

全道路網における交通量配分：GISをプラットフォームとする交通計画へ向けて*

Traffic Assignment on a Whole Road Network: Towards Transport Planning on GIS Platform*

李 燕**

By Yan LI**

1. はじめに

現実社会にある交通現象のメカニズムを分析し、その性質や特徴を知り、数値モデルやシミュレーションモデルを用いて再現することによって交通現象の動向や変化を推定し、さらに政策変数を操作することによって交通システムを望ましい方向へもっていくことは、交通計画・研究の共通の課題である。これらの一連の手順を象徴するのは、四段階推定法を代表とする交通需要予測方法であるといえる。

四段階推定法は、パーソントリップ調査を主とする交通調査によってゾーン単位のOD交通量を推計し、簡略された道路ネットワークにおいて交通量配分を行い、それを用いて交通計画代替案の評価を行うことが特徴である¹²⁾。1950年代に開発されて以来、さまざまな問題点が指摘されているが、その問題点を解決することが今日まで膨大な交通計画・研究分野のひとつのメインストリームになっているように思われる。

飛躍的な情報化が進んでいる現在、交通調査・分析・予測分野を取り巻く環境が大きく変化している。本研究は、GISをプラットフォームとした一台一台の車の行動をシミュレートし、インタラクティブに交通計画を行う「交通計画GIS」の実現に向けた試みとして、GIS導入によって、従来の四段階推定法における一部の問題点が解決できることを示す。

2. 研究の背景と目的

四段階推定法は、多様な社会経済活動および土地利用データをゾーン単位に集約すること、時々刻々と変化する交通量を日単位に集計すること、調査に膨大な労力を費やす反面、十分な利用ができないこと、時間軸を考えずに集計した交通量をネットワークに配分す

るため、現実の交通変動とかけ離れていることなど、多くの問題が挙げられる。さらに実務の現場では、道路ネットワークをどこまで取り上げるか、異なる機能や走行環境をもつそれぞれの道路において、どのような走行関数あるいはQV曲線を使えばよいのかは経験的なものに頼り、現実では、配分の「精度」を調整するための道具になっている。

これらの問題を解決するために、交通量配分の理論的枠組み³⁾、リンクフローによるOD交通量推定手法⁴⁾、交通需要の非集計分析⁵⁾、交通量の動的配分方法⁶⁾、最近では交通情報を与えた場合の行動メカニズム⁷⁾など、多くの研究がなされてきた。しかし、実務の現場を見ると、今まで用いられてきた分割配分法を均衡配分に変える動きはあるものの⁸⁾、パーソントリップ調査と四段階推定法に基づく交通需要分析予測方法を用いる基本スタイルには変わりがない。四段階推定法のアルゴリズムの明快さと便利さ、および伝統の根強さに一因があるかもしれないが、実用に向けた体系的な研究が不足していることがその主な原因ではないかと思われる。しかし、近年のコンピュータの高速化、廉価化、GIS、GPSを代表とする空間情報新手法の進展、空間データベースを社会基盤とする整備の動き、リアルに交通情報を計測する機器の発達により、このような体系的な研究が可能になってきている⁹⁾¹⁰⁾。

その実用に向けた体系的な研究のプラットフォームとして適しているのは地理情報システム (GIS) であると考えられる。GISはデジタル地図をベースにした空間情報データベースをコンピュータ上で統合的に処理し、ビジュアルに表示・分析するシステムである。地図データはもちろん、官公庁が発表する社会経済統計データおよび独自のデータも統合的に分析・表示することができることから、近年、行政・民間ビジネスなど多くの分野において急速な広がりを見せている。

GISのデータベースあるいはGISソフトを利用した研究・実務が都市計画¹¹⁾、土地利用計画¹²⁾¹³⁾や交通網評価¹⁴⁾などの分野では数多く報告されているのに対し、交通計画分野、特に交通量配分における研究は多くない。数少ない研究の中、独自のGISシステムを作る研究¹⁵⁾¹⁶⁾や、配分結果をGIS上表示する研究¹⁷⁾などがほ

*キーワード：道路網、交通量配分、GIS、交通計画

**正員、工博、立命館アジア太平洋大学アジア太平洋学部
(大分県別府市十文字原1-1、
TEL0977-78-1052、FAX0977-78-1052)

とんである。その主な原因として、交通量配分には独自のゾーンやネットワークのデータ構造があり、さらに時間軸を取り入れる必要もあるからと思われる¹⁸⁾。しかし近年、ソフトウェアの使いやすさとカスタマイズ機能の改良によって、GIS上の動的交通配分も可能になってきた。

GISをプラットフォームとする交通計画を行うことが実現できれば、これまで蓄積してきたデジタル地図、統計データなどGISの空間データベースだけでなく、ITSで検討或いは実用化されているさまざまな交通量観測機器および交通管理の新技术を統合することができる。交通計画に限って言えば、これまでの交通調査における一部の労力を省けると同時に、集計的にしか捉えられなかった空間的な社会経済情報および交通路沿道の詳しい土地利用データを利用することができる。また、対象地域を表示したGISの画面に、一台一台の動きをシミュレートし、インターラクティブに交通計画を行う「交通計画GIS」が実現するとすれば、ビジュアル化によって交通分析に新しい知見が得られるだけでなく、住民参加や交通行政のアカウンタビリティの向上にも期待できよう。

このような交通計画GISを構築するには多くの研究が必要である。著者は、まず最も基本のデータである交通ネットワークデータの作成について、地図画像やデジタル地図データを用いた方法を考案した¹⁹⁾²⁰⁾。本研究は、一都市におけるすべての道路を取り上げたネットワークにおいて、ほぼ一台一台まで細分した交通量の配分を試み、GISをプラットフォームとする交通計画の可能性と利点を考察することを目的とする。

2. 基本データについて

本研究は、大分県別府市（人口12万人、密集市街地約25平方キロメートル）を研究対象エリアとする。選定理由としては、著者の所在地であり、調査・検証が便利である上、規模がケーススタディとして適当であり、立地的に、東は海、西は山といった比較的独立とした市街地であるため交通分析が比較的容易であるからである。

(1) 道路ネットワーク

本研究は、国土地理院が発行した数値地図2500における道路中心線データを用いる。車の通行できる道路は、この道路中心線にすべて入っていると看做す。山奥に位置する小規模な集落をのぞいて、ほぼすべての道路をGIS上に取り上げることにした（図1）。図中の太線は、センターラインのある往復2車線以上の道路を示している。全ネットワークのリンク数は

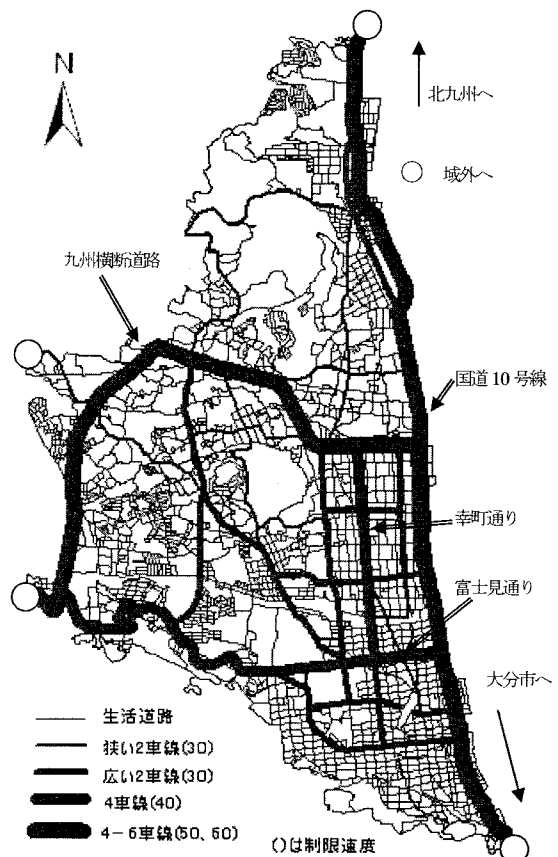


図1 対象ネットワーク

9,914で、ノード数は3,088である。域外へとつながる道路は図中○で示す4箇所である。

(2) OD交通量

ネットワークにおける一台一台のリアルな交通流動をシミュレートするためには、ゾーン交通量ではなく、詳細な出発地、目的地および出発時刻、交通行動パターンなどを調査する必要があるが、これは将来の研究として、現段階では、別府市「まちづくり交通計画」（平成15年）において、現況再現に用いられたOD原単位表（別府市内71ゾーン、市外4ゾーン）および平成11年交通センサスの交通量をベースに、全3,088個のノード間OD表を作成する。具体的な手順は次の通りである。

まず、総トリップ数を推定する。このために、図2で示す交通センサスの10個の調査地点のうち、9番と0番の二地点、すなわち国道10号線の大分市方面への地点と北九州市方面への地点に注目する。それぞれのOD原単位（OD表における各項目をトリップ総数で割ったもの、すなわち、あるOD間の交通量が全体交通量における割合）と交通センサスの交通量は表

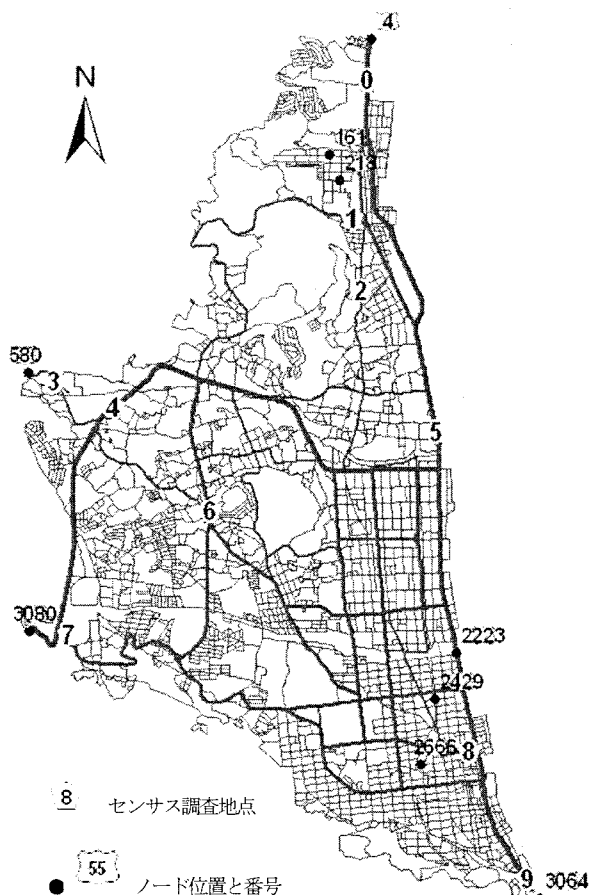


図2 センサス調査地点と交通量の多いノード番号

1で示す。この二地点から推定される総トリップ数（交通量／原単位）はそれぞれ199,615台と249,580台である。両地点の結果は少々異なるが、その平均値（224,598台）を取って総トリップ数とすることにした。

次に、OD原単位に総トリップ数を掛けることによって、71の市内ゾーンと4つの市外ゾーン間の75×75のOD表を作成する。

最後に、この75×75のOD表から全3,088個のノード間のOD表を作成する。そのためには、1つ1つのトリップについて、起点・終点ともそのゾーンにおけるすべてのノードからランダムに1個のノードを決め、それに当てることにした。

3. 全道路網における交通配分

3,088×3,088のOD表を分析すると、表2と表3から分かるように、交通量の91.4%が1トリップのODペア間で行われている。また、通過交通を除いて、市

内とかかわるODペアの中、交通量が多くとも100台

表1 9番と0番の2地点のOD原単位と交通量

地点	OD原単位	H11 交通センサス交通量	推定総トリップ数
9	0.26	52,121	199,615
0	0.32	80,638	249,580

表2 トリップ数別ODペア数およびその割合

1 ODペア間トリップ数	ODペア数	割合
1	205,243	91.4%
2	8,483	3.8%
3	2,143	1.0%
4	1,505	0.7%
5	1,124	0.5%
>5	6,099	2.7%
総トリップ数: 224,598		100.0%

表3 トリップ数の上位ODペアおよびその交通量

起点番号*	終点番号*	トリップ数	特徴
4	3064	16,265	通過交通
3064	4	1,983	通過交通
3080	4	1,086	通過交通
4	580	259	通過交通
4	3080	256	通過交通
2223	3064	93	市内ー市外
4	218	87	市外ー市内
2666	3064	87	市内ー市外
4	161	82	市外ー市内
2429	3064	82	市内ー市外

* 各起点と終点の位置は図2を参照

未満である。このような状況を考えると、詳細なネットワークにおいてすべてのリンクとノードを考えた場合は、OD表は一台一台の車を取り上げていることに近い状態になる。

このような場合の交通配分を考えると、従来のネットワーク均衡を理論的な枠組みとするアルゴリズム（分害配分や均衡配分など）ではなく、ある特定の起点から出発するドライバーがある目的地へ移動するときどのような経路選択行動を取るかをシミュレートすることが適当であると思われる。別府市の場合、規則的に生じる目立った渋滞箇所がないので、ここでは、ドライバー全員が時間的な最短経路を選択し、制限速度で運転すると仮定した場合の交通状況を再現してみることとする。

（1）ケースの設定

これを検証するために、全ノード間OD交通量を一括で最短経路に配分した。制限速度が定められた道路についてはその制限速度での所要時間を計算する。制限速度が明確に表示されていない生活道路については、時速10km、20kmと30kmの3通りを考える（ケース1から3）。また、実際の制限速度と異なる設定がより良い再現性が得られるかどうかを見るために、各種道路の制限速度を変えて、格差の大きいケース4と格差の小さいケース5を設けた。さらに、従来の簡略したネットワークでの配分と比較するために、ケース6では、図1における狭い2車線以上のネットワークだけ取り上げる。各ケースの速度の設定は表4で示す。

ケース1から5においては、全道路網を取り上げているので、3,088×3,088のOD表を使用するが、ケース6においては、ネットワークが簡略化されているため（ノード数50）、従来のゾーンの考え方を取り入れることにする。すなわち、3,088個のノードをこの

50個のノードのうち、直線距離の最も短いノードに集約することによって、50×50のOD表を求める。

（2）平成11年センサスとの比較からみた再現状況

表5-1と表5-2は上述の交通配分方法で得られたリンク交通量を平成11年交通センサスの実測交通量と比較したものである。なお、交通センサスの調査地点の位置は図2を参照されたい。

表5-1から分かるように、主要な道路の所要時間

表4 各ケースの制限速度の設定

種類	制限速度	ケース名					
		1	2	3	4	5	6
A	60	60	60	60	60	60	60
B	50	50	50	50	60	50	50
C	40	40	40	40	30	40	40
D	30	30	30	30	30	40	30
G	—	10	20	30	10	30	—

表5-1 センサス地点の観測交通量と各ケースの配分交通量の比較（ケース1～3）

H11 センサス		ケース1		ケース2		ケース3	
地点番号	交通量	交通量	誤差	交通量	誤差	交通量	誤差
0	52,121	59,114	13.42%	59,098	13.39%	57,528	10.37%
1	8,024	6,134	-23.55%	5,646	-29.64%	2,605	-67.53%
2	5,057	5,675	12.22%	4,410	-12.79%	4,150	-17.94%
3	7,528	7,509	-0.25%	7,108	-5.58%	4,971	-33.97%
4	22,698	28,318	24.76%	26,223	15.53%	15,706	-30.80%
5	61,263	71,173	16.18%	71,658	16.97%	71,615	16.90%
6	12,015	10,534	-12.33%	7,775	-35.29%	4,338	-63.90%
7	16,375	15,825	-3.36%	14,430	-11.88%	13,171	-19.57%
8	10,407	8,715	-16.26%	7,353	-29.35%	2,539	-75.60%
9	80,638	72,969	-9.51%	72,797	-9.72%	72,449	-10.16%
平均偏差			11.98%		16.38%		31.52%

表5-2 センサス地点の観測交通量と各ケースの配分交通量の比較（ケース4～6）

H11 センサス		ケース4		ケース5		ケース6	
地点番号	交通量	交通量	誤差	交通量	誤差	交通量	誤差
0	52,121	59114	13.42%	57,528	10.37%	60,014	15.14%
1	8,024	2829	-64.74%	2,295	-71.40%	0	-100.00%
2	5,057	90	-98.22%	4,103	-18.86%	4,610	-8.84%
3	7,528	69	-99.08%	4,825	-35.91%	10,759	42.92%
4	22,698	40991	80.59%	13,156	-42.04%	29,821	31.38%
5	61,263	91550	49.44%	71,363	16.49%	75,271	22.87%
6	12,015	15013	24.95%	12,264	2.07%	13,905	15.73%
7	16,375	13733	-16.13%	11,172	-31.77%	16,023	-2.15%
8	10,407	11034	6.02%	7,081	-31.96%	12,114	16.40%
9	80,638	72992	-9.48%	72,414	-10.20%	80,767	0.16%
平均偏差			42.01%		24.64%		23.24%

が実際の制限速度に従った3ケース(ケース1から3)のうち、生活道路の走行速度を10kmと20kmとしたケース1と2は、平均偏差が20%以内となっており、特に、制限速度を10kmとしたケース1は、平均偏差が11.98%で、最大誤差が±25%以内になっている。このことから、全ネット配分の場合、所要時間だけでも一定の再現率が得られることがいえよう。一方、生活道路を主要道路と同じ30kmとしたケース3は、再現性がかかなり悪い結果になっている。このことから、ケース1と2は、ドライバーは生活道路を嫌って、なるべく車線整備のある道路を利用する、すなわち生活道路は車線整備のある道路へのアクセス路として利用するという現実的な行動パターンを良く再現できていると思われる。

実際の制限速度と異なる設定をしたケース4とケース5を見ると(表5-2)、いずれも低い再現性になっている。ケース4においては、異なる機能レベルの道路間の制限速度の格差を大きくするため、中堅となる制限速度40kmの道路を30kmと下げており、ケース5では、制限速度30kmの道路を40kmに設定し、機能レベルの格差を実際より小さくしている。いずれ

のケースでも再現性が低いということから、実際に従った制限速度の設定が望ましいことが再び検証されたと考えられる。

従来の配分方法に従ったケース6(同じく表5-2)を見ると、平均偏差も誤差のばらつきも再現性の最も良かったケース1より大きいことが分かる。実務の現場においては、今まで行われてきた分割配分法では、さらにリンク走行関数の形態および諸係数を変更させ、補助的なリンクを追加することによって、センサ交通量と一致するような結果を出すことが可能であるが、これらの恣意的な面を含むネットワークや係数の設定をなくすことが本研究の目的のひとつであるので、あえて他のケースと同じ配分方法、すなわち、制限速度での所要時間と最短経路への配分という方法を取り、比較を行った。従来の配分方法におけるネットワークとODの集約が再現性を悪くさせた原因であると考えられる。

(3) 主要路線の交通量比較

ここでは、さらに、主要路線における各ケースの交通量を比較することによって、どのような制限速度の

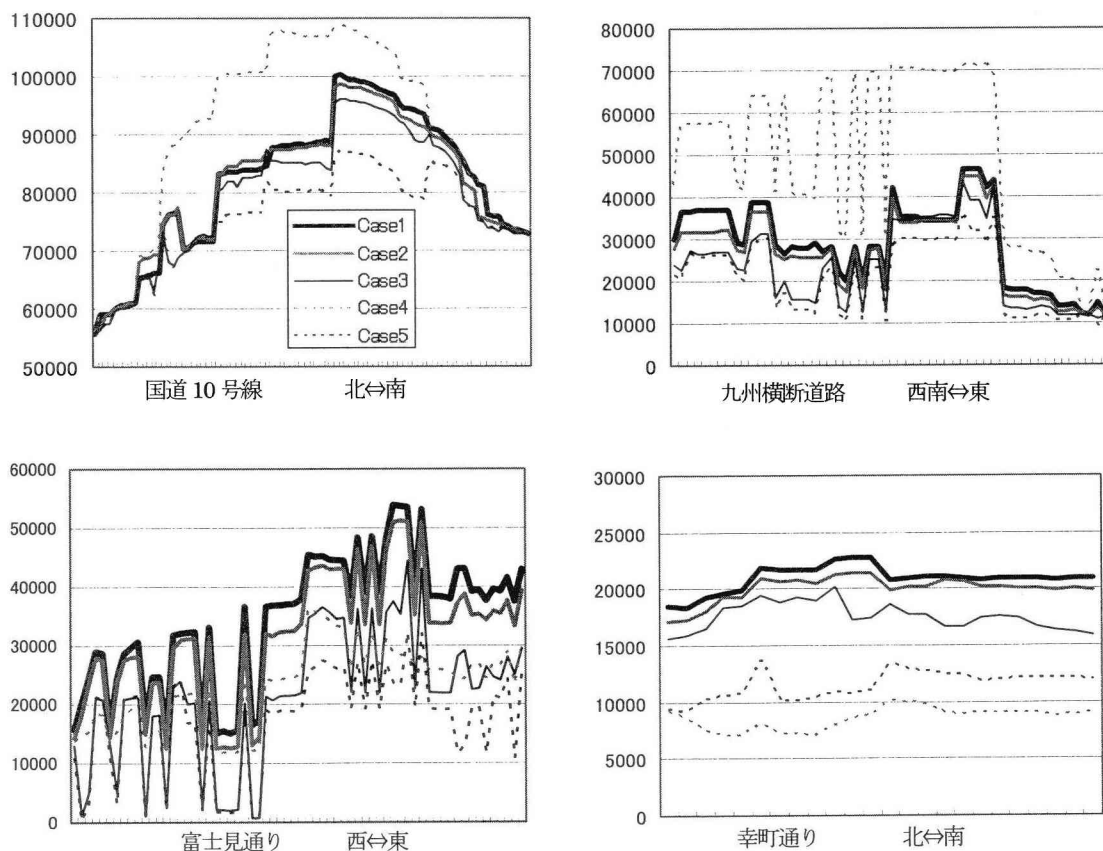


図3 各ケースの主要道路の配分交通量

設定が望ましいのかについて考察する。なお、ケース6は使用したネットワークとODが異なるので、比較から除外する。

図3は主要4道路（国道10号線、九州横断道路、富士見通りと幸町通り。位置は図1を参照）上の配分交通量を示している。縦軸は交通量（台）であり、横軸は、道路上に沿った地点である。したがって、この図から、各道路上の連続した区間の配分交通量を確認することができる。

それぞれの道路におけるケース1～3の交通量（実線の3本のライン）を見てみると、どの道路上においてもケース1と2の交通量の差が小さく、ケース3はケース1と2から比較的大きく離れている。ケース4と5（点線の2本のライン）はさらに大きく離れている。これらのことから、制限速度が設けられている道路については実際の制限速度をそのまま使用し、制限速度が明確に示されていない生活道路の速度についてはドライバーの行動パターンに従って設定したほうが、安定した配分結果が得られることが分かる。

ちなみに、ケース4において国道10号線と九州横断道路の配分交通量がケース1～3より多いのに対して、富士見通りと幸町通りの交通量がケース1～3より小さくなっているのは、ケースの設定で、前者の制限速度は実際より上げており、後者は実際より下げているからであると考えられる。

5. おわりに

本稿は、一都市におけるすべての道路を取り上げたネットワークにおいて、ほぼ一台一台まで細分した交通量の配分を試み、一定の再現性を得ることができた。現段階では、一日の交通量を取り上げ、従来と同じように静的な配分ではあるが、GISをプラットフォームとした一台一台の車の行動をシミュレートし、インターアクティブに交通計画を行う「交通計画GIS」へ一歩前進することができた。「交通計画GIS」が実現できれば、土地利用や社会経済状況に関するGISデータベースおよび新しい交通観測手法を統合することによって、従来の交通調査に必要な費用や時間を省けるだけでなく、ビジュアル化によって、交通分析の質や、住民参加や交通行政のアカウンタビリティの向上にも寄与できる。

また、GISを導入し、全ネットワークを取り上げて配分をする今回の試みから、交通配分の実務にもいくつかの示唆が得られた。従来の交通配分実務では、道路ネットワークをどこまで取り上げるか、異なる機能や走行環境をもつそれぞれの道路において、どのような走行関数あるいはQV曲線を使えばよいのかは恣意

的な部分が多い。本研究では、すべての道路を取り上げ、実際の制限速度および現実的なドライバーの行動パターンをそのまま設定した上配分することによってこれらの問題を回避することができた。この点から見ても、GISを導入することは、従来の交通計画実務にとっても有益であるということがいえよう。

本研究が残す大きな問題としては、渋滞への対処である。本研究は、どの道路においても制限速度で走行できると仮定しているので、ここで提案したアプローチをそのまま適用できる都市は限られていると思われる。しかし、今回の研究を通じて、少なくとも渋滞の少ない都市においては、全道路網を捉え、ドライバーの行動をシミュレートすることによって、より科学的な方法でより良い再現性を得ることができることが分かった。今後は、渋滞のある都市において、ドライバーが如何に渋滞を考慮した上で経路選択を行うのかについて調査を行い、全道路網における交通量配分を試みたい。また、GISデータベースおよび新しい交通観測データを活用したマイクロベースのOD交通量推定方法およびドライバーの交通行動パターンのモデル化を試み、GISでの動的交通シミュレーションを実現したい。

参考文献

- 1) 土木学会編、道路交通需要予測の理論と適用、丸善、2003。
- 2) Sheffi, Y., Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Prentice Hall, 1985.
- 3) 加藤晃、交通量配分理論の系譜と展望、土木学会論文集第389号/IV-8、pp.15-27、1988.1。
- 4) 飯田恭敬・高山純一・小林光二、リンク観測交通量を用いたエントロピー最大化による道路網交通需要推定法、土木計画学研究・講演集、No.9、pp.441-448、1986。
- 5) 森地茂、非集計分析の適用法、交通工学、Vol.26、No.5、pp.51-58、1991。
- 6) 松井寛、交通需要の動学的分析の諸相と今後の展望、土木学会論文集No.470/IV-20、pp.47-56、1993.7。
- 7) 飯田恭敬、交通モデルの課題と展望、土木学研究・論文集（招待論文）、No.10、pp.1-13、1992.11。
- 8) 土木学会土木計画学研究委員会交通需要予測技術検討委員会編、土木計画学講習会テキスト：利用者均衡配分の実務適用に向けて、2004。
- 9) 北村隆一、交通需要予測の課題：次世代手法の構築にむけて、土木学会論文集、No.530/IV-30、pp.17-30、1996。
- 10) 土木学会土木計画学研究委員会交通調査技術検討小委員

- 会：第38回土木計画学シンポジウム、都市交通調査を考
える～新しい技術と展望～、2001年9月。
- 11) 中村英夫・川口有一郎・清水英範：地理情報システムを
用いたシステム分析的都市計画、土木学会論文集、No.
476/IV-21、pp.67-76、1993。
- 12) 木村 淳、天野光三、山中英生、住宅地図による地区
情報システムの開発とその応用について、土木計画学研
究・講演集、No.11、pp.597-604、1988
- 13) 吉川耕司：電子住宅地図を利用した地区整備計画のため
の地理情報システムの構築に関する研究、土木計画学研
究・論文集、No.10、pp.207-214、1992。
- 14) 内山久雄・星健一：首都圏鉄道計画分析評価のための
GISの構築、土木計画学研究・論文集、No.15、pp.
705-712、1998。
- 15) Harvey J. Miller and John D. Storm: Geographic information
system design for network equilibrium-based travel demand
models. *Transportation Research Part C: Emerging
Technologies*, Volume 4, Issue 6, Pages 373-389, December
1996.
- 16) 李燕：交通計画GISのベースシステムの構築手法につい
て、土木計画学論文集No19,2002。
- 17) 臺敦、坂本邦宏、久保田尚、塚本琢磨：GIS活用による
交通シミュレーションの実用性向上に関する研究、土木
計画学研究・講演集、2000。
- 18) 原田昇：交通GISの整備状況と今後の展開、交通工学、
Vol.34、増刊号、1999。
- 19) 李 燕：地図から詳細な交通ネットワークデータの作成
システム、土木計画学会研究講演集、No.25、2002.11。
- 20) 李 燕：地理座標形式の詳細ネットワークデータの作成、
土木計画学会研究講演集、No.26、2003.11。

全道路網における交通量配分：GISをプラットフォームとする交通計画へ向けて*

李 燕**

パーソントリップ調査および四段階推定法は、1950年代に開発されて以来、さまざまな問題点が指摘されているが、その問題点を解決することが今日まで膨大な交通計画・研究分野のメインストリームになっているように思われる。しかし、これらのさまざまな成果は必ずしも現実の交通計画に適用できていないのが現状である。情報化が進んでいる現在、これらの成果を新しいプラットフォームで再考し、より実用的な交通計画を行うことが可能な環境が整っている。本研究は、GISをこのようなプラットフォームとして選び、すべての道路を取り上げたネットワークにおいて、ほぼ一台一台まで細分した交通量の配分を試み、高い再現性を得ることができた。また、GISを導入することによって、従来の交通計画実務にとっても有益な示唆が得られた。

Traffic Assignment on a Whole Road Network: Towards Transport Planning on GIS Platform*

By Yan LI**

Personal Trip Survey and Four-step Approach to travel demand have been pointed out with a lot of problems since its birth in 1950s, and tremendous efforts on solving these problems have composed the mainstream of urban transportation study. However, in transport planning practice, there has been little improvement from the original method. In the recent years, with the rapid technical innovation of information sciences, it is the time to integrate the research achievements to pursue a more reality-oriented platform for transport planning. In this paper, the author chooses GIS as the platform and carries out a traffic assignment of individual ODs on a detailed network in which all the roads are picked up as the network component. Through this, the paper shows the usefulness of GIS, not only for the future integration but also for solving some critical problems in the present planning realities.
