

高等学校における総合学習(Ⅱ) ——自然や社会現象を数理的な目でとらえる——

村上 和男 清水 浩士 甲斐 章義
中原 忠男 小山 正孝

§ 1. はじめに

現在の教育課程で「総合的な学習の時間」が設けられており、特に小学校や中学校では様々な実践が行われている。そこでは各学校の創意工夫を生かし、教科の枠を越えた実践や、地域の実態に応じた実践が試みられている。具体的には学校の近くを流れる川を調査し理科や社会科の学習と関連させて環境問題にとりくむもの、また地域のお年寄りの話を聞いて地域の文化を学んだり作り上げていく活動などが多い。理科や社会科はこのように総合的な学習と結びつきやすい教科である。一方数学はそれ自体が抽象的な学問であり、社会現象と直接的な結びつきは他の教科ほど多くはない。小学校や中学校での実践を見ると、様々な調査を行いその資料を整理する段階で、計算したりグラフを書いたりする。ここでの計算やグラフ化が算数や数学が登場する場面である。こういった取り上げ方は小学校や中学校では十分意味があるが、高校生に対しては物足りないと思う。もっと数学が本質的にかかわる取り上げ方はないだろうか。

2001年度、数学科は音楽科、美術科、社会科とともに高校1年生を対象として総合的な学習を行った。複数の教科とまたがるため、何を共通のテーマとするか様々な議論の末「人間と人間の文化について学ぶ」をテーマとした。特に数学科は、ガリレオやデカルトに代表されるルネサンス期の数学的文化事象を取り上げた。ルネサンス期は、それ以前のすべての物は神が創造し、神の意志により生かされ運命づけられていた時代に対して、人々は理性で世界を理解し、説明をしようとし始めた時代である。そしてこの時代のヨーロッパのみが自然科学を創り出し、数学はその一環として関数の概念を生み出した。「自然界には人間の意志から独立した法則があり、人間は理性によりそれを認識することができる」という強い信念こそが自然科学を

生み出した。「自然を無心に眺めてその中に身をゆだねる」という態度からは自然科学や関数の概念は生まれない。自然に対して積極的に働きかけ、条件を人間に都合がよいように整えて実験し、「無理やりにも説明してやろう」という意志と強い色眼鏡で自然を見る態度が重要である。このような態度や信念を育てるために具体的なテーマとして、次の2つを設定した。

- (1) ヒット曲の秘密を探る—音楽を数理的な耳で聞こう
- (2) 「動きをとらえる」ガリレオになろう

§ 2. ヒット曲の秘密を探る

—音楽を数理的な耳で聞こう

ルネサンスが生み出した自然科学の具体的方法とは「実験を行い、その結果を数値で表現し、その数値の間に法則を見いだし、それを数式で表現すること」である。この実践では音楽のある事象を数値化することによって、音楽を別の面からとらえさせる。また音楽を題材として生徒に「自然科学を創り出した文化とその方法」を実感させることを目的とする。具体的には1つの曲に対して出現するすべての音階の確率分布を作る。それを元にして、その曲の「印象度」を定義し、印象度の大小とその曲がヒットしたかどうかとの関連を調べる。

1. 学習計画

- ①何を行うのかの説明。音符の読み方の説明
..... 1時間
- ②楽譜の読み方の練習..... 2時間
- ③それぞれの曲に対してド、レ、ミ...などの出現度を調べる。..... 3時間
- ④調査して求めたデータを分析する..... 2時間

2. 授業展開

(1) 導入

最近のヒット曲「Automatic (宇多田ヒカル)」「TUNAMI (サザンオールスターズ)」等を聞いた後、次のことを伝えた。「いまヒット曲を聞いてもらったが、発表・発売される曲は1年間で何百曲もあるはずだ。その中にはヒットしない曲もたくさんある。ヒット曲とそうでない曲は何が違うのか数理的に考えよう。どの曲もド、レ、ミ等の音階を使っているが、まずそれらの出現度数を調べよう。」

(2) 楽譜の読み方の練習

全員に Automatic の楽譜を配る。この楽譜を使って C(ド)、D(レ)、E(ミ)、F(ファ)、G(ソ)、A(ラ)、B(シ)の出現度数を調べる。楽譜を読むときに b (半音下げる)、# (半音上げる) また繰り返しの記号など、多くのことを学ばなくてはならない。合科の考え方で言うところと音楽科との総合学習である。なお出現度数を求めるとき次の約束をする。

- ①音階はCからBまでの12個の出現度数を求める。
(b, #を含めて)
- ②ボーカルの部分のみを対象にする。
- ③オクターブ外れた音は、オクターブ内の音として換算する。

下に Automatic の調査結果を示す。

C	D b	E b	E	F	G	A b	B b	計
101	28	68	9	65	45	146	83	595
0.17	0.05	0.11	0.02	0.11	0.08	0.24	0.14	

上の欄が出現度数で下の欄はそれぞれの音程の確率である。

(3) 何に注目するのか

曲の特徴を、それぞれの音が現れる確率で調べる方法もあるが、参考文献「あなたもヒット・メーカーになれる (数学セミナー2000, 10月号)」によると1つの曲について、まずそれぞれの音階の出現確率 $P(a)$ を求め、次にその音階の自己情報量を求める。自己情報量は $I(a) = \log 1/P(a)$ で定義する。そして自己情報量の期待値 $P(a) * I(a)$ を求めた後に、すべての音階についての自己情報量の期待値の総和を求め、その曲のエントロピーと定義してエントロピーの大小とヒット曲との関連について調べる。この理論によると、自己情報量が大きいほどエントロピーは大きくなる。つまり出現確率が小さいほどエントロピーが大きくなる。めったに出ない音を重要視することである。我々の普段の生活で、めったにおきないことが実際におこると、ビッグニュースとして印象に残るのと同じ

である。

当校の実践は高校1年生を対象としたためまだ対数を学んでいない。そこで出現確率の逆数の和を、「印象度」と定義してエントロピーに置き換えた。出現確率が小さい⇔ビッグニュース⇔自己情報量が大きい⇔エントロピーが大きい⇔印象度が大きい Automatic について計算すると次のようになる。

C	D b	E b	E	F	G	A b	B b	合計
101	28	68	9	65	45	146	83	595
5.9	21.2	8.8	66.1	9.2	13.2	4.1	7.2	135.7

下の欄が印象度で、Automatic という曲の印象度は135.7であることがわかる。

(4) 作業

Automatic の印象度を求めるまでの作業は全員が行った。1人1人が何を行うのかをしっかりと理解した上で、それぞれの曲に対して出現度数や印象度を求める作業は、班で行った。(1班が6~7人程度) 調査した曲は、らいおんハート、桜坂、恋のダンスサイト、今夜月の見える丘に、夏の王様、TSUNAMI, Heaven, MERMAID, NEOUNIVERSE, HOTEL PACIFIC, 口笛、ハッピーサマーウェディング、ちょっと LOVE, Secret of myheart, Stay by my side, Goodbye Yesterday, ヤングソウルダイナマイト、嗚呼青春の日々、サウダージ、いとしのエリー、なごり雪、Automatic の21曲である。

3. データの解析

班でまとめたデータを整理した物を表1に示す。この表と、2000年度の年間ヒットチャート曲集を全員に配布し次のことを考えさせた。

- ①調査した曲の中から、2000年度の年間ヒットチャート曲を選び、ヒット順に並べよ。順序は大体一致していると言えるか。また順序が大きく異なる曲はどのくらいあるか。
- ②何か気づいたことはないか。
- ③総合学習の授業の感想について

これらについては作業用のプリントを配り、そこに感想などを書かせて提出させた。授業として行う「総合学習」は生徒1人1人に対する評価が必要となる。評価は普段の様子やこれらの提出物を見て決める。なお表2に2000年度の年間ヒットチャート曲を整理した物を示す。

表1 曲と印象度

曲名		C	D b	D	E b	E	F	G b	G	A b	A	B b	B	合計
らいおんハート	度数		2	31		29		42	15		23		13	155
	印象度		77.5	5		5.3		3.7	10.3		6.7		11.9	120.4
桜坂	度数	41		47		19		3	66		52		79	307
	印象度	7.5		6.5		16.2		102.3	4.7		5.9		3.9	147
今夜月の見える丘に	度数	2	1	35		19		15	32		34		25	163
	印象度	81.5	163	4.7		8.6		10.9	5.1		4.8		6.5	285.1
恋のダンスサイト	度数	84		71	158		79	2	223	125		53	35	830
	印象度	9.9		11.7	5.3		10.5	41.5	3.7	6.6		15.7	23.7	502.1
夏の王様	度数		17	18	2	23		28	23		26		26	163
	印象度		9.6	9.1	81.5	7.1		5.8	7.1		6.3		6.3	132.8
TSUNAMI	度数	1	9	44		45	3	36	19	3	45	8	34	243
	印象度	243	27	5.5		5.4	81	6.8	12.8	81	5.4	30.4	7.1	505.4
Heaven	度数	36		20		54		2		20	94		60	286
	印象度	7.9		14.3		5.3		143		14.3	3		4.8	192.6
NEOUNIVERSE	度数	45		19		16	95		36		42	12		265
	印象度	5.9		13.9		16.6	2.8		7.4		6.3	22.1		75
HOTEL PACIFIC	度数	26	5	19		29		34	48		46		38	245
	印象度	9.4	49	12.9		8.4		7.2	5.1		5.3		6.4	103.7
口笛	度数		20	54	1	37		36	25		41	5	16	235
	印象度		11.8	4.4	235	6.4		6.5	9.4		5.7	47	14.7	340.9
ハッピーサマーウエディング	度数	148	14	163		140	104	54	107	2	162	53	62	1009
	印象度	6.8	72.1	6.2		7.2	9.7	18.7	9.4	504.5	6.2	19	16.3	676.1
ちょこっと LOVE	度数	143	4	123	12	150	91	24	104		64		37	752
	印象度	5.3	188	6.1	62.7	5	8.3	31.3	7.2		11.8		20.3	346
Secret of my heart	度数	70	36	37	50	13	100	10	30	50	23	97	5	521
	印象度	7.4	14.5	14.1	10.4	40.1	5.2	52.1	17.4	10.4	22.7	5.4	104.2	303.9
Goodbye Yesterday	度数	58	35		81	13	73		53	111		62		486
	印象度	8.4	13.9		6	37.4	6.7		9.2	4.4		7.8		93.8
ヤングソウルダイナマイト	度数	45		49	14		5		19			39		171
	印象度	3.8		3.5	12.2		34.2		9			4.4		67.1
嗚呼青春の日々	度数	4	44	14	3	42		19		17	35	2	51	231
	印象度	57.8	5.5	16.5	77	5.5		12.2		13.6	6.6	115.5	4.5	314.7
サウダージ	度数	8	7	55	17	132	9	28	18				6	280
	印象度	35	40	5.1	16.5	2.1	31	10	15.6				46.7	202
いとしのエリー	度数	75		65		66	18	6	97		106		43	476
	印象度	6.3		19		7.2	26.4	79.3	4.9		4.5		11.1	158.7
なごり雪	度数		21	70		74			16		66	3	74	376
	印象度		17.9	5.4		5.1			23.5		5.7	125	5.1	187.7
Automatic	度数	101	28		68	9	65		45	146		83		595
	印象度	5.9	21.2		8.8	66.1	9.2		13.2	4.1		7.2		135.7

表2 2000年 年間チャートの一部

順位	曲名	アーティスト名
1	TSUNAMI	サザンオールスターズ
2	桜坂	福山雅治
3	Wait & See リスク	宇多田ヒカル
4	Love Day After Tomorrow	倉木麻衣
5	SEASONS	浜崎あゆみ
6	らいおんハート	SMAP
7	恋のダンスサイト	モーニング娘
8	今夜月の見える丘に	B'z
9	ちょこっと LOVE	ブッチモニ
10	NEO UNIVERSE	L Arc~en~Ciel
11	孫	大泉逸郎
12	慎吾ママのおはロック	慎吾ママ
13	とまどい	GLAY
14	Everything	Misia
15	ハッピーサマーウェディング	モーニング娘
16	Secret of my heart	倉木麻衣
17	Stay by my side	倉木麻衣
18	For You /タイムリミット	宇多田ヒカル
19	夏の王様	KinKi Kids
20	HOTEL PACIFIC	サザンオールスターズ
.
.

実際には50位までのヒットチャートを配った。

次に、調査した曲の印象度ランキングとヒットランキングを上から順に並べて示す。(ただしチャートに入っている曲のみ)

印象度順	ヒット順	
1位	ハッピーサマーウェディング	TUNAMI
2位	TUNAMI	桜坂
3位	恋のダンスサイト	らいおんハート
4位	ちょこっと LOVE	恋のダンスサイト
5位	口笛	今夜月の見える
6位	Secret of my heart	ちょこっと LOVE
7位	今夜月の見える	NEO UNIVERSE
8位	サウダージ	ハッピーサマーウェディング
9位	HEAVEN	Secret of my heart
10位	Stay by my side	Stay by my side
11位	桜坂	夏の王様
12位	夏の王様	HOTEL PACIFIC
13位	らいおんハート	HEAVEN
14位	HOTEL PACIFIC	口笛
15位	Goodbye Yesterday	サウダージ
16位	NEO UNIVERSE	Goodbye Yesterday

生徒はいろいろな方法で整理していた。ある生徒はヒット順と印象度順の差をとっていた。それによると順位差が3以下の曲は9曲、順位差が4の曲は1曲、順位差が7の曲は2曲、順位差が9以上の曲が4曲である。全16曲中、順位差が2以内の曲が8曲をしめる。印象度がかなりヒットに関連していると言える。

4. 生徒の反応

(1) 分かったこと、気がついたことについて

*順位が7以上異なる曲が6曲あるけれど、それ以外は大体一致している。ヒット順では2位の桜坂や、3位のらいおんハートなど自分ではいいな~と思っていた曲の印象度がけっこう低いのはびっくりした。逆にモーニング娘やブッチモニの曲は、すべて印象度が高いというのは、なるほど~、という感じがした。また表にはないけれど、ヤングソウルダイナマイトという曲は、印象度が67.1と低くあまり売れていない。だからヒット曲だからといって必ずしも印象度が高いわけではないけれど、印象度が高い曲はそれなりにヒットする、ということは言えると思う。やっぱり曲をヒットさせるにはインパクトがけっこう大事なんだなと思った。

*印象度が高い曲は比較的順位が上だと思う。つんくの曲は印象度が高い。

*ヒット順と印象度が似ている物と全く違う物との差が少し気になるが、大体が似た感じになっているのはすごいと思った。

*印象度が高いと言うことはそれぞれ1つ1つの音が出る確率が低い、つまり高低の差が激しい曲、サビの音が高くなる曲とは言えないだろうか。桜坂やらいおんハートはスローテンポでサビがはっきりしないので、印象度がはっきりしないという例外もあり、必ずしも印象度が高いから良いとは言えない。メロディーの美しさや、アーティストの知名度なども関わってくるからだ。

*16曲の順番だけ見るとあまりばらけていないような気がするが、総合順位で見ると大きく違う曲がある。それに最近では音の動きが少なく、印象度が低いと思われるラップの曲がよく売れている。このことから、印象度はヒットに関係ないように思える。もし関係を持つとしたらドを延々と繰り返して、最後に半音ずつ上げるというような変な曲でも印象度は高くなりヒットするということになるが、こんな曲が売れるはずはない。印象度とヒットはあまり関係ないと思う。

*テンポの激しい曲が印象度が高いとは限らない。スローテンポな曲でも印象度が高い曲もある。

(2) 総合的な学習授業の感想

*「音楽を数学的に分析する」なんて本当にできるのかと思っていたけれど、こんな風にきちんと表すことができたので少しびっくりした。また今回の授業では、新しい視点で音楽に触れたことがすごく新鮮だった。そしてまだまだ違った見方があるような気がした。それを探するのも面白いと思う。

*機会がないと学ぶことはないだろう、と思うようなことを学んでとても興味深く面白かった。音符を1つ1つ数えるという地道な作業もあり大変だったけど、クラス全員でやったから、多くのデータを得ることができ、検証することができたのだと思う。こういう事を調べていくと、人間のことや自然のことなど、論理的に分かっていくので、ちょっと感動した。でもすべてのことが科学的にわかってしまうと、ちょっと嫌だなーと思った。

*単調な作業を繰り返したり、計算したりといろいろ大変だったけど、最近のヒット曲について解明しようというのは結構面白かった。一番最初に Automatic の楽譜を配られたときには、これだけで何が分かるのかなと思ったけれど、何個か調べる内に少し分かったような気がした。

*ヒット曲などは私たちの関心の高い物なので授業に興味をもつことができた。

*音符の数を数えるのは大変だったけど楽しかった。でも何か関係が見つかるかな、と思ったけれどあいまいで残念でした。もっと何に関係があるのか調べてみたかった。

5. 反省

生徒の反応を見ると興味を持って課題に取り組んだと思う。このような内容は、関数のように明確に2つの量の間に関係がつくものではない。そのあたりは生徒は物足りなかったようだが、とにかく「関係をつけてやろう」という経験をさせることはできたと思う。純粋数学的な内容の実践ではないが、「法則を見つけていこうとする時の態度」はある程度分かってもらえたと思う。

§ 3. 「動きをとらえる」ガリレオになろう

本校では総合的な学習を1999年から中学校で、そして、本年からは高等学校においても開始した。内容は中高6年間を見通したうえで、中学校1年から高校2年までテーマを決めて行っている。

このうち、高校1年では、「人間と人間の文化について学ぶ」ことをテーマとして、人間の作りだしてきた文化に対する理解の仕方を身につけるとともに、

様々な文化に対する理解を深めることをねらいとして学習活動を設定した。その内容は、2つの単元から構成される。1つは、ヨーロッパに始まる「近代」という時代とその文化的特色を理解すること、もう1つは、西洋近代の文化事象と東洋の伝統的文化事象を比較することで、東西の文化の特色を理解することである。

「近代」の文化的特色は、世界を合理的にとらえ、それを客観化することであった。最初の単元では、生徒はヨーロッパの科学・音楽・美術などを通して、世界を分析的にとらえ、普遍的なものとして表現するとはどのようなことであるかを、さまざまな体験を通して理解できるように構成している。

1. 単元「動きをとらえる」(ガリレオになろう)のねらい・目標・教科との関連

i) ねらい

この単元のもとに「動きをとらえる」という内容を担当した。動くものの速さを測ることにより、実験・観察の態度を養い、測定の結果から帰納的に法則を発見しようとする姿勢を培うことを意図した。このことを通して、当時の人たちの発見への意欲やエネルギーを感じとらせたいと考えた。

ii) 目標

次の3点を目標として単元を構成した。

- ①実験観察の態度を養う。
- ②問題解決の姿勢を培う。
- ③科学的なものの見方を身につけるようにする。

iii) 学習によって期待される能力

この単元の学習を通して生徒には次のような力をつけたいと考えた。

- ①自然に対する興味・関心をもつこと
- ②有効な実験計画を立案し実施する能力
ここでいう有効な実験計画とは下記のような条件をもつ実験と考える。
 - (1) 何度も行うことのできる再現性
 - (2) 同じ条件の下で行われるという客観性
 - (3) 条件の一部のみを変えて行う比較性
 - (4) 実験そのものの独創性
- ③実験データを分析する能力

分析とは単に実験結果を記述することではない。生徒の行う実験そのものはすでに学問的にも確立されているものばかりである。総合的な学習の授業においては、その結果の正しさを追求することが目的のではなく、既習の諸教科の知識をもとに、実験結果のデータからどのような仮説を立てることができるかということに主眼を置いている。

- ④考えをまとめ、わかりやすく表現する力
 まとめとしてグループごとの発表をするが、そこに教科「情報」の手法である「情報機器を活用した表現方法」を活用した。具体的にはプレゼンテーションソフトの利用による発表と、その相互評価である。高校に入学して間もないこの段階の生徒は、研究テーマを自分で決め、それに沿って実験分析し、さらにそれをまとめて発表をすることにはまだ慣れていない。「情報」の手法を活用したのは、聞き手の理解しやすい発表ができるための近道であると考えられているからである。

iv) 要求される教科の能力

- ①この授業のベースとして
 科学的な探求の精神（公民）
 歴史的思考力（地理歴史）
- ②実験の立案・実施・分析
 科学的に探求する能力（理科）
 事象を数学的に考察し処理する能力（数学）
 関数を用いて数量の変化を表現する能力（数学）
 情報の見方や処理の仕方についての能力（数学・理科・情報）
- ③考えをまとめ、わかりやすく表現する
 情報機器を活用した表現能力（情報C）
 自分の意図を効果的に表現する技能

2. 単元の構成

4月から9月までの半年間、約20時間の学習であったが、その内容は、生徒がグループをつくり、測定対象・測定方法を決め、実験・分析・歴史研究をおこなう形で進化した。

おおまかに、次のような流れで単元を構成した。

i) 研究対象を設定する

生徒が身の周りの自然現象について関心を持つための動機付けとして、この単元においてどのような活動を行うのかを例示する。ガリレオ＝ガリレイの「新科学対話」において取り上げた斜面を転がる球の速さの実験を再現し、表をつくることから法則性を考えさせるという一連の作業を通して、生徒は身の周りの自然現象、とりわけ「動き」をテーマに実験対象を考える。

ii) 実験観察を行なう

実験・観察に先だって、研究方法・実験器具等から構成される研究計画を立てる。仮実験を行うことにより、実験計画の不備のある部分の練り直しをした上で本実験にはいり、実験データの記録をとる。

iii) 実験結果から法則性を考える

表から読みとれることを考える。条件を変えて行った実験と比較するなどして仮説をつくる。グラフにしてみることも考えを深める上で役立つ。

iv) 結果をまとめ発表する

実験分析結果をレポートにする。また一方で、実験の歴史等を図書を利用して調べ、レポートを作成する。これらのレポートをもとに、プレゼンテーションソフトを利用してまとめ、班毎に発表する。

3. 単元計画

次のページに単元計画表を示す

4. この単元の学習における、教科「数学」との関連

この単元の学習において、数学と関連するのは、次の3点である。これらの事項は、学習指導要領にも記載されている内容である。

- ①事象を数学的に考察し処理する能力
 ②関数を用いて数量の変化を表現する能力
 ③情報の見方や処理の仕方についての能力

この単元の学習の最初の時間に、自然落下運動をストロボ撮影した画像をプリントにして配布し、その画像を分析させるという作業を行なった。ストロボ画像から読み取れることを考えさせ、自由に記述させた。画像にものさしをあてて、表を作成し、法則を見つけることを期待した。しかし、生徒にとってこのような作業は苦手のようだ。生徒のレポートから次のようなことが読み取れた。

①表も作成せず、最初から理論に当てはめようとする傾向にあること。

②表を作成することはできても、表から、法則性を探ることに苦勞していること。

多くの生徒は、落下を始めてからの距離を測らずに、隣り合う球間の距離を測ったため、そこで止まっていた。理論にあてはめようとしたのは、直近の理科の授業で学習したためであったようだ。そのため、最初からものさしをあてようとした生徒は非常に少なかった。実際に計測した表は下記のようなものであった。

x (単位時間)	0	1	2	3	4	……
y (落下距離)	0	3.5	12.5	27.0	48.0	……
隣合う y の差		3.5	9.0	14.5	21.0	……

このような表の取り扱い、実は生徒にとって初めてではない。中学校3年生の、2乗に比例する関数の中で登場する（注1）。たとえば、教科書においては、階段状の図形の変化から表を作成させ、段の数と面積の関数関係を推測させるような内容が記述されている。

この題材において、隣り合う段の関係に着目すれば1, 3, 5, …となり、その和として $y = x^2$ を得ることができる。

しかし、この扱いは2乗に比例する関数の導入として直感的に理解させることに主眼がおかれている。生徒は、2乗に比例する関数の式がまず与えられて、 x が1ずつ増加するときの変化の割合を扱うという方向で考えることは理解しやすい。逆に、変化の割合から帰納的に関数を推定することは、中学校の学習の中では難しい部分もある。上記の教科書の例を取り上げながら、分析の方法について理解させる時間が必要であろう。また、そのような学習を行なうことが、生徒の分析能力を向上させるだけではなく、高等学校数学の数列の階差数列、漸化式の学習につながると考える。

一方で、教科書には次のような記述もある。斜面を

ころがる球体の運動として、球が動き始めて t 秒間に転がった距離 s mの関係を表として与えて、 s/t^2 の値を計算させることにより t と s の関数関係を求めさせるという内容である(注2)。このような題材を想起させることにより、仮説を立て、検証するとの大切さを理解させることは重要である。先ほどの表においては、 y を x で割ってみるとどうなるかといったヒントも考えられる。

これらの学習をする時間を持つことにより、帰納と演繹という学問の方法を学ぶということは生徒の今後の教科学習にとって大きな意義をもつものではないかと思う。

※【注1・2】 中学数学3 大阪書籍

題目(配当時間)	学習内容	指導上の留意点
1. 落体の運動を調べる (2時間)	自然落下運動をストロボ撮影した画像を配布し、その画像を分析させることにより落体の運動を考えさせる。また、測定器具を限定することにより、どのような測定方法があるか考えさせることを通して、ガリレイの実験上の工夫にふれる。	教科書の知識に頼るのではなく、画像から読み取れることを考えさせる。 斜面上をボールをころがす実験を見せることにより加速していることを確認させる。 加速の度合いは、鈴の音の感覚で感じとらせる。
2. 測定する対象を考える (3時間)	グループごとに「速さ」の測定をすることを伝え、測定する対象を考えさせる。測定にあたっての留意点を明確にさせ、どのような工夫によって測定するかという方針を決定する。また、実験・調査の方法を検討する。	全員に何の速さを計測したいか事前調査をおこない、その結果からいくつかのグループをつくる。 グループごとに実験計画書を作成させる。 できるだけ生徒の自主性にまかせ、必要に応じてアドバイスをする。
3. 実験・分析 (3時間)	グループごとの方針に基づき、実験・分析を行う。 実験データから帰納的に予測し、数式化できるものがあれば試みる。 実験の方法、経緯、実験・分析結果からわかったことについてレポートを作成させる。	本実験に先駆けて予備実験をおこなう。 予備実験により実験器具や内容方法等の調整・検討をおこなう。 安全には注意をはらう。 条件を変化させることにより何が変化するかということに留意させる。その際他の条件は同じであることに留意させる。
4. 歴史研究 (3時間)	実際に実験したことが、歴史的にはどのように考えられてきたか調べる。 図書やインターネット等を利用する。 調べたことをもとにレポートを作成し提出する。	文献を引用する場合は出典を明らかにするなど著作権に留意する。 調べることを通して、実験・観察をすることの重要性を理解し、科学的な探求の精神について考える。また、技術の進歩により計測方法も変化した対象も拡大するが、その変遷も考えることにより科学技術の進歩を感じ取る。

5. プレゼンテーションの作成 (4時間)	プレゼンテーションソフトが利用できるための実習をおこなう。操作に慣れた段階で、各班ごとに作成したレポートをもとにプレゼンテーションを作成する。	プレゼンテーションソフトの基本的な操作に習熟させる。 プレゼンテーションは内容を相手に的確に伝えるための手段であり、内容の構成が重要であることを理解させる。
6. プレゼンテーション練習 (2時間)	完成した作品をもとに、プレゼンテーションの練習をおこない、時間内に的確に表現できるようにする。	発表の時間を厳守できるように内容を調整をさせる。
7. 研究授業・発表 (1時間)	学習のまとめとして、グループごとにプレゼンテーションソフトを利用して成果の発表をする。	生徒たちの相互評価を試みる。各発表について「よかったところ」「改善するとよいところ」という視点でメモをとらせ、あとで回収する。

§ 4. 今後の課題

ここに示した2つの実践はいずれも「自分で法則を見つけていく」実践であった。文化を作るというのはどの様なことであるのか、少しではあっても生徒は体験できたと思う。元になるデータは自分で実験などをして集めたのだがテーマによっては困難になることがあるし実験誤差の問題も出てくる。2つの量の関数関係や相関を求めるには正確なデータが不可欠であるが生徒がそれを求めるのは難しい。数学の内容はデータを集めるよりもデータから法則を見いだすところにある。理科年表は正確なデータの宝庫であり、今後はその利用も考えたい。

また今回の実践は、学校で学ぶ数学の内容を扱ったものではなかった。もっと数学的な内容を含んだ学習「これまでに学んだ数学の知識や技能を総合化する実践」も次年度に行いたいと思う。

参考文献

- 1) 広島大学附属福山中・高等学校；「総合的な学習の実践と考察」, 1999
- 2) 大島邦夫・岡本恵一, 古市茂；「あなたもヒットメーカーになれる」, 日本評論社, 数学セミナー, 2000. 10月号
- 3) 銀林浩；「子どもはどこでつまづくか」, 国土社