

第1章 小学生の理科における「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデル

－第6学年の児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいて－

1. 問題の所在と目的

本章は、前述したとおり、研究課題1に位置付くものであり、第6学年の児童を対象に質問紙調査を実施し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するとともに、諸要因の因果モデルを検討するためのパス解析、及びパス図の作成を試みた。

序章の第5節で述べたように、理科の学習において、問題の発見から仮説の設定、その検証に至る過程を重視した授業の重要性は、従前より指摘されてきた^{1) 2)}。また、仮説を設定する能力に関する研究もいくつか報告されている^{3) 4) 5) 6) 7) 8)}。

これらの先行研究から、ものづくりなどの科学的な体験や身近な自然を対象とした自然体験が豊富であると、自然から多くの変数を同定することができるため、生徒が検証可能な仮説を設定する際には、自らの生活経験や学習経験が重要な要因になることが示唆される。

しかしながら、自然事象から従属変数と独立変数を同定する能力、及びそれら2変数の因果関係を認識する能力に着目し、知的好奇心や自然体験などの諸要因が、どのような影響を及ぼしているかを検討した研究は見当た

らない。

以上のことを踏まえ、本章では、中高校生に比べて未発達小学生を対象に、自然事象から従属変数と独立変数を同定したり、これら2変数の因果関係を正しく認識したりする能力に着目し、それらに影響を及ぼす諸要因の因果モデルについて検討するとともに、指導方法の考案に向けた示唆を得ることを目的とした。

2. 研究の方法

2-1. 調査の対象及び時期

岐阜県内の公立小学校5校の第6学年 322名を調査対象に、2013年10月中旬から12月下旬にかけて、質問紙調査を実施した。なお、分析は回答に不備のあった8名を除く314名について行った。

2-2. 調査の内容

科学的に検証可能な問いを立てて探究を行う場合、仮説を設定するのが通常である。その際、まず、自然事象から従属変数と独立変数を同定すること（以下、「変数の同定」と表記）、次に、これら2変数の因果関係を認識すること（以下、「因果関係の認識」と表記）が必要不可欠である。そこで、これら2つを合わせたものを本研究における「仮説設定能力」と定義することとする。

2-2-1. 従属変数を同定する能力

「従属変数を同定する能力」を測定するために、荒井・永益・小林^{9) 10)}の研究を参考に、「太陽の光は、私たちの生活にどのような影響を与えているか。思いつくことをできるだけたくさん書きましょう。」という問いを設定した。

2-2-2. 独立変数を同定する能力

従属変数に影響を及ぼす「独立変数を同定する能力」を測定するために、荒井・永益・小林^{11) 12)}の研究を参

考に、「私は、雪の斜面を下るそりの速さについて調べる実験をすることにした。少しでもそりのスピードを上げるには、どうしたらいいか。思いつくことをできるだけたくさん書きましょう。ただし、斜面の角度だけは決まっていることとする。」という問いを設定した。

2-2-3. 因果関係を認識する能力

「因果関係の認識」については、古澤・松原・岩間・稲田・谷・小林¹³⁾の研究を参考に、「激しい運動をすると、呼吸の回数や心臓の拍動はどうなるか。『…だから、…は、…になる。』という文章で説明しましょう。」という問いを設定し、原因と結果の関係について回答を求めた。この際、原因に関する記述をするうえで参考となる6つのキーワード（「酸素」、「二酸化炭素」、「肺」、「血液」、「栄養分」、「エネルギー」）を与え、これらを任意に用いて回答するように指示した。なお、本設問に関する学習内容は、第6学年理科単元「人の体のつくりと働き」¹⁴⁾において学習済みであった。

2-2-4. 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目

小学生の「仮説設定能力」に影響を及ぼす要因として、身近な自然への興味・関心や既有知識、自然体験などが考えられる。そこで、小倉¹⁵⁾、荒井・永益・小林¹⁶⁾ 17)の研究を参考に、小学生の「仮説設定能力」に影響を及ぼすと思われる10個のカテゴリー（「算数に対する好感度」、「身近な自然体験」、「自然への興味・関心」、「理科

的な教育施設との関わり」,「生き物との関わり」,「本との関わり」,「ものづくり」,「探究的な学習活動」,「観察,実験技能に対する自信」,「理科への興味・関心」)を設定し,合計45個の質問項目を作成した(表1-1)。

なお,各質問項目については4件法(「4.とてもそう思う」,「3.そう思う」,「2.そう思わない」,「1.あまりそう思わない」)で回答を求めた。

2-3. 分析の方法

2-3-1. 「変数の同定」の得点化

「従属変数を同定する能力」及び「独立変数を同定する能力」については,1つの回答につき1点を与えて点数化した。そして,これら2つの合計得点を「変数の同定」の変数として用いた。なお,「独立変数を同定する能力」に関する回答の分析基準として,「そりにエンジンを装備する,空気抵抗がなくなるスーツを着る」など,実施困難な方法であっても,そり(独立変数)の条件を制御する記述が見られる場合は正答とした。

一方,「雪山の斜面を全て氷にする」といった,そり(独立変数)以外の条件を制御したり,「そりの裏にタイヤを付ける」といった,科学的に正しくなかったりする記述が見られる場合は誤答とした。

2-3-2. 「因果関係の認識」の得点化

「因果関係の認識」については,文章の前後の記述が因果関係に基づいた回答(例えば,「多くの酸素が必要となるから,呼吸の回数が増える」)であれば,1つにつき

1点を与えて得点化した。そして、この得点を「因果関係の認識」の変数として用いた。

表1-1 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目

1 算数に対する好感度（5項目）	6 本の関わり（4項目）
1) 算数は好きか	24) 虫や動物、または虫や動物が主人公のマンガを読んだことがあるか
2) 算数の計算問題が好きか	25) 図鑑（動物・植物）を見たことがあるか
3) 算数の図形問題が好きか	26) 動物の飼育の仕方が書いてある本を読んだことがあるか
4) 算数の文章を読んで式を立てる問題が好きか	27) 昆虫記を読んだことがあるか
5) 算数の応用問題が好きか	7 ものづくり（4項目）
2 身近な自然体験（3項目）	28) 木や木の実などで、何かを作ったことがあるか
6) 家の人や友達とハイキングや山登りに出かけたことがあるか	29) むいぐるみや編み物など、手芸作品を作ったことがあるか
7) 家の人や友達と川や海へ出かけたことがあるか	30) プラモデルや模型を作ったことがあるか
8) 田植えや畑仕事をしたことがあるか	31) ものを組み立てたり、作ったりするのが好きか
3 自然への興味・関心（4項目）	8 探究的な学習活動（4項目）
9) 動植物の生き方やその環境を調べることに興味があるか	32) 不思議に思ったことを自分で確かめてみたことがあるか
10) 地球や宇宙がどのようにできたかを調べることに興味があるか	33) 結果を予測して、観察、実験をしたことがあるか
11) 地震や火山や台風被害をどう防ぐかに興味があるか	34) 自分で考えた方法で、観察、実験をしたことがあるか
12) 科学技術についてのニュースや話題に関心があるか	35) 観察、実験の結果に基づいて、筋道を立てて考えたことがあるか
4 理科的な教育施設との関わり（3項目）	9 観察、実験技能に対する自信（4項目）
13) 家の人または友達と水族館に行ったことがあるか	36) 温度計の見方に自信があるか
14) 家の人または友達と科学館に行ったことがあるか	37) アルコールランプの使い方に自信があるか
15) 家の人または友達と博物館に行ったことがあるか	38) マッチを正しく安全にする自信があるか
5 生き物との関わり（8項目）	39) 気体検知管の使い方に自信があるか
16) こん虫をつかまえたことがあるか	10 理科への興味・関心（6項目）
17) こん虫を飼育したことがあるか	40) 理科は好きか
18) 魚をつったり、つかまえたりしたことがあるか	41) 理科の学習は面白い
19) 魚（金魚や熱帯魚）を飼育したことがあるか	42) 理科で学ぶことに、役に立つことは多いと思うか
20) 動物（ペット）を育てたことがあるか	43) 観察、実験は好きか
21) 動物（ペット）の死を見たことがあるか	44) 理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしているか
22) 草花や野草で遊んだことがあるか	45) テレビで、理科に関する番組をよく見る方か
23) 自分で草花や野菜を種子から育てたことがあるか	

2-3-3. 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目の処理

まず、得られた回答を集計し、項目ごとの得点の平均値と標準偏差を求め、分析対象45項目から天井効果がみられた4項目（15, 16, 17, 30）、フロア効果がみられた1項目（20）を削除した。次に、残った40個の質問項目について、主因子法による因子分析を行った。因子数は、固有値が1以上であることを条件とし、3～12因子までの分析を行い、最適解を5因子とした。

さらに、因子数を5因子として、バリマックス回転を行った後、因子負荷が.40に満たない5項目(8, 19, 24, 31, 35)を削除し、再度、因子分析(バリマックス回転)を行った。そして、因子負荷が2因子にまたがって.40以上の負荷を示した2項目(28, 33)を削除し、最終的に33項目を選出した。抽出された5つの因子を「豊かな自然体験」、「理科への好感度」、「算数への好感度」、「自然や科学技術への興味・関心」、「実験技能に対する自信」と命名した(表1-2)。

2-3-4. 「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子の得点化

4件法による質問紙から得られた回答について、1～4点までの範囲で点数を与え、因子ごとの合計点数を算出し、これを本研究で明らかにする「仮説設定能力」の説明変数として用いた。

2-3-5. 5つの因子と「仮説設定能力」との相関分析、及び研究仮説の設定

まず、5つの因子(「豊かな自然体験」、「理科への好感度」、「算数への好感度」、「自然や科学技術への興味・関心」、「実験技能に対する自信」と、本研究において「仮説設定能力」として定義した2つの因子(「変数の同定」及び「因果関係の認識」)を合わせた7つの因子間の相関(Pearsonの積率相関係数)を求めた。次に、相関分析の結果に基づき、因果関係の構造について研究仮説を設定した。

2-3-6. パス図の作成とパス解析

後述 (p. 48) する研究仮説に基づいて、統計解析ソフト SPSS (VER. 22.0), Amos22.0 を使用してパス解析を行い、因果関係の構造の妥当性や相互に及ぼし合う影響の大きさを分析した。

表 1-2 「仮説設定能力」に影響を及ぼす 5 つの因子を同定した因子分析パターン行列

番号	項目内容	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
因子1『豊かな自然体験』（12項目）						
7	家の人や友達と川や海へ出かけたことがあるか	.610	.153	.196	.328	.073
22	草花や野草で遊んだことがあるか	.607	.085	.055	.091	.127
6	家の人や友達とハイキングや山登りに出かけたことがあるか	.597	.180	.091	.195	.013
13	家の人または友達と水族館に行ったことがあるか	.575	.298	.303	.054	.026
18	魚をつったり、つかまえたりしたことがあるか	.520	.150	.192	.216	.181
14	家の人または友達と科学館に行ったことがあるか	.511	.191	.144	.186	.255
21	動物（ペット）の死を見たことがあるか	.498	.364	.344	-.004	-.012
26	動物の飼育の仕方が書いてある本を読んだことがあるか	.489	.322	.271	-.086	.008
25	図鑑（動物・植物）を見たことがあるか	.472	.279	.110	.347	.140
23	自分で草花や野菜を種子から育てたことがあるか	.459	.055	-.071	-.003	.082
27	昆虫記を読んだことがあるか	.433	.093	.164	.232	.014
29	ぬいぐるみや編み物など、手芸作品を作ったことがあるか	.422	-.025	-.018	.095	-.061
因子2『理科への好感度』（7項目）						
40	理科は好きか	.035	.845	.175	.180	.065
43	観察、実験は好きか	-.026	.735	.114	.164	.061
42	理科で学ぶことに、役に立つことは多いと思うか	.239	.727	.115	.149	.148
41	理科の学習は面白い	.187	.713	.115	.251	.109
44	理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしているか	.346	.599	.171	.002	.062
45	テレビで、理科に関する番組をよく見る方か	.185	.592	.160	.226	.116
9	動植物の生き方やその環境を調べることに興味があるか	.260	.424	.222	.167	-.141
因子3『算数への好感度』（5項目）						
1	算数は好きか	.073	.137	.809	-.073	.038
4	算数の文章を読んで式を立てる問題が好きか	.074	.155	.788	.110	.017
2	算数の計算問題が好きか	.067	.163	.744	.020	.139
5	算数の応用問題が好きか	.201	.155	.657	.260	.162
3	算数の図形問題が好きか	.127	.250	.476	.231	-.055
因子4『自然や科学技術への興味・関心』（7項目）						
10	地球や宇宙がどのようにできたかを調べることに興味があるか	.084	.049	.016	.615	.102
12	科学技術についてのニュースや話題に関心があるか	.233	.231	.320	.570	.065
11	地震や火山や台風の被害をどう防ぐかに興味があるか	.283	.192	.344	.566	.076
34	自分で考えた方法で、観察、実験をしたことがあるか	.086	.285	.358	.498	.113
32	不思議に思ったことを自分で確かめてみたことがあるか	.222	.166	-.207	.436	-.077
36	温度計の見方に自信があるか	.195	.193	.082	.409	.175
39	気体検知管の使い方に自信があるか	.088	.346	.225	.405	-.035
因子5『実験技能に対する自信』（2項目）						
37	アルコールランプの使い方に自信があるか	.134	.133	.149	.101	.892
38	マッチを正しく安全にする自信があるか	.148	.134	.097	.112	.833
因子寄与		4.85	4.49	3.71	3.25	1.91
α係数		.940	.969	.851	.904	.744

注) Kaiser の正規化を伴うバリマックス法

3. 結果

3-1. 「仮説設定能力」を得点化した結果

図1-1に「変数の同定」（従属変数の指摘数と独立変数の指摘数の合計得点）の度数分布を示す。度数分布をみると、中央値4、最頻値4、最高値17、最低値0、平均値4.4であった。なお、従属変数の指摘数は平均値2.5、最高値12、最低値0、独立変数の指摘数は平均値1.9、最高値7、最低値0であった。また、図1-2に「因果関係の認識」の度数分布を示す。度数分布をみると、中央値1、最頻値1、最高値7、最低値0、平均値1.8であった。

これら「変数の同定」及び「因果関係の認識」を本研究で明らかにする「仮説設定能力」（目的変数）として用いた。

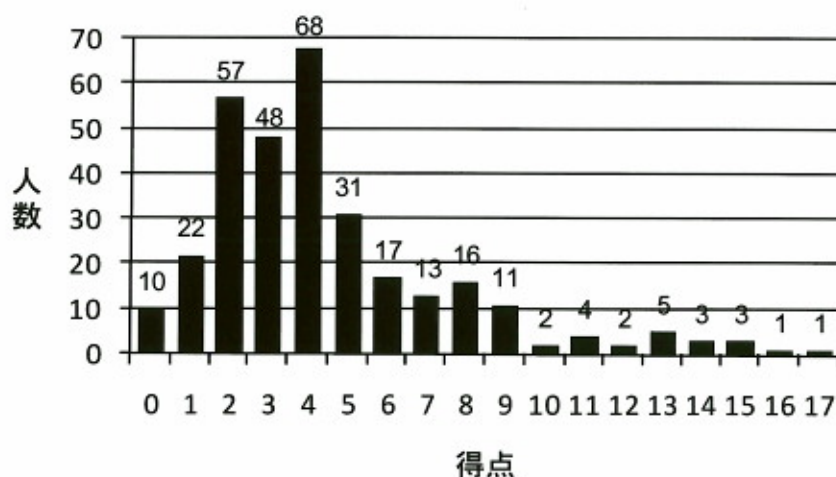


図1-1 「変数の同定」の度数分布

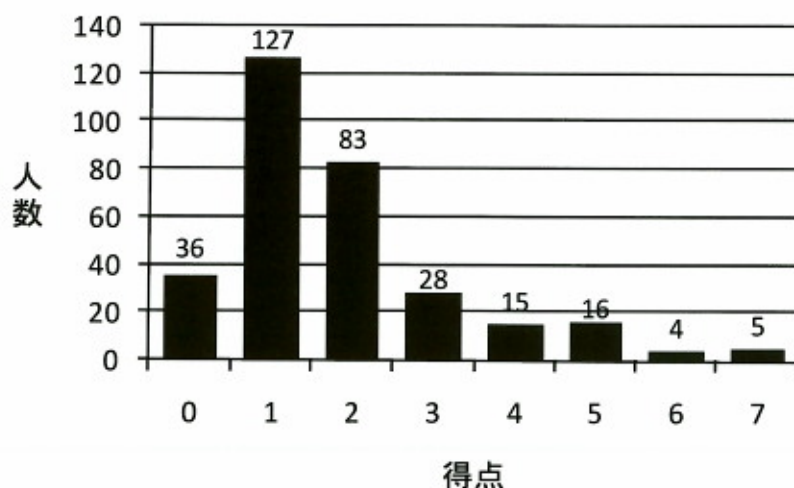


図 1 - 2 「因果関係の認識」の度数分布

3 - 2 . 因子分析の結果から得た要因

「仮説設定能力」に対して，因子分析によって同定した5因子がどのような影響を及ぼしているのかを検討するために，因子名を検討した。なお，命名は因子負荷量の大きい数項目に着目して行った。

因子1は，「7：家の人や友達と川や海へ出かけたことがあるか」，「22：草花や野草で遊んだことがあるか」という身近な自然体験に関する項目が含まれている。そこで，「豊かな自然体験」と命名した。

因子2は，「40：理科は好きか」，「43：観察，実験は好きか」という理科の学習に関する項目が含まれている。そこで，「理科への好感度」と命名した。

因子3は，「1：算数は好きか」，「4：算数の文章を読んで式を立てる問題が好きか」という算数の学習に関する

る項目が含まれている。そこで、「算数への好感度」と命名した。

因子4は、「10：地球や宇宙がどのようにできたかを調べることに興味があるか」、「12：科学技術についてのニュースや話題に関心があるか」という自然や科学技術に関する項目が含まれている。そこで、「自然や科学技術への興味・関心」と命名した。

因子5は、「アルコールランプの使い方に自信があるか」、「マッチを正しく安全にする自信があるか」という実験技能への自信に関する項目が含まれている。そこで、「実験技能に対する自信」と命名した。

また、表1-2に示したように、各因子の信頼性係数(Cronbach α)を算出した結果、各因子について十分な内的整合性が得られ、作成した質問項目の妥当性と信頼性が認められた。

3-3. 5つの因子と「仮説設定能力」との相関分析、及び研究仮説の設定

同定された5つの因子それぞれについて、まず、質問項目の得点を合計し、因子ごとの得点を求めた。次に、因子ごとの得点と「変数の同定」及び「因果関係の認識」の得点との相関を求めた。

相関分析の結果、表1-3に示したように、21の因子間で有意な正の相関が認められた。特に、「変数の同定」と「因果関係の認識」($r=.869$, $p<.01$)に最も強い正の相関が示された。また、「変数の同定」と5つの因子との相関関係が、「因果関係の認識」のそれらよりも大きいこ

とから、「変数の同定」が諸要因の影響を受けたうえで、「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼすと考えた。加えて、5つの因子の中で、「変数の同定」と正の相関が最も強く見られたものは「実験技能に対する自信」($r=.412$, $p<.01$)であった。このことから、「実験技能に対する自信」は「変数の同定」に直接的影響を及ぼすと考えた。

次いで、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」($r=.767$, $p<.01$)に強い正の相関が示された。このことから、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は共変動の関係にあり、本研究において明らかにしようとしている因果モデルの初発に位置する要因であると考えた。

さらに、「自然や科学技術への興味・関心」と「実験技能に対する自信」($r=.673$, $p<.01$)、「豊かな自然体験」と「実験技能に対する自信」($r=.673$, $p<.01$)に比較的強い正の相関が示された。このことから、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は「実験技能に対する自信」に直接的影響を及ぼすと考えた。

また、「実験技能に対する自信」について他の要因との関係を見てみると、「理科への好感度」($r=.487$, $p<.01$)及び「算数への好感度」($r=.420$, $p<.01$)であった。加えて、「理科への好感度」と「算数への好感度」にも比較的強い正の相関が示された($r=.421$, $p<.01$)。このことから、「実験技能に対する自信」、「理科への好感度」、及び「算数への好感度」の各2因子間において、比較的近い正の相関関係が示されたことから、これら3つの因子は相互に影響を及ぼし合いながら、1つの構造を構成す

るとともに、「変数の同定」に影響を及ぼすと考えた。

なお、「自然や科学技術への興味・関心」との相関においては、「変数の同定」($r=.223, p<.01$)及び「因果関係の認識」($r=.142, p<.05$)であり、「豊かな自然体験」との相関においては、「変数の同定」($r=.269, p<.01$)及び「因果関係の認識」($r=.186, p<.01$)であった。

これまでの考察を踏まえ、「変数の同定」及び「因果関係の認識」の2つの観点に基づいた「仮説設定能力」と、それに影響を及ぼす5つの因子との関係について、以下の4つの研究仮説を設定した。そして、これらの研究仮説に基づいたパス図(図1-3)を描き、因果モデルを検討することとした。

表1-3 5つの因子と「変数の同定」及び「因果関係の認識」との相関(Pearsonの積率相関係数)

	豊かな自然体験	理科への好感度	算数への好感度	自然や科学技術への興味・関心	実験技能に対する自信	変数の同定	因果関係の認識
豊かな自然体験		.559**	.412**	.767**	.673**	.269**	.186**
理科への好感度			.421**	.605**	.487**	.198**	.142*
算数への好感度				.463**	.420**	.244**	.188**
自然や科学技術への興味・関心					.673**	.223**	.142*
実験技能に対する自信						.412**	.291**
変数の同定							.869**
因果関係の認識							

** $p < .01$, * $p < .05$

注) 有意確率は両側検定で行った結果である。

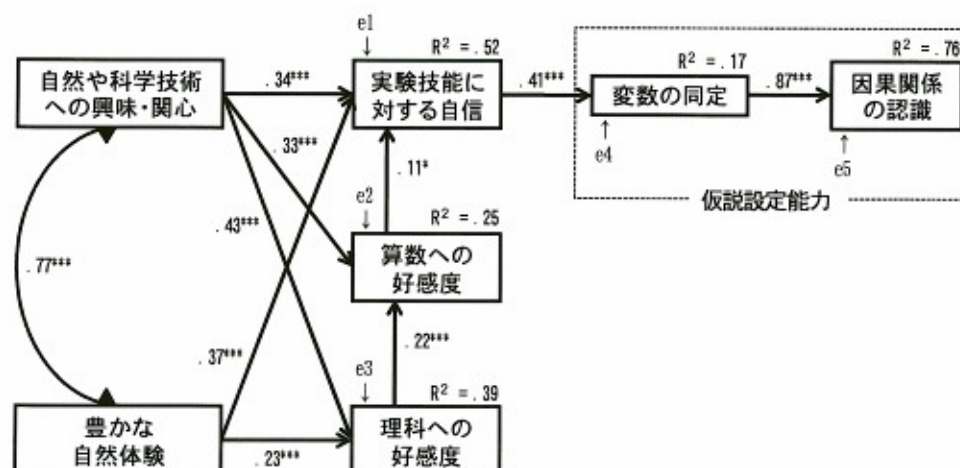
研究仮説：

- ①「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は共変動の関係にあり、「実験技能に対する自信」に直接的影響を及ぼす因果モデルの初発の段階に位置する。
- ②「実験技能に対する自信」、「理科への好感度」及び「算数への好感度」の各2因子間において、比較的近い正の相関関係が示されたことから、これら3つの因子は相互に影響を及ぼし合いながら、1つの構造を構成するとともに、「変数の同定」に影響を及ぼす。
- ③「実験技能に対する自信」は「変数の同定」に直接的影響を及ぼす。
- ④「変数の同定」と5つの因子との相関関係が、「因果関係の認識」のそれらよりも大きいことから、「変数の同定」が諸要因の影響を受けたうえで、「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼす。

3-4. パス図の作成とパス解析

表1-4に示したように、因果モデルの妥当性に関する観点として、モデルの適合度を検討するための指標を用いた。さらに、「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子の直接効果、間接効果、総合効果を表1-5に示す。

図1-3に示した因果モデルの適合度を検討した結果、 $\chi^2=9.323$ 、自由度=11、 $p=.502$ であった。また、本因果モデルの適合度指標(GFI)は.995、修正適合度指標(AGFI)は.985、比較適合度指数(CFI)は1.000、平均二乗誤差平方根(RMSEA)は.000であった。



- ・ 矢印はパス（横の数値は標準化したパス係数）
- ・ 両方向の弧矢印は共変（数値は Pearson の積率相関係数）
- ・ R^2 は重相関係数の平方
- ・ $e1 \sim 5$ は誤差変数
- ・ $^{***} p < .001, ^* p < .05$

図 1 - 3 「仮説設定能力」に影響を及ぼす要因の構造

表 1 - 4 モデルの適合度指標 (N = 314)

χ^2 検定			GFI	AGFI	CFI	RMSEA
χ^2	自由度	P値				
9.323	11	.502	.995	.985	1.000	.000

表 1 - 5 「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子の直接効果，間接効果，総合効果

	変数の同定			因果関係の認識
	直接効果	間接効果	総合効果	総合効果(間接効果)
豊かな自然体験	—	.153	.153	.108
理科への好感度	—	.010	.010	.007
算数への好感度	—	.046	.046	.032
自然や科学技術への興味・関心	—	.160	.160	.113
実験技能に対する自信	.411	—	.411	.291

これまで述べてきた結果から，本因果モデルはデータと十分適合しており，研究仮説は支持されたと考えられる。併せて，本因果モデルから，以下の示唆が得られた。なお，()内はパス係数を示し，影響の強さを表す。

- ①「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」(.77)は共変動の関係にあり，「変数の同定」に直接的影響を及ぼす因果モデルの初発の段階に位置している。
- ②「自然や科学技術への興味・関心」(.34)と「豊かな自然体験」(.37)は，「実験技能に対する自信」に直接的影響を及ぼしている。
- ③「理科への好感度」は，「自然や科学技術への興味・関心」(.43)と「豊かな自然体験」(.23)から影響を受け，「算数への好感度」(.22)に直接的影響を及ぼしている。

- ④ 「算数への好感度」は、「自然や科学技術への興味・関心」(.33)と「理科への好感度」から影響を受け、「実験技能に対する自信」(.11)に直接的影響を及ぼしている。
- ⑤ 「実験技能に対する自信」は、「自然や科学技術への興味・関心」、「豊かな自然体験」及び「算数への好感度」から影響を受け、「変数の同定」(.41)に直接的影響を及ぼしている。
- ⑥ 「変数の同定」は、「因果関係の認識」(.87)に強い直接的影響を及ぼしている。

これらの示唆から、第6学年の児童の場合、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」が因果モデルの初発の段階に位置し、他の要因と関わり合って、「変数の同定」に影響を及ぼしていることが明らかとなった。さらに、本因果モデルに関するいくつかの要因について、以下に詳細な分析を加えた。

第1に、「自然や科学技術への興味・関心」(間接効果.160)と「豊かな自然体験」(間接効果.153)は、他の要因を経ながら「変数の同定」に間接的影響を及ぼしている。この「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は共変動の関係にあることから、「自然や科学技術への興味・関心」が高い児童は、「豊かな自然体験」も多い傾向にあるといえる。

第2に、「理科への好感度」(間接効果.010)と「算数への好感度」(間接効果.046)は、「実験技能に対する自信」を経ながら、「変数の同定」に間接的影響を及ぼして

いる。理科や算数が好きである児童は、身近な自然に親しんだり、自然事象に対する興味・関心を高めたりするとともに、科学的に探究する能力や態度の育成がより一層促進されていくと思われる。そして、こうした経験の積み重ねにより、「実験技能に対する自信」が醸成されていくと考えられる。

第3に、「実験技能に対する自信」(直接効果.411)は、「自然や科学技術への興味・関心」、「豊かな自然体験」、及び「算数への好感度」から影響を受け、「変数の同定」に直接的影響を及ぼしている。探究的な学習活動を通じて、自然事象に対する強い興味・関心が「実験技能に対する自信」を醸成したり、自然と触れ合う経験やそれによって得られた知識が「変数」を想起させたりする一助になるとともに、その根拠にもなっていると考えられる。さらに、理科に自信のある児童は、自然事象から変数を同定する能力も高いことが示唆される。

第4に、自然事象から従属変数と独立変数を同定する能力が高い児童は、これら2変数の因果関係を認識する能力も高い傾向にあるといえる。

4. 考察

本章の目的は、小学生の理科における「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにするとともに、指導方法の考案に向けた示唆を得ることであった。

図1-3に示した因果モデルにおいて、「自然や科学技術への興味・関心」が初発の段階に位置づけられたことは、「人間が本来、知的好奇心を備えた存在である」とする荒井・永益・小林¹⁸⁾の指摘と一致している。

しかし、中学生を対象とした荒井・永益・小林¹⁹⁾の研究では、「自然や科学技術への興味・関心」が「身近な自然に関わる体験」を経て「変数への気づき」に影響を及ぼしているのに対し、小学生を対象とした本研究では、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は共変動の関係にあり、それらが「実験技能に対する自信」を経て「変数の同定」に影響を及ぼしている点が異なる。中高校生に比べて未発達の小学生的場合、知的好奇心が強いほど、身近な自然に親しんだり、自然に関わる体験が誘発されたりするとともに、これらの体験で得られた知識や経験の積み重ねが、自然事象についての理解、及び科学的な思考力や表現力の育成につながると推察される。そして、こうした経験により、理科への好感度や自信が醸成され、自然事象から従属変数と独立変数を同定する能力に影響を及ぼすものと考えられる。

これらの示唆は、科学的に探究する能力や態度の育成を重視している理科の学習において、自然体験や科学的な体験の重要性を裏付けるものであり、2008年告示の小

学校学習指導要領解説理科編²⁰⁾が掲げる理科の目標の1つである「実感を伴った理解とは、具体的な体験を通して形づくられる」と一致している。

一般に、因果関係の成立要件として、変数間の「時間的先行性」、「共変（結合）性」、「普遍性」、「整合性」の4つが挙げられる。第6学年ともなれば、自然事象から同定した従属変数と独立変数について、「時間的先行性」や「共変（結合）性」などに関する検討を適切に行うことができるようになるため、これら2変数の因果関係の認識も促進されると考えられる。

また、森²¹⁾は、科学的に探究する能力や態度の育成に関して、「仮説設定は、子どもに自然の探究活動をさせる際に最も重視されなければならない段階であること、また、自己の持つ情報と、直観から考え出される見解であり、科学の活動では創造性の最も必要な過程である」と仮説設定の重要性を述べている。さらに、仮説設定段階における教員の指導や助言の必要性についても指摘している。

これまで述べてきたように、第6学年の児童に対して、自然事象における従属変数と独立変数の2変数の因果関係に着目させ、実験で検証可能な仮説を児童自らの言葉で表現できるように指導することは、発達の程度の観点から時宜を得るものと考えられる。併せて、児童自らに仮説を設定させることで、見通しをもって観察、実験に取り組ませることが容易となり、問題解決や科学的に探究する能力の育成が促進されるようになることが期待される。

5. 本章のまとめ

本章では、第6学年の児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいて、小学生の理科における「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルについて検討するとともに、指導方法の考案に向けた示唆を得ることを目的とした。

この目的を達成するために、まず、第6学年の児童322名を対象として、45項目からなる質問紙調査を実施し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子として「豊かな自然体験」、「理科への好感度」、「算数への好感度」、「自然や科学技術への興味・関心」、「実験技能に対する自信」を同定した。次に、「仮説設定能力」を「変数の同定」と「因果関係の認識」の2つの観点で評価し、その回答を得点化した。そして、これら7つの変数についてパス図を作成し、パス解析を行った。

その結果、仮説設定で重要となる「変数の同定」と「因果関係の認識」に対して、「自然や科学技術への興味・関心」、「豊かな自然体験」及び「実験技能に対する自信」が間接的、直接的に影響を及ぼしていることが統計的に明らかとなった。また、自然事象から従属変数と独立変数を同定する能力の高い児童は、これら2変数の因果関係を認識する能力も高い傾向にあることが明らかとなった。

課題としては、以下の4点について検討を加えることが望まれる。

第1に、本研究で得られた示唆に基づく指導を行うことで、小学生の理科における「仮説設定能力」が育成さ

れるか否かを検証する必要がある。

第2に、第6学年以外の児童も調査対象とするなど、より大規模な質問紙調査による追試を行ったり、児童の居住地域（都市部と郡部）や性別に着目して分析したりすることで、本研究で導出された因果モデルの妥当性について吟味する必要がある。

第3に、自然事象から変数を同定する能力を育成するうえで、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」の影響の及ぼし方の違いを明らかにし、児童の探究的な学習活動を保障する指導方法を考案する必要がある。

第4に、本研究では影響が認められなかった「ものづくり」については、科学的な体験の1つとして大切な要因であり、「仮説設定能力」との関連性を検討する必要がある。

以上のことから、本章では、小学生の理科における「仮説設定能力」を育成するためには、自然事象から同定した変数を因果関係として認識させ、仮説を文章で表現させる指導の可能性を裏付ける根拠と示唆を得ることができた。

しかしながら、本章で得られた示唆は、あくまで抽象的なものにすぎない。そのため、本章で得られた示唆に基づく指導方法を実際の授業場面に具体化し、その効果を検証していく必要がある。

そこで、研究課題2として、第2章では、自然事象から同定した変数を因果関係として認識させ、仮説を文章で表現させる指導方略である4QSの適用の可能性につい

て検討する。また、研究課題3として、第3章及び第4章では、4QSを用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、認知的側面（現象を科学的に説明する能力、及び科学的な知識の理解）に与える効果を検証する。併せて、第5章では、4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が、考察の記述能力の育成に与える効果を検証する。

注

本研究では，質問紙調査を実施するうえで，以下の3点を厳格に遵守した。

- 1) 回答の有無や回答内容によって，個人に不利益（理科の成績や評価の低下）が生じないこと。
- 2) 回答内容を学術的な目的以外に使用したり，個別の結果を漏洩したりしないこと。
- 3) 自由回答につき，回答を持って同意とみなすこと。

引用文献

- 1) 森一夫（2003）「21世紀の理科教育」学文社，p.36.
- 2) 国立教育政策研究所教育課程研究センター（2005）「平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査 教科別分析と改善点（小学校・理科）」pp.1-8.
(http://www.nier.go.jp/kaihatu/katei_h15/H15/03001040020007004.pdf)
【最終アクセス：2013年8月25日】
- 3) Quinn, M. E., & C. Kessler. (1980). Science Education and bilingualism. Paper presented at the 53rd annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, pp.16-17.
- 4) Ronnig, M. E., & McCurdy, D. W. (1982). The role of instruction in the development of problem solving skills in science. What research says to the science

teacher, Vol. 4, pp. 21-31, NSTA.

- 5) Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 21-35.
- 6) 永益泰彦・小林辰至 (2007) 「高校生の仮説設定能力にかかわる要因の構造－生物 I 選択者における質問紙調査の分析から－」『日本理科教育学会』第 48 巻, 第 3 号, pp. 63-70.
- 7) 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008a) 「中学生の自然事象に関わる変数への気づきに影響を及ぼす要因の検討」『理科教育学研究』第 49 巻, 第 1 号, pp. 1-8.
- 8) 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008b) 「自然事象から変数を同定する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル」『理科教育学研究』第 49 巻, 第 2 号, pp. 11-18.
- 9) 前掲書 7)
- 10) 前掲書 8)
- 11) 前掲書 7)
- 12) 前掲書 8)
- 13) 古澤陽介・松原静郎・岩間淳子・稲田結美・谷友和・小林辰至 (2013) 「『動物の体のつくりと働き』に関する総合的な理解に影響を及ぼす諸要因の因果モデル－直接経験的及び間接経験的な観察・実験を起点として－」『理科教育学研究』第 54 巻, 第 1 号, pp. 71-81.
- 14) 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp. 60-62.

- 15) 小倉康 (2003) 「科学への学習意欲に関する実態調査－スーパーサイエンスハイスクール・理科大好きスクール対象調査結果報告書－」独立行政法人科学技術振興機構, pp. 205-264.

(<http://www.nier.go.jp/ogura/RepSSH05All.pdf>)

【最終アクセス：2013年8月25日】

- 16) 前掲書 7)
17) 前掲書 8)
18) 同書
19) 同書
20) 前掲書 14), pp. 9 -10.
21) 前掲書 1)

参考文献

- ・兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同研究プロジェクト M (平成 23-25 年度) 報告書 (2014) 「地域における理数教育活性化のための教員研究モデル・プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究」兵庫教育大学連合学校教育学研究科.
- ・金子健治 (2011) 「The Four Question Strategy を用いた仮説設定が中学生の科学的概念形成に与える効果に関する実証的研究」『兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科博士論文』.
- ・小塩真司 (2004) 「SPSS と Amos による心理・調査データ解析 因子分析・共分散構造分析まで」東京図書.

- ・ 小塩真司（2005）「研究事例で学ぶ SPSS と Amos による心理・調査データ解析」東京図書．
- ・ 小塩真司（2007）「実践形式で学ぶ SPSS と Amos による心理・調査データ解析」東京図書．
- ・ 中谷宇吉郎（1958）「科学の方法」岩波新書．
- ・ 田部井明美「SPSS 完全活用法 共分散構造分析（Amos）によるアンケート処理」東京図書．
- ・ 渡辺美智子（2013）「知識基盤社会における統計教育の新しい枠組み～科学的探究・問題解決・意思決定に至る統計思考力～」『日本統計学会誌』第 42 巻，第 2 号，pp. 253-271．
- ・ 山際勇一郎・田中敏（1997）「ユーザーのための心理データの多変量解析法」教育出版．

資料1 「従属変数を同定する能力」、「独立変数を同定する能力」及び「因果関係を認識する能力」に関する質問紙調査

理科アンケート調査

6年組 番 名前()

- ①太陽の光は、私たちの生活にどのような影響を与えているか。思いつくことをできるだけたくさん書きましょう。

- ②私は、雪の斜面を下るそりの速さについて調べる実験をすることにした。少しでもそのスピードを上げるには、どうしたらいいか。思いつくことをできるだけたくさん書きましょう。ただし、斜面の角度だけは決まっていることとする。

- ③激しい運動をすると、呼吸の回数や心臓の拍動はどうなるか。「…だから、…は、…になる。」という文章で説明しましょう。「酸素」、「二酸化炭素」、「肺」、「血液」、「栄養分」、「エネルギー」などのキーワードを使って、思いつくことをすべて書きましょう。キーワードは何回でも使ってよい。

【書き方の例：はげしい運動をすると、□□だから（するから）、○○になる。】

資料2 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目

番号	調査項目	とてもそう思う	そう思う	そう思わない	全くそう思わない
1	算数は好きか。	4	3	2	1
2	算数の計算問題が好きか。	4	3	2	1
3	算数の図形問題が好きか。	4	3	2	1
4	算数の文章を読んで式を立てる問題が好きか。	4	3	2	1
5	算数の応用問題が好きか。	4	3	2	1
6	家の人や友達とハイキングや山登りに出かけたことがあるか。	4	3	2	1
7	家の人や友達と川や海へ出かけたことがあるか。	4	3	2	1
8	田植えや畑仕事をしたことがあるか。	4	3	2	1
9	動植物の生き方やその環境を調べることに興味があるか。	4	3	2	1
10	地球や宇宙がどのようにできたかを調べることに興味があるか。	4	3	2	1
11	地震や火山や台風の被害をどう防ぐかに興味があるか。	4	3	2	1
12	科学技術についてのニュースや話題に関心があるか。	4	3	2	1
13	家の人または友達と水族館に行ったことがあるか。	4	3	2	1
14	家の人または友達と科学館に行ったことがあるか。	4	3	2	1
15	家の人または友達と博物館に行ったことがあるか。	4	3	2	1
16	こん虫をつかまえたことがあるか。	4	3	2	1
17	こん虫を飼育したことがあるか。	4	3	2	1
18	魚をつつたり、つかまえたりしたことがあるか。	4	3	2	1
19	魚(金魚や熱帯魚)を飼育したことがあるか。	4	3	2	1
20	動物(ペット)を育てたことがあるか。	4	3	2	1
21	動物(ペット)の死を見たことがあるか。	4	3	2	1
22	草花や野草で遊んだことがあるか。	4	3	2	1
23	自分で草花や野菜を種子から育てたことがあるか。	4	3	2	1
24	虫や動物、または虫や動物が主人公のマンガを読んだことがあるか。	4	3	2	1
25	図鑑(動物・植物)を見たことがあるか。	4	3	2	1
26	動物の飼育の仕方が書いてある本を読んだことがあるか。	4	3	2	1
27	昆虫記を読んだことがあるか。	4	3	2	1
28	木や木の実などで、何かを作ったことがあるか。	4	3	2	1
29	ぬいぐるみや編み物など、手芸作品を作ったことがあるか。	4	3	2	1
30	プラモデルや模型を作ったことがあるか。	4	3	2	1
31	ものを組み立てたり、作ったりするのが好きか。	4	3	2	1
32	不思議に思ったことを自分で確かめてみたことがあるか。	4	3	2	1
33	結果を予測して、観察、実験をしたことがあるか。	4	3	2	1
34	自分で考えた方法で、観察、実験をしたことがあるか。	4	3	2	1
35	観察、実験の結果に基づいて、筋道を立てて考えたことがあるか。	4	3	2	1
36	温度計の見方に自信があるか。	4	3	2	1
37	アルコールランプの使い方に自信があるか。	4	3	2	1
38	マッチを正しく安全にする自信があるか。	4	3	2	1
39	気体検知管の使い方に自信があるか。	4	3	2	1
40	理科は好きか。	4	3	2	1
41	理科の学習は面白い。	4	3	2	1
42	理科で学ぶことに、役に立つことは多いと思うか。	4	3	2	1
43	観察、実験は好きか。	4	3	2	1
44	理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしているか。	4	3	2	1
45	テレビで、理科に関係する番組をよく見る方か。	4	3	2	1