

空間概念を育成する指導（Ⅱ）

立花 正男*, 山本 一美**, 佐藤 真**, 菊池 信夫**,
藤井 雅文***, 佐々木 亘***
(2016年3月3日受理)

Masao TACHIBANA, Ichimi TAMAMOTO, Makoto SATO, Shinobu KIKUCHI
Masahumi FUJII, Wataru SASAKI

Instruction to Develop Students' Spatial Concepts（Ⅱ）

1 はじめに

立花（2012）は、岩手大学教育学部附属実践総合センター研究紀要において、空間概念を育成する指導の中で、「空間図形を平面上に表す方法はいろいろある。例えば、目に見るのと似た形にかく見取図、切り開いた形をかく展開図、ある方向から見た図を組みあわせてかく投影図などである。これらはすべて、3次元のことを考えるために使われるもので、2次元の世界で表現された見取図などの情報を3次元の空間図形としての確にとらえることが必要になる。しかし、見取図、展開図、投影図は空間図形を平面に表現する有用な手段であるが、これらの1つ1つは空間図形の情報を100%正確に表現することは不可能である。空間図形を平面上の表現するに当たり、何かの情報が失われることになる。したがって、空間図形を平面に表現したり、逆に平面図形で表されたものから空間図形をとらえ直すときは、他の表現で補足したり、自分のもっているイメージや数学的論理で補っていくことが必要である。つまり、算数・数学の指導においては、見取図、展開図、投影図を知識として覚えることが第一の目的にあるのではなく、空間概念を育成することが最終的な目的になるものである。」と指摘した。さらに、その

中で、「見取図、展開図、投影図は空間図形をとらえるための手段であるが、どれをとっても空間図形を正確に表すことができないものである。これらの表し方を活用して、空間図形をとらえようとする我々は、それぞれの欠点を補いながら、空間図形の構成要素やそれらの関係についてしっかり考察しておくことが必要である（下線は引用において追加）。」と指摘している。

今回は、このことを踏まえ、空間概念を育成するために具体的にどのような指導が大切であるかについて検討することとする。

2 研究の背景

算数・数学教育では、小・中・高等学校を通じて、事象を数理的に考察し表現する能力を高めることを大切にしている。このような力を高めるためには、図形領域の内容は欠かせないものである。

算数・数学の空間図形の指導は、大きく分けて2つになる。1つは、図形を測定することであり、もう1つは図形の性質を調べることである。小学校では、この2つは、「B 量と測定」と「C 図形」の領域として別に扱っているが、中学校では、これらが図形をしらべる代表的な視点として位置づけられ、両方の内容を「B 図形」の領域で扱う。

* 岩手大学教育学部, ** 岩手大学教育学部附属小学校, *** 岩手大学教育学部附属中学校

文部科学省が実施している、全国学力・学習状況調査では、毎回、空間図形に関する問題を出題している。その正答率は毎回5割くらいであり、結果は思わしくない状況である。

それぞれの年の問題の概要と結果は表1, 2に示す通りである。

表1 中学校数学科の結果

実施年度	問題の趣旨	全国公立 の正答率 (岩手県 の正答率)
平成22年度	立体の辺が底面に垂直であるかどうかを調べる方法として、正しい方法を選ぶ	57.1 % (54.3 %)
平成22年度	立方体の見取図をよみとり、2つの線分の長さの関係について、正しいものを選ぶ	53.6 % (49.3 %)
平成24年度	直方体の辺と面上の線分との位置関係について、正しい記述を選ぶ	60.9 % (58.8 %)
平成25年度	立体の辺を含む直線について、正しい記述を選ぶ	56.7 % (49.1 %)
平成26年度	直方体の1つの面の対角線を含む直線と平行な面を書く	81.0 % (82.0 %)
平成27年度	直方体において、与えられた辺に垂直な面を書く	47.4 % (47.9 %)

表2 小学校算数科の結果

実施年度	問題の趣旨	全国公立 の正答率 (岩手県 の正答率)
平成24年度	直方体において、与えられた面の垂直な面を書く	64.8 % (66.5 %)
平成26年度	縦5 cm, 横11 cm, 高さ4 cmの直方体の面Aになる四角形を選ぶ	69.4 % (70.4 %)

全国調査の結果から、児童生徒のイメージは数学的論理で見取図等の平面図形に表現されたものから、空間図形をとらえることに大きな課題があると考えられる。

3 研究の方法

今回の研究では、各種調査の結果を踏まえ、空間指導における指導についての小中連携あり方を考えることにする。空間図形の学習は小学校算数科から指導が始まり、中学校数学科では第1学年で指導が行われる。その指導の実態は、平面図形に書かれた見取図を使つての指導が多く、実物の立体等を児童生徒一人一人がもって学習することは少ない。そこでこの研究では、授業実践として空間図形の指導を実物を使って授業を行い、その効果を検証する。

第4学年と中学校第1学年での空間図形の位置関係の指導においては、武州工業株式会社で開発した「パイプグラム」を活用して授業を展開することとした。これらの指導を分析し、実物を児童生徒に持たせて指導することが空間概念を育てることに効果的であるかどうかを明らかにする。

この効果を検証するために、小学校第4学年と中学校第1学年にパイプグラムを使用しないしないで指導した学級とパイプグラムを使用して指導した学級に事前調査と事後調査を実施してその結果を分析することとする。表3が研究の流れである。

表3 研究の流れ

附属小学校4年	附属中学校1年
1 事前調査 ・附属小2クラス	1 事前調査 ・附属中4クラス
2 授業実践 ・附属小において、パイプグラムを使用しないで指導する学級とパイプグラムを使用して	2 授業実践 ・附属中において、パイプグラムを使用しないで指導する学級とパイプグラムを使用して

指導する学級。	指導する学級。
3 事後調査 ・ 附属小の比較群 1， 実験群 1 の 2 クラス。	3 事後調査 ・ 附属中の比較群 2， 実験群 2 の 4 クラス。 ・ U 中 1 年 4 クラス。
4 再調査 ・ 附属小の比較群 1， 実験群 1 の 2 クラス。	4 再調査 ・ 附属中の比較群 2， 実験群 2 の 4 クラス。
5 調査結果の分析	5 調査結果の分析

パイプグラムについて、附属中の藤井教諭は次のように考えている。

本研究で使用する「パイプグラム」の特徴としては、以下の 3 点が挙げられる。

- ① パイプの長さや連結コネクタの種類が複数ある。
- ② 連結コネクタがゴムでできている。
- ③ パイプと連結コネクタだけなので、面がない。

本教材の一番の特徴は、作った立体を柔軟に操作することにある。これまで、見取図ではイメージしづらい立体を、実際に作成し考察できる教材は、さまざまなものがあつた。しかし、作成した立体の操作はできないものが多い。面を開き、展開図がどのようになるかを見せるくらいではないだろうか。本教材では、連結コネクタがゴムであるため、作成した立体を倒したり、ひねったりすることで、改めて位置関係を考察し、変わる関係と変わらない関係を考察したり、新たにできる関係を見いだしたりすることができる。また、どのように立体を操作すれば平行や垂直になるのかを考えさせることで、より一層理解を深めることもできると考える。

4 実践授業

(1) 中学校授業実践

附属中学校 藤井雅文先生の授業実践

平成 28 年 2 月 4 日（金）

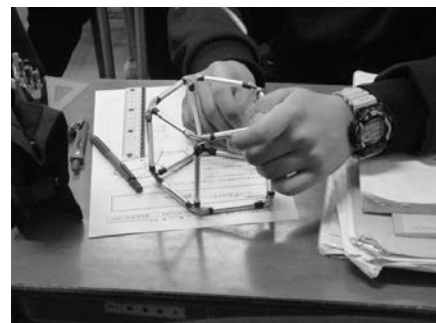
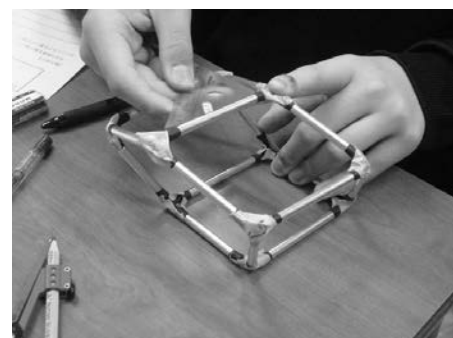
附属中学校 第 1 学年

附属中学校 1 年生に空間図形の指導を行った。2 つのクラスは、これまでの指導と同じでパイプグラムを使用しないで指導を行い、2 つのクラスはパイプグラムを使用して指導した。2 月 4 日に実践した授業は、パイプグラムを使用して、空間図形の位置関係について把握する授業を行った。

授業では、パイプグラムを使って作成した五角柱を生徒一人ひとりがもち、その辺や面の位置関係について、定義に基づいて考える学習をした。

この授業の目的は、パイプグラムを使い考えることによって、パイプグラムを使わなくても見取図だけで空間図形を捉える力を付けることである。授業では、パイプグラムと見取図との関連づけて考えることを意識して授業を行った。また、自分の考えたことを定義に基づいて論理的に説明するということを意識した授業であった。図 1 は生徒が授業中にパイプグラムを使用している様子である。

図 1 生徒の活用の様子



(2) 小学校授業実践

附属小学校 菊池信夫先生の授業実践

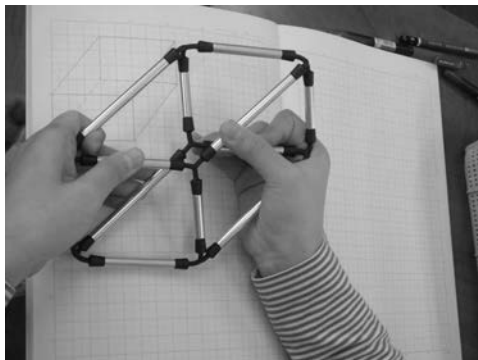
平成28年2月12日(金)

附属小学校 第4学年 2クラス

附属小学校4年生に、立体図形の見取図の指導を行った。1つのクラスは、パイプグラムを使用して指導し、もう一つのクラスは、パイプグラムを使用しないでこれまで通りの指導を行った。また、この授業の成果を確認するために、事前調査と事後調査を両方のクラスに実施した。

この授業では、直方体のパイプグラムを児童一人ひとりが持ち、それを見取図をかく方法について考える学習であった。児童は、パイプグラムの可動性を生かし、パイプグラムを押しつぶして平面にして、平行四辺形になることを見いだしていた。しかし、その平行四辺形を立体を考える際は長方形と考える必要があることについての指導は十分ではなかった。図2は児童が授業中にパイプグラムを使用している様子である。

図2 児童の活用の様子



5 研究の結果

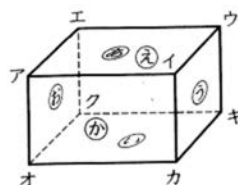
授業の成果を確認するために、事前調査と事後調査を実施することとした。調査問題は、パイプグラムを使って指導したクラスと使用しないでこれまで通りの指導をしたクラスの両方に実施することとした。調査問題は小学校と中学校にそれぞれの類似の問題で作成した。

(1) 小学校の調査結果

小学校で使用した調査問題は表4である。

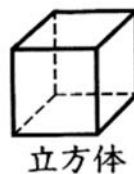
表4 小学校調査問題(事前, 事後調査)

1 下の直方体をみて答えてください。



- (1) 辺アイに平行な辺はどれですか。
- (2) 辺アイに垂直な辺はどれですか。
- (3) 辺アイに平行な面はどれですか。
- (4) 辺アイに垂直な面はどれですか。
- (5) 辺アオが面⑩(面オカキク)に垂直であるかどうかを調べます。
このことはどのようにして調べればよいですか。
調べ方を書きなさい。

2 下の図のような立方体があります。次の問いに答えて下さい。



- (1) 立方体の頂点の数はいくつありますか。
その数を答えて下さい。
- (2) 立方体の辺の数はいくつありますか。

その数を答えて下さい。
(3) 立方体の面の数はいくつありますか。
その数を答えて下さい。
(4) 立方体には平行な面は何組ありますか。
その数を答えて下さい。
(5) 立方体の見取図をみて、ゆうとさんは「立方体には正方形と平行四辺形の面がある」と言っています。
このことについてあなたはどのように考えますか。ゆうとさんの考えに賛成か反対かに○をつけ、その理由を書いて下さい。

調査問題は、次のような構成になっている。

辺と辺の関係	1(1)→平行, 1(2)→垂直
辺と面の関係	1(3)→平行, 1(4)→垂直 1(5)→垂直の調べ方
立方体の関係	2(1), 2(2), 2(3), 2(4)
見取図の見方	2(5)→見取図の形の保存

小学校の調査結果について、問題数10問中何問正解したかについて集計した。附属小学校のほし組（比較群）とつき組（実験群）について、事前調査と事後調査の両方とも受験した児童について集計した。その結果が表5である。

表5 附属小学校第4学年の比較群と実験群

学習方法	ほし組(比較群)		つき組(実験群)	
	パイプグラム無		パイプグラム有	
テスト	事前	事後	事前	事後
人数	28	28	27	27
平均	5.1071	6.2857	4.4815	5.9259
標準偏差	1.9519	1.4106	1.8732	1.4889

この結果について、分散分析を行った結果、交互作用について有意差はなかった($F(1,53) = 1.56$ ns)。ただし、事前調査と事後調査の結果を比較すると、比較群、実験群とも有意に向上していた($F(1,53) = 27.73$ $p < .01$)。比較群、実験群とも指

導の成果が現れていると思われる。

調査結果では、(5)の正答率が、事前調査で事前調査は0%、事後調査は1.8%(57名中1名)だけであり、また、2(1), 2(2), 2(3), 2(4)の問題は事後調査の正答率が9割以上であるので、この5問を分析から外すこととした。残りの5問について、事前調査、事後調査のそれぞれについて、直接確率計算を実施した。その結果が表6である。

表6 小問ごとの正答誤答の人数

		事前		事後		事前		事後		事後調査の 偶然確率 (両側検定)
		28		28		27		27		
		ほし		ほし		つき		つき		
1		○	×	○	×	○	×	○	×	
	(1)	14	14	17	11	11	16	14	13	p=0.5913 ns (.10<p)
	(2)	6	22	12	16	10	17	15	12	p=0.4230 ns (.10<p)
	(3)	1	27	1	27	4	23	4	23	p=0.1927 ns (.10<p)
	(4)	11	17	9	19	11	16	7	20	p=0.7681 ns (.10<p)
2	(5)	16	12	23	5	9	18	19	8	p=0.3550 ns (.10<p)

直接確率計算を実施した結果、6問とも事前調査、事後調査とも比較群と実験群には有意差はなかった。

表5, 6の結果から、今回の授業実践においてパイプグラムを使用した指導について、空間図形の内容の指導に有効性について確認することはできなかった。

(2) 小学校の再調査

事前、事後調査の結果から、問題を改善してさらに調べる必要があると考え、再調査を実施した。

再調査は、事後調査の結果を踏まえ、問題の最初に「見取図（平面の図）は、実際の立体図形の関係を考えるためのものです。だから見取図を見

て、実際の立体図形の関係を答えることが必要です。」という補助説明を入れた。再調査の問題は、表7の通りである。

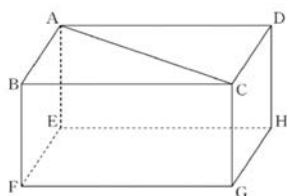
表7 小学校の再調査問題

この調査の最初に次の文章をしめした。

見取図(平面の図)は、実際の立体図形の関係を考えるためのものです。

だから見取図を見て、実際の立体図形の関係を答えることが必要です。

- 1 下の図のような直方体があります。ACは長方形ABCDの対角線です。



このとき、次の問いに答えて下さい。

- (1) 実際の直方体の辺BFが面EFGHに垂直であるかどうかを調べます。

どの角を調べればいいですか。

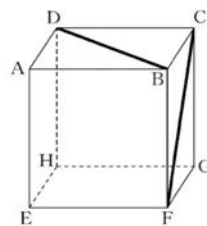
調べる必要がある角をすべて○で囲んでください。

角AEF, 角AEH, 角BFG, 角BFE,
角CGH, 角CGF, 角DHG, 角DHE
角EFG, 角FGH, 角GHE, 角HEF,

- (2) 実際の直方体の $\angle ACG$ の大きさはについて
下のアからオまでの正しいものを選んでください。

- ア 90度より小さい。
イ 90度である。
ウ 120度である。
エ 135度である。
オ 角度の大きさはこの問題の条件だけでは決まらない。

- 2 下の図のような立方体があります。次の問いに答えて下さい。



- (1) 右の立方体の見取図をみて、実際の立方体の関係を答えてください。

この立方体の面ABCD上の線分BDと面BFGC上の線分CF長さについて、下のアからエまでの中から正しいものを1つ選んでください。

- ア 線分BDの方が長い。
イ 線分CFの方が長い。
ウ 線分BDと線分CFの長さは等しい。
エ どちらが長いかはこの問題の条件だけでは決まらない。

再調査問題は、次のような構成になっている。

辺と面の関係	再1(1)→垂直の調べ方
見取図の見方	再1(2)→角度の読み取り 再2(1)→見取図の長さ

再調査の結果を見ると、2(1)の垂直の調べ方の正答率は、21.1% (57名中12名) であった。この問題については、今後さらに検討を加える必要があると思われる。

ここでは、パイプグラムの有効性について調べるために、事後調査問題と再調査問題を受験した57名について問題を以下の3つに分類して分析することとした。

辺と辺の関係	後1(1)→平行, 後1(2)→垂直
辺と面の関係	後1(3)→平行, 後1(4)→垂直
見取図の見方	後2(5)→見取図の形の保存 再2(1)→見取図の長さの保存

表8 附属小学校第4学年の比較群と実験群

学習方法	ほし組（比較群） パイプグラム無			つき組（実験群） パイプグラム有		
問題 種類	辺と 辺	辺と 面	見取 図	辺と 辺	辺と 面	見取 図
人数	28	28	28	29	29	29
平均	1.04	0.71	1.32	1.03	0.55	1.14
標準偏差	0.68	0.7	0.76	0.72	0.62	0.63

この結果について、分散分析を行った結果、交互作用について有意差はなかった $F(2,110) = 0.45$ ns)。

ただし、問題の種類別にみると有意差があった ($F(2,110) = 16.83$ $p < .01$)。

表

	B1 辺と辺	B2 辺と面	B3 見取図
人数	57	57	57
平均	1.0351	0.63	1.23

問題種の3つのグループをHSD法を用いた多重比較によると、 $B1 > B2^*$ 、 $B1 = B3$ n.s、 $B2 < B3^*$ ($MSe = 0.3135$, $*p < .05$) となっている。

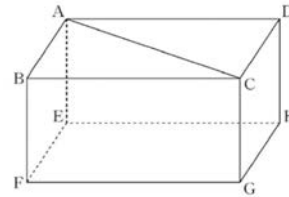
つまり、辺と面の関係をみる問題が他の問題より有意に低くなっていることが分かる。

(3) 中学校の調査結果

表9が中学校の事前調査及び事後調査に使った問題である。

表9 中学校の調査問題

- 1 下の図のような直方体があります。AC は長方形 ABCD の対角線です。



このとき、次の問いに答えて下さい。

- (1) 辺 BC に平行な辺を書いて下さい。
- (2) 辺 BC に垂直な辺を書いて下さい。
- (3) 辺 BC に平行な面を書いて下さい。
- (4) 辺 BC に垂直な面を書いて下さい。
- (5) 辺 BF が面 EFGH に垂直であるかどうかを調べます。このことはどのようにして調べればよいですか。調べ方を書いて下さい。
- (6) $\angle ACG$ の大きさについてどのようなことが言えますか。言えることを書いて下さい。
- (7) 辺 BC とねじれの位置にある辺をすべて書いて下さい。

- 2 下の図のような立方体があります。次の問いに答えて下さい。



- (1) 立方体の頂点の数はいくつありますか。
その数を答えて下さい。
- (2) 立方体の辺の数はいくつありますか。
その数を答えて下さい。
- (3) 立方体の面の数はいくつありますか。
その数を答えて下さい。

- (4) 立方体には平行な面は何組ありますか。
その数を答えて下さい。
- (5) 立方体の見取図をみて、ゆうとさんは「立方体には正方形と平行四辺形の面がある」と言っています。このことについてあなたはどのように考えますか。ゆうとさんの考えに賛成か反対かに○をつけ、その理由を書いて下さい。

調査問題は、次のような構成になっている。

辺と辺の関係	1(1)→平行, 1(2)→垂直, 1(7)→ねじれの位置
辺と面の関係	1(3)→平行, 1(4)→垂直 1(5)→垂直の調べ方
立方体の関係	2(1), 2(2), 2(3), 2(4)
見取図の見方	1(6)→角度の大きさ 2(5)→見取図の形の保存

中学校の調査結果について、問題数12問中何問正解したかについて集計した。附属中学校のAB組（比較群）とCD組（実験群）について、事前テストと事後テストの両方とも受験した生徒について集計した。その結果が表10である。

表10 附属中学校の比較群と実験群

学習方法	AB組（比較群）		CD組（実験群）	
	パイプグラム無		パイプグラム有	
テスト	事前	事後	事前	事後
人数	76	76	75	75
平均	7.1974	8.6053	7.5600	10.0800
標準偏差	2.0585	2.1218	1.7454	1.4400

この結果について、分散分析を行った結果、交互作用が有意であった ($F(1,149) = 15.56, p < .01$)。そこで、事前事後別に学習法の単純主効果を検定したところ、事前テストでは有意ではなかったが、事後テストでは有意だった ($F(1,149) = 24.58, p < .01$)。

また、学習法別に授業前後の単純主効果を検定したところ、パイプグラム無（比較群）では、有

意であり ($F(1,149) = 49.87, P < .01$)、パイプグラム有（実験群）でも、有意である ($F(1,149) = 159.78, p < .01$)。したがって、パイプグラムの有無にかかわらず、空間図形の理解については向上しているといえる。さらに、パイプグラムがあるほうがより一段と向上しているといえる。

さらに、附属学校のための調査では特殊性を排除できないと考え、事後調査について公立のU中学校第1学年126人について調査した。その結果を表11に示す。

表11 事後テストにおける附属中とU中の結果

学習方法	AB組 (比較群) パイプグラム無	CD組 (実験群) パイプグラム有	盛岡市立 U中学校 パイプグラム無
テスト	事後	事後	事後
人数	76	75	126
平均	8.6053	10.0800	7.3810
標準偏差	2.1218	1.4400	2.1853

附属中とU中学校の事後テストの得点に差があるかを比較した。分析の結果、群の効果が有意であった。 ($F(2,274) = 172.5494, p < .01$)、HSD法を用いた多重比較によると、実験群 > 比較群 > U中学校の順に平均が有意に差があった ($MSe = 4.0124, p < .05$)。このことにより、他校のパイプグラムを使用しないでこれまで通り指導した生徒より、パイプグラムを使用して指導したクラスの成績が良かったといえる。

小問12問のうち、2(1), 2(2), 2(3), 2(4)の事後調査の結果ら正答率が9割くらいあったので、1(1), 1(2), 1(3), 1(4), 1(5), 1(6), 1(7), 2(5)の8問について、事前調査と事後調査の両方を受験している附属中学校のAB組の76名と、CD組の75名について正解と不正解に人数は表12の通りある。

表 1 2 附属中学校の小問ごとの正答誤答の人数

		事前		事後		事前		事後		事後調査の	
		76		76		75		75		偶然確率	
		AB組		AB組		CD組		CD組		(両側検定)	
1		○	×	○	×	○	×	○	×		
	(1)	59	17	66	10	59	16	69	6	p=0.4288	ns (.10<p)
	(2)	47	29	61	15	46	29	68	7	p=0.1050	ns (.10<p)
	(3)	30	46	46	30	34	41	63	12	p=0.0018**	(p<.01)
	(4)	31	45	55	21	38	37	65	10	p=0.0430*	(p<.05)
	(5)	2	74	7	69	3	72	36	39	p=0.0000**	(p<.01)
	(6)	26	50	39	37	33	42	45	30	p=0.3270	ns (.10<p)
	(7)	23	53	49	27	26	49	62	13	p=0.0160*	(p<.05)
2	(5)	48	28	44	32	48	27	57	18	p=0.0243*	(p<.05)

これらの8問について、事前調査、事後調査のそれぞれについて、直接確率計算を実施した結果、8問とも事前調査では有意差はなかった。しかし、事後調査では、1(3)、1(4)、1(5)、1(7)、2(5)の5問で有意差があった。

これらの結果から、パイプグラムを使用した指導について、空間図形の内容の指導に効果的に活用できるという可能性を得ることができた。

事後調査の結果、1(5)（辺と面の垂直の調べる問題）の正答率が、29.1%（148名中43名）であり、1(6)（空間の角度を求める問題）の正答率が55.4%（148名中82名）であったので、これらの問題を再調査することとした。

(2) 中学校再調査について

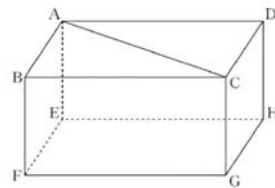
再調査では、設問の最初に「見取図（平面図形）は、実際の立体図形（空間図形）の関係を考えるためのものです。だから見取図を見て、実際の立体図形の関係を答えることが必要です。」という文章を示した。表1 3が再調査問題である。

表 1 3 中学校再調査問題

この調査の最初に次の文章をしめした。

見取図（平面図形）は、立体図形（空間図形）の関係を考えるためのものです。
だから見取図を見て、実際の立体図形の関係を答えることが必要です。

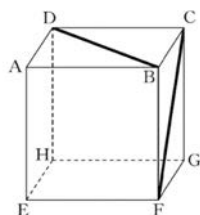
- 1 下の図のような直方体があります。AC は長方形 ABCD の対角線です。



このとき、次の問いに答えて下さい。

- (1) 実際の直方体の辺 BF が面 EFGH に垂直であるかどうかを調べます。
どの角を調べればいいですか。
調べる必要がある角をすべて書いてください。
- (2) 実際の直方体の $\angle ACG$ の大きさはについて
下のアからオまでの正しいものを選んでください。
- ア 90 度より小さい。
イ 90 度である。
ウ 120 度である。
エ 135 度である。
オ 角度の大きさはこの問題の条件だけでは決まらない。

2 下の図のような立方体があります。次の問いに答えて下さい。



(1) 右の立方体の見取図をみて、実際の立方体の関係を答えてください。

この立方体の面 ABCD 上の線分 BD と面 BFGC 上の線分 CF 長さについて、下のアからエまでの中から正しいものを1つ選んでください。

- ア 線分 BD の方が長い。
- イ 線分 CF の方が長い。
- ウ 線分 BD と線分 CF の長さは等しい。
- エ どちらが長いかはこの問題の条件だけでは決まらない。

再調査問題は、次のような構成になっている。

辺と面の関係	再 1(1)→垂直の調べ方
見取図の見方	再 1(2)→空間の角度の読み取り 再 2(1)→見取図の長さ

ここでは、パイプグラムの有効性について調べるために、事後調査問題と再調査問題を受験した148名について問題を以下の3つに分類して分析することとした。

辺と辺の関係	後 1(1)→平行, 後 1(2)→垂直 後 1(7)→ねじれの位置
辺と面の関係	後 1(3)→平行, 後 1(4)→垂直 再 1(1)→垂直の調べ方
見取図の見方	後 2(5)→見取図の形の保存 再 1(2)→空間の角度の読み取り 再 2(1)→見取図の長さの保存

表 14 附属中学校第1学年の比較群と実験群

学習方法	AB 組 (比較群)			CD 組 (実験群)		
	パイプグラム無			パイプグラム有		
問題種類	辺と辺	辺と面	見取図	辺と辺	辺と面	見取図
人数	74	74	74	74	74	74
平均	2.33	1.90	1.89	2.67	2.44	2.31
標準偏差	0.85	0.88	0.86	0.52	0.70	0.80

この結果について、分散分析を行った結果、交互作用について有意差はなかった ($F(2,292) = 0.88$ ns)。

ただし、比較群と実験群では、有意差があった ($F(1,146) = 21.01$ $p < .01$)。さらに問題の種類別にみても有意差があった ($F(2,292) = 15.71$ $p < .01$)。

	B1	B2	B3
	辺と辺	辺と面	見取図
人数	148	148	148
平均	2.5068	2.1757	2.1014

問題種の3つのグループをHSD法を用いた多重比較によると、 $B1 > B2^*$, $B1 > B3^*$, $B2 = B3$ n.s. ($MSe = 0.4387$, $*p < .05$) となっている。

つまり、辺と辺の関係の問題より、辺と面の関係と見取図の見方の問題の結果が有意によくないということである。これは、附属小学校の結果と同じ結果である。

6 研究の考察

今回の研究では、小学校第4学年、中学校第1学年の空間図形についてパイプグラム（実物のモデル）を使用して指導することが効果があるかどうかについて検討した。その結果、小学校では、使用についての効果について見いだすことはできなかったが、中学校の分析の結果から空間図形の指導にパイプグラム（実物モデル）を使うことは効果があるのではないかという可能性を見いだすことができた。小学校において有効性を見いだせなかったことは、小学校の児童には実物のモデル

を持たせて思考することが、正の方向ではなく負の方向に働いた可能性もある。しかし、そのことが確実であるかについてはまだ確定できる段階ではない。今後さらに活用の方法について検討を加え、小学校、中学校のそれぞれにの指導における有効な活用方法について検討を加える必要がある。

また、問題の種類別では、辺と面の関係の問題が有意に低い傾向が小学校でも中学校でも見られた。特に、面と直線が垂直であることについては、正答率が非常に低かった。今後においてこの問題について指導のあり方について検討を加える必要がある。

さらに、調査の結果をみると、ある問題に対する回答として教師が求めていることと、児童生徒が答えようとしている内容に齟齬がある可能性がみいだされた。例えば、角度を求める問題等で、空間図形では、90度であるが、それを平面図形に書かれた図の角の大きさを答えているなどである。そこで、調査問題を再検討し、設問の表現を変えることによってどのような違いがあるかについて検討することが課題として残った。今後このことについて調査分析する予定である。

7 終わりに

今回の研究でパイプグラムを使つての指導をするにあたり、武州工業株式会社の林様に児童生徒に立体が1つずつ行き渡るよう小学校用45セット、中学校用45セットのパーツを準備していただいた。これらの協力があつてこの研究は可能になりました。感謝申し上げます。また、この研究に際して時間を割いて調査にご協力いただいたU中学校にも感謝申し上げます。

また、追加調査については、附属小学校5年、附属中学校2年、K小学校5年、K中学校1, 2, 3年に実施している。この結果について、今後分析して結果を公表する予定である。

参考・引用文献

立花正男(2012) 岩手大学教育学部附属教育実践センター研究紀要11号(2012) 127-135頁