

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：32503

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16294

研究課題名(和文) 製造業における技能伝承と人材育成の体系化に関する研究

研究課題名(英文) Systematization of skill transfer and personnel training in the manufacturing industry

研究代表者

滝 聖子 (TAKI, Seiko)

千葉工業大学・社会システム科学部・准教授

研究者番号：50433181

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、製造業における技能伝承を支援するためのシステムを構築し、効率的な人材育成手法の検討と提案を行った。熟練者の技能を明らかにして非熟練者に伝承するために、作業者の身体動作および眼球運動の計測と分析を行うことのできるシステムを構築し、その有効性を確認した。また、効率的な人材育成のために、実企業の作業者の一般職業適性検査の結果から実務評価を推定する手法と製品品質から技能レベルを判別する手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated efficient methods of personnel training and created a system to aid in skill transfer in the manufacturing industry. We proposed two efficient personnel training methods. The first is a method to determine the skill level of workers based on product quality. We also created a system that can measure and analyze the body motion and eye movement of workers to elucidate the skills of experienced workers and facilitate the transfer of those skills to inexperienced workers, and we demonstrated its effectiveness. The second is a way of estimating work evaluation based on the results of a general occupation aptitude test taken by workers at the company doing the training.

研究分野：経営工学

キーワード：作業研究 技能伝承 インダストリアルエンジニアリング 設備管理

1. 研究開始当初の背景

製造企業では、労働力の確保や海外市場の開拓のために、海外に生産拠点を展開する中小企業が増えている。中小企業庁でも海外展開支援のための予算を計上し、積極的に支援を進めている。他方、海外生産工場では、設備保守・点検が不十分なために日本工場と同じ製造機械・工程でも不良率が高いことや従業員の離職率が高く、教育や研修が無駄になっているケースがある。これは、熟練技能者の高齢化と少子化による技能伝承対象者の減少のために、熟練技能者の育成が進まず、育成プログラムが確立されていないことが原因であると考えられる。既に、階層・階級別に技能を伝えるための人材育成を積極的に行っている企業もあるが、多大なるコストおよび時間を要するため、中小企業では難しく、人材不足のために熟練技能者の常駐しない事業所も存在し、トラブル発生時には製造ラインを停止することによる生産能力低下などの問題が生じていたことから、代表者らは、本研究着手前までに、これらの問題を解決するためには、熟練者が離れた場所にながら、現地作業者の周囲の状況をリアルタイムに把握でき、現地作業者に適切な指示を出すことのできる作業環境を整備する必要があると考え、熟練技能伝承支援のための設備保守・点検作業支援システムを構築した。しかし、これは力覚情報を見える化した技能伝承支援のシステムの構築と実企業での運用までであり、熟練者がどこを見ながら作業をしているのか（非熟練者が見ていない何を見ているのか）は明らかにできておらず、また技能者育成や人材育成教育のための手法を開発するには至っていない。

2. 研究の目的

本研究課題では、上記の背景を踏まえ、製造業における技能伝承と人材育成のために、熟練作業者の技能（特に、作業中の注視点および眼球運動）の見える化のための装置の構築および評価と効率的な人材育成手法の提案を目的とする。

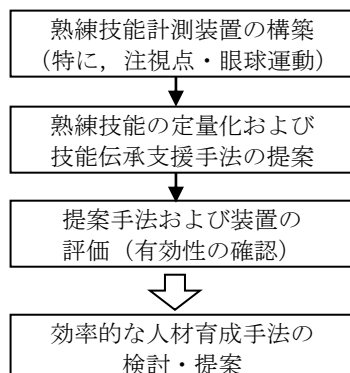


図1 研究目的および手順

3. 研究の方法

研究目的の達成を目指して、以下の項目を

実施した。

(1) 熟練技能計測装置の構築

平成25年度までに開発しているシステムの機能（遠隔通信、3次元位置計測、力覚情報取得）以外に、熟練者が「何を見て（どこを見て）、何を判断しているのか」という技能（非熟練者が見ていない情報）を取得できるようにするために、作業中の注視点と眼球運動を計測する機能を追加して熟練技能計測装置を構築した。また、モーションセンサを用いて頭部の傾きを検出できるようにした。



図2 追加した機能（眼球運動計測、頭部傾斜計測）

(2) 熟練技能の定量化および技能伝承支援手法の提案

構築した熟練技能計測装置を用いて、異なる作業（機械操作、計測作業、単純作業）を対象に、複数の被験者（熟練者および非熟練者）の作業中の注視点・眼球運動および身体動作などを計測し、分析することにより、熟練者の作業中の眼球運動および身体動作の傾向を明らかにした。

また、熟練者の技能データを用いて非熟練者に効率的かつ効果的に技能を伝承するための技能伝承支援手法を提案した。

(3) 提案手法および装置の有効性の確認

実企業に導入するために、効率的な技能伝承を行うことのできる対象作業を明らかにするとともに、技能伝承支援手法および装置の有効性を確認した。

(4) 効率的な人材育成手法の検討と提案

効率的な人材育成について検討するために、実企業における実務者の作業を計測し、人材育成に必要な情報を明らかにする手法についての検討と提案を行った。

4. 研究成果

(1) 熟練技能計測装置の構築

作業中の注視点と眼球運動を計測する機能を追加して熟練技能計測装置を構築し、複数の被験者で実験を行うことにより、作業中の眼球運動と身体動作を同時に計測できることを確認した。



図3 眼球運動(両眼)の表示画面

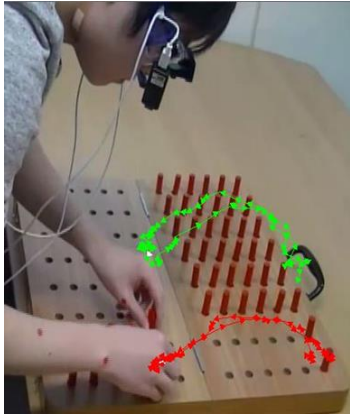


図4 身体動作(両手)の表示画面

(2) 熟練技能の定量化および技能伝承支援手法の提案

工作機械を用いた金属加工作業を対象とし、工作機械の使用時に加えて、計測機器を使用する際の作業者の眼球運動と身体動作を計測して分析することにより、熟練者の金属加工作業中の眼球運動と身体動作の傾向を明らかにした。

また、単純作業との違いを明らかにするため、単純作業における作業者の眼球運動と身体動作も計測し、分析して比較を行った。単純作業として、一般職業適性検査の器具検査を対象として実験を行い、単純作業における眼球運動と身体動作(手腕動作)の関係性について明らかにした。以上の分析結果から、熟練技能の早期習得のための技能伝承支援手法を提案した。

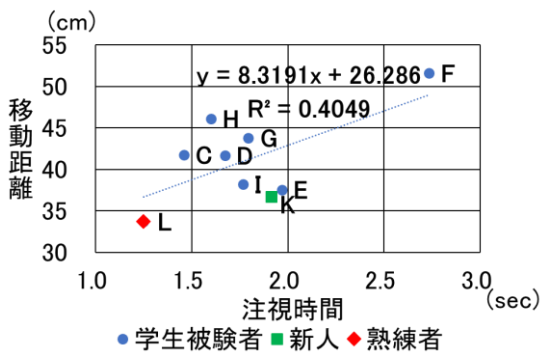


図5 分解検査における身体動作(移動距離)と注視時間の関係

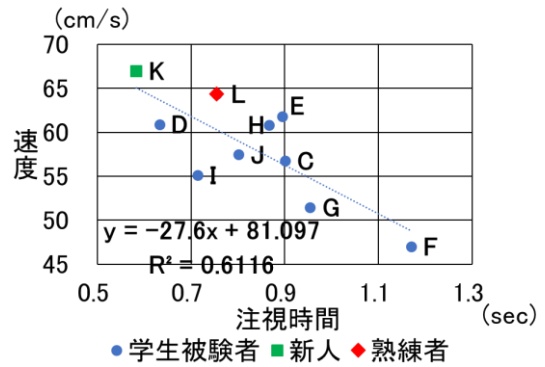


図6 差し込み検査における身体動作(速度)と注視時間の関係

(3) 提案手法および装置の有効性の確認

遠隔通信による保守点検作業の技能伝承支援を想定して、技能伝承支援装置の有効性を検証するために、構築した装置以外の条件でも実験を行い、作業時間および作業ミス等を比較した。図7および図8の条件3(Condition 3)では本研究で提案した装置を使用しており、装置の有効性が確認された。

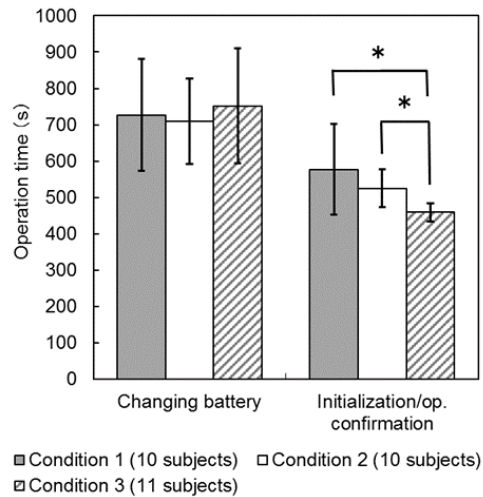


図7 平均作業時間の比較(雑誌論文②掲載)

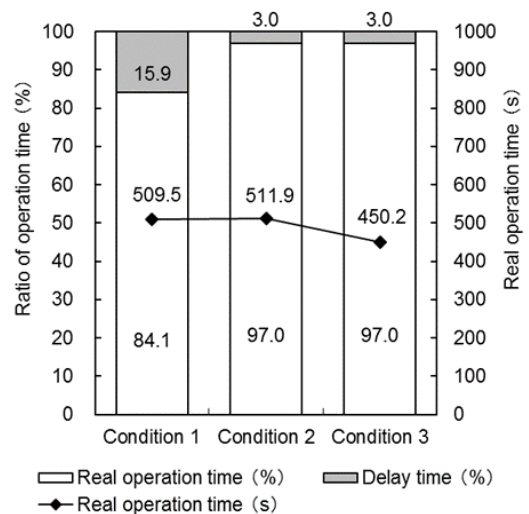


図8 実作業時間と割合の比較(雑誌論文②掲載)

さらに、一連の作業を細分化して動作分析を行うことにより、提案手法および装置を効果的に使用することのできる作業内容を明らかにした。

(4) 効率的な人材育成手法の検討と提案

効率的な人材育成について検討するために、実企業における実務者の作業を計測し、人材育成に必要な情報を明らかにする手法についての検討と提案を行った。

被覆アーク溶接における溶接品質（ビード線の表面形状）については、実務経験がほぼ同じ作業でも溶接品質が異なることを明らかにし、表面形状分析結果から不足している技能（修得すべき技能）を判別できる手法を提案した。なお、図9および図10の記号Aは熟練者（経験35年）、その他は非熟練者（経験数回～5年）の被験者を示している。

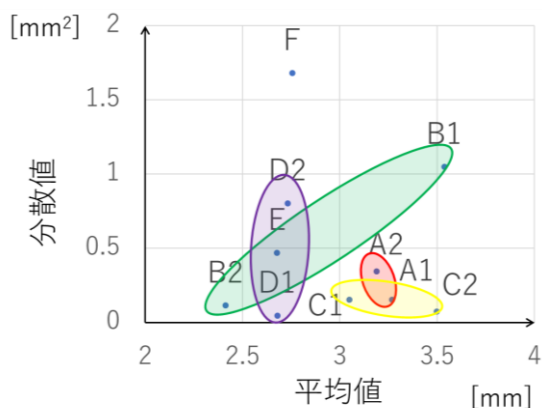


図9 YZ平面に平行な断面形状を用いた溶接品質（ビード線形状）の比較

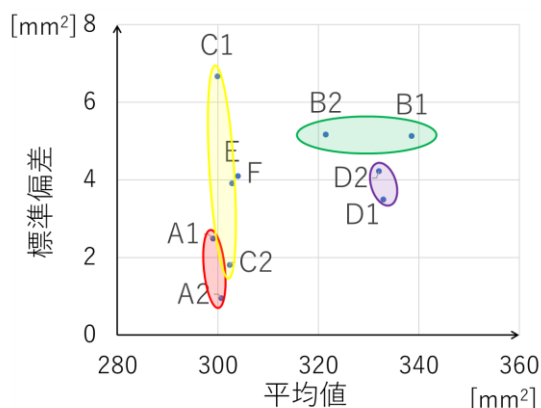


図10 表面積を用いた溶接品質（ビード線形状）の比較

また、実企業の事務機器生産ラインで組立作業に従事する作業員に対する現場管理者の評価（実際の作業適性）を推定するために、一般職業適性検査を行い、検査中の動作分析結果を用いて、式(1)により現場管理者の評価（実際の作業適性）を100%の精度で判別することのできる手法を提案した。

$$y = -28.6417x_1 - 2.20588x_2 + 34.1955 \quad (1)$$

x_1 : 差し替え検査の一部作業時間（抜き取り作業時間）

x_2 : 組み合わせ検査の一部作業時間（行間移動を除いた差し替え作業時間）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 3 件）

- ① S. Taki, Y. Kajihara, Y. Shirai: A Study on Effect of Work Instruction Support Device for Equipment Maintenance and Inspection at Remote Sites, International Journal of Japan Association for Management Systems, Vol.9, No.1, pp.71-77, 査読有, 2017.
- ② S. Taki, Y. Kajihara, A. Yamamoto: Proposal for Evaluating Worker's Work Characteristics- Case Study on Business Machinery Production Line-, International Journal of Automation Technology, Vol. 11, No. 1, pp. 38-45, 査読有, 2017.
- ③ Y. Feng, S. Taki, R. Tamura, Y. Kajihara, Y. Matsuo: Surface Shapes Analysis of Welded Materials for Transferring Shielded Metal Arc Welding Skills, Proceedings of 13th International Conference on Industrial Management, pp. 683-688, 査読有, 2016.

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① S. Taki, M. Shibuya: A study on coordination of workers' ocular movement and manual dexterity during instrument examinations of General Aptitude Test Battery, 16th Annual Hawaii International Conference on Education (HICE2018), pp.1682-1687, January 6, 2018, Honolulu, HI, USA.
- ② S. Taki, T. Kiyosawa: Sight Line Analysis of Workers Taking Instrument Examinations for General Aptitude Test Battery, 15th Annual Hawaii International Conference on Education (HICE2017), pp.2342-2346, January 4, 2017, Honolulu, HI, USA.
- ③ 滝 聖子, 石高裕基, 白井 裕: ワークサンプリングを用いた変種変量生産工場の稼働分析, 設備管理学会平成28年度春季研究大会, pp.65-66, 2016年6月2日, 早稲田大学西早稲田キャンパス(東京都新宿区).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

滝 聖子 (TAKI, Seiko)

千葉工業大学・社会システム科学部・准教授

研究者番号: 50433181

(2) 研究協力者

梶原 康博 (KAJIHARA, Yasuhiro)