

# ニューラルネットワークを用いた通勤時の経路選択モデルの構築 Development of Commuting Route Choice Model by Using Neural Network

井ノ口 弘昭\*, 河上 省吾\*\*

By Hiroaki INOKUCHI and Shogo KAWAKAMI

## 1.はじめに

交通量配分モデル等で用いられている運転者の経路選択規範は、最短所要時間経路を選択するとしたものが多い。しかしながら、我々が行ったアンケート調査によると、経路を選んだ理由で「所要時間が短い」の回答は1位であったが、全体の39%であった。このことから道路の走りやすさなども考えて経路を選択していると言える。

本研究では通勤・通学時に焦点を当てて、経路選択行動を分析する。人間の選択行動は複雑であるため、モデルの構築は複雑になる。このような場合、ニューラルネットワークを用いて教師データを与えることにより、パラメータのチューニングを行い、モデルの構築を行うことは有効な手法であると考えられる<sup>1),2)</sup>。そこで、本研究ではアンケート調査の結果を教師データとして与え、経路の魅力度を出力値としたニューラルネットワークモデルを構築する。

## 2.経路選択行動分析のためのアンケート調査

経路選択行動を分析するためにアンケート調査を行った。調査の概要を表-1、対象地域を図-1に示す。本調査では、通勤・通学時と買い物時とに分けて、利用経路、代替経路、各経路の所要時間・混雑状況などの評価、経路を利用する理由を聞いている。経路を利用する理由の集計結果を図-2に示す。通勤・通学時においては所要時間のばらつきを少なさを重視し、買い物時においては道路の走りやすさ

表-1 アンケート調査の概要

実施日	1999年6月・9月
配布/回収数	2000/307部(回収率15%)
配布地域	名古屋市千種区および名東区
配布・回収法	訪問配布・郵送回収

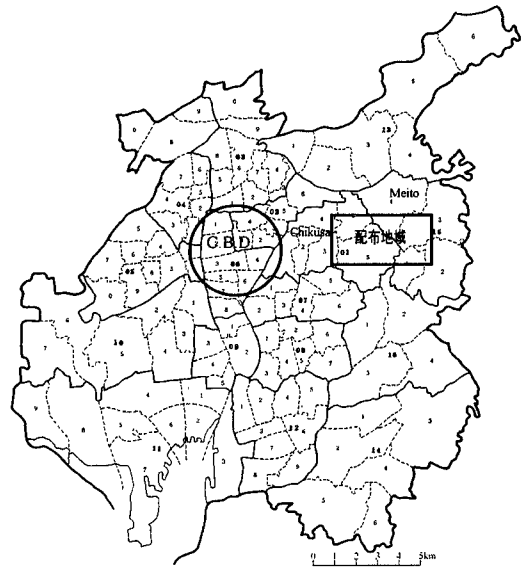


図-1 調査対象地域

や経路の分かりやすさを重視する傾向があることが分かる。

次に、数量化理論II類を用いて経路選択構造の分析を行った。外的基準は経路を利用する理由(所要時間が短い、その他)とした。通勤・通学時の分析結果を表-2に示す。この結果から、年齢が若いほど所要時間を重視する傾向があると言える。また、信号機や一時停止の数が最も所要時間に関係していることが分かった。

キーワード：経路選択，交通行動分析，ニューラルネットワーク

\* 学生員，修(工)，名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻  
〒464-8603 名古屋市千種区不老町

Tel.052-789-3730 FAX 052-789-3738

E-mail inokuchi@civil.nagoya-u.ac.jp

\*\* フェロー，工博，名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

表-2 通勤・通学時の数量化理論II類による分析結果

説明変数	カテゴリー	カテゴリ スコア	レンジ	偏相関係数
混雑状況	1.2.空いている	-0.080	0.647	0.098
	3.普通	-0.339		
	4.5.混んでいる	0.308		
信号機や一時停止の数	1.2.少ない	1.802	2.442	0.325
	3.普通	-0.363		
	4.5.多い	-0.640		
道路の走りやすさ	1.2.走りやすい	-0.043	0.435	0.061
	3.普通	0.161		
	4.5.走りにくい	-0.274		
性別	男性	0.111	0.450	0.073
	女性	-0.339		
年齢	~29歳	1.483	1.636	0.142
	30~59歳	-0.074		
	60歳~	-0.153		

R<sup>2</sup>=0.12

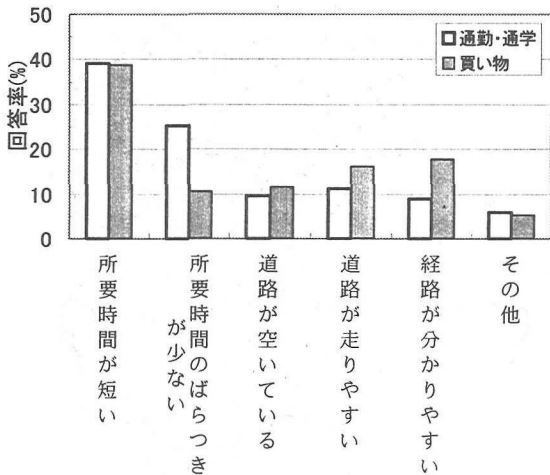


図-2 経路を利用する理由

### 3. ニューラルネットワークを用いた経路選択モデルの構築

#### (1) ニューラルネットワークについて

一般的に、ニューラルネットワークは以下の条件下でその特徴を発揮する<sup>3)</sup>。

- 1) メカニズムが複雑である
- 2) 入出力の関係が不明である
- 3) 数学的なモデル化が困難である
- 4) 経験データが蓄積されている

本研究でモデル化を行う経路選択行動はこのような性質を持っているため、ニューラルネットワークによるモデル化が適切であると考えられる。

#### (2) 経路選択モデルの構築

本研究では、運転者は経路の混雑状況、信号機や一時停止の数、道路の走りやすさ、経験的な所要時間差を評価し、経路の総合評価としての魅力度を認識し、最大のものを選択すると仮定する。この過程を図-3に示すニューラルネットワークで表現する。なお、経路の魅力度は0から1までの範囲である。ニューラルネットワークの学習には誤差逆伝播アルゴリズム<sup>4)</sup>(error back-propagation algorithm)を用い、ニューロンの閾値関数にはシグモイド(sigmoid)関数を用いた。また、学習データはアンケート調査の結果を用いることとし、表-3に示す数値を用いた。普段利用する経路の魅力度は、シグモイド関数の特性から0.9とし、代替経路の魅力度は(0,1)の中間値の0.5とした。

#### (3) 経路選択モデルの推定結果

アンケート調査で関係する全ての質問に答えた140サンプルを用いて学習を行い、係数を推定した。その結果、7回目の繰り返しで二乗誤差が最小となったため、この時の係数を採用した。図-4は信号機・一時停止の数、道路の走りやすさ、所要時間差

表-3 学習時に用いるデータ

入力層 (道路交通条件に与える数量)

混雑状況	1.非常に空いている	1
	2.やや空いている	0.75
	3.普通	0.5
	4.やや混んでいる	0.25
	5.非常に混んでいる	0
信号機や一時停止の数	1.非常に少ない	1
	2.やや少ない	0.75
	3.普通	0.5
	4.やや多い	0.25
	5.非常に多い	0
道路の走りやすさ	1.非常に走りやすい	1
	2.やや走りやすい	0.75
	3.普通	0.5
	4.やや走りにくい	0.25
	5.非常に走りにくい	0
所要時間差	$\frac{\{(代替経路)-(利用経路)\}}{(利用経路)+0.5}$	

出力層 (経路の魅力度)

普段利用する経路	0.9
他の利用可能経路	0.5

の3つの入力値を固定し、混雑状況を変化させた感度分析を行った結果、図-5は所要時間差を変化させた結果である。信号機・一時停止の数、道路の走りやすさを変化させた時も図-4と同様のグラフになった。このことから、所要時間差が最も経路の魅力度に影響を与えること、他の3要素の値が低いほど所要時間差の影響が大きくなる傾向があることが分かった。

アンケート調査の結果を用いてモデルの的中率を計算したところ93%となり、モデルの有効性が示された。

#### 4. 入力値として用いる指標の検討

3.で構築を行った経路選択モデルは所要時間差以外の入力値を運転者の知覚値としたため、モデルをそのまま適用するのは困難である。そのため、現実の道路条件を用いた経路選択モデルの入力値を説明するモデルを構築する。ここでは、アンケート調査の結果を基にして、1)平均速度、2)所要時間のばらつき、3)平均車線数、4)単位距離あたりの信号機の

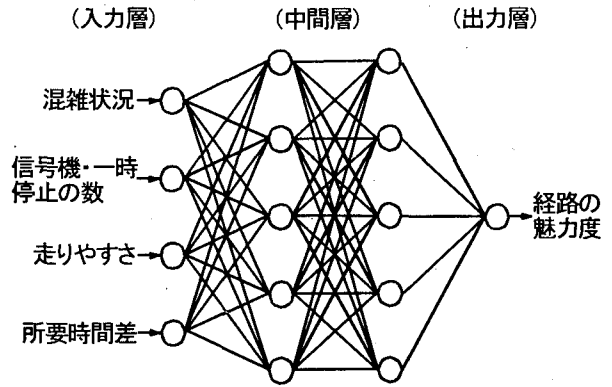


図-3 ニューラルネットワークによる経路選択モデル

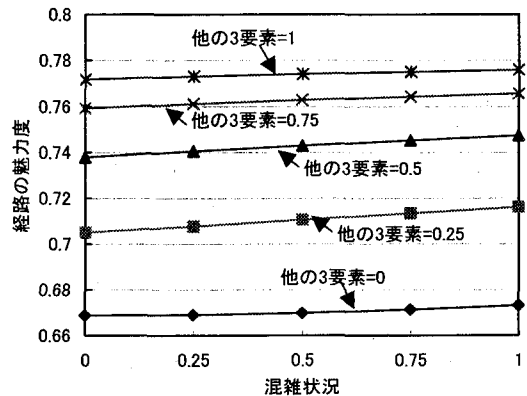


図-4 経路の混雑状況を変化させたときの経路の魅力度

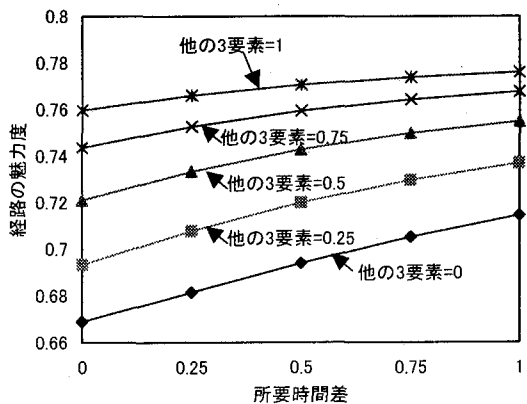


図-5 所要時間差を変化させたときの経路の魅力度

数, 5)単位距離あたりの右左折の回数を説明変数として, 変数低減法により説明変数を抽出してモデルのパラメータ推定を行った。

### (1)経路の混雑状況の定式化

経路の混雑状況の説明変数には, 平均速度を用いた。回帰分析による推定結果を表-4に示す。係数の符号は理論的に合致しており, 相関係数は 0.33であった。

表-4 混雑状況の回帰モデル

説明変数	係数	t-値
定数項	0.0876	1.4
平均速度 (km/h)	0.0212	5.1

(R=0.33)

### (2)信号機や一時停止の数の定式化

信号機や一時停止の数の説明変数には, 1km 当りの信号機の数を用いた。表-5に回帰分析による推定結果を示す。係数の符号は理論的に合致しており, 相関係数は 0.30 となった。

表-5 信号機・一時停止の数の回帰モデル

説明変数	係数	t-値
定数項	0.705	12.3
1km 当りの信号機の数	-0.0644	-4.5

(R=0.30)

### (3)道路の走りやすさの定式化

道路の走りやすさの説明変数には, 平均速度, 所要時間のばらつきを用いた。表-6に重回帰分析による推定結果を示す。係数の符号は理論的に合致しており, 重相関係数は 0.26 となった。

表-6 道路の走りやすさの重回帰モデル

説明変数	係数	t-値
定数項	0.371	4.8
平均速度 (km/h)	0.0107	2.6
所要時間のばらつき (分/km)	-0.0169	-1.4

(R=0.26)

ここで定式化を行ったモデルを使用して, ニューラルネットワーク的的中率を計算した結果, 87%となった。

## 5.まとめ

本研究では, アンケート調査を基に経路選択行動の解析をおこなった。その結果, 経路を選択する理由で「所要時間が短い」の回答は 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が分かった。次に, 数量化理論 II 類による分析の結果, 若者は所要時間の短さを重視する傾向があること, 信号機や一時停止の数が所要時間に最も関係することが分かった。

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。その結果, モデルの的中率は 93%になり, 経路選択行動を良く説明していることが分かった。感度分析を行った結果, 所要時間差が最も経路の魅力度に影響を与えること, 他の 3 要素の値が低いほど所要時間差の影響が大きくなる傾向があることが分かった。

さらに, 所要時間差以外の 3 つの入力値を説明する道路条件を抽出し, パラメータの推定を行った。定式化を行ったモデルを使用して, ニューラルネットワークモデルの適合度を調べた結果, 的中率は 87%になった。

今後の課題は, 買い物時の経路選択行動を分析することが挙げられる。

## 参考文献

- 1) Mark Dougherty: A Review of Neural Networks Applied to Transport, Transpn. Res.-C, Vol.3, No.4, pp.247-260, 1995.
- 2) Dusan Teodorovic, Katarina Vukadinovic: Traffic Control and Transport Planning: A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- 3) 国際電気通信基礎技術研究所: ニューラルネットワーク応用, オーム社, 1995.
- 4) Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. and Williams, R.J.: Learning representations by back-propagation errors, Nature, 323, pp.533-536, 1986.