

# OpenGL を用いた自動車制御のシミュレータ

情報工学科 26 番 土屋久志, 指導教員 東海林智也

## Simulation of the automatic car via OpenGL

TSUCHIYA Hisashi

**Abstract :** We propose a simulator which helps the production of complete automatically driven cars. In this simulation, Q study is used in order to select the route of the car. Furthermore, the fuzzy theory is applied in order to control the car. Thus the car can run towards the destination.

**Key words :** OpenGL, Q study, fuzzy theory, maze problem, simulator

### 1. 目的

本研究は自立走行可能な自動車をシミュレートすることを目的とする。シミュレートする自動車は自ら目的地までの経路を選択して走行するものである。経路選択手法としてQ学習を用いる[1][2][3]。また曲がり角や障害物を避ける場合において滑らかに移動がおこなわれるようにファジィ理論を用いる[4]。グラフィックスライブラリとしてOpenGLを用いる[5]。

### 2. Q 学習

#### 2.1 Q 学習について

Q学習は強化学習の1つでありWatkinsによって考案された[1][2][3]。Q学習はマルコフ決定過程の環境では学習パラメータが適切に調整されてあれば最適解への収束が証明されている学習手法である。本研究ではQ学習により自動車が目的地までの最適な経路を学習する。

#### 2.2 Q 学習の式

Q学習は以下の式によって反復学習される

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha[r + \gamma \max_{a' \in A(s')} Q(s', a') - Q(s, a)] \quad (1)$$

Q(s,a) : 状態sにおいて行動aをとるときの価値

r: 状態sから次の状態s'への遷移において得られる報酬値

α : 学習率

γ : 割引率

行動aが行われると状態sがs'に遷移されQ値が更新される。Q値の更新を繰り返すことによってQ値が収束して最終的に報酬値rと等しくなる。

#### 2.3 Q 学習の応用

今回作成するシミュレータでは、Q学習の特性であるQ値が最適解に収束するという事を利用して目的地までの最短経路を算出している。ここで式(1)の各パラメータは

状態s : 対象の座標

行動a : 上下左右の移動

という対応になる。今回はQ値がプラスの値になれば収束したといえる(図1)。

```
#####
#x  ###
###  ###
#      #
#####
# # E#
#####
```

### Q値が収束した状態

```
[x] 1 [y] 1 [U] -20 [D] -20 [R] 12.648 [L] -20 :
[U]->0.000000 [D]->0.000000 [R]->1.000000 [L]->1.000000 f = 0.250404
-> RIGHT update Q = 12.648025
```

```
#####
#x  ###
###  ###
#      #
#####
# # E#
#####
```

### Q値が収束してない状態

```
[U]->0.000000 [D]->0.333333 [R]->0.666667 [L]->1.000000 f = 0.808741
-> LEFT update Q = -0.100000
```

図1 Q 学習の実行

### 3. ファジィ理論

#### 3.1 ファジィ理論について

ファジィ理論は人間が得意とする「あいまいさ」をコンピュータに適用した理論である[4]。ファジィ集合の演算によってファジィ推論を行って制御出力値を得ることが出来る。

#### 3.2 ファジィ制御について

ファジィ理論を使用して、あるシステムのそのとき最も理想に近い行動を選択する制御法のことである。今回作成するシミュレータではこのファジィ制御を用いてハンドル、アクセル、ブレーキを制御している。自動車が走っていてカーブが近づいてきた際に、カーブの半径や自動車のスピードなどをファジィ理論を用いて算出してハンドルの舵角やスピード調整などを行う。

### 4. OpenGL

OpenGL はシリコングラフィックス社が開発した OS に依存しない3次元グラフィックスライブラリである[5]。本研究ではシミュレーションを3次元で表現するためOpenGLを用いる。

### 5. シミュレーション

#### 5.1 実験

3次元空間上に壁となるブロックを配置し、自動車が初期地点から目的地までQ学習を用いて最適経路を学習し

て走行する。曲がり角においてファジィ理論を用いることによって滑らかな走行となるようにする。3D表現のためにOpenGLを用いる(図2~4)。

## 5.2 実験環境

OS : WindowsXP  
 使用言語 : C言語  
 OpenGL32を使用

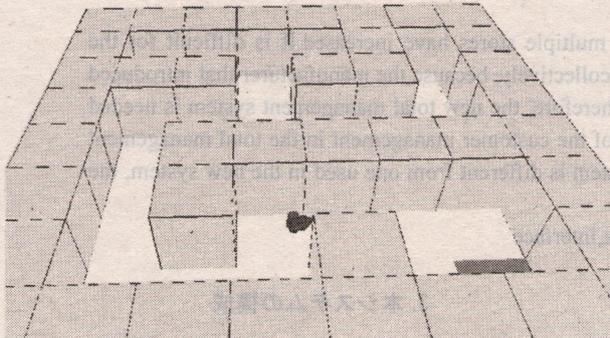


図2 シミュレータ実行画面

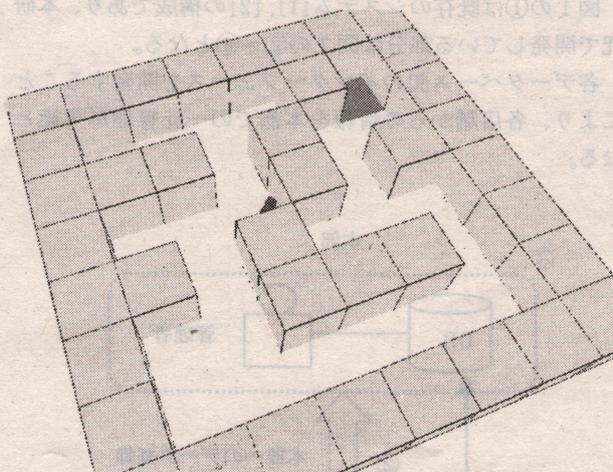


図3 マップ変更

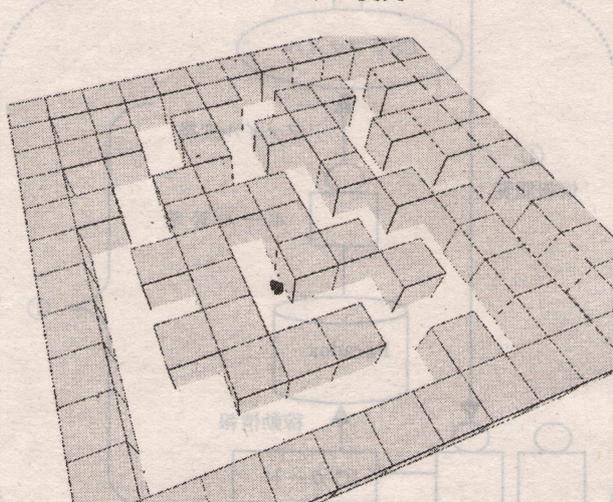


図4 複雑なマップ

## 5.3 結果

Q学習の学習率を0.1とし初期学習の回数を10000回に設定した。その結果8×8のマップの場合ではQ値が収束して自動車は最適経路を走行するようになった。一方、12×12の複雑なマップの場合ではQ値が収束しな

かった。この原因としては学習回数が10000回では足りなかったということが考えられる。ただし学習回数を多く設定すると初期学習に時間がかかり動作が遅くなる問題があるため、学習回数と動作速度のバランスを考える必要がある。

ファジィ制御の方も簡単なマップなら問題なく動作したが、複雑なマップになると動きがおかしい部分があったためファジィ制御の演算方法を考え直す必要がある。

以上より次のことが考察される。

(1)Q学習は比較的簡単なマップならば適切な学習率などを設定していれば最適経路を割り出すことが出来る。

(2)ファジィ理論は適切にルールを設定すれば滑らかに動作する。

## 6.まとめ

Q学習とファジィ理論を搭載したシミュレータを作成し動作実験を行った。その結果簡単なマップなら問題なく動作した。

今後の課題として、平坦な道だけではなく坂道や立体交差についても考察する。また複雑なマップについて正常に動作させることも考察する。

## 参考文献

- [1]Wakins,C.J.C.H.andDayan,P.,TechnicalNote:Q-Learning,Machine Learning,8,pp.55-68,1992.
- [2]川上敬,板垣英樹,木下正博,大堀隆文,強化学習による群エージェントの行動観察による一考察,情報処理北海道シンポジウム2005,pp.117-118,江別市,2005.
- [3]高玉圭樹,マルチエージェント学習-相互作用の謎に迫る-,コロナ社,2004.
- [4]酒井幸市,VBで学ぶコンピュータ応用,コロナ社,1999.
- [5]クレイトン・ウォルナム,Win32OpenGLプログラミング,ピアソンエデュケーション,2000.