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方法
－災害影響の定量化への応用－

Method for Quantitative Understanding Metropolitan Area Commuting Flows Based on Mobile Spatial Statistics
-Application to Quantifying Disaster Impacts-

澤村 悠里*
Yuri SAWAMURA
*地域計画学/レジリエンス計画研究室（指導教員：奥村誠 教授）

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．実際に札幌都市圏に本方法を適用し，通勤流動を定量的に把握できることを示した．さらに 2022 年 2 月の札幌の大雪時の計算を通して，災害影響の定量化に応用できることを示した．
Key Words: 都市圏通勤流動，災害，モバイル空間統計

1. はじめに

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する．その方法を用いて，通常時の通勤流動がどのように変動するのかを分析する．さらに，災害による影響の定量化に応用できることを示す．

2. 本研究で提案する方法–

2.1. 本研究で利用するデータ

本研究ではドコモが提供する「モバイル空間統計」[1)]を用いる．モバイル空間統計は，全国約 100 万の 500m メッシュの 1 時間ごとの推計人口を，居住市区町村別に把握できる．

2.2. 移動を捉えるためのゾーンの設定

国勢調査における都市圏域の定義に従って対象市区町村を抽出し，次に述べる都心代表点から 100km 圏内に存在するメッシュに限定して対象地域とする．都市圏の中心市から昼夜間人口差の大きいメッシュを抽出し，その人口重心を都心代表点とする．メッシュデータはデータ量が莫大で取り扱いが難しいため，以下で設定するゾーンに集計した上で用いる．対象地域の各メッシュの中心点について，都心代表点からの距離と方位角を算出して 2km ごと，8 方位ごとに区分し，部分円環状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．

2.3. 居住地との位置関係によるゾーンの分類

居住地からの移動距離を捉えるために各ゾーンを居住地との位置関係に基づき分類する．居住市区町村$i(g \le i \le h)$と重なりを持つゾーンと同じ距離帯の隣接ゾーンを「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，都心から遠いゾーンを「郊外方向ゾーンE_i」，それら以外を「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，居住地ゾーンから都心代表点を経由した距離を移動したと考える．当該ゾーンの名前を居住地別に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*
j: *当該ゾーンの距離帯* $(j = 2k, (k \in N, 0 \le k < 50))$

2.4. 時間帯別居住地–現在地ゾーン表の作成

日付 d，時間帯tにおける各ゾーン$A_i\ j$，$B_i\ j$，$C_i\ j$，$E_i\ j$，に存在する人口$a_{d,t,i,j}$，$b_{d,t,i,j}$，$c_{d,t,i,j}$，$e_{d,t,i,j}$から，時間帯別に居住地–現在地ゾーン表を作成する．

2.5. 定量的指標の計算

A) 通勤者数[人]，純通過流量[人/時]

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の数を通勤者数と呼び，居住地 iごとの都心方向，郊外方向の通勤者数はそれぞれ次のように求められる．

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

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

これらを集計して都市圏全体の通勤者数は次のように計算できる．

$$PI(d,t) = \sum_{i=g}^{h} PI_i(d,t) \quad (3)$$

$$PE(d,t) = \sum_{i=g}^{h} PE_i(d,t) \quad (4)$$

$$PT(d,t) = PI(d,t) + PE(d,t) \quad (5)$$

以上式(1)～(5)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．

居住地ゾーンから都心方向，郊外方向への純通過流量は次のように求められる．

$$q(A_iC_iL,d,t) = PI_i(d,t) - PI_i(d,t-1) \quad (6)$$

$$q(C_iE_iL,d,t) = PE_i(d,t) - PE_i(d,t-1) \quad (7)$$

これらを集計して，都市圏全体での，都心方向，郊外方向への純通過流量は次のように求められる．

$$Q(ACL,d,t) = \sum_{i=g}^{h} q(A_iC_iL,d,t) \quad (8)$$

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

B)　総移動距離[人・km]，平均移動距離[km]

日付 d，時間帯tにおけるゾーンN_i jの都心代表点からの累積距離$DN_ij(d,t)[km]$は，

$$DN_ij(d,t) = j \times n_{d,t,i,j} \quad (10)$$

$n_{d,t,i,j}$：日付 d，時間帯tにN_i jに存在する人口

となる．ゾーンB_i の距離帯については$j' = -(2+j)$を用いる．都心代表点からの平均位置$XN_i\,j(d,t)$[km]は

$$XN_i\,j(d,t) = DN_ij(d,t)/n_{d,t,i,j} = j \quad (11)$$

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$DDN_i\,(d,t)$は，

$$DDN_i\,(d,t) = \sum_{j=0}^{98} DN_i\,j(d,t) = \sum_{j=0}^{98}(j \times n_{d,t,i,j}) \quad (12)$$

となり，平均位置$XXN_i\,(d,t)$[km]は，

$$XXN_i\,(d,t) = DDN_i(d,t)/\sum_{j=0}^{98} n_{d,t,i,j} \quad (13)$$

となる．次に，夜間（午前 2 時）に居住地ゾーンに存在する人の平均位置$XXC_i(d,t=2)$ [km]を用いれば，日付 d，時間帯tにおけるゾーン種類ごとの総移動距離は，

$$\Delta DDA_i\,(d,t) = XXC_i(d,2) \times \sum_{j=0}^{98} a_{d,t,i,j} - DDA_i(d,t) \quad (14)$$

$$\Delta DDB_i\,(d,t) = XXC_i(d,2) \times \sum_{j=0}^{98} b_{d,t,i,j} - DDB_i(d,t) \quad (15)$$

$$\Delta DDE_i(d,t) = DDE_i(d,t) - XXC_i(d,2) \times \sum_{j=0}^{98} e_{d,t,i,j} \quad (16)$$

となり，対応する平均移動距離は，

$$\Delta XXA_i(d,t) = XXC_i(d,2) - XXA_i(d,t) \quad (17)$$

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

$$\Delta XXE_i(d,t) = XXE_i(d,t) - XXC_i(d,2) \quad (19)$$

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，

$$DDI(d,t) = \sum_{i=g}^{h} \Delta DDA_i\,(d,t) + \sum_{i=g}^{h} \Delta DDB_i\,(d,t) \quad (20)$$

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

となり，対応する平均移動距離は，それぞれ，

$$XXI(d,t) = DDI(d,t)/PI(d,t) \quad (22)$$

$$XXE(d,t) = DDE(d,t)/PE(d,t) \quad (23)$$

と求められる．

3.　通常時の変動分析

本章では目立った異常や災害などの発生していない，2022 年 2 月第 3 週の札幌都市圏の結果を述べる．図 1 は，方向別の通勤者数$PI(d,t)$，$PE(d,t)$と全通勤者数$PT(d,t)$を表している．

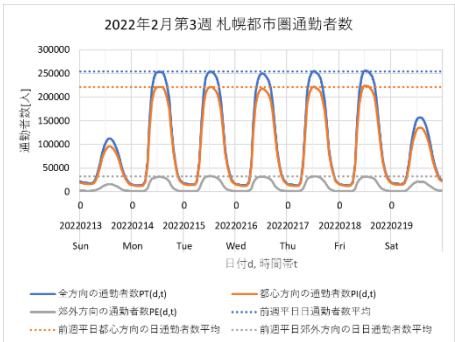

図 1　2 月第 3 週の通勤者数推移

平日の日通勤者数の変動は2.50×10^5~2.56×10^5人とほぼ一定であり，土曜は平日平均の 58.3%，日曜 44.4%に減少していることが分かった．

4.　災害時の変動分析

札幌都市圏では，2022 年 2 月 6 日(日)と，2 月 20 日(日)から 22 日(火)の 2 回にわたり記録的な大雪となり，鉄道やバスの運休，道路渋滞に見舞われた．

4.1 2022 年 2 月 6 日(日)からの大雪の影響

図 2 は 2 月第 2 週の$PI(d,t)$，$PE(d,t)$，$PT(d,t)$を表している．7 日(月)の都市圏全体の日通勤者数は前週平日平均の 82.5%であり，10 日(木)には前週平日平均まで回復した．

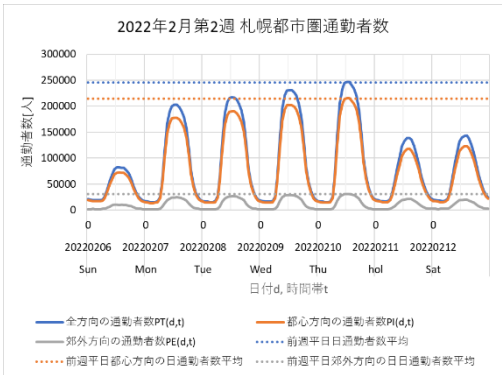

図 2　2 月第 2 週の通勤者数推移

4.2 2022 年 2 月 20 日(日)からの低気圧の影響

第 4 週の図 3 から，同様に 21 日(月)の都市圏全体の日通勤者数は前週平日平均の 80.0%，22 日(火)は 72.2%に減少した．祝日である 23 日(水)を挟み，24 日(木)には前週平日平均まで回復した．

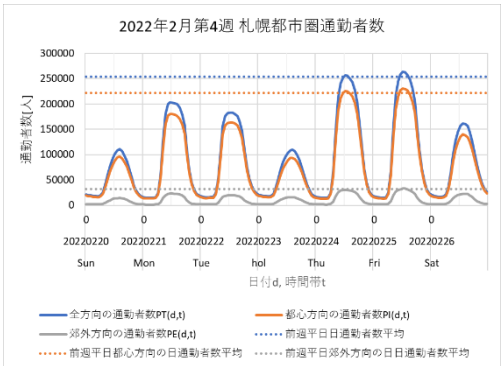

図 3　2 月第 4 週の通勤者数推移

紙面の都合上省略するが，総移動距離についても同様の傾向が確認できた．

5.　おわりに

本研究では，モバイル空間統計を用いた，都市圏の通勤流動の定量的把握方法を提案し，災害影響の定量化に応用できることを示した．今後の課題として，ある程度予測できる災害だけでなく，地震のように突然発生する災害時の影響を考察する必要がある．

参考文献

1) NTT ドコモ，モバイル空間統計とは
https://mobaku.jp/about/　（参照 2023-02-07）

(2023 年 2 月 7 日提出)