

空間情報とモバイルビッグデータを用いた
水害時における迅速な被害状況および避難者の分布推定
- 令和元年台風 19 号における長野県千曲川周辺を対象として -

折出康輔*・秋山祐樹**

Rapid Estimation of Spatial Distribution for Flood Damage and Evacuees
Using Spatial Information and Mobile Phone Big Data
- Case Study in Chikuma River in Nagano Prefecture Damaged by Typhoon Hagibis-

Kosuke ORIDE, Yuki AKIYAMA**

In recent years, due to severe typhoons and heavy rains, damages that greatly affect people's lives have frequently occurred. In the event of a disaster, it is necessary to quickly grasp and estimate the damage situation and the distribution of evacuees, and arrange for emergency vehicles and provide information on the optimal evacuation route, and so on. However, immediately after the disaster, information is complicated and it takes a lot of time to understand the damage situation, and the response is often delayed. Therefore, in this study, using mobile phone big data, we investigated a rapid estimation method of the damage situation and the spatial distribution of evacuees in the vicinity of the Chikuma River in Nagano Prefecture, which was damaged by Typhoon Hagibis in 2019. It was confirmed that the distribution and movement of people before and after the disaster and that evacuation shelters were being used during the disaster.

Keywords: 水害 (flood damage), モバイルビッグデータ (mobile phone big data), 被害状況 (damage situation), 避難者 (evacuee), 令和元年台風 19 号 (Typhoon Hagibis)

1. はじめに

近年、台風や大雨の激甚化により、人々の生活に大きな影響を与える被害が増加している。発災時には被害状況や避難者の分布を迅速に把握・推定し、緊急車両の手配や最適な避難経路に関する情報提供などに対応する必要がある(吉岡・金子, 2018)。しかし、発災直後は情報が錯綜し被害状況の把握に多くの時間を要し、対応に遅れを生じることも多い。もし発災時の被害の広がり方や人々の動きや分布を可能な限り迅速に把握できれば、以上の課題に対応することができることが期待されている(山口ほか, 2017)。

そこで、本研究では令和元年台風 19 号(以下「台風 19 号」)により被害が生じた長野県の千曲川周辺を対象に、携帯電話の移動履歴に基づいた人々の動きに関するビッグデータ(以下「モバイルビッグデータ」)を用いることで、被害状況および

避難者の分布の迅速な推定方法の検討を行い、その有用性と課題を明らかにすることを目的とする。

2. 研究対象地域

台風 19 号で甚大な被害が発生した長野県千曲川周辺とした、具体的な範囲としては、後述の浸水推定段彩図データの浸水範囲とその範囲に近接する地域を複数の 4 次メッシュで抽出した範囲とした。

3. 本研究で使用したデータ

3.1. モバイルビッグデータ

本研究では、株式会社 Agoop から提供されたモバイルビッグデータである「メッシュ型流動人口データ」を使用した。このデータは携帯電話から位置情報を取得する独自の仕組みを各種アプリに搭載することで、携帯電話の位置情報を GPS 等から取得し、その結果をメッシュ集計することで、時間経過によ

* 学生会員 東京都市大学建築都市デザイン学部都市工学科 (Tokyo City University)
〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1 丁目 2 8-1 Tel : 03-5707-0104 E-mail : g1718021@tcu.ac.jp

** 正会員 東京都市大学建築都市デザイン学部都市工学科 (Tokyo City University)

る人口推移を把握できるデータである。本研究では1時間ごとの4次メッシュ集計(約500mメッシュ)の結果を用いた。同データからは各時間帯(1時間毎)にメッシュ内に分布する人口を把握することができる。なお、ここで取得できる情報は全ての携帯電話端末の情報ではないため、アプリユーザ数を日本の総人口規模になるように、アプリユーザに地域偏差を考慮した重みを与え、各種メッシュの滞在時間を考慮して人口を算出している。

3.2. 浸水推定段彩図データ

浸水範囲の把握には、国土地理院(2020)が公開している浸水推定段彩図データを使用した(図1)。なお、同データは浸水範囲のみを示したものであり、浸水深は収録されていない。浸水範囲は、信濃浅野駅から三才駅にかけての範囲で、千曲川を挟んで最大で南北約6.5km、東西約4.5kmに及んでいた。

3.3. 指定避難所と駅の分布データ

避難所は長野県防災情報ポータル(2019年10月16日発表)避難所情報から収集し、各施設の住所をアドレスマッチングすることでポイントデータ化した。駅も同様、研究対象地域内の駅の住所に基づいてポイントデータ化した。

4. データ処理

まず2019年の長野県全域のモバイルビッグデータから、台風19号で千曲川周辺に被害が発生した発災時に該当する2019年10月12日・13日と、平

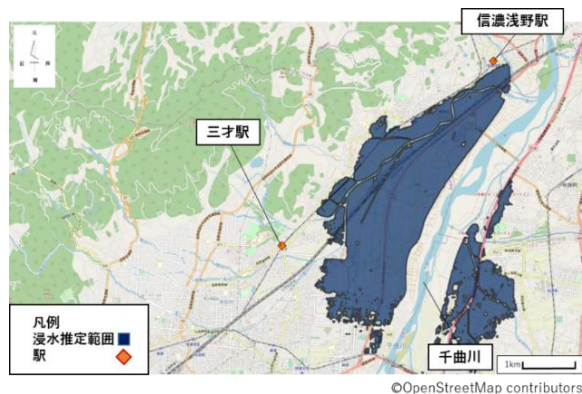


図1 台風19号の被害に伴う千曲川の浸水範囲

常時である2019年10月5日・6日のデータを抽出した。続いて、浸水推定段彩図データで被害が確認された領域を含む長野市、須坂市、中野市、飯綱町、小布施町、高山村をカバーする範囲の4次メッシュのデータを抽出した。

5. 結果

5.1. 発災時の人々の分布状況の把握

発災時の人々の分布状況を把握するために、発災時の2019年10月12日・13日のメッシュ人口を、平常時であるちょうど1週間前である2019年10月5日・6日のメッシュ人口で除すことにより、平常時との人口の増減を時間帯別に把握できるようにした。図2に10月12日18時の結果を、図3に10月13日4時の結果を示す。

まず、図2が示す10月12日18時は、長野市に避難勧告が発令された時刻であり、それに合わせて避難所を含むメッシュ人口が増加していることが確認された。これは避難勧告の発令に合わせて避難所に人々が避難してきたことが原因であると考えられる。また、図3の10月13日4時には、千曲川周辺のメッシュ人口が大きく減少し、避難所周辺のメッシュ人口が増加していることが確認された。これは千曲川の堤防が10月13日の3時20分から5時30分の間に決壊しており、この千曲川の氾濫に伴い、千曲川周辺の住民が氾濫範囲から退去し、避難所に避難してきたことが原因であると考えられる。このようにモバイルビッグデータを用いることで、避難所への住民の移動状況や、氾濫範囲の推定ができる可能性が示された。

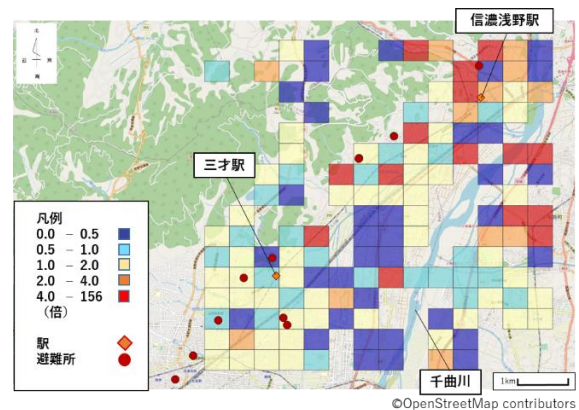


図2 10月12日/10月5日の人口増減比(18時)

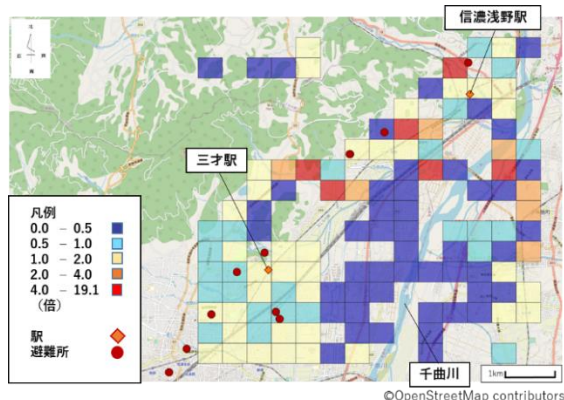


図3 10月13日/10月6日の人口増減比（4時）

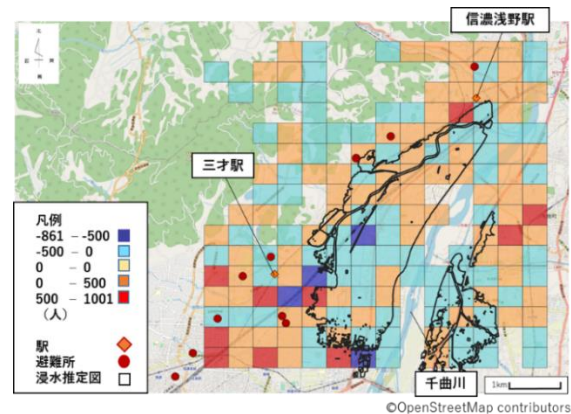


図4 10月12日18時の人口から10月5日18時の人口を減算した結果と避難所の分布

5.2. 発災時の避難所の利用状況

続いて避難所の利用状況を推定するために、発災時のメッシュ人口から平常時のメッシュ人口を減算することでメッシュ毎の人々の増減を推定した。この値が大きいほど、そのメッシュ内の避難所及びその周辺に避難している人数が多く、多くの人々に避難所が利用されているものと考えられる。

図4は長野市に避難勧告が発令された10月12日18時の人口から平常時の人口を減算した結果、図5は千曲川が決壊し浸水被害が拡大しつつある10月13日4時の人口から平常時の人口を減算した結果、図6は図5と同じ日の18時の人口から平常時の人口を減算した結果である。その結果、図4および図5では避難所周辺のメッシュ人口が増加していること確認された。その原因として、前述の通り10月12日18時に長野市では避難勧告が発令されており、それまでに危険と判断した人々が避難してきたものと考えられる。また、図5では千曲川周辺のメッシュ人口が明らかに減少していることが確認された。この原因は、前述の通り千曲川の堤防が10月13日3時20分から5時30分の間に決壊したとされており、図5の時間帯にはすでに千曲川が決壊し浸水範囲が広がりつつある状況下となっているため、人々が避難所や高台に避難したのと考えられる。

5.3. 浸水範囲と人々の分布の時系列変化の分析

続いて、浸水推定段彩図データと時間別のモバイルビッグデータを重ね合わせて、浸水範囲と人々の分布の時系列変化を分析した。2019年10月12日から

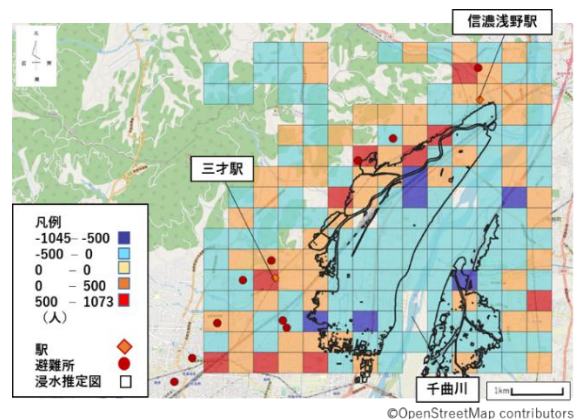


図5 10月13日4時の人口から10月6日4時の人口を減算した結果と避難所の分布

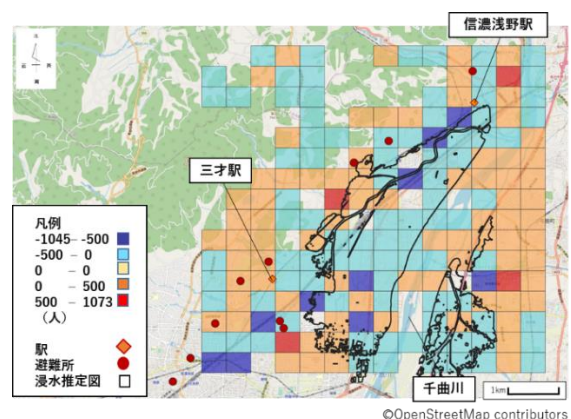


図6 10月13日18時の人口から10月6日18時の人口を減算した結果と避難所の分布

2019年10月13日までのメッシュ人口を1時間ごとに可視化し、浸水推定段彩図のデータを重ね合

わせることで、浸水範囲と人々の分布の変化を追跡できるデータを作成した。なお、千曲川が決壊したのは前述の通り、13日の3時20分から5時30分の間であるため、本稿では紙面の都合上、決壊前後の一部の結果のみを紹介する。

図7に10月13日2時、図8に10月13日4時、図9に10月13日6時の結果を示す。決壊前の2時（図7）の時点で浸水推定範囲に重複する殆どのメッシュ人口は小さくなっているものの、一部のメッシュでは250人以上の分布が見られる。一方、決壊直後で浸水範囲が広がりつつある4時（図8）では、図7と比べて浸水範囲の人口が更に減少し、浸水範囲を避けるようにその周辺で人口が増加していることが確認された。そして決壊から2時間ほどが経過した6時（図9）になっても、浸水範囲の人口は回復せず、避難が継続しているものと考えられる。今後、より高精細なメッシュを用いて同様の分析を進めることで、人々の分布の時系列変化に基づいて浸水範囲を推定することが可能になることが期待される。

5.5. 避難所外避難者の分布推定

過去の災害では水害のみならず様々な災害の発災直後に、自治体が指定している避難所ではない場所が避難所として機能する場合も数多く報告されており、このような場所に避難している「避難所外避難者」の数と空間的分布を把握することも、発災直後には重要である（荒木ほか、2017）。

そこで、まず発災当日（2019年10月13日）のモバイルビッグデータのメッシュ人口と、平常時（2019年10月6日）のモバイルビッグデータの人口の比（図10）および、発災当日（2019年10月13日）のモバイルビッグデータのメッシュ人口と、国勢調査のメッシュ人口との比（図11）を作成し、続いて平常時の人口、あるいは国勢調査から得られる定住人口と比較して、人口が多くなっているメッシュを抽出した。さらに、それらの中で指定避難所を含まないメッシュを特定することで、避難所外避難者が数多く分布すると考えられるメッシュを特定した。

その結果、発災時に人口が大きく増加しているメ

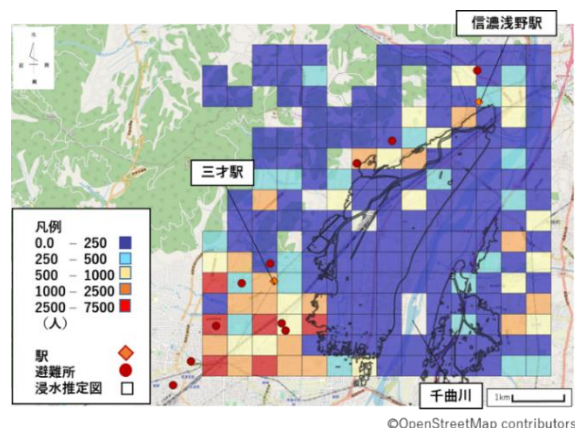


図7 浸水ポリゴンを重ね合わせた10月13日午前2時の人の動き（決壊前）

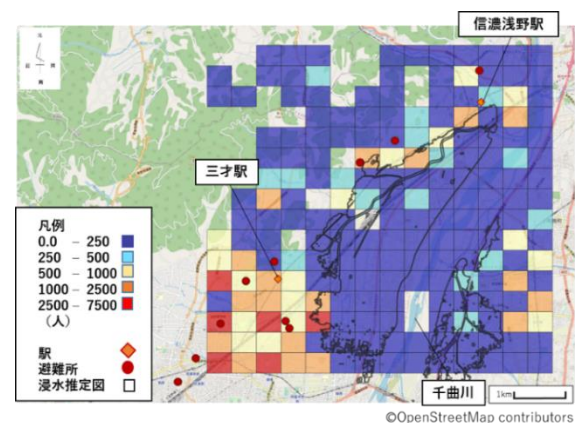


図8 浸水ポリゴンを重ね合わせた10月13日午前4時の人の動き（決壊後）

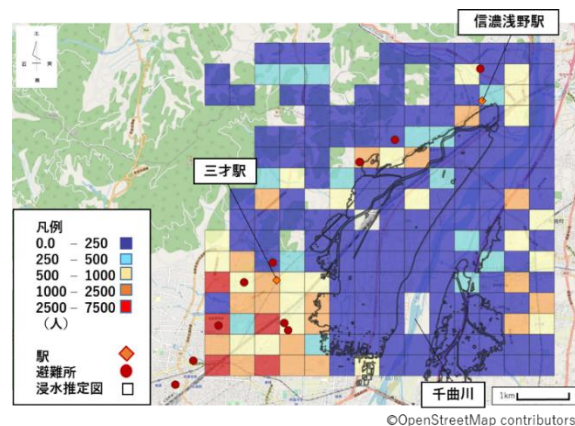


図9 浸水ポリゴンを重ね合わせた10月13日午前6時の人の動き（決壊後）

ッシュの中には避難所が分布する地域（図10中A）もあったが、その一方で大型ショッピングセンターである「ユーパレット 赤沼店」（図10中B）や、周

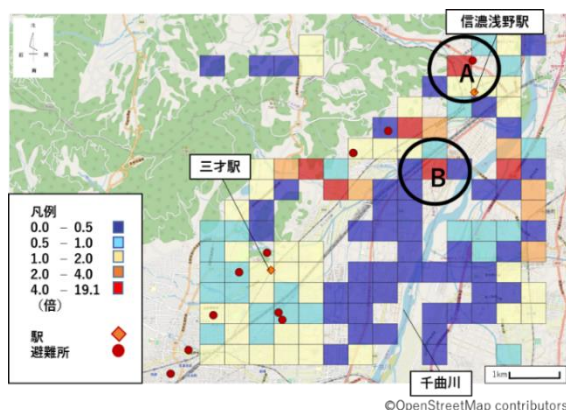


図 10 10月13日4時の人口を10月6日4時の人口で除した値（午前4時）

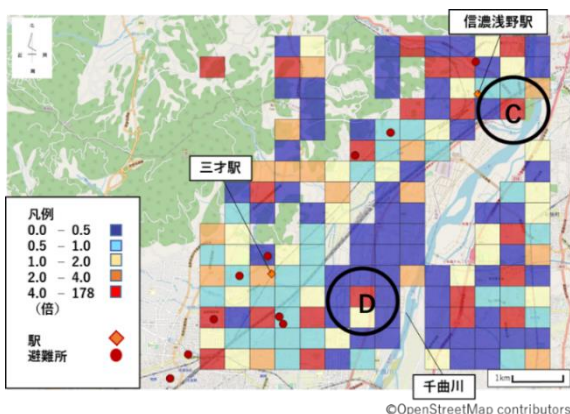


図 11 10月13日4時の人口を国勢調査の人口で除した値

辺より標高が高い公園である「豊野リバーサイドパーク」（図 11 中 C）、複数の JA の施設（図 11 中 D）など、十分な規模を有する施設や高台が分布する地域であることが確認された。したがって、周辺に避難所が存在しないに関わらず、人口が大きく増加していたメッシュでは避難所外避難者が集まり、結果的にいわゆる「野良避難所」が発生していたものと考えられる。

今後、本研究で利用したようなモバイルビッグデータが発災時にリアルタイムに利用できるようになることで、こうした指定避難所以外の場所に避難した避難所外避難者の分布も常時把握・推定することが可能になるものと期待される。

6. 終わりに

本研究では、水害発生時における発災直後の迅速な被害状況の把握・推定に対して、モバイルビッグデータがどの程度有用であるのか、ということを考察した。その結果、主に以下の 4 つの結果が明らかになった。

- (1) 発災前後における人の分布・動きの変化を確認することができた。
- (2) 人々の動きの変化から浸水範囲の大まかな推定を行うことができる可能性が示された。
- (3) 避難所が発災に伴って使用されている様子を確認することができた。またどの程度の避難者がその避難所及びその周辺に避難しているか推定することができた。
- (4) 避難所外避難者がどのような場所に分布するのかを確認することができた。

以上のように本研究を通して、水害発生時における発災直後の迅速な被害状況の把握・推定にモバイルビッグデータが有用である可能性を確認することができた。

今後はより高精細なメッシュを使用して分析を行うことで、より詳細に人々の動きや分布を明らかにしていきたい。また、避難者数の推定結果や、避難除外避難者の分布・人数の推定結果の信頼性についても、今後関連する情報を収集して確認を進めていく予定である。さらに、本研究の手法を他の被災地にも適用することで、手法の汎用性や改善点などを明らかにしていく予定である。今後、本研究が洗練されていくことで、水害発災直後の迅速な被害状況の把握や緊急車両の手配、最適な避難経路の情報の提供などに貢献できれば幸いである。

謝辞

本研究は、株式会社 Agoop の「メッシュ型流動人口データ」および、国土交通省国土地理院の「浸水推定段彩図データ」の提供を受けることで実現した。以上、ここに記して謝意を表したい。

参考文献

荒木裕子・坪井塑太郎・北後明彦（2017）津波被災

後の指定外避難所の発生傾向に関する研究,「日本建築学会計画系論文集」, **82**(741), 2885-2895.

国土交通省国土地理院 (2020) 令和元年東日本台風に関する情報, <<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1.taihuu19gou.html>>. (最終閲覧日 2020 年 8 月 28 日)

長野県 (2019) 長野防災ポータル, <http://nagano-pref-bousai.force.com/PUB_VF_TopA>. (最終閲覧日 2020 年 8 月 28 日)

山口裕通・奥村誠・金田穂高・土生恭祐 (2017) 携帯電話 GPS 情報からわかる熊本地震による行動パターンの被災・回復過程,「土木学会論文集 D3」, **73**(5), I_105-I_117.

吉岡知弘・金子雄一郎 (2018) 交通ビッグデータと Web 調査に基づく熊本地震発生時の地域間移動の特性,「土木学会論文集 F6」, **74**(2), I_165-I_173.