

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 | |
| | | 福田 大輔（ふくだ だいすけ） | | 東京工業大学 | | 准教授 | |
| ②研究 テーマ | 名称 | ETC2.0プローブ情報等を活用した “データ駆動型” 交通需要・空間マネジメントに関する研究開発 | | | | | |
| | 政策 領域 | [主領域] 【領域1】 新たな行政システムの創造 | 公募 タイプ | IV ①地域戦略における交通需要・ 空間マネジメント手法の開発 | | | |
| | [副領域] 【領域3】 新たな情報サービスと利用者満足度向上 | | | | | | |
| ③研究経費（単位：万円） | | 平成28年度 | 平成29年度 | 平成30年度 | 総合計 | | |
| ※H28は精算額、H29は受託額、 H30は計画額を記入。端数切捨。 | | 3,299（精算額） | 3,176（受託額） | 3,000（計画額） | 9,475（計画額） | | |
| 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。） | | | | | | | |
| 氏名 | | 所属・役職 | | | | | |
| 日下部 貴彦 | | 東京大学空間情報科学研究センター・講師 | | | | | |
| 柳沼 秀樹 | | 東京理科大学工学部土木工学科・講師 | | | | | |
| 中西 航 | | 東京工業大学環境・社会理工学院・特任助教 | | | | | |
| 北村 清州 | | 計量計画研究所 社会基盤計画研究室・主任研究員 | | | | | |
| 有村 幹治 | | 室蘭工業大学大学院工学研究科・准教授 | | | | | |
| 萩原 亨 | | 北海道大学大学院工学研究院・教授 | | | | | |
| 高橋 清 | | 北見工業大学社会環境工学科・教授 | | | | | |
| 内田 賢悦 | | 北海道大学大学院工学研究院・准教授 | | | | | |
| 浅田 拓海 | | 室蘭工業大学大学院工学研究科・助教 | | | | | |
| 神谷 大介 | | 琉球大学工学部・准教授 | | | | | |
| 羽藤 英二 | | 東京大学大学院工学系研究科・教授 | | | | | |
| 矢部 努 | | 計量計画研究所 社会基盤計画研究室・室長 | | | | | |
| 山中 亮 | | 中央建設コンサルタント | | | | | |
| 岡 英紀 | | 計量計画研究所 社会基盤計画研究室 | | | | | |
| 山口裕通 | | 金沢大学理工研究域環境デザイン学系・特任助教 | | | | | |
| 葛 乾 | | 東京工業大学・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。） | | | | | | | |
| <p>長期かつ広域で観測されるETC2.0プローブ情報等の交通関連ビッグデータを、マルチスケールの多様な交通モデルと有機的に結びつけることで、交通政策のエビデンスベース分析を可能とする“データ駆動型”交通需要・空間マネジメントに関する研究・技術開発を行う。具体的には、首都圏、北海道、沖縄を対象に、提案する各手法の社会実装（調査・分析・政策評価フレームの構築）を行い、各種交通社会実験の詳細検討に資する知見を提供する。</p> | | | | | | | |

⑥これまでの研究経過

(右肩片括弧数字は、⑦研究成果の発表状況の番号を表す)

①都市部における交通需要・空間マネジメント政策の分析方法論の検討

1) 都心部におけるモーダルコネクト施策の評価

A) 昨年度開発した高速バスロケーションシステム(プロトタイプ)^{19), 20)}により、ETC2.0のプロープ通過情報(ASL-ID)を活用した高速道路上でのリアルタイム情報提供が可能となったが、ITSスポットが配置されていない一般道では車両走行位置の把握ができなかった。そこで本年度は、3G回線通信を内蔵したGPS発信機を活用した走行位置特定について検証している(図-1)。具体的には、関東地方整備局が所有するパトロールカー等に発信機を試験的に装備して、データ収集を現在もやっている。現時点までに収集されたデータを用いた初期分析より、走行状況(位置・速度)や通過状況(バス停を想定したチェックポイント)の推定を概ねリアルタイムに行うことができることが確認されている。

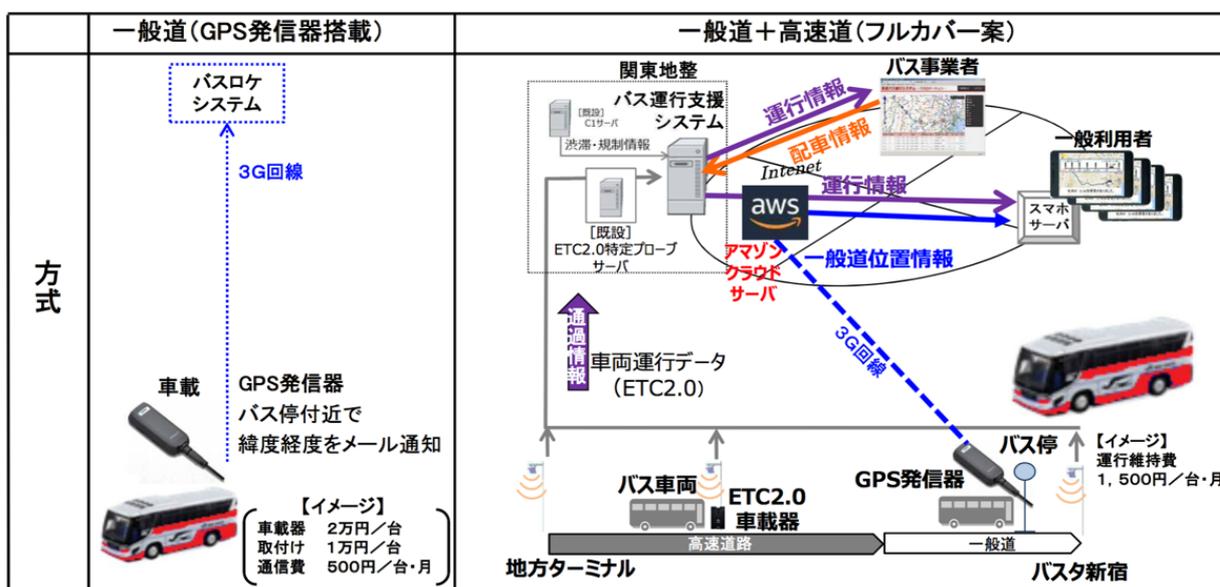
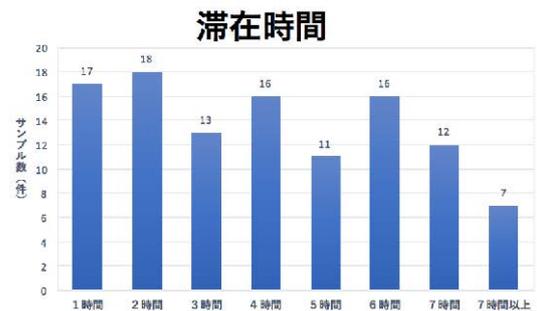
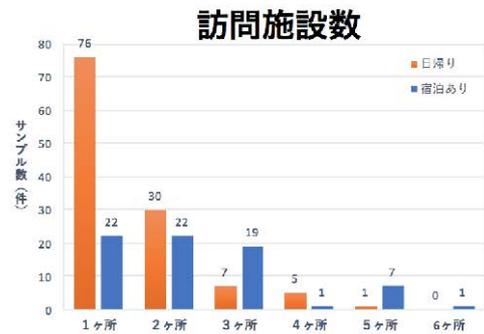


図-1 3G回線を用いた一般道におけるバス走行情報把握システムの全体像

B) 昨年度構築したETC2.0ベースのシステム^{19), 20)}と、関東地方整備局管内にて実施されている新たなモーダルコネクト施策に関する二つの社会実験とを関連付けた調査・研究を実施した。具体的には、まず、千葉県市原市で実施された「高速バス&カーシェアリング社会実験」に関連して、ETC2.0の走行履歴解析、観光行動、地域における消費行動、当該モーダルコネクトの利用可能性について現地調査を実施した。その結果、短時間滞在型の観光スポットが複数存在しそれらを周遊可能なこと、自動車を持たない少数の若者グループが実験参加者には多いこと等が明らかとなり、当該施策が成立するためには観光地と利用者の属性を適切にセグメンテーションする必要性が示唆された(図-2)。

次に、新宿・松本路線を対象に渋滞時における一般道への経路変更ならびに鉄道駅での乗り換え促進が検討されている「高速バス&鉄道社会実験」と関連して、乗継サービスの効果を検証するためにHyperpath型の公共交通機関配分モデルを構築した(図-3)。これまでの初期分析により、国分寺駅を目的地とする利用者には渋滞による遅れ時間が12分以内に収まるように乗継施策を実施することが望ましいことが確認されている。現在も複数のODペア間での分析を行っており、それらの結果を踏まえて乗り継ぎ施策の最適な運用形態について検討を行う予定である。



※市原バスターミナルから木更津金田ICまでの距離は約20km(一般道利用で約30分)

図-2 高速バス&カーシェアリング実験：対象地域と観光行動（訪問施設数と滞在時間）の概要

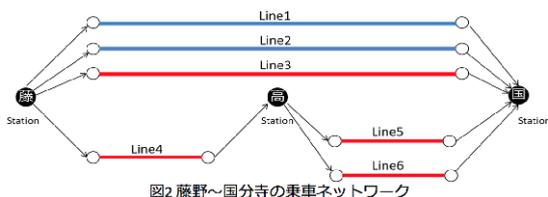
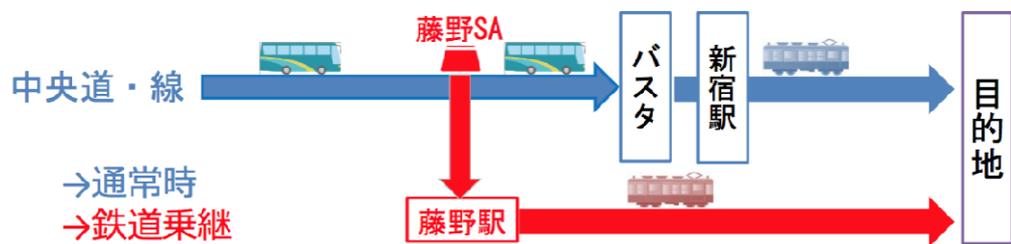


図2 藤野～国分寺の乗車ネットワーク

- Line1 藤野 → 新宿 → 国分寺(各駅) — 高速バス
- Line2 藤野 → 新宿 → 国分寺(快速) — 高速バス
- Line3 藤野 → 国分寺 — 鉄道乗継
- Line4.5 藤野 → 高尾 → 国分寺(特急) — 鉄道乗継
- Line4.6 藤野 → 高尾 → 国分寺(快速) — 鉄道乗継

$$g_p = \sum_{a \in A_p} \alpha_{ap} t_a + \varphi \sum_{a \in A_p} \alpha_{ap} t_a + \psi \sum_{i \in I_p} \beta_{ip} t_{ip} + \phi \sum_{a \in A_p} \alpha_{ap} t_{wa}$$

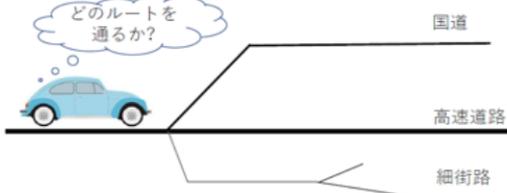
運賃 所要時間 待ち時間 徒歩時間



図-3 高速バス&鉄道社会実験：Hyperpath を用いたマルチモーダル乗継施策の評価

2) 首都圏三環状道路関連施策の評価のための経路選択分析

C) ETC2.0プローブデータを用いて首都圏全体での自動車交通流動の基本傾向の把握を行う¹⁸⁾と共に、昨年度開発した経路選択枝の事前列挙の必要のないRecursive Logit (RL) Modelの大幅な改良を行った⁹⁾。特に、RLの課題である推定安定性の向上及び計算負荷の軽量化を図るために「リンク認知」の概念を新たに導入し、それによって推定結果と計算効率が大きく改善することが確認された(図-4)。



$$u_n(a|k) = v_n(a|k) + \ln \lambda_c^n(k) + \varepsilon_n(a)$$

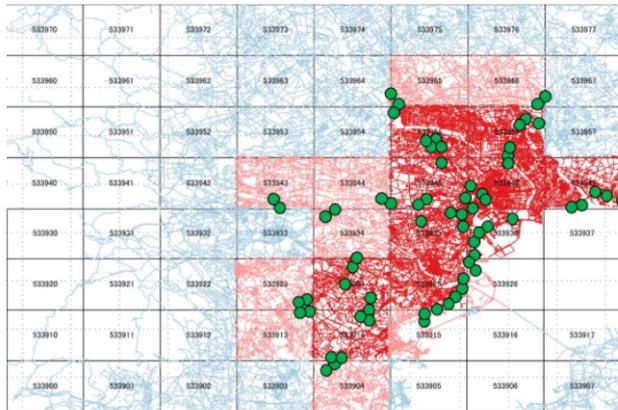
(a) リンク認知項 λ (道路規格等の関数)の導入

即時効用：

$$v(a|k) = \beta_{time} * time(s) + \beta_{length} * length(m) + \beta_{cost} * cost(yen) + \beta_{width} * width(m) + \beta_{Uturn} * Uturn + \beta_{Rturn} * Rturn$$

推定結果： 認知項あり

| パラメータ | 推定値 | t 値 |
|---------------------|----------|-------|
| $\beta_{time}(s)$ | -4.21 | -11.3 |
| $\beta_{length}(m)$ | -1.14 | -2.67 |
| $\beta_{cost}(yen)$ | -3.20 | -3470 |
| $\beta_{width}(m)$ | 2.09 | 16.7 |
| β_{Uturn} | -563 | -1.01 |
| β_{Rturn} | -39.5 | 38.3 |
| sample size | 1039 | |
| Max LL | -1082644 | |
| computation time(s) | 1368 | |



(b) 対象エリア:首都圏ネットワーク (延長約1,600km, リンク数56897, 緑丸:目的地)

推定結果： 認知項なし

| パラメータ | 推定値 | t 値 |
|---------------------|----------|-------|
| $\beta_{time}(s)$ | -3.74 | -13.9 |
| $\beta_{length}(m)$ | -1.12 | -33.8 |
| $\beta_{cost}(yen)$ | -3.65 | -50.3 |
| $\beta_{width}(m)$ | 2.09 | 10.8 |
| β_{Uturn} | -623 | -0.24 |
| β_{Rturn} | -38.7 | -136 |
| sample size | 1039 | |
| Max LL | -1520211 | |
| computation time(s) | 1850 | |

認知項の導入

(c) 認知項の導入で推定精度・計算速度が向上

図-4 リンク認知を考慮した Recursive Logit モデルの ETC2.0 データによる推定

3) 都心部の交通流円滑化政策の評価

D) オリ・パラ期間中に想定される各種交通円滑化政策の評価や、より一般的な道路空間再配分施策等の評価を念頭に、昨年度構築した都心部の三次元Macroscopic Fundamental Diagram (3D-(p)MFD)の改良を行った上^{11), 16)}で、バス専用レーン導入効果の政策分析を行った⁸⁾ (図-5)。現状では、自動車—バスの交通手段選択モデルのパラメータ感度が小さいことから、当初の想定よりもモデル全体の感度が小さい状況であるが、今後は、感知器データ、バス運行データ、交通機関分担推計のためのパーソントリップ調査集計データ等を用いてモデルの改善等を引き続き行う予定である。

E) 首都圏における交通流動分析を行う上で無視することのできない旅客の鉄道利用を明示的に考慮するための、鉄道利用者の経路選択モデルと乗客配分に関するモデル開発^{9), 21)}、並びに、私事目的活動のための目的地選択分析¹²⁾を行い、大規模ネットワークにおける効率的な配分計算を実現した。

②地方観光圏における観光客の行動特性把握および観光周遊促進政策の分析方法論の検討

1) ETC2.0プローブを活用した観光客の周遊行動の特徴抽出や類型化、施策評価の方法の検討

F) 観光周遊における代表的な行動パターンを抽出することを目的に、時空間プリズムの類型化手法を開発した。対象車両のサンプリングの時間間隔(データ数)を線形補間により統一した上で、各時点における緯度、経度を特徴量としてクラスタ分析を適用した(図-6)ところ、空港エリアや道の駅等で

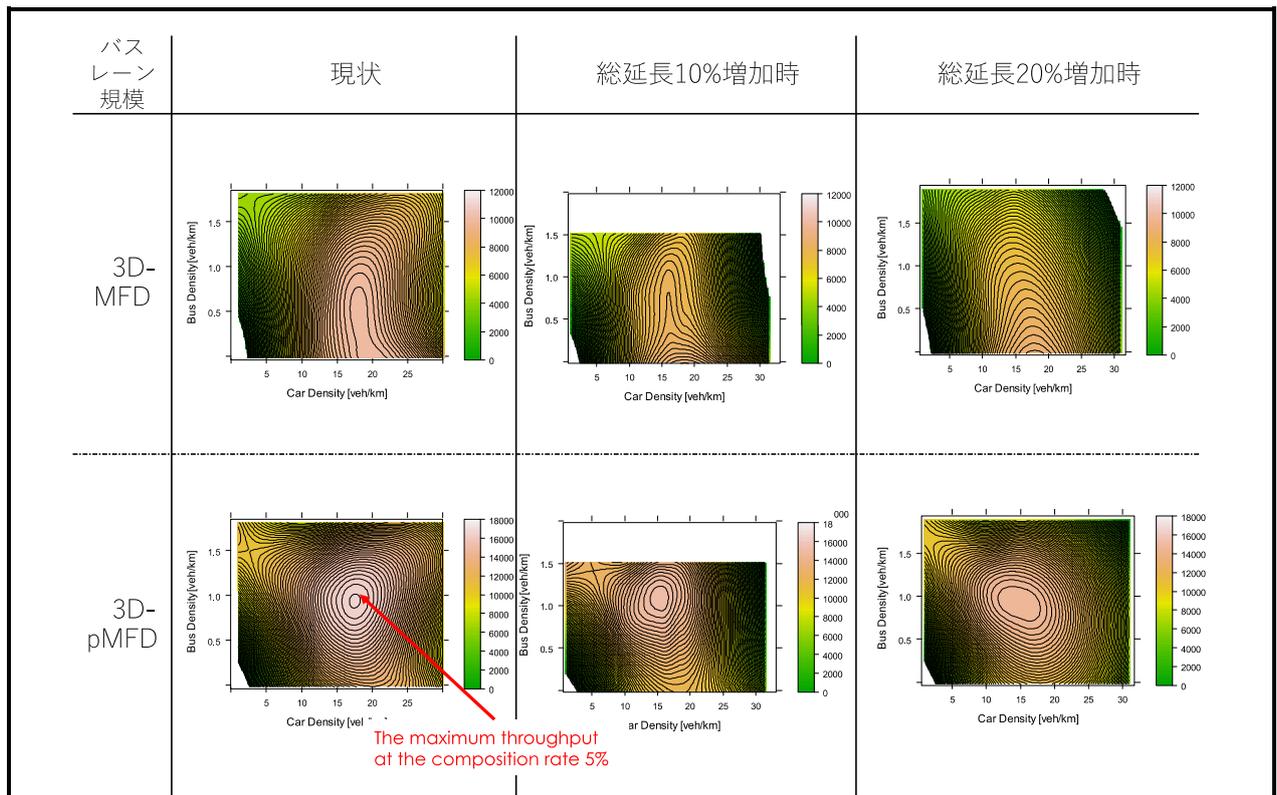


図-5 施策レベル別に見た 3D-MFD(車両数ベース)・3D-pMFD(旅客数)の推計結果

[東京駅を中心とした面積約9km²のエリアで推計。横軸:自動車密度,縦軸:バス密度,等高線:トリップ処理量]

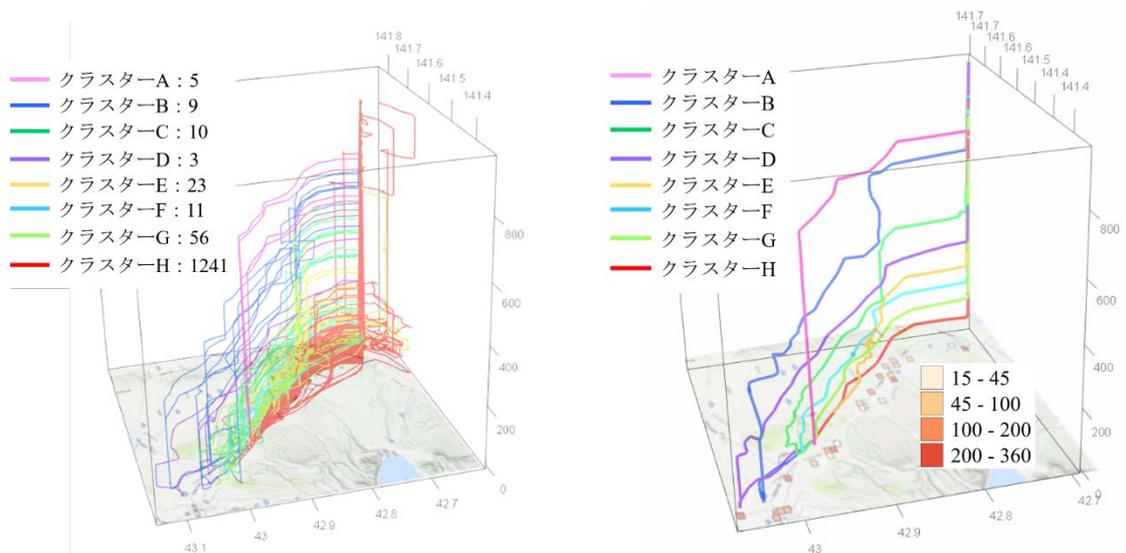


図-6 札幌→苫小牧の車両の時空間プリズムの類型化例 (左:車両毎 右:クラスター毎)

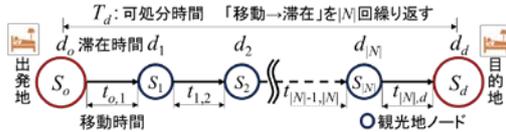
[例えばクラスターAは、大曲の自動車工場付近で滞在時間が8時間程度あり、業務目的の移動・滞在トリップであると判断できる。クラスターB, C, D等は、同様な箇所(千歳市周辺)での滞が見られるが、滞在時間や、他の箇所での滞在パターンが異なる。特にクラスターCは、千歳方面に直接向かい新千歳空港周辺で2時間程度の滞在となるパターンと考えられる。]

の滞在など、特徴的な時空間流動パターンが抽出された。これにより、パターンが類似する車両がどの程度存在するのかなどといった定量的な情報を明らかにできる可能性が示唆された³⁾。

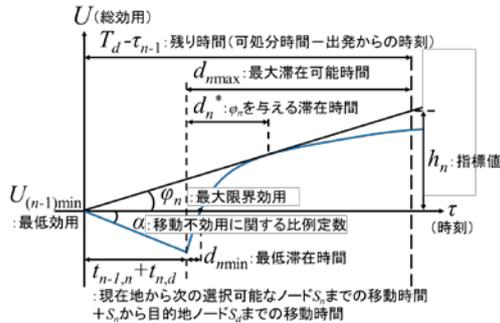
G) ETC2.0から得られる観光地周遊行動データ(利用経路, 移動時間, 観光施設での滞在時間) の利用を念頭に, 広域周遊促進施策の評価を行うための観光周遊行動モデル(トリップチェーン生成アルゴリズムと滞在時間配分モデル)の開発を行い, その特性を明らかにした(図-7)^{2), 13)}. さらに, モデルパラメータの推計法を開発し, テストデータを用いてモデルの妥当性を明らかにした.

トリップチェーン生成アルゴリズム

■ トリップチェーン(TC): 観光客の1日の行動軌跡



■ TC生成アルゴリズムの定式化



- 以下の方程式を、最低滞在時間 d_{nmin} について解く。

$$\alpha(t_{n-1,n} + t_{n,d}) + u_n(d_{nmin}) = 0 \quad (n \geq 1)$$
- d_{nmin} を用いて、最大滞在可能時間 d_{nmax} を求める。

$$\begin{cases} d_{1max} = T_d - t_{o,1} - t_{1,d} & (\text{if } n=1) \\ d_{nmax} = d_{(n-1)max} + t_{n-1,d} - d_{(n-1)min} - t_{n-1,n} - t_{n,d} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

ただし、 $d_{nmax} > 0$ とする。
- 最大限界効用 ϕ_n と限界効用の関係より成り立つ方程式の解 d_n^* を求める。

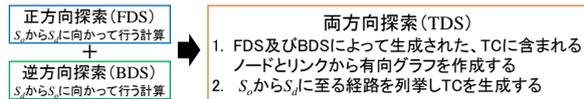
$$\begin{cases} \phi_n = \frac{\alpha(t_{n-1,n} + t_{n,d}) + u_n(d_{nmax})}{t_{n-1,n} + t_{n,d} + d_{nmax}} & (\text{if } d_n^* > d_{nmax}) \\ \phi_n = \frac{\alpha(t_{n-1,n} + t_{n,d}) + u_n(d_n^*)}{t_{n-1,n} + t_{n,d} + d_n^*} = \frac{du_n}{dd_n} \Big|_{d_n=d_n^*} & (\text{if } d_n^* \leq d_{nmax}) \end{cases}$$
- 元の式に d_n^* を代入し、 ϕ_n を求める。
- ノード選択の基準となる変数 h_n を求め、 h_n が最大となるノードを選択する。

$$h_n = \phi_n(d_{nmax} + t_{n-1,n} + t_{n,d})$$
- 次の滞りで満たされるべき最低効用 U_{nmin} を求める。

$$\begin{cases} U_{nmin} = 0 & (n=0) \\ U_{nmin} = U_{(n-1)min} + \alpha t_{n-1,n} + u_n(d_{nmin}) & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$n=n+1$ として、 $n+1$ 番目のノードを選択する問題を考えることができる。
 d_{nmax} が非負である限り、(2)から(6)の計算を繰り返し行う。最終的に生成されるTCはアルゴリズムにより抽出されたノードの点列を分解したものである。

■ 数値計算における最適TCの抽出手法



- FDS及びBDSによって生成された、TCに含まれるノードとリンクから有向グラフを作成する
- S_o から S_d に至る経路を列挙しTCを生成する

滞在時間配分モデル

効用最大化問題 滞在時間に関する効用関数を $u_n(d_n) = d_n^{\beta_n}$ と仮定

$$\max U(d_1, \dots, d_N) = \alpha \left(t_{o,1} + t_{N,d} + \sum_{k=1}^{N-1} t_{k,k+1} \right) + \sum_{n \in N} d_n^{\beta_n}$$

移動時間による不効用 滞在時間による効用

$$s.t. \quad T_d = t_{o,1} + t_{N,d} + \sum_{k=1}^{N-1} t_{k,k+1} + \sum_{n \in N} d_n$$

$$\alpha < 0, \quad 0 < \beta_n < 1, \quad d_i \geq 0, \quad t_{i,j} \geq 0$$

ラグランジュ関数と1階の最適性条件

$$L = U(d_1, \dots, d_N) + \lambda \left(T_d - t_{o,1} - t_{N,d} - \sum_{k=1}^{N-1} t_{k,k+1} - \sum_{n \in N} d_n \right)$$

$$\frac{\partial L}{\partial d_n} = \beta_n d_n^{\beta_n - 1} - \lambda = 0 \quad (n = 1, \dots, N) \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = T_d - t_{o,1} - t_{N,d} - \sum_{k=1}^{N-1} t_{k,k+1} - \sum_{n \in N} d_n = 0$$

■ 各ノードの限界効用が等しいという条件のもと最適滞在時間 \hat{d}_n が求められる

パラメータ推定法

観光客 h がトリップチェーンを選択する確率 P_{hl}

$$U_i = V_i + \epsilon_i$$

$$V_i = \alpha \bar{t}_i + \sum_{n \in N_i} d_{n,i}^{\beta_n}$$

ランダム項 ϵ_i が独立で同一なガンベル分布に従うと仮定する

$$P_{hl} = \frac{\exp(V_l)}{\sum_{k \in L} \exp(V_k)}$$

最尤推定法

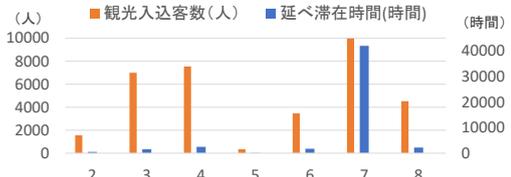
$$\max L(\alpha, \beta) = \prod_{h=1}^H \prod_{l=1}^L P_{hl}^{\delta_{hl}}$$

$$\begin{cases} \delta_{hl} = 1 & (\text{if tourist } h \text{ choose trip chain } l) \\ \delta_{hl} = 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$s.t. \quad \alpha < 0, \quad 0 < \beta_n < 1, \quad V_i \geq 0$$

数値計算例

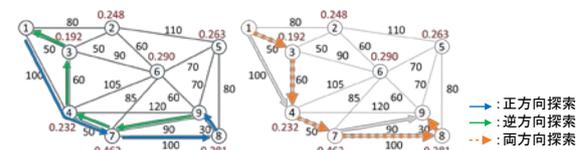
■ パラメータ推定と観光需要予測



| ノード | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 観光入込人数(人) | 1558 | 6998 | 7543 | 348 | 3465 | 9979 | 4524 |
| 延べ滞在時間(時間) | 502 | 1543 | 2476 | 111 | 1724 | 42032 | 2205 |
| β_1 | 0.248 | 0.192 | 0.232 | 0.263 | 0.290 | 0.462 | 0.281 |
| α | | | | | | | -0.023 |

OD交通量: 10000人 可処分時間: 600分

■ 最適TCの探索と最適滞在時間配分



| Type | n | 1 | 2 | 3 | 4 | U |
|------|-----------------|-------|------|-------|------|--------|
| FDS | TC | 7 | 8 | | | |
| | \hat{d}_n (分) | 285.5 | 34.5 | | | 9.897 |
| BDS | TC | 7 | 4 | 3 | | |
| | \hat{d}_n (分) | 311.8 | 22.8 | 15.4 | | 12.197 |
| TDS | TC | 3 | 4 | 7 | 8 | |
| | \hat{d}_n (分) | 13.2 | 19.3 | 246.5 | 30.9 | 12.320 |

完全列挙法で求めた最適TCの解と一致

図-7 事前のスケジューリングを考慮した観光周遊行動モデルの全体像

2) ETC2.0プローブデータの量が不足している状況で他の交通関連ビッグデータを適切に活用し、より適切に観光周遊行動を把握するための調査・分析方法の検討

H) 広域観光圏である北海道富良野・美瑛エリア(図-8)を中心とした広域圏で、Wi-Fiパケットセンシングによる長期・広域観光周遊調査(2017年6月21日～7月23日)を行った。基礎集計分析より、例えば、レンタカー利用者は、約2～3日の滞在期間で周遊していることが多いこと(図-9)⁴⁾、¹⁰⁾等が確認された。



図-8 スキャナー設置箇所(北海道)

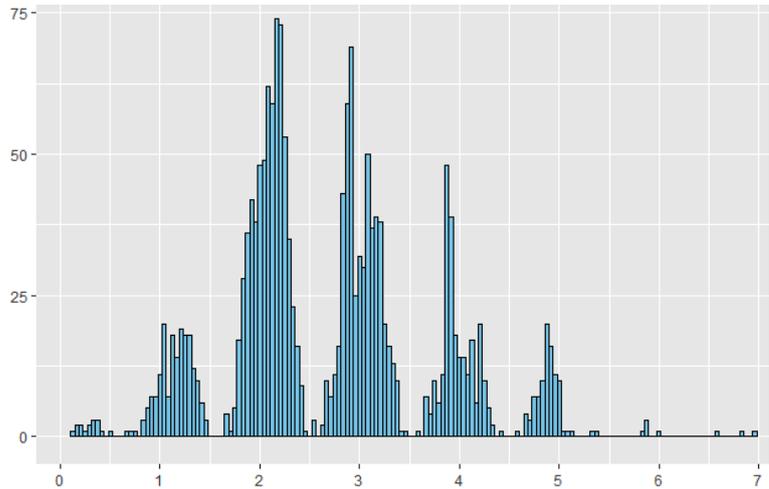


図-9 空港で最初に観測された機器固有IDの観測日数分布

I) H)で収集したWi-Fiデータより抽出された周遊箇所系列記録に系列パターンマイニングを適用して、代表的な訪問順パターンを抽出した(図-10)。例えば、「札幌側からSA(下り側)に立ち寄り、まずは四季彩の丘を訪問し、その次にフラノマルシェなどの富良野市内の観光スポットに足を運ぶ」等といったパターンが代表的であることなどが明らかになった⁴⁾。これにより、周遊の中心となるスポットや、どの程度の人が次にどのスポットに行くのかなどを定量的に把握することが可能となる。

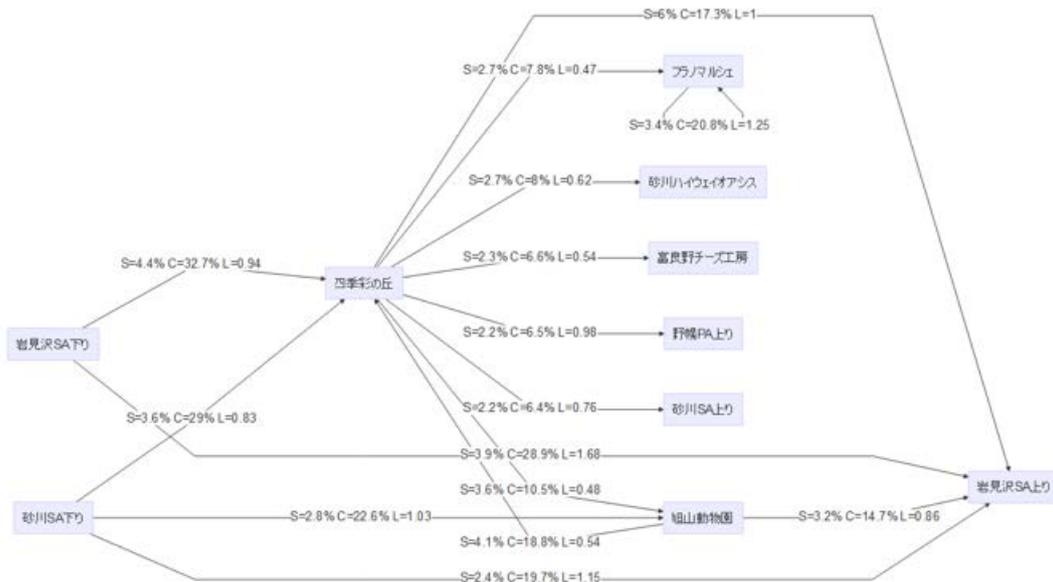
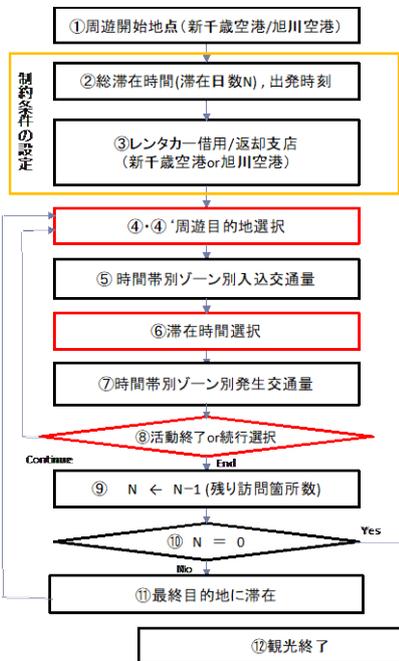


図-10 発生率上位15位までの訪問順序パターン (Sequential Association Rule Miningの結果)

J) 同じくH)で収集したWi-Fiデータを用い、観光客が近視眼的に第一目的地とその後の周遊先及び滞在時間を決定する観光周遊モデルのパラメータ推定を行った(図-11)。推定された行動モデルを用いて、観光地の魅力度施策等の影響分析に関するマイクロシミュレーションを引き続き行う予定である。



第一目的地選択モデルの推定結果 (多項ロジットモデル)

| | Parameter | t-value |
|--------------|-----------|------------|
| 定数項(旭川) | 0 | - |
| 定数項(美瑛) | -1.4990 | -9.8053*** |
| 定数項(富良野) | 0.4024 | 0.5647 |
| 定数項(南富良野) | 0.4999 | 0.4569 |
| 定数項(千歳) | -0.6583 | -1.4266 |
| 定数項(三笠) | -0.2001 | -0.4498 |
| 定数項(砂川) | 0.8327 | 0.8705 |
| 移動時間[分] | -0.0146 | -12.806*** |
| エリア内観光施設数 | 0.0838 | 1.8585 |
| シーズンダミー(美瑛) | 1.0297 | 5.7239*** |
| シーズンダミー(富良野) | 0.5283 | 3.5109*** |
| 初期尤度 | | -3074.54 |
| 最終尤度 | | -2820.07 |
| サンプル数 | | 1580 |
| 修正済みp2値 | | 0.0795 |

図-11 近視眼的意思決定を仮定した観光周遊行動モデルシステムとモデル推定結果の一部

K) 沖縄本島内の空港・クルーズターミナル・モノレール駅等の交通結節点、道の駅、海洋博記念公園・首里城等の観光施設、大規模商業施設や国際通り等、51施設(図-12)に計57機のWi-Fiパケットセンサを設置して調査を行った(2017年8月5日~9月19日)^{14, 5)}。これは昨年度に実施した予備調査¹⁷⁾をエリア・期間共に大きく拡張したもので、“全島エイサーまつり”や“1万人のエイサー踊り隊”等のイベント時についてもデータを収集し、イベント来訪客数の推計等を行っている。例えば“1万人のエイサー踊り隊”では、普段の日曜日の約3-4倍程度の人が訪れていると推計された(図-13)。



図-12 スキャナー設置箇所(沖縄本島)

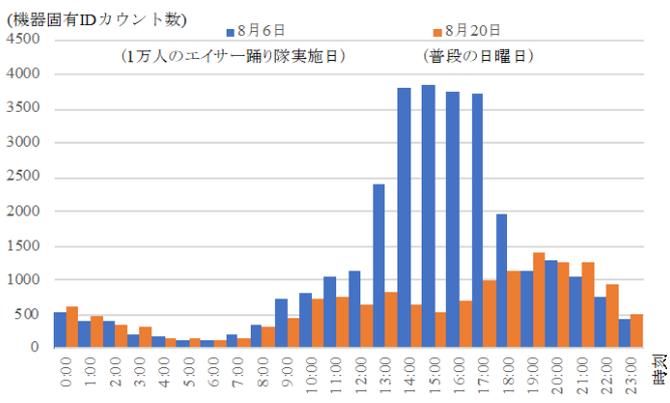


図-13 イベント来訪客数推計の例

また、那覇空港国際線ターミナルでまず観測されたWi-Fi機器固有アドレスが次に観測された地点を集計すると、約9%がモノレール那覇空港駅、レンタカー店約12%、バスターミナル約3%となってお

り、観光客の二次交通としてレンタカー利用が多い可能性が示唆された。

今後は、当該調査期間中にレンタカー店でETC2.0特定プローブ機器を装着したレンタカーを借りていた17件のETC2.0移動軌跡データとWi-Fiデータとのマッチングを試みる。具体的には、同時刻同地点で観測されているようなWi-Fi機器固有アドレスとETC2.0ログを抽出することにより、レンタカー乗車時と降車後の観光行動を統合的に接続する方法の開発を検討する。

L) H)で収集したWi-Fiデータより、空港またはクルーズ船ターミナルで最初と最後に観測された固有IDのみを抽出し、県外からの観光客を抽出した。これに、クラスタリング手法の一つである非負値テンソル分解を適用することで(図-14)、観光客に固有の時空間周遊パターンを今後抽出する。

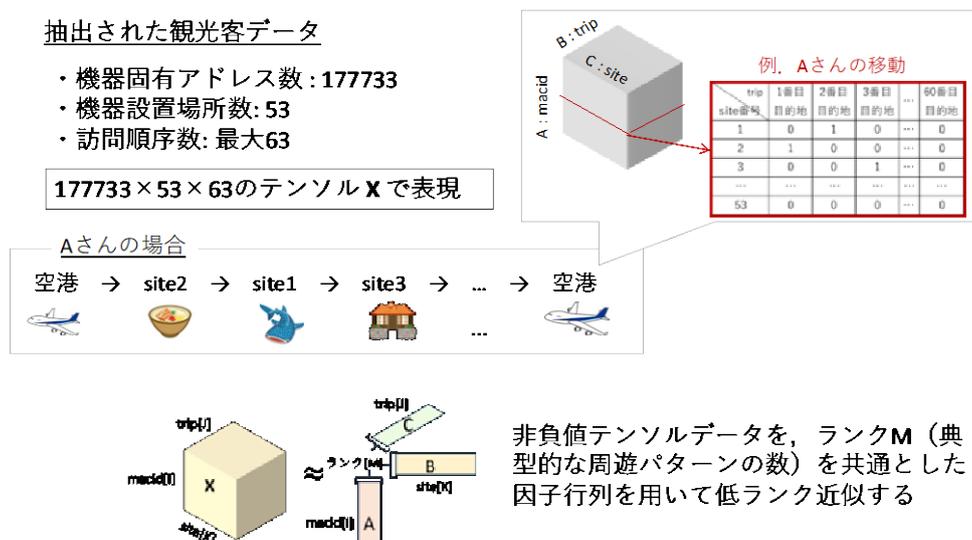


図-14 観光客の典型的な時空間周遊パターンの抽出イメージ

⑦研究成果の発表状況

(下線付は研究プロジェクトメンバー)

- 1) Fukuda, D., Nakanishi, W., Arimura, M., Asada, T., Uchida, K., Kamiya, D., Suga, Y.: Wi-Fi based continuous monitoring of tourists' travel behavior: Results of two large-scale field experiments in Japan, *To be presented at the 15th International Conference on Travel Behavior Research 2018* (Accepted).
- 2) Owada, T., Tani, R., Uchida, K.: Travel time estimation in a road network by using traffic probe data, *To be presented at the 16th ITS Asia-Pacific Forum Fukuoka 2018* (Accepted).
- 3) 居駒薫樹, 金子辰也, 浅田拓海, 有村幹治: ETC2.0 プローブデータを用いた移動・滞在トリップの類型化方法に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol. 74, 2018 (Accepted).
- 4) 遠藤幹大, 高橋央亘, 浅田拓海, 有村幹治: Wi-Fi パケットセンシングによる広域観光圏における時空間周遊行動パターン分析, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol. 74, 2018 (Accepted).
- 5) 田中謙大, 神谷大介, 松本拓朗, 我部新, 福田大輔, 小林巴奈, 五百藏夏穂, 柳沼秀樹, 菅芳樹, 山中亮: Wi-Fi パケットセンサーを用いた滞留人数推計に関する基礎的考察, 土木学会西武支部論文報告集, Vol. 73, 2018 (Accepted).
- 6) Imaoka, M., Fukuda, D.: Transit assignment model for Tokyo Metropolitan Area considering route overlapping and in-vehicle congestions, *Proceedings of the 22nd International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies*, pp. 347-353, 2017.
- 7) Kusakabe, T., Yaginuma, H., Fukuda, D.: Estimation of bus passengers' waiting time at a coach terminal with Wi-Fi MAC addresses. *Paper presented at the 11th International Conference on Transport Survey Methods*, 2017.
- 8) Dantsuji, T., Fukuda, D., Zheng, N.: A macroscopic approach for optimizing road space allocation of bus lanes in multimodal urban networks through simulation analysis: An application to the Tokyo CBD network, *Paper presented at IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2017.
- 9) 金子法子, 岡英紀, 力石真, 福田大輔: リンク認知を考慮したリンクベース再帰的ロジットモデルによる首都圏経路選択の分析, 第15回ITSシンポジウム, Paper No. 1-C-05, 2017.
- 10) 福田大輔, 小林巴奈, 五百藏夏穂, 田中謙大, 中西航, 浅田拓海, 有村幹治, 内田賢悦, 菅芳樹: Wi-Fi パケットセンシングによる北海道広域観光周遊行動調査, 観光情報学会第16回研究発表会講演論文集, pp. 58-61, 2017.

- 11) 水口正教, 福田大輔: MFD 形状の不確実性を考慮した最適なエリア流入制御に関する基礎的検討, 土木計画学研究・講演集, Vol. 56, Paper No. P38, 2017.
- 12) 奥ノ坊直樹, 土屋貴佳, 山田真也, 山下良久, 福田大輔: 首都圏鉄道利用者のアクティビティパターンと目的地選択行動に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 56, Paper No. 96, 2017.
- 13) 清水春来, 加藤哲平, 内田賢悦: トリップチェーンを考慮した観光周遊行動モデルに関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 56, Paper No. P28, 2017.
- 14) 久米大河, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 康楠: ETC2.0 プローブデータを用いた経路選択データベース生成, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 44-01, 2017.
- 15) 中野総士, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 康楠: ETC2.0 プローブデータを用いた災害時における経路選択モデルの構築, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 54-08, 2017.
- 16) 壇辻貴生, Zheng Nan, 福田大輔: Multimodal Macroscopic Fundamental Diagram に基づくバス専用レーンの都市空間内最適配置に関する研究-東京都心部への適用-土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 46-12, 2017.
- 17) 中西航, 小林巴奈, 都留崇弘, 松本拓朗, 田中謙大, 菅芳樹, 神谷大介, 福田大輔: Wi-Fi パケットセンサーによる観光周遊パターンの把握可能性-沖縄・本部半島における検討, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 45-03, 2017.
- 18) 葛木智之, 松實崇博, 森山祥文, 田中啓介, 福田大輔: ETC2.0 を活用した首都圏 3 環状道路ネットワーク整備による自動車走行経路・流動の把握と予測, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 46-04, 2017.
- 19) 間宮義満, 外川和彦, 菅原宣治, 鯉渕正裕, 柳沼秀樹: ETC 2.0 ITS スポット通過情報を活用したリアルタイム道路交通状況把握手法の確立, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 46-02, 2017.
- 20) 松崎暁, 松山隆雄, 吉田幸男, 関口広喜, 山本伸之, 且下部豊彦: ETC2.0 を活用した高速バスロケーションサービスのプロトタイプの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 46-03, 2017.
- 21) 今岡将大, 福田大輔: 経路重複と混雑を考慮した首都圏鉄道ネットワークにおける乗客経路配分, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 47-03, 2017.
- 22) 神戸大輝, 金子辰也, 浅田拓海, 有村幹治: 商用車プローブデータを用いた道路階層別の所要時間信頼性と降雪規模の影響分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, Paper No. 44-03, 2017.
- 23) 田中謙大, 神谷大介, 福田大輔, 中西航, 菅芳樹: 周遊観光行動の調査方法に関する基礎的考察-沖縄本島を対象として-, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol. 72, Paper No. IV-018, 2017.
- 24) 田中謙大, 神谷大介: 周遊観光行動の調査方法に関する基礎的考察, 平成 29 年度沖縄ブロック国土交通研究会, 2017.

⑧研究成果の活用方策

- ・これまでと同様, 「①交通需要・空間マネジメント政策の分析方法論の検討」の研究成果に関しては地域道路経済戦略研究会関東研究会を通じて, また, 「②地方観光圏における観光客の行動特性把握および観光促進政策の分析方法論の検討」に関しては地域道路経済戦略研究会北海道研究会及び沖縄研究会を通じて, 道路行政の実務への研究成果の還元を進めていく. この試みは, 本研究開発の期間終了後も継続する.
- ・なお, 「① 1)都心部におけるモダルコネクタ施策の評価」で検討しているETC2.0を活用したりリアルタイムバスロケーションシステムに関しては, ETC2.0データの蓄積と共に他の地域にも展開できる可能性が高い.

⑨特記事項

進捗の達成度:

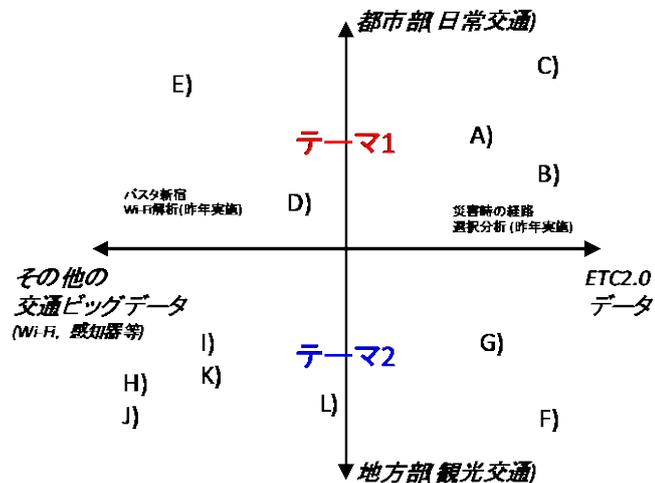
- ・いずれのテーマも, 関連機関と適切に連携しながら, 概ね順調に進行していると自己評価する.

学内外等へのインパクト:

- ・特に, バスロケーションシステムに関しては, 地域道路経済戦略研究会関東研究会で, 本新道路研究メンバー(且下部, 柳沼)が中心となって技術的検討を進めてきた結果である. また, 北海道・沖縄におけるレンタカーへのETC2.0車載器の搭載と“特定プローブ化”は, 本研究メンバー(有村, 内田, 神谷, 福田)が中心となり, 地域道路経済戦略研究会の北海道/沖縄の各地方研究会で検討を重ねた上で実現したものである.
- ・沖縄Wi-Fi調査については, NHK沖縄支局より取材申込があり, 今後対応する予定である.

昨年度指摘事項への対応：

- (Q1) 3つのサブテーマ間の関係性を明確にし、対象または方法の共通性を明らかにされると良い。
(A1) ETC2.0プローブ情報の獲得量に依然として大きな地域間差異が存在する現況を踏まえ、
(1) ETC2.0データのみでの分析 or その他の交通ビッグデータに大きく依拠した分析 or それらを併用した分析
(2) 都市部の定常性の高い日常交通 or 地方部の時間的・局所的変動の大きい観光交通 or 大規模イベント時のような経験知の少ない交通
のような二軸（下図）で、「データに基づくエビデンスベースの交通モデル分析」という観点から、どこまでの領域をカバーできるのか？」を探求するという大目的を新たに掲げることで、対象・方法・サブテーマ間の関係と全体の体系を示したいと考えている。
なお、これに伴い北海道と沖縄のテーマを一つに集約し、サブテーマは二つとなった。



（図中のアルファベットは、⑥これまでの研究経過で示した個別テーマに対応）

- (Q2) 立寄りが少ない観光地の原因究明の分析を行った上で有益な政策提言をされると良い。
(A2) 今年度の分析 F) の結果に基づくと、代表的な各クラスターへの帰属度合いが小さいプローブ車両を抽出することができ、その詳細を検討することで、「立寄りの少ないニッチな観光地」というものを抽出できる可能性も考えられる。しかしながら、基本的には「立寄りが少ないということは観測データが非常に少ないもしくはゼロ」ということであり、今回の交通データのみからその観光地に立ち寄らない原因を探ることには、方法論的に限界があるように思われる。
- (Q3) 構築されるモデルの精度の検証方法についても検討してほしい。
(A3) 一部のモデル（経路選択や観光周遊）については、ETC2.0やWi-Fiデータを推計用と検証用のセットに分割し、クロスバリデーション等を行う事によって、予測精度の検証ができるようにと期待される。今後サンプル数が十分に揃ってきたら、その取り組みを行いたい。