解 説

AI プログラミング・コースにおける RoboCup サッカー・シミュレーションの利用

The Use of RoboCup (Soccer Simulation) for an AI Programming Course

Silvia Coradeschi* and Jacek Malec* *Department of Computer Science, Linköping University

Abstract

In this paper we present an AI programming organised around RoboCup: a soccer simulation system. The course participants create a number of software agents that form a team, and participate in a tournament at the end of the course. The use of a challenging and interesting task, and the incentive of having a tournament has made the course quite successful, both in term of enthusiasm of the students and of knowledge acquired. In the paper we describe the structure of the course, discuss in what respect we think the course has met its aim, and the opinions of the students about the course.

1. は じ め に

我々は 1997 年度の秋学期に、スウェーデン、リンコピン大学の計算機科学科の人工知能プログラミングの科目 (Artificial Intelligence Programming, AIP)[†] を担当した。この科目の主目的は、知識ベースを用いた高度なソフトウェア・システムの構築を学生に習得させることにある。AIP を履修する学生は計算機科学コースの 3 年生と計算機工学コースの 4 年生である。本科目の履修にあたっては、事前に人工知能の入門とインクリメンタル・プログラミング (Common Lisp) に関する科目を履修していることが要件となっている。本科目の評価は演習課題の可否のみによって行われ、主に試験の結果で評価される他の多くの科目とは一線を画している。

最近数年間学生の本科目に対する評判は芳しくなく (退屈で時間がかかる)、履修する学生数も減少してきていた。1996 年度は 5 名の学生が履修し、そのうちわずかに 2 名のみが全演習課題に合格したにすぎない。

この状況を打破するために、我々はチャレンジングな課題を導入することに決めた。学生がそれまでに人工知能入

門の講義などで学習した AI 技術を使用することに興味を持ち、学期の途中で本科目を放棄することなく、最後には稼働しているシステムを完成するような動機付けを与えたかったのである。

我々は本科目の主たる演習課題として RoboCup^{††} を取り上げた。RoboCup は、広範囲の技術を統合し検討できるサッカーという標準問題を設定することによって、AI および知能ロボット研究を促進しようとするイニシアティブである [1][2] (訳注: 邦文文献としては [3] がある)。毎年国際会議や実ロボットとシミュレーション環境を用いた競技会が実施されている。AIP の目的がプログラミング技術の修得にあるので、本科目ではシミュレーション環境を用いることにした。授業の最後には RoboCup トーナメントを行い、学生に自身の解決策を発表し他の学生のプログラムとの対戦を行う機会を与えた。

以降本報告では、授業の構成、今回の試みの目的が達せられたかどうかの分析および学生による評価についてまとめ、最後に我々自身の結論を述べる。

2. 授 業 の 構 成

本科目は 1 年のうちの半期に渡って行われ (約 4 ヶ月)、2 時間の講義 4 回、10 時間のゼミ、52 時間の演習時間からなっている。

講義は RoboCup の枠組みと学生が使うことになると考えられる基本的な AI 技術の紹介に充てる。第 1 回目の講義では、RoboCup および学生が解くことを期待されている諸問題への導入を行う。第 2 回目の講義では Brooks のサブサンプリング・アーキテクチャから古典的な AI のアーキテクチャ (知覚-思考-行動) に至る種々のエージェント・アーキテクチャについて説明する。学習については第 3 回目の講義で取り上げる。最後の講義ではエージェントからなるチームを開発する際の問題点やプログラミングにおいて重要となる実際の側面について紹介する。この講義は以前 RoboCup のトーナメントに参加したことのある人間によって行われる。

原稿受付 1998 年 2 月 6 日

キーワード: RoboCup, Artificial Intelligence, Programming Course

*581 83 Linköping, Sweden

[†]<http://www.ida.liu.se/~jacma/official/aip.html>

^{††}<http://www.RoboCup.org/RoboCup/RoboCup.html>

ゼミは主に学生が自分達のエージェントのアーキテクチャについて議論したり教師や他の学生からのフィードバックを得るために使われる。学生は学期の最初に以前の RoboCup のチームについて説明した文献を与えられており、そこからヒントを得ることができるように考慮されている。

演習時間中は学生には複数の Sun Sparcstation が与えられており、設計上、インプリメンテーション上の問題について教師から助けを得ることができる。

本科目の単位を取得するためには、最初に与えられた仕様を満足するエージェントを作成し、最後のトーナメントに参加することが求められている。またレポートの課題も二つ課せられている。一つは自分が実装しようとしているエージェント・アーキテクチャについてであり、もう一つはトーナメントのあとに、用いたアーキテクチャとその実装についての妥当性と問題点について考察・議論したものである。

3. 本科目は目標を達成したか

本科目が成功したか失敗したかを評価するにはなんらかのクライテリアが必要である。ここでは大学の履修科目案内に記載されている本科目の公式な内容に照らした評価と、学生が本科目を履修して何か有益なことを学んだかについて彼らの満足度にも注意を払いながら分析を試みる。

公式には人工知能プログラミングの科目の目標は、一般に人工知能と関連づけられている様々なテクニックの実装を学び、学生が今後構築する（ソフトウェア）システムにおいて使えるようになることを期待している。この観点からすると RoboCup は部分的にしか目的を達していない。なぜなら学生は自分のソフトウェア・エージェントがどのようになり、どの実装技術を使い、システム設計上の解（アーキテクチャ、機能、表現能力、実装言語）がどのようになるのか、かなり早い時期に決断することになるからである。他方では、学生は使えるかも知れない様々なアーキテクチャ、表現形式、エージェントを実装する際の異なった機能上の可能性などについて授業の最初に学ぶ。この間何本もの論文を読み議論が行われる（講義時間の全部、ゼミの大半、そして演習時間のうちのいくらか）。のちに学生は自分の設計上の決断やその理由を述べた設計仕様をまとめることになっている。このようにして我々は、授業のより実部分的な部分に進む前に、学生が期待されるだけの背景的な知識を吸収できるようにした。

RoboCup を AI プログラミングの実践的な課題として見た場合の批判として、AI と関連のない多くの知識を要求されるという点がある。例えばリアルタイム・プログラミング、プロセス・プログラミングなどである（本学科はプロセス・プログラミングの科目も開講しているが、AIP

を履修する学生がこの講義をすでに履修済みであることは期待できない）。実際この点は学生にとって最大の不満であった。すなわちシステムの構築時間のうちのかかなりの部分を他のことを学ぶのに費やさなければならなかった、というのである。何人かは自分のエージェントとサッカー・サーバとをソケットを介して通信させるにはどうしたらよいか解明するのに膨大な時間を費やした。何人かの学生が Lisp を使っていたことも問題を難しくしていた。

しかしながら、学生は授業の最後まで大変熱心であった。学生による授業評価の回答によれば、すべての学生が RoboCup は本科目で取り上げるのに良い課題であると考えている。さらに我々は本科目を履修する学生数の減少を食い止めることに成功した。8 人の学生が講義に出席し、5 チームが最終トーナメントに参加した。この点からすると我々は本年度の授業は成功であったと考える。

変わって学生が本科目の間に得た知識という点を分析すると、本科目の評価は間違いなく良いと言える。古典的な AI の実装技術を学んだという以外に、学生は複雑な自律システムにおける反射的動作と計画的な行動、マルチエージェント・システム、エージェントの協力と協調（実際最後の二つのトピックは人工知能の基礎科目では触れられていない）、そして、リアルタイム・プログラミングと多言語システムの実装について学ばなければならなかったことを忘れてはならない。

本科目の今後について考えてみると、二つの方向性が考えられる。一つは従来通り AI プログラムを主眼とする方向であり、もう一つはエージェント・ベースのプログラミングに移行していく方向である。第一の方向を採るなら本科目は 1 年の 3/4 にまで拡大すべきである。学生達はシステムの開発に充てられた時間が十分でないと考えている。科目の最初では（1 年の 1/4）、AI プログラミングの一般的なパラダイムに焦点を絞り、残りの期間は RoboCup のコンテストに参加できるだけのマルチエージェントのチームを徹底的に設計、実装、テストする機会を与える。

第二の方向性を採るなら、協力と協調に関する理論的な基礎を含めてマルチエージェント・システムについてもっと情報を与えるようにすべきである。ただしこれらに関連のない技術については触れないことになる。科目のタイトルも「エージェント・プログラミング」か類似のものとする。

4. 学生の感想・意見

我々は学生達に本科目についての様々な質問をしてみた。以下は学生達の回答の要約である。

学生達は本科目に満足しており期待に応える内容だと感じている。彼らは「現実のシステム」を実装すること、それが実際にどのように働くのか確かめることを刺激的だと

思っている。ただし実装作業には時間がかかると考えている。すべての学生がRoboCupを本科目で採用することは良いと思っている。主な改善の提案としては、サッカー・シミュレータにかかわる実際的な問題、とりわけソケット通信とマルチプロセスに関する問題を克服するための援助が欲しい、という点がある。一つのチームを効果的に実行するには数台のSparcstationが必要であるが、開発の途上ではこれは現実的ではない。一つの解決策としてはシミュレータを遅くすることが挙げられる。本科目の演習は非常に時間がかかると考えられており、ごくわずかではあったが脱落者がでた理由は主にこのためであった。

5. 本年度学んだことと本科目の改善

本年度の試みで分かったことは、課題が十分面白く学生の興味に訴えかけるものであれば、彼らにそれなりに大きなシステムを設計開発させることが可能である、ということである。本科目の間、学生は特定の個別の問題を次々と解いていくことによって学んでいった。このため学生が課題について学んだ知識には一般性が欠けるという欠点があるが、その一方で自分で問題を解決することを練習し、その問題に直接関連した知識を深く吸収できる利点がある。本科目はAIについての基礎知識をすでに修得した学生が履修するものであるので、我々は問題指向の学習のアプローチには欠点を補いあって余りある利点が十分あると考えている。

今後我々は、学生が実装を始めるにあたっての手助けとするためにいくつかの言語でエージェントのプロトタイプを提供することを考えている。また実際的な問題を除去するためにサッカー・シミュレータの速度を落とすこともできる。我々はトーナメントの最中にも学生が加えたわずかな

変更でチームのパフォーマンスが改善されることに気がついた。トーナメントの数週間前に、練習試合の機会を設けて各自のプログラムを試させるのもよいのではないかと考えている。このようにすれば自分のチームに対する学生自身の満足度も増加するであろう。

6. 結 論

リンコピン大学計算機科学科の人工知能プログラミングの科目について述べた。本科目ではRoboCupを演習の主たる課題として取り上げることで大きな成果を得た。学生が科目の最中に得た知識を定量的に計ることは難しいが、我々は学生は従前の年よりも多くの知識を得たものと確信している。この点においては学生の満足度も忘れてはならないファクターである。

我々の経験が他の教育機関で同種の科目を準備する助けとなれば幸いである。AIPに関するすべての情報はWebページ[†]から入手可能であり、筆者らはそれ以外のデータも提供する用意がある。

参 考 文 献

- [1] H. Kitano, M. Tambe, P. Stone, M. Veloso, S. Coradeschi, E. Osawa, H. Matsubara, I. Noda and M. Asada: "RoboCup Synthetic Agent Challenge 97," Proc. of IJCAI '97, Nagoya, Japan, 1997.
- [2] H. Kitano, M. Asada, Y. Kuniyoshi, I. Noda, E. Osawa and H. Matsubara: "RoboCup, A Challenge Problem for AI," AI Magazine, vol.18, no.1, pp.73-85, 1997.
- [3] 浅田稔, 國吉康夫, 野田五十樹, 北野宏明: "研究活動とロボットコンテスト (RoboCup)", 日本ロボット学会誌, vol.15, no.1, pp.13-16, 1997.

[†]<http://www.ida.liu.se/~jacma/official/aip.html>

Silvia Coradeschi

Silvia Coradeschi is working at the Department of Computer Science at Linköping University, Sweden. Her main interests are in autonomous agents and multi-agent systems. She is member of the trustee RoboCup committee and co-chair for the simulation league in the RoboCup98 competition.

Jacek Malec

Jacek Malec is working at the Department of Computer Science, University of Linköping and at the Department of Computer Engineering, Mälardalens University. His main interests are autonomous systems, software architectures for predictable implementations, hybrid systems, robotics. He is a member of Scandinavian RoboCup Committee.

(訳: 宇都宮大学 横田和隆)