

審査の結果の要旨

氏名 李光輝

李光輝氏の博士論文は「動的環境における複数案内ロボットの作業分担決定と経路計画」と題し、全7章より構成される。本論文では、動的環境において複数の移動ロボットで、案内すべき人（ターゲット）の分担を決定しながら案内することを目標とし、複数移動ロボットを対象とした作業分担決定の効率を向上させる新たな枠組みを提案している。

第1章では、本論文の背景とサービスロボット研究の概観について述べている。特に、案内ロボットへの応用について詳細に触れ、その応用研究における様々な問題点について指摘している。

第2章では、提案する分散型複数案内ロボットシステム概念や定義について述べている。また、複数の案内ロボットが、人の意図を理解しながら、知的かつ協調的に動作し、安全かつ効率的に人を案内し、人に満足を与えることができるような、新規なシステムであることが本研究の最終目標であり、展示会、博物館、美術館、ショッピングモールなどで、知的に案内を行うシステムが、これまでのロボット技術を活用し、システムインテグレーションを適切に行うことにより、実現可能であることを述べている。これまでの案内ロボットシステムと本研究で提案する案内ロボットのコンセプトの違いを明確化するとともに、動的に移動するターゲットを対象とした分散型動的作業分担決定と経路計画という二つの主問題について述べている。

第3章では、二つの分散型動的作業分担決定手法について提案している。本研究では、ロボットが案内すべきターゲットが動的に移動する状況での作業分担決定問題を扱う。まず、ENOMOTAL (ENumeration Of MOving Task ALlocation) と呼ばれる手法が提案されている。これは、マーケットベースの作業分担決定と組み合わせ最適化を組み合わせ、拡張した手法である。各ロボットは、相互にコストを送信しながら、ターゲットを入札および評価関数によ

って決定する。次に、DYSEMOTAL (DYnamical SEquential MOving Task ALlocation)と呼ばれる手法が提案されている。ここでは拡張行動に基づく複数ロボット間の交渉機能が組み込まれている。前半のステップでは、まず各ロボットは順番に交渉を行い、ターゲットを選択する。後半のステップでは、作業分担が割り当てられなかったロボットが、残っているターゲットに割り付ける。ここでは、2種類の距離の閾値が設定されているのが特徴である。シミュレーションによって、従来手法の繰り返し競売方式による作業分担決定と比較し、本研究で提案した手法が優位性を有していることを示した。ただし、ENOMOTALはコストや効率の面で有効であるが、振動が発生するという問題があり、逆に、DYSEMOTALは、振動の発生は低減することができるが、コストや効率の面では劣ることが明らかになった。

第4章では、上記の2手法のそれぞれの欠点を解決するために、その2手法を統合した、HYDYMOTAL (HYbrid DYnamic MOving Task ALlocation)と呼ばれる手法が提案されている。ロボットやターゲットの位置や状況が変化すると、各ロボットは、評価関数を最小化するように、組み合わせコスト表から作業分担を決定し直す。ここでは、ロボットが、ロボットやターゲットの位置に基づきターゲットを再決定するのに、2種類のサンプリング時間の閾値を設定している。シミュレーション実験により、HYDYMOTALはコストや効率において優れているのみならず、頑健性においても改善されていることが示されている。

第5章では、作業分担決定の際のコスト計算で必要となる、経路計画手法について述べられている。ここでは、新たに同時前向き探索に基づく改良型人工ポテンシャル法 (SIFORS: SImultaneous FORward Search method) が提案されている。この手法では、既知環境を前提とした手法であり、短経路を効率的に生成することが可能である。この手法は、振動、局所最適解、到達不能目標などを避けるために、ポテンシャル関数を新たに定義し直し、壁沿い走行を行う手法となっている。最適経路は、改良型ポテンシャル法によって生成された経路点をつなぎ直すことによって得られる。シミュレーションの結果、本手法は、振動、局所最適解、到達不能目標などを避け、改良型ポテンシャル法で得られた経路より短い経路を生成できることが確認されている。

第6章では、すでに提案したHYDYMOTALと改良型人工ポテンシャルに基づくSIFORSを統合が行われている。シミュレーションの結果から、この統合手法は、様々な形状の障害物が存在する既知環境下に動作する、分散型複数案

内ロボットシステムにおいて、適切に作業分担決定・経路計画が行われ、頑健性にも優れていることが示されている。

第7章では、この博士論文研究の結論と総括が述べられ、また今後の課題について議論されている。

以上、本論文は、動的環境で動作する複数案内ロボットシステムにおいて、作業分担決定と経路計画を行う新規な手法を提案しており、またシミュレーション実験により、提案された作業分担決定と経路計画の手法が有用性と効率性を確認していることから、博士論文として十分なオリジナリティと貢献性があると判断する。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。