

エージェント指向コンピューティング

Agent-Oriented Computing

(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96P00503)

プロジェクトリーダー

安西祐一郎 慶應義塾大学理工学部・教授

コアメンバー

大西 公平 慶應義塾大学理工学部・教授
山本 喜一 慶應義塾大学理工学部・助教授
天野 英晴 慶應義塾大学理工学部・助教授



1. 研究目的

平成 8-10 年度

- エージェント指向コンピューティングの基礎となる開放システムと自律システムに関する基礎的研究
- 新しいエージェント指向ソフトウェアシステムの研究
- フィジカルエージェントシステムとしてのロボットシステムの研究
- 分散センサネットワーク用ソフトウェアとセンサ位置検出システムの開発

平成 10-12 年度

- エージェント指向コンピューティングに基づいたリアルタイム分散センサ・アクチュエータネットワークのプロトタイプ構築

2. 研究成果概要

本プロジェクトでは、平成 8 年度からエージェントに関する基礎的研究を開始し、それらを踏まえて平成 11 年度から 2 年間、エージェント指向コンピューティングの応用に向けて、ソフトウェアエージェントとフィジカルエージェントの両面から研究を行ってきた。基礎的研究な研究では、生物の進化過程やネットワークトラフィックなどをエージェントを通じてモデル化を試み、特にトラフィックモデルは特許化され、従来予測が困難とされたインターネット上のトラフィック解析やその制御に基盤を提供した。

そして、プロジェクト後半で行ったソフトウェアエージェントでは、コンピュータ間の移動性をもつエージェントを実現するモバイルエージェントシステムの開発を行った。これは分散センサネットワークにおける運用を念頭に、エージェント移動プロトコルの高速化・動的変更、耐通信切断性など従来にはない有用な特徴を持っている。そして、このシステムをもとに、人間と環境間の新しいユーザインタフェースの構築を行った。これは分散センシングを利用して、ユーザの移動とエージェントの移動を融合する初めての試みとなった。その実際的な応用として、病院等の公的な場において、例えば顧客(患者)が移動しても、その顧客に対応したエージェントが近傍に位置するコンピュータに移動しながら、継続的に情報やサービスを提供することができるものであり、新しい形のユ

ビキタスコンピューティングとなっている。

また、フィジカルエージェントの研究では、現実世界と直接的に相互作用をするエージェントの枠組みを構築した。これは現実世界をセンシングとアクチュエータの組からなるバイラテラル制御系として実現され、一方のロボットに変化を与えると、もう一方のロボットにその変化が再現するとともに、その際の現実世界の変化(位置や力覚)をもとのロボットに返すというリアルタイム双方向システムである。これを利用することにより、人間自身の動作や力覚を遠隔ロボットに伝えて、あたかも直接操作をしているかのような感覚を提供するものとなっている。また、リアルタイムエージェントシステムの実装技術として、高性能のリアルタイムマイクロプロセッサとリアルタイム通信インタフェースを一つのチップとして組み込み、新しいシステム・オン・チップを開発し、研究開発用ボード及びクロス開発環境、基本ソフトウェアの設計と実装を行った。

エージェント技術の中でもモバイルエージェントを取り上げたのは分散センサネットワークなどの通信帯域の狭いネットワークを念頭においたためであったが、当初予想していなかった二つの成果があった。一つはモバイルエージェントを利用した移動ユーザの追尾システムを開発できたことである。これはモバイルエージェントを介して、複数の CCD カメラを分散制御しながらその位置を捕捉するものであり、広範囲・複数箇所のカメラをスケラビリティを保持しながら監視・制御可能となった。もう一つはモバイルエージェントを利用することで性能的な改善だけでなく、アプリケーション開発時に必要ソフトウェア量が半減され、また通信失敗などの例外処理も必要最小化されることが発見された。また、バイラテラル分散制御システムの開発の段階で、通信を基礎とする新しい制御理論を構築することができた。

3. 結論

エージェント技術は今後の情報処理の中心となる技術として注目されているが、体系的に研究されることはなかった。一方、この研究プロジェクトではその理論と応用の両方を扱うことができた。その結果、進化や複雑系などの自然現象もエージェントによるモデル化により容易に解析・理解が行えることを判明し、特

許化などの社会に還元しやすい形でまとめることに成功した。さらに、エージェント技術は応用の欠如が問題となっていたが、分散システムにおいて有用なモバイルエージェントを開発することにより、分散センサーネットワークの新しい監視・制御方法を確立するとともに、ユーザ追尾システムなどの実世界に応用することができた。また、フィジカルロボットやバイラテラル分散制御システムの開発を通じて、自然環境を含む現実世界とエージェントの相互作用という、計算システムの範囲を超えた展開を得ることができた。これらの成果を鑑みるだけでも、このプロジェクトは学術研究だけでなく実社会にも貢献するものだといえる。

主な発表論文

- (1) M. Kohno, M. Mastunaga, K. Okuno, Y. Anzai, "Components of an Adaptive Sensor Network," *Electronics and Communication in Japan*, **84**・3 (2001) 62-71
- (2) Ichiro Satoh, "MobileSpaces: A Framework for Building Adaptive Distributed Applications using a Hierarchical Mobile Agent System," *Proceedings of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'2000)*, (2000) 161-168
- (3) 佐藤秀雄, 矢向高弘, "時間制約の厳しいマルチメディアのためのリアルタイム通信機構," *情報処理学会*, **42**・2 (2001) 189-196
- (4) 石 建信, 藤本康孝, 矢向高弘, 大西公平, "自律分散制御におけるシステムのダイナミカル結合の一表現法," *電気学会論文誌*, **D 120-D** (2000) 80-87
- (5) 山崎信行, "並列分散制御用レスポンスプロセッサを用いた制御ボードの設計," *ロボティクスメカトロニクス講演会'00 講演論文集*, **1A1--50-071** (2000) 1-2