

工場インフラ設備のスマート保安に向けた IoT プラットフォームの構築・運用

Developing and Operating an IoT Platform to
Support Smart Maintenance of Factory Infrastructure



坂下 元^{*1}
Gen Sakashita

樋口 智啓^{*1}
Tomohiro Higuchi

竹内 友伸^{*2}
Tomonobu Takeuchi

川島 佑基^{*3}
Yuki Kawashima

井 健嗣^{*3}
Kenshi I

産業保安分野では、設備高経年化や保安人材不足に加え、カーボンニュートラル対応など新たな要請への対応が課題となっている。本課題に対し三菱重工業株式会社では、工場インフラ設備を対象に、IoT センシング、データ蓄積、データ可視化・分析機能からなるプラットフォームを構築した。本プラットフォームを高圧ガス供給設備及び電気設備に適用し、点検工数を 5 割以上削減するとともに、異常の早期把握、保安レベル向上、エネルギーロス低減等に目途を得た。本取り組みにより工場インフラ高度化を通じた製品の安定供給や、お客様価値の創出に貢献する。

1. はじめに

近年、産業保安分野では、設備の高経年化、保安人材の不足、検査負担の増大といった構造的課題を背景に、IoT や AI 等のデジタル技術を活用して安全性と効率性を両立する“スマート保安”への転換が進められている^{(1), (2)}。また、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、工場・事業場においても、省エネルギー、非化石エネルギーへの転換、温室効果ガス排出削減に資するデータ活用の重要性が高まっている⁽³⁾。

三菱重工業株式会社(以下、当社)においても、これらの社会的要請と社内課題を踏まえ、巡回点検・検針の自動化、状態基準保安、遠隔監視による異常兆候の早期把握を、スマート保安やカーボンニュートラル対応への貢献につながる重点テーマとして位置付けた。一方で、スマート保安を実際の設備に適用するには、対象ごとに取得すべき物理量、設置環境、要求精度、法令・技術基準への適合条件が異なるため、これらに応じたセンサ選定、通信方式、IoT ゲートウェイ、サーバアプリケーション、運用ルールを一体で設計することが重要となる。そこで当社では構築・運用に係る柔軟性を確保するため、IoT センシングプラットフォームを内製化し、小規模な概念実証から社内全体の水平展開まで対応可能な仕組みづくりを進めてきた。

本報では、当社におけるインフラ設備管理の現状と課題、ならびにスマート保安を支える IoT センシング、データ可視化・分析プラットフォームの概要を示す。さらに、高圧ガス供給設備の巡回点検業務の効率化、電気設備保安の高度化事例を通じて、内製化した IoT プラットフォームが保安業務の高度化と新たな価値創出に果たす役割について述べる。

*1 総合研究所 ファクトリーイノベーションセンター

*2 バリューチェーン本部 インフラ設備管理部 グループ長

*3 バリューチェーン本部 インフラ設備管理部

2. 当社工場内におけるインフラ設備管理の現状と課題

当社国内 13 工場のインフラ保安管理は、当社バリューチェーン本部インフラ設備管理部が担っている。2016 年の発足以来、部門横断で仕組みの標準化や改善に注力してきたが、デジタル技術の導入やデータ利活用といった活動は限定的な状態にとどまっていた。そこで 2023 年に、インフラ設備管理に関する“10 年ビジョン”を構想するに際して、必要となる技術についてバックキャスト志向で検討を行い、ロードマップを策定した。この中で、インフラサービスの提供先に対する価値と実現性の観点から、“点検・検針の自動化”や“状態基準保安”といった取組みの重要性が明らかとなった。当社が管理する社内設備は約 6 万箇所に及び、目視等による巡視点検や、非稼働日に設備を停止して実施する定期点検に多くのリソースが費やされている。また、膨大な点検項目への対応に伴い、点検漏れや記入ミスなどのヒューマンエラー防止も課題となっている。これらの点検業務に対し、データ収集及び状態判断の自動化を推進することで、諸課題の解決を図るとともに、蓄積されたデータ・ノウハウと効率化によって創出された人的リソースを活用し、省エネルギー化やカーボンニュートラル対策の支援、さらには工場の稼働率向上といった新たな価値創出につなげていくことが期待される。

3. スマート保安を実現する IoT プラットフォームについて

当社では、スマート保安やスマートファクトリーの取組みにおいて、機動的かつコストパフォーマンスに優れた形で IoT センシング・データ分析システムの構築・運用を推進できるよう、そのプラットフォームづくりを進めてきた。プラットフォームの提供範囲や各種機能について図 1 に示す。現場の IoT センサやネットワークカメラ、PLC からのセンシング、ゲートウェイを介したデータ転送・蓄積、さらに事務所等におけるデータ可視化・分析まで、一連の機能を実現するシステムを“ひな形”として展開することで、導入コストの低減と設計・実装期間の短縮を図った。

特に点検業務の自動化に際しては、各種法令や技術基準に適合した IoT センサ等を選定することが必要条件であるが、特定ベンダーのセンサラインナップに依存したシステムではその実現が困難であった。そこで当社は、マルチベンダー・マルチプロトコルを前提とした各種市販センサの調査・実証を行うとともに、それに対応した IoT ゲートウェイ内部の通信ソフトウェア実装を推進し、部品点数を抑えつつ高い自由度を持つシステムを実現した。また、サーバサイドについては、オンプレミス環境で実行可能なソフトウェアを採用し、現場ローカル環境で簡便に概念実証を開始できる構成とした。

これら情報処理システムの構築と並行して、各部門のニーズに伴走しながら、プロトタイピング等の手法を通じた課題解決を推進する人材の育成や、IoT センサの取扱いに関する現場技術者のスキル向上にも注力してきた。こうした包括的な取組みにより、“小さくはじめて、大きく育てる遠隔モニタリング”のコンセプトを実現し、次章以降で述べるスマート保安活動の推進につなげている。

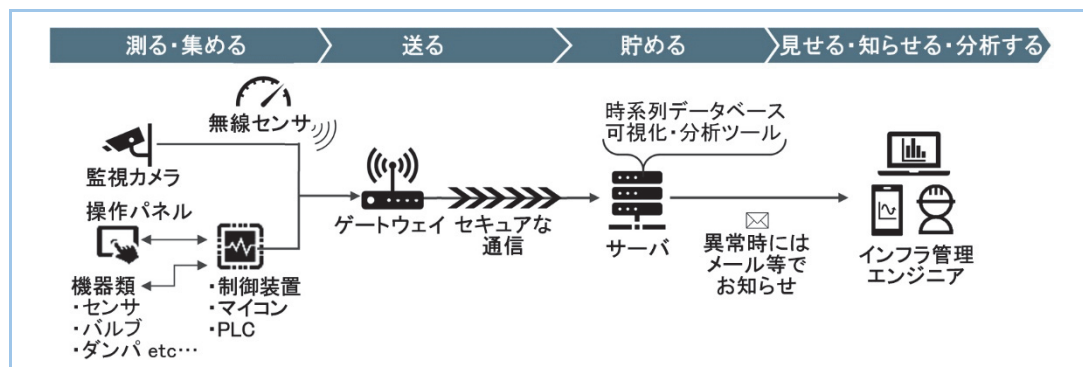


図1 スマート保安向け IoT プラットフォームのアーキテクチャ

4. IoT プラットフォームを活用したスマート保安事例

4.1 高圧ガス供給設備向け巡回点検業務の効率化/高度化

当社工場内には、製造プロセスで使用する炭酸ガス、アルゴン、窒素、酸素などの工業用ガスを供給する設備が点在しており、高圧ガス保安関連法規に基づき、1日3回の巡回点検を実施している。本業務では、圧力計などの現場計器の読取りや、各種配管の目視点検を行い、その結果を記録・報告する必要がある。天候に関わらずに広大な敷地内を移動する必要があり、その人的負担の大きさが課題となっていた。そこで当社は、目視で読取り・記録していた点検項目に対し、IoT センサによる自動データ収集の導入を企画した。このようなユースケースにおいては、カメラでメータ等を撮影し、画像解析によってデジタルデータ化する手法も提案されている⁽⁴⁾。しかし、設備の中には目視でも読取りが難しい形状のメータやフロート式液面計が存在するほか、点検対象が屋外にあるために安定した光学条件の維持が難しく、画像解析精度の確保には課題があると考えられた。また、画像伝送及び解析に伴う通信・計算リソースの増加によって、ランニングコストが増大する点も問題であった。これに対し当社は、前章で述べたプラットフォームを活用し、ゲージに後付け可能な針角度センサや電流センサ、温度センサなど、物理量を直接計測可能なセンサ群を統合したシステムを構築し、計測の安定性向上とランニングコストの低減を実現した。

そして、都道府県等の関係機関との綿密な調整のうえ、本システムを活用して、1日3回の点検のうち1回は従来どおりの巡回点検、残り2回は事務所からの遠隔点検とする運用に移行した(図2)。この運用は国内2工場に適用されており、年間約2500[時間・人]の工数低減や、読取り/記録ミスといったヒューマンエラーの抑止に貢献している。また、最短1分単位でのデータ収集と、あらかじめ設定した閾値を逸脱した際の通知機能により、トラブル発生時の対応の迅速化が可能となり、保安レベルの向上にも寄与している。

さらに、データ収集・可視化機能を、日常業務において設備運用エンジニアが活用していくことで、供給品質の向上や、ガスのロス低減に関する議論がデータドリブンで行われるようになってきている。今後はこれら情報を関連部門と共有していくことで、当社製造プロセスにおける生産性や品質の向上につなげていくことが期待できる。

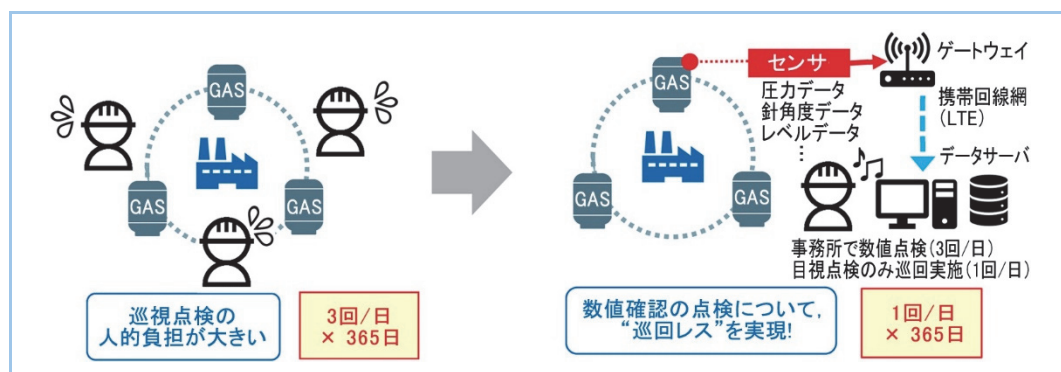


図2 高圧ガス供給設備における遠隔監視化のイメージ

4.2 電気設備向け保安業務の高度化

工場内の電源ケーブルや各種機器において、漏電による電気火災・感電事故が発生すると、従業員の死傷や長期的な生産活動の停止、さらには社会的信用の失墜につながるため、当社に限らず重大な問題となっている。これらの事故防止のため、当社では各供給系統及び機器に対して絶縁抵抗計測を実施し、漏電リスクの特定と対策を行っている。しかし、管理対象となる系統は膨大であり、例えば当社広島製作所では約21000系統に及ぶため、計測作業には多大な人的リソースを要している。その結果、点検頻度は年1回程度にとどまり、漏電発見の遅れにつながるリスクがあった。また漏電リスクが顕在化した場合、最終的な原因箇所の特定には停電が不可欠であり、計画外停止の要因となる点も課題であった。

これらを踏まえ、当社は広島製作所において、電気系統の上流に位置する変電室に IoT センサを設置し、工場全体の稼働状態及び漏電状態をモニタリングするシステムを構築した。具体的には、変圧器の接地線に流れる漏れ電流 (I_0 電流: 抵抗成分及び容量成分を含む) や、消費電力などの情報を、後付け可能な IoT センサにより収集し、当社の電気保安技術者のノウハウに基づく多変量解析を実施した。その結果、各系統を“異常”、“良好”、“判定困難”の 3 区分で判定するロジックを構築した。その上で、“異常”は臨時点検等の即時対応、“良好”は次回点検周期を延伸、“判定困難”は、従来どおり機器単位での絶縁抵抗計測による詳細確認という運用方針を定めた(図 3)。本システムの実現にあたり、例えば漏れ電流計測については単体の計測機器が既に存在するものの、対応方針の判断には複数データの相関分析が不可欠であり、単一機能のシステムでは対応が困難であった。前述 IoT プラットフォームの自由度の高さによって、複数の状態量を効率よく収集・可視化・分析する機能を実現し、低コストかつ迅速に概念実証から本格運用まで展開することができた。この取組みにより、約 21000 系統に対する電気火災・感電事故リスクを、変電室に設置した 350 点のセンサデータで自動評価可能となり、点検工数を約 60%削減できる見込みを得た。従来手法と新手法の比較について、表 1 に示す。常時監視を行うことで異常の早期検知・対応が可能となる。また、設備の操業状態と漏電電流とのトレンド相関を分析することで、操業中における原因推定が可能となる。これにより、停電を伴う点検範囲が最小化され、設備における計画外停止リスクを抑制できる。

さらに、これらのデータを活用することで、電気設備の保安レベルの向上に加え、エネルギー使用状況の把握も可能となった。一般的に、エネルギー使用状況の可視化は単独では投資対効果の明確化が難しく、導入の障壁となるケースが多い。本事例のように設備保安の高度化を主目的にスマート化を推進し、副次的にエネルギーデータを活用することで、安全性向上や点検工数削減といった主要効果を刈り取りつつ、エネルギーマネジメントの高度化も実現できる。このようなアプローチは、投資対効果の観点からも合理性が高く、スマート保安とカーボンニュートラルの推進における有効な方向性であるといえる。

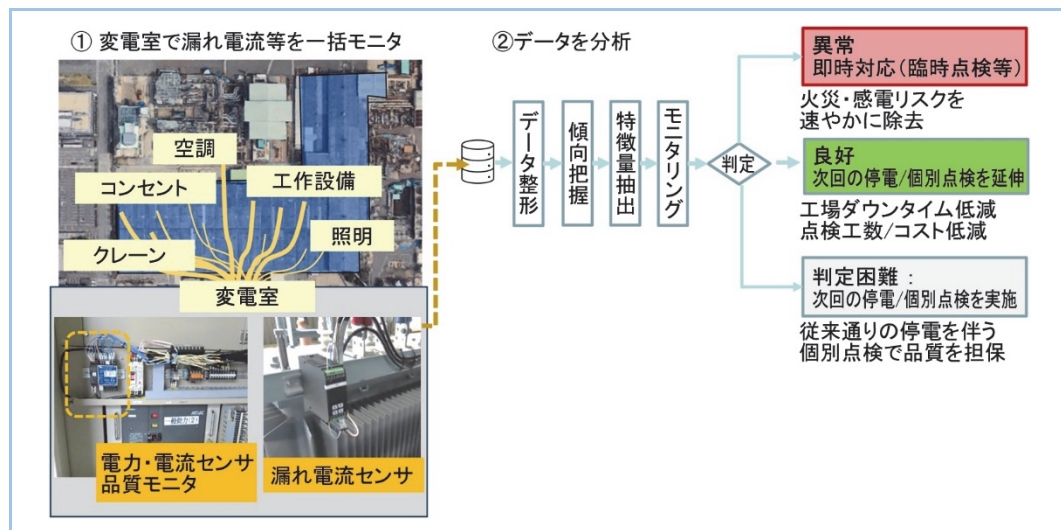


図3 電気設備の保安業務高度化に向けたデータフロー及び判定フロー

表1 電気設備の保安業務高度化に向けた従来手法と新手法の比較

	従来手法 停電・巡回により個別系統を診断	新手法 変電室にセンサ設置
測定箇所	工場内生産場所の各設備	上流の変電室
測定数/人的負担	× 多い 21000 点を、巡回して個別測定	○ 少ない 350 か所を、センサで自動監視
生産影響(ダウンタイム)	× あり 診断には停電が必要	○ なし 送電状態で常時診断
データの信頼性	○ 個別評価のため判断が明確で、測定数値の信頼性は高い	× 上流系統での一括診断で判断が難しい
データのサンプル数	× 年 1 回	○ 常時監視
生産設備側の異常	× 検知は困難 停電時は使用状態が再現できない 生産設備の開放点検が必要	○ 一部だが検知できる 不良個所特定のための追跡調査は必要

5. まとめ

本報では、インフラ設備管理における構造的課題に対し、IoT プラットフォームを活用したスマート保安の実現手法を示した。高圧ガス設備及び電気設備に対する適用事例を通じ、巡回点検の一部遠隔化や、センサデータに基づく状態評価により、工数削減と保安レベル向上を両立できることを確認した。特に拡張性の高いアーキテクチャにより、工場内の多様な環境条件に適応し、低コストに概念実証から運用に展開できた点が有効であった。また、保安目的で収集したデータはエネルギーマネジメント等にも活用でき、投資対効果の向上にも寄与する可能性も示した。今後も社内における水平展開を加速し、工場インフラの保全レベル向上を通じて、製造プロセスの安定稼働、ひいては製品納期の順守に貢献する。また、蓄積されたデータの活用ノウハウや IoT プラットフォームの技術を当社製品・サービスへ展開することで、お客様におけるスマート保安及びカーボンニュートラルへ貢献し、新たな価値創出を目指していく。

参考文献

- (1) 経済産業省, スマート保安推進のための基本方針, (2020)
https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/pdf/kihon_hoshin.pdf
- (2) 経済産業省, スマート保安先進事例集, (2022)
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/smart_industrial_safety/jireisyu_r3.pdf
- (3) 経済産業省, 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, (2021)
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf
- (4) 星野竜一ほか, 設備総合管理からのアプローチによる LCC 削減(第 3 報)IoT 技術導入による見える化推進事例, 令和 3 年度大会(福島)学術講演論文集 第 10 巻 都市・環境編, (2021)