

# ロボットと日本語プログラミングを利用した、情報B「モデル化とシミュレーション」について

野部 緑, 中田雅士<sup>†a</sup>, 大島嘉一<sup>†b</sup>

日本語でプログラムを書くことができるドリトルを使用し、「モデル化とシミュレーション」において、他の機械の制御について理解を深める方法として、ロボット (Beauto chaser) 制御を結び付けることとした。

これにより、コンピュータの制御について、実際に目にすることができ、さらにグラフィックタートルとリアルタートル (Beauto chaser) を同じ言語で操作することで、画面での制御 (シミュレーション) とリアルな機械を制御する違いについて学ぶことができる。

## Educational material of simulations using a programmable robotics kit at Japanese high school

MIDORI NOBE MASASHI NAKATA<sup>†a</sup>  
YOSHIKAZU OSHIMA<sup>†b</sup>

a大阪府立桃谷高等学校  
b愛知県立幸田高等学校

## 1. はじめに

本研究の目的は、高等学校の教科「情報」の「モデル化とシミュレーション」の単元で、ドリトルと車型ロボットを利用し、生徒にとって身近なシミュレーションの体験をさせることである。

「モデル化とシミュレーション」は、現実の社会で実験等を行いにくいものをモデル化し、コンピュータ上で事象を再現するということが多い。しかし、このモデル化という作業の過程で、現実の要素をすべて取り込むことはできない。

そこで、プログラミング言語を利用して、コンピュータ画面上と、車型ロボットで同じ問題を扱い、これを比較することで、現実との違いを考えさせる。

## 2. 高等学校の「モデル化とシミュレーション」

### 2.1 学習指導要領における「モデル化とシミュレーション」

文部科学省の現学習指導要領<sup>1)</sup>では、以下のように扱われている。

情報Bの内容としては次の4つにわかれている。

- (1) 問題解決とコンピュータの活用
- (2) コンピュータの仕組みと働き
- (3) 問題のモデル化とコンピュータを活用した解決
- (4) 情報社会を支える情報技術

この(3)については、次のように書かれている。

#### ア モデル化とシミュレーション

身のまわりの現象や社会現象などを通して、モデル化とシミュレーションの考え方や方法を理解させ、実際の問題解決に活用できるようにする。

#### イ 情報の蓄積・管理とデータベースの活用

情報を蓄積・管理するためのデータベースの概念を理解させ、簡単なデータベースを設計し、活用できるようにする。

### 2.2 教科書における「モデル化とシミュレーション」

教科書<sup>1)</sup>で扱われているこの単元をみると、モデル化の概念として、「物理モデル」と「数理モデル」が説明されていて、模型や数式であらわされるものとなっている。

そして、さらにシミュレーションでは「自然現象」や「確率的に変化するもの」を取り上げている。しかし、教科書に掲載されている例は、高校生にとって身近なものはない。

このようなことから、簡単にモデル化ができる材料を用い、またプログラムの利用もできるものとして、車型ロボットを利用した「モデル化とシミュレーション」の授業を考えた。

### 3. 車型ロボットの制御について

#### 3.1 車型ロボット'Beauto chaser'

'Beauto chaser'はヴィストン社<sup>3)</sup>が開発した、学校教材用の車型ロボットであり、パソコンとロボット間の命令の転送に USB ポートを利用できるということが、授業では扱いやすいと考え採用した。CPUに H8 マイコンを利用している。

パソコンからの制御については、通常は付属の「Beauto ビルダー-NEO」を用いるが、C 言語での制御も可能であることから、他言語での命令を受け取る機能もあると判断した。

なお、現在では、この'Beauto chaser'の後継機種である 'Beauto Rover'が販売されているが、今回の発表は'Beauto chaser'で行った授業である。

#### 3.2 ドリトルによる制御

パソコン上でのシミュレーション画面と現実のロボットを動かす言語は同じであることが望ましい。なぜなら、「なぜうまく動かないのか」といった問題に生徒がぶつかったとき、使用している言語が違うことで解決へのハードルがひとつ増えることになるからである。

'Beauto chaser'に付属している「Beauto ビルダー-NEO」ではシミュレーションを行うことができないため、パソコン上のシミュレーションに「Beauto ビルダー-NEO」を利用できない

同じ言語を用いる場合、ある程度修得している言語か、修得が簡単な言語が良い。'Beauto chaser'は C 言語での制御が可能であるから、これを用いることもできるが、C 言語に対しての敷居が高いと、制御までは難しい。本校の情報 B では、「モデル化とシミュレーション」の前の章である「アルゴリズム」において、ドリトルを用いた授業を行っているので、ドリトルを利用することが自然であり、生徒にもわかり

やすいと考えられたので、これを用いた。

なお、'Beauto Racer'という安価な車型ロボットでは、2009 年 7 月にシミュレーション機能が公開されたので、2010 年度の総合的な学習の時間において、こちらを用いた授業も行った。これについては、後述する。

## 4. モデル化とシミュレーションの授業

授業としては、いきなり車型ロボットを使うのではなく、簡単な数式モデルなど利用し、「問題をどのようにモデル化するのか」ということを考えさせた。

その後、問題解決として、ドリトルと車型ロボットを利用して、授業を行った。以下の内容の授業で 2 時間である。

### 4.1 数学モデルを用いたモデル化とシミュレーションの授業

#### (1) 鶴亀算を利用した問題

*児童会でおやつに 250 円のケーキを買うことにしましたが、40 人分買うには、予算がたりません。そこで、何個かは 200 円のクッキーにすることにしました。予算は全部で 9000 円です。ケーキとクッキーをそれぞれいくつつ買うことにすればよいでしょうか？*

*ただし、なるべくケーキを多く買うことにします。*

この問題を連立方程式で解くのではなく、表計算やドリトルを使ったプログラミングを利用することで、予算内のケーキやクッキーの個数を検討できることを理解させる。

また、最後の 1 行がない場合、答えは数多くあるが、「なるべくケーキを多く買う」という条件によって、答えを決めることができる。

つまり、モデル化とシミュレーションでは、無数に解が出てきた場合、さらに、どんな条件を付けるかによって答えが変わることを理解させるのが重要である。

## (2) 線形計画を利用した問題

文化祭で砂糖と小麦粉を使ってカップケーキとクッキーを作って売ることになりました。

必要な材料は、カップケーキ 1 個につき 砂糖 9g、小麦粉 10g、クッキー 1 枚につき 砂糖 6g、小麦粉 9g、で、カップケーキは 1 個 10 円、クッキーは 1 枚 8 円で売ります。

当日、うっかり材料をこぼしてしまい、砂糖 200g、小麦粉 250g だけ残りました。さて、残った材料で作ったカップケーキとクッキーが全部売り切れると仮定すると、売上を最大にするには、カップケーキとクッキーをそれぞれ何個つくっておけばいいでしょうか？

こちら、数式として表現することが可能であるが、(1)と比較すると数学的に解くのは難しい。しかし、表計算やプログラムを使うとこのような問題も比較的簡単に解けるというのを理解するのが目的である。また、実際にカップケーキやクッキーを作って確かめるわけにはいかないの、このように計算をして確認することでシミュレーションができるという理解にもつながる。

図 1 線形計画のモデル化のプログラム実行画面

## 4.2 時間の経過を考えるモデル化とシミュレーション

正月に、ネズミのつがい(夫婦)が現れ、子を 12 匹産む。そして親と合わせて 14 匹になる。

このネズミは、二月に子ネズミがまた子を 12 匹ずつ産むため、親と合わせて 98 匹になる。

このように、月に一度ずつ、親も子も孫もひ孫も月々に 12 匹ずつ産むとき、12 ヶ月でどれくらいになるだろうか

時間の経過を利用したシミュレーションということで、この問題を取り上げた。生存率などを変えることで、12 ヶ月後の予測が変わることも確認できる。この問題も実際に、ネズミに子どもを産ませて確認するのは、難しいということが大事である。

## 5. 車型ロボットを利用したモデル化とシミュレーションの授業

### 5.1 飛行船を利用したモデル化とシミュレーション

モデル化とシミュレーションにおいて、画面上と実在の機器の違いを考えさせるとい授業は、2006 年度～2008 年度に飛行船を利用して行った。

この飛行船は、スプーンで飛行船を制御するものであり、モデル化とシミュレーションだけでなく、さまざまな学習が可能である。しかし、画面上と実在の機器を考えると点からすると、不確定の要素が増えてしまう。

プログラムによる制御であれば、毎回同じように動くが、スプーンの場合、画面上でも同じ結果にならないので、スプーンの叩き方が悪いのか、風などの影響なのか、といったことがわかりにくい。また、3 次元の動きは、動く命令も増えるため難しい。

これらのことから、動きは 2 次元であり、プログラムで制御できる車型ロボットの利用を考えた。

### 5.2 'Beauto Racer'を利用したモデル化とシミュレーション

「総合的な学習の時間」(以下、総合学習)で Beauto Racer' と BeautoRacer シミュレータープログラム「Beauto Simulator」を利用した授業を行った。

本校の総合学習では、希望に基づいて講座にわかれて学習することになっており、これを行ったのは「パソコンワールド」という講座である。

この講座では、「Viscuit」や「Squeak」「Scratch」などを扱っているが、総合学習で

あるので、系統だてて学習をするというより、体験してみようというのが目的である。

このうちの4時間を利用して、'Beauto Racer'を利用した授業を行った。出題した問題は、シミュレーターに付属のものである。

シミュレータープログラムも、'Beauto Racer'も同じタイル型プログラムで実行できるので、パソコン上での動きと、現実の動きを比較するのは生徒にとってはわかりやすかったようである。

一方で、タイル型プログラムでは、分岐が複雑になると画面上に作成しにくいようであった。

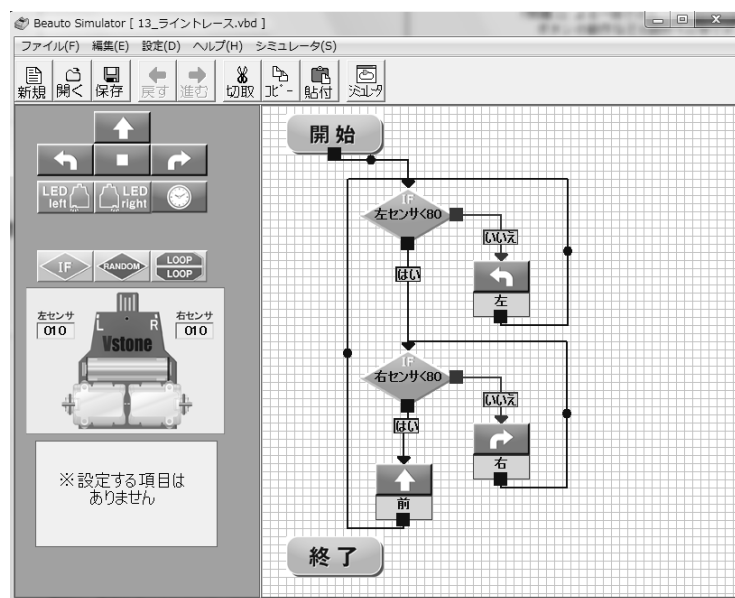


図2 シミュレータープログラムの画面

問題1から問題3は、「前に進む」「右に曲がる」「左に曲がる」という命令とループの組み合わせであるが、これらの動きの単位が秒であるため、シミュレーターから'Beauto Racer'に移行した場合に同じ秒数のままでは、動きが違うことになる。シミュレーターに戻って再検討という方法も使えないので調整が難しかったようである。

問題4以降はライトレースであり、これについては、センサーの閾値の設定に幅を持たせることができるため、取組やすい課題になっていたように思われる。

このようなことから、比較的簡単にモデル化とシミュレーションを体験させるには、

この'Beauto Racer'とシミュレーター組み合わせでもよいと思われる。しかし、課題に限られるかもしれない。

また、小型であるので、周りの影響を受けやすく、机の上の凹凸などに影響されてしまうこともあった。

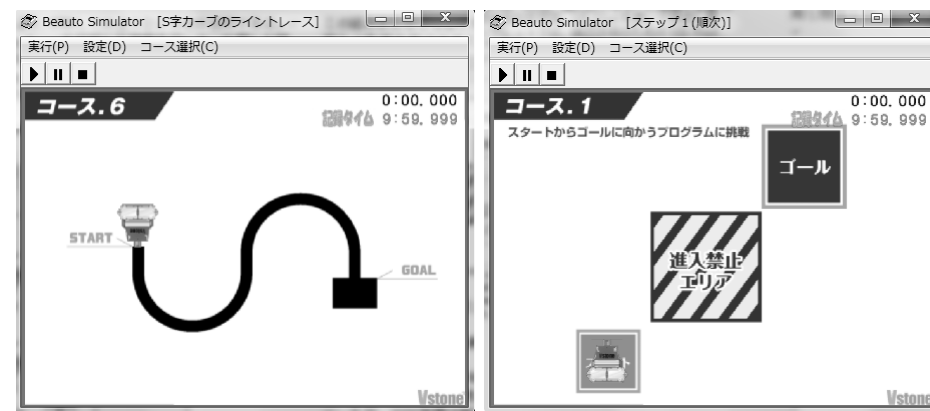


図3 プログラムに付属する課題

### 5.3 'Beauto chaser'を利用したモデル化とシミュレーション

2009年度後期と2010年度の前期の情報Bでドリトルと'Beauto chaser'を利用した授業を行った。2009年度は、USBケーブルを接続したままで'Beauto chaser'を動かしていたが、2010年度は動きを書き込んで、単体で動かすことが可能となったので、おともに、2010年度の授業について記述する。

#### (1) アルゴリズムおよびプログラミングの授業

「モデル化とシミュレーション」でドリトルによるプログラミングを用いるためアルゴリズムの単元で、プログラミングについても授業を行っている。

学習指導要領では、プログラミングに深入りしないこととなっているため、逐次処理以外には基本的な「繰り返し」「判断」といった内容を含んだプログラミングを行った。

具体的にモデル化とシミュレーションで利用したのは、ボタンを利用して、画面のタートルを動かすというプログラムである。これにより、「前進」「右回り」「左回り」といった命令とボタンを関連付け、タートルを動かすことを理解させた。

## (2) ドリトルによるモデル化とシミュレーション

当初の予定では、車型ロボットを利用して、図形を書き、繰り返しなどを考えることでモデル化を行うことを計画していた。

しかし、2009年度はパソコンから切り離しての制御ができなかったため、「1時間で学ぶソフトウェアの仕組み」からヒントを得て、次のような問題を考えるというモデル化を行った。

*[問題 1] 画面のチューリップを拾うためには、どのボタンを何回利用すればよいだろうか。効率のよい、回り方を考えなさい。*

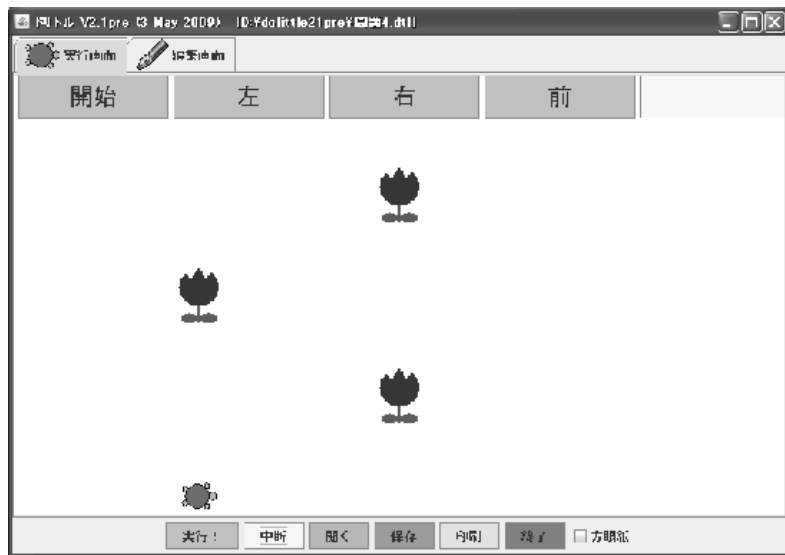


図 4 問題 1 のドリトル実行画面

今年度は、簡単な命令であれば、車型ロボット単体で動くことが可能となったので、逐次に動かすのではなく、ある程度の動きをためておいて、一気に実行するというプログラムに変更して授業を行った。これには、ドリトルの eval 機能を利用している。

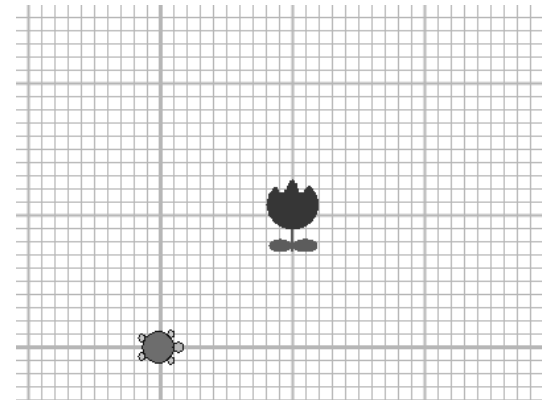


図 5 プリントに記載した問題の画面

*[問題 2] 画面のチューリップを拾うためには、どのボタンを何回利用すればよいだろうか。考えた後、ボタンをクリックして、実行して確認しなさい。*



図 6 問題 2 のドリトル実行画面

かめた=タートル!作る ペンなし 0 0 位置。  
かめた! ペンあり。  
ボタン F=フィールド!0 作る 50 50 大きさ。  
左ボタン=ボタン!"左" 作る 70 50 大きさ。  
右ボタン=ボタン!"右" 作る 70 50 大きさ。  
前ボタン=ボタン!"前" 作る 70 50 大きさ。  
左ボタン:動作=「moji ! ((moji!読む)+かめた!30 左回り。) 書く。  
ボタン F! 増やす。」。  
右ボタン:動作=「moji ! ((moji!読む)+かめた!30 右回り。) 書く。  
ボタン F! 増やす。」。  
前ボタン:動作=「moji ! ((moji!読む)+かめた!10 歩く。) 書く。ボ  
タン F! 増やす。」。  
開始ボタン=ボタン!"開始" 作る 100 50 大きさ。  
moji = フィールド! 作る "" 書く。  
もじれつ=""。  
開始ボタン:動作=「もじれつ= (moji!読む)。 もじれつ!実行。」。  
「命令 = ラベル! 作る。 命令! (moji) 書く。」。  
宝物たちは配列!作る。  
宝物たち!(タートル!作る "tulip.png" 変身する ペンなし 0 100 位置)  
書く。  
かめた:衝突=「|相手| 相手!消える。宝物たち!(相手) 消す。「(宝物  
たち!要素数?) <=0」!なら「ラベル!"クリア!"作る」実行」。

最初の問題と似ているが、「開始ボタン」をクリックするまでタートルは動かない。  
このことにより、ボタンをクリックしていたら宝物に到達して手順を覚えていない  
ということがなくなる。

実際の授業では、「問題1」で逐次動作を考えタートルの動きを理解させ、その後、  
「問題2」よる一括での実行を行った。

ボタンの動作などの説明も必要であるため、2時間の授業である。

### (3) 車型ロボット'Beauto chaser'を利用した授業

モデル化とシミュレーションだけであれば、「(2)の授業だけでもよいが、今回の  
目的はこのシミュレーションの内容を実際に車型ロボット'Beauto chaser'で行うこと  
にある。

なぜなら、次の2点が大切だと考えるからである。

- ・問題解決においては、その検討した結果を現実の実験で行うことが困難な場合、  
プログラムを利用して、パソコンなどで、シミュレーションを行う。

- ・パソコンのシミュレーションで行った結果を実装したときに、コンピュータの計  
算通りに行くとは限らない。また、うまくいかない原因を考え解決方法を考える必要  
がある。

このような考えに基づき、チューリップを空き缶、タートルを車型ロボットとして、  
ドリトルから制御を行う授業を行った。なお、'Beauto chaser'については2人で1割割  
り当てている。この授業も2時間である。

(2)の問題2を復習も兼ねて、ボタンの動作(移動距離、移動角度)を変えなが  
ら、いくつかの問題を解くところから始めた。これにより、ボタンの角度や移動距離  
の変更の仕方について、確認をおこなった。

その後、'Beauto chaser'で同じ動きになるようにするために次の手順で授業をした。

- ・最初に、'Beauto chaser'について、ひとつのボタンで動く距離や角度を確認した。  
このとき、前進でまっすぐ動かないものについては、モーターの調整を行った。
- ・この測った値を(2)で利用したプログラムに戻し、ボタンの動作を変更。そののち、  
画面上でシミュレーションを行った。
- ・シミュレーションで動きを確認後、模造紙の上で実際の'Beauto chaser'を動かした。



図7 'Beauto chaser'の制御画面

'Beauto chaser'を動かす手順は次の通りである。

まず、シミュレーションと同じ方法（ボタンをクリックする回数）を、車型ロボット用のドリトルの画面で実行し、プログラムを転送した。シミュレーション画面では、「開始」で画面上のタートルが動いたが、こちらでは「実行」で転送となる。

この転送された動きが書き込まれた車型ロボットを床の上で実際に動かす。

問題は、1つだけ取りに行くものと2つ取りに行くものの2種類を用意したが、ほとんどの班が2種類を終えることができていた。

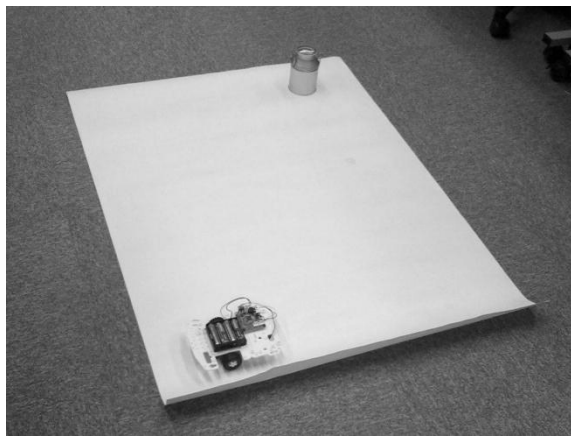


図8 'Beauto chaser'の課題（空き缶を取りに行く）

## 6. 授業についての考察

### 6.1 生徒の反応

2009年度は、画面上で動いても、'Beauto chaser'ではうまくいかないということには理解ができたようである。しかし、USBケーブルでパソコンに接続したまま'Beauto chaser'を動かしていたため、動かない理由を考えるのは難しいようであった。

また、問題解決としては、簡単であったためか、「実現が困難な場合にシミュレーションを行う」というのは理解しにくいようであった。

しかし、ボタンを利用しながら、いくつかの答えを確認するという側面からは、コ

ンピュータを利用すると簡単に、確認ができるということは気づいたようである。

2010年度については、4時間分の授業（5.3の(2)および(3)）終了後アンケートを取った。

有効回答は10枚である。

Q モデル化に興味を持ちましたか？

- ・興味を持った（3人）
- ・わりに興味を持った（5人）
- ・あまり興味がない（1人）
- ・わからない（1人）

Q 画面のシミュレーションが実際の車を動かすのに役に立ったと思いますか？

- ・役に立つ（5人）
- ・?し役に立つ（4人）
- ・あまり役に立たない（1人）

Q 画面のシミュレーションと実際に車を動かすのとどちらが面白かったですか？

- ・車（4人）
- ・画面（2人）
- ・両方（4人）

画面の方がいいと答えた生徒は、車が思うようにならないという理由を挙げていた。一方、画面で確認したことが実際に動くのが楽しいという意見もあった。

Q 画面上でシミュレーションと、実際の車を動かすことで違うことは何だと思いませんか？

- ・モーターの動きの違いでまがったりしていたから、パソコンとはちょっと違う。
- ・実際では毎回同じに動かない
- ・床や電池の影響で動きが変わってしまう。
- ・画面上のシミュレーションはやり直しがきくけど、実際の車を動かすのはやり直しがきかない

このような結果から、実際の車を動かすことが、面白いと感じる生徒が多く、興味を引くこと。さらに、画面と同じ動きをすることがより面白いと感じる生徒もいるので、画面上でのモデル化とシミュレーションだけでなく、実際の動きをする車を取り

入れたことはよかったといえるのではと思っている。

また、画面上のシミュレーションの違いについても言及した生徒がいたが、これは、実際に存在する車を動かすことで、気がつくことが増えたと考えられる。

さらに、「実際の車を動かすのはやり直しがきかない」という解答は、今回の'Beauto chaser'の課題が空き缶を取りに行こうであるため、つぶれてしまったりすると次がとれない。何回もやりなおしている間に電池が消耗する、本当の車だったら、さらに困るということであった。

なお、鶴亀算等の授業とビュートチェイサーの授業について、どちらが面白いかという質問については以下の解答であった。(なお、片方を受けていない生徒がいるため、回答数は減っている)

- ・両方面白い (4人)
- ・ビュートチェイサーが面白い (2人)

このことから、鶴亀算等を使ったモデル化の授業についても、後に車型ロボットを利用した授業をすることで、理解が深まるとも考えられる。

## 6.2 今後の課題

うまくいかない原因を考えさせるときに、車型ロボットの左右の車輪の動きが違う、電池が減ってきている等、いくつかの要素があり、これを一つ一つ解決していくのが難しいようであった。

授業では、'Beauto chaser'そのものには深入りさせないように、モータの制御は教師側で行っていたが、解決する力を身につけるとい点では、ロボットそのものを扱う必要もあるかもしれない。

また、ドリトルからの制御はできるようになったが、実装している命令の数が少ない。センサーを利用するための命令群などはほとんど未対応であり、センサーを利用したライントレースなどが無理である。

命令数を増やすなどして、より複雑な動きや2台以上の複数台を使ったロボットの制御ができると、車の追い越しであるとか、より現実に近いモデル化とシミュレーションを行うことが可能である。

現実に近いモデル化を行う場合、ライントレースは必要であるか、距離センサーを使った動きを利用するのかなど、どのようなモデル化を考えていくべきかといったことが課題となる。それに伴い、必要な命令を増やしていく必要が生じる。

一方、'Beauto chaser'は赤外線センサーを用いたライントレースなども行うことができるが、これらをモデル化とシミュレーションとして扱うかどうかということで、拡張性をどれだけ増やすのかといったことも課題である。

## 7. おわりに

高等学校の「モデル化とシミュレーション」は2009年2月に行われたCECの調査<sup>8)</sup>によると教えられていない分野であり、また教える自信がないとされているところである。その原因はいろいろあるだろう。

現実にあるシミュレーション「地震シミュレーション」「気象シミュレーション」等については、授業で教える内容としてはかけはなれている。また、教科書の例なども身近ではなく生徒になじみにくいといったこともあげられるだろう。

車という身近なものを現実にかししながら、シミュレーションを体験するといった授業がひとつの例となるように、さらに開発をしたいと考えている。

: 本稿は、財団法人ヤマハ音楽振興会による2007年度研究活動支援『「音楽教育の情報化」と「情報教育の音楽化」-音楽文化を広める情報教育を目指して-』(研究代表者: 辰己 丈夫)で行なわれた研究活動の報告である。

## 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(平成19年)  
水越敏行, 村井順, ほか25名, 新・情報B, 日本文教出版(平成20年)
- 3) ヴェイストーン株式会社, <http://www.vstone.co.jp/>
- 4) 稲川孝司, 台車型ロボットによる問題解決学習, ICT・Education No.43, 日本文教出版(平成22年2月)
- 5) 久野靖, 辰己丈夫, 他, 「情報科教育法」改訂2版, オーム社(2009)
- 6) 野部緑, 教科「情報」でのマジカルスプーンの実践, 2008PCカンファレンス論文集, CIEC (コンピュータ利用教育協議会) (2008年8月)
- 7) 野部緑, 中田雅士, 大島嘉一, ほか 教科「情報」における車型ロボットの利用 情報処理学会コンピュータと教育研究会(2009年12月)
- 8) 平成20年度「高等学校等における情報教育の実態に関する調査」  
財団法人 コンピュータ教育開発センター, <http://www.cec.or.jp/CEC/>