

災害避難への分散制約最適化手法の適用

木下 克也

飯塚 泰樹

東海大学大学院理学研究科

1 はじめに

災害発生時や災害の危険が迫っている状況において、円滑な避難は重要な課題の一つである。しかし避難は常に円滑に進むとは限らない。例えば災害が発生した時の建物からの避難は、人々が限られた避難経路に殺到して渋滞を引き起こす。このような避難の場合、避難経路の許容量の人が移動するよう一部の人には少し待ってもらうことで、全体として避難時間の短縮が可能になることが知られている。

災害時には、災害対策本部のような機関が避難誘導を行うこともあるが、全ての場所において、中央からの指示を行うことは現実的ではない。

本研究はこのような状況において、中央からの指示なしに全体最適な避難誘導を行うシステムの実現を目指すものである。システムを実現するためには幾つかの要素技術が必要になるが、本研究では、避難タイミング調整のための分散問題解決に焦点を当て、分散制約最適化問題 (DCOP) の枠組みの導入を試みている。本稿では、分散制約最適化手法に近似解法を用いた場合の効果についてマルチエージェントシミュレーションを使った実験を行なったので、その効果を報告する。

2 災害時避難誘導システムの提案

災害発生時の避難のための情報共有システムとして、[1] や [2] などの提案がある。これらのシステムは、避難目的地、避難経路の安全性などの情報を提供、あるいは共有することを可能とする。しかし情報の共有は、時として多くの人々を安全で最短な経路に殺到させることになり、より大きな混雑を引き起こしかねない。先に述べた通り、災害時は各種の混乱により、災害対策本部のような中央からの指示に頼ることは現実的ではなく、避難者同士の協調が必要になる。

前述の渋滞の問題を解決するために我々は、携帯端末 (スマートフォン等) で構成される災害避難支援システムを提案している [3]。本提案システムは次のような機能を実現するものと想定する。

1. サーバレス: システムは携帯端末だけから構成され、サーバを必要としない。
2. 位置情報の取得: 携帯端末は屋内、屋外において位置情報の取得が可能であることを前提とする。

3. アドホック通信: 付近の携帯端末同士は、アドホック通信 (マルチホップを含む) などにより相互に通信を行う。
4. 避難経路についての知識: 携帯端末は、現在位置周辺に適した避難目的地、およびその避難経路の情報をあらかじめ端末内に持つ。
5. 避難経路の安全性についての情報: 別の利用者が発見した避難経路の障害情報などは、端末間で共有できる。
6. 避難経路の計画: 携帯端末は、上記の情報から避難経路の計画 (探索) を行う。
7. 避難タイミングの調整: 携帯端末は、付近の携帯端末と通信を行い、避難タイミングについて調整を行う。
8. 避難指示の提示: 利用者に指示を提示する。

本稿では上記 1 から 6 までが実現されることを前提とし、上記 7 について検討を行う。災害時の避難を支援するためには、サーバレスで問題を解決する分散制約最適化問題 (DCOP) の枠組みが有効である [4]。上記 7 の避難タイミング調整をサーバレスで実現するため、本研究ではこの調整に DCOP の枠組みを採用している。すでに筆者らは [5] において、避難誘導に DCOP を採用するためのモデルを提案している。

分散制約最適化問題 (DCOP) は計算資源が分散化した環境下で使用される問題解決のフレームワークであり、各エージェント (本稿では端末を指す) の計算量が比較的小さくても大規模な問題を解決することが可能となる。DCOP では、各エージェントは自身が持つ変数の制約条件で関連付けられているエージェント間でのメッセージ通信を通して、変数の値を交換することにより問題を解決する。

3 DCOP 解法の違いによる避難時間短縮効果の検証

DCOP の解法として多くの完全アルゴリズムが提案されている。しかし災害避難という現実の切迫した状況では、より少ない計算資源で高速に解を得る近似解法が必要と考えられる。そこで今回我々は、避難誘導問題の解決に近似解法を採用した場合について避難時間短縮の効果を実験により検証した。実験には、マルチエージェントシミュレーションを用いた。

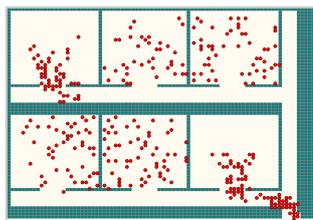


図 1: マルチエージェントシミュレーションによる効果の測定

3.1 マルチエージェントシミュレーションの設計

今回の実験では、大学の校舎から学生が避難する場合を想定した。部屋の配置は図 1 の形とした。災害により避難経路は一つだけに限定された状況を仮定した。エージェントは避難先まで理性的に移動すると仮定する。エージェントの移動は、群集歩行のモデルを採用した [6]。今回は避難者の心理モデルは利用せず、誘導がある場合、エージェントは誘導に従うものとした。今回のシミュレーションでは、避難者のグループを一つの単位として、これらグループ間で避難タイミングを調整することにした。グループは、避難開始時に同じ部屋に居た人達で構成される。これらグループ同士が、DCOP を用いて避難開始タイミングを調整するものとする。

3.2 シミュレーション実験の結果

今回の実験では以下の 3 つの条件でシミュレーションを行い、避難開始から全員の避難が終了するまでの時間の平均をとることにした。

1. 避難タイミングの調整をしない場合
2. DCOP 解決に近似解法を用いて避難タイミングの調整を行った場合
3. DCOP 解決に厳密解法を用いて避難タイミングの調整を行った場合

1 と 2 の比較結果からは、誘導があった場合に避難時間が短縮されることが確認できた (図 2)。次に 2 と 3 の比較実験を行なったが、今回の実験結果からは、厳密解法を採用した場合、近似解法との間に有意差が認められたが、差は小さなものだった (図 3)。

4 おわりに

本稿では災害時の避難誘導を行うシステムにおいて、避難タイミングの調整に DCOP を採用した場合の効果についての実験結果について報告した。実験により、DCOP 解決に近似解法を用いた場合でも、厳密解法を用いた場合と同様に避難時間の短縮が実現できること

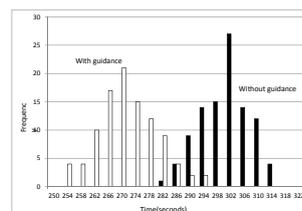


図 2: 避難完了時間の分布, 誘導ありなし

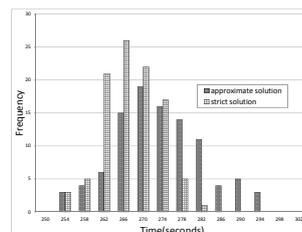


図 3: 避難完了時間の分布, 厳密解と近似解

が確認できた。(本研究は JSPS 科研費 25350481 の助成を受けたものです)

参考文献

- [1] Kayo Iizuka, Yasuki Iizuka, and Kyoko Yoshida. A real-time disaster situation mapping system for university campuses. In A. Ozok and Panayiotis Zaphiris, editors, *Online Communities and Social Computing*, Vol. 6778 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 40–49. Springer Berlin / Heidelberg, 2011.
- [2] 明広藤原, 弘佳巳波. すれちがい通信を利用した災害時避難誘導法. 電子情報通信学会論文誌. B, 通信, Vol. 96, No. 6, pp. 580–588, jun 2013.
- [3] Yasuki Iizuka, Kyoko Yoshida, and Kayo Iizuka. An effective disaster evacuation assist system utilized by an ad-hoc network. In Constantine Stephanidis, editor, *HCI International 2011*, Vol. 174 of *Communications in Computer and Information Science*, pp. 31–35. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [4] Duc Thien Nguyen, William Yeoh, and Hoong Chuin Lau. Stochastic dominance in stochastic dcops for risk-sensitive applications. In *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 1*, pp. 257–264. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2012.
- [5] K. Kinoshita, K. Iizuka, and Y. Iizuka. Effective disaster evacuation by solving the distributed constraint optimization problem. In *Advanced Applied Informatics (IIAIAI), 2013 IIAI International Conference on*, pp. 399–400, 2013.
- [6] Toshiyuki Kaneda and Daichi Okayama. A pedestrian agent model using relative coordinate systems. In *Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems IV*, pp. 63–70. Springer, 2007.