

## 3DCADを用いた空間認識能力と製図技能の習得を関連付けた指導過程の提案

Proposal of a curriculum that links the acquisition of spatial perception  
and drawing skill using 3DCAD

紺谷 正樹\*

KONYA Masaki

山本 利一\*\*

YAMAMOTO Toshikazu

**【要約】**近年、ブラウザやPC性能の向上に伴い、多種多様な3DCADがオンライン上で提供されている。とりわけ、機能を限定とした児童向けの3DCADは直感的に描画できるよう様々な工夫がなされており、その利用操作教育に関して、短時間で済むようになった。本研究では、設計・製作段階における製図指導の際、生徒の空間認識能力に着眼し、図法の習得だけでなく、その資質能力の向上を目指すために3DCADなどを用いた指導過程を提案するものである。指導過程は、立体模型をメランスポンジで製作し次にそれらをオンライン3DCADで描画し自作IQパズルの説明書製作、最後に説明書の相互評価学習活動である。その結果、3DCADを用いた製図指導は空間認識能力の向上と手書きによる製図の理解度の定着につながったことが確認された。

**【キーワード】** 3DCAD、製図学習、空間認識能力、診断的評価

### 1. 緒言

平成29年告示の中学校学習指導要領解説技術・家庭編技術・家庭編<sup>1)</sup>(以後、学習指導要領と示す)には、技術分野の学習過程が、“課題の解決策や条件を踏まえて構想(設計・計画)し、試行・試作を通じて解決策を具体化する”と示されている。これまで技術・家庭科技術分野(以後、技術科と示す)は、「ものづくり」を学習する中核教科として、限られた授業時数に、体験的な学習を組み入れてきた。作品の製作に入る前に、構想(設計・計画)、試行・試作は、生産現場のものづくりでは一般的である。これらの事柄を技術科でも学習することが求められているが、限られた時間の中で作品を完成することが求められている現在の技術科の実態<sup>2)</sup>は、設計や試作を軽視する傾向が見られた。設計学習を遂行するためには、頭の中に描いた作品を2次元に表現する(製図)の力が求められる。

製図学習ならびに空間認識力に関する先行研究を調べると、山本<sup>3)</sup>らは、小学3年生から高校3年生を対象とした作図調査と、立体図で立体と切断面を示し、切り口の実形を選択させるMental Cutting Testを行い、学年を増すごとに正答率が上昇し、サイコロはキャビネット図に、ペットボトルのふたを描画した際には等角図に収束すると指摘している。また、誤答を分析した結果、奥行き表現においてつまずきが多いことを示唆した。切断面実形視テストにおいては、学年と共に正答率が上昇し、高校1年生と中学3年生の間に有意差が確認されたと指摘している。生活経験や算数・数学科、技術科などの学習が空間認識力の向上と関連すること

を示唆した。

また、宮越<sup>4)</sup>は、大学生において、投影法の意味や表現を理解していても立体を正しく認識し描くことは難しく、立体を描くためには実在しない形状を想像し、別な角度から見た姿を考えなければならず、その思考過程における誤りを発見しにくいと指摘している。

三浦<sup>5)</sup>らは、立体描画能力の形成を支援する学習指導方法を検討し、立体認識能力の高い生徒にはシミュレーションの活用が有効であること、立体認識能力の低い生徒の水準の低下を抑制するためにブロックを用いた構成操作の導入が有効であることを示した。また、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はあるが、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を指摘した。

大橋<sup>6)</sup>は、空間把握能力において必要な視点の移動を認知科学的に分析することで生徒の空間的イメージ能力の実態の指標を三つの観点に分類し調査した。1つめは単一の方向性において、心的視点移動は可能であり、生徒は紙面上の図形を空間的にイメージすることができる。逆に複数の方向性においては困難を来す。2つめは空間的イメージ化した事象の全体的な視点移動の心的操作は、可能であるが部分的な心的操作は困難を来す。3つめとして中学校3年生は認知機能的に、高次の視点移動の段階への過渡期であると指摘している。

また、近年はアプリケーションソフトウェアの発達により、様々な設計現場ではCADが製図の一般的な手法となっている。教育現場においてもCADや3DCADを活用した実践が報告されている。

\* 北海道月形町立月形中学校

\*\* 埼玉大学教育学部

飯塚<sup>7)</sup>らは、CADを導入するために技術科の教科書に使われている製図を書くことなどの目的に対していくつかの条件を設定した上で、導入の可能性を抽出し、教員免許取得者用に適したシステムについてCADを対象に検討を行った。その結果、製作物を設計するには立体的な部品の接続や構造設計が重要であることから、CADの授業教材として3DCADの利用も検討する必要があると考え、3DCADでは、キャビネット図、等角図、三角法の図面ではわかりにくいことも、CADを利用することによって確認でき、設計ミスを見つけるなどの機能を教えることが可能となり、技術科においてCADを用いた設計指導の必要性を示唆した。

川俣<sup>8)</sup>らは、空間認識能力はキャビネット図や等角図などの図法を学習しても、自然とは身につけることはできず、一定のトレーニングを積んで初めて育成できるものと指摘している。さらに、これまでの製図学習は空間認識能力のない子どもに対して、図法だけの解説していることに過ぎず、「立体グリグリ」などの3DCADを用いた学習を通して、空間認識力の育成を図った上で、試行錯誤を促し、その作品を共有することを前提とした製図学習が必要であると指摘している。

前述の学習指導要領<sup>1)</sup>において、CADという語句について、2箇所の記載がある。1つ目は、設計段階における構想の表示方法として、等角図および第三角法による正投影図に加え、発展的な学習内容としてCADの取り扱いが取り上げられている。ここでは、あくまでも設計段階におけるCADの活用を進めるものであり、3DCADに限定したものではない。また、算数科、数学科、図画工作科、美術科等の教科における様々な立体物の表示・表現方法との関連に配慮することに関する記述がある。2つ目は、課題の解決策を具体化する際に、3Dプリンタの活用につながるよう3DCADの活用による部品の形状や製作品の構造検討などへの活用を例示している。以上のことからCADの扱いは、「構想する際」と「具体化する際」においてそれぞれ発展的もしくは活用例として考えると解釈できる。この背景としては近年、フリーソフトウェアのCADにおいて機能が以前に増して充実しており、さらに直感的に操作できるようGUIが工夫されていることが要因と考えられる。

そこで本研究は、製図学習の指導において3DCADを活用した指導過程を検討し、生徒の空間認識能力ならびに製図能力の形成を図る指導過程を提案する。

## 2. 指導過程作成の観点

技術科で扱う製図学習は、等角図および第三角法が対象となっている。また、これらの指導においては、算数科、数学科、図画工作科、美術科等の教科における立体物の表示・表現方法との関連に配慮することが望まれる<sup>8)</sup>。学習指導要領の総説に示されたカリキュラム・マネジメントの実現を目指すためにも、数学科と技術科の指導時期に配慮した年間指導計画の立案に取り組

んだ。また、CADによる立体図形の表現を計画的に組み入れた授業計画を検討することとした。

### 2.1 授業計画の作成

中学校での教育実践に先がけ、3DCADと3Dプリンタに関する教員研修の先行研究<sup>9)</sup>で得られた知見を基に指導計画を構想した。

教員研修で得られた知見は、「空間認識能力の形成に効果的である」、「3Dプリンタでの出力が意欲の関与に関与する」、「数学・美術・理科などの教科横断的な指導の重要性」、「教育環境整備の必要性」である。これらの知見を基に、表1に示す授業計画を立てた。その特徴の1つ目は生徒の空間認識を確認するために、手に取って触ることのできる実物の立体を用意し、診断的評価を行う。2つ目は3DCADによる立体描画で終わるのではなく、そのデジタルデータを3Dプリンタに出力することで、これからの新しいものづくりであるデジタルファブ리케이션としての活用例を生徒に示す。3つ目は製図学習の指導時期を数学科で空間図形を指導する時期に合わせることである。数学科では第1角法による正投影図を学習内容として扱い、その正投影図から立体図形を生徒に回答させる。

表1 製図指導に関する指導計画

校時	授業内容
1	診断的評価（第1回）、キャビネット図、
2	等角図の指導、第三角法による正投影図の指導
3	メラニンスポンジによる立体模型の製作と3DCADの基礎技能の指導
4	3DCADを用いた自作IQパズルの説明書の製作
5	生徒間における説明書の相互評価
6	空間認識能力の診断的評価と製図技能の試験
※	3Dプリンタによる出力（放課後）

## 3. 授業実践

### 3.1 期日および対象

2017年12月に公立中学校第1学年15名（男子9名、女子6名）を対象に実施した。製図学習に関して初学者であり、数学科における空間図形の指導の前段として実施した。技術科のA「材料と加工に関する技術」における製図学習に相当する6単位時間を配当した。

### 3.2 1校時 生徒の実態把握

生徒の空間認識能力を確認するために、図1に示すように市販されているIQパズルを生徒に配布し、それを組み立てるのにどれだけ時間がかかるかを計測した。

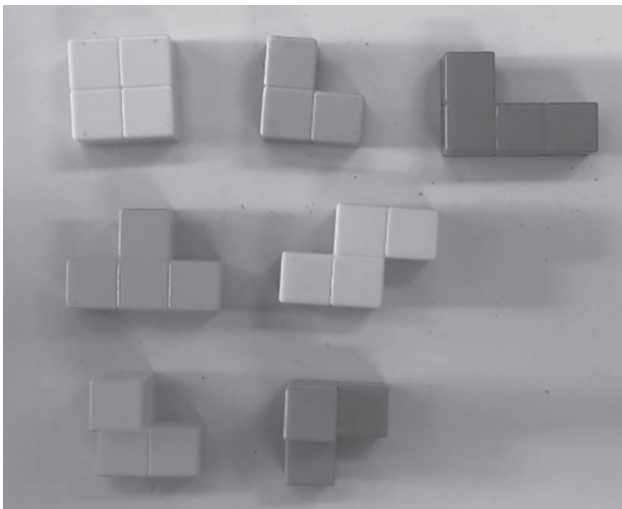


図1 市販されているIQパズル

組み立てるための制限時間を1分間として、一番早い生徒で、13秒で組み立てることができた。遅い生徒は1分間では完成することができなかった。平均すると24秒であった。その後、完成できなかった生徒のために、付属の説明書を配布し、完成させた。その時の生徒の活動の様子を図2に示す。



図2 生徒がIQパズルを組み立てている様子

### 3.3 1校時 キャビネット図の指導

キャビネット図を指導する際に、前段で使用したIQパズルの部品を使用した。IQパズルの部品は、直方体、L字型の立体、凸型の立体などの簡単なものから、幾つかの立方体を組み合わせた複雑な立体まで7種類ある。まず、全員に直方体をキャビネット図で描画させた。その後、自由課題として、制限時間を20分間とし、生徒自身にキャビネット図で描画するIQパズルを選ばせ、描画させた。IQパズルを平均より早い時間で組み立てることができた生徒は、時間内に7種類のパズルすべてを描画することができた。

一方、IQパズルを組み立てるのに時間がかかった生徒は、一つの立体に対して、「前・後」、「表・裏」、「上・下」、「斜め・横」と様々な角度から、何度も立体を回転させながら立体を構成する面の認識を確かめながら、一定の時間をかけ、図形描画に取り組んでいた。また、

描画する立体は直方体→L字型→凸型という順番で図形を選んでいった。

### 3.4 2校時 等角図の指導

キャビネット図の指導と同様にIQパズルの部品を生徒に選択させた。キャビネット図では、その正面図を方眼紙に対して実寸で描画するため、生徒はスムーズに正面図を描画することができた。一方、等角図では、正面図を傾けて描くため、若干の戸惑いを見せる生徒がいた。その原因はまず、斜眼紙を初めて利用することが大きな要因と考えられる。そこで自作した10mmのマスのものを用意し、IQパズルは立方体で構成されており、その1辺を10mmとして考えさせ、理解を促した。

### 3.5 2校時 第三角法による正投影図の指導

第三角法による正投影図の指導において、これまでと同様にIQパズルを使用した。生徒は前時の等角図で同じものを使用しているため、等角図の描画方法と正投影図における描画方法の違いを認識しながら描画していた。IQパズルの1ブロックあたりを10mmの縮尺で方眼紙に描画させた。空間認識能力と描画能力が低い生徒に対しては、IQパズルをそのまま方眼紙になぞらせ、その図形描画の特徴の理解を深めさせた。その時の生徒の活動の様子を図3に示す。

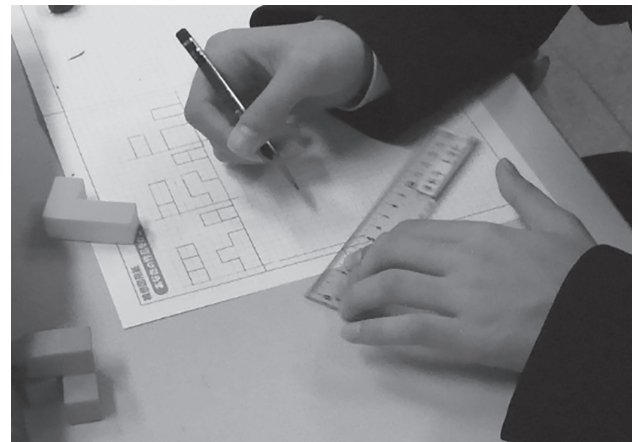


図3 IQパズルを正投影図で表している様子

### 3.6 3校時 3DCADの基礎技能の指導

キャビネット図、等角図、第三角法による正投影図を一通り指導したあと、3DCADでの基礎技能を習得させるために、その描画対象として生徒は市販されているIQパズルを参考に清掃用具として販売されているメラニンスポンジでIQパズルの部品を製作した。接合方法は何度も試行錯誤させるために木工用ボンドでなく爪楊枝で簡易的に接合させた。その時の生徒の活動の様子を図4に示す。



図4 メラニンスポンジで立体模型を製作

本研究で使用した3DCADはAutoDesk社のオンラインソフトウェアである。PCの性能に依存することなく利用可能である。一般的な3DCADとの違いは、事前に基本的な立体が用意されており、その寸法を変えたり、2つの図形をグループ化したりするなどしてさまざまな立体を描画する。その基本的な立体を図5に示す。この3DCADにおけるIQパズルの描画方法は、前述のメラニンスポンジを組み合わせてパズル部品を製作する活動と類似しているため、生徒は、教師による最小限のコマンド説明だけで立体描画に取り組んでいた。

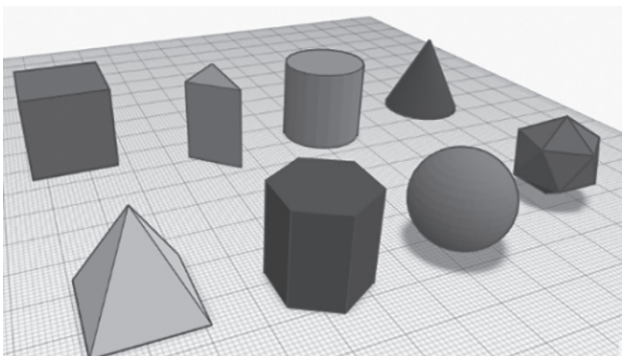


図5 事前に用意されている基本的な立体

操作の特徴は事前に用意された立体をマウスの左クリックでドラッグ&ドロップをしながら座標平面に配置した後、寸法を変更する。これが基本的なコマンドである。そして、複雑な立体を描画する際には、事前に用意されている立体を組み合わせ、グループ化する。生徒が、作業平面に配置された立体の見る角度を変える場合には、右クリックで作業平面を動かす。非常に簡単な操作で立体を自分の見やすい方向に視点を変えることができる。この活動を通して、生徒は、心的回転を具体的な身体活動を通して身につける。その時の生徒の活動の様子を図6に示す。



図6 3DCADを活用している様子

### 3.7 4校時 自作IQパズルの説明書製作

市販されているIQパズルは、立方体が27個の組み合わせで構成されている。3DCADの応用課題として、まず、メラニンスポンジを27個用意し、自作IQパズルを製作させた。その生徒作品例を図7に示す。

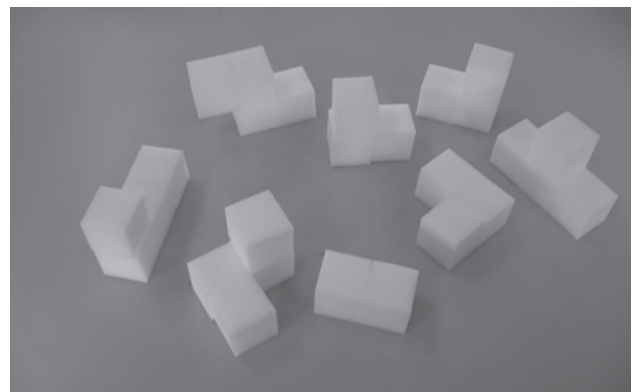


図7 生徒が自作したIQパズルの作品例

その後、市販品のIQパズルの説明書を参考にしながら、自分が考えたオリジナルなIQパズルをどのように配置し、組み立てたらよいか、その組立説明書を3DCADで描画させた。IQパズルを組み立てるのに時間がかかった生徒は、視点を変えるなどして、パズルの部分と部品の距離を変えながら、自分なりに見やすい説明書作りに集中していた。その生徒作品の一例を図8に示す。

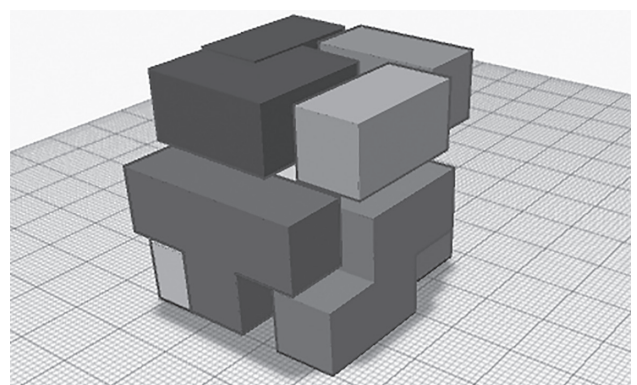


図8 生徒が自作した組み立て説明書

### 3.8 5校時 説明書の相互評価

生徒の製作した説明書に対して生徒間による相互評価を実施した。その評価方法として、1班あたり4人で構成し、その班の中で相互評価させた。3色の付箋紙を活用した。青色の付箋紙は見やすい点、赤色の付箋紙は改善点、黄色の付箋紙は疑問点を記入させた。班での相互評価が終わり、生徒自身の作品が手元に戻ったとき、まずその内容よりも、自分の説明書の評価が色で認識することができた。そのときの付箋が貼付された説明書を図9に示す。

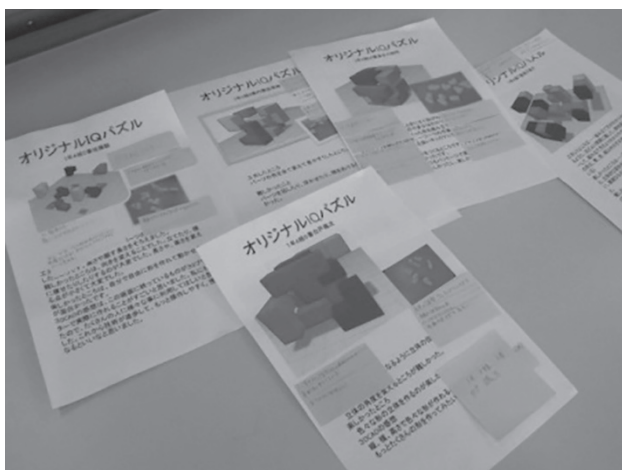


図9 自作IQパズルの説明書

### 3.9 6校時 空間認識の診断的評価と技能試験

前述した資料<sup>2)</sup>には、全14問の心的回転に関する診断的評価問題が用意されている。図10に示すように、左端に提示立体を置き、その提示立体をX軸、Y軸、Z軸方向に回転させた正解が1つだけ回答群の中に用意されている。残りの立体はそれに類似した別の立体である。生徒に対して、実際にその提示した立体を前述した既習済みの3DCADで描画させることで、その回答を選択させる方式を採用した。その結果、回答数にバラツキはあったものの、誤答はなかった。また、技能試験においては、教科書に掲載のある練習課題に対して斜眼紙と方眼紙を用いて実施した。

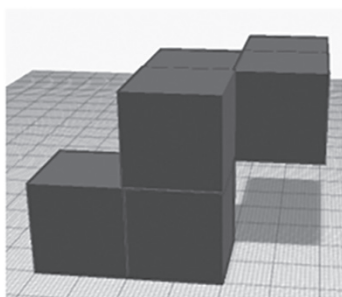
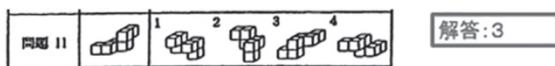


図10 診断的評価とその回答例

### 3.10 放課後における3Dプリンタによる出力

デジタルファブリケーションの一端を体験させるために、3Dプリンタによる出力を行った。寸法のサイズは30mm×30mm×30mmである。一つの作品を出力するのに約50分程度である。授業の開始時において、3Dプリンタの出力の開始を行えば、授業終了時には完成している。生徒は、積層型3Dプリンタの成形の段階を観察することができる。そのときの3Dプリンタによる出力の様子を図11に示す。

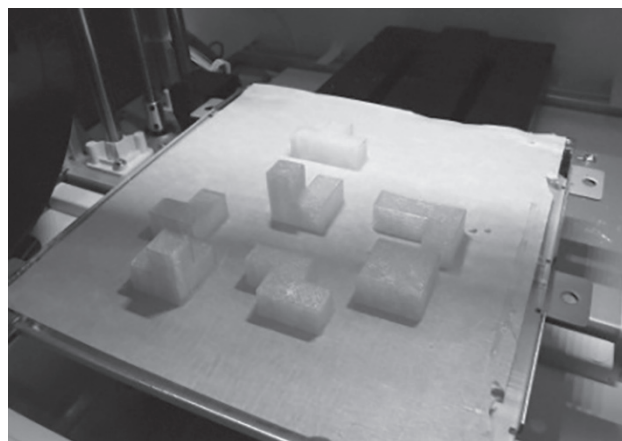


図11 3Dプリンタによる出力

## 4. 調査

### 4.1 調査内容

調査は、授業後に実施した。調査項目は、八木<sup>10)</sup>らがCAD実習における生徒の状態把握のために活用した調査の項目を参考に、表2に示す質問項目を設定し、生徒の学習状況を把握した。調査は10分間の時間を設定し、生徒に回答させた。

表2 意識調査の質問項目

	質問内容
質問1	手書きで立体を正しく書くことは将来役に立つ
質問2	手書きで立体を正しく書けることは考える力の育成につながると思う
質問3	手書きで立体を正しく書けることは意思伝達に役に立つと思う
質問4	設計の仕事(工業製品のデザイナーや建築士など)に興味を持つようになった
質問5	3DCAD(Tinker CAD)を活用することは「キャビネット図」を理解するのに役に立つと思う
質問6	3DCAD(Tinker CAD)を活用することは「等角図」を理解するのに役に立つと思う
質問7	3DCAD(Tinker CAD)を活用することは「第三角法による正投影図」を理解するのに役に立つと思う
質問8	3DCAD(Tinker CAD)を活用することは「IQパズル」を組み立てるのに役に立つと思う
質問9	コンピュータで立体を正しく描くことは将来役に立つ
質問10	コンピュータで立体を正しく描けることは考える力の育成につながると思う
質問11	コンピュータで立体を正しく描けることは意思伝達に役に立つと思う
質問12	学校以外で、ものづくりの場面において3DCADを活用していきたい
質問13	3DCADを活用する上での利点は何ですか
質問14	3DCADを活用する上での不自由さは何ですか
質問15	3DCAD活用でのその他全般に対する意見は何ですか。

質問1「手書きの将来性」、質問2「手書きにおける立体描画と思考力の関連性」、質問3「手書きにおける立体描画と意思伝達の関連性」、質問4「製図教育と職業の関連性」、質問5「キャビネット図の理解への3DCADの影響」、質問6「等角図の理解への3DCADの影響」、質問7「第三角法の理解への3DCADの影響」、質問8「IQパズル組立の理解への3DCADの影響」、質問9「コンピュータによる立体描画の有用性」、質問10「コンピュータによる立体描画の思考力」、質問11「コンピュータによる立体描画の意思伝達」、質問12「3DCADの活用性」について、それぞれ4件法で尋ね、生徒の実態を把握した。調査の回答は、A:4点、B:3点、C:2点、D:1点と点数化し、平均と標準偏差を求めた。

また、自由記述として質問13「3DCADを活用する上での利点は何ですか」、質問14「3DCADを活用する上での不自由さは何ですか」、質問15「3DCAD活用でのその他全般に対する意見は何ですか」と3項目で調査した。自由記述調査では頻出語数や内容を確認し、生徒の意見を分類・整理することとした。

#### 4.2 調査結果

調査結果を表3に示す。

表3 授業後における意識調査の結果

	平均	S.D
手書きの将来性	3.27	0.93
手書きによる立体描画と思考力の関連性	3.87	0.34
手書きによる立体描画と意思伝達の関連性	3.27	1.00
製図教育と職業の関連性	2.53	0.96
キャビネット図の理解への3DCADの影響	3.60	0.49
等角図の理解への3DCADの影響	3.33	0.87
第三角法の理解への3DCADの影響	3.00	1.03
IQパズル組立の理解への3DCADの影響	3.27	0.77
コンピュータによる立体描画の有用性	3.07	0.85
コンピュータによる立体描画の思考力	3.20	0.91
コンピュータによる立体描画の意思伝達	2.93	0.93
3DCADの活用性	3.47	0.72
	n=15	

質問1「手書きの将来性」の回答の平均は、3.27と比較的高い値を示し、手書きの有用感を肯定的に捉えていることが示唆された。質問2「手書きにおける立体描画と思考力の関連性」の回答の平均は、3.87と高く、生徒は、手書きによる立体描画は思考力の育成には大きく寄与していることを実感していることが示唆された。質問3「手書きにおける立体描画と意思伝達の関連性」の回答の平均は、3.27であった。生徒自身が思い描いた立体を相手に伝える手段として、手書きによる立体描画の必要性を感じていることが示唆された。質問項目1～3に対する回答の平均は、いずれも高い数値を示した。このことから、立体を正しく描画できる能力の獲得は生徒の未来感、有用感に大きく影響を及ぼすものであることが示唆された。

質問4「製図教育と職業の関連性」の回答の平均は、2.53と中間的な値を示した。授業内において、設計の

仕事の例を提示する機会が少なかったため、その興味・関心を生徒に対して促すことができなかつたためと考える。このことから、社会の中で、3DCADがどのように活用されているのか具体的な事例の説明が必要であることが示唆された。質問5「キャビネット図の理解への3DCADの影響」の回答の平均は、3.60と高い値を示した。キャビネット図の正面図を実測で描画することと、3DCADによる寸法を入力しながらの立体描画の操作の類似性を実感できたためと予想できる。質問6「等角図の理解への3DCADの影響」の回答の平均は、3.33と高い数値であった。キャビネット図に比べ、低い結果となった。3DCADにおける立体描画では、等角図のように正面図と奥行きに対する2つの等しい角度の表現が難しかったためと考える。質問7「第三角法の理解への3DCADの影響」の回答の平均は、3.00と比較的高い数値であった。キャビネット図や等角図に比べると、低い結果であった。正投影図の特徴である立体を正面図・平面図・側面図といった3つの視点で分類した表現方法と類似性が薄かったためと考える。このことから、正面図と奥行きを用いて描画するキャビネット図と等角図においては、3DCADの活用は有効であることが確認できた。質問8「IQパズル組立の理解への3DCADの影響」の回答の平均は、3.27と高い数値であった。座標平面を回転移動しながら、自分の見たい視点に移動できる点が有意に感じ、授業を通して理解できたことがその原因と考える。

また、実際に手に取って触ることのできる立体IQパズルを3DCADで描画させることは、IQパズルを回転させながら生徒自身の視点を変えることと同様のことがモニタ上で実現できるため、その3DCADの技能習得に影響があったと考える。

質問9「コンピュータによる立体描画の有用性」の回答の平均は、3.06と比較的高い数値であった。生徒の身の回りではまだ3DCADの活用場面が少なかったためと考える。質問10「コンピュータによる立体描画の思考力」の平均回答は、3.20と高い数値であった。コンピュータを用いると即時的な操作によって、自分の見たい視点に立体を回転移動できる点が影響したと考える。質問11「コンピュータによる立体描画の意思伝達」の回答の平均は、2.93と中間的な数値であった。まだ、生徒は意思伝達としての活用場面の頻度が少ないためと考える。

質問9、質問10、質問11の回答の平均は3.07、3.20、2.93といずれも中間的な数値から高い数値を示しながらも、手書きによる立体描画はコンピュータによる立体描画に比べ、その有用感が有意に働いていることが確認できた。

質問12「3DCADの活用性」の回答平均は、3.47と高い数値であった。生徒が作成した3DCADのデジタルデータを3Dプリンタによって出力した。3Dプリンタの台数が限られているため、放課後に実施した。実生活における活用場面に対して影響をもたらしたと考

える。

次に、自由記述の各質問に対して、特徴的な語句を抽出し分類した。質問13の活用上の利点においては、特徴的な語句をもとにして、2つに分類できた。1つ目の分類の特徴的な語句は「思考の整理に関する記述」である。生徒の感想の代表例は「創造しにくい形をパソコンで作ることで動かしたりすることで、視点が変わり、整理できた」という意見である。2つ目の特徴的な語句は「技能習得に関する記述」である。生徒の感想の代表例は「手で描く立体は苦手だけど、パソコンを用いると簡単に立体を描くことができる」という意見である。パソコンの画面上で立体描画をシミュレーションすることは、立体をイメージする能力と手書きにおける立体描画の手がかりとして有効であることが示唆された。

質問14の活用上の不自由さに関しては特徴的な語句をもとにして2つに分類できた。1つ目の分類は「コンピュータの性能に関する記述」である。生徒の感想の代表例は「連続して色々な作業を入力すると、遅れることがある」という意見があった。2つ目の分類は「操作性における記述」である。生徒の感想の代表例は「あらかじめ用意されている立体をびったりにくっつける作業をマウスで行うと何度も何度も試行錯誤しなければいけなかった。」という意見である。今回使用した3DCADはオンライン環境下における利用であったため、その時々ネットワーク環境に影響を受けることが起因していることが予想される。

質問15の3DCAD活用全般に関しては特徴的な語句をもとにして2つに分類できた。1つ目の分類は「操作ミスの訂正の手軽さ」である。生徒の感想の代表例は「手書きの時にミスした場合、消しゴムなど手間がかかるが、3DCADではボタン一つで、前の状態に戻すことができる」という意見である。2つ目の分類は「難しさと楽しさの共存」である。生徒の代表的な感想例は「思ったより難しかったが、スリルがあって楽しかった」という意見があった。このことは3DCADのGUIが精練されており、生徒が直感的に操作できることを裏付ける結果となった。

これらの調査結果より、技術科の製図指導における3DCADの活用は、指導してきたキャビネット図・等角図・第三角法による正投影図の理解に対して教育的効果があり、さらに、生徒は、3DCADの操作利用に関して、直感的に理解することができ、生徒自身が3DCADの実践的な活動を通して、その利点や欠点を認識し、今後の生活に活かそうとする資質の向上が示唆された。

## 5. おわりに

本研究では、設計・製作段階における製図の指導過程において図法の習得だけを取り扱うのではなく、生徒個人の空間認識能力向上を目指した簡単なものづくりや診断的評価を実施し、個に応じた指導方法の実践を検証した。得られた知見を下記に示す。

- (1) 3DCADを活用した空間認識能力の向上と製図の図法の習得との関連付けを意識した指導過程を提案し、6単位時間の授業で実践することができた。
- (2) 製図指導において、生徒が市販のIQパズルを用いた様々な視点からそれぞれの面を確認するといった直接的な身体活動を通じた図形描画は、3DCADの指導の際に役立つことが確認できた。
- (3) 市販のIQパズルならびにメラニンスポンジにおける自作のIQパズルの製作は3DCADの技能習得の際に、モニタ上で起きている操作画面と実物による視点の変更が類似しているため、その技能習得には有効であった。
- (4) 3DCADの活用は技術科における製図指導の図法における理解の向上に対して効果があった。
- (5) 3DCADで描画された立体を自分の意志で見たい視点に操作することは生徒自身の空間認識能力の自己認識につながり、その描画技術を習熟するにつれその資質能力の向上につながった。

これらのことから、3DCADソフトウェアを活用した製図学習はその図法の理解ならびに空間認識能力の向上に一定の学習効果が上げられることが示唆された。

一方、従来の製図学習の図法の技能習得に配当されている時間は2～3時間程度である。それに加え、製図学習の時間に3DCADを活用した学習を取り入れることは、限られた技術科の授業時数に負担がかかる。よって、構想・設計段階に配当されている時間において、手書きで描画していた時数を3DCADによる描画にすることで時間短縮を図り、さらに、材料や強度等の視点から、部品の形状や製作品の構造に対して最適化することが有効活用することが必要である。

## 【謝辞】

本研究を遂行するあたり、北海道教育大学札幌校柙淵信名誉教授には、俯瞰的な立場でご指導をいただきましたことに感謝の意を表します。

## 【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 技術・家庭編, 開隆堂(2017)
- 2) 技術教育研究会:製図学習これまで・いま・これから～ものづくり力・創造力の原点, 空間的な思考力の育成～, 技術教育研究別冊3号, pp. iii-vi (2007)
- 3) 山本利一・飯塚美咲・堀江美子・本郷 健・矢野博之:児童・生徒の作図能力及び空間認識能力に関する調査研究, 日本産業技術教育学会技術教育分科会, 技術教育の研究, 第18号, pp. 27-34 (2013)
- 4) 宮越直幸:立体図形描画におけるメタ認知学習の効果について, 日本図学会, 図学研究, 第46巻, 第2号, pp. 13-16 (2012)

- 5) 三浦吉信・上之園哲也・島田和典・森山 潤：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－，兵庫教育大学教科教育学会紀要，第23号，pp.17-24 (2010)
- 6) 大橋幸夫・松本伸示：理科学習における中学生の空間的イメージに関する基礎的研究 (1) 視点移動の分析を通して，日本教科教育学会誌，第18巻，第1号，pp.31-36 (1995)
- 7) 飯塚正明・田邊 純：技術科教員免許取得者用CAD教材の検討，千葉大学教育学部研究紀要，第66巻，第2号，pp.359-362 (2018)
- 8) 前掲1)，pp.29
- 9) 山本利一・寺山昌史：3Dプリンタを活用したスターリングエンジンの仕組みの理解を支援する教材開発と教員研修による評価，日本産業技術教育学会誌，第55巻，第2号，pp.111-116 (2013)
- 10) 八木秀次・有光 隆：製図教育におけるCADの導入と学生の反応，日本工学教育協会，工学教育，第62巻，第5号，pp.56-60 (2014)