

フライス盤加工作業における熟練技能者の作業分析

職業能力開発総合大学校 ○古閑 凜太郎, 池田 知純, 新家 寿健, 垣本 映,
二宮 敬一, 不破 輝彦, 岡部 眞幸

要旨

技能教育には優れた技能者の動作や行動の観察が欠かせない。個人によって観察から得られる情報は異なるため熟練技能者の作業内容の見える化と経験的知識から導出される重要な点を明確にすることは技能を獲得する上で重要となる。本研究では熟練技能者のフライス盤作業における作業工程を分析しその特徴を抽出した。分析の結果、熟練技能者は次工程の準備作業を行っていること、再確認・再調整の行動が少ないことなどの知見を得た。

1. はじめに

近年、高度熟練技能者の退職による技能伝承の不足や製造業の海外シフト等により、生産現場ではものづくりを担う若年人材が求められている。機械加工の技能教育では、ものづくりの根幹を担う旋盤やフライス盤などの工作機械を用いて機械加工技能を習得する。フライス盤作業に求められる主な技能には、安全作業、パイスの取付けと精度確認、被削材の固定、各種の切削工具の取付け、被削材の材質及び切削工具の材質に応じた切削条件の決定、平面加工、溝加工、斜面加工、読図、測定、などがある^{1,2)}。実習では、まず指導者が手本を見せ、受講者は指導者の作業工程や振る舞いを観察し模倣することから始める。受講生に指導者の振る舞いのどの部分を観察するかを委ねると、受講生間で理解度に差が生じ、技能習得に影響を及ぼす。故に、熟練技能者の作業内容の見える化は、受講生の効率的な観察への一助となり、技能を習得する上で重要となる。

一般的に熟練技能者がもつ技能は、経験に裏打ちされた勘や直感といった暗黙知と呼ばれ、暗黙知を人間科学的分析する試み^{3,4)}がある。特に、作業をビデオ撮影し、その内容を分析するツールは、作業の見える化や作業改善に利用され、教育訓練の材料や技能伝承にも有効であるとされている。

本研究では、フライス盤加工の様々な技能のうち溝加工作業を取り上げ、熟練技能者が行う溝加工作業の行動を分析し、その特徴を抽出した。

2. 計測・分析方法

被験者は、技能五輪全国大会の出場経験をもつ熟練技能者 A～H の 8 名、技能検定 2 級相当の技能を有する本大学校機械専攻学生 1 名とした。被験者に、実験の目的・方法等を十分に説明し、インフォームドコンセントを得た。

実験課題は、図 1 に示すように予め六面加工を施した被削材 SS400 (30×60×70 mm) に幅 42 mm、深さ 10 mm の直溝と幅 24 mm、深さ 20 mm の U 溝を加工する内容とした。課題の難易度は、技能検定フライス盤作業 2 級実技試験課題よりもやや低く、熟練技能者 60 分程度、学生 90 分程度で行えるものとした。

工作機械は、汎用立てフライス盤 (2MW-V、日立ビアメカニクス製)、工具は 2 枚刃 $\phi 20$ ハイスエンドミルと 4 枚刃 $\phi 20$ ハイスエンドミルを使用した。切削条件は、熟練技能者の判断に委ね、切削油の使用の有無、加工工程、切削条件を規定しなかった。学生には、安全を考慮して表 1 の切削条件とすること、切削油を塗布することを指示した。作業はビデオカメラにより記録した。

作業分析には、タスク分析・行動観察ソフトウェア CAPTIV-L2100-M (TEA 社) を用いた。機械と作業者をクラスとし、機械クラスは刃物回転あり・なしの 2 項目、作業者クラスは①ハンド

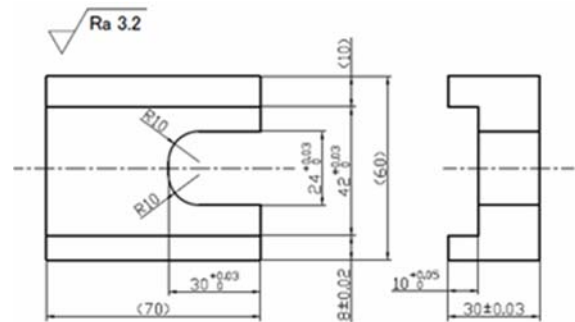


図 1 実験課題

表 1 切削条件

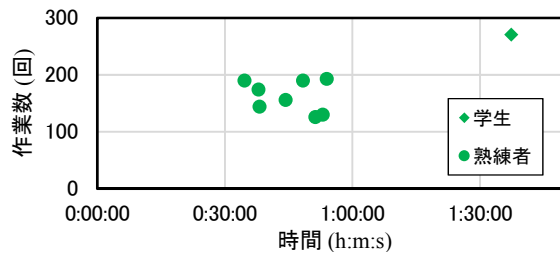
	熟練技能者		学生	
	荒	仕上げ	荒	仕上げ
切削速度 V(m/min)	任意		15	20
1 刃あたりの 送り f_z (mm/刃)	任意		0.15	0.1

ル送り、②清掃、③ヤスリがけ、④移動、⑤加工条件の設定、⑥測定、⑦測定器の調整、⑧静止、⑨図面確認、⑩工具交換・材料の取付けの 10 項目で記述してコーディングを行った。その後、作業時間、作業頻度などを抽出した。

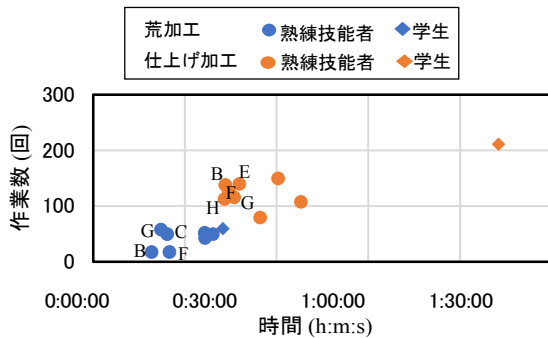
3. 作業分析の結果

図 2 に作業開始から終了までに要した作業時間と作業数を示す。(a)は作業全体、(b)は荒加工と仕上げ加工の結果である。全体の作業時間は、熟練技能者 60 分未満、学生 100 分であり、概ね課題設定で予想した時間内であった。作業数は、熟練技能者平均 162 回、学生 271 回であった。荒加工において熟練技能者は平均作業時間 45 分 5 秒 (最長: 20 分 21 秒, 最短: 10 分 36 秒), 平均作業数 41 回 (最多: 58 回, 最少: 18 回) であった。仕上げ加工において、熟練技能者は平均作業時間 27 分 10 秒 (最長: 37 分 58 秒, 最短: 23 分 59 秒), 平均作業数 121 回 (最多: 150 回, 最少: 80 回) であった。いずれも学生より小さい値を示した。荒加工では、熟練技能者 4 名 (B,C,F,G), 仕上げ加工では、熟練技能者 5 名 (B,E,F,G,H) が比較的近い値を示した。

比較的近い値であった熟練技能者の要素作業の割合を図 3 に示す。(a)は荒加工、(b)は仕上げ加工である。荒加工において、ハンドル送りが占める割合は熟練技能者平均 52.4% であり、大きな違いは見られなかった。一方、測定作業は熟練技能者 B,G 約 11%, 熟練技能者 C,F 3% 未満、工具交換・材料の取り付けと目盛り合

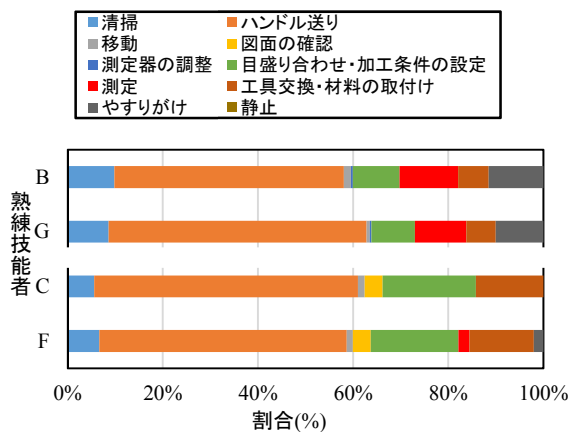


(a) 全体

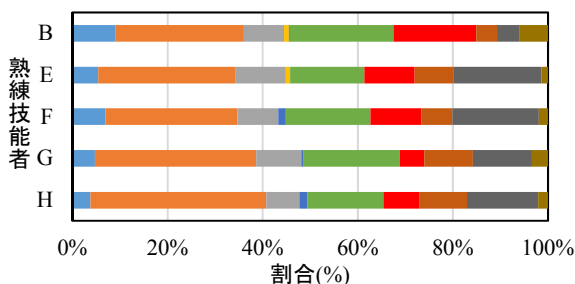


(b) 荒加工と仕上げ加工

図2 作業時間と作業数



(a) 荒加工



(b) 仕上げ加工

図3 要素作業の割合

わせ・加工条件の設定といった段取り作業は熟練技能者 B,G 約 15%, 熟練技能者 C,F 約 32% であり, 被験者間で違いが見られた。ビデオ映像を確認し, 熟練技能者 F は切削開始時に被削材の側面に刃物を近付けてゼロセットしていた。側面のゼロセットを行うことで, 目標値の反映が可能であったため, 測定をする必要がなかったと考えられる。仕上げ加工において, 目盛り合わせ・

表2 直溝仕上げ加工の要素作業の割合

	熟練技能者								学生
	A	B	C	D	E	F	G	H	
移動	19.3	0.0	31.6	14.8	3.1	17.7	3.2	18.2	7.8
清掃	39.6	29.0	14.8	26.5	32.2	17.4	25.1	0.0	13.3
静止	24.4	71.0	49.1	39.5	34.1	64.9	34.4	40.9	78.9
確認・調整	16.7	0.0	4.5	19.2	30.6	0.0	37.3	40.9	0.0

加工条件の設定は被験者によって違いは見られなく平均 17% だった。熟練技能者の静止は学生の 1/10 であった。

直溝仕上げ加工の要素作業の割合を表 2 に示す。切削時における熟練技能者の要素作業を学生と比較した。静止は熟練技能者の全てが学生よりも低い割合を示した。測定器や図面の確認・調整は 8 人中 6 人, 清掃は 7 人, 移動は 5 人といずれも学生よりも高い値を示した。熟練技能者は自動送り切削開始時に清掃, 被削材に刃物が接触したことを確認した後に, 測定器や図面の確認をする傾向が多く見られた。また, 熟練技能者が静止したのは切削開始時と終了時が主であった。このことから, 熟練技能者は自動送り切削時に次工程の準備を行うことが分かった。

熟練技能者の作業特徴を以下に示す。

- ・段取り作業を工夫することで, 他の作業数が少ない。
- ・自動送り加工中に次の作業の準備をしている。

4. おわりに

本報告では, 熟練技能者のフライス盤加工における溝加工の作業を分析した結果を示した。今後, さらに熟練技能者の作業内容の見える化に必要な情報を得るために作業工程や, 作業の特徴をより詳細に分析する。

謝辞 本研究は, JSPS 科研費 25289018 (代表者: 古川勇二) ならびに JSPS 科研費 17K01068 (代表者: 不破輝彦) の援助を受けた。ここに記して感謝する。また実験に協力して頂いた熟練技能者ならびに熟練技能者を快く派遣頂いた企業, 本大学の学生に感謝する。

参考文献

- 1) 中央職業能力開発協会: 3 級技能検定の実技試験課題を用いた人材育成マニュアル フライス盤作業編, Web ページ, <http://www.waza.javada.or.jp/>, 参照日: 2019-7-9
- 2) 中央職業能力開発協会: 3 級技能検定の実技試験課題を用いた人材育成マニュアル フライス盤作業編, Web ページ, <http://www.waza.javada.or.jp/>, 参照日: 2019-7-9
- 3) 古川勇二, 池田知純, 岡部眞幸, 菅野恒雄, 寺内美奈, 二宮敬一, 繁昌孝二, 不破輝彦, 和田正毅, 身体性認知科学に基づくフライス加工技能の修得・伝承モデルの構築~第 1 報 全体構想と予想される効果, 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(CD-ROM), 1041-1042, 2014.3.18.
- 4) 松浦慶総, ものづくり産業における身体知, 人工知能 32(2), 229-234, 2017.