

品質検査における眼球往復運動

Reciprocal Eye Movements in Quality Inspection

中村潤¹ 永吉実武^{1,2} 古宮望美³

Jun Nakamura¹, Sanetake Nagayoshi^{1,2} Nozomi Komiya³,

¹ 中央大学 国際経営学部

¹Chuo University, Faculty of Global Management

² 静岡大学 大学院 総合科学技術研究科

² Shizuoka University, Graduate School of Integrated Science and Technology

³ 中央大学 政策文化研究所

³ Institute of Policy and Cultural Studies, Chuo University

Abstract: In this paper, we visualized the work of quality inspection of piping using eye measurement. As a result, a constant reciprocating motion was found. It was suggested that the cause of this reciprocating motion might be the characteristics of the inspection itself, such as trial and error.

はじめに

視線計測の歴史は古く、かつては角膜などや毛細血管の動きを肉眼で観察する直接観察法や、網膜上の生成した残像をスクリーン上に投影し、その動きを定量的に測定する残像法であった[1]。現在の直接観察法は、例えば Tobii Technology の Tobii Pro グラス 3 では、眼球運動を計測する 16 個の LED と 4 つのアイカメラをレンズに内蔵し[2]、裸眼視力の被験者であればキャリブレーションは約 10~15 秒で済ませることができる。

筆者らは、これまで中小企業の組織学習や現場で働く作業者の技能伝承や生産効率の向上に向けた研究を行ってきた[3,4]。本論文では工場での特に品質検査のプロセスを対象として、冒頭の直接観察法の視線計測機を用いて実験を行った。

燃料電池配管の品質検査

家庭用の燃料電池に用いる配管は、細長い形状をしており、途中複数個所で曲がっているために、その品質検査は人手で行わざるを得ない(図 1)。作業としては、端末加工部とその金具、外観にキズ、打コン、変形などの他の異常がないかを検査する。その際、曲がっている箇所は曲げシワがないかどうかや、特に端末は少しでっばっているところもあるため、角度によっては見難くなる。このため、いろいろな角度から端末をみて、バリ、キズ、汚れ、異物などが

ないかどうか、また、あればヤスリなどで磨き取る作業を行う。外観検査合格品が 5 本となったら、並べて整列検査を行う。



1 配管のイメージ図 (実際は 2D ではなく 3D)

本論文では、日本パイプシステム(株)の御協力を得て、燃料電池配管の外観検査および端末検査の作業者に、視線計測用のグラスをかけていただき、通常の品質検査の作業をしてもらった。

視線計測の詳細

品質検査の作業には次のグラスを使用した。

- ・視線計測機：Tobii Pro グラス 3
- ・視野角：対角 106° 水平 106° 垂直 63°
- ・サンプリングレート：50hz

視線計測の実験は下記の通り実施した。

- ・実施場所：日本パイプシステム(株)の工場
- ・実施日時：2021年8月3日(火)
- ・作業員：ベテラン1名
- ・計測時間：約5分間

品質検査の対象は前述の通り、燃料電池の配管であり、最終製品はエコキュートである。

結果

ベテランの作業者の視線計測をした結果、377.56秒間に 15 本の配管の品質検査を実施した状態が録画された。途中、整列検査や 1 本検査し直しを実施していたものの、概ね平均20秒/本のスピードであった。

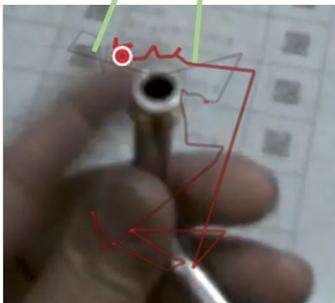
視線計測ではしばしば Fixation を抽出し、どこに着目しているのかを観察する。しかしながら、配管の品質検査の所要時間は非常に短いため、Fixation（注視）の抽出は限られた箇所となるため、まずは眼球の動きを捉え、その軌跡を追うこととした。

検査プロセスのうち、視線角度を変える必要のある端末検査に注目した結果、長い時間で0.521ms、短い時間で0.181msであった。その様子を図2及び図3に示す。どちらの眼球の動きも、何か往復運動のように見えるのがわかる。

外観検査で気になった配管については、ブラシで磨きながらバリなどを取り除く。その直後には、両手で端末を抱えて、磨いたのちの状態を確認する。図4は、このときの軌跡を捉えたものである。図2,3と同様に、往復運動が行われているのを発見した。

Relatively longer

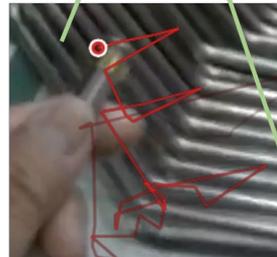
stat 1.38.649ms
end 1.39.170ms (0.521ms)



2 ベテランの端末検査（長めの場合）

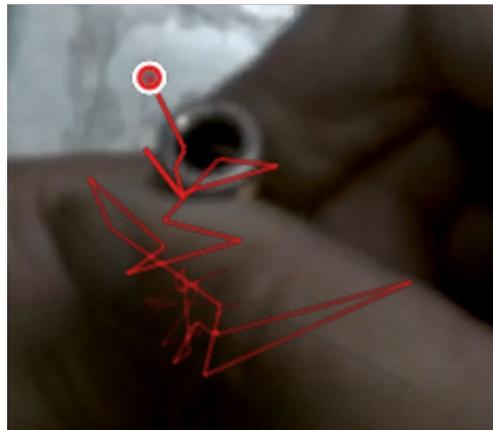
Relatively shorter

stat 2.16.457ms
end 2.16.638ms (0.181ms)



3 ベテランの端末検査（短めの場合）

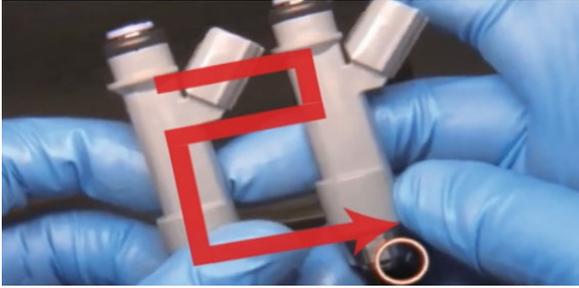
stat 4.25.771ms
end 4.26.673ms (0.902ms)



4 ブラシで磨いた直後の状態を確認する軌跡

考察

品質検査において、眼球の往復運動をする理由を考えてみたい。株式会社デンソーでは、西尾製作所の一部の製造現場において検品作業に視線計測を活用しており、そこでは図5のように2の字が検査のポイントだとしている[5].



5 デンソーにおける品質検査のポイント ([5]から検査された画像を引用)

デンソーの事例は「2の字」としているが、これを広くとらえれば視線の往復運動とも解釈することができる。こうしてみると、次の三点が推察できる。

第一に、通常の検査を取り組む際には問題を探す行為であるため、どこか一点に集中するパターンにはなりえないのではないかと考えられる。むしろ、視線を凝視する一点集中型というのは、品質検査で何かキズなどを発見したのちに発生するような場合ではないかと考えられる。

第二に、往復運動の要因についてであるが、これは検査対象先を見ながらスーッと流すのではなく、見て、わずかに少し後戻りしながら改めて確認するといった試行錯誤しているように一見すると見受けられる。しかしながら、1秒間に満たない非常に短い時間で行われているため、眼球の往復運動そのものは無意識に行われているのではないかと推察される。

第三に、眼球の往復運動が左右なのか上下なのか、について述べる。図2~4ともに、やや角度にばらつきはあるものの、概ね左右の動きである。一方で、図1は上下でしかもかなり短い往復運動に留まっている。この違いは、対象となる形状の違いや視線の流す角度によるものと思われる。

ところで、注視はさらに、Tremor, Drift, Microsaccadeの3種類に分けられる[6]。Tremorは観察を困難にするような小さな往復運動、DriftはTremorと同時またはMicrosaccade中に起こる初期注視、MicrosaccadeはDriftを修正するための短くて速い視点運動である[7]。また、nystagmusとは、電車の窓から景色を見るときなどに、振り子のような視線の往復運動を指す[8]。

本論文における眼球の往復運動はTremor, Microsaccade, Driftのいずれかではあると思われるが、今後更に探究していく必要がある。本論文では、端末に照準を当てているが、これとは別に、図1のように配管を横から眺めた際にも、①→②→③、③→②→①のように大きな視線の往復運動がみられた。この動きは、Nystagmusに類似していると思われる。

結び

本論文では、配管の品質検査を行う際の視線計測を可視化し、考察を行った。品質検査時には、眼球運動の往復運動を発見し、その背後にある要因を考察した。本論文ではベテラン1名のみの計測結果をもとに分析したにすぎず、限界はやむを得ない。今後は、配管を横から眺めた場合や、ベテランと新人の差異の可視化による分析を行い、技能伝承につなげる研究に取り組みたい。

謝辞

本論文は日本パイプシステム株式会社の田野社長の御理解と御協力のもとに行われました。被験者の方を含め、ここに改めて御礼申し上げます。

本研究を取り組むにあたり、科研費(JSPS KAKENHI Grant Number 17K03872)及びJSPS KAKENHI Grant Number 19K03062)ならびに中央大学による特定課題研究費による助成を受けている。

参考文献

- [1] 橋村勝, 飯塚博実, 李 軍: 眼球運動の計測, 人間工学, Vol. 51, No. 6, pp. 406-410, (2015)
- [2] <https://www.tobiiipro.com/ja/product-listing/tobii-pro-glasses3/> retrieved on 12th Sep. 2021.
- [3] Nagayoshi S., and Nakamura J.: How accelerate Knowledge Acquisition and Information Distribution in the Organizational Learning from Failure, Proceedings of the 21st Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), Langkawi, Malaysia, (2017).
- [4] Nakamura J., and Nagayoshi S.: Extracting characteristics of plates, pots, and vases in molding processes: an attempt of creating a simple model, Procedia Computer Science, Vol. 176, pp. 1402-1411, (2020).
- [5] https://www.tobiiipro.com/ja/applications/industry-and-human-performance/case-studies/case_DENSO/ retrieved on 12th Sep. 2021.
- [6] Martinez-Conde, S., Stephen L., Macknik, D., and Hubel, H.: The role of fixational eye movements in visual perception. Nature Review Neuroscience, Vol. 5, No. 3, pp. 229-240, (2004).
- [7] Cornsweet, T. W.: Determination of the stimuli for involuntary drifts and saccadic eye movements. Journal of the Optical Society of America, Vol. 46, No. 11, pp. 987-993, (1956).
- [8] Duchowski, A.T.: Eye Tracking Methodology—Theory and Practice, 3rd edition. Springer, (2017).