

論文要旨

論文題目

自律分散システムにおける協調アルゴリズムに関する研究
A Study on Cooperative Algorithms in Autonomous Distributed Systems

大規模・複雑なシステムでは、従来システム性能として求められてきた「高効率性」「最適性」を正確に求めることは困難であり、多様な目的や環境の変化に対しての「柔軟性」や、一部分が故障しても全体としての機能を果たし続ける「耐故障性」といった性質が求められるようになってきている。

自律分散システムは、このような要求を満たすシステムを構築する方法の一つであり、注目を集めている。

本研究は、自律分散システムにおける分散問題を解決する協調アルゴリズムを開発することを目的としている。本論文では、自律分散システムにおける分散問題として「分散安定結婚問題」と「並列機械問題」を扱っている。

本論文は、7章より構成されており、以下に概略を述べる。

第1章では、本研究の序論として研究の背景および目的を述べ、本研究のその研究分野における位置付けを行っている。

第2章では、本研究の対象となる自律分散システムを紹介し、加えて、本研究の対象となる組合せ問題の一つである安定結婚問題、およびスケジューリング問題について述べている。

第3章では、分散安定マッチング問題について述べている。先ず初めに、分散安定マッチング問題の基礎知識となる、従来の安定結婚問題を紹介する。本研究における分散安定マッチング問題で想定する分散システムは、任意の分散要素間で相互に通信でき、分散要素による処理は有限時間内で終了し、通信遅延が有限であるものとする。分散安定マッチング問題では、従来の安定結婚問題における各メンバーを、自律分散システムを構成する分散要素であると考え、各メンバーは自律的に行動するものとする。安定マッチングを得るために鍵となるプリファレンスリストは、各メンバーが自身のプリファレンスリストのみを保持している。分散安定マッチング問題を解く協調アルゴリズムは、従来の安定結婚問題を解く Gale-Shapley アルゴリズムを基にしていることから、得られる安定マッチングが、片方のグループメンバーを優先する安定マッチングになる。

第4章では、分散安定マッチング問題を自律移動ロボットと充電ステーションのマッチングへ適用した自律移動ロボットの充電問題について述べている。自律移動ロボットの充電問題における自律分散システムは、自律移動ロボットと充電ステーションから構成されている。自律移動ロボットは各々作業を行っているが、時間の経過とともにエネルギーを消費しエネルギーを補給することが必要となる。各ロボットが無秩序に充電ステーションへ向かった場合の問題点を指摘し、指摘した問題点を解決する手段として分散安定マッチング問題を適用することが有効であることを示す。また、得られた解(安定マッチング)が各ロボットにとってフェアな充電ステーションであることを明らかにしている。

第5章では、一旦得られた安定マッチングから異なる安定マッチングを得る、マッチング再構成手法について述べる。本手法は、任意のメンバーの自律的な行動により実行される。本研究では、初めに、マッチング再構成が同時には唯一人のメンバーによって実行される、単一マッチング再構成手法について述べ、異なる安定マッチングを得るための必要十分条件を証明する。次に、複数メンバーによるマッチング再構成のファーストステップとして、二メンバーによってマッチング再構成を行う二並行マッチング再構成について考察している。

第6章では、スケジューリング問題の一つである並列機械問題を自律分散システムへ適用した、並列機械問題における自律分散スケジューリングについて述べる。システム全体としての問題をサブシステムにおける問題に分割し、サブシステム間の協調によりシステム全体としてより最適なスケジューリングを求める協調アルゴリズムを提案する。また自律分散スケジューリングの逐次処理による実装と分散並列処理による実装を行った。計算機実験を通して、提案した2つの分散協調アルゴリズムの解の質、急な追加ジョブに対処する柔軟性や実測計算時間などを評価されている。又従来法との比較検証を行い、提案手法の有効性や課題などが示されている。

第7章では、本論文の総括を行い、本研究の課題を述べる。

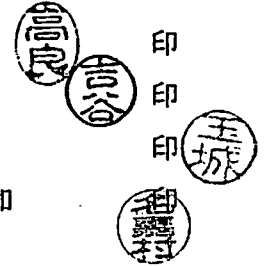
氏名 金城秀樹

平成 13年 2月 20日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 高良 富夫
副査 吉谷 清澄
副査 玉城 史朗
副査 名嘉村 盛和



学位 (博士) 論文審査及び最終試験の終了報告書

学位 (博士) の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 総合知能工学 氏名 金城 秀樹 学籍番号 970511C
指導教官名	高良 富夫
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	自律分散システムにおける協調アルゴリズムに関する研究
審査要旨 (2000 字以内) 本論文では、自律分散システムにおける協調アルゴリズムについて研究するにあたり、安定結婚問題を自律分散システムへ適用した分散安定マッチング問題と、スケジューリング問題を自律分散システムへ適用した自律分散スケジューリング問題の 2 問題を取り上げ、各々の問題を解く協調アルゴリズムの開発を行っている。 自律分散システムにおいて安定なマッチングを求める問題である分散安定マッチング問題では、	

(次頁へ続く)

審査要旨

従来の安定結婚問題における男性グループおよび女性グループを各々構成するメンバーを自律分散システムにおける構成要素（サブシステム）と定義し、メンバー間のメッセージ通信のみで安定なマッチングを得る協調アルゴリズムを開発している。すなわち、各メンバー（自律分散システムにおけるサブシステム）によって設定される嗜好性を表現する Preference List を特別なサーバー等に集約することなく安定なマッチングを求めることが可能である。提案アルゴリズムを用いる自律分散システムを、(1) 共有メモリを持たない、(2) メッセージ通信のみを用いてコミュニケーションを行う、(3) 通信遅延が存在する、と一般的に定義していることから、多くの自律分散システムにおいて安定マッチングを求めることが可能である。

提案アルゴリズムでは、複数存在する安定マッチングの中から特定の安定マッチングのみを得ることから、一旦得られた安定マッチングからそれとは異なる安定マッチングを得るマッチング再構成手法の提案を行っている。提案したマッチング再構成手法については、提案手法により異なる安定マッチングを得るための必要十分条件を求めており、失敗した場合に元の安定マッチングへ戻すアルゴリズムの開発も行っている。

計算機実験では、各メンバーに評価関数を設定し、提案手法により一定期間マッチング再構成を行った結果、男女平等安定マッチングに近い安定マッチングを得ることを実証しており、目的に応じて評価関数を設定することにより幅広い自律分散システムへの応用が可能であることを示している。

自律分散スケジューリング問題では、スケジューリング問題の一つである並列機械スケジューリング問題を自律分散システムへ適用している。本論文における、自律分散スケジューリングでは、問題はシステム全体のスケジューリングを最適にすることであり、小規模なサブスケジューリング問題への分割は複数のサブシステムにおける自律的なスケジューリングと定義している。提案して

(次頁へ続く)

審査要旨

いるスケジューリング手法では、全てのジョブをサブシステムへ分配し、各サブシステムが独自にスケジューリングを行うサブスケジューリング過程の後、システム全体の目的を遂行するために他のサブシステムとジョブの受け渡しや交換を行う協調過程を繰り返す。本論文では、スケジューリング手法の協調過程において用いる協調アルゴリズムとして、2つのサブシステムを選出しジョブの交換・受渡しを行う Scheme I と1対1のサブシステムの組合せを求めペア間でジョブの交換・受渡しを行う Scheme II の提案を行っている。

計算機実験の結果より、Scheme I は Scheme II に比べより質の良い解を得る反面、解の改善スピードが遅く、Scheme II は Scheme I に比べ解の改善スピードは速いが解の質では劣ることを示している。更に、協調過程の前半では Scheme II を用い、後半では Scheme I を用いるハイブリッド化によりそれぞれの長所を生かしたスケジューリング手法の提案を行い、Scheme I または II 単独によるスケジューリングよりも速くより良い解を得る事を示している。提案手法より得られる解の質においては、従来の遺伝的アルゴリズムを用いた手法に比べ解の質は若干劣るものの納期遅れ総和時間の量から許容できる範囲の解であることを示しており、提案手法の柔軟性においても、スケジューリングの途中でジョブを追加する実験の結果から非常に短い時間で再スケジューリングが行えることを示している。

以上のように、本論文は博士の学位論文に値するとして合格と認める。また、最終試験の結果、上記のものは専門分野及び関連分野の十分な知識を有することが判明したので、最終試験も合格とする。