

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（2年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職	
	日下部 貴彦 （くさかべたかひこ）		東京大学 空間情報科学研究センター		准教授	
②研究 テーマ	名称	マルチスケールな交通連携を想定した拠点配置と交通マネジメントについての技術研究開発				
	政策 領域	[主領域] 道路ネットワークの形成と有効活用	公募 タイプ	タイプIV		
③研究経費（単位：万円） ※R1は精算額、R2は受託額、R3は計画額を記入。端数切捨。	令和元年度	令和2年度	令和3年度	総合計		
	(受託額) 4,999	(受託額) 3,499	(計画額) 2,210	10,708		
④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）						
氏名		所属・役職				
柳沼秀樹		東京理科大学理工学部・講師				
山口裕通		金沢大学理工研究域 地球社会基盤学系・助教				
福田大輔		東京大学大学院工学系研究科・教授				
内田賢悦		北海道大学大学院工学研究院・教授				
瀬尾亨		東京大学大学院工学系研究科・助教				
川崎洋輔		東北大学情報科学研究科・助教				
三谷卓摩		東京大学空間情報科学研究センター・客員研究員				
Peque Genaro Jr Canas		東京大学空間情報科学研究センター・特任研究員				
⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）						
ラストワンマイルから都市間の様々な移動に対応するために必要なマルチスケールでの交通機関連携でのキーとなる交通結節点を対象とし、多様な交通関連ビッグデータおよび、ETC2.0などのセンシング技術を活用して、 「i. 道の駅等のマネジメント施策の検討を想定した拠点利用状況のモニタリング手法の開発」を行い、拠点を利用する利用者の特性を捉える。						

上記の特性を踏まえたうえで、交通結節点からのラストワンマイル、拠点内及び拠点間の移動を想定し、

「ii. 道の駅等の中山間地域の地域内・地域間交通に関する拠点のモビリティ強化策の提案」

「iii. 次世代モビリティを想定した中心市街地をはじめとした拠点内での移動支援のための結節点の計画手法の開発」

を実施することで、ラストワンマイルを考慮した拠点間から拠点内に至るマルチスケールな交通網のシームレスな機能評価を可能とし、次世代モビリティが導入された社会における総合的な施策検討のための技術開発を行うことを目的とする。

⑥これまでの研究経過

本年度は、前年度の中間評価結果での研究計画に関する指摘内容である

1. 研究成果目標の明確化
2. 研究全体の見通しをクリアにし、研究内容を絞った研究計画とすること

をうけ、研究目的・内容の見直しを行った。（研究計画全体の詳細の対応表は、特記事項に記載する）

⑤のi～iii及び図1に記述しているように、本研究では、道路を活用する次世代モビリティの導入を見据えた、拠点利用状況のモニタリング手法、中山間地域・市街地でのモビリティの強化や結節点の計画手法を開発する。

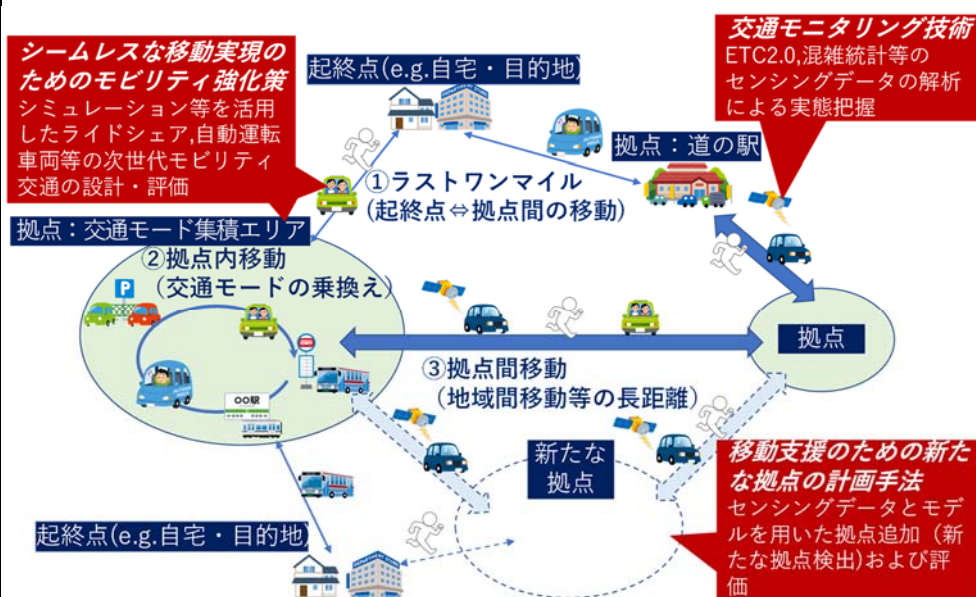


図1 研究の枠組み

3ヶ年の研究計画は、図2に示すように改善している。本年度は、令和元年度に構築した分析方法および、収集したデータを用いて、方法論の実装に取り組んでいる。

iでは、「①拠点機能のモニタリング」として、初年度に実施した道の駅開業効果の分析方法を活用し、全国の主要な道の駅、鉄道駅、空港、高速道路サービスエリアの合計160カ所を対象に、利用層の抽出、利用のされ方の類型化などモニタリング時のための解析手法を開発した。①のモニタリング手法は、分析者が指定した拠点に対しての解析手法であるが、あらかじめそうした拠点候補を分析者側ですべ

て列挙することが難しいことも想定される。このことから、「②拠点の利用のされ方モニタリング」では、常時観測されているETC2.0によるプローブを用いることで、自動的に拠点利用がされている場所の候補を抽出し、利用実態を抽出する方法を開発した。

iiでは、道の駅等の拠点を中心とした自動運転車両実験などが実施され、将来、ラストワンマイルの交通手段として次世代のモビリティの導入が見込まれる中山間地域での拠点を中心とした地域内・地域間交通に関するモデル構築を行う。本年度は、「②地域内交通の設計・評価モデルの構築」を行った。モデルでは、令和元年度に茨城県常陸太田市高倉地区で実施した「①中山間地域でのBLEを用いた長期間の行動データ収集」のデータを用いて、交通需要を想定したうえでライドシェアリングの設計・運用モデルを適用し、設計・評価の方法を検討した。

iiiでは、中心市街地など、比較的規模の大きい拠点での拠点内・拠点周辺での移動支援方策の検討・評価手法の構築を行う。本年度は、令和元年度研究での「①都市内でのケーススタディ実施と行動データ収集」で得られた知見やデータを活用し、「②評価用シミュレーション及びモデルの構築」を行った。シミュレーションの構築では、マルチエージェントシミュレータMATSimを対象地域に適用するためのデータセットの構築を行った。ライドシェアリングやラストワンマイルのモビリティを想定した設計・評価の方法を検討した。

なお、今回の報告書では、令和元年度のCOVID-19の影響により延期となった次世代モビリティ走行実験の準備状況についても報告する。

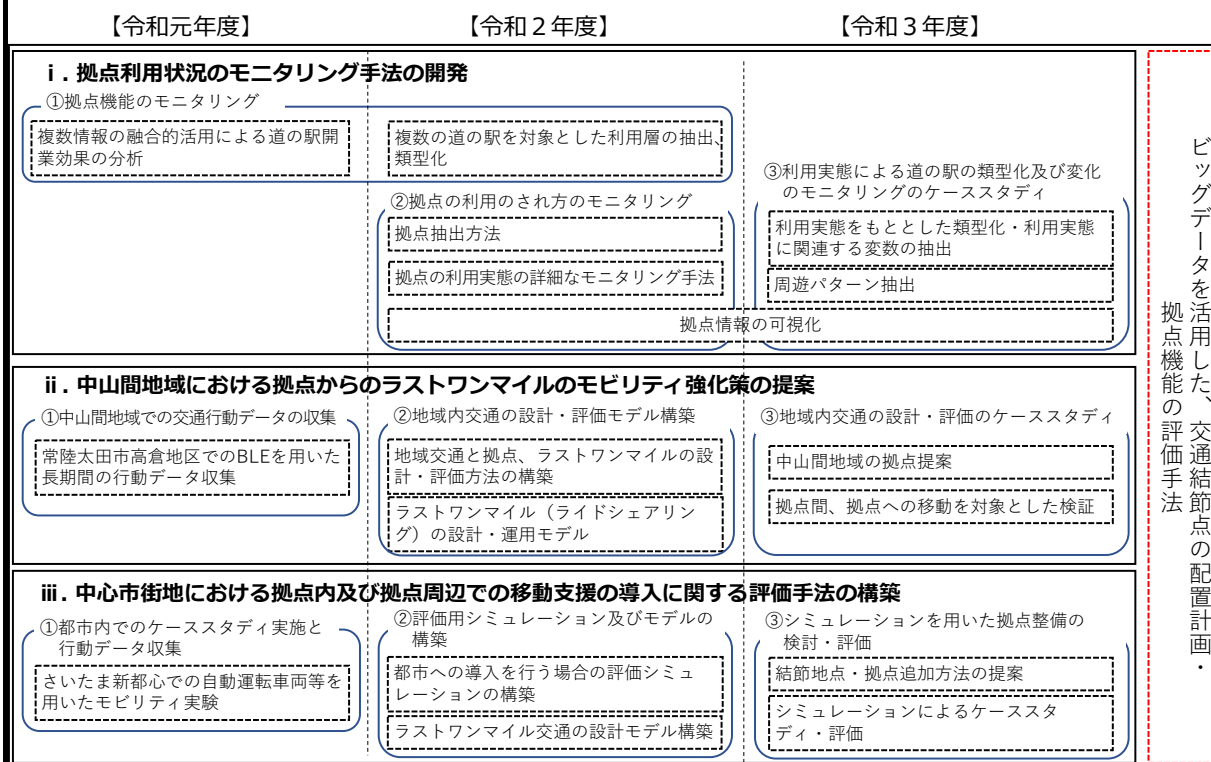


図2 研究の構成

i. 拠点利用状況のモニタリング手法の開発

① 拠点機能のモニタリング

道の駅や鉄道駅など種別の異なる拠点の利用実態を把握することを目的として、携帯電話位置情報データを用いた滞在パターン情報の統計判別を実施した。ここでは、NTTドコモの基地局情報から作成された人口統計情報である、「モバイル空間統計」1)を用いて、道の駅だけでなく鉄道駅・高速サービスエリア・空港の滞在パターンを解析する。

施設の滞在パターンを把握するために、1kmメッシュごとの推計人口データを用いる。本稿の解析では、以下の160施設・365日付・11時点・2居住地属性のすべての組み合わせの推計人口データを利用する。

施設： 道の駅（136か所）、主要高速SA（9か所）、主要駅（8か所）、
 空港（5か所）、市街地（常陸太田市、さいたま新都心）

日付： 2019年1月1日～2019年12月31日

時点： 1, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23時台

居住地属性： 施設と同県居住者 / 県外居住者

本研究では、令和元年度で検討した、非負値テンソル因子分解を用いた手法を構築する。滞在人口データを3階のテンソル配列データとして、この情報をより少数のデータに圧縮していく。非負値成分 $u_{k,l}, v_{k,i}, w_{k,j}$ は、パターン番号 k と、それぞれ施設 l 、日付 i 、時間帯・居住地属性 j ごとに定義した（図3）。

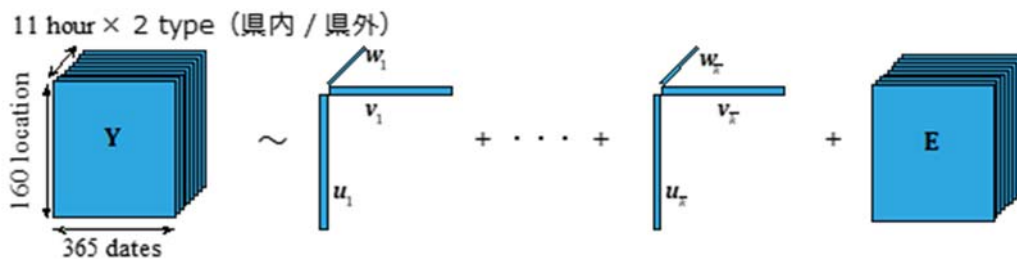


図3 モデルの概略図

表1 モデルの算出結果

パターン No.	県外居住 者割合 (w_k)	時間帯構成 (w_k)			曜日平均値 (全平均との比) (v_k)		
		深夜 23-7	昼間 9-17	夜間 19-21	平日	金曜日	土曜+ 日曜日
1	0.035	0.429	0.390	0.181	0.999	0.991	1.003
2	0.031	0.057	0.835	0.108	1.320	1.349	0.198
3	0.067	0.063	0.795	0.142	0.751	0.771	1.625
4	0.272	0.232	0.195	0.573	1.079	1.476	0.802
5	0.651	0.176	0.702	0.122	0.965	1.025	1.087
6	0.675	0.088	0.750	0.163	0.697	0.747	1.761
7	0.907	0.058	0.800	0.142	1.347	1.397	0.130

本研究では、分解結果の RMSE (Root mean square error)の傾向からパターン数 $\bar{k} = 7$ とした。表 1 に、 w_k から算出したパターン k の県外居住者割合と深夜・昼間・夜間の時間帯構成割合、そして v_k から算出した平日・金曜日・土日の平均構成人数（全日の平均値との比）を示している。各パターンの特徴をまとめると、

- パターン 1 : 施設とその周辺の常在人口（周辺に居住している人など）
- パターン 2 : 同じ県内から平日昼間に施設に来訪する行動
- パターン 3 : 同じ県内から休日昼間に施設に来訪する行動
- パターン 4 : 週末夜の施設周辺での飲食行動・週末旅行のための移動の経由滞在
- パターン 5 : 過半数を県外居住者が占める、毎日・安定的な来訪行動
- パターン 6 : 過半数を県外居住者が占める、休日昼間の来訪行動
- パターン 7 : ほぼ県外居住者による、平日昼間の来訪行動

となる。これらのパターンを元に、抽出された利用者パターンの概要とそのパターンの構成比が高い拠点上位 3 個を表 2 にまとめた。表に示されるように、拠点の来訪特性によって基本的な類型化ができたことから、可視化システムと組み合わせることで、全体の俯瞰や比較が可能になることが期待される結果となっている。

表 2 特徴的なパターンの構成比の拠点（それぞれの構成比について上位 3 拠点）

順位	名前	拠点種類	都道府県	構成比
パターン 1（夜間滞在人口）：				
1	しもにた	道の駅	群馬県	0.946
2	よこはま	道の駅	青森県	0.938
3	かなん	道の駅	大阪府	0.929
パターン 2（同県内の平日昼間の流入）：				
1	仙台駅	駅	宮城県	0.371
2	東京駅	駅	東京都	0.36
3	札幌駅	駅	北海道	0.346
パターン 3（同県内の休日昼間の流入）：				
1	神戸フルーツ・フラワーパーク 大沢	道の駅	兵庫県	0.36
2	象潟	道の駅	秋田県	0.293
3	伊良湖クリスタルポルト	道の駅	愛知県	0.285
パターン 4（金曜日夜の流入）：				
1	新宿駅	駅	東京都	0.17
2	大宮駅	駅	埼玉県	0.124
3	仙台駅	駅	宮城県	0.119
パターン 5（県外を含む昼間の流入）：				
1	羽田空港	空港	東京都	0.474
2	小松空港	空港	石川県	0.469
3	新千歳空港	空港	北海道	0.431
パターン 6（県外からの休日昼間の流入）：				
1	軽井沢駅	駅	長野県	0.458
2	神戸フルーツ・フラワーパーク 大沢	道の駅	兵庫県	0.366
3	伊東マリンタウン	道の駅	静岡県	0.358
パターン 7（県外からの平日昼間の流入）：				
1	品川駅	駅	東京都	0.385
2	東京駅	駅	東京都	0.327
3	新宿駅	駅	東京都	0.157

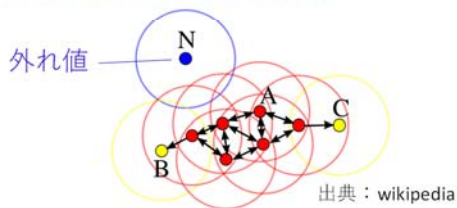
②大規模プローブデータからの拠点抽出アルゴリズム

あらかじめ拠点として認識されている地域では、分析者が拠点を指定して、①でのモニタリング手法を適用することは可能であるが、地域でよく利用されている商業施設などその地域に居住していない分析者などがあらかじめ想定することが容易ではない拠点もあり、網羅的な拠点の列挙には課題がある。本研究では、プローブデータをもとに滞在が発生する地点・地域を拠点として抽出する。滞在点の集まり（クラスタ）を自動抽出するためのアルゴリズムとして、これまでDBSCANなどのアルゴリズムが開発されてきているが、本研究の対象とするプローブデータに適用するには技術的課題がある。具体的には、都市部と郊外部（地方）では、トリップ数の総量が異なるため拠点と定義できる滞在点の密度が異なることから、一律の密度の閾値で、クラスタ検出(高密度判別)すると、郊外部は、中間点の密度が低いため、既往の手法ではクラスタを検出できないというものである。

そこで本研究では、階層的な拠点（密度のレベルが異なる拠点）をクラスタリングできる手法を提案した（図4）。

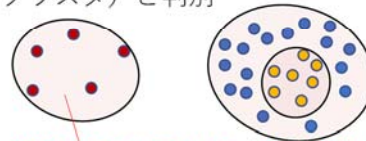
DBSCAN

- ✓ 一定の半径 r (閾値)以内に存在する点(=到達可能)を同じクラスタとして検出
- ✓ 半径 r 以内でない点（低密度箇所）は外れ値として処理（クラスタリングされない）



提案手法

- ✓ 点密度(点の数÷半径 2)が一定の場所を検出
- ✓ あるクラスタに近接の点を追加した際に密度が変化する場合をクラスタ境界面（別のクラスタ）と判別



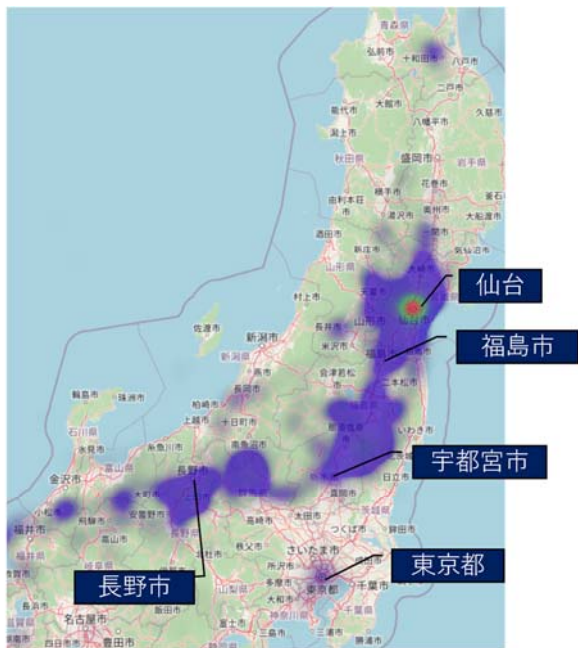
郊外部のようなドット数が少なく、比較的、低密度の場所もクラスタリング可能

図4 拠点抽出手法の概要

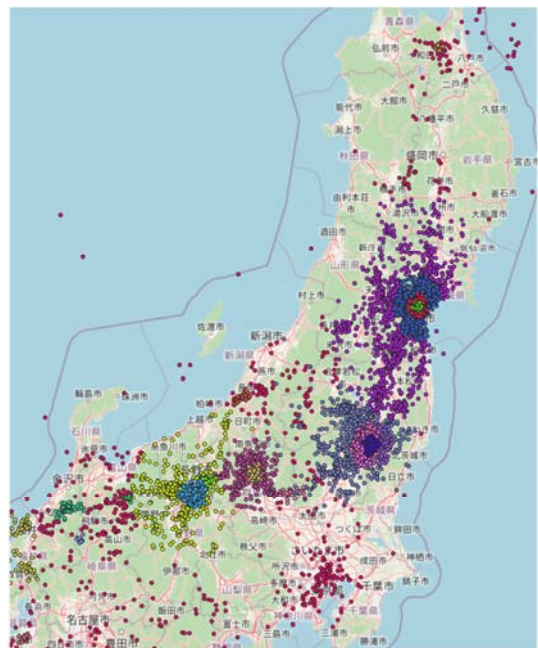
本研究では、大量のETC2.0プローブデータから、滞在場所の拠点となっている地域を抽出するためのアルゴリズムを開発した。2019年6月1日から7日（7日間）の仙台市青葉区（仙台中心市街地）を終点としたトリップを対象に、検証を行った。

従来手法によるヒートマップ[図5の左図]を見ると、仙台市が最も高密度（赤色）であり、他は低密度（青色）であり、目視では、クラスタ分類困難となっている一方で、提案手法は、仙台市以外の場所でもクラスタリングされている。提案手法は、各地域(都市)で上手くクラスタが分かれている。

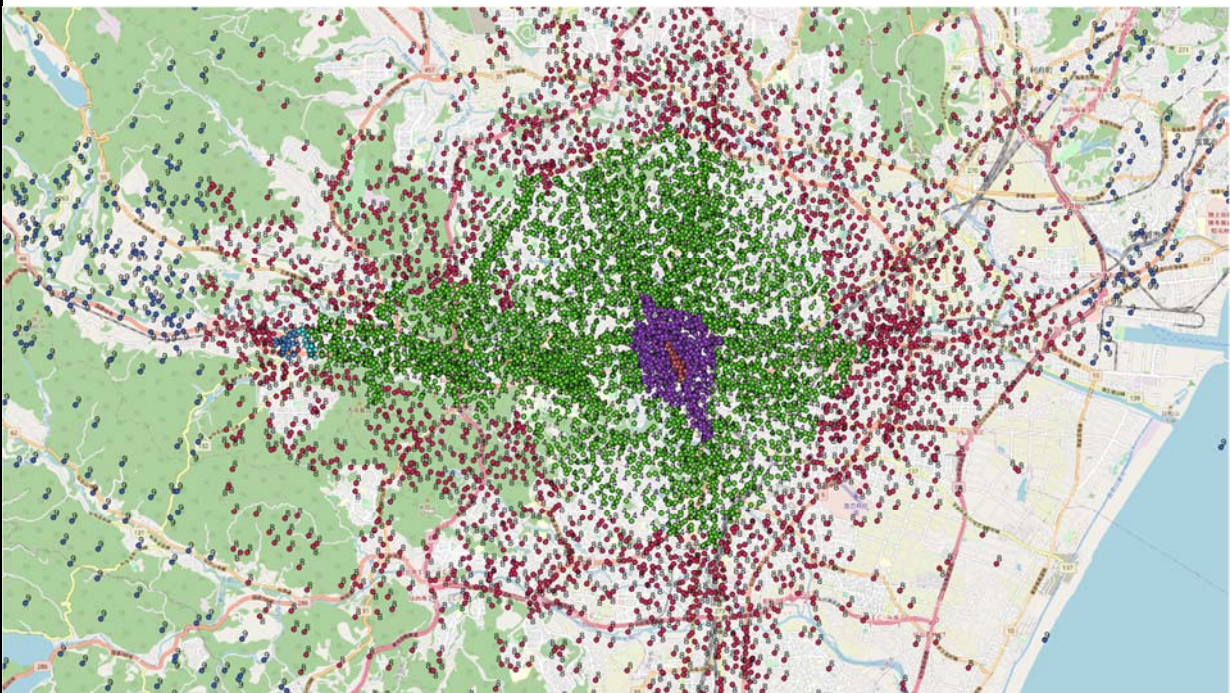
今後、本提案手法でのクラスタとして抽出された拠点について、内容を精査するとともに、拠点機能のモニタリング手法と可視化を適用し、拠点の類型化及び比較を行っていく。



▲カーネル密度推定によるヒートマップ
※見やすくするため、低密度の箇所は可視化していない



▲提案手法によるクラスタリング結果
※クラスタNoごとに中間点（ドット）を色分け



▲提案手法によるクラスタリング結果（仙台市中心部）

図5 提案手法の拠点の抽出結果と従来のヒートマップとの比較

③ 可視化ツールの作成

可視化ツールは、①②の分析結果や拠点と最寄駅までの距離などの拠点毎の指標（検討中）について全国の拠点で比較しやすくすることで、利用者の状況及び周辺施設の状況が類似する拠点での事例等を検索しやすくすることを意図している。本年度は、図6,7の様にヒストグラムを用いた全国での位置づけやレーダーチャートでの比較をWebから行えるツールを開発し、解析結果をもちいて拠点の特徴を比較できることを確認した。

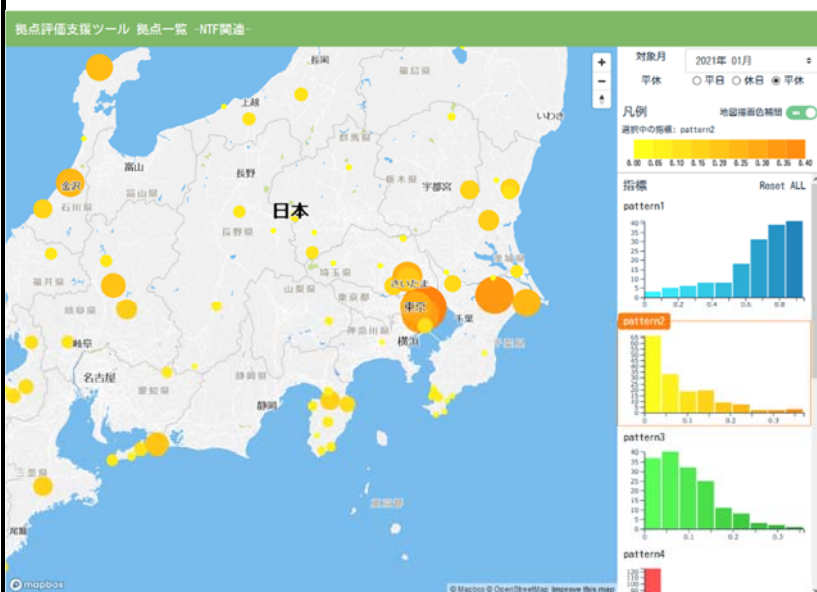


図6 ヒストグラムを用いた可視化の例

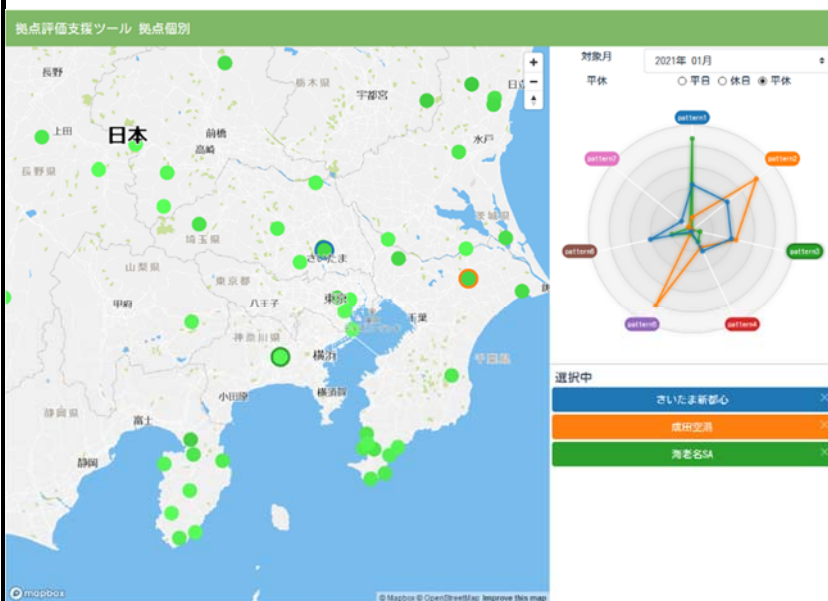


図7 レーダーチャートを用いた拠点比較の例

ii. 中山間地域の地域内・地域間交通に関する拠点のモビリティ強化策の提案

本研究では、令和元年度に常陸太田市高倉地区で実施した BLE (Bluetooth Low Energy) タグを用いた交通行動調査結果をもとに、中山間地域での高齢者の目的別交通行動の発生頻度を表すモデルを構築する。

本研究で用いるデータは、高倉地区在住の 52 名にタグを携帯してもらい、2020 年 7 月 29 日～2021 年 2 月 29 日の間に、常陸太田市内 19 カ所に設置された受信機で対象者の来訪を検知することで収集したデータである。期間内に観測された来訪は延べ 9649 人日であり、買い物が 2869 人日、病院が 1510 人日、生活（役所・郵便局等）が 2590 人日、その他が 2679 人日であった。

本研究では、ある日に活動を行うか行わないかを前回の活動からの日数に応じて選択する二項選択のロジットモデルを構築する。活動については、BLE 調査での目的地に応じて設定された活動目的によって分類しており、買い物、病院、生活（役所・郵便局等）のそれぞれについて推定を行う。

$$\text{活動 } a \text{ を行う効用； } V_a = \beta_{dc} \exp\left(\frac{x_d}{365}\right) + (\beta_d + \beta_{age}) \exp\left(\frac{x_d}{365}\right) + \sum_w \beta_w x_w$$

$$\text{活動 } a \text{ を行わない効用； } V_{\bar{a}} = \alpha$$

x_d は前回のトリップからの日数、

x_w は曜日を表すダミー変数である。

パラメータ β_{dc} は、実験開始から初回のトリップが観測されるまで有効。 β_d 、 β_{age} は初回のトリップ以降有効である。 β_{age} は、65 歳未満の場合 0 であり、65～75 歳、75 歳以上で異なる値をもつ。なお、本研究では、個人ごとに明らかに行動特性が異なるパターンが観察されたことから、パネルデータを扱うことを意図し、Mixed Logit モデルと潜在クラスモデルを組み合わせたモデルを用いる。

表 3 活動発生モデルの推定結果の例

Name	潜在クラス1の推定結果				潜在クラス2の推定結果			
	Value	Std err	t-test	p-value	Value	Std err	t-test	p-value
σ_a (定数項の個人毎の標準偏差)	0.403	0.0709	5.68	1.35E-08	2.24E-05	0.115	0.000195	1
α	6.21	2.2	2.82	0.00477	-10.5	5.43	-1.93	0.0538
β_{dc}	3.42	2.18	1.57	0.117	-12.9	5.4	-2.38	0.0172
β_d	4.34	2.19	1.98	0.0473	-10.5	5.42	-1.93	0.0538
$\beta_{65歳以上}$	-0.19	0.161	-1.18	0.238	-0.424	0.185	-2.29	0.022
$\beta_{75歳以上}$	-0.376	0.207	-1.81	0.0701	-1.39	0.207	-6.72	1.80E-11
$\beta_{月曜}$	0.283	0.126	2.24	0.025	-0.979	0.194	-5.06	4.28E-07
$\beta_{火曜}$	0.0181	0.113	0.159	0.873	-0.419	0.197	-2.13	0.0335
$\beta_{水曜}$	-0.0251	0.116	-0.216	0.829	-0.586	0.183	-3.19	0.00142
$\beta_{木曜}$	-0.198	0.12	-1.64	0.1	0.401	0.211	1.9	0.0574
潜在クラス2の事前確率パラメータ	-1.48	0.431	-3.42	0.000615				
潜在クラス1に所属する事前確率	0.92							
潜在クラス2に所属する事前確率	0.08							

モデルの例として、潜在クラス数を2として設定した場合の買い物目的の推定結果を示す(表3)。潜在クラス1の割合は、92%となっており、今回の多くの対象者の行動は潜在クラス1が示していると考えられる。潜在クラス1では、最後に買い物をした日から日数が経つほど買い物をしやすくなる傾向を示している一方で、潜在クラス2は β_{dc} 、 β_d が負になっていることから、日数が経っても次の買い物をしないという傾向を示している。潜在クラス1では、 β_{age} は負になっており年齢が高くなるほど、買い物の頻度が減る傾向があると示唆される。また、曜日による偏りもあることが示唆される結果となっている。

今後、今回の推定結果と国土数値情報の人口分布メッシュを用いることで、将来の年齢分布に応じた各交通目的の発生量を推計する。これによって得られた推計結果を②で説明する設計・運用モデルの入力値として取り扱い、モビリティの評価等を行う。

②ラストワンマイルの設計・運用モデル

本研究では、ラストワンマイルの次世代モビリティの設計方法として、Seo and Asakura (2020)による、シェアリングシステムの設計問題を用いる。

この設計問題は、

$$\min N + \alpha \sum_{ij,s,t,k} y_{s,ij}^{k,t} + \beta \sum_{ij,t \neq j} x_{ij}^t$$

s.t.

$$\sum_j x_{ji}^{t-1} - \sum_j x_{ij}^t = 0 \quad \forall i, t \in (0, t_{max}) \quad (\text{車両の保存則})$$

$$\sum_j y_{s,ji}^{k,t-1} - \sum_j y_{s,ij}^{k,t} + y_{s,0i}^{k,t} - y_{s,ij}^{k,t} = 0 \quad \forall i, s, k, t \in T_k = \{t \in (0, t_{max})\} \cap (k, k + d_{max}] \quad (\text{乗客の保存則})$$

$$\sum_{s,k} y_{s,ij}^{k,t} \leq \rho x_{ij}^t \quad \forall ij, i \neq j, t \quad (\text{リンクでの乗客の容量制約})$$

$$x_{ij}^t \leq \mu_{ij} \quad \forall ij, i \neq j, t \quad (\text{道路リンクの容量制約})$$

$$x_{ii}^t \leq \kappa_i \quad \forall i, t \quad (\text{ノードでの駐車可能台数制約})$$

$$\sum_i x_{0i}^0 \leq N \quad (\text{車両数の制約})$$

$$y_{s,0r}^{k,k} = M_{rs}^k \quad \forall rs, k \quad (\text{乗客の出発制約})$$

$$\sum_{t \in [k, k + d_{max}]} y_{s,s0}^{k,t} = \sum_r M_{rs}^k \quad \forall s, k \quad (\text{乗客の到着制約})$$

$$\sum_{ij} c_{ij} \mu_{ij} + \sum_i c_i \kappa_i \leq C \quad (\text{費用制約})$$

ただし、 x_{ij}^t はリンク ij を離散時刻 t に通過する車両数、 $y_{s,ij}^{k,t}$ は時刻 k に出発し s を目的地とする乗客がリンク ij を離散時刻 t に通過する人数、 ρ はモビリティの定員、 μ_{ij} は道路のリンク容量、 κ_i はノードでの駐車可能台数、 N はモビリティの導入台数、 M_{rs}^k は時刻 k に出発するOD(origin-destination)ペア rs の乗客数、 c_{ij} は道路の容量を確保するためのコスト、 c_i は駐車場を整備するためのコスト、 C は全体費用の制約、 d_{max} は乗客の許容可能な最大遅延、 t_{max} は計算上の最終時刻である。

この問題では、行動データによって得られる時間帯別の需要 M_{rs}^k が与えられたときに、 x_{ij}^t 、 $y_{s,ij}^{k,t}$ 、 N 、 μ_{ij} 、 κ_i を求める問題となっている。すなわち、次世代モビリティの設計に必要な要素である、道路容量や停車場、車両台数を求めることができる問題となっている。

本研究では、このモデルを行動モデルに基づく需要シナリオに適用し、分析を実施する予定である。

iii. 次世代モビリティを想定した中心市街地をはじめとした拠点内での移動支援のための結節点の計画手法の開発

①さいたま新都心での実験準備状況（令和元年度研究開発）

さいたま新都心や大宮駅周辺など都市内の拠点は、市街地の中心部など半径1km以上の範囲に商業施設・公共施設・病院などが立地していることも多い。このような拠点では、拠点からのラストワンマイル移動だけでなくこうした拠点内の移動支援への次世代モビリティの活用は重要である。

本研究では、ラストワンマイルのモビリティとして、自動運転車両のNAVYA社ARMAの走行実験を行うほか、さいたま市スマートシティ推進コンソーシアムが行う社会実験とも連携することにより、シェアサイクル、シェアスクーター、小型EVなどの次世代モビリティへの乗車体験を伴った、Stated Preference調査によるモビリティの利用意向調査を実施する。

実験期間は、2021年2月中旬の5日間（COVID-19による緊急事態宣言により延期・中止の可能性あり）を予定している。自動運転車両を走行させる区間は、さいたま新都心と大宮区役所、及びバスターミナルを結ぶ区間約2kmである。車両は、NAVYA社ARMA（乗車定員15人。感染対策のため6人乗りとして使用予定）を使用し、1日4往復を運行する。

実験では、一般の乗車モニタ20名の他、周辺施設利用者のモニタを20名程度募集し、自動運転車両及び次世代モビリティの乗車体験を行う予定である。

自動運転の走行では、都市内の拠点での走行における自動運転車両の特性（路線バスとの違い、適切な走行位置、他のモビリティとの関係、交差点での走行特性等）について、走行時のドライブレコーダー等を用いて記録し、確認する。これと同時に、施策評価のためのモデル構築に向けて需要モデルを構築するために、SP(Stated Preference)調査を実施する。Stated Preference調査は、乗車モニタ20名とWebで募集する100名を対象とすることで、十分なサンプル数を確保することと、次世代のモビリティに乗車経験がないことによるバイアスを軽減することを両立したものとする。

SP調査の調査画面例は、図8に示す通りである。設問内容は、性別等の個人属性、普段利用する交通手段とその頻度、小児・高齢者をともなった公共交通利用、これまでの次世代モビリティの利用の設問の後、仮想的な状況でのラストワンマイルでの利用交通手段を設問するものである。仮想的な状況のシナリオは、鉄道駅を起点とした買い物、通院、お見舞い、通勤、映画鑑賞を目的とした往復のトリップを想定し、小児または高齢者の同伴者の有無、荷物の有無、目的地での滞在時間などが異なるシナリオを提示する。選択肢は、徒歩、自動運転バス、電動スクーター、パーソナルモビリティ、目的地施設内を含むパーソナルモビリティ利用、小型EVがあり、徒歩時間、乗車時間、料金を変数として提示する。このような設問を1人あたり9回程度提示することで、1080サンプルを収集する予定である。

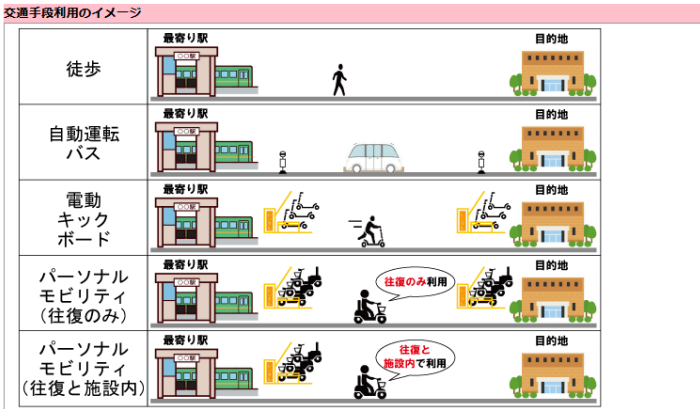
なお、本年度の交通行動モデルに関しては、SP調査の結果よりの離散選択モデルを推定する。モデルには個人毎のバイアスを考慮したMixed Logitモデルを採用し、料金、所要時間、距離、同伴者や荷物の有無を変数とする予定である。

- 「ある状況」の一例
- あなたは、ある目的地を乗るために、目的地の最寄り駅まで鉄道で移動しました。
 - その目的地は、**総合病院でお見舞い**をすることです。
 - 最寄り駅（現在地）から目的地までは**1,000m**離れています。
 - 目的地での滞在時間は**90分**の予定です。
 - 同行者は、**小学生が一人**います。
 - 行きは**片手で持てる程度の荷物**があり、帰りは**荷物が無い**予定です。
 - 行き帰りともに同じ交通手段を利用する予定です。
 - 天候は晴れています。

「利用できる交通手段」の一例

移動手段	所要時間（片道）	総支払額（往復・全員分）
徒歩	20分	-
自動運転バス ※運行間隔:5分	10分（徒歩2分+乗車8分）	480円
電動キックボード※	8分（徒歩1分+乗車7分）	800円
パーソナルモビリティ（往路と復路のみ）	15分（徒歩4分+乗車11分）	800円
パーソナルモビリティ（往路と復路と施設内）	15分（徒歩4分+乗車11分） ※施設内利用時間を除く	2600円 ※往復800円+施設内1800円

※電動キックボード・パーソナルモビリティは、2人乗り不可で、それぞれが自分で運転する必要があります
 ※電動キックボードは、現在は原付免許が必要ですが、本調査では免許なしでも利用可能と想定してお答え下さい



「質問」の例

上記の交通手段が利用可能な場合、あなたはどの交通手段を利用したいと思いますか？

徒歩
 自動運転バス
 電動キックボード
 パーソナルモビリティ（往路と復路のみ）
 パーソナルモビリティ（往路と復路と施設内）

図8 SP調査の調査画面

②シミュレーション構築・ラストワンマイル交通の設計モデル構築

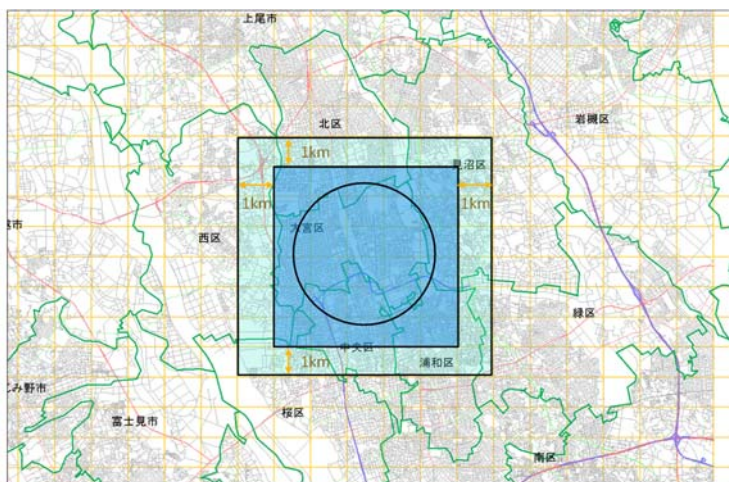
令和元年度研究で実験を実施した地域を分析対象として、次世代モビリティの導入検討・評価を行うためのシミュレーションを構築する。本研究では、マルチモーダルな交通分析を行うことが可能なマルチエージェントシミュレータである、MATSimのフレームワークを用いて、シミュレーション環境を構築する。シミュレーションには、各エージェントの交通をともなう活動が記述されている交通需要データ、交通ネットワークデータ、目的地施設データが必要となる。

従来、交通需要の生成には、パーソントリップ調査のデータがあるが、これらは2km程度のゾーンで表現されている交通需要データとなるため、ラストワンマイルの評価には適さない。そこで、研究代表者らがパーソントリップ調査データ及び500mメッシュの国勢調査・経済センサスを用いて構築したデータセットを活用した、マイクロレベルの交通需要データを用いる。

交通ネットワークデータは、DRM(デジタル道路地図)の情報をもとに、対象地域に関しては、全道路、対象地域周辺については基本道路を用いることで、対象地域について詳細な分析ができるように工夫した。鉄道施設については、国土数値情報の鉄道データを用いて作成している(図9)。

目的地施設データ、東洋経済新報社が提供する大型小売店ポイントデータ2014年版を用いて商業施設を定義している(図10)。国土数値情報を用いて、区役所等の公共施設を国土数値情報の公共施設データを用いることで定義し、精緻化をはかる予定である。

なお、シミュレーションのシナリオは、構築した需要データのもと、ラストワンマイル交通の設計モデルで得られた次世代モビリティの配置状況で評価を行うものである。ラストワンマイル交通の設計モデルについては、iiの中山間地域でのラストワンマイル交通の設計モデルをもとに、複数の次世代モビリティを取り扱うためにマルチクラス化の改良を行い適用する予定である。



- 検討エリア(全道路)
- バッファエリア(基本道路)

図9 対象の道路ネットワーク



図10 施設データ

⑦研究成果の発表状況

令和 2 年度については、投稿予定であった国際学会の中止にともない研究成果の投稿を見送っている。これらの成果は令和 3 年度に海外ジャーナルへの投稿を見込んでいる。（詳細は特記事項に記載。）

なお、令和元年度には、下記の発表をすでに行っている。

【発表リスト】

1. 日下部貴彦, 三谷卓摩, 湊裕一, 川田蒼葉, 柳沼秀樹; BLE (Bluetooth Low Energy) タグを用いた中山間地域での交通需要データ収集, CSIS DAYS 2019, 東京大学空間情報科学研究センター, 2019.
2. 湊裕一, 川田蒼葉, 三谷卓摩, 菅芳樹, 増田精, 柳沼秀樹, 日下部貴彦; BLE (Bluetooth Low Energy) タグを用いた中山間地域での交通需要データ収集, 第 60 回土木計画学研究発表会・秋大会, 富山大学, 2019.
3. 鈴木新, 山口裕通, 福田大輔; OPTIMIZING INTERCITY TRANSPORTATION NETWORK CONSIDERING PASSENGERS' TOUR BEHAVIOR, 2019 INFORMS Annual Meeting, Washington State Convention Center, Seattle, USA, 2019.
4. 川崎洋輔, 梅田祥吾, 桑原雅夫; プローブ軌跡データを用いた抜け道の検出, ITS シンポジウム 2019, 石川県地場産業振興センター, 2019.
5. 浅井隆之介, 山口裕通, 中山晶一郎; 非負値行列因子分解を用いた複数情報の融合による道の駅開業効果の分析, 土木学会中部支部研究発表会, 長野工業高等専門学校, 2020.

⑧研究成果の活用方策

「i. 道の駅等のマネジメント施策の検討を想定した拠点利用状況のモニタリング手法の開発」では、研究成果を Web システム上での可視化システムに取りまとめることで、ETC2.0 データやビッグデータを活用し利用実態を踏まえた拠点の把握を行えるデータベースとして整備する。このことにより、将来の拠点を中心とした次世代モビリティサービスの検討などを実施する際に、行政担当者などが拠点の交通特性や利用実態を把握しやすくて済むことを意図している。

「ii. 道の駅等の中山間地域の地域内・地域間交通に関する拠点のモビリティ強化策の提案」及び「iii. 次世代モビリティを想定した中心市街地をはじめとした拠点内での移動支援のための結節点の計画手法の開発」では、中山間地域及び都市内での次世代モビリティ拠点のモデル化及び解析を実施することで、次世代モビリティの有効性について示すとともに、計画に必要な要件や詳細分析の手順を取りまとめることで、今後の次世代モビリティにかかわる道路政策で必要な視点として活用できることを目指している。

⑨特記事項

前年度の中間評価結果での研究計画に関する指摘内容である

1. 研究成果目標の明確化
2. 研究全体の見通しをクリアにし、研究内容を絞った研究計画とすること
3. 外注の割合が大きすぎるので再考すること
4. 国際ジャーナル掲載を必須目標とすること。

をうけ、研究目的・内容の見直しを行った。（見直し内容の詳細は下記の対応表に記載）

自己評価等

本研究では、令和元年度での 2 回の実験中止と中間評価の結果をうけ計画内容の変更を行っている。

変更の結果、次世代モビリティに主軸を置いた解析手法の構築に集中して取り組んでいる。

拠点抽出アルゴリズムでは従来手法の技術的課題を解決した新しいクラスタリングアルゴリズムを考案するなど方法的にも独自のものを構築できている。また、分析者以外にも結果の解釈が可能にすることを意図して、解析結果のデータベース化及び Web システムでの可視化に取り組んでいる。また、次世代モビリティにむけた計画・評価手法も着実に進んでおり、パーソントリップ調査などの基礎データがない中山間地域でのデータ収集と評価手法など、次世代モビリティ拠点のスマートプランニングに向けた要素技術を構築できている。最終年度のケーススタディを通じて、構築した方法論の総合的な評価を行いたい。

中間評価結果に対する対応

	中間評価での指摘項目	令和元年度 中間評価前の内容	対応
1	研究成果目標を明確にすること	多様な交通関連ビッグデータおよび、ETC2.0 やカメラなどのセンシング技術を活用し、交通結節点の配置、機能分担に関する計画・設計・運用・政策評価を通貫するフレームワーク構築を行い、拠点機能検討に資する方法論構築	これまで提案していた各パートの内容を精査し、1 年目に災害等が理由で実施できなくなった項目やレビューの結果を勘案し、ビッグデータ等を用いた次世代モビリティと拠点のための分析であることが明確化できるように、下記のように目的を改訂しました。 ラストワンマイルから都市間の様々な移動に対応するために必要なマルチスケールでの交通機関連携でのキーとなる交通結節点を対象とし、多様な交通関連ビッグデータおよび、ETC2.0 などのセンシング技術を活用して、 「i. 道の駅等のマネジメント施策の検討を想定した拠点利用状況のモニタリング手法の開発」し、拠点を利用する利用者の特性を捉える。 上記の特性を踏まえたうえで、交通結節点からのラストワンマイル、拠点内及び拠点間の移動を想定し、 「ii. 道の駅等の中山間地域の地域内・地域間交通に関する拠点のモビリティ強化策の提案」 「iii. 次世代モビリティを想定した中心市街地をは

			<p>じめとした拠点内での移動支援のための結節点の計画手法の開発」 を実施することで、ラストワンマイルを考慮した拠点間から拠点内に至るマルチスケールな交通網のシームレスな機能評価を可能とし、次世代モビリティが導入された社会における総合的な施策検討のための技術開発を行うことを目的とする。</p>
2	<p>必要ならば、研究代表者が得意とするテーマを中心に研究全体の見通しをクリアにし、また研究内容を絞った研究計画とすること。例えば、交通状態の異常検出は、他の研究者も取り組んでいるため、研究対象から除外し、平常時に限定した研究計画とすることも検討すること。</p>	<p>各パートの関連項目、目的達成に向けた流れを整理しました。 これまでに実施予定であった項目の再構成を行うとともに、研究対象を明確化、限定し、下記のような実施内容を計画しています。</p>	<p>i. 道の駅等のマネジメント施策の検討を想定した拠点利用状況のモニタリング手法の開発 ①ビッグデータによる拠点機能のモニタリング ・R1 モバイル空間統計を中心とした複数情報の統合的活用による道の駅開業効果の分析を道の駅・のと千里浜を対象として実施 ・R2 複数の道の駅を対象とした利用層の抽出、類型化 ②ETC2.0 データを用いた拠点の利用のされ方のモニタリング ・R2 ETC2.0 データを用いた拠点抽出方法 ・R2 ETC2.0 データによる拠点の利用実態の詳細なモニタリング手法 ③ビッグデータや ETC2.0 による利用実態による道の駅の類型化及び変化のモニタリングのケーススタディ ・R3 利用実態をもととした類型化・利用実態に関連する変数の抽出 ・R3 ETC2.0 データからの周遊パターン抽出 ・R2・R3 拠点情報の可視化</p>
			<p>ii. 道の駅等の中山間地域の地域内・地域間交通に関する拠点のモビリティ強化策の提案 ①中山間地域での交通行動データの収集 ・R1 常陸太田市高倉地区での BLE を用いた長期間の行動データ収集 ②地域内交通の設計・評価モデル構築 ・R2 地域交通と拠点、ラストワンマイルの設計・評価方法の構築 ・R2 ラストワンマイル（ライドシェアリング）の設計・運用モデル ③地域内交通の設計・評価のケーススタディ</p>

			<ul style="list-style-type: none"> ・ R3 中山間地域の拠点提案 ・ R3 拠点間、拠点への移動を対象とした検証 <p>iii. 次世代モビリティを想定した中心市街地をはじめとした拠点内での移動支援のための結節点の計画手法の開発</p> <p>①都市内でのケーススタディ実施と行動データ収集</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ R1 さいたま新都心での自動運転車両等を用いたモビリティ実験 (R2年10月実施予定) ②評価用シミュレーション及びモデルの構築 <ul style="list-style-type: none"> ・ R2 R1年度に検討したモビリティ (ラストワンマイル・ワン・ウェイカーシェアリング) を中心に都市への導入を行う場合の評価シミュレーションの構築 ・ R2 ラストワンマイル交通の設計モデル構築 ③シミュレーションを用いた拠点整備の検討・評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ R3 結節地点・拠点追加方法の提案 ・ R3 シミュレーションによるケーススタディ・評価 <p>■従前の計画との対応は以下になります。</p> <p>i 拠点配置・機能分担検討のためのエビデンスベース評価システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バスタ新宿などの拠点整備事例や国土交通省が実施している「中山間地域の道の駅等を拠点とした自動運転サービス実験」等の社会実験をレビューし、拠点機能及びその評価指標に求められる要件整理を行う。(～R1,R2) ・ ビッグデータ及び1年度目に iii で実施した実験データ等を用いて、交通流動・交通需要を把握するための方法を検討し、拠点機能及びその評価指標を検討する。(～R2) ・ i～iii での交通結節点の配置、機能分担に関する計画・設計・運用・政策評価の視点から再整理し、それら総合化するための政策評価手法を構築する。(～R3) <p>ii マルチスケール・マルチモーダル環境での交通運用施策の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ETC2.0 プローブ情報・ビッグデータ等を用いた都市間・都市内の交通ネットワーク利用に関する実態把握を行い、拠点配置計画間 <p>拠点での活用事例等引き続きレビューは行う</p> <p>「交通流動・交通需要を把握するための方法を検討し、拠点機能及びその評価指標を検討する。」については項目 i で実施</p> <p>「交通結節点の配置、機能分担に関する計画・設計・運用・政策評価の視点から再整理し、それら総合化するための政策評価手法を構築する。」は、i～iii のサブテーマの3年目に実施</p> <p>「交通運用施策実施に必要な数理モデルを検討」・「シミュレーション」は項目 iii のシェアリングシステム等の結節点のモデル化で実施</p>
--	--	--	---

		<p>題及び評価手法の数理的定式化を行う。(～R1)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・効率的な結節点利用を促すためのプライシング等の交通運用施策実施に必要な数理モデルを検討する。(～R2) ・マルチモーダルな状況を想定し、拠点配置による旅行者の行動変容等を評価するためのアクティビティベースシミュレーション環境を構築し、シミュレーションを用いた交通運用施策の実装方法の検討、評価を行う。(～R3) <p>iii 結節点での機能連携の円滑化に必要なデマンド・サプライの予測・異常検知手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ETC2.0プローブ情報等を用いた需要のパターンの解析、異常な交通需要の発生や交通システム上で発生する事故等の異常を自動的に抽出するための方法を検討する。(～R1) ・AIカメラ等のセンシング技術を用いた実験を、常陸太田市及びさいたま新都心等で実施し、検討手法を適用することで、手法の改良及び評価を行う。(～R1,R2) ・異常検知時に平常状態に近い運用にリカバリするための交通運用施策をi～iiiでの成果を踏まえて検討し、シミュレーション環境での評価を行う。(～R3) 	<p>異常検知は実施しない</p> <p>令和2年度研究において実施を予定していたセンシング実験は、コロナウィルスの影響により実施を見送る。</p>
3	<p>外注の割合が大きすぎるので再考すること。</p>		<p>内容を精査し、各研究者が研究内容に集中し研究を効率的に進めるために必要な、データ整理・変換、及びソフトウェアの設定等に限定しました。結果、40%を占めていた外注費を30%弱としました。(令和2年度実績を含む)</p>

4	国際ジャーナル掲載を必須目標とすること。		<p>各パート1編から2編の海外ジャーナルへの投稿を見込んでいます。</p> <p>「i. 道の駅等のマネジメント施策の検討を想定した拠点利用状況のモニタリング手法の開発」では、今回開発した、拠点抽出方法を Journal of Transport Geography (IF3.8) に投稿するために川崎が中心となって執筆中です。また、拠点モニタリング方法に関しては、方法論などについて Transportation (IF4.0) に投稿のために山口が中心となって執筆中です。</p> <p>「ii. 道の駅等の中山間地域の地域内・地域間交通に関する拠点のモビリティ強化策の提案」については、中山間地域での行動調査結果について交通行動学の世界的な学会である IATBR に投稿予定であったが開催中止となったため、投稿先を検討中です。</p> <p>「iii. 次世代モビリティを想定した中心市街地をはじめとした拠点内での移動支援のための結節点の計画手法の開発」については、行動調査結果とモデリングについて、IATBR 及び Transportation に投稿する計画でしたが調査が延期になっており、今後、調査の状況を踏まえ投稿先も再検討します。シミュレーションに関する内容は、エージェントベースシミュレータに関する世界的学会 ANT または ABMTRANS に投稿予定でしたが解析に調査結果を用いるため投稿先を再検討しています。</p>
---	----------------------	--	--