

## レスキューエージェントの協調行動に対するタスク割り当て

## Task Allocation for Cooperative Behavior of Rescue Agents

呉 珊 松井 丈弥 能登 正人  
Shan Wu Takeya Matsui Masato Noto

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

In the RoboCup Rescue simulation scene, there will be some problems which can not be resolved only by FireBrigade agents. To reduce loss from disasters, it is required that other related agents are distributed to complete tasks together by their heterogeneous cooperation. In this paper, early in the fire fighting, we focus on the disaster information collection and the quick response of Fire, due to incomplete information. At this point specific PoliceForce agents won't be assigned to act, but loosely coupled by the way of different kinds of coordination and cooperation among the agents. After collecting amount of the information, switch to the auction algorithm to carry on the FireBrigade agents and PoliceForce agents forming a team, in order to ensure that the agents can arrive and extinguishing the fire. We concentrate in the Center agents to carry on the motion and make decisions. By this we can reduce the information transmission between the agents and the center agents, and form the team more quickly.

## 1. はじめに

ロボカップレスキュープロジェクトでは、社会的に重要な問題の一つである災害救助の分野をターゲットとして、人工知能やロボティクスの先端技術開発が行われている [田所 00]。シミュレーションプロジェクトはその一部であり、災害の現場をコンピュータ上で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。シミュレーションシステムでは、住民、緊急対応部隊などの多数のエージェントが人工社会を形成し、エージェントに災害空間上で救助活動を行わせ、災害被害の状況を点数化することで救助能力の評価を行う。本プロジェクトでは、災害後に被害を抑える、あるいは人を救命救助するために、不完全情報制約下で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。各エージェントは異なる能力を持っており、自身の能力により問題が解決できない場合は協調しなければならない。なお、エージェント間は図1で示すような通信経路で情報を交換できるが、例えば、消防エージェントと道路啓開エージェントの通信は、各司令所を経由しなければならない。

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、不完全情報制約下で目標を達成するため、消火初期に情報の収集をすることと快速的に反応することに着目し、道路啓開エージェントが暗黙で協調する。情報が集まり消防エージェントは必要に応じてグループを形成する際に、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判断を決めることで、早めに消火活動を開始することが可能である。また、提案手法の有効性を確認するため、シミュレーション実験により評価を行う。

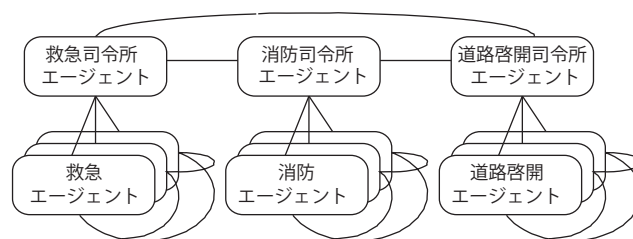


図 1: エージェント間の通信

## 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 [浅井 03]。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、エージェントにグループへの参加拒否権が与えられているため、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り、消防エージェントだけに着目しているため、道路閉塞などの原因により、グループを解散することがある。

## 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、2段階の契約ネットプロトコルと組み合わせオークションを用い、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 [上原 06]。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がコストとして入札を行っているので、時間が経つことにより、問題を解決するエージェントの数を調整でき、同じ問題に対する複数の落札を防げる。一方、視覚範囲をマップ全域として、すべての情報を完全に共有したうえで行動がきめるため、エージェント間で通信を繰り返すために7ステップ掛かり、消防活動が遅くなっている。

連絡先: 呉 珊, 神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻, 〒 221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1, Tel: 045-481-5661(内線 3807), E-mail: gosan@nt.ee.kanagawa-u.ac.jp

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 |
|------------------------|---------------|---------|
| 動的なチームを生成する手法          | 4 ステップ        | 0.57    |
| 異種エージェントの組み合わせオークション手法 | 7 ステップ        | 0.59    |
| 提案手法                   | 2 ステップ/5 ステップ | 0.60    |

### 3. 提案手法

提案手法では、災害の初期に不足な情報の下で火災優先度により消火グループを形成する。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とで、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、火災に到着して消火成功率を確保するため、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してエージェント間の通信回数を減らすため、グループ形成のステップ数を少なくなる。

#### 3.1 タスクの定義

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。

#### 3.2 目標の決定

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。消防エージェントが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定める。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。

#### 3.3 割り当て処理の流れ

消火初期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、優先度が一番高い火災タスクを目標に決定し、グループを形成する。道路啓開エージェントへ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、最良優先探索方法でルートを探る。
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、情報が集まった際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、優先度が一番高い火災タスクを目標に決定する。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になる。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：火災は時間が経つと排水量が多くなるので、目標達成までにかかるコストを考慮し、オークションに必要なエージェント数を決めて、グループを形成する。また、決定した道路啓開エージェント 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消防エージェントと道路啓開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

本研究で使用したシミュレータのバージョンは 0.49 である。実験では、Kobe マップを使用し、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 にして、火災数を 3 にしており、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行った。シミュレーション結果を表 1 に示す。

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初期グループ形成が早いですが、後期には 1 ステップが遅くなっていた。しかし、初期消火率を見ると、提案手法の方が良い結果となっていた。

### 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は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。今後は提案手法は様々な条件のマップ上で有効であるかを検討する。また、指令所の指示にもっと柔軟に対応することは主要な課題となっている。

### 参考文献

- [浅井 03] 浅井 義樹, 伊藤 暢浩, 江崎 哲也, 犬塚 信博, 和田 幸一: レスキューエージェントの協調行動に対するグループ形成アプローチ, 情報処理学会研究報告 (GI), 第 2003 巻, pp. 13-20 (2003)
- [田所 00] 田所 諭, 北野 宏明: ロボカップレスキュー 緊急大規模災害救助への挑戦, 共立出版 (2000)
- [上原 06] 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), 第 2006 巻, pp. 71-76 (2006)