事例紹介

ロボカップレスキュー・シミュレーションにおける分散協調

Distributed Cooperation in RoboCupRescue Simulation

森 本 武 資* 竹 内 郁 雄* *電気通信大学大学院情報工学専攻

Takeshi Morimoto* and Ikuo Takeuchi* *The University of Electro-Communications

1. は じ め に

ロボカップレスキュープロジェクト [1]~[3] は「大規模災害に対してロバストな社会を創る」ことを最終目標とするプロジェクトである。筆者らは、同プロジェクトが開発した大規模災害シミュレーションシステム上で救助活動する救急隊や消防隊などのエージェントの開発に取り組んでいる。本稿では、災害空間上での救助活動における課題とその解決方法の概要を述べる。

2. エージェントの種類と能力

災害空間上で活動するエージェントの種類には、負傷者を救助し避難所に運ぶ救急隊エージェント、放水により火災の消火と延焼をくい止める消防隊エージェント、通れない道路を修復する道路啓開隊エージェントがある。また、各種ごとに司令所エージェントがあり、隊員や他の司令所との通信を行う。

救急隊、消防隊、道路啓開隊は数人から構成される小隊である。司令所は消防署や警察署などの建物であると同時に、そこで活動する人々の機能を持つ。

災害空間のシミュレーションは 1 分刻みで進行し、個々のエージェントはそのたびに、災害空間の変化を知覚し、行動内容を決定し、それをシステムに伝える。エージェントの行動は次のターンに反映される。災害空間上の 1 分間を 1 ターンと呼ぶ。

小隊エージェントは、半径 10 [m] 内にある建物（ただし火災は遠くからでも認識できる）や道路、他のエージェントなどを知覚（視覚）することができる。

すべてのエージェントは、肉声と電気通信による通信ができる。肉声は話者から半径 30 [m] 以内にいる他のエージェントに聞こえ、電気通信は同種の小隊と司令所に（司令所が発する電気通信は他種の司令所にも）伝わる（図 1）。個々のエージェントの発話と聞き取りはそれぞれ 1 ターンに 4

図 1 電気通信の流れ

センテンスに限られている。

小隊エージェントは通信の他に移動ができる。ただし、移動しようとする経路が途中で閉塞していたり、渋滞が起きている場合があり、必ずしも目的地に辿り着けるわけではない。

3. 課 題

救助活動を行うエージェントの目的は、災害による死傷者数を最小にすることである。災害時の死傷の主な原因は、埋没や火災による負傷である。倒壊した家屋に閉じ込められた市民の多くは負傷し、時間の経過とともに消耗していく。さらに、火災の延焼により火に巻き込まれた場合には、致命的なダメージを被る。救助や消火を行うためには被害現場に移動しなければならないが、倒壊した建物の残骸などにより多くの道路が閉塞しており、目的地に辿り着くのは容易ではない。

死傷者を最小にするためには、救急隊による救助活動に加え、消防隊による消火活動と、道路啓開隊による道路の修復が必要である。

災害の規模に比べて、個々のエージェントの能力は非力である。1 小隊だけでは、市民の救出に時間がかかり、火災の鎮火が困難であり、道路の修復が間に合わない。同じ種類のエージェントが協調して問題解決に取り組む必要がある。

また、個々のエージェントの能力は相互補完的であり、他種エージェントとの協調が不可欠である。つまり、道路啓開隊による移動経路の確保があって、消防隊の消火活動と延焼防止による死傷者拡大の阻止が可能になり、その上で、救急隊による救助活動が可能となる。

原稿受付 2001 年 10 月 1 日

キーワード: Multi-agent System, RoboCupRescue

*〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

*Chofu-shi, Tokyo

エージェントは非常に制限された情報源だけを頼りに、活動内容を決定しなければならない(実験で扱う主な市街地の規模が500[m]四方であるのに対し、エージェントの視野は半径10[m]である)。通信能力も制限されているため、他者との意志疎通も困難である。

4. 実現したエージェントの概要

4.1 基礎スキルの重要性

エージェントが効果的に活動するためには、基礎スキルの向上が必要である。現状を正確に把握するスキルと、状況に応じて適切な行動を決定するスキルは、賢いエージェントの両輪といえる。誤った状況認識の上では適切な判断はできないし、誤った判断しかできないようでは正確な状況認識も無駄になる。

ロボカップレスキューにおける主な基礎スキルは、正確なワールドモデルの構築と、確実性のある移動経路の探索である。

災害空間はダイナミックに変化する。負傷者は消耗し、火災も広がる。ほかのエージェントは動きまわる。以前通れた道路が、渋滞で通れなくなっているかもしれない。逆に通れなかった道路が、道路啓開隊に修復されているかもしれない。エージェントの視野は狭く、災害空間全体の状況を把握することは困難であるが、工夫次第で視野外の情報を獲得することが可能である。例えば、筆者らが開発したエージェントは、視野に現れたほかのエージェントが、どのような経路を移動してきたかを観察し、その経路が通行可能であると推測する。

目的地に短時間で辿り着くスキルは、すべてのエージェントにとって重要である。特に、緊急に治療が必要な負傷者や初期段階の火災の対応では、1, 2ターンの遅れが命取りになる。エージェントは確実に移動できる経路を見つけ出さなければならない。筆者らのエージェントは、確実性(以前通れた、通れなかった、未確認)などを基に経路を探索することにより、迅速な移動を可能にした。

4.2 救急隊

すべての負傷者の状態を把握することは難しいため、救出活動の最適なスケジューリングは困難である。確実性を重視し、救急隊は、救助が必要な負傷者を見つけ次第、救出を行うようにしている。救急隊は負傷者の状態に応じて、

救助の優先度を、即救助が必要、救助が必要、救助不要、救助断念の4段階に分け、効果の期待できない救助を避けるようにしている。

4.3 消防隊

火災は状態が急激に変化するため、特に素早い対応が必要な災害である。初期段階の火災は比較的小数の消防隊でも鎮火が可能だが、それ以降の火災は多数の消防隊による集中放水でも鎮火が難しい。通信で時間を浪費するよりも、各自の判断で迷わず消火活動に当たった方が、効果が大きい。

複数の火災が散在する状況では、消防隊の集中と分散のバランスを取るのが難しい。小規模な火災に多数の消防隊が放水するのも、大規模な火災に小数の消防隊が放水するのも、無駄が多い。筆者らのエージェントは、火災自体の状態、火災の周囲の状況、消防隊と火災の距離の三つの判断材料を基に、火災の放水優先度を見積ることにより、確実かつ効果的な消防隊の分散を実現した。

4.4 道路啓開隊

道路啓開隊はほかのエージェントが必要とする道路の修復を行う。どの道路が重要なのか、という判断は難しく、現状では救急隊や消防隊からの通信による啓開要請を基に判断している。このほか、災害発生直後には、道路啓開隊の一部が、近くの火災までの移動経路を確保するなど、通信に頼らない協調の実現を試みている。

4.5 司令所

現時点の司令所の役割は、他種の司令所との通信の中継だけに限られている。

5. 今後の課題

現在、エージェントの知能は、大部分をプロダクションシステム的に記述している。より高度な活動を実現するためには、短期的、長期的なプランニングを導入する必要がある。

参 考 文 献

- [1] 田所, 北野編: ロボカップレスキュー: 大規模災害救助への挑戦. 共立出版, 2000.
- [2] RoboCupRescue Official Web Page: <http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue/>
- [3] P. Stone, T. Balch, G. Kraetzschmar (Eds.): RoboCup 2000: Robot Soccer World Cup IV, lecture notes in Computer Science. Springer Verlag, Berlin, 2000.

森本武資 (Takeshi Morimoto)

1978年生。電気通信大学大学院情報工学専攻博士前期課程1年。エージェントの協調技術を評価され、人工知能学会賞を受賞(2001年)。RoboCup-2001 in USA. Rescue Simulation Leagueで優勝。

竹内郁雄 (Ikuro Takeuchi)

1946年生。NTT基礎研究所, NTTソフトウェア研究所を経て, 現在電気通信大学情報工学科教授。工学博士。実時間記号処理, 実時間分散協調問題に興味をもつ。