

連続世界におけるエージェントの 学習と意思決定に向けて

情報科学科 4 回生 新出研究室 濱田百合

概要

我々は BDI モデルを用いた実世界における合理的エージェントの学習と意思決定に関する研究課題に取り組んでいる。実世界エージェントの実現においては、いきなり学習を行うのは難しいため、まず、仮想世界におけるエージェントのシミュレーション環境を実現する必要がある。我々は、カヌーレーシングをテストベッドとし、これに必要なシミュレーションを行えるシミュレータを作成した。

1 はじめに

我々は、実世界で環境が変化しても学習や意思決定をしながら動く合理的エージェントの作成に取り組んでいる。このようなエージェントの実現をいきなり実世界でするのは難しいので、まず仮想世界におけるエージェントのシミュレーション環境を実現する必要がある。

2 章で述べるように、実世界でのエージェントは、仮想世界とは異なる様々な問題に直面する。その一つとして、実世界は常に動的に変化しているためそれを離散的（グリッドワールド）に記述することができない。またエージェントが実世界で環境が変化しても動くにはスキルを獲得する必要があるので、エージェントはスキルに関する学習も必要である。そこで、我々は連続世界で身体性を持つエージェントが、実世界の持つ様々な問題点を考慮し、スキルを獲得しながら動くシミュレータを作成することを目指している。

テストベッドとしてカヌーレーシングを用い、実世界のカヌーレーシングでの基本行為および環境との相互作用を表現できるシミュレータを目指した。ここで述べる基本行為とはエージェントの 1 つの動作の最小単位であり、達成すべきプランの構成要素である。

本研究は奈良女子大学理学部情報科学科久妻との共同研究である。本論文では、主にシミュレータに要求される性能の分析とそれに応じたシミュレータの設計、およびエージェントとシミュレータとの結合について述べる。

2 実世界にて生じる問題

[2] で述べられているように、心理学者戸田正直が提案した「キノコ食い」[1] のような完全エージェントが身体性を有して、実世界で長い期間生き延びて機能するためには、仮想世界とは異なる以下のような問題が生じる。

1. 情報取得に時間がかかる。例えば、隣の部屋にプリンタがあるのか知りたければ、行ってみるか、だれかに聞くか、あるいは、ネットワーク構成図を見なければいけない。

2. 極めて限られた情報しか得られない。例えば、サッカーゲームにおいては自分の視界の範囲の情報しか得られない。
3. 物理デバイスは外乱や故障から逃れられない。
4. 実世界は離散的に記述できない。
5. 実世界は固有のダイナミクスで常に変化している。
6. 実世界は極めて複雑なダイナミカルシステムであり、その非線形特性と初期値に対する鋭敏性ゆえに、本質的に予測不可能である。

つまり身体性を持ったエージェントは実世界から情報を取り出すためには、時間を要し、結果的に得られたものも部分的に観測されたものに過ぎない。また、誤差が必ず含まれていて、都合よく離散化することはできないし、エージェントは同時に複数のことを行わなければならない。そして実世界はエージェントの行動に反応するだけでなく、それ自身が動的に変化し続ける。

3 シミュレータに要求される性能

前章のような問題があるため、実世界でのスキルを学ぶためのシミュレータとしては、離散世界に基づくものでは不適で、連続な環境でスキルを学習できるシミュレータである必要がある。本節ではシミュレータに要求される性能について述べる。

3.1 シミュレータに必要な基本的環境とエージェントの基本行為

まず、第一段階として、シミュレータに必要な環境を以下に述べる。ここでのエージェントとはカヌーのことである。

1. グリッドではなく連続でしかも形が自由に与えられる川
2. 川の流れが一定でなく場所によって、時間によって変わる(ただし簡略化の要請からここでは流れを升目ごとに一定とした)
3. エージェントが岸や川にぶつかるなど行為の失敗もありえる
4. 川の流れと漕ぎ方を反映してボートが動く必要がある
5. エージェントがゴールを目指して漕げるよう、シミュレータがエージェント側からの操作を反映できる

また、カヌーレーシングのシミュレータ作成にあたって、5つの基本行為を設定した。「前進」、「後進」、「動作の停止」、「手前横方向へ動く」、「横方向へ動く」の5種類である。これらの基本行為をエージェントが実行する。そしてエージェントが環境から、「岩にぶつかった」や「新しい位置に移動した」などの知覚を得る。

3.2 エージェントの学習

次に第二段階として、エージェントが基本行為と知覚を使った学習を行える必要がある。その上で学習すべき技能には基本的スキルと実践的スキルがある。

3.2.1 基本的スキルとは

基本的スキルは次に挙げる2点のスキルがある。1つ目は、「ゆっくり直進する、はやく直進する…」などの速度に関するスキルである。2つ目は、「目標地点を目指す、障害物を回避する…」などの意図に関するスキルである。

3.2.2 実践的スキルとは

これらの基本的スキルを学習後、カヌーレースのコース上の最終ゴールに到達するために設定されたランドマーク（サブゴール）に到達するための実践的スキルを学習する。ランドマークはコーチが目標地点という形で与えるものとする。エージェントはその与えられたランドマークを教示として、最終ゴールに到達するためにこれら階層的スキルの獲得を目指す。これら階層的スキルが身についた後、カヌーレーシング競技会に臨む。コーチは競技場コースの地形とゴールに到達するためにランドマーク列（サブゴール列）をエージェントに与える。エージェントは練習コースで学習した階層的スキルを用いて、その日、そのときの競技場コースの状況に応じて、ランドマークを適宜、調整することでゴールを目指すことができなければならない。

4 シミュレータの設計

前節で述べたような要請から、シミュレータは以下のような設計になった。画面上に川の形状と流れの速さ、エージェント(カヌー)の位置と方向などを表示する。そして Jason 側からのエージェントの基本行為による操作と環境からの作用(川の流れ)を反映して、次のカヌーの速度と位置、あるいは岩や岸にぶつかるかどうかなど行為の結果が決まる。それによってエージェントが得るべき知覚がシミュレータから Jason 側に返されるように設計した。

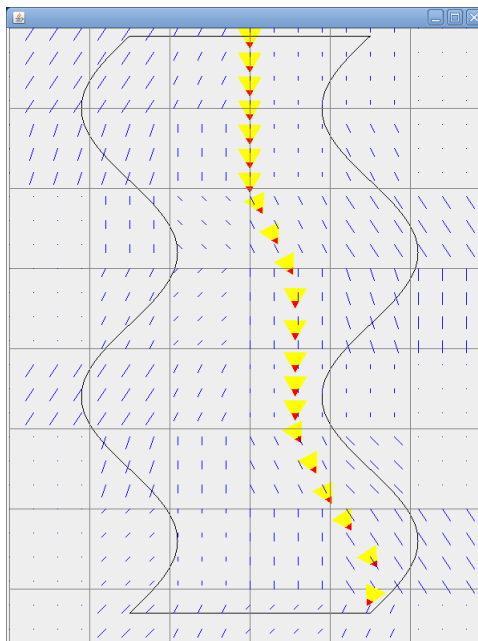


図 1: 前進

画面の説明は以下で述べるようになる。青い線の向きは川の流れの向きを表す。また、青い線の長さが長いほど、川の流れがはやいことを表す。実際の川は場所や時間

によって流れのはやさが違い、これらをシミュレータ上で描画するのは難しい。膨大な川の情報をシミュレータ上で表現するために、今回は川の描画にあたって、まず目で区切ることにした。

エージェントは黄色い三角形で表している。赤い三角形は、エージェントの前方部分であることを示す。エージェントはグリッドワールド（マス目）ではなく連続世界で動く。

図 2: 後進

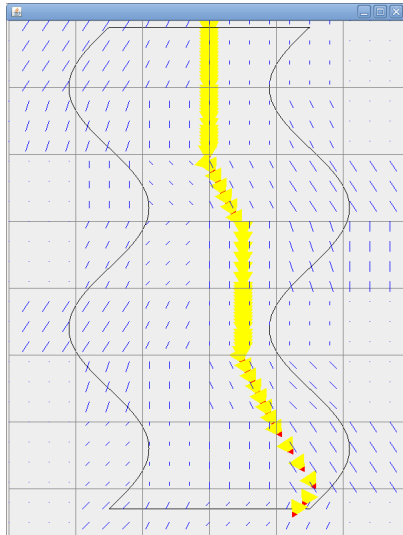


図 3: 動作の停止

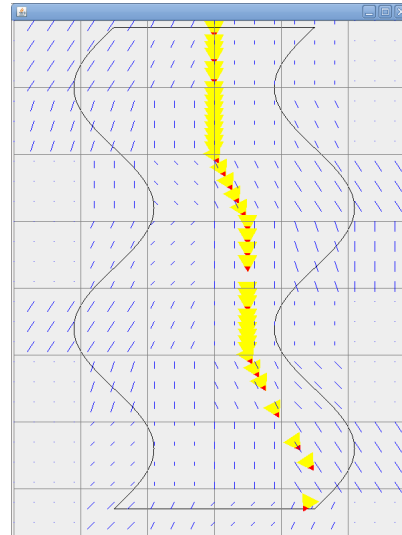


図 4: 右へ曲がる

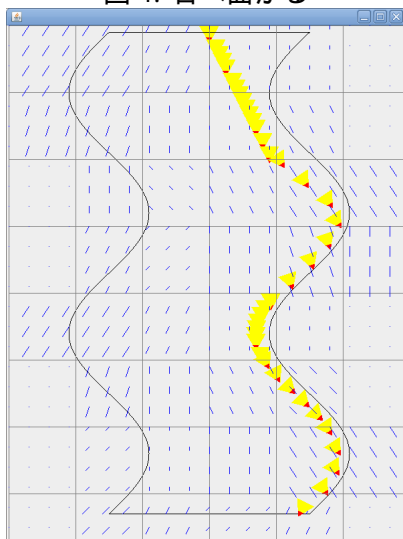


図 5: 左へ曲がる

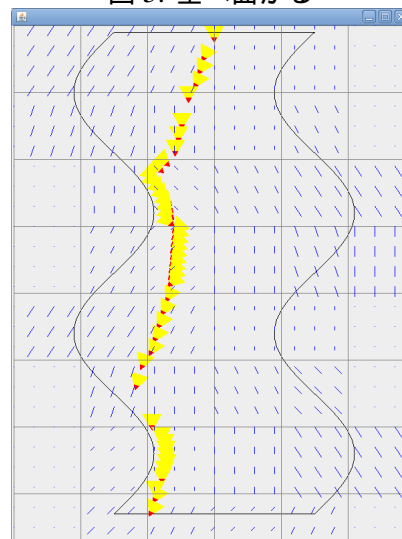


図 1（前進）の場合、エージェントは川の流れとエージェント自身の速度により元の位置から次の位置に移動する。これらを繰り返すことでエージェントは川を前進していく。図 2 から図 5 にエージェントが前進以外の基本行為である、「後進」、「動作の停止」、「右に曲がる」、「左に曲がる」をしているシミュレータの図を示す。また図 1 から図 5 において、エージェントは最初から最後まで同じ漕ぎ方をし続けている。

図 1（前進）の場合、エージェントは川の流れとエージェント自身の速度の合計の速さで動いているので図 1 から図 3 の中で一番エージェントの速度が速い。図 2（後進）の場合、エージェントは川の流れとそれに逆らうようにエージェントが動こうとしているので、図 1 から図 3 の中で一番エージェントの速度が遅い。図 3（動作の停

止)の場合、エージェントは川の流れのみの速さで動いている。速度の見分け方は、エージェントとエージェントの距離があればあるほど、一度にたくさん進んだことになるので、速度が速いことになる。また、エージェントとエージェントの距離がほとんどなかったり、重なっていると速度は遅いということになる。

5 シミュレータの開発

本論文では Jason エージェントとシミュレータの結合、および基本行為の設計について述べる。

5.1 シミュレータの開発環境

カヌーのシミュレーション環境の実装言語として Java で実装した。なぜなら Jason では環境を Java で記述するようになっていているからである。エージェントのシステム環境として Jason を使用した。

Jason とは人間の意志決定過程を考慮した BDI モデルを基礎としたインタプリタである。Jason は目標を達成するために信念ベースとプランライブラリを用いて意図を生成し、行動を行い環境と相互作用することによって新しい知覚を得る。これを繰り返すことでエージェントは目標を達成しようとする。Jason はそのエージェントが置かれる環境モデルを Java を用いて実装する。そしてエージェントとその環境との相互作用が可能になる。

5.2 エージェントとシミュレータの結合の実装

ここではエージェントとシミュレータの結合部分の実装、特に自前で定義した基本行為をエージェントが実行した際にそれをシミュレータ側に伝えて環境に作用させる部分の実装について述べる。

図6は今回作成したシミュレータのエージェント実装の全体像である。

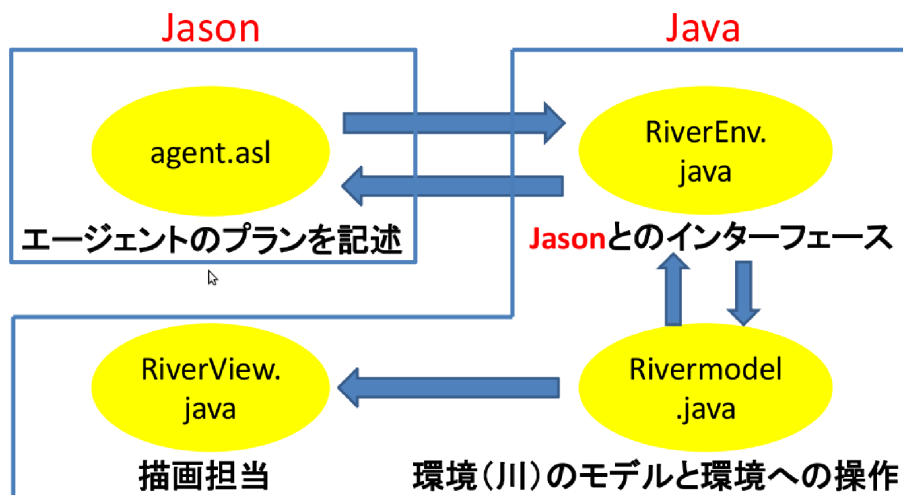


図6: エージェントの実装の全体像

- agent.asl : エージェントのプランを記述

- RiverEnv.java :Jason とのインターフェース
- RiverModel.java :環境 (川) のモデルと環境への操作
- RiverView.java :描画担当

図7はエージェント結合のために Jason と Java を結合させた部分の図である。

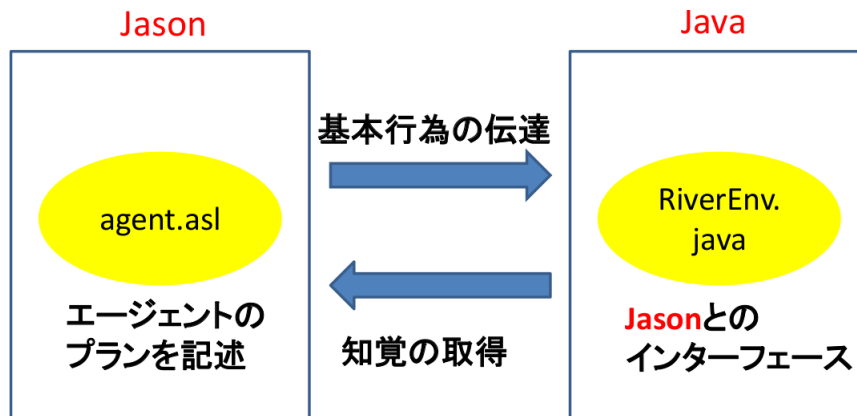


図7: エージェント結合

Jason では asl ファイルと呼ばれるファイルにエージェントのプランを記述する。そこで、asl ファイルに環境に対する基本行為や環境からの知覚を書いて環境との相互作用を行えるようにする必要がある。Jason には、基本行為の実行を Java 側の Environment クラスの executeAction メソッドで受け取る機能が用意されているので、ユーザは Environment クラスのサブクラスでこのメソッドをオーバーライドすることによって、特定の基本行為が来た場合の動作を定義することができる。この機構を利用し、川の環境を Environment クラスのサブクラスとして定義することができる。

今回のカヌーの例では、エージェントの達成すべきプランを agent.asl に記述した。下記に agent.asl の実例の一部を示す。これはエージェントが基本行為 move_towards を実行し続ける、つまりずっと前に進むというものである。

```
!move.

+!move
:true
<- move_towards;
!move.
```

agent.asl において、!move は move というエージェントの達成すべきゴールが加わっていることを示している。そして、その後のプランとして、move_towards はエージェントが前進し続けていることを示す。

また RiverEnv.java の executeAction メソッドでは、下記のようにして、基本行為 move_towards が来たときの動作を定義する。

```
if (action.getFuncutor().equals("move_towards")) {
    result = model.moveTowards(agent);
}
```

RiverEnv.java の方で、まず asl ファイルに書かれた基本行為 (ここでは、前進を示す move_towards) が Jason 側から伝わってきたとき Java 側では action.getFuncor() でその基本行為の名前を文字列として受け取れる。そして、model.moveTowards() で RiverModel 側が持っている環境の変更を行って行為の結果 (成功したかどうか) を値として返している。このようにすることで、Jason と Java を結合させることができた。

6 まとめ

本研究により、Jason とカヌーシミュレーション環境を書いた Java を結合させることができた。このことにより、Jason の asl ファイルのプラン内にカヌーレーシングも必要な基本動作を記述し、エージェントが実世界の環境上 (川) で移動するシミュレータを作成することができた。つまりカヌーが川にそって動き、漕ぐことができた。(3.1 節の 1、4 と 5)

今後の課題としては、3.1 節から分かるように以下のことが必要である。

- 行為が失敗したかどうかを知ること (つまり知覚を得る、そのためにはセンサからの情報を受け取れることが必要 3.1 の 3 相当)
- 川の流れが時間によって変わること (3.1 の 2)

また 3.2 節で述べたように学習ができることも必要である。2 章で述べたように実世界では、物理デバイスの外乱や故障があったり、完全な情報を得るのが難しい。しかし、これらのことに考慮しつつエージェントが実世界での知覚により近づけるようにする必要もある。

謝辞

本論文の執筆及び研究にあたり、親切にご指導していただいた新出 尚之准教授に深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Toda, M.: Man, robot, and society: models and speculations, M.Nijhoff Pub.(1982)
- [2] 高田司郎, 新出尚之. 行為のアトラクター状態を考慮した知能ロボットについて. In Proc. of JAWS2012, 2012.
- [3] 久妻さゆり. 実世界におけるエージェント構築に向けたシミュレーション環境の作成 奈良女子大学 卒業論文, 2013.