

# 中学校技術科における生徒の立体描画能力の形成を支援する 製図学習の検討

—立体認識能力の差異に着目して—

## An Examination of Instructional Strategies for Promoting Students' Solid drawing Skills in Technology Education -Focusing on differences of Solid Recognition Ability-

三浦吉信 (神戸市立本山南中学校)

Yoshinobu MIURA (Kobe, Motoyamaminami Junior High School)

上之園哲也 (兵庫教育大学大学院学校教育研究科・院生)

Tetsuya UENOSONO (Student, Graduate School of Education, Hyogo University of Teacher Education)

島田和典 (鳥取大学工学部ものづくり教育実践センター)

Kazunori SHIMADA (Tottori University, Innovation Center for Engineering Education)

森山 潤 (兵庫教育大学大学院 自然・生活教育学系)

Jun MORIYAMA (Graduate School of Education, Hyogo University of Teacher Education)

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、技術科)の製図学習において、立体描画能力の形成を支援しうる学習指導方法を実践的に検討することである。被験者は兵庫県内の中学1年生210名とし、①シミュレーション群、②ブロック操作群、③製図練習群の3群に分割した。事前調査の「立体の認識及び構成に関するテスト」松浦ら(1998)の実施後、3群別にそれぞれ3つの学習活動を設定し、授業後に製図の習熟度を測る事後調査を実施した。その結果、①シミュレーションの活用は、基礎的な問題において立体認識能力の高い生徒に有効であること、②ブロックを用いた構成操作の導入は、立体認識能力の低い生徒の水準の低下を抑制しうること、③製図課題の作図練習は、立体認識能力の高い生徒には効果的であるが、低い生徒には逆効果であり両者の格差が開きやすいことなど、各学習活動の持つ効果の違いが見出された。

**キーワード**：技術科教育、製図学習、立体認識能力

### 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)の製図学習において、立体描画能力の形成を支援しうる学習指導方法を実践的に検討することである。

製図学習は、平成20年告示の中学校学習指導要領において、内容A「材料と加工に関する技術」に位置付けられている<sup>1)</sup>。具体的には、「(3)材料と加工に関する技術を利用した製作品の設計・製作」に「イ 構想の表示方法を知り、製作図を書くことができること。」が示されている。さらにその解説では、製作図が持つ、構想の問題点の整理と修正、製作品や部品の形状・寸法表示などの役割を知ることや、構想から仕上がりのそれぞれの場面に応じた表示方法を選択、作図で

きるようにすることが示されている。そのための指導例として、等角図、キャビネット図及び第三角法を場面によって使い分けるなどが挙げられている。

一般に、製図学習の授業では、キャビネット図や等角図、第三角法による正投影図等の図法の理解、立体の観察と描画、図法変換、図読、構想した製作品の設計・製図等の場面が設定されることが多い。このような製図学習では、立体の形状を認識し、そのイメージを適切に描画するという認知的プロセスが重要であると考えられる。

これまで製図学習における認知的プロセスについては、立体に対する描画能力、表象能力、操作能力及びこれらの包括的な関連性に関する研究等が行われてきている。

立体の描画能力に関する研究では、近藤(1975)によ

る投影図の学習における順序性の効果<sup>2)</sup>や、末富(1978)による線引き作業における巧緻性の研究<sup>3)</sup>、沢田・近藤(1983)によるフリーハンドの作図能力の研究<sup>4)</sup>等が挙げられる。また、立体の表象能力に関する研究では、中里(1973)による生徒の立体観の検討<sup>5)</sup>や大国(1977)による生徒の立体把握と表現能力の実態調査<sup>6)</sup>をはじめとして、城(1980)による製図の読図能力としての構成行為の発達とその特質に関する研究<sup>7)</sup>等が挙げられる。そして、立体の操作能力に関する研究では、城(1985)による空間表象課題における座標空間ルールシステムの形成に関する研究<sup>8)</sup>、土井(1996)らによる3次元座標上におけるイメージ変換の困難さに関する研究<sup>9)</sup>が挙げられる。これらの先行研究から製図学習では、作図能力と共に、立体に対する生徒の認識の心的な構成操作がレディネスとして重要な役割を果たす可能性が指摘できる。この問題について松浦ら(1998)は、生徒の立体認識能力及び作図能力が立体描画能力の形成に及ぼす影響を検討し、両者の関連性を示している<sup>10)</sup>。

この問題について筆者らは、前報(三浦ら 2009)において生徒の立体認識能力、作図能力を詳細に把握し、それらの各下位能力の形成度が、立体描画能力に及ぼす影響を検討し、作図スキルの欠如によるつまずきの特徴と立体に対する認識不足によるつまずきの特徴とを明らかにした<sup>11)</sup>。また、その知見から、製図学習における学習指導方法として、立体認識能力の形成を支援するための手立てとして、①コンピュータ・シミュレーション、②ブロックを用いた構成操作の活動、③作図スキルの形成を支援する作図練習等が挙げられることを指摘した。しかし、これらの手立ての導入による効果や生徒の認知的実態との整合性については、検討できていないのが現状である。

そこで本研究では、これらの学習指導方法の違いが、生徒の立体描画能力の形成に及ぼす影響について、立体認識能力との関連性を踏まえて実践的に検討することにした。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

被験者は兵庫県内の中学1年生、男子107名、女子103名、計210名を対象とした。これを①コンピュータによるシミュレーション群(以下、シミュレーション群)男子37名、女子35名、計72名、②ブロックを用いた構成操作群(以下、ブロック操作群)男子36名、女子35名、計71名、③製図課題の作図練習群(以下、

製図練習群)男子34名、女子33名、計67名の3群に、学級単位で分割した。

### 2.2 測定尺度

事前調査として、生徒の立体認識能力を把握するために、松浦ら(1998)が作成した「立体の認識及び構成に関するテスト」(メンタルローテーション、隠面形状の推測、立体構成要素の理解、簡単な立体構成操作、立体構成操作の応用、視点の移動に伴う情報操作)(図1)6項目を用いた。

事後調査では、キャビネット図と等角図の作図課題と両者の変換課題で構成される基礎問題(6問)(図2)、基礎問題を応用した発展問題(2問)(図3)を準備した。

### 2.3 手続き

各群ともに、事前調査の後、キャビネット図の図法(2h)及び等角図の図法(2h)について学習した。いずれの図法についても1単位時間は描き方を指導し、もう1単位時間は理解した図法を用いた作図練習に取り組ませた。その上で、シミュレーション群では、平田・川俣らの開発した「立体グリグリ」<sup>12)</sup>を用いて、ブロック操作群ではブロック玩具を用いて、製図練習群では製図練習プリントを用いて、それぞれ群別に図法変換の練習課題に対して2単位時間の演習を展開した。

図法変換の練習課題は等角図で描かれた立体をキャビネット図に、キャビネット図で描かれた立体を等角図にそれぞれ描きなおすもので、各3問計6問に取り組ませた。

シミュレーション群では、ワイヤーフレームのモデルをコンピュータの画面上で操作しながら、作図させた。生徒は、一人1台のコンピュータを使用して取り組んだ。ブロック操作群では、ブロック玩具で課題に近い形状の立体を実際に作ったり、分解したりしながら図法変換の練習を行わせた。なお、製図練習群では、このような教材は何も使用せず、学習プリントのみを使用した。

授業後、事後調査として、キャビネット図と等角図の変換課題で構成される基礎問題、立体の観察と描画で構成される応用問題(問題を図4、生徒の回答例を図5、図6に示す)とを、1週間のインターバルを挿入して、それぞれテスト形式で実施した。

基礎問題は、図法変換の授業で練習した課題と同じ、キャビネット図と等角図の変換問題、計6問とした。また、生徒の回答を促すために、重要なポイントとなる位置にマークをつけた回答欄を準備した。発展問題

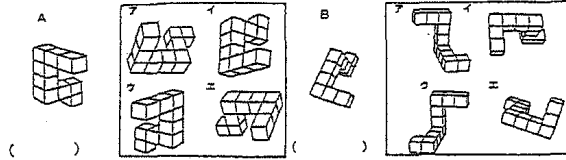
立体の構成及び認識に関する調査

1年( )組( )番 氏名( )

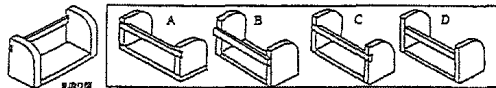
この調査は、あなたが立体を構成したり、その形を思い浮かべたりするときの意識を調べるためのものです。

技術・家庭科の成績には関係しませんから、思ったままに答えて下さい。

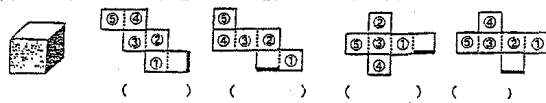
1. 立体A, Bと同じ立体の図を、わくの中の4つの図からすべて選び記号でこたえなさい。



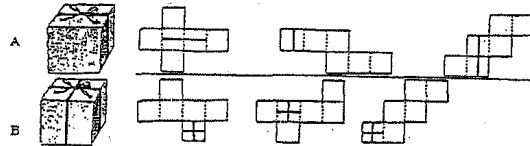
2. 本立ての見取り図があります。この本立てを後ろ側から見た図の記号を○で囲みなさい。



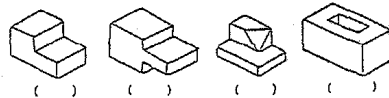
3. 立体の展開図で、太くした辺と互いに接する辺を含む面の番号をこたえなさい。



4. 図A, Bのように箱にひもをかけようと思います。ひものかかるところで、不足している線を図に描きなさい。



5. 次の立体を構成している面の数をこたえなさい。



6. 下の図は、家をいろいろな方向から見たものです。一つの図で表すときに、不足しているものを描きなさい。



協力ありがとうございました。

図1 立体の構成及び認識に関するテスト(松浦1998)

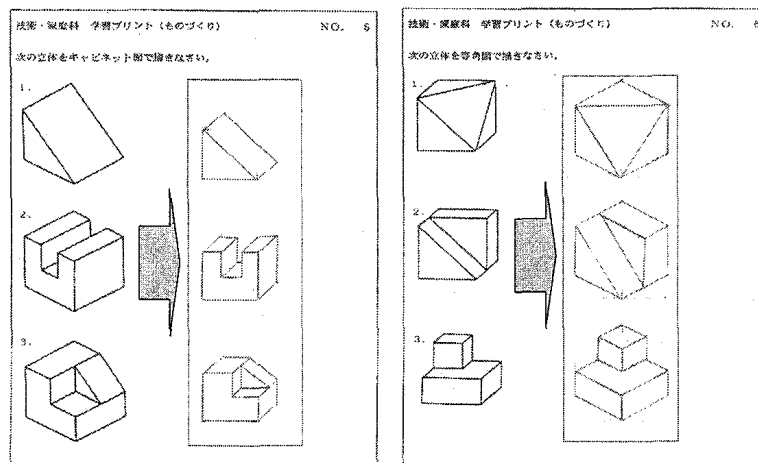


図2 図法変換の練習課題

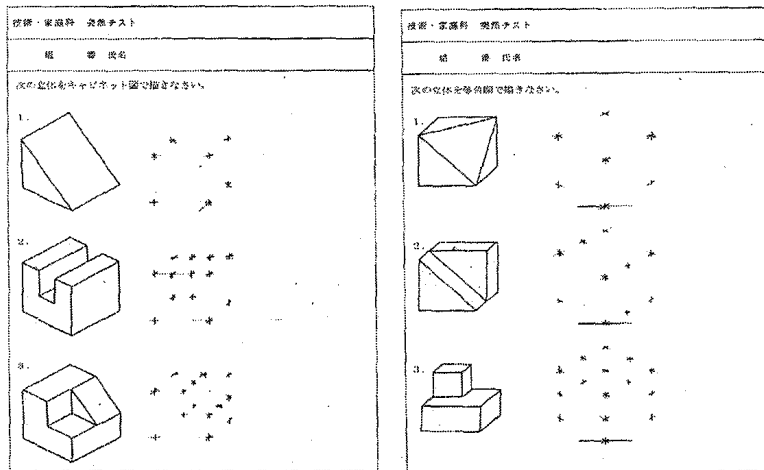


図3 基礎問題 (6問)

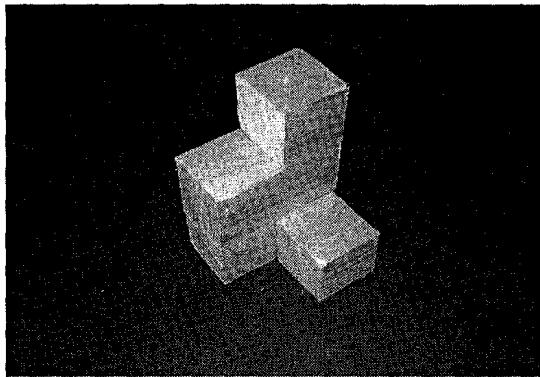


図4 発展問題の課題模型と問題用紙

では、図法変換の授業で全く取り上げなかった新しい形状の立体模型を個々の生徒に与え、模型を観察した後、その形状をキャビネット図、及び等角図でそれぞれ描く問題とした。応用問題の解答欄には、ヒントとなるようなマークは一切、設けなかった。これらの回答を1表現・2描画・3表象という3つの観点から評価し、1~3点の得点をそれぞれ与えた。1表現では、縦・横・奥行きの有無や大きさの適切さなどを評価した。2描画では、直線のゆらぎや垂線・平行線の描き方を評価した。また、3表象では、各部分の形状やその組み合わせ方の適切さについて評価した。評価は10年以上の教職経験を持つ技術科担当教員3人と共に行った。評価得点は、基礎問題では計6問で18点満点、応用問題では計2問で6点満点となる。分析では、これらの

評価得点を標準化し、閾値を0~1.0に調整した上で、群間の差異に対する分散分析を行った。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 事前調査の結果に基づく群設定

事前調査において、「立体の構成及び認識に関するテスト」6項目の合計得点を群別・男女別に求めた。群×性別の二元配置分散分析の結果、表1に示す通り、立体の認識能力に群間、性別間の有意な差は認められなかった(群の主効果  $F_{(2,204)} = 1.05$  n.s., 性別の主効果  $F_{(1,204)} = 0.25$  n.s., 交互作用  $F_{(2,204)} = 0.36$  n.s.)。そこで以下の分析では、男女を合算した上で、事前調査の評価得点の中央値を基準に、立体の認識能

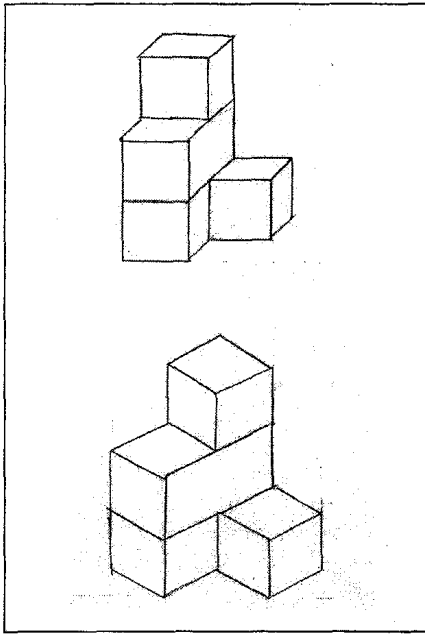


図5 発展問題の正答例

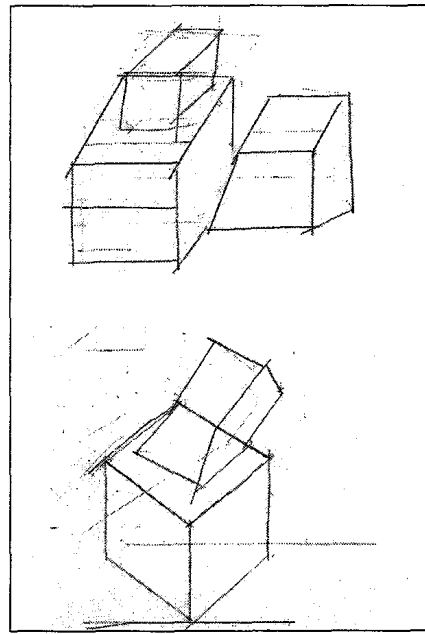


図6 発展問題の誤答例

表1 事前調査の結果

立体の認識能力			合計	
			平均	S.D.
シミュレーション群	男子	(n=37)	16.51	6.18
	女子	(n=35)	15.63	4.92
	計	(n=72)	16.08	5.58
ブロック操作群	男子	(n=36)	14.56	6.35
	女子	(n=35)	15.09	4.18
	計	(n=71)	14.82	5.36
製図練習群	男子	(n=34)	15.50	5.32
	女子	(n=33)	14.73	5.47
	計	(n=67)	15.12	5.37

力上位群 108 名, 下位群 102 名を設定した。

### 3.2 各群における学習の様子

実験授業では, 各群において次のような学習の様子が観察された。まず, シミュレーション群では, 意欲的にシミュレーションソフトを活用して, 立体の形状を操作していた。描画時には, 一部の生徒において, シミュレーションソフト上で観察したワイヤーフレームを真似て, 本来かくれ線になるべき部分を実線で描くケースが認められた。一方, ブロック操作群では, 傾斜のある面等, 課題模型とまったく同じ形状をすべて構成することはできなかったものの, 課題に近い形状を試行錯誤しながら作成し, 大きな混乱もなく図法変換の課題に取り組んでいた。製図練習群では, 従来の学習指導と同様に, 個々の生徒が紙上の課題に向かい, 黙々と描画に取り組んでいた。各群における学習の様子を図7, 図8, 図9に示す。

### 3.3 学習効果の群間における比較

事後調査の結果を図10に示す。男女を合算した全体のデータを対象に, 一元配置分散分析を行った。その結果, 基礎問題の評価得点において, シミュレーション群の水準が他の2群に比べて有意に減衰した( $F_{(2,207)} = 3.24, p < 0.05$ )。これは, シミュレーション群では, ソフトウェアの操作方法の習得に一定の時間が必要なため, 他の2群に比べて, 練習課題に費やす時間が相対的に短くなったためではないかと考えられる。

しかし, 発展問題の評価得点では, 3群間にいずれも有意な差は認められなかった。このことから, 本実験授業で取り上げた3つの学習活動では, いずれかが顕著に有効というわけではなく, それぞれの学習効果の特徴を見極める必要があると考えられる。

### 3.4 立体認識能力別に見た各学習活動の特徴

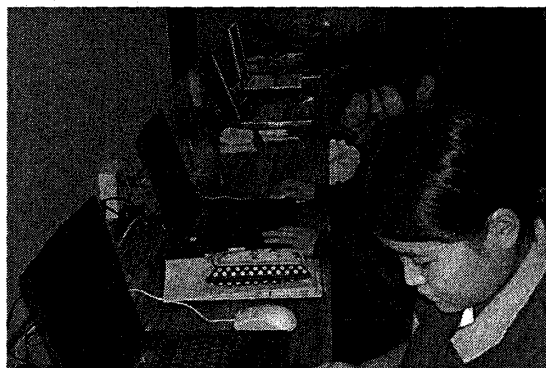
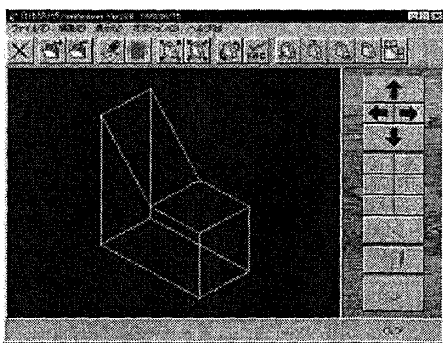


図7 シミュレーション群の授業の様子



図8 ブロック操作群の授業の様子

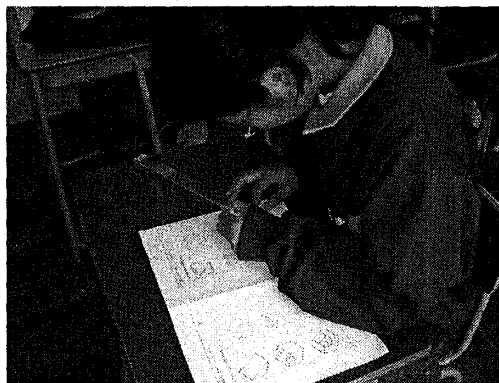


図9 製図練習群の授業の様子

そこで、立体認識能力に基づく上・下位群別に基礎問題・発展問題の評価得点の推移を比較した。シミュレーション群の結果を図11に、ブロック操作群の結果を図12に、製図練習群の結果を図13にそれぞれ示す。

シミュレーション群では、基礎問題の評価得点において上位群の水準が下位群に比べて有意に高くなった( $F_{(1,70)}=21.29, p<0.01$ )。しかし、応用問題の評価得点ではこのような群間の差が消失した。一方、製図練習群では、基礎問題において上・下位群間の有意な差が

認められると共に、発展問題においては、その差がより大きくなり、格差が広がる傾向が認められた(基礎問題: $F_{(1,65)}=6.02, p<0.05$  発展問題: $F_{(1,65)}=11.08, p<0.01$ )。しかし、ブロック操作群では基礎・応用問題のいずれにおいても上・下位群間に有意な差は認められなかった。

これらのことから、①シミュレーションの活用は、基礎的な問題において立体認識能力の高い生徒に有効であること、②ブロックを用いた構成操作の導入は、

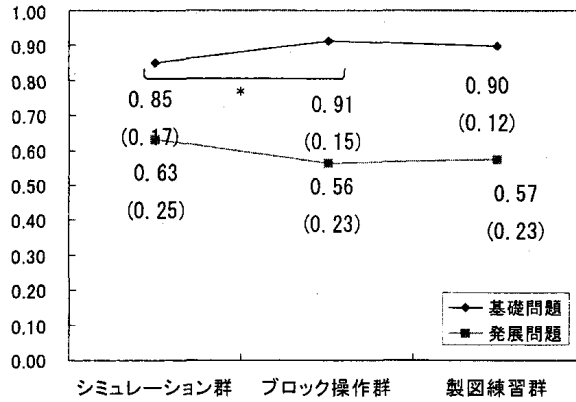


図10 学習効果の群間比較

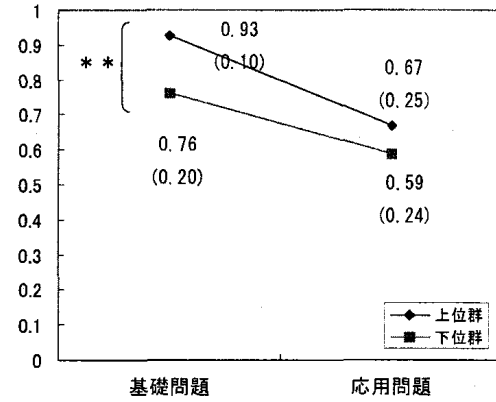


図11 シミュレーション群における評価得点

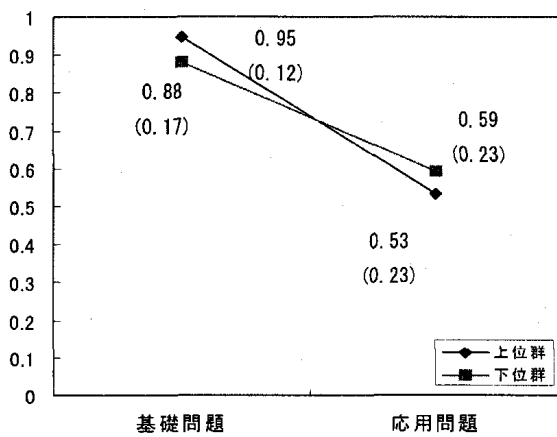


図12 ブロック操作群における評価得点

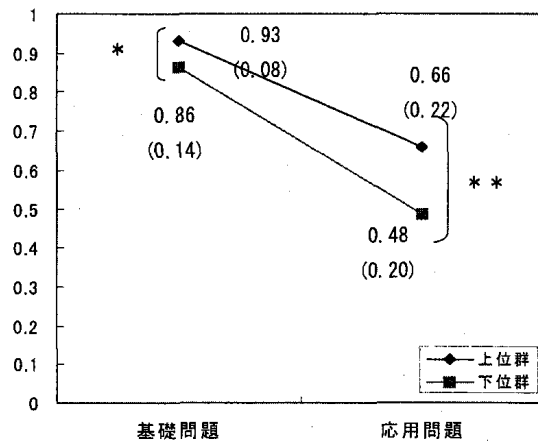


図13 製図練習群における評価得点

立体認識能力の低い生徒の水準の低下を抑制しうること、③製図課題の作図練習は、立体認識能力の高い生徒には効果的であるが、低い生徒には逆効果であり両者の格差が開きやすいことなど、各学習活動の持つ効果の違いが見出された。

以上のことから、本研究で導入した3つの学習活動は、それぞれの特徴を生かしながら、組み合わせて展開することが有効であると推察された。例えば、製図練習を基本に生徒の実態を把握し、立体認識能力の低い生徒にはブロックを用いた構成操作を、高い生徒にはコンピュータによるシミュレーションの活用をそれぞれ補足的な手立てとして準備し、複線的に授業を展開するといった指導方略が考えられる。

#### 4. 結言

以上、本研究では、生徒の立体描画能力の形成を支援する学習指導方法として、コンピュータによるシミュレーション、ブロックを用いた構成操作、製図課題の作図練習等の学習活動の違いを検討した。その結果、これらの学習活動では、いずれも単独では十分な学習効果が得られるわけではなく、立体認識能力の異なる生徒間においてその効果に差異が生じることが明らかとなった。

今後は、先行研究を含めたこれまでの知見を整理すると共に、授業改善の方向性について具体的方策を検討する必要がある。

#### 文献

- 1) 文部科学省:平成20年度告示中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, 技術・家庭科, pp.20-21 (2008)
- 2) 近藤義美:投影図指導過程と学習効果及び要因, 日本産業技術教育学会誌第17巻, pp.1-4 (1975)
- 3) 末富正啓:線引き作業における巧緻性の研究, 日本産業技術教育学会誌第20巻第2号, pp.31-42 (1982)

- 4) 沢田吉苗・近藤義美:フリーハンドによる作図能力の要素, 日本産業技術教育学会誌第 25 巻第 4 号, pp. 57-60 (1983)
- 5) 中里真之:読図能力の問題点—子どもの立体観—, 日本産業技術教育学会誌第 15 巻, pp. 57-60 (1973)
- 6) 大国博昭:中学校における製図学習の指導法についてⅡ, 日本産業技術教育学会誌第 19 巻第 2 号, pp. 51-59(1977)
- 7) 城仁士:製図の読図能力としての構成行為の発達と行為の特質, 日本産業技術教育学会誌第 22 巻第 1 号, pp. 63-72 (1980)
- 8) 城仁士:空間表象課題における座標空間ルールシステムの形成, 心理学研究第 56 巻第 1 号, pp. 8-14 (1985)
- 9) 土井康作:3次元座標空間の点の設定操作に関する研究—イメージによる座標点設定の困難さからの検討—, 日本産業技術教育学会誌第 38 巻 3 号, pp. 139-145 (1996)
- 10) 松浦正史, 松本英敏:中学生の認知過程に基づく立体描画能力の形成過程とその構成に関する研究, 科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書, pp. 1-20 (1998)
- 11) 三浦吉信, 森山潤, 松浦正史:製図学習における生徒の立体認識能力及び作図能力が立体描画能力に及ぼす影響, 日本産業技術教育学会誌第 51 巻第 3 号, pp. 159-166(2009)
- 12) 平田 敦・川俣 純,「超簡易 3D editor 立体グリグリ」<http://www.gijyutu.com/g-soft/guriguri/index.htm>