

交通量配分問題へのファジィ・ニューラルネットワークの適用に関する研究

井ノ口 弘昭

交通需要予測における交通量配分は、分布交通量として予測された車や人の移動を、与えられた交通ネットワーク中の流れとして捕らえ、ネットワークの各部分の交通量を予測する作業であり、その主な目的は、道路網計画を策定する際の基礎情報を提供することである。交通量配分モデルに関する研究は1950年代にall-or-nothing法、転換率曲線の研究から始まり、最短経路探索アルゴリズムの開発に伴い、大規模な道路網にも適用可能な分割配分法の開発が行なわれ、分割配分法は現在の実務でも広く用いられている。

近年では、交通量配分モデルは単なる道路網計画にとどまらず、交通運用計画、交通管理計画、道路交通情報提供などソフトウェア的対策にも利用されるようになってきている。そこで、現在の実務で用いられている手法の問題点が指摘されつつあり、人間の交通行動に基づいた、より論理性のある配分理論の開発が必要となっている。

一方、都市内においては交通渋滞が慢性化している箇所が多く、時間の損失、燃料消費による経済的損失、排気ガスによる大気汚染が深刻化している。特に、東京23区においては平成9年のピーク時自動車走行平均速度は19km/hであり、全国平均の35km/hと比較しても交通渋滞の深刻さが分かる。また、大気汚染の原因物質の1つとして挙げられる二酸化窒素に注目すると、環境基準である「1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること」に対して、「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」の特定地域(首都圏特定地域、大阪、兵庫圏特定地域)の環境基準達成率は、自動車排出ガス測定局で35.7%となっている。道路整備により渋滞が解消することにより排出ガスの量が減少し、大気汚染などの低減につながると考えられるが、用地、予算等の制約から道路の新設・拡幅による渋滞対策が困難になりつつある。そこで、より有効な既存道路の利用のために、道路の交通容量の改善に着目した交差点改良等の対策や、道路の需要管理に着目したTDM等の政策が注目されている。これらの対策・政策を実施するためには、より詳細な交通行動予測が必要である。

また、利用者の経路選択行動は、費用最小化行動の仮説を用いたものが多い。利用者の費用に対する認識の不確実性を導入するなどの工夫がなされたモデルも存在するが、必ずしも現実の経路選択行動が十分に表されているとは言えない。利用者の経路選択行動はまだ完全には解明されていないのが現状である。我々の行ったアンケート調査結果では、経路を選んだ理由で、「所要時間が短い」の回答は1位で

はあったが、全体の 39%であり、道路の走りやすさなども考慮して経路を選択していることが分かった。この経路選択行動を明らかにすることにより、より精緻な交通需要予測を行うことが出来ると期待されている。

現在、ITS 技術の研究開発が盛んに行なわれている。その中でも、安全運転の支援の開発分野のうちの車間距離警報システム(Adaptive Cruise Control)のような運転補助や自動運転のサービスに大きな期待が寄せられている。これらの研究開発には、車間距離を適正に保つための追従走行挙動のモデル化が非常に重要である。

このような背景により、本研究ではファジィ理論とニューラルネットワーク理論を利用して、より論理性のある人間行動特性に基づいた経路別交通量の予測モデルの開発を行なった。

本研究では、経路選択モデル、追従走行モデル、交通量配分モデル、微視的道路交通シミュレーションモデルを構築するが、各モデルの関係は図 1 のようになっている。ファジィ的交通量配分モデルは、都市圏のような広域でかつマクロ的な交通量を予測するツールとして位置付けられる。それに対して、都市内の限られた地域の中で、ミクロ的な交通量や渋滞長などを予測するツールとして微視的道路交通シミュレーションモデルが位置付けられる。通常は、都市圏を対象としたマクロ的な交通量予測を行なった後、その結果を用いて特に注目したい地域はミクロ的な交通量予測を行なうこと、場合によっては微視的道路交通シミュレーションモデルで得られた結果をパラメータとして交通量配分モデルに反映させることから、この 2 つのモデルは密接な関係を持っている。経路選択モデルは、この 2 つの交通量予測モデルに組み込まれる重要なモデルの 1 つである。また、追従走行モデルは微視的道路交通シミュレーションモデルに組み込まれ、シミュレーションの再現性を左右する重要なモデルであり、また運転補助サービスのような ITS の技術開発にも利用されるべきモデルである。

このように本研究で構築を行なうモデルは何れも密接な関係を持っており、これらのモデルを用いることで、都市圏レベルから都市内の細部に亘るまでの総合的な交通量予測を精度よく行なうことが可能となる。

第 1 章では、本研究の意義と目的について述べ、続いて本研究で開発を行なう経路選択モデル、追従走行モデル、交通量配分モデル、微視的道路交通シミュレーションモデルは互いに密接な関係を持ち、またこれらのモデルを用いることで、都市

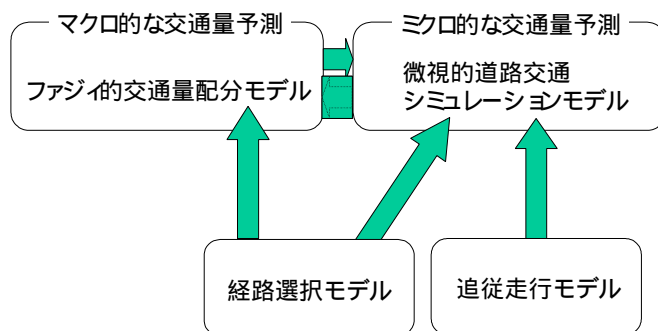


図 1 各モデルの相互関係

圏レベルから都市内の細部に亘るまでの総合的な交通量予測を精度よく行なうことが可能であることを述べた。

第 2 章では、交通量配分モデルについて既存研究を整理しつつ、それらの問題点を明らかにし、今後の研究の方向性を示した。その中で、交通量配分モデルに用いる経路探索アルゴリズムは、Dijkstra 法が効率的であること、車種別交通量配分モデル開発の必要性、動的交通量配分モデルの整理、計算のための OD データ等の整備の必要性などについて述べた。

第 3 章では、既存モデルの問題点とファジィ理論、ニューラルネットワーク理論の性質と本研究のモデル開発の基本的考え方について述べ、人間の行動した結果生じる交通現象などの予測には、場合に応じてファジィ理論、ニューラルネットワーク理論を使用することは有効な手段であることを示した。

第 4 章では、経路選択モデルを開発する意義について述べ、続いてアンケート調査を基に経路選択行動の解析を行なった。その結果、経路を選択する理由で「所要時間が短い」という回答は 1 位であったが 39%であり、通勤・通学時においては所要時間のばらつきの少なさ、買い物時においては道路の走りやすさや経路の分かりやすさも重視する傾向があることなどが分かった。交通混雑状況、信号機・一時停止の数、道路の走りやすさ、所要時間差を説明変数とした経路選択行動を表すニューラルネットワークモデルを構築し、アンケート調査の結果を学習データとして与えた結果、モデルの的中率は 93%になり、経路選択行動をよく説明していることが分かった。さらに所要時間以外の 3 つの入力値(混雑状況、信号機・一時停止の数、道路の走りやすさ)を説明するモデルのための道路条件を抽出し、パラメータの推定を行ない、このモデルを組み込んだニューラルネットワークの適合度を調べた結果、的中率は 87%であった。

第 5 章では、まずファジィ的交通量配分モデルを開発する意義について述べ、従来の研究の問題点を指摘した。次に、可能性測度最大化配分モデル、満足度最大化配分モデル、不満最小化配分モデルの 3 モデルについて配分原則を定義し、定式化を行なった。そして、これらの配分モデルの特性を調べた結果、可能性測度最大化配分モデルでは最小所要時間のみが考慮されること、満足度最大化配分モデルでは最小所要時間より最大所要時間の変化の方が経路の魅力度に与える影響が大きいこと、不満最小化配分モデルでは最小所要時間を減少させた場合、所要時間のばらつきが大きくなることからその経路を嫌う傾向が出ることなどが示された。また、実ネットワークへの適用が可能な満足度最大化配分モデルの計算アルゴリズムの開発を行なった。

第 6 章では、第 5 章で開発を行なった配分モデルを仮想道路網と名古屋都市圏の道路網に適用し、利用者均衡配分モデルなどとの比較を行なった。仮想道路網を用いた配分結果から、満足度最大化配分モデルでは最小所要時間、最大所要時間の与え方で配分結果が大きく異なること、総走行時間は他の配分モデルより長くなることなどが分かった。また、名古屋都市圏の道路網を用いて、7~9 時の OD 交通量と 1 日の OD 交通量を用いて配分計算を行なった結果、RMS 誤差などの評価指標では、

利用者均衡配分モデルが最も適合度が高かった。満足度最大化配分モデルでは、道路種別ごとあるいは各道路区間ごとに適切な最小・最大所要時間の設定を行なう必要があることが分かった。

第 7 章では、まず追従走行モデルの開発意義および既存研究について述べた。次に測量用 GPS 受信機を用いて走行調査を行なう方法を提案し、その精度試験を行なったところ、観測条件が悪い状況下でも距離の誤差は最大 2.2cm であり、非常に高精度で計測が可能であることが分かった。そして、16 名の被験者を対象に富浜緑地周辺と浄水周辺で走行調査を行ない、追従走行挙動のデータを取得した。加速度を被説明変数、1 秒前の走行速度および車間距離を説明変数とするファジィ的ニューラルネットワークを用いた追従走行モデルを構築し、走行調査の結果を教師データとして与えて学習した結果、従来のモデルと比べて適合度が高いことが示された。そして、運転者属性別にモデル推定を行なったところ、車間距離に対する認識の違いなど、各運転者属性間に違いが見られた。

第 8 章では、まず微視的道路交通シミュレーションモデルの開発意義および既存研究について述べた。次に、本研究で開発した経路選択モデルと追従走行モデルを組み込んだ交通流シミュレーションモデル(CaTS)の構成とその特徴および他のシミュレーションモデルとの比較について述べた。そして、計算手順、スキャンニングタイムの検討を行なった。本モデルを豊田市都心部へ適用し、実測データと比較したところ良好な再現が出来ていることが分かった。また、精度の高い OD データが得られているトヨタ自動車本社工場周辺地域へ適用した結果、最大渋滞長はかなり良い精度で再現できていることが分かった。また、対象地域内を目的地とする交通についてトリップ長が短くなるように対象地域内に流入する交差点において利用駐車場を指定した場合の予測を行なったところ、ほぼ全ての箇所渋滞は解消し、総走行時間では現況の 54%に、総走行距離では現況の 84%になり、走行時間の短縮を時間価値を用いて貨幣換算すると 7:30~8:30 の 1 時間で約 160 万円の節減になることが示された。

第 9 章では、以上の研究成果についてまとめ、今後の課題を示した。