

本四架橋交通量の変動特性と料金変更の影響*

Temporal Variations of Traffics on Honshu-Shikoku Bridges and Effects of Fare Change *

神野一**・井上英彦***・塚井誠人****・奥村誠*****

By Hajime JINNO**・Hidehiko INOUE***・Makoto TUKAI****・Makoto OKUMURA*****

1. はじめに

従来、交通施設計画を立案するため断面交通量調査やパーソントリップ調査などが行われ、それに対応する分析手法として四段階推定法などが開発されてきた。最近では交通量のみではなく、質的な情報を把握するためにアンケート調査などによる交通行動調査が行われ、交通行動モデルの開発が行われている¹⁾。しかし、交通行動調査は、予算的・技術的制約から地点・時点サンプル数が限られること、プライバシー意識の高まりのため回答率が低下していることなどから、必要なデータ量の確保が難しくなっている。

一方で現在では、自動計測装置や磁気カードを通じて、断面交通量や乗降者数などの情報が多くの地点で観測され、正確な計測地点・計測時刻を含む大量のデータが日々蓄積されている。しかし、このような自動計測データに対応した分析方法は確立していない。

本州四国連絡橋においても、架橋ごと・日ごとの断面交通量データが自動取得されているが、現在は一つの橋の年間交通量の比較や大型連休における渋滞予測程度にしか利用されていない²⁾。

本州と四国の間を流れる交通は、例えば観光行動としてしまなみ海道を通り四国に入り、瀬戸大橋から本州に戻る交通や、生活行動としてしまなみ海

道内で行き来する交通など質の異なる交通が混ざり合って全体の交通量を構成している。それぞれの交通は周期性、料金・天候・イベントへの反応、サービスのニーズが異なっており、それぞれに適合するきめ細かな料金設定、サービスの提供により顧客満足度を高め需要を喚起することが運用上重要になってきている³⁾。そのため、このような行動特性の異なる交通の構成比およびその変動特性を把握することが望まれる。特に2003年7月に行われた料金変更（1割引）の影響を把握することは重要な課題となっている。

本来、自動計測データは、空間的・時間的な情報を含んでいるが、その両方を一度に取り扱える手法はまだ存在しない。本研究はまず、交通量の広域的な変動を見るために因子分析を行い、変動要因の抽出を行う。それにより求めた因子得点について平休日・降雨・料金変更などを考慮し時系列分析を行うことにより、交通量の変動特性の把握を行う。

2. 使用データ

本研究では、神戸淡路鳴門自動車道、瀬戸中央自動車道、西瀬戸自動車道の中の明石海峡大橋、大鳴門橋、瀬戸大橋（本州側・四国側）、新尾道大橋、因島大橋、生口橋、多々羅大橋、大三島橋、伯方・大島大橋、来島海峡大橋それぞれの上下方向別の一日断面交通量を対象に研究を行った。データの期間は平成11年5月1日から平成16年5月31日までの1858日間である。

3. 本四架橋交通量の因子分析

因子分析とは観測された多数の変数間の相関関係を分析してそれらの変数の背後に潜む潜在因子を

*Key words : 発生交通, 交通量計測, 因子分析

**学生員, 学(工), 広島大学大学院工学研究科

(〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 TEL&FAX 082-421-1383)

***学生員, 修(工), 広島大学大学院工学研究科

****正会員, 博(工), 立命館大学理工学部

(〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 TEL 077-566-1111)

*****正会員, 博(工), 広島大学大学院工学研究科

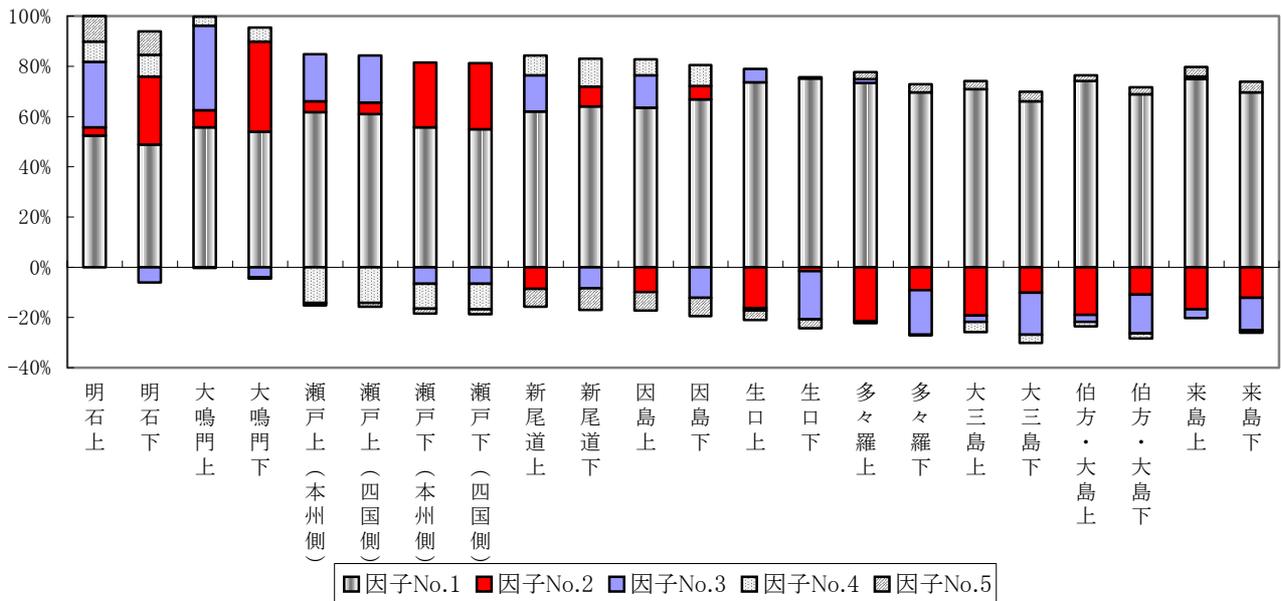


図1 因子負荷量

探索しようとする多変量解析の手法の一種である。

ある目的を持つ交通が異なる架橋のどちらかを選択する場合、あるいは異なる架橋をまたいで周遊する交通が発生した場合、それらの架橋交通量の間には何らかの相関関係があらわれる。つまり、架橋間の選択行動や架橋をまたぐ交通パターンは架橋同士の共通変動要因であり、関係する架橋交通量を構成する要素になっていると考えられる。このことから観測された多数の変数間の変動特性をもとに、因子分析の手法を利用して現象の背後に潜む潜在的な構成要素を抜き出すことを考える。

本四架橋交通量に対して因子分析を行った。因子の寄与率を表1に、因子負荷量の大きさを相対的に示したグラフを図1に示す。

表1 因子の寄与率と累積寄与率 (%)

因子No.	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
寄与率	86.5	6.1	4.8	1.2	0.6
累積寄与率	86.5	92.6	97.4	98.6	99.2

因子1の寄与率は85%と高く、また因子負荷量は全ての橋に対して正の強い影響を与えている。このことから、因子1は全体の共変動関係を表す因子といえる。

因子2は明石海峡大橋、大鳴門橋、瀬戸大橋といった東側の橋に対して正の影響を与え、しまなみ海道の橋に対して負の影響を与えていることから、

東西の変動を表す因子といえる。

因子3は上り方向の橋に対して正の影響を与え、下り方向の橋に対して正の影響を与える傾向があることから、上下方向別の変動を表す因子だといえる。

因子4は明石海峡大橋、大鳴門橋に対しては正の影響を与え、瀬戸大橋に対しては負の影響を与えている。また、しまなみ海道の橋に対する影響は少ないことから中央・東ルート間の変動を表す因子だといえる。

因子5はしまなみ海道の中の四国側に位置する多々羅大橋、大三島橋、伯方・大島大橋、来島海峡大橋に対しては正の影響を与え、本州側に位置する新尾道大橋、因島大橋、生口橋に対しては負の影響を与えていることから、しまなみ海道内の変動を表す因子といえる。

以上の分析より、本四連絡橋交通量の変動成分は主に、①全体の共変動、②東西の変動、③上下方向の変動、④中央・東ルート間の変動、⑤しまなみ海道内の変動の5つから構成されており、5つの因子によって全体の変動の約99%を説明できることが明らかとなった。

4. 料金変更による交通量変動要因の変化

(1) t検定による因子得点平均値の比較

平成15年7月1日より、本四架橋の通行料金が従

来の1割引となった。それに伴い交通量及びその変動要因に変化が生じたと考えられる。

そこで、料金変更前後の各因子の因子得点平均値に統計的に有意な差があるかについてt検定を行った。その際、料金変更後の因子得点は平成15年7月1日から平成16年5月31日の336日を用いた。料金変更前の因子得点には、図2のように因子得点のばらつきが大きい時期があるので、因子得点が落ち着いている平成13年7月1日から平成15年6月30日の「料金変更前2年間」の730日を用いた。

料金変更前後の因子得点平均値についてt検定を行った結果を表2に示す。

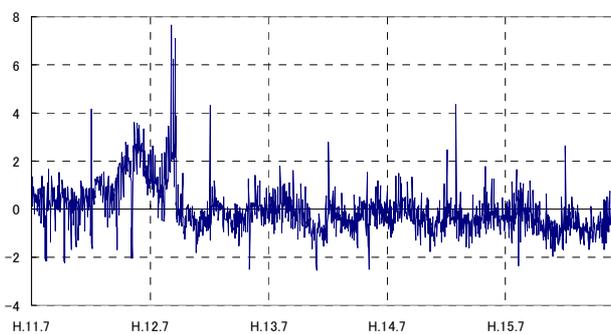


図2 因子5の因子得点

表2 料金変更前後の因子得点平均値の比較

H.13.7～					
料金変更前2年間	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
平均	-0.13	0.18	0.17	0.16	-0.28
分散	0.64	0.51	0.69	0.61	0.39
日数	730	730	730	730	730
H.15.7～					
変更後	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
平均	-0.02	0.28	0.26	0.63	-0.54
分散	0.71	0.55	0.82	0.49	0.37
日数	336	336	336	336	336
t値	2.03	1.91	1.56	9.67	-6.33
自由度	621	632	602	723	667
	*			**	**

* 5%有意, **1%有意

表2より、因子1と因子4については料金変更後の方が因子得点が有意に高く、因子5については料金変更後の方が因子得点が有意に低い。つまり、料金変更により次の変化が起こったと考えられる。

因子1の因子負荷量は全ての橋について正である。よって、料金変更により交通量が全体的に増えた。

因子4の因子負荷量は神戸淡路自動車道で正、瀬戸中央自動車道で負である。よって、料金変更により神戸淡路自動車道の交通量が増えて、瀬戸中央自

動車道の交通量が減った。

因子5の因子負荷量はしまなみ海道内の四国側の橋で正、本州側の橋で負である。よって、料金変更後しまなみ海道内の本州側の交通量が増えて、四国側の交通量が減った。

(2) 因子得点の時系列分析

交通量に影響を与える要因として、料金変更の他にも、平休日、天候などが考えられる。したがって、料金変更前後の因子得点の変化が料金変更によるものとは限らない。そこで、料金変更前後の2年11ヶ月分の因子得点について、平休日配置情報と降雨情報を考慮した時系列分析を行い、因子得点の変化のうち、どの程度が料金変更によるものを把握する。

一般的に交通量は平日、休日、連休等によって増減すると考えられるが、次の週に連休が存在する休日には先の連休を見越して出控えるといった行動が考えられる。また、連休中においてもその日が連休の前半なのか後半なのかという違いによっても交通量が増減する。このように休日交通は前後の休日配置によって変化するため、分析を行う際にはこのような平休日配置情報を組み込む必要がある⁴⁾。

本研究で用いた平休日配置情報は、平日（月曜から金曜の休日を除く日）、休日（土曜、日曜、祝日、GW、お盆、年末年始に該当する日）、連休

（3日以上連続する休日）、連休以外の休日、前に連休がある休日（ある休日の3週間前までに連休が存在）、後に連休がある休日（ある休日の3週間後までに連休が存在）、連休初日、連休中、連休最後、休日明けの10種類のダミー変数を使用した。

また、降雨情報は本四架橋周辺都市の降水量を使用し、1mm以上の降雨が観測された日をダミーで表現する。

VARモデルの式は以下のように表される。

$$F_i(t) = \alpha_i F_i(t-l) + \sum_{j \neq i} \alpha_j T_j(t-l) + \sum_k \beta_{ik} x_k(t) + \varepsilon_i(t) \quad (1)$$

ここで、 F は因子得点、 i, j は因子を表し、 l はラグ、 x_k は平休日情報、降雨および料金変更ダミーを表し、 α, β はパラメータ、 ε は誤差項を表す。

表3 VARの結果

因子1		因子2		因子3		因子4		因子5	
説明変数	推定値 t値	説明変数	推定値 t値	説明変数	推定値 t値	説明変数	推定値 t値	説明変数	推定値 t値
因子1(-1)	0.71 38.60 **	因子2(-1)	0.66 19.09 **	因子3(-1)	0.46 16.10 **	因子4(-1)	0.33 11.59 **	因子5(-1)	0.29 10.44 **
因子1(-7)	0.03 1.96 *	因子2(-7)	0.04 2.06 *	因子3(-2)	-0.10 -5.58 **	因子4(-7)	0.24 8.87 **	因子5(-7)	0.25 9.25 **
降雨ダミー	-0.13 -5.66 **	因子1	0.77 17.24 **	因子3(-7)	0.02 1.67	因子1	-0.18 -4.79 **	因子1	-0.35 -7.03 **
降雨ダミー(-1)	0.08 3.72 **	因子1(-1)	-0.89 -17.76 **	因子1	0.50 12.48 **	因子2(-1)	0.38 10.87 **	因子1(-1)	0.29 4.68 **
平日	-0.06 -3.29 **	因子3(-1)	0.28 9.21 **	因子1(-1)	0.18 3.75 **	因子2(-2)	-0.25 -6.72 **	因子1(-2)	-0.01 -0.30
通常休日	0.17 3.99 **	降雨ダミー	0.03 0.90	因子2	-0.62 -23.42 **	休日初日	0.51 10.38 **	連休以外の休日	0.10 2.68 **
前に連休	0.02 0.60	降雨ダミー(-1)	-0.01 -0.47	因子2(-1)	0.02 0.55	休日明け(+1)	0.31 5.85 **	連休初日	0.56 5.34 **
後に連休	0.09 2.40 *	平日	-0.06 -2.00 *	因子2(-2)	0.08 2.75 **	休日明け	0.05 0.95	連休中	0.27 3.01 **
連休初日	0.69 11.45 **	連休以外の休日	-0.14 -3.92 **	因子2(-3)	0.00 0.15	平日	-0.17 -5.17 **	連休最後	0.26 2.36 *
連休中	0.87 18.09 **	連休初日	0.89 9.89 **	降雨ダミー	0.00 -0.01	料金変更ダミー	0.21 5.19 **	休日明け	-0.25 -4.08 **
連休最後	-0.22 -3.19 **	連休中	-0.01 -0.17	平日	0.40 15.92 **			平日	-0.25 -7.98 **
休日明け	-0.56 -17.30 **	連休最後	0.00 -0.04	休日初日	0.05 1.24			料金変更ダミー	-0.11 -3.17 **
料金変更ダミー	0.04 1.75	休日明け	0.25 4.86 **	休日明け(+1)	0.83 23.94 **				
		料金変更ダミー	0.01 0.35	休日明け	-0.76 -17.10 **				
				料金変更ダミー	0.04 1.80				
決定係数	0.85	決定係数	0.64	決定係数	0.82	決定係数	0.50	決定係数	0.33

* 5%有意, ** 1%有意

各因子にVARモデルを適用した結果を表3に示す。料金変更ダミーのパラメータに着目すると、因子4については正、因子5については負で有意となり、t検定の結果と一致する。また、因子1については、料金変更による影響よりも前日の因子得点や連休、降雨の影響を強く受けている。推定結果から、「降雨ダミーが負で有意で、降雨ダミー(-1)が正で有意となっていることから、降雨による影響で雨が降った日は因子1の値が減少し、次の日は因子1の値は増加する」などという法則性を読み取ることが可能である。

(3) 料金変更後の変化の考察

以上の分析で、料金変更により「因子1の影響として全ての橋の交通量が増えた」「因子4の影響として神戸淡路自動車道の交通量が増え、瀬戸中央自動車道の交通量が減った」「因子5の影響としてしまなみ海道内の本州側の交通量が増え、四国側の交通量が減った」という結果が得られた。

神戸淡路鳴門自動車道の交通量が増えて、瀬戸中央自動車道の交通量が減った理由としては、今回の料金変更は1割引という同率で実施されたため、従来の通行料が高かった神戸淡路鳴門自動車道の方が瀬戸中央自動車道よりも割引額が大きく、割高感が抑えられたと考えられる。

また、本四連絡橋公団がweb上で公開している平成14年度と平成15年度の交通量の比較によると、瀬戸大橋と来島海峡大橋を除く橋で全般的に増加しており、瀬戸大橋と来島海峡大橋で減少している²⁾。今回の分析結果はこの傾向と整合的である。

5. おわりに

本研究では多変量時系列データを用いて時間的・空間的構造を分析する方法の提案を目的として、本州四国連絡橋の断面交通量を対象に分析を行った。具体的には因子分析・VARモデルなどの手法を用いて分析を行い、料金変更の影響を明らかにした。

本研究ではすでに発生した現象を記述するモデルを構築することに重点を置いたが、本来時系列分析は予測に使われる手法である。今後は交通量の将来予測に使えるモデルを構築する必要がある。

最後に、本研究では因子の変動パターンについての分析を行ったが、どのような個人属性を持つ交通がどの因子に該当するのかといった分析はできていない。この個人属性と因子の関係を分析するための手法の開発および、調査手法の開発が今後の課題としてあげられる。

参考文献

- 1)北村隆一、森川高行：交通行動の分析とモデリング、技報堂出版、2002。
- 2)本州四国連絡橋公団, <http://www.hsba.go.jp>
- 3)井上英彦・塚井誠人・奥村誠：本四架橋交通量に基づく休日交通パターンの分類、交通工学研究発表会論文報告集, No.23, pp.217-220, 2003。
- 4)井上英彦・塚井誠人・奥村誠：カレンダー情報を利用した本四架橋交通量の時系列分析、土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.26, No.163, 2002。