

F-041

ロボカップレスキューにおけるエージェント間協調のためのグループ形成手法

Group Formation Method for Cooperation Among Agents in RoboCup Rescue

呉 珊[†]

Shan WU

松井 丈弥[†]

Takeya MATSUI

能登 正人[†]

Masato NOTO

1. はじめに

ロボカップレスキューとは災害救助への情報処理技術の適用を目指し、地震などの大規模災害に対してロバストな社会を創ることを目標としている。シミュレーションシステムは、多数のエージェントが人工社会を形成し、災害空間上で災害対応活動を行わせるマルチエージェントシステムである。本プロジェクトでは、不完全情報制約下で災害後の被害を抑えるために、能力が異なるエージェントの自律性を高めることや、エージェント間で協調することなどが研究されている。各エージェントは自身が持つ能力によって単独では解決できない問題が発生した際には協調行動が必要となる。なお、各エージェント間は図1で示すような通信経路で情報の交換を行うが、異種エージェント間の通信（例えば、消防エージェントと道路啓開エージェント間）は、各司令所を経由する。

本稿では、ロボカップレスキューシミュレーションにおいて異種エージェント間の依存関係を考慮したタスク割り当て手法を提案する。提案手法では、目標を達成するため、不完全情報制約下での消火グループの形成を二段階に別ける。消火初期段階では、情報の収集と火災への快速的な反応に着目し、道路啓開エージェントが暗黙で協調する。ある程度の情報が集まった段階では、司令所エージェントが道路啓開エージェントのコストも考慮して行動を判断し、消火活動を行う。また、提案手法の有効性を確認するため、実験により評価を行う。

2. 従来手法

2.1 動的なチームを生成する手法

動的なチームを生成する手法とは、複数の問題が発生した時、問題の難しさが変化し続けることにより、同種エージェント間で協調行動を効率的に行う手法である [1]。協調が必要だと判断した問題に対して、周囲のエージェントにグループ形成要求を送り、適切なチームリーダーを決定する。この手法では、問題が同時に複数発生する環境に柔軟に対応できるが、エージェントが分散する時、グループの形成が難しくなる。

2.2 異種エージェントの組み合わせオークション手法

異種エージェントの組み合わせオークション手法とは、司令所エージェントと組み合わせオークションを用い、

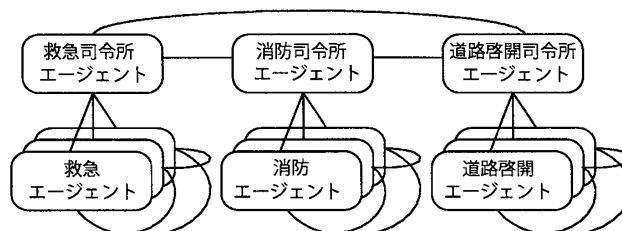


図1: エージェント間の通信

問題を解決するために異種エージェントが協調行動できる手法である [2]。消防エージェントの移動時間、道路啓開エージェントの閉塞の除去時間と火災自身をコストとして入札を行うので、同じ問題に対する複数の落札が防げる。一方、すべての情報を共有し、エージェント間で通信を繰り返すため、消防活動が遅くなってしまう。

3. 提案手法

3.1 概要

提案手法では、不完全情報制約下での災害の初期に、火災優先度によって目標を決定して、道路啓開エージェントが消防エージェントと火災の位置によって移動経路を推定し、経路上の閉塞を除去して暗黙で協調する。この段階では情報の収集と火災に快速的に対応することが望まれる。ある程度の情報が集まると、道路啓開エージェントのコストも考慮し、オークション方法によるタスク割り当て手法へ転換する。また、指令所が集中的に行動を判断するためにエージェント間の通信回数を減らし、グループ形成のステップ数が少なくなる。

3.2 目標の決定

タスクとはエージェントがおかれている環境で解決すべき問題である。タスクはサイズを持ち、エージェントの活動と時間の推移によってタスクの状態は変化する。火災タスクには木造や鉄筋などの種類や面積などといったプロパティを持っている。消防エージェントは視覚範囲内の火災タスク情報を消防指令所へ報告する。消防指令所は受信した火災タスクと自身が持っている火災タスクを集めて、火災タスクのプロパティと燃焼程度によってタスクの優先度を決める。エージェントは優先度が高いタスクから問題を解決する。

[†]神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻, Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

表 1: シミュレーション結果

	消火グループ生成時間	初期消火成功率 (%)	
		Kobe	VC
動的なチームを生成する手法	4ステップ	57	56
組み合わせオークション手法	7ステップ	59	60
提案手法	2ステップ/5ステップ	60	62

3.3 割り当て処理の流れ

消火初期段階でのグループ形成の流れを以下に示す。

1. **情報の収集**: エージェントが自身の周囲のタスク情報と自身の情報を司令所へ送る。
2. **消防エージェントの行動**: 消防司令所が火災タスクの優先度により、一番高いものを目標に決定し、グループを形成する。道路啓開エージェントに消防エージェントと火災の位置を伝える。消防エージェントが道路状況(通過可能, 未確認, 閉塞)により、ルートを探索する。
3. **道路啓開エージェントの協調**: 道路啓開エージェントが受信した情報により、同じ経路構成方法で消防エージェントのルートを推定し、協調する。

次に、情報が集まった段階での割り当ての流れを以下に示す。

1. **情報の整理**: 消防エージェントが自身の周囲のタスク情報と自身の情報を消防司令所へ送る。また、道路啓開エージェントが自身の周囲の阻塞情報と自身の情報を道路啓開司令所へ送る。
2. **目標の決定**: 消防司令所が火災タスクの優先度により、目標を決定する。目標の火災と消防エージェントの位置を道路啓開司令所に通知する。
3. **コストの計算**: 最良優先探索方法で消防エージェントが利用するルートを推定し、このルート上の閉塞除去が最優先となる。推定したルート上で消防エージェントの移動コストと道路啓開エージェントの除去コストを計算し、消防司令所へ送る。
4. **グループの形成**: オークションで必要なエージェント数を決めて、グループを形成する。決定した道路啓開エージェントのIDを道路啓開司令所へ伝える。
5. **割り当ての終了**: 形成したグループの各エージェントへ通知し、タスク割り当てを終了する。

4. シミュレーション実験

本研究では RoboCup Rescue Simulation Package ver0.49 を使用する。シミュレーションではエージェン

トが行動を決定し、シミュレータの情報の更新を繰り返していくことで進んでいく。なお、1回の繰り返しの1ステップと呼ぶ。

実験では、Kobe マップと VC (Virtual City) マップを用い、消防エージェント数および道路啓開エージェント数をそれぞれ 10、火災数を 3 にし、火災および各エージェントの初期位置をランダムに配置して 100 回試行を行った。シミュレーション結果(平均値)を表 1 に示す。

4.1 結果と考察

表 1 より、提案手法は異種エージェントの組み合わせオークション手法より早く消火活動を開始することができた。一方、動的なチームを生成する手法と比較すると災害初期のグループ形成は早いですが、後期には 1 ステップ遅くなってしまった。しかし、初期消火成功率を見ると、Kobe マップと VC マップ共に提案手法の方が良い結果となった。また、100 回の試行中には従来手法が上回った結果も何回かあった。これは火災周囲の閉塞が多く、道路啓開エージェントが暗黙で協調しても消火が遅くなったため、消火初期段階から第二段階に入りにくくなってしまったためと考えられる。

5. まとめ

本研究では、エージェントと司令所を利用して、災害の状況により異種エージェント間の協調を消火初期の暗黙の協調と情報が集まったときの協調の二つに分ける手法を提案した。シミュレーション結果から、提案手法は従来手法より初期消火成功率が高くなっていったため、火災の延焼を防いだことがわかった。今後はそれぞれのパラメータを変更して提案手法の有効性を検討する。また、消火グループ形成における初期段階を終了して、次の段階へ転換する条件の検討が主要な課題となっている。

参考文献

- [1] 伊藤暢浩, 浅井義樹, 江崎哲也, 犬塚信博, 和田幸一: グループ形成によるレスキューエージェントの協調モデルについて, 計測自動制御学会論文集, Vol. 41, No. 12, pp. 964-973 (2005).
- [2] 上原 淳, 片上大輔, 新田克己: RoboCup Rescue における異種エージェントを考慮したタスク割り当て, 情報処理学会研究報告 (ICS), Vol. 2006, No. 2, pp. 71-76 (2006).