

ドローン以外の新技術を活用した屋外貯蔵タンクの 点検およびモニタリング方法に関する調査結果



本資料中の凡例

- 貼付オブジェクトは各技術の段階を示す

開発中

：開発段階であり、実地での実証実験に至っていない

実証実験

：実地での実証実験等による検証は行っているが、運用には至っていない

運用中

：事業者による運用や検査会社等によるサービスが展開されている段階



ドローン以外の新技術（一覧）

No	技術名	目的・用途
①	マグネットクローラ型ロボット	<ul style="list-style-type: none">目視検査板厚測定 等
②	AE法によるタンク底板の非破壊検査	<ul style="list-style-type: none">底板の腐食検知
③	光ファイバ・センシングによる タンク接続配管の減肉モニタリング	<ul style="list-style-type: none">接続配管の減肉・損傷・温度検知
④	四脚歩行検査ロボット	<ul style="list-style-type: none">3Dスキャン等による施設内異常検知アナログ計器の読取 等



① マグネットクローラ型ロボット(1/2) 運用中

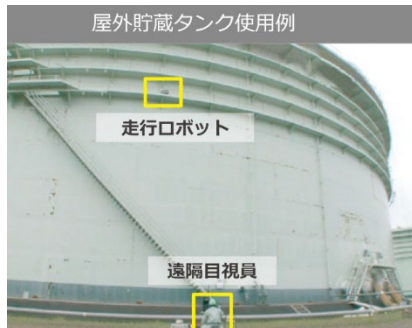
1. 概要：

- 永久磁石タイヤによってタンク側板に吸着し、タンクの補強部材溶接部近傍や、各種鋼構造物を目視検査するロボット
- 自動走行センサー、ジャイロセンサー、衝突回避センサー搭載

2. 走行速度：撮影時3～5m/min（最高速度12m/min）

3. 連続走行時間：最大3時間

4. その他：ドローン飛行後の詳細検査に適用可能



出典：株式会社ウイズソル

① マグネットクローラ型ロボット(2/2) 運用中

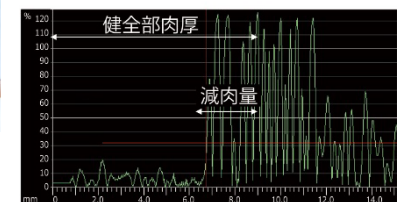
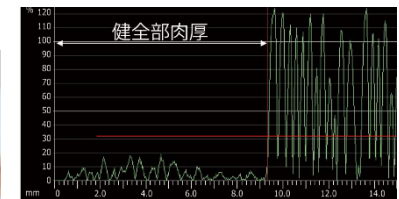
1. 概要：

- 強力なマグネットローラーで対象物に吸着し、モーター駆動にて自動制御で走行、連続板厚測定するロボット
- 32ch超音波厚さ計をロボットに搭載

2. 走行速度：最大150mm/sec

3. その他

- 1回の走行で約340mm幅範囲を測定
- 接触媒質は、水を使用
- ドローン飛行後の詳細検査に適用可能



出典：株式会社ウイズソル

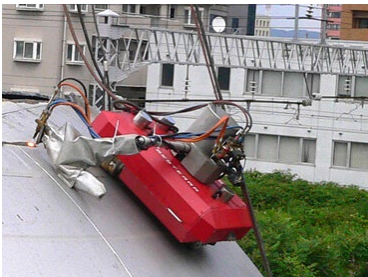
①磁石車輪型ロボット

運用中

1. 概要：

- ゴムライニングされた車輪の内部に強力なネオジウム永久磁石を内蔵した、磁石車輪で鋼製壁面に吸着しながら移動して作業するロボット
- カメラやアーム、切断用ガスバーナー、飛散防止型のケレン・塗装システム等、作業内容によって必要となる機能の搭載が可能

2. 走行速度：0~10m/min



出典：株式会社技術開発研究所



② AE法によるタンク底板の非破壊検査

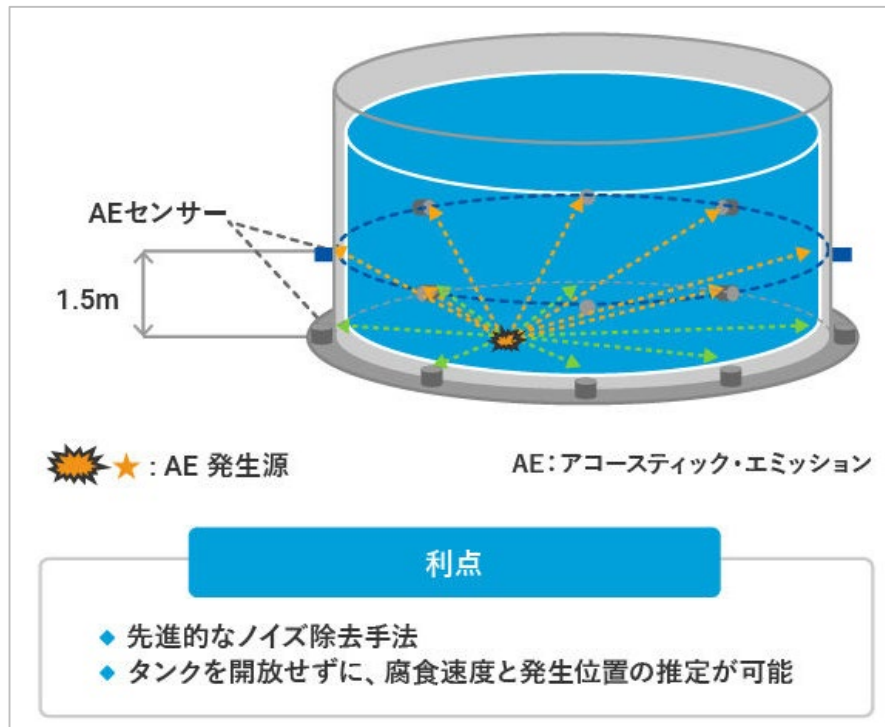
運用中

1. 概要：

- AE（Acoustic Emission）：材料内部で微小破壊やき裂の進展、腐食などの局所的かつ急激なエネルギー解放に伴って弾性波が発生する現象
- タンク底部で傷が発生した際のAEを事前に設置したセンサーで計測することで、欠陥や劣化をリアルタイムで把握（材料の動的構造変化をリアルタイムで把握）

2. メリット

- タンクを開放せずに点検が可能
- 簡易的に短時間での診断（検査作業）が可能のため、長年未開放の屋外タンクや重要プラントにおける危険タンクなどの自主保全管理に活用



③ 光ファイバ・センシングによるタンク接続配管の減肉モニタリング

運用中

1. 概要 :

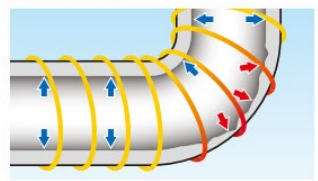
- 配管ヘスパイラル状に光ファイバ・モジュールを敷設し、面ひずみを計測、ひずみ分布データを逆解析することによって、配管状態（変形・温度・減肉）を定量的に算出
- 配管の残存肉厚や減肉形態（位置と形状など）、変形（曲がりや凹み）、表面温度分布をモニタリング
- タンク接続配管の検査に適用可能

2. メリット

- 過去の計測情報によって変化を予測して異常を自動判断できる
- あらかじめ閾値を設定することによって、注意報/警報などのアラーム発報なども可能

1. 状態監視

配管ヘスパイラル状に光ファイバ・モジュールを敷設し、配管の状態監視を実施。



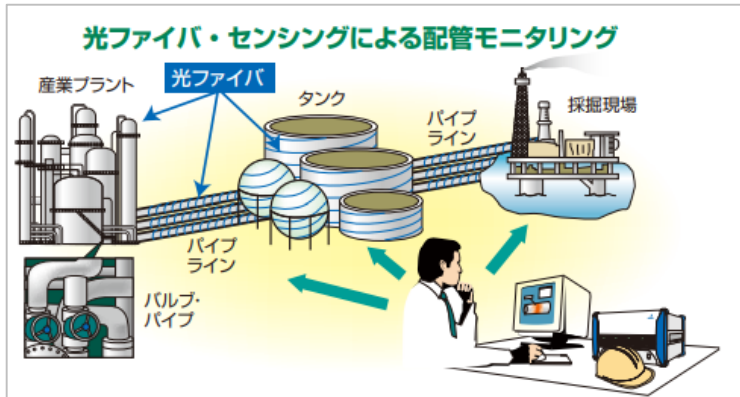
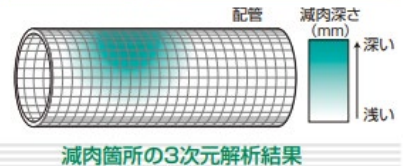
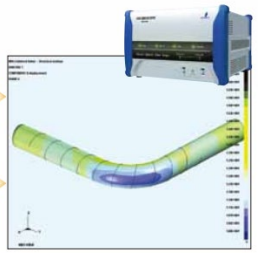
ひずみ測定用 / 温度測定用 光ファイバ・モジュール
 → 配管の減肉により薄肉となった部分のひずみや温度が、運転内圧によって変化する。これらのひずみ・温度の変化を配管表面に敷設した光ファイバによって分布的に計測する。得られたひずみ・温度分布データに基づいて解析的に配管の肉厚分布状態を求める。

2. 計測・解析

状態の変化による表面ひずみを PPP - BOTDA で計測し、ひずみ分布データを逆解析することによって、配管状態(変形・温度・減肉)を定量的に算出。

PPP-BOTDA
 → 既存のBOTDAを改良
 ひずみ測定精度: ±25 με
 距離分解能: 10cm

逆解析CAE技術
 → 計測されたひずみから配管状態(あるいは境界条件)を特定する、高度な数値解析手法



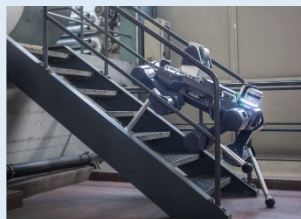
④ 四脚歩行検査ロボット(1/3) 運用中

海外事例

概要：ANYbotics社が開発中の完全自律歩行可能かつ多様な検査機能を保持した四脚歩行検査ロボット

機動性

- 45°までの坂、階段を歩行可能
- 25cm高までの乗り越え
- 狭い通路の移動
- 自己回復機能



防爆対応

- IECEx, ATEX規格に従って、ゾーン1での使用認定取得済



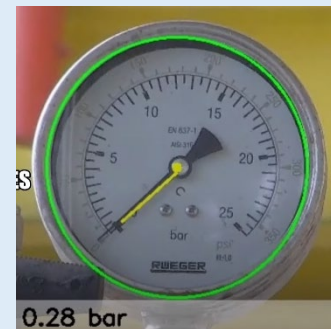
統合されたシステム

- 一日で設定、動作開始可能
- CADデータのインポート
- 単一インターフェースで計画・管理・監視の全てを実施可能



検査機能

- ゲージ、カウンター等アナログ計器の読取
- ホットスポット、ガス濃度等異常検知
- 3Dスキャンによる施設環境変化特定
- 音響解析による機器の動作状況検知(異常騒音等)



完全自律作業

- Wi-FiやGPSなしで完全自律作業
- リアルタイム障害物回避
- 自動充電ポート帰還
- 雨天、屋内外、昼夜問わずの作業可能



出展：ANYbotics社 (チューリッヒ,スイス)



海外事例

④ 四脚歩行検査ロボット(2/3)

四脚歩行検査ロボットANYmalロボットによる石油・ガス業界におけるユースケース*1

ユースケース1：完全自律歩行・検査(PETRONAS社)

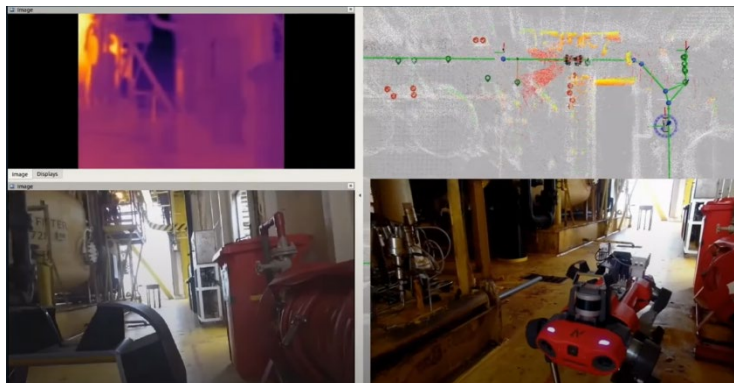
- ✓ 指定した歩行箇所の自律歩行、チェックポイントと検査対象物の自動撮影・検査
- ✓ 階段の昇降、障害物の乗り越え
- ✓ 指定箇所の腐食撮影
- ✓ 音響センサーによる機械振動異常検知
- ✓ サーモグラフィーによるホットポイント検知
- ✓ 強風、濡れた路面の歩行、昼夜、屋内外での作業
- ✓ 60分間の連続検査作業の実施
- ✓ 検査作業員不要によるHSEリスク、OPEXの削減

腐食部撮影

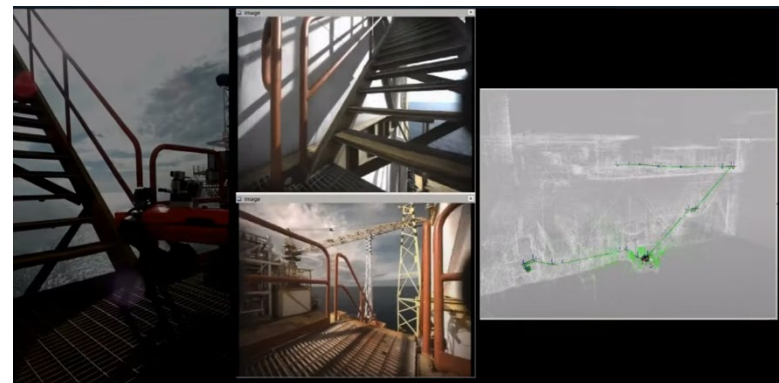


*1：ANYmalXは現在開発中につき、非防爆・同等機能搭載のANYmal Bethのユースケースを掲載

サーモグラフィー検査



屋外自律歩行





海外事例

④ 四脚歩行検査ロボット(3/3)

四脚歩行検査ロボットANYmalロボットによる化学業界におけるユースケース*1

ユースケース2：プラントのデジタル化(BASF社)

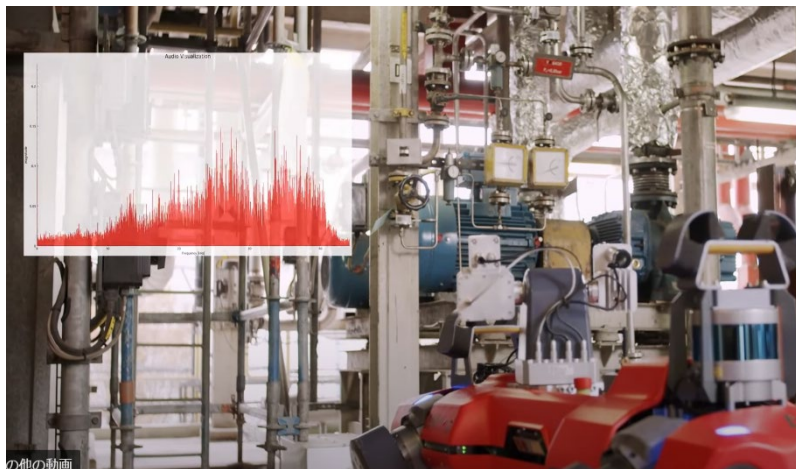
- ✓ 作業員が手作業で実施してきた反復検査作業、分析の自動化
- ✓ 10平方キロメートルの複合化学プラントのデジタル化
- ✓ 3Dモデル活用による検査事前シミュレーションの実施
- ✓ 測定位置など正確かつトレース可能なデータの取得、レポート作成
- ✓ 音響センサーによる機械振動異常検知
- ✓ サーモグラフィーによるホットポイント検知

*1：ANYmalXは現在開発中につき、非防爆・同等機能搭載のANYmal Bethのユースケースを掲載

3Dモデルに沿った自律歩行



音響検査



作業シミュレーション

