

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

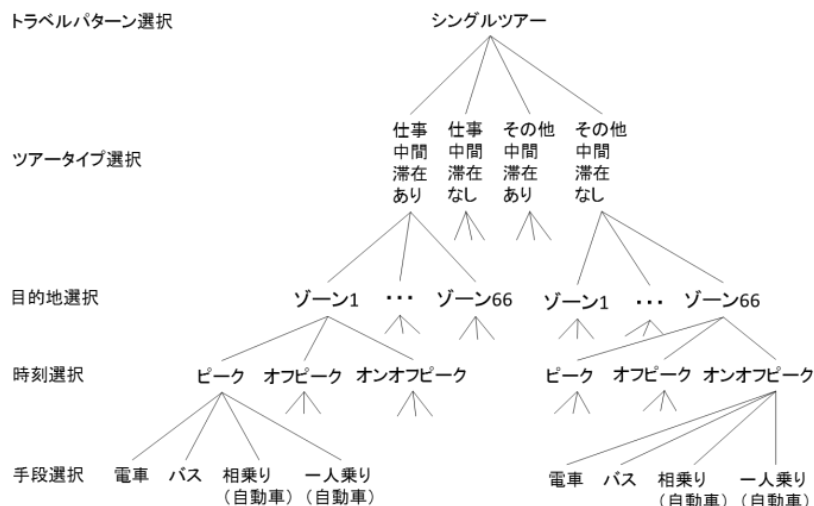
【研究状況報告書（2年目の研究対象）】

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 [副領域] 2	公募 タイプ	II	
③研究経費（単位：万円） <small>※H27は精算額、H28は受託額、 H29は計画額を記入。端数切捨。</small>	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	総合計
	599 (税込)	1099 (税込)	1150 (税込)	680 (税込)	3528 (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・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。） 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。				

⑥これまでの研究経過

昨年度の成果

昨年度の研究成果として、アクティビティベースモデル（ABM）を用いて、大都市圏や地方都市圏の道路整備を対象とした交通需要予測体系の構築を行った。その際には一日の外出行動を最適化するABM（Bowman型ABM(図—1)）を用いた。さらに、そのモデルを用いたシミュレーションを行い、ある一つの時間断面におけるゾーン滞在人数が観測されたときに、シミュレーションの結果をその観測データ同化することが可能であることを示した。



図—1 Bowman型アクティビティベースモデルの概念図

今年度の委託テーマと研究課題

1. 大都市圏及び地方都市圏のアクティビティシミュレーションと昨年度特定した観測データ（ETC2.0およびモバイル空間統計データ）との同化アルゴリズムの開発 —評価する道路・交通施策を想定し、交通政策と構築するモデルや同化手法との関係が明確になるよう留意する—

◎対象とする政策課題とその対応

1-1 地方都市における各種OD表の更新を目的とした一日の活動予測モデル

- 1) 一日単位の活動を再現したうえで、複数時間断面での同化可能性
- 2) 活動モデルの構造変化を考慮したパラメータの更新

1-2 時差出勤・プレミアムフライデーなど、固定活動の時間変化を考慮できるモデリング

- 1) 固定活動を明示する活動交通シミュレータの構築と観測データへのデータ同化

1-3 大都市圏特有の複雑な鉄道利用を考慮できるABMの構築

- 1) 大規模な選択肢集合となる目的地選択モデルの改良
- 2) 混雑を考慮した鉄道経路選択モデルの構築

1-1 1) に対する対応

○シミュレーションプログラムの改良

・昨年度はPTベースのモデルを用いてシミュレーションで需要予測をする際に、PTデータのサンプルでシミュレーションした後、個人の拡大を行った。つまり確率的でなく確定的に同じ行動を拡大していた。そのためにシミュレーション誤差が大きくなっていた。今年度アルゴリズムに工夫を加えて高速にシミュレーションできるようになった。これによって、個人を拡大後にシミュレーションを行った。つまり、表-1に示すように200万人強のシミュレーションをそれぞれで行った。これによりシミュレーション誤差を削減できた。

・オリジナルのデータに基づいて、複数活動の前後関係や時間長を配分し、個人の活動が重複するなどのことがないようにシミュレータを改良した。これによってゾーン滞在人数が重複してカウントされている問題を回避できた。

・今年度導入した、複数コアのWSに対応する並列同化アルゴリズムの導入により、計算時間を昨年度と比べて約1/1800にすることに成功した。本研究で用いたパーティクルフィルタは、元来並列化の効果が高いとされていたため、その特性が十分に発揮されるアルゴリズムが実装できた。これによって、複数断面で、大量パーティクルによる同化が可能になり、多様な観測データの活用への道が開けた。実際にアクティビティシミュレーションを行い、4つの時間断面での同化を行った。(表-1)これにより今年度の研究課題の1-1の1)が達成できた。

zone	午前	日中	夕方	夜間	zone	午前	日中	夕方	夜間	zone	午前	日中	夕方	夜間
1	124022	164883	142471	94715	1	127660	284046	271304	139076	1	162212	309246	189377	89302
2	132618	176286	152255	103428	2	95036	224186	198577	88705	2	143790	240239	178445	98822
3	130101	173665	149752	101317	3	118376	246293	219424	104840	3	151689	275474	183443	95948
4	115968	154902	133574	89282	4	40582	99778	100520	63120	4	97504	127398	120212	76247
5	122961	162582	140809	93176	5	62164	102259	89966	49953	5	113539	142748	146506	92598
6	116728	154568	133794	88387	6	27545	53739	47132	22046	6	84976	83513	115623	81759
7	119858	158542	137294	90687	7	19405	39064	35607	19964	7	80282	70734	105403	83499
8	118828	158302	136612	92507	8	56354	77577	67251	43576	8	97715	113697	122203	83829
9	117880	156880	135471	90834	9	42494	56875	51716	35969	9	91464	96910	119750	84225
10	121754	163131	140437	95550	10	86980	186009	176648	102305	10	132185	212942	152665	87680
11	122496	162040	140315	92837	11	108028	209525	194160	110004	11	144673	248217	169280	90620
12	119614	158183	136976	91042	12	83781	144069	133597	77101	12	115029	173724	146968	83974
13	122449	161839	140189	92783	13	85770	129604	115889	73807	13	117508	171258	143315	90053
14	119008	157729	136460	90733	14	50285	70645	65042	46118	14	93139	109069	114607	84277
合計	1704284	2263532	1956408	1307278	合計	1004460	1923667	1766832	976586	合計	1625705	2375168	2007795	1222833
【シミュレーション】	7231502				【モバイル空間データ】	5671545				【4断面の同化後】	7231501			

表-1 「200万人×14ゾーン×4つの時間断面」で同化した例

1-1 2) に対する対応

モデルの定数項を、年度ごとの観測データに応じて更新するためのアルゴリズムを構築し推定を行った(一部を表-2)。これにより課題の1-1 2)が達成された。

ゾーン	H27定数項	t値
1	-0.796	-6.8
2	-1.102	-9.4
3	-1.294	-11.1
4	-0.571	-4.9
5	-0.502	-4.3

表—2 H27データに同化し更新された目的地選択の定数項
(例としてゾーン1～5のみ示す)

1-2 1) への対応

Bowman型のABMは一日単位の最適化を行うため、一日のODなどの再現には適しているが、固定活動の変化などをもたらす政策(時差出勤・プレミアムフライデー)などの評価には有効でない。そこで、プリズム制約(図-2参照)を内包する逐次型意思決定(図-3参照)アクティビティシミュレータの構築を行った。ベースとなるのは研究代表者・分担者らが過去に開発したPCATS (Prism Constraint Activity-Travel Simulator) である。

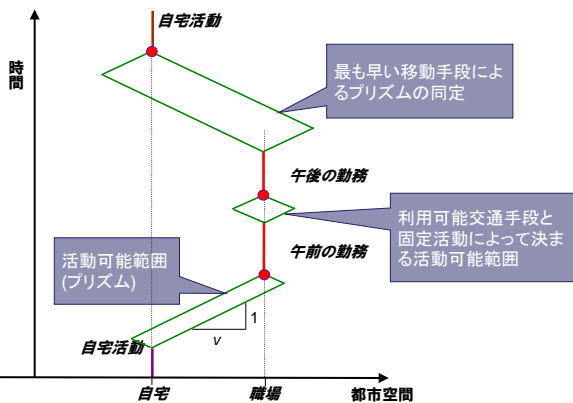


図-2 プリズム制約

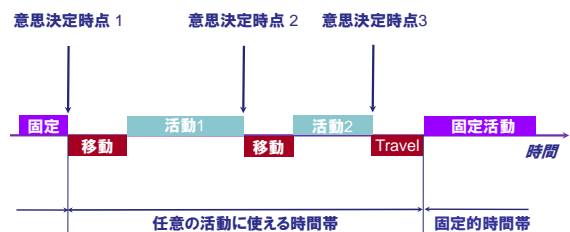


図-3 固定的活動と逐次意思決定

■ 観測データとの同化を可能にする既存のPCATSの改良

- ・個人ごとにシミュレーションを行ったものを、個人を並列したシミュレーションとする
- ・各時間断面での個人の位置などの状態記述を導入
- ・モバイル空間統計との同化アルゴリズムの開発

上記によってシステムモデルとしてPCATSを使い、時間を進めることで交通状態が変化し、モバイル空間統計データを観測データとした一般状態空間モデルを構築し、交通状態をパーティクルフィルタでフィルタリングして交通状態を推計する仕組みを実装した。

これによって1-2 1) の課題が達成される。

1-3 への対応

東京を中心とした大都市圏では目的地選択の選択肢集合が巨大化し、精度の低下を招く。さらに鉄道の利用率が高く、鉄道の経路や、駅前広場や駅周辺道路の整備に伴うアクセス選択が交通政策評価に欠かせない。さらには混雑が経路選択に影響している。そこで

・ネスト構造の改良

昨年構築のモデルと比較して経路選択とアクセス手段の選択を追加した(図-4 参照)

・目的地選択モデルの改良

プリズム制約, トリップチェーン, 選択肢の空間相関を考慮したモデルの開発

・鉄道の経路配分の精緻化

「経路混雑指標」を導入しそのフィードバックによる鉄道経路配分を実施している。

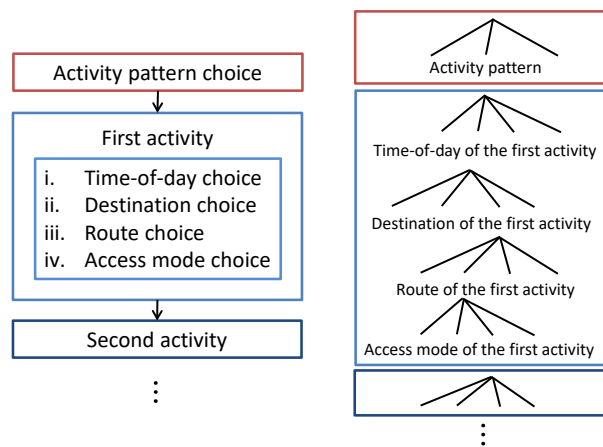


図-4 大都市圏に対応するネスト構造

2. 昨年度特定したデータのの一つである、ETC2.0を活用した既存のネットワーク交通流シミュレータの改良

1) シミュレータの比較を通じた市販シミュレータの選定

研究代表者および研究分担者がこれまで利用・開発してきたシミュレータだけでなく、他のシミュレータとの比較を行った。特に観測データとの同化を可能にするために、API等の機能が必須であり、その条件を満たしている3つのシミュレータの比較を行った。

AIMSUN: ミクロ・マクロ・メソスケールが混在可能で、都市圏レベルに対応可能。

Vissim: ミクロベースのシミュレータで、最大25500ゾーンに対応可能

Paramics: ミクロベースのシミュレータであり、32000ゾーンが表示可能

上記について比較を行った。その結果、都市圏交通需要に対応可能であり、OD・分岐率のいずれにも対応可能という点では甲乙つけがたいが、価格が相対的には安く、かつ研究グループの利用経験などをもとにAIMSUNを今回利用するシミュレータとして選定した。ただし、APIで付帯するアルゴリズムは、汎用言語で記述するので、他のシミュレータへの移植が容易である。

2) 経路選択モデルのデータ同化

単路の走行所要時間分布を得たときに、シミュレーションで事前分布を計算し、観測値を用いて事後分布を求めシミュレーションパラメータを更新するシステムを構築した。

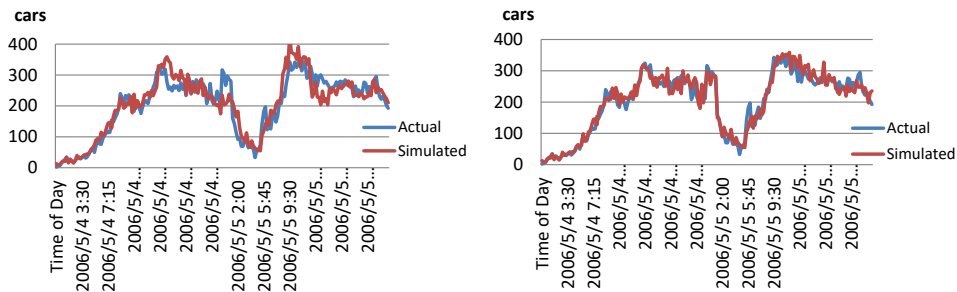


図-5 左：パラメータ固定，右：パラメータ更新

このアルゴリズムを1OD・2リンクのネットワーク(図-6)に拡張し、片方のリンクで、15分ごとに所要時間分布がETC2.0によって観測されるという想定の下、観測されたリンクの所要時間(リンクコスト)を更新(ある15分間の例を図-7に示す)するシミュレータを構築した。

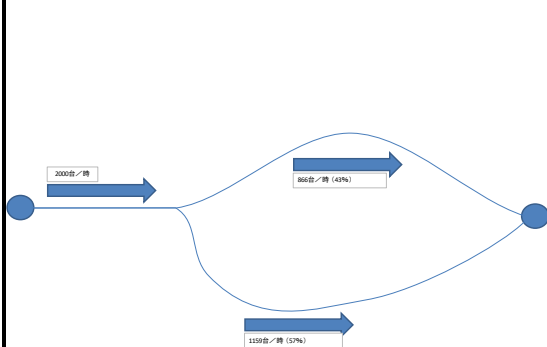


図-6 1OD-2リンクのネットワーク

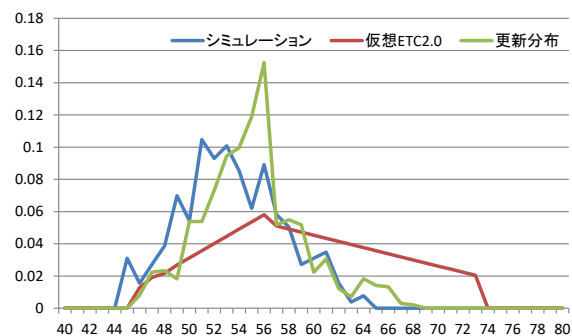


図-7 シミュレーションと仮想ETC2.0, 更新分布

AIMSUNの経路選択のベースとなるリンクコストが、更新した速度分布になるようにユーザー定義コストを追加するAPIを構築し、シミュレーションを行ったところ、更新しない場合と比較して予想通りの方向に交通量が変化している。

⑦研究成果の発表状況

アクティビティマイクロシミュレーションと観測データの融合による需要予測手法, 澤田茜, 川辺拓也・白須瑛紀・佐々木邦明, 土木計画学研究, 講演集, Vol.53, 2016

多様な観測データの活用による交通状態推定の一般フレーム, 布施孝志, 佐々木邦明・福田大輔・菊池輝・藤井涼, 土木計画学研究, 講演集, Vol.53, 2016

アクティビティシミュレーションとデータ同化方法の改善に関する研究, 小原拓也, 佐々木邦明, 第44回土木学会関東支部技術研究発表会(投稿中)

⑧研究成果の活用方策

実務への適用に向けた活用方法については以下のような計画である

- 1) 道路交通センサスや都市圏PT調査等の既存の交通調査については、様々な改善についての検討がなされている。研究開発中にセミナーや学会等の発表を通じて、それら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をアピールしていく。
- 2) 具体的な活用方法として、①地方都市圏のPT調査から得られるODを中間や年次的に補完し、都市インフラの改良や人口構成の変化に応じたODの推計手法としての活用。②都市環状高規格道路等の建設による都市交通の変化を、経路の変化だけでなく、手段や時間帯等の様々なレベルでの変化を予測する手法としての活用。③固定活動に変化を与えるTDM施策に対応できる生活や交通の変化の予測手法としての活用。④大都市圏での鉄道アクセス・経路選択を含めた交通政策評価。の以上4点の特性を持つシミュレータを様々なビッグデータとの同化・融合することで、比較的lowコストより精度高く実施できることを示す
- 3) 研究期間終了後の展開は、様々なデータとの融合についての技術開発を行うことである。今回の技術開発では同化する観測データとしてETC2.0データ及びモバイル空間統計を特定して、その活用について示しているが、現在のICTの発達で様々なデータが利用可能になっていく。さらにはRESASなどのオープンになったデータなどもある。そのようなデータを持つ企業との連携などにより、それらの活用方法を提示し、社会的に有益な活用と、会社としてのデータの有効活用などを提案していく。さらには、海外でのlowコストでの都市圏交通分析手法として活用も視野に入れている。

⑨特記事項

- 1) 本研究から得られた知見
 - ・海外事例調査から、アクティビティのモデリング手法が変化しつつあり、効用最大化にルールベースのモデルを組み合わせる事例が増えている。ルールベースのモデルは、数多くのパラメータを組み合わせることで再現性を高めるため、パラメータ更新を組み込む本手法はなじみやすいと考えている。
 - ・2016年12月に気象庁で開催された大雪シンポジウムで講演を行った。観測データの融合は、災害時や災害後への活用も重要な課題であることに参加者や他の講演者から賛同を得た。交通状態や、道路・気象データがリアルタイムで得られた時に、それをを用いた交通状態の予測などを行うことで、災害時の社会的な損失軽減を図ることができる。
 - ・アクティビティモデルの選択や推定の技術をより一般的にすることが普及のキーであるとの意見を、本研究の成果発表に対して、複数の方からいただいている。
- 2) 研究の目的・目標から見た成果の見通し
現時点ではデータを特定し、その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。今後は個別技術の統合による政策基礎情報の提供と、政策評価事例を積み上げることで、社会的・実務的な活用について多くの知見を提供し、より多くの方に関心を持ってもらい、実務への展開を働きかけることを目標とする。