

モバイル空間統計データに基づく 都市圏通勤流動の定量的把握

澤村 悠里¹・奥村 誠²

¹ 非会員 東北大学大学院 工学研究科 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1, S502b)

E-mail: yuri.sawamura.s3@dc.tohoku.ac.jp

² 正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1, S502b)

E-mail: makoto.okumura.b6@tohoku.ac.jp

本研究では、通勤流動が都市の経済活動などの都市機能の維持のために重要な役割を持っていることを踏まえ、居住市区町村別のモバイル空間統計データに基づいて都市圏の通勤流動を定量的に把握するための汎用的な方法を提案する。膨大なメッシュごとの居住市区町村別滞在人口データを集約しつつ、計算精度を確保できる集約ゾーンの設定方法を工夫した。すなわち、都心代表点からの距離と方角によって区分した集約ゾーンを定義し、居住地との位置関係を加味すれば、ゾーン番号に基づいて移動距離を容易に計算できることを提案した。実際に札幌都市圏に適用し、平常時の通勤流動の変動を把握するとともに、2022年2月の札幌の大雪による影響の定量化に応用できることを示した。

Key Words: *commuting flow, mobile spatial statistics, disaster*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

都市の経済活動等の機能を維持するために、日常的に居住地から勤務地への通勤流動が行われている。自然災害や大規模な事故などで交通が停止し、通勤が困難になると、結果的に都市活動の水準が低下する。例えば、2022年2月に札幌都市圏で発生した2度の大雪時には、いずれの期間においても長期間にわたって鉄道が運休するなど、通勤が著しく困難になった¹⁾が、その結果失われた都市の活動ほどの程度であり、どのような速度で回復していったのかを定量的に把握することは、今後の災害への備えや回復力の強化のための基本的な情報になると思われる。

通勤流動をはじめとする人々の移動をとらえる方法として、従来のアンケート調査や、道路・鉄道駅などでの断面交通量に変わり、近年では携帯電話位置情報に基づく大規模なデータが利用できるようになってきた。災害時の人口分布の分析例として、奥村(2015)²⁾は災害によって低下した都市機能の時間的な回復過程を携帯電話GPS位置情報データから得られる人口分布の増減によって把握した。山口ら(2017)³⁾は主拠点滞在、副拠点滞在、その他の滞在、移動に区分されたGPS位置情報データを用いて、熊本地震の影響の定量化を試みた。松島(2019)⁴⁾は

NTTドコモ社の携帯基地局の運用データから生成されるモバイル空間統計を活用し、大阪北部地震発災時の人口動態を明らかにし、有事の対策検討に資するデータの抽出を試みている。このように、都市圏の人口分布の増減から都市機能の回復過程や対策検討に資するデータの抽出を試みる研究は存在するが、距離などの通勤移動量を定量的に把握する方法は開発されていない。

こういった背景から、本研究ではモバイル空間統計データを用いて、都市圏通勤流動を定量的に把握する汎用的な方法を提案する。その方法を平常時と災害時の実際の都市圏のデータに適用して、平常時の通勤流動の変動傾向の把握と災害影響の定量化への応用を試みる。

(2) 利用するデータの特徴

本研究では、ドコモ・インサイト・マーケティング社が提供するモバイル空間統計を用いる。ドコモの携帯電話ネットワークは各基地局のエリア毎に所在する携帯電話を周期的に把握している。モバイル空間統計はこの仕組みを利用して携帯電話の台数を集計し、地域ごとにドコモの普及率を加味することで人口を推計しており、全国約100万ある500mメッシュの1時間ごとの推計人口を把握できる⁵⁾。なお、普及率の低い80歳以上や、携帯電話契約を行えない14歳以下の人口を除き、15～79歳の人口を推計対象としている。

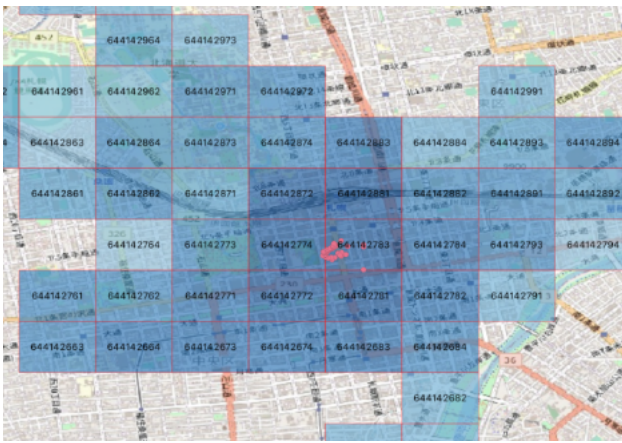


図-1 札幌都市圏における都心代表点の設定

本データは、携帯電話契約者の居住地、年代、性別といった属性情報が取得でき、どの属性項目ごとに集計するかに応じて、複数種類のデータが用意されている。本研究では居住市区町村に基づく日付、時間帯、メッシュ別の人口推計値データを利用する。なお、電源が切断されていたり、メッシュ間を移動中でどのメッシュにも15分以上の滞在が検知されない端末の位置は特定されず、欠損値となる。

本研究の目的上、都市圏をこえて移動・滞在している人々のデータは不要であるため、本研究では対象都市圏内に居住し、各時間帯に対象都市圏内のいずれかのメッシュに滞在する人口のみを対象とする。そこで、モバイル空間統計から居住地ごとに対象都市圏内の総滞在人口を集計し、各日の最大値と各時間帯の比を算出しておき、元データにこれを乗じた補正値を以下の分析に用いることとする。

2. 通勤流動の定量的把握方法

(1) 人口分布から移動を捉える考え方

モバイル空間統計データはメッシュごとに1時間ごとの滞在人口を推定したものであり、それ自体は移動を表すものではない。そこで、空間的に連続するゾーンを設定した上で、各ゾーンにおける滞在人口の増減が隣接するゾーン間の移動により発生したものと考えて、移動量を逆算することを考える。

ここで、都心から100kmの円形の範囲を考えるとその面積は3.1万平方キロで、約12.5万の500mメッシュが含まれるため、メッシュ別滞在人口のデータサイズは莫大なものとなり、取り扱いが難しい。そのため、データサイズを圧縮しつつ、通勤流動に関わる定量的指標を精度良く把握できるように集計ゾーンを設定する必要がある。

(2) 対象都市圏と都心代表点の設定

a) 対象都市圏の設定

まず、通勤者の居住地を国勢調査における都市圏域の定義⁸⁾に従って対象市区町村を抽出し、連続性が保たれるように市区町村を加える。また、日常的な通勤流動の距離の限界を100kmとし、次に述べる都心代表点から100km圏内に存在する500mメッシュに限定する。

b) 都心代表点の設定

次に、通勤距離を計測するうえで基準となる都心代表点を1つ設定する。都市圏の通勤者はそれぞれの通勤先に向かって移動しているが、その多くは都心に向かって移動していると考えられる。しかし、都市圏内に複数の都心が存在する場合、最も昼夜間人口差の大きいメッシュ1つの座標を都心代表点としてしまうと、ほぼ同じ規模を持つ別の都心に向かう通勤者による逆方向の移動や環状方向の移動が多く発生し、移動を取り落としてしまう可能性がある。そのためここでは、都心機能が複数の地区に分散している場合に対応できるように、昼夜間人口差を重みとする重心位置を用いることとした。

具体的には以下の手順で計算を行う。

- まず、国勢調査の都市圏の定義⁸⁾から対象都市圏の中心市（複数存在する場合は、最も人口の多い市、東京都市圏の場合は特別区を採用する）のメッシュを抽出する。
- 各メッシュについて

$$(\text{昼夜間人口差}) = (\text{対象月平日14時の平均人口}) - (\text{対象月平日2時の平均人口})$$
 の値を求め、この値が正のメッシュを降順に抽出する。抽出数は、例えば昼夜間人口差が最大値の1/10以上のメッシュに限定するなどによって定める。
- これらのメッシュの人口重心の座標を計算する。昼夜間人口差が卓越するメッシュが少数であれば、この人口重心は計算メッシュを増やしても安定化し、あまり移動しなくなると期待できる。
- 安定した点を都心代表点として設定する。

(3) 集計ゾーンの設定

都市圏内の通勤流動の多くが都心代表点に向かう半径方向に沿ったものと考えられるから、都心代表点からの距離に合わせてメッシュを分類すれば多くの移動を捉えることができる。また、都心代表点からの距離が同じでも方向が大きく異なる場合には一旦都心代表点を経由しなければ到達できない。つまり移動距離を捉える上では方角の違いも考える必要がある。

そこで、本研究では都心代表点から同心円状に2kmごとの距離帯を考え、さらにそれを対象都市圏内の各500mメッシュの中心点について、都心代表点からの距

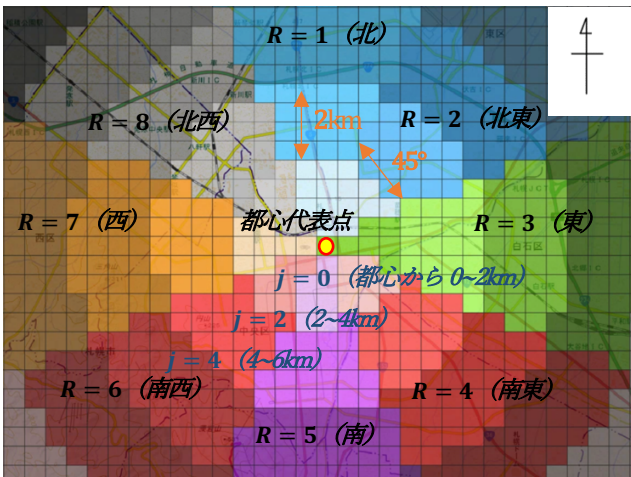


図2 都心代表点からの距離，方位角に基づくゾーン分割

離 $r(0 \leq r < 100)$ と方位角 $\theta(0 \leq \theta < 2\pi)$ をそれぞれ算出して，都心代表点から 2km ごと，8 方位ごとに区分し，部分円環状（都心代表点に接するゾーンは扇形）のゾーンにメッシュを統合する．各ゾーンは距離帯 j と方位 R の組み合わせ $'j-R'$ を用いて名付ける．

(4) 居住地との位置関係によるゾーンの分類

次に居住地からの移動距離を捉えるために，居住地との位置関係に基づき各ゾーンを分類する．居住市区町村の JIS コードを $i(g \leq i \leq h)$ で表す．

居住市区町村 i を少しでも含むゾーン，または同じ距離帯で隣接するゾーンを「居住地ゾーン C_i 」，居住地ゾーンと同じ方位で都心代表点に近いゾーンを「都心方向ゾーン A_i 」，居住地ゾーンと同じ方位で都心代表点から遠いゾーンを「郊外方向ゾーン E_i 」とする．また，居住地ゾーン，都心方向ゾーン，郊外方向ゾーン以外のゾーンをすべて「反対方向ゾーン B_i 」と名付ける．反対方向ゾーンに存在する人は，居住地から都心代表点を經由して現在のゾーンまで移動してきたものと考えて距離を計算する．以上の居住地に基づく分類に基づき，各ゾーンの名称を次のように付け直す．

$$N_i j$$

N_i : 居住地 i に対する当該ゾーンの種類

(A_i : 都心方向ゾーン, B_i : 反対方向ゾーン,

C_i : 居住地ゾーン, E_i : 郊外方向ゾーン)

j : 距離帯($j = 2k, (k \in N, 0 \leq k < 50)$)

さらに，居住地ゾーンと都心方向ゾーンとの境界線を都心方向コードンライン AL_i ，居住地ゾーンと郊外方向ゾーンとの境界線を郊外方向コードンライン EL_i と定義する．

(5) 時間帯別居住地-現在地ゾーン滞在者数の集計

(4)で設定した現在地ゾーンに基づき，時間帯別に居住地 i 別の人口をゾーン別に集計する．ここで居住地

$i(g \leq i \leq h)$ ，日付 d ，時間帯 t に，都心方向ゾーン $A_i j$ に存在する人口を $a_{d,t,i,j}$ ，反対方向ゾーン $B_i j$ に存在する人口を $b_{d,t,i,j}$ ，居住地ゾーン $C_i j$ に存在する人口を $c_{d,t,i,j}$ ，郊外方向ゾーン $E_i j$ に存在する人口を $e_{d,t,i,j}$ と表現する．

(6) 定量的指標の計算

都市圏通勤流動を把握するための定量的指標として，通勤者数[人]，純通過流量[人/時]，総移動距離[人・km]，平均移動距離[km]を提案する．以下では，これらの指標の計算方法を示す．

a) 通勤者数

通勤者とは，時間帯 t までに居住地 i から通勤移動を行って居住地外に出た人を指す．

ゾーンの連続性から，ある時点で都心方向ゾーン A_i に存在する人は，居住地ゾーンから都心方向コードンライン AL_i を通過して都心代表点方向に移動した人であり，現在反対方向ゾーン B_i に存在する人は，さらに都心代表点を經由して移動してきたと考えられる．これらの和として，日付 d ，時間帯 t における居住地 i ごとの都心方向の通勤者数 $PI_i(d, t)$ は，以下のように求められる．

$$PI_i(d, t) = \sum_{j=0}^{98} (a_{d,t,i,j} + b_{d,t,i,j}) \quad (1)$$

ある時点で郊外方向ゾーン E_i に存在する人は，郊外方向コードンライン EL_i を通過し，都心代表点から遠ざかる方向に移動したと考えられる．日付 d ，時間帯 t における居住地 i ごとの郊外方向の通勤者数 $PE_i(d, t)$ は以下のように求められる．

$$PE_i(d, t) = \sum_{j=0}^{98} e_{d,t,i,j} \quad (2)$$

式(1),(2)より，日付 d ，時間帯 t における居住地 i ごとの全方向の通勤者数を $PT_i(d, t)$ とすると，

$$PT_i(d, t) = PI_i(d, t) + PE_i(d, t) \quad (3)$$

となる．

これらを集計して，都市圏全体の通勤者数を計算できる．都市圏全体の，日付 d ，時間帯 t における都心方向，郊外方向，全方向の通勤者数は，

$$PI(d, t) = \sum_{i=g}^h PI_i(d, t) = \sum_{i=g}^h \sum_{j=0}^{98} (a_{d,t,i,j} + b_{d,t,i,j}) \quad (4)$$

$$PE(d, t) = \sum_{i=g}^h PE_i(d, t) = \sum_{i=g}^h \sum_{j=0}^{98} e_{d,t,i,j} \quad (5)$$

$$PT(d, t) = PI(d, t) + PE(d, t) \quad (6)$$

となる．以上式(1)~(6)の時間帯 t ごとの値について最大値をとれば日通勤者数を求めることができる．

b) 純通過流量

日付 d 、時間帯 t における居住地 i ごとの都心方向コードンライン AL_i の純通過流量を $q(AL_i, d, t)$ とすると、

$$q(AL_i, d, t) = PI_i(d, t) - PI_i(d, t - 1) \quad (7)$$

となる。

同様に、日付 d 、時間帯 t における居住地 i ごとの郊外方向コードンライン EL_i の純通過流量を $q(EL_i, d, t)$ とすると、

$$q(EL_i, d, t) = PE_i(d, t) - PE_i(d, t - 1) \quad (8)$$

となる。

これらを集計して、都市圏全体での、日付 d 、時間帯 t における、居住地ゾーンから都心方向、郊外方向への純通過流量はそれぞれ次のように求められる。

$$Q(AL, d, t) = \sum_{i=g}^h q(AL_i, d, t) \quad (9)$$

$$Q(EL, d, t) = \sum_{i=g}^h q(EL_i, d, t) \quad (10)$$

c) 総移動距離、平均移動距離

都市圏通勤者の移動距離を考えるうえで、どの居住地でも同じ方法で計算できるように、都心代表点からの距離を基準として考えることとする。夜間、通勤者は居住地ゾーンに存在しているものとし、その都心代表点からの平均位置と、昼間に各種ゾーンに存在する通勤者の都心代表点からの平均位置の値から、総移動距離、および平均移動距離を計算する。

まず、日付 d 、時間帯 t における現在地ゾーン $N_i j$ の都心代表点からの累積距離 $DN_i j(d, t)$ [km] は、

$$DN_i j(d, t) = j \times n_{d,t,i,j} \quad (11)$$

$n_{d,t,i,j}$: 日付 d 、時間帯 t にゾーン $N_i j$ に存在する人口

となる。都心代表点からの平均位置 $XN_i j(d, t)$ [km] は、

$$XN_i j(d, t) = \frac{DN_i j(d, t)}{n_{d,t,i,j}} = j \quad (12)$$

となる。ただし、反対方向ゾーンに関しては、都心代表点を経由してきた人が存在する。したがって、累積距離 $DB_i j(d, t)$ [km] は、

$$DB_i j(d, t) = -(j + 2) \times b_{d,t,i,j} \quad (13)$$

と、都心代表点を通過して 2km 多く移動したことを考慮に入れて計算する。このとき平均位置は、

$$XB_i j(d, t) = \frac{DB_i j(d, t)}{b_{d,t,i,j}} = -(j + 2) \quad (14)$$

となる。

現在地ゾーンが、 N_i のいずれかにある人の累積距離の和 $DDN_i(t)$ [km] は、

$$DDN_i(d, t) = \sum_{j=0}^{98} DN_i j(d, t) \quad (15)$$

となり、平均位置を $XXN_i(t)$ [km] とすると、

$$XXN_i(d, t) = \frac{DDN_i(d, t)}{\sum_{j=0}^{98} n_{d,t,i,j}} \quad (16)$$

となる。

次に、夜間（午前 2 時台、 $t = 2$ を採用する）の居住地ゾーンに存在する人の平均位置を $XXC_i(d, t = 2)$ [km] とし、各種現在地ゾーンにおける指標を計算する。

現在地ゾーン N_i に関して、都心代表点からの累積距離は $DDN_i(d, t)$ [km]、平均位置は $XXN_i(d, t)$ [km] であるから、現在地ゾーン N_i に存在する通勤者 $\sum_{j=0}^{98} n_{d,t,i,j}$ 人の総移動距離は、

$$\Delta DDN_i(d, t) = \left| DDN_i(d, t) - XXC_i(d, 2) \times \sum_{j=0}^{98} n_{d,t,i,j} \right| \quad (17)$$

となり、平均移動距離は、

$$\Delta XXN_i(d, t) = |XXN_i(d, t) - XXC_i(d, 2)| \quad (18)$$

となる。

式(17)から、日付 d 、時間帯 t における居住地 i ごとの都心方向の総通勤距離 $\Delta DDI_i(d, t)$ は、

$$\Delta DDI_i(d, t) = \Delta DDA_i(d, t) + \Delta DDB_i(d, t) \quad (19)$$

となる。日付 d 、時間帯 t における居住地 i ごとの全方向の総移動距離 $\Delta DDT_i(d, t)$ は、

$$\Delta DDT_i(d, t) = \Delta DDI_i(d, t) + \Delta DDE_i(d, t) \quad (20)$$

となる。

以上を集計して、都市圏全体の日付 d 、時間帯 t における都心方向、郊外方向の総移動距離は、それぞれ、

$$DDI(d, t) = \sum_{i=g}^h \Delta DDI_i(d, t) \quad (21)$$

$$DDE(d, t) = \sum_{i=g}^h \Delta DDE_i(d, t) \quad (22)$$

となり、対応する平均移動距離は、それぞれ、

$$XXI(d, t) = DDI(d, t) / PI(d, t) \quad (23)$$

$$XXE(d, t) = DDE(d, t) / PE(d, t) \quad (24)$$

と求められる。

以上で求められる総移動距離について、時間帯 t ごとの値について最大値をとれば 1 日の総移動距離を求めることができる

3. 通常時の変動分析

ここでは、以上の方法を用いて、2022年2月の札幌都市圏における通常時の通勤流動の変動分析を行う。

国勢調査の都市圏の定義に基づき、中心市である札幌市ほか 13 市町村に、地理的に連続する由仁町を加えた 24 市区町村からなる都市圏を設定する。中心市である

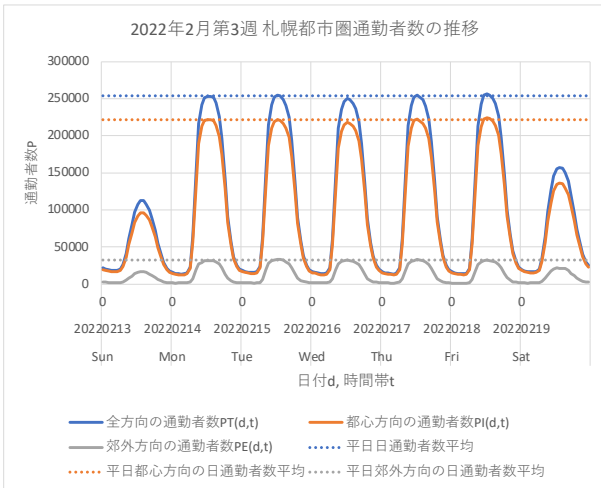


図-3 2022年2月第3週の札幌都市圏全体の通勤者数の推移

札幌市内の昼夜間人口差を重みとする重心の計算から、北緯 43.065 度、東経 141.351 度の地点を都心代表点に設定した。対象のメッシュ数は 14,812 個で、集計ゾーンは 304 である。

大規模な災害やイベントが特に行われていないと考えられる 2022 年 2 月第 3 週 (13 日(日)から 19 日(土)) を対象とし、通常時の札幌都市圏全体の通勤流動の把握を試みる。

(1) 通勤者数, 純通過流量

2022 年 2 月第 3 週の札幌都市圏全体の通勤者数の時間帯ごとの推移を図-3 に示す。月曜から金曜までの平日は、ほとんど同一の形状で変化している。

札幌都市圏全体の平日の日通勤者数は、全方向で 2.50×10^5 人から 2.57×10^5 人、都心方向で 2.18×10^5 人から 2.24×10^5 人、郊外方向で 3.20×10^4 人から 3.32×10^4 人の中で推移しており、平日の中での日毎の違いは極めて小さい。

13 日(日)の日通勤者数は、全方向で 1.12×10^5 人、都心方向で 9.62×10^4 人、郊外方向で 1.66×10^4 人であり、それぞれ平日平均の 44.4%, 43.4%, 51.4% である。19 日(土)の日通勤者数は、全方向で 1.57×10^5 人、都心方向で 1.36×10^5 人、郊外方向で 2.13×10^4 人で、それぞれ平日平均の 61.9%, 61.3%, 65.8% であり、土日の通勤者数の減少の程度を定量的に把握できた。

次に、2022 年 2 月第 3 週の 6~10 時台, 16~23 時台の札幌都市圏全体の通勤者の都心方向への純通過流量をそれぞれ図-4, 5 に示す。

図-4 から、6~10 時台の都心方向の純通過流量は、平日はいずれの日も 8 時台が平均 7.43×10^4 人/時と最も大きく、通勤のピーク時間帯であることが確認できる。その次に 9 時台が平均 5.78×10^4 人/時、7 時台が平均 3.50×10^4 人/時という順となっている。また、土日は、平日よりも純通過流量が全体的に小さく、ともに 8 時台より 9 時台が大きくなっており、平日より遅れて通

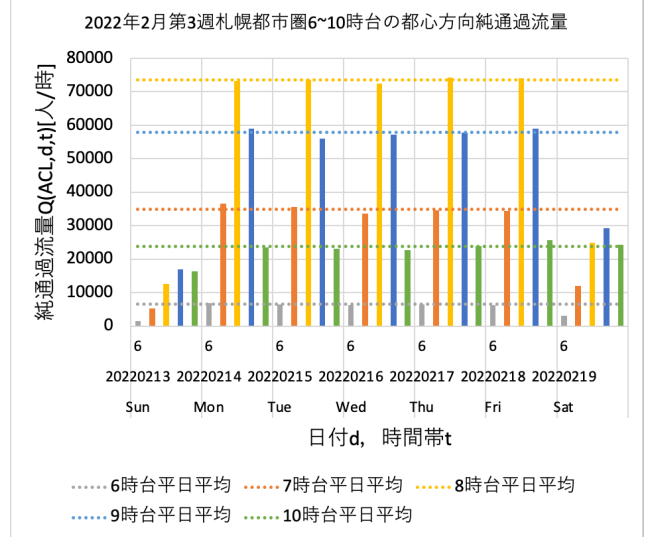


図-4 2022年2月第3週の6~10時台の札幌都市圏全体の通勤者の都心方向への純通過流量

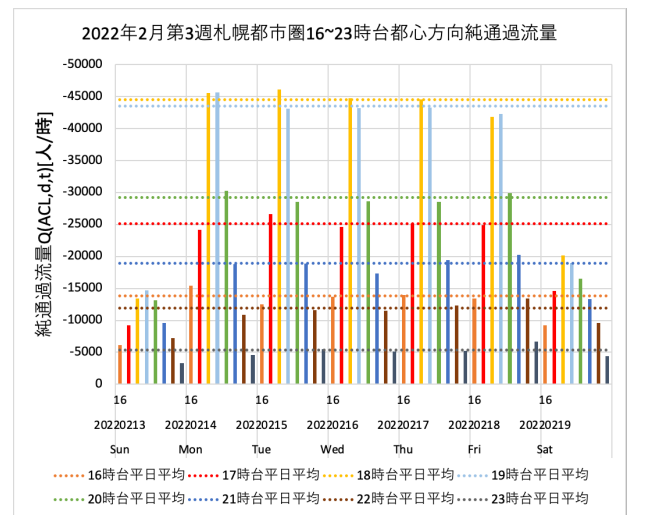


図-5 2022年2月第3週の16~23時台の札幌都市圏全体の通勤者の都心方向への純通過流量

勤のピーク時間帯が表れていることが確認できる。

図-5 から、16~23 時台の都心方向の純通過流量は、平日は 18 時台または 19 時台の絶対値が最も大きく、平均値はそれぞれ -4.46×10^4 人/時、 -4.35×10^4 人/時である。次に 20 時台が平均 -2.92×10^4 人/時、17 時台が平均 -2.51×10^4 人/時、21 時台が平均 -1.89×10^4 人/時という順になっている。

(2) 総移動距離, 平均移動距離

2022 年 2 月第 3 週の札幌都市圏全体の総移動距離の推移を図-6 に示す。都市圏全体の 1 日の総移動距離は全方向で平均 2.68×10^6 人・km、都心方向で平均 2.42×10^6 人・km、郊外方向で平均 2.61×10^5 人・km で、平日はいずれの方向も総移動距離はほぼ一定である。また、郊外方向に比べて、都心に向かう通勤者数が卓越し

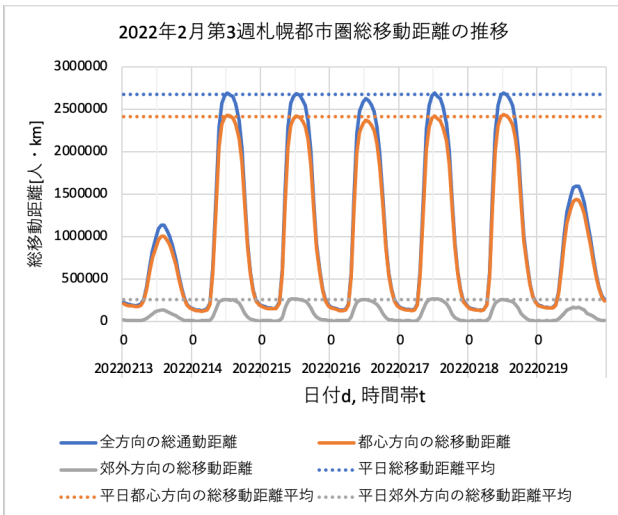


図6 2022年2月第3週の札幌都市圏全体の総移動距離の推移

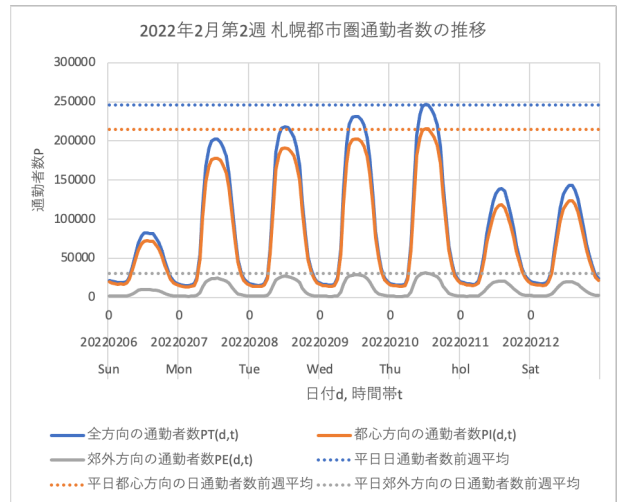


図8 2022年2月第2週の札幌都市圏全体の通勤者数の推移

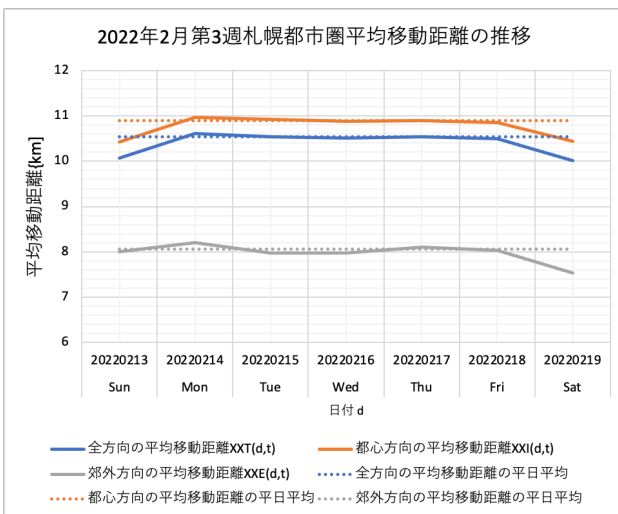


図-7 2022年2月第3週の札幌都市圏全体の12時台の平均移動距離の推移

ていることを反映して、総移動距離も郊外方向に比べて都心方向のほうが大きくなっている。

13日(日)の総移動距離は全方向で 1.14×10^6 人・km, 都心方向で 1.00×10^6 人・km, 郊外方向で 1.33×10^5 人・kmであり、それぞれ平日平均の42.5%, 41.3%, 51.0%となった。19日(土)の総移動距離は全方向で 1.59×10^6 人・km, 都心方向で 1.43×10^6 人・km, 郊外方向で 1.60×10^5 人・kmであり、それぞれ平日平均の59.3%, 59.1%, 61.3%となった。このように、総移動距離に関しては、通勤者数の推移と同様の結果が得られた。

2022年2月第3週の札幌都市圏全体の12時台の平均移動距離の推移を図-7に示す。これより、いずれの方向も平日の平均移動距離はほぼ一定であり、平日の平均値は、全方向で10.5km, 都心方向で10.9km, 郊外方向で8.06kmであり、都心方向の平均移動距離が郊外方向よりも大きい。

都心方向では土日にやや平均移動距離が減少しているがその原因として、移動距離の長い人ほど通勤をしていないことや、通勤とは別の短距離の移動をする人が多かったことが考えられる。

4. 災害時の変動分析

2022年2月6日(日), 札幌都市圏では、海上で発達した雪雲が断続的に流入したことにより、24時間降雪量が1999年の統計開始以降最多となる60cmに達する記録的な大雪となった。この大雪の影響で、JR北海道の札幌駅発着の列車運行が6日(日)からほぼ3日間にわたり運休したほか、路線バスの運休・遅延が多数発生するなど、大規模な交通障害が発生した。以下、2022年2月6日(日)からの大雪時の札幌都市圏内における通勤流動の変動分析を行い、災害影響の定量化を図る。

(1) 通勤者数, 純通過流量

2022年2月6日(日)からの大雪の影響が生じた2022年2月第2週の札幌都市圏全体の通勤者数の推移を図-8に示す。札幌都市圏全体の7日(月)の日通勤者数は 2.02×10^5 人, 都心方向の日通勤者数は 1.78×10^5 人, 郊外方向の日通勤者数は 2.48×10^4 人であり、それぞれ前週平日平均の82.5%, 82.9%, 80.1%に当たり、郊外方向の減少率がやや大きいことがわかった。以降の方向ごとの日通勤者数の前週平日平均比を見ると、8日(火)はそれぞれ88.6%, 88.7%, 87.7%, 9日(水)はそれぞれ94.1%, 94.2%, 93.5%であり、徐々に通勤者数が回復している。10日(木)には前週平日平均まで回復した。11日(金)は祝日(建国記念の日)であり、先に確認した平常時の日曜日よりは多く土曜日よりは少ない水準となっていた。また、6日(日)の日通勤者数は先に確認した平

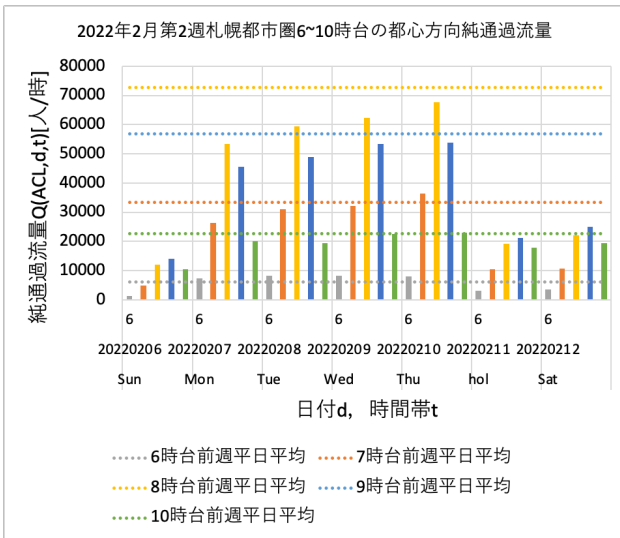


図-9 2022年2月第2週の6～10時台の札幌都市圏全体の通勤者の都心方向への純通過流量

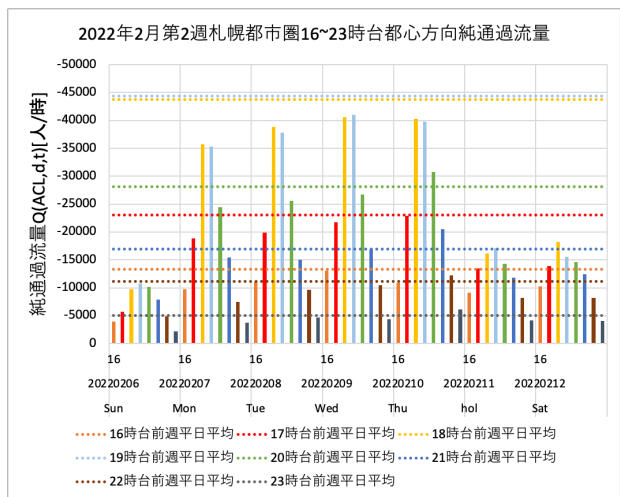


図-10 2022年2月第2週の16～23時台の札幌都市圏全体の通勤者の都心方向への純通過流量

常の日曜日の値の73.2%であり、既に大雪の影響が現れていることがわかる。

以上の結果から、札幌都市圏の通勤者数は、大雪の始まった6日(日)から4日間かけて前週とほぼ同等の水準にまで回復したことがわかる。

次に、2022年2月第3週の6～10時台、16～23時台の札幌都市圏全体の通勤者の都心方向への純通過流量をそれぞれ図-9,10に示す。

朝の6～10時台の純通過流量を表す図-9において、日通勤者数が回復した10日(木)に着目すると、都心方向の純通過流量は8時台、9時台は前週平日平均以下であったが、6時台、7時台はそれぞれ前週平日平均の131%、109%と、より高い水準になっていた。このことから、通常時に8時、9時台に集中していた通勤者が6時、7時台という早い時間帯に分散していたことがわかる。

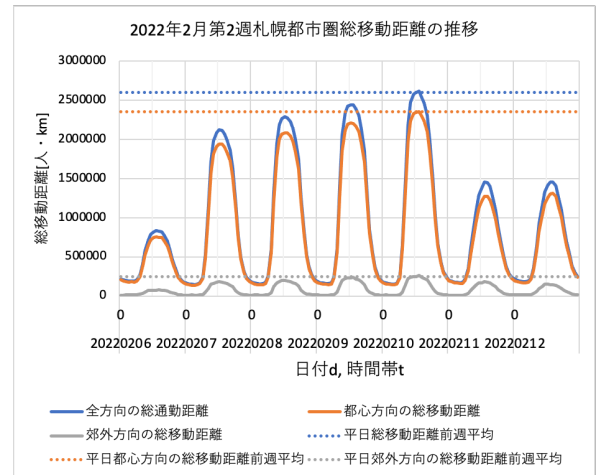


図-11 2022年2月第2週の札幌都市圏全体の総移動距離の推移

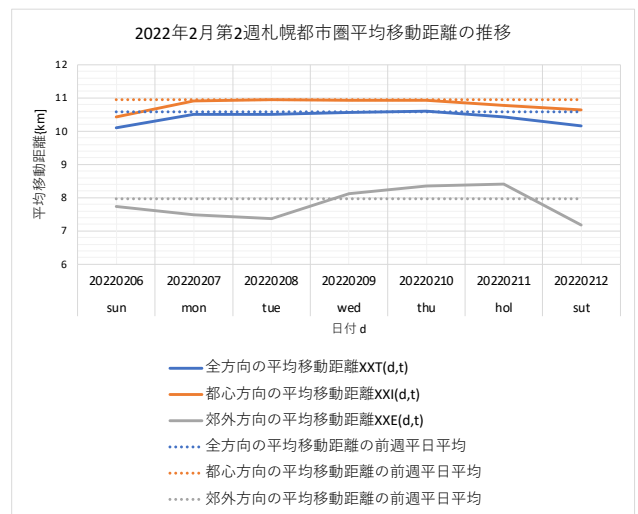


図-12 2022年2月第2週の札幌都市圏全体の12時台の平均移動距離の推移

帰宅時の16～23時台における純通過流量を表す図-10において10日(木)に着目すると、都心方向の純通過流量の絶対値は、18時台、19時台は前週平日平均以下であったが、20時台以降はそれぞれ前週平日平均の109%、121%、109%、123%となっていた。このことから、通常時よりも遅い時間帯に通勤者が分散したことが確認できる。

(2) 総移動距離、平均移動距離

2022年2月第2週の札幌都市圏全体の総移動距離の推移を図-11に示す。

2月7日(月)の札幌都市圏全体の1日の総移動距離は 2.13×10^6 人・km、都心方向は 1.94×10^6 人・km、郊外方向は 1.83×10^5 人・km で、それぞれ前週平日平均の81.9%、82.7%、74.3%であり、郊外方向において前週からの総移動距離の減少がやや大きい。以降、8日(火)はそれぞれ前週平日平均の88.1%、88.8%、81.5%、9日(水)はそれぞれ前週平日平均の94.1%、93.9%、95.6%であ

り、徐々に総移動距離が回復していく様子が捉えられた。10日(木)には前週平日平均並みに回復している。11日(金)は祝日(建国記念の日)で、総移動距離は平常時の日曜日よりは大きい、土曜日より若干小さい値であった。また6日(日)の総移動距離は平常時日曜の75.6%であり、既に大雪の影響が見られることがわかった。

以上の結果から、札幌都市圏の通勤者の総移動距離は、大雪の始まった6日(日)から4日間かけて前週とほぼ同等の水準にまで回復しており、通勤者数の推移と同様の变化傾向であることがわかった。

2022年2月第2週の札幌都市圏全体の12時台の平均移動距離の推移を図-12に示す。都心方向の平均移動距離に着目すると、7日(月)からほぼ前週平均と同等の水準で推移していた。一方、郊外方向の平均移動距離に着目すると、7日(月)、8日(火)に前週平均を下回っており、この原因として、郊外方向の通勤者の中でも特に通勤距離の長い人が通勤を行わなかったことが考えられる。

5. おわりに

(1) 本研究の成果

本研究では、都市機能を維持するために居住地から勤務地への通勤流動が必要であることに着目し、モバイル空間統計データを用いて、都市圏通勤流動を定量的指標を用いて把握する汎用的な方法を提案した。その指標として、通勤者数、純通過流量、総移動距離、平均移動距離を示し、それらの計算を精度よく実行できる集計ゾーンの設定方法を提案した。実際に2022年2月の札幌都市圏に適用して、平常時に見られる通勤流動の時間変動を明らかにした。さらに、2022年2月6日(日)からの大雪時の適用から、通勤者数が少なく総移動距離も減少している状態から4日ほどで回復する過程を定量的に把握できた。また、通勤者数が回復したあとも通勤行動が午前中の早い時間帯や、夜遅くの時間帯に分散していることを示し、雪の影響を避ける行動が存在することを示唆した。

このように、本研究で提案した方法を用いて定量的な指標で通勤流動を把握でき、さらに2022年2月の大雪発生時の計算を通して災害影響の定量化に応用できることを示した。

(2) 今後の課題・展望

今後の課題として、まず1つ目に他の災害にも本方法を適用することが挙げられる。地震のように突然発生するような災害をとりあげ、大雪のようなある程度予測できる災害との影響の違いを分析することが必要である。2つ目に時間的な定量的指標を追加することが挙げられる。人数、距離に関する指標に加えて、総所要時間、平均所要時間といった時間的な指標を追加することで、通勤流動を把握するための材料が増えると期待できる。

REFERENCES

- 1) 北海道防災会議. “令和4年2月の札幌圏を中心とした大雪に係る関係機関の対応検証と今後の対応策に関する報告書”北海道雪害対策連絡部, 2022.
- 2) 北海道旅客鉄道株式会社. “2022年2月札幌圏大雪による大規模輸送障害の検証と改善策(最終報告)”. https://www.jrhokaido.co.jp/CM/Info/press/pdf/20220608_KO_Snow.pdf(参照 2023-02-07)
- 3) 奥村誠. 都市内災害復旧過程の時空間パターンの把握, 都市計画論文集, 50巻, 3号, p. 402-408, 2015.
- 4) 山口裕通・奥村誠・金田穂高・土生恭祐. 携帯電話GPS情報から分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), pp. 105-117, 2017.
- 5) 松島敏和. 携帯基地局運用データの滞留人口による大阪北部地震モニタリング, 中央復建C.技報 第49号 2019年1月.
- 6) NTTドコモ, モバイル空間統計とは <https://mobaku.jp/about/> (参照 2023-02-07)
- 7) 寺田雅之, モバイル空間統計: 携帯電話ネットワークを活用した人口推計技術とその応用, 日本計算機統計学会論文集, 2014. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscstai/28/0/28_63/pdf-char/ja (参照 2023-02-07)
- 8) 「政府統計の総合窓口 (e-Stat)」, 調査項目を調べる-国勢調査(総務省)「令和2年国勢調査大都市圏及び都市圏構成市町村一覧」 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200521&tstat=000001136464&cycle=0&tclass1=000001154126&tclass2val=0> (参照 2023-02-07)

QUANTITATIVE METHOD CAPTURING METROPOLITAN COMMUTING FLOWS BASED ON MOBILE SPATIAL STATISTICS DATA

Yuri SAWAMURA, Makoto OKUMURA

In this study, we propose a general method for quantitatively capturing metropolitan commuting flows based on the Mobile Spatial Statistical Data by Docomo Insight Marketing Co. Ltd. with residential municipality information. We have devised a method for setting up aggregation zones that can ensure calculation accuracy while aggregating a large amount of data on the population by mesh by residential municipalities. In other words, we propose that the distance traveled can be easily calculated based on the zone number by defining aggregation zones classified by distance and direction from a representative point in the city center, and by taking into account the location relationship with the residential area. We applied the method to the Sapporo metropolitan area and showed fluctuations under normal conditions and to quantify the impact of the heavy snowfall in Sapporo in early February 2022.