

観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因構造の検討

広島大学大学院 松浦 拓也
広島大学 角屋 重樹

本研究は、観察・実験における思考活動と、この思考活動に影響を及ぼす要因の関係を構造方程式モデリング (SEM) を用いて明らかにすることを目的とした。このため、まず、先行研究をもとに観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因として目的把握、思考スキル、粘り強さの3種8項目を選定した。次に、この8項目に思考活動に対する好嫌3項目を加え、計11項目から成る質問紙調査を中学1、2年生134名を対象に行った。調査項目の妥当性を検討するために因子分析を行った結果、因子構造と想定した調査項目の構造が一致した。そこで、観察・実験における思考活動と各要因との関係をSEMにより検討した。この結果、次のことが明らかになった。①観察・実験における思考活動に、目的把握と思考スキルが強く影響している。これに対して、②観察・実験における思考活動に、粘り強さは直接的にはあまり影響していない。

キーワード：問題解決、メタ認知的技能、観察・実験、思考活動

1. 問題の所在

平成10年改訂小学校学習指導要領理科の特徴の一つとして、目標に「見通しをもって」という語句が付記された。この、子どもが「見通しをもつ」ことの意義を、角屋 (2001) は①自己責任の感覚による主体的な問題解決、②見通しと、観察・実験の結果の一致、不一致の明確化、③科学的に妥当な知の獲得の3点に整理している。これは、中学校学習指導要領理科の目標に付記された「目的意識をもって」という語句についても同様であると考えられる。このような小、中学校の学習指導要領に顕在化した特徴は、現在求められている自己教育力や生きる力の育成という文脈に起因するものである。そして、上述の角屋が述べた意義が示すように、子どもが「見通しをもった」「目的意識をもった」学習を行うためには、子ども自身が問題に対して主体的に取り組む必要があるといえる。

学習者の主体性に関して、岩崎・山口 (1998) は、学習活動に対する主体性、特に、学習者の主体的な問題解決の遂行とメタ認知との間には連関があることを指摘している。この、学習者の主体

的な問題解決の遂行とメタ認知との関係は次に述べるように整理できる。まず、問題解決については、Polya (1954) は問題解決における発見の手続きとして①問題を理解すること、②計画を立てること、③計画を実行すること、④振り返ることの4つの心的操作過程を挙げている。

一方、メタ認知は、静的側面であるメタ認知的知識と動的側面であるメタ認知的技能に大別される。そして、とりわけ後者のメタ認知的技能を、Brown (1984) は、広い範囲の学習事象における効率的な思考の基本的特徴であるとしている。また、Brownは、このメタ認知的技能が計画立案、点検、モニタリングという実行過程から構成されることを提案している。前述のPolyaが示した4つの過程と、このメタ認知的技能の実行過程を比較すると多くの共通点が見出されることから、問題解決とメタ認知的技能の間には連関があるといえる。

上述のメタ認知に関して、数学教育や理科教育においては次のような研究が展開されている。まず、数学教育においては、メタ認知は問題解決を推進する機能を持つと考えられ、メタ認知の問題解決を推進する機能についての理論的研究やメタ

認知の問題解決における実行過程に関する研究などが多く行われている (Schoenfeld 1985, 岩崎・山口 1998, 加藤 1999 など)。次に, 理科教育においては, メタ認知的な考え方が概念地図法を用いた研究 (Novak & Gowin 1992) や, 認知的方略の枠組みによる研究 (市川ら 1995, 堀・市川 1997) などにおいて適用されている。しかし, 理科教育においては, メタ認知そのものに関する研究はあまりみられない。

2. 目的

前述したように, メタ認知は学習や問題解決において重要な役割を果たしているのではないかと考えられており, 多くの領域で研究されている。そして, 前述したこれまでに行われてきた研究は, 理論的枠組みを構築するための一般的な課題によるもの, メタ認知のある特定の機能のみに着目したものの, 計算過程とメタ認知の関係に着目したものと考えることができる。このため, 理科学習できわめて重要な問題解決活動である観察・実験とメタ認知の関係を明らかにした研究は見られないようである。

この観察・実験においては, 自然事象に関する知識や観察・実験の操作技能とともに, 観察・実験の目的を明確にするという「目的の明確化」, 目的を達成するための妥当な観察・実験の「操作手順の検討」, 観察・実験の目的という文脈上での「考察」という思考活動が重要である。前項で述べたように, このような観察・実験における思考活動の過程は, Brown が提案したメタ認知的技能の実行過程に対応している。このため, 観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因を検討することは, メタ認知的技能に影響を及ぼす要因を検討することにつながるといえる。

そこで, 本研究では, 観察・実験におけるメタ認知的技能の実行過程を明らかにする第一段階の研究として, 観察・実験における思考活動と, この観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因の関係を, 構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling : SEM) を用いて明らかにすることを目的とした。

3. 方法

(1) 調査方法

本研究では, まず, 先行研究をもとに観察・実験における思考活動に影響を及ぼすと考えられる要因を検討した。そして, 各要因の構成項目の妥当性の検討には因子分析を, 観察・実験における思考活動と各要因との関係解明には SEM を用いることにした。このため, 本研究では質問紙法を用いることにした。

観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因の検討は, 以下に述べる手順で行った。まず, 観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因を, 前々項で述べた Polya の 4 つの心的操作の過程をもとに検討した。そして, これら①から④までの 4 つの過程を観察・実験活動に対応させると, ①が「目的把握」, ②, ③, ④が「思考スキル」に対応するといえる。また, 辰野 (1997) は学習に影響を及ぼす要因を明らかにする研究において, 学習技能などに加えて自主的態度や根気強さという観点を用いている。観察・実験は多くの時間を要する活動であるため, このような「粘り強さ」という要因を考慮する必要があると考えた。そこで, 本研究では目的把握, 思考スキル, 粘り強さの 3 つを観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因とした。なお, 各要因の構成項目は Miller (1992), Manzano (2000), 松浦 (2000) の研究をもとに 8 項目から構成した。

一方, 観察・実験における思考活動は, この思考活動に対する好嫌に影響を受けると考えた。つまり, 観察・実験における思考活動を好むほど, この思考活動が円滑に行われると考えた。そこで, この思考活動が円滑に行われるか否かを測定する項目として, 観察・実験における思考活動の好嫌に関する 3 項目を想定した。

以上のことから, 観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因に関する 8 項目と, 観察・実験の思考活動の好嫌に関する 3 項目, 計 11 項目を用いて質問紙を作成した。なお, これらの各項目はすべて 5 件法で構成した。質問紙に用いた項目の詳細を次頁の表 1 に示す。

表1 質問項目

	項目	尺度
粘り強さ	○以下の項目に対して、あなたの考えはどうですか。 1. 他の誰かの助けを借りずに、自分自身で物事を解決するのが好きである。 2. 正しい答えが得られるまで、問題に取り組むのが好きである。 3. 正しい答えが得られる前にあきらめるより、その問題と格闘している方が好きである。	①まったく違う ②違う ③どちらともいえない ④その通り ⑤まったくその通り
思考スキル	○問題に出会ったとき、次のようなことを、どのくらいしたことがありますか。 4. すじ道を立てて考えたり、多くの点からまとめて考えたりする。 5. 表やグラフ、図を使って、数や量の関係を見る。 6. 見つけたしたことを、ほかの問題にあてはめる。	①まったくない ②あまりない ③すこしはある ④よくある ⑤とてもよくある
目的把握	○理科の学習において、次のような経験を、どのくらいしたことがありますか。 7. 何を学習しているのか、よく分からない。 8. 実験や観察の目的が、よく分からない。	①まったくない ②あまりない ③すこしはある ④よくある ⑤とてもよくある
思考活動	○理科の学習に関する以下の項目に対して、どう思いますか。 9. 実験や観察の、予想や仮説をたてること。 10. 実験や観察の、結果をまとめること。 11. 実験や観察の結果をもとに、考察をすること。	①とても嫌い ②少し嫌い ③どちらでもない ④少し好き ⑤とても好き

(2) 被験者及び調査時期

広島県内及び山口県内の中学1, 2年生134名を対象に行った。また、調査は2000年12月から2001年1月にかけて実施した。

4. 調査及び分析の結果

調査項目の妥当性を検討するために因子分析を行った結果、因子構造と想定した調査項目の構造が一致した。そこで、観察・実験における思考活動を各要因で説明する因果モデルを構成した。但し、項目7, 8は内容の関係上否定的質問文となっているため、分析の前に値を反転させている。分析にはSPSS10及びAmos4を使用した。この詳細を以下に示す。

(1) 調査項目の妥当性と信頼性の検討

まず、調査項目の妥当性を検討するために、11項目に対する134名の反応について因子分析を行った。また、回転にはSEMを行うことを考慮し斜交解(プロマックス)を用いた。その結果、表2のようになった。この表2に示すように、因子負荷量が0.500以上を因子構成の項目とした結果、

因子1は項目9, 10, 11, 因子2は項目1, 2, 3, 因子3は項目4, 5, 6, 因子4は項目7, 8から成る。そして、項目9, 10, 11は思考活動、項目1, 2, 3は粘り強さ、項目4, 5, 6は思考スキル、項目7, 8は目的把握とそれぞれ対応している。これら因子構成項目と各要因の対応関係から、調査項目は妥当であるといえる。なお、有効回答者数は130名であった。

また、これら各因子における信頼性係数(Cronbach α)を算出した。その結果を、各項

表2 因子負荷量 (N=130)

項目	因子1	因子2	因子3	因子4
1.	0.305	<u>0.571</u>	0.309	0.049
2.	0.226	<u>0.888</u>	0.296	0.151
3.	0.220	<u>0.683</u>	0.120	0.062
4.	0.385	0.316	<u>0.675</u>	-0.041
5.	0.325	0.187	<u>0.621</u>	0.108
6.	0.294	0.172	<u>0.748</u>	0.104
7.	0.312	0.201	0.075	<u>0.819</u>
8.	0.241	-0.028	0.070	<u>0.667</u>
9.	<u>0.743</u>	0.313	0.470	0.477
10.	<u>0.744</u>	0.260	0.387	0.251
11.	<u>0.910</u>	0.278	0.375	0.312

主因子法(プロマックス回転)

目の平均値、標準偏差とともに表3に示す。この表3に示すように、 $0.70 \leq \alpha \leq 0.83$ であるため各因子の項目間において内部一貫性があると考えることができる。

また、因子相関を表4に示す。この表4から、因子2と因子4、因子3と因子4の相関が弱いといえる。したがって、因果モデル構成にあたってはこれらの状況を考慮する必要があるといえる。

(2) 思考活動と影響要因の関係の解明

思考活動 (= 観察・実験における思考活動の積

表3 平均値、標準偏差及び信頼性係数 (N=130)

因子	項目	平均(S.D.)	α
因子1 (思考活動)	9	2.42(1.08)	0.83
	10	2.62(1.09)	
	11	2.41(1.02)	
因子2 (粘り強さ)	1	3.13(0.91)	0.75
	2	2.90(0.92)	
	3	2.82(0.98)	
因子3 (思考スキル)	4	2.43(0.86)	0.71
	5	2.38(0.93)	
	6	2.58(1.10)	
因子4 (目的把握)	7	3.42(0.88)	0.70
	8	3.37(0.87)	

※ α : Cronbach α

極性)を目的把握、思考スキル、粘り強さの3構成概念で説明する因果モデルを作成するためにSEMを用いた。このモデルを分析した結果を図1及び表5に示す。

表5から次のことがいえる。モデルの適合度の検討を行った結果、カイ2乗の値は35.670であり、 $df = 38$, $P = 0.578$ であった。また、モデルの適合度指標 (GFI) は0.953, 修正適合度指標 (AGFI) は0.918, RMSEA は0.000である。このことから、作成したモデルと標本データが十分適合しているといえる。このため、本分析において構成したモデルは調査結果をよく説明しているといえる。

表4 因子相関

因子	1	2	3
2	0.337	1	
3	0.490	0.328	1
4	0.377	0.137	0.115

表5 モデルの適合度指標

カイ2乗検定			GFI	AGFI	RMSEA
χ^2	自由度	p値			
35.670	38	0.578	0.953	0.918	0.000

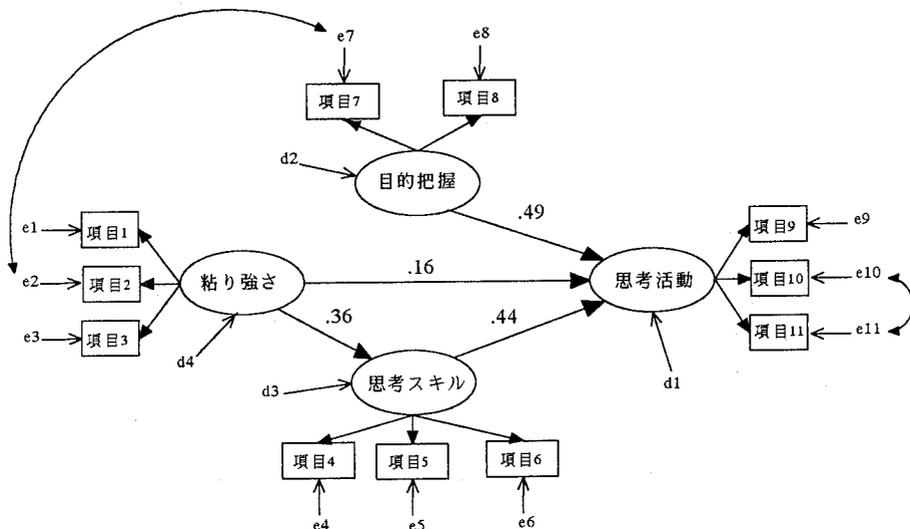


図1 観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因の構造

本研究によって得られた図1のモデルから、次のことがいえる。まず、観察・実験における思考活動には目的把握、思考スキルが強く影響している。これに対して、観察・実験における思考活動に粘り強さは直接的にはあまり影響していないといえる。しかし、観察・実験における思考活動に対する粘り強さの直接効果は0.16と小さいが、間接効果を加えた総合効果は0.32となる。このため、粘り強さも間接的には観察・実験における思考活動に影響しているといえる。

次に、観察・実験における思考活動に影響を及ぼす3要因の間の関係は以下ようになる。まず、目的把握には粘り強さが影響していないが、思考スキルには粘り強さが強く影響している。また、目的把握と思考スキルは互いに影響を及ぼしていないということが明らかになった。

5. 結果のまとめと含意

本研究は、観察・実験におけるメタ認知的技能の実行過程を明らかにする第一段階の研究として、観察・実験における思考活動と、この観察・実験における思考活動に影響を及ぼす要因の関係を、SEMを用いて明らかにすることを目的とした。その結果、観察・実験における思考活動には、目的把握、思考スキルが強く影響していること、粘り強さは間接的に影響していることが明らかになった。

ここで、観察・実験の思考活動には目的把握や思考スキルという要因が強く影響しているという結果の含意について、メタ認知的技能と対応させて考える。観察・実験の目的・目標を把握し、この目的・目標を達成するために妥当な実験計画の立案を行うという過程は、メタ認知的技能の計画立案や点検といった実行過程に対応している。換言すると、メタ認知的技能が円滑に機能するためには、これら目的把握や思考スキルが十分に実行される必要があるといえる。

また、得られた知見より次のことが理科の授業に対する含意として導出できる。まず、観察・実験における思考活動を子どもたちが行うためには、目的の把握を十分に行わせる必要があるといえる。このため、「何のために」、「何を」という観察・

実験の目的、目標を子どもたちに明確に意識させる必要がある。また、観察・実験における思考活動を子どもたちが行うためには、問題を解決するために必要な思考のスキルを子どもたちがあらかじめ習得している必要があるといえる。このため、筋道を立てて考えること、表やグラフ使って多面的に問題や結果をとらえること、得られた結果を他の問題へ適用することなどの技能を問題解決のスキルとして、子どもたちに繰り返し教授する必要がある。

6. おわりに

本稿では、メタ認知的技能が働くための要因構造の一つを示すことができたと考えられる。しかし、本稿で検討したモデルは、メタ認知的技能そのものを表したものではない。また、実際の観察・実験活動中に行われる点検やモニタリングという過程は扱っていない。このため、今後は、実際の観察・実験場面において、観察・実験活動中に行われる点検やモニタリングといった過程を詳細に分析する必要がある。そして、観察・実験におけるメタ認知的技能の実行過程を明らかにし、理科教育におけるメタ認知的技能の有効な育成方法を検討していくことが今後の課題であると考えられる。

引用・参考文献

- Brown, A. L., 湯川良三・石田裕久 (訳) (1984) 『メタ認知』, サイエンス社。
- 堀哲夫・市川英貴 (1997) 「認知的方略の実態とその育成に関する研究—中学1年「音」の概念を事例にして—」『日本理科教育学会研究紀要』, vol.37, No.3, pp.25-32.
- 市川英貴・戸北凱惟・堀哲夫 (1995) 「電流回路モデルによる中学生の認知的方略の育成」『日本理科教育学会研究紀要』, vol.36, No.2, pp.21-31.
- 岩崎秀樹・山口武志 (1998) 「メタ認知は教授—学習の成因か成果か—数学教育におけるメタ認知概念の拡張に関する考察—」『科学教育研究』, vol.22, No.4, pp.178-190.
- 角屋重樹 (2001) 「21世紀の理科カリキュラムの

- 課題」『理科の教育』, vol.50, 1月号, pp.4-7.
- 加藤久恵 (1999) 『数学的問題解決におけるメタ認知の機能とその育成に関する研究』, 広島大学学位論文.
- 松浦拓也 (2000) 「メタ認知的技能に影響を与える要因の検討」『日本教科教育学会全国大会論文集』.
- Manzano, V. U. (2000) 『科学素養の生涯発達と社会的文脈の効果』, 平成11・12年度科学研究成果報告書.
- Miller, J. D. (1992) *LSAY Codebook*, NORTH-ERN ILLINOIS UNIVERSITY.
- 文部省 (1998) 『小学校学習指導要領』, 大蔵省印刷局.
- 文部省 (1998) 『中学校学習指導要領』, 大蔵省印刷局.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B., 福岡敏行・弓野憲一 (監訳) (1992) 『子どもが学ぶ新しい学習法』, 東洋館出版社.
- Schoenfeld, A. H. (1985) *Mathematical Problem Solving*, Academic Press.
- 辰野千壽 (1997) 『学習方略の心理学』, 図書文化, pp.120-126.
- Polya, G., 柿内賢信 (訳) (1954) 『いかにして問題をとくか』, 丸善.

An Analysis on the Structure of Factors Affecting Thinking Activities in Experiments

By

Takuya MATSUURA

Graduate School of Education, Hiroshima University

Shigeki KADOYA

Faculty of Education, Hiroshima University

The purpose of this study is to examine the structure of factors that affect attitude toward thinking activities during experiments. Extracted from previous studies, the study hypothesized that attitude is influenced by three factors: (1) understanding the purpose, (2) thinking skills, and (3) perseverance. The 11-item questionnaire, which measured these three factors in addition to attitudes, was administered to 134 high school students. The study revealed that the questionnaire had research validity. In addition, the analysis in the Structural Equation Modeling indicated that the effects of understanding the experimental purposes and thinking skills are influential factors on the attitude towards thinking activities. On the other hand, the direct effect of perseverance is relatively small.