

カメラ活用による メーター読み取り省人化DX

檜垣宏策*
Kousaku Higaki
山足光義*
Mitsuyoshi Yamatari
西濱 令*
Rei Nishihama

中尾亮理*
Takamasa Nakao
和田知也*
Tomoya Wada

*三菱電機デジタルイノベーション(株)

Camera-Based DX for Labor-Saving Meter Reading

要 旨

製造DX(Digital Transformation)の起点になるのは、設備の安定稼働・品質保証に直結する計測データを正確に継続収集できる環境を作ることである。ところが旧設備では、メーター値が表示されていても自動抽出が難しく、追加計測器や設備更新はコスト面で障壁になりやすい。“kizkia-Meter”は、アナログ／7セグメント表示器等をカメラで撮影し、エッジパソコン上のAIと独自アルゴリズムによってリアルタイムでデジタル化する。散在するメーターをダッシュボードで一画面に集約し、複数メーターのリアルタイム確認や画像付き履歴のエクスポートを可能にすることで、点検・監査のエビデンス確保にも寄与する。さらにPLC(設備制御用コントローラー)連携やHTTP(Hyper Text Transfer Protocol) API(Application Programming Interface)／CSV(Comma Separated Values)出力によって既存システムへの取り込みを支援し、巡回・張り付き作業の削減、異常の早期把握、予知保全・生産性向上に貢献する。これによって、旧設備でも手軽に計測データの継続収集と活用を実現し、製造DXの推進に貢献していく。

1. ま え が き

近年、製造現場では、設備の安定稼働・品質保証の高度化、人手不足への対応を背景に、データに基づく保全・改善活動が求められている。予知保全には、稼働実績や品質に関わる計測値を継続的に収集し、時系列で把握できることが前提になる。一方、製造DXでは、既存資産を生かしたデータ収集・利活用が鍵になるものの、老朽化・複雑化・ブラックボックス化した既存システムがデータ活用の阻害要因になり得ることは、経済産業省のDX関連資料でも課題として整理されている⁽¹⁾。

最新設備ではPLCや各種センサーからデジタルデータを収集できる一方、旧設備では計器表示を巡回して目視し、紙や表計算ソフトウェアへ記録・転記する運用が依然として多い。その結果、工数の増大や記録ミス、分析の遅れが生じる。読み取り頻度も1日1回などに限定されやすく、短時間で変動する値や一過性の異常を捉えにくい。さらに同時刻でのデータの突き合わせが難しく、設備状態の相関把握や原因切り分けにも時間を要するため、データ活用の高度化に踏み出しにくい。また、製造業のデータ活用ではセキュリティーや情報管理が導入制約になることがある。計測データは機密情報になり得る上、画像データの外部送信が厳格に制限される場合もある。このため、データを現場内(ローカル)で処理・保管し、必要範囲に限定して連携するアプローチが現実的である。

そこで、既存計器を更新せずにカメラで読み取りを行い、現場近傍のエッジでデジタル化する方式が、データ化の課題に対する解決策として注目されている。ローカルでデジタル化することで外部への流出リスクを抑えつつ運用できて、画像を併せて保存すれば監査・品質記録のエビデンスとしても活用しやすい。取得値をPLCや既存システムへ連携すれば、他センサー情報と統合した解析にも展開できる(図1)。

ただし現場では、照明変動や表示状態の変化に加えて、設備振動・カメラの画角ずれが精度低下の要因になり、誤読み取りや読み取り不能を招き得る。したがって、安定運用には様々な実環境での誤読み取りの抑制技術が不可欠である。

本稿では、kizkia-Meterの技術／製品概要に加えて、読み取りを安定化する補正処理の考え方を述べる。

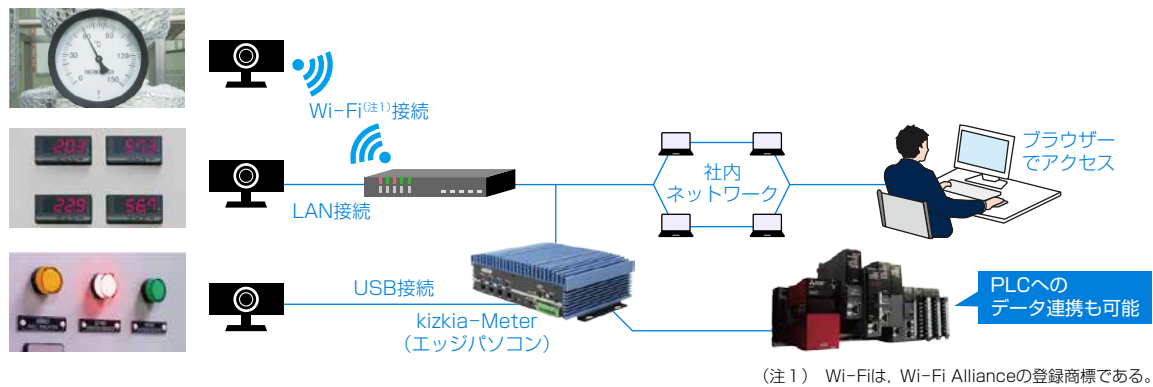


図1 - kizkia-Meter構成のイメージ

2. kizkia-Meter

kizkia-Meterは、工場での各種メーターの読み取り作業(目視・記録・転記)の省力化と、DXの導入が困難な旧設備の計測データのデジタル化を推進する製品である。カメラとAIを搭載したエッジパソコンを設置し、人手による目視確認に相当する読み取りを代替する。画像の取り込みから数値化・保存までを現場近傍で完結できるため、クラウド送信を前提としない運用が可能になっている⁽²⁾。人手で行っていた場合は1日1回など読み取り回数に制限が生じやすいが、自動読み取りによって、例えば1時間に1回といった高頻度化が可能になり、従来把握できなかったメーター値の細かな動きも確認できる。また、複数メーターをリアルタイムで確認できるため、設備状態の相関把握や原因切り分けの迅速化にもつながる。センサーデバイスのデジタル化が進む一方、旧設備では人手による目視確認が残りやすい。カメラによる目視作業の代替はその隙間をカバーする有効な手段として期待される。

2.1 kizkia-Meterの特長

この節ではkizkia-Meterが備える特長を述べる。なお、実用的な精度を実現する技術については3章で述べる。

この製品の大きな特長の一つ目はダッシュボード機能である。kizkia-Meterはエッジパソコン上のWebアプリケーションとして機能を提供し、ブラウザ搭載のノートパソコン等からエッジパソコンへアクセスして利用できる。現場での設定・監視・履歴確認を同一の画面体系で行えるため、運用手順を統一しやすい。

ダッシュボードでは、離れた場所に散在するメーターを一画面に同時表示し(図2)、物理的に移動せずに同時刻の値を確認できる。表示対象は目的別(設備別・ライン別・点検別等)にあらかじめグルーピングできて、グループ選択によって登録メーターを一括表示できるため、例えば始業点検で設備の状態を短時間で確認する作業を省力化できる。読み取り値

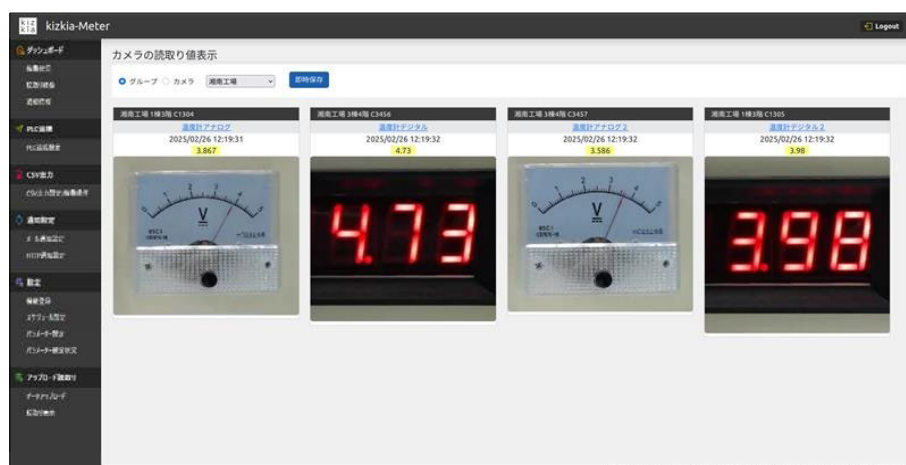


図2 - kizkia-Meterのダッシュボード画面

は画像と共に一定期間保存され、エクスポートも可能なため、値の正しさを画像で確認できて、監査・品質記録に向けたエビデンスとしても活用できる。それに加えて、複数メーターを同一時刻で俯瞰(ふかん)できるため、関連する指標の突き合わせや異常兆候の見落とし抑止にも有効である。

二つ目の特長はPLC連携である。新しい機器やセンサーの情報はデジタルデータとして取り込みが可能で、通常はPLCを介して収集される。kizkia-MeterとPLCをLANで接続し、カメラで読み取りした値を最短1秒間隔でPLCへ送信することで、他センサー情報と合わせたデータ集約・解析を実現することが可能である。PLC経由で上位の制御・監視ロジックへデータを容易に取り込みやすい点も利点である。PLCへ出力するメーター値は、グループ機能を活用しており、PLC送信用のグループへ送信したいメーターを登録するだけで、複数のカメラのメーター値を送信可能である。

三つ目の特長はAPI機能である。HTTP通信ベースのAPIを標準搭載し、読み取り値や画像を外部システムからオンデマンドで取得できる。それに加えてCSV出力等も備えて、スケジュール機能と連動して、日次でNAS(Network Access Server)やファイルサーバーへ定期出力することも可能である。これらによって、既存の監視・帳票・解析基盤と連携した幅広い活用を実現する。

これらのkizkia-Meterの特長によって、既存設備を大きく改修せず、容易に点検・記録からデータ連携までを段階的に自動化及び拡張を実現する。

3. kizkia-Meterの現場適用に向けた技術的な取組み

現場環境でのメーター読み取りでは、照明変動・反射・表示切り替わりに加えて、設備振動や設置誤差など複合的な要因が精度低下を招く。さらに、kizkia-Meterは導入先の要件に応じて使用するカメラを自由に選択できる設計としているため、特定カメラの機能や画質特性に依存した対策ではなく、カメラに依存しない誤読み取り抑制が必要になる。

この章では、こうした現場特有の変動要因に対する誤読み取り抑制技術として、照明変動・表示切り替わり、振動・カメラ画角ずれの補正を目的として実装した技術的な取組みについて述べる。

3.1 照明変動・表示切り替わりに対する誤読み取り抑制

アナログメーター及び7セグメントメーターの読み取りでは、照明変動・反射・表示切り替わり時の一時欠落によって、ノイズや誤認識が生じやすいという課題がある。そこでこのシステムでは、環境変動に強い読み取りを実現するため、メーター種別の特性に合わせて誤読み取り抑制を設計し、読み取り結果の安定化を図っている。

アナログメーターの読み取りでは、目盛り位置と針色を事前に設定し、針位置と目盛りの対応から指示値を算出する。針色は設定画面で指定した座標から取得し、HSV(Hue, Saturation, Value)色空間に変換して扱う。HSVは色相・彩度・明度を分離できるため、照明変動や反射の影響を制御しやすい。さらにこのシステムでは、H/S/V個別に許容範囲を設定できるようにして、照明変動や反射の影響を抑えて針に近い色領域を適切に抽出できるようにしている。図3(a)では、針色の抽出イメージとしてHSV各成分の分布(ヒストグラム)と、抽出対象になる色領域の関係を併記している。これによって、反射や背景色、目盛り線などの不要成分を抑えつつ針だけを安定して抽出できて、針位置検出のばらつきを低減し、安定した読み取りを実現している。

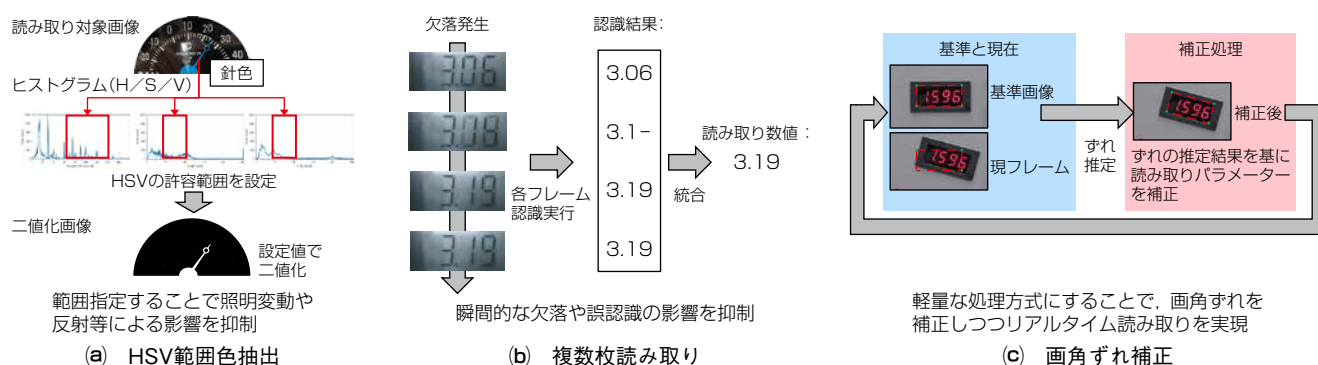


図3-誤読み取り抑制方式

一方、7セグメントメーターは表示切り替わりの瞬間に数字表示の全消失や桁欠落が起きるため、単一フレームでは誤読み取りが生じやすい。このシステムでは、図3(b)のように複数フレームを用いた桁単位の認識と結果統合によって、瞬間的な欠落や誤認識の影響を低減する。具体的には複数フレームの認識結果を統合し、最頻値などの代表値を採用することで外れ値を抑制する。これによって表示が不安定な状況でも読み取りを安定化し、高精度なメーター読み取りを可能としている。

3.2 振動・カメラ画角ずれに対する誤読み取り抑制

固定設置カメラであっても、設置後のわずかなカメラずれや設備の微振動、ズーム／焦点の再調整等によって、画像上のメーター位置は徐々に変動し得る。この変動によって、読み取りに用いる領域(例：7セグメント表示部)と実際の表示位置の対応が崩れて、誤読み取りや読み取りエラーの要因になる。

そこでkizkia-Meterでは、図3(c)のように基準になる背景画像と現フレームの対応からホモグラフィー行列(平面対応を表す射影変換行列)を推定し、その行列で読み取りパラメーターを補正することで、画角ずれの影響を吸収しつつ読み取りの安定性を確保する。運用上は、初期設定時に基準画像を保持し、基準画像上で読み取り対象領域を代表点(四隅など)として登録する。読み取り時には、基準画像と現フレームの特徴対応に基づいてホモグラフィー行列Hを推定し、見かけの移動・回転・スケール変化が許容範囲内かを評価する。変動が軽微な場合は補正を適用して読み取りを継続し、変動が大きい場合は誤補正のリスクが高いため補正せず、“画角ずれによる読み取りエラー”として異常側に倒して通知や読み取り抑制の判断に利用できるようにしている。この方式では、処理が重くなりやすい手法の適用は避けて、必要な情報に絞って補正・判定を行うことで計算コストを抑制する。これによってリアルタイム読み取りを維持しつつ、ソフトウェアだけで補正を完結させて、カメラに依存しない補正を実現する。また“大きなずれは補正しない”という設計によって、運用面でもカメラ画角の変化として原因切り分けをしやすい。なお、単色背景や強い反射、モーションブレ等では推定が不安定になり得るため、設置環境・照明・撮影条件の確認も重要になる。

4. む す び

製造DXの起点になる計測データの正確な継続収集を旧設備でも実現する手段として、kizkia-Meterを述べた。目視読み取り・転記をカメラ×エッジAIで現場内リアルタイムに数値化し、ダッシュボード集約や画像付き履歴の保存／エクスポートによって、点検省力化に加えて点検・監査のエビデンス確保や原因切り分けの迅速化に寄与することを示した。さらに、PLC連携(最短1秒)やHTTP API／CSV出力を介して既存の稼働・品質データと統合し、異常の早期把握から傾向監視・統計解析、予知保全・工程改善へ段階的に取り組める点を述べた。

また、現場適用の鍵となる誤読み取り抑制として、照明変動・反射・表示切り替わり・振動や画角ずれなどに対する安定化の考え方を整理し、自動読み取り＋PLC連携による同時刻収集によって、張り付き作業の削減、転記ミス抑止、突き合わせ容易化に効果的であることを示した。

今後は対応メーター種別を拡充しつつ、MES(Manufacturing Execution System)連携や帳票システム連携を強化して点検記録・稼働実績・品質データと一体で扱える環境を整備する。それに加えて、蓄積データに対する生成AI活用を含む分析機能を検討し、予兆検知や要因整理、現場記録との突き合わせによる原因提示を通じて、予知保全・生産性向上へつなげていく。これらの取組みによって、人手不足が深刻化する製造現場でも、旧設備を含む既存資産を有効利用しながらデータ活用を定着させて、安定稼働・品質保証の高度化を通じて製造DXの推進に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～(2018)
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/dx/20180907_03.pdf
- (2) 工場向け巡回点検ソリューション“kizkia-Meter”，三菱電機技報，98，No.1，3-2-01(2024)