

「情報B」におけるアルゴリズムの学習について

野部 緑 *

概要

高等学校の「情報B」の「アルゴリズム」の単元の学習に関する実践報告である。アルゴリズムの基本構造の「順次構造」「選択構造」「繰り返し構造」と探索と並べ替えの学習について、数字などを扱うのではなく音楽を利用してアルゴリズムの理解を促した。音楽を追求すると、アルゴリズムから離れてしまうという欠点があるので、今回はメロディではなく音の並びとして学習内容を考えた。

About the study of the algorithm and the programming of "Information B"

I incorporated music notations into the study of algorithms and computer programming at my classes of "Information Study B" which is an educational subject of Japanese high school. I used a short sequence of notes instead of a song which was used in precedents.

1. はじめに

情報Bでは、「コンピュータでの情報の処理」の単元で問題解決の手段としてコンピュータの利用とアルゴリズムや流れ図（フローチャート）が取り上げられている。

高等学校の学習指導要領¹⁾では、「プログラムに深入りしないこと」となっている。しかし、流れ図を見ただけで手順は理解しにくいので、教科書²⁾でもプログラミング言語を載せていることが多い。

筆者は、アルゴリズムの学習のために、以前から音楽を利用する実践を行っている。音がでるということで、単に計算などを行うよりも生徒が興味を持ち、一定の効果をあげている。しかし、アルゴリズムを学ぶのに適した曲を選定する必要がある。また、発展課題として自由な曲作りを行うと、アルゴリズムの構造である「繰り返し」や「条件選択」を利用せずに、単に打ち込みだけになってしまう傾向があった。

教科書では、基本構造だけでなく「探索」や「並べ替え」の手順も学ぶことになっているので、アルゴリズムに重点を置き、流れ図（フローチャート）と関係づけることを目的として授業を行った。

なお、教科書ではVBAやJavaScriptなど

がプログラミング言語として使用されている例が多いが、この実践では、日本語によるプログラムであるDolittleを利用した。

2. 実践授業について

2.1 本校の現状と情報

本校は、卒業生の100%近くが大学に進学する、いわゆる進学校である。情報科については、この授業の対象となった現在の3年生は、2年次と3年次で1単位ずつの分割履修であった。（現2年は2単位に変更された。）また、現在の3年生が2年生だった昨年度は、筆者とは別の教員が授業を担当し、表計算とHTML実習、およびデジタル化を取り上げた。また、家庭環境や中学卒業までのパソコン使用経験についてのアンケートはとっていないため、具体的にどのようなことを学んでいるかは不明である。なお、本校では、65分授業としているため、前期は週1回、後期は2週間に1回の授業となる。

2年で文系と理系にわかれるが、情報の授業については、2年ではクラス授業を行っているので内容は同一である。3年では、講座が別となっているが、授業内容は同じものである。

* 大阪府立寝屋川高等学校

Neyagawa high school of Osaka prefecture

2.2 授業の目的

コンピュータでの情報処理（プログラミング）では、「繰り返し」や「条件選択」が使われていること。また、それらの機能を利用することで、実行結果が変わってくることを実感させることを目的とした。プログラミング言語を習得することが目的ではない。

筆者の前任校では、音楽や図形を利用したプログラミング⁴⁾などに時間を多くとっていたが、今年度は、より時間も短く、また言語などの説明も少なくなっている。

2.3 授業計画

「アルゴリズム」の単元の授業計画は次のとおりである。実際には4回目の授業の一部は、5回目に行った。

表1 授業計画

時間	授業内容
1	アルゴリズムについて、繰り返し
2	条件選択
3	変数と配列
4	並べ替え（整列）
5	探索

3. 授業内容について

3.1 「繰り返し」のプログラム

同じフレーズを演奏をする際に、同じ演奏命令を複数個並べるのではなく、「繰り返し」を使って書き直すことで繰り返し概念を学ぶ授業を行った。なお、このプログラムでは、音楽的な区切り（例えば3音）をひと塊りとして考えた。

まず、「繰り返し」を考えるため、授業の最初に「アルゴリズム」を体験させた。

アルゴリズムとは、論理的思考をゲーム感覚で体験するための課題解決型ゲームソフトで、限られた命令（前進、繰り返し、曲がる等）を組み合わせて、ゴールに到達するのが目的である。やり方だけでなく効率よく到達するということを学ぶ目的もある。

ドリトルのプログラムでも、「繰り返し」の考え方を教えるとともに、「繰り返し」を使うことで効率のよいプログラムができることを理解させるのも目的としている。

```
私の楽譜=メロディ! 作る。
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
私の楽譜!“ドファラドファラドファラ” 追加。
私の楽譜!“_シ^レソ_シ^レソ_シ^レソ” 追加。
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
私の楽譜!“ドファラドファラドファラ” 追加。
私の楽譜!“_シ^レソ_シ^レソ_シ^レソ” 追加。
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
私の楽器=楽器!“ピアノ” 作る。
私の楽譜! (私の楽器) 設定。
私の楽譜! 演奏。
```

図1 繰り返しのないプログラム

```
私の楽譜=メロディ! 作る。
「
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
「私の楽譜!“ドファラ” 追加。」!
( ) 繰り返す。
「私の楽譜!“_シ^レソ” 追加。」!
( ) 繰り返す。
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
」! ( ) 繰り返す。
私の楽器=楽器!“ピアノ” 作る。
私の楽譜! (私の楽器) 設定。
私の楽譜! 演奏。
```

図2 繰り返しのあるプログラム

() は生徒が記入

3.2 「条件選択」のプログラム

実行回数によって演奏が変わるプログラムとして、次のプログラムを作成し、問題に合う条件式を考えさせた。

問題1

「ドミソ」-「ドファラ」(3回)-「ドミソ」-「ドミソ」-「シレソ」(3回)-「ドミソ」となるように条件式を考えよう。

```
私の楽譜=メロディ! 作る。
「|回数|
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
「 (条件式) 」! なら
「私の楽譜!“ドファラ” 追加。」! 3 繰り返す。」
そうでなければ
「私の楽譜!“_シ^レソ” 追加。」! 3 繰り返す。」
実行。
私の楽譜!“ドミソ” 追加。
」! 2 繰り返す。
```

私の楽器=楽器！ “ピアノ” 作る。
 私の楽譜！ (私の楽器) 設定。
 私の楽譜！ 演奏。

図3 条件選択のプログラム

最初の条件式は「回数 == 1」である。
 次に、同じ演奏を行うが、別の条件にするにはどうするか、また、逆の演奏をする場合に、ブロックを入れ替えるのではなく、条件を変えることで演奏順序を変えることができるという授業を行った。

さらに、4回繰り返す場合、どのような演奏になるかなどの問題を出し、条件の違いで演奏が変わることなどを考えさせた。

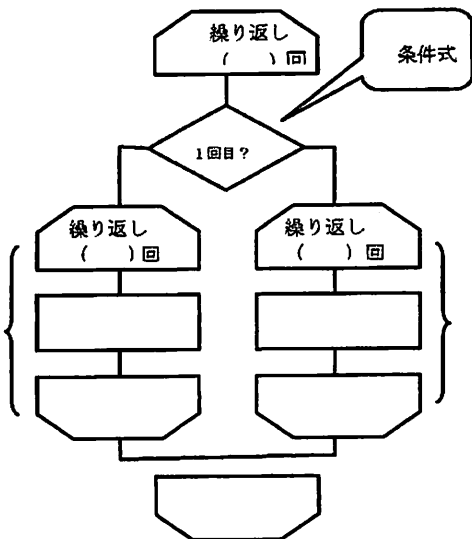


図4 条件選択の学習で利用したフローチャート

3.3 変数と配列のプログラム

変数や配列はアルゴリズムの基本構造ではないが、整列や探索の手順を考えていく上で必要である。そこで、これらについても学習した。

2回目の条件選択を利用し、「ドミソ」や「ドファラ」となっていた部分を変数とした。その結果、A-B-A-Cのパターンの曲であれば、変数を利用することで、メロディ部分だけを交換すればよいということを学習した。

Aメロディ=メロディ！ 作る。
 Bメロディ=メロディ！ 作る。
 Cメロディ=メロディ！ 作る。
 Aメロディ！ “ドミソ” 追加。
 Bメロディ！ “ドファラ” 追加。
 Cメロディ！ “_シ_レソ” 追加。
 私の楽譜=メロディ！ 作る。

「|回数|
 私の楽譜！ (Aメロディ) 追加。
 「回数 == 1」！ なら
 「私の楽譜！ (Bメロディ) 追加」
 そうでなければ
 「私の楽譜！ (Cメロディ) 追加」
 実行。
 」！ 2 繰り返す。
 私の楽器=楽器！ “ピアノ” 作る。
 私の楽譜！ (私の楽器) 設定。
 私の楽譜！ 演奏。

図5 変数を使ったプログラム

上のプログラムの4行目から6行目のAメロディ、Bメロディ、Cメロディを入れ替えるだけで「メリーさんの羊」や「ロンドン橋」を演奏できる。

さらに応用として、A-B-B-B-Aのプログラムについても学習したところ、音の並びだけより、実際にメロディとして知っている曲が流れる方が生徒の反応は良かった。

次に配列を学ぶために、乱数を利用して配列から要素を取り出し、次のような自動作曲風に演奏するプログラム作成を学習した。

琉球音階= 配列！ 作る。
 琉球音階！ 『ド』 入れる 『ミ』 入れる 『ファ』 入れる 『ソ』 入れる 『シ』 入れる。
 僕の楽譜= メロディ！ 作る。
 「
 「僕の楽譜！ (琉球音階！ (random (5)) 見る) 追加。
 」！ 8 繰り返す。
 」！ 3 繰り返す。
 「僕の楽譜！ (琉球音階！ (random (5)) 見る) 追加。
 」！ 6 繰り返す。
 僕の楽譜！ 『ドー』 追加。
 僕の楽器= 楽器！ 『ギター』 作る。
 僕の楽器！ (僕の楽譜) 設定。
 僕の楽器！ 演奏。

図6 配列を使ったプログラム

これの音階部分を入れ替え、雅楽やハンガリー音階などに変更する学習を行った。音階を利用することで生徒の学習意欲に維持ができた。なお、このとき、変数名はなんでもよいということに気がつく生徒も数人いた。

3.4 並べ替え (整列) と二分探索

整列と二分探索については、アンブラグドコンピュータサイエンス⁶⁾のアクティビティを行い、さまざまな手順があることを確認さ

せた。

整列では比較の回数や、実際の数の動き方などを学習した。教科書ではフローチャートまで触れてあるので、BASICで記述したプログラムなども見せて学習した。

ここで行ったアクティビティは次のとおりである。

整列のアクティビティ

アンプラグドコンピュータサイエンスの本に掲載されている天びんのアクティビティを行った。4人で1班としたが、「選択ソート」を行う班と「クイックソート」を行う班が半分ずつぐらいであった。中には挿入法を行っている班もあり、なぜ他の班の回数が違うのかということから、手順の違いに興味を持ったようである。生徒からはコンピュータはこんなに面倒なことを一瞬でやっているんですねという声もあった。

探索のアクティビティ

書籍記載のものは2人1組で行う戦艦ゲームである。2人で向かい合ってしまうと40人単位の授業では難しいため、別のアクティビティを考案した。

- 1) 8個の数字を書いた紙を並べておく。その上にコップをかぶせて数字は見えない状態にしておく。
- 2) 生徒に8個の数字のどれかが書かれたカードを配布する。生徒は与えられた数字を、コップを持ち上げて紙をチェックしながら探し出す。
- 3) 目的の数の紙を見つけるまで何回かかったか書きこんでおく。

このアクティビティを2回行った。

1回目は、紙の並べ方をランダムとし、2回目は昇順に並べた。戦艦ゲームのときは、紙に書かれた数字をみて、児童や生徒が順に並んでいることに気づくことが大事であるが、今回は、並べたカードは見えないので昇順になっていることは教えた。一方、最大値などを予測しにくくするため、桁数などは1回目と変更した。

1回目の場合は、8回かかる生徒も数人いたが、2回目のアクティビティでは7回や8回という生徒はいなくなりほとんどが4回以内で目的のカードを探していた。

2回目に関しては、自分の与えられたカードの数値から位置を類推している生徒もいたため、必ずしも二分探索とはなっていないケースもあったが、このことは人間とコンピュータの違いを理解するのに役立った。

4. 実践についての考察

4.1 アンケートとその結果について

5回の授業の終了後次のようなアンケートを取った。なお、テストによる理解度の調査は時間の都合上行っていない。

設問1 Dolittleについて

- Q1 どれくらい難しかったですか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（易しい=1点、難しい=5点）
- Q2 ドリトルの前にアルゴリズムで手順について学んだことは、あとの勉強に有用でしたか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（有用でなかった=1点、有用だった=5点）
- Q3 ドリトルをつかった音楽演奏で繰り返しについて学んだことは、理解できましたか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（全然理解できない=1点、理解できた=5点）
- Q4 ドリトルをつかった音楽演奏で条件選択について学んだことは、理解できましたか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（全然理解できない=1点、理解できた=5点）
- Q5 ドリトルのプログラミングの授業では好奇心を刺激されましたか。 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（全く刺激されなかった=1点、大変刺激された=5点）

設問2 整列について

- Q1 天秤のアクティビティは整列の手順を理解するのに役立ちましたか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（全然役立たなかった=1点、役に立った=5点）
- Q2 整列の手順に繰り返しや条件選択が用いられていることは、理解できましたか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（全然理解できない=1点、理解できた=5点）
- Q3 整列の手順にいろいろな方法があることやその違いについて理解できましたか？ 5点満点（1点から5点まで）で付けて下さい。（全然理解できない=1点、理解できた=5点）

設問3 探索について

- Q1 数字探しのアクティビティは探索の手順を理解するのに役立ちましたか？ 5点満

点（1点から5点まで）で付けて下さい。
（全然役立たなかった=1点、役に立った
=5点）

Q2 検索（探索）の手順に繰り返しや条件選択
が用いられていることは、理解できまし
たか？ 5点満点（1点から5点まで）で付
けて下さい。（全然理解できない=1点、理解
できた=5点）

Q3 検索（探索）の手順にいろいろな方法があ
ることやその違いについて理解できまし
たか？ 5点満点（1点から5点まで）で付
けて下さい。（全然理解できない=1点、理
解できた=5点）

理科系クラス 126名、文科系クラス 213名、
合計 339名の回答を得た。結果は最終ページ
に掲載した。

4.2 考察

4.2.1 プログラムとアルゴリズムの理解

理解できたかという設問に対して、ほとん
どが3点より少し上の点数であることから、
理解できているとは言いがたい。

教科書では流れ図（フローチャート）まで
扱っていたので、授業の目標もフローチャ
ートの理解と考えたが、これらの理解は難しい
ようである。また、整列や探索のアルゴリ
ズムについては、フローチャートでいきなり
i や j などの変数が記述されるため混乱した生
徒も多いようであった。（自由記述でも、i
や j がいきなり出てきてわからなかったとい
う意見があった。）しかし、ドリトルでの「繰
り返し」「条件選択」がアルゴリズムの理解に
有用だと答えた生徒は、整列や探索のとき
にもこれらが使われていることは理解でき
たようである。特に理系の生徒では、この
傾向が強く、相関もあった。また、これら
が理解できたという生徒は、さまざまな手
順があるということも理解できている。一
方、ドリトルを利用した段階での「繰り
返し」や「条件選択」がわからないとした
生徒は、その後も理解できないままであ
った。「繰り返し」や「条件選択」に時間
をかけることでその後の理解も深まるこ
とが予想される。

簡単なプログラムで実際の動きを体験さ
せることは、後の理解のために有効である
と考えられる。「繰り返し」については、
図形を描くなどわかりやすい例が多い。今
回は、「条件選択」をわかりやすくする例
として音楽を鳴らすという方法を採用した。
しかし、単純な3音では「何の音が鳴って
いたかわからなかった」という感想もあ
ったので、適切な伝え方を工夫する必要
はある。

4.2.2 体験によるアルゴリズムの理解

2-1と2-2、および3-1と3-2には正の相
関があることから、多くの生徒がアクティ
ビティが理解を助けていると認識しており
、アクティビティの有効性が表れていると
考えられる。CSアンプラグドだけを行う
のは、情報の授業としては難しいと考えら
れがちであるが、アルゴリズムなどと結
び付けることで理解を深める助けになり
、また授業として発展も可能であるとい
える。

5. まとめと今後の展望

筆者が前任校で音楽を取り扱ったとき
には、興味をもった生徒が多かったが、
今回はそれほど多いとはいえない。原因
としてはいくつか考えられる。

- ・プログラムに深入りすることをさける
ため Dolittle の説明をあまり行わな
かった。実際に Dolittle の説明が少
なかったという感想があった。また、
時間の余裕があるクラスで、伴奏と
同時に演奏をすると興味を持った生
徒もいた。
- ・音楽の曲ではなく、単に音を鳴らした
ため、興味を持ちにくかった。さら
に、組み合わせた音が和音をばら
したものであったので、音楽が苦
手な生徒には区別がつかなかった
という面もある。これについては、
やはり曲を使うなど高低の差を大
きくする必要などがある。このよ
うなことから、音楽を利用してアル
ゴリズムの学習をするためには、さ
らに題材の工夫がいると考えられ
る。

また、CSアンプラグドの考えに基づいた
アクティビティは一定の効果が見られ
た。自由記述でも、「ゲームはわかり
やすかった」「ゲームを利用した学
習をもっとしてほしい」という意見
が数件あった。

しかし、基本構造だけならともかく、
整列や探索のフローチャート（流れ
図）まで学習させることは難しい
というのが、今回の授業の生徒の
反応であった。

コンピュータにより問題解決ができる
ことと、一方コンピュータを動かして
いるのは人であるから手順を考
えることは大事であるということ
を授業の目的とするのであれば、
そこまでの流れ図は必要ないと
考えられる。

後期には、分割履修ではない2年生の
情報

があり、同じ単元を行う予定になっているので、これらの授業の目的なども含め、改良をしていきたい。

参考文献

- [1] 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説 (情報編), (2000年)
- [2] 岡本 敏雄, 山極 隆, ほか 10名, 最新情報B, 実教出版, (2007年)
- [3] 水越 敏行, 村井 純, ほか 25名, 新・情報B, 日本文教出版, (2007年)

- [4] 辰己 丈夫, 兼宗 進, 久野 靖, ドリトルと「情報教育の音楽化」, (2005年)
- [5] 辰己 丈夫, 兼宗 進, 小原 格, 野部 緑, 酒徳 峰章, 山澤 昭彦, 情報教育の音楽化による高校生へのプログラミング入門, (2007年)
- [6] Tim Bell, Ian H.Witten, Mike Fellows (著), 兼宗 進 (翻訳), イーテキスト, コンピュータを使わない情報教育アンブラグドコンピュータサイエンス, (2007年)

表2 設問ごとの単純集計による平均値 (n=889)

	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3
文	3.561	2.736	3.042	2.859	2.606	3.058	2.913	3.039	3.356	3.298	3.405	3.561	2.736	3.042
理	3.635	3.127	3.206	2.992	2.722	3.254	3.262	3.286	3.500	3.468	3.516	3.635	3.127	3.206
計	3.589	2.882	3.103	2.909	2.649	3.132	3.045	3.133	3.410	3.362	3.446	3.589	2.882	3.103

注: 1-1は設問1のQ1を示す。他も同様。

表3 設問ごとのピアソンの相関係数 (類型毎)

【文系】 (n=213)

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3
1-1	-0.1086	-0.4606	-0.4163	-0.2359	-0.0505	-0.2112	-0.2351	-0.1589	-0.1977	-0.1727
1-2		0.2903	0.2791	0.3840	0.3758	0.3985	0.3545	0.2764	0.2670	0.2997
1-3			0.7610	0.4252	0.3419	0.4380	0.3852	0.2852	0.3180	0.3539
1-4				0.4165	0.3337	0.4537	0.3759	0.2555	0.3005	0.3055
1-5					0.5046	0.4012	0.2947	0.4045	0.3166	0.3742
2-1						0.6286	0.5690	0.5579	0.4664	0.5352
2-2							0.7523	0.4278	0.4916	0.5334
2-3								0.3925	0.4943	0.4898
3-1									0.7355	0.7694
3-2										0.7643

【理系】 (n=126)

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3
1-1	-0.0505	-0.2168	-0.3314	-0.1894	-0.1036	-0.2682	-0.1720	0.0387	-0.1084	-0.1428
1-2		0.1705	0.1277	0.3556	0.2344	0.2091	0.2747	0.2417	0.2402	0.2469
1-3			0.7760	0.2516	0.2339	0.4977	0.4698	0.3996	0.5235	0.5499
1-4				0.2342	0.2432	0.5322	0.5149	0.4113	0.5675	0.5953
1-5					0.3230	0.1909	0.1330	0.2522	0.1863	0.1785
2-1						0.5398	0.3775	0.5332	0.4197	0.3795
2-2							0.6751	0.4294	0.6508	0.5512
2-3								0.4396	0.6204	0.7204
3-1									0.7632	0.5930
3-2										0.7559