

2. 交通ネットワーク変化時における統合需要モデルの有効性に関する研究 A study on the validation of the combined demand model considering transportation network change

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 56134 内山 岳大

Theory and technology of traffic demand forecasting have been developed. But recent years there is public distrust to the result of demand forecasting because traffic flow overestimate of some large scale transportation projects was revealed. So it is necessary to not only develop new exhaustive models but also validate these new models before they apply to the practice.

In the latest studies, 4-step combined model which can consider the induced traffic are constructed. It is believed that this model may show better result of demand forecasting than traditional models in case of any change in the transportation network.

The purpose of this study is to reveal the effectiveness of this combined model. We implement backcasting analysis and post-project evaluation in the Tokyo Metropolitan Area by 2 models; this combined model and traditional fixed OD Models, and compare the two results with the actual data in respect of destination choice, mode choice and link traffic flow.

1. 研究の背景と目的

交通需要予測の理論や技術は、1950年代以降発展を続け、現在に至るまで多くのモデルが開発され、予測精度も飛躍的に向上してきた。しかしこうした研究の成果があるにも関わらず、大規模交通プロジェクトにおける大きな過大予測が明らかになってきたことなどにより、近年交通需要予測にたいする社会の不信感が高まっている。

現在実務で利用されている静的な交通ネットワークモデルの分野では、利用者均衡配分を応用したモデルの研究開発が進んでいる。このなかの1つ、交通ネットワーク統合モデルは、交通機関分担に変化をもたらすような交通プロジェクトの需要予測時には、従来の4段階推定法と比べてより精緻な予測結果が得られると考えられる。実際、現況再現性が従来モデルと比べ遜色がないこと、誘発交通を考慮した交通量の予測や便益の推定がおこなえることが示されている。

混雑地域における道路整備効果は、誘発交通量の大小によって大きく変化することが知られている。したがってモデルで出力される誘発交通量の妥当性の検証法、及びその検証結果を基にした

モデルの改良は、重要な研究課題といえる。

そこで本研究では、逆予測と事後評価分析を用いて、交通ネットワークが変化する大規模交通プロジェクト実施時における、統合需要モデルを用いた需要予測の有効性を示すことを目的とする。

2. 本研究で使用する統合需要モデル

本研究では円山らによって東京都市圏を対象に構築されたマルチクラス Nested Logit 型ネットワーク統合モデルを利用する。このモデルは、時間帯別の計算を行っており、利用者をトリップ目的ごとに通勤、通学、業務、私事、帰宅、貨物の6目的に分類し、交通手段は自動車と鉄道の2種類を想定している。配分レベルでは確定的な経路選択行動を仮定し、発生交通量を所与として分布分担配分レベルを統合している。これらの統合は、手段別 OD 間所要時間(交通費用)が期待最小費用の考え方で、各レベルのモデルに導入されており、論理整合的である。帰宅と貨物は、OD 表を固定としている。また、モデルの解法として等価な数理最適化問題を示し、それを解くことで厳密な均衡解を求めている点で優れている。

3. 需要予測モデルの精度評価法

3.1 事後評価と逆予測

通常交通需要モデルの精度の分析には事後評価という手法が用いられる。事後評価はある基準年のデータで構築したモデルによる予測年の予測結果と、予測年の実績値や予測年の統計データを基準年のモデルに入力したときの予測年の予測結果などを比較分析し、当初のモデルによる予測結果の誤差の要因を分析する手法である。

より単純な検証法は、現時点のデータで構築済みであるモデルを用いて、過去の時点を逆予測し、その結果と実績値を比較するという方法である。本研究では、両方を用いて分析を行う。

3.2 比較対象のモデル

統合需要モデルの精度を評価する際に、従来のモデルとの比較を行うことが有用となる。ここで、従来のモデルとして、どのようなモデルを選定するのが望ましいかを考えてみよう。

3.3 モデル選定の基準

統合需要モデルは、従来利用されている需要予測モデルと比較して、

[1] モデル内部の整合性

[2] ミクロ経済学に基づく行動理論との整合性の2点に優れたものである。[1]は、特に混雑現象によって変化するサービスレベル変数の整合性であり、例えば手段分担モデルで利用するOD所要時間と、配分モデルの出力値であるOD所要時間が完全に一致しているという特徴である。

従来のモデルは、これら[1]、[2]の点で何らかの問題点を抱えている場合が多い。比較対象となる従来のモデルを選定する場合、[2]の視点で考えると、ミクロ経済理論と整合的とはいえないモデルは、あまりにも数多いため、そのうちで、どのモデルを対象とするかで結果は異なり、一般的な結論が導きにくい。また、誘発交通量の検証という視点で見た場合、[2]の問題は本質的ではない。したがって、モデルの理論整合性は取れているが、サービスレベル変数の整合性の問題がある手法を今回の比較対象とする。

ネットワーク上のサービスレベル変数の変化

(アクセシビリティの変化)が手段別OD表に与える変化を表現しているのが統合需要モデルである。このモデルの比較対象として、サービスレベル変数の変化が、利用者の経路選択にのみ影響を与え、手段別OD表には全く影響を与えないモデルを考えるのは自然であろう。本論文ではこのモデルを固定需要モデルと呼ぶ。

将来交通需要予測モデルの目的のひとつは、将来時における政策の有無(with/without)による交通状況の変化を記述することである。統合需要モデルは、with/without間で手段別OD表が変化するが、固定需要モデルは、with/without間で手段別OD表が同一のものとなる。

3.4 固定需要モデルのOD表の設定法

さて、この次に問題となるのが、この固定需要モデルの入力値である自動車OD表をどのように設定するかという点である。通常の都市圏レベルの将来予測に利用する場合の自動車OD表は、現在パターン法や重力モデルなどの手法で予測される。しかし、今回の比較対象として、これらの手法を利用することは、前述したミクロ経済理論との整合性の問題が生じるため望ましくない。したがって、統合モデルのサブモデルとして利用しているNested Logitモデルに、モデル構築時点の政策without時のOD所要時間を入力して計算したOD表を利用することにする。これは、図2のように示される。ここで、政策with時の値ではなく、without時の値を利用するのは、以下の理由で明らかといえよう。仮にwith時のOD所要時間を利用すると、それは、サービスレベル変

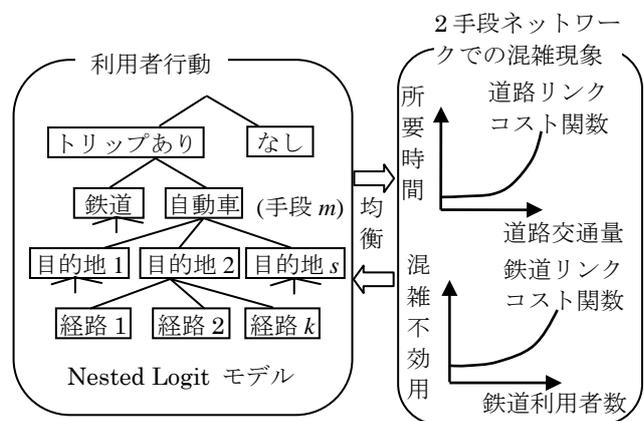


図1 統合需要モデルの構造

数の変化が OD 表の変化として表現されることに他ならず、今回の分析の比較対象として適切でなくなるためである。

本稿の固定需要モデルによる出力値とは、以上のように計算した OD 表を予測時点の道路ネットワークに確定的利用者均衡配分したものである。

4. 逆予測による分析

4.1 利用データ

ここでは、モデルを構築した H10 年近辺で開通した道路を抜き出し、道路交通センサスのデータを利用して、短期間で交通ネットワークの変化による交通状態の変化を分析する。

道路交通センサスの交通量データが得られた H11 年、H9 年、H6 年の間に開通した道路は表 1 のようにまとめられる。これら 6 つの道路に注目して分析を行うこととする。分析手法は簡便な逆予測を用いる。統合モデルと固定モデルで予測を行い、リンク交通量・断面交通量とその変化量で精度を評価する。なお、今回の分析では予測期間が短期間であるため、人口などの地域統計データは各時点で変化していないものと仮定している。

4.2 分析結果

6 つの開通した道路に対して、20 断面 58 リン

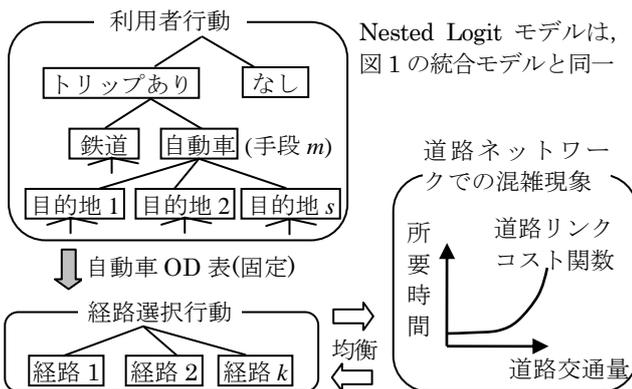


図 2 本研究における固定需要モデルの構造

表 1 H11 年から H06 年に開通した道路

道路路線名	区間	道路路線名	区間
東京湾アクアライン	浮島 JCT~袖ヶ浦	東関東自動車道	浜野~木更津南
千葉東金道路	東金~松尾横芝	圏央道	青梅~鶴ヶ島 JCT
首都高埼玉線	美女木 JCT~与野	首都高湾岸線	大黒 JCT~空港中央

クについて 24 時間交通量データを取得する。

まずリンク交通量の分析を行う。逆予測後のリンク交通量の現況再現性は統合モデルでも固定モデルでも同程度となった。ただどちらのモデルでも、高速道路での過大予測、一般道の過小予測が目立っていた。一方、リンク交通量の変化量をとると、図 3 の通り、統合モデルのほうが変化量をよくあらわしている。ただ、統合モデルでも変化量としては大きすぎる傾向にある。

一方、断面交通量の逆予測後の予測誤差も統合モデルと固定モデルで同程度である。リンク交通量と比べると現況再現性は良い。また断面交通量の変化量を比べると、図 4 のとおり、固定モデルではまったく交通量の変化を説明できていないのに対し、統合モデルではその変化を不十分ながらも捉えているといえる。

4.3 考察

変化量を捕らえるという点ではリンク交通量でも断面交通量でも統合モデルでの精度がよかった。交通ネットワークの変化に対する交通量の変化を表現することの利点を確認できた。

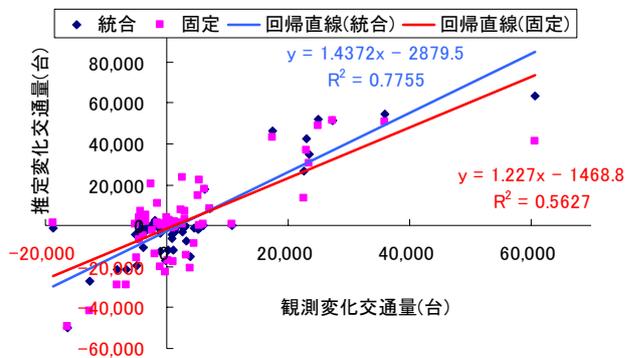


図 3 リンク交通量の変化量

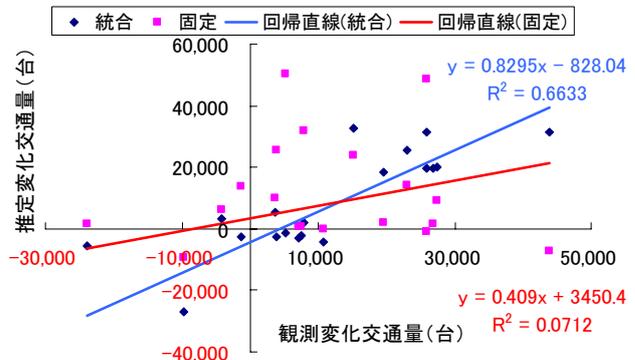


図 4 断面交通量の変化量

ただ、高速道路転換率の誤差があるため、リンク交通量ではその変化量が過大になってしまった。これは統合モデルの問題というより配分段階での問題であるため、別途解決する必要がある。

また断面交通量で再現精度が高くなるのは、高速道路転換率の誤差の影響を受けないこと、OD間トリップ数の再現精度が高いことが理由として挙げられる。

5. 事後評価による分析

5.1 利用データ

ここでは、S63年とH10年の2時点の東京都市圏PT調査のデータを用いた分析を行なう。2時点間のネットワークの変化は表2のようにまとめられ、各年次の手段別ネットワークを構築した。

今回は入力データの予測誤差を除去してモデル自体から生じる予測誤差のみを分析対象とする。したがって、両モデルの入力データには表2のように適宜H10年の実績値を用いている。各モデルの分布・分担段階における期待最小費用の計算に利用するOD所要時間については、統合需要モデルはモデルで内生的に決定されるため、H10のデータといえる。一方、固定需要モデルでは、3.4で詳述したように、政策without時のOD所要時間を利用する必要がある。したがって、S63年のwithoutネットワークで均衡配分した結果によるOD所要時間を利用している。

5.2 モデルの再推定

S63年のデータを用いて統合モデルに含まれるNested Logitモデルを再推定した結果と、H10年の推定結果を比較したものの一部を表4に示す。今回、PT調査の非集計マスターデータを入手できなかったため、2時点間のパラメータの差の厳密な統計的検定は困難である。ただし、特に通勤・業務・私事目的の手段選択モデルの定数項に、2時点間で大きな差が出ていることが読み取れる。今回は既報の研究での手段選択モデルの説明変数に、交通サービスレベル以外の要因としてゾーン毎の1世帯あたりの乗用車保有台数を追加したが、これ以外の要因による自動車分担率の増加が

あることが伺える。この定数項の差は、統合需要モデルの利用者クラスを分割し、免許保有・自動車保有など個人属性の変化を組み込むことで、今後表現することを試みたい。

5.3 分析結果

以下では、目的地選択、手段選択の変化による影響とそれに伴うリンク交通量への影響についてみる。各分析では、全時間帯合計の通勤・通学・業務・私事トリップを都市圏全域で集計した自動車トリップ数、自動車分担率を用いている。

5.4 トリップ分布の分析結果

自動車通勤トリップ数のトリップ距離帯別の分布の変化について調べる。道路整備による影響があるODペアと影響が少ないODペアを区別するために、2時点間で、自動車OD所要時間が10分以上短縮したODペアと、0分以上10分未満短縮したペアに分割した。それぞれ、図5、図6に結果を示す。

図5の道路整備の影響を受けると考えられるODについては、PT実績では、OD距離20km付近の短距離の割合が低下し、40km-70km以上の長距離の割合が増加していることが読み取れる。統合需要モデルでは、この変化の傾向はPT実績

表2 昭和63年から平成10年の間に東京都市圏で開通した代表的な道路と鉄道路線

道路路線	鉄道路線
東関東自動車道(浜野～木更津南)	千葉都市モノレール(全線)
圏央道(青梅～鶴ヶ島JCT)	京葉線 (東京～南船橋,千葉みなと～蘇我)
外環道(大泉JCT～三郷JCT)	北総開発鉄道(京成高砂～新鎌ヶ谷)
東京湾アクアライン (浮島JCT～袖ヶ浦)	住宅都市整備公団鉄道 (千葉ニュータウン～印西牧の原)
首都高5号線(高島平～美女木JCT)	千葉急行(千葉中央～ちはら台)
首都高11号線(芝浦JCT～有明JCT)	東葉高速鉄道(西船橋～東葉勝田台)
首都高湾岸線(本牧ふ頭～東海JCT)	半蔵門線(半蔵門～水天宮前)
首都高横羽線(本牧JCT～新山下)	南北線(赤羽岩淵～溜池山王)
首都高狩場線(石川町～狩場JCT)	大江戸線(光が丘～新宿)
首都高埼玉線(美女木JCT～与野)	都営新宿線(篠原～本八幡)
新湘南バイパス(藤沢～茅ヶ崎海岸)	小田急線(多摩センター～唐木田)
千葉東金道路(東金～松尾横芝)	京王線(多摩センター～橋本)

表3 モデルで使用するデータの年次

使用するデータ	統合需要	固定需要
モデルのパラメータ推定	S63	S63
地域統計データ(人口など)	H10	H10
ゾーン毎発生交通量	H10	H10
道路・鉄道ネットワーク	H10	H10
分布分担段階でのOD所要時間	H10 ^{注1)}	S63

注1)モデルで内生的に決定される。

表 4 Nested Logit モデルの主要パラメータ推定値の 2 時点間比較

	トリップ目的 年次	通勤		業務		私事	
		H10	S63	H10	S63	H10	S63
手段	期待最小費用 $-\theta_3$	-0.01307	-0.00025	-0.017	-0.0041	-0.019	-0.0021
	山手線ダミー			1.26	1.20	0.88	1.40
	23 区ダミー			0.14	0.29	0.51	0.78
	乗用車保有台数(1 世帯あたり) 定数項	-0.84 -1.83	-3.36 3.25	-8.61 -2.95	-4.72 -0.14		
目的地 自動車	ln(ゾーン面積)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	期待最小費用 $-\theta_2^{car}$	-0.045	-0.052	-0.041	-0.041	-0.040	-0.038
	ln(従業者数密度)	0.47	0.53				
	ln(2 次従業者数密度)			0.21	0.10		
	ln(3 次従業者数密度)			0.31	0.47	0.36	0.38
目的地 鉄道	ln(ゾーン面積)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	期待最小費用 $-\theta_2^{rail}$	-0.024	-0.023	-0.020	-0.021	-0.023	-0.021
	ln(就業者数密度)	-0.30	-0.32				
	ln(2 次従業者数密度)	0.17	0.29				
	ln(3 次従業者数密度)	1.09	1.02	1.16	1.29	0.90	0.91

注) パラメータはすべて 5%有意. パラメータの意味, モデルの構造などは, 既報を参照.

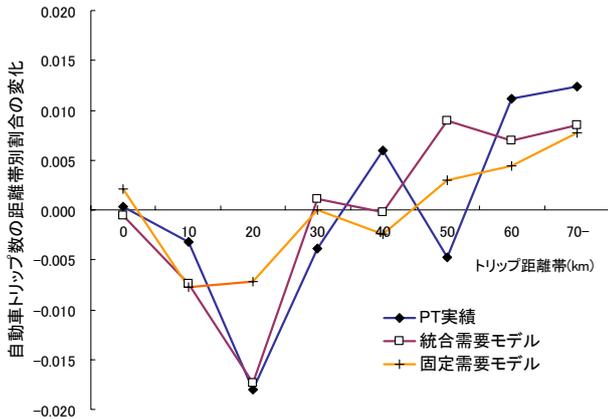


図 5 自動車トリップ数の距離帯別割合の変化(1)
(2 時点間で自動車所要時間が 10 分以上短縮した OD ペア)
とほぼ同様である.

図 6 の道路整備の影響が少ない考えられる OD については, PT 実績では, OD 距離 0km 付近の短距離の割合が低下し, 10km-50km の中距離の割合が増加している. モデルでは, 短距離トリップの減少を十分には捕らえていないが, 実際と同じ変化の傾向があることが見て取れる.

5. 5 自動車分担率の分析結果

同様に図 7, 図 8 のように OD 所要時間が 10 分以上短縮した OD ペアと, 0 分以上 10 分未満短縮した OD ペアに分けて分析を行う.

図 7 では, 道路整備がなされることで PT 実績の分担率は全距離帯で上昇している. 一方で固定需要モデルは道路整備によるサービスレベル

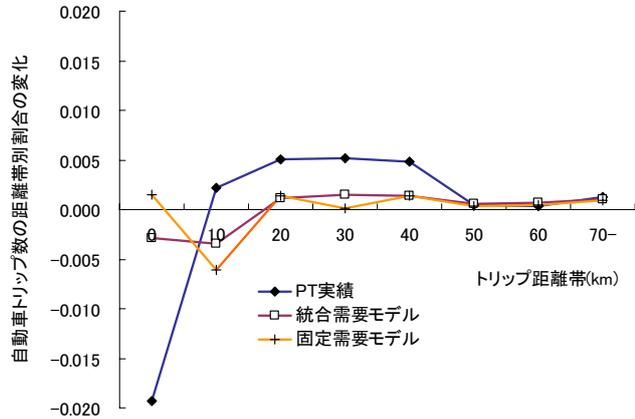


図 6 自動車トリップ数の距離帯別割合の変化(2)
(2 時点間で自動車所要時間が 0~10 分短縮した OD ペア)
の変化を考慮できないので, 分担率の上昇は不十分である. また統合需要モデルではサービスレベルの変化を考慮する分, 分担率の上昇を表現できているが, その上昇率が大きすぎるが見て取れる. この点について全距離帯で集計した自動車分担率で比較を行なうと, PT 実績値は 10 年間で分担率が 3.5%上昇しているのに対し, 固定需要モデルでは 1.7%上昇にとどまり, 統合需要モデルでは 7.4% 上昇している. 距離帯別で見たときと同じ傾向が確認できる.

一方, 図 8 の道路整備の影響が少ないと考えられる OD については, PT 実績でも統合需要モデルでも固定需要モデルでも, ほとんど分担率の変化は見られない.

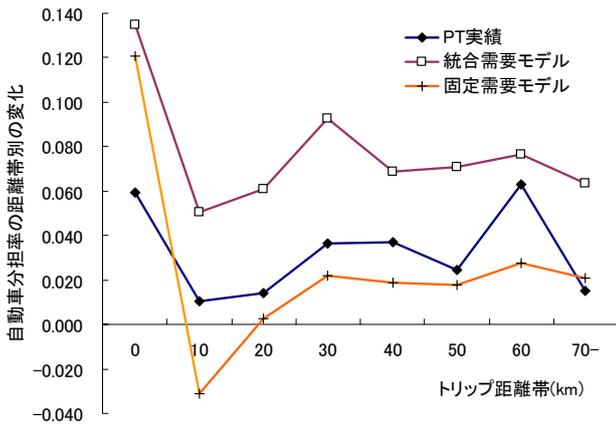


図7 自動車分担率の距離帯別の変化(1)

(2 時点間で自動車所要時間が 10 分以上短縮した OD ペア)

5. 6 考察

今回の目的地選択モデルの説明変数には従業者数など経路選択モデルの期待最小費用が含まれており、このモデルによる目的地選択確率と発生交通量を掛け合わせて各目的の OD が定まる。従って職住構造の変化や交通サービスレベルの変化による OD の変化が予測されている。図 6 の OD ペアでは、2 時点間で交通サービスレベルの変化は少ないため、OD の変化は、主に職住構造の変化の影響を反映したものになっていると考えられる。交通サービスレベルの影響が少ないため、固定需要モデルでも統合需要モデルでもほぼ同様な予測精度がある。

図 5 の OD ペアでは、職住構造の変化に加えて、道路整備によるサービスレベルの向上の影響も反映した変化が生じていると考えられる。交通サービスレベルの影響を反映した統合需要モデルは、固定需要モデルよりも予測精度の向上がみられる。ただ、PT 実績の変化の大まかな傾向は捉えているが、一部の距離帯では予測精度は十分とはいえず、今後の改良の余地が残される。

また、今回の手段選択の説明変数には期待最小費用とダミー変数に加えて、1 世帯あたりの乗用車保有台数を説明変数に用いている。そのため交通サービス水準の変化の他に、乗用車保有台数の増加による自動車分担率の増加も予測値に含まれている。その結果図 7 の OD ペアでは、固定需要モデルでも若干自動車分担率が増加する変化

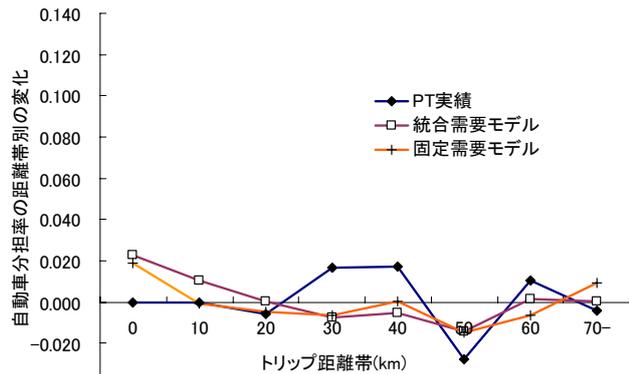


図8 自動車分担率の距離帯別の変化(2)

(2 時点間で自動車所要時間が 0~10 分短縮した OD ペア)

を捉えている。一方、統合需要モデルでは、乗用車保有台数と交通サービス水準の両方を考慮することで、分担率の変化量が過大となっている。こちらも変化量そのものの精度について改善の余地があると言えよう。

6. 研究の成果と今後の課題

本稿では、交通ネットワーク変化時の統合需要モデルの有効性を検証することを目的として、逆予測分析および 2 時点の PT 調査データを用いた精度分析を行った。リンク交通量、断面交通量、自動車トリップ数の分布パターンの変化については、統合需要モデルの精度が固定需要モデルよりも向上していることが明らかになった。手段分担率については、統合需要モデルでは過度に交通サービス水準に反応して分担率が変化していることがわかった。

今後の課題としては、予測精度の向上にむけて、手段分担モデルのパラメータを 2 時点のデータを用いて推定すること、配分段階に高速道路転換率を考慮すること、などを行うことが挙げられる。

主な参考文献

円山琢也, 原田昇, 太田勝敏: 誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定, 土木学会論文集, No.744/IV-61, pp.123-137, 2003.