

# 動線データを活用した 都市活動のモニタリング手法に関する研究 ～「環境モデル都市・つくば」における つくばモビリティ・交通研究会の取り組み～

今井 龍一<sup>1</sup>・田嶋 聡司<sup>2</sup>・矢部 努<sup>3</sup>・塚田 幸広<sup>4</sup>・重高 浩一<sup>1</sup>・  
橋本 浩良<sup>1</sup>・山王 一郎<sup>5</sup>・石田 東生<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail:imai-r92ta@nilim.go.jp, shigetaka-k258@nilim.go.jp, hashimoto-h22ab@nilim.go.jp

<sup>2</sup>非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail:tajima-s924a@nilim.go.jp

<sup>3</sup>正会員 一般財団法人 計量計画研究所 社会基盤計画研究室  
(〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)

E-mail:tyabe@ibs.or.jp

<sup>4</sup>正会員 独立行政法人 土木研究所  
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

<sup>5</sup>非会員 つくば市環境生活部  
(〒305-8555 茨城県つくば市荊間2530番地2)

<sup>6</sup>正会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科  
(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

つくば市は2013年3月に「環境モデル都市」に選定され、人々の暮らしに起因するCO<sub>2</sub>の削減に係わる各施策を推進している。施策によるCO<sub>2</sub>の削減効果を把握するには、CO<sub>2</sub>を排出している人や車の移動実態（都市活動）を定量的かつ持続的に把握する必要がある。そこで、著者らは「つくばモビリティ・交通研究会」を設立し、都市活動のモニタリング手法の確立に取り組んでいる。

本稿は、同研究会の活動状況を報告する。具体的には、携帯電話やカーナビゲーションシステム等の情報通信技術により収集された人の移動情報（動線データ）と、市等が保有する統計資料とを組み合わせた分析を試行し、都市活動のモニタリングによる施策評価への適用可能性を考察した結果を報告する。

**Key Words :** *trial data, urban activities, environmental model city*

## 1. はじめに

筑波山に代表される豊かな自然環境と都市環境とが調和する田園都市「つくば市」は、我が国の約3分の1の国等の研究機関や、多くの民間研究機関・企業が立地する国際研究開発拠点として成長している。2005年にはつくば市と都心を結ぶ「つくばエクスプレス」が開業し、沿線では住宅開発等の新たなまちづくりが進み、生活空間

が著しい変化が起こっている。

つくば市は2013年3月に「環境モデル都市」に選定され、アクションプラン「つくば環境スタイル“SMILe”～みんなの知恵とテクノロジーで笑顔になる街～（つくば市環境モデル都市行動計画）」（以下、「つくば市行動計画」という。）を策定し、人々の暮らし（特に、建築活動や移動）に起因するCO<sub>2</sub>を重点的に削減する施策を推進している<sup>1)</sup>。

“SMILe”の“M”である「Mobility Traffic モビリティ・交通」では、人々が安全に移動できるまちづくりの推進や総合的な交通体系の構築を取組方針としている。この“M”を戦略的に推進するには、人や車の移動実態（以下、「都市活動」という。）の持続的なモニタリング（図-1）によるPDCAサイクルの運営が重要となる。

都市活動の定量的な把握は、行政における共通課題であり、環境モデル都市でも施策評価の根拠となる。現在は、パーソントリップ調査や国勢調査等の統計資料を活用した都市活動の把握が一般的である。しかし、これら統計資料は、概ね5年～10年の頻度で実施された調査結果のため、沿線開発が著しいつくば市の毎年の都市活動をきめ細かに把握するには適していない可能性が高い。一方、昨今は携帯電話やカーナビゲーションシステム等の端末から24時間365日の人の移動情報（以下、「動線データ」という。）が収集されており、統計資料と相互に組合せた分析が有効手段になることが期待される<sup>2)</sup>。

この背景の下、つくば市、筑波大学および国土技術政策総合研究所の3者は、「つくば市の都市活動の持続的なモニタリングによるモビリティ・交通のPDCAサイクルの運営手法の確立」を目的とした産学官構成の「つくばモビリティ・交通研究会」を2013年8月に設置した<sup>3)</sup>。同研究会の取り組み内容は次のとおりである。

- 1) つくば市の都市活動をモニタリングできる各種データの利活用シーンの検討
- 2) 各種データの収集・蓄積方法の検討
- 3) 収集した各種データの分析手法の検討
- 4) 持続的な運用モデル（PDCAサイクル）の検討

本稿は、2013年度における同研究会の上記1)～3)の検討状況を報告する。第2章では、上記1)で取り組んだつくば市行動計画の各施策のユースケース分析の結果を報告する。第3章では上記2)の成果、第4章では上記3)の各種データの特性分析および単一のデータの分析によって得られる知見を報告する。また、第5章では、上記3)の各種データの組合せ分析のケーススタディの結果を報告する。第6章では、前章までの結果に基づき、各種データの組合せ分析による都市活動のモニタリングへの適用可能性の考察と今後の課題を述べる。

## 2. つくば市の都市活動をモニタリングできる各種データの利活用シーンの検討

つくば市行動計画の「Mobility Traffic モビリティ・交通」には表-1に示す9施策が策定されている。このうち、都市活動のモニタリングによる定量的な把握が施策評価の根幹を担うことになる次の3施策（表中の赤枠箇所）を対象にユースケース分析を実施した。



図-1 都市活動のモニタリングのイメージ

- ・公共交通体系のマネジメント：コミュニティバス「つくバス」を幹線、乗合タクシー「つくタク」を支線とした公共交通ネットワークの最適なマネジメントを行い、公共交通の利便性を向上させて利用促進を図る。また、自動車から公共交通への転換を促進することにより温室効果ガス排出量の削減を図る。
- ・自転車利用の促進：自転車の利用環境の整備や環境教育の実施や啓発等により、自転車利用の安全・安心の確保、利便性向上および利用促進を図る。特に研究学園地区やつくばエクスプレス沿線開発地区等人口が密集している地区の自転車利用の推進を図る。
- ・コミュニティ道路化の促進：徒歩、自転車、パーソナルモビリティや小型モビリティにより短距離移動手段を多様化させ、あらゆる層の人々が快適かつ安全に移動可能な道路空間の整備やルールを検討する。

本稿では、「公共交通体系のマネジメント」の施策を例にしてユースケース分析の結果を報告する。まず、施策の概要より、「公共交通体系のマネジメント」の目標は「公共交通ネットワークの最適なマネジメント」「公共交通の利用促進」となる。

「公共交通ネットワークの最適なマネジメント」の評価には、どれだけの人が公共交通を利用可能で、どの程度の時間で目的地まで到着ができるかが指標となる。そのため、評価指標は「公共交通利用可能圏域」「公共交通による等時間圏域」となる。

「公共交通利用可能圏域」の把握には公共交通サービスの提供エリアと居住地別の人口分布との比較が必要となる。そのため、モニタリングに必要なデータは「公共交通実態」「統計資料」「基盤データ」となる。

同様に、分析対象とした3施策およびつくば市行動計画共通の目標を対象にユースケース分析を実施した。図-2は、分析結果の総括を示している。図に示すとおり、各施策の評価には、動線データ、統計資料および基盤データが必要であることが確認できた。

表-1 モビリティ・交通に係わる施策

| テーマ             | 個別施策               |
|-----------------|--------------------|
| 快適な移動空間の構築      | 自転車利用の促進           |
|                 | コミュニティ道路課の促進       |
| 低炭素車への転換        | EV等の低炭素車の普及促進      |
|                 | 超小型モビリティの導入促進      |
| 低炭素な移動手段への転換    | 公共交通体系のマネジメント      |
|                 | パーソナルモビリティの利用促進    |
|                 | 新たな低炭素交通の検討        |
|                 | 持続的なモニタリング手法の確立    |
| 低炭素交通シェアリングシステム | 低炭素交通シェアリングシステムの構築 |

表-2 収集データの一覧

| 区分 | データ内容<br>(動線は収集媒体を示す) | データに含まれる交通モード |    |    |     |                      |
|----|-----------------------|---------------|----|----|-----|----------------------|
|    |                       | 自動車           | 電車 | バス | 自転車 | 歩行者                  |
| 動線 | スマートフォンアプリ            | ●             | ●  | ●  | ●   | ●                    |
|    | 車載型カーナビゲーションシステム      | ●             |    |    |     |                      |
|    | 車載型GPSロガー             | ●             |    |    |     |                      |
| 統計 | 携帯電話(基地局・GPS)         | ●             | ●  | ●  | ●   | ●                    |
|    | 平成22年度 道路交通センサス       | ●             |    |    |     |                      |
|    | 平成20年度 東京都圏パーソントリップ調査 | ●             | ●  | ●  | ●   | ●                    |
|    | 平成25年度 公共交通の輸送実績      | ●             |    | ●  |     |                      |
|    | 平成22年度 国勢調査           |               |    |    |     | (主として夜間人口のデータを利用)    |
| 基盤 | 行政区別年齢別人口統計           |               |    |    |     | (分析のメッシュ・行政区の変換等に利用) |
|    | 電子地図                  |               |    |    |     |                      |
| 基盤 | 自動車ネットワーク             |               |    |    |     | (各種データの分析・可視化に利用)    |
|    | 歩行者ネットワーク             |               |    |    |     |                      |

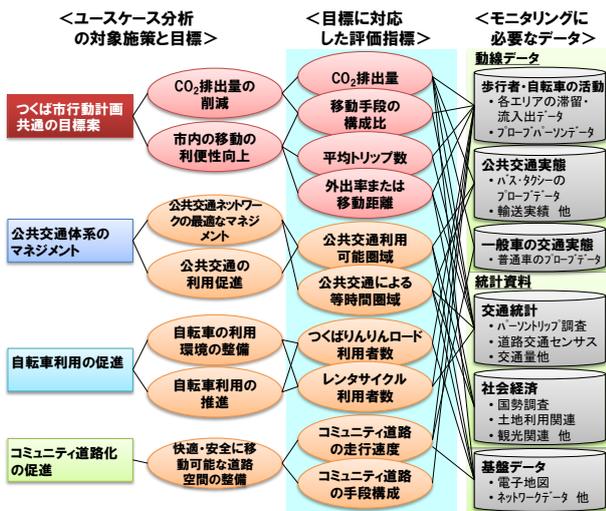


図-2 ユースケース分析の結果

### 3. 各種データの収集・蓄積方法の検討

本研究では、前章のユースケース分析にて明らかにした各施策の評価指標のモニタリングに必要なデータを対象に、産官の各データ保有主体へのヒアリング調査や文献調査により収集方法を検討した。なお、データの蓄積方法は2014年度の検討課題としたため、今回は対象外としている。

収集方法は「購入可能なデータ」「行政等の保有データ」「研究会自ら収集するデータ」に分類し、優先順位を設定した。表-2に収集対象のデータを示す。動線の区分のスマートフォンアプリのプローブパーソン調査(以下、「PP調査」という。)による交通手段別の動線データ<sup>4)</sup>、車載型GPSロガー<sup>5)</sup>による「つくバス」および「つくタク」の動線データは、研究会自ら収集するデータ、それ以外は購入可能なデータである。

統計の区分の、道路交通センサス、パーソントリップ調査、国勢調査、つくバス・つくタクの利用実績や行政区別年齢別人口統計は、行政等の保有データである。

基盤の区分は、各種データを組合せて分析・可視化を行う基盤であり、購入可能なデータまたは行政等の保有データに該当する。今回は、(株)ゼンリンから電子地図データ、自動車ネットワークおよび歩行者ネットワークの提供を受けた。

### 4. 収集した各種データの特性分析

本章では、収集した各種データのうち、表-2の動線区分のデータの基本特性および単一の動線データの分析から得られる知見を整理した。

#### (1) PP調査

##### a) データの特性分析

PP調査は、つくば市在住者および在勤者を対象に実施した。調査項目を表-3に、収集結果を表-4に示す。平日では延べ1,000人以上のデータが収集されている。

表-5にPP調査結果の概要を示す。平均トリップ数は平日2.36トリップ/人、休日2.83トリップ/人と、平成22年(2010年)度全国パーソントリップ調査結果と概ね近い傾向を示している。なお、PP調査の詳細は、山崎らの既往文献<sup>6)</sup>を参照されたい。

##### b) 分析によって得られる知見

PP調査の収集結果から、移動目的単位のトリップの代表交通手段や移動手段単位のトリップの全交通手段の分析ができる(図-3)。

図-4に、全交通手段および代表交通手段別のメッシュ別発生集中量を示す。全体の発生集中量は、つくば市中心部で多くなっている。代表交通手段別の発生集中量は、つくば市中心部以外の大半が自動車利用となっているが、鉄道利用者も点在している。また、今回の調査結果では、バス利用者は少数であった。

表-3 PP調査の調査項目

| 項目       | 内容  |
|----------|---|
| 被験者の属性   | 性別, 年齢<br>※参加登録時に収集                               |
| 移動目的     | 出勤・登校, 帰宅, 帰社・帰校, 業務, 送迎, 買い物, 食事, 娯楽, 散歩・回遊, その他 |
| 移動手段     | 自動車, 電車, 地下鉄, バス, バイク・原付, タクシー, 自転車, 徒歩, その他      |
| 移動の起終点情報 | ・緯度・経度<br>・出発・到着の操作時刻                             |
| 移動履歴     | ・緯度・経度 (1秒間隔)<br>・3軸加速度 (30Hz)                    |

表-4 PP調査による収集結果

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| 期間    | 2013年11月1日～30日 (30日間)        |
| 調査協力者 | 計138名                        |
| データ件数 | 平日：延べ1,057人分<br>土日祝日：延べ342人分 |

表-5 平均トリップ数 (単位：トリップ/人・日)

|               | 平日   | 休日   |
|---------------|------|------|
| 今回PP調査        | 2.36 | 2.83 |
| (参考) H22 全国PT | 2.84 | 2.91 |

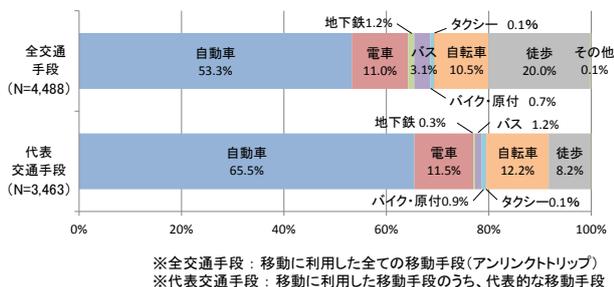


図-3 トリップの全交通手段と代表交通手段構成比

## (2) 車載型GPSロガー

### a) データの特性分析

車載型GPSロガー<sup>9)</sup>からは2秒間隔で緯度・経度, 3軸加速度が収集できる. これをつくバス全台, つくタク全台および民間路線バスの一部路線に搭載し, 走行履歴データを収集した (表-6).

### b) 分析によって得られる知見

収集した走行履歴データの緯度・経度を自動車ネットワークデータに重畳すると, 区間 (交差点間等) 単位の平均旅行速度が算出できる. 図-5につくバスの走行履歴データから分析した平均旅行速度を示す. つくば市中心部やバス停留所設置区間では低下するものの, 都心部のバスの平均旅行速度 (30km/h程度) と比較して概ね高い傾向を示している.

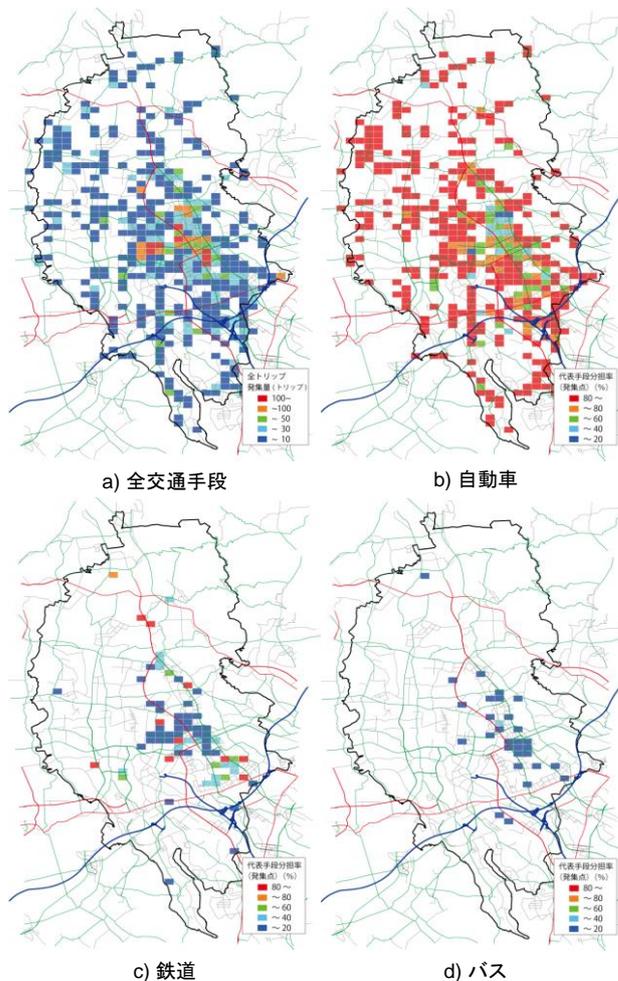


図-4 代表交通手段別のメッシュ別発生集中量

## (3) 車載型カーナビゲーションシステム

### a) データの特性分析

本稿で言う車載型カーナビゲーションシステムとは, 道路管理者 (国土交通省) が道路交通分析に利用している民間プローブデータを指す. 具体的には, 同システムから収集される自動車の走行履歴データ (以下, 「自動車プローブ」という.) を用いてデジタル道路地図 (DRM) 区間毎のサンプル数と平均所要時間を集計したデータである.

### b) 分析によって得られる知見

2013年6月の平日1か月間のサンプル数を図-6, 平均旅行速度を図-8に示す. つくば市中心部や幹線道路では1,000サンプル以上の走行があり, つくば市中心部では平均旅行速度が20km/h以下の区間が存在している.

## (4) 携帯電話 (基地局)

### a) データの特性分析

携帯電話 (基地局) の情報は, モバイル空間統計を使用した. モバイル空間統計は, (株) NTTドコモの基地局エリア毎の携帯電話台数を利用者の属性別に数えるこ

表-6 車載型 GPS ロガーによる収集結果

|      |  |
|------|--|
| 期間   | 2013年11月18日～12月31日（44日間）                     |
| 調査台数 | つくタク 全19台<br>つくバス 全22台<br>関東鉄道バス 6台<br>計：47台 |

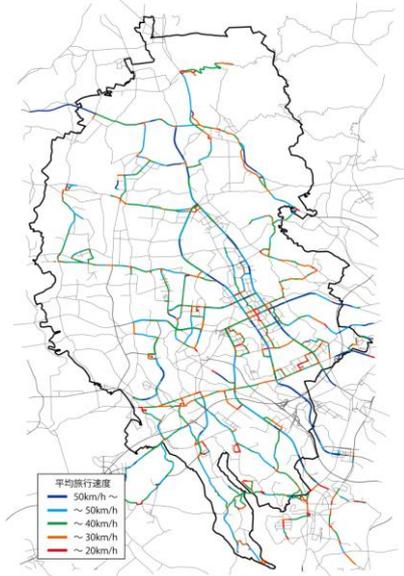


図-5 つくバスの平均旅行速度

とによって人口の地理的分布を推計したものである<sup>9)</sup>。モバイル空間統計により、地域毎の人口分布や、性別・年齢層別（15歳～79歳）・居住エリア別の人口構成等が推定できる。

b) 分析によって得られる知見

図-8は平日3時台のモバイル空間統計のメッシュ別滞留人口と国勢調査のメッシュ別夜間人口との比較結果を示している。絶対数に差はあるが、概ね同様の傾向となっている。

図-9は、モバイル空間統計の2013年11月の1か月間の平日14時台および休日14時台のメッシュ別滞留人口を示している。平日、休日ともつくばセンター、研究学園駅、筑波大学および商業施設に人口が集中しており、平日は筑波大学、休日は商業施設周辺により多く集中している。

(5) 単一の動線データによる分析と課題

本節では、単一の動線データによる分析の一例として、自動車プローブを用いた道路交通状況の分析結果を述べる。

事例としては、2013年7月15日の商業施設開店前後の研究学園駅東交差点を対象に、平均旅行速度を比較した。

図-10は商業施設（A）開店後（2013年8月休日14時台）の研究学園駅東交差点の平均旅行速度を示している。交差点へ進入する車両の平均旅行速度が10km/h～20km/h台と低下している。

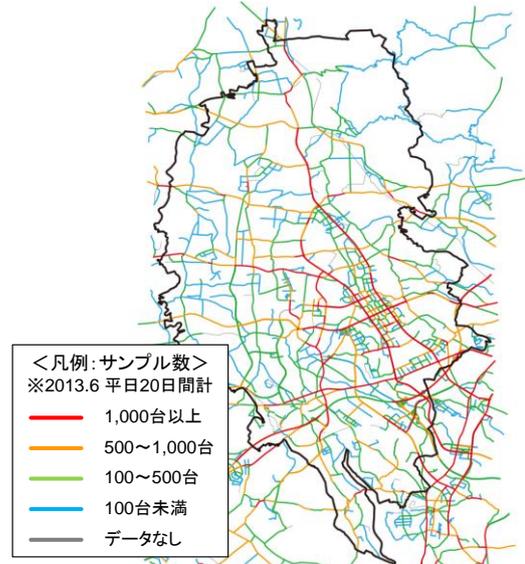


図-6 自動車プローブのサンプル数

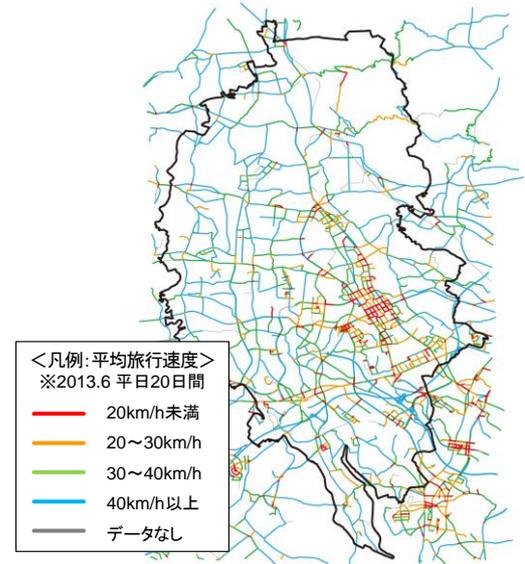


図-7 平均旅行速度

さらに、開業前（2012年8月）と開業後（2013年8月）の平均旅行速度を比較すると、進入方向別では南北方向が低下傾向にあり（図-11）、時間帯別では12時台～15時台で低下傾向にあった（図-12）。

このように、単一の動線データの分析によって特定の事例を対象とした道路交通状況が把握できる。一方、他の交通手段による移動実態や、潜在需要等は単一の動線データ分析から把握するのは困難である。

そのような高度な分析を行うには、複数の動線データや統計資料等を組合せた分析が有効であると考えられる。

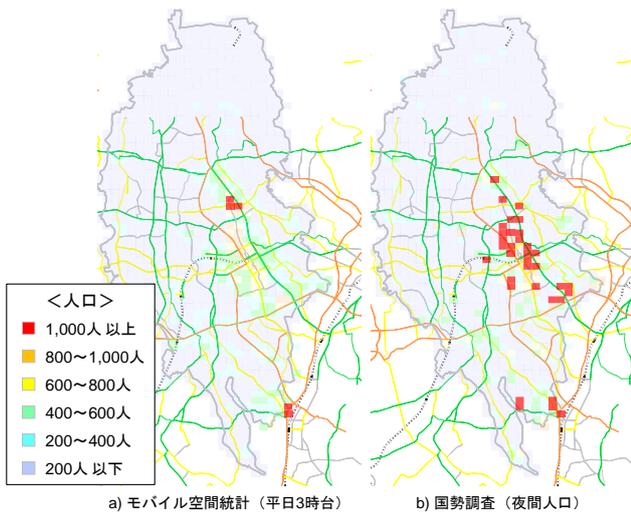


図-8 「モバイル空間統計」と「国勢調査」の比較

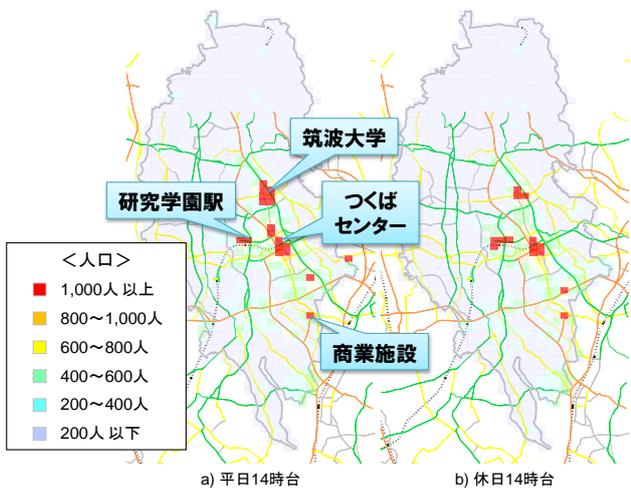


図-9 モバイル空間統計によるメッシュ別滞留人口

## 5. 「公共交通体系マネジメント」に係わる分析と適用可能性の評価

前章では、単一の動線データの分析によって交通実態の調査が可能となることを示した。

本章では、複数の動線データや統計資料等を組合せた分析による都市活動のモニタリング手法を評価するために、ケーススタディ対象施策として「公共交通体系のマネジメント」に係わる次の4種の分析を試行し、その有用性と今後の課題を考察した。

- ・つくばスのサービス状況（運行ダイヤと運行実績との関係）の把握
- ・公共交通利用可能圏域と人口カバー率の可視化
- ・公共交通による等時間圏域と人口カバー率の可視化
- ・公共交通への転換促進候補エリアの把握

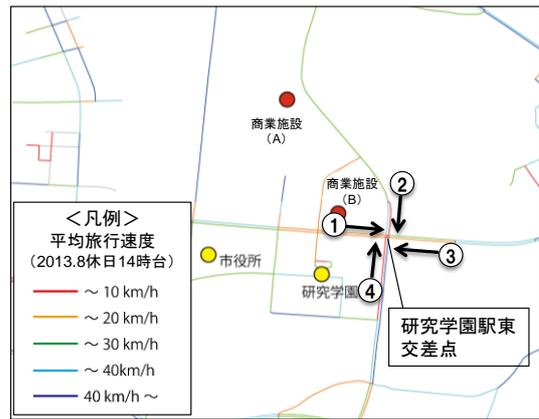


図-10 商業施設 (A) 開店後の平均旅行速度

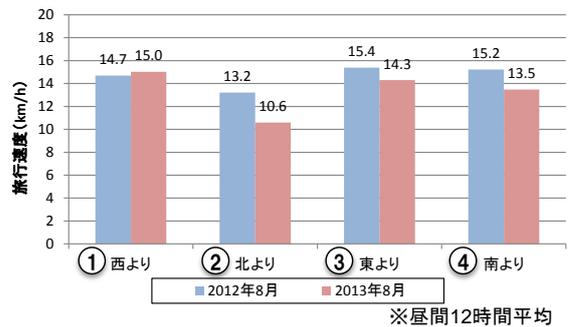


図-11 進入方向別平均旅行速度

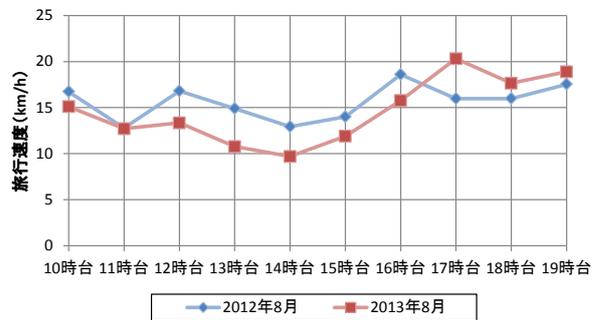


図-12 時間帯別平均旅行速度（南よりの進入方向）

### (1) つくばスのサービス状況（運行ダイヤと運行実績との関係）の把握

バスの走行履歴データと運行ダイヤとを比較することで、公共交通のサービス状況（定時性）が把握できる。

表-7は、つくばスの作岡シャトル（図-13）における平日のある一日（2013年11月27日）の便別・バス停留所別の発車遅れ時間を示している。バス発車時間は、つくばスの走行履歴データとバス停留所の位置情報とを関連付けて算出した。表-7から、朝夕の時間帯の特定のバス停留所（筑波記念病院）以降で5分以上の遅れが発生していることがわかった（表中の赤枠箇所）。

表-7 便別・バス停別の発車遅れ時間 (単位: 分)

| 便名                  | 2便   | 4便   | 6便   | 8便   | 10便   | 12便   | 14便   | 16便   | 18便   | 20便   | 22便   | 24便   | 26便   | 28便   | 30便   | 32便   | 34便   |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 起点 研究学園駅<br>バス停出発時刻 | 7:30 | 8:10 | 8:50 | 9:55 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:30 | 17:20 | 18:10 | 18:50 | 19:50 | 20:25 | 21:10 |
| つくば市役所              | 0.4  | 0.9  | 0.9  | 0.6  | 0.1   | 0.5   | 1.0   | 0.1   | 0.2   | 0.8   | 2.0   | -0.6  | 0.1   | -0.3  | 1.0   | -0.1  | -0.3  |
| 研究学園西               | 2.4  | 2.8  | 2.7  | 2.3  | 2.1   | 2.5   | 2.9   | 2.0   | 2.0   | 2.7   | 4.7   | 2.6   | 2.5   | 2.4   | 2.8   | 1.4   | 1.3   |
| 東光台5丁目              | 2.6  | 3.8  | 3.3  | 2.5  | 2.3   | 2.8   | 2.2   | 2.0   | 1.8   | 3.9   | 5.3   | 2.3   | 3.2   | 2.6   | 2.4   | 1.4   | 1.2   |
| 東光台体育館              | 2.5  | 3.7  | 3.4  | 3.0  | 2.5   | 2.8   | 1.9   | 1.9   | 1.7   | 3.8   | 5.3   | 2.6   | 3.0   | 3.0   | 2.5   | 1.5   | 1.4   |
| 東光台三丁目              | 2.6  | 4.4  | 3.4  | 3.2  | 2.6   | 3.1   | 2.2   | 2.7   | 2.3   | 4.4   | 5.4   | 3.7   | 3.4   | 3.9   | 2.9   | 2.0   | 1.4   |
| ゆかりの森               | 1.5  | 3.9  | 2.5  | 2.2  | 1.6   | 1.9   | 1.4   | 1.7   | 1.2   | 3.4   | 4.4   | 2.9   | 2.5   | 3.3   | 2.0   | 0.9   | 0.8   |
| 筑波記念病院              | 4.5  | 8.8  | 5.2  | 3.3  | 3.2   | 3.8   | 5.1   | 4.0   | 2.7   | 5.6   | 5.7   | 6.4   | 5.6   | 5.1   | 5.8   | 0.7   | 1.2   |
| 土木研究所               | 5.9  | 9.9  | 5.7  | 4.4  | 5.0   | 4.2   | 6.7   | 4.8   | 4.8   | 6.5   | 7.3   | 7.7   | 7.3   | 6.1   | 7.1   | 2.2   | 2.7   |
| 大穂窓口センター            | 3.5  | 6.6  | 1.9  | 0.9  | 1.8   | 1.8   | 3.1   | 2.0   | 1.4   | 3.2   | 5.4   | 5.2   | 4.0   | 1.8   | 3.8   | -0.6  | 0.1   |
| 篠崎                  | 5.6  | 6.0  | 1.5  | -0.6 | 2.1   | 0.8   | 5.2   | 2.9   | -0.2  | 3.0   | 7.1   | 4.4   | 3.9   | 2.5   | 3.0   | -0.4  | -0.5  |
| 大砂・今鹿島入口            | 9.4  | 8.7  | 3.2  | 2.0  | 4.0   | 2.2   | 7.8   | 6.0   | 2.0   | 6.3   | 8.9   | 6.4   | 7.6   | 3.7   | 4.5   | 1.3   | 1.4   |
| テクノパーク大穂            | 9.3  | 8.4  | 3.0  | 1.1  | 3.3   | 1.7   | 7.4   | 5.1   | 1.5   | 5.8   | 8.7   | 5.5   | 7.3   | 3.4   | 3.8   | 0.5   | 0.9   |
| 北部工業団地中央            | 9.0  | 9.7  | 2.3  | -0.1 | 1.9   | 1.3   | 7.1   | 4.3   | 0.3   | 6.7   | 7.7   | 4.1   | 6.4   | 2.0   | 2.8   | -0.5  | -0.5  |
| 作谷                  | 8.8  | 10.9 | 5.4  | 0.3  | 1.8   | 1.9   | 8.7   | 4.1   | 1.4   | 7.8   | 8.8   | 4.6   | 7.0   | 1.0   | 2.4   | 0.7   | -1.3  |
| 終点 寺具               | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

図-14は、バス停留所別の発車遅れ時間の可視化例として、つくバス時刻表とバス停位置情報から作成したバスダイヤグラム (タイムスペース図) に、つくバスのバス停留所別の発車時間を重畳した結果を示している。図には一般車 (民間プローブデータ) の平均旅行速度も示しており、道路交通状況とバスの走行状況が容易に比較できる。このような図があると、関係者が共通認識をもって議論することが可能となる。

なお、これらの結果は特定の一日の結果であり、慢性的な遅延が発生しているのかを把握するには、走行履歴データを継続的に収集し、日別の変動や天候等の要因を考慮して分析する必要がある。

(2) 公共交通利用可能圏域と人口カバー率の可視化

バス停留所の位置情報と居住地別の人口データを組合せることで、バスの利用可能圏域や人口カバー率が把握できる。

図-15は、国勢調査のメッシュ別夜間人口と、つくバスおよび民間路線バスのバス停留所位置情報から設定したバス利用可能圏域 (バスを利用可能な範囲としてバス停留所を中心とした半径300mおよび500mの2ケースを設定) とを重畳して算出したバス利用可能圏域および人口カバー率を示している。

バス利用可能圏域を300mに設定した場合の人口カバー率は、つくば市の総人口の57.2%、65歳以上人口の45.9%、500mに設定した場合の人口カバー率は総人口の76.1%、65歳以上人口の64.5%であることがわかった。

このような図表を活用することで、高齢の居住者が多い地域にバス路線やバス停留所を設定する等の検討が効率よく進められる。

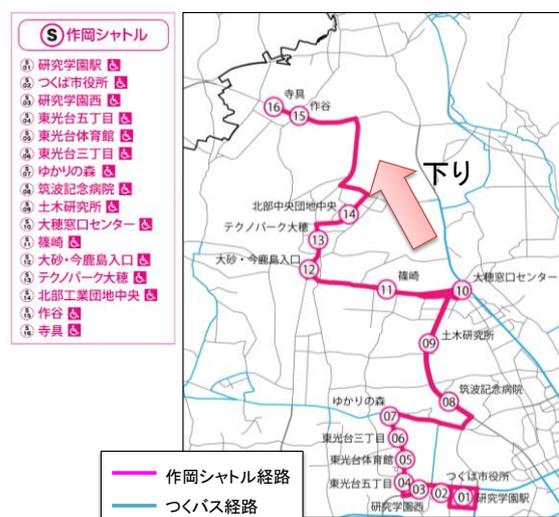


図-13 作岡シャトル

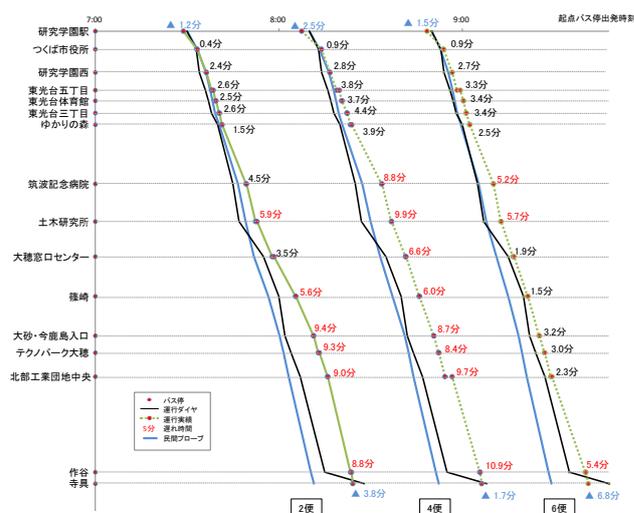


図-14 バス停別の発車遅れ時間の可視化 (平日, 下り)

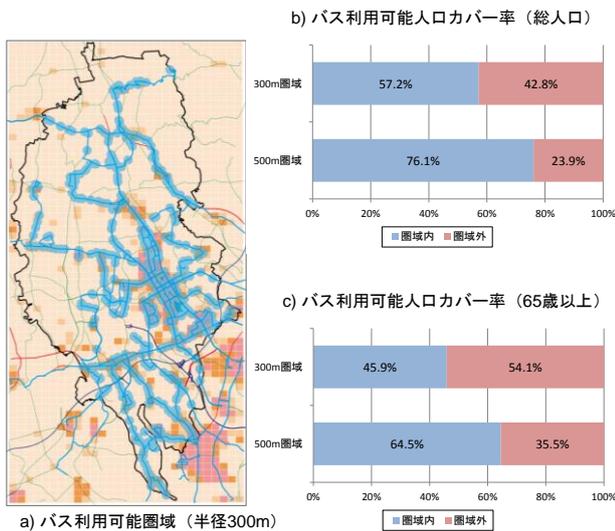


図-15 バス利用可能圏域と人口カバー率

### (3) 公共交通の等時間圏域と人口カバー率の可視化

公共交通の走行履歴データを用いて、特定の地点までの等時間圏域を設定し、前節と同様に居住地別人口データと組み合わせることで、所用時間別の人口カバー率が把握できる。

図-16は、つくばバス利用によるつくば市役所までの等時間圏域と人口カバー率を示している。つくば市役所に30分以内で到着可能な人口カバー率は、つくば市の総人口の41.1%、65歳以上人口の27.7%であることがわかる。なお、補足として、つくばバス利用可能圏域外のメッシュは、予め人口算出対象から省いたため、総カバー率は100%にはなっていない。

前節ではバスの利用可能圏域を分析したが、所要時間も考慮して分析すると、さらなる知見を得られる。具体的には、利用可能圏域の居住者でも目的地までの到着に時間がかかる等、利便性が低ければバスを利用する可能性は低くなると考えられ、バス路線やバス停留所の位置情報だけではなく、最適ルートへの検討による主要拠点までの所要時間の考慮も重要である。

また、今回の分析ではつくばバスの走行履歴データのみを利用したが、民間路線バス等の他の公共交通の走行履歴データを収集し、組合せて分析することで、つくばバスと民間路線バスの補完関係を考慮した公共交通全体の評価が可能となる。

### (4) 公共交通への転換促進候補エリアの抽出

公共交通への転換促進候補エリアは、次の手順で抽出した。

#### a) 高齢者の人口分布の可視化

図-17に国勢調査のメッシュ別夜間人口（65歳以上）を示す。図に示すとおり、居住地は広範囲に点在してお

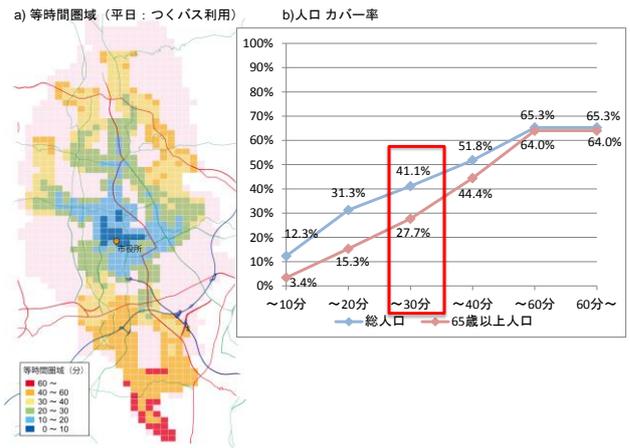


図-16 つくば市役所までの等時間圏域と人口カバー率

り、南部を始めとした郊外にも多くの高齢者が居住していることがわかる。

#### b) 拠点エリア滞留者の居住地分布の可視化

研究学園駅周辺の4メッシュを拠点エリアと設定し、モバイル空間統計により分析した拠点エリア滞留者の居住地分布に、パーソントリップ調査のOD別交通手段分担率を組合せた。図-18は、拠点エリア滞留者のうち、自動車利用人数の居住地分布の可視化結果を示している。

図-17と図-18とを照合すると、高齢の居住者が多く、かつ拠点エリア滞留者の自動車利用が多いエリア（図中の○印）を公共交通への転換促進候補エリアの1つと推定することができる。

### (5) 多様なデータの組合せ分析による都市活動のモニタリングへの適用可能性の考察

本研究では、「つくばモビリティ・交通研究会」にて設定したケーススタディ対象施策「公共交通体系マネジメント」に係わる4種の分析を試行した。その結果、多様なデータの組合せ分析によって、単一の動線データのみでは分析が困難であった公共交通のサービス状況や潜在需要の分析や可視化が可能であり、各施策の評価に有用であることが示された。

## 6. おわりに

本稿では、環境モデル都市・つくばのアクションプラン「つくば市環境モデル都市行動計画」の「Mobility Traffic モビリティ・交通」の各施策を戦略的に推進するために設置された「つくばモビリティ・交通研究会」の2013年度の活動成果を報告した。

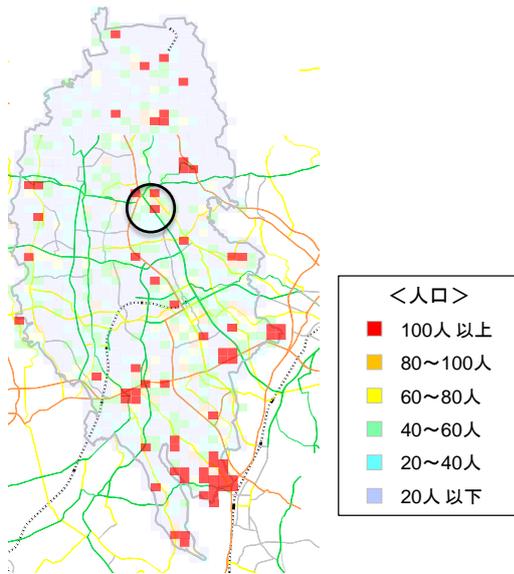


図-17 メッシュ別夜間人口（65歳以上）

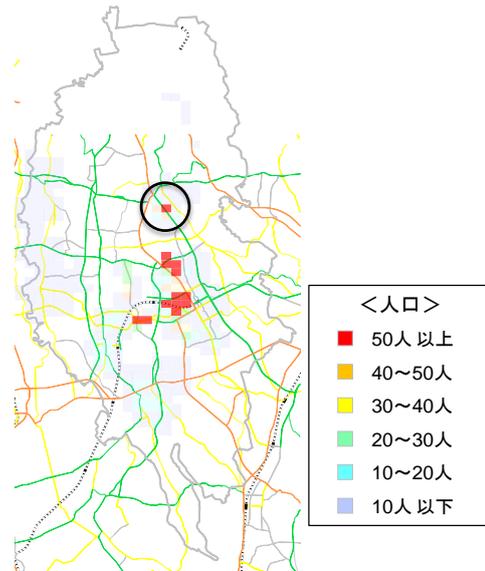


図-18 自動車利用による拠点エリア滞留者（平日14時台）の居住地分布

多様なデータの組合せ分析による都市活動のモニタリング手法の利活用シーンとして、つくば市行動計画の「Mobility Traffic モビリティ・交通」の施策の中から3施策を対象にユースケース分析を実施し、モニタリング手法の要件を整理した。次に、収集した動線データの特性分析および単一の動線データの分析から得られる知見を整理した。さらに、ケーススタディの対象施策を設定し、複数の動線データや統計情報等の組合せ分析の試行によって、公共交通のサービス状況や潜在需要等の分析が可能であることを示した。

今後も引き続き、都市活動の持続的なモニタリングによるモビリティ・交通のPDCAサイクルの運営手法の確立に取り組む。また、その成果がつくば市以外の地方公共団体でも適用できる成果となるように鋭意推進する。

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、つくばモビリティ・交通研究会の参加者および各データ保有事業者に多大なご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) つくば市：つくば市環境モデル都市行動計画，<<http://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/14215/14284/9593/009622.html>>，（入手 2014.7）
- 2) 今井龍一，深田雅之，重高浩一，矢部努，牧村和彦，足立龍太郎：多様な動線データの組合せ分析による都市交通計画への適用可能性に関する考察，土木計画学研究・講演集，Vol.48，土木学会，2013
- 3) つくば市：つくば市の『人の動き（都市活動）』を把握．《つくばモビリティ・交通研究会》<[https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps\\_data/\\_material/\\_files/000/000/015/445/No77.pdf](https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/015/445/No77.pdf)>，（入手 2014.7）
- 4) 山崎恭彦，橋本浩良，高宮進，今井龍一，塚田幸広：スマートフォンアプリを活用した交通行動調査手法に関する基礎的研究～つくば市におけるプローブパーソン調査を通して～，土木計画学研究・講演集，Vol.49，土木学会，2014
- 5) （株）トランスフィールド：プローブカーシステム，<[https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps\\_data/\\_material/\\_files/000/000/015/445/No77.pdf](https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/015/445/No77.pdf)>，（入手 2014.7）
- 6) （株）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/](https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/)>，（入手 2014.7）

(2014.8.1 受付)

## MONITORING METHODOLOGY OF URBAN ACTIVITY USING MULTI-TRAIL DATA

Ryuichi IMAI, Satoshi TAJIMA, Tsutomu YABE, Yukihiro TSUKADA, Koichi SHIGETAKA, Hiroyoshi HASHIMOTO, Ichiro SANNO, and Haruo ISHIDA