

K-011

精密板金加工品製造業用 e-Learning System の技能テスト機能による 熟練技能者と非熟練技能者の差異分析

An Analysis of Difference between Skilled Workers and Non-skilled Workers using Work Ability Test Module on the e-Learning System for Precise Sheet Metal Manufacturing.

下山 隆[†] 白沢 勉^{††} 赤倉 貴子^{†††}
Takashi Shimoyama Tsutomu Shirasawa Takako Akakura

1. はじめに

近年、日本の中小製造業の経営環境は厳しく、従業員教育に割く時間的・金銭的・人材的余裕がない。中小製造業における従業員教育は現場に任せた OJT(On the Job Training)がメインであるが、先に挙げた厳しい経営環境により停滞している。また若年・青年層の「ものづくり」現場からの離反、2007年問題とも言われる熟練技能者の高齢化や引退といった現状から、熟練技能の消滅が問題となっている[1]。

これらの問題を解決するために、著者らは中小製造業に対し、時間や場所の制約を受けず、また熟練技能のデータベース(DB)化が可能である技能教育用 e-Learning System の開発と評価[2]を行ってきたが、さらなる魅力向上が必要であると考え、システム上で技能を定量的に評価するテスト機能(技能テスト機能)の開発を行った[3]。

本稿では技能テスト機能を使用した結果を用い、熟練者と非熟練者の技能の差異の分析を行った。

2. 開発した技能テスト機能

2.1 技能マップの作成

精密板金加工品製造業では各種の機械を操作し、作業情報を認知し判断し操作へ繋げ、板金に切る・曲げるといった加工を施す。本稿では技能を「実際に作業を行う際の認知・判断・操作、これらを適切なタイミングで総合的に実践する能力」と定義する。

著者らはこれまでに熟練技能解析のために技能マップを提案した[3]。技能マップとは認知マップ[4]を元に、精密板金加工品製造業の技能を要素としその関係をグラフ構造で体系化したものである。技能マップをテスト問題の作成やテストの採点に利用することで、技能習得のためのテストが可能となる。アンケート・インタビュー調査により、技能マップの要素ごとに認知・判断・操作の情報を抽出した。以上のプロセスで熟練技能を解析した。

2.2 技能テスト機能概要

著者らは e-Learning System 上で技能を定量的に評価するテスト機能(技能テスト機能)を提案してきた[3]。図1に5つのフレームから構成される技能テスト機能のインタフェースを表示する。Frame1には作業映像、Frame2には作業映像に連動して問題が出題される。映像と連動させることで、適切なタイミングでの認知・判断・操作を行わせる。テストは多肢選択方式である。Frame3で学習者はテストに解答する際に必要とする情報を選択する。Frame4と5には選択した情報が表示される。複数の情報表示を可能にし、実

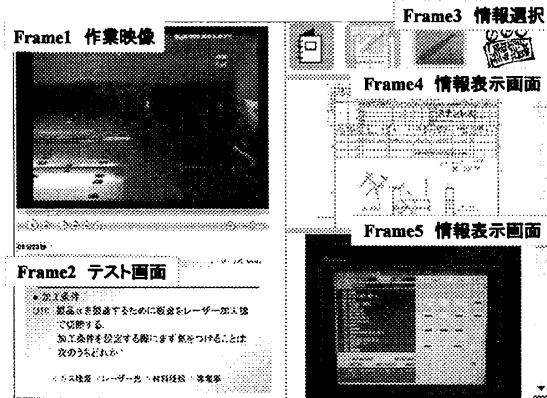


図1 システム上での技能テスト画面

際の作業時に近い情報収集環境を整える。

またシステムは、テストの解答履歴、解答時間、解答時に参照する各情報の選択回数を取得しDBに保存する。

2.3 技能テスト採点方法

技能テストの採点には、以下の3通りを用いる[3]。

- (1) 技能マップを利用した到達度評価
- (2) 難易度と正誤を利用した評価
- (3) 解答までの所要時間を利用した評価

紙数の都合上各評価方法の詳細は参考文献[3]に譲るが、3通りの採点方法を用いることで、従来システム上で計ることのできなかつた技能を様々な視点から定量的に評価できると考えた。

3. 評価実験

3.1 評価実験概要

開発した技能テスト機能を利用することで、熟練者と非熟練者の技能の差を定量的に明らかにできるかどうかを確認するために、精密板金加工品製造業のA社において評価実験を行った。今回はA社における製品製造工程の中から、レーザー工程を対象とし、技能テスト機能を使用してもらった。A社による判断を基に、被験者をレーザー工程の経験年数で熟練者3名(A, B, C)と、非熟練者3名(D, E, F)に分類した。被験者にはそれぞれ個別にシステム上で技能テストを受験してもらった。評価には、2.3節に示した3種の技能テスト採点方法を用い、熟練者と非熟練者の(1), (2), (3)の得点を比較する。また、システムが取得しているログを解析し、熟練者と非熟練者の差異を分析する。

3.2 結果と考察

熟練者と非熟練者の採点方法(1), (2), (3)による技能テストの得点を表1に示す。それぞれの採点方法による結果に関して平均値の差の検定を行ったところ、熟練者と非熟練者の間に5%水準で有意な差が見られた(採点方法(1):

[†] 東京理科大学大学院工学研究科
^{††} (株)小川製作所
^{†††} 東京理科大学工学部

$t=4.16, df=4, p<0.05$, 採点方法(2) : $t=5.25, df=2, p<0.05$, 採点方法(3) : $t=2.82, df=4, p<0.05$.

採点方法(3)の結果から、熟練の方が非熟練者より解答に時間がかかっていることがわかる。一般的には、熟練者のほうが非熟練者よりも作業にかかる時間が短いと考えられるが、採点方法(3)の結果はそれと異なる。解答に必要な情報を参照していなかった設問数を見ると、熟練者には必要情報が欠落した設問数が少ない傾向がある(表2)。このことから、熟練者は非熟練者より必要な情報を適切に取得し認知・判断という過程を経ているため、解答時間が長いことがわかる。さらに、解答に必要な情報を参照したかを見ることで、技能を修得していることによる必然の正解と偶然の正解の層別も可能になる。今回の実験で参照していなかったときは全て不正解だった。

また、採点方法(3)に関して表2の情報の欠落回数が同等である熟練者同士の結果と経験年数の相関関係から、レーザー工程の経験年数が多いほど解答所要時間が短い傾向が見られる(図2)。このことより、経験年数が多い熟練者ほど短時間で必要な情報を適切に取得し解答していることが可能性として考えられる。

技能テストの問題は2.1節で説明した技能マップを基に作成しており、5段階のレベルに分かれている[3]。レベル別に熟練者と非熟練者の正答率に関して平均値の差の検定を行ったところ(図3)、熟練者と非熟練者の間にレベル1と2では統計的に有意な差は見られなかったが、レベル3と4では5%水準で有意な差が見られた(レベル3 : $t=4.00, df=4, p<0.05$, レベル4 : $t=3.64, df=4, p<0.05$)。

この結果より、熟練者と非熟練者の間では、作業内容の意義や目的、作業の流れといったレベル1と2の技能に明確な差はなく、各技能の連結や効率化といったレベル3と4の技能から差が現れてくるといったことがわかった。

続いて、表1の熟練者BとCの結果に着目する。BとCは正答数が同じである。正誤のみを評価するテストであればBとCは同等の技能を有すると考えられるが、本稿で提

案した3種の採点方法を用いることによって、様々な角度から技能の差を明らかにできる。今回の結果から、BのほうがCよりも多少ではあるが熟練の程度が高いということが可能性として考えられる。

以上より、提案した技能テスト機能の3種の採点方法を利用することで、熟練者と非熟練者の技能の差を明らかにできることが示唆された。また、技能テスト機能のログを解析することで熟練者と非熟練者の間には必要な情報を適切に取得する能力や、各技能の連結・効率化の程度に差があることがわかった。さらに熟練者同士の中で、経験年数が長いほど短時間で必要な情報を適切に取得できる可能性があることがわかった。しかし、3種の採点方法を利用することで能力の数値化はされたが、非熟練の程度を明らかにすること、すなわち技能の定量的な評価はできていない。今後、実務の出来から非熟練の程度を段階で評価できる指標を作成し、その指標と3種の採点結果の相関を見ることで、技能テスト機能の得点により非熟練の程度を示せるようにする必要がある。

4. まとめと今後の課題

本稿では、精密板金加工品製造会社において開発した技能テスト機能を使用してもらい、その結果から熟練者と非熟練者の技能の差異を分析した。評価実験の結果、開発した技能テスト機能は熟練者と非熟練者の技能の差、また熟練者同士の技能の差を示せることが示唆された。今後の課題として、実務を評価することにより技能テスト機能において定量的評価を行うための指標作りや、技能テスト機能の信頼性の検証を行うこと等が挙げられる。

【謝辞】

本研究の一部は、平成17~19年度科学研究費補助金基盤研究(B)(課題番号17300273)の助成によるものである。

【参考文献】

[1] 中小企業庁 中小企業白書 2005年版
<http://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/h17/hakusho/>
 (2006/8/3 現在)

[2] 白沢 勉, 赤倉 貴子, “中小製造業における技能教育モデルに基づく Web 利用教育システムの開発,” 日本教育工学会論文誌, Vol.27, Suppl., pp169-172, 2003.

[3] 下山 隆, 白沢 勉, 赤倉 貴子, “精密板金加工品製造業における技能継承を目的とした e-Learning System の開発と評価 -熟練技能の解析とシステム上での技能テスト方法の提案-” 信学技報, Vol.106, No.507, pp69-74, 2007.

[4] 竹谷 誠, 佐々木 整, “学習者描画の認知マップによる理解度評価法,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.1, pp336-347, 1997.

表1 被験者の正答数, 得点, 経験年数

被験者	正答数	(1)	(2)	(3)	レーザー工程経験
熟練者A	17	86.6	88.8	982	6年
熟練者B	16	70.7	92.5	1494	3年
熟練者C	16	67.6	90.7	1541	2年
非熟練者D	11	45.0	57.0	933	6ヶ月
非熟練者E	5	15.2	23.4	673	3ヶ月
非熟練者F	7	33.6	36.4	759	1ヶ月

表2 必要情報欠落数

被験者	必要情報欠落回数
熟練者A	1
熟練者B	1
熟練者C	1
非熟練者D	5
非熟練者E	4
非熟練者F	4

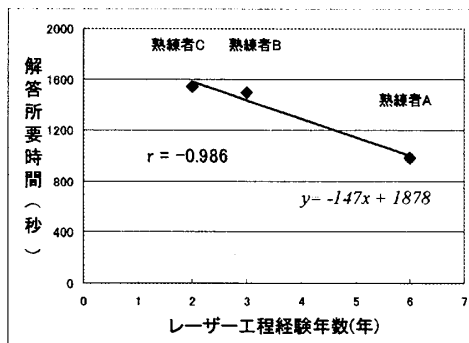


図2 解答所要時間と経験年数の相関

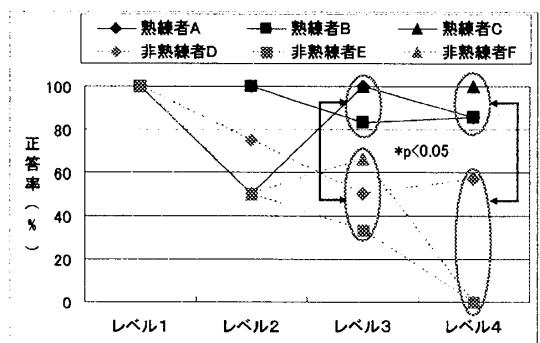


図3 レベル別正答率