B-15

豪雨災害の避難判断に向けた機械学習の利用

18T0204K　粟生　莉丘
指導教員：丸山　喜久，劉　ウェン

1. 研究背景と目的

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨では，土砂災害，浸水，河川の氾濫が発生し，宮城県，茨城県及び栃木県で死者 8 名の人的被害が出たほか，関東地方や東北地方を中心に損壊家屋 4,000 棟以上，浸水家屋 12,000 棟以上の住家被害が生じた [1]．気象庁では，それぞれの県に対して大雨特別警報を発令した．さらに，茨城県と栃木県では避難指示を約 60,000 世帯，約 190,000 人，避難勧告を約 120,000 世帯，約 340,000 人に対してそれぞれ発令した．しかし，避難指示・勧告を発令したのにもかかわらず避難の遅れ等で救助された人が約 4,300 人いた．

そこで，本研究では降雨流出氾濫解析モデル [2]（以下，RRI モデル）を用いて，特に被害が激しかった鬼怒川及び小貝川の流域における氾濫シミュレーションを行う．さらに，平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の発生期間に発令された避難指示を学習し，河川水位等を用いて自動で避難指示を発令する数理モデルを構築する．本研究では，平成 27 年 9 月関東・東北豪雨における避難指示の数理モデルを機械学習によって構築し，その精度を上げることにより，今後の日本全国の豪雨災害における避難の遅れ等のリスク軽減に寄与することを目的とする．

2. 使用データと対象地域

本研究では降雨を入力して河川流量から洪水氾濫までを一体的に解析するモデルである RRI モデルを用いる．RRI モデルの各パラメータについては，文献 [3]で使用したチューニング済みのデータを使用している．図-1 に本研究の対象地域である鬼怒川及び小貝川の流域とその河川流域に位置する市町村を示す．

また，避難指示・勧告が発令された時刻より前に避難を完了することを目指すため，実際に避難指示・勧告が発令された 2 時間前に避難指示を発令できるような数理モデルの構築を目標とした．

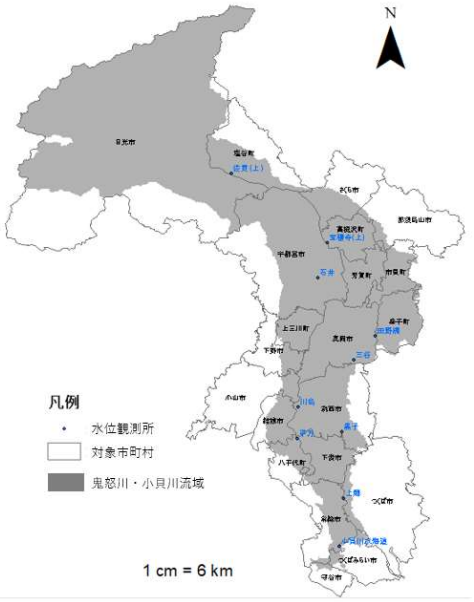

図-1　鬼怒川・小貝川流域と流域に位置する市町村

3. 機械学習による予測モデルの構築

本研究では，鬼怒川・小貝川流域に位置する市町村を対象地域とした．その対象地域をそれぞれの河川流域に合わせて 2 つに分け，避難指示発令モデルを構築する．この数理モデルにおける説明変数は，避難指示・勧告が発令される 2,3,4 時間前の各水位観測所における最大河川水位と国土地理院の地理院地図 [4]から入手した各市町村の緯度及び経度とした．

また，栃木県は文献 [5]，茨城県は文献 [6]より，避難指示の発令状況を整理し，「避難指示・勧告が発令される」場合を「避難必要」，「避難指示・勧告が発令されない」場合を「避難不要」として対象地域である各市町村に割り当てた．その後「避難必要」と「避難不要」の 2 クラス分類をランダムフォレストによって行った．ランダムフォレストは，複数の決定木を弱学習器として用いるアンサンブル学習の一つである [7]．個々の決定木は高い識別性能を持たないが，それらを複数用いてそれぞれの結果を補うことによって高い予測性能を得ることができる．この手法の特徴として，説明変数の結果に対する影響度が算出できるため，結果の変数が用意であるこ

とや，効率が良く，計算速度が高速であることなどが挙げられる．なお，学習にあたって，全データの70%を学習データ，30%をテストデータとした．

4. 学習結果

図-2 に 9/10 の 7：00 における避難指示の有無に対して，良好な避難指示を発令した数理モデルによる分類結果を示す．このモデルにおける F 値，適合率はそれぞれ 0.86，0.75 である．また再現率は 1.00，正答率は 0.86 であった．

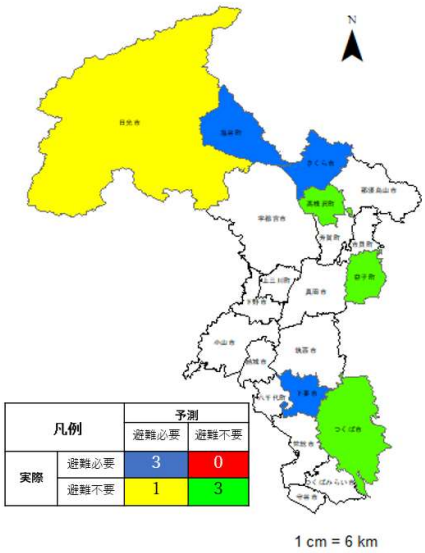

図-2　数理モデルによる避難指示発令結果

この予測モデルを使用し，同日の 9：00 における予測を行った結果を図-3 で示す．なお河川水位は避難指示を出す 9/10 の 9:00 の 2-4 時間前にあたる 9/10 5:00,6:00,7:00 のものを用いている．

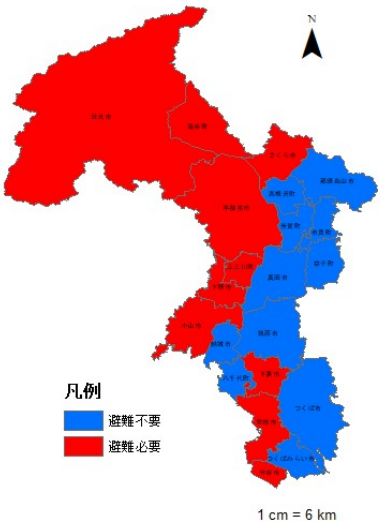

図-3　同モデルによる 9/10 の 9:00 の避難指示発令結果

9/10 の 7:00 と比べると累計降雨量の増加や河川の流れにより対象地域の北側だけでなく河川の下流流域に位置する対象地域の南側でも避難が必要と予測がされた．また，対象地域の東側は西側よりも降雨の時間を延ばしても避難指示が発令されにくい傾向が見られた．

5. まとめ

本研究では，RRI モデルを用いて平成 27 年関東・東北豪雨における鬼怒川・小貝川の氾濫シミュレーションを行い，得られた河川水位から避難指示を自動で発令する数理モデルをランダムフォレストによって構築した．今後は説明変数を見直すことにより予測モデルの精度を向上させていくとともに降雨量を実行雨量から予測雨量に変更をして予測モデルの適用を行うことにより，汎用性を高め実際の避難予測に役立てていくことを検討している．

参考文献

1)気象庁：災害時気象報告「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨及び平成 27 年台風 18 号による大雨等」，2015

2)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター：降雨流出氾濫モデル，https://www.pwri.go/icharm/research/rri/index_j.html

3)藤井希帆，丸山喜久，劉ウェン，上米良秀行，鈴木進吾，須藤三十三：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨を対象にした流出氾濫解析に関する基礎検討，土木学会全国大会第 75 回年次学術講演概要集，Ⅱ年 147,2020

4)地理院地図/GSI Maps|国土地理院 https://maps.gsi.go.jp/index_m.html#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1

5)平成 27 年 9 月 9 日　台風 18 号による被害について(第 6 報) https://www.pref.tochigi.lg.jp/kinkyu/c08/documents/roku.pdf

6)台風 18 号による本県への影響等について(9 月 10 日 16 時 00 分現在) https://www.pref.ibaraki.jp/1saigai/201509/documents/09101630siryou.pdf

7)波部斉：ランダムフォレスト，コンピュータビジョンとイメージメディア，Vol.2012-CVIM-182,No31,p.1-8，2012