

小学校理科教育における帰納的— 演繹的方法の適用

井 藤 芳 喜

§1 研究の目的

教育の目的は文化の伝達のみならず、文化の創造にある。理科教育においては、単に科学の内容としての理科の知識の教育ばかりでなく、科学的思考力の育成が強く叫ばれているのは、新しい科学を創造していくための能力を育成しようとするにほかならない。

一般に小学校においては、科学的思考というよりも、その前提となる多くの経験や知識の獲得に主体をおいた観察能力の育成に主眼が注がれ、更に理科の内容が、単なる知識の積重ねにならないよう、また科学性をつちかう上からも、自然のありのままの姿をとらえて、問題を解決していくことに、その目的の大部分を負わせている。

しかしながら、中学校においては、単に観察のみならず、それまでの経験や知識を総括した基盤に立って、思考をめぐらし、論理性に立脚した仮説を立て、この仮説を自然をとおして検証しようとする、いわゆる科学的思考により、問題を解決していくことも可能である。

一般に、論理的、抽象的思考は、小学校高学年あたりから可能とされている。そこで中学校でみられるような、演繹的または帰納的方法による学習を、小学校高学年にまで適用することが可能であるか。筆者はこの領域の児童を対象に、科学的思考がどの程度可能であるか、その一端を具体的に調査するとともに、これらを育成する有効な指導方法を合せて研究しようとしている。

今回は、その手始めとして、小学校6年の力学の内容に関する指導に際して、科学的内容の理解を中心として、従来教師がしばしば用いている普通の学習方法（教科書中心）と、経験や推理によって仮説を立て、これを検証する演繹的学習方法と、実験により発見的に法則を導き出し、さらにこれを一般化する帰納的・演繹的学習方法との三者のうち、どの方法が最も適切であるかを検討した。このため二度にわたり、二つの研究学級の比較をし、この間得られた種々のデータを分析し、さしあたり得られた結果のいくつかを報告する。

§2 研究の方法

(2, 1) 研究学級の選定

本研究の実施に際して、まず松江市雑賀小学校（ア校）の6学年2個学級を選び、続いて翌年島根大学教育学部附属小学校（イ校）の6学年2個学級を選んだ。特に雑賀小学校を選んだ理由は熱心な協力者が得られたことによる。

研究の対象に選んだ学級は、特別な学級編成を行ったものではなく、平素の学級をそのまま等質とみなして2学級ずつ選んだ。しかし研究の途上で、一部平均値の間に、かなりの差が見出されたが、結果の算出には大きな支障はなかった。

各学級の指導前の知能の成績（ x ）と理科の成績（ y ）とを第1表に示す。ア校では y について、イ校では x 、 y ともに、平均値の間にかなりの差がみられるが、 t 検定の結果有意差は認められなかった。

小学校理科教育における帰納的—演繹的方法の適用

第1表(ア) ア 校

学級	性別	人数	Σx	Σx^2	\bar{x}	Σy	Σy^2	\bar{y}
A	男	23	2673	315529	116.2	2405	208139	85.89
	女	23	2499	286307	108.7	1691	149845	84.55
	計	46	5172	601836	112.4	4096	357984	83.54
B	男	28	3136	353921	112.0	2035	185825	88.48
	女	20	2144	246806	107.2	2004	182598	87.13
	計	48	5280	600727	110.0	4039	368423	87.80

第1表(イ) イ 校

学級	性別	人数	Σx	Σx^2	\bar{x}	Σy	Σy^2	\bar{y}
B'	男	20	1172	70354	58.60	1576	127808	78.80
	女	24	1389	82113	57.88	1750	134276	72.92
	計	44	2561	152467	58.20	3326	262084	75.59
C	男	19	1173	74197	61.74	1517	123443	79.84
	女	25	1511	93353	60.44	1847	138905	73.88
	計	44	2684	167550	61.00	3364	262348	76.45

(2, 2) 研究の時期および指導内容
 研究の期間は次のとおりである。同一の内容の教材を二度取扱った。調査内容を異にしたので、指導の期間も異っている。

第1回 ア校 昭和39年11月～12月 約2週間

第2回 イ校 昭和40年9月～10月 約2カ月

指導内容は科学的思考の育成に適切と思われ、さらに実験等が比較的簡単で、実験結果が単純で明瞭に示される分野として、「道具と機械のはたらき」の中より、「ばねのはたらき」「歯車やベルトのはたらき」「てこ・輪軸・滑車のはたらき」等を取扱った。

(2, 3) 各学級の指導の方法

研究の目的を達成するため、次のような基本的指導方針を考えた。

1. 比較する学級の指導内容はできるだけ等しくする。特に第2回目の実施には学校外での

学習が影響しないよう、この期間に限り、予習をしないよう指示した。

2. 比較する学級の指導時間および時期をできる限り等しくする。
3. 比較する学級は同一の教師によって指導し、指導の方法のみを異にする。
4. 指導期間中の諸調査は生徒の学習に支障がないよう、また生徒に気づかれぬように実施する。

各学級の指導法の概略は次のとおりである。

A クラス：普通の教授法の学級

この内容の単元の授業は、私の経験によれば、大多数の教師が法則を教え、これを理解させることに重点がおかれ、実験等は理解の手段として課している。また、法則を応用して、問題を解決することにも重点がおかれている。現場の教師に頼んで、ごく普通の授業をするよう

第2表

	A クラス	B クラス	B' クラス	C クラス
ばねのはたらき (三〜四時間)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ゴムばかりを作る。 ◦ 力と伸びの関係を測定する。 ◦ 測定値から判断して比例であることを導く。 ◦ グラフを画けば、大体直線であることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ゴムばかりを作る。 ◦ 一定の力に対し、いつも一定の伸びのあることに気付かせ、力と伸びの関係が比例であることを推定する。 ◦ 実験により推定と一致することを導く。 ◦ グラフを画き、直線から比例であることを示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ばねは一定の力に対していつも一定の伸びのあることを思考により導き、実験により確認する。 ◦ 力と伸びの比例関係を実験と推理により導き、実験により検証する。 ◦ グラフを画き、直線は比例であることを示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ばねは一定の力に対していつも一定の伸びのあることを実験により確認する。 ◦ 力と伸びの関係を 0.5mm 単位で正確に測定する。 ◦ グラフを画き、グラフより比例の関係を求める。
	◦ ばねの力の伸びの関係を測定し、比例することを知る。	◦ ばねの力と伸びの関係も比例あると予想し、これを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ばねのちぢみについて上記伸びと同様のことを行う。 ◦ ゴムの伸びは比例しないことを教師実験で示す。 ◦ グラフが直線でないことを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ばねのちぢみについて、上記伸びと同様のことを行う。 ◦ ゴムの伸びを教師実験で記録する。 ◦ グラフを画き直線でないが、ほぼ比例することを見出す。
	◦ ばねを利用したものを調べる。	◦ ばねの性質を利用した具体的道具を考えます。	◦ 左に同じ	◦ ばねのある具体的道具をあげ、そのばねがばねのどんな性質を利用したものかを考えます。
	(予備的調査の段階なので評価対象としない)			
てこのはたらき (三〜四時間)	<ul style="list-style-type: none"> 支点が中央の場合 ◦ てこの支点・力点・作用点を確認 ◦ 生徒の実験データと教師の指示により左のおもり×距離=右のおもり×距離を導く 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 力のモーメントの概念をとり入れ、 1. 傾く力はおもりに比例 2. 傾く力は距離に比例 3. 傾く力はおもり×距離 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 傾く力はおもり×距離になること推論によって導き出す。 ◦ おもりとばね秤でこれを検証する。(注) 指導は楽である。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 実験により力のモーメントが何に関係するかを導き出す。 実験(1) 傾く力はおもりに比例 実験(2) 傾く力は距離に比例 ◦ 実験(1), (2)により、傾く力がおもり×距離を推理 実験(3) 傾く力はおもり×距離
	<ul style="list-style-type: none"> 支点が片側の場合 ◦ おもりとばね秤を用い、生徒の測定値を教師の指示に従って整理し、法則を導く。 	◦ さおばかりの製作	◦ さおばかりの製作	<ul style="list-style-type: none"> 実験(4)(5) ◦ 上記実験(1)(2)と同じ関係をおもりとばね秤で導き出す ◦ 実験(4)(5)の関係が前時の実験(1)(2)の関係と同じことより傾く力は前時実験(3)と同じことを推論する ◦ 実験(6)上記推論を検証する。
	◦ てこを利用した色々な道具について学び、法則を応用して問題を解く			
輪軸のはたらき (二時間)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 輪軸にてこと同じような性質があることを知り、その関係を実験より導く 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 輪軸がてこと同じ原理で説明できることより 回轉する力=おもり×半径であることを推理する。 ◦ 実験により検証。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 実験1. おもりを使って、てこの場合と同じように法則を導く。 ◦ 実験2. おもりとばね秤を使って、てこの場合と同じように法則を導く。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 輪軸を利用した色々な道具について学び、法則を応用して問題を解く、てこと組合した問題も考える

紙面のつごうで歯車・ベルト、滑車の部分は省略する。

に注文したところ、大体上記の方法がとられ、教科書中心に授業が進められた。

Bクラス： 演繹的方法の学級

始めは実験を一切行なわないで、生徒の経験、思考、推理を基とし、これに教師の説明を加えて仮説を立て、この仮説を実験により検証する方法をとる。

Cクラス： 帰納的・演繹的方法の学級

簡単な法則でも、実験によって得られたデータを基にして導き出すように心掛け、得られた法則を一般化して、さらに検証する方法をとる。

各学級の各分野における主な指導方法の違いを第2表に示す。比較する学級はA—BとB'—Cである。

(2, 4) 指導の具体例

てこは、腕の長さ S と、力 F との間に、

$$S_1 \times F_1 = S_2 \times F_2$$

の関係があることを 指導する場合を、例にとる。(記号は生徒には使用しない)

Aクラス

つりあいの条件を満足する種々なデータを実験により求めさせ、左の $S \times F$ と右の $S \times F$ が等しくなることを、教師の指導のもとに確認し、上記法則を理解し記憶させる。

Bクラス

てこが左に「傾く力」または「回転する力」(力のモーメントのことを生徒にはこのような表現で示す)について、 S 一定のとき、 F が2倍、3倍……となれば、傾く力も2倍、3倍……となる。(比例ということばも使用)

次に、てこが左に「傾く力」について、 F 一定のとき、 S が2倍、3倍……となれば、傾く力も2倍、3倍……となる。(大多数の生徒はこの説明のみで理解できる。)

上記二法則はてこが傾く力が F と S によることを分析的に調べたものであるが、このような分析はこの学年の生徒には少し無理で教師の力を必要とする。

最後に、 F を始めの2倍にし、 S を始めの3

倍にすれば、てこが傾く力は始めの何倍かを推定させます。二三度の繰返しの説明で約90%の生徒が理解できる。更に徹底させるには別の例をあげればよい。例えば、ある数を2倍にし、3倍にすれば、始めの何倍かと問う。2倍の3倍だから6倍だと気付く。こゝで掛算となる事が2~3名を除く大多数に理解される。

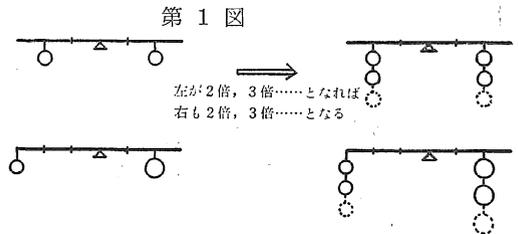
次に掛算となる2、3の例をあげて、法則が成立することを検証させる。

Cクラス

Bクラスにおける始めの二つの法則は次の実験によって比例することを見出させる。

実験1、任意の位置におもりをのせ、つり合わせる。次に右側のおもりを2倍、3倍……と増せば、左側も2倍、3倍……と増す。(第1図)これは、右側のおもりが「傾く力」を、2倍3倍……に増したためと考えさせる。

比例することを実験により導き出させると同時に、腕の位置をかえて、いかなる場合にも成り立つことを確認させる。

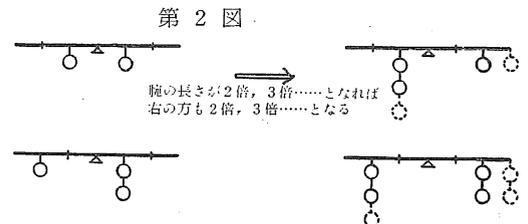


実験2 任意の位置におもりをのせ、つり合わせる。次に右側の腕の長さを2倍、3倍……と増せば、左側の同じ位置につけるおもりが2倍3倍……となる。(第2図)腕の長さとして傾く力が比例することを実験により確認させる。

2つの実験により、2つの法則を導く。

法則1 傾く力は加える力に比例

法則2 傾く力は腕の長さには比例



最後に、2つの法則により、一般に傾く力は、腕の長さや力に関係し、推理によって両者の積になることをBクラスと同様にして導き出し、この新しい法則がいかなる場合にも成立することを実験により検証させる。

この実験において、市販の力学実験器具には、腕にある穴が一方に5～6個しかなく、3倍、4倍の腕の長さを任意に選ぶのに不便であるから、これに改良を加え、穴を10個にして使用した。12個あれば更に便利である。

§ 3 評価の方法および内容

(3, 1) 評価の方法

実験を伴う学習の評価は普通行なわれている知識や理解のテストの外に、実験学習の特色である技術面の評価も、また態度の評価も必要である。前者はペーパーテストが可能であるが、後者の二つの面は適切な集団検査の方法が見つからないので、チェックリスト法と、提出レポートの分析によって行った。

知識、理解のテストは、この期間に実施した教育内容に照し合せて、われわれが最も適切と思われる問題を作成し、全部の研究授業の終了後に実施した。

また、技術的面は、実験の準備や測定に要した時間をグループごとに記録した。態度に関しては、測定値を求める精密度を、測定時および測定後提出したレポートの分析によって評価した。

これらの実験は、実験の方法に関しては事前に説明してあるが、実験値の必要な精度や測定回数については、何等指示しないまま比較した。なお、教師は生徒の実験時間の測定に際しては、生徒に気づかれないよう配慮した。

この外にも指導の途中で短い調査も実施した。

なお、終末テスト以外の調査は、第2回の時のみ実施した。

(3, 2) 評価の内容

ペーパーテストによる知識や理解の評価問題は単元の全分野にわたって作成した。内容は、第1回の調査と第2回の調査で多少異なる。その

一部は付表資料1に示す。

実験の準備時間と測定時間の評価は、この実験で、支点が一方にあって、おもりとばね秤で釣合を調べる際の準備時間と、5回にわたる測定値を求める際の時間とを記録した。また、輪軸の実験でも、同様におもりとばね秤を必要とする測定に要する時間を記録した。

この外にも二三の実験時間の測定の外、実験時の生徒の動き、目のつけ方、グループ内での協力の仕方等をできるだけ記録した。

また必要に応じて実験意識の調査等も行なった。

§ 4 評価の結果

(4, 1) 知識・理解のテストの比較

第1回の研究調査による終末テストの成績を第3表に示す。 t 検定の結果、Aクラス、Bクラスの間には有意差は認められない。

第3表 (ア)校の終末テスト (z) の成績

学 級	性別	人 数	Σz	Σz^2	\bar{z}
A	男	27	590	1101	21.85
	女	20	427	859	21.35
	計	47	1017	1963	21.64
B	男	23	516	399	22.43
	女	23	476	789	20.65
	計	46	991	1223	22.54

第2回の研究調査による終末テストの成績を第4表に示す。 t 検定の結果は第5表に示すように有意差が認められる。人数が少ないので、男女別にすれば、有意差は認められない。

第4表 (イ)校の終末テスト (z) の成績

学 級	性別	人 数	Σz	Σz^2	\bar{z}
B'	男	19	566	589.9	29.79
	女	24	702	940.3	29.25
	計	43	1268	1532.7	29.48
C	男	18	606	178.0	33.67
	女	23	748	447.7	32.52
	計	41	1354	639.6	33.02

第5表 B'-Cクラスの有意差の検定

性別	差	t	自由度	有意差	有意水準
男	3.88	1.63	19+18-2	無	>0.10
女	3.27	1.25	24+23-2	無	>0.20
計	3.54	2.81	43+41-2	有	<0.01

なお、このテストの信頼度係数は0.81、理科の学力との相関は0.42、知能偏差値との相関は0.11である。

(4, 2) 実験準備時間の比較

てこの実験と輪軸の実験を準備するに要した時間を第6表に示す。

準備に要した時間はてこと輪軸の間に相関がみられる。B'クラス、0.36 Cクラス、0.68 B'クラスとCクラスの平均値の間には差は認められない。

第6表 実験の準備の所要時間

学級	グループ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均	相関係数
B'	てこ	3.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	2.0	3.5	2.89) 0.36
	輪軸	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	3.0	3.5	4.5	3.56	
C	てこ	2.0	3.0	2.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.0	3.0	2.72) 0.68
	輪軸	3.0	4.0	4.0	5.0	3.5	4.0	3.5	2.5	3.5	3.67	

第7表 測定の所要時間

学級	グループ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
B'	てこ	17	11	13	15	14	15	9	13	15	13.56
	輪軸	19	13	15	20	14	16	13	10	15	15.00
C	てこ	18	23	19	12	20	14	11	14	18	16.56
	輪軸	21	23	19	15	23	20	16	19	23	19.89

注 輪軸の実験でCクラスは23分で実験中止を命じた。

第8表 測定回数

学級	グループ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B'	てこ	2	1	1	2	1	1	1	1	1
	輪軸	2	1	1	3	1	1	1	1	1
C	てこ	2	3	2	1	3	2	2	2	1
	輪軸	3	3	2	1	4	2	2	3	3

(4, 3) 測定時間の比較

てこの実験と輪軸の実験で、生徒が測定に要した時間を第7表に示す。

平均値に関してB'クラス、Cクラスの間にかなりの差がみられるが、t検定の結果、てこについては有意差は認められないが、輪軸については1%レベルで有意差がある。

(4, 4) 測定内容の比較

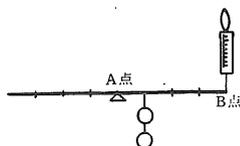
(a) 測定回数

B'クラスでは測定回数は大多数のグループが1回だけに限られているが、Cクラスにおいては2度、3度と実験の繰返しを行なっている。その回数を第8表に示す。

(b) 測定値の読み

測定結果を記録用紙に記入させて提出したレポートを分析した。実験は第3図で示すように、ばね秤の目盛を読むものである。

第 3 図



第9表および第4図は生徒が記録したものの例を示す。

第1, 第2回の測定値から第3回以後の測定値を推定して記録したと思われるものが、この実験で、B'クラスに5グループ、Cクラスに2グループみられた。

さらに、輪軸の実験では、B'クラスに6グループ、Cクラスに1グループみられた。

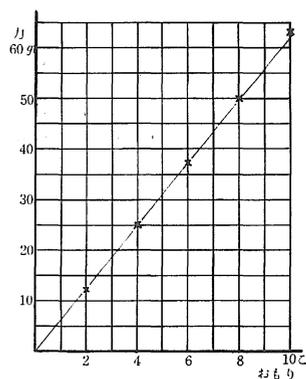
このことは、少しくるっているばね秤とおもりを、前回の測定時に誤りを犯したグループに与えて、この読み方を確認することができた。

第 4 図 B'クラスの例

測定順	おもり	力
1	2個	12.5g
2	4	25
3	6	37.5
4	8	50
5	10	63

(気付いた事)

おもりを5個にしたときはめもりが合わない。

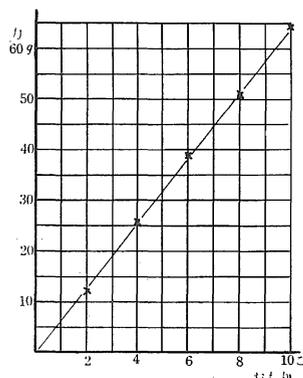


第 5 図 Cクラスの例

測定順	おもり	力
1	2個	12.5
2	4	25.5
3	6	38
4	8	50.5
5	10	63.5

(気付いた事)

グラフから比例することがわかる。



(4, 5) 思考過程の比較

(a) 思考時間のテスト

付表資料1に示すような、ごく普通のてこ、輪軸、滑車等の応用問題に関して、一定時間内(10分間)に解決した問題の数を、第9表に示す。

平均値はB'クラスの方がやゝ高いが、有意差は認められない。

第9表 時間テストの結果

単級	性別	人数	Σz	Σz^2	\bar{z}
B'	男	19	296	4760	15.58
	女	23	336	5108	14.61
	計	42	632	9868	15.05
C	男	19	293	4635	15.42
	女	25	350	5280	14.00
	計	44	643	9915	14.61

いずれもB'~Cに有意差なし。

(b) 思考方法のテスト(1)

付表資料2に示すような、特殊なてこ等の問題に関して、(a)と同じく10分間に解決した問題の数は第10表のとおりである。

第10表 思考テスト(1)の得点

学級	性別	人数	Σz	Σz^2	\bar{z}
B'	男	19	59	271	3.28
	女	23	59	245	2.56
	計	42	118	516	2.81
C	男	19	83	409	4.37
	女	25	90	374	3.60
	計	44	173	783	3.94

平均値はCクラスの方がかなり高い。得点の分散が正常でないので、 t 検定は適さない。3点以下と4点以上の得点の人数を第11表にまとめ、 χ^2 検定を行なった結果、有意差が認められる。人数が少ないので男女別にすれば男子には有意差は認められない。

(c) 思考方法のテスト(2)

付表資料3に示す問題を授業中に課し、挙手によって解答を調べた。その結果を第12表に示

第11表 思考テスト(1)の得点分布

得点	0 ~ 3			4 ~ 6		
	男	女	計	男	女	計
B'	7	13	20	12	10	22
C	3	7	10	16	18	34

女子および全体では1%レベルでB'~Cに有意差あり、男子は有意差なし。

す。 χ^2 検定の結果1%レベルで有意差が認められる。

第12表 新場面の思考

学級	人数	正解	誤解	無答
B'	43	17	11	15
C	44	29	3	12

B'~C間に1%レベルで有意差あり。

解答者の中には、解答例1に示すような誤答がB'クラスで8名、Cクラスで1名あった。

(d) グラフを読む能力のテスト

付表資料4に示す問題で、グラフによって求めた解答と、表によって求めた解答を調べた。その結果を第13表に示す。 χ^2 検定の結果1%レベルで有意差がある。

第13表 グラフを読む能力

学級	人数	グラフ	表	無答
B'	43	18	22	3
C	44	32	10	2

B'~C間に1%レベルで有意差あり。

§5 結果の分析

(5, 1) 理科の知識および内容の理解

(a) 普通の授業と演繹的方法の授業の比較

第1回の比較研究は普通の教授法の学級(Aクラス)と演繹的方法の学級(Bクラス)の比較である。最初の推定では、論理的な取扱をするBクラスの方が、理解を深め、成績は向上するものと期待していたが、テストの結果は有意差は認められなかった。この主な理由として、次の事が考えられる。

1. 演繹的方法が特に優れている点が無かったこと。
2. 学習期間が短く、生徒が新しい教育方法に習熟する時間がほとんど無いこと。
3. 二つの教育方針による教育方法が指導を担当した教官に徹底していなかったこと。
4. テスト問題が、演繹的思考によって得られる能力を評価していないこと。

以上の理由で、第1回のテストの結果のみで結論は導かれなかった。

第2回の比較研究は第1回の調査方法や結果を吟味して、次の点を考慮した。

1. 研究期間を長期にわたって実施する。
2. 教育方針を徹底するため研究者自身が直接指導を担当する。
3. 付属学校を用いて、授業中あらゆる角度からデータを集める。
4. 評価内容や方法に改良を加える。

なお、付属学校は2学級しかないので、今回は、演繹的方法の授業(B'クラス)と、帰納的・演繹的方法の授業(Cクラス)とを比較した。

テストの結果、帰納的・演繹的方法が演繹的方法よりも劣っている。

第1回の調査と総合すれば、普通の方法による授業よりも劣っているとみえる。

(5, 2) 実験を実施する能力

(a) 技術的能力の育成

Cクラスにおいては、「ばねのはたらき」を調べる実験で、法則を帰納的に求める際には、より精密な測定を要することを十分に訓練し、法則はすべて測定値を基にして求めるよう要求した。また、自然界の本性は複雑な関係にあるが、その中より単純なきまりを法則として取扱っていることを、「ばねの伸び」と「ゴムの伸び」とを比較して強調してある。従って、測定に際しては、ありのままを記録し、その中から法則を導き出すように訓練した。

このような測定方法は「てこ」の実験(1)(2)を余分に課して特に訓練した。「てこ」の実験(3)以降においては測定を慎重に行う態度が養われ

ているとみることができる。

(b) 実験実施の態度

授業中の生徒実験がうまく成就してきたか否かは、とかく実験に要した時間や生徒の記録するデータの正確度で判断する傾向がある。しかし、実験の態度を表面上の時間やデータで評価できない。

AクラスやBクラスでは、生徒は結論を導くのに急ぐ傾向がある。このため、生徒は教科書や参考書等で結論を知っているときは、データを結論と合うように記録したり、推理によって得られた仮説を満足するようにデータを歪曲して記録する傾向がある。従って測定値も厳密性を欠ぐ。

試みに、「てこ」の実験(4)で、Cクラスが測定に要した時間は、(4, 3)で述べたように最低11分から最高23分であるのに対し、Bクラスでは9分から17分である。測定回数も(4, 4)で述べたように、Cクラスは自ら進んで2度、3度と行い、さらに測定値の読みも正確といえる。

生徒の個々の外見上の実験態度の評価は適当な尺度が見当たらないが、全体の実験中の態度はCクラスがB'クラスより活気に満ちていて生徒の移動が激しく、測定値を求める目が輝いているのを確認することができた。

B'クラスでは、実験は静粛で迅速に終了し、データも整っている故、容易に結論を導き得る。教師は授業が能率よく結論が導かれたので、成功したものと錯覚を起す。

(5, 3) 誤差に対する考え方

帰納的方法では、生徒は結論を知らないで実験を行なう。仮に予習等によって結論を知っていても、測定値より判断して結論を導くように指導される。このため、Cクラスの生徒は、実験をできる限り慎重に行なって、精度を高めようとする習慣が生まれる。また、自然界の複雑な現象の中から規則的なものを導いて法則としているという考え方が徹底し、測定には誤差を

伴うのは当然と考え、測定された事実をありのまま記録すると思われる。

演繹的方法では、児童は推理によって得た仮説を絶対的なものと信じる傾向が強く、誤差は生じてはならないものと考えているようである。また、実験は法則（この場合は仮説）を記憶するための手段と考えて、実験を慎重に行なって、精密な測定値を導こうとする態度が養われ難い。

帰納的方法によれば、測定値から結論を導く場合に、時にはグラフを用いて、誤差の認識を得ることも容易である。

(5, 4) 思考の過程

B'クラスはCクラスよりも(4, 1)で述べたように、知識、理解のペーパーテストに優位であり、また(4, 5) aの結果のように問題を解く速さも速いのではないと思われる。しかし、やゝ難しい問題か、全く新しい問題に直面した場合には、(4, 5) b, cで述べたように、必ずしも解決の方法が優れているとはいえない。

これは、Cクラスにおいては原理の根本に立ち帰って思考する態度があり、Bクラスでは、結論として得られた法則から判断を下す傾向があるものと考えられる。従って、結論を応用する問題に関してはBクラスが優れているが、法則を改めて導き出す過程の理解には、教授法上はBクラスが優れているように考えられるが実際にはやゝ抵抗があるものと解釈できる。

最近、全国的学力調査が盛んに実施され、教師も、生徒もその得点の向上に主力が注がれ、記憶的理科教育を強いている傾向がある。このためか生徒は、問題解決の方法を習得するよりも、むしろ結論を覚えて、これを応用することを急いでいるのではなからうか。

第1回の調査は資料が十分とはいえないが、普通の授業と演繹的方法の授業との間に有意差が認められないことは、当面した理科の知識と理解の向上の点で一致した結果とも解釈できる。

理科の学力という場合には、理科の内容とし

てばかりでなく、その方法も測定できる評価方法を考えねばならない。このためにはペーパーテストだけでは困難な面のあることを考慮せねばならない。

§ 6 結 論

調査の対象が主として、一般の学校よりも水準の高い付属小学校を用い、調査も特定の期間だけ実施し、しかも指導者が未熟であったので、今回の調査のみで一般的結論を導くことは困難である。しかし、この研究をとおして、最初の目的に対して、次のような傾向を導くことができる。

1 論理的・抽象的思考の可否

小学校6年においては論理的・抽象的思考は十分可能であり、従って、授業は演繹的にも帰納的にも進めることが可能である。特に、簡単な原理を組合して、高度な法則を導く過程における推理は十分可能である。このため、小学校の教材の内容や配列を改善して、もっと思考的面を取入れる必要を感じた。

2 知識・理解の程度

理科の知識や内容の理解に関して、ペーパーテストで表わされる結果は、帰納的・演繹的方法の授業よりも、演繹的方法もしくは普通の知識中心的授業の方が効果的と考えられる。

3 実験を実施する態度

結論を導くに必要データを正確に求める態度の育成には、帰納的・演繹的方法の授業が適切である。演繹的方法による生徒は、データの求め方が迅速であるが、求めたデータは正確性を欠ぎ、時には先入観によって、事実と異なるデータを記録することさえみられる。

また、帰納的・演繹的方法の生徒は自らすすんで実験を繰返して実施するが、演繹的方法の生徒の多くは、ただ一回の実験で満足する。

4 結論の導き方

帰納的・演繹的方法の生徒は、結論を事実に基づいて、データをとおして導く習慣が形成され、測定値にも誤差が含まれていることを認識して、グラフより一般的結論を導き得る。演

繹の方法の生徒は推論等によって得られた仮説を、そのまま結論と信じて、実験をとおして、事象と照らし合わせることをおろそかにし勝ちとなる。

5 思考の方法

やゝ難かしい問題や全く新しい初めての問題を解決する際に、帰納的・演繹的方法の生徒は、最初の定義に立ち帰って思考し、これによって問題を解決したり、新しい法則を見出したりする。演繹的方法の生徒は結論を応用して問題を解決しようとする。結論の応用のみで解決できないときは解決不能になる危険性がある。しかし結論を使って解決できるときは帰納的・演繹的方法の生徒よりもよく解決することができる。

以上の外に、本来の目的とは直接の関係はないが、次の事を見出した。

1. 思考力育成のための実験器具のくふう。

学習を演繹的に進める場合も帰納的に進める場合も、生徒の思考を育成するためには、従来の実験器具を改善すると指導に便利である。

市販のばね秤等の中には非常に誤差の多いものがあり、帰納的に実験を遂行することは不可能である。従ってもっと精度の高い良品を求める必要がある。

てこや輪軸の実験器具は、距離や半径が、少くとも10～12倍の変化が可能なのが望ましい。これが少いと積を求める例が数個の組合せしかできない。また、てこの距離を連続的に変化させて距離を連続的尺度として求めることのできる実験装置も望ましい。

伸びの実験には、材料の点からしばしばゴムが使われているが、法則発見のためには、フックの法則に従う「ばね」を使う方がつごうがよい。

2. 教科書、参考書の取扱い

発見的立場で授業を行なう場合は、とかく生徒が事前に教科書や参考書等によって結果を知っている事が妨げとなるといわれている。筆者も授業に際して初めはこれを考慮して、予習をしないよう指示した。しかし、多くの生徒はそ

の結論のみを知っていて、その結論が導かれた過程は知らないことが多い。そこで学習を通じて、皮相的法則だけでなく、これを導く過程を学ばせねばならない。これ故教科書等によって得られた知識は、学習上何等障害にはならない。

あ と が き

最近、児童の体位は向上し、早熟であるといわれている。その上テレビの普及等により児童の知識や経験も豊富である。従って、従来よりも更に高度の思考が可能と考えられる。

一方、自然科学の発達には科学の内容を深め早期科学教育を要求している。

われわれは、このような時代の進歩に合致した新しい教育内容や教育方法を見出そうとしている。今回の研究を基として、今後は更にこの研究を深めるとともに、もっと低学年における科学的思考力育成の可能性を発見していくよう努力したい。

最後に、この研究に協力を賜った、松江市立雑賀小学校青木吉夫教諭と島根大学教育学部附属小学校持田昌美教諭に対して、深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

1. George J. Skews "What is a Scientific Attitudes" School Sci. and Math. 1933.
2. Ellsworth S Obourn "Teaching Scientific method. Article vii ; The Scientific Method in the classroom" School Sci. and Math. 1934.
3. Fransis D. Curtis "Teaching Scientific method. Article vi" school Sci. and Math. 1934.
4. Elliot R. Downing "Teaching Scientific method. Article ii problems for Developing Skill in Scientific thinking" School Sci. and Math. 1934.
5. E. R. Downing "Improved Science Teaching" School Sci. and Math. 1934.
6. Gordon M. A. Mork "The Scientific Method as a Teaching procedure" School Sci. and Math. 1947.

7. Francis D. Curtis "A plea for Inductive Teaching" Science Teacher 1950.
8. M. A. Burmester "Behavior Involved in the Critical Aspects of Science Teaching" Science Education. 1952.
9. Gordon M. Dunning "Evaluation of Critical Thinking" Science Education 1954.
10. 上代 晃 "思考的学習の心理" 柳原書店 1953.
11. 上代 晃 理科教育講座：基礎編第一巻 "理科学習の心理" 文化書籍 1953.
12. 文部省 "中学校高等学習指導要領" 大日本図書 1951.
13. 文部省 "小学校学習指導要領" 大日本図書 1952.
14. 文部省 "小学校理科指導書" 大日本図書 1960.
15. 中野栗夫 "理科における科学的思考力の育成法" 柳原書店 1958.
16. 井藤芳喜 "法則発見に導く指導法" 理科の教育 1959.
17. 武谷三男 "自然科学概論 (第2巻)" 勁草書房 1960.
18. 井藤芳喜 "理科実験の使命" 島根大学論集 (教育科学) 第14号 1965.
19. 井藤芳喜 "理科における各観点と評価法 科学的思考力の評価" 理科の教育 1965.
20. 中野栗夫 "科学的思考力育成の実際" 東洋館 1965.

要 約

小学校理科教育における 帰納的・演繹的方法の適用

理科教育において科学的知識ばかりでなく、科学的思考法を育成する必要がある。我々は日常の教育において、科学的思考力を育成する教育方法を研究せねばならない。

一般に論理的、抽象的思考は小学校5、6年頃から可能とされている。本研究では、科学的

思考が小学校6年でどの程度可能であるか、またこれを育成する適切な方法は何かを見出そうとした。

これらを検討するため、次のような3つの研究学級を設けた。

1. 普通の方法の授業 理科の知識や内容の理解を主体とする。
2. 演繹的方法の授業 推理により仮説を求め検証する。
3. 帰納的・演繹的方法の授業 実験による発見的方法

この研究を最も効果的と思われる「機械のはたらき」の単元で実施した後、この間に得られたいくつかの資料を分析して、3つの方法を比較してみた。

本研究のみで結論を出すには資料が十分でないが、次のような傾向がみられる。

1. 理科の知識や内容の理解のペーパーテストの結果では、帰納的・演繹的方法は普通の方法や演繹的方法よりも劣る。
2. 詳細に実験を行なう能力は、帰納的・演繹的方法が、普通の方法や演繹的方法よりも優れている。演繹的方法の生徒はデータの求め方が粗雑であり、事実と異なる記録をし勝ちである。
3. 普通の方法や演繹的方法の生徒は、実験に際して、結論を出すことに性急である。
4. 実験の態度は帰納的・演繹的方法の方が優れている。
5. 問題解決に際して、帰納的・演繹的方法の生徒は、最初の定義から出発するが、演繹的方法の生徒は、結論を応用しようとする方法をとる者が多い。

SUMMARY

Inductive-Deductive Approach in Elementary Science Education

In science education it is necessary to develop not only the pupils' scientific knowledge but scientific thinking as well. Therefore, in our daily science classrooms, we should take into consideration the teaching methods most appropriate for developing scientific thinking of the pupils.

It is generally said that logical and abstract thinking are developed from the fifth and sixth grade of elementary schools. In this research we are undertaking, we are trying to study whether scientific thinking can be developed in the sixth grade pupils and also to find the most effective method in teaching.

In order to study further, we set up three experimental classes as follows :

1. Usual classroom method : To teach mainly with concentration on the pupils' knowledge and his understanding of science.
2. Deductive method : Propose their own hypothesis and work out experiments.
3. Inductive-Deductive method : Through heuristic approach by experiments.

After putting into practice the unit of "the Mechanism of Machines" which was thought to be the most effective, we obtained analysis of several data from this study and by which we were able to compare the three methods.

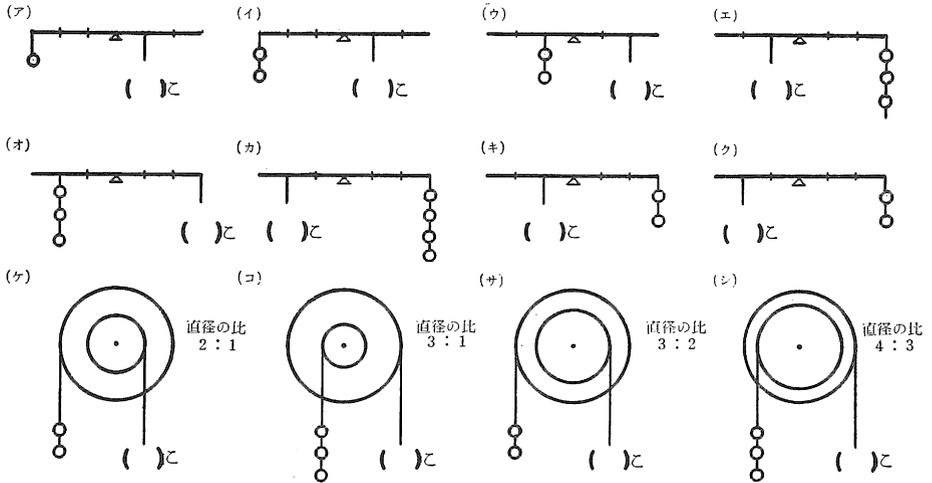
Sufficient data was not available to show the final results but we were able to find the following tendency from this study :

1. By looking at the results from the pupils' knowledge of science or understanding of the problem through their paper test scores, we found that Inductive-Deductive method is inferior to the Usual or Deductive methods.
2. The Inductive-Deductive method is superior to the Usual or Deductive methods in the ability to perform experiments precisely. The pupils in the Deductive methods class were not precise and were apt to record their findings inaccurately.
3. The pupils of Usual method and Deductive method classes were hasty in obtaining results when working on an experiment.
4. On the attitude to perform experiments, the pupils in the Inductive-Deductive method class were superior compared to the Deductive method class.
5. In solving a problem, the Inductive-Deductive method class started from the first step but in Deductive method class many of the pupils tried to formulate a conclusion from the start.

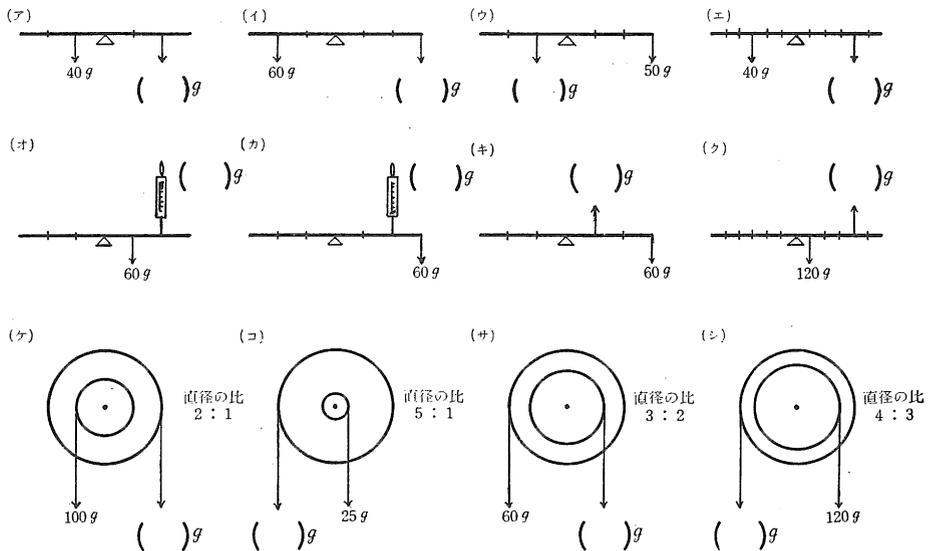
付 表

資料 1. 終末テスト問題

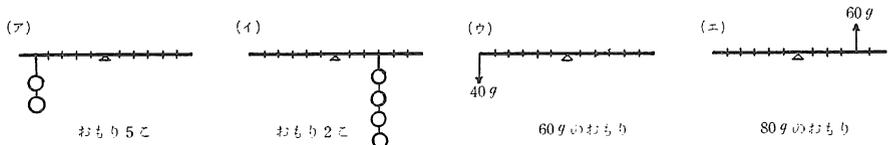
1. 次のてこや輪じくはおもりの位置をどこでつりあうか。



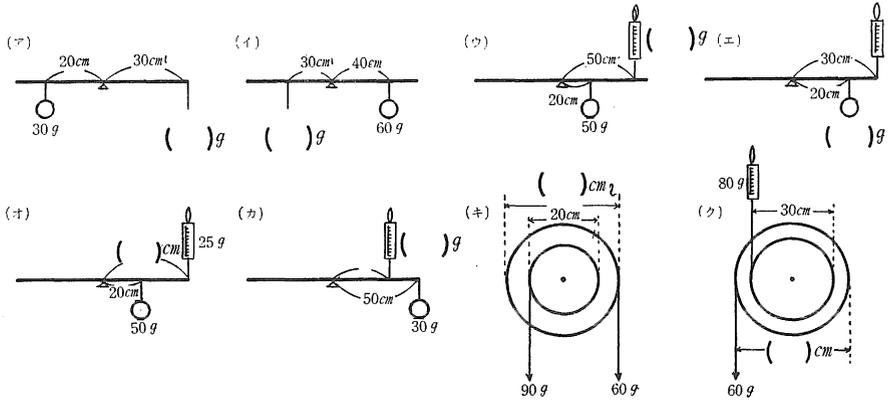
2. 次のてこや輪じくは何gでつりあうか。



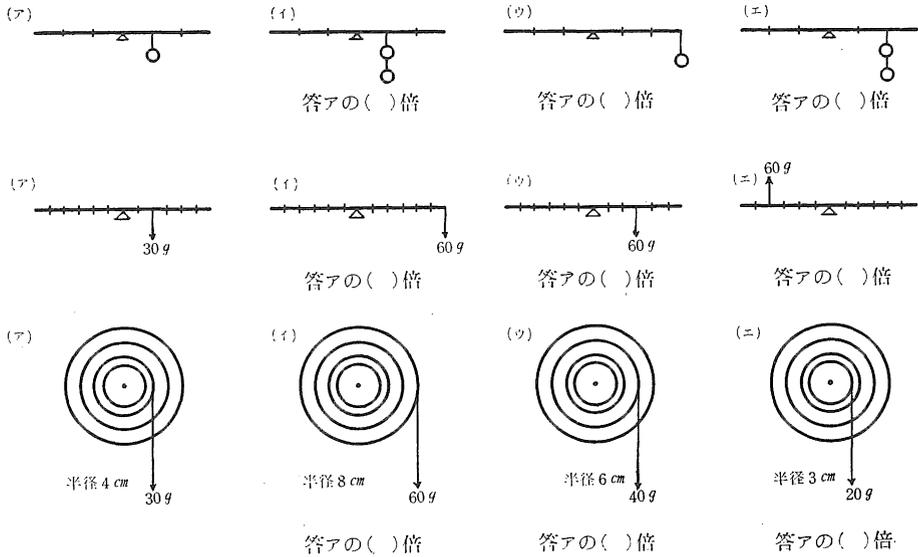
3. おもりの位置をどこにすればつりあうか。



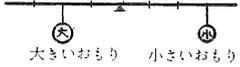
4. 次の図の () の中に数を入れ、つり合せなさい。



5. 次の(イ)(ウ)(オ)のてんびん(てこ)や輪じくを右に傾けたりまわしたりする力はアの何倍か



資料 2. 時間テスト問題 (抜萃)

1.  左の図は重さのちがうおもりをつけて、つりあっているところです。これと同じおもりを用いて、次のてんびん(てこ)をつりあわせなさい。

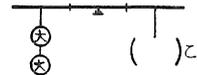
(ア) ひもに、小さいおもりを、いくつつけるか()内に数を入れなさい



(イ) 小さいおもりを1こつけるにはどこへつけるか、図に書きなさい。



(ウ) ひもに小さいおもりをいくつつけるか。()内に数を入れなさい。



(エ) ひもに大きいおもりを、いくつつけるか。()内に数を入れなさい



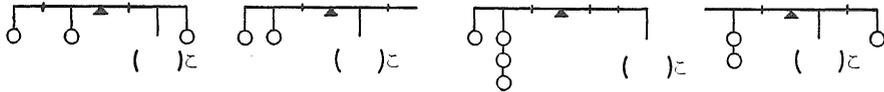
(オ) 小さいおもりを2こつけるには、どこへつけるか、図に書きなさい。



(カ) 大きいおもりを2こつけるにはどこへつけるか、図に書きなさい。

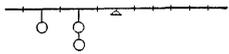


2. 次のてんびん(てこ)をつりあわせなさい。

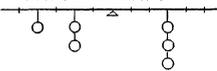


資料 3.

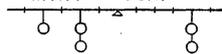
問題 どこでもよいから1か所におもりをつけて、つりあわせなさい



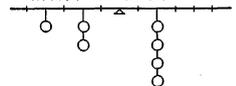
解答例 1. (誤答)



解答例 2. (正答)



解答例 3. (正答)



資料 4.

問題

ばねの伸びを測る実験をしたら右の表のようになりました。

- これをグラフに書きなさい。
- 35グラムのときの伸びはいくらになりますか。
- 15グラムのときの伸びはいくらになりますか。

おもり	伸び
0 g	0 mm
10	3
20	6
30	8
40	11
50	15
60	18

