

技術科の試作品製作における最適化に向けた修正・
改善点の分類：
自己決定群と他者参考群の違いに着目して

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同 教科開発学専攻 公開日: 2024-11-21 キーワード (Ja): 設計学習, 試作品, 問い直し, 最適化, 修正・改善 キーワード (En): Design learning, prototyping, questioning, optimization, modification/improvement 作成者: 河村, 敏文, 紅林, 秀治 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/0002001009

【論文】

技術科の試作品製作における最適化に向けた修正・改善点の分類

—自己決定群と他者参考群の違いに着目して—

河村 敏文¹・紅林 秀治²

¹愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻 ²静岡大学大学院教育学領域

要約

本研究の目的は、設計学習の試作品製作の場面において、学習者が製品に必要な機能や構造を検討し、どのような思考を基に、最適解を導きだしているかを分析することである。設計の学習過程において、予備題材の試作品製作後に「問い直し」として検討会を行い、修正・改善点について何がきっかけで新しいアイデアにつながったかを振り返らせた。振り返りについては、修正・改善点の気づきに自分の考えを重視した自己決定群と、級友の意見がきっかけとなった他者参考群とに分けて分析を行った。その結果、自己決定群は、安定性や強度等の構造上の課題について、他者参考群は、機能性や使いやすさについて着目する傾向があることが分かった。このことから、自己決定群は、実際に製作することで、見た目だけではわからない修正・改善が必要な部分を感じてとっていると推測される。また、他者参考群は、級友と議論を交わすことで、製品を使用する具体的な場面をイメージできると考えられる。

キーワード

設計学習、試作品、問い直し、最適化、修正・改善

I. はじめに

1.1 研究の目的

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）の設計学習の試作品製作の場面において、製品に必要な機能や構造を検討し最適解を導き出す過程の学習者の思考を分析することである。

平成 29 年告示中学校学習指導要領解説総則編¹⁾においては、技術科の目標として「生活や社会の中から技術に関わる問題を見だして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う」と示されている。目標内の「解決策の構想、製作図等での表現、試作品等での具体化」が挙げられている背景には、中学校学習指導要領解説技術・家庭編²⁾において指摘されている「目的や条件に応じて設計する力の育成について課題がある」という点を解決するためである。具体的には、学校現場において行われる設計学習では、購入した材料に付属している数種類の設計図から選択し製作するのみの実践であったり、生活の中から課題を見つけられず目的・目標を設定せずに製作したりする実態がある。

1.2 問題の所在

技術科における課題について、谷田³⁾は中学校技術科の授業の実践において、設計と製作の重み付けの認識や授業時間数の格差があることを指摘されている。格差の原因として、指導者が授業を安定して実施したり、製作品の完成が保証されることを最優先したりするために、

生徒が設計する学習機会を設けることや、設計に関する学習の重要度を矮小化していることを挙げている。また、全日本中学校技術・家庭科研究会が 2014 年に行った調査結果⁴⁾では、「材料と加工に関する技術」における「設計・計画」と「製作」の指導内容に対する授業時数の実態として、「製作」に多くの授業時間を当てており、反対に「設計・計画」に関する指導の授業時間は少ないことを明らかにしている。

設計に関する授業時数以外の課題について、紅林⁵⁾は技術教育の設計学習で行われる教育実践について、「題材として取り上げる『ものづくり』に関して、製作する目的を意識し、学習者の必要条件を満たす学習になっていないものが多い」と指摘している。紅林は、「ものづくり」は、「学習するための手段と目的を達成するための手段である」と主張している。普通教育で行われる技術教育における「ものづくり」では、一般的に「材料」「設計（製図学習含む）」「製作」「評価」の順に学習が進められている⁶⁾。このことから、技術科で行われている「ものづくり」は、問題解決のために知識や技能を適用したり、設計・製作において新しい仕組みを生み出したりしていく創造的な思考を学びだといえる。そして、設計学習では、問題解決のために知識や技能を適用したり、設計・製作において新しい仕組みを生み出したりしていく創造的な思考を育む学びを行う必要があると捉えられる。

設計学習に関連する先行研究では、森山ら⁷⁾、世良ら⁸⁾のものがある。森山らは、中学校技術科の「材料と加工に関する技術」の設計学習において、自由設計題材に対す

る生徒のプラン形成のプロセスを探索的に把握することを目的に研究を行った。この研究では自由設計題材について構想図、製作図、部品図、木取り図等の七つの図面を描画させ、各図面の描画時のプラン形成状況を調査した。その結果、製図を中心とする構想・設計学習のプロセスは、機能を検討する初期の構想段階及び具体的な制約条件との関わりを意識する部品図の作成段階においてプランの修正が生じやすいことを報告している。また世良らは、自由設計題材を設定し、設計時の生徒の工夫・創造を支援する方略について、既製品の改良案を考えさせる方略を用いた実践を行った。その結果、現実的な制約条件を踏まえた設計へと収束していく様子が設計図の変容から確認された。

このように、技術科の設計学習における課題を解決するために、自由設計題材による具体的な実践開発が行われている。しかし、自由設計題材による製図学習や既製品の改良に着目した実践の報告はあるものの、試作品の製作に着目した研究については、管見の限り見当たらない。

そこで本研究では、技術科における設計学習において、学習者が試作品を製作する場面において、最適な解を導き出す過程に着目し、その過程における思考の分析を行うこととした。

II 中学校技術科における「ものづくり」について

中学校技術科の「材料と加工に関する技術」では、様々な材料を使った「ものづくり」を題材に実践されることが多い。技術教育の「ものづくり」の定義として、紅林⁹⁾は、企画（個人の必要条件）、試作（技能の未熟な学習者の作品）、設計（製図学習は設計図の作成）とし、この三つを順次行う過程を「設計の過程」としている。「ものづくり」を初めて学ぶ初学者は、「設計の過程」において、学習者自らが描いた製図を基に製作を進めていながらも、技能が未熟であるが故に必要条件を満たす作品にまで仕上げることを難しいと考えられる。そこで、紅林が定義する設計の過程に基づく「ものづくり」では、「初学者を想定した場合、材料や部品等（以下、要素）の選択や組み合わせの学習を事前に行う必要がある」としている。要素の選択は、製作の前に学び、要素の組み合わせに関しては、製作の段階で作品を作りながら学ぶという方法である。つまり、授業を展開する際、「ものづくり」を「設計の過程」に基づいて考えた場合、「目的」「目標」の段階で、これから作ろうとするものに対する必要条件あるいは仕様が決定される。次に、要素の選択や組み合わせを繰り返し行い、構想を基に作りたい作品を製図することにつながっていく。つまり、「設計の過程」は、「要素の選択」と「要素の組み合わせ」を繰り返し行い、試行錯誤しながら試作品を製作することだといえる。しかし、要素

の選択や組み合わせを学習者が納得いくまで繰り返すことは、多くの時間を要し、授業時間内で仕上げる事が難しくなることがある。このことから、学習者の必要条件を満たす学びを達成するための実践や指導方法を提案する場合、授業時間内で実施できる授業展開や題材等の工夫が必要である。

2.1 「設計の過程」に関する先行研究

中学校技術科の「設計の過程」に関する先行研究は、竹野¹⁰⁾による設計に必要な要素の抽出と指導効果の分析、西ヶ谷ら¹¹⁾による工学設計の手法を取り入れた学習者の視点の比較等がある。

竹野は、木の板材を用いた作品を製作する場合の設計過程において、設計に必要な要素（使用する材料の特徴・性質、人間工学的な面、等角図の描き方、力学的構造、加工法等）を抽出し、それらの指導効果について分析した。その結果、抽出した要素を学習させ、課題を解決させた場合、学習者は製作する作品の完成形状をイメージでき、自らの判断で材料取り作業を実行できると報告している。また、市販キットを安易にそのまま作らせたり、設計過程を省略したり、製作とかけ離れた設計過程ではなく、製作する作品の完成形状をイメージさせることを基本においた授業展開の重要性についても述べている。つまり、学習者の目的や必要条件に即した設計学習を行うことで、学習者が製品の完成形状をイメージさせながら、製作を進めることができると示唆した。

また西ヶ谷らは、中学校技術科の学習において、工学設計のプロセスにおける四つの情報（製品プラン、製品コンセプト、設計仕様、設計情報）にまとめる手法を取り入れた授業を考案し実践した。この実践を行うことで、学習者がエンジニアの視点として、目標・目的、アイデア、記録、新しい知識の獲得、機能、改善・改良を重視するようになったと報告している。ここで述べられているエンジニアの視点は、紅林が示した「設計の過程」の内容と一致する。西ヶ谷らは、エンジニアの定義として原理を基に経験を超えて知識を広げる活動を行うことができるとしている。

いずれの研究も技術科の設計学習において、設計の過程を丁寧に行うことで、学習者は目的や必要条件を満たすことを重視した製作を行うと考える。具体的には、主体的にものづくりを行わせるには、目的・目標を持ち、アイデアや獲得した知識から製作し、完成形状をイメージさせながら改善・改良を重ねることが重要だと言える。また、設計学習を通して学習者が試行錯誤する経験で獲得する気づきから、製作品に対する評価を行うことで、目的や必要条件を満たす製作を行うことができる能力を育成することができると思う。

2.2 技術科における設計学習の過程

西ヶ谷ら¹²⁾は、「工学設計は製品開発のためのプロセスであると同時に、クライアントの要求に対して最適な設計解を提案する創造的な活動である」と述べている。また、工学設計のプロセスを教育に適用することによって創造的な思考を促すSTEM教育になると示唆している。学校教育で行われるものづくり学習では、情報共有を通して学習者に創造的な思考を促したり、様々な視点から問題を捉えたりする学習が重要である。具体的には、小中学校の教育現場では、教室内の授業小集団学習が盛んに行われているため、情報共有など当たり前と考える。しかし、情報共有の場面に授業展開の節目ごとに導入し他者の視点で、まとめた情報をチェックし、話し合いをすることは、科学の知識を問題解決に応用することと同じくらい重要なエンジニアリング的な活動になると考える。

紅林^{再掲5)}は、「工学設計のプロセスを基にした情報共有を取り入れた授業の取り組みは、エンジニアリングの考え方をより深めたSTEM教育になると期待できる」と述べている。この課題を克服するために普通教育としての技術教育における「ものづくり学習」の過程を「要素の選択」「要素の組み合わせ」の学習のためだけの小課題製作を設定し、その課題を終了した後に、学習者が本当に作ってみたいものを構想し、画面に描いて終了する学習過程を考案した。この学習過程において、「小課題製作では、トレーニング的な位置づけ（手段としてのものづくり学習）で、教員が定める課題を時間内で製作する。課題内容は、教員が伝えたい要素の知識や要素の組み合わせに関する技能や製作時に、性能のテストをする場を設定でき、要素の知識や要素の組み合わせに関する技能であり、製作時に、性能のテストをする場に設定でき、要素の選択や組み合わせを何度かやり直しができるような課題が理想的だ」と述べている。これらの学習過程では、学習者同士が情報共有すること、試行錯誤を繰り返すことで、学習者が導き出した解を最適化させることができると示唆された。

Ⅲ. 研究の構想

3.1 授業構想の先行研究

河村ら¹³⁾は、中学3年を対象に双方向性ネットワーク機能を活用した授業実践においてグループワークの効果について報告している。報告の中で、技術科における見方・考え方に基づく解決策の構想及び過程の振り返りを通して、自ら導き出した最適解を改善・修正することのできる資質・能力が育まれた学習者の育成について示されている。育成すべき学習者の姿として、二つ挙げられている。一つ目は、社会生活や家庭生活に介在する様々な問題から技術科の内容に関わる問題を見付けることが

できること。二つ目は、より困難な問題に直面しても、一度導き出した解決方法を問い直したり、他の人の解決方法の良さに目を向けたりして、複数の視点からのよりよい解決のための対話を求めること。その際、他と議論し、検討を重ね、さらなる解決方法を導き考え出すことである。つまり、技術・家庭科における問題解決能力を、「既習の知識や技術を組み合わせ活用したり、応用した解決方法を追究したりする力と、それらを基に新しい解決方法を考え、問題を解決する力のことの育成」と捉え、その重要性を示している。

実践を行う際は、生徒の考えを広げたり、深めたりする問題解決的な学習過程を学びの土台として単元を構想することで、生徒の問題意識を大切に学習過程による教育実践を通して、生徒のよりよい解決方法を追究し続ける力を高めさせることが求められる。また、導き出したよりよい解決方法について改めて考えさせる「問い直し」を通して、視点の広がりにより思考の深化を図り、新たな解決策が求められる題材を構想することができる。この方法を設計学習に転用する場合、自分の作品と級友の考えや作品を比較することで、構造上の問題点が釘の数にあることを発見したり、目的とする機能に関して矛盾点を指摘されたりすることで、計画の見直しや確認が必要なことに気付く「問い直し」が実践できる。「問い直し」を通して獲得した視点が、評価の際に必要な新たな視点が加わることで思考が深化すると考える。

3.2 授業構想の概要

室伏ら¹⁴⁾は、設計・製作学習における見通し形成モデルの提案を通して、学習者の見通しの形成につながる設計・製作学習に求められるのは、作業工程を提示して予備製作を行う授業展開であると述べている。この見通し形成モデルでは、「立ち上げ」から始まり、「計画」「実行」「管理」を予備製作で実施する。その後、本製作題材では、予備題材で用いた作業工程資料を参考に、再度「計画」「実行」「管理」を学習者主導で実施し、「終結」へと向かい自己調整を行うものである。この学習過程は、予備題材で表出した課題を予備題材で使用した作業工程資料を基に、本製作題材の「計画」を行う。これらを基に修正・改善していくと考えられる。つまり、試作的に行った実践を基に、修正・改善を繰り返すことで、見通しをもった設計・製作が可能であるとする。

紅林¹⁵⁾は、技術教育におけるものづくりをシステムづくりと捉え直すことを提案し、要素の組み合わせに必要な能力について述べている。設計における要素の組み合わせでは、ヒューリスティック（必ずしも正しい答えではないが、経験や先入観によって、直感的にある程度正解に近い答えを得ることができる思考方法）により、試行錯誤を開始する。その過程において要素の関連付けが

より確かなものとなり、結果として成果物が得られるとある。このことを本研究に置き換えると、試作品づくりにおいて学習者が最適解（ヒューリスティックの視点で考えるなら、正解に近い答え）を導き出し、「問い直し」を行うことでより最適解へと、導くことができると想定できる。

そこで、本研究の構想の概要を図1に示す。室伏らが示した見直し形成モデルの予備的製作と本製作の間に「問い直し」の機会を設ける。「問い直し」を設けることで、学習者は、自身の考えを整理し、見直しをもってよりよい解決に向かう生徒を育てることが可能になると考える。本研究では、予備的製作で表出された課題を「問い直し」の活動を通して、修正・改善点を明らかにし、本題材製作の完成のイメージをもつことである。具体的には、予備的製作において試作品を製作する。次に、試作品の自己評価を通して、様々な場面や新たな条件の設定、新しい視点の追加等、最適化するための解決策を導き出させることを期待する。さらに、「問い直し」を通して、導き出した解決策を改めて考えさせたり、他者の意見を参考に視点の広がりや思考の深化を図らせたりすることで、試作品の修正、改善点を明らかにし、本製作へと移行できる単元を構想する。「問い直し」をすることで、これまでの解決方法に満足せず、課題の解決に向けて対話的な学習を行うことが可能となる。対話的な学習を通して、他者の考えを基に新たな発想から思考を深める活動の場を設定し、継続的に思考し続けるような単元を構想する。さらに、解決方法の追究にあたっては、技術・家庭科の見方・考え方を視点とし、よりよい生活や、持続可能な社会の構築にも目を向けさせて、多角的・多面的に考えられる問題の設定と発問の工夫を行う。

本研究では、図1で提示されているそれぞれの場面で予備的製作（学びの土台）、問い直し（思考の深化）、本製作（解の検証）と設定する。具体的な活動は、予備的製作は、学びの土台として試作品の製作、問い直しは、思考の深化として試作品の自己評価と検討会の実施、本製作は、解の検証として検討会等において導かれた最適解を修正、改善点を本製作へつなげるよう展開していく。

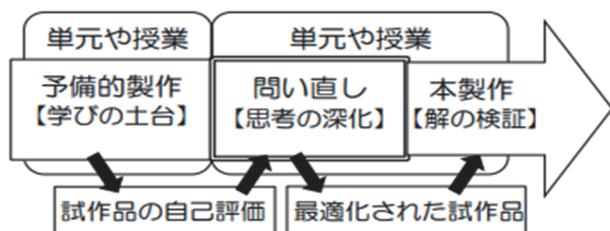


図1 本研究における授業構想の概要

IV 研究の内容及び方法

4.1 試作品づくり検討会を取り入れた授業実践

本研究では、A県N市立N中学校3年生（290名）を対象に、「A 材料と加工の技術」において題材名「生活に役立つものを作ろう（全25時間）」を実施した。設計学習の実践計画の実施内容の一部を表1に示す。

実践計画全体は、一次「ガイダンス的授業（全3時間）」では、技術の継承や発展や、技術と環境の関わりについて興味をもたせるために、ガイダンス授業及び材料と生活や社会を支える材料と加工の技術に重点を置いて実施した。二次では、「基本的な製図の方法を学ぶ（全3時間）」では、マルチラックの設計と製作を対象とし、製作品に必要な機能と構造を考え、等角図で表す活動を実施した。三次「自らの生活に必要なものの機能や構造、材料や加工法を考えよう（全7時間）」では、ワークシート①（図3）を活用し、製作するマルチラックの使用目的、使用条件について検討した。四次「製作した試作品を基によりよい製品ができるよう検討しよう（全3時間）」では、製作した試作品を基によりよい製作につながるよう検討会を実施した。五次「けがきと切断、部品加工、組立てと仕上げをしよう（全7時間）」では、最適化された試作品を基に、マルチラックの本製作を行った。六次「振り返りをしよう（全2時間）」では、製作したマルチラックの自己評価や使用状況から、目的を達成できているか振り返りを実施した。

今回の研究では、四次の「製作した試作品を基によりよい製品ができるよう検討しよう」において、話し合った内容やもらったアドバイス、気づいたアイデアをワークシートにまとめさせ、本製作の際の参考にさせる。また、生徒が試作品のどの部分を修正したり、改善したりしたのか、思考が分かるようワークシートに試作品の写真を掲載させ、視覚的に把握できるようにした。このような手立てにより、自分自身の思考を視覚化したり、級友からのアドバイス等を記録したりすることで、本製作において学習者の必要条件を満たす製品を製作させたいと考える。

表1 題材「生活に役立つものをつくろう (全25時間)」一部抜粋

次時間	小題材名	学習活動	各学習活動の目的・目標 (評価の観点を含む)		
			知・技	思・判・表	主・学・態
三次 (7)	自らの生活に必要なものの機能や構造, 材料や加工法を考えよう	○ 生活と技術との関わりを学び, 自らの生活を豊かにするための製品を検討する。その際, ワークシート①を活用し, 使用者の安全やリサイクルへの配慮の視点, 製作品の機能を知的財産権や倫理観の視点を踏まえつつ, 使用目的や使用条件を満足する形状, 寸法, 使いやすさなどから検討する。	等角図を用いて製作に必要な図を正確に表す技能を身に付けていることができる。 【A(1)ア】	使用目的や条件を踏まえて, 社会からの要求, 安全性, 環境負荷及び経済性の四つの側面から生活に役立つ製作品の形状, 寸法, 使いやすさ等を導き出すことができる。 【A(1)ア】 【A(2)イ】 【A(3)ア】	学習してきたことを基に, 使用目的や条件に適した解決策を導き出そうとしている。 【A(1)ア】 【A(2)イ】 【A(3)ア】
		○ 目的や条件に応じて, 製作品に必要な機能と構造を考え, 等角図でかき表す。(構想図1)			
		○ 学習者用ルーブリック付き学習プリントを活用しつつ, 板厚や寸法に注意しながら製作品の構想を等角図でかき表す。(構想図2)			
		○ 材料と加工に関する技術の課題について社会からの要求, 安全性, 環境負荷, 経済性から比較・検討し, 適切な解決策を考える。			
四次 (3)	製作した試作品を基によりよい製品ができるよう検討しよう	○ 試作品を製作し使用目的や使用条件を満足する製品になっているか検討する。	課題を解決するためのポイントを踏まえ, 課題解決に必要な知識を理解することができる。 【A(2)ア】	導き出した解決策が使用目的や条件に適しているかを評価し, 理由を考察することができる。 【A(3)イ】	製作における課題を解決するための方法を検討したり, 実行したりしようとするとともに, 解決策を見直そうとしている。 【A(3)イ】
		○ グループで試作品を見せ合い, 使用目的や使用条件, 省資源や使用者の安全等に配慮して, 製作できるか検討する。また, 発見された課題に対して, 解決方法についても検討する。「問い直し」の場面で考えた修正・改善点をワークシート②にまとめる。			

4.2 研究の実際

4.2.1 予備的製作【学びの土台, 1/3時間目】

今回の授業を行うにあたり, 第3次で描いた構想図を基に, 試作品を製作した。材料はスチレンボードを使用し, 本製作で使用する木材の形(実寸の3分の1)にカットしたものを使用した。接合には, 釘の代わりにマップピンを使用した。学習者が製作した試作品の例を図2に示す。

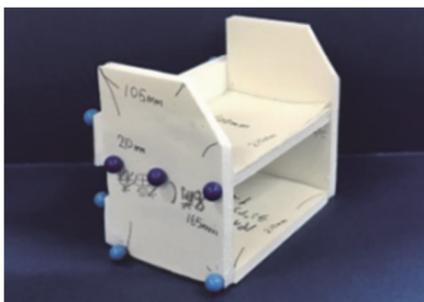


図2 学習者が製作した試作品の例

4.2.2 問い直し【思考の深化, 2/3時間目】

試作品の検討会を1時限(50分)で行った。時間の内訳は, 一人の試作品モデルの検討(最適解を導き出す活

動)に7分×4人の計28分, 検討で表出された修正・改善点の自己検討(問い直し活動)に22分を目安に行った。学習者は授業前半で, 製作した試作品を持ち寄り, グループ(4人1組)で検討会を行う。その際, 第三次で作成したワークシート①を基に, 使用目的や使用条件, 省資源や使用者の安全等に配慮できているか, 互いに修正・改善点を伝え合う。また, 「問い直し」の場面では, 伝えられた修正・改善点を基に, 学習者自身で試作品の改良を検討する。

私は, レンジ製作キット用収納棚を製作します。	
理由は, 趣味でレジン製作をしていて, その道具が溢れかえっていて, 取り出しにくいから, 収納棚を作りたい。	
どこで: 製作用机の上	誰が必要としているか: 自分

図3 ワークシート①(使用目的と使用条件の記述部分)の記入例

4.2.3 本製作【解の検証, 3/3時間目】

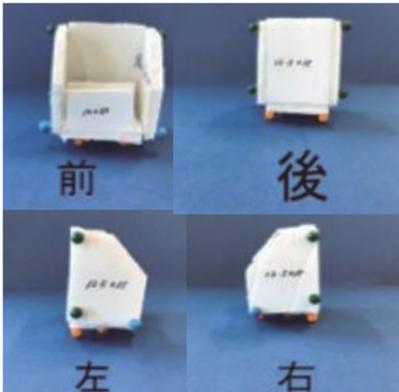
学習者は, 「問い直し」の場面で考えた修正・改善点をワークシート②(図4)にまとめる。

学習者は, 「問題点①: 背面の板が不安定な状態になっている。改善方法①: ピンを取り付ける位置を替えること。背面の板の付け方を変更すること」, 「問題点②横の

板(側板)が大きいと圧迫感を感じる。改善方法②:側板を斜めに切ることで、圧迫感をなくし置いた物がみやすくなる。また、板を短く切ることによって圧迫感もなくなり、中の物も取り出しやすくなった」と記述した。

学習者は、検討会を通して、試作品の修正・改善する活

動を通して、最適化するためのプロセスを経験することができた。また、級友からのアドバイスや話し合いを通して感じた気づき、また自分自身で省察することで製品をよりよくするための新たな解を生み出し、深い学びへ発展したと言える。



前 後
左 右

1. もらったアドバイスから、どう修正・改善するか書きましょう。

①背面の板を付け替えて頑丈&入れられる数大きさが増える。

(イメージ図)



ピンが「一番安定する位置に付けられる」と、意見をもらい付け替えた。そうすることで中に入れる長い物がとりやすくなりそう。

②背面の板を短くする。

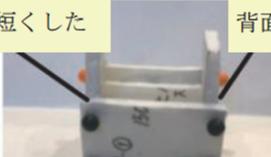
(イメージ図)



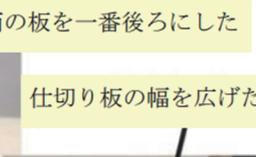
背面の長さを短くすることで、取り出しやすさだけでなく、圧迫感が減ると意見をもらった。見た目や使いやすさをよくする手段として、背面の長さを調整しようと思う。

試作品【After+修正箇所の説明】

長さを短くした



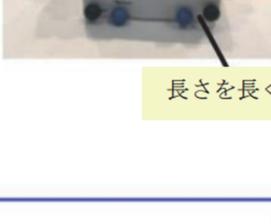
背面の板を一番後ろにした



仕切り板の幅を広げた



長さを長くした



2. 修正・改善の授業で思ったことや考えたことを書きましょう。

自分では気づきにくい問題点も、友達からアドバイスしてもらえると感じました。特にピンの付け方についてとても感じました。もらったアドバイスは、ピンの付けたことによって作品の丈夫さが左右されると思いました。実際に友達のアドバイスを生かして、修正して組み立てると、確かに頑丈になりました。接続する板の形や向きがとても重要だと実感しました。

自分では、思いつかなかったり、気づけなかつたりすることも、アドバイスをもらい、作品が良くなったと実感しました。また、友達へアドバイスする際には、その人がどこを頑張って、どこを見落としているのか、見極めることが大切だと思いました。

図4 学習者が記述したワークシート②

4.3 研究の方法

実践終了後、試作品検討会に関する振り返りを行った。アンケート項目の一つとして、「自分で製作した試作品を、よりよいものに修正・改善させたとき、何がきっかけで新しいアイデアにつながりましたか」という質問を行った。この質問に対し、「友達の意見」、「自分自身で考えた」、「検討会での会話」、「友達の試作品」、「先生の話」、「ワークシート」「その他」の8項目から影響の強かったものから最大3つまで選択する形式で行った。

集計した回答は、修正、改善のきっかけの内「自分自身で考えた」を最上位にした学習者のグループを「自己決定群」、「自分自身で考えた」を含まない、もしくは最上位としなかった学習者グループを「他者参考群」とし分析する。2つのグループの自由記述は、KH Coder Ver.3.0を用いた計量テキスト分析¹⁶⁾を行った。

V 結果と考察

5.1 修正・改善点の記述に関する計量テキスト分析

本研究の対象者の内、225人から試作品検討会後の振り返りに関する自由記述の回答を得ることができた。得られた回答は、「自己決定群」が107名、「他者参考群」が118名であった。

自己決定群の全ての語の延べ数である総抽出語数は3,610(1,518)、何種類の語が含まれているかを示す数である異なり語数は、557(414)である。また、他者参考群の語の延べ数である総抽出語数は3,934(1,551)、何種類の語が含まれているかを示す数である異なり語数は、582(419)である。それぞれの群の頻出した用語の上位10位と頻度を表2に示す。表2より、頻出している用語は、「位置」がそれぞれの1位となった。自己決定群の用語では「長い(頻度18)、他者参考群では、「改善(20)」が表出されている。しかし、どちらも上位20位までに表出されてお

り、頻出した用語の上位10位までを比較すると両群の修正・改善点の振り返りに用いた頻度の高い用語に差はないと考えられる。

表2 表出上位10位以内に含まれる語リスト

自己決定群		他者参考群		
1	位置	96	位置	71
2	板	81	ピン	66
3	ピン	52	板	61
4	角	30	増やす	26
5	付ける	28	変える	25
6	増やす	23	安定	23
7	安定	21	強度	22
8	強度	19	角	21
9	長い	18	改善	20
10	変える	18	付ける	20

5.2 共起ネットワークの作成

共起ネットワークの作成にあたり、出現数による語の取捨選択は10に設定した。共起ネットワークの描画数はKH Coderのデフォルトである60に設定した。得られた共起ネットワークは「自己決定群」を図5、「他者参考群」を図6にそれぞれ記す。サブグラフ検出の結果、「自己決定群」は4つ、「他者参考群」は5つのまとまりが検出された。

5.2.1 自己決定群のサブグラフ

サブグラフ①は、「強度を保つためにピンの数を増やした」や「中央の板に付けるピンの数を増やし安定させた」等、安定性や強度を保つための目的としてピンを使用していることが伺える語が確認された。サブグラフ②は、「後ろ側の板の長さが横の板に少し届いていなかったの、切って長さを調整した」や「ピンの位置を変えたら、板の長さが合わなくなったので切って合わせた」等の製品の構造を改善に関する語が確認された。サブグラフ③は、「板の位置を変えた」や「安定させるために板の位置を縦向きに付けた」等、材料である板材の位置に着目した語が確認された。サブグラフ④は、「側板の角を削って怪我をしないよう丸くした」や「角を削って安全性を高めた」等、技術科の見方・考えた方の四つの視点の一つである「安全性」に着目した語が確認された。

5.2.2 他者参考群のサブグラフ

サブグラフ①は、「ピンの位置を変えて、側板の側面に増やした」や「背板と仕切り板を固定するピンの位置を変え、さらに数を増やした安定させた」等、ピンの位置や数を変更することで安定性や強度を増強していることが伺える語が確認された。サブグラフ②は、「側板の角ばり、危ないので研磨紙を使って削ることにした」や「角が痛

そう』という意見をもらったので削って安全性を高めようと思う」等、自己決定群と同様に技術科の見方・考えた方の四つの視点の一つである「安全性」に着目した語が確認された。サブグラフ③は、「板と板の間が均一ではなかったの、長さを測り直した」や「安定するように長さを切り揃えた」等、材料の長さを整えることに関する語が確認された。サブグラフ④は、「ぐらぐらして不安定だったので、構造を大幅に変え、安定する造りにした」や「安定しない板の組み合わせ方を改善した」等、板の組み合わせに関する構造に着目した語が確認された。サブグラフ⑤は、「ピンの位置を変えて強度を上げた」や「背板を作って強度を上げた」等、不安定さをなくすために強度を上げるための方法に関する語が確認された。

5.2.3 コーディングルールの作成

図5の「自己決定群」の共起ネットワークより、サブグラフ①から、1つ目のコードを「安定性及び強度の向上」と命名した。サブグラフ②から、2つ目のコードを「構造の改善」と命名した。サブグラフ③から、3つ目のコードを「機能性や使いやすさの向上」と命名した。サブグラフ④から、4つ目のコードを「安全性や機能性及び使いやすさの向上」と命名した。そして、表3のコーディングルールを作成した。各コードの対応語は、共起ネットワークで使用した語と表2に記載した頻出上位語から抽出した。ただし、「安全」(出現数:14)と「改善」(出現数:16)は、表2の頻出上位語で確認されなかったものの、上位11,12番目に出現し、図5の共起ネットワークでも確認されていること、コード名に含まれることを踏まえて、対応語に含めた。

また、図6の「他者参考群」の共起ネットワークより、サブグラフ①と③から、1つ目のコードを「機能性、使いやすさの向上」と命名した。サブグラフ②から、2つ目のコードを「安全性の向上」と命名した。サブグラフ③から、3つ目のコードを「安定性の向上」と命名した。サブグラフ④から、4つ目のコードを「強度の向上」と命名した。そして、表4のコーディングルールを作成した。各コードの対応語は、共起ネットワークで使用した語と表2に記載した頻出上位語から抽出した。ただし、「安全」(出現数:14)は、表2の頻出上位語で確認されなかったものの、「安全性の向上」というコード名に含まれることを踏まえ、対応語に含めた。

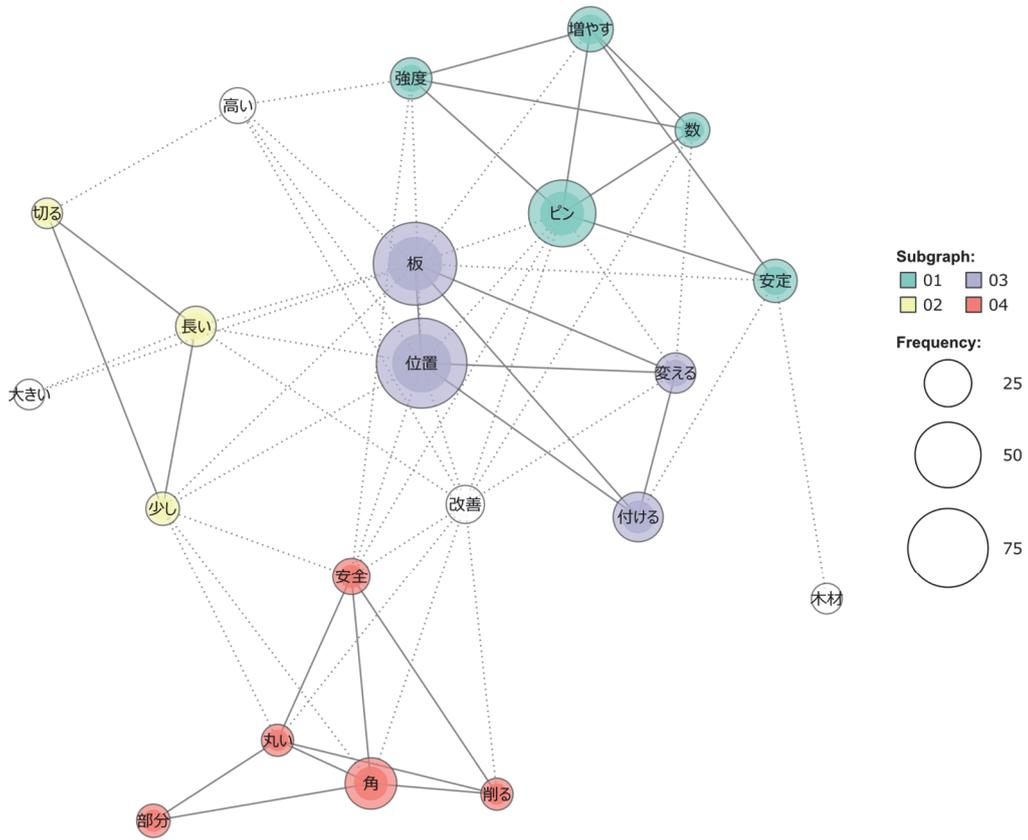


図5 自己決定群の修正点や改善点の記述の共起ネットワーク

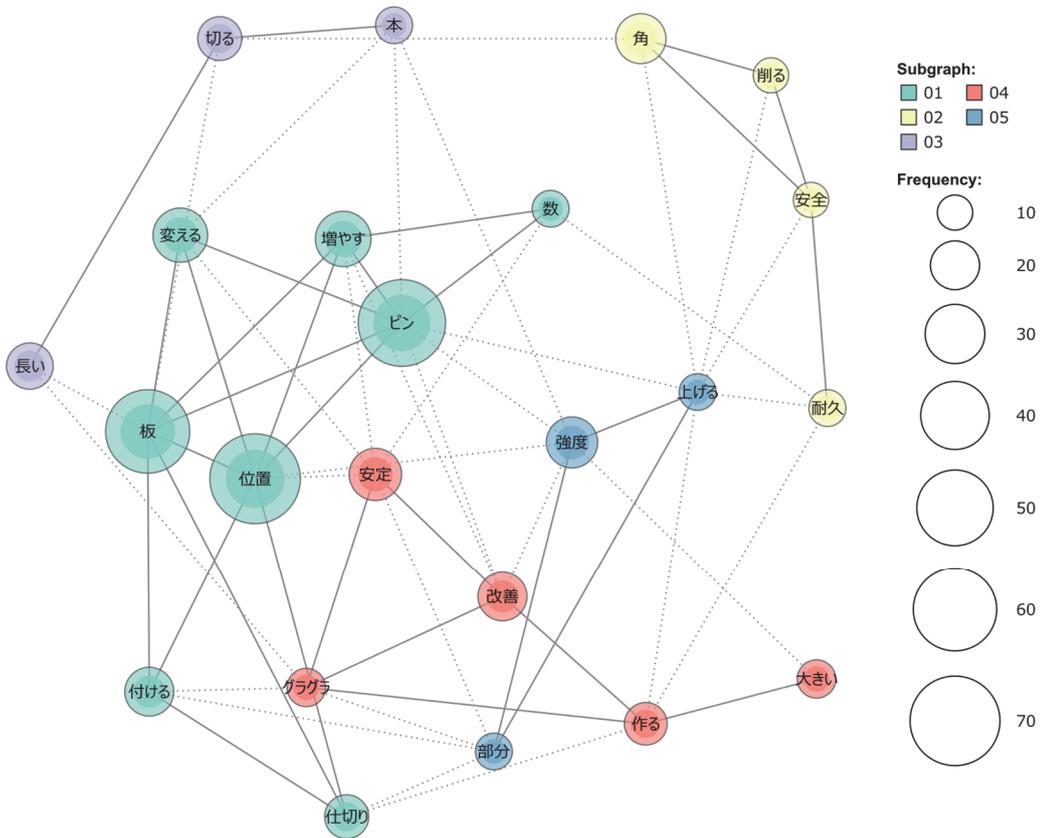


図6 他者参考群の修正点や改善点の記述の共起ネットワーク

表3 自己決定群のコーディングルール

コード名	対応語
安定性及び強度の向上	ピン, 安定, 強度, 増やす
構造の改善	長い, 改善
機能性や使いやすさの向上	位置, 板, 付ける, 変える
安全性の向上	角, 安全

表4 他者参考群のコーディングルール

コード名	対応語
機能性, 使いやすさの向上	ピン, 位置, 板, 増やす, 変える, 付ける, 切る,
安全性の向上	角, 安全
安定性の向上	安定, 改善
強度の向上	強度

5.2.4 コーディングルールに基づく分析

各コードに対応する記述が認められた頻度と割合を算出した結果を表5 (自己決定群) 及び表6 (他者参考群) に示す。分析の結果, 自己決定群では, 「構造の改善」が最も多く, 次いで「安定性及び強度の向上」, 「安全性の向上」, 「機能性や使いやすさの向上」であった。特に, 「安定性及び強度の向上」と「構造の改善」に関する記述は, 他のコードよりも高い割合であった。

また他者参考群では, 「機能性や使いやすさの向上」が最も多く, 次いで「安定性の向上」, 「安全性の向上」, 「強度の向上」であった。特に, 「機能性や使いやすさの向上」は, 2番目のコードよりも40%以上高い割合であった。

表5 自己決定群のコーディング結果

コード名	頻度	割合
安定性及び強度の向上	91	45.3%
構造の改善	101	50.3%
機能性や使いやすさの向上	13	6.5%
安全性の向上	50	24.9%

表6 他者参考群のコーディング結果

コード名	頻度	割合
機能性や使いやすさの向上	138	58.7%
安全性の向上	22	9.4%
安定性の向上	38	16.2%
強度の向上	21	8.9%

コーディングで得られた結果から, 次の2点が示唆される。

1点目は, 自己決定群が修正・改善点で着目する内容は, 「安定性及び強度の向上」, 「構造の改善」に関する部分が多い傾向になる。この要因として, 自己決定群の学習者は, 試作品を自身の手で製作する中で, 不安定な箇所や強度に不安がある箇所を見つけたり, 感じたりしながら製作しているからではないかと考えられる。実際に製作することで, 見た目だけではわからない修正・改善が必要な部分を感じてとっていると推測される。

2点目は, 他者参考群が修正・改善点で着目する箇所は, 「機能性や使いやすさの向上」に関する部分が他のコードよりかなり多いことが分かった。この要因として, 検討会の際, 級友に自分の試作品について, 使用目的や条件のことや, 機能面や実際に使用するイメージをアウトプットすることで, 製品を使用する場面や細かな視点から, 級友の意見が出されたと考えられる。

VI まとめ

6.1 試作品の修正・改善点の分類

学習者が自分自身の気付きと検討会等における修正・改善点のきっかけから最適化につながる思考についての記述を五つに分類する。

① 安定性の向上について

ピンの数を増やすことによる, 組み立て時の安定性を向上させたり, 背面の支えや底面のサイズを調整して安定性を高めたりすることがあげられた。また, 支柱の本数を増やし倒れにくくするなど, 板材や板材を固定する方法, 留め具の数についての記述が多く挙げられた。

② 強度の向上について

安定性の向上と同様に, ピンの数を増やして強度を上げたり, ピンの付け方を変更したりすることで, 強度の向上につながる案が挙げられた。

③ 安全性や機能性, 使いやすさの向上

板材の角を削ったり, 丸くしたりして安全性を高めることや, 断面を滑らかにすることでケガのリスクを

減らす案が挙がった, また, 仕切りの配置や板の大きさを調整して, 収納スペースを最大化したり, 特定の部分が重さに耐えられない可能性があるため下に支えを追加したりするなど, 使いやすくするためのアイデアの多様性がみられた。

④ 内部構造の改善について

板材の接合部分では, ピンが衝突する可能性を排除するためにピンをなくしたり, ピンの配置を調整したりして小さい板が動かないようにし, 組み立ての強度を向上させる案が挙げられた。

⑤ 製作プロセスの改善と技術の四観点について

板の加工でミスをして材料を無駄にしないように板の効率的な切り方や見た目を改善したり, 丁寧に作ったりすることで, 環境への負荷を配慮した案が挙げられた。

このように5つに分類することで, 学習者が着目する具体的な修正・改善点の傾向が明らかになる。本製作を実施する際, この分類を学習者に提示することで, 修正・改善されているか確認をすることで, 最適化された製品の作成につながると期待できる。

6.2 今後の課題

本研究では, 中学校技術科の設計学習の試作品製作の場面において, 製品に必要な機能や構造を検討し最適解を導き出す過程に着目し, 学習者がどのような思考を基に最適化を行うのかを検討した。明らかにする過程で, 試作品づくりと, 試作品の最適化を行うための検討会を取り入れた授業実践を提案した。実践では, 学習者の思考に関する記述内容を分類し分析した。記述内容を分析すると, 最適化に至るきっかけは, それぞれのグループの修正・改善点において, 着目する内容に大きな違いがあることが分かった。特に, 自分の考えを重視するグループは, 安定性や強度等の構造上の課題について, 級友の意見を重視するグループは, 機能性や使いやすさについて着目する傾向があることが分かった。また, 他者参考群は, 級友と議論を交わすことで, 製品を使用する場面や細かな視点をイメージできると考えられる。

しかし, 今回の研究では, 学習者の修正・改善点のきっかけの分類に留まっており, 思考の変容に関する追究はできていない。今後は, 学習者の最適化につながる気づきのきっかけを細分化し, より具体的な考えや方法を導き出せるよう, 検討会の在り方やデータの収集の方法等を見直していく。

謝 辞

本研究の実施と原稿執筆, データ提供に関して, ご協力をいただきました大学の技術科の先輩である前日進市立

日進西中学校の武田光史校長先生, 今年度より赴任された大津正仁校長先生, 生徒の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 文部科学省:「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説総則編, 東山書房, (2018)
- 2) 文部科学省:「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説技術・家庭編」, pp.5-12, 開隆堂, (2018)
- 3) 谷田親彦:技術イノベーションの能力育成を指向した「構想設計」学習の方法論的研究,(課題番号15H02917)平成27年度~平成30年度科学研究費補助金(基礎研究(B))第2年次中間報告書, 広島大学大学院教育学研究科(2017)
- 4) 全国中学校産業教育教材振興協会:中学校技術・家庭科における技術教育課程に関わる調査報告(2014)
- 5) 紅林秀治:「設計を中核とした技術教育の提案」, 愛知教育大学大学院教育学研究科・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻教科開発学論集第3号, pp.151-158, (2015)
- 6) 新しい技術・家庭技術分野—未来を創る technology—, pp.18-87, 東京書籍(2021)
- 7) 森山潤・上之園哲也・中原久志・勝本敦洋:技術科「材料と加工に関する技術」の構想・設計学習におけるプラン形成のプロセス—木材を主とした自由設計題材を用いた実践事例の検討—, 兵庫教育大学研究紀要 第43巻, pp.121-130(2013)
- 8) 世良啓太・東田薫・黒田昌克・森山潤「技術科内容A『材料と加工に関する技術』において生徒の工夫・創造を支援する設計学習—木材を主とした自由設計題材を中心として—」, 奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要4, pp77-83(2018)
- 9) 紅林秀治:設計を中核として技術教育の再考—教員養成における教科専門の意味を再考する—, 教科開発学を作る第4集, 愛知教育大学出版会, pp.99-110(2023)
- 10) 竹野英敏:中学校技術科における板材で構成する製品設計の学習指導に関する一考察, 茨城大学教育実践研究23号, pp.185-199(2004)
- 11) 西ヶ谷浩史・紅林秀治:エンジニアの視点を獲得するための工学設計の手法を取り入れた中学校技術・家庭科(技術分野)の学習, 日本産業技術教育学会誌, 62巻3号, pp.267-275(2020)
- 12) 西ヶ谷浩史・紅林秀治:工学設計に基づく中学校技術・家庭科(技術分野)の授業に必要な視点, 愛知教育大学大学院教育学研究科・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻教科開発学論文集第7号, pp.41-48(2019)

- 13) 河村敏文・小林俊夫・磯部征尊：ネットワークを利用した双方向性のあるカリキュラムのデザインと評価ー日本型 STREAM 教育の確立を目指す教育実践研究を通してー, 愛知教育大学研究報告. 芸術・保健体育・家政・技術科学・創作編 第72輯, pp.65-73(2023)
- 14) 室伏春樹・紅林秀治：問題解決の見通しを形成させるものづくり学習指導の検討 日本産業技術教育学会誌 第65巻第4号 pp.85-95 (2023)
- 15) 紅林秀治：ものづくりをシステムづくりと捉え直す技術教育の検討, 愛知教育大学大学院教育学研究科・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻教科開発学論集第4号, pp.143-150, (2016)
- 16) 樋口耕一・中村康則・周景龍：KH Coder OFFICIAL BOOKⅡ 動かして学ぶ！はじめてのテキストマイニングフリー・ソフトウェアを用いた自由記述の計量テキスト分析ー, 株式会社ナカニシヤ出版, (2023)

【連絡先】河村 敏文 kawamm823@yahoo.co.jp

Classification of corrections and improvements for optimization in the production of prototypes for technical classes

— Focusing on the differences between self-determination and other-reference groups —

Toshifumi Kawamura¹, Shuji Kurebayashi²

¹Cooperative Doctoral Course in Subject Development in the Graduate School of Education,
Aichi University of Education & Shizuoka University

²Academic Institute College of Education, Shizuoka University

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze how learners consider the functions and structures required for a product and the thinking that leads to the optimal solution when making a prototype in design learning. In the design learning process, after making a prototype of a preliminary subject, a review meeting was held as a "questioning" and they were asked to reflect on what triggered the corrections and improvements that led to new ideas. The reflections were analyzed by dividing the students into a self-determined group, who noticed the corrections themselves, and a others-informed group, who noticed the corrections due to the opinions of their classmates. As a result, it was found that the self-determined group tended to focus on structural issues such as stability and strength, while the others-informed group tended to focus on functionality and ease of use. From this, it is presumed that the self-determined group was able to sense the parts that needed corrections and improvements that could not be seen just by appearance by actually making the product. In addition, it is thought that the others-informed group was able to imagine specific situations in which the product would be used by discussing with their classmates.

Keywords

Design learning, prototyping, questioning, optimization, modification/improvement