

PT調査における交通・土地利用・公共交通LOSの簡易型統合モデルの構築とその活用実践*

Proposal of land-use-model and public-transportation-LOS-model for Four Step Method*

笈田翔平**・菊池 輝***・(財)計量計画研究所交通まちづくり研究室・藤井 聡****

By Shohei OIDA**・Akira Kikuchi***・Satoshi FUJII****

1. はじめに

(1) 需要予測において土地利用と公共交通LOSを考慮することの意味

総合交通計画のための交通需要予測手法として広く一般に定着している四段階推計法は、これまでに改善に向けての数多くの指摘がなされ、精緻化に向けた先進的な技術開発等の研究成果が蓄積されてきた。しかし一方で、その分析概念の単純さかつ明快さ故に、実務的にもこれに代替する予測手法は浸透しておらず、今日においてもなお四段階推計法が定型手法となっている。また、将来時点における交通需要を予測するためには、交通需要予測モデルの入力データとして、現況や過去のトレンド等を踏まえた将来人口フレーム、土地利用状況、交通整備状況等の諸計画を基に将来時点の土地利用パターンや交通ネットワーク条件等を設定し、これらからシナリオを複数構成し、外生的に別途用意するという方法が採用されてきた。しかし、公共交通サービスレベル(以下、公共交通LOS)は、交通需要の水準にも依存して変化するものである。例えば、仮に「人口が中心部や公共交通軸沿線に $x\%$ 集約する」というシナリオを想定した場合でも、将来それに見合う交通サービスが提供されていなければ人口の集積は現実的には見込めず、“ $x\%$ ”という設定は根拠に乏しい値であると言える。したがって、一般的な交通需要予測モデルを用いて、所与の交通サービスレベルに応じた交通需要の変化を考慮すると同時に、

「交通需要の変化に伴う交通サービス水準の変化や、土地利用の変化」を内生的に取り扱い、それらを同時に考慮した上で将来の交通需要を予測することの方がより望ましいものであると考えられる。すなわち、交通需要と土地利用、公共交通LOSの三者を同時にかつ内生的に取り扱う需要解析モデルを採用することは、土地利用や公共交通LOSを完全に与件として外生的に与えるよりも、より適切な需要解析結果が得られると考えられる。こうしたモデルによって、例えば、公共交通の衰退による駅前の衰退と、駅前の衰退による公共交通の衰退というスパイラルによる公共交通需要の大幅な落ち込みや、商業土地利用の郊外化に伴う郊外への自動車集中買い物交通の増進とそれに伴う郊外の商業土地利用の増進というスパイラルを通じた自動車交通による郊外化の促進といった諸現象を、モデル上で再現することが可能になるものと期待できる。

(2) 交通・土地利用統合モデルの既往研究

こうした統合モデルの構築は、これまでも様々な研究がなされている。代表的なものとしては、Anas¹⁾による経済学的行動原理を取り入れたモデルやそれを応用したMorisugi & Ohno²⁾、宮城³⁾、そして山崎ら⁴⁾のものが挙げられる。また、交通と土地利用の統合モデルとして開発されたMEPLANモデル⁵⁾は海外の実務にも応用されており、我が国でも東京圏や京阪神圏において、交通と土地利用を統合した大規模なモデルが構築されている^{6) 7)}。

(3) PT調査における需要解析モデルの現状

しかしながら、我が国における、いわゆる“パーソントリップ調査”を用いた総合交通マスタープランの策定の現場において、未だ、こうした交通・土地利用モデルが十分に活用されていないのが実情である。その背景には、パーソントリップ調査における需要解析実務では、都市圏全体にわたる数多くのゾーンを取り扱いつつ、発生、分布、分担、そして経路配分交通までを詳細に分析し、しかもそれを適切に拡大することで別途測定されている様々な集計データと整合することを制約として需要解析がなされている一方で、理論的に精緻なモデルでは、そうした制約に適合させることが必ずしも容易ではない、

* キーワーズ：交通・土地利用・公共交通LOS統合モデル

** 学生員，京都大学大学院都市社会工学専攻

(京都府京都市西京区京都大学桂4，

TEL: 075-383-3242, FAX: 075-383-3236

E-mail: oida@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

*** 正員，工博，東北工業大学建設システム工学科

(宮城県仙台市太白区八木山香澄町35番1号，

TEL: 022-305-3517, FAX: 022-305-3517

E-mail: akikuchi@tohtech.ac.jp)

**** 正員，工博，京都大学大学院都市社会工学専攻

(京都府京都市西京区京都大学桂4，

TEL: 075-383-3238, FAX: 075-383-3236

E-mail: fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

という実情がある。こうした実情故に、冒頭でも指摘したように、ここ数十年、理論的・学術的に開発されてきた様々な諸モデルの考え方が実務の需要解析モデルには反映されず、未だに四段階推計法を基調としたものが活用され続けているのだと言うことができるだろう。そして、それ故に、先に述べた様々な交通・土地利用統合モデルの様々な諸モデルも、パーソントリップ調査における需要解析に活用されていないのである。

(4) 需要解析モデルの研究の在り方について

言うまでもなく、交通需要予測モデルは単なる“モデル”であるが故に、必ず現実と乖離する側面を持ち、したがって、需要解析の誤差を避けることはできない。それ故、交通需要予測モデルの改善を考えたとき、あらゆる側面においてその改善を図ることができる。それにも関わらず、漫然とモデル改善研究を長年にわたって続けたとしても、モデルが原理的に現実と乖離したモデルである以上は、その改善作業は永遠に終結することは無い。したがって、需要予測モデルの研究は常にこうした不毛性に付きまといることとなる。

そこで、本研究では、需要予測モデルに付きまとうこうした不毛性を回避するための一つの方略として、『実務に直接活用できる技術を開発し、それを実務の中で実際に活用することを通じて、実務の質的改善を図る』というプラグマティズム⁸⁾の戦略を採用することとした。こうしたプラグマティズムの戦略を採用することで、無数に考えられるモデル改善方針の中から、とりわけ実務上の質的改善にとって重要であろうと思われるものをいくつか抽出し、それを改善する、というモデル改善方針が与えられることとなる。しかも、実際に実務で活用することを前提とすることから、現場において要請される全ての制約条件(例えば、技術的、予算的、時間的制約等、あらゆる制約条件)を加味したモデル改善が可能となる。

そこで、本研究ではこうした視点を踏まえたとき、現状の四段階推計法に基づく需要解析における、とりわけ重大な問題は、「入力データの精度」であるという点に着目した。これは「需要予測の誤差」についての既往研究より、需要予測がはずれる最大の原因は、モデルの精度ではなく入力データの精度そのものであるということが報告されているからである(例えば⁹⁾。

また、冒頭で触れたように、都心衰退や郊外化の展開の背景にある「交通と土地利用のスパイラルの問題」を考慮することが、コンパクトシティや低炭素化を標榜する昨今の都市交通計画においてとりわけ重要な問題となるであろうとも考えた。

こうした背景から、冒頭で指摘したように本研究では、土地利用と公共交通LOSを「内生化」することで、

その問題を緩和することが可能であろうと考えたのである。そして、その内生化を図るために、先に述べたプラグマティズムの考え方を踏まえ、「既存の四段階推計法をベースとして、それを一部拡張する」というアプローチを採用することとした。言うまでもなく、既に引用したように、交通モデルと土地利用モデルを統合する方法は様々な展開されてきているが、先に指摘したように、それをPT調査の現場に直接導入することは必ずしも容易ではない。しかも、公共交通LOSの内生化を図るとなると、その容易性はさらに低下するものと危惧される。

こうした背景の下、本研究では、既往の実務で活用されている四段階推計法を、土地利用と公共交通LOSを内生的に取り扱うことが可能な方向に拡張・改善することで、交通・土地利用・公共交通LOSの簡易型統合モデルを提案するとともに、それを西遠都市圏の交通需要予測に適用することとした。そして、その適用を通じて、さらなるモデル改善に向けて必要な課題を整理することを目的とした。

2. 従来型の交通需要予測フローとの違い

従来型の交通需要予測においては、将来の土地利用パターンと交通ネットワーク条件を所与として外生的に設定し、その将来値に基づき予測年次の交通需要量を推計してきた(図-1参照)。しかしながら、前述したように、交通需要量もまた土地利用パターンや交通ネットワーク条件に影響を及ぼすという相互作用が考えられる。この相互作用を厳密に考慮するためには、前章でも引用したように、“均衡分析”の考え方を援用するアプローチが考えられるものの、現時点では諸種の実務的な制約により、すぐにそれを導入することは容易ではない。ついて

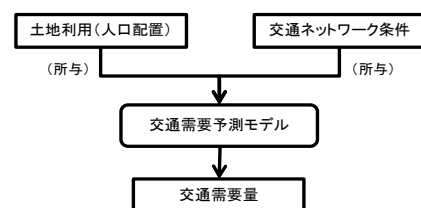


図-1 従来型の交通需要予測フロー

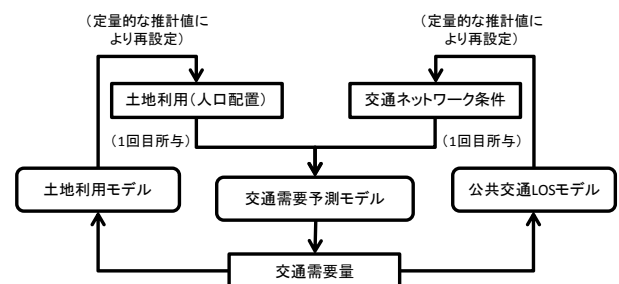


図-2 検討する交通需要予測フロー

は、本研究では、図－１に示した従来型の交通需要予測モデルに、モデルにおいて算定される交通需要量を基に土地利用パターンや交通ネットワーク条件を再設定するモデル(それぞれ土地利用モデル、公共交通LOSモデルと呼称)を構築し、それを、図－２のような形で既存モデルのシステムに付け加えることで、交通需要と土地利用、ならびに、交通需要と公共交通LOSとの間の相互作用を反映した上で、交通需要量を推計するモデルを構築することとした。なお、こうした循環型のモデルを用いて需要解析を行う場合には、一定の収束判定基準の下、複数回の繰り返し計算を行うこととする(西遠都市圏交通需要予測への適用にあたっては、繰り返し計算の自動化等、技術的な制約からモデルの反映は1回限りとしている)。

3. 土地利用モデルの概要

(1) モデルの概要

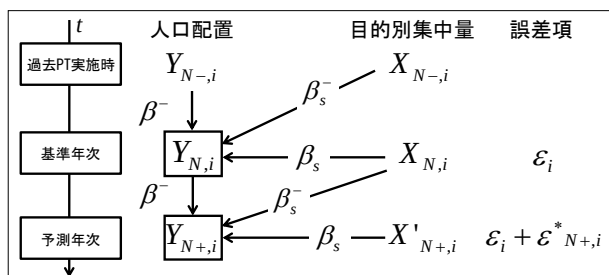
ここで構築するモデルは、図－３に示したように「基準年次の人口配置は、基準年次の交通状況、及び過去の人口配置・交通状況に依存する」と仮定し、かつ、その相互関係を表すパラメータ、ならびに、モデルで説明することができない各ゾーン毎の誤差の一部は時間に対して定常であると仮定するものである。すなわち、本モデルは、各変数間に次のような関係を仮定するものである。

$$Y_{N,i} = \beta^- Y_{N-i} + \beta_s^- X_{N-i} + \beta_s X_{N,i} + \varepsilon_i \quad \forall N \quad (1)$$

ここに、 Y は土地利用データ(人口等)、 X は目的別集中交通量ベクトル、 β はパラメータ、 ε は誤差項である。また、 N は基準年次($N+$ は将来、 $N-$ は過去)、 i はゾーン、 s は移動目的の種類を表すサフィックスである。

(2) パラメータ推計

このモデルにおけるパラメータ、ならびに、各ゾーン毎の誤差項については、既にデータとして得られている Y 、 X のデータ(Y は各種人口データ、 X については過去の集中交通量、及び集中交通量変化分 $[X_{N,i} - X_{N-i}]$ を導入した。表－１参照)に基づいて推計した。パラメータ推計結果を表－１に示す。なお、推計にあたっては西遠都市圏のデータを用いた。



図－３ 土地利用モデルの仮定

表－１ 土地利用モデルの推計結果

独立変数	夜間人口	第2次産業従業者数	第3次産業従業者数
23年前夜間人口 [千人]	1.0679 (+45.12)	—	—
23年前第2次産業従業者数 [千人]	—	0.8041 (+16.44)	—
23年前第3次産業従業者数 [千人]	—	—	0.6621 (+10.75)
23年前第2次産業集中交通量 [千人/日]	—	—	-0.131 (-5.96)
23年前私事目的集中交通量 [千人/日]	—	—	0.26 (+7.12)
23年前業務目的集中交通量 [千人/日]	—	0.341 (+5.16)	0.529 (+7.64)
私事目的集中交通量変化分 [千人/日]	0.219 (+3.95)	-0.067 (-2.27)	0.139 (+5.50)
業務目的集中交通量変化分 [千人/日]	—	0.68 (+5.52)	0.556 (+5.78)
サンプル数	143	143	143
調整済み決定係数	0.961	0.879	0.943

(3) 需要予測時のモデル適用手順について

将来の人口配置データの設定方法は、以下の①から④の通りである(以下、 $[\]$ は暫定値を意味する)。

- ① まず最初に、予測年次の人口配置データの暫定値 $Y'_{N+,i}$ を設定する（これは、通常の四段階推計法の入力データとして設定するものである）。
- ② $Y'_{N+,i}$ に基づいて、予測年次の集中量データの暫定値 $X'_{N+,i}$ を推計する(①、②は従来の四段階推計で、既往の需要解析ではこの $X'_{N+,i}$ が最終的な推計結果である)。
- ③ ここで、予測年次の人口配置データを再設定するため、式(1)の被説明変数を予測年次の人口配置データ $Y_{N+,i}$ とすると、以下の式が得られる。

$$Y_{N+,i} = \beta^- Y_{N,i} + \beta_s^- X_{N,i} + \beta_s X'_{N+,i} + \varepsilon_{N+,i} \quad (2)$$

ここで、誤差項 $\varepsilon_{N+,i}$ は、当該ゾーンにおいて時間に対して定常的な部分(すなわち、 ε_i と同一の部分)と、予測年次に固有な部分(以下、これを $\varepsilon^*_{N+,i}$ と記載)とが存在すると仮定すると、

$$Y_{N+,i} = \beta^- Y_{N,i} + \beta_s^- X_{N,i} + \beta_s X'_{N+,i} + \varepsilon_i + \varepsilon^*_{N+,i} \quad (3)$$

ここに、 ε_i は先の節で述べた仮定に基づいて、時間について定常的であると仮定する部分で、先のモデルパラメータ推計時に各ゾーン毎に得られている誤差をそのまま用いることとした。一方、予測年次 $N+$ における固有の誤差 $\varepsilon^*_{N+,i}$ については、モデルで予測できないものであることから、基本的に予測計算においては、その期待値である「0」を採用することとした。ただし、基準年次から予測年次の間に予定されている公的な土地開発等については、外生的に予測年次における固有な効果としてその規模を設定することが可能であることから、宅地開発に伴う土地利用データの増減分を

ε_{N+i}^* として設置することとした。

さて、以上の仮定に基づいて、上式(3)に X'_{N+i} 、パラメータ推計時に各ゾーン毎に求めた ε_i 、ならびに ε_{N+i}^* を導入することで再設定値である Y_{N+i} を推計する。なお、式(1)と式(3)より、

$$Y_{N+i} = Y_{N,i} + \beta^- \Delta Y_{N,i} + \beta_s^- \Delta X_{N,i} + \beta_s \Delta X_{N+i} + \varepsilon_{N+i}^* \quad (4)$$

を得る(Δ はモデル推計時点と予測時点での差分)。すなわち、本モデルの各ゾーンの予測値は、現状の人口配置に各説明変数の変化量と外生的な土地開発効果等を加味して得られるものとなっている。

- ④ これより得られた人口配置データ Y_{N+i} を四段階推計法に導入することにより、交通状況が人口配置に及ぼす影響を考慮した上での交通需要量を改めて推計する。そして、再び③に戻り再計算を行う。

4. 公共交通LOSモデルの概要

(1) モデルの概要

ここで構築するモデルは、「交通需要(OD交通量)に応じて、公共交通路線の運行頻度が実現されている」と仮定し、かつ、その相互関係を表すパラメータ、ならびに、モデルで説明することができない各ゾーン毎の誤差は時間に対して定常であると仮定するものである。すなわち、本モデルは、各変数間に次のような関係を仮定するものである。

$$Y_{N,i} = \beta_s X_{N,i} + \varepsilon_i \quad \forall N \quad (5)$$

ここに、 Y は公共交通 LOS(運行頻度等)、 X は目的別利用者数ベクトル(人)、 β はパラメータ、 ε は誤差項である。また、 N は基準年次($N+$ は将来)、 i は路線、 s は移動目的の種類を表すサフィックスである。

(2) パラメータ推計

このモデルにおけるパラメータ、ならびに、各路線

表－2 公共交通LOSモデルの推計結果

独立変数		バス路線
パラメータ及び値	定数項	2.269 (+9.68)
	通勤目的利用者数[人/日]	0.0609 (+5.55)
	帰宅目的利用者数[人/日]	0.0453 (+15.71)
	業務目的利用者数[人/日]	0.2067 (+2.70)
サンプル数		695
決定係数		0.607

毎の誤差項については、既にデータとして得られている Y 、 X のデータ(Y は運行頻度データ、 X は目的別利用者数。表－2参照)に基づいて推計した。パラメータ推計結果を表－2に示す。なお、データ整備の制約からバス路線のみを対象とした。

(3) 需要予測時のモデル適用手順について

将来の公共交通 LOS データの設定方法は、以下の①から④の通りである。

- ① まず最初に、予測年次の公共交通 LOS データの暫定値 Y'_{N+i} を設定する(これは、通常の四段階推計法の入力データとして設定するものである)。
- ② Y'_{N+i} に基づいて、予測年次の利用者数データの暫定値 X'_{N+i} を推計する。なお、この時点における公共交通機関利用者配分では、運行頻度を考慮せず、ネットワーク接続情報と最短経路探索を基本とする。(前章同様、①、②は従来の四段階推計で、既往の需要解析ではこの X'_{N+i} が最終的な推計結果である)。
- ③ ここで、予測年次の公共交通 LOS データを再設定するため、式(5)の被説明変数を予測年次の公共交通 LOS データ Y_{N+i} とすると、以下の式が得られる。

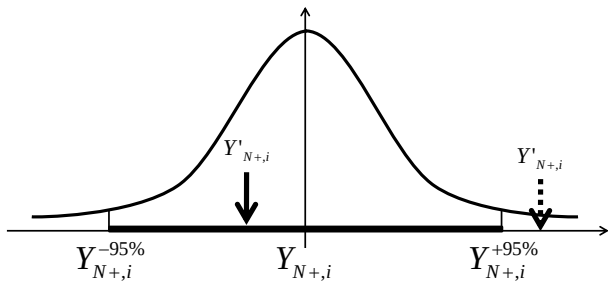
$$Y_{N+i} = \beta_s X'_{N+i} + \varepsilon_{N+i} \quad (6)$$

ここで、誤差項 ε_{N+i} は、当該路線において時間に対して定常的(すなわち、 ε_i と同一)と仮定すると、

$$Y_{N+i} = \beta_s X'_{N+i} + \varepsilon_i \quad (7)$$

ここに、 ε_i については前章同様、先のモデルパラメータ推計時に各路線毎に得られている誤差を用いた。また、上式を適用するにあたっては、具体的に以下のような諸点に留意する必要がある。

- ・ この関係式は、基準年次時点に存在しており、予測年次の暫定公共交通 LOS データにおいても存在している路線について成立するものとする。
- ・ 基準年次時点に存在していないが、予測年次の暫定的公共交通 LOS データにおいては存在している路線(すなわち、新規路線)については、 ε_i の値が得られていないため、 ε_i は期待値「0」で、分散は式(5)の推計時の誤差項と同じ正規分布に従う確率変数と見なす。その上で、 Y_{N+i} の95%信頼区間を推計する(その下限値を $Y_{N+i}^{95\%}$ 、上限値を $Y_{N+i}^{+95\%}$ とする)。そして、 Y'_{N+i} がその信頼区間内に収まっている場合(図－4太線)には、 Y'_{N+i} はあり得る値であるとして再設定せずにそのままの値を採用する。対して、信頼区間外の場合(図－4点線)には、 $Y_{N+i}^{95\%}$ を再設定値とする一方、より大きな場合には



図－4 新規路線の考え方

$Y_{N+1}^{+95\%}$ をその再設定値とする。

- 基準年次時点で廃線となっている路線については、予測年次にそのサービスレベルを検討する必要がないことから、この計算の対象外とする。

以上の予測計算を通じて得られた再設定後の公共交通 LOS データ Y_{N+1} と暫定公共交通 LOS データ Y'_{N+1} との差等を確認し、異常値(例えば、負値等)がないか実務的にチェックし将来値を確定する。

さて、以上の仮定に基づいて、上記式(7)に X'_{N+1} パラメータ推計時に各路線毎に求めた ε_i を導入することで再設定値である Y_{N+1} を推計する。なお、式(5)と式(7)より、

$$Y_{N+1} = Y_{N+1} + \beta_s \Delta X_{N+1} \quad (8)$$

を得る(Δ はモデル推計時点と予測時点での差分)。すなわち、本モデルの各路線の予測値は、推計時点での公共交通 LOS に交通量の差(ΔX_{N+1})に伴う変化分($\beta_s \Delta X_{N+1}$)を加算したものとして得られるものとなっている。

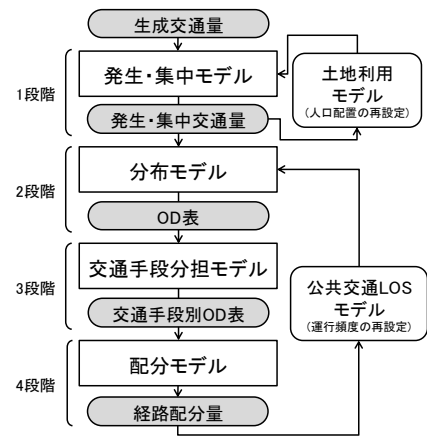
- これより得られた公共交通 LOS データ Y_{N+1} を四段階推計法に導入することにより、交通量が公共交通 LOS に及ぼす影響を考慮した上での交通需要量を改めて推計する。そして、再び③に戻り再計算を行う。

5. 実務への適用事例

実務への適用事例として、以下に、西遠都市圏(静岡県)の交通需要予測結果を紹介する。

(1) 西遠都市圏交通需要予測フローの概要

前章で構築した土地利用モデル及び公共交通 LOS モデルを従来型の交通需要予測モデルに統合し、「交通・土地利用・公共交通 LOS 簡易型統合モデル」を構築した(図－5)。また、第2章に記述したように、ここでは土地利用モデル及び公共交通 LOS モデルの反映は1回限りとしている。すなわち、繰り返し計算によって収束した値ではなく、各モデルを1回限り介した値を便宜上

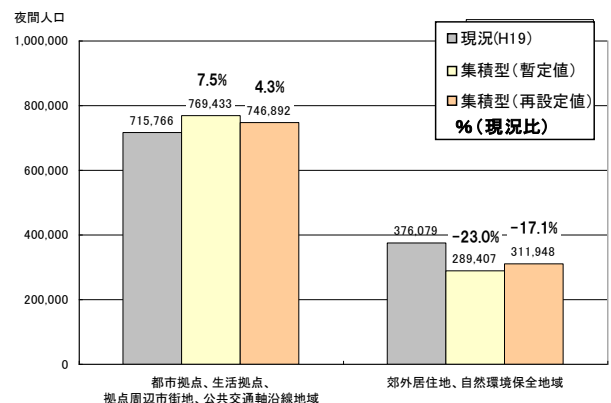


図－5 西遠都市圏の交通需要予測フロー

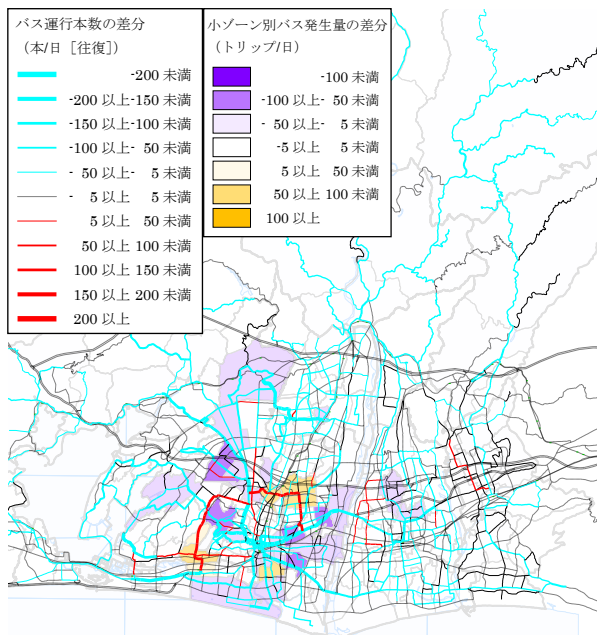
の再設定値とし、その値に基づいて改めて推計したものを最終的な交通需要量とした。

(2) 土地利用モデル反映による人口配置の再設定¹⁰⁾

図－6に、集積型シナリオ(都市圏の拠点と公共交通沿線に居住地や商業施設等の都市機能が集積した場合を想定)における、外生的に設定した将来値(従来型モデルの入力データ)と、土地利用モデルを反映し、交通状況の変化を加味した上で再設定した将来値を示す(従業人口及びその他シナリオについては紙面の都合で割愛)。これより、都市部においては再設定値が暫定値を下回り、郊外部においては再設定値が上回る状況にあることが分かる。つまり、基準年次における土地利用と交通状況の相互関係は時間に対して定常的という仮定に基づけば、推計された交通需要量から外生的に設定した夜間人口は現実的には見込めないと判断できる(端的には、見込まれる交通需要に対して人口配置を過大評価していたと言える)。すなわち、ここで強調すべき点は「根拠の乏しい外生的な人口配置」と「交通需要量から見込まれる人口配置」は乖離する恐れがあるということ、また、土地利用モデルの反映し、入力データを内生的に設定することで入力データの根拠及び精度向上を図ることが可能になるということである。



図－6 土地利用モデルの反映結果(夜間人口)



図ー7 バス路線LOSモデルの反映結果(再設定値－暫定値)

(3) バス路線モデル反映による運行頻度の再設定¹⁰⁾

図ー7には、同様に集積型シナリオにおける外生的に設定した将来値と、公共交通LOSモデルを反映し、利用者数の変化を加味した上で再設定した将来値の「差分＝再設定値－暫定値」を示す。これより、「差分」の値として負値の路線が非常に多く目立つことから、再設定値が暫定値を大幅に下回っていることが分かる。すなわち、(上記仮定に基づけば、)推計されたバス利用者数から外生的に設定した運行頻度を実現することはおよそ不可能であると判断できる(つまり、将来のバス運行頻度を過大に評価し過ぎていると言える)。すなわち、前述同様に「外生的に設定したLOS」と「交通需要量から実現し得るLOS」は大きく乖離する恐れがあり、やはり、入力データを内生的に考慮することで精度向上を図る必要がある。

6. まとめと課題

本研究では、『実務に直接活用できる技術を開発し、それを実務の中で実際に活用することを通じて、実務の質的改善を図る』という戦略を念頭に置き、現状の交通需要解析における「入力データの精度」という点に着目した。そこで、土地利用モデルと公共交通LOSモデルを従来型の交通需要予測モデルに統合した「交通・土地利用・公共交通LOS簡易型統合モデル」を構築した。また、それを西遠都市圏の交通需要予測に適用することで、「外生的に設定した入力データ」と「交通需要量から実現し得る入力データ」は乖離するという問題を確認し、交通需要解析における「入力データ」の設定方法として、大幅な改善の余地があることを確認した。本研究で着目

したように、交通需要と土地利用、公共交通LOSの三者を同時にかつ内生的に取り扱うことで、交通需要に見合った入力データをモデルにインプットすることが可能となり、より適切な需要解析結果が得られると考えられる。

しかしながら、各モデルの「相互関係(パラメータ)」、ならびに、誤差は時間に対して定常である」という仮定の検証や繰り返し計算の収束判定基準等の詳細は議論するには至っておらず、今後の課題として挙げる。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、資料提供や分析にご協力して頂きました(財)計量計画研究所・交通まちづくり研究室の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Anas, A : Discrete choice theory and the general equilibrium of employment, housing, and travel networks in a Lowry-type model of the urban economy, Environment and Planning, 1984, Vol.16
- 2) Morisugi, H. and E. Ohno : A Benefit Incidence Matrix for Urban Transport Improvement, Papers in Regional Science : The Journal of the RIAS, Vol.71
- 3) 宮城俊彦, 奥田 豊, 加藤人士 : 数理最適化手法を基礎とした土地利用・交通統合モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.518/IV-28, pp.95-105, 1995.
- 4) 山崎清, 松橋啓介, 岩上一騎 : 都市整備に対応した連結階層型応用都市経済モデル, 土木計画学研究・講演集, 41, 2010.
- 5) Abraham, J.E. : A review of the MEPLAN modeling framework from a perspective of urban economics, Department of Civil Engineering Research Report No.CE98-2, 1998.
- 6) 山口勝弘, 山崎 清 : 環境面で持続可能な大都市の交通体系及び都市構造―首都圏における各種施策が2030年までのCO2排出量に及ぼす影響, 第25回土木計画学研究発表会, 2002.
- 7) 尹 鍾進, 青山吉隆, 中川 大, 松中亮治 : 立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.17, pp.247-256, 2000.
- 8) John Dewey : A Common Faith, Yale University Press, 1934.
- 9) 森川高行 : 交通需要予測の技術的課題と使い方, 土木学会誌, 88(7), pp.11-14, 2003.
- 10) 静岡県建設部都市局都市計画室, 浜松市都市計画部 交通政策課 : 『平成21年度西遠都市圏総合都市交通体系調査業務委託報告書』, 平成22年3月.