

豪雨災害時を想定した避難所要時間の予測手法の開発

|         |      |     |    |         |      |    |    |
|---------|------|-----|----|---------|------|----|----|
| 九州大学    | 学生会員 | ○肥海 | 広大 | 九州大学大学院 | 正会員  | 三谷 | 泰浩 |
| 九州大学大学院 | 正会員  | 川野  | 浩平 | 九州大学大学院 | 正会員  | 谷口 | 寿俊 |
| 九州大学大学院 | 正会員  | 本田  | 博之 | 九州大学大学院 | 学生会員 | 池崎 | 大智 |

1. はじめに

近年，豪雨災害が激甚化しており，多くの被害が発生している。豪雨災害は進行型の災害であり，被害発生までの猶予時間内に避難を行うことで人的被害を防止できる。そのため，自治体は雨量や河川水位，各種警報等の防災気象情報等から総合的に危険性を判断し，立ち退き避難のためのリードタイムを踏まえたタイミングで避難情報を発令している<sup>1)</sup>。しかしながら，避難情報発令には意思決定者の経験に基づく判断が必要とされ，経験が浅い場合には的確な判断ができず，逃げ遅れ等の人的被害が発生する場合がある。そのため，経験に依存せず，定量的な根拠に基づいて避難判断をすることが望ましい。先に述べた防災気象情報は定量的な情報として自治体に提供されている。一方，避難に要する時間は避難経路の特徴や地域の特性，時間帯等の様々な要素によって変化すると考えられるが，それら要素を考慮して避難所要時間を評価している事例は少ない。川野ら<sup>2)</sup>は個人の避難所要時間を予測する手法を開発し，避難所要時間を自治体の避難判断の支援の一つとして活用できることを示している。しかし，対象地域ごとに現地計測を行う必要があるため，全国を対象とすることは困難であり，また，日時による避難所要時間の変動は考慮できない等の課題がある。本研究ではこれらの課題を解決することを目的とし，予測に用いる学習データの拡張，日時の変動を考慮した避難所要時間の予測手法の開発を行う。

2. 避難所要時間予測手法の改良

2. 1 予測手法の概要

予測手法のアルゴリズムは機械学習の一つである Random Forest を用いる。Random Forest では，避難経路の特徴や地域の特性などの多くの要素を過学習の影響を除いた説明変数として与えることができ，後述する説明変数と目的変数（所要時間）を与えることで予測モデルを作成できる。

2. 2 学習データの拡張

全国で実装が可能な予測手法に拡張するために，現地

計測から得られる移動所要時間（以下，実測データ）だけでなく，経路探索システムが予測する移動所要時間も学習できる手法に拡張する。経路探索システムには Google Maps やカーナビゲーションシステムなど多数のシステムがあり，本研究ではデータの収集が容易である Google Maps が予測する移動所要時間（以下，Google データ）を用いる。Google データが学習データとして使えることを確認するために，Google データと実測データの比較を行う。所要時間は都市の規模によって傾向が異なると考えられるため，比較対象地域として福岡県の4つの都市区分<sup>3)</sup>である「大都市」及び「中核市」から福岡市，「都市」から糸島市，「町村」から東峰村の3地域を選定する。比較対象とするルート数，1ルート距離，計測方法を表1に示す。比較の結果，福岡市では約91%，糸島市では約97%，東峰村では約90%のルートにおいて，実測データと Google データの差が1分未満であった。これより，実測データと Google データには有意な差がなく，学習データとして Google データを用いることが可能といえる。

2. 3 説明変数の追加

学習データとして与える説明変数を表2に示す。基盤地図情報等から道路の構造的属性を示す項目として

表1 現地計測を行うルート

| 対象地域 | ルート数 | 距離 (m) | 計測方法  |
|------|------|--------|-------|
| 福岡市  | 494  | 450    | 普通乗用車 |
| 糸島市  | 504  | 650    |       |
| 東峰村  | 397  | 620    |       |

表2 避難所要時間の予測に用いる説明変数

| No. | 項目      | 区分数 | 計上方法  |
|-----|---------|-----|-------|
| 1   | 道路幅員    | 5   | 距離    |
| 2   | 信号交差点   | -   | 箇所数   |
| 3   | 信号なし交差点 | -   | 箇所数   |
| 4   | 右折      | 6   | 箇所数   |
| 5   | 左折      | 6   | 箇所数   |
| 6   | 直進      | 4   | 箇所数   |
| 7   | 勾配      | 7   | 距離    |
| 8   | 曲率半径    | 4   | 距離    |
| 9   | 用途地域    | 12  | 距離    |
| 10  | 農業地域    | -   | 距離    |
| 11  | 森林地域    | -   | 距離    |
| 12  | 時間帯     | 23  | ダミー変数 |
| 13  | 曜日      | 6   | ダミー変数 |

No. 1～No. 8 の説明変数，地域性を示す都市計画で定義される土地利用の項目として No.9～No.11 の説明変数を用いる。本研究では新たに日時の違いを表す説明変数として，時間帯 (No.12)，曜日 (No.13) を追加する。これらの説明変数の計上方法としてダミー変数を用いる。ダミー変数とは数値化されていないデータを説明変数として用いるために 0 と 1 の値を持つ指標変数に変換したものである。また，ダミー変数内の多重共線性を避けるために，データ内の区分から一つの区分を削減したダミー変数を説明変数に追加する。

### 3. 改良した説明変数による予測結果と考察

説明変数として No. 1～No. 11 を用いた場合 (条件 1)，No. 1～No. 13 を用いた場合 (条件 2) の 2 つの条件における予測の比較を行う。予測対象地域は平成 27 年 9 月関東・東北豪雨で甚大な被害が発生した常総市とする。令和 3 年 11 月 18 日～11 月 24 日内の毎正時に，指定避難所を起点，終点とした計 231 ルートの Google データを収集する。次に，収集したデータを 3:1 の割合で学習データ検証用データに分割し，予測する。予測値と正解値の比較結果を図 1 に示す。条件 1，条件 2 において，全体の約 99% のルートが予測値と正解値の差が 3 分未満内となった。予測精度として，自治体が避難判断時に参考とする防災気象情報の多くは 5 分または 10 分ごとに発表されている<sup>4)</sup>ことから，5 分未満の予測所要時間の誤差は実用上問題のない誤差であるといえる。また，予測値と正解値の差が 1 分未満のルート数は条件 1 では全体の約 57%，条件 2 では全体の約 74% となった。時間帯と曜日の説明変数を追加することで予測値と正解値の差が小さくなり，予測精度を向上することができた。

正解値と条件 1 での予測値の差が 1 分未満のルート (A) を実線，差が 1 分以上のルート (B) を点線とした時系列グラフを図 2 に示す。両ルートとも日時の変動を予測することができた。A は条件 1 においても高精度で予測できており，時間帯と曜日の説明変数を加えることで，さらに予測精度が向上した。B は A に比べて予測値と正解値の差は大きい，正解値と予測値の最大の差は 3 分未満であるため，実用上問題のない予測であるといえる。

### 4. おわりに

本研究では既往の避難所要時間の予測手法の課題を

解決することを目的とし，予測に用いる学習データの拡張，日時の変動を考慮した避難所要時間の予測手法の開発を行った。その結果，全国で実装が可能な予測手法に拡張でき，日時の違いによる移動所要時間の変動を予測することができた。また，全体の約 99% のルートが予測値と正解値の差が 3 分未満となり，自治体の避難判断において問題のない範囲で避難所要時間を予測できた。

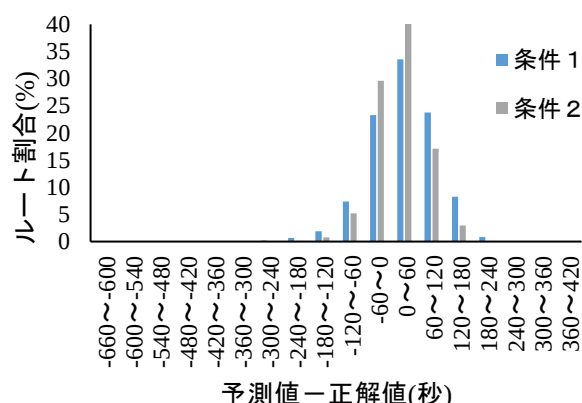


図 1 予測値と正解値の差

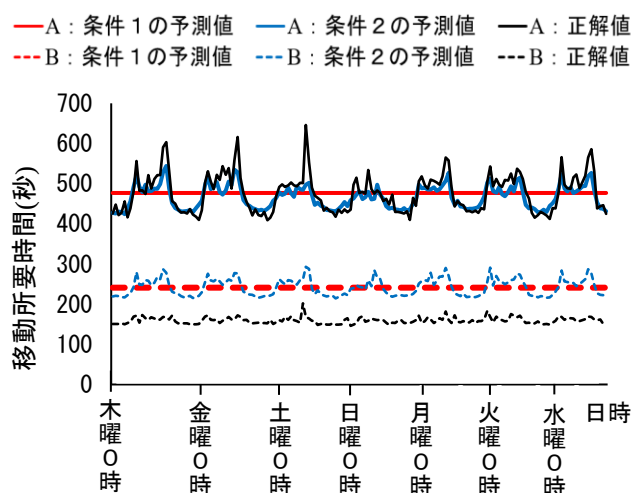


図 2 予測値と正解値の比較

#### <謝辞>

本研究は，内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「国家レジリエンス (防災・減災) の強化」の一部として実施されました。

#### <参考文献>

- 1) 内閣府 (防災担当): 避難情報に関するガイドライン, 2021.
- 2) 川野浩平, 池崎大智, 菅原巧, 吉田祐子, 谷口寿俊, 三谷泰浩: 新たな避難所要時間予測手法を用いたリードタイムを有する災害の避難判断支援の検討, 地域安全学会論文集, No.39, pp.401-409, 2021.
- 3) 総務省: 地方公共団体の区分, [https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/jichi\\_gyousei/bunken/chihou-koukyoudantai\\_kubun.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/bunken/chihou-koukyoudantai_kubun.html) (参照 20 21.01.03) .
- 4) 内閣府 (防災担当): 避難情報に関するガイドライン (別冊資料), 2021.