

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：13102

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23681034

研究課題名(和文) 高度な技能を要する目視検査の技能伝承システムの構築

研究課題名(英文) A study on the skill transfer systems in visual inspection

研究代表者

志田 敬介 (SHIDA, KEISUKE)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：40365028

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 22,100,000円、(間接経費) 6,630,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、熟練作業者と非熟練作業の欠点見逃し時の特徴について実態調査した。その結果、それぞれの作業者が欠点を見逃し時の作業の特徴を明らかにした。さらに、熟練作業者の検査の特徴を考慮し、欠点の輝度や色が周辺視での欠点検出の難しさに及ぼす影響について検討した。その結果、欠点の輝度や色により、周辺視野における欠点の検出率が異なることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, we survey the features of skilled and non-skilled workers who miss the defects. As a result, we showed the features of each worker who missed the defects are three patterns. In addition, taking into account the features of skilled workers in visual inspection using peripheral vision, the effects of color and luminance of the defects is investigated. As a result, the color and luminance of the defects affect the detection rate in visual inspection using peripheral vision.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会システム工学・安全システム

キーワード：目視検査 技能伝承

1. 研究開始当初の背景

2007年度版「ものづくり白書」(経済産業省)において、「ものづくり基盤強化のための人材育成」の重要性が述べられて以降、一貫して人材育成に向けたマネジメントシステムの確立が急務であることが指摘されている。しかし、実際の技能教育への取り組みは、「日々の業務を通じた伝承」、「ベテラン社員の雇用延長」、「技能やノウハウの見える化」と言った従来同様の「人」から「人」への伝承が主流となっている。

ところが、この「人」から「人」への伝承が、生産拠点の海外移転による産業の空洞化、技能労働の機械化・委託化、熟練労働者の高齢化によって十分に機能するとは言えない状況に我が国の製造業はおかれています。

特に、本研究で対象とする目視検査作業は、疲労との関係について検討した研究が若干見られる程度で、視覚の運動を技能という観点から捉えるまでには至っておらず、熟練作業者と非熟練作業者の間に技能差について、未だ多くの部分が解明されていない。

2. 研究の目的

(1) 熟練作業者と非熟練作業の欠点見逃し時の特徴について実態調査する。

(2) 熟練作業者の検査の特徴に周辺視を用いることが上げられる。そこで、欠点の輝度や色の相違が周辺視での欠点検出に及ぼす影響について検討する。

3. 研究の方法

(1) 実態調査

円形(直径19.3cm)で、外周を灰色で縁取り(幅2.4cm)、内側を半円状の黒色(縦2.9cm×横11.4cm)に印刷した樹脂製品の検査作業を対象に調査を実施した。この製品の検査工程では、1次検査と2次検査の2回の検査を実施しており、本調査では1次検査の作業を対象に調査を実施した。対象としたのは作業歴12年と8年の2名の作業員で、この製品の検査には十分習熟している。この2名の作業員にアイカメラ(nac社製EMR-9)を装着し、作業の様子を継続的に3ヶ月間撮影した。

この工程での2次検査は、Wチェックの目的で実施しており、1次検査と同じ検査環境で、同じ内容の検査を実施している。製品には連続した異なる番号が付してあるので、1次検査で欠点を見逃し、その欠点が2次検査で発見された場合、1次検査で撮影した検査映像をトレースすることができる。

この工程における主な欠点は、印刷時に生じるムラ、プレス時に生じるダコン、運搬や作業時に生じるキズに大別でき、これらが欠点全体の97%以上を占めている。本調査ではこれらの欠点の見逃しを対象とした。調査期間中、1次検査におけるムラの見逃し率は0.79%、キズは0.29%、ダコンは0.4%であった。

(2) 周辺視での輝度と色知覚

図1に示す縦11[cm]、11.3[cm]の領域に、直径1[cm]の円(以後、注視点と呼ぶ)を2つ配置した検査対象をモニタに表示した。

被験者はまず、上の注視点を注視し、検査対象上部を検査する。次に同様の方法で検査対象下部を検査し、1枚の検査対象の検査が完了する。

実験のレイアウトは、図2のようにモニタから50[cm]の位置にアゴ台を設置し、被験者の頭部を固定した。被験者の暗室での順化を考慮し、暗室入室30分後に実験を開始した。なお、錐体細胞は明所視の環境下で機能するので、暗室とした本実験条件下では、その活動が懸念される。錐体細胞の活動には、3[cd/m²]以上の輝度が必要とされことから、実験条件下におけるモニタの輝度を計測した。その結果、モニタ輝度は85.5[cd/m²]であったので、錐体細胞は問題なく機能したと考えられる。

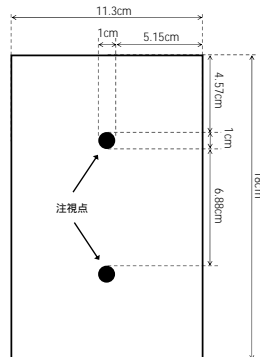


図1 配置領域

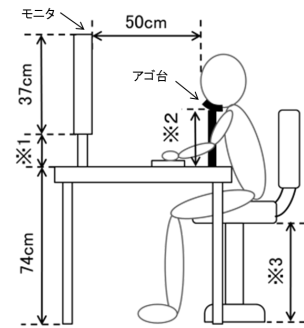


図2 実験レイアウト

欠点は、図1の注視点から垂直方向11.6[°]以上、水平方向15.0[°]以上の領域(領域A)、垂直方向9.1~11.6[°]、水平方向10.2~15.0[°]の領域(領域B)、垂直方向5.3~9.1[°]、水平方向6.8~10.2[°]の領域(領域C)に配置した。

これらの3つの領域に、上述した輝度5種類、色8種類の計40種類の欠点を領域A~Cに4個ずつ配置した。すなわち、欠点40種類(輝度5種類×色8種類)×12箇所配置(領域A~Cに4個ずつ)=480枚の欠点を配置した検査対象を準備し、輝度と欠点の色の相違が欠点検出に及ぼす影響を評価した。

4. 研究成果

(1) 実態調査の結果

欠点見逃し時の作業の分類

アイカメラで撮影した視野画像を分析することで、欠点見逃し時の作業を以下の2つに大別できる。

- a. 欠点か否かの判断に迷ったが、欠点では無いと判断し、欠点を見逃した作業
- b. 欠点か否かを迷うことなく、欠点を見逃した作業

両作業の分類基準として、通常作業時、2名の作業員が注視点を注視した際の平均注

視時間は 0.24[s]であることを考慮し、それと比較して十分に長いと考えられる 1.0[s]以上、欠点のある箇所を注視したが、欠点では無いと判断した場合を a. とした。それに対して、欠点の箇所の注視時間が 1.0[s]未滿（注視しなかった場合も含む）の場合を b. とした。

分析結果は、a. の欠点か否かの判断に迷ったが、欠点では無いと判断し、欠点を見逃した作業が 39%、b. の欠点か否かを迷うことなく、欠点を見逃した作業が 61%であった。

欠点か否かの判断に迷ったが、欠点では無いと判断し、欠点を見逃した作業

欠点か否かの判断に迷い、欠点を見逃した被験者の作業を観察すると、見逃した欠点の位置に作業者は何らかの違和感があり、その場所を 1.0[s]以上確認している。

一般的な目視検査と同様に、本検査でも、ムラ、キズ、ダコンなどの欠点が許容限度に対して規格内か規格外かの判断が必要である。しかし、実際にはこの判断基準が適切に管理されていないことを本結果は示しており、判断基準に曖昧さが残っているため、作業者の判断基準の標準化とその管理の徹底が必要となる。この現象は、比較的作業歴の長い熟練作業者においても認められており、作業者の体調や環境の変化、欠点の種類の違いなどを含め、工程管理者は作業者の判断基準を常に確認する必要があることを示している。

欠点か否かを迷うことなく、欠点を見逃した作業

欠点を見逃した際の被験者を観察すると、見逃された欠点の位置に作業者は何の違和感を持たず、欠点を見逃している。視野画像でこの時の動作を分析すると、その原因を以下の 3 つに大別できる。

a. 製品の動かし方（ハンドリング）が原因である場合

b. 検査領域のスキップが原因である場合

c. 欠点近くを注視したが、欠点に気づかないことが原因である場合

分析結果は、欠点か否かを迷うことなく、欠点を見逃した作業の中で、製品の動かし方（ハンドリング）の要因で欠点に気づかなかった場合が 56%、本来検査する領域をスキップした場合が 22%、欠点の近くを注視したが欠点に気づかない場合が 22%あった。

a. 製品の動かし方（ハンドリング）が原因である場合

製品の動かし方が原因で生じる欠点の見逃しは、本調査のような熟練作業者において顕著に見られた傾向のひとつである。熟練作業者は、一定のリズム、テンポで検査をおこなうことができ、製品を持つ位置やハンドリングも同じ動作が繰り返される。そのため、決められた領域を同じように安定して検査できるにもかかわらず、本調査では見逃しが生じた。

対象製品では、印刷時に生じるムラが欠点

のひとつとしてあり、この欠点の見え方は、視認角度に大きく依存する。つまり、蛍光灯からの光と製品と作業者の眼の位置を特定の角度に保たないとムラであることが分からない。常に同じ作業動作を繰り返す熟練作業者は、蛍光灯からの光と製品と作業者の眼の位置に作業間でのバラツキが殆ど無い。実際に、見逃しが生じたムラ欠点を使って、作業者のハンドリングを再現すると、ムラを識別することはできなかった。このような現象は、視認角度に依存性のあるキズにおいても同様に認められた。

b. 検査領域のスキップが原因である場合

通常、熟練作業者は検査すべき領域をスキップすることはない。しかし、視野画像を分析すると、違和感のある場所が他にあり、その場所を丹念に確認した後、しばしば、検査すべき領域の幾つか無意識にスキップされる現象が観察された。欠点の発生は確率問題なので、運よくその領域に欠点が無ければ問題は生じないが、欠点があれば、見逃しが生じる。

この様に、欠点か否かの判断に集中すると、通常の検査リズムが乱され、検査領域にスキップが生じ、欠点を見逃すことが観察された。作業者に確認すると、検査領域をスキップした自覚は当然ない。この対策として、対象工程では保留品置き場を設け、製品に何らかの違和感があった際には、その時点で当該製品の検査を中止し、保留品置き場に製品を置くようにした。これらの保留品は、工程管理者や本人が後から検査することで、極力、作業者のリズムを一定に保つことを心がけた。この様な運用方法をとることで、同種の見逃しを多く減らすことができた。

c. 欠点近くを注視したが、欠点に気づかないことが原因である場合

欠点近くを注視したが、欠点に気づかなかった作業の視野画像を作業者自身が確認しても、その映像に驚くばかりで、原因は明らかにならない。また、見逃した欠点には、比較的分かりやすい欠点も多く含まれており、通常では容易に検出できる欠点なので、作業者自身も自らの見逃しに改めて驚く。

目視検査では、欠点の見逃しを恐れるばかり「良く見なさい」と言ったことが強調され、中心視で製品全体を走査するような検査方法がとられる。本調査における作業者は、熟練作業者であるため、全体を走査するようなことはないが、一日の作業の中で、注視点間隔が短くなる現象は度々見受けられた。注視点間隔と見逃しとの間に、明確な関連性は認められなかったが、作業能率の低下は推察される。この作業能率の低下による弊害に注目し、周辺視を積極的に使うことによって欠点検出率が向上したとの事例報告がある。この様に、従来方法の延長上で、さらに「良くみる」ことを指導する方法では、欠点の見逃しを防ぐことは難しく、従来とは異なる新たな検査方法の構築が必要ではなからうか。

(2) 周辺視野での輝度と色知覚の結果

欠点検出率について、輝度(5)×色(8)×配置領域(3)の3元配置の分散分析をおこなった。その結果、輝度、色、欠点の位置の主効果、および、全ての交互作用に有意差が認められた。

輝度と欠点色の関係は、図3(a)に示す輝度×欠点色の交互作業の通りで、欠点の輝度が大きいほど、欠点検出率は有意に高い傾向が認められた。その一方で、欠点色も欠点検出率に影響を及ぼしていることが認められ、その傾向は、輝度が小さい場合には、欠点色に依存せず、欠点検出率はほぼ一定となるが、輝度が大きくなるに従い、欠点色が欠点検出率に及ぼす影響は大きくなり、色相角 0、180[°]付近の欠点検出率が極小値、色相角 90、315[°]付近の欠点検出率が極大値を示すことが認められた。

輝度と配置領域の関係は、図3(b)に示す輝度×領域の交互作業の通りで、注視点に近い領域の欠点ほど検出率は高く、欠点の輝度が大きいほど顕著にその傾向が認められた。その一方で、欠点の輝度が小さい場合には、全ての領域で欠点検出率は小さく、領域間の欠点検出率の差も小さくなることが認められた。

色と配置領域の関係は、図3(c)に示す色×領域の交互作業の通りで、注視点に近い領域の欠点ほど検出率は高い傾向が認められた。また、全ての領域で欠点色は欠点検出率に影響を及ぼしており、色相角 0、180[°]付近の欠点検出率が極小値、色相角 90、315[°]付近の欠点検出率が極大値を示すことが認められた。

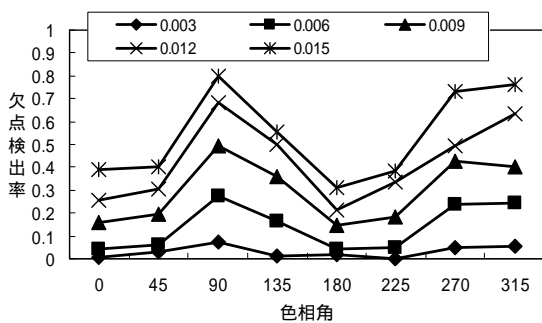


図3(a) 輝度×色の交互作業

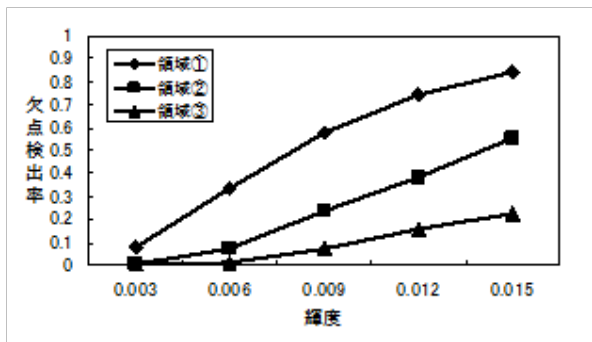


図3(b) 輝度×領域の交互作業

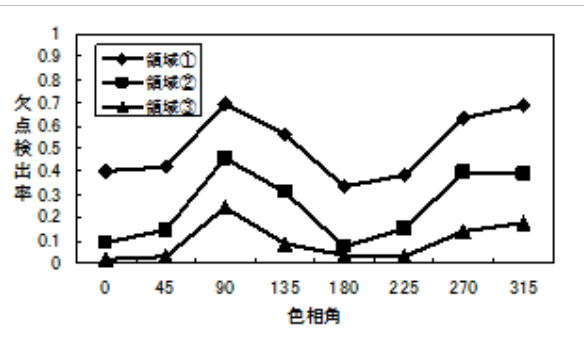


図3(c) 色×領域の交互作業

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

1. 志田敬介、中嶋良介、康秀徳、市毛貴博、目視検査における欠点色が周辺視野での欠点検出に及ぼす影響に関する研究、人間工学、査読有、Vol.49、No.3、2013.6、115-125
2. 志田敬介、中嶋良介、康秀徳、目視検査における検査時間が欠点検出率に及ぼす影響に関する研究、バイオメカニズム学会誌、査読有、Vol.37、No.2、2013.5、134-138
3. 中嶋良介、志田敬介、目視検査における提示方法の相違が欠点検出率に及ぼす影響に関する研究、バイオメカニズム学会誌、査読有、Vol.36、No.4、2012.12、234-240
4. 志田敬介、室山仁美、三浦郁夫、周辺視を用いた目視検査における欠点特性と検出率との関係、人間工学、査読有り、Vol.48、No.4、2012.8、163-169

[学会発表](計14件)

1. Yukeya Masingita, Ryosuke Nakajima, Keisuke Shida, The effect of object and eyes movement on defects detection in visual inspection, In Proc. The 17th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice, Paper ID.46 (6 pages), 2013.10, Korea
2. Hidenori Koh, Ryosuke Nakajima, Keisuke Shida, A study on the effect of number of types of defects on defect detection rate in visual inspection, The 17th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice, Paper ID.91 (6 pages), 2013.10, Korea
3. Ryosuke Nakajima, Keisuke Shida, Toshiyuki Matsumoto, A study on the effect of irradiation angle of light on defect detection in visual inspection, The 17th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice,

- Paper ID.36 (6 pages), 2013.10, Korea
4. Kosuke Morita, Ryosuke Nakajima, Keisuke Shida, A survey on the effect of the positional relationship of product and lighting and the type of lighting on defects detection, The 17th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice, Paper ID.108 (6 pages), 2013.10, Korea
 5. Ryosuke Nakajima, Keisuke Shida, Toshiyuki Matsumoto, A study on the effect of inspection time on defect detection in visual inspection, IFIP Advances in Information and Communication Technology series, Springer, Vol.0414, Paper ID.148 (9 pages), 2013.9, USA
 6. Hidenori Koh, Ryosuke, Nakajima, Keisuke Shida, A study on the effect of difference between defect and background colors on detection rate in visual inspection, The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012, 2012.12, Thai
 7. Ryosuke Nakajima, Keisuke Shida, A study on the effect of head movement on defect detection in visual inspection, The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012, 2012.12, Thai
 8. 康秀徳、志田敬介、目視検査における欠点色の相違が欠点検出率に及ぼす影響に関する研究、日本機械学会平成 24 年度大会、2012.9、金沢大学
 9. 中嶋良介、志田敬介、目視検査における作業者の頭部運動が欠点検出に及ぼす影響に関する研究、日本機械学会平成 24 年度大会、2012.9、金沢大学
 10. 高野宗昌、志田敬介、目視検査作業における身体動作に着目した効率的な検査方法に関する調査研究、日本経営工学会平成 23 年度秋季大会、2011.11、岩手県立大学
 11. 耿 秀徳、志田敬介、目視検査における欠点の色相の相違が欠点検出率に及ぼす影響に関する研究、日本経営工学会平成 23 年度秋季大会、2011.11、岩手県立大学
 12. 中嶋良介、志田敬介、目視検査における検査範囲と注視点及び検査対象物の動きが欠点検出率に及ぼす影響、日本経営工学会平成 23 年度秋季大会、2011.11、岩手県立大学
 13. 矢木沙織、志田敬介、目視検査における注視時間の相違が欠点検出率に及ぼす影響に関する研究、日本経営工学会平成 23 年度秋季大会、2011.11、岩手県立大学
 14. 市毛貴博、志田敬介、目視検査における欠点の色成分が欠点検出率に及ぼす影響に関する研究、日本経営工学会平成 23 年

度秋季大会、2011.11、岩手県立大学
 〔図書〕(計 1 件)
 志田敬介 他、情報技術協会、ヒューマンエラー対策事例集 - 独自性のある仕組みづくり、効果のある教育法 - (担当: 第 12 章 5 節 目視検査における欠点の見逃しに関する実態調査)、773-776
 6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 志田 敬介 (SHIDA, Keisuke)
 長岡技術科学大学 工学部 准教授
 研究者番号: 40365028