

季刊 中国総研

2016 vol.20-2 NO.75

特集 製造現場における検査工程の改善

製造現場における目視検査の現状と課題

—周辺視目視検査法の普及に向けて—

石井 明／香川大学工学部

第4次産業革命の進展における官能検査システム化の課題と展望

野中一洋／国立研究開発法人産業技術総合研究所

検査の自動化について

—画像による自動検査装置インテグレーションの経験から—

山西麻雄／株式会社アクティブ

中国地域製造業における検査工程の状況

本郷 満／公益社団法人中国地方総合研究センター

ものづくり企業の生産現場における

検査の自動化促進可能性調査をふりかえって

楯野 肇／公益財団法人ちゅうごく産業創造センター

目 次

季刊 中国総研 2016 vol. 20-2 NO. 75

特集 製造現場における検査工程の改善

- 製造現場における目視検査の現状と課題 1
—周辺視目視検査法の普及に向けて—
石井 明／香川大学工学部知能機械システム工学科 教授、感察工学研究会 主査
- 第4次産業革命の進展における官能検査システム化の課題と展望 15
野中一洋／国立研究開発法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス・製造領域研究戦略部
イノベーションコーディネータ
- 検査の自動化について 23
—画像による自動検査装置インテグレーションの経験から—
山西麻雄／株式会社アクティブ 代表取締役
- 中国地域製造業における検査工程の状況 33
本郷 満／公益社団法人中国地方総合研究センター 미래創造ユニットリーダー、主席研究員
- ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査をふりかえって 47
楫野 肇／公益財団法人ちゅうごく産業創造センター 常務理事

製造現場における検査工程の改善

(特集の意図)

昨年6月に閣議決定された「日本再興戦略」改訂2015が、生産性革命に向けた第四次産業革命（インタストーリー4.0）への挑戦を主要施策に位置付けたことを受け、そのインパクトや処方箋を示す「新産業構造ビジョン」の検討が進められています。第四次産業革命の進展により、製造現場では、IoT、ビッグデータ、人工知能等を駆使した生産システム革新が加速化することが予想されます。そうした製造現場のスマート化が進めば、人海戦術に頼っている検査工程について、訓練や自動化等を通じ高度化することが増々大きな課題になると考えられます。

近年、ものづくり企業では、労働力不足や、競争力強化に向けたさらなる生産効率向上、顧客要求品質の高度化などへの対応が急務となっています。こうした状況のもと、検査工程は、人手が掛かり非効率、高度な検査が困難、人による品質ばらつきや見落とし、定量的検査データが残らず品質管理が不十分などの問題が指摘されています。これらの問題に対し、装置・機器の導入による検査の自動化とともに、人による検査の効率化・品質向上の必要性が指摘されています。

このような問題意識のもと、公益財団法人ちゅうごく産業創造センターでは、2015年度のプロジェクト調査の一つとして「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査」を実施したところです。なお、本調査には、当研究センターもシンクタンクとして協力をさせていただきました。先行調査・研究がほとんど見当たらない中、本調査の意義は大きいものと言えますが、より詳しく取り上げることが有意義な事柄が多々あると考えています。

そこで、今回の特集では、本調査にご協力いただいた有識者の方々を中心に、ご専門の立場から「製造現場における検査工程の改善」について論じていただくことといたしました。本誌に掲載した論考と上記の調査報告書とを合せてご覧いただくことにより、製造現場における検査工程の実態や改善のあり方などについて、より深くご理解いただくことができれば幸いです。【本郷】

製造現場における目視検査の現状と課題

一周辺視目視検査法の普及に向けて

石井 明

(香川大学工学部知能機械システム工学科 教授、感察工学研究会 主査)

1. はじめに

再び外観目視検査が注目されている。検査速度の倍増、不良の見逃しの激減が可能な検査方法である周辺視目視検査法が認知され、普及し始めてきたことが大きな要因である。しかし、それらの背景には、目視検査員の作業を自動化する自動外観検査の普及とその維持が技術者不足、納期、費用対効果の点から進められないこと、目視検査員の確保と育成が非常に難しくなったことが大きく影響している。目視検査を取り巻く環境は、この20年ですっかり変わった。検査を含めて製造コストをいかにして削減するか、新たな製造ラインをいかにして早く立ち上げるかが生産技術者に対する至上命題となり、検査員と協力してより良い製品を生み出すことは容易ではなくなった。また、生産拠点が海外に移るとともに製品の購入先が中国をはじめとする新興国市場へとシフトし、品質と機能を削ぎ落としていかにして低価格な製品を作るかが必要となってきた(新宅[2010])。同時に、従来の日本が得意としてきた過剰すぎるのではと思われるほどの高い外観品質を維持することも要求されている。

周辺視目視検査法は単なる検査効率向上のための検査法ではない。人は何か異変が生じると特段、意識することなく瞬時にその異変に気づく機能を有している。周辺視目視検査法は人が有するこの機能を論理的に目視検査に適応させる方法であり、その目視検査を長時間にわたって安定的に維持させることができる方法でもある。著者が主査

を務める感察工学研究会は、公益社団法人精密工学会画像応用技術専門委員会内に2010年2月に設置されたワーキング・グループであり、周辺視目視検査法の論理的解明とその普及をミッションとし活動している(感察工学研究会のHPページ)。この度、公益財団法人ちゅうごく産業創造センターより刊行された「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査」報告書(以下、調査報告書と呼ぶ)の調査においては、周辺視目視検査法の普及の観点から協力した(ちゅうごく産業創造センター[2016])。

本論考では、調査報告書に記載された内容を参照しつつ、周辺視目視検査法を導入する際のポイントについて解説する。特に、検査の際に周辺視での見方になっているかどうかは、検査員も検査員を指導・管理する側も知りたい点である。そこで、検査員の検査動作のどこに注目すべきかを解説した後、周辺視目視検査法の導入を確実に進めていくポイントと導入の効果について解説する。最後に、周辺視目視検査法の普及のための感察工学研究会の取り組みを紹介する。

いしい あきら 1955年生まれ/1980年電気通信大学大学院電気通信学研究科修士課程修了。博士(工学)/1980年、同大学助手。講師、助教授を経て、1998年、香川大学工学部助教授、2002年から現職/専門は非破壊検査。マシンビジョン、目視検査の研究に携わる/主な著書に『画像処理応用システム』(精密工学会画像応用技術専門委員会編、共著、東京電機大学出版局、2000年)、『実践画像処理』(Fest Project編集委員会編、共著、シュプリンガー・フェアラーク東京、2000年)ほか。

2. 周辺視目視検査法の導入のポイント

周辺視目視検査法についての詳細な解説は文献6、文献7（佐々木[2005-2006、2008]）を、平易な解説は調査報告書の参考資料「周辺視目視検査法とは」（157～158頁）¹⁾を参照してほしい。周辺視目視検査法の導入・運用のポイントについては、表1の日立メタルプレジジョン安来事業所による導入の取り組み（調査報告書108頁・図表3.31の今後の展開）を推奨したい。2013年8月に周辺視目視検査法の導入に取り組み始め、佐々木²⁾から2回の改善指導を経て、改善効果が現れた事例である。改善効果が確認できれば、その工程の改善がさらに進むとともに、類似の工程への適用が行われる。表1にはこのような経験を踏まえ、導入・運用のポイントが書かれている。しかし、初めて周辺視目視検査法の導入に取り組むときには、改善効果が現れるまでは試行錯誤と精力的な挑戦が必須であることも事実である。本節では、周辺視目視検査法を導入するためのポイントを述べる。

2.1 周辺視目視検査法に興味を持ったらまず確認すること

(1) 周辺視・瞬間視での目視検査となっているかどうかの判断

周辺視目視検査法では、図1に示すように眼の使い方の変更が必要である。すなわち、中心視から周辺視へ、凝視から瞬間視へ、走査眼球運動（辿る動作）から衝動性眼球運動へと眼の使い方を訓練によって変更することが必要である。この眼の使い方の変更は、初心者でも、また、熟練者でも容易なことではない。そこで、まず、百聞は一見に如かずで検査現場で検査員の検査動作を見てもらいたい。できれば、三脚にビデオカメラを固定して、検査の様子を撮影し、撮影後に検査の様子を当該検査員も含めてみんなで何回も見てもらいたい。判断するポイントは2つある。

1つ目は、常に検査品を止めることなく連続的且つリズムカルに動かしながら見ているかどうかである。この動かしながらの見方が周辺視・瞬間視である。人は不良箇所を見つけようと意識して見る時は中心視になり、検査品を手で動かしてい

表1 周辺視目視検査法導入・運用の手順とポイント

	実施事項	内容（ポイント）	備考
導入	現状把握	①作業手順・作業の内訳・生産性の把握 （検査以外の作業および作業継続性阻害要因把握） ②不良モードの確認・判断基準の確認 ③まばたきの回数の確認 ④健康状態の把握	アンケート・インタビュー等で健康状態の確認をしておく。
	環境設定	①照度：1500ルクス以下（欠陥が見えるギリギリまで照度を落とす） ②照明角度・視野範囲・視点位置の設定 ③検査姿勢（負担の掛からない検査姿勢が取れる環境をつくる）	照度が低い方が凝視が減り、周辺視が使いやすい。
	検査方法の標準化	①検査手順（リズムカルな検査となるようにすること） ②検査方法（製品を回転・移動させて行えることが望ましい） ③不良モード・判断基準の明確化	頭・体は動かさず、製品を動かして検査するのが望ましい。
	周辺視の訓練	①周辺視訓練ソフト等によるオフライン訓練 ②実検査での訓練（良品でイメージ植付・検査リズムの習得、不良品ですべてのモードが見えることのテストを実施）	検査員が納得することが大事。丁寧に進めること。まばたき確認で状態チェック。
	移行前準備	①検査員とのミーティング（不安要因を取り去ること） ②検査だけに集中できる状態の構築	結果がすぐに出ないことが多い。上記のいずれかに問題があるので、あきらめず、立ち返って対策すること。
運用	検査前準備	①良品の確認（検査前に良いもののイメージを植え付ける） ②不良品のすべてのモードの定期テスト（日々行わない方がよい）	健康状態の変化などを確認することで問題点を確認することができる。
	リズムの維持	①リズムの監視（リズム固定化できる仕掛けがベター。時間当たりの処理量の達成を行い、管理するなどの工夫が必要）	

（資料）日立メタルプレジジョン安来事業所資料より作成

る場合には、手の動きは止まる。凝視はじっと見つめる中心視の見方である。中心視では視野が非常に狭くなるので検査品の表面を辿るような走査眼球運動での見方となる。初心者の多くは、現場の責任者に不良の見逃しが無いようによく見るように注意されるので、必然的に中心視での見方となる。図2は典型的な中心視での見方である。眼を大きく見開き、食い入るように検査品の表面を見つめている。

2つ目は、検査品をリズムカルに動かして検査しているときに、一定周期の瞬目（まばたき）が現れているかどうかである。瞬目には意識的に行う随意性瞬目、光などの外的な刺激によって誘発される反射性瞬目、周期的に生じる自発性瞬目の3つがある（中野[2014]）。自発性瞬目の頻度は個人差は大きい1分間に20回程度である。意識的に不良を見つけようとするときは、瞬目間隔が長くなる傾向がみられることから、周辺視・瞬間視での見方が完成していないと判断することができる。

図1 目の使い方

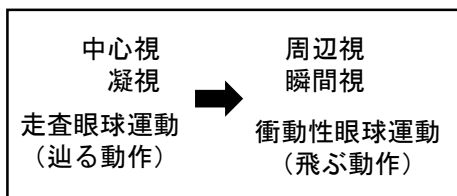


図2 中心視での見方



表2 職業性ストレス簡易調査票の一部抜粋

B 最近1か月間のあなたの状態についてうかがいます。最もあてはまるものに○を付けてください。

	な か た ど	ほ と ん ど	あ と き ど き	あ っ た ば	い つ も あ っ た
21. 頭が重かったり頭痛がする	1	2	3	4	
22. 首筋や肩がこる	1	2	3	4	
23. 腰が痛い	1	2	3	4	
24. 目が疲れる	1	2	3	4	
26. 胃腸の具合が悪い	1	2	3	4	

(2) 健康状態の確認

目視検査作業は眼を使うので眼が疲れるのは当たり前であると思っている人はいないだろうか。確かに図2のような中心視での見方で検査を行えば、作業を開始して1時間位で眼がかすみ休憩をしなければ、作業を続けることはできない。しかし、たとえ休憩をしたとしてもこのような作業を終日行う検査員には眼が非常に疲れる症状以外に、身体に健康上の重大な問題が生じる恐れがある。表2は職業性ストレス簡易調査票³⁾の57項目から5項目抜粋したものである。検査員に自己点検させ、眼の疲れ以外に、首筋・肩のこり、腰の痛み、頭痛、胃腸の具合の悪さを訴える検査員がいるかどうかを把握してもらいたい。これらの身体愁訴が多く見られる場合には、周辺視目視検査法の適用を含めて早急な検査工程の見直しが必要である。

2.2 導入現場の絞り込みと効果測定のための現状把握

(1) 目視検査動作が主な現場の選択

目視検査の現場は多種多様である。周辺視目視検査法を初めて適用する際には、目視検査動作が主な現場を選択してほしい。図3、図4は香川県内の6社の企業の目視検査工程の調査を行い、その内、2社の目視検査工程における検査員の検査動作を分類した結果である（小高ほか[2011]）。A社の検査対象は円筒状のカーボン製品であり、

図3 検査動作の分類 (A社)

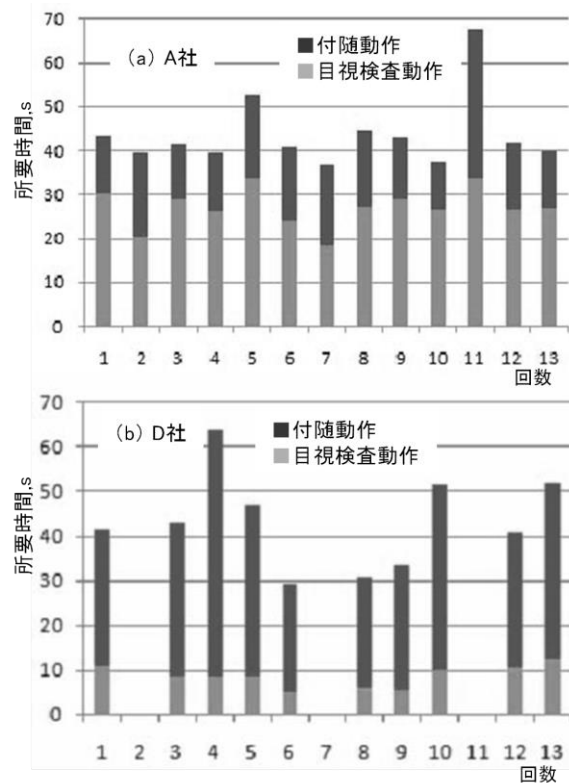


図4 検査動作の分類 (D社)



1回に複数個の製品（6～8個）の外表面、内表面、両端面のきず、むしれ、欠け、割れ等を目視で検査する。検査時間としては、約40～50秒ほどであるが、その間の動作を分類すると、10動作となる。これらの動作の内、目視での検査の動作は、図3の2、6、8であり、これらを目視検査動作、その他の動作を付随動作と呼ぶことにする。一方、D社の検査対象はラミネート製品のパッケージであり、パッケージの貼り合せ部を1束(100枚程度)ごとに、紙幣の検査のように一定速度で捲り返すように検査する。検査時間としては1束40秒～60秒であるが、その間の動作を分類すると、8動作となる。このうち、目視検査動作は図4の3と5である。図5はA社とD社の検査動作を目視検査動作と付随動作に分け、それぞれの所要時間を求めた結果である。これよりA社では目視検査動作、D社では付随動作が大半を占めていることがわかる。このように名称的には目視検査工程と呼ばれていても、目視検査動作が主な場合と付随動作が主な場合があり、目視検査工程の改善が必要な場合

図5 目視検査動作と付随動作の割合



の対処方法は大きく異なる。すなわち、前者では、目視検査動作の時間が長いので周辺視目視検査法を導入することでサイクルタイムの向上が期待できるが、後者では、2動作合わせても10秒足らずのため、サイクルタイムの大幅の向上は期待できない。

また、多くの企業では、検査中に発見した不良品に対して、不良の種類を事細かに判別させたり、不良の程度によりその場で補修作業をさせている。しかし、これらの作業は中心視で行われるため、周辺視・瞬間視のリズミカルな検査作業を中断させることになる。したがって、周辺視目視検査法を導入する際には、検査品ごとに、検査以外の作業および作業継続性を阻害する要因を把握し、工程の組み直しを検討することが必要である。

(2) 作業内容の把握

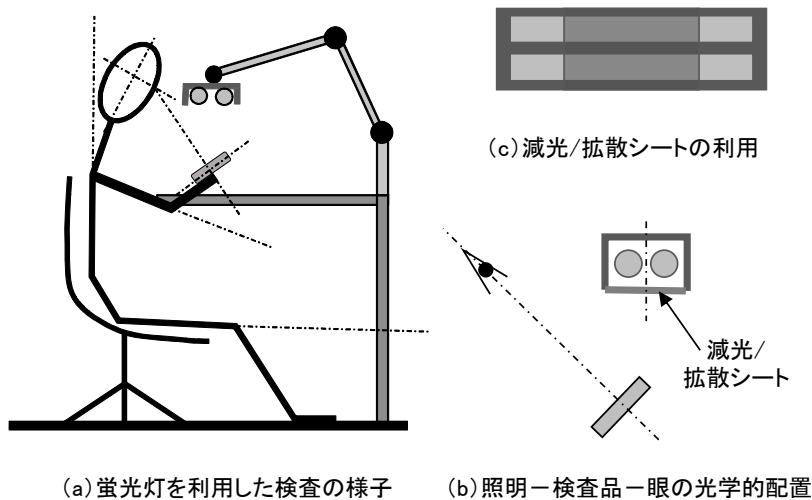
①不良項目の検出に適した照明を選択しているか

図6は光沢のある検査品を蛍光灯照明を利用して外観検査している様子である。きずや突起状の不良は、蛍光灯からの直接光を利用すれば、正常であれば光らない領域が光るので瞬時に気づくことができる。また、汚れや成形不良等で光沢が低い不良は、拡散光を利用すると周囲より輝度の暗い領域として見えるので瞬時に気づくことができる。この企業では、図7に模式的に示すように検査員が蛍光灯の光源部分を部分的に減光シートや拡散シートで覆って検査していた。しかし、検査員によって減光シートと拡散シートの使い方はまちまちであった。目視検査では部品の組立作業とは異なり、動作の見様見真似では不十分である。

図6 光沢部品の検査の様子



図7 照明－検査品－眼の光学的配置と減光／拡散シートの利用



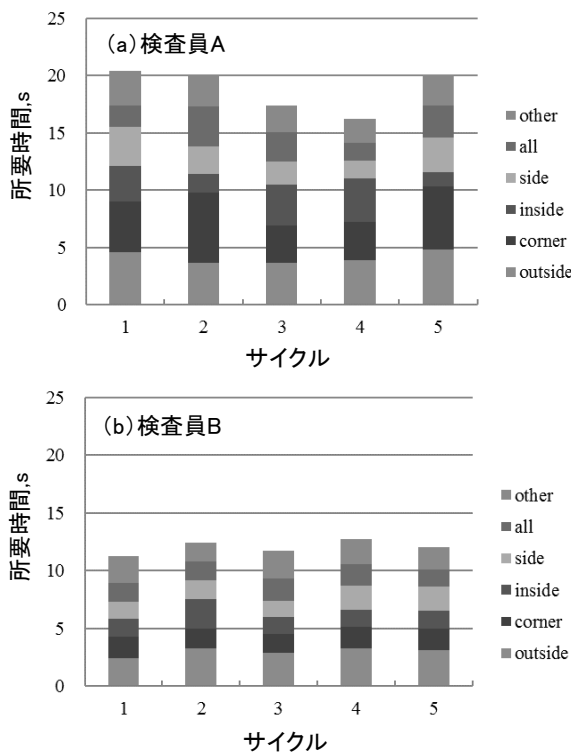
なぜ各不良が照明の種類によって顕在化して見えるかを理解することが必要であり、光源－検査品表面－眼の光学的配置を意識させて検査動作を組み立たせることが必要である。

また、検査工程の天井照明や隣接する検査セクションの照明に注意を払っていないケースが多々見られる。不良の領域が明るく見えたり暗く見えたりするのは、不良の顕在化に必要な照明以外が検査視野に入らないからである。不良の顕在化に不要もしくは悪影響を及ぼす天井照明や他の検査セクションから漏洩する照明はもちろん、天井・壁・作業台からの環境光、白色の作業手袋には注意してほしい。

②検査動作の分類と所要時間解析

2.2(1)では目視検査動作が主な現場の選択のために検査動作の分析を行ったが、検査動作分析は、検査動作の改善ならびに改善効果の測定に極めて有効である。図8は図6の検査作業を動作解析し

図8 目視検査動作と付随動作の割合



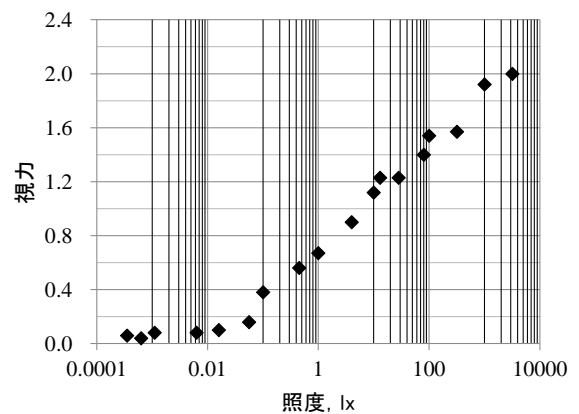
た結果である。解析には市販の動作解析ソフト(日本生工技研)を利用した。検査員A、Bとも熟練者であるが、検査時間は倍ほど違う。検査員Aは外周部とコーナー部の検査時間が検査員Bに比して倍以上かかっている。この箇所は検査品を回転させながらの検査である。検査員Aは周辺視の見方も少しできるが、中心視に頼った見方から脱出できていないため、少しずつ回転させながらの検査となり検査速度は遅くなっているものと思われる。周辺視を習得した後の改善効果を是非とも測定したい検査員の一人である。

2.3 目視検査動作改善のための環境の変更

(1) 照度の変更

小さいものを見分ける力である視力は、図9に示すように照度の増加とともに増加する(東芝ライテック[2011])。また、JIS照明基準総則では精密機械、電子部品の製造、印刷工場での極めて細かい視作業での推奨照度は1500 lx、超精密な視作業の場合には、2000 lxとすると規定されている(JIS Z 9110[2010])。小さなきずや欠陥を“よく見る”ときには、照度は高い方が見やすいことは確かである。しかし、このときの見方は中心視である。中心視での見方で検査作業を行うと、短時間で眼が疲れ、小さなきずなどが見難くなる。そのとき、照度を高くすると一時的に見やすくな

図9 照度と視力



るため、中心視での見方の検査員は照度を必要以上に高くし、照度が3000 lxを超えている現場も珍しくない。一方、周辺視で異常領域を感じる見方では、照度は高い必要はなく、逆に1000 lx程度に下げた方が異常領域を感じやすくなる。佐々木は照度の目安として手元で1000±200 lxを提唱している（石井[2014]）。もちろん、この照度以下でも検査員は異常領域を感じることができるが、発見した異常領域の不良（NG）レベルを判断するときには、中心視で確認することが必要であるため、少し高め1000±200 lxを適正照度としている。周辺視への移行の第1ステップは照度を適正照度まで下げ、視野を広げ、検査品を動かしながら、予め用意した不良品の不良箇所を感じることができるように練習することである。

(2) リズムの生み出し

検査品を動かしながら周辺視で検査するためには、リズムを作り出すことが必要である。検査品をハンドリングで回転／移動して検査することができるならば、検査品を両手で把持する。可能であれば、肘は作業台に付けず、頭部は左右には傾けずに照明－検査品表面－眼の位置関係に注意して検査品を回転／移動させる。このとき、回転／移動の動きを止めないようにすれば、リズムが生み出され、周辺視での見方を継続することができる。ただし、図6のように作業台上に検査品が高く積まれたりしていると、作業領域が狭まり、リズムカルな動きができなくなる恐れがある。未検査品、検査終了品を視野から外れないところに置くように工夫をすれば、振り向く必要がなくなり、検査動作を止めずに検査することができる。

3. 周辺視目視検査法導入の効果

著者は2010年2月に佐々木を招聘し、地元企業6社の目視検査現場の指導をお願いした。6社合わせて2日間の極めて短時間の現場指導であった。

しかし、その内の幾つかの企業はその後にも周辺視目視検査法の適用を図り、目視検査の改善活動を進めている。ここでは、2.2(1)で紹介したA社の取り組み状況と成果を紹介する（石井[前掲]）。

(1) 作業動作・作業姿勢の変化

①改善前 図10(a)は改善前の検査の様子である。7個のワークを治具に1列に載せ、治具を前後、左右に緩やかに傾けさせながら、端面と内面の検査を行っていた。また、直管の蛍光灯を頭のすぐ上まで近づけていた（机から450mmの高さ）。このときの机上での照度は3000 lxと明るすぎる状態であった。

②指導中 図10(b)は佐々木による現場指導の様子である。指導では、まず、蛍光灯の高さを高くし、机上の照度を1500 lxに下げ、次に、視野を広げて治具全体を見るように指示し、最後に治具を傾げる際に、ぱっぱとリズムをとるよう指示した。この指導による効果は5分も経たないうちに現れた。指導直後は、検査員は暗すぎて不良が見つからないのではないかと心配していた。しかし、治具をハンドリングしている最中に不良箇所を違和感のある所と気づくことができるようになり、改善前と変わらない判断で不良を除外できるように変わっていた。同時に、検査中の体の姿勢も大きく変化した。改善前と比較すると、眼とワーク間の距離が広がり、背筋が伸び、頭部の前傾も小さくなっていることがわかる。ほんの数分間の出来事であった。

③改善後 その後、当該検査員は検査の改善活動をさらに進め、1列7個同時の検査から、治具を改良して図10(c)のように4列×11個のワークを載せて治具ごと左右にスライドできるようにし検査効率を高めた。さらに、座位から立位の検査（図10(d)）に変更し、さらなる効率化を図っていた。この立位への変更には大きな理由がある。検査効率

図10 作業動作・作業姿勢の変化



図11 検査時間の短縮

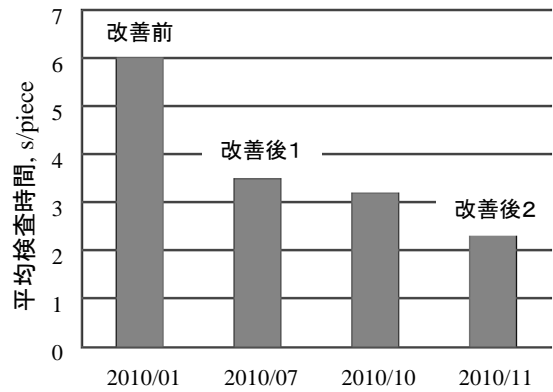


表3 検査員の健康に関するヒアリング

時期	検査員A		検査員B	
	導入前	導入後	導入前	導入後
眼	疲れがひどい	ドライアイが改善	目がかすみ、目薬を常に点眼	ほとんど疲れない。
肩	肩凝りがひどい (月2回通院)	肩凝りが改善 (通院無し)	肩凝りがひどく、毎日、湿布	湿布不要
その他			疲れのため就寝時間が早い。	疲れが改善され就寝時間が遅くなる

が上がり、正味検査時間比率が下がり、代わって部品の準備・後始末時間比率が高まったことで、回転を伴う上体の動作が多くなり腰への負担が増大した。立位作業では上体を大きく動かす際にステップ（足位置を変えること）により腰への負担を少なくすることができるため、座位から立位の検査へと移行したのである。

(2) 検査時間の短縮

図11はワーク1個当たりの検査時間の推移である。改善前に比べて検査時間は約1/3と大幅な検査の効率化が図られている。なお、不良の見逃しは生じていないとのことであった。

(3) 健康状態の変化

表3は2名の検査員に対する健康に関するヒアリングであり、導入の半年後に実施した。その結果、2名とも導入前には眼の異常な疲れ、治療が必要なほどの肩凝りが生じていたことがわかった。知らず知らずの内に照度の高い状態で中心視の作業を行っていたことによるものと思われる。

眼の異常な疲れが肩凝りの原因であるとの報告もある（松尾[2008]）。中心視によって見つめようとする動作が上半身の動きを止め、緊張を高めるものと思われる。前述したように周辺視目視検査法は周辺視、瞬間視、リズムカルな動作が基本であり、眼の疲労や肩凝りを起こしにくい検査法であると言えよう。

4. 目視検査改善キャラバン

感察工学研究会は画像応用技術専門委員会内に2010年2月に設置されたワーキング・グループであり、図12に示すように中心視と周辺視を対立軸として、それらを包含する学問領域の創出を図るとともに、現状の技術の調査・整理を行う事を目的としている。特に、検査員が行う目視検査作業に

図12 中心視と周辺視を対立軸とする現状の技術の調査と整理

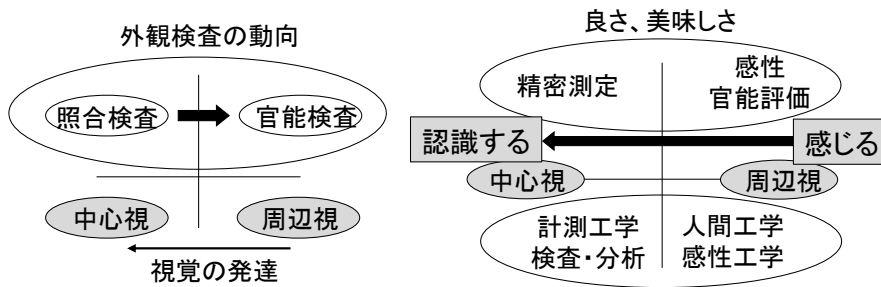


図13 中心視と周辺視を対立軸とする視覚作業の分類

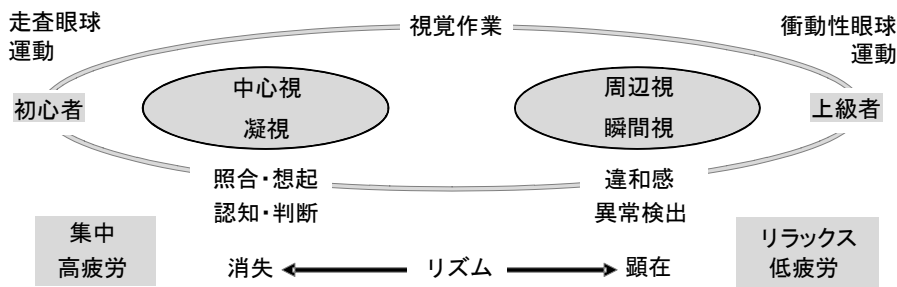


表 4 周辺視目視検査法の普及活動

開催年	事業内容	開催概要
2011.12	製品の目視検査に関するアンケート調査	VIEW2011（パシフィコ横浜、2日間調査、回答数40、内容は調査報告書71頁～73頁に記載）
2012.03	周辺視目視検査法講習会	東京電機大学理工学部鳩山キャンパス（参加者19名）
2012.06	周辺視目視検査法紹介ブース展示	SSII2012（パシフィコ横浜、3日間）
2012.12	周辺視目視検査法紹介ブース展示 周辺視目視検査法セミナー	国際画像機器展2012パシフィコ横浜、3日間 同上会場（参加者217名）
2013.05	研究討論会：感察工学研究会の果たす役割	画像応用技術専門委員会（東京電機大学北千住キャンパス、参加者29名）
2014.05	特別企画：感察工学研究会の果たす役割	画像応用技術専門委員会（中央大学後楽園キャンパス、参加者32名）
2014.09	ワークショップ：匠級目視検査員を育成する	大阪工業大学大宮キャンパス（参加者35名）
2015.05	目視検査改善キャラバン（第1回）	茨城県内企業（参加者15名）
2015.09	目視検査改善キャラバン（第2回）	香川県内企業（参加者16名）
2016.05	研究討論会：人による検査を究める	画像応用技術専門委員会（中央大学後楽園キャンパス、参加者24名）

については、図13のように眼の使い方を整理し、周辺視目視検査法の論理的解明と普及のための活動を行っている。表4はこれまでにやってきた公開もしくは半公開の主体的活動リストである。最近、

注力している活動は、2015年5月にスタートさせた「目視検査改善キャラバン」である。これまで2社の協力を得て実施しており、継続的な取り組みとなってきたので簡単に紹介する。

(1) 背景

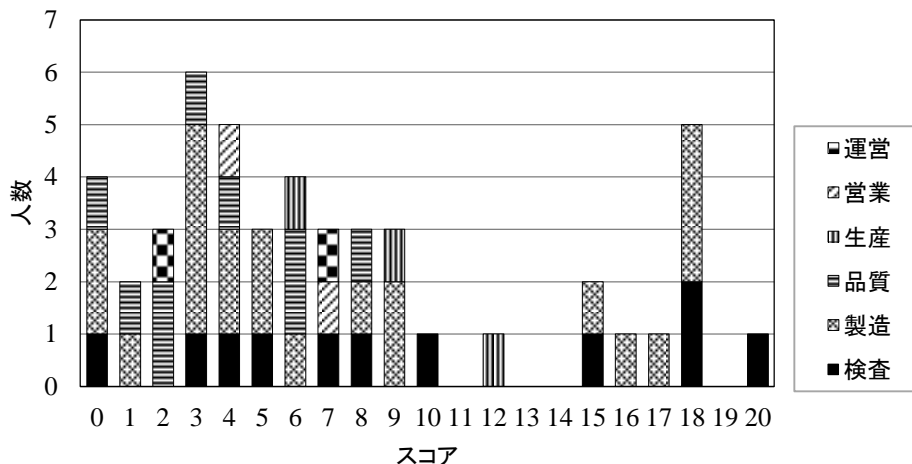
きっかけは、周辺視目視検査法の指導を行ってきた佐々木が、指導を受けた検査員から目の疲れや首・腰の痛みが無くなっただけでなく、胃腸の調子まで良くなったと感謝されたことを感察工学研究会委員の一人に話したことであった。その委員は2015年3月に2つ目の学位を医学（1つ目は工学）で取得したが、研究は機能性ディスぺシア（機能性胃腸症）に関するものであった。早速、佐々木のセミナーを受講している製品製造グループの社員に表5のFスケール問診票（逆流性食道炎・胃腸の運動不全に関連する問診票）（草野ほか[2005]、Kusano et. al. [2004]）による調査を行

った結果、図14に示すようにスコアが高いのは業務（運営、営業、検査、生産、製造、品質）の中で、検査・製造に携わる社員であることがわかった。以前より、周辺視目視検査法を取り入れると、検査効率の向上、不良の見逃しの激減とともに、検査員の健康が改善されることが知られていた。しかし、前者は定量的に評価することができるが、後者は定量化の術がなかった。そこで、定量的な取り扱いが可能な問診票をツールとして、検査員の健康改善の効果を定量的に証明し、周辺視目視検査法のさらなる普及に貢献する活動として「目視検査改善キャラバン」をスタートさせた。

表5 Fスケール問診票

質問	記入欄				
	ない	まれに	時々	しばしば	いつも
1 胸やけがしますか？	0	1	2	3	4
2 おなかがはるがありますか？	0	1	2	3	4
3 食事をした後胃が重苦しい(もたれる)がありますか？	0	1	2	3	4
4 思わず手のひらで胸をこすってしまうことがありますか？	0	1	2	3	4
5 食べたあと気持ちが悪くなることがありますか？	0	1	2	3	4
6 食後に胸やけがおこりますか？	0	1	2	3	4
7 喉(のど)の違和感(ピリピリなど)がありますか？	0	1	2	3	4
8 食事の途中で満腹になってしまいますか？	0	1	2	3	4
9 ものを飲み込むと、つかえることがありますか？	0	1	2	3	4
10 苦い水(胃酸)があがってくることがありますか？	0	1	2	3	4
11 ゲップがよく出ますか？	0	1	2	3	4
12 前かがみをすると胸やけがしますか？	0	1	2	3	4
その他、何か気になる症状があればご遠慮なくご記入ください。					
合計点数					
総合計点数					
酸逆流関連症状：1+4+6+7+9+10+12					
運動不全（もたれ）症状：2+3+5+8+11					

図14 逆流性食道炎関連スコア（職種別）



(2) 目的とその達成手段

目視検査改善キャラバンの目的を次の2つに定めた。そして、横浜国立大学に研究題目「周辺視目視検査法を取り入れた外観検査員の健康状態の変化の定量評価」の倫理審査申請を行い、研究活動の一環として組織的に取り組むこととした。

- ①周辺視目視検査法の普及と検査員の健康改善を図ること。
- ②検査員の健康状態の変化の定量評価法を確立すること。

(3) 内容

活動の内容は、次の2つである。

- ①普及活動として、製品の目視検査現場を訪問し、検査に携わる方々を中心に周辺視目視検査法の紹介と指導を実施する。
- ②調査研究として、次の2つの調査を実施する。
 - i) 問診票による健康改善効果の検証
 周辺視目視検査法の指導による健康改善の効果を検証するために、指導前と指導日から数

カ月後の問診票による調査を行う。問診票は、Fスケール問診票、職業性ストレス簡易調査票、SF-8™（表6）（鈴木[2005]）の3種である。

ii) 生体データの計測

検査員にウェアラブルセンサーを装着して作業活動中の生体データを計測する。そして、同時に撮影した作業映像より作業方法、作業姿勢を評価し、生体データと健康との関係について検討を行う。ウェアラブルセンサーは身体的・精神的負荷と運動量の評価が可能な加速度センサー付きの心拍センサー等を予定している。

(4) 実施状況

2社で実施中であり、その内1社は調査が継続している。いずれの企業も問診票の結果は類似している。周辺視目視検査法の習得が進むにつれて、健康状態の改善、検査効率の向上が進んでいるように思われる。

表6 SF-8™（健康QOLスタンダード版）

あなたの健康について
以下のそれぞれの質問について、一番よくあてはまるものに印(○)をつけてください。

1	全体的にみて、過去1カ月間のあなたの健康状態はいかがでしたか。	最高に良い <input type="checkbox"/> 1	とても良い <input type="checkbox"/> 2	良い <input type="checkbox"/> 3	あまり良くない <input type="checkbox"/> 4	良くない <input type="checkbox"/> 5	ぜんぜん良くない <input type="checkbox"/> 6
2	過去1カ月間に、体を使う日常活動(歩いたり階段を昇ったりなど)をすることが身体的な理由でどのくらい妨げられましたか。	ぜんぜん妨げられなかった <input type="checkbox"/> 1	わずかに妨げられた <input type="checkbox"/> 2	少し妨げられた <input type="checkbox"/> 3	かなり妨げられた <input type="checkbox"/> 4	体を使う日常活動ができなかった <input type="checkbox"/> 5	
3	過去1カ月間に、いつもの仕事(家事も含みませず)をすることが、身体的な理由でどのくらい妨げられましたか。	ぜんぜん妨げられなかった <input type="checkbox"/> 1	わずかに妨げられた <input type="checkbox"/> 2	少し妨げられた <input type="checkbox"/> 3	かなり妨げられた <input type="checkbox"/> 4	いつもの仕事ができなかった <input type="checkbox"/> 5	
4	過去1カ月間に、体の痛みはどのくらいありましたか。	ぜんぜんなかった <input type="checkbox"/> 1	かすかな痛み <input type="checkbox"/> 2	軽い痛み <input type="checkbox"/> 3	中くらいの痛み <input type="checkbox"/> 4	強い痛み <input type="checkbox"/> 5	非常に激しい痛み <input type="checkbox"/> 6
5	過去1カ月間、どのくらい元気でしたか。	非常に元気だった <input type="checkbox"/> 1	かなり元気だった <input type="checkbox"/> 2	少し元気だった <input type="checkbox"/> 3	わずかに元気だった <input type="checkbox"/> 4	ぜんぜん元気がなかった <input type="checkbox"/> 5	
6	過去1カ月間に、家族や友人とのふだんのつきあいが、身体的あるいは心理的な理由で、どのくらい妨げられましたか。	ぜんぜん妨げられなかった <input type="checkbox"/> 1	わずかに妨げられた <input type="checkbox"/> 2	少し妨げられた <input type="checkbox"/> 3	かなり妨げられた <input type="checkbox"/> 4	つきあいができなかった <input type="checkbox"/> 5	
7	過去1カ月間に、心理的な問題(不安を感じたり、気分が落ち込んだり、イライラしたり)に、どのくらい悩まされましたか。	ぜんぜん悩まされなかった <input type="checkbox"/> 1	わずかに悩まされた <input type="checkbox"/> 2	少し悩まされた <input type="checkbox"/> 3	かなり悩まされた <input type="checkbox"/> 4	非常に悩まされた <input type="checkbox"/> 5	
8	過去1カ月間に、日常行う活動(仕事、学校、家事などのふだんの行動)が、心理的な理由で、どのくらい妨げられましたか。	ぜんぜん妨げられなかった <input type="checkbox"/> 1	わずかに妨げられた <input type="checkbox"/> 2	少し妨げられた <input type="checkbox"/> 3	かなり妨げられた <input type="checkbox"/> 4	日常行う活動ができなかった <input type="checkbox"/> 5	

(5) 今後の取り組み

目視検査工程も他の製造工程と同様に改善活動の継続が必要である。特に、周辺視目視検査法の運用にあたっては、検査員の訓練とともに、リズムミカルな検査作業の継続を阻害する要因を減らすための作業方法、作業環境の改善が必要である。新たに目視検査改善キャラバンを受け入れる企業があれば、現在実施中の企業も含めて調査研究活動を継続したい。

5. あとがき

日本の製造業の強みは精密で品質の安定した材料や部品の生産ができることにある（新堀[2010]）。それを支えているのが、高級品の製造に必要な高機能で複雑な生産設備を常に最良の状態に維持することができる熟練工の存在と、不良品の発生と流出を防ぐ検査工程の存在である。検査の自動化は不良品の流出を防ぐとともに製造工程管理として不良品の発生を未然に抑えることができる。しかし、製造工程を流れてくる加工品はまるで生き物のように全く同一ではない。どこにどのように現れるか分からない不良に対する検査の自動化は敷居が高い。一方、調査報告書では、人による検査はフレキシビリティは高いが、個人差が大きく、検査スピードの向上が難しいこと。また、検査員の訓練・教育が難しく、適性のある検査員の確保・増員が難しいことが大きな課題として指摘されている。周辺視目視検査法は人が誰でも有している変化に対して気づく機能を、長時間にわたって安定した判断が必要な検査に適応させる方法である。習得するための環境づくりと訓練は必要であるが、誰もが同じように現状に比べて高い検査スピードで検査することができるようになる方法である。検査の自動化と組み合わせることにより、不良品の発生と流出を防ぐパーフェクトな検査工程を構築することも可能である。同時に、周辺視目視検査法は人の健康状態を良好に

維持する方法でもある。周辺視目視検査法の適用を通して、検査員と協力してともに日本の強みである品質の安定した材料や部品の生産を目指してもらいたい。

おわりに、周辺視目視検査法の解明と普及はまだ道半ばである。かくも卓越した調査報告書を作成した「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査」委員会（委員長 辻敏夫氏（広島大学教授））の方々ならびに関係企業・機関の方々に厚く御礼申し上げるとともに、感察工学研究会の委員の方々の温かなご支援、ご協力に感謝の意を表す。

【注】

- 1) 本誌（楫野肇『ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査をふりかえって』）の55～56頁にも掲載。
- 2) 佐々木章雄：周辺視目視検査法を日本IBM在職中の1998年に開発。現在、周辺視目視検査研究所代表、周辺視目視検査法セミナー講師、コンサルタント。周辺視目視検査法の普及活動ならびに解明のための研究活動を行う。
- 3) 職業性ストレス簡易調査票：2015年12月1日に施行された労働安全衛生法に基づくストレスチェック制度で使用される調査票。
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/dl/150803-1.doc>

【参考文献】

- [1] Motoyasu Kusano, et. al. (2004) Development and evaluation of FSSG: frequency scale for the symptoms of GERD, J. of Gastroenterology, 39(9), 888-891
- [2] 石井明 (2014) 「目視検査を成功させる」『非破壊検査』63(1), pp.24-29
- [3] 小高亮、檜原元規、石井明 (2011) 「目視検査作業

- の最適化ー作業分析と作業リズムの抽出ー』『動的画像処理実利用化ワークショップ DIA2011』pp. 282-285
- [4] 感覚工学研究会
<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~ishii/kansatsu/>
- [5] 草野元康、下山康之、杉本さやか、河村修、前田正毅、三梨桂子、栗林志行、樋口達也、財裕明、井野教子、堀越勤、杉山雅、土岐宗利、大和田恒夫、森昌朋（2005）「GERDに対する新しい問診票FSSG(Frequency Scale for the Symptoms of GERD通称:Fスケール)の開発と評価(解説)」『臨床と研究』82(2), pp. 379-382
- [6] 佐々木章雄（2005、2006）「周辺視目視検査法[I]～[V]」『I Eレビュー』日本I E協会
 46(4), pp. 65-70, (2005), 46(5), pp. 61-68, (2005), 47(1), pp. 55-60, (2006), 47(2), pp. 53-58, (2006), 47(3), pp. 67-72, (2006).
- [7] 佐々木章雄（2008）「周辺視目視検査法」『同志社大学ワールドワイドビジネスレビュー』9(2), pp. 208-224
- [8] 照明基準総則（JIS Z 9110 : 2010.9）
- [9] 新宅純二郎（2010）「グローバリゼーションにおける日本企業のものづくり戦略」『N I R A政策レビュー』No. 47, 7月, pp. 4-6
- [10] 鈴嶋よしみ（2005）「健康関連QOL尺度SF-8とSF-36」『医学のあゆみ』213(2), pp. 133-136
<https://www.sf-36.jp/qol/files/sf8s.pdf>
- [11] 公益財団法人ちゅうごく産業創造センター（2016）「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査報告」
- [12] 東芝ライテック（2011）「照度と視力」『照明設計の基礎』
http://www.tlt.co.jp/tlt/lighting_design/design/basic/data/8_9.pdf
- [13] 中野珠実（2014）「脳の情報処理とまばたきの関係を見る」『生命誌ジャーナル』No. 82
https://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/082/research_2.html
- [14] 新堀克美（2010）『図解でよくわかる生産管理のしごと』日本能率協会マネジメントセンター
- [15] 日本生工技研（2010）「作業分析・作業改善ツールソフト タイムプリズム」
- [16] 松尾清（2008）『まぶたで健康革命』小学館

中国地域製造業における検査工程の状況

本 郷 満

(公益社団法人中国地方総合研究センター 未来創造ユニットリーダー、主席研究員)

1. はじめに

(公社)中国地方総合研究センターは、2015年度に(公財)ちゅうごく産業創造センターからの委託を受け「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査」の実施を担当した。本調査では、人による検査および自動検査の実態・ニーズと阻害要因・問題点などを把握するため、中国地域に立地する製造企業（域外本社企業の工場を含む）を対象としてアンケート調査を行った。

製造現場における検査工程の実態を把握した先行調査が少ない中、このアンケート調査は、多数かつ幅広い業種の製造企業を対象に、人による検査と自動検査の双方に焦点を当てて、その実態把握を行った稀少な調査である。

わが国製造業は、国際競争力の維持・強化に向け、生産性の向上が重要な課題とされているが、その主要なボトルネックとなっているのが、人海戦術に頼らざるを得ず品質管理も困難な検査工程と言われている。製造現場における検査工程の実態を把握し、その改善へのニーズや課題を明らかにしたアンケート調査結果は、中国地域に限らずわが国の製造業の生産性向上に極めて有益な情報を提供するものといえる。そこで本稿では、調査実施主体である(公財)ちゅうごく産業創造センターの了解を得て、アンケート調査結果の概要を紹介する。

アンケートの配布・回収状況と回答企業の属性は、表1および表2に示す通りである。調査対象企業(1,370社)は、中国5県等からの推薦企業370社と信用調査会社企業データベースから抽出した一般対象企業1,000社（うち域外本社企業283社、地元企業717社）から構成される。一般対象企業については、総務省・経済産業省「平成24年経済

表1 アンケートの配布・回収状況

	計	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
対象企業数	1,370	90	180	402	462	236
A.有効対象企業数	1,360	88	178	400	458	236
B.回答企業数	244	12	39	54	90	47
C.有効回答企業数	241	12	39	54	90	45
B/A.回収率(%)	17.9	13.6	21.9	13.5	19.7	19.9
C/A.有効回収率(%)	17.7	13.6	21.9	13.5	19.7	19.1

(注1) 有効対象企業数は宛所に尋ね当たらなかった10社を除く

(注2) BおよびCの計には所在県不明分を含む

表2 回答企業の属性

(所在地)

	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県	無回答
企業数	12	39	54	90	45	1
構成比(%)	5.0	16.2	22.4	37.3	18.7	0.4

(従業者数)

	9人以下	10～29人	30～49人	50～99人	100～199人	200～299人	300人以上
企業数	4	28	32	63	47	16	51
構成比(%)	1.7	11.6	13.3	26.1	19.5	6.6	21.2

(所在地)

	生活関連型	食料品・飲料	基礎素材型	金属製品	加工組立型	電子・電気機械器具	輸送用機械器具	その他の機械器具
企業数	58	29	106	26	77	20	20	37
構成比(%)	24.1	12.0	44.0	10.8	32.0	8.3	8.3	15.4

ほんごう みつる 1961年生まれ/1983年立命館大学文学部地理学科卒業/民間調査研究機関を経て、1991年(社)中国地方総合研究センター入社、2002年から地域経済研究部長、2015年から現職/著書に『歴史に学ぶ地域再生－中国地域の経世家たち－』(共著、吉備人出版、2008年)など。

センサスー活動調査」による都道府県別・産業中分類別企業数データに基づいて、業種区分別・県別に、従業者数の多い企業から順に抽出している。

2. 検査工程の概況

(1) 検査の実施状況

製造現場で行われている検査の項目・方法をみると、異物・異品混入、印字・表示、構造・構成、その他の外観・形状といった外観・形状についての目視検査の実施率が80%程度で特に高い（図1）。次いで、内部構造・欠陥、性能・機能、その他の項目についても、目視検査の実施率が40～50%程度と高い。

目視検査を除くと、人による検査のうちその他の方法による検査（計器計測による良否判定など）の実施率が、性能・機能や寸法等その他項目の検査で25%程度と比較的多く行われている。

また、自動検査（半自動化または完全自動化）の実施率は、検査項目ごとにみると5～20%程度であり、中でも異物・異品混入の検査自動化が進んでいる。

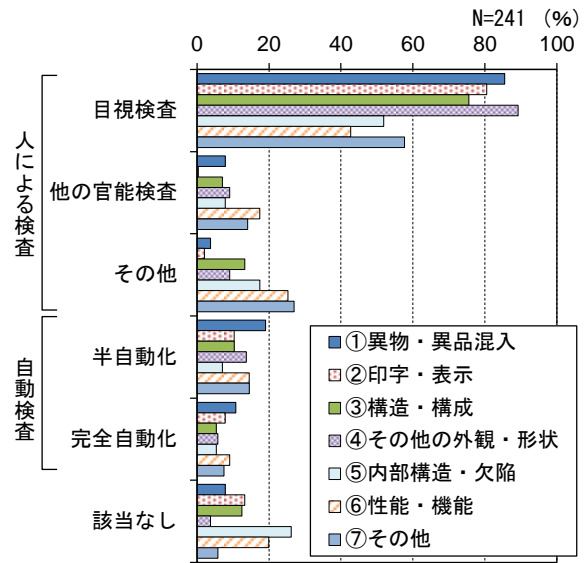
なお、人による検査のみ行っている企業・工場は49%であり、残りの49%は人による検査と自動検査の両方を行っている（図2）。

(2) 人による検査と自動検査の関係

人による検査と自動検査のあるべき姿については、「補完し合う形で共存する」との意見が69%と特に多く、「ダブルチェックのため両方行う」（12%）を含めると共存志向が8割超となるが、「自動検査に置き換わる」との自動化重視の意見も14%を占める（図3）。

中国地域製造企業等へのヒアリング結果によると、共存・ダブルチェックに関しては、人と機械の適性を踏まえた役割分担・補完、品質向上や効率化への効果などが指摘されている（表3）。これと関連して、計測・数量化が容易な検査対象品・

図1 実施している検査項目・方法



- (注1) ③構造・構成は、構成物の欠落・位置ずれ、構成物の接合不良、全体パターン・模様・きめ、組成・混合状態等
- (注2) ④その他の外観・形状は、傷・割れ・欠け、気泡・穴、凹凸、しわ・よじれ、歪み・形ずれ、色合い・むら、光沢、汚れ・濁り等
- (注3) ⑦その他は、寸法・寸度、重量・容量、体積・容積、柔軟性・伸縮性、個数・員数、異音・異臭、味、包装・梱包不良等

図2 自動検査の実施状況

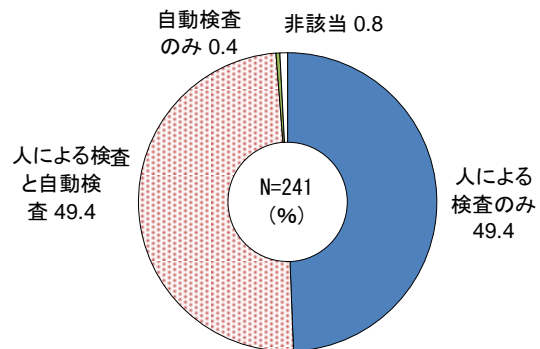


図3 人による検査と自動検査のあるべき姿

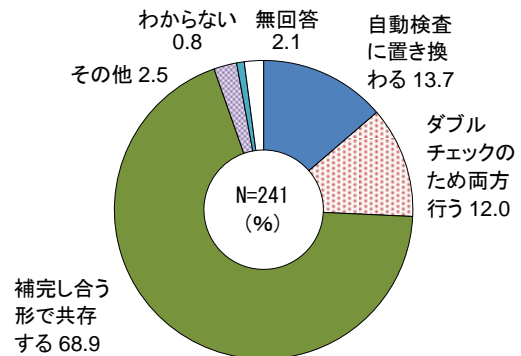


表3 人による検査と自動検査のあるべき姿に関する主な意見

<p>【共存・ダブルチェック】</p> <p>◇機械が得意なところだけを自動化し、人と機械がコラボレーションすることが成功の鍵である。検査対象品・項目に応じて人と機械で補完し合うことが有効。</p> <p>◇目視検査を助ける補助装置の導入でもよい。例えば、ディスプレイは光って眩しいので、欠陥部分を強調して表示するものがあれば検査しやすい。</p> <p>◇自動化しても虚報（過剰検出）はゼロにはできないので、過検出分は検査員が再検査する必要がある。過検出が5%出るとしても全体の20分の1なので、検査員の作業は大幅に減らせる。</p> <p>○国内で生産を続けるにはコスト的にも人材確保難の点からも自動化は必要であり、検査においても簡単なことは機械化し難しいことは人がやるという棲み分けが求められる。</p>
<p>【自動化条件】</p> <p>◇自動機が一つ500万円とすると、それを何年で償却するかの問題で、生産量がそれなりにあれば検査装置は有効である。反対に、商品寿命が短い製品の検査には、検査装置を入れられない。寿命の長い製品、大量生産品が自動化には向いている。</p> <p>◇画像検査については、形状が幾何学的に単純なものであることも条件になる。</p> <p>○自動検査は、数値化しやすい寸法や部品隙間、重量の検査や、電流特性等の機能検査で行っている。</p>
<p>【自動検査への置き換え】</p> <p>○人の感性による検査では、熟練の作業員だから歪みかわかる、傷がわかることがあるため自動化のハードルは高いが、すべての検査を自動化することが目標。</p>
<p>【問題の所在・課題認識】</p> <p>○中小企業の多くは現状の製造工程に改善点があることに気付いていない。専門家に現場を巡回してもらうことにより自動化の案件は出てくると思う。</p>

(注) ○：製造企業、◇：検査機器メーカー・大学等(以下同様)

項目など自動化に向けた製品特性等の条件のほか、自動検査への置き換えに関する全工程自動化の考え方などが挙げられている。このほか、中小企業は製造工程に改善点があることに気付いていないとの問題の所在・課題認識を指摘する意見もある。

(3) 検査工程改善の重要性とその背景・理由

人による検査と自動検査の重要性については、「どちらも重要」との意見が66%と特に多く、「検査の自動化」（17%）を重要視する意見と「人による検査の改善」（14%）を重要視する意見に大

図4 人による検査と自動検査の重要性

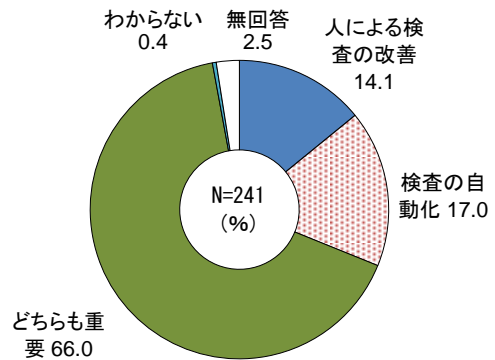
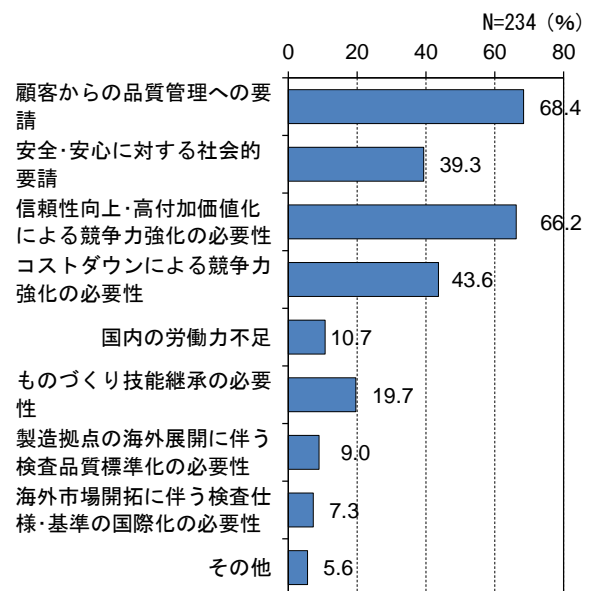


図5 検査工程の改善が重要となる背景・理由



差はない（図4）。

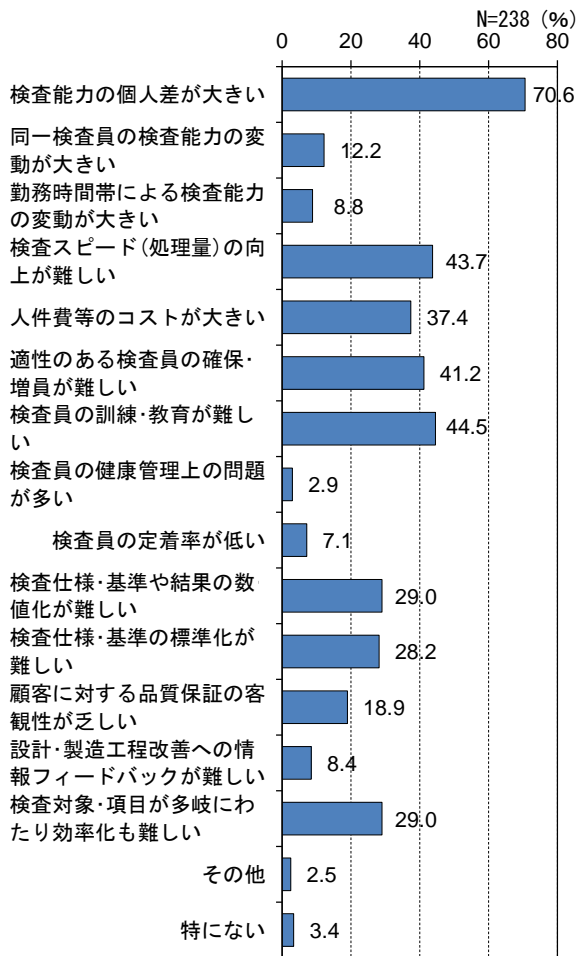
人による検査の改善や検査の自動化が重要と回答した企業・工場（234社）に、その背景・理由を質問した結果をみると、「顧客からの品質管理への要請」（68%）や「信頼性向上・高付加価値化による競争力強化の必要性」（66%）が最も多く、このほか「安全・安心に対する社会的要請」（39%）も含め、品質向上に関わる要請・必要性が主因となっている（図5）。また、「コストダウンによる競争力強化の必要性」（44%）も多く、コストダウンのために検査効率化が求められている側面も指摘できる。

3. 人による検査の現状と課題

(1) 人による検査の困難点

人による検査を実施している企業・工場（238社）に、人による検査の困難点を質問した結果をみると、「検査能力の個人差が大きい」（71%）が最も多く、「検査スピード（処理量）の向上が難しい」（44%）を含め、検査員の能力向上が大きな課題といえる（図6）。このほか、「検査員の訓練・教育が難しい」（45%）、「適性のある検査員の確保・増員が難しい」（41%）など人材確保・育成難が指摘されるとともに、「人件費等のコストが大きい」ことも困難点とされている。

図6 人による検査の困難点



(2) 人による検査の改善への取り組み

人による検査を実施している企業・工場の改善への取り組みとしては、検査員の能力向上が大きい

図7 人による検査の改善への取り組み

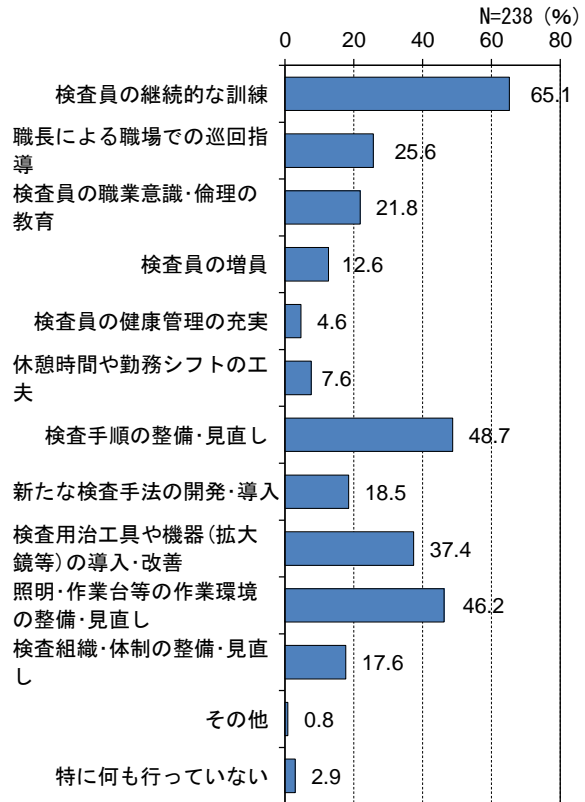
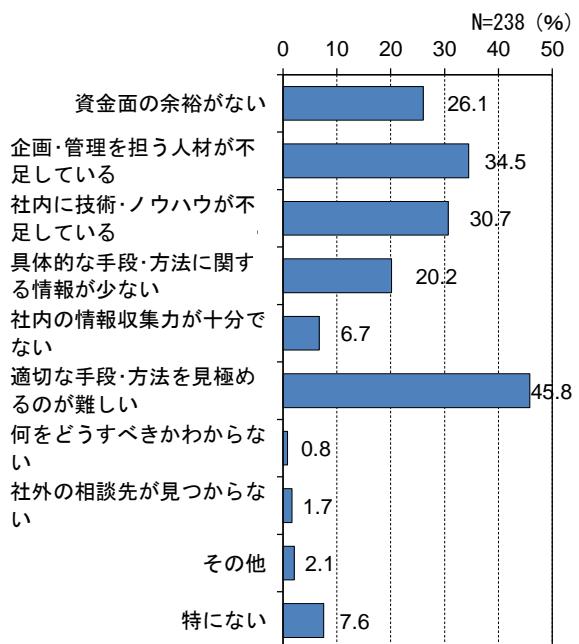


図8 人による検査の改善の阻害要因・問題点



な課題になるとともに人材確保・育成難にあることを背景として「検査員の継続的な訓練」（65%）が最も多く、「検査手順の整備・見直し」（49%）のほか、「照明・作業台等の作業環境の整備・見直し」（46%）や「検査用治工具や機器（拡大鏡等）の導入・改善」（37%）も多く行われている（図7）。

(3) 人による検査の改善の阻害要因・問題点

人による検査を実施している企業・工場では、改善を進める上での阻害要因・問題点として、「適切な手段・方法を見極めるのが難しい」（46%）ことを最も多く挙げており、「具体的な手段・方法に関する情報が少ない」（20%）ことも問題視されている（図8）。また、「企画・管理を担う人材が不足している」（35%）や「社内に技術・ノウハウが不足している」（31%）が示すように、検査管理（生産技術）を担う人材と技術・ノウハウの不足が問題点とされている。このほか、「資金面の余裕がない」（26%）ことを挙げる企業・工場も少なくない。

なお、「適切な手段・方法を見極めるのが難しい」との回答率を人による検査の改善への取り組み内容別にみると（図表省略）、特に「新たな検査手法の開発・導入」「検査手順の整備・見直し」といった検査手法・手順の改善への取り組みで適切な手段・方法を見極めるのが難しく、また、「検査用治工具や機器（拡大鏡等）の導入・改善」「照明・作業台等の作業環境の整備・見直し」といった検査環境・器具を整備するに当たっても適切な手段・方法を見極めるのが難しいことがうかがえる。

(4) 人による検査に関するセミナー等の受講

人による検査を実施している企業・工場のうち、人による検査に関するセミナー等の受講経験がある企業・工場は23%、今後の受講意向がある企業・工場は66%である（図9）。

今後の受講意向がある企業・工場（158社）に関心のあるテーマを質問した結果をみると、「目視

図9 人による検査に関するセミナー等の受講経験・意向

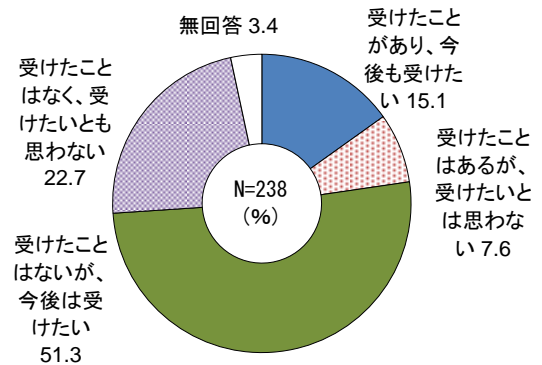


図10 人による検査に関するセミナー等で関心のあるテーマ

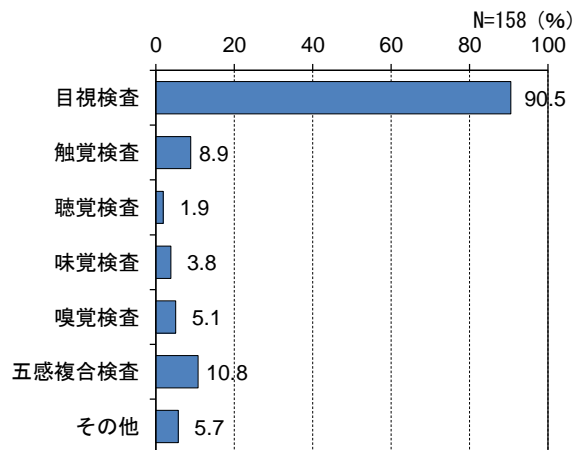
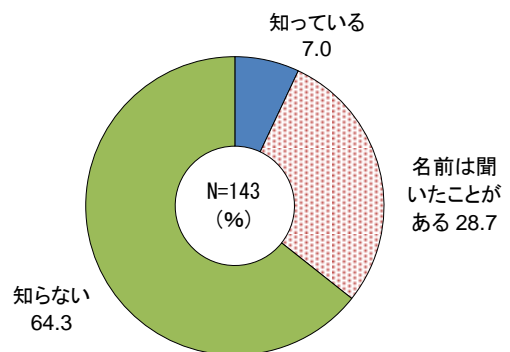


図11 周辺視目視検査法の認知状況



検査」がほとんどを占めている（図10）。また、目視検査に関心を有する企業・工場（143社）の36%（調査対象企業全体の21%）は、周辺視目視検査法を認知している（図11）。なお、中国地域製造企業

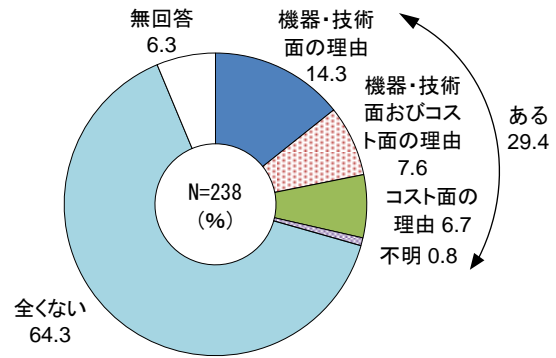
へのヒアリング結果によると（図表省略）、周辺視目視検査法については、公開セミナー参加のほか、取引先・系列企業グループ内の勉強会等の場で情報を得ている企業がみられることが注目される。

4. 人による検査の自動化ニーズ

(1) 自動化の中止・断念経験

人による検査を実施している企業・工場のうち、自動化を検討・実施したが中止・断念したことがある企業・工場は29%を占める（図12）。その理由をみると、コスト面よりも、精度不足を中心とする機器・技術面の問題が多く挙げられている。

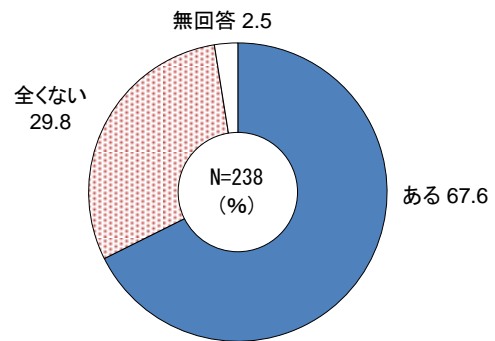
図12 人による検査の自動化の中止・断念経験



(2) 自動化の意向

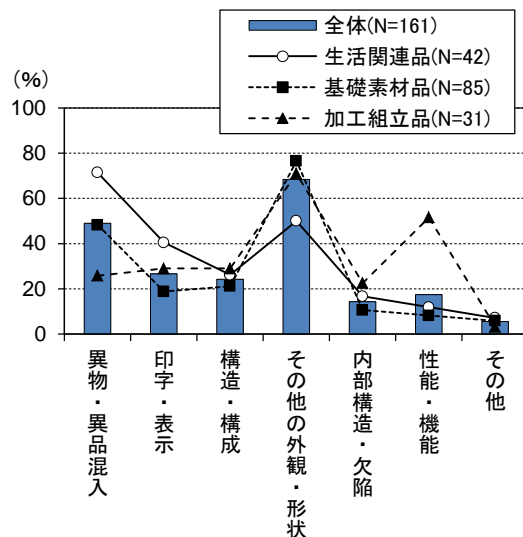
人による検査を実施している企業・工場のうち、自動化したい工程がある企業・工場 (161社) は68%を占めている（図13）。

図13 人による検査工程の自動化意向



自動化したい工程の検査項目は、「異物・異品混入」(49%)や「その他の外観・形状」(68%)が多い（図14）。これを検査対象品別にみると、「異物・異品混入」は食料品・飲料を主とする生活関連品、「その他の外観・形状」はプラスチック製品や金属製品を主とする基礎素材品および加工組立品で多く、加工組立品では「性能・機能」も多いことが注目される。

図14 自動化したい工程の検査項目



また、自動化したい工程の検査方法については、「目視」(69%)が特に多く、「五感複合」(14%)や「その他(計器計測による良否判定など)」(14%)もみられる（図15）。

(3) 自動化の目的

自動化したい工程がある企業・工場の自動化の目的は、「見逃しの削減」(76%)が最も多く、これに「顧客に対する品質保証の強化」(48%)を含め、検査品質向上が主な狙いといえる（図16）。さらに、「検査スピードの向上」(57%)による効率化や、「人件費等のコストの削減」(50%)

に示されるコストダウンを目的としている。なお、この結果は、自動化を実施済みの企業・工場 (120社) がその目的として回答した項目と大差ない。

図15 自動化したい工程の検査方法

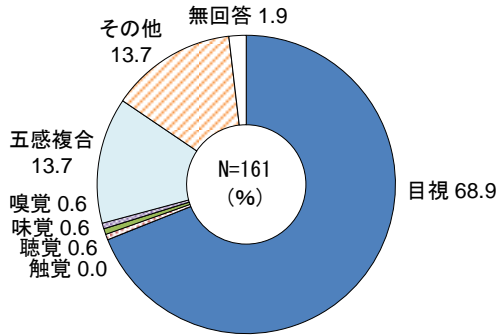
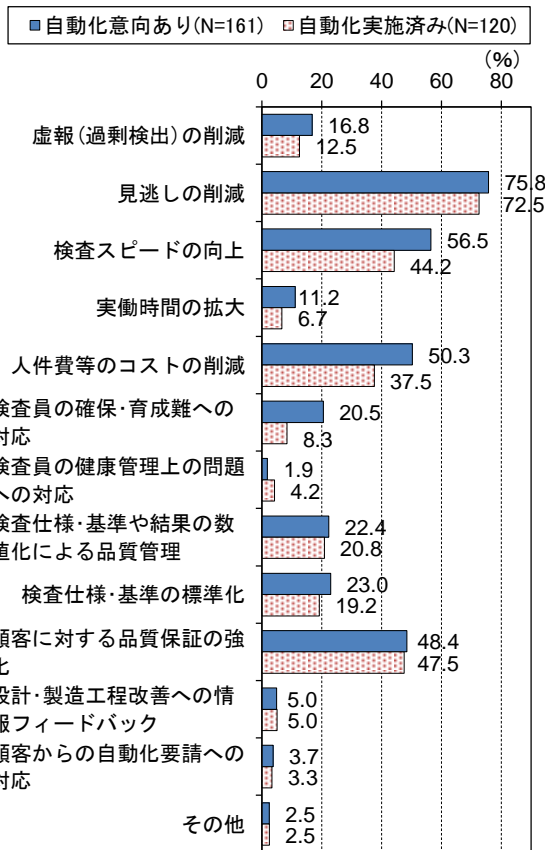


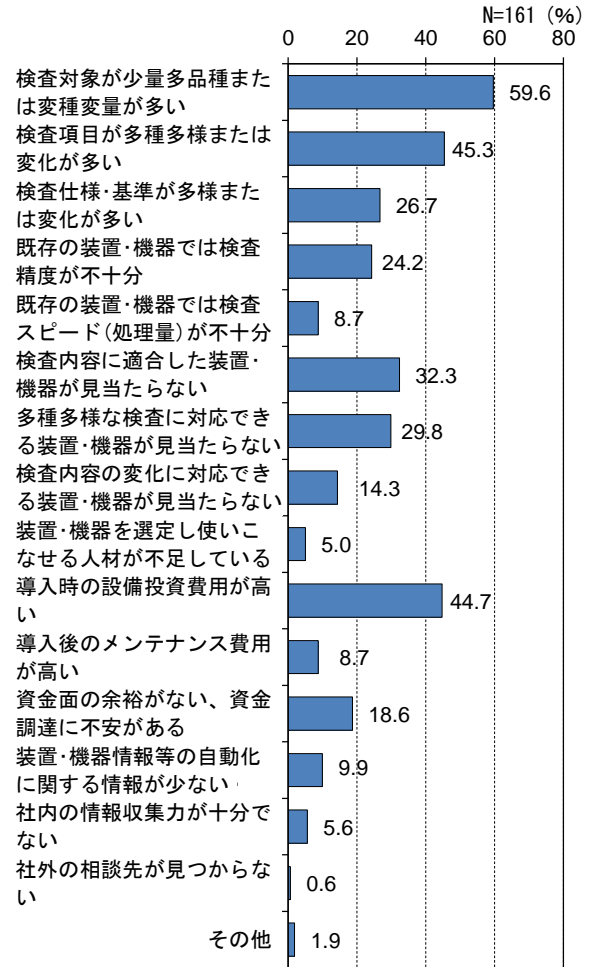
図16 自動化の目的



(4) 自動化の阻害要因・困難点

自動化したい工程がある企業・工場では、自動化の阻害要因・問題点として、「検査対象が少量多品種または変種変量が多い」（60%）や「検査項目が多種多様または変化が多い」（45%）といった検査対象・項目の多種多様性・変化のほか、

図17 自動化の阻害要因・問題点法

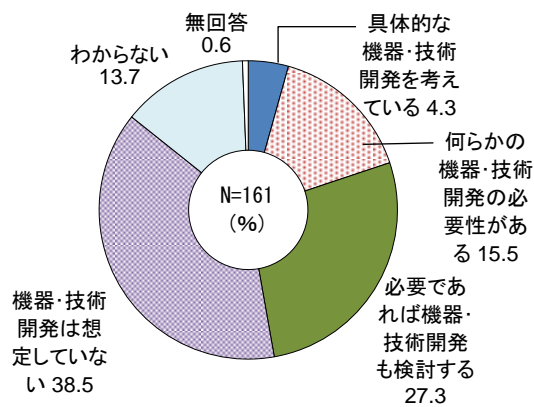


「検査仕様・基準が多様または変化が多い」（27%）ことも問題視している（図17）。また、「検査内容に適合した装置・機器が見当たらない」（32%）、「多種多様な検査に対応できる装置・機器が見当たらない」（30%）など、多様性・変化に対応できる装置・機器が見当たらないことに加えて、「既存の装置・機器では検査精度が不十分」（24%）であることも指摘されている。このほか、「導入時の設備投資費用が高い」（45%）や「資金面の余裕がない、資金調達に不安がある」（19%）ことも阻害要因とされている。

(5) 機器・技術開発の想定

自動化したい工程がある企業・工場のうち、自動化に当たって機器・技術開発を想定している

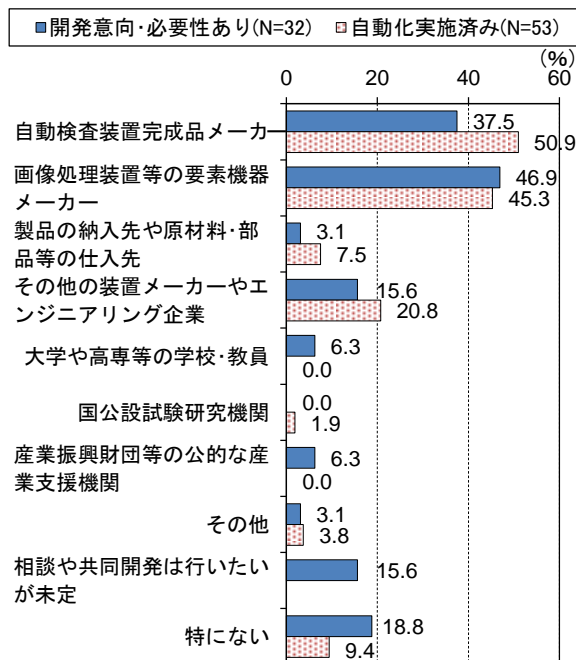
図18 自動化に当たっての機器・技術開発の想定



企業・工場は、検査装置・機器の汎用性や検査精度の不十分さを背景として、47%（調査対象企業全体の32%）を占めている（図18）。

機器・技術開発を想定している企業・工場のうち、具体的な開発または何らかの必要性があるとしている企業・工場（32社）では、機器・技術開発に当たっての協力先について、製造現場で実用化する具体的な機器・技術開発であることから、「自動検査装置完成品メーカー」（38%）や「画像処理装置等の要素機器メーカー」（47%）が特に多く想定されており、国公設試験研究機関や産業支援機関、大学等の活用は少ない（図19）。なお、この結果は、自動化を実施済みの企業・工場のうち、メーカーオプションを超えるカスタマイズまたはオリジナルの自動検査装置開発を行った企業・工場（53社）がその際の協力先として回答した項目と大差ない。

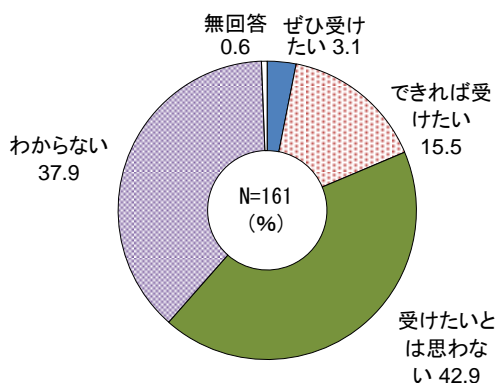
図19 機器・技術開発に当たっての協力先



(6) 自動化のコンサルティングニーズ

自動化したい工程がある企業・工場のうち、自動化に当たってコンサルティングニーズを有する企業・工場は、「ぜひ受けたい」（3%）、「できれば受けたい」を合わせて19%（調査対象企業全体の12%）である（図20）。

図20 自動化のコンサルティングニーズ



5. 自動検査の現状と課題

(1) 自動化の手法

自動検査を実施している企業・工場（120社）では、「市販の自動検査装置完成品をそのまま導入」するケースが58%であるのに対し、「メーカーオプションを超えるカスタマイズまたはオリジナルの自動検査装置を開発」するケースが44%を占めている（図21）。

なお、市販の自動検査装置完成品をそのまま導入した企業・工場（69社）では、改善したい点として「検査精度を上げたい」（49%）、「検査対象の変化への融通性を高めたい」（36%）、「検

図21 自動化の手法

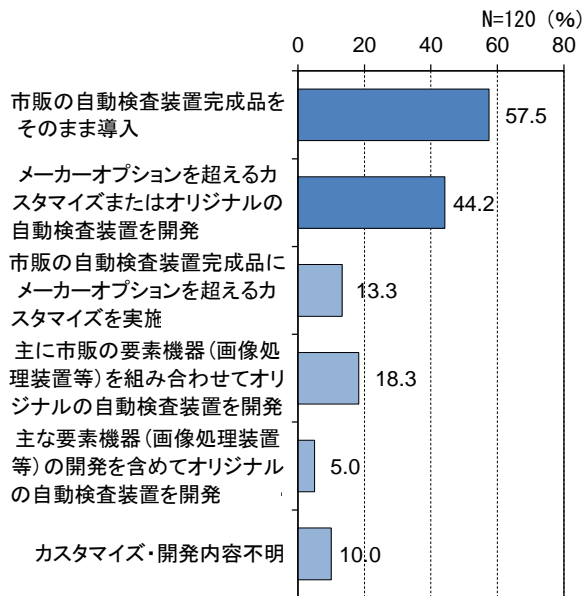


図23 自動化により新たに発生した問題点

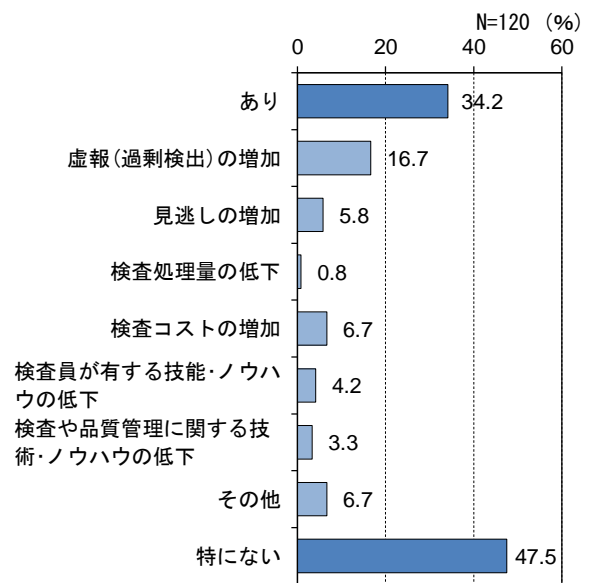


図22 市販自動検査装置完成品の改善したい点

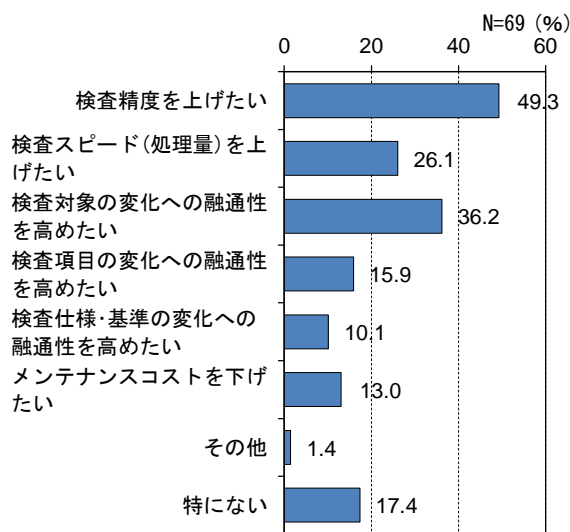
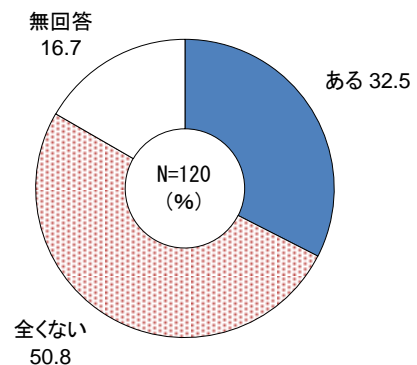


図24 自動検査工程の高度化意向



「検査スピード（処理量）を上げたい」（26%）としており、検査精度、検査対象の変化への融通性、検査スピードの向上を志向している（図22）。

(2) 自動化により新たに発生した問題点

自動検査を実施している企業・工場の34%は、新たに発生した問題があるとしている（図23）。その内容をみると、自動化の主目的が見逃しの削減であることを反映して「虚報（過剰検出）の増

加」が多いが、自動化の目的に反する「見逃しの増加」や「検査コストの増加」のほか、「検査員が有する技能・ノウハウの低下」を挙げる企業・工場もみられる。

(3) 自動検査工程の高度化意向

自動検査を実施している企業・工場の33%は、自動検査工程の高度化意向があるとしている（図24）。

その具体的内容をみると、検査装置の精度・能力向上や、汎用性・融通性の強化（検査対象品・項目の拡大）が志向されているほか、人による操作

表4 自動検査工程高度化に関する主な意見

<p>【装置精度・能力向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○画像検査精度を上げることで人による目視検査の負担軽減。 ○金属検出機、エックス線検出機の検出精度を安定させたい。 ○製品の検査精度の向上とバラツキ低減、再現性向上（ときどき、大きく外れた値がでるが原因不明）。 ○多種の欠陥事象に対する対応能力。 ○表面の状態や照明のムラなどの影響を防止したい（キズ、不良の適切な検出）。濃淡の適切な検出。
<p>【検査対象品・項目等の拡大】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○オンラインGC（ガスクロマトグラフ）を気体だけでなく液体にも適用したいが、ハードルが高い。 ○他への横展開、全自動化、手動による不良除去などの排除。 ○異物（バリ残り、付着）の検出。欠けや裂けなどの外観欠陥。 ○対象品種を拡大したい。
<p>【人による操作等の改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ハンドリングで誤差がでるような前処理を少なくしたい。
<p>【低コスト化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○低コストで、LEDの色調・輝度を検査できるようにしたい。
<p>【データ・生産管理強化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○基準に対してOK・NGを判定させるだけでなく、データを記録し、品質改善に役立てていきたい。 ○検査データ集計結果の前工程へのフィードバック。

等の改善、低コスト化や、データ・生産管理強化の狙いもみられる（表4）。

(4) 自動化を通じたデータ化の実施状況

自動検査を実施している企業・工場の62%は、自動化を通じて製品の仕上がり状態や検出した欠陥の大きさ・数などをデータ処理し数値化している（図25）。

データ化の実施企業（74社）では、数値データを「製造工程の改善」（62%）、「顧客への品質保証」（50%）、「ロットの管理」（38%）などに活用している（図26）。

さらに、自動検査を実施している企業・工場の53%は、品質・生産性の維持・向上のため、新たな種類の欠陥の発生や虚報・見逃しについてデータ分析・チェックを行っている（図27）。

図25 自動化を通じたデータ化の実施状況

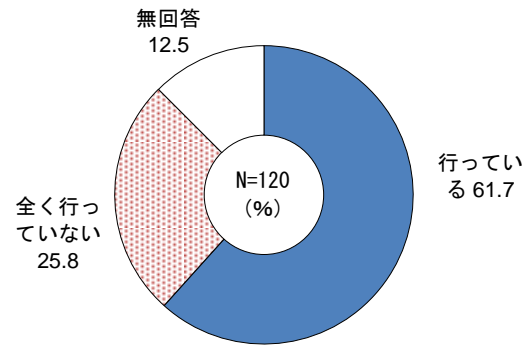


図26 数値データの活用方法

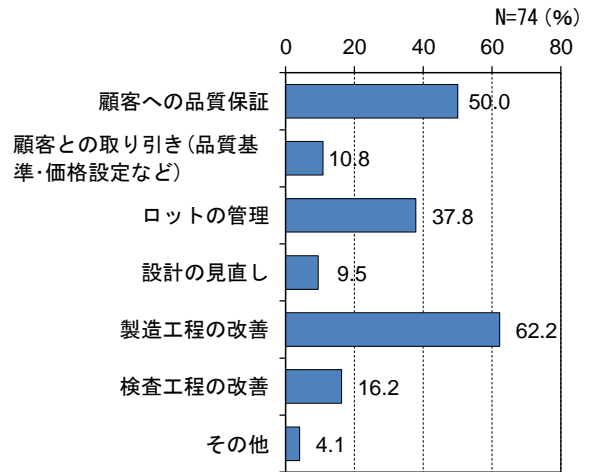
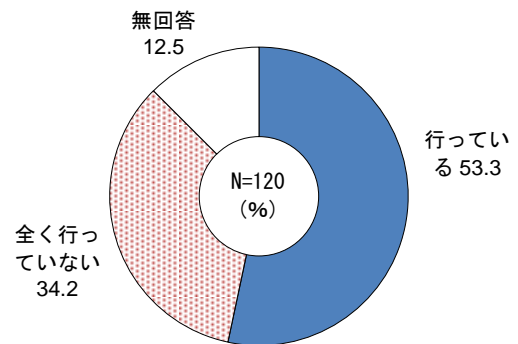


図27 自動化工程のデータ分析・チェックの有無



6. まとめ

(1) 先行調査との比較から得られた示唆

製造現場での検査に関する先行調査として、熊本県産業技術センターが実施した外観検査ニーズに関する調査研究（2001年度実施）と、(公社)精密工学会画像応用技術専門委員会「感察工学研究会」が実施した製品の目視検査に関するアンケート調査（2011年実施）がある。調査の実施時期、対象および回答数が異なるため単純に比較できないが、中国地域の製造企業を対象としたアンケート調査と上記二つの調査の結果から、定性的な共通点として以下の点が挙げられる。

- a. 自動化の目的として、コスト面より品質保証面が優先されている（図16）。
- b. 自動化に取り組んだが失敗・断念した理由として、コスト面より検査機器の精度不足・融通性など技術的な問題が多い（図12）。
- c. 市販の検査機器への不満・改善したい点として、検査速度、検査精度、検査対象物の変化への融通性が大きなウエイトを占めているが、検査速度よりも精度・融通性のウエイトがより高い傾向にある（図22）。
- d. 自動化によって不良の見逃し減少、検査処理量の増加の効果が得られた一方で、主に虚報の増加の問題が発生したケースが比較的多い（図23）。
- e. 人による検査と自動検査の関係性では、どちらも重要であり両者は補完し合う形で共存すると考えている企業が大半を占めている（図3、図4）。

このように共存志向が強いことは、検査工程の自動化においては、検査装置の導入のみに焦点を当てるのではなく、人の検査特性（ヒューマンビジョン）を十分理解し、検査環境の改善も含めた総合的な工程改善の検討が必要であることを示唆している。

なお、自動化率について大まかな見方をすると、

この10数年間、自動化はあまり進展していない状況にあるといえる。この原因としては、解決すべき技術的課題が依然として多く残っていることに加えて、画像処理技術に関して、ユーザー企業内での技術者の不足と最新の技術・製品等の情報の不足から、近年急速に進歩している画像処理技術に多くの企業が追従できていない状況があるのではないかと推察される（表5）。さらには、「最終検査は付加価値のない工程である」との認識から、他の製造工程に比べて自動化対応の優先度が低くみられがちであること、また、これまでは比較的容易に検査員が確保できていたことなどが背景にあると思われる。

表5 自動化が進展していない要因に関する主な意見

<p>【技術的困難性、個別対応の必要性】</p> <p>◇自動化できることはやり尽くし、今はできないところが残っているという状況だと思う。</p> <p>◇目視検査の自動化はいまだ一品一様であり、対象ごとにある種のノウハウを駆使した画像処理アルゴリズムを設計するのが一般的であるし、必ずしも成功しない。（青木公也・奥水大和「人に学ぶ画像検査機器開発」（日本非破壊検査協会「非破壊検査2014年1月号」所収））</p> <p>○検査自動化に当たっては、既存の検査機器を導入し、自社のノウハウを活かして製品・目的に応じたアルゴリズムやソフトの開発を内製化して使用する考えである。そうでないと検査機器は使い物にならない。</p>
<p>【製造企業の人材・情報不足】</p> <p>◇ユーザー企業には、制御や機械関係の技術者はある程度はいるが、画像処理のことがわかる技術者は極めて少ない。</p> <p>◇画像処理装置が十分普及していない現状では、画像処理技術者をユーザー企業で育てることは困難である。</p> <p>◇ユーザー企業には、機能が不十分な旧来の画像処理装置によりライン停止等の苦勞をした経験もあって、画像検査装置の導入に二の足を踏む傾向もある。</p> <p>○画像処理については技術が進みユーザー企業では技術がわからなくなってきている。ユーザー、特に現場サイドがシーズをもっと知る必要がある。</p>
<p>【自動化の優先度】</p> <p>◇付加価値を生まないという考えから、これまで最終検査工程は自動化が先送りされてきたが、今後はビッグデータの活用など検査の付加価値を向上させて「守りの検査」から「攻めの検査」に変えていく必要がある。</p>

(2) 検査工程改善のニーズ・課題

中国地域の製造企業を対象とするアンケート調査等の結果から、検査自動化や人による検査の効率化・品質向上のニーズ・課題として、以下の点が指摘できる。

①自動検査と人による検査の補完・共存関係の構築

自動検査と人による検査の関係について、中国地域製造企業の8割強が補完・共存または両立関係にあるべきと考え、7割弱がどちらも重要と認識している。

②検査員の能力向上、検査環境の整備と他社との交流・連携を通じた情報収集・交換

中国地域製造企業の人による検査の主な困難点は、検査員の能力向上（個人差縮小・底上げ、スピードアップ）、人材確保・育成難、人件費コストの大きさである。これらの困難点を背景に、企業では検査員の訓練に取り組むとともに、検査手順や検査環境（照明、治工具等）の改善に注力している。

しかし、改善を進める上で、新たな検査手法・手順の導入や検査環境・器具などを改善する手段・方法の見極めが難しいこと、検査管理（生産技術）を担う人材と技術・ノウハウの不足が問題となっている。

このため、他社との交流・連携を通じた情報交換や何らかのヒントを得ることの重要性が指摘されている。

③目視検査を中心とする新たな検査手法等の情報発信

中国地域製造企業の7割弱は、検査の手法・手順や組織・体制等に関するセミナー等の受講意向を有している。関心のあるテーマ（検査方法）は、目視検査がほとんどを占める中、周辺視目視検査法の認知率は21%である。

なお、周辺視目視検査法等については、公開セミナー参加のほか、取引先・系列企業グループ内の勉強会等の場で情報を得る例が少なくない。

④外観目視検査を中心とした検査自動化の促進

中国地域の製造企業は、品質向上（品質管理、信頼性・付加価値向上）とコストダウンを両輪とする競争力強化の必要性を背景に、検査品質向上（見逃しの削減、顧客に対する品質保証の強化）、効率化（検査スピードの向上）、コストダウン（人件費等のコストの削減）を主な目的として、約5割が既に検査工程を自動化しており、約7割が外観目視検査を中心に今後の自動化意向を有している。

自動化意向のある工程の検査対象品は、アンケート調査対象企業の業種構成を反映して食料品・飲料、プラスチック製品、金属製品が多く、検査項目・方法は、異物・異品混入（特に食料品・飲料を主とする生活関連品）、その他の外観・形状（プラスチック製品や金属製品を主とする基礎素材品および加工組立品）の目視検査が多い。

特に、自動車部品においては、品質要求水準が高く、検査自動化の実績・意向が多いほか、改善の取り組みも活発である。なお、検査の自動化は、計測・数量化が容易な検査対象品や検査項目（性能・機能や寸法等）で展開しているとの意見もある。

⑤既存の自動検査装置の導入にみられる限界

自動化意向を有する企業における検査自動化の阻害要因・問題点は、検査対象・項目の多種多様性・変化、検査仕様・基準の多様性・変化、これらに応える装置・機器が見当たらないことで、導入費用の高さや資金不足も問題視されているほか、企業の技術力・情報力が不十分であることを指摘する意見もある。

また、検査工程自動化実績のある企業では、市販の自動検査装置完成品をそのまま導入するケー

スが6割弱を占めているが、これらの企業では、検査精度、検査対象の変化への融通性、検査スピード等の改善を志向している。

⑥検査自動化を阻害する機器・技術要因の解消に向けた研究開発

中国地域製造企業の約3割は、精度不足を中心とする機器・技術面の問題を理由に、検査の自動化に挑んだものの中止・断念した経験を有している。また、自動化意向を有する企業における検査自動化の主な阻害要因・問題点としても、既存装置・機器の検査精度が不十分であることが挙げられている。このほか、検査自動化を中止・断念した理由を含め、検査自動化の困難点としては、多品種少量など検査の対象、項目、仕様・基準等の多様性・変化とともに、検査対象の形状、材質、色等の特性要素も挙げられる。

検査装置・機器の汎用性や検査精度の不十分さを背景として、自動化意向を有する企業の約5割は、外観検査の画像処理・センサなどに関する機器・技術開発を想定しており、自動化の検討が進みより具体化するほど機器・技術開発の必要性への認識が高まる傾向にある。

実際に、検査工程自動化実績のある企業では、メーカーオプションを超えるカスタマイズまたはオリジナルの自動検査装置を開発するケースが4割超を占めており、3割強では、今後の検査機器の精度・能力向上、汎用性・融通性の強化（検査対象品・項目の拡大）などに向けて、自動検査工程の進歩を志向している。

⑦検査機器・技術の導入・開発に当たっての外部資源の活用と情報収集

自動化意向を有する企業の約2割はコンサルティングニーズを有しており、機器・技術開発想定がより具体化するほどコンサルティングニーズは高まる傾向にある。

中国地域の製造企業が、現場導入する自動検査

機器・技術を開発するに当たっては、自動検査装置完成品メーカーや画像処理装置等の要素機器メーカーが協力先となり、国公設試験研究機関や産業支援機関、大学等の活用は少ない。実際に、オリジナル装置を開発した企業では、画像処理装置メーカー等の要素機器を購入し検査機器・システム構築を内製化するケース、検査機器・システムの仕様を設計し生産設備メーカーに製造外注するケースがある。

また、製造企業における技術情報の不十分さから、技術シーズの情報収集の必要性が認識されている。

⑧ICT化による検査データの有効活用

検査工程自動化実績のある企業の6割強は、データ処理・数値化を行い、製造工程の改善、顧客への品質保証、ロットの管理などに活用している。また、約5割は、品質・生産性の維持・向上のため、新たな種類の欠陥の発生や虚報・見逃しについてデータ分析・チェックを実施している。

ものづくり企業の生産現場における 検査の自動化促進可能性調査をふりかえって

楫野 肇

(公益財団法人ちゅうごく産業創造センター 常務理事)

はじめに

当センターでは、平成27年度に「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査」を行いました。シンクタンクとして協力いただいた公益社団法人中国地方総合研究センターの季刊誌「中国総研」に特集として取りあげていただくことになり、この度、本誌への寄稿の機会を得ましたので、当センターの調査の進め方の紹介を兼ねて、本調査をどのように進めてきたか、約1年間の活動をふりかえってみたいと思います。

1. 公益財団法人ちゅうごく産業創造センターの調査事業の紹介

当センターは、産業振興に向けた地域の中核的支援機関として、平成18年4月に旧中国産業活性化センターと旧中国技術振興センターとを統合して発足しました。平成23年には内閣総理大臣より公益財団法人としての認定を受け、新たに公益財団法人ちゅうごく産業創造センターとしてスタートしました。

調査事業は、旧中国産業活性化センターから受け継いでおり、昭和62年度の「中国地域活性化のためのグランドデザイン」調査を最初として、地域が必要とするその時々テーマについて、現在まで延べ240件あまりの調査報告書を積み重ねてきています。

毎年、当センターの賛助会員企業、国や地方の行政機関、経済団体等から、翌年度実施する調査

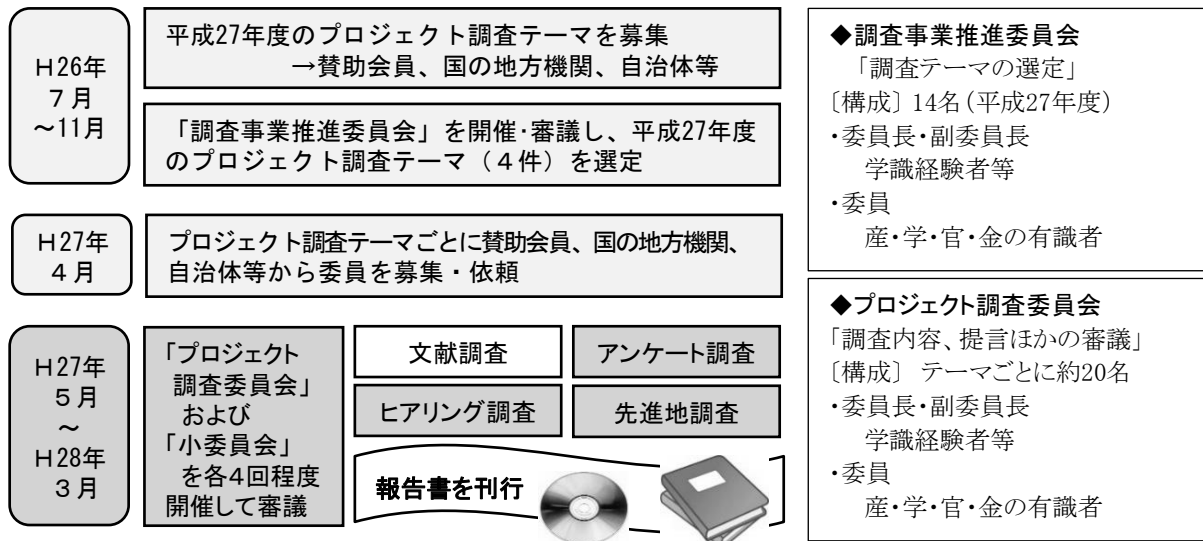
テーマを募集し、応募のあったテーマについて、外部の有識者による「調査事業推進委員会」を開催して審議のうえ、翌年度に取り組むテーマを選定します。

年度初めに、選定した調査テーマごとに学識経験者、当センターの賛助会員企業、国の地方機関、自治体などから委員を募集または依頼し、「プロジェクト調査委員会」を立ち上げます。調査は、委員会および小委員会を各4回程度開催しながら、関係先へのアンケート調査、ヒアリング調査、代表的な先進地調査などを進めていきます。調査完了後に報告書を刊行し、当センターホームページで公開するほか調査報告会等により発信しています(図1)。

これまでに調査報告書で示した提言は、交通ICカード(「PASPY」)導入、道の駅の防災拠点化制度整備、岡山県での航空機産業の誘致、感性製品の開発・製品化など会員企業や行政等で活用されています。

かじの はじめ 1957年生まれ/1982年山口大学大学院工学研究科(機械工学専攻)卒業、中国電力(株)入社。主に火力部門の業務に従事。2007年下松火力発電所長、2011年考査部門部長(原子力監査)を経て、2014年から現職/「製造業における省力・自動化(ロボット)技術導入並びに地域産業人材活用のための人財プラットフォーム構築に係る方策調査(2014年度)」、「ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査(2015年度)」などに取り組む。

図1 調査事業の流れ（平成27年度調査の例）



2. 平成27年度の調査テーマ選定

平成26年7月から9月にかけて調査テーマの募集（表1）を行い、当センターが提出した3件のテーマを含めて、37件の応募がありました。

調査事業推進委員会では、委員全員にあらかじめ調査の「必要性」「適用性」「展開性」「先見性」の4つの項目（表2）について3段階評価の採点を行っていただき、その集約結果と、過去の

類似調査の有無やテーマ応募先へのヒアリング等の事前調査による当センターの評価結果をもとにテーマ選定の審議を行っていただきます。

平成26年度は応募テーマ数が多かったため2回に分けて委員会を開催しました。1回目の委員会で委員の採点結果をもとにテーマを約半分に絞り込み、2回目の委員会で当センターの評価を加えて審議していただき、以下の4つのテーマが選定されました。

表1 テーマ調査票による調査テーマの募集

項目	記載していただく内容
テーマ名	テーマ名を記載
調査のイメージ	現状や背景、調査の概要を記載
対象地域	中国地域全体か限定地域か、他の地域も含むか等を記載
提言内容が効果を発揮し始めると想定される時期	短期（1～2年後）、中期（3～5年後）、中長期（6～10年後）、長期（10年超）の区分を記載
具体的な調査内容	調査項目・方法等を具体的に記載
調査の必要性	課題への対応の重要性、地域活性化や産業創出の可能性等を記載

表2 調査テーマの評価項目

項目	内容
必要性	調査ニーズが地域社会、産業界にあるか
適用性	調査結果が、中国地域に広く適用できるか
展開性	調査後の次のステップとして、地域社会や産業界、行政で事業を継続的に展開できるか
先見性	新たな地域活性化や産業創出につながる先見性があるか

（注）展開性を最も重視し、他の項目の2倍の重み付けを行う

- (1) 中国地域におけるセルロースナノファイバー関連産業創出可能性調査
- (2) ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査
- (3) 地域包括ケアを支える都市機能および生活支援産業に関する調査
- (4) 空き家のリノベーションを通じた地域振興方策調査

3. ものづくり企業の生産現場における検査の自動化促進可能性調査

本テーマは中国経済連合会から応募されたテーマでした。ものづくり企業の生産現場において、「労働力が不足する」「競争力向上に向けてさらなる生産効率向上が求められる」「顧客の品質に対する要求水準がますます厳しくなっている」ことへの対応として、依然として人手に頼っているところが多い製品の検査工程の自動化を促進するための支援策を検討する必要があるとの提案でした。調査の必要性として、地元企業において検査装置の導入促進のニーズが高まっていることも

表3 ロボット導入により効果が期待される工程（上位7項目）

順位	工程	割合(%)
1	溶接	21.1
2	その他機械加工	15.6
3	研磨・バリ取り	14.7
4	測定・検査・試験	13.8
5	プレス成型	11.0
	入出荷・搬送	11.0
6	包装（食品加工）	10.1

(注) N=109

(資料) 公益財団法人ちゅうごく産業創造センター「平成26年度 産業用ロボット導入促進関係調査企業アンケート結果」から抜粋

指摘されていましたが、これについては当センターが平成26年度に行った産業用ロボット導入促進に関する調査でも明らかになっていました。中国地方の企業を対象としたアンケートでは、ロボット導入により効果が期待できる工程の上位4番目に「測定・検査・試験」が入っていました（表3）。

(1) 事前調査を踏まえた調査目的と仮説の設定について

調査事業推進委員会で選定されたテーマ調査票に基づいて、当初、調査目的は「検査機器導入による自動化の促進の可能性とともに、検査機器導入に向けてどのような支援が可能かを検討する」とし、検査の自動化のみに焦点をあてていました。しかしながら、平成27年3月に入って調査企画の詳細検討のための事前調査を進めるなかで、検査の自動化の流れに対して、生産現場では人による外観検査の改善ニーズも高く、他の地域ではセミナーを中心とした改善活動が盛んに進められており、調査にあたって留意しておく必要があることがわかりました。

そのきっかけになったのが、外観目視検査に係るセミナーを受講したことでした。

平成27年3月に名古屋で開催された「周辺視目視検査法セミナー」を受講した際、講師の佐々木章雄氏（周辺視目視検査研究所代表）から、香川大学の地域振興プログラムとして香川県内中小企業に対する周辺視目視検査導入支援が行われたことを聞き、担当された香川大学工学部石井明教授を紹介していただきました。早速、石井教授を訪問し、同プログラムの内容や石井教授が主査を務めておられる公益社団法人精密工学会画像応用技術専門委員会の「感察工学研究会」の活動（図2）等について話を聞かせていただき、自動化だけでなく人による検査についても調査に取り入れることが必要であるとの意を強くしました。

図2 公益社団法人精密工学会
「感察工学研究会」の概要

公益社団法人精密工学会 画像応用技術専門委員会を親委員会として2010年に設置

検査自動化への応用も図られている周辺視目視検査法について、学術的調査等を行うとともにその普及活動にも取り組んでいる。

【研究会の目的】
中心視と周辺視を対立軸として、それらを包含する学問領域の創出を図るとともに、現状の技術の調査、整理を行うこと

※周辺視目視検査法は、人による検査の方法について、視覚機能である「周辺視」「瞬間視」「衝動性眼球運動」を有効に働かせるように見直したものであり、検査効率の向上、見逃しの削減のほか、検査員の疲労低減等、健康状態の改善にも効果があることが報告されている。

(資料) 「周辺視目視検査方法とは」

このような経緯から当初の調査目的を変更して人の検査を含めた検査の効率化・品質向上に向けた支援策を検討することにし、現状認識として3つの仮説を立て調査を進めることにしました(図3)。

(2) 感察工学研究会への入会

今回の調査ではいくつかの幸運にめぐまれましたが、一番が感察工学研究会に入会できたことでした。香川大学工学部の石井明教授を初めて訪問

した際、その場で入会させていただくよう願いました。

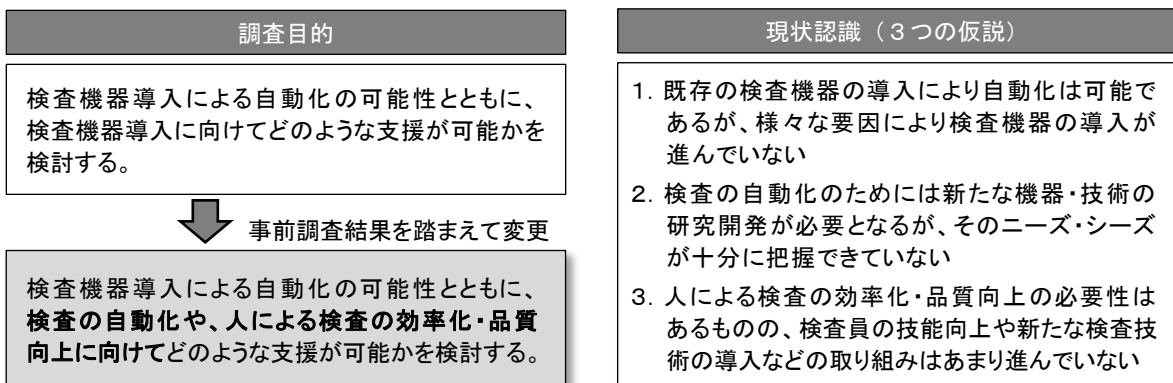
調査企画の詳細検討にあたって関連する書籍や文献をいろいろと探しましたが、生産現場での検査の実態や自動化の状況等の全体像が把握できるものが極めて少なく、とりわけ企業アンケート票の設計は手さぐりで進めなければなりません。このような状況のなか、感察工学研究会の皆さまから、企業アンケート調査票の設計にあたってのアドバイスや生産現場での検査の実態に係る情報提供等多くのご支援をいただき、調査を円滑にスタートさせることができました。

(3) プロジェクト調査委員会の設置

平成27年2月下旬からプロジェクト調査委員会の委員募集と依頼を開始し、応募による委員(オブザーバー含む)16名、当センターからの依頼による委員5名、合計21名の産学官の委員からなる委員会を設置し調査を行っていくことになりました。

前述したとおり、当センターでは平成26年度に産業用ロボット導入促進に関する調査を行いました。今回の検査自動化調査はこの調査の延長線上にあり関連が深いことから、平成26年度の調査で委員長を務めていただいた広島大学大学院電気電子システム数理部門の辻敏夫教授に再度委員長就任をお願いしたところ快諾していただきました。

図3 調査目的と現状認識(仮説)



副委員長には、検査自動化技術の研究開発に最前線で取り組まれている研究者が適任と考え、国立研究開発法人産業技術総合研究所から参画していただける方を探しました。同研究所中国センターの柳下宏所長に相談したところ、生産計測技術研究センター（佐賀県鳥栖市）の光計測ソリューションチーム野中一洋研究チーム長（当時）を紹介していただき、お願いのため訪問したところ、こちらも快諾いただきました。野中氏は、エレクトロニクス実装学会の官能検査自動化研究会の主旨も務めておられ、同研究会の活動状況等についても情報提供していただくことができました。また、外観検査の自動化に関して産総研でも企業アンケートを実施したいと考えていたとのことで、今回の調査を産総研でも役立てていただくことになりました。

(4) 小委員会のメンバー

当センターでは調査の品質向上のため継続的に改善活動を進めてきており、平成27年度は調査提言の実現化の取り組み強化など3つの事項に重点的に取り組みました（図4）。

この点に留意し、小委員会には、より参画意識の強いメンバーに参画していただくことになりました。辻敏夫委員長、野中一洋副委員長のほか、調査テーマ提案元である中国経済連合会の有馬俊幸部長、中国地域の公設試験研究機関の委員として

画像処理の研究経験をお持ちの広島県西部工業技術センター生産技術アカデミーの佐野誠部長、検査自動化装置の利用企業側の委員としてマツダ株式会社品質本部品質保証部の中山大輔マネージャー、検査自動化装置の供給企業側の委員として兵庫県明石市にある株式会社アクティブの山西麻雄社長の6名にお願いすることにしました。

アクティブの山西社長に委員を務めていただくことになったのも不思議なご縁で、また幸運でした。当センターで今回の調査を担当した岸本真明部長が、ヒアリング先の選定のため検査自動化装置の製造企業をインターネットで探していたところ、同社のホームページを閲覧し、偶然にも社長が自分の元同僚であることに気付きました。即刻、電話で今回の調査の目的や概要を説明し、委員会への参画を依頼したところ二つ返事で承諾いただきました。山西社長には、検査自動化装置の供給企業側（システムインテグレーター）の立場から、自動化にあたってユーザー企業が抱える問題点や自動化のあり方、また企業アンケートの内容等について多くのご意見をいただくとともに、小委員会・委員会において始終、活発な議論をリードしていただきました。

生産技術アカデミーの佐野誠部長には、平成26年度の産業用ロボット導入促進に関する調査で委員を務めていただき現在も当該調査の提言の実現化に向けた取り組みで協力いただいている広島県立総合技術研究所の松岡猛所長から紹介いただき、委員を務めていただくことになりました。佐野部長は画像処理に関して豊富な研究経験をお持ちで、平成27年3月に広島市で開催された精密工学会画像応用技術専門委員会主催の「動的画像処理実利用ワークショップ（D I A 2015）」の実行委員会の幹事も務められ、感察工学研究会の活動もよくご存じでした。

図4 調査の品質向上への取り組み

調査にあたっての留意点
1. 地域の産業課題に即した調査のための行政機関等との連携(中国経済産業局、県の研究機関等)
2. 調査テーマに参画意識の強い委員と連携した実現化の取り組み ・小委員会メンバーとして参画していただき、現実に即した提言を行う
3. 調査提言の実現化の取り組みの強化 ・上記2点を含め、実現化に取り組む可能性のある組織等へ企画段階から情報提供を行う

(5) 調査の概要

第1回の小委員会を平成27年6月12日に、第1回委員会を6月26日に開催し、本格的に調査をスタートさせました。11月中旬までに小委員会・委員会をそれぞれ3回開催して調査の中間報告を行うとともに、審議いただいた事項を反映し、調査内容の変更・追加等を適宜行いながら、企業アンケートやヒアリングを中心に調査を進めていきました(図5)。

(6) 調査結果と提言の概要

平成28年2月5日に最終回となる第4回委員会を開催し、調査報告書を取りまとめました。今回の調査では、中国地域のものづくり企業や検査機器メーカーおよび大学等における製品等の検査に関わる現状と課題を整理し、検査の効率化・品質向上に向けた支援方策を検討しました。調査結果を概括すると以下のとおりです。

- ・中国地域ものづくり企業における検査の自動化のニーズは高いが、この10数年自動化はあまり進展していない。
- ・自動化促進のためには、技術的困難性、個別対応の必要性、画像処理技術者の不足等の問題を解決する必要がある。
- ・また、人による検査との効果的な補完・共存関係の構築が必要である(人による検査を含めた総合的な工程改善)。

これらの状況を踏まえ、今後目指すべき姿として「自動検査と人による検査の効果的な補完・共存関係の構築」と「守りの検査から攻めの検査への転換」の2つを掲げ、検査の効率化・品質向上に向けた支援方策として①自動検査機器・技術適用(普及)の促進、②自動検査機器・技術開発(技術革新)の促進、③人による検査の効率化・品質向上の促進の3つを柱とする提言を行いました(図6)。

(7) 調査に付随して得られた成果

今回の調査では、調査結果を調査報告書として取りまとめることができただけでなく、調査を進めていく過程で得られた情報や調査結果を、調査委員会に参画していただいた企業や行政等の事業運営に適宜反映していただくことができました。以下にその概要を紹介します。

a. 他地域調査で訪問した企業との共同開発・異業種交流

当センターの調査では、現状・課題の把握や解決策検討等のために、調査委員会のメンバーによる他地域の企業・団体・行政等の訪問調査を行います。

図5 調査の概要

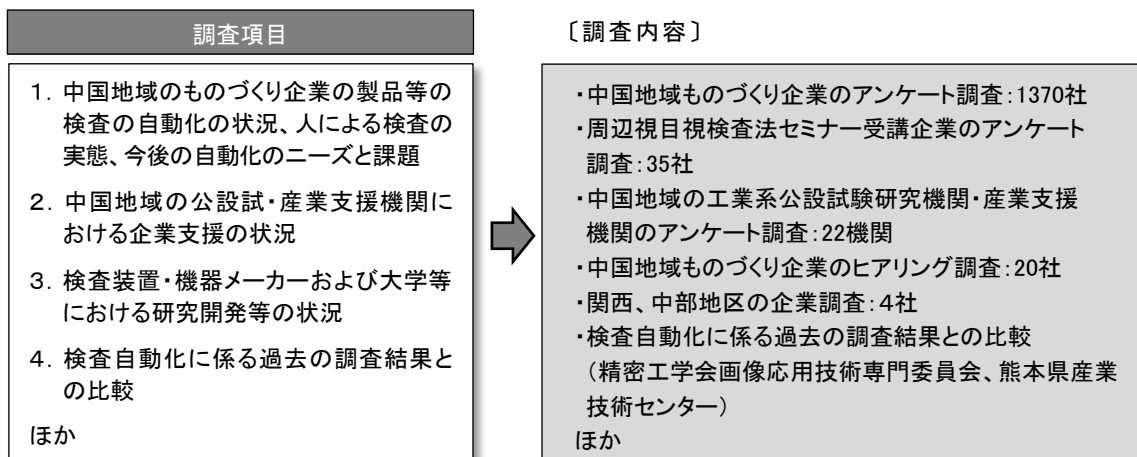
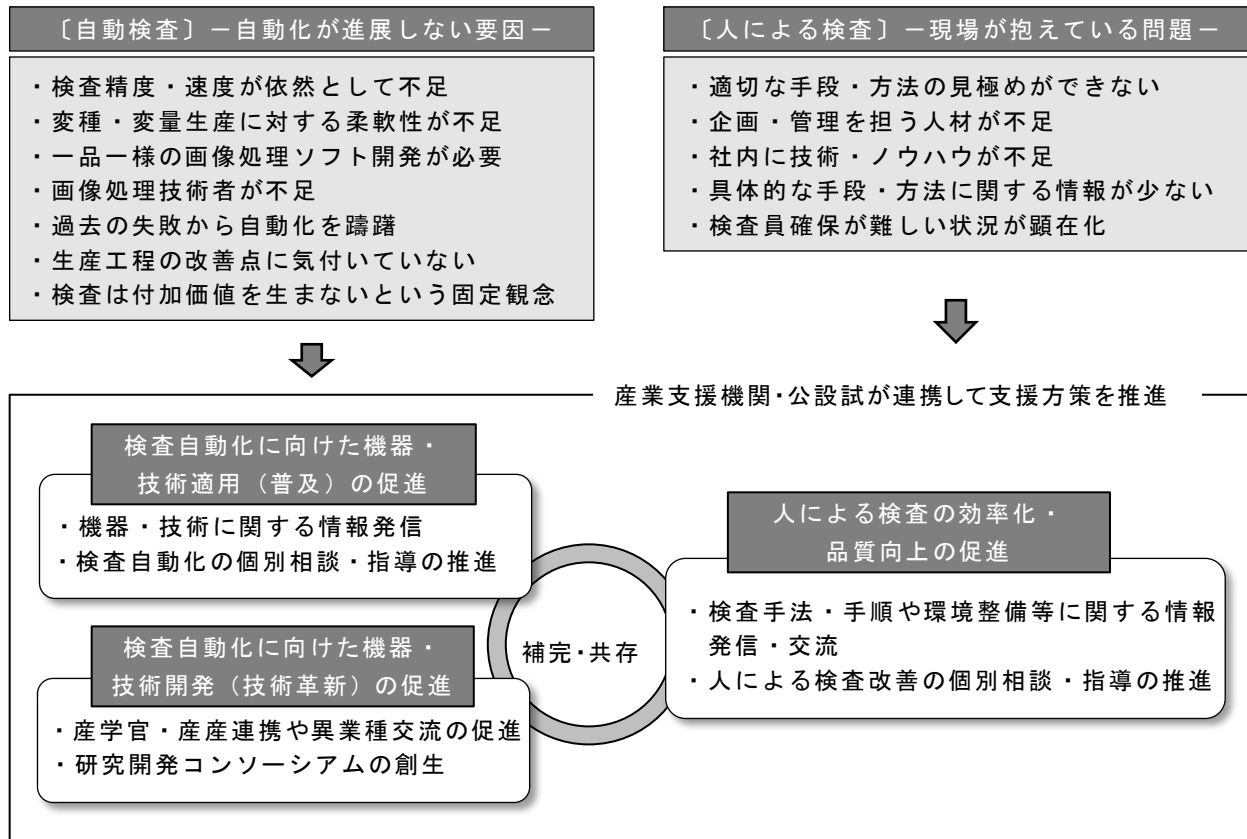


図6 検査の効率化・品質向上に向けた支援方策



今回の検査自動化調査では関西・中部地区で自動検査装置の開発や事業展開を進めている企業等4社を訪問しました。この調査に参加された調査委員会メンバー企業では、訪問先の企業2社との間で、外観目視検査に係る画像処理技術の共同開発および技能伝承・教育に関する異業種交流会（自社の取引先企業10社を含む）を実施されることになりました。

b. 行政・産業支援機関による外観目視検査改善セミナーの開催

平成27年5月に、島根県商工労働部の安井克久部長、室崎隆司次長が当センターに挨拶にお見えになりました。その際、今回の調査テーマに関して生産現場における外観目視検査の改善支援の必要性や中国地方ではあまり普及していない周辺視目視検査法等についてお話したところ強い関心を

示されましたので、日を改めて説明の機会を設けさせていただきました。そうしたところ、期中にもかかわらず新規に事業予算を確保され、平成27年8月に島根県商工労働部と公益財団法人しまね産業振興財団の主催により周辺視目視検査法セミナーが開催されました。関東・中部・関西地区では、日本インダストリアル・エンジニアリング協会等の主催により、これまで定期的に同セミナーが開催されていますが、中国地域では、今回島根県で開催されたセミナーが初めてのものとなりました。

当初50名の募集枠でしたが、応募が殺到し、最終的に会場を変更して100名を超える規模での開催となりました。しまね産業振興財団では、平成28年度も同様なセミナー等の開催を予定されています。

また、島根県でこのセミナーが開催されたこと

により、今回の調査にセミナー受講企業を対象とした改善効果等のアンケート調査を取り入れ、その結果を調査報告書に反映することができました。

c. 産総研イノベーションコーディネータによる研究開発案件発掘

プロジェクト調査委員会の副委員長を務めていただいた野中一洋氏は、平成27年4月の産業技術総合研究所組織見直しに伴い同研究所のイノベーションコーディネータを務められることになりました。野中氏は、経済産業省製造産業局（鉄鋼課・非鉄金属課）で策定された「金属素材競争力強化プラン」のプロジェクト化検討会にも参画されており、同プランの技術開発戦略のひとつに掲げられている「分析・評価技術の開発」に関してプロジェクト化の案件を探しておられました。

このため、外観目視検査改善の関係で訪問したところのある金属素材関連企業を紹介し、野中氏とともに改めて同社を訪問し、検査自動化の状況や自動化における課題等をヒアリングすることにしました。この訪問調査により同検討会のプロジェクト化の案件候補を発掘することができました。

(8) 調査フォローアップ事業への展開

当センターでは、調査提言の実現化への取り組みのひとつとして、発信した提言の実現化のために立ち上がろうとする団体に助成する「立ち上げ助成事業」を行っています。

今回の調査についても、この事業の公募を行っています。平成28年度は当センター自ら提言の実現化に取り組むことにしました。提言した支援方策のうち「検査自動化の個別相談・指導の推進」「検査手法・手順や環境整備等に関する情報発信・交流」の2つについて以下の調査フォローアップ事業を新規に行います。

a. 検査自動化コンサルティング

プロジェクト調査委員会の委員を務めていただいた株式会社アクティブの山西社長に当センターのコーディネータを委嘱し、検査自動化のコンサルティングを希望される企業を対象に検査自動化ニーズの深掘りと現場診断を行います。

b. 外観目視検査改善セミナー

調査に協力いただいた感察工学研究会の主要メンバーである、周辺視目視検査研究所佐々木章雄代表、香川大学工学部石井明教授に講師をお願いし、外観目視検査改善（周辺視目視検査法）セミナーを開催します。

おわりに

当センターの調査事業は、調査テーマ案を提案していただく企業・行政・経済団体等、調査テーマを選定していただく調査事業推進委員会の委員の皆さま、選定された調査テーマ案をもとに調査企画を作成し調査を進めていただくシンクタンクとプロジェクト調査委員会の委員の皆さま、アンケートやヒアリング調査に協力いただく企業・諸団体・行政等の皆さま、そしてとりわけ、当センターの事業運営を支えていただいている賛助会員企業の皆さまなど、多くの方々のご支援のもとに成り立っています。

ここにあらためて感謝申し上げますとともに、今後も中国地域のさらなる発展のために努力してまいりますので、引き続きのご支援を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

（参考資料として、感察工学研究会のホームページに掲載させていただいた周辺視目視検査法説明資料を添付します）

【参考資料】

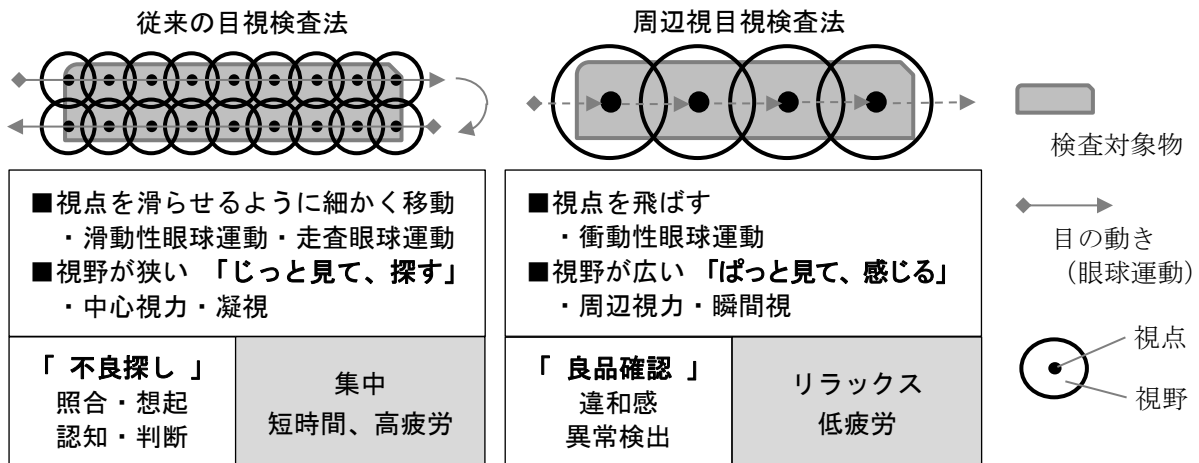
周辺視目視検査法とは

「周辺視目視検査法」は、佐々木章雄氏らが日本IBMに在職中の1998年にパソコン用ハードディスクの磁気ヘッド（HGA）の目視検査の生産性倍増のために開発した検査法で、生産性倍増と同時に見逃し率の半減、検査員の教育期間の短縮にも成功しました。

その後、日本IE協会のIEレビュー誌への連載（2005年8月から2006年8月）により公開されてから注目を集め、様々な検査対象への応用が試みられています。 注）文末参照

周辺視目視検査法は、人間が元々持っている視覚機能のうち、「周辺視」「瞬間視」「衝動性眼球運動」を有効に働かせるように見直した検査方法です。

ポイントはこの3つの機能を組み合わせて検査を行うことです。従来法との比較をイメージ図で示した後、それぞれについて説明します。



1. 中心視と周辺視について

人間の視覚機能（情報処理機能）の中には中心視、周辺視と呼ばれるものがあります。

■中心視力は、「見ている先に焦点を合わせて見る見方」です。

検査の現場でよく指導される「不良探し」「もっとよく見ろ」式の検査は、見ている先に焦点を合わせる「中心視」を使う方法です。この方法は、視覚機能で言えば高等で負荷の高いものになり直ぐに疲労してしまいます。(30分から1時間くらいで疲労がたまり抽出力は低下しはじめるといわれています。)

脳は疲労すると自動的に外界と回路を切断して、オーバーヒートから身を守るためブロッキング現象と呼ばれる症状を起こし、これが見逃しの原因となります。ブロッキング現象が厄介なのは、検査作業の動作は外見からは変わらず見えることです。検査作業は継続していても、実はこの間はほとんど検査になっていません。

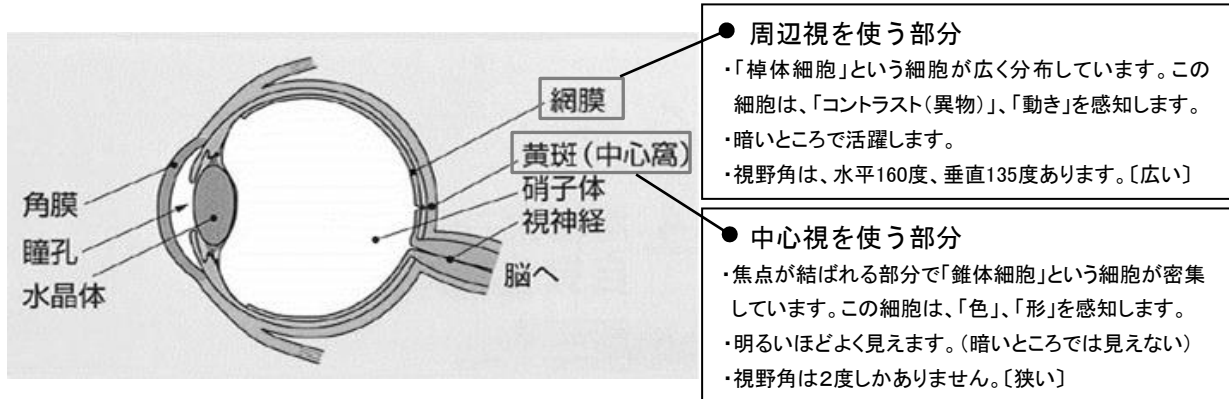
■周辺視とは、「視野全体を見る見方」です。

小さくて見えにくいものを探すとき、例えば飛んでいる蚊を探すとき、蚊に焦点を合わせながら顔を回しながら見つけようとするのでしょうか。一旦距離を取るために身をそらせて顔をあまり動かさずに全体を見ます。しかも焦点を合わせずに目の端の方で探します。そして発見後、焦点を当てて確かめます。

「焦点を合わせずに視野全体で探す」のが「周辺視」による方法です。

これは誰に教えてもらった訳でもないのに誰でも行っている方法です。すなわち、元々人間に備わった機能です。もし、危険が迫ったと感じたら、まず全体を把握してから一番怪しいものに焦点を合わせることは本能として持っています。人間にとっては自然な方法と言えます。

この見方を検査へ適用すると、視点を移した先の視野全体を一度に見て、良品と異なるものが現れたとき変だと感じ、その個所が許容範囲を越えているかを確認し、許容範囲を越えていれば不良品とするという方法になります。



2. 凝視と瞬間視

網膜は画像データを数十ミリ秒単位でパルスに変換しているので、1カ所に焦点を合わせてじっと見つめると何枚もの画像データができてしまいます。これを全て順番に処理しているのが脳の後ろ側にある視覚野です。前の画像データと今送られてきた画像データは逐次比較され、同じなら消去するという処理を繰り返しますが、データ量が多くなると処理しきれなくなります。チラッと見るだけでもしっかりした画像データは視覚野に送られ、しっかり識別されます。

このように人間の目は感光フィルムではないので、露光時間が長ければ鮮明な画像データが得られるということにはなりません。「よく見ろ」式の見視検査の大きな勘違いがここにあります。

3. 目の運動機能(眼球運動)について

眼球の動かし方の中には、滑動性眼球運動、走査眼球運動、衝動性眼球運動と呼ばれるものがあります。

■滑動性眼球運動は「ゆっくり動いている目標物を追いかける動き」です。ゆっくり目で追う、または頭を動かす見方です。

■走査眼球運動は「静止している目標をたどるように移動する動き」です。線やものの縁を細かくたどる見方です。

■衝動性眼球運動は、「視点がジャンプする動き」です。対象物の数カ所を写真に撮るように全体を把握する見方です。カメレオンのような目の動きになります。

「よく見ろ」と言われると滑動性眼球運動および走査眼球運動を使った見方になりますが、これは、細かいコントロールが必要になるため疲労を伴います。

注)本資料は、佐々木章雄氏によるIEレビュー誌への連載記事をもとに作成しています。

周辺視目視検査法は、佐々木章雄氏らにより日本IBMで開発された後、しばらくは社外秘扱いにされていました。中国においてもいろいろな製品に適用されましたが、いずれも効果が出たため中国人のIEエンジニアの何人かはこの方法をマスターしました。また、日立GSTフィリピンのIEエンジニアもマスターし始めたことから、佐々木章雄氏が日本の若いエンジニアたちに知ってもらいたいと考えていたところ、日本インダストリアル・エンジニアリング協会の協会誌への掲載の機会を得て公開に至ったものです。

なお、公益社団法人精密工学会の画像応用技術専門委員会では、2010年度に「感察工学研究会」(主査:香川大学工学部 石井明 教授)が設置され、周辺視目視検査法の解明とその普及ならびにそれらを包含する学問領域の創出を目的としたワーキング・グループ活動が行われています。

楫野肇((公財)ちゅうごく産業創造センター)

