

RoboCup-Rescue の強化学習における マップ再編集機能の構築について

奈良女子大学
理学部情報科学科
学籍番号 05251679
須川 真佑

平成 21 年 2 月 16 日

概要

RoboCup-Rescue は強化学習の研究として極めて挑戦的なテーマである。RoboCup-Rescue は問題の規模が大きいため、興味を持ち初めて参入しようとする研究者にとっては、まず問題を小さくして全容を把握しやすくすることが望まれる。

現在、RoboCup-Rescue のために提供されているツールには、これができないことがわかった。本研究ではこの点を解決するため、街を表すためのデータである「マップ」を自由に再編集できる機能を構築した。これにより、問題を小さくして把握しやすくすることが可能となった。本論文では既存のツールの問題点について述べ、さらに本研究で構築したマップ再編集機能について述べる。

1 はじめに

RoboCup とは「2050 年までに、完全自律型ヒューマノイドロボットで、FIFA のワールドカップチャンピオンに勝利する」という目標を掲げたプロジェクトである。しかしながら、RoboCup 設立のそもそもの目的はサッカーロボットの完成ではない。サッカーという一般に理解されやすく、かつ高度な技術革新を必要とするテーマを掲げ、その達成の過程でさまざまな技術を生み出すことに、本来の目的がある。そしてその技術は、災害救助や福祉、環境問題、さらに知的交通網やさまざまな知的分散システムなど、社会的にインパクトのある分野に应用され、次世代産業の基盤となる技術となることを目的としている。サッカーを最初の問題として取り上げたのは活動基盤を作るための戦略であり、災害救助のように想定される実世界の応用に深く関係する技術と共通の問題がそこに集まっているためである。

RoboCup には派生プロジェクトがいくつかある。その一つが RoboCup-Rescue[2] であり、災害救助をテーマとしたものである。RoboCup-Rescue は機械学習の研究として極めて挑戦的なテーマである。未知の環境に対する機械学習手法として代表的な強化学習 [1] が手法としては適している。

RoboCup-Rescue には、消防隊・警察官・救急隊・市民など構成要素が多く、問題の規模が大きい。このため、興味を持った研究者が参入するには、まず問題の規模を小さくして単純化し、問題の全容を把握しやすくすることが必要であると考えられる。しかし、提供されているシミュレータ [3] など各種環境は、RoboCup-Soccer に比べ整備されておらず、ドキュメントも少ない。特に、街を表すためのデータである「マップ」の編集機能が極めて不十分であるため、マップを小さくすることができない。このため、問題の単純化ができず、研究者にとって参入の障壁になりかねない。

そこで、本研究では強化学習も組み込んだ今後の研究を容易にしていくためにマップの再編集を行える環境を構築した。

2 Robocup-Rescue とは

2.1 RoboCup-Rescue について

Robocup-Rescue は RoboCup-Soccer で培われた技術を災害救助に利用しようというプロジェクトである。大きくわけて、地震などの大規模災害時を想定して救助戦略を発展させようというシミュレーションの部門と、災害現場で救助に役立つ自律型ロボットの開発を推進する部門の2つが存在する。

現在主に、以下4つのプロジェクトから成り立っている。

- シミュレーションプロジェクト：包括的災害救助シミュレータの開発と、それをを用いた救助戦略の研究。計算機内の仮想災害空間の中で防災・救命救助ソフトウェアエージェントが活動する。シミュレータは、実際の救助活動に応用できるように順次改良を重ねている。同時に、シミュレータを世界中の研究者に公開し、それを利用して救助戦略などの研究を推進する。
- ロボティクス&インフラストラクチャプロジェクト：防災・救命救助を行うロボットシステムおよび、ロボットシミュレータが存在する環境で人間の救助隊が装備すべきデジタル機器、さらには災害に対して頑健な都市住居の情動的基盤も含めた研究を行う。
- インテグレーションプロジェクト：シミュレーションという仮想空間と災害という実空間が統合され、災害空間において協調した防災・救命救助活動を行う。この段階で、シミュレーションシステムはリアルタイムレスキュー・デিশジョンサポート・システムへと段階を移行する。
- オペレーションプロジェクト：開発された技術の実用化・運用化を検討する。

これらのプロジェクトは図1のように、並行に推進することが可能である。

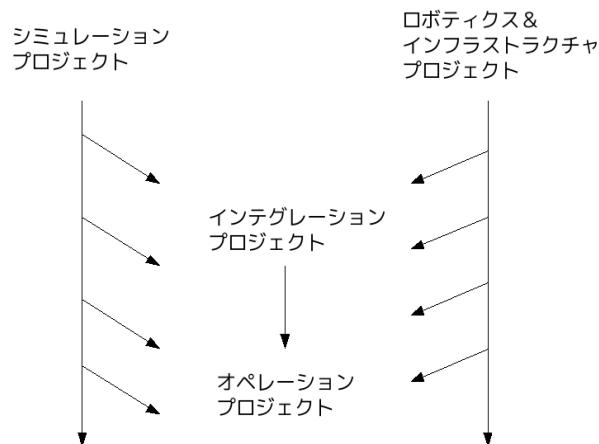


図 1: RoboCup-Rescue プロジェクト

2.2 シミュレーションプロジェクトの環境の問題点

2.1 節で述べた 4 つのプロジェクトのうち、本研究で扱うシミュレーションプロジェクトには、必要となるシミュレータなどの各種環境が提供されている。しかし、1 章で述べたように、これらの環境には、マップの編集機能が不十分であるという問題点がある。

現在提供されているマップの編集機能としては、GUI により部分的に環境の変更を行うツールがある。しかし、このツールには欠点があり、マップを自由に小さくすることができない。具体的には以下の問題点がある。

1. サイズ変更機能のバグ

GUI により提供されている環境でマップを編集し、標準で提供されているマップは細かく入り組んでいる。そのため、このツールでマップの範囲を狭めるとともにマップの縮尺を拡大し、道などを大きく表示することを期待して、縦幅と横幅を標準値から小さい値に変更してみた。しかし、実際には道などが極端に細かい、複雑なマップが生成され、期待の効果が得られなかった。

図 2 に GUI により提供されている現在のマップを示し、図 3 に提供されている変更ツールを利用し変更して細かく作成されたマップを示す。

2. 構成要素を減らす機能の欠落

提供されている環境には、道の数や建物の数を減らす機能がない。そのため、マップを簡略化することができない。

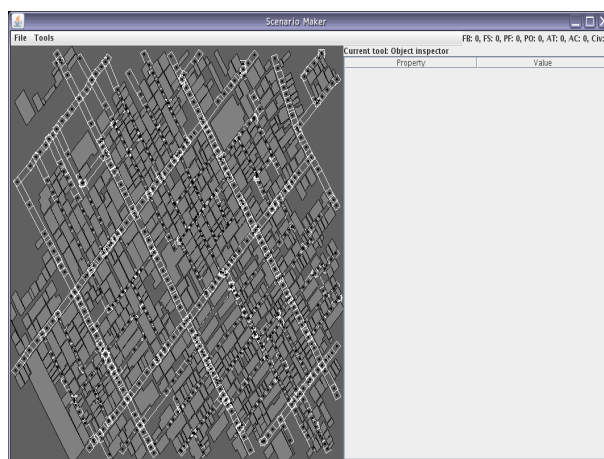


図 2: 現在のマップ

3 データ構造

以上のように、既存のマップ編集機能には欠点がある。そこで本研究では、マップ編集機能を新たに開発することにした。しかし、現在提供されているプログラムには、マップのデータ構造に関

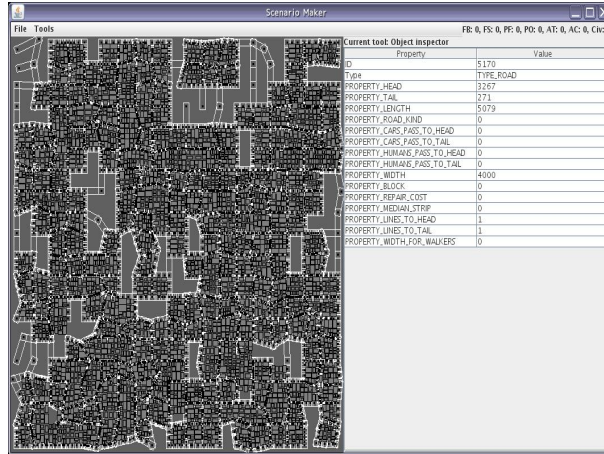


図 3: GUI により提供されたツールを利用し変更したマップ

表 1: データファイルの構造

node.bin の構造	road.bin の構造	building.bin の構造
整数 3 つ (ダミーデータ)	整数 3 つ (ダミーデータ)	整数 3 つ (ダミーデータ)
頂点の個数 k	道の個数 k	建物の個数 k
1 つ目の頂点データ	1 つ目の道データ	1 つ目の建物データ
⋮	⋮	⋮
k 個目の頂点データ	k 個目の道データ	k 個目の建物データ

するドキュメントは添付されていない．そこで本研究では，公開されているソースを読んでデータ構造を解析した．

本章ではマップのデータ構造について述べる．

マップは，node.bin, road.bin, building.bin の 3 つのファイルから構成されている．node.bin には道の頂点を，road.bin には道を，building.bin には建物を表すデータが入っている．以下にそれぞれのデータ構造を示す．

3.1 データファイルの構造

node.bin, road.bin, building.bin の中の全てのデータは 4 バイト整数で表されている．従って，整数 n 個からなるデータは $4n$ バイトである．これらのファイルの全体のデータ構造はどれも共通で，表??のようになっている．

3.2 頂点データの構造

頂点データ 1 つの構造を表 2 に示す．表中の「データ名称」としては，配布されているシミュレータプログラムで用いられている変数名を用いた．

「ショートカット」とは、交差点に接続する道のそれぞれについて左折用車線の本数を表すデータ (建物に対しては0)、「ポケット」とは同様に右折用車線の本数と、それぞれの車線に入れる車の台数 (従って整数が $2 \times \text{numEdges}$ 個) である。また、信号の秒数は、それぞれの道に対し青信号・黄信号・右折のみ青信号の秒数である。

表 2: 頂点データの構造

データ名称	内容
size	頂点の大きさ
id	その頂点の ID
x	その頂点の x 座標
y	その頂点の y 座標
numEdges	その頂点に接続するオブジェクト (道、建物) の数
signal	信号の有無 (0 または 1)
edges	その頂点に接続するオブジェクトの ID (整数が numEdges 個)
shortcut	左折用ショートカット (整数が numEdges 個)
pocket	右折用ポケット (整数が $2 \times \text{numEdges}$ 個)
signalTiming	信号の秒数 (整数が $3 \times \text{numEdges}$ 個)

3.3 道データの構造

道データ 1 つの構造を表 3 に示す。表中の「データ名称」としては、配布されているシミュレータプログラムで用いられている変数名を用いた。

road.bin に格納されている 1 つの道データの中には head と tail と呼ばれるデータがある。これらは道の始終点である頂点の番号である。従って、この 2 つに格納されている整数は node.bin に格納されているどれかの頂点の ID と一致していなければならない。head と tail を結んで道が作成されているので、それらの値があわなければシミュレータも動かないようになっている。

3.4 建物データの構造

建物データ 1 つの構造を表 4 に示す。表中の「データ名称」としては、配布されているシミュレータプログラムで用いられている変数名を用いた。

4 マップ変換機能の実装

本章では、本研究で行ったマップ編集機能の実装について述べる。

4.1 実装方法

3 章に述べた 3 つのデータファイルには、いずれも整数データが書かれたバイナリファイルである。従って、人間が直接テキストデータとして編集することはできない。そこで本研究では、3 章

表 3: 道データの構造

データ名称	内容
size	道の大きさ
id	その道の ID
head	道の始点である頂点の ID
tail	道の終点である頂点の ID
length	道の長さ
roadkind	道の種類
carsToHead	tail から head の方向へ直前の 1 分に通過した車の台数
carsToTail	head から tail の方向へ直前の 1 分に通過した車の台数
humansToHead	tail から head の方向へ直前の 1 分に通過した人の数
humansToTail	head から tail の方向へ直前の 1 分に通過した人の数
width	道の幅
block	道のうち瓦礫や地割れなどで通行不可能な幅
repairCost	block を 0 にするのにかかるコスト
median	中央分離帯の有無
linesToHead	tail から head へ向かう車道の斜線
linesToTail	head から tail へ向かう車道の斜線
widthForWalkers	歩行者専用部分の幅

表 4: 建物データの構造

データ名称	内容
size	建物の大きさ
id	その建物の ID
x	その頂点の x 座標
y	その頂点の y 座標
floors	建物の階数
attributes	建物の種類
ignition	火災シミュレータが発火処理を行う必要性 (0 または 1)
fieryness	建物の火災状況
brokenness	倒壊の程度
numEntrances	出入口が接続する頂点の数
entrances	出入口が接続する node の ID (整数が numEntrances 個)
shapeID	建物の図形 ID
area	1 階の床面積
totalArea	延べ床面積
code	建物の構造を表すコード番号
numApexes	ポリゴン構成座標の存在数
apexes	ポリゴン構成の座標 (整数が numApexes 個)

で述べたデータ構造に基づき各ファイルのバイナリファイルを 10 進数のテキスト表現に変換し、データの種類のタグを付けて出力するプログラムを作成した。

これにより、自由にデータを変更できるようになり、さまざまな状況にあわせたマップを作成することが可能となった。テキストデータの形式は人に理解しやすいものとなるように工夫した。次に、変更したテキストデータを元の形式のバイナリファイルに逆変換するプログラムを開発した。

これにより RoboCup-Rescue のシミュレータの動作環境において、マップの単純化が可能となり、条件を簡略化してエージェントの強化学習が行いやすくなる。変更後のマップでエージェントを活動させることが可能となるので、問題の規模を小さくしたマップを用いて各エージェントの活動を観察しやすくなり、エージェントやデータの相互関係を把握しやすくなる。

開発したマップ再編集機能を使い、例として、道を 2 本、建物を 0 個に設定したマップを図 4 に示した。

4.2 ファイル形式

node.bin, road.bin, building.bin 内の整数データは、little endian で書かれている。従って、開発したプログラムも CPU の種類によらず整数データの読み書きを little endian で行うようにした。

そのような目的のライブラリ関数として htonl, ntohl があるが、これは全ての C 処理系で利用可能とは限らない。よって、本研究では移植性を重視し、整数の入出力にはこれらのライブラリ関数を使わず、ワード単位ではなくバイト単位で入出力を行い、ビットシフト演算を用いて整数データを構築・分解するようにした。

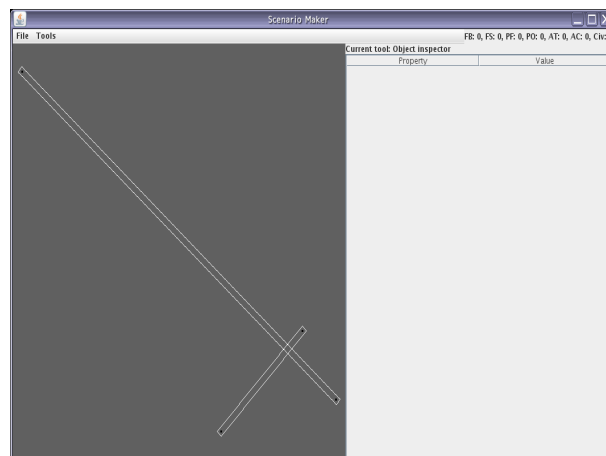


図 4: 変更後のマップ

5 まとめ

強化学習は、最終的に大きなマップを使用することが必要である。しかし本研究では、RoboCup-Rescue をテーマとして強化学習を始める人が問題の全体像を把握しやすくするためには、地図を小さくし問題を小さく考える必要があると考え、マップの再編集機能の構築を行った。

本研究により、データ内の構造を人間が把握することが可能となった。従来出来なかった環境の自由な編集が行えるようにもなった。そして、マップを単純化出来るようになったことによって、

条件を簡略化してエージェントの動作やデータとの関係を把握しやすくなり，エージェントの強化学習への参入がしやすくなる見通しが立った．

今後の課題としては，本研究で開発した環境をさらに整備し，公開することがあげられる．この環境によって，RoboCup-Rescue での学習に関わる研究への参入が容易となり，この分野がより活性化することを期待したい．

また，この環境を用いて実際に強化学習を進めることも今後の課題としてあげられる．

謝辞

本論文の執筆及び研究にあたり，いつも親身に御指導を頂いた新出 尚之准教授，鴨 浩靖助教に深く感謝し，厚く御礼申し上げます．また，たくさんの助言を頂いた藤田 恵先輩，野口 真理子先輩に感謝の意を表します．

参考文献

- [1] Richard S and Andrew G.Barto(著)，三方貞芳，皆川雅章 (共訳)，「強化学習」，森北出版，2005.
- [2] 田所諭，北野宏明 (監修)，RoboCup-Rescue 技術委員会 The RoboCup Federation，ロボカップ日本委員会 (編)，「ロボカップレスキュー 緊急大規模災害救助への挑戦」，共立出版，2000.
- [3] <http://rc-oz.sourceforge.jp/pukiwiki/>