

3307 都市鉄道サービスに対する知覚と経路選択

Perception and Preference in Urban Railway Passengers Route Choice Behavior

学 [土] ○高平 剛 (東京理科大院) 正 [土] 新倉 淳史 ((財)運輸政策研究機構)

正 [土] 岩倉 成志 (芝浦工業大)

Takeshi TAKAHIRA, Tokyo University of Science, 2641 Yamazaki Noda-shi Chiba

Atsushi NIKURA, Institution for Transport Policy Studies, 3-18-19 Toranomon Minato-ku Tokyo

Seiji IWAKURA, Shibaura Institute of Technology, 3-9-14 Shibaura Minato-ku Tokyo

There are some railway passengers who have chosen one route from the origin to the destination on the basis of not the actual level of service (LOS) but perceived LOS and past LOS. Not to consider these passengers behavior has caused the difference between the amount of observation and the estimated result of the railway demand forecasting. Therefore it is necessary to model the route choice behavior in consideration of the perceptive error and the experience of passengers. This study proposes two models such as the perceptive error estimation model and the route choice model applied the data (e.g., year term of the route usage, LOS at the initial usage etc.) obtained the actual survey.

Key words: Perception Error, Habitual Behavior, Route Choice Model, Discrete Model

1. はじめに

わが国の交通需要予測は、McFadden¹⁾のもたらした非集計モデルによって飛躍的に発展した。運輸政策審議会7号答申の需要予測で本格的に導入され、近年では快適性の概念のもと混雑率が政策変数に取り入れられるなど、非集計モデルは発展の途にある²⁾。

一方で、非集計モデルを適用した需要予測結果が、プロジェクト実施直後の実績と大きく乖離するとの問題がある。たとえば、新規開業路線の需要は、徐々に増加し、定着までに数年を要することが知られている。実際、都市鉄道や交通システムを対象に、計画時点の需要予測結果と開業時から開業3~8年の需要実績とを比較した結果、開業数年後に誤差が縮小した路線が15路線中の9路線にのぼるといふ報告がある³⁾。しかし、縮小するまでの期間が過大予測となっている点は否めず、マスメディア上では土木事業推進を狙った需要予測とも解され、土木批判を生む結果となっている。

筆者らが、予測の過誤をもたらす原因の一つと考えるのが、交通システムに対する認知の曖昧さから生じるサービス水準の知覚誤差である。本稿で扱う知覚誤差とは、利用者が知覚しているサービス水準と実際のサービス水準の差を指す。人間が、新たな情報を取得し、正しく認知するまでには、学習のプロセスを踏むために、一定の期間を要するだろう^{4),5)}。利用者が現利用経路に満足している場合は、効用をより上昇させる代替経路ができたとしても、限定合理的行動によって情報探索を行わない可能性もある⁶⁾。とりわけ、今後増加するであろう小規模なプロジェクトにおいては、サービス変化量が利用者の認知能力の限界を超えていれば、利用者の反応は得られない。このように、知覚誤差の影響下で行われる経路

選択行動によって、予測上は効果的であっても、実際には効果が現れないプロジェクトが増えることが危惧されるのである。

以上を踏まえ、本研究では、非集計モデル上でのサービス水準の知覚過程の表現を目的として、知覚誤差の推定モデルと、実行行動の経年変化を反映した経路選択モデルの開発を試みる。

2. 知覚サービス水準の実際

2.1 分析対象路線

本研究では、JR東海道本線の東海道線と横須賀線の利用者を分析対象とした。両路線は、図1に示すように大船駅-東京駅間でほぼ完全に重複しており、この区間沿線利用者は両路線を選択することが可能である。大船駅-品川駅間のピーク時の所要時間は1~4分程度の差で拮抗しており、併走区間では、相手路線の混雑状況を視認でき、利用者が選択肢情報をほぼ完全に得られる線区となっている。しかし、図2のピーク時の混雑率に見られるように、利用者は、所要時間に大差が無いとしても、東海道線を選択している様子が伺える。運行本数の違いや品川駅以降の横須賀線ホームが地下レベルにあることも理由と考えられるが、利用者の混雑緩和に対する強い要望を踏まえれば、ニーズと実行行動の不整合感が拭えない。両路線の利用者に知覚誤差が生じていると考え、サービス水準の知覚値を尋ねることとした。

2.2 調査概要

筆者らは、これまでにインターネットを利用した2回のパネル調査(以下、2000年11月に実施したWeb調査をWeb00、2001年12月に実施した調査をWeb01と呼ぶ。)

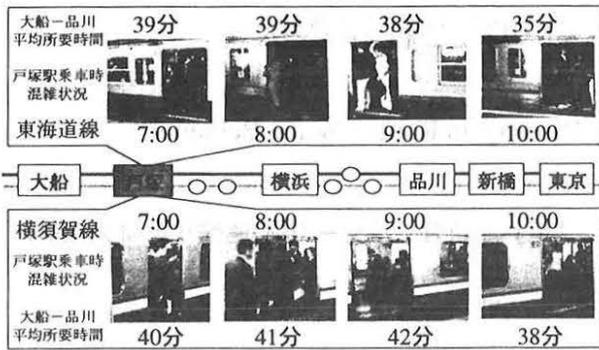


図1 同一 OD を持つ東海道線と横須賀線の現状

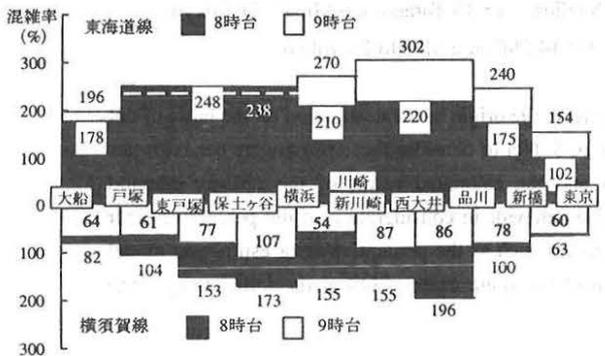


図2 両路線の時間帯別混雑率

と 2001 年 11 月に実施した郵送調査(以下,PCD と呼ぶ.)を用いて,所要時間,待ち時間,混雑状況,乗換え時間の知覚サービス水準のデータを取得している.また,知覚誤差の発生要因を分析するために,被験者の情報探索性向や利用年数などの個人属性および路線評価を設問に組み込んだ.所要時間と待ち時間の実データは調査時点の時刻表より,混雑率は平成 7 年大都市交通センサスデータより作成した.また,両路線の乗換えの差を見るために,乗換え時間調査と駅構造調査を行った.

2.3 知覚誤差の発生要因の検討

各調査における知覚誤差の集計結果を表 1 に示す.横須賀線の所要時間と混雑率の知覚誤差が大きいことがわかる.図 2 に示す所要時間の知覚誤差分布に見られるように,知覚値が実サービス水準とは大きくかけ離れるケースがあり,その多くは,利用経験が少ない路線に対する知覚値であった.これらの知覚誤差が生じる要因について仮説を立て,調査データより分析する.

(1) 情報探索性向が強い個人の知覚誤差は減少する.

情報探索によって知覚サービス水準が更新されると考え, Web01 データを“日によって路線を使い分ける”と“常に同じ路線を使う”と回答したサンプルに分けて情報探索性向を比較した結果,表 2 に示すように明らかな差が見られた.情報探索性向が強いほど知覚誤差が減少しており,情報探索の有無の違いが表れている.

(2) 利用経験が浅い路線の知覚誤差は歪められる.

サービス水準知覚のフレームワークとして,利用経験を積むことで,記憶が更新されるメカニズムを考える.藤井ら⁷⁾が指摘するように,ある経路を選択し続けることで,サービス水準を正しく知覚し,知覚誤差は減少する.しかし,利用経験が浅ければ,情報更新は行われず,記憶は過去の乗車経験に基づいて形成されると考えられる.

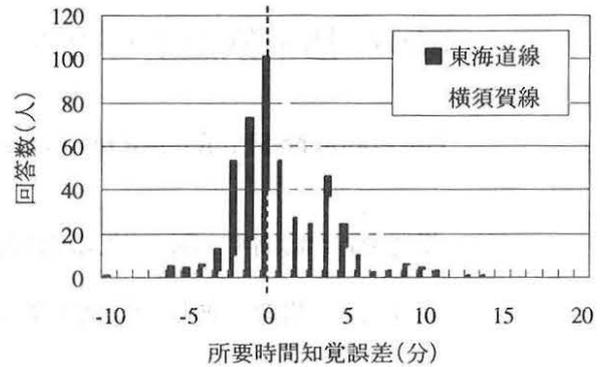


図3 所要時間知覚誤差の分布(PCD)

表 1 知覚誤差の基礎集計結果

知覚誤差 基礎集計	東海道線		横須賀線		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
所要時間	Web 00	-0.63	5.02	2.36	4.84
	Web 01	1.60	4.60	3.66	4.97
	PCD	1.24	3.37	3.49	3.94
待ち時間	Web 00	2.73	3.60	2.78	4.21
	Web 01	2.29	2.61	1.69	2.58
	PCD	-0.05	0.93	-0.05	1.00
混雑率	Web 00	-22.8	68.8	24.6	63.7
	Web 01	-18.3	60.0	26.6	37.5
	PCD	-0.8	55.7	22.6	56.4

表 2 情報探索性向と知覚誤差の関係(Web01)

情報探索性向	時刻表 所要時間案内 代替路線混雑状況 乗り比べ	日によって使い分ける		常に同じ路線を使う	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
知覚誤差	所要時間 (分)	0.6	1.8	1.0	3.8
	混雑率 (%)	-13.9	27.2	-15.5	34.1
		51.9	31.6	59.5	37.5

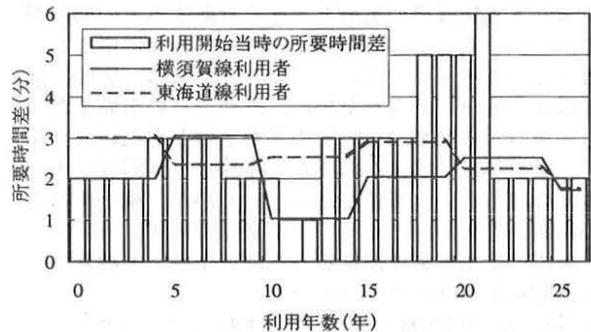


図4 過去のサービス水準変化と知覚誤差の関係(PCD)

この枠組みを検証するため,利用年数と知覚誤差の関係を分析する.図 4 は,利用開始当時の実際の所要時間差と東海道線および横須賀線の利用者が知覚している現在の所要時間差を利用年数別に示したものである.東海道線利用者の知覚値の変動は少ないものの,横須賀線利用者は実際の所要時間差と類似した回答となっていることがわかる.この結果から,利用開始時の両路線のサービス差のインパクトが,現在まで影響していると考えられる.

(3) 知覚誤差は路線評価と相互関係にある。

図5に示す満足度と知覚誤差の関係からは、満足度の低い路線ほど正の知覚誤差に傾くことがわかる。また、負の知覚誤差も生じていることから、路線評価における認知的不協和の存在も考えられる。路線に対する印象と実行動を一方的に歪める悪循環がおこっているために、これまでの横須賀線のサービス改善の効果が、十分に発揮されていないといえよう。

(4) 知覚誤差は路線特性によって変動する。

知覚誤差は、個人特性のみならず、路線固有の特性によっても左右される。表3に示す路線の各特性と所要時間知覚誤差のクロス集計結果から、実所要時間、停車駅数、乗換え時間との比例関係が伺える。これは、経路の不連続感が、ラインホール時の所要時間を不利に知覚する要因であるためと考えられる。また、ホームにある所要時間案内と実データの誤差との間にも同様の傾向が見られた。知覚誤差が、誤った情報の記憶、あるいは昼間の所要時間の記憶に引っ張られている可能性がある。

3. 知覚誤差モデルの構築

3.1 知覚誤差モデルの定式化

知覚誤差の分布が、図3に示されるように、正規分布とみなせることから、路線の印象によって知覚値が決定される可能性があることから、サービス水準の知覚にカテゴリ判断の法則⁸⁾が適用されると仮定し、知覚誤差を多段階にカテゴリ化して推計する。この時、カテゴリ c の範囲に知覚誤差が発生する確率 P_c を、式(1)(2)に示すロジットモデルを用いて定式化する。パラメータ μ_c はカテゴリ c の固有の定数項であり、 X_{ck} はカテゴリ c の発生確率を決定する変数である。知覚誤差 ΔT は、各カテゴリの代表値 α とカテゴリ発生確率 P_c による重みつき平均で求められる。これより、知覚誤差の推定値は式(3)で示される。

$$P_c = e^{S_c} / \sum_j e^{S_j} \quad (1)$$

$$S_c = \mu_c + \sum_k \theta_{ck} X_{ck} \quad (2)$$

$$\Delta T = \sum_j \alpha_j P_j \quad (3)$$

3.2 分析対象路線の知覚誤差モデル

2.3の知見をもとに、知覚誤差を推定するモデルの構築を試みる。3種類のサービス項目についてパラメータ推定を行った結果を表4に示す。説明変数には、刺激強度を表現する利用開始当時の所要時間差、記憶の低減ならびに利用経験による学習を表現する利用年数、経路の不連続感を表現する実所要時間と停車駅数の積、サービスに対する満足度の計4項目を組み込んだ。

それぞれのモデルは一定の精度が確保できていると考えるが、待ち時間モデルと利用年数においては有意なパラメータが非常に少ない。所要時間モデルにおける利用年数のパラメータでは、知覚誤差ゼロ近傍を意味するC3、C4のパラメータが大きく、利用年数を経るにつれてゼロに収束していく過程を表現できている。満足度を変数とした場合、予測時にこれを推定する必要があるが、河上⁹⁾や岩倉¹⁰⁾が精度良く推定する方法を提案している。

所要時間モデル(満足度あり)の利用年数ごとの再現性を図6に示す。一部ピックアップに優れないものの比較的高い追従性を得ている。

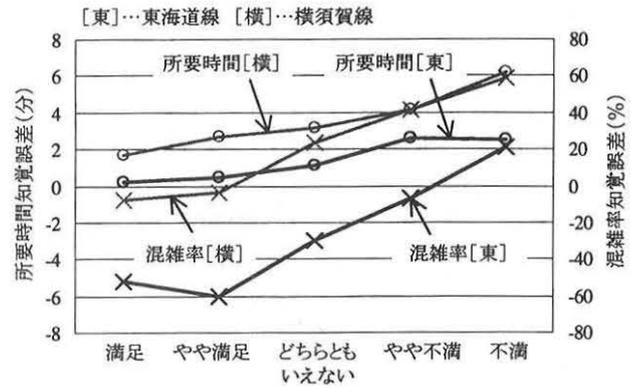


図5 路線評価と知覚誤差の関係(PCD)

表3 路線特性と所要時間知覚誤差の関係(PCD)

(分)	0~9	10~19	20~29	30~39	40~49	
実所要時間 [東]	0.25	-0.88	1.40	1.66	1.33	
[横]	0.50	1.62	—	3.07	5.02	
(駅)	1~2	3~4	5~6	7~8	9	
停車駅数 [東]	-0.84	1.36	1.75	—	—	
[横]	0.50	1.62	2.84	4.36	4.36	
(分)	1	2	3	4	5	6
乗換え時間 [東]	-1.11	1.11	1.64	—	—	
[横]	1.28	2.42	3.31	5.13	4.92	3.50
所要時間 (分)	-2	-1	0	1	2	3
案内誤差 [東]	1.86	1.03	-0.81	1.50	1.62	3.00
[横]	—	—	0.96	3.00	4.63	5.08

表4 知覚誤差の推定モデル

	所要時間1	所要時間2	待ち時間	混雑率	
定数項	C1	-5.626 **	-9.174 **	-3.393 **	-6.016 **
	C2	-1.064 **	-2.544 **	-0.318	-1.928 **
	C3	0	0	0	0
	C4	-1.155 **	-0.647 *	-0.083	-0.322
	C5	-2.308 **	-1.135 **	-2.147 *	-3.490 **
	C6	-3.667 **	-1.731 **	—	—
利用年数 (年)	C1	0.011	0.003	0.001	0.032
	C2	-0.006	-0.008	0.004	0.007
	C3	0.005	0.004	-0.0002	-0.012
	C4	0.010	0.010	-0.003	-0.010
	C5	-0.013	-0.011	-0.010	-0.016
	C6	-0.018	-0.013	—	—
利用開始当時の所要時間差 (分)	C1	-0.275 **	-0.287 **	—	—
	C2	-0.095 *	-0.073	—	—
	C3	0.014	0.024	—	—
	C4	0.124 **	0.127 **	—	—
	C5	0.140 **	0.135 **	—	—
	C6	0.086	0.066	—	—
実所要時間 × 停車駅数 (分・駅×10 ⁻²)	C1	0.431	0.559 *	-0.121	-0.137
	C2	-0.742 **	-0.674 **	-0.036	-0.223 **
	C3	-0.459 **	-0.471 **	0.059	-0.175 **
	C4	-0.024	-0.061	0.217 *	0.115
	C5	0.185 *	0.119	-0.127	0.414 *
	C6	0.601 **	0.521 **	—	—
満足度 (1:不満 ~5:満足)	C1	—	0.863 **	0.270	0.658 **
	C2	—	0.363 **	-0.115	0.212 *
	C3	—	-0.023	0.125	-0.048
	C4	—	-0.171 *	-0.127	-0.378 **
	C5	—	-0.380 **	-0.162	-0.450 *
	C6	—	-0.664 **	—	—
初期尤度	-1612.584	-1612.584	-1448.494	-1448.494	
最終尤度	-1196.548	-1172.289	-1004.841	-998.858	
自由度調整済み尤度比	0.251	0.264	0.300	0.304	
サンプル数	900				

※カテゴリ範囲	C1	C2	C3	C4	C5	C6
所要時間(分)	~4.5	4.5~1.5	-1.5~1.5	1.5~4.5	4.5~7.5	7.5~
待ち時間(分)	~1.5	-1.5~-0.5	-0.5~0.5	0.5~1.5	1.5~	—
混雑率(%)	~90	90~30	-30~30	30~90	90~	—

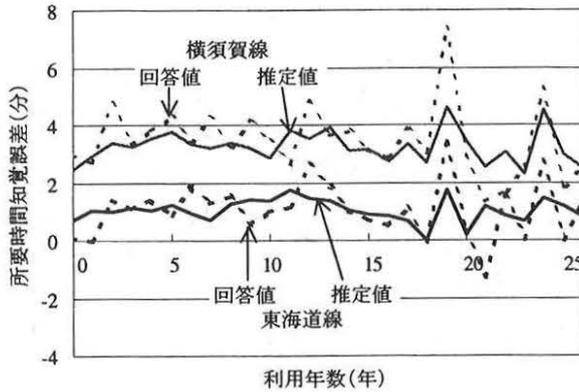


図6 利用年数にみた知覚誤差の推定結果

4. 行動の経年変化を反映した経路選択モデル

4.1 習慣強度を考慮した経路選択モデルの導出

東海道線本線は、1980年に、所要時間が大幅に増加した経緯があり、その時点の情報インパクトに起因する東海道線の習慣的利用が続いていると考えた。

過去のインパクトにともなう選択肢形成の影響を分析するために、Swait and Ben-Akiba¹¹⁾が提案した PLC (Parametrized Logit Captivity) モデルによる経路選択モデルを構築する。PLCモデルは式(4)(5)(6)で表現される。

$$P(i) = \frac{u(X_i)}{1 + \sum_{j \in C} u(X_j)} + \frac{P(i|C)}{1 + \sum_{j \in C} u(X_j)} \quad (4)$$

$$u(X_i) = \exp\left(\sum_k \alpha_{ik} X_{ik}\right) \quad (5)$$

$$P(i|C) = \exp(V_i) / \sum_{j \in C} \exp(V_j) \quad (6)$$

式(5)の構造化に Hull¹²⁾によって提唱された習慣強度という概念を用いる。習慣強度 ${}^N sHR$ は刺激 S と反応 R との媒介変数で、学習上限 M と強化回数 N 、パラメータ i からなる式(7)の指数関数によって表される。また、刺激 S の強化を取りやめると習慣性が減少する消去効果が発生する。これは、先行学習行動が消去される生起確率 I として扱われ、式(8)に示すパラメータ r と無強化回数 K による負の成長関数で表される。本研究では、被験者個々に利用年数が異なることに加えて、図4に示すように利用期間中に複数回の所要時間変化が起きていることから、現在の蓄積された習慣強度 ${}^N sHR$ を導出する基本式を式(9)のように考えた。

$${}^N sHR = M - Me^{-iN} \quad (7)$$

$${}^K I = e^{-rK} \quad (8)$$

$$sHR = \sum_{j=1, j}^N {}^N sHR \cdot {}^K I \quad (9)$$

式(7)と式(8)のパラメータをステップワイズに設定して、PLCモデルを作成した結果、利用開始当時の所要時間差 M_1 が卓越して影響すること、利用年数 k が長いほど M_1 の影響が低減することがわかった。よって、モデルの最終的な構造を式(10)のように設定した。初期のインパクトの利用年数ごとの残存を表現する式となっている。これを式(5)に対応するように展開すると式(11)になる。

表5 経路選択モデル推計結果

	実データ		知覚データ	
	Logit		Logit	PLC
所要時間(分)	-0.180(-2.45)		-0.158(-3.63)	-0.217(-3.81)
待ち時間(分)	-0.317(-3.17)		-0.355(-2.56)	-0.584(-3.11)
混雑指標(% ² 分×10 ⁻⁴)	-0.003(-1.61)		-0.011(-6.28)	-0.015(-5.62)
定数項 [東]	0.600(2.52)		0.735(2.86)	0.459(1.46)
残存インパクト [東]	-		-	-0.221(-2.46)
[横]	-		-	-0.526(-4.00)
初期尤度	-318.848		-318.848	-318.848
最終尤度	-258.464		-238.267	-235.390
尤度比	0.189		0.253	0.262
自由度調整済み尤度比	0.188		0.251	0.258
サンプル数	460			

()内はt値

$$sHR = M_1 \cdot I = M_1 \cdot e^{-rk} \quad (10)$$

$$u(X_i) = \exp(\ln M_1 - rk) \quad (11)$$

4.2 知覚値によるモデルの推計結果

経路選択モデルの推計結果を表5に示す。ロジットモデルの変数に知覚値を用いることで、鈴木ら¹³⁾の研究成果と同様に、モデルの適合度が向上した。知覚値による意思決定が行われていることを示している。PLCモデルでは、残存インパクトのパラメータ推定値は有意であり、初期インパクトが低減するにつれ、東海道線の習慣的利用が減少することが表現できている。

5. おわりに

本研究は、都市鉄道の経路選択行動におけるサービス水準の知覚過程の表現を試みたものである。サービス変化の認知が難しい鉄道プロジェクトが増加する一方で、サービス水準の認知や、行動の経年変化を予測する技術は、未だ不十分と言わざるを得ない。本稿が、この種の研究が促進される一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) Macfadden, D.: Conditional logit analysis of qualitative choice behavior, In *Frontiers in Econometrics*, P. Zarembka (ed.), Academic Press, New York, pp.105-142, 1973
- 2) 屋井, 森川: 交通需要モデルのダイナミズム—10年の軌跡, 土木計画学研究・講演集, Vol.14(2), pp1-8, 1991
- 3) (財)運輸政策研究機構: 需要予測手法の改善方法に関する調査報告書, 2001
- 4) 羽藤, 谷口, 杉恵, 桑原, 森田: 複数交通情報ソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, No.697/IV-40, pp.99-111, 1998
- 5) 中山, 藤井, 北村: ドライバーの学習を考慮した道路交通の動的解析: 複雑系としての道路交通システム解析に向けて, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.753-761, 1999
- 6) 小林, 松島: 限定合理性と交通行動モデリング: 研究展望, 土木学会論文集, No.688/IV-53, pp.5-17, 2001
- 7) 藤井, 中野, 北村, 杉山: 認知旅行時間の環境適応プロセスに関する理論実証研究, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.589-597, 2000
- 8) 田中良久: 心理学測定法, 東京大学出版会
- 9) 河上, 広昌: 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, pp.83-92, 1985
- 10) 岩倉, 新倉, 高平: 都市鉄道のCS調査における課題と展望, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, pp.105-110, 2002
- 11) Swait, J. and M. Ben-Akiba: Incorporating random constraints in discrete models of choice set generation, *Transportation Research B*, 21B, pp.91-102, 1987
- 12) Hull, C.L.: *Principles of Behavior*, Wiley, 1943 (能見義博, 岡本栄一訳: 行動の原理, 誠信書房, 1969)
- 13) 鈴木, 原田, 太田: 意識データを用いた非集計モデルの改良に関する分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.4, pp.229-236, 1986