

## 移動エージェントを用いた避難誘導システム

中山 亮平 †

アレハンドロ アビレス ††

滝本 宗宏 ‡

† ‡ 東京理科大学 Tokyo University of Science

†† ハエン大学 the University of Jean in Spain

### 1 はじめに

災害時は、野外でも建物内でも速やかに安全地帯に避難することが重要である。しかし、避難誘導標識を用いた既存の方法では、標識が破損していたり、既知の経路が障害物で塞がれる可能性がある。また、初めて行く場所だったり、経路が混雑することによって、避難が遅れてしまう可能性がある。

本研究は、移動端末上で避難経路を動的に探索し、最適な経路をユーザに提示する分散型マルチ移動エージェントシステムを提案する。

### 2 提案方式

#### 2.1 状況設定

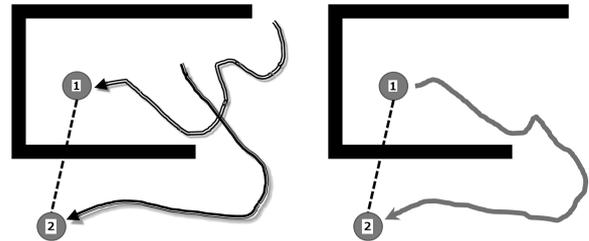
建物内から群衆が脱出することを想定する。各自はGPS情報を取得できる移動端末を持っており、端末はWi-Fiによるモバイルアドホックネットワーク（以降、MANETと呼ぶ）を構成している。群衆の一部は脱出経路を知っており、本システムに頼らず自力で避難し、他は、システムだけに従って避難すると仮定する。本システムの利用者は、壁や出口の情報もっておらず、システムも事前に情報を収集しないことを前提とする。

#### 2.2 物理避難経路の生成

ネットワーク上で隣接する2つの端末は、必ずしも、2つを結ぶ直線上に物理経路をもつとは限らない。そこで、本システムでは、GPS情報を利用し、各端末は、自身が移動した軌跡を記録する。軌跡どうしが共通部分をもつとき、2つのノード間に物理経路が存在することになる（図1a）。GPSの軌跡と軌跡を紡ぎ合わせることで、物理的な避難経路を生成することができる（図1b）。

#### 2.3 移動エージェント

移動エージェント (Mobile Agents) は、ネットワークで結ばれた端末上を移動しながら、必要な情報を集め、課せられたタスクを実行するプログラムである。タスクの実行途中で移動した場合も、継続してタスクを実



[a] ネットワーク上の繋がり [b] 端末1がGPSの軌跡と位置情報の軌跡を紡ぎ脱出

図1: 経路の生成方法

行できる。移動端末上で移動エージェントを利用することで、サーバレスなシステムの構築ができ、災害時の電源の消失にも耐えられるシステムを構築できる。

本システムでは、移動エージェントが(1)ネットワーク上の経路探索と、(2)物理環境上の経路探索を担う。ある端末にいるエージェントが、GPSログを回収しながら、ネットワーク上を移動する。安全地帯の端末に辿りついたら、そこまでのネットワーク上の最短経路を生成する。それをもとに、上記のGPSの交点を結びながら物理的避難経路を生成する。

#### 2.4 アントコロニー最適化に基づく経路探索の効率化

蟻という生物は、群で協調しながら活動している。例えば、ある蟻が餌を見つけると、そのことを巣に知らせに戻る。戻る際、餌と巣との経路を示すためにフェロモンを残す。巣に戻ると他の蟻たちがそのフェロモンをたどって餌を得ることができる。このフェロモンは時間とともに蒸発する。この性質を情報科学に応用し、リソース探索や渋滞の予測を行う手法がアントコロニー最適化（以降ACOと呼ぶ）である [1] [2]。

本研究では、より最適な物理経路を生成し、後続のエージェントを効率的に導くために、フェロモンを利用する。安全地帯にいる端末のフェロモンを一番強くし、その他の端末のフェロモンはその端末の移動速度や前方の端末の移動速度、時間変化などを考慮した値になることによって、どの方向に出口があるのかを後続の端末に伝達することができる。また、混雑状況に応じて移動速度や方向を調節することができる。

Evacuation Routing using Ant Colony Optimization over Mobile Ad hoc Net Works

†Nakayama Ryohei ††Alejandro Aviles ‡Takimoto Munchiro

† ‡Tokyo University of Science

††the University of Jean, Spain



図 2: シミュレータ

値	意味	基準値
全ノード数	全体のノード数	200
スウォームノード率	本システムを用いるノードの割合	10%
GPS ログ長さ	各ノードが保持する GPS データ数	100
Wi-Fi の範囲	各ノードの Wi-Fi が届く半径	70px

表 1: 各値の意味と基準値

### 3 評価と考察

評価を行うために、シミュレータを制作した。800px × 600px の平面上に 1 階層の建造物を設定し、人を複数配置し、離散時間ごとの変化を観測した。図 2 に建造物の例をしめす、白い部分が建物内、斜線部が安全地帯、黒線が壁を表している。また、各円は避難する人をノードとしてを表している。ノードは半径 6px の円で、毎ターン最大 2px ずつ移動する。さらに、実験ではシミュレータの各値 (表 1) を変化させた。

避難経路生成の成功率について、同じ値で 5 回シミュレートし、その平均値で評価を行う。また、成功率は

$$\text{成功率} = \frac{\text{全スウォームノード (以下, SN) 数}}{\text{避難に成功した SN 数}} \quad (1)$$

で算出した。

- GPS ログ数と Wi-Fi 距離の検証

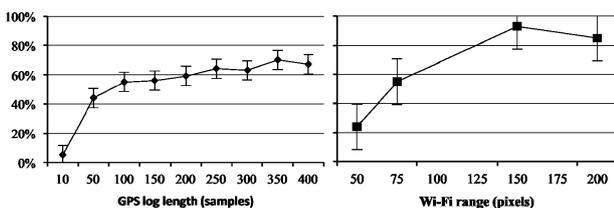


図 3: GPS ログの長さ と Wi-Fi 距離の値 と 成功率

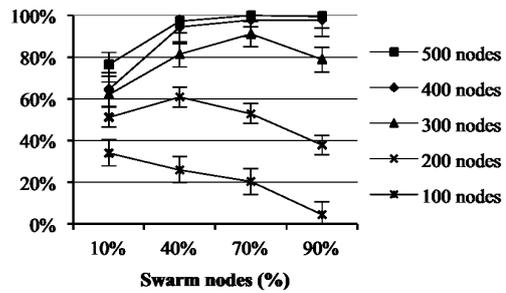


図 4: ノード数 と SN 率 と 成功率

図 3 が示すように、GPS ログ数、Wi-Fi 距離それぞれ増加すれば、成功率も増加することが分かる。成功率の最大値は 92% で、Wi-Fi 距離が GPS ログ数の 1.5 倍のときである。しかし、GPS ログ数の変動では、成功率は約 70% で打ち止めである。原因として (1) 物理的に GPS の交点が存在しない場所にノードがあることと、(2) GPS の交点が Wi-Fi の範囲外にあることが考えられる。

- 全ノード数と SN 率の検証

図 4 が示すように、ノード数が増えれば生存率が増加するが、SN 率が上がれば生存率は減少することがわかる。原因は、本システムは人の知識を利用することを前提とするので、SN が増加するとその情報が減少し、安全な地帯へ誘導できないためと考えられる。

### 4 まとめ

本研究では、移動端末上で移動エージェントと AOC を組み合わせた新たな避難誘導システムを考案した。その有効性をシミュレータを用いて検証を行った結果、高密度の集団を誘導する際に高い効果が期待できることを確認した。

今後は、シミュレータでなく、実際の環境を用いた検証を重ねる必要がある。そのためには、人間行動学に基づいた検証や、また、その中で屋内には向かない GPS の代わりになる手法の考案が重要である。

### 参考文献

[1] F. Ducatelle, G.A. Di Caro, and L. Gambardella. Principles and applications of swarm intelligence for adaptive routing in telecommunications networks. *Swarm Intelligence Journal*, Vol. 4, No. 3, pp. 173–198, 2010.

[2] 岩崎弘利. 私の博士論文 ユーザに適應する車載情報サービスに関する研究. 理大科学フォーラム, Vol. 28, No. 8, pp. 56–61, aug 2011.