

演繹的方法により落下の法則を導きだす学習

井 藤 芳 喜*

Yoshiki ITOH

A Teaching to Find “the Law of Falling” by Deductive Method

Abstract: Recent science instruction that emphasize the acquiring scientific inquiry are apt to lessen the pupil's interest in science and therefore weaken their will to scientific inquiry. We carried into effect the teaching which made them recognize the necessity of inference and find delight in discovering.

In our teaching to find “the law of falling” in the material of mechanics in junior high school science, we gave the definition clearly that the uniform motions are not pressed by external force and accelerated motions are pressed by external uniform force. After clarifying these motions by experiments and other activities pupils guessed what kinds of motion is “falling motion” by their knowledge recently acquired and by their daily experiences, and established a hypothesis, through their inference, which would be made sure by experiments. Finally they found “the law of falling” by an experiment which designed to effect the inspection of evidence.

Through the analysis of various kinds of investigations on consciousness of pupils we achieved the expected results.

はじめに

ガリレイは物体の落下に関して、それまでギリシャ時代にアリストテレス等が唱え、長期にわたって信じられてきた「物体は重いものほど速く落ちる」という考え方に疑問を抱き、単にこの考え方の不備を指摘するに留まらず、確固たる落下の法則を導き出した。当時の技術からは、この法則を直接、測定によって導き出すことはできなかったので、これを間接的に証明するために、多くの推理を行い、仮説を立て、ある場合にはこれを思考の過程で棄却し、またある場合には数学的推理によって、実験可能な仮説とし、これを検証するための実験装置をくふうしている。^{*1}

これらの方法は、それまでの多くの科学的発見にみられる方法と異なり、今日の物理学の華々しい進歩の先駆となる方法で、これをもって、ガリレイを近代自然科学の祖といわしめるゆえんである。^{*2}

この落下の法則は今日、中学校の教材として取り扱われているが、その多くは体系的にガリレイの法則を理解させようとするに留まり、ガリレイの用いた科学の方法

を習得させようとはしていない。例えば PSSC やわが国の中学校の最近の教科書では、等速度、等加速度運動等を理解するために、台車の水平運動や落下運動等を取り扱っている。しかし、そこでは仮説を設定し、これを検証するような科学の方法を会得させるようには計画されていない。本研究では落下の法則を導き出す指導において、ガリレイの行った方法とは若干異なるが、科学の方法を会得することに重点を置いた指導を試みてみた。^{*3}

I 研究の背景

理科教育の現代化に伴って、教科の構造化が行われて教育内容が整理され、科学の探究方法の獲得が重視されてきた。これは従来の理科教育に較べると格段の進歩である。これにしたがって、初等、中等教育の改善が行われ、この教育法がしだいに定着し、理科教育の目的が十分達成できる姿勢が形成されたように思われる。しかしながら、学習する生徒の立場から考えるとき、理科を魅力ある教科として受け取っているであろうか。

昨年、高等学校の生徒を対象に、物理の履習状況に関する総合的調査を行ったが、その中で物理をどんな学科と思っているかという意識について、昭和31年に実施し

* 島根大学教育学部理科教育研究室

第1表 物理に関する意識調査

物理はどんな学科だと思っていますか。それぞれ1項目ずつ選んで○印をつけてください。

		(31年)						(50年)						
		1年	2年	3年	男	女	計	1年	2年	3年	男	女	計	
		名	名	名	名	名	名	名	名	名	名	名	名	
(ア)	物理が おもしろ い	1	366	360	369	653	442	1,095	367	368	338	583	490	1,073
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		2	26	15	21	26	12	20	9	19	22	20	14	17
		3	47	52	35	44	45	44	58	48	39	50	44	47
		4	10	15	23	17	17	17	23	22	24	19	28	23
	5	11	16	15	7	25	14	10	10	12	8	13	11	
(イ)	物と理 は思 はう 必 か 要	1	57	52	57	67	37	55	13	26	33	35	12	25
		2	13	29	30	19	35	25	35	37	47	37	43	40
		3	0	2	2	1	2	2	3	4	2	3	3	3
		4	29	17	11	13	26	18	49	33	19	25	42	33
(ウ)	物し 理は か む ず か	1	47	56	57	53	56	54	39	47	51	43	49	46
		2	23	28	24	25	25	25	31	37	32	33	35	33
		3	26	15	13	17	17	17	25	13	14	20	13	17
		4	5	2	3	4	2	3	3	2	4	3	3	3
		5	—	—	2	1	—	—	1	0	1	1	0	0

調査対象地域 昭和31年 広島県内 昭和50年 島根県内

第2表 物理に関する意識調査の比較検定

		学 年 性 別						
		1年	2年	3年	男	女	計	
(ア)	5項目	χ^2 78.76	12.87	3.06	18.62	40.99	40.03	***
	有意差	**	*	無	*	***	***	
(イ)	3項目	χ^2 65.98	1.42	0.97	14.67	0.02	11.92	**
	有意差	***	無	無	***	無	**	
(ウ)	4項目	χ^2 167.35	56.11	42.43	126.23	83.06	210.46	***
	有意差	***	***	***	***	***	***	
(ウ)	5項目	χ^2 12.92	7.62	6.97	15.69	13.22	22.53	***
	有意差	*	無	無	**	**	***	
(ウ)	3項目	χ^2 0.29	0.43	0.04	2.56	3.56	0.14	無
	有意差	無	無	無	無	無	無	

た同内容の調査と比較してみた。調査内容および結果は第1表のとおりである。

この調査結果を分析してみよう。

物理がおもしろいかという質問に対し、昭和31年の調査では、物理が「非常におもしろい」「おもしろい」という者が学年とともに減少している。この現象は単にこの調査に限らず一般に幼児から高校生まで、年齢が進むにつれて物理のみならず理科全体についての興味は減少する傾向がある。しかし、50年の調査ではこの傾向が逆で、学年が若いほど、この数が減少し、「おもしろくない」「きらいである」という者が増加している。調査の5項目をそのまま対応させて、31年と50年の人数について χ^2 検定を行った結果、第2表アに示すように、1年で1%、2年で5%、また男子で5%、女子で0.1%、合計で0.1%の有意水準で差がある。また、「非常におも

しろい」と「おもしろい」「おもしろくない」と「きらいである」を加えて、調査項目を3項目にしたものについては、1年と男子で0.1%、合計で1%の有意水準で有意差がある。

これらの差の内容を第1表で比較してみると、女子で「きらいである」者が減少している以外は、「非常におもしろい」「おもしろい」が減少し、「おもしろくない」が増加している。

物理は必要と思うかという質問に対し、各学年、男女とも50年度は「必要な学科である」者が減少し、「不必要な学科である」という者が増加し、第2表(イ)に示すようにいずれも0.1%の有意水準で差を認めることができる。

物理はむずかしいかという質問に対し、「物理はむずかしい学科である」という者が一般に31年に学年とともに多くなっている。調査の5項目をそのまま対応させて、その人数について χ^2 検定を行った結果は第2表(ウ)に示すように、1年で5%、男女とも1%、合計で0.1%の有意水準で差がある。回答の1と2、4と5を合せて3項目にしたものについては有意差はない。

以上の調査のように、31年には物理はむずかしいものであることを意識しながらも、興味や学習の意義を感じていたものが最近では、物理がきらいになり、必要性を感じなくなっている。しかも、その傾向がここ数年著しくなっている。本年実施した松江市の教員の意識調査で

も、最近の子どもの理科に対する興味の欠如を指摘する教師の多いことが示されている。^{*4}

子どもを好きな理科からきらいな理科に転向させる原因は何であるか。その理由の多くは理科は「むずかしいから」「考えることがきらい」だからである。

理科は本質的に思考を伴う教科であり、思考を伴わないものは理科とは言い難い。低学年では経験のような深い思考を伴わない認識の方法で自然を理解させているが、内容が高度になるにつれ、高度の思考が要求される。多くの子どもは理科は実験がおもしろいから好きだというのが、これを分析してみると、理科の本質のおもしろさと相当かけ離れたおもしろさであることが多い。多くの子どもは講義よりも実験がおもしろい。考えるよりも作業することがおもしろいと言う。いわば観察や実験を一種のリレクションと考えている。このような観察や実験では決して理科の本質を学習できるとは思えない。

理科の真のおもしろさは新しい事象の発見の喜びや思考の正しさが証明されたときの喜びである。子どもが自然に取り組む姿に見いだされる喜びは、初めは未知の事象への興味と発見である。成長するにつれ、その喜びは単なる発見のみでなく、ある程度の期待感をもった後の発見も含まれる。すなわち、思考をめぐらし、このような事象があるに違いないと期待し、これが発見されたときの喜びは、偶然発見したよりも、喜びが大きい。観察や実験がこのような発見の場として取り扱われるとき、理科の真のおもしろさがあじわえる。

本研究はこのように、推理により実験結果を予想し、結果が予想と一致したときの喜びを十分あじわわせることができるよう計画したものである。

II 研究の目的

中学校力学教材の「運動」の指導において、「等速度運動とは、外力が全く加わらない運動である。」また、「等加速度運動とは、常に一定の外力が加わっている運動である。」というように定義を明確にし、しかも、このような条件のもとでの運動がどのような運動であるかを実験によって明確にしておく。(ことばの上からは「等速度運動」→「無力運動」, 「等加速度運動」→「等加力運動」と言った方が適切)次に、これをもとにして、落下運動のような未知の運動がどのような運動であるかを推定し、仮説を立て、これを検証するように計画した。この方法は幾つかの事実をもとに推理し、検証可能と思われる仮説を立て、これを検証するための実験を計画し、実験を遂行し、データを整理して結論を出すという一連の作業が伴う。

この作業はどんな目的で行なわれているかについて、生徒は十分これを意識している筈である。このような研究に対する態度が育成されると思われるので、従来の授業と比較することによって、その効果を検討した。

以上の方法は次のような特徴をもつ。

- (1) 等速度運動、等加速度運動の定義が明確である。教科書などでは運動をグラフ化し、グラフの傾向から等速度、等加速度と定義している。等速度、等加速度のことばの意味はこの方が適当と思われるが、このような運動の起る原因となっている力の有無で定義する方がより適切である。等速円運動のような場合、前者の方法では等速度運動となって不適当であるが、力の有無で定義すれば等加速度運動となり、この方が発展性のある定義である。
- (2) 従来の教科書の方法では、単に落下運動がどんな運動であるかを調べるだけであるが、この方法では、仮説を立て、これを検証するという演繹的方法を会得するよう計画されている。したがって、実験結果に対する見通しが明確で、期待感をもって作業を遂行することができる。思考の正しさを確認して満足することができる。
- (3) 等加速度運動は一定の力が加わった運動であり、落下運動がこれに相当するという結論から、落下運動における一定の力とは何かということを追求することにより、その原因として重力を認識することができ、発展的である。従来の方法では、落下運動が等加速度運動であることしか理解できなかった。

III 研究の方法

1 研究の経過

本研究に先立ち、一昨年12月に安来市第3中学校に於て、ほぼ同内容の研究授業を実施した。しかし、一部の教授内容の研究不足と教授方法の打合せの不徹底、さらに調査のアンケートの質問の形式の不備のため、十分な成果を得ることができなかった。しかし今回の調査では、前回の研究の結果を踏台として十分活用し、所期の成果をあげることができた。

2 研究学級の設定

本研究の研究学級として、地域的にも学校の規模としても全国的に平均と思われる次の学校及び学級を選んだ。

島根県仁多郡仁多中学校 第3学年

実験学級 第2, 3, 4組 本計画による教授

統制学級 第1, 5組 教科書による教授

なお、教科書は「新理科」大日本図書を使用

指導の期間 昭和50年11月～12月

3 指導の方法

(1) 実験学級の指導方法の概要

a. 等速度運動, 等加速度運動について明らかにする。

他から全く力を加えない運動として, 例えば摩擦の少ない水平な机の上を台車が運動するような事例を示し, この運動をベルタイマーで打点をテープに打たせ, これをもとにして時間と距離, 時間と速度の関係をグラフに画かせ, 等速度運動とは他から力を全く加えないときの運動で, 速度が一定な運動であると定義する。

次に, 他から常に一定の力を加えた運動として, 例えば摩擦の少ない水平な机の上を台車が常に一定の力で引かれるように, ゴムひもの張力を一定にして引くときの事例を示し, 同様にベルタイマーの打点を利用して, 時間と距離, 時間と速さの関係をグラフに画かせ, 等加速度運動は常に一定の力を加えたときの運動で, 速度は常に一定の割合で変化している運動であると定義する。

グラフを画く代りに, テープを切って貼り合わせる方法が教科書にあるが, ここではこのような方法は用いないで, 打点間を物差で測定し, その値をグラフに画かせるような基本的操作を含む方法を採用した。なお, 加速度のグラフでは, そのつど平均速度を求めるのが正しい方法であるが, ここではこれをあえて強調しないで, グラフの傾きのみ注目させている。

b. 落下運動はどんな運動か。これをどうして確かめることができるか, を課題とする。

生徒は落下運動は等速度ではなく, 等加速度運動らしいことは一応認めているが, これを等加速度運動であると断定できないことを提示し, これを認める方法を考えさせる。先に机上の運動で, 等速度, 等加速度運動の実験を行い, これがグラフではどんな線を描くかが検討されているので, これをもとに等加速度運動であることを実験で確かめることができるような仮説を立てることができ, さらにこれを検証する方法も容易に提示するであろう。ここで十分納得がいくまで討議し, 仮説を立てる上の思考の育成ができ, 期待をもって実験を行う態度の育成ができよう。

c. 検証のための実験の実施, 及びデータの処理

生徒の考案する実験の方法は種々あると思われるが, これまでに学習した方法をできる限り活用することになれば, ベルタイマーを使用する方法に制約される。教師は実験実施上の2, 3の技術的注意を与える。すなわち, 実験は机上の高さから床上に落下する範囲で行うこと。実験開始時の打点がはっきりしなくなるので, 開始前にテープの上側の端をセロテープで卓上に貼りつけておき, はさみで上端を切って落下させるとよいこと。以上の注意のもとに各グループごとに測定させ, これをグ

ラフに画かせる。ある程度の実験上の誤差や多少の摩擦のあることも考慮しなければならないが, 時間と速度のグラフは直線となり比例していることになるので, 落下運動が等加速度運動であることの結論がでる。

d. 考察

検証が終れば一応目的を達成するが, さらに次のような考察を加える。グラフから等加速度運動であるということが判明したが, 等加速度運動は他から一定の力が加わっている運動である。そうだとすれば落下する物体に加わっている一定の力とは何であるかを考察させる。この考察により, この力が地球の引力に関係ある重力であることを認識させ, すべての物体にこの力「場」が作用していることを納得させる。

(2) 統制学級の指導方法の概要

a. 水平な面を動く台車の運動を調べる。

水平な机上で台車を押し, 動き出したら手を放し, 台車の自由運動をさせる。この運動をベルタイマーでテープに記録し, この打点の距離を測定してグラフを画き, グラフから等速度運動であることを知る。

b. 斜面を降りる台車の運動を調べる。

斜面を降りる台車にテープをつけ, ベルタイマーでテープに打点を打たせる。距離と時間との関係をグラフに画かせる。テープを2または3点ごとに切り, これを並べて速さと時間の関係を調べる。この二つのグラフから, 等加速度運動を理解する。

c. ボールの落下運動を調べる。

ボールの落下運動をストロボ写真で撮ったものを与え, このデータを整理して, 落下運動が等加速度運動であることを認識する。

(3) 共通な指導

実験学級と統制学級との指導上の著しい違いについては上で述べたが, この研究授業の前段階では両学級とも, 「速さとその変化」について, 速さの変化やグラフの表わし方, 計算の方法などについて講義し, また, 実験器具の取り扱い方法などについても共通に指導している。

授業は概略次頁第3表のように計画され実施された。

IV 研究の結果

1 学習前の学級の比較

研究に使用した学級は一応等質と思われるが, 念のため, 各学級の均一性を検定する目的で, 知能偏差値と前学期の理科の成績の素点を比較した。各成績を第4表に, その検定の結果を第5, 6表に示す。さらに, 理科に対する意識を調査することを試みた。この調査は授業前や授業の途中で行ったものであり, 今回の研究授業の

第3表 指導内容の概略

	実 験 学 級	統 制 学 級
第1時	速さ、平均の速さ、時間と速さと距離の関係について講義(共通)	
第2時	等速度、等加速度運動をグラフに表し、距離と時間のグラフ、速さと時間のグラフに表したときの性質を明確にする。グラフの面積が距離や速度を表すこと、平均速度について、講義(共通)	
第3時	「他から力を加えない運動」の実験を実施、等速度運動と定義する。	「水平な面を動く台車の運動」の実験を実施、等加速度運動であることを理解する。
第4時	「常に同じ力を加える運動」の実験を実施、等加速度運動と定義する。	「斜面を降りる台車の運動」の実験を実施等、加速度運動であることを理解する。
第5時	落下運動の実験、仮説を立て、実験を実施し、データを整理し、結論を導く。	ボールの落下運動、データを整理してこれが等加速度運動であることを理解する。
第6時	物体の運動について総合的にまとめる。	物体の運動について総合的にまとめる。

学習効果が影響しているものも含まれている。この内容および χ^2 検定の有意差の有無を第7～15表に示す。

第4表 学習前の成績

	知能偏差値				理科の成績		
	人数	和	平方和	平均値	和	平方和	平均値
統制学級1	40名	2,107	113,825	52.68	1,987	101,925	49.68
2	38	2,087	117,529	54.92	1,906	97,886	50.16
実験学級1	39	2,072	112,168	53.13	1,915	96,625	49.10
2	40	2,102	112,732	52.55	2,050	107,116	51.25
3	39	2,045	110,029	52.44	1,947	99,499	49.92

第5表 各学級間の知能偏差値の有意差の検定

級 間	平方和	自由度	平均平方和	F
級 間	162.43	4	40.60	0.60
級 内	12,903.39	191	67.55	
合 計	13,065.82	195		

有意差なし

第6表 各学級間の理科の成績の有意差の検定

級 間	平方和	自由度	平均平方和	F
級 間	99.19	4	24.79	0.38
級 内	12,381.69	191	64.82	
合 計	12,480.88	195		

有意差なし

a. 理科は好きか。

1. ひじょうに好き
2. 好き
3. 何ともいえない
4. 嫌い
5. ひじょうに嫌い

第7表 理科は好きか

	1	2	3	4	5	計
実験学級	名 % 6(5)	28(24)	70(59)	13(11)	1(1)	118
統制学級	5(6)	16(21)	44(56)	9(12)	4(5)	78

 $\chi^2=3.82$ 有意差なし

b. 理科はおもしろいか。

1. ひじょうにおもしろい
2. おもしろい
3. おもしろくない

第8表 理科はおもしろいか

	1	2	3	計
実験学級	名 % 6(5)	71(61)	40(34)	117
統制学級	8(10)	39(51)	30(39)	77

 $\chi^2=2.90$ 有意差なし

c. 第一分野(物理、化学)と第二分野(生物、地学)ではどちらが好きか。

1. 第一分野
2. 第二分野

第9表 第一分野と第二分野はどちらが好きか

	1	2	計
実験学級	名 % 40(35)	74(65)	114
統制学級	25(33)	51(67)	76

 $\chi^2=0.10$ 有意差なし

d. 理科の実験は好きかきらいか。

1. ひじょうに好き
2. 好き
3. 何ともいえない
4. 嫌い
5. ひじょうにきらい

第10表 理科の実験は好きか

	1	2	3	4	5	計
実験学級	名 % 18(15)	59(50)	33(28)	7(6)	0	117
統制学級	19(24)	26(33)	29(37)	3(4)	1(1)	78

 $\chi^2=8.23$ 有意差なし

e. 理科が(好き, きらい)である理由を書け この調査は自由に書かせたものである。なお, この調査は好き, きらいを明確にせずに答えているので, 集計は両者合せたものにした。好き, きらいの数の多い者の方を()で示した。集計に疑問の点が多いので, 検定はしないが, 参考までに掲げておく。

f. 理科ではよく, これまでにわかったことから, まだわかっていないことを予想しますが, このように考えることは好きですか。

1. ひじょうに好き
2. 好き
3. 何ともいえない
4. きらい
5. ひじょうにきらい

第11表 理科の好き, きらいの理由

	実験学級	統制学級
実験があるから(好き)	51名(43%)	28名(36%)
むずかしいから(きらい)	23 (19)	10 (13)
計算があるから(きらい)	17 (14)	16 (21)
よくわかるから(好き)	22 (19)	7 (9)
考えることが(きらい)	4 (3)	11 (14)
その他	18 (15)	14 (18)

第12表 考えることは好きか

	1	2	3	4	5	計
実験学級	名 % 7(6)	33(28)	68(58)	10(8)	0	118
統制学級	3(4)	23(30)	32(42)	17(22)	2(3)	77

$\chi^2=12.07$ 5%で有意差有

このようにして, まだわかっていないことを実験でたしかめて, 予想があたったときうれしか。

1. ひじょうにうれしい。
2. 少しうれしい
3. 何とも感じない

第13表 予想が当たるとうれしか

	1	2	3	計
実験学級	名 % 44(37)	63(53)	11(9)	118
統制学級	21(27)	42(54)	15(19)	78

$\chi^2=5.00$ 有意差なし

g. 理科ではいろいろなことがらや, しくみを学習するが, これが日常生活に役立つと思うか。

1. ひじょうに役立つ
2. 何ともいえない
3. 役立たない

第14表 学習内容が生活に役立つか

	1	2	3	計
実験学級	名 % 35(30)	74(63)	9(8)	118
統制学級	12(15)	58(74)	8(10)	78

$\chi^2=5.31$ 有意差なし

理科では, 問題を解決する方法(考え方)を習うが, これが日常の生活に役立つと思うか。

1. ひじょうに役立つ
2. 何ともいえない
3. 役立たない

第15表 考え方が生活に役立つか

	1	2	3	計
実験学級	名 % 27(23)	82(69)	9(8)	118
統制学級	12(16)	59(77)	6(8)	77

$\chi^2=1.57$ 有意差なし

調査eの理科が好き, きらいである理由と調査fの考えることが好きかの回答の中に有意差は認められるが, それ以外は有意差は認められない。有意差のあるこれら二つについては, 調査が学習の期間中になったため, 実験の意義やその内容に興味をもったものと思われる。

2 学習後の学級の比較

この教育実験の目的は実験を行う心構えや態度の変化をみようとするものである。したがって, その効果は単に等速度運動とか等加速度運動について明確に把握ができたか否かで判断することはできない。今回の研究では, 生徒がそれぞれの実験をどのような目的意識でもって実施したかによってこれを判定した。また, それぞれの学習内容についての興味と理解度の意識調査も行った。

以下に調査内容およびその結果を調査項目別に示す。

1. 「運動とエネルギー」について学習したがこれについて答えよ。

調査項目

- a. 「速さとその変化」について
- b. 「物体の運動調べ」について
- c. 「力と運動」について

(1) おもしろかったか

- ① ひじょうにおもしろかった
- ② おもしろかった
- ③ ふつう
- ④ あまりおもしろくなかった。
- ⑤ まったくおもしろくなかった

第16表 学習内容の興味

	1	2	3	4	5	計
実験学級	名 % 1(1)	37(32)	59(50)	17(15)	3(3)	117
統制学級	0	28(36)	34(44)	15(19)	1(1)	78

$\chi^2=2.39$ 有意差なし

実験学級	2(2)	55(47)	46(39)	15(13)	0	118
統制学級	2(3)	25(32)	43(55)	5(6)	3(4)	78

$\chi^2=11.67$ 5%で有意差有

実験学級	5(4)	19(16)	74(63)	19(16)	1(1)	118
統制学級	5(6)	12(16)	45(58)	6(8)	9(12)	77

$\chi^2=13.80$ 1%で有意差有

(2) わかったか

- ① よくわかった
- ② わかった
- ③ ふつう
- ④ あまりわからなかった
- ⑤ まったくわからなかった

生徒の反応の項目については a ~ c に共通

第17表 学習内容の理解

	1	2	3	4	5	計	
a	実験学級	2(2)	32(27)	60(51)	23(20)	0	117
	統制学級	0	17(22)	42(55)	16(21)	2(3)	77
$\chi^2=4.99$ 有意差なし							
b	実験学級	3(3)	24(22)	59(55)	22(20)	0	108
	統制学級	1(1)	13(17)	44(56)	17(22)	3(4)	78
$\chi^2=5.40$ 有意差なし							
c	実験学級	4(3)	14(12)	68(58)	27(23)	4(3)	117
	統制学級	2(3)	7(9)	43(57)	10(13)	13(7)	75
$\chi^2=12.62$ 5%で有意差有							

生徒の反応の項目は a ~ c に共通

2. 実験について

(1) 等速度運動 (台車がひとりでころがる運動)

- a. おもしろかったか
- b. わかったか

(選択肢は1に同じ)

(2) (実験学級に) 等加速度運動 (台車をゴムひもで引っぱる運動) の実験

(統制学級に) 台車が斜面を降りる運動の実験

(3) (実験学級に) 落下運動 (おもりが落下する運動) の実験

((2), (3)の質問の形式は(1)と同じ)

実験学級と統制学級とは(1)以外は実験内容が異なり、調査内容も異なる。しかし、統制学級の(2)は実験学級の(2), (3)に類似しているため、これらと比較してみた。

3. 実験はどんな目的で行ったか。

(1) 等速度運動の実験

第18表 実験の興味

	1	2	3	4	5	計	
(1)	実験学級	6(5)	66(56)	31(26)	14(12)	1(1)	118
	統制学級	5(6)	31(40)	34(44)	7(9)	1(1)	78
$\chi^2=7.33$ 有意差なし							
(2)	実験学級	7(6)	62(53)	40(34)	9(8)	0	118
(3)	統制学級	5(6)	33(42)	33(42)	6(8)	1(1)	78
$\chi^2=3.44$ 有意差なし							
(3)	実験学級	5(4)	47(40)	44(38)	21(18)	0	117
(2)	統制学級	3(4)	20(26)	44(56)	11(14)	0	78
$\chi^2=6.99$ 有意差なし							

第19表 実験の理解

	1	2	3	4	5	計	
(1)	実験学級	6(5)	45(38)	51(43)	16(14)	0	118
	統制学級	5(6)	16(21)	44(56)	13(17)	0	78
$\chi^2=6.83$ 有意差なし							
(2)	実験学級	15(13)	53(45)	38(32)	11(9)	1(1)	118
(3)	統制学級	5(6)	33(42)	33(42)	6(8)	1(1)	78
$\chi^2=3.45$ 有意差なし							
(3)	実験学級	8(7)	39(33)	52(44)	19(16)	0	118
(2)	統制学級	3(4)	20(26)	44(56)	11(14)	0	78
$\chi^2=3.16$ 有意差なし							

台車を机の上で押し、動き出したら手を放し、その後ひとりでころがっていく。この台車にテープをつけ、タイマーで印をつけさせる実験

(2) 等加速度運動の実験

(実験学級に) 机の上の台車をゴムひもで、一定の力で引き、この台車にとりつけたテープにタイマーで印をつけさせる実験

(統制学級に) 台車が斜面を降りるとき、台車にとりつけたテープにタイマーで印をつけさせる実験

(3) (実験学級に) おもりを落下させ、おもりにとりつけたテープにタイマーで印をつけさせる実験

この調査は自由に書かせたものである。書いた内容を分析して、次の5項目に分けて集計した。前節の2と同様に実験学級と統制学級で調査内容が異なるので、統制学級の(2)と実験学級の(2), (3)と別々にこれと比較してみた。

1. どういう運動かに注目
2. タイマーの間隔に注目
3. グラフはどうなるかに注目
4. 等速度運動か等加速度運動かに注目
5. 実験の結果に注目

第20表 実験の目的

	1	2	3	4	5	計	
(1)	実験学級	48(43)	13(12)	15(14)	14(13)	21(19)	111
	統制学級	7(10)	10(14)	9(13)	30(43)	14(20)	70
$\chi^2=32.03$ 0.1%で有意差有							
(2)	実験学級	53(49)	12(11)	13(12)	13(12)	18(17)	109
(3)	統制学級	5(7)	11(15)	8(11)	40(54)	10(14)	74
$\chi^2=52.21$ 0.1%で有意差有							
(3)	実験学級	47(44)	31(29)	14(13)	5(5)	9(8)	106
(2)	統制学級	5(5)	11(10)	8(8)	40(38)	10(9)	74
$\chi^2=68.85$ 0.1%で有意差有							

4. 等速度運動, 等加速度運動の定義

- (1) 等速度運動とはどんな運動か。その定義をのべよ。
- (2) 等加速度運動とはどんな運動か。その定義をのべよ。

よ。

この調査は自由に書かせたものである。書いた内容を分析して、次の5項目に分けて集計した。

1. 力の有無に注目
2. タイマーの間隔に注目
3. グラフはどうなるかに注目
4. 速度の変化に注目
5. 実験の結果に注目

第21表 運動の定義

	1	2	3	4	5	計
実験学級	名 % 62(57)	8(7)	17(16)	19(17)	3(3)	109
統制学級	0	4(6)	9(13)	57(80)	1(1)	71
			$\chi^2=81.40$	0.1%で有意差有		
実験学級	79(71)	6(5)	10(9)	14(13)	2(2)	111
統制学級	0	19(26)	15(20)	40(54)	0	74
			$\chi^2=97.79$	0.1%で有意差有		

5. 未知の運動を確める方法

ある運動が、どうも等加速度運動であるらしい。これを確めるには、どんなことをすれば確められるか。順序よく、くわしくのべよ。

この調査は自由に書かせたものである。書いた内容を分析して、次の4項目に分けて集計した。

1. 完全な説明ができています
2. 不完全ながら説明ができています
3. 経験した実験の記述
4. 習った方法と全く別な方法を記述

第22表 未知の運動を確かめる方法

	1	2	3	4	計
実験学級	名 % 50(43)	37(32)	28(24)	0	115
統制学級	10(16)	34(54)	18(29)	1(2)	63
			$\chi^2=13.17$	1%で有意差有	

以上の5つの調査のうち、実験学級と統制学級との間に有意差が認められたものについて、その内容を検討してみた。

1. 運動とエネルギーの学習の興味 (第16表)

b. 物体の運動調べについて

おもしろいという者が、実験学級に多い。

c. 力と運動について

全くおもしろくない者が、統制学級に多く、全くわからなかった者が、統制学級に多い。

3. 実験の目的について (第20表)

(1) 等速度運動 (2) 等加速度運動 (3) 落下運動

ともに、実験学級ではどういう運動かに注目する者が多く、統制学級では、等速度運動か、等加速度運動か

に注目して実験する者が多い。

4. 等速度、等加速度運動の定義について (第21表)

(1) 等速度運動 (2) 等加速度運動 ともに実験学級では、外力の全くない運動、常に同じ外力の加わっている運動というように定義し、統制学級では、速度の変化の有無から定義している者が圧倒的に多い。

5. 未知の運動を確める方法について (第22表)

実験学級では完全な説明ができていますの者が43%もあり、統制学級の17%よりはるかに多い。

V 考察

学習前にはほぼ等質であった実験学級と統制学級について、次の点で差が認められる。

1. 学習の興味に関して

「物体の運動調べについて」は、実験学級におもしろいという者が増加し、「力と運動について」は実験学級に全くおもしろくないという者が減少している。したがって実験学級の方が有利である。しかし、その他の内容や実験についての興味は両学級に変わりがない。

2. 学習の理解について

「力と運動について」実験学級によくわかったという者が多く、統制学級には全くわからなかったという者が多くなっている。これも実験学級の方に有利となっている。

3. 実験の目的意識について

実験学級では約半数の者が、実験を未知の運動のようすを知る目的で実施している(仮説は存在する)のに対し、統制学級の方では、等速度運動や等加速度運動であることを確認する目的で行っている。ここに大きな差が見出せる。

4. 等速度、等加速度運動の定義

実験学級では57%~71%のものが、他から全く力が作用しない運動とか、一定の力が加わっている運動とかで定義している。これに反し、統制学級の方では、グラフが直線になる、曲線になるとか、打点の間隔に注目している。この両者の差はこの場合どちらが適切であるかの優劣は定め難い。なぜなら、等速度、等加速度の言葉の意味からは、むしろ打点間隔やグラフに注目する方が至当だからである。しかし先に述べたように、落下運動の原因となる重力の概念を導く上では、前者の一定の力を加えた運動を等加速度運動と定義する方が適当である。実験学級ではこの主旨で指導したため、この教育効果が現われたものと考えられる。

5. 未知の運動を確める方法

実験学級では43%の者が既知の事実をもとに仮説を立て、これを実験によって検証する方法を心得ている。統

制学級では17%にすぎない。これはこのような指導を実験学級に取入れたため当然であるが、探究の方法が獲得されたと考えてよい。

6. 科学的知識について

今回は特に科学的知識に関する調査はしていない。指導の内容から考えて、特に知識の定着度に差があるとは考えなかったからである。しかし、調査結果を分析しているうちに、実験学級では研究意欲が増大して学習効率があがり、知識の獲得が増大するよう思われた。したがって、今回終末テストに知識のテストを計画しなかったのが残念に思われた。

7. その他

以上の他に、全授業を通じて、よくわかった点、わからなかった点、おもしろかった点、おもしろくなかった点なども自由に書かせて調査した。これらの調査内容を分析してみると、グラフに画いて判断することのおもしろさを指摘したり、実験から結論を導くことの重要性を自覚したりしている回答もみられる。これは本研究の目的で、実験学級に、仮説を立て、結論を導く過程に重点を置いたので、これを支持する子どもの反応とみることができる。

VI 結 論

実験学級では等速度運動は外力の全く加わらない運動、等加速度運動は外力が一定の物体の運動とし、この二つの実験はこれらがどんな運動であるかを知ることが目的とした。終末の調査ではこれらの目的を十分意識して実験を行っていることが判明した。

次に落下運動がどんな運動であるかを知るために、これまでの学習や経験をもとにして、実験可能な仮説を立て、これを検証する方法を考えさせた。その後行った検証のための実験は、その実験の目的を明瞭に意識している。このことから実験学級では、未知の法則を発見しようという態度で実験していると考えることができる。したがって実験を行う意欲もわき、実験のおもしろさ、内容の理解度が高まることが予想される。

落下の法則の発見で使用した仮説の立て方は、実験目的が明確であったので、有効に作用したものと考えられる。

実験学級の指導法によると、等速度運動や等加速度運動の定義が明確にできるようになる。また、この定義を発展させて、重力の概念を得ることや、円運動における加速度の定義にまで適用することができる。

お わ り に

本研究は学習内容の一部を変更して、科学の研究方法

を訓練しようとしたものであり、断片的で、生徒たちは多分に思考することに抵抗があったものと思われる。このような演繹的方法を、平素から学習内容の所要所に設けることができれば、探究する態度の一面が強化され、研究意欲も増進するものと信ずる。

なお本研究は昭和50年度文部省科学研究費（特定研究・科学教育）の交付を受けて行ったものであり、その一部は昭和51年度の日本理科教育学会全国大会（8月19～20日於熊本）及び同支部大会（9月5日於鳥取）で発表したものである。

今回の研究に対し、研究授業などを担当してご協力を賜った島根県安来市安来第三中学校長尾晴雄教諭、島根県仁多郡仁多中学校高尾彬教諭、さらに各種アンケート調査にご協力賜った島根県内の高等学校物理担当教諭、松江市立小・中学校理科担当教諭に対し、深く感謝の意を表したい。

要 約

最近の科学的探究を重視した理科教育は、とかく、子どもの理科に対する興味や探究の意欲を損ねがちである。そこで、推理の必要性や発見の喜びをあげあわせるような指導を試みた。

中学校の力学教材の落下の法則を導く授業において、等速度運動、等加速度運動の定義を明確にし、この運動の状態を実験などで明らかにした後、これまでの経験や学習結果から、落下運動がどのような運動であるかを推定し、これを実験によって確かめられるような仮説を立てさせる。最後にこの仮説を検証するための実験を計画し、実験によって落下の法則を導く。

生徒の意識調査を分析した結果、所期の成果をあげることができた。

参 考 文 献

1. ダンネマン 安田徳太郎 加藤 正訳 大自然科学史 第3巻 1960 (三省堂)
2. 井上 敏他編 岩波理科学辞典 1953 (岩波書店)
3. 那須常正 “落体の運動に関する法則、科学の実験” 10, (1) 86 1959
4. 井藤芳喜 日本理科教育学会中国支部大会発表要項及び発表資料 1975, 1976
5. 井藤芳喜 “理科実験の使命、島根大学論集(教育科学) 14 29 1965
6. 井藤芳喜 “小学校理科教育における帰納的演繹的方法の適用、島根大学論集(教育科学)16 69 1966 (昭和51年9月10日)