

『小学校第6学年児童は科学の暫定性という特質を どのようにとらえているか』

文部省初等中等教育局小学校課 角 屋 重 樹
東京都府中市立府中第一小学校 石 井 雅 幸

本研究は、小学校第6学年児童が科学の暫定性という特質をどのようにとらえているのかを明らかにしようとした。このため、東京都内4校の221名、神奈川県内4校の417名の計638名の第6学年児童を対象とし小学生用に改変した変形NSKSテストを実施した。小学生用に改変した変形NSKSテストとは、創造性、テスト可能性、発展性、簡潔性の4種の尺度から成り、4種の各尺度を構成するそれぞれの項目に関して3段階の尺度値で反応するものであった。

第6学年児童の科学の暫定性に関する理解のしかたは、4種の各尺度を構成する項目、及び各尺度の構成項目における尺度値の人数に表れると考えられる。そこで、4種の各尺度を構成する項目については主成分分析法で検討した。また、各尺度を構成する項目における尺度値の人数に表れる科学の暫定性に関する理解は、各尺度を構成する項目の3段階の尺度値における人数分布から検討した。

その結果は、以下のようになった。

- (1)抽出した主成分は、創造性、発展性、簡潔性とテスト可能性、創造性という尺度に対応するものであった。
- (2)各構成項目の3段階の尺度値における人数分布に表れた科学の暫定性に関する理解、特に未理解は、4種の尺度のうち、簡潔性の尺度に表出した。

それは、小学校第6学年児童は科学的知識や法則、理論に関する表記上の簡潔性を認めていない、というものであった。

I. はじめに

今まで自然科学は、客観的な知識と方法から構成された体系であり、知覚される現象としての事実により経験的に論証できる合理的な認識であると考えられてきた。そして、知覚される現象としての事実はいつの時代においても同一である、と考えられてきた。このため、経験的知覚としての事実は科学における客観性という考え方の基底となっていた。このような科学に対する考え方が伝統的かつ正統な科学観であった。

上述の伝統的かつ正統な科学観に対して、Kuhn (1979) や池田清彦 (1990)、小林傳司ら (1991)、野家啓一 (1993)、村上陽一郎 (1994)、の考え方に表れているように、科学的知識や科学的方法是決定的なものではなく、むしろ、それらは暫定的なものであるという科学の暫定性を基調とする科学観が主張されている^(注1)。つまり、動的世界像としての科学観が台頭してきている。

したがって、科学観は伝統的かつ正統なものから動的世界像へ転換している状況にあるといえる。

そこで、本研究では、まず、学習者の、科学の暫定性に関する理解の実態を実証的に分析しようとした。

学習者の科学の暫定性に関する理解の実態を実証的に分析するためには、科学の暫定性に関する理解の実態を計測できる質問紙を開発し、学習者の理解の実態をとらえていくことが一つの方略として考えられる。

上述の考え方のもとに、既に、科学の暫定性に関する理解の実態を計測できる変形NSKSテストを開発し、中学生や大学生を対象にした調査を行った。その結果は、中学生は科学における創造性や簡潔性に関して、また、大部分の大学生は科学における創造性、発展性、及び簡潔性に関して、それぞれ、未理解である、というものであった(角屋, 1990, 1991)。

そこで、今回は、調査が可能であった小学校第

6 学年児童を対象として、科学の暫定性に関する理解の実態を調べようとした。以後、小学校第 6 学年児童を 6 年生と記す。

科学の暫定性に関する理解のしかたは、創造性、テスト可能性、発展性、簡潔性の 4 種の各尺度を構成する項目、及び各尺度を構成する項目における尺度値に対する人数に表れると考えられる。そこで、4 種の各尺度を構成する項目、及び各尺度を構成する項目における尺度値に対する人数に表れた理解のしかたを検討しようとした。

II. 目的

前項で述べたように、今回の目的は、以下の 2 点を検討することから、6 年生の科学の暫定性に関する理解の実態を明らかにすることである。

- 1) 創造性、テスト可能性、発展性、簡潔性の各尺度を構成する項目の検討
- 2) 各尺度を構成する項目における尺度値の人数に表れた理解のしかたの検討

III. 方法

前述の目的を達成するために、小学生用に改変した変形 NSKS テストを実施した。

(III-1) 調査課題

24 項目の調査課題は、科学の暫定性から肯定される項目と否定される項目とに分類できる。そこで、4 種の各尺度構成項目を肯定、否定別に分けて表 6 に示す。各項目に対しては、次の教示のもとに、3 段階の尺度値に反応させた。「この調査は、理科で勉強していることについてあなたの意見を聞くものです。1 から 24 の問いには、理科で勉強していることについていろいろな考えが述べられています。それぞれの問いについて、そう思うならば 1 に、どちらともいえないならば 2 に、そう思わないならば 3 に、○印をつけて下さい。」

(III-2) 対象

対象とした児童は、東京都内と神奈川県内、それぞれ、4 校の第 6 学年計 638 名であった。その内訳を学校別、性別に分けて、表 1 に示す。

(III-3) 分析方法

分析は、以下の考え方のもとに行った。

4 種の各尺度を構成する項目の検討は、24 項目に対する 638 名の反応値を主成分分析し各主成分の構成項目を抽出することから行った。

また、各尺度を構成する項目における尺度値に対する人数に表れた理解のしかたは、各尺度の構成項目における 3 段階の尺度値に対する人数分布に表れると考えられる。そこで、4 種の各尺度のそれぞれの構成項目について、3 段階の尺度値における人数分布から検討を行った。

(III-4) 調査時期

調査は、平成 7 年 5 月～7 月に行った。

表 1 サンプル構成

小学校		男	女
東京都	渋谷区立大向小学校	21	26
	渋谷区立長谷戸小学校	12	10
	板橋区立常磐台小学校	52	52
	八王子市立散田小学校	24	24
神奈川県	川崎市立宮崎小学校	54	64
	相模原市立東林小学校	38	30
	相模原市立大野台小学校	61	67
	相模原市立新宿小学校	53	50
合計		315	323

IV. 結果

(IV-1) 4 種の各尺度を構成する項目の検討

4 種の各尺度の構成項目を検討するため、24 項目に対する 638 名の反応値を主成分分析した。24 項目は、創造性、テスト可能性、発展性、簡潔性の 4 種の尺度に対応するように四つ抽出できると考えられる。そこで、抽出すべき主成分の数を 4 にしてバリマックス回転を行った。その結果を次頁の表 2 に示す。この表において、前述の表 6 の各尺度の構成項目をもとに、各主成分を構成する

表2 主成分負荷量と主成分構成項目

主成分 項目	I	II	III	IV
1	[-.679]	-.011	-.059	-.035
2	.301	-.141	[-.452]	.262
3	.260	-.149	-.370	-.242
4	-.100	.325	-.203	.076
5	-.137	.248	-.277	.351
6	-.257	.086	[.448]	-.174
7	.002	.048	.089	.316
8	.179	[-.424]	.058	.041
9	[.698]	.039	.000	.020
10	[.529]	.125	.020	.097
11	.058	-.023	[.669]	.068
12	-.156	.269	.011	.068
13	.067	-.138	.033	[.782]
14	.027	.098	-.266	-.088
15	.256	[.518]	.097	-.046
16	-.128	.017	[-.665]	-.126
17	[-.668]	-.129	-.053	.004
18	-.035	[-.463]	.145	-.047
19	-.157	-.241	.319	.054
20	-.340	.317	.087	.292
21	-.050	-.014	-.072	[-.796]
22	-.183	[-.626]	-.074	.085
23	.150	[.680]	-.034	-.027
24	.125	-.251	.334	-.150
寄与	2.282	2.061	1.903	1.798

項目を抽出した(注2)。その結果、抽出した主成分構成項目を表中の [] 印で示す。

表2の [] から、次のことがいえる。主成分Iの構成項目は1, 9, 10, 17, 主成分IIのそれは項目8, 15, 18, 22, 23, 主成分IIIのそれは項目2, 6, 11, 16, 主成分IVのそれは項目13, 21, である。

ここで、上述の主成分構成項目から、各主成分を解釈する。

ところで、主成分分析方法による各主成分は複数の、2項目以上から形成される下位の主成分構成項目群から成り立つ。このため、4種の尺度を主成分分析すると、抽出された各主成分は複数の異なる下位の尺度構成項目群から形成される場合があると考えられる。この考え方でI~IVの各主成分を解釈すると、各主成分は、それぞれ、創造性、発展性、簡潔性とテスト可能性、創造性であるといえる。

また、上述のように、各主成分は複数の、下位の尺度構成項目群から構成されるので、主成分分析法で抽出した各尺度とそれを構成する項目を対応させると、次のようになる。創造性の尺度の構成項目は1, 9, 10, 13, 17, 21の6項目、テスト可能性のそれは11, 16の2項目、簡潔性のそれは2, 6の2項目、発展性のそれは8, 15, 18,

22, 23の5項目であるといえる…結果I。

[IV-2] 各尺度を構成する項目における尺度値の人数に表れた理解のしかた

各主成分構成項目における尺度値の人数に表れた理解のしかたは、前述の主成分構成項目における3種の尺度値の人数分布に表れる。

そこで、これらの主成分構成項目において、3種の尺度値に対する人数を調べた。その結果を表3に示す。

表3において各主成分構成項目の、3種の尺度値の人数に表れた理解のしかたは、以下のように考えられる。

まず、各主成分構成項目の3段階の尺度値に対する人数において次の関係が成立する。つまり、「どちらともいえない」という尺度値2における人数と、「肯定あるいは否定」における人数(尺度値1の人数と尺度値3のそれとの合計)とが統計的にほぼ等しいならば、その項目が肯定的あるいは否定的にとらえられているかが明確にならないと考えられる。

表3 各主成分構成項目の3種の尺度値に対する人数分布

主成分I	尺度		創造性													
	構成項目	尺度値	肯定			否定			肯定			否定				
			9	10	17	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
人数		244	235	159	221	258	159	144	242	252	151	282	205			
主成分II	尺度		発展性													
	構成項目	尺度値	肯定			否定			肯定			否定				
			8	18	22	15	23	1	2	3	1	2	3			
人数		353	195	90	439	126	73	320	212	106	94	161	383	46	229	363
主成分III	尺度		簡潔性			テスト可能性										
	構成項目	尺度値	肯定	否定	肯定	否定	肯定	否定	肯定	否定						
			2	6	11	16	1	2	3	1	2	3				
人数		163	251	214	191	261	186	355	141	142	129	149	350			
主成分IV	尺度		創造性													
	構成項目	尺度値	肯定		否定											
			13	21	1	2	3	1	2	3						
人数		241	214	183	197	197	244									

そこで、尺度値2の人数と、尺度値1と3を合計した人数において等平均の仮説が成り立つか否かを、すべての主成分構成項目について χ^2 検定で調べた。その結果を、表4の χ^2 値の上段の欄(1+3と2の比較の欄)に示す。これらの値からも明らかのように、各主成分のすべての構成項目が有意となっている($\chi^2_{(1, 0.05)} = 3.841$ より)。したがって、各主成分のすべての構成項目において、項目内容を肯定的に、あるいは否定的にとらえている人数の方が、どちらともいえないにとらえている人数よりも多いといえる。

次に、尺度値1と3の各人数において、以下のことが考えられる。

各尺度の構成項目は科学の暫定性から肯定と否定の項目に二分されている。そこで、6年生が科学の暫定性を認めているならば、以下に述べる二つの仮定が成立する。

①肯定項目に関しては尺度値1の人数が尺度値

表4 各主成分構成項目における尺度の人数比較

主成分 I	尺度		創造性				
	構成項目		肯定		否定		
			9	10	1	17	
χ^2 値	1+3と2の比較		44.238	23.329	37.172	8.593	
	1と3の比較		18.875	10.116	29.455	8.191	
主成分 II	尺度		発展性				
	構成項目		肯定			否定	
			8	18	22	15	23
χ^2 値	1+3と2の比較		96.401	233.536	71.781	156.514	50.784
	1と3の比較		156.138	261.633	107.502	175.096	245.694
主成分 III	尺度		簡潔性		テスト可能性		
	構成項目		肯定	否定	肯定	否定	
			2	6	11	16	
χ^2 値	1+3と2の比較		21.091	21.091	198.646	181.191	
	1と3の比較		6.899	0.086	91.286	109.123	
主成分 IV	尺度		創造性				
	構成項目		肯定		否定		
			13		21		
χ^2 値	1+3と2の比較		69.122	93.317			
	1と3の比較		7.934	5.009			

3の人数よりも多い、あるいは、有意に多い。
 ②否定項目に関しては尺度値3の人数が尺度値1の人数よりも多い、あるいは、有意に多い。
 上述の①と②の仮定と異なる人数分布の項目を調べると、6年生の科学の暫定性に関する未理解の実態が各尺度構成項目において顕在化すると考えられる。

そこで、肯定項目に関しては尺度値3の人数が尺度値1の人数よりも多い、あるいは、有意に多い項目と、否定項目に関しては尺度値1の人数が尺度値3の人数よりも多い、あるいは、有意に多い項目を、それぞれ表4の χ^2 値の下段の欄の値(1と3の比較の欄の値)によって調べた。その結果を、 Δ 印や \blacktriangle 印で表示し、表5に示す($\chi^2_{(1, 0.05)} = 3.841$)。

なお、表5において、 Δ 印は、肯定項目に関しては尺度値3の人数が尺度値1の人数よりも多い項目を、また、否定項目に関しては尺度値1の人数が尺度値3の人数よりも多い項目を意味する。また、 \blacktriangle 印は、肯定項目に関して尺度値3の人数が尺度値1の人数よりも有意に多い項目、あるいは、否定項目に関して尺度値1の人数が尺度値3の人数よりも有意に多い項目を意味する。

表5において、 Δ 印と \blacktriangle 印が存在する項目を調べると、簡潔性の構成項目2と6が列挙できる。項目2は、理科で勉強しているきまりや考え方は、最終的には単純に表すようにしている、という内容である。これに対して、項目6は、理科で勉強しているきまりや考え方は、最終的には単純に表すようにしていない、という内容である。これらは、科学的知識や法則、理論に関する表記上の簡潔性についての内容である。

したがって、6年生は科学的知識や法則、理論に関する表記上の簡潔性について未理解である、といえる…結果II。

表5 主成分構成項目における未理解

主成分	I		II					III				IV			
尺度	創造性		発展性					簡潔性とテスト可能性				創造性			
項目	9	10	1	17	8	18	22	15	23	2	6	11	16	13	21
未理解										\blacktriangle	Δ				

V. まとめと結果の含意

今回の目的は、IIの項で設定した、以下の2点を検討するとから、6年生の科学の暫定性に関する理解の実態を明らかにすることであった。

- 1) 創造性, テスト可能性, 発展性, 簡潔性の4種の各尺度を構成する項目の検討
- 2) 各尺度の構成項目における尺度値に対する人数に表れた理解のしかたの検討

このため、小学校6年生の638名を対象として、小学生用に改変した変形NSKSテストを実施した。

その結果は、次のようになった。

- (1)各尺度の構成項目は次のようになった。創造性の尺度の構成項目は1, 9, 10, 13, 17, 21の6項目, テスト可能性のそれは11, 16の2項目, 簡潔性のそれは2, 6の2項目, 発展性のそれは8, 15, 18, 22, 23の5項目である(結果Iより)。
- (2)科学の暫定性に関する理解は, 科学的知識や法則, 理論に関する表記上の簡潔性について未理解であるといえる(結果IIより)。

ここで, これらの結果の含意を考える。

まず, 結果(1)は次のようにいえる。今回の638名の小学校6年生を対象にした分析によると, 結果Iの尺度構成項目が抽出できた。この尺度構成項目が普遍性をもつかどうかは今回と異なる小学校6年生を対象にして検討することが必要である。したがって, 現段階では, 結果Iで抽出した尺度構成項目は, 今回のみの結果であると考えることが妥当であるといえる。

次に, 結果(2)の含意を考える。

科学的知識や法則, 理論に関する表記上の簡潔性について未理解であるという今回の6年生の結果は, 科学における法則や理論の数の最多への志向を認めているという中学生の結果と次のような関係があるといえる。

6年生は科学的知識や法則, 理論の表記の簡潔性, 中学生は法則や理論の数の簡潔性という点は異なるが, 両者は共に科学的知識や法則, 理論に関する簡潔性という点で共通している。

したがって, 例えば, 多くの法則や理論が条件とその帰結という形式で表示できたり, あるいは, 月の形の変化についての学習が月, 太陽, 地球の関係についての学習で説明できるという包含関係

を意図的かつ計画的に6年生や中学生に提供することが一つの方法として考えられる。

ところで, Solomonらは, 第7, 8, 9学年の生徒を対象に, 科学者が実験を行うこと, 特に, その理由を調べている。その結果, 「法則を発見するため」, 「事象を説明するため」, 「考え(仮説)を創るため」の3つのうち, 「法則を発見するために実験を行う」という回答の割合が一番高く, 約6割の生徒が法則を発見するために実験を行うと考えていると報告している。したがって, 約6割の生徒が法則の発見と実験活動とを関連づけているといえる。

一方, 実験活動に関しては, 今回抽出された項目11や項目16が対応する。これらの項目は①実験がきまりや考え方の妥当性を決定することや②実験結果の再現性がきまりや考え方の妥当性を決定することを含意する。

表3の項目11や項目16における1, 2, 3の尺度値に対する人数分布からも明らかなように, これらの項目の含意である, 上述の①, ②について未理解が顕在化しなかった。この結果は, 中学生や大学生でも同様であった。

したがって, 前述したように, 項目11や項目16が①実験がきまりや考え方の妥当性を決定することを含意するので, 6年生や中学生, 大学生は, 実験の意義を仮説のテストであるととらえているといえる。このため, 仮説のテスト活動としての実験をもとにした, 学習指導過程が構想できるといえる。

また, 前述したように, 中学生や大学生は, 科学的知識が人間の所産で可変するという創造性についての科学の暫定性が未理解であった。仮説のテスト活動としての実験活動においては, 科学的知識が仮説に対応する。したがって, 学習者が, 科学的知識が人間の所産で可変するという科学の暫定性を理解できるようになるためには, 仮説の確証のみから構成した今までの仮説のテスト活動から, 仮説が反証され仮説を作り直すという仮説の反証活動を体験できるようにする必要があると考えられる。このような, 仮説の確証と反証からなる学習指導を構成することによって, 学習者は, 科学の暫定性を理解できるようになると考えられる(角屋, 1998)。

以上のように考えてくると, 仮説の確証と反証

からなる学習指導と学習者の科学の暫定性に関する理解との関係を検討することが今後の問題となるといえる。今後、この問題を解決していく予定である。

(注)

(注1) 以後、科学的知識及び科学的方法が暫定的であるということを科学の暫定性という。

(注2) この分析では、0.400以上の負荷量をもつものを主成分構成項目とした。

文献

- 1) 池田清彦 (1990) 構造主義科学論の冒険, 毎日新聞社。
- 2) 角屋重樹 (1990) 科学の暫定性に関する大学生の理解の実態を測定できる質問紙法テストの

- 開発—NSKSテストを用いて—, 宮崎大学教育学部紀要 教育科学, 第67号, pp.63-73.
- 3) 角屋重樹 (1991) 中学生は科学の暫定性という特質をどのようにとらえているか, 日本教科教育学会誌, 第15巻, 第1号, pp.17-22.
 - 4) 角屋重樹 (1998) 理科学習指導の革新, 東洋館。
 - 5) 小林傳司・中山伸樹・中島秀人 (1991) 科学とは何だろうか—科学観の転換—, 木鐸社。
 - 6) Kuhn, T. S. 著・中山茂訳 (1979) 科学革命の構造, みすず書房。
 - 7) 野家啓一 (1993) 科学の解釈学, 新曜社。
 - 8) 村上陽一郎 (1994) 文明のなかの科学, 青土社。
 - 9) Solomon, J., Duveen, J. and Scott, L., 1994 “Pupils’ images of scientific epistemology”, Int. J. Sci. Educ., Vol. 16, No.3, pp.361-374.

表6 提示課題

尺度	肯定項目	否定項目
創造性	9) 理科で勉強しているきまりや考え方は昔の科学者が考えてつくりだしたものである。 10) 理科で勉強していることは、昔の科学者が考えつくりだしたものである。 13) 理科のきまりや考え方をおもいつくことは、頭の中にかんだことを絵をかいたり、ちょうこくをししたり、作曲したりすることと似ている。	1) 理科で勉強していることは、昔の科学者が考えてつくり出したものではない。 17) 理科で勉強しているきまりや考え方は、昔の科学者が考えてつくりだしたのではない。 21) 理科のきまりや考え方をおもいつくことは、頭の中にかんだことを絵にかいたり、作曲したりすることとは、ちがっている。
テスト可能性	11) 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを確かめるためには、くり返し同じ実験を行わなくてはならない。 19) 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを実験で確かめることは必要である。 24) 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいと認められるためにはいくつかの班の実験結果が同じでなければならない。	4) 理科で勉強しているきまりや考え方が、正しいかどうかを実験で確かめることは必要ではない。 5) 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいと認められるためには、いくつかの班の実験結果が同じにならなくてもよい。 16) 理科で勉強しているきまりや考え方が、正しいかどうかを確かめるには、くり返し同じ実験を行わなくてもよい。
発展性	8) 今、理科で勉強しているきまりや考え方には、将来、誤りが見つかるかもしれないが、今はそのことは、正しいと信じられる。 18) 今、理科で勉強しているきまりや考え方は、よく考え、調べていくと、将来変わるかもしれない。 22) 理科のきまりや考え方は、時代によって変わる。	12) 今、理科で勉強しているきまりや考え方に、将来、誤りが見つかるとするならば、今のそのきまりや考え方は、正しいとは、信じられない。 15) 理科のきまりや考え方は、いつの時代でも変わらず、同じだ。 23) 理科で勉強しているきまりや考え方は、将来も絶対に変わらないものである。
簡潔性	2) 理科で勉強しているきまりや考え方は最終的には単純に表すようにしている。 3) 2つの考え方があって、どちらも同じ結果をいっているのならば、簡単な方がよい。 14) 理科では、きまりや考え方の数をできるだけ少なくしようとしている。	6) 理科で勉強しているきまりや考え方は、最終的には単純に表すようにしていない。 7) 理科では、できるだけ数多くのきまりや考え方をつくろうとしている。 20) 2つの考え方があって、どちらも同じ結果をいっているのならば、複雑なほうがよい。

The Sixth Graders' Understanding of the Tentativeness of Scientific Knowledge
in Elementary School

Shigeki KADOYA

Ministry of Education, Science, Sports and Culture

Masayuki ISHII

Fuchu Dai-ichi Public Elementary School

This study aims to assess the understanding of elementary school sixth graders on the tentativeness of scientific knowledge by using the revised NSKS. Answers to the following questions were sought in a survey:

- (1) Are there four factors that correspond to each of the four subscales?
- (2) Which statements did the elementary school sixth graders misunderstand?

The revised NSKS was administered to 638 elementary school sixth graders.

The instrument contains 24 statements with a Likert scale response format with three choices that include agree, neutral, and disagree. The subscales consist of four areas, namely creative, developmental, parsimonious, and testable.

The results of the survey show that:

- (1) There are four factors that correspond to each of the four subscales; and
- (2) The sixth graders misunderstood the statement, "There is an effort in science to build as much as possible great laws and theories".