

技術教育における技能習得過程の認知モデルに基づく学習指導の試み

～ 金属加工作業における「技能の学び方」に焦点を当てて～

A Proposal for Educational Guidance Based on the Cognitive Model of Skill

Learning Process in Technology Education

Focusing on “How to Learn Skills” on the Metal Working -

山本利一*, 森山潤**, 松浦正史**, 玉川昇***

Toshikazu YAMAMOTO ,Jun MORIYAMA Masashi MATIURA ,Noboru TAMAGAWA

* 埼玉大学教育学部

Faculty of Education Saitama University

** 兵庫教育大学生活・健康系技術分野

Hyogo University of Teacher Education

*** 金沢市立金石中学校

Kanaiwa Junior High School

本研究の目的は、中学校技術科において生徒に「技能の学び方」を習得させる学習指導方法のあり方を検討することである。そのために、金属加工の題材「フォトスタンドの製作」を事例に、シュミット(1975)のスキーマ理論に基づく「技能習得の7段階モデル」を設定し、生徒のつまずきの実態を踏まえた教材・教具を活用した学習指導を構想し、実践した。その結果、実験授業の後半において生徒の「フィードフォワードによる解決行動」が促されると共に、「失敗・不安」が減少する傾向が認められた。また、実験授業の前後では、技能習得過程に関連する自己評価能力の中で、「評価基準設定」因子と「目標志向性」因子がそれぞれ向上する効果が認められた。

キーワード:技術教育, 金属加工, 技能習得, 学び方の学習, 認知モデル

Summary

The purpose of this study is to examine the instructional strategies for skill learning, focused on the students' acquisition processes of “how to learn skills”. For this purpose, a teaching plan of a unit: “Making a Photo Stand”, which had two strategies, was arranged. The two strategies employed in this unit were as follow: 1) to set the “7-step learning model based on the schema theory proposed by R. A. Schmidt (1975) , 2) to set the learning support tools selected from the research on actual students' stumble.

As a result of experimental practice, the findings of these strategies were as follows: 1) students' problem-solving by using feed forward thinking were promoted to the end of this unit, 2)

students' anxiety of their failure were decreased to the end of this unit, too, 3) “competences of creating criterion” and “intentions to reach the goal” were formed through this unit.

Keywords: Technology Education, Metal Working, Skill learning, Learn how to learn, Cognitive Model

1 緒言

中学校技術・家庭科の技術分野（以下，技術科と略称する）の材料加工学習では，簡単な製作品の設計や製作を通して，材料の特徴や加工法との関係を理解し，技術の役割や技術を活用する能力を育成することを目標としている¹⁾。それらの目標を達成させるため，多種多様な技能的課題（要素作業）が設定されており，学校現場ではそれらを効果的に組み合わせ，生徒に適切な技能の習得を図るための教育実践が営まれている。

これら，材料加工学習では生徒に，学習結果として基礎的な技能を身に付けさせると同時に，技能習得の雛形的なモデルを体験することで，「技能の学び方」を体得させることが重要である。このような資質は，工業高等学校や工学系の大学へ進学した時に，新しいものを創造する基盤となるものである。このような「技能の学び方」を重視した学習指導を展開する場合，技能習得に関連する様々な認知心理学的モデルに着目することができる（以下，「認知モデル」と示す）。そこで本研究では，中学校で初めて学習する技能的課題である金属加工を題材（生徒のレディネスの差が少ない）として選択し，技能習得の認知モデルに基づく学習過程の展開，

生徒のつまずきの実態を踏まえた教材・教具の活用を具体的な支援の手立てとする実験授業を実施し，その効果を検証することとした。

2 技能習得の認知モデルに基づく学習過程の設定

技能の習得過程を認知心理学的に捉えた学習モデルには，様々なものが存在する^{2),3)}。技能習得初期段階を説明するのに適している閉ループモデル⁴⁾，早い運動やフィードバック情報が存在しない状態での課題遂行（上級者レベル）を説明する開ループモデル⁵⁾，また，学習過程において閉ループモデルから開ループモデルへ内的過程が変容するとした2段階制御システム⁶⁾，さらに，閉ループモデルと開ループモデルの欠点を補ったスキーマ理論⁷⁾等である。これらの認知モデルのうち，他の認知モデルの弱点を補いつつ構築されたスキーマ理論は，技能習得時の内的過程を包括的に説明することができる。その代表的な理論として図1に示すシュミットの認知モデルが挙げられる。本研究では，このシュミットの認知モデルを用いて技能習得に向けた学習の段階性を検討し，学習過程を設定することとした。シュミットのスキーマ理論とは，再生スキーマ(recall schema)と再認スキーマ(recognition schema)の2つの動作スキーマ(motor response schema)が記憶を構成しているとする考え方である。この動作スキーマにフ

フィードバック情報が与えられることにより主観的強化が生じ、しだいに内的基準が形成されることを通して、フィードフォワードによる運動の制御が形成されていくものである。このモデルに閉ループから開ループへの段階性を加味すると、次のような学習段階が構想できる(表1)。

第1段階の技能習得の初期段階では、課題の初期状態と望ましい結果、過去の経験などが動作スキーマに与えられる。

動作スキーマ内では、これらの情報に基づいて、再生スキーマにより必要な反応が運動のプログラムとして選択され実行される。これは、課題の条件に過去の経験を当てはめることによって技能を遂行しようとする段階である。しかし第2段階では、その遂行結果は、過去の経験だけではうまくいかない部分が生じてくる。このズレを再認スキーマが取り上げることで、動作スキーマの修正が行われる。これは、課題の条件に沿って、新しく学ばなければならないことが何であるかを認識する段階といえる。これをきっかけとして、第3段階では必要な手続き的知識の導入や運動制御の反復練習がなされることで、しだいに運動のプログラムが形成・充実していく。さらに、第4段階では充実された運動のプログラムから必要な反応を選択し、試行錯誤を通して、フィードバック情報を手掛かりに「パフォーマンス」と「望ましい結果」との内的な関係づけが形成されていく。この時、試行錯誤の中で生じた様々なつまづきは、ラベル化され、分類されることによって、失敗に対する内的な基準が形成されるのが第5段階である。次の6段階では、試行錯誤の中で生じた成功への兆しは、主観的に強化され、望ましいパフォーマンスに対する内的な基準が形成される。このような失敗や成功に対する内的な基準が形成・強化されることによって、しだいにフィードフォワードによる課題遂行が展開されるようになる第7段階へと発展する。

上記の学習過程は、課題の違いによって多少の差異が生じる可能性も否定できないものの、「技能の学び方」のプロセスを示唆する基本的な枠組みを提供するものでもある。そこでこれらの学習過程を「技能学習の7段階モデル」と命名した。

3 生徒の実態に応じた指導の手立て

3.1 製作題材の選定

本研究では、金属加工の製作題材として、技術科教師が指導の必要性を高く認識している課

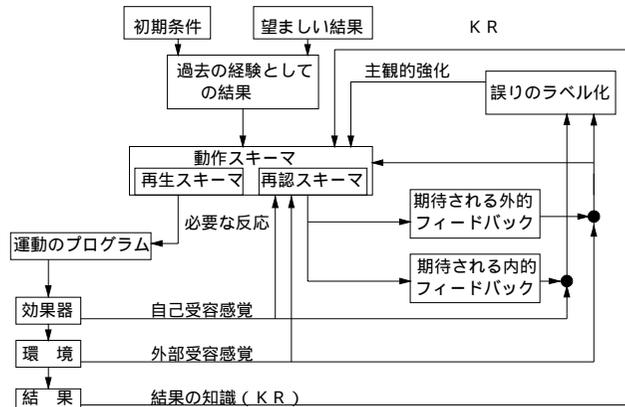


図1 シュミットのスキーマ理論の構造図

表1 技能習得の認知モデルに基づく学習過程の設定(技能学習の7段階モデル)

第1段階：再生スキーマによる技能取得段階

初期状態（初めての課題）から、望ましい結果を理解した上で、過去の経験に依拠して課題を遂行する。

教師の投げかけ 「今までの経験を思い出して、とにかくやってみよう。」

第2段階：再認スキーマによる技能取得段階

上記の結果、過去の経験だけでは何がうまくいかないかを把握し、学習のポイントを理解する。

教師の投げかけ 「今までの経験だけでは何がうまくいかないのか、新しくどんなことを学べばよいかを考えてみよう。」

第3段階：運動のプログラムの形成・充実段階

上記で明確にした学習事項、特に運動のプログラムの形成・充実を図る。これには、手続き的知識の形成と、特定の動作の練習等が含まれる。

教師の投げかけ 「加工の原理や作業の方法をしっかりと理解し、もう一度やってみよう。」

第4段階：フィードバックによる課題遂行段階

フィードバック情報として、「自己の感覚」、「環境からの情報」、「KR情報」などがあることを知り、これらを捉えられるようにする。

教師の投げかけ 「“手で感じる”、“目で見る”や“音を聞く”、“結果を見極める”ことを大切にしながら、作業してみよう。」

第5段階：誤りをラベル化する段階

生じた誤りを分類・ラベル化し(失敗の追体験)、フィードバック情報との関連付けを図る。

教師の投げかけ 「つまずきの例を知り、作業の中で失敗の「きざし」を見つけてみよう。」

第6段階：主観的強化の形成段階

成功する方法を反復練習(何度も繰り返し)して、コツを内面化する。

教師の投げかけ 「成功の秘訣を考え、作業の中で成功の「きざし」を見つけてみよう。」

第7段階：フィードフォワードによる課題遂行段階

成功の見通しを持って、スムーズに課題を遂行する。

教師の投げかけ 「見出した成功の秘訣を使って、何度も繰り返して練習してみよう。」

題⁹⁾の中で、生徒のつまずきの程度の大・中・小に応じて、「タップやダイスによるねじ切り」、「ボール盤による穴あけ」、「金属の表面研磨」の3つの課題を含んだ、黄銅の台座にアルミニウム丸棒(支柱接合部品)をねじ接合した「フォトスタンド」を選定した。図2に生徒作品の例を示す。



図2 生徒作品の例

3.2 「技能の学び」を支援する教材・教具の活用

これまでの中学生の金属加工の技能習得に関する実態調査の結果^{9)・10)}、下記に示すつまずきの知見が示唆

されている。作業の状態を把握する力の不足(情報を収集するモニタリング力)、正しい作業のための運動の制御力(巧緻性や複数動作の協応)不足、原理や手続き的知識の不足、

など、技能的課題の遂行時に生じるつまずきの要因が明らかとなってきた。そこで、これらのつまずきへの対応として、「学びを支援する手立て」と、「学びを阻害する要因を排除する手立て」の2つに大別し、教材・教具を準備した。

1) 学びを支援する手立て

学びを支援する手立てとは、生徒が学習に取り組む時、学習内容がよりスムーズに定着することを支援する取り組みである。本研究では前述した題材に、先行研究で開発した下記の教材・教具を設定した。

手続きの知識を構造的に理解させる手立てとして、ボール盤の活用方法をコンピュータを活用した「CAI学習教材」¹¹⁾を使用して、安全な作業手順を個人のペースで確実に定着させ、工作機械への不安感を取り除く支援を行う。

原理の理解を支援する手立てとして、円筒体に直接つまき線を描写できる「つまき線作図教具」¹²⁾を活用して、ねじの仕組みや原理の定着を図る。

遂行結果の正確な把握を支援する手立てとして、金属表面に照射したレーザー光の反射光強度を測定する「簡易表面粗さ計」¹³⁾を使用して表面の状態を定量的に測定し、自己の判断基準の揺れを少なくする取り組みを行う。

2) 学びを阻害する要因を排除する手立て

学びを阻害する要因を排除する手立てとは、技能的課題を遂行する過程において、つまずきやすい要因を明らかにし、つまずきの程度を軽減する取り組みである。本研究では前述した題材に、筆者らの先行研究で開発した下記の教材・教具を設定した。

複数動作の協応化を支援する手立てとして、材料に対してダイス面を垂直に保持する「自作のダイスハンドル」¹⁴⁾を活用し、雄ねじ切りの初期工程である材料に対してダイスを垂直に食い込ませることを支援する。

加工難易度を調整する手立てとして、破損強度の高い「溝なしタップ」¹⁵⁾を活用して、タップの破損や切りこによるつまずきを軽減する。

4 実験授業

4.1 実験日および被験者

2003年4月～6月に石川県内の公立中学校第3学年2クラス71名を対象に実施した。

4.2 測定尺度

本実験授業における生徒の学習過程を把握するために、筆者らが作成した「技能的課題遂行時の内省尺度」を形成的評価尺度¹⁶⁾として再編して利用した。「技能的課題遂行時の内省尺度」は、技能的課題の遂行時のプロトコル分析に基づいて作成したものであり、多変量解析の結果から以下に示す3因子6クラスタが見出されたものである。第1因子は、「課題解決に対する

心的反応」因子であり、「フィードバックによる解決行動」と「フィードフォワードによる解決行動」の2クラスタからなる。第2因子は、「つまずきに対する心的反応」因子であり、「失敗・不安」と「状況・不安」の2クラスタからなる。第3因子は、「課題達成に向けた心的反応」因子であり、「課題達成意欲」と「自己コントロール」の2クラスタからなる。本研究では上記の因子構造を維持したまま、形成的評価尺度として利用することを念頭に、技術科の指導経験10年以上の教員2名との討議によって尺度項目を精選し、編成した(表2)。この尺度を用いることによって、本実験授業の各場面における生徒の認知・思考・情意などを包括的に把握することができるものと考えられる。

一方、本実験授業の効果を検討するために、城ら(1992)¹⁷⁾が作成した、「自己評価能力判定テスト」を再編¹⁸⁾して、本実験授業前後の生徒の自己評価能力の変容を調べた。本テストは、技術教育における技能習得に関連する生徒の自己評価能力を「自己モニタ」因子、「評価基準設定」因子、「目標志向性」因子などの下位尺度によって把握するものである。「自己モニタ」因子は技能習得過程を自ら俯瞰的に把握する能力、「評価基準設定」因子は遂行結果の是非を自ら判断する基準の形成度、「目標志向性」因子はより高い目標の達成に向けた動機付けの程度をそれぞれ把握することができる。

表2 技能的課題遂行時の内省尺度(形成的評価)

このアンケートは、皆さんがどのような気持ちで作業をしているのかをたずねるもので、技術・家庭科の成績とは関係ありませんので、自分の思ったとおりに答えてください。あなたが、本日の作業を振り返って、次の質問項目の回答として「A:あてはまる、B:少しあてはまる、C:どちらとも言えない、D:あまりあてはまらない、E:あてはまらない」の中から、一番近い気持ちに をつけてください。

1. 作業に対して、自分の技能の不足や加工の危険性などから、不安を感じた
 2. 作業に対して、最後までがんばってやり遂げたいという意欲を感じた
 3. 作業中に思いがけないことが起こり、驚きを感じた
 4. 作業中につまずきが生じた
 5. 作業をどれくらいまで続けるかの判断をつけることができなかった
 6. 特に意識したり難しく考えなくても、スムーズに作業が行えるようになった
 7. 作業の状態や作業の手順について、自分なりにイメージをもった
 8. 前に体験したことと比較しながら、今の作業を進めた
 9. 作業が効率的にできるよう作業方法を自分なりに工夫した
 10. うまく作業を進めるためのコツを、自分なりにつかむことができた
 11. 工具の使い方や加工の方法などの知識を思い出して確かめながら作業を行った
 12. 作業のやり方と、その結果の関係や法則性を見つけ出した
 13. 作業の中でなぜそのような状態になるのか不思議に思った
 14. 作業の進み具合を発生する音や腕にかかる力の大きさ(反力)で確認した
 15. 作業がうまく進んでいるかどうかを自分なりに判断した
 16. 作業の状態がどのようになればよいか、自分で判断のポイントを考えた
 17. 作業の進み具合を確認しやすいように工具や材料の様子を観察する方法を工夫した
-

4.3 授業展開および調査の手順

まず、授業前に生徒の金属加工に関する興味・関心の調査と、自己評価能力判定テストを実

施した。次に、下記に示す、指導計画に準じて授業を展開した。

金属材料の性質と基本的な加工方法について（1 / 10時間）

金属材料の基本的性質として、塑性と弾性、展性と延性を木材材料と比較して学習した。次に身の回りにある金属製品を通して、何故金属が使われているのかを考え、硬度、熱処理、熱や電気の伝達についての学習を発展させた。また、これらの性質を生かした加工法について切削加工、塑性加工、鍛造、鋳造などの特徴を学習した。

表面研磨を通して加工の原理や手続きを学習する（2 / 10時間）

切削加工の基本的な加工原理などを体験的に学習するために、表面研磨を通して、硬い金属を加工するには、被切削材より硬い切削工具が必要なことや、表面の状態に応じたサンドペーパーを選択するなど、遂行状況の判断力を養成した。学習形態として、グループ学習（自分の作品の表面を評価するだけでなく、班員の作品も評価する）で金属の一面を様々なサンドペーパーで研磨し、遂行状況の評価基準が明確になるように努めた。ここで、表面の仕上がり状態の評価基準をよりの確に定着させるために、簡易表面粗さ計¹⁴⁾を活用した。授業の最後に形成的評価1（研磨1）を実施した。授業における教師の指示の一部と、それに対応した学習のモデルの段階を表3に示す。

作品のデザイン検討及び製作図（3 / 10時間）

フォトスタンドの外形やフレームの形状を検討し、ベース部（黄銅）、支柱（接合）部品（アルミニウム丸棒）の部品図を書いた。図法には、三角法を活用し、正面図のみを作図した。

ボール盤を活用した材料への穴あけ（4 / 10時間）

ボール盤による穴あけの基本的な切削原理と、作業の手続きを学習した。次に、教師の師範による作業手順を確認した後、手続き的知識の定着を図るために、個別学習形態でボール盤の使用法に関するCAI学習教材¹²⁾を活用した。その後、ボール盤を使った穴あけを実施した。授業の最後に形成的評価2（穴あけ）を実施した。

雄ねじの作成（5 / 10時間）

ねじの仕組みを学習するために、つまき線作図教具¹³⁾を活用し木材丸棒に直接つまき線を描き、簡易ねじの仕組みを学習した。次に、アルミニウム丸棒材に雄ねじ加工を施した。ここで、最初の雄ねじの製作は、自作ダイスハンドル教具¹⁵⁾を活用し、次に通常のダイスハンドルで雄ねじ製作を行った。授業の最後に形成的評価3（雄ねじ切り）を実施した。

雌ねじの作成（6 / 10時間）

ベース部に雌ねじの加工を施した。このとき、2人1組のペア学習で、作業を見学する生徒は、工具の作品への食い込みの状態を正確にモニタリングし、その情報を作業者に伝え、作業者は、自分の作業状況の判断と、見学者らからの情報を加味しながらねじ切りを進めた。ここでの雌ねじの製作には、タップの破損による致命的なつまずきを防ぐために、溝なしタップ¹⁶⁾を活用した。授業の最後に形成的評価4（雌ねじ切り）を実施した。

表3 授業における教師の指示の一例

- 展開1：皆さんはどうやって研磨しますか？ まずは、材料のこば面を自由に研磨してみましょう。
【第1段階】：今までの経験を思い出させて、金属を研磨させる。
- 展開2：表面がきれいになりましたね。何故、表面がきれいになったのですか？
【原理への疑問】切削の原理である、被切削材料よりサンドペーパーの粒子の方が硬いことに気が付かせる。
- 展開3：様々な磨き方がありましたが、どのような研磨方法がよいのでしょうか？どのような研磨方法だと、うまくいかないのでしょうか？
【第2段階】今までの経験だけでは、どこがうまくいかないのか考え（課題の発見）、新しくどんなことを学べばよいかを考えさせる。
- 展開4：正しい研磨の方法は、一方向に材料を動かします。サンドペーパーは、粗いものから細かいものへ順に取り替えて研磨します。
【第3段階】加工の原理や作業の手順を確実に理解させる。
- 展開5：材料にマジックで線を引き、同じ力で研磨するとしたら、240,400,600,1000番のどのサンドペーパーで研磨すると、一番早くその線が消えるか、予想してください。『班実験』
【原理の定着】加工の原理や作業の方法を体験を通して理解を深める。
- 展開6：研磨の時の力を入れ加減と、動かす距離によって表面はどのように変わりましたか？
【第4段階】正しい研磨の方法と、力加減を確認する。フィードバック情報の活用方法を確認する。
- 展開7：研磨する時には、どんなことに気をつけて研磨するといいいのでしょうか？
【情報を総合的に判断】モニタリングとして、仕上がり面を見る、サンドペーパーに付く切りくずを見る、切削音を聞く、研磨の力加減、などの情報を収集し、総合的に判断することが大切であることに気づかせる。
- 展開8：それでは、「手で感じる」、「目で見える」、「音を聞く」、「結果を見極める」ことを大切にしながら、作業してみよう。
【第5段階】仕上がり状態が良い場合と、悪い場合の判断基準を作業を通して明確にする。
- 展開9：では、どれくらい研磨したら、次のサンドペーパーに移ればよいのでしょうか？
【作業効率の検討】作業状況の判断と作業に対する効率を考える。
- 展開10：次のペーパーに交換する目安を、実験で調べてみましょう。
同じ力で、Aさん10回、Bさん20回、Cさん30回、Dさん40回、Eさん50、Fさん60回、班員6名で研磨実験を行い、その表面の状態を見比べましょう。どの状態から、表面の状態に変化がないか見比べてください。
【第6段階】成功事例を具体的に知り、効率のいい研磨のコツをつかませる。
- 展開11：表面の状態を正確に把握するには、教具を活用しよう（レーザ光線の反射強度で測定）。
【判断力の育成】定量的フィードバックを活用して、自己評価基準の内面化を図る。
- 展開12：もし、教具を使わないときは、その判断をどうしたらよいのでしょうか？
【総合的に評価基準を検討】これまでに学習した内容を総合的に判断し、表面状態の判断基準を考え、作業の中で判断の「きざし」を見つける。
- 展開13：それでは、作品が完成した時に他の面を研磨してもらいますので、どのようなことに注意して研磨するとよいか考えながらこれからの課題を進めていきましょう。
【第7段階】他の課題においても、見通しを持って作業することの大切さを教える。
実際の研磨作業では、最終工程での、研磨作業がそれぞれにあたる。成功の見通しを持って、スムーズに研磨できるよう指導する。

外形の切断とヤスリ仕上げ（7 / 10時間）

ベース材料の形状を、設計に応じて加工する。弓のこでの切削の原理や活用方法を学習する。また、万力で材料を固定する際、材料表面に傷が付けられない方法や、効率の良い金属の切断を作業を通して学習し、平ヤスリで表面を仕上げた。

表面研磨（8 / 10時間）

作品の仕上げに、材料表面を、240番、400番、1000番、メタルクリーナの順に研磨を行った。様々な情報を収集しながら、成功の見通しを持って、作業を進めるよう指示を与えた。授業の最後に形成的評価5（研磨2）を実施した。

フレームの製作と作品の組み立て（9 / 10時間）

フレーム材料のカラーワイヤ（自遊自在）に曲げ加工を施し、アルミニウム丸棒材とかしめ接合を行い、カラーワイヤの先端にクリップを取り付けた。次に作品を組み立て、これまでの学習を振り返り、作品の評価を行った。

金属の再利用と私たちの生活（10 / 10時間）

金属加工のまとめとして、金属の有効利用やリサイクルについて考え、これらの生活の中で、金属の役割を振り返った。授業の最後に、自己評価能力判定テストを実施した。

自己評価能力判定テストおよび形成的評価の回答は、「A：あてはまる、B：少しあてはまる、C：どちらとも言えない、D：あまりあてはまらない、E：あてはまらない」の5件法でもとめ、それらに5～1点の得点を与え統計処理した。

5 結果と考察

5.1 各授業の形成的評価の推移

各授業で採取した形成的評価の各因子ごとの平均、S.D.を表4に示す。その結果、全体を通して「つまずきに対する心的反応」因子の値が低くなった。本実験授業では、各課題に対して、技能の学びを支援する教材・教具を活用したことと、技能の段階に応じた指導を行ったため、不必要な不安感を抱かず授業を進めることができたことと推測できる。逆に、「課題達成に向けた心的反応」因子の値は全体を通して高い水準を維持した。このことは、事前調査の金属加工に興味・関心を持っている生徒が比較的多いことや、本製作題材が日常生活で活用できる作品で、製作意欲が高いことを示している。

表4 各授業後との因子平均値

各因子	学習内容		研磨1(2校時)		穴あけ(4校時)		雄ねじ切り(5校時)		雌ねじ切り(6校時)		研磨2(8校時)		全体	
	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.
F1「課題解決に対する心的反応」因子	3.02	0.80	3.37	0.76	3.33	0.78	3.36	0.82	3.52	0.89	2.77	0.67		
F2「つまずきに対する心的反応」因子	2.35	0.91	2.37	1.07	2.32	1.16	2.46	1.07	2.24	0.93	1.96	0.86		
F3「課題達成に向けた心的反応」因子	3.66	0.93	4.09	0.88	4.02	0.94	3.89	1.03	4.16	0.93	3.30	0.79		

1) 「課題解決に対する心的反応」因子の下位クラスターの推移

各授業のクラスターごとの形成的評価値を図3に示す。まず、「フィードバックによる解決行動」クラスターの各授業の形成的評価値に関して分散分析及びLSD法による多重比較を行った。その結果、研磨1の形成的評価値に対して、他の全ての授業の形成的評価値が向上した ($F_{(4,312)}=2.73, p<0.05$: 研磨1 < 穴あけ = 雄ねじ切り = 雌ねじ切り = 研磨2)。このことから、研磨1

の授業で表面の状態を観察しながら作業を進めるという最も基本的な切削加工の学習を体験したことによって、その後の「フィードバックによる解決行動」が促されたことが示唆された。

次に、「フィードフォワードによる解決行動」クラスターの各授業の形成的評価値に関して同様の分析を行った。その結果、研磨1の形成的評価値に対して穴あけ、雌ねじ切り、研磨2の

水準が向上すると共に、雄ねじ切りと雌ねじ切りに対して研磨2の形成的評価値が向上する傾向が認められた ($F_{(4,312)}=4.42, p<0.01$: 研磨1 < 穴あけ = 雌ねじ切り = 研磨2, 雄ねじ切り < 研磨2, 雌ねじ切り < 研磨2)。「フィードフォワードによる解決行動」が学習指導の最終段階で向上したことは、生徒が本実践を通して学習モデルの第7段階に近づいたものと推測できる。

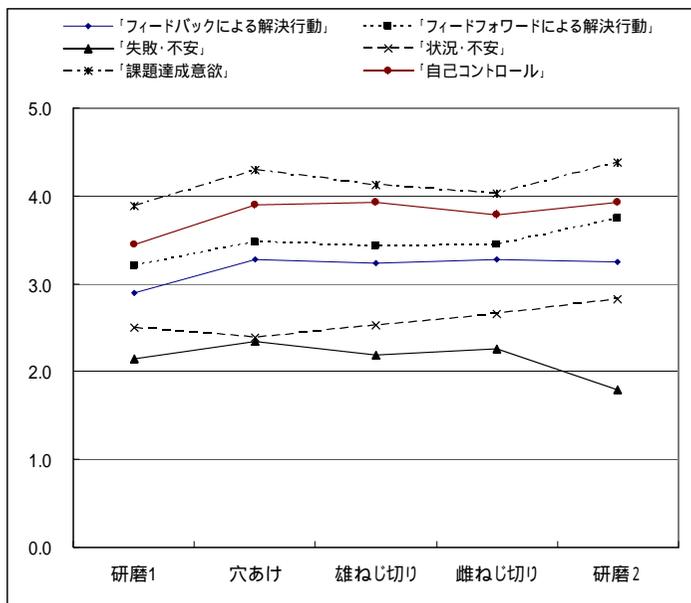


図3 各授業の形成的評価の推移

2) 「つまずきに対する心的反応」因子の下位クラスターの推移

「失敗・不安」クラスターの各授業の形成的評価値に関して同様の分析を行った。その結果、研磨2の授業は、研磨1、穴あけ、雌ねじ切りの授業と比較して形成的評価値が有意に減少した ($F_{(4,312)}=2.49, p<0.05$: 研磨2 < 研磨1 = 穴あけ = 雌ねじ切り)。これは前述したように、学習指導の最終段階で「フィードフォワードによる解決行動」が展開されていたことによって、失敗やつまずきに対する不安感が取り除かれていたのではないかと考えられる。

次に、「状況・不安」クラスターの各授業の形成的評価値に関して同様の分析を行った。その結果、授業間に有意差は見られなかった ($F_{(4,313)}=1.09, n.s.$)。このことから、技能的課題を遂行するにあたって、課題が変化しても作業の状況に対しては一定の緊張感や不安をもって課題に取り組んでいる様子が示唆された。

3) 「課題達成に向けた心的反応」因子の下位クラスター

「課題達成意欲」クラスターの各授業の形成的評価値に関して同様の分析を行った。その結果、各授業間に有意差はみれなかった ($F_{(4,312)}=2.39, n.s.$)。前述のように、全てのクラスターの中で最も高い値を示しており、作品を完成させたいという動機が強く示されている。

次に、「自己コントロール」クラスターの各授業の形成的評価値に関して同様の分析を行った。その結果、研磨1の形成的評価値に対して、他の全ての授業の形成的評価値が向上した ($F_{(4,312)}$)

= 3.64, $p < 0.01$: 研磨1 < 穴あけ = 雄ねじ切り = 雌ねじ切り = 研磨2)。このことから、研磨1の授業でグループ活動を通して生徒がお互いの作業を相互に評価しあうという体験が、その後の「自己コントロール」の促進に寄与したのではないかと考えられる。

5.2 授業前後の自己評価能力の変容

次に、授業前後の自己評価能力判定テストの結果を表5に示す。対応のあるt検定の結果、「評価基準設定」因子 ($t=2.56, p<0.05$)、「目標志向性」因子 ($t=2.57, p<0.05$)に有意差が見られた。このことから、本実践を通して生徒が、自らの技能習得過程に対する評価基準を内面化したこと、より高い技能の習得に向けた動機づけが図られたことが示唆された。「評価基準設定」因子の向上は、本実践において学習モデルに設定した第5段階の「誤りのラベル化」や第6段階の「主観的強化」の効果によるものではないかと考えられる。また、「目標志向性」因子の向上は、生徒が本実践で体験した「技能の学び方」を他の学習場面に自ら応用しようとする意識の形成を意味するものであると考えられる。

表5 授業前後の自己評価能力の変容

	「自己モニタ」因子			「評価基準設定」因子			「目標志向性」因子			全体	
	平均	S.D.	検定	平均	S.D.	検定	平均	S.D.	検定	平均	S.D.
授業前	3.66	0.79	$t=0.05$	3.09	0.98	$t=2.56$	2.94	0.97	$t=2.57$	3.27	0.88
授業後	3.67	0.73	n.s.	3.44	0.97	$p<0.05$	3.22	0.91	$p<0.05$	3.43	0.88

対応のあるt検定

6 結言

以上、本研究では、技能習得過程の認知モデルを設定し、その各段階に技能習得を支援する教材・教具を活用した実験授業を通して、「技能の学び方」の習得に向けた学習指導の在り方を検討した。その結果、本実験条件下で以下の知見を得ることができた。

- 1) 研磨、穴あけ、ねじ切りなどの基礎的な要素作業を含む題材「フォスタンド」を事例に、シュミットのスキーマ理論に基づく「技能習得の7段階モデル」を設定した学習指導方法を提案した。
- 2) 生徒のつまずきの実態に対応して、「学びを支援する教材・教具」と、「学びを阻害する要因を排除する教材・教具」の活用方法を提案した。
- 3) 実験授業の結果、本実践では学習指導の後半において「フィードフォワードによる解決行動」が促されると共に、「失敗・不安」が減少する傾向が認められた。
- 4) 実験授業の前後では、技能習得過程に関連する自己評価能力の中で、「評価基準設定」因子と「目標志向性」因子が向上する効果が認められた。

今後は、上記の知見に対する追試と共に、生徒が工業高等学校や工学系の大学に進学した後に、どのような技術的能力を発揮しうるかについて追跡調査する必要がある。これらについては、今後の課題とする。

【参考文献】

- 1) 文部省：中学校学習指導要領（平成10年12月）解説 - 技術・家庭編 - ，東京書籍（1999）
- 2) 神宮英夫：スキルの認知心理学 第2版，九州大学出版会，pp.81-106(1998)
- 3) 大道正樹・松浦正史：認知科学的アプローチによる技能習得の初期段階に関する基礎的研究，日本産業技術教育学会誌，第36巻.第2号,pp.75-81（1994）
- 4) Adam,N.,J.A(1968)Response feedback and learning.Psychological Bulletin,70,pp.486-50
- 5) Pew,R.W.(1966)Acquisition of hierarchical control over the temporal organization of skill.Journal of Experimental Psychology,71,pp.764-774
- 6) Glencross,D.J.(1977)Control of skilled movements.Psychological Bulletin,84,pp.14-29
- 7) Schmidt,R.A.(1975)A schema theory of discrete motor skill learning.Psychological Review, 82,pp.225-260
- 8) 山本利一・森山 潤・松浦正史・牧野亮哉：中学校技術科教師が認識する技能習得過程における生徒のつまずき - 金属加工を中心として - ，日本機械学会論文集（A編），第70巻，第698号，pp.1542-1548（2004）
- 9) 山本利一・森山 潤：材料加工学習における生徒の技能習得を把握するためのシンプトムの検討 - 金属加工作業時のプロトコル分析を通して - ，日本産業技術教育学会誌，第46巻,第3号,pp.123-133頁(2004)
- 10) 山本利一・森山 潤・松浦正史：材料加工学習における技能的な課題遂行時に生起する生徒の心的反応，日本産業技術教育学会第47回全国大会講演要旨集（2004）
- 11) 山本利一・牧野亮哉：技術・家庭科におけるボール盤作業を題材としたマルチメディア教材の作成と活用，教育情報研究，第12巻，第2号，pp.33-39（1996）
- 12) 山本利一・牧野亮哉：ねじに関する学習のためのつまみ線作図教具の開発，日本産業技術教育学会誌，第41巻，第1号，pp.25-30（1999）
- 13) 山本利一・牧野亮哉・上田正紘：金属表面粗さを測定する教具の製作 - 半導体レーザーによる簡易表面粗さ計 - ，日本産業技術教育学会誌，第39巻，第4号，pp.231-236（1997）
- 14) 山本利一・牧野亮哉・小堀真一：ダイスによるねじ切り加工を支援する教具の開発，日本産業技術教育学会誌，Vol.43，No.4，pp.185-191（2001）
- 15) 山本利一・牧野亮哉・関口 徹：ねじ切り加工における溝無しのタップの有効性に関する研究，日本産業技術教育学会誌，第41巻，第3号，pp.121-125（1999）
- 16) 梶田叡一：教育評価 第2版補訂版，有斐閣双書，pp.183-191，pp.217-228(2002)
- 17) 城 仁士・安東茂樹：自己評価能力の構造と発達，日本産業技術教育学会誌，第34巻,第1号,pp.7-14（1992）
- 18) Jun Moriyama, Masashi Satou, and Cyril T. King:Problem Solving Abilities Produced in Project based Technology Education ,The Journal of Technology Studies Vol. -Vol.2,

pp.154-158 (2002)