

称号及び氏名	博士（工学） 丸尾 友朗
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 31 日
論文名	「階層的マルチエージェントシステムとそれに対する汎用 MAF モデルエディタに関する研究」
論文審査委員	主査 松本 啓之亮 副査 大松 繁 副査 戸出 英樹

論文要旨

我々は、日常生活において様々な意思決定を行なっている。個人の意思決定は他の人々の意思決定に影響を及ぼし、同時に、他の人々の意思決定は我々個人の意思決定に影響を及ぼす。社会生活において、我々の意思決定は互いに依存し合っている。このような現象は、社会現象だけにとどまらず、ソフトウェアをはじめとする様々な情報システムにも見受けられる。

ソフトウェアは、1970 年代の汎用コンピュータの急激な普及に伴い、需要規模が急増した。その結果、信頼性や生産性の低下、技術者不足を引き起こし、ソフトウェア危機と呼ばれる社会問題となった。この危機を契機にソフトウェア工学が誕生し、この中から新しいアイデアや技術が次々と提案され、1980 年代に、オブジェクト指向という新しいアプリケーションパラダイムが誕生した。

オブジェクト指向では、開発者がもつシステムに対する世界観をオブジェクト単位でモデル化することで表現する。モデル化されたオブジェクトは互いにメッセージのやり取りを行ないながら依存、競合、あるいは協調し合うことでシステム全体として一つの世界観を再現する。

ソフトウェア工学やオブジェクト指向といった新たな概念の誕生等により、ソフトウェアの生産コストは減少した。しかし、1990 年代に発生したインターネットの爆発的普及を背景に、それまで主にローカルで閉じていた情報システムはインターネットといった新たな通信媒体を利用し、互いにメッセージをやり取りしながら競合、協調し合うことで統合的な情報システムを構成するに至っている。

これらネットワークを介しオンライン接続された情報システムも、階層的に各層をとらえることで、構成要素同士が互いに依存、共存関係により結ばれて一つのシステムを構築するという、いわば我々が日常生活で経験している意思決定現象や、オブジェクト指向に準ずる構図を観ることができる。

このような構図を分析する手法としてマルチエージェントシステムという考えが提唱されて

いる。マルチエージェントシステムとは、現代社会に数多く見られる社会現象を解析するために提案された分析手法である。これまでこれら社会現象を解析しようとさまざまな数学的、物理学的手法が用いられてきた。現在でも数学的、物理的手法による解析は盛んに行なわれているが、その一方で、それらの手法で解析するのは困難であるという見解の下、複雑系という考え方が登場し、問題の細分化を行なう科学的方法論以外の考え方が台頭してきた。マルチエージェントシステムでは、系を細分化することなく複雑なまま扱い、全体を統一的に把握する。これは、系の構成要素とそれらの相互作用が系全体にどのような影響を及ぼすのかという複雑系のメカニズムを明らかにしようというボトムアップ的な分析手法として注目されている。

本研究では、このような統合的な情報システムをビジネスロジック層とそれをささえるネットワークシステム層というように、階層的にとらえ、それら各層をマルチエージェントシステムとしてモデル化する。そして、モデル化された各層がマルチエージェントシステムとして表現可能であることを利用して、汎用的なマルチエージェントシステム用モデルエディタを用いて一元的に開発、管理する統合的な開発環境の実現可能性について検討する。以下、各章の構成について述べる。

2章では、主にビジネスロジック層について論じる。ビジネスロジックは先に述べたように、「自律的に意思決定を行なう因子(主体)が複数存在し、それら主体間に生じる協調、競合関係といった相互作用により全体としての状態が決定する系」を対象とする。このような系に対し、さらに対象をオンラインシステムとして表現可能な系に限定し、系を構成する各主体の状態をそのオンライン性を利用して推定し、その推定値をもとに系全体を最適な状態へ誘導することで間接的に系を構成する各主体の状態をより最適なものにする手法が高向らにより提唱されている。高向らは、提唱した手法を電力削減モデルに適用することでその有効性を検証している。この電力削減モデルは、橋本らにより体系付けられたが、そのモデルは各主体の状態を特殊な座標軸上で定義していたため、その特殊性から特定の条件を満たす主体しか適切に処理できないという問題点があった。そこで2章では、高向らの提唱した手法に俯瞰者という新たな主体を導入し、その主体に系全体としての評価関数を最適化するという目的を与え、自律的に行動を起こさせることで間接的に系を構成する主体全体をより最適な状態へ誘導するという手法によりモデルの明確化を行なう。そして、電力を一つの抽象的な資源としてとらえ、その資源を取引する協調取引モデルとして表現するとともに、橋本らのモデルを数学的に分析することで問題点を明らかにし、その問題点を解決するために満足度空間という新たな空間上でのモデル構成法を提案する。

3章では、主にネットワークシステム層について論じる。2章で示したモデルは主にビジネスロジックに関するものであり、それを統合的な情報システムとして実現する際に不可欠となるネットワークシステムに関しては深く触れていない。3章では、そのネットワークシステムの構成法について論じる。現在では、ネットワークシステムを構成する際、インターネットとの親和性の高さは非常に重要視される要因の一つとなっている。そこで、3章では、様々なユーザ層にも柔軟に対応でき、インターネットとの親和性が高くなるような分散ネットワークシステムを構築する。

このシステムは既存のインターネット技術を全面的に利用したインターネットベースの分散ネットワークモデルを意識しており、インターネットとの親和性が非常に高い。これにより提案システムでは、マシンエージェントによるアプリケーションアクセスの他、インターネットブラウザによるヒューマンエージェントとの連携、携帯端末によるネットワークアクセスや必要に応じてセキュリティのかかった通信路を提供するなど、スケーラビリティの高いシステムを構築することが可能である。

4章では、2章、3章の各層をマルチエージェントモデルで表現可能なシステムとしてとらえた時、その特性をいかして、一元管理可能な統合開発環境を提供するための第一ステップとして、汎用的なマルチエージェントフレームワーク(MAF)用モデルエディタの設計を行なう。

フレームワークは、ソフトウェアを開発する際にそのソフトウェアの汎用的な部分(同種のソフトウェアに共通な部分)とそのソフトウェアに特化した部分を分離設計し、前者をフローズン

スポット、後者をホットスポットとして開発する。これにより、同種のソフトウェアを作成する際には、ホットスポットのみを開発し差し替えることになるので開発コストが軽減される。

しかし、フレームワークを用いる際、コードベースでモデルを実装、管理していることが多く、そのため、フレームワーク変更の際に柔軟に対応することができず、たとえ同じ内容のモデルであっても新たなフレームワークのために初めからモデルを作り直すことが多い。これらの解決をめざしてモデルを容易に管理する方策を実現するため、視覚的にわかりやすく一覧性に富みかつ相互関係が一目で把握できるようにモデルを図式的に表現するグラフィカルなマルチエージェントモデルエディタを開発し、これを用いたマルチエージェントシミュレータ開発手法について提案する。

この際、モデルの保存形式として XML(Extensible Markup Language) 形式を用い、モデルを使用する際にはこれに変換を加えてフレームワークに対応するソースコードを出力し、それをフレームワークに入力する。これにより、フレームワークに依存しない形式を実現し、変換機構を用意することでさまざまなフレームワークに柔軟に対応できる汎用的なマルチエージェントフレームワーク用モデルエディタの実現をめざす。

最後に 5 章では、本研究で得られた結果について総括し、今後の課題について述べる。

審査結果の要旨

本論文は、情報システムをビジネスロジック層とそれを支えるネットワークシステム層に階層分離し、階層的マルチエージェントシステムとしてモデル化して、それを汎用的なマルチエージェントモデルエディタを用いることにより統一的に開発、管理する手法について提案したものである。具体的な情報システムの試作を通して得られた知見を考察しており、以下のような成果を得ている。

- (1) ビジネスロジック層として、意思決定主体が複数存在するシステムに対し俯瞰者という新たな概念を導入することにより、マルチエージェントモデルとしてモデル化した。適用例として抽象的な連続財を取引対象とした協調取引システムモデルの構成法を満足度空間と呼ばれる新しい概念を用いて提示した。また評価関数が推定困難な状況での市場参加モデルとして、需要家の入札情報に基づく組合せ最適化手法による資源削減案の作成法を提案し有効性を示した。
- (2) ネットワークシステム層として、(1)で示したビジネスロジック層を実現するため、多彩なネットワーク環境に柔軟に対応可能なネットワークシステムを提案した。近年のインターネットの浸透性の高さからインターネット技術との親和性を重視して設計し、また携帯電話や PDA などといった情報端末からのアクセス機構なども考慮した。提案モデルにより構築したネットワークシステムの有効性をシミュレーションにより確認し、さらにより大規模なシステムへ向けた信頼性の高いネットワークシステムの基礎設計を示した。
- (3) 上記のビジネスロジック層とネットワーク層からなる情報システムを階層的マルチエージェントシステムとして捉えたとき、それを統一的に開発、管理するために必要となる汎用的なマルチエージェントモデルエディタの設計と開発を行った。このモデルエディタを用いた開発手法と従来手法を比較検討し、本手法がモデル作成時の作業量を削減し、モデルの管理を容易にすることができることを確認した。

以上の研究成果は、情報工学分野におけるマルチエージェントシステムの開発手法の発展に貢献するところ大である。また、申請者が自立して研究活動を行うに必要な能力と学識を有することを証したものである。学位論文審査委員会は、本論文の審査ならびに最終試験の結果から、博士(工学)の学位を授与することを適当と認める。