

就業者の自由活動時間推計モデルの構築*

An Activity Duration Model for Commuters' Non-Work Trips Using the Neural Network

加藤研二**, 竹内淳***, 松本昌二****, 佐野可寸志*****

Kenji KATO, Jun TAKEUCHI, Shoji MATUMOTO and Kazushi SANO

1. はじめに

従来、個人の交通行動を分析するには、個々のトリップをモデル化するというアプローチ、すなわち、**trip-based approach**を用いたものが一般的であった。この考え方は、従来の交通渋滞の解消を目指す手法として、新規道路の開発、既存の道路の整備・拡張といったハード面での対策をとった場合の評価をおこなうことを目的としていると考えられる。しかし、この考え方をを用いた予測方法では、1日の交通行動をトリップごとに分割して分析することから、1日全体の行動を考慮した選択がおこなえない。また、トリップが分析対象となっているためにトリップの発生源である活動自体を考慮することができないといった問題点がある。

近年においては、交通渋滞の解決策として、フレックスタイム制の導入、週休2日制の導入といった個人の交通需要をマネジメントすることにより、渋滞の緩和を図る政策が必要となってきた。このような政策の評価をおこなうことが重要であるが、その際には交通需要は生活行動の派生的な需要であるものと捉えた、個人の活動を分析することが重要であると考えられる。この点に着目したアプローチが **Activity-based approach**である。¹⁾

現在、多くの **Activity-based approach**に基づいた生活行動・交通行動モデルが提案されている。瀬戸ら²⁾ 藤井ら³⁾により個人の1日を通じての活動時間やトリップ数等の交通行動、生活行動の指標と、個人属性や交通環境との因果関係を構造方程式モデルの枠組みで、また、行動原理を明示的に考慮するために藤井ら⁴⁾は効用理論の枠組みでモデル化をおこなっている。このような生活行動モデルの開発を図る流れ

の中で、時間軸を明示的に組み込み、個人毎にシミュレーションをおこなう研究もおこなわれてきている。個人の生活行動に関する意志決定を時間軸上で逐次的に再現し、それに伴う生活行動の軌跡を生成することを目的としたPCATS⁵⁾がその例として挙げられる。

また、モデル化の手法に関しては、既存の手法に加えて、ニューラルネットワークモデル（以下NNモデル）などのソフトコンピューティングの手法が適用されはじめている。⁶⁾⁷⁾しかしながら、これらの研究では、就業後の自由活動時間が終業前の自由活動時間に与える影響がどの程度なのか、といったようにある活動が、それ以前の活動に与える影響について明示的に評価することができない。

そこで、本研究ではソフトコンピューティングの手法を用いた交通政策実施後の交通需要予測および評価をおこなえるモデルの構築を念頭に置きながら、その基礎となる通勤活動をおこなう就業者の就業前と終業後の自由活動時間を推定するモデルを構築するとともに、NNモデルの適用性および各活動時間が相互に与える影響を把握することを目的とする。

2. 使用したデータ

本研究では、平成11年11月に新潟県長岡市を中心とする長岡都市圏においておこなわれた交通実態調査の結果を用いる。表-1に活動目的別に集計した結果を示す。また、就業者で通勤活動をおこなっている個人5,205人について活動の要素をまとめた一部を表-2および表-3に示す。

これより、就業者は圧倒的に自動車を利用して通勤をおこなっていることが分かる。また、就業活動以外の自由活動をおこなう人が少なく、就業前よりも就業後に自由活動をおこなう人が多いこと、就業前および就業後の両方で活動をおこなう人は、両活動とも活動時間が短いことが分かる。

本研究では、就業者のうち、通勤活動をおこなっている個人5,205人のデータを用いてモデルの推計をおこなう。

*キーワード：交通行動分析、TDM

**正会員 工修 阿南工業高等専門学校建設システム工学科助手

(〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木265
TEL:0884-23-7185 FAX:0884-23-7199)

***正会員 工修 (株)F・D・C

****正会員 工博 長岡技術科学大学 環境・建設系教授

*****正会員 工博 長岡技術科学大学 環境・建設系助教授

(〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1
TEL:0258-47-9615 FAX:0258-47-9650)

表-1 活動目的による分類

主な活動目的		サンプル数	割合
有職者	通勤	5,205	35.4%
	業務	515	3.5%
	その他の行動	572	3.9%
	行動無	1172	8.0%
非就業者	行動有	1,943	13.2%
	行動無	2,764	18.8%
学生	通学	2,530	17.2%
合計		14,701	100.0%

表-2 就業者の通勤時交通手段

交通手段	サンプル数	割合
自動車	4,392	84.38%
公共交通	1	0.02%
二輪車	87	1.67%
その他	725	13.93%
合計	5,205	100.00%

表-3 有職者の自由活動時間 (※1)

		就業後自由活動時間				
		①	②	③	④	⑤
就業前自由活動時間	①	4,533	179	117	64	177
	②	49	31	8	3	7
	③	4	0	1	0	3
	④	6	0	1	1	2
	⑤	17	0	1	0	1

※1：・単位は人
 ・○数字はそれぞれ以下に示す自由活動時間を示す。
 ①：活動無、②：20分、③：20～40分、
 ④：40～60分、⑤：60分～

3. NNモデルを用いた分析

本章では、本研究で用いるNNモデルの概要および分析結果について示す。

(1) NNモデルの構築

本研究では、図-1に示すような階層型ニューラルネットワーク（入力層、中間層、出力層が各1層）を用いて分析をおこなう。

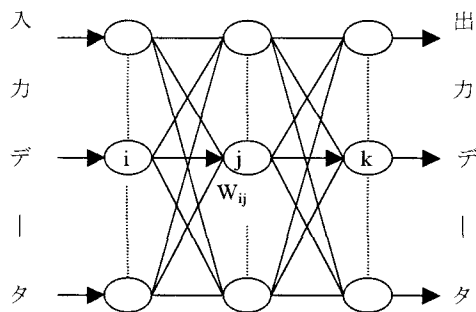


図-1 NNモデルの構造図

本モデルの構造としては、現象表現（入力データ）をニューロンへの発火状態と静止状態の組み合わせという形で表現する。ここで、発火状態を1、静止状態を0という形で入力データを1と0の組み合わせた形で入力し、入力層のニューロン*i*から中間層のニューロン*j*への入力値 I_j と結合荷重 W_{ij} 、ニューロン*i*での閾値 h_j から、ニューロン*j*への入力値の総和 U_j は(1)式のように求めることができる。

$$U_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} \cdot I_i + h_j \cdots (1)$$

さらに、以下の関数関係より計算される値を、中間層のニューロン*j*から出力層の*k*への入力値として用いる。この時、入出力特性を定める非線形関数には、シグモイド関数を用いる。次に(2)式より求められた中間層*j*から出力層*k*への入力値を(1)式に代入し、中間層*j*から出力層*k*への入力値の総和を求めるモデルとした。

$$O_j = f_j(U_j) \cdots (2)$$

また、本研究ではモデルの安定化のため、中間層のニューロン数は入力層のニューロン数の半分としたモデルを用い、就業前および就業後の自由活動時間推定モデルの入力層へ用いるデータとして、表-4に示す変数を用いた。この際、就業前の自由活動時間が就業後の自由活動時間に、また、終業後の自由活動時間が就業前の自由活動時間が与える影響を考慮するため、それぞれの推計モデルの説明変数として用いた。

(2) 推定結果

NNモデルを用いて、就業前、就業後の自由活動時間について計算をおこなった結果を表-5に示す。

この結果より、的中率が両モデルとも高い値を示していることが分かる。このことより、就業前およ

表-4 各モデルの説明変数

性別	①男性 ②女性	就業地	①長岡中心部 ②長岡南地区 ③長岡北地区 ④長岡西地区 ⑤長岡市外
年齢	①～29歳 ②30～39歳 ③40～49歳 ④50歳～		就業開始時刻
免許	①有 ②無	就業終了時刻	
専用车	①有 ②無		ゾーン間距離
職業	①農林漁業従事者 ②採鉱・採石従事者 ③技能工・生産工程従事者 ④販売従事者 ⑤サービス従事者 ⑥運輸・通信従事者 ⑦保安職業従事者 ⑧事務的職業従事者 ⑨技術的・専門的職業従事者 ⑩管理的職業従事者	通勤手段	
			就業前自由活動時間(※2)
世帯人数	①1人 ②2人 ③3～4人 ④4人～	就業後自由活動時間(※3)	①活動無 ②～20分 ③20～40分 ④40～60分 ⑤60分～
続柄	①世帯主 ②配偶者 ③子供 ④親 ⑤その他		就業前自由活動交通手段
保有台数	①～2台 ②3台～	就業後自由活動交通手段	
5歳以下の子供の有無	①有 ②無		居住地
高齢者の有無	①有 ②無		
		※2：就業前自由活動時間推定の時は外的基準， 就業後自由活動推定の時には説明変数とする。 ※3：終業後自由活動時間推定の時は外的基準， 就業前自由活動推定の時には説明変数とする。	

び就業後の自由活動の推定においてはNNの再現性という点からみて、良い結果が得られた。

次に、各説明要因が外的基準にどのように影響を及ぼしているかを考える。過去の研究においては、NNモデルを用いた場合、説明要因が外的基準に与える影響を相対的重要度を直接的に表すことが難しいことよりrangeという指標を用いて評価していたが、この指標を用いると、各説明要因が外的基準に与える影響を詳細に評価することが難しくなる。そこで、今回は、説明要因が出力層へ与える影響を結合荷重の大きさにより評価することとし、各説明要因が与える詳細な影響を把握することとする。各モデルの結合荷重の大きさを表-6に示す。

まず、就業前の自由活動には世帯人数の要因が及ぼす影響が大きいことが分かる。これは、世帯人数が多くなると、個人以外の世帯構成員を送迎するといった行動をおこなう際に、個人の自由活動を併せ

ておこなうことが考えられる。次に、就業後の自由活動時間には、通勤手段が最も影響を及ぼしていることが分かる。これは、通勤時に自動車を用いた場合、帰宅時にも自動車を利用すると考えられ、自動車を利用することにより、活動範囲が大きくなるとともに、荷物の搬入が便利といった利便性が良くなるため自由活動に影響を与えていると考えられる。

また、両モデルとも、就業地がどの場所にあるかにより自由活動に影響を与えていることが分かる。これは、就業地の周りに店舗等が多く存在すると、自由活動をおこなう可能性が高くなり、自由活動に費やす時間にも影響を与えると考えられる。

最後に、就業前および就業後の自由活動時間が相互の自由活動時間決定に与える影響を把握するため、就業前と就業後の自由活動時間を両推定モデルの説明変数として用いたが、推定結果より就業前および就業後の自由活動時間は相互に影響を与えることが

わかった。

表-5 各モデルの推定結果

モデル名		就業前 自由活動時間	就業後 自由活動時間
ニュー ロン数	入力層	76	
	中間層	38	
	出力層	5	
サンプル数		5,205	
的中率(%)		99.27	94.49

表-6 各モデルの結合係数

説明変数	就業前自由活動 時間推定モデル	就業後自由活動 時間推定モデル
性別	-0.00648	0.00225
年齢	-0.01719	-0.01473
免許の有無	-0.03705	-0.02529
専用車の有無	0.00067	0.00366
職業	0.00969	0.00741
世帯人数	0.01908	0.00172
続柄	0.00553	0.00757
保有台数	-0.00839	-0.00042
5歳以下の 子供の有無	-0.03979	-0.02804
高齢者の有無	0.00232	0.00134
居住地	-0.01114	-0.00157
就業地	0.01131	0.01088
就業開始時刻	-0.01560	-0.01022
就業終了時刻	-0.00945	-0.00458
居住地～就業地 ゾーン間距離	-0.01923	-0.01768
通勤手段	0.00984	0.01864
就業前 自由活動時間	-----	0.01083
就業後 自由活動時間	0.00648	-----
就業前自由活動 交通手段	0.00312	0.00613
就業後自由活動交 通手段	-0.03575	-0.03077

4. おわりに

本研究では、NNモデルを用いて就業者の就業前および就業後の自由活動時間の推計をおこなった。ま

た、就業前と就業後の自由活動時間が相互に与える影響およびNNモデルの適用性について検討をおこなった。本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- ① 業前および就業後の自由活動時間をNNモデルを用いて推計したところ、良好な結果が得られた。これにより、NNモデルを適用性が高いことが分かった。
- ② Nモデルに用いる説明変数が外的基準に及ぼす影響を、NNモデルの結合荷重より評価したところ、従来より用いられているrangeを用いた評価より、各説明変数の影響力を詳細に評価することができた。
- ③ 就業前および就業後の自由活動は、世帯人数および就業地の特性による影響が大きいことがわかった。
- ④ 就業前と就業後の自由活動時間は、相互に影響を与えていることがわかった。

本研究では、就業者の就業前と就業後の自由活動に着目し、モデルを構築したが、今後の課題として、

- ① 交通手段選択、活動時間選択といった各意志決定および他者の生活行動との関係を考慮した、個人の1日の行動を推計できるシミュレーションモデルの構築
- ② 交通政策を実施したときの影響評価をおこなえるモデルへの拡張
- ③ 説明変数の適正な選択を考えたNNモデルの構築などが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 北村隆一：交通需要予測の課題—一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
- 2) 瀬戸公平, 北村隆一, 飯田克弘：構造方程式を用いた活動実行時点・活動時間・トリップ距離間の因果関係の分析, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.209-212, 1995
- 3) 藤井聡, 北村隆一, 飯田克弘：誘発交通需要分析を目指した就業者の活動パターンに関する研究, 土木学会論文集, No.562/IV-35, pp.109-120, 1996.
- 4) 藤井聡, 北村隆一, 瀬戸公平：生活行動に伴う個人の効用を考慮した生活行動—交通行動モデルシステムの開発, 土木学会論文集, No.562/IV, pp.83-96, 1997
- 5) 藤井聡, 大塚祐一郎, 北村隆一, 門間俊幸：時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp.643-652, 1997
- 6) 坪井兵太：ソフトコンピューティングを用いた交通行動分析システムの構築, 岐阜大学学位論文, 1997
- 7) 秋山孝正, 楊海, 高橋寛：ニューラルネットワークを用いた交通活動パターン分析, 交通工学, Vol.28, No.1, pp.25-33, 1993