

総括研究報告書（山際謙太、濱島京子、山口篤志、緒方公俊）  
厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

総括研究報告書

特定機械等の安全衛生対策等に活用できる

先進的なデジタル技術の現状把握

及び活用への課題抽出

研究代表者 山際謙太 (独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・機械システム安全研究グループ・部長

研究分担者 濱島京子 (独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・機械システム安全研究グループ・首席研究員

研究分担者 山口篤志 (独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・機械システム安全研究グループ・上席研究員

研究分担者 緒方公俊 (独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・機械システム安全研究グループ・主任研究員

研究要旨

本調査は、移動式クレーンメーカー2社および化学系プラント2社に対する現地ヒアリングを通じて、各事業場でのデジタル技術の導入実態を把握し、安全衛生分野における課題と活用可能性を整理することを目的とした。クレーン分野では、MEMSやロードセル、CAN通信、クラウド連携、フルHDカメラ、VR教材などの多様なデジタル機器が導入されており、構造モニタリング、安全管理、教育訓練に活用されている。一方で、アナログ機器の信頼性や現場対応力も評価されており、技術選択においては実用性と安定性のバランスが重視されていた。

化学系プラントでは、DCS統合による運転監視、無線センサによる設備状態把握、防爆スマートデバイスの導入、ドローンや非破壊検査機器の活用など、高度なデジタル運用が進んでいた。また、セキュリティポリシーの整備や、サイバーインシデントへの初動体制も構築されており、安全確保と運用効率化が両立されていることが確認された。

両分野に共通する利点としては、情報の一元化、点検整備の精度向上、作業効率化、技術検討の高度化などが挙げられる。課題としては、防爆対応機器の高コスト、データの標準化・精度確保、人材育成の不足、法規制による制約などが顕在化していた。

最後にこれらの事業場ヒアリングを通じて得られた技術要素を表にしてテクノロジーマップを作成した。

研究分担者

① 濱島京子

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所

機械システム安全研究グループ

首席研究員

② 山口篤志

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所

機械システム安全研究グループ

上席研究員

③ 緒方公俊

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所

機械システム安全研究グループ

主任研究員

## A. 研究目的

IoT、DX、AIなどのいわゆるデジタル技術は例えクレーン等などの特定機械の衝突防止[1]、遠隔操作[2]またはクラウドを活用した状態監視[3]などに活用されている。こうしたデジタル技術は今後加速度的に発展していくと予想される。そして、安全分野においても活用が促進されることで、現在より更に安全な労働環境を構築することができる。

そこで本研究ではデジタル技術を積極的に特定機械等に関連した安全分野へ活用していくために必要な資料の作成及び課題の整理を目的とする。デジタル技術はともすれば便利さが優先され、導入に伴いリスク等が正しく評価されないことが想定される。そのために本研究で作成する資料等はリスク等の評価のために活用することができ、その点において安全分野において資する研究である。

この目的を達成するために、次に挙げる3つの目標を設定する。第一は、社会全体で活用されているデジタル技術の全体像の把握である。これにより現在のところ安全衛生分野に活用されている技術と活用されていない技術を俯瞰的に把握することができる。次に、これらの技術を安全衛生分野に活用していくためには、例えば通信速度の安定性、障害時のふるまいなどシステムの信頼性などを検討する必要がある。その結果、デジタル技術を安全衛生のために導入するにあたっての課題及び基準の整理をしていくことを第二の目的とする。そして第三の目的として、これらの技術を社会実装するためには法律上の整合性も必要になってくることから、デジタル技術の導入にあたって法令改正に必要な基礎資料の作成を試みる。

本稿では特定機械において活用されているデジタル技術を調査するため、事業場にヒアリングを行い、技術要素の取りまとめ等を行うことを目的とする。

[1] 例えば 太田, “GNSSを活用したT-iDigital Field クレーン衝突防止システムの開発”, クレーン, Vol. 60, No. 698, pp. 28-32.

[2] 例えば 大野, “タワークレーンの遠隔操作システム”, クレーン, Vol. 59, No. 688, pp. 34-40.

[3] 例えば 吉田, “次世代港湾クレーン遠隔監視システム CARMS”, クレーン, Vol. 61, No. 708, pp. 10-16.

## B. 研究方法

今年度の本研究の目的は安全分野で活用できるデジタル技術マップ(以下、技術マップ)についての作成を行うことである。技術マップには、記載する技術要素と、それらの関係を記載する。活用されている技術については、ヒアリングもしくは実際に技術が活用されている事業場でのヒアリングなどで入手した。また、海外の動向については ASME PVP に参加し、圧力容器および配管の検査に適用されているデジタル技術について調査を行った。その後、調査結果を元にデジタル技術の要素を抽出し表形式で取りまとめを行なった。

## C. 研究結果及び考察

事業場のヒアリングでは、移動式クレーンメーカー及び化学系プラントを対象として、現場におけるデジタル技術の導入実態を詳細に把握した。これにより、デジタル技術が機器構造の把握、作業中の安全性向上、モニタリング、教育訓練、さらには設備診断や保全計画に至るまで、多岐にわたり有効に活用されていることが明らかとなった。

移動式クレーンにおいては、MEMS をはじめとする高精度センサや CAN 通信による情報取得・蓄積、遠隔地からの稼働情報管理、VR・カメラ等を用いた安全衛生教育といった高度なデジタル技術の実装が進んでいる。一方で、センサの信頼性検証やアナログ技術との適切な使い分け、既存設備への後付けの難しさなど、現場特有の課題も確認された。

化学系プラントでは、DCS への統合管理、可視化基盤の整備、防爆 iPhone 等の導入による巡視業務の効率化、ドローンや非破壊検査機器を活用した保全精度の向上がみられた。さらに、制御系システムに対する明確なセキュリティポリシーや、法令との整合性を踏まえた運用が行われており、成熟したデジタル運用環境が構築されつつあることが確認された。

一方、両者に共通する課題として、機器の防爆対応、維持費の高さ、データの精度確保と標準化、ならびに人材育成の必要性が挙げられる。また、ドローンや無線機器の運用には法規制が大きな影響を及ぼしており、導入時の検討要素として無視できない。

事業場ヒアリングにより得られた知見から技術要素を抽出し、テクノロジーマップとして表にした結果を以下に示す。なお、赤字は ASME PVP により得られた情報である。

	ボイラー・圧力容器	移動式クレーン
点検・検査	デジカメによる写真撮影(防爆 iPhone) ドローンによる点検・監視(ドローン) 減肉部の厚さ(超音波探傷器、非接触 3D 計測器) き裂(超音波探傷器, <b>超音波探傷+5 軸 C スキャンシステム</b> ) 剥離( <b>光干渉</b> ) 硬さ(超音波硬度計) 電子日報(クラウド)	組み立て性、メンテナンス性(VR)

機械の監視・見守り	デジカメによる写真撮影(防爆iPhone)	
	圧力(無線型センサー)	
	温度(無線型センサー)	
	液面(無線型センサー)	
	流速(無線型センサー)	
	振動(無線型センサー)	
	漏洩(無線型センサー)	荷重検出(ロードセル)
	計装機器状態 (自己診断、弁の状態など)	ワイヤロープ負荷検出(ロードセル)
	分析計(PH, CR 計等)	ジブ角度(角度計, MEMS)
	パトロールロボット(無線機・カメラ)	対地角(角度計, MEMS)
操作・制御	回転機器の異常予兆検知(センサー、機械学習)	対機角(角度計, MEMS)
	ボルト接合部の緩み検出(摩擦帶電型薄膜センサ)	風速(風速計) アウトリガー張出量(伸び系) 位置情報(GNSS, GPS) データ転送(4(3)G/GSM, Bluetooth) データ保存(クラウド)
作業上の安全		モーメントリミッタ(CAN バス) デジタルカメラ
	監視 (デジタルカメラ、ネットワークカメラ, IP デジタルカメラ、ビデオストリーマ、PTZ カメラ)	
	ロボットの稼働範囲の限定(赤外線センサ)	
	安全柵インターロック(接触式・非接触式)	ドラレコ(デジタルカメラ, GPS) 危険エリア(デジタルカメラ)
教育・訓練	体調管理スマートウォッチ(例えば Apple Watch)	人の立ち入り(デジタルカメラ, 赤外線カメラ)
	墜落, 転落, 感電, 飛液(VR)	巻き込まれ(VR)
	XR による現場作業支援・ガイダンス(VR)	クレーン転倒(VR)
	災害事例 AI 検索システム(機械学習)	墜落体験(VR) 踏み台からの落下(VR)

## D. 結論

本研究では、移動式クレーンメーカー及び化学系プラントを対象として、現場におけるデジタル技術の導入実態を詳細に把握した。これにより、デジタル技術が機器構造の把握、作業中の安全性向上、モニタリング、教育訓練、さらには設備診断や保全計画に至るまで、多岐にわたり有効に活用されていることが明らかとなった。

移動式クレーンにおいては、MEMS をはじめとする高精度センサや CAN 通信による情報取得・蓄積、遠隔地から

総括研究報告書（山際謙太、濱島京子、山口篤志、緒方公俊）の稼働情報管理、VR・カメラ等を用いた安全衛生教育といった高度なデジタル技術の実装が進んでいる。一方で、センサの信頼性検証やアナログ技術との適切な使い分け、既存設備への後付けの難しさなど、現場特有の課題も確認された。

化学系プラントでは、DCSへの統合管理、可視化基盤の整備、防爆 iPhone 等の導入による巡視業務の効率化、ドローンや非破壊検査機器を活用した保全精度の向上がみられた。さらに、制御系システムに対する明確なセキュリティポリシーや、法令との整合性を踏まえた運用が行われており、成熟したデジタル運用環境が構築されつつあることが確認された。

一方、両者に共通する課題として、機器の防爆対応、維持費の高さ、データの精度確保と標準化、ならびに人材育成の必要性が挙げられる。また、ドローンや無線機器の運用には法規制が大きな影響を及ぼしており、導入時の検討要素として無視できない。

最後にこれらの事業場ヒアリングを通じて得られた技術要素を表にしてテクノロジーマップを作成した。

## E. 研究発表

### 1. 論文発表

該当なし

### 2. 学会発表

該当なし

## F. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

該当なし

### 2. 実用新案登録

該当なし

### 3. その他

該当なし

## G. 引用文献

各分担報告書に示す。