

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（FS研究対象）】

		氏名 (ふりがな)	所属	役職
①研究代表者		宇野 伸宏 (うの のぶひろ)	京都大学工学研究科 社会基盤工学専攻	教授
②研究 テーマ	名称	観光流動把握を目的とした交通流動推定システムの研究開発		
	政策領域	[主領域] 3 [副領域]	公募 タイプ	タイプI ソフト分野
③研究経費 (単位：万円) ※受託額を記入。		平成29年度 999万円		
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	
		西田 純二	京都大学経営管理大学院・特命教授	
		清水 哲夫	首都大学東京都市環境学部・教授	
		倉内 文孝	岐阜大学工学部・教授	
		シュマッカー・ヤンディヤク	京都大学工学研究科・准教授	
		嶋本 寛	宮崎大学工学部・准教授	
		中村 俊之	名古屋大学未来社会創造機構・特任准教授	
		杉浦 聡志	岐阜大学工学部・助教	
		木村 優介	京都大学工学研究科・助教	

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。）

本研究では、OD交通量推定モデルを核とし、各種の移動体データを活用しつつ、観光流動をはじめとする都市内のトリップベースの交通流動（トリップパターン）およびトリップチェーンを把握可能な交通流動推定システムの開発をめざす。この目的を達成するために、本研究では、以下の4点の研究開発を行う。すなわち、1)各種移動体通信データの特性整理とインプットデータ整備手法の開発、2)自動車のトリップパターン推定モデルの開発、3)乗客トリップパターン推定モデルの開発、および4)自動車交通流および乗客流を所与としたトリップチェーン推定手法の検討である。本交通流動推定システムについては、観光都市や大規模イベントが実施される都市において、交通マネジメント施策効果をモニタリングするために適用し、今後のマネジメント施策の提案に活用することを想定している。

⑥FS研究の結果

（FS研究の結果について、これまでの研究目標の達成状況とその根拠（データ等）を必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入。）

FS研究の結果について、研究計画で提示した4つのサブテーマ毎に整理する。

A 各種移動体通信データの特性整理とインプットデータ整備手法の開発

同一日数日間の移動体通信データを収集し、併せて海の京都DMOによるWi-Fiパケットセンサ調査結果について、その特性整理のために基礎分析を行った。加えて、京都市との共同調査として、清水寺周辺にてWi-Fiパケットセンサによる定点観測も実施した。それらデータの特性を把握しその活用方法を検討するとともに、データ間の連携可能性を探った。上記で収集したデータとともに、広く使われている交通データの特性について検討し、データの特性、活用方法、課題については、表-1の通りに整理した。この結果からも、移動体通信データの活用により、OD、経路等の動的情報の利用可能性は飛躍的に高まっている一方、データの代表性、取得の容易性の点で課題もあり、その特性を踏まえてデータを取捨選択すると共に、必要に応じて複数データを相補的に活用することが望まれる。

表-1 各種移動体通信データの特性整理

名称	収集単位	活用例	課題	取得の容易性
交通量感知器データ	5分単位（記録箇所）	自動車OD推定	設置地点、交通量のみ	◎（一般公開）、ただしトラコン設置地点情報は別途購入
パーソントリップ調査	トリップ（発着ゾーン、手段、時刻、目的）	モード別・トリップ目的別OD	抽出率／調査頻度 観光目的のデータ収集が困難 季節変動を見ることができない	○（申請が必要）
ETC2.0データ	位置情報（緯度経度、ID） リンク（台数、所要時間）	自動車OD推定 自動車トリップチェーン推定 リンク所要時間	抽出率 データの代表性（高級車、大型車） 出発地／目的地直近データの秘匿	△（国土交通省との契約etcが必要）
モバイル空間統計（滞留）	500mメッシュ（人数）	居住地別滞留人数	データの代表性（nttドコモユーザー） 処理方法が不明（秘匿処理含む）	○（購入）
モバイル空間統計（流動）	メッシュ（独自指定可能） （人数）	メッシュ間移動 トリップチェーン	データの代表性（nttドコモユーザー） 処理方法が不明（秘匿処理含む） 独特な移動判別手法	○（購入）
あるくまち京都ナビ検索データ	検索レコード（出発地、目的地、時刻）	公共交通ODパターン推定	データの代表性（あるくまち京都利用者のみ） 実際に移動しているとは限らない	△（一般には入手が困難）
民間プローブデータ	リンク（台数、所要時間）	平均所要時間 取得サンプル数	データの代表性（特定メーカーの車両） 集計時間帯単位が固定	○（購入）
交通ICカード	レコード（乗降、乗のみ、降のみ、金額）	公共交通ODパターン推定 公共交通サービスレベル 利用頻度 公共交通トリップチェーン	代表性（1日乗車券など他のチケットあり）	△（規約などにより利用できないこともある）
Wi-Fiパケットセンサデータ	個別レコード （MACアドレス、時刻、受信強度）	地点間所要時間 滞留時間 トリップチェーン	自身で設置が必要（可能） データの代表性（Wi-Fiオン、機種ごとに異なる収集率） 設置条件によるデータ収集率の違い	△（自身で設置する必要あり）

加えて、携帯電話集計データを主に活用して、観光客を中心としたトリップ特性に関する基礎的分析を行った。具体的には、以下の2点について取り組んだ。1)モバイル空間統計の人口

分布データを活用して、観光エリアにおける出発エリアを考慮した訪問者の集中パターンに関する基礎分析を行った。2)モバイル空間統計データの人口流動統計データの誤差分析を行い、これを踏まえて観光エリア間のODデータの推定可能性について検討した。(なお上記および海の京都DMOによるWi-Fiパケットセンサデータに対する分析結果は、D.にて記述する。)

B 自動車のトリップパターン推定モデルの開発

本年度は、自動車トリップパターン推定の基礎的検討として、分析目的、解像度に応じて適切な自動車トリップパターン推定法の検討を行い、推定システムの開発を行った。モデルの構造としては、求解の容易さ、推定パッケージの多さなども考慮し、最小二乗推定量モデルを採用した。さらに、時間遅れ効果を詳細に分析すると、未知変数が大きく増大してしまうことから、空間的な交通分布を主モデルにより推定した後に、副モデルにより時間的分布を求める2段階モデルを提案した(図-1)。また、A.と関連するが、推定に用いる入力データの整備方法について検討を加えた。ETC2.0により収集されたデータを用い、先験OD確率(目的地選択確率)およびリンク利用率を算定する際の経路選択にかかわる分散パラメータの推定手法について提案した。特にリンク利用に関しては、Dialのアルゴリズムを前提としたモデル化を行ったが、ETC2.0データによる実際の経路利用履歴を確認したところ、Dialのアルゴリズムでは有効経路に含まれないリンクの利用も観測されており、より現実に即した経路選択の記述のため、ETC2.0データを活用することの重要性が確認された(図-2)。

さらに、時空間解像度に応じたモデル構造について、目標計算時間を2時間と設定し、最小二乗法による求解を前提とした結果、おおよそ未知変数が10,000程度でなければ目標時間以内に計算を終了することが困難であることが明らかとなった。これより、全国、地整レベルでの分析においては発生交通量を未知変数として、市町村レベルで主要地方道レベルの分析を実施するのであればOD交通量を未知変数として利用すべきといえる。なお、時間帯別の取り扱いについては今回の2段階構造をとる限りでは、大きな問題はない(表-2)。

C 乗客のトリップパターン推定モデルの開発

本年度は、対象とする公共交通の種類や利用可能なデータ、推定手法について分類しながら、乗客流推定手法に関する研究を整理した。次に文献レビューを踏まえ、ICカードの利用履歴データの活用を念頭に置いた、乗客のトリップパターンの推定モデルの開発を行った。研究対象としている京都市の大部分のエリアにおいて均一料金制度がとられており、ICカード利用者は降車時のみしかタッチする必要がないため、ICカード利用履歴データからは乗車バス停を把握することはできない。そこで、本研究では図-3に示すように、系統単位における乗り換えを考慮しないODパターンである「レグ」を推定する第1段階と、乗り換えを考慮したODパターンである「ジャーニー」を推定するという、乗客のトリップパターンをボトムアップ的に推定

- モデルの特徴
 - 最小二乗推定量モデル
 - 先験OD確率、リンク利用率、観測リンク交通量をインプットデータに
 - ETC2.0データによるインプットデータ作成

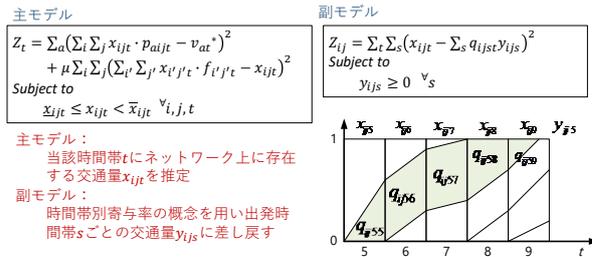


図-1 モデル構造

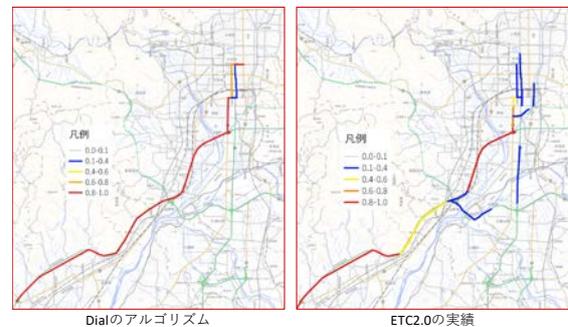


図-2 Dialのアルゴリズム・ETC2.0実績比較

表-2 ネットワークサイズと計算規模

サイズ	ノード数	リンク数(無向)	セントロイド数	適正変数
全国	-	-	約6,800	発生交通量
地整(中部)(Bゾーン)	12,287	18,051	1,049(含域外80)	発生交通量
県(岐阜県)(Bゾーン)	1,852	2,895	163(域外含まず)	多少間引いてOD交通量まで
市町村(岐阜市, センサスBゾーンベース)	228	417	22(域外含まず)	OD交通量(時間帯別)
岐阜市内DRMリンク	27,820	43,137	(参考) 65 PT調査小ゾーン	分析目的に依存?
【参考】モバイル空間統計(京都市)	-	-	約200メッシュ数	半分程度までメッシュ数を減少させる必要あり

する方法論を開発した。開発したモデルの第1段階においては、ICカードの利用履歴データ、乗り込み調査等により得られる事前OD情報、および一部バス停で観測される乗車人数を入力データとして、佐佐木のエントロピーモデルをベースにして系統ごとの乗降パターン（レグOD）を推定するものである。

第2段階では、乗り換えを考慮したODである「ジャーニーOD」の分布モデルとして重力モデルを仮定し、路線利用確率を所与としてジャーニーODとレグODの関係を定式化した上で、推定されるレグODパターンが第1段階で推定されたパターンと整合するように、重力モデルのパラメータを推定するものである。なお、分析対象である京都市では高頻度のバスサービスが提供されており、また複雑な路線網が形成されているため、路線利用確率および重力モデルの説明変数の1つであるODペア間の一般化費用は、最小費用Hyperpath探索アルゴリズム（倉内，嶋本，王，飯田（2006））を用いて算出する。

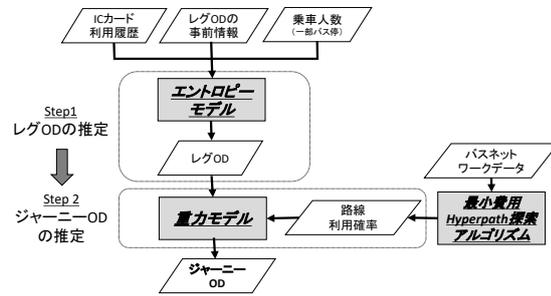


図-3 乗客トリップパターン推定モデル概要

本年度は、仮想的なバスネットワークを想定して、開発したモデルについて、特に第1段階の推定精度の検証を行い、すべての観測値を真値として与えた場合、レグODパターンを正確に推定できることを確認した。図-4は観測誤差によるレグODパターン推定の影響を評価した結果である。横軸は試算ケースを表し、レグ需要の事前情報の誤差，乗車人数の計測誤差，およびICカード普及率から推定される拡大係数の誤差に起因する降車人数の誤差のそれぞれの平均を3水準想定し，実験計画法によりそれぞれの誤差を組み合わせ設定した。縦軸は推定ODのRMSE（平均平方二乗誤差）であり，各ケースの箱ひげ図の赤線が中央値，ひげの最上部，最下部がRMSEの最大値，最小値に，箱の上部，下部が75，25パーセンタイル値に相当する。図-4に示すように事前情報の観測誤差の大きさは，推定精度に影響を及ぼすものの，乗車人数及び降車人数の観測精度が低下しても推定精度は大きく低下しないことを確認した。さらに，バス停において乗車人数を計測することを念頭に置き，乗車人数を計測するバス停の比率による影響についても評価した。

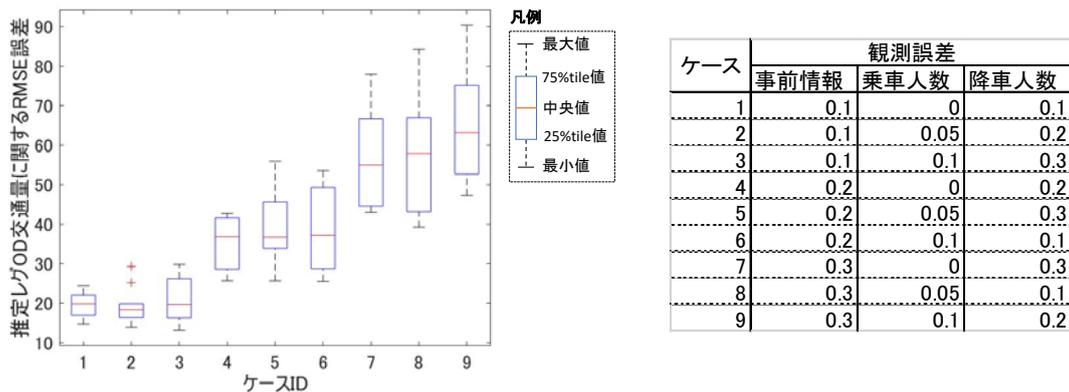


図-4 観測誤差と推定精度の関係（各ケースで乱数を発生させ，10回推定）

第1段階と第2段階を統合したモデル全体の推定精度についても，Sioux Fallsネットワークに仮想的なバス路線網を想定して，評価を行う。

【参考文献】倉内文孝，嶋本寛，王萍，飯田恭敬：最小費用Hyperpath探索アルゴリズムを用いたバスサービス評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，23(3)，755-761，2006

D トリップチェーン推定手法の開発

本年度は、分析対象地域および分析における地域のサイズを検討するとともに、B, Cの結果をインプットデータとしたトリップチェーン行動のモデリング方針について決定することをめざした。まずは、収集したデータを用い、観光トリップチェーンの把握に関する基礎的検討を行っている。具体的には、モバイル空間統計データを活用した訪問者の滞在状況分析や観光流動のトリップパターンの検討、さらにはWi-Fiパケットセンサデータを活用した観光行動の分析手法の検討を行うとともに、自動車、公共交通のOD表を所与として、トリップチェーンを推定する方法として2つのモデル構築方針を検討した。以上の成果を図-5~7, 表-3, 4に示す。

本研究では、訪問者の滞在状況を特徴づけるため、京阪神PTデータ（2010年実施）を用いて、京都市と各市町村との「移動」の面から見た結びつきに基づき、クラスター分析による分類を行った。その結果を図-5に示す。グループ2-1, 2-2は京都市に通勤・通学などで多くの移動が認められる自治体であり、2-4, 2-5は移動量の点で京都市との日常的な結びつきが弱い自治体と解釈できる。なお、グループ1は京都市、グループ3は京阪神より遠方の自治体である。この点を踏まえつつ、京都市内の3次メッシュの訪問者の滞在状況を分析した。一例として、2015年10月と11月の休日の東山エリアの滞在者の時間分布を示したものが図-6である。右図（11月）では、京都市との日常的結びつきの弱いグループ2-4や3の地域からの訪問者が非常に多いことが分かる。この訪問者の増減と道路混雑の関係性を3次メッシュ単位で分析も行っており、民間プローブによる平均速度と訪問者の集中との関係に着目した。

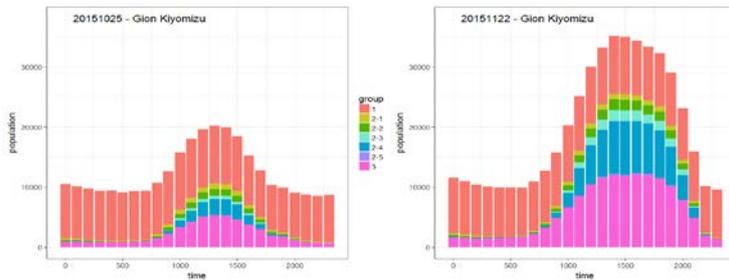
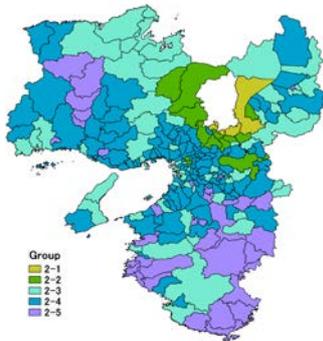


図-6 東山エリアの滞在者の時間変化

図-5 京阪神PTによる市町村分類

モバイル空間統計の中の人口流動統計は、都市内の訪問者の流動を把握する上で有用なデータと考えられる。一方、既存研究2)によると、人口流動統計では特定の条件下でトリップが集計されないという問題が生じる。そこで、人口分布統計と人口流動統計の両データについて、以下の定義式により比較を行う。表-3に示した結果からも人口流動統計により訪問者の流動パターンを把握する上で、補正を行う必要性が示唆された。

$$ND_k^t = X_k^t$$

$$NF_k^t = X_k^{t-1} + \sum_i x_{ik}^t - \sum_j x_{kj}^t$$

変数	説明
ND_k^t	人口分布統計から計算される時刻 t 、メッシュ k の人口
NF_k^t	人口流動統計から計算される時刻 t 、メッシュ k の人口
X_k^t	時刻 t 、メッシュ k の人口分布統計データ
x_{ij}^t	時刻 t 、メッシュ (i, j) の人口流動統計データ

表-3 人口分布統計と人口流動統計の比較(NF/ND)

	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
嵯峨・嵐山	1.09	0.974	0.948	1.02	0.924	0.948	0.681	0.68	0.631	0.709	0.821	0.934	1.033	1.035	1.099	1.234	1.488	1.669	1.635	1.475	1.223	1.176	1.051
きぬかけの路	1.034	0.933	0.997	1.034	0.927	1.119	0.778	0.89	0.579	0.675	0.765	0.891	0.935	1.021	1.158	1.33	1.749	1.373	1.27	1.331	1.545	1.273	1.117
上賀茂・大徳寺	0.928	1.032	1.012	0.919	0.959	0.999	1.089	0.758	0.741	0.725	0.743	0.893	1.109	0.93	1.233	1.543	1.659	1.51	1.09	1.149	1.185	0.906	1.116
修学院・一条寺	1.183	1.167	1.122	1.199	1.096	1.146	1.092	0.91	0.775	0.769	0.849	0.978	1.031	1.002	1.192	1.403	1.42	1.58	1.455	1.367	1.383	1.3	1.384
岡崎・銀閣寺	1.03	0.98	1.009	0.969	1.026	0.977	0.899	0.729	0.698	0.75	0.862	0.951	0.947	0.951	1.048	1.125	1.319	1.22	1.269	1.391	1.406	1.226	1.132
三条・四条・河原町	1.033	1.006	1.032	1.006	1.025	1.026	0.949	0.981	0.975	0.932	0.857	0.91	0.944	0.982	0.981	0.956	0.993	1.054	1.045	1.085	1.112	1.164	1.141
京都御所・二条城	1.008	1	0.983	1.008	1.011	1.01	0.95	0.837	0.795	0.777	0.906	0.97	0.932	0.987	1.122	1.176	1.303	1.315	1.25	1.222	1.147	1.003	1.091
京都駅・東寺	1.016	1.013	0.991	1.011	0.985	0.985	0.94	0.937	0.968	0.967	1.013	0.984	1.018	0.977	0.953	0.899	0.931	1.061	1.075	1.055	1.054	1.07	1.134
清水寺・円山公園	1.026	1.018	1.088	0.975	0.973	0.998	0.883	0.801	0.777	0.869	0.895	0.961	0.936	1.003	0.986	0.998	0.96	0.963	1.126	1.228	1.399	1.411	1.132
三十三間堂・東福寺	0.971	0.971	0.963	1.056	0.968	0.987	0.824	0.714	0.701	0.836	0.942	1.04	1.041	0.986	0.981	1.169	1.185	1.191	1.117	1.207	1.208	1.277	1.094
貴船・鞍馬・大原	0.8	1.143	1.228	1.056	0.701	0.917	0.903	0.49	0.327	0.632	0.73	0.93	1.039	0.993	1.3	1.4	1.674	1.358	1.458	2.93	1.328	1.55	0.903
その他市内中心部	0.998	0.999	1.003	1	1	1.003	1.002	1.015	1.014	1.009	1.008	1.007	1.007	1.002	1	0.995	0.996	0.996	0.991	0.991	0.992	0.998	1.002
平均	1.01	1.02	1.031	1.021	0.966	1.009	0.916	0.812	0.748	0.804	0.866	0.954	0.998	0.989	1.088	1.186	1.306	1.274	1.232	1.369	1.248	1.196	1.108

【参考文献】2) 中矢昌希, 白水靖郎, 松島敏和ほか: 都市交通分野における人口流動統計データの活用に向けた一考察～近畿圏パーソントリップ調査との比較によるデータの特長と課題に関する分析～, 第53回土木計画学研究発表会・講演集, 2016年

表-4は, Wi-Fiパケットセンサデータが設置されている海の京都DMOにおいて収集されたデータを用い, クラスタ分析により観光と思われる行動を抽出した例であり, 日帰り層は天橋立を中心とした流動を, 城崎訪問層はそれに加え城崎温泉への訪問が顕著であることが確認できる. トリップチェーン推定モデルとして, 図-7の通り案1としてトリップチェーンを時空間ネットワーク上の経路として表現し, そのフロー量を推定する方法を, 案2として未知変数量を小さくするためマルコフ推移確率の適用を前提とし, 滞留を生存時間モデル, 移動を重力モデルで表現する選択確率推定により観光流動を把握する方法を検討した. 案1の方法では, 実際のデータに適用すると生じる経路が膨大で現実的な時間での求解が困難になることが明らかになり, 実際のネットワークへの適用に関して現実的な経路集合の構築などが課題となった. また, 案2は, 計算負荷が小さいが過去の移動履歴を考慮することが困難であるため, 今後観測データとの整合性も考慮しながら引き続き検討を加えることとする.

表-4 Wi-Fiパケットセンサデータによる
観光流動データの抽出例

層	全体				日帰り層				城崎訪問層			
	22~6	7~9	10~17	18~21	22~6	7~9	10~17	18~21	22~6	7~9	10~17	18~21
宮津エリア	3.1%	3.9%	15.6%	5.0%	0.4%	1.2%	13.4%	1.2%	2.1%	2.2%	9.6%	2.9%
天橋立(駅周辺)エリア	1.2%	1.7%	17.7%	1.2%	0.1%	1.1%	34.2%	0.4%	0.4%	1.9%	18.9%	0.8%
天橋立(船越)エリア	0.3%	1.1%	11.5%	0.4%	0.1%	0.6%	22.4%	0.1%	0.4%	2.2%	12.8%	0.3%
与謝エリア	0.8%	1.4%	3.9%	1.1%	0.1%	0.4%	3.1%	0.2%	0.2%	0.7%	2.5%	0.5%
道の駅 とれとれセンター	0.6%	0.7%	7.2%	0.4%	0.1%	0.6%	7.2%	0.2%	1.0%	0.9%	6.3%	0.6%
城崎温泉観光案内所	0.8%	0.8%	11.4%	0.7%	0.1%	0.2%	5.3%	0.1%	1.1%	20.5%	0.5%	0.5%
ハクレイ酒造	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%	0.1%
道の駅 丹後王国	0.2%	0.2%	1.4%	0.2%	0.0%	0.1%	1.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	0.1%
宮津ロイヤルホテル	0.3%	0.6%	1.3%	0.7%	0.1%	0.2%	0.9%	0.3%	0.4%	1.8%	1.4%	2.3%
道の駅 舟屋の里	0.3%	0.3%	2.4%	0.1%	0.0%	0.1%	3.1%	0.0%	0.4%	0.2%	1.8%	0.1%
旧加悦町 役場庁舎	0.1%	0.2%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	0.1%
時間帯比率	7.7%	10.8%	73.5%	10.0%	0.9%	4.6%	91.7%	2.8%	5.1%	11.2%	75.4%	8.3%

トリップチェーン推定手法の開発(1)
【2つのモデル案概要】

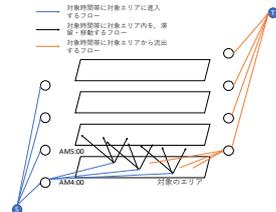
- モバイル空間統計の「移動・滞留データ」を用いたトリップチェーン推定モデルについて, 2つの案を検討した.

[モデル1]時空間ネットワークによる記述

- 時空間ネットワークにより, トリップチェーンをネットワーク上の経路として記述する.
- トリップチェーンが経路フローとして明示される利点がある.

[モデル2]マルコフ連鎖による記述

- 時間帯別の移動, 滞留がマルコフ過程に従うと仮定し, マルコフ推移行列として各時間帯の移動・滞留選択確率を記述する.
- チェーンが明示されないが, 計算負荷は小さくできる.



t+1	1	2	3	滞留	域外	域内
1	20%	1%	—	—	—	—
2	10%	2%	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
滞留	—	—	—	30%	1%	—
域外	—	—	—	1%	15%	—
域内	—	—	—	—	—	—
域外	—	—	—	—	—	—
域内	—	—	—	—	—	—
滞留	—	—	—	—	—	—
域外	—	—	—	—	—	—
域内	—	—	—	—	—	—

図-7 検討したトリップチェーン推定モデル

⑦本格研究の見通し

(FS研究の結果を踏まえた本格研究における研究成果の見通し, 今後の研究目標の達成見込み, 成果の活用方法, 手段, 今後の展開等を記入。この際, 提案書(当初計画)からの変更点があれば, 分かるように工夫すること。)

観光流動を中心として, 各種の移動体データを活用しつつ都市内のトリップベースの交通流動, および, トリップチェーンを把握可能な交通流動推定システムの開発をめざすことが, 本格研究における目標である. FS研究においては, A.では各種移動体データを収集し, 基礎的な分析を通じて, 交通流動推定システムのインプットデータとしての利用可能性について検討した. FS研究の成果でも記した通りに, B.自動車のトリップパターン推定モデル, ならびに, C.乗客のトリップパターン推定モデルの開発については, プロトタイプとなるモデルおよび推定手法については, 一定の検討が進み, 仮想ネットワークを対象として数値計算を通じて, 推定手法の妥当性, 精度などの検証を行っている. その中では, 移動体データの活用も想定しており, 例えば, 自動車のトリップパターン推定では, トリップパターン推定の際に必要なリンク利用率の検証に, ETC2.0 データを活用するとしている. 換言すれば, 移動体データを活用した都市内のトリップベースの交通流動推定に関しては, その方法論の整備に関して概ね目処がついており, 本格研究では実ネットワークへの適用を中心に研究を推進する予定である.

A.では上記での検討に加えて, モバイル空間統計データ, 民間プローブデータ, ETC2.0 データ等を融合利用し, 京都市を対象として, 観光客などの訪問者の集中が, 道路混雑に及ぼす影響を統計的に分析した. そして, 道路混雑の緩和の観点からも観光流動のマネジメントの重要性を

示すことを試みた。D. トリップチェーン推定手法の開発については、モバイル空間統計データ、ならびに、Wi-Fi パケットセンサーデータを用いて、人の流動、滞在の状態をマルコフ推移行列で記述する方法を検討しているところであり、**本格研究に移行できた場合、重点的に取り組み、方法論を確定すると共に、仮想ネットワークでの妥当性検証、実ネットワークへの適用、および、自動車・乗客のトリップパターン推定モデルとの統合的利用を順次進めるものである。**

上記A～Dの一連の流れについては、上述のFS研究の成果を踏まえて、本格研究の中で実現できる可能性が非常に高いといえる。すなわち、**移動体データを用いた都市レベルでの交通流動モニタリング技術を構築し、京都市を対象として実装していくことを目指して、本格研究は進めるものである。**

交通流動推定システムの道路交通施策、とりわけ交通マネジメント施策への適用の見通しについて議論する。京都を始めとする観光都市では、**観光客の時空間的集中により道路を含む交通システムに渋滞やバスの遅れなど大きな影響が生じ、市民生活ともコンフリクトが生じている。**上述の通りに携帯電話の集計データ（モバイル空間統計）に基づく**訪問者の集中状況の結果と、民間プローブデータ等による道路交通の効率性の低下の間には一定の関係が認められる。**公共交通側の影響に関しても、Wi-Fi パケットデータ等を活用し、バス停での乗客の滞留状況との関係について今後分析を行い訪問者の集中とバス待ち時間の関係についても検証を試みるが、**観光客の時空間的集中による交通混雑改善の点で、観光都市としての魅力度を極力損なわず、悪影響を緩和する方策を適用することが望まれる。**

市民生活に配慮しつつ、歴史的資産を保存し、観光都市としての風致・景観の維持増進を進める上では種々の物理的・空間的・財政的制約があり、交通システムの効率性の改善のため、**供給側で取り得る選択肢は一般的に多くは無い。**そのため、観光客の行動に働きかけることで、交通状況を改善する、いわば**Tourism Demand Managementによる交通マネジメントを実施することが望まれる。**パークアンドライドによる観光地への自動車の流入抑制、公共交通とのモーダルミックスの促進、観光地の混雑状況を踏まえたルート案内・インセンティブの提供、ならびに、各種イベントのタイムリーな実施による観光地訪問や帰宅の時間分散等の実施により、観光客の行動変更を促すことで、特定エリアへの過度の人の集中緩和を目指す。その結果、道路をはじめとする交通システムへの負担軽減をも図る。例示した様な施策が実効性を有するか否かは、最終的な結果としての観光客をはじめとする交通流動を推定・把握し、施策の有無・内容と関係づけて分析、検証することが望まれる。上記の施策の実施状況、観光イベントなどもデータベース化するとともに、交通流動推定システムを用いて観光客の流動を把握することで、**Tourism Demand Managementが観光流動、そして、道路交通をはじめとする交通システムの効率性に及ぼす影響を定量的に評価することが可能となる。**すなわち**施策と効果の関係を常時モニタリングすることにも繋がり、その結果を体系的に蓄積整理することで、観光都市における交通マネジメントの促進の観点で有効な施策を明らかにすることにも貢献できると考えている。**このため、様式3に記載の今後の研究計画では、**E. 交通マネジメント方策の影響評価と提案というサブテーマを追加した。**

⑧特記事項

(本FS研究から得られた知見、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の目的・目標からみた、研究成果の見通しや進捗の達成度についての自己評価も記入。)

本FS研究から得られた知見として、次の3点を挙げる。1)先行して自動車トリップの空間的分布の推定を行う主モデルと、経路上の車両の移動に伴う時間遅れを考慮する副モデルから成る2段階モデルを提案しており、都市圏レベルのネットワークに適用可能な効率的な自動車トリップパターン推定手法を構築した。加えて、トリップパターン推定に不可欠な経路選択の分散パラメータについて、Dialのアルゴリズムを前提としたモデル化を行い、ETC2.0データを活用し、**実際の経路利用履歴を確認したところ、Dialのアルゴリズムでは有効経路に含まれないリンクの利用も観測され、アルゴリズム改良の必要性が示唆された。**2)乗客のトリップパターン推定の面で、エントロピーモデルをベースにして系統毎の乗降パターンを推定する第1段階モデルの精度検証を行ったところ、当該モデルの**事前情報の観測誤差に対する頑健性が一定示された。**3)各種**移動体通信データ**について、その基礎分析を通じて、観光都市における**訪問者の集中度合い、トリップパターンの抽出など面で有効活用できる可能性が示された。**特に1)の後半および3)は、**ビッグデータ時代の交通モニタリングおよび**

モデリングのあり方に関する示唆を示すものと考えられる。

当初想定していた、移動体データを活用しつつ都市内のトリップベースの交通流動およびトリップチェーンを把握可能な交通流動推定システムの開発という研究目標の点からは、乗客のトリップパターン推定モデルの入力データの整備の点、ならびに、トリップチェーン推定手法の方法論開発の点で検討がさらに必要になると考えられる。これらの課題については、本格研究に移行できれば、2年間の研究期間で対応可能と考えている。一方、⑦でも述べたとおりに、移動体データを利用した自動車・乗客のトリップパターン推定モデルの構築の観点では、研究目標の達成の見通しは概ねついてきている。言い換えれば、FS研究から本格研究に移行することが認められれば、移動体データを活用しつつ、観光流動をはじめとする都市内のトリップベースの交通流動、および、トリップチェーンを把握可能な交通流動推定システムの構築を実現できると考えている。