

モバイル空間統計を用いた 圏央道沿線物流の変化

石橋 千尋¹・塚井 誠人²・山本 航³

¹学生会員 広島大学大学院 工学部研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)

E-mail: m186495@hiroshima-u.ac.jp

²正会員 広島大学大学院准教授 工学研究院社会環境空間部門 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)

E-mail: mtukai@hiroshima-u.ac.jp

³正会員 広島大学大学院研究員 工学研究院社会環境空間部門 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)

E-mail: wataruy9@hiroshima-u.ac.jp

近年、首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の整備が進んでいる。圏央道の整備は、関東地方のモノの移動時間を短縮させ、圏央道沿線の企業の物流に影響を与えられとされる。本研究では、圏央道の一部区間が開通した期間を含む 2015 年～2017 年のモバイル空間統計を用いて、工業団地への物流の経年変化を把握する。具体的には、モバイル空間統計がもつ発地・着地情報と用途地域を考慮し、工業団地の物流に関するデータを抽出する。抽出したデータから、工業団地×工業団地外の発着地間の OD 表を作成し、非負値行列因子分解を用いてパターン化することで、物流の特徴を捉えた。さらに工業団地別のパターンの負荷の経年変化を考察した。その結果、工業団地と発地のつながりを定量的に把握することができ、圏央道整備によってつながりが強くなるパターンを確認した。

Key Words: mobile spatial statistic, Ken-ou-do-highway, industrial park, nonnegative matrix factorization

1. はじめに

圏央道(首都圏中央連絡自動車道)¹⁾は、都心から半径 40km～60km の位置に計画された、延長約 300km の高規格幹線道路であり、首都圏 3 環状道路の一番外側に位置する。圏央道は、物流の定時性を確保して輸送効率を高める効果や、国際物流拠点の港湾や空港と背後圏との広域ネットワークを形成し、広域的な産業の国際協力強化に寄与する効果が期待されている。圏央道の整備効果は、企業へのヒアリング調査などによって一部明らかになっているが、データ等に基づく定量的な把握までは至っていない。近年、携帯電話の基地局情報に基づく 3 次メッシュ(1km×1km)別滞在人口であるモバイル空間統計²⁾に注目が集まっている。しかし、モバイル空間統計は移動目的が不明なため、そのまま集計しても有益な知見を得にくい。分析の目的に合致したデータの抽出方法と、膨大なデータを効果的に分析する方法が必要である。

本研究では、モバイル空間統計を非負値行列因子分解によって、工業団地とその他地域との間の物流パターンを抽出して、工業団地別の特徴を捉える。その上で、圏央道整備による物流の経年変化を考察することを目的

とする。

本論文の構成は、以下のとおりである。2. では、本研究で用いるモバイル空間統計と非負値行列因子分解に関する既往研究を整理する。3. では、本研究で用いるモバイル空間統計の概要と、工業団地の物流に関するデータの抽出方法を説明する。4. では、非負値行列因子分解の説明をし、データセットを分解した結果を述べる。5. では、結論を述べる。

2. 既往研究

本節では、モバイル空間統計を用いた研究を整理し、これまでに行われてきた分析の傾向を確認する。モバイル空間統計データの特性に関して、清家ら³⁾は、まちづくり分野へのモバイル空間統計の信頼性を検証し、その活用可能性について研究を行った。その結果、時間別推計・人口属性別推計・居住地属性別統計については一定の信頼性が確認されたが、人口の少ない 3 次メッシュレベルでは、データの信頼性が乏しいことを明らかにした。その結果を踏まえて清家らは、空間解像度については、

一定以上の高い人口密度を前提にする必要があり、3 次メッシュ以上での活用が望ましいと結論付けた。室井ら⁹⁾は、モバイル空間統計と、純流動調査・パーソントリップ調査を比較して、空間の解像度・時間の解像度・速報性のメリット・デメリットをまとめた。空間の解像度については、広域なエリアにおける調査が容易だが、国勢調査と比較すると、推計人口の精度は低い。時間の解像度については、24 時間 365 日を 1 時間単位で計測するなど、従来の都市交通調査と比較すると、格段に細かく集計されているが、それでもなお都市内交通などの移動時間が極めて短い交通行動の把握には適さない。一方、速報性については、モバイル空間統計は、交通サービスに変化が生じた際の最新時点のインパクト分析・評価を短期間で実施することが可能なことを指摘した。森尾ら⁹⁾は、都市圏を対象にモバイル空間統計の特性をパーソントリップ調査と比較するとともに、モバイル空間統計の都市交通分野への適用可能性を検討した。この研究では、モバイル空間統計に、パーソントリップ調査より得られる市区町村別性別年齢階級別の移動手段構成を乗じることにより、パーソントリップ調査と同様の滞在人口の移動手段構成をある程度の精度で再現できた。以上のように、モバイル空間統計の特性に関する研究では、時間・空間の解像度に対する留意点等や、他のデータとの組み合わせによる活用分野の可能性等が提案されている。

モバイル空間統計を分析し活用した既往研究として、清家ら⁹⁾は、モバイル空間統計と他の人口推計を組み合わせる対象地域の特性と、モバイル空間統計のみで行う複数の対象地域の特性を比較、検討した。その結果、前者では対象地域への広域の来訪者特性やイベントの集客効果など、従来はアンケート方法等でしか得られなかった情報を、簡易に把握することができた。後者ではモバイル空間統計に基づく指標から、人口流動に着目した拠点の特徴分類を行うことができた。佐藤ら⁷⁾は、モバイル空間統計から取得した土砂災害被災地の滞在人口データに独立成分分析を適用して、滞在人口の変動要因の把握を試みた。その結果、災害発生後の避難計画に関連すると思われる短期の変動と、数か月に及ぶ長期の変動に関する情報を抽出できた。有村ら⁹⁾は、モバイル空間統計と都市計画基礎調査の 2 つのマイクロジオデータを統合的に用い、都市内の建物用途の変更及び再配置や集積が滞在人口に与える影響について分析を行った。その結果、入込人口を目的変数とした重回帰分析において、遊戯施設や宿泊施設が有意な説明変数変数として抽出できた。嶋本ら⁹⁾は、旅行費用法による道路のストック効果の推計に対するモバイル空間統計の適用可能性について検討した。分析対象を自動車を利用した域外からの来訪者に限定するため、まずモバイル空間統計から、当該

メッシュの居住者や自動車以外を利用したと思われる来訪者を、携帯電話の契約地情報により削除した。さらに、幹線旅客流動調査から算出した代表移動手段が乗用車の割合を乗じて、自動車の来訪者を算出した。以上の手順で算出した自動車来訪者についてメッシュごとの来訪者数および旅行費用について、発地に着目した分析を行い、データの特性を把握した。

モバイル空間統計データに関する既往研究では、時間や居住地等の項目により、目的に応じて抽出したデータを用いた分析が行われてきた。しかし、これまでの分析対象は都市圏内の流動や自然災害等の突発事象による滞在人口の変動の把握に限られており、パターンの把握を目的とする研究は少ない。また、トリップの発地に関しては、遠方・近辺程度の分類の研究が多く、生活圏単位の空間解像度で分類した研究も少ない。さらに、モバイル空間統計を用いた研究の蓄積は浅く、モバイル空間統計を物流へ適用した分析はない。

物流施設立地に関する既往研究として、萩野ら¹⁰⁾は、東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャルについて分析を行った。圏央道等の新たな高速道路の整備によって、郊外の物流施設の立地ポテンシャルが増加することを定量的に明らかにした。兵藤ら¹¹⁾は、空間相関を考慮することで物流施設立地選択モデルの精度向上を検討したところ、従来以上の説明力を有するモデルが推定できた。以上のように、物流施設立地に関する研究の蓄積は進んでいるが、物流の変化に着目した研究は少ない。さらに圏央道の整備に伴い、圏央道周辺の立地や物流に着目した研究は、増加傾向にある。

ビッグデータから統計的に特徴のあるパターンを抽出する多変量解析の方法の 1 つに、非負値行列因子分解 (Nonnegative Matrix Factorization : NMF) がある。NMF の基礎と、適用に関する既往研究を整理する。Lee ら¹²⁾は、NMF の推計について、平方ユークリッド距離の最小化と一般化 KL ダイバージェンスの最小化を、それぞれ補助関数法によって実現する効率的なアルゴリズムを考案した。Lee らのアルゴリズムは実装が容易なため、多くの研究に活用されるようになり、NMF が広く知れ渡る契機となった。澤田¹³⁾は、NMF の適用分野として、文書データのクラスタリングと音声信号の分離を紹介した。この研究では、様々な数のパターン数で NMF を実行して得られる結果を比較して、最適なパターン数を選択する方法が提案されている。亀岡¹⁴⁾は、NMF の音響信号への応用と拡張モデルについて解説した。志甫ら¹⁵⁾は、店舗とネット両方の販売チャンネル利用を促すために、ユーザの商品購入履歴のデータを用いて、新たな商品推薦手法を提案した。この研究では、類似度データに基づくペナルティ項を追加した新たな NMF の計算法が用い

られた、安川¹⁶⁾は、単語文書行列に NMF を適用した。この研究では、最適なパターン数の決定には、複数の指標を参照した総合的な判断が必要なことを示した。山口ら¹⁷⁾は、携帯電話位置情報データの混雑統計を用いて、東京都居住者の都道府県別の滞在時間構成比表を作成した。その上で、NMF によって空間・時間パターンに分解した。分析の結果、概ね解釈可能なパターンへ分解できた。しかし課題として、解釈に曖昧さが残るパターンも得られた点が指摘されている。以上のように NMF には、基底数の決定に課題があるものの、パターン分類手法としての有用さが評価され、多分野で応用が進められている。本研究では、パターン数の決定問題も考慮しつつ、工業団地への来訪者を対象者に NMF を用い、パターン分類を行うとともに、各パターンの経年変化を明らかにする。

3. 工業団地の物流に関するデータの抽出

モバイル空間統計は、2013 年に株式会社 NTT ドコモが事業化した、人の滞在や移動を計測したデータベースである。携帯電話を通話相手とすばやく接続するため、各基地局のエリア内にある携帯電話の位置情報は、基地局が一定時間間隔で把握している。モバイル空間統計は、この仕組みを利用して、一定の空間内で一定時間内に滞在する携帯電話の台数を集計する。調査エリアは日本国内であり、15~79 歳までの男女が対象である。携帯電話の契約者の居住地は国内であれば市町村まで細分化して調査ができる。時間分解能は 1 時間であり、空間分解能は都市部で 4 次メッシュ (500m×500m)、それ以外では 3 次メッシュ (1km×1km) である。モバイル空間統計は、この集計単位で 1 時間毎の通過、もしくは滞在した携帯電話数を記録している。データ項目は、日付・曜日・時間・着地・契約地・年齢・性別・滞在人口である。

データ期間は、2015 年~2017 年であり、中でも大型連休やお盆や正月の影響を受けない 6・7 月を抽出した。対象地域は、東京都を除く関東地方 (千葉県・埼玉県・栃木県・茨城県・神奈川県・群馬県) と山梨県の計 7 県について、一般財団法人日本立地センターが提供する「産業用地ガイド」に掲載の工業用地に重複する 3 次メッシュであり、1240 地点が抽出された。上述のようにモバイル空間統計は、滞在人口の移動目的は不明である。本研究では、工業団地に入出入りする配送業務に関連する交通量を抽出するため、工業団地への通勤者を除外する。工業団地データについては、用途地域が、工業専用地域・工業地域の工業団地のみを抽出した。対象 3 次メッシュに対してほんの一部しか重ならない工業団地がある

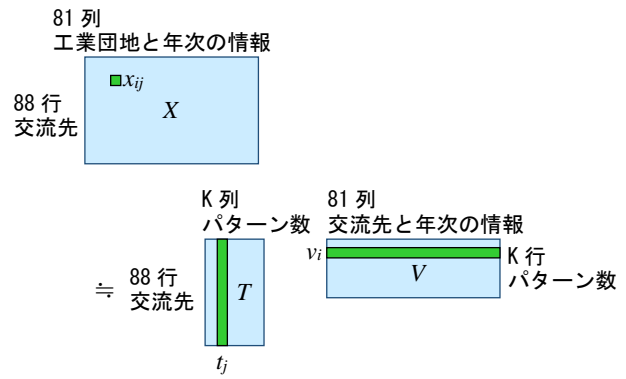


図-1 NMF のイメージ

ため、重心が工業団地ポリゴンデータに内包される 3 次メッシュのみを抽出することによって、分析対象外の交通量を除外した。さらに、工業団地に通勤する交通を除外するため、工業団地と同一の生活圏との交通量を除く。このために、抽出した 3 次メッシュの市町村と、モバイル空間統計データの交流先生活圏を照合して、両者が合致する交通量を除外した。一連の条件を満たす工業団地は、27 団地であった。モバイル空間統計を用いた OD 表の作成手順は、以下の通りである。携帯電話所有者の居住地を O (交流先)、工業団地を D と仮定して、モバイル空間統計の居住地情報である生活圏 207 コードから、滞在人口の交流先生活圏を行側に、抽出した工業団地 id を列側とした。OD 表の大きさは、88 (交流先) × 27 (工業団地) である。OD 表の合計滞在人数 (各年 6・7 月分) を比較すると、2015 年は約 376 万人、2016 年は約 361 万人、2017 年は約 381 万人となった。

4. 工業団地の交通量のパターン分類

(1) 非負値行列因子分解 (NMF)

NMF はデータセットのもつ情報量の圧縮やパターン抽出のための方法である。NMF では、 $I \times J$ サイズの非負値の観測行列 X を、 $I \times K$ 非負値行列 T と $K \times J$ 非負値行列 V の積の形に分解する。この分解は、 X と TV の近似の程度を距離 $D(X, TV)$ を評価する損失関数 (目的関数) を非負制約の下で最小化する数理最適化問題として定式化される。NMF は、非負のデータを非負の成分に分解できるため解釈が容易であり、大規模データからの特徴抽出に通じており、応用範囲が広い。

本研究では、モバイル空間統計を用いて作成した OD 表のデータを基に、工業団地への来訪者の増減を、工業団地と交流先に関してパターン分類して、圏央道の開通による物流の経年変化を観察する。そのため、図-1 に示す形式で年次別工業団地別に集計した合計滞在人数の行

表-1 パターン別主要な交流先の特徴（上位 5 位）

パターン1		パターン2		パターン3		パターン4		パターン5	
交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値
千葉千葉	0.68	千葉成田	0.92	東京多摩	0.78	茨城土浦	0.76	埼玉浦和	0.73
東京23区	0.25	東京23区	0.07	東京23区	0.11	千葉船橋	0.10	東京23区	0.16
神奈川横浜	0.02	茨城土浦	0.00	埼玉浦和	0.06	埼玉浦和	0.08	茨城下館・古河	0.06
茨城土浦	0.01	埼玉浦和	0.00	神奈川相模原	0.03	茨城水戸・日立	0.03	埼玉川越	0.02
神奈川川崎	0.01	神奈川川崎	0.00	山梨国中	0.01	東京23区	0.02	栃木栃木・小山	0.01
パターン6		パターン7		パターン8		パターン9		パターン10	
交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値	交流先	行列Tの値
神奈川小田原	0.56	千葉船橋	0.93	茨城下館・古河	0.54	埼玉児玉・大里	0.72	千葉安房・君津	0.77
神奈川横浜	0.24	千葉千葉	0.06	栃木宇都宮	0.39	埼玉浦和	0.19	千葉成田	0.16
東京23区	0.09	埼玉浦和	0.01	埼玉浦和	0.03	東京23区	0.06	東京23区	0.07
神奈川川崎	0.07	千葉成田	0.00	栃木足利・佐野	0.02	群馬桐生・太田	0.01	神奈川横浜	0.00
東京多摩	0.02	千葉安房・君津	0.00	栃木栃木・小山	0.00	埼玉秩父	0.01	埼玉川越	0.00

列データを作成して、これに NMF を適用する。今回は、目的関数 D として Euclid 距離を採用した。NMF の計算では、データから取り出すパターン数 K は、分析者が設定しなくてはならない。様々な K で非負値解釈が可能なパターンのみがでる最大のパターンを選択する。

$$X \cong TV \tag{1}$$

$$D_*(X, TV) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J d_*(x_{ij}, t_i^T v_j) \tag{2}$$

$$d_{EU}(x_{ij}, t_i v_j) = (x_{ij} - t_i^T v_j)^2 \tag{3}$$

(2) NMF の結果

行列 T の各列は交流先パターンの特徴を表し、行列 V の各行はパターンの重みを表す。行列 T の各列は、交流先パターンの特徴を表す。行列 T の各列の和は 1 で正規化されているため、交流先パターンの比較ができる。すなわち、各列で値が大きい生活圏は、そのパターン中で主要な交流先をあらわしている。表-1 に、パターン別の主要な交流先の上位 5 位を示す。行列 V の各行は、交流先パターンの工業団地・年次別の重みを表しており、各パターンがどの工業団地とどの年次で結びついているかを示している。行列 T の列和は 1 に正規化されているため、行列 V の各パターンの重みの合計値は、各パターンの滞在人数を示す。

図-2 に、パターン別の 2015・2016・2017 年の総延べ人数（2か月分）を示した。抽出した 10 パターンのうち、圏央道の整備によって影響を受けたと考えられるのは、パターン 4 である。図-3 に、パターン 4 の年次別工業団地別延べ人数を示す。パターンの重みが大きな工業団地の位置関係を、図-4 に示した（緑色はパターンの交流先を、青丸は結びつきが強い工業団地をそれぞれ示す）。パターン 4 の交流先は、茨城県の土浦である。交流先と

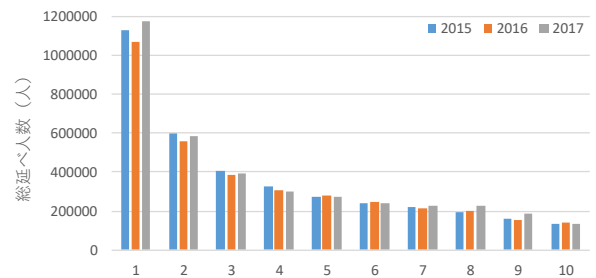


図-2 パターン別年次別延べ人数

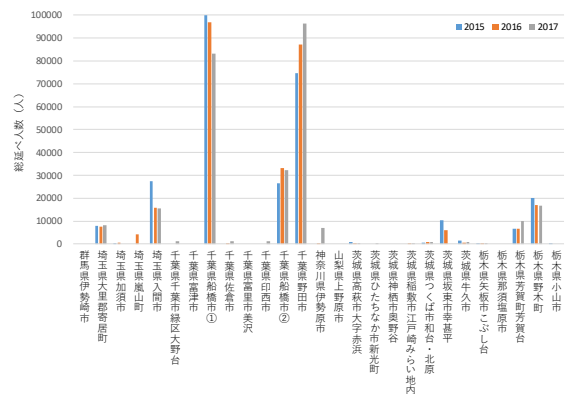


図-3 パターン 4 の年次別工業団地別延べ人数



図-4 パターン 4 の交流先と工業団地の位置関係と圏央道

表-2 2017 年と 2015 年のパターン別工業団地の重みの変化

2016-2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
群馬県伊勢崎	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉県大里郡	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉県加須	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉県嵐山町	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉県入間	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県千葉	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県富津	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県船橋①	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.03	0.00	-0.01
千葉県佐倉	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県富里	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県印西	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県船橋②	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01
千葉県野田	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
神奈川県伊勢原	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
山梨県上野原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県高萩	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
茨城県ひたちなか	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県神栖	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県稲敷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県つくば	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県坂東	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県牛久	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県矢板	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県那須塩原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県芳賀郡	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県野木町	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県小山	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

工業団地を結ぶ圏央道の境古河 IC～つくば中央 IC 区間は、2017年2月に開通したため、対象期間のデータでは圏央道の開通効果が観測されていると考えられる。また、表-2に2015年と2016年のパターン別工業団地別に正規化した重みの変化率を、表-3に2015と2017年での同様の値を算出した結果を、それぞれ示す。正規化したパターンkの重みは、以下の式で求める。

$$\gamma_j^t(k) = \frac{w_{kj}^t}{w_k^t} = \frac{w_{kj}^t}{\sum_j w_{kj}^t} \quad (4)$$

$$\Delta\gamma_j^{t'}(k) = \frac{w_{kj}^{t'}}{\sum_j w_{kj}^{t'}} - \frac{w_{kj}^{2015}}{\sum_j w_{kj}^{2015}} \quad (5)$$

ただし、t' = 2016,2017である。

表-4から、2016-2015年間では各パターンの重みの変化は小さい。表-4から、2017-2015年間の交流先パターンのうち、パターン4の千葉県野田市の工業団地の重みが8%増加する一方で、千葉県船橋市の工業団地は6%の減少がした。パターン4と千葉県野田市の工業団地のつながりの強化は、圏央道の整備によるものと考えられる。千葉県野田市パターン5では、栃木県野木町の工業団地で12%増加した一方で、栃木県小山市の工業団地

では来訪者10%減少した。栃木県野木町と小山市は隣り合う市町のため、取引先が変化したためと考えられる。

以上より、工業団地の交流先をパターン化することができた。そして、パターンの特徴と重みより、工業団地の交流先パターンと工業団地と年次別パターン変化を考察できた。各パターンの工業団地別の重みからは、結びつきの強い交流先の存在が明らかになり、パターンの重みが増えている工業団地があることがわかった。ただし、パターンの重みを正規化して年次別パターンの変化を検証したところ、その年次間変動は10%程度に留まっている。

5. おわりに

本研究では、モバイル空間統計から、工業団地の物流に関する交流量を抽出できた。NMFによって、工業団地と交流先とのつながりと、その経年変化を考察できた。

今後の課題として、データ抽出条件の設定を変更して、より多い工業団地を抽出する必要がある。特に、本研究では、通勤者の滞在人口の影響を減らすために、

表-3 2017年と2015年のパターン別工業団地の重みの変化

2017-2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
群馬県伊勢崎	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉県大里郡	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉県加須	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
埼玉県嵐山町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
埼玉県入間	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県千葉	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
千葉県富津	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県船橋①	0.01	0.00	-0.01	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.04
千葉県佐倉	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
千葉県富里	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉県印西	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
千葉県船橋②	-0.01	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
千葉県野田	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
神奈川県伊勢原	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
山梨県上野原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県高萩	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
茨城県ひたちなか	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
茨城県神栖	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県稲敷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県つくば	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城県坂東	0.00	-0.03	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
茨城県牛久	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県矢板	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県那須塩原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県芳賀郡	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県野木町	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木県小山	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

当該メッシュ居住者の削除を行った。しかし、通勤時間と就業時間などを考慮した時間帯の分類を行うといった抽出方法も考えられる。また、NMFのパターン数の決定にパターン間の類似度を参照するなど、定量的な指標の導入が必要である。

謝辞：本研究は国土交通省の平成 28 年度「道路政策の質の向上に資する技術研究開発（課題名：複数のデータを活用した道路ストック効果の計測技術の再構築，研究代表者：塚井誠人）」において実施された。

参考文献

- 1) 国土交通省：圏央道首都圏中央連絡自動車道，http://www.ktr.mlit.go.jp/honkyoku/road/3kanjo/kenouido/images/kenouido_all.pdf.
- 2) NTT ドコモ：モバイル空間統計に関する情報，https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/.
- 3) 清家剛，三牧浩也，原祐介，小田原亨，永田智大，寺田雅之：まちづくり分野におけるモバイル空間統計の活用可能性に係る研究，日本都市計画学会・都市計画論文集，Vol.46，No.3，pp.451-pp.456，2011.
- 4) 室井寿明，磯野文暁，鈴木俊博：モバイル・ビッグデータを用いた都市間旅客交通への活用に関する研究，第 51 回土木計画学研究発表会・講演集，2015.
- 5) 森尾淳，牧村和彦，山口高康，池田大造，西野仁，藤岡啓太郎，今井龍：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・講演集，2015.
- 6) 清家剛，三牧浩也，森田祥子：モバイル空間統計を活用した都市拠点地区の人口特性分析に係る研究 昼夜間を通じて都市の実態人口分布を捉える新たな統計手法，日本建築学会計画系論文集，Vol.80，No.713，pp.1625-1633，2015.
- 7) 佐藤忠典，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，2017.
- 8) 有村幹治，鎌田周，浅田拓海：マイクロジオデータの統合化による建物用途別メッシュ入込人口の推計，土木学会論文集，Vol.72，No.5，pp.515-522，2016.
- 9) 嶋本寛，黒江真樹：インフラのストック効果計測に向けたモバイル空間統計データの特性把握，第 55 回土木計画学研究発表会・講演集，2017.
- 10) 萩野保克，遠藤弘太郎：立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析～第 4 回 東京都市圏物資流動調査から～，土木計画学研究・論文集，Vol.24，No.1，pp.103-110，2007.
- 11) 兵藤哲郎，坂井孝典，河村和哉：東京都市圏物資流動調査による空間相関を考慮した物流施設立地選択モデルの検討，土木学会論文集，Vol.71，No.4，pp.156-167，2015.

- 12) Lee, D. D. and Seung, H. S. : Algorithms for nonnegative matrix factorization, *Advances in Neural Information Processing Systems 13 (NIPS 2000)*, pp.556–562,2000.
- 13) 澤田宏：非負値行列因子分解 NMF の基礎とデータ/信号解析への応用，第 13 回 ITS シンポジウム電子情報通信学会誌 Vol.95, No.9, pp.829-833, 2015.
- 14) 亀岡弘和：非負値行列因子分解とその音響信号処理への応用，日本統計学会誌 Vol.44, No.9, pp.383-pp.407, 2015.
- 15) 志甫有真，谷川奈穂，馬場隆，菊地宏治，片山翔太，高野祐一，中田和秀：複数の販売チャンネルでの購入を促進するための商品推薦手法，*情報科学研究*，No.36, pp.1-pp.10, 2015.
- 16) 安川武彦：非負値行列因子分解を用いたテキストデータ解析，*計算機統計学代* 28 巻・第 1 号, pp.41-pp.55, 2015.
- 17) 山口裕通，奥村誠：非負値行列因子分解による都道府県間滞在分布の年周期変動の分析，第 56 回土木計画学研究発表会・講演集，2017.

(受付)

A STUDY ON FREIGHT TRANSPORT USING MOBILE SPATIAL STATISTIC ALONG KEN-OU-DO-HIGHWAY

Chihiro ISHIBASHI and Makoto TSUKAI, and Wataru YAMAMOTO

In recent years, the construction of the Ken-ou-do-highway in Kanto area is proceeding. Ken-ou-do-highway has influenced on freight OD flow along the road, due to the decrease in freight delivery time. In this study, the change of freight OD between the industrial park along the Ken-ou-do-highway and other areas was clarified by using mobile spatial statistics. The data term was 2015, 2016 and 2017, corresponding with the opens of some sections in the Ken-ou-dou-highway. Mobile spatial statistics can collect the locational information of the mobile phone and the population visiting to the industrial park for each hour. In order to extract the data characteristics about freight transport visiting to the industrial park, the pattern of freight OD was analyzed by nonnegative matrix factorization(NMF). The extracted patterns by NMF can clarify pattern the characteristics of the freight connection between industrial park and other areas. Several patterns of the increase in freight connections by the opening of the Ken-ou-dou-highway were areas.