

# 情報量に基づくロボカップレスキューエージェントの協調行動

呉 珊<sup>†</sup>松井 丈弥<sup>†</sup>能登 正人<sup>†</sup>神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

ロボカップレスキューは人工知能・ロボティクスの防災科学に対する一つのアプローチであり、大規模災害救助への情報処理技術の適用を目指している。シミュレーションプロジェクトはその一部として、コンピュータ内で災害を構築するシミュレーションシステムの開発が進められている。本プロジェクトでは、不完全情報制約下で被害を抑えるために、エージェントの自律性を高めることや、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の能力により単独では解決できない問題があった時、エージェント間の協調が必要となる。協調行動を判断するため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が可能である。

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と不完全情報制約下の情報収集を考慮した手法を提案する。提案手法では、被害を最小化する目標を達成するため、消火グループの形成を二段階に別ける。情報が少ない段階（第1段階）では、情報収集が重要であるため、エージェント間が暗黙で協調を行う。一方、ある程度情報を得た段階（第2段階）では、エージェント間の協調が優先されるため、消火エージェントと道路啓開エージェントの両方を考えて協調行動を行う。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、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時、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、異種エージェントが協調行動できる手法である[2]。エージェントだけでなく、火災自身もコストとし

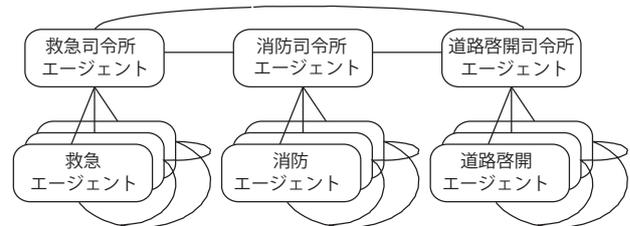


図1: エージェント間の通信

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、消火グループの形成を情報が少ない段階（第1段階）とある程度情報を得た段階（第2段階）の二段階に別ける。また、第1段階では二つの手法を提案する。提案手法1では、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の移動経路を推定し、閉塞を除去するため暗黙で協調する。提案手法2では、マップ上を建物の密度を考慮していくつかのエリアに別け、道路啓開エージェントが各エリアに指定され、消防エージェントの移動経路により協調する。なお、二つの提案手法のどちらの場合でも情報の収集と火災に快速的に対応することが望まれている。

一方、ある程度の情報が集まると、グループの形成が第2段階に入る。この段階では、道路啓開エージェントのコストを考慮し、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。

### 3.2 目標の決定

グロスとは図2で表すように道路中心線（点線）に囲まれた範囲である。グロス密度とはグロスの面積とグロス内の建物の面積の割合である。

タスクとはエージェントが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。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。

Cooperative Behavior of RoboCup Rescue Agent Based on The Amount of Information

<sup>†</sup>Shan Wu, Takeya Matsui and Masato Noto

<sup>‡</sup>Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

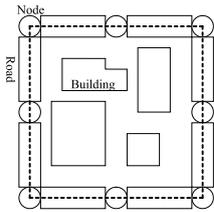


図 2: グロス

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 1	2ステップ/5ステップ	60	62
提案手法 2	3ステップ/5ステップ	64	63

### 3.3 割り当て処理の流れ

第1段階でのグループ形成の流れを以下に示す。

#### 提案手法 1:

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、目標を決定し、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、ルートを探査する。
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。

#### 提案手法 2:

提案手法 1 と流れは同じだが、情報収集と同時にグロス密度と全マップの平均密度を計算して道路啓開エージェントの個数によりエリアを別け、エージェントにエリアを指定する。また、道路啓開エージェントが協調するときは自分エリア内の消防エージェントと協調する。

次に、第2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とシミュレータの情報の更新を繰り返して進んでいく。なお、1回の繰り返しを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、消防エージェントと道路啓開エージェントをそれぞれ 10、火災数を 3 にして、火災と各エージェントの初期位置をランダムに配置し、100 回試行を行った。

表 1 に示したシミュレーション結果（平均値）より、両提案手法の第 1 段階は消火活動が早くなって、第 2 段階には 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が良い結果となった。これは情報が不足でもエージェント間が協調しているためと考えられる。また提案手法 1 より提案手法 2 の結果が若干よくなっていた。これは提案手法 2 では消防エージェントの経路はいくつのエリアを経由し、1 つ以上の道路啓開エージェントが同じ経路の閉塞を同時に除去する可能性があるためと考えられる。

## 5 まとめ

本研究では、情報量によりエージェント間で協調を行うためのグループ生成を二段階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たため、火災の延焼を防いだことがわかった。今後の課題として第 2 段階でのグループ形成ステップ数の削減、それぞれのパラメータを変更した場合の有効性を検討していく。

## 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).