

子どもの説明活動に関する基礎的研究

— 中学生および高等学校1年生の演繹的説明活動について —

角 屋 重 樹
(1981年10月1日受理)

Basic Studies on Explaining Ability of Child
— Reasoning ability in deductive explanation of junior
and senior high school students —

Shigeki Kadoya

In order to clarify the reasoning ability in deductive explanation by junior and senior high school students, the following investigation was carried out.

Hypothesis: 90% of junior and senior high school students have a reasoning ability in deductive explanation.

Sample: The sample was composed of 85 junior high and 91 senior high school students.

Method: Subjects were given two different laws on P-wave and S-wave of earthquake in two separate instructions. Free answer method was used during the class.

Result: The following are the results of the present study.

- 1) 11% of junior high school students gave the correct responses.
- 2) 33% of senior high school students performed correctly.

Considering these results, we may conclude the following two points.

1. The rate of correct responses was much lower than hypothesized prior to the present study.
2. The rate of correct responses by senior high school students was much higher than that of junior high students.

I. 目 的

子どもの自然に対する説明活動は、観察した事物・現象と既得の知識とを意味づけ・関係づけし、観察現象を既得の知識で整理していく活動である。この活動においては、①：事象を既得の知識の中に位置づけたリ、②：事象の発生過程を既得の知識で記述したり、あるいは、③事象を既得の法則により整理したりすることが考えられる。これら①、②、③の活動は、それぞれ、「何」、「どのように」、「なぜ」に対する説明の活動と考えられる¹⁾。

とりわけ、「なぜ」に対する説明の活動は法則の適用を必要とする²⁾。この法則は、子どもが自然の事物・現象に対して観察・実験を行い確証した経験を圧縮し

たものである³⁾。したがって、「なぜ」に対する説明の活動は、子どもの経験、すなわち、年令段階に依存することが考えられる。

そこで、本研究は、子どもの自然の事象に対する説明の活動を発達的にとらえ、その実態を明らかにしようとした。

上述の考えの基に、3才から5才までの子どもを対象とした研究を既に行っている。その結果、5才児の子どもにおいても一般化法則を適用した説明が可能であるという知見を得ている⁴⁾。この、一般化法則を適用した説明は演繹的説明であると考えられる⁵⁾。したがって、この知見は、5才児においても演繹的説明が可能であることを意味していると考えられる。

今回は、上記の知見を踏まえ、中学生(2学年、3学

年)と高等学校1年生とを対象として、演繹的説明活動の実態を調べることにした。

この実態を調べるにあたって、以下のような考えの其に仮説を設定した。演繹的説明活動は、被説明事象を、条件と一般化法則とを用いて導出するものである。したがって、すべての演繹的説明活動は、以下のような記号を用いて表示すると、

一般化法則： $(\forall x)\{P(x) \supset Q(x)\}$

条件： $P(a)$

被説明事象： $Q(a)$

$$\frac{(\forall x)\{P(x) \supset Q(x)\}}{P(a)} \\ \hline Q(a)$$

図1 演繹的説明活動を示す図式(注1)

図1のような図式になる⁶⁾。この図式で示される推論形式は普遍例化とよばれるものである⁷⁾。そして、この形式は命題論理における前件肯定に対応すると考えられる。前件肯定に関する研究としては、石田裕久(1980)のものがある。彼の研究によると、中学1年生、3年生、および大学生において90%以上の者が論理的に妥当な推論を行うという知見が得られている⁸⁾。したがって、前件肯定と対応関係にあると考えられる図1の図式で表示できる演繹的説明においても、90%以上の中学生および高等学校1年生が論理的に妥当な推論を行うことができると考えられる。

上に述べた考えの基に、中学生(2学年、3学年)および高等学校1年生の子どもの90%の者が論理的に妥当な演繹的説明を行うという仮説を説定した。

今回は、この仮説を検討することから中学生(2学年、3学年)および高等学校1年生における演繹的説明活動の実態を明らかにしようとした。

II. 方法

中学生(2学年、3学年)および高等学校1年生の90%の者が演繹的説明を行うという仮説を検討するために、以下に述べるような調査を行った。

対象は協力が得られた山口県宇部市の1つの中学校と広島県の1つの高等学校の子どもであった。これらの学年別、組別の男女構成を表1に示す。

一般化法則を含意した表2に示す2種の教示ごとに、図2に示した地球内部における地震波(P波、S波)の速度変化のグラフを子どもに観察させた。そして、子どもが観察活動によって得た事実および結果を自由記述法により調査用紙に書かせた。

表1 対象の男女構成

学年・組	性別	男	女	合計
中学校	2	22	20	42
	3	23	20	43
高等学校	A	25	20	45
	B	25	21	46

分析の方法は、子どもが調査用紙に記述した観察事実および結果を論理的妥当性という視点から分析するというものであった。

調査は、中学校において昭和55年12月中旬に、高等学校において昭和55年9月下旬に、それぞれ実施した。

表2 教示の内容

教示	内 容
I	P波は固体、液体、気体の中でも伝わるが、S波は固体のみ伝わる。このことをよく考えて、この図からわかることを調査用紙①に書きなさい。
II	地震波の伝わる物質が異なると、地震波の速さは急変する。このことをよく考えて、この図からわかることを調査用紙②に書きなさい。

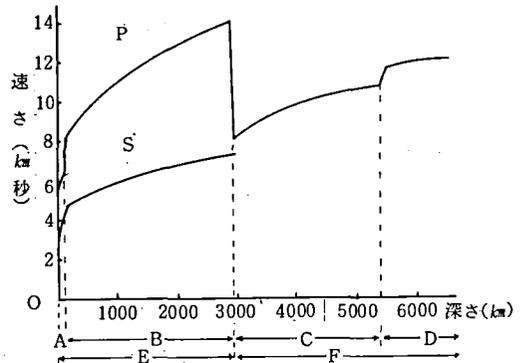


図2 提示図(注2)

III. 結果

教示I、IIに対する論理的に妥当な演繹的説明は、それぞれ以下のように考えられる。

まず、教示Iに対しては次のように考えられる。教示Iが含意している法則は、P波は固体、液体、気体の中で伝わるが、S波は固体のみ伝わるという文に現れている。この文は、P波とS波とを対応させてS波の性質を強調したものである。したがって、教示Iが

含意している一般化法則は、S波は固体のみ伝わるという部分に表示されていると考えられる。この、S波は固体のみ伝わるという命題は、すべての x および y に対して、S波が x 層を伝わりかつ y 層を伝わないならば、 x 層は固体であるが y 層は固体ではない（あるいは、 x 層と y 層とは構成物質が異なる）という一般化法則を意味している。

よって、

Sol(x) : x 層は固体である

P(S, x) : S波は x 層を伝わる

D(x, y) : x 層と y 層とは構成物質が異なる

V : 全称

⊃ : 含意

~ : 否定

このように記号化すると、教示Ⅰが含意している一般化法則は、

$$(\forall x)(\forall y)[\{P(S, x) \wedge \sim P(S, y)\} \supset \{\text{Sol}(x) \wedge \sim \text{Sol}(y)\}] \quad \dots\dots ①$$

あるいは

$$(\forall x)(\forall y)[\{P(S, x) \wedge \sim P(S, y)\} \supset D(x, y)] \quad \dots\dots ①'$$

このように表示できる。

①あるいは①'の一般化法則に対して、S波はE層を伝わるがF層を伝わないという条件を挿入すると、E層は固体であるがF層は固体ではない（あるいは、E層とF層とは構成物質が異なる）という被説明事項が得られる。

上述の過程を記号を用いて表示すると、図3に示される図式になる。

$$\frac{(\forall x)(\forall y)[\{P(S, x) \wedge \sim P(S, y)\} \supset \{\text{Sol}(x) \wedge \sim \text{Sol}(y)\}]}{P(S, E) \wedge \sim P(S, F) \quad \dots\dots ②}$$

$$\frac{\text{Sol}(E) \wedge \sim \text{Sol}(F) \quad \dots\dots ③}{\text{or}} \quad \frac{\text{D}(E, F) \quad \dots\dots ④}{\dots\dots ④}$$

図3 教示Ⅰに対する妥当な説明(注3)

この図式から、論理的に妥当な説明のための必要項目は②および③、あるいは、②および④である。

次に、教示Ⅱに対する論理的に妥当な演繹的説明は以下のように考えられる。教示Ⅱが含意している法則は、地震波の伝わる物質が異なると、地震波の速さは急変するという文に現れている。この文は、主としてP波のことについて述べたものである。したがって、教示Ⅱが含意している一般化法則は、P波の伝わる物質が異なると、P波の速さは急変するというものである。この法則は同時法則と考えられるので、P波の速

さが急変すると、P波の伝わる物質が異なる、というように前件と後件とを入れ変えることができる⁹⁾。そして、この法則は、すべての x および y に対して、P波が y 層を伝わる時の速さが x 層を伝わる時の速さよりも非常に大きいならば、 x 層と y 層とは構成物質が異なるという命題を意味している。

よって、

V(P, x) : P波が x 層を伝わる時の速さ

A > B : AはBよりも大

D(x, y) : x 層と y 層とは構成物質が異なる。

V : 全称

⊃ : 含意

このように記号化すると、教示Ⅱが含意している一般化法則は、

$$(\forall x)(\forall y)[\{V(P, y) > V(P, x)\} \supset D(x, y)] \quad \dots\dots ②$$

②の一般化法則に対して、P波がB層を伝わる時の速さがA層を伝わる時の速さよりも非常に大きいという条件を挿入すると、A層とB層とは構成物質が異なるという被説明事項が得られる。

上述の過程を記号によって表示すると、図4に示される図式になる。

$$\frac{(\forall x)(\forall y)[\{V(P, y) > V(P, x)\} \supset D(x, y)]}{V(P, B) > V(P, A) \quad \dots\dots ⑥} \quad \dots\dots ⑥$$

図4 法則②に対する妥当な説明(注4)

この図式において、 $V(P, B) > V(P, C)$ という条件より $D(B, C)$ 、また、 $V(P, D) > V(P, C)$ という条件より $D(D, C)$ となる。ここで、

$$\{V(P, B) > V(P, A)\} \wedge \{V(P, B) > V(P, C)\} \wedge \{V(P, D) > V(P, C)\} : V_p(A, B, C, D) \dots\dots ⑥'$$

$$D(A, B) \wedge D(B, C) \wedge D(C, D) : D(A, B, C, D) \dots\dots ⑥''$$

このように記号を用いると、教示Ⅱに対する論理的に妥当な説明のための必要項目は、⑥'および⑥''となる。

以上、今まで述べてきたことから、教示Ⅰに対しての論理的に妥当な説明のための必要項目は②および③、あるいは、②および④であり、教示Ⅱに対してのそれは⑥'および⑥''である。

そこで、これらの必要項目に対する子どもの記述内容を調べた。その結果を校種別に述べる。

(Ⅱ-A) 中学生の場合

各教示の必要項目に対する子どもの記述内容は、表3(2学年)、表4(3学年)に示すとおりであった。

表3 2年の子どもの記述

教示 必要項目 生徒番号	I		II	
	S(E;F)	Sol(E)∧Sol(F) D(E,F)	V _F (A,B,C,D)	D(A,B,C,D)
1		②		
2				
3		①		②
4				
5				
6				
7	① ②	②		
8	①	①		
9	① ②	②		
10	① ②	① ②		
11				②
12				
13		②		
14	①	①		②
15				
16		①		②
17	① ②	① ②		
18		①		②
19		②		
20		①		
21				
22				
23				
24	① ②			
25				
26				
27			②	②
28				
29				
30				
31				
32			②	②
33		①		① ②
34				
35				
36	①			
37				
38			②	
39				
40	①	① ②	②	②
41				
42				

表4 3年の子どもの記述

教示 必要項目 生徒番号	I		II	
	S(E;F)	Sol(E)∧Sol(F) D(E,F)	V _F (A,B,C,D)	D(A,B,C,D)
1		①		
2				
3				
4				
5		①		
6				
7		①		
8				
9		①		① ②
10		①		②
11		①		
12				
13				
14		①		
15		① ②		
16				
17	①	①		
18		①	②	②
19		①		
20		①		②
21	①		②	②
22		①		
23				
24	①	①	②	②
25		①		
26				
27				
28				
29	①	①	②	②
30				
31				
32		①		②
33		①		②
34				
35		①	①	①
36				
37	①	①		
38	①	①	①	②
39				
40		②		
41				
42				
43				

これら表3, 表4において, ①, ②の記号はそれぞれ教示Ⅰ, 教示Ⅱに対する子どもの反応を示している。例えば, 表3の生徒番号1の子どもは教示Ⅱを提示した時に, 教示Ⅰに対する被説明事項を記述していることを示している。

これらの表において, 論理的に妥当な演繹的説明は各教示ともに両必要項目についての記述がある場合のみである。このような妥当な演繹的説明を行った人数を, 各学年, 各教示ごとに調べた。その結果を表5に示す。

表5 妥当な演繹的説明を行った人数

学年 \ 教示	Ⅰ	Ⅱ
2	5	3
3	5	4

表5から次のことが明らかになる。各学年において, 妥当な説明を行った人数が両教示ともほぼ同数である (χ^2 検定, 危険率5%) ……結果a。また, 各教示において, 妥当な説明を行った人数が両学年ともほぼ同数である (χ^2 検定, 危険率5%) ……結果b。

表5について, 次のことが考えられる。設定した仮説に基づくと, 妥当な説明を行う人数が90%である。すなわち, 妥当な説明を行う人数と行わない人数との比が9:1である。そこで, この比になる場合の妥当な説明を行う人数の限界範囲を算出した。その範囲は, 2学年では35以上41以下となり, 3学年では36以上42以下となった (χ^2 検定, 危険率5%)。これらの範囲を, 各学年ごとに表5の値と比較すると, 2学年および3学年においても両教示に対して妥当な説明を行った人数が限界範囲外にある。そして, 両学年, 各教示において, 妥当な説明を行った人数と行わなかった人数との比が約2:15になっている ……結果1。

(Ⅱ-B) 高等学校1年の場合

前項と同様に, 各教示の必要項目に対する子どもの記述内容を調べた。その結果を, 次頁の表6 (A組), 表7 (B組) に示す。

これら表6, 7において, ①, ②の記号は, 表3, 4と同様, それぞれ教示Ⅰ, 教示Ⅱに対する子どもの反応を示す。

表6, 7において, 論理的に妥当な演繹的説明は, 各教示ともに両必要項目についての記述がある場合のみである。このような妥当な説明を行った人数を, 各組, 各教示ごとに調べた。その結果を表8に示す。

表8から次のことがいえる。各組において, 妥当な説明を行った人数が2種の教示ともほぼ同数である (χ^2 検定, 危険率5%) ……結果c。また, 各教示に

表8 妥当な演繹的説明を行った人数

組 \ 教示	Ⅰ	Ⅱ
A	15	11
B	19	14

において, 妥当な説明を行った人数が2つの組ともほぼ同数である (χ^2 検定, 危険率5%) ……結果d。

また, この表について前項と同様のことを考えた。設定した仮説に基づくと, 妥当な説明を行う者が90%になる。すなわち, 妥当な説明を行う人数と行わない人数との比が9:1になる。そこで, この比になる場合について妥当な説明を行う人数の限界範囲を求めた。その範囲は, A組では38以上44以下, B組では37以上45以下, になった (χ^2 検定, 危険率5%)。これらの範囲を, 各組ごとに表8の値と比較すると, 両組とも2種の教示に対して妥当な説明を行った人数が限界範囲外にある。そして, 両組, 各教示において, 妥当な説明を行った人数と行わなかった人数との比が約1:2になっている ……結果Ⅱ。

IV. まとめと今後の問題点

ここで, 今まで述べてきたことをまとめる。今回の目的は, 中学生 (2学年, 3学年) と高等学校1年生とにおける演繹的説明活動の実態を調べることであった。このために設定した仮説は次のものであった。それは, 中学生および高等学校1年生の子どもの90%が論理的に妥当な演繹的説明を行う, というものであった。この仮説を調べるために, 2種の一般化法則を含意した2種の教示を提示し, それらに対する説明を自由記述法によって書かせた。

結果を, 中学生と高等学校1年生とに分けて述べる以下ようになる。

1) 中学生

各学年において, 妥当な説明を行った人数が両教示ともほぼ同数である (結果aより)。また, 各教示において, 妥当な説明を行った人数が両学年ともほぼ同数である (結果bより)。そして, 両学年, 各教示において, 妥当な説明を行った者が約11%である (結果1より)。

2) 高等学校1年生

各組において, 妥当な説明を行った人数が両教示ともほぼ同数である (結果cより)。また, 各教示において, 妥当な説明を行った人数が両組ともほぼ同数である (結果dより)。そして, 両組, 各教示において, 妥当な説明を行った者が約33%である (結果Ⅱより)。

これらの結果から次のことがいえる。妥当な説明を

表6 A組の子どもの記述

教示 必要 項目 生徒番号	I		II	
	S(E, F)	Sol(E)∧Sol(F) D(E, F)	V _F (A, B, C, D)	D(A, B, C, D)
1		①		②
2		①		②
3		①		②
4		①		②
5		① ②		
6		①		②
7		①		②
8	①	①	②	②
9	①	①	②	②
10	①	①	②	②
11		①		②
12		①		① ②
13	①	①		②
14	①	①	①	① ②
15	①	①	①	①
16		①		②
17	① ②	① ②		
18		①		②
19	①	①	②	②
20		①		②
21		①		②
22		①		②
23		①		②
24		① ②		
25		①		②
26		① ②		
27		① ②		
28	①	①	②	②
29		①	②	②
30		①		②
31	① ②	① ②	①	①
32	①	①	②	① ②
33	①	①	②	②
34		①		① ②
35		①		②
36		①		②
37	①	①	②	②
38		①		②
39		① ②		
40		①		②
41		①		②
42	①	①	②	②
43			① ②	②
44		①		②
45	①	①		②

表7 B組の子どもの記述

教示 必要 項目 生徒番号	I		II	
	S(E, F)	Sol(E)∧Sol(F) D(E, F)	V _F (A, B, C, D)	D(A, B, C, D)
1		①		②
2	①	①		②
3		①	②	②
4		①		②
5		①		
6		①		②
7		①		
8		① ②		②
9	①	①		
10		①	①	①
11	①	①		②
12	①	①	②	②
13		①		
14		①		
15	①	①	②	②
16		①	① ②	②
17	①	①	②	②
18				
19	①	① ②		
20		① ②		
21	①	①		②
22	①	①		②
23		①		②
24	①	①		②
25	①	①		
26	①	①	②	②
27	①	①	②	②
28				
29		①		②
30	①	①		②
31				②
32	①	①		②
33	①	①	① ②	②
34		①	②	②
35	①	①	②	②
36		①		①
37		①		②
38		①		②
39		①		
40		①	②	②
41		①	②	②
42	①	①	②	②
43	①	①	②	②
44		① ②		
45		①		②
46	①	①		②

行った人数は、中学生よりも高等学校1年生の方が多
い(正規分布検定, 危険率5%)。そして, 高等学校
1年生において, 妥当な説明を行った人数の比率は設
定した仮説と比較するときわめて少ない。したがって
今回用いた中学生および高等学校1年生における妥当
な説明を行った人数の比率は仮説の比率と比べると
きわめて少ない。

上述の結果は以下のことに起因すると考えられる。
仮説における比率は, 石田(1980)の調査結果に基づ
いて設定された。この調査は, 次のような方法の基で
行われた。条件文を前件と後件とに分け, 前件文を被
験者に肯定して提示し, 6つの後件文から正しいもの
を1つ選択させるという方法で行われた¹⁰⁾。これに対
して, 本研究は, 自由記述法によって説明を書かせる
という方法で行われた。このような調査方法の違いか
ら上述したような比率の違いが生じたと考えられる。

なお, 本研究に用いた対象の数は, たかだか2つの
組を対象としたのできわめて少ないと考えられる。し
たがって, 本研究結果は事例研究の結果として考えら
れる必要がある。今後は, 結果に対する客観性を付与
するために対象の数を増加していくことを考えている。

(注1), (注3), (注4)

このように記号化することによって潜性条件および
被説明事項の発見が容易となる。

(注2)

竹内均著, 「地震の科学」, 日本放送出版協会,

(1973)の第28図(p.75)を参考にして作図。

主要参考文献

- 1) 碧海純一・石本新・大森荘蔵・沢田允茂・吉田夏彦共編, 科学時代の哲学3 自然と認識, 培風館, 1972, pp. 61~98.
- 2) 文献1.
- 3) 永井成男・黒崎宏, 科学哲学概論, 有信堂, 1972, pp. 205~210.
- 4) 角屋重樹, 子どもの自然認識に関する基礎的研究(1) — ローソクを素材とした場合の保育所の子どもについて —, 日本教科教育学会誌, 1980, 第5巻, 第4号, pp. 15~19.
- 5) カール・ヘンペル著, 長坂源一郎訳, 科学的説明の諸問題, 岩波書店, 1975, pp. 5~52.
- 6) 文献1.
- 7) 近藤洋逸・好並英司著, 論理学概論, 岩波書店, 1972, pp. 138~144.
- 8) 石田裕久, 条件推理能力の発達に関する研究, 教育心理学研究, 1980, 第28巻, 第2号, pp. 151~161.
- 9) ルドルフ・カルナップ著, 沢田允茂・中山浩二郎持丸悦郎共訳, 物理学の哲学的基礎 — 科学の哲学への序説 —, 岩波書店, 1977, pp. 3~20.
- 10) 文献8.