

実証実験及び点検方法に関する調査結果
を踏まえた第2回実証実験について



第2回実証実験の検証内容（案）

第2回実証実験では、第1回実証実験で検証できていない課題、第1回実証実験結果から見えた課題解決のための検証および将来的に屋外貯蔵タンクの効果的な予防保全に活用できる可能性のある技術について検証を行う。

第2回 実証実験 検証内容 (案)	第1回実証実験 で検証できてい ない課題	1.リアルタイム映像の有効性に関する検証
	第1回実証実験 結果から見えた 新たな課題解決 のための検証	<ul style="list-style-type: none"> ■ 点検に使用するドローンやカメラ等の機材は事業者ごとに異なり、一律に鮮明な画像等が得られる条件を示すのは難しい ■ タンク間の離隔距離が狭いタンクにおいて問題なく飛行できるか
		2.適切な撮影距離の決定方法に関する検証 3.タンク間距離が狭いタンクにおけるドローン飛行に関する検証
	将来的に屋外 貯蔵タンクの効 果的な予防保 全に活用できる 可能性のある技 術について検証	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新技術を活用した屋外貯蔵タンクの点検方法の検証 ■ 新技術を活用したデータ管理や効率的な点検記録方法の検証
		4. AI画像解析モデルを用いた屋外貯蔵タンク側板の腐食等の検出 5.タンクの3Dモデルを活用した点検記録の効率化
スケジュール等（案）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 令和5年1月下旬から2月上旬のうち予備日を含め2日程度 ■ 関東近縁の特定タンク保有事業所に協力依頼予定 	

1.リアルタイム映像を活用した屋外貯蔵タンクの点検について

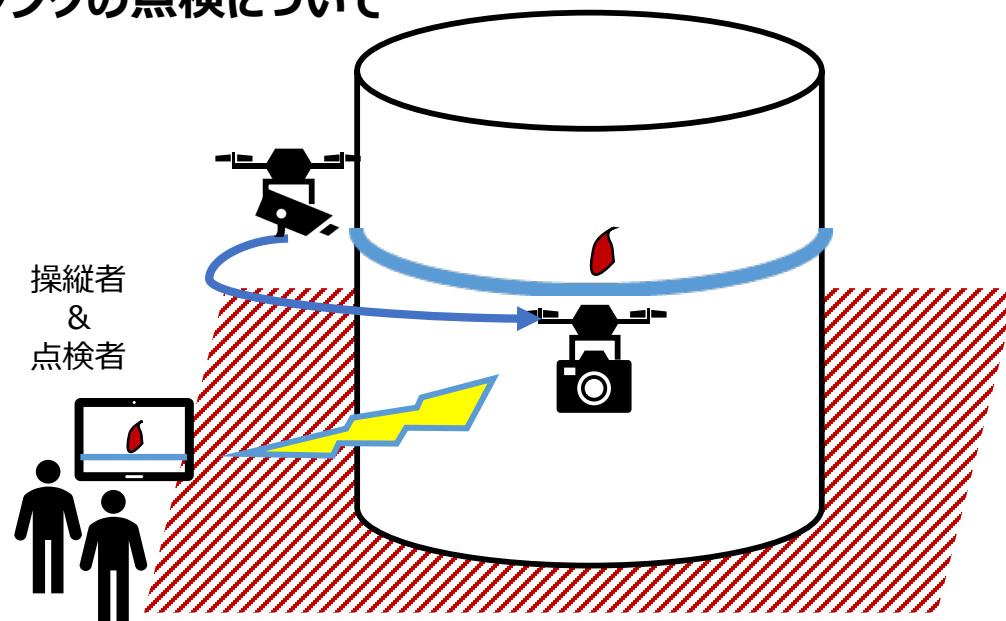
ドローンから撮影映像をリアルタイムに送信



操縦者・点検者はリアルタイムに映像を確認し、腐食・損傷箇所を特定



操縦者は点検者の指示する腐食・損傷箇所を写真撮影(高画質画像の取得)



図：リアルタイム映像を活用した屋外貯蔵タンクの点検イメージ

2.検証内容

- ✓ 事前に直接目視によりタンクの側板で事後検証可能な腐食箇所を確認
 - ✓ ドローンから配信されるリアルタイム映像で検証範囲内の点検を実施し、直接目視と比較し、どれくらいの精度で腐食箇所を検出できるかを検証する。
- ※ドローンで点検を行う作業員には、事前に確認した腐食箇所はブラインドとする。

2. 適切な撮影距離の決定手順に関する提案

○画像品質の観点からは、使用する撮影機材と設定条件が同一ならば、撮影対象（タンク）に近づくほど鮮明な画像が得られることが分かった。

○一方で、鮮明な画像を得るための撮影距離の決定に影響する因子※1は、タンク保有事業者毎に判断、採用される事項が多く、11月に実施した実験結果をもって適切な撮影距離を一律に決定することは困難。

○また、第二回検討会資料に掲載した撮影距離決定のための計算式※2はあくまで理論値。より効果的かつ効率的な目視代替点検を行うには、事業者において実際に使用する撮影機器でサンプル等を撮影した画像を事前にチェックすることが重要。

※1 鮮明な画像を得るための撮影距離の決定に影響する因子

- ①ドローン点検で検出したい不具合の種別や検出基準値
 - ②使用するカメラの諸元
 - ③使用するカメラの設定
- ※ドローンの諸元や、パイロットの操縦技量等を考慮してタンクドローン間に保つ安全距離の設定によっては、上記②や③の決定に影響が生じることもある。

※2 撮影距離決定のための計算式（第二回検討会資料より再掲）

$$\text{撮影距離(m)} = \text{撮影対象の画素寸法(m)} \div \text{使用するデジタルカメラの1画素のサイズ(m)*} \times \text{焦点距離(m)}$$

* 使用するデジタルカメラの1画素のサイズ = $\sqrt{(\text{センサ面積(m}^2\text{)} \div \text{総画素数(pixel)})}$

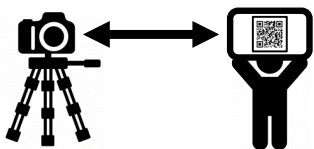
出典：国土地理院 UAV を用いた公共測量マニュアル（案）

より効果的かつ効率的なドローン目視代替点検を実施するためには、撮影距離決定のプロセスとして、事業者による撮影条件の事前検証も組み込むべき（第二回実験時に複数の方法について検証）



【点検計画の決定】

- ・使用する機材の決定
- ・点検基準の明確化



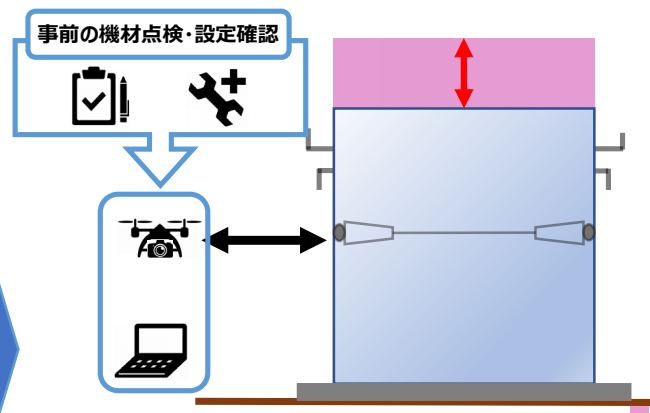
【撮影条件の事前検証】

- ・撮影距離の事前検証
- 撮影距離の決定
- (あるいは使用機材の変更等)



【飛行計画の策定】

- ・撮影距離に応じた飛行計画の策定



【点検作業】

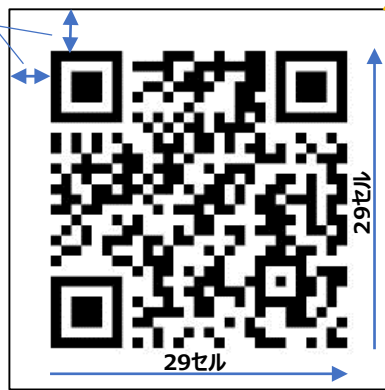
- ・事前の機材点検及び設定確認
- ・点検計画、飛行計画に基づく点検の実施

図－点検作業に至るまでの流れ（イメージ）

2. 適切な撮影距離を決定するための方法①

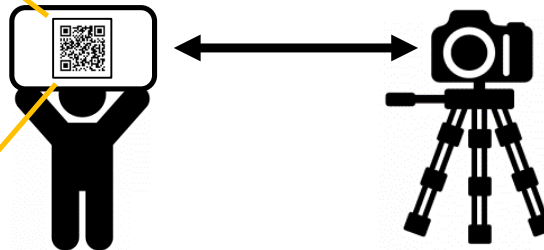
- ① 検出基準値未満の寸法にセルの大きさを調整したQRコードを用意し、理論式から導き出される距離から順次撮影を行う。
- ② 画像を拡大してディスプレイ投影した際、機械読み取りが可能、QRコードの個々のセルが識別可能などの状態であることを確認する。
- ③ ②の条件を満たした距離以下の距離を目視点検の代替えとなりうる画像取得が可能な距離として決定する。

四辺の周囲
に4セル分以
上の余白



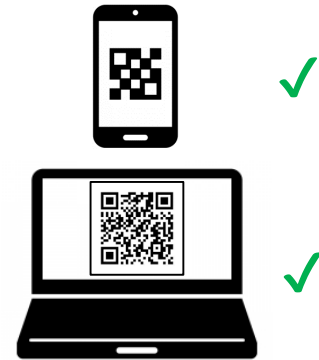
使用するQRコード (例)

※上記例はバージョン3のため縦横29セル



1セルの大きさを調整したQRコードを撮影

※理論式 (スライド2ページ) により
導き出される距離から開始



※画像条件の例

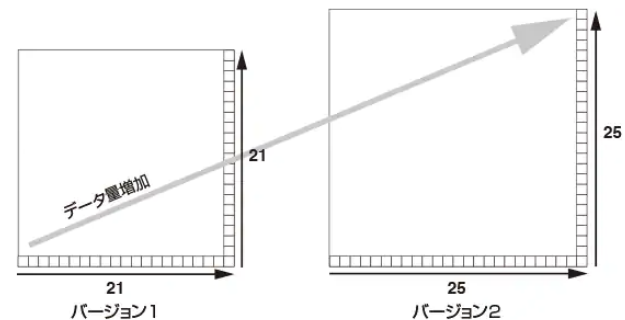
- ・撮影したQRコードの機械読み取りが可能
- ・QRコードの個々のセルが識別可能

表 - QRコード検証実験 (案)

No	検出基準		1セルの大きさ (mm)	一辺の長さ※1 (mm)	条件を 満足した距離 (m)
	腐食等の 検出基準値 (mm)	理論式による 距離 (m)			
①	1.8	※2	1.5	55.5	
②	1.5	※2	1.2	44.4	
③	1.2	※2	1.0	37	
④	1.0	※2	0.8	29.6	

※1 一辺の長さ = 1セルの大きさ × (バージョンに応じたセル数 + 余白セル数 (8セル))
上記表の一辺の長さは、使用するQRコードがバージョン3である場合。

※2 第二回実験で使用するカメラが未定のため、現段階ではblankとした。



- バージョンとはQRコードのデータ量の大きさを表す。
- バージョン1は21 × 21セルで構成され、ひとつバージョンが上がると、縦・横が4セルずつ大きくなる。
- 周囲の4辺に各4セル分以上の余白セル数が必要とされる。

2. 適切な撮影距離を決定するための方法②

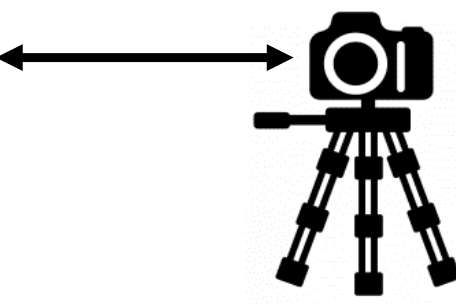
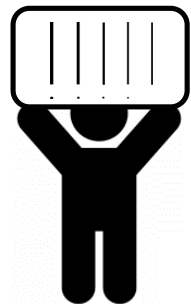
- ① 検出基準値を決め、複数寸法の線状及び点状の幾何学的模様を用意し、理論式から導き出される距離から順次撮影を行う。
- ② ディスプレイ投影した際、画像を拡大するなどすれば、検出基準値未満の線状及び点状の模様がいずれも識別可能であることを確認する。
- ③ ②の条件を満たした距離以下の距離を目視点検の代替となりうる画像取得が可能な距離として決定する。

1.8 1.5 1.2 1.0 0.8



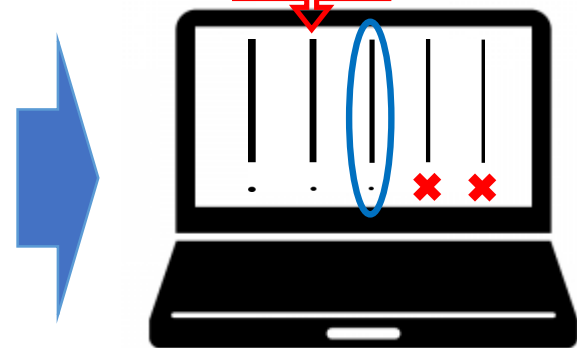
使用する幾何学的模様 (例)

- ※単位：mm
- ※検出基準値を1.5mmとした場合



幾何学的模様を撮影

- ※理論式 (スライド2ページ) により導き出される距離から開始



※画像条件の例

- ・検出基準値 (1mm) の一段階 (0.75mm) の模様が線状、点状ともに識別可能

表 - 幾何学的模様検証実験 (案)

No	検出基準		識別最小模様の幅又は直径 (mm)	条件を満たした距離 (m)
	腐食等の検出基準値 (mm)	理論式による距離 (m)		
①	1.8	※	1.5	
②	1.5	※	1.2	
③	1.2	※	1.0	
④	1.0	※	0.8	

※ 第二回実験で使用するカメラが未定のため、現段階ではblankとした。

事務局内で実施した簡易的な実験では、近接撮影から1mずつ距離を遠くしながら順次撮影を行ったが、撮影距離が離れるに従い以下のような結果がみられた。

- ・点状模様：撮影距離が離れるに従い、最小の点状模様から順に画像に写らなくなった。
- ・線状模様：同径の点状模様が消失した後も画像に残るが、撮影距離が離れるに従い鮮明度が失われ、最終的には線状模様としての識別が困難となった。

【参考】

鋼溶接継手の放射線透過試験 (JIS Z 3104) における透過度計による像質評価

放射線透過試験においては、撮影フィルムの像質確認の一項目として透過度計を用いた識別最小線径の確認が行われている。
(太さの異なる針金を樹脂等に埋め込んだ透過度計をフィルムに投影されるように配置、撮影を行う。その後、現像したフィルムにおいて、像質の種類と母材の板厚に応じて規定される最小の線径が識別できるかどうかで像質評価が行われている。)

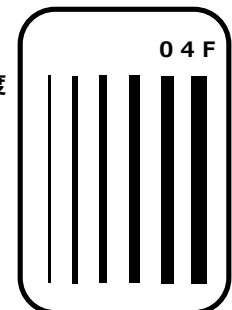


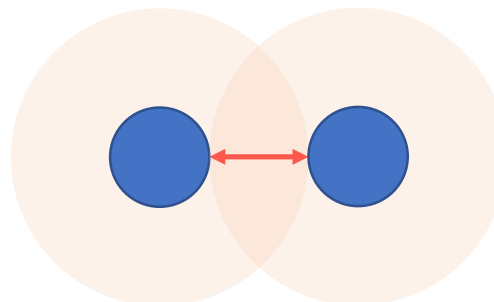
図 - 透過度計の例



第2回実証実験では、タンク間距離が狭いタンクについてもドローンによる点検が可能であるかを検証したい

1. 検証背景

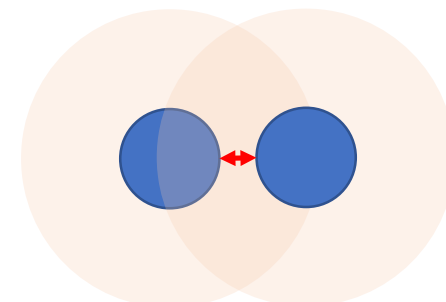
- ✓ 第1回実証実験では、法令上の保有空地やタンク間距離が十分に広いタンクなど、ドローンの飛行に関して非常に良い条件が整ったタンクで実験を行った。
- ✓ 一方、保有空地はタンク規模、貯蔵物の品名により様々であり、さらに、同一敷地内の隣接タンクとの間に保有すべきタンク間距離（保有空地の特例）はタンクの設置年代により大きく異なる。
- ✓ 第1回実証実験で実験を実施したタンクのように、周囲80m以上に構造物が無いような条件が整ったタンクはむしろ少ない。



第1回実証実験を行ったタンクの一例
(タンク間距離 = 保有空地幅)

※タンクの条件

- ・ S51.6以降設置タンク
- ・ 指定数量倍数4000倍以上
- ・ 引火点70℃未満の危険物貯蔵



タンク間距離が狭いタンクの例
(タンク間距離 = 保有空地幅の1/3)

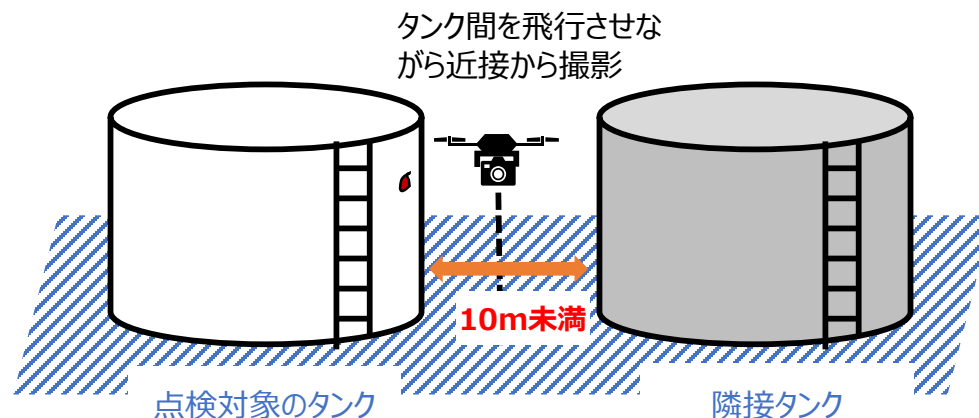
※タンクの条件

- ・ S51.6以前設置タンク
- ・ 指定数量倍数4000倍以上
- ・ 貯蔵危険物の引火点問わず

2. 検証内容

- ✓ タンク間距離が狭いタンクの場合のドローンによるタンクの近接点検の有用性の検証

⇒ 安全を確保した飛行ができるか？



第1回実証実験においては、ドローンに搭載したカメラにより、鮮明な画像が取得できることが確認できた。

第2回実証実験においては、画像判定作業の省力化に資する方法として、取得画像にAI画像解析モデルを適用できるかについて検証を行う。

1. 検証背景

- ✓ 第1回実証実験においてドローンから撮影した画像等は、直接目視に代替できるに足る鮮明度を有していることが確認できた。
- ✓ しかし、大型のタンクになればなるほど撮影枚数が増加し、画像から腐食等を探し出すには多大な労力が必要となる。



第1回実証実験で撮影された画像（一部抜粋）

2. 検証内容

- ✓ 既存のAI画像解析モデルを用いて屋外貯蔵タンクの側板の腐食等を検出することができるかを検証



出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
IoTを活用した新産業モデル創出基盤整備事業 報告書

解析モデルのイメージ図

AI画像解析モデルを用いた屋外貯蔵タンク側板の腐食等の検出

前提1	将来的に屋外貯蔵タンク側板の腐食等を検出するAI画像解析モデルが構築されることを想定
前提2	通常、AI画像解析モデルの構築には多数のデータと時間を要する。 →本実証実験用のモデルを構築することは困難

・既存の配管の腐食を検出するAI画像解析モデルを屋外貯蔵タンクの側板に適用し、腐食等の検出が可能か検証（将来的に屋外貯蔵タンクの腐食検出にAIの活用が可能かどうかについて検証を行うもの。）



【参考】

配管の腐食点検に関しては、AIを活用した診断技術の開発が進んできている。

表－配管腐食に対するAI診断導入事例

No.	企業	AI導入・検討事例
1	横河電機株式会社	配管の腐食による減肉量の推定と腐食の主要因特定
2	出光興産株式会社	画像の自動判断による配管外面の腐食箇所の検出
3	JSR株式会社	画像の自動判断による配管外面の腐食箇所の検出
4	株式会社イクシス	画像の自動判断による亀裂検出および腐食検出

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 IoTを活用した新産業モデル創出基盤整備事業 報告書

出典：石油コンビナート等災害防止3省連絡会議 プラントにおける先進的AI事例集（一部抜粋）

第1回実証実験では、撮影画像からオルソ画像の作成を行い、点検記録として既存の側板展開図と同等以上に活用できることが確認された。

第2回実証実験では、ドローンで撮影した画像を用いた3Dモデルの作成と当該3Dモデルを用いた腐食等のマッピングを行う。

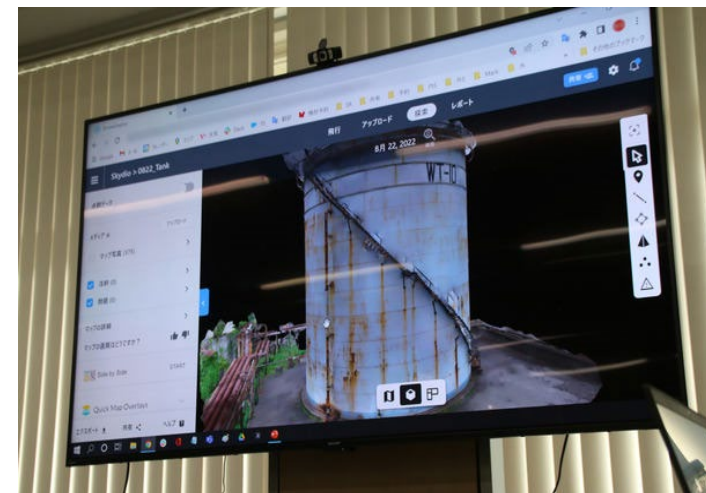
1. 検証背景

- ✓ 点検方法に関する調査結果から屋外貯蔵タンクの点検記録に3Dモデルを用いた腐食のマッピングが活用できる可能性が示された。
- ✓ オルソ画像以外にも点検記録の効率化に資する可能性のある上記の技術について検証を行う。

2. 検証内容

タンクの3Dモデル

- ・ドローンにより、タンク全体をくまなく撮影し、3Dモデルを構築
 - ・3Dモデルに腐食等の位置、詳細画像をプロット
- 点検記録や腐食等管理情報等として活用できるか検証



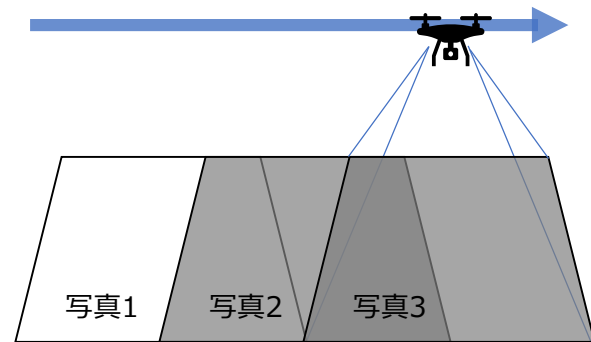
タンクの3Dモデルを活用した点検記録の効率化

1. 検証概要

- (1) ドローンでタンク全体の画像撮影
- (2) SfMソフト※を使用して3Dモデルを構築
- (3) 腐食等の位置をプロットし、当該部位に詳細画像の紐付けを行う。

2. 検証における注意点

- ・3Dモデル構築に使用する画像を高解像度とすることは困難（3Dモデル自体で腐食等の状態が確認できるものではない。）
- ・タンク全体を様々な角度から撮影するため、側板頂部補強（トップアングル）よりも上方にドローンを飛行させなければならない。（タンク直上は依然として危険区域であるため、飛行に際しては注意を要する。）



撮影地点を少しずつずらし、複数の視点から撮った写真から3次元構造を構築する

【SfM : Structure from Motionの原理】

