機能解説 2

過検知による良品廃棄を最小化するAI＋ルールベースのハイブリッド外観検査

㈱ Phoxter
赤畠久幸*

近年、製造業全体において深刻な人手不足や熟練技術者の退職により、検査工程の効率化が急務となっている。一方で、市場における全数検査ニーズの高まりや部品の高精度化により、目視検査のみでは物理的な限界に直面する場面が増えている。とりわけプレスや金属加工の現場には、目視では確認が極めて困難な微小な不良も存在し、後工程である検査が生産ライン全体のボトルネックとなるケースも少なくない。

これらの課題を解決すべく画像検査やAIを導入する企業は多いが、従来の画像検査やAIシステムは高度な専門知識を要する。パラメータ設定や運用時の調整に膨大な工数がかかり、結果として「過検知（良品を不良と判定）」を仕方なく受け入れたまま運用を続ける現場も散見される。また、外観検査はコストセンターとして捉えられがちで、十分な予算が確保しづらいという資金面の壁もある。

本稿では、これらの課題を解決する実践的な手段として、ルールベース画像処理とAIを組み合わせたハイブリッド外観検査システム「StellaController 2.0」（**写真 1**）を紹介する。

*（あかはた　ひさゆき）：Smart Vision Solutions 事業部 事業部責任者
〒560-0082　大阪府豊中市新千里東町 1-5-3　千里朝日阪急ビル 20F
TEL：06-6155-6744　FAX：06-6155-6745



写真 1　「StellaController 2.0」の筐体（コントローラ）とカメラ

ハイブリッド検査が求められる理由

従来のルールベース画像処理のみを用いた検査では、対象物の個体差に対するパラメータ設定が非常に煩雑で、良品のばらつきを不良と判定してしまう過検知を防ぎきれない面があった。一方で、ディープラーニングなどのAI技術のみに頼るシステムも、膨大な画像学習や運用中の精度維持のための専門知識が必要となり、現場への定着が難しい。そのため、導入・運用の負担が軽く、専門知識がなくても過検知を最小限に抑えられ、即座に生産性や品質の向上に直結するシステムが現場から強く求められていた。

当社が提供する外観検査システムStellaController 2.0は、こうした要請に応えるべく開発された。本システムは「専門知識不要」、「省開発工数」を追求しており、AIの知見がない担当者でも、良品・不良品の画像をフォルダに分けるだけで、わずか数分でAI学習が完了する。こ



図 1　ノーコードで制御可能な StellaController 2.0 操作画面

れにより、長期間に及んでいた調整作業から現場担当者を解放した。

StellaController 2.0 のシステム概要と特徴

StellaController 2.0 は、1 台のハイブリッド型コントローラで複数の専用カメラを同時制御できる。ハードウェアとアプリケーションが一式で提供されるため、複雑な機器選定や接続設定の手間が省かれている。

最大の特徴は、アノテーション（画像内の不良箇所を枠で囲むなどのタグ付け作業）が不要な点である。良品・不良品の画像をそれぞれフォルダに分けるだけで細かな教示を必要としないため、現場担当者でも AI モデルが作成できるシステムになっている。

また、従来の AI システムが場合により 1 万～10 万枚といった膨大なサンプル画像を必要としたのに対し、本システムは良品画像 100 枚、不良品画像 20 枚という少ないデータ量からでも高精度な学習が可能である。

さらに、AI や画像処理の専門知識をもたない担当者でも運用できるよう、前処理からモデル作成・更新、検査判定後のデータ処理、関連システムとの連携に至るまで、プログラミング不要のノーコードで制御が可能となっている（図 1）。システム導入後に検査対象やラインの要求が変わった場合でも、過去の投資をムダにすることなく、「AI OCR」や「3D カメラ」などの機能を後から柔軟に追加できる高い拡張性を有する。

過検出、多品種少量生産への対応

外観検査の自動化において最大の壁となるのが「過検知（過検出）」である。本システムは、AI とルールベースの役割分担によってこの問題に対応し、良品廃棄を最小化している。

具体的には、スーパーコンピュータで延べ数万時間の学習から生み出された AI（Preferred Networks Visual Inspection）モデルを採用することで、良品のばらつきを柔軟に許容し、過検知を極限まで抑えつつ微小な不良のみを正確に捉える（図 2）。

一方で、「位置決め」、「極座標変換」、「台形補正」などの前処理や寸法計測は、実績のあるルールベース処理が確実に担う。このハイブリッドアプローチにより、過検知と見逃しの双方をゼロに近づけている。

適用可能な部品形状も幅広い。一般的なプレス品や絞り加工品、順送プレスによる複雑形状部品、かしめ部、鍛造・鋳造部品、ギヤ、ナットまで多様な検査実績をもつ。素材に関しても、各種金属材はもちろん、光沢の強いめっき処理品、樹脂、ゴム素材など、光学条件の構築が難しい対象にも

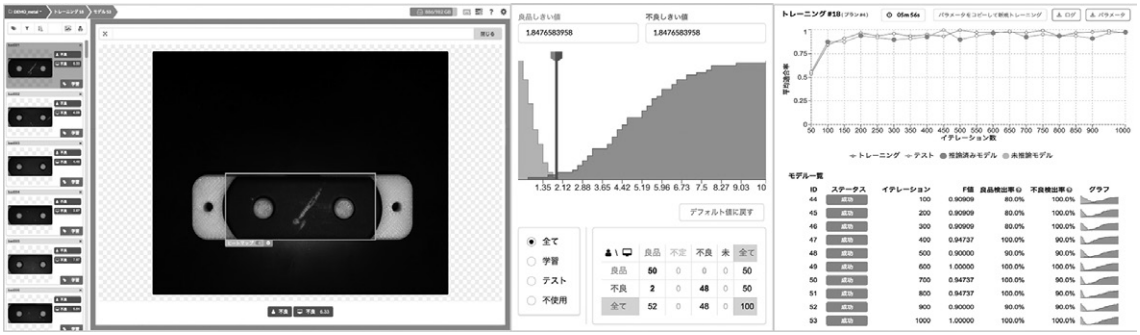
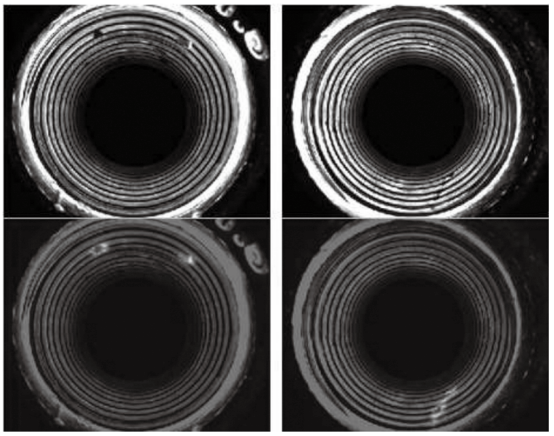


図２　Preferred Networks Visual Inspection によるトレーニング結果



F0 \ F1	良品	不定	不良	未	すべて
良品	48	0	0	0	48
不良	0	0	36	0	36
すべて	48	0	36	0	84

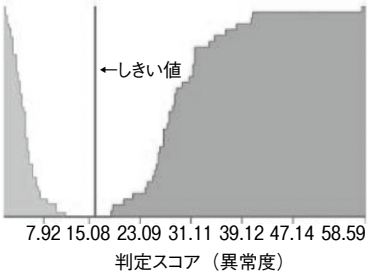


図３　ホイールナット内面検査の実例

対応可能である。

さらに、プレス加工ラインで求められる高速タクトにも対応する。GPU の併用により、画像 1 枚当たり 10 ミリ秒（処理条件に依存）という極めて高速な推論処理を実行し、多品種少量生産の現場でもタクト遅れを引き起こさない。

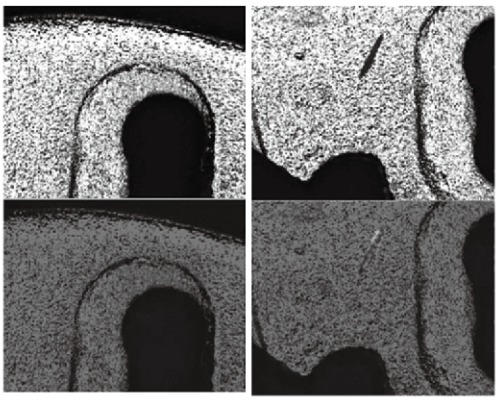
しかし、優れたシステムであっても単に高性能な装置を置けば解決するわけではない。プレス品や金属部品は光沢や油の付着、複雑形状による死角が生じやすく､不良箇所を浮かび上がらせる｢最適な画像｣の取得自体が極めて困難だ。当社では、単なるハードウェアの提供にとどまらず、カメラ、レンズ、照明の選定から配置に至る高度な光学設計と運用定着までのトータルコンサルティングを強みとしている｡｢最適な光学設計｣と｢ハイブリッド画像処理｣の両輪が揃って初めて、盤石な検査体制が実現するのである。

製造現場での導入事例

以下に、実際の金属部品製造ラインにおける導入事例を紹介する。いずれも StellaController 2.0 によるハイブリッド検査と高度な光学設計の強みを活かし、現場特有の課題を解決したケースである。

1. ホイールナット内面（ねじ切り部）の外観検査

ホイールナット内面の検査では、すべての面を均一な明るさで撮影することが難しく、カメラを斜めに配置し対象物を回転させる複雑機構が必要だった。そこで、特殊な内面検査用レンズと白色リング照明を組み合わせ、内面の 360° を一度に撮影できる光学設計を構築。対象物を回転させる機構を不要にしてシステム価格を削減するとともに、AI によってねじ山特有の陰影と真の欠陥を見分けることで過検知を解消した（図３）。



\	良品	不定	不良	未	すべて
良品	214	0	0	0	214
不良	0	0	33	0	33
すべて	214	0	33	0	247

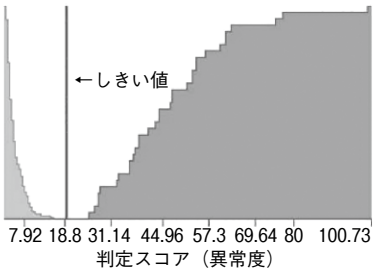
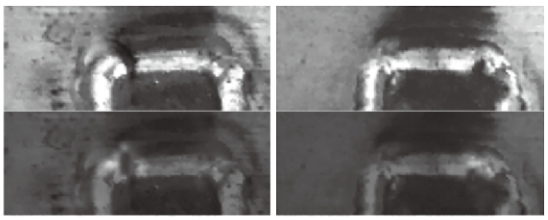


図４　鋳造部品の打痕・欠け検査の実例



\	良品	不定	不良	未	すべて
良品	55	0	0	0	55
不良	0	0	11	0	11
すべて	55	0	11	0	66

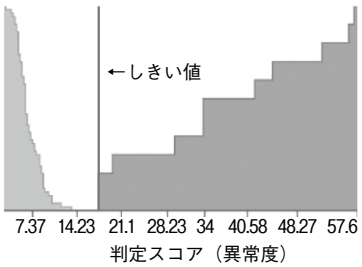


図５　溶接ビード外観検査（凹み検出）の実例

なお、図３右側のグラフ（ヒストグラム）は検査したデータサンプルのスコア分布（ばらつき具合）とボリュームを表しており、しきい値より左側が実際に良品であるサンプル、右側が不良品のスコア分布である。グラフ下の数値はシステムが画像から算出した「判定スコア（異常度）」を表し、数値が小さいほど正常（良品）に近く、数値が大きいほど異常（不良品）の度合いが強いことを意味している。

2. 鋳造部品の打痕・欠け検査

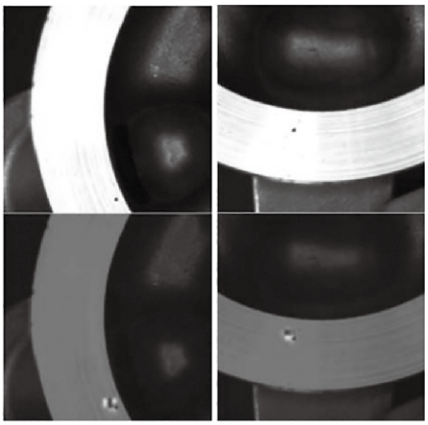
コンロッドなどの鋳造部品は、表面に特有の細かな凹凸が存在し、製品構造上の凹凸と実際の欠陥（打痕など）が連結して現れるため、ルールベースでは切り分けが困難であり、エッジ付近の過検出に悩まされていた。本事例では、高価な３次元カメラを用いなくても、標準的なモノクロカメラと白色面照明によるシンプルな機器構成で、AIが正常な凹凸と欠陥を明確に区別する（図４）。さらに、複数の異なる撮影部位を１つのAIモデルで一括検査することで、検査プログラムの開発工数も大幅に削減した。

3. 溶接ビードの外観検査（凹み検出）

溶接ビードは良品であっても形状や色味の変動が大きく、溶接位置も一定ではないため検査範囲を限定した処理では過検知が多発していた。そこで、カラーカメラと白色ドーム照明を用いて対象に一様な光を照射し、位置や向き、状態が異なる複数の画像をAIに学習させることで、形状や色味のばらつきを柔軟に許容（図５）。欠陥のみを安定して検出できるようになり、検査の信頼性が飛躍的に向上した。電池や自動車部品の溶接検査、スパッタ検査などにも豊富な導入事例がある。

4. 金属合せ面の鋳巣検査

金属の合せ面における鋳巣検査では、製品表面のヘアライン（加工目）や汚れと真の欠陥を見分けることが難しく、正常範囲の微小な鋳巣まで過



\	良品	不定	不良	未	すべて
良品	121	0	0	0	121
不良	0	0	31	0	31
すべて	121	0	31	0	152

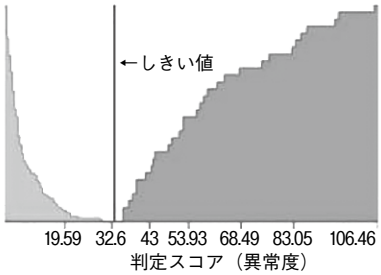


図６　金属合せ面鋳巣検査の実例

検知してしまう課題があった。また、大型部品を一度に撮影しようとすると照明機材が大型化し、システムコストが高騰するという問題もあった。

そこで、対象物を分割して撮影し、モノクロカメラと「白色穴あき面照明」を組み合わせることでシンプルな構成のまま平面を均一に照射する光学設計を構築。さらに、異なる部位を撮影した複数の分割画像を１つの AI モデルでまとめて学習させた。

結果として、表面のヘアラインや明るさの不均一さに影響されることなく、不良となる鋳巣のみを正確に検出（図６）。撮影部位ごとに検査プログラムをつくる必要がなくなり、開発工数とシステム導入コストの大幅な削減を実現した。特に、洗浄液残りや水滴など見た目の変化量が大きい場合は AI なら仕分けることができた。

検査データの利活用で ムダ極小化、歩留まり向上へ

外観検査システムは、不良品をラインから取り除くという従来の役割を超え、「データの利活用」という新たな価値を製造現場にもたらしている。StellaController 2.0 の欠陥分類機能を活用すれば、どのような種類の不良（傷、打痕、汚れなど）が、どの程度の頻度で発生しているのかを正確に蓄積できる。これにより、上流のプレス機械における金型の摩耗や設定不良をいち早く察知し、フィードバックすることが可能となる。

また、画像全体の合否判定だけでなく「1 画素単位での AI スコア判定」を出力できる点も画期的である。不良箇所はヒートマップとして色分けで可視化されるため、現場担当者は「製品のどの部位に、どのくらいの強度の異常が発生したのか」を一目で直感的に把握できる。これは、製造プロセスのどこに負荷がかかっているのかを分析するための強力な材料となる。

さらに、金属加工などの現場では、傷とは異なる「ツールマーク（加工痕）」のような特有の模様が良品にも発生することがある。運用過程で得られた「加工痕が含まれる良品画像」を AI に再学習させることで、製造上発生し得る良品のばらつきと真の欠陥をより高精度に区別できるようになる。

日々の検査データを AI モデルの再学習へと循環させることで、過検知によるムダを極小化し、ライン全体の歩留まり向上を実現する。外観検査システムは今や単なるコストセンターから、生産性と品質を継続的に押し上げるプロフィットセンターへと進化しているのである。