

非集中型制約最適化に基づく複数移動センサの協調観測における連携動作のモデル化の検討

松井俊浩 †

名古屋工業大学 †

1 はじめに

広域観測や危険区域の観測のために、複数の自律的な移動センサエージェントの協調が検討されている。先行研究 [1] では、このような非集中型の協調観測における、複数のサブタスクに含まれる問題解決を非集中型の制約最適化により表現する手法が検討されている。

本研究では従来手法を発展させ、エージェントに観測などのサブタスクに応じた特定の連携動作が要求される場合に注目する。連携動作を伴うサブタスクとそれに含まれる協調問題解決、および基本的な観測タスクとの統合の基礎検討として、複数ターゲットに複数センサを割り当てる規則の拡張を検討する。提案モデルをシミュレーションにより検証する。

2 従来手法

2.1 移動センサ群による観測問題

危険区域や建物内などを観測する自律的な移動センサ群の協調による複合的な観測タスクのための問題解決を想定する。グリッド世界において、探査と特定の位置のターゲットの捕捉を分担する移動センサ群を例題とする。センサエージェントは視野を持ち、担当する観測範囲を巡回し情報を更新する。観測領域の分担を決定することが基本的な目的である。さらに、一部のエージェントの探査を中断して、臨時に出現するターゲットに優先して割り当てることも目的とする。これらを分散協調的に達成する際に、各サブタスクに含まれる競合解決などの意思決定を汎用的な方法で表現し解決するために、エージェント間に分散して配置された離散最適化問題である分散制約最適化問題 [2] としてモデル化する。

2.2 従来手法の枠組み

従来手法 [1] の枠組みは、移動センサエージェントの役割を決定する上位の階層と、探査領域の分担を決定

する下位の階層の各処理を反復的に実行する。付随する観測や移動などの低レベルな処理も実行する。

2.2.1 観測担当領域

観測担当領域をグリッド状の領域の分割により表現する。屋内等の障害物の影響を考慮し、連結な非凸領域に分割する。領域のサイズを動的に均衡化する。各移動センサエージェントは担当領域の情報を交換し、近接する担当領域との間で周辺部分を授受する。領域の授受の相手の選択では、領域を譲渡する相手が領域の近接部分を他に譲渡するなどの矛盾を解消するために、エージェントの行動を、1) ある近接領域への譲渡と、2) 受け入れの二択とし、それらが無矛盾となる制約を充足し、最も受け入れ量の合計が大きいエージェントを優先する分散制約最適化問題を解く。

2.2.2 役割分担

通常は、移動センサエージェントに担当領域の探査を割り当てる。また、臨時に発生する特定位置の対象を捕捉する、優先度が高い役割を割り当てる。最も近い位置のエージェントを選択することや、役割を交換することにより、担当領域の情報の再構築を抑制するなどの条件からなる分散制約最適化問題を解く。エージェントの行動は、1) 探査、2) 特定位置の対象の捕捉、3) 他のエージェントとの役割の交換である。同一のターゲットへの競合を禁止する制約、ターゲットの非選択コスト、ターゲットへの推定移動距離、役割を放棄するなどのコストを階層的に結合したコスト値を評価する。

2.2.3 非集中型の局所探索解法

各分散制約最適化問題を、非集中型の局所探索解法により解く。1) 各エージェントは行動選択の評価に必要な情報を送受する。2) 各エージェントは自身の最良の行動の評価値を求め、近傍エージェントと送受する。3) 近傍で最良の評価値とそのエージェントの識別番号を送受する。4) 自身が最良の評価値のエージェントであれば、解を決定し、近傍エージェントに通知し交渉を終了する。5) 全エージェントが終了するか打ち切りまで解法を繰り返す。

A Study of Modeling Joint Actions Based on Decentralized Constraint Optimization in Cooperative Observation using Multiple Autonomous Mobile Sensors

†Toshihiro Matsui · Nagoya Institute of Technology

3 提案手法

3.1 複数ターゲットへの複数センサの割り当て

従来手法では、非集中型の局所探索による問題解決が容易となるように、各ターゲットに排他的に一つのセンサエージェントを割り当てていた。提案手法では、各ターゲットに複数のエージェントを割り当てるように拡張する。このために、各ターゲットへのセンサの割り当て数を集計し評価する。ターゲット間における、センサの割り当て数の公平性を簡易的に考慮するために、各ターゲットに対するエージェントの割り当てに対するコスト値を階層的な値に定める。割り当て数が0の場合のコスト値は、割り当て数が1の場合のコストよりも十分に大きくし、割り当て数がさらに多い場合も同様に設定する。また、過剰な割り当てを避けるために、割り当て数の上限を定め、上限を超える割り当てを制約違反とする。非集中型の局所探索による問題解決のために、各ターゲットへのセンサの割り当て数は、既に意思決定したエージェントについて集計する。

3.2 観測領域とターゲットの観測のセンサの配分

各ターゲットに割り当てるセンサ数の上限を設けることとあわせて、系全体において、観測領域に割り当てべきセンサエージェント数の比率の閾値を定める。非集中型の局所探索による問題解決のために、センサの割り当てを、既に意思決定したエージェントについて集計し、観測領域に割り当て可能な、残りのセンサ数をその比率を評価する。残りのセンサ数が不足する割り当てを制約違反とする。この制限と、各ターゲットに割り当てるセンサ数に対する、階層的なコスト値により、各ターゲットに最低限1台以上のセンサを割り当て、段階的に可能な台数を増やすことになり、ターゲット間での公平性が簡易的に考慮される。

4 評価

提案モデルをシミュレーションにより検証した。図1 (a) に示される環境で6 エージェントを動作させた。初期位置および初期の観測領域を、図1 (b) のように設定し、観測領域の拡大と分担をしつつ、途中で出現、移動、消失したターゲットへのエージェントの割り当ても決定した。観測領域に割り当てるエージェント数の下限を全体の半分とした。図1と2のグラフに示されるように、ターゲットがある場合は、合計3 エージェントを上限として、各ターゲットに最大2 エージェントが割り当てられた。また、同一のターゲットの配置が変わったとき、資源の割り当てが整合すれば、エージェントの役割が交換され、観測領域の割り当てが損

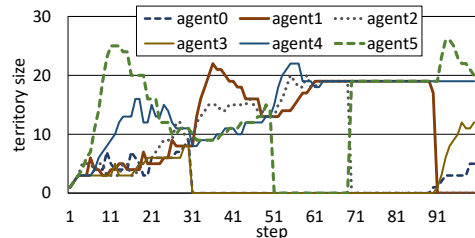
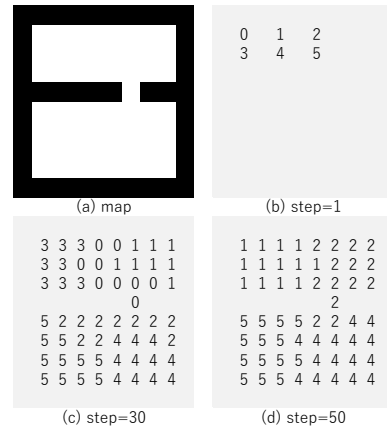


図1: 領域観測資源 50%, 観測担当領域

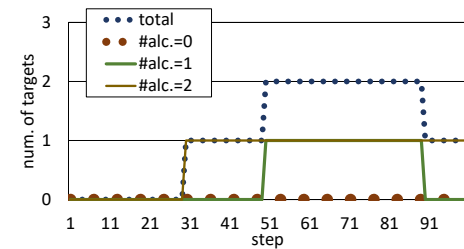


図2: 領域観測資源 50%, 総ターゲット数, ターゲットごとの割り当てセンサ数

なわれずに引き継がれた。図1のグラフのステップ70では、agent2とagent5の役割が交換された。

5 まとめ

複数の移動センサによる複合的な観測タスクの協調問題解決に分散制約最適化のアプローチを適用する枠組において、複数のセンサエージェントが連携するサブタスクの基礎検討として、複数のターゲットに複数エージェントを割り当てる規則の拡張を検討した。サブタスクに応じたエージェントの位置関係などの詳細な制約の設計と適用が今後の課題として挙げられる。

謝辞 本研究の一部は、公益財団法人立松財団一般研究助成による。

参考文献

[1] Toshihiro Matsui. Decentralized constraint optimization in composite observation task allocation to mobile sensor agents. In *PAAMS 2020*, pp. 171–187, 2020.

[2] Ferdinando Fioretto et al. Distributed constraint optimization problems and applications: A survey. *JAIR*, Vol. 61, pp. 623–698, 2018.