、単位重量当たりのガンマ線遮蔽効果は両者共にほぼ同じである。

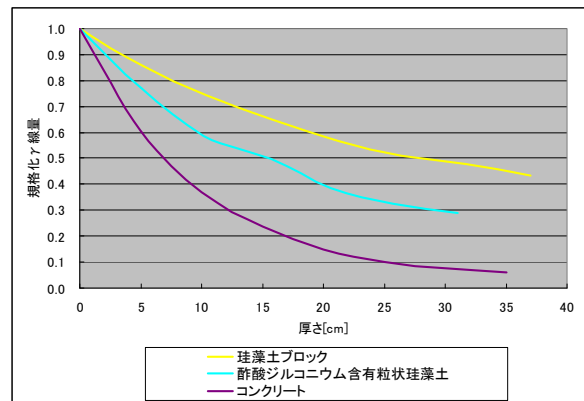


図4 珪藻土とコンクリートのガンマ線遮蔽効果

中性子遮蔽の場合、酢酸ジルコニウム吸着珪藻土はコンクリートとほぼ同じ性能を有し(図5)、単位重量当たりでは、コンクリートよりも優れている(図6)。軽量でも優れた遮蔽性能を有することは、緊急時展開用資

材として、極めて有望であることを示唆している。

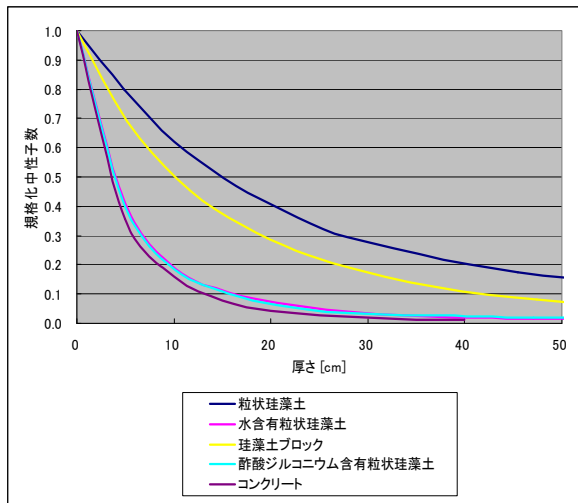


図5 様々な珪藻土の中性子線遮蔽効果

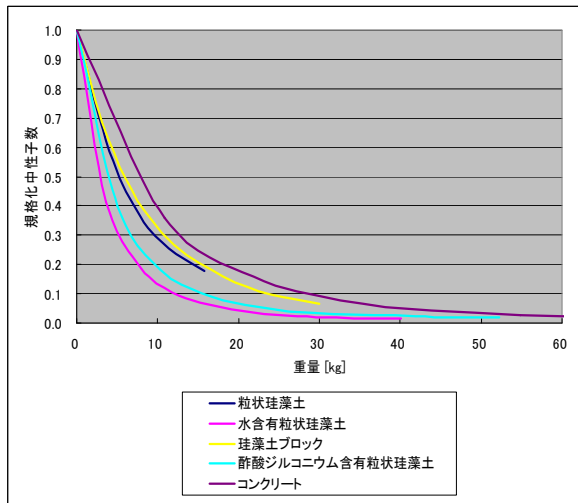


図6 単位重量当たりの珪藻土の中性子線遮蔽効果

二次ガンマ線遮蔽効果は、図4のガンマ線遮蔽効果と同様に、コンクリートの半分程度ある。更に、単位

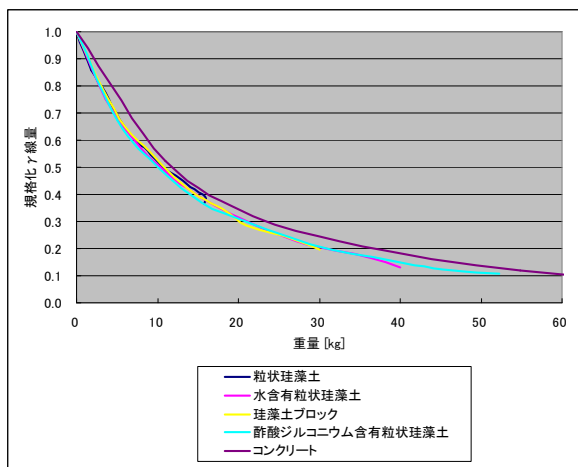


図7 単位重量当たりの様々な珪藻土の二次ガンマ線遮蔽効果

重量で比較した場合、検出されるガンマ線量は、比較に用いたコンクリートよりも少なく(図7)、このことは、本遮蔽材の、中性子との反応に伴う、二次ガンマ線生成量が少ないことを示唆している。

3. 珪藻土の耐熱性と耐圧性

珪藻土の放射線遮蔽効果が優れていることは、前述の通りだが、実際の災害現場では、火災の発生も予測され、耐熱性も必要になる。又、放射線源の周りに積上げて使用することも想定されるので、耐圧性も要求される。これらを検証する為に、珪藻土に対して行った実験の結果を以下に示す。

図8が珪藻土原土の電子顕微鏡写真で、珪藻化石やそれらが形成する空隙構造が確認できる。この原土を800℃で24時間加熱したものが図9である。これらから、珪藻土が熱による影響を全く受けていないことが確認できる。

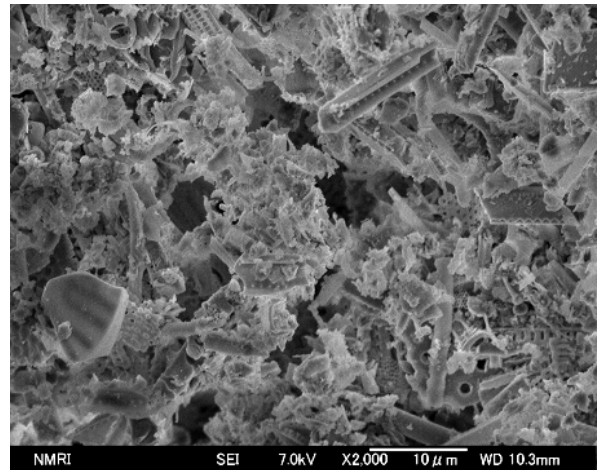


図8 珪藻土原土
スケールの白い線は10 μ m。

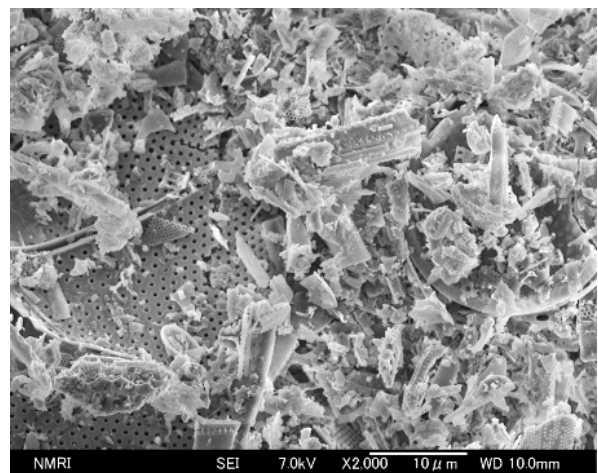


図9 800℃で24時間加熱した珪藻土

耐圧性に関して調べたのが図10である。鋼鉄の型枠に珪藻土を入れ、300kg/cm²で一軸圧縮したが、化

石間の隙間が無くなるだけで、個々の化石は壊れていなかったもので、耐圧性も十分である。

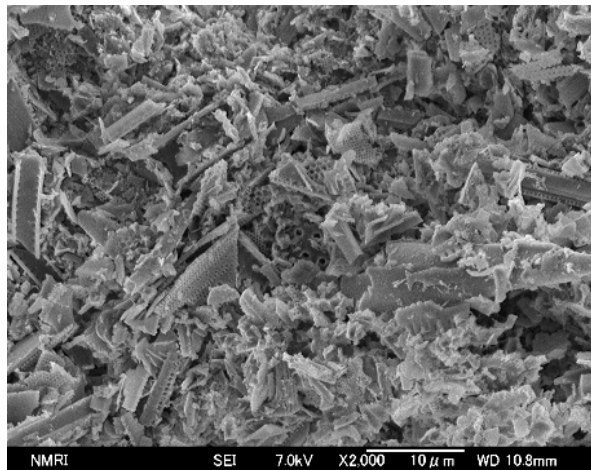


図10 300kg/cm²で加圧した珪藻土

加圧しても化石間の隙間が無くなるだけで、個々の化石は壊れていない。スケールの白い線は10μm。

吸水で添加したジルコニウムの珪藻土内における加熱時の挙動については、図11の X 線像に示す通りで、ほとんど拡散していない。このことは、高温時も安定した放射線遮蔽性能を維持できることを示唆している。なお、表2に他の放射線遮蔽材²⁻⁴⁾の問題点を示す。

表2 一般的な放射線遮蔽材とその災害時使用における問題点

コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> 水分を含むので、高温物質に直接かけると二次爆発を引き起こす。 作製に時間がかかる。 骨材や添加物で中性子を捕獲する為、二次ガンマ線の発生や放射化の問題が伴う。(特に、鉄やコバルト、ユーロビウム等。)
水	<ul style="list-style-type: none"> 容器を必要とし、高温で蒸発する。
グラファイト(黒鉛)	<ul style="list-style-type: none"> 熱中性子には遮蔽効果が小さく、高温で酸素に触れると気化する。 保存に不向き。
鉄	<ul style="list-style-type: none"> 災害時遮蔽材としては、取り扱いにくい。
ポリエチレン((CH ₂) _n)	<ul style="list-style-type: none"> 110℃で軟化する為、高温に耐えられない。
水素化リチウム	<ul style="list-style-type: none"> 製造困難(製造コストが大きい)。
水素化チタン 水素化ジルコニウム	<ul style="list-style-type: none"> 高温で水素が離脱し、引火性もある。
鉛	<ul style="list-style-type: none"> 中性子に対してあまり減衰能力がなく、捕獲した場合は7.4MeVの二次ガンマ線を発生させる。 融点が327℃の為、高温に耐えられない。 人体や生物に有害な元素である。

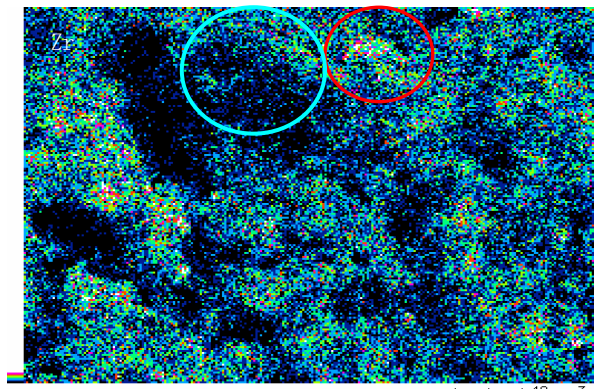
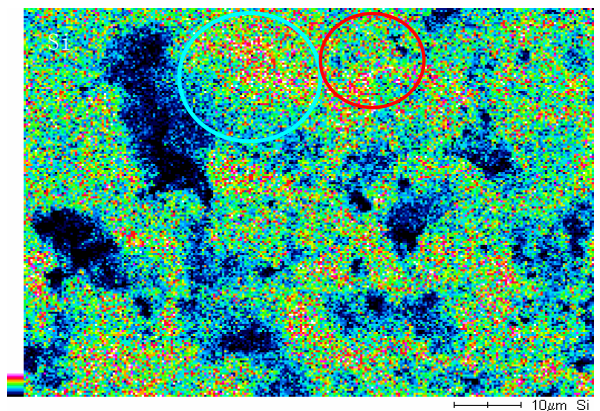
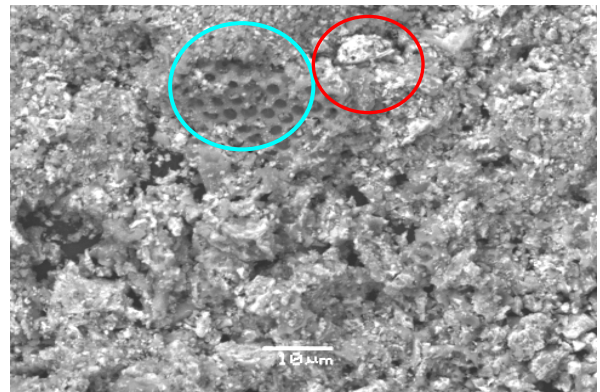


図11 珪藻土に20%硝酸ジルコニウムを添加して電気炉にて1,200℃で24時間加熱した試料

図中の環は、同じ場所を示す。最上段の図は、二次電子像。中は珪素の分布、下はジルコニウムの分布を示す X 線像で赤系統の色を示す部分に珪藻土を構成する珪藻化石があり、その表面にジルコニウムが多く存在している(吸着されている)。スケールの線は10μm。

4. 今後の見通しと実施例

本遮蔽材の実際の原子力災害に対する実施例を示す。図12は JCO で起きた様な臨界事故や、原子力施設解体中又は地震による建屋の崩壊に伴い、放射線源が露出してしまった様な状況を想定している。この場合、住民や作業員の被曝を一刻も早く防ぐ必要があり、本研究では次の様に対応する。

まず珪藻土の軽量性を利用し、迅速に現場へ展開

する。

最初に作業員や消防隊員の安全を確保する為、作業現場の周囲に珪藻土を設置して、それにホウ酸水や酢酸ジルコニウム溶液を吸水させる。珪藻土が無い場合は、他の吸水性の素材で代用する。又、ホウ酸水や酢酸ジルコニウム溶液が間に合わなくても、水を吸わせるだけで、危険な中性子の遮蔽は可能になる。

作業員の安全が確保された段階で、放射線源の処理を開始する。珪藻土は非常に軽いので、フォークリフト等で一度に大量に運べる。又、空からの散布も可能である。これらに搭乗する作業員の安全の確保は、水分を吸収させた珪藻土をコックピット周囲に配置することで行う。ガンマ線に対しては、ガンマ線防護服の着用で対応する。

珪藻土を放射線源周囲に設置した後に、消防車の放水能力と珪藻土の吸水効果を活用し、重金属を含んだ溶液を遠隔から放水して珪藻土に添加する。これにより中性子線、ガンマ線共に遮蔽できる。なお、現段階では、酢酸ジルコニウムを使用しているが、中性ジルコニウム溶液が見つければ、安全性が更に向上する。

珪藻土は、多孔体なので、前述の通り、高い断熱性と吸水性を持つ。更に耐熱性も高い為、耐熱複合放射線遮蔽材として大変優れている。チェルノブイリの様な、メルトダウンを伴う最悪な事故が起きた場合でも、表2に示した様に、現段階で迅速に対応できる放射線遮蔽材は、珪藻土のみである。

又、珪藻土には、液体金属ナトリウムと水を分離できる能力があるので(表面張力が大きい液体金属ナトリウムは珪藻土内に染み込まず、一方の水は強力に珪藻土に吸水される)、高速増殖炉で心配されるナトリウム火災にも対応可能である。

今後は、これら両事例に対応する方法の考案とそれに合わせた珪藻土放射線遮蔽材の改良を進めて行く予定である。

【参考文献】

- 1) Lamarsh, R. J. and Baratta, J. A.: Introduction to Nuclear Engineering, 3rd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001
- 2) Chilton, A. B.: Principles of Radiation Shielding, Prentice-Hall, Paramus, 1983
- 3) Glasstone, S. and Sesonske A.: Nuclear Reactor Engineering, 4th ed., Chapman & Hall, New York, 1994
- 4) Jaeger, R. G., Editor: Engineering Compendium on Radiation Shielding, Vol. I, Springer-Verlag, New York, 1968

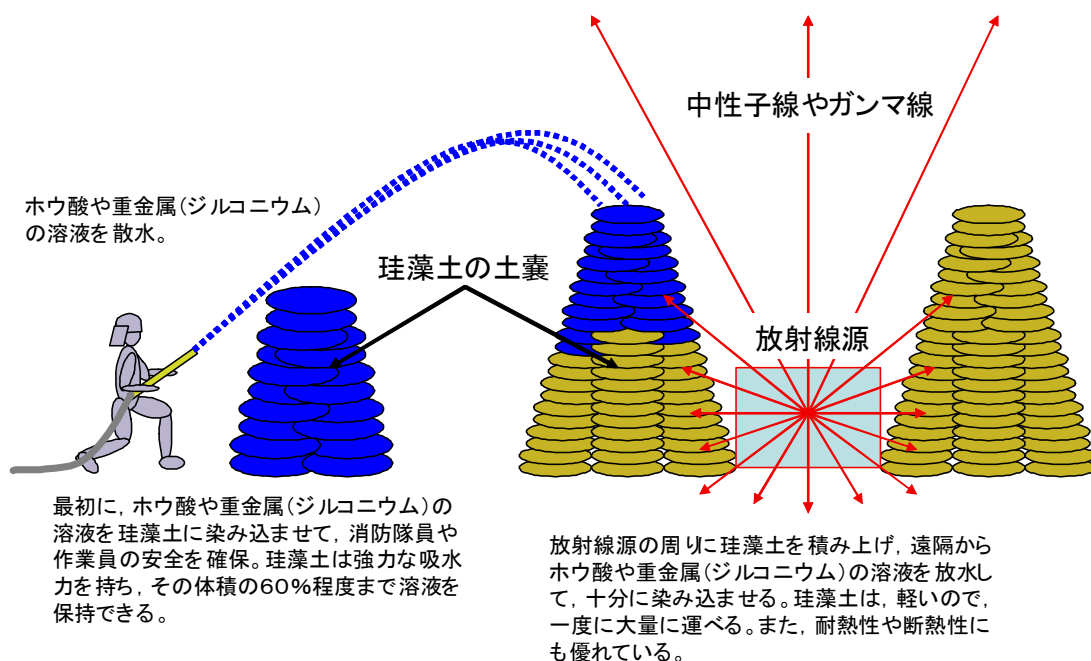


図12 珪藻土による原子力施設災害時の放射線遮蔽実施例

珪藻土は非常に軽いので、空中からの散布や大量輸送が可能。現場への設置後に遠隔からホウ酸や重金属(ジルコニウム)の溶液を吸水させ、強力に中性子線やガンマ線を遮蔽する。

第6 危険物施設等の保安対策の充実

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.1 石油コンビナートのリスク評価・防災対策支援システムの開発

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	15,484(平成 17 年度)、14,496(平成 18 年度)、12,480(平成 19 年度)
研究代表者	伊藤豊治
所属機関	財団法人消防科学総合センター
研究体制	産・学
研究概要	石油コンビナートのリスク評価と防災対策支援を目的として、総合的な防災システムの開発を行った。このシステムは、①GIS による情報管理、②各種施設(タンクやプラント)のリスク評価、③防災対策支援の 3 つの主要機能で構成される。開発したシステムは、コンビナートを有する道府県や事業所において試験運用を行い、防災計画における災害想定や防災訓練での災害シナリオの作成、発災時の施設・周辺地域の状況把握等に利用できるとの評価結果が得られた。また、システムの導入を容易にするため、地図を使用しない簡易版システムの開発を行った。
研究成果の活用事例	石油コンビナートにおける防災アセスメントの実施
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・必要消防力の算定,評価 ・防災関係機関におけるデータの共有 ・事業所における防災アセスメントの実施
キーワード	災害想定,消防庁指針,影響評価
研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 石油コンビナートのリスク評価・防災対策支援システムの開発, 第 19 回(平成 18 年度)地域安全学会研究発表会(ポスター発表) 2) 石油コンビナートのリスク評価・防災対策支援システム, 安全工学, Vol.47, No.1, pp.32-38, 2008
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>今後は、コンビナートを有する都道府県や事業所における防災アセスメントの実施にあわせて本システムの普及を図り、コンビナート区域の防災体制の強化、事故の発生や被害の低減に寄与していく予定である。同時に、今後の課題として、都道府県、消防機関、事業所等の関係機関におけるデータ共有方策、事業所における利用性向上策等の検討・開発に取り組み、より実用的なシステムへの改修を行いたい。</p>

石油コンビナートのリスク評価・防災対策支援システムの開発

○伊藤豊治¹(H19年度)・○山瀬敏郎¹(H17・18年度)・渡辺雅洋¹・平野亜希子¹・
金丸均²・上林直人²・白石行広²・廣田福太郎²(H19年度)・高橋洋²(H17・18年度)・伊藤隆²

Toyoharu Itou, Toshiro Yamase, Masahiro Watanabe, Akiko Hirano,
Hitoshi Kanemaru, Naoto Uebayashi, Yukihiro Shiraishi, Fukutaro Hirota, Yo Takahashi, Takashi Itou

研究課題の要旨: 石油コンビナートのリスク評価と防災対策支援を目的として、総合的な防災システムの開発を行った。このシステムは、①GISによる情報管理、②各種施設のリスク評価、③防災対策支援の3つの主要機能で構成される。開発したシステムは、コンビナートを有する道府県や事業所において試験運用を行い、防災計画における災害想定や防災訓練での災害シナリオの作成、発災時の施設・周辺地域の状況把握等に利用できるとの評価結果が得られた。また、システムの導入を容易にするため、地図を使用しない簡易版システムの開発を行った。

キーワード: 災害想定、消防庁指針、影響評価

1. はじめに

石油コンビナート等特別防災区域では、石油、LPG、LNG、塩素、アンモニアなどの可燃性物質や毒性物質が大量に貯蔵・処理されている。これらの危険物質を取り扱う施設では、関係法令に基づいて災害の発生や拡大を防止するための措置が講じられているが、施設の老朽化、プロセスの異常、誤操作、あるいは地震などの自然災害が原因で漏洩、火災、爆発が発生し、重大な災害に至る可能性は否定できない。

このような災害の発生に備え、石油コンビナートを有する都道府県は、石油コンビナート等災害防止法に基づいて防災計画を策定し、これに毎年検討を加え、必要に応じて修正することが義務づけられている。そのためには、コンビナートで起こりうる災害の形態、規模、影響範囲などを把握すること、すなわち「災害の想定」が不可欠となる。

消防庁は、科学的知見に基づく災害の想定を推進するため、平成13年にリスクの概念に基づいた防災アセスメント指針を示している(消防庁指針¹⁾)。コンビナートを有する多くの都道府県では、この消防庁指針に基づいてリスク評価(防災アセスメント)を行い、防災計画に反映しているところであるが、その結果を十分に活用し、具体的な防災対策に反映しているとは言い難い状況にある。

このようなことから、本研究では、消防庁指針に基づいた石油コンビナートのリスク評価の実施とあわせて、都道府県や事業所等における防災計画や発災対応を支援することを目的とした、総合的な防災システムの研究・開発を行った。また、開発したシステムについて、モデル地区における試験運用とシステムの有効性等についての評価を行った。

2. システムの概要と全体構成

(所属機関名)

1 財団法人消防科学総合センター

2 富士通エフ・アイ・ピー株式会社

本システムは以下のような機能を有する。

1) GISによる情報管理機能

コンビナートに所在する事業所や施設(石油タンク、ガスタンク、プラント等)に関する各種の情報をGISにより管理する機能で、データの地図表示や検索、更新等を行う。主に地区内の状況把握や防災関係機関での情報共有のための活用を意図している。

2) リスク評価機能

消防庁指針に従ってリスク評価を行う機能であり、災害拡大シナリオの展開、災害発生危険度及び災害影響度の推定、リスクの推定・評価という手順で実施する。評価結果により、リスクが相対的に大きい施設の確認や、そこで起こり得る災害の形態、規模、影響等の詳細を把握することができる。

3) 防災対策支援機能

本機能はその用途により「計画対応」と「訓練・発災対応」とに分けられる。

「計画対応」はリスク評価結果を防災計画等に反映するときの支援機能であり、施設レベル・事業所レベルのリスクや想定災害の表示、リスク低減策の設定とその効果の算定、想定災害(液面火災)に対する消防力の充足状況の評価、石油タンクのスロッシング評価といった機能がある。これにより、都道府県や事業所では、計画上の災害を想定するとともに、災害の形態、規模、影響等に応じた防災対策や対策の優先順位について検討することができる。

「訓練・発災対応」は各施設及びその取扱物質の特性に応じた災害を仮想して影響等を表示する機能であり、仮想災害の影響算定、Google Earthによる仮想災害の影響表示(衛星画像との重ね合わせ)、仮想災害(液面火災)に対する消防力の充足状況の評価、毒性物質の対策要領の提示を行う。これらの結果は、防災訓練のシナリオ作成、図上訓練の状況設定、また、発災時の緊急対策や周辺地域の避難計画の検討への活用も考えられる。

このようなシステムの全体イメージを図.1に示

す。以降では、これらの主要機能の詳細と、開発システムの評価結果等について述べる。

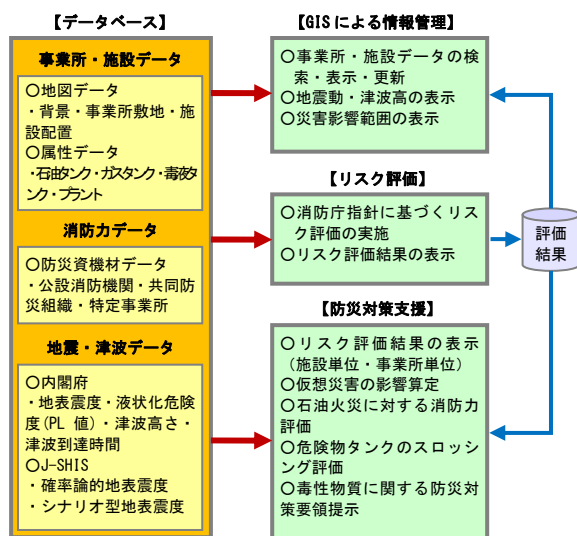


図.1 システムの全体イメージ

3. GISによる情報管理機能

システムを起動して対象とする地区を選択すると、図.2に示すように該当地区の基本地図(事業所、施設、背景)が表示される。背景地図には、国土地理院の数値地図(1/2500及び1/25000)を利用する。

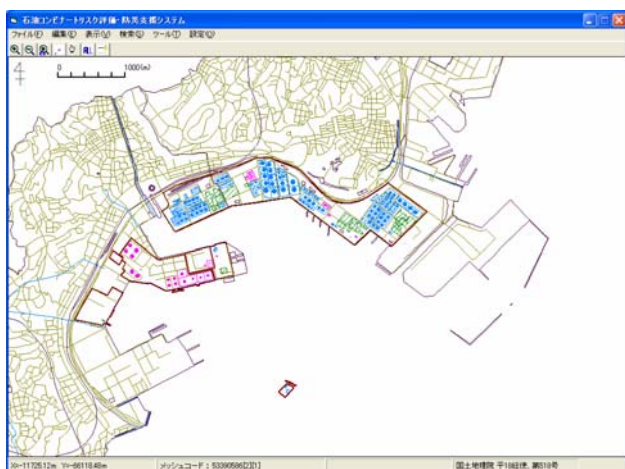


図.2 コンビナートの地図表示

事業所情報や施設情報の検索・表示は、地図または一覧リストから選択することによって行う。事業所情報の表示画面では、事業所概要、危険物数量、保有消防力に関する情報の表示及び更新を行う。さらに、当該事業所が所属する共同防災組織、管轄の公設消防機関に関する情報の表示及び更新も可能である。施設情報の表示画面では、貯蔵・取扱物質に関する情報、施設の形状や大きさに関する情報、防災設備の設置状況等の表示及び更新を行う。

その他、内閣府や地震調査研究推進本部による地震動予測結果などをシステムに取り込む機能も付

加しており、メッシュまたはポイント表示による震度分布等の表示が可能である。なお、これらの予測結果は地震時のリスク評価において、想定地震として利用する。

4. リスク評価機能

消防庁指針においては、安全性解析手法の1つであるイベントツリー解析(ETA)をベースとしたリスク評価手法が示されている。対象とする災害は、平常時(通常作業時)における事故と地震(強震動)による施設被害である。消防庁指針に基づく評価の実施手順を図.3に示す。

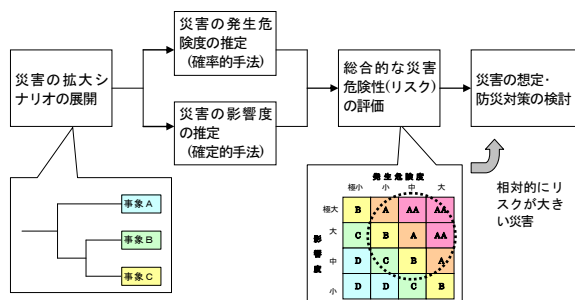


図.3 消防庁指針に基づく評価の実施手順

1) 災害拡大シナリオの展開

災害の拡大シナリオはイベントツリー(ET)として記述する。ETは初期事象、事象分岐、災害事象を構成要素とし、初期事象が発生したときの拡大様相(シナリオ)を事象分岐によって枝分かれ式に表現したものである。システムでは、施設及び災害種別ごとに標準ETを作成して頻度・確率値と共に登録しており、そのまま用いてリスク評価を行うことや、必要に応じてこれを変更することが可能である。

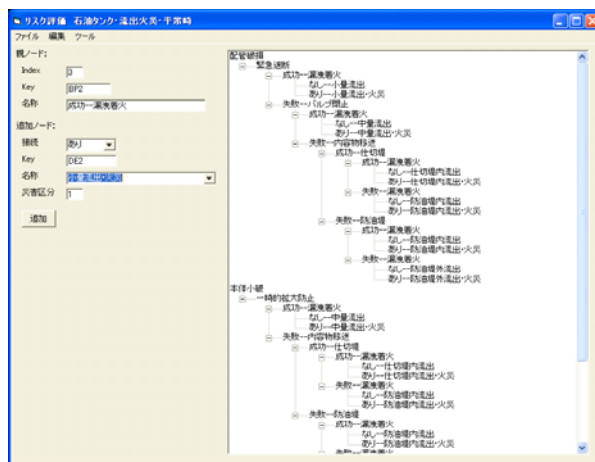


図.4 標準ETの例

2) 災害発生危険度の推定

ETに初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を与えることにより、各災害事象の発生頻度(または確率)を算定する。算定した災害の発生頻度はいくつ

かのレベルに区分し、災害発生危険度として相対的に表している。

平常時の事故を対象とした評価では、初期事象の発生頻度(/年)は、過去の事故データに基づいて推定する。事象分岐は、主に防災設備の偶発的故障による不作動や漏洩物の着火となり、前者の確率推定には装置・機器の信頼性データ(故障率データ)に基づいたフォールトツリー解析(FTA)を用いるのが一般的である。システムの標準ETに登録されている値は、このような解析結果に基づく推定値を設定したものである。

一方、地震時においては、災害発生危険度を想定される地震が起こったときの事象の発生確率(被害確率)として表わす。地震による初期事象の発生確率は、想定される地震動の強さや液状化の程度、対象施設の構造や強度によって大きく異なり、これらの要因をできるだけ考慮して推定することが望ましい。本システムでは、地震による石油タンクの座屈強度の解析結果²⁾に基づいた図.5の被害モデルを用いている。ただし、高压ガスタンクやプラントについては、このような解析結果が得られていないため、例えば図.5の被害モデルをもとに、高压ガスタンクは石油タンク(新法基準)と同程度というように仮定することになる。

$$R = Cr \cdot Cl \cdot \Phi((\ln X - \lambda i) / \zeta i)$$

- R : 漏洩発生率
- X : 地表加速度(gal)
- Φ : 標準正規分布の累積確率分布関数(被害関数)
- $\lambda i, \zeta i$: $\ln X$ の平均と標準偏差
($i=1$: 新法, $i=2$: 旧法, $i=3$: 準特定)
- Cr : 座屈から破損(漏洩)に至る比率
(配管破損 : 0.4, 本体小破 : 0.2, 本体大破 : 0.02)
- Cl : 液状化係数
 - $PL=0$: 1.0
 - $0 < PL \leq 5$: 1.2
 - $5 < PL \leq 15$: 1.5
 - $PL > 15$: 3.0

図.5 石油タンクの地震被害モデル

新法:容量千kl以上のタンクで昭和52年の新法基準によるもの
 旧法:容量千kl以上のタンクで昭和52年以前の旧基準によるもの
 準特定:容量五百kl以上千kl未満のタンク

なお、このモデルにおいて、地表加速度(X)は、最大加速度ではなくタンクの損傷に作用する周期帯域での加速度となる。本来は、地表での地震波形(予測波形)をもとに、対象施設の固有周期を考慮して算出すべきであるが、ここでは対象施設が属するメッシュの計測震度(I)をもとに、次式に示す気象庁の計測震度の算定式により、地表加速度に変換した値を用いている。

$$I = 2 \cdot \log X + 0.94$$

3) 災害影響度の推定

ETに現れる各災害事象の影響度は、放射熱や爆風圧といった災害の物理的作用がしきい値(人体に対する許容限界)以上となる範囲としている。災害影響度は、これをいくつかのレベルに区分して相対的に表している。システムで算定の対象としている災害の影響度は次のとおりである。

- 石油類の液面火災による放射熱
- ガス爆発の爆風圧
- 可燃性ガスの拡散濃度
- 毒性ガスの拡散濃度

なお、影響算定モデルには、消防庁指針に示された簡易モデルを用いている。算定にあたっては流出口の大きさ、火災面の大きさ、爆発するガス量、気象条件等の条件を設定する必要がある。

4) リスクの推定・評価

リスクは、事故や災害の起こりやすさと被害の大きさを掛け合わせたもの、あるいはより広義に両者の関数として定義されるが、ここで検討している石油コンビナートのリスク評価は、防災計画の前提となる災害想定を目的とするもので、災害の発生危険度と影響度をもとにリスクをマトリックスとして表す。このリスクマトリックスにより、リスクが相対的に大きい災害を想定災害として抽出し、対策を検討することになる。

システムでは、評価結果を図.6に示すようなリスクマトリックス・グラフとして表す。マトリックスの色分けは、任意に設定した想定災害レベルである。また、図.7に示すように、災害発生危険度が任意の値以上となる災害について、その影響範囲を地図上に表示する機能も有している。

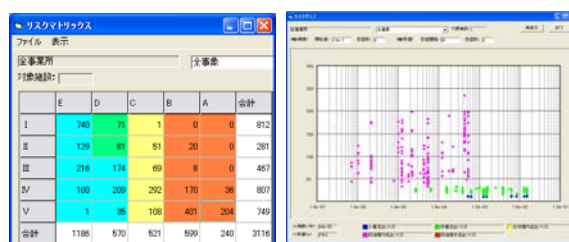


図.6 リスクマトリックス・グラフの表示例



図.7 災害発生危険度に応じた影響の表示例

5. 防災対策支援機能

1) 計画対応

リスク評価結果に基づき、防災計画上の災害想定を支援する機能として、施設及び事業所単位でのリスクや想定災害の表示機能がある。施設の評価結果の表示画面（図.8）では、個々の施設について起こり得る災害事象と災害の発生危険度及び影響度が、想定レベルによって色分け表示される。事業所の評価結果の表示画面では、事業所が保有する施設についての集計結果を、リスクマトリックスやグラフ、想定災害の一覧表として表示する。

なお、施設の属性データを変更することにより、新たに防災対策を実施した場合のリスクの低減効果を容易に確認することができる。

災害事象	発生	影響	火面(m2)		
	頻度/確率	危険度	距離(m)	影響度	
少量流出・火災	1.5e-2	A	11.7	V	10
中量流出・火災	3.9e-3	B	29.9	IV	108
仕切壁内流出・火災					
防油壁内流出・火災	4.4e-4	C	233.9	I	22720
防油壁外流出・火災	4.3e-5	D	9999.0	I	

図.8 施設単位の評価結果の表示例

石油類の液面火災については、想定される火災面積から必要な放水能力(L/分)と泡消火薬剤の量(原液量・3%換算)を算出し、現有量と比較することにより、消防力の過不足の評価を行う機能を付加している（図.9）。本機能は、都道府県や事業所の予防対策(資機材・薬剤整備)に寄与することを目的としている。

想定火災規模
 ○ 火災面積(m²): 2048
 ○ 火災直径・換算(D): 51.0 m
 ○ 火災面(タンク)高さ: 5.0 m

必要放水能力
 ○ 供給率(R): 5 L/m²分
 ○ 放水能力(W): 10600 L/分 (W=S×R)

必要泡原液量(3%換算)
 ○ 放水時間(T): 120 分
 ○ 泡原液量(F): 500 KL (F=W×T×0.03/1000)

消防力精算範囲: 事業所・消防隊

現有放水能力

■ 大型化学消防車	5100 L/分 × 5 台 = 15500 L/分
■ 大型消防放水車	3000 L/分 × 2 台 = 6000 L/分
■ 大型化学高層放水車	5100 L/分 × 1 台 = 5100 L/分
■ 甲種普通化学消防車	2100 L/分 × 1 台 = 2100 L/分
■ 乙種普通化学消防車	2000 L/分 × 1 台 = 2000 L/分
■ 普通消防放水車	2000 L/分 × 1 台 = 2000 L/分
■ 泡放水車3000型	3000 L/分 × 2 台 = 6000 L/分
■ 泡放水車2000型	2000 L/分 × 1 台 = 2000 L/分
■ 大容量泡射機	10000 L/分 × 1 台 = 10000 L/分
放水能力合計	15500 L/分

現有泡原液量(3%換算)

■ たん白	380 KL
■ ふっ化たん白	0.0 KL
■ 合成界面活性剤	0.0 KL
■ 水成膜	1735 KL
■ 水溶性泡射機	0.0 KL
泡原液量合計	51.6 KL

消防力不足分
 ○ 放水能力: 600 L/分
 ○ 泡原液量: 17 KL

図.9 想定火災に対する消防力評価の例

また、石油タンクについては、スロッシングの危

険性を把握するための機能を付加している。任意の石油タンクを選択し、タンクのスロッシング固有周期、消防法告示に基づくタンク上部の余裕空間高さ(Hc)、地震動強さ(速度応答スペクトル)に応じて予測されるスロッシング波高を確認することができる（図.10）。なお、特定の地震についての速度応答スペクトルデータを利用することができれば、その地震によるスロッシング波高(いずれも満液時での値)を推定し提示することが可能である。

施設番号: 1006j
 直径(m): 67
 液面高さ(m): 17
 固有周期(s): 1.00
 空間容積 (旧): 2.04 → 新(m): 4.07
 余裕空間高さ(Hc)

スロッシング固有周期

スロッシング波高[Sv-η]

Sv (m/s)	η (m)
0.5	0.90
0.6	1.08
0.7	1.26
0.8	1.44
0.9	1.62
1.0	1.80
1.1	1.98
1.2	2.16
1.3	2.34
1.4	2.52
1.5	2.70

地震動強さに応じたスロッシング波高

特定の地震によるスロッシング波高

東電・東海地震・川崎NS-h=0.5%
 Sv = 1.40 m/s
 波高(η) = 2.52 m

図.10 スロッシングの評価例

2) 訓練・発災対応

防災訓練や発災時の緊急対応を支援するための主な機能として、仮想災害の影響算定及び表示がある。ここで、仮想災害とは、影響の算定条件を任意に設定した災害のことをいう。算定を行う場合は、リスク評価では想定していない条件(例えば、風による火炎の傾きや水幕による放射熱の遮蔽効果)を追加して影響の算定を行うことも可能である。算定結果は図.11に示すように、各事象の詳細表示、地図上での表示、Google Earth上での表示といった様々な表示方法が可能である。

なお、石油類の液面火災については、仮想災害に対しても前述した消防力の充足状況の評価を行うことができる。ここでは、訓練時における必要消防力の把握や、発災時の応急対策(応援要請等)に利用することを目的としている。

その他、毒性物質を扱う施設の付加情報として、当該物質に関わる防災対策要領の登録・提示が可能となっている。システムには、あらかじめ以下に示す物質の防災対策要領が登録されているが、利用者は任意に内容の変更や追加を行うことができる。

- アクリロニトリル
- アンモニア
- シアン化水素
- フッ化水素
- 塩素
- 臭化水素
- 硫化水素

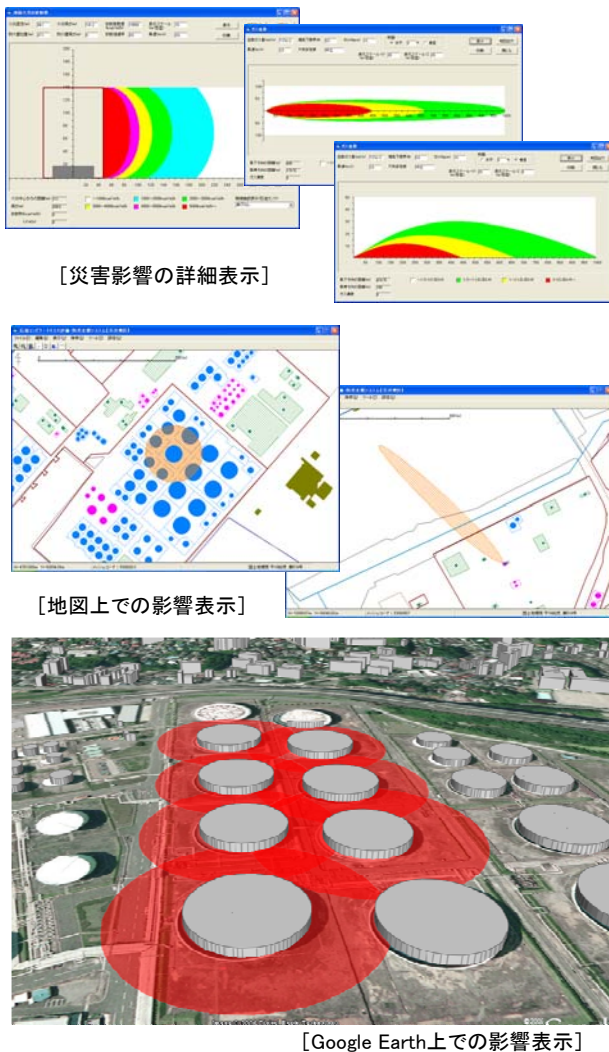


図. 11 仮想災害の影響表示例

6. 簡易版システムの開発

システムの導入にあたっては、事業所や施設に関する地図データ及び属性データが必要となる。特に、地図データの作成は位置情報のデジタル化作業にかなりの労力や費用を要することから、システムの利便性を高めるために、地図データを使用しない簡易版システムをあわせて開発した。

7. システムの評価と将来の展望

1) システムの評価

開発したシステムは、モデル地区の3県（特定事業所を含む）において試験運用を行い、システムの利用可能性や操作性等についての調査を行った。その結果、概ね防災計画や防災訓練等の支援に有効との回答が得られた。特に、多くの事業所・施設が存在する大規模なコンビナートでは、施設での事故を想定した種々の訓練シナリオの作成、事故時の発災施設や周辺施設あるいは周辺地域の状況を把握するために有効なツールになると考えられる。

2) 将来の展望

今後は、コンビナートを有する都道府県や事業所における防災アセスメントの実施にあわせて本システムの普及を図り、コンビナートの防災体制の強化、事故の発生や被害の低減に寄与していく予定である。

また、今後の課題として、都道府県、消防機関、事業所等の関係機関におけるデータ共有方策の検討、事業所における利用性向上策の検討、各機能の強化、操作性向上等の課題が挙げられていることから、これらの検討・開発に取り組んでいきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 石油コンビナートの防災アセスメント指針、消防庁特殊災害室、2001
- 2) 阪神・淡路大震災における石油タンクの座屈強度に関する調査研究報告書、消防研究所、1996

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.2 全面タンク火災消火支援用筏の開発に向けた実用可能性研究

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	4,717(平成 17 年度)、11,470(平成 18 年度)、10,822(平成 19 年度)
研究代表者	須川修身
所属機関	諏訪東京理科大学
研究体制	学
研究概要	大型タンク全面火災の消火の際に、投入された泡消火剤(主成分は海水)を浮子によって受け、油面との衝撃による消泡を緩衝して展開性を向上させ、窒息消火を行うよう作用する。浮子は、泡消火剤の油面での衝突緩和と油中への貫入・沈下を抑制することで消火支援を行う。
研究成果の活用事例	放射熱を遮断(反射)にする表面加工した浮子の開発
応用の方向性	上記浮子を大型タンクへ導入する方法の実験的研究が必要である。ジェクターが用いる手法があるが、タンクへの導入部を明確にする必要がある。浮子を使用できれば、大容量泡放射システムが到着する前のタンク火災燃焼を50%程度に抑制できる可能性が在ることから、大容量放射砲との併用によってさらなる消火が期待される。
キーワード	大容量泡放射システム 展開 緩衝
研究発表の状況等	1) 全面タンク火災消火支援用浮子の実験的評価,日本火災学会平成 20 年度研究発表会概要集,pp32-33,平成 20 年 5 月 21 日 2) 粒子法による泡消火剤放射シミュレーション,第 41 回安全工学研究発表会,平成 20 年 11 月 28 日
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	なし

全面タンク火災消火支援用筏の開発に向けた実用可能性の研究

○須川修身¹
Osami Sugawa

研究課題の要旨: 大型タンク全面火災の消火には大容量泡放射砲による大量の泡剤投入が行われる。ところで日本の大型タンクはタンク高さが22mを超えることから、多量の泡剤はほぼ垂直上方から油面に落下してくるように入力される。このため、泡は油面に上方から衝突し、水平方向の展開が悪化するだけでなく、油と混合し消泡や汚染が生じ消火能力の低下が懸念される。泡消火剤の油面での衝突緩和と油中への貫入・沈下を抑制し、円滑な展開を助長するために、泡消火剤を油面で受ける耐熱性の筏（浮子）を用いる。本研究は、筏（浮子）による消火支援について実用可能性を検討する事を目的とする。

キーワード: 大容量泡放射、浮子、大型石油タンク、泡消火

1. はじめに

我が国は、石油産出国ではないため、全国各地に石油備蓄施設がある。その中でも、北海道苫小牧市、宮城県仙台市、千葉県京葉臨海地域、神奈川県京浜臨海地域、新潟県新潟市、福井県福井臨海地域、愛知県名古屋港臨海地域、三重県四日市臨海地域、大阪府堺泉北臨海地域、岡山県水島臨海地域、山口県周南市、愛媛県今治市、大分県大分市、鹿児島県志布志湾地域、沖縄県平安座市には、直径30mを超える大型石油タンクが配置されている。万一、これらの大型タンクが発災した場合には、社会的及び経済的な損失だけでなく環境にも大きな影響を与える。特に首都圏をはじめとする大都市圏は、人口や産業の中核機能が集中しており、例えば東京湾臨海部の石油コンビナート地区で火災が起こった場合、その被害・影響は甚大なものとなる懸念される。

上述のように、日本の大型タンクの多くは海岸の埋立地に設けられているため、長周期の地震動を受けた場合、場所によっては油の揺動により浮き屋根が破損・沈没する危険性が高い。消火剤としての水源(海水)を容易に確保することができるが、日本の大型タンクの高さは、諸外国の大型タンクの高さと比較してタンク上端部が高い位置にあるため、消火剤はタンク上端部の高さに合わせて、打ち上げる事となるため油面に対して高角度で落下してくることになる。(写真1、写真2) このため、泡の破損(消泡)が多く、効率的に油面上を覆うことができにくい心配がある。

大型タンク火災を消火するには、大量の泡消火剤を効率よく投入しなければならない。大容量泡放射砲システム(大容量泡放射砲、ポンプ・混合装置、泡消火薬剤等)による消火の有効性が検討され、平成20年11月末までの配備が進められてきた。しかし、大容量泡放射砲システムを配備箇所から発災タンクまで輸送し、配備するには数時間を要する。このため、大容量泡の放射が開始されるまでのタンク

火災の燃焼抑制が必要になってくる。大容量泡放射砲が部署し泡投入後は、泡の展開を支援する何らかの機構が必要になってくる。



写真1 志布志での実射実験の状況



写真2 志布志での実射実験の状況(想定されるタンクを加えた場合)

写真1および2に見る様に、タンク高さが20m~22m程度と高いため、消火剤が着油した際の消泡の低減化、油面上での効率的な泡の展開、そして泡の長時間の持続も求められる機構であろう。

現在、大型タンク火災が発生すると、泡消火剤(海水+1%の泡薬剤)を油面上へ放射する。しかし、主成分が水(あるいは海水)である泡消火剤は、油面と

(所属機関名)

¹ 諏訪東京理科大学

の衝撃により消泡するため、消火薬剤としての浮力が低下し、少量では泡消火剤のアイランドを油面上に形成することが困難と予想される。この事は、短時間での泡の全面展開が困難である事を意味している。また、油面を覆った泡消火剤は、火災火炎による熱、時間経過による泡自身の消泡があるため、長時間安定して持続しにくい。時間とともに油が露出し、消火まで時間が延長する心配が大きい。

本研究は、泡消火剤を投入した場合、油中への沈み込みによる泡の消滅を低減し、展開を助けるための支援方法の検討を行う。消火支援法には、液面全体に浮力のある消火支援用浮子を浮かし、多量に投入される消火泡を油面上で支持する役割をさせ、さらに浮子が液面積を減らすことで燃焼抑制効果を付加する浮子条件を実験的に検討および評価する。

2. 実験研究

円型貯蔵タンクのモデルとしてオイルパン（円形火皿）を排気ダクト下に設置して実験を行った。また、実験を行う際にオイルパンが排気ダクトの中心となるよう配置した。図1に縮尺実験の設定状況を示す。排気による換気流が火炎への乱れを与えない様に金網による整流を行った。

実験空間内に流入する空気が火炎に乱れを与えない様に排気ダクト周囲にはガラス繊維のカーテンを降ろし、風除け網を設置した。風除け網およびガラス繊維のカーテンは、火炎の揺らぎを抑制し、さらに火炎から発生する煙、熱が室内へ漏出することを防ぐ役割も果たす。

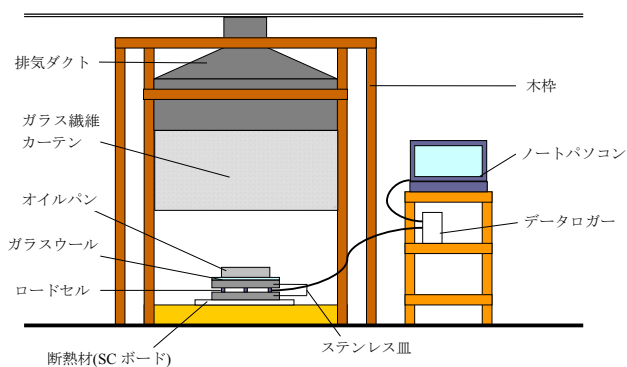


図1 実験装置外観

試験中の油の燃焼減少量（重量）はロードセルを用いて測定した。



写真3 ロードセル

油面および油中の温度はシース型熱電対で測定した。この他、火炎高さはビデオ撮影後、画像解析によって求めた。

実験用の燃料には、n-ヘプタン（和光純薬）を用いた。主な物性値を表1に示す。

表1 n-ヘプタンの物性値

項目	値
融点[°C]	-90.6
沸点[°C]	98.4
引火点[°C]	-4
発火点[°C]	204
密度[g/cm ³]	0.682
発熱量[MJ/kg]	46

使用した浮子

(1) シラスバルーンは浅間山や鹿児島湾沿岸の火砕流堆積物と呼ばれる火山灰を1000°Cに加熱・発泡させることで生成される約70~200 μm 微粒の中空体である。これは粉末状であるので、接着助剤を用いて加熱整形し、立法体（約2cmのCube）に形成した不燃の浮子を準備した。

表2 シラスバルーンの物性

項目	値
密度[g/cm ³]	0.2 - 0.28
融点[°C]	1200 - 1300
熱伝導率[kcal / m·h·°C]	0.052
吸油率[oil, gr / 100c.c]	37 - 39
粒度[μm]	5 - 500
軟化開始温度[°C]	850 - 1000
強度[kg / cm ²]	80 - 100
化学成分	SiO ₂ : 65~73 % Al ₂ O ₃ : 12~18 %

(2) 中空ガラスボール

中空ガラスボール（φ20mm）を用いた。中空ガラスボールは透明なまま、あるいはその表面を銀鏡加工したものも用いた。

立方体に整形したシラスバルーンのcubeと中空ガラスボールがn-ヘプタンに浮遊している状況を写真4に示す。



写真4 浮子の浮遊状況

中空ガラスボールをガラス繊維で作成した袋に詰めた物も浮子として用いた。

この他、ガラス筒（円柱状）のものも浮子として用いた。

3. 結果—浮子による燃焼抑制

3-1. 小規模実験

種々の浮子の燃焼抑制効果を小規模火皿（φ20cm、およびφ30cm）を用いた実験で、①重量燃焼速度、②火炎高さ、③油面近傍の垂直温度分布に基づいて比較した。

シラスパールは、元々2μm程度の微細な球状であるが閉じた球になっていない。また、立方体に整形しても粒子間に隙間があり、微細な隙間や表面層のパールに油が浸潤してしまうため、見掛けの油表面積を増加させ、かえって燃焼速度が大きくなった。このため、燃焼抑制は期待できない。

ガラス繊維の袋（中に中空ガラスボール入り）は燃焼開始前に、水中に浸し水分を保持させた。燃焼時は水分の蒸発に伴って抑制効果を発揮したが、水分保持量は数グラム程度であるため、その抑制効果は短時間で消滅した。油タンク火災は消火までに数時間～十数時間かかることが予測されるので、水分を保持させた袋状の浮子は、極めて限定的な燃焼抑制効果しか与えない。

円筒形状の浮子の場合、筒同士が表面張力で付着し、筒と筒との付着箇所が毛細管現象を示し、見掛けの油表面積を増大させ、燃焼速度はむしろ増大し、燃焼抑制効果は得られなかった。

中空ガラスボールを油面に浮かせた場合、その個数によって油表面を覆う効果はあるものの、ボール間の隙間から油は容易に蒸発し、燃焼するので、極めて限定的な燃焼抑制効果しか与えない。

中空ガラスボールの表面を薄いアルミ箔で覆い銀鏡状に仕上げた場合、火炎から油面への放射熱低減があり、高い燃焼抑制効果が得られた。

3-2. φ1m火皿実験

小規模燃焼実験の結果を踏まえ、φ1m火皿での実験は、中空ガラスボールの表面を銀鏡状に加工し、火炎からの放射熱を低減させる浮子を用いる事とした。また、十分な浮力を与えるため、φ5cmの中空ガラスボールとした。

用いる中空ガラスボールの個数を変化させる事で中空ガラスボールによる油面の覆率を変化させ、覆率と燃焼抑制効果の評価を行えるよう実験を行った。ここで覆率とは油面積に対する中空ガラスボールの投影面積の比率である。

表3 中空ガラスボールによる覆率

見掛けの投入量	覆率(%)
油面の 1/2	38
油面の 2/3	50
油面の 1/1	76

中空ガラスボールを φ1m 火皿に浮遊させた状況を写真5～写真7に示す。



写真5 油面の 1/2 を浮子で覆う



写真6 油面の 2/3 を浮子で覆う



写真7 油面の 2/3 を浮子で覆う

浮子の有無による火炎状態を写真8および写真9に示す。

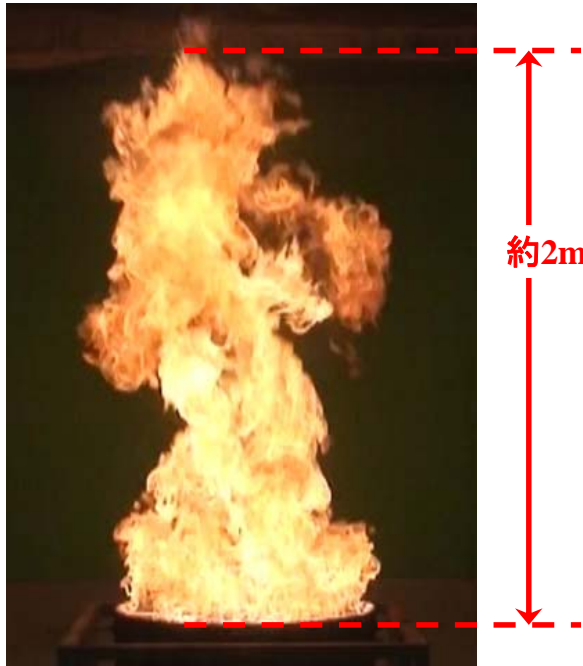


写真8 浮子なしの場合

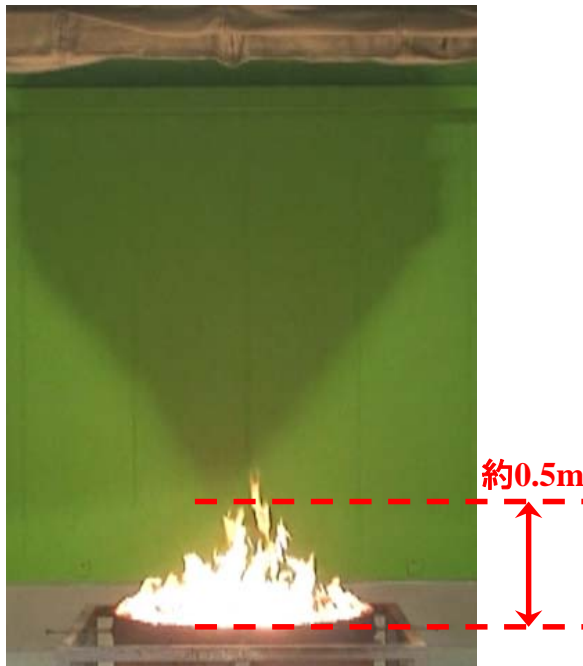


写真9 浮子あり (覆率76%) の場合

写真8と写真9の比較から、明確に火炎高さが抑制されていること、即ち発熱速度は65%程度にまで抑制されている。

次に重量燃焼速度の変化を図2に示す。赤線

- は油面覆率(76%)
- ◆ は油面覆率(50%)

▲ は油面覆率(38%)、黒線は浮子なしの場合である。

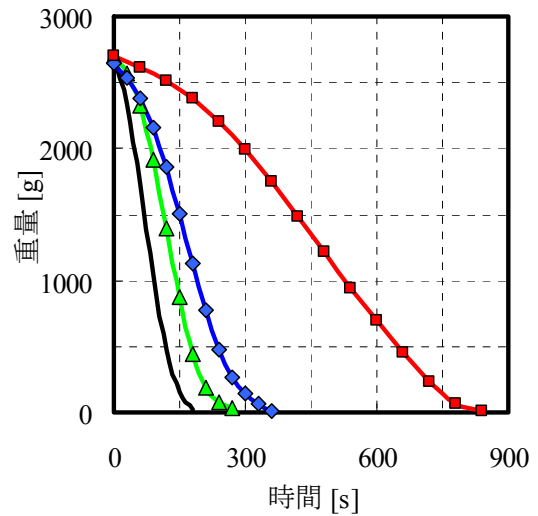


図2 火皿中の油の重量変化

この図からわかる様に、燃焼による重量減少は浮子が無い場合の燃焼速度を基準にすれば、覆率38%では約9%、覆率50%では35%、そして覆率76%では75%の燃焼抑制が得られ、同量の燃料が焼失するまでの時間はそれぞれ1.5倍、2.0倍、そして4.7倍にまで伸びている。

発熱量は、覆率38%では約9%、覆率50%では21%、そして覆率76%では65%の燃焼抑制が得られた。これを図3に示す。

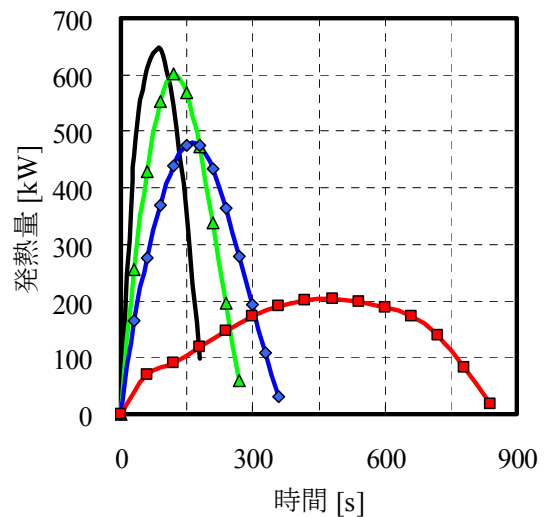


図3 種々の覆率における発熱量の変化 (記号は図2に同じ)

火炎高さも浮子による油面の覆率に応じて変化した。浮子の無い場合の火炎高さ(約2m)を基準にすれば、覆率38%では約10%、覆率50%では16%、

そして覆率 76%では 55%の燃焼抑制が得られた。これを図 4 に示す。

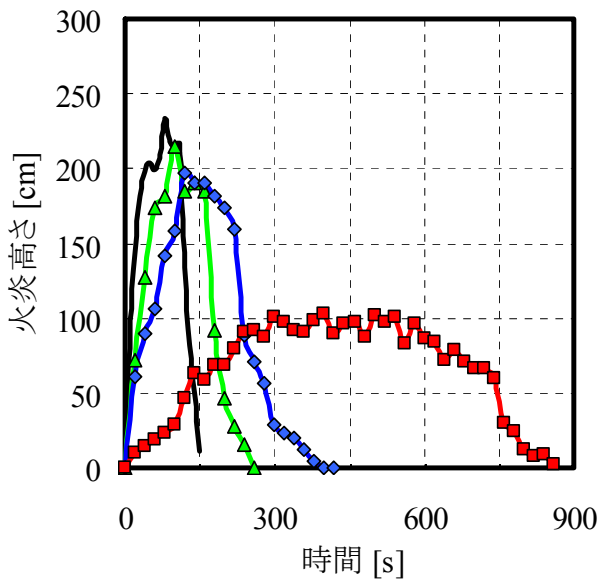
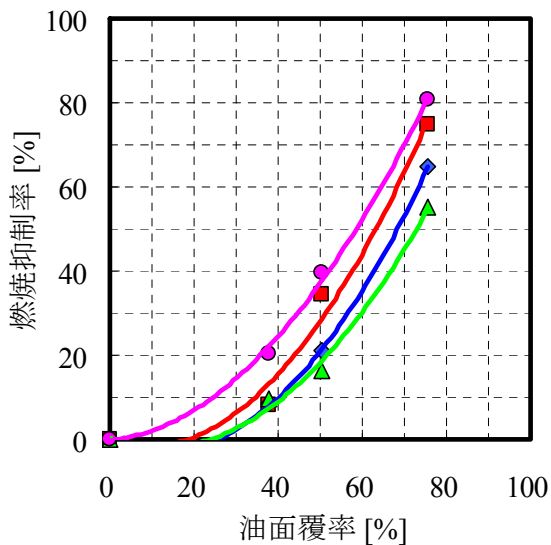


図 4 種々の覆率における火炎高さの変化 (記号は図 2 に同じ)

以上の事から覆率と燃焼抑制率をまとめると図 5 のようになる。



- は重量燃焼速度に基づく
- ◆ は発熱速度に基づく
- ▲ は火炎高さに基づく
- は油面～水面協会近傍の温度上昇率に基づく

図 5 燃焼抑制効果と浮子による油面覆率

図 5 から燃焼抑制効果を 50%にまで高めようとすると油面覆率は 60~70%は必要である事がわかる。

3-3. 泡と浮子の油面上で相関

大容量泡放射が行われる場合、泡は油面上におおよそ 5~6m/s の速度を持って、高角度で落下してくると想定される。泡消火剤は 99%が海水であり、空気を連行して泡を形成してはいるが重い。浮子はこの泡消火剤を油面で受けて沈降しない様に緩衝し、また沈降減少させる事で油面上での展開を助長するように作用する。泡消火剤の消火試験は、4m²火皿を用いてフォースフル方式(ダイレクト方式)によって行われており、泡消火剤の落下高低差は 1.5m 程度であるから、落下による消泡状況を把握するには不十分な高さである。そこで、高所から泡消火剤が投入されるとして二次元でのシミュレーションを行った。シミュレーションに当たっては粒子法¹⁾に依った。

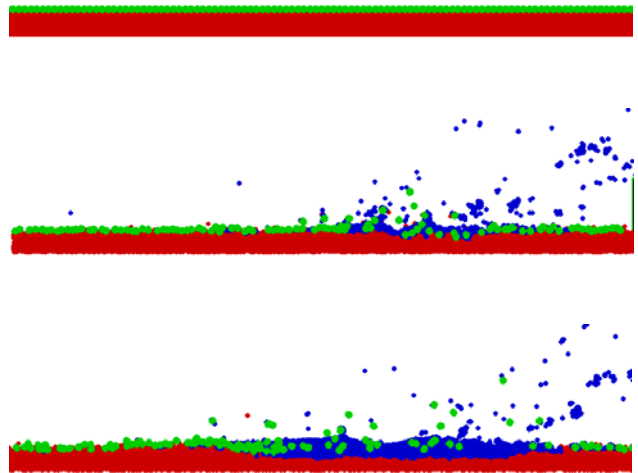


図 6 泡消火剤と浮子の連動した動き

図 6 に見る様に、泡消火剤を油面で受け止め、その沈降を減少させ、展開を助長させている状況がわかる。

4. まとめ

大型タンク火災が発災した場合、放射熱を反射するように表面加工した浮子が油面を 60~70%覆うと燃焼速度を 50%程度に減少させ得る可能性ある。大容量の泡消火剤が投入される場合、浮子は油面で落下緩衝の役割を果たして消泡を押さえ、かつ円滑な泡展開を助長できる可能性を持つ。以上のことから、タンク火災に対する新しい消火方法として期待される。

【参考文献】

- 1) 越塚誠一著「粒子法」丸善、平成 18 年版

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.3 浮屋根式タンクのスロッシング減衰装置の開発

研究実施期間	平成 18 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	4,160(18 年度)、4,160(平成 19 年度)
研究代表者	平野廣和
所属機関	中央大学総合政策学部
研究体制	産・学
研究概要	<p>本研究は、スロッシングによる浮屋根の損傷を防ぎ、液面揺動を抑えるためにゴム製減衰材(以下、バッファーと呼ぶ)を検討してきた。そのスロッシング減衰効果を実証するため、直径約 15m の実機タンク(1600KL)の内部に造波機を設置して振動実験を行った。平成 18 年度の実験では、造波機設置位置の問題から浮屋根とタンクに設置された構造物との接触による理由から、バッファー有無でのスロッシング減衰を比較評価するには課題を残した。平成 19 年度は、造波装置および造波機設置位置を改善することで実タンク実験でのバッファーのスロッシング減衰効果を評価実証することができた。この時のバッファー無しの減衰定数は 0.37%、バッファーを設置した場合、波高レベルに関係なく 1.7%前後の減衰定数を得られた。これにより、浮屋根の運動エネルギーに応じてバッファーが変形し、そのエネルギー吸収することでスロッシングを減衰させる効果が得られた。</p>
成果の活用事例	<p>バッファーによる制振手法は、浮き屋根式タンクの改修を必要とせず、液高制限も必要ないことは、環境、コスト面から大きなメリットとなる。本研究で開発した高減衰ゴムを浮き屋根に設置し、浮き屋根の揺動を抑制することでスロッシングのエネルギーを吸収し、逸散させる手法は現行の消防法を逸脱することなく、かつシンプルな構造であるために、1 機あたり数億円と言われる改修費用の 1/10 程度で設置可能である。本研究で示したスロッシング減衰手法が経済性をも実現するものと考えられる。</p>
応用の方向性	<p>本研究で検討した材料をバッファーとして適用することで、浮屋根に過度の応力を与えることなく、スロッシングを抑制することを実験的に確認することができた。バッファーとタンク側板の接触によって生じる圧縮力や摩擦力がどの程度影響するかについては、今後定量的に検討する必要がある。つまり、浮屋根が液面の揺動に応じて鉛直方向に移動しながら、バッファーがタンク側板と接触した場合においても、どの程度バッファー剛性と摩擦係数が低ければゴ</p>

	<p>ムの変形で追従し、浮屋根には過大な応力が生じないかを求め、バッファの圧縮剛性とせん断剛性および摩擦係数の寄与を設定することができれば、本材料以外の剛性や減衰・摩擦特性を有する材料に適用範囲を広げることが可能となる。</p>
キーワード	<p>高減衰性ゴム, 減衰装置, 造波装置, 実機タンクでの実験, やや長周期地震動</p>
研究発表の状況等	<p>1) 平野廣和, 松田宏, 長沼寛樹, 井田剛史, 樽川智一: 浮屋根式タンクのスロッシング時の挙動把握のための流れと構造の連成解析, 土木学会構造工学論文集 Vol.53A, pp.605-613, 2007.3.</p> <p>2) 井田剛史, 平野廣和, 鈴木森晶, 坂東譲, 佐藤尚次: 浮屋根式貯蔵タンクのスロッシング減衰対策 - φ 0.6m タンクモデルの振動実験 -, 土木学会論文集 A, Vol.63 No.1, pp.242-251, 2007.3.</p> <p>3) 井田剛史, 平野廣和, 有田新平, 佐藤尚次, 奥村哲夫: スロッシング発生時の貯槽浮屋根挙動の一考察 - φ 4000 タンクモデルでの振動実験, 土木学会論文集 A 編, Vol.63, No.3, pp444-453, 2007.7</p> <p>4) 井田剛史, 坂東譲, 平野廣和, 佐藤尚次: 浮屋根式貯蔵タンクのスロッシング減衰対策 - φ 4m タンクモデルの振動実験 -, 土木学会地震工学論文集, Vol.29, pp510-519, 2007.8</p> <p>5) 井田剛史, 平野廣和, 佐藤尚次, 連重俊: 1600KL 浮屋根式タンクでのスロッシング減衰装置の検証実験, 土木学会第 62 回年次学術講演会第 I 部門, I-563, 2007.9</p> <p>6) 井田剛史, 平野廣和, 森川卓保: 造波機を用いての実機浮屋根式タンクでのスロッシング実験方法の提案, 土木学会論文集 A (掲載決定) 2008.11.</p>
知的財産権の出願・登録状況等	<p>1) 特許出願 浮屋根式タンクの制振構造 (特願 2004-255968) 2004 年 9 月 2 日出願</p> <p>2) 機器開発 スロッシング発生のための造波装置の開発 (実機タンク底に設置)</p>
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>スロッシング対策に対し、平成 17 年 4 月に公布された「平成 17 年総務省告示第 30 号: 危険物の規制に対する技術上の基準の細目を定める告示の一部を改正する件」では、「地域特性を考慮した液面揺動高さの見直しと液面管理」および「液面揺動高さに応じた浮き屋根耐震性能の強化」が盛り込まれ、消防庁でもこれらを喫緊の課題として取り組んできている。しかしながら、制振装置での液面揺動の抑制方法は、その効果を評価する手法を有さない背景もあるので、制振装置の性能評価についての基準を定める必要がある。</p>

浮屋根式タンクのスロッシング減衰装置の開発

○平野廣和¹・井田剛史²・連 重俊³

Hirokazu Hirano, Tsuyoshi Ida and Shigetoshi Muraji

研究課題の要旨: 本研究は、スロッシングによる浮屋根の損傷を防ぎ、液面揺動を抑えるためにゴム製減衰材（以下、バッファーと呼ぶ）を検討してきた。そのスロッシング減衰効果を実証するため、直径約 15m の実機タンク（1600KL）の内部に造波機を設置して振動実験を行った。造波装置および造波機設置位置を改善することで実タンク実験でのバッファーのスロッシング減衰効果を評価実証することができた。この時のバッファー無しの減衰定数は 0.37%、バッファーを設置した場合、波高レベルに関係なく 1.7% 前後の減衰定数を得られた。これにより、浮屋根の運動エネルギーに応じてバッファーが変形し、そのエネルギー吸収することでスロッシングを減衰させる効果が得られた。

キーワード: 高減衰性ゴム、減衰装置、造波装置、実機タンクでの実験、やや長周期地震動

1. はじめに

2003 年 9 月 26 日に発生した北海道十勝沖地震 (M=8.0) は、やや長周期地震動を励起させ、震源から 200km 以上離れた苫小牧地区の屋外石油貯蔵タンクにおいて、7 基のシングルデッキ型浮屋根が沈没に至る甚大な被害を発生させた。その内、1 基のナフサタンクで発生した全面火災については、消火に困難を極めるものとなり、大きな社会的関心を集めた。この浮屋根の損傷は、地震の揺れに伴う貯蔵液の液面揺動(スロッシング)により発生したものと考えられる¹⁾。

これを受けて屋外貯蔵タンクの浮屋根部分の損傷防止確保対策と改修措置に対する評価基準の策定についての検討が行われるようになり、スロッシング事故を防ぐ対策として、主に次の 3 つの組み合わせが考えられるに至った²⁾。

- ① スロッシングによる液面揺動を想定し、溢流しない範囲に液高を制限する。
- ② 浮屋根を補強する。
- ③ スロッシング現象を減衰装置の設置によって抑制する。

これらの対策に対し、平成 17 年 4 月に公布された「平成 17 年総務省告示第 30 号：危険物の規制に対する技術上の基準の細目を定める告示の一部を改正する件」では、「地域特性を考慮した液面揺動高さの見直しと液面管理」および「液面揺動高さに応じた浮き屋根耐震性能の強化」が盛り込まれ、消防庁でもこれらを喫緊の課題として取り組んできている。しかしながら、②の方法では、耐震補強コストなどの面で課題が残されている。一方、③の制振装置での液面揺動の抑制方法は、その性能評価についての基準を定める必要がある。

以上の様な背景から、本論文では写真-1 に示す実際に使用されている浮屋根式屋外貯蔵タンク（直径 15.5m、高さ 10m の 1,600KL インナーフロートタンク



写真-1 1600KL
インナーフロートタンク

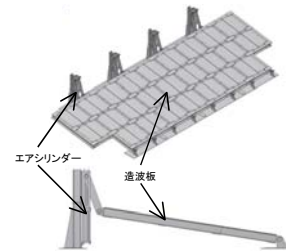


図-1 独自に考案した
造波装置

ク) を用いて、これにスロッシング現象を発生させる一つの実験方法を提案する。次に著者らが模型実験レベルで確認してきた高減衰性ゴムを用いた減衰装置（以下、バッファーとする）を実機タンクに設置し、スロッシング発生時の浮屋根の制振効果を確認するものである。

実験方法としては、このタンク内部に図-1 に示す独自に考案した造波板を設置し、エアシリンダーを用いて造波板をスロッシングの固有振動数で動作させることによりタンク内部の流体全体を動かすものである。これによりスロッシング現象を発生させ、浮屋根の揺動を生じさせる。

この方法を用いてバッファーの設置有無による浮屋根の揺動高さや減衰定数について比較確認を行った結果、バッファーなしの減衰定数は 0.37%、バッファーを設置では波高レベルに関係なく 1.7% 前後の減衰定数が得られた。また、バッファーを設置することで浮屋根の揺動高さを 1/3 程度に抑制させる結果を得ることができたので、これを報告する。

2. バッファーについて

スロッシング現象を抑制するための対策として、スロッシングを止めるのではなく地震時に浮屋根がスロッシングで揺れることは許すが、これを素早く抑えて揺れを最小限にする方向に導くことを目的として減衰装置であるバッファーを検討する。具体的には浮屋根に高減衰性ゴムを用いた減衰装置を取付け、浮屋根に生じる周方向の圧縮応力を低減させ、かつ減衰を付加して揺れても直ぐに揺れが収

(所属機関名)

1 中央大学総合政策学部

2 榊十川ゴム

3 中井商工(株)

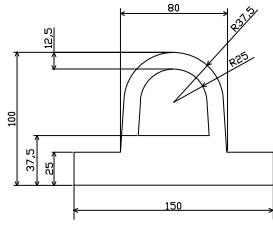


図-2 バッファの形状

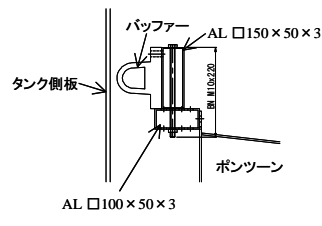


図-3 バッファの設置方法

表-1 スロッシング制振効果評価パターン

パターン	起振周波数 (周期)	造波回数 (回)	回転軸 バッファ
T-1	0.21Hz (4.82s)	40	あり
T-2			なし

まる方法である。ここでは地震動により液面が動き出した際に、液面上に浮いている浮屋根がタンク側板と衝突するのを緩衝し、同時にバッファが変形することによって浮屋根が揺動するエネルギーを吸収・減衰させることを可能とする。これによって、浮屋根に生じる応力を低減することができ、浮屋根の損傷や沈没を防ぐことができる。

このためバッファの設計においては、本実験で使用するタンクの浮屋根質量と速度応答スペクトルから、浮屋根がタンク側面へ衝突する際のエネルギーを算出し、そのエネルギーを十分に吸収できるポテンシャルエネルギーを有し、かつスロッシングの減衰効果を得るために高減衰性ゴム配合および形状設計を行っている。図-2 にバッファの断面形状を示す。

バッファの設置方法は、図-3 に示すようにポンツーンのアウターリムに設置されたボルト穴にアルミ角パイプで固定し取り付ける。なお、バッファの設置本数はポンツーン外周部に 8 本として、起振軸方向に 4 本ずつ配置する。

3. スロッシング実験方法

スロッシング実験条件を表-1 に示す。本実験では、タンク内に海水を水深 4m まで充填し、1 次スロッシングモードの固有周波数となる 0.21Hz を起振周波数とする。起振方法は、前述の造波装置を用いて、起振周波数に合わせて電磁弁を ON-OFF 制御してエアシリンダーを伸縮させ、造波板を上下動させる方法で起振する。ここでエアシリンダーの上下動回数(造波回数)は 40 回とする。

スロッシング実験における計測機器類の設置箇所を図-4 に示す。なお、液面揺動高さを大きくするにつれて、浮屋根の水平動も増加し、梯子との衝突が考えられる。その場合、図-4 に示すように梯子を軸とした回転運動を誘発し、液面揺動が大きく乱れることも予想される。そこで安定した 1 次スロッシングモードでバッファの制振効果を評価するた

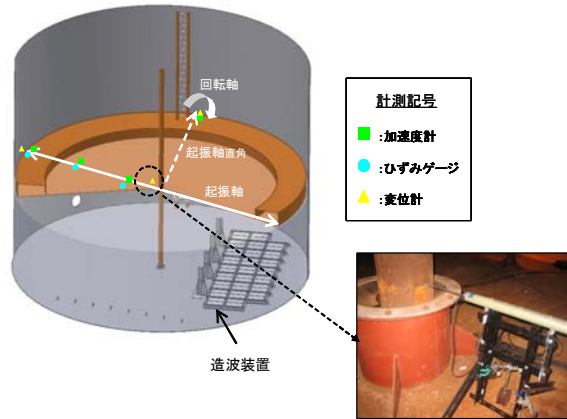


図-4 スロッシング実験における計測機器類の設置箇所

めに、回転軸にバッファ (2 本) を設置したパターンでも実験を実施し、バッファ有無での浮屋根の揺動高さおよび減衰定数の差異を確認する。

表-2 浮屋根の揺動における減衰定数 (パターン T-1)

条件	減衰定数
バッファなし	0.37%
バッファあり	1.74%

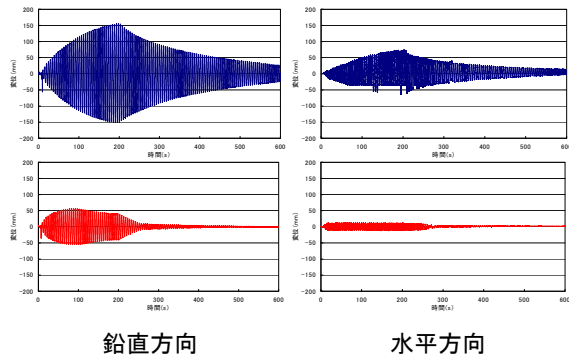
4. スロッシング実験結果

(1) 液面揺動と減衰定数

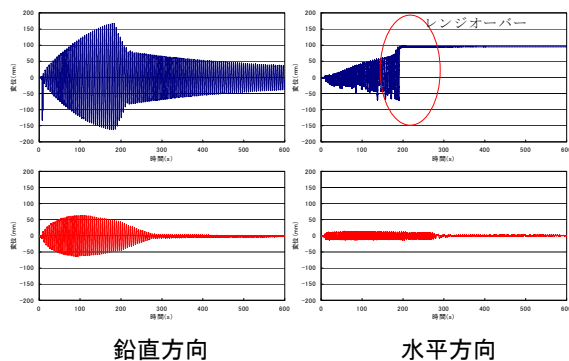
表-1 のパターン T-1 における鉛直および水平波形をそれぞれ図-5 に示す。図-5 より、バッファなしの鉛直方向の変位が±15cm となっている。ここでは起振中変位が増幅し続け、起振終了後緩やかに減衰していることがわかる。それに対してバッファを設置した場合、鉛直方向の変位は±5cm 程度となり、1/3 まで液面揺動を低減していることがわかる。さらに起振終了後すぐに減衰し、揺れを抑えていることがわかる。このとき両者の減衰定数を比較すると、表-2 に示すようにバッファなしが 0.37%、バッファありで 1.74% となり、バッファによって減衰定数が約 4.7 倍高くなり、バッファによる減衰効果が確認できた。水平方向についても、バッファなしでは浮屋根が±7cm 程度移動し、変位計が途中でセンターポールと引っ掛り計測できない箇所も生じたが、バッファを設置した場合には、水平変位が±1cm 程度で浮屋根の水平移動をバッファの変形のみで抑制していることがわかった。

(2) 浮屋根と構造物との衝突について

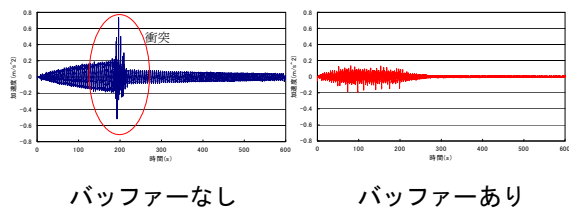
パターン T-2 の変位波形を図-6 に示す。パターン T-2 では、造波回数が T-1 と同じ 40 回であるが、回転軸のバッファを設置していないために T-1 よりも変位が大きくなり、その変位が±16cm を超えたあたりで急減に減少する結果となった。これは液面揺動によって浮屋根が大きく水平移動し、タンク側壁



鉛直方向 水平方向
 図-5 変位の時系列波形 (パターン T-1)
 (上: バッファなし, 下: バッファあり)



鉛直方向 水平方向
 図-6 変位の時系列波形 (パターン T-2)
 (上: バッファなし, 下: バッファあり)



バッファなし バッファあり
 図-7 パターン T-2 の浮屋根上の鉛直加速度波形

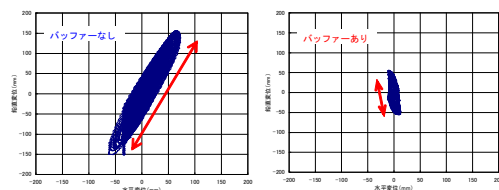


図-8 浮屋根鉛直方向と水平方向の変位リサージュ (パターン T-1)

や梯子等と衝突したことが原因である。その影響が図-7に示す加速度波形にて確認できる。図-7より、タンク側壁や梯子等と衝突し、変位が減少した190秒付近において、加速度波形が乱れ大きくなっていることがわかる。パターン T-2 では回転軸がバッファによって固定されていないため、液面揺動の自由度が高く、液面揺動が成長しやすくなる。しかし、液面がある一定高さを超えると、浮屋根が梯子と衝突し、その梯子が固定(回転)軸となって面内方向の回転運動が生じるため、センターポールとの衝突も生じる。したがって、その影響が浮屋根上の加速

度波形に現れ、衝突時の加速度が高くなっていることがわかる。本実験では安全のため、構造物を破壊するほどの液面揺動を与えることはできないが、実際にスロッシングが生じた場合には、相当激しい衝突の生じる可能性が示唆される。これに対し、バッファを設置した場合、T-1と同様に鉛直方向および水平方向の変位をそれぞれ $\pm 5\text{cm}$ および $\pm 1\text{cm}$ まで低減している。これは、バッファ変形によって浮屋根が梯子等と衝突するのを防いでいるためであり、図-7に示すように加速度波形の増大は見られなかった。

(3) 浮屋根の挙動

バッファの変形と浮屋根の挙動を確認すると、図-8の鉛直方向と水平方向のリサージュに示すように、バッファを設置していない時に比べ、バッファを設置した時の運動エネルギーが大きく低減できていることがわかる。また、図-8では、バッファを設置した場合を見ると、設置していない場合と逆の動きを示すことが確認された。つまり、浮屋根が液面揺動で動かされ、バッファがタンク側壁と接触すると、バッファが変形することによって位相遅れを発生させていることが考えられる。これらのことから、スロッシングによって波高が成長する前に、バッファで浮屋根の運動エネルギーを吸収し、スロッシングを減衰させていると考えられる。このように徐々にバッファの変形で動液圧を吸収しつつ、ゴムの内部減衰でエネルギーを逸散させることでスロッシング減衰効果を得られれば、浮屋根に過度の応力を発生させることなく制振効果の得られる手法として有効と判断できる。

5. おわりに

本研究により、実タンクでのバッファのスロッシング減衰効果を確認することができた。さらに、バッファで浮屋根と他の構造物との衝突を防ぐことも確認できた。これにより、バッファなしの時の減衰定数0.37%が、バッファを設置した場合には波高レベルに関係なく1.7%の減衰定数を得ることができた。さらに、バッファを設置することで浮屋根の変位が1/3程度に抑制させる結果を得ることができた。

なお、本手法は、現行の消防法を逸脱することなく、かつシンプルな構造であるために、浮屋根式タンク1機あたり数億円と言われる改修費用の1/10程度で設置可能である。

参考文献

- 1)平成15年十勝沖地震危険物施設の被害記録, 危険物保安協会, 2004.12.
- 2) やや長周期地震動に係わる危険物の技術基準に対応した合理的改修方法の開発に関する調査報告書, 総務省消防庁, 2006.3., 2007.3.

第7 救急・救助業務の高度化

第7 救急・救助業務の高度化

7.1 救急業務高度化データネットワークの開発

研究実施期間	平成 16 年度～平成 18 年度
配分額(千円)	14,935(平成 16 年度)、13,398(平成 17 年度)、13,629(平成 18 年度)
研究代表者	山本 五十年
所属機関	東海大学医学部専門診療学系救命救急医学
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>メディカルコントロール体制下の救急業務高度化には、傷病者や救急活動に関するデータの記録、保存・管理および医療機関等への情報提供が不可欠であり、事後検証における総合的な評価、統計データの集計や分析が必要である。救急データを集計・分析することにより、救急活動や地域の救急医療システムの問題点を把握し、傷病者の予後改善に向けて救急活動や救急医療システムを継続的に改善することが可能になる。本プロジェクトでは、国内外の視察およびアンケート調査、救急業務の標準化データベースの検討と開発、病院前の救急業務データ入力システムの開発、救急業務データ管理システムに関する研究を実施した。その結果、病院前の救急業務および傷病者の情報を電子化し効率的に管理運用するためのシステムモデルを開発することができた。今後、救急業務高度化データネットワーク構築へ向けた施策化が必要である。</p>
研究成果の活用事例	<p>1) 救急業務の標準化データベースをコアとするデータシステムとして、JEMSIS(Japan Emergency Medical Services Information System)を作成した。わが国の消防機関が登録する救急業務データシステムを整備する上での資料として参考にされた。</p> <p>2) 救急業務データシステムソフトであるベストル 119^R(ワコー商事製)を使用して、様々な ICT 化レベルの消防機関に応じた次の3種類のデータシステムを構築し、実際の救急業務に導入され運用されている。これらは、バージョンアップされたベストル 119^Rとして市販されている。</p> <p>①アクセスベースで構築されたデータシステム</p> <p>②Web アプリケーションで構築されたデータシステム</p> <p>③インターネットによる Web アプリケーションシステムのデータシステム</p> <p>3) メディカルコントロール事業の柱である医学的事後検証の電子化システムを開発し、救命救急センターと消防機関の間に導入した。これによ</p>

	<p>り,JEMSIS データベースを使用した救急統計データ入力による救急活動記録票の作成と,オンラインによる事後検証作業を実現した。このシステムは現在市販されている。</p> <p>4) 病院前に救急データの入力可能な携帯端末を,救急車内にサーバーを搭載したに PDA 方式と PC 方式を開発した。前者の方式により,救急車情報ネットワークを端末ユニットとした救急業務データネットワークのシステムモデルを完成し,市販化が可能になった。</p>
応用の方向性	<p>当該研究開発は,救急業務高度化データネットワークを整備することを目的としており,施策化への応用の段階に至っている。包括的な救急情報ネットワークを整備することにより,災害・救急医療システムにおける情報の共有化,救急業務の高度化と効率化,メディカルコントロールのクオリティの向上とに寄与することができる。</p>
キーワード	<p>救急業務標準化データベース,JEMSIS,病院前データ入力端末,データ管理システム,</p>
研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 救急業務高度化データネットワーク検討委員会:救急業務高度化データネットワークの開発報告書(平成 16 年度消防防災科学技術研究推進制度),2005. 2) 救急業務高度化データネットワーク検討委員会:救急業務高度化データネットワークの開発報告書(平成 17 年度消防防災科学技術研究推進制度),2006. 3) 救急業務高度化データネットワーク検討委員会:救急業務高度化データネットワークの開発報告書(平成 18 年度消防防災科学技術研究推進制度),2007. 4) NAKAJIMA ISAO,YAMAMOTO ISOTOSHI : Medical Record on Ambulance. The fourth meetings of ITU-D Study Groups; Study Group2,13 September 2005, Geneva,Switzerland. 5) 山本五十年,中川儀英,猪口貞樹:メディカルコントロールの今後の課題;日本版メディカルディレクターは生まれるのか?救急医学,30:475-478,2006. 6) 山本五十年,猪口貞樹,中川儀英,中島 功,平出 敦,中川 隆,松本 尚,安田康晴,小澤和弘,久保田勝明:救急業務データの電子化システムの問題点に関する検討. 第8回日本臨床救急医学会総会,平成 17 年4月 29 日,東京. 7) 中川 隆,山本五十年,中川儀英,松本 尚,平出 敦,猪口貞樹,野口 宏:米国における救急業務記録電子化の実態. 第 33 回日本救急医学会総

	<p>会,平成17年12月28日,大宮.</p> <p>8) 安田 康晴, 関根 和弘, 中島 功, 田中 秀治, 関根 和弘, 佐々木正行, 小野 康介, 長田和夫, 山本 五十年:救急業務電子化データシステム携帯端末の開発と展望.第9回日本臨床救急医学会総会,平成18年5月11日,盛岡.</p> <p>9) 山本五十年,猪口貞樹,中川儀英,中島 功,平出 敦,中川 隆,松本 尚,志村哲男,川村理志,安田康晴,関根和弘:わが国のメディカルコントロール体制およびデータ管理の現状と問題点.第9回日本臨床救急医学会総会,シンポジウム(メディカルコントロールの検証),平成18年5月12日,盛岡.</p> <p>10) 山本五十年,猪口貞樹,中川儀英,平出 敦,中川 隆,松本 尚,安田康晴,佐々木正行, 荻田康也,鈴木直幸:データ管理システム導入による効果検証一時間因子への影響に関する研究.第9回日本臨床救急医学会総会,平成18年5月12日,盛岡.</p> <p>11) 山本五十年,猪口 貞樹,平出 敦,田中 秀治,中島 功,中川 隆,松本尚,中川 儀英:救急業務標準化データベースに関する研究~Japanese EMS Information Systemを目指して.第34回日本救急医学会総会,平成18年11月1日,福岡.</p> <p>12) 中島 功:救急車内の電子端末の現在と未来~国際的動向を斬る.救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成19年2月24日,大磯.</p> <p>13) 田中秀治:病院前医療に国際的診断分類(ICD10)の導入が可能か.救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成19年2月24日,大磯.</p> <p>14) 松本 尚:MC 体制下の救急業務高度化の困難性はどこにあるか.救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成19年2月24日,大磯.</p> <p>15) 中川 儀英:MC 体制下の救急隊員標準化教育をどのように展開するか.救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成19年2月24日,大磯.</p> <p>16) 安田 康晴:救急業務電子化データシステムにより救急業務は変わる.救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成19年2月24日,大磯.</p> <p>17) 小野 康介:救急車用の携帯端末の導入は救急活動のあり方を変える.救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成19年2月24日,大磯.</p>
--	--

	<p>18) 伊藤 誠:データシステムは事後検証システムの変革を可能にした. 救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成 19 年 2 月 24 日,大磯.</p> <p>19) 川村 理志:消防隊・救助隊による救急活動の質をどう向上させるか. 救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成 19 年 2 月 24 日,大磯.</p> <p>20) 関根 和弘:MC 体制と搬送システムに齟齬が生じていないか. 救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成 19 年 2 月 24 日,大磯.</p> <p>21) 山本五十年:EMS データシステム整備の意義と課題～Japanese EMS Information System を整備しよう. 救急救命スキルアップセミナー抄録(救急業務高度化データネットワーク検討委員会),平成 19 年 2 月 24 日,大磯.</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>①救急業務データベースの標準仕様としての策定,②XML ファイルを標準仕様とするデータ交換の互換性確保,③救急現場における入力情報および生体情報等を消防本部情報ネットワークに入力し,医療機関に提供できるシステムの構築,④国,都道府県,地域メディカルコントロール協議会,消防本部および医療機関の間でのコア情報の共有化を図ることが,今後の展開に必要なである。</p>

救急業務高度化データネットワークの開発

山本五十年¹⁾、猪口貞樹¹⁾、中島 功¹⁾、平出 敦²⁾、田中秀治³⁾、中川 隆⁴⁾、中川儀英¹⁾、松本 尚⁵⁾、安田康晴³⁾、関根和弘⁶⁾、佐々木正行⁷⁾、志村哲男⁸⁾、川村理志⁹⁾、荻田康也¹⁰⁾、鈴木直幸¹¹⁾、伊藤 誠¹²⁾、川口行彦¹³⁾、長田和夫¹⁴⁾、小野康介¹⁵⁾、中山 直¹⁶⁾

Isotoshi Yamamoto, Sadaki Inokuchi, Isamu Nakajima, Atushi Hiraide, Shuji Tanaka, Takashi Nakagawa, Yoshihide Nakagawa, Naoshi Matumoto, Yasuharu Yasuda, Kazuhiro Sekine, Masayuki Sasaki, Techuo Shimura, Satoshi Kawamura, Yasunari Ogita, Naoyuki Suzuki, Makoto Ito, Yukihiko Kawaguchi, Kazuo Osada, Kohsuke Ono and Naoshi Nakayama

研究課題の要旨：全国にメディカルコントロール体制が構築されたが、救急データの電子化システムにより情報を収集・分析し、救急医療システムおよび救急業務を継続的に改善するシステムは確立されていない。本プロジェクトで、国内外の視察およびアンケート調査、救急業務の標準化データベースの検討と開発、病院前の救急業務データ入力システムの開発、救急業務データ管理システムに関する研究を実施した結果、救急業務高度化データネットワークのスキームを開発できた。現在、整備する段階に至っている。
キーワード： 救急業務高度化データネットワーク、救急業務標準化データベース、データ管理システム

I. 背景と目的

今日、救急業務の高度化と質の継続的な向上のために、都道府県および地域メディカルコントロール協議会が設置され、病院前救護におけるメディカルコントロールの諸施策が実施されている。

こうしたメディカルコントロール体制下の救急業務高度化には、傷病者や救急活動に関するデータの記録、保存・管理および医療機関等への情報提供が不可欠であり、事後検証における総合的な評価、統計データの集計や分析が必要である。救急データを集計・分析することにより、救急活動や地域の救急医療システムの問題点を把握し、傷病者の予後改善に向けて救急活動や救急医療システムを継続的に改善することが可能になる。

しかし、記録保存される救急業務の項目は消防本部により異なりメディカルコントロール地域ですら一致しておらず、救急隊員は様々なフォーマットに記入または入力することを余儀なくされている。また、心肺蘇生データのウツタイン様式による入力・解析システムの整備も十分ではなく、救急活動の時間経過や処置等の実施時刻の記録は曖昧な点が多い。根本的には救急データに関する標準的なデータベースが整備されておらず、電子入力システム

の整備が遅れている。

このような各種救急データに関するデータベース化および電子入力化の遅れ、入力ソフト、事後検証・データ分析ソフトおよび通信ソフトの未整備等から、データを消防機関、メディカルコントロール協議会や国レベルで集計し分析することが困難になっている。

本研究課題『救急業務高度化データネットワークの開発』は、これらの諸問題を解決し、病院前の救急業務および傷病者の情報データを電子化し効率的に管理運用するためのシステム開発の基礎研究を行うことを目的とした。

第1に、救急業務データの電子化に関する現状分析を行い、救急業務データの電子化システムの問題点とあり方を明らかにすること。第2に、現場および車内で時間経過などを正確かつ効率的に電子入力できる携帯端末装置の開発を行なうこと。第3に、救急業務データベースの標準モデルを作成し、各種データを統合できるデータ管理システムモデルを開発すること。第4に、これらシステムの試行的実証研究を行い、セキュリティの確保を前提に傷病者情報の提供、事後検証、データ集計や分析を行うコアシステムを確立することである。

以上の救急データの電子化システムの検討と開発をとおして、病院前救急医療のあり方を考究する。

所属機関名

- 1) 東海大学医学部専門診療学系救命救急医学、2) 京都大学大学院医学研究科附属医学教育推進センター
- 3) 国士舘大学大学院スポーツシステム研究科、4) 愛知医科大学付属病院高度救命救急センター
- 5) 日本医科大学付属千葉北総病院救命救急センター、6) 野田市消防本部、7) 伊勢原市消防本部、8) 秦野市消防本部、
- 9) 厚木市消防本部、10) 愛川町消防本部、11) 箱根町消防本部、12) 佐倉市八街市酒々井町消防組合、13) 東京消防庁、
- 14) 株式会社ワコー商事、15) 三菱電機株式会社、16) 日本光電工業株式会社

II. 救急業務データの電子化に関する調査

A. 方法

1) 海外調査

平成 16 年度にニューヨーク市およびボストン市、平成 18 年度にシアトル市を視察し、救急業務データの電子化システムについて調査するとともに、全米におけるデータシステムのモデルおよび実態に関する調査を実施した。また、平成 18 年度にジュネーブの国際電気通信連合 (ITU) 本部を視察し、電子端末に関する国際的な動向を調査した。

2) 全国アンケート調査

全国の 836 消防本部を対象に、調査期間を平成 17 年 2 月 17 日～平成 17 年 3 月 4 日として、メディカルコントロール体制および救急業務の電子化データシステムについてアンケート調査を実施した。回収率は 95.0%であった。

B. 結果

1) 海外調査

米国では救急業務の電子化データシステムが部分的に整備されつつあり、ボストン市では端末による電子化入力方式、ニューヨーク市およびシアトル市では手書き文書のスキャン方式が導入されていたが、電子化データシステムとして十分に整備されているとは言えなかった。

EMS メディカルディレクターによる概要調査では、米国のシステムの多くは、EMS データを手書き方式または手書き文書のスキャン方式であり、電子化システムを検討または移行しつつある段階であることが判明した。

米国データシステムの整備としては、2001 年 “National Association of State EMS Directors” (NASEMSD) が “National Highway Traffic Safety Administration” (NHTSA) らと合同で “National EMS Information System” (NEMSIS) を発足させ、“EMS Uniform PreHospital Dataset Version 2.2” を策定し、多くの学術諸団体の合意を得て普及に努力していることが把握できた。

国際電気通信連合 (ITU) では、ITU Question28 プロジェクトにおいて、“Frame for e-health applications in Emergency situations” のガイドライン作成 (2006.12) が企図されており、今後、救急車内での電子端末 (PDA など) の標準化が実施される可能性があることが判明した。

2) 全国調査

①救急業務を統括する救急指導部門および指導者の整備が不十分である。

②救急活動記録は手書きで記載する消防本部が多く、一度の電子入力で活動記録を入力できる消防本部はわずかである。

③救急業務の電子化データシステムが整備されていないため、情報の共有化・統合化が困難であり、業務が非効率になっている。

④救急データを施策に活用している消防本部は少ない。

⑤メディカルコントロール体制は十分に整備されておらず、プロトコルの策定と事後検証体制の整備が遅れている。

C. 考察

消防本部調査の結果、わが国では救急業務の電子化データシステムが整備されておらず、救急データが施策に活用されていない実態が浮き彫りになった。

わが国のデータシステムを確立するためには、“National EMS Information System” (NEMSIS) の “EMS Uniform PreHospital Dataset Version 2.2” を参考にして、わが国の救急医療に適合したデータセットを整備しデータベースを策定することが必要であること、携帯端末開発には研究成果を国際的に発信することが重要であると考えられた。

III. 救急業務の標準化データベースの検討と開発

A. 目的

電子化データシステムの開発のために、電子化されるべきデータを抽出し、データセットを整備し、必要なデータを網羅したデータベースを作成することを目的とした。

B. 方法

従来の消防本部の救急出場記録項目、消防法別表、『救急搬送における重症度緊急度判断基準作成委員会』（救急医療財団）が策定した『重症度分類』『重症度緊急度判断基準』『処置に関するプロトコール』（重症度緊急度判断基準作成委員会報告書、2004 年 3 月）、除細動・気管挿管・薬剤投与に関する諸種のプロトコール、ウツタインスタイル（国際的な心停止データの記録様式）、American Heart Association および European Resuscitation Council の新しい CPR ガイドライン、JPTEC 協議会の外傷プログラム、各地の救急活動検証票からデータ項目を抽出した。

個々のデータ項目の適否について検討しデータセットを作成し、必要なデータを網羅したデータベースを作成した。

異なるシステムの間で互換できるようにデータ項目の XML ファイル化を作成した。

平成 18 年 1 月から 12 月、日本医科大学多摩永山病院救命救急センターへ搬送された 1262 件の症例記録票を対象に ICD-10 を用いて分類し、救急疾患

分類に ICD-10 導入の問題点につき検討した。

C. 結果

11 項目のカテゴリー分類を作成し、カテゴリー別に入力項目を定め、わが国に適合したデータセットを作成した。これらのデータセットに基づき、大項目、中項目、小項目、詳細項目を策定し、入力ソフトの作成を目的に必要項目を網羅したデータベース (Japan Emergency Medical Services Information System [JEMSIS] Data Base Version 1.1) を作成し、平成 18 年度に JEMSIS Data Base Version 1.2 を策定した。

JEMSIS Data Base の XML ファイル化を試み、JEMSIS Data Base を XML ファイル化した。項目は、基本情報 43 項目、現場情報 57 項目、傷病者情報 282 項目、処置情報 150 項目、病院選定情報 7 項目、オンライン MC 情報 51 項目、重症度判断情報 8 項目、転帰情報 6 項目、傷病名 (仮) 27 項目、病院外心停止患者情報 58 項目、事後検証情報 12 項目となった。

日本医科大学多摩永山病院救命救急センターへ搬送された 1262 症例を ICD-10 コードで分類した結果、20 件以上が 10 分類、10 件以上 20 件未満が 21 件、5 件以上 10 件未満の分類が 26 分類、5 件未満が 103 分類であった。10227 の分類コードのうち、救急患者で使用されるのはわずか 160 分類であり、ICD10 の導入に問題があることが判明した。このため、JEMSIS Data Base Version 1.2 の傷病名の欄は ICD10 の大項目を記載するにとどめ、今後の研究課題とした。

D. 考案

XML 標準言語を用いて JEMSIS Data Base Ver. 1.2 を XML ファイル化したため、異なるシステム間でも使用可能となった。

救急疾患分類については、ICD10 に準拠しながら、実際的な救急疾患分類表を作成する必要があると考えられた。

今後の課題は、XML ファイル化されたデータベースをわが国の標準仕様とし、様々なレベルやシステムで利用可能にすることである。また、データ分析からコアデータの有用性を検討し、救急業務の質の評価指標および施策化指標を策定することが課題である。

IV. 病院前の救急業務データ入力システムの開発

A. 目的

①救急業務高度化データネットワークのシステムモデルを考案し、携帯端末プロトタイプを開発すること、②病院前データ入力装置のセキュリティの確保および診療支援機能につき検討すること、③開

発したプロトタイプを救急業務に試験的に導入し、その実用性につき検証することを目的とした。

B. 方法

XML ファイル化した JEMSIS Database を標準化情報プラットフォームとし、救急車内にサーバを設置した。市販の業務用 PDA (カシオ計算機製 CT-5200) を使用し、ネットワーク型のデータ入力ソフトウェアのプロトタイプを試作した。

携帯端末とサーバ間のデータ交換の方法は WEB サービスを利用した。

携帯端末はタッチパネル入力ではなく、ボタン操作による入力インターフェイスとし、PDA 携帯端末の入力情報はサーバに出力後に消滅する仕組みとした。

救急活動の実施時刻は、選択ボタンを押した時に自動的に時刻を取得する仕組みとし、端末の時刻はサーバと通信時に時刻同期を行うことで補正する方式とした。

心電図等の生体情報の電子化ネットワーク化の実現性につき検討した。

試作したプロトタイプを、伊勢原市消防本部および野田市消防本部の救急業務に試験的に導入し、救急隊員を対象に実用性につき調査票により検証した。

C. 結果

救急車内にサーバを設置することにより、救急車を情報ユニットとしたシステムモデルを開発できた [図 1]。生体情報の電子化の検討から、医療機器の生体情報を PDF 化またはビットマップ化しサーバに保存すれば、ネットワークを介して閲覧するシステムの開発が可能であることが判明した。

業務用 PDA を使用した携帯端末のプロトタイプは、操作が簡便であるため帰署までの救急業務中にデータ入力が可能となり、また、セキュリティが向上したが、入力画面およびテンキーの操作性に改善を要することが判明した。

D. 考察

各種データや情報を XML 化し、標準仕様を整備すれば、PDA 携帯端末による救急現場における入力情報および生体情報等を消防本部・署に救急活動記録として登録できるだけでなく、搬送先医療機関に提供できる。また、国、都道府県・メディカルコントロール協議会や消防本部等の間において、諸種の重要な情報の共有化が容易になると考えられた。[図 2]。携帯端末 (PDA) を普及させるためには、入力画面およびテンキー操作の問題を解決してユーザーインターフェイスを一層向上させることが必要である。

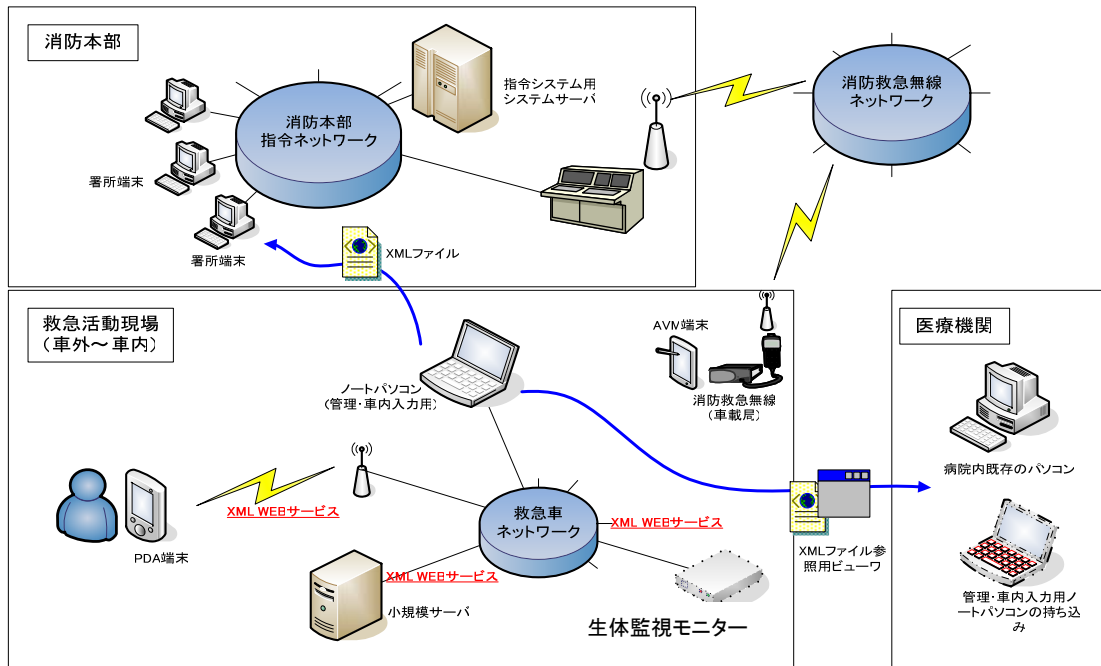


図 1. 救急車情報ネットワークのシステムモデル

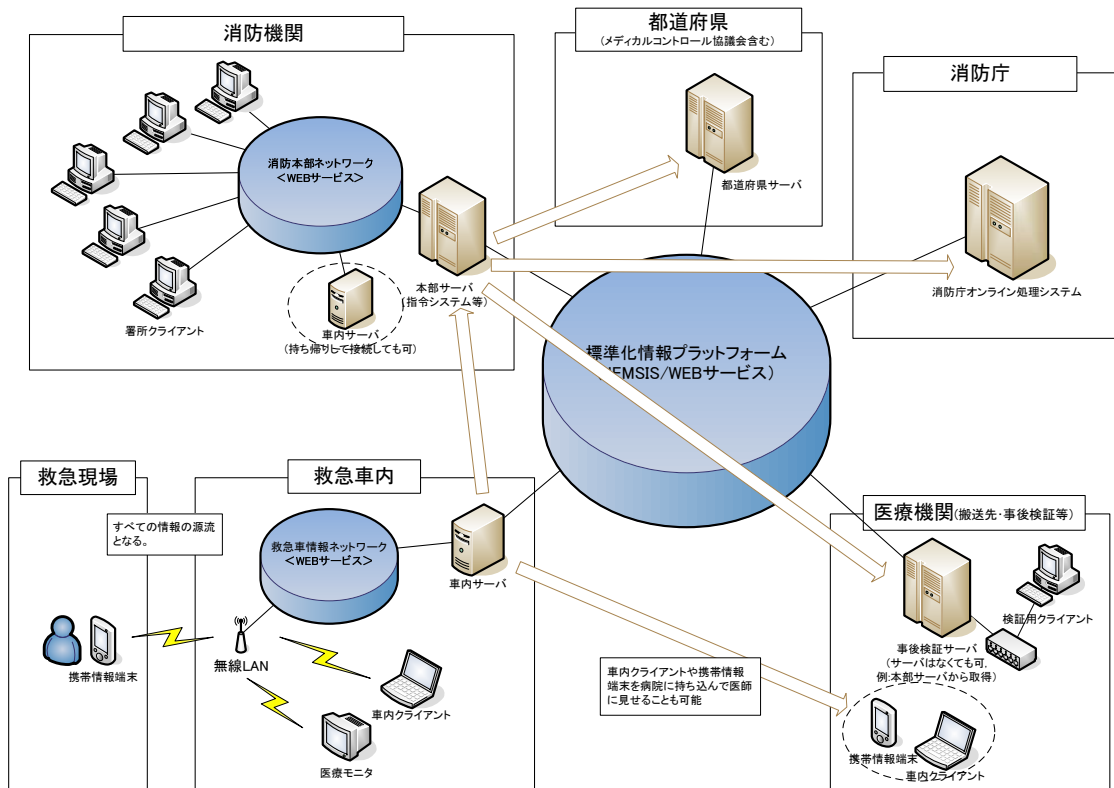


図 2. 救急業務高度化データネットワークのロールモデル

V. 救急業務データ管理システムに関する研究

A. 目的

標準的な救急業務データシステムを諸種の環境の消防本部に導入・運用し、救急業務データ管理システムの問題点を検討すること。また、救急業務データ管理システムの運用効果およびシステム整備上の問題点を検討することを目的とした。

また、消防機関と基幹病院との間でインターネット回線を介して整備した事後検証の電子化システムの効果と問題点を検証した。

B. 方法

- 1) LAN 未整備、LAN 整備、インターネット可能の、3種のIT環境にある5消防本部（伊勢原市、箱根町、愛川町、出雲市、佐倉市八街市酒々井町）に市販の救急業務データシステム（ワコー商事；ベストル119）を導入し、各々の救急業務データ管理システムの問題点を検証した。
- 2) データの入出力が一元化された出雲市消防本部における救急業務データ管理システムの運用効果と意義について検討した。また、東京都および厚木市の既存のデータシステムを検証し、データシステム整備上の問題点と課題につき検討した。
- 3) 佐倉市八街市酒々井町消防組合に電子化データシステムを整備し、日本医科大学千葉北総病院救命救急センターとの間でインターネット回線を介して事後検証票を閲覧可能とする事後検証の電子化システムを構築し、試験的運用により効果と意義、問題点を検証した。
- 4) 救急業務データ管理システムを導入した伊勢原市、箱根町、愛川町の消防本部における心肺蘇生症例のデータを分析し、救急業務の問題点と課題の抽出を試み、データ分析の意義を明らかにした。

C. 結果と結論

消防機関の様々なIT環境に救急業務データシステムの標準的な仕様を導入し、実際の救急業務に活用した結果、IT環境が未整備または不十分な消防機関であっても、標準的な電子化データシステムを導入すれば、救急データ伝送機能、文字・項目による検索、集計機能、任意統計機能、情報管理機能により高いデータ処理が可能になった。しかし、外部との安全なオンラインシステムや事後検証システム、携帯端末や生体監視システム情報の取り込みには、さらに高度な電子化データシステムの整備が必要であることが判明した。

一元化システムが整備された出雲市消防本部において、救急業務電子化データシステムの習熟度が上がるに伴い入力時間は確実に短縮し、隊員の負担軽減、省力化が図られた。各種統計作成のための入力作業が単一データベースの入力で済むため大幅

な時間短縮となった。複数の端末からの電子入力が可能で、分担による入力作業が容易となり、多忙な救急業務の中での報告書、統計作成において時間短縮が図られ隊員の負担軽減となった。

東京消防庁では、帰署後の手書きによる救急活動記録票の作成のほかに端末システムによる入力作業を行っていることから、事務効率軽減及び、より適正な記録管理が必要である。また、PA連携等の事案について、活動情報・データを共有するシステムについて検討する必要があると考えられた。

厚木市消防本部においても、入力システムが一元化されていないため、複数の帳票にデータを入力または記載せざるを得ず、救急隊員の負担は明らかに増大している。出勤報告書、救急活動記録（検証票）、ウツタインデータ等を入力および出力できる一元化されたシステムを構築することが重要であると考えられた。

佐倉市八街市酒々井町消防組合と日本医科大学千葉北総病院救命救急センターとの間で、救急業務データ管理システムを基礎とする事後検証の電子化システムを導入し運用した結果、prehospital recordの作成から検証結果のフィードバックまでの一連の事後検証作業の効率が大きく改善した。事後検証の電子化システムは、いくつかの改善点や課題が残されているが、MC体制の高度化と効率化を実現するための有用なツールであると考えられた。しかし、‘face to face’の情報交換に勝るものではなく、事後検証体制の進捗に即して電子化システムの導入を検討する必要があると考えられた。

消防本部の心肺蘇生データの解析により、除細動等の救急救命処置を接触後早期に実施すること、十分な心肺蘇生を継続しながら車内へ速やかに移送するためにPA連携を積極的に推進すること、また、地域の基幹病院との連携を強め病院選定に要する時間を短縮することが重要な課題であると考えられた。救急業務データ管理システムの導入により蓄積されるデータを分析することにより、傷病者の予後に影響を与えるプラスの要因とマイナスの要因を抽出し、全体として達成すべき目標を明示することが重要であると考えられた。

VI. 今後の展望

2001年の救急業務高度化推進委員会報告書の発行以降、全国にメディカルコントロール（MC）体制が構築され、処置範囲が次々と拡大されてきた。MC協議会が実施主体となり、様々なMC事業が行われ、救急救命士には気管挿管やアドレナリン投与が認可され、消防隊員にはPA連携による除細動を含む救急支援業務が課せられ、通信指令員には口頭指導

の実施が求められるようになり、消防職員は年間120万人を超える住民にAEDを含む救命講習を行うようになった。MCに係わる医師や消防職員は多大な時間・労力・資金をMC事業と救急業務に傾注するようになった。

しかしながら、最も重要な点は、防ぎうる死亡を回避し傷病者の予後を継続的に改善することであり、MC事業におけるPlan-Do-Check-ActのPDCAサイクルを着実に実践し、CheckからActへと踏み出すことである。このためには、救急データの集計・分析により救急活動や地域の救急医療システムの問題点を抽出して、傷病者の予後改善へ向けて達成目標を設定し具体的な施策を講じるプロセスが必須である。

我々プロジェクトチームは、総務省消防庁の消防防災科学技術研究推進制度による研究委託を受け、病院前の救急業務および傷病者の電子化情報データを効率的に管理運用するためのデータシステムを開発することを目的として、救急業務高度化データネットワーク検討委員会を発足した。以来3年間に渡り、わが国の消防救急行政と密接に関連しながら、救急業務高度化データネットワークの開発のための研究事業を推進してきた。

救急業務高度化データネットワークのスキームと基本的諸問題に関する研究成果を重ねてきた現在、システムとして整備する段階に至っている。しかし、なお、全国的な救急データの標準化とネットワーク化にはいくつかの問題を解決する必要がある。

- ①救急業務データベース（JEMESIS）の標準仕様を策定する。
- ②各種データのXMLファイルを標準仕様とし、異なるシステム間でもデータ交換の互換性確保が実現できるようにする。
- ③国際診断分類表（ICD10）に準拠した実地的な救急疾患分類表を策定する。
- ④携帯端末のユーザーインターフェイスを一層向上させ、救急現場における入力情報および生体情報等を消防本部情報ネットワークに入力し、搬送先医療機関に提供できるシステムを構築する。
- ⑤国、都道府県・MC議会や消防本部、医療機関の間でコア情報の共有化を図る。

今後、国—都道府県—地域MC協議会—消防機関等で使い分けることができる救急業務標準化データベースを整備するとともに、異なるシステム間でもデータ交換の互換性確保が実現できるXMLを標準仕様として包括的な情報ネットワークを整備することにより、災害・救急医療システムにおける情報の共有化、救急業務の効率化、メディカルコントロールの高度化を図ることができるものと確信する。

【参考文献】

- 1) 消防防災科学技術高度化戦略プラン、消防庁、2006
- 2) 救急業務高度化データネットワーク検討委員会：救急業務高度化データネットワークの開発報告書（平成16年度消防防災科学技術研究推進制度）、2005.
- 3) 救急業務高度化データネットワーク検討委員会：救急業務高度化データネットワークの開発報告書（平成17年度消防防災科学技術研究推進制度）、2006.
- 4) 山本五十年他：研究成果報告書、救急業務高度化データネットワークの開発（平成17年度消防防災科学技術研究推進制度）、2007.
- 5) NAKAJIMA ISAO, YAMAMOTO ISOTOSHI : Medical Record on Ambulance. The fourth meetings of ITU-D Study Groups; Study Group2, 13 September 2005, Geneva, Switzerland.
- 6) 山本五十年、中川儀英、猪口貞樹：メディカルコントロールの今後の課題；日本版メディカルディレクターは生まれるのか？ 救急医学、30：475-478、2006.
- 7) 山本五十年、猪口貞樹、中川儀英、中島 功、平出敦、中川 隆、松本 尚、安田康晴、小澤和弘、久保田勝明：救急業務データの電子化システムの問題点に関する検討。第8回日本臨床救急医学会総会、平成17年4月29日、東京。
- 8) 中川 隆、山本五十年、中川儀英、松本 尚、平出敦、猪口貞樹、野口 宏：米国における救急業務記録電子化の実態。第33回日本救急医学会総会、平成17年12月28日、大宮。
- 9) 安田 康晴、関根 和弘、中島 功、田中 秀治、関根 和弘、佐々木正行、小野 康介、長田和夫、山本 五十年：救急業務電子化データシステム携帯端末の開発と展望。第9回日本臨床救急医学会総会、平成18年5月11日、盛岡。
- 10) 山本五十年、猪口貞樹、中川儀英、中島 功、平出敦、中川 隆、松本 尚、志村哲男、川村理志、安田康晴、関根和弘：わが国のメディカルコントロール体制およびデータ管理の現状と問題点。第9回日本臨床救急医学会総会、シンポジウム（メディカルコントロールの検証）、平成18年5月12日、盛岡。
- 11) 山本五十年、猪口貞樹、中川儀英、平出 敦、中川隆、松本 尚、安田康晴、佐々木正行、荻田康也、鈴木直幸：データ管理システム導入による効果検証—時間因子への影響に関する研究。第9回日本臨床救急医学会総会、平成18年5月12日、盛岡。
- 12) 山本五十年、猪口 貞樹、平出 敦、田中 秀

- 治、中島 功、中川 隆、松本 尚、中川 儀英：救急業務標準化データベースに関する研究～Japanese EMS Information Systemを目指して第34回日本救急医学会総会、平成18年11月1日、福岡。
- 13) 中島 功：救急車内の電子端末の現在と未来～国際的動向を斬る。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 14) 田中秀治：病院前医療に国際的診断分類(ICD10)の導入が可能か。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 15) 松本 尚：MC体制下の救急業務高度化の困難性はどこにあるか。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 16) 中川 儀英：MC体制下の救急隊員標準化教育をどのように展開するか。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 17) 安田 康晴：救急業務電子化データシステムにより救急業務は変わる。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 18) 小野 康介：救急車用の携帯端末の導入は救急活動のあり方を変える。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 19) 伊藤 誠：データシステムは事後検証システムの変革を可能にした。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 20) 川村 理志：消防隊・救助隊による救急活動の質をどう向上させるか。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 21) 関根 和弘：MC体制と搬送システムに齟齬が生じていないか。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。
 - 22) 山本五十年：EMS データシステム整備の意義と課題～Japanese EMS Information Systemを整備しよう。救急救命スキルアップセミナー抄録（救急業務高度化データネットワーク検討委員会）、平成19年2月24日、大磯。

第7 救急・救助業務の高度化

7.2 ヘリコプター救急体制の構築をもたらす社会的利益に関する定量的な研究

研究実施期間	平成 17 年度～平成 18 年度
配分額(千円)	20,020(平成 17 年度)、22,900(平成 18 年度)
研究代表者	國松孝次(主任研究者:益子邦洋)
所属機関	特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク
研究体制	産・学・官
研究概要	救急ヘリ搬送の有効性は一般的には認められているものの、その定量的な分析評価はあまりなされていないことに鑑み、平成18年度では、ヘリ救急体制が確立した場合における救命率の向上や予後の改善等の医療効果、それに伴う経済的・社会的効果に関する調査研究を行った。また、救急ヘリの社会的効果研究に関して、オランダ及びイギリスへ出張調査を行った。更に、全国各地で取り組まれている消防防災ヘリの救急運用を尚一層促進するための方策について研究した。併せて、将来、ヘリコプター搭乗医師等の確保が問題になってくることに備え、救急救命士の医療技能の向上方策や活用方法について研究を行った。一方、母体搬送の分野における救急ヘリの活用の必要性が高まっていることに鑑み、救急ヘリ搬送の母体・胎児に与える振動等の影響に関する研究を行った。
研究成果の活用事例	「交通事故被害者におけるドクターヘリの効果評価」の研究結果は厚生労働省及び国会における「与党ドクターヘリワーキングチーム」は大きな関心を示し、平成 19 年 6 月超党派で成立した「救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別措置法」に影響を与えた。
応用の方向性	研究結果はすべて報告書にまとめ、関係部門に配布したが、これは今後ドクターヘリの増加、及び消防防災ヘリの救急運用の回数増加に寄与されると思われる。
キーワード	交通事故, ロットン HEMS, 消防防災ヘリ, メディカルコントロール体制, 母体ヘリ搬送

研究発表の状況等	<p>次の夫々の報告書を作成し、関係各所に配布した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 交通事故患者におけるドクターヘリの効果評価に関する研究 2) ヘリコプター救急の有効性と大規模災害等への対応 -オランダ・イギリス・ドイツ出張報告- 3) 消防防災ヘリの救急運用を促進するための方策に関する研究 4) アメリカのヘリコプター救急とフライトナース / パラメディックの教育養成 5) 救急ヘリ搬送の母体・胎児及び重度外傷患者に与える影響の研究
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>平成 16 年度から平成 18 年度にかけての研究の結果、ヘリコプター救急体制の構築をもたらす社会的利益がわが国で初めて明らかになった。具体的には、重症患者の救命効果、後遺症の削減効果、入院期間の短縮効果、医療費ならびに逸失所得の削減効果、災害対応能力の向上効果、へき地医療や小児周産期医療の質の改善効果などが挙げられる。</p> <p>今後は、関係する省庁が、省庁間の垣根を取り払って、本研究の経過を行政施策に反映させることが肝要である。厚生労働省は、ドクターヘリ事業を一層推進すると共に、ヘリコプターに搭乗する医師と看護師の確保に本格的に取り組むべきである。また、総務省消防庁には、消防防災ヘリの一層の救急運用を可能とする体制整備の取り組みを是非とも期待したい。その際、搭乗医師の確保が困難な地域にあっては、看護師や救急救命士の内、一定の資格要件を満たす者を対象として、フライトナース/パラメディックを育成するためのプログラムを作成し、これらの育成に関わる施設を整備するなど、救急ヘリシステムをわが国に定着させるための体制整備も併せて行なって頂きたい。</p> <p>わが国のドクターヘリ事業はこれまで、脳卒中、心大血管疾患、重度外傷、重症患者の施設間搬送を中心に大きな発展を遂げてきた。しかしながら、欧米先進諸国がそうであるように、救急ヘリの活用分野は上記に止まらず、災害救助救急、へき地医療、小児救急医療、周産期救急医療など、極めて幅広い。本研究が契機となり、わが国の救急医療体制が、ヘリコプターを組み込んだ新しいものとなり、国民の安全、安心に大きく寄与する日が 1 日も早く来る事を期待したい。</p>

ヘリコプター救急体制の構築をもたらす社会的利益に関する定量的な研究

益子邦洋¹⁾、國松孝次¹⁾、小濱啓次¹⁾、辺見 弘¹⁾、篠田伸夫¹⁾、西川 渉¹⁾、白谷祐二¹⁾、山野 豊¹⁾、三宅章郎¹⁾
山越芳男¹⁾、村田憲亮¹⁾、山口拓洋²⁾、奥村 徹³⁾、松本 尚⁴⁾、関根和弘⁵⁾、小原まみ子⁶⁾、葛西 猛⁶⁾、鈴木 真⁶⁾

Kunihiro Mashiko, Takaji Kunimatsu, Akitsugu Kohama, Hiroshi Hemmi, Nobuo Shinoda, Wataru Nishikawa

Yuji Hakuya, Yutaka Yamano, Akirou Miyake, Yoshio Yamakoshi, Kensuke Murata, Takuhiro Yamaguchi

Tetsu Okumura, Hisashi Matsumoto, Kazuhiro Sekine, Mamiko Ohara, Takeshi Kasai and Makoto Suzuki

研究課題の要旨: 救急ヘリ搬送の有効性は一般的には認められているものの、その定量的な分析評価はあまりなされていないことに鑑み、平成18年度では、ヘリ救急体制が確立した場合における救命率の向上や予後の改善等の医療効果、それに伴う経済的・社会的効果に関する調査研究を行った。また、救急ヘリの社会的効果研究に関して、オランダ及びイギリスへ出張調査を行った。更に、全国各地で取り組まれている消防防災ヘリの救急運用を尚一層促進するための方策について研究した。併せて、将来、ヘリコプター搭乗医師等の確保が問題になってくることに備え、救急救命士の医療技能の向上方策や活用方法について研究を行った。一方、母体搬送の分野における救急ヘリの活用の必要性が高まっていることに鑑み、救急ヘリ搬送の母体・胎児に与える振動等の影響に関する研究を行った。

キーワード: 交通事故、ロンドンHEMS、消防防災ヘリ、メディカルコントロール体制、母体ヘリ搬送

1. はじめに

救急ヘリ搬送の有効性は一般的には認められているものの、その定量的な分析評価はあまりなされていないことに鑑み、ヘリ救急体制が確立した場合における救命率の向上、予後の改善等の医療効果および地域救急医療の「質」の向上効果について定量的に調査研究し、併せて、救急ヘリの普及のネックになっているヘリ運航費用の負担問題を各国の先進例を参考にしつつ解決する方策を研究した。

2. 交通事故被害者におけるドクターヘリの効果評価¹⁾

日本医科大学千葉北総病院に搬送された交通事故患者70人（ドクターヘリ26人、救急車44人）を対象に、外傷重症度スコア（ISS）、生理学的重症度スコア（RTS）、予測救命率（TRISS）を算出し、背景因子を調整したうえで、入院日数及び入院点数について、ドクターヘリ搬送群と救急車搬送群とで比較した。救急車搬送に比して、ドクターヘリ搬送では入院日数が平均17日短く、入院点数も平均11万点低い結果が得られ、交通事故患者に対するドクターヘリ搬送の有用性が示唆された（図. 1）。

1. 認定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク
2. 東京大学大学院医学系研究科保健学
3. 順天堂大学医学部救急・災害医学研究室
4. 日本医科大学千葉北総病院救命救急センター
5. 野田市消防本部
6. 亀田総合病院

今後は他施設でも同様の検討を行い、本研究で得られた結果が妥当でありかつ再現性のある結果であることを確認する必要がある。

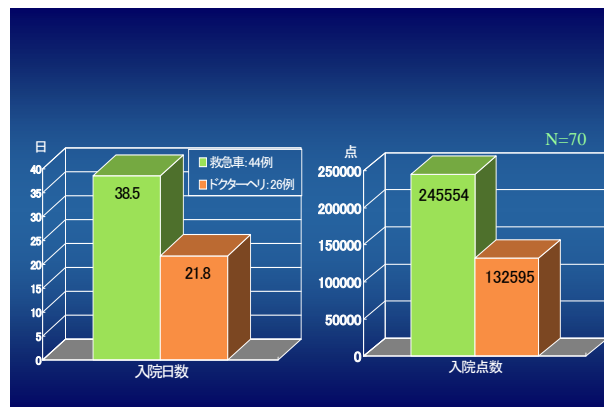


図. 1 交通事故被害者におけるドクターヘリの医療費削減効果

3. 救急ヘリの社会的効果研究に関するオランダ及びイギリス出張調査²⁾

オランダでは1990年代なかば、ヘリコプター試用の20ヵ月間に救急患者のデータを集め、ヘリコプター患者とヘリコプター以外の患者に分け、重症度、性別、年齢、事故の形態、負傷部位などで細かく分類し、詳細な統計処理によってヘリコプター救急の効果測定している。その結果、ヘリコプターによって救命効果は10～19%改善され、交通事故だけを取れば19～27%の改善率であった。そのうえで、生き残った人の生活の質(QOL)や後遺症

の治療費を追及し、ヘリコプター救急に要する総経費を勘案して、ヘリコプター救急は日常的に実行する価値があるという結論に達し、オランダ政府は1998年10月、国内4カ所に救急ヘリコプターを配備した。

イギリスでは、長年にわたって膨大なデータを集積し、統計処理を行った結果、毎月1人ずつの命を助けるだけで年間600万ポンドのコスト節約になることを明らかにした。それに要するヘリコプターのコストは、ロンドンHEMSの場合、年間100万ポンドであり、病院のヘリコプター関連治療費300万ポンドを加えても、差し引き大きな利益であるという。また、英国のパラメディック、すなわち救急救命士の技能と権限について興味深い調査結果を得た。即ち、パラメディックが救急車ばかりでなく、さまざまな医療器具や薬剤を搭載したオートバイや自転車に乗って出動し、救急患者に対して現場で高度な初期治療を提供していた。かつてアメリカでも、救急用のヘリコプターが、パラメディックだけで飛ぶ場合と医師が同乗する場合とで比較調査されたことがある。その結果、当然のことながら、如何にパラメディックの処置範囲が大きいといっても、やはり医師の同乗の方が救命率は上がるという結論になった。それゆえ医師がヘリコプターで出動するロンドンHEMSは、世界で最も理想的なシステムの1つであることを明らかにした。

4. 消防防災ヘリの救急運用を促進するための方策に関する研究³⁾

消防防災ヘリに医師を同乗させ救急業務に当たらせることの可能性を追及することを目的として、今回、52の航空消防隊を対象に、①活動状況②体制③医療機関との連携④促進するための課題等について、アンケート調査を行った。その結果、医師同乗体制のある航空消防隊は25隊と約半分に過ぎない、医師同乗体制のある隊であっても、医師の常時確保はできていないとするものが70%弱である、機内から救命救急センターへ直接交信できる体制になっている隊は僅か2割に過ぎない、救急仕様のヘリは僅か16%に過ぎない、出動件数1件当たりの運航経費は、消防ヘリで70万円弱、防災ヘリで150万円弱である、受信から5分未満のヘリ出動指令が可能であれば、受信から30分前後での病院収容が可能である、医師同乗体制のない防災ヘリの航空消防隊のうち75%は救急車の長時間搬送という問題を抱えている、医師同乗体制のない防災ヘリの航空消防隊において管内の救急車による病院搬送に30分以上要した件数は、全救急出動件数に占める割合で平均40%にも上る、等が明らかになった(図.2)。以上より、全ての航空消防隊において医師同乗体制が整備され、受信から30分以内の病院収容が可能となるような方策を確立しなければ「避けられた死」を無くすことはできないと結論した。

順位	項目	%
第1位	病院ヘリポートの設置	72
第2位	救急隊長はオーバートリアージを恐れず指令センターへ要請する	56
第3位	119番通報が入った時点で航空消防隊へ連絡や要請をする	44

HEM-Net: ヘリコプター救急体制の構築をもたらす社会的利益に関する定量的な研究(平成18年度)

図. 2 医師同乗を推進するための対応策

5. 救急ヘリの医療提供体制の維持・向上方策に関する研究⁴⁾

わが国のドクターヘリ事業は平成13年からの開始以来、10道県11箇所(平成19年1月現在)となり、今後も事業の法制化に伴ってさらに需要が増すものと期待される。しかしながら、現場へ出動可能な医師の確保に明確な保証があるわけではなく、将来的には看護師、救急救命士が‘フライトナース’や‘フライトパラメディック’ (以下、フライトナース/パラメディック) として、大きな役割を果たす可能性がある。

今回、われわれは米国の救急ヘリ運用システム、特にフライトナース/パラメディックの教育システムを視察し、今後、わが国におけるフライトナース/パラメディック育成の可能性と具体的な教育内容について研究した。即ち、平成18年9月25日から10月2日までの期間、Air Medical Transport Conference (フェニックス、アリゾナ州、米国) に参加するとともに、(1)Omni Flight社、(2)PHI air medical社、(3)REMSA (Regional EMS ambulance)社の3つの救急ヘリ運航会社を訪問し、1. フライトナース/パラメディックの条件、2. 雇用時の資格要件、3. 雇用中の教育体制と更新制度、4. メディカルコントロール体制について聞き取り調査、資料の収集、施設見学などを行い、以下の結論を得た。

- ① フライトナース/パラメディックとしての資格要件には、救命救急センターや集中治療室、救急現場出動などの勤務経験と、多種にわたる外部プログラムの資格取得が必要である(年数およびプログラムの種類に関してはわが国実情に応じて別途検討)。
- ② 格取得後も継続的な教育制度の下で、恒常的な質の維持を担保すべきである。
- ③ 資格取得のための教育プログラムの基本構成は、Guidelines for Air Medical Crew Educationを参考に、わが国の実状に合わせたものを作成する必要がある。

る。

- ④ フライトナース/パラメディックに対する恒常的な教育を実施する施設整備が必要である（図. 3）。



図. 3 シミュレーショントラック

6. 救急ヘリ搬送の母体・胎児に与える影響の研究⁵⁾

母体ヘリ搬送時の母体・胎児への侵襲性を調査し、ヘリ搬送の安全性と有用性を確立することを目的として、医師、臨床工学士、航空医学専門家、ヘリ運航会社関係者、振動工学専門家と共同して検討を行い、リオン社製の測定装置を応用した測定系を確立した。また、得られる振動データを、全身振動特性に基づいて補正し、乗り物振動の人体侵襲性の客観的評価に使われる ISO2631-1:1997 Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration を用いて分析するという母体搬送におけるヘリ振動の母体・胎児への影響の評価方法を確立した。

7. まとめ

平成 16 年度から平成 18 年度にかけての研究の結果、ヘリコプター救急体制の構築をもたらす社会的利益がわが国で初めて明らかになった。具体的には、重症患者の救命効果、後遺症の削減効果、入院期間の短縮効果、医療費ならびに逸失所得の削減効果、災害対応能力の向上効果、へき地医療や小児周産期医療の質の改善効果などが挙げられる。

今後は、関係する省庁が、省庁間の垣根を取り払って、本研究の経過を行政施策に反映させることが肝要である。厚生労働省は、ドクターヘリ事業を一層推進すると共に、ヘリコプターに搭乗する医師と看護師の確保に本格的に取り組むべきである。また、総務省消防庁には、消防防災ヘリの一層の救急運用を可能とする体制整備の取り組みを是非とも期待したい。その際、搭乗医師の確保が困難な地域にあつては、看護師や救急救命士の内、一定の資格要件を満たす者を対象として、フライトナース/パラ

メディックを育成するためのプログラムを作成し、これらの育成に関わる施設を整備するなど、救急ヘリシステムをわが国に定着させるための体制整備も併せて行って頂きたい。

わが国のドクターヘリ事業はこれまで、脳卒中、心大血管疾患、重度外傷、重症患者の施設間搬送を中心に大きな発展を遂げてきた。しかしながら、欧米先進諸国がそうであるように、救急ヘリの活用分野は上記に止まらず、災害救助救急、へき地医療、小児救急医療、周産期救急医療など、極めて幅広い。本研究が契機となり、わが国の救急医療体制が、ヘリコプターを組み込んだ新しいものとなり、国民の安全、安心に大きく寄与する日が 1 日も早く来る事を期待したい。

【参考文献】

- 1) 認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク：平成 18 年度消防防災研究「交通事故患者におけるドクターヘリの効果評価に関する研究」報告書、2006.11.
- 2) 認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク：ヘリコプター救急の有効性と大規模災害等への対応、2007.3
- 3) 認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク：消防・防災ヘリの救急運用を促進するための方策に関する研究報告書、2007.4
- 4) 認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク：アメリカのヘリコプター救急とフライトナース/パラメディックの教育養成、2007.9
- 5) 鈴木 真, 小原まみこ, 不動寺純明, 葛西猛：病院医療の崩壊と救急医療 実態報告 当院における母体救急搬送の現状報告、日救医学会誌、19:349-354, 2008

第7 救急・救助業務の高度化

7.3 心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形の早期認知システムの開発

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	19,191(平成 17 年度)、18,999(平成 18 年度)、18,999(平成 19 年度)
研究代表者	山口芳弘
所属機関	杏林大学
研究体制	産・学
研究概要	<p>心肺停止患者に対する蘇生処置の要点は「早期の除細動」であり、除細動を実施すべき心電図波形が出現しているか否かを判断するためには、いったん患者からすべての医療者が手を離し、かつ外部からの人為的な刺激を排除して波形を確認するという作業が必要となる。2005 年の AHA ガイドラインでは、5 サイクル(約 2 分)ごとの心リズムおよび心電図波形のチェックを定めている。しかし当然のことながら、この方法に従うと、この時間の周期で一定期間の心臓マッサージの中断を余儀なくされることになり、蘇生処置のもう一つの要点である「絶え間ない心臓マッサージ」を阻んでしまうという重大な矛盾に直面する。</p> <p>本研究では、蘇生処置(心臓マッサージ)を講じながらも除細動を適用すべき心電図波形を認知する早期認知システムの開発を目的としており、この実現により、心肺停止患者の蘇生率向上に大きな効果をもたらすことが期待されている。本研究では、まず、心電図波形データ収集システムを設計・導入し、導入したシステムによって記録・集積された心電図波形データの解析を行った。また、除細動適応波形の認知アルゴリズムを開発するとともに、開発したアルゴリズムを用いて実験を行い、精度等の検証を行った。</p>
研究成果の活用事例	本研究課題の成果物である波形認知アルゴリズムを搭載したシステムを構築し、臨床応用、および安全性の検証等を行い、実用機の開発を行う予定である。
応用の方向性	本研究の目的である早期認知システムの実用化にあたっては、開発された心電図波形認知アルゴリズムによる除細動の適応の判断に誤りがないかを蘇生処置中の患者について検証する必要がある。すなわち、新しいシステムによって除細動の適応と判断された時点で、ただちに患者固有の心臓に由来する波形を確認し、真に除細動の適応か否かの検証をしなければならない。今後は、このような検証作業を積み重ね、新システムによる除細動の適応波形の認知の感度と特異度を評価し、安全に使用しえることを確認する必要がある。これらの検証・確認作業を実施することで実用機の開発を進めることが可能となる。
キーワード	心臓マッサージ、除細動、心室細動、心電図波形認知プログラム
研究発表の状況等	なし
知的財産権の出願・登録状況等	心電図波形処理システム及び方法、平成 19 年 12 月 27 日出願
当該研究に対する今後の展開、意見等	なし

心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形の早期認知システムの開発

山口芳裕*, 大屋 英稔†, 萩野剛二郎‡, 島崎修次*, 桐岡茂§, 岡井貴之§

Yoshihiro YAMAGUCHI*, Hidetoshi OYA†, Kojiro HAGINO‡,
Syuji SHIMAZAKI*, Shigeru KIRIOKA§ and Takayuki OKAI§

研究課題の要旨：心肺停止患者に対する蘇生処置の要点は、「早期の除細動」であるが、除細動を適用すべき心電図波形が出現しているか否かを判断するためには、患者から全ての医療者が手を離し、外部からの人為的な要因を排除しなければならない。2005年のAHA（米国心臓学会）のガイドラインでは、5サイクル（2分）後とのリズム、および心電図波形のチェックを定めている。しかしながら、この方法に従うと、この時間の周期で一定期間の心臓マッサージの中断を余儀なくされることとなり、蘇生処置のもう一つの要点である「絶え間ない心臓マッサージ」を阻んでしまうという重大な矛盾に直面する。本研究では、心臓マッサージを実施しながらも除細動を適用すべき心電図波形を認知する早期認知システムの開発を目的としている。

キーワード：心臓マッサージ、心電図波形、心室細動（VF）、除細動、早期認知システム

1 はじめに

心肺蘇生中の患者の処置、および搬送は、救急車内、ヘリコプター内をはじめ極めて雑音の混入しやすい環境下に実施されている。そのため、患者の心臓の電気的活動である心電図波形が除細動適用波形か否かの判定には、いったん患者からすべての医療者が手を離し、救急車を停止させるなどの特段の配慮が必要とされ、早期緊急搬送を阻む要因となっている。また、心肺蘇生中には、心臓マッサージ、静脈路確保、気管挿管などの処置が同時進行で施行され、それぞれが必須の処置であるため、除細動適応の波形確認のためこれらの処置をすべていったん中断させることは、患者の回復に重大な不利益をもたらす可能性がある。

現在、心肺蘇生法の標準的なガイドラインを提供している2000年のAHAガイドラインでは、3分ごとの脈拍および心電図波形のチェックと、薬剤を使用して1分後の同チェックを定めている。しかし当然のことながら、この方法に従うと、この時間の周期で一定期間の心臓マッサージの中断を余儀なくされることになり、同ガイドラインの最も重要な基本コンセプトである「絶え間ない心臓マッサージ」を阻んでしまうという重大な内部矛盾に直面する。本研究は、極めて低電位であっても除細動の適用波形（心室細動波形、心室頻拍波形）の確実な認知を可能としながら、その一方で、環境および蘇生処置にともなって人為的に加わるノイズ波形を除去できるシステム、および機器の開発を目指すものである。このシステムの実現により、「絶

え間ない心臓マッサージ」をはじめ様々な蘇生処置を講じながら、搬送途上であっても安全かつ確実に除細動適用波形を判断でき、迅速な搬送と早期除細動を両立させることが可能となる。心肺停止患者の蘇生率向上に大きな効果をもたらすことが期待される。さらに、一般市民によるAED使用に際しても、より安全かつ確実な早期除細動を可能にし、プレホスピタルの蘇生処置の普及にも貢献すると期待される。

本稿では、平成17年度から平成19年度までの3か年にかけて行った研究の成果について述べる。なお、本稿の構成は、以下のとおり。まず、2.で本研究において、設計・導入した心電図波形データ収集システムについて述べる。次に、本研究の成果物である心電図波形認知アルゴリズムについて概説するとともに、心電図波形の処理結果の一例を示す。更に、現状の半自動除細動器（AED）について調査した結果を述べ、最後に今後の展開についてまとめる。

2 心電図波形データ収集システム

本研究の目的は、除細動の適用波形（心室細動、心室頻拍）の確実な認知を可能としながら、その一方で、環境および蘇生処置にともなって人為的に加わるノイズ波形を除去できるシステム、および機器の開発することである。そのためには、蘇生処置中の心電図波形データを解析する必要があり、解析のためには、十分な情報を含んだ形で波形データを記録しておく必要がある。本研究における初年度（平成17年度）は、杏林大学医学部付属病院高度救命救急センターにおいて平成16年1月1日以降記録・集積されてきた1,000例余りの心肺停止例の心電図波形データに対し、分類・整理作業、予備解析作業などを実施した。その中で、心

*杏林大学医学部救急医学

†湘南工科大学工学部電気電子工学科

‡電気通信大学電気通信学部システム工学科

§(株)CAEソリューションズフルイド事業部

電図波形データの現状の記録装置では、以下のような要求が認識された。

- ダイナミックレンジが狭く、記録されたデータがオーバーフローを起こしてしまう。
- サンプリング周期が 500 [Hz] であり、より詳細な解析に十分に耐え得ることが出来ない。

といった問題点があることが確認された。さらに、本研究で目的とする早期認知システムの開発について検討した結果、下記のようなことについても必要性があると考えられる。

- 生体に加えられた診療内容（診察・処置・治療・看護など）と心電図モニター波形データの対応を正確に知る必要がある。
- 実用化の際には、解析対象となる心電図波形データの記録時間、解析時間ともに長くとることができないため、サンプリング時間を短くし、短い時間であってもより多くの情報をとる必要がある。

そこで、上記の問題点を克服するとともに、要求を満たすために、従来とは異なる新たな心電図波形データ収集システムを設計・導入した。本研究において設計・導入した心電図波形データ収集システムは、「心電図信号系システム」に加え、「画像系システム」、「音声系システム」により構成されるシステムである。ここでは、これまでに使用していた旧心電図波形データ収集システムの概要と仕様について簡単に述べ、次に設計・導入した心電図波形データ収集システムの仕様や特長について概説する*。

2.1 心電図波形データ収集システムの概要と運用方法

2.1.1 心電図波形データ収集システムの概要

本研究において設計・導入した心電図波形データ収集システムのシステム構成は、次のようになっており、これら 3 つのシステムを連動させ「心電図モニター波形データの記録」、「画像音声データの記録」、「行動指示」を行う。

- (i). 心電図信号系システム
- (ii). 画像系システム
- (iii). 音声系システム

なお、各システムの概要は、以下に示す通りである。

- (i). 心電図信号系システム
 - システム構成
 - (a) 心電図アンプ（日本光電工業（株）社製特注品）

*心電図波形データ収集システムの仕様については、付録に示す。

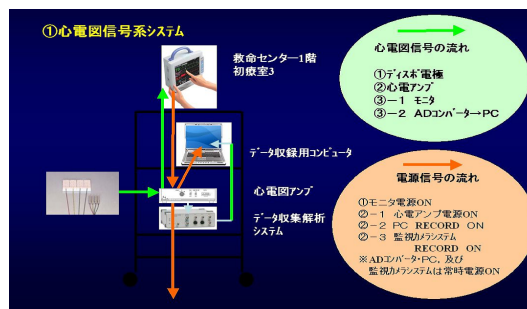


図 1: 心電図信号系システム

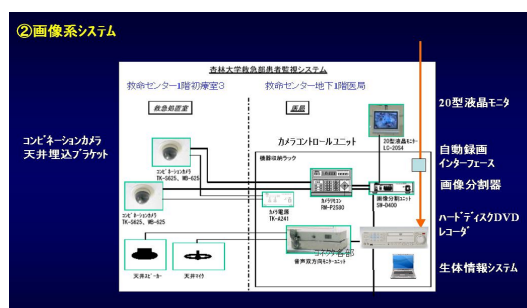


図 2: 画像系システム

- (b) データ収集解析システム（バイオリサーチセンター POW-ERLAB：AD コンバータ）
- (c) データ収集用コンピュータ（松下電器産業（株）社製）
- (d) 生体情報システム（日本光電工業（株）社製）

• システムの機能

- 患者からの心電図データを心電図アンプにて増幅し電気信号化する。
- 得られた心電図データはデータ収集解析システムにてサンプリング 500 [Hz] で A/D 変換されデータ収集用コンピュータへ送られる。
- データ収集用コンピュータではハードディスクへのデータの保存および汎用データ (TXT 形式) でのデータ保存等を行う。
- データ収集用コンピュータでは、生体情報システムは救命センター地下 1 階の医局へ設置し、医局内から患者の生体情報（心電図・呼吸・SPO2・血圧等）を見る。

(ii). 画像系システム

- システム構成
 - (a) 天井埋め込みコンピネーションカメラ（日本ビクター（株）社製）
 - (b) カメラコントロールユニット（日本ビクター（株）社製）

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ a_i \cos \left(2\pi i \frac{t}{T} \right) + b_i \sin \left(2\pi i \frac{t}{T} \right) \right\} \quad (1)$$

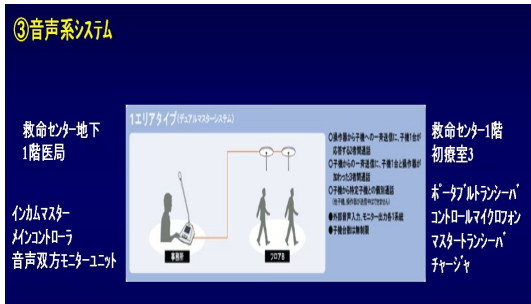


図 3: 音声系システム

- (c) 画像分割器 (日本ビクター (株) 社製)
- (d) 液晶モニタ (日本ビクター (株) 社製)
- (e) ハードディスク DVD レコーダ (日本ビクター (株) 社製)
- (f) 自動録画インターフェース

● システムの機能

- コンビネーションカメラ 2 台は初療室内に、画像分割器・液晶モニタ・ハードディスク DVD レコーダは救命センター地下 1 階の医局へ設置し、スタッフの行動を監視・記録する。

(iii). 音声系システム

● システム構成

- (a) 天井スピーカ, およびマイク
- (b) 音声双方向モニターユニット
- (c) トランシーバおよびマイクロフォン画像分割器 (日本ビクター (株) 社製)
- (d) メインコントローラ, およびインカムマスター

● システムの機能

- 天井スピーカ, マイク, トランシーバ, およびマイクロフォンは初療室内に、音声双方向モニターユニット, メインコントローラ, およびインカムマスターは、救命センター地下 1 階医局内に設置し、スタッフへの同時指示および個別指示を行う。

2.1.2 心電図波形データ収集システムの運用

新たに導入した心電図波形データ収集システムの運用は、次のようにして行われる。

- (i). 患者入室後、病院既存の心電図モニターの電源を入れることにより心電図アンプの電源、データ収

集用コンピュータの記録スイッチ、ハードディスク DVD レコーダの記録スイッチが連動して心電図モニター波形データの記録、画像音声データの記録が開始される。

- (ii). 初療室でのスタッフの行動、および会話は、画像系システム、および音声システムにより自動的にハードディスク DVD レコーダへ保存され、DVD に保存することができる。
- (iii). 画像系システム、および音声系システムは、初療室と救命センター地下 1 階の医局を結び、画像を確認しながら各スピーカ、およびトランシーバを通じてスタッフに指示を送ることができる。
- (iv). 病院既存の心電図モニターの電源を切ることにより心電図アンプの電源、データ収集用コンピュータ (1-5) の記録スイッチ、ハードディスク DVD レコーダの記録スイッチが連動して心電図波形データの記録、画像音声データの記録が終了する。

3 心電図波形認知アルゴリズム

本研究の目的は、心肺蘇生中の心電図波形の認知アルゴリズムを構築することであり、患者に実施している心臓マッサージが心電図波形に及ぼす影響を除去し、除細動適用波形か否かを認知することにある。そのためには、まず心臓マッサージ実施中に記録された心電図波形データから、心臓マッサージの影響を取り除く必要がある。波形認知アルゴリズムは、心臓マッサージ実施中に記録された心電図波形データから、心臓マッサージによる影響を除去するものをいう。本研究における波形認知アルゴリズムの考え方を下記に示す。

波形認知アルゴリズムの考え方

- (i). 心電図波形の構成成分を同定する。
- (ii). 心臓マッサージによる心電図波形への影響を同定結果から推定する。
- (iii). 推定した結果から、心電図波形に影響を及ぼしている成分を除去する。

ここでは、まず、現状の半自動除細動器 (AED) において、どのように除細動適用波形を認知しているのかを調査した結果を示す。次に、心電図波形の構成成分を同定するための方法とそれを用いた心電図波形認知アルゴリズムについて述べる。

表 1: 日本光電工業 (株) 製の半自動除細動器 (TEC シリーズ) における解析結果の精度

	心電図波形の様相	解析結果の精度
Case 1)	除細動ショックを与えた方が良い心電図波形 (VF)	感度 90%
Case 2)	除細動ショックを与えた方が良い心電図波形 (VT)	感度 75%
Case 3)	除細動ショックを与えない方が良い心電図波形 (通常の洞調律)	特異度 99%
Case 4)	除細動ショックを与えない方が良い心電図波形 (心停止)	特異度 95%
Case 5)	除細動ショックを与えない方が良い心電図波形 (その他の除細動ショックを与えない方が良い心電図波形全て)	特異度 95%

3.1 現状の半自動除細動器 (AED) に関する調査

日本光電工業 (株) 製の半自動除細動器 (TEC シリーズ) について調査を実施した。調査の結果、現状の半自動除細動器 (AED) では、次のようなことが明らかとなった。

- 日本光電工業 (株) 製の半自動除細動器 (TEC シリーズ) では、解析キーが押された後の 4[sec] 間の波形を解析対象とし、以下のように時間領域、周波数領域の双方で解析を行っている。

(i). 時間領域

- 振幅が 0.1[mV] 以上の心室細動 (VF) であること
- 振幅が 1[mm] 以上の山がある程度のあること
- 波形取り込み時間にトータルで数 [sec] 以上フラットな部分のないこと
- 心拍数 180 以上の心室頻拍 (VT)

(ii). 周波数領域

- 高速フーリエ変換 (FFT) による解析 (心室細動 (VF)、心室頻拍 (VT) の特徴解析)
- 心室細動 (VF) は、2~10[Hz] の範囲で捉えられると仮定。

- 心電図波形データ読み込みと解析時間をあわせて 6[sec]。
- 心室細動 (VF) は、2~10[Hz] の帯域である。
- ノイズの混入と考えられる場合には、除細動適用外に判定

本研究において実施した解析結果、現状の半自動除細動器 (AED) を調査した結果から、周波数解析のみでは心電図波形の認知は困難であることが明らかとなった。

3.2 心電図波形の同定

心電図波形の同定は、式 (1) のフーリエ級数展開式をもとにしている。ただし、 $a_0/2$ は波形に含ま

れる直流成分の振幅、 a_i は周波数が基本周波数 $1/T$ の i 倍 ($i = 1, 2, \dots$) の余弦波の周波数成分の振幅の最大値、また、 b_i は周波数が基本周波数 $1/T$ の i 倍 ($i = 1, 2, \dots$) の正弦波の周波数成分の振幅の最大値である。 a_i, b_i をフーリエ係数 (Fourier coefficient) という。また、 $i = 1, 2, \dots$ の周波数成分を高調波成分といい、これらの i を高調波番号とよぶ。

記録された心電図波形データが、式 (1) のようにフーリエ級数展開で記述できるものと仮定、すなわち

- 対象とする波形は、周期を T とする周期信号である。
- 対象とする波形は、その周期を基本周波数とする基本波 (正弦波、あるいは余弦波) と高調波成分からなる。

と仮定し、次式で表されるものとする。

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \left(a_i \cos \frac{2\pi i \Delta t}{T_s} + b_i \sin \frac{2\pi i \Delta t}{T_s} \right) \quad (2)$$

このとき、近似波形を次式で表す。ただし、 M, T_s は、それぞれ高調波成分の数、基本周期を表すパラメータである。また、 Δt は、サンプリング時間であり、 N を自然数とし、 $N\Delta t$ をデータの記録時間とする。

$$\hat{y}(k) = a_0 + \sum_{i=1}^M \left(\alpha_i \cos \frac{2\pi i \Delta t}{T_s} + \beta_i \sin \frac{2\pi i \Delta t}{T_s} \right) \quad (3)$$

以上をもとに、式 (3) のパラメータ $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_M), \beta = (\beta_1, \dots, \beta_M)$ を調整することにより、 $\hat{y}(k)$ と $y(k)$ との誤差を出来るだけ小さくすることで波形を同定する。そのために、次式の目的関数を $\alpha \in \mathbb{R}^M, \beta \in \mathbb{R}^M$ によって最小化する問題を解く。

$$\mathcal{V}(\alpha, \beta) = \sum_{k=1}^M (y(k) - \hat{y}(k)) \quad (4)$$

この最小化問題は、以下の条件を満足する $\alpha = (\alpha_1, \dots,$

$$\mathcal{O}(k) = \sum_{i=1}^M \left\{ \left(\alpha_i^{(1)} + \alpha_i^{(2)} \right) \cos \frac{2\pi i t}{T_s} + \left(\beta_i^{(1)} + \beta_i^{(2)} \right) \sin \frac{2\pi i t}{T_s} \right\} \quad (7)$$

$\alpha_M, \beta = (\beta_1, \dots, \beta_M)$ を見つけることと等価である .

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{V}(\alpha, \beta)}{\partial \alpha} &= 0 \\ \frac{\partial \mathcal{V}(\alpha, \beta)}{\partial \beta} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

式 (4), (5) を満たすような $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_M), \beta = (\beta_1, \dots, \beta_M)$ を探索するための手法としては, よく知られた最大傾斜法 [1] を採用している .

3.3 特徴解析と心臓マッサージ成分の推定

3.3.1 心電図波形の特徴解析

同定によって得られた波形データ $\hat{y}(k)$ より, 心電図波形の特徴解析を行う .

心電図波形の特徴は, 式 (5) の最適化問題を解くことによって得られた $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_M), \beta = (\beta_1, \dots, \beta_M)$ によって, 下記のように計算する .

$$A_i = (\alpha_i^2 + \beta_i^2)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

これは, 心電図波形を構成する成分の振幅に相当する (以下, 振幅特性と呼ぶ) .

これまでの解析結果から, 心臓マッサージ実施中の心電図波形では, 上記の振幅特性に着目した場合, 次の 2 つの場合が見られる .

- (i). 1.5 ~ 1.7 [Hz] 付近にのみピークが見られる .
- (ii). 1.5 ~ 1.7 [Hz] 付近にピークの他にその整数倍の周波数帯にもピークが見られる .

3.3.2 心臓マッサージ成分の推定

3.3.1 で述べたように, 心臓マッサージ実施中の心電図波形では, 1.5 ~ 1.7 [Hz] 付近に単一のピークが見られる場合と, その整数倍の周波数帯にピークをもつ高調波成分のようなものが見られる* . ただし, 1.5 ~ 1.7 [Hz] 付近のピークを第 1 ピークとすると, 第 2 ピークまでは, 振幅の大きいものがあるが, 第 3 ピーク以降については, 大きな振幅を持つものは多くない . また, 心室細動波形で注目すべき周波数帯域が, 2.0 ~ 10.0 [Hz] であるため, 開発したシステムでは, 第 3 ピーク以降については心臓マッサージ成分を構成する周波数成分としては考慮しないこととした .

以上のことから, 開発したシステムでは, 心電図波形の振幅特性における第 1 ピーク, 第 2 ピークに関する情報を利用して, 心臓マッサージ成分を推定する . 推定方法は, 次の通りである .

*反射等の影響と考えられるが, 原因は特定できていない .

(i). 同定結果から得られる心電図波形の振幅特性のうち, 第 1 ピーク, 第 2 ピークを見つける .

(ii). 各ピークには, 次のように重みづけを行う .

(a) 第 1 ピーク :

ピークの最大値を p^* , ピークを取る周波数を f^* とし, 平均 f^* , 分散 σ_k ($k = 1, 2, \dots, n$) なる正規分布を考える . この分布を重み係数として, 同定の結果として得られた $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_M), \beta = (\beta_1, \dots, \beta_M)$ に乗じる . その結果, 得られたパラメータを $\alpha^{(1)} = (\alpha_1^{(1)}, \dots, \alpha_M^{(1)}), \beta^{(1)} = (\beta_1^{(1)}, \dots, \beta_M^{(1)})^\dagger$.

(b) 第 2 ピーク: 第 2 ピークでは, 第 1 ピークと同様に平均 f^* , 分散 σ_k ($k = 1, 2, \dots, n$) なる正規分布を考えるが, 減衰率として, ζ_k ($k = 1, 2, \dots, m$) を乗じる . その結果, 得られたパラメータを $\alpha^{(2)} = (\alpha_1^{(2)}, \dots, \alpha_M^{(2)}), \beta^{(2)} = (\beta_1^{(2)}, \dots, \beta_M^{(2)})^\ddagger$.

(iii). 各ピークに重みづけをすることによって得られたパラメータにより, 心臓マッサージ成分を式 (7) のように推定する .

以上のように, 心臓マッサージ成分を推定するが, 各ピークに重みづけを行う際に下記的设计パラメータがあるが, これについては, 解析の結果から決定している .

3.4 推定された心臓マッサージ成分の除去

心臓マッサージ成分が, 式 (7) のように推定されるため, 同定した心電図波形との差をとり, 心臓固有の動きから得られる心電図波形 $z(k)$ を抽出する .

$$z(k) = \hat{y}(k) - \mathcal{O}(k) \quad (8)$$

3.5 波形認知アルゴリズムによる処理結果の一例

表 2 の心電図波形データに対し, 心臓マッサージ実施時の波形から心臓マッサージの影響を除去した結果を図 4, 図 5 に示す[§] .

図 4, 5 より, 心臓マッサージ波形のピークである 1.6 [Hz] において成分が大幅に減衰しているのがわかる (図中の赤色の印で表示されている箇所を参照 .) . 心臓マッサージ波形と心室細動 (VF) 波形を合成した波形に関する結果を確認しても, 1.0 [Hz] 以下にピークが見られるが, 心室細動 (VF) 波形の特徴が確認できる . この結果より, 心臓マッサージの成分を除去する

[†]1.5 ~ 1.7 [Hz] 付近以外は, ほとんど 0 となっている .

[‡]3.0 ~ 3.4 [Hz] 付近以外は, ほとんど 0 となっている .

[§]ここでは, 表 2 の心電図波形データから, 3 秒間のデータをランダムに切り出した波形を処理している .

表 2: 対象とする心電図波形データ

心室細動直前，あるいは直後の心臓マッサージ実施時の心電図波形	時刻
Case 1) : 2006 年 7 月 30 日	7:58:54 ~ 7:59:20
Case 2) : 2006 年 6 月 25 日	19:00:53 ~ 19:01:52

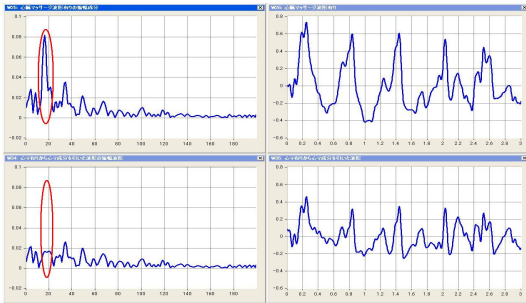


図 4: 波形認知アルゴリズムによる処理結果 : Case 1)

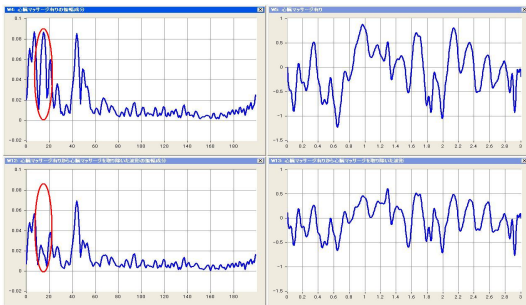


図 5: 波形認知アルゴリズムによる処理結果 : Case 2)

ことが出来たといえる．1.0 [Hz] 以下のピークについては，心臓マッサージを実施していない個々の心室細動 (VF) 波形を解析してみても，やはり 1.0 [Hz] 以下の成分も確認できることから，これも心室細動 (VF) 波形の特徴であると考えられる．本研究における解析の結果から，開発したアルゴリズムが，心臓マッサージの影響を除去することに対し，有効なアルゴリズムであるといえる．さらに，処理時間についても検討しており，今後，本アルゴリズムが医療の現場において，オンラインで適用し得ると考えられ，現場での臨床応用が望まれている．

4 むすび

本研究は，まず心電図波形データを記録・集積するために，心電図波形データ収集システムを設計・導入し，次に記録・集積された心電図波形データを検証する作業を実施し，心臓マッサージ実施時前後に心室細動 (VF) 波形が記録されている心電図波形データを整理・分類した．更に，整理・分類された心電図波形データを解析することにより，心臓マッサージが心電図波形データにどのような影響を及ぼすのかを検討し，心臓マッサージによる心電図波形への影響を除去する波形認知アルゴリズムを構築した．その他に，現状の半自動除細動器 (AED) において，どのように除細動

適用波形を認知しているのかを調査した．

今後は，心電図波形データの記録・集積作業を継続して実施するとともに，

- (i). 臨床応用と安全性の検証
- (ii). 処理速度，および認知精度向上のためのアルゴリズムのカスタマイズ．
- (iii). 実用機開発に関する検討．

に取り組む必要がある．このような課題に取り組み，波形認知アルゴリズムの精度を向上させ，早期認知システムが実現されれば「絶え間ない心臓マッサージ」をはじめ様々な蘇生処置を講じながらも安全かつ確実に除細動適用波形を判断できるため，心肺停止患者の蘇生率向上に大きな効果をもたらすことが期待されており，平成 20 年度からの消防防災科学技術研究推進制度の研究課題として，再度採択され，研究を推進している．

参考文献

- [1] 越川 常治: "信号解析入門", 近代科学社 (1992)
- [2] 三橋 渉: "信号処理", 培風館 (1999)
- [3] 有本 卓: "信号・画像のデジタル処理", 産業図書 (1982)
- [4] 飯島 泰蔵: "自然観測法の理論 — 瞬時性に着目した新しい波形解析法", 森北出版 (2000)
- [5] 飯島 泰蔵: "デジタル自然観測法の理論 — 時系列解析のための新しい理論", 森北出版 (2001)
- [6] J. W. Cooley and J. W. Tukey: "An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series", Mathematics of Computation, vol.19, No.90, pp.297-301 (1965)
- [7] 兼本 成斌: "はじめての心電図", 医学書院, (2002)
- [8] 岡田 和夫, 青木 重憲, 金 弘: "ACLS プロバイダマニュアル", American Heart Association Inc.(2004)
- [9] 寺沢 寛一: "自然科学者のための数学概論", 岩波書店 (1991)

付録

A.4.1 心電図波形データ収集システムの仕様

本年度に設計・導入した心電図波形データ収集システムの仕様の概略をを表 3，および表 4 に示す．

表 3: 心電図波形データ収集システムの仕様 (1)

機器名	項目	仕様
心電図アンブ	入力方式	アイソレーション方式
	入力電圧	±20 [mV]
	誘導の種類	I・II・III 誘導 (可変)
	弁別比	100[dB] 以上 (DC ~ 65[Hz])
	内部雑音	入力換算 10[μV] P-P 以下
データ収録・解析システム	周波数特性	高域特性 250[Hz], 低域特性 0.5[Hz]
	アナログ入力	8 入力
	入力範囲	±2[mV] ~ ±10[mV]
	ADC 分解能	16[bit]
	最大サンプリング速	200[KHz/ch]
データ収録用コンピュータ	OS	Microsoft Windows XP Professional Service Pack2
	CPU	インテル Pentium M プロセッサ
	メインメモリー	521[MB]
	ハードディスク	60[GB]
	ディスプレイ	12.1 型
	内臓ドライブ	スーパーマルチドライブ (DVD-RAM/-R/-RW, +R/+RW, CD-R/RW)
コンピネーションカメラ	映像素子	インターライン転送方式 CCD (1/4 型)
	有効画素数	38 万画素 (水平 768 × 垂直 494)
	その他	集音マイク内臓
天井埋込ブラケット		コンピネーションカメラ専用取り付け金具
天井マイク	定格	DC12[V] (極性あり)
天井スピーカ	スピーカユニット	10[cm] コーン型
	定格入力	3[W]/1[W]
	出力音圧レベル	92[dB/W] (1[m])

表 4: 心電図波形データ収集システムの仕様 (2)

機器名	項目	仕様
ポータブルトランシーバ	通信方式	複信方式、半複信方式
	送信周波数	413.70000[MHz] ~ 414.14375[MHz] から選択 1 波
	受信周波数	454.05000[MHz] ~ 454.19375[MHz] から選択 1 波
	空中線電力	1[mW]
コントロールマイクロホン	指向性	単一指向性
	感度	-43[dB]
マスタートランシーバ	通信方式	複信方式、半複信方式
	信周波数	454.05000[MHz] ~ 454.19375[MHz] から選択 1 波
	受信周波数	413.70000[MHz] ~ 414.14375[MHz] から選択 1 波
	空中線電力	1[mW]
20 型液晶モニタ	ドット数	921,600 ドット (水平 640 × 垂直 480 画素)
	AV 入力	2 系統 2 端子
	S 映像入力	1 系統 1 端子
	AV 出力	モニター出力
カメラコントロールユニット	カメラ入力	VB 0.85[V] (P-P) (カラー)
画像分割器	映像入力	4 回路
	映像出力	4 回路
ハードディスク DVD レコーダ	テレビジョン方式	NTSC 方向準拠
	圧縮方式	Wavelet ベース
	処理画素数	720 (水平), ×240 (垂直)
	ハードディスク容量	内臓 240[GB]
	DVD ドライブ	DVD-RAM /-R /-RW
自動録画インターフェース	制御入力	接点信号
	制御対象	ハードディスク DVD レコーダ
インカムマスター	マイク	エレクトレットコンデンサ型 フレキシブルマイクロホン
メインコントローラ	モニター出力	×2
	外部入力	×2
チャージャー	同時充電可能数	最大 6 台
	充電時間	最大約 4 時間
音声双方モニターユニット	マイク入力回路	1 回路
生体情報システム	参照項目	心電図・SPO2・血圧
	トレンドグラフ	最大 72 時間

第7 救急・救助業務の高度化

7.4 IC タグを使った救急搬送時の情報収集・伝達システムの開発

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	15,318(平成 17 年度)、15,318(平成 18 年度)、10,212(平成 19 年度)
研究代表者	清水政司
所属機関	財団法人地域開発研究所
研究体制	産・官
研究概要	<p>救急搬送の現場における傷病者情報の不足,搬送中のバイタル等の記録作業の困難,現場及び搬送中の迅速な情報伝達の必要性等の課題解決に向けて,救急隊員がストレスなく情報収集を行い医療機関に伝達するためのシステムの開発を行った。</p> <p>本システムは傷病者の重症度・緊急度に応じた業務フローに準じて簡易に情報の入力・送信を行うことが可能であり,記録作業や伝達時間の削減,医療機関への正確な情報伝達に関して一定の効果が見られた。</p> <p>また救命士,救急隊員,看護師等を対象としたアンケート調査においても,情報の記録,伝達,検証等の様々な場面での導入効果への期待が高いことが明らかになった。</p>
研究成果の活用事例	<ul style="list-style-type: none"> ・本研究成果によるシステムは,飯塚地区消防本部において実証実験を兼ねて一部導入済みである。 ・本研究成果の製品化については,現在ソフト及びハード設計を併せて検討中である。
応用の方向性	<p>実際の救急搬送現場のみならず,業務フローを活用した救急隊員への研修への利用も可能であり,研修～現場への幅広い展開により,隊員のスキル格差解消とスキルアップに寄与できると考えられる。</p>
キーワード	重症度・緊急度,救急救命活動,業務フロー,IC タグ

研究発表の状況等	<p>1) IC タグ及びその他のデバイスを用いた迅速で正確なバイタル情報収集と記録,医療機関への情報伝達システムの開発と展望について(デモンストレーション及びパネルディスカッション),第9回筑豊地域救急隊員研修会,飯塚地区消防本部・麻生情報システム・地域開発研究所,平成19年6月23日</p> <p>2) 病院前救護の情報伝達システムIT化に連動したプログラムの開発について,第26回福岡救急医学会,平成19年9月8日</p> <p>3) 救急現場及び搬送中のバイタル情報の収集と記録ー迅速性と正確性を追求ー,松岡・鮎川,第35回日本救急医学会総会学術集会,平成19年10月17日～18日</p> <p>4) 救急現場・搬送時の患者情報収集と記録,医療機関への情報伝達支援システム(RSS)の運用実験結果と課題,第36回日本救急医学会総会学術集会,平成20年10月14日～16日</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	今後の展開として,本システムの救急搬送現場へのより広範な地域への導入,収集されたデータの検証によるシステムの高度化,救急隊員向けの研修への活用等を検討している。

ICタグを使った救急搬送時の情報収集・伝達システムの開発

○横山真吾¹・ 鮎川勝彦²・ 松岡修司³・ 高野晋一⁴・ 國松 功⁴

Shingo Yokoyama, Katsuhiko Ayukawa, Syuji Matsuoka, Shinichi Takano, Isao Kunimatsu

研究課題の要旨: 救急搬送の現場における傷病者情報の不足、搬送中のバイタル等の記録作業の困難、現場及び搬送中の迅速な情報伝達の必要性等の課題解決に向けて、救急隊員がストレスなく情報収集を行い医療機関に伝達するためのシステムの開発を行った。本システムは傷病者の重症度・緊急度に応じた業務フローに準じて簡易に情報の入力・送信を行うことが可能であり、記録作業や伝達時間の削減、医療機関への正確な情報伝達に関して一定の効果が見られた。

キーワード: 重症度・緊急度、救急救命活動、業務フロー、ICタグ

1. はじめに

事故等の発生現場においては、救急隊員による一次救命処置が行われた後、傷病者の情報収集を行うが、この際には傷病者の意識レベル等の状況によっては、患者情報が不足することがあり、適切な処置の実施や救急搬送先の決定のために、迅速な情報の収集が求められている。

また救急車による搬送時においては、器具等による救命処置、傷病者のバイタル測定を行った後、搬送記録票等に処置の履歴やバイタルの状態を記録するが、重症度・緊急度の高い傷病者の場合、これらの記録作業が困難なケースが多く、効率的な処置履歴やバイタルの記録が課題となっている。

搬送中の医療機関への連絡については、現状では携帯電話による場合が多いが、携帯電話の場合は、即時性が高いというメリットはあるものの、口頭での伝達であることから誤情報伝達の危険性を孕んでいること、情報の伝達回数が限定されることなどの課題を有しており、医師への早期かつ正確な情報伝達が必要である。

これらの救急搬送時における課題を踏まえ、本研究では、1) 現場における傷病者基礎情報の迅速かつ正確な把握 2) 救命処置行為等の記録作業の省力化と救命処置への集中 3) 医療機関への患者情報の正確かつ迅速な伝達及び指示助言体制確立を目的とした「重症度・緊急度に応じた胸痛の業務フローに基づくシステム」の開発を行った。

2. 使用するデバイスと各主体の役割

本システムで使用するデバイスとそれを携帯する各主体の役割を図1に示す。

福岡県飯塚地区では、救急搬送を3人体制で行っており、隊長は主に傷病者の救命処置と傷病者の初期観察を行う。

救急隊員の1名がICカードのリーダーを装着し、

(所属機関名)

- 1 財団法人地域開発研究所
- 2 飯塚病院救命救急センター
- 3 福岡県飯塚地区消防本部
- 4 株式会社麻生情報システム

バイタルの測定やICタグ情報の読み取りを行う。

読み取られたデータはBluetoothにより、別の救急隊員が保持するディスプレイに表示される。

ディスプレイを保持する救急隊員(機関員)がバイタルの記録、処置内容の記録、メール送信を行う。

使用するデバイスは、救急現場の特性を考慮し、軽量性と堅牢性を兼ね備えたタッチパネル式のワイヤレスディスプレイとし、実際に記録されたデータは救急車内のPCに格納されるため、万が一ディスプレイが破損や盗難にあった場合に対して情報の保持や漏洩防止に配慮している。

傷病者については、実証実験段階で性別、年齢、既往歴等を記載した非接触型のICカードを用意し、仮に意識がない場合においても救急隊員がICカードのリーダーをかざすことで傷病者の基礎情報を読み取ることができるようにした。

救急車内にはデータ記録・保存・送信のためのPCを設置し、救急隊員の保持するディスプレイとは無線通信(Bluetoothもしくは無線LANによる通信)を行う。

人物	使用する情報通信機器	主な役割
救急隊隊長		*救命処置 *傷病者観察
救急隊隊員	 ICカードのリーダー *無線通信機能 *非接触通信機能	*バイタル測定 *ICタグの読取
救急隊機関員	 軽量性と堅牢性を兼ね備えたワイヤレスディスプレイ *重量1.2kg、27×21×4cm *タッチパネル式 *無線通信機能	*バイタル記録 *処置内容記録 *データ送信
傷病者	 ICカード *ICを内蔵した診察券 *性別・年齢・既往歴等 *非接触通信機能	
(車内)	 救急車内のPC	*データ記録 *データ保存 *データ送信

図.1 本システムで使用するデバイス等

3. 情報伝達の流れ

事故発生現場では、救急隊員（A）が傷病者の持つICカードにリーダーをかざし、傷病者の基本情報の読み取り、別の救急隊員（B）へ情報を送信する。

救急隊員（B）は、ICカードの情報及び救急隊の隊長が口頭で読み上げる初期観察情報、処置内容、バイタル情報等を入力し、医療機関へ送信する。

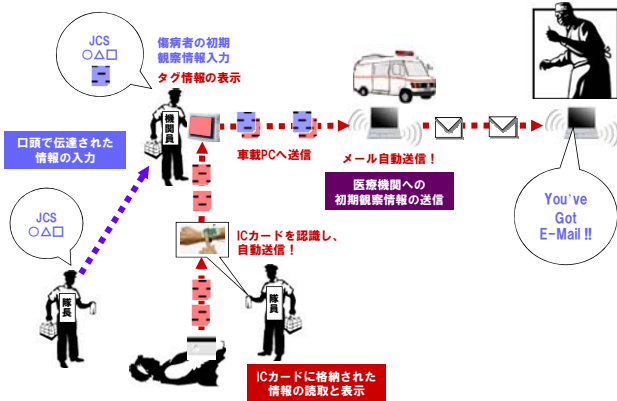


図. 2 発生現場における情報の流れ

車内収容後においても、基本的な情報の流れや各主体の役割は同様であるが、医療機関への搬送が行われた時点からは、救急隊員1名が処置作業と同時並行で情報の記録や伝達を行う。

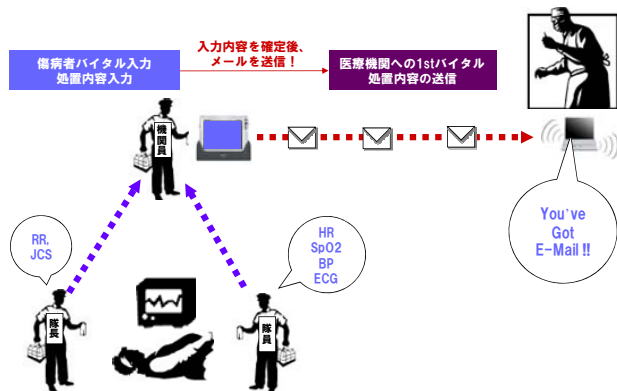


図. 3 車内収容後における情報の流れ

救急隊員より送信されたデータは、即時に（業務フローの各ステップ終了後自動的に）搬送先として指定した救命救急センター等の医療機関の医師に送られる。

医師による送信内容の確認が行われた後、画面に表示された傷病者データをもとに医師と救急隊員とで携帯電話による処置方法の確認等が行われる。



図. 4 医師による情報確認

4. システム画面遷移

開発したシステムの画面遷移を図. 5-1～図. 5-4に示す。

プロトコル選択画面（図. 5-1）で、傷病者の状態に応じて適切なプロトコルを選択する。

続いて選択したプロトコルに対応する重症度・緊急度のチェックを行う（図. 5-2）。

プロトコル選択と重症度・緊急度のチェックが完了した時点で「NEXT」ボタンを押すと、自動的に搬送先の医療機関に最初のメールが送信される。

現時点でまだ搬送先が決定していない場合は、データが蓄積され、搬送先の選択と同時にこれまで蓄積されたデータが一括して送信される。

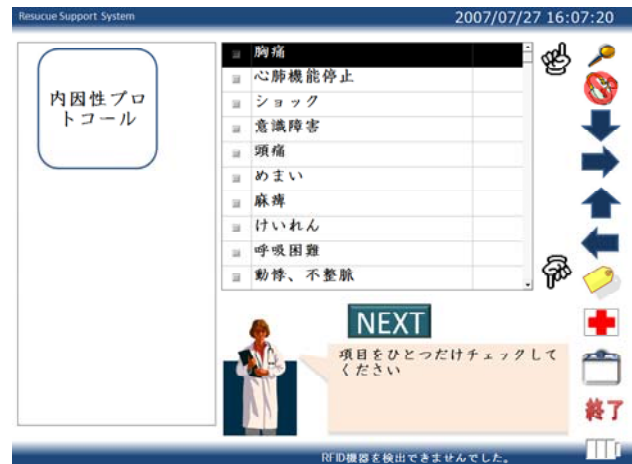


図. 5-1 プロトコル選択画面

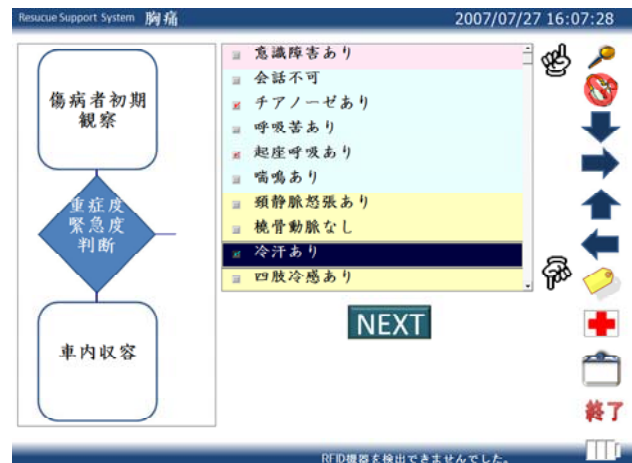


図. 5-2 重症度・緊急度判断画面

ICタグ情報の表示画面（図 5-3.）は、プロトコルの任意の段階で年齢、性別、氏名、連絡先、既往歴、薬剤歴等の確認ができるようになっている。

これらの個人情報、医療機関への送信時には暗号化を行い、第三者による読み取りを防止するように配慮している。

診察番号	年齢	40	性別	男
保りつけ病院	飯塚病院	氏名	筑豊太郎	
既往歴	高血圧 糖尿病 高脂血症 痔瘻 男性 高血圧	TEL	092-833-5120	
薬剤歴	インスリン 抗精神病薬 抗精神薬 テコールアミン製剤 アドレナリン作動薬 モノアミン酸化酵素阻害薬 ニトロ系抗うつ薬 分泌促進薬 ジギタリス製剤 キニジン 甲状腺製剤 非選択性β遮断薬 血糖降下薬 プロモクリプテン	備考		
備考	特になし			

図. 5-3 IC タグ情報の表示画面

バイタルの入力画面(図. 5-4)では、傷病者の状態や救急隊員の処置作業の状態に応じて、カテゴリーをチェックするパターンと数値を入力するパターンの2つを用意している。

HR	< 50bpm > 120bpm	<input type="checkbox"/>
BP	< 90mmHg > 200mmHg	<input type="checkbox"/>
RR	< 10回/分 > 30回/分	<input type="checkbox"/>
SPn2	< 95%	<input type="checkbox"/>
	低下(二桁以上)	<input type="checkbox"/>
	不整脈有 SI-T変化有	<input type="checkbox"/>

図. 5-4 バイタル値の入力画面

上記以外の機能として、医療機関の選択画面、処置内容の記録画面、傷病者の経過観測画面等が用意されている。

5. 実証実験

本システムの導入効果の検証を目的として、【1】搬送記録票を使った場合と本システムを使った場合の比較実験(平成19年12月)と【2】実際の救急車に実装した場合の利便性等の検証実験(平成20年1月~3月)を行った。

実験【1】では、仮想的な救急搬送状況におけるファーストコールとメディカルコントロールにかかる時間について、搬送記録票を使った場合とシステムを利用した場合について比較を行った。

その結果、前者については医師と救急隊員との会

話時間が1分32秒であったが、システムを利用した場合は1分02秒となり、伝達時間の大幅な軽減が確認された。

また前者の場合、傷病者の氏名や生年月日の確認について医師と救急隊員で複数回のやりとりが行われたのに対し、後者では既にメールにより上記の情報が送られていることから、確認作業が不要であった。

実験【2】では、飯塚地区消防本部の桂川消防署の救急車に本システムを実装し、救急搬送時において実際に情報の入力と送信を行った。

この実験では特に救急隊員が救命活動を実施しながらどの程度の時間でバイタル等の記録を行うことができるかを検証することを目的としていた。

実験の結果の一例(図. 6)を示すと、重症度・緊急度の判別に係った時間は4秒程度、バイタルの記録については33秒程度で済んでおり、従来の搬送記録票による記録と比較しても支障のない時間で情報の記録が可能であることがわかった。

桂川26-61-5 ((胸痛))重症以上1回目 2008_01_30 ...

桂川26-61-6 ((胸痛))バイタル情報1回目 2008_01_30 ...

図. 6 送信されたメールの内容

6. ニーズ調査

平成19年6月に行われた筑豊地域救急隊員研修会において、参加した地域医療従事者対象147名にアンケートを実施し、本システムの有用性等について調査を行った。

回答者の内訳(図. 7-1)は、救命士36%、救急隊員30%、看護師25%等となっている。

「このシステムで救急活動の効率化が図られると思いますか？」という質問に対しては、79%が「効率化が図られる」と回答している（図. 7-2）。

また、「特に効率的と思われるものは？」に対しては、「記録」が26%と最も多く、「情報収集」21%、「伝達」18%となっている他、搬送後の「検証」が14%見られることも特徴である（図. 7-3）。

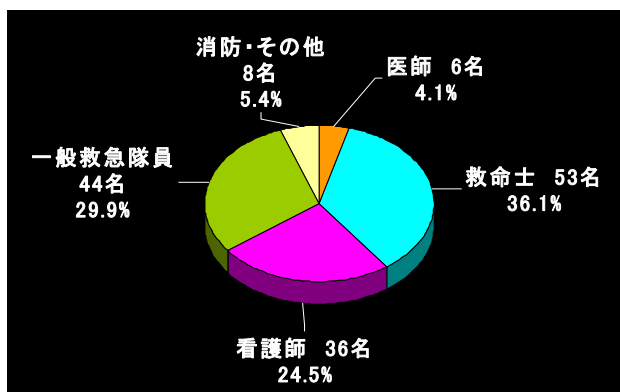


図. 7-1 アンケート回答者内訳

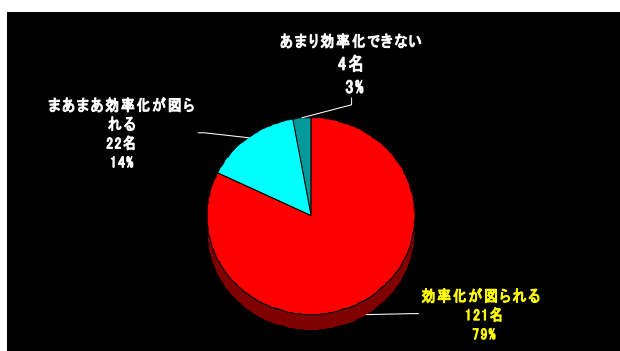


図. 7-2 このシステムで救急活動の効率化が図られると思いますか？

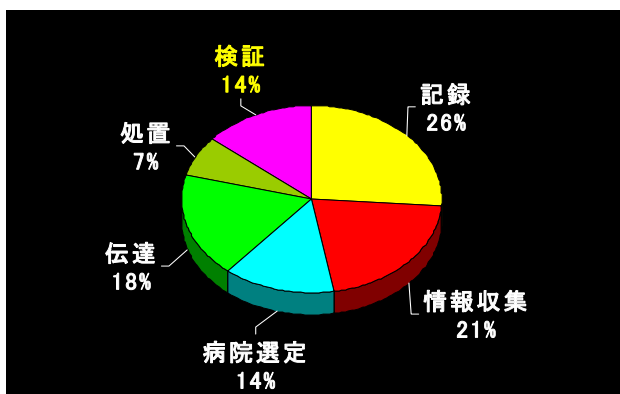


図. 7-3 特に効率的と思われるものは？（複数可）

その他、「医療機関への迅速な伝達が期待できると思いますか？」については、72%が「期待できる」と回答している（図. 7-4）。

また「システムの導入によって救急隊の活動内容の統一化が期待できると思いますか？」については、73%が「期待できる」と回答している（図. 7-5）。

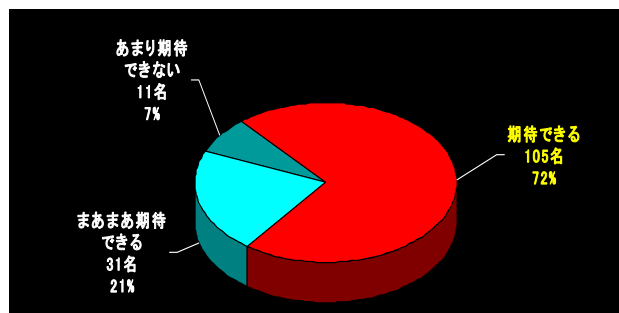


図. 7-4 医療機関への迅速な伝達が期待できると思いますか？

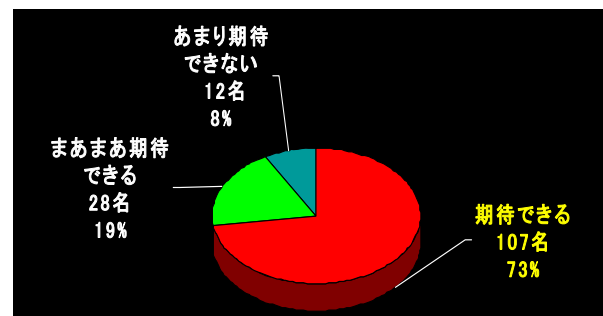


図. 7-5 システムの導入によって救急隊の活動内容の統一化が期待できると思いますか？

7. まとめ

システムの実証実験やニーズ調査の結果から本システムの導入による効果をまとめると以下の5点に集約される。

- 現場での救急隊の活動内容が統一化され、患者観察要領や処置方法、病院連絡における救急隊ごとのスキル格差が狭まり、全体的なレベルアップへとつながる。
- 傷病者の処置・観察に今まで以上に注力をそぐことが可能となる。
- 重要な観察項目の見落としがなくなる。
- 搬送先医師への情報提供の充実化が図られる。
- 今まで以上にオンラインMCが容易となる。

上記の効果を踏まえ、今後も救急自動車への実装による実データの収集を行い、システムの利便性や確実性の向上に努めるとともに、本システムの他分野（例えば救急隊員の研修用システムへの援用）等を進めていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 救急搬送における重症度・緊急度判断基準作成委員会報告書，財団法人救急振興財団、平成16年3月
- 2) 救急救命士標準テキスト，救急救命士教育研究会、2005年5月

第8 環境への配慮

第8 環境への配慮

8.1 自然エネルギーを利用した林野火災用水利システム

研究実施期間	平成 17 年度～平成 19 年度
配分額(千円)	20,696 (平成 17 年度)、20,488 (平成 18 年度)、19,656 (平成 19 年度)
研究代表者	北川 能
所属機関	国立大学法人 東京工業大学
研究体制	学
研究概要	本研究は、林野火災用として、自然エネルギーを動力源としたポンプにより、山岳地にツリー状に繋がった防火水槽群に渓谷の沢水等を水源として下から順に送水管により揚水し、消防水利を確保しようとするものである。送水管各所に消火栓的機能を有するバルブを設ける。本システム開発により、車両道路も電力もない場所でも防火水槽の設置が可能となり、また、消火活動時、林野消火栓と防火水槽間の背圧を利用して、消火栓から直接放水や、背負い式水のうへの給水が容易に行え、隊員労力の軽減化と消火活動の効率化を図ることができる。
研究成果の活用事例	林野火災用水利の他、余剰水を防火帯に散水し防火力を強化できる。
応用の方向性	自己完結型システムのため、車両動路、商用電源等種々の制限を受けることなく消防活動上必要な現地に設置できる。 林野火災消防活動時の隊員労力の軽減化と消火活動の効率化が図れる。
キーワード	消防水利確保、消火作業の効率化・軽減化、自己完結型、自然エネルギー
研究発表の状況等	1) 平賀,北川,留,林下:自然エネルギーを利用した林野火災用水利システム,平成 18 年度日本火災学会研究発表会,570-573 (2006) 2) 北川,林下,平賀,留,:林野火災消火のための水利システム,日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集,Vol.2,315-316, (2006)
知的財産権の出願・登録状況等	特願 2008-050179・平賀俊哉,北川 能,東京工業大学・サボニウス型風車の変形翼,(2008 年 2 月 29 日)
当該研究に対する今後の展開、意見等	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。特に、実証実験から得られた実用上の問題点をクリアすることが望まれる。

自然エネルギーを利用した林野火災用水利システム

○北川 能¹・平賀俊哉¹

Ato Kitagawa and Shunya Hiraga

研究課題の要旨: 本研究は、林野火災用として、自然エネルギーを動力源としたポンプにより、山岳地にツリー状に繋がった防火水槽群に渓谷の沢水等を水源として下から順に送水管により揚水し、送水管各所に消火栓的機能を有するバルブを設けて、消防水利を確保しようとするものである。本システム開発により、車両道路も電力もない場所でも防火水槽の設置が可能となり、また、消火活動時、林野消火栓と防火水槽間の背圧を利用して、消火栓から直接放水や、背負い式水への給水が容易に行え、隊員労力の軽減化と消火活動の効率化を図ることができる。

キーワード: 林野火災、消防水利確保、消火作業の効率化・軽減化、自己完結型、自然エネルギー

1. はじめに

報告書によれば¹⁾、林野火災において、延焼拡大の要因として水利不足が挙げられ、また一定距離ごとの防火水槽設置の必要性が述べられている。本研究は林野火災用の消防水利確保のため、図1のように、水力や太陽光などの自然エネルギーを動力源としたポンプにより山岳地に置かれた貯水槽へ常時送水する自己完結型で環境適応型のシステムを構築することを目的としている。

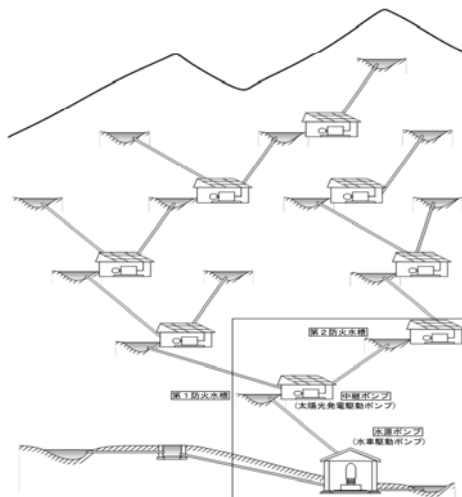


図1 林野火災用水利システム概念図

研究にあたり、実用時の問題点解決のための山岳地での長期フィールドテストを実施する。送水条件として、水源ポンプにより渓谷沢水を高度差80m以上の第1防火水槽へ揚水し、更に高度差80m以上の第2防火水槽へは第1防火水槽水を水源として中継送水することとし、また送水管各所に消火栓的機能を有する林野消火栓を設けることとした。

本システム開発により、車両道路も電力もない場所の防火水槽への送水が可能となる。また、消火活動時、林野消火栓と防火水槽間の背圧を利用して、消火栓から直接放水や、背負い式水への給水が容易に行え、隊員労力の軽減化と消火活動の効率化を図ることができる。

2. システム構築とその性能

2.1 水源ポンプ: 水源ポンプは、水源から第1防火水槽まで揚水するポンプである。ここでは揚水手段として水車駆動ポンプおよび水撃ポンプを用いる。

2.1.1 水車駆動ポンプ: 設置の容易さを考慮し、3m程度の低落差で十分な駆動力が得られる水車として、渦巻きポンプ（定格流量800L/min、揚程3m）を図2のように改造し

1 国立大学法人東京工業大学

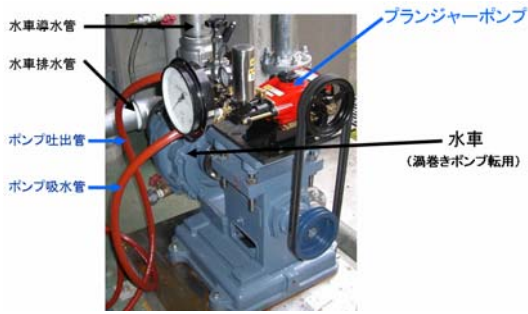


図2 水車駆動ポンプ

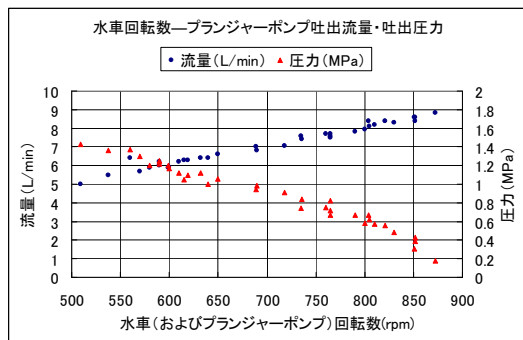


図3 水車駆動ポンプの性能

て使用することとした。図3に水車駆動ポンプの性能を示す。

水車性能実験を行った結果、供給流量800L/min、有効落差3mにおいて軸出力0.16kW(0.22PS)、水車効率35%が得られ、水車として十分機能することが分かった。次に、プランジャポンプと組み合わせて水車駆動ポンプを構築し、性能試験を行い、揚程100mで6.2L/minの揚水結果を得た^{2) 3)}。

2.1.2 低騒音水撃ポンプ：野生動物に影響を与えない低騒音の水撃ポンプを実現するため、図4の水撃ポンプを試作した。この水撃ポンプは従来なかった図4(b)に示すクッション機構を備えており、また排水方向を工夫することで、異物や土砂などによる詰まりを防いでいる。

実験室での実験において揚程20mで

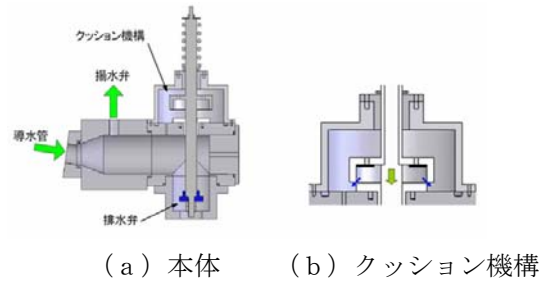


図4 騒音水撃ポンプ

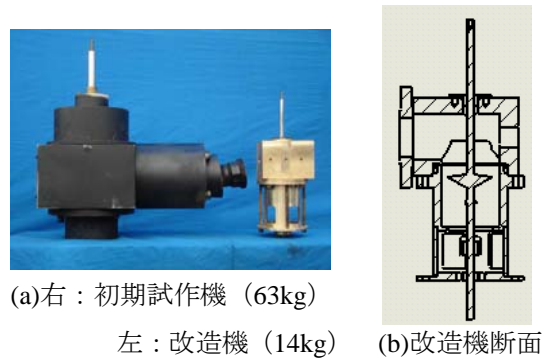


図5 低騒音水撃

1.5L/minの揚水が可能であることを確認した。また騒音はクッション機構のない場合の77dB程度から62dB程度に低下した。軽量化と運転の安定化のための改良を行い、重量を63kg(図5-左)から14kg(図5-右)とした。さらに排水弁の支持方法を図5(b)のように改良し、安定な連続運転を確認した。

2.2 中継送水ポンプ：これは第1防火水槽から第2防火水槽へ送水するポンプであり、試作した風車駆動ポンプを図6に示す。風車は、半径250mm、長さ1000mmの半円筒形状の2枚のブレードからなり、風向に関係なく回転する。ポンプは市販のプランジャ型である。作動テストの後、大型風洞実験(ファン径約5,000mm)により性能テストを行い、図7に示す結果を得た。中継送水ポンプとしてこの他に太陽光発電駆動ポンプを試作した。

2.3 異物除去トラップ：使用ポンプは、高揚程で小流量、高効率の容積型のポンプを用い

る。しかし、この形式のポンプは、砂・石等の異物混入に脆弱な面がある。従来のストレーナーは、メッシュ部（濾過部）に除去物が堆積するという弱点を持つことから、メンテナンスフリーで長期間連続運転する本システムの濾過用としては適さない。そこで、現場状況を考慮した異物除去トラップを開発した。これは、低流速時、異物が沈殿して管底部を流れることに着目し、管底部にスリットを設けてここから異物を除去するもの

である。水路内を流れる異物の観測をもとに水路底部をV形に改造した(図8)。図9は実験結果例で、除去率が99.1%となっている。

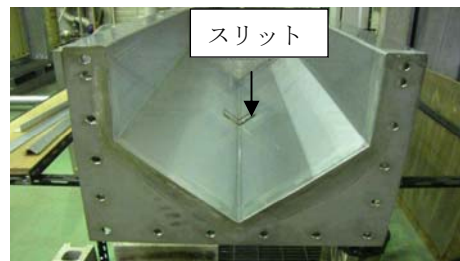
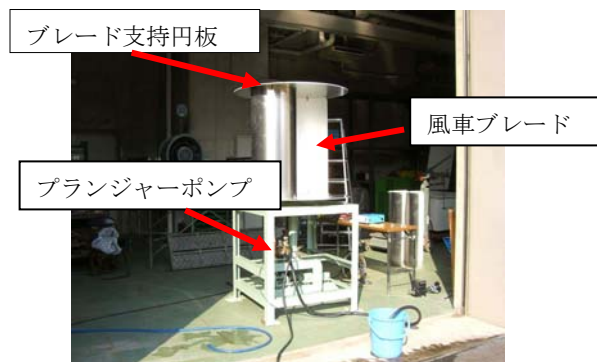


図8 異物除去トラップ



(a)風車駆動ポンプ

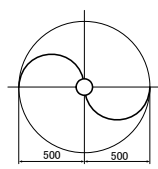
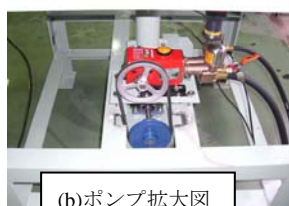
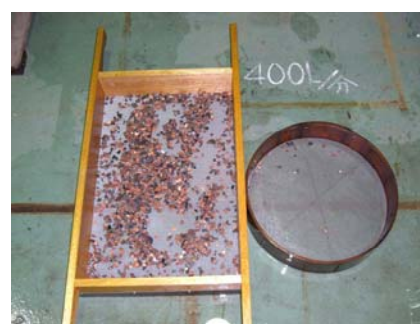


図6 風車駆動ポンプ



左：除去量（1178g）／右：通過量（11g）

図9 異物除去実験結果

3. フィールドテスト

3.1 フィールドテスト概要：日の出山（東京都西多摩郡）をフィールドテスト場を選定した。溪流（平均斜度約 9.6° ）に沿う道があり、テスト場として最適と判断した。図10のように、水車駆動ポンプの設置場所から上流側へ距離600m、高度差110mのところに第1防火水槽を、第1防火水槽水を水源として、更に上流側へ距離600m、高度差100mのところに第2防火水槽を土木工事により設置し、呼び径50A（水源-第1防火水槽）、40A（第1防火水槽-第2防火水槽）の樹脂管で接続した。

実用化の課題を明らかにするため、河川水量が半減する渇水期を想定し、サイフォン効果を利用した水源ポンプ（水車駆動ポンプ）

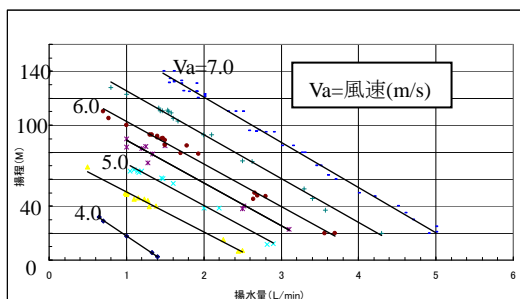


図7 風車駆動ポンプ性能

の間欠運転法を考案し、その実用性を実験で調べた。次に、中継送水ポンプ（太陽光発電駆動ポンプ）による第2防火水槽への揚水を実用化するため、バッテリーへの充電状況に応じた間欠運転の方法について実験で調べた。さらに実用化に際して重要な問題の一つである凍結防止について、ソーラー発電で得られた電気エネルギーの有効利用法として水槽水の加熱などを検討した。

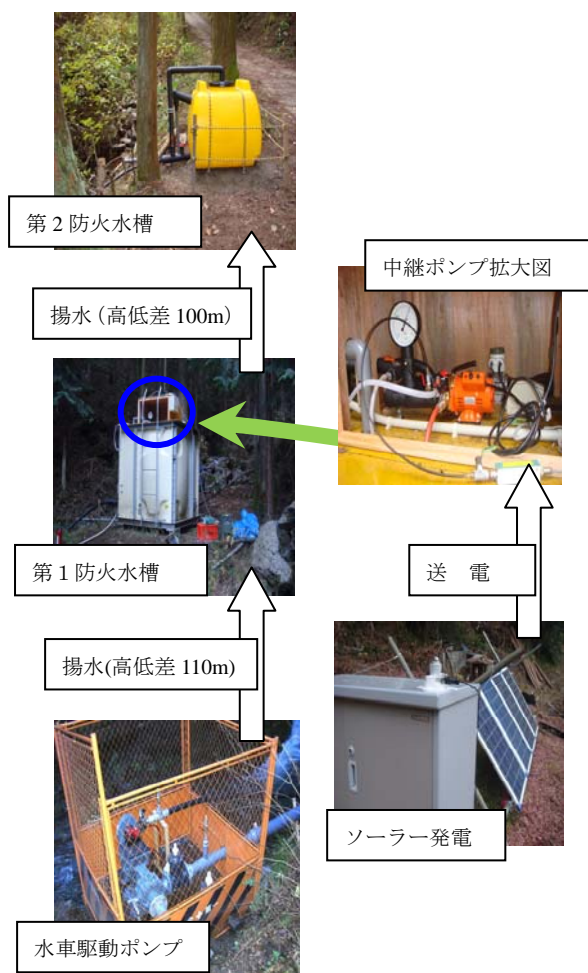


図10 実験装置

3.2 水源ポンプのフィールドテスト

3.2.1 水車駆動ポンプ：川を堰き止め、図11に示すサイフォン効果によって水源ポ

ンプの間欠運転を実現した。

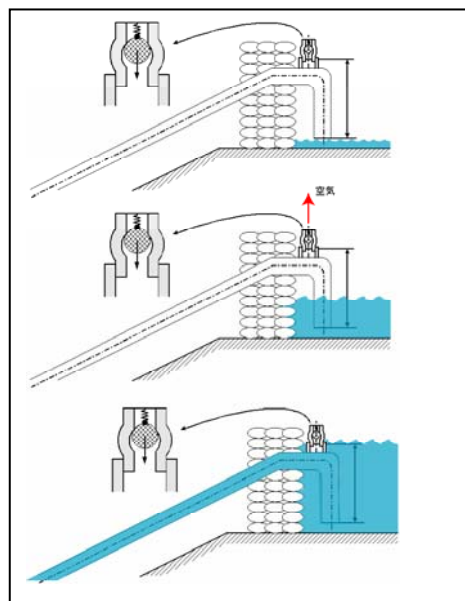


図11 サイフォン効果を利用した水車への河川水供給（間欠運転）

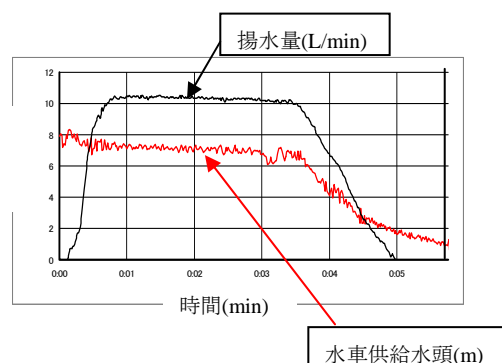


図12 水車駆動ポンプ実験結果

図12は、実験結果の1例であり、約24分毎に約40Lの間欠揚水（2400L/日）という結果を得た。

3.2.2 水撃ポンプ：水撃ポンプで40m、100mの揚水実験を行い、水撃現象の周期と揚水量を測定した。周期は両方とも1分間に14回の水撃現象を発生し、安定的な動作をした。また揚水量については、40m揚水時0.95L/min、100m揚水時0.34L/minの揚水量を確認した。

3.3 中継送水ポンプのフィールドテスト

3.3.1 太陽光発電駆動ポンプ：太陽光発電

は日照に依存するので、中継ポンプ駆動モータの焼損を防止するためにバッテリーを利用した間欠運転を行うこととし、面積3㎡のソーラーパネルを用いて実験を行った。図13(a)は結果の1例であり、2週間で3,600L(約260L/日)の揚水総量を確認した。

(b)は日照変化の記録であり、山中の日照は山影等によって影響され発電量にも影響している。

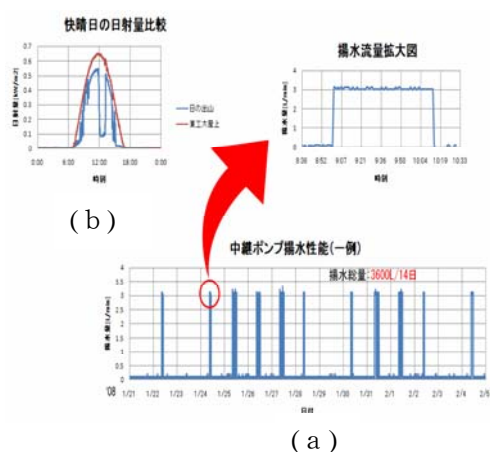


図13 太陽光発電駆動ポンプの運転例

3.3.2 防火水槽の凍結防止の検討：昼間の

うちに蓄えたバッテリーの電力を利用した夜間の揚水管路の凍結防止法として、短時間の間欠送水による揚水管路内の水の入れ替え、ヒータによる防火水槽内の水の加熱などの実験を行い、その効果を検討した。

4. 将来の展望

実証実験により、次のような課題があることを明らかにした。

まず種々の林野の設置現場に即したエネルギー確保パターンの策定を行い、その現場に最も適した選択が行えるようにする必要がある。それにより、各ポンプ(水源ポンプ、

中継ポンプ)の動力源を水力、風力、太陽光のうちのいずれのエネルギー源とするかが決めやすくなり実用化が進むものと考ええる。

水車駆動の水源ポンプについては、通常期にも渇水期にも対応できるような水車の開発が必要となろう。これにより水車の間欠運転による川魚への影響を軽減することができる。

流水中の土砂などの異物の対策のためには、水車の形状や材質の検討による対摩耗性の向上、豪雨時の増水対策としては水車導水管の橋上配管の検討を行うべきである。

本システムの設置場所は、車道のない山岳地を想定しており、現地設置時の機器の搬入は人力に頼ることが想定されるので、すべての機器は分解可能とし、現地において容易に組み上げられるようにする必要がある。

5. まとめ

本研究では、自然エネルギーを利用した林野火災水利システムの構築を行い、河川水の落差を利用した水源ポンプによる第1防火水槽への揚水、さらに太陽光発電を利用した第2防火水槽への揚水を実現し、実用化の可能性が高いことを実証した。

【参考文献】

- 1) 火災対策に係わる調査研究報告書、総務省消防庁(2003)
- 2) 平賀、北川、留、林下: 自然エネルギーを利用した林野火災用水利システム、平成18年度日本火災学会研究発表会、570-573(2006)
- 3) 北川、林下、平賀、留、: 林野火災消火のための水利システム、日本機械学会2006年度年次大会講演論文集、Vol.2,315-316、(2006)

第9 その他

第9 その他

9.1 消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究

研究実施期間	平成 17 年度～平成 18 年度
配分額(千円)	12,326(平成 17 年度)、3,640(平成 18 年度)
研究代表者	栗田修司
所属機関	龍谷大学社会学部
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>消防隊員の心的外傷後ストレス障害(PTSD)に焦点化して,その予防システム構築に向けた研究を実施した。研究は,4段階に分けて行った。第1段階は,映像システムと多地点同時テレビ会議システムの構築と検証であり,第2段階は,調査票による基礎データの調査,第3段階は,調査票と映像システムおよび COCOROMETER(唾液アミラーゼモニター)によるグループミーティングの調査,第4段階は,調査票による波及効果の調査である。</p> <p>以上の結果,消防隊員の全体的メンタルヘルスの特徴を把握すると共に,集団相互支援活動(グループミーティング)を自由な雰囲気の中で実施することで一定の効果が得られること,および本研究の実施により消防隊員がメンタルヘルスの重要性をより深く認識したことなどが分かった。</p>
研究成果の活用事例	<p>湖南広域行政組合消防本部において,継続してグループミーティングを実施し,消防隊員のメンタルヘルスの一助となっている。また,今後も,研究を発展的に継続し,PTSDを含む消防隊員のメンタルヘルスを支援する効果的・効率的な予防システムをさらに発展させたい。</p>
応用の方向性	<p>研究開始以降,消防隊員が PTSD を含むメンタルヘルス全体への関心を抱くようになってきたが,今後さらに研究を推進することで職場環境だけでなく,消防隊員の家族や近隣地域の支援体制を構築する際の資料として本研究成果を応用できると考えている。</p>
キーワード	メンタルヘルス,職場,身体生理的側面,心理的側面,社会的側面,感情,EXPスケール,

研究発表の状況等	<p>1) 「消防隊員の PTSD 軽減・予防, 湖南広域本部と龍谷大, TV 会議で検診, 心理分析し効果的なケア」京都新聞, 平成 17 年 2 月 22 日および同電子版</p> <p>2) 「PTSD を予防・軽減するテレビ会議システムを開設－滋賀県・湖南広域行政組合消防本部」救急医療ジャーナル, 78 巻, 14 号, 64 頁－65 頁, 平成 18 年 4 月 5 日</p> <p>3) 「PTSD 予防のためのテレビ会議システムの開設－消防防災科学技術推進制度の受託研究として」月刊消防, 6 月号, 通巻 322 号, 82 頁－91 頁, 平成 18 年 6 月 1 日</p> <p>4) 「研究報告会(研究代表 栗田修司)・講演(消防職員の惨事ストレス, 筑波大学 松井豊教授)」, 湖南広域行政組合北消防署にて, 平成 19 年 3 月 16 日</p> <p>5) 「消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究報告(守山市)」, ZTV 大津放送局, 平成 19 年 3 月 16 日および同電子版</p>
知的財産権の出願・登録状況等	なし
当該研究に対する今後の展開、意見等	<p>現在, 研究は継続中であり, 平成 20 年度にも研究報告書を発行する予定である。そのうえで, 本研究の基になっている「湖南広域行政組合及び龍谷大学福祉フォーラムとの総合的組織的連携推進に関する協定」を発展させ, 消防隊員の PTSD だけでなく, 総合的なメンタルヘルス対策に取り組みたい。今後とも, 関係機関, 関係者のご理解とご協力を賜りたい。</p>

消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究

○栗田修司¹・村井龍治¹・安西将也¹・井上辰樹¹・中西幸恵²・尾崎美子³・大井健⁴・横江忠彦⁵・羽富茂典⁵・末廣隆司⁵・石塚徹⁵・大井重孝⁵・南毅彦⁵・中井芳蔵⁵・前田能男⁵・山元久芳⁵・杉田稔之⁵・奥村貞義⁵・行村浩一⁵・大西徹⁵・森俊一⁵・辻井毅⁵・林吉明⁵・佐野孝夫⁵・宇野清和⁵・堀井英幸⁵

Shuji Kurita, Ryuji Murai, Masaya Anzai, Tatsuki Inoue, Sachie Nakanishi, Yoshiko Ozaki, Ken Ohi, Tadahiko Yokoe, Shigenori Hatomi, Takashi Suehiro, Touru Ishizuka, Shigetaka Oui, Takehiko Minami, Yoshizou Nakai, Yoshio Maeda, Hisayoshi Yamamoto, Toshiyuki Sugita, Sadayoshi Okumura, Koichi Yukimura, Touru Ohnishi, Toshikazu Mori, Takeshi Tsujii, Yoshiaki Hayashi, Takao Sano, Kiyokaz Uno, Hideyuki Horii

研究課題の要旨: 近年、労働者のメンタルヘルス対策が盛んになってきているが、災害救急救助活動を頻繁に行う消防隊員のメンタルヘルスへの対応は、かなり特殊でかつ複雑な面をかかえている。こうした現状を踏まえ、特に消防隊員の心的外傷後ストレス障害（以下、「PTSD」と略する。）に焦点化して、その予防システム構築に向けた研究を実施した。研究は、4段階の研究実施計画を立てて実施した。この結果、消防隊員の全体的メンタルヘルスの特徴を把握すると共に、集団相互支援活動（以下、「グループミーティング」と記す。）を自由な雰囲気の中で実施することで一定の効果が得られること、および本研究の実施により消防隊員がメンタルヘルスの重要性をより深く認識したことが分かった。**キーワード:** 消防隊員、PTSD、予防システム、映像システム、テレビ会議システム、グループミーティング

1. はじめに

本研究は、平成16（2004）年4月1日に締結した「湖南広域行政組合及び龍谷大学福祉フォーラムとの総合的組織的連携推進に関する協定」に基づいて実施した PTSD 等の研究の発展型である。

同年度の湖南広域行政組合消防本部での消防隊員と龍谷大学相談員などとの会議で、グループミーティングに参加した上席者から報告書と口頭による報告を受けながら研究を推進した。しかし、報告書では、記載された内容のニュアンスが汲み取りにくく、また上席者の口頭報告では、上席者の主観が入り込み、十分な客観的状況把握がしにくい点が浮かび上がった。これが本研究に映像システムや多地点同時テレビ会議システム導入した理由である。

2. 研究全体の目的

本研究は、消防隊員の災害救急救助活動による PTSD の予防を目的とする。災害事象に対応した出動の緊急度ごとに消防隊員の心理社会的変化の把握が可能で、かつそれぞれの心理社会的変化に応じた有効な支援システムを構築し、効果的・効率的に心理社会的ストレス下にある消防隊員の支援（コーピングを含む。）が図れるようにすることを目標に掲げている。

（所属機関名）

1 龍谷大学社会学部、2 佛教大学社会福祉学部、3 天津市福祉子ども部子ども家庭相談室、4 滋賀県立精神医療センター、5 湖南広域行政組合消防本部

3. 研究全体の構成

4段階の研究実施計画を立てた。

第1段階は、映像システムと多地点同時テレビ会議システムの構築と検証である。第2段階は、調査票による基礎データの調査である。第3段階は、調査票と映像システムおよびCOCOROMETER（唾液アミラーゼモニター）¹⁾によるグループミーティングの調査である。第4段階は、調査票による波及効果の調査である。

以下、この4段階の研究それぞれに説明する。

4. 第1段階の研究

（1）研究目的

グループミーティングの効果を調査票では把握不可能な参加者の表情等を入れて把握するために、映像システムを構築する。また、その結果の迅速な検討のために、消防本部、各消防署及び龍谷大学とを結ぶ多地点同時テレビ会議システムを構築する。同時にこれらの検証を行う。

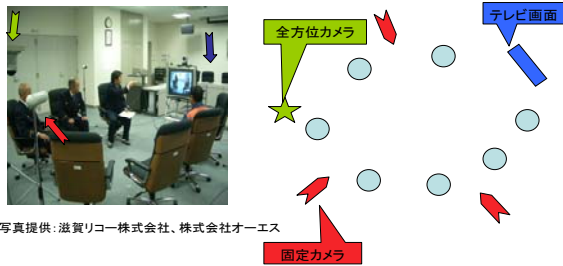
（2）研究方法

本研究の中核部分であるグループミーティングを観察し、分析するための映像システムと、その分析内容を検討するための多地点同時テレビ会議システムの構築と検証である。

平成17年7月から平成18年2月に構築と検証を行った。

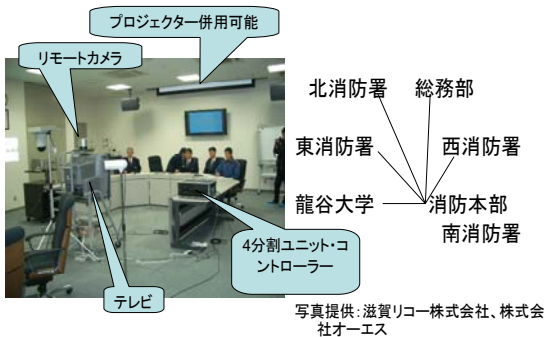
（3）研究結果

研究結果としては、以下の図のとおりである。（図1および図2）



写真提供: 滋賀リコー株式会社、株式会社オーエス

図 1. 映像システム



写真提供: 滋賀リコー株式会社、株式会社オーエス

図 2. 多地点同時テレビ会議システム

(4) 考察

システム構築と検証については、本研究が総務省消防庁から採択された平成 17 年 7 月を起点に、協力企業各社とともに再設計を図りながら実施してきた。特に、通信方法の選択に困難を極めたが、その経緯を中心に記述する。

1) 映像システムについて

映像システムについては、当初の予定通り、固定カメラ 3 台、全方位カメラ 1 台を設定し、多地点同時テレビ会議システムへの切り替えを可能とした。ただし、固定カメラの焦点距離の関係から、固定カメラの設置を、当初予定していたグループミーティングの周囲からの撮影を、中心部から放射線状に撮影する形に変更する必要があると現状では考えている。また映像システムで撮影した映像を多地点同時テレビ会議システムによって確認することも可能と検証できた。

2) 多地点同時テレビ会議システムについて

本システムは、湖南広域行政組合消防本部、各消防署、総務部および龍谷大学を同時に結ぶものであるが、当初は、無線の活用を検討していた。しかし

ながら、無線の場合、受信状態が、送受信の場所や気象条件により相当の影響を受け、詳細な映像分析が不可能となる恐れや、多地点同時での活用が困難であることが判明し、通信方法を有線に切り替えた。

このうえで、光ファイバーの活用によって上記の困難を乗り越えることとし、協力企業とともに、設置の準備を図った。しかしながら、光ファイバーの管轄である西日本電信電話株式会社の光ファイバー・ケーブル敷設状況を確認するなかで、湖南広域行政組合消防本部管内の 2 つの署管内において敷設がなされていない現状であることが判明した。

こうした変遷をへて、湖南広域行政組合管内に既設されているワイド LAN に龍谷大学までを新設で接続することとなった。しかしながら、この点については、消防の緊急性やセキュリティーの面で細心の注意が必要となることから、各協力企業との綿密な検討がなされ、平成 18 年 2 月に設置完了し、同月 21 日に多地点同時テレビ会議システムを活用した会議を開催し、マスメディアに公開した。

ただし、多地点同時テレビ会議システムは、6 地点同時の場合、現状ではやや遅延などの問題も生じてはいるが、今後の課題としたい。

5. 第 2 段階の研究

(1) 研究目的

グループミーティングの効果を測定する条件として、あらかじめ全消防隊員の身体生理・心理・社会的状況を把握し、基礎データを得ることを目的とする。このことにより、第 4 段階の波及効果測定の結果を補完することも可能となる。

(2) 研究方法

調査票による基礎データの調査については、身体生理面、心理面、社会面の選択技法による調査と、PTSD に関する自由記述法による調査とを、調査票を用いて実施した。前者については、構成要素を専門家間で検討して調査票を作成し、後者については記述しやすい点に配慮して調査票を作成した。

調査票の項目構成概念は、

▲ [身体生理的側面]

- A 循環器系
- B 内臓器系
- C 筋緊張性
- D 睡眠
- E 健康意識

▲ [心理的側面]

- A 肯定的感情および態度
- B 怒りや興奮など能動的感情
- C 感情の未分化や葛藤

- D 感情の抑圧、無感情
- E 否定的感情

▲ [社会的側面]

- A 職場の対人関係
- B 家族関係
- C 地域社会との関係
- D 消防隊員としての所属意識
- E 対人関係全般に対する姿勢

とした。

調査期間は、平成 17 (2005) 年 1 月から平成 18 (2006) 年 3 月までである。

研究対象の詳細は以下の通りである。

湖南広域行政組合消防本部	42 名
湖南広域行政組合東消防署	44 名
湖南広域行政組合西消防署	74 名
湖南広域行政組合南消防署	56 名
湖南広域行政組合北消防署	54 名
湖南広域行政組合総務部	8 名
合計	278 名

(3) 研究結果

回収率は、以下の表 1 の通りである。

調査対象総数：278 名

	調査票 A	調査票 B	調査票 C
回収数	274 名	271 名	274 名
回収率	98.6%	97.5%	98.6%

表 1. 回収率

結果について、ここでは一部のみ提示する。

属性については、年齢構成と勤続年数構成をここでは記載するにとどめる。

湖南広域行政組合消防本部・各消防署では、年齢については、40 歳代が 84 名ともっとも多く、全体としていわゆる壮年層がもっとも多い。(図 3)

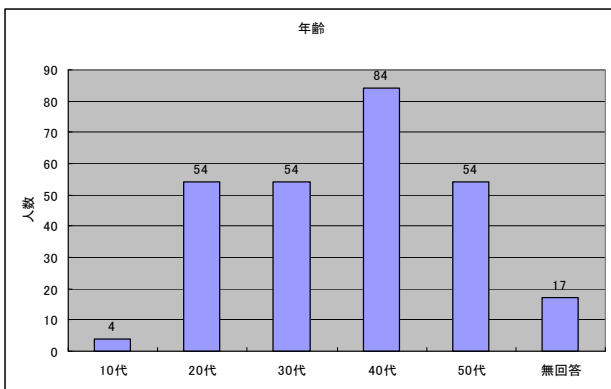


図 3. 年齢

勤続年数としては、25 年以上から 30 年未満が、

57 名ともっとも多く、20 年以上 30 年未満では、99 名に達する。(図 4)

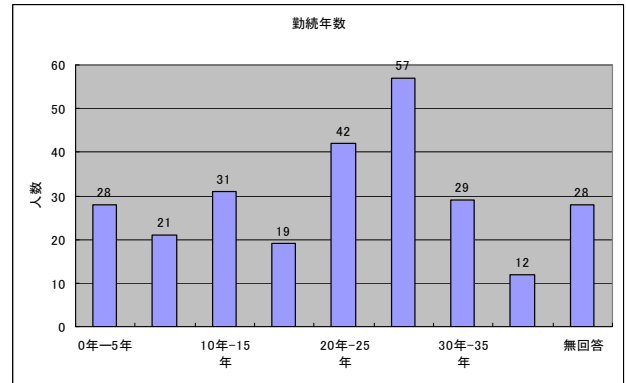
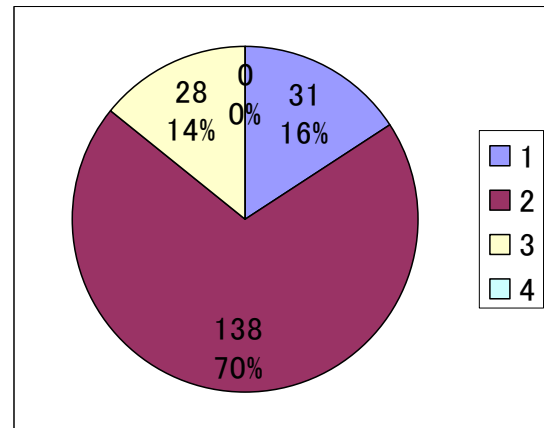


図 4. 勤続年数

身体・生理的側面については、3 つのデータを掲載する。

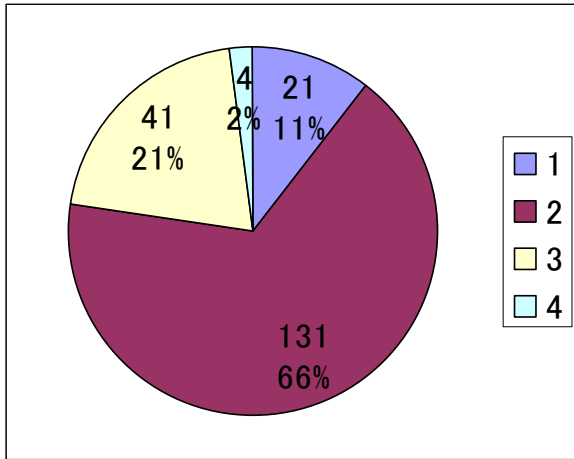
全体の 14%の隊員に災害救急救助活動時を思い出すと動悸の症状が見られる。(図 5)



1. 全く当てはまらない 16%
2. 当てはまらない 70%
3. 当てはまる 14%
4. とても当てはまる 0%

図 5. 災害活動のことを思い出すと心臓がドキドキする

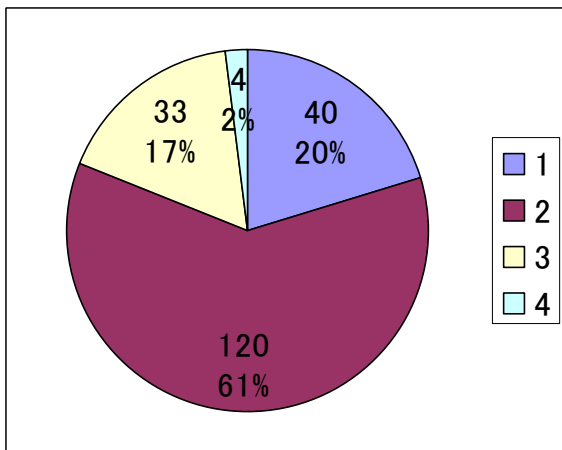
全体の 23%の隊員は、トイレが近いことがわかった。(図 6)



- 1. 全く当てはまらない 11%
- 2. 当てはまらない 66%
- 3. 当てはまる 21%
- 4. とても当てはまる 2%

図 6. トイレに何度も行きたくなる

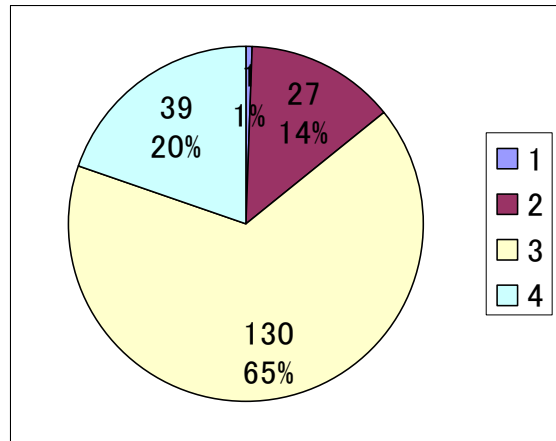
全体の 19%の隊員が、便秘・下痢などの症状を抱えている。(図 7)



- 1. 全く当てはまらない 20%
- 2. 当てはまらない 61%
- 3. 当てはまる 17%
- 4. とても当てはまる 2%

図 7. 腹の具合が良くない(便秘または下痢ぎみである)

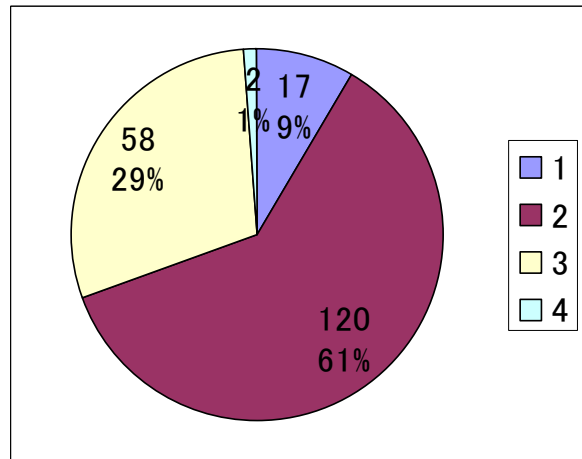
心理的側面については、3つのデータを掲載する。全体の 85%は災害救急救援活動後に充実感を感じている。(図 8)



- 1. 全く当てはまらない 1%
- 2. 当てはまらない 14%
- 3. 当てはまる 65%
- 4. とても当てはまる 20%

図 8. 災害救援活動後は仕事をやりとげたという充実感がある

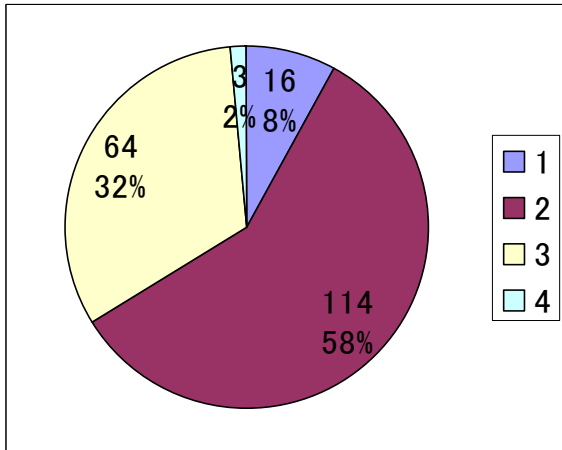
全体の 30%に災害救急救援活動時の緊張感が長く続く状態が見られた。(図 9)



- 1. 全く当てはまらない 9%
- 2. 当てはまらない 61%
- 3. 当てはまる 29%
- 4. とても当てはまる 1%

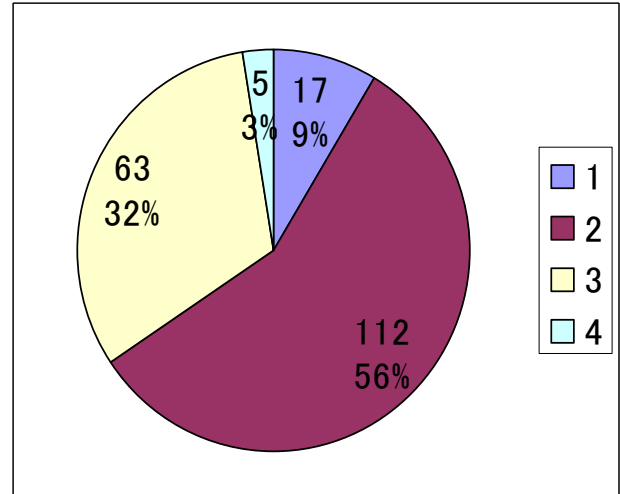
図 9. 災害救援活動時の緊張感が長く続くことがある

全体の 34%に災害時の痛々しい思いを残していることがわかった。(図 10)



- 1. 全く当てはまらない 8%
- 2. 当てはまらない 58%
- 3. 当てはまる 32%
- 4. とても当てはまる 2%

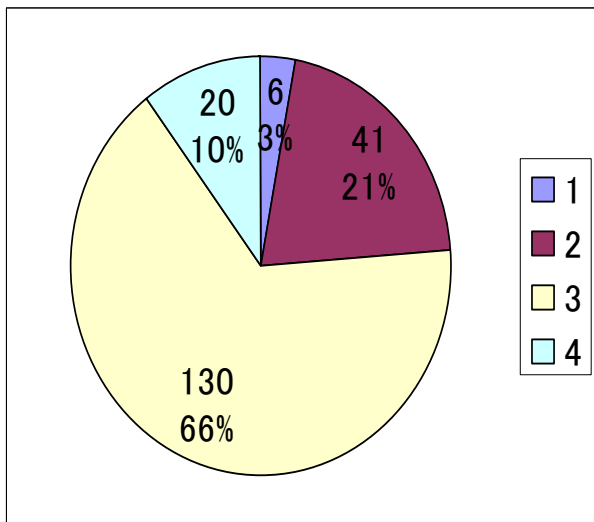
図 10. 災害救援活動時の痛々しい
思いが残る方だ



- 1. 全く当てはまらない 9%
- 2. 当てはまらない 56%
- 3. 当てはまる 32%
- 4. とても当てはまる 3%

図 12. 人前で弱音を吐くことは
隊員らしくない。

社会的側面については、3つのデータを掲載する。
職場内で仕事の悩みを相談できると応えた人は
合計 76%にのぼる。(図 11)

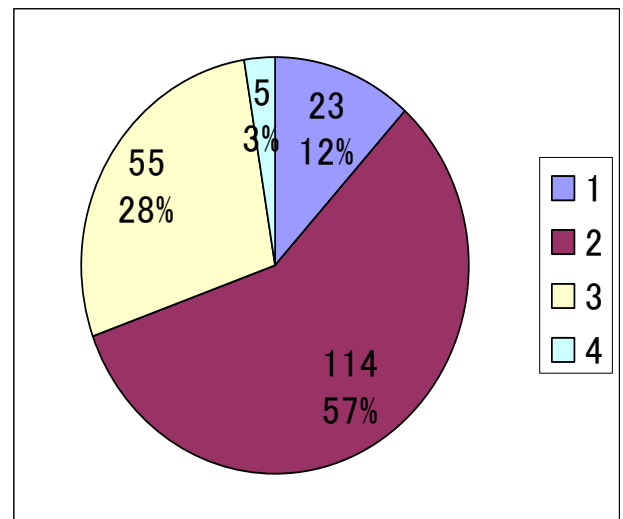


- 1. 全く当てはまらない 3%
- 2. 当てはまらない 21%
- 3. 当てはまる 66%
- 4. とても当てはまる 10%

図 11. 他の隊員に救援活動に関連した
悩みを相談できる。

人前で弱音を吐くことは隊員らしくないと答え
た人は合計 35%、弱音を吐くことを肯定している
人は合計 65%である。(図 12)

対人関係において負の感情の自己開示ができる
人は合計 31%、できない人は合計 69%である。(図
13)



- 1. 全く当てはまらない 12%
- 2. 当てはまらない 57%
- 3. 当てはまる 28%
- 4. とても当てはまる 3%

図 13. 他人に隠さず弱音を吐いたり、
涙を見せられる。

(4) 考察

身体生理的側面の図 5 から、災害救急救助活動の
ことを思い出すと心臓がドキドキする消防隊員が、

14%見られる事が分かる。また、図 6 から、トイレに何度も行きたくなる消防隊員が 23% あること、さらに、図 7 から、便秘または下痢気味などの消防隊員が 19%ある。これらは、ストレス反応として把握することも可能な自覚症状であり、消防隊員がストレス下にあり、PTSD の症状を呈していく可能性を示唆するとも考えられる状況である。

心理的側面の図 8 から、85%の消防隊員は、災害救急救援活動後に充実感を感じていることが分かる。その一方で、図 9 から、災害救急救助活動時の緊張感が長く続くことがあると答えた消防隊員が 30%あり、さらに、図 10 から、災害救急救援活動時の痛々しい思いが残る方だと答えている消防隊員が 34%にのぼることが分かる。このことから、充実感を感じている一方で、災害救急救援活動のストレスが解消されていない面が読み取れる。確かに、これらのデータだけでは、正確な原因は不明であるものの、そうしたストレスが解消されない状態にある隊員が 3 割程度存在することがうかがえる。

社会的側面の図 11 から、他の消防隊員に災害救急救助活動に関しての悩みを相談できる消防隊員が 7 割強いることが分かる。また、図 12 から、人前で消防隊員は弱音を吐いてもよいと思っている消防隊員が、6 割強いることが分かる。一方で、図 13 から、消防隊員が、他人に隠さず弱音を吐いたり、涙を見せられるかということ、それができない消防隊員が 7 割弱に達することが分かる。これらのことから、消防隊員は、他人に相談することはできるし、弱音を吐くことも否定はしていないものの、実際に他人に弱音を吐いたり、涙を見せられるかということ、それはできないという傾向がうかがえる。

こうした災害救急救助活動に起因し、消防隊員に影響を与えていると考えられるストレスを軽減するために、災害救急救助活動直後にグループミーティングを実施する介入研究を第 3 段階で実施した。

6. 第 3 段階の研究

第 3 段階の研究は、グループミーティングの調査及び観察である。

火災・災害・犯罪・事故・事件など悲惨な体験や恐怖体験、喪失体験などに遭遇した後の心身の反応や緊急事態ストレス (Critical Incident Stress²⁾) に対して介入が必要であることは、誰も認める場所である。消防隊員など救援を職業とする人々においても緊急事態には強いストレスに晒されていることが明らかである。またそういった一次的受傷に加え、被災者を救出するという責任感から救出できなかったときのストレスは大きく、支援者とし

ての能力に疑問を感じて疲弊し辞職してしまったりする場合もある。現場では感情を抑えて職務にあたるという態勢と、被災者の気持ちに寄り添わなければならないという、相反する感情のコントロールに戸惑う姿や仕事柄外部に話ができないためストレスを一人で抱え込まざるを得ない状況、職場の仲間に対してもまた外部に対しても弱音を吐くことができず自らの感情や感覚を抑圧するために、その後身体症状などが慢性化していることなど、消防隊員として抱えるストレスの状況が事前調査において明らかにされた。こういった二次的受傷に陥りにくい対処方法、職場の環境作りが求められるところである。

緊急事態ストレスに対する介入方法として湖南広域消防行政組合消防本部は、グループミーティングを取り入れ実施してきた。体験を共有し孤立しないこと、ストレス時に起こる一般的な身体生理的・心理的社会的反応についての理解と対処方法を学ぶこと、またカタルシスを得ることなどは、緊急事態ストレスへの対応として有効的である。ところが、我々の実施した事前調査において、グループミーティングを実施した効果として、「安心した」「気持ちが楽になった」「仕事への理解が深まった」などが挙げられる反面、「不満」「思い出したくない」などの意見、「実施方法の検討が必要である」という否定的な意見も挙げられた。(平成 18 (2006) 年度 総務省消防庁受託事業 消防防災科学技術推進制度「消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究」報告書 龍谷大学・湖南広域行政組合消防本部 38 頁<以下、「平成 18 (2006) 年度報告書」と略する。>など参照) グループミーティングの客観的評価、それにもとづく実施方法の検討が求められるところであり、以下の調査及び観察を実施した。

6-1 調査票および COCOROMETER の分析

(1) 研究目的

災害救急救助活動後の身体生理・心理・社会的側面の変化を把握するとともに、グループミーティングを実施した場合の有効性について研究することを目的とする。

(2) 研究方法

災害救急救助活動後の一定時間の身体生理・心理・社会的側面の変化を調査票および COCOROMETER で測定する。

災害救急救助活動から帰署し、次の出勤準備が完了した直後から 1 時間の間、グループミーティングを実施する (介入群) 署と実施しない (対照群) 署との比較研究を行う。

調査・測定は、災害救急救助活動から帰署し、次回の出動準備が完了の直後と、1時間後と、1週間後および1ヶ月後に実施する。

なお、同時に、1署において、映像システムを用いて、グループミーティングを実施し、その様子を映像化し、分析する。映像分析の結果については、「6-II 映像による分析」を参照されたい。

また、上記の調査・測定方法では、グループミーティングのデータが充分には得られなかったので、以下の2点を変更して再調査(第2回目)を行った。

1) 帰署し、次回の出動準備が完了した直後に調査・測定を実施するのではなく、グループミーティングの実施が可能と思われる時間帯に実施することに変更した。ただし48時間以内とした。

2) グループミーティングの実施時間を1時間から、10分以上45分以内に変更した。

3) 介入群の署と対照群の署の比較検討から、同一署において、介入時期(奇数回目)と対照時期(偶数回目)を設定して比較検討することに変更した。

以上をもとに以下のように第2回目の調査・測定を実施した。

災害救急救助活動から帰署し、次回の出動準備が完了した直後から48時間以内に、グループミーティングを10分以上45分以内実施する(介入群)と実施しない(対照群)との比較研究を行う。

災害救急救助活動から帰署し、次回の出動準備が完了した直後と、1時間後と、1週間後および1ヶ月後に調査・測定する。

同時に、1署において、映像システムを用いて、グループミーティングを実施し、その様子を映像化し、分析する。映像分析の結果については、「6-II 映像による分析」を参照されたい。

研究期間の第1回目は、2006(平成18)年10月中旬から12月末までである。第2回目は、2007(平成19)年1月初旬から3月下旬である。

研究対象は、湖南広域行政組合消防本部の4消防署管内で発生した中等度以上の傷病を負った負傷者および死亡者の救急活動にかかわった救急隊員を主な対象としている。

(3) 研究結果

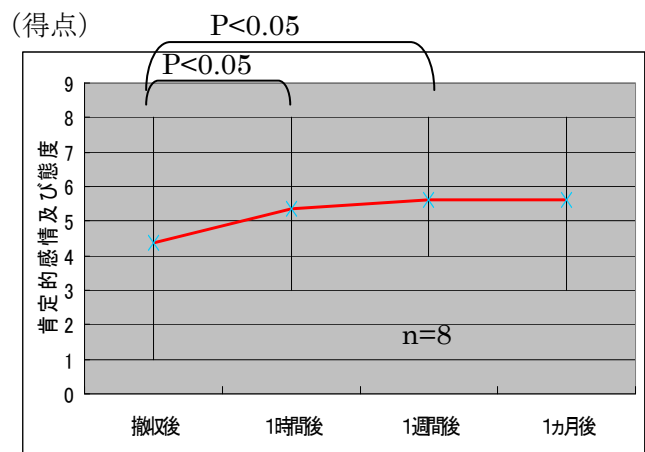
第3段階の本調査のうち、「平成18(2006)年度報告書」でデータを提示した「調査票による調査」および「COCOROMETERによる調査」の分析結果を提示する。なお、これにかかわるデータの提示については必要最小限を本報告に掲載するにとどめる。

また、災害救急救助活動直後の研究のため、有効な調査票の回収が困難であり、今回は、グループミ

ーティングを実施しない(対照群)場合の結果の分析が主である。

なお、消防署名に付したアルファベットは、「平成18(2006)年度報告書」の記載と同一とした。

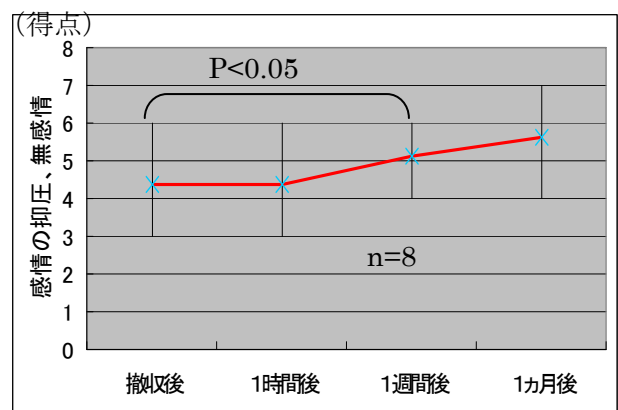
G署 グループミーティングなし(対照群) I [心理的側面] Aの「肯定的感情および態度得点」では、撤収後に比べ1時間後で有意な増加がみられる($p<0.05$)。また、撤収後に比べ1週間後でも有意な増加がみられる($p<0.05$)。撤収後に比して、1時間後および1週間後の方が、より肯定的感情や肯定的態度を呈していると考えられる。(図14)



Y誤差は高低線を示す

図14. G署 グループミーティングなし(対照群) 「肯定的感情および態度得点」

同じく、G署 グループミーティングなし(対照群) I [心理的側面] Dの「感情の抑圧、無感情得点」では、撤収後に比べ1週間後で有意な増加がみられる($p<0.05$)。撤収後に比して、1週間後の方が、より感情の抑圧や無感情の状態を呈していると考えられる。(図15)

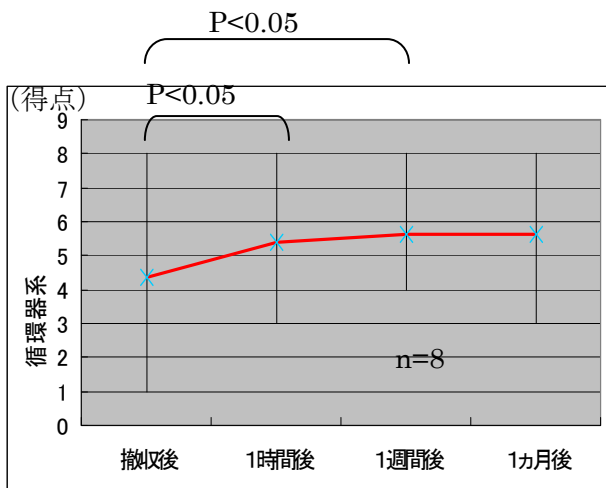


Y誤差は高低線を示す

図15. G署 グループミーティングなし(対照群)

「感情の抑圧、無感情得点」

同じく、G署 グループミーティングなし（対照群）II [身体的側面] Aの「循環器系得点」では、撤収後に比べ1時間後で有意な増加がみられる（ $p<0.05$ ）。また、撤収後に比べ1週間後でも有意な増加がみられる（ $p<0.05$ ）。撤収後に比して、1時間後および1週間後の方が、より循環器系の自覚症状を呈していると考えられる。（図16）

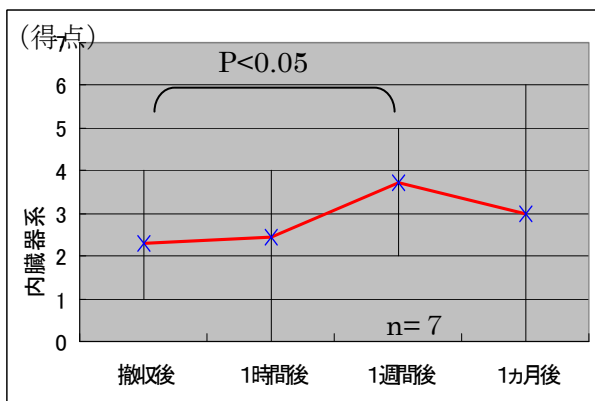


Y誤差は高低線を示す

図16. G署 グループミーティングなし（対照群）「循環器系得点」

Y-1署 相互集団支援活動なし（対照群）の[身体的側面] Bの「内臓器系得点」では、撤収後に比べ1週間後で有意な増加がみられる（ $p<0.05$ ）。なお、Y-1署の介入群のデータは、回収不可であった。

よって、対照群は、撤収後に比べ、1週間後の方が内臓器系の自覚症状をより呈すると考えられる。（図17）



Y誤差は高低線を示す

図17. Y-1署 グループミーティングなし（対照群）「内臓器系得点」

COCOROMETERによる調査結果については、現段階までの分析内容においては、有意差はみられない。

（4）考察

内臓器系や循環器系という身体症状の経過に有意差がみられるものがある。

これらの系はストレスの影響を受けやすいといわれるので、消防隊員は、ストレスを受けていると同時に、ストレスをこれらの身体症状という形で呈すると考えられる。内臓器系や循環器系とは、消防隊員の主観的自覚症状である。実際の身体症状の確認には医師の診断が必要であるが、今回の研究では実施していない。

肯定的な感情や態度といった表面的な感情の高揚の半面で、心理的抑圧や無感情あるいは主観的自覚症状としての身体症状を時間の経過とともに呈することがあると考えられる。

これは、消防救急救助活動の達成感を顕示する反面、消防救急救助活動から受けるマイナスの感情を表出できにくいという消防組織及び消防隊員の特徴を現すものと考えられる。

また、心理的抑圧が身体的症状に結びつきやすいとの理論に合致する。

G署では、有意な差がみられるといった顕著な傾向がある。

これは本事案が、鉄道自殺者の処理という凄惨な活動を消防隊員が実施したためと考えられる。凄惨な状況ほどPTSD等症状を呈しやすいとの説を支持すると考えられる。

この意味で、凄惨な消防救急救助活動後には、消防隊員の精神状態に配慮する必要があることと、何らかの支援活動の重要性を示唆するものである。

本報告には記載していないが、この他のデータから、グループミーティングを実施した場合（介入群）と実施しない場合（対照群）の相違をみいだすことは、今回の調査結果からは困難であると考えられる。

従来から、こうした支援を実施した方が、効果があるという説と、むしろ効果がないか悪化するという説とがある。本調査結果でも、グループミーティングを実施する効果については、データ量が少ないため断定できないものの、効果があるとも効果がないともいえない結果といえる。

そこで、グループミーティングの内容をさらに詳細に分析することで、グループミーティングの効果の原因を特定できると考え、以下の映像分析を実施

した。

6-Ⅱ 映像による分析

(1) 研究目的

本研究では今後のグループミーティングの有効な実施内容の構築を目的として、これまでに実施されていたグループミーティングを、調査協力者（消防隊員）の了承を得てメモリーカードに録画し、調査、観察、分析した。

(2) 研究方法

グループミーティングを、調査協力者の語った言葉による「調査」と、姿勢、表情などによる「観察」の2側面からの分析を試みた。

対象者の表情、声、姿勢などが個々に判別できるようにビデオテープに録画した記録を用いて実施した。

研究期間は、上記「6-I 調査票およびCOCOROMETERの分析」の研究期間と同一であるが、ここで分析した研究対象は、200X年X月X日、X消防署、庁舎内において約43分間実施したものである。

研究対象のグループミーティングの構成メンバーは、湖南広域行政組合X消防署より同一事案に出勤した救急隊員4名及びグループミーティングの進行者1名の計5名である。そのうち調査・観察の対象は救急隊員4名（以下、対象者と記載）である。

以下、2種類の分析について、分析方法と分析結果をそれぞれ連続して提示する。

1) EXPスケールの評定による分析方法

分析方法としては、前半と後半に分けて逐語録によるEXPスケールの評定（Experiencing Scale³⁾）を実施した。

今回の調査は、グループミーティングにおいて語られた言葉が、どのくらい対象者自らの身体感覚や感情体験に照合したものであるかを、この尺度（EXPスケール）を用いて評定する。

①EXPスケールの評定方法

評定する資料は、グループミーティングの録画されたメモリーカードとその逐語記録である。逐語記録により1人の会話を1単位とし4名全体の会話数60単位を評定した。評定が不明なものは省略した。60単位（1~60）のうち前期（1~36）は、グループミーティングの進行者が質問して答える形式をとり、後期（37~60）は、自由に話し合う形式をとっている。また、対象者それぞれの「モード」と「ピーク」を評定した。

評定は2名の評定者によって逐語記録と録画面を参考に実施し、その結果を持ち寄ってディス

カッションを重ね（3回、約9時間）一致する評定値を見出した。なお、評定不明で省略した部分についての解説は省略する。

②EXPスケールの評定基準

EXPスケールでは、対象者の体験様式を1~7段階で評定する。ここでは、Kleinらの各段階の特徴を基準とした池見ら（1986）が示す各段階の特徴を参考にその要約を表2に示す。

段階	特 徴
1	話の内容や話し方が非人称的であり、個人的照合体を伴わない。
2	話し手と話の内容との間に心理的関連はあるが、話し手の感情は表明されない。
3	話し手についての外的出来事、行動を通して表現された話や描写であるが、そこには感情や、個人的体験についての言葉が加えられている。
4	話し手についての外的出来事よりもそれについての個人的体験や感情が話の主題である。
5	話し手が自分の体験や感情について内的なreferenceを伴った体験的な取り組み（自己探索的な試み）が見られる。
6	段階5の自己探索的な試みの結果として、今まで気づかなかった自分自身の感情や体験に気づく。
7	段階6の気づきが拡大して包括的な統合が見られる。

表2 EXPスケールの各段階の特徴

2) EXPスケールの評定の結果

対象者の逐語はEXPスケールの評定値段階2に集中しており、続いて段階3が多かった。他の段階はほとんど見られなかった。（図18）

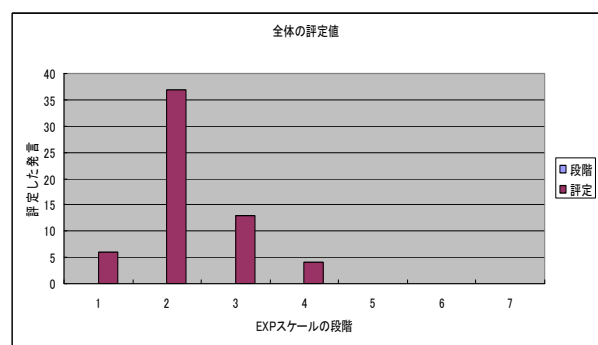


図18 評定値別頻度

前期と後期の比較については、前期には段階1~

4の各段階が見られるが、後期には段階4が1回見られた他は、段階2、3に集中した。後期は自由発言となり2名の発言が多くなったことも一因と思われる。前期と後期の段階の平均値は、前期が2.11、後期が2.45で、わずかではあるが後期の方が高い評定値が得られた。しかし、後期は前述したように自由発言であるため、2名の発言が多く、したがってこの結果においては対象者全員の評定としての信頼性には疑問が残る。評定値を対象者別に見ると、モードが2・ピークが4が2名、モードが2・ピークが3が2名であった。また評定値が前期と後期の差のほとんどない者、差の大きい者と個人差があるものの、全員において前期より後期の方が評定値が高い傾向にあった。(図19)

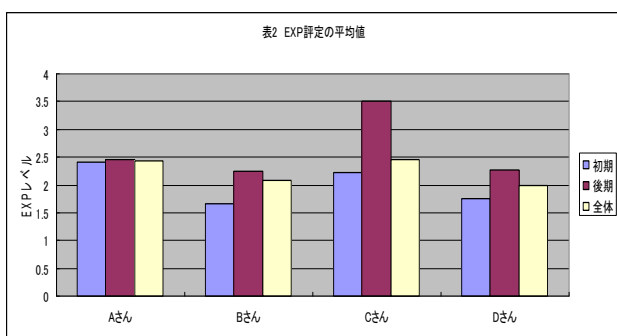


図19 EXP評定の平均値

次に、前期における質問別の評定値の変化は、質問1では評定値は平均1と最も低く、質問6が評定値は平均3で最も高かった。質問1は、「きょうの勤務で自宅を出るとき、どんな気持ちだったかお答えください」質問6は、「負傷者を見たときの気持ち、感じたこと、体の反応などお答えください」であった。評定値が対象者によって大きく分かれた質問4は、「現場に着いたときの気持ち、感じたこと、体の反応などをお答えください」であった。(図20)

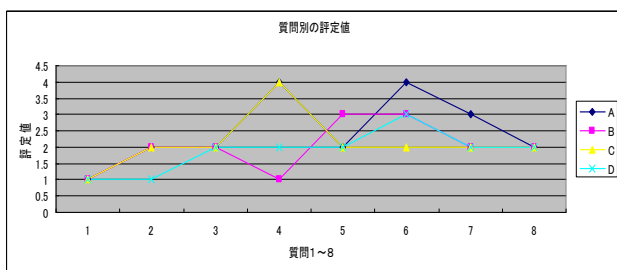


図20 質問別の評定値

3) メンバー間の相互作用・表情・姿勢・体の動きの分析方法

録画されたグループミーティングの画像をもとにチェックリストを用いて、メンバー間の「相互作

用の有無」「表情の表出の有無」「姿勢 (A 直立、B 緊張、C リラックス)」「体の動き」など、側面ごとに出現頻度を算出した。ミーティング開始後5分間は、場に慣れていないことなどを考慮し観察の対象から省いた。したがって、開始5分後より終了の時間まで(約38分間)、2分間を1単位とし、10秒観察して、1分50秒で記述記録し、合計19単位のデータを算出した。体の動きについては自由記述とした。

2名の観察者により観察したため、データの一致度をK係数により信頼性係数を求めた。その結果、61以上の一致度を確認した。

①メンバー間の相互作用の有無

グループミーティングの中での相互作用の有無を1/0サンプル法を用いて観察した。発言をする・相手に顔を向ける・相手の意見に反応し発言する・相槌を打つ・相手に触る・相手を見る・うなづく等の行動単位の有無を観察した。それぞれに有る場合を、相互作用が有るとみなした。

②表情の表出の有無

顔の表情の表出の有無を1/0サンプル法を用いて観察した。

③姿勢から見られるリラックス度

姿勢は、直立(Riskind & Gotay,(1982))・緊張(Riskind & Gotay,(1982))リラックス (Riskind & Gotay,(1982))の3側面から観察した。それぞれ、Riskind & Gotay の図を用いて記録した。A-直立(緊張もリラックスも無い状態) B- (緊張している状態) C- (リラックスした状態)

④体の動きの有無

体の動きについて内容を自由記述によって観察記録した。

4) メンバー間の相互作用・表情・姿勢・体の動きの分析結果

グループミーティングで、前期の形式より、後期の形式の方が①メンバーの相互作用、②表情の表出の有無、③姿勢に見られるリラックス度、全てにおいて平均値は高かった。(図21)

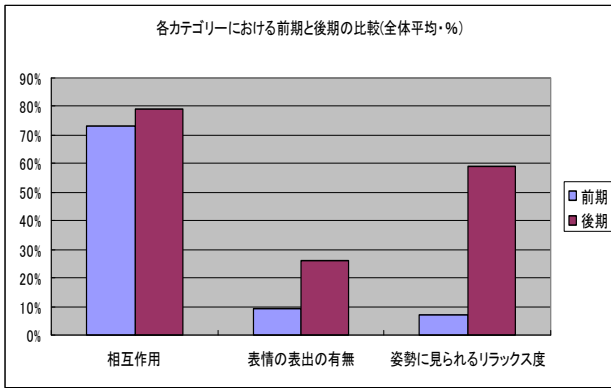


図 21 各カテゴリーの前期と後期の比較

①メンバー間の相互作用の有無

相互作用では、個人差はあるものの対象者 4 名全員において前期と後期は同じか後期の方が平均値は高かった。(図 22)

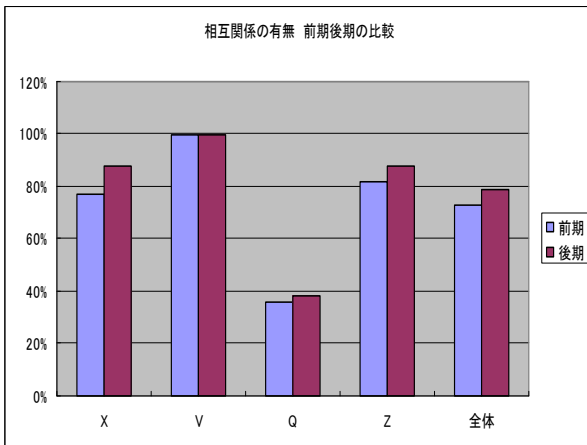


図 22 相互関係の有無 前期と後期の比較

②表情の表出の有無

表情の表出の有無については、対象者 4 名のうち 1 名は前期と後期の差はないものの、前期に比べ後期の方が表情の表出の頻度が高かった。(図 23)

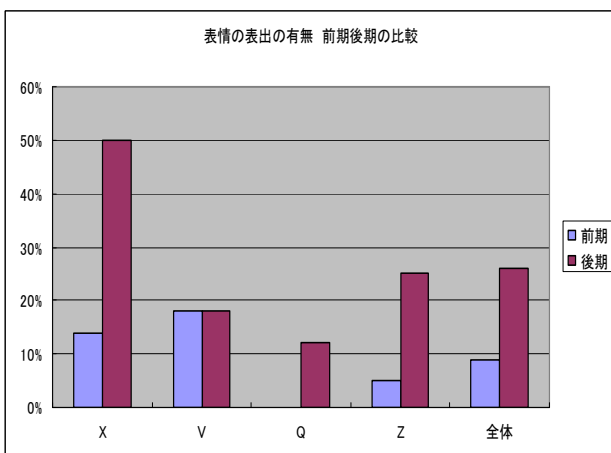


図 23 表情の表出の有無 前期と後期の比較

③姿勢に見られるリラックス度

姿勢に見られるリラックス度については、対象者全員において、前期よりも後期の方がリラックスした姿勢が多く見られた。緊張した姿勢は見られなかった。(図 24、図 25)

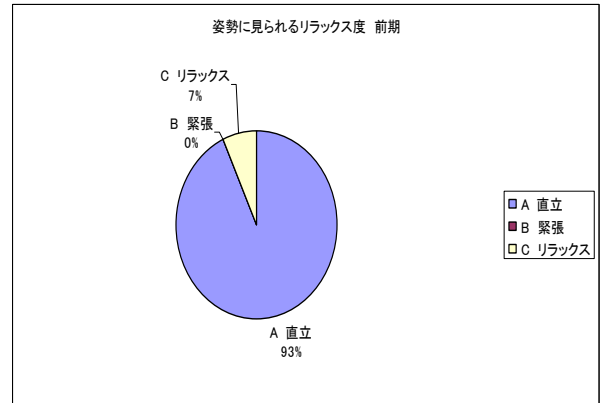


図 24. 姿勢に見られるリラックス度 前期と後期の比較 (前期)

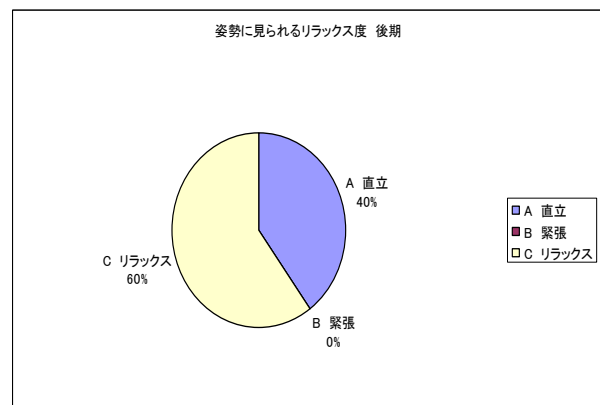


図 25. 姿勢に見られるリラックス度 前期と後期の比較 (後期)

④体の動きについて

対象者全員の体の動きを自由記述により頻度の多いものを調べた結果、前期、後期ともに体の動きはあるものの、動きによって前期に多いもの後期に多いものに分かれた。まばたき・顔や体を触る・視線が多動などは前期に多く後期には少ない。また 頷く・身振り手振りを使う・足を動かすなどは前期に少なく後期に多い。腕を組む・顔を動かすなどは前期、後期の差はあまり見られなかった。(図 26)

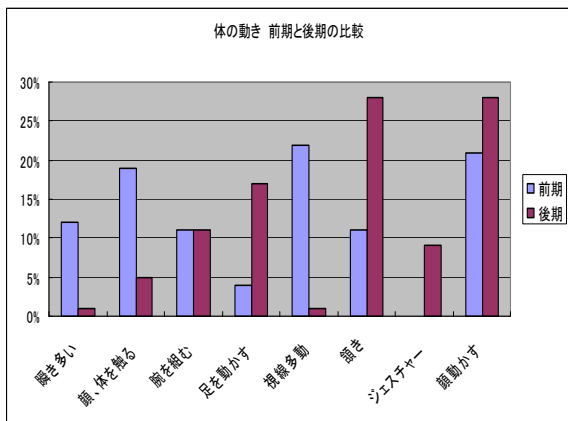


図 26 体の動き 前期と後期の比較

(4) 考察

1) 研究方法について

研究方法として、グループミーティングの実施の様子をメモリーカードに録画するという方法をとったために、対象者から「カメラを意識し緊張した」との報告を受けた。カメラの存在によって、日頃の様子や観察ができたかどうかは甚だ疑問ではあるが、グループミーティングが進むうちに録画されるという緊張感はなくなってきたようである。そのことも考慮しデータから最初の 5 分間を研究対象より省略することにした。

2) EXP スケールによる評価について

①対象者の評価値は段階 2 すなわち「話し手と話の内容との間に心理的関連はあるが、話し手の感情は表明されない」という段階に集中した。職務上感情を抑制することが求められる機会の多い故であるかとも思われるが、ミーティングや日常的な会話においては自分の身体感覚や感情体験への気づきを訓練しておくことは大きなストレスへの耐性の一助となるであろう。今後の課題としては、日常的にもう 1 段階高め、段階 3 すなわち「話し手についての外的出来事、行動を通して表現された話や描写であるが、そこには感情や、個人的体験についての言葉が加えられている」会話となる工夫を試みたい。

②評価値は会話数には比例しないばかりか本研究においては会話数の少ない対象者において高い評価値が得られた。このことは、グループミーティングの中であまり多くを語らない人、言語化しない人であってもグループの中で感情の共有がなされ、発言者の言葉に影響を受けていることを表していると思われる。グループミーティングの進行者はこの結果を踏まえグループミーティングを進めていくことが望まれる。

③「現場に着いたときの気持、感じたこと、現場の状況をお話ください」の質問は、評価値の高い人と低い人に分かれるところであった。この原因と考えられることとして、現場での経験年数や年齢、また現場での仕事の内容とも関連するのではないかと思われる。また、「出勤時からの情報により現場の状況、仕事の内容をイメージしている」しかも「最大限に悲惨な状況を想定するようにしている」との救急隊員の言葉から考えられるように、現場の状況と対象者のイメージした状況に関連性があるように思われる。この点については、今後再考の必要がある。

3) メンバー間の相互作用・表情・姿勢・体の動きについて

①各カテゴリー（メンバー間の相互作用・表情の表出・姿勢に見られるリラックス度）すべてにおいて、自由に話し合う後期の方に値が高かった。前期の質問に答えるという形式では、「進行者」対「応答者」という対峙した関係に陥りやすく他のメンバーとの相互関係が起りにくい。また話す内容が質問への応答となるために「思考」に偏りやすいため相互作用・表情の表出・リラックス度において低い値であったと思われる。それに比べ自由に話す形式では、体の動きに見られる頷きの頻度が多い・身振り手振りで聞き手に理解を求める姿が多く見られることにも現れているように、メンバー間の相互作用の値は高く、姿勢にもリラックスした状態が見られ、表情の表出も多く見られた。話す内容は直前に話された内容への応答となるために「感情」や「身体感覚」に焦点が当たる可能性が多くなると思われる。

ただ、自由に話し合う形式においては、メンバー間の関係が重視されるため、お互いに聞き手、話し手の関係が固定される可能性も考えられる。またメンバー間の日常の関係に影響されることは否めない。日常的にストレスの経験などを自分の感情体験や身体感覚を交え率直に話し合える雰囲気作りが求められる。

②「体の動き」については自由記述で観察記録を実施した。その結果、前期に多く後期に少ない行動として、「瞬き・自分の顔や体を触る、視線多動」などがあつた。また後期に多く前期に少ない行動として、「足を動かす・頷き・身振り手振りで話の説明をする」などがあつた。前期後期の差がなかったものとして「腕を組む・顔を動かす」などがあつた。前期に見られる行動として、緊張や不安を示すもの、後期に見られる行動としてリラックス、相互作用を示すものが多いと考えられる。今後、グループミー

ティングにおいて会話の内容のみでなく、「体の動き」などのノンバーバルなサインにも注意を払うことも必要と思われる。

7. 第4段階の研究

(1) 研究目的

これまで述べた第1段階から第3段階までの研究を導入したことにより、湖南広域行政組合消防本部の消防隊員が、PTSDなどのメンタルヘルスに対してどのような影響を与えたかを確認し、こうした研究の重要性を示唆することを目的とする。

(2) 研究方法

調査票により、全消防隊員の意識調査を実施する。

(3) 研究結果

本研究結果については、現在も全体研究会での検討などの再考を重ねている段階であり、結果については本年度発行予定の報告書を参照されたい。

なお、その検討の途中で出された意見等を一部考察に記載する。

(4) 考察

職場のメンタルヘルスへの対応については、以前に比べるとその必要性を認識するようになってきているが、グループミーティングの効果については、まだ疑問視されている点も伺える状況である。

悩みなどがある場合、職場だけでなく、配偶者との関係も重要な要因と考えられ、今後、この方面での調査が必要であろう。

また、メンタルヘルスの対応は職場内だけでなく、職場外の地域での対応も考えていく必要があるとの意見もあった。

消防隊員の災害救急救助活動に対する思いとしては、その対応が十分にできなかったとか、悔いが残る対応であったと考えた場合に、記憶に残りやすく、そうした面への対応が必要との意見も出された。

今回、各研究に並行してCOCOROMETERの測定をほとんどの消防隊員が経験する場を作ったことで、消防隊員が自己のメンタルヘルスに関心を深めたとの意見も出た。

8. 全体の考察および提言

以上の各研究の結果から以下のことが考察でき、さらにそれらを基に、消防隊員のPTSD予防システムの構築について、いくつかの提言をしたい。

消防隊員全体の傾向として、災害救急救助活動後に、充実感がある一方で、心臓がドキドキしたり、日常トイレに頻繁に行くとか、便秘や下痢など腹部の調子が悪いといった症状を呈するものが30%前後見られる。

実際に、災害救急救助活動の後のストレスを測定してみると、災害救急救助活動後に、充実感を有意な差で感じている一方で、鉄道自殺処理といった凄惨な自己処理後の場合、循環系や内臓器の調子の悪さを感じていることが、有意な差で見られた。

しかしながら、グループミーティングの実施の有無と、消防隊員のストレスの増大や軽減との関係は調査票等からはとらえにくかった。

そこでさらに、グループミーティングの内容を映像分析すると、自由な雰囲気においては、ストレスの軽減に役立つと考えられている感情の表出が生じやすいことがうかがえた。ただし、一方で、固定した関係が成立すると、こうしたことが生じにくくなることも示唆され、配慮の必要性をうかがわせた。

特に、自己の体を触るなどの身体動作が、感情表出のないときに多く見られる一方で、足を動かすなどの身体動作が、感情の表出時に見られることが観察された。したがって、グループミーティングにおいて指導的立場でかつ司会進行を行う上席者は、こうした消防隊員の身体動作に注意する必要があることが示唆された。

以上の考察および本年度実施した全体研究会の検討結果から、消防隊員のPTSD予防システム構築に向けて、以下のことを提言したい。

(1) 一層の調査研究に向けて、映像システムに動作解析装置などを敷設できないか検討すること。

(2) グループミーティングにおいて指導的立場でかつ司会進行を行う上席者に対して、消防隊員の感情を表出するための訓練を行うこと

(3) 同じく、消防隊員の身体動作の観察力の向上のため、上席者に訓練を行うこと

(4) 鉄道自殺処理など、凄惨な事例の後には、特にグループミーティングの実施を検討すること

(5) グループミーティングの研究をさらに継続すること

(6) 消防隊員の日常の健康状態として、特に循環器や内臓器の状態を確認するシステムを構築すること

(7) 消防隊員のメンタルヘルスだけでなく、職場や家族、地域とのかかわりについて研究すること

(8) 上席者の支援・支援システムを検討することなどである。このほかの詳細については、2009(平成20)年度に発行予定の報告書を参考にされたい。

9. おわりに

消防隊員のPTSDを含むメンタルヘルスの問題は、一般の職業とは相違する側面をかかえている。この特殊性を考慮した支援システムの構築は、重要

な課題である。本研究は、その解決の一端を担うものである。

今後、「湖南広域行政組合及び龍谷大学福祉フォーラムとの総合的組織的連携推進に関する協定」を発展させ、一層の研究を進めていきたい。

なお、本研究は、龍谷大学社会学部研究倫理委員会での審査を経ている。

10. 謝辞

総務省消防庁および各関係組織や各関係者に感謝いたします。

【基礎文献】

以下の文献を活用して本短報を記述した。

- ・龍谷大学福祉フォーラム・湖南広域行政組合消防本部：平成 17（2005）年度消防防災科学技術推進制度「消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究」中間報告書、2006 年
- ・龍谷大学・湖南広域行政組合消防本部：平成 18（2006）年度総務省消防庁受託事業 消防防災科学技術推進制度「消防隊員の PTSD 予防システム構築の研究」報告書、2007 年
- ・平成 20 年度全体研究会内部資料、2008 年

【注】

- ¹⁾ COCOROMETER（現商品名：唾液アミラーゼモニター）は、ニプロ株式会社の製品である。
- ²⁾ “Critical Incident Stress” の訳語としてすでに「惨事ストレス 東京消防庁 2000」「非常事態」（岩井ほか 1998）などがあるが、本研究では、救急隊員が遭遇する状況（交通事故・列車事故・自殺・火災など）として、もう少し広い意味での危機的な状況を含め“緊急事態”（飛鳥井 2004）を使用する。
- ³⁾ Experiencing Level（EXP スケール）は、Eugene T.Gendlin のフォーカシング技法の体験過程の理論に基づいて、クライアントの「体験的なプロセス」を客観的に評定するために Klein らによって開発されてきた 7 段階の尺度を用いて評定する方法である。

【参考文献】

- 1) Edona B.Foa, Terece M.Keane, Matthew J.Friedman（2000）*Effective Treatments for PTSD*, Guilford Press [飛鳥井望・西園文・石井朝子（訳）：PTSD 治療ガイドライン エビデンスに基づいた治療戦略、金剛出版、2005 年]
- 2) 春木 豊：身体心理学 姿勢・表情などからの心へのパラダイム、川島書店、2002 年
- 3) 池見陽・田村隆一・吉良安之・弓場七重・村山正治：体験過程とその評定：EXP スケール評定マニュアル作成の試み、人間性心理学研究、4 号、pp50-64, 1986 年
- 4) George S.Everly,Jr.,Ph.D.,F.A.P.M.,Jeffrey

-
- T.Mitchell,Ph.D（1999）*Critical Incident Stress Management*, Chevron Publishing [飛鳥井望（監訳）藤井厚子（訳）：惨事ストレスケア 緊急事態ストレス管理の技法 誠信書房、2004 年]
 - 5) M.H.Klein,P.L.,Mathieu,E.T,Gendlin.& D.J.Kiesler(1969)*The experiencing Scale:A Research and Training Manual*,Vol.1, Wisconsin Psychiatric Institute,pp.56-63
 - 6) 松井 豊：惨事ストレスへのケア、ブレーン出版、2005 年
 - 7) 中澤潤・大野木裕明・南博文：心理学マニュアル 観察法、北大路書房、1997 年
 - 8) 岡田幸之・安藤久美子・佐藤志穂子・小西聖子：PTSD に対する予防的介入「心理学的デブリーフィング」その方法と効果に関する文献的研究、精神科治療学、13 巻、12 号、pp1467-1474、1998 年
 - 9) Riskind, J.H. & Gotay,C.C.(1982)Physical posture: Could it have regulatory or feedback effects on motivation and emotion? *Motivation and Emotion*, 6, pp.273-298
- （その他、研究全体にかかわる参考文献については、各年度の報告書を参照のこと）

第二部 平成 15年度～17 年度終了課題のフォローアップ

第1 防災情報通信システム等の高度化

1.1 防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発

研究実施期間	平成 15 年度～平成 17 年度	
配分額(千円)	19,013(平成 15 年度)、19,013(平成 16 年度)、19,500(平成 17 年度)	
研究代表者	中村正幸	
所属機関	長野県情報技術試験場設計技術部	
研究体制	産・学・官	
研究概要	<p>大規模災害発生時には、電話等の通信システムが停止すると共に防災無線等も利用できない状況が発生し、通信において孤立した地域が発生する。災害発生直後において、このような地域と災害対策本部等の防災関連機関との間で、小型軽量な無線機器により動画像の伝送が可能な大容量の通信網を短時間に構築することにより、効果的な災害対策が実現できる。</p> <p>このため、長距離通信が可能で、妨害電波に強い、IEEE802.11g 方式に基づく無線 LAN の研究開発を行うとともに、この無線 LAN を利用した実証実験を実施した。距離 30km において無線部の通信速度 54Mbps を達成するとともに、最大 42km の区間を含む複数の中継区間を持つ無線回線による実証実験等を地元の消防局、大学病院等と実施し、遠隔医療支援に活用できる高画質の動画像の伝送を行った。その結果、災害時の緊急の大容量通信網の構築への利用の他、緊急医療支援として活用できる結果が得られた。</p>	
研究成果の活用事例	都道府県、市町村、企業などが利用する緊急時における防災情報通信への活用	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘリコプタからの映像伝送用として活用 ・自治体が設置する通信システムへの活用 ・企業が設置する事業所間ネットワークへの活用 	
キーワード	無線 LAN, 長距離, 大容量, 大規模災害時, 防災情報	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	研究開発を行なった長距離無線 LAN は製品化されており、大学での火山観測の為のデータ通信、巡視船のデータ伝送、放送局の無人局舎の監視等に利用されている。また、離島の小中学校へのブロードバンドネットワークの構築に利用されている。
	研究発表の状況等	<p>学会等</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 中村正幸, 栄永清志, 滝沢龍一, 清水洋, 和崎克己, 師玉康成: 「IEEE802.11g 無線 LAN を用いた山間地拠点間接続の長距離化」, 信学技報, CAS2004-107, pp59-62, 2005 2) 中村正幸, 滝沢正臣, 村瀬澄夫: 「防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発 —災害時の遠隔医療への活用—」, 日本遠隔医療学会誌, 第 2 巻第 2 号, pp124-125, 2006 3) Masayuki Nakamura, Shoshin Kubota, Hideaki Takagi, Kiyoshi Einaga, Masashi Yokoyama, Katsuto Mochizuki, Masaomi Takizawa, and Sumio Murase: 「Development of Long-Range and High-Speed Wireless LAN for the Transmission of Telemedicine from Disaster Areas」, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Volume 2008 (2008), Article ID 724010 <p>報道等</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) NHK「イブニング信州」, 平成 18 年 3 月 15 日 18:00～ 2) NHK「おはよう日本」, 平成 18 年 4 月 5 日 7:30～
	他の研究課題への波及	なし

第2 住宅防火対策等の推進

2.1 地下空間における避難と消防活動支援のための煙制御に関する研究

研究実施期間	平成 15 年度～平成 16 年度	
配分額(千円)	3,000(平成 15 年度)、3,900(平成 16 年度)	
研究代表者	松下敬幸	
所属機関	神戸大学工学部建設学科	
研究体制	学	
研究概要	<p>地下空間での火災では、避難行動や煙の流動性状が地上とは異なることが予想され、消防活動は極めて困難なものとなる。本研究では、地下空間での火災時において、避難行動の特性と誘導対策及び消防活動の経路を確保するための煙制御について検討し、建築物に具備しておくべき要求条件の提案を行った。</p> <p>煙流動性状を把握するために模型実験を実施し、火災階よりも下部に煙が伝播される現象など、地下空間全体の煙と空気の複雑な混合をもたらしていることを明らかにした。次に、韓国テグ地下鉄火災時の人間行動について分析し、壁にそって避難する傾向、広がりのある空間などにおける経路選択の困難性、光の存在が避難方向を示す有効な手がかりとなることを明らかにした。また、地下街の管理者を対象としたヒアリング調査を実施し、従業員による避難誘導よりも避難誘導補助設備(光走行式誘導システム、音声付誘導灯等)の役割を重視する傾向が明らかとなった。</p>	
研究成果の活用事例	地下街を設計・施工する際の避難計画 地下空間における火災時の煙流動の把握	
応用の方向性	消防活動上の観点から、地下空間建設時に要求すべき内容を具体化することが必要	
キーワード	地下空間,火災,煙制御,煙流動,避難	
フォローアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 矢野健太郎,松下敬幸,高田暁,「地下空間における煙流動性状に関する研究—地下 8 層の模型実験—」,建築学会近畿支部研究報告集第 45 号・環境系,平成 17 年 6 月 2) 矢野健太郎,松下敬幸,高田暁,「地下空間における煙流動性状に関する研究—地下 8 層の模型実験—」,建築学会大会学術講演梗概集 3146,pp303-304,平成 17 年 9 月 3) 矢野健太郎,松下敬幸,高田暁,「地下空間における煙流動と煙制御に関する研究—地下 8 層の模型実験と一層ゾーンモデルによる数値解析—」,建築学会近畿支部研究報告集第 46 号・環境系,平成 18 年 6 月 4) 矢野健太郎,松下敬幸,高田暁,「地下空間における煙流動と煙制御に関する研究—地下 8 層の模型実験と一層ゾーンモデルによる数値解析—」,建築学会大会学術講演梗概集 3122, pp251-252,平成 18 年 9 月 5) 西尾俊広,北後明彦,「地下街の防火管理のあり方に関する研究」,建築学会近畿支部研究報告集第 45 号・計画系,平成 17 年 6 月 <p>上記成果(1)～(4)については,まとめて火災学会論文集に投稿準備中</p>
	他の研究課題への波及	なし

第2 住宅防火対策等の推進

2.2 高齢化社会に対応した火災予防検知システムの開発

研究実施期間	平成 15 年度～平成 17 年度
配分額(千円)	16,560(平成 15 年度)、18,720(平成 16 年度)、11,960(平成 17 年度)
研究代表者	松本佳昭
所属機関	山口県産業技術センター 戦略プロジェクト部
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>身体機能や判断機能が大きく低下した高齢者にとっては、その生活状況を、センサやIT技術を利用して分析し、火災発生リスクの警告、もしくは火災の前兆現象を検知することにより火災の発生を未然に防ぐシステムが本質的な火災予防対策として、火災による死者の低減に有効であると考えられる。</p> <p>そのため、本研究では、独居高齢者等の生活状況や居室の雰囲気モニタリングし、火災の危険度を予測し、それに応じて安否確認や注意を促すことにより、火災を未然に防ぐ火災予防検知システムを開発する。</p>
研究成果の活用事例	<p>独居高齢者宅の火災予防対策</p> <p>高齢者介護施設等の火災予防対策 など</p>
応用の方向性	<p>家電機器の電源ケーブルに通電センサを挟み込むことによって、家電品の利用状況をモニタリングすることで見守りをするサービス「独居高齢者生活状況モニタリングシステム」に活用し販売を開始(2006.9.25～)</p>
キーワード	高齢化社会,火災予防,火災発生リスク,前兆現象,センサ技術
特許や実用新案について	<p>取得特許</p> <p>1) 家電機器利用モニタリング装置 特許第 3793774 号(特開 2003-281655) ・出願人:山口県,(株)ヨシミアエレクトロニクス,見山友祐,周南マリコム(株) ・概要:通電センサを利用した生活モニタリング装置に関する</p> <p>2) 生活状況モニタリングシステム 特許第 3787580 号(特開 2004-86383) ・出願人:山口県,周南マリコム(株) ・概要:通電センサを利用した生活モニタリングシステムとサービス提供方法に関する</p> <p>審査請求中特許</p> <p>1) 通電状態管理システム 特開 2005-094526 ・出願人:山口県,周南マリコム(株) ・概要:通電センサを利用した,事業者向け電気機器・簡易稼働管理システムとサービス提供方法に関する</p>
フ ロ ー ア ッ プ の 内 容	

	<p>出願済み特許</p> <p>1) 火災予防システム 特開 2006-72863 ・出願人:山口県 ・概要:CCD カメラを利用した火災危険度監視システムに関する</p> <p>2) 火災予防監視支援システム 特開 2006-285702 ・出願人:山口県 ・概要:ガスセンサ,通電センサ,温度センサ,照度センサ,CCD カメラセンサなどを組み合わせることによって火災を未然に防ぐシステムに関する</p> <p>3) 日常生活度解析システム 特願 2006-287035 ・出願人:山口県 ・概要:ガスセンサ,通電センサなど,生活用具の利用状況から,日常生活おける普段度をパターン化することによって日常生活度を評価するシステムに関する</p>
<p>研究成果の応用例や製品化について</p>	<p>独居高齢者向け安否確認サービス「カデモ」として商品化した。</p> <p>・カデモホームページ http://kademo.jp/</p> <p>・富士通パーソナルズ 販売ページ http://jp.fujitsu.com/group/personal/services/msolution/kademo.html</p> <p>・おしゃべりネット評価ページ http://www.oshaberi-net.jp/report/58kademo/</p> <p>・本システムは,その性能が認められ,山口銀行の定期預金「ゴールド定期預金 安心伝心」の景品として採用された。 http://www.yamaguchibank.co.jp/personal/save/gold_02/</p>
<p>研究発表の状況等</p>	<p>口頭発表等</p> <p>1) 森 信彰,松本佳昭吉木大司,江 鐘偉:火災予防のための熱源監視装置の開発日本機械学会年次大会,2004.9.6</p> <p>2) 吉木大司,松本佳昭,江 鐘偉:家電製品の使用状況による見守り支援システムの開発,日本機械学会年次大会,2004.9.6</p> <p>3) 松本佳昭,森 信彰,吉木大司,中西政美,三浦房紀,江 鐘偉,白石秀樹:高齢社会に対応した火災予防検知システムの開発,山口県産業技術センター研究報告会,2005.3.10</p> <p>4) 吉木大司:電気設備稼働管理システム,中四国公設試共同研究「情報・電子分野」第1回推進協議会,2005.7.25</p> <p>5) 森 信彰,松本佳昭,吉木大司,江 鐘偉(山口大):火災予防のための熱源監視装置の開発,(社)日本機械学会 2005 年年次大会,2005.9.20</p> <p>6) 松本佳昭,森 信彰,吉木大司,金子陽介(山口大),三浦房紀(山口大):雰囲気モニタリングによる火災危険予測システムの開発,(社)日本機械学会 2005 年年次大会,2005.9.20</p> <p>7) 吉木大司,松本佳昭,江 鐘偉(山口大):家電製品の使用状況による見守り支援システムの開発(第2報),日本機械学会 2005 年度 年次大会(日本機械学会),講演論文集 Vol.6 pp69,2005.9.20</p> <p>8) 吉木大司,松本佳昭,江 鐘偉(山口大):独居高齢者向け生活状況モニタリングシステムの開発,生体医工学シンポジウム 2005(日本生体医工学会),CD-ROM,2005.9.27</p> <p>9) 松本佳昭,吉木大司,森 信彰:高齢社会に対応した火災予防検知システムの開発,産業技術連携推進会議第7回福祉技術シンポジウム,pp25-28,2005.9.28</p> <p>10) 森 信彰,松本佳昭,吉木大司,江 鐘偉(山口大):火災予防のための熱源監視装置の開発,平成 17 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会,2005.10.22</p> <p>11) 松本佳昭,森 信彰,吉木大司,金子陽介(山口大),三浦房紀(山口大):雰囲気モニタリングによる火災危険予測システムの開発,平成 17 年度電気・情報関連学会中国支部連合</p>

		<p>大会,2005.10.22</p> <p>12) 吉木大司:高齢社会に適応した火災予防検知システムの開発,産業技術連携部会情報・電子部会 中国四国地域部会,2006.1.26</p> <p>13) 吉木大司:電気設備稼働管理システム,中四国公設試共同研究「情報・電子分野」第2回推進協議会,2006.1.27</p> <p>14) 大崎匡浩(山口大),江 鐘偉(山口大),渡辺哲陽(山口大),崔 三晋(山口大),趙 嘉斌(山口大),松本佳昭(山口産技):複数ガスセンサによる火災検知システムの開発,中国四国支部第44期総会・講演会,2006.3.7</p> <p>15) 松本佳昭,吉木大司,森 信彰:高齢社会に対応した火災予防検知システム(第2報),山口県産業技術センター研究発表会,2006.3.7</p> <p>16) 森 信彰,松本佳昭,吉木大司,江 鐘偉(山口大):火災予防のための熱源監視装置の開発,電子情報通信学会2006年総合大会,2006.3.24</p> <p>17) Jiabin Zhao, Zhongwei Jiang, Samjin Choi, Nobuaki Mori, and Yoshiaki Matsumoto: Development of a Fire Detector with Multiple Smell Sensors, The 3rd China-Japan Conference on Mechatronics (CJCM), Sep.11. 2006, Fuzhou, Fujian, P.R.China</p> <p>18) 松本佳昭,森 信彰,吉木大司,江鐘偉,白石秀樹:家電製品の利用状況による生活モニタリングシステムの開発と製品化,第8回福祉技術シンポジウム,2006.9.27</p> <p>19) 金子陽介(山口大),森 信彰,松本佳昭,吉木大司,三浦房紀(山口大):雰囲気モニタリングによる火災予防検知システムの開発,平成18年度電気・情報関連学会中国支部連合大会,2006.10.21</p> <p>20) 吉木大司,茨久和(山口大),森信彰,松本佳昭,金子陽介(山口大),三浦房紀(山口大):家電製品使用状況からの日常生活度の解析,平成18年度電気・情報関連学会中国支部連合大会,2006.10.21</p> <p>21) 森信彰,松本佳昭,吉木大司,江鐘偉(山口大):火災予防のための熱源監視装置の開発第二報,平成18年度電気・情報関連学会中国支部連合大会,2006.10.21</p> <p>報道等</p> <p>・テレビ報道等</p> <p>1) 中小企業を支援します(研究事例紹介),テレビ山口「元気です!山口」,2005.8.13</p> <p>2) 高齢者を火災から守る,NHK 山口「おはようちゅうごく」,2005.9.6</p> <p>3) 高齢者を火災から守れるか,フジテレビ「めざましどようび」,2006.1.14(4) 家電製品の使用状況から安否を確認,NHK「おはよう日本」(中国地方コーナー),2006.3.31</p> <p>・新聞報道など</p> <p>1) 読売新聞「お年寄りを火災から守れ」2004.4.13</p> <p>2) 山口新聞「高齢者守る火災検知システム来年度中に実用化めど」2005.3.11</p> <p>3) 中国新聞「作動を感知メール送信 家電製品で安否を確認」2005.4.5</p> <p>4) 宇部日報「12 研究の成果を披露 火災予防探知など注目」2006.3.8</p>
他の研究課題への波及	なし	

第2 住宅防火対策等の推進

2.3 避難安全の高度化を目的とした避難者タイプの設定とその適用に関する研究

研究実施期間	平成16年度～平成17年度	
配分額(千円)	3,557(平成16年度)、3,744(平成17年度)	
研究代表者	海老原 学	
所属機関	東京理科大学総合研究機構火災研究センター	
研究体制	産・学	
研究概要	<p>様々なタイプの避難者を混在させて避難安全性の評価を行おうとするシミュレーション技術の開発が望まれている。そこで、本研究では、建築物用途の違いに応じた避難者タイプの違いを把握するため、避難行動特性に関するアンケート調査を実施し、用途別の避難者タイプ比率を定量的に捉えることを目的とした。</p> <p>高層の事務所用途、大規模百貨店、高層の集合住宅について、アンケートを行った結果、ある状況に対して異変または火災だと判断しやすく、その状況下ではすぐに逃げる可能性が高い在館者である「避難型」と、避難型に当てはまらない在館者である「非避難型」に分類した。「非避難者」において、火災覚知後の初期行動タイプ分類として、①単独避難準備型、②集団避難準備型、③火災状況収集型、④消火活動準備型の4タイプに分類した。また、初期避難方向決定における分類として、(1)習慣性型、(2)追従性型、(3)回避性型、(4)情動性型の4タイプに分類した。避難シミュレーションを行う場合に活用する避難者行動特性を明らかにした。</p>	
研究成果の活用事例	特定または不特定多数が利用する施設における避難シミュレーション	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者が特定される施設→避難開始が遅くなる傾向に配慮した対策 ・火災や避難に関する情報がないと行動できないといったタイプの避難者が比較的多い施設→的確な避難誘導放送のあり方などの検討 	
キーワード	避難者タイプ、避難シミュレーション、避難型、非避難型	
フォロアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 中野陽介,大宮喜文,海老原学,佐野友紀,掛川秀史:「建築物の避難安全性評価に求められる避難者タイプの設定に関する研究」,日本建築学会関東支部研究報告集,2005.3 2) 中野陽介,海老原学,中村征二,佐野友紀,大宮喜文,掛川秀史:「アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて 火災時の建物用途別避難行動特性の解明(その1)」,日本火災学会研究発表会概要集,2005.5 3) 海老原学,中野陽介,中村征二,佐野友紀,大宮喜文,掛川秀史:「アンケート調査結果に基づく避難者タイプ分類 火災時の建物用途別避難行動特性の解明(その2)」,日本火災学会研究発表会概要集,2005.5 4) 中野陽介,海老原学,大宮喜文,佐野友紀,掛川秀史:「アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて」,日本建築学会大会学術講演梗概集,2005.9 5) 海老原学,中野陽介,佐野友紀,大宮喜文,掛川秀史:「アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて 火災時の建物用途別避難行動特性の解明(その3)」,日本火災学会研究発表会概要集,2006.5
	他の研究課題への波及	研究担当者(佐野友紀)は、本制度の成果の一部を発展させ、平成20年度科学研究費補助金(基盤研究(C))「高層建築物における災害弱者の自助,共助,公助を含んだ実効性のある全館避難の検討」(研究代表者:佐野友紀(早稲田大学))を申請し,採用された。

第2 住宅防火対策等の推進

2.4 防災のための高信頼性ガスセンサの開発

研究実施期間	平成16年度～平成17年度	
配分額(千円)	17,818(平成16年度)、18,418(平成17年度)	
研究代表者	石原達己	
所属機関	九州大学工学研究院応用科学部門	
研究体制	学	
研究概要	<p>火災警報器の高信頼性を目的とした良好な感度と選択性を有するCO₂センサおよび炭化水素センサについて検討した。</p> <p>具体的には、静電容量型CO₂センサの高性能化、ガス漏れ警報器用の炭化水素センサを開発した。</p> <p>CO₂センサについて、感度をさらに向上させるために添加物の影響を検討するとともに、簡単なLC回路を用いる測定システムを試作し、長期特性を評価した。さらに、ガス漏れ警報器の信頼性向上のため、固体電解質の酸素ポンプ電流を用いる電流検出型センサを開発した。電極を最適化することで、電流密度が炭化水素とともに大きく変化し、良好な可燃性ガス、特にC₃H₈とCH₄の検知特性を示すことを明らかにした。</p>	
研究成果の活用事例	火災警報器やガス漏れ警報器のセンサとして活用	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・高信頼性火災警報器 ・可燃性ガスセンサとして低温でも感度良く、選択的に検知できる電極の開発 ・自動車排ガスモニターへの応用可能 ・携帯型可燃性ガス検知装置 	
キーワード	ガスセンサ,高信頼性,高感度,火災警報器,CO ₂ センサ,炭化水素センサ	
フォロアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	現在,小型燃焼器の煙道ガス検知器としてガス会社と共同研究を行い,展開を検討している。
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 石原, Dutta, Bi,松本:「電極触媒の酸化活性差を利用する電流検出型固体電解質炭化水素センサ」,第41回センサ研究発表会,H16. 4. 1-3(東京) 2) A.Dutta and T.Ishihara:「An Amperometric Solid State NO Sensor Using a LaGaO₃ Electrolyte for Monitoring Exhaust Gas」, Materials and Manufacturing Processes, 21, 225-228, 2006 3) An Amperometric Solid State NO Sensor Using a LaGaO₃ Electrolyte for Monitoring Exhaust Gas Atanu Dutta and Tatsumi Ishihara Materials and Manufacturing Processes,21: 225-228, 2006 4) Solid-state amperometric CH₄ sensor using, LaGaO₃-based electrolyte. Bi, Zhonghe; Matsumoto,Hiroshige; Ishihara,Tatsumi. Solid State Ionics(2008),179(27-32),1641-1644.
	他の研究課題への波及	なし

第3 防災力の向上

3.1 豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム

研究実施期間	平成 15 年度	
配分額(千円)	14,438(平成 15 年度)	
研究代表者	大淵達雄	
所属機関	株式会社宮崎情報処理センターeビジネス事業本部	
研究体制	産・官	
研究概要	<p>本研究では、豪雨時の安全確保のために市町村や消防本部が行う「災害危険度の予測」、「その予測に基づく警戒避難活動に係る意志決定」等の危機管理を的確に支援する「危機管理機能」と、防災担当者等の危機管理能力の向上を簡易かつ効果的に行える「図上訓練機能」を有する安価なシステムを開発することを目的とした。</p> <p>定量的情報、定性的情報と、災害対策情報を、同じ時系列で管理・検索できるデータ処理機能を開発したことで、「どういう時に何をすべきか」といった客観的な基準・指標等の検索性と信頼性が向上した。</p> <p>またイベントと対応とのつながりを追跡できる機能を開発したことで、実効性のある電子マニュアルへの機能拡張が可能となった。</p>	
研究成果の活用事例	地方自治体の図上訓練	
応用の方向性	震災対策向けへの改良	
キーワード	豪雨災害,危機管理,図上訓練,地方自治体	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし。
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 大淵達雄:「豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム」,消防研究所「一般公開」,2004年4月16日(消防研究所) 2) 大淵達雄:「豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム」,消防研究所「技術者会議」,2004年10月22日(ニッショーホール) 3) 大淵達雄:「大規模災害等に対する簡易で実践的な図上訓練システムの提案」,日本災害情報学会「第6回研究発表大会」,2004年11月19日(東京大学 山上会館) 4) 大淵達雄:「豪雨・地震災害対策のための危機管理・図上訓練システム」,消防研究所「一般公開」,2005年4月22日(消防研究所)
	他の研究課題への波及	なし

第3 防災力の向上

3.2 地域防災体制のための心理学的プログラムの構築

研究実施期間	平成 15 年度～平成 16 年度	
配分額(千円)	1, 500(平成 15 年度)、4, 290(平成 16 年度)	
研究代表者	松井 豊	
所属機関	筑波大学心理学系	
研究体制	学	
研究概要	<p>地域防災体制の構築に向けて、自主防災組織の活性化をめざしたプログラム作りのために 2 種類の研究を行った。</p> <p>自主防災組織活動の基礎データを得るため、神戸市の地域防災活動の現状を把握するとともに、新潟県中越地震の防災活動及び被災後の状況などの実態調査を行った。</p> <p>次に、災害ボランティア養成研修プログラムとして、避難所運営に関する図上訓練プログラムの試作版を作成し、各大学で実施実験を行った。</p> <p>結果として、自主防災組織活性化プログラムの基礎データの収集と、広域災害の避難所運営訓練システム(STEP:Simulation Training of Earthquake Program)の作成を行った。STEP に関しては、プログラムを大幅に改良した新版(ver0.5)を作成し、地域住民や大学生に実施し、第1版の完成を目指した。</p> <p>加筆:助成終了後、第1版が完成し、下記のように、地域防災訓練の一つのツールとしての活用が始まっている。</p>	
研究成果の活用事例	<p>自主防災組織活動の活性化</p> <p>災害ボランティアの避難所運営に係る訓練</p> <p>地域防災訓練のツールとして地域住民の防災意識の啓発</p>	
応用の方向性	避難所運営訓練システム STEP の改良(映像使用)	
キーワード	自主防災組織,避難所運営,図上訓練, STEP (Simulation Training of Earthquake Program)	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	商品化はしていないが、地域防災訓練ツールとして完成している(STEP Ver1.0)
	研究発表の状況等	<p>学術論文</p> <p>1) 水田恵三, 清水裕, 西道実, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 2005 年「市民防災力の向上を目指して」, 自然災害科学, 23-4, 500-503</p> <p>2) 元吉忠寛, 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 2005 年「広域災害における避難所運営システムの構築と防災教育の効果に関する実験的研究」, 地域安全学会論文集, 7, 425-432</p> <p>3) 清水裕, 西道実, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 水田恵三, 2005 年「地域自主防災組織の活動実態と活動上の問題点－南関東地域の 3 つの自治体における検討－」, 学苑・昭和女子大学人間社会学部紀要, 772, 142-151</p> <p>4) 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 水田恵三, 2005 年「自主防災組</p>

織に見る地域防災体制の規定因—神戸市における防災福祉コミュニティの特徴—」, プール学院大学紀要, 44, 77-90

- 5) 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 元吉忠寛, 堀洋元, 2005年「広域災害における避難所運営訓練システム(STEP)の開発過程と効果検証」, 筑波大学心理学研究, 30, 43-49
- 6) 西道実, 田中優, 元吉忠寛, 福岡欣治, 新井洋輔, 松井豊, 堀洋元, 水田恵三, 2005年「公立学校の防災体制と自主防災組織との連携—神戸市における小・中学校の事例—」, プール学院大学紀要, 45, 85-96
- 7) 松井豊・竹中一平・新井洋輔・水田恵三・西道実・清水裕・田中優・福岡欣治・元吉忠寛・堀洋元, 2005年「広域災害における避難所運営訓練システム(STEP)の開発過程と効果検証」 筑波大学心理学研究,30,43-49.
- 8) 田中優, 清水裕, 堀洋元, 松井豊, 西道実, 福岡欣治, 水田恵三, 2006年「広域災害に対する地域防災体制のあり方に関する社会心理学的研究—東京都における防災意識を規定する要因について—」, 大妻女子大学人間関係学部紀要, 人間関係学研究, 7, 95-110
- 9) 水田恵三, 堀洋元, 西道実, 松井豊, 竹中一平, 元吉忠寛, 清水裕, 田中優, 2007年「新潟中越地震後の避難所の研究」, 尚絅学院大学紀要第54集, 63-76

著書

- 1) 松井豊, 上瀬由美子, 2007年『心理学入門コース5 社会と人間関係の心理学』岩波書店.

学会発表

- 1) 松井豊, 新井洋輔, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 元吉忠寛, 堀洋元, 2004年「広域災害における避難所運営ゲームの開発(1)」, 日本グループダイナミクス学会第51回大会発表論文集, 62-64
- 2) 元吉忠寛, 松井豊, 新井洋輔, 竹中一平, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 2005年「広域災害における避難所運営訓練システムの開発(2)—大学生と住民を対象としたシミュレーションプログラムの評価—」, 日本心理学会第69回大会発表論文集, 218
- 3) 西道実, 堀洋元, 清水裕, 松井豊, 新井洋輔, 竹中一平, 元吉忠寛, 田中優, 福岡欣治, 水田恵三, 2005年「新潟中越地震における避難所の事例研究(1)」, 日本社会心理学会第46回大会発表論文集, 698-699
- 4) 堀洋元, 西道実, 清水裕, 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 元吉忠寛, 田中優, 福岡欣治, 水田恵三, 2005年「新潟中越地震における避難所の事例研究(2)」, 日本社会心理学会第46回大会発表論文集, 700-701
- 5) 新井洋輔, 元吉忠寛, 松井豊, 西道実, 清水裕, 竹中一平, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 水田恵三, 2005年「防災意識尺度作成の試み」, 日本社会心理学会第46回大会発表論文集, 702-703
- 6) 堀洋元, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 元吉忠寛, 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 福岡欣治, 2006年「新潟中越地震における避難所の事例研究(3)」, 日本グループダイナミクス学会第53回大会発表論文集, 244-245
- 7) 清水裕, 新井洋輔, 西道実, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 水田恵三, 元吉忠寛, 2004年「東京都区部における自主防災組織と公立学校の連携」, 日本グループダイナミクス学会第52回大会発表論文集, 118-119
- 8) 西道実, 新井洋輔, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 水田恵三, 2004年「公立学校の防災体制と自主防災組織との連携—神戸市における小・中学校の事例—」, 日本グループダイナミクス学会第52回大会発表論文集, 120-121
- 9) 新井洋輔, 元吉忠寛, 松井豊, 西道実, 清水裕, 竹中一平, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 水田恵三, 2006年「地域自主防災組織住民の防災意識」, 日本社会心理学会第47回

大会発表論文集, 766-767

- 10) 西道実, 松井 豊, 新井洋輔, 竹中一平, 清水裕, 水田恵三, 元吉忠寛, 福岡欣治, 田中優, 堀洋元, 2006 年「家庭内防災力の向上に関する研究(1)－研究目的と神戸市での調査－」日本社会心理学会第 47 回大会発表論文集, 770-771
- 11) 清水裕, 松井豊, 西道実, 田中優, 新井洋輔, 竹中一平, 福岡欣治, 堀洋元, 水田恵三, 元吉忠寛, 2006 年「東京都区部における地域自主防災組織の活動事例」, 日本心理学会第 70 回大会発表論文集, 157
- 12) 福岡欣治, 元吉忠寛, 水田恵三, 竹中一平, 清水裕, 堀洋元, 松井豊・新井洋輔・田中優, 2007 年「家庭内防災力の向上に関する研究(2)－家庭内防災意識を規定する要因:神戸調査から－」日本グループダイナミクス学会第 54 回大会発表論文集, 186-187
- 13) 清水裕, 西道実, 堀洋元, 松井豊, 元吉忠寛, 竹中一平, 新井洋輔, 田中優, 水田恵三, 福岡欣治, 2007 年「家庭内防災力の向上に関する研究(3)－研究目的と東京都内での調査－」日本グループダイナミクス学会第 54 回大会発表論文集, 188-189
- 14) 田中優, 清水裕, 水田恵三, 竹中一平, 堀洋元, 元吉忠寛, 福岡欣治, 松井豊, 新井洋輔, 2007 年「家庭内防災力の向上に関する研究(4)－家庭内防災意識を規定する要因:東京調査から－」, 日本グループダイナミクス学会第 54 回大会発表論文集, 190-191
- 15) 元吉忠寛, 西道実, 福岡欣治, 水田恵三, 竹中一平, 清水裕, 堀洋元, 松井豊, 新井洋輔, 田中優, 2007 年「家庭内防災力の向上に関する研究(5)－家庭での防災活動を規定する要因:神戸調査から－」日本心理学会第 71 回大会発表論文集, 132
- 16) 竹中一平, 西道実, 清水裕, 堀洋元, 水田恵三, 松井豊, 田中優, 福岡欣治, 新井洋輔, 元吉忠寛, 2007 年「広域災害における避難所運営訓練システムの開発(3)」, 日本心理学会第 71 回大会発表論文集, 143
- 17) 水田恵三, 松井豊, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 元吉忠寛, 新井洋輔, 竹中一平, 2007 年「新潟中越地震後の避難所の研究(4)－地域の紐帯を中心として」日本心理学会第 71 回大会発表論文集, 152
- 18) 堀洋元, 新井洋輔, 元吉忠寛, 清水裕, 西道実, 松井豊, 水田恵三, 福岡欣治, 竹中一平, 田中優, 2007 年「家庭内防災力の向上に関する研究(6)－家庭での防災活動を規定する要因:東京調査から－」, 日本社会心理学会第 48 回大会発表論文集, 764-765

本システムを用いた訓練実施

- 1) 2005 年 2 月 20 日 足立消防署
- 2) 2005 年 4 月 30 日 「地域自主防災組織のための避難所運営訓練プログラム 想定事態対応シミュレーション 実施場所:湘南短期大学(横須賀)
- 3) 2005 年 9 月 11 日 「広域災害における避難所運営訓練システム(STEP)の紹介」企画者:水田恵三 司会者:西道実 話題提供者:松井豊 日本心理学会第 69 回大会(慶應義塾大学)ワークショップ 66(論文集 p33)
- 4) 2005 年 9 月 18 日 「自主防災組織の再生に向けて」(地域防災研究所主催) 実施場所:横浜ワールドポーターズ 6 階イベントホール
- 5) 2005 年 12 月 11 日 「世田谷区民防災会議 避難所運営シミュレーション訓練」(世田谷区地域振興課) 実施場所:世田谷区役所世田谷総合支所
- 6) 2006 年 5 月 28 日 日本グループダイナミクス学会第 53 回大会ワークショップ
- 7) 2007 年 2 月 18 日 (西湘災害ボランティアネットワーク主催 地域防災研究所・小田原市鴨宮 2 区自治会・鴨宮公民館協力) 実施場所:小田原市鴨宮公民館
- 8) 2008 年 3 月 9 日 世田谷区北沢総合支所地域振興課「防災リーダー研修」
- 9) 2008 年 5 月 16 日「避難所運営訓練システムによる防災教育のあり方に関する勉強会」実施場所:東京電力株式会社技術開発研究所

		<p>講演・シンポジウム</p> <p>1) 2004年12月4日 HIRC21 公開シンポジウム(共催/文京区)「地震から地域を守るために—今、地域に問われるのは何か」 東洋大学白山校舎井上円了ホール コーディネーター 東洋大学社会学部教授 田中淳 パネリスト 東京大学地震研究所地震予知情報センター長・教授 阿部勝征,専修大学文学部助教授 大矢根 淳 昭和女子大学人間社会学部助教授 清水裕,文京区総務部長 伊藤達彦,文京区千駄木三丁目北町会副会長 大野元昭</p> <p>※東洋大学 21 世紀ヒューマン・インタラクション・リサーチ・センター研究年報 2005 Vol.2,Pp.1-19.</p> <p>および HIRC21 の HP に報告書内容とシンポジウムの動画が掲載されている。</p> <p>2) 2005年2月2日 第9回震災対策技術展「防災と福祉のまちづくりシンポジウム」(パシフィコ横浜)清水裕 地域自主防災組織のための避難所運営訓練プログラム</p>
<p>他の研究課題への波及</p>		<p>本研究の成果は,下記のように地域防災体制研究への展開し,科学研究費補助金研究へと発展している。</p> <p>1) 研究代表:西道実, 文部科学省科学研究補助金 基盤研究(C), 地域防災コミュニティの活性化支援と家庭内防災力の向上に関する研究, 2005年度~2006年度</p> <p>2) 研究代表:西道実, 文部科学省科学研究補助金 基盤研究(C), 地域防災養成リーダー養成プログラムの開発に関する研究, 2008年度~2010年度(予定)</p>

第3 防災力の向上

3.3 参加型救命設計システムの構築と実践

研究実施期間	平成16年度～平成17年度	
配分額(千円)	8,424(平成16年度)、6,084(平成17年度)	
研究代表者	白木 渡	
所属機関	香川大学工学部	
研究体制	産・学	
研究概要	<p>本研究では、「住民参加型感性工学手法」と「Live Design(救命設計)」の2つの考え方を融合させ、災害発生時におけるオフィスフロアやショッピングセンター等の建物からの避難及び建物から屋外への避難について、多くの主体と議論できる参加型救命設計システムの開発及びシステムの実践を行った。</p> <p>システムの構築にあたっては、避難シミュレーションをプラットフォームとし、多様な主体が様々な視点で避難について意見交換・反映・設計が行える機能を備え、想定災害や地域の状況等をシミュレーション稼動中でもマウスクリック操作により、条件付加、変更をリアルタイムで行うことを可能とした。</p> <p>また、地震・火災と高潮災害を対象としたプレワークショップ、機関別ヒアリング(行政、消防、防災専門家)を実施し、システムの機能付加の参考とした。</p> <p>本システムを活用することにより、地域を軸にした参加型の防災活動をシステムに蓄積し、継続的な防災力向上に寄与することが可能となる。</p>	
研究成果の活用事例	地方自治体における避難訓練シミュレーション	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・地域における継続的な蓄積型防災力向上プログラムの提案 ・施設内での避難を考えた防災教育(児童による参加型学校避難シミュレーションの作成) ・自治体や企業の事業継続計画(BCP)策定支援 	
キーワード	災害時避難シミュレーション	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	<ul style="list-style-type: none"> ・高潮災害シミュレーションシステム開発へ応用 ・病院における避難誘導シミュレーションシステム開発へ応用 ・マルチメディア防災マップ作成支援への応用
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 「Simulation of Pedestrian Dynamics at Occurrence of Disaster Using CA-model」, International Conference on Intelligent Mechtronics and Automation, (2004年8月,中国・成都市) 2) 「Simulation of Pedestrian Dynamics in Emergency Using CA-model」, 4th International Conference on Optimization and Design in Industry, (2004年9月, 東京都立大学) 3) 「Live Design のための災害時避難シミュレーション」, 土木学会安全問題研究委員会特別講演会, (2005年1月, 早稲田大学) 4) 「Simulation of Pedestrian Dynamics in Emergency for Live Design of Buildings」, International Conference on Structural Safety and Reliability, ICOSAR'05, pp823-829, (2005年6月, Rome) 5) 「参加型救命設計システムの構築と実践に関する研究」, 第16回地域安全学会研究発表会, pp35-36, (2005年6月, 岩手県・田老町) 6) 「地域防災・減災のための避難シミュレーション」, 第12回信頼性技術ワークショップ報告

		<p>書,pp53-58, 2005年8月</p> <p>7) 「CAによる高潮災害避難シミュレーションシステムの構築」, 2005年度電気関係学会四国支部連合大会,講演概要集,pp342, (2005年9月,高松)</p> <p>8) 「Simulation of Pedestrian Dynamics in Emergency for Live Design of Community」,8th IASTED International Conference on INTELLIGENT SYSTEMS AND CONTROL ~ISC 2005~,pp321-326, (2005年10月, Cambridge)</p> <p>9) 「避難シミュレーションを活用した地域防災力向上ワークショップ結果報告(2)」,第24回日本自然災害学会学術講演会,東北大学,第24回日本自然災害学会学術講演会論文集, pp217-218</p> <p>10) 「避難シミュレーション(参加型救命設計システム)の開発に関する研究」,日本災害情報学会・第7回学会大会,日本災害情報学会第7回研究発表大会予稿集,pp259-262,2005年11月</p> <p>11) 「避難シミュレーションを活用した地域防災力向上への取り組み」,農林水産技術会議事務局の委託事業による融合新領域研究戦略的アセス調査公開シンポジウム,電磁波・ソフトコンピューティング技術の農林水産分野への応用ー農業・環境・防災への新たな展開ー講演要旨,社団法人農林水産技術情報協会,pp49-54, (2006年3月,東京大学)</p> <p>12) 有友春樹・白木 渡・井面仁志:Live Designによる参加型避難シミュレーションシステムの開発,土木学会,安全問題研究論文集,Vol.1, pp13-18, 2006.11</p> <p>13) 磯打千雅子・田中秀宜・本多隆範・白木 渡・井面仁志・有友春樹:避難シミュレーションを活用した地域防災力向上への取り組み,土木学会,安全問題研究論文集,Vol.1, pp19-24, 2006.11</p> <p>14) Wataru SHIRAKI, Hitoshi INOMO, Haruki Aritomo, Chikako ISOUCHI, Hidenori TANAKA: Development of Computer Simulation System for Evacuation and Application to Improvement of Community Disaster Preparedness, The 4th Civil Engineering Conference in the Asian Region, CD-ROM, 2007.6</p> <p>15) 井面仁志,有友春樹,白木渡,井上賢二:地域防災・減災のための自助・共助活動支援システムの開発,構造物の安全性および信頼性(JCOSSAR 2007 論文集),土木学会,Vol.6,pp203-210, 2007.6</p> <p>16) 有友春樹,白木渡,井面仁志,荒川雅生:緊急時の効果的な避難のためのシミュレーションデータベースの構築,土木学会,土木情報技術論文集, Vol.16, pp11-18,2007.10</p> <p>17) 森本愉美子,白木 渡, 井面仁志,保田敬一,伊藤則夫,堂垣正博:防災教育のための避難シミュレーションの在り方,土木学会,安全問題研究論文集,Vol.2, pp77-82, 2007.11</p> <p>18) 有友春樹,白木 渡,井面仁志:避難シミュレーションを活用した防災教育方法の提案,土木学会,安全問題研究論文集,Vol.2, pp83-88, 2007.11</p> <p>19) 有友春樹,白木渡,井面仁志,医療機関を対象とした避難シミュレーションシステムの開発と被害軽減対策への活用,土木情報利用技術論文集,Vol.17,pp47~56,2008.11</p> <p>20) 有友春樹,白木渡,井面仁志:大型商業施設における避難誘導に関する危機管理対策の検討,(社)土木学会,安全問題研究委員会,安全問題研究論文集,Vol.3, pp227-232,2008.11</p>
他の研究課題への波及		<ul style="list-style-type: none"> ・地域イノベーション創出総合支援事業 重点地域研究開発推進プログラム 平成 19 年度「シーズ発掘試験」:「瀬戸内海沿岸域における災害予測・事前防災対策システムの開発」採択 ・平成 19 年防災システム検討業務委託,国土交通省四国地方整備局 ・地域イノベーション創出総合支援事業 重点地域研究開発推進プログラム 平成 20 年度「シーズ発掘試験」:「入院病棟を対象とした避難誘導計画再設計システムの開発」採択 ・平成 20 年度地域貢献推進経費(防災教育:二番丁地区防災教育プロジェクト)に採択 ・平成20年度 文部科学省 防災教育支援推進プログラム「防災教育支援事業 ー実践的な集中豪雨防災教育プログラムの開発と実践ー」に採択

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.1 障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究

研究実施期間	平成 15 年度～平成 16 年度	
配分額(千円)	2,400(平成 15 年度)、2,600(平成 16 年度)	
研究代表者	萬治亮三	
所属機関	京都市消防局消防学校	
研究体制	産・官	
研究概要	<p>平成 13 年 9 月 1 日に発生した新宿のビル火災において、被害拡大の要因の一つとして、防火戸の周囲に物品が置かれていたことによる閉鎖障害があげられている。このため、本研究では、万が一、防火戸周辺に物品が置かれたとしてもそれを強制的に排除して防火区画を形成する防火戸を開発するものである。</p> <p>試作防火戸 I 号機により改良が必要な部分の抽出、改良方法の検討を行い、試作防火戸 II 号機を製作した。これにより、各種性能について改良した効果が現れ、全ての性能において概ね良好な結果が得られた。</p>	
研究成果の活用事例	物販店舗等の防火戸	
応用の方向性	防火戸メーカーにより、あらゆる建物に対応できる新しい機能を持った防火戸として改良し、実用化を目指す。	
キーワード	防火戸,障害排除	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 結果報告書を作成し、消防庁の他、政令指定都市等 13 消防機関に送付した。 2) 第 53 回全国消防技術者会議 3) 京消研究レポート集(VOL.22)に研究概要を掲載し、全国消防長会東近畿支部各消防本部等 114 団体に送付した。 4) 当局職員に対する結果報告会実施(平成 17 年 3 月 17 日)
	他の研究課題への波及	なし

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.2 消火設備を考慮した火災性状予測ツールの構築

研究実施期間	平成15年度～平成16年度	
配分額(千円)	14,850(平成15年度)、7,508(平成16年度)	
研究代表者	菅原進一	
所属機関	東京理科大学総合研究所火災科学研究部門	
研究体制	学	
研究概要	<p>本研究では、建築火災に対する消防防災科学技術に関する革新的かつ実用的な技術への足がかりとして、初期火災を主な対象として消火設備を考慮した火災性状を明確化し、消火設備作動時の火災性状予測ツールの構築を目的とした。</p> <p>消火設備として散水設備を設置した実大火災実験区画を使用した実大実験を実施し、火源発熱速度性状および煙・熱気流性状を定量的に明らかにした。更に火災室に隣接する廊下等の空間は、消火・救助活動の活動拠点として利用されることが多い。ここでは、火災室に設置された散水設備が作動した場合に、火災室から廊下へ流出する煙の量(開口噴流量)およびその熱量(開口噴流熱量)がどの程度減衰するかを定量的に把握した。</p>	
研究成果の活用事例	建築物の火災安全設計	
応用の方向性	散水設備作動時の火災性状予測	
キーワード	消火設備,初期火災,火災性状予測	
フォローアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 田中太,大宮喜文,松山賢,水野雅之,森田昌宏,菅原進一:「消火設備作動時における区画火災性状の数値シミュレーション」,日本流体力学会年会,pp564-565,2004.6 2) 高橋祥直,田中太,若松孝旺,松山賢,大宮喜文,菅原進一,森田昌宏,水野雅之:「消火設備作動時の区画火災性状 その1 実規模区画を用いた燃焼実験」,日本建築学会 2004年度大会(北海道),学術講演梗概集 A-2,pp273-274,2004.8 3) 田中太,高橋祥直,若松孝旺,松山賢,大宮喜文,菅原進一,森田昌宏,水野雅之:「消火設備作動時の区画火災性状 その2 MPIを用いた並列計算による数値シミュレーション」,日本建築学会 2004年度大会(北海道),学術講演梗概集 A-2,pp275-276,2004.8 4) Futoshi TANAKA, Yoshifumi OHMIYA, Shinichi SUGAWARA, Masahiro MORITA, Ken MATSUYAMA:「A Study of Fire Behavior in a Compartment with an Activation of a Fire Suppression System」, International Technical Congress Computational Simulation Models in Fire Engineering and Research,pp17-27,2004.10 5) 田中太,大宮喜文,森田昌宏,菅原進一,松山賢,水野雅之:「消火設備作動時における区画火災性状の研究」,日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集,pp307,2004.11 6) 高橋祥直,高瀬文生,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,田中太,水野雅之,抱憲誓:「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実規模区画を使用した燃焼実験」,日本建築学会関東支部研究報告集,pp433-436,2005.3 7) 中尾智昭,高橋祥直,高瀬文生,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,田中太,水野雅之,抱憲誓:「散水設備作動時の区画火災性状 その2 追加実験概要と発熱速度低減について」,日本建築学会関東支部研究報告集,pp437-440,2005.3 8) 高瀬文生,中尾智昭,高橋祥直,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,田中太,水野雅

		<p>之,抱憲誓:「散水設備作動時の区画火災性状 その3 熱気流・煙伝播性状について」,日本建築学会関東支部研究報告集,pp441-444,2005.3</p> <p>9) Futoshi Tanaka, Yoshifumi Ohmiya, Ken Matsuyama, Masayuki Mizuno, Shinichi Sugahara, Masahiro Morita:「An Experimental Study of a Compartment Fire with the Activation of a Fire Suppression System」, The 6th KSME-JSME Thermal & Fluids Engineering Conference, March pp20-23, 2005, Accepted</p> <p>10) 高橋祥直,高瀬文生,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,田中太,抱憲誓,水野雅之:「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実規模区画を使用した燃焼実験」,日本火災学会研究発表会概要集,pp498-501,2005.5</p> <p>11) 中尾智昭,高橋祥直,高瀬文生,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,田中太,抱憲誓,水野雅之:「散水設備作動時の区画火災性状 その2 追加実験概要と発熱速度について」,日本火災学会研究発表会概要集,pp502-505,2005.5</p> <p>12) 高瀬文生,高橋祥直,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,田中太,抱憲誓,水野雅之:「散水設備作動時の区画火災性状 その3 熱気流・煙伝播性状について」,日本火災学会研究発表会概要集,pp506-509,2005.5</p> <p>13) 高橋祥直,高瀬文生,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,水野雅之,抱憲誓:「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実験概要及び発熱速度について」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp173-174,2005.9</p> <p>14) 中尾智昭,菅原進一,高橋祥直,松山賢,高瀬文生,水野雅之,大宮喜文,抱憲誓,森田昌宏:「散水設備作動時の区画火災性状 その2 区画内の温度と熱流束・輻射熱」日本建築学会大会学術講演梗概集,pp175-176,2005.9</p> <p>15) 高瀬文生,高橋祥直,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,抱憲誓,水野雅之:「散水設備作動時の区画火災性状 その3 廊下内の熱気流・煙性状について」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp177-178,2005.9</p> <p>16) 高橋祥直,高瀬文生,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,水野雅之,抱憲誓:「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実規模を使用した燃焼実験」,日本機械学会年次大会講演論文集,pp343-344,2005.9</p> <p>17) 中尾智昭,高橋祥直,高瀬文生,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,水野雅之,抱憲誓:「散水設備作動時の区画火災性状 その2 追加実験概要と発熱速度について」,日本機械学会年次大会講演論文集,pp345-346,2005.9</p> <p>18) 高瀬文生,高橋祥直,中尾智昭,菅原進一,森田昌宏,大宮喜文,松山賢,抱憲誓,水野雅之:「散水設備作動時の区画火災性状 その3 廊下の熱気流・煙伝播性状について」,日本機械学会年次大会講演論文集,pp347-348,2005.9</p> <p>19) 桑名裕太,織戸貴之,太田充,高瀬文生,大宮喜文,山口純一:「スプリンクラー設備作動時の区画内煙性状 その1 実験概要」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp279-280,2006.9</p> <p>20) 織戸貴之,太田充,高瀬文生,桑名裕太,大宮喜文,山口純一:「スプリンクラー設備作動時の区画内煙性状 その2 実規模区画を使用した燃焼実験結果」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp281-282,2006.9</p> <p>21) 太田充,桑名裕太,高瀬文生,大宮喜文,織戸貴之,山口純一:「スプリンクラー設備作動時の区画内火災性状 その3 発熱速度・開口噴出量結果の妥当性とその考察」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp283-284,2006.9</p> <p>22) 高瀬文生,太田充,織戸貴之,桑名裕太,大宮喜文,山口純一:「スプリンクラー設備作動時の区画内火災性状 その4 二層ゾーンモデルへの適用」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp285-286,2006.9</p> <p>23) 太田充,桑名裕太,山口純一,松山賢,大宮喜文:「スプリンクラー設備作動時の区画内煙性状に関する研究-ガス分析による火災プルーム流量及び下層貫入量の定量化」,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp111-112,2008.9</p>
	他の研究課題への波及	水膜による火災加熱低減効果の解明

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.3 複合センサによる消防隊員の携帯型位置特定システム

研究実施期間	平成 15 年度～平成 16 年度(当初予定では平成 17 年度まで)	
配分額(千円)	16,819(平成 15 年度)、24,700(平成 16 年度)	
研究代表者	熊谷秀夫	
所属機関	多摩川精機株式会社特機技術部慣性技術課	
研究体制	産・学	
研究概要	地下空間などにおける消防隊員の位置特定を行うための携帯型位置特定システムの一部として必要な慣性装置を開発し、従来のものよりも小型化・軽量化を行う。また、操作性を向上させ、位置補正を容易化し、かつ、慣性装置内での演算における速度零補正を自動的に行うシステムを開発する。本慣性装置の出力を PHS 対応、無線 LAN 対応とし、PHS 通信端末については装置内蔵とするための小型化を図る。	
研究成果の活用事例	なし	
応用の方向性	なし	
キーワード	位置特定システム,慣性装置,携帯型,位置補正	
フ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	写真測量用慣性計測装置 航空機搭載型の合成開口レーダー(SAR:Synthetic Aperture Radar)などにおいて、航空機の機体の姿勢・方位・位置を高精度に計測するために用いられる装置である。この研究により小型化に成功した。
	研究発表の状況等	公開実験を通し、多くの人に慣性装置について知っていただけたと考える。
	他の研究課題への波及	なし

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.4 2 流体ノズル PAG を用いた水損低減型消火システムの開発研究

研究実施期間	平成 15 年度～平成 17 年度	
配分額(千円)	4,160(平成 15 年度)、4,160(平成 16 年度)、4,160(平成 17 年度)	
研究代表者	野口真太郎	
所属機関	三菱重工業株式会社横浜研究所	
研究体制	産	
研究概要	<p>水と空気を同時に噴霧する「2 流体ノズル PAG」では、既に水損を大幅に低減できる実験結果が得られているが、本研究では、①噴霧状態と消火性能の関係把握、②適用限界の把握、③粒子径の消火能力への影響把握の 3 課題について、実験を行って確認した。</p> <p>中でも、実用化に向けて把握しておく必要のある適用限界については、試験結果および過去の知見から、①主な燃焼物が木材等である建物火災についてはマンション 1 室(約 10 畳)程度の火災までは充分適用できる、②中型乗用車の車両火災には適用可能、③沸点の低い液体燃料火災の消火には適さない、との結論が得られた。</p>	
研究成果の活用事例	消防隊用の消火資機材として導入	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・マンション 1 室程度の火災や車両火災に有効 ・油火災には適さない 	
キーワード	少水量,低水損, 2 流体, PAG (pneumatic atomizing gun)	
フ ォ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	本制度によって得られた成果の関連製品として、横浜市が「2 流体消火システム」を搭載したミニ消防車を導入しているほか、背負いタイプが製品化されています(いずれも帝国繊維(株)製)。
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 加村亮子:「2 流体ノズルを用いた PAG 消火システムの性能向上」,火災学会研究発表会,平成 16 年度 2) 加村亮子:「2 流体ノズルを用いた PAG 消火システムの性能向上(2)」,火災学会研究発表会,平成 17 年度 3) 野口真太郎:「2 流体ノズルを用いた PAG 消火システムの開発(3)」,火災学会研究発表会,平成 18 年度
	他の研究課題への波及	なし

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.5 防災観測機システムの開発

研究実施期間	平成 15 年度～平成 17 年度	
配分額(千円)	15,240(平成 15 年度)、19,432(平成 16 年度)、19,500(平成 17 年度)	
研究代表者	三橋清通	
所属機関	社団法人岐阜県工業会	
研究体制	産	
研究概要	<p>本研究では,山林火災・斜面岩盤崩落・火山噴火等災害時の状況を上空から監視する防災観測用無人機として,観測計測飛行するシステムを構築する。</p> <p>防災観測機システムは,形状として翼幅 1.5m,全長 1.23m,高さ 0.5m,全備重量 5.0kg の電動式無人機で,GPS 及び自動操縦装置の搭載による,目標位置,飛行高度,飛行速度等の設定により安定した自律飛行を可能とし,巡航速度 50km/h で 30 分間のビデオカメラ及びデジタルカメラによる観測飛行ができるシステムである。</p> <p>その他に,画像伝送及びGPS データ伝送装置を搭載すれば,リアルタイムで画像及び飛行情報の表示が可能である。地上装置として,自動操縦装置用のノートパソコン及び画像表示・自動追尾用処理装置システムがある。</p>	
研究成果の活用事例	災害時の現場画像情報の収集	
応用の方向性	災害対応の他,交通監視,環境監視,河川管理など多方面に応用可能なことをアピールし,実用化へ向けて運用研究を行う。	
キーワード	防災観測用,無人飛行機,画像伝送,自律飛行	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<p>研究発表・講演</p> <p>1) 西脇英彦(発表者),熊倉弘,三橋清通,橋本豊雄,川辺健夫:「消防防災無人観測機の風洞試験と飛行試験」,日本航空宇宙学会北部支部 2005 年講演会,東北大学流体科学研究所,平成 17 年 3 月 11 日(金),</p> <p>2) 西脇英彦(発表者),渡部透,三橋清通:「防災観測用飛行ロボットの飛行試験」,日本機械学会 2007 年度年次大会,関西大学,平成 19 年 9 月 10 日(月),</p> <p>学会誌寄稿</p> <p>1) 西脇英彦,三橋清通:「小型観測機用無人機の設計と開発」,日本航空宇宙学会誌,2006, 3 月号, Vol.55 No.626</p>

		<p>研究所報寄稿</p> <p>1) 棚橋英樹,大野尚則,山田俊郎,三橋清通:「インターネット上のマップ情報を用いた災害状況提示に関する研究」(防災観測機システムの研究),岐阜県生産情報技術研究所報告第7号(平成17年度)</p> <p>報道等</p> <p>1) 岐阜新聞「無人防災観測機で実用化へ」,平成16年6月19日</p> <p>2) 岐阜ものづくりフェアに展示公開,平成16年9月11日~12日</p> <p>3) ぎふ地震体験博に防災観測機を展示公開,平成16年11月9日~14日</p> <p>4) 各務原市役所ロビーに防災観測機を展示公開,平成17年4月1日~3月31日</p> <p>5) 岐阜ものづくりフェアに展示公開,平成17年10月1日~2日</p> <p>6) 岐阜県工業会新年記者発表「防災観測機実用化へ」,平成18年1月 朝日新聞(2/8),中日新聞(2/1),岐阜新聞(2/1),中部経済新聞(2/1)</p> <p>7) 各務原航空博物館に防災観測機を展示公開,平成18年4月1日~19年3月</p> <p>8) 岐阜県工業会総会記者発表「防災観測機開発完了」,平成18年6月 岐阜新聞(6/10),日刊工業新聞(6/5),中日新聞</p> <p>9) 岐阜県各務原市テクノメッセ2006に展示公開,平成18年11月11日</p> <p>10) 中日新聞「空飛ぶ車いざ街へ」,平成18年11月30日</p> <p>11) 岐阜県産学官連携シンポ・展示会に防災観測機を展示公開,平成19年2月15日</p> <p>12) 各務原航空博物館に防災観測機を展示公開,平成19年4月1日~20年3月</p> <p>13) 岐阜県各務原市産業文化会館に展示公開,平成19年5月7日~6月30日</p> <p>14) 岐阜新聞「夢の飛行機,技術の粋・防災観測機等展示」,平成19年5月30日</p> <p>15) 岐阜テレビお昼のニュースで「防災観測機の紹介」,平成19年6月8日</p> <p>16) 岐阜県庁2F県産品コーナーに展示公開,平成19年8月4日~30日</p> <p>17) 岐阜ものづくりフェアに展示公開,平成19年10月12日・13日</p> <p>18) 中部経済新聞「多用途開発にも期待・防災観測機」(岐阜テクノフェア2007注目の出展として紹介),平成19年10月12日</p> <p>19) 各務原市テクノメッセ2007に展示公開,平成19年11月3日</p> <p>20) 各務原航空博物館に防災観測機を展示公開中,平成20年4月1日~21年3月</p> <p>21) 各務原市テクノメッセ2008に展示公開,平成20年11月8日</p>
他の研究課題への波及	なし	

第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

4.6 地下浸水時の避難・救助システムに関する研究

研究実施期間	平成16年度～平成17年度	
配分額(千円)	3,744(平成16年度)、2,340(平成17年度)	
研究代表者	戸田圭一	
所属機関	京都大学防災研究所水災害研究部門(現在は京都大学防災研究所流域災害研究センターに所属)	
研究体制	学	
研究概要	<p>本研究では、多層化した地下空間を対象として、大規模な水理模型を用いた実験と高度な数値シミュレーション解析を併用することにより、大規模洪水氾濫時の地下の浸水状況を明らかにする。</p> <p>実規模スケールの施設を用いた浸水体験実験により、浸水状況に対する危険回避行動(避難行動・救助活動)の困難さやその限界に関して科学的な分析を行う。重要な都市施設の水害脆弱性改善策の確立、地下浸水発生時の最適な避難誘導システムならびに救助・救援システムの確立を目指している。</p> <p>結果として、地上と地下空間を統合した都市型水害浸水シミュレーションモデルを開発した。また、実物大の階段・ドア模型による地下浸水実験を実施し、避難限界や救助について考察した。</p>	
研究成果の活用事例	<ul style="list-style-type: none"> ・都市型水害における避難・救助訓練 ・地下空間からの避難実験を一般市民や中学生、高校生に公開し、防災に関する啓発の実施 	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・避難行動解析の進展 ・地下浸水時の救助・救援システムの構築 	
キーワード	地下浸水, 避難, 救助, 都市型水害	
フ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	京都市消防局の協力を得ながら、体験実験をもとに、地下浸水時の救助について引き続き検討を加えている。
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) Toda, K., Inoue, K., Nakai, T. and Oyagi, R.:「Hydraulic model test of inundation water intrusion in underground space」, Proc. of the 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and the 14th Congress of APD, IAHR, pp1403-1409, 2004 2) Ishigaki, T., Nakagawa, H. and Baba, Y.:「Hydraulic model test and calculation of flood in urban area with underground space」, Proc. of the 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and the 14th Congress of APD, IAHR, pp1411-1416, 2004 3) Ishigaki, T., Inoue, K., Nakagawa, H., Toda, K. and Baba, Y.:「Experimental and numerical study on ground and underground flooding in urban area」, Proc. of the International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water Related Disasters (MPMD-2005), pp149-154, 2005 4) 間島真嗣, 戸田圭一, 大八木亮, 井上和也:「都市域の地上・地下空間を統合した浸水解析」, 水工学論文集第49巻, 土木学会水工学委員会, pp601-606, 2005 5) Ishigaki, T., Baba, Y., Toda, K. and Inoue, K.:「Experimental study on evacuation from underground space in urban flood」, Proc. of XXXI IAHR Congress, Seoul, 2005. (on

		<p>CD-ROM)</p> <p>6) Ishigaki, T., Toda, K., Baba, Y., Nakagawa, H. and Inoue, K.:「Experimental study on urban flood and evacuation」, Proc. of International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Kyoto,2005. (on CD-ROM)</p> <p>7) Toda,K., Aihata,S., Oyagi,R. and Inoue,K.:「Inundation analysis of ground and underground spaces in large cities」, Proc. of International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Kyoto,2005. (on CD-ROM)</p> <p>8) 錦織俊之,戸田圭一,間島真嗣,岩村真理:「浸水時の多層地下空間からの避難に関する研究」,河川技術論文集第 11 巻,土木学会水工学委員会河川部会,pp187-192,2005</p> <p>9) 戸田圭一,岩村真理,間島真嗣,石垣泰輔:「都市水害時の地下浸水の危険性について」,地下空間シンポジウム論文・報告集,第 11 巻,土木学会地下空間研究委員会,pp163-170,2006</p> <p>10) 石垣泰輔,戸田圭一,馬場康之,井上和也,中川一:「実物大模型を用いた地下空間からの避難に関する実験的検討」,水工学論文集第 50 巻,土木学会水工学委員会,pp583-588,2006</p> <p>11) 山本大介,戸田圭一,米山望,間島真嗣:「小規模地下空間の浸水実験」,河川技術論文集第 12 巻,土木学会水工学委員会河川部会,pp115-120,2006</p> <p>12) 馬場康之,石垣泰輔,戸田圭一,中川一:「地下空間からの避難に関する実験的検討」,土木学会第 61 回年次学術講演会,2006</p> <p>(今回新たに追加したもの)</p> <p>13) Toda,K., Inoue,K. and Aihata,S.:「Urban flood analysis with underground space」, Advances in Geosciences, Volume 4 (Hydrological Science), World Scientific,pp.47-56,2006</p> <p>14) Ishigaki,T., Baba,Y., Toda,K., Nakagawa, H. and Shimada, H.:「Difficulty of evacuation from underground space in urban flood」, Proceedings of the 7th International Conference on Hydroinformatics, Vol.1,pp614-620,2006</p> <p>15) 石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一・島田広昭:「地下空間浸水時の避難困難度について」,地下空間シンポジウム論文・報告集,第 12 巻,土木学会・地下空間研究委員会,pp147-152,2007</p> <p>16) 馬場康之・石垣泰輔・高木寛次・西本弘幸:「地下浸水時の救助・救援活動に関する考察」,地下空間シンポジウム論文・報告集,第 12 巻,土木学会・地下空間研究委員会,pp153-160,2007</p> <p>17) 米山望・間島真嗣・戸田圭一・山本大介:「都市水害時における小規模地下空間の浸水過程に関する数値解析的検討」,水工学論文集第 51 巻,土木学会水工学委員会,pp541-546,2007</p> <p>18) 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一:「地下空間浸水時の避難困難度と利用者の水防意識について」,水工学論文集第 51 巻,土木学会水工学委員会,pp559-564,2007</p> <p>19) 馬場康之・石垣泰輔・戸田圭一・中川一:「地下浸水体験実験の教育・広報活動への展開」,地下空間シンポジウム論文・報告集,第 13 巻,土木学会・地下空間研究委員会,pp231-236,2008</p> <p>20) 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一:「地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用」,水工学論文集第 52 巻,土木学会水工学委員会,pp841-846,2008</p> <p>21) Yoneyama,N., Toda,K., Aihata, S. and Yamamoto,D.:「Numerical analysis for evacuation possibility from small underground space in urban flood」, Proceedings of 16th IAHR-APD Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS, Vol. I,pp107-112,2008</p> <p>22) Toda,K., Kawaike,K., Yoneyama,N., Fukakusa,S. and Yamamoto,D.:「Underground inundation analysis by integrated urban flood model」, Proceedings of 16th IAHR-APD Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS, Vol. I, pp166-171,2008</p>
	<p>他の研究課題への波及</p>	<p>成果をさらに発展させることで,以下の競争的資金での研究費を獲得している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 18 年度-19 年度科学研究費補助金(基盤研究(C))「都市水害時の小規模地下空間の危険度評価と危機回避策に関する研究」 ・建設技術研究開発助成制度(基礎・応用研究開発)(平成 18 年度-19 年度,国土交通省)「都市水害時の地下浸水の予測と対策に関する研究」

第5 特殊災害対策の強化

5.1 大容量泡放射システムにおける吸水設備の研究

研究実施期間	平成16年度～平成17年度	
配分額(千円)	15,120(平成16年度)、15,120(平成17年度)	
研究代表者	村井直行	
所属機関	株式会社モリタ 技術研究部	
研究体制	産	
研究概要	<p>本研究においては、石油タンクの消火設備である大容量泡放射システム用の吸水設備を研究した。</p> <p>具体的には、水中ポンプ・発電機及び水中ポンプを海に下ろすクレーン等を装備した車両を開発した。そのために、1年目は、汎用水中ポンプで吸水設備を試作し、大容量泡放射システムとの適合性を検証し、据付・運用上の問題点を抽出し、2年目においては、当該問題点を解決するため、軽量で耐海水腐食性に優れた高性能水中ポンプを試作、検証した。</p>	
研究成果の活用事例	石油コンビナート区域の事業所の消火資機材として実用化	
応用の方向性	大容量泡放射システムへの給水設備	
キーワード	大容量泡放射システム, 消火用水, 水中ポンプ, 軽量, 小型, 耐海水腐食性	
フォローアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	水中ポンプ1基あたり吐出量7,500L/min, 全揚程10mの水中ポンプを4基組合せ30,000L/min送水が可能なユニット製作した。FRPフロートを浮きとして使用し、海中に投入しても沈まない構造である。総重量(乾燥時)は約460kg, 寸法は1970(L)×995(W)×1250(H)と軽量, 小型化を実現。ホース結合部は200AJ-Storzを有している。
	研究発表の状況等	平成17年3月1日「大容量泡放射システム等検討部会」にて鹿児島県志布志国家石油備蓄基地で1年目の試作吸水設備を含む大容量泡放射システムの放水実験を実行し、全体実験結果を報告。
	他の研究課題への波及	なし

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.1 セルフスタンドにおける顧客の静電気を主因とする防火対策に係る研究

研究実施期間	平成 15 年度	
配分額(千円)	3,000(平成 15 年度)	
研究代表者	江口 真	
所属機関	東京消防庁消防科学研究所第二研究室	
研究体制	官	
研究概要	<p>本研究においては、一連の給油作業における人体電位の測定等を通して顧客の静電気除去及び給油作業の安全化を図る目的で、火災の事例を分類し、その要因を検証した。</p> <p>セルフ式のガソリンスタンドにおける火災発生原因のひとつである給油口火災(ガスキャップファイアー)に関する実験を行った。給油作業時の人体帯電の状況を明らかにした結果、除電方法としては、静電気除去シート等の接地導体に触れてある程度電荷を緩和してから、さらに再度給油口付近の金属部分等に触れることが効果的であるとわかった。</p>	
研究成果の活用事例	セルフスタンドの防火対策	
応用の方向性	一連の給油作業における人体電位変化の時間的な精度をさらに高めて計測を行い、ガスキャップファイアーの発生防止策を検討する。	
キーワード	セルフ,ガソリンスタンド,静電気,火災,給油口火災(ガスキャップファイアー)	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 江口真:「セルフスタンドにおける静電気火災防止に関する研究」,平成 16 年度消防科学研究所一般公開,平成 16 年 4 月 15 日 2) 江口真:「セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策(Ⅰ)及びセルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策(Ⅱ)」,第 28 回静電気学会全国大会,平成 16 年 9 月 17 日, 3) 江口真:「セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究」,第 52 回全国消防技術者会議,平成 16 年 10 月 21 日 4) 江口真:「セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究」,消防科学研究所報 41 号,平成 16 年 10 月 5) 江口真:「セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策について」,Safety&Tomorrow No.99,平成 17 年 1 月 11 日 6) 江口真:「セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策」,東京消防 2 月号第 84 巻第 2 号通巻第 896 号,平成 17 年 2 月 10 日 7) 江口真:「セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究」,平成 17 年度日本火災学会研究発表会,平成 17 年 5 月 21 日
	他の研究課題への波及	なし

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.2 津波による石油タンクの被害予測手段に関する研究

研究実施期間	平成15年度～平成17年度	
配分額(千円)	9,750(平成15年度)、17,550(平成16年度)、14,625(平成17年度)	
研究代表者	藤井直樹	
所属機関	東電設計株式会社 土木本部 社会基盤推進部	
研究体制	産	
研究概要	<p>本研究では、石油タンクに作用する津波波力の算定方法を検討し、タンク被害想定可能な手法を提案することを目的としている。津波水理実験を実施し、津波波力の推定方法、それによる石油タンク被害に関する検討を行った。</p> <p>その結果、①石油タンクへの津波作用波力を推定する方法を提案するとともに、②津波遡上水位より簡便的に評価できる被害判定図を作成し、石油タンクの簡易の被害予測を可能とした。これにより石油タンクの津波被害に関する安全性予測手順を示した。</p>	
研究成果の活用事例	石油コンビナート区域にある石油タンクの津波対策	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> 石油タンク施設の安全性を増大させるための防災・減災対策法の検討 石油タンク被害に伴う油・火災の拡がりの推定など2次被害の影響評価を行うためのシステムの構築 津波漂流物による被害予測 	
キーワード	津波,石油タンク,被害予測,浮き上がり,滑動,転倒,座屈	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	消防庁では、大地震にともなう津波・浸水により、わが国の大規模危険物施設に発生しうる被害を予測するとともに、有効な被害軽減対策を立案することを目的として、本研究成果を活用した検討を平成18年度から開始しており、現在継続して実施中である。
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 藤井直樹,大森政則,朝倉良介,池谷毅:「津波による石油タンクに係わる被害について」地域安全学会梗概集, No.16,pp87-90,2005 秋山真吾,池谷毅,大森政則,藤井直樹:「津波が作用する石油タンク周辺の流動特性」海洋開発論文集第21巻,pp157-162,2005 池谷毅,秋山真吾,藤井直樹,大森政則:「石油タンクに作用する津波波力の評価と被害予測手法」,地域安全学会論文集 No.7,pp307-314,2005 藤井直樹,大森政則,池谷毅,稲垣聡:「石油タンクに作用する津波波力と被害予測手法」海岸工学論文集,第53巻,pp271-275,2006
	他の研究課題への波及	なし

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.3 大型タンクの地震時スロッシングの予測と制御

研究実施期間	平成16年度～平成17年度	
配分額(千円)	3,744(平成16年度)、3,744(平成17年度)	
研究代表者	野田 茂	
所属機関	香川大学工学部安全システム建設工学科	
研究体制	学	
研究概要	<p>本研究では,巨大地震発生時の長周期地震動による大型タンクのスロッシングを予測し,抑制することを目的とする。</p> <p>1年目は,過去の地震記録の検討結果から,長周期帯域における設計用地震動の見直し,スロッシング高さ算定における境界条件の非線形性の導入,さらにはスロッシング抑制のための簡便法について検討した。また,南海地震に伴う長周期地震動のシミュレーションを実施した結果,タンクの容量や液深がスロッシング挙動に及ぼす影響が大きく,スロッシング制御の必要性が明確になった。</p> <p>2年目は,スロッシング振動エネルギー吸収と地震入力エネルギー低減がより効果的に行われることを基準としたセミアクティブ制御システムを開発した。剛基礎上の円筒タンクに関して,内容液,浮き屋根,タンク側壁の連成効果を含む3次元非線形地震応答解析を実施した。その結果,粒子法によってスロッシング挙動特に碎波を正確に評価でき,導入したスロッシング抑制策の妥当性を検証した。</p>	
研究成果の活用事例	石油コンビナート区域にある石油タンクの地震対策	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・スーパーコンピューターを用いたより精細な解析 ・模型を用いた振動台実験による,制振装置の妥当性の検証 	
キーワード	大型タンク,長周期地震動,スロッシング,粒子法	
フ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 松寄達也,野田茂:「仮想南海地震による長周期地震動のシミュレーション」,土木学会第59回年次学術講演会講演概要集, I-275,pp449-450,2004年9月 2) 吉田隆治,野田茂:「2003年十勝沖地震時の苫小牧におけるタンク内容液のスロッシング挙動の非線形性について」,土木学会第59回年次学術講演会講演概要集, I-275,pp549-550,2004年9月 3) 吉田隆治,野田茂:「2003年十勝沖地震時の苫小牧における大型タンクの非線形スロッシング挙動に関する検討」,前田建設技術研究所所報,Vol.46,pp9-1~9-7,2005年7月 4) 吉田隆治,野田茂:「統計的グリーン関数法を用いた仮想関東地震の地震動評価」,前田建設技術研究所所報,Vol.48,pp11-1~11-8,2007年7月 5) 吉田隆治,野田茂:「3次元差分法(GMS)を用いた仮想関東地震の地震動評価」,前田建設技術研究所所報,Vol.48,pp12-1~121-9,2007年7月 6) 須川智史,野田茂,吉田秀典:「MPS法を用いたタンクのスロッシング解析」,土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, I-183,pp365-366,2008年9月
	他の研究課題への波及	科学研究費補助金・基盤研究(B)(一般),3年間(2006~2008年度),長周期地震動の破壊力予測と大型タンクのスロッシング抑制実験,研究代表者

第6 危険物施設等の保安対策の充実

6.4 廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス発生危険度評価手法の構築

研究実施期間	平成 16 年度～平成 17 年度	
配分額(千円)	1,980(平成 16 年度)、1,030(平成 17 年度)	
研究代表者	小西忠司	
所属機関	大分工業高等専門学校機械工学科	
研究体制	学	
研究概要	<p>バイオマス技術の実用化には有機性廃棄物の微生物発酵による可燃性ガス産生と爆発に至る過程の解明が欠かせない。本研究では、火災物理学と微生物学の連携により、嫌気性微生物による発酵を評価し、多種多様なバイオマスの嫌気性発酵による可燃性ガスの種類および発生量を測定する。これにより廃棄物系バイオマスによる発電・熱利用の防災対策を確立することを目的としている。</p> <p>1 年目は嫌気性微生物の発酵による実験的検討を行い、①嫌気性微生物の培養と水素産生の確認、②食品の種類による可燃性ガス成分の相違、③食品の種類による爆発危険評価法を水素-酸素-二酸化炭素から構成される混合ガスの爆発限界から評価する手法の提案について結果を得た。</p> <p>2 年目は嫌気性微生物による発酵評価装置による食品廃棄物系バイオマスの測定について、①任意の酸素濃度に設定可能な微生物発酵評価装置の製作、②食品廃棄物系バイオマスから産生する可燃性ガスについて酸素濃度、環境温度、水分の影響について測定、③食品廃棄物の小型模擬貯蔵槽の設計および製作を実施した。</p>	
研究成果の活用事例	廃棄物系バイオマスによる発電・熱利用の防災対策の確立	
応用の方向性	本研究の基礎実験で製作した小型模型貯蔵槽を用いて、ごみ固形燃料発電所、生ゴミ処理施設における爆発事故の実証実験の実施	
キーワード	バイオマス,可燃性ガス,爆発事故	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<p>口頭発表 3 件(国内学会 2 件, 国際学会 1 件)</p> <p>1) 小西忠司,後藤成智,後藤達憲,加藤勝敏:「廃棄物系バイオマスによる発生ガス危険度評価方法の構築に関する研究」,平成 17 年度 日本火災学会研究発表会(京都大学), pp542-545, 2005</p> <p>2) 小西忠司,廣田智彰,那賀健二郎,加藤勝敏,山城哲:「廃棄物系バイオマスによる発生ガス危険度評価方法の構築に関する研究—酸素濃度および温度が可燃性ガス発生に与える影響」,平成 18 年度 日本火災学会研究発表会(東京消防庁),pp156-159, 2006</p> <p>3) T.Konsihi1, T. Yamashiro:「STUDY ON RISK EVALUATION OF FLAMMABLE GAS GENERATING FROM WASTE BIOMASS」, Abstract of Work-In-Progress Poster, 31st International Symposium on Combustion, Heidelberg, Germany (2006)</p>
	他の研究課題への波及	<p>1) 神奈川工科大学 鳴海教授の共同研究の開始 資料 http://www.kait.jp/laboratory/narumi.shtml</p> <p>2) 平成 20 年度科学研究費補助金交付内定 間接的に、平成 20 年度科学研究費補助金の課題「人工肺と組織細胞を用いた呼吸器・代謝系非動物実験による火災ガス毒性評価方法の確立」のアイデアに繋がった。</p>

第7 救急・救助業務の高度化

7.1 レスキュー工学の構築を目指した啓発活動のための核心的企画研究

研究実施期間	平成 15 年度(当初予定では平成 17 年度まで)	
配分額(千円)	1,875(平成 15 年度)	
研究代表者	大須賀公一	
所属機関	京都大学大学院情報学研究科システム科学専攻	
研究体制	学	
研究概要	<p>本研究では,これまで単発的に存在してきたレスキュー関連技術の統一的な求心力としての「レスキュー工学」を構築することをめざす。</p> <p>そのための手法として,レスキューロボットコンテスト,レスキューロボットコンテストシーズの活動支援,レスキューロボット関連の懇親会やセミナーなどを開催する。また,これらの活動を有機的に統括し近未来のレスキューロボット研究者を発掘する。</p>	
研究成果の活用事例	平成 15 年度以降現在まで,継続してレスキューロボットコンテストが開催されている。	
応用の方向性	本研究課題の目的が社会啓発であるので,その目標へと進んでいる。また具体的にそのコンテストを通してレスキューロボットの研究を始めた学生も現れている。	
キーワード	レスキュー工学,レスキューロボットコンテスト,啓発活動	
フォロアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	<p>レスキューロボットコンテストを通して,</p> <p>1) レスキュークローラー(株式会社タミヤ) http://www.tamiya.com/japan/products/70169rescue/index.htm</p> <p>2) レスコンボード(サンリツオートメーション株式会社) の製品開発が行われ,市販している。</p>
	研究発表の状況等	<p>論文</p> <p>1) K.Osuka and Executive Committee of Rescue Robot Contest:「Rescue Robot Contest - To Expand the Range of Rescue Research - 」,Advanced Robotics,Vol.16, No.6,pp565-568,2003</p> <p>2) T.Yamamoto, T.Ichikawa and S.Fujisawa:「A Consideration on Rescue Robot Contest from Viewpoint of Technology Education」,The Journal of Robotics and Mechatronics,Vol.15 No.5, pp516-520,2003</p> <p>学会発表</p> <p>1) 金田忠裕:「レスキューロボットコンテストシーズの挑戦」,第 4 回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C1-1,2003</p> <p>2) 安井正明,土井智晴,金田忠裕:「モノづくりとコトづくりの融合レスコンシーズを題材として」,第 4 回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C1-2,2003</p> <p>3) 田中享,奥川雅之:「レスコンシーズ美濃版に関する評価および考察」,第 4 回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C1-3,2003</p> <p>4) 市川貴子,岩野優樹,山本透:「レスコン Jr. の教育的効果に関する一考察中学校技術科における実践を通して」,第 4 回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C1-4,2003</p>

		<p>5) 升谷保博,レスキューロボットコンテスト実行委員会:「レスキューロボットコンテストの目指すもの第3回競技会の結果を踏まえて」,第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C2-1,2003</p> <p>6) 水田紘介,前山祥一,栗栖正充,升谷保博,レスキューロボットコンテスト実行委員会:「第3回レスキューロボットコンテストにおける要救助者ダミーの開発と評価」,第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C2-2,2003</p> <p>7) 沖俊任,奥川雅之,レスキューロボットコンテスト実行委員会:「第3回レスキューロボットコンテストにおける電波の管理について」,第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C2-3, 2003</p> <p>8) 山内仁, レスキューロボットコンテスト実行委員会:「レスキューロボットコンテストにおける計算機システムとデータ分析」,第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C2-4,2003</p> <p>9) 天野久徳,大西規雄,染谷美枝,レスキューロボットコンテスト実行委員会:「レスキューとコンテスト-レスキューロボットコンテスト規定の困難さ-」,第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C2-5,2003</p> <p>10) 大須賀公一,レスキューロボットコンテスト実行委員会:「レスキューロボットコンテストのベクトル」,第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会,3C3-5,2003 (2003 年以降,新しい実行委員長である升谷(大阪電気通信大学)によるレスキューロボットコンテストに関する発表を毎年継続して行っている)</p>
	<p>他の研究課題への波及</p>	<p>社会啓発が本研究の目的であるため本制度以外の競争的資金への申請はなじまないと考えている。逆に本制度からの研究助成が途中で打ち切られたことが意外であった。</p>

第7 救急・救助業務の高度化

7.2 消防・危機管理用具の性能に関する研究

研究実施期間	平成 15 年度	
配分額(千円)	12,870(平成 15 年度)	
研究代表者	山田比路史	
所属機関	消防・危機管理用具研究協議会	
研究体制	産	
研究概要	<p>本研究では、テロ等の特殊災害時に消防機関が使用する救助資機材及び国民が使用する呼吸用保護具等の防災製品の性能に係る適切な基準及びその品質・性能の評価について調査、研究を行う。</p> <p>海外の基準及び JIS 規格等を調査し、その情報を基礎とし、救助隊用及び避難用保護具として次の 5 件の基準を作成した。その後、基準に基づく製品の試作を行い、モデル試験装置を用いて検証した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 救助隊用ろ過式呼吸用保護具(CFASDM001:2004) 2) 救助隊用給気式呼吸用保護具(空気呼吸器) (CFASDM002:2004) 3) 救助隊用化学防護服(CFASDM003:2004) 4) 避難用ろ過式呼吸用保護具(CFASDM004:2005) 5) 避難用給気式呼吸用保護具(CFASDM005:2005) 	
研究成果の活用事例	基準に適合する製品の普及促進	
応用の方向性	他の防災製品についての基準作成	
キーワード	テロ,特殊災害,呼吸用保護具,化学防護服,防災製品,基準	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	「研究概要」に記載した救助隊用ろ過式呼吸用保護具,避難用ろ過式呼吸用保護具,救助隊用給気式呼吸用保護具(空気呼吸器)及び救助隊用化学防護服の基準に基づき,関係するメーカーが当該基準に適合する製品を開発・製作して実用に供している。
	研究発表の状況等	<p>研究発表</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 山田比路史:平成 15 年度「消防防災科学技術研究推進制度」研究報告会,平成 16 年 3 月 30 日(消防研究所) 2) 宮坂征夫:「2006 年度呼吸保護具に関する研究発表会」,国際呼吸保護学会・日本呼吸用保護具工業会,2006 年 12 月 1 日 <p>雑誌発表</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 岡山正昭,山田比路史:「消防におけるテロ対策・大規模災害等用「呼吸用保護具」の基準について」,セイフティ・ダイジェスト,2005 年 5 月号
	他の研究課題への波及	個人又は 1 企業では研究・開発できないテーマに関して,公的な資金の援助を得て推進することの意義は大きなものがある。現に,本研究の事務局を担当した(財)日本消防設備安全センターでは,消防庁が懸案としている「消防用設備等の耐震措置の研究」に関して,2008 年度研究委託を受け自主的な研究事業として推進している。

第7 救急・救助業務の高度化

7.3 救急需要に関する研究

研究実施期間	平成17年度	
配分額(千円)	8,000(平成17年度)	
研究代表者	坂本哲也	
所属機関	帝京大学医学部救命救急センター	
研究体制	学	
研究概要	<p>本研究では、救急需要対策として実施されるトリアージ方法の検討に資するエビデンスを確立するため、119番の通報内容、救急活動記録、病院搬送後の確定診断名を統合したデータベースを作成し、統計学的に分析した。</p> <p>また、救急活動記録の中から、現場における緊急度の一つである生理学的指標を数値化し、病院到着時の重症度との関係も分析した。あわせて米国における救急需要対策と供給源の実情について調査した。</p>	
研究成果の活用事例	緊急度に応じたトリアージの実施と救急車の運用	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急度に合わせた病院前救護の質の向上 ・トリアージの根拠となる科学的エビデンスの確立と国民の理解 ・トリアージ案に基づく評価のみを通報や現場で試行し、基準の妥当性を検証した上で、実際にトリアージ結果に基づく救急自動車の運用の試行 	
キーワード	救急、119番通報、トリアージ、生理学的緊急度指標、重症度	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	特になし
	研究成果の応用例や製品化について	特になし
	研究発表の状況等	研究報告書による発表の他、平成18年度の日本救急医学会総会および全国救急隊員シンポジウム等で研究結果を発表する予定である。
	他の研究課題への波及	特になし

第8 環境への配慮

8.1 環境に配慮した一般火災用消火剤の開発

研究実施期間	平成 15 年度～平成 16 年度	
配分額(千円)	19,419(平成 15 年度)、18,764(平成 16 年度)	
研究代表者	上江洲一也	
所属機関	北九州市立大学国際環境工学部	
研究体制	産・学・官	
研究概要	<p>本研究では、天然系の原料による界面活性剤をベースとし、かつ、一般火災に対して消防隊が使用することができる性能を備えた消火剤を開発することを目的としている。また、消火剤の水生生物への影響として、原生生物と魚類に対する環境毒性評価も行う。</p> <p>消火剤の主成分として生分解性に優れた石鹼を選択し、消火剤に要求される物性及び性能を満たす消火剤成分を特定した。また、毒性試験においては硬度成分濃度が高くなるにつれて本消火剤の毒性が急激に減少したことから、天然系消火剤は河川等の水環境に放出された際に、速やかに水生生物に対する毒性を失うことが明らかとなった。</p>	
研究成果の活用事例	<ul style="list-style-type: none"> ・環境にやさしい一般火災用消火剤として実用化 ・北九州市消防局において、H17～18 年に試行配備。(実火災・実車検証) 同 H18 年 8 月、9 月に実規模(集合住宅 27m²)火災実験を実施。 	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・CAFS(Compressed Air Foam System)などの新たな放水システムと組み合わせることによって、より効率的な消防活動ができる新たな消防戦術の開発 ・一般火災用消火剤だけでなく、油火災やタイヤ火災、林野火災等に適用可能な組成への改良開発 ・消火剤の環境リスクアセスメントの確立、自然界への散布条件(使用基準・モノサシ)等の検討 	
キーワード	一般火災用消火剤, 石鹼, 天然系, 生分解性, 界面活性剤, 毒性評価	
フ ォ ロ ー ア ッ プ の 内 容	特許や実用新案について	<p>特願 2004-258600「界面活性剤系消火剤」 出願日:平成 16 年 9 月 6 日 出願人:(株)古河テクノマテリアル,シャボン玉石けん(株),北九州市 TLO Surfactant composition. Ohba, Yoshihiko; Iwamoto, Shinji; Mitsumune, Shota; Kobayashi, Masataka; Tsuru, Hitoshi; Hatae, Shuichi; Uezu, Kazuya; Yamaga, Keiichi; Nagatomo, Yoshio; Umeki, Hisao. (Furukawa Techno Material Co., Ltd., Japan; Shabondama Soap Co., Ltd.; Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry Science and Technology). PCT Int. Appl. (2006), 26 pp</p>
	研究成果の応用例や製品化について	<p>2007 年 7 月に、ミラクルフォーム(石けん系泡消火剤,本研究グループ開発品)として市販された。http://www.morita119.jp/fire_engine/pump/001s3.html (カタログも別添)</p>
	研究発表の状況等	<p>学会発表</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 上江洲一也:化学工学会沖縄大会,平成 16 年 11 月(琉球大学)口頭発表 2) 上江洲一也:化学工学会第 70 年会,平成 17 年 3 月(名古屋大学)口頭発表 3) 上江洲一也:日本農芸化学会 2005 年度大会,平成 17 年 3 月(札幌)ポスター発表 4) 上江洲一也:第 42 回化学関連支部合同九州大会,平成 17 年 7 月(北九州)ポスター発表 5) 上江洲一也:第 16 回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会,平成 17 年 7 月(大分)ポ

		<p>ター発表</p> <p>6) 上江洲一也:第 17 回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会,平成 18 年 7 月(山口)ポスター発表</p> <p>7) 上江洲一也:化学工学会第 38 回秋季大会,平成 18 年 9 月(福岡) 口頭発表</p> <p>8) 上江洲一也:化学工学会鹿児島大会,平成 18 年 11 月(鹿児島) 口頭発表</p> <p>9) 19th International Symp. on Chemical Engineering Kyushu-Daejeon/Chungnam 平成 18 年 12 月(北九州)ポスター発表</p> <p>10) 2007 Taiwan-Japan International Symposium on Environmental Science, Technology and Management 平成 19 年 9 月(台北) 口頭発表(英語)</p> <p>11) 2007 Taiwan-Japan International Symposium on Environmental Science, Technology and Management 平成 19 年 9 月(台南) 口頭発表(英語)</p> <p>学術論文</p> <p>1) T.Kadono, K.Uezu, T.Kosaka and T.Kawano Altered Toxicities of Fatty Acid Salts in Green Paramecia Cultured in Different Waters, <i>Z. Naturforsch., C: Journal of Biosciences</i>, 61 (7-8), 541-547 (2006)</p> <p>2) T.Kawano, T.Kadono, N.Matsuoka, T.Tamura, and K.Uezu Possible Ecological Risk Assessment of Commercial Fire-fighting Foams Using Germinating Rice (<i>Oryza sativa</i> L.)Seeds, <i>ITE Letters on Batteries, New Technologies and Medicine</i>, 7(4), 379-382 (2006)</p> <p>3) C.Lin, T.Kadono, K.Yoshizuka, K.Uezu,and T.Kawano, Assessing the Eco-toxicity of Novel Soap-based Fire-Fighting Foam Using Medaka Fish (<i>Oryzias latipes</i>, Red-orange variety) Adopted to River and Sea Water Conditions, <i>ITE Letters on Batteries, New Technologies and Medicine</i>, 7(5), 499-503 (2006)</p> <p>4) T.Kadono, K.Uezu,and T.Kawano, Confirming the Altered Toxicities of Fatty Acid Salts in Paramecium caudatum Cultured in Different Waters, <i>ITE Letters on Batteries, New Technologies and Medicine</i>, 7(6), 606-609 (2006)</p> <p>5) Y.Jeong, K.Uezu,M.Kobayashi, S.Sakurai, H.Masunaga, K.Inoue, S.Sasaki, N.Shimada, Y. Takeda, K.Kaneko and K.Sakurai Complex Made from Tetrasodium N,N-Bis(carboxylatomethyl) Glutamate and Sodium Oleate that Forms a Highly Ordered Lamella in Gel Phase <i>Bull. Chem. Soc. Japan</i>, 80 (2), 410-417 (2007)</p> <p>6) T.Kawano, C.Lin, T.Kadono and K.Uezu Ecological risk assessment of fire-fighting chemicals using medaka fish (<i>Oryzias latipes</i>)in different water conditions, <i>ITE Letters on Batteries, New Technologies and Medicine</i>, 8(3), 306-311 (2007)</p> <p>7) H.Mizuki, K.Uezu,T.Kawano, T.Kadono, M.Kobayashi, S.Hatae, Y.Oba, S.Iwamoto, S. Mitumune, M.Owari, Y.Nagatomo, H.Umeki and K.Yamaga Novel Environmentally Friendly Fire-Fighting Agent, <i>Journal of Environmental Engineering and Management</i>,17(6),377-383(2007)</p> <p>8) K.Goto, C.Lin, T.Kadono, M.Hirono, K.Uezuand T.Kawano Eco-Toxicity Of A Soap Component (Sodium Oleate) And A Synthetic Detergent Cocktail Using Green Paramecia Assayed In Natural Water Samples From East Asia, <i>Journal of Environmental Engineering and Management</i>, 17(6),403-408(2007)</p>
他の研究課題への波及		<p>平成 21 年度科学技術振興機構重点地域研究開発推進プログラム(育成研究)(H21~H23)に申請し,二次面接審査を終了。研究課題:石けんを主成分とした林野火災用の泡消火剤の開発,申請額:3年間 67,685,000 円。</p> <p>その他の波及効果としては,本課題の研究開発の過程で築いてきた北九州市消防局,消防関係機関,地元企業,消防関連企業,北九州市立大学との共同研究体制は,個別の研究に留まることなく,日本の環境技術と消防防災技術を北九州市から世界に発信し,地球環境を改善する一助となりうる貴重なものだと確信し,その体制を大きく発展させる「環境・消防技術開発センター」を 2008 年 4 月に設立した。 (http://www.env.kitakyu-u.ac.jp/ja/shoubou/)</p>

第9 その他

9.1 消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究

研究実施期間	平成 15 年度～平成 17 年度	
配分額(千円)	1,485(平成 15 年度)、4,160(平成 16 年度)、4,160(平成 17 年度)	
研究代表者	橋本好弘	
所属機関	札幌市消防局総務部	
研究体制	学・官	
研究概要	<p>本研究では、勤務時の心拍変動や熱環境室での負荷活動などについての研究を実施し、消防職員の身体への負担を定量化することによって、消防職員の安全管理や健康管理に役立てるとともに、効果的な現場活動につなげることを目的としている。</p> <p>現場活動や労務負担を定量化し、消防隊員の環境条件別活動時間や救急隊員の年間出動件数のガイドラインなどを提言した。</p> <p>また、現場活動の負担は、体力等の要因が影響することから、必要な体力指標や体力練成の効果についても検証した。</p> <p>さらに、メンタルヘルスについても、日常ストレスと非常事態(惨事)ストレスに区分して、ストレスの関連要因を把握するとともに、惨事ストレス対策としての現場活動の対策を提言した。</p>	
研究成果の活用事例	消防職員の安全管理,健康管理,ストレス対策	
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代防火衣の開発や防火衣の基準化のための資料 ・活動マニュアル等の作成 	
キーワード	消防職員,身体負荷,メンタルヘルス,惨事ストレス,安全管理,健康管理	
フォローアップの内容	特許や実用新案について	なし
	研究成果の応用例や製品化について	なし
	研究発表の状況等	<ol style="list-style-type: none"> 1) 橋本好弘,森谷 紘,花 蘭一正:「救急隊員の勤務時における身体負荷考察」,第 14 回北海道救急医学会救急隊員部会,平成 15 年 5 月 2) 橋本好弘,川内健太郎,森谷 紘:「救急隊員の勤務時における身体負荷—救急隊員の心拍変動からの検討—」,平成 15 年度日本火災学会概要集,pp284-287,平成 15 年 5 月 3) 森谷 紘,橋本好弘,花 蘭一正,河口明人:「Visual Analog Scale (VAS) で評価した救急隊員の勤務時における心身負荷」,体力科学 Vol.52 NO.6,pp777,2003 4) 橋本好弘,森谷 紘,花 蘭一正:「心拍変動からみた勤務時身体負荷考察」,体力科学 Vol.52 NO.6,pp785,2003 5) 橋本好弘,森谷 紘,花 蘭一正:「出動件数と仮眠時間からの救急隊員の身体負荷考察」,第 27 回北海道救急医学会 救急医学分科会,平成 15 年 10 月 6) 橋本好弘,森谷 紘,花 蘭一正:「救急隊員の自律神経活動からみた勤務時身体負荷考察」,第 12 回全国救急隊員シンポジウム議事録,平成 16 年 1 月

		<p>7) 橋本好弘,川内健太郎,橋上勉,森谷黎:「救急出動が救急隊員の心臓自律神経活動に及ぼす出動時間帯別影響」,体力科学 Vol.53 NO.4,pp461,2004</p> <p>8) 橋本好弘,川内健太郎,橋上勉,森谷黎:「災害活動時における消防隊員の心臓自律神経活動変化」,平成 16 年度日本火災学会概要集,pp66-69,平成 16 年 5 月</p> <p>9) 川内健太郎,橋本好弘,橋上勉,森谷黎:「消防職員の勤務時における心身への負荷とその関連要因」,体力科学 Vol.53 NO.6,pp832,2004</p> <p>10) 橋本好弘,川内健太郎,橋上勉,森谷黎:「救急隊員の就業区分別にみた救急出動時における心臓自律神経活動への影響」,体力科学 Vol.53 NO.6,pp843,2004</p> <p>11) 橋上勉,橋本好弘,川内健太郎,森谷黎:「救急隊員と消防隊員の Visual Analog Scale (VAS) で評価した勤務時における心身負荷」,体力科学 Vol.53 NO.6,pp844,2004</p> <p>12) 橋本好弘,川瀬信,澤田勝美,橋上勉,森谷黎,川内健太郎:「災害活動時における消防隊員の活動負荷とヒートストレス発生危険・対策」,平成 16 年度全国消防技術者会議資料,pp157-162,平成 16 年 10 月</p> <p>13) 川内健太郎,橋本好弘,橋上勉,森谷黎:「消防職員の勤務時における心身への負荷とその関連要因」,平成 16 年度北海道体育学会研究発表会,平成 16 年 12 月</p> <p>14) 札幌市消防局(橋本好弘):「消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究報告」近代消防8月号,pp60-63,平成 17 年 8 月</p> <p>15) 橋本好弘,橋上勉,森谷黎:「換気機能からの消防活動個別動作の影響」,体力科学 Vol.54 NO.6,pp679,2005</p> <p>16) 橋本好弘,川瀬信,五十嵐征爾,橋上勉:「消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究」,平成 17 年度全国消防技術者会議資料,pp153-158,平成 17 年 10 月</p> <p>17) 札幌市消防局(橋本好弘):「心拍数,心臓自律神経活動と換気量から評価した消防活動の身体影響とその対策」,火災,Vol.56 NO1,pp37-43,2006.2</p> <p>18) 札幌市消防局(橋本好弘):「暑熱・寒冷環境下消防活動の身体影響とその対策」,火災,Vol.56 NO2,pp21-27,2006.4</p> <p>19) 橋本好弘,川内健太郎,橋上勉,森谷黎:「消防隊員の CIVD と体力指標の関連」,北海道大学大学院教育学研究科紀要第 99 号,pp123-128,2006.9</p> <p>20) 橋本好弘,橋上勉,西條泰明,上野武治:「メンタルヘルス対策に関する実態調査結果」,札幌市消防局消防科学研究所報告 No.12,pp12-27,2006.9</p> <p>21) 橋本好弘,五十嵐征爾,川内健太郎,橋上勉:「消防隊員の CIVD 反応と体力指標の関連」,札幌市消防局消防科学研究所報告 No.12,pp7-11,2006.9</p>
	<p>他の研究課題への波及</p>	<p>なし</p>

消防防災科学技術研究開発事例集 II

平成21年3月 発行

禁無断転載

発行者 総務省 消防庁 予防課 消防技術政策室
電話 03-5253-7541