

キーワード 目視検査, 周辺視, 照明環境, リズム動作, 健康改善

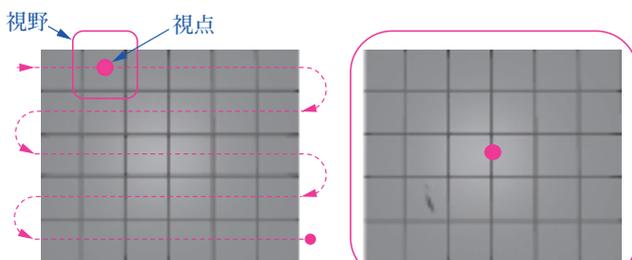
1. はじめに

「目視検査は無くせない」これは(公財)中国地域創造研究センターが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(有効回答企業数241社)¹⁾」の結論の一つでした。しかし、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いた。しかしながら、これらは雇用側の視点である。従業員側にとっては、作業がきつい、不良品を見逃すと叱られる、充実感が乏しい、目が痛い、肩・首が凝り身体(健康)が心配と不安を抱えながら仕事をしている。それでは、どうすればよいのか。これに対する答えとして筆者らは周辺視目視検査法(以下、本検査法と略記)の導入を勧める。本検査法を使えば、不良の見逃しが極めて少なく、高速かつ低疲労、その上、健康を取り戻すことも可能である。筆者らは2010年2月に感察工学研究会を(公社)精密工学会 画像応用技術専門委員会に設置し、本検査法の普及とともに本検査法の科学的解明を進めてきた。そして、その活動成果を目視検査に特化したワークショップ(PVI外観検査ワークショップ)²⁾で紹介するとともに、本機関誌等で紹介してきた³⁾⁻⁵⁾。そこで、本稿ではそれらの内容も含み最近の知見を紹介する。

2. 不良の見逃しがなく、高速かつ低疲労のメカニズム

2.1 周辺視目視検査法とは

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。図1はその様子を縦5行×横6列の正方形(実際は立方体)の仮想ワークで表したも



中心視(凝視)	⇒	周辺視(瞬間視)
走査眼球運動	⇒	衝動性眼球運動
不良探し	⇒	良品確認
据置作業	⇒	連続移動

(a) 従来法 (b) 周辺視目視検査法

図1 従来法と周辺視目視検査法との比較

のである。仮想ワーク群は紙面鉛直上方の点光源で照明されており、(a)の仮想ワークはすべてが同一(良品)であるのに対し、(b)では1つだけ他と異なる仮想ワーク(不良品:スクラッチ)がある(4行2列目)。(a)は“不良を探す見方”である。すなわち、左上の仮想ワークから順に右方向に視点を移動させながら中心視(対象に焦点を合わせて詳細に見る)の機能を使って不良を探す見方である。しかし、中心視では、良く見える範囲(視野)が狭く(視野角2°, 明視距離250mmで9mm)、視点を破線のように移動させる見方となる。この動作は、走査眼球運動と呼ばれ、眼への負担が非常に大きい上に見逃しを起ししやすい見方である。

一方、(b)は、“不良に気づく見方”である。検査領域全体(仮想ワーク群全体)に視野を広げ、焦点は個々の仮想ワークに合わせるのではなく、その奥(紙面後方)に合わせる感じで、不良(良品とは異なる箇所)を瞬時に違和感として感じる見方である。そして、違和感として感じた付近を中心視で精査し、良・不良を判断し、良品と不良品を仕分ける。このような周辺視で異変に気づき、中心視で精査し、良品/不良品に仕分けるこの一連の過程を特段に意識することなく連続的にやるようにする検査法が周辺視目視検査法である。

2.2 脳の特徴から見た「不良探し」の問題点⁴⁾

目視検査にとって重要な問題点として、不良品の見逃しが挙げられる。従来は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考えられていた。しかし、次のような事例の原因を考えると、疲れによる集中力の途切れでは説明できない。

【事例】A製品にはときどき4種類の不良(打痕、汚れ、欠け、スクラッチ)が見つかる。ある日の業務開始時に検査部署の指導者から、昨日は「汚れ」の検査漏れがあったので今日は「汚れ」を見逃さないようにしなさいという指示があった。その結果、その日は、「汚れ」の見逃しはゼロとなった。しかし、汚れ以外の不良の見逃しが発生した。

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ことを知っておく必要がある。図2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ものである。網膜で捉えた視覚情報は、認識そのものと言われる前頭連合野に送られたときには百万分の1に減衰している。ただし、潜在意識といつていい視野では意識にないところまではっきり情報を捉えていることが分かる。これが、脳の特徴である情報の減衰で、脳自体は疲労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る。

図3は「不良探し」の方法による見逃しの発生イメージである。今、①に示すように、良品とは異なる4種類の不良(打痕、汚れ、欠け、スクラッチ)を考える。視視野では、視神

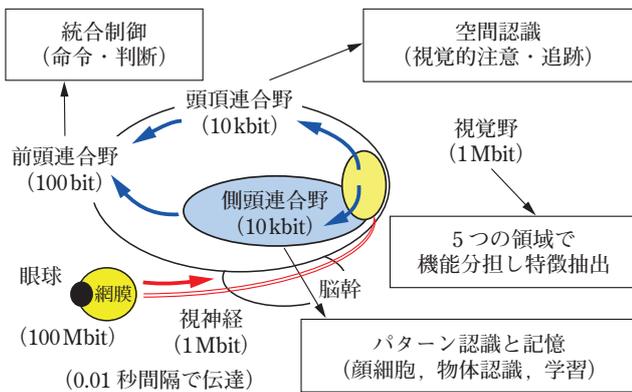


図2 視覚情報の伝達経路と情報の抽出

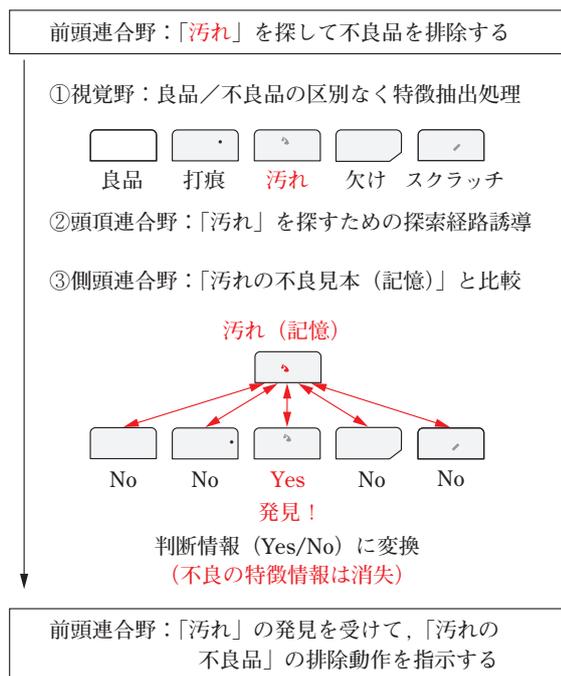


図3 「不良探し」の方法による見逃しの発生イメージ

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る。しかし、前述の【事例】のように、特定の不良（汚れ）の見逃しを注意されると、前頭連合野では、「不良（汚れ）探し」に注意が向くことになる。結果として、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される。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ることになる。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」だけをみているため、「汚れ」以外の不良イメージとの比較が行われず、結果として、「汚れ」以外の不良を見逃すことになる。これが、不良探しの問題点である。特定の不良を強く意識してしまうことが、結果としてそれ以外の不良の見逃しにつながる。

2.3 高速かつ不良品を見逃さない仕組み

人の視覚的認知には図4に示すように、物体の動きや操作する対象の形状などを識別する背側路（where 経路）と詳細な形状の知覚に関わる腹側路（what 経路）の存在が知られている。背側路は頭頂連合野から前頭連合野に至る経路で、対

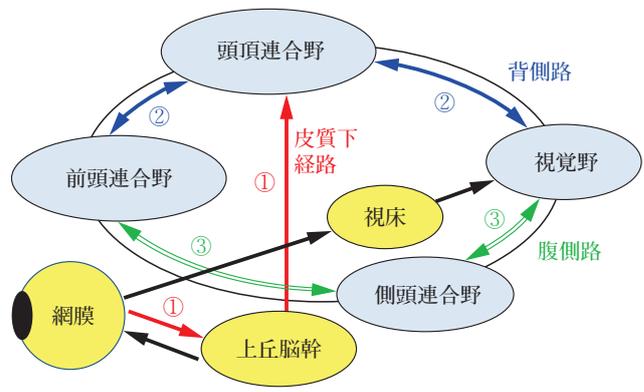


図4 人の視覚的認知経路

- 周辺視目視検査で重要な働きをする経路
- ①皮質下経路：網膜の周辺視野→上丘脳幹→頭頂連合野
 - ②背側路：視覚野→頭頂連合野→前頭連合野
 - ・薄暗い環境で何か動いたことを速やかに大脳に伝達
 - ・良品には感じない違和感を速やかに察知（周辺視野）
 - ・視点を移さずに製品の把持・配置（周辺視野）
 - ・意図的な注視と動きをつなげる（中心視野）
- 中心視野で捉えた対象物を正確に判別する経路
- ③腹側路：視覚野→側頭連合野→前頭連合野
 - ・「見える」という意識を生み出す

象物に対する行為のための視覚機能を担っており、対象物の位置、運動の方向、形状を認識し、対象物に腕を伸ばしてつかむなどの動作を可能としている。また、薄暗い環境で何か動いたことを速やかに大脳に伝えるために、周辺視野から皮質下の中脳上丘を介して頭頂連合野に信号が直接送られている（皮質下経路⁶⁾）。したがって、周辺視目視検査法で重要な働きをするのは、この皮質下経路と背側路だと考えられる。これらの経路は、良品と検査品の見比べではなく、良品には感じない違和感を瞬時に察知することによって貢献していると思われる。すなわち、適切な照明下で、キラッと光ったり、影が見えたりすることを瞬時に知覚する。また、視点を移さずに眼の端にある製品をつかみ、目の前に持ってきて検査し、不良品を仕分けして置くという一連の動作を意識することなくスムーズ（無駄な動作がなく高速）に行うことにも貢献していると思われる。

ところで、背側路には周辺視野からの入力があるが、中心視野との機能的つながりもある。また、対象に注意を向けることにより中心視野の情報が際立ち、周辺視野からの情報が抑制されることも知られている⁷⁾。したがって、背側路には、周辺視野と中心視野からの情報が入力されていて、視覚的注意の状態によって、それぞれの入力を選択されると考えられる。かくして、不良は良品には感じない違和感として察知され、その箇所はサッケード（衝動性眼球運動）によって中心視野で瞬時に捉えられるため、高速かつ見逃しのない察知が可能になるものと思われる。

一方、腹側路は側頭連合野から前頭連合野に至る経路で、中心視野で捉えた箇所を精査し、良品／不良品を判別する機能を担っている。違和感の察知と精査。この2つの機能を有効かつ連続的に働かせることが周辺視目視検査法の習得で最も重要である。

2.4 低疲労の仕組み

脳の中には様々なネットワークがあるが、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、以下、DMN と略す）というものがある。DMN は外的な処理をしているときは活動が低下し、安静にしてリラックスしているときは活動が活発化するネットワークである。最新の脳科学研究により、中心視野・周辺視野と脳内ネットワークの関係、また、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た。前者については、中心視野は背側路と、周辺視野は DMN と、中間領域は「顕著性ネットワーク」と呼ばれる背側路と DMN の切り替えに関わるネットワークとそれぞれ強いつながりが見つかった。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る。

一方、後者については、映像情報や発話の切れ目で自発性瞬目が生じるとともに DMN が一過性に賦活することが見つかった⁸⁾。この結果は、周辺視目視検査において、自発性瞬目が検査動作の区切りで出現することとも対応する。検査動作の区切りが映像情報や発話の切れ目と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、DMN が活性化していると解釈できる。周辺視野が活性化していれば、この状態は実現しやすいと思われる。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 DMN は抑制されるために、DMN 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る。したがって、周辺視が活性化する周辺視目視検査法では、自発性瞬目が検査動作の区切りごとに入り、結果として大脳疲労の低減につながっていると思われる。

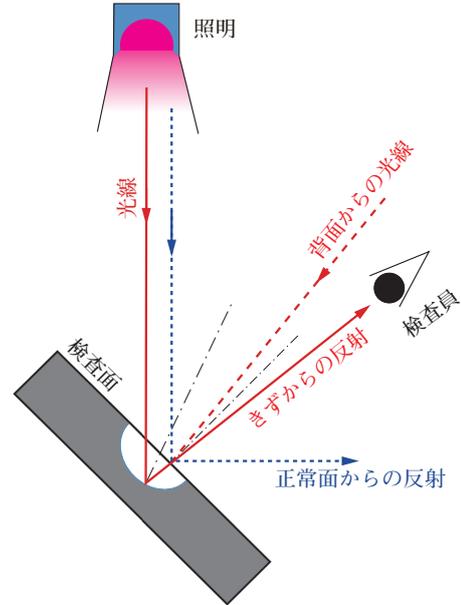


図5 凹状のきず（打痕）の顕在化の原理

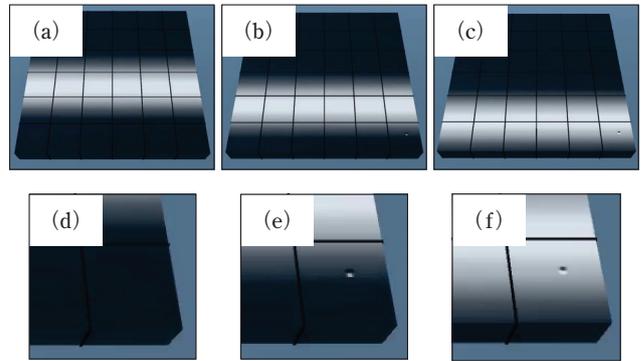


図6 検査ワークの前後回転によるきず（打痕）の検出

3. 照明環境の見直し

3.1 きずが見える原理

非常に基本的なことであるが、検査員も検査員を指導する人も最初に次のことを確認してもらいたい。なぜ、不良に気づくか。

不良の一例として、図5のように光沢のある平板に生じた凹状のきず（打痕）を考える。検査のための照明（蛍光灯/LED照明）が検査員の前方の高い位置にあれば、ほぼ平行な光線が検査面に入射する。光線は打痕がなければ検査面の法線に対して入射角と等しい反射角の方向に正反射するため、検査員の眼には届かない。一方、打痕がある場合には打痕の一部で反射した光線が眼に届くため、その箇所は明るく見え、打痕が顕在化される。

図6 (a), (b), (c) は6×6個の立方体仮想ワーク群を前方上方の棒状の検査照明で照らし、ワーク群のみを前方に少しずつ傾けた時のCG画像である。打痕は最下欄の右端に埋め込んでおり、その部分の拡大図をそれぞれ (d), (e), (f) に示す。(a) 打痕が光源像から大きく離れている場合には打痕の領域は暗くて見えないが、(b) 光源像が近づくと明るい領域として見える。さらに傾け、(c) 光源像の中央に位置すると打痕は暗い領域として見える。

ここで、重要なことは、ワーク群を回転させているときに、打痕領域は周囲より明るい領域もしくは暗い領域の異変領域

として現れることである。この過程を周辺視の見方で見ていると、その異変領域の出現に瞬時に気づくことができ、その箇所を中心視で精査することによって、良・不良の判断を行うことができる。これが、きずに気づき、良・不良の判断ができる原理である。

3.2 検査に必要な照度

表1に通常の視作業における明るさと照明に関する規格と法令の抜粋を示す。JISでは、視作業の細かさに応じて500lx（普通）～1500lx（極めて細かい）の維持照度の推奨値が規定されている。日本非破壊検査協会規格では、試験面の状態を目視試験の対象事項とする場合に、試験面の明るさは500lx以上で、照明方法はまぶしい光または反射した光が眼に入らないような観察条件にすることが規定されている。法令である労働安全衛生規則では、精密な作業では300lx以上と2つの規格よりは低い照度が規定されている。しかしながら、注目すべき点は、まぶしい光が眼に入らない条件で視作業を行うことが要求されていることである。

筆者らは検査面での照度は最大1000lxを目安としている。ただし、光源のまぶしい光または試験面で反射したまぶしい光が眼に入らない見方（検査条件）とし、検査に不要な照明（天井照明、隣席からの照明の漏えい）を極力抑制する。

図6 (e), (f) をもう一度見てもらいたい。きず（打痕）は

表1 視作業における明るさと照明に関する規格、法令

規格 法令	内容	
日本産業規格 JIS Z 9110:2011 照明基準総則	5 照明要件一覧表 5.4 工場	極めて細かい視作業 1500lx 細かい視作業 750lx 普通の視作業 500lx ※値は基準面における維持照度の推奨値
日本非破壊検査協会規格 NDIS 3414:2014 目視試験方法	8 試験面の明るさと照明及び観察方法 8.1 試験面の明るさ 8.2 照明方法	・試験面の状態を対象事項とする場合の試験面の明るさは500lx以上 ・試験体への照明は、まぶしい光又は反射した光が目に入らないような観察条件にする
労働安全衛生規則 第604条	労働者を常時就業させる場所の作業面の照度	精密な作業 300lx以上 普通の作業 150lx以上 粗な作業 70lx以上
同上規則 第605条第1項	採光及び照明については、明暗の対照が著しくなく、かつ、まぶしさを生じさせない方法によらなければならない	

どちらが瞬時に気づきやすいか。周囲が暗い方が明るい打痕領域は際立つ。これは周辺視野のほとんどを占める桿体細胞は暗い方が、明暗のコントラスト感度は高くなるからである。検査面に検査照明以外の光（周囲光）が入らなければ、暗い領域の輝度は下がり、明暗のコントラストは増加し、打痕はさらに気づきやすくなる。一方、1000lxを大幅に超える場合には注意が必要である。多くの検査員および検査員を指導している人は照度が高ければ高い程良く見えると思っている。明るければ、周辺視野の高い明暗のコントラスト感度が使えなくなるとともに、中心視の見方になる。中心視の見方では、眼は短時間で疲労し、見づらくなり、より照度を高くするという悪循環が始まり、眼精疲労を皮切りに健康被害を生じるので特に注意が必要である。

3.3 光沢度の高い製品の検査

メッキ製品、プレス製品、実装基板など、光沢度の高い製品や領域の検査では、照明の輝度分布の影響を強く受ける。むき出しの蛍光灯やLED照明を直接眼で見ると非常にまぶしく感じるが、検査面でも同じことが生じる。そのため、検査面に現れる輝度の高い領域（光源像）は直視せずに、その領域の外側の暗い領域を「感じる見方」で見ることが重要である。輝度の高い領域を直視してしまった場合には、回復するのに時間を要するので注意が必要である。

しかしながら、最近では蛍光灯からLED照明への移行が急速に進んでいる。LED照明では、検査面での照度は以前の蛍光灯と同じであっても発光部の輝度は非常に高い。また、LED照明では多数のLED素子を等間隔で配置する。そのため、検査面に写り込む光源像は非常に強い周期的なグレア（ギラツキ）を伴うことになり、異常領域の検出が難しくなっている。もちろん、LED照明でも適切な拡散光処理を行えば、この問題は発生しないが、拡散光処理の分、照度は低下する。

3.4 光沢度の高い製品への有機EL照明の利用

光沢度の高い製品の検査に対して、上記の3.3とは異なる方法での照明を紹介する。PVI2018²⁾の検査実演と指導のセッションにおいて、5社の現場検査員が自社製品の検査の実演を行った。図7にその様子を示す。その際、照明環境を次の順番で変えた。①天井照明＋蛍光灯、②蛍光灯のみ、③有機EL照明ベースライトのみ。結果は、多くの検査員が①より②の方が見やすいと声をもらし、②より③の方がさらに見やすいと驚きの声を上げた。①は各会社の検査環境に近いと思われる。検査に不要な環境光（天井照明）を除くだけで見やすさが増す。蛍光灯よりも有機EL照明がさらに高い評価を受



図7 検査の実演の様子と有機EL照明

けた。これらの照明に対する評価結果から次の2つのことが分かった。

1) 検査環境の整備

検査面から検査員の眼に届く光線の源は、検査用の照明器具のみとし、他の照明器具からの光および環境光が入らない検査環境とすることが重要。

2) 有機EL照明

今回、利用した有機EL照明は大きさが80mm×80mmの正方形のパネルユニットを6枚1列に並べたものである(図7)。面発光であるため輝度の面内均一性は高いが、400mm直下の照度はフルパワー時で600lx程度と高くはない。しかし、光沢度の高い製品では、他の照明光・環境光がなければ、検査面の照度が100lx以下でも異常領域を瞬時に気づくことができる。また、100lx以下であれば、検査面の写り込む光源像を見てもまぶしさを感じることがない。また、光源像は蛍光灯・LED照明とは異なり、パネル照明のため光源幅が広く、照度を十分に落とせば、その光源像領域内も検査可能領域となるため、広領域をより高速に検査することも可能である。

一方、精査の見方では、高い照度が必要である。しかし、有機EL照明では光源幅も利用できるため設置位置は低めとなり、頭の高さ程度となる。もし、精査のために高い照度が必要であれば、検査ワークを持ち上げて照明に近づければ十分な照度が得られる。まさに、「感じる見方」と「精査の見方」に適した照度をハンドリング動作で使い分けることが可能で

ある。結果として、光沢度の高い製品の検査に、周辺視目視検査法を適用する場合には理想的な照明と考えている。

4. 周辺視目視検査法の習得

4.1 周辺視→中心視の変化を知る

周辺視は検査面に焦点を合わせないで、異変（きず等の出現、パターンの変化）に気づく見方である。中心視のように自分から不良箇所を見つけようとするのではなく、検査面から送られてくる異変（メッセージ）を感じる（受け取る）見方である。

そこで、異変に気づく見方を次のように練習してほしい。検査ワークを両手で左右に動かしたり、前後に回転させたりして全面を検査する場合を想定する。異変に気づくとは、前の状態と違うことを感じることであり、常に検査品を動かし続けていることが必要である。そのとき、顔は動かさず、視線は前方に向けて動かさない。そして、視野は広げて検査面のはるか先を見る。この見方・動作で、異変に気づくことができるようになれば、周辺視目視検査習得の第1段階は終了である。実際に、きず等のある検査ワークで練習してもらいたい。

次に、周辺視の見方ができているときに、手の動きを止めれば意識することなく中心視の見方に変化する。顔や視線を動かせば、中心視の見方に変化する。アイカメラがあれば視線の動きから中心視への見方の変化が分かる。

4.2 リズムを創り出す

周辺視の見方ができるようになったら、検査に必要な一連の動作を意識することなく連続してできるように練習する。例えば、検査品が右手側の検査品トレイにあり、右手で検査品をつかみ、体の前で両手でハンドリングしながら検査し、左手で検査品を、検査済トレイと不良品トレイに仕分けて収納する場合を想定する。

検査品トレイと検査済トレイが手を伸ばせば容易に届く周辺視野の範囲にあれば、検査品をブラインドタッチで検査品トレイから取り出し、感じる見方で検査し、異常がなければ（良品であれば）検査済トレイに収納することができる。この一連の作業は習熟すると、途切れがなくかつ無駄のないスムーズな動作となり、リズムが生れる。図8はある企業の目視検査の現場で、検査時の左右の足荷重を測定したときの結果である。足荷重の測定はサンダル型の重心動揺測定器（バランスエイド）を使用した⁹⁾。横軸の目盛り線は1秒間隔である。検査間隔は約4秒である。右手で検査品をつかむときは、右足に荷重がかかり、検査が終わり、左手で検査品を検査済トレイに収納する時は右足の荷重は小さくなり左足に荷重がかかる。このように、検査に同期して、体幹の左右の重心移動がリズムカルに行えている様子が分かる。規則正しい右足・左足への体重移動は、結果として、足の筋肉の血管の伸縮運動を活性化し、足の血行を良くする。また、両手の動作（把持、検査ハンドリング、収納）も、一瞬たりとも止まることなく連続的に行われるため、疲労は少なくなる。結果として、このリズムカルな検査動作は体全体の血行を良くすることになり、健康の回復や健康の維持に寄与するものと考えている。

一方、検査品トレイや検査済トレイが手の届く範囲にない場合には、体幹のひねり、身体の屈曲動作が必要となり、身体への疲労の蓄積は大きくなる。また、細い穴の中を覗き込むなど中心視を必要とする作業がある場合、あるいは検査の途中で、修繕・記録・不良の分別・製造番号の確認等の付帯



重心動揺測定
バランスエイド

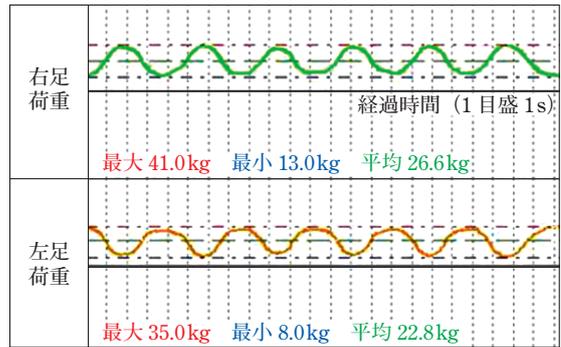
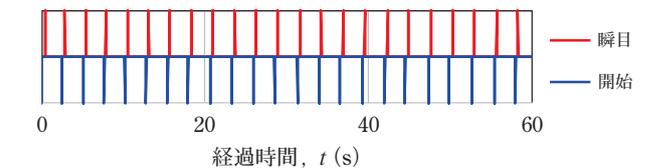


図8 検査時の左右の足荷重の動的測定例

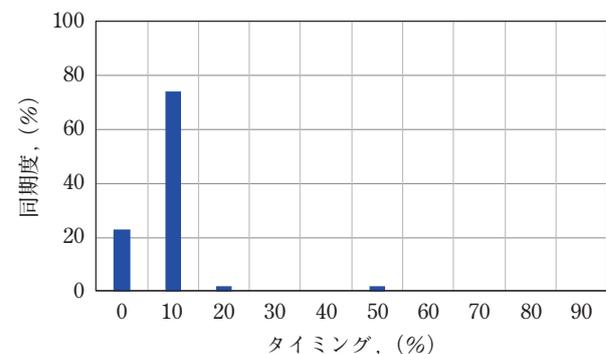
作業がある場合、周辺視→中心視→周辺視のスムーズな切り替えができなくなるとともに、連続的な検査動作も途切れ途切れとなり、リズムは作りにくくなるので、注意が必要である。したがって、周辺視目視検査を有効に機能させるには、作業内容を見直し、場合によっては自動機による補完が必要である。

5. 周辺視目視検査状態の評価方法

一連の検査作業にリズムが生れると、作業の区切り区切りで自発性瞬目が発生する。図9(a)は検査の区切り（図下



(a) 検査サイクル開始と瞬目発生



(b) 瞬目の同期度

図9 自発性瞬目と検査サイクルの同期

と瞬目発生（図上）のタイミングを求めた結果である。検査は約3秒周期で行われており、検査品を検査収納トレイに置いた瞬間を検査開始時（start）と定義した。当該検査員は、1検査に1回ずつ規則的に瞬目を行っていること、また、瞬目の発生は検査開始直後0.3秒以内に集中して起きていることが分かる（図9（b））。この検査員は周辺視目視検査法での検査業務経験1年の熟練者である。一連の作業動作時に、左右の足のステップ動作も加わり、終日、高速かつ安定した検査を行うことができているとのことであった。そこで、周辺視目視検査法の習熟と安定した検査が行えている状態かの評価指標の1つとして、瞬目の同期度を提案している。

6. おわりに

周辺視目視検査法は習熟すればだれもが不良を見逃すことなく高速かつ低疲労で検査できる方法である。本稿では、最初にその仕組みを脳の視覚情報の観点から解説した。次に、周辺視の見方を基礎として、きずが見える原理とそれに適した照明環境の見直しについて解説し、周辺視目視検査法の習得方法について解説した。目視検査で最も重要な事柄は、照明とリズムである。目視検査の現場ではなぜ照明によってきずが顕在化するかを考えていないケースが多く見受けられる。照明は検査環境に関わることである。リズムは周辺視目視検査状態を作りだし維持するために必要である。これらを理解することにより、人による検査について理解が深まり、人と機械の役割分担と補完に対する方針を立てることができるものと思われる。検査員の新たな確保が困難になりつつある今、目視検査を見直し、検査員の健康を第一に考え、安定した品質の製品づくりを目指してもらいたい。

おわりに、本稿の多くは、感察工学研究会の活動成果としてまとめた文献4)「周辺視目視検査法の理解と導入のヒント」より引用した。共著者の中村 俊氏（コラボ）、佐々木章雄氏（周辺視目視検査研究所）、森 由美氏（成城学園）、梶野 肇氏（中国地域創造研究センター）に感謝申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 中国地域創造研究センター：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報告書、(2016)
- 2) 石井 明：PVI2017, PVI2018, PVI2019 外観検査ワークショップ報告、画像応用技術専門委員会研究会報告、33(1), pp.26-29, (2018), 33(5), pp.37-40, (2019), 34(4), pp.20-24, (2019)
- 3) 石井 明：目視検査を成功させる、非破壊検査、63(1), pp.24-29, (2014)
- 4) 石井 明, 佐々木章雄, 中村 俊, 森 由美：周辺視目視検査法の理解と導入のためのヒント、中国地域創造研究センター、(2017)
- 5) 石井 明：いまだからこそ目視検査を見直す、精密工学会誌、84(12), pp.963-966, (2018)
- 6) S. E. Leh, et al. : Unconscious vision: new insights into the neuronal correlate of blindsight using diffusion tractography, Brain, 129, pp.1822-1832, (2006)
- 7) H. Tsubomi, et al. : Connectivity and signal intensity in the parieto-occipital cortex predicts top-down attentional effect in visual masking_An fMRI study based on individual differences, NeuroImage, 45(2), pp.587-597, (2009)
- 8) T. Nakano, et al. : Blink-related momentary activation of the default mode network while viewing videos, Proc.Natl.Acad.Sci. U.S.A., 110(2), pp.702-706, (2013)
- 9) 森 由美, 今堀勇三：健康状況の定量的評価手法と結果事例、PVI2018 講演概要集, pp.12-16, (2018)



石井 明 香川大学 (761-0396 香川県高松市林町 2217-20) 創造工学部機械システム工学領域 教授
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)。人間支援工学。マシンビジョン、目視検査の研究に携わる
<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp>