

論文内容の要旨

博士論文題目

避難所に着目した効率的な避難誘導と運営計画に関する研究

氏名

清水 仁

(論文内容の要旨)

災害の多い日本では、被災者の安全確保のために適切に避難所を提供することが重要である。しかし災害には地震、津波、台風など様々な種類と特性があり、事前に避難所の割当や運営方法を全て決定することは困難である。そこで近年発展した IoT 技術を活用し、被災状況に適応した避難誘導と運営計画を実現することが期待される。特にスマホの普及により被災者の位置情報取得や被災者への情報配信が現実的となった。ただしスマホは災害時に全被災者が利用可能とは限らないため、誘導指示を伝達する手段としては不完全と考えられる。そこで本研究では全被災者を誘導対象とすることを旨とし、誘導の拠点として避難所に着目する。さらに災害対策の研究分野においては、災害発生直後の対応策と比較して復興期の検討が不十分であり、特に避難所を施設本来の用途で利用再開する際の困難が指摘されている。そのため本研究では、A：災害発生時に避難所に到着した被災者を、迅速に適切な避難所まで誘導する、B：復興期に避難所を集約および閉鎖するために、宿泊している被災者を移転させる、という2つの研究課題に取り組んだ。研究課題 A に関して、避難所に到着した被災者に対して、その避難所で受け入れるか別の避難所に向かうように指示を出す、という誘導手段を想定して、被災者個人を識別して誘導する個人誘導問題と、識別せずに誘導する集団誘導問題の2種類の問題設定を定式化した。これらの問題に対して、最小費用流を用いて移動時間または移動距離を最短にする割当手法を提案し、京都市街地を想定した人流シミュレーション実験を行い、提案手法が3つの評価指標（たらい回し回数、平均移動時間、避難完了時間）を既存手法より最大 59%改善することを示した。研究課題 B に関して本論文では、避難所の運営にコストがかかり、避難所間の移動も被災者にコストが発生する、という状況を想定して、両コストの総和を最小化する避難所計画問題を定式化した。定式化の際には、被災者一人ずつに変数を割り振ると、変数の数が多大となりメモリ不足で計算不能となる課題が生じる。そこで、帰宅時刻が共通の被災者を同一のグループとして人数を表す変数を導入することで、被災者が3万人を超える場合でも高速に計算可能とした。また、過去の災害時のデータから推定した移転コストを用いて生駒市での地震を想定したシミュレーション実験を実施し、帰宅時刻を未知としたベースラインと比較して、帰宅時刻を既知として最適化した提案手法が、運営コストを約 25%削減することを示した。

氏名	清水 仁
----	------

(論文審査結果の要旨)

本研究では、災害発生・復興時において、スマートフォン等を持たない被災者も避難誘導対象とすること、避難所を施設本来の用途で利用再開する際の困難を解決することを目指し、A：災害発生時に避難所に到着した被災者を、迅速に適切な避難所まで誘導する、B：復興期に避難所を集約および閉鎖するために、宿泊している被災者を移転させる、という2つの研究課題に取り組んだ。

本研究の学術的貢献は以下のとおりである。

- (1) 研究課題 A に関して、避難所に到着した被災者に対して、その避難所で受け入れるか別の避難所に向かうように指示を出す、という誘導手段を想定して、被災者個人を識別して誘導する個人誘導問題と、識別せずに誘導する集団誘導問題の2種類の問題設定を定式化した。これらの問題に対して、最小費用流を用いて移動時間または移動距離を最短にする割当手法を提案し、京都市街地を想定した人流シミュレーション実験を行い、提案手法が3つの評価指標（たらい回し回数、平均移動時間、避難完了時間）を既存手法より最大59%改善することを示した。
- (2) 研究課題 B に関して本論文では、避難所の運営にコストがかかり、避難所間の移動も被災者にコストが発生する、という状況を想定して、両コストの総和を最小化する避難所計画問題を定式化した。定式化の際には、帰宅時刻が共通の被災者を同一のグループとして人数を表す変数を導入することで、被災者が3万人を超える場合でも高速に計算可能とした。また、過去の災害時のデータから推定した移転コストを用いて生駒市での地震を想定したシミュレーション実験を実施し、帰宅時刻を未知としたベースラインと比較して、帰宅時刻を既知として最適化した提案手法が、運営コストを約25%削減することを示した。

災害発生時に、スマートフォンを持たない人も対象とした避難誘導手法、復興時に、避難所の統合・閉鎖の問題を効率よく解く提案手法は他に例がなく、本研究は、被災者支援システム分野において、大きな貢献があると評価する。

以上より、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。