

氏 名	ギ 魏 強
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2419 号
学位授与の日付	平 成 16 年 9 月 24 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 学 研 究 科 精 密 工 学 専 攻
学位論文題目	Studies on Decentralized Cooperative Learning Systems for Logistics Planning and Collaborative Control (物流計画の生成と運用制御のための分散型協調学習システムに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 榎 木 哲 夫 教 授 吉 村 允 孝 教 授 松 久 寛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、現実の製造現場において不可避となる環境変動や、計画生成時・運用実行時において発生する種々の不確実性に対処するための分散型の問題解決と学習のための手法に関する研究である。すなわち、問題解決に関与する決定主体を分散化し、複数の自律した個体が局所的な相互作用を繰り返す中から、個体集団が組織内外の予期しない環境変動に対してロバストな協調と適応を実現するための手法の提案とその有効性を実証したものである。本論文は7章から構成されており、前半部の2章から4章では、物流計画の問題に対する自律分散型アプローチを、そして後半部の5章と6章では、分散化された複数の制御モジュールによる組織的かつ協調的な運用制御が求められる場面を想定した学習手法に関する提案を行なっている。

第1章は序論であり、今日の物流問題の抱える技術ニーズと、本論文で用いている自律分散型アプローチの代表的な手法であるマルチエージェントシステムの設計論に関する研究動向についてまとめている。

第2章では、社会組織における複数意思決定者の自律分散的な動態のモデリング手法であるガベージカンモデルを導入し、その有効性と限界についてまとめている。

第3章では、上記のガベージカンモデルを、積載問題の解法に拡張した新たな手法を提案し、各積荷要素が自律的に有限の空間資源を分け合うための交渉活動を行いながら、充足すべき制約条件を選択的に緩和して暫定解を逐次的に改善していく手法を提案している。すなわち、コンテナやトラックなどの有限の空間への荷物の積載を計画する問題について、複雑な制約条件を充足しながら、空間の容積および最大積載重量の有効利用をはかり、荷物の安定性および積載状況のバランスを考慮した計画を生成するための解法を与えている。

第4章では、現実の物流計画問題において、出荷計画の変更や特急製品の到来などの予想できない問題が頻繁に発生することに留意した物流計画問題の例題を設定し、提案法によるシミュレーション結果についてまとめている。本提案法により、部分解の求解を同時並行で分散的に進める一方で、計画の確定をなるべく遅延する戦略を用いることで、現実の物流環境の変動に対して柔軟かつ即応的な計画生成が可能になることを実証している。

第5章では、分散化された複数の制御モジュールによる組織的かつ協調的な運用制御が求められる場面での学習手法についてまとめている。各モジュールが他者モジュールの行為実行を観察しながら模倣学習を行うような社会的相互作用を伴うマルチエージェント学習を社会的学習として定義し、この範疇のもとで、組織を構成する各主体の学習を制御問題における機械学習手法の一つである強化学習によりモデル化した、社会的強化学習のアルゴリズムを提案している。これにより、制御対象のモデルが不完全にしか与えられない場合や、あるいはモデル自身が本来定義できない場合、さらに一貫しない環境からの強化信号やノイズといった不確実性の故にエージェントが合理的に振舞えないような状況依存の場においても、社会的戦略の獲得が可能になることを示している。

第6章では、上記のアルゴリズムの適用例題として、平板状の板の4端辺の上下動操作を担う制御モジュール集団を考え、

平板上を物理法則のもとで転がるボールを、各モジュールに割り当てられた平板端辺の上下動操作により一定領域内に留めおくことを目標とするタスクを扱っている。各モジュールはタスクの進行状態を眺めながら、他モジュールと間欠的に通信を行うことで、自らの上下動操作のノウハウを観測状態に対応付けた制御則として学習する。さらに、一部の学習済みモジュールが故障等の理由により新たな未学習モジュールに置換される場合のような集団内部での変動や、制御対象の老朽化等に起因する外部変動に対する提案手法の頑健性について、解の探索・収束の効率向上の比較分析から実証している。

第7章は結論で、本論文で得られた成果と、今後に残された課題についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、現実の製造現場において不可避となる環境変動や不確実性に対処するための分散型の問題解決と学習のための手法に関する研究である。すなわち、問題解決に関与する複数の自律した個体が局所的な相互作用を繰り返す中から、個体集団が組織内外の予期しない環境変動に対してロバストな協調と適応を実現するための手法の提案を行なっている。本論文の主要部分をまとめると以下になる。

1. コンテナやトラックなどの有限の空間への荷物の積載を決める物流計画問題について、複雑な制約条件を充足しながら、空間の容積および最大積載重量の有効利用をはかり、荷物の安定性および積載状況のバランスを考慮した計画を生成するための解法を与えた。すなわち、社会組織動態のモデリング手法であるガベージカンモデルを積載問題の解法に拡張した新たな手法を提案し、各積荷要素が自律的に有限の空間資源を分け合うための交渉活動を行いながら、充足すべき制約条件を選択的に緩和して暫定解を逐次的に改善していく手法を提案し、現実の物流環境の変動に対して柔軟かつ即応的な計画生成が可能になることを、シミュレーション結果から実証した。
2. 分散化された複数の制御モジュールによる組織的かつ協調的な運用制御のための学習手法として、複数の自律個体が高個体との相互作用を通して協調のための制御方策を自律的に獲得するための社会的強化学習のアルゴリズムを開発した。例題として、平板状の板の4端辺の上下動操作を担う制御モジュール集団を考え、各モジュールがタスクの進行状態を眺めながら、他モジュールと間欠的に通信を行うことで、自らの上下動操作のノウハウを観測状態に対応付けた制御則として学習できることを示した。また突発的な一部のモジュール故障のような集団内部での変動や、制御対象の老朽化等に起因する外部変動に対して、本提案手法の頑健性について実証した。

以上要するに、本論文は、現実の製造現場において不可避となる環境変動や種々の不確実性に対処するべく、問題解決に関与する決定主体を分散化し、複数の自律した個体が局所的な相互作用を繰り返す中から、個体集団が組織内外の予期しない環境変動に対してロバストな協調と適応を実現するための手法の提案を行ったもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年7月30日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。