

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：34412

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14103

研究課題名（和文）プラスチック射出成形用金型製作の技能・技術分析による教材開発および教育訓練の検証

研究課題名（英文）Development of teaching materials and verification of education and training through analysis of skills and techniques in plastic injection mold manufacturing

研究代表者

星野 実（Hoshino, Minoru）

大阪電気通信大学・工学部・特任教授

研究者番号：40648961

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000 円

研究成果の概要（和文）：現在、金型製造の実務に即した教材や教育訓練プログラムは整備されていない。本研究では、プラスチック射出成形金型の製造にかかわる技能や技術の分析をした上で教材を開発し、さらにその教材を用いた教育訓練を実施した。その結果、開発した教材や教育研修プログラムは高い評価を得られたことから、教育訓練機関への普及を目指している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金型生産技術者の育成ニーズが高まる中、高等教育機関では金型製作に必要な職業教育が重視されず、カリキュラムや教材が整備されていない。また、金型製作に関する技能・技術・知識を習得させるための理論に裏付けられた教育体系も確立されていない。このため金型製作に関する教育が不十分であり、根幹をなす技能・技術が失われかねない危機的状況に陥っている。そこで、技能要素と技術要素に着目した。暗黙知である技能要素を分析するとともに形式知である技術要素を整理して体系化した。そして、教材に落とし込み、教育訓練に結び付けた。このことが、金型生産技術者育成の実現、及び若年者への技能伝承モデルになることを示した。

研究成果の概要（英文）：Currently, there are no teaching materials or educational training programs that are in line with the practical aspects of mold manufacturing. In this study, we developed teaching materials after analyzing the skills and techniques involved in the manufacturing of plastic injection molds, and then carried out educational training using those teaching materials. As a result, the developed teaching materials and educational training programs were highly evaluated, and we aim to spread them to educational training institutions.

研究分野：工学教育

キーワード：プラスチック射出成形用金型 技能 技術 教材開発 教育訓練

1. 研究開始当初の背景

高等教育機関では、金型製作に必要な教育が重視されず教育訓練や実践に即した教材が整備されていない。また、金型製作に関する技能・技術を習得させるための教育訓練体系も確立されていない。このため、教育訓練が不十分であり慢性的な人材不足が続いている。そこで、暗黙知である技能要素を分析するとともに、形式知である技術要素を整理して体系化する。そして、教材開発をして教育訓練に結び付ける。このことが、金型生産技術者の育成、若年者への技能伝承モデルになると考える。

2. 研究の目的

本研究は、金型製作に関する幅広い技能・技術・知識を習得する実践技術者育成を目的として、教材開発や教育手法の検討をする。特色は、広範な技術・技能要素を整理して体系化してから、プロジェクト方式教育訓練での教材開発を行う。この開発した教材に基づいて、実際の金型製作を教育訓練現場で実行することにより、即戦力となる技術者育成を期待する。また、金型製作の根幹をなす技能・技術の研究とともに若年者に伝承するために「地域連携ものづくりプロジェクト」を立ち上げ、研究の確立と継続、外部への波及を期待する。

3. 研究の方法

(1) 典型課題としての金型の設計製作

学生金型グランプリ「プラスチック金型部門」では、学生(若年者)に対応した的確な製作課題が提示される。これを毎年、製作する工程を通して、若年者にとっての設計・製作・成形の問題点を明らかにする。完成させる金型は、分解・組立ての作業要領を作成して、実習装置とし金型構造の理解に役立てる。ここでは「地域連携ものづくりプロジェクト」のメンバーとともに学生金型グランプリに参加する過程での研究とする。

(2) CAD/CAM システム・マシニングセンターと磨き作業の適応

CAD/CAM システムとマシニングセンターの急速な進歩により、様々な加工が容易になった。しかし、金型加工では、マシニングセンターでの切削面と磨き作業が適応できないため最大のネック工程となった。現在、超高速加工が可能となったが、表面に硬化層ができてしまい除去するための磨き作業の時間が増大してしまっている。ここでは、工具形状や切削条件、金型の材質を根本から見直すとともに、カン・コツに頼らない数値化された作業方法を見出して、教材化を目指す。

(3) 若年技術者が習得すべき技能・技術の明確化

学生金型グランプリでの広範な生産工程をアローダイヤグラム(絡み合う工程を矢線図によりネットワークで表現)を使って整理し体系化する。このことにより、設計・製作・成形の工程を通して、生産技術者が習得すべき技能・技術の全体像を明らかにする。また、工程分解・仕事分解・作業分解をして、要素作業(作業の最小単位)により、技能・技術要素のポイントを明らかにする。

(4) 技能・技術の棲み分けと技能要素の分析

技術は、汎用的であり表現できる。ドキュメントにして教育訓練での教材にすることは容易である。一方、技能は、個人の能力に潜んでおり表現が難しい。直接、熟練技能者からの OJT や OFF-JT、または長期間の経験から身に付ける。しかし、技能を分析することができれば技術となりドキュメントにでき、効果の高い教育訓練が可能となる。ここでは、技能・技術の棲み分けをしてから、作業現場において熟練工(ものづくりマイスター等)と学生との要素作業を対比させて、技能要素の本質(ポイント)を明らかにする。

(5) プロジェクト方式教育訓練での教材開発

金型製作のスタートから完成に至るまでを対象とする、プロジェクト方式教育訓練での教材開発を行なう。教育訓練設計と教材設計によりステップごとに行なう。教育訓練設計は、対象とする受講者と教育目標から実習課題を決め、課題分析により全体像を把握して、企画書を作成することにより、複数の教材作成者の方向性を一致させる。教材設計は、受講者のレベルに合った前提知識を決めてから、前掲(3)で行った作業分解を整理した作業分解票を作成する。作業分解票から、どのような教育訓練方法が適しているのかを検討してから、教材の種類を決める。教材作成は、技術者を目指す学生とともに作業現場で実際に検証しながら作成する。その後、試行実施をして、総括的な評価をし完成させる。また、この教材開発手法を普及させるためのモデル化・一般化を目指す。

(6) 教育訓練でのレビュー

(1)~(5)の研究成果から開発された教材を、学生や職業訓練指導員(以下、指導員)企業の担当者を対象としてレビューを行なう。金型実習装置は使いやすいか、テキストは理解容易か、指導要領はポイントを捉えているか、などの観点から評価してフィードバックする。また、教材と教育訓練方法(OJT・off-JT・自己啓発・自己開発)は適合しているか、教育訓練効果の検証は可能か、習得度測定は容易か、などを評価して、有効性を明らかにする。

(7) 教育訓練への展開と教育訓練効果の検証

教材は、完成した時点から教育訓練で順次使用する。金型実習装置の使い勝手、習得度測定、アンケート結果などを検証しフィードバックする。地域連携ものづくりプロジェクトメンバーの教育訓練実施において、教材を利用した場合に年々教育訓練効果が高まっていることを明らかにする。また、協力して完成度を高めていく。

4. 研究成果

(1) 本研究が対象としている学生金型グランプリでは、プラスチック金型部門に参加し、成形品設計から金型製造を実施したことにより、設計・製作・成形での連続する生産工程での問題点を明らかにするとともに教材として表現するための検討を実施した。また、金型製作のネック工程である機械加工（CAD/CAM・マシニングセンター等）からの磨き作業では、被削材の材質・切削工具の種類・機械加工条件と磨き作業条件をファクターとする、表面性状と光沢の関係・切削加工時間と磨き作業時間の長短の分析を実施した。教材開発は、コロナ禍の影響を受けたことから、研究協力者との対面を避けるためクラウドコンピューティングを利用した。このため研究協力者の増員が容易となり、リモートでの総合力による教材開発が可能となった。中でも金型設計においては、広く詳細な設計ノウハウを掌握できたことから、典型課題となる成形品を選択して、対面授業・遠隔授業・オンデマンド学習が可能となる設計教材を作成できた。設計教材は、テキスト 35 頁（Word）・説明資料 46 頁（Power Point）・動画教材 4 巻（MP4）である。磨き作業においては、被削材の良否及び適格な工具の選択、磨き作業の時間・加圧・工具のデータ化を実現できたことから、金型磨きに関わる作業標準を作成することができた。また、作成した設計教材は、職業訓練教材コンクール（厚生労働省）に出展して厚生労働大臣賞（特選）を受賞したことにより、作成手法とともに広範に普及させることができた。

(2) 学生金型グランプリでは、金型製作の熟練技能者と経験の浅い学生からなる「地域連携ものづくりプロジェクト」（以下プロジェクト）を立ち上げて参加した。プロジェクトは、不足する設備や製造ノウハウを補完する体制を構築した金型造りを実現させた。これに基づいて、プラスチック射出成形用金型製作の技能・技術分析をしてから教材開発および教育訓練に着手した。ここでは、学生金型グランプリでの設計・製作・射出成形の生産工程を分解し、作業の最小単位である要素作業の分析をした。そして、熟練技能者と経験の浅い学生の作業を対比して要素作業のポイント（本質）を探った。また、熟練技能者である学生金型グランプリの審査員や参加技術者に要素作業の優劣を指摘して頂きフィードバックした。

(3) 教材開発は、地域連携ものづくりプロジェクトのメンバーで手分けした。金型製作のスタートから完成に至るまでを対象としたプロジェクト方式教育訓練での教材開発を行なった。また、技術者を目指す学生とともに実際の金型製造の過程で形成的な評価をしながら作成した。教材は、3次元CADによる金型設計テキスト・3DAモデル（3次元モデルに直接各種の情報を付加）による3次元CAD設計方法のテキスト、見本となる3次元モデルデータ・3Dプリンターによる金型の樹脂製モデルを作成した。作成された教材は、指導者を目指す学生、職業訓練指導員、企業の教育訓練担当者を対象としてレビューを行なった。テキストは理解容易か、指導要領はポイントを捉えているか、金型などのモデルは使いやすいか、などの観点から評価した。また、コロナ禍の対応としてリモートでの授業は可能か、オンデマンドに適しているか、それらの習得度測定はできるか、教育訓練効果の検証は可能か、などを検討した。上記の結果をベースに学会や学生金型グランプリの研究発表会に参加して、得られた評価をフィードバックして完成度を高めることができた。

(4) 本研究は、学生金型グランプリなどの技術コンテストなどに参加して、成形品設計から金型設計・製作を実施することにより連続する工程での問題点を明らかにして、それを盛り込んだ教材開発、その教材を使用しての教育訓練効果を検証することである。最終年度は、設計に3DAモデルを使用して、その有効性を学生金型グランプリや設計コンテスト（日本設計工学会）などにおいて評価をして頂いた。その結果、3DAモデルに高い評価を得られたことから教材開発に着手した。作成した教材は、入門用の3DAモデルによる成形品設計手法、基礎的な3DAモデルによる金型設計手法である。そして、開発した3DAモデル設計教材を教育訓練において使用して概ね評価をして頂いている。今後も継続して教育訓練効果を検証して教材の完成度を高める。

以上から、4年間の研究期間では、コロナ禍により予定通ではなかったものの、1年目金型製作での問題点の把握、2年目技術・技能分析の実施、3年目教材開発、最終の4年目は3DAモデル設計も付加した教育訓練効果の検証等、計画したことは実行できた。また、本研究を広く発信できたと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 7件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 KUBOTA Hisakazu, NAGANO Katsumi, HOSHINO Minoru, YAMAMOTO Toshikazu	4. 巻 88
2. 論文標題 The teaching material of Stirling engine and the acquisition of digital production technology	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/transjsme.21-00371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 宮城慶雅, 日高雄斗, 菅野金一	4. 巻 37-4
2. 論文標題 3 DAモデル(3D Annotated Model)による製品設計の評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 実践教育ジャーナル	6. 最初と最後の頁 35-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 清野政文, 星野実, 前田晃穂	4. 巻 69-3
2. 論文標題 工学科合同ものづくり手法と評価分析 - 自動歩行補助者システムの開発 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 58-63
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4307/jsee.69.4_8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 星野 実, 日高 雄斗, 山本 大気, 渡辺 幸治, 藤田 紀勝, 菅野 金一	4. 巻 36-2
2. 論文標題 付加製造技術(AM)の精密工作機械としての可能性 : ネットワークによるモノづくり	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 実践教育ジャーナル	6. 最初と最後の頁 30-33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 宮城慶雅, 木山裕貴, 池田輝史, 渡辺幸治, 藤田紀勝	4. 巻 69-4
2. 論文標題 コロナ禍における教材開発 - 射出成形金型設計 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 8-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.69.4_8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 久保田久和, 丸田陽, 星野実, 山本利一	4. 巻 69-4
2. 論文標題 3Dプリンターを活用した3DCAD・NC機械加工技術向上に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 8-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.69.4_46	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 久保田久和, 渡辺幸治, 松井優, 中村恭平, 藤田紀勝	4. 巻 35-2
2. 論文標題 3次元CADと3Dプリンターを活用した製品設計に関する実践研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 実践教育	6. 最初と最後の頁 20-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 本庄将悟, 古賀俊彦, 大北健二, 田中大雅, 藤田紀勝	4. 巻 35-3
2. 論文標題 ブリハードン鋼における抜き勾配加工と表面磨きの研究 CAD/CAMシステムとマシニングセンタの活用 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 実践教育	6. 最初と最後の頁 11-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 久保田久和, 山本健太, 丸田陽, 星野実	4. 巻 69-2
2. 論文標題 樹脂金型を活用した金型構造理解支援教材	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 18-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 渡辺幸治, 津嶋一之, 齊藤総一郎, 瀬川祐介	4. 巻 56-1
2. 論文標題 遠隔訓練も可能となる射出成形金型設計教材	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 技能と技術	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 田中大雅, 渡辺幸治, 菅野金一, 小島篤, 久保田久和	4. 巻 35--2
2. 論文標題 地域連携ものづくりプロジェクトによる学生金型グランプリの参加	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 実践教育	6. 最初と最後の頁 11-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 星野実, 田中大雅, 万福亮太郎, 山之内大悟郎	4. 巻 35-2
2. 論文標題 デジタル製造技術による射出成形金型の設計製作	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 実践教育	6. 最初と最後の頁 48-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1．発表者名 宮城慶雅、日高雄斗、星野実
2．発表標題 研究に関わるモノづくり実践活動の成果および検証
3．学会等名 日本設計工学会関西支部
4．発表年 2022年

1．発表者名 日高 雄斗，宮城 慶雅，星野 実
2．発表標題 第14回学生金型グランプリへの参加
3．学会等名 第70回工学教育研究講演会
4．発表年 2022年

1．発表者名 宮城慶雅，日高雄斗，星野実
2．発表標題 3DAモデル（3D Annotated Model）による3次元CAD設計（設計コンテストでの特徴）
3．学会等名 日本設計工学会 2022年度春季大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 宮城慶雅、日高雄斗、山本大気、木山裕貴、星野実
2．発表標題 金型設計製作オンデマンド教材の開発
3．学会等名 2021実践教育研究発表会
4．発表年 2021年

1．発表者名 日高雄斗、宮城慶雅、山本大気、木山裕貴、星野実
2．発表標題 ブリハードン鋼における磨き作業プロセスの検証
3．学会等名 2021実践教育研究発表会
4．発表年 2021年

1．発表者名 星野実、宮城慶雅、木山裕貴、山本大気、日高雄斗
2．発表標題 学生金型グランプリによる次世代金型の設計製作 - AMとネットワークの活用 -
3．学会等名 第69回工学教育研究発表会
4．発表年 2021年

1．発表者名 星野実、田中大雅、渡辺幸治、菅野金一、小島篤、久保田久和
2．発表標題 地域連携ものづくりプロジェクトによる学生金型グランプリの参加
3．学会等名 2020実践教育研究発表会
4．発表年 2020年

1．発表者名 星野実、田中大雅、万福亮太郎、山之内大吾郎
2．発表標題 卒業研究における課外活動の活用 - 授業で学んだことを活かすために -
3．学会等名 第68回工学教育研究講演会
4．発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

遠隔訓練も可能となる射出成形金型設計教材（厚生労働大臣賞 特選）
<https://www.tetras.uitec.jeed.go.jp/statistics/concours/20kyouzai/sakuhin#c01>

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------