

氏名	はさのふ とふいぐ HASANOV TOFIG
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第787号
学位授与の日付	平成28年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学位論文題目	Application of Crowdsourcing and Multi-Agent Systems to Logistics and Finances (物流や金融へのクラウドソーシングとマルチエージェントシステムの応用)
審査委員	(主査)教授 岡 夏樹 教授 辻野嘉宏 教授 寶珍輝尚 准教授 荒木雅弘

論文内容の要旨

実世界における種々の課題がより複雑化し動的なものとなりつつある昨今、産業界では柔軟性の低い中央集中制御モデルからより柔軟で動的な対応ができる制御モデルへの転換を模索している。そうした中、分散問題解決は、物流、データマイニング、金融、経営を含む多くの型の課題を解決する手法として一般的なものとなってきた。クラウドソーシングとマルチエージェントシステムは、分散問題解決のための比較的最近現れたモデルである。マルチエージェントシステムに基づくモデルは通常、高い対故障性、変化に対する高い順応性、効率的な計算資源管理といった特徴を持つ。このようなモデルは、たとえば物流のように、比較的独立しているが相互接続された実体の制御に対して特に有用である。一方、クラウドソーシングは、機械による判断が非効率的なタスクや効率的な機械学習を行うにはデータ数が足りないタスクに対して、人間の評価を利用することを可能にする。この様なタスクの例として、人の意見に対する評価やテキストマイニング、画像処理などが挙げられる。

本学位論文では、まず、論理に基づくマルチエージェントシステムの設計方式について記述する。このモデルはスマートハウス内の掃除ロボットを想定したシミュレーション実験においてよい結果を示しており、学位論文に記載した他の実験でのマルチエージェントシステムの実世界応用の基礎となっている。さらに、マルチエージェントシステムへの時間減衰バイアスの導入を提案し、シミュレーション実験においてその効果を確認したが、これも学位論文に記載したタクシーナビゲーションへの実世界応用の基礎となっている。

つづいて、本学位論文では、物流や金融分野内における現実の産業界でのタスクに対するマルチエージェントシステムとクラウドソーシングの応用をいくつか提案する。特に重要視して述べているのは、タクシーナビゲーションにおける地図の更新への応用である。提案するエージェント機能を組み込んだナビゲーションシステムをタクシーに導入し、各タクシーのエージェント同士が道路状況を通信して共有する。エージェントは一定期間更新されていない道路の状況については、クラウドソーシングを用いて他のドライバーから情報を収集する。アゼルバイジャンでの実証実験では80名のタクシー運転手が数か月間提案システムを使用した。その結果、標準的なナ

ナビゲーションシステムと比べて“乗客当たりの走行距離”と“乗客当たりの乗車時間”の尺度に関してそれぞれ 7.42%と 15.3%の改善が見られ、いずれも統計的に有意な差であった。

また、多くの発展途上国において近年急速に増加している、小型融資の認可リスク評価に対するクラウドソーシングの応用についても本論文で述べる。ここでのクラウドソーシングとは、ソーシャルネットワークを利用して顧客情報の査定を行うことを指す。アゼルバイジャンにおいて、400名のソーシャルアカウントデータを利用した評価実験を実施した。その結果、提案システムは 90.1%の事例で正しい予測をすることができ、第一種過誤（誤った警告）は 20%、第二種過誤（見逃し）は 5.9%であることが示された。

以上のように、本学位論文では、提案したクラウドソーシングとマルチエージェントシステムを実世界の物流や金融分野に応用し、従来の方法やシステムと比較して良好な結果が得られることを示した。より大規模な応用に適用可能にすることは今後の課題である。

論文審査の結果の要旨

申請者は、物流、データマイニング、金融、経営を含む多くの産業界における問題を扱う際に求められている柔軟で動的な対応ができる制御モデル実現に向けて、分散問題解決、その中でも特にクラウドソーシングとマルチエージェントシステムを用いた問題解決における基盤技術を開発した。クラウドソーシングとマルチエージェントシステムは、近年盛んに研究が行われるようになったが、機械学習技術の急速な発展に伴い、人工知能が様々な場面で実用化されるという期待が高まる今日、その重要性は急速に高まりつつある。したがって、申請者が本研究で提案した基盤技術の意義や効果は極めて大きい。

申請者の研究成果の特徴は、この基盤技術の開発にとどまらず、さらに、実際の応用場面での実証実験を行った点にある。実証実験は、物流分野と金融分野の 2つの分野において行われたが、最も注目すべき成果は、前者の分野において実際に配車されている 80台のタクシーを使った数か月間に及ぶ実証実験により示された。この規模の実世界状況において、提案した分散問題解決技術が大きな問題なく稼働し、既存の標準的なナビゲーションシステムと比較して、“乗客当たりの走行距離”と“乗客当たりの乗車時間”の尺度において、それぞれ 7.42%と 15.3%の改善があることを示したことは特筆すべき成果である。

申請者は、まず、論理に基づくマルチエージェントシステムの設計方式を提案した。さらに、これに時間減衰バイアスを導入した点が新規性を有しており、この特徴を活かしたシミュレーション実験により、提案手法の有効性を示すことに成功した。さらに、シミュレーション実験での検証で留まることなく、本学位論文では、実世界応用においても提案技術が有効であることを実証したが、このことが提案技術の優秀さを示す証拠となっている。人工知能分野では、シミュレーション実験や仮想環境の実験により有効性が主張される技術は多数あるが、その中で、実世界応用で実働可能な技術は極めて限られているのが現状である。これは、人工知能の本質が、小規模の問題で動くという点にはなく、いかなる方法で、大規模複雑な実世界の中での迅速な情報処理を可能にするかに存するためである。こうした中で学位論文で実世界の実証実験に成功した本研究は、間違いなく傑出したレベルにあると言ってよい。

また、申請者は、小型融資の認可リスク評価における現実のデータを用いて、提案するクラウドソーシング技術が、高い精度で認可リスクを予測できることを示した。クラウドソーシングは

その実行にある程度の時間を要するため、融資時にその場で審査することは残念ながらできない。このため、実際の融資場面で審査に使われるまでには至っておらず、今後は、機械学習技術との併用により、リアルタイムで審査に役立つ情報を提示できることを目指して開発を進めることが期待される。

以上の結果から、本論文は、クラウドソーシングとマルチエージェント技術を用いた分散問題解決技術を提案し、さらに、物流分野と金融分野の2つの分野において提案技術が有効に働くことを実証した。このように、実世界の問題においてその有効性を実験的に検証したという点で、本研究内容は極めて高く評価できる。

なお、本論文の内容は、レフェリーによる審査を経た3編の論文[1,2,4]および2編の審査中の論文[3,5]を基に構成されており、これらの論文はいずれも申請者が筆頭著者である。

- [1] Hasanov TOFIG, Natsuki OKA, Motoyuki OZEKI, Dynamically Created Decision Support Systems in a Multi-Agent Environment, International Journal of Computer and Information Science, Vol 13, Number 1, pp. 19-26, 2012.
- [2] Hasanov TOFIG, Motoyuki OZEKI, Natsuki OKA, Self-Evolving Decision Support Systems in Multi-Agent Environment, In Proceedings of Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, 13th IEEE/ACIS International Conference, pp. 457-462, 2012.
- [3] Tofig HASANOV, Natsuki OKA, Optimizing Taxi Navigation in Rapidly Changing City Using Multi-Agent System With Crowdsourcing, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (submitted).
- [4] Tofig Hasanov, Motoyuki Ozeki, Natsuki Oka, Microcredit Risk Assessment using Crowdsourcing and Social Networks, In Proceedings of Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, 15th IEEE/ACIS International Conference, pp. 1-5, 2014.
- [5] Tofig HASANOV, Natsuki OKA, Automation of Microcredit Risk Assessment by Social Media Crowdsourcing, Journal of Computer Science and Technology (submitted).