

高等学校における総合学習（Ⅲ）

——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

「人間と人間の文化について学ぶ」をテーマとした当校の総合学習も2年目を迎えた。昨年と同様に「自然科学を創り出した文化とその方法」を理解・実感させるため、昨年殿の内容を発展させた次のような事について調べた。

- (1) 印象度とヒット順位との関係
 - (2) いろいろな音程の出現確率とヒット順位との関係
 - (3) 曲の速さとヒット順位との関係
 - (4) この授業の評価
- (2), (3), (4)については今年度がはじめての実践である。

§ 2. 続ヒット曲の秘密をさぐる

1. 学習計画とその概要

①導入 何を行うのかの説明……………1時間

2000年度のヒット曲「TUNAMI (サザンオールスターズ)」「桜坂(福山雅治)」等を聞いた後、次のことを伝える。「いまヒット曲をきいてもらったが、発表・発売される曲は1年に何百曲もある。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てみよう。どの曲もド、レ、ミ等の音階を使うが、まずそれらの出現確率を調べよう。」

②楽譜の読み方の練習、印象度の定義とその説明……………2時間

全員に Automatic の楽譜を配り、それを使ってC (ド), D (レ), E (ミ), F (ファ), G (ソ), A (ラ), B (シ) の出現確率を調べる。楽譜を読むときにb(半音下げる), # (半音上げる)や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。なお出現度数を求めるとき次の約束をする。

*音階はCからBまでの12個の出現度数を求める。

(b, #も含めて)

*ボーカルの部分のみを対象とする。

*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。

さて曲の特徴をそれぞれの音程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 $P(a) \times I(a)$ を求めた後にすべての音階について自己情報量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か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。めったにで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起こると、ビッグニュースとして印象に残るのと同じである。当校での実践は高校1年生を対象としている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の代わりに使うことにした。

出現確率が小さい⇔ビッグニュース⇔自己情報量が大い
大きい⇔エントロピーが大い⇔印象度が大い

③数名ずつの班に別れていろいろな曲について調査する……………5時間
様々な音程の出現確率や印象度、曲の速さなどを2000年度の曲17曲、2000年度以外の曲20曲について調べる。

④調査結果を基にして印象度とヒット順位との関連などについて考える……………2時間
どのような方法で関連性を調べることができるかについても考える。また2000年度のヒットチャートを全員に配り、それを利用する。

⑤印象度とヒット順の関係以外に、何か調べたいことを考える。……………1時間

生徒から出された意見

- * ヒット曲はどの音階が多いのか
- * 作曲者や歌手と印象度、音階の関係
- * 曲目（ジャンル）と印象度の関係
- * ヒットした年代と印象度や音階の関係
- * 転調と印象度の関係
- * 曲の速さと印象度、ヒットの関係

⑥ 考えたことや分かったことを整理・発表する……………1時間

2. 印象度とヒット順位との関係

調査データを次のページに示す。これを使ってどの様にして調べればよいのか、生徒の書いてもらったところ次の2つの方法が出された。

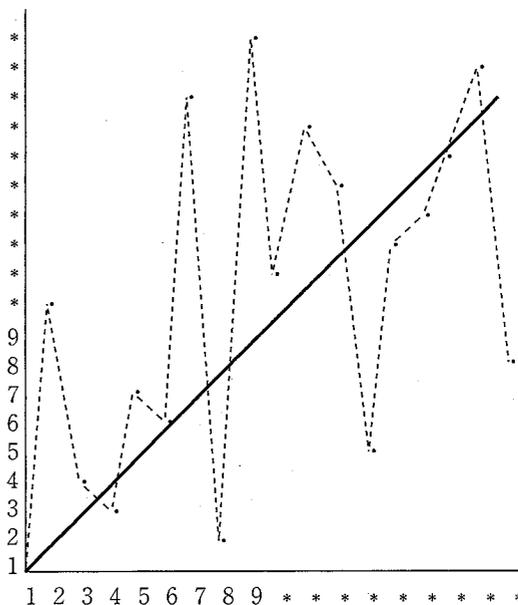
- * 調査した曲の中から2000年度の年間チャート曲を選びヒット順に並べる。次に印象度の順に並べて比較する。
- * レコードの売り上げ枚数と印象度をグラフにして比較する。

次に印象度順、ヒット順に並べたものを示す。

印象度順		ヒット順
1 Tunami	———	Tunami
2 Secret of my heart		桜坂
3 らいおんハート	×	Love Day After …
4 Love Day After …	×	らいおんハート
5 ちょこっと Love	×	恋のダンスサイト
6 今夜月の見える…	×	今夜月の見える…
7 サウダージ	×	ちょこっと Love
8 桜坂		Neo Universe
9 Goodbye Yesterday		ハッピーサマー…
10 Stay by my side	×	Secret of my heart
11 口笛	×	Stay by my side
12 Heaven	×	夏の王様
13 恋のダンスサイト	×	Hotel Pacific
14 夏の王様	×	Heaven
15 Hotel Pacific	×	Mermaid
16 Mermaid	×	口笛
17 May	×	サウダージ
18 Neo Universe	×	May
19 ハッピーサマー…	×	Goodbye Yesterday

順位之差が3位以内の曲は19曲中11曲あり順位の間隔がかなりある。

ある生徒は、次のように曲の印象度順位とヒット順位をグラフで表していた。



横が印象度順位、縦軸はヒット順位で*は、10, 11. …などの整数を表している。例えばTunamiは印象度順位が1位、ヒット順位が1位だから(1, 1)に、またライオンハートは印象度順位が3位、ヒット順位が4位だから(3, 4)にプロットしている。波線で示したように上がり下がりがあるが、全体としては直線で示したようになっていて、ここで全体の関係を表す直線を引くことが出来るのは「2つの量の間に必ず関係がある」という目で見ているからであり、法則を見つけるためにはこの様な見方はきわめて大切である。

3. 音階の出現確率とヒット順位の関係について

これは生徒から出されたテーマである。データを見るとE(ミ)とG(ソ)はほとんどすべての曲につかわれているので、この2つの音の出現確率とヒット順位の関係につき、曲を順番に並べる方法で調べた。

E(ミ)の出現確率とヒット順位及びG(ソ)の出現確率とヒット順位を並べたものを示す。順位差が3以内の曲を結ぶと、Eについては7曲、Gについてはわずかに4曲で、音程とヒット順位との間にはほとんど関係はないといえる。

曲名		Cb	C	Db	D	Eb	E	Fb	F	Gb	G	Ab	A	Bb	B		速さ
らいおんハート	出現度数			2	78		81			101	34		60		47	403	66
	確率			0.005	0.194		0.201			0.251	0.084		0.149		0.117		
	印象度			201.5	5.2		5			4	11.8		6.7		8.6	242.8	
桜坂	出現度数		55		52		19			3	86		56		95	366	100
	確率		0.149		0.141		0.052			0.008	0.234		0.158		0.258		
	印象度		6.7		7.1		19.4			122.7	4.3		6.3		3.9	170.3	
恋のダンスサイト	出現度数		62		50	106			50	22	154	78		17	32	571	142
	確率		0.109		0.088	0.186			0.088	0.039	0.27	0.137		0.03	0.056		
	印象度		8.7		11.4	5.4			11.4	26	3.7	7.3		33.6	17.8	125.3	
今夜月の見える丘に	出現度数		8	1	33		18			13	20		26		18	137	92
	確率		0.058	0.007	0.241		0.131			0.095	0.146		0.19		0.131		
	印象度		17.1	137	4.2		7.6			10.5	6.9		5.3		7.6	201.4	
夏の王様	出現度数			38	34	7	54			93	81		54		41	402	112
	確率			0.095	0.085	0.017	0.134			0.231	0.201		0.134		0.102		
	印象度			10.6	11.8	57.4	7.4			4.3	5		7.4		9.8	113.8	
TSUNAMI	出現度数		1	7	37		37		3	32	16	3	36	5	23	200	86
	確率		0.005	0.035	0.185		0.185		0.015	0.16	0.08	0.015	0.18	0.025	0.115		
	印象度		200	28.6	5.4		5.4		66.7	6.3	12.5	66.7	5.6	40	8.7	445.9	
Heaven	出現度数		24		20		40			2		14	69		50	183	104
	確率		0.131		0.109		0.219			0.011		0.077	0.377		0.273		
	印象度		7.6		9.2		4.6			91.5		13.1	2.65		3.7	132.2	
MERMAID	出現度数		16		35		19		9	27	31		16		18	166	164
	確率		0.096		0.211		0.102		0.054	0.163	0.187		0.096		0.132		
	印象度		10.4		4.7		8.7		18.4	6.1	5.4		10.4		9.2	96.5	
NEOUNIVERSE	出現度数		63		17		17		93		35		64	12	20	299	112
	確率		0.211		0.057		0.057		0.311		0.117		0.214	0.04	0.067		
	印象度		4.7		17.6		17.6		3.2		8.5		4.7	24.9	15	72.2	
HOTEL PACIFIC	出現度数		26	5	19		29			34	48		46		38	245	155
	確率		0.106	0.02	0.078		0.118			0.139	0.196		0.188		0.155		
	印象度		9.4	49	12.9		8.4			7.2	5.1		5.3		6.4	103.7	
口笛	出現度数			19	43	4	31			33	21		39	5	14	209	94
	確率			0.091	0.206	0.019	0.148			0.158	0.1		0.187	0.024	0.067		
	印象度			11	4.9	52.3	6.7			6.3	10		5.4	41.8	14.9	153.3	
ハッピーサマー ウェディング	出現度数		116		250		151		151		97		127		90	982	124
	確率		0.121		0.239		0.157		0.157		0.101		0.132		0.094		
	印象度		8.3		4.2		6.4		6.4		9.9		9.6		10.7	53.4	
ちょこっと LOVE	出現度数		179	8	161	18	191		112	24	83		91		40	907	162
	確率		0.197	0.009	0.178	0.02	0.211		0.123	0.026	0.092		0.1		0.044		
	印象度		5.1	113.4	5.6	5	4.7		8.1	37.8	10.9		10		22.7	223.3	
Secret of my heart	出現度数		57	45	22	45	11		86	20	14	56	15	72	5	447	80
	確率		0.128	0.101	0.049	0.101	0.025		0.192	0.045	0.031	0.125	0.034	0.161	0.011		
	印象度		7.8	9.9	20.3	9.9	40.6		5.2	22.4	31.9	8	29.8	6.2	89.4	281.4	
Love Day After Tomorrow	出現度数		83	35	19	42	25		53	12	67	76	36	89	9	477	100
	確率		0.174	0.073	0.04	0.088	0.052		0.111	0.025	0.14	0.159	0.075	0.187	0.019		
	印象度		5.7	13.6	25.1	11.4	19.1		9	39.8	7.1	6.3	13.3	5.4	53	208.8	
Stay by my side	出現度数		41	58	74		97		11	21	26	20	115		67	530	
	確率		0.077	0.109	0.14		0.183		0.021	0.04	0.049	0.038	0.217		0.126		
	印象度		12.9	9.1	7.2		5.5		48.2	25.2	20.4	26.5	4.6		7.9	167.5	
Goodbye Yesterday	出現度数		44	20		57	3		51		48	74		44		341	86
	確率		0.129	0.059		0.167	0.009		0.15		0.141	0.217		0.129			
	印象度		7.8	17.1		5	113.7		6.7		7.1	4.6		7.8		170.6	
May	出現度数			6	26		40			34	27		7		14	146	98
	確率			0.041	0.178		0.274			0.233	0.185		0.048		0.096		
	印象度			24.3	5.6		3.7			4.3	5.4		20.9		10.4	84.6	
嗚呼青春の日々	出現度数																
	確率																
	印象度																
サウダージ	出現度数		9	6	42	21	126		10	23	17				6	260	115
	確率		0.035	0.023	0.161	0.081	0.485		0.038	0.088	0.065				0.023		
	印象度		28.9	43.3	6.2	12.4	2.1		26	11.3	15.3				43.3	188.8	

(1) Eの出現確率とヒット順位

Eの出現確率順		ヒット順
1	サウダージ	Tunami
2	May	桜坂
3	Heaven	Love day After ...
4	ちょこっと	らいおんハート
5	らいおんハート	今夜月の見える
6	Stay by my side	ちょこっと Love
7	Tunami	Neo Universe
8	ハッピーサマー...	ハッピーサマー...
9	口笛	Secret of my hear
10	夏の王様	Stay by my side
11	今夜月の見える...	夏の王様
12	Hotel Pacific	Hotel Pacific
13	Mermaid	Heaven
14	Neo Universe	Meamaid
15	Love day After ...	口笛
16	桜坂	サウダージ
17	Secret of my heart	May
18	Goodbye Yesterday	Goodbye Yesterday

速さの順	ヒット順	
1	Mermaid	Tunami
2	ちょこっと Love	桜坂
3	Hotel Pacific	Love day After ...
4	恋のダンスサイト	らいおんハート
5	ハッピーサマー...	恋のダンスサイト
6	サウダージ	今夜月の見える
7	Neo Universe	ちょこっと Love
8	夏の王様	Neo Universe
9	Heaven	ハッピーサマー...
10	桜坂	Secret of my heart
11	Love day After ...	夏の王様
12	May	Hotel Pacific
13	口笛	Heaven
14	今夜月の見える...	Mermaid
15	Tunami	口笛
16	Goodbye Yesterday	サウダージ
17	Secret of my heart	May
18	らいおんハート	Goodbye Yesterday

(2) Gの出現確率とヒット順位

Gの出現確率		ヒット順
1	恋のダンスサイト	Tunami
2	桜坂	桜坂
3	夏の王様	Love day After ...
4	Hotel Pacific	らいおんハート
5	Mermaid	恋のダンスサイト
6	May	今夜月の見える...
7	今夜月の見える...	ちょこっと Love
8	Goodbye Yesterday	Neo Universe
9	Love day After ...	ハッピーサマー...
10	Neo Universe	Secret of my heart
11	ハッピーサマー...	Stay by my side
12	口笛	夏の王様
13	ちょこっと Love	Hotel Pacific
14	らいおんハート	Heaven
15	Tunami	Mermaid
16	サウダージ	口笛
17	Stay by my side	サウダージ
18	Secret of my heart	May
19	Heaven	Goodbye Yesterday

4. 曲の速さとヒット順位について

はやい曲から並べて両者を比較する。

これから分かるように順位が3位以内の曲は4曲しかなく、曲の速さとヒットとはほとんど関係のないことが分かる。結局ある音階の出現確率や速さは曲がヒットするかどうかとほとんど関係がない。それに比べて「印象度」はヒットするかどうかの良い指標になっているといえる。

5. 印象度を大きくしている音程について

19曲それぞれについて印象度が最も大きい音程について調べた。

D ♭	6 曲	G ♭	3 曲
B ♭	2 曲	B	2 曲
E	2 曲	F	2 曲
E ♭	1 曲	C	1 曲

これを見ると半音下げる音程が12曲もある。ヒットする曲はその曲の中で転調をすることにより、新鮮な印象を与えていると思われる。

6. 順位を比較しての生徒の感想

* ヒット順と印象度との関係はある程度あると思います。なぜなら19曲を上10曲と下9曲に分けてみると、当てはまらない曲もあるけれどヒット順で上にあるものは印象度順でも上にあるし、ヒット順で下にあるものは印象度順でも下にあるからです。でも100%あるとは言えないと思います。

* 関係あると思う。チャート1位のTUNAMIは印象度でも1位だし。例外もあるがそれでも総合的に見

た場合、ヒットチャートは印象度と関連している部分が多いように思える。

*並べてみるとあまり関係はないようだ。だいたい一致しているがバラバラな物もある。このことからやはりアーティストの人気、曲の良さや種類などによって決まると思う。

§ 3. 本年度総合学習の評価について

1. カリキュラム評価の方法

(1) 生徒の学習状況や活動の様子を観察する。

*与えられた課題に対して、興味・関心・意欲を持って取り組んでいるか。

*探求する課題を見つけようとしているか、また見つけることが出来たか。

*班活動で協力して活動できたか。

これらについては授業中に生徒の様子を観察して判断するが、提出されたレポートからも分かる。

(2) 生徒による評価

次のようなシートを作って最後の時間に記入させた。

LIFE の学習活動を振り返って自己評価してください。

5 : とても良くできた 4 : ある程度出来た
3 : どちらとも言えない 2 : あまりできなかった
1 : できなかった ○印をつけてください

①学習や活動の内容が理解できた
5 - 4 - 3 - 2 - 1

②班活動作業に興味・関心を持って取り組むことができた
5 - 4 - 3 - 2 - 1

③探求活動（レポート作成）に意欲的に取り組むことができた
5 - 4 - 3 - 2 - 1

④2つの量の間に関係を見つけようとするこの意味を理解することができた
5 - 4 - 3 - 2 - 1

(3) レポートによる評価

次のような2種類のレポートを提出させた。

レポート (I)

いろいろな曲について調査しましたがそれぞれの曲の印象度と、ヒット順との関係について調べよう。どの様にして調べればよいか書いてもらったところ

次の2つの方法が出ました。

1. 次の方法または別の方法で調べよ。

①調査した曲の中から、2000年度の年間チャート曲を選びヒット順に並べる。次に印象度の順に並べて比較する。

②レコードの売り上げ枚数と印象度をグラフにして検討する。

③それ以外の方法

2. 気づいたことを述べよ。

3. LIFE 学習の感想を述べよ。

レポート (II)

与えられた課題以外に調べたいことをかいてももらったら次のような課題が出されました。それらについて調べ、考察せよ。

①曲の発表年代と印象度の関係について。

②印象度が大きくなるのはどの音程か。

③曲の速さと印象度の関係。

④作曲者・歌手と印象度の関係。

⑤曲の調子と印象度の関係。

(4) 教師の自己評価

*学習計画は適切であったか。(学習の流れ)

*学習時間は適切であったか。

*学習方法は適切であったか。

*生徒の主体的な活動であったか。

*教師の支援のあり方は適切であったか。

*当初の学習のねらいは達成されたか

2. 本年度の実践についての評価

(1) アンケート (シート記入) から

①学習や活動の内容が理解できた

5……9人 4……18人 3……10人

2……1人 1……1人

平均3.8

②班活動作業に興味・関心を持って取り組むことができた

5……18人 4……10人 3……6人

2……5人 1……0人

平均4.1

③探求活動 (レポート作成) に意欲的に取り組むこ

とができた

5 ……10人 4 ……12人 3 ……9人

2 ……8人 1 ……0人

平均3.6

- ④ 2つの量の間に関係を見つけようとするこの意味を理解することができた

5 ……4人 4 ……12人 3 ……13人

2 ……9人 1 ……1人

平均3.2

これを見ると、多くの生徒が興味を持って取り組みしかもその内容を理解することが出来ている。しかし2つの量に関係をつけようとする意味を理解できない生徒も多い。その原因はこの実践での2つの量「印象度とヒット順位」の関係が関数関係のように明確でないことにあると思われる。明確でないからその面白さもあるのだが、題材を選ぶに当たっての今後の課題としたい。

(2) 生徒の学習活動から

ある生徒は次のように感想を述べている。

最初はわくわく、うきうきしてどんなことにも積極的に取り組みました。しかし時が経つにつれ毎時間のように印象度を調べるといって、1パターンな作業にどこかものたらないものを感じたような気がします。ヒット曲については印象度とだいたい関係はあると思いますが、僕が思うにヒット曲とは①声の独特さ②過去の実績③顔④季節との対応(リズム、音程、ジャンル)などがそろってことによってヒットするのだと思います。例としてTUNAMIは桑田さんのあの独特な声と30年間も続いたという過去の功績、そして冬にビタリの季節との対応がそろってあのような芸術が生み出されたのではないかと。しかしこの様な場合を除いては、だいたいの順位が近からず遠からずだったことに驚きました。でも僕が思うに次のような調べ方をしたら「印象度とヒット順位との関係」がはっきりすると思います。

- ①まず同じアーティストに10曲ほど同じ時期に一気に新曲を出してもらおう。
- ②200人程度に10曲を聞いてもらい、アンケートをとる。
- ③曲の印象度と比較する。

この様な生徒は科学的な態度を身につけていると言って良い。いろいろな生徒のレポートや学習の様子から次のように評価する。

- ①学習や活動に興味・関心を持って取り組むことができたか。

多くの生徒は興味関心を持って取り組んだが、

音符を数える時間が多くその時間は退屈だと思った生徒もいた。

- ②探求活動に意欲的に取り組むことが出来たか。

生徒にとって目新しい題材であったため意欲的に取り組むことが出来た。

- ③創造的な活動があったか

教師が与えた課題について学習するだけでなく、せいと自らが課題を見つけることが大切である。そのための時間を1時間取ったがもっと時間が必要であった。

(3) 教師によるカリキュラム評価

- ①学習計画について

この学習の導入として「音と生活」と題して生活の中で出るいろいろな音を生徒に聞かせたが意味がなかった。また波の合成や波形についての学習も意味がなかった。

- ②学習時間について

生徒自らが探求する課題を見つける時間が足りなかった。音符を数える時間を減らしても良い。

- ③当初のねらい(2つの量の間に関係を見つける態度を養う)について

取り扱った題材は関数関係を見つけることが出来ものではなく「2つの量の間には必ず関係があるはずだ」という信念を持たなければその関係を見つけることができないものである。それだけに生徒にとって新鮮であり、学習を通して自然法則を発見していく過程を体験できた。

しかしその一方ある程度明確な関係がないと「関係を見つけることが出来た」という実感がない。どの様な題材がよいのか今後の課題とする。

(4) カリキュラム改善の方向

まず生徒の自主性、創造性を養う時間を3時間程度に増やす。そこではなにを調べたり探求すればよいのかを考える。すなわち自ら課題を探すこと目的とする。またそれらの課題のうち、いくつかを選択して探求活動を行うと良い。

§ 4. 今後の課題

今年度の実践は自分でデータを集めてそれを元にして関係を見つけだすものであった。この学習を通して多くの生徒は「法則を見つけていくプロセスやその方法」を体験したと思うが、もっと明確な関係のあるデータを集めることが出来れば法則も発見しやすくなる。2つの量の関数関係や相関を求めるため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。

理科年表には様々な分野の正確なデータが満載され

ている。これらのデータを使った次のような理科年表の利用がある。

1. ケプラーの法則を発見する。
2. 紫外線の量とオゾン層の関係を見つける。
3. 桜の開花日を予想する。

これらも参考にして、教材を開発し総合学習をすすめていきたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 銀林浩；「子どもはどこでつまづくか」，国土社
- 3) 細谷治夫・寺門和夫・細矢治夫；「理科年表CD-ROM を楽しむ本」，丸善株式会社
- 4) 河崎宣昭・豊内道彦；「気象データひまわりを楽しむ本」，丸善株式会社