

モバイル空間統計を用いた河川空間利用人口動態の分析

東北大学工学部	学生会員	○伊藤 和也
東北大学大学院工学研究科	正会員	平賀 優介
東北大学大学院工学研究科	正会員	風間 聡
東北大学大学院工学研究科	学生会員	柳原 駿太

1. 背景と目的

良好な河川空間の保全・整備の実現のため、河川空間の利用状況の実態を詳細に把握することは重要である。このため国土交通省は、概ね3年に1回（平成22年度からは5年に1回）、国内一級河川を対象に河川空間利用実態調査を実施し、河川空間の利用人口の把握を実施している、しかし当該調査においては、数年毎に各季節を代表する人数しか得られないこと、河川空間上の限定された調査地点の人数を基に空間全体での利用人数を推定していること、調査の遂行に多大なコストを要するなどの課題が挙げられ、活用が限定的である。一方近年では、日本全国を対象に500mの空間解像度で1時間毎の推定人口数が取得可能な、モバイル空間統計データが利用可能である。モバイル空間統計データは、対象の空間メッシュ内の（株）NTTドコモ携帯契約者情報を基に、他の携帯電話キャリアの契約者数との比を考慮して、対象メッシュ内の毎時人口を推定する。近年では、災害時の避難行動分析¹⁾やパーソントリップ調査との併用²⁾など様々な分野において、モバイル空間統計を活用した研究が行われている。しかし、河川空間の人口推計とそれをを用いた分析のため、モバイル空間統計が活用された事例は少ない。現在日本は、河川整備の遅れや親水公園等の公共施設建設の需要>供給などの河川管理問題を抱えている。このような状況下において、限られた予算を基に、時空間で詳細に河川空間の利用人口を推定する重要性が高まっている。モバイル空間統計を用いて、河川利用実態を時空間で詳細に把握し、それに伴い利用人口数の詳細な要因分析が実施されれば、河川空間を利用したイベントの実施の効果的なタイミングや、公共施設の整備計画の提案が可能となる。そこで本研究では、モバイル空間統計を用いた河川空間利用人口動態の把握と、その要因分析の初期解析として、モバイル空間統計データから河川空間利用人口を推定するための手法の検討と、推定された利用人口の要因分析を扱う。

2. 対象流域とデータセット

2.1 対象流域

本研究では、東北地方の1級河川：岩木川、高瀬川、馬淵川、北上川、鳴瀬川、名取川、阿武隈川、米代川、雄物川、子吉川、最上川、赤川の計12河川の河口付近を対象とした。各河川系のうち、河口部の空間メッシュ（対象河川と海との接続部を含むメッシュ）を除き、海側から順に4メッシュ

選択し、それらメッシュの平均人口数を対象とする。対象期間は2019年1月1日から12月31日までとした。要因分析で使用した日平均気温、日降水量は、対象とするメッシュから最も近い気象庁の観測所から得た。

2.2 モバイル空間統計

モバイル空間統計は、（株）NTTドコモが提供する人口統計データである。携帯電話の基地局ごとに周期的に把握されるエリア内の携帯電話台数を集計し、（株）NTTドコモの携帯普及率を加味して統計処理することで、エリア内の属性別人口分布を1時間単位で推計している。日本全国を対象に、500mの空間解像度で1時間毎の推定人口が得られる。推計方法の詳細は寺田ら³⁾を参照されたい。

3. 手法

3.1 河川空間利用人口の推定方法

先ず対象メッシュの22時から0時の年平均人口を当該メッシュの常住人口と仮定し、各時間の推計人口から常住人口を引くことで、対象メッシュの1時間毎の流動人口を得る。その後、当該流動人口に、対象メッシュ（4メッシュ）の総面積に対する河川面積の割合を掛け、さらに幹川流路総延長を対象河川4メッシュ分の延長で除した値を乗じることで、河川利用流動人口を推定する。時間単位の河川利用流動人口を日単位に変換する際、7時～18時の2時間毎（7時、9時、11時、...）の積算を日積算河川空間利用流動人口とした。これは、河川空間利用実態調査の実施時間が日の出から日の入りまでであることと、河川利用者の平均滞在時間は2時間と仮定されていることに依る。式(1)-(2)に上記の推定手法をまとめる：

$$P_p = 1/1095 \sum_{h=1}^{365} (P_{22h} + P_{23h} + P_{24h}) \quad (1)$$

$$\text{Est} = \frac{E}{L} \times \sum_{d=1}^{365} (S_d - 6P_p) \times R \quad (2)$$

ここで、 P_h ：時間 h におけるモバイル空間統計による人口(人)、 P_p ：対象メッシュの年平均常住人口(人)、 S_d ： d 日目における7時から18時までのモバイル空間統計による人口(人)、 R ：対象メッシュの総面積に占める河川面積の割合、 Est ：年間河川空間利用人口(人)、 U ：河川利用実態調査の河川年間利用者数(人)、 L ：対象河川4メッシュ分の延長(m)、 E ：幹川流路総延長(m)とした。ただし、(2)において $P_h - P_p$ が負となったとき、0として計算した。

キーワード モバイル空間統計 河川利用実態
連絡先 東北大学 水環境システム学研究室

成分分析 人口動態
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06

3.2 河川空間利用人口動態の分析

河川空間利用人口の動態を分析するため、モバイル空間統計を用いて推定された河川空間利用人口の成分分離を実施した。3.1により得られる日積算の河川空間利用流動人口に対し、7日間移動平均をとり、トレンド成分を抽出する。ここで、各曜日の利用人口の傾向を分析するため、7日移動平均を選択した。次に推定利用人口からトレンド成分を差し引き、各曜日の平均値の合計が0になるように平均値を求め、季節成分を求める。最後に推定利用人口からトレンド成分、季節成分を差し引いた値を残差成分として、各成分に対して分析を実施した。残差成分の分析の際には、残差成分の平均値±標準偏差の3倍の値の範囲外のものを異常値として定義して扱った。また日平均気温と日合計降水量の観測値に対しても同様に7日間移動平均によりトレンド成分を抽出し、観測値からトレンド成分を引いたものを残差成分とした。

4. 結果と考察

4.1 河川空間利用人口の推定

利用人口推定の結果を表1に示す。表1は、年間の河川空間利用人口について、河川空間利用実態調査と本研究によるモバイル空間統計を基として推定した人口を比較したものである。表1の通り、対象河川の12河川のうち7河川において、推定結果は河川空間利用実態調査の約1から5倍の範囲に収まり、同オーダーの推定値が得られた。しかしその他の河川では、河川空間利用実態調査と推定値が大きく外れるケースも確認された（馬淵川）。11つ（91.7%）の河川において、推定値は河川空間利用実態調査より小さくなったことから、過大推定の更なる改善が必要である。河川によって河川空間利用実態調査と推定値の差の傾向が異なるのは、対象メッシュ内の国道や高速道路、線路など、人々の往来の激しい地点の有無や、土地利用の違いによるものと推測される。例えば、鳴瀬川では対象メッシュ内に仙谷線の存在が確認された。

4.2 河川空間利用人口動態の分析

図1に、例として鳴瀬川を対象に推定された河川空間利用人口を成分分離した結果を示す。推定利用人口のトレンド成分と平均気温のトレンド成分の間に強い相関は見られなかった（ $R=-0.09$ ）ものの、気温が高くなる時期に推定利用人口が増加する傾向が見られた。

また季節成分の分析により、7日間のうち土曜日曜日の週末に推定利用人口が最大となる河川と、週末に推定利用人口が最小となる河川の2種類に大別された。全12河川のうち、前者の傾向を示すのが6河川、後者の傾向を示す河川は7河川確認された。週末に推定利用人口が最大となる傾向を示す河川のうち83.3%で、対象メッシュ周辺にキャンプ場などのレジャー施設や親水公園、運動競技場の整備が確認された。また週末に推定利用人口が最小となる河川の50%において、電機会社や工場の立地が確認された。このことから、周辺の土地利用により、推定利用人口の季節成分、すなわち河川の利用形態が異なることが示唆された。

表1 補正の検証結果

河川名	推定利用人口(万人)	河川空間利用実態調査(万人)
岩木川	94.7	38.8
高瀬川	22.4	21
馬淵川	3804.3	19.5
北上川	308.2	271.2
鳴瀬川	117.1	8.6
名取川	253.5	64.1
阿武隈川	436.0	94
米代川	1075.0	18
雄物川	122.0	131.3
子吉川	874.4	12.3
最上川	1471.6	106.5
赤川	38.7	27.4

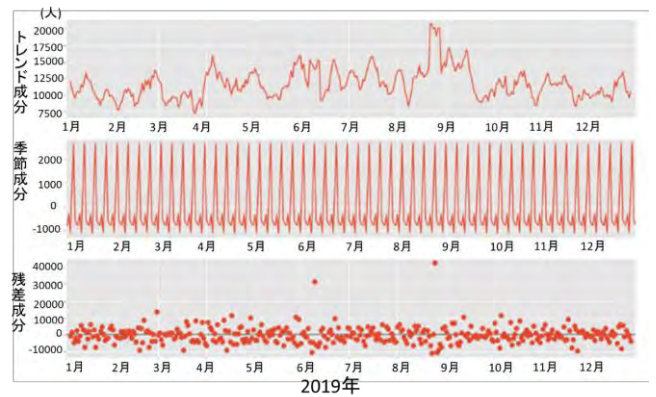


図1 鳴瀬川の成分分析結果

残差成分の分析により、全河川において正の異常値として検出された日のうち、21.7%において、夏祭りなどのイベント開催が確認された。ここで、ウェブに情報が公開されていない規模の小さいイベントなどは考慮出来ないことに注意されたい。また、全河川において、推定利用人口が正の異常値を示す日のうち、74.1%において降水量が負の異常値を示すことが確認された。これらの結果から、河川利用人口の極端な増減は、イベントの開催有無や気象条件を用いて説明出来る可能性が示唆された。今後は河川利用人口の推定の精度向上、対象メッシュのみでなく流域単位での解析、人口動態の更なる分析を実施予定である。

謝辞

本研究で使用した人口データは(株)NTTドコモが作成したモバイル空間統計から取得したものである。ここに深甚な謝意を表す。

参考文献

- 1) 佐藤史典, 力石真, 藤原章正: モバイル空間統計を用いた復旧・復興過程の独立成分分析: 2014年8月広島土砂災害を例に, 第55回土木計画学研究発表会・講演集
- 2) 講森尾敦ら, 東京都市圏におけるモバイル空間統計とパーソントリップ調査の比較分析-都市交通分野への適用に向けて-, 第52回土木計画学研究発表会・演集
- 3) モバイル空間統計における人口推計技術, https://www.docomo.ne.jp/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol20_3/vol20_3_011.jp.pdf, 閲覧 2023.1.18