

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）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）	所属	役職	
	佐々木 邦明（ささき くにあき）	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	タイプII
		[副領域] 2		
③研究経費（単位：万円） ※受託金額を記入。	平成27年度 ¥5,944,000（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・准教授		
藤井 涼		(株) 日本工営		
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>研究の目的はフレキシブルな構造を持つことが可能なマイクロベースのシミュレーションモデルによる交通状態の予測と、それに対応する状態を直接的・間接的に観測した多様なデータを同化させることで、精度の高い状態予測や、突発事象の検出などを行う。またその結果を活用して道路の管理者、利用者、政策担当者に精度の高い情報提供を行うことである。具体的にはアクティビティシミュレーションや交通ネットワークシミュレーションを用いて、シミュレーションの出力に人数や速度等の様々な観測データを同化して、予測能力や精度を高めたシステムを構築するものである。</p> <p>当該年度は、シミュレーター・構造モデル構築段階であり、提案した二つのモデルのうち、都市圏交通需要予測モデルを構築する。あわせて同化可能なデータの特定を行いその分析を行った。</p>				

⑥ F S 研究の結果

平成27年度のFS研究の成果を以下に記述する。

1. 研究に用いるデータについての検討

本研究課題では、交通の観測データにシミュレーション結果を同化するため、どのような観測データを用いるのが望ましいかについて検討を行った。同化するデータが観測する状態は、シミュレーションからの出力可能な交通状態に一致する必要があることから、どのような交通需要予測モデルを用いるのが望ましいのかについての検討もなされた。

研究計画で示したアクティビティシミュレーションについては、アクティビティモデルの一つの派生形であるツアーベース型アクティビティモデル(以下 ツアーベースモデル)を採用した。ツアーベースモデルでは、自宅内活動を対象としないが、後述する本研究が対象とする道路施策評価を想定したときには、ツアーベースの方が分析に適しているため、ツアーベースモデルを採用している。ツアーベースモデルを用いるという前提によって以下に示す4種のデータについて検討を行った。

1) A社

A社の提供するデータは、GPSベースの軌跡データをもとにしており精度が高い。また、移動を追うことからODが取れ、アクティビティベースモデル等を大都市圏で適用する際に問題となる目的地選択の精度の低さを補正する情報を得られると考えられる。ただし、サンプリングレートが低く、交通需要予測と同化するには拡大時の精度に問題があると考えられる。

2) B社の提供する個人の行動軌跡データ

B社はGPSの軌跡をベースとして個人の行動軌跡データを提供している。経路所要時間等の道路上の状態についての多くの情報を提供する。これはネットワーク上のシミュレーションの評価には有効なデータとなりうるが、FSで行った都市圏交通需要予測モデルに対しては、利用交通手段の偏りおよびサンプリングレートの低さなどが課題である。

3) C社の提供するゾーンの集計滞在数

C社の提供するデータは主にゾーンの集計滞在人数である。電話基地局との交信記録ベースのデータで精度はGPSと比較して劣る。ただし、特定のアプリケーションに依存しないため、サンプル数が多く特定の交通モードには依存しない。また、集計量の時間変動も追うことが可能である。

4) 国土交通省が管理・運営するETC2.0データ

ETC2.0では走行履歴としての時間・位置情報等、挙動履歴としての方向や加速度等が得られる。現時点では普及途上でありサンプリングレートは低い。自動車のデータのみであるが、トリップを識別でき、経路情報等を含めて数多くの情報を得ることができ、車載器の販売および路側器の設置が進んでいることから今後の活用が期待される。

概略をまとめると次の表になる。

	利用可能情報例	移動手段	位置情報	収集方法	標本率
A社	OD/経路データ	全モード 識別一部可	GPS	特定アプリ	小さい
B社	OD/経路情報	自動車	GPS	特定アプリ	小さい
C社	滞在人数	全モード 識別不可	通信基地	通信記録	高い
ETC2.0	トリップ発着, 経路他	自動車	GPS	車載器	小さい

表-1 モデルと整合可能なデータの概略比較表

ツアーベースモデルの出力に同化させることを考えて、先ほど述べたデータについて検討を行った結果、以下の2つのデータを本研究で用いるデータとして特定した。

■ETC2.0 ■C社

選択理由としてはいずれも継続的な収集が期待されることがある。特に前者は自動車の交通量が多い地域での活用は有効であると考えている。また次年度以降の計画にある、ネットワークシミュレーションでも活用することを予定しており、複数の局面での活用も見据えている。後者はアクティビティモデルで問題となる目的地選択の精度の低さを改善するためには適切なデータであり、特定のアプリケーションに依存しないため、継続的にデータが収集・提供される可能性が高い。

2. アクティビティシミュレーションモデルの構築

データを特定する際に、モデルの検討を行った。そこで用いることとなったツアーベースモデルの概念を示すものとして図-1がある。図-1は一日の移動の例であり、家を出て職場に行き、職場から帰った後にスーパーに買い物に行くという行動を示している。この時、家をベースとして職場に行き家に戻る一連のトリップの連鎖をツアーと呼ぶ。この例では帰宅後スーパーにも行ったためツアー数は2である。今回用いるツアーベースモデルは、ツアー単位で手段や時間帯などを選択し、一日の行動全体を効用最大化の枠組みで決定することになる。

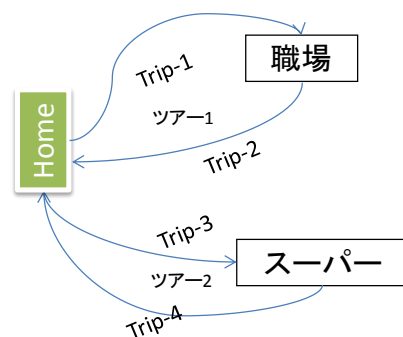


図-1 一日の行動例

ツアーベースモデル (Omer, Sasaki and Nishii, 2009) を採用した理由は主に2点ある。

- 1) モデルパラメータ推計に、一日の外出行動についてのみ尋ねているパーソントリップデータを用いたい。そのために自宅内の活動が不明確である。
- 2) 自宅内活動を考慮したアクティビティモデルと比較して、自宅内活動とのトレードオフの分析可能性が劣るが、効用最大化仮説を用いて、一日単位で宅外行動パターン最適化をするため、TDM等の政策評価においてはアクティビティモデルよりも優れた特性を持つ。

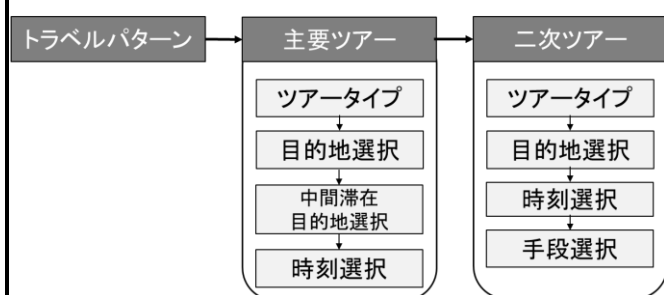
以下本研究で構築したツアーベースモデルについて説明を行う。対象としたのは2つの都市圏である。一つは大都市圏としての東京都市圏、もう一つは地方都市圏としての甲府都市圏である。これらの都市圏で行われたPT調査データをもとに、ツアーベースモデルを構築した。

1) 東京都市圏モデル

H20東京都市圏PTを利用して、都心三区に着目して都市圏全体の移動の再現モデルを構築した。そのツアーベースモデルの構造と推定したパラメータの一例を示す。モデルは段階ごとに推定しており、トラベルパターン、主要ツアー4段階、二次ツアー4段階の9段階のネスティッドロジットモデルである。

その一段階の、主要ツアーの中間滞在地選択モデルのパラメータ(表-2)を例として示した。主要ツアーは図-1の例では仕事目的のツアー1が該当する。二次ツアーとは図-1で示した買い物に行くツアー2を指す。トラベルパターンは一日をどのようなツアー構成(ツアー数)にすることが最も望ましいかを検討して選択する。

東京都市圏モデルは、主要ツアーの意思決定においてツアータイプ、目的地、中間滞在地、時刻選択を行う。ここでの中間目的地とは、ツアー中に複数の目的地に立ち寄る場合の目的地はどこかというものである。例えば中央区に勤務する人が帰りに新宿の店で買い物をする場合には、主要ツアーに中間滞在が発生したと考える。この中間滞在を行う場所を選択するモデルである。実際に推定した中間滞在目的地モデルのパラメータからは、公共施設数が多く、夜間人口の少ないゾーンが選ばれやすいことを示しており、新宿や渋谷といったターミナル付近での立ち寄り行動が説明できている。



変数名	パラメータ	t値
人口	-0.029	-408.5
平均容積率	-0.864	-895.2
公共施設数	0.045	60.5
平均地価	0.903	146.2
ログサムパラメータ	0.135	22.0
サンプル数	41739	
決定係数	0.688	

図-2 東京都市圏ツアーベースモデル

表-2 主要ツアーの中間滞在地選択モデル

二次ツアーでは手段選択を導入した。これは一度帰宅してからの行動は鉄道とは限らず、自動車や徒歩などが手段選択の対象となる。これにより交通渋滞の緩和などによるサービスレベルの変化はトリップの手段選択だけでなく、一日の行動パターンを変化させる可能性がある。また、首都圏の場合、主要ツアーの手段選択が主に鉄道でなされているため交通手段選択段階を導入していないが、多様な鉄道経路選択肢が考えられるため、その考慮はリアリティの観点から必要である。今年度並行して同様のアクティビティモデルを用いて鉄道の経路選択モデル及び駅アクセス手段選択モデルを構築しており、これらは次年度以降に統合される予定である。

2) 甲府都市圏モデル

H17甲府都市圏PT調査を用いて甲府都市圏でのツアーベースモデルを構築した。基本的な考えは東京都市圏モデルと同様であるが、モデル構造を地方の実情に合わせて一部変更している。具体的なツアーの構成を図-3に示す。東京都市圏モデルとは異なり、主要ツアーに手段選択が導入される。代わりに主要ツアーでの中間滞在地の目的地選択段階が無い。これらは東京と地方都市圏の構造の違いを表現しており、主に自動車が移手段となるため手段選択が重要であると考えた。

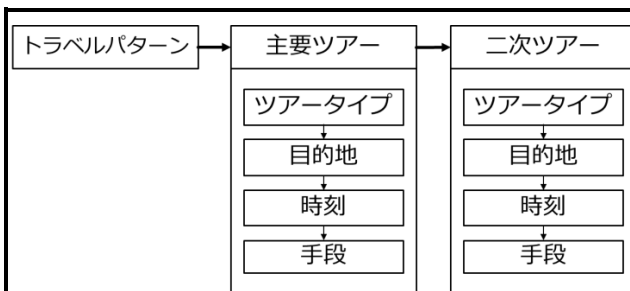


図-3 一日のツアー構成図

トラベルパターン	平均選択数(人)	標準偏差
シングルツアー	123879	596.7
マルチツアー	96457	585.5
ツアー+サブツアー	219910	276.5
ツアーなし	5377	172.5

表-3 トラベルパターンの再現結果

甲府都市圏ではこのモデル構造でパラメータの推定を行い、シミュレーターの構築も進めた。用いたモデルは多段階のネステッドロジットモデルであり、個人の選択を再現していく。そのシミュレーション結果の一部を表-3に例示する。示した例は、全段階の効用が影響する最上位のトラベルパターン選択結果である。繰り返し10回シミュレーションを行って、そのシミュレーションの選択人数の標準偏差は非常に小さく、集計量では安定した再現結果が得られている。

ここまで構築したモデルと、1. で特定したデータの関係を図-4に示す。図中の交通状態のシミュレーションとはツアーベースモデルで一日を再現するシミュレーションを指す。そこから時間別のゾーン滞在人数や手段別OD表が交通状態として出力される。その交通状態の観測としてC社のデータやETC2.0のOD表が対応する。このようにシミュレーションによる予測結果と観測データをデータ同化の枠組みで融合することで、現実的なシミュレーションを行うことができる。

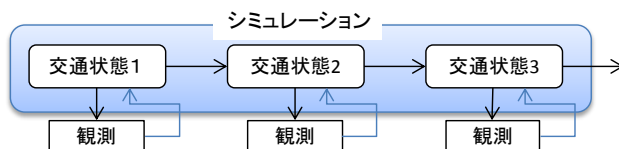


図-4 モデルとデータの関係性

3. 道路行政の課題解決への貢献可能性と見込まれる効果

従来型のトリップベースの分析では、道路行政におけるTDM施策や、道路整備と一体のまちづくり施策などの評価が十分にできないことがあった。例えば、トリップベースの分析ではプライシング等の施策はトリップの経路や手段の変更を対象としている。しかし、今回導入したモデルでは、一日の外出全体の効用最大化を行うため、ピーク時のプライシングが、移動の時間帯の変更や目的地の変更、中間滞在の追加等のツアー構成の変更など、様々な影響の予測が可能になる。例えば、図-1に示した例のTrip-3へのプライシング施策によって図-4に示すような一日の大きな行動変化も予測可能である。このように、道路整備と空間再配分等の施策によって、中心市街地での買い物トリップ数などを予測し、道路整備が都市に与える評価に役立つ。FSではシミュレーターの構築と、同化対象データの特定と分析を行ったことから、次年度以降の計画にあるように多様な特性を持つ一日の行動を、複数の観測データに同化させることで、シミュレーションの再現性を向上し、その結果上記のような道路行政の評価に有益な情報を出力できると考えている。

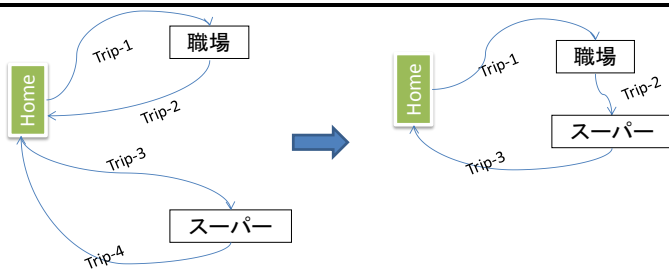


図-4 本研究で用いたモデルで予測可能な行動変化

具体例として、公共交通のピーク時の所要時間を10%削減する施策を導入する。この時の感度を分析した。トリップベースでは手段選択モデルへの影響にとどまるが、ツアーベースモデルの結果、公共交通のシェアは主要ツアー・二次ツアーともに上がるが主要ツアーでの上昇が大きい。また自動車運転は主要ツアーではそれほど変わらないが、二次ツアーでは大きく低下する。また、オフピークの公共交通が減少し、ピーク時の公共交通利用者が増加することとなった。結果としてピーク時は主要ツアー・二次ツアーともに増加し、ピーク時の交通量が増加することが示された。

次年度以降の研究計画では、道路ネットワーク上のシミュレーションについても、同様の観測データへの同化研究を行う予定である。道路のサービスレベルの変化と行動モデルをリンクさせることで、道路のサービスレベルの変化による行動変化がより明確に示されることになる。

さらに本研究の活用策として観測値の無いところの補完を、精度高く行うことができることがある。例えば、それによって一定の時間や空間の間隔で行われる交通状態の調査、例えば道路交通センサスやパーソントリップ調査や交通量の常時観測の時空間の補完を行うことができる。これによって大規模調査のコスト縮減やマネジメントなどにも活用が期待できる。

これらの実現可能性はいずれも交通シミュレーションの実施と観測データとの同化アルゴリズムの開発にかかっており、これまでの研究グループの成果からはその実現性は高いと考えられる。

⑦本格研究の見通し

1) FS研究の成果を踏まえた研究成果の見通し

申請で提案した二つのテーマについて見通しを述べる

①アクティビティシミュレーションと観測データの同化

FSではデータの特定および道路行政に貢献できるモデル構築を中心に行った。特に地方都市圏と大都市圏のデータを用いてモデルを構築し、シミュレーションのベースを作ったことと利用予定の観測データを特定した。これらのシミュレーションと観測データの同化アルゴリズムを構築することで研究目標は達成できる。FSを通じて明らかになった課題としては、データの特徴を活かすためには複数を合理的に組み合わせることが望ましいことである。ただし、アクティビティシミュレーションのパラメータと交通状態の関係は複雑であり、その複雑な関係に対して複数の観測に同化させるかについて、計算負荷なども考慮してさらなる検討が求められる。今回は東京都市圏を分析対象としたが、鉄道の分担割合が高いため、申請では示さなかった鉄道の経路選択モデルを別途アクティビティベースのモデルとして構築している。その統合を次年度以降に行い、よりリアリスティックな大都市圏交通需要予測が可能になる。

②交通ネットワークシミュレーターと観測データの同化

ネットワークシミュレーターのデータ同化については、今回利用するデータの特定を行っており、ネットワークシミュレーターは既存のもの改良を予定していることから、同化アルゴリズムの開発によって目標は達成できる。FSで明らかになった課題として、アクティビティモデルシステムに道路LOSのフィードバックを行うことが望ましく、そのためにこれら二つの研究の統合のフレームについて更なる検討が必要である。

2) 研究成果の活用

本研究の成果を活用することで、道路整備による中心市街地の来訪者変化など、様々な道路交通施策について、トリップベースでは対応できない変化を精度高く予測できるようになる。特に大都市・地方都市の両方を行ったことで、多くの地域への展開が可能になっている。さらに調査・モニタリングの時空間的補完に用いることができ、調査のコスト削減や高密度化に貢献することができる。

本研究の展開として、今回携帯の基地局データを特定して研究を進めることとしたが、これによって携帯電話データの普及が進む一方、大規模調査の困難な途上国等での交通需要予測法としても期待ができる。

⑧特記事項

FS研究を通じて得られた知見として、アクティビティモデルによる需要予測への期待やニーズの存在がある。

一つは、行動変化を伴う交通施策の評価である。大都市だけでなく地方都市でも環状道路の整備が進み、それに合わせた中心市街地のまちづくり計画が進んでいる。このような状況に、本研究の成果を活用することで、様々な市街地の質の向上施策の検討・評価に活用可能である。

もう一つの期待として、調査の時空間的補完の可能性である。本研究の成果としては観測データとモデルの組み合わせにより、精度があるフレキシブルなデータ補完が可能であり、様々な交通政策の基礎データを与えることが可能である。

この他に、海外ではモデルの精度を高めるために、行動モデル的なものから、遷移確率的なモデルによる予測の研究が増えているが、データ同化の枠組みでのシミュレーションは、行動モデル型の予測への回帰をもたらすと考えている。

以上、FSでの研究の進捗はおおむね予定通りであり、当初の研究計画通りの期間で十分達成可能と考えている。