

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—

Processes of Students' Plan Formation during Designing Activity in Material Processing Technology Learning

—A Practical Case Study of Wood Working Project—

森 山 潤* 上之園 哲 也** 中 原 久 志*** 勝 本 敦 洋****
MORIYAMA Jun UENOSONO Tetsuya NAKAHARA Hisashi KATSUMOTO Atsuhiko

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野「材料と加工に関する技術」の構想・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である。中学1年生計40名（有効回答39名）を対象に構想・設計学習を実践し、自由設計題材について構想図、製作図、部品図、木取り図など7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質問紙によって調査した。その結果、①製図を中心とする構想・設計学習のプロセスは、生徒の自由設計題材に対するプラン形成に寄与していること、②形や機能に対するプランは構想・設計全体を通して高い水準で形成されると共に、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、③使用工具、製作工程、加工方法に対するイメージは学習の進展に伴い形成度が高まるものの、最終的に適切なプランの決定に至る生徒は部分的であること等の傾向が示唆された。

キーワード：技術・家庭科技術分野、「材料と加工に関する技術」、構想・設計学習、プラン形成

Key words：technology education, material processing technology, learning of designing, plan formation

1. はじめに

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「材料と加工に関する技術」（以下、材料加工学習）における構想・設計学習において、生徒の製作品に対するプラン形成のプロセスを探索的に把握することである。

これまで技術科では、「生活に必要な基礎的な知識と技術の習得を通して、生活と技術とのかかわりについて理解を深め、進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度を育てる」ことを標榜し¹⁾、様々な実践が展開されてきている。その学習指導は、生活に即した実践的・体験的な問題解決的な学習の経験を重視し²⁾、計画・実行・評価という一連の活動からなるプロジェクトを中心に展開されている³⁾。生徒は、プロジェクトを遂行する過程で直面する問題から課題を発見し、自ら考え、判断し、最適解を求めながら学習を進める。森山（2009）は、技術科における問題解決的な学習には、技術的な事象に含まれる法則性や因果関係を見出す「探究のプロセス」、アイデアを発想、具体化し、作品を構想する「設計のプロセス」、実践の途上で発生したトラブルやつまづきを解決する「トラブルシューティング」、作業の計画や段取りを立案し、その計画に沿って活動を制御する「プロジェクトマネジメント」の4場面があるとしている。そ

して、生徒がこれらの場面において主体的に反省的思考を用いて問題解決に向けて取り組むことが題材展開レベルでの問題解決的な学習となる⁴⁾。

上之園ら（2013）は、このような技術科における問題解決的な学習の経験を活かし、生活の中の様々な問題に対し、内的・外的な技術的行動を適用する能力を生活応用力と規定し、問題解決的な学習の4場面と生活応用力との関連性について検討している。その中で、「技術評価・判断力」「技術活用力」「技術志向性」の3因子で構成される生活応用力は、先の問題解決の4場面の影響を段階的に受けながら形成されるという因果モデルを示している。このモデルによれば、まず最初に「探究のプロセス」と「プロジェクトマネジメント」の場面経験が、次の段階として「トラブルシューティング」の場面経験が、そして、最後の段階として「設計のプロセス」が生徒の生活応用力の形成にそれぞれ重要な役割を果たしていることを明らかにしている⁵⁾。

これらの知見は、生徒がプロジェクト型の題材に取り組む際に、技術的な事象に含まれる法則性や因果関係を十分把握し、製作品に対する見通しを持った上でプロジェクトを遂行する経験を踏まえ、構想・設計の段階に入ることの重要性を示唆している。さらに、上之園ら（2012）は、生活応用力の育成に効果的な実践形態とし

*兵庫教育大学大学院教育内容・方法開発専攻行動開発系教育コース

**西宮市立山口中学校

兵庫教育大学附属中学校 *西宮市立瓦木中学校

平成25年4月24日受理

て、題材設定においては、できるだけ生徒自らが構想・設計できる要素を多く含む個別課題に基づいた題材を設定することが重要であること、また、その指導過程においては、設計・製作の途中で生徒が問題を解決するプロセスに着目し、それらの問題を生徒が自分自身の力や生徒間の協力・共同によって乗り越えられるよう、適切な支援を展開することが重要であることを指摘している⁶⁾。このことを言い換えれば、構想・設計学習を含むプロジェクト型の題材は、生徒の生活応用力の形成を促す効果が期待できるものの、その前提条件として、生徒が様々な問題を自ら乗り越えられるだけの十分なレディネスと製作品に対するプランが適切に形成されていることが必要であることを意味している。

しかし、教育実践現場では、このような認識が十分得られないままプロジェクト型の題材が実践され、生徒が問題解決過程において這い回りを起こしたり、使用する工具や材料に関するイメージが持てないため、製作を円滑に進められる見通しを持たず、製作途中で多くのつまづきを招いて学習意欲を低下させたりしている現状がある。また、限られた授業時間内で製作品を完成させることができず、製作品を簡易な構造に変更することを余儀なくされ、生徒が成就感や達成感を得られずに学習を終えてしまうケースも少なくない。そのため、技術科教員の中には、構想・設計の学習を含む題材への困難感を覚え、それらが持つ学習効果を評価しつつも、あらかじめ設計された共通課題の題材を主とした実践形態にとどまってしまう状況が見られる。

これらの実践課題に対処し、プロジェクト型の題材設定が所与の期待される効果を適切に発揮するためには、

生徒が問題解決を自律的に遂行し、自ら設定した課題を達成させるための手立てとして、生徒の製作品に対するプラン形成のプロセスに応じた適切な支援の在り方を検討する必要がある。このような技術科の問題解決的な学習におけるプラン形成、構想・設計に関する先行研究では、佐田ら（1993）が、けがき作業の修正行動においてはプランによるモニタリングが重要であること、生徒は問題解決をしながら課題を理解したり、プランを立てながら問題解決をしていることを明らかにし、プランを立てさせる学習指導の重要性を指摘している⁷⁾。一方、岳野（2005）はものづくり学習において生徒が作成する計画書の実態について検討し、計画を作成する際、自分が行う行為について箇条書きにまとめるか、図を用いてまとめるかの2つの方略があることを指摘している⁸⁾。また、上田（2007）はものづくり学習の構想・設計プロセスにおいて、内的な活動である思考内容と外的な活動である「スケッチ図」との関連について検討し、最初に描かれる「スケッチ図」が基盤となり、以後の構想・設計の進展はそれを改善するために行われる傾向があることを明らかにしている⁹⁾。

これらの先行研究から、構想・設計学習におけるプランを立てさせる学習指導の重要性とともに、構想・設計学習における構想図やスケッチ図などの製図が、プラン形成のプロセスで重要な役割を果たしていると推察することができる。このことから、構想・設計を進める上で、発端となる構想図から製作作業に入る直前の材料取り図までの一連の作図の過程において、生徒の製作品に対するプランがどのように形成されるかを縦断的に明らかにすることは今後の授業改善に向けた基礎的知見となると

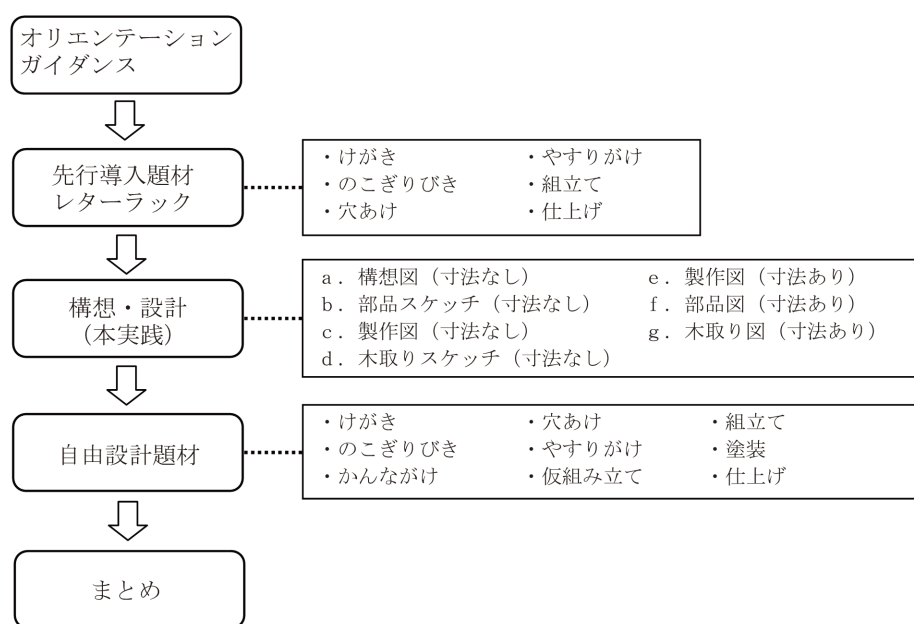


図1 実践の展開計画



図2 先行導入題材「レターラック」における生徒の製作品例

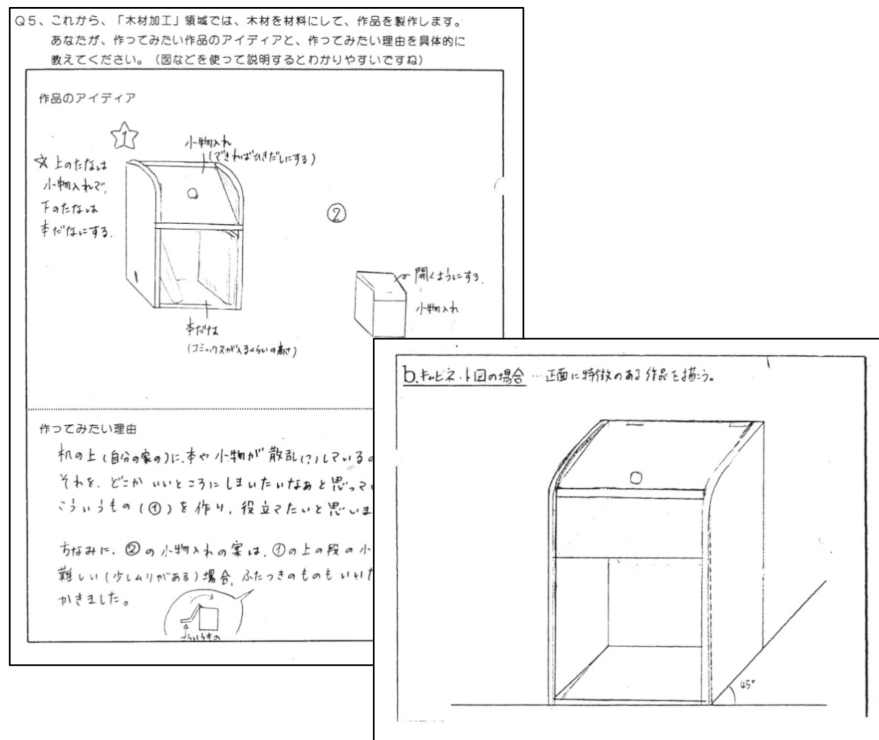


図3 構想図(寸法無し)における生徒の描画例
(アイデアスケッチと構想図)

考えられる。しかし、佐田らの研究は、その対象が金属加工のけがき作業に限定されており、構想・設計学習全体を扱っていない。また、岳野や上田らの研究も構想・設計時に描画された図面に対する横断的な状況の分析に留まっており、構想・設計学習の過程で描かれる一連の製図を縦断的に検討したものではない。

そこで、本研究では、構想・設計学習において、構想図から、製作図、部品図、そして材料取り図へと、製図と共に構想・設計が具体化する過程に伴う、生徒の製作品に対するプラン形成のプロセスを縦断的に把握することとした。具体的には、木材を主とした自由設計題材を設定した実践を行い、その構想・設計学習時のプラン形成の様相を、製作品の形や機能、製作工程、使用工具、

加工方法に関するプランの各観点から検討することとした。

2. 方法

2.1 実践対象

実践はK市内の公立中学校の1年生40名(男子20名、女子20名)を対象に実施した。

2.2 実践の概要

実践校における材料加工学習の展開計画を図1に示す。生徒はこの展開計画において、先行導入題材「レターラック」(図2)の製作を経た状態で構想・設計学習に参加した。そのため、木材を主とした材料加工に関する工具

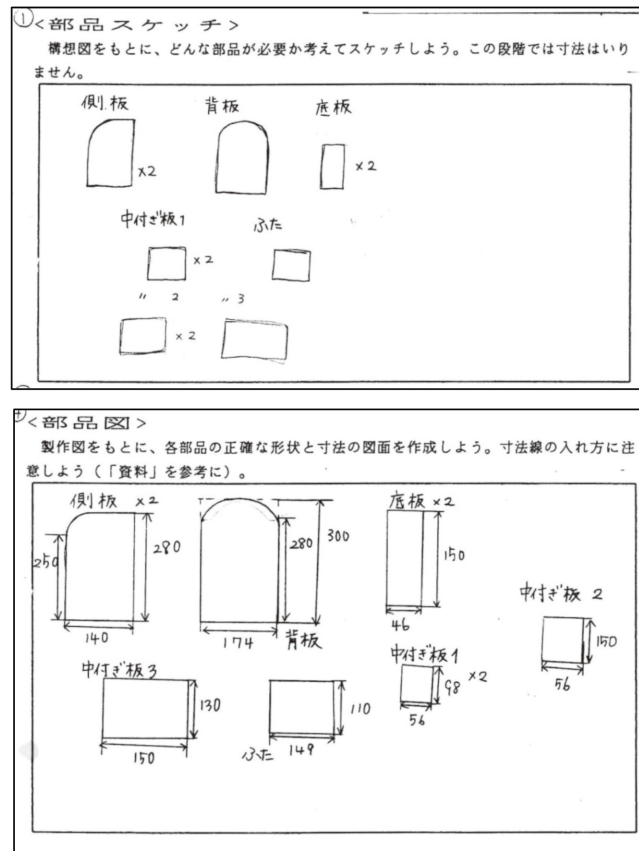


図4 部品図における生徒の描画例
(上段:寸法無しスケッチ, 下段:寸法あり部品図)

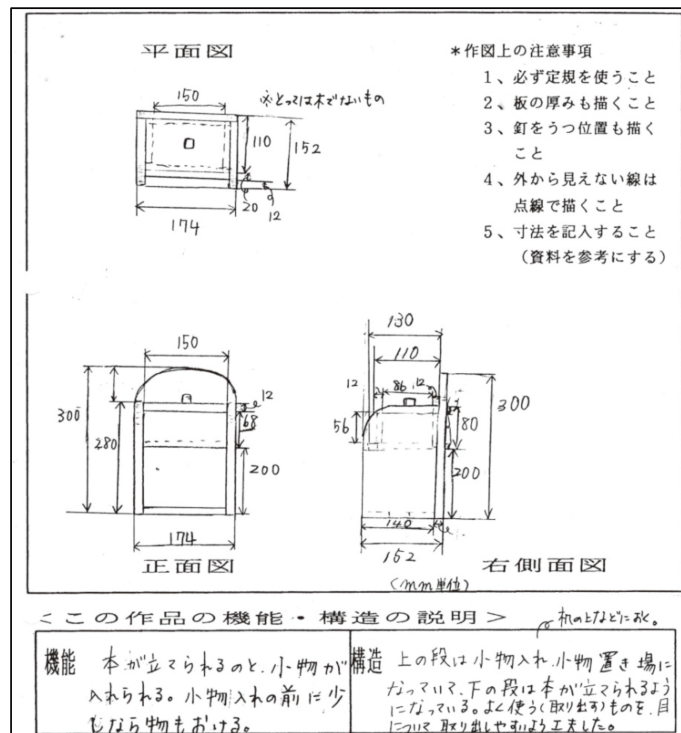


図5 製作図(寸法あり)における生徒の描画例

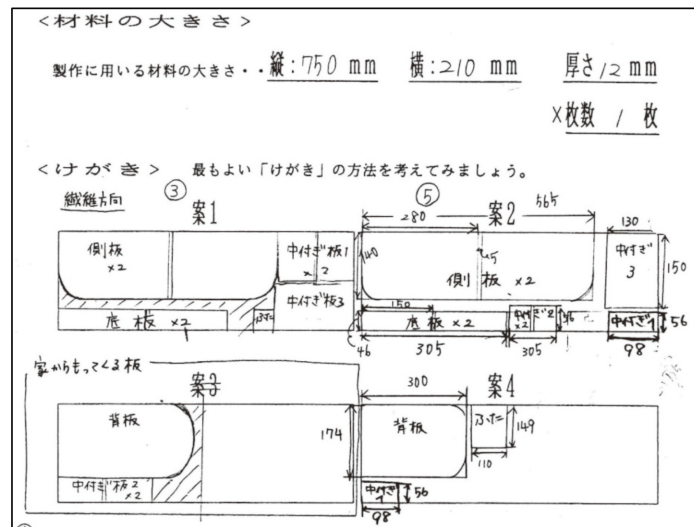


図6 木取り図(寸法あり)における生徒の描画例

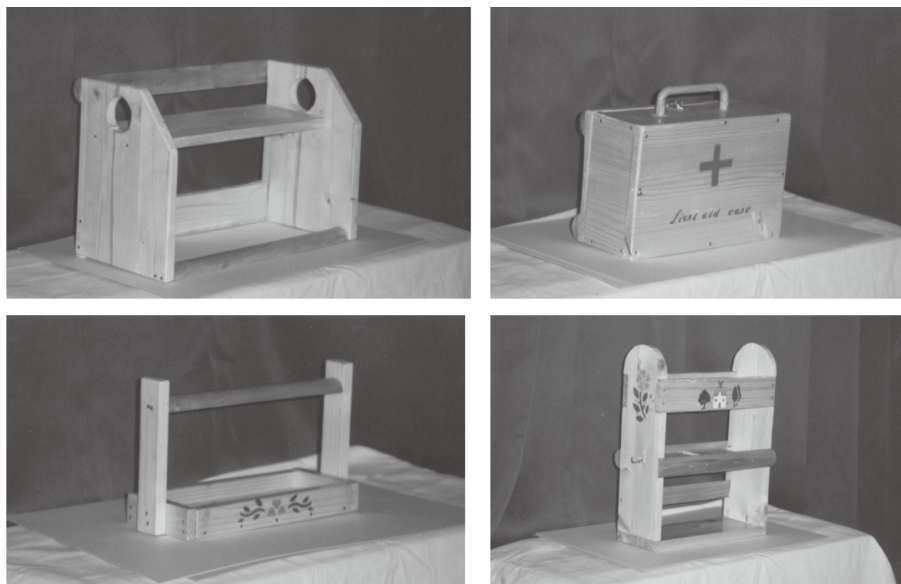


図7 自由設計題材における生徒の製作品例

や基礎的な加工法、及び製作工程については既習であった。構想・設計学習では、自由設計題材の製作に向けて、製図を通して製作品の設計を行わせた。具体的には生徒に、構想図(キャビネット図又は等角図)、製作図(第三角法による正投影図)、部品図(平面図)、木取り図(平面図)等の製図図法を指導した上で、a:構想図(寸法無し)、b:部品スケッチ(寸法無し)、c:製作図(寸法無し)、d:木取りスケッチ(寸法無し)、e:製作図(寸法あり)、f:部品図(寸法あり)、g:木取り図(寸法あり)の7段階で図面を作図させた。生徒の描画した図面の例を図3～6に、完成した自由設計題材の製作品の例を図7に示す。

2.3 調査の内容及び手続き

構想・設計学習における各図面の作図時に、生徒の自由設計題材に対する自分自身のプラン形成度について調査を実施した。調査項目は、製作品の形や機能、使用工具、製作工程、加工方法のそれぞれについて、自分自身のプランがイメージを思い描くレベルであったか、具体的な内容を決定するレベルであったか、形や機能に関する部分あるいは全体的なプランの修正を行ったかについてそれぞれ問うものとした。具体的な項目を以下に示す。

- ①「製作品の形など頭の中ではぼんやりと考えていたイメージが前よりもはっきりとした。」(形・機能のイメージ)
- ②「製作品の形・機能などのイメージを頭の中で決定し

- た。」(形・機能の決定)
- ③「考えていた製作品の全体的な形や機能などを修正した。」(全体の修正)
- ④「考えていた製作品の部分的な形や機能などを修正した。」(部分の修正)
- ⑤「全体的な作業の流れ(製作工程)のイメージを思い描いた。」(工程のイメージ)
- ⑥「全体的な作業の流れ(製作工程)を決定した。」(工程の決定)
- ⑦「製作品の製作全体に必要な工具のイメージを思い描いた。」(工具のイメージ)
- ⑧「製作品の製作全体に必要な工具の種類を決定した。」(工具の決定)
- ⑨「それぞれの部品を加工する手順のイメージを思い描いた。」(加工のイメージ)
- ⑩「それぞれの部品を加工する手順を決定した。」(加工の決定)

調査では、各項目に対しては、いずれも「はいーいい」の2段階で回答させた。調査後、回答に空欄のあるものや、7回の調査のいずれかに欠席しているもの等は、欠損のあるデータとして分析より削除した。その結果、有効回答者数は39名、有効回答率は97.5%となった。

3. 結果および考察

3.1 形・機能のプラン形成

本実践における製作品の形・機能に関わるイメージとプラン決定のプロセス(時系列的な回答率の推移。以下、同様)を図8に示す。構想・設計のプロセス全て(a~g)を通して、製作品の形や機能に関するイメージはほぼ一定して高い回答率で推移した。これに対して、形や機能

に関するプラン決定は、a~cにかけて回答率が上昇する(55.0%→85.0%)ものの、dの段階でやや減衰し(75.0%)、その後、右上がりに回復(90.0%)していく傾向が認められた。

このことから、構想・設計のプロセスを通して生徒は、製作品の形や機能に関するイメージを常に意識しながら、次第に詳細な部分のプランを形成している様相が推察された。また、製作図の作成から、木取り図を作成するプロセスにおいては、部品取りに関わる具体的な制約条件との関わりが意識されるため、一旦、決定したプランに対する修正がなされるのではないかと考えられる。

3.2 形・機能の全体的・部分的なプラン修正

本実践における製作品の全体的・部分的な形・機能に関わるプラン修正のプロセスを図9に示す。構想・設計のプロセス全て(a~g)を通してみると、製作品の全体的な形・機能に関わる修正はb、dの段階で回答率が上昇(b:27.5%, d:30.0%)するが、a、c、e~gの段階には低くなった。これに対して、aの段階から高い回答率であった部分的な形・機能に関わる修正は、a~cにかけて下降(47.5%→17.5%)した後、c~fにかけて低い水準で推移(17.5%→30.0%→22.5%)した後、gの段階で上昇(42.5%)する傾向を示した。

このことから、構想・設計のプロセスを通して生徒は、製作品の形・機能に関わる部分的な修正を設計の開始時と終了時に特に意識している様相が把握された。また、製作品の形・機能の全体的な修正は、むしろ設計プロセスの終盤において意識される傾向が認められた。その顕著な場面として、どんな機能を持つものをつくるのか、それに伴いどんな形にするのかを考えるaの段階、部品取りに関わる具体的な制約条件との関わりを意識するf・

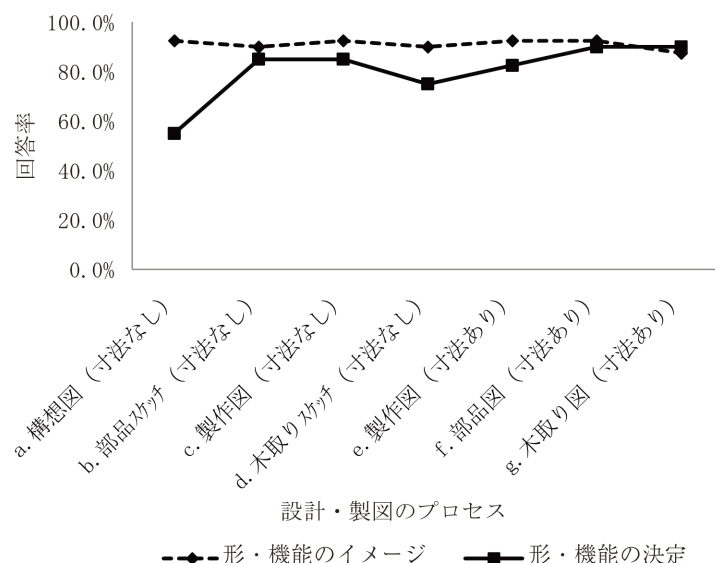


図8 形・機能に関するプラン形成

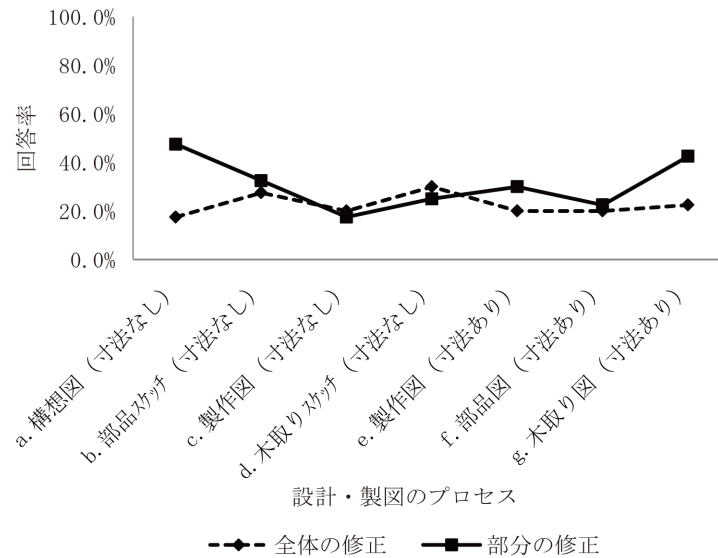


図9 形・機能に対するプラン修正

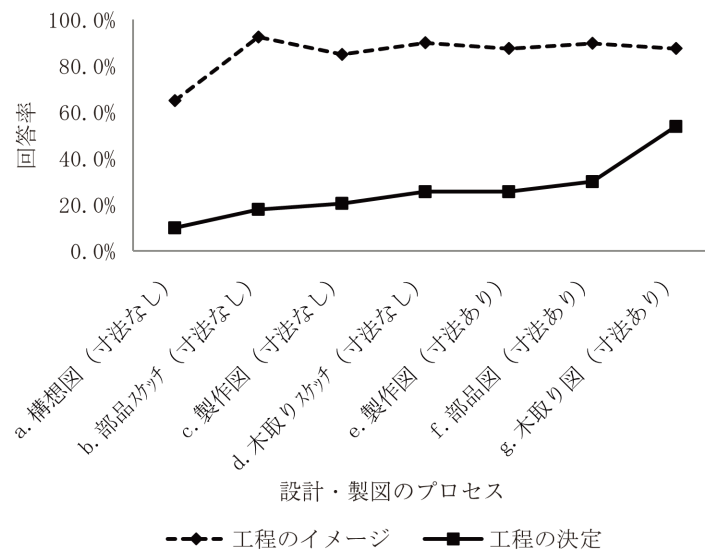


図10 製作工程に対するプラン形成

gの段階が挙げられる。

3.3 製作工程に対するプラン形成

本実践における製作工程のイメージとプラン決定のプロセスを図10に示す。構想・設計のプロセス全体(a~g)を通してみると、製作工程に関わるイメージは全体を通して、高い回答率を維持した。これに対して、工程プランの決定は、構想・設計のプロセス全体(a~g)を通して、しだいに右上がりに上昇(10.0%→53.8%)していく傾向が認められた。しかし、工程のイメージが最終的に高い回答率(87.5%)に達するのに比べ、工程プランの決定は中程度の水準に留まった。

このことから、構想・設計のプロセスを通して生徒は、

製作品の全体的な製作工程を常にイメージしながら、次第に詳細な工程プランの決定をしているが、そのような様相を呈する生徒は約半数であり、残りの約半数の生徒は、構想・設計学習の中だけでは、詳細な工程プランを十分に決定し得ていないことが推察された。

3.4 製作に使用する工具に対するプラン形成

本実践における製作品の製作に必要な工具に対するイメージとプラン決定のプロセスを図11に示す。製作に必要な工具に関するイメージは、構想・設計のプロセス全体(a~g)を通して、徐々に回答率が上昇(60.0%→87.5%)していた。これに対して具体的な工具の決定は、構想・設計のプロセス全体(a~g)を通して少なからず

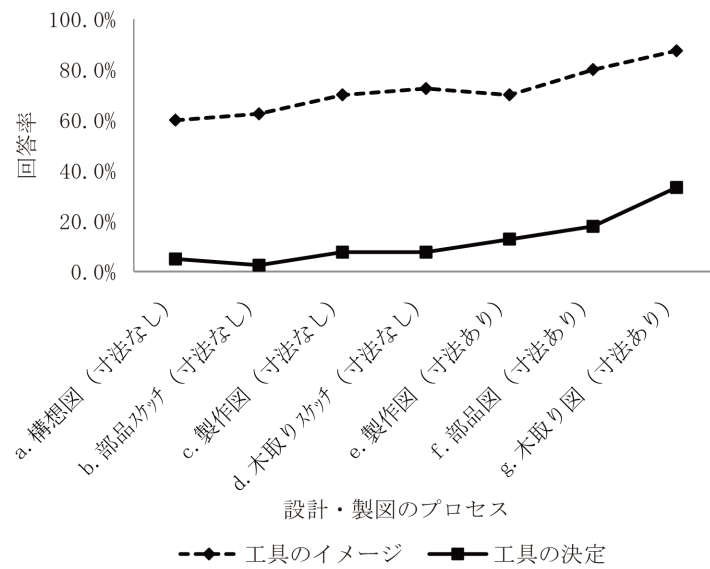


図11 使用工具に関するプラン形成

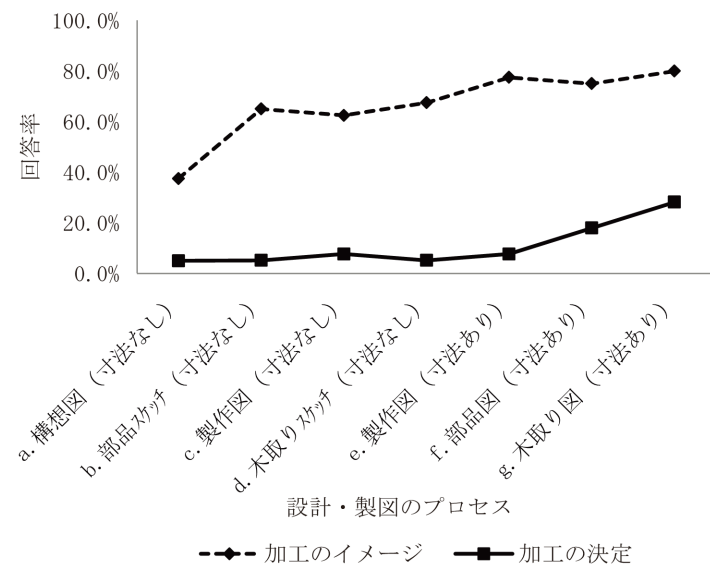


図12 加工方法に関するプラン形成

上昇 (5.0%→33.3%) するものの、最終段階においても回答率は3割程度の低い水準に留まった。

このことから、使用工具に対するプラン形成は、製作工程に対するプラン形成と同様に、構想・設計のプロセスを通して必要な工具を常にイメージしながら、次第に詳細な工具選択のプランを形成しているものの、構想・設計学習だけでは、具体的な使用工具を決定できる生徒は1/3程度と、極めて部分的であることが示唆された。

3.5 加工方法に対するプラン形成

本実践における加工方法に関わるイメージとプラン決定のプロセスを図12に示す。加工方法に関わるプラン形成は、使用工具に対するプラン形成と同様の傾向を示し

た。具体的には、加工方法のイメージは、構想・設計のプロセス全体 (a~g) を通して、徐々に回答率が上昇 (37.5%→80.0%) した。これに対して、加工方法の決定は、構想・設計のプロセス全体 (a~g) を通して、上昇傾向 (5.0%→28.2%) を示すものの、最終的な決定に至っている生徒は1/3程度であった。

このことから、構想・設計のプロセスを通して生徒は、加工方法に対するイメージを常に意識しながら構想を具体化しているものの、使用工具と同様に、構想・設計学習だけでは、プラン決定に至ることが困難であると考えられる。

3.6 考察

以上の結果から、材料加工学習における構想・設計学習における生徒のプラン形成の特徴として、次の2点が考察できる。

第一に、項目によって傾向に差異はあるものの、時系列的に作図を重ねることでイメージやプラン決定の回答率の概ね上昇する傾向が認められたことである。このことから、基本的には構想・設計のプロセスを進めていくことが、製作品の形・機能、使用工具、製作工程、加工方法等のプラン形成に寄与しうることが確認された。これは、構想・設計学習において生徒に製図を描画させる学習活動が、生徒のプラン形成を少なからず促しうるのであることを示している。この意味において製図の学習では、図法に関する知識や作図の技能の習得だけでなく、製図が構想・設計時のアイデアやイメージを外化する思考ツールとして機能するよう適切に指導することが重要と考えられる。

第二に、使用工具、製作工程、加工方法に関するプランの決定については、7段階の製図を経てもなお、具体的な決定に至ったとする回答率は期待に反して高くはなかったことである。これは、製図を中心とする構想・設計学習だけでは製作作業に入る直前の段階においても十分にプランの決定に至っていない生徒が存在することを意味している。前述したように本実践対象の生徒は、先行導入題材「レターラック」の学習において使用工具、製作工程、加工方法について既習している。にもかかわらず、各図面の作図活動だけでは十分なプラン決定に至っていない。言い換えれば、生徒に基礎・基本となる知識や技能を指導したとしても、それだけで生徒がそれらの知識・技能を自らの構想・設計に適切にフィードバックさせることは難しいと考えられる。したがって技術科教員は、構想・設計学習を経た後も、十分にこれらのプラン形成に至っていない生徒が少なからず存在していることを前提に、その後の主題材における製作実習時のつまづきを適切に予測しておくことが重要と考えられる。また、構想・設計学習においては、従来のような製図を中心とした展開だけでなく、プロトタイプを試作や既存製品の分析（構造や加工法の事例検討）、コンピュータを活用した製作過程のシミュレーションなど、使用工具、製作工程、加工方法に対する生徒のプラン形成を支援する追加的な学習活動の導入が必要ではないかと考えられる。

4. まとめと今後の課題

以上、本研究では、材料加工学習の構想・設計学習における生徒のプラン形成のプロセスを縦断的な調査を通して探索的に検討した。本調査の条件下で得られた知見を以下に示す。

- 1) 製図を中心とする構想・設計学習のプロセスは、少なからず生徒の自由設計題材に対するプランの形成に寄与していることが示唆された。
- 2) その傾向にはプランの内容によって差異が生じており、形や機能に対するプランは構想・設計学習全体を通して高い水準で形成されると共に、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傾向が示された。
- 3) 一方、使用工具、製作工程、加工方法に対するイメージは、製図の進展に伴い形成度が高まる傾向が認められたものの、構想・設計の終盤で適切なプランの決定に至る生徒は部分的であった。

これらの結果から、製図を中心とする構想・設計学習における指導上の留意点として、①製図をアイデアやイメージを外化する思考ツールとして機能させるよう指導することの重要性、②構想・設計学習を経ても、具体的なプランを決定していない生徒が少なからず存在していることを前提に、主題材における製作実習時のつまづきを適切に予測しておくことの必要性、③構想・設計学習における使用工具、製作工程、加工方法に対する生徒のプラン形成を支援する追加的な学習活動の必要性を指摘した。

このように本研究は、縦断的な調査によって構想・設計学習時の生徒のプラン形成の特徴の事例を示した点に一定の意義を見出すことができる。しかし、本研究は、木材を主とした材料加工学習の一事例を取り上げものに過ぎず、上記に得られた知見を過度に一般化して捉えることは妥当ではない。また、本研究ではプランの形成度を同一質問項目の反復調査によって把握したが、このような研究方法には、反復によって回答パターンが平滑化しやすい問題、決定されたプランの内容を質的に把握・評価できない問題など、多くの課題が残されている。

今後は、研究方法の改善を含め、本研究で得られた知見に対するより大規模な調査による追試が必要である。その上で、本研究で得られた知見に基づいて考察した指導上の留意点については、その具体的な手だてを構想し、実践的にその効果を検討していく必要がある。また、構想・設計時のプラン形成と製作作業時の実習パフォーマンスとの関連性など、構想・設計から製作品の完成に至る問題解決全体を捉え、生徒の学習活動の特徴をより詳細に分析していく必要があると考えられる。これらについてはいずれも今後の課題とする。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、データの入力・分析に際しては、渡辺勝由氏のご協力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書，p.11（2008）
- 2) 前掲1)，pp.14-15
- 3) 鈴木寿雄：技術科教育史，開隆堂，pp.243-245（2009）
- 4) 森山潤：問題解決的な学習，日本産業技術教育学会技術教育分科会編，新技術科教育総論，pp.91-92（2009）
- 5) 上之園哲也，森山潤：技術科教育における生活応用力の形成に関する因果モデルの検討，科学教育研究，第37巻，第1号，pp.38-46（2013）
- 6) 上之園哲也，森山潤：技術科教育における生活応用力の育成に効果的な実践形態の検討，日本教科教育学会誌，第35巻，第2号，pp.73-80（2012）
- 7) 左田和幸，松浦正史：技術的な課題における問題解決のプランに関する研究，日本産業技術教育学会誌，第36巻，第1号，pp.1-8（1993）
- 8) 岳野公人：ものづくり学習における構想設計における生徒の思考過程，風間書房，pp.70-97（2005）
- 9) 上田邦夫：学習者の思考内容に基づいたものづくり学習の構想設計，風間書房，pp.145-156（2007）