

Americas School on Agents and Multiagent Systems 参加報告

岡本 昌之 小山 聡

1 はじめに

第1回 Americas School on Agents and Multiagent Systems^{†1}が、2002年1月6日から11日までの6日間、University of Southern California (USC)で開催された。

このスクールは、近年エージェントやマルチエージェントの分野では国際会議やジャーナル、コンペティションが開催されるなど活動が活発となっているのを受けて、学生がこれからこの分野の研究に参加するのを促進するために1週間のチュートリアルを行うことを目的に企画されたものである。また、このようなスクールはヨーロッパでは既に行われているが、米国では初めての試みである。

今回のスクールは主に Ph.D コースの学生を対象としており、第一線の研究者がエージェント、マルチエージェントに関する講義を行った。スケジュールは、下記のテーマを1日1つこなすというものであった。

- Introduction Track
- Coordination, Collaboration, Infrastructure Track
- Embodied Agents Track

Report of Americas School on Agents and Multiagent Systems

Masayuki OKAMOTO, 京都大学大学院情報学研究所 社会情報学専攻, Department of Social Informatics, Kyoto University.

Satoshi OYAMA, 京都大学大学院情報学研究所 社会情報学専攻, Department of Social Informatics, Kyoto University.

コンピュータソフトウェア, Vol.20, No.1(2003), pp.92-97.

[トピックス] 2002年6月10日受付.

†1 <http://agents.usc.edu/agents/school/>

- Advice to Graduate Students
- Learning Agents Track
- Market-oriented Agents Track

多くの講義は Information Sciences Institute (ISI)^{†2}で行われ、一部の講義やデモなどのイベントは Institute for Creative Technologies (ICT)^{†3}で行われた。

参加者は60人ほどで、米国の外からの参加は日本から筆者ら2人と、台湾から2人、およびスロベニアからの1人であった。スクールは、6日間毎日8時半から6時過ぎまで(朝食、昼食付きで)講義があるという密度の濃いものであった(図1)。6日間のうちには、授業だけでなく、Ph.Dの学生がどのように(米国内で)キャリアを積んでいけばいいかをアドバイスするという時間もあり、興味深いものであった。以下にその内容を紹介する。



図1 会場の雰囲気

†2 <http://www.isi.edu/>

†3 <http://ict.usc.edu/>

2 講義内容

行われた講義やイベントの内容を、順に追って紹介する。

2.1 1日目 : Introduction Track

この日は introduction track でエージェント, マルチエージェントの基礎が講義された。

- **Mike Wooldridge (University of Liverpool) : Introduction to Agents**

Wooldridge はエージェントとは何かについてのイントロダクションの講義を行った。エージェントの概念が, オブジェクト, エキスパートシステムといった概念との比較で説明された。

- **Phil Cohen (Oregon Health and Science University) : Introduction to Logics for Agents**

Cohen は様相論理に基づくエージェントのアーキテクチャである BDI モデルの話を行った。エージェントの信念や意図といったものが, 様相論理で記述できることを, 論理を積み重ねていく形で解説された。

- **Mike Littman (AT&T) : Introduction to Decision-Theory for Agents**

Littman はエージェントの行動を意思決定論の立場からとらえる理論の講義を行った。エージェントの行動選択がマルコフ決定問題として定式化でき, 探索, シミュレーション, 動的計画法を用いて行動の選択を行う方式が示された。また, 部分観測可能マルコフ決定問題を強化学習を用いて解く手法が説明された。

この日の内容は 2 日目以降の講義の基礎として行われたもので, 人工知能研究に携わる人にとってはおなじみのものが多かった。

2.2 2日目 : Coordination, Collaboration, Infrastructure Track

この日は multiagent coordination に関する講義の日で, team の概念や, それらのエージェントが協調するための基礎, また semantic な情報を用いた Web

エージェントについての講義が行われた。

- **Ed Durfee (University of Michigan) : Coordination and Distributed Resource Allocation**

Durfee は multiagent coordination というタイトルで, 問題を分割したときに複数のエージェントが協調することで問題解決が早くなるようなタスクや, それほど早くならないタスクについての議論を, プランとリソースの観点から説明され, 実際に参加者を 2 人 1 組として簡単な課題を解かせることで理解を促していた。

- **Milind Tambe (University of Southern California) : Teamwork**

Tambe は teamwork のタイトルで, team の性質を commitment や BDI の観点から mutual belief の話題まで説明した。また, 実際に USC で開発, 利用されている STEAM と TEAMCORE という team coordination のためのプラットフォームとそのアプリケーションについて説明した。

- **Jim Hendler (University of Maryland) : Semantic Web, Agent Infrastructures**

Hendler は従来の syntax だけの Web では駄目で semantics が必要だ, という観点から Semantic Web と, semantics の記述のための DAML (DARPA Agent Markup Language) の概要, およびそれらの活動を取りまとめている daml.org について自らの Web ページを参照しながら (Hendler の Web ページ^{†4}は Semantic Web でマークアップされている) 解説した。また, 講義の後に, ファンドを出す側の立場から米国でファンドを得るための方法論について簡単に説明した。

2.3 3日目 : Embodied Agents Track

この日は, embodied agents すなわちアニメーションや物理的な体を持つエージェントについての講義が行われた。

^{†4} <http://www.cs.umd.edu/hendler/>

- **Lewis Johnson (University of Southern California) : Design and Control of Animated Agents with Applications to Education and Training**

Johnson はアニメーションエージェントの話を行った。幾つかのエージェントを例に出して、アニメーションの体を持ったエージェントのための技術として、動作や発話の合成手法が解説された。エージェントの感情のモデリングや表現に重点を置いていたことが印象的であった。

- **Maja Mataric (University of Southern California) : Introduction to Embodied Agents**

Mataric はロボットのためのアーキテクチャについて説明した。プランニングを用いた deliberative なアーキテクチャ、リアクティブなアーキテクチャの特徴が述べられ、その後、両者を組み合わせたハイブリッドなアーキテクチャの説明が行われた。

- **Bill Swartout (University of Southern California) : Embodied Agents in Interactive, Immersive Experiences**

その後、ISI から徒歩 10 分ほどの距離にある ICT に移動した。最初に Director of Technology の Bill Swartout による ICT のミッション説明とチーム構成の紹介があり、そしてデモが行われた。

ICT は軍とハリウッドやゲーム業界などが共同で研究を行うための組織として設立された^{†5}。

例えば、Mission Rehearsal Experience というプロジェクトは、アメリカ軍が海外に駐留したときに現地住民との間で生じるであろう問題をシミュレーションで体験し、対処方法を学ぶというものである。軍の車両が現地住民の車と衝突をし、子供が重症を負ったという想定で、指揮官（ユーザ）の行動が部下や周囲の住民のどのような反応を導くかが、大画面の 3D アニメーションで体験できるというものであった。シナリオの作

成にはハリウッドの人が、エージェントの感情のモデリングには心理学者が参加しているそうである。非常に資金の掛かった大規模なプロジェクトで、このようなプロジェクトが存在することはアメリカならではと感じられる。

2.4 4 日目 : Advice to Graduate Students

この日は ICT で大学院生向けに大学や国立の機関でポストを獲得し、研究するプロセスについての概説が行われた。

- **Victor Lesser (University of Massachusetts) : An Academic Career in the 21st Century**

Lesser は自身の経験を元に、米国の大学でポストを得、full professor になる、あるいは tenure を獲得するまでの過程や教訓について説明を行った。その後、研究成果を出し、また積み上げるにはどのようなことに注意する必要があるか、について延べ、Lesser の研究分野であるマルチエージェントシステムや分散人工知能において実際に何に着目し、研究してきたかを説明した。

- **Student Poster Session**

昼食時には Student Poster Session が行われ、筆者らを含む参加者の多くが自分の研究内容を発表した。全体的に、既に成果の出た話よりは、これから行う、あるいは現在進行中の話が多かったように思われる。参加者の投票により選ばれる best poster には、CMU の学生による RoboCup Simulation League におけるコーチエージェントの学習と種々のチームへのコーチングの評価に関する話を選ばれた。

- **Steve Chien and Richard Doyle (Jet Propulsion Laboratory) : Graduate Student Advice**

Chien と Doyle は JPL(NASA のジェット推進研究所)における人工知能研究者の活動、特に 2004 年以降に火星に種々の自律探査ロボットを送り込み、それらが協調して探査を進めるプロジェクトの話を (映画のようなイメージビデオ付きで) 行った。

^{†5} 内装のデザインには、スタートレックのデザイナーも参画したそうである。

また、大学でポストを得る場合との比較で、JPLのような米国立機関で研究することについての話が行われた。JPLの場合は、論文数は少なくながちで実際に使われる技術は少し古いものが多いが、プロジェクトは大規模であることが多く、ほぼ予想または期待通りの研究を行える、とのことであった。

その後、夕方から ICT の食堂でバンケットが行われた。

2.5 5日目：Learning Agents Track

この日は learning agents track で、機械学習を用いたエージェント、マルチエージェントに関する講義が行われた。

- **Craig Knoblock (University of Southern California) : Learning Information Agents**

Knoblock は Web からの情報取得を支援するエージェントに関する講義を行った。semi-structured な Web ページからの情報抽出ルールを学習する wrapper learning, Web ページの構造が変わったときに wrapper を自動的に修正する wrapper reinduction, 異なった情報源に記載されている対象が同じものであることを認識する object identification などの技術が解説された。また、情報統合においては、計算機の能力よりもネットワークから情報を取得する部分がボトルネックになるため、情報源への効率的なアクセスのためのプランニングを行う方式や、Web から取得される情報を先読みして情報統合の処理をローカルに行っていく speculative executing に関する説明も行われた。

- **Sandip Sen (University of Tulsa) : Learning Agents**

Sen は学習エージェントに関する講義を行った。環境やユーザから学習する機能がエージェントにとって不可欠であることを述べた後、決定木やベイジアンネットワーク、強化学習などのエージェントの学習に用いられる基本アルゴリズムが説明された。その後、学習を用いたシングル

エージェントの例として、ユーザの情報処理タスク (メールの整理や Web の閲覧など) における選好を学習して、タスクの自動化を行う learning assistant agents の例がいくつか示された。また、マルチエージェント学習について、エージェントが共通のモデルを学習する場合、個別のモデルをコミュニケーションをしながら、学習する場合、コミュニケーションなしの場合に分けて、アルゴリズムの説明が行われた。筆者らにとって、シングルエージェントの学習アルゴリズムはなじみの深いものであるが、マルチエージェント学習にはあまり触れる機会がなかったので、興味深く感じられた。

- **Manuela Veloso (CMU) : Multiagent Learning, RoboCup**

Veloso はエージェントの研究では、知覚、認識、行動をすべて含んだループを作ることが必要であり、ロボカップはそのための良いテストベッドであると力説した。エージェントが自分の位置を同定するためのアルゴリズム、マルチエージェントの環境において、他のエージェントの行動を予測するための学習アルゴリズムなどが解説された。技術的な面よりは、実環境でロボットを動かすと、いかにいろいろな予想もできない問題が生じるかを、CMU チームのロボカップでの経験に基づいて話すことに重点が置かれているようであった。

2.6 6日目：Market-oriented Agents Track

最終日は market-oriented agents track で、ゲーム理論、オークションといったマーケットベースの研究の基礎が説明された。

- **Moshe Tennenholtz (Technion - Israel Institute of Technology) : Introduction to Auctions and Games**

Tennenholtz はゲーム理論の導入を説明した。rational agent から Nash 均衡、支配的戦略の説明と、囚人のジレンマなどの 2 人ゲームの基礎が解説され、その後、種々のオークションの特徴 (first-price, second-price, En-

glish/Japanese, Dutch, Vickrey 等の比較) と、複数財のオークションの扱い、GVA の解説が行われた。

● **Mike Wellman (University of Michigan) : Market-based Systems and Applications**

Wellman は市場モデルに関する導入を行った。消費者、生産者の特徴と、問題となる性質などについて解説した。資源割り当てアプリケーションとして、FreeWalk と呼ばれる仮想空間のコミュニケーションツールにおけるネットワーク QoS 割り当ての例が出された。

また、航空券やホテルの予約、娯楽のチケットをオークションによって入手し、旅行パックを作ることで得点を競う Trading Agent Competition (TAC) について、TAC-01 の結果や TAC-00 との比較に関する考察が述べられた。

3 講義の雰囲気

ISI は Marina del Ray という湾のすぐ側にあり、また講義を受けた部屋は 11 階にあったのでとても眺めが良く (図 2)、休み時間には外を眺める人が多かった。滞在中は毎日天気良かったので、間に 1 日休みがあればより一層充実したかもしれない。



図 2 ISI からの Marina del Ray の眺望

筆者らが驚いたのは、1 日 7 時間半もの講義にもかかわらず、講義中に寝る人が全くいないことであ

る^{†6}。これは、講義が

- 授業の目的、内容、研究課題までの流れがきちんと作られていて (何をしたいのかよく分からないということがなく)、
- 学生の理解に合わせて進行し、
- 学生から積極的に質問がある (いわゆる日本の大学における講義というより、発表中にインタラクティブに質疑のできる研究会の雰囲気に近い) といった理由が考えられる。このような、先生も学生も講義に真剣に臨む姿勢には見習うべきものがある。

もちろん、6 日間ずっと同じ場所で授業を受けるうちには、他の参加者との交流もあった。他の国の、同世代で近い分野の研究を行う学生と話すことは筆者らにとっても刺激になった (図 3)。



図 3 他の参加者達と

4 おわりに

以上、エージェントスクールの内容について一通り説明したが、短期間のうちに多数の第一線の研究者から密度の高い講義を受けることで、国際会議のチュートリアルよりも体系的にエージェントの研究分野に対する理解が深まったと感じられる。

その他、スクールでは講義の内容以外にも、講師の先生や他の学生の研究に対する考え方やプレゼンテーションの仕方などで、勉強になるものがあり、大

^{†6} 当然ながら、筆者らも寝ていない。

変良い経験となった。

今回は日本からの参加者は筆者ら2人だけであったが、次回以降は多数の学生が参加することを期待したい。また、欧米だけでなく、日本でも同様の機運は高まっており、今年は東京で行われた環太平洋マルチエージェント国際ワークショップ PRIMA^{†7}に併設でエージェント、マルチエージェントのサマースクール^{†8}が行われている。このような活動が増えることで、国内外とも研究分野がより活発になると考えら

れる。

謝辞

スクールへの参加をサポートして下さった京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻の石田亨教授に感謝いたします。

また、スクールに参加中、ロサンゼルスに不案内な筆者らにいろいろと教えて下さった UCLA の山内裕氏に感謝いたします。

^{†7} <http://www.lab7.kuis.kyoto-u.ac.jp/prima2002/>

^{†8} <http://www.kecl.ntt.co.jp/ccrg/events/prima-school/>