

論文内容の要旨

博士論文題目

Learning Approaches for Flexible and Resilient Multi-robot Cooperative Transport

(柔軟かつレジリエントな協調輸送のための学習法)

氏名

柴田 一騎

(論文内容の要旨)

マルチロボットによる協調輸送は配送、物流、搜索救助などの応用が期待されており、ロボティクス分野で注目を集めている。協調輸送の従来研究は、さまざまなタスクで制御戦略を導出できているが、依然としていくつかの強い仮定がある。その結果、ロボットは未知の荷物を輸送できないことや、電池切れやアクチュエータの故障などの予期せぬ状況に対応できないことがある。

本論文は、様々な輸送シナリオに対応できる柔軟かつレジリエントな協調輸送のための学習法を提案する。初めに、様々な台数のロボットに対する通信と制御の設計のための学習法を提案する。提案法は、通信のタイミングを決定しつつ、局所情報から大域情報を復元する分散方策モデルを用いる。これによって、提案法は、様々なロボットの台数に対して、制御性能と通信節約を両立できる。次に、荷物の輸送に必要なロボットの台数が未知、かつ様々な数の荷物とロボットに対するマルチロボットの役割分担に取り組む。提案法は、協調と分業のタイミングを決定する分散方策モデルを採用する。これによって、提案法は、荷物の輸送に必要なロボットの台数が未知でも、様々な数の荷物とロボットに対して与えられた全ての荷物を目的地へ移動しつつ、輸送時間を短縮できる。最後に、未知形状の荷物を輸送するための形状推定に取り組む。提案法は、カメラを補完するため、加速度センサを用いた接触検出法を用いる。しかしながら、この検出法は、実際の衝突だけでなくロボットの不安定な挙動にも反応するため、接触の誤検出データを含む。そのため、誤検出データにも対応可能な形状推定方法を提案する。本論文は、実応用での様々な輸送シナリオに

対応できる柔軟かつレジリエントなシステムの実現に重要な役割を果たすことが期待できる。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、様々な輸送シナリオに対応できる柔軟かつレジリエントなマルチロボット協調輸送システムのための制御方策の学習法について検討している。柔軟かつレジリエントな協調輸送システムを設計するために、1)分散型方策モデル、2)局所情報から大域情報を復元する合意機構、それらを統合するための3)強化学習機構、の3つの要素からなるアプローチを提案した。これにより、従来研究に見られたいくつかの強い仮定を要することなく、未知の荷物を輸送や、電池切れやアクチュエータの故障などの不測の事態への対処が可能となる。

具体的な検討として、まず、様々な台数のロボットに対する通信および制御設計のための学習法を提案した。提案法は、通信のタイミングを決定しつつ、局所情報から大域情報を復元する分散方策モデルを用いる。これによって、提案法は、様々なロボットの台数に対して制御性能と通信節約を両立できる。次に、荷物の輸送に必要なロボットの台数が未知、かつ様々な数の荷物とロボットに対するマルチロボットの役割分担に取り組んだ。提案法は、協調と分業のタイミングを決定する分散方策モデルを採用した。これにより、提案法は荷物の輸送に必要なロボット台数が未知でも、様々な数の荷物とロボットに対して与えられた全ての荷物を目的地へ移動しつつ、輸送時間を短縮できる。最後に、未知形状の荷物を輸送するための形状推定に取り組んだ。提案法は、カメラを補完するため、加速度センサを用いた接触検出法を用いる。しかしながら、この検出法は、実際の衝突だけでなくロボットの不安定な挙動にも反応するため、接触の誤検出データを含む。そのため、誤検出データにも対応可能な形状推定方法を提案した。それぞれの実験検証のために、物理シミュレーションや最大6台のマルチロボット協調物体搬送の実験環境や、ドローンを用いた接触形状推定実験環境を構築した。それらを通じた検証実験の結果より、提案手法の有効性を確認した。

本論文の成果は、様々な輸送シナリオに対応できる柔軟かつレジリエントなシステムの実現に向けて、重要な役割を果たすことが期待できる。提案されたアプローチと各種アルゴリズムと実験検証に対して、新規性および有用性の観点から一定の学術的意義があるものと評価できる。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。