

製造現場の省人化・自動化を実現する 映像AIソリューション

平野 建太郎 神谷 亮太
川面 怜哉 加部 隆久

近年、製造業を取り巻く顧客ニーズの多様化、変化の速さは著しく、多彩な商品が市場に流通し、商品のライフサイクルが早まっている。こうした顧客ニーズに合わせて一つの商品をさまざまな仕様で製造する多品種少量生産への取組みがますます重要視されている。一方で、これまでのものづくり一辺倒からサービス化を含む新しい付加価値提供を模索する動きが出てくるなど、製造現場を取り巻く環境は、これまでにない変化を迎えている。さらに、2020年1月以降の新型コロナウイルスの世界的な感染拡大は、サプライチェーンや製造現場に大きな課題を突きつける結果となった。このような課題に対しては、企業が自ら環境変化に対し変革していく能力（ダイナミック ケイパビリティ）の強化や、デジタルトランスフォーメーション（DX）の推進が一層重要となる¹⁾。

従来から、OKIは自社での導入実績・ノウハウをベースに、製造市場のお客様に対し生産管理システムなどの業務システムの構築を支援している。さらに、2018年には、IoTやAIなどの活用によりスマート工場の実現を支援するIoT活用工場ソリューション「Manufacturing DX」を発表している²⁾。同ソリューションは、自社工場でのIoT活用ノウハウ及び音響・振動・光ファイバーなど独自センシング技術やAI技術を集結・活用することで、製造業が抱える課題の解決を目指している。

本稿では、スマート工場の実現を支援する最新の取組みのひとつとして、映像活用により品質向上とともに人手作業の省人化・自動化を支援する映像AIソリューションを紹介する。

製造現場の課題

製造現場の省人化・自動化、あるいはロボット化は、多くの工場で検討され、ライン作業などを中心に採用が進んでいる。例えば、自動車産業の製造工程では、多くが自動化され、少ない作業で効率の良い生産が可能となっている。一方で、多くの「組立工程」、「検査工程」で自動化が進んでいない現実がある。これらの工程では、熟練者の技術や感覚に頼ることが多く、自動化が難しいと言われている。

しかし、省人化・自動化への道を閉ざすことはできない。

各産業で労働力不足が叫ばれる昨今、製造業でも深刻な人手不足に直面しているからだ。労働力不足に起因した熟練者の減少や非正社員の増加は、作業手順の誤りや作業のばらつきなどのヒューマンエラーを招き、その結果、品質基準を満たさない製品が誕生する。これにより、出荷後の製品が誤作動や不具合を起こすなど、品質起因による重大事故が発生したり、不良品の大量回収などリコールを引き起したりする可能性がある（図1）。

一足飛びでの自動化が難しくとも、デジタル化による熟練工を含む作業者の知（ノウハウ）・技術の継承は急務であり、人手作業が残る組立工程、検査工程でのDX推進は、製造現場にとって避けられない取組みとなっている。人手作業は、熟練者の持つ技術をいかにデジタル化していくかが重要となるが、現在、この手段として、熟練者の「目」に相当する映像の活用、また「知」に相当するデータ・AIの活用に大きな期待がかけられている。



図1 製造現場の課題

製造業向け映像AIソリューション

映像AIソリューションは、まさに熟練者の「目」や「知」をデジタル化し人手作業の省人化を目指すものである。

本ソリューションでは、「撮像技術」、「光学技術」、「画像処理技術」といった要素技術が不可欠である（図2）。

これらの要素技術を以下に説明する。

- 撮像環境やカメラ選定といった撮像技術
- 解析用の画質とその画質や前処理に必要なキャリブレーション



図2 映像AIを支える要素技術

ションを行う光学技術

- ・特定領域を抽出するなど画像前処理を行い、対象の特徴量の抽出をする画像処理技術

また、これらの技術を製造現場の実運用に適用するためには、エッジでリアルタイムにAI判定が可能なシステム環境、すなわちAIエッジコンピューティングの実現が求められる。OKIは2019年、AIエッジ端末「AE2100」の販売を開始³⁾するなど、OKIの注力分野「交通」「建設/インフラ」「防災」「金融・流通」「海洋」などと合わせ「製造」分野で培ってきたノウハウや知見をベースにシステム化を実現した(図3)。

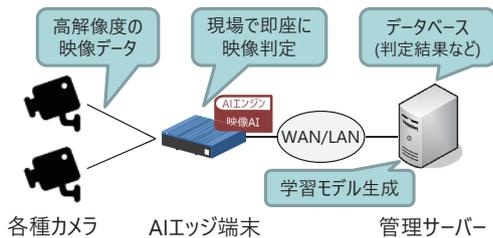


図3 映像AIで考慮すべきシステム環境

この映像AIで考慮すべきシステム環境を以下に、示す。

- ・高解像度の映像データを扱えるシステム環境
- ・現場で即座に映像判定が可能なエッジ端末環境
- ・映像データの学習(モデル生成)／管理環境
- ・判定結果や製品情報を蓄積可能な管理サーバー環境

次章より、OKIの具体的な取組み事例として、「映像AIを活用した外観異常判定システム」、「映像AIを活用した作業者行動認識(行為判定)」を紹介する。

映像AIを活用した外観異常判定システム

外観異常判定システムは、エッジ領域でのAI映像解析により、リアルタイムで製品の的外観異常判定が可能である。判定結果は即座に作業者に通知されるとともに、判定結果を含む検査画像、製品情報などの証跡データを上位に位置する管理サーバーに蓄積し、品質管理や分析に活用可能である。



図4 外観異常判定システム構成図

(1) 外観異常判定の実現方法

カメラで撮影した映像データをAIエッジ端末「AE2100」に送信し、その映像をAE2100上の異常判定アプリで解析することで製品の的外観異常を判定する。正常／異常判定の拠り所となる学習済みモデルは、サンプルデータを用いたAI映像解析により事前に生成し、AE2100に配置済みである前提だ。これによりリアルタイムでの結果判定、作業者通知、管理サーバーへの各種証跡データ蓄積を実現する(図4)。

映像解析の手法として、「ルールベース」、「ディープラーニング」の2種類を採用している。「ルールベース」は、事前に定義したルールに従って外観異常の判定を行う手法であり、検査内容の特徴が具体的に定まっている場合に有効である。一方、「ディープラーニング」は、与えられた画像からルールを構築して外観異常を判定する手法であり、検査内容の特徴が曖昧(あいまい)な場合に有効とされる。正常画像と異常画像を用意し、これらの画像を学習させて正常／異常を判定するためのモデルを構築する。

(2) 現場データ蓄積による品質管理への活用

AI映像解析による判定結果は、判定に用いた検査画像や製品番号などの製品を特定する情報とともに上位に位置する管理サーバーへ送信し、履歴データとして蓄積される。これらの情報はいつでも検索・参照可能であるため、製品出荷後の品質問題発生時のトレーサビリティが可能になるほか、不良原因、作業者、製品区分、製品番号などの付加情報と組み合わせることで、品質管理や品質分析にも活用可能である。

なお、管理サーバーにはモデルの再学習機能を備え、エッジ端末上の学習モデルを定期的にアップデートする運用を実現する(図5)。

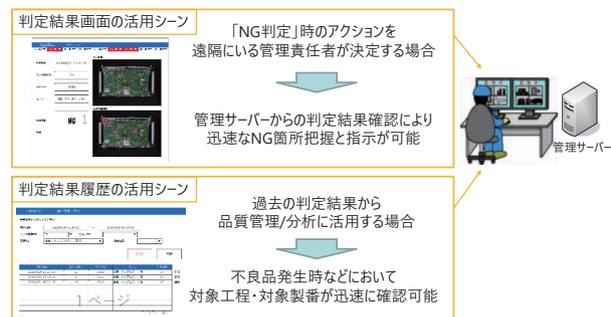


図5 判定結果・履歴情報の品質管理への活用イメージ

映像AIを活用した作業者行動認識(行為判定)

作業者行動認識(行為判定)は、エッジ領域でのAI映像解析により、作業行為や作業手順の正しさを判定することにより品質向上を目指すシステムである。作業者の体の動

きを解析、認識し、正しいと定義した動きや順序と比較することで、作業方法や作業手順の正しさを認識（行為判定）する。外観検査では製品の良否を判定するが、その製品の組立作業、検査作業そのものの正しさまでを判定することで、作業者に依存しない品質の確保を目指す。

(1) 作業者行動認識の実現方法

作業者行動認識（行為判定）は、カメラで撮影した作業者の映像から、「骨格抽出」、「行動認識」、「作業手順認識」という三つの技術を組み合わせることで実現する。解析にあたっては、作業者の体の動き（手の動きや指の動き、あるいは手に持っているツールの動き）をカメラで撮影して得た映像データがインプットとなる。「骨格抽出」では、作業者の骨格の動きを時系列データとして抽出する。「行動認識」では、抽出データを事前に学習したデータからAI判定し、手やツールの動きがどのような行動なのかを認識する。「作業手順認識」では、決められた行為や手順と、実際の行為や手順との差分を見ることで良否を判定する（図6）。

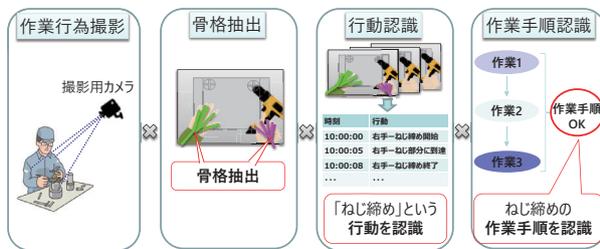


図6 作業者行動認識（行為判定）の仕組み

(2) 品質向上を目的とした判定結果の活用

AI映像解析による判定結果は、直ちに作業者に通知するとともに、作業の証跡データとして上位に位置する管理サーバーへ蓄積される。熟練者や管理者は、遠隔から現場作業者の作業の状況や判定結果を確認し、適切に指示することにより、作業効率や品質の向上を実現する。前章で紹介した外観異常判定システムと蓄積データを連携、若しくは一元管理することで、より俯瞰（ふかん）的に手作業工程での品質管理が可能となる（図7）。

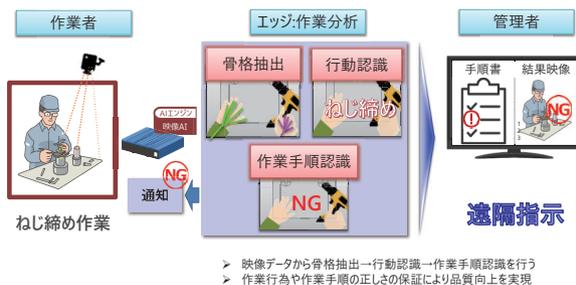


図7 品質向上を目的とした判定結果の活用

適用事例

OKIでは、組立作業支援システム（プロジェクションアシセンブリーシステム⁴⁾）、外観異常判定システム、作業者行動認識（行為判定）を連携し、自社工場の製造現場で更に省力化と品質向上に取り組んでいる（図8）。

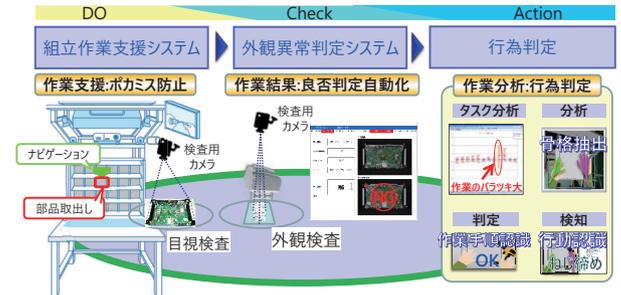


図8 OKI 自社工場での取組み事例

組立作業支援システムでは、組立作業中のポカミス防止するナビゲーションや作業実績データを収集することにより、組立作業のデジタル化を支援する。外観異常判定システムでは、映像AI、及びAE2100を用いたAIエッジ処理を活用して目視検査、外観検査を自動化する。さらに、作業者行動認識（行為判定）により、作業プロセス内手順が決められた作業、あるいは製品品質に関わる作業の行為の正しさを判定する。これらによって、全方位でモノづくり品質の向上を支援する仕組みを構築・活用している。

具体的な映像AIによる判定事例を三つ紹介する。

(1) 基板実装検査（例1）

基板取り付け時のねじ締め確認は、電動ドライバーからのねじ締め完了通知を組立作業支援システムが受信することで実施する。

ねじ有無は、事前に定義したルールに従って外観異常を判定し確認する（図9）。ねじ有無確認は、検査内容の特徴が具体的に定まっているため、映像解析の手法として「ルールベース」を採用した。これにより、ねじ有無だけでなく、正しい色、サイズ、形状のねじが組付けられているか検知可能となり、異常を検知した場合には、即座に作業者に通知し、早期対策が打てる。

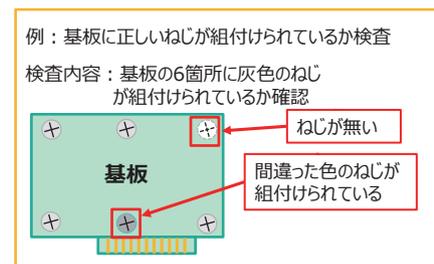


図9 ねじ締め漏れの検査

(2) 筐体(きょうたい)検査(例2)

トップカバーの筐体検査では、カバーに傷や汚れがないかを確認する(図10)。直線的な傷、曲線の傷、汚れなど、曖昧、かつさまざまな状態を捉える必要があるため、映像解析の手法として「ディープラーニング」を採用した。予め正常画像、異常画像を学習し、判定のためのルールを策定しておくことで、映像取得後にすぐに判定結果を得られる。



図10 トップカバーの傷確認

(3) 銘板ラベルの文字検査(例3)

銘板ラベルの文字検査では、定型文字をエリア指定し、「ルールベース」採用による映像解析によりそのエリアの文字欠けを検知する(図11)。一定の判定で輝度値が黒であれば文字欠けが無く、途中で黒色が途切れているようなケースは、文字欠けがあると判定する。合わせて、OCRの活用により、正しい文字が印字されているかも確認する。



図11 銘板ラベルの文字検査

まとめ

本稿では、人手作業による組立工程、検査工程での省人化・自動化策の有力な手段の一つとして、AI映像解析を活用した外観異常判定システム、作業者行動認識(行為判定)を紹介した。

OKIは、これらのソリューションをManufacturing DXの各ソリューションとともに改良・発展させ、お客さまのDXへの対応、そしてスマート工場の実現を支援していく。◆◆

参考文献

1) OKIプレスリリース、「中期経営計画2022」の策定について、2020年10月29日

<https://www.oki.com/jp/press/2020/10/z20076.html>

2) OKIプレスリリース、スマート工場実現に向けたIoT活用工場ソリューション「Manufacturing DX」を提供開始、2018年10月22日

<https://www.oki.com/jp/press/2018/10/z18044.html>

3) OKIプレスリリース、「高速ディープラーニング推論処理をエッジで実現し、クラウドと連携するAIエッジコンピューター「AE2100」を販売開始」、2019年10月19日

<https://www.oki.com/jp/press/2019/10/z19026.html>

4) 組立作業ナビゲーション「プロジェクションアッセンブリシステム」

<https://www.oki.com/jp/esc/pas/>

筆者紹介

平野建太郎:Kentarō Hirano. ソリューションシステム事業本部 金融・法人ソリューション事業部 製造システム部

神谷亮太:Ryota Kamitani. ソリューションシステム事業本部 金融・法人ソリューション事業部 製造システム部

川面怜哉:Ryoya Kawatsura. ソリューションシステム事業本部 金融・法人ソリューション事業部 製造システム部

加部隆久:Takahisa Kabe. ソリューションシステム事業本部 金融・法人ソリューション事業部 イノベーション推進部

TiPO 【基本用語解説】

ダイナミック ケイパビリティ

環境や状況が予測困難なほど激しく変化する昨今、企業がその変化に対応するために自己を変革していく能力。