

携帯電話基地局データを用いた
地区機能の評価に関する研究

Study on Evaluation of District Functions using
Mobile Phone Base Station Data

2019年2月

早稲田大学大学院 創造理工学研究科
建設工学専攻 交通計画研究

渋川 剛史

Takeshi SHIBUKAWA

目次

第 1 章 序論

1-1 研究背景	1
1-1-1 我が国における急速な人口構造の変化	1
1-1-2 都市交通の課題	3
1-1-3 データに基づく政策立案の要請	5
1-1-4 交通関連ビッグデータ等の各種データ開発	5
1-2 研究目的	8
1-3 既存研究の整理	10
1-3-1 携帯電話基地局データに関する研究	10
1-3-2 都市施設や交通サービスがもたらす地区が果たす機能評価に関する研究	11
1-4 研究の位置づけ	14
1-5 研究の構成	16

第 2 章 携帯電話基地局データの概要と検証

2-1 携帯電話基地局データの概要	22
2-1-1 携帯電話基地局データの種類	22
2-1-2 人口分布統計の概要	23
2-1-3 人口流動統計の概要	24
2-2 携帯電話基地局データの検証	26
2-2-1 人口分布統計の検証	26
2-2-2 人口流動統計の検証	32
2-3 検証結果を踏まえたデータ活用上の留意点	41
2-3-1 人口分布統計活用上の留意点	41
2-3-2 人口流動統計活用上の留意点	41
2-3-3 携帯電話基地局データの特性（まとめ）	42

第 3 章 地区機能の概念整理

3-1 地区機能と評価軸	44
3-1-1 地区の概念整理	44
3-1-2 地区機能の評価軸	46
3-2 これまでの地区機能の評価に関するアプローチ	48

3-2-1	これまでの手法とその概要	48
3-2-2	既存指標の課題と携帯電話基地局データへの期待	49
3-3	携帯電話基地局データの示す人口データの捉え方	50
3-3-1	携帯電話基地局データから得られる人口データの整理	50
3-3-2	成果指標としての滞留・移動人口	51
3-4	携帯電話基地局データによる地区機能の評価視点	52
第 4 章 人の移動データによる評価		
4-1	人の移動データによる都市交通需要評価の検討	55
4-1-1	検討概要	55
4-1-2	ケーススタディ都市とデータの概要	55
4-2	手段分担と交通エネルギー消費量の推計手法	57
4-2-1	交通エネルギー消費量	57
4-2-2	人口流動統計データにおける交通手段分担	57
4-3	分担率及び交通エネルギー消費量推計結果	59
4-3-1	分担率の推計結果	59
4-3-2	交通エネルギー消費量の推計	60
4-4	推計値の比較による今回手法の評価	64
4-4-1	誤差率の大きいゾーンの特徴	64
4-4-2	誤差率の小さいゾーンの特徴	66
4-5	人口流動統計を用いた交通エネルギー消費量推計における課題	68
第 5 章 人の滞留データによる評価		
5-1	立地適正化計画への適用を目指した地区機能の評価	70
5-1-1	本節の狙い	70
5-1-2	現在の立地適正化計画評価指標の課題	71
5-1-3	モバイルデータを活用した評価指標の検討	74
5-1-4	指定区域の機能評価に関する結論と課題	80
5-2	地区が果たしている機能の評価	82
5-2-1	本節の狙い	82
5-2-2	昼夜間人口の変化による地区特性の評価方法	82
5-2-3	宇都宮市における地区特性評価	84
5-2-4	昼夜間人口の経年変化にみる地区が果たしている機能の評価	98

第 6 章 総括

6-1 得られた知見.....	100
6-1-1 都市交通施策評価への活用方法の提案.....	100
6-1-2 都市交通や街づくり検討に資する地区機能の評価方法の提案.....	101
6-2 今後の課題	104
研究業績	106
謝辞	109

第 1 章 序論

第 1 章目次

1-1 研究背景

1-2 研究目的

1-3 既存研究の整理

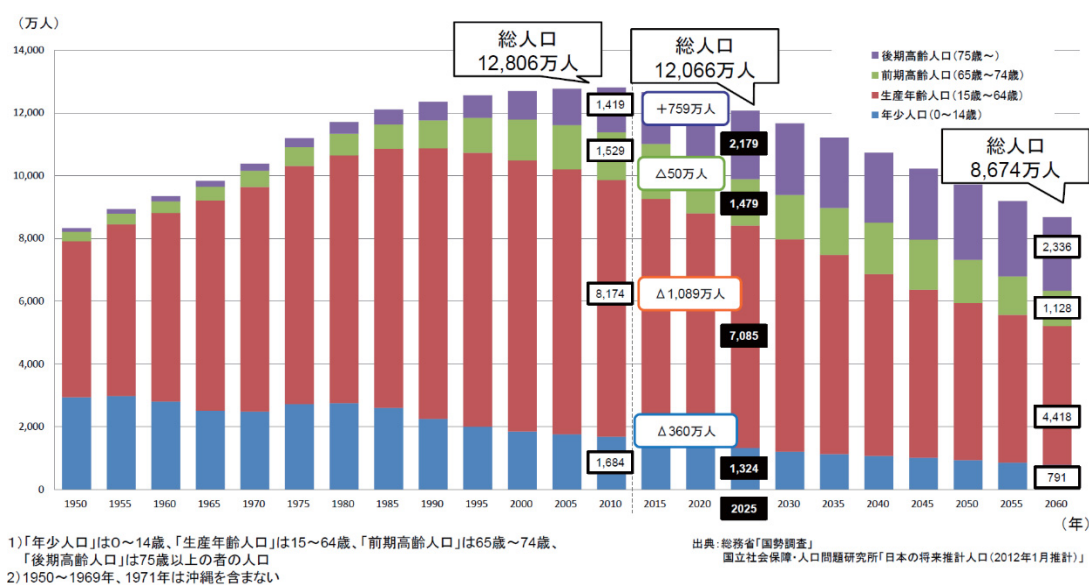
1-4 研究の位置づけ

1-5 研究の構成

1-1 研究背景

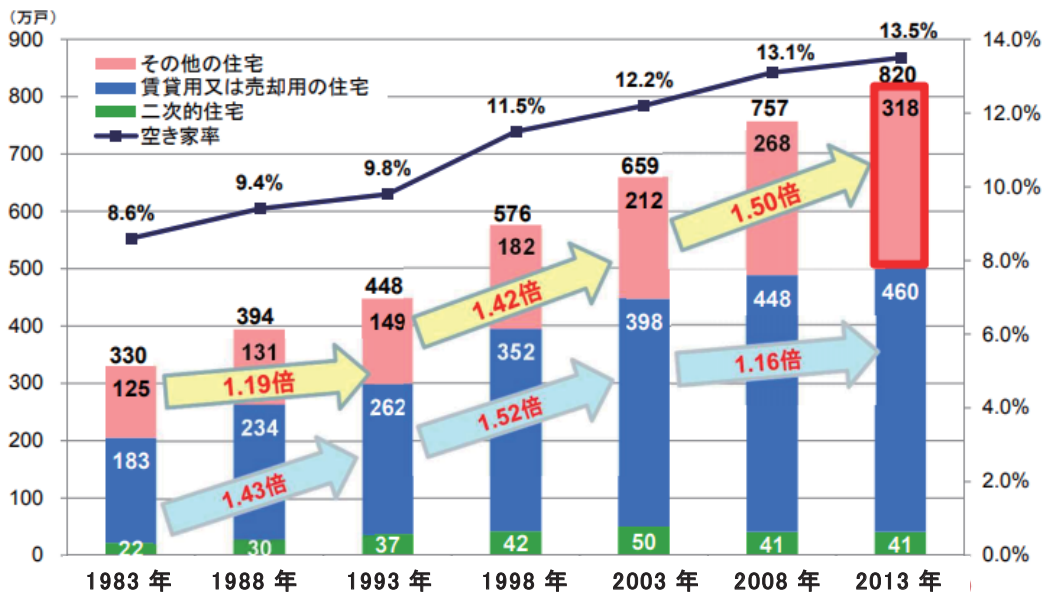
1-1-1 我が国における急速な人口構造の変化

我が国では、人口減少や少子高齢化の問題が指摘されて久しいが、2008年について人口減少が現実のものとなった。人口減少や高齢化の問題は、特に地方部で顕著であり、空き家の急速な増加や肥大化した市街地部に点在する様々なインフラの維持管理など、その対策の実践が急務となってきている。このような現状に対し、持続可能な都市構造へ転換を促進するための方策として、都市再生特別措置法の一部が改正（2014年8月）され、「コンパクトシティ+ネットワーク」を推進するための「立地適正化計画」や「公共交通網形成計画」を各自治体での策定を促進する取り組みが行われている。



出典：国土交通省 HP； <http://www.mlit.go.jp/common/001123470.pdf>

図 1-1 我が国の人口推移



[空き家の種類]

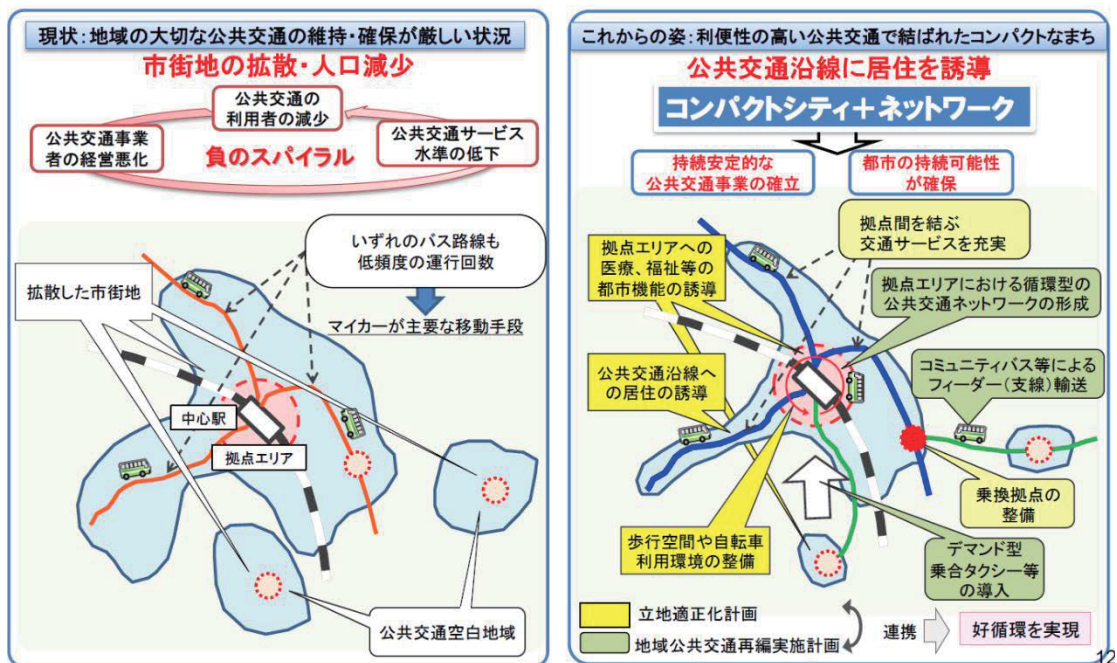
二次的住宅：別荘及びその他（たまに寝泊まりする人がいる住宅）

賃貸用又は売却用の住宅：新築・中古を問わず、賃貸又は売却のために空き家になっている住宅

その他の住宅：上記の他に人が住んでいない住宅で、例えば、転勤・入院などのため居住世帯が長期にわたって不在の住宅や建て替えなどのために取り壊すことになっている住宅など

出典：国土交通省 HP； <http://www.mlit.go.jp/common/001172930.pdf>

図 1-2 我が国の種類別空き家数推移

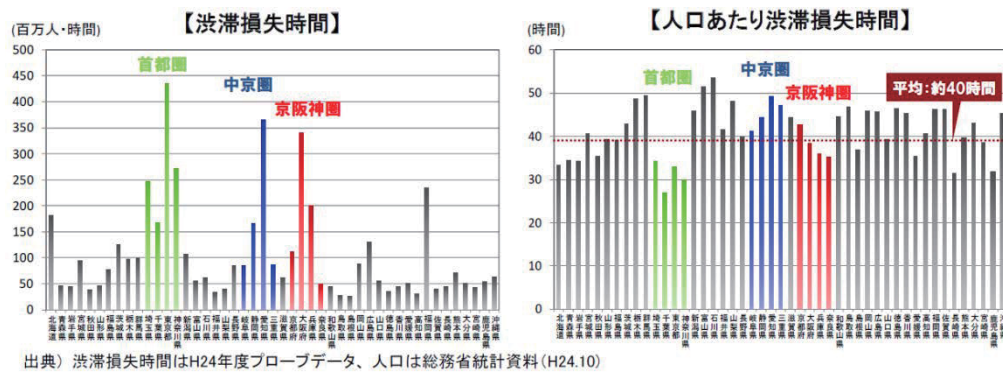


出典：立地適正化計画作成の手引き；国土交通省

図 1-3 これまでの都市とこれから目指す都市の姿

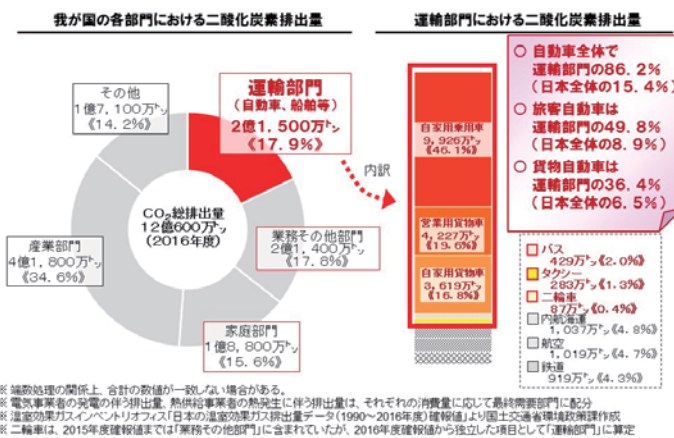
1-1-2 都市交通の課題

一方、現在の都市交通では、拡散した市街地に居住者が分散する傾向が特に地方部で強く、このような地域では公共交通の存続が困難な状況であり、自家用車への依存が高い状況である。近年、都市部を中心に公共交通の分担率が増加する傾向にあるが、三大都市圏でも3割強、地方都市圏では約6割の移動で自家用車が利用される（図1-6）¹⁾ など、自家用車が主要な移動手段となっている。この結果、依然として全国の至るところで渋滞が発生しており、1人当たり年間40時間もの時間を渋滞により損失している²⁾。更に、近年多発する異常気象の原因の一つと言われる、地球温暖化の要因となる温室効果ガス（二酸化炭素）排出量に占める、自家用車の割合は高く³⁾、この抑制も求められている。



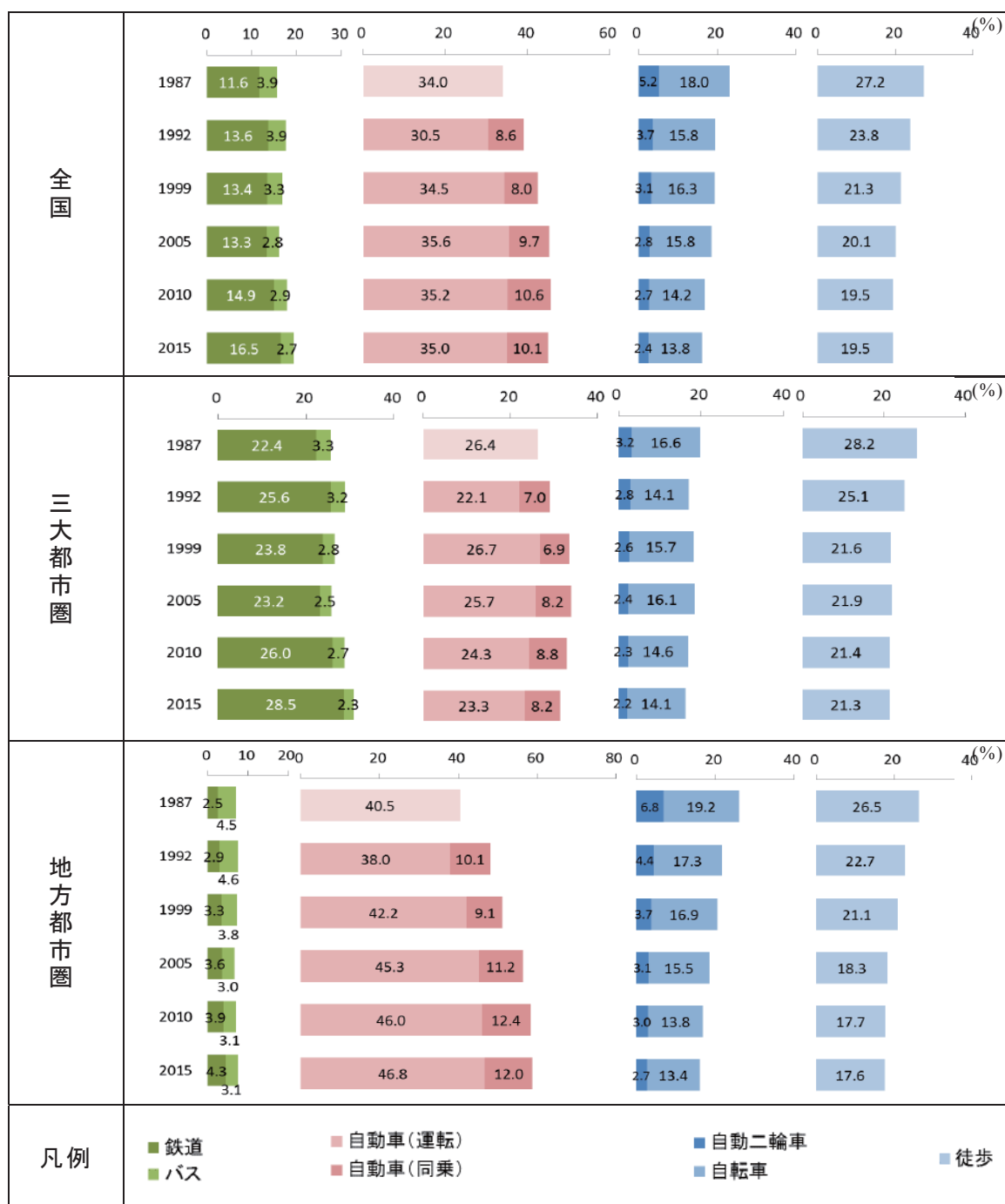
出典：地球環境小委員会約束草案検討WG合同会合資料（国土交通省）より

図1-4 全国の渋滞損失時間²⁾



出典：国土交通省 HP； http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

図1-5 我が国の二酸化炭素排出量の内訳³⁾



※1987年は自動車の運転と同乗の区分がない

出典：都市における人の動きとその変化；国土交通省（2017年）

図 1-6 都市分類別移動の交通手段構成比（平日）¹⁾

1-1-3 データに基づく政策立案の要請

このような状況のもと、早急に効果的な対策の検討・立案を行っていく必要があるが、都市交通に関する施策検討には、様々な交通行動への影響評価が可能なパーソントリップ調査データが必要である。しかしながら、パーソントリップ調査は、大規模な調査を行う必要があり、大都市圏でさえ10年に一度の実施にとどまっている。一方で政府は、証拠に基づく政策立案（EBPM）の推進⁴⁾を求めており、新たな施策検討に向け、既存統計データをはじめとする各種データにより、都市交通の現状問題・課題を把握した上で、必要な施策の立案を行っていく必要がある。

1-1-4 交通関連ビッグデータ等の各種データ開発

前節までに述べた課題がある中で、近年の情報関連技術の発展に伴い、様々な交通関連ビッグデータの開発が進んできている（表1-1）。この中で、携帯電話の基地局データに基づくモバイル空間統計⁵⁾は、全国人口の半数以上の動きを補足できる携帯電話の基地局データに基づくデータであり、パーソントリップ調査データなどと比べても圧倒的なサンプル率でデータが生成されるデータである。取得できる年齢の制限や、移動目的、移動手段が判別できないなどの制約があるものの、このようなデータを活用することで、大規模なパーソントリップ調査を実施せずに、都市交通の現状を把握できる可能性が出てきている。

また、地図情報技術も大きく発達し、施設立地や用途地域などのオープン化が国を中心に進められている他、GISソフトの高度化やオープン化が進み、土地利用と各種データを関連付けた分析が可能になってきている。

本研究では、(株)NTTドコモ社より、携帯電話基地局データである、「モバイル空間統計（人口流動統計及び人口分布統計）」（図1-7）を提供いただき、研究に活用した。本データの概要は、第2章で説明を加える。

表 1-1 交通関連データの種類と概要

		対象者	主な分析項目	位置情報の取得単位	提供・販売される空間解像度	計測時間間隔	移動手段	移動目的	把握できる個人属性
交通関連ビッグデータ	携帯電話基地局データ	各キャリアの携帯電話利用者	OD 滞留人口	基地局単位 (数百m~数km)	500m×500mを最小単位に任意	1時間	一部推定可能	-	性, 年齢, 居住地
	携帯電話 GPS データ	特定のアプリの利用者 (数十万~数百万人)	OD 滞在時間 利用経路	緯度経度単位	緯度経度単位 又は100m×500m 等	数分~	一部推定可能	一部推定可能	性, 年齢が把握可能な場合あり
	Wi-Fiアクセスポイントデータ	各Wi-Fiサービスの利用者	OD 滞在時間 利用経路 国籍 (外国人)	アクセスポイント単位	アクセスポイント単位	数秒~	一部推定可能	-	-
	交通系ICカードデータ	改札等でICカードで読み取ったICカードの利用履歴	駅間OD バス停留OD	駅・バス停	駅・バス停	数秒~	鉄道・バス	-	性, 年齢が把握可能な場合あり
	携帯カーナビのログデータ	携帯カーナビのGPSで測位した緯度経度情報	利用経路	緯度経度単位	リンク	数秒~	自動車	-	-
	民間プローブデータ	カーナビのGPSで測位した緯度経度情報	旅行時間	緯度経度単位	リンク	15分	自動車	-	-
	ETC2.0 データ	カーナビのGPSで測位した緯度経度情報	旅行時間 経路, 拳動	緯度経度単位	リンク	200m	自動車 (大型・小型分類可)	-	-
	トラフィックカウンター	道路等に設置された観測機器で把握された情報	地点交通量, 旅行速度	特定地点	地点	数秒~	自動車 (大型・小型分類可)	-	-
	監視カメラ等の画像検出	監視カメラで撮影した画像やセンサーで計測された情報	特定地点を通過した人全て	特定地点	地点	数秒~	歩行者 (自転車も計測可能な場合あり)	-	-
	PT調査	統計的精度を確保したアンケート調査 (10年に一度程度実施)	都市圏居住者 (2~10%の抽出率)	OD 滞留人口	ゾーン	ゾーン	1分~	○	○

※国土交通省資料を基に一部編集

出典：国土交通省 HP； <http://www.mlit.go.jp/common/0012222930.pdf>



出典：(株) NTT ドコモ；モバイル空間統計ガイドライン，
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/

図 1-7 モバイル空間統計のイメージ⁵⁾

1-2 研究目的

このような背景から、我が国では、人口減少や自動車交通対策をはじめとする、様々な都市交通問題に対し、早急な対策が求められるものの、有効な都市交通や街づくりに関する施策実施に向けた施策評価の有効手法や、分かりやすい評価指標が確立していない。このため、近年、策定が求められている「立地適正化計画」などにおいても、各自治体職員など計画策定者の感覚で決められている施策が多いと言われている他、施策の効果を十分に評価できる指標が整備されていないという問題も指摘されている。

また、都市交通の現状を十分に把握しようとする場合、大規模な予算を必要とするパーソントリップ調査を実施する必要があるが、近年の財政事情から実施可能な都市に限られるなど、現状把握も困難な状況である。

このような中で、携帯電話基地局データにより把握可能な、任意地域間の移動需要（移動人口）や任意地域の任意時間帯における滞留人口（活動人口）は、これまでパーソントリップ調査を実施しなければ把握できない情報の一部であり、上述した都市交通や街づくり施策の評価への活用可能性が十分に考えられる。

そこで、本研究では携帯電話基地局データから得られる情報を基にした、都市交通や街づくり施策の評価や施策展開の参考となる評価指標やその評価方法の検討・確立を目指す。具体的には、以下に示す点を明らかにすることを目的とする。

■都市交通施策評価への活用方法の提案

まず、携帯電話基地局データの都市交通施策による交通手段への影響評価手法について検討を行う。現在でも自動車交通による交通渋滞や、これに伴う環境負荷など都市交通問題は多くの地域で発生しており、これに対し、道路網整備や新たな交通モードの導入などが検討される。自動車交通が固定された評価については、継続的に国が実施する道路交通センサスから得られる OD データにより評価可能であるが、交通サービスの変化は、利用交通手段に影響を与えるため、交通サービスの変化に伴う利用手段の変化も反映できる評価が求められる。

これを踏まえ、移動手段が不明な人口流動統計データを用いた、都市交通施策評価手法を立案する。具体的には、交通サービス条件に基づく利用交通手段割合

を推計し、交通サービスの変化に伴う交通需要評価手法を提案・検証し、PT調査を実施していない自治体等でも簡易に活用できる手法を具体化する。

■都市交通や街づくりの検討に資する地区機能の評価方法の提案

次に、既存の統計データでは把握できなかった、詳細地区における時間帯別滞留人口（人口分布統計）を基に、都市交通や街づくり施策の評価や検討に資するデータ活用手法について検討を行う。当該データは、人の滞留状況のみを把握できるデータであるため、当該データだけでは、都市交通や街づくり施策への反映は困難である。このため、道路や鉄道などの交通施設整備状況や施設立地、土地利用などといった都市交通や街づくりに関する公開データとの組み合わせによる活用手法を検討する。

まず、従業や従学だけでなく、業務や買物、通院や福祉施設等での活動などと言った昼間の活動状況を把握できる日中の滞留人口と公共交通機関によるアクセス性といった交通サービスを活用し、立地適正化計画で指定されている都市機能誘導区域の評価手法について具体的な手法を立案・検証し、実感に合うモニタリング指標の一つを具体化する。

さらに、上述した日中の滞留人口及び、夜間人口の経年変化と都市施設や交通サービスの関係を分析し、施設配置等が日中の活動地に与える影響について分析を行い、新たな立地適正化計画策定時に、都市機能誘導区域や居住誘導区域の指定地域を検討する際に参考となる傾向の把握を行う。

このような分析を通じ、携帯電話基地局データから得られる様々な人口データによる都市交通や街づくり施策の評価や検討への適用可能性を明らかにし、我が国が直面している、大きな人口構造の変化にも柔軟に対応できる街づくりに貢献したい。

1-3 既存研究の整理

本研究を実施するにあたり、関連する分野の既存研究動向を以下に把握・整理した。

1-3-1 携帯電話基地局データに関する研究

(1) 携帯電話基地局データの精度検証

携帯電話網の運用データを基にした人々の滞在状況を表す「人口分布統計」や、流動（OD）を表す「人口流動統計」の実用化に向けた精度検証は多数進められている。

上田ら⁶⁾や寺田⁷⁾は、人口分布統計から得られる夜間人口と国勢調査人口を比較し、十分な精度を確保していることを検証している。また、室井ら⁸⁾は、人口流動統計から得られる居住地別滞留人口から、都市間旅客流動調査との比較を行い、都市間流動との整合性を検証し、一定の精度を確保していることを説明している。更に、森尾ら⁹⁾や吉田ら¹⁰⁾は、人口分布統計から得られる時間帯別滞留人口と東京都市圏パーソントリップ調査から得られる時間帯別滞留人口を比較し、その精度を検証した上で、パーソントリップ調査から得られる目的や利用手段を適用することで、滞留人口の目的や利用手段の推定可能性について触れている。これに加え、矢部ら¹¹⁾は、人口流動統計データが単一の携帯電話会社から得られるデータであるが、国内携帯電話会社の占有率や全国都市交通特性調査結果などとの比較により、当該データから得られる人口統計が、代表性を有していることを説明している。

また、今井ら^{12) -13)}は静岡県中部パーソントリップ調査データと人口流動統計の比較検証を行い、公共交通の潜在需要の発掘やパーソントリップ調査の補完・効率化・高度化についての適用可能性を述べた他、パーソントリップ調査データによる自動車分担率を人口流動統計データに乗じて簡易的に作成したOD表と道路交通センサスOD表を比較し、一定の整合性を確認している。

また、新階ら^{14) -16)}は、人口流動統計とパーソントリップ調査の比較・検証を実施し、その違いを検証し、その原因を人口流動統計の作成過程にあることを指摘し、都市交通分野で活用における課題として指摘した上で、当該データの特性

を踏まえた、活用分野やその範囲などについて提案している。また、人口流動統計に Web 調査を加えることで、大凡の移動目的や移動手段の把握可能性を示している。更に、齋藤ら¹⁷⁾や北川ら¹⁸⁾は、人口流動統計のデータ取得手法を踏まえた、飛行機や新幹線などの広域的な交通手段判定手法について検討を行い、旅客流動調査との比較検証を行い、一定の精度が得られることを説明している。

このように、人口分布統計や人口流動統計については、国勢調査やパーソントリップ調査などと比較検証が多数実施され、その精度が検証されている他、使用上の課題もいくつか指摘されている。

(2) 携帯電話基地局データの都市交通や街づくり分野への適用

街づくりへの活用可能性については、清家ら¹⁹⁾ -²¹⁾により、基礎自治体における街づくりのニーズに対し、当該データと既存の統計データの組み合わせにより、有効な情報を得られる可能性が説明されている。

また、有村ら²²⁾や清家ら²³⁾は、人口分布統計から得られる昼夜間人口と施設や土地利用から説明するモデルの検討を行っている。

その他、鈴木²⁴⁾は、人口分布統計から得られる昼間滞留人口に基づき、日中に災害が発生した時の帰宅困難者数の推計を行っている他、田中ら²⁵⁾は、観光地の施設分類ごとに時間帯別滞留人口の分析を行い、観光地特性の分析を実施するなど、まちづくりや都市交通分野への活用が検討されている。

1-3-2 都市施設や交通サービスがもたらす地区が果たす機能評価に関する研究

(1) 都市構造の評価

都市施設と居住地域の配置、これらを結ぶ交通サービスにより形成される都市構造については、都市構造の評価に関するハンドブック²⁶⁾において、その構造を評価する上での評価視点や評価軸が体系的に整理されている。また、評価指標例が示され、各指標例について都市規模ごとの全国平均値が示されており、策定済みの立地適正化計画の多くで、当該ハンドブックに示される指標例が評価指標として採用されている。

(2) コンパクトシティの評価や現状分析に関する研究

鈴木ら²⁷⁾は、日常生活に必要な財・サービスへのアクセシビリティの観点から評価する手法を提案し、加登ら²⁸⁾は、ウォーカビリティを用いた地域評価手法を提案している。更に、竹腰ら²⁹⁾は、スペースシンタックスによる空間構造との関連から評価方法を提案している。

また、越川ら³⁰⁾は、各都市が採用する評価指標の目標像との乖離度合いの検討が行われ、コンパクトシティを目指しながら、それを表現する指標が採用されていない現状を指摘している。更に、小澤ら³¹⁾は、コンパクトシティを目指す自治体が多い中で、設定されている拠点は交通利便性が低く、小規模都市ほどその傾向が強いことを指摘している。

その他、河内ら³²⁾は、集約型都市構造に向けた公共交通軸の設定状況について、都市機能集積状況と路線バス網の関係を分析し、鉄道などの公共交通軸と路線バス網が重なっており、これに対応した路線バス網の設定手法を提案している。

このように、コンパクトシティの推進は以前から進められているものの、現在までに十分な効果が発現している地域は少なく、更なる推進に向けた、まちづくり施策のより効果的な検討方法や評価指標についての検討・提示が要請されている。

(3) 昼間人口や夜間人口と都市施設や交通サービスとの関係に関する研究

福山ら³³⁾は、地方都市圏における生活拠点施設の近接性と居住人口の関係を示し、地方都市圏の維持施策を検討する目安を示し、竹間ら³⁴⁾は、住宅タイプや災害リスクを用いた立地均衡モデルによる居住誘導に効果のある施策検討を行っている。また、菊池ら³⁵⁾は、地方都市圏においても利便性の高い市街地中心部にマンションなど高密度住居施設が立地することで、再都市化の可能性があることを指摘している他、坂本ら³⁶⁾は、近年注目されているLRTの整備が与える沿線人口への影響を欧州の事例を用いて分析している。

その他、亘ら³⁷⁾は、交通拠点周辺に位置する施設によるトリップへの影響を分析し、拠点集約化がトリップに与える影響を評価している。

このように、いくつかの視点で都市交通施設と居住人口の関係が分析されているが、人口減少時代の中で、都市の活力につながる昼間人口変動との関連について分析されている事例は、把握できるデータの制約もあり見当たらない。

1-4 研究の位置づけ

前節で整理した既往研究と、本研究による携帯電話基地局データの活用による地区の機能評価との関係から本研究の位置づけ（新規性）を以下のとおりと考える。

■携帯電話基地局データに関する研究

携帯電話基地局データの研究については、これまで多数の研究により十分な精度が検証されている一方で、当該データを用いた交通手段への影響といった、都市交通分析の手法やその結果に関する評価が行われておらず、データが持つ誤差や使用上の課題がどのような影響をもたらすが評価されていない。

また、当該データに対する自治体からのニーズがあるものの、都市交通や街づくり施策に対する評価指標が確立されていない。

このため、本研究では、本データを用いた都市交通需要に関する評価手法を提案・実施し、その結果を評価する。

■都市施設や交通サービスがもたらす地区が果たす機能評価に関する研究

都市施設や交通サービスと居住人口や居住地区との関係性を評価する手法やケーススタディなどは実施され、居住地としての機能を評価する事例は見られるものの、入手できるデータの制約から、中心市街地などにおいて活動する人口と都市施設や交通サービスの関係といった中心部の機能を定量的に評価する事例は見られない。特に立地適正化計画においては、都市機能誘導区域を指定し、都市施設を誘導などにより、都市の活性化を促す必要があるが、これを定量的かつ客観的に評価する指標がなく、これを評価する指標の提案は喫緊の課題と考えられる。

このため、本研究では、携帯電話基地局データから得られる日中の滞在人口を活用した都市機能誘導区域に着目した中心部の活力度合いについて評価する指標の検討・提案を目指す他、都市施設や都市交通と昼夜間人口の経年変化に着目した分析を実施し、今後立地適正化計画を策定する自治体が都市機能誘導区域等を設定する際の目安とできる指標を目指す。

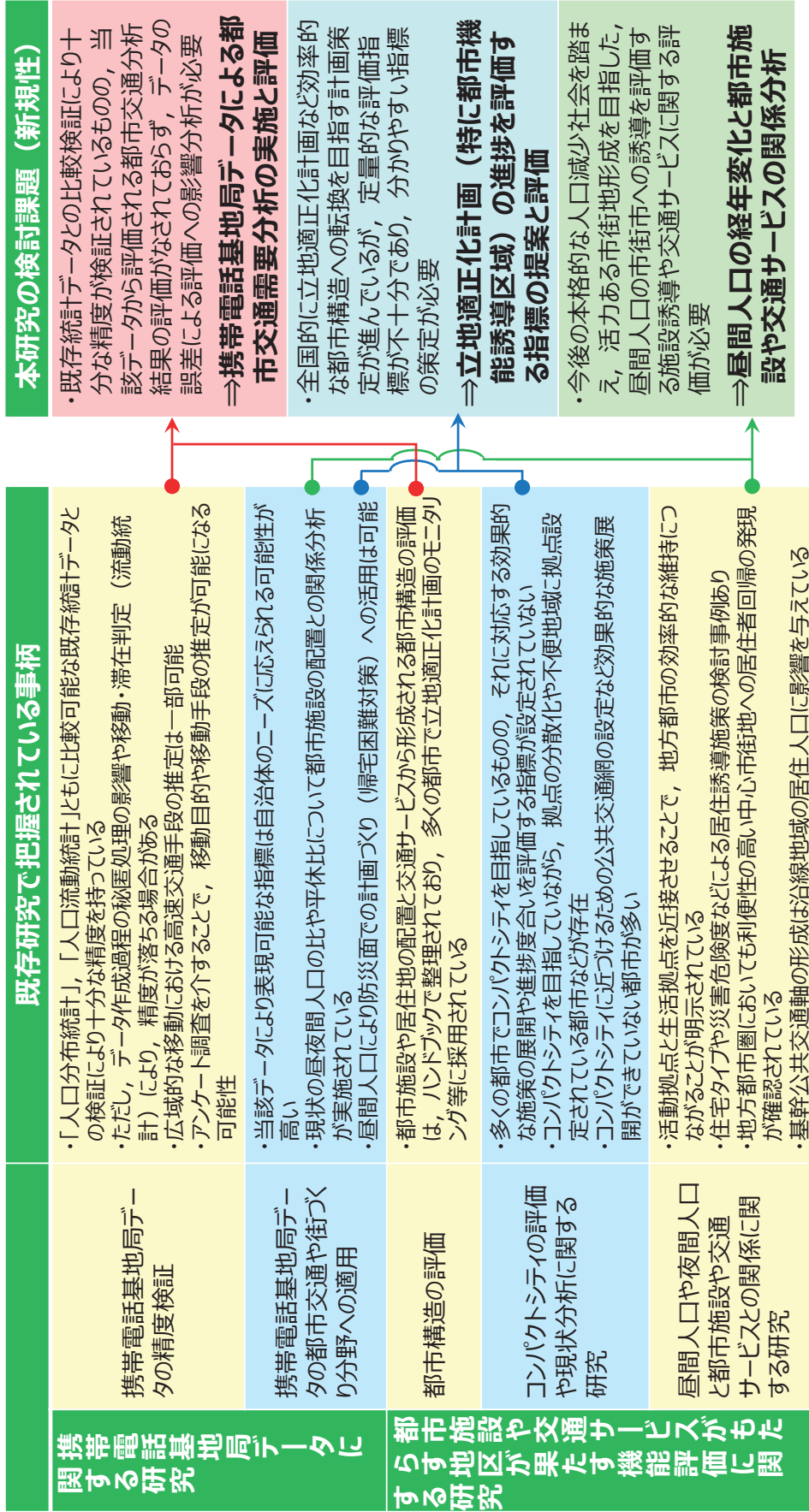


図 1-8 本研究の位置づけ

1-5 研究の構成

本研究の構成を図 1-9 に示す。近年の情報技術の発展により高い精度で人の動きや時間帯別の滞在状況を把握することができる時代となっているが、これまでに当該データを活用した評価やその手法が十分に検討されていない。

そこで、本論分では、携帯電話基地局データとその他既存の統計データ等を活用することにより、様々な都市交通施策の評価や、都市や地区が果たす機能を評価する手法を提示する。具体的には、まず第2章で携帯電話基地局データの作成手法を概説し、その精度を検証する。第3章では、当該データで表現される昼間人口をどのように捉え、この結果から地区や都市がどのような役割を果たしているかを提示し、第4章で人の動きを把握するデータを活用し、交通サービスに対応した都市交通需要評価手法を検討・提示する。更に第5章では、人の滞留を把握するデータにより、都市機能誘導区域など立地適正化計画の進捗を評価する指標の検討・提示を行うほか、当該区域を設定する上で、どのような地区が適しているかの参考となる都市施設や交通サービスと夜間・昼間人口の変化の関係を分析する。第6章では、本研究での知見を整理した上で、携帯電話基地局データの更なる活用を行う上での課題を取りまとめた。

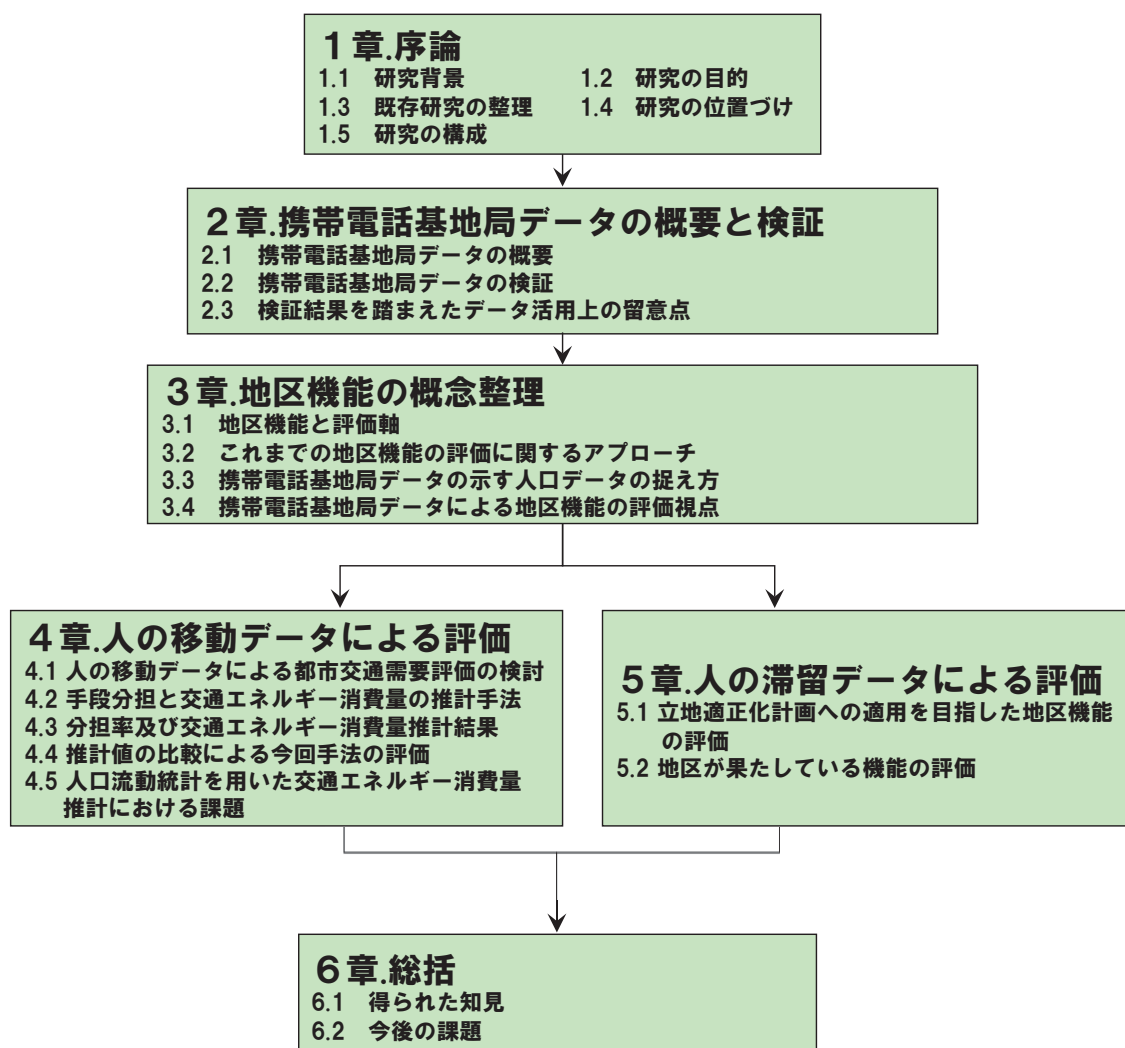


図 1-9 本研究のフロー図

第1章 参考文献

- 1) 国土交通省都市局 都市計画課 都市計画調査室：「都市における人の動きとその変化～平成27年全国都市交通特性調査集計結果より～」，2017
- 2) 国土交通省道路局：「交通流対策について」，2015
- 3) 国土交通省総合政策局環境政策課：「運輸部門における二酸化炭素排出量」，2016
- 4) 内閣官房行政改革推進本部事務局：「EBPMの推進」，2018
- 5) 株式会社 NTT ドコモ：「モバイル空間統計ガイドライン」，<
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/index.html>，（入手2018.9）
- 6) 上田聖，木村正一，坂下信之，榎田直木，小林基成，寺田雅之：「小地域人口統計データの活用とその未来」，応用統計学会2013年度年会，2013
- 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大会論文集，vol.28，pp.63-66，2014
- 8) 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」，土木計画学研究・講演集，vol.51，土木学会，2015
- 9) 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分析ー都市交通分野への適用に向けてー」，土木計画学研究・講演集，vol.52，土木学会，2015
- 10) 吉田純土，森尾淳，中野敦，山口高康，池田大造，今井龍一：「都市交通分野における携帯電話基地局データとパーソントリップ調査の組合せ分析に関する研究」，土木計画学研究・講演集，vol.53，土木学会，2016
- 11) 矢部努，北村清州，渋川剛史，中矢昌希，高野精久，新階寛恭，関谷浩孝，池田大造，柴崎亮介，関本義秀，今井龍一：「携帯電話網の運用データに基づく人口統計の代表性に関する考察～単一事業者のビッグデータから生成された人口統計に代表性はあるのか？～」，土木計画学研究・講演集，vol.55，土木学会，2017
- 12) 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都市交通分野への適用に関する研究」，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.52，No.142，2015
- 13) 今井龍一，池田大造，永田智大，福手亜弥，金田穂高，重高浩一，鳥海大輔，廣川和希：「携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計から算出した自動車 OD 量と道路交通センサスとの比較分析ー道路交通分野へのモバイル空間統計の適用可能性ー」，土木計画学研究・講演集，vol.53，土木学会，2016
- 14) 新階寛恭，今井龍一，池田大造，永田智大，森尾淳，矢部努，重高浩一，橋本浩良，柴崎亮介，関本義秀：「携帯電話網運用データに基づく人口流動統計とパーソントリップ調査手法との比較による活用可能性に関する研究」，土木計画学研究・講演集，vol.53，土木学会，2016
- 15) 新階寛恭，池田大造，小木戸渉，森尾淳，石井良治，今井龍一：「携帯電話網運用データに基づく人口流動統計を用いた都市交通調査手法の拡充可能性の研究」，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.54，No.158，2016
- 16) 新階寛恭，池田大造，永田智大，森尾淳，石井良治，今井龍一：「携帯電話網の運用データに基づく人口流動統計におけるトリップ目的推定手法に関する研究」，vol.55，土木学会，2017
- 17) 齋藤貴賢，北川大喜，今井龍一，池田大造，永田智大，関谷浩孝，新階寛恭，橋本浩良，福手亜弥，矢部努，廣川和希：「携帯電話網の運用データに基づく人口流動統計を用いた交通手段の推計手法に関する一考察」，土木計画学研究発表会・講演集，vol.55，土木学会，2017
- 18) 北川大喜，関谷浩孝，糸氏敏郎，池田大造，永田智大，福手亜弥，新階寛恭，今井龍一：「携帯電話基地局の運用データを用いた新幹線トリップの推計手法に関する一考察」，土木計画学研究発表会・講演集，vol.56，土木学会，2017
- 19) 清家剛，三牧浩也，原裕介，小田原亨，永田智大，寺田雅之：「街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.3，2011
- 20) 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」，日本建築学技術報告書，第19巻，第42号，2013

- 21) 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」, 日本建築学会計画論文集, 第80巻, 第713号, 2015
- 22) 有村幹治, 鎌田周, 浅田拓海:「モバイル空間統計を用いた帯広都市圏メッシュ人口の推計」, 土木計画学研究・講演集, vol51, 土木学会, 2015
- 23) 清家剛, 三牧浩也, 森田祥子:「柏市および横浜市を対象としたモバイル空間統計による地域評価モデルに関する研究」, 日本建築学会技術報告集, 2015
- 24) 鈴木俊博:「モバイル空間統計の帰宅困難者対策」, 日本災害情報学会ニュースレター, no.47, 日本災害情報学会, 2011
- 25) 田中敦士, 岡本直久, 鈴木俊博, 浅野礼子, 白川洋司:「人口分布統計データを活用した観光地の特性把握」, 土木計画学研究・講演集, vol.54, 土木学会, 2016
- 26) 国土交通省都市局都市計画課:「都市構造の評価に関するハンドブック」, 2014
- 27) 鈴木宏幸, 鈴木温:「立地誘導施策評価のための生活必需品に関するアクセシビリティ評価-愛知県瀬戸市を対象として-」, 都市計画論文集, Vol51, No.3, pp.709-714, 2016
- 28) 加登遼, 神吉紀世子:「居住エリアのウォーカービリティに立脚した地域評価に関する指標の開発と検証-北大阪都市計画区域の茨木市におけるスマートシユリンキングに向けて-」, 都市計画論文集, Vol52, No.3, 2017
- 29) 竹腰正隆, 西浦定継, 小林利夫:「都市のコンパクト性指標とスペースシンタクスによる空間構造との関連性に関する研究-人口10万人以上の都市データから見る評価-」, 都市計画論文集, Vol51, No.3, 2016
- 30) 越川知紘, 森本瑛士, 谷口守:「コンパクトシティ政策に対する記述と評価の乖離実態-都市計画マスタープランに着目して-」, 都市計画論文集, Vol52, No.3, 2017
- 31) 小澤悠, 高見淳史, 原田昇:「都市計画マスタープランにみる多核連携型コンパクトシティの計画と現状に関する研究-商業・医療機能の立地と核間公共交通に着目した都市間比較-」, 都市計画論文集, vol52, No.1, 2017
- 32) 河内健, 赤星健太郎, 内田智昭, 坂井猛, 吉武哲信, 大森洋子, 辰巳浩, 谷口守, 出口敦:「集約型の都市づくりの実現に向けた公共交通軸の設定方法に

- 関する研究」, 都市計画論文集, vol51, No.3, 2016
- 33) 福山敬, 桑野将司, 高橋明日美, 大平悠季, 太田はるか:「地方都市生活圏における都市中心および地区内生活関連施設に対する人口分布の変化－鳥取県東部地域を対象に－」, 土木計画学論文集 D3, 2017年 73巻 5号
- 34) 竹間美夏, 佐藤徹治:「立地適正化計画に基づく居住誘導施策検討のための都市内人口分布推計手法の開発－愛知県豊橋市を対象として－」, 都市計画論文集 vol52, No.3, 2017
- 35) 菊池慶之, 李阿敏:「山陰地域における都市空間変動とマンション立地－再都市化現象の出現可能性に関する考察－」, 日本地理学会発表要旨集, 2017年度日本地理学会春季学術大会, 2017
- 36) 坂本壮, 森本章倫, 大門創:「欧州諸国における LRT 導入が人口変動に与える影響に関する一考察」, 都市計画論文集, vol50, No.3, 2015
- 37) 亘陽平, 柳沢吉保, 轟直希, 成沢紀由, 高山純一:「交通拠点の移動勢力圏アクセシビリティ指標に基づく勢力圏内活動量および拠点間の補完性に関する評価分析－長野都市圏の鉄道駅を対象として－」, 交通工学論文集 4(1), A_177-A_186, 2018

第 2 章 携帯電話基地局データの概要と検証

第 2 章目次

2-1 携帯電話基地局データの概要

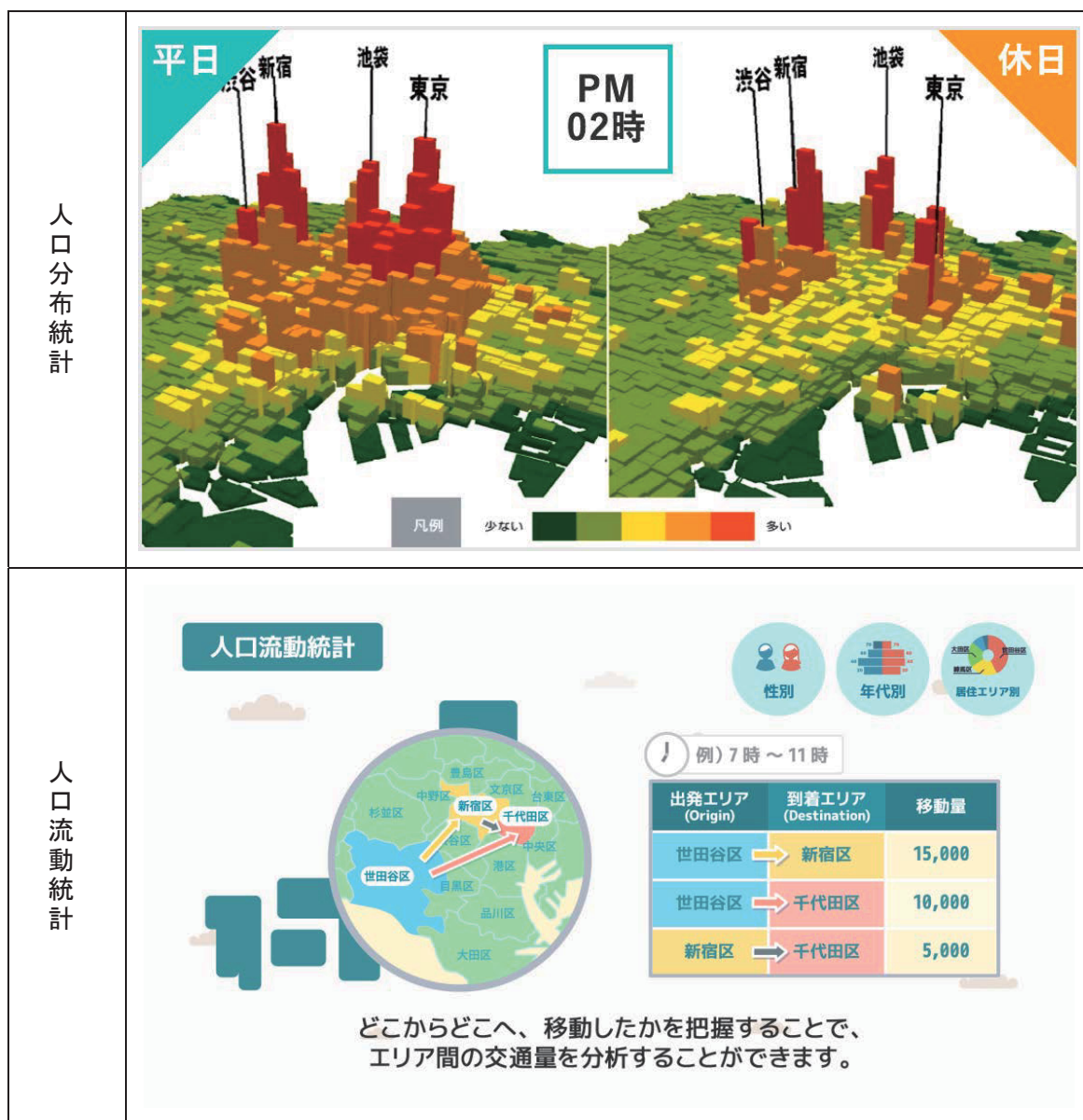
2-2 携帯電話基地局データの検証

2-3 検証結果を踏まえたデータ活用上の留意点

2-1 携帯電話基地局データの概要

2-1-1 携帯電話基地局データの種類

本研究で用いる携帯電話基地局データは、(株)NTTドコモ社が開発、販売している「モバイル空間統計」である。当該データには、任意地区における任意時間帯の滞在人口が把握できる「人口分布統計」と、任意時間帯の任意地区間の人の移動量が把握できる「人口流動統計」の2種類のデータがある。



出典：(株)NTTドコモ HP；https://mobaku.jp/service/jpn_distribution/

図 2-1 モバイル空間統計の概要

2-1-2 人口分布統計の概要

(1) データ概要

人口分布統計は、NTT ドコモの携帯電話網運用データ（全国の利用者約 7,600 万人のうち、法人名義のデータなどを除く）に基づき、滞留判定を行うことで作成される人口の分布を示す統計情報である。

データ作成処理は、個人を識別するデータの削除（非識別化処理）、人口の推計（集計処理）、推計された人口から少人数データの除去（秘匿処理）を経て行われている¹⁾。

このような3段階処理により、時間帯別の滞留人口の推計が可能となる。上述の手順を踏んで生成されるデータの範囲内で、24 時間 365 日のうちの任意の日時や期間指定、任意の地域区分によるデータ作成が可能であることが特徴である。

(2) 推計手法

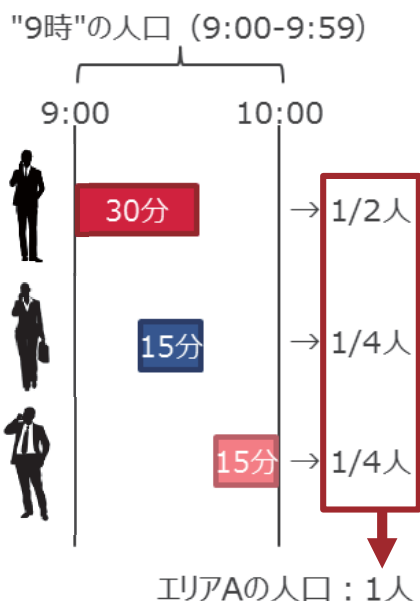
携帯電話網ではいつでも着信できるように、基地局において一定時間（およそ 1 時間）毎又は、携帯電話が所在する基地局エリア（以下、「セル」という）が移動する毎に信号を受信し所在地を把握しており、この仕組みを活用することで時間帯別滞留人口である人口分布を示す統計データが作成される。

しかしながら、必ずしも人々の移動は 1 時間ごとに発生するものではないため、観測される信号から滞留時間を判定することが必要となる。今回用いた人口分布統計は、移動ごとに受信する信号の間隔から各セル内に滞留した時間を算定し、これを 1 時間毎人口に換算している（図 2-2）。なお、移動中の人も経由セル内の基地局に受信された場合、次の基地局で受信されるまで、当該セル内に滞留したものと判断される点に注意が必要である。

各セル内に滞留した 1 時間毎人口への換算後、NTT ドコモの携帯電話台数と住民基本台帳人口との比を拡大係数として、拡大処理が行われる。

なお、拡大係数は地域や時間帯毎に NTT ドコモの普及率や携帯電話の在圏状況、性・年齢等の人口構成が異なるため、居住地別に性・年齢・時間帯ごとに設定される。

例：エリアAの9時の人口



出典：(株) NTT ドコモ；モバイル空間統計ガイドライン，
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/

図 2-2 人口分布統計の1時間毎人口換算イメージ¹⁾

2-1-3 人口流動統計の概要

(1) データ概要

人口流動統計は、NTT ドコモの携帯電話網運用データ（全国の利用者 7,600 万人のうち、法人名義のデータなどを除く）に基づき、移動・滞留判定を行うことで作成される人口の流動（OD）を示す統計情報である（図 2-3）。

データ処理は、個人を識別するデータの削除（非識別化处理）、人口の推計（集計処理）、推計された人口から少人数データの除去（秘匿処理）を経て行われている。

このような3段階処理により、複数時間帯に跨る移動量を示す OD 量と、時間帯別の移動人口・滞留人口の推計が可能となる。定義されたデータ要件の範囲内で、24 時間 365 日のうち任意の日時指定、任意の地域区分によるデータ作成が可能であることが特徴である。

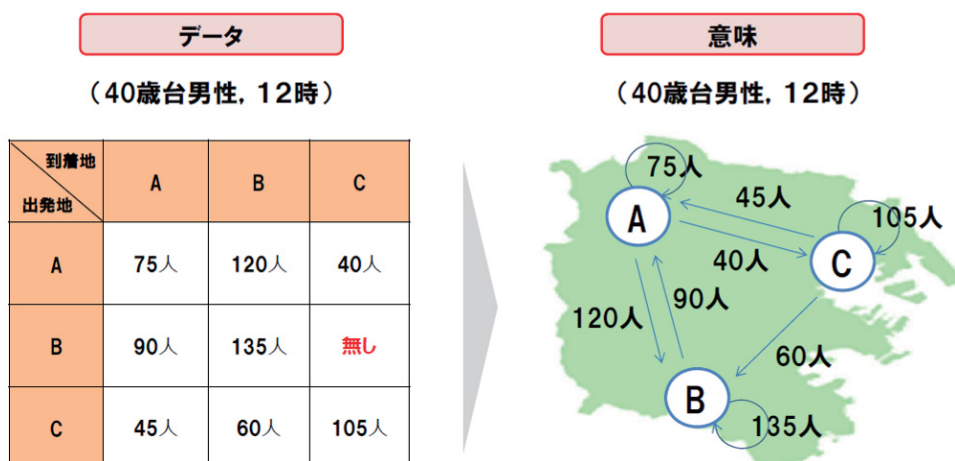


図 2-3 人口流動統計データのイメージ¹⁾

(2) 推計手法

人口流動統計の推計手法は、携帯電話網はいつでも着信できるように、基地局において一定時間（およそ1時間）毎に携帯電話が所在するセルを、信号を受信することで所在地を把握しており、この仕組みを活用することで人口流動統計が作成される。

しかしながら、基地局で観測される信号は必ずしも人々の移動に伴い発生するものではないため、観測される信号から移動を判定することが必要となる。

今回、用いた人口流動統計は、移動・滞留判定基準として、最初に受信した基地局から1km以上離れた基地局で信号を受信した場合を移動と扱い、1kmを超えた移動を行わずに1時間以上滞在した場合に滞留と判定している（図2-4）。

このため、人口流動統計データには1km未満のトリップは必然的に存在しないことになる。また、滞留判定として1時間以上の滞在（2回以上同一セル内で信号を受信）を用いているため、1時間未満の滞在は目的地不明トリップ（内々交通）となる点は分析する際に注意が必要である。

移動・滞留判定処理の後、NTTドコモの携帯電話台数と住民基本台帳人口との比を拡大係数として、拡大処理が行われる。

尚、拡大係数は地域や時間帯毎にNTTドコモの普及率や携帯電話の在圏状況、性・年齢等の人口構成が異なるため、居住地別に属性・時間帯ごとに設定されている。

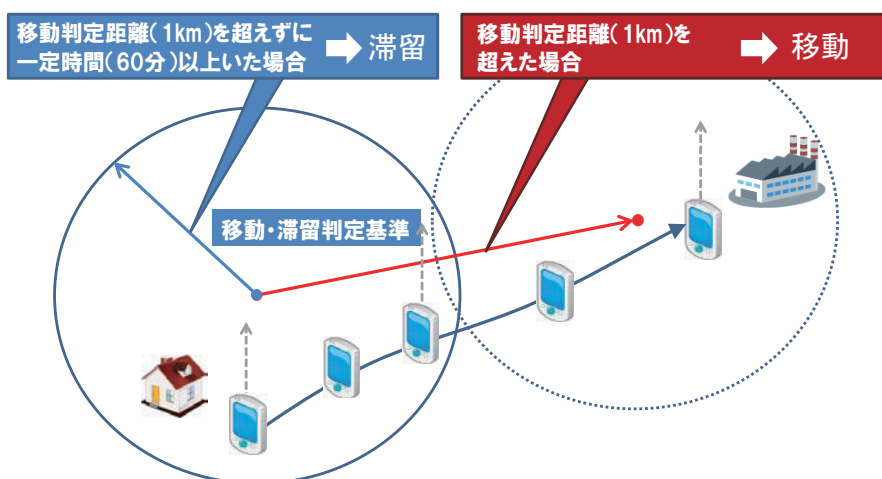


図 2-4 移動・滞留判定のイメージ¹⁾

2-2 携帯電話基地局データの検証

2-2-1 人口分布統計の検証

(1) 夜間人口の比較検証

本研究を実施するにあたり、人口分布統計データの夜間人口について国勢調査による実数値と比較し、精度検証を行った。検証は市区町村単位及び詳細地区単位（500m メッシュ）で行った。市区町村単位は、全国データで比較し、詳細地区単位は、栃木県宇都宮市を対象に比較を行った。

なお、各データの諸元は以下のとおりである。

表 2-1 集計対象データの諸元

データ名	年月	空間解像度	時間帯
国勢調査	H27.10.1現在	・市区町村 ・500mメッシュ	—
モバイルデータ	H27.10 平日平均	・市区町村 ・500mメッシュ	朝方4時台 (夜間人口)

※：国勢調査の年齢層はモバイルデータに合わせ、市区町村単位は15～79歳、メッシュ単位は15～74歳とした

比較検証結果は、図 2-5 及び図 2-6 に示す通り、市区町村単位及び詳細地区単位どちらにおいても、モバイルデータと国勢調査の夜間人口は高い相関を示しているが、市区町村単位に比べ、詳細地区単位で比較すると決定係数の低下がみら

れ、地区を詳細化すると精度の低下がみられた。これは、市町村境や人口僅少地区における秘匿処理の影響や域外居住者の滞在による影響などが原因と考えられるが、詳細地区単位でも決定係数（R2）は0.8を超えており、人口変動の傾向把握には十分活用できると考えられる。

この結果から、モバイルデータを活用することで、任意のエリアにおける任意時間帯の人口を把握することが十分に可能と判断される。

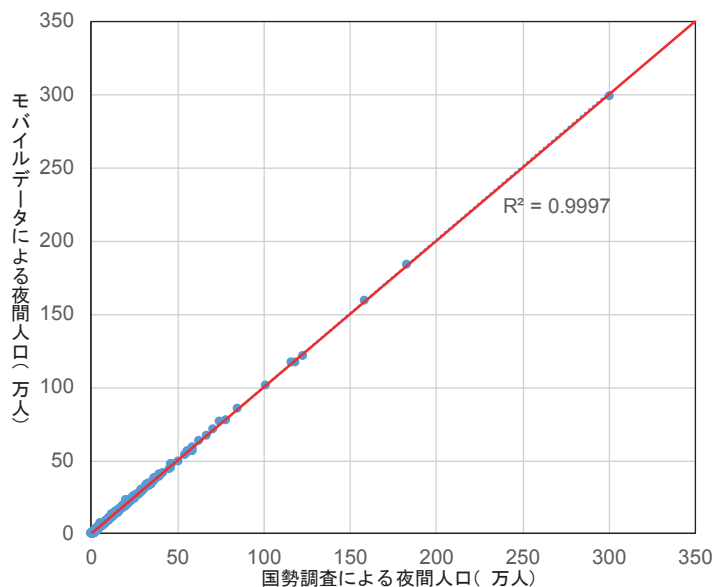


図 2-5 市区町村単位の夜間人口比較

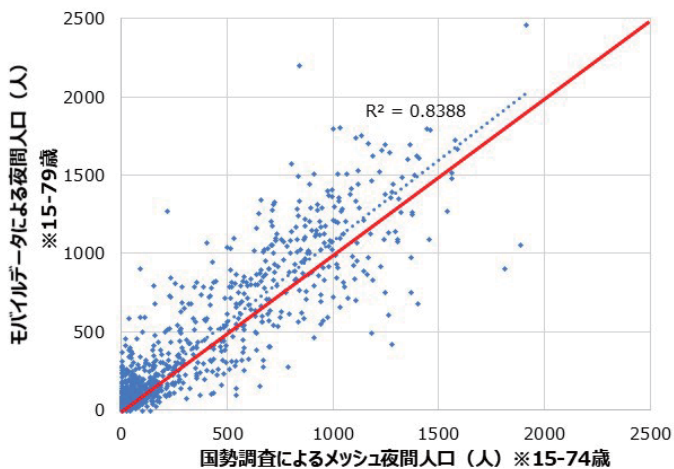


図 2-6 詳細地区単位の夜間人口比較

(2) 昼間人口の比較（任意地区区分による比較）

次に、比較する地区区分を任意の地域とし、更に昼間時間帯の滞留人口（昼間人口）の検証を行う。ただし、任意地区の昼間人口に関する統計データは存在しないため、詳細地区単位で入手可能な従業人口（経済センサス）と比較し、これに対し、どの程度の人口が把握できるかを検証した。

なお、任意地区の検証は宇都宮市の都市機能誘導区域（10地区）²⁾（図2-7）とし、夜間人口⁽¹⁾及び昼間人口⁽²⁾との比較により行った。またこの比較には、時間帯別人口が集計できるデータとして2014年に実施された県央広域都市圏生活行動実態調査（以下、「PT調査」という）による夜間人口及び昼間人口も同様に比較した。

まず、宇都宮市都市機能誘導区域の夜間人口（15歳以上）について、国勢調査と携帯電話基地局データ、PT調査データを比較した結果、両データとも決定係数は高く、地区別人口は高い精度で傾向が表現されている。（図2-8）

ただし、郊外部に位置する夜間人口が5,000人を下回る人口が少ない区域については、PT調査データでは十分な人口が把握できていない。（図2-9）一方で、モバイルデータでは、80歳以上の人口が計測できないため、国勢調査人口より少ない傾向となるが、区域人口の大小にかかわらず概ね整合が取れている。

これは、PT調査データのゾーンが、特に郊外部で狭小な都市機能誘導区域に比べて大きく、十分なサンプルが確保できないことが原因と考えられ、全域を500mメッシュ単位で計測できるモバイルデータの高い精度が確認できた。



図 2-7 宇都宮市の都市機能誘導区域²⁾

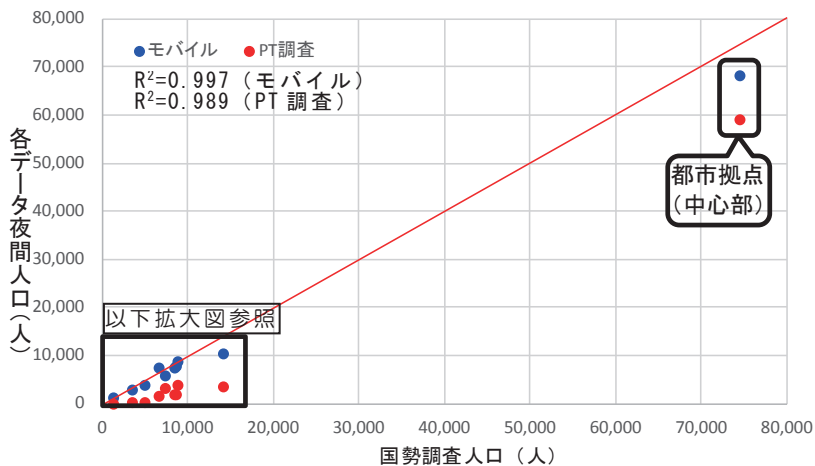


図 2-8 国勢調査人口と各データの夜間人口比較

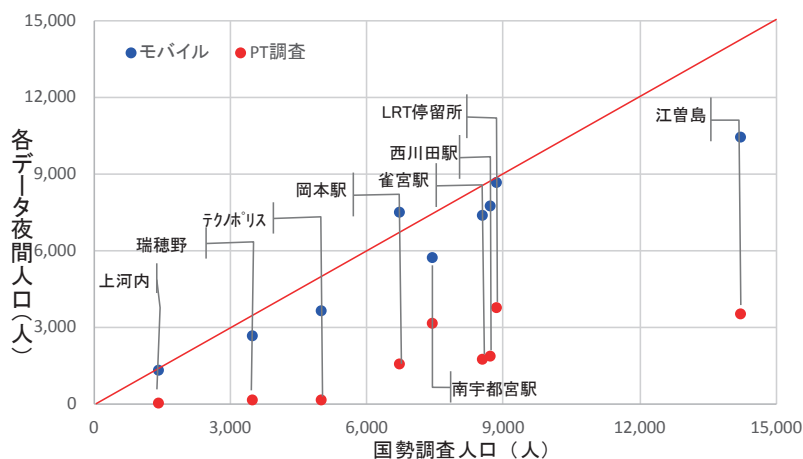


図 2-9 国勢調査人口と各データの夜間人口比較(拡大)

次に、従業員人口と各データによる昼間人口との比較・検証を行った。(図 2-10, 図 2-11)

両データによる昼間人口は、どちらのデータも従業員人口と高い相関がみられた。ただし、モバイルデータの昼間人口は、すべての地区で従業員人口より多く、反対に PT 調査データの昼間人口はすべての地区で従業員人口より少ない結果となった。

この要因として次の点があげられる。PT 調査データについては、夜間人口同様に特に郊外部での空間解像度が荒く、十分なサンプルが確保できない点や、都市圏外居住者が含まれていない点などから従業員人口より少なくなっているものと考えられる。一方でモバイルデータは、従業者だけでなく、業務での来訪者や買い物、通院などの私用目的での滞在者が含まれるため、従業員人口より多く計測されているものと考えられる。

なお、モバイルデータの昼間人口が、従業員人口より特に多く計測されている、「LRT 停留所周辺地域」、「江曾島駅周辺地域」の 2 地区には、大きな商圈を持つ大規模 SC が立地しており、広域からの買い物等の私的な滞在が、一定程度把握できることが確認できた。

上述のとおり、モバイルデータの昼間人口は、PT 調査データに比べ、域外居住者の流入把握や郊外部での空間解像度を高めることが可能である。また、従業員人口に比べ、当該データでは計測されない私的な滞在が含まれることが確認できた。一方で、モバイルデータは利用交通手段や目的の判別はできないものの、PT 調査データと同様に、性別、年齢階層などの属性区分別データの把握が可能である。

これらの特性を踏まえたうえで、立地適正化計画の評価指標として活用することが重要である。

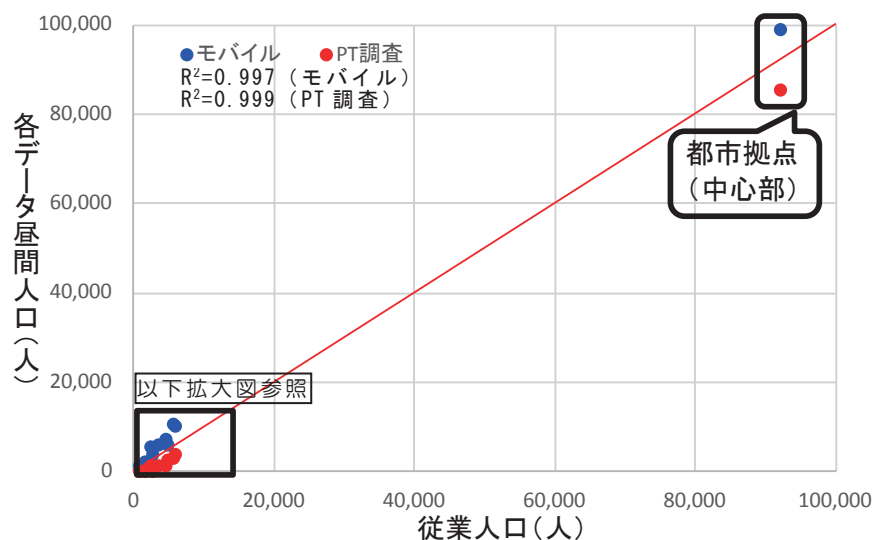


図 2-10 従業員人口と各データの昼間人口比較

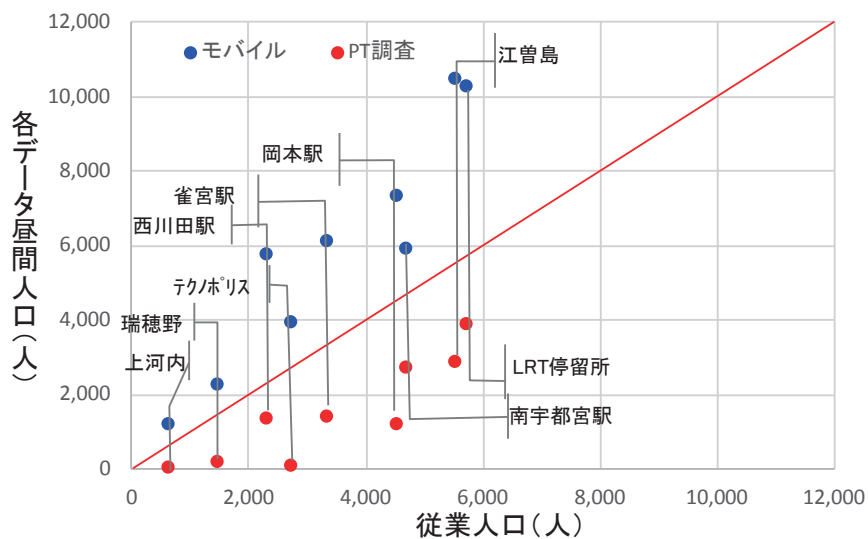


図 2-11 従業員人口と各データの昼間人口比較(拡大)

2-2-2 人口流動統計の検証

(1) 発生集中量の比較

a) 比較を行うための各データの調整

人口流動統計データと PT 調査データの比較を行うため、両データの制約条件に合わせて人口流動統計データ、PT 調査データそれぞれの調整を行い、同一条件となるデータセットを作成した。(表 2-2)

人口流動統計として、1日 OD 量および朝時間帯(6時台~9時台)の OD 量を用いた。

表 2-2 各データの調整内容

データ	項目	調整内容	調整手法
PT	年齢	年齢の整合	15歳未満及び75歳以上のトリップを削除
PT	移動距離	1km未満トリップの削除	小ゾーン内々及び小ゾーン間(直線)1km未満トリップを削除
モバイル	居住地	域外居住者の削除	域外居住者のトリップを削除

※:PTデータはマスターデータから生成したデータ

※:人口流動統計データ(モバイル)は、計画基本ゾーン単位のデータ

(大ゾーン比較はこのデータを集約したもの)

※:人口流動統計データは、15~74歳のデータ

b) 大ゾーン(市町)単位の比較

大ゾーン単位の1日当たり発生集中量を比較した場合、人口流動統計データがPT調査データに比べ2%~79%多い傾向となった。最も発生集中量大きい宇都宮市では約25%(約40万TE)多くなった。(図2-12, 図2-13) 差のばらつきについては、宇都宮市や鹿沼市, 日光市, 下野市, さくら市など比較的人口規模の大きい都市では概ね25%程度人口流動統計が大きい値を示した。一方で人口が4万人を下回る町では、40%~80%程度人口流動統計の値が大きい結果となった。ただし、人口規模は4万人未満であるがサンプル率の高い芳賀町の整合率は高くなっている。(表2-3)

PT調査はアンケートでのトリップ把握のため、すべてのトリップを把握できていない可能性が否定できないことから、携帯電話により取得されるトリップが多くなっているものと想定され、人口規模が小さく、サンプル数が小さくなる自治体ではこの影響により差が大きくなる傾向があると考えられる。

第2章 携帯電話基地局データの概要と検証

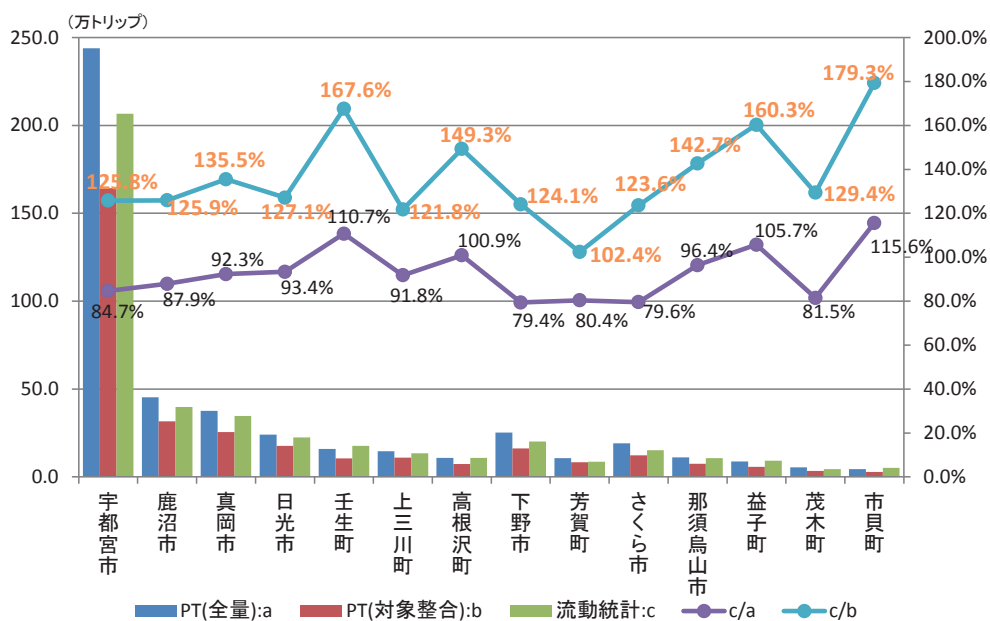


図 2-12 宇都宮都市圏大ゾーン別発生集中量の比較

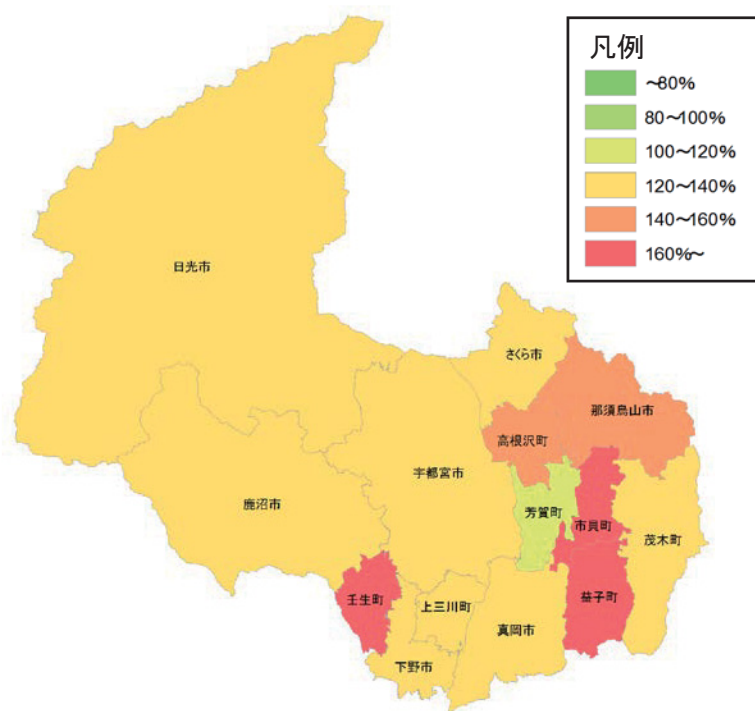


図 2-13 宇都宮都市圏大ゾーン別発生集中量の比較

(人口流動統計/PT 調査)

表 2-3 宇都宮都市圏の人口規模とサンプル率

市町村名	人口	サンプル率	必要 サンプル率	人口流動統計 /PT調査
宇都宮市	518,761	26.3%	9.41%	125.8%
鹿沼市	98,384	11.6%	4.14%	125.9%
真岡市	79,579	10.7%	4.14%	135.5%
日光市	83,446	—	4.14%	127.1%
壬生町	39,944	12.0%	4.14%	167.6%
上三川町	31,055	13.3%	4.14%	121.8%
高根沢町	29,656	13.3%	4.14%	149.3%
下野市	59,444	11.2%	4.14%	124.1%
芳賀町	15,201	28.2%	9.41%	102.4%
さくら市	44,916	5.5%	1.97%	123.6%
那須烏山市	27,012	7.3%	1.97%	142.7%
益子町	23,299	4.9%	1.97%	160.3%
茂木町	13,188	6.9%	1.97%	129.4%
市貝町	11,724	6.0%	1.97%	179.3%

※: 日光市は対象地域が一部のためサンプル率は非表示としている

※: サンプル率は今回集計値

つぎに年齢階層別の比較を行った。年齢階層は、20歳未満（15～19歳）、20～64歳、65歳以上（65歳～74歳）の3区分とした。人口流動統計は、5歳階層区分のデータであるため、3区分に集計した上でPT調査データと比較した。比較結果では、全年齢（15～74歳）に比べて差が大きくなり、特に20歳未満（15～19歳）で差が大きくなった。（図 2-14）

これは、5歳階層ごとの人口流動統計データでは推計対象となる人口が小さくなるため、計画基本ゾーンレベルでは秘匿処理されるODの組合せが多いことが影響していると考えられる。

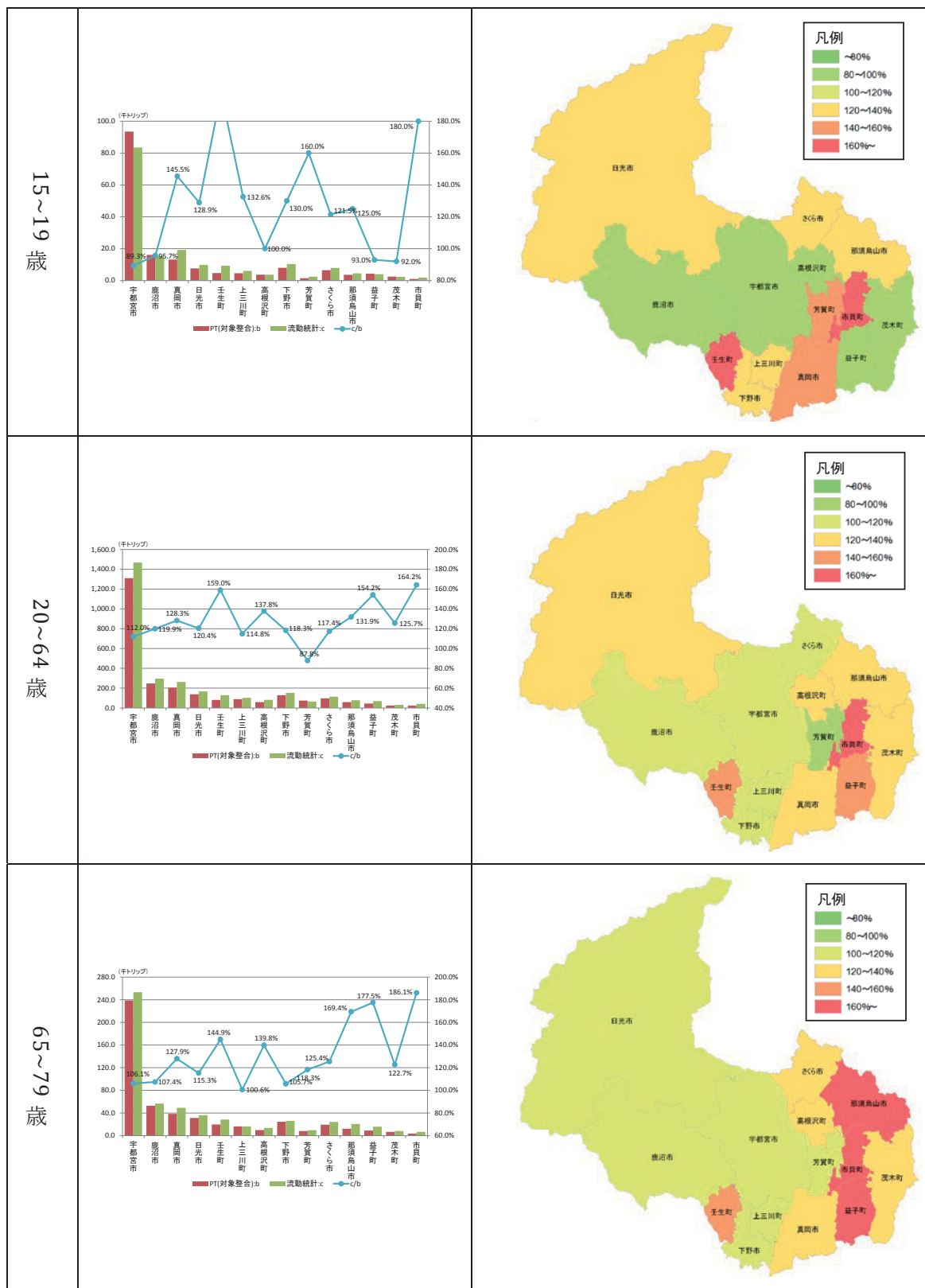


図 2-14 宇都宮都市圏内年齢階層別市町村別発生集中量の比較

c) 計画基本ゾーン単位の比較

計画基本ゾーンごとの発生集中量（年齢・時間区分なし）を人口流動統計データとPT調査データで比較した場合、両データの相関は高く（相関係数：0.935）、整合性は高い。（図2-15）

ただし、各ゾーンの発生集中量は人口流動統計データが多くなる傾向である。（図2-16）

これは、大ゾーン単位での比較と同様の傾向となっており、人口流動統計データは、PT調査データで把握しにくい立ち寄りなどのトリップを捉えていることが要因と考えられる。ただし、短時間滞在である場合は複数トリップがまとめられる可能性があるため、留意が必要である。

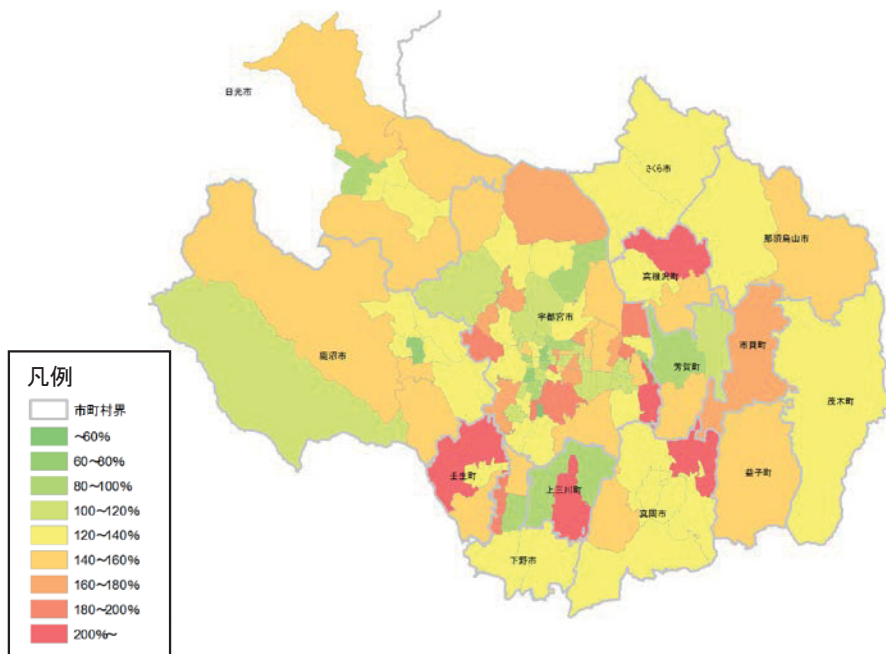


図 2-15 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較
（人口流動統計/PT調査）

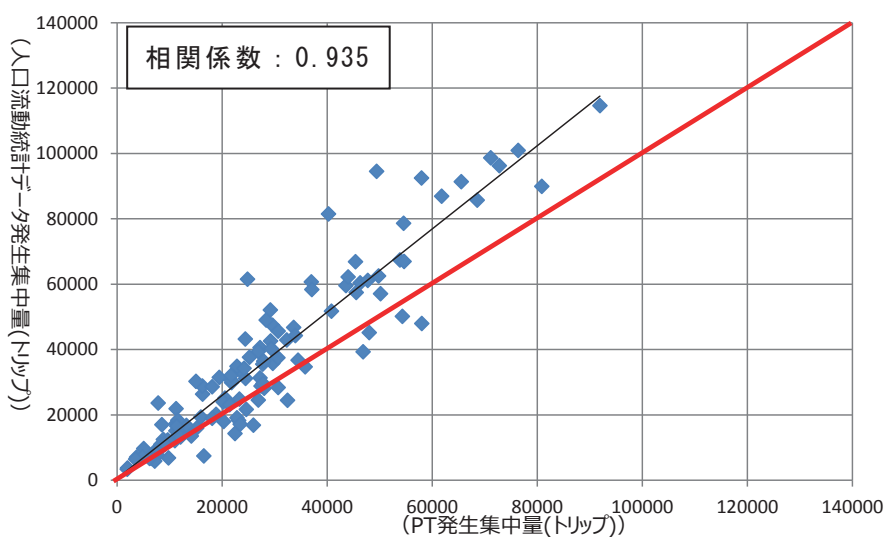


図 2-16 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較（属性なし）

一方、年齢階層（3 区分）で比較した場合には、大ゾーン単位同様に 15～19 歳の階層で相関係数は 0.763 と他の階層に比べ低い結果となり、20～64 歳及び 65～74 歳の発生集中量の比較では、両データの相関は高く、どちらも 0.9 前後の相関係数となっている。（図 2-17（左））

ゾーン別発生集中量の比率では、各年代でゾーン面積が小さい都心部で人口流動統計データの発生集中量が少ない傾向である。これは人口流動統計データでは推計対象外となる 1km 未満の短距離トリップが多い可能性があること、都心部では短時間滞在のトリップが多い可能性があること、5 歳階級抽出を行ったことによる秘匿処理の影響によるものと考えられる。（図 2-17（右））

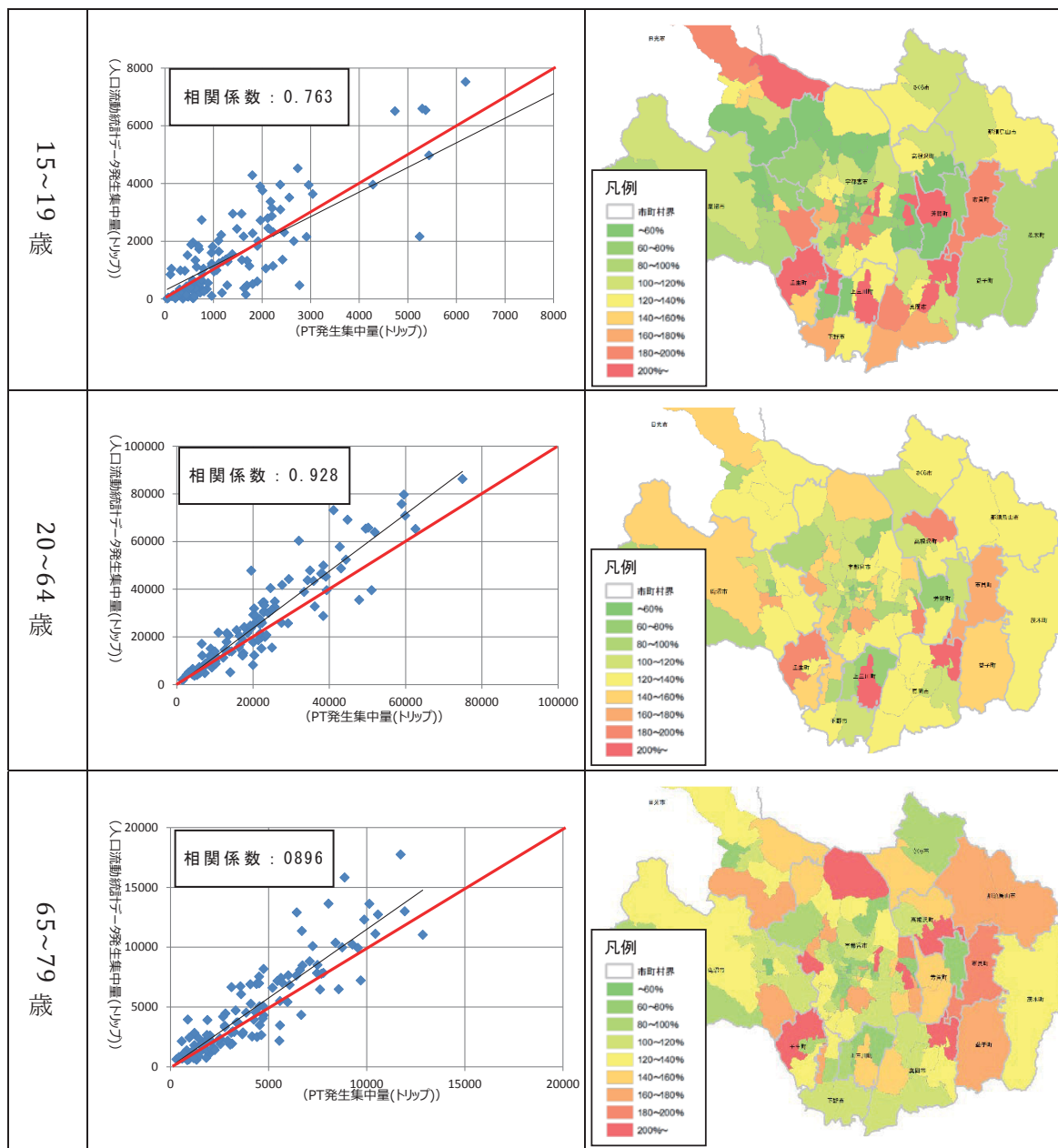


図 2-17 宇都宮都市圏ゾーン別年齢別発生集中量の比較

(3) ゾーン間需要 (OD 量) の比較

PT 調査データにおけるゾーン間トリップのサンプルが多いトリップを対象に OD 量と比較した結果, 両者の相関係数は 0.908 と高い状況であるが, 全体として PT データの OD 量が多い傾向である. (図 2-18)

とくに, トリップ数が少ないゾーン間において PT 調査データと人口流動統計の OD 量の差が大きくなった.

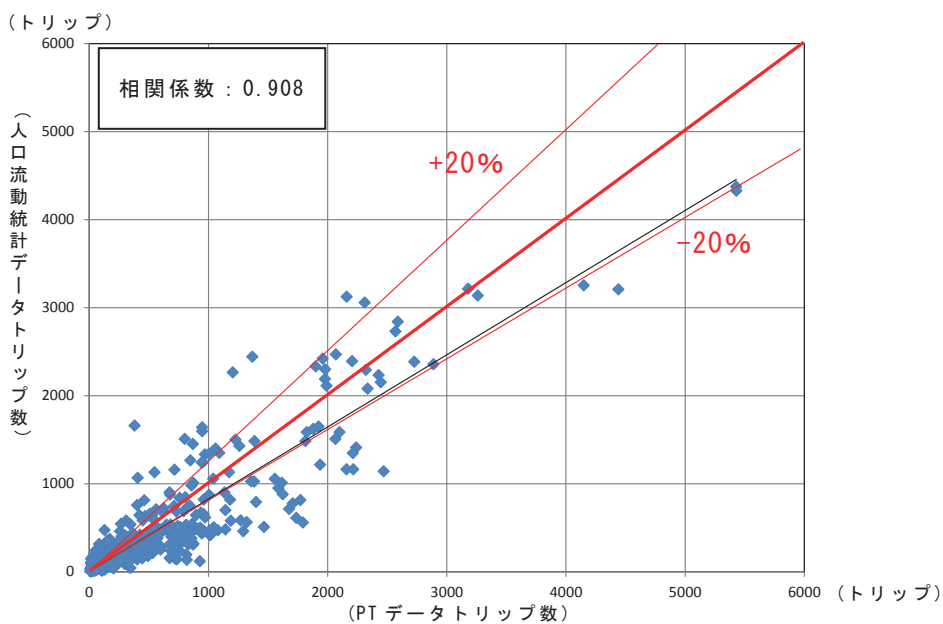


図 2-18 ゾーン間需要の比較

発生トリップ数が大きいゾーンは工業系ゾーンとなっており(図 2-19, 表 2-4), PT 調査では把握できない業務系トリップが人口流動統計データでは十分把握できている可能性が考えられる.

また,集中トリップ数が大きいゾーンは大学が立地するゾーン等となっており, 学生(最もサンプル率の低い年齢層)の行動といった, やはり PT 調査では把握しにくい対象のトリップが人口流動統計で取得できていることに起因しているものと想定される.

一方で,トリップ数が少ないゾーンは,住宅地の隣接ゾーンである.(図 2-19, 表 2-5) これらの人口密集地域では, 買い物目的などによる短時間滞在のトリップ, もしくは短距離トリップが多く発生しており, 人口流動統計の移動・滞留判定処理(1km未満は移動判定しない等)では集計対象外としていることによるものと推察される.

表 2-4 人口流動統計データの OD 量が多いゾーンとその特性

ゾーンNo.	トリップ数が多いペア数		ゾーン特性 (主要立地施設等)
	発	着	
212	4	0	平出工業団地
215	0	3	宇都宮大学
801	0	3	済生会病院、県立宇都宮北高校

表 2-5 人口流動統計データの OD 量が少ないゾーンとその特性

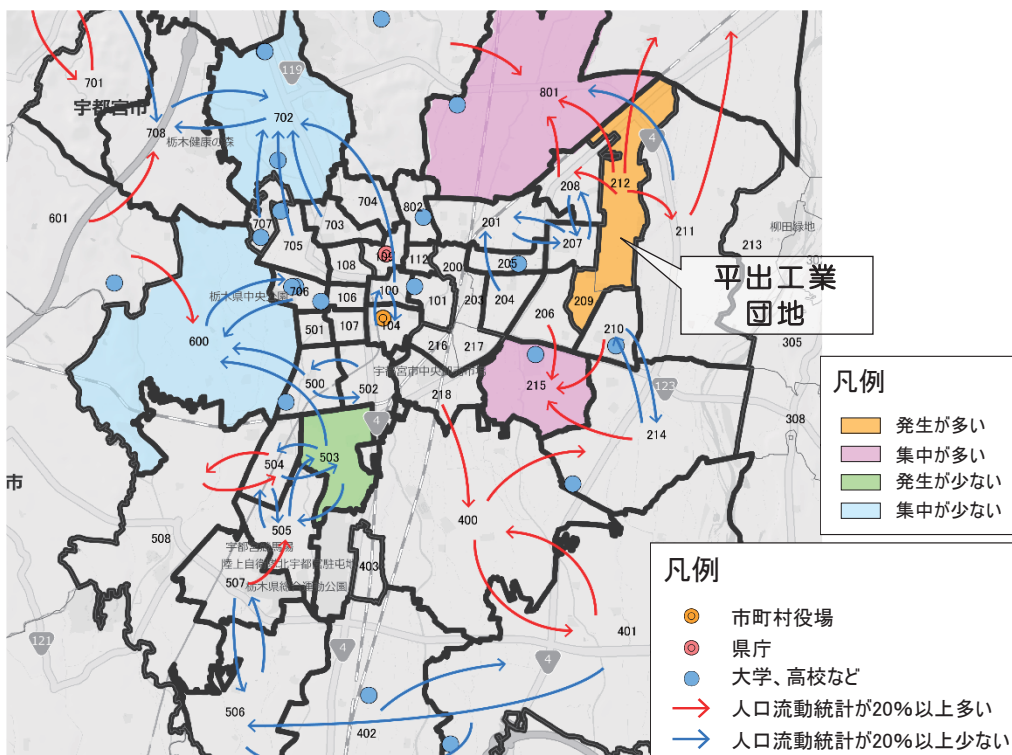


図 2-19 サンプルの多いゾーン間の需要比較

2-3 検証結果を踏まえたデータ活用上の留意点

前節までの検証結果を踏まえ、携帯電話基地局データである「人口分布統計」及び「人口流動統計」を都市交通に関する分析で扱う上での留意点を以下のように考察する。

2-3-1 人口分布統計活用上の留意点

人口分布統計と国勢調査による夜間人口の比較では、自治体単位等の一定のエリアで比較した場合、非常に高い水準で整合することが確認された。一方で比較対象とする地区区分を詳細化するにつれ、一定の誤差が生じてくることも確認できた。

しかしながら、比較可能な最小地区単位である 500m メッシュ単位でも高い相関がみられる点や誤差が多くなる地区は、人口の僅少地区などデータ作成上の避けがたい過程（秘匿処理）に原因が想定される。

一方で、夜間人口でも居住者より滞留人口が多く計測される地区があるほか、昼間人口では、従業人口を上回る滞留人口が計測されており、居住者以外の宿泊者や従業以外で様々な地区に立ち寄る人々（買物や業務、通院等）を把握することが可能と考えられる。

このような点から、人口僅少地区など居住者や立寄りが少ない地区や、データ抽出時に多くの属性条件等を設定することなどにより秘匿処理が生じない範囲のデータを扱うことが留意点として挙げられる。

2-3-2 人口流動統計活用上の留意点

宇都宮都市圏を対象に、人口流動統計データとパーソントリップ調査データの比較を行った結果、非常に高い相関性が確認され、人口流動統計データは、PT 調査で把握される人々の動きを十分にとらえていることが確認された。

しかしながら、人口流動統計データには、データ生成過程における短距離トリップの除外、短時間滞在トリップの到着エリアの捉え方、ゾーニングや属性の細分化により秘匿処理において少人数データが集計対象から除外されるなどの特性があるため、以下に示すこれらの影響に留意した活用が求められる。

- ①短距離トリップ（1km未満）の除外に伴う，ゾーン内々交通への影響
- ②短時間滞在トリップが到着エリアの捉え方に与える影響
- ③ゾーニング，性・年齢，時間区分など属性の細分化による秘匿処理の影響

2-3-3 携帯電話基地局データの特性（まとめ）

ここまで実施した，携帯電話基地局データと関連する既存統計データとの比較・検証の結果から各データの特性（強み・弱み）を下表のとおり整理し，各データの特性整理のまとめとする．

表 2-6 携帯電話基地局データ※と対応する既存データの持つ強み・弱み

	携帯電話基地局データ※	対応既存データ	既存データ名
人口分布統計 (滞留人口)	<ul style="list-style-type: none"> ○居住・従業以外も含んだ任意地区における滞留人口を把握可能 ○24時間365日から任意時間帯のデータ抽出可能 ○500mメッシュ単位を最小に任意のゾーニングが可能 ×15歳～79歳に限定 ×厳密に移動・滞在の判定がされない ×該当サンプルが僅少になると秘匿される 	<ul style="list-style-type: none"> ○全数調査（国勢調査）のため，精度は最も高い ○全年齢のデータが取得可能 ×3～5年毎の調査実施 ×居住人口又は従業人口以外は把握不可 	国勢調査，経済センサス他
人口流動統計 (移動人口)	<ul style="list-style-type: none"> ○全国データあり ○域外居住者の移動も把握可能 ○24時間365日から任意時間帯のデータ抽出可能 ○500mメッシュ単位を最小に任意のゾーニングが可能 ○大量サンプル（約7,500万台（我が国人口の6割強に該当））から作成 ×15歳～79歳に限定 ×移動目的・移動手段は把握不可 ×目的地に短時間しか滞在しないトリップの目的地が把握不可 ×該当サンプルが僅少になると秘匿される 	<ul style="list-style-type: none"> ○移動の目的および移動の手段が把握可能 ○性・年齢だけでなく，世帯構成など詳細な属性が把握可能 ○5歳以上の全人口の移動情報を取得 ○調査設計に基づく精度が担保されたサンプリング ○調査目的に応じて設定されたゾーニング ×域外居住者のデータなし ×特定1日（調査日）の移動データのみ ×調査実施都市は一部地域に限られる他，大都市圏でも10年毎 	PT調査

※（株）NTTドコモが提供するデータの場合

第2章 参考文献

- 1) 株式会社 NTT ドコモ：「モバイル空間統計ガイドライン」， <
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/index.html>，（入手 2018.9）
- 2) 栃木県宇都宮市，宇都宮市立地適正化計画（平成 29 年 3 月策定），
<http://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/shisei/machizukuri/1014948/1009282.html>

補注

- (1) 国勢調査と比較する夜間人口は以下のように設定した。モバイルデータは午前 3 時の滞在人口、PT 調査データは、午前 3 時時点にいた箇所の人口とした。なお、いずれのデータも 15 歳以上の人口とした。また、都市機能誘導区域との対応は、モバイルデータは 500m メッシュと都市機能誘導区域を重ね合わせ、一部でも重なったメッシュを当該区域とした。PT 調査データは基本計画ゾーン（宇都宮市 76 ゾーン）と都市機能誘導区域を重ね合わせ、都市機能誘導区域に含まれるゾーンを当該区域とした。ただし、ゾーンサイズが大幅に異なる場合は、面積比で按分した。
- (2) 各データによる昼間人口は以下のように設定した。従業人口は、経済センサス（H26）データを用いた。モバイルデータ及び PT 調査データは、時間帯別人口分布の状況から午前 9 時台～午後 6 時台の 10 時間平均値を用いた。なお、都市機能誘導区域との対応は、従業人口は 500m メッシュ単位でデータが取得できたことから、モバイルデータによる夜間人口の設定方法と同一の方法を用いた。その他のデータは、夜間人口と同様の設定を行った。

第 3 章 地区機能の概念整理

第 3 章目次

- 3-1 地区機能と評価軸
- 3-2 これまでの地区機能の評価に関するアプローチ
- 3-3 携帯電話基地局データの示す人口データの捉え方
- 3-4 携帯電話基地局データによる地区機能の評価視点

3-1 地区機能と評価軸

3-1-1 地区の概念整理

本研究では、携帯電話基地局データを用いて、都市交通施策が与える地区や様々な地区が集積することで形成される都市への影響、都市交通や街づくりの検討に資する地区機能の評価方法を提案することを目的としている。

そこで、本章では地区の概念を整理し、どのような事柄を定量化できると本研究の目的である地区の評価に近づくのかを整理する。

ここで、地区の意味する事柄を確認すると、地区とは、「一定の区域の土地」（大辞林（三省堂））と記されている。

つまり、地区は土地を表現する1つの単位であり、これらの集合体内、人を集中させる施設（都市施設等）が集積し、その結果として人口が集中する地区の集まりを都市（＝都市の機能を有した地区の集合体）と言えるものと考えられる（図3-1）。

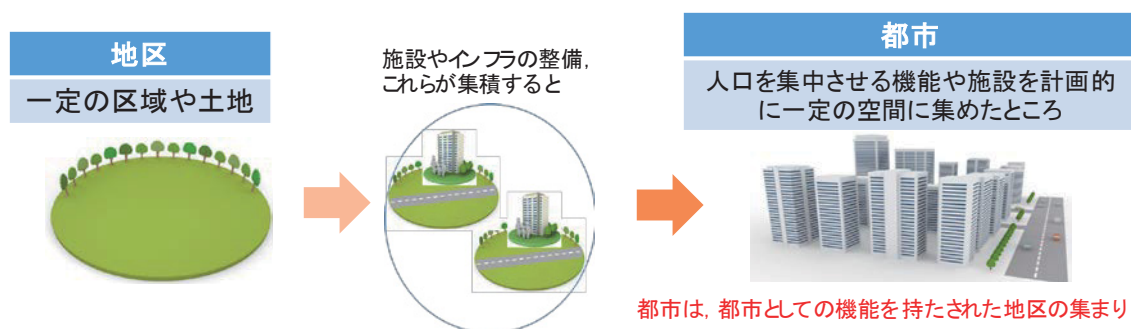


図 3-1 地区の概念

次に、携帯電話基地局データが捉えられる地区は、任意サイズでの表現が可能であり、データ制約上 500m メッシュ単位が最小エリアとなるが、評価の目的に応じた設定が可能である。本研究では、携帯電話基地局データが、都市を形成する様々な機能を発揮する小規模エリアの地区を評価するデータとして適しているものと考え、データの特性に配慮しつつ、評価手法に対応した地区サイズでの評価を行うこととする。

なお、上述した地区の集合体である都市は、政治・行政の中心的な機能を持つ地区の集まりや、経済機能を持つ地区の集まりといった、さまざまな都市機能と

それに関わる多くの人々が居住する地区の集まりにより形成されたものと言え、これらの地区間が様々な交通機関で結ばれて構成されているといえる。

また、交通サービスの高度化は、都市の拡大や居住地と活動地の分離を可能にし、経済・産業などの活力が高いほど、居住地を含む様々な地区間の移動・滞留が盛んになると考えられる。(図3-2)。

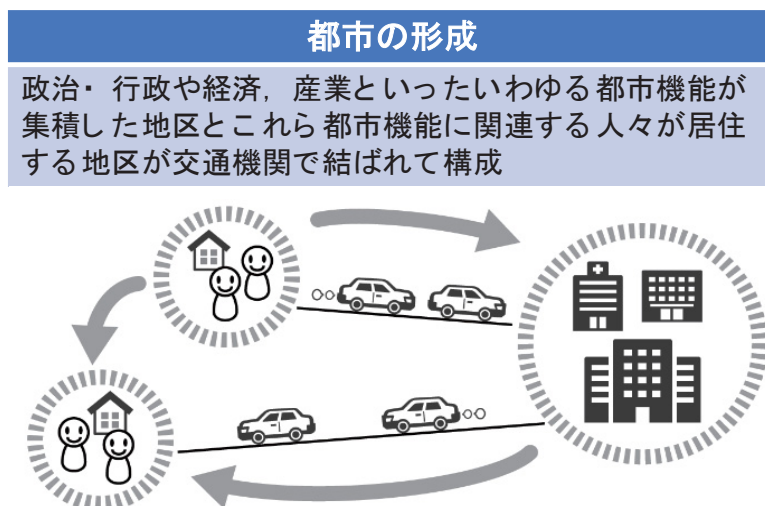


図 3-2 都市の形成

居住地と日中の活動地の分離は、郊外部に配置される工業地帯などのように、計画的に都市施設を配置できる利点がある一方で、郊外部への大型 SC の立地を可能にし、中心市街地における商業の衰退や郊外部の交通渋滞の悪化といった問題を生じさせるように、人々の活動や活動範囲にも大きな影響を与えている。

このように、地区とは、活動地や居住地など、人々が活動する範囲全体を形成するパーツであり、この地区に形成される居住や日中の活動によるコミュニティ及び、地区に立地又は配置される様々な施設により、当該地区は対応する役割(機能)を担うものとなる。

一方で、都市は、都市としての役割(機能)を担う施設が配置され、居住を含む、対応する活動や交流が盛んに行われている地区全体を指すと言える。

ここまでの論を踏まえ、本研究における地区機能を以下のように捉えるものとする。

- ・地区機能とは、地区に形成されたコミュニティや配置される様々な施設、付与される土地利用により発揮されるもの。
- ・居住地と日中の活動地の間では、地区の持つ機能に応じて、活動（移動や滞在）が生じる。
- ・この活動の結果（経年変化）として、都市施設やコミュニティなどの更なる集積や縮退が生じるものとする。
- ・なお、地区は自治体単位や詳細（町丁目やメッシュ等）単位など、比較対象や用いるデータ等により、任意に設定できるものとする。

3-1-2 地区機能の評価軸

先に示したように、各地区には、持たされている機能（役割）があり、この結果、それぞれの地区の特性が発揮され、これらが面的に広がることで、一つの自治体をはじめとする都市が機能していると考えられる。

つまり、地区ごとにそれぞれの機能を担いながら、お互いが補完しあうことで、一つの自治体などが形成され、それぞれの位置関係や交通サービスなどにより現在のパフォーマンスが発揮されているものと言える。

しかしながら、これまでの我が国では、人口や経済などすべての面で成長過程にあり、趨勢に乗った都市運営でも大きな問題は生じていなかったが、すでに始まっている人口減少社会を見据え、都市内に分散した地区を再配置する必要性が生じている。

この再配置を目指したものが、「立地適正化計画」であり、効果的で周辺に負の影響を極力及ぼさない再配置を実施するためには、各地区がどのような機能をどのような条件の下で発揮し、一つの都市を構成しているのかを見据えたうえで新たな都市のあり方を検討していくことが重要と考えられる。

このため、「コンパクトシティ+ネットワーク」の中心となる、「中心市街」の機能を果たす地区を明確にし、その他の機能を果たす地区を位置づけることが必要と考えられ、各地区が果たしている機能を評価・分類することが必要である。

この地区が果たす役割を評価する視点としては、表 3-1 に示す2つの視点があげられ、これらを定量的に把握・分析出来れば、各地区が現在果たしている機能

を評価することが可能と考えられ、この指標に基づく将来のまちづくりにも活用できるものと考えられる。

表 3-1 地区が果たす機能の評価視点

評価視点	対応する評価項目
<p>■ 視点 1（現状評価） 機能が発揮されるための条件</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地利用 ・ 交通サービス ・ 施設配置（行政） ・ 夜間人口（コミュニティ（基準）） 等
<p>■ 視点 2（経年変化） 機能が発揮された結果生じている事象</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 昼夜間人口（時間変化，経年変化） ・ 地価 ・ 施設立地（民間） ・ 経済規模（商業売り上げ等） 等

3-2 これまでの地区機能の評価に関するアプローチ

3-2-1 これまでの手法とその概要

既存研究における地区機能の評価について、本研究の目指す各地区の果たす機能の評価に近く、広く利用されているものとして、国土交通省都市局が作成、公表している「都市構造の評価に関するハンドブック」¹⁾があげられる。

上記のハンドブックでは、「立地適正化計画等において都市機能や居住を誘導する区域を設定・検討している都市向けの指標例」として、いくつかの指標が例示されており、本研究を進めるうえでも非常に参考となる資料である。

当該ハンドブックに示される指標例の内、本研究が目指している地区などの機能の評価する指標としては、以下のようなものがあげられている。(表 3-2)

表 3-2 都市機能や居住を誘導する区域を検討している都市向けの指標例¹⁾

評価分野	評価軸	主な評価指標の例
① 生活利便性	適切な居住機能の誘導 ー都市機能誘導区域など生活利便性の高い区域及びその周辺に居住が誘導され、徒歩圏で必要な生活機能等を享受できること	✓居住を誘導する区域における人口密度 ✓日常生活サービス機能等を徒歩圏で享受できる人口の総人口に占める比率(医療、福祉、商業及び公共交通)
	都市機能の適正配置 ー都市機能が生活の拠点など適切な区域に立地、集積していること	✓日常生活サービス施設の徒歩圏における平均人口密度
	公共交通サービス水準の向上 ー公共交通のサービス水準が高まり利用率が向上していること	✓公共交通の機関分担率 ✓公共交通沿線地域の人口密度
④ 地域経済	ビジネス環境の向上とサービス産業の活性化 ー都市機能誘導区域における民間人口等の集積が高まり、医療、福祉、商業等のサービス産業が活性化すること	✓従業者一人当たりの第三次産業売上高 ✓従業人口密度
	健全な不動産市場の形成 ー地価や賃料水準が維持、向上し、空き家など未利用不動産の発生が抑制されること	✓平均住宅地価

先に示された指標では、前節に示した地区機能の評価視点の内、視点2に当たる指標となっており、生活利便性に関する指標では、夜間人口を基本に都市サービスへのアクセス性や公共交通サービスを評価する指標があげられている。しかしこのうち、都市機能の適正配置に対応する指標でも居住人口を基本とした指標となっている。一方、地域経済に関する指標では、地価や経済規模、従業人口などがあげられており、都市活動の活発度合いを評価できるものと考えられるが、経済指標が中心となっており、中心市街地などの都市機能が集積した地域を対象とした指標になっているものと考えられる。

これらの指標は、地方自治体などが容易に把握可能な統計データ等から集計できることを前提に検討されているものであり、一定の限界があるものと考えられる。

3-2-2 既存指標の課題と携帯電話基地局データへの期待

先に示した通り，人口減少社会に向けた都市構造の転換は，早急に進める必要があるが，様々な課題を抱えるまちづくりにおいて，その転換を早急に進めることは困難であり，先に示した指標にもあるように，現状を把握することも困難な状況である．

特に，現在の指標は，統計データの制約から市町村単位の情報が多く，自治体内の詳細な地区単位での評価・分析が困難であり，この克服が大きな課題と考えられる．

これに対し，本研究で活用を検討する携帯電話基地局データは，日々の情報を詳細な地区単位で把握できる情報である他，時間帯別の人の活動が把握できるため，経済規模の小さい郊外の拠点などについても，その活動状況が把握できるものと考えられる．

これを踏まえ，次節に携帯電話基地局データで把握可能な情報を整理し，本研究の目的を果たすための当該データの活用視点・アプローチを示す．

3-3 携帯電話基地局データの示す人口データの捉え方

3-3-1 携帯電話基地局データから得られる人口データの整理

携帯電話基地局データから得られる各種の人口データは、24時間365日の任意の日時に現れた現象であり、各地の自治体や企業が実施している施策や企業活動の結果として現れたものと捉えられる。

一方で、携帯電話基地局データには、「滞留人口」と「移動人口」という2種類のデータが得られ、これらのデータから、表3-3に示すような情報把握の可能性が考えられるが、この情報のままでは、情報として不十分である。

しかし、これらのデータには、「時間帯」や「性・年齢」、「居住地」といった区分に分離できることから、これらの情報と組み合わせることで、表3-4のような情報を得られる可能性が高まるものと考えられる。

なお、昼間時間帯の滞留人口である昼間人口は、勤務先をはじめとする買い物や通勤といった活動を行う目的地に集まる滞留人口であることから、活動地を把握できる情報と捉えられる。

表 3-3 携帯電話基地局データから把握可能な人口データ

データ項目	把握可能な内容
滞留人口	居住者、従業・従学・業務・買物・通院等の活動者数
移動人口	地域間の移動量、結びつきの強さ

表 3-4 時間帯等の付加情報と組み合わせることで把握可能な情報

付加情報	データ項目	把握可能な主な情報
時間帯	滞留人口	夜間人口（居住地）と昼間人口（活動地）
	移動人口	混雑時と非混雑時
性・年齢	滞留人口	属性ごとの特性
	移動人口	
居住地	滞留人口	域外からの流入状況（活動地としての魅力）
	移動人口	域外者の移動量

3-3-2 成果指標としての滞留・移動人口

先に示したように、携帯電話基地局データから得られる滞留人口や移動人口は、それぞれの持つ付加情報と掛け合わせることで、様々な情報を得られる可能性があると考えられる。また、これらの情報である居住地の人口（夜間人口）や活動地の人口（昼間人口）更には、各地域間の移動量は、様々な施策の成果として表現できるアウトカム指標として活用可能である。

上述の点から、各人口情報を異なる都市交通施策が行われている地区間で比較することや様々な都市交通施策の実施前後を比較することで、これらの都市や地区、更には実施施策の評価に活用できる重要な情報と捉えることができると考えられる。（図 3-3）

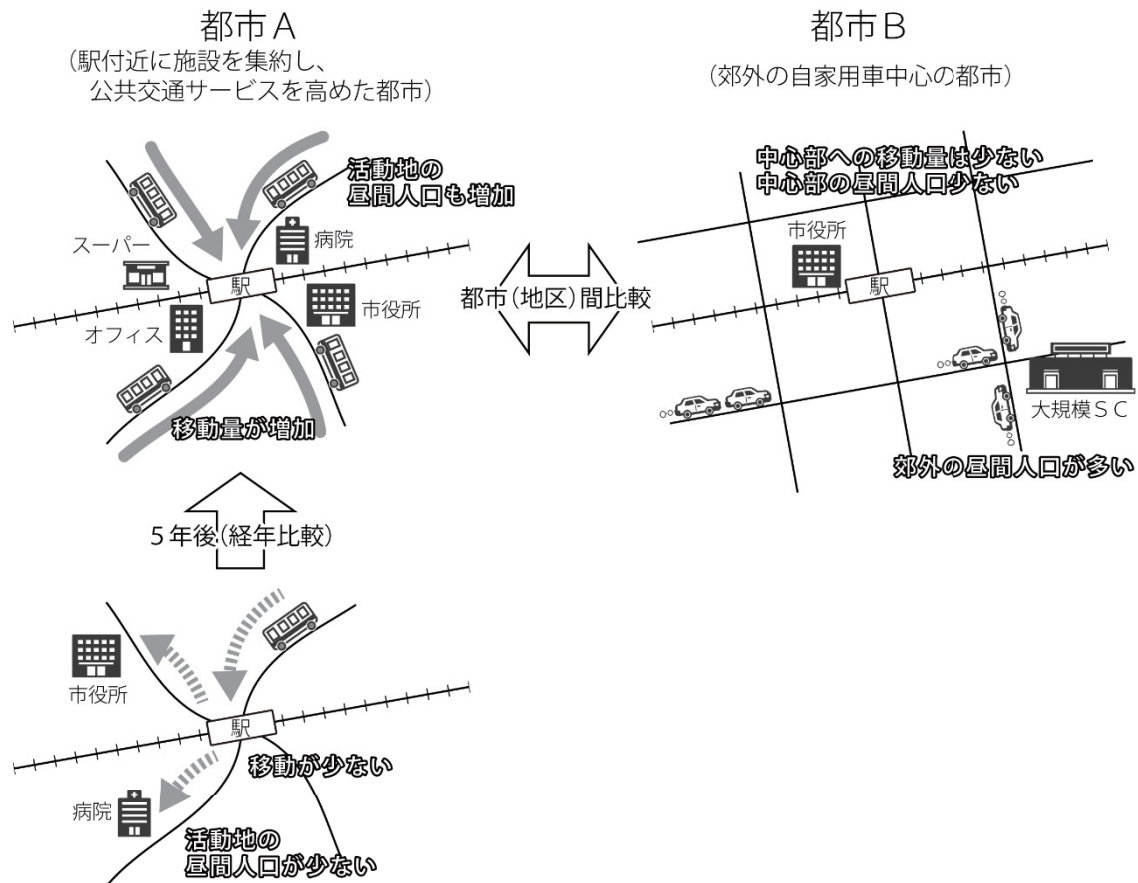


図 3-3 成果指標としての各人口データの活用イメージ

3-4 携帯電話基地局データによる地区機能の評価視点

前節で示したように、携帯電話基地局データから得られる各種の人口データから、様々な都市交通施策の実施成果を把握することが可能と考えられる。一方で、政府の推進する証拠に基づく政策評価（EBPM）として、当該データを活用しようとする場合、携帯電話基地局データにより把握される昼間や夜間の人口変化と、都市交通施策による都市交通サービスとの関係を検証した上で、成果指標とする必要がある。

なお、近年、都市交通に関するデータは、道路網データ（DRM）を始め、土地利用データなどもオープン化されており、GISを活用することで、比較的容易に組み合わせることが可能となってきた。

このような状況を踏まえ、本研究では、滞留人口データ及び移動人口データと入手可能なその他のデータを組み合わせた、都市や地区の機能評価を試みる。

まず、移動人口データについては、様々な交通施策の評価を可能にしていくため、移動手段の推定手法について検討を実施する。移動手段の推定が可能になれば、都市における交通サービスの変化による手段分担の変化や、環境負荷への影響評価が可能となる。この手法が活用可能になれば、携帯電話基地局データから得られる、休日や荒天日など、これまでの調査では把握不可能であった交通状況における交通サービスの在り方や、環境負荷も計測可能となり、新たな都市交通サービスの影響評価の可能性が広がると言える。

次に、滞留人口データでは、特に昼間人口に着目した分析を試みる。多くの人にとっては、昼間に滞在する地区は、従業や従学をはじめとする活動地である場合が多く、また、業務上の活動以外にも買い物や病院での受診、その他の都市サービスを享受する地区でもある。このため、昼間人口の集積度合いから、都市サービスの魅力度を判定できるものと捉えられる他、これを土地利用や施設の集積度などと組み合わせることで、その地区が発揮する機能を評価できるものと考えられる。更に評価する空間解像度を自治体単位や地区単位などに変化させることで、自治体単位で発揮する機能や自治体内の地区単位で発揮する機能の評価を行うことができると考えられる。

これを活用することで、活動地となる地区の特性（施設立地や交通サービス等）

を把握でき、今後のコンパクト+ネットワークのまちづくりを指向する上での重要な指標とできるものと考えられる。

これを体系的に整理すると、図3-4のようにあらわすことができ、本研究では、携帯電話基地局データの都市交通施策に対する上述した評価に関する活用可能性について、ケーススタディを通じて検証を行い、活用する場合の適用例及び活用上の課題を取りまとめる。

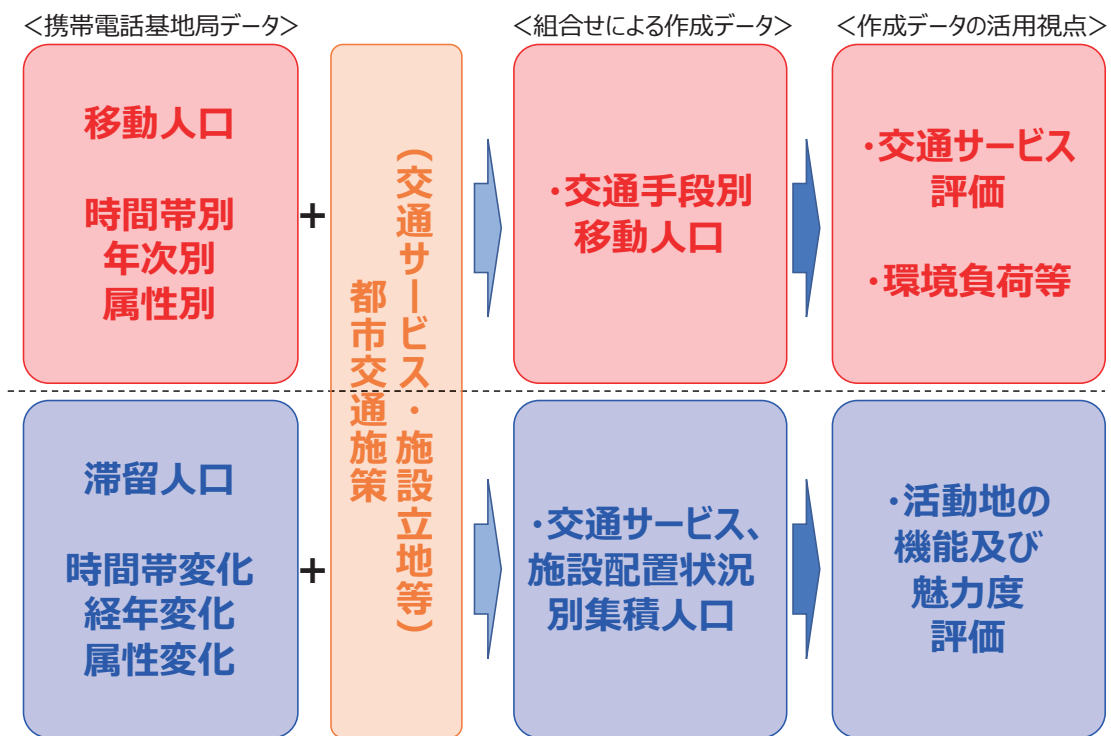


図3-4 携帯電話基地局データの活用イメージ

第3章 参考文献

- 1) 国土交通省都市局都市計画課：「都市構造の評価に関するハンドブック」, 2014

第 4 章 人の移動データによる評価

第 4 章目次

- 4-1 人の移動データによる都市交通需要評価の検討
- 4-2 手段分担と交通エネルギー消費量の推計手法
- 4-3 分担率及び交通エネルギー消費量推計結果
- 4-4 推計値の比較による今回手法の評価
- 4-5 人口流動統計を用いた交通エネルギー消費量推計における課題

4-1 人の移動データによる都市交通需要評価の検討

4-1-1 検討概要

本章では、携帯電話基地局データによる人の移動データ（人口流動統計）を基にした都市交通施策による交通需要への影響評価手法の立案を行う。

具体的には、携帯電話基地局データによる全ての交通手段による人の移動データを用い、新たな公共交通や道路整備などの交通サービスの改善などによる都市交通需要への影響評価への適用可能性を検討する。

なお、都市交通需要への影響評価手法および携帯電話基地局データの検証として、得られる手段別需要から環境負荷量の算出を行い、別途 PT 調査データによる環境負荷量を算出し、両者の差を比較する。

4-1-2 ケーススタディ都市とデータの概要

本章で実施する都市交通需要評価は、宇都宮都市圏をケーススタディ都市として実施する。宇都宮都市圏は栃木県の中部に位置しており、14市町で構成されている都市圏で、都市圏内ゾーン（計画基本ゾーン）126が設定されている。人口流動統計の移動・滞留判定に1km移動の移動が条件となっているため、宇都宮市中心部で設定されている面積の非常に小さい（1.0km²を大きく下回る）ゾーンを集約し、概ね1.0km²を確保できるゾーニングとした（図4-1）。

また、人口流動統計と PT 調査の推計結果の比較も行うため、両データの制約条件に合わせて人口流動統計データ、PT 調査データそれぞれの調整を行い、同一条件となるデータセットを作成した（表4-1）。



図 4-1 宇都宮都市圏の概要

表 4-1 各データの調整内容

データ	項目	調整内容	調整手法
PT	ゾーニング	面積1km未満ゾーンを集約 不明ゾーン削除	集約して1つのゾーンとして扱う (例：101+102→101) モバイルデータの117ゾーンに統一
PT・モバイル	トリップ	都市圏内トリップのみを抽出 ゾーン内内トリップを削除	モバイルでゾーン内内トリップまたは 短距離トリップは滞留と識別されることがあるため削除。 また、GIS上で評価を行うため、都市圏内のトリップを抽出した

4-2 手段分担と交通エネルギー消費量の推計手法

4-2-1 交通エネルギー消費量

本研究における交通エネルギー消費量の推計は主に PT 調査データからの推計に用いられる森本ら¹⁾の推計式を参考に行い、PT 調査データ及び人口流動統計データそれぞれから推計を行い比較する。

なお、エネルギー原単位は公表値²⁾を用いた。

$$E = G * r * D * e \quad (1)$$

E :1人当たりの交通エネルギー消費 (kcal)

G :トリップ数

r :交通手段構成比

D :ゾーン間距離 (トリップ長) (km)

e :機関別交通エネルギー原単位 (kcal/人・km)

4-2-2 人口流動統計データにおける交通手段分担

先に示した推計式は主に PT 調査データに基づく推計時に用いられる式であり、調査結果として交通手段構成比が与えられる。一方で人口流動統計データは、交通手段や目的は不明である。

そこで、本研究ではまず、PT 調査で得られているゾーン別手段分担率を推定する手法を検討・提案する。推定手法は、今後、PT 調査を実施していない都市でも人口流動統計データに本研究で提案する手法を用いることで、簡易に推定できる手法の提案を目指す。

なお、推定手法は、データ収集の容易性及び既存 PT 調査結果との比較を行うため、PT 調査で用いている手法とは別の手法を検討・採用した。

上述の点を踏まえ、本研究では、公共交通の利用のしやすさからゾーン別手段分担率の推定を試みた。

採用する公共交通の利用のしやすさは、地域差による影響を小さくする点、及び、データ収集の容易性から、各ゾーンにおける鉄道駅やバス停といった交通乗

継点へのアクセス性と手段分担率との関係について説明可能性の検証を行い、これに加えて、アクセシビリティとして公共交通利用と自家用車による所要時間差を適用することによる精度向上の可能性について検証を行う。

各ゾーンの交通乗継点へのアクセス性については、「ゾーン内に占める公共交通利用圏域（鉄道駅及びバス停からの一定距離圏域）の面積割合」を用いる。

なお、公共交通利用圏域は、鉄道駅周辺 500m, 1km, バス停周辺 250m, 500m の各 2 種類を設定（宇都宮市のネットワーク型コンパクトシティ形成ビジョン³⁾を参考）し、これらの組み合わせによる説明力への影響、及び望ましい組み合わせの検証を行った。

設定した利用圏域から各ゾーン内に含まれる公共交通利用圏域面積の割合（%）を算出し、これを説明変数に、PT 調査における分担率（%）を目的変数として回帰式を推計した。（4 パターン）

この検討結果から得られる最も説明力の高い説明変数に公共交通によるアクセシビリティ（バスや鉄道を利用した場合の所要時間と自動車による所要時間の差）を説明変数として加えた場合の精度向上についても検証を行った。

図 4-2 に本研究における人口流動統計データを用いた交通エネルギー消費量の推計のステップを示す。

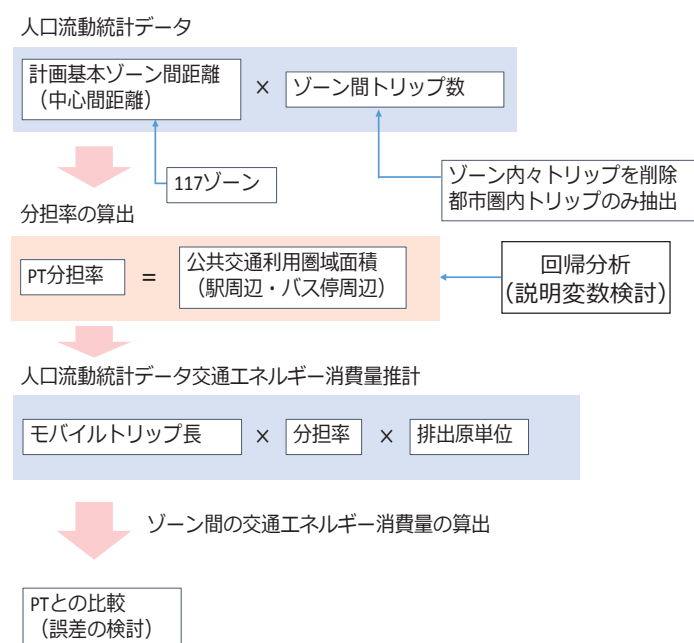


図 4-2 交通エネルギー消費量推計のステップ

4-3 分担率及び交通エネルギー消費量推計結果

4-3-1 分担率の推計結果

先に示した推計手法による手段分担率の関係式の推定結果を表 4-2 及び表 4-3 に示す。

公共交通へのアクセス性（鉄道及びバスの公共交通利用圏域面積割合）での推定（表 4-2）では、どの組み合わせにおいても自動車分担率の決定係数が他手段に比べて高く、鉄道分担率の決定係数が低い結果となった。

表 4-2 公共交通へのアクセス性による推定結果

説明変数(面積割合)		①駅周辺500m &バス停周辺250m	②駅周辺500m &バス停周辺500m	③駅周辺1km &バス停周辺250m	④駅周辺1km &バス停周辺500m	
目的変数(分担率)						
鉄道(%)	決定係数	0.113	0.135	0.156	0.187	
	偏回帰係数	駅周辺	0.050***	0.054***	0.034***	0.035***
		バス停周辺	-0.004**	-0.01***	-0.012***	-0.016***
	定数項	2.149***	2.565***	2.057***	2.528***	
バス(%)	決定係数	0.418	0.318	0.403	0.318	
	偏回帰係数	駅周辺	0.02***	0.034***	0.006**	0.034***
		バス停周辺	0.034***	0.022***	0.035***	0.022***
	定数項	0.188***	0.047***	0.16***	0.047***	
自動車(%)	決定係数	0.649	0.510	0.654	0.542	
	偏回帰係数	駅周辺	-0.043***	-0.148***	-0.039***	-0.109***
		バス停周辺	-0.281***	-0.199***	-0.267***	-0.178***
	定数項	88.764***	90.856***	88.829***	90.922***	

***有意水準1%、**有意水準5%、*有意水準10%超

この結果を踏まえ、この結果に公共交通によるアクセシビリティも加えた推定を行う。

推定は、アクセス性での評価パターンのうち、比較的推計精度が高い駅周辺500m、バス停周辺250mのケースを対象に実施した。

推定結果は表 4-3 に示すとおりであり、各交通手段分担率の決定係数に向上がみられ、特に、自動車分担率やバス分担率は決定係数が 0.7 前後の値となった。

一方で、鉄道の決定係数は 0.25 程度と低く、他手段の分担率の関係性を含め、更なる改善が課題と考える。

表 4-3 アクセシビリティを加えた推定結果

説明変数(面積割合) 目的変数(分担率)		鉄道(%)	バス(%)	自動車(%)
決定係数		0.259	0.668	0.706
偏回帰係数	駅周辺	0.044***	0.007**	-0.005**
	バス停周辺	-0.005**	0.014***	-0.259***
	所要時間差*	-0.153***	-0.238***	0.543***
定数項		10.696***	14.301***	60.169***

※所要時間差は、自動車との所要時間差(自動車は、鉄道、バスの面積比の大きい手段を採用)

***有意水準1%、**有意水準5%、*有意水準5%超

4-3-2 交通エネルギー消費量の推計

手段分担率の推定では、特に鉄道の関係式の精度が不十分ではあるが、資源エネルギー庁⁴⁾によると2012年度の運輸エネルギーの96.3%を自動車が占めており、自動車とバスの分担率の関係性に一定の精度が確保された先の関係式により推計される交通エネルギー消費量は、一定程度の精度を確保できると推測できる。

また、本研究の対象である宇都宮市では徒歩・自転車を除く代表交通手段において自動車の占める割合が9割以上³⁾となっている点も踏まえ、推計される交通エネルギー消費量は十分な精度が確保できると判断した。

交通エネルギー消費量の推計精度を検証する為、人口流動統計及びPT調査データそれぞれで消費量を推計し、比較を行う。

各データによる消費量の推計は、式(1)を用いて行うが、これに用いる手段分担率として、人口流動統計は先に示したアクセシビリティを含めた回帰式を用いて推定した分担率、PT調査データは、各ゾーン間の手段別トリップ数から算定した値を用いた。また、ゾーン間距離はゾーン中心間距離をどちらの推計にも用いた。

なお、消費量の推計に当たっては、どちらのデータについてもゾーン内々トリップは集計対象外とした。

PTデータと人口流動統計データそれぞれから推計された交通エネルギー消費量を比較すると、両者の推計値には16%程度の誤差が生じた(表4-4)。

この誤差は、両者のトリップ数の違い（エネルギー消費量推計の基本となるトリップ数に約10%の差（表4-5）がある）と考えられ、これを除くと誤差はおよそ6%と概ね整合が図られる結果が得られたと考えられる。

なお、人口流動統計データは、内外トリップのうち、目的地ゾーンでの滞在時間が短時間のトリップが内々トリップとして処理されるためPT調査データに比べ、トリップ数が少なくなる。

表 4-4 交通エネルギー消費量の結果 (Kcal/人)

交通手段	人口当たり消費量	
	PT	人口流動統計
鉄道	21	10
バス	25	23
自動車	3,963	3,324
合計	4,009	3,357

次に、ゾーン別の交通エネルギー消費量（発ゾーンベースで推定）について両者の相関を見ると、決定係数が0.8以上を示しており、人口流動統計から推計される消費量の値がやや少なめの値であるものの、エネルギー消費量の分布傾向は十分に再現されていると解釈できる（図4-3～図4-5）。

表 4-5 PTと人口流動統計の総トリップ数

交通手段	トリップ数	
	PT(a)	人口流動統計(b)
トリップ数	1,370,791	1,245,891
b/a	0.91	

※ゾーン内々のトリップ数は含んでいない

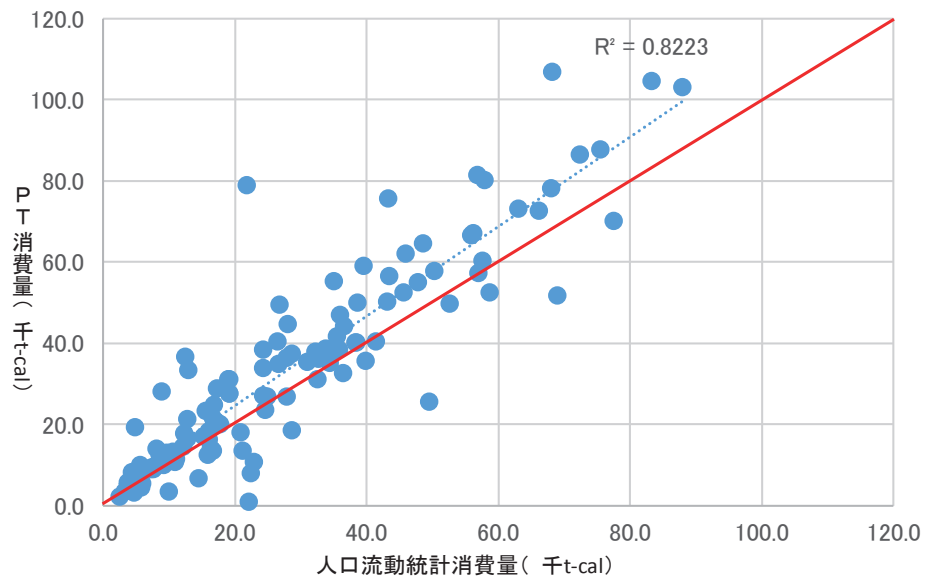


図 4-3 PT データと人口流動統計の推計値の相関

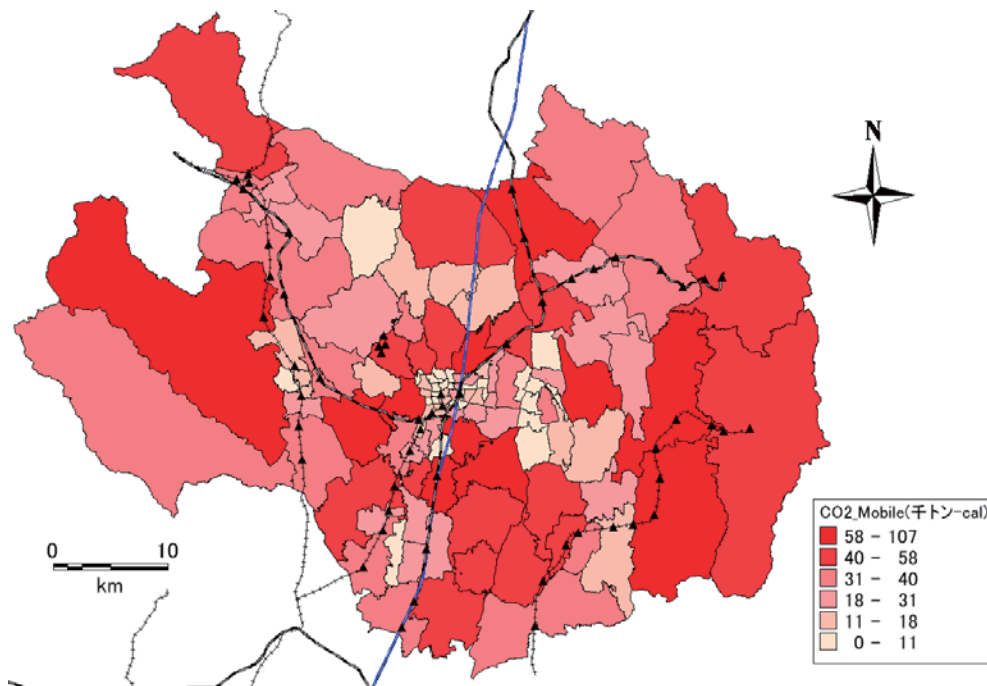


図 4-4 ゾーン別人口流動統計の消費量推計値

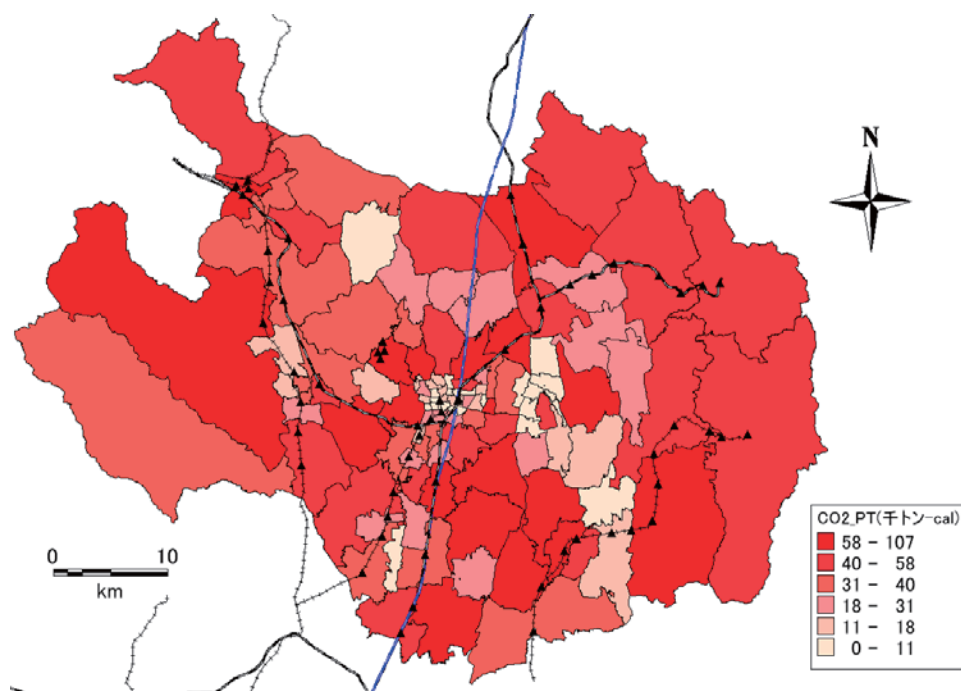


図 4-5 ゾーン別 PT 調査データの消費量推計値

4-4 推計値の比較による今回手法の評価

今回、人口流動統計データを用いて分担率を推計した上でエネルギー消費量の算定を行ったが、この結果について PT 調査データから算定したエネルギー消費量と比較を行い、本推計手法の評価を行う。

4-4-1 誤差率の大きいゾーンの特徴

本研究における、人口流動統計の推計値と PT 調査の推計値の誤差率が±50%以上（相関図上では外れ値）のゾーン数は、18ゾーンであり、全ゾーン（117ゾーン）の約15%である。これらゾーンの分布は、図4-6及び図4-7に示す通り、その大半は、PT調査データから推計される消費量が多くなっている。（図4-6の赤囲み）

一方で、人口流動統計データの推計値が多いゾーン（青囲み）は、宇都宮駅周辺、刈沼町（ゆいの杜）、真岡市の一部の3ゾーンのみとなっている。

これら人口流動統計データから推計されたエネルギー消費量が多くなったゾーン（青囲み）について推計に用いた値の内訳を整理すると、都市圏全体として人口流動統計のトリップ数が少ない中で、これらのゾーンは人口流動統計の発生量が非常に多く（2.3倍～24.0倍）、このトリップ数の多さが交通エネルギー消費量を多くしていることが確認された。（表4-6）

この要因として以下の点が考えられる。

宇都宮駅周辺ゾーンについては、通勤や通学をはじめ、多くの人が経由地として立ち寄ることが考えられる地区であり、出発地から目的地の途中で立ち寄った際の買い物など、PT調査では記入漏れとなりうるトリップが人口流動統計では計測されていることが考えられる。

刈沼町（ゆいの杜）地区は、近年住宅開発が急速に進んだ地区（平成26年から平成27年の1年で1,000人以上の人口増）であり、PT調査（H26.5）と人口流動統計（H27.10）の年次の違いが大きな要因と考えられる。

真岡市については、全6ゾーンのうち、1ゾーンのみ差が大きくなっている。PT調査データの人口当たりトリップ数（グロス）を確認すると、真岡市全体では約1トリップ/人であるのに対し、当該ゾーンでは、0.3トリップ/人程度と非常に低くなっており、PT調査における拡大の問題が原因と考えられる。

表 4-6 エネルギー消費量推計値の内訳(1)

		宇都宮駅周辺	刈沼町(ゆいの杜)	真岡市
トリップ数 (トリップ)	PT	2,930	332	2,985
	人口流動統計	9,757	7,990	6,898
自動車分担率 (%)	PT	94%	100%	98%
	人口流動統計	90%	98%	98%
1人1台消費量 (千t-cal)	PT	8.0	0.8	10.6
	人口流動統計	22.3	22.1	22.9

一方、PT 調査データから推計されるエネルギー消費量が大きくなるゾーンは、全 15 ゾーンであり、その分布は都市圏全体広がっている。これらのゾーンは、すべて PT 調査データのトリップ数が人口流動統計を上回っており、これがエネルギー消費量を大きくしている主な原因と考えられる。

しかしながら、エネルギー消費量の誤差率がトリップ数の違いを大きく上回るゾーンも複数存在している。(図 4-7) これらは全て郊外部の幹線道路(宇都宮環状道路)沿線に位置するゾーンであり、PT 調査において長トリップが多くなっていることが原因と考えられ、人口流動統計と PT 調査のトリップ分布の違いもエネルギー消費量に影響を与えている。

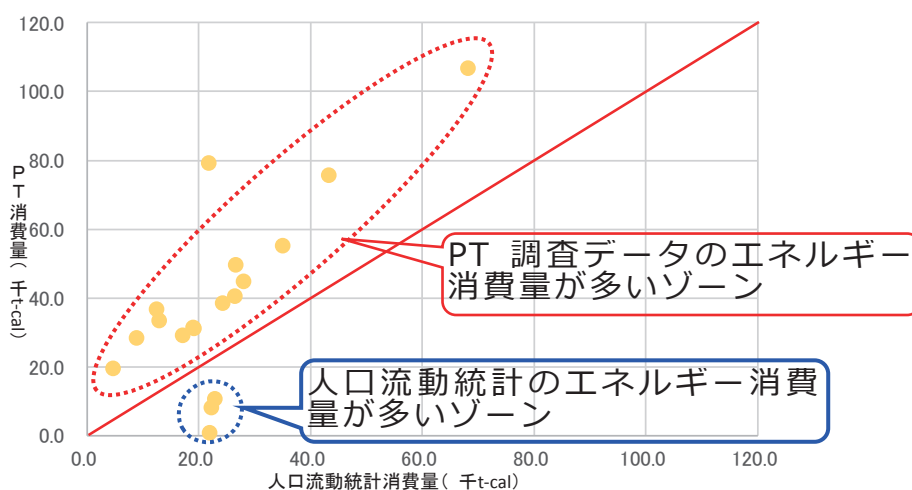


図 4-6 推計値の外れ値 (誤差率 50%以上)

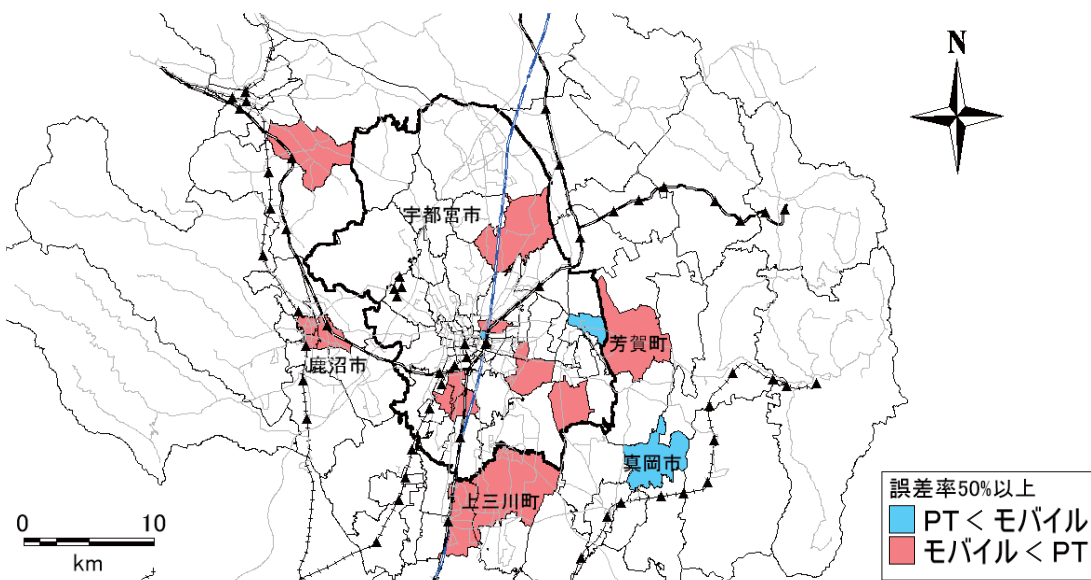


図 4-7 誤差率 50%以上の地区

表 4-7 エネルギー消費量推計値の内訳(2)

ゾーンNo.	発生量(トリップ)		自動車分担率(%)		消費量(千t-cal)		PT/人口流動統計	
	PT	人口流動統計	PT	人口流動統計	PT	人口流動統計	トリップ	消費量
201	19,316	12,677	97%	95%	49.4	26.7	1.52	1.85
210	17,882	8,898	97%	94%	79.1	21.8	2.01	3.63
214	13,473	11,651	96%	97%	40.4	26.4	1.16	1.53
310	5,507	3,205	93%	98%	28.2	8.9	1.72	3.18
403	6,438	2,769	98%	95%	19.4	4.7	2.33	4.10
503	15,641	10,822	97%	95%	38.5	24.3	1.45	1.58
505	12,555	9,884	95%	97%	31.3	19.0	1.27	1.65
901	8,424	5,665	98%	98%	29.0	17.2	1.49	1.69
1101	17,921	12,990	96%	94%	55.2	35.0	1.38	1.58
1105	12,313	5,373	96%	89%	33.4	12.9	2.29	2.58
1106	13,049	4,987	97%	91%	36.6	12.4	2.62	2.95
3101	10,477	6,899	94%	95%	44.7	28.1	1.52	1.59
5101	19,342	13,083	99%	97%	75.6	43.2	1.48	1.75
5102	9,303	6,720	95%	94%	31.1	19.1	1.38	1.62
9100	22,017	16,327	99%	97%	106.8	68.2	1.35	1.57

※青字は、消費量の誤差率がトリップ数の誤差率の1.3倍以上

4-4-2 誤差率の小さいゾーンの特徴

人口流動統計データによる推計値と PT 調査データによる推計値の誤差率が±10%未満のゾーンを図 4-8 に示す。これらのゾーンは、宇都宮市の中心部や郊外部、及び周辺市町に点在している。

これらのゾーンは、分担率推計値が概ね±5%に収まっており、かつトリップ数の誤差も小さくなっているが、同様のゾーンは該当ゾーン以外にも存在しており、これらのゾーンは、短時間滞在トリップの混入を含め、PT調査と人口流動統計のトリップ分布も近似しているものと考えられる。

これらのゾーンの特徴として、住宅地が中心の居住地となっており、また大規模な商業施設等の集客施設が立地していないゾーンが多いことがあげられる。

このため、通勤や通学をはじめとする各種トリップの内訳が人口流動統計とPT調査で比較的整合しやすくなっているものと考えられる。

このように、交通エネルギー消費量の誤差については、その多くが人口流動統計とPT調査のトリップ数の差が原因となっており、本研究で実施した分担率及び交通エネルギー消費量の推計は概ねの精度が確保できたと考えられる。

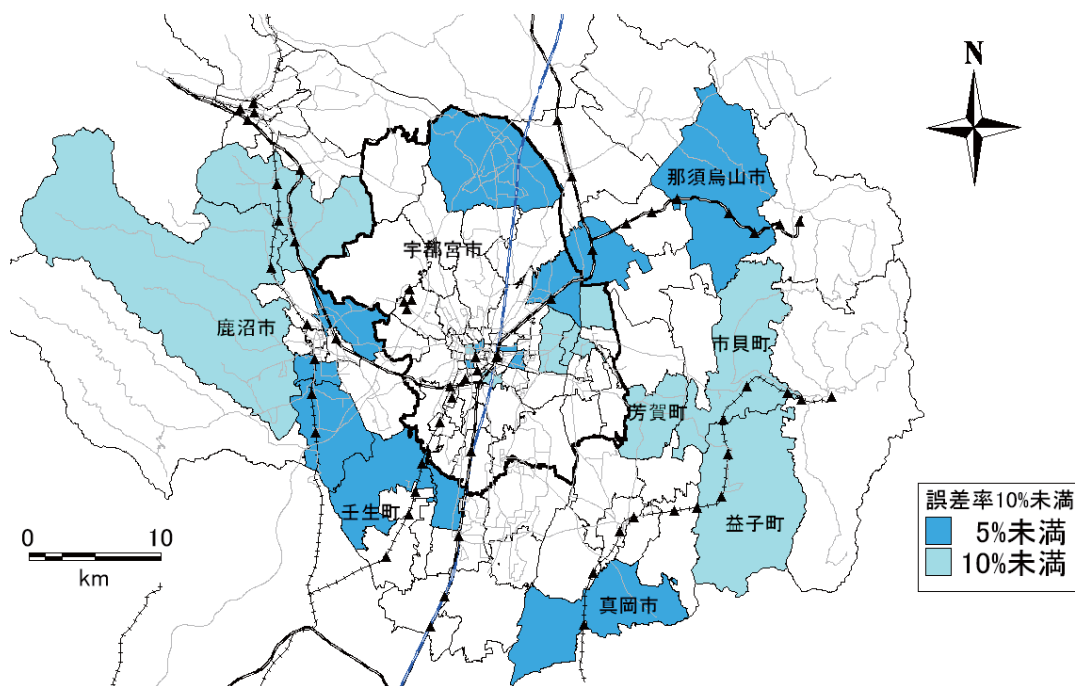


図 4-8 誤差率 10%未満の地区

4-5 人口流動統計を用いた交通エネルギー消費量推計における課題

本章では、交通エネルギー消費量を人口流動統計データから推計することを目的に、PT 調査データの公共交通利用圏域面積及び、公共交通によるアクセシビリティによる回帰分析から分担率を推計し、これを用いてエネルギー消費量の推定を行った。更に、この結果について PT 調査データによる推計値と比較し、検証を行った。

この結果、交通エネルギー消費量の合計値は 16%ほどの誤差となったが、その主たる原因はトリップ数の誤差に起因することが確認された。

また、PT 調査及び人口流動統計の両データから推計されたゾーン別消費量の相関は非常に高いことが確認された他、エネルギー消費量が大きい自動車の分担率は、全ゾーンの約 9 割が±5%以内の誤差にとどまっており、本研究で用いた手法による交通エネルギー消費量は、都市交通需要の評価に十分耐えうる精度を確保できたと考える。

ただし、PT 調査と人口流動統計の分布パターンの違いも一定程度エネルギー消費量の推計値に影響を与えることが確認されたが、PT 調査と人口流動統計のデータ生成手法が異なるため、分布パターンを整合させることは困難である。しかしながら、トリップ数の誤差率を除いた場合のエネルギー消費量の誤差から分布パターンの違いによる誤差率は大きくないことが想定される点、分布パターンは季節や計測時期により、変動する点などを考慮すると、人口流動統計の有用性は非常に高いと考える。

一方、本研究で実施した交通エネルギー消費量の推計に用いる分担率の推計は対象都市圏の PT 調査を基としており、他都市での活用などの一般化には至っていない。また説明変数を公共交通の利便性のみのアプローチとしており、今後の人口構成の変化などの影響を加味できない等の問題を抱えている。

このため、説明変数の拡張（人口構成など）や手法の一般化に向けた工夫（複数の都市圏（合成）によるパラメータの推計と検証）を行い、推計精度の向上や一般化に向けた更なる検討が必要と考えている。また、交通エネルギー消費量の精度向上に向け、上記と合わせて、人口流動統計の持つ課題（小規模サンプルの秘匿処理や短時間滞在処理等）の克服も望まれる。

第4章 参考文献

- 1) 森本章倫，古池弘隆：「交通エネルギー消費の推移と都市構造に関する研究」
土木計画学研究・講演集 Vol.25，CD-ROM，2002
- 2) 資源エネルギー庁 HP：<http://www.enecho.meti.go.jp/> (入手 2017.1)
- 3) 宇都宮市ホームページ：
- 4) <http://www.city.utsunomiya.tochigi.jp> (入手 2017.1)
- 5) 日本エネルギー経済研究所：「エネルギー・経済統計要覧 2016」一般財団法人省エネルギーセンター，2016

第 5 章 人の滞留データによる評価

第 5 章目次

5-1 立地適正化計画への適用を目指した地区機能の評価

5-2 地区が果たしている機能の評価

5-1 立地適正化計画への適用を目指した地区機能の評価

5-1-1 本節の狙い

本節では、人口分布統計を活用した地区機能の評価手法を検討・提案するにあたり、立地適正化計画において指定される「都市機能誘導区域」や「居住誘導区域」などについて、その後の各種施策により、各区域が目指す区域像に近づいているのかを評価できる指標の提案を試みる。

立地適正化計画は、人口減少時代において都市施設や居住者を誘導することにより都市のコンパクト化や中心市街地の賑わいを目指すものであり、一朝一夕に成果の出るものではない。このため定期的なモニタリングによる計画の進捗状況の評価をしていくことが重要と考えられており、5年毎の評価・分析が求められている。

現計画でも、多くの計画で都市構造の評価に関するハンドブック¹⁾などに示される評価指標を参考に設定されており、居住者誘導に関する指標として人口密度や公共交通勢力圏人口、都市施設誘導に関する指標として施設数や利用者数などが設定されている。

これらの指標は、夜間人口を基本に評価するものであるため、居住誘導区域への居住者誘導状況は評価が可能と考えられるが、都市施設の誘導等による中心市街地の賑わい向上（吸引力の向上等）を評価する指標としては不十分と考えられる。また、いくつかの都市（計画）では、中心市街地の歩行者数といった評価指標が用いられているが、特定箇所に限定され、地域全体の吸引力を表現する指標となっていない。

このような点を踏まえ、まず、これまでに採用されている立地適正化計画の評価指標に関する課題を整理するため、策定済計画で用いられている評価指標を分類・整理する。評価指標の分類は、立地適正化計画を始め、都市構造の評価に広く用いられている、都市構造の評価に関するハンドブックの分類を参考に行った。

この整理から、既計画で採用されている評価指標での評価内容と立地適正化計画での目指す地域像との対比を行い、既存指標での課題を明らかにする。

この課題への対応について、携帯電話基地局データの可能性について栃木県宇都宮市のデータを用いて検討を行い、携帯電話基地局データの活用方法について

提案する。

5-1-2 現在の立地適正化計画評価指標の課題

(1) 現在計画に採用されている指標

公表されている立地適正化計画⁽⁴⁾において採用されている評価指標を整理した。

(表 5-1)

評価指標が示されている計画は、策定・公表済み計画のうち約7割程度の82計画であるが、大半の計画では生活利便性分野に該当する項目のみ指標が設定されている。

また、採用されている指標は限定的であり、「居住誘導区域における人口密度（又は割合）」や「都市機能増進施設（公共施設）の利用者数」、「公共交通の利用者数」などの指標が多く、他の指標を評価指標として設定している計画は少ない。

(2) 現在採用されている評価指標の課題

先に示したように、各自治体の立地適正化計画で採用されている評価指標は、特定のいくつかの指標を用いた計画が大半といった状況である。これは、定期的かつ簡易に把握できる統計データが限られていることに大きな要因があると考えられる。

立地適正化計画の進捗を評価するにあたっては、「都市機能誘導区域」、「居住誘導区域」さらに、両区域を結ぶ「公共交通」がそれぞれに求められる機能を、計画に基づく施策が実施されることによって、どの程度発揮されているかを把握することが求められる。

このうち公共交通は、都市機能誘導区域及び居住誘導区域、両区域の機能発揮を支援するためのサービス改善が求められる。このため、運行本数等のサービス改善前後の両区域の機能発揮状況を比較することで、間接的に公共交通施策の評価が可能と考える。

表 5-1 既存計画で採用されている評価指標一覧

分野	評価軸	評価指標	採用都市数	採用率	設定都市	備考
生活利便性	適切な居住機能の誘導	DID割合	2	3.1%	65 (79.3%)	面積比
		人口	10	15.4%		圏域内夜間人口
		人口割合	11	16.9%		圏域内夜間人口割合
		人口密度	54	83.1%		圏域内夜間人口密度
		満足度	5	7.7%		
	都市機能の適正配置	カバー率	2	3.9%	51 (62.2%)	夜間人口徒歩圏域
		高次都市施設数	18	35.3%		
		高次都市施設立地割合	7	13.7%		
		人口密度	8	15.7%		圏域内夜間人口密度
		通行者数	6	11.8%		
		満足度	4	7.8%		
	公共交通サービス水準の向上	利用者数	20	39.2%	39 (47.6%)	
		カバー率	9	23.1%		沿線地域夜間人口割合
		沿線人口密度	3	7.7%		沿線地域夜間人口密度
		公共交通手段割合	4	10.3%		
不便地域面積		1	2.6%	公共交通空白地域		
	満足度	6	15.4%			
	利用者数	24	61.5%			
健康・福祉	徒歩行動の増加と健康の増進	カバー率	1	10.0%	10 (12.2%)	夜間人口徒歩圏域
		外出率	1	10.0%		
		健康寿命	6	60.0%		
		受診率	2	20.0%		
		徒歩分担率	2	20.0%		
	都市生活の利便性の向上	歩行量	1	10.0%		
		カバー率	1	9.1%	11 (13.4%)	夜間人口徒歩圏域
		高次都市施設数	1	9.1%		
		施設利用者数	2	18.2%		
		若年人口	4	36.4%		
出生数	1	9.1%				
歩行環境	満足度	3	27.3%			
安全・安心	安全性の高い地域への居住の誘	カバー率	1	50.0%	2 (2.4%)	
		カバー率	1	50.0%		
	市街地の安全性の確保	公共空間率	1	100.0%	1 (1.2%)	
		事故死亡者数	1	100.0%		
		道路延長	1	100.0%		
荒廃化抑制	避難所距離	1	100.0%			
	空家率	2	100.0%	2(2.4%)		
地域経済	ビジネス環境の向上とサービス産業の活性化	観光客割合	1	14.3%	7 (8.5%)	
		事業所数	1	14.3%		
		人口密度	1	14.3%		従業人口密度
		販売額	4	57.1%		
	健全な市場	満足度	2	28.6%		
行政運営	都市経営の効率化	地価	3	100.0%	3(3.7%)	
		インフラ整備	1	11.1%	9 (11.0%)	
		公共交通サービス	1	11.1%		
		公共施設面積	3	33.3%		
		行政コスト	1	11.1%		
	収支	2	22.2%			
利用者数	1	11.1%				
税金安定化	1	100.0%	1(1.2%)			
エネルギー低炭素	運輸(省エネ化)	co2排出量	2	100.0%	2(2.4%)	
	民生(省エネ化)	co2排出量	1	100.0%	1(1.2%)	

赤字: 採用自治体数50以上の指標、橙字: 採用自治体数20以上の指標、緑字: 採用自治体数10以上の指標

都市機能誘導区域については、都市施設の集積状況及び都市機能の発揮状況を評価することが求められる。現在多くの自治体で採用されている指標では、都市施設の集積状況として「高次都市施設数」が該当し、都市機能の発揮状況として、集積する様々な都市機能を楽しむ為に訪れる来訪者数として「都市施設の利用者数」が用いられている。

都市施設の集積状況は、都市計画基礎調査などにより、各区域に立地する施設の概要が把握できるため、これを経年的に整理・比較することで、施設の集積状況を把握することが可能である。しかし、都市機能の発揮状況としての都市施設利用者数は、把握できるデータの制約から、およそ全ての自治体で行政関連施設のみと、都市機能の重要な一部を構成する民間施設が含まれておらず、評価指標として、不十分である。

居住誘導区域については、居住者の誘導状況の評価が求められる。現在多くの自治体では、「居住誘導区域の人口密度（割合）」が採用されており、国勢調査や住民基本台帳などのデータが用いられている。

国勢調査データは、5年毎にメッシュ単位で把握可能であり、住民基本台帳データも毎年の人口増減が反映され、かつ国勢調査で補正されるなど、高い精度で把握可能である。このため、現在指標を経年的に整理・比較することで居住者の誘導状況を詳細に把握でき、計画の進捗状況や課題などの把握が可能と考えられる。

これらの点から、現在採用されている評価指標の課題として、都市機能誘導区域において、民間施設を含む都市施設の誘導や公共交通網の利便性改善などによる、区域全体の都市機能の発揮状況の変化を把握することと指摘できる。

現在、都市機能の発揮状況として採用されている指標は、一部の都市施設利用者数となっている。これは、都市機能の集積や都市施設へのアクセス性を改善することで、都市機能を区域内で享受する人が増える、つまり都市の吸引力が増加することを評価しているものと捉えられる。これを面的に把握することができれば、計画の進捗を十分に把握でき、適宜施策や取り組みの見直しに反映できる評価指標となりうると考えられる。

これに対し、携帯電話基地局データから得られる日中の滞在人口は、利用交通手段の判別はできないが、面的に把握可能である。このため、施設立地や公共交

通網の再編による市街地等への来訪者数（滞在者数）の変化把握が可能である。これより、携帯電話基地局データは、都市機能の発揮状況を把握する為のデータとして有効と考えられる。

5-1-3 モバイルデータを活用した評価指標の検討

(1) ケーススタディ都市の概要

本研究では、栃木県宇都宮市を対象にモバイルデータによる任意時間の滞在人口（以下、「昼間人口」という）を用いた評価指標の検討を行った。

宇都宮市は、栃木県の県庁所在都市で人口はおよそ 52 万人の地方中核都市である。主要な公共交通として南から市内に入り中心部に位置する宇都宮駅を經由し、北東へ抜ける JR 宇都宮線の他、南西部方向から市中心部を結ぶ東武鉄道、宇都宮駅と宇都宮市西側に位置する日光市とを結ぶ日光線が整備されている。また、市域東部の大規模な工業団地と中心市街地とを結ぶ次世代型路面電車（LRT）の整備に向けた事業が 2022 年の開業に向けて動き出している。

一方、高齢化は全国同様に進んでおり、現在（2015 年）の高齢化率は全国平均に比べ若干低い約 23%であるが、郊外部などでは高齢者が多い地域なども存在している。これに伴い、高齢者等の交通弱者に対する公共交通サービスの確保や、特に高齢化の進展する郊外部における生活サービスの維持が課題となりつつある。

このような背景の中で、宇都宮市では立地適正化計画 17)が 2017 年 3 月に策定された。本計画では、都市部や地域拠点への都市機能の集積、公共交通の利便性が高い地域への居住誘導など 5 つの目標が示されている。

また、本計画では、現状の土地利用状況や現在までに策定されている上位計画、地域特性に応じて、10 区域を都市機能誘導区域に指定し、各区域の特性に応じた都市施設等の誘導を行うこととしている。（表 5-2、図 5-1）

なお、居住誘導区域については、2018 年度末までに指定する計画となっている。

表 5-2 宇都宮市の都市機能誘導区域一覧

No.	区域名	区分	備考	
1	都市拠点（中心部）	都市拠点	一部都市拠点圏域	
2	南宇都宮駅周辺	都市拠点圏域		
3	LRT停留所周辺			
4	岡本駅周辺			
5	江曾島駅周辺	地域拠点	鉄軌道駅周辺型	
6	西川田駅周辺			
7	雀宮駅周辺			
8	テクノポリスセンター	地域拠点	幹線バス路線等 結節点周辺型	
9	瑞穂野団地周辺			
10	上河内地区周辺			



図 5-1 宇都宮市の都市機能誘導区域²⁾

(2) 宇都宮市立地適正化計画における評価指標

ケーススタディの対象である宇都宮市の立地適正化計画²⁾で設定されている評価指標は、計 18 指標（うち 7 指標は参考指標）であり、一部の指標を除き公開されている統計データから算出される指標となっている。（表 5-3）

なお、その他データから算出される指標である、中心市街地の通行量は、定期的に比較的規模の大きい調査を実施して取得している。

また、都市機能誘導区域の評価では「地価変動率」が区域の魅力の評価する指標として採用されている。地価は、市場取引の中で土地の魅力が評価されるものであり、区域の魅力の評価する有効な一指標と考えられる。しかし、その効果が現れるまでに、一定の時間を要する他、指標値が価格のみで表現され、区域ごとの特徴が把握しにくいという問題がある。このため、都市機能誘導区域の評価に関するより適切な指標の立案が求められる。

表 5-3 宇都宮市立地適正化計画での評価指標

評価視点	評価指標	採用データ等
都市機能誘導に関する評価指標	都市機能誘導区域内に立地する誘導施設の割合	都市計画基礎調査等
	高次都市機能誘導区域内に立地する事業所の割合	経済センサス
	地価変動率	公示地価
居住誘導に関する評価指標	都市機能誘導区域の人口割合	住民基本台帳
	居住誘導区域の人口割合	
	高次都市機能誘導区域の人口密度	住宅土地統計調査 公示地価
	空家率 地価変動率	
公共交通に関する評価指標	交通分担率における公共交通の割合	パーソントリップ調査
	年間公共交通利用者数	市統計書、バス事業者
	公共交通夜間人口カバー率	住民基本台帳、GIS情報
参考指標	介護認定を受けていない高齢者の割合	宇都宮市で策定済計画からの引用
	地域の担い手として活躍する高齢者の割合	
	公共建築物・インフラの維持更新費	
	中心市街地事業所数	
	中心市街地空き店舗数	
	中心市街地歩行者・自転車通行量 中心市街地居住人口	

(3) モバイルデータを活用した評価指標の検討

1) 集積度評価指標（属性別地区別昼夜間人口差・比）

立地適正化計画における都市機能誘導区域への施設誘導等による魅力の向上を評価する指標として提案する。

絶対量として物量を表現する人口差と区域間の相対比較が可能な人口比の 2 つの値で評価する。

従来指標では、多くの計画で採用されている「都市施設の利用者数」に対応す

るものであるが、前述した通り、市街地全体の来訪者を示すものではない。一方で本指標では、都市機能誘導区域全体の来訪者（滞在者）を計測する為、区域全体の集積度の評価が可能と考えられる。

なお、誘導する施設が福祉施設や子育て支援施設等の特定属性に関する施設も存在する為、全数に加え、高齢者（60～79歳）や仕事を持つ年代の女性（以下、「現役女性」という（20～59歳の女性））の3つの属性で評価を行う。

評価値は、都市機能誘導区域ごとに式（1）で算出し、宇都宮市における評価結果は表5-4のとおりとなった。

$$I_1 = Nd_{ni} - Nn_{ni} \quad (1)$$

$$I_1' = (Nd_{ni} / Nn_{ni}) \times 100 - 1$$

I_1 : 昼夜間人口差 (人)
 I_1' : 昼夜間人口比 (%)
 Nd_{ni} : 区域i、属性nの昼間人口
 Nn_{ni} : 区域i、属性nの夜間人口

表 5-4 属性別地区別昼夜間人口差・比

No.	区域名	昼夜間人口差(人)			昼夜間人口比(%)			主要施設
		15歳以上	現役女性	高齢者	15歳以上	現役女性	高齢者	
1	都市拠点(中心部)	30,584	13,188	5,967	45%	60%	33%	中心市街
2	南宇都宮駅周辺	165	49	76	3%	3%	4%	劇場等
3	LRT停留場周辺	1,567	1,008	434	18%	40%	19%	大規模SC
4	岡本駅周辺	▲ 208	▲ 72	▲ 66	-3%	-3%	-3%	大規模病院
5	江曾島駅周辺	31	355	38	0%	10%	1%	大規模SC
6	西川田駅周辺	▲ 1,976	▲ 662	▲ 382	-26%	-25%	-17%	
7	雀宮駅周辺	▲ 1,267	▲ 374	▲ 302	-17%	-16%	-14%	大規模病院
8	テクノポリスセンター	289	37	163	8%	3%	27%	
9	瑞穂野団地周辺	▲ 435	▲ 82	▲ 203	-16%	-10%	-22%	
10	上河内地区周辺	▲ 127	▲ 72	67	-10%	-14%	26%	

- : 昼夜間人口差が正(昼間人口が多くなる区域)
- : 現役女性昼夜間人口比の変動が特徴的な地域
- : 高齢者昼夜間人口比の変動が特徴的な地域

昼夜間地区別人口差をみると、多くの従業者が存在し、多くの商業施設が立地する都市拠点（中心部）が突出して大きな値を示しており、高い魅力があることが確認できた。また、属性別昼夜間人口比の分析から、現役女性の比率が昼間に高くなるのは、都市拠点とLRT停留所周辺となっており、当該世代にとって魅力が高いことがうかがえる。

その他の区域では、郊外部の区域で高齢者のみ大幅に増加している区域や減少幅が他の属性に比べ非常に少ない区域が3区域存在しており、地区センターな

ど高齢者施設などによる影響が考えられる。

また、大規模 SC が立地する区域は、現役女性の昼間人口が他属性に比べて大きく増加しており、買物など生活関連施設に関する感度は、現役女性が高いことが確認された。一方で、他属性に対する感度は区域により、異なっており、立地施設の規模や内容、区域内に立地するその他施設の状況と昼夜間人口差・比の関係など更なる分析が今後の課題である。

2) ネットワーク評価指標

(属性別、昼夜間別公共交通 30 分圏域人口の割合)

立地適正化計画における公共交通の利便性と沿線地区への集積状況を評価する指標として提案する。また、集積度評価指標と同様に、3 つの属性による評価も行う。

更に、夜間人口だけでなく昼間人口でも評価を行い、従業地などの昼間滞在先からの利便性を含めた評価を行うことで、一日の交通行動を考慮した評価につなげる。

評価値は、都市機能誘導区域ごとに式 (2) で算出し、集積を促す都市機能が異なる、表 5-2 に示す都市機能誘導区域の区分ごとに集約した。(表 5-5)

本指標は、いずれかの都市機能誘導区域へ待ち時間も含め、公共交通により 30 分以内で到達できる人口の総人口に占める割合を算出したものである。公共交通サービスの変化前後を比較することにより、施策効果の評価が可能である。しかし、本検討では保有データの関係上、現況 1 年次だけの評価となった。このため、本評価値による考察は、現況の公共交通サービスについて述べる。

$$I_2(n, i) = \frac{A_{30}(n, i)}{\sum_i N(n)} \times 100 \quad (2)$$

$I_2(n, i)$: 属性n区域iの公共交通30分カバー率 (%)

$A_{30}(n, i)$: 属性n区域iの公共交通30分圏人口

$\sum_i N(n)$: 属性nの総人口

※人口(N)は夜間人口または昼間人口

中心市街地が位置する都市拠点の公共交通 30 分圏域人口比率は、夜間で 35% 程度、昼間で 40~45% 程度あるものの、どの区域にも到達できない人口割合は、

夜間人口、昼間人口ともに45%程度存在しており、公共交通サービスの低い地区に居住する又は日中滞在している人が多い状況と言える。

一方、公共交通30分圏域は、図5-2に示す圏域であり、都市拠点の圏域は、当該区域を中心に放射状に広がっているが、その他区域の圏域は各区域の周辺にとどまり、都市拠点以外の区域では、公共交通サービスの水準が低い状況であることが確認できる。

宇都宮市の立地適正化計画では、現在までに居住誘導区域が定められていないが、今後の区域指定やこれに合わせた公共交通サービスの見直し、その他施策を通じて、当該指標値を上げていくことが課題と指摘できる。

また、属性別の比較では、現役女性は、都市拠点をはじめとする都市機能誘導区域への30分圏域人口の割合が高く、また昼間人口の割合と夜間人口の割合の差が大きい傾向を示す一方で、高齢者の両割合の差は小さくなっている。

各属性の値の差に、有意差は認められなかったが、現役女性や、高齢者で異なる傾向が見られており、都市機能誘導区域の時間圏だけでなく、立地施設に着目した時間圏分析などを行い、属性別にアクセス性を高めるべき施設や地区の検討に資する指標とすることが今後の課題である。

表 5-5 公共交通 30 分圏域人口の割合

区分	区域区分	夜間人口割合			昼間人口割合		
		15歳以上	現役女性	高齢者	15歳以上	現役女性	高齢者
1	都市拠点	35.8%	38.1%	36.2%	40.7%	44.8%	38.8%
2	都市拠点圏域	2.2%	2.2%	2.2%	2.4%	2.6%	2.5%
3	地域拠点	16.4%	17.6%	17.6%	13.7%	14.0%	15.3%
4	到達不可	45.6%	42.1%	44.0%	43.2%	38.6%	43.4%

※: 複数の区分に到達可能な区域は上位の拠点へのアクセス可能人口に含んでいる
(例: 都市拠点と地域拠点にアクセス可能な区域人口は都市拠点アクセス人口に計上)

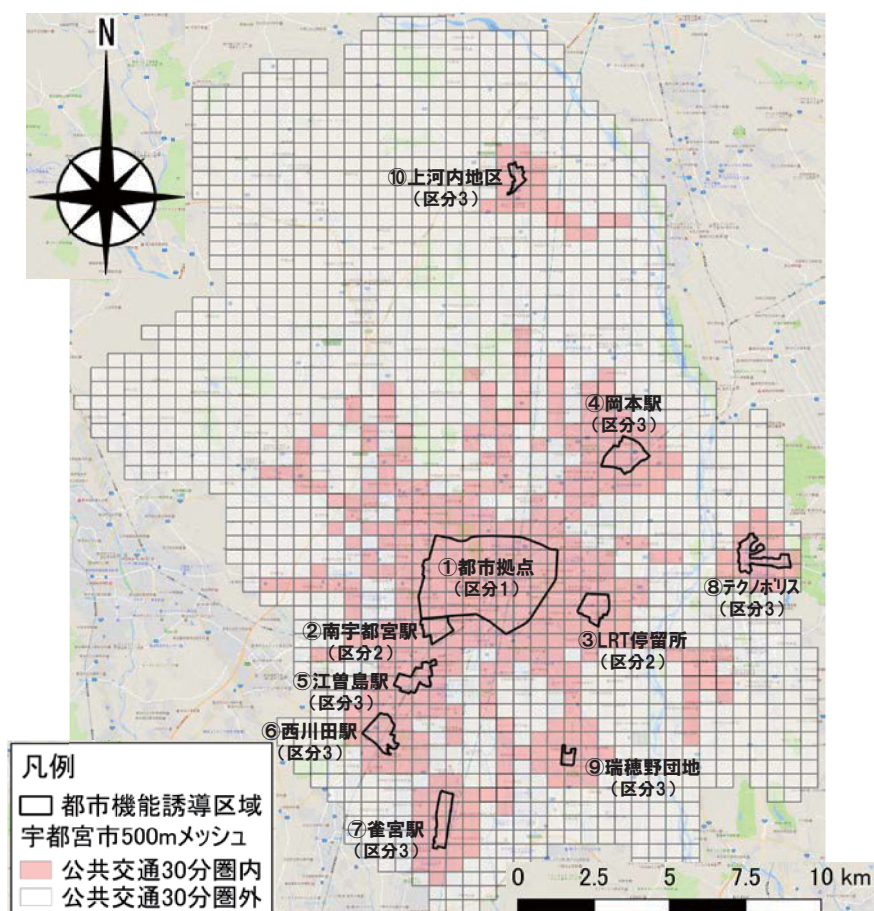


図 5-2 都市機能誘導区域公共交通 30 分圏域

5-1-4 指定区域の機能評価に関する結論と課題

(1) モバイルデータの活用可能性

本研究では、栃木県宇都宮市を対象にモバイルデータによる昼間人口を用いた立地適正化計画の進展や影響等に関する評価指標への活用可能性を検討する為、データの精度を検証した上で、2つの評価指標を提案し、ケーススタディを行った。

この結果、夜間人口や昼間人口においてモバイルデータが十分に各区域の状況を捉えていることが確認された他、都市機能誘導区域の特性に応じた昼間人口の集積状況も的確にとらえていることが確認された。

この結果から、都市機能誘導区域への施設誘導や公共交通サービスの改善による都市機能誘導区域への魅力向上などが評価可能と考えられ、立地適正化計画に基づく各施策の進捗を確認することに十分活用できるといえる。

(2) 提案指標の適用

集積度評価指標では、中心市街地である都市拠点に日中に高い集積がみられたほか、大規模 SC が立地する区域に特に現役女性が集まる傾向など、これまでのデータでは把握できなかった地区の特性が定量的に表現されており、区域の魅力度を評価する上で、十分に活用できる指標となっていると考えられる。

ネットワーク評価指標では、データ制約上現状把握となったが、都市拠点を中心とした現在の公共交通でのアクセス可能人口が把握できた。今後、公共交通サービス改善後のデータなど異なる年次間での比較や集積度評価指標との組み合わせにより、公共交通サービスの影響把握に十分活用可能な指標であると言える。

また、区域別や属性別の評価結果と集積度評価指標を組み合わせることにより、公共交通サービスを高めるべき区域や対象を検討する基礎資料にもなると考えている。

例えば、高齢者の昼夜間人口差・比が大きいかつ、公共交通 30 分圏人口割合が低い地域（例えば、郊外の病院や温浴施設の立地地区等）に対しては、日中のサービスを高めるデマンドバスの運行など、区域に即した公共交通網の検討に有効なデータとして活用できる。

一方で、人の行動に大きな影響を与える施設の種類やその規模などと、これら指標値の関係は、十分な分析ができていない。また、属性によって歩行速度や歩行限界なども異なると考えられるため、今後は、属性別の評価を実施するなど、更に説明力の高い指標とする必要があると考えている。

5-2 地区が果たしている機能の評価

5-2-1 本節の狙い

本節では、前節で分析・提案した、人口分布統計を活用した、立地適正化計画において指定される「都市機能誘導区域」の機能発揮状況を評価する指標に対し、人口分布統計から得られる昼間人口及び夜間人口を、地区が果たしている機能の結果生じているものと捉え、これらと都市施設の立地や交通サービスとの関係を分析し、地区の持つ施設立地や交通サービスの特性が昼夜間人口に与える影響を明らかにすることを目標とする。

更に、地区の持つ特性と人口変動への関係を援用し、街の賑わいを高めるために有効な都市サービスや人口を維持するために有効な都市サービスなどのあり方を示すことで、より有効な立地適正化計画策定に資する提案としたい。

5-2-2 昼夜間人口の変化による地区特性の評価方法

(1) 活用指標とその特性

モバイルデータから得られる時間帯別地区別滞留人口を経年比較することで得られる指標として、「夜間人口」、「昼間人口」、「昼夜間人口差」の3つの人口指標の経年比較があげられる。これらの人口指標は、夜間人口は居住地としての魅力、昼間人口は従業地や買物・医療など都市機能としての魅力、そして両者の差を取ることで、それぞれの特化度を表すものと考えられる。(表 5-6)

また、これをプロットすることで、各地区が持つ特性の強さを表すことができ、各地区の現状における強みや弱みを把握することができるほか、将来の地区像を踏まえた施策展開を検討する上での参考値として活用できると考えられる。

なお、本研究では、3つの指標のうち「夜間人口」と「昼間人口」が表す特性から、図 5-3 に示す地区像を想定し、データから得られる人口変動と施設配置状況などから分析を行った。

表 5-6 人口分布統計から活用できる指標とその特性

活用指標	細分類	指標の特性
夜間人口の経年変化	全数 性・年齢別	居住者の人口であり、その増減により居住地としての魅力を評価 性・年齢別で評価することで、高齢化の進展や今後の活力増加の期待度 なども評価可能
昼間人口の経年変化		昼間に来訪する人口であり、その増減により、従業・従学場所としての位置 づけを評価可能 その他、買い物や医療機関での受診などの生活サービスの他、都市的娯 楽サービスなど都市の魅力の評価も可能
昼夜間人口差の経年変化		更に性・年齢別で評価することで、各世代に対する魅力度も評価できる 昼夜間人口差は、昼間に滞在する人口と居住人口の差であり、日中の集 客力の変化が評価可能 更に性・年齢別で評価することで、どの世代の魅力が増減しているかが評価 できる

※：本論では全数による夜間人口及び昼間人口の差による評価を実施
(その他指標での評価は今後の課題)

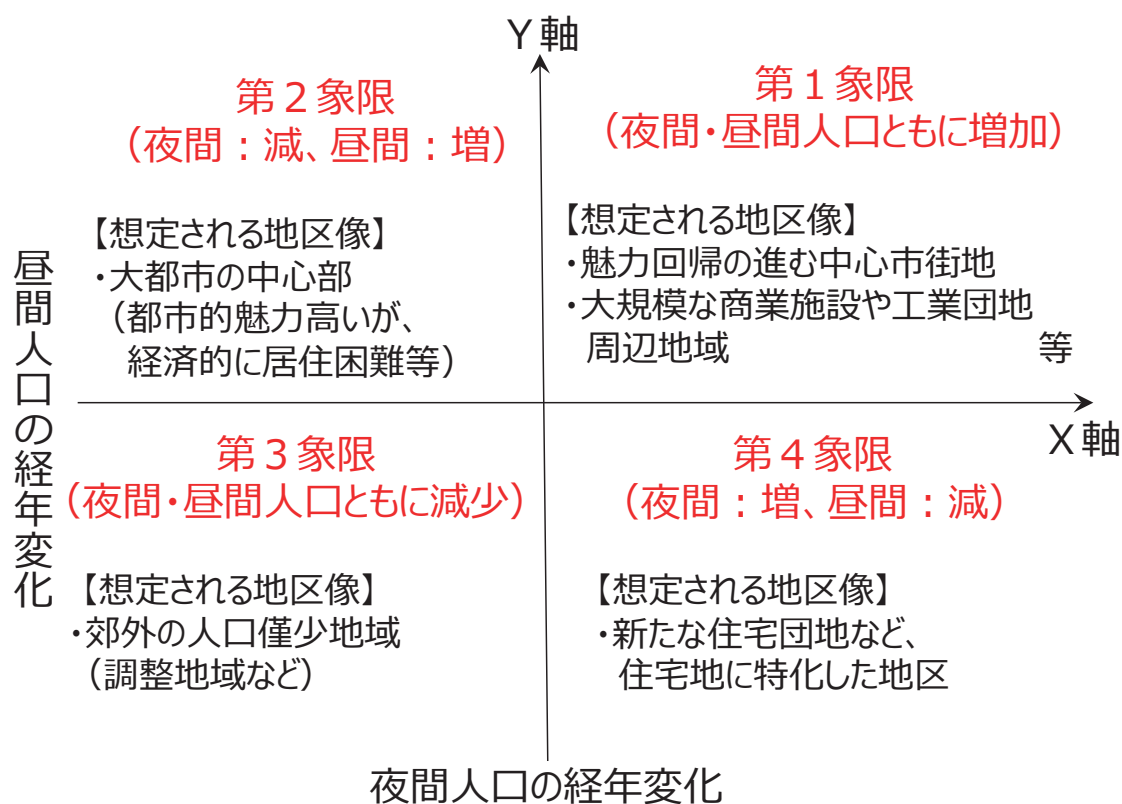


図 5-3 昼夜間人口の経年変化と地区像

(2) 評価手法

本論では、栃木県宇都宮市を対象にモバイルデータから得られる地区別の昼夜間人口を経年比較する。また、各地区と鉄道駅からのアクセシビリティや各地区に立地する施設との関係を各地区の空間的な配置やその度合いを整理する。これらのデータを用い、中心部等とのアクセス性や立地施設と各人口指標の関係について比較・整理を行い、その変化について考察を行う。

なお、活用したモバイルデータなどの仕様は、表 5-7 に示すとおりである。

表 5-7 分析に用いた各データの仕様

項目	データ仕様
昼間人口	2014年10月及び2017年10月平日平均（15時台を用いた）
夜間人口	2014年10月及び2017年10月平日平均（2時台を用いた）
施設	生活関連施設として、以下7施設 ①鉄道駅、②保育施設、③幼稚園、④銀行・郵便局 ⑤大型商業施設、⑥スーパー、⑦コンビニエンスストア
アクセシビリティ	徒歩（1km圏）及び公共交通（バス・鉄道）での時間圏により評価

5-2-3 宇都宮市における地区特性評価

(1) 宇都宮市全体の特性評価

本論では、地区特性評価のケーススタディとして、栃木県宇都宮市を対象に地区評価を行うが、市内の地区評価を行う前に、宇都宮市全体の特性を確認した。市全体の特性を確認する為、全国の主要都市（平成 25 年度住宅・土地統計調査における都市圏中心都市）を対象に昼夜間人口伸び率（2014 年⇒2017 年の各人口の変化率（%））を整理した。（図 5-4）

宇都宮市の 2014 年から 2017 年の各人口伸び率は、昼間人口が若干減少（▲0.3%）しているものの、夜間人口は増加（0.3%）がみられている。他都市と比較すると、昼間人口の伸び率は、減少がみられるものの首都圏や近畿圏などの中心都市に次ぐ 5 位の伸び率を示し、夜間人口も同様に、大都市圏に次ぐ 7 位の伸び率を示している。これより、宇都宮市の居住地及び各種都市サービス面での魅力は比較的高いものと判断される。

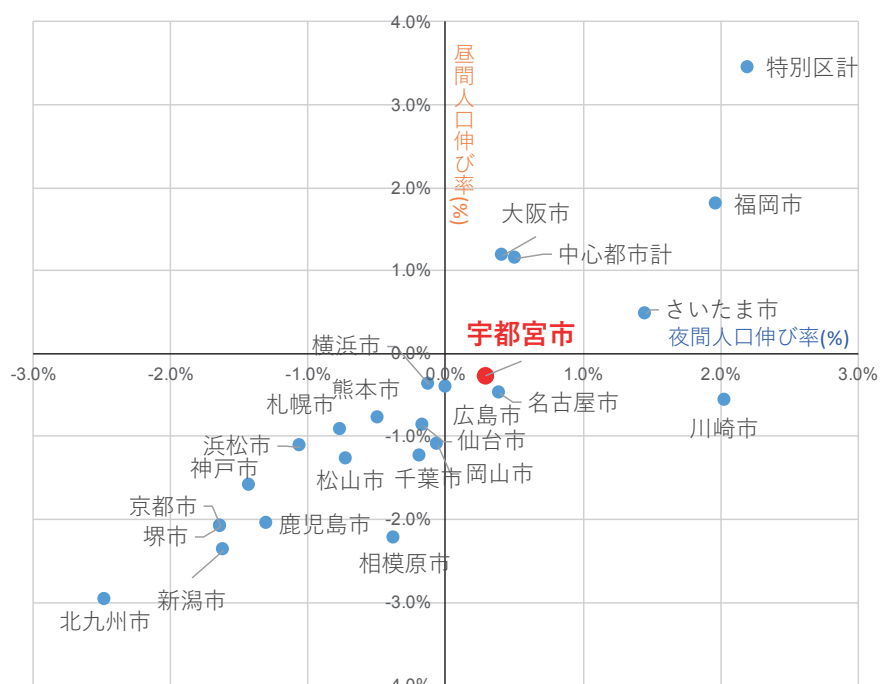


図 5-4 都市圏中心都市の昼夜間人口伸び率（2014年⇒2017年）

(2) 宇都宮市の地区別特性評価

上述のように、宇都宮市全体では、昼間人口の減少、夜間人口の増加がみられた。これを地区ごとの評価を行うことで、市内の人口変動がどのような場所で発現するかを把握するとともに、その地区のアクセシビリティや立地施設との関係を整理し、今後のまちづくりへの活用可能性を検討する。

なお、宇都宮市は、栃木県の県庁所在都市で人口はおよそ 52 万人の地方中核都市であり、主要な公共交通網として、市内中心部に位置する宇都宮駅を中心に、南北方面や西方面に鉄軌道が整備されている。一方で、大規模工場が立地する市東部には、鉄軌道は未整備である。（次世代型路面電車（LRT）が 2022 年の開業予定）

a) 宇都宮市の地区別昼夜間人口変化

モバイルデータの最小単位である 500m メッシュ単位における、昼間人口と夜間人口を最新データ（2017 年）で整理した。地区の特性を簡易的に把握する為、用途地域で分類して整理した。（図 5-5、図 5-6）

この結果から、従業地となる工業系用途や商業系用途の地区では、夜間人口に比べ、昼間人口が多く、主に居住地となる住居系用途の地区は夜間人口が多いこ

とが確認できる。特に中心市街地と鉄道駅周辺となる商業系用途地域は、昼夜間人口ともに多く、かつ夜間人口に比べ大幅に昼間人口が多い地区が多い。また、大規模商業施設は、工業系用途地域に立地しているが、昼間人口は、中心市街地の商業系用途地域に比べ少ない。

なお、市域面積の大多数を占める市街化調整区域の人口は、昼間人口及び夜間人口ともに少ない。

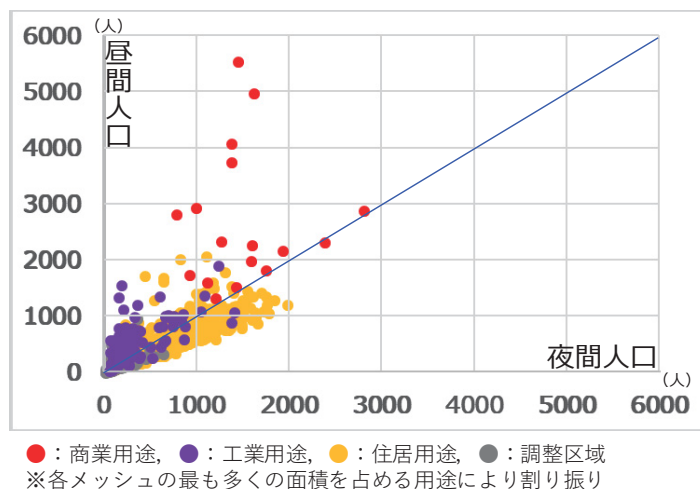
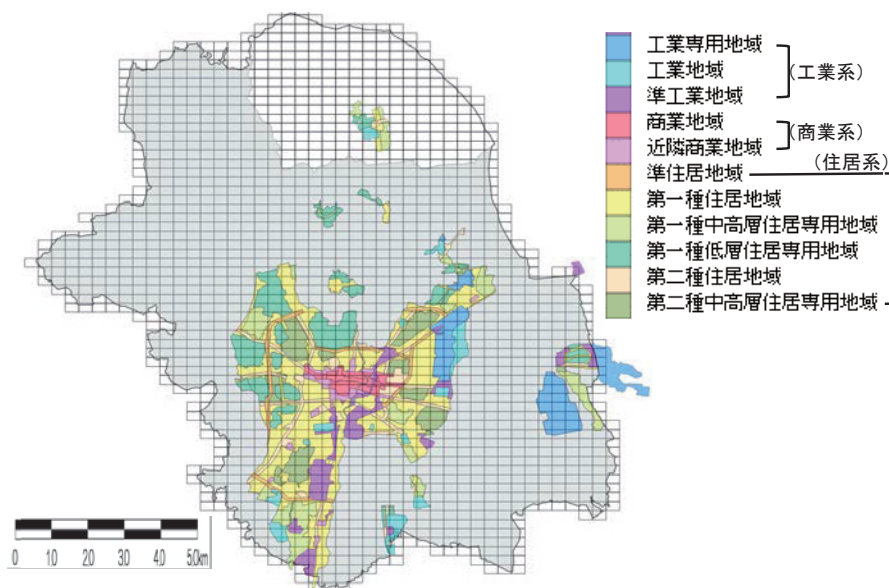


図 5-5 用途地域別地区別昼夜間人口（2017年）



※非線引き地域（上河内地区）の非用途地域は、平成28年3月に調整区域に設定された

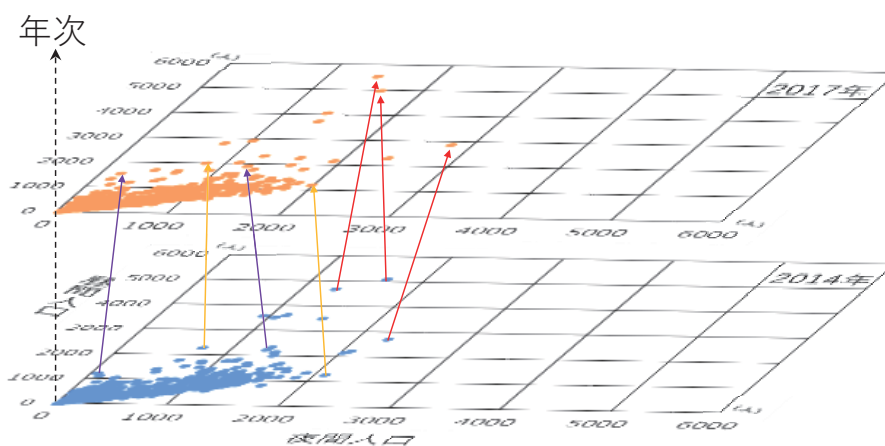
図 5-6 宇都宮市用途地域（2011年）と500mメッシュ

次に、各地区別人口の年次変化を整理した。(図 5-7)

また、この変化を先に示した「昼夜間人口の経年変化と地区像(図 5-3)」の4つに各地区を分類した。(図 5-8)

これらの結果では、用途地域の種類に関わらず昼夜間人口の増減が生じており、土地利用以外の要因により人口の増減が生じているものと考えられる。

更に、昼夜間人口の増減(4分類)の空間的な分布を確認すると、宇都宮市中心部(宇都宮駅西側)では、昼夜間人口が増減する地区(第1象限から第4象限に該当)が混在し、一方で、その外縁部では、昼夜間人口とともに減少している地区(第3象限に該当)が多くなっている。また、その外側の地区では、新興住宅地などを中心に昼夜間人口がともに増加している地区(第1象限に該当)が多くなっている。



※矢印の色は用途地域を示しており、赤は商業系、紫は工業系、黄は住居系

図 5-7 宇都宮市地区別昼夜間人口変化(2014年⇒2017年)

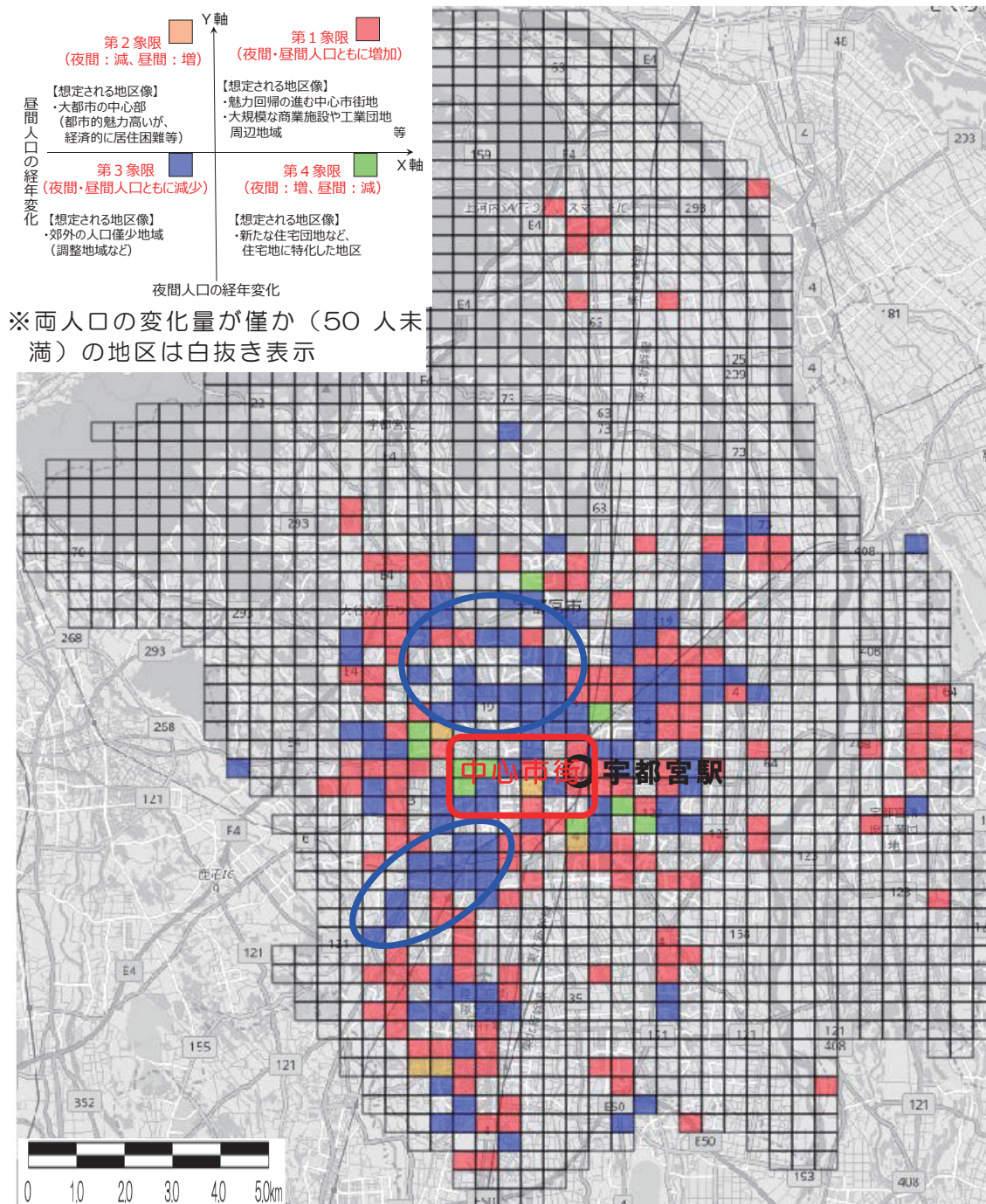
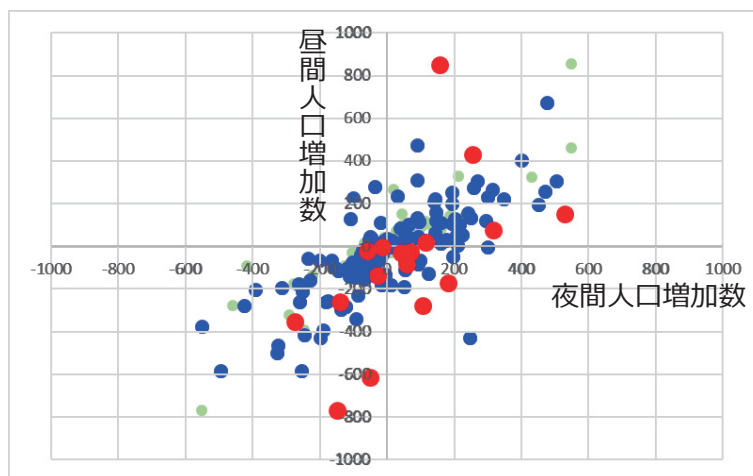


図 5-8 地区別昼夜間人口変動分類

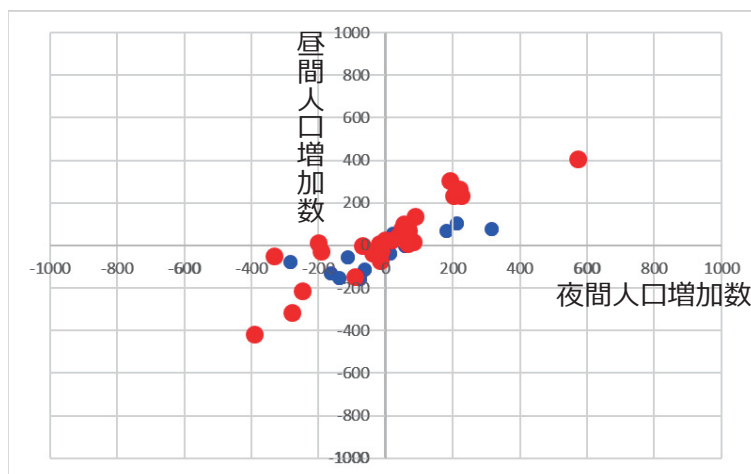
b) 鉄道駅アクセシビリティと地区別昼夜間人口変化

次に、昼夜間人口の変化と鉄道駅へのアクセス性との関係について分析を行った。宇都宮市には計8の鉄道駅があり、これら鉄道駅までの徒歩（1km）圏及び公共交通でのアクセス性（10分～30分圏）と昼夜間人口の変動量及びその分布について整理を行った。（図5-9，図5-10）



●：10分圏域，●：20分圏域，●：30分圏域
 ※公共交通（バス，鉄道）による所要時間で計測（待ち時間含む）
 ※駅，バス停へのアクセス・イグレス時間は含んでいない
 ※10分圏域には徒歩圏（1km）を含む
 ※宇都宮駅が最寄りとなる地区を対象としている

図5-9 宇都宮駅へのアクセス性と昼夜間人口変動量



●：10分圏域，●：20分圏域，●：30分圏域（該当なし）
 ※公共交通（バス，鉄道）による所要時間で計測（待ち時間含む）
 ※駅，バス停へのアクセス・イグレス時間は含んでいない
 ※10分圏域には徒歩圏（1km）を含む
 ※宇都宮駅以外の駅が最寄りとなる地区を対象としている

図5-10 他鉄道駅へのアクセス性と昼夜間人口変動量

宇都宮駅（JR 及び東武）へ徒歩又は公共交通で 30 分以内にアクセスできる地区は、当該駅を中心としたバス網が形成されていることから、広範囲となっている。宇都宮駅へのアクセス性と人口変動量では、10 分圏（徒歩圏含む）で他の圏域より昼間人口の変動量が大きく、駅周辺の商業施設や事業所の立地・撤退等の影響を受けているものと考えられる。また、20～30 分圏では、昼夜間人口が増加する地区が減少地区より多くみられる。

一方で、その他駅周辺地区については、鉄道駅端末交通が脆弱なため、該当地区が駅近傍地区のみであるが、比較的宇都宮駅から離れている駅付近の地区で、昼夜間人口がともに増加する地区がみられるなど、中心市街外周部から郊外を含めた利便性の高い地区において昼夜間人口の需要が高まっている。

c) 生活利便施設の配置と地区別昼夜間人口変化

更に、昼夜間人口の変化と生活利便施設の立地状況との関係を整理した。

生活利便施設は、医療施設（病院（診療所含む））、保育施設（保育園、幼稚園）、高齢者福祉施設、買い物施設（スーパー、コンビニエンスストア）、金融機関（銀行・郵便局）の 7 種類を対象とし、各地区内の徒歩圏（1km 圏）に立地する施設の種類数ごとに整理した。（図 5-11、図 5-12）

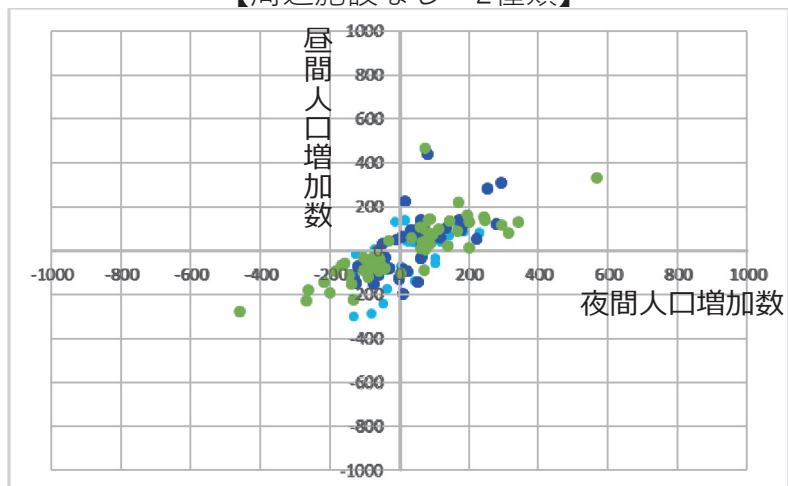
この結果から、生活利便施設の種類が少ない（3 種類未満）地区では、昼夜間人口ともにその変化は小さく、生活利便施設の種類が増えるに従い、昼夜間人口の変化が大きくなる傾向が見られる。

また、生活利便施設の種類が 3 種類を超えると、昼夜間人口の差が大きくなるが、3～4 種類の地区で、夜間人口の変動が大きい地区がみられる。

更に、生活利便施設の種類が 6 種類を超えると、中心市街地や鉄道駅周辺の地区が多くなるため、夜間人口の変動に比べ昼間人口の変動が大きくなっている。

このように、生活利便施設の立地と夜間人口や昼間人口の変化にも一定の関連がみられることが確認できた。

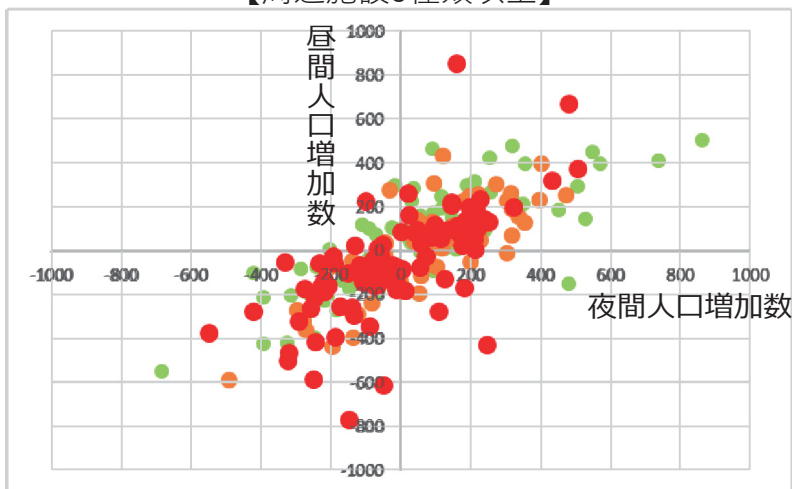
【周辺施設なし～2種類】



●：施設なし, ●：1種類, ●：2種類
 ※徒歩（1km）圏に立地する生活利便施設の種類の数ごとに集計
 ※生活利便施設
 ⇒病院, 保育園, 幼稚園, 福祉施設, スーパー, コンビニ, 銀行・郵便

図 5-11 生活利便施設の立地と昼夜間人口変動量①

【周辺施設3種類以上】



●：3~4種類, ●：5種類, ●：6~7種類
 ※徒歩（1km）圏に立地する生活利便施設の種類の数ごとに集計
 ※生活利便施設
 ⇒病院, 保育園, 幼稚園, 福祉施設, スーパー, コンビニ, 銀行・郵便

図 5-12 生活利便施設の立地と昼夜間人口変動量②

d) 交通サービスや施設立地と世代別人口変化

ここまでの分析に加え、各交通サービスや施設立地状況別に世代別の人口変化を比較・整理した。

分析は、表 5-8 に示す交通サービスが提供される地区や施設が立地する地区ごとに、昼夜間人口がどのように変化（図 5-3 における第 1 象限～第 4 象限）しているかを整理するとともに、これらの地区における世代ごとの 1 地区(メッシュ)あたり人口変動を整理した。(図 5-13～図 5-16)

まず、宇都宮市全体の人口分布統計による 2014 年から 2017 年の人口変化（表 5-9）をみると、宇都宮市全体では昼夜間人口とも 2%～3%の増加がみられる。これを属性別にみると、高齢化の進展により高齢者が 5%程度増加し、現役世代が 2%程度の減少となっており、昼夜ともに同様の傾向となっている。

次に、交通サービス・施設立地状況別の地区別人口変化（図 5-13～図 5-16）では、中心市街地へアクセス性のよい地区（宇都宮駅公共交通 30 分圏）においては、高齢者が昼夜間人口ともに多くなる地区や昼間人口が多くなる地区の割合が多く、活動地や居住地として選択される傾向が見られるが、地区あたり人口は、昼間は対象地区全体と同程度、夜間人口は減少傾向にあり、高齢者が集まる地区が特化している傾向にあるものと考えられる。

一方、同地区における現役世代の傾向は、昼夜間人口ともに多くなる地区は全体より少なく、昼間人口が増加する地区も同程度であるが、地区あたりの昼間人口は、全体に比べ大幅に多くなっていることから、高齢者以上に、特定地区への集積が進んでいるものと考えられる。

また、現役世代については、その他駅周辺で昼夜人口増加地区が多く、特に地区あたり昼間人口が大幅に増加していることから、活動地の郊外化が生じているものと考えられる。

なお、その他の施設周辺は、高齢者は地区全体の変動と大きな違いは見られず、現役世代は減少する傾向にある。

この結果から、宇都宮市においては、高齢世代は、中心市街地へのアクセス性が良い地区を選択する傾向が見られる一方で、現役世代は、一部郊外の鉄道駅周辺に居住地や活動地を選択する傾向にあるものの、自家用車利用が主体の為か、公共交通や利便施設へのアクセス性と活動地や居住地の関連は薄いと言える。

表 5-8 分析項目

世代分類	交通サービス, 施設
<ul style="list-style-type: none"> ・ 全人口 (15～79 歳) ・ 現役世代 (20～59 歳) ・ 高齢世代 (60～79 歳) ・ 現役女性 (20～59 歳女性) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 宇都宮駅公共交通 30 分圏 ・ その他駅徒歩圏 ・ 病院・診療所徒歩圏 ・ 保育施設徒歩圏 ・ 高齢福祉施設徒歩圏 ・ スーパー・コンビニ徒歩圏 ・ 銀行・郵便局徒歩圏

※世代の設定は人口分布統計の制約の範囲で設定

※徒歩圏は 1km 圏として設定した

表 5-9 地域区分別昼夜人口変化

地域区分	属性区分	2014.10人口		2017.10人口		変化量(2017-2014)		変化率(%(2017/2014))	
		夜間人口	昼間人口	夜間人口	昼間人口	夜間人口	昼間人口	夜間人口	昼間人口
宇都宮市 全域	全人口	416,337	424,982	425,746	436,790	9,409	11,808	102.3%	102.8%
	現役世代	248,426	252,175	244,997	245,287	-3,429	-6,888	98.6%	97.3%
	高齢世代	103,643	105,670	109,035	111,215	5,392	5,545	105.2%	105.2%
	現役女性	118,375	126,556	115,747	122,723	-2,628	-3,833	97.8%	97.0%
宇都宮駅 公共交通 30分圏	全人口	53,519	42,337	53,094	44,009	-425	1,672	99.2%	103.9%
	現役世代	35,574	27,569	34,891	27,788	-683	219	98.1%	100.8%
	高齢世代	16,786	14,416	16,756	15,026	-30	610	99.8%	104.2%
	現役女性	17,826	14,689	17,281	14,491	-545	-198	96.9%	98.7%
他駅 徒歩圏	全人口	19,569	16,652	19,187	17,354	-382	702	98.0%	104.2%
	現役世代	12,828	10,602	12,613	10,854	-215	252	98.3%	102.4%
	高齢世代	6,429	5,877	6,149	5,938	-280	61	95.6%	101.0%
	現役女性	6,312	5,510	6,118	5,468	-194	-42	96.9%	99.2%
病院・ 診療所 徒歩圏	全人口	268,608	278,929	274,469	281,935	5,861	3,006	102.2%	101.1%
	現役世代	186,298	193,088	185,396	187,946	-902	-5,142	99.5%	97.3%
	高齢世代	77,244	79,797	79,915	82,695	2,671	2,898	103.5%	103.6%
	現役女性	89,086	98,621	87,722	95,811	-1,364	-2,810	98.5%	97.2%
保育施設 徒歩圏	全人口	220,276	223,191	221,539	220,636	1,263	-2,555	100.6%	98.9%
	現役世代	153,072	152,441	150,294	145,381	-2,778	-7,060	98.2%	95.4%
	高齢世代	63,829	65,581	64,665	66,235	836	654	101.3%	101.0%
	現役女性	73,056	79,625	71,216	75,970	-1,840	-3,655	97.5%	95.4%
高齢福祉 施設 徒歩圏	全人口	183,508	193,438	184,347	190,445	839	-2,993	100.5%	98.5%
	現役世代	128,072	133,259	125,537	126,729	-2,535	-6,530	98.0%	95.1%
	高齢世代	53,059	56,256	53,473	56,598	414	342	100.8%	100.6%
	現役女性	61,063	69,157	59,319	66,078	-1,744	-3,079	97.1%	95.5%
スーパー・ コンビニ 徒歩圏	全人口	265,558	270,907	269,384	271,752	3,826	845	101.4%	100.3%
	現役世代	184,484	186,286	182,103	179,685	-2,381	-6,601	98.7%	96.5%
	高齢世代	76,887	78,792	78,902	81,272	2,015	2,480	102.6%	103.1%
	現役女性	88,188	95,723	86,141	92,129	-2,047	-3,594	97.7%	96.2%
銀行・ 郵便局 徒歩圏	全人口	203,092	220,930	206,162	221,186	3,070	256	101.5%	100.1%
	現役世代	141,981	153,792	139,852	148,524	-2,129	-5,268	98.5%	96.6%
	高齢世代	58,079	62,127	59,821	63,938	1,742	1,811	103.0%	102.9%
	現役女性	67,187	78,770	65,655	75,779	-1,532	-2,991	97.7%	96.2%

※公共交通 30 分圏は、待ち時間を含む

※昼夜人口の変動が 5% 未満又は 10 人未満は変化なしと判断している

※属性区分別データは秘匿が多くなるため、全人口と整合しない

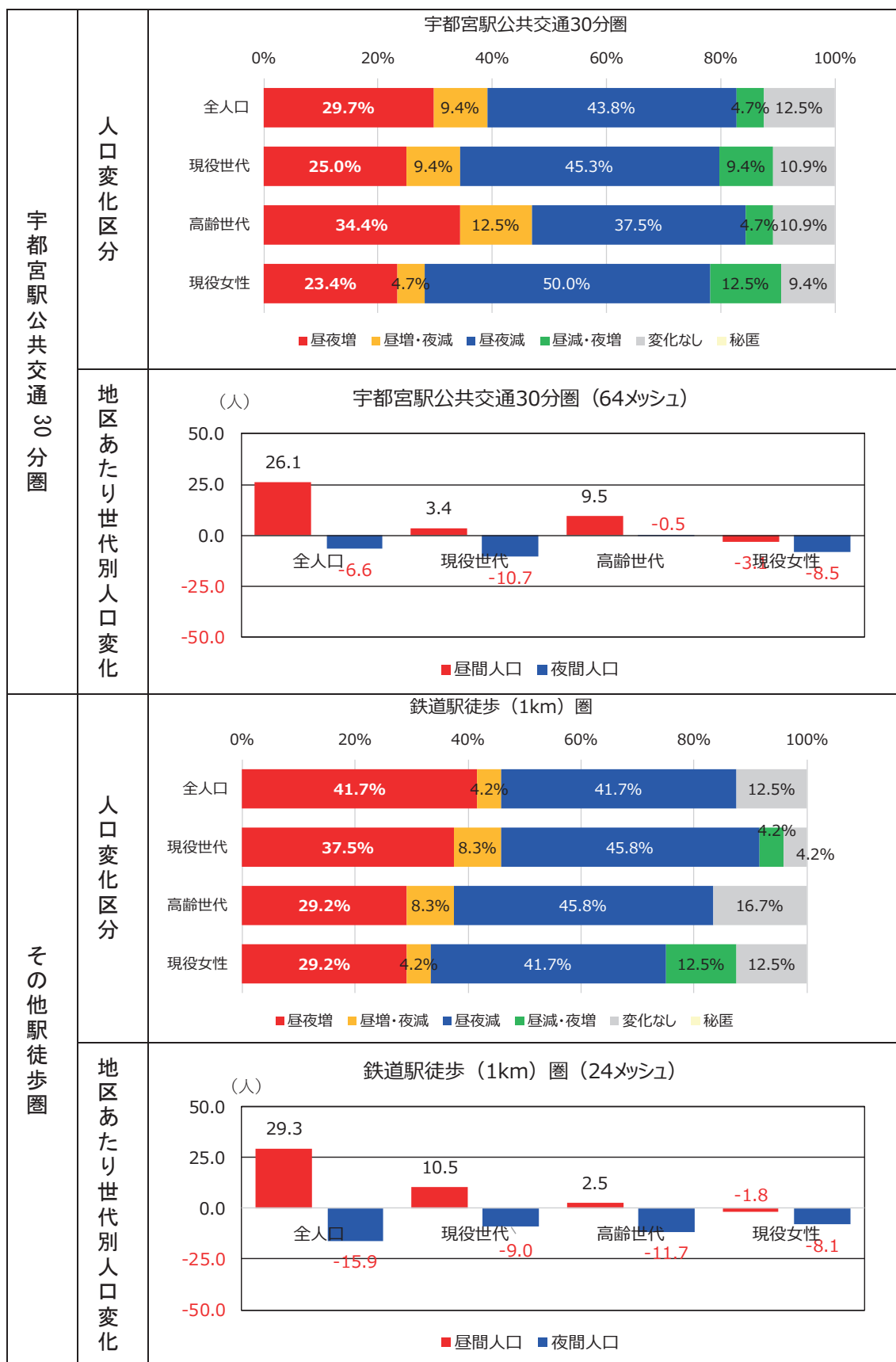


図 5-13 交通サービス・施設立地と昼夜間人口変化 (1)

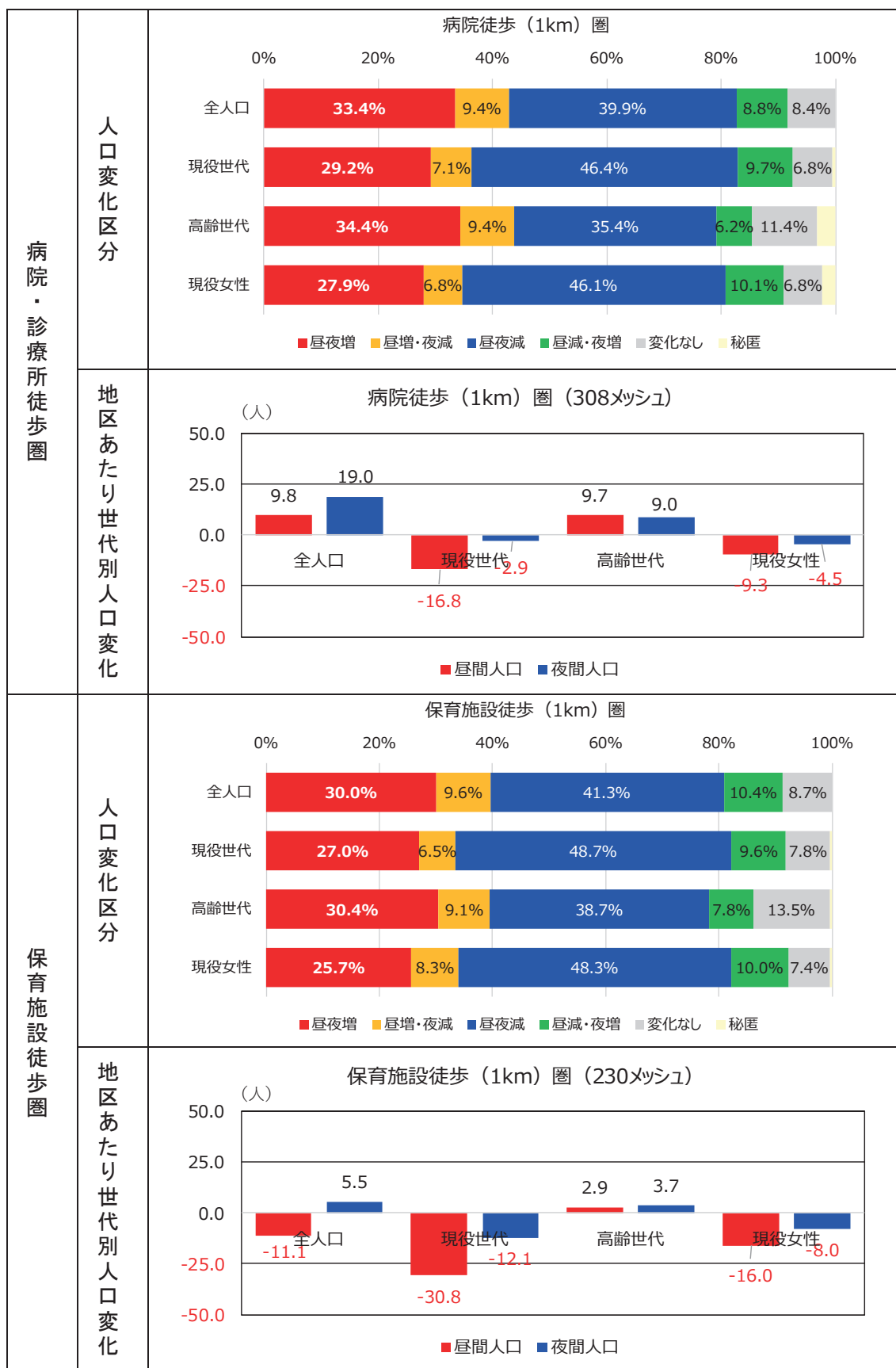


図 5-14 交通サービス・施設立地と昼夜間人口変化（2）

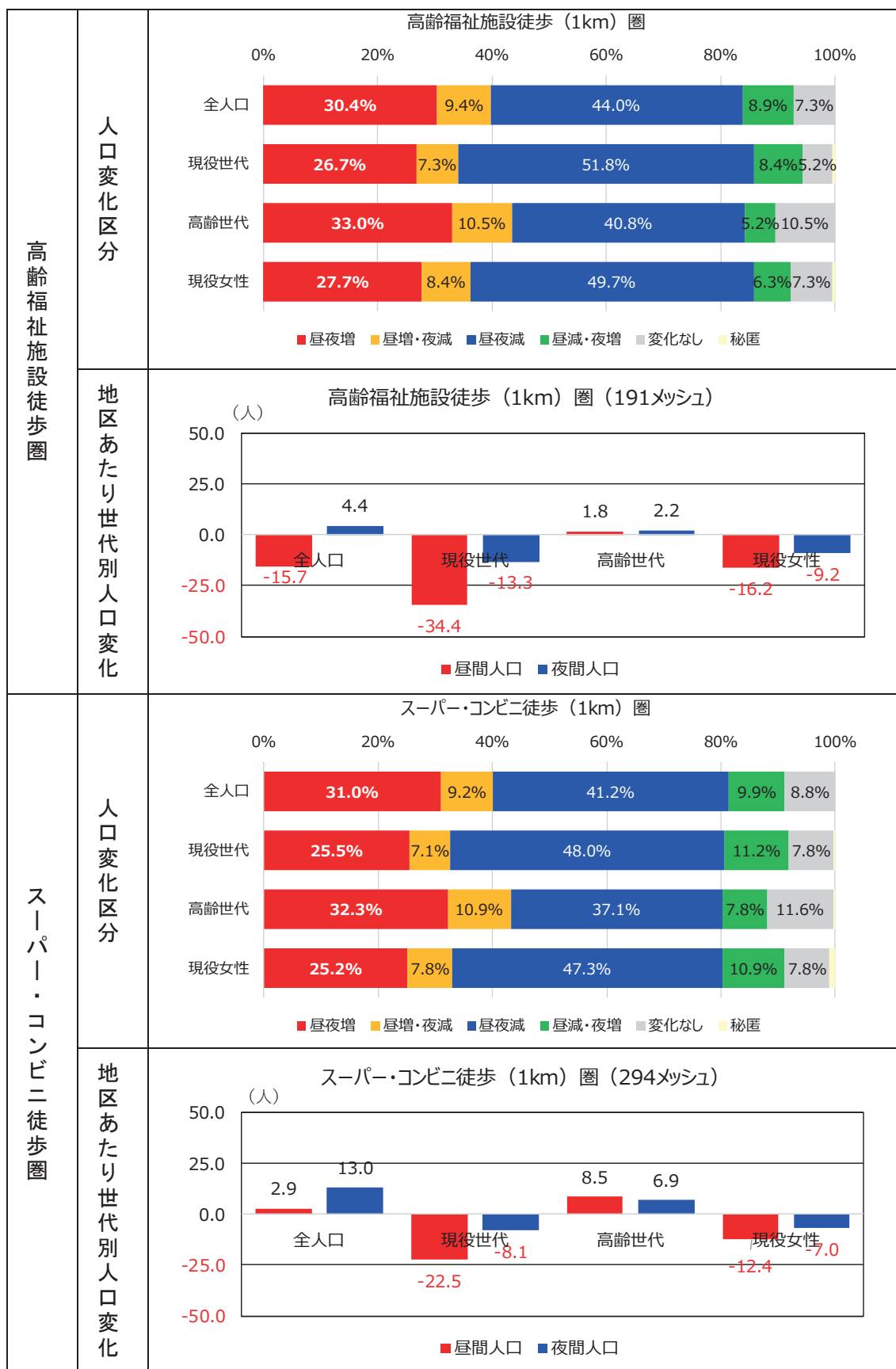


図 5-15 交通サービス・施設立地と昼夜間人口変化 (3)

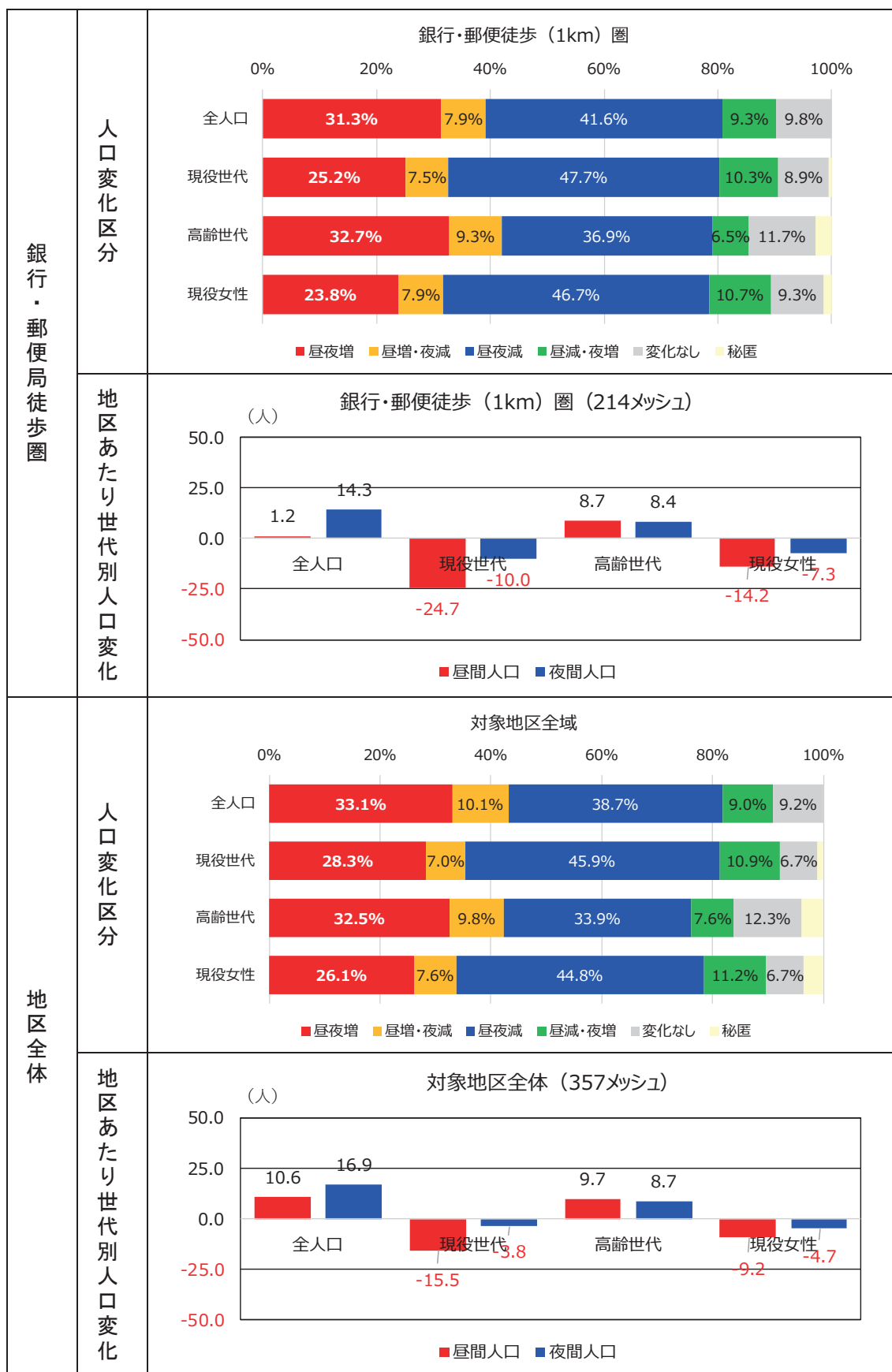


図 5-16 交通サービス・施設立地と昼夜間人口変化 (4)

5-2-4 昼夜間人口の経年変化にみる地区が果たしている機能の評価

(1) まとめ

本節では、人口分布統計の特徴である、地区単位で時間帯別人口が把握できる点を活用し、経年的な昼夜間人口の変化と都市施設の立地状況やアクセス性との関係を分析・考察した。

この結果、鉄道駅へのアクセス性や生活利便施設と昼夜間人口の変化に一定の関連があることが確認された他、属性による活動地や居住地の選択についてもその違いがあることが確認でき、今後のまちづくりにおける評価や各種施策のモニタリング指標への活用可能性が見いだせた。

一方で、昼間及び夜間のそれぞれの人口に影響を与えている要因については、ここまでの研究では明らかになっていない。これは、本データの分析からも推察されたように、自家用車利用が主体の世代については、都市施設へのアクセス性と活動地や居住地との関連性が見出しにくい点にあるものと考えている。

しかしながら、今後の更なる高齢化の進展による、交通弱者の増加に対し、本データの有効性は明らかであり、更なるデータストックを活用した分析を続け、今後のまちづくりへの施策展開に本データを活用し、全体を概観した方向性を提案できる指標にしていきたい。

(2) 今後の課題

本論で得られた結果を基に、まちづくりへの施策展開に寄与できる評価手法を具体化させることが必要と考えており、昼夜間人口それぞれの変化と生活利便施設や鉄道駅へのアクセス性、更には現在の昼夜間人口や生活利便施設へのアクセス性なども勘案し、昼間人口及び夜間人口の変化に対する施策感度を評価できるモデル構築に取り組みたいと考えている。

このモデルを活用し、立地適正化計画における都市機能誘導区域や居住誘導区域に適した地区や、これらの地区に有効な誘導施設を評価できる手法を提案していきたいと考えている。

第5章 参考文献

- 1) 国土交通省都市局都市計画課：「都市構造の評価に関するハンドブック」, 2014
- 2) 栃木県宇都宮市, 宇都宮市立地適正化計画（平成 29 年 3 月策定）,
<http://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/shisei/machizukuri/1014948/1009282.html>

補注

- (1) 整理した立地適正化計画は平成 29 年 12 月 31 日現在で公開されている 116 自治体分の計画を確認し、定量目標が明示されている 82 自治体の計画から整理した。

第 6 章 総括

第 6 章目次

6-1 得られた知見

6-2 今後の課題

6-1 得られた知見

本研究の分析を通じて得られた知見を以下に整理する。

6-1-1 都市交通施策評価への活用方法の提案

本研究では、携帯電話基地局データを活用した都市交通施策評価手法の1案として、人口流動統計（移動人口）データから比較的簡易に手段別移動人口を推計し、この結果から環境負荷量を求める手法を提案・実施した。更に、この結果を、当該都市のPT調査データから算出した結果と比較・検証し、概ね整合が図られたことを確認した。

■概略的な交通手段推計の簡易手法の具体化

本研究で提案した手法により携帯電話基地局データから算出した環境負荷量（二酸化炭素排出量）は、パーソントリップ調査で算出した排出量と高い相関が得られた。特に本手法の特徴となる、手段分担率の推計では、環境負荷量の大きい自動車の整合性が高く、自動車需要推定の一手法として実務上でも有効と考えられる。本手法はパーソントリップ調査データを基にしており、すべての都市での適用には至っていないが、ケーススタディ都市である宇都宮市でも定期的なパーソントリップ調査の実施は他都市圏の事例から困難と考えられ、当該手法を用いることにより、携帯電話基地局データを基にした自動車交通需要をはじめとする手段別交通需要の推定に活用可能と考えられる。

更に、本手法は公共交通へのアクセス性を基にした推計を行っており、ロジットモデルに代表される手段分担モデルほどの精度は確保できないものの、必要なデータを比較的容易に準備可能な手法である。このため、様々な施策を実施することでの感度分析に有効な手法と考えている。

現時点では、他手段の精度は十分ではないが、説明変数等の工夫を進めることで精度の向上は期待できる。

■都市交通施策に関する交通需要からの評価手法の提案

本研究で提案した、環境負荷量（二酸化炭素排出量）の算定手法は、パーソントリップ調査データからの算出手法との整合性から、高い精度を確保しているものと言える。

更に、環境負荷量の誤差に関する評価・考察から、算出される環境負荷量の誤差は、概ね PT 調査データと携帯電話基地局データのトリップ数の差によるものと確認され、都市交通施策評価の1手法として提案した、環境負荷量による都市交通施策の評価は、実務での適用可能性が高いことが確認できた。

また、携帯電話基地局データの特徴である365日の任意データが活用できる点を本手法に適用することで、これまで把握できなかった休日や季節変動を加味した環境負荷量の推計が可能と考えられ、新たな評価につながるものと考えられる。

6-1-2 都市交通や街づくり検討に資する地区機能の評価方法の提案

(1) 立地適正化計画のモニタリング指標としての適用

本研究で提案した、立地適正化計画で指定される「都市機能誘導区域」を評価する指標は、これまで把握できなかった、面的な日中の人口集積を携帯電話基地局データから整理することで、高次都市施設などが集積する地域に、どの程度人が集まってきているかを評価するものであり、本研究を通じ以下の知見が得られた。

■都市機能誘導区域への人口集積度合いや公共交通サービス評価手法の具体化

携帯電話基地局データから得られる、日中の滞留人口は、既存の統計データでは把握不可能であった、買い物等の私用や業務といった日中の活動状況を把握できることが確認でき、賑わいを評価する指標として、十分に活用できるものと判断できた。また、属性別に評価することにより、地域が果たしている機能、特性なども把握できることから、立地適正化計画で指定される都市機能誘導区域のどのような施設にどのような属性の人口が集積するかの評価が可能であることが確認できた。

このため、今後の都市機能誘導区域における都市施設の配置や誘導に関する検討に有効な情報として活用可能であるものと考えられる。

更に公共交通サービスとの組み合わせることで、居住地への公共交通サービスだけでなく、年齢層などで異なる活動地に対する公共交通サービスの現状も把握でき、今後の公共交通サービスを検討する上での1指標になるとも考えられる。

■都市機能誘導区域に関するモニタリング手法の提案

本研究では、単年度データによる評価であったほか、ケーススタディ都市である宇都宮市の立地適正化計画策定から時間が経過していないため、経年的なモニタリング評価は実施していないが、上述したように市内に10地区指定されている都市機能誘導区域それぞれの特徴が単年度データでも把握できた。

特に、本指標は既存の都市に関する評価指標である経済関連指標に比べ、施策効果への感度が高く、郊外拠点への施策効果も評価可能と考えられる。

今後、立地適正化計画に基づく施策が展開され、都市や交通サービスの変化が想定される。実施される施策内容に加え、本研究で提案した各指標を継続的に蓄積、比較することで、どのような施策が、どのような属性又は地区に影響を与えるのかを把握できるものと考えられ、当該指標に基づくモニタリングの実施が期待される。

(2) 立地適正化計画の策定に資する評価手法

都市施設の立地状況や公共交通のアクセス性などといった、都市交通や街づくりに関する施設整備状況と昼間人口や夜間人口の経年変化の関係から、施設の立地状況や公共交通の利便性と活動地や居住地の変化を説明する、昼間や夜間人口の変化について検討・分析を実施し、今後の立地適正化計画策定時の都市機能誘導区域や居住誘導区域の参考となる傾向の把握に向けた分析を行い、以下の知見が得られた。

■区域指定の参考となる公共交通サービスや都市施設と人口変化の関係整理

携帯電話基地局データから得られる、24時間365日のメッシュ（地区）別の時間帯別滞留人口を用いることで、これまで把握できなかった詳細な地区単位における昼間時間帯の滞留人口の経年データを活用し、夜間人口と昼間人口の変化をその地区が持つポテンシャルと捉え、そのポテンシャルを発揮させている要因として、交通サービスや立地施設との関連を分析した。

この結果、都市施設の立地が僅かな地区ほど人口の変動が小さく、中心市街地周辺部の都心アクセス性が高く、都市施設の立地も多い地区で、人口変動が大きい傾向が見られた。

更に、交通サービスや立地施設と属性別の昼夜間人口の経年変化を比較した結

果、高齢者は、より利便性の高い中心市街地で活動が増える一方で、現役世代は、周辺部の鉄道駅周辺での活動や居住が増加するといった傾向が見られるなど、属性により、日中の活動地や居住地の選択傾向に違いがあることが把握できた。

上述のような、昼間人口や夜間人口が増加傾向を示す地域は、都市機能誘導区域や居住誘導区域の指定範囲を検討する際の1つの参考とできるほか、属性ごとに異なる傾向を示している特性を踏まえた施設整備や施設誘導などの施策への活用も考えられる。

一方で、今回の分析結果では、立地適正化計画に関する区域指定検討等の参考にはなるものの、交通サービスや施設立地と昼夜間人口の変化との関係を把握するには至っていない。

本データは、性・年齢以外の属性が把握できず、詳細な活動地や居住地の選択要因を把握することが困難であるが、引き続きデータストックを進めつつ、実施施策との関連性を評価することで、性・年齢別の活動地や居住地の選択に関する感度を把握することは、十分に可能性があると考えており、コンパクトシティ＋ネットワークを見据えた都市構造への転換に向けた新たな評価視点として十分に活用できるものと考えられる。

現時点では、携帯電話基地局データの開発から時間の経過が僅かなため、人口変動のデータストックが十分ではなく、引き続き都市施設や公共交通網の整備状況と昼間人口や夜間人口の変化に注視しつつ、継続的に分析を行っていくことが重要と考えられる。

6-2 今後の課題

本研究では、携帯電話基地局データから把握できる移動人口や滞留人口を活用し、これまで取得データの制約で評価が困難であった、都市交通施策による人口集積への影響や利用交通手段への影響などへの評価への適用について空間分布の分析を中心に、その可能性を検討した。

この結果、前節に示すいくつかの有益な知見が得られ、本データや手法を適用することで、これまで得られなかった情報の取得や、パーソントリップ調査を実施しなくても都市交通施策の評価に資する評価が可能であることが確認され、自治体における計画策定や都市交通の現況評価等の効率化に十分活用できるデータであることが確認された。

一方で、携帯電話基地局データがまだ新しいデータであり、経年的な情報収集に限界があることなど、経年変化に関する分析は引き続き実施していく必要があると考えている。

今後、以下に示す課題を踏まえた、研究・分析を通じ、有効性を確認できた携帯電話基地局データの活用を進め、効果的な街づくりの一役を担えるデータとなることが望まれる。

■ データ蓄積による都市施策の効果計測

携帯電話基地局データが新しいデータであり、経年的なデータストックが十分でない点や立地適正化計画に基づく都市施策も緒についたばかりであり、現時点では十分な施策効果が把握できないため、今後継続的なデータストックと分析による評価が求められる。

携帯電話基地局データは継続的に収集される点や、様々な都市で立地適正化計画が立案され、高次都市施設の立地や統廃合の進展、公共交通サービスの変化、更には、近年目覚ましい開発が進む、ICT技術による新たな交通モードの導入など、都市交通を取り巻く環境の変化が想定されることから、これらの関係の分析を通じ、日中の活動地や居住地と都市施設や交通サービスとの関係を明らかにし、各都市に適合したまちづくりの検討に貢献していきたい。

■ 休日データの活用による多様な評価手法の検討

本研究では、平日データのみを対象とし、日常交通での評価を実施したが、携帯電話基地局データの特性である24時間365日のデータ活用には至っていない。

活動（昼間）人口の集積や人々の生活スタイルは平休で大きな違いがあり、年間を通じた都市構造分析やモニタリング指標の変化を把握することで、これまでとは異なる評価結果が得られる可能性もあり、休日データの活用による多様な評価手法の検討・立案も課題と考えている。

研究業績等

研究業績

本論文に関する研究業績を次ページ以降に示す.

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
a. 論文	
○1)	<u>渋川剛史</u> , 山下伸, 森本章倫: 人口流動統計データを用いた交通エネルギー消費量の推計に関する基礎的研究, 交通工学論文集, 4巻1号, pp. A_302-A_309, 2018. 2
○2)	<u>渋川剛史</u> , 浅野周平, 十河孝介, 森本章倫: 携帯電話基地局データを用いた立地適正化計画の評価指標に関する研究—宇都宮市をケーススタディとして—, 都市計画論文集, vol153, No. 3, pp. 408-415, 2018. 10
c. 講演 (国際会議)	
○1)	<u>Takeshi Shibukawa</u> , Shuhei Asano, Kosuke Sogo, Akinori Morimoto: Study of Indicator Relating to the Urban Facility Location Plan Using Mobile Spatial Dynamics in Japan, 2018 International Conference of Asia-Pacific Planning Societies, pp. 182-186, 2018. 8
e. その他 (論文)	
○1)	<u>渋川剛史</u> , 森本章倫, 池田大造, 山下伸, 吉田幸平: 人口流動統計データによる PT 調査の小サンプルデータの補完に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, vol. 53, pp. 11-18, 2016. 5
○2)	<u>渋川剛史</u> , 森本章倫, 池田大造, 山下伸, 吉田幸平: 人口流動統計データの交通行動分析への活用に向けた一考察, 土木計画学研究・講演集, vol. 54, pp. 1942-1948, 2016
○3)	<u>渋川剛史</u> , 森本章倫, 池田大造: 携帯電話基地局データの活用による地域特性評価手法に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, vol. 56, pp. 105_1-7, 2017. 11
○4)	矢部努, 北村清州, <u>渋川剛史</u> , 中矢昌希, 高野精久, 新階寛恭, 関谷浩孝, 池田大造, 柴崎亮介, 関本義秀, 今井龍一: 携帯電話網の運用データに基づく人口統計の代表性に関する考察—単一事業者のビッグデータから生成された人口統計に代表性はあるのか?—, 土木計画学研究・講演集, vol. 55, pp. 41-03_1-10, 2017. 6
5)	船本洋司, 菊池雅彦, 井上直, 岩舘慶多, 栄徳洋平, <u>渋川剛史</u> , 小笹俊成: PT 調査におけるスマートフォン調査の導入効果と今後の調査手法の方向性に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, vol. 55, pp. 41-06_1-7, 2017. 6
6)	十河孝介, 森本章倫, <u>渋川剛史</u> , 大門創: 人口流動統計を活用した幾何学的変数による LRT 需要推計に関する研究, 土木計画学研究・講演集, vol. 56, pp. 73_1-6, 2017. 11
○7)	<u>渋川剛史</u> , 十河孝介, 服部楓, 森本章倫: 携帯電話基地局データを活用した地区特性評価手法の検討—昼夜間人口変動に着目した評価—, 土木計画学研究・講演集, vol. 58, pp. 150_1-7, 2018. 11
8)	<u>渋川剛史</u> , 越智健吾, 関信郎, 岩舘慶多, 栄徳洋平, 松下雅典: 鉄道駅に近接する保育施設利用による交通行動への影響分析—流山市をケーススタディとして—, 土木計画学研究・講演集, vol. 57, pp. 16-14_1-7, 2018. 6
9)	栄徳洋平, <u>渋川剛史</u> , 川松裕太, 吉田純土, 新階寛恭: コンパクトシティのための目標達成度・効率性等による都市交通の性能評価指標の提案, 土木計画学研究・講演集, vol. 57, pp. 16-03_1-6, 2018. 6
10)	川松裕太, 新階寛恭, 吉田純土, 栄徳洋平, <u>渋川剛史</u> : 中小都市でのコンパクトプラスネットワーク施策を評価するための交通量の簡易推計手法に関する考察, 土木計画学研究・講演集, vol. 57, pp. 16-16_1-6, 2018. 6

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
11) (特許) 1) (記事) 1)	<p>1) 渋川剛史, 原野安弘, 生田進, 山本洋一:「バリア」の概念と交通体系整備の課題に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, vol.24, pp.73-76, 2001.11</p> <p>1) 手段別OD交通量の実数推計方法, 手段別OD交通量の実数推計装置, 手段別OD交通量の実数推計プログラム, 並びに情報記録媒体, 特許第6185626号</p> <p>1) 浜岡秀勝, 渋川剛史:ノルウェーにおける交通安全施策—重大事故の解消に向けた取り組み—, 雑誌道路, 2013.11</p>

謝辞

本論文は、筆者が在籍する株式会社福山コンサルタントにおける研究開発の一環として、ビッグデータの都市交通計画分野への適用方法について、株式会社 NTT ドコモをはじめとする関係企業との議論や分析などの活動や、建設コンサルタントとして、ビッグデータを活用する場面が大きく広がる状況を体感し、今後のまちづくりにおけるビッグデータの活用方法の確立についてじっくりと取り組み、より実践的な適用方法を具現化してみたいという動機で取り組み始めました。これらの活動を通じて様々な方々に関わることができ、また、多くの影響を受けるとともに、ビッグデータに関する様々な実態などを学ばせていただきました。また、本論文の執筆にあたりましては、多くの方々に、ご指導、ご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

まず、早稲田大学理工学術院の森本章倫教授には、学位論文の主査として、取り組み当初から、最終とりまとめまで終始ご指導をいただきました。なかなか先が見通せない状況において、様々な切り口のヒントをいただくなど、状況に応じた適切なアドバイスをいただきました。また、同中川義英教授、佐々木葉教授、佐々木邦明教授には、副査として、大変お忙しいなか、論文に対する多角的なご意見、ご指導をいただきました。森本先生をはじめとする諸先生方のおかげで、本論文をまとめることができました。本当にありがとうございました。また、研究を進めるにあたり、森本研究室の浅野周平氏、十河孝介氏をはじめとする学生の皆さんにも、研究に関する議論やデータの集計・分析など、多大な支援・協力をいただくとともに、研究室の一員として楽しい時間を共に過ごさせていただきました。ありがとうございます。

本研究を進めるにあたっては、その研究の基となるビッグデータ（モバイル空間統計）を株式会社 NTT ドコモ及び株式会社 ドコモ・インサイトマーケティングから提供をいただくとともに、都市交通分野への適用に向けた改良をいただきました。両社の池田大造氏、永田智大氏、矢野達也氏、渋谷大介氏、小田原亨氏に

は、データの概要や適用にあたっての適切なアドバイスをいただくとともに、データの検証や集計上の助言などの多大な支援をいただきました。今回のデータを提供いただけたことで、様々な分析や集計ができ、論文とりまとめができたと考えています。本当にありがとうございました。

今回の学位取得にあたっては、所属する株式会社福山コンサルタントの支援制度を活用することで、大学への通学機会を得ることができました。この機会を与えていただいた、同社の関係者の皆さま、また、ビッグデータの分析を機会に、学位取得を目指してはどうかと背中を押していただくとともに、本論文第2章のとりまとめに当たり多くの助言をいただいた栄徳洋平氏、データの集計を手伝ってくれた吉田幸平氏、さらに学位取得期間中の不在時に業務の支援等をいただいた同社交通マネジメント事業部交通計画東京グループの皆様には、多大なご協力をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

この他、本来名前を挙げて感謝申し上げるべき方々は数え切れません。この紙面をもって重ねて感謝申し上げます。

最後に、在学期間中、週末は自宅や会社等で研究活動に勤しみ、家族との時間をおろそかにしていたにもかかわらず暖かく見守ってくれた家族の皆に、感謝します。

なお、本論文に含みうる誤りの責は、筆者のみにあることを明記し、謝辞いたします。

2019年2月
渋谷 剛史