

# モデル化とシミュレーションについての実践

## ～数式モデル、ドリトルを利用した車型ロボットの制御等の実践報告～

大阪府府立桃谷高等学校・野部緑

### 1. はじめに

本校は「情報A」「情報B」「情報C」のすべてが設置されており、また3科目とも修得することも可能である。そこで、差別化を図るため特に科学的理解やモデル化とシミュレーションについてはさまざまな試みを行ってきた。

今回は、「モデル化とシミュレーション」の実践について発表する。

本校の授業では、2008年度から2010年度の前期にかけて、小学校の算数の問題等を題材にして、エクセルやプログラムを使って解くという数式モデルでの考え方の授業を行った。

また、画面上でタートルの動きを考え、それを動かすという図式モデルを題材として「モデル化とシミュレーション」の授業を行った。さらに、車型ロボットを使い、タートルの動きを実際に体験させるという授業を昨年度後期から行っている。

### 2. 高等学校の「モデル化とシミュレーション」2.1

また、内容の取扱いについては、以下のように述べられている。

内容の(3)については、ソフトウェアやプログラミング言語を用い、実習を中心に扱うようにする。その際、ソフトウェアの利用技術やプログラミング言語の習得が目的とならないようにする。ア及びイについては、基本的な考え方は必ず扱うが、実習については、生徒の実態等に応じ、いずれかを選択して扱うことができる。

アについては、内容の(2)のイ、ウ及び(4)のアと関連付けた題材や、時間経過や偶然性に伴って変化する現象などのうち、簡単にモデル化できる題材を扱い、数理的、技術的な内容に深入りしないようにする。

### 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>2)</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

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、情報Bの内容は4つにわかれており、(3)に 問題のモデル化とコンピュータを活用した解決がある。

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。

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。

ここで、例としてとりあげられているシミュレーションを列挙する。

「紙人形販売のシミュレーション」

「水槽の水量変化」

「害虫の増加する様子」

「推薦タンクにおける水量変化」

「モンテカルロ法を利用した円周率の計算」

「太陽光発電による発電量」

「日本カモシカの生息数の変化」

「乗車券購入にかかる待ち行列」

シミュレーションが現実では確かめにくい、自然現象や人工的な現象をモデル化して、計算において、検討するための材料であるという点においては、これらの例は問題ないだろうが、「文化祭における紙人形の販売」以外は、高校生にとって身近ではなく、興味がわからないだろう。

また、学習指導要領の解説では、簡単にモデル化できる内容をと書かれているが、教科書を見ている限り、

モデル化が難しいものが多い。それは、ひいては、シミュレーションとして扱う時に、ソフトウェアの利用が難しくなるという結果になるだろう。

### 2.3 簡単なモデル化とシミュレーション

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、小学校の算数を題材とした数式モデルの利用、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. 数式モデルについて

「鶴亀算」と「線形計画」の問題を利用した数式モデルの授業を行った。<sup>3)</sup>

問題について、既知数や未知数を挙げ、数式を作成し、数学の問題ではなく、表計算やプログラムを使って解を導くということで、モデル化を行うという授業である。

#### 3.1 鶴亀算を利用したモデル化

##### 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ずつ買うことにすればよいのでしょうか。ただし、なるべくケーキを多く買うことにします。

問題1は、連立一次方程式であるので、簡単に解くことが可能であるが、これを表計算やプログラムを使って解くことが可能であるということから数式モデルを理解させるのが目的である。

#### 3.2 線形計画法を利用したモデル化

##### 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のでしょうか。

こちらも、数式として表現することが可能であるが、問題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なので、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

#### 3.3 ネズミ算を利用したモデル化

##### 問題

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。

また、この問題については、チェーンメールの増え方などの応用も行った。

#### 3.4 生徒の感想

数学みたいな感じでいやだったという意見もあったが、表計算で数学の問題が解けるということに驚いていた生徒もいた。

また、プログラムで解くことができるのが面白かったという意見もあり、プログラムを使ってシミュレーションができるということに興味をもったようである。

#### 4. 車型ロボットの制御について

##### 4.1 車型ロボット' Beauto chaser'

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付属のプログラムである「Beauto Builder 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、「Beauto Builder NEO」は、タイルプログラムであり、作成したプログラムから命令をつくり、それらをUSBケーブルをつないで、CPUに書き込む。その後、「Beauto chaser」をUSBケーブルから離し、ロボットを動かすことができる



図2 Beauto chaser

##### 4.2 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。

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よい。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る。また、ドリトルではMYUロボがすでに動いており、プログラムからの転送も可能であるだろうということで、ドリトルによる'Beauto chaser'を制御を考えることとした。

##### 4.3 ドリトルによる'Beauto chaser'の制御

ドリトルでは、MYUロボットの制御をすることは可能であったが、「Beauto chaser」への対応はなく、今回の授業の試みのため、ドリトルからの制御を開発している。

現時点では、USBを接続して、「Beauto chaser」に直接命令を送ることができる。CPUに書きこんで車のみで動かすということについては、簡単な動き、(前進、後退、左折、右折、右回転、左回転)については、可能になった。複雑なモデル化はできないが、画面上と車で同じ動きをするといったことは可能である。

#### 5. 桃谷高等学校における「モデル化とシミュレーション」の授業

##### 5.1 授業について

平成21年度の後期の情報B、平成22年度の前期の情報Bにおいて、「モデル化とシミュレーション」を行った。本校は単位制のため、情報Bの出席者は10名前後であった。また、前後期制であるため、2単位の授業を週4時間で行っている。

##### 5.2 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う。

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い、複雑なプログラムを行わないこととする。

これについては、従来より、音楽を材料としドリトルを使ったプログラムの入門の授業など行っている。昨年度は、これに図形を描くといったことも行った。

##### 5.3 ドリトルと'Beauto chaser'を用いた「モデル化とシミュレーション」の授業

###### (1) 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、昨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」<sup>4)</sup>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。

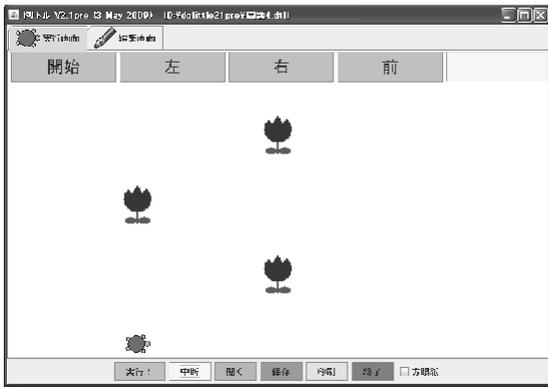


図3 問題1のドリトル実行画面

〔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。

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。

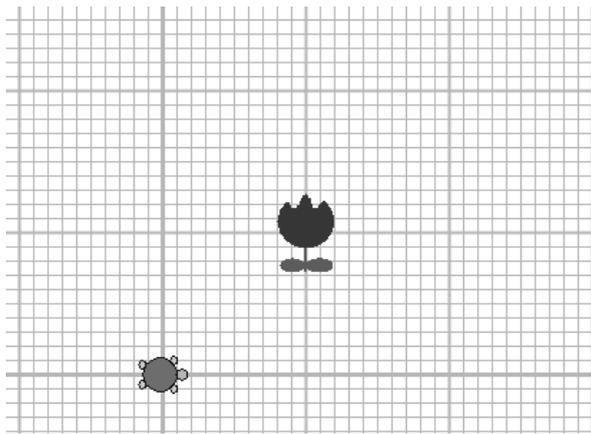


図4 プリントに記載した問題の画面

〔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5 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=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。

実際の授業では、「問題1」で逐次動作を考えた後、「問題2」より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。

## (2) 車型ロボットの利用

モデル化とシミュレーションだけであれば、「(1)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で行うことにある。

なぜなら、モデル化とシミュレーションにおいては、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、ロボットについては2人で1台割り当てている。

## (3) 車型ロボットを利用した授業

(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。

そののち、車型ロボットで同じことをするために次の手順で授業をした。

- ・最初に、車型ロボットについて、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(1)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。

- ・シミュレーションがうまくいった組から、模造紙の上で実際の車型ロボットを動かした。

動かす手順は次の通りである。



図6 車型ロボットの制御画面

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。なお、この授業も2時間で行っている。

## 5. 授業についての考察

### 5.1 生徒の反応

昨年度は、目的のひとつである、実際にはうまくいかないということは、車型ロボットを動かしてみること、すぐに理解ができたようである。しかし、何が問題となつてうまくいかないのかということ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。

今年度については、4時間分の授業終了後アンケートを取った。

有効回答は10枚である。

- ✓ 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)
- ✓ 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)
  - ・少し役に立つ(4人)
  - ・あまり役に立たない(1人)
- ✓ 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。

- ✓ 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えますか？
- ・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。

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、後に車型の授業をすることで、理解が深まることも考えられる。

## 5.2 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など、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、ロボットに深入りさせないように、ここを省いていたが、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。

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る。

簡単な命令しかできないため、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。

## 6. 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>5)</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動かしながら、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。

## 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) 久野靖, 辰己丈夫, 他, 「情報科教育法」改訂2版, オーム社(2009)
- 4) 1時間で学ぶソフトウェアの仕組み  
<http://kanemune.eplang.jp/diary/2008-11-06-.html>
- 5) 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/>