

高速道路経路選択行動における評価要因の因果構造特性：地域間比較分析*

Some Characteristics of Causal Structures underlying Highway Route Choice Behavior : A Comparative Analysis

西井和夫**、原田昇***、近藤大介****、田名部淳*****

by Kazuo NISHII**, Noboru HARATA***, Daisuke KONDO**** and Jun TANABE*****

1 はじめに

わが国の高速道路ネットワークは、その建設整備によってますます広域化・複雑化の傾向にある。このようなネットワーク上では、経路選択要因としての「料金」「所要時間」に関して比較的類似した経路が複数存在するため、その場合に利用者は、「安全性」や「ルートのわかり易さ」といった定性的評価要因をも考慮しながら経路選択を行うものと考えられる。経路選択行動における定性的な評価要因に関する分析意義はこのように大きいが、これらの要因はその計量化の困難さ故に、項目の抽出や抽象的な表現にとどまる場合が少なかった。しかし、これからの高速道路経路選択行動の的確な把握のためには、これらの項目についても明示的に取扱うとともに、経路選択行動への影響をトータルなものとして扱うことのできる評価分析フレームの開発が必要といえる。

そこで、本研究では、共分散構造分析 (LISREL モデル) の適用を通じて、経路選択行動における評価要因の因果構造モデルの構築を試みる。このモデルは、「潜在変数 (実際には観測不可能な変数)」を導入することによって内容の似通ったいくつかの「観測変数 (手元にデータとしてある観測可能な変数)」を潜在因子で縮約するとともに、これら潜在変数および観測変数間の因果関係を分析できる特徴をもつ。言い換えれば、道路の「安全性」や「わかり易さ」といった計量化が困難な定性的要因に対して潜在変数を介することで、それらと観測可能な変数との因果構造を表現し、その諸特性を把握できる。

以下では、図-1に示すように、まず第一に平成6年度実施の高速道路利用者アンケート調査データを用

いて、経路選択評価要因を軸にした基礎集計分析から経路選択行動の実態を把握するとともに、「料金」「所要時間」に関する以外の定性的要因を抽出する。次いで、「経路選択評価要因」「選択結果」「個人属性」「ルート側の種々の条件」等を変数として用いた LISREL モデルを構築し、そのモデルを現在 OD ペアに2通りの高速道路ルートを持つ3つの地域に適用させる。そして、推計結果と基礎集計結果との対比および地域間比較を通じて、提案 LISREL モデルがどのように的確に経路選択行動の評価要因構造を表現できているのか、その有効性を検証する。

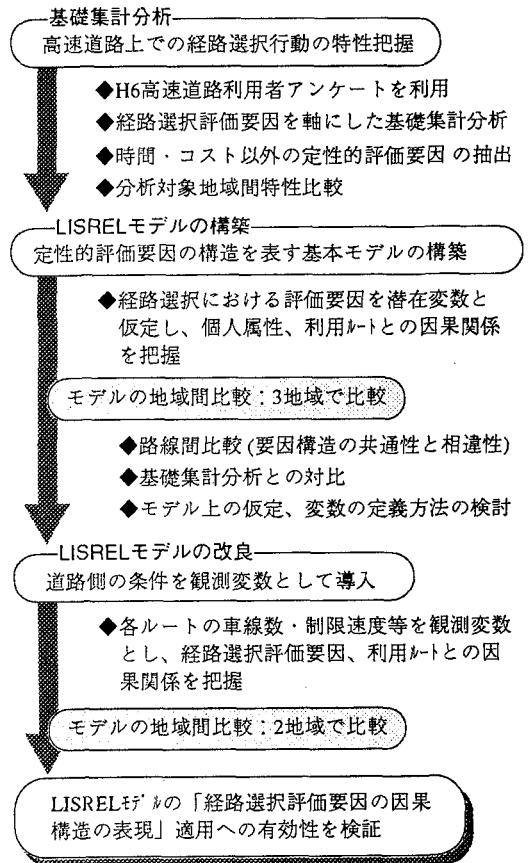


図-1 本研究のフロー

* Keywords : 経路選択、交通行動分析

** 正会員 工博 山梨大学工学部土木環境工学科
(山梨県甲府市武田4-3-11、Tel&Fax.0552-20-8533)

*** 正会員 工博 東京大学工学部都市工学科

**** 学生員 山梨大学大学院土木環境工学専攻

***** 正会員 都市交通計画研究所

2 分析データの概要と基礎集計分析

(1) 分析データ

本研究では、高速道路利用経路がループ状になっている東京～名古屋、名古屋～大阪、広島～山口間のSA・PAにおいて、平成6年に実施された高速道路利用者アンケート調査データを分析対象とした。¹⁾表-1に対象地域における各ルートの母数とサンプル数、図-2に分析対象とした3地域の概要を掲載する。

(2) 経路選択行動の因果構造の仮定

本研究では、高速道路上での経路選択行動の因果構造を図-3のように仮定した。この図では、選択結果である「利用経路」は所要時間が短いから・走りやすいから等の「経路選択評価要因」により決定され、それら評価要因は「個人属性・トリップ特性」と「道路特性」によって規定されることを示している。

ここで、高速道路利用者アンケートでは表-2の12項目の中から実際に利用した経路についてその選択理由を回答（複数回答可）させているが、本研究では例えば、所要時間が短い・距離が短い・時間が正確という理由は「時間選好性」であると仮定した。このよ

表-1 各ルートの母数とサンプル数

対象地域	路線	母数* (台)	抽出サンプル数 (人)	
			分母率	分母率
東京 ～名古屋	東名高速	30504	76%	407
	中央道	9500	24%	429
名古屋 ～大阪	名神高速	23122	75%	247
	東名阪	7744	25%	379
広島 ～山口	中国道	11472	63%	371
	山陽道	6660	37%	861

注*) 母数は図-2のICペア間における利用台数で
JH業務実績（平成6年11月の日平均）にもとづく

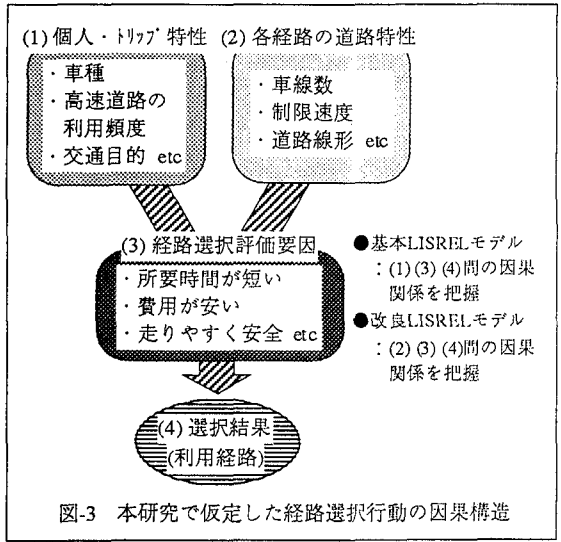


図-3 本研究で仮定した経路選択行動の因果構造

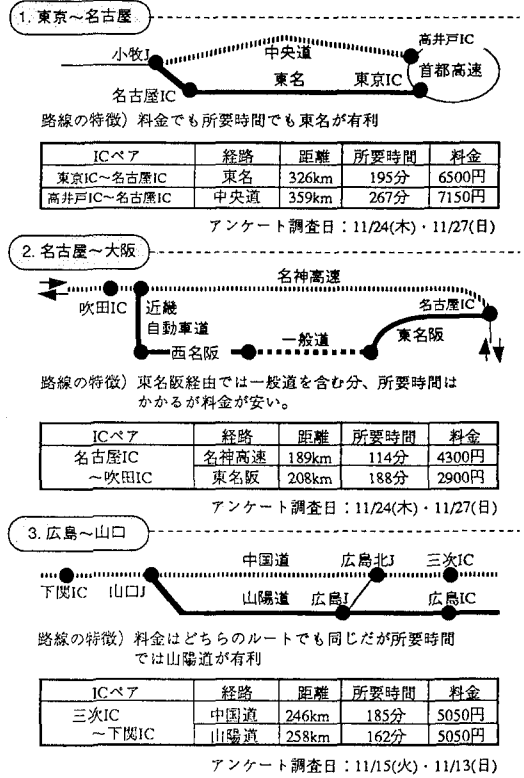


図-2 分析対象地域の概要

うに12の選択理由を6つの要因に集約し、それらを経路選択評価要因として以降の分析を進めた。

(3) 経路選択評価要因に関する基礎集計分析

図-4は、経路選択評価要因の構成を示す。これより、高速道路利用者は経路選択の際、所要時間や料金に関する要因だけでなく、「安全性」、「ルートの自由選択性」、「ルートのわかり易さ」といった定性的な要因も考慮しているといえる。また、各ルートで評価

表-2 経路選択評価要因の分類と複数回答可での回答頻度

評価要因	アンケートでの回答内容	東京 ～名古屋	名古屋 ～大阪	広島 ～山口
時間選好性	1) 所要時間が短い	21%	23%	19%
	2) 距離が短い	8%	16%	20%
	3) 時間が正確	8%	3%	3%
経済性	4) 費用が安い	2%	21%	4%
安全性	5) 走りやすく安全	21%	9%	24%
ルートの自由選択性	6) このルートを通るのが好き	7%	2%	4%
	7) 往復でルートを変えたかった	3%	1%	2%
ルートのわかり易さ	8) 以前に通ったことがある	4%	4%	6%
	9) ルートがわかり易い	6%	7%	4%
	10) 他ルートを知らない	3%	2%	1%
その他	11) 経路が指定されていた	4%	5%	2%
	12) その他	13%	7%	12%

注) サンプル数は 東京～名古屋=836 名古屋～大阪=626 広島～山口=1232

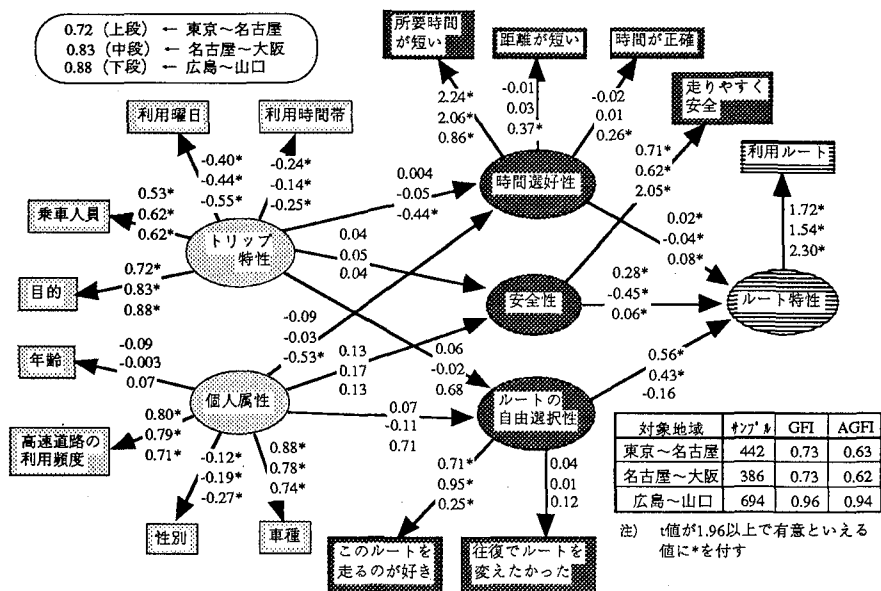


図-6 経路選択要因の構造モデル (基本モデル)

仮定している。また、モデル上の変数の組み合わせおよびパスダイアグラムに関しては、ルート特性変数を除く5つの内生的潜在変数をできるだけ多く取り入れる方法でパスダイアグラム構成を含め試行錯誤的にパラメータ推定を繰返すこととした。

その結果、図-6に示す因果構造のモデル形式において3地域比較可能な最良のケースを得ることができた。なお、「ルートのわかり易さ」の潜在変数を取り入れたモデルでは収束しないケースがあり結果的には用いられていない。

表-4は、経路選択評価要因と「利用ルート」との関係について、基礎集計結果と基本モデルによる推計結果との整合性を示したものである。例えば、この表の東京～名古屋間に着目すると、基礎集計では「時間選好性」、「安全性」、「ルートの自由選択性」の3評価要因については、中央道の方がその構成割合が高く、特に「ルートの自由選択性」において東名

との割合差(9%)が最大であることがわかる。一方、基本モデルの推計結果を眺めてみると、3つの評価要因の中で「ルートの自由選択性」の間の間接効果の絶対値が0.96と最大であり、パラメータが正であることから、「利用ルート」への規定力が最も大きいのは「ルートの自由選択性」であり、さらに、中央道利用者ほどそれを考慮することが示されている(パラメータが負の場合は表-4における1のルート、正の場合は2のルート利用者ほ

どその評価要因を考慮することを意味する)。このように、基礎集計結果と一致した結果が得られている場合には、整合性の欄に○を付している。

また、残りの対象地域についてもその整合性を眺めると、基本モデルによる推計結果はいずれも基礎集計結果と整合し、当該地域特有の性質をうまく表現できていることがわかる。

さらに、基礎集計結果の中で普通車は「時間選好性」、大型車は「安全性」を考慮することが明らかになっているが、表-5より利用車種に関する間接効果の推計結果はこの特性と整合している。

このように、ここで構築した基本モデルは「個人属性・トリップ特性」と観測変数間の因果関係および「経路選択評価要因」と「利用ルート」間の因果関係については、比較的良好な結果を得ることができた。しかし、「個人属性・トリップ特性」と「経路選択評価要因」間のパラメータに着目してみると、多くのバス係

表-4 経路選択評価要因と利用ルートの因果関係から見たモデルの整合性

対象地域	評価要因	基礎集計結果		基本モデル推計結果		整合性
		構成割合の差	利用ルート	間接効果	利用ルート	
東京～名古屋	時間選好性	1%	中央道	0.03	中央道	○
	安全性	3%	中央道	0.48	中央道	○
	ルートの自由選択性	9%	中央道	0.96	中央道	○
名古屋～大阪	時間選好性	7%	名神	-0.06	名神	○
	安全性	9%	名神	-0.69	名神	○
	ルートの自由選択性	2%	東名阪	0.66	東名阪	○
広島～山口	時間選好性	11%	山陽道	0.18	山陽道	○
	安全性	14%	山陽道	0.14	山陽道	○
	ルートの自由選択性	7%	中国道	-0.37	中国道	○

注) ・各地域において構成割合の差および間接効果が最大の評価要因に網を掛けた。
・基礎集計結果と推計結果の利用ルートが合致している場合、整合性を○とした。

表-5 利用車種との因果関係から見たモデルの整合性

対象地域	評価要因	基本モデル推計結果		整合性
		間接効果	車種	
東京～名古屋	時間選好性	-0.08	普通車	○
	安全性	0.11	大型車	○
名古屋～大阪	時間選好性	-0.02	普通車	○
	安全性	0.13	大型車	○
広島～山口	時間選好性	-0.39	普通車	○
	安全性	0.10	大型車	○

注) 表中の整合性の判断は、基礎集計分析における車種別評価要因構成(%)のシェアの違いにもとづき行った。

数値は有意な値になっていない。これは経路選択評価要因を規定する変数が他に存在する可能性を示唆しており、以下では「車線数」や「制限速度」等の道路側の条件に着目することにし、モデルの改良を加えることにする。

(2) 道路側の条件を考慮したモデルへの改良

ここでは、定性的評価要因を規定すると考えられる道路側の条件に着目し、基本モデルで取り上げられなかった因果関係を表現するものである。また、この改良モデルは、個人サンプル単位の非集計型の基本モデルに対比させて、対象地域関連のODペア単位のモデル構造へ改良することを最終的に意図するものである。そのために基本モデルでの「個人属性・トリップ特性」を用いる代わりに図-7に示すような新たな観測変数を導入している。(なお、ここで新たに導入した観測変数のうちで時間差・料金差は、便宜的に利用ルートと非利用ルートとの差で定義している。)

改良モデルにおける経路選択評価要因は、外生的潜在変数との関係から、「時間選好性」「安全性」「経済性」の3つを取り上げることにする。また、新たに構築するモデルのためにデータの再加工を行ったが、東京～名古屋間においては必要最低限のサンプルが抽出できなかったため、以下では、名古屋～大阪、広島～山口の2地域間について議論する。

図-8は、改良モデルにおけるパスダイアグラムとそれにより推計された両地域のパラメータを示したものである。「経路選択評価要因」が「利用ルート」を規定しているのは基本モデルと同じである。また、「時間選好性」は「時間サービス性」と「快適性」によって規定され、同じく「安全性」は「快適性」によって、「経済性」は「料金サービス性」によって規定され、さらにこれら外生的潜在変数は政策変数としてのいくつかの観測変数との因果関係を仮定している。

実際に推計された結果の中で、まず3つの「経路選択評価要因」と「ルート特性」との因果関係に着目してみると、パラメータの符号条件、t値の両者ともに良好な結果を得ている。具体的には、

新たに導入する観測変数・外生的潜在変数

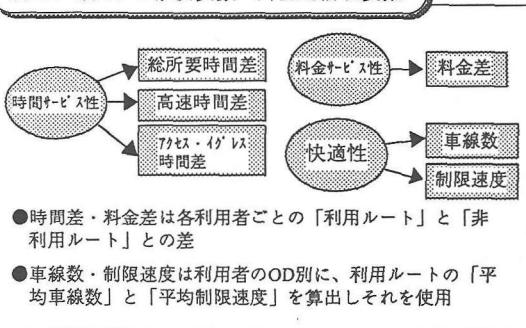


図-7 新たに導入する観測変数・潜在変数

1) 名古屋～大阪において、ルート特性への規定力は「経済性 (0.43)」「安全性 (-0.15)」「時間選好性 (-0.09)」の順で強く、さらに符号条件から東名阪利用者ほど「経済性」を、名神高速利用者ほど「安全性」「時間選好性」を考慮することを示している。これは基礎集計結果に整合している。

2) 広島～山口においては、「安全性 (0.12)」「時間選好性 (0.09)」「経済性 (-0.003)」の順でルート特性への規定力が強く、さらに符号条件から山陽道利用者ほど「安全性」「時間選好性」を、中国道利用者ほど「経済性」を考慮しているといえ、これも基礎集計結果と整合している。

3) 地域間比較の観点からは、名古屋～大阪において「ルート特性」への規定力が「経済性」で最大(0.43)になっていることに対して、2ルート間に料金差がない広島～山口ではその規定力が最小(-0.003)

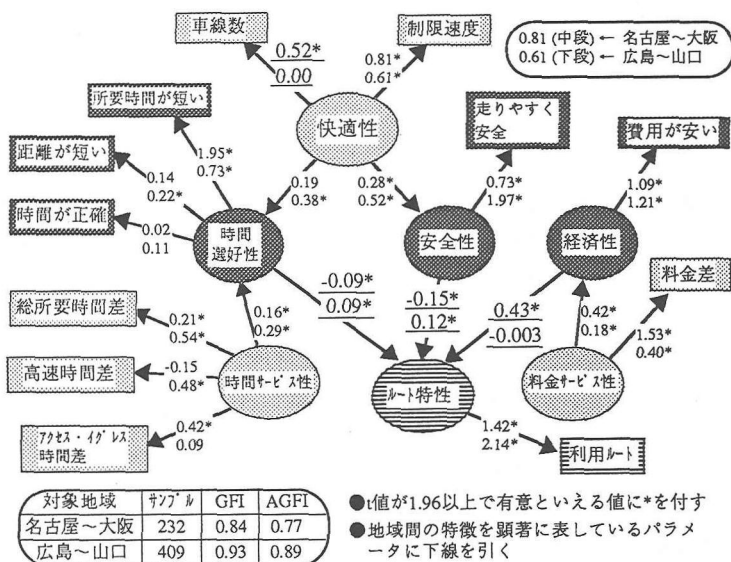


図-8 経路選択評価要因の因果構造モデル (道路側条件を導入したタイプ)

になっており、本モデルが地域の特徴をよく表現できているといえる。

4) また、新たに導入した変数の中で「時間サービス」に着目すると、「時間選好性」への規定力は名古屋～大阪では「アクセス・イグレス時間差」、広島～山口では「総所要時間差」が最も強いことがわかる。一方、「快適性」に関しては、どちらの地域においても制限速度が速いほど利用者は「安全性」「時間選好性」を考慮しやすいことが示されている。(ここで、広島～山口で「快適性」と「車線数」間のパラメータが0になったのは、この地域においては両経路の車線数に違いがないことによる。)

5) そして、前節のモデルでは有意とならなかった外生的潜在変数と経路選択評価要因との因果関係も良好な値になった。また、モデルの適合度を表すGFI、AGFIを眺めてみると、名古屋～大阪では基本モデルの時に比べその値が向上している。これは、この地域において経路選択に大きく影響している「経済性」という評価要因をモデルの中に導入したことを反映した結果であろう。

以上のように、この改良モデルは今後道路側の種々の条件が変化したとき、それに伴う因果構造への影響が計量的に把握できるという利点も持っている。

4 おわりに

本研究は、高速道路経路選択行動における評価要因構造特性を把握するため、LISRELモデルの適用を試みるとともに、その有効性検証を地域間比較分析を通じて行ったものである。

この中で、まず高速道路利用者意識評価データに基づき経路選択行動を規定する定性的要因の抽出と分析対象ルート特性の実態把握が行われた。次いでこれを踏まえて定式化された基本 LISREL モデルでは、「時間選好性」「安全性」「ルートの自由選択性」といった評価要因と利用ルートとの因果関係の表現が対象ルートに関する基礎集計結果(ルート特性)に整合する形でできることが示された。次に、道路側の条件を考慮した改良 LISREL モデルでは、新たに「時間サービス性」や「経済性」といった潜在変数や「車線数」「制限速度」などの観測変数を導入することにより、基本モデルに比べ全体的な適合度の高い

因果構造の表現が可能となった。これらの検討結果から、共分散構造分析手法(LISRELモデル)は、経路選択における評価要因構造の表現にとって有効な方法論であることが確かめられたといえる。

ただし、更なるモデルの洗練化ならびに将来予測への適用性を指す上では、いくつかの重要な課題が残されている。例えば、経路選択行動における規定要因は多岐にわたり、かつルートの特性にも依存するために汎用的なモデル構造(パスダイアグラム構成)を目的としてモデルの同定化を試みたが、3地域間比較が可能なケースは必ずしも全ての定性的要因を考慮できておらず、最良のモデルの提案とはなっていない。また後半の改良モデルでは、最終的には交通需要予測へのモデル展開を意識してODペア単位で集計的な扱いを一部試みたが、今回は分析対象データ数の不足により十分な検討がなされていないため、その点での有効性検証は今後の課題となっている。

<謝辞>

本研究の遂行にあたり、高速道路利用者アンケート調査データに関しては、日本道路公団・高速道路調査会の協力のもとで分析データとしての入手が可能となった。ここに関係各位に謝意を表します。またLISRELモデル構築の一部分に関して都市交通計画研究所からの研究助成を受けたことを記し、ここに謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 高速道路調査会：平成6年度高速道路の交通量推計手法の改善に関する調査報告書，日本道路公団，pp.6～69,1995.
- 2) 森川高行，佐々木邦明：主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル，土木学会論文集，No.470,pp.115～124,1993.
- 3) 山本俊行，藤井聡，北村隆一：交通機関選択要因の主観的重要度の構造に関して，土木計画学研究・講演集，No.17,pp.435～436,1995.
- 4) 大東延幸，原田昇，太田勝敏：動く歩道の利用者の意識についての研究，土木計画学研究・講演集，No.19(2)，pp.465～468,1996.
- 5) 西井和夫，古屋秀樹，佐藤俊通，高橋和己：地域社会から見た高速道路整備に関する定性的評価の構造分析：共分散構造分析による，土木計画学研究・論文集，No.13,pp.93～101,1996.
- 6) 西井和夫，原田昇，近藤大介，田名部淳：高速道路経路選択行動における評価要因間の因果構造モデルの地域間比較，土木計画学研究・講演集，No.20(2)，pp.633～636,1997.

本研究では共分散構造分析の適用によって個人属性・経路選択評価要因・利用ルートを変数とした基本モデルの構築と、道路側の条件を変数として考慮した改良モデルを構築し、これら評価要因の因果関係を把握する。モデルの同定化では同一ODペアに2通りの高速道路ルートを持つ3つの地域への適用を考え、そのパラメータ推計結果と基礎集計結果との対比および地域間比較を通じて、LISRELモデルがどのように経路選択行動の評価要因構造を表現できるのか、その有効性を検証する。その結果、推計されたモデルは、いずれも適用された3つの地域の各ルート特性の特徴を十分表しており、本手法によって評価要因の因果構造の把握が可能であったことがわかった。

Some Characteristics of Causal Structures underlying Highway Route Choice Behavior : A Comparative Analysis

by Kazuo NISHII, Noboru HARATA, Daisuke KONDO and Jun TANABE

The purpose of this paper is to develop a model for identifying the causal structures underlying route choice behavior by using a LISREL technique. In this paper, one prototype model is calibrated in order to compare with the results from its application to three areas. The qualitative factors determining route choice behaviors are incorporated into the model. The five latent variables such as time and cost saving convenience, comfort, safety, and caprice are used in the model. Also, the improved model is developed considering level of service in the route as an exogeneous variable. These results indicate that both types of LISREL model have capability of representing causal structures between those factors.
