

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	
	ささき くにあき 佐々木 邦明		山梨大学大学院総合研究部		教授	
②研究 テーマ	名称	多様な観測データの活用による道路交通施策評価のためのモデル開発				
	政策 領域	[主領域] 3		公募 タイプ	II	
		[副領域] 2				
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。	1099 （税込）	1100 （税込）	680 （税込）	2879 （税込）		
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				
菊池 輝		東北工業大学・教授				
福田 大輔		東京工業大学・准教授				
布施 孝志		東京大学・教授				
藤井 涼		（株）日本工営・技師				
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>交通に関する多様な観測データが利用可能となってきたが、観測データだけでは政策評価に不十分である一方、交通政策評価のためのモデルは、そのようなデータを活用するフレームがない。そこで、様々な交通の状態を観測したデータを、交通シミュレーションに取り込むフレームを構築することが目的である。具体的な目標として、評価システムのベースとして、人の行動をベースとした交通状態の変化を記述するシミュレーションモデルを構築し、そこに様々な交通状態の観測データを同化させることで精度の高い状態変化予測などを行う。そして、道路整備や交通政策事例を対象に有用性・適用性を検証する。特に道路ネットワーク上の所要時間や、ゾーン滞在人数データ、経路の利用データ等、現在活用可能な様々なデータを、本研究プロジェクトで開発するシミュレーションに同化し、長期的には状態変化に応じたOD表の提供や、短期的には所要時間の予測などを行う。また、それらを道路政策評価やマネジメントに活用する事例を示すことが目標である。</p>						

⑥これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、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。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

昨年度の成果

- 1) アクティビティシミュレーションとデータ同化のアルゴリズムを改善し、市販のPCでも実用的な時間に収まるのが可能になった。
- 2) 勤務時間の変化などの政策の導入に対応できる、固定活動を明示的に考慮したアクティビティシミュレーターに観測データを同化するアルゴリズムを開発し実装した。
- 3) 大都市圏での鉄道経路選択を考慮したアクティビティモデルの開発を行った
- 4) 道路所要時間情報等のデータを活用できるシミュレータとしていくつかのシミュレータを比較したうえでAIMSUNを選定した。
- 5) 選定したAIMSUNを用いて、単路部における所要時間観測データを混雑の発生する単路でのシミュレーション同化するアルゴリズムを開発し、シミュレーション精度の改善を確認した。
- 6) 1OD - 2リンクのネットワークに経路の所要時間情報を同化するアルゴリズムを導入し、経路選択に変化が発生することを確認した。

今年度の委託テーマと研究課題

1. アクティビティシミュレーションの高度化に関する研究
 - 1) アクティビティシミュレーションのユーザビリティを高めるために、シミュレーションパラメータの推定や設定を容易にする等の必要な項目を整理し、インターフェースの改良を行う
 - 2) アクティビティシミュレーションを用いて評価する具体的な施策を検討し、施策評価に必要なデータやアルゴリズムを整理し、アクティビティシミュレーションを改良する。
2. 交通流シミュレーションのデータ同化に関する研究
 - 1) ネットワーク交通流シミュレータを都市圏ネットワークに拡張する。
 - 2) ETC2.0プローブ情報から得られるリンク速度を観測値として経路選択モデルに組み込む手法を検討および実装し高度化を図る。
 - 3) ETC2.0プローブ情報以外のデータを活用し、交通状態だけではなく、他の状況変化に応じたリンクコストを更新する仕組みを構築する。
 - 4) 交通流シミュレーションの検証方法についても検討する

◎対象とする政策課題とその対応

■ 1-1) 対応：アクティビティシミュレーターの推定方法の改善について

アクティビティモデルを実務的に用いる際の最大の問題点として、推定方法の煩雑さがあげられ、今年度の課題としてその改善を行った。本分析での提案するモデルは2種類あり、一つは図-1に示すような多段階のネスティッドロジットモデルである。もう片方は逐次型のモデルである。特に図-1に示すネスト型ロジットモデルの推定方法は、同時推定が望ましいこと統計的に明らかである。しかし本研究で用いるような多段の同時推定は非常に煩雑となり実用性が低下してしまう。

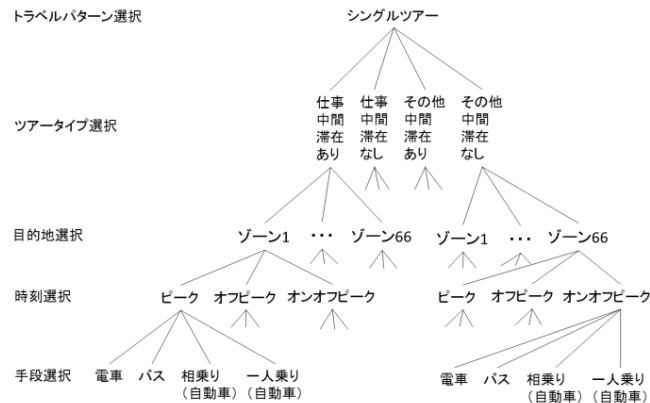


図-1 ネスト型アクティビティモデル (例)

そこで、本研究で提案したモデルでは、推定労力が格段に少なくてすむ段階推定が有効であることを示す。統計的な特性として、段階推定ではパラメータの一致性は担保されるが有効性が劣ることが知られている。つまり統計的優位性に疑いが残る。そこで本研究では、今回提案したモデルが段階推定であっても有効性が担保されることをブートストラップ推定によって検証したのが表-1である

表-1 セカンダリツアーの手段選択の推定比較

変数	段階推定			ブートストラップ推定			推定値間のt検定
	パラメータ	標準誤差	t値	パラメータ	標準誤差	t値	
公共交通定数項	-2.24	0.0381	-58.8	-2.27	0.5056	-4.5	0.0701
自動車定数項	-3.48	0.0334	-104.3	-3.53	0.3517	-10.0	0.1286
自転車定数項	-1.41	0.0231	-60.9	-1.40	0.2289	-6.1	-0.0295
所用時間(公共交通)	-0.877	0.0120	-73.1	-0.900	0.1637	-5.5	0.1403
所用時間(自動車)	-0.568	0.0158	-36.0	-0.558	0.1528	-3.7	-0.0654
所用時間(自転車)	-1.30	0.0134	-96.7	-1.34	0.1559	-8.6	0.2848
所用時間(徒歩)	-0.599	0.0051	-117.8	-0.613	0.0528	-11.6	0.2723
費用(自動車)	-0.709	0.0185	-38.4	-0.782	0.2657	-2.9	0.2729
各種統計量			各種統計量				
サンプル数	1103			1103			
最終尤度	-54889.5			-56389.0			
調整済み ρ^2	0.2940			0.2775			

この結果からは、t値は予想通り過大推計されていたが、ブートストラップ推計を用いても有意な変数に変化がなく、さらに推定値間の同一性の検定でもパラメータの有意差はなかった。全ての段階においてこの計算を行ったが、すべてにおいて同様の結果になったことから、本研究で提案するアクティビティモデルは段階推定によっても有効なパラメータを示すことを示した。そこで続いて、段階推計での推定の煩雑さを減らすために、図-2に示すように、各段階のモデルをヒューリスティクスによらない、自動的に選定するアルゴリズムを構築した。

基本的な考え方は、回帰分析のステップワイズ法であるが、ネスティッドロジット特有のログサム変数の係数値に応じて、変数の選択を行い、独立ロジットへの移行も提案することになる。

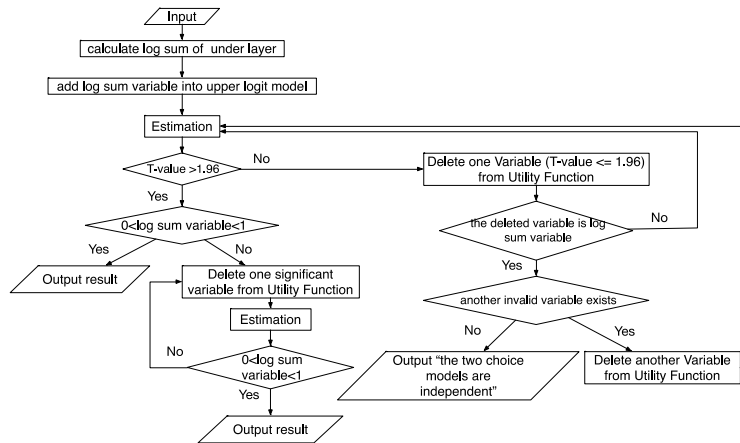


図-2 ネスティッドロジットモデルのモデル推定自動化アルゴリズムの一部

多項ロジットモデルに対してこのアルゴリズムを適用したところ、例えば手段選択では、26変数と1103のサンプルを用いて約10分ほどで、最終的な結果を出した。そこで、2段階のネスティッドロジットモデルの推計に本アルゴリズムを適用した。それぞれが数分レベルで推計が終わり、段階の順序を指定することで、下位の段階に引き続き、上位を推定し始めるアルゴリズムが出来上がった。もちろん最終的な結果は人による検証が欠かせないが、そのベースとなるモデルを自動的に推定していくことで推定にかかわる労力が削減できると考えている。

これによって、本研究で用いたR言語のスクリプトで、各段階で用いる予定の変数を入力するだけで段階推計が対応可能になる。さらなるインターフェースの改良はもちろん望ましいが、これによって課題の1-1に対応できたと考えている。

■ 1-2) 評価する具体的な施策を検討し、施策評価に必要なデータやアルゴリズムを整理

評価する具体的な施策として、1) 都市圏OD推計、2) 複数年のデータを用いたモデルの年次更新、3) 大都市のOD推計、4) 新たなデータの追加によるODの推計可能性を検討対象としたが、ここでは、1)と2)について述べる。

都市圏OD推計について、昨年度において、ネスト型アクティビティモデルとモバイル空間統計の人数分布の同化を実施した。アクティビティモデルは一日の行動を再現したものであることから、それを移動に着目して集計することで、一日のOD分布が再現できる。そこで、モデルを用いて一日のOD分布を再現したものが図-3の左である。PT調査のOD分布を合わせて中央に示した。また、OD自体を観測変数としてPTのODを仮定の観測値として同化したのが右の図である。

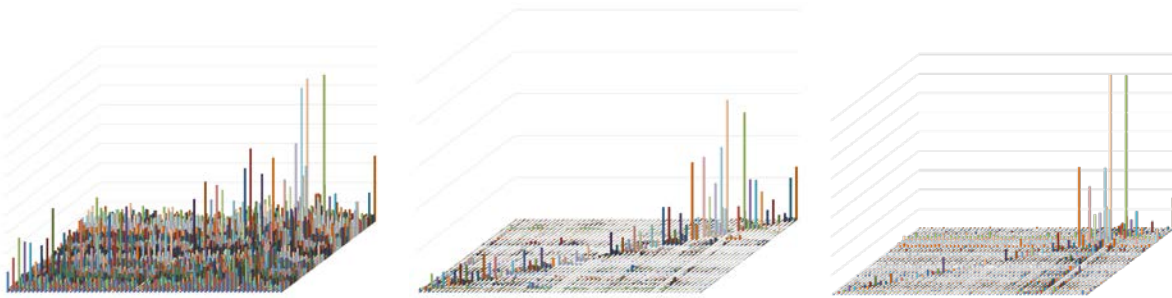


図-3 ネスト型アクティビティモデルの滞在人数分布同化によるOD推計

この棒グラフは総人数が一致しているため、縦軸は統一されていない。モデルからの推計は定数項や内々ダミー等を用いなかったことなどの理由により、各時間帯のゾーン滞在人数はかなり一致しているが、ODに着目すると精度が悪いことが示された。ここに、仮想のOD観測情報として、現状のODを観測値として、滞在人数ではなくOD分布を状態変数として推計したの右の図である。これから、OD情報を与えることで再現性は著しく向上することが明らかのため、次項で示すように目的地選択モデルの改良に努めるとともに、ETC2.0や流動統計等の一部でもODにかかわる情報を追加することで、改善可能であることを示した。

前項で課題が示されたことから目的地選択モデルの定数項を推計し、さらには観測データが経時的に得られることを用いて、目的地選択モデルの定数項の時点更新・補完を行った。その概念図が図-4の左であり、その結果の一例が右図である。

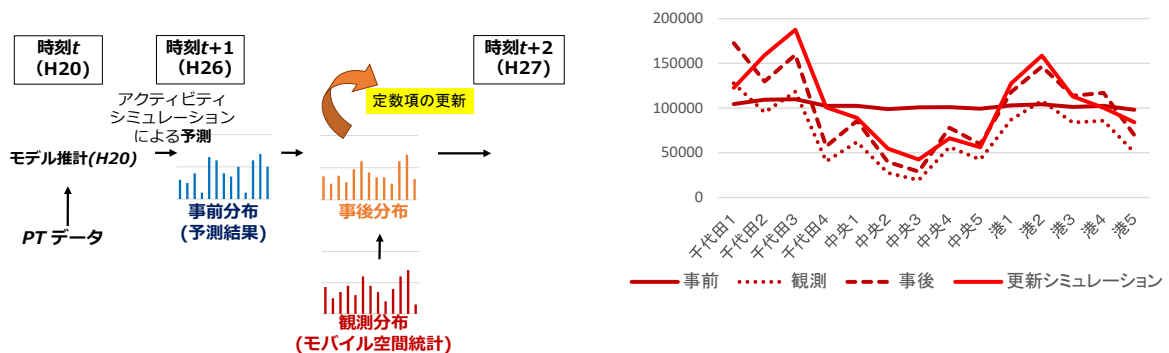


図-4 定数項の年次更新とその結果

モデルに含まれる定数項をモバイル空間統計の分布にあうように再推計を行うことで、目的地選択モデルの精度は大幅に改善し、モデル内の滞在人数の再現結果が大きく改善することが明らかになった。これより、モバイル空間統計から定数項を推計したモデルを用いることで、予測精度が改善し、OD推計にも有効であると考えられる。

これらの検討結果から、交通政策評価のためのOD推計には、複数年時による定数項の更新や、一部でもODに関する情報が得られることで、そこにシミュレーションを同化することで、推計可能性は高まると考えられる。以上により1-2)に対応したと考える。

■ 2-1) ネットワーク交通流シミュレータを都市圏ネットワークに拡張

昨年度特定したAIMSUNを用いて、甲府都市圏のネットワークを構築した。ただしリンク数が多くなるため、データ観測可能性の高い甲府市中心部のみをデータ同化のアルゴリズムの適用できるマイクロ、周辺部をマクロとしたハイブリッドシミュレーションネットワークを構築した。その概要が図-5である。ここにセンサスODを導入し、適切なシミュレーションとなっていることを確認し、課題2-1)に対応できたと考える。

- ミクロネットワークのみで広域エリアの構築が困難
- API機能はミクロネットワーク限定の機能

■ ネットワーク条件

- 対象エリア: 甲府都市圏
- ミクロエリア: 甲府市中心部
- シミュレーション時間: 24h
- OD: H17センサスOD

メソ・ミクロのハイブリッドモデルにより広域ネットワークを作成

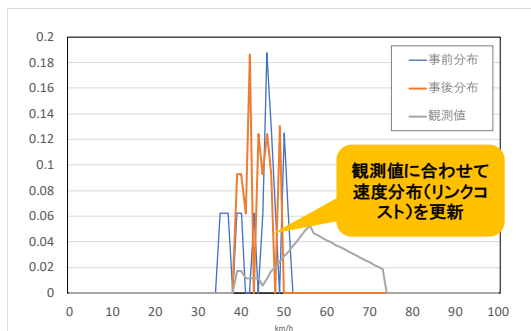


図-5 都市圏ネットワークへの拡張

■ 2-2) ETC2.0プローブから得られる観測値を経路選択モデルに組み込む手法を実装

上記ネットワークの中で、甲府市中心部の国道441号で所要時間(リンク速度)が得られていると想定し、そこにデータ同化アルゴリズムを導入した結果、観測値に近づくようにリンクコストが更新され、交通量に変化が見られた。これらをまとめたものが図-6である。

- 観測値に合わせて15分間隔でリンクコストを更新。
- リンクコストの更新による交通需要の変化を確認。



▲ 観測値、事前分布、事後分布

▼ 交通量の変化

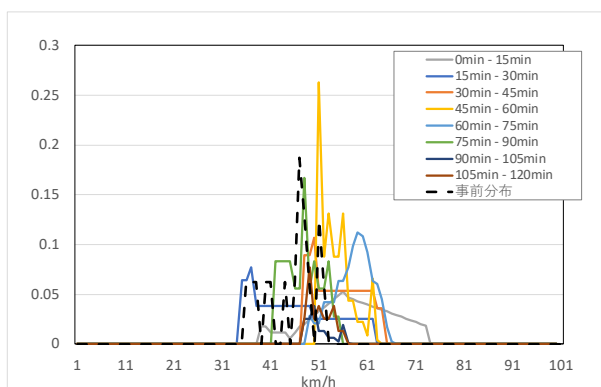
	Without Count car (vehs)	With Count car (vehs)
0:10:00	11	10
0:20:00	10	20
0:30:00	18	36
0:40:00	12	36
0:50:00	19	42
1:00:00	19	42
1:10:00	13	39
1:20:00	13	34
1:30:00	11	29
1:40:00	8	36
1:50:00	12	38
2:00:00	14	34
Total	160	396

リンクコストの更新により交通量が変化

図-6 リンクコストの観測による更新とそれに対応する交通量変化以上より、課題2-2)に対応できたと考えている。

■ 2-3) プローブ情報以外のデータを活用しリンクコストを更新する仕組みを構築する

甲府市内20号線にトラフィックカウンターが設置されており、その観測データが利用可能であることが判明し、そのデータを活用したシミュレーションのデータ同化可能性について検証した。トラフィックカウンターには地点速度が得られるものもあるが、そうでない場合には、トラカンから得られた交通量データをQV式に導入し、時間帯別の速度に変換してリンクコストを推計し、それを観測値とするアルゴリズムを構築した。これにより、ETC2.0データに用いたアルゴリズムがそのまま利用可能になり、トラフィックカウンターデータの活用可能性を示せる。これにより課題の2-3)に対応できたと考える。



	データ同化なし	データ同化あり
0:10:00	8	8
0:20:00	9	13
0:30:00	9	29
0:40:00	13	35
0:50:00	10	35
1:00:00	7	36
1:10:00	9	30
1:20:00	9	29
1:30:00	13	21
1:40:00	6	33
1:50:00	5	26
2:00:00	7	30
Total	105	325

図-7 トラフィックカウンターから得られた速度分布と交通量変化の例

⑦研究成果の発表状況

(本研究から得られた研究成果について、学術誌等に発表した論文及び国際会議、学会等における発表等があれば記入。)

- ・The Assimilation of Activity-Based Simulation and Mobile Phone-Based Dynamic Population, Akane SAWADA, Kuniaki SASAKI, Journal of EASTS(掲載決定)
- ・パーティクルフィルタを援用した観測ODとシミュレーションを融合したOD推計手法, 澤田茜, 川辺拓哉, 白須瑛紀, 佐々木邦明, 土木学会論文集D3, Vol.73, No.5, p. I_579-I_588, 2017
- ・観測データの融合によるアクティビティシミュレーションの更新手法, 澤田茜, 佐々木邦明, 土木計画学研究・講演集, Vol.56, CD-ROM, 2017.11.
- ・アクティビティモデルとモバイル空間統計を用いた都市圏OD推計の可能性, 澤田茜, 小原拓也, 佐々木邦明, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, CD-ROM, 2017.6.
- ・The assimilation of activity-based choice model and cellular phone-based dynamic population, Kuniaki Sasaki, Akane Sawada, 5th International Choice Modelling Conference, Cape Town, 2017.4

⑧研究成果の活用方策

(本研究から得られた研究成果について、実務への適用に向けた活用方法・手段・今後の展開等を記入。また、研究期間終了後における、研究の継続性や成果活用の展開等をどのように確保するのかについて記述。)

実務への展開に向けた活用であるが、これまでの研究期間の状況について説明する

・既存の交通調査・予測への活用

複数の都市圏PTや、都市再開発の予測手法としての協働が始まり、情報提供を行っている。さらには学会等の発表を通じて、PT等の調査を補完する手法として、本研究開発で行っている手法の有用性が認識されている。

・都市施設の配置計画への適用

都市施設の配置計画等にアクティビティモデルを活用する手法が現在検討されている。そのセミナーにおいて、本手法の活用について解説を行い、複数の問い合わせを受けた。

・途上国における都市移動調査

途上国では大規模調査は様々な理由により困難で、小サンプルと各種観測データという、本研究の特性に対応した状況である。関連して、本研究開発の適用可能性について情報共有の依頼があった。

ここまでの研究開発で得られた成果を共有することによって、具体的な実務ニーズの把握ができてきた。研究期間中に、それらのニーズにこたえることを念頭に開発を続け、社会的に有益な活用と、各種データの有効活用を提案し、多方面と継続的な協力関係を築いていく。さらには、海外での低コストでの都市圏交通分析手法として活用を提示し、現在情報共有を行っている団体とも協力関係を築くことで、都市交通インフラの計画策定支援にもつなげていく。

⑨特記事項

(本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。)

1) 本研究から得られた知見

・海外事例調査では、ラーニングを用いた需要予測事例が増えている。本研究ではモデルの自動更新と簡易なパラメータの更新方法を提示していることから、ラーニングと親和性があり、その組み込みを視野に入れる。

・大雪災害の被害軽減に向けた防災コンソーシアムが立ち上がり、そこに参加し、気象などのリアルタイムで状態が変化する災害への本研究の適用可能性について期待されていることが明らかになった。

2) 研究の目的・目標から見た成果の見通し

現時点ではモデルの構築と、各種データの活用方法についてはおおむね予定した成果を出せてきていると考えている。さらにはアクティビティモデルによるOD推計やネットワークへの観測データの導入についても成果が得られている。また、実務の方に高い関心を持っていただき、複数の問い合わせをいただいたことから実務的ニーズも把握できた。今後アクティビティとネットワークのモデルを統合し、実務的ニーズに基づいた政策評価事例を積み上げることで、社会的・実務的な活用展開を図っていく。