

6 . 所要時間信頼性が交通手段選択に与える影響に関する研究 情報の表現形式の差異を考慮して

Effect of Travel Time Reliability on Travel Mode Choice Behavior - Difference of Representing Ways for Information -

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 16155 村上 岳司

In this study, effects of travel time reliability on travel mode choice behavior are analyzed. Concerning mode choice between Tsukuba Express (railway) and Johban Express Bus, stated preference questionnaire survey is carried out, and the obtained data is analyzed using binary logit models. In questionnaire, three different ways of representing information about reliability are used. As a result, travel time reliability is taken into consideration in the choice, and the difference of representing ways has an effect on the choice. It is considered that this effect is not due to easiness to understand the representation, but because of emphasis of delay in representation. This effect suggests that providing information can stimulate modal shift.

1 . 序論

1 - 1 研究の背景

所要時間信頼性は、到着時刻制約に対する遅れリスクや遅れ回避余裕の必要性、到着時刻がわからないことによる不安やストレス、遅れ発生や回避余裕による前後の活動スケジュールへの影響などの面から、個人の交通行動に大きく影響すると考えられる。

また、渋滞や環境負荷の緩和の為に自動車から公共交通へのモーダルシフトが重要視されているが、そのためには質の高い公共交通の整備、既存の公共交通のサービスの向上が不可欠である。所要時間信頼性は、鉄道等の専用走行空間をもつ主要な幹線公共交通においては自動車に対する大きな長所であるが、バス等の安価に整備する必要のある末端公共交通の多くは、自動車と走行空間を共有するため所要時間信頼性は必ずしも高くなく、このためバス専用レーンや優先信号等を導入する試みもなされている。

従って、幹線公共交通の整備やバス優先方策等の導入に関する需要予測・政策評価においては、所要時間信頼性の向上による利用者の行動の変化を考慮する必要があるが、調査・分析上の課題により不十分となっているのが現状である。

1 - 2 データ収集手法

所要時間信頼性に関するデータを収集する方法としては、機械によって所要時間変動を収集するもの¹⁾があるが、変動を仮想的に提示し、これに対する被験者の反応を用いるもの(SP法)が主流となっている²⁾³⁾。変動をどのような表現方法で提示するかに関しては、最大値・最小値等の指標で示すもの、グラフで示すもの等、いくつかの方法が既存研究において試みられており、Copley and Murphy (2002)³⁾により複数の表現方法の比較検討もなされているが、モデル上で表現方法の選択への影響を分析した研究は不足している。

1 - 3 研究の目的と構成

本研究においては、所要時間信頼性が交通行動にどのように影響するかについて、SP調査における所要時間信頼性の表現形式の差異に着目して分析を行うことを目的とする。

同一変動を異なる表現形式で提示する小サンプルのSP実験を行い、所要時間信頼性が選択に影響を与えていることを確認し、その後、つくば～東京間における鉄道と高速バスの手段選択に関して、利用者から得たSPデータをもとに選択モデルを推定した。データの収集及び分析にあたっては、所要時間信頼性の表現方法、および各表現方

法のわかりやすさに着目した。

2. 実験的 SP 調査

2-1 調査の概要

SP調査における表現方法の差異が選択に影響を与えることを傾向として把握するため、小サンプルによる実験的SP調査を行った。

自動車通勤において仮想的な経路1（所要時間平均大・変動小）経路2（平均小・変動大）の選択を行う状況を想定し、変動を持つ10日間の所要時間値を設定した。この設定値が経路2について異なる3種類のシナリオを用意した。各シナリオの特徴を表1に示す。

この変動を表現する方法として5種を試みた。方法アは「10日に2日は 分」のように所要時間の大体の傾向を丸め値で示すもの、方法イは所要時間の平均・最大・最小値を示すもの、方法ウは所要時間を渋滞時と非渋滞時に分け、非渋滞時の所要時間と、そこから10分以上遅れる確率とその遅れ平均を示すもの、方法エは10日間の所要時間を表で示し、各回の速い方を色分けで強調するもの、方法オは10日間の所要時間を棒グラフで示すものである。

以上、3シナリオ×5表現、計15通りの比較をランダム順で提示するアンケートフォームを作成し、研究室メンバー17人に回答を求めた。

2-2 結果と分析

表2に、変動の少ない経路1を選択した人数の割合を示す。まずシナリオ毎の平均値からは、標準偏差および最大値が大きいシナリオほど経路2を避ける傾向がみられ、所要時間信頼性を考慮して選択がなされていることが確認された。また、各表現方法についての平均値から、指標等によって提示する表現（ア～ウ）は比較的変動を避け、全情報のログを提示する表現（エ・オ）では比較的変動を許容する選択がなされる傾向が示された。

シナリオの差異、表現方法の差異の計15条件下での選択割合に対し、分散分析を行った結果を表3に示す。表現方法の差異は信頼度90%以上で選択割合に影響を与えていることが確認された。

表現間での回答の一貫性についても分析した。

同一回答者・同一シナリオについて、2表現間で回答が一致したものの割合を表4に示す。全体的に一致率が低い。また、指標で示す表現ア～ウ同士、ログを示す表現エ・オ同士については一貫性がやや高く、両者間をまたぐペアについての一貫性はほぼランダム傾向を持つ。

これらの理由としては、指標提示型の表現においては遅れることが強調されやすいのに対し、表やグラフの表現においては、変動の大きい経路2の方が経路1よりも所要時間の短い日が多いことが明示されている、ということが考えられる。

表1 各シナリオの設定概要

	経路1 (共通)	経路2		
		シナ1	シナ2	シナ3
平均(分)	30.1	26.1	26	27.1
最小(分)	28	18	19	18
最大(分)	32	53	48	42
標準偏差(分)	1.5	12.3	9.5	8.4
渋滞発生率	0%	20%	30%	50%

10分以上の遅れが発生する割合

表2 集計結果：経路1 選択割合

	表現方法					平均	分散
	ア	イ	ウ	エ	オ		
シナ1	1.000	1.000	0.765	0.647	0.588	0.800	0.037
シナ2	0.765	0.824	0.647	0.235	0.353	0.565	0.067
シナ3	0.353	0.706	0.529	0.294	0.471	0.471	0.026
平均	0.706	0.843	0.647	0.392	0.471	0.612	
分散	0.107	0.022	0.014	0.050	0.014		0.058

表3 分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	F 値	P 値
シナリオ	0.288	2	0.144	9.21	0.008
表現方法	0.395	4	0.099	6.325	0.013
誤差	0.125	8	0.016		
合計	0.808	14			

表4 表現間での回答一致率

	ア	イ	ウ	エ	オ	
ア		0.77	0.71	0.55	0.57	
イ			0.73	0.45	0.55	
ウ				0.49	0.53	
エ					0.71	
オ						
					全平均	0.59

3. 実地SP調査の設計と実施

3-1 調査対象と枠組み

つくば～東京間の交通における、つくばエクスプレス（常磐新線，2005年度開業予定）と常磐高速バスの手段選択を設定し、現在のバス利用者、将来のつくばエクスプレス開業後における仮想状況に対する選択（SP）を行ってもらおうアンケート調査を行った。

仮想状況の提示にあたっては、3段階の到着時刻制約の強さ（遅れてはならない約束がある / 多少遅れてもかまわない約束がある / 特に約束はない）を設定した。

また、所要時間変動の表現方法については、表現1：ダイヤ乗車時間・平均乗車時間・最大乗車時間を示す、表現2：ダイヤ乗車時間・10分以上遅れる確率・30分以上遅れる確率を示す、表現3：ダイヤとその遅れを含めてグラフで示す、の3通りとした。また、表現方法に関しては、表現方法自体の性質のほかに、回答者個々にとっての主観的わかりやすさという性質が存在することから、各表現方法の相対的わかりやすさについて順位付けデータを得るものとした。

3-2 高速バス所要時間変動の設定

各表現方法を統一した指標で比較する必要があることから、共通のパラメータによって変動を仮定し、これを各表現で間接的に表現するものとした。

図1左に示すように、高速バスの走行する道路の所要時間変動を正規分布 $N(\mu, \sigma)$ で表されるものと仮定する。これに対しバスダイヤ所要時間 t_{bdia} が定められた場合、バスの所要時間分布は図1右のようになるものと考えられる。

この分布について、 t_{bdia} 、 $\mu' = \mu - t_{bdia}$ 、 σ の3つのパラメータを独立に定めて組み合わせることで、複数パターンの所要時間変動を設定することができる。累積0,1,...99%点となる所要時間 t の値を、高速バスの100回分の所要時間（乗車時間）ログとして定め、このログから各表現で用いる平均・最大・遅れ確率等の値を計算し、また棒グラフを作成した。

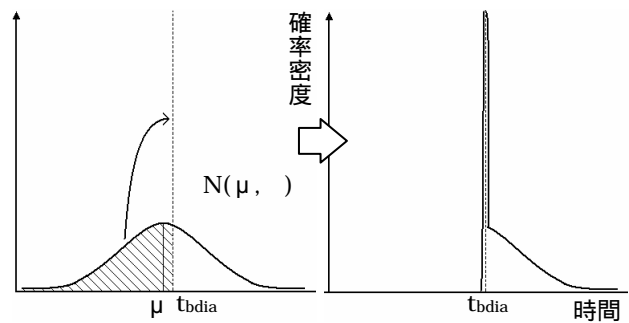


図1 高速バス所要時間変動の設定

3-3 調査票の作成と配布

表5に示すサービスレベル属性および状況変数等について、3水準の値を定め、直交表 $L_{27}(3^{13})$ に割り付けて27通りの選択問題を作成した。これを3グループに分割し、1人の回答者が9問に回答するようにした。この9問は、各制約状況について各表現方法での質問が1問ずつとなる。

制約状況は3通り（1：遅れ不可，2：遅れ可，3：約束なし）とし、制約1および2の制約時刻は、バスが遅れないときの所要時間（待ち・乗車）から30分後を設定している。

設問で設定するトリップ方向別に2種類の調査票を用意し、回答者が通常「行き」となる方向について回答できるように、配布場所および時間帯によって配布する調査票を分けることとした。このため、直交表の分割による3通りとあわせ計6通りの調査票を作成した。

また、各表現のわかりやすさ指標として、どの表現が最も回答しやすいか・回答しにくいかにについての質問を制約状況別に行った。その他年齢・性別・職業区分などの個人属性や過去高速バス利用時の遅れ経験等についての質問も行った。

調査票の配布及び回収の概要は表6に示す。

表5 直交表に割り当てた属性

鉄道ダイヤ乗車時間，バスダイヤ乗車時間， 鉄道待ち時間，バス待ち時間，バス μ' ，バス σ ， 鉄道運賃，バス運賃，鉄道着席可能性， 到着時刻制約状況，変動表現方法

表6 調査票の配布と回収

配布場所	東京駅・つくばセンター バスターミナル
対象者	常磐高速バス利用者
調査方法	手渡し配布 / 郵送・Web 回答
配布日	2002年11月18(月)~22日(金)
配布時間帯	8~13時, 15~20時
配布 / 回収部数	981部 / 248部
回収率	25.3%

4. 非集計モデルによるデータ分析

4-1 所要時間信頼性の有無による比較

回収されたアンケートに基づくデータを用いて、二項ロジットモデルにより分析を行った。まず、表現方法の違いを導入せずに、所要時間信頼性指標の有無による比較を行った結果を表7に示す。全表現方法で得たデータを対象としているため、所要時間信頼性指標として μ' と μ を直接組み込んだものがモデル2であり、 μ' と μ を組み込まずに推定したものがモデル1である。なお、回収された248票のうち、SP選択問題9問全てに回答されている241票についての計2169サンプルを対象とした。

モデル1および2に共通の傾向として、到着時刻制約の強さが非常に影響しており、制約が強いほど鉄道を好む傾向が強く出ていることがわかる。また、運賃、待ち時間、社会人ダミー、遅れ経験ダミー(過去に常磐高速バスの遅れを経験したか)、上りダミー(東京行きの方が逆よりも遅れが激しい)も十分な説明力を持つ選択要因となっている。

モデル2の所要時間信頼性指標である μ' も、有意であり、モデルの適合度も信頼性指標を組み込んだモデル2の方が高くなっている。このことから、所要時間信頼性が選択に影響していることが確認された。

なお、モデル1・2ともに、鉄道・バスのダイヤ乗車時間が全く有意でないという結果が出ている。これは、調査設計における到着制約時刻の設定に関し、鉄道を選択した場合には必ず間に合い、またバスのダイヤ通りの到着時刻から30分後とした(バスダイヤ所要時間が延びればその分到着制約も延びる)ことによるものと考えられる。すなわ

ち、制約時刻に間に合うかどうか回答者の選択において重視され、これに全く影響しないダイヤ所要時間は殆ど考慮されなかったといえる。

モデル2において有意でなかった要因(鉄道・バスのダイヤ乗車時間、および鉄道着席可能性)を除いて再推定したものをモデル3として示す。

4-2 表現方法とわかりやすさを用いた分析

表現方法の違いが選択に与える影響についての分析を行った。SP9問全てに回答し、かつわかりやすさについての回答を全て行ったもの、181票の計1629サンプルについて推定したものを表8に示す。モデル4は、前節のモデル3を新しい対象サンプルについて推定したものである(ただし、値が下がった一部の要因を取り除いた)。

表現方法の選択への影響は、各表現方法についてのダミー変数のうち2つをモデルに組み込むことによって検討することができる。モデル5の表現2(遅れ確率)および表現3(グラフ)ダミーは、それぞれ表現1(最大・平均)を用いた場合に対する相対的傾向を示す。この関係を図2に図示する。すなわち最大・最小表現を用いた場合には、他2つの表現を用いた場合より鉄道を利用する有意な傾向があり、遅れ確率とグラフの間の違いは有意ではない。モデル全体の適合度も、表現方法の違いを導入することによって向上した。

各表現方法について、一番わかりやすい・わかりにくいと回答されたサンプルの割合を表9に示す。最大・平均表現はわかりやすく、確率およびグラフ表現はわかりにくい、という傾向であった。そこで、表現方法による選択傾向の違いは、表現のわかりやすさの違いの影響による可能性があると考え、わかりやすさ1位と2位に関するダミー変数を導入して推定することで検証を試みた(モデル6)。しかし各パラメータが有意とならず、図3に示すようにわかりやすさ順位と選択傾向の順序も逆転しており、モデル適合度もほとんど向上しなかった。従って、表現方法の違いは選択に影響を与えるが、その理由は表現方法のわかりやすさによるものとはいえない、という結論となった。

表現方法が選択に影響を与える理由は、むしろ

表7 信頼性の有無によるモデル比較

	説明変数	モデル1 (信頼性なし)	モデル2 (信頼性あり)	モデル3 (ダイヤなし)
共通	運賃 (円)	-0.00269560(-9.96***)	-0.00269680(-9.91***)	-0.00269160(-9.90***)
	待ち時間 (分)	-0.020840(-3.67***)	-0.020800(-3.62***)	-0.020851(-3.68***)
鉄道	鉄道ダイヤ乗車時間(分)	-0.00995014(-0.79)	-0.00536494(-0.42)	
	鉄道着席可能性	0.518457(1.64*)	0.444963(1.39)	
	制約1ダミー	2.82274(20.46***)	2.84624(20.42***)	2.84756(20.48***)
	制約2ダミー	0.860783(7.25***)	0.872991(7.30***)	0.867358(7.27***)
	社会人ダミー	0.336240(2.81***)	0.340616(2.83***)	0.339461(2.82***)
	年齢	0.00733387(1.93*)	0.00744522(1.95*)	0.00742994(1.95*)
	遅れ経験ダミー	0.317279(2.54**)	0.321762(2.56***)	0.320618(2.56**)
	上りダミー	0.644448(5.93***)	0.650877(5.96***)	0.650240(5.96***)
	鉄道選択肢ダミー	-1.16859(-1.06)	-1.34557(-1.17)	-1.71454(-5.64***)
バス	バスダイヤ乗車時間(分)	0.00232144(0.19)	0.00659480(0.52)	
	バス変動 μ' (分)		-0.021234(-3.32***)	-0.021916(-3.47***)
	バス変動(分)		-0.021560(-2.59***)	-0.021388(-2.60***)
	サンプル数	2169	2169	2169
	初期尤度	-1503.4	-1503.4	-1503.4
	最終尤度	-1149.6	-1140.3	-1141.6
	尤度比	0.235	0.242	0.241
	自由度調整済み尤度比	0.231	0.237	0.237
	的中率	71.2%	72.6%	72.3%

()内はt値 *90%有意 **95%有意 ***99%有意

表8 表現方法とわかりやすさによるモデル

	説明変数	モデル4 (表現なし)	モデル5 (表現)	モデル6 (わかり易さ)
共通	運賃 (円)	-0.00314759(-9.84***)	-0.00315221(-9.86***)	-0.00315174(-9.85***)
	待ち時間 (分)	-0.023843(-3.55***)	-0.024542(-3.63***)	-0.023673(-3.52***)
鉄道	制約1ダミー	3.02677(18.32***)	3.09886(18.22***)	3.03553(18.31***)
	制約2ダミー	0.955419(6.77***)	0.969923(6.83***)	0.958035(6.78***)
	年齢	0.014150(2.84***)	0.014165(2.83***)	0.014141(2.83***)
	上りダミー	0.694863(5.47***)	0.699852(5.49***)	0.696504(5.48***)
	表現2ダミー		-0.453161(-2.88***)	
	表現3ダミー		-0.480394(-3.19***)	
	わかりやすさ2位ダミー			-0.198828(-1.33)
	わかりやすさ3位ダミー			-0.107302(-0.72)
	鉄道選択肢ダミー	-1.56896(-4.54)	-1.24896(-3.48***)	-1.48205(-4.18***)
バス	バス変動 μ' (分)	-0.028311(-3.79002)	-0.033859(-4.28***)	-0.028361(-3.76***)
	バス変動(分)	-0.027387(-2.82)	-0.028663(-2.94***)	-0.027923(-2.87***)
	サンプル数	1629	1629	1629
	初期尤度	-1129.1	-1129.1	-1129.1
	最終尤度	-829.49	-823.29	-828.60
	尤度比	0.265	0.271	0.266
	自由度調整済み尤度比	0.261	0.266	0.261
	的中率	76.8	76.9	76.6

()内はt値 *90%有意 **95%有意 ***99%有意

表現方法自身の持つ性質によるものであろう。グラフ表現、および遅れ確率表現は、極端な遅れが発生することと同時に、そのような遅れが発生することは割合としては少なく、多くの場合はほとんど遅れずに運行している、ということも伝えている。これに対し最大・平均表現は、遅れの発生する場合に力点を置いた表現である、ということが選択への違いに影響していると考えられる。

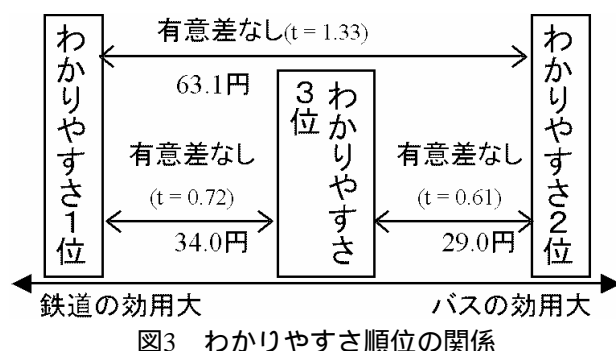
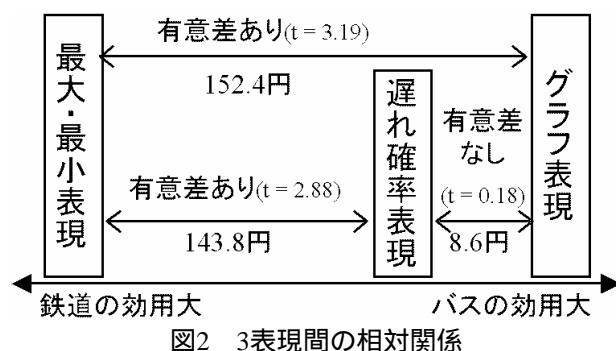


表9 各表現方法ごとのわかりやすさ

	一番わかりやすい	一番わかりにくい
最大・平均	66%	11%
遅れ確率	15%	37%
グラフ	19%	52%

5. 情報提供施策への適用可能性

2. の実験と4. の分析の両者から、最大・平均で表現した場合、遅れを強調する一部の情報が与えられることにより、グラフのように全情報を与えるものと比較して遅れを回避する行動がとられる、ということがいえる。

これを所要時間情報提供に応用することで、手

段選択・経路選択を政策上好ましい方向へ誘導することも可能であろう。例えば自動車の所要時間情報を最大値を含む指標で表し、バスの所要時間情報をグラフのような全データで表すことによって、自動車からバスへの転換を促進することができる。また、リアルタイムの所要時間予測による情報提供を行う場合、予測の誤差分布を上限・下限の信頼区間で示すか、分布全体を示すかによっても同様の誘導効果が出る可能性がある。

6. 結論と今後の課題

本研究では所要時間信頼性に関する情報の表現形式によって選択が影響を受けることを、SPデータの分析によって明らかにした。特に、遅れを強調した一部の情報を与える表現形式の場合、全情報を与える表現に比べて変動を回避する傾向をもつことが明らかとなった。これにより、情報提供を行う際、表現形式によって誘導を行う可能性が示唆される。

今後の課題として、制約の強さと余裕時間、前後の活動可能性に着目して、出発時刻選択を含む形で行動モデルをさらに精緻化すること、および、経験と情報との認識に与える影響の違いを比較することにより、情報提供そのものの効果を分析することがあげられる。

主要参考文献

- 1) Lam, T.C. and Small, K.A., The value time and reliability: measurement from a value pricing experiment. *Transportation Research*, 37E, 231-251, 2001.
- 2) Abdel - Aty, M.A., Kitamura, R. and Jovanis, P.P. : Using stated preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers' route choice. *Transportation Research* 5C, 39-50, 1997.
- 3) G.Copley and P.Murphy : Understanding and Valuing Journey Time Variability, *European Transport Conference*, Association for European Transport, 2002. (CD-ROM)