

携帯電話網の運用データに基づく人口分布統計 及び住宅地図データを用いた公共交通カバーエ リア内人口の分析

太田 勝也¹・金井 翔哉²・今井 龍一³

¹学生会員 東京都市大学大学院 工学研究科 都市工学専攻 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)
E-mail:g1681704@tcu.ac.jp

²非会員 東京都市大学 工学部 都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)
E-mail:g1318027@tcu.co.jp

³正会員 東京都市大学 工学部 都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)
E-mail:imair@tcu.co.jp

将来の都市像の実現のために、行政機関では、都市・地域総合交通戦略や地域公共交通網形成計画を策定し、鋭意推進されている。同戦略・計画では、PDCAサイクルによる運用を図るための評価指標が設定されている。各評価指標の算出には統計調査データが利用されているが、データの鮮度等の課題が指摘されている。この課題解決の方策として、携帯電話やカーナビゲーションシステムから24時間365日取得可能な人や自動車の移動情報（動線データ）の活用があげられる。

本研究は、各評価指標に対する動線データの活用技術の確立を目指し、その一端として、公共交通カバーエリア内人口の算出に対する人口分布統計、用途地域および住宅地図データの活用可能性を検証した。

Key Words : *Urban transportation planning, Mobile spatial dynamics, Population in the cover area, Public transportation, House map*

1. はじめに

我が国は、人口減少、超高齢化社会、環境負荷および財政圧迫等の課題に取り組んでいく必要がある。これらの課題解決の一環として、行政機関では、歩いて暮らせるコンパクトな集約型都市構造の実現が推進されている。そこでは、医療、福祉や商業等を都心や生活拠点に集約し、鉄道・バス等の公共交通ネットワークを有機的に連携させて高齢者を含む住民が歩いて暮らせる環境の創出が理想とされている¹⁾。その具体的な施策として、交通事業とまちづくりが連携した都市・地域総合交通戦略（以下、「総合交通戦略」という。）や地域公共交通網形成計画を策定し、鋭意推進されている。総合交通戦略では、地方公共団体が都市交通の喫緊の課題を明確化し、5～10年の短・中期的な戦略目標が設定されている。その中で、目標の達成状況や施策実施の効果を表し、PDCAサイクルによる運用を図るための評価指標が設定されている。

評価指標の具体例として、集約型都市構造の実現に重要な役割を担う公共交通では、公共交通カバーエリア内人口やバス利用者数等があげられている。前者の公共交通カバーエリア内人口は、公共交通施設のカバーエリアに該当する500mメッシュ人口を集計して算出されている。現在は500mメッシュ内の土地利用状況や建物の立地状況は考慮されていないが、用途地域や住宅地図データを用いて人の分布を加味して人口を算出すると、詳細な実態を把握できる可能性がある。また、人口の算出には、国勢調査の夜間人口（500mメッシュ人口）が用いられていることが多い。そのため、昼間の時間帯の人口分布が加味されていないこともある。国土交通省の手引き²⁾によると、他の評価指標でも、国勢調査、パーソナトリップ調査や道路交通センサ等の統計データを用いることが指南されている。統計調査は5～10年に1回の実査頻度であるため、統計データを用いて算出した評価指標は、日月年毎の経年変化を明らかにすることができない。さらに、調査から時間が経つとデータの鮮度が低く

なり、実態を正確に捉えた分析ができなくなる。したがって、データの時間解像度を高めて、分析の高度化等に寄与し、鮮度の高いデータを用いて実態を正確に捉えた分析結果が得られる仕組みづくりが重要となる。

上記の時間解像度および鮮度の課題解決の一方策として、携帯電話やカーナビゲーションシステムから24時間365日取得可能な人や自動車の移動情報（以下、「動線データ」という。）の活用があげられる。国勢調査やパーソントリップ調査の人口と相関のある動線データとして、携帯電話網の運用データに基づく人口分布統計（以下、「人口分布統計」という。）がある^{4,5)}。この人口分布統計は、性別、年齢階級別および居住地別に滞留・移動の人口分布を把握できる我が国最大の交通関連ビッグデータである⁴⁾。人口分布統計を用いた既往研究として、清家ら⁶⁾は、都市計画マスタープランや総合計画等を基にした土地利用、公園・緑地、交通および拠点振興の公共のまちづくり分野への人口分布統計の活用可能性を示唆している。その他に、地域活性化分野への活用⁷⁾、信頼性の評価⁸⁾、帰宅困難者対策⁹⁾、都市間旅客交通への活用¹⁰⁾や公共交通機関の利用状況の評価¹¹⁾への活用可能性を示唆している。

以上を踏まえ、本研究の目的は、総合交通戦略や地域公共交通網形成計画等のPDCAサイクルで用いられる評価指標に対する動線データの活用技術の確立とした。そのために、本研究では、まず公共交通カバーエリア内人口の算出に対する人口分布統計、用途地域および住宅地図データの活用可能性を明らかにすることとした。

本稿では、第2章にて都市交通計画における評価指標の実態を調査・整理する。次に、第3章にて人口分布統計、用途地域および住宅地図データを用いた公共交通カバーエリア内人口の分析手法を考案する。そして、第4章にて同手法のケーススタディを実施し、有用性を評価し、今後の課題を考察する。

2. 都市交通計画における評価指標の実態調査

本研究では、全国の地方公共団体を対象に総合交通戦略および地域公共交通網形成計画の実態を調査した。その結果、総合交通戦略を策定しているのは74団体あり、地域公共交通網形成計画を策定しているのは65団体であった（平成28年6月時点）。表-1に双方の評価指標の設定数を示す。国土交通省の手引き³⁾に基づく、表-1に示す各評価指標の算出には、国勢調査、パーソントリップ調査や道路交通センサス等の利用が推奨されている。しかしながら、第1章で述べたとおり、時間解像度および鮮度の課題がつきまとう。この解決の方向性を探るために、本研究では、単一の人口データのみを使用してい

表-1 評価指標の設定数

評価指標	総合交通戦略 (件)	地域公共交通網 形成計画(件)
分担率（徒歩、自転車、自動車、バス、鉄道）	19	3
交通に対する満足度（徒歩、バス、鉄道）	33	41
公共交通利用者数	18	33
バス利用者数	22	21
バスのサービス水準（運行頻度、所要時間、遅延時間）	9	-
コミュニティバス利用者数	7	13
鉄道利用者数	20	9
旅行速度	9	-
中心部歩行者数（割合）	29	1
自転車交通量、利用者数（割合）	15	-
放置自転車数	10	2
コミュニティサイクル、レンタサイクル利用者数	4	2
自動車交通量、利用者数（割合）	7	4
道路混雑度	9	1
ノンステップバス・低床バスの導入	9	5
バリアフリー化	10	7
公共交通カバーエリア	4	2
公共交通カバーエリア内人口	14	12
観光入込客数	7	12
交通事故件数、死傷者数	24	2
CO ₂ 排出量	30	4
外出率（外出回数）	6	4
都心、駅、病院（拠点）への移動時間	21	2
モビリティ・マネジメント	1	6

る公共交通カバーエリア内人口を対象に、人口分布統計の活用を試みる。

3. 分析手法の考案

本研究では、人口分布統計を用いて、土地利用状況や建物の立地状況を考慮した公共交通カバーエリア内人口の分析手法を考案した。その具体的な手順を図-1に示す。まず、公共交通施設（バス停留所、鉄道駅）の位置情報および人口分布統計をGIS上で重畳させる。次に、バス停留所および鉄道駅のカバーエリアをそれぞれ生成する。そして、カバーエリアと重なる500mメッシュで集計化された人口分布統計を対象に面積按分し、公共交通カバーエリア内人口（1次）を算出する。さらに、用途地域および住宅地図データを用いて人の分布を補正し、公共交通カバーエリア内人口（2次）を算出する。以下、分析手法の各手順を詳説する。

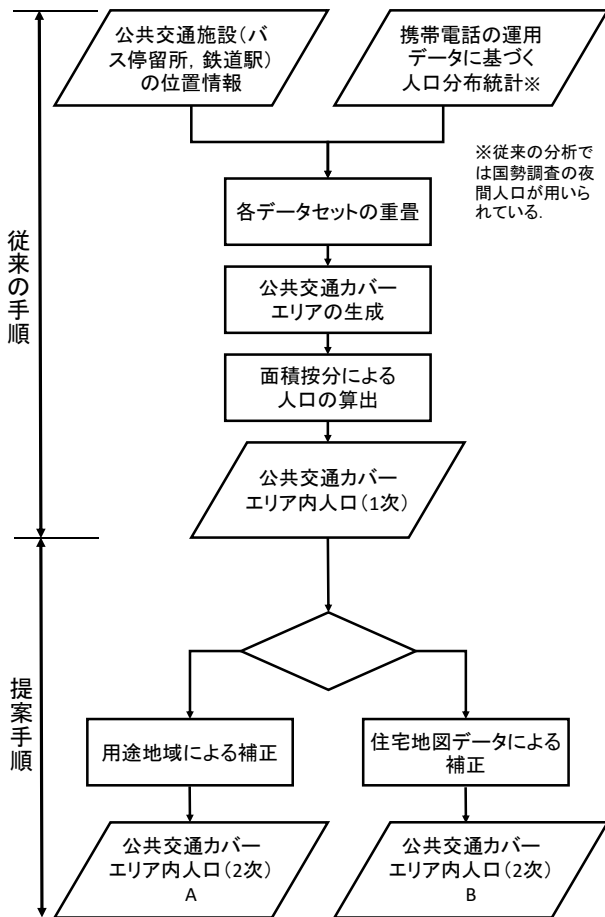
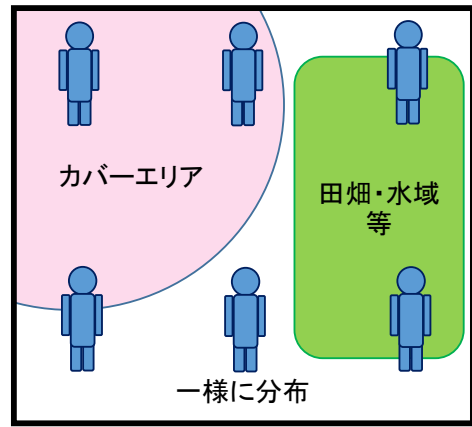
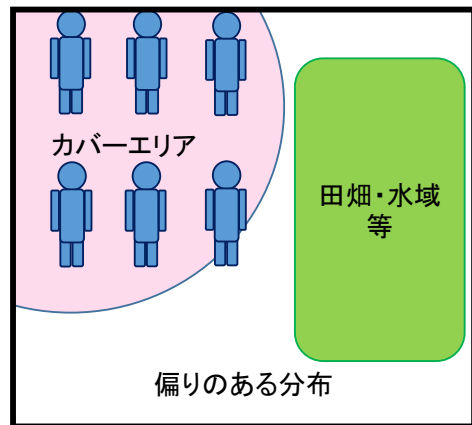


図-1 分析手法のフロー



a) 现行的分析の人口分布の扱い方



b) 実際の人口分布

図-2 メッシュ内の人口分布イメージ

(1) 各データセットの重畳

まず、分析に用いるバス停留所データ、鉄道駅データおよび人口分布統計を GIS 上で重ね合わせる。人口分布統計が CSV 形式の場合は、国勢調査の 500m メッシュデータとマッチングさせて重ね合わせる必要がある。

(2) 公共交通カバーエリアの生成

公共交通カバーエリアは、第 2 章の調査結果に基づいて、バス停留所を中心に半径 300m 圏域、鉄道駅を中心に半径 500m 圏域として、それぞれ生成する。

(3) 面積按分による人口の算出

国土交通省の手引き¹³⁾に準じて、公共交通カバーエリア内人口は、500m メッシュとカバーエリアとが交わる面積の割合を算出し、メッシュ内の人口に割合を掛けて人口を算出する。本研究では、この算出結果を公共交通カバーエリア内人口 (1 次) とする。

(4) 本研究の提案手順

図-2 a)に示すように、一般的な公共交通カバーエリア内人口は、メッシュ内の土地利用状況や建物の立地状況が考慮されていない。本研究では、この点を考慮するこ

ととし、用途地域を用いた場合および住宅地図データを用いた場合の 2 通りの手法で人口を補正し、これらを公共交通カバーエリア内人口 (2 次) とする。

a) 用途地域による補正

公共交通カバーエリアと重なる 500m メッシュ毎にメッシュ内の面積を住居区域、商業区域、工業区域およびそれ以外の区域に区別する。さらに、用途地域別の人口比および面積比から、メッシュ内の人の分布を補正して面積按分する。これにより、公共交通カバーエリア内人口 (2 次) A を算出する。

b) 住宅地図データによる補正

公共交通カバーエリアと重なる 500m メッシュ毎に住宅地図データを用いて、人のいる場所と、人のいない場所とを区別する。具体的には、建物および施設界を人のいる場所とし、その場所の面積と 1 メッシュ全体の面積とを用いて按分する。これにより、公共交通カバーエリア内人口 (2 次) B を算出する。

4. ケーススタディによる有用性の評価

本研究では、平成 26 年度に公共交通カバーエリア内人口を分析¹⁴⁾しているつくば市を対象に、同手法に基づくケーススタディを実施した。今回の分析には、国勢調査の夜間人口データ、人口分布統計として NTT ドコモ社のモバイル空間統計⁴⁾、公共交通施設として国土数値情報¹²⁾のバス停留所データ(668 箇所)および鉄道駅データ(4 箇所)を用いた。

(1) ケーススタディの結果

平成 26 年度の分析結果によると、国勢調査の夜間人口データを用いた公共交通カバーエリア内人口は約 12.3 万人であった¹⁴⁾。人口分布統計を用いた分析結果は表-2、図-3、図-4 および図-5 のとおりとなった。公共交通カバーエリア内人口(1次)は、図-3 に示すように、メッシュとカバーエリアとの面積按分により算出した。また、図-4 および図-5 に示すように、メッシュ内の土地利用状況や建物の立地状況を考慮し、公共交通カバーエリア内人口(2次)を算出した。

(2) 算出結果の考察

従来の分析では国勢調査の夜間人口データを用いられ、時間単位のカバーエリア内人口を把握することができない。人口分布統計を用いると、表-2 に示すとおり、時間単位のカバーエリア内人口を算出することができる。この結果、時間帯別に公共交通の潜在需要を把握できる。表-2 では、総人口のみを算出しているが、カバーエリア内の性別、年齢階級別および居住地別の人口も把握できる。国勢調査の夜間人口と人口分布統計の 0 時台の人口とを比較すると、1 次では約 1.5 万人、2 次では用途地域による補正では約 1.3 万人、住宅地図データによる補正では約 0.3 万人の差が見受けられた。また、1 次から 2 次にかけてカバーエリア内人口が増加している。バス停留所単位では、最大 800 人近くの差も見られた。真値がないため、算出結果の妥当性を立証するのは難しいが、用途地域や住宅地図データを用いることで、従来の分析と比べ、より実態に近い結果が得られたと考えられる。一方、今回のケーススタディの誤差要因を考察すると、まず、国勢調査と人口分布統計とも差がある。これは、既往研究に基づく、携帯電話網の運用データの特性が影響している可能性がある¹⁵⁾。また、2010 年の国勢調査に対して、今回のケーススタディに用いた人口分布統計の取得時期が 2013 年であったため、3 年間で人口が変化した分が誤差として数値に現れている可能性がある。

以上より、人口分布統計、用途地域および住宅地図データは公共交通カバーエリア内人口の算出に有用である

表-2 公共交通カバーエリア内人口の算出結果

時間	1次	2次	
		用途地域を用いた場合	住宅地図を用いた場合
	カバーエリア内人口(人)	カバーエリア内人口(人)	カバーエリア内人口(人)
0時	107,552	109,990	119,412
1時	107,736	110,182	119,621
2時	108,045	110,498	119,944
3時	108,152	110,610	120,061
4時	108,084	110,546	119,977
5時	107,656	110,108	119,497
6時	106,741	109,153	118,491
7時	106,236	108,562	118,083
8時	110,005	112,228	122,609
9時	116,595	118,850	130,019
10時	119,188	121,428	132,964
11時	120,962	123,210	134,962
12時	121,408	123,667	135,503
13時	122,029	124,277	136,222
14時	121,123	123,330	135,260
15時	119,188	121,376	133,158
16時	117,003	119,171	130,688
17時	114,307	116,498	127,562
18時	112,191	114,408	124,933
19時	110,816	113,080	123,269
20時	109,897	112,223	122,164
21時	108,600	110,945	120,649
22時	107,637	110,017	119,542
23時	107,453	109,868	119,348

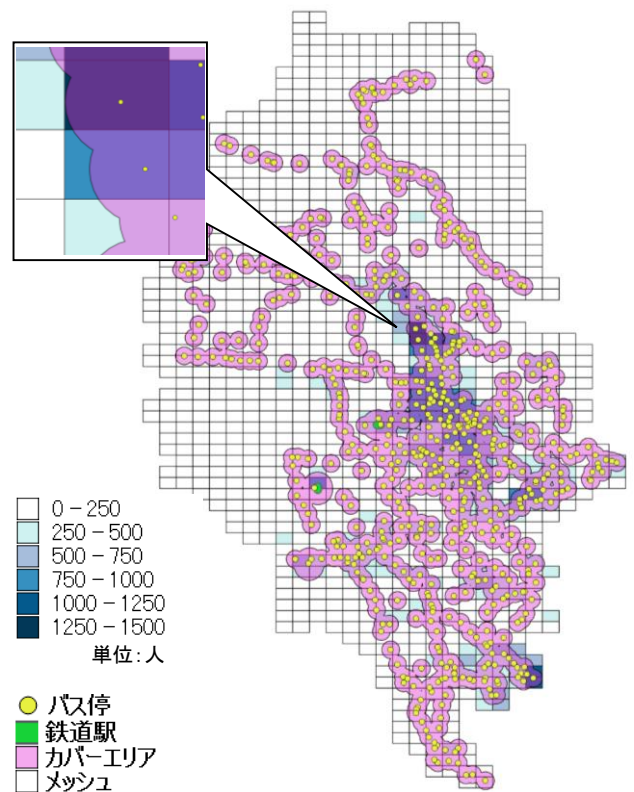


図-3 公共交通カバーエリア内人口(1次)

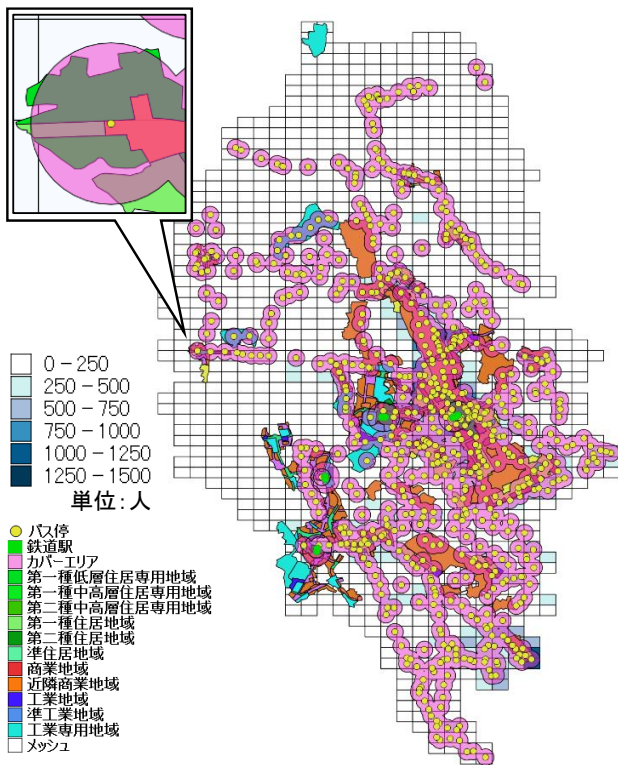


図-4 用途地域を用いた公共交通カバーエリア内人口 (2次) A

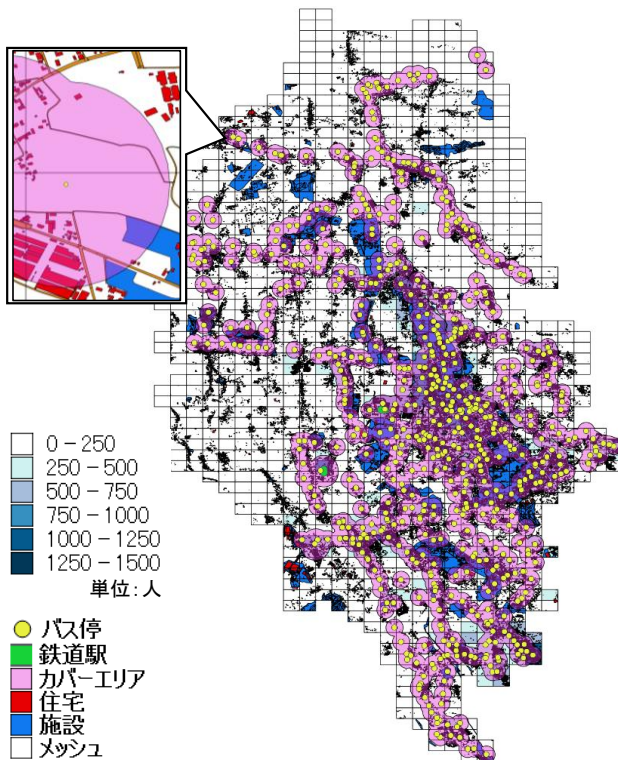


図-5 住宅地図を用いた公共交通カバーエリア内人口 (2次) B

示唆を得た。

(3) 提案した分析手法の考察

本節では、用途地域および住宅地図データを用いた公共交通カバーエリア内人口 (2次) の算出の作業内容を比較検証する。今回、分析に用いた住宅地図データは 500m メッシュデータおよび公共交通施設データと座標形式が異なるため、座標変換する必要があった。そこで、500m メッシュデータおよび公共交通施設データの座標を PostgreSQL および PostGIS を用いて変換した。このような座標変換が伴うと作業負荷が大きくなるが、利用する地図データによっては伴わない場合もあることから、両者の作業負荷には大差がないと考えられる。

今回のケーススタディでは、住宅地図データを用いた算出結果の人口が多い傾向が見られた。また、バス停留所単位では、400 人近くの差も見られたが、真値がなく算出精度を追究するのは難しいことから、各手法の良否の考察は割愛する。

今後は、総合交通戦略における評価指標算出への人口分布統計を含めた動線データおよび住宅地図データの適用可能性を検証することが課題としてあげられる。

5. おわりに

本研究では、公共交通カバーエリア内人口の算出に対して、人口分布統計、用途地域および住宅地図データを活用したケーススタディを実施した。その結果、総合交通戦略や地域公共交通網形成計画における評価指標の算出への有用性を確認できた。

今後の課題として、総合交通戦略や地域公共交通網形成計画における各評価指標の算出への動線データの活用可能性を検証することがあげられる。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、株式会社NTTドコモグループ、国土交通省国土技術政策総合研究所および株式会社ゼンリンより貴重なデータを提供いただいた。つくば市の長島芳行氏、名田雅希氏には、同市の公共交通に関する貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：集約型都市構造の実現に向けて、
<<http://www.mlit.go.jp/common/000128510.pdf>>,
(入手 2016.7.31)
- 2) 国土交通省：立地適正化計画制度、<http://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/compactcity_network.html>、(入手 2016.7.31)
- 3) 国土交通省：都市・地域総合交通戦略のすすめ～総合交通戦略の手引き～、<<http://www.mlit.go.jp/common/001050418.pdf>>、(入手 2016.7.31)

- 4) (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/>，（入手 2016.7.31）
- 5) 森尾淳，牧村和彦，山口高康，池田大造，西野仁，藤岡啓太郎，今井龍一：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調査-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，No.124，pp.882-889，2013.
- 6) 清家剛，三牧浩也，原裕介，森田祥子：基礎自治体におけるモバイル空間統計の活用可能性に関する研究－柏市におけるケーススタディー，日本建築学会技術報告集，Vol.19，No.42，pp.737-742，2013.
- 7) 永田智大，青柳禎矩，川上博：モバイル空間統計の地域活性化への活用，NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル，Vol.20，No.3，pp.34-40，2012.
- 8) 大藪勇輝，寺田雅之，山口高康，岩澤俊弥，萩原淳一郎，小泉大輔：モバイル空間統計の活用可能性に係る研究，NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル，Vol.20，No.3，pp.17-23，2012.
- 9) 鈴木俊博，山下仁，寺田雅之：モバイル空間統計の防災計画分野への活用，NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル，Vol.20，No.3，pp.34-40，2012.
- 10) 室井寿明，磯野文暁，鈴木俊博：モバイル・ビッグデータをを用いた都市間旅客交通への活用に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.51，2015.
- 11) 国土交通省：情報通信技術を活用した公共交通活性化に関する調査，<http://www.mlit.go.jp/report/press/joho01_hh_000022.html>，（入手 2016.7.31）
- 12) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，<<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>，（入手 2016.7.31）
- 13) 国土交通省：公共交通に関するデータ分析の手引き，<[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/chosahokoku/07%20h26_bunsekinotebiki\(soan\).pdf](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/chosahokoku/07%20h26_bunsekinotebiki(soan).pdf)>，（入手 2016.7.31）
- 14) つくば市：つくばモビリティ・交通研究会 活動成果の報告，<<http://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/14215/14284/9593/009571.html>>，（入手 2016.7.31）
- 15) 今井龍一，藤岡啓太郎，新階寛恭，池田大造，永田智大，矢部努，重高浩一，橋本浩良，柴崎亮介，関本義秀：携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計の交通分野への適用に関する研究，第 52 回土木計画学研究発表会・講演集，No.142，pp.1010-1021，2015.

(2016. 7.31 受付)