

斜投影図法、等角図法等を用いた立体図形の 作図能力獲得に関する実践研究

— 中学校技術科におけるアクションリサーチから —

A Practice Study on Acquisition of the Solid Figure's Drafting Ability:

From the action research on the department of technological science in a junior high school

石上靖芳*

Yasuyoshi ISHIGAMI

（平成21年10月6日受理）

要約 平成20年度、静岡市A中学校技術科1年生において、斜投影法、等角図法、第三角法による立体図形の作図能力の獲得状況を明らかにするため、アクションリサーチに取り組んだ。その結果、レディネス調査により小学校の段階においては、立体図形の作図能力が獲得されていないことが判明した。また、授業終了後の事後、3ヶ月後に遅延パフォーマンステストを実施し作図能力獲得を測定した。その結果、生徒の76.1%（斜投影法）、88.2%（等角図法）、71.9%（第三角法）の正解率で作図能力が定着していたことが明らかとなった。

キーワード：アクションリサーチ 作図能力 製図法 中学校技術科

1. はじめに

小中学校においては、新学習指導要領の改訂内容に関する告示（平成20年3月文部科学省）がなされ、平成21年から移行措置に入り、小学校では、平成23年度完全実施、中学校では平成24年度完全実施となる。今回の改訂においては、一連の学力低下論争に端を発するゆとり教育への批判、OECDのPISA調査をはじめとする国際調査などの学力の低下傾向などの結果などの影響を強く受けたものであるといわれている。その結果、現学習指導要領の理念は継承することは前提とするものの、習得と活用のサイクルを重視すること、言語活動の充実などが強調されている。また、中学校においては、教育課程においては、年間時数の増加、各教科の時数の増加、選択教科の廃止、実質の総合的な学習の時数の減少などの改訂が盛り込まれ教科教育を重視する流れへと転換が成されている。

筆者は、20数年に渡って中学校の技術科の教師という立場から技術科の教育に携わってきた。今回の学習指導要領改訂においては、大半の教科において週時数週2～3時間増加したにも関わらず、美術科・音楽科とともに時数増加がなかった教科の1つである。技術科の年間授業時数は、1、2年が35時間、3年が17.5時間である。とくに3年生の技術科においては、実質13～15時間程度の実施にとどまっており、教材の選定、授業の運営、評価・評定の問題など課題

* 大学院教育実践高度化専攻

が山積している現状がある。技術・家庭科の目的は、学習指導要領（文部科学省：平成20年3月告示）によれば、「生活に必要な基礎的・基本的な知識及び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。」こととしている。このような生活技術に関する創造性や実践的な態度を確実に育てていくといった観点から教科の目的を実現していくためには、技術・家庭科の置かれている状況は極めて厳しいものがあるといっても過言ではない。

こうした状況を鑑みた時、少ない授業時数を効果的に使い、実践を通して、生徒たちの基礎・基本の学力の定着を図っていくかは、技術・家庭科の教師に課せられている喫緊の課題である。すなわち、厳しい制約条件のある中で基礎・基本の定着を図るとともに、質的な充実を保障する授業実践の実現が要求されているのである。こうした問題意識を前提にして、1年生の技術科の授業においてアクションリサーチを実施した。アクションリサーチに関しては、様々な解釈が散見されるが、佐野（2000）によれば、「教師が授業を進めながら、生徒や同僚の力も借りて、自分の授業への省察とそれに基づく実践を繰り返すことによって、次第に授業を改善していく授業研究」としている。同様に秋田（2005）は「教育の実践者である教師の資質向上によって、実践を改善することをめざして行われてきた。それは、実践者が直面している具体的で雑然とした複雑な現実を認め、ともに探求していく方法である。理論的抽象化によって事例を単純化しようとしたり、事例の特定変数だけに光りをあてた一般化理論を生み出すものではない」としている。これら内容を本研究に援用するならば、実践者が研究者（teacher as researcher）として今までの授業実践を振り返り、より効果的にするための改善手立てを構想し、実践を通してその効果を確認することとして捉えることができる。また研究者としての視点から、実証的なデータ（evidence based practice）をとることにより改善点を可視化し、実践と研究を同時に進めることで授業改善を図ることでもある。

そこで本研究においては、1年生の技術とものづくりの導入部分で扱う製図の学習9時間に焦点をあてる。製図とは、ものを作るためにその物の形を詳細に示すために描かれる、言わば共通の言語である。設計者と製作者が異なる場合、製図は設計の意図を伝えるために極めて重要な情報である。そのため、製図する際には日本工業規格（JIS）によって規格化されており、線の種類や描き方に意味が定められている。したがって最低限の製図に関する共通の規約や手続きを理解し習得する必要がある。これから技術を学んでいく上でも、基礎・基本となる部分であり、ここでの知識と技術の習得から、その後学習する内容である、木材を主材料とする日常で使う作品・設計（活用）の設計へとつなげていくことのできる単元となる。また、美術や数学などの教科における立体図形の描画に有機的な関連を図れる部分でもある。こうしたことから確実な定着が求められる内容であり、その定着がどの程度なされているのかどうかを実証的なデータにより検証し、その具体的な内容や状況を明らかにしていくことは技術教育にとって価値が高いものであると考える。

2. 研究方法

アクションリサーチを具体的に実施するにあたって、佐野（2005）は、表1に示したように「(1) 問題の確定」「(2) 予備的調査」「(3) 仮説の設定」「(4) 計画の実践」「(5) 結果の検証」「(6) 報告」までの6つをマネジメントサイクルとして示している。本研究においては、このマネジメント

サイクルを参考にしてアクションリサーチを実施する。すなわち、「(1)問題の確定」においては、立体図形の製図能力獲得について明らかにすることを基軸とする。「(2)予備的調査」として立体図形の製図作成能力等のレディネス調査を実施し生徒たちの学習状況を分析する。「(3)仮説の設定」として、授業改善を目的とした手立てを講ずることにより作図能力獲得者80%を目標に設定する。手立てとは、製図学習の授業展開、適切な授業時数や授業形態等を検討することである。ここでは単元の検討として取り扱う。「(4)計画の実践」では、(3)を踏まえた上で、単元構想において授業改善への手立てを明確にして実践することである。「(5)結果の検証」では、事後及び遅延の2回のパフォーマンステストを実施することにより、その妥当性や課題について検討する。「(6)報告」では、アクションリサーチについての概要を整理し、授業実践に関する成果と課題を具体的に可視化し報告書を作成する。以上の(1)～(6)のマネジメントサイクルを構成し、授業改善へ生かしていくこととなる。

表1. アクションリサーチの手順

(1)問題の確定(Problem Identification)——>(2)予備的調査(Preliminary Investigation)
——>(3)仮説の設定(Hypothesis)——>(4)計画の実践(Plan Intervention)
——>(5)結果の検証(Outcome) ——>(6)報告(Reporting)

なお本研究は、筆者が平成20年度に在籍した静岡市立A中学校（在校生徒563人、16学級）での実践であり、平成20年10月下旬から11月にかけて1年生6学級180人を対象とするものである。授業は原則として週2時間での連続、17週に渡り、34～36時間で実施した最初の部分にあたる。

3. 製図学習の単元の検討

製図の学習で扱う内容は、(1)斜投影図法、(2)等角図法、(3)第三角図法、(4)寸法、寸法線の入れ方の4点に大別することができる。今までの授業実践を概観したとき、できる生徒とできない生徒の二極化が生まれやすい傾向にあった。したがって主として以下の3点に関して単元の構成を考え、改善を行うこととする。第1点目は、従来製図の学習に関しては、7時間程度で実施してきたが、一人一人の生徒を見取り、確実な定着を図ることを考え、3つの製図法の復習・演習する時間を2時間増やし、9時間にしてゆとりをもたせる(表1)。

表1. 製図学習に関する単元

時間	内 容
1	製図学習の意義、製図に関するレディネス調査、斜投影図法の描き方(1)
2	斜投影図法の描き方(2)：問題演習
3	等角図法(1)：協調学習による図法分析
4	等角図法(2)：図法のまとめ
5	斜投影図法、等角図法の問題の演習
6	第三角法(1)：協調学習による図法分析
7	第三角法(2)：図法のまとめ及び問題演習
8	寸法・寸法線の入れ方(1)
9	寸法・寸法線の入れ方(2) 問題演習

第2点目として一方的な講義形式にするのではなく、学習効果を高めるために、問題解決的な学習を基軸とした協調学習を取り入れることである。今までの実践では、先ず基本的な例題を取り上げ、描き方の手順を説明し、演習問題を行うという展開であった。協調学習を取り入

れた授業展開では、これから学習する等角図法等で描かれた立体の製図を最初に示し、それをどのように描いたらよいか、その手順をグループで協議し検討し、帰納的に製図方法を導き出していくという方法である。すなわち、演繹的な学習方法から帰納的な方法への転換である。これらの授業展開を等角図法、第三角法を取り扱う第3・4時、6・7時に取り入れた。これは、個々の生徒の探求的な思考、生徒同士の相互作用から、各製図法の意義を確実に理解することを意図したものである。また、問題の演習を行なっている授業で早く製図を描くことができた生徒には、積極的に遅れ気味の生徒を支援するよう指示を与えるようにする。

第3点目として、この単元の授業内容に関するテキストを冊子として作成し、斜投影図法、等角図法、第三角法の内容それぞれ終了した時点でテキストを回収し、個々の生徒の学習状況を確認する。以上の3点が授業改善を目的とした単元の工夫及び改善点である。

4. 作図能力獲得に関する技能と立体認知の検討

斜投影図法を用いて立体を描く場合、まず対象の立体があり、その立体に関する情報を認知した上で、最初に、正面を決めてその形を原型で描く。次に、奥行き線を45°で描く。最後に奥行き線は実際の長さの1/2で描くといった手続きに基づいて立体を平面図に描くことができる(表2)。以上が斜投影図法の作図手順である。

同様に等角図の描き方は、対象の立体の情報を認知した上で、最初に、基準の水平線に対して、それぞれ30°の線と垂直線をひく。次に、対象の立体の3辺である幅、高さ、奥行きを同じ長さ(割合)で描く。最後に、それぞれの辺に対して平行線を引き各面を作成するといった手続きに基づいて立体を平面図に描くことができる(表3)。以上が等角図法斜投影図法の作図手順である。

この2つの製図法は、立体を平面上で表すための代表的な製図法であり、中学校技術分野においてはじめて取り扱うものである。各製図法に基づいて作図する場合、作図の対象となる立体の形状の認識、幅、高さ、奥行きに関する情報などを最初に正確に認知する必要がある。これは空間認知の能力でもある。次に、各製図法の手続きに基づき作図することとなる。ここではさらに学習した各製図法の知識と技能の習得に加え、作図の手続きを支える知識と技能として正方形や長方形の描き方、「30°、45°の線」の引き方、平行線の引き方などの技能が必要となる。これは既習知識として習得されていなければいけない。以上のことから、表4に示したように、「対象物の立体に関する認知」と「作図する技能」の手続きを相互に往還しながら立体

表2. 斜投影図法の作図手順

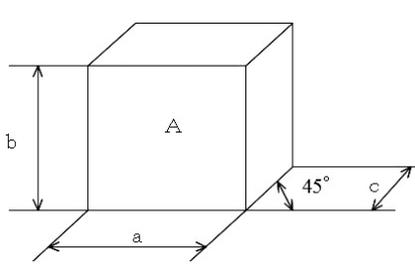
<p>①Aの面(立体の形を最もよく表す面)を正面に決め、その形を原型のまま(同じ比率)で描く。</p> <p>②Aの面から奥行き線を45°の線で描く。</p> <p>③Cの奥行きを実際の長さの1/2で描く。</p>	 <p>辺の比 $a : b : c = 1 : 1 : 1/2$</p>
---	--

表3. 等角図法の作図手順

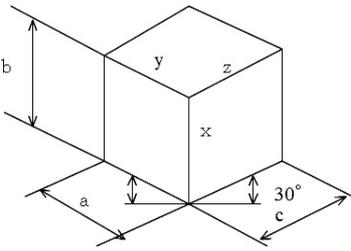
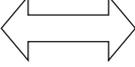
<p>①基準の水平線に対して、それぞれ30°の線と垂直線を引く。</p> <p>②対象の立体のx, y, zの長さを同じ割合で描く。</p> <p>③辺x, y, zの線に対する平行線を引き、xy, xz, yzの面を描く。</p>	
辺の比 $a : b : c = 1 : 1 : 1$	

表4. 立体を描くための必要な手続き

<p>◎対象物の立体に関する認知</p> <p>○作図対象の立体の情報を得る</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 立体の形状の認識 ・ 幅、高さ、奥行きの長さの認識 	往還 	<p>◎作図する技能</p> <p>○各製図法の描き方の知識と技能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 斜投影図法、等角図法、第三角法 <p>○作図に関する基本的な知識と技能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 正方形、長方形の描き方 ・ $30^\circ, 45^\circ$の直線、平行線の描き方
---	---	---

図形の作図を行うこととなる。このような一連の手続き的知識を本研究においては、作図能力として捉えることとする。

5. 作図能力に関するレディネス調査

本単元実施に際して、小学校から現段階において、どの程度立体を作図できるかの確認を各クラス最初の授業で行った。確認事項は、表5に示すように(1)正方形、(2)長方形、(3)正三角形、(4)立方体、(5)直方体の5項目である。原則(1)～(3)は、算数の授業で取り扱っている内容であり、多くの生徒が描けることが予想されるが、立体の作図である(4)(5)に関しては、取り扱う場面がなく、描くことに困難が予想される。

表5. 製図能力に関する調査内容

<p>(1) 4辺の長さが2 cmの正方形</p> <p>(2) 縦の長さが2 cm、横の長さが3 cmの長方形</p> <p>(3) 1辺が2 cmの正三角形</p> <p>(4) 1辺の長さが3 cmの立方体</p> <p>(5) 縦の長さが2 cm、横の長さが3 cm、奥行きが4 cmの直方体</p>
--

表6. 製図能力に関する調査内容の結果

調査項目	正解者 (人)	備考1 : (4)立方体	備考2 : (5)直方体
(1) 正方形	180 (100%)	<ul style="list-style-type: none"> ・正解者31人のうち22人(12%)が斜投影図、9人(5%)が等角図で作図していた。 ・不正解者のうち16人(9%)が白紙、126人(70%)斜投影図、7人(4%)が等角図を用いていた。斜投影図を用いた者では、全員が奥行き長さの間違い、さらにはその中には極端な奥行き線に関する角度間違いなどが見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不正解者のうち、30人(17%)が白紙、143人(79%)が斜投影図、2人(1%)が等角図を用いていた。斜投影図を用いた者では、全員が奥行き長さの間違い、さらにその中には、奥行き線の角度の間違い、平行線が描けないなどの間違いが見られた。
(2) 長方形	180 (100%)		
(3) 正三角形	171 (95%)		
(4) 立方体	31 (17.2%)		
(5) 直方体	4 (2.2%)		

結果は、表6に示す通り、(1)～(3)の平面に記述できる図形に関しては、それぞれ180人(100%)、180人(100%)、171人(95%)であり、大半の生徒が描けていた。(4)、(5)に関する立体図形に関しては、(4)の立方体の作図が31人(17.2%)、(5)の直方体の作図は4人(2.2%)が描けていた。予想していた通り、立体の図を描くことは困難であることが確認できた。(4)の立方体の作図の正解者の内、22名が斜投影図法(12%)、9人(5%)が等角図法を用いて作図をしていて、なんらかの形で作図の方法を学習していたことが認められた。(4)の立方体の不正解者においては、16人(9%)が白紙、126人(70%)が斜投影図で描かれていた。斜投影図を用いて間違えた者の全員が、奥行きを約1/2にすることができない間違いであった。さらにその間違いの中には、奥行き角度の間違いを散見することができた。(5)の直方体の作図に関しては、正解者が4人(2.2%)であった。不正解者は、30人(17%)が白紙、143人(79%)が斜投影図を用いていた。斜投影図を用いて間違えた生徒のうち、全員が、奥行きを約1/2にすることができなく、長めに奥行きを設定し、描き間違えていた。

以上のことから、第1に、立体に関する作図においては、大半が作図方法を理解していないこと、第2に、斜投影図法の描き方で立体を描こうとする者が大半であるが、そのほとんどが奥行きを1/2にすることを知らない。また、等角図法の描き方に関しては、その描き方をほとんどの生徒が知らないという2点が明らかになった。従って、大半の生徒が今回の技術の時間において初めて立体の作図の描き方を学ぶということになる。特に斜投影図法においては、奥行き線の長さを1/2にして描くということで立体を見た目、実物に近い状況にして描くことがポイントになることが示唆される。

6. 授業直後及び遅延によるパフォーマンステストの実施

授業実践は、1年生6クラスに関して「製図に関する単元」として9時間かけて10月中旬から11月中旬にかけて実施した。その直後である11月20日(木)に技術科の定期テストにおいて、製図に関する内容で構成した第1回パフォーマンステスト(事後テスト)を実施した。また、約3ヶ月後の2月17日(火)の定期テストにおいて、定着及び効果を確認するために第2回パフォーマンステスト(遅延テスト)を実施した。

第1回パフォーマンステストから第2回パフォーマンステストの間においては、主たる材料に木材を使用した自由作品の構想図設計（斜投影図法、等角図法）、ケント紙を用いて製作する作品の製図（第三角法）、作品の製作などを実施し、習得した製図法を活用の場面で生かせるよう有機的な関連づけを図った。

パフォーマンステストの内容として授業の例題・演習等で実際に取り扱った内容の同一問題の一部である斜投影図法による作図が2題、等角図法による作図が2題、第三角法による作図が2題の合計6題で構成した（図1）。回答用紙には、斜投影図法に関しては正方眼紙を、等角図法に関しては、斜法眼紙を準備し、そこへ作図させた。これらの問題は、授業終了後のノートでの点検において、ほぼ100%の生徒が正解の図を描いていた。

(1)から(6)の採点に関しは、1題につき完全に描けていた場合は2点、ほぼ完全に描けているが、奥行き線の間違いなどがあつた場合には部分点として1点、白紙及び不完全な状態は0点の3段階を基準に設定し、採点を実施した。

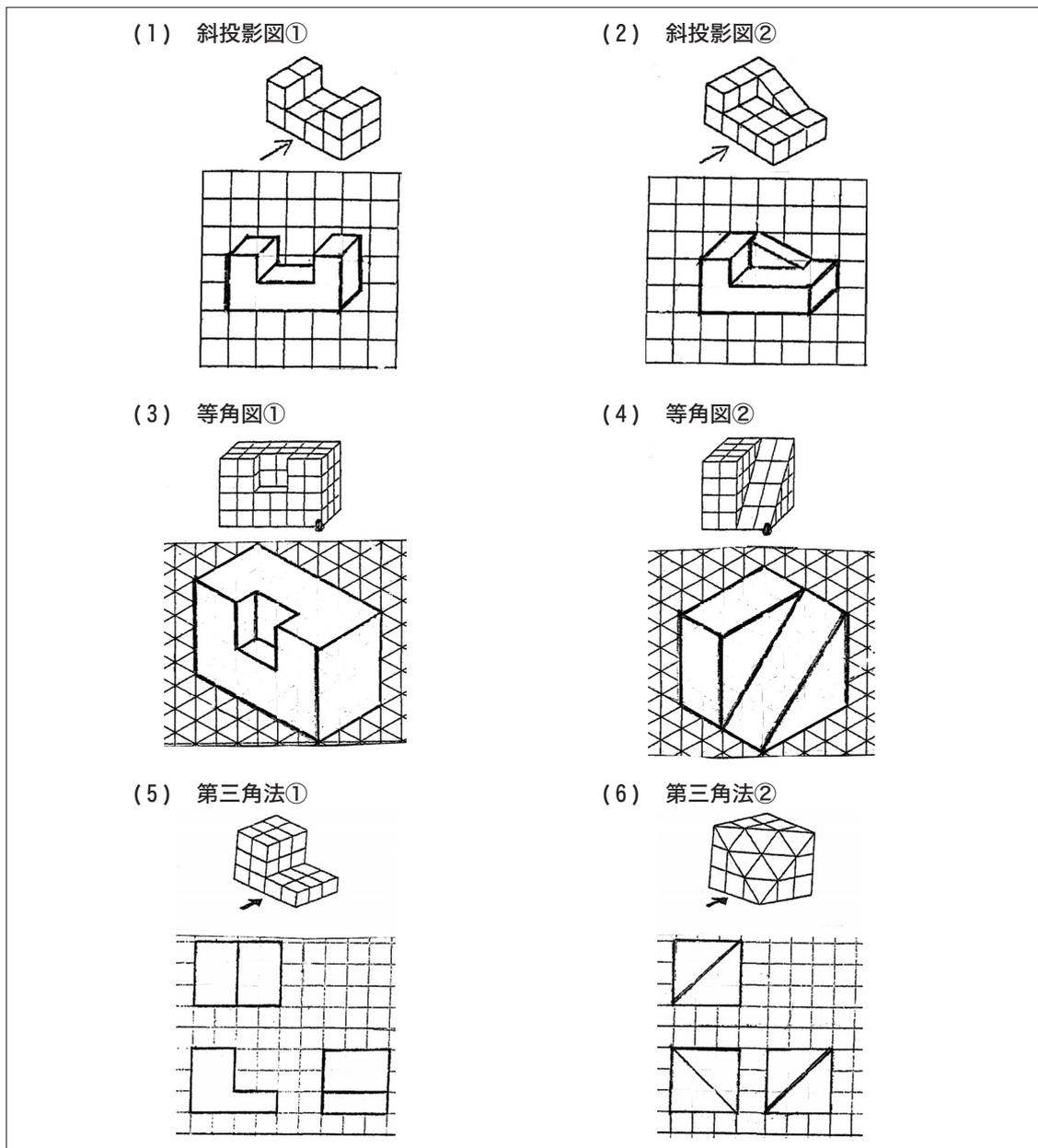


図1. パフォーマンステストの問題の構成と回答例

6. 1 第1回パフォーマンステストの結果（事後テスト）

表7は、授業実施後の第1回パフォーマンステストの結果（事後テスト：平成20年11月20日（木）実施）である。斜投影図法の定着を調査した(1)斜投影図①、(2)斜投影図②、A((1)+(2))の合計においては、完全正解者はそれぞれ91人(50.8%)、70人(39.1%)、161人(44.5%)であり、低い正解率となっている。また、部分正解者がそれぞれ68人(38.0%)、49人(27.4%)、117(32.8%)となっており、部分正解者の割合が高くなっている。これは、大半の生徒は、斜投影図法の作図の特徴である「奥行き線を実際の長さの1/2にする」内容に関連するもので実際の長さより長めに寸法を取ってしまった間違いが多く見られた。その主な原因として、奥行き線を描く場合、作図するために用意した正方眼紙の一边が5mmであり、この正方形の頂点と頂点を結んだ対角線を正方形の一边と同じ5mmとして考え、作図してしまう間違いである（対角線の長さは5mmの $\sqrt{2}$ 倍になるので約7mmになる）。次に(1)、(2)の平均の比較においては、 $t(178)=7.26(p<.001)$ で、(1)の問題の方が0.1%水準で有意に高かった。これは、(2)の斜投影図の作図が(1)よりも難しいということである。作図した内容から検討すると、(2)の複合的な立体図の奥行きをどの位置に描いてよいのかを決定することができない間違いが見られた。また、設問(1)、(2)との関係は0.1%水準の有意で中程度の相関関係が見られた。

等角図法の定着を調査した(3)等角図①、(4)等角図②の設問においては、完全正解者は、それぞれ129人(72.1%)、132人(73.7%)であり、B((1)+(2))の合計では、261人(72.9%)と斜投影図法と比較して高い正解率となっている。さらに部分正解者を入れれば、298人(82.9%)となる。このことから等角図は、生徒たちにとって作図しやすい製図法であるといえる。斜投影図法と違って、奥行きを長さを考える必要がないこと、幅、横、奥行きを3つの座標軸を基準にそれぞれの立体の面を同じ割合の長さで描くこと、辺の作図に関して平行線を移動させ描くことができるなどの比較的パターン化された描き方が理解しやすいことなどが要因として考えられる。また、不正解者の大半が、各製図法の描き方そのものを根本的に理解していなかった。(3)、(4)の等角図の設問の比較においては、有意な差が見られなかったが、両者には0.1%水準の有意で中程度の相関関係が見られた。

表7. パフォーマンステスト結果（事後テスト：平成20年11月20日（木）実施）

設問	(1) 斜投影図①	(2) 斜投影図②	A : (1)+(2)	(3) 等角図①	(4) 等角図②	B : (3)+(4)	(5) 第三角法①	(6) 第三角法②	C : (5)+(6)
正解	91 (人) 50.8 (%)	70 (人) 39.1 (%)	161 (人) 44.5 (%)	129 (人) 72.1 (%)	132 (人) 73.7 (%)	261 (人) 72.9 (%)	101 (人) 56.4 (%)	75 (人) 41.9 (%)	176 (人) 49.2 (%)
部分正解	68 (人) 38.0 (%)	49 (人) 27.4 (%)	117 (人) 32.8 (%)	29 (人) 16.2 (%)	8 (人) 4.5 (%)	37 (人) 10.3 (%)	28 (人) 15.6 (%)	11 (人) 6.1 (%)	39 (人) 10.9 (%)
不正解	20 (人) 11.2 (%)	60 (人) 33.5 (%)	80 (人) 22.3 (%)	21 (人) 11.7 (%)	39 (人) 21.8 (%)	60 (人) 16.8 (%)	50 (人) 27.9 (%)	93 (人) 52.0 (%)	143 (人) 39.9 (%)
合計	179 (人)	179 (人)	358 (人)	179 (人)	179 (人)	358 (人)	179 (人)	179 (人)	358 (人)
平均	1.41	1.07	2.47	1.61	1.54	3.14	1.29	0.91	2.19
S D	0.68	0.85	1.42	0.69	0.83	1.37	0.88	0.97	1.61
検定 1	(1) (2) の比較 $t(178)=7.26, p<.001$ $r=.69, 0.1\%$ 水準で有意			(3) (4) の比較 $t(178)=1.60, n.s.$ $r=.59, 0.1\%$ 水準で有意			(5) (6) の比較 $t(178)=5.69, p<.001$ $r=.519, 0.1\%$ 水準で有意		
検定 2	{A : (1)+(2)、B : (3)+(4)、C : (5)+(6)} の比較 ※ A : 斜投影図法テスト合計、B : 等角図法テスト合計、C : 第三角法テスト合計 $F(2, 358)=29.12, p<.001$ 多重比較 $B>A, C$ ($p<.05$)								

第三角法の定着を調査した(5)第三角法①、(6)第三角法②の設問においては、完全正解者は、それぞれ101人(56.4%)、75人(41.9%)であり、C((5)+(6))の合計では、176人(49.2%)にとどまっている。また、C((5)+(6))の不正解者は、143人の39.9%となっており、3つの製図法の中で最も高い数値となっている。以上から第三角法の作図は、生徒たちにとって難しい作図となっている。とくに(6)の問題は、立体を3つの頂点から斜めに切り取った残りの立体であり、平面、正面、側面から切り取った部分がどのように見えるのかを具体的にイメージすることができないなどの空間認知の欠如などが要因として考えられる。(5)、(6)の平均の比較においては、 $t(178)=5.69(p<.001)$ で、(5)の問題の得点の平均が0.1%水準で有意に高かった。(6)の問題は(1)～(6)の全ての問題の中で0.91と一番低い得点となっていることから全設問の中で一番難しかった考えることができる。また、設問(5)、(6)との関係は0.1%水準で有意な中程度の相関関係が見られた。

斜投影図法、等角図法、第三角法の3つの図法の比較をするために、A((1)+(2))、B((3)+(4))、C((5)+(6))の分散分析を行った。結果として、 $F(2, 358)=29.12(p<.001)$ であり、3つの製図法の主効果は、0.1%水準で有意であった。主効果が有意であったことから、多重比較(LSD法)を行った。その結果、BはA、Cよりそれぞれ5%水準で有意に高かった(「 $B>A$ 、 $C(p<.05)$ 」)。以上のことから、本単元の実施によって、生徒は、等角図法の作図の能力を一番高く獲得していたこととなる。

6. 2 第2回パフォーマンステストの結果(遅延テスト)

表8は、第2回パフォーマンステストの結果(遅延テスト:平成21年2月17日実施)である。これは、第1回パフォーマンステストから約3ヶ月後に実施したものであり、斜投影図法、等角図法、第三角図法に関する作図能力が定着したかを第1回パフォーマンステストと同じ問題を作図させ、比較したものである。

斜投影図法の定着を調査した(1)と(1)'の斜投影図①においては、 $t(176)=1.98$, $p<.05$ であり、事後のテスト結果と比較して遅延テストの得点が5%水準で有意に低下していた。遅延テストにおいて不正解者の人数が13人(7%)増えていて、この増加分の影響と考えることができる。(2)と(2)'の斜投影図②においては、 $t(176)=-0.94$ (n. s.)であり、有意な差は見られなかった。したがって作図能力は定着されていると考えることができる。A((1)+(2))とA'((1)+(2))の斜投影図法の合計得点においては、 $t(179)=0.759$ (n. s.)であり、有意な差はなかった。これは、遅延テストである(2)'においては、事後テスト(2)より不正解者が8人減り、平均点が.05程度向上していることが影響していることが要因として考えられる。以上のことから斜投影図法では、(1)と(1)'との間に有意な差が認められたもの、斜投影図法の合計であるA((1)+(2))とA'((1)+(2))の有意な差がないことから、作図能力は定着していると考えられる。

等角図法の定着を調査した(3)と(3)'の等角図①においては、 $t(176)=-0.50$ (n. s.)であり、有意な差は見られない。(4)と(4)'の等角図②においては、 $t(176)=-4.01$ ($p<.05$)であり、遅延テストである(4)'の平均が有意に高くなっている。B((1)+(2))とB'((1)+(2))の等角図法の合計においては、 $t(179)=-2.35$ ($p<.05$)であり、5%水準で遅延テストであるB'((1)+(2))の平均得点が有意に高くなっている。とくにB'((1)+(2))においては、正解者が22人(約13%)増え、不正解者が19人(約10%)減ったことから平均が上昇したことが原因としてあげられる。遅延テストにおいて平均が高くなったことは、その後の製作において等角図法を用

いた構想図の設計などが学習に位置づけられていたことが等角図法の作図能力の定着と向上に影響を及ぼしていたと考えることができる。いずれにおいても作図する技能の定着がなされ維持していることを確認することができた。

第三角図法の定着を調査した(5)と(5)'の第三角法①においては、 $t(176)=-2.48 (<.05)$ であり、5%水準で遅延テストの(5)'の平均が有意に高かった。同様に(6)と(6)'の第三角法②においては、 $t(176)=-4.02$, $p<.01$ であり、1%水準で遅延テストの(6)'の平均が有意に高かった。同様にC((1)+(2))とC'((1)+(2))の第三角法の合計においては、 $t(179)=-3.76 (<.01)$ なり、1%水準で遅延テストであるC'((1)+(2))の平均が有意に高かった。これは、直接的には、(5)、(6)と比較して(5)'、(6)'の正解者が増え、不正解者が減ったことが要因として考えられる。遅延テストで得点が高くなったことは、3ヶ月の期間の学習過程に活用を目的とし、この第三角法を利用して製図を描くという学習が含まれたいたことなどが第三角法の作図に関する技能を確実に定着させ、理解と作図能力を促進が図られたものと考えられる。

表8. 第2回パフォーマンステスト結果(遅延テスト:平成21年2月17日実施)

設問	(1)'斜投影図①	(2)'斜投影図②	A': (1)+(2)	(3)'等角図①	(4)'等角図②	B': (3)+(4)	(5)'第三角法①	(6)'第三角法②	C': (5)+(6)
正解	84 (人) 47.2%	71 (人) 39.9%	155 (人) 43.5%	134 (人) 75.3%	154 (人) 86.5%	288 (人) 80.9%	120 (人) 67.4%	96 (人) 53.9%	216 (人) 60.7%
部分正解	61 (人) 34.3%	55 (人) 30.9%	116 (人) 32.6%	22 (人) 12.4%	4 (人) 2.2%	26 (人) 7.3%	20 (人) 11.2%	20 (人) 11.2%	40 (人) 11.2%
不正解	33 (人) 18.5%	52 (人) 29.2%	85 (人) 23.9%	22 (人) 12.4%	20 (人) 11.2%	42 (人) 11.8%	38 (人) 21.3%	62 (人) 34.8%	100 (人) 28.1%
合計	178 (人)	178 (人)	356 (人)	178 (人)	178 (人)	356 (人)	178 (人)	178 (人)	356 (人)
平均	1.29	1.12	2.39	1.64	1.76	3.36	1.47	1.21	2.65
SD	0.76	0.83	1.48	0.69	0.64	1.28	0.82	0.93	1.59
検定1	1 : (1) (1)'の比較 $t(176)=1.98$, $p<.05$ 2 : (2) (2)'の比較 $t(176)=-0.94$, n. s. 3 : A A'の比較 $t(179)=0.76$, n. s.			4 : (3) (3)'の比較 $t(176)=-0.50$, n. s. 5 : (4) (4)'の比較 $t(176)=-4.01$, $p<.05$ 6 : B B'の比較 $t(179)=-2.35$, $p<.05$			7 : (5) (5)'の比較 $t(176)=-2.48$, $p<.05$ 8 : (6) (6)'の比較 $t(176)=-4.02$, $p<.01$ 9 : C C'の比較 $t(179)=-3.76$, $p<.01$		
検定2	{A': (1)+(2)、B': (3)+(4)、C': (5)+(6)}の比較 ※ A': キャビネットテスト合計、B': 等角図法テスト合計、C': 第三角法テスト合計 $F(2, 358)=45.77$, $p<.001$ 多重比較 $B'>C'>A'$ ($p<.05$)								

3つの製図法を比較するために、斜投影図法(A': (1)+(2))、等角図法(B': (3)+(4))、第三角法(C': (5)+(6))の分散分析を行った。結果として、 $F(2, 358)=45.77$ ($p<.001$)であり、3つの製図法の主効果は、0.1%水準で有意であった。主効果が有意であったことから多重比較(LSD法)を行った。その結果、B'の平均得点はA'、C'の平均得点より5%水準で有意に高く、C'の平均得点はA'の平均得点より5%水準で有意に高いことが明らかとなった($B'>C'>A'$ ($p<.05$))。以上のことから最終的には、等角図法、次に第三角法、斜投影図法の順で作図能力が定着していたことが明らかとなった。

7. 総合考察

斜投影図法、等角図法、第三角法の作図能力獲得の解明を目的にアクションリサーチに取り組んだ。「(3)仮説の設定」と「(4)計画の実践」に関しては、製図に関する単元の検討を行い、従来の実践よりも2時間長く時間をとり、演習を取り入れた。ただ製図法の手順を教えてしまうのではなく、描かれた製図からその図法の手続きを能動的に探求していく協調学習を取り入れた。また、各図法の学習終了後に製図の冊子を回収して生徒の学習状況を確認し、必要があればコメントを入れ励ました。結果として実感に過ぎないが、ゆとりをもって授業に取り組めた。授業時間を2時間増やしたことがどの程度作図技能の定着に影響を及ぼしたかは、今回の調査では測定していないが、今後の課題としたい。

また、作図能力獲得に関する認知的な検討を行い、立体に関する認知能力と作図する技能の2つからこの技能は構成されていることをモデルとして示した。作図定着に関しては、概ね人数の80%が定着することを目標に設定して実施した。

「(2)予備的調査」においては、作図能力に関するレディネス調査を実施した。ここでは、大半の生徒が正式な立体図形の描き方を知っていないことを明らかになった。したがって本単元は、立体図形の描き方を学ぶ最初の機会であり、内発的な動機を高めることができる単元であることを確認した。以上のことから多少時間を増加させた演習等の時間の設定や能動性を重視した協調学習を取り入れたことは学習意欲を高めることに有効に作用したと思われる。

「(5)結果の検証」においては、学習後3ヶ月を経た遅延テストにおいて、斜投影図法、等角図法、第三角法の各製図法における正解者の割合が最終的に76.1%、88.2%、71.9%（部分正解者を含める）であった。遅延テストにおける各図法の合計の平均の比較においても、等角図法、斜投影図法、第三角法の順で定着が確認された。斜投影図法に関しては、奥行きを長さの1/2にする手続きが理解されにくいこと、第三角法においては、平面図、立面図、側面図の図形を正確に読み取れないことや、それを対応させて平面図に描けないことなどが間違いの主たる要因であることがわかった。

今まで感覚や直感的に実践してきた単元であったが、自身の実践や授業観を省察し、アクションリサーチとしてのリサーチクエスチョンを立て、実践し、実証データ（evidence）を得ることにより、実践への深い省察や確信を持てたことは大きな成果であった。また、改善への具体的なヒントや方向を得ることができたことは何よりの成果であると考え。教師は、ドナルド・ショーンが提唱した専門職のモデルである反省的実践家（reflective practitioner）であると同時に研究者としての教師（teacher as researcher）でなければ授業改善は進展し続けないことを再認識することができた。

今後の課題として、同じ時間数を設定するなかで今回以上の正答率をあげ、不正解者を減らすためにどのような授業プランを立てる必要があるのかを検討し、具体的な改善点を考案し、アクションリサーチに取り組んでいきたいと考える。

6. おわりに

平成20年度は筆者にとって特別の年度であった。4年間の県教委勤務、3年間の大学勤務(交流人事)の後の8年ぶりの中学校勤務となり、教務主任という大役を仰せつかってスタートを切った。新米教務主任として、学校評価システムの開発、年間行事、月行事の確認、週報の発行、滞りなく進めなければいけない各種教育活動、文書起案の回覧など多忙を極めた。そうした状況であったものの、筆者の信念でもある「教師は授業で勝負する」を念頭に、生徒との関係を大切にしながら実践に取り組んだ。稚拙な実践であったかもしれないが今までの実践を問い直し、アクションリサーチに取り組めたことで教師としてのやりがいや自身の成長を感じることができた。

最後に、新米教務主任を温かく見守ってくれた、校長、教頭、職員の皆様、560人の生徒諸君にお礼を申し上げます。

【参考文献】

- 秋田喜代美(2005)「学校でのアクション・リサーチ」『教育研究のメソドロジー』東京大学出版会, pp. 163-183
- 佐野正之(2000)『アクションリサーチのすすめ ―新しい英語授業研究』大修館書店, pp. 31-60
- 文部科学省(2008)『中学校 学習指導要領 平成20年3月 告示』文部科学省, pp. 98-104
- 石田晴久他(2008)『新しいしい技術・家庭 技術分野』東京書籍, pp. 24-35
- 間田泰弘他(2008)『技術・家庭 技術分野』開隆堂, pp. 40-45
- 静岡県中学校技術・家庭教育研究会編(1995)『平成7年度用中学校技術・家庭学習書』開隆堂
- 田中敏・山際勇一郎『ユーザーのための教育・心理統計と実験計画法』教育出版
- ドナルド・ショーン(佐藤学・秋田喜代美訳)(2001)『専門家の知恵 反省的实践家は行為しながら考える』ゆるみ出版
- 上田邦夫(2007)『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, pp91-106
- 横溝紳一郎(2000)『日本語教師のためのアクション・リサーチ』凡人社, pp2-43