

判断基準の序列にもとづく交通機関選択モデル

Modal Choice by Sequential Application of Decision Criteria

島崎敏一*・上川一史**・松本嘉司***

By Toshikazu SHIMAZAKI, Kazushi KAMIKAWA, and Yoshiji MATSUMOTO

This paper proposes a new modal choice model. The model is developed based on the assumptions that (1) There is a priority for a judging criteria, (2) An alternative which is located in the first place when an alternatives were ordered lexicographically, (3) There is threshold for each criteria and (4) A ratio of persons who have a certain priority of judgement criteria is constant. The calibration method is also shown. The constructed model is straightforward in its concept and reflects the human real decision process. The model is applied to a real case in order to check applicability. The result shows good performances.

1. はじめに

本論文の目的は、交通機関選択に関する新しいモデルを提案しようとするものである。

人が交通行動を起こす場合、4段階推定法に即して言えば、発生・集中、分布、分担、配分の各段階で交通行動についての各種の判断と決定をしていると考えられる。最近、こうした判断はそれぞれ独立のものではなく、目的、交通手段などを総合的に判断して決定するという考え方にもとづく研究もなされているが、モデルを実際に適用する場合には、従来型の各段階で決定するというモデルも重要である

と考えられる。交通機関選択モデルは、こうした交通行動モデルの典型的な対象の1つである。

交通機関選択モデルについては、従来から各種のモデルが考案されており、分担率曲線法、関数モデル、犠牲量モデルなどの集計タイプのモデルと、非集計タイプのモデルとに分類できる。これらのモデルについては、それぞれ利点もあるが、問題点も指摘されている。問題点の代表的なものは、集計タイプのものについては、行動原理が不明確であることなどであり、非集計タイプについては、効用関数の形、評価指標のウェイトの変動、類似性をもつ選択肢の取り扱いなどである。いずれのタイプのモデルも、基本的には交通機関のサービスレベル、交通を行う人の属性などの多次元の尺度を効用などの1次元の尺度に写像し、1次元の軸上で判断を行うという形になっており、これが問題点の原因の1つになっていると考えられる。

一方、判断の問題は、心理学の分野でも多くの研

キーワード 交通機関選択モデル、順番基準

* 正会員 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科
(〒113 文京区本郷7-3-1)

** 住友生命

***正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科

究がなされている。Hoffman³⁾、Slovicら⁴⁾は、情報の総合にあたっては、必然的な相互関係が複雑になれば、直線的総合モデルよりも、布置的総合モデルのほうが適当であることを指摘している。こうした点を考慮すれば、人の判断プロセスをより直接的に反映したモデルを作成する必要があると考えられる。本論文は、こうした試みの1つとして新しいモデルを提案しようとするものである。

2. モデル

(1) 基本的な考え方

交通行動モデルを考える場合、第一に重要なことは、行動原理が明確であるという点である。従来の集計型モデルでは、この点が明らかでなく、単なる現象説明型のモデルであるという欠点があった。このとき可能であるならば、その行動原理は、実際の人が与えられた環境や交通条件などの情報を処理して判断する過程を直接的にシミュレートしたものであることが望ましいことは言うまでもない。

行動原理の具体的な表現としては、従来の非集計行動モデルのように効用などの1次元尺度に写像して考える方法と多次元のままあつかう方法が考えられる。人の情報処理過程においては7項目程度は同時にあつかえる⁵⁾という指摘があることからわかるように、多次元のままあつかうほうが人の情報処理過程により近いと考えられる。また、第1章でも述べたように、相互関係が複雑になってくれば、直線的総合モデルよりも布置的総合モデルのほうが優れているということからも、このことは明らかである。非集計交通行動モデルの場合、交通機関のサービスレベルが同じであれば、すべての人が同じ交通機関を選択するという結果になるが⁶⁾、実際には、変数の値が同じでも、その選択結果は異なるという現実、誤差項でしか説明できないという欠点がある。これに対しては、サービスレベルを客観的な値ではなく主観的評価値を考慮して説明しようとする研究⁷⁾などがあるが、多次元尺度をそのままあつかうことにより、別の解決策が提案できる可能性がある。

モデルの作成後、実際に予測に使用する場合、非集計モデルでもなんらかの集計操作をする必要があり、その場合セグメントに分割するのが精度をあげ

るために有効であるとされ、各種の分割法が考えられている⁸⁾。分類の基準としては、選択肢の利用可能性、属性変数によるものなどがあるが、交通機関の選択基準の差異を陽な形で利用したセグメンテーションはこれまで考慮されたことはない。選択基準の差異による分類ができれば、予測にあたっての精度の向上に有効であると考えられ、この可能性を検討する必要がある。

これらをまとめれば、(a) 行動原理が明確であること、(b) 多次元のままあつかえること、(c) 個人差がより明示的であること、(d) セグメンテーションが選択基準の差異に即しておこなえるものであることなどが新しい交通行動モデルを開発するとき考慮すべき条件と考えられる。

(2) モデルの仮定

前節で述べたような、多次元の尺度のまま判断するというモデルを考える場合、ゲームの理論が参考になる。ゲームの理論では、意志決定の判定基準には、マクシミン原理、ミニマックス原理などが考えられている⁹⁾。また、代替案の選択にあたって評価が数量化できないときには、選択基準は優越基準、満足基準、順番基準などが考えられている¹⁰⁾。ここで、優越基準とは、代替案の評価項目の最大値を最大にするというマキシマックス原理に相当するものであり、代替案のメリットを積極的に評価しようとするものである。満足基準とは、代替案の評価項目の最小値を最大にするというマクシミン原理に相当するものであり、デメリットの少ないものを選択しようとする消極的な基準である。順番基準は、判断する人が評価基準に序列をもっており、その評価基準の順番で評価値を辞書式にソートしてその第1順位のものを選択するものである。

人が、交通機関の選択にあたって、そのサービスレベルをどのように知覚しているかについては、各種の研究がある。非集計交通行動モデルなどでは、時間などのアクセス条件を客観量であらわすか、主観量であらわすかという問題があり、それらは、一般には一致しないと指摘されている¹¹⁾。アンケートによる所要時間の回答では5分、10分などのきりのよい数字が多いと言われている。また、心理学では、いき値という概念が使われており、人が弁別できる刺激には最小値があるということは確立され

ている。これらの点を考慮すれば、交通機関のサービスレベルに関する人の認識は、一般には、ある意味でデイスクリートであると考えるほうが自然であり、優越、満足、順番の各基準のうちいずれかを適用するのが良い。

このとき、優越基準と満足基準では、選択結果は唯一に決まってしまう、同じ状況でも人によって選択結果が異なるという点が説明できない。また、これらの基準は、それぞれ、非常に積極的および消極的な判断基準となっており、全員がこうした基準を採っているとは考えられない。一方、順番基準においては、判断する人の評価基準の序列によって選択結果が変化し、新しいモデルに求められる条件を考慮すれば、ここでは、この順番基準を採用するのが適当であると考えられる。

順番基準による場合、代替案の比較は同じ評価項目内でのみ行えばよく、定性的な評価値もそのままあつかえる。定量的な評価値を利用する場合には、人の認識値がデイスクリートであることから客観値を順序尺度に変換する必要がある。これについては、いくつかの方法が使用されるが⁽¹²⁾、ここでは、セマンティックディファレンシャル法に準じて、代替案の各項目の評価値は良否の2段階に区分することにする。良と判定する値の範囲は各評価項目については一定であるとして、これを弁別不能レンジと呼ぶ。

セグメンテーションについては非集計交通行動モデルの構築にあたっては基準には定説がなく、社会経済特性、地域特性、トリップ特性などが考えられている。このとき、セグメントごとに選択を均一化させるのではなく選択行動を同質化させるのがよいとされている⁽¹³⁾。これを本モデルの考え方に対応させれば、同じ判断基準の序列を持つ人の集団を1つのセグメントと考えれば、これがそのまま実現されることになる。

以上のことから、次の仮定を設けて、モデルの作成を行う。

- (a) 人の判断基準には序列がある。
- (b) 判断基準の序列の順に辞書式にソートした最上位の代替案が選択される。
- (c) 各判断基準の弁別不能レンジは一定であり、ある判断基準について最良の代替案の値から弁別不

能レンジ内の他の代替案は同じ好ましきであると判断される。

- (d) ある判断基準の序列を持つ人の構成比は一定である。

(3) モデル

各個人の交通機関の選択を考えるにあたって、所要時間、運賃などの評価基準がJ種類あり、選択可能な交通機関は、徒歩、自転車、バスなどM種類あるとする。ある個人iについて、交通機関mを利用した場合の第j基準の値を V_{ijm} とすれば、つぎの(1)式で示される各個人に関する交通機関特性マトリックス V_i によって、その個人についてM種類の交通機関のJ種類の評価基準の値が表現できる。

$$V_i = \begin{bmatrix} V_{i11} & V_{i12} & \dots & \dots & \dots \\ V_{i21} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & V_{iJn} & \dots \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 V_{ijm} は、一般性を失うことなく、その値が小さいほど好ましいとするような変数であるとしておく。

評価基準jに関する弁別不能レンジを d_j として各個人の交通機関評価マトリックス E_i を次式で定義する。

$$E_i = f(V_i - M_i - D) \quad (2)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ 0 & x > 0 \end{cases} \quad (3)$$

ここで、関数 $f(x)$ は行列の各成分に適用する。

$$M_i = \begin{bmatrix} \min(V_{i1m}), \min(V_{i1m}), \dots \\ \dots \\ \min(V_{iJm}), \min(V_{iJm}), \dots \\ \dots \\ \min(V_{iJm}), \min(V_{iJm}), \dots \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで、 $\min$ は、 $m=1 \sim M$ のときの最小値をあらわすものとする。

$$D = \begin{bmatrix} d_1, & d_1, & d_1, & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_j, & d_j, & d_j, & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_J, & d_J, & d_J, & \dots \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここで、 M_i は、個人 i について評価基準ごとに考えた最良の交通機関の特性であり、最良交通機関特性マトリックスと呼ぶ。 $V_i - M_i$ はゲーム理論でリグレットマトリックスといわれるものに相当する。 $V_i - M_i - D$ は、各個人の判断には弁別不能レンジがあると考えたものであり、リグレットマトリックスの拡張である。その各成分に関数 f を適用したものが交通機関評価マトリックス E_i であり、ある個人 i は、その成分が $E_{ijm} = 1$ であれば交通機関 m を選択した場合に評価基準 j については後悔をしないということをあらわし、 $E_{ijm} = 0$ であれば、満足できないということを意味する。

個人 i が、評価基準 j_1 をもっとも重要であると
考え、以下、 $j_2, \dots, j_n$ と考えているとする。
交通機関評価マトリックス E_i に個人 i の序列化マ
トリックス S_i を前から掛けて、マトリックスの行
をこの評価基準の序列 $j_1, j_2, \dots, j_n$ の順に
並べかえたものを序列化交通機関評価マトリックス
 E_i' とする。

$$E_i' = S_i E_i \quad (6)$$

ここで、序列化マトリックス S_i は (i, j) 成分のみ1で他は0であるようなつぎの形のマトリックスであり、評価基準の数 J が決まれば $J!$ 種類だけ存在する。

$$S_i = \begin{bmatrix} & j_1 & j_2 & & \\ i_1 & \dots & 0 & 0 & \dots & \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i_2 & \dots & 0 & 0 & \dots & \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \dots & 0 & 0 & \dots & \end{bmatrix} \quad (7)$$

つぎに、この序列化交通機関評価マトリックス E_i' の列について辞書式に降順にソートした結果を交通機関選好マトリックス C_i とする。するとその第1

列にある交通機関を選択するとするのがこのモデルにおける交通機関の選択メカニズムである。

このモデルでは、序列化マトリックス S は、各個人により異なり、評価基準の序列が $j_1, j_2, \dots$ であるような同じ S をもつ人の構成比 $P_{j_1 j_2 \dots j_3 \dots}$ は一定であることににより、あるゾーンにおける交通機関 m の選択者数 n_m は

$$n_m = N \sum P_{i1i2...} \quad (8)$$

とあらわせる。ここで、 N はゾーンの人数であり、 Σ は交通機関 m が選択マトリックス C の第1列になるような序列化マトリックス S に対応する同じ S を持つ人の構成比 P についておこなう。

(4) モデルのキャリブレーション

本モデルでは、キャリブレーションによって求める変数は各評価基準の弁別不能レンジ d_j とある序列化マトリックス S を持つ人の構成比 $P_{j1j2\dots}$ である。キャリブレーションの方法としては、 $P_{j1j2\dots}$ に関する過剰な連立方程式を最小自乗法的に解く方法なども考えられるが、ここでは、より簡便な方法を述べる。

キャリブレーションを行うにあたって必要なデータは、各個人についての各交通機関の各評価基準の値 V_i と交通機関の選択結果である。対象地域は、適当にゾーンに区分しておくものとする。

ここでのキャリブレーションの基本的な考え方は、各評価基準の弁別不能レンジ d_j を仮定すれば、各個人の各評価基準の値 V_{ij} から各判断基準の序列を表現する序列化マトリックス S に対応した選択交通機関が決定でき、実際に選択した交通機関がわかっているのので、逆に各判断基準の序列の構成比が算出できるということであり、具体的には以下のような手順で行える。

- (a) 各評価基準の弁別不能レンジ d_j すなわち (5) 式の D を仮定する。
- (b) 各個人についての各評価基準の値 V_{ij} は与えられているので、これと (a) で仮定した d_j から各判断基準の序列を表現する序列化マトリックス S_i に対応した選択交通機関を前節で述べた交通機関選好マトリックス C_i を計算することにより決定する。
- (c) 各個人の実際の交通機関の選択結果と一致するような、序列化マトリックスをその個人の序列化

マトリックス S_i とし、同じ序列化マトリックスを持つ人数を集計し、全体の人数で除して序列化マトリックス S の構成比 $P_{j1j2\dots}$ に変換する。このとき、各個人の交通機関の選択結果を実現するような序列化マトリックスが複数あるときは、当該序列化マトリックスに等分する。

- (d) 一方、各ゾーンについての各評価基準の値 V_i の代表値を使用して、(b)と同様に各序列化マトリックスに対応する選択交通機関を求める。
- (e) (c)で求めた序列化マトリックス S の構成比 $P_{j1j2\dots}$ と(d)における各序列化マトリックスに対応する選択交通機関および各ゾーンの人数から各ゾーン別機関別利用者数を(8)式により求める。
- (f) (e)によるゾーン別交通機関別利用者数と実際のゾーン別交通機関別利用者数との差の2乗和を算出する。
- (g) 先に(a)で仮定した弁別不能レンジを変化させることによって、(f)で求める2乗和を最小とするような各評価基準の弁別不能レンジ d_j を求めるため(a)から繰り返す。
- (h) (g)で2乗和が最小となったときの弁別不能レンジ d_j 、序列化マトリックスの構成比 $P_{j1j2\dots}$ を解とする。

3. モデルの適用例

(1) 適用例の概要

このモデルの有効性を検討するため、実際に適用する。対象地域は、東京の三鷹調布地区であり、大都市近郊の住宅地における鉄道駅へのアクセス交通機関の分析のための非集計交通行動モデル作成用に昭和55年3月に取得されたデータを使用する⁽⁴⁾。対象地域は、国鉄中央線と京王線にはさまれた地域であり、400 - 800 mメッシュで46のゾーンに区分されている。

(2) モデルの適用

本地域でのアクセス交通手段は、バス、自転車、徒歩のほかにバイク、自動車などがあるが、実際の交通機関の選択者数がバス、自転車、徒歩で、95%近くであること、適用の目的がモデルの有効性の検討であり、簡単なほうが好ましいことから、対象とする交通機関は、バス、自転車、徒歩の3交通機関とする。また、判断基準としては、所要時間、費

用、疲労の3つを考える。各判断基準の値 V_i の算出は次のように行った。

(a) 所要時間

所要時間は、原則として(道路距離/各交通機関の速度)による。ここで、各交通機関の速度は同じデータから算出したとして文献14に報告されているものを使用する。ただし、自転車については、駐輪場での出し入れなどの時間を考慮する必要があり、同じデータにもとづいて自転車に固有の不効用として時間の単位で算出した820秒⁽⁵⁾という値を採用し自転車の所要時間に加えた。

(b) 費用

費用としてはアウトオブポケットマネーを考え、バスのみ運賃100円が必要であるとした。

(c) 疲労

本来、本モデルでは、同じ基準どうしの比較だけしかしないため、定性的なデータでもそのまま取りあつかうことができ、疲労などの評価項目をあつかうのに適しているが、この適用例に使用したデータには、この項目がない。そこで疲労については、各交通機関利用時のエネルギー代謝率⁽⁶⁾からエネルギー消費量を算出し、その指標とした。

モデルは、全体を1集団とした場合、交通目的別(通勤・通学、その他)、性別の3種類のデータについてキャリブレーションをおこなった。

(3) 適用結果と考察

以上の前提でモデルのキャリブレーションをおこなった結果、弁別不能レンジ d_j と S の構成比は、表1、表2のとおりであった。

まず、弁別不能レンジについて検討する。時間の弁別不能レンジについては、どの場合も8~10分となっているが、これは10分以下の時間の差は駅へのアクセス行動では区別していないということを表している。この地域の最大アクセス時間が徒歩で約30分、バス、自転車で約10分ということと考えると大部分の場合には、バスと自転車の区別には時間はあまり効いておらず、主として徒歩とそれ以外の交通機関の区別に効いているということを示している。男女別では、男性のほうが弁別不能レンジが小さく時間について敏感であるが、これは通勤など時間に拘束された行動が多いためと考えられる。また、費用の弁別不能レンジについては、いずれも99円以下

表1 弁別不能レンジ

	全体	目的別		性別	
		通勤	その他	男	女
時間(分)	9	9	9	8	10
費用(円)	<99	<99	<99	<99	<99
疲労(Kcal)	45	47	35	49	28

となっており、この地域でのバス料金が100円の均一制であることを考え合わせると、100円の費用差は交通機関の選択に効いていることはわかるが、さらに具体的な弁別不能レンジの値については、料金差のある地域での検討が必要である。疲労の弁別不能レンジについては、性別のモデルでは、男性49Kcalと女性28Kcalと倍近くの差がある。女性のほうが弁別レンジが小さく、交通機関の選択にあたっては男性よりも疲労について敏感であることを示している。

つぎに、判断基準の序列の構成比についてみると、いずれの場合も時間を第一判断基準にしているものが約40%、疲労が35%、費用が25%となっている。第一の判断基準である時間について性別にみると、男性のほうが少しではあるが時間を優先して判断しているものが多く、先ほどの男性のほうが時間について女性よりも敏感に判断しているという結果と一致している。疲労についても同様に女性のほうが疲労を第一基準にする人の割合が多く弁別不能レンジに関する結果と同様である。これらのことから重要であると考えている判断基準については、より敏感に感じていると考えられる。

また、それぞれについて、各基準の序列の構成比が一樣であると見なせるかどうかを χ^2 検定により検討した結果、いずれも危険率1%以下で差があるとされた。また、交通目的別、性別のデータについてはAIC検定により別のモデルと見なせるかどうかの検討をした。その結果は、性別については男女間に構成比に差があるが、交通目的別には別の集団とは見なせないという結果を得た。

モデルの現状再現性については、各ゾーン各交通機関ごとのモデルによる予測利用者数と実際の利用者数の相関係数、および、各ゾーンごとに利用交通

表2 判断基準の序列の構成比(%)

第一基準		時 間		費 用		疲 労	
第二基準		費用	疲労	時間	疲労	時間	費用
第三基準		疲労	費用	疲労	時間	費用	時間
全 体		0.218	0.203	0.130	0.106	0.203	0.139
目的別	通 勤	0.215	0.197	0.142	0.108	0.197	0.141
	その他	0.220	0.192	0.134	0.106	0.192	0.156
性別	男	0.222	0.190	0.148	0.109	0.190	0.142
	女	0.212	0.185	0.135	0.109	0.185	0.175

表3 各モードの実測値と推定値の相関係数

		徒歩	自転車	バス
全 体		0.94	0.60	0.93
目的別	通 勤	0.93	0.58	0.92
	その他	0.91	0.65	0.94
性別	男	0.89	0.69	0.90
	女	0.88	0.73	0.91

表4 本モデルによる推定交通機関の的中率

		的中率
全 体		82%
目的別	通 勤	82%
	その他	84%
性別	男	81%
	女	83%

機関ごとのモデルによる予測利用者数と実際の利用者数の相関係数、および、各ゾーンごとに利用交通機関を正しく予測できた割合を的中率と定義し、この2つの指標で検討をおこなった。その結果は、表3、表4のとおりであり、相関係数は自転車以外は0.9以上、的中率は80%以上となっている。また、相関の状況の1例を図1に示す。

ここでいう相関係数と的中率とは直接の比較はできないが、文献14では、いくつかの非集計モデルを作成しており、その相関係数は最大で0.8程度であり、的中率は80%程度であると報告されている。これを考えれば、モデルの構造が簡単な割には、非常

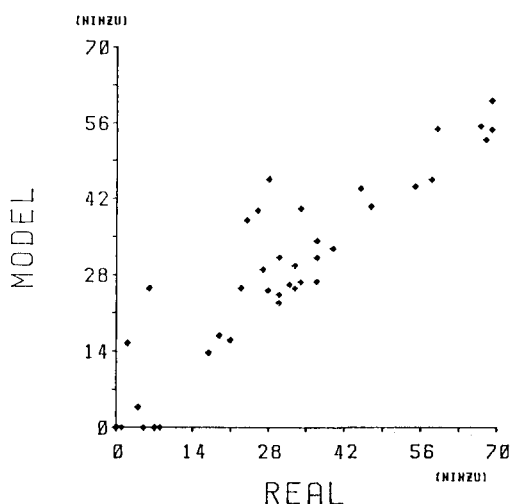


図1 全体を1集団としたときのバスの選択者の相関状況（相関係数0.93）

により現状再現性を示していると言える。なお、自転車については、相関係数が低くなっているがこの地区の自転車利用者が少なくデータ数が少ないことが原因と考えられ、この傾向は非集計モデルでも指摘されている。

4. 結論と今後の課題

本研究の結果、以下のような結論が得られた。

- 明確な行動原理にもとづく交通機関分担モデルを提案した。
- 提案したモデルの行動原理は評価基準を多次元のまま取りあつかっており、1変数への写像という操作が不要で、理解しやすいものである。
- モデルに含まれる変数は弁別不能レンジと同じ序列化マトリックスSを持つ人の構成比であり、その特性から考えて高い移転性が期待できる。
- 定性的データもそのままあつかえる可能性を持っている。
- 重要であると考えている判断基準について、人はより敏感に感じていると考えられる。
また、今後の課題としては、次のようなものが考えられる。

- 適用例の増加による上記の結論の補強と弁別不能レンジなどの値の性質の検討。

- (b) 評価マトリックスを作成する関数 f について5段階評価などの可能性の検討。
- (c) 弁別不能レンジが人により分布している場合への拡張。
- (d) 適用例では、判断基準は3種類(時間、費用、疲労)を使ったが、 J 種類使う場合には、 $J!$ とおりの構成比 P が必要となり J が大きくなると現実には適用が困難となる。しかし、その一方、このモデルでは、 J はそれほど大きくする必要はないと考えられる。この適切な判断基準の数 J の検討。

5. おわりに

貴重なデータを提供していただいた東京大学工学部都市工学科太田助教授に感謝するとともに、本研究は昭和60年度文部省科学研究費補助金(課題番号60750496)による成果であることを付記し、併せて感謝する。

参考文献

- 1) 太田勝敏：「非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究Ⅱ」、昭和56年3月、p.1.
- 2) 河上省吾：「非集計行動モデルの今後の課題」、非集計行動モデルの理論と実際、土木学会、昭和59年11月、p.176.
- 3) Hoffman, P.J.: "The Paramorphic Representation of Clinical Judgement," Psychological Bulletin, Vol.57, pp.116-131, 1960.
- 4) Slovic, P. and Lichtenstein, S.: "Comparison of Bayesian and Regression Approaches to the Study of Information Processing in Judgement," Organizational Behavior and Human Performance, Vol.6, pp.649-744, 1971.
- 5) Miller, G.A.: "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information," Psychological Review, Vol.63, No.2, pp.81-97, March 1956.
- 6) 太田勝敏：「非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究Ⅱ」、昭和56年3月、p.3.
- 7) 河上省吾、広嶋重裕：「利用者の主観的評価を考慮した非集計交通手段選択モデル」、土木学会論文集、No.353、IV-2、1985、pp.83-92.
- 8) Koppelman, F.S.: "Guideline for Aggregate Travel Prediction Using Dis-aggregate Choice Models," TRR 610, 1976.
- 9) 西田俊夫：「ゲームの理論」、日科技連、1973年6月、pp.269-274.
- 10) 近藤次郎：「意志決定の方法」、NHK、昭和56年6月、pp.65-69.
- 11) 河上省吾：「非集計行動モデルの今後の課題」、非集計行動モデルの理論と実際、土木学会、昭和59年11月、p.177.
- 12) Dickey, J.D. and Watts, T.M.: "Analytic Techniques in Urban and Regional Planning," McGraw-Hill Book Company, 1978
- 13) 森地茂：「非集計行動モデルによる予測」、非集計行動モデルの理論と実際、土木学会、昭和59年11月、p.125.
- 14) 太田勝敏：「非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究Ⅱ」、昭和56年3月.
- 15) 荒井俊之、島崎敏一、家田仁：「通勤者の駅へのアクセス行動に関する基礎的研究」、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1985年9月.
- 16) 東京大学教養学部体育研究室編：「保健体育資料」、東京大学出版会、1980.