

大規模地震災害対応を想定したモバイル空間統計の防災分野への活用

名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
修士課程前期課程 2 年 飛田研究室 松原健太郎
ている。

1. 研究の背景と目的

被害の量や姿は、自然現象と、その地域の人口や産業との関係によって決まる。中でも人の分布やその変化は、社会の状況に大きく影響する。例えば 2020 年 3 月下旬から蔓延した新型コロナウイルスにより、避難所は 3 密を避けるべく、収容人数の制限や指定緊急避難所以外の避難所開設の検討により、収容数が不足する・管理項目が増えた避難所運営職員の人手が足りないといった懸念も発生していることから、避難所のみに頼った避難生活の限界点が伺える。また南海トラフ地震臨時情報のように、発生した地震により防災対応が変わるケースも存在するため、季節・曜日・時刻ごとの人口の変化を詳細に把握し、最適な対応を行うことがより重要となる。しかし、内閣府の平成 25 年南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ [1]で想定されている地震発生時刻は、①冬深夜 5 時、②夏昼 12 時、③冬夕方 18 時に限られている。このような被害想定に用いられる人口統計の多くは 5 年に 1 度の国勢調査を基にしており、信頼性が高い反面、1 日 1 日の人口分布を把握できないという課題がある。

近年、このような課題を解決しようとして、携帯電話やスマートフォンを用いたビッグデータが注目を集めている。中でも NTT ドコモの持つ約 8,000 万台 [2]の携帯電話の運用データを用いて推計される「モバイル空間統計」は 1 時間刻みの人口動態が把握可能 (表 1) で、新型コロナウイルス感染拡大前後の人口増減調査などが取り上げられ

本研究では愛知県域を対象にモバイル空間統計を用いて人口特性を把握し、ほかの人口統計と比較した有意点を示す。また、名古屋市において南海トラフ地震を想定した愛知県域のモバイル空間統計データを用いて、この統計の特性を踏まえた災害対策への有効点を示し、社会情勢を考慮した新たな地震対策の手助けとなることを目的とする。

2. モバイル空間統計の概要と特性

2.1 モバイル空間統計の概要

モバイル空間統計は、NTT ドコモグループが提供する 1 日の人口動態を把握できる人口統計である。携帯電話サービスを行う基地局エリアごとにエリア内の携帯電話台数を定期的に集計し、普及率を加味して、住民基本台帳データから人口を推計している。具体的には、運用データを非識別処理 (個人識別性の除去)、集計処理 (ドコモの携帯電話の普及率 43.9% [3]を加味して人口推計)、秘匿処理 (少人数の排除) することでデータ化を行っている [4]。(図 1) なお、十分なサンプルが得られないため 15 歳未満、80 歳以上は対象外である。表 2 に本研究で用いるモバイル空間統計の概要、表 3 に NTT ドコモのホームページ上で無償提供されているモバイル空間統計マップの概要を示す。以降、2017 年 6 月 3 日 (土) を「休日」、2017 年 7 月 12 日 (水)

表 1 本研究で用いるモバイル空間統計の概要

日時	2017年6月3日 (土)	2017年7月12日 (水)
天候	晴	曇
平均気温	19.3	28.6
最高気温	24.7	34.4
最低気温	14.9	24.7
データモデル	1kmメッシュ	
範囲	愛知県全域	
時間	24時間のうち、4, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 18, 19, 20, 21, 22時の12時間	
性別	男・女 (2区分)	
年齢区分	15~19歳、20代、30代、40代、50代、60代、70代の7区分	
住所	都道府県、市区町村、大字	

表 3 NTT ドコモ無償提供モバイル空間統計概要

対象範囲	日本全国
対象期間	2020年5月27日 (水) ~2021年3月1日 (水)
時間解像度	1時間単位
データモデル	4次メッシュ (500mメッシュ)
属性範囲	人口推移、一部エリアの性年代・居住地
閲覧可	人口分布：閲覧時刻の24~1時間前 人口推移：閲覧時刻・前年同月平均人口の25~2時間前 性年代・居住地：閲覧時刻の2時間前

表 1 モバイル空間統計と他の主な人口統計との比較

	モバイル空間統計	国勢調査	住民基本台帳
調査頻度	◎いつでも	△5年ごと	△1年ごと
調査日	◎いつでも	△特定の日	△特定の日
調査範囲	◎全国	◎全国	△各自治体
悉皆性	○実態を係数拡大で推計	◎量的実態を実測	◎量的実態を実測
属性範囲	○性別・年齢別 居住地別	○性別・年齢別 居住地別	○性別・年齢別 居住地別
時間解像度	○時間単位	-	-
集計期間	○1ヶ月程度	△1年程度	○1ヶ月程度

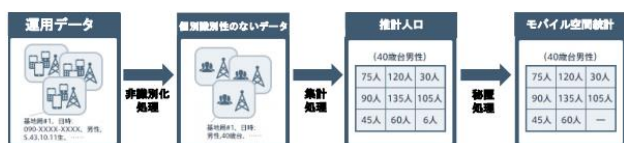


図 1 モバイル空間統計作成までの手順 [7]

を「平日」、ホームページ上で提供されているモバイル空間統計人口分布を「無償提供データ」と呼ぶ。

2.2 無償提供データによる名古屋市の人口特性の把握

無償提供データの名古屋駅周辺の週間人口推移を分析し、前年の人口分布と比較しながら、1週間の中での曜日による違いや人口推移の流れについて考察する。図2に名古屋駅周辺500mメッシュにおける2020年6月の1週間、図3に2021年1月の1週間の人口推移を示す。前年の推移をみると、季節による人口変動は見られないことが分かる。また、いずれも名駅では休日に比べ平日の方が昼間にかけ人口が多くなっていた。このように平日と休日では時間ごとの推計人口に差がみられたが、休日間、平日間で人口推移はほとんど変わらなかった。

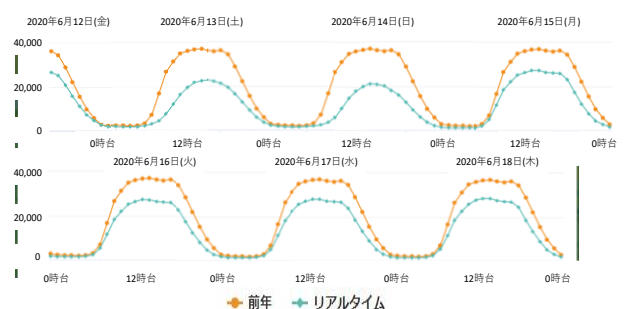


図2 無償提供データ名古屋駅メッシュ

2020年6月12日(金)～6月18日(木)の人口推移



図3 無償提供データ名古屋駅メッシュ

2021年1月2日(土)～1月8日(金)の人口推移

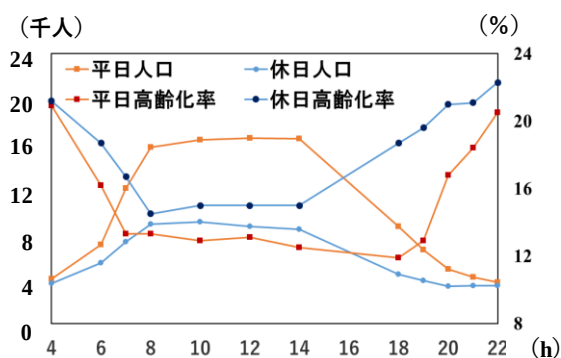


図4 モバイル空間統計平日・休日

飛島村の総人口と高齢化率の人口推移

2.3 平日・休日の1日の人口変化

本研究で用いるモバイル空間統計の2日間の関係を分析し、地域特性の把握を試みる。総人口に対する高齢者の推計者数の割合から高齢化率を算出し、地域別に高齢化率の時間変化について分析を行った。検討地域は、居住人口に対して昼間に多数の流入者がみられる飛島村にて行った。それぞれ時刻ごとの総人口と高齢化率の推移を図4に示す。飛島村では平日の昼夜間人口比率が415%、休日では240%となった。また、高齢化率は夜間が21%であったのに対し、昼間は平日が12.5%、休日が15%まで下がっていたため、流入人口は大多数が生産年齢人口を占めるものと思われる。数値としては高齢化率が約半分まで減少しているが、飛島村の14時台の高齢者数4時台と比較して1,229人増加していた。飛島村の昼夜間の総流入数の差は12,488人であり、これと比較すると、昼間流入する高齢者の割合は総流入人口の10%である。数値的に高齢化率は減ったが、高齢者数はむしろ増加しており、防災上はこの増えた高齢者数に対してもどう扱っていくかが大切になる。

3. 名古屋市浸水域におけるモバイル空間統計の活用

3.1 序論

愛知県は尾張西部に標高0m地帯を抱えており、堤防が破堤すると、地震発生後すぐに水が浸水し始め、海水面と同じ高さまで水が浸入する。排水するために堤防を仮締めしてポンプアップする必要があるため、長期湛水の危険を伴う。浸水開始後すぐの避難は緊急避難場所や避難ビルへの避難が望ましいとされるが、長期湛水は避難生活が長期化するため、浸水してしまうと移動や物資の搬入が困難となる。そのため避難所が開設されることにもなる避難場所へ収容できれば応急計画の負担も減ると考える。また、平常時の人口分布は、地域に居住している人に加え、通勤などでその地域に流入する人も存在している。被浸水地区で地震が発生し、浸水が開始した場合、まずその地域の居住者は避難する必要がある。次に流入者であるが、浸水域外への避難を考える際、浸水地域と居住地が近ければ、緊急避難の後そのまま帰宅も可能であるが、距離が遠ければ帰宅困難となる可能性もでてくるため、流入者の数と居住地との関係を把握するため、居住者、流入者の割合と流入者の居住地との距離を考えることで、災害発生時からの避難で避難所の収容人数がどれくらい不足しているか、どうす

れば効果的な避難が望めるか、時刻に基づいた対応の決定に繋げることができそうである。

そこで本章では、名古屋市域の津波浸水を対象とする避難所・避難場所について、1 km メッシュあたりの収容人数を算出し、モバイル空間統計で推計した現在人口との差分を分布化し、1 km メッシュあたりの収容人数の過不足を把握する。また住所属性を用いて被浸水区からの流出、流入先を考慮しつつ、災害脆弱性について考察する。

3.2 指定避難所の収容人数の過不足に関する検討

名古屋市域の津波浸水区における避難所の収容人数の過不足の把握を行う。浸水データは、愛知県が計算した南海トラフ地震の最大クラスの津波 [5]を用いた。避難所データは愛知県地域防災計画付属資料 [6]に掲載されている避難所のうち、浸水時に開設される避難所の収容人数の値を用いた。図 5 に浸水区当たりの避難所の収容人数から 1 km メッシュあたりの合計値を算出し、分布化したものを示す。また、図 6 に算出した 1 km メッシュあたりの収容人数の合計値から、同メッシュのモバイル空間統計平日の総人口の値を引いた値を 4 時台と 14 時台で算出し、分布化した。全メッシュ中、約 6 割強のメッシュで、4 時台、14 時台共に収容人数が不足しているという結果が算出された。特に港区、中川区、南区の 3 区では区の大半が浸水し、また標高 0 m 地帯であることから長期湛水の恐れがあり、浸水深より低い位置に居住する人は避難所への避難が必要である。しかし、表 4 の通り、この 3 区で 4 時台に最大約 8.2 万人、最低で 12 時台に約 5.4 万人収容人数の不足がみられた。そこで 3 区に居住する人、もしくは勤務などの理由で昼間滞在する人がどこにどれだけ住んでいるのか把握することで、具体的に避難所を利用する必要がある人数を求める。表 5 に、平日 14 時台に愛知県の各市区町村からこの 3 区へ流入した人口を、表 6 に 3 区に居住する人の平日 14 時台の流出先とその数を示す。いずれの表も 3 区外からの流入、区外への流出数を示しており、3 区内間の流出入を計算から除いている。2 つの表の総流出入数を比較すると、他市区町村から 3 区への流入が 92,172 人、3 区から他市区町村への流出が 144,955 人と、総流出数が約 5 万人上回っていた。3 区に流入する人口の居住地のおおよその傾向として、3 区から物理的距離に近い順に人口が多く流入していた。昼間、3 区内へ流入する人の居住地が遠ければ帰宅困難

となり避難所に滞在する割合も高まるため、3 区から一定数距離のある地域に住む人口を求めた。概算として、帰宅困難者が出始める距離と定義される 3 区から 10 km 圏外に位置する市区町村に居住する人口を求める。GIS 上で 3 区の重心点を取り、それぞれから半径 10 km の円を描いた。それを図 5 (左) に示す。この円外に居住し、昼間 3 区に流入する人口数は約 2.5 万人、円内から 3 区に流入する人口は約 7.7 万人であった。逆に、3 区から 10 km 以上離れた他市区町村へ流出している人は約 1.4 万人おり、3 区に居住し、昼間 3 区外へ流出する 144,955 人の内、約 13 万人はほぼ 10 km 圏内に滞在していた。この時、最も避難所の滞在可能性が高いのは円外に居住し、昼間 3 区内に滞在している約 2.5 万人であり、この 2.5 万人を避難所に収容し、他の 3 区内流入者は自主避難、区外への流出者は、自宅の様子や避難所の受け入れ状況を把握しつつ対応していけば、避難所の限られた収容数で上手く収容することもできるのではないだろうか。

4. 結論

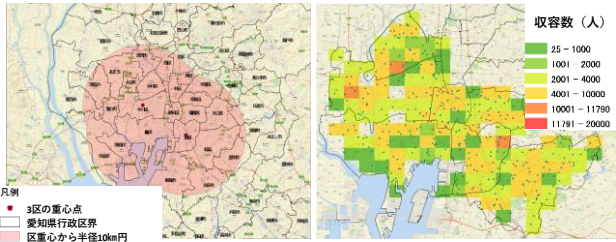
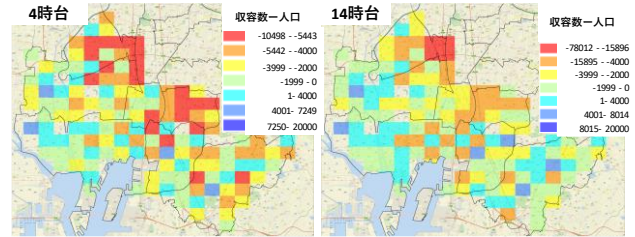
本研究では、モバイル空間統計の持つ特性を把握し、ほかの人口統計と比較して有用性を示した。また、名古屋市の浸水に関する避難所収容人数の時刻ごとの過不足を算出し、避難の具体策について考察した。防災対策に活用するためには、モバイル空間統計の持つどのような属性を組み合わせるかという観点と、被災時の様相をしっかりと把握することが非常に大切である。被災時により適切な防災対応をとるためには、平時の人口特性を把握することに加え、平常時とは異なる状況に直面した際の人口分布や社会活動の変化を予測することや、被災後の人口分布を把握し、次の減災に活かすことが大切である。

参考文献

- [1] 内閣府, “南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ,” 20 4 2012. [オンライン]. Available: http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/index.html.
- [2] 岡島一郎, 田中聡, 寺田雅之, 池田大造, 永田智大, “携帯電話ネットワークからの統計情報を活用した社会・産業の発展支援—モバイル空間統計の概要—,” NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.20 No.3, 2012.
- [3] 一般社団法人電気通信事業者協会, “事業者別契約数,” 2020.
- [4] 寺田雅之, 永田智大, 小林基成, “モバイル空間統計における人口推計技術,” NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.20 No.3, 2012.
- [5] 愛知県, “平成 23~25 年度愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査報告書,” 3 2014. [オンライン]. Available: <https://www.pref.aichi.jp/bousai/2014higaiyosoku/greenbooknew2.pdf>.
- [6] 愛知県防災会議, “愛知県地域防災計画付属資料修正版,” 2020. [オンライン]. Available: <https://www.pref.aichi.jp/bousai/boukei/list-fuzoku.htm>. [アクセス日: 12 2020].
- [7] N. docomo, “モバイル空間統計に関する情報,” [オンライン]. Available: https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/.

表 4 中川区, 港区, 南区における時刻ごとの避難所収容人数不足数 (人)

	4時台	6時台	7時台	8時台	10時台	12時台	14時台	18時台	19時台	20時台	21時台	22時台	24時台
中川区	-40,393	-36,281	-30,013	-20,001	-10,381	-8,822	-9,267	-21,936	-27,120	-30,896	-34,496	-36,773	-39,441
港区	-24,607	-23,680	-22,556	-24,771	-29,455	-31,783	-31,831	-26,187	-25,586	-23,918	-23,425	-23,198	-24,112
南区	-17,505	-17,701	-18,028	-17,430	-13,734	-12,997	-13,944	-22,296	-22,048	-21,936	-20,007	-17,624	-17,460

図 5 3 区の重心点から半径 10 km 圏内 (左)
1 km メッシュあたりの収容数 (右)図 2 1km メッシュあたりの収容人数から
モバイル空間統計平日総人口の差分表 5 平日 14 時台 愛知県各市区町村居住者
港区, 中川区, 南区への流出数 (人) (3 区内移動を除く)

		流出先				行政区別流入数
		名古屋市区	名古屋市中川区	名古屋市区	3区総流入数	
海部	津島市	627	938	148	1,713	23,038
	愛西市	629	822	120	1,571	
	弥富市	853	677	101	1,631	
	あま市	974	2,672	215	3,861	
	海部郡大治町	448	5,003	0	5,451	
	海部郡蟹江町	947	7,338	121	8,406	
	海部郡飛島村	343	62	0	405	
	一宮市	1,447	851	511	2,809	
尾張	瀬戸市	280	57	126	463	12,834
	春日井市	1,239	589	480	2,308	
	大山市	80	11	45	136	
	江南市	148	10	89	247	
	小牧市	411	138	144	693	
	稲沢市	674	496	242	1,412	
	尾張旭市	208	74	49	331	
	岩倉市	140	86	10	236	
	豊明市	486	96	530	1,112	
	日進市	234	99	246	579	
	清須市	523	420	144	1,087	
	北名古屋市	581	240	200	1,021	
	長久手市	119	0	50	169	
	愛知郡東郷町	40	22	71	133	
居住 地	西春日井郡豊山町	10	0	20	30	41,345
	丹羽郡大口町	12	0	0	12	
	丹羽郡扶桑町	46	0	10	56	
	名古屋市中千種区	1,061	457	446	1,964	
	名古屋市中区	427	172	200	799	
	名古屋市中北区	1,232	569	415	2,216	
	名古屋市中西区	1,202	715	522	2,439	
	名古屋市中村区	1,836	824	515	3,175	
	名古屋市中区	832	112	326	1,270	
	名古屋市中昭和区	993	565	505	2,063	
	名古屋市中瑞穂区	1,640	514	838	2,992	
	名古屋市中熱田区	2,319	338	511	3,168	
	名古屋市中守山区	727	282	349	1,358	
	名古屋市中緑区	3,746	819	10,346	14,911	
知多	名古屋市中名東区	894	303	395	1,592	10,605
	名古屋市中天白区	1,563	522	1,313	3,398	
	半田市	569	61	410	1,040	
	常滑市	393	23	143	559	
	東海市	2,820	191	1,237	4,248	
	大府市	725	106	589	1,420	
	知多市	1,602	95	756	2,453	
	知多郡阿久比町	139	10	69	218	
	知多郡東浦町	175	30	244	449	
	知多郡南知多町	23	0	0	23	
	知多郡美浜町	31	0	0	31	
	知多郡武豊町	113	0	51	164	
西三河	岡崎市	588	81	440	1,109	3,807
	碧南市	47	0	0	47	
	刈谷市	240	108	413	761	
	豊田市	323	57	273	653	
	安城市	291	35	293	619	
	西尾市	54	0	128	182	
	知立市	117	0	156	273	
	高浜市	23	0	22	45	
	みよし市	43	0	62	105	
	額田郡幸田町	0	0	13	13	
東三河	豊橋市	211	12	51	274	543
	豊川市	92	10	90	192	
	蒲郡市	51	0	14	65	
	新城市	0	0	12	12	
	田原市	0	0	12	12	
総流入数		38,641	27,712	25,819	92,172	

表 6 平日 14 時台 港区, 中川区, 南区居住者
上記 3 区を除く愛知県各市区町村への流出数 (人)

		居住地				行政区別流出数
		名古屋市区	名古屋市中川区	名古屋市区	3区総流出数	
海部	津島市	12	1,006	136	1,154	9,559
	愛西市	0	417	192	609	
	弥富市	118	1,393	1,527	3,038	
	あま市	24	578	231	833	
	海部郡蟹江町	16	180	84	280	
	海部郡飛島村	377	1,299	1,969	3,645	
	一宮市	72	528	69	669	
	瀬戸市	96	270	61	427	
尾張	春日井市	145	668	114	927	6,765
	大山市	33	81	0	114	
	江南市	15	46	13	74	
	小牧市	196	578	174	948	
	稲沢市	37	746	210	993	
	尾張旭市	13	61	16	90	
	岩倉市	0	82	27	109	
	豊明市	163	40	67	270	
	日進市	366	293	134	793	
	清須市	36	361	105	502	
	北名古屋市	93	198	74	365	
	長久手市	59	83	11	153	
	愛知郡東郷町	11	15	24	50	
	西春日井郡豊山町	109	76	51	236	
名古屋	丹羽郡大口町	0	45	0	45	117,677
	名古屋市中千種区	2,158	3,485	1,942	7,585	
	名古屋市中区	2,546	4,608	2,413	9,567	
	名古屋市中北区	564	1,322	611	2,497	
	名古屋市中西区	3,028	7,852	3,003	13,883	
	名古屋市中村区	1,372	23,616	2,092	27,080	
	名古屋市中区	2,165	6,803	1,907	10,875	
	名古屋市中昭和区	1,173	1,463	813	3,449	
	名古屋市中瑞穂区	15,798	1,383	1,230	18,411	
	名古屋市中熱田区	1,878	9,519	4,708	16,105	
	名古屋市中守山区	300	473	123	896	
	名古屋市中緑区	2,547	1,485	1,027	5,059	
	名古屋市中名東区	342	452	174	968	
	名古屋市中天白区	497	538	267	1,302	
知多	半田市	305	192	138	635	6,297
	常滑市	115	97	166	378	
	東海市	1,631	791	1,163	3,585	
	大府市	481	369	273	1,123	
	知多市	179	77	102	358	
	知多郡阿久比町	35	0	0	35	
	知多郡東浦町	53	19	27	99	
	知多郡美浜町	33	14	15	62	
	知多郡武豊町	12	10	0	22	
西三河	岡崎市	202	222	92	516	4,474
	碧南市	0	23	0	23	
	刈谷市	879	793	393	2,065	
	豊田市	391	375	140	906	
	安城市	219	317	66	602	
	西尾市	10	26	0	36	
	知立市	52	35	35	122	
	高浜市	0	22	12	34	
	みよし市	63	70	37	170	
東三河	豊橋市	38	61	27	126	183
	蒲郡市	0	32	0	32	
	新城市	0	0	10	10	
	田原市	0	0	15	15	
	総流出数	41,057	75,588	28,310	144,955	