

法則の発見を課題とする授業実践報告

村岡恵理¹, 愛木豊彦²

数学教育における現在の研究課題として重要な次の2つを含む教材開発を目指した。それは「生きる力」の養成と、数学の有用性の感得である。「生きる力」を養成するとは、すなわち、目的意識を持って問題解決に臨む、積極的な姿勢を育成することと考えられる。また、身近な現象を数学を用いて考察・検証していく教材を提供することで、数学には有用性がある、と実感させることができると考えた。このような考えから、体験的な数学的活動を通して物体落下についての法則を発見する、という課題に自由さを持たせた関数用教材を開発した。本論文では、その意図と実践について報告し、また「総合的な学習の時間」への展開も吟味する。

<キーワード> 体験的な数学的活動, 関数用教材, 物体落下, 総合的な学習の時間

1. はじめに

教材開発にあたって次の2点を目指した。

まず、1点目は、目的意識を持って、試行錯誤を繰り返して問題解決を目指す積極的な姿勢を育成することである。すなわち、2002年度から施行された学習指導要領で示されている「生きる力」を育成することである。

2点目は、身近な現象を数学で表現していく過程で、数学の良さを感じさせることである。近年、数学離れが指摘されているが(国立教育研究所[1])、これは、子ども達が数学の良さを感じていないことが原因と考えられる。身近な現象に対して今までに身につけた数学の知識・技能を活用することで、現象を簡潔に表現できたり、現象の中の数理が明確になるなど数学の良さが実感できれば、数学の有用性を感得できると考える。さらに、知識・技能を活用する過程では、今まで身につけた数学的能力の中から必要なものを取捨選択しなければならない。つまり、既習の知識・技能の中からの的確なものを取り出し用いる力も育成することができる。これは、1点目の

「生きる力」の育成とつながる。また、数学の有用性を感得することで、数学を用いようとする積極的な姿勢の育成にもつながる。これらのことから、ねらいの2点は独立したのではなく、互いに関連したものであると言える。そこで、注目したのは体験的な活動である。既に、近藤・井上・愛木[2, 3]によって、子ども達が実験を行い、その結果を考察するという活動が、有用性の感得に有効であることが報告されている。それにもとづき、さらに「物体の落下に関する法則の発見」という、より自由な課題を提示し、実験方法など全てを子ども達に任せて、問題解決することを目指した教材を開発することにした。実験という体験的な数学的活動の良さは、子ども達が具体的な作業過程の中で、「なぜなんだろう。」「次はどうなるんだろう。」といった、明確な問題意識を持ちやすいことである。つまり、問題解決へ向かう強い動機付けを与えることができる。動機がはっきりすれば、どんな数学の知識・技能を用いればよいか、主体的に考える姿勢を育てることができ、数学を用いて問

¹岐阜大学大学院教育学研究科

²岐阜大学教育学部

題を解決したときの喜びも大きくなる。従って、「生きる力」の養成と数学の有用性の感得、という2つのねらいが達成できると考えた。

2. 教材の概要

本教材の内容は、体験的な活動(実験)を通して「法則を発見」する、ということである。具体的には、物体の落下を題材としたものである。物を実際に落下させ、その現象に対して数学的な見方・考え方など数学的な能力を活用して、何らかの法則を見つけることを課題とする。この教材の良さについて述べる。

まず、1点目について述べる。この教材を実践する夏季講座は、中学1年生から3年生までを募集対象としている。従って、どの学年の生徒も既習事項をもとにして活動できるような内容にしなければならない。物体の落下現象は、2次関数の例として教科書でも扱われており、有名なガリレオのピサの斜塔での実験も紹介されている。しかし、実際には、物体の落下に伴い発生する空気抵抗によって、落下するに従い、運動は限りなく等速運動に近づく。すなわち、途中から落下時間と落下距離の関係は1次関数とみなすことができるのである。従って、実験結果を折れ線グラフなどで表現することで、中学校のどの学年でも十分に数学的考察が可能である。(3節で詳しく述べる。)

2点目は、主体的な学びの態度が育成できることである。実験という体験的な活動を行うことで、「どうしてだろう。」という現象に対する疑問を自然に持てると考える。近藤・井上・愛木による実践から[2, 3]、実際に実験を行いデータに対して検証を行うといった活動が試行錯誤を繰り返す姿勢を導き出しやすいという結果が報告されている。更に、愛木[4]で既に述べたように、現象を数値や数式で表現する過程を通して、考える力を身につけさせることが可能である。しかも、今回は、課題が「法則を発見する。」という求め

るものがあらかじめ決まっていない、という自由なものである。「何を発見するのか。」という目的自体が自由であるので、子ども達それぞれが疑問に思ったことを追究していくことが可能であり、また正答がただ1つではないので多様な考えが引き出せるという良さがある。ここから、主体的に学ぼうとする姿勢が育成できる。

3点目は、数学の良さが感得できることである。身近な物体落下という現象を、グラフを用いてわかりやすく明確にする、式にして一般化する、比較できる形にする、などの作業を通して、数学の良さを体験できる。

3. 関数領域との関連

比例は、小学校6年生の学習内容である。教科書の学習では、「一方の量が変わると、それにもなってもう一方の量も変わる関係について調べよう。」と始まる。教科書の記述によると、「2つの量 \bigcirc と \triangle があって、 \bigcirc の値が2倍、3倍、になると、それにもなっても、 \triangle の値も2倍、3倍、になるとき、 \triangle は \bigcirc に比例するといいます。」とあり、伴って変わる2つの数量の関係の見方や考え方を学ぶ。

中学1年生では、伴って変わる2つの数量への見方・考え方を深め、具体的な事象の中にある2つの数量間の変化や対応について考察し、比例や反比例の見方や考え方を学習する。その際、変域を負の数まで拡張し、文字を用いた式で表現することも学習する。この「比例・反比例」の学習は、数量関係を探求する基礎となるものである。落下運動は、距離と時間の関係が1次関数に近いので、中学1年生にとっては、比例の発展学習とみなすことができる。

中学2年生では、関数の変化の仕方をさらに深く解析するために、対応する変数のとる値の変化の割合について考察する。学習指導要領の解説[5]では、「具体的な事象や場面において、観察や実験などを元にして、ある関

係が1次関数であるとみなせる場合には、その関数関係を用いて考察したり予測したりすることができる。」と述べている。物体が落下する際、途中から落下距離と落下時間の2量の関係は、1次関数とみなすことができるので、誤差を考慮に入れば、グラフや式を用いて、例えば校舎よりも高いところから、落下させた際の落下時間を予測するなどの活動が可能となる。従って、落下距離と落下時間の関係を近似的に見れば、1次関数の発展とみなすこともできる。

また、中学3年生では、教科書の2次関数の例として「物体落下」はよく取り上げられている。落下実験に際して空気抵抗をなくしていくなどの工夫をすれば、落下距離と落下時間の2量の関係が2次関数に近づいていくことを考察することが可能である。「比例・反比例」、「1次関数」、「2次関数」を学習済みであるため、関数の発展的・総合的な学習ともみなせる。

さらに、途中の速さ、すなわち瞬間の速さ(変化の割合)にも注目すれば、「加速」という速さの変化を表す語も理解できたり、また高校の微分概念形成にも発展することができる。「速さ」を題材とした研究には、井上・近藤・愛木・山田[6]による、小学生を対象とした、かけっこと自転車の速さを比べるものがある。今回は、対象が中学生であるので、「速さ」についてより深く考察することが可能であると考えた。

4. 「総合的な学習の時間」との関わり

今回のような、実験という体験的な活動を取り入れた教材は、時間的な問題から、通常の数学の時間内で実践することは難しいと考える。よって、これを2002年度から実施されている、「総合的な学習の時間」で実践することを提案したい。

「総合的な学習の時間」については、[5]で、ねらいや課題例が挙げられている。本教材は、

実験を用いた探求的な活動であるので、そのねらいと一致している。また、理科の第一分野で、物体の運動について学習することから、横断的な学習である、と言える。

以上の理由により、本教材は「総合的な学習の時間」で実践するにふさわしいと考える。

5. 授業方法

2節に述べた教材を、2002年8月、夏休み中の2日間に岐阜県各務原市で行われたノビルサー夏季講座において実践した。

講座名 「ガリレオを超えろ!!」
実施日 平成14年8月5日、6日
場所 各務原市立中央小学校
参加者 市内の中学1年生(4名)

主な授業の流れは次の通りである。

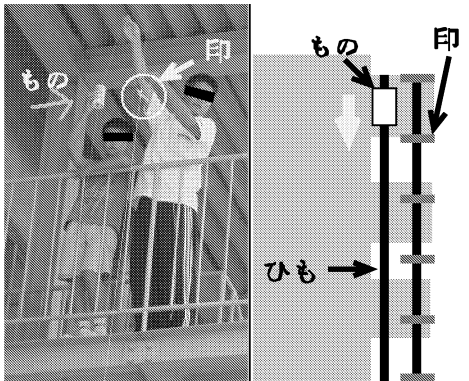
1. 物が落ちるときの様子を予想する。
2. グループに分かれ、予想をもとに落としたい物を選ぶ。
3. 実験をし、結果に対して考察する。
 - (a) 選んだ物を落下させ、デジタルビデオで撮影する。(実験)
 - (b) ビデオから時間を測定し、現象の中の伴って変わる量に注目して表を作る。
 - (c) 表をもとにグラフを描く。
 - (d) グラフから物体の落下はどうなっているか話し合う。
 - (e) 一定の距離ごとの落下速度を計算する。
 - (f) 物体の落下に関して法則を予想する。
4. 予想した法則が成り立つことを実証するために、どんな実験が必要かを考え、計画を立てる。
5. 必要な物を作ったり、集めたりする。
6. 2回目の実験を行う。
7. 法則を見つける。

8. 発表会を行う。

授業にあたって次のような点を工夫した。

まず、落下現象を観測する方法についてである。物体の落下を観測しようとする、風が吹いた場合どこに落ちるかわからず危険である、どこまで落下したのか距離がわからない、などの困難が生じる。そこで、高い所から地面に対して垂直に紐を張り、筒状の物をそれを通して落下させることにした。さらに、一定の間隔で印をつけたもう1本の紐を準備し、それも、地面に対して垂直になるように張った。落ちる様子はビデオカメラで撮影するので、印を通過する時間を測定すれば、落下時間を容易に求めることができる。(図1)

落下させる筒状のものは、子ども達が落下に関する法則を見つけるきっかけになるよう、できるだけ同じ特徴があるものを準備した。例えば、空き缶は太さの違う2種類の物、キッチンペーパーは、そのままの状態の物と芯と準備する、などである。そして、教室中央に配置した机の上にそれらを置き、子ども達が自由に選ぶことができるようにした。



〈図1〉

6. 授業のねらい

授業のねらいを2点述べる。

1点目は、目的意識を持って活動にあたる、積極的な姿勢の育成である。今回は、「法則を発見する。」という課題を提示する。どんな法則を発見するのかは一切子ども達に任せる。

よって、自分達自身が目的を持って活動しようとする積極的な態度を生み出せると考える。

2点目は、現象を数式や数学用語を用いて表現する良さを感得させることである。今回は、自ら実験を行う体験的な数学的活動を通して、現象の中に潜む2つの数量に着目し、その関係を見出せるようにする。実際に実験し、その結果を表・グラフ、さらに式に表すといった数学的な表現・処理を行っていく過程を通して、良さを感得することができる。これらの体験を通して、中学1年生にとっては、これからの学習の下地となり、中学2・3年生にとっては、身につけた数学を使って、はっきりと現象を記述、分析でき、数学の有用性が感得できるであろう。

また、この2点のねらいは独立したものではなく、数学の有用性が感得できれば、自ら学ぼうとする主体的な姿勢は自然と発生すると考えられるので、2点合わせて1つのねらいということもできる。

以上のねらいを達成するために、1日目は、実験データをできるだけ多く表やグラフに表し、その結果を考察することで、数学的に表現する良さを味わい、2日目には、落下に関する法則を予想し、それを実験により検証する、といった活動を行う。1日目に作成する表には、あらかじめ落下距離を書き込んでおいたものを使用した。表に書き込んだ距離や時間を、グラフで表すときは、座標軸の取り方などの指示はしなかった。

7. 子どもの活動

最初に、物が落ちていくときの様子を子ども達に尋ね、その予想を書かせた。そして、落下に関する法則を発見することが目的であることを確認した上で、実験を開始した。子ども達を2グループに分け、実験以後の作業は全てそのグループごとに行うよう指示した。

グループごとの活動の流れを紹介する。

1 班 生徒 2人 院生 1人

予想

物はどんな風に落ちていくだろうか？

- 大きさに関わらず、重さに関係して落下すると思う。そして落下速度で、落ちる速度が落ちている間にだんだん増していくけれど、増える量は落ちれば落ちるだけ大きくなると思う。
- 重いものは、まっすぐと下に落ちる。軽くて薄いものはヒラヒラと落ちる。スピードを増しながら落ちる。

実験 1 「重さについて」

予想からわかるように、このグループの子ども 2 人は、重さに関係する法則がありそうだ、と考えた。この予想をもとに、落とす物と紐を選ぶ。子ども達は、形が似ていて重さの違う物を 3 つ選んだ。紐は、「摩擦が少ない方がよい」と考えナイロン製の細い紐を選んだ。

実験材料

- 紐: ビニール紐
- 落とす物: トイレットペーパー・キッチンペーパー・空き缶 (上下穴を開けてある。) (図 2)



〈図 2〉

実験結果

何回か行った実験のうちの 1 つの結果を紹介する (表 1, 表 2)。

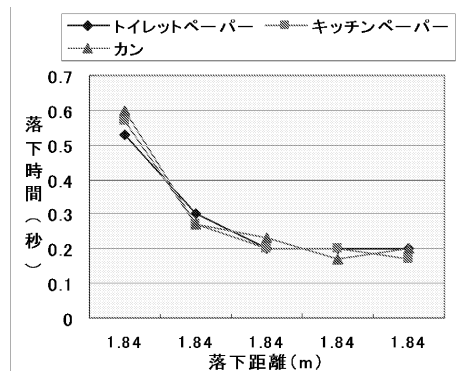
落とす物	m	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
トイレットペーパー		0.57	0.3	0.2	0.2	0.2
キッチンペーパー		0.57	0.27	0.2	0.2	0.17
缶		0.6	0.27	0.23	0.17	0.2

〈表 1 落下距離ごとの時間〉

高さ 落とす物	0	1.84	3.68	5.52	7.36	9.2
トイレットペーパー	0	0.57	0.87	1.07	1.27	1.47
キッチンペーパー	0	0.57	1.84	1.04	1.24	1.41
缶	0	0.6	0.87	1.1	1.27	1.47

〈表 2 落下距離と時間〉

次に、子ども達は、表 1 に書き込んだ 2 つの量の関係を、グラフに表した。グラフ 1 は、それを再現したものである。



〈グラフ 1〉

子ども達は、グラフ 1 を見て、1 人が、比例、もう 1 人が反比例ではないか、と考えた。グラフを見て、子どもたちは次のような会話をしていた。

(A 男 : 子ども, T : 補助)

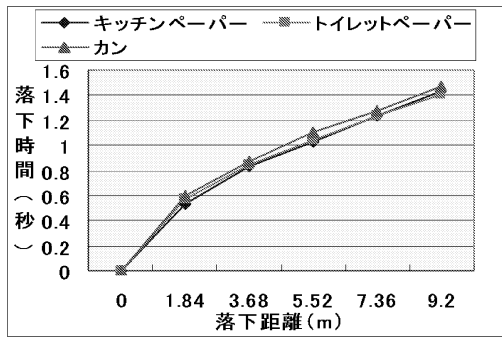
A 男 (グラフ 1 から) 始めはだんだん速くなってんだけど、加速度は均等に速くなる。

T (グラフを) つなげてずっと先まで描いたらどうなる？

A 男 しゅわーって反比例みたいになる。

T 0 に近づくの？

A 男 うーん。これはまっすぐ (x 軸に平行) に近づいていく。

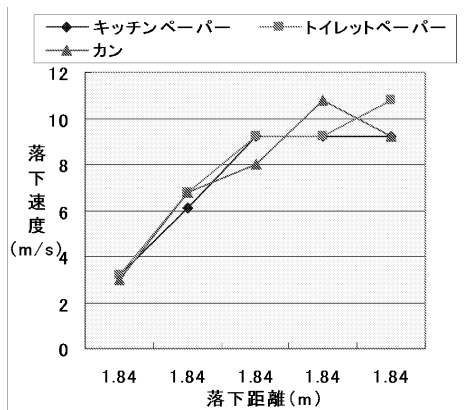


〈グラフ 2〉

グラフ 2 は、表 2 に書き込んだ、距離と時間の 2 つの量を、グラフとして表現したものである。落とした物の重さを秤で計測すると、それらの重さが違っていった。しかし、グラフ 2 から落下時間はほぼ違いがないと言えるので、最初の「重さが落下速度に関係する」という予想は外れたことがわかった。そこで、「落ちるごとにスピードが増す」という予想を検証するために落下速度を計算し、表 3 とグラフ 3 にまとめた。

落下距離	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
トイレtpーパー	3.2	6.1	9.2	9.2	9.2
キッチンペーパー	3.2	6.8	9.2	9.2	10.8
カン	3	6.8	8	10.8	9.2

〈表 3〉



〈グラフ 3〉

結果に対する考察 (プリントより)

○ 落下する速度は、重さ、大きさに関わらず、ほとんど同じだから、どんなものを

落ととしても、落下する速さや加速度の速さは同じかもしれない。また、落ちれば落ちるほど速度は増えた。落ちれば落ちるほど、かかる時間はほんの少しになると思う。また、加速度の増え方は一定だと思う。

○ 予想ハズレ: 予想とは違い、体積と重さにあまりかかわらずに落ちることが分かった。

予想ドオリ: 予想通り、落ちながらスピードが増すこと。

予想: 速さは、0 にはならない。ある所までくるとグラフがまっすぐになる。

このように、「何によって落下の速さが変化するのか。」を考えていった。以下は、実験についての会話である。

(A 男: 子ども, T: 補助)

A 男 (物が) たてにまっすぐ落ちない。

T 縦になるようにするには、どうすればいい?

A 男 重りをつけるといい。

B 男 両側に紙をあてて、穴をあける。

A 男 あと、(紐を) ピーンと張るのも大事。張りやすいのがいい。

B 男 細い方がいいかも。

A 男 つるつるのがいいんじゃない? 太くて安定するのがいい。

話し合いながら、次のように推測した。

- 空き缶の落下速度が速くなったり、遅くなったりしたのは、まっすぐに落ちなかったからである。

- 落下速度が物によって異なるのは、底面積が違うからである。

- 物の落下速度は、通す紐の太さや材質に影響を受けている。

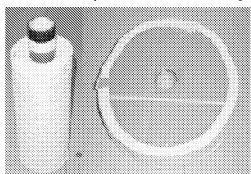
以上の推測を検証するために、明日の計画を立てた。

明日の計画

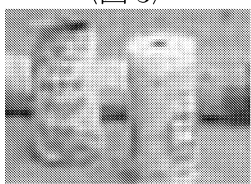
- (1) 同じ重さで、底面積の大きいものと小さいものを落とす。(底面積違い作戦)
- (2) カンに紙をはって、穴を小さくし、なるべくななめにならないようにする。(穴あけ作戦) (図4)
- (3) 線は太いのと小さいのとどっちが通りやすいか両方持っていく。(ヒモ代え作戦)

計画に必要なものを作成した。

図4は、子ども達が作った作戦(1)に必要な、同じ重さ(210g)で底面積の違う物の写真である。同じ重さになるように、ビニールテープを乗せたり、などの工夫をしている。



〈図3〉



〈図4〉

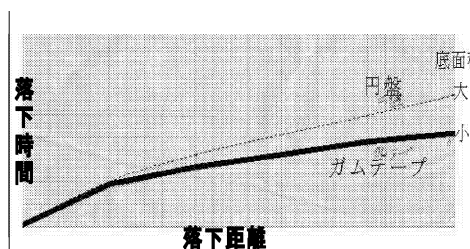
そして、作戦(1)を実験2で、作戦(2)、(3)を実験3で一度に実施することにした。

実験2 「底面積について」

実験材料

- 紐：針金、カバー付銅線
- 落とす物(図3)
 - － 円盤(底面積 662.54 cm^2)
 - － ガムテープ(底面積 28.26 cm^2)
 - － キッチンペーパー+テープ
 - － 空き缶をつなげたもの

実験結果



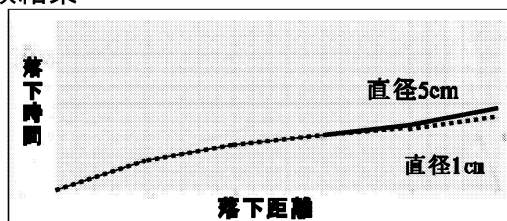
〈グラフ4〉

実験3 「穴の大きさについて」

実験材料

- 紐：針金、カバー付銅線
- 落とす物
 - － 空き缶(直径1cm)(図4)
 - － 空き缶(直径5cm)(図4)

実験結果



〈グラフ5〉

グラフ4から、底面積が小さいものが速く落ちたことに気がついた。グラフ5にある2つのグラフは、ほぼ重なっているが、直径が5cmの穴が開いた空き缶のほうが、落ちるのに時間がかかっている。2人は、実験2、3から、

- 〈1〉重さは速さとは関係しないこと
- 〈2〉底面積が小さいほど速く落ちること
- 〈3〉摩擦が小さいほど速く落ちること
- 〈4〉落ちながらスピードが増す(加速度が増す)こと

と4つの法則を発見した。

発表会

実験を模造紙にまとめたものを使いながら、発表を行った。実験1から実験3についてそれぞれ1枚ずつ使って書かれており、何故その実験をしようと思ったのか、実験から何がわかったのか、が実験の流れにそって〈予想〉

〈グラフからわかったこと〉〈実験から考えたこと〉として、簡潔に表現されている。発表会において、「(法則が) 何故そうなったと思うか。」という質問には、

- 〈2〉底面積が大きい方が空気をたくさん受けること。
- 〈3〉紐の種類でカバー付き銅線だと速く落ちたこと。

をあげた。また、〈3〉に関しては、空き缶で穴が小さい方が速く落ちたことをあげ、「ぐらぐらしながら落ちると紐にあたって摩擦が大きくなると思う。」など考えの根拠をはっきりさせて答えていた。

2 班 生徒 2人 院生 1人
予想

物はどんな風に落ちていくだろうか？

- 風がなかったら、重いものはまっすぐに落ちると思う。
- 軽いものは、まっすぐに落ちないと思う。

実験 1
実験材料

- 紐:たこ糸
- 落とす物:紙コップ・ビニール紐 (巻いた状態の物)・ダンボール箱

実験結果

実験を3回行った。

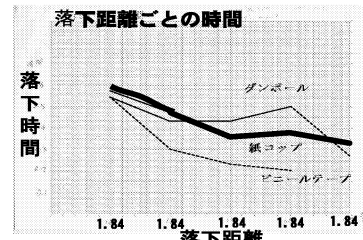
落とす物	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
紙コップ	0.57	0.47	0.36	0.37	0.33
ビニール紐	0.54	0.30	0.23	0.20	0.20
ダンボール	0.54	0.43	0.43	0.50	0.27

〈表4 落下距離ごとの時間〉

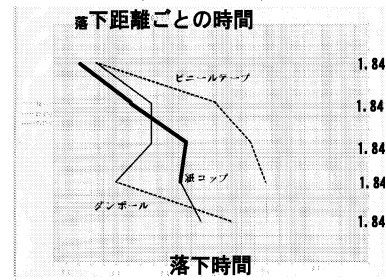
高さ (m)	0	1.84	3.68	5.52	7.36	9.2
紙コップ	0	0.4		1.3	1.73	2.17
ビニールテープ	0	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3
ダンボール	0	0.5	1.03	1.43	2	2.4

〈表5 落下距離と時間〉

値がないところは測定できなかった。

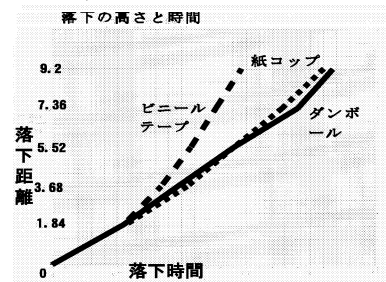


〈グラフ6〉



〈グラフ7〉

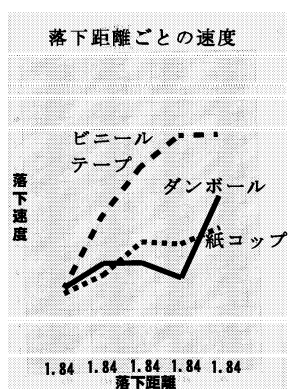
2人のグラフの描き方に注目したい。まず、表4をグラフにする際、1人は、縦軸に時間(秒)をとり、横軸に距離をとった(グラフ6)。もう1人は、縦軸に距離、横軸に時間をとり、なおかつ縦軸の値を右側に、しかも上からとっている(グラフ7)。2人は、同じ表をグラフにしたのに違いが出たことで悩んでいたが、途中で自分のグラフ用紙を裏向きにし、さらに、縦横を逆にすれば重なる(同じグラフになる)ことに気がついた。グラフ8では、縦軸に距離を、横軸に時間をとっている。



〈グラフ8〉

落下距離 (m)	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
紙コップ	3.23	3.91	5.11	4.97	5.58
ビニールテープ	3.41	6.13	8	9.20	9.20
ダンボール	3.41	4.28	4.28	3.68	6.81

〈表6〉



〈グラフ9〉

表6からグラフ9を作成した。縦軸に落下速度、横軸に距離をとっている。このグラフから2人は、重いものはだんだん速くなっていき、紙コップはあまり速度が変わらないという速さの変化に気がついた。

結果に対する考察 (プリントより)

- 落下距離ごとの時間は、はじめにたくさん速くなって、後のほうは、変わらなくなる。
- 落下の高さと時間は、だいたいグラフがまっすぐになった。
- 落下速度は、ビニールテープが一番速かった。
- 重い物のほうが速く落ちる。

「落下の高さと時間はだいたいグラフがまっすぐになった。」と書いた子どもは、右上がりの増加していくグラフ(落下の高さと時間)を曲線ではなく、直線と見ていることがわかる。

実験を終えて、「落下に関してどんな法則があるかな。」と声をかけた際、1人の子どもがダンボール箱のグラフから、他の2つの落下物と比べて速さが速くなったり遅くなったりすることに気づき、「ダンボールが落ちるときに形が変わるから 落ちる速さが変わっちゃう。箱がつぶれた時とそうじゃないときで速さが変わるよ。」と発言した。そこで、「もし形がつぶれなかったらどうなるのだろうか。」と

声かけし、ダンボール箱を使った実験をすることにした。

(C子:子ども, T:補助)

C子 (つぶれたダンボール箱とそのままのダンボール箱)の中間ぐらいがいる。

T どうやって形を維持しようか。

C子 何かはさむ。

T 角度測ろうか。(三角定規・分度器などを持ってくる)

C子 (三角定規を指して)これはさんじゃだめだよ。

落としてもダンボール箱の形が変わらないように、三角定規の角を利用した。

実験2 「ダンボール実験」

実験材料

- 紐: たこ糸
- 落とす物
 - 角度の違うダンボール箱 (30°, 60°, 90°)

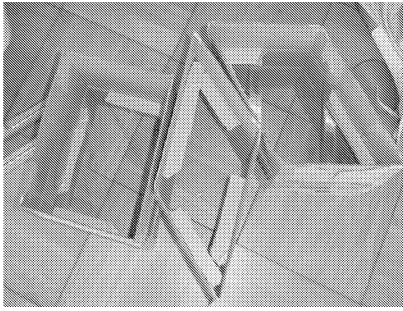
この実験では、ダンボール箱が大きすぎることや、箱の大きさが同じではない事もあって上手くいかなかった。そこで、次のように計画した。

明日の計画

用意するもの

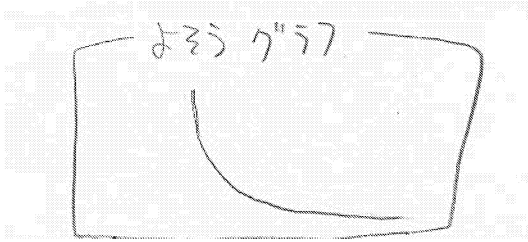
- 同じ大きさのダンボール箱 (30°, 45°, 60°, 90°)

2日目は、早速準備したダンボール箱で落下させる物を作りはじめた。箱の中に三角定規をあて、角度の違う4種類の物を作成した。次の図5が完成したものである。



〈図 5〉

図 6 は子どもが予想した「落下距離ごとの時間のグラフ」である。



〈図 6〉

昨日の実験結果から推測したと考えられる。

実験 3 「ダンボール実験 2」

実験材料

- 紐：カバー付銅線
- 落とす物
 - 同じ大きさで、角度の違うダンボール箱
(30° , 45° , 60° , 90°)

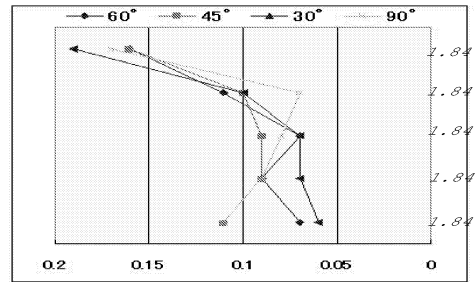
今度は、紐を、「つるつるした方がいい。」とカバー付の銅線を選んだ。

実験予想

- 30° が一番速く落ちる。

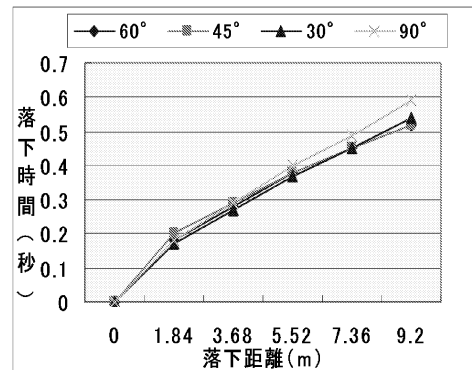
「落ちていくときに、いっつもダンボールがつぶれたから、細いほうがいい。」と理由を述べていた。

実験結果



〈グラフ 10〉

〈グラフ 10〉は、落下距離ごとの落下時間のグラフである。これは、子ども達が描いたグラフを再現したものである。縦軸を右側にとり、なおかつ値を上から、横軸も右から記入している。



〈グラフ 11〉

結果に対する考察 (プリントより) 「落下の高さと時間」のグラフから

- 角度が大きい 90° が一番遅かった。
- 角度が小さい 45° , 30° が一番速くて、次が 60° 。角度が小さいほうが速かった。
- $30^\circ \sim 60^\circ$ と、 $60^\circ \sim 90^\circ$ の 角度の差は同じなのに速さの差が違う。

「落下距離ごとの時間のグラフ」から

- はじめに、たくさん速くなって、後の方はあまり大きく変わっていなかった。

下線部のところに注目したい。「角度の差は同じなのに、速さの差が違う。」というのは、おもしろいところに目をつけている。その角度の差と速さの差についてのグラフや表などを描いてみるように、声かけをすればもっと考察は深まったであろう。

2つ目の下線部について。これは、等加速度運動から、等速運動に変化していることに注目していると言える。空気による抵抗があることに気づきかけていると推測できる。

発表会

発表会の準備をする際、1人の子どもは、話すことを苦手としていたので、もう1人が、それぞれ均等に話すことができるように、役割を決め、台本を作っていた。

- 物を落とすとき、角度が大きい 90° が遅いこと
- 始めにたくさん速くなって、後の方はあまり大きく変わらないこと

落下についての法則は、この2つをあげた。

発表会では、2枚の模造紙に、グラフを貼り、実験の流れや見つけた法則などを書いた。法則については、1班と同様、「どうしてそう考えたの。」という質問がでたが、これには答えることができなかった。

8. 子ども達の感想

2日とも活動についての感想を書いてもらった。

まず、1日目の感想を紹介する。

- 習うだけの授業とはちがい、法則も何もなしで、自分達で、身の回りの道具を使い、法則を自分で見つけ出すという、自分達の実験が生かされる方法だと、次は、どのような物を使って、どんなことが分かるだろうか、と予想するのが楽しくなりました。身近な所でも、こんないろいろなことが分かると思うと、

今までと見る目が変わったような気がします。

- 今日は、数学的な実験をたくさんやった。やはり、初めてやった実験ばかりで、すごくおもしろかった。また、その実験結果と予想を比べたり、新たな予想を立てたりするのが楽しかった。明日の実験の準備もできたので、明日が早く来てほしいくらい、今日はわくわく、楽しかったです。
- 落ちていく間に、落ちる速さが変わって行って、おもしろかったです。

次に2日目の感想を紹介する。

- 実験をして、いろいろなことが分かったし、法則を見つけて発表することもできたので楽しかった。
- いろんな法則を見つけることができてよかった。
- 自分達でやって、4つもの法則が見つかった。これは、僕はすごいことだと思う。こんなに数学で集中したのは初めてだった。数学だけでこんなにもいろいろなことが分かることに感激しました。
- 1つのことに、1つの法則かと思ったら、こんなにも新しく法則が見つかりました。何も無いところから、法則を作るという気持ちの楽しさ・大切さがわかりました。

参加した子ども達が、自分で法則を見つけることに、楽しさ・おもしろさを感じたことが感想から読み取れる。この他にも、「この講座を通して、数学にいつそう興味が持てた。」「今度は自分で実験をしてみて、新しい発見をしたい。」「家に帰っても続きをやってみたい。」などがあつた。

9. 考察

ねらいに即して、授業の考察を行う。

まず、1つ目のねらいである、積極的な態度の育成については、体験的な活動を取り入れることで達成できたと考え。実験を取り入れたことで、自分で数学を活用しているという意識がもて、数量の間に何らかの関係を見いだそうと積極的に取り組むことができたと考え。

例えば、1班では、予想→実験結果→考察→法則の予想→次の実験の流れを見ると、その時々思いつきの考えや実験ではないことがわかる。予想が当たったか外れたかを結果から読み取り、そこからどんなことが言えそうかを予想し、次にどんな実験をすればその予想が実証できるのかを考え計画を立てている。実験の方法も、2種類の紐を使って比べたり、空き缶の穴の大きさを変えるなど、比較実験を行い、論理的に予想を実証しようとしている。よって、発表会で質問を受けたときにも、自分の考えの根拠をはっきり述べることができたのだと考えられる。

2班の特徴は、グラフから読み取ることが多かったことである。一見違うグラフに見える、それぞれの描いたグラフが、裏返して縦横逆にすれば重なる。ことに気がついたり、ダンボールのグラフが他と比べて違うことから、落ちるときに形が変化することに注目し、「どんな形のものが速く落ちるのか。」ということを検証する実験方法を考えたり、その結果のグラフからどんなことが言えるのか読み取ったりしていた。ゆえに、落下速度が変化していくことに気がついたのだろう。この班の反省点は、活動中には、「いつも落ちる時、ダンボールがつぶれる。」など考えをしっかりと述べていたにも関わらず、発表会で法則の根拠について尋ねられたときには答えられなかったことである。子どもが良い考えを述べたときは、その都度発言を取り上げ、「根拠がはっきりしているね。」など声かけを行い、

意味付けする必要がある。

2つ目の、現象を数式や数学用語を用いて表現する良さを感得させるという、ねらいも達成できたと考える。これは、子ども達の表やグラフを使って、現象を表現していく活動の様子から読み取れる。1回目の実験では、何についての表を書くのか示したので、結果をただ書きこんでいくだけの機械的な作業になることを危惧していた。しかし、子ども達は表を作り、そこからグラフを描いていく作業の中で「重さが落下速度に関係しない。」「落ちるごとにスピードが増す。」「はじめはたくさん速くなるけれど、後の方は変わらなくなる。」など、様々なことを読み取り、それを検証するための実験を考えていった。また、感想でも、「落ちる速さが変わって行って、おもしろかった。」とあるが、落下の様子を表やグラフに表すことで、現象がわかりやすくなることに気がつく姿が見られた。

子ども達には、ただ「物を落とす」ことを「体験」するだけではなく、その落下について何らかの法則を発見しようとする姿勢が十分にうかがえた。自分の経験から、「重いものの方が先に落ちる」ことがわかっている。そこを出発点として、それが正しいかを検証しようとしたり(1班)、実際に実験をして落としたり(2班)など活動過程において、それが現れていた。また、「比例」「反比例」などの言葉から既習の概念を生かしたいとする思いも見えた。(「反比例」は、移行内容のため、実際は中学1年生で学習するが、子ども達が小学校6年生であったときの、教科書には記載されている。)このような、子ども達の様子から、積極的な学びの態度の育成、数学の有用性の感得という2つのねらいが十分達成できたといえる。

10. 今後の課題

今回の授業において、浮き彫りとなった課題を述べる。

まず、数学的活動についてである。今回、体験的な数学的活動をもとにした実践を行ったが、体験的な数学的活動を行うことによって、探求的な数学的活動が自然に生じ、積極的な態度が育成できると言うことができる。しかし、体験的な数学的活動は、どんなときでも行うべきだ、と言うことはできない。体験的な数学的活動よりも、思考することを重視した数学的活動を用いた方がよい場合もある。今後は、どんな数学的活動が、子ども達の活動の中でどのように用いられるのか、そこに焦点をあて、実践する場によって、どのような数学的活動を重視するか、を課題としていきたい。

また、今回は、少人数だが、あえてグループ活動を行った。これはお互いに考えを確かめあい、相談しつつ作業を進めている点で成功だったと思う。なかなか自分の考えをだせない子に対して、一緒にやろうとしたり、作業を分担するなどの姿にも良さが表れていると言える。1人だと活動が止まってしまう、行き詰まってしまう時でも、仲間の考えを聞くことで新たな発見があったりしたと考える。このグループ活動を、自己評価の手段の1つと

して活用することについても考えていきたい。

引用文献

- [1] 国立教育研究所, 1997, 中学校の数学教育・理科教育の国際比較, 東洋館出版社.
- [2] 近藤法和・井上春奈・愛木豊彦, 2002, 実験を中心とする「総合的な学習の時間」教材の提案, 2002年度数学教育学会春季年会発表論文集, pp.1-3.
- [3] 井上春奈・近藤法和・愛木豊彦, 2002, 数理モデルを構成する授業実践, 2002年度数学教育学会春季例会発表論文集, pp.4-6.
- [4] 愛木豊彦, 2001, 算数・数学教材開発の今後の方向について, 岐阜大学カリキュラム開発センター研究報告, Vol.21, No.2, pp.1-8.
- [5] 文部省, 1999, 中学校学習指導要領解説 数学編, 大阪書籍株式会社.
- [6] 井上春奈・近藤法和・愛木豊彦・山田雅博, 2001, 情報機器を活用した小学校での授業実践, 2001年度数学教育学会秋季例会発表論文集, pp.154-156.