

平成10年度 学位論文

中学生の立体描画能力を形成する  
構成要素に関する研究

兵庫教育大学大学院 学校教育研究科  
教科・領域教育専攻 生活・健康系コース

M97856G

松本 英敏

# 中学生の立体描画能力を形成する構成要素に関する研究

教科・領域教育専攻  
生活・健康系コース  
松本 英敏

## 1. 研究の目的

製図学習のねらいは、図面が描けることだけでなく、学習の過程を通して空間操作能力や論理的な思考力を育成することである。

ところで、技術・家庭科の授業において、生徒の描いた構想図や見取り図を調査すると、正面が正確に把握できていない図、視点が一定でないために全体の形が歪んだ図、奥行き感がない図が多く見られる。このようなつまづきや矛盾は、一体何に起因するのかという疑問が残る。したがって製図学習は、これらの『つまづきや矛盾』を克服させるとともに、立体の形状に関する情報を適切に処理し、それらを論理的に統合する態度の形成を図ることが必要である。

そこで本研究は、立体描画を形成する学習構造を検討し、立体の描画に関わる心理的な空間認知概念の下位要素を想定した。そして、

- (1) 立体の表現に必要な用語に対する生徒の認識を明らかにするとともに、立体描画能力の実態を調査する。
- (2) 心理的な空間認知概念の理解と立体描画能力との関連を分析する。
- (3) 作図能力の実態を明らかにし、立体描画能力との関連を調査する。

の3つの内容を柱とし、生徒の空間概念の形成を図る製図学習指導のあり方に関する基本的な枠組みの検討を目的とした。

## 2. 論文の構成

本論文は、次に示す5章から構成されている。

### 第1章 緒 論

### 第2章 立体描画能力を構成する学習構造の分析

### 第3章 立体描画能力と心理的な空間認知概念の関連

### 第4章 立体描画能力と作図能力の関連

### 第5章 結 論

## 3. 論文の概要

第1章では、空間概念の形成と学習指導に関わる従来の研究内容を整理し、立体描画能力の形成を図るには、作図能力並びに空間認知概念の理解度を十分に把握する必要性を認識した。そのために、立体の描画を構成する学習構造、並びに立体描画を形成する概念的な枠組みを想定した。そして、本研究の基本的な方針と概要について論述した。

第2章では、第1章で想定した立体の描画に必要なと考えられる学習過程、すなわち①立体を認知する段階、②空間を表象する段階、③総合的技能と捉えられる段階で必要と考えられる用語を、算数科、図画工作及び技術・家庭科の学習内容から抽出し、これらの用語に対する生徒の認識を調査した。また同時に、立体描画調査を行い、立体描画能力を構成する学習構造の存在の有無を検討した結果、

- 1) 立体描画の過程には、『立体の認知』、『空間の表象』、『総合的技能』と捉えられる学習構造の存在が推測された。
- 2) 立体描画に必要な用語に対する生徒の認識は、特定の構成要素に偏っていないことが明らかとなった。
- 3) 立体の奥行きや隠面の描画は、とくに困難をともなうことが明らかとなった。また、この段階の生徒は、立体の左側面を正面として描く傾向が存在することも明らかとなった。

第3章では、第2章で明らかになった立体の奥行きや隠面を描画することの困難さが、立体描画能力の形成と密接に関連すると考えた。そこで、立体描画に関わる心理的な空間認知概念を理解するための調査票を作成し、立体描画能力との関連性を調査した結果、

- 1) 『メンタルローテーション』、『論理的思考』、『立体イメージの構成』と解釈できる心理的な空間認知概念間において、相互の関連性が認められた。
- 2) 立体が描画できる生徒とできない生徒の間には、心理的な空間認知概念の理解に関して有意差の存在が明らかとなり、立体描画能力との関連性が推察された。

第4章では、物体を描画するための能力として、直線や円等の描画技能、平行線や垂線等の作図技能、図法にもとづく製図技能が必要であると考えた。そこで、算数科及び技術・家庭科の学習指導要領から立体の表し方や作図に必要な技能の内容を整理し、作図能力に関する調査票を作成した。そして、立体の描画調査を実施し、これらの関連性を分析した結果、

- 1) 立体が描画できる生徒とそうでない生徒の間には、描画技能、作図技能、製図技能のすべてにおいて、有意差の存在が明らかとなっ

た。

- 2) 中学1年生では、作図技能が十分に形成されていない実態が明らかとなり、基礎的な作図能力の形成を図ることが、製図学習指導上の課題であると示唆された。
- 3) 立体描画能力の形成には、描画技能、作図技能、製図技能と捉えられる段階の存在が推測された。

第5章では、本研究の結論と総合的な考察を行い、今後の課題について触れる。

#### 4. おわりに

本研究の結果、立体描画を形成する学習構造の存在、並びに中学1年生段階における立体描画の傾向が明らかになるとともに、心理的な空間認知概念と立体描画能力との間に関連性が存在することが推測された。さらに、立体が描画できる生徒は、作図能力が形成されているが、立体が描画できない生徒は、作図能力の形成が不十分であるとともに、立体の情報が正確に認識できていないことも推察され、この点をさらに追究することが今後の課題と考えられた。

以上のことから、生徒の作図能力の実態を十分に配慮した教授－学習過程の検討を行うことが、製図学習を通して立体描画能力の形成を図る学習指導に結びつくと考えられる。

今後は、これらの点を基盤に据えた製図学習の推進を積極的に行い、中学校現場における教科指導に役立てる所存である。

主任指導教官 松浦 正史

# 目 次

## 論文要旨

第1章 緒 論	1
1.1 緒 言	1
1.2 立体描画と空間概念	2
1.3 空間概念の形成に関する従来の研究	4
1.4 学校教育における空間概念の形成	8
1) 算数科における空間概念の学習指導	8
2) 図画工作における空間概念の学習指導	10
3) 技術科における空間概念の学習指導	10
1.5 空間概念の形成に関わる課題	12
1.6 立体描画を形成する概念的枠組みの想定	13
1.6.1 立体描画に関わる構成要素	13
1.6.2 心理的な空間認知概念	16
1.7 本研究の基本方針	18
文 献	
第2章 立体描画能力を形成する学習構造の分析	22
2.1 緒 言	22
2.2 立体表現と立体描画調査	23
1) 立体表現に関わる用語調査	23
2) 立体描画調査	23
3) 調査対象	25
2.3 結果と考察	26
1) 立体表現に関わる用語に対する生徒の認識	26
2) 立体描画調査の分析	27
3) 立体表現に必要な用語調査の結果	31
4) 立体描画調査の結果	32
2.4 結 言	35
文 献	

**第3章 立体描画能力と心理的な空間認知概念の関連** . . . . . 37

3.1 緒言 . . . . . 37

3.2 立体の構成及びその認識に関する調査 . . . . . 37

    1) 立体の構成及び認識に関する調査 . . . . . 37

    2) 立体描画調査 . . . . . 38

    3) 調査対象 . . . . . 40

3.3 結果と考察 . . . . . 40

    1) 立体の構成及び認識に関する調査の分析 . . . . . 40

    2) 立体描画調査の結果 . . . . . 41

    3) 立体描画と立体の構成及び認識との関連 . . . . . 42

3.4 結言 . . . . . 45

文献

**第4章 立体描画能力と作図能力の関連** . . . . . 47

4.1 緒言 . . . . . 47

4.2 作図能力に関する実態調査 . . . . . 48

    1) 作図能力に関する調査票 . . . . . 48

    2) 立体描画調査 . . . . . 50

    3) 調査対象 . . . . . 50

4.3 結果と考察 . . . . . 51

    1) 作図能力に関する調査の分析 . . . . . 51

    2) 立体描画調査の結果 . . . . . 53

    3) 作図能力と立体描画能力との関連 . . . . . 53

4.4 結言 . . . . . 59

文献

**第5章 結論** . . . . . 61

謝 辞

# 第1章 緒 論

## 1.1 緒 言

技術の発達にともない、物づくりも機械化やコンピュータ化が積極的に進められ、製造工程も大きく変容している。そして製品の設計では、CADシステムの導入により、デザインの段階から製作に必要な図面の作成までがコンピュータの支援により行われている。しかしながら、高機能の設計システムも、何をどのような形状に作るのかという指示、すなわち製作に必要なデータの入力なしには、デザイナーや設計者が意図した製品の図面を描くことは不可能である。そのため、構想や設計の段階における人間の果たす役割は重要である。

そこで、この点から製品の設計過程で必要となる能力を分析してみると、形状や大きさを想像し、しくみを工夫するとともに、図として表現する技術的な思考や操作がその能力として挙げられる。すなわち、これは立体に関するあらゆる情報の処理であり、第三者へ伝達するための手段と理解できる。したがって、この能力は物を作り出す過程における立体的な感覚や思考力を支えとした総合的な能力と考えられ、高度な技術社会に生きる我々にとって、必要不可欠な能力の一つになり得ると思われる。このことから、中学校技術・家庭科技術系列（以下、技術科）における製図学習のねらいは、単に描かれた図面の情報を読み取ること、図面を描くための知識や技能の教授、及び作図能力の形成に留めるべきではないと思われる。むしろ技術科教育における製図学習の役割は、対象となる立体の形状や特徴を的確に捉える能力、すなわち空間概念<sup>1)</sup>の形成、さらには、得られた情報をもとに新しい製品を創造する態度の育成を忘れてはならないと考えられる。

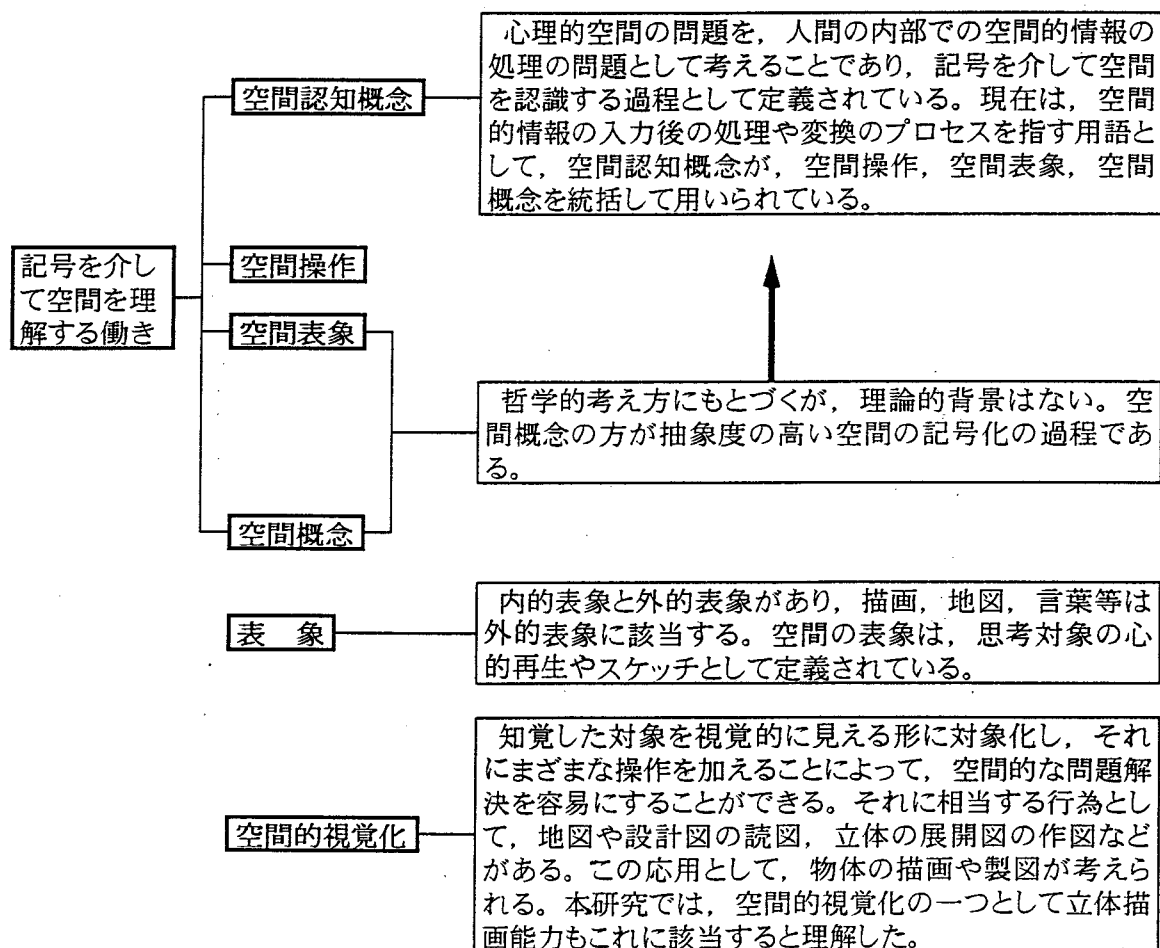
さて、技術科における製図学習の内容は、立体の認識や表現等の空間概念の形成が基盤におかれていると理解できる。そのため、空間概念の形成と学習指導との関連について多くの研究が行われ、重要な知見や示唆が示されている。とくに近年では、認知心理学や発達心理学の視点からも、作図や製図学習の前段階として、描画発達と空間概念との関わりが重要視されている。本研究は、空間概念の形成に関する研究成果にもとづき、製図学習を通して、空間概念の形成を進展させる学習指導のあり方に関する基本的な方針を追究することを目的とする。

## 1.2 立体描画と空間概念

本研究を行うにあたり、まず空間と人間との関わりで用いられる用語について触れる。すなわち、一般的に用いられている用語として『空間認知』<sup>1)</sup>、『空間表象』<sup>1)</sup>、『空間概念』、『空間操作』<sup>1),2)</sup>等を挙げる事ができる。そこで、まずこれらの用語の定義及びその位置づけを整理する。

これらの用語に関しては、加藤<sup>1)</sup>が「空間認知は、1970年以降の情報処理的アプローチにもとづく研究において定着した概念であり、空間認知の用語が用いられる場合、心理的空間の問題を人間の内部で空間的な情報処理の問題として考える」と述べ、ここでの認知は感覚や知覚ではなく、対象を概念的に捉える操作と定義している。さらに、「空間表象や空間概念の用語は哲学的に用いられた用語であり、最近では、空間認知が人間における記号を介した空間の認識過程と定義されている」と述べている。また、Piaget,J.や Inhelder,B.らは、空間表象は空間を構造化する操作、すなわち知覚より対象に直接働きかける操作と位置づけるとともに、Piaget,J.らの考える空間表象は、心的に行われる行為の様式、すなわち思考対象の心的再生やスケッチ等の外的表象と理解される。このように、現在では空間と人間との関係は、『空間認知』の用語で集約され使われている。

これらの点から，技術科で取り扱う構想のスケッチや見取り図の描画は，ユークリッド空間において対象に直接働きかける行為の一つ，すなわち『空間的視覚化』<sup>2)</sup>であり，対象を立体とする場合は，図面の読図や描画等の行為もこれに相当すると理解できる。図1-1に，本論文中で使用する空間と人間との関わりに関する用語の定義を整理する。



(文献 1,2,10,33をもとに整理した。)

図1-1 空間と人間に関わる用語の定義



そこで、上述した空間と人間との関わりが、物体の認識や表現に関する学習の中でどのように位置づけられているかを整理した。その結果、小学校の算数科の場合は、図形についての豊かな感覚を育てるとともに、図形の概念や簡単な図形の性質を活用して、的確に表現したり処理する能力を形成させる行為<sup>3)</sup>として位置づけている。また、図画工作の場合は、平面や立体の造形活動を通して、立体としての特徴や美しさをよりよく捉えること、そして表し方の構想を練って立体に表現する行為<sup>4)</sup>と位置づけている。さらに技術科製図学習の場合は、製品の使用目的や条件に応じた構想スケッチや製作図を描くなどの設計操作を通して、立体的な思考力や想像力を形成させる<sup>5),6)</sup>と位置づけている。

本研究では、空間概念の形成を基盤にして、対象としての立体を的確に認識し、それを適切に描画する能力を、立体を表現するために必要な能力と理解し、『立体描画能力』と定義する。

### 1.3 空間概念の形成に関する従来の研究

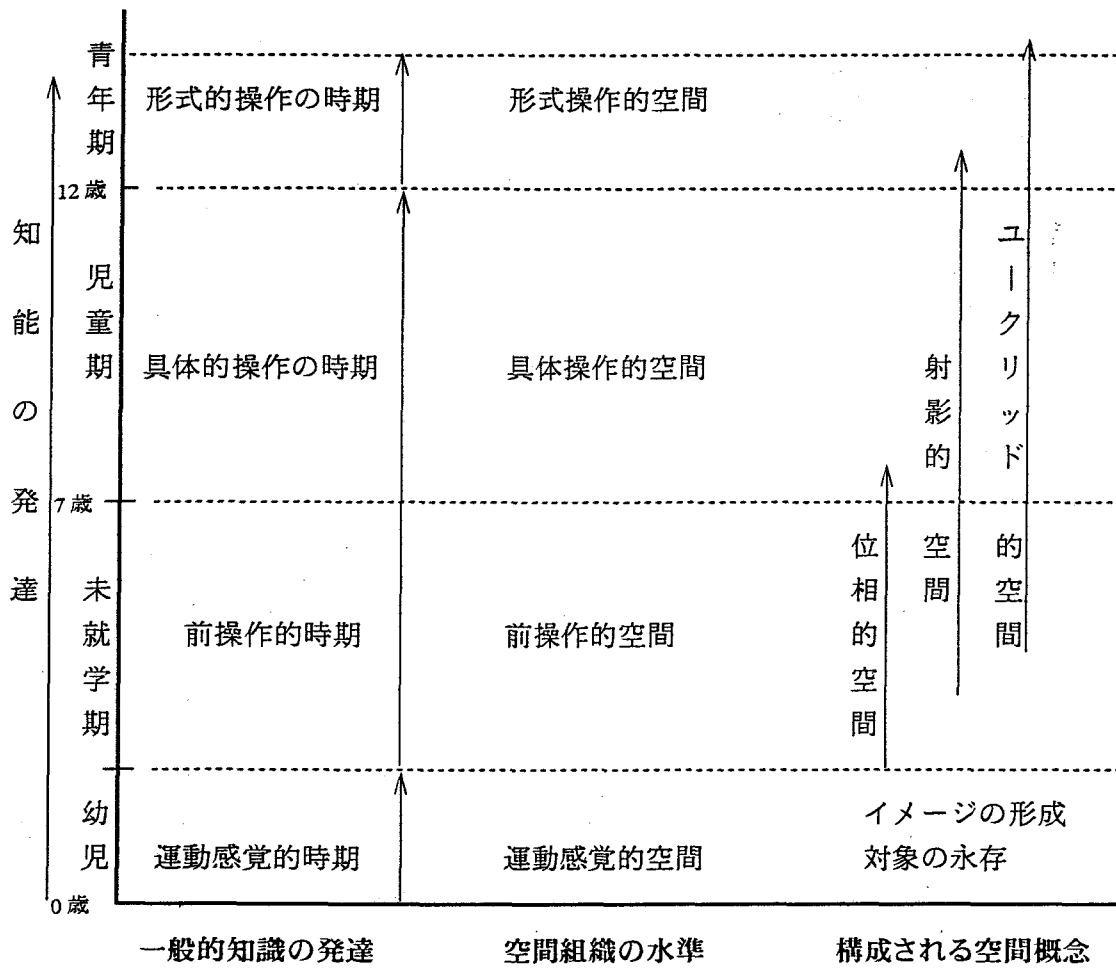
児童や生徒の空間に関する認識を考えると、多くの疑問にぶつかる。例えば、空間の認識は生まれたときから備わっているものか、空間の操作は種々の感覚を通じて経験的に形成されるのか、両者の相互作用によるものか等である。したがって、これらの問題を考えるとき、まず人間が空間を理解する過程に順序性があるのか、また過去の体験や経験が果たす役割は何かを検討する必要があると思われる。

本研究では、児童や生徒の空間の表現に関わる問題を考える場合、物体の描画を形成する際に必要な構成要素の一つとして、空間概念の存在が重要であると理解した。そこで、空間概念の発達に関する従来の研究を概観し、空間の捉え方やその形成過程を整理し、描画能力を中心に空間概念との関連性について整理する。

さて、空間概念の発達に関する代表的な研究は、Piaget, J. & Inhelder, B.<sup>7),8)</sup> が、子どもの空間認知や空間概念の形成は、位相的空間からプロジェクト空間を経て、ユークリッド的空間へ移行する段階性の存在を示している（図1-2）。そして、この研究で子どもの空間概念の発達は、平面空間より立体的空間へと発展性があることを明らかにしている。さらに、Piaget, J.<sup>7),8)</sup> は、子どもの空間認知の発達における質的、内容的特徴について、一定の段階性が存在し、それらが逆転することはないと考えた。また、年齢的な区分は一定でなく、子どもそれぞれの経験と学習差、生育環境と地域差、さらには教育条件や文化の差異によっても異なり、個人差も大きいことを明らかにしている<sup>9)</sup>。

一方、空間の表現である描画に関しては、茂呂<sup>10)</sup>が子どもの描画内容を調査し、その発達段階は、なぐりがき期、意味づけ期、前図式期、図式期、前写実期、写実期の6つの段階があると述べている。そして、前図式期、図式期が幼児期や児童期前半に該当する段階にあたり、これらが空間概念の形成時期と深く関わっていることを明らかにしている。また、Luquet, G.H.<sup>11)</sup>も子どもの絵を調査し、その内容を知的写実期と視覚的写実期に分類し、擬展開図や視点の混合、透明画等の表現が出現する時期を位置づけ、年齢により描画内容が異なる傾向の存在を明らかにしている。

次に、学習内容と空間概念の形成に関する研究を概観する。教育心理学の研究では、藤本<sup>12)</sup>が、立体的な絵画表現ができるのは、小学校の3、4年生頃から始まり、指導書の目標とほぼ一致することを明らかにしている。この内容は、Goodenough, F.L.<sup>13)</sup>やCaron-Pargue, J.<sup>14),15)</sup>らが明らかにした、見た通りに描くことと知的発達の間にある程度の相関関係があるとした研究からも裏づけられている。さらに木下<sup>16)</sup>も、9歳以降に2次元空間で点の位置づけが可能であることを明らかにし、学齢と空間概念の発達との関連性を述べている。表1-1に、空間概念の形成に関する主な研究を示す。



(文献33を再構成した。)

図1-2 Piaget, J.の空間概念発達論の模式図

表1-1 空間概念の形成に関する主な研究

(加藤義信, 1995より松本が再構成)

発表年	研究者	研究内容	キーワード
1926	Goodenough, F. L. (13)	・見た通りに正確に描けることと知的発達の間 の相関関係を明らかにした。	人物画による知能テスト
1927	Luquet, G. H. (1)	・子どもの空間構成能力の観点から描画の発達 を論じた。	知的リアリズムから視覚 的リアリズムへの発達
1947	Piaget, J. & Inhelder, B. (34)	・空間認知の発達を説明する最初の理論体系の 成立を提唱した。	3次元空間の体系的な 発達理論
1948	Piaget, J. (7)8)	・空間認知の発達に一定の段階性と順序性があ ることを発表した。	空間認知発達の段階 性
1967	Piaget, J. & Inhelder, B. (7)8)	・子どもを対象にした立体の展開図を予想させ る実験を行い、予想能力の発達を研究した。	展開図予想能力の段 階性
1971	Piaget, J. & Inhelder, B. (17)	・展開図の予想能力発達段階は、イメージの質によ って規定されることを報告した。	展開行動は模倣行為 の内面化
1972	Freeman, N. H. & Janikoun, R. (10)	・子どもは、知的写実期から視覚的写実期への 移行年齢が、8~9歳であることを報告した。	知的-視覚的、写実 期の移行年齢の確認
1973	中里 真之 (24)	・子どもの立体感を読図能力から分析し、問題 点を提起した。	抽象的な立体の描画 は低年齢では困難
1975	近藤 義美 (21)	・中学校における投影図の指導過程と学習効果、 及びその要因について研究した。	製図学習におけるレ ベルの必要性
1976	大国 博昭 (22)	・中学校の製図授業において、投影図法の経験 的傾向や作図能力の実態を調査した。	中学生に見られる特 定画法の存在
1977	Luquet, G. H. (11)	・子どもの絵を知的写実期と視覚的写実期に分 類し、特有の表現があることを報告した。	子どもに見られる視 点の混合
1977	大国 博昭 (23)	・中学校における製図指導において、立体の把 握と表現能力の実態を調査した。	立体的感覚や空間の 操作能力の重要性
1979	藤本 浩一 (12)	・運動姿勢の人物画を調べ、3年生以降に興行き 感の発達が始まることを確認した。	発達データと指導書の 記述の一致を確認
1980	谷 直樹 (35)	・小学生を対象にして、学校周辺の地図を描か せ空間表象を調査した。	小学校中学年から相 互協応の表象へ変化
1980	城 仁士 (17)18) 19)	・展開図作成行為の基礎となる心理的操作に4つ の下位操作があることを提唱した。	展開図作成に関わる 下位操作
1980	城 仁士 (17)18) 20)	・製図の読図能力としての構成行為の発達と行 為の特質について研究した。	立体のイメージ操作は、 小学校では未発達
1982	城 仁士 (17)19) 20)	・展開図作成能力の形成プログラムの開発を行 った。	展開図作成行為と空 間表象間で強い関連
1983	城 仁士 (17)19)	・小学生に立体の展開図を描かせ、学年間の発 達水準の推移を分析した。	高学年の発達の变化 を確認
1987	茂呂 雄二 (10)	・子どもの描画発達段階を分析した。	7レベル
1992	Josiane Caron- Pargue. (14)15)	・子どもに円柱の構想図を描かせて、立体表現 の能力を年齢別にタイプ分けした。	8歳以降は、形の組み 合わせ行為が可能

数字)は、文献番号

#### 1.4 学校教育における空間概念の形成

これまで、幼児期から児童期までの描画発達と空間概念の形成に関わる研究の内容を整理した。ここでは、技術科教育の前提として行われる小学校の算数科や図画工作における学習指導、さらには技術科における製図学習において、空間概念の形成がどのように取り扱われているかを具体的に整理し、学習指導上の問題点を明らかにする。

##### 1) 算数科における空間概念の学習指導

小学校指導書算数編<sup>3)</sup>の図形領域の目標は、1年生では『ものの形についての観察や構成などの操作を通して、図形や空間についての理解の基礎となる経験を豊かにする』、2年生では『ものの形について具体的な操作を通して考察し、基本的な図形の概念について漸次理解できるようにする』としている。また3年生では『基本的な図形の理解を深め、それを構成したり用いたりできるようにする』を、4年生では『図形を観察したり、構成したり、分解したりすることを通して、基本的な立体図形について理解し、空間について簡単な考察ができる』としている。さらに5年生では『基本的な平面図形についての理解を深める』、6年生では『立体図形を平面上に表現させたり、平面に描かれた図から立体図形を想定させることにより、立体や空間に対する豊かな感覚を持つことができる』ことを目標としている。したがって、これらの目標を整理すると、算数科の場合は、平面図形や立体図形の理解に重点が置かれており、空間操作に関する内容についての取り扱いが少ない点の特徴である。

そこで、算数科の学習内容と空間概念の発達に関する研究を整理する。算数科の学習指導と空間概念の形成に関する主な研究としては、城<sup>17).18).19)</sup>が、三角法による製図の読図や構成行為が小学校3年生に可能かについて調査し、構成行為の特質とその形成に必要な条件を分析している。その結

果，読図の段階で明瞭で正確な立体イメージが得られない，平面的描画の大部分は側面図を描き写しているだけで，表象レベルで視点変換していない，立体的描画は側面図に直接奥行きをつけたものが多く，立体全体の正確な形を把握していないことを明らかにしている。また，「表象レベルでの立体イメージ操作は，児童期においては未発達であり，学年により反応の様式や水準に相異が認められる」と述べている。そして，2次元から3次元の情報変換である一連の構成行為を形成するには，投影図の読図の困難さを十分に把握した教授プログラムによる学習指導の必要性を示唆している。

さらに城<sup>17),19),20)</sup>は，抽象度の高い立体の展開図を予想し，描画する行為を展開図作成行為と定義し，この行為を計画的に教育することで，教授－学習過程と行為の形成過程を分析し，展開図作成行為の基礎となる教育プログラムを作成し，空間表象能力の形成実験を行っている。その結果，「立体の展開過程を，運動模倣動作を通じて内面化する方法だけでは不十分であり，これらの操作を言語面に移し替え，その言語命令にしたがって各操作を表象レベルで遂行できるようにする必要がある」と述べ，展開図の作成行為に関する心理的下位操作の存在を明らかにしている。そして，小学校の6年頃には，大部分が正確な展開図が描けることも実験から明らかにしている。また，展開図作成における下位操作の困難性は，要素面の数の抽出に誤りが集中し，この傾向は高学年でも同じであると述べている。

これらの結果から，城<sup>17),19)</sup>は，「展開図が小学校算数科の図形学習で扱われており，立体から平面，平面から立体への変換学習の重要な教材として用いられているが，児童には立体を展開したり，展開図をもとの立体に再構成する操作は必ずしも容易でない」と述べ，子どもの空間概念の形成に関わる学習指導上の重要な課題を提起している。

## 2) 図画工作における空間概念の学習指導

次に、図画工作の学習内容と空間概念の形成について、学習指導要領をもとに整理する。小学校指導書図画工作編<sup>4)</sup>によると、その目標として、低学年（1，2年）では『感じたことや思ったことを絵や立体に表すことができるように指導する』、中学年（3，4年）では、『さらにすすめて、ものの位置や形、そして色等を考えて表現できるとともに、色々な角度から見て立体を表すことができる指導をする』、高学年（5，6年）では『表したいことがよく表わせ、立体としての特徴や美しさを捉え、表し方の構想を練って、立体を表すことを指導する』ことが示されている。したがって、この目標を整理すると、図画工作では、児童の発達段階を考慮するとともに、実態に応じた学習内容の構成がなされており、算数科の場合と比べると弾力的な指導目標が設定されている点が特徴である。

このように図画工作の場合は、造形活動を通して平面から立体の構成を学び、その過程において身近にある材料や環境との多様な関わりを体験し、空間概念の一つである表現力の形成を目標としていると考えられる。

## 3) 技術科における空間概念の学習指導

技術科における製図学習と空間概念の形成との関連は、学習指導要領<sup>5)</sup>では、製作品の構想表示の仕方を知り、製作に必要な構想図と製作図を描くことができると示している。すなわち、これは対象物を一つの図で表すキャビネット図や等角図、複数の図で表す三角法による正投影図を知り、製作に必要な構想図や製作図を描く能力を習得する過程において、空間概念の形成を図ることを目標としていると理解される。

そこで、技術科の製図学習に関する従来の研究を調査し、空間概念の形成と学習指導との関わりを整理したところ、近藤<sup>2)</sup>は中学生を対象とした投影図の指導過程と学習効果及びその要因について比較実験を行い、「教

授過程の順序性の差異，練習量の差により図法での差が生じ，その結果が学習内容の定着度の差として現れる」と述べている。そして，系統的な授業過程を工夫することにより興味が強化され，より積極的な態度が形成されるのであり，そのためには，生徒の十分なレディネスと空間関係の把握や作図力が必要であると示唆している。

また大国<sup>22)</sup>は，製図学習指導に関する研究で，単体と複合立体の描画における難易度の存在，イメージ描画とフリーハンドスケッチでの難易度，立体投影法の中で主に利用される図法は何か，また作図作業における運筆順を調査し，面構成の順序，並びに図形構成上の基準分析を行っている。その結果，中学1年生段階では，複合立体の描画を困難とし，入学時の一般的な傾向として，左側面を中央においたキャビネット図が多く使用され，実物を見ながらのスケッチは不等角図の多いことを明らかにしている。そして，中学入学時における生徒の経験的な描画傾向や作図能力の分析から，作図力がこの段階では未固定化の状態にあると述べている。

さらに大国<sup>23)</sup>は，中学生の立体把握機能や表現能力を調査し，刺激面が描画活動に与える影響を分析している。そして，「単体立体の描画段階では，面や辺の平行線の表現で不十分なものが多く，立体の概念が確立されていないものがあるとともに，複合立体のイメージ描画では，位置関係が不十分で全体構造の把握や図形の構成ができないものがあること，立体を上平面から見た図がスケッチには多く，複合立体ではすべての図法で直方体が優先して構成される傾向が見られる」と述べている。その結果，生徒の描画実態を十分に把握した製図学習の指導が必要で，同時に立体的感覚や空間の想像力を養うことが重要であると示唆している。

また中里<sup>24)</sup>も，中学2年生を対象にした正投影法による図面を読み取る能力を分析し，物体が具体的な場合は，ある程度の立体感が形成されるが，抽象的な物体の場合は不完全であることを明らかにし，系統的な指導

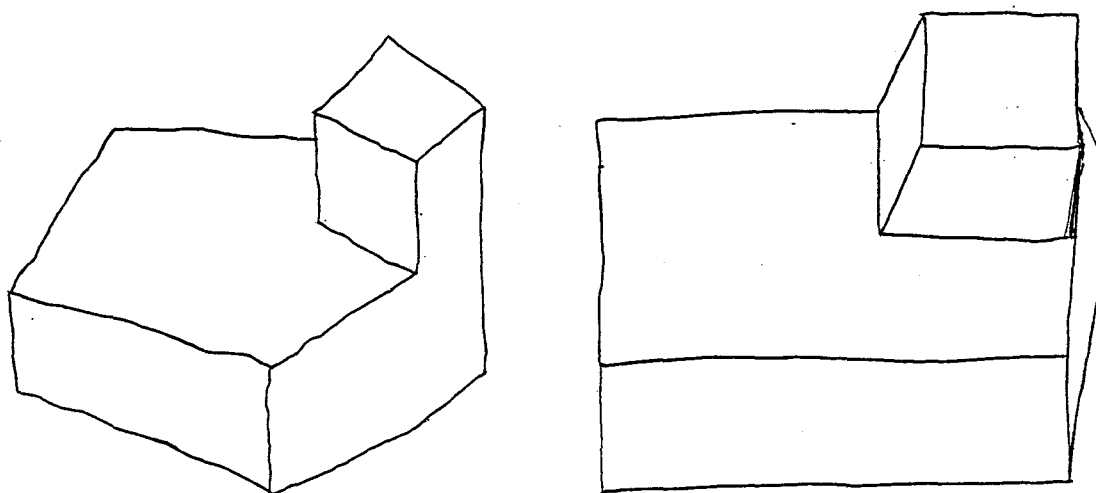


により立体感の形成を図る必要があると述べている。

このように，技術科における研究は，製図学習を通して空間概念の形成を図る学習方法の改善について種々の示唆を与えているが，いずれの場合も具体的な学習指導の展開に関しては，深層まで追究していない。したがって，立体描画能力の形成を図る学習指導の基本的な方針，そのために必要となる枠組みを検討するための研究が，技術科の製図学習指導の進展を考える上で極めて重要と認められた。

### 1.5 空間概念の形成に関わる課題

技術科の製図学習において，生徒が描いた立体の図を調査すると，図1-3の描画例のように，正面が正確に把握できていなかったり，見る角度や方向が一定でないために歪んだ図になっていたり，奥行き感がないものがある。このような『つまずきや矛盾』は，何に起因するのであろうか。



描画例1

描画例2

図1-3 生徒が描いた立体の描画例

これまで、空間概念の形成と学習指導に関わる問題点を、実際の教科学習を例にして整理したが、つまずきや矛盾は、必ずしも子どもだけでなく大人でも日常生活の中で多く見られる。その要因として、上述したように学習指導における空間や図形に関する扱いが、主として2次元平面上の操作であり、3次元空間において物体を捉える操作の機会や経験が少ないためと考えられる。また、とくに技術科では、学習指導要領の改訂により製図学習の指導時間が大幅に削減され、その結果、とくに構想図や見取り図を描く初期の学習段階で問題が多く発生するのではないだろうか。すなわち技術科の場合は、つまずきや矛盾を限られた時間内で如何に克服させ、十分な作図能力や読図能力を形成させる学習指導のあり方が求められているのである。

これらのことから、立体の形状や特徴を適切に表現する能力、すなわち立体描画能力の形成を図るためには、空間概念の形成、さらには作図能力や読図能力との関連を追求することが、技術科の製図学習指導を進展させるために意義があると思われる。

## 1.6 立体描画を形成する概念的枠組みの想定

### 1.6.1 立体描画に関わる構成要素

本研究では、立体の描画に必要なと考えられる学習過程を、教職経験10年以上の技術科担当教師5名により検討し、立体が適切に描ける段階として、立体を認知する段階、すなわち正面が把握できる図が描けること。次に、認知したものを表象する段階、すなわち奥行きや隠面の状態が適切に描画できること。そして総合的的技能としての段階、すなわち立体全体の形状や特徴を適切に表現した図が描ける段階が存在することを想定した。そして、立体描画能力が形成されるには、これら3つの学習段階を達成することが必要であると考えた。

そこで、上述した3つの学習構造を構成している下位構造を、城<sup>25)</sup>の整理した小学校算数科図形領域の概略にもとづき、小学校指導書算数編<sup>3)</sup>、図画工作編<sup>4)</sup>及び中学校指導書技術・家庭科編<sup>5),6)</sup>に記載されている図形や立体の構成と認識、立体や空間の表現に関する学習用語を抽出した。そして、表1-2に示すように53項目からなる構成要素として整理した。

表1-2 図形や空間に関する学習内容や構成要素

学年	算数科、技術・家庭科の構成要素	学習内容	図画工作の構成要素	学習内容
1年	形、特徴、分解、前後、位置、左右、上下	直線、直角	絵で表す	
2年	形、面、作り方、構成要素、作図、辺	正方形、長方形 直角三角形		
3年	中心、図形、作図	二等辺三角形 正三角形、角 円、球、箱	想像、簡単な図 デザイン、表し方 いろいろな角度	造形、立体 平面～立体
4年	たて、展開図、位置関係、回転、平行、 見取り図、立体、角度、垂直、材料、よこ 図面	台形、ひし形 対角線、立方体 直方体	表し方、見方	
5年	頂点、視点、辺、立体、比率、画面構成、 高さ、大きさ	正多角形 柱体、錐体		表現、立体
6年	視点、比率、正面、底面、側面、拡大 縮小、立体、画面構成	扇形	想像	立体～空間
中1	奥行き、幅、等角図、製図法、製作図 部品図、ネット図、正投影図、構想図	設計、製品		

(文献3,4,5,6をもとに作成)

次に、同様の手続きにより表1-2に示した学習用語を、図1-4(a)～(c)に示すような16項目からなる『立体を認知する段階』、15項目からなる『空間を表象する段階』、22項目からなる『総合的技能の段階』と判断される3つの構成要素群に分類した。

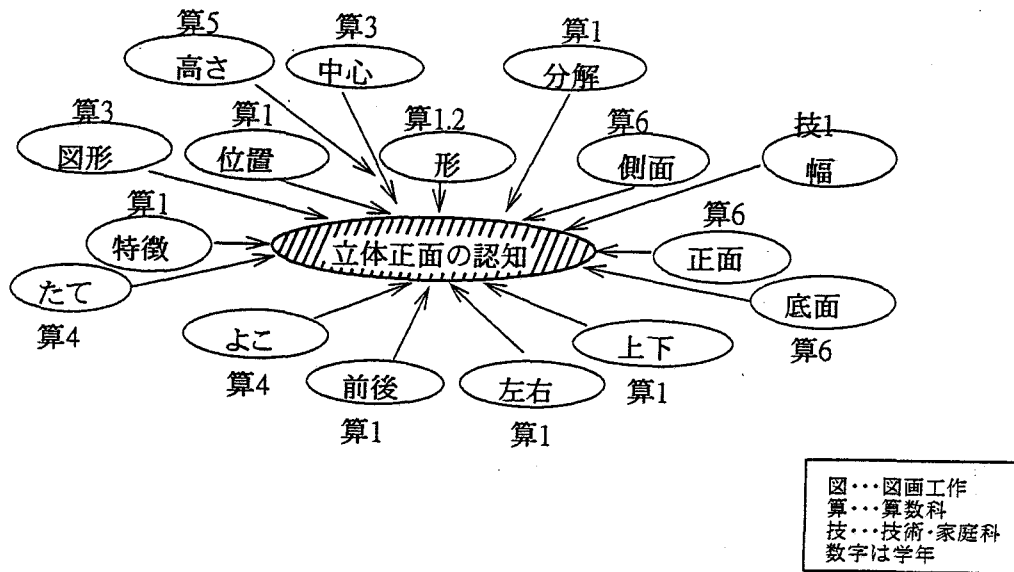


図1-4(a) 立体の認知行為に関わる構成要素

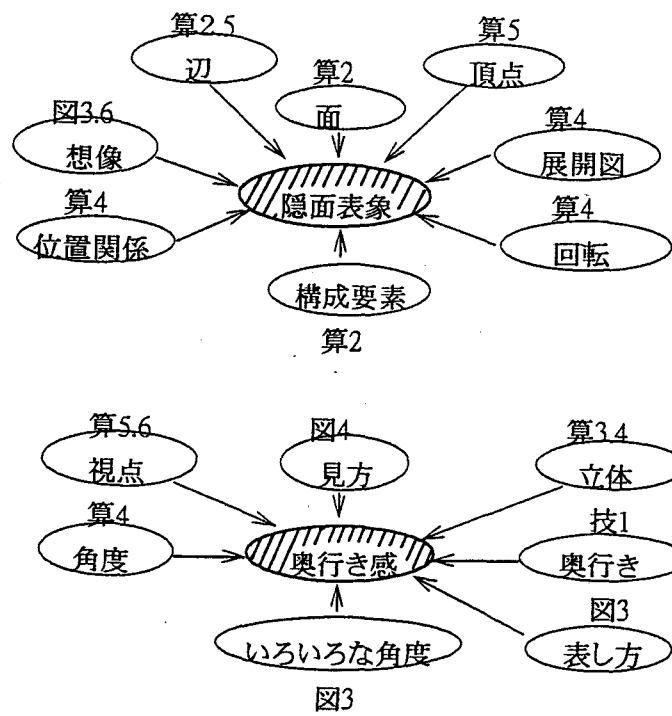


図1-4(b) 空間の表象行為に関わる構成要素



すなわち下位要素の第1は，Piaget, J.<sup>28)</sup>の三つ山課題や，Shepard, R. N. & Metzler, J.<sup>29)</sup>の提唱する『視点の移動』である。第2は，一方の図形を回転させもう一方の図形の方に揃えるには，絵と絵の角度差が大きいほど頭脳の中での回転角も大きくなることから，『メンタルローテーション』<sup>30)</sup>と解釈できる下位要素である。第3は，与えられた情報をもとに解明されていない情報を導き出す思考過程を『推論』<sup>31)</sup>と解釈できる下位要素である。第4は，立体に関する情報操作は，法則や一定の規則にしたがい進行する思考過程の存在をもとに『論理的思考』<sup>32)</sup>と解釈できる下位要素である。第5は，頭脳や心で思い浮かべた物体の構成要素やその特徴を把握する心的操作をもとに『立体イメージの構成』と解釈できる下位要素である。本研究では，これら5つの下位要素を『心理的な空間認知概念』とした（表1-3）。そして，図1-5に示すような立体描画を形成する概念的な枠組みを想定した。

表1-3 心理的な空間認知概念の下位要素

下位要素	具体的な操作の内容
視点の移動	物体を見る角度や視点が変わっても，その変化に対応した情報の処理ができること。
メンタルローテーション	実物や図をもとに，物体に関する情報を自分の頭や心の中で思いのままに座標変換することができる。
推論	物体に関するあらゆる情報を分析し，解明されていない物体の情報を導き出す思考過程。
論理的思考	思考過程が分析的で，操作が一定の法則や約束に則した思考の様式。すなわち，与えられた条件のもとで，物体の情報を的確に把握でき，適切な情報の処理ができること。
立体イメージの構成	頭や心の中で思い浮かべた物体について，形・大きさ・概観をもとに，その物体が，どのような構成要素で組み立てられているかが適切に把握できる。

文献 1),28),30),31),32)をもとに作成。

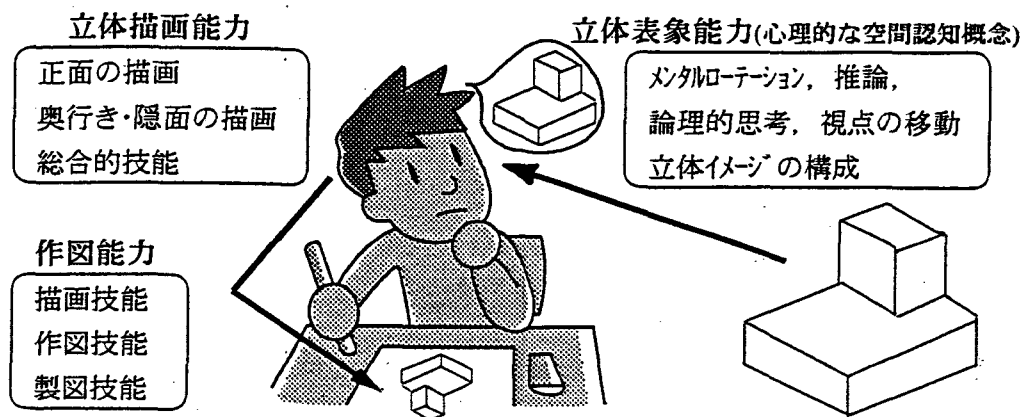


図1-5 立体描画を形成する概念的枠組み

### 1.7 本研究の基本方針

これまでに整理した従来の研究から、空間概念の形成には、年齢的な傾向や階層差の存在が明らかになった。さらに、技能や知識としての立体描画能力が、中学生の段階でどこまで確立しているのか、またそれらの一般的な傾向についても、ある程度明らかにできた。そして、立体描画能力の形成を図るためには、生徒の発達過程に十分な配慮を行い、より具体的な学習プログラムを構築することの必要性も明らかになった。その結果、立体描画能力の形成に関わる構成要素の分析や空間概念の理解、さらには具体的な作図能力の実態を調査することが、空間概念の形成を進展させる製図学習指導の検討に結びつくことと認識した。

そこで本研究では、(1) 立体の表現に必要な用語に対する生徒の認識を明らかにするとともに、立体描画能力の実態を調査する。(2) 心理的な空間認知概念の理解と、立体描画能力との関連を明らかにする。(3) 作図能力の実態を明らかにするとともに、立体描画能力との関連を調査する。

の3つの内容を柱に、生徒の空間概念の形成を図る製図学習のあり方に関する基本的枠組みを検討することを目的とした。

したがって、本論文の第1章では、空間概念の形成と学習指導の関連についての先行研究を整理し、立体描画能力の形成を図るための学習指導上の問題点を整理するとともに、研究の方針を検討する。

第2章では、第1章で想定した立体の描画に必要と考えられる学習過程のもとで、生徒が抱いている立体描画に関する用語の認識を調査するとともに、具体的な立体の描画調査を行い、立体描画能力の実態や作図傾向を明らかにする。

第3章では、立体の構成や認識を把握するための調査票を作成するとともに、具体的な立体の描画調査を行い、立体描画能力と心理的な空間認知概念の理解との関連性を明らかにする。

第4章では、作図能力の形成状況を調べるための調査を実施し、立体描画調査の結果と比較し、立体描画能力の形成と作図能力との関連を明らかにする。そして、製図学習指導の基本的な方針を検討する。

第5章では、本研究の結論と総括的な考察を行い、全体を通してのまとめと、今後の課題について論述する。



## 文 献

- 1) 空間認知の発達研究会編:空間に生きる, 北大路書房, pp.237-238, (1995)
- 2) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.276
- 3) 文部省:小学校指導書 算数, 東洋館出版, (1996)
- 4) 文部省:小学校指導書 図画工作編, 開隆堂出版, (1996)
- 5) 文部省:中学校指導書 技術・家庭編, 開隆堂出版, pp.11-13, (1995)
- 6) 文部省:中学校技術・家庭指導資料 学習指導と評価, 開隆堂出版, pp.50-51, (1993)
- 7) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.3
- 8) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.274
- 9) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.2
- 10) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.59-60
- 11) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.67-68
- 12) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.69
- 13) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.71
- 14) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.68-69
- 15) Josiane Caron-Pargue: A functional analysis of decomposition and integration in children's cylinder drawing, *British Journal of Developmental Psychology*, Vol.10, pp.51-69, (1992)
- 16) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.89
- 17) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.90-100
- 18) 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, Vol.22, pp.63-72, (1980)
- 19) 城 仁士:展開図作成能力の形成教育プログラム, 日本産業技術教育学会誌, Vol.24, pp.31-42, (1982)

- 20) 城 仁士:立体の投影・構成行為の発達と形成, 風間書房, (1990)
- 21) 近藤義美:投影図指導過程と学習効果および要因, 日本産業技術教育学会誌, Vol.17, pp.1-4, (1975)
- 22) 大国博昭:中学校における製図学習の指導法について, 日本産業技術教育学会誌, Vol.18, pp.211-219, (1976)
- 23) 大国博昭:中学校における製図学習の指導法について, 日本産業技術教育学会誌, Vol.19, pp.51-59, (1977)
- 24) 中里真之:読図能力の問題点, 日本産業技術教育学会誌, Vol.15, pp.57-60, (1973)
- 25) 城 仁士:20) と同掲: pp.247-253
- 26) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.1-2
- 27) 須賀哲夫:線描の発達「児童心理学の進歩」, 金子書房, pp.165-203, (1976)
- 28) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.44-47
- 29) 高野陽太郎:傾いた図形の謎, 東京大学出版会, pp.8-24, (1987)
- 30) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.262-263,281
- 31) P.N.ジョンソン=レアード:メンタルモデル, 産業図書, pp.26, (1990)
- 32) 依田 新監修:新教育心理学事典, 金子書房, pp.209,799-800, (1997)
- 33) Roger M.Downs & David Stea .林 章訳:環境の空間的イメージ, pp.266-312, 鹿島出版会, (1976)
- 34) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.236
- 35) 空間認知の発達研究会編:1) と同掲: pp.126-127

## 第2章 立体描画能力を形成する学習構造の分析

### 2.1 緒言

人間が立体を描くとき、どのようなことを考えるのであろうか。すなわち、どこを正面にすればよいのか、奥行きや見えない部分はどうか表現すればよいのか、全体を表すのに最も適した図法や描き方はどうか工夫すればよいのか等、様々な思考を巡らせていると推測できる。そして、その結果がスケッチや図面として描かれるのであり、この行為を支えているのは、作図や描画に関する種々の知識や技能である。したがって、生徒が抱えている立体の表現や空間の操作に関する認識（以下、学習レディネス）を把握することは、製図学習の指導方法を改善する上で、極めて意義のあることと考えられる。

そこで、この観点から技術科における立体の描画と空間概念の形成に関係する研究を整理したところ、近藤<sup>1)</sup>は、空間概念の形成にとって、学習レディネスと作図能力が重要であると述べている。さらに大国<sup>2),3)</sup>も、生徒の描いた立体の図には、特定の図法による描画傾向があることを明らかにしている。また中里<sup>4)</sup>は、中学生にとって物体が具体的な場合は、ある程度の立体感が形成されることを明らかにしている。ところが、技術科の研究は、作図能力の分析や描画傾向の調査が主であり、立体描画能力を形成する学習構造やその構成要素については殆ど触れられていない。

本研究は、中学1年生の立体表現に関する用語の意識、並びに立体描画能力の実態を調査し、立体描画能力を構成する学習構造の存在を明らかにすることを目的とした。

## 2.2 立体表現と立体描画調査

### 1) 立体表現に関わる用語調査

生徒が立体の描画に必要と考える知識の内容を把握することは、適切な学習指導を行うために重要である。したがって、立体の表現や空間の操作に関する用語の認識度を調査することは意義があると考えられる。

そこで、前章において分類した立体描画に必要な構成要素（図1-4(a)～(c)）、すなわち立体描画に必要な用語を無作為に配置した立体表現についての用語調査票（図2-1）を作成した。そして、立体描画に必要と考える用語を自己評価により選択させた。なお、この調査に要した時間は15分であり、選択する用語数の制限は行わなかった。

### 2) 立体描画調査

立体描画調査は、具体的な立体を見て、その形状や特徴を表した図を描けるか、すなわち立体を描画する能力が形成されているかについて調べるとともに、その際に用いられる図法の種類を分類するために実施した。具体的には図2-2に示す形状で、全面を白色に塗装した立体模型を製作し、この模型を用いて立体を描画させた。調査方法は、この模型を作業台の中央に置き、「あなたの前にある立体を、他の人に説明するのに最もよくわかる図で描いて下さい」という設問を与えた。その際、立体模型を描きやすい位置へ移動させたり、手に取って観察してもよいと指示した。また、この調査は、定規などの製図用具は使用せず、フリーハンドで行わせた。なお、この調査に要した時間は20分である。

## 立体表現についての用語調査

( )月( )日実施
( )中学校 ( )年( )組( )番
名前( ) (男・女)

このアンケートは、あなたが物の形をかき表すときに考えることを調べるものです。作ろうとする物を紙の上にかくとき、どの語句や用語の内容が必要だと思えますか。下のわくの中から選んで○で囲んで下さい。○の数はいくつでもかまいません。

\*\*\* ただし、この調査は、技術・家庭科の成績とは、いっさい関係しません。\*\*\*

形	特徴	面	頂点	中心	回転	分解
視点	角度	平行	垂直	前後	辺	底面
側面	正面	拡大	縮小	位置	作り方	
構想図	立体	画面構成	奥行き	高さ	想像	
横	幅	製図法	構成要素	図面	材料	
製作図	等角図	部品図	比率	大きさ	見取り図	
たて	簡単な図	絵で表す	結び・補図	上下	展開図	
図形	デザイン	見方	表し方	いろいろな角度		
作図	左右	正投影図	位置関係			

図 2 - 1 立体表現についての用語調査票

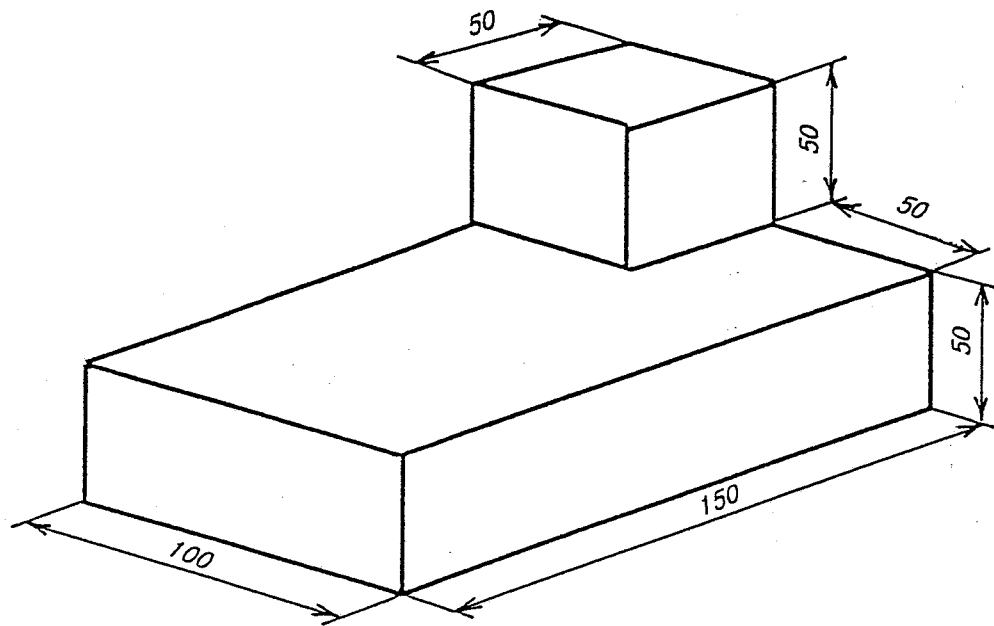


図 2 - 2 立体模型の概観

### 3) 調査対象

調査の対象は、兵庫県H市立のD中学校の1年生、男子50名、女子54名の合計104名である。なお、この生徒は、平成9年9月の段階で製図学習は未履修あり、その後10月末までに1時限；線の種類と製図用具、2時限；寸法の記入、3時限；構想の表し方（キャビネット図）、4時限；構想の表し方（等角図）、5時限；正投影図の描き方、6時限；組立図の描き方、7時限；製作に必要な図面の学習を、合計で7時間履修させた（表2-1）。そして、製図学習を未履修の9月上旬と履修後の11月上旬に、上述した2種類の調査を実施した。なお、この授業及び調査の指導は、ベテラン技術科担当教師が行った。

表 2-1 製図学習の指導過程と学習内容（全7時間）

時限	指導過程	具体的な学習内容
1	線の種類と製図用具	<ul style="list-style-type: none"> <li>・線の形（実線、破線、一点鎖線、二点鎖線）と用途</li> <li>・製図用具（三角定規、コンパス）の使い方</li> <li>・水平線、垂直線、斜線、円の作図</li> </ul>
2	寸法の記入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・寸法線、寸法補助線、引き出し線の引き方</li> <li>・寸法数字の記入方法</li> <li>・寸法記入に用いられる補助記号</li> <li>・文字のきまり</li> </ul>
3	構想の表し方（キャビネット図）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・立体のいろいろな表し方</li> <li>・キャビネット図の描き方</li> <li>・寸法記入の仕方</li> </ul>
4	構想の表し方（等角図）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・等角図の描き方</li> <li>・寸法記入の仕方</li> </ul>
5	正投影図の描き方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・正面の選び方</li> <li>・平面、右側面の位置関係</li> <li>・正投影図の描き方</li> <li>・寸法記入の仕方</li> </ul>
6	組立図の描き方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製図に用いられる用紙の大きさ</li> <li>・尺度の表し方</li> <li>・組立図の描き方</li> </ul>
7	製作に必要な図面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部品図の描き方</li> <li>・図面の読み方</li> </ul>

## 2.3 結果と考察

### 1) 立体表現に関わる用語に対する生徒の認識

立体の描画行為が，①立体を認知する段階，②空間を表象する段階，③総合的技能の段階から形成される学習構造にもとづき，生徒自身が自己評価した立体表現についての用語調査の結果を分析した。

具体的な分析方法は，①を立体の正面が適切に描ける段階，②を奥行き及び隠面が描ける段階，③を立体の形状や特徴が適切に表された図が描ける段階と設定し，立体描画は，①～③の段階へ移行すると予測した。そして①～③の学習構造毎で，生徒が選択した用語数を調査し，立体描画に必要な用語に対する意識を考察した。

## 2) 立体描画調査の分析

立体描画調査の分析は、図1-4(a)~(c)の構成要素をもとに、5名の技術科担当教師により、各構成要素の具体的な内容について検討し学習評価の基準表を作成した。そして、この基準をもとに技術科担当教師3名で、描画結果の判定を行った。

具体的な手順は、本研究では立体の描画条件として、技術・家庭科の教科書<sup>5),6)</sup>に記載されている等角法、又はキャビネット法で描かれた図を適切な描画とした。次に、ベテラン技術科担当教師3名により、生徒が自己評価した用語の数を集計し、各段階における構成要素の内容を整理した。そして立体を認知する段階、すなわち正面を描くためには、正面、高さ、底面、幅の4つの構成要素(表2-2)が適切に表現されていることを、この段階の描画条件として設定した。次に、空間を表象する段階では、奥行きを正確に描くためには、角度、視点、奥行きの3つの構成要素(表2-3)にもとづき適切な表現がされていることを、この段階の描画条件と設定した。また隠面を描くためには、辺、頂点、想像、回転の4つの構成要素(表2-4)にもとづいた表現がされていることを描画条件と設定した。さらに総合的技能については、立体の描画としての条件を備えた図として、垂直、平行、等角図、キャビネット図、構想図の5つの構成要素(表2-5)を描画の条件と設定した。

立体描画の判定は、表2-6に示すように、正面描画、奥行き描画、隠面処理、及び総合的技能の描画内容毎に、3名の技術科担当教師の内2名以上の教師が適切と判断した場合『描けている』と評価し、1名だけの場合は『描けていない』として評価した。そして、この評価にもとづき、生徒の描画結果並びに使用された図法の種類を調査した。なお本研究の場合、かくれ線は表示がなくても立体の描画として取り扱った。



表 2 - 2 立体を認知する段階の構成要素（16項目）

ラベル	構成要素	内 容
L1	前後	立体の観察を通して、前後の面の位置関係が正しく認識できる。
L1	左右	立体の観察を通して、左右の面の位置関係が正しく認識できる。
L1	上下	立体の観察を通して、上下の面の位置関係が正しく認識できる。
L1	分解	立体を構成する全ての面の形を、それぞれ正しく認識できる。
L1	位置	立体を構成する面の中で、正面の位置が的確に把握できる。
L1	形	立体正面の形が正確に把握できる。
L1	特徴	正面の形が、立体全体の特徴を表すことがわかる。
L2	中心	正面が立体の中心であることが、把握できる。
L2	図形	正面の形を、図形として正確に描画できる。
L3	たて	正面の形で、「たて」の部分がどこにあたるかが正確に認識できる。
L3	横	正面の形で、「横」の部分がどこにあたるかが正確に認識できる。
L4	高さ	正面の形をもとにして、立体の「高さ」がどれだけかが正確に認識できる。
L5	正面	立体の中で、正面、側面、底面の位置関係が正確に把握できる。
L5	側面	立体の中で、正面、側面、底面の位置関係が正確に把握できる。
L5	底面	立体の中で、正面、側面、底面の位置関係が正確に把握できる。
L6	幅	正面を基準にして、「幅」はどこにあたるかが正確に認識できる。

L1:算数科1年, L2:算数科3年, L3:算数科4年, L4:算数科5年, L5:算数科6年,  
L6:技術科1年を示す。

表 2 - 3 奥行きを表象段階の構成要素 (7項目)

ラベル	構成要素	内 容
L1	いろいろな角度	奥行きを表すには、適切な角度から見て描くのがわかる。
L1	表し方	奥行きを表すための最適な描画方法がわかる。
L2	立体	立体を表すには、奥行き感を適切に描くことが重要である。
L2	角度	奥行きを表すのに、最も適した角度があることがわかる。
L3	見方	立体の奥行きがわかる見方がわかる。
L4	視点	立体に対してどの視点から眺めると、奥行き感が最もわかりやすいかが認識できる。
L5	奥行き	立体の奥行きにあたる面が、正確に描けている。

L1:図画工作3年, L2:算数科3,4年, L3:図画工作4年, L4:算数科5,6年, L5:技術科1年を示す。

表 2 - 4 隠面表象の段階の構成要素 (8項目)

ラベル	構成要素	内 容
L1	面	正面から見て、隠面がどこかが正しく認識できる。
L1	構成要素	隠面と接する面が、どの面なのか正しく認識できる。
L2	位置関係	隠面と正面、側面、底面の位置関係が正しく把握できる。
L2	展開図	隠面に接する全ての面が、正確に認識できる。
L2	回転	立体をあらゆる方向に回転させても、隠面が何処にあたるのかわかる。
L3	想像	隠面やそこ接する全ての辺の表し方が適切に予測できる。
L4	頂点	隠面を形成する面の頂点と、そこに接する面との接点が、正確に認識できる。
L4	辺	隠面を形成する全ての辺が、正しく認識できる。

L1:算数科2年, L2:算数科4年, L3:図画工作3,4年, L4:算数科5年を示す。

表2-5 総合的技能の段階の構成要素（22項目）

ラベル	構成要素	内容
L1	絵で表す	立体全体を、平面上に図として表すことができる。
L2	作り方	立体を製作するのに適切な表現で描かれている。
L3	作図	立体を描くために使用する道具の使い方がわかる。
L3	簡単な図	1つの図で、立体全体のイメージがわかるようになっている。
L3	デザイン	図面の配置や位置等のバランスがとれて描かれている。
L4	見取り図	立体全体を、よく表している図となっている。
L4	垂直	基準線に対して、高さにあたる辺が、垂直に描けている。
L4	平行	隣り合った辺が、それぞれ平行に描けている。
L4	材料	立体を構成する材料等を考慮した図面が描かれている。
L4	図面	立体を適切に表現する図面としての条件が備わっている。
L4	構想図	立体の全体像が、予測できる図が描けている。
L5	画面構成	立体を図面に表すときに、必要な構成要素が全て描かれている。
L5	比率	立体の大きさに合わせて、図面を拡大したり縮小する必要性がわかる。
L5	大きさ	立体各部の寸法や形状がわかるように描かれている。
L6	拡大	小さな立体を、適当な比率で表すことができる。
L6	縮小	大きな立体を、適当な比率で表すことができる。
L7	等角図	立体の全体像を表すのに最も適した図であることがわかる。
L7	視点図	正面の大きさや形状を、正確に表すのに適した図面であることがわかる。
L7	正投影図	立体を真上、正面、右側面の3方向から描く図法であることがわかる。
L7	製図法	立体の大きさや形に応じて、適切な図面の種類や作図法がわかる場合。
L7	部品図	立体を構成する部材や部品等を考慮に入れた図面になっている。
L7	製作図	三角法を用いた正面図、立面図、側面図が正確に描けている。

L1:算数科1年, L2:算数科2年, L3:算数科3年, L4:算数科4年, L5:算数科5年,  
L6:算数科6年, L7:技術科1年を示す。

表 2 - 6 描画結果の判定

描画内容 生徒/教師	正面描画			奥行き描画			隠面処理			総合的技能		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1102	○	○	○	○	○	○	○					
1103	○	○	○	○	○		○	○		○		○
1104	○	○	○				○	○				
1105		○	○	○		○		○	○			○
1106	○	○	○	○	○	○				○	○	○
1107	○	○										
1112												
~~~~~												
1548	○	○	○	○	○	○						
1549			○	○		○						○

### 3) 立体表現に必要な用語調査の結果

本研究は、立体描画の学習構造を想定し、それに関わる構成要素を設定した。そして、生徒が立体描画に必要と考える用語に関する意識を調査し、製図学習の履修前と後において、学習用語に対する認識が変化するか否かを調べた。さらに、生徒が描いた立体描画の結果を分析し、立体描画に必要な学習構造の存在を検証するとともに、描画傾向を分析した。

その結果、立体表現に必要なと考える用語の意識は、図 2 - 3 が示すように、想定した 4 つの構成要素に関して、生徒一人あたりの平均選択個数である認識度は、履修前後、構成要素間のいずれにおいても、殆ど差異が認められなかった。

このことから、生徒は学習レディネスとしての用語については、製図学習の履修、未履修に関わらず特別に意識していないことが明らかとなった。

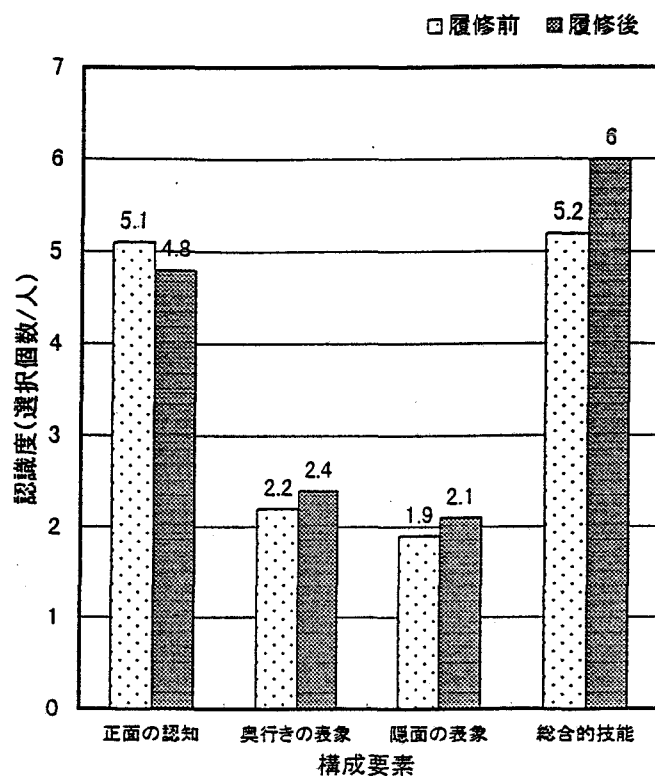


図 2 - 3 構成要素に対する生徒の認識(104名)

#### 4) 立体描画調査の結果

次に、生徒が描いた図を上述した立体描画に必要な構成要素にもとづき、その描画傾向を調査した。その結果、図 2 - 4 が示すように製図学習の履修、未履修に関わらず、正面の描画、奥行きの描画、総合的技術の順で描画の困難さをともなう段階性が見られ、学習の定着には、明らかな階層性の存在が推察された。

そこで、正面が描画できた生徒で奥行きも描けている人数を調査したところ、履修前に正面が描けていた39名の内14名(35.9%)が描けていることがわかった。そして、14名の生徒の内9名(78.6%)が、最終目標である立体の描画ができていることがわかった。また履修後の場合も、正面が描画できた生徒51名の内37名(72.5%)が奥行きも描けており、この37名の内23名(70.2%)が立体の描画ができていることがわかった。このことは、正面が適切に描ける生徒は、奥行きが描ける比率が高く、さ

さらに正面から奥行きが描ける生徒は，立体の描画ができることを示しており，学習段階順に立体描画能力が形成されることが推測され，立体描画のための学習構造の存在が明らかとなった。

さらに，生徒が描いた立体の描画傾向を分類したところ，図2-5が示すように，製図学習の履修，未履修に関わらず，立体が適切に描画できない生徒の割合は調査対象の80%近くに達しており，この段階での立体描画能力の形成状況が明らかになった。

また，履修前には図2-6の描画例に示すような立体の左側面を中央にして描くキャビネット図が描かれ，特定な図法<sup>2)</sup>による描画傾向の存在が明らかとなり，中学1年生の段階における立体描画の一般的な傾向が伺われた。

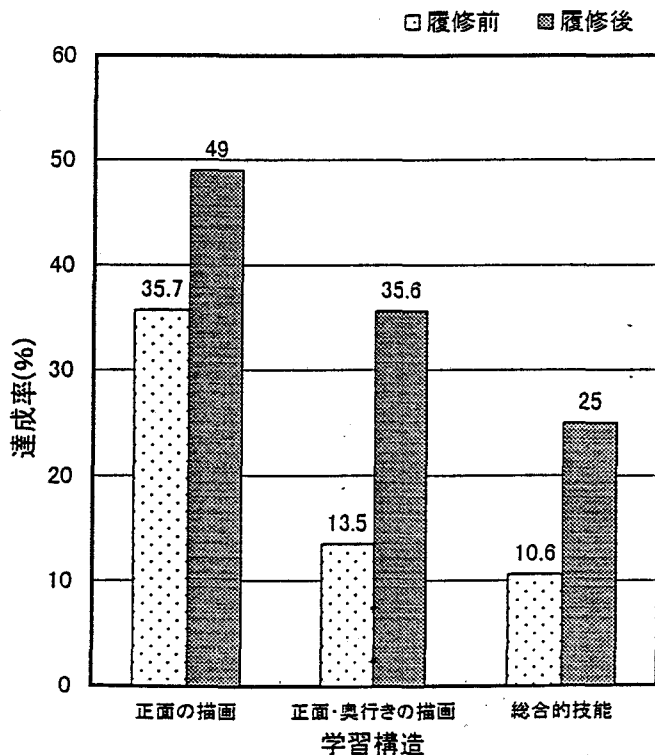


図2-4 学習構造から捉えた描画の達成率 (104名)

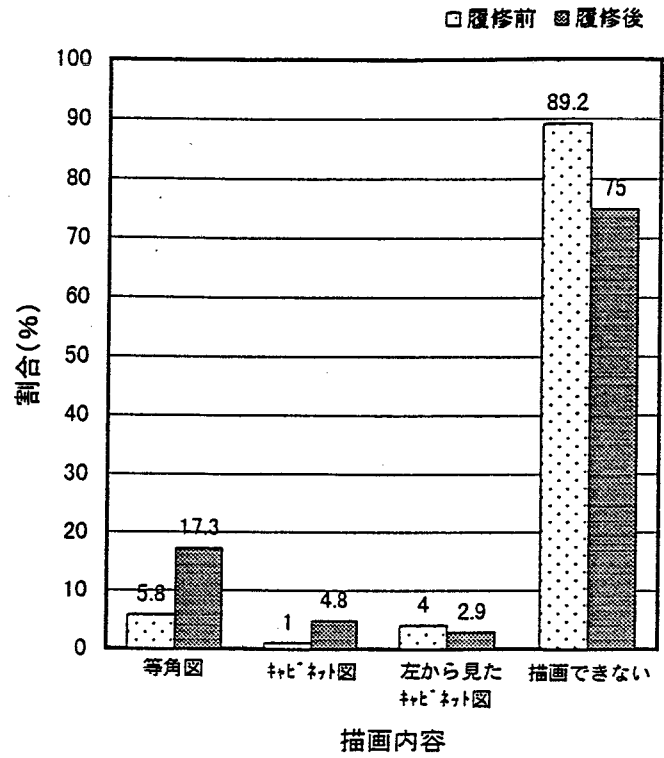
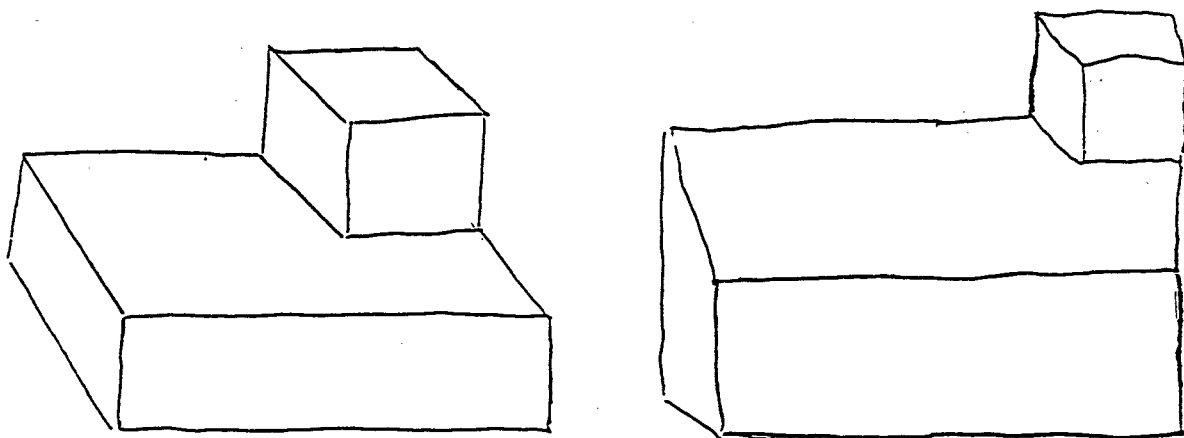


図 2 - 5 立体の描画傾向 (104名)



描画例 1

描画例 2

図 2 - 6 生徒による立体の描画例

## 2.4 結 言

本研究は、立体描画に関わる学習構造をもとに、立体の描画に必要な構成要素を想定した。そして、立体表現に必要な用語調査と立体描画調査を行った。その結果、以下の点が明らかになった。

- (1) 立体描画の過程には、『立体の認知』、『空間の表象』、『総合的技能』と捉えられる学習構造の存在が推測された。
- (2) 立体描画に必要な構成要素に対する生徒の意識は、仮説として想定した構成要素間で著しい差異は認められず、特定の構成要素を認識していないことが明らかとなった。
- (3) しかしながら、生徒は立体を描画する際に、奥行きや隠面の描画の段階で、とくに困難さをともなうことが明らかになった。また、この段階の生徒は、立体の左側面を正面として描画する傾向が存在することも明らかになった。

以上のことから、中学1年生の立体描画能力を形成する学習構造の存在が明らかとなった。そして、奥行きや隠面の表現、すなわち立体表象能力の形成を図ることの重要性を認識した。さらに、技術科における製図学習を進展させるためには、描画能力の形成と空間概念の理解との関連について調査する必要があるが示唆された。



## 文 献

- 1) 近藤義美：投影図指導過程と学習効果および要因，日本産業技術教育学会誌，Vol.17，pp.1-4，(1975)
- 2) 大国博昭：中学校における製図学習の指導法について，日本産業技術教育学会誌，Vol.18，pp.211-219，(1976)
- 3) 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，Vol.19，pp.51-59，(1977)
- 4) 中里真之：読図能力の問題点，日本産業技術教育学会誌，Vol.15，pp.57-60，(1973)
- 5) 鈴木寿雄他：技術・家庭(上)，開隆堂，pp.24-25，(1996)
- 6) 石田晴久他：新編 新しい技術・家庭（上），東京書籍，pp.74-75，(1996)

## 第3章 立体描画能力と心理的な空間認知概念の関連

### 3.1 緒言

製図は、立体イメージの表記だけでなく、対象の形状に関する情報を論理的に統合する操作であるが、空間概念の形成との関連が深いため、未だ生徒の空間を理解する構造が明らかにされておらず、学習指導上重要な課題と考えられる。

そこで第2章では、立体の描画に必要な学習構造として『立体の認知』、『空間の表象』、『総合的技能』の存在を想定し、立体描画に必要な構成要素、すなわち図形や空間に関する学習用語を整理した。そして、これをもとに生徒の立体表現に必要な用語の認知、並びに立体描画調査を行い、立体描画を形成する3つの学習構造の存在を明らかにした。また、その際生徒は奥行きや隠面の描画で困難をとまなうことも明らかにし、空間概念の形成と立体描画能力との関連が推測され、製図学習を進展させるためには、立体表象能力と立体描画能力との関連性を調査することが重要であると認識した。

本研究は、生徒が空間を理解する際の心理的な空間認知概念の実態を調査し、立体描画能力との関連性を分析することを目的とした。

### 3.2 立体の構成及びその認識に関する調査

#### 1) 立体の構成及び認識に関する調査

第1章において想定した心理的な空間認知概念に関わる5つの下位要素（表1-3）をもとに、ベテラン技術科担当教師5名により、立体の構成や認識を調査するために必要な設問を検討した。

設問1の内容は、空間における立体の座標変換、すなわち『メンタルロ

一テーション』と解釈できる下位要素に対応<sup>1),2)</sup>させた。設問2は、立体隠面の形状や特徴を推測する、すなわち『推論』に対応<sup>3)</sup>させた。設問3及び4は、簡単な立体の再構成操作とその応用、すなわち『論理的思考』に対応<sup>4),5)</sup>させた。設問5は、立体を構成する要素の理解、すなわち『立体イメージの構成』に対応<sup>3)</sup>させた。設問6は、視点の変化に対応した情報変換操作、すなわち『視点の移動』に対応<sup>6)</sup>させた。そして、各設問と下位要素の内容との整合性を検討し、図3-1に示すような立体の構成及び認識に関する調査票を作成した。そして、この調査票を用いて生徒の立体表象能力を調査した。なお、この調査に要した時間は20分である。

## 2) 立体描画調査

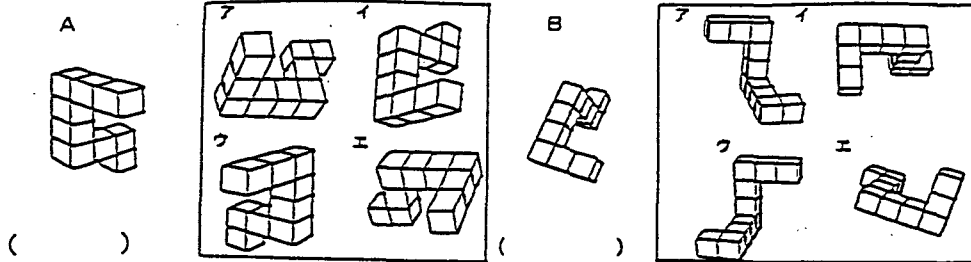
立体描画調査は、具体的な立体を見て、その形状や特徴を表した図を描けるか、すなわち立体を描画する能力が形成されているかについて調べるとともに、その際に用いられる図法の種類を分類するために実施した。具体的には図2-2に示す形状で、全面を白色に塗装した立体模型を製作し、この模型を描画させた。調査の方法は、この模型を作業台の中央に置き、「あなたの前にある立体を、他の人に説明するのに最もよくわかる図で描いて下さい」という設問を与えた。その際、立体模型を描きやすい位置へ移動させたり、手に取って観察してもよいと指示した。また、この調査は定規などの製図用具は使用せず、フリーハンドで行わせた。なお、この調査の実施に要した時間は20分である。

### 立体の構成及び認識に関する調査票

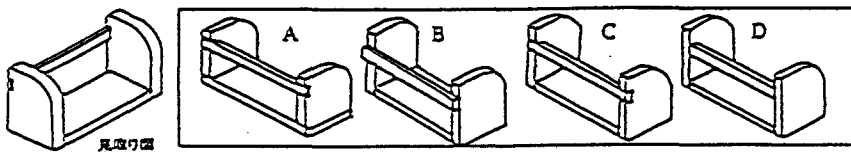
1年( )組( )番 名前( ) (男・女)

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。

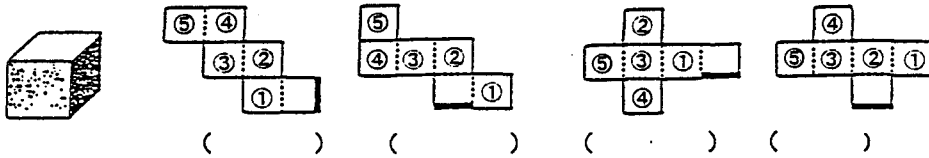
1. 立体A、Bと同じ立体の図を、わくの中の4つの図からすべて選び記号で答えなさい。



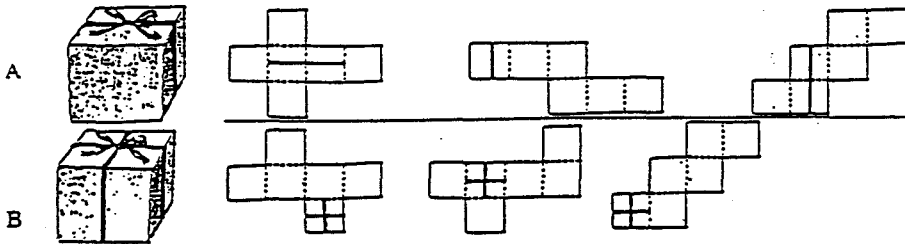
2. 本立ての見取り図があります。この本立てを後ろ側から見た図の記号を○で囲みなさい。



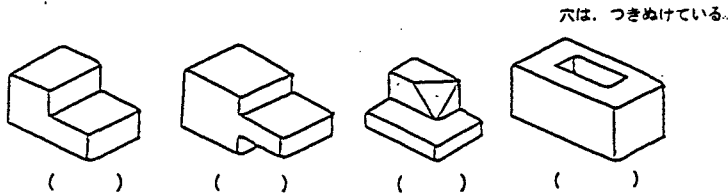
3. 立方体の展開図で、太くしるした辺と互いに接する辺を含む面の番号を答えなさい。



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答えなさい。



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。

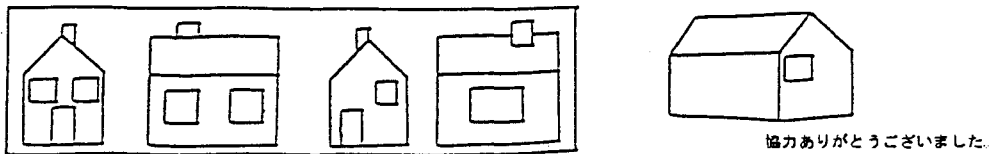


図3-1 立体の構成及び認識に関する調査票

### 3) 調査対象

調査の対象は、兵庫県H市立のS中学校の1年生男子88名、女子105名の計193名である。この生徒は、平成9年9月の段階で、技術科の製図学習として、1時限；線の種類と製図道具の使い方、2時限；寸法記入のしかた、3時限；構想の表し方（キャビネット図）、4時限；構想の表し方（等角図）、5時限；正投影図の描き方、6時限；組立図の描き方、7時限；製作に必要な図面に関する内容の学習を、表2-1に示すように合計7時間履修している。

そして、この生徒に対して、平成9年の10月に立体描画調査を、平成10年の1月に立体の構成や認識に関する調査を実施した。なお、この授業及び調査の指導は、ベテラン技術科担当教師が行った。

### 3.3 結果と考察

#### 1) 立体の構成及び認識に関する調査の分析

調査票の設問に対する生徒の回答は、次のように得点化した。すなわち設問1は、A、B同じ立体の図はそれぞれ2つあるため、すべて抽出できた場合の評価点を4とし、0～4の5段階で判定した。以下、設問2は0と1の2段階、設問3は0～4の5段階、設問4は0～6の7段階、設問5は0～4の5段階、設問6は不足している構成要素数が5つあるため、0～5の6段階による得点化をそれぞれ行った。

そして、これら6項目の理解度について関連性を調査するために、設問間の相関係数を算出した。その結果、表3-1に示すように設問1、3、4、5間において中程度の相関が認められた。このことは、仮説として想定した立体表象に関わる下位要素、すなわちメンタルローテーション、論理的思考、立体イメージの構成と解釈できる要素間で、相互の関連性の存在が明らかになった。なお、設問2及び6については、他の設問との相関が

比較的 low, これら 2 項目は, 立体表象能力に関して, それぞれ独立した下位要素と捉えられた。

表 3-1 設問間の相関係数

設 問	1	2	3	4	5	6
1		0.098	0.433	0.314	0.277	0.250
2			0.192	0.251	0.182	0.067
3				0.504	0.420	0.332
4					0.437	0.312
5						0.353
6						

- 設問1:空間図形の座標変換に関する設問 (マンローテーション)
- 設問2:隠面形状の推測に関する設問 (推論)
- 設問3:簡単な立体の構成操作に関する設問 (論理的思考)
- 設問4:立体の構成操作の応用に関する設問 (論理的思考)
- 設問5:立体構成要素の理解に関する設問 (立体イメージの構成)
- 設問6:視点の変化に対応した情報操作に関する設問 (視点の移動)

## 2) 立体描画調査の結果

前章において, 立体の描画行為には, 立体を認知する, 空間を表象する, 総合的 skill と解釈される学習構造の存在を明らかにした。そこで, これをもとにベテラン技術科担当教師 3 名に, 生徒の描いた図を, 次の判定基準にもとづき評価を依頼した。

具体的には, 立体の認知行為として正面の形が適切に描けている, 空間の表象行為として奥行きが適切に描けている, 総合的 skill として立体の形状や特徴が把握できる図が描けるという学習水準を設定した。そして, それぞれの水準に対応する学習評価の基準表 (表 2-2 ~ 2-5) をもとに, 立体の描画ができる生徒群 48 名と, 立体の描画ができない生徒群 83 名を抽出し, この 2 群における立体の構成及び認識に関する調査結果を検討した。表 3-2 に, 調査対象の構成を示す。

表 3 - 2 調査対象の構成

群構成	立体の描画傾向	人数
立体の描画ができる生徒群	図法（等角法又は、キャビネット法）にもとづき、立体の描画が適切にできる生徒群。	48名
立体の描画ができない生徒群	正面の形や奥行き表現が適切でないために、立体の描画ができない生徒群。	83名

### 3) 立体描画と立体の構成及び認識との関連

本研究は、生徒の描画結果をもとに、立体の描画ができる生徒とできない生徒による群構成を行い、立体の構成及び認識に関する調査との関連性を考察した。

具体的な分析の手順は、各設問の平均得点及び標準偏差を表 3 - 3 に示すように算出し、分散分析<sup>7),8)</sup>を行った。その結果、表 3 - 4 に示すように、設問 1 の空間における立体の座標変換、すなわちメンタルローテーション、設問 3 の簡単な立体の構成操作、すなわち論理的思考、設問 4 の立体の構成操作の応用、すなわち論理的思考、設問 5 の立体を構成する要素の理解、すなわち立体イメージの構成に相当する立体表象能力に関する 4 項目すべてにおいて、それぞれ危険率 1% 水準で 2 群間の有意差が認められた。また、独立性の強い設問 2 の隠面の形状を推測すること、すなわち推論に関しては危険率 5% 水準で、設問 6 の視点の変化に対応した情報操作、すなわち視点の移動に関しては、危険率 1% 水準で 2 群間に有意差が存在することが明らかとなった。

この結果から、仮説として設定した立体表象能力に関わる下位要素、すなわちメンタルローテーション、論理的思考、立体イメージの構成、並びに推論、視点の移動と判断できる心理的な空間認知概念の理解と立体描画能力との間に関連性の存在が推測された。これは、心理的な空間認知

概念が立体描画能力の形成と密接に関わることを示唆しており，技術科における製図学習指導の方向性を考える上で重要な知見が得られた。

表 3 - 3 設問の平均得点と標準偏差

(設問1) 空間図形の座標変換に関する平均得点と標準偏差

群構成	立体の描画ができる生徒群	立体の描画ができない生徒群
人数	48名	83名
平均得点	3.35	2.74
標準偏差	1.07	1.13

(設問2) 隠面形状の推測に関する平均得点と標準偏差

群構成	立体の描画ができる生徒群	立体の描画ができない生徒群
人数	48名	83名
平均得点	0.81	0.63
標準偏差	0.39	0.48

(設問3) 簡単な立体の構成操作に関する平均得点と標準偏差

群構成	立体の描画ができる生徒群	立体の描画ができない生徒群
人数	48名	83名
平均得点	3.31	2.30
標準偏差	1.06	1.57

(設問4) 立体の構成操作の応用に関する平均得点と標準偏差

群構成	立体の描画ができる生徒群	立体の描画ができない生徒群
人数	48名	83名
平均得点	3.92	2.81
標準偏差	1.85	2.06

(設問5) 立体構成要素の理解に関する平均得点と標準偏差

群構成	立体の描画ができる生徒群	立体の描画ができない生徒群
人数	48名	83名
平均得点	3.08	2.37
標準偏差	1.04	1.20

(設問6) 視点の変化に対応した情報操作に関する平均得点と標準偏差

群構成	立体の描画ができる生徒群	立体の描画ができない生徒群
人数	48名	83名
平均得点	4.04	3.25
標準偏差	1.41	1.69



表3-4 立体の構成及び認識に関する分散分析表

(設問1) 空間図形の座標変換				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	11.7	1	11.7	9.4 **
誤差	161.1	129	1.3	
全体	172.8	130		** p<.01

(設問2) 隠面形状の推測				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	1.1	1	1.1	5.0 *
誤差	26.7	129	0.2	
全体	27.8	130		* p<.05

(設問3) 簡単な立体の構成操作				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	31.1	1	31.1	15.6 **
誤差	257.8	129	2.0	
全体	288.9	130		** p<.01

(設問4) 立体の構成操作の応用				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	37.5	1	37.5	9.4 **
誤差	516.6	129	4.0	
全体	554.1	130		** p<.01

(設問5) 立体構成要素の理解				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	15.3	1	15.3	11.5 **
誤差	171.1	129	1.3	
全体	186.4	130		** p<.01

(設問6) 視点の変化に対応した情報操作				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	18.9	1	18.9	7.4 **
誤差	331.6	129	2.6	
全体	350.5	130		** p<.01

### 3.4 結 言

本研究は，立体表象能力に関わる下位要素を心理的な空間認知概念の視点から想定し，各要素間の関連性を調査した。さらに，各要素に関わる具体的な操作能力と立体描画能力を分析し，以下の点が明らかとなった。

(1) 立体表象に関わる下位要素として想定した『メンタルローテーション』，『論理的思考』，『立体イメージの構成』と解釈される要素間で，中程度の相関が認められた。

(2) 立体が描画できる生徒とできない生徒の間には，心理的な空間認知概念の理解に関して有意差の存在が明らかとなり，立体表象能力と立体描画能力との関連性が推測された。

以上の結果，立体表象に関わる下位要素として想定した心理的な空間認知概念と立体描画能力との間には，密接な関連性の存在が推測された。このことから，製図学習を通して生徒の空間概念の形成を図るためには，具体的な作図能力や立体描画能力の実態を調べるとともに，生徒の立体表象能力を的確に把握することが重要であり，これを踏まえた学習指導の展開が必要であると認識した。

## 文 献

- 1) 空間認知の発達研究会編：空間に生きる，北大路書房，pp.1-2,5-6, 90-100,262-263, (1995)
- 2) 高野陽太郎：傾いた図形の謎，東京大学出版会，pp.8-24, (1987)
- 3) 技術科教育実践講座刊行会：技術科教育実践講座・製図，ニチブン，pp.156, (1995)
- 4) 中原忠男他：小学校算数4年下，大阪書籍，pp.74-82,97-98, (1996)
- 5) 平林一栄他：小学校算数4年下・教師用指導書，pp.48-58, (1996)
- 6) 長町三生：認知心理学講座2 知覚と表象，海文堂，pp.195-200, (1993)
- 7) 田中 敏・山際勇一郎：教育・心理統計と実験計画法，教育出版，pp. 52-63, (1997)
- 8) 末永俊郎：社会心理学研究入門，東京大学出版会，pp.167-200, (1995)

## 第4章 立体描画能力と作図能力の関連

### 4.1 緒言

立体を描画する行為は，形状に関する情報を処理し，図法に関する知識にもとづき，適切に表現することである。そのためには，立体の形状をどのように捉え，表現するかという能力，すなわち描画能力が重要であることは言うまでもない。

ところで，立体を適切に表現する場合，前章で明らかにした心理的な空間認知概念に関する理解だけでなく，作図能力の形成が密接に関連するものと推測される。したがって，具体的な作図能力の形成状況を調査し，立体描画能力との関連を分析することは，製図学習指導のあり方を検討する上で重要である。そこで，技術科における作図能力の形成に関する先行研究を調査したところ，末富<sup>1)</sup>は，フリーハンドによる線引き作業の巧緻性の研究において，中学生の場合，性差や発達段階的な学年差が認められないことを明らかにするとともに，線の方角の相違によって難易度が異なると述べている。さらに沢田や近藤ら<sup>2)</sup>も，フリーハンドによる作図能力の要素に関する研究において，見取り図をフリーハンドで正確に描くためには，平面図形の描画やその練習が有意義であると述べており，作図能力の形成と学習指導の方向性に関して有用な示唆を示している。しかし，具体的な作図能力と立体描画能力との関連性は十分に検討されていない。したがって，この点を追究することは，立体描画能力の形成を図る学習指導の改善に結びつくと考えられる。

本研究は，中学生の作図能力の実態と立体描画能力との関連性を調査し，製図学習指導の基本的な方針を検討することを目的とした。

## 4.2 作図能力に関する実態調査

### 1) 作図能力に関する調査票

立体を描画するためには、図1-5で示したように『描画技能』、『作図技能』及び『製図技能』が必要であると考えた。本研究では、これらの3つの技能を総称して作図能力と定義した。そして、5名のベテラン技術科担当教師に、算数科及び技術科の学習指導要領<sup>3),4),5)</sup>をもとに、これら3つの技能を構成する学習内容の分類を依頼した。その結果、描画技能はフリーハンドで直線や円が描けることであり、立体の形状を表現するための基礎的な操作と捉えた。また作図技能は、製図道具を用いて平行な線や垂線等が引けることであり、平面図形や立体図形を表す際の基礎的な操作と捉えた。さらに製図技能は、二次元平面上に描かれた情報を読み取り、図法にもとづき正確な作図ができることと理解した。

次に、上で述べた立体描画に必要と考えられる3つの技能をもとに、図4-1に示すような作図能力の調査票を作成した。項目1の①は、80mm隔たったA、Bの2点をフリーハンドによる直線で結ぶ。②は、点Aを中心として点Bを通る円（半径は、それぞれ10、15mm）をフリーハンドで描かせるものであり、これら2つは描画技能の水準を調べる内容とした。

項目2は、直線Aから30mm離れた点Bを通る平行線と、点Bを通り直線Aと直交する垂線を引かせ、算数科で学習した基礎的な作図技能の形成を判定するものであり、技術科で扱う見取り図や構想図の描画に必要な線を引く技能の水準を調べる内容とした。

項目3は、不等角法で描かれた図面を読み取り、高さ、幅、奥行きの比率がそれぞれ1:1:1の等角図とキャビネット図を描かせ、技術科の製図学習終了後に、図法にもとづいた製図技能が形成されているかを調べる内容とした。そして、項目1は、フリーハンドによる描画、項目2、3は三角定規を用いて作図させた。なお、調査に要した時間は30分である。

# 作図能力の調査

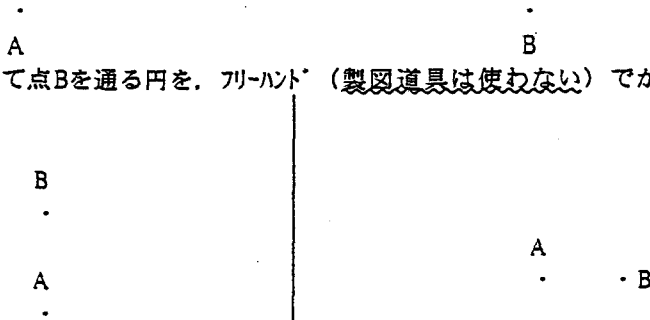
月 日実施 1年 組 番・名前 ( ) 男・女

この調査は、作図能力を調べるために実施するものです。先生の指示をよく聞いてかいて下さい。なお調査の結果は、技術・家庭科の成績には関係ありません。

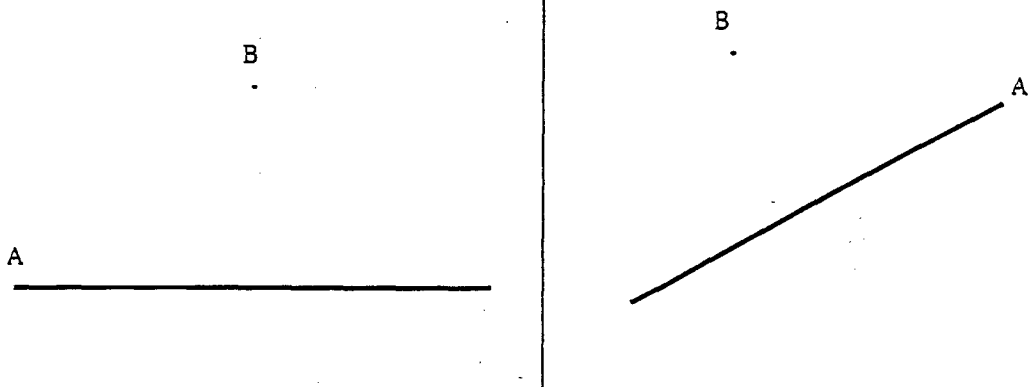
1-①. 点Aと点Bを結ぶ直線を、フーハト\* (製図用具は使わない) で、正確に引きなさい。



1-②. 点Aを中心として点Bを通る円を、フーハト\* (製図道具は使わない) でかきなさい。



2. 直線Aと、この線から離れた所に点Bがあります。点Bを通り直線Aに垂直な線と、点Bを通り直線Aと平行な線を、製図道具を使って引きなさい。



3. 次の立体を、等角法とフーハト\*補法で描きなさい。

$a = 40\text{mm}$ ,  $b = 50\text{mm}$ ,  $c = 20\text{mm}$ ,  $d = 20\text{mm}$

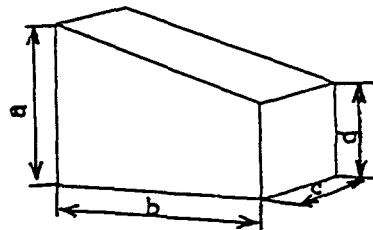


図4-1 作図能力の調査票

## 2) 立体描画調査

立体描画調査は、具体的な立体を見て、その形状や特徴を表した図を描けるか、すなわち立体を描画する能力が形成されているかについて調べるとともに、その際に用いられる図法の種類を分類するために実施した。具体的には図2-2に示す形状で、全面を白色に塗装した立体模型を製作し、この模型を描画させた。調査の方法は、この模型を作業台の中央に置き、「あなたの前にある立体を、他の人に説明するのに最もよくわかる図で描いて下さい」という設問を与えた。その際、立体模型を描きやすい位置へ移動させたり、手に取って観察してもよいと指示した。また、この調査は定規などの製図用具は使用せず、フリーハンドで行わせた。なお、この調査の実施に要した時間は20分である。

## 3) 調査対象

調査の対象は、兵庫県H市立K中学校及び福岡県N市立N中学校1年生の男子146名、女子136名の計282名である。この生徒は、平成10年7月の段階で、製図学習として、1時限；線の種類と製図用具の使用法、2時限；寸法記入、3時限；構想の表し方（キャビネット図）、4時限；構想の表し方（等角図）、5時限；正投影図、6時限；組立図の作図、7時限；製作に必要な図面に関する内容の学習を、表2-1に示すように合計7時間履修している。

この調査対象に対して、平成10年7月の上旬から中旬に、上述した2種類の調査を実施した。なお、この授業及び調査の指導は、ベテラン技術科担当教師が行った。

### 4.3 結果と考察

#### 1) 作図能力に関する調査の分析

描画や作図の結果は、以下の方法で判定した。具体的には、末富<sup>1)</sup>が行った評価方法をもとに、3名の技術科担当教師で検討を行い、図4-2に示す透明フィルムによる判定基準を作成した。

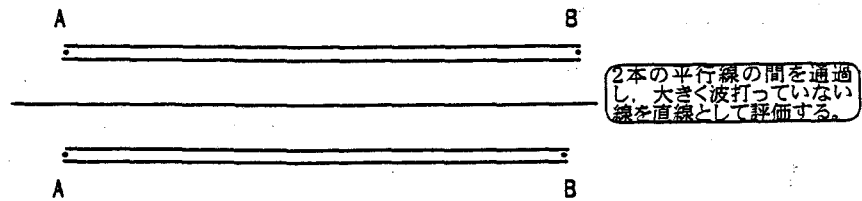
具体的な判定は、項目1-①の直線の描画の場合、基準線から上下1mmの間隔で引かれた2本の平行線の中に描かれた線の形状をもとに判定した。そして、線が平行線の内側に入っているものを1点、大きく波打ったり平行線からはみ出したもの、小刻みにぶれている場合は0点とした。②の円は、基準円の半径より2mm大きい半径の同心円と2mm小さい同心円を描き、点Bを通り●印をつけた3点で大小の円で囲まれた範囲に入るものを1点、はみだしたものは0点とした。すなわち描画技能に関しては、直線及び円の両方が描けている場合を4点、いずれか一つでも不十分な場合は減点し、0～4点の5段階で得点化した。

項目2の平行線と垂線の判定は、直線Aと平行な線が正確に引けたもの、点Bを通り直線Aと90度で交わる線が正確に引けている場合を1点、不正確な場合は0点とする判定基準を設定した。そして、これら4本の線がすべて引けている場合を4点とし、いずれか1本でも不十分なものがあれば減点し、作図技能を0～4点の5段階で得点化した。

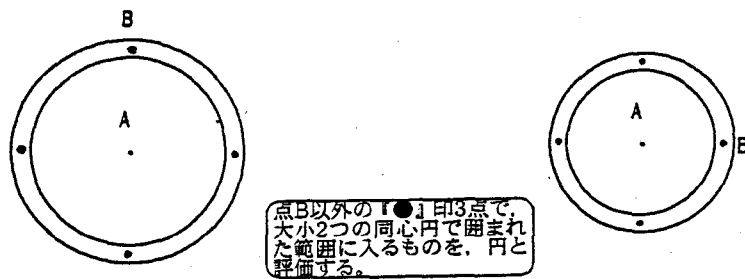
さらに、項目3の図法にもとづく製図技能の判定は、正面の形が正確に描けているものを1点、正面の形と奥行きが正確に描けているものを2点、正しい図面を3点とする判定基準を設定し、等角図、キャビネット図それぞれについて0～3点の4段階で得点化した。



1-①. 点Aと点Bを結ぶ直線を, フリハット<sup>®</sup> (製図用具は使わない) で正確に引きなさい。



1-②. 点Aを中心として点Bを通る円を, フリハット<sup>®</sup> (製図道具は使わない) でかきなさい。



2. 直線Aと、この線から離れた所に点Bがあります。点Bを通り直線Aに垂直な線と、点Bを通り直線Aと平行な線を、製図道具を使って引きなさい。

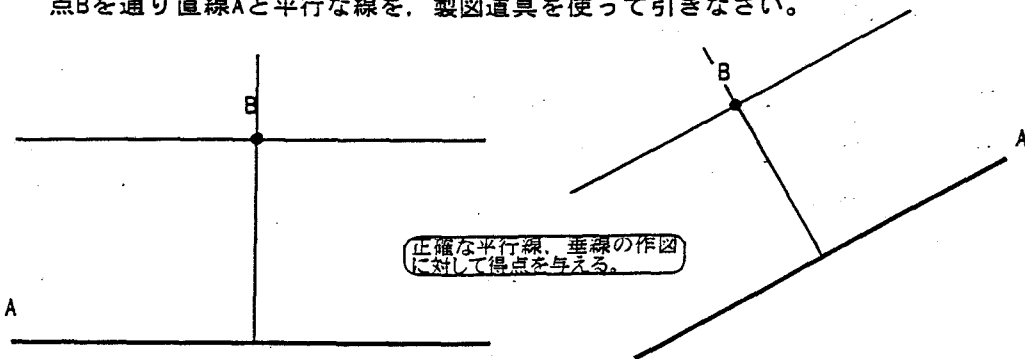


図4-2 作図能力の調査票の判定基準

## 2) 立体描画調査の結果

第1章及び2章で明らかにした立体の描画に必要な学習構造<sup>6)</sup>(図2-2～2-5)をもとに、ベテランの技術科担当教師3名に、生徒の描いた立体の描画結果の判定を依頼した。

具体的には、正面の形が描けているものを1点、正面と奥行きが描けているものを2点、立体の構成要素である面や辺が適切に描けているものを3点とする判定基準を設定した。そしてこの基準にもとづき、3名のうち2名以上の教師が描けていると判断した場合に得点を与え、立体描画能力を0～3点の4段階で評価した。このような手順で、立体の描画ができる生徒(立体描画能力の得点が3点)104名と、立体の描画ができない生徒(立体描画能力の得点が0点)107名を抽出し、表4-1に示す群構成を行った。

表4-1 調査対象の構成

群構成	立体の描画傾向	人数
立体の描画ができる生徒群	図法(等角法又は、キャビネット法)にもとづき、立体の描画が適切にできる生徒群。	104名
立体の描画ができない生徒群	正面の形や奥行きの表現が適切でないために、立体の描画ができない生徒群。	107名

## 3) 作図能力と立体描画能力との関連

本研究では、調査対象とした生徒の作図能力を把握するために、技能別の達成率、すなわち適切な描画や作図ができる割合を調査した。

その結果、図4-3に示すように、直線や円の描画技能、平行線や垂線の作図技能、図法にもとづく製図技能、さらに立体描画能力の達成率がいずれも50%以下となり、調査対象とした生徒の作図能力の実態が明らかとなった。ところで直線や円の描画は、中学1年生の段階では、一般的に

達成率が高くなければならない。しかしながら、この場合の達成率は、直線及び円の両方が描けている生徒の割合で判定したために低い値となったと思われる。そこで、直線と円それぞれ別々の達成率を調べたところ、直線は69.5%、円は55.3%となり、他の技能よりも高い割合を示した。したがって、これは判定基準によるもので、実際の描画技能の達成率はずっと高いと考えられる。このことから、各技能の達成率は、描画技能が最も高く、作図技能、製図技能の順に低下しており、3つの技能の間に段階の存在が推測された。

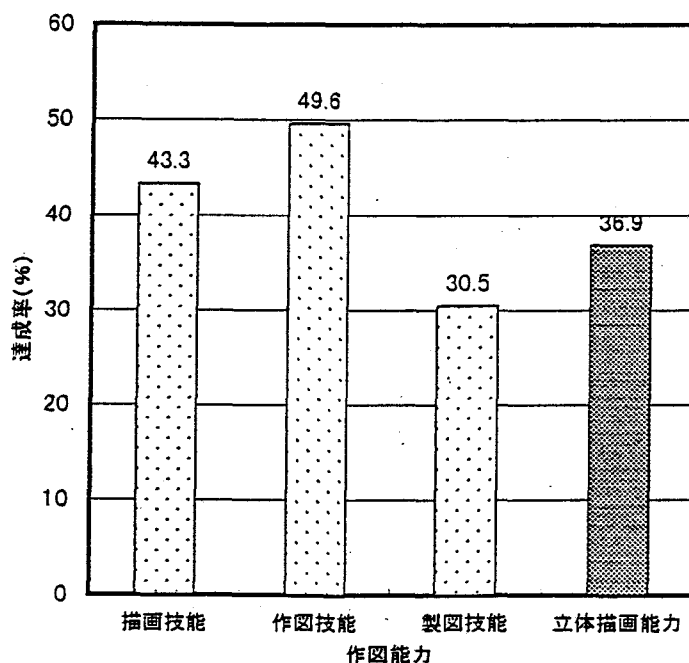


図4-3 作図能力の実態 (282名)

次に、立体が描画できる生徒と立体が描画できない生徒、それぞれの描画技能、作図技能、製図技能の達成率を分析したところ、図4-4が示すように、立体が描画できる生徒の方が、できない生徒に比べて、描画技能、作図技能、製図技能のすべてにおいて達成率が高いことがわかった。

このことから、立体の形状が的確に描画できる生徒は、作図能力も全体として高い水準にあることが明らかとなった。

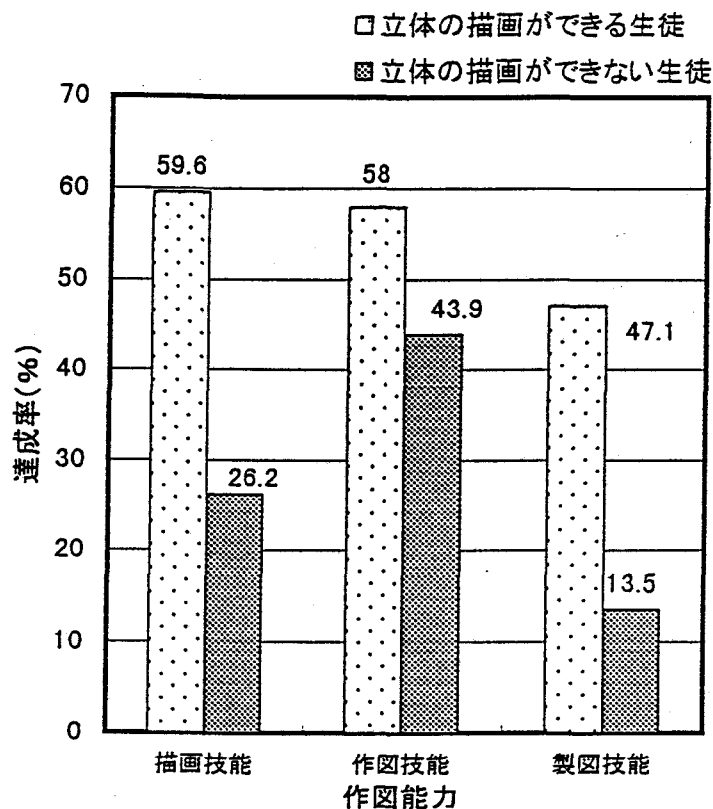


図4-4 立体描画能力別の作図能力(211名)

ところで、先に述べた平行線や垂線を引く作図技能は、図法にもとづく作図を行う以前に形成されていなければならない。そこで、作図技能に関する達成率の得点分布を調べた結果、図4-5が示すように平行線と垂線が正確に作図できない、すなわち3点以下の得点と評価された生徒数は142名に及び、調査対象全体の50.4%に達していることがわかった。また、とくに2点以下の生徒が多いことも明らかとなった。これは、図面を描くために必要な基礎的な作図技能が、中学1年の段階では十分に形成されていないことを示すものと考えられる。したがって、この結果は学習指導を行うに際して、とくに作図技能の向上を図ることが、技術科の製図学習における重要な課題であることを示唆するものと思われる。

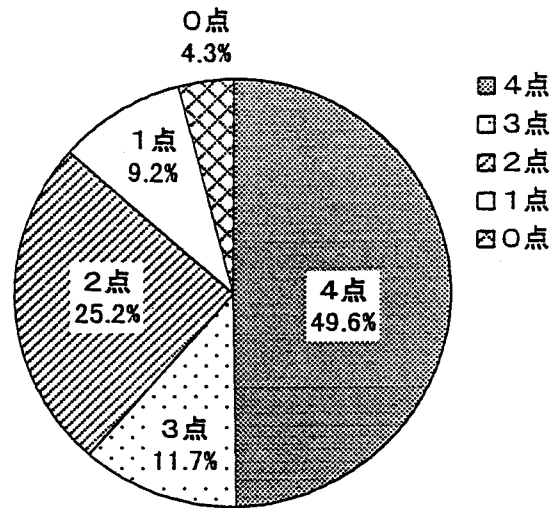


図4-5 作図技能の得点分布（282名）

次に、不等角法により描かれた立体の図を見せて、2種類の図法を用いて作図させ、製図技能が製図学習の履修後にどの程度形成されているかを調べた。

その結果、図4-6に示すように正確な等角図、及びキャビネット図が描けた生徒の割合は、いずれの場合も調査対象の40%前後であった。また、正面が描けているのは10%程度、正面から奥行きまで描けているのは15%前後であり、図法の違いによる達成率の相違は見られなかった。

このことから、立体の実物を見せて図を描かせても、予め立体に関する情報が図面として与えられても、とくに正面や奥行きの表現を困難とすることも明らかになった。

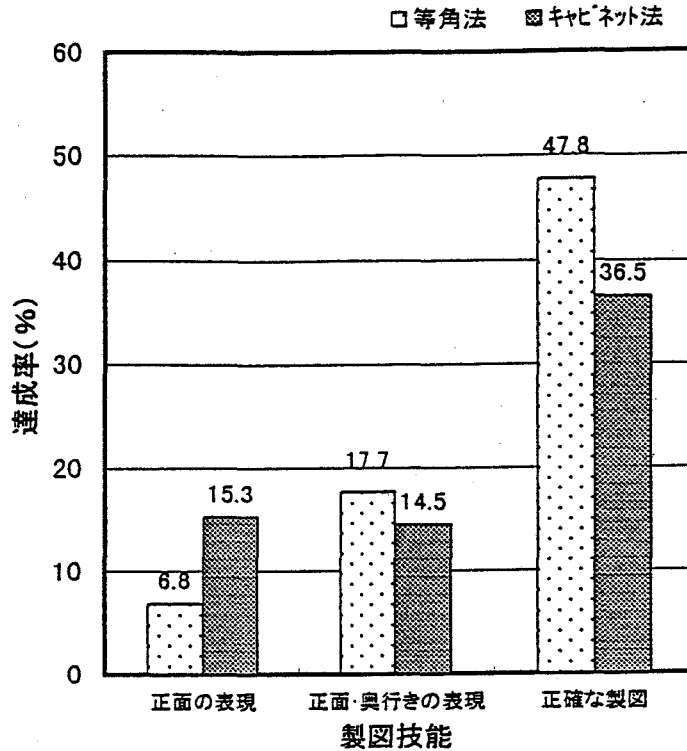


図4-6 製図技能の実態 (282名)

次に、これらの結果を踏まえて、立体が描画できる生徒とそうでない生徒の間に、作図能力の点で違いがあるかを調べるために、表4-2に示すように各技能の平均得点及び標準偏差を算出し、分散分析<sup>7),8)</sup>を行った。

その結果、表4-3に示すように、立体が描画できる生徒とできない生徒の間に、描画技能、作図技能、及び製図技能のすべてにおいて、危険率1%水準で有意差が認められた。このことから、立体描画能力と描画技能、作図技能、製図技能との密接な関連性の存在が明らかとなった。

表4-2 作図能力別の平均得点と標準偏差

描画技能			作図技能		
群構成	立体の描画が できる生徒群	立体の描画が できない生徒群	群構成	立体の描画が できる生徒群	立体の描画が できない生徒群
人数	104名	107名	人数	104名	107名
平均得点	3.38	2.39	平均得点	3.18	2.69
標準偏差	1.00	1.36	標準偏差	1.08	1.38

製図技能		
群構成	立体の描画が できる生徒群	立体の描画が できない生徒群
人数	104名	107名
平均得点	4.51	2.38
標準偏差	1.96	2.22

表4-3 作図能力の分散分析表

描画技能				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	47.0	1	47.0	32.6 **
誤差	300.7	209	1.4	
全体	347.7	210		** p<.01

作図技能				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	12.7	1	12.7	8.2 **
誤差	326.4	209	1.6	
全体	339.1	210		** p<.01

製図技能				
要因(SV)	平方和(SS)	自由度(df)	平均平方(MS)	F
下位要素	238.6	1	238.6	53.6 **
誤差	929.4	209	4.5	
全体	1168.0	210		** p<.01

#### 4.4 結 言

本研究は、中学1年生の描画技能、作図技能、及び製図技能の実態を調査し、立体描画能力の形成との関連を考察した。その結果、以下の点が明らかとなった。

- (1) 直方体の上部に立方体を載せた立体を提示し、その立体を描画させた場合、立体が描画できる生徒とそうでない生徒の間には、描画技能、作図技能、及び製図技能において、有意差が存在することが明らかとなった。
- (2) 中学1年生では、作図技能が十分に形成されていない実態が明らかとなり、基礎的な作図能力の形成が学習指導上の重要な課題であると示唆された。
- (3) 立体描画能力の形成には、『描画技能』、『作図技能』、『製図技能』と捉えられる段階性の存在が推測された。

以上のことから、立体が描画できる生徒は、作図能力が形成されていると考えられる。一方、立体が描画できない生徒は、作図能力の形成が不十分であるとともに、立体に関する情報が正確に認識できていないことも推測される。したがって、この点を改善するための対策として、基礎的な作図能力の向上、さらには奥行きや隠面を表現する能力の形成を図ることが、製図学習における課題の一つであると考えられた。



## 文 献

- 1) 末富正啓：線引き作業による巧緻性の研究(1)，日本産業技術教育学会誌 Vol.20 No.2, pp.157-160, (1978)
- 2) 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 Vol.25 No.4, pp.57-60, (1983)
- 3) 文部省：中学校指導書技術・家庭科編，開隆堂出版，pp.11-20, (1993)
- 4) 文部省：中学校技術・家庭指導資料・学習指導と評価，開隆堂出版，pp.46-55, (1993)
- 5) 文部省：小学校指導書算数編，東洋館出版，pp.45-52,61-74, (1996)
- 6) 松本英敏,松浦正史：中学生の立体描画能力の発達に関する基礎的研究，日本産業技術教育学会近畿支部講演論文集，pp.23-24, (1997)
- 7) 田中 敏,山際勇一郎：教育・心理統計と実験計画法，教育出版，pp.52-63, (1997)
- 8) 末永俊郎：社会心理学研究入門，東京大学出版会，pp.167-200, (1995)

## 第5章 結 論

現代社会では、生活に必要な製品は容易に入手することができるため、自分で設計し自分で作ることは殆どなくなっている。また学校においても、構想図や組立図を描いてものを作る機会は、唯一技術科の加工学習で行われるに留まっている。このような現実を考えると、本研究で課題とした立体描画能力の形成を図ることは、単に製図学習の一貫としてではなく、立体的な感覚や思考力、さらには空間の表現力を養う方策として有用と考えられる。また、この能力の形成は、技術科本来のねらいである『工夫し創造する能力の育成と実践的な態度の育成』にも結びつくと思われる。

ところで人間にとって、立体の構想図や見取り図を描いたり、言語や記号を介してその情報を他者に伝える能力は、学習活動や生活体験から習得されると考えられる。言うまでもなくその能力の基礎となっているのは、小学校の算数科や図画工作の学習で取り扱われている図形や立体の理解に関する知識、さらには技術科の製作学習で習得した構想や設計の能力である。また、この能力を支えるものとして、空間概念が重要な役割を果たしていると思われる。そこで本研究では、従来の研究において明らかにされていなかった立体を描画するために必要な学習構造を検討し、それに関わる心的操作の下位要素から構成される概念的枠組みを考えた。そして、この枠組みをもとにして、生徒の立体描画能力の形成を図るための製図学習指導の基本的な指針を得ることを目的とした。その結果、明らかになった点は以下の通りである。

立体描画に関わる学習構造及び構成要素をもとに、立体表現に必要な用語に対する生徒の意識を調査するとともに、立体描画調査を行った結果、(1) 立体描画の過程には『立体の認知』、『空間の表象』、『総合的技能』

と捉えられる学習構造の存在が推測された。また、立体描画に必要な構成要素に対する生徒の意識は、仮説として想定した構成要素間で著しい差異は認められず、特定の構成要素を認識していないことが明らかとなった。しかしながら、生徒は立体を描画する際に、奥行きや隠面の描画の段階で、とくに困難さをともなうことが明らかになるとともに、この段階の生徒は、立体の左側面を正面として作図する傾向があることも明らかになった。これらのことから、技術科における製図学習では、とくに奥行きや隠面の表現、すなわち立体表象能力の形成を図ることの重要性を認識した。

次に、立体表象能力の形成が立体描画能力との関連性を有するという仮説のもとで、心理的な空間認知概念の下位要素に関わる具体的な操作能力と立体描画能力を分析したところ、(2)『メンタルローテーション』、『論理的思考』、『立体イメージの構成』と解釈される要素間で相関が認められた。また、立体が描画できる生徒とできない生徒の間には、心理的な空間認知概念の理解に関して有意差の存在が明らかとなり、立体表象に関わる操作能力と立体描画能力との間に関連性の存在が推測された。そして、製図学習を通して生徒の空間概念の形成を図るためには、作図能力や立体描画能力の実態を分析し、生徒の立体表象能力を把握することが重要であり、これを踏まえた学習指導の展開が必要であると考えられた。

ところで、物体を描画する場合には、直線や円等の描画技能、平行線や垂線等の基礎的な作図技能、図法にもとづく製図技能が必要であることは言うまでもない。そこで、作図能力の実態を調査し、立体描画能力の形成との関連を考察したところ、(3)直方体の上部に立方体を載せた立体を提示しその立体を描画させた場合、立体が描画できる生徒とそうでない生徒の間には、描画技能、作図技能及び製図技能において、有意差が存在することが明らかとなった。また、中学1年生の段階では、作図技能が十分に形成されていない実態が明らかとなり、基礎的な作図能力の形成

が学習指導上の課題であると示唆された。さらに、立体描画能力の形成には、『描画技能』、『作図技能』、『製図技能』と捉えられる段階性の存在が推測された。これらのことから、立体が描画できる生徒は、作図能力が形成されていると考えられた。一方、立体が描画できない生徒は、作図能力の形成が不十分であるとともに、立体の形状や特徴に関する情報が正確に認識できていないと推測された。したがって、この点を改善する対策として、基礎的な作図能力の向上、そして奥行きや隠面を表現するために必要な能力の形成を図ることが、製図学習における重要な課題の一つであると認識した。

以上の諸結果から、技術科の製図学習では、生徒の描画や作図の実態を的確に把握することが重要であり、とくに一人ひとりの生徒に基礎的な作図能力を定着させることが、立体描画能力や空間概念の形成に結びつくと考えられる。そのためには、作図の基礎である平行線や垂線が引けるようになる製図学習の展開を行うとともに、立体の奥行きや見えない部分を適切に表現する能力を形成させるための教授－学習過程の検討が必要であることを認識した。また、これらの能力が形成される上で支えとなる空間概念の理解、すなわち人間が立体を見て頭の中でどのように認識し、それをどのような方法で表現するかという行為の過程を、さらに追研究することの重要性も強く感じた。

立体の形状を的確に表現する能力の基盤である空間概念やその概念的枠組みに関する研究は、認知心理学や発達心理学の視点から様々なアプローチが行われており、多くの知見や課題が示されている。本研究は、製図学習という限定された領域からではあるが、この問題を具体的な学習課題を通して考察できた点で意義があったと思われる。しかしながら、ここに記した諸結果は、その普遍性や研究の方向性という点で多くの課題が残されている。今後は、これらの点を十分に考慮した上で、さらに実践的

な研究を継続し，中学校現場における製図学習指導に役立てる所存である。

## 謝 辞

本研究の遂行並びに本論文をまとめるにあたり、種々有益なる温かいご指導、ご助言を賜りました兵庫教育大学学校教育学部生活・健康系教育講座技術分野の松浦正史教授に深甚なる謝意を申し上げます。

また、本論文作成にあたり有益なご指導を賜りました兵庫教育大学学校教育学部生活・健康系教育講座技術分野の諸先生方に心より感謝いたします。

また、公務忙しい中、本研究の実施に際し快くご協力いただきました姫路市立山陽中学校の能瀬 三成校長，西田 健次郎教諭，同市立琴陵中学校の増田 隆校長，坂本 泰三教諭をはじめ，調査に協力いただきました各中学校の先生方並びに生徒の皆様，そして勤務校であります姫路市立大白書中学校の福元 正典校長，炭崎 靖直教諭をはじめ，諸先生方，並びに生徒の皆様には厚く御礼申し上げます。

さらに、兵庫教育大学への長期派遣に同意下さいました兵庫県教育委員会，西播磨教育事務所並びに姫路市教育委員会の諸先生方に深く感謝いたします。

最後に、生活・健康系の院生の皆様には、ご協力並びにお力添えを頂いたことを記して感謝の意を表します。

平成10年（1998年）12月21日

松本 英敏

## 本論文に関する研究

- 松本英敏，松浦正史：中学生の立体描画能力の発達に関する基礎的研究，日本産業技術教育学会近畿支部第14回研究発表会講演論文集，pp.23-24，1997.11.3，京都教育大学
- 松本英敏，松浦正史：発達の視点から捉えた立体描画能力に関する研究の展望と課題，技術科教育の研究，Vol.3，No.1，pp.77-82，1997.12.13，愛知教育大学
- 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，平成7,8,9年度科学研究費補助金（基盤研究(C)（2））研究成果報告書，pp.1-20，1998.3，兵庫教育大学
- 松本英敏，松浦正史：空間認知概念の発達と立体描画能力を形成する構成要素に関する考察，近畿技術科教育研究会発表資料，1998.3.14，大阪
- 松本英敏，松浦正史：中学生の立体表象と描画能力の関連性についての研究，日本産業技術教育学会第41回全国大会講演要旨集，pp.45，1998.7.31，兵庫教育大学
- 松本英敏，松浦正史：中学生の作図技能と立体描画能力に関する研究，日本産業技術教育学会近畿支部第15回研究発表会講演論文集，pp.5-6，1998.11.14，大阪教育大学