

高等学校における総合学習(I)

——自然や社会現象を数理的な目でとらえる——

村上 和男 甲斐 章義 清水 浩士
中原 忠男 小山 正孝

§ 1. はじめに

新しい教育課程で「総合的な学習の時間」が設けられており、中学校では様々な実践も行われている。総合的な学習の時間については教育審議会の答申で創設の趣旨として次のように述べられている。

「各学校が地域や学校の実態等に応じて創意工夫を生かして特色ある教育活動を展開できるような時間を確保することである。

自ら学び自ら考える力などの『生きる力』は全人的な力であることを踏まえ、国際化や情報化をはじめ社会の変化に主体的に対応できる資質や能力を育成するために強化等の枠を越えた横断的・総合的な学習をより円滑に実施するための時間を確保することである。我々はこの時間が、自ら学び自ら考える力などの『生きる力』をはぐくむことを目指す。」

また総合的な学習のねらいや学習活動については次のように述べられている。「各学校の創意工夫を生かした横断的・総合的な学習や児童生徒の興味・関心等に基づく学習などを通じて、自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てることである。

また、情報の集め方、調べ方、まとめ方、報告や発表・討論の仕方などの学び方や物の考え方を身につけること、問題の解決や探求活動に主体的、創造的に取り組む態度を育成すること、自己の生き方についての自覚を深めることも大きなねらいの一つとしてあげられよう。これらを通じて、各教科それぞれで身につけられた知識や技能などが相互に関連づけられ、深められ児童生徒の中で総合的に働くようになるものと考えられる。」すなわち総合的な学習時間のねらいは

- ①自ら学び、考える能力を育てる
- ②学び方、考え方、探求的態度などを身につける
- ③自己の生き方についての自覚を深める

④各教科で身につけたことを総合する。

などが、「総合的な学習の時間」のねらいである。

このようなねらいを達成するためには何をどのようによすればよいのだろうか。どのような視点に立って教材を作り展開すればよいのだろうか。梶田毅一氏によると総合学習には次の3つのパターンがある。

第1は「はじめに子供ありき（何よりもまず子供の関心・意欲から）」というもの。狭義の総合学習はこれである。子供が自分の日常生活を振り返って何か問題を見つけ、その解決のためにいろいろ調べたり、仲間と話し合ったり、自分で工夫を凝らしたりする活動である。

第2は、「初めに課題ありき（何よりもまず現代的な課題から）」というもの。環境教育、福祉教育、国際理解教育、平和教育、人権教育、性教育など、様々な形での課題学習がこれにあたるであろう。

第3は、「初めに教科ありき（なによりもまず教科の内容から）」というもの。これは合科学習と呼ばれる場合もあるが、一つの教科の内容が他の教科の内容の一部と深く関連するようなときに、どちらの教科にもまたがる活動として何か具体的な課題なり活動なりを設定して授業を行う、というものである。あくまでも関連する教科それぞれの体系性、系統性を念頭に置き大事にする、という点で第2のタイプの総合学習とは異なる。

さて当校の数学科は何年にもわたり中学生に対して「課題学習」を、またこの2年間は「総合的な学習」を行ってきたがその内容は上の分類で言えばほとんどが第3のパターンであった。

2001年度から高校生に対して総合的な学習を行うがそのテーマについて次に述べる。

§ 2. 高校生に対する総合学習のテーマ

数学はそれ自体抽象的な学問である。すべての教科・科目と関連はしているがその関連した部分のみを取り上げたのでは不十分ではないか。例えば理科や社会科で様々な調査をするが、その資料を整理する段階で計算したりグラフや表を使う。ここでの計算やグラフ化が「数学が総合学習として登場する場面」である。この様な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やや物足りない。生徒それぞれの発達段階に応じたものを準備しなくてはならないと思う。

2001年度から数学科は音楽科、美術科、社会科等とともに高校1年生を対象に総合的な学習を行う予定である。複数の教科にまたがるため何を共通のテーマとするのか様々な議論の結果そのテーマを「人間と人間の文化について学ぶ」とした。そこでは、科学や芸術などの文化事象を取り上げ、「なぜこの様な文化事象が生み出されてきたのか」ということを生徒に探求させることによって、それらが生み出された社会の歴史的特質や地域的特質を明らかにし、その文化事象への理解をいっそう深めていくようにする。その際、実験、操作活動、表現や鑑賞の活動など生徒が興味・関心を持って取り組めるような学習活動を設定したい。この様な活動によって、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が出来ると考える。また、生徒は様々な文化事象に出会ったときにここでの学び方を生かし、自分の持つ価値観だけでなく、その文化が生み出された社会の価値観で理解したり、共感したりすることができるようになる。と考える。

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る予定である。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、人間はそれを認識することが出来る」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えない。むしろ強い色眼鏡で自然を見る態度が重要である。これらの文化事象を学習するため具体的テーマの1つとして

(1) 関数関係を見つける

とする。なお次の章で実践例を述べるが、これは中学生を対象とした例である。高校生に対しては次年度以降に扱いたい。

ま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、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。これを体験するために

(2) 音楽を数理的な耳で聞こう

をもう1つのテーマとする。そこでは音楽の様々な事象を数値化することにより音楽を別の面からとらえたい。

§ 3-1) 実践 I 車輪をレールの上でころがす落下実験

生活の中から関数関係を見つける力を養う目的で、ガリレオによる斜面上の落下実験をヒントに、車輪をレール(角材)の上で転がす実験を行った。伴って変わる2つの量を何種類か生徒に考えさせ、その中から「車輪の大きさ(直径)と落下速度」「落下距離と落下時間」について調べることにした。数名単位の班に分かれ、自分で創った車輪で実験データを取り、グラフにすることによって関数関係を求めることが出来た。

特に車輪の大きさと落下速度については参考にする文献や資料もないため、かえって興味深く学習することが出来た。

I 学習計画

- ① 導入、班分け、車輪づくり(第1時)
- ② 車輪づくり、予備実験(第2時)
- ③ 伴って変わる2つの量をたくさん上げる。車輪づくり(第3時)
- ④ 車輪の大きさと速さなどに注目し、その実験を行って表やグラフにまとめる(第4時)

II 授業展開

(1) 導入

ガリレオの落下実験を説明した後、市販のカーテンレールとパチンコ球を使って、レールのうえで球を転がす落下実験を生徒に見せた。レールの角度をいろいろと変えて見せたが、生徒が気付いたことは

- ① 時間がたつと球の速さがどんどん速くなる。
- ② レールの角度を小さくしても、球のスピードはすぐ速くなる。

などであった。

次に教員があらかじめ作っておいた車輪を、木製のレール(角材)の上を転がす落下実験を見せ、この場合はゆっくりと転がるため時間などの測定が簡単に来ることを確認した。

(2) 車輪づくりと予備実験

それぞれの班で直径が異なる何種類かの車輪を作る。

(図1)円盤の材料は工作用紙で、中心の回転部分は直径1cmの木の丸棒を使った。レールとして長さが1メートル程度の角材を使い、5cmおきに鉛筆で印をつけ、落下距離の目安とした。

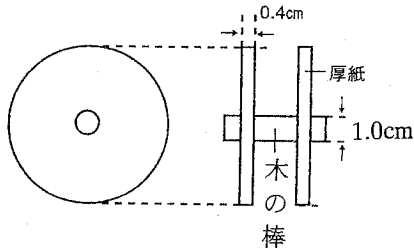


図1

図2のように2つの机の間に、教科書などを使って角度をつけた角材の上を車輪を転がす実験を自由に行わせ、ともなって変わる2つの量を上げさせた。

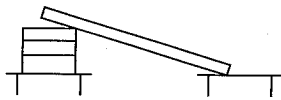


図2

生徒が気づいた2つの量は

- ① 車輪の直径と落下する速さ
直径が大きくなるとゆっくり転がる。このことは大部分の生徒がすぐ気づいた。
- ② レールの角度と落下する速さ
車輪の直径は1つに決めておく。
- ③ 落下距離と落下時間
角度と車輪は1つに決めておく。この2つの量は落下実験でよく取り上げられるが、生徒はなかなか気づかなかった。
- ④ レールの角度と車輪が机の上に落ちてから転がる距離。
これらの中から①と③について取り上げることとした。特に①はほとんどの生徒が気づいた2つの量であり、しかも指導する教員もどのような関係になるのか予想できず、追求する価値があると判断した。

(3) 車輪の直径と落下する速さの関係

実験の手順

- ① 角材を斜めにして2つの机の間におく。
この角度は班によって自由にとってよいが、実験が終わるまで変えてはならない。
- ② 車輪を角材の上に置き静かに手を離す。定めた距離(例えば20cm)を転がって落下する時間をストップウォッチで測定する。この距離は班で自由に決めてよい。1回の測定では誤差があるから何回も実験する。

③ 直径の異なる数種類の車輪について②の実験を繰

り返す。

- ④ 電卓を使って平均時間と平均の速さを計算する。
- ⑤ 車輪の直径と平均の速さの関係をグラフにする。
なお実験の時、必ず全員の生徒が参加できるように配慮した。例えば自分で作った車輪は自分で転がすようにする。ただ見ているだけ、という生徒がいてはならない。

次にある班の実験データとグラフを示す。

表1
30cmを転がる時間

半径	1回	2回	3回	4回	5回	平均	秒速
1 cm	0.78	0.80	0.95	0.83	0.73	0.82	36.7
2 cm	1.05	1.16	0.98	0.97	1.00	1.03	29.1
3 cm	1.73	1.56	1.42	1.54	1.73	1.60	18.8
4 cm	2.96	2.38	2.84	2.28	2.25	2.54	11.8
5 cm	3.34	3.50	2.99	3.68	3.32	3.37	8.91
6 cm	4.39	5.38	5.41	4.52	4.05	4.75	6.32
7 cm							
8 cm	6.35	6.77	5.54	6.42	5.60	6.14	4.89
9 cm							
10cm	8.09	8.27	9.05	8.94	9.04	8.68	3.46
11cm	8.60	9.34	8.77	9.99	8.54	9.05	3.32

なお秒速の単位は cm/秒 である。

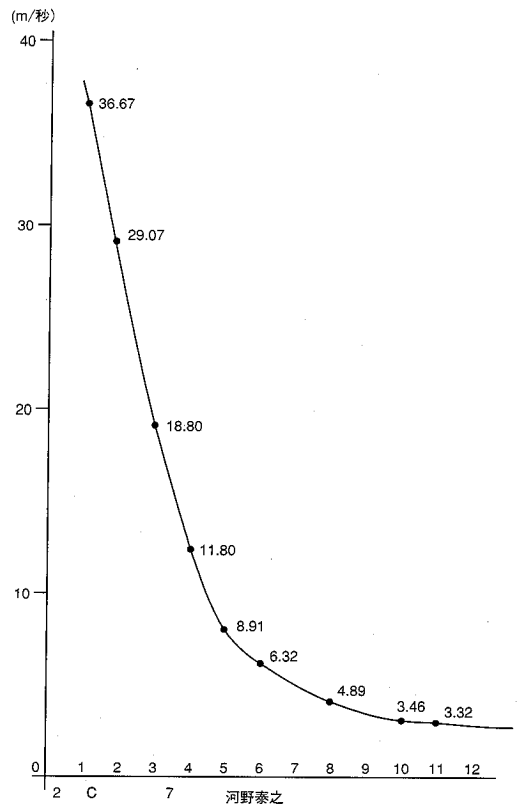


図3

(4) 車輪の落下時間と落下距離の関係を見つけよう

実験手順

車輪を角材（レール）の上に置き静かに手を離す。レールには適当な間隔で印をつけておく（例えば 2 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 10cm, ……）。この印に到達するまでの時間をストップウォッチで測定する。1 回の測定では誤差があるから何回も測定する。その後、電卓を使って平均時間を計算する。

次にその実験データとそれをグラフにしたものを示す。

表 2

	2 cm	3 cm	5 cm	7 cm	10cm	12cm	15cm	17cm	20cm
1	2.5	3.2	4.1	5.0	6.0	6.6	7.4	7.9	8.6
2	3.1	3.7	4.5	5.4	6.4	7.0	7.8	8.3	9.0
3	2.6	3.3	4.3	5.1	6.1	6.7	7.4	8.0	8.7
4	2.6	3.2	4.2	5.0	6.1	6.6	7.4	8.1	8.7
5	2.7	3.3	4.3	5.1	6.2	6.8	7.5	8.1	8.8
6	2.4	3.0	4.0	4.8	5.9	6.4	7.2	7.7	8.5
7	2.8	3.4	4.3	5.2	6.1	6.7	7.5	8.0	8.8
8	2.7	3.4	4.4	5.2	6.3	6.9	7.6	8.1	8.9
9	2.5	3.2	4.1	5.0	5.9	6.6	7.4	7.9	8.6
10	2.8	3.4	4.3	5.2	6.2	6.8	7.6	8.2	8.9
	2.7	3.3	4.3	5.1	6.1	6.7	7.5	8.0	8.8

10 回の実験を行い、それぞれの回において、落下するのにかかった時間を秒の単位で測定したデータである。一番下の行は平均時間を計算したもので、図 4 はそれをグラフに表している。

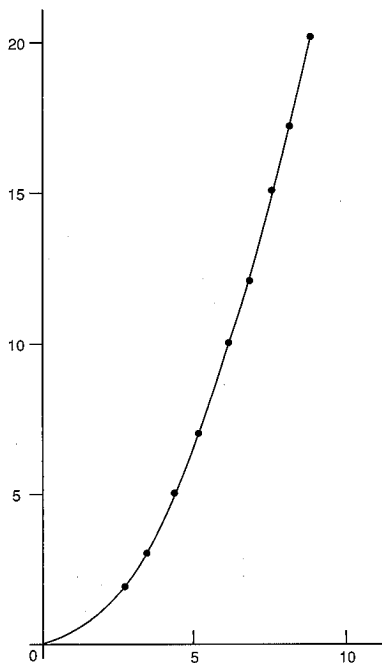


図 4

このグラフを見るとかなりきれいな放物線である。

§ 3-2) 実践 II

遊園地の観覧車—ともなって変わる 2 つの量を見つけよう—

観覧車に乗ったとき時間がたつと何が変わるだろうか。図 5 の円周上に観覧車があるとして、時間が経過する（中心角が大きくなる）と何が変わるのか生徒に考えさせた。

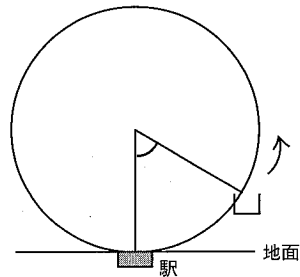


図 5

生徒が上げた量は

- * 地上駅との直線距離
- * 地面からの高さ
- * 地上駅からの水平距離
- * 扇形の面積
- * 自分が乗ったゴンドラより上にあるゴンドラの数

そこで回転角度と地面からの高さ、水平距離などの関係について調べることにした。

①調査方法

図形学習ソフト CABRI を使った。まず 1 時間 CABRI のつかいかたを練習した後、図 6 のような画面を作る。点 P がゴンドラで H P は水平距離である。CABRI の測定機能を使えば点 P を動かすと自動的に角度や線分の長さを測定することができ、極めて便利である。

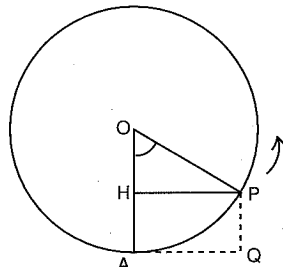


図 6

②調査結果

図のHP（水平距離）、PQ（地面からの高さ）、OH、AP（出発駅からの距離）等を測定した。角度とHP、OH等の関係を図7に示す。HPの長さは正弦曲線で表されるが、生徒にとっては初めての曲線であり興味深く作業していた。

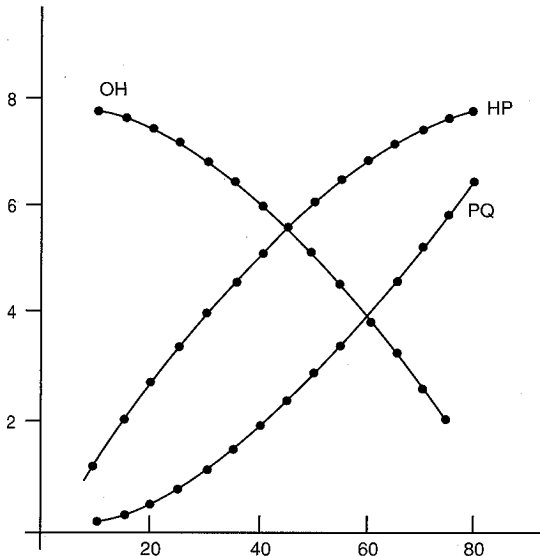


図7

さてこれまでに述べた3種類の実践はいずれも、ともなって変わる2つの量が明確で、関数関係も分かりやすい。しかし現実には（特に社会的な事象）「2つの量を式で表すことが出来るほどははっきりとした関係はないが、確かに関係があるように思えるのだが…」といった事象もある。次の実践はそのような事象についてのものである。

§3-3) 実践Ⅲ

作家の特徴を調べよう

(1) 導入

5人の作家（森鷗外、野坂昭如、吉川次郎、氷室冴子、夏目漱石）の文章を生徒に示し、この5種類に分類させたところ、全員が出来ていた。そこで「なぜうまくできたのか」「作家によって文章の何が違うのか」問いかけ、分類の元となる文章中の要素を出来るだけ多く生徒とともに考えた。そこで考えた要素は

会話文の数、漢字の量、カタカナの量、句読点の数、文章の長さ、名詞や動詞の数、文章の終わり方等そこでこの様な量を測定することによって作家の特徴をつかめるのではないかと問いかけた。

(2) 活動

次のような量を測定して作家の特徴を調べる。

①句点、読点、漢字、名詞、会話文、カタカナ

1つの作品から2000字選んでその2000字中にそれぞれがいくつ含まれるか調査する。

②文の長さ

1つの作品から40個の文を選び、その長さを字数で測る。その際、漢字はひらがなに直し文の長さの平均値を求める。

③文の終わり方

「過去止め」……であった。というような過去止めで結ばれている。

「現在止め」……である。というような現在止めで結ばれている。

「不定止め」命令形。体言止めの様な不定形で結ばれている。

文の長さの調査で選んだ40個の文について、文章の止め方について統計をとる。

④名詞や動詞の長さ

名詞や動詞をひらがなになおしてその長さを調べる。それぞれの作品から、名詞、動詞を40個選んで調べ、その長さの平均値を算出する。

生徒は次のような活動を行った。

* 図書室に行って自分が好きな作品を1つ選び調査する。

* 数名単位で1つの班を作る。

* 調査した後、それぞれの班で整理し結果を発表する。

(3) 調査の結果分かったこと

* 宮沢賢治

短文で句点が少なく、ひらがなを好む。名詞をあまり使わず漢字も少ない。会話文が多い。山本有三、壺井栄と似ている。

* 吉川英治

漢文調で文章が長い。名詞が多い。吉村昭と似ている。

* 黒柳徹子

句点が多く読点が少ない。文章は長い。

* カタカナを多く使うのは、星新一や井上ひさじである。

なお表3に調査結果を示す。

4. 反省

普段の授業では全く扱わない分野への数学の応用であったため、多くの生徒は興味を持って活動していた。ただ文法の知識が不十分であるため、文の止め方についての調査は難しかった。調査項目を漢字の量や文章の長さなどの単純なものに絞った方がよかった。また

表 3

作 者	作 品	句点	読点	漢字	名詞	会話	カタカナ	文の長さ	過去止め	現在止め	不足止め	名詞長さ	動詞長さ
星 新一	できそこない博物館	86	67	438	163	1	192	36.7	7	11	8	3.8	3.8
	妄想銀行	95	71	283	91	20	84	29.8	20	17	3	3.3	4.3
司馬遼太郎	項羽と劉邦	69	47	557	152	7	0	35.6	0	34	6	3.8	4.2
山本 有三	真実一路	41	54	297	104	17	9	29.4	36	1	3	3.3	3.0
宮沢 賢治	セロ弾きのゴージュ	8	84	167	76	42	106	19.0	8	1	3	3.6	4.3
芥川龍之介	羅生門	136	45	479	193	5	0	48.3	18	16	0	4.8	3.8
夏目 漱石	坊っちゃん	48	68	615	157	0	25	42.3	4	33	3	3.8	3.5
太宰 治	人間失格	60	36	475	161	1	30	71.5	10	30	7	5.8	4.8
黒柳 朝	チョロちゃんがいくわ	95	39	418	143	20	163	13.9	0	0	5	4.3	3.3
黒柳 徹子	窓際のトットちゃん	165	28	274	113	9	85	36.8	40	0	0	3.7	4.3
吉村 昭	零式戦闘機	42	75	367	247	0	123	70.5	34	6	0	10.6	4.5
壺井 栄	草の実	40	64	220	91	1	0	32.1	31	8	1	3.3	2.8
川端 康成		62	65	328	107	19	39	24.0	10	6	24	3.7	5.4
井伏 鱒二	ジョン万次郎漂流記	43	53	595	59	0	5	44.3	26	10	4	4.7	5.1
灰谷健次郎	島で暮らす	65	38	533	137	8	179		18	18	4	4.1	2.3
江戸川乱歩	呪いの指紋	83	97	325	82	41	12	44.8	29	10	1	3.5	4.2
海音寺潮五	天と地と	69	41	473	146	4	0	30.2	11	19	10	3.1	3.7
田辺 聖子	結婚ざらい	56	96	520	194	8	77	39.6	12	17	0	4.0	3.7
福沢 諭吉	福翁自伝	79	24	523	124	2	26	34.1	28	11	1	11.0	11.0
長野まゆみ	野ばら	45	48	776	262	11	42		18	28	0	3.6	4.6
福永 冷三	クレヨン王国の銀行	120	76	282	106	37	33	21.3	9	5	11	4.2	3.0
萩原 規子	白鳥異伝	32	56	299	129	17	2	25.0	15	11	14	4.3	4.3
吉川 英治	宮本武蔵	22	113	649	308	1	0	75.2	19	16	5	4.4	3.6
田中 芳樹	創竜伝	67	63	644		13	2	28.1	12	16	12	3.7	3.3
井上ひさし	突撃する女	59	37	568	201	16	168	45.0	8	27	5	6.3	5.4
笹山 久三	四万十川	56	54	512	198	16	79	34.8	21	18	1	3.6	4.7
今泉 古晴	空中モグラあらわる	41	69	606	123	0	127	54.8	2	35	1	5.3	3.8
モーリスブラン	奇巖城	53	70	354	192	18	125	48.5	15	18	7	4.8	4.2
ウェルヌ	十五少年漂流記	123	66	414	181	8	153	41.6	9	20	14	4.2	3.0
モンゴメリ	赤毛のアン	53	39	311	193	12	217	52.5	18	16	2	3.5	3.9
ワイルダー	大きな森の小さな家	202	49	283	278	1	103	52.3	28	6	6	3.0	4.4
平均値		71.2	61.2	407.1	147.7	11.0	70.8	42.3	16.8	14.2	5.2	4.5	4.1

1人の作家についてもっと多くの作品(数個程度)を調査すればそれぞれの作家の特徴がより明らかになったのではないかと思う。

上に紹介した3つの実践は中学校の課題学習として行ってきたものであるが、高校生を対象とした教材としても十分な内容を持っている。次に述べるのは次年度に、高校1年生を対象として実施する予定の教材である。

§ 4-1) 音楽を数理的な耳で聞こう

(1) 学習のねらい

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だし、それを数式で表現すること」である。この総合的な学習では、芸術的分野である

音楽の様々な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たい。また音楽を題材として生徒に「自然科学をつくり出した文化とその方法」を実感させたい。

(2) 学習計画

1. 音の高さについて調べよう

弦の長さの半分の点を押さえて鳴らすと、全長で鳴らすよりも1オクターブ高い音が出ることをピタゴラスは発見した。まずこれを実験で確かめる。またこの事をもとに440Hzの基準音のドが定められ、その振動数を基準とした次の比で音程が定められる。

ド(1)、レ(9/8)、ミ(5/4)、ファ(4/3)、ソ(3/2)、ラ(5/3)
シ(15/8)、ド(2)

しかし、次の比の方が合理的である。

ド(1)、レ(8/7)、ミ(9/7)、ファ(10/7)、ソ(11/7)、
ラ(12/7)、シ(13/7)、ド(2)

これがどんな音になるのか実験する。また基準音の

440Hzや880Hzの音をNHKの時報で確かめる。

2. なぜ短調の曲は悲しく感じるのか

生徒に短調と長調の曲を1曲ずつ選ばせ、その音階を数字で表させてその数字の並び(数列)から何が言えるのか考えさせる。これは「事象を数値で表す」実践である。また「数列と悲しさの間には必ず関係があるはずだ」と言う信念を持たせて考えさせたい。これは関数を見つける態度でもある。

3. 音の波を合成しよう

デカルトの「方法序説」に「単純で理解しやすいものから少しずつ複雑さを増すものへと進む」とある。この1つの実践として、「複雑な形の波を簡単な形の波(井戸型)で作ることができるのか」という問題について考える。またこれは合成⇄分解の態度でもある。

4. サイコロを使って作曲しよう

音符の配列を単なる順列と考えて、素人でも音階を単に組み合わせて作曲した時代があったと言われている。モーツァルトのK516番ハ長調は無作為に音階を配置した物と言われている。まずK516番ハ長調を演奏してもらおう。つぎにサイコロを振って自分で作曲しそれを演奏する。またこれらの実践の途中で、デカルトと同時代に活躍したメルセンヌの音階研究(順列・組み合わせ)についてもふれる。

§4-2) 理科年表を使って

総合学習では「2つの量の間に関数関係を見つける

態度」を育てたい。自分で実験してデータを集めるのは難しいが理科年表はデータの宝庫である。これらのデータを使って、関数関係は見つけられなくても「2つの量の相関関係」を実感させたいと思う。

§5. 終わりに

従来の数学の授業は教師が説明し、生徒はそれを聞いて問題演習をする、というものである。しかしこれでは数学に興味を持つことのできる生徒は、ごくわずかであろう。数学のおもしろさに目覚めた生徒は、教師に強制されなくても学習できる。そしてそのような人間の育成こそ教育の目標であり、そのためには総合学習のように、知識の習得訓練以外の一見時間の無駄とも思える試みが重要であろう。総合学習の実施により、生徒に数学のおもしろさを実感させたい。

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
当校総合学習の1999年度までのまとめ。§1では多くの部分を引用させていただきました
- 2) 銀林浩;「子どもはどこでつまづくか」, 国土社
- 3) 安藤洋美;「高校数学史演習」, 現代数学社, 1999
- 4) 都筑卓司;「なっとくする音・光・電波」, 講談社, 1999
- 5) 安本美典;「現代数学レクチャーズ因子分析法」, 培風館