

周辺視目視検査法の理解と導入のためのヒント

—周辺視目視検査法の導入を検討していただくために—



平成29年12月

公益社団法人 精密工学会画像応用技術専門委員会 感察工学研究会
公益財団法人 ちゅうごく産業創造センター

まえがき

公益財団法人ちゅうごく産業創造センター 常務理事 楫野 肇

本書は、当センターが2015年度に実施した「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」の提言の一部を実現化するために作成したものです。この調査は、当初、検査機器導入による自動化の促進可能性と自動化を促進するための支援策を検討することを目的としていましたが、事前調査の段階で、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いることがわかりました。このため、検査の自動化だけでなく、人による検査も含めて検査工程の効率化・品質向上に向けた支援方策を検討することにしました。人による検査の重要性は、この調査で実施した中国地域ものづくり企業を対象としたアンケートでも明らかになりました。回答いただいた約240社のうち約7割の企業が「検査の自動化と人による検査はどちらも重要であり補完し合う形で共存することが望ましい」と考えており、検査組織・体制や検査手法・手順等を改善するための取組みの参考になるセミナー等の受講ニーズが高いことが判りました。

この結果を踏まえて、当センターでは2016年度から「周辺視目視検査法セミナー」を開催してきました。この検査法は、周辺視目視検査研究所代表の佐々木章雄氏が日本IBM藤沢工場勤務時代に開発された検査法です。同氏は人が本来持っている周辺視野からの視覚認知機能を目視検査に効果的に応用できることを発見し、従来から指導されてきた検査法と異なる新たな検査法を確立しました。この結果、見逃しの発生防止と生産性の向上に大きな成果を上げ、その後も多くの企業でこの検査法の導入が図られています。

本書は、日本で開発された独自の検査法である周辺視目視検査法をより多くの皆さまに理解していただき、ものづくり企業の生産現場における目視検査の効率化と品質向上、並びに検査員の健康改善に役立てていただくことを目的として作成しました。作成にあたっては、2010年から本検査法の学術的調査と普及活動に取り組んで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ワーキンググループ「感察工学研究会」の皆さまにご協力いただき、同研究会の最新の研究・普及活動成果を織り込んだ内容としていただきました。

本書を読めばすぐに周辺視目視検査法が導入できるというものではありませんが、本検査法の理解と導入の一助にいただければ幸いです。

最後に、本書作成の契機となった調査にご協力いただきました多くの方々、本書作成に多大なるご協力をいただきました公益社団法人精密工学会画像応用技術専門委員会の皆さま、そして、日頃より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に心よりお礼申し上げます。

目 次

1. 周辺視目視検査法とはどのような検査法ですか	
1. 1 はじめに ー周辺視目視検査法とはー	1
1. 2 人の視覚機能について（情報処理機能、運動機能）	2
コラム1 ー宮本武蔵と周辺視・中心視ー	4
1. 3 脳の特徴からみた「不良探し」の問題点	6
1. 4 違和感の察知と精査を担う2つの視覚的認知機能	8
1. 5 良品の限度見本による目合わせの必要性	10
コラム2 ーまばたき（瞬目）に隠されたヒミツ？ー	11
1. 6 周辺視が働きだす条件と周辺視によって生みだされるリズム・運動学習	13
1. 7 最新の脳科学研究からわかってきた中心視・周辺視と脳内ネットワークの関係	15
1. 8 まとめ ー周辺視目視検査法の理解のポイントー	17
コラム3 ー常に動き続けている目「マイクロサッケード」ー	18
2. 導入した場合どのような効果がありますか。具体的に教えてください	
2. 1 周辺視目視検査法開発の背景と企業が抱える目視検査の問題について	20
2. 2 国内での比較的新しい事例	22
コラム4 ー胃の調子が悪いのに異常が見つからない！？ー	26
2. 3 検査員の健康改善の効果を定量的に把握するための取組み	28
3. 何から始めればよいでしょうか	
3. 1 組織的な改善活動	30
3. 2 現状の把握	32
3. 3 検査環境の改善	35
3. 4 周辺視目視検査法改善チェックリスト	42
4. 周辺視を訓練するソフトはありますか。	
4. 1 教育訓練の対象者	45
4. 2 教育訓練アプリ	46
4. 3 周辺視の見方ができているかどうかの判断	49
4. 4 訓練の習得状況の自動評価	49

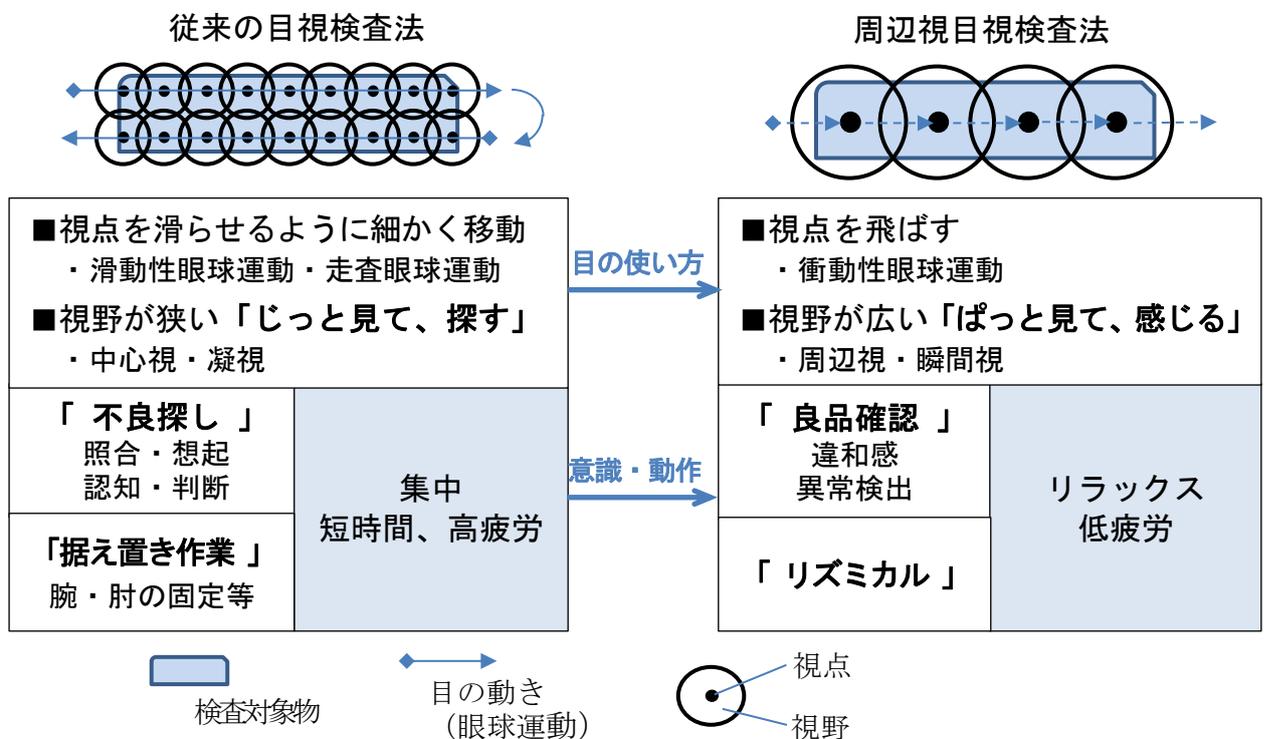
1. 周辺視目視検査法とはどのような検査法ですか。

1. 1 はじめに ー周辺視目視検査法とはー

周辺視目視検査法は、佐々木^[1]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)¹⁾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。また、石井^[2]らによる「感察工学研究会」^[3]の活動により、検査員の健康改善に効果を発揮することが定量的なデータで証明されつつあります。

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ますが、周辺視目視検査法は、この機能を論理的に目視検査に適応させて人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ものです。視覚の使い方の変更に合わせて検査方法を「不良探し」から「良品確認」に変更し、さらにリズムカルな動作で作業することにより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ます。

図表 1.1 従来法との比較イメージ



1. 2 人の視覚機能について（情報処理機能、運動機能）

人の視覚機能（システム）は、情報処理機能と眼球運動機能に分類されます。以下にこの2つの機能について説明します。

1. 2. 1 情報処理機能について

情報処理機能の中には、中心視・周辺視、凝視・瞬間視と呼ばれるものがあります。

（1）中心視と周辺視

■中心視とは、「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）。なお、ここでは「疲労」と「疲労感」は区別しています。前者は意識することができませんが、後者は意識することができます。通常、作業をして疲れたという場合は「疲労感」を指します。

脳は疲労すると、視覚を使った仕事の速さや正確さが低下することが知られています。その神経基盤はまだ十分に解明されていませんが（見えてきた疲労のメカニズム、文部科学省報告書、<http://www.hirou.jp/>）、対象物の視覚的注意に関わるネットワークと、覚醒状態を維持するのに必要なデフォルトモードネットワーク（※）との機能的つながりが弱くなることが考えられます（D. Gui, NeuroImage, 2015）²⁾。このため、疲労すると検査作業の外見は変わらなく見えても、実際にはほとんど検査になっていません。

※詳細は、後述の「1. 7 最新の脳科学研究からわかってきた中心視・周辺視と脳内ネットワークの関係」（p15）参照

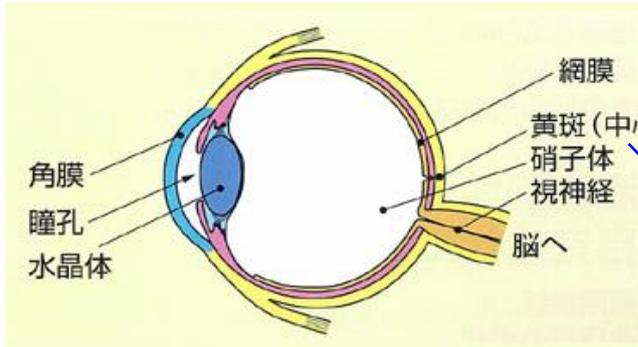
■周辺視とは、「視野全体を見る見方」です。

例えば飛んでいる蚊を探す場合を考えましょう。蚊は小さく、しかも動いている（飛んでいる）ので探すのは大変です。みなさんはどのように探しますか。蚊のいそうなところに焦点を合わせながら顔を回しながら探そうとしましょうか。一旦蚊との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まで視野を広げ、蚊が視野の中に飛んでくるのを待ちます。視野に何かが入っているのを感じたら、焦点を合わせて確かめます。「焦点を合わせずに視野を目の端の方まで広げて変化を感じる見方」が「周辺視」による見方です。

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瞬間に変だと感じ、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検査方法になります。

図表 1.2 目の細胞の種類と機能



周辺視を使う部分（黄斑以外の網膜領域）

- ・「桿体細胞」という細胞が広く分布しています。
- ・「コントラスト（異物）」、「動き」を感知します。
- ・**明るすぎない**ところで活躍します。
- ・視野角は、水平 160 度、垂直 135 度【広い】

中心視を使う部分（黄斑）

- ・焦点が結ばれる部分で「錐体細胞」という細胞が密集しています。「色」、「形」を感知します。
- ・**明るい程よく見えます。**（暗い所では見えない）
- ・視野角は 2 度【狭い】

(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す、一か所に焦点を合わせてじっと見つめる（凝視）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大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（瞬間視）だけでも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」式の日視検査の大きな勘違いがここにあります。

1. 2. 2 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。ゆっくり目で追う又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。対象物の数箇所を写真に撮って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」と言われて1点を見つめる見方（中心視・凝視）をすると、視野が非常に狭くなるため、線をなぞるような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。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。周辺視目視検査法を理解するうえでは、これらの視覚機能の違いをまず知っておく必要がありますが、図表 1.1 に示した「不良探し」と「良品確認」の違い、そして、リズムカルな動作の必要性についても理解しておく必要があります。

コラム 1 ～宮本武蔵と周辺視・中心視～

五輪書水之巻（三）「兵法における目付けということ」現代語訳抜粋

「眼の遣い方は、大きく、広く捉えることである。

「観と見との二つの眼の遣い方がある。遠いところを見る観の眼を強く遣い、近いところを見る見の眼を弱く遣って、遠いところを明確に近くに見、近いところを大局的に遠くして見ることが、兵法の道において重要である。」

兵法三十五箇条（三）「目付けのこと」現代語訳抜粋

「眼の遣いようは、平生よりもやや細めにして、明るく柔和に見る。眼の玉を動かさず、敵との間隔が近くても、いかにも遠くを見る眼である。その眼で見れば、敵の技はいうまでもなく、敵の両脇までも見える。」

この兵法三十五箇条（三）については、魚住孝至氏は著書「宮本武蔵 日本人の道」の中で、以下のように解説しています。

「目を見開いて普通に見ている時は、気づかぬうちに眼球はかなり動いてその都度ある対象に次々と焦点を移しており、まわりは見えなくなっている。これに対して目を『すこし細き様にして』、『近く共、いか程も遠く見る目』にし、『目の玉を動かさず』、真直ぐ遠くを見るようにすれば、目は一々の対象に焦点を集めることなく辺り全体を視野に入れ『両脇迄も見る』ことができるのである。」

宮本武蔵は、目の使い方には「観の目」と「見の目」があるということを述べています。「観の目」は「遠山の目付」とも呼ばれています。

もうお分かりだと思いますが、「観の目」とは周辺視による見方、「見の目」とは中心視による見方のことです。4 百年近くも前に武蔵は人間には2つの視覚機能があることを知っていたのです。

周辺視を効果的に使ううえで兵法三十五箇条（三）にはいくつかのヒントがあります。「平生よりもやや細めにして」というのは目に入ってくる光を少なくすることだと思われれます。図表 1.2「目の細胞の種類と機能」をもう一度見て下さい。周辺視を使う網膜に多く分布している「桿体細胞」は暗いところで活躍します。目に入ってくる光を少なくすることで、この細胞が活躍しやすい状態を作り出していると思われれます。また、「明るく柔和に見る」というのは緊張せずにリラックスすることを言っているものと思われれます。

下の2枚の写真を見比べて下さい。目の使い方が違うことが判ると思います。

中心視と周辺視の見方の比較



「遠山の目付」については、NHK総合テレビ「ガッテン！」（大型連休の前に！交通事故から家族を守りたいSP：2017年4月26日放送）でも取り上げられました。剣道の達人が元立ちとなり掛かり稽古を受けている時、達人の眼は相手のどこをどのように見ているか、アイカメラを使って調べていました。達人の視点は、掛かる相手の面の上にはほぼ固定され、相手が左右前後に激しく動いても、また、相手の竹刀が出た瞬間も、そのまま、相手の竹刀に一度も目を向けることなく避けることができていました。なぜ避けることができるかについて、達人は、「顔を見ながら頭の上から足の先まで見えており、これを剣道では遠山の目付という」と答えています。遠くの山を見るようにすれば全体が見える見方、すなわち、達人の眼の使い方は、周辺視による見方でした。

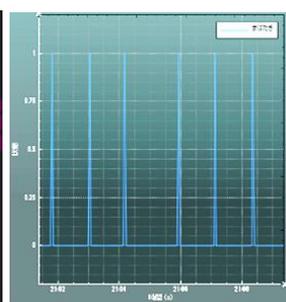
コラム2 (p11) とコラム3 (p18) で取り上げている瞬目（まばたき）と眼球の動きは、ビデオ撮影でも確認できますが、視点の動きや眼球運動を詳細に計測・分析する時にはアイカメラが効果を発揮します。アイカメラはスポーツ分野でのアマチュアとプロの視点の比較等にも利用されていますが、目視検査においては、周辺視の見方になっているかの客観的な判断には欠かせません。下の写真のアイカメラは、感察工学研究会^[3]のメンバーが中心となり、検査員の周辺視目視検査の教育訓練用として開発したものであり、眼鏡の上からも装着可能です。検査と同期した瞬目（自発性瞬目）が安定して現れているかどうか、検査ワークを把持して左右に移動させたり、回転させたりして検査箇所を変えても視点をほとんど動かさないで検査できているかどうか、さらには、ベテランの検査員では顕著に現れるマイクロサッケードがあるかどうかをリアルタイムで確認することができ、周辺視目視検査の習得状況を判断することができます。また、人か何かが検査員の視界を横切るような場合には、異変と感じその方向にサッケードが生じ、一瞬、製品から眼が離れることがあります。外乱の影響を極力抑えた検査環境の構築にも役立ちます。



視線解析システム（株式会社ガゾウ）



眼球撮影画像



瞬目検出



検査中の視点

※上記番組では、感察工学研究会^[3]が、目視検査改善キャラバンを通じて改善活動を支援している企業のベテラン検査員の検査作業動作も紹介されました。同研究会のメンバーも番組制作に協力しました。

[参考文献]

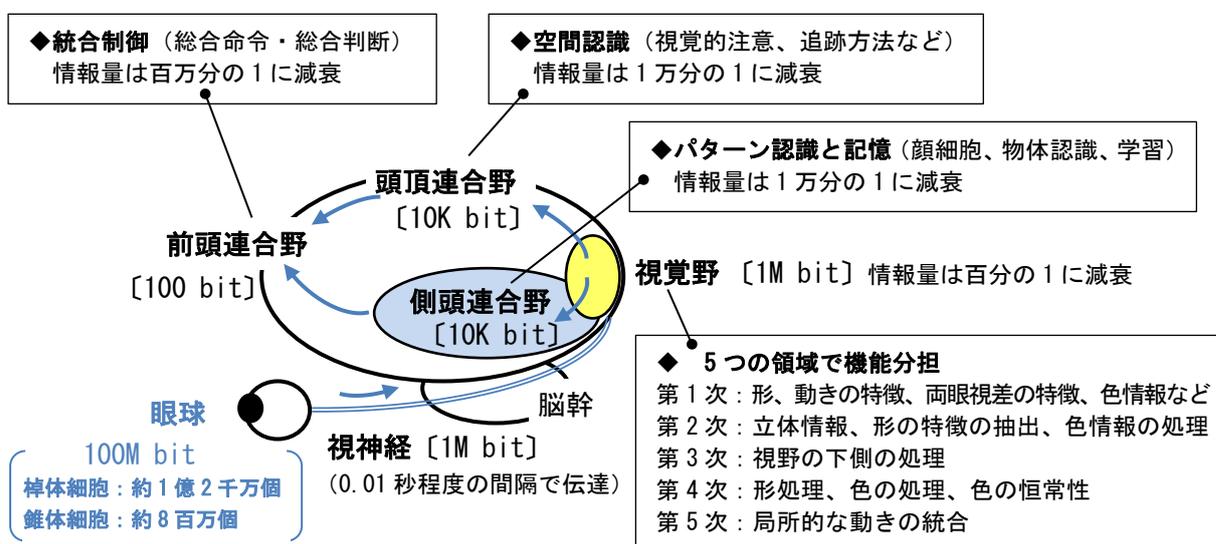
五輪書 宮本武蔵 佐藤正英 校注・訳 ちくま学芸文庫
宮本武蔵 日本人の道 魚住 孝至 著 ペリかん社

1. 3. 脳の特徴からみた「不良探し」の問題点

目視検査にとって重要な問題点として、疲れて集中力が途切れることにより見逃しが発生するという他に「思ったものしか見えない」、「探しているものしか見えない」という現象があります。

この現象を理解するためには、脳は必要最小限の情報で目的を達成するように機能するという事を知っておく必要があります。図表 1.3 は視覚情報の伝達経路と情報量の減衰および各脳部位の機能を示した図です。約 1 億 3 千万個の錐体細胞と桿体細胞（光の受容器）で捉えた情報は、私たちの認識そのものと言われている前頭連合野（前頭葉）に送られた時には百万分の 1 に減ってしまいます。ただし、潜在意識とっていい視覚野では私たちの意識にないところまではっきり情報を捉えています。これが脳の特徴である情報の減衰で、脳自体は疲れを少なくするために省エネ・オペレーションの体制になっています。

図表 1.3 視覚情報の伝達経路と情報量の減衰（大脳の特徴）

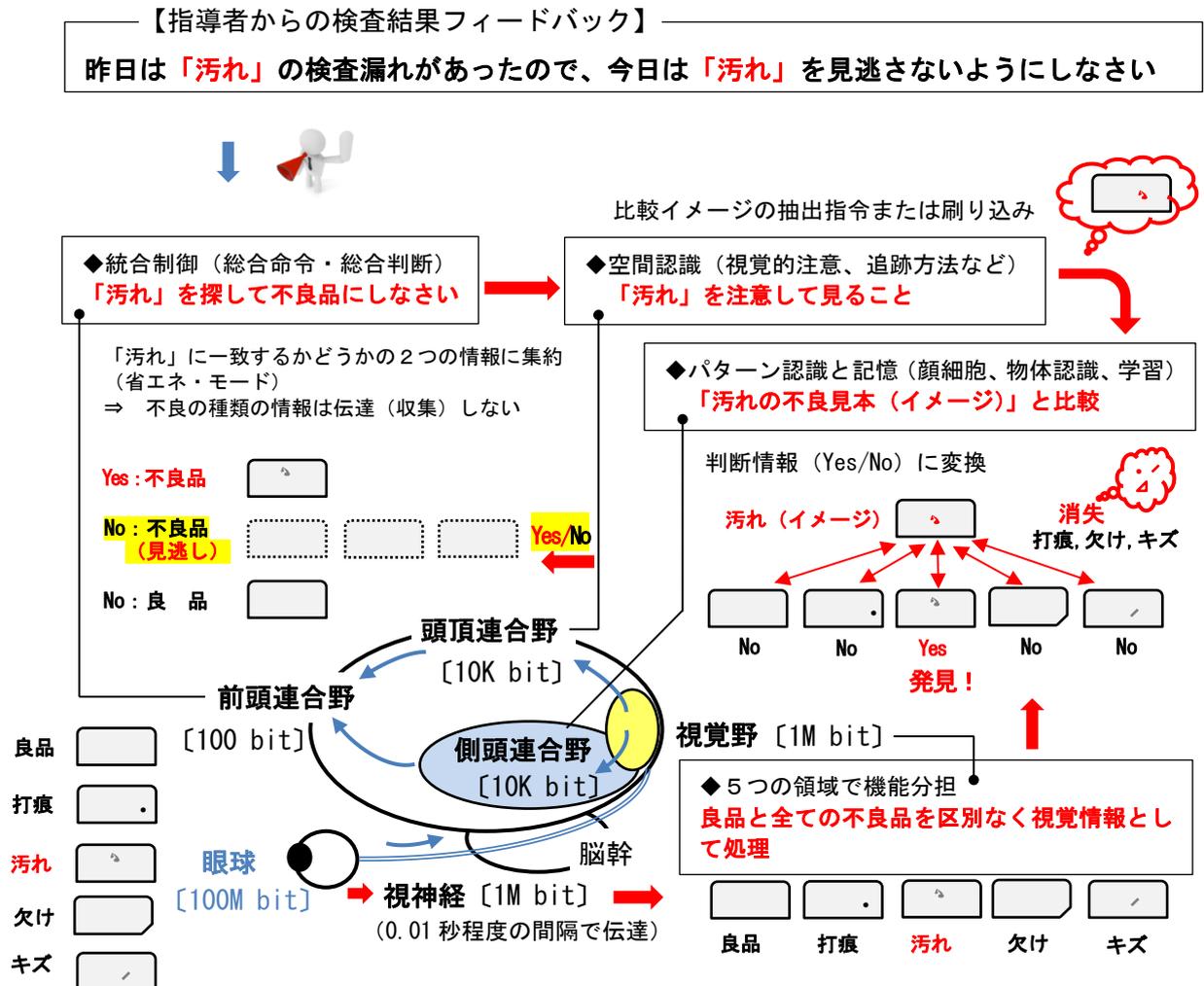


さて、話を目視検査に戻します。検査結果の検査員へのフィードバックとして昨日の検査の結果について、「汚れ」を見逃したことを指摘すると、今日は「汚れ」は完璧にピックアップするけれど「キズ」「割れ欠け」など「汚れ」以外の不良が見逃されるということが起き、毎日日替わりでこれが繰り返されるという状況に陥ることがあります。

図表 1.4 は「不良探し」の方法による見逃し発生のイメージ図です。視覚野では視神経を通して送られてくる視覚情報を「良品」「不良品」の区別なく様々な特徴抽出処理が行われます。しかし、「不良（汚れ）探し」に注意が向かうと、側頭連合野では、側頭連合野に記憶または刷り込まれた「汚れ」のイメージのみが選択され、このイメージと視覚野から伝達されてきた視覚情報とが無意識下で機械的に比較処理されます。そして、比較結果（Yes, No の判断情報）のみが前頭連合野に伝達されます。すなわち、前頭連合野からの指令は「汚れと一致するかどうか」だけを見ているのです。このため、「汚れ」以外の不良品イメージとの比較が行われず、「汚れ」以外の不良品の見逃しが発生することになります。

私たちは日常生活でこの現象を経験しています。例えば、腕時計で時間（何時何分か？）を確認した後、時間以外の時計の形や大きさなどを正確に思い出して絵に描くことができるでしょうか。上記の汚れ探しと同じで時計全体の画像は視覚野には伝達されていますが、時間（何時何分か？）の確認に注意（目的）が向けられているため、時間の確認結果（アナログ式の時計の場合、長針と短針の位置関係からの判断情報）だけが選択的に前頭連合野に伝達され、時間以外の情報は意識には上ってきません。

図表 1.4 「不良探し」の方法による見逃しの発生イメージ



う意識を生み出すことに、より大きく貢献していると考えられています(K. Ludwig, Cortex, 2016) ⁵⁾。

周辺視目視検査法は、周辺視のみを使った検査法ではありません。サッケード（衝動性眼球運動）は、本来、周辺視野がとらえたものを中心視野でよく見るために備わった機能です。したがって、ほとんどが良品である目視検査においては、まずこの周辺視野—皮質下経路—背側路を使って良品との違和感によって一次的なスクリーニングを行い、違和感があった場合は、意図的なサッケードによって違和感のあった場所を精査し、不良品として仕分けします。この後者のステップでは腹側路が重要な役割を果たしています。大切な点は、違和感—精査をリズムよく切り替え、違和感による不良品「感察」の本来のリズムを壊さないことだと考えられます。

1. 5 良品の限度見本による目合わせの必要性

1. 4で説明したように、周辺視目視検査法は2つの視覚的認知機能を効果的に組み合わせる検査法ですが、最初から不良探しに注意が向かうと中心視だけでものを見てしまうため、周辺視野—皮質下経路—背側路の機能を有効に使うことができません。この機能を有効に使い不良を違和感としてすばやく察知できるようにするためには、「ここまでが良品」というイメージを覚える（記憶・刷り込みする）必要があります。そのためには、良品の限度見本を作製し、初期の段階での教育・訓練と定期的な目合わせが重要です。

イメージの記憶・刷り込みと違和感の察知について日常生活での例をあげると、例えば、机の上に置く文房具などをいつも決まった場所に置く習慣を持っている人は、それらがいつもと違う場所にあったり無くなっていたりすると、それらを一つ一つ確認しなくても（探さなくても）すぐに「あれ、おかしい」と気付くでしょう。意識して物を同じ場所に置くことを繰り返すことによって、机の上の物の配置のイメージが記憶として定着しているためと思われます。一方、関心や興味を持たずに漫然と見ているものは変化があっても気がつきません。図表 1.6 の例では、パソコン、鉛筆立て、メモ帳の配置は意識したもの、鉛筆立ての中の色鉛筆の配置は意識していないものです。人の記憶は毎日更新されますが、意識して見ることを繰り返すことにより記憶が定着します。良品限度見本による目合わせを定期的に行うのもこれと同じことです。

図表 1.6 日常生活での違和感察知のイメージ



限度見本の作製と訓練に関して、佐々木^[1]は以下のようなポイントを挙げています。

- ・「ここまでが良品」というものを作ってイメージアップすること（写真を使うなど）。
- ・最新の製品のサンプルであること。
- ・新人教育の座学ではいきなり限度見本ではなく、はっきり不良とわかるもので教育し、トレーニング前に作製した良品限度見本を使用すること。

（注）上記が全てではありません。

コラム2 ～まばたき(瞬目)に隠されたヒミツ?～

まばたき(瞬目)には以下の3種類があります。

反射性瞬目：強い光が目に入った時など外からの刺激により起こるまばたき

随意性瞬目：意識的に行うウインクのようなまばたき

自発性瞬目：無意識に行うまばたき(まばたきの大半を占め、およそ3秒に1回)

このうち自発性瞬目は眼球の表面を涙で潤すための重要な役割を担っていますが、瞬目率(単位時間あたりの瞬目の回数)に関して、眼球の湿潤度との関係、精神状態(感情、興味、課題遂行等※)や健康状態との関係など、これまで様々な研究が行われてきました。

10年ほど前から自発性瞬目のタイミングに着目した研究が行われ、人は無意識に環境の中から最適な情報のまとまりを見つけ、その切れ目で瞬目を行っていることが判りました(T. Nakano, Proc. R. Soc. B 2009)⁶⁾。さらに瞬目と脳内ネットワークの活動との関係に関する研究が行われ、瞬目の瞬間、一時的にデフォルトモードネットワークと注意のネットワークの交替が起きていることが判りました。これは、瞬目が注意を解除し情報のまとまりをつくる働きを担っていることを示唆するものでした(T. Nakano, PNAS, 2013)⁷⁾。

「1. 7最新の脳科学研究からわかってきた中心視・周辺視と脳内ネットワークとの関係」(p15)では、この研究結果も参考にして、周辺視の活性化と動作のチャンク化(要素的動作の小さなまとまりをつくること)、デフォルトモードネットワークおよび瞬目の関係を考察しています。

講師の発話の流れから、ある意味を区切る
(情報のまとまりを見つける:チャンク化)

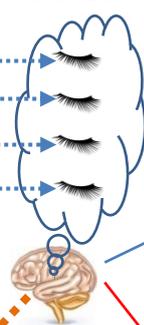
拡大鏡を使うと、
照度が2000ルクスを超えます。
また、リング灯は影ができないので、
キスが見えにくくなります



講義する佐々木^[1]



まばたき



大脳新皮質の7つの主要なネットワーク

- ・前頭-頭頂ネットワーク
- ・背側注意ネットワーク
- ・顕著性ネットワーク
- ・デフォルトモードネットワーク(DMN)
- ・辺縁系ネットワーク
- ・視覚ネットワーク



●デフォルトモードネットワーク(DMN)

過去を回想する時や何かを想像する時など内的な情報処理に関わる脳領域



まばたきで切り替わる

●注意の神経ネットワーク

自発的にどこに注意を向けるか制御している脳領域

※視覚課題では、自発性瞬目が抑制されます。次ページの、「の」の字テストで体験できます。

「の」の字テスト

以下の文章は、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⁸⁾の一部を抜粋したものです。この文章中に「の」の字が何個あるか、30秒以内に探し出して下さい。

手や指は使わずに目だけを使ってください。その間、自分のまばたきの状態と目の動きを他の人に観察してもらってください。

なお、本節では、機器・技術の普及と技術革新による自動化促進および人による検査の効率化の二つについて、それぞれの支援策を示した。企業アンケートで明らかになったように、自動検査と人による検査は互いに補完し合う関係が望ましいと考える企業が大半を占めているが、効果的にそれぞれの長所を活かし、また、短所を補うことができる検査工程を構築するためには、自動化システムの検討と同時に、人による検査の長所が最大限発揮できるよう検査環境の改善を図っていくことが重要である。そのためには、自動化と人による検査の改善を個別に扱うのではなく、両面から総合的に検討を行うための支援体制をつくる必要がある。さらには、ビッグデータの活用やI・Tの進展に遅れることなく対応していくため、検査結果の数値化やデータのさらなる活用について、情報通信、情報処理の分野でも企業を支援していくことが望まれる。

30秒の間に私たちはおよそ10回のまばたきをしています。「の」の字を探している間、瞬きを何回していましたか。回数がずいぶん減っていたのではないのでしょうか。また、目の動きは1行ごとに文字を辿る「走査眼球運動」になっていませんか。見ることに集中して不良を探す目視検査をすると、これと同じ状態になります。

「の」の字テストは、抽出能力を確認するために古くから使われていた検査員の適正検査の1つですが、人にとっては大変過酷なテストです。また、検査の訓練にはなりません。



正解は17個

[参考文献]

中野珠美 生理心理学と精神生理学 31(1) 19-26, 2013 「瞬きにより明らかになったデフォルト・モード・ネットワークの新たな役割」

中野珠美 生命誌ジャーナル 82号, 2014 「RESEARCH まばたきは何のためにするのか? 脳の情報処理とまばたきの関係を見る」

1. 6 周辺視が働きだす条件と周辺視によって生みだされるリズム・運動学習

ここでもう一度、1998年に周辺視目視検査法が開発された経緯を振り返ってみたいと思います。「中国進出を機に行った生産性倍増とその維持活動の事例」(石井博美、佐々木章雄)⁹⁾では、最初に、ハードディスクのHGA(Head Gimbal Assembly=磁気ヘッドとサスペンションの組立部品)の組立ラインの生産性倍増を図るために、次の作業改善を行っていました。

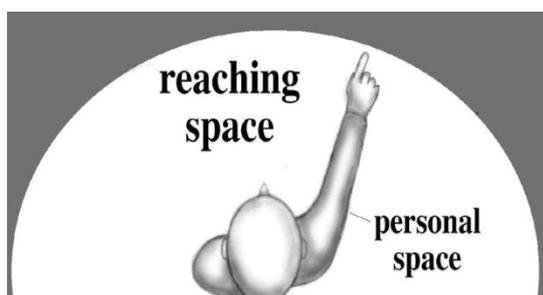
- 組立作業の要素動作を洗い出し、MTM法(Methods-time measurement)によってサイクルタイムを6.5秒と設定する。これは1日に4,500回の単純な繰り返し作業になることから、この繰り返し作業に検査員が容易に耐える作業動作を検討し、検査作業は肩と腕を引き上げず、肘を中心とした前腕のみの動作で作業を完結させる。
- この作業を可能にするために、作業機の高さ、幅、奥行きを検査員の体格に合わせて適正化を図る作業環境の整備を行う。

実は、この作業環境の整備の考え方こそが、目視検査では周辺視が働きだす条件だったので。

腕を伸ばして届く範囲内の空間は特別の意味を持っています。特に顔や目の周囲の空間は、そこに何か突然に飛び込んで来れば反射的に手で追い払い、瞼は反射的に閉じます。社会的な関係においても重要で、この空間に見知らぬ人が入り込んでくると後ずさりしたり、顔をしかめるなどの反応が起こるでしょう。ですから相手との友好性を確認するためには、握手がちょうどよい距離になります。逆に非常に親しくなれば、互いにハグしその親密さを確認します。この空間をpersonal spaceあるいはperi-personal space(自己周囲空間)と呼びます。この空間が“膨張”した状態が閉所恐怖症であると考えられています。

実は、この空間では周辺視の感度が上がっていることが知られています。特に腕や手先で物体を操作することに合わせて物の見え方が変わります。すなわち、腕を伸ばしてつかむという動作の場合、対象の物体がつかみやすいように腕の伸ばし方、手首の向き、指の伸ばし方が調整されます。同時に、前頭野から視覚野にフィードバックがかかり、対象のつかみやすい形状の特徴を識別しやすいように、視覚野の特定の神経の活動が活性化されます。

図表 1.7 自己周囲空間 (personal space あるいは peri-personal space)



腕を伸ばして届く範囲内の空間

- ・この空間では周辺視の感度が上がっている。

この空間の中でも、肩の力を抜き、腕を自然に下げた状態にして前腕を作業台上で旋回して体正面部分で腕が交差する区域を「正常作業域内」と呼びます。

- ・作業台上で前腕が浮いた状態のため、一見疲労を招きそうですが、肘が体を離れない限りこれが原因で疲労することはありません。

対象物の特徴を識別する機能は周辺視野で顕著ですので、検査製品を中心視で見ることなく、ブラインドタッチで、製品に腕を伸ばし、つかみ、そして目の前に持ってくるという動作が可能です。次いで、「感察」により違和感がなければ、製品を反対の手で持って終了ポジションに置きます。その時、もう一方の腕と手はブラインドで次の製品にアプローチしています。このサイクルは途切れることなく滑らかであり、リズムを作ります。

興味深いのは、同じ動作の繰り返しは、自然に要素的動作の小さなまとまり（チャンク）ができ、その結果、動作は安定化します。運動学習におけるチャンク化の研究によるとチャンク化は自然に生じ、同じ一連の動作であっても、どのようにチャンク化するかは人によります（K. Sakai, *TRENDS in Cognitive Sciences*, 2004）¹⁰。しかし、ひとたびチャンク化が生じると安定です。それは、動作をチャンクレベルにバラバラにし、チャンクの順番を変えて運動学習をすると、速やかに早いリズムが生まれますが、チャンク内で動作を分断してしまうと、再学習にははるかに時間がかかることからわかります。

この学習は小脳で起こります（M. Desmurget, *Nature Neuroscience*, 1999）¹¹。この研究は実験室でのことですが、目視検査においても習熟により要素動作のチャンク化が出来た人は、小脳での運動学習が成立しているために、大脳が主に関与する初期の運動学習とは異なり意識しない自動的な運動になっていると思われれます。もし、検査員の要素動作に無駄があったり、環境要因により注意がそれたりすれば、チャンク化が起らずリズムも生まれないと考えられます。

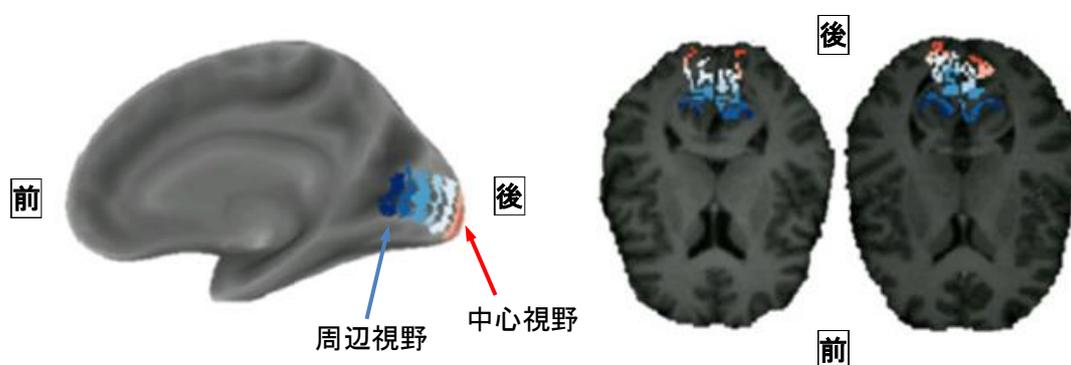
以上のように、自己周囲空間内での作業により、周辺視が活性化し、一連の動作がブラインドタッチで遂行されリズムが生じます。このリズム運動は小脳学習として行われ、自動化します。従って周辺視目視検査法は、大脳生理学的に疲れず、非常に身体合理性のある検査方法だと言えます。

1. 7 最新の脳科学研究からわかってきた中心視・周辺視と脳内ネットワークの関係

脳の中には様々なネットワークがありますが、近年提唱されているものにタスクポジティブネットワークとタスクネガティブネットワーク（「デフォルトモードネットワーク」とも呼ばれる）というものがあります。前者は、タスク（仕事）をしている時に活動が活発化するネットワークです。後者は逆に、タスクをしている時には活動が低下しますが、安静にしてリラックスしている時などに活動が活発化するネットワークです。最新の脳科学研究により、中心視・周辺視と脳内ネットワークの関係、また、コラム2で紹介した自発性瞬目と脳内ネットワークの関係が次第に明らかになってきました。

ここでは、視覚野における周辺視野の投射部位が上記の「デフォルトモードネットワーク」との機能的接続が強いことを述べます（J.C. Griffis, NeuroImage, 2017）¹²⁾。

図表 1.8 1次視覚野における中心—周辺視野マップ



※ 参考文献¹²⁾ J.C. Griffis, NeuroImage, 2017 をもとに作成

視覚野は網膜の2次元的な配置をそのまま引き延ばした2次元マップになっています。視覚野の一番後ろ側が中心視野に対応し、順に前方に向かって周辺視野に対応します（図表1.8の赤から青への変化が中心視野—周辺視野に対応する）。それぞれの視野の受容野と脳のどの部位との機能的なつながりが強いかが安静時の脳血流変化によって解析されました。その結果、中心視野は先に述べた背側路と、周辺視野はデフォルトモードネットワークと強いつながりが見つかりました。中間の領域は「顕著性ネットワーク」と呼ばれる、背側路とデフォルトモードネットワークの切り替えに関わるネットワークです。

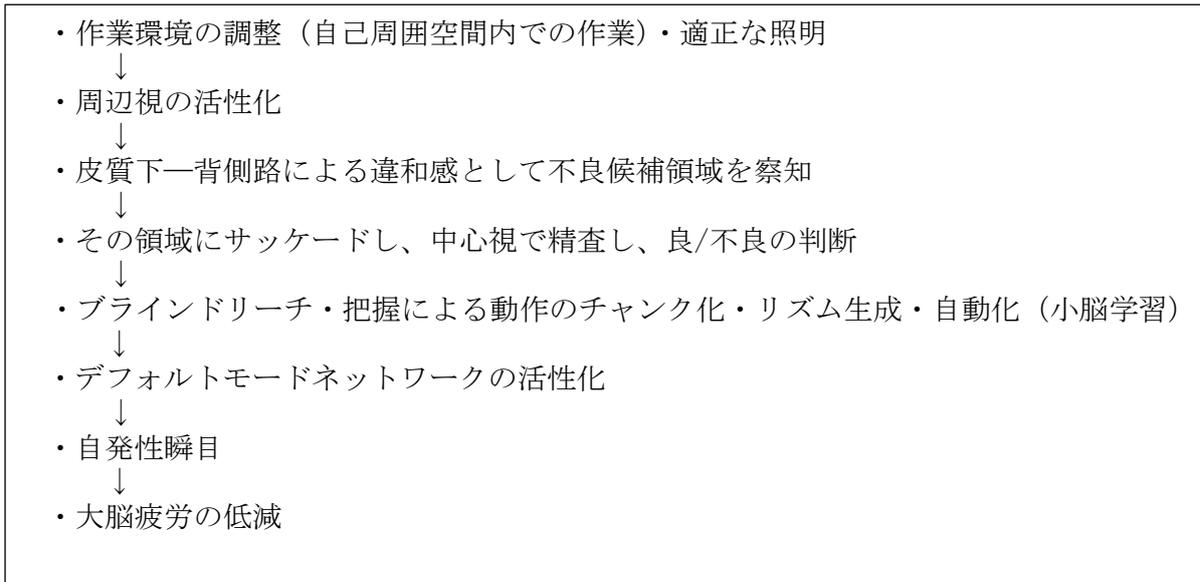
この結果は、中心視は意図的な注視と動きをつなげる働きをしているのに対し、周辺視は皮質下の受動的「気づき」と自動化された動作に関連が深いことを示唆しています。

またこの結果は、周辺視目視検査法が疲れることなく、しかも見逃し率がゼロである時には、自発性瞬目がリズムよく出現することとも対応します。すなわち、コラム2で紹介した研究により自発性瞬目とデフォルトモードネットワークの関連性が明らかとなり、デフォルトモードネットワークの活性化と自発性瞬目は発話の意味のチャンク化（一連の発話は複数の意味の連なりからなりますが、発話の流れからある意味を区切ることを意味のチャンク化と呼びます）に同期することが示唆されています（T. Nakano, PNAS, 2013）⁷⁾。動作のチャンク化も同様なメカニズムで起こっているとすると、動作の区切りに自発性瞬

目が起こり、その時、デフォルトモードネットワークが活性化していると解釈できます。周辺視が活性化していれば、この状態が実現しやすいと思われます。

安静時に中心視野と背側路との機能的結合が高いという知見が、目視検査時にも正しいとすると、目視検査において中心視がメインになっている場合には、背側路の中心視野機能が活性化し、一方でデフォルトモードネットワークは抑制されるために、デフォルトモードネットワークにつながっている周辺視野の機能も抑制される可能性を示しています。周辺視と中心視の速やかな切り替えが重要なことは、この点からも支持されます。

まとめると、以下のような好循環が起こっていると思われます。



1. 8 まとめ ー周辺視目視検査法の理解のポイントー

■周辺視目視検査法は、訓練によって新たな機能(能力)を獲得しようとするものではなく、人間が本来持っている機能を活かす検査法です。

◇視覚方法の変更

- 中心視(焦点視) → 周辺視
- 凝視 → 瞬間視
- 滑動性眼球運動 → 衝動性眼球運動

◇検査方法の違い

- 不良を探す → 良品を確認する

◇リズムカルな動作の必要性

- 据え置き(腕や肘の固定等) → リズムカルな動き

図表 1.9 従来の目視検査の指導と対応する人の機能等

指導内容	人の機能等
よく見ることが重要	中心視
明るいほど検出しやすい	
目は製品に平行になるようにする	
製品がぶれないように固定する	
検査結果をフィードバックして注意を促す	精神的負荷
下限標準時間を設定	
検査業務を1人で完結	リズムの障害
顕微鏡や拡大鏡を使用する時は腕・肘を作業台に固定する	
適性検査による検査員の選別	不良を探す検査
検査仕様書の基準値の整理と記憶	
不良見本による訓練	

■周辺視目視検査法は、周辺視のみを使った検査法ではありません。

(違和感と精査を担う2つの視覚的認知機能をリズムカルに切り替えて効果的に活用)

◇周辺視による違和感で1次スクリーニング

◇意図的なサッケードにより違和感のあった場所を中心視で精査

◇違和感ー精査のリズムカルな切替えで自然な「感察」のリズムを維持

■周辺視目視検査法は、大脳生理学的に疲れず、非常に身体合理性のある検査法です。

◇自己周囲空間内での作業と適正な(明るすぎない)照明により周辺視が活性化し、一連の動作がブラインドタッチで遂行されリズムが生じます。

◇同じ動作の繰り返しは自然に要素動作の小さなまとまり(チャンク)ができ、動作が安定化します。

◇リズム運動は小脳学習として行われ、自動化します。

◇要素動作の無駄、環境要因による注意の逸れはチャンク化・リズムの自然な発生を阻害します。

コラム3 ～常に動き続けている目～「マイクロサッケード」

眼球の動かし方には、「滑動性眼球運動」「走査眼球運動」「衝動性眼球運動」の3つがあることは既に説明しましたが、私たちの目は視線が同じ場所にとどまっている時にも常に動き続けています。この目の動きは固視微動と呼ばれています。意識した動きではないため自分では気付きにくいのですが、エニグマ錯視と呼ばれる下の絵を見ると実感できます。絵が動いて見えるのは固視微動によるものです。

固視微動はさらに動きの特徴により3種類に分類されています。直線的に比較的大きく速く動くマイクロサッケード、波状に大きくゆっくり動くドリフト、ドリフトの動きに重なってジグザグ状に動くトレモアと呼ばれるものです。

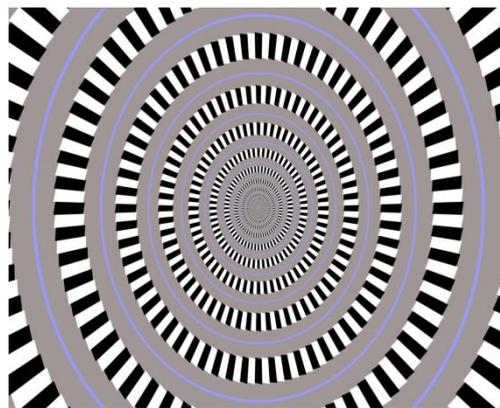
では、どうしてこのような目の動きがあるのでしょうか。3種類の固視微動のうちマイクロサッケードは、従来、固視による視覚情報の減弱を補償するためのものであり、不随意的でランダムな動きをするものと理解されていました。

しかし、訓練を積むとマイクロサッケードを数秒間抑制できること、それでも中心視でとらえた対象物は見えていることからその生理的機能が疑問視され、「進化の謎」とまで言われていました。

10年ほど前に、マイクロサッケードの抑制と周辺視における「見え」の消失の因果関係が示され (S. Martinez-Conde, Neuron, 2006)、マイクロサッケードは視覚認知において重要な機能をもっていることが明らかになりました。周辺視目視との関係では、中心視で見つめてしまうとマイクロサッケードが抑制され(動きが小さく遅くなり)、中心視の範囲はよく見えていますが、周辺視が抑制されてしまうため、見逃しが増え、リズムも崩れ、ドライアイなどの症状が出やすくなります。

周辺視目視検査法を身につけたベテラン検査員の目の動きを注意深く観察すると、マイクロサッケードが顕著に現れていることがわかります。

チラチラと動いて見える



出展：ウイキペディア JP

■注視するとマイクロサッケードが弱くなり、周辺視野の知覚が消失します。

～マイクロサッケードと視覚能力の関係を直接計測する実験：パロー神経学研究所(アメリカ)～
(S. Martinez-Conde, 日経サイエンス, 2007)

パソコン画面で、中央に小さなスポット光を、視野周辺にあたる場所に静止した標的を表示し、スポット光を凝視しながら視野周辺の標的が見えなくなる時と、見える時のマイクロサッケードの状態を高精度ビデオで計測しました。(スポット光を注視していると、ある時点で標的が見えなくなり、注視が弱くなると再び標的が見えるようになります。トロクスラー現象※)

その結果、マイクロサッケードは、標的が消えて見えなくなる直前に頻度が下がり、動きは小さく、ゆっくりになることが判りました。

トロクスラー テスト

この絵を目から 30cm ぐらい離して、水色の大きな円を意識しながら、中央の小さな黒い丸に視点を固定してじっと見つめて下さい。すると水色の円が徐々に消えて見えなくなります。少しでも目が動くと（注視が弱まると）、水色の円がまた見えてきます。



スイスの医師であり哲学者でもあったイグナツ・パウル・ヴィタリス・トロクスラー（1780年-1866年）は、1804年、あるものをじっと見つめていると視野の周辺部にある静止した画像が消えて見えなくなることを発見しました。

〔参考文献〕

- S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, X.G. Troncoso, T.A. Dyar, (2006), Microsaccades Counteract Visual Fading during Fixation, *Neuron*, 49, 297-305.
S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, (阪口豊訳), (2007), 目の動きから心が見える, *日経サイエンス* 2007年11月号, 20-29. (S. Martinez-Conde, (2006), Fixational Eye Movements in Normal and Pathological Vision, *Progress in Brain Research*, 154, 151-176.)

2. 導入した場合どのような効果がありますか。具体的に教えてください。

周辺視目視検査法は、佐々木^{〔1〕}らが日本IBMに在職中に開発した検査法であることはすでに述べましたが、具体的な効果の紹介に入る前に、本検査法が開発された当時の背景⁹⁾を振り返りながら、現在、企業が抱えている目視検査の問題を考察してみたいと思います。

2. 1 周辺視目視検査法開発の背景と企業が抱える目視検査の問題について

日本IBM藤沢工場では1980年代にパソコン用ハードディスク（HDD）の設計・製造が開始されましたが、1990年代に入って世界中のHDD需要は急速に伸び、総出荷量の伸びは年率20%にも達していました。一方、HDD1台あたりの単価は需要の伸びに反比例して年率20%で下がっており、IBM藤沢工場のみならず業界あげて毎年コスト削減に取り組まなければならない環境におかれていました。

製品の検査としてHDDの電子特性を見るための機能検査は機械化されていましたが、異物の付着や磁気ヘッドの傷は人による外観検査が中心で全数検査されていました。（HDDは顧客の貴重なノウハウやデータを保存するものであるため抜き取り検査のみで済ませることはできません。）

このような状況の中、藤沢工場でも組み立てラインについては生産性向上のために懸命な努力が重ねられていましたが、人が行う検査に関しては手がつけられていませんでした。とりわけ佐々木らを悩ませていたのがHDDの重要部品のひとつである磁気ヘッド（HGA）の検査でした。HGAはHDD1台あたり複数個使用するためHDD本体以上に生産量が急激に伸びており、検査に関する技術的な要求も要素技術のレベルが高まるにつれて年々厳しくなっており、それだけでも人員増加になっていました。1997年の段階で3年後の国内外の工場の検査員の数は2000人を超えることが計画されていました。

これほどの人数になると様々な問題が発生しますが、中でも国内外の工場の検査員を同じスキル・レベルに保つことが不可能に近いという最も大きな問題と、検査員の習熟期間と教育訓練の問題に直面することになります。これを解決するために目視検査の大幅な生産性向上に挑戦（ブレイクスルー）する必要性がありました。この挑戦により、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たことはすでに述べたとおりです。

図表 2.1 HDD内部構造とHGAの目視検査の風景



佐々木は当時を振り返り、目視検査に悩んでいる程度であればこのようなブレイクスルーには挑戦しなかったと述べていますが、後述するように周辺視目視検査法は、その後、検査員の健康改善にも効果を発揮していることがわかりました。昨今、人手不足が深刻化していますが、従来と変わらない過酷な検査を強いられる職場と健康にも十分配慮した指導が受けられる職場とでは雇用とその継続に大きな差が出るのではないのでしょうか。生産性の大幅な改善が必要でないケースにおいても本検査法の導入を検討する余地は十分にあります。

「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」⁸⁾では、人による検査の現状と課題にも焦点をあてましたが、企業ヒアリングでは、検査員の確保を課題とする以下のような声が聞かれました。

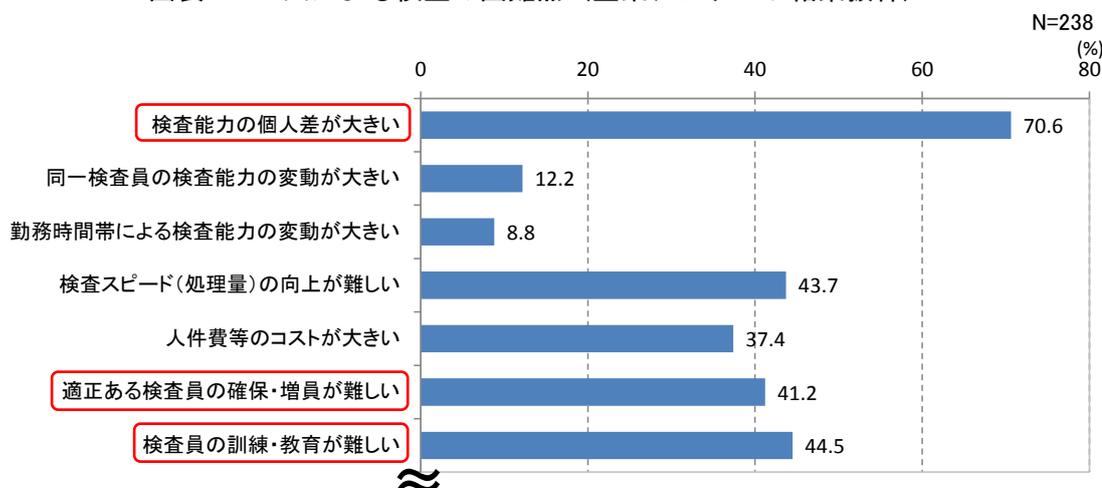
〔区分：検査員の確保・訓練〕ヒアリング結果抜粋

- ・現在、目視検査の現場では大勢の外国人が入ってきているが、そのほとんどはパート勤務であり定着率の悪さが問題になっている。パート勤務では日本人の定着率も決してよくない。
- ・パート採用が多いため入れ替わりが多い。最近では1～2年で入れ替わり、3年間で半数は替わった。
- ・検査の管理者や中堅・ベテラン検査員の確保が課題となっている。

佐々木らが直面した、多人数の検査員を抱えることによって生じる検査員のスキル・レベルを一定に保つことが困難であるという問題および検査員の習熟期間と教育訓練の問題は、上記のように検査員の定着率が悪いという状況にもそのまま当てはまるのではないのでしょうか。

また、上記調査の企業アンケートでは図表 2.2 に示すとおり、多くの企業が人による検査の困難点として、検査能力の個人差が大きいこと、検査員の確保・増員が困難であること、教育・訓練が難しいことを挙げており、多くの企業が抱える共通の問題であると言えます。

図表 2.2 人による検査の困難点（企業アンケート結果抜粋）



2. 2 国内での比較的新しい事例

さて、周辺視目視検査法の導入により、どのような効果が得られているのでしょうか。国内における導入事例をもとに具体的な効果を以下に紹介します。

香川大学工学部の石井^[2]らは、香川大学地域振興プログラムの一環で2010年2月に佐々木^[1]を招聘して県内のものづくり企業6社を対象とした目視検査の改善指導を実施しました。6社で2日間という極めて短時間の現場指導でしたが、そのうちの幾つかの企業はその後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ました。これらの企業の取組みの中から事例のひとつを紹介します。国内の事例としてはデータが公開されている貴重な事例^[3]です。

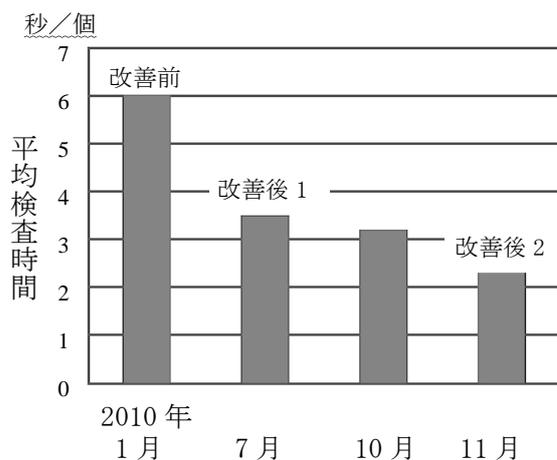
【概要】 2010年当時

項目	内容
検査対象製品	円筒状カーボン製品（NC加工品）
検査項目	外面、内面、両端面の、きず、むしれ、欠け、割れ等
検査方法	蛍光灯下（直接光）での肉眼による目視検査
改善のポイント	1. 机上の照度の変更（3,000 lx → 1,500 lx） 2. 視野の拡大（中心視から周辺視への誘導） 3. 検査用治具および治具のハンドリング動作改善（リズムの誘導）
改善効果	1. 検査時間の短縮（約1/3） 2. 作業動作・姿勢の最適化 3. 健康改善（目の疲れ・かすみ、肩こりの解消） 4. 検査時間短縮による多機能化（他の作業との掛け持ち）

2. 2. 1 検査時間の短縮

図表 2.3 は、製品 1 個当たりの検査時間の推移です。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を図ることができています。なお、不良の見逃しは発生していませんでした。

図表 2.3 検査時間の短縮



(注)

- ・改善後 1 は、従来どおりの座位のままでの検査時間
- ・改善後 2 は、座位から立位へ変更した後の検査時間（動きを伴う立ち作業）

2. 2. 2 作業動作・作業姿勢の最適化

(1) 改善前

図表 2.4(a)は改善前の検査の様子です。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ます。また、直管の蛍光灯を頭のすぐ上まで近づけていました（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した。

(2) 指導中

図表 2.4(b)は佐々木による現場指導の様子です。指導では、まず、蛍光灯の高さを高くし、机上の照度を1,500 lxに下げること、次に、視野を広げて治具全体を見ること、最後に治具を傾げる際に、ぱっぱとリズムをとることが指示されました。この指導による効果は5分も経たないうちに現れました。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ましたが、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察知できていることを、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ました。同時に、検査中の体の姿勢も大きく変化しました。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ります。ほんの数分間の出来事でした。

(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、治具を改良して図表 2.4(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ました。さらに、座位から立位の検査（図表 2.4(d)）に変更し、さらなる効率化を図りました。この立位への変更には大きな理由があります。検査効率上がり、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ました。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変更したのです。

ここで注意を要するのは、ほとんど動かない立ち作業は足の血流（体の上部へ戻る血流）を悪くし、心臓に大きな負担をかけるということです。この事例では部品の準備・後始末を行う時にステップを踏むことで足の動きをつくり、うまく血流の悪化を防ぐことができます。

図表 2.4 作業動作・作業姿勢の最適化



(a) 改善前

- ・蛍光灯が頭の真上
- ・机上の照度は 3,000lx
- ・1列×7個の製品をセットできる治具を使用
- ・治具を前後左右に緩やかに傾けながら検査
- ・椅子に座って検査



(b) 指導中

- ・机上の照度が 1,500lx になるように蛍光灯の位置を変更
- ・目と製品の距離を大きくした(視野を拡大)
- これに伴い背筋が伸び、頭部の前傾も小さくなった
- ・治具を傾ける際にばっばとリズムをつけながら検査
- ・治具、座位に変更なし



(c) 改善後1

- ・治具を改良
1列×7個から4列×11個
- ・治具ごと左右にスライド
- ・座位に変更なし



(d) 改善後2

- ・立ち作業に変更
- 上体を大きく動かす際にステップ(足位置を変えること)により腰の負担を軽減

2. 2. 3 健康状態の変化

図表 2.5 は、導入の半年後に実施した 2 名の検査員に対する健康に関するヒアリングの結果です。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りました。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ます。眼の異常な疲れが肩凝りの原因であるとの報告もあります(松尾[2008])¹⁴⁾。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ます。

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ます。

図表 2.5 検査員の健康に関するヒアリング結果

	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	肩こりがひどい (月 2 回通院)	肩こりが改善 (通院なし)	肩こりがひどく、 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

人は通常、3秒に1回程度「瞬き」をしています。読書やパソコン・携帯電話の操作時（VDT作業時）には、瞬きが少なくなることはよく知られています。瞬きは角膜を刺激して涙腺からの涙の分泌を促し、涙の層を常にフレッシュに維持する働きがあります。涙は、目の角膜、結膜に栄養を補給したり、細菌の侵入を防いだりしていますが、瞬きの回数が少なくなると涙の蒸発が進み涙の膜に穴が開き（ドライアイ）、角膜、結膜が露出することで疾患に発展する危険性があります。

目視検査においても集中して不良を探す中心視の見方になると、意識的に注意を喚起することによる前頭連合野→視覚野への信号や交感神経の活性化などにより、瞬きの回数は読書やVDT作業時以上に少なくなります。一方、周辺視目視検査法を身に付けると、注意は皮質下の、意識しない不随意的なものに変わり、交感神経に偏った状態でなくなることなどの理由により瞬きの回数は通常状態とほぼ変わらなくなります。

この事例の検査員2名はいずれも改善前に目の疲れやドライアイの症状を抱えていましたが、これが改善されています。

コラム 4 ～胃の調子が悪いのに異常が見つからない！？～

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^[3]が「目視検査改善キャラバン」をスタートさせたきっかけは、同研究会の委員でもある佐々木^[1]が、周辺視目視検査法の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でした。

同キャラバンでは、検査員の健康状態を把握するため医療の分野で広く活用されている3種類の問診票を使用していますが、そのうちの1つが「Fスケール問診票」^{*}です。この問診票は、逆流性食道炎と「機能性ディスペプシア」という2つの胃腸症の有無を推定するために用いられるものです。「機能性ディスペプシア」は胃や十二指腸の運動不全が原因で、胃もたれや胃の痛みがあるのに内視鏡検査などをしても原因となる異常が見つからない病気です^{**}。

同じような症状に悩んでいる方はいませんか？ここでは、この問診票の使い方を紹介しますので、自己診断してみてください。

Fスケール問診票

以下の質問にあてはまる症状がある場合、記入欄の数字（スケール）に○をつけて下さい。

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？	①	1	2	3	4	
3	食事をした後に胃が重苦しい(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？	①	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(ヒリヒリ)がありますか？	①	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？	①	1	2	3	4	
10	苦い水(胃酸)が上がってくることがありますか？	①	1	2	3	4	
11	ゲップがよくでますか？	0	①	2	3	4	
12	前かがみをすると胸やけがしますか？	①	1	2	3	4	
その他、気になる症状があれば記入してください。							
		各列合計点数	0	5	2	0	0
		① 総合計点数	7				
① 運動不全(もたれ)症状: 2+3+5+8+11の合計点数		4					

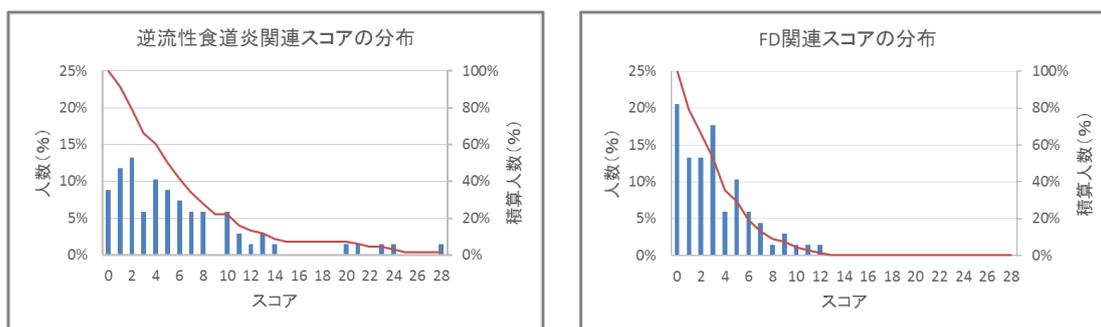
① 総合計点数は、逆流性食道炎の有無を推定する数値です。点数が8点以上の人は、**逆流性食道炎の可能性が60%あります。(記入例では7点 → 非該当)**

② 運動不全(もたれ)症状の合計点数は、「**機能性ディスペプシア**」の有無を推定する数値です。**1点以上ある場合は疑いがあります。(記入例では4点 → 該当)**

※この問診票は、2004年に群馬大学医学部付属病院の草野元康 臨床教授を中心に作成されたものです。

※菅野健太郎(2014). 機能性消化管疾患 診療ガイドライン 2014 -機能性ディスペプシア(FD). 日本消化器病学会, 南江堂, 東京

下図は、ある企業で実施したFスケール問診票による健康状態確認結果の事例です。職場によっては逆流性食道炎の可能性のある人が60%を超えるケースもありました。



※積算人数：最高スコアから積算した人数（茶色のライン）、スコアが高いほど症状が重いことを示しています。

■機能性ディスぺプシア（FD：functional dyspepsia）とは・・・

- ・上腹部を中心に、むかつき、胃痛、胃もたれ、早期満腹感などの症状が慢性的に続く疾患
- ・日常生活に支障をきたしているにもかかわらず、上部消化管内視鏡検査では明らかな異常所見が認められない
- ・診断が難しい
- ・消化管の運動機能以上、内臓知覚過敏、ストレス負荷などが原因といわれている
- ・日本人の10～20%はこのような慢性的な不快な症状を経験

過度のストレスにより胃の調子が悪くなったことを経験した人は少なくないと思います。目視検査は基本的に1人作業であり、1日中、不良を見逃がさないように集中して継続するのは過酷な作業です。これが毎日続くと作業を行うこと自体が相当なストレスとなり、さらに検査結果のフィードバックとしての注意喚起や下限標準時間の設定等によるプレッシャーもかかり続けます。

また、胃の不調の原因として過度なストレスの他にビタミンAの不足も考えられます。ビタミンAは視覚・聴覚の機能維持、成長促進、皮膚や粘膜などの上皮組織の正常維持等に関与するとされていますので、慢性的なビタミンAの不足が肌や胃の粘膜の荒れを引き起こす可能性があります。

検査員の健康という観点でいえば、検査員を悩ませる症状の代表が目の疲れでしょう。目が疲れることから栄養機能食品や健康食品によりビタミンAを摂取している人が見受けられますが、過剰摂取による健康障害も起こりますので注意が必要です。栄養機能食品や「いわゆる健康食品」には、厚生労働省の基準・指針に基づく注意喚起表示や摂取目安量が表示されていますので、必ずこれを守ってください。

ビタミンAの栄養機能表示と注意喚起表示

	栄養機能表示	注意喚起表示
ビタミンA	ビタミンAは、夜間の視力の維持を助ける栄養素です。 ビタミンAは、皮膚や粘膜の健康維持を助ける栄養素です。	本品は、多量摂取により疾病が治癒したり、より健康が増進するものではありません。1日の摂取目安量を守ってください。妊娠3ヶ月以内又は妊娠を希望する女性は過剰摂取にならないよう注意してください。

(栄養機能食品の表示に関する基準より抜粋)

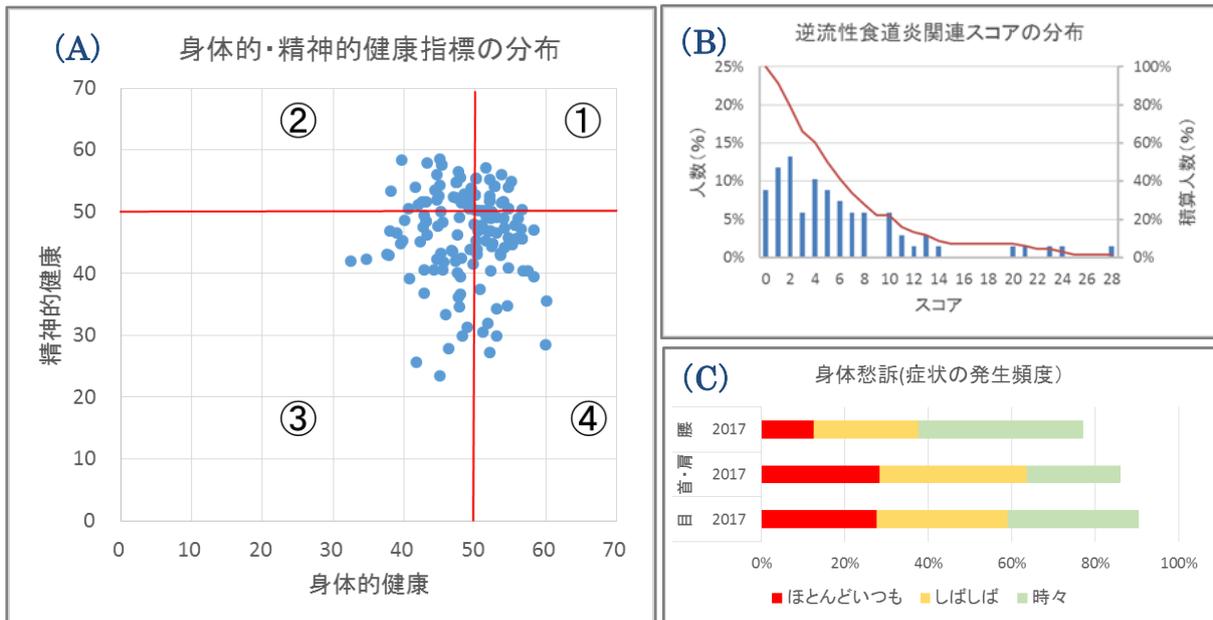
2. 3 検査員の健康改善の効果を定量的に把握するための取組み

感察工学研究会^[3]は、2015年5月から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、図表 2.6 に示す「目視検査改善キャラバン」をスタートさせました。

図表 2.6 目視検査改善キャラバンの活動内容

目的	①周辺視目視検査法の普及と検査員の健康改善を図る
	②検査員の健康状態の変化の定量評価法を確立する
活動内容	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。また、作業方法や作業環境についてのアドバイスも行う。
	②調査研究として、次の2つの調査を実施する。 ・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（さらにその後も継続的に）の間診票による調査を行う。 ・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。

以下に問診票から得られる結果の一部の例を示します。

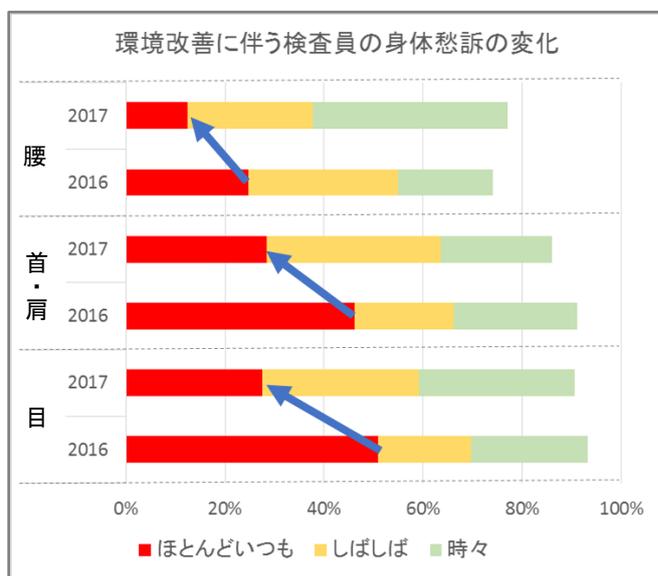


(A) 身体的・精神的健康指標の分布：国内外で広く使用されている健康関連問診票 SF8 から算出される検査員各人の身体的健康指標を横軸、精神的健康指標を縦軸にプロットしたものがこのグラフです。身体的健康および精神的健康の指標はどちらも 50 が日本人の標準値となるよう設定されており、この数値が大きいほど健康状態が良いことを示しています。グラフに示す①②③④の4つの象限（標準値 50 の縦線・横線で仕切られた4つのエリア）について、①の場合が身体的にも精神的にも健康状態が標準以上、③の場合がどちらの健康状態も標準以下であることを示しています。組織全体として①のエリアに入る検査員の数が増えるよう、各人においてはどちらの指標の数値も現状より高くするよう、健康改善を進めることが望まれます。

(B) 逆流性食道炎関連スコアの分布：コラム4に示すFスケール問診票について各人の全てのスコアの総和を横軸としたときの人数分布を表しています。スコアが高いほど症状が重いこととなります。茶色のラインは最高スコアから積算した人数の割合を示しており、例えば、“スコア8点以上の人数はこの組織では25%程度”ということがこのグラフからわかります。

(C) 身体愁訴（症状の発生頻度）：図表3.2（p32）に示す職業性ストレス簡易調査票から得られる結果の一部です。腰が痛い、肩・首筋がこる、目が疲れる、といった身体の症状についての最近1カ月の発生頻度（ほとんどいつも、しばしば、時々、ほとんどない）について、その人数分布を示しています。これまでの調査でどの企業においてもこの3種類の症状の発生頻度は共通して高い傾向にあります（“ほとんどいつも”から“時々”を合わせて全体のおよそ7割から9割を占めています）。そこで、同研究会ではこの3種類を「検査員の3大身体愁訴」と名付け、継続的な調査によりその変化を特に注目しています。

同研究会は、このキャラバンをこれまで3社で進めています。現場への周辺視目視検査法の導入は一朝一夕でできるものではありません。まず、周辺視目視検査が自然に無理なくできるような環境作りから始めることが必要となります。これまでに問診票調査により、キャラバン実施前と実施数カ月後での健康状態を比較した結果、改善傾向を確認することができました。ただし、これはまだ周辺視目視検査法自体の効果ではなく、そのための環境改善の効果によるものと考えられます。この一例を以下にご紹介します（周辺視目視検査法を完全に導入した効果については今後の報告をお待ちください）。



左図では、2016年（従来の状況）と2017年（周辺視目視検査導入のための環境改善が進みだした状況）において問診票調査を実施した結果のうちの3大身体愁訴の発生頻度に関する人数分布の変化を示しています。

最も症状が顕著である“ほとんどいつも”と回答した検査員の割合がどの愁訴においても低減していることがわかります。特に“目”に関しては“ほとんどいつも”が20%以上低減しています。

この間に行われた環境改善として、「一部照明を暗くした」ことが挙げられ、これが目の症状の改善につながった可能性があります。しかしながら、他の影響も考えられ、また一時的なものである可能性も否めないため、今後とも環境改善および周辺視目視検査法導入を進めながら継続的に調査を行っていく必要があります。

3. 何から始めればよいでしょうか

3. 1 組織的な改善活動

不良の見逃しや生産性が上がらない主な原因が検査員の適性や能力によるものであると考えて、個々の検査員への指導や努力に任せて終わりにするのではなく、「なぜ、不良が発見できなかったか」「なぜ、生産性が上がらないのか」組織的な改善活動として周辺視目視検査法の導入に取り組んでください。

3. 1. 1 経営者の理解

佐々木^[1]は周辺視目視検査法導入の指導を行った複数の企業について、導入効果と経営者の関心度との関係を分析しました。その結果、経営者の関心が高い企業ほど効果が大きいことが判りました。改善活動として本検査法を導入するためには、作業分析や照明器具・検査治具等の作業環境改善、検査員への教育などの人役・費用が発生します。これらは経営者の理解がなければ円滑に進めることができません。また、正規の従業員の削減と派遣・契約社員化は、かつてのように生産技術者と検査員が密接に連携して生産性向上・品質安定化に取り組む環境を大きく変化させています。さらに、昨今の健康経営への関心の高まりも念頭に置いておく必要があります。

経営者の方は、以上のことを踏まえて、生産性や品質だけでなく生産技術者と検査員の関係性や検査員の健康状態も含めて、今一度検査現場の実態に目を向けてください。

3. 1. 2 周辺視目視検査法導入のための改善活動のモデル

参考となる改善活動のモデルとして図表 3.1 の日立メタルプレジジョン安来事業所における取り組み¹⁵⁾を紹介します。2013年8月から周辺視目視検査法の導入に取り組み始め、佐々木^[1]による2度の改善指導を経て、改善効果が現れた事例です。

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を図ることができます。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す。図表 3.1にはこのような経験を踏まえ、導入・運用のポイントがまとめられています。

同社の例では、第1次の改善活動において指導を受けた代表チームの生産性は大幅に向上しましたが、手順の更なる改善と他のチームへの浸透を図るため2016年から第2次の改善活動に取り組みました。代表チームによる検査手順の検証や手順の動画作成等が行われ、他のチームに順次展開し、浸透させていきました。この事例が意味することは、検査員を含めて現場の担当者が周辺視目視検査法をしっかりと理解し、自信を持って検査を行える環境を構築することの重要性です。

図表 3.1 周辺視目視検査法導入のための改善活動の事例

	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を確認しておく。
	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 (製品を開店・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、製品を動かし検査するのが望ましい。
	周辺視の訓練	①周辺野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)	

3. 2 現状の把握

3. 2. 1 検査員の作業状況および検査員の健康状態の把握

(1) 検査員の動作と目の使い方（動き）の確認

周辺視目視検査法では、図表 1.1 (p1) に示したように従来の方法とは眼の使い方と作業動作が異なります。そこで、まず、検査現場で検査員の検査動作をよく観察して下さい。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下さい。判断するポイントは2つあります。

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す。すでに説明したとおり、人は不良箇所を見つけようと意識して見る時は中心視の見方となり、検査品を手で動かしている場合には、手の動きは止まります。凝視はじっと見つめる中心視の見方です。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ります。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、必然的に中心視の見方となります。不良を探す中心視の見方ではリズムカルな動作は現れません。

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す。自発性瞬目（無意識に行うまばたき）の頻度は、個人差がありますが1分間に20回程度です。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ます。

(2) 検査員の健康状態の確認

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でしょうか。中心視の見方で終日目視検査作業を行う業務が継続すると、眼は疲労し、睡眠をとっても疲労が回復しない眼精疲労の症状が現れます。眼精疲労では、眼の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ります。図表 3.2 は職業性ストレス簡易調査票¹⁶⁾の57項目から5項目抜粋したものです。コラム4で紹介したFスケール問診票や本表を使って検査員に自己点検してもらい、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ください。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す。

図表 3.2 職業性ストレス簡易調査票の一部抜粋

B 最近1か月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 つ た ど	ほ と ん だ ど	あ つ き た ど き	あ し ば た し ば	い ほ も ん ど あ つ 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	

3. 2. 2 導入現場の絞り込みと効果測定のための現状把握（検査動作分析について）

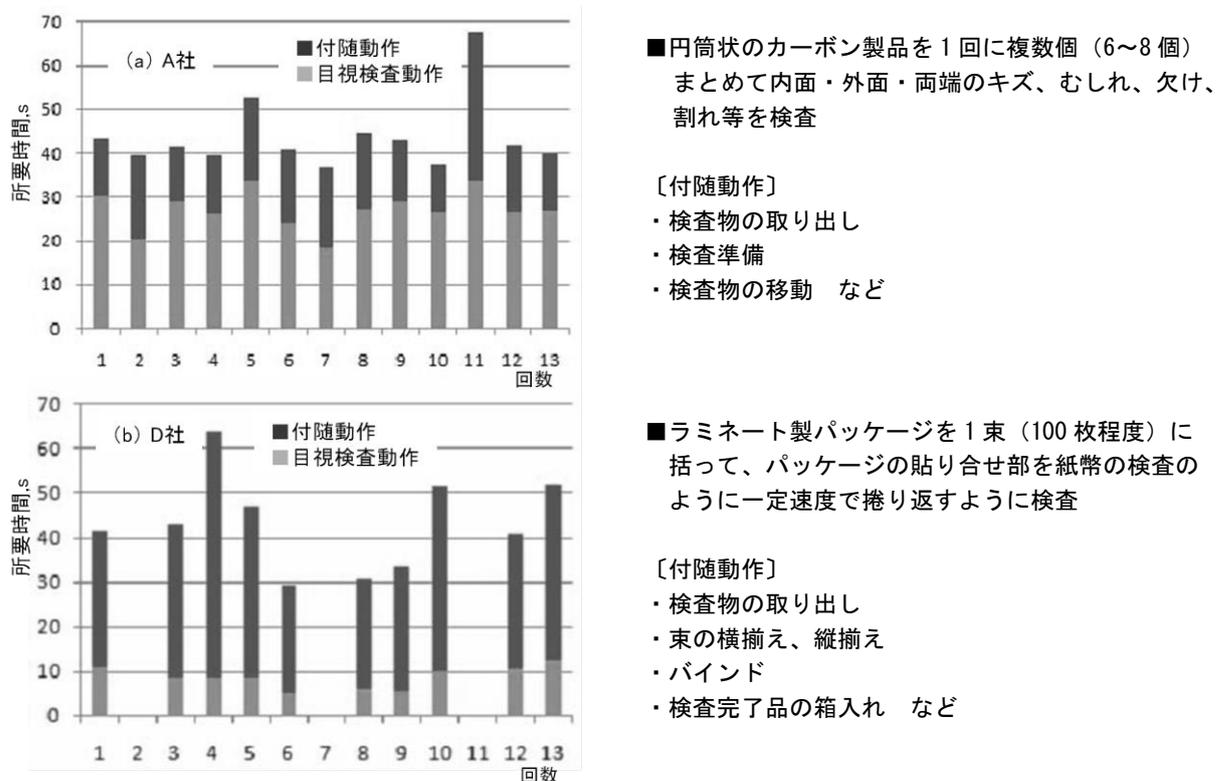
(1) 目視検査動作が主な現場の選択

目視検査の現場は多種多様です。一連の検査動作は目で検査をする目視検査動作と検査物の取り出し・移動などの付随動作で構成されています。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ください。

図表 3.3 は、2つの企業の検査現場において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分析した結果です。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ります。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の対処方法は大きく異なります。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ますが、後者ではサイクルタイムの大幅の向上は期待できません。

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分類させたり、不良の程度によりその場で補修作業をさせています。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となります。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す。

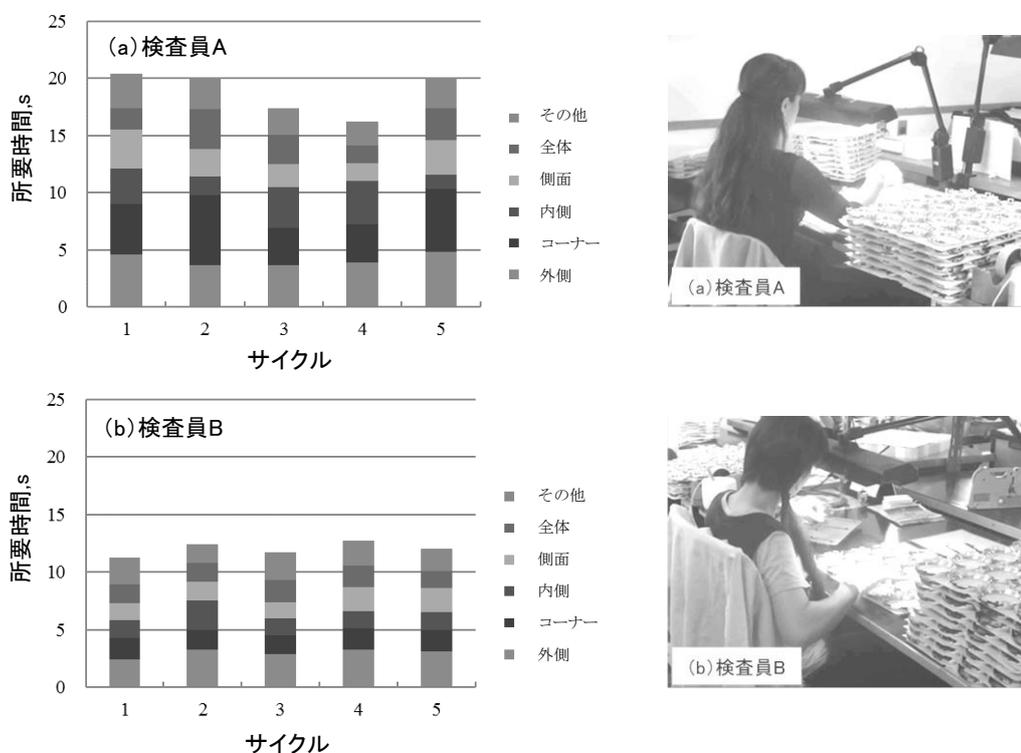
図表 3.3 目視検査動作と付随動作の割合



(2) 検査動作の分類と所要時間解析

3. 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いました。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す。図表 3.4 は、樹脂メッキ部品の検査している 2 人の検査員の検査作業を市販の動作解析ソフト（日本生工技研）を利用して解析した結果です。検査員 A、B とも熟練者ですが、検査時間に 2 倍の差が生じています。検査員 A は外周部とコーナー部の検査時間が検査員 B に比べて 2 倍以上かかっています。この箇所は検査品を回転させながらの検査です。検査員 A は周辺視の見方も少しできますが、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ます。

図表 3.4 検査動作の分析

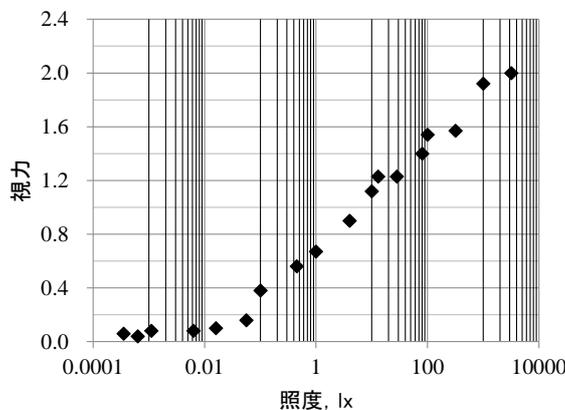


3. 3 検査環境の改善

3. 3. 1 照度の変更

小さいものを見分ける力である視力は、図表 3.5 に示すように照度の増加とともに増加します（東芝ライテック[2011]）¹⁷⁾。また、J I S 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 1,500 lx、超精密な視作業の場合には、2,000 lx とすると規定されています（JIS Z 9110[2010]）¹⁸⁾。小さなキズや欠陥を“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すが、このときの見方は中心視です。中心視での見方で検査作業を行うと、短時間で眼が疲れ、小さなキズなどが見難くなります。そのとき、照度を高くすると一時的に見やすくなるため、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 3,000 lx を超えている現場も珍しくありません。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 1,000 lx 程度に下げた方が異常領域を感じやすくなります。佐々木は照度の目安として手元で 1,000±200 lx を提唱しています（石井[2014]）¹³⁾。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ますが、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、少し高めめの 1,000±200 lx を適正照度としています。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練習することです。

図表 3.5 照度と視力



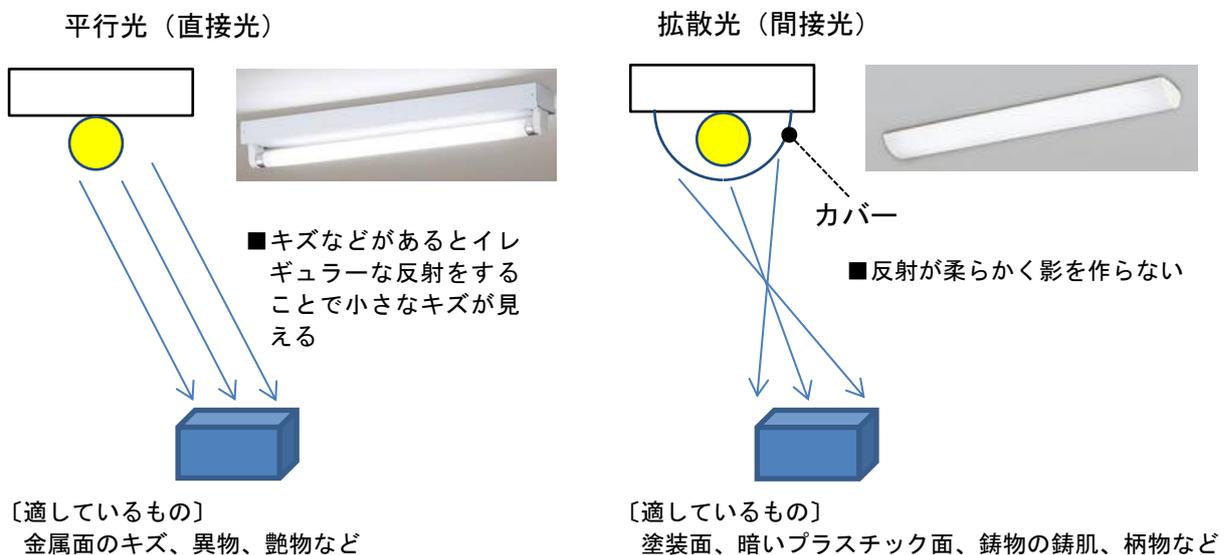
3. 3. 2 適切な照明器具の選択（検査品の材質や不良の種類に適した照明の選択）

図表 3.4 の写真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す。キズや突起状の不良は、蛍光灯からの平行光（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ます。また、汚れや成形不良等で光沢が低い不良は、拡散光（間接光：発光体をプラスチックや紙などのカバーで覆ったもの）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ます。この企業では、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ましたが、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した。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す。なぜ各不良が照明の

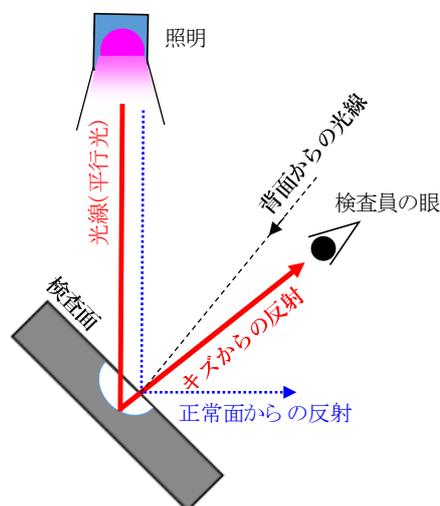
種類によって顕在化して見えるかを理解することが必要です。例えば、図表 3.7 に示すように光沢のある検査面に凹状のキズがある場合を考えましょう。検査品を手前にある角度傾けると、光源からの光線がキズで反射して検査員の眼に入り、キズは明るく見えます。しかし、そのキズから外れる領域では、検査面で反射してくる光源がないため暗く見え、結果として、キズが明るい領域として顕在化することになります。しかしながら、検査面で反射してくる光線の出射方向に、天井照明や隣接する検査セクションの照明があれば、当然、検査員の眼にはその領域は明るく見えるため、キズの顕在化に悪影響を及ぼします。

したがって、光源—検査面—眼の光学的配置に基づいて、欠陥の顕在化の原理を考え、欠陥の顕在化に適した照明を選択するとともに、欠陥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することが重要です。

図表 3.6 平行光と拡散光の違い



図表 3.7 キズ（凹状欠陥）の顕在化の原理

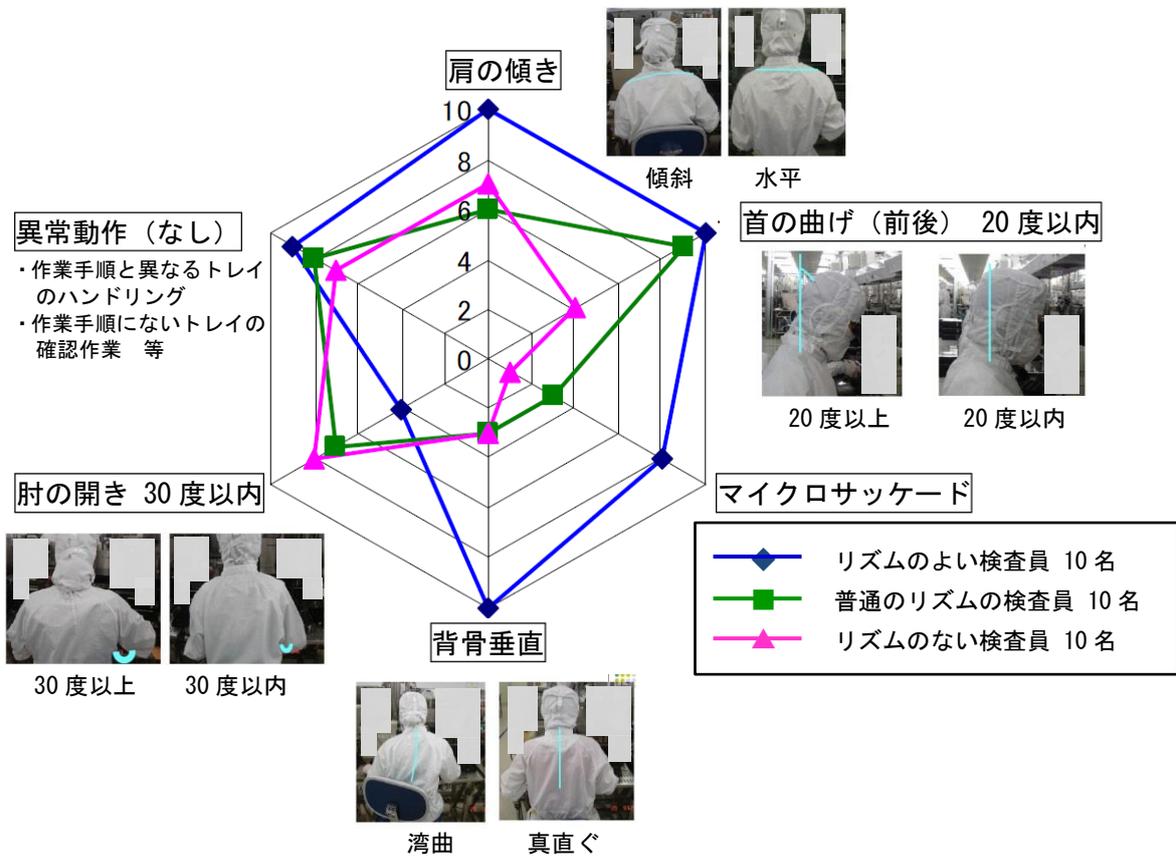


3. 3. 3 作業姿勢とリズム

佐々木^[1]は、海外工場における実体顕微鏡を用いた目視検査の作業リズム改善のために、検査員の作業リズムと動作の関係について分析を行いました。リズムのよい検査員、普通のリズムの検査員、リズムのない検査員をそれぞれ10名抽出し、作業姿勢や目の動き、照度等を比較しました。

図表 3.8 は、作業動作の代表的な6項目の分析結果を示した図です。リズムのよい検査員とリズムのない検査員では、特に作業姿勢（首・肩・背骨）とマイクロサッケード（p18参照）に顕著な差が見られました。（実体顕微鏡を用いた目視検査では、周辺視の見方ができるようになるとマイクロサッケードが顕著に現れます。）

図表 3.8 作業リズムと動作の関係（改善前）



この結果から、リズムカルな検査作業を行うためには正しい作業姿勢を保つことが重要であることが判ります。では、作業姿勢に影響を及ぼす原因としてどのようなものがあったのでしょうか。実際に行われた改善活動から原因と対策の事例を紹介します。

(1) 肩の傾きの原因と対策

原因はスイッチボックスの握り方でした。中指と親指で操作する2つのスイッチの位置が適切でないため、スイッチボックスを握る左手首が不自然に曲がり、体のバランスをとるために右肘が上がっています。その結果、右肩が上に傾いていました。

手首が曲らないよう（肘から先が真直ぐになるよう）、スイッチボックスの向きが調整されました。

図表 3.9 肩の傾きの原因と対策

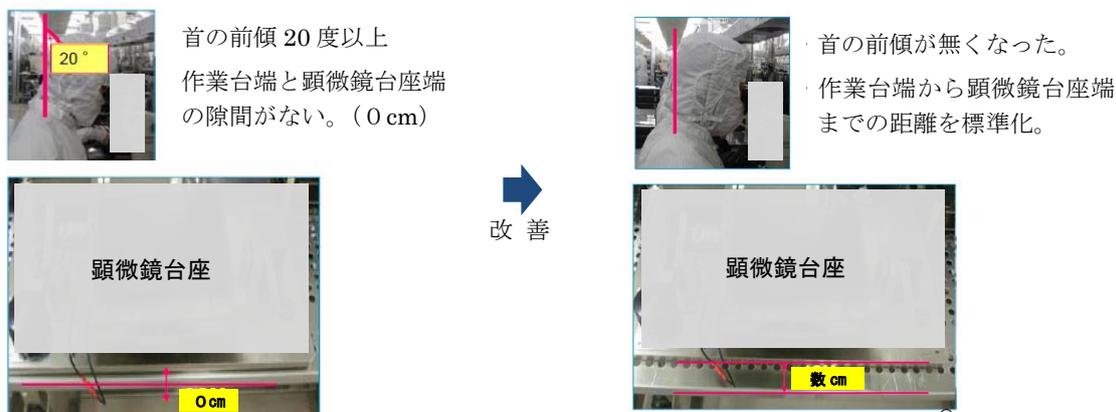


(2) 首の前後の傾き（20度以上）の原因と対策

椅子の高さを調整していない検査員や、作業台から離れて座っている検査員がいました。このため、顕微鏡を覗く時に首が不自然に前傾していました。検査員が作業台から離れて座ってしまう原因を調べたところ、顕微鏡台座の位置が影響していることが判りました。顕微鏡台座の位置が手前過ぎると作業着が製品に触れてしまうことを避けるために検査員は腰を引いていました。

作業台前端から顕微鏡台座前端までの距離を目安にして顕微鏡台座が最適な位置になるよう調整し、この時の距離（数 cm）を標準書に明記しました。

図表 3.10 首の前後の傾きの原因と対策



(3) 背骨の曲りの原因と対策

1つの作業台上で検査作業とトレイの準備作業が行われていましたが、検査作業とトレイの準備作業を行う位置や、隣接する作業台の並べ方、作業台上の検査装置の配置など複数の原因がありました。

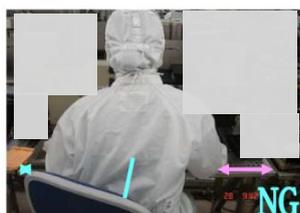
作業位置の適性化や机・検査器具の配置の見直しが行われました。

図表 3.11 背骨の曲りの原因と対策

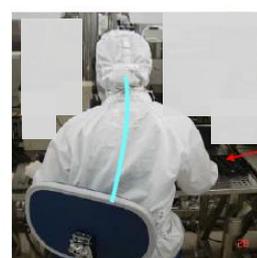
① トレイの準備位置に問題があった。



検査位置でトレイの準備作業を行っていた。

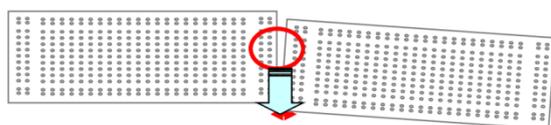


トレイの準備位置で検査作業を行っていた。



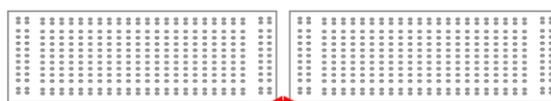
トレイの準備位置

② 隣接する作業台の並べ方に問題があった。



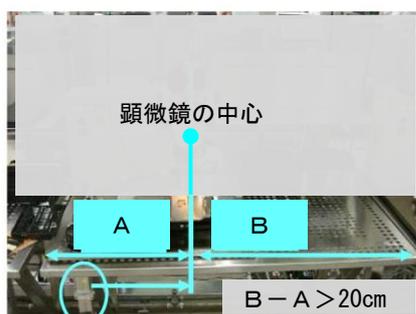
改善

・作業台の間に隙間がないもの、曲って置かれているものがあった。



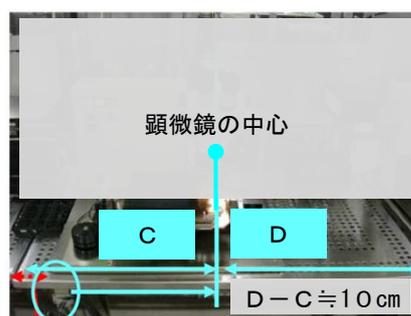
・隣接する作業台を真直ぐに配置した。
・最適な作業台の隙間を検討し標準化した。(数 cm)

③ 作業台上のレイアウトに問題があった。



左側の余裕が少なく、検査員は足が作業台の脚に妨げられて標準姿勢をとることができなかった。

改善



顕微鏡台座が最適な位置になるよう作業台左端から顕微鏡台座左端の距離を目安にして調整し標準化した。

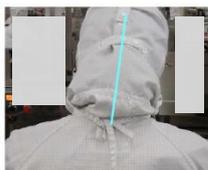
(4) 首の左右の傾きの原因と対策

図表 3.8 に示した分析項目にはありませんが、首が左右に傾いている作業員もいました。顕微鏡を用いる検査現場特有の原因ですが、左右の接眼レンズが前後にずれているなど、顕微鏡のセッティング方法が標準化されていないことが原因でした。

顕微鏡のセッティング方法を標準化し、標準書に操作方法を記載しました。

図表 3.12 首の左右の傾きの原因と対策

顕微鏡のセッティングに問題があった。



首の左右の傾き

■ 左右の接眼レンズの前後のずれ等

- ・ 8 割の検査員は毎日異なる顕微鏡を使用していた。
- ・ 片目で見ている検査員もいた。



改善

- ・ 顕微鏡のセッティング方法を標準化
- ・ 標準書へ操作方法を記載

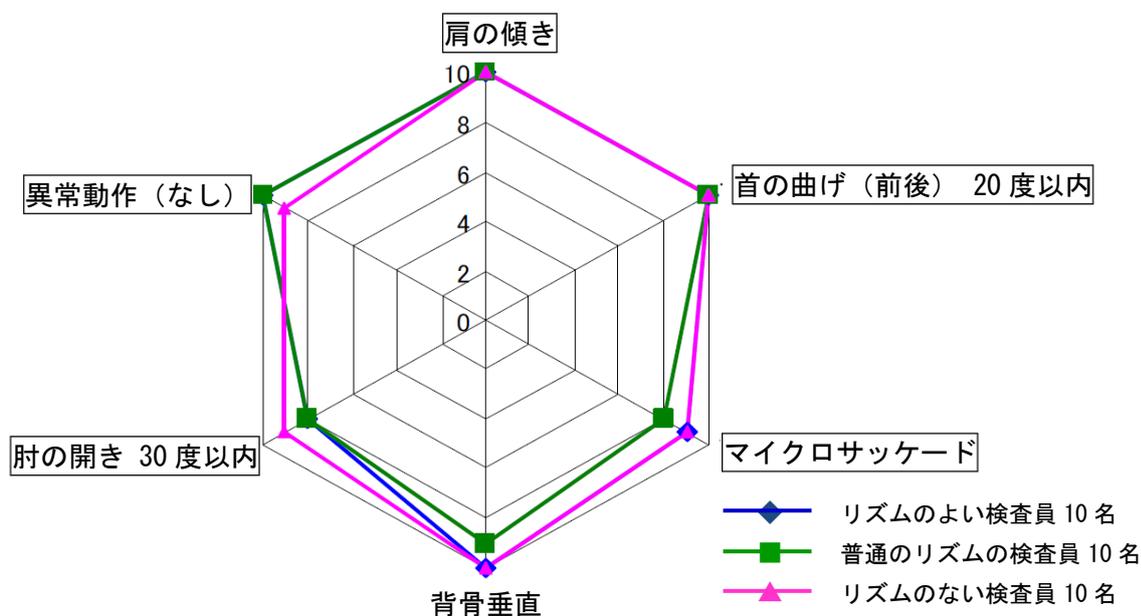


正常姿勢

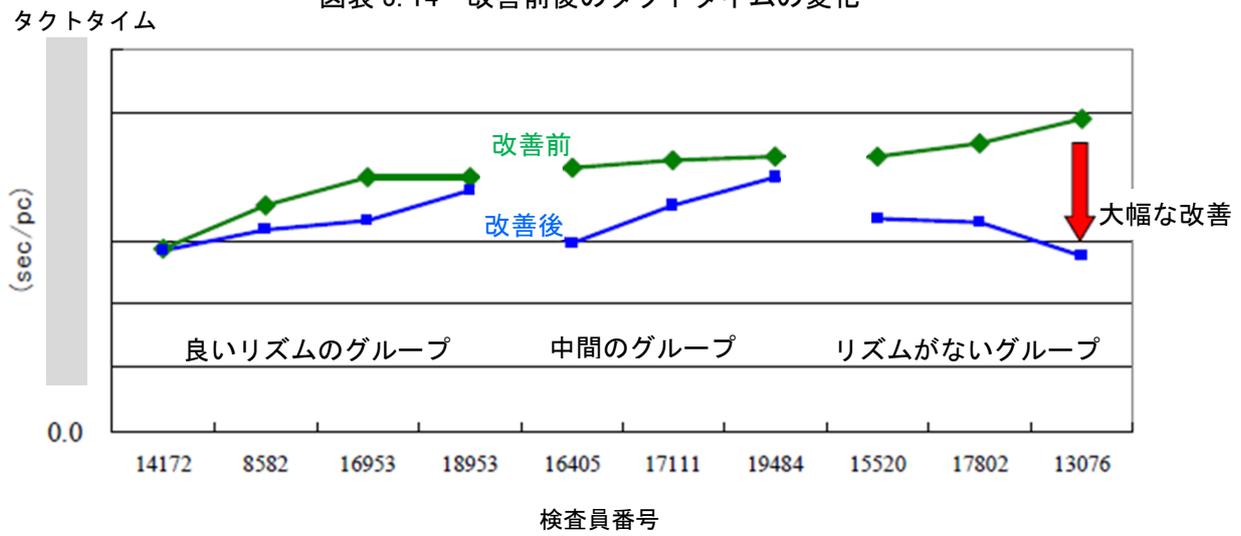
(5) 改善の効果

図表 3.13 は上記の一連の改善を行った後の結果です。各レベルの検査員の差がほぼなくなりました。この結果、図表 3.14 のようにリズムのなかった検査員のグループのタクトタイム（製品 1 個あたりの検査時間）も大幅に改善することができました。

図表 3.13 作業リズムと動作の関係（改善後）



図表 3.14 改善前後のタクトタイムの変化



以上は、実体顕微鏡を使用する検査作業の事例ですが、拡大鏡を使用する検査や肉眼で検査を行う場合にも共通する点が多いと思います。検査器具や作業台・椅子の配置等のわずかな差が作業姿勢に影響を与え、リズムカルな作業を阻害する大きな原因になることを十分認識しておく必要があります。

3. 4 周辺視目視検査改善チェックリスト

以下に作業環境や検査方法等が適切かどうかを確認するためのチェックリストを示します。全ての項目を網羅したものではありませんが、現状の作業環境等を改善し周辺視目視検査法を導入するためのチェックリストとして活用してください。

■チェックリスト I (照明環境)

照明環境に関するチェックリストです。目視検査の現場でそれぞれの項目が適切に行われているかを確認してください。

No.	内容	確認
1	照度は適正な範囲(1,000Lx±200Lx)ですか	
2	照明は平行光ですか、拡散光ですか	
3	光源が直接目に入っていないですか	
4	光源の反射光が目に入る場合は1000Lx以下で網膜の一定の場所にありますか	
5	光源は点や面でなく線状光源にしていますか	
6	光源は固定されていますか(手燭は精度を落とします)	
7	光源は多光源にしてはいませんか	
8	リング蛍光灯付の拡大鏡はキズ等の抽出能力が低いことを知っていますか	
9	蛍光灯の井桁状配置は影が出来ず欠陥が見えにくいことを知っていますか	
10	光源の角度は適切ですか(前方斜め上からV字型が基本です)	
11	検査対象以外の反射は抑えていますか	
12	外光は一日の中で照度が激変します。遮断していますか	
13	環境照明は検査面より照度を十分下げていますか	
14	小さい径の穴、ねじ穴はペンライトによる検査ではなく綿棒などを使用しますか	

No. 14 の補足

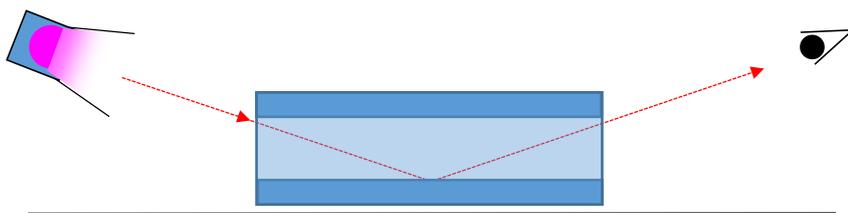
小さい径の穴、ねじ穴の検査では、以下のような問題が生じ、視覚での検査は適当ではありません。

☆下図のように光源からの入射角 θ が90度近く(ものによって異なります)になると正確なキズ・異常の判別ができなくなります。

☆径の小さなネジ穴はネジ山とバリの見分けができません。

☆深穴(孔)では表面が光ってしまい穴表面の状態が分からなくなります。

☆光源が直接目に入ると明順応が生じ、明暗の変化(コントラスト)が分からなくなり検査になりません。



■チェックリストⅡ（作業環境と限度見本）

作業環境と限度見本に関するチェックリストです。作業台での検査がしやすい環境となっているかを確認してください。

No.	内容	確認
15	不良品の細かい分類と記載処理の単純化はできていますか	
16	検査品置き場や不良品置き場は手が届く範囲内にありますか	
17	取り置き時に視覚による確認はしないことができていますか。	
18	不良判定に悩まないように限度見本で訓練していますか	
19	写真でなく現物による限度見本を用意していますか	
20	定期的な目合わせをしていますか	
21	認定は標準時間内でしていますか	
22	訓練は写真だけでなく現物を使用していますか	

■チェックリストⅢ（検査方法）

検査方法に関するチェックリストです。無理な検査になっていないかを確認してください。

No.	内容	確認
23	「探しの見方」は厳禁です	
24	多数個取りでの検査は成立しません	
25	指差確認は効果がありません	
26	穴位置、数、ラベル類はパターンで認識してください	
27	中心視での平面のスキャンは効率が悪いです	
28	標準作業に触覚検査は入れないでください	
29	円筒形の検査は静止させないでください	
30	コンベヤーやトレイ上でのバラバラな向きは同一製品と認識できません	

No. 30 の補足 下図に部品の向きがバラバラな場合と整列した場合を示します。

☆バラバラでは脳は同じ製品であると瞬時に認識できません。疲労度が高く見逃しが多発しやすいため、検査は不可能です。

☆整列させると、時間は短く、抽出能力が高く、疲労度が極端に低く、習熟が早くなります。



No.	内容	確認
31	検査と手直しは分けて行っていますか（心理的な思い込みが生じます）	
32	検査中と手直しは別な人が行ってください	
33	眼球は動かさず、対象物を動かしてください	
34	検査中対象物は静止させないでください（静止する場合には0.3秒以内）	
35	ハンドリングは滑らかにかつ検査中は静止させないでください	
36	明るい中で明るいものは見えないです	
37	適度な明るさでないと輝き、影の判定ができません	
38	視線の角度は0度～-30度の範囲にしてください	
39	視線は横には動かさないでください	
40	瞬きが3秒前後で入っていますか	
41	光源が強すぎると瞬き、リズムが起きません	

■チェックリストⅣ（作業姿勢）

作業姿勢に関するチェックリストです。長時間の作業でも疲れのない姿勢になっているかを確認してください。

No.	内容	確認
42	立作業の場合は適度なステップまたは体重移動をいれてください	
43	全くの立ちっぱなしは危険です	
44	座作業の場合は体のひねり、体の軸のぶれがないよう注意してください	
45	座作業の場合は脚の組み替えなどが容易にできる足回りのスペースがありますか	
46	立座りとも腰から上だけの横ずれ、ひねりが無い動作となっていますか	
47	床の上の重量物は作業リズムの中ではとらないよう注意してください	
48	背筋の曲りが無いよう注意してください（片手だけ伸ばすことがないこと）	
49	体、肩の傾きが無いよう注意してください	
50	首の前傾は20度以内です	
51	取り置きを同時に行い左右の手のバランスが取れていますか	

■チェックリストⅤ（無駄のない動き）

無駄のない動きとなっているかを確認してください。

No.	内容	確認
52	左右の手の動きのバランスはよいですか	
53	左右の手とも停止がない動作になっていますか	
54	胴体、肩を大きく動かさない動作になっていますか	
55	頭は大きく動かさないでください	
56	視線の動きは最小限になっていますか	

4. 周辺視を訓練するソフトはありますか。

図表 3.1 (p31) に示したように周辺視目視検査法の導入では、「周辺視の見方」の訓練が重要です。ポイントとしては、周辺視訓練ソフト等によるオフライン訓練によって、目標物を探す中心視の見方から、一瞬で変化に気づく周辺視の見方に変えることです。市販の周辺視訓練ソフトでは、視野を広げ、瞬時に異常個所をマウスでクリックしたり、手で触ったりして周辺視力を高めることができます（アフアン、脳速視力トレーニングPCソフト）¹⁹⁾。しかし、その次のステップとしては、実検査での訓練があります。実検査で重要なことは、速さも大切ですが、絶対に間違えないこと（不良品を見逃さないこと）と検査業務中、一定の検査品質（一定基準での良品の判断）を維持することです。一方、図表 3.1 備考欄に書かれているように、検査員が周辺視の見方に納得しているよう訓練することが必要であり、丁寧に進めることが望まれています。

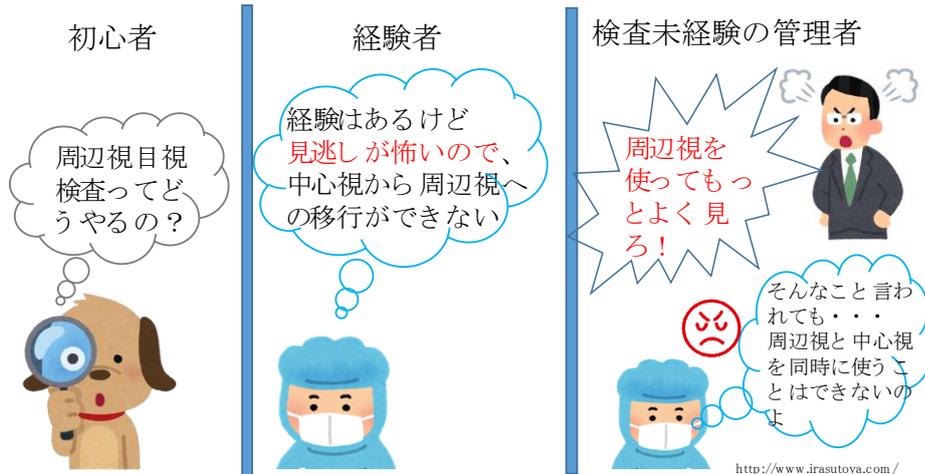
そこで、感察工学研究会^[3]は、実検査での訓練へのスムーズな移行が容易で且つ検査員を納得させることが可能な「目視検査のためのオフライン教育訓練アプリ」を開発しましたので紹介いたします。

4. 1 教育訓練の対象者

周辺視目視検査の教育と訓練は、①初心者、②実務者、③検査未経験の管理者に対して行ってください。いずれの方々もキズ等の不良個所がなぜ見えるかについて深く考えることはありません。もちろん、②の実務者は、日常、不良個所を見つけ、不良品を取り除く作業を行うことはできています。しかし、どのような条件（照明の種類、照明の当て方、製品の傾け方）のときに、もっともよく検出できるのか、それはなぜかについて検討することはありません。また、実務者の中には既に周辺視の見方ができている熟練者がいます。しかし、不良品の見逃しによる注意を受けてきた苦い経験を引きずり、一つ一つの動きが間欠的となりリズムカルな連続動作を必要とする周辺視の見方への移行が難しい方もいます。一方、実務経験のない方が管理者である場合には、見逃しの原因が中心視の見方にあることを知らず、よく見れば、見逃しは無くなると信じている方が多くいます。

したがって、周辺視目視検査の教育訓練においては、中心視の見方から周辺視の見方に安心して移行することができるように、なぜ見つめなくても 100%異常・異変に気付くことができるかについての教育とそれを習得するための訓練が必要です。また、製品を傾けながら検査する場合の“キズ・欠陥の見え方の原理”の教育と適切な視野範囲と角度範囲でのハンドリングの訓練が必要です。

図表 4.1 周辺視目視検査の教育訓練の対象者



4. 2 教育訓練アプリ

4. 2. 1 静的モデル

教育訓練アプリには製品モデルとして、静的モデルと回転モデルの2種類があります。図表 4.2 に静的モデルによる訓練の様子を示します。同一の正方形(立方体モデルで作成)が3×4列(教育用)ないし5×6列(訓練用)等間隔で配置されています。これを製品群と呼びます。すべての正方形に欠陥が含まれない製品群を良品と呼び、一つでも図(b)のような欠陥があるものを不良品と呼びます。欠陥としては図に示すチップング(欠け)、スクラッチ(きず)、色ムラ(他と異なる明度)の3パターンがあり、検出の難易度に応じてそれぞれの大きさと表面反射率を変えた欠陥モデルが多数用意されています。欠陥モデルのパターンと出現位置は、ランダムであり、欠陥モデルの出現確率(エラー出現率)は0%から100%まで設定できます。設定画面を図(c)に示します。

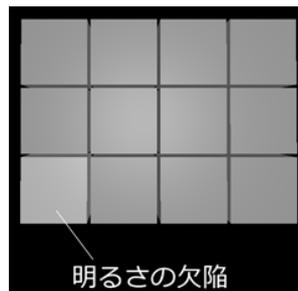
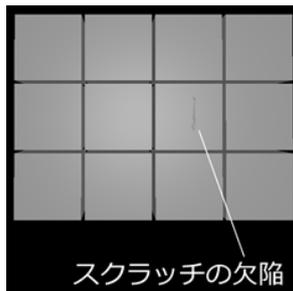
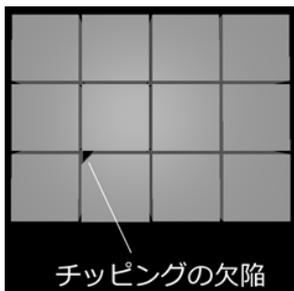
図表 4.2 静的モデルによるオフライン訓練の様子



(a) 静的モデルによる訓練



(c) 静的モデルのトレーニング設定



(b) 欠陥モデルを含む製品群

静的モデルでは、良品、不良品の判断入力に図表 4.2(a)のゲームコントローラを使用し(キーボードでも可能)、次の2つのことを教育します。

(1) 周辺視の見方

教育でもっとも重要なことは、どのようなものが欠陥であるかを知らなくても、良品と異なるものが画面に表示されたら、その瞬間に違和感を感じる見方を理解させることでます。そして、“違和感を感じる”ときは、何かが動いたり、何かに変化したりするときであり、それが何であるかを意識する(これを見えるという)直前の意識に上らない状態であることを理解させます。画面に製品群が表示された瞬間から良品・不良品判断のボタンが押されるまでの応答時間は1秒程度です。反応時間が1秒を大幅に越える場合には、欠陥を見つけようとする中心視の見方になっていることを伝え、周辺視の見方になるよう指導することが必要です。これは、図(c)トレーニング設定の「制限時間」で設定できます(単位は msec)。たとえば、「2000」と設定すれば、2,000ms となり、この時間を過ぎた場合には、次の製品群が現れる仕組みとなっています。

(2) リズム動作

周辺視の見方を継続させるには、リズム動作が必須です。“見る動作”をリズム動作に組み入れることによって一連の動作を意識に上らせずに実行させることが可能となります。この静的モデルの場合、一連の動作は、画面の製品群を見て、良品・不良品の判断をし、対応するボタンを押すことであります。

正答の場合には、画面の青点減と“プッ”のブザー音。誤答の場合には、画面の赤点減と“ブブ”のブザー音で結果が示され、再び新たな製品群が画面に現れます。これらの一連の動作をどのようなリズム動作に組み入れるかについての決まりはませんが、例えば、ゲームコントローラを上下に軽く振る動作はリズム動作としては適しているようです。試してもらいたいと思います。

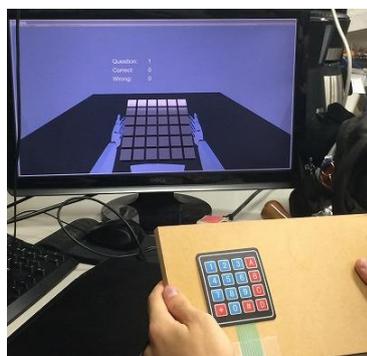
訓練は、5×6列の製品群を使い、上記の周辺視優位の見方とリズム動作の定着を図ります。操作に慣れ、1回1回の正答・誤答の表示をする必要がなくなったら、正答・誤答の表示機能を off にし(図(c)のトレーニング設定の右下 正解音→正解音)、数百回以上、連続的に行います。これによって周辺視の見方が定着できているかを確認することができます。例えば、トレーニング数を1,000回に設定し、一度も誤答することがなければ、その検査員は周辺視の見方に習熟できたと判断することができます。これによって、検査員は安心して周辺視の見方への移行ができるものと思います。

4. 2. 2 回転モデル

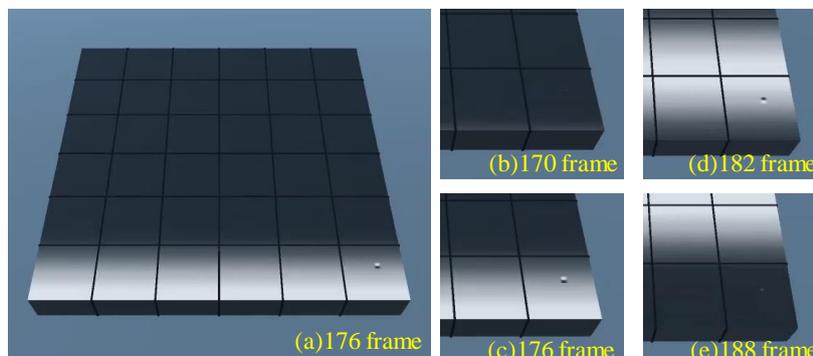
静的モデルでは、照明は製品群の上方からのスポット照明であり、スポット照明の位置から見た製品群が描画されています。一方、図表 4.3 の回転モデルでは、照明は検査員の前方・上方の細長い線状光源(直管蛍光灯を模擬)を使います。図右下の入力トレイを手前側、向う側に傾けると、画面内の製品群が同期して回転し、それに伴い水平の光源像が製品群上を上方・下方に移動します(図では上端に光源像が見えます)。今、図表 4.4 に示すように、製品群の右下に凹状欠陥(打痕)がある場合を考えます。図のキャプションは、画像のフレーム番号(時刻)を表しています。製品群を手前方向にゆっくり傾けると、下

から上に向かって光源像が移動します（図(b)→(c)→(d)→(e)）。図(a)のとき（図(c)と同じ時刻）は、凹状欠陥がはっきり見えます。しかし、その位置は、光源の中心（輝度の高いところ）から少し上側にずれた所であり、輝度が少し低下した所です。この凹状欠陥をよく見ると、その上部は周囲より明るく、下部は暗い小さな円形領域として見えることがわかります。この図(c)よりも早い時刻(b)では欠陥は見えません。逆に、遅い時刻(d)では、凹状欠陥の上部は、周囲より暗く、下部は明るい領域となり、図(c)とは明暗が反転して見えることがわかります。さらに遅い時刻(e)では、欠陥は周囲よりわずかに明るく見えます。このように、欠陥が見えるか見えないかは、照明の位置・形状、欠陥の3次元形状と製品群の傾く角度に依存します。教育で最も重要な事項は、欠陥（異常部）が見える原理を理解させることです。すなわち、異常部での反射光は正常部とは異なるふるまい（反射、散乱）をするため、製品群を規定された角度の範囲を傾けることが必要であることを伝えてください。

図表 4.3 回転モデル



図表 4.4 回転による凹状欠陥（打痕）の見え方



(1) 入力デバイス

製品群を傾けるためには、図表 4.3 の右下に示す入力用トレイを使います。入力用トレイの裏面にはモーションセンサ（9 軸：3 軸加速度、3 軸ジャイロ、3 軸地磁気）が貼付けられており、入力用トレイの回転角度が USB ケーブルを介して、パソコンに入力され、製品群の回転角度に反映されます。また、良品指示と欠陥モデルの位置指示には入力用トレイ表面に貼り付けた 4×4 ボタンパッドを利用します。

(2) 周辺視優位の見方

周辺視の見方は基本的には静的モデルと変わりません。静的モデルでは、良品・不良品の判断のボタン操作と同時に新たな製品群が画面に表示されるため、瞬間視での応答が可能でした。回転モデルでは、欠陥モデルがある場合には、入力用トレイを規定角度範囲、回転動作している時に、異常部が出現し、その瞬間、違和感として感じる見方です。

(3) リズム動作

回転モデルでは、入力用トレイの回転動作がリズム動作となるため、規定角度範囲の回転動作を円滑且つ途切れないようリズムカルに行うように指導してください。なお、規定角度範囲については、それぞれの欠陥によって異なるため、角度範囲がもっとも大きい欠陥に合わせる必要があります。例えば、スクラッチのような表面の凹凸異常によって生じ

る欠陥は、光源像が製品表面に映り込む輝度の高い領域では、輝度が低い領域として見えます。一方、光源像から外れる上側と下側の輝度の低い領域では、輝度の高い領域として見えます。異常領域の見易さとしては、後者がはるかに見やすいです。そこで、最初は光源像から外れる下側の輝度の低い領域を焦点を合わせずに見ながら入力用トレイを回転させて、製品群の下から上まで検査し、次に光源像近傍の上側の領域を焦点を合わせずに見ながら逆方向に回転させて製品群の上から下まで検査してください。このような検査方法は特に、表面の凹凸異常の検査に有効です。

4. 3 周辺視の見方ができているかどうかの判断

周辺視の見方ができているかどうかは、自分自身ではわかりません。しかし、周辺視の見方が完成している検査員の検査の様子を注意深く観察すると、次の3点が極めてよくできていることがわかります。

(1) リズム

製品を掴み、ハンドリングしながら検査し、製品を指定の場所に置く。これらの一連の動作が一瞬たりとも止まることなくリズムカルに続いています。両手は常に同時に動いています。

(2) 姿勢

背筋が伸び、身体・肩の傾きはなく、首の前傾は20度以内と少なく、全ての動作が手を伸ばした範囲で完結しています。

(3) 自発性瞬目

自発性瞬目の瞬目間隔は、周辺視の見方のときには、ほぼ一定で3秒程度です（検査内容によって異なります）。中心視の見方の時には、瞬目間隔は長くなり、また、大きくばらつきます。また、上級者では、数Hzの安定したマイクロサッケードが見られますが、実体顕微鏡での検査のときには、その様子は肉眼でもよく見えます。

4. 4 訓練の習得状況の自動評価

4. 2で紹介しました教育訓練アプリとともに、訓練の習得状況を評価するための生体情報監視アプリを開発し、目視検査教育訓練システムとして感察工学研究会委員の(株)ガゾウより発売を予定しています。生体情報監視アプリは、図表4.5に示す視線解析デバイスとユニオンツール社製の心拍センサを使用します。

(1) 視線解析デバイス

視線解析デバイスは前方用カメラと片眼用カメラ（図(a)では左目用）および鼻部サポートから構成され、眼鏡の上からも装着可能な入力デバイスです。この視線解析デバイスにより、検査サイクルと連動して自発性瞬目が行えているかどうかを判定します。また、検査中、上級者で見られます安定した数Hzのマイクロサッケードが現れているかどうかを判定します。

図表 4.5 生体情報入力デバイス



(a)視線解析デバイス

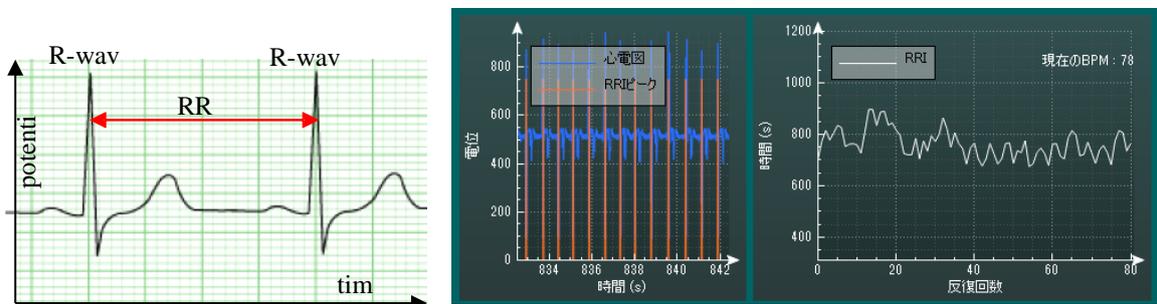
(b) 心拍センサ WHS-1

(2) 心拍変動解析

被験者の胸部に取り付けた心拍センサにより図表 4.6 (a)の心電波形が得られます。一番大きい波形をR波と呼び、次のR波までの所要時間を心拍間隔 RRI と呼びます。図 (b)は測定された心電波形（青色）と検出したR波のピーク位置（オレンジ）です。図(c)はR波のピーク位置より求めた RRI の時間変動を示したものです。この RRI 信号を解析しますと、自律神経系機能の活性度を推定することが可能になります。自律神経系は交感神経と副交感神経からなり、心臓は両神経の二重支配を受けています。ストレスがかかると過剰に交感神経が働き、逆に副交感神経が働かなくなることが知られています。

図表 4.7 は RRI の周波数解析結果を示しています。0.05~0.15Hz 間と 0.15~0.4Hz 間のパワースペクトルの積分値をそれぞれ低周波成分 LF、高周波成分 HF として求め、それらの比 LF/HF の値が図中に示されています。低周波成分 LF は血液変動に対応し、高周波成分 HF は呼吸変動に対応します。LF の方が大きい場合には、交感神経優位の支配を、HF の方が大きい場合には、副交感神経優位の支配を心臓は受けていると解釈されています。今後、現場での測定結果を積み重ねて、視線解析の結果と共に、訓練の習得状況の評価に使用したいと思います。

図表 4.6 心拍間隔 RRI

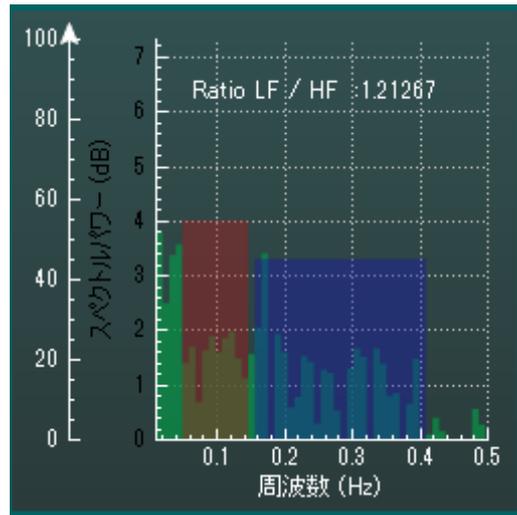


(a)心拍間隔 RRI

(b)検出した R 波

(c)心拍間隔 RRI の変動

図表 4.7 心拍間隔 RRI の周波数解析



参考文献

〔1〕	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。
〔2〕	石井明:香川大学工学部知能機械システム工学科 教授 専門は非破壊検査、人間支援工学。マシンビジョン、目視検査の研究に携わる。感察工学研究会主査。
〔3〕	感察工学研究会: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年に設置されたワーキンググループ。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、整理を行うことを目的としている。主査は香川大学工学部知能機械システム工学科教授石井明氏。
1)	佐々木章雄 (2005、2006) 「周辺視目視検査法[I]～[V]」『IEレビュー』日本IE協会
2)	D. Gui, S. Xu, S. Zhu, Z. Fang, A.M. Spaeth, Y. Xin, T. Feng, H. Rao (2015), Resting spontaneous activity in the default mode network predicts performance decline during prolonged attention workload, <i>NeuroImage</i> , 120, 323-330.
3)	S.E. Leh, H. Johansen-Berg, A. Ptito, (2006), Unconscious vision: new insights into the neuronal correlate of blindsight using diffusion tractography, <i>Brain</i> , 129, 1822-1832.
4)	H. Tsubomi, T. Ikeda, T. Hanakawa, N. Hirose, H. Fukuyama, N. Osaka, (2009), Connectivity and signal intensity in the parieto-occipital cortex predicts top-down attentional effect in visual masking_An fMRI study based on individual differences, <i>NeuroImage</i> , 45, 587-597.
5)	K. Ludwig, P. Sterzer, N. Kathmann, G. Hesselmann (2016), Differential modulation of visual object processing in dorsal and ventral stream by stimulus visibility, <i>Cortex</i> , 83, 113-123.
6)	T. Nakano, Y. Yamamoto, K. Kitajo, T. Takahashi, S. Kitazawa, (2009), Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories. <i>Proc. R. Soc. B (Biol. Sci.)</i> , 276, 3635-3644.
7)	T. Nakano, M. Katoc, Y. Morito, S. Ito, S. Kitazawa, (2013), Blink-related momentary activation of the default mode network while viewing videos, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.</i> 110, 2, 702-706.
8)	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書.
9)	石川博美, 佐々木章雄 (2002), 中国進出を機に行った生産性倍増とその維持活動の事例, <i>IEレビュー</i> 43(5), pp. 33-38.
10)	K. Sakai, O. Hikosaka, K. Nakamura, (2004), Emergence of rhythm during motor learning, <i>TRENDS in Cognitive Sciences</i> , 8, 12, 547-553.
11)	M. Desmurget, C.M. Epstein, R.S. Turner, C. Prablanc, G.E. Alexander, S.T. Grafton, (1999), Role of the posterior parietal cortex in updating reaching movements to a visual target, <i>Nature Neuroscience</i> , 2, 563-567.
12)	J.C. Griffis, A.S. Elkhetafi, W.K. Burge, R.H. Chen, A.D. Bowman, J.P. Szaflarski, K.M. Visscher, (2017), Retinotopic patterns of functional connectivity between V1 and large-scale brain networks during resting fixation, <i>NeuroImage</i> , 146, 1071-1083.
13)	石井明 (2014) 「目視検査を成功させる」『非破壊検査』63, 1, 24-29.
14)	松尾清 (2008) 『まぶたで健康革命』小学館
15)	しまね産業振興財団: 周辺視目視検査法導入セミナー(2016年12月20日), 日立メタルプレジジョンによる周辺視目視検査事例紹介資料 (非公開) .
16)	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
17)	東芝ライテック (2011) 「照度と視力」『照明設計の基礎』
18)	照明基準規則 (JIS Z 9110: 2010.9)
19)	アフアン, 脳速視力トレーニングPCソフト, http://afin-sports.com/products/

あとがき

感察工学研究会主査 石井 明

2017年12月6日。目視検査に特化したワークショップ (PVI2017 外観検査ワークショップ：<http://www.tc-iaip.org/PVI2017>) を初めて開催しました。周辺視目視検査法は、不良の見逃しを無くし、検査員の慢性疲労を生じさせない究極の検査方法です。目視検査工程の改善のための第一歩から、検査員の訓練とその習熟度評価、そして、高速且つ低疲労の目視検査を実現するための検査動作の脳科学的理解までを紹介し、討論を行いました。佐々木が周辺視目視検査法を開発し、社内展開したのが1998年。2008年からはセミナーとコンサルティング活動によって周辺視目視検査法の普及を進めるとともに、大学、学会と連携し、周辺視目視検査法の科学的解明のための活動を行っています。私は、2009年4月24日に東京で開催されたセミナー（外観目視検査における検査員の選び方と教育・訓練の進め方：技術情報協会）で同じ講師の一人として佐々木に出会いました。そのとき初めて「周辺視目視検査」なる言葉を知るとともに、その内容に衝撃を受けました。そのときのセミナー概要には、次の3行が書かれていました。

従来の外観目視検査は検査員の集中力による方法であったが、ベテラン検査員を分析した結果、全く逆の方法であることが分かり、視覚システム全体を理解することで、人間の持てる能力を最大に活用する方法を確立した。

セミナーを終えてすぐに佐々木に、私の活動母体である画像応用技術専門委員会での講演（2009年9月18日に実現）と私の所属大学の香川大学での講演（2009年10月23日実現）をお願いしました。両講演とも大好評となり、早速、画像応用技術専門委員会内に新たなワーキンググループ「感察工学研究会」（2010年2月設置）を作り、佐々木と志を同じくして周辺視目視検査法の解明とその普及活動を行ってきました。それから約8年。ようやく、上記のセミナー概要の「視覚システム全体を理解することで、人間の持てる能力を最大に活用する方法」が何を意味するのか、その科学的理解ならびに説明が少しできるようになり、PVI2017でお披露目することができました。本ヒント集は、正に現時点で理解でき、紹介できることが書かれています。人の視覚情報処理についての脳科学的理解が進んできたと言われていますが、潜在意識下で行われている処理についてはほんの少し理解ができた程度と思われる。今後の研究の進行によっては書き直さねばならないところが多々でてくるものと思います。しかし、周辺視目視検査法の素晴らしさを理解し、一刻も早く現場に導入していただきたいと思います。感察工学研究会としても、今後も継続して、周辺視目視検査法の解明とその普及活動を進める所存ですので、皆様のご支援とご協力をお願いいたします。

おわりに、本ヒント集の企画にあたりましては、感察工学研究会の次の方々の積極的な執筆、精読、コメントをいただきました。厚く御礼申し上げます。

佐々木章雄（周辺視目視検査研究所）、中村俊（コルラボ）、森由美（横浜国立大学）

周辺視目視検査法の理解と導入のためのヒント
—周辺視目視検査法の導入を検討していただくために—

平成 29 年 12 月 25 日 1 版 1 刷

編集・発行 公益財団法人 ちゅうごく産業創造センター

〒730-0041 広島市中区小町 4 番 33 号 中電ビル 2 号館

TEL (082)241-9927(代) FAX (082)240-2189

URL: <http://ciicz.jp/>

本書の一部または全部の無断転載、複写などを禁止します。