

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*

Time Series Analysis of the Traffic on Honshu Shikoku Bridges Considering the Holiday Arrangement*

井上英彦**・塚井誠人***・奥村誠****

By Hidehiko INOUE**・Makoto TSUKAI ***・Makoto OKUMURA ****

1. はじめに

1999年5月に尾道と今治が陸路で結ばれ、本州四国間は3つのルートで結ばれた。これによりルート選択の多様性が増し、平日交通においては通勤や買い物などに利用される生活橋としての役割の拡大が期待されている。一方、休日交通においては広域的な周遊などに利用される観光橋としての役割の増加が期待されている。

また、休日交通は前後の休日配置によって交通量に変化が起こればと考えられ、分析を行う際にはそのようなカレンダー上から得られる情報を組み込む必要があると考えられる。

本研究では、まずカレンダー上の休日配置が交通量に与える影響を架橋ごとに分析する。次に各架橋の休日・平日における違いについて分析し、それらの経年的な変化についての分析を行う。その後これらの影響を除いた自橋の交通量の残差の自己相関関係と、他橋間の交通量の残差の相関関係について分析を行う。

2. 使用データ

本研究で用いたデータは本四公団web¹⁾上に公開されている1999年5月1日から2002年4月30日の間における神戸淡路鳴門自動車道(明石海峡大橋・大鳴

門橋)・瀬戸中央自動車道(瀬戸大橋)・しまなみ海道(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)それぞれの一日断面交通量である。

データは、1999年5月~2000年4月、2000年5月~2001年4月、2001年5月~2002年4月の期間でそれぞれ(99年)(00年)(01年)とした。

3. 分析手法

(1) カレンダー情報を用いた時系列分析

休日交通は、例えば、ある休日の数週間後に連休がある場合には、その連休を見越して観光を控えるなど、その休日が後に連休を控えているのか、連休の最中か、連休の後かという違いによって大きく異なると考えられる。そこで、カレンダー情報という既知の情報の交通量に対する影響を組み込んだ交通量の時系列分析を行う。

ここでのカレンダー情報とは従来考慮されてきた曜日の情報ではなく、カレンダー上の休日配置の情報である。また、天気や景気の情報とは異なり、事前に確実に入手できるという特徴を持つ。

分析には、カレンダー情報を含む自己回帰(AR(1))モデルを用い、以下のように定式化する。

$$Y_i^t = A_i Y_i^{t-1} + \sum_{j=1}^7 \sum_{k=1}^3 B_{ij} C_{ij} D_k + e_i^t \quad (1)$$

ここで Y_i^t は t 日における橋 i の交通量を表し、 Y_i^{t-1} は $t-1$ 日における橋 i の交通量を表す。 C_{ij} はカレンダー情報のダミー変数で、連休初日($j=1$)、連休中($j=2$)、連休最後($j=3$)、三週間以内に連休を持つ、連休ではない休日($j=4$) (以下BR)、先の三週間内に連休を持つ、連休ではない休日($j=5$) (以下FR)、 $j=1 \sim 5$ の条件に当てはまらない休日($j=6$)、および平日($j=7$)

*キーワード：発生交通 時系列分析

**学生員，学(工)，広島大学大学院工学研究科

(広島県東広島市鏡山1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7849)

***正会員，修(工)，広島大学大学院工学研究科

(広島県東広島市鏡山1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7849)

****正会員，博(工)，広島大学大学院工学研究科

(広島県東広島市鏡山1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7849)

表 1 . 推定結果

	明石海峡	大鳴門橋	瀬戸大橋	新尾道	因島	生口橋	多田羅	大三島橋	伯方・大島	来島	
前日交通量	0.697 (38.93)	0.752 (45.12)	0.774 (46.05)	0.695 (39.43)	0.738 (43.00)	0.748 (45.04)	0.656 (37.91)	0.703 (41.24)	0.708 (41.43)	0.663 (37.41)	
99	連休初日	17319.2 (10.08)	10462.2 (10.22)	9405.5 (11.22)	7182.1 (11.78)	7480.7 (11.54)	6057.5 (12.09)	5667.3 (11.82)	5516.4 (11.48)	5604.4 (11.37)	6128.4 (11.17)
	連休中	15775.2 (11.09)	8520.9 (9.92)	7216.9 (9.76)	7183.7 (14.25)	6998.1 (12.90)	5441.7 (12.94)	6102.3 (15.75)	5985.7 (15.16)	6035.2 (14.86)	7140.3 (15.84)
	連休最後	9288.6 (5.12)	5837.1 (5.40)	4800.3 (5.32)	4124.7 (6.21)	3738.7 (5.29)	2663.6 (4.86)	2753.0 (5.26)	2305.1 (4.37)	2412.9 (4.46)	3293.9 (5.49)
	BR	8516.9 (10.19)	4424.5 (8.85)	3532.0 (8.42)	4408.6 (14.24)	4397.8 (13.14)	3246.1 (12.65)	3341.5 (14.32)	3268.3 (13.67)	3433.2 (13.87)	4128.7 (15.14)
	FR	8331.7 (10.01)	4362.3 (8.81)	2954.6 (7.14)	3601.1 (12.00)	3570.4 (11.04)	2367.1 (9.65)	2150.0 (9.59)	2100.9 (9.21)	2350.1 (9.96)	2804.3 (10.73)
	休日	10485.8 (12.23)	5268.0 (10.20)	3959.0 (9.03)	5734.3 (17.54)	5821.9 (16.34)	4448.7 (16.31)	4500.7 (18.64)	4317.1 (17.29)	4476.6 (17.28)	5201.6 (18.39)
	平日	4775.8 (9.96)	2860.3 (9.51)	2752.8 (10.05)	1985.7 (9.92)	2080.5 (9.17)	1455.3 (8.69)	892.2 (7.31)	1131.3 (8.23)	1264.2 (8.55)	1406.3 (8.98)
	連休初日	19442.7 (12.04)	11963.9 (12.35)	8341.0 (10.61)	5557.5 (9.71)	5609.7 (9.22)	4123.2 (8.82)	3650.1 (8.18)	3694.4 (8.27)	3728.3 (8.13)	4255.1 (8.32)
	連休中	13550.0 (10.69)	7793.4 (10.00)	5739.0 (8.98)	5323.4 (12.00)	5200.1 (10.94)	3867.6 (10.72)	3877.5 (11.89)	3830.7 (11.51)	3944.8 (11.48)	4654.4 (12.22)
連休最後	8732.1 (5.15)	5781.6 (5.69)	4218.4 (5.17)	3364.4 (5.62)	3021.7 (4.76)	1918.8 (3.94)	1689.1 (3.65)	1428.0 (3.07)	1598.7 (3.35)	2242.7 (4.21)	
00	BR	6730.5 (8.03)	3539.0 (7.04)	2429.5 (5.92)	2561.6 (8.57)	2482.8 (7.77)	1571.8 (6.47)	1447.3 (6.34)	1403.9 (6.11)	1541.1 (6.52)	1972.9 (7.49)
	FR	8343.9 (9.63)	4073.0 (7.90)	2210.2 (5.31)	2765.3 (9.00)	2661.2 (8.12)	1603.5 (6.45)	1315.2 (5.63)	1295.1 (5.51)	1471.2 (6.09)	1847.3 (6.85)
	休日	11947.7 (12.95)	6282.4 (11.35)	3868.7 (8.58)	4169.5 (12.71)	4082.0 (11.53)	2503.4 (9.49)	2177.2 (9.18)	2132.1 (8.81)	2376.8 (9.47)	3034.3 (10.86)
	平日	5158.1 (10.47)	3206.0 (10.14)	2854.2 (10.76)	2289.7 (12.10)	2396.6 (11.29)	1594.1 (10.93)	841.4 (8.32)	1147.2 (10.07)	1302.9 (10.53)	1490.2 (11.02)
	連休初日	17532.3 (12.13)	11506.6 (13.19)	7696.8 (10.87)	5215.4 (10.06)	5112.0 (9.27)	3732.5 (8.86)	3157.2 (7.90)	3151.2 (7.86)	3301.0 (8.02)	3731.9 (8.13)
01	連休中	13656.5 (11.64)	8131.0 (10.94)	5636.8 (9.59)	5321.4 (12.85)	5193.2 (11.74)	3716.0 (11.16)	3513.0 (11.85)	3503.9 (11.57)	3632.7 (11.58)	4246.4 (12.20)
	連休最後	7327.6 (4.74)	5115.9 (5.45)	3159.5 (4.22)	2753.5 (4.99)	2323.4 (3.97)	1255.8 (2.83)	1067.3 (2.56)	924.2 (2.20)	1056.8 (2.45)	1670.2 (3.47)
	BR	6079.9 (7.50)	3506.1 (7.11)	2098.0 (5.27)	2406.2 (8.18)	2246.0 (7.15)	1324.2 (5.59)	1203.6 (5.48)	1185.9 (5.34)	1343.4 (5.87)	1743.1 (6.83)
	FR	6368.4 (7.77)	3590.4 (7.26)	2012.5 (5.04)	2636.3 (8.92)	2475.6 (7.86)	1438.8 (6.03)	1194.4 (5.34)	1141.5 (5.07)	1333.7 (5.76)	1611.7 (6.24)
	休日	11071.7 (10.16)	6636.5 (10.02)	4087.8 (7.62)	4152.6 (10.49)	3988.3 (9.42)	2393.1 (7.51)	2055.7 (6.99)	1998.4 (6.72)	2281.8 (7.43)	2827.1 (8.26)
	平日	4812.7 (10.38)	3162.8 (10.10)	2807.4 (10.79)	2457.6 (12.78)	2544.3 (11.91)	1708.6 (11.67)	879.4 (8.80)	1205.5 (10.68)	1367.7 (11.10)	1597.5 (11.86)
	A.Rsq.	0.734	0.776	0.767	0.701	0.704	0.758	0.779	0.778	0.767	0.742
D.W.	1.541	1.537	1.609	1.578	1.602	1.547	1.457	1.515	1.524	1.490	

()内は 値を表す

である。 D_k は年次を表すダミー変数であり、99年 ($k=1$)、00年 ($k=2$)、01年 ($k=3$) である。 A_i B_{ij} はパラメータ、 e_i は誤差項である。

ここでの連休とは休日が3日以上続く場合のことであり、休日の中にはGW期間中の平日や、お盆の期間中の平日等の特殊日が含まれている。

(2) 残差相関の分析

推定結果より、架橋ごとの残差の時系列方向の相関と、空間方向の相関つまり架橋間の残差の相関

を分析する。時系列方向の相関に対しては残差が自己相関を持つかどうかを検定するためにダービン - ワトソン検定を行う²⁾。空間方向の相関に対しては各年における架橋間の残差の相関を計算することで分析する。

4 . モデルの推定結果および考察

表 1 に式 (1) の推定結果を示す。各架橋における自由度調整済み決定係数 (A.Rsq) は高い値を示

し、各パラメータはすべて有意な結果となっている。

前日交通量のパラメータは前日交通量の何割が当日交通量に現れるかを表しており、パラメータの推定値が高いほど需要が安定していることを示している。推定結果から開通から10年余り経過している瀬戸大橋の需要が特に安定していると考えられる。

休日のパラメータは平日のパラメータよりも大きい値を持ち、多々羅大橋と明石海峡大橋は2倍以上の値を持っており、開通が新しいこれらの架橋をばさんだ日常的な交通はまだ多くないことを反映している。また、99年のしまなみ海道では3～5倍という値となっており、開通直後の観光利用が多かったことを示している。

また、すべての時点・架橋で休日パラメータよりも連休初日パラメータの方が大きな値を示しており、妥当な結果が得られている。連休初日・連休中・連休最後のパラメータを比較すると、すべての時点のすべての架橋で連休初日<連休最後、連休中<連休最後という結果となった。

休日とBR・FRのパラメータを比較すると、すべての時点・架橋で休日パラメータの方が大きな値を示しており、これは前後に連休が存在する休日においては交通行動の出控えが起こることを表している。

次に各架橋ごとのパラメータの経年変化について述べる。神戸淡路鳴門自動車道の休日・連休初日パラメータは明石海峡大橋においては99年<01年<00年となり、大鳴門橋では99年<00年<01年である。また、平日パラメータは明石海峡大橋・大鳴門橋共に99年<01年<00年の関係となっている。これは2000年に開催されたジャパンフローラ2000の影響により交通量の増加が起こった結果を表していると考えられる。また、明石海峡大橋・大鳴門橋の平日、休日パラメータが共に99年<01年となっており、平日、休日パラメータの比も99年<01年となっていることから、神戸淡路鳴門自動車道は生活橋・観光橋としての役割が共に増加しており、特に観光橋としての役割が増加していると考えられる。

しまなみ海道においては、休日・連休初日パラメータはすべての架橋において01年<00年<99年となっており、減少傾向である。これは、99年にはしまなみ海道開通イベントが開催されていたが、00年以降はその影響が薄れたためと考えられる。このた

表2．平日残差相関（99年）

	明石	大鳴	瀬戸	尾道	因島	生口	多々	大三	伯方	来島
明石	1.000									
大鳴	0.946	1.000								
瀬戸	0.883	0.955	1.000							
尾道	0.928	0.886	0.852	1.000						
因島	0.923	0.878	0.844	0.996	1.000					
生口	0.897	0.852	0.824	0.980	0.986	1.000				
多々	0.873	0.831	0.799	0.974	0.970	0.979	1.000			
大三	0.882	0.836	0.808	0.973	0.975	0.988	0.991	1.000		
伯方	0.885	0.838	0.806	0.976	0.977	0.986	0.987	0.996	1.000	
来島	0.891	0.841	0.805	0.977	0.973	0.977	0.988	0.990	0.993	1.000

表3．平日残差相関（01年）

	明石	大鳴	瀬戸	尾道	因島	生口	多々	大三	伯方	来島
明石	1.000									
大鳴	0.975	1.000								
瀬戸	0.921	0.951	1.000							
尾道	0.950	0.932	0.902	1.000						
因島	0.935	0.925	0.900	0.993	1.000					
生口	0.905	0.908	0.899	0.952	0.964	1.000				
多々	0.959	0.954	0.923	0.967	0.952	0.937	1.000			
大三	0.918	0.929	0.915	0.941	0.949	0.952	0.958	1.000		
伯方	0.925	0.929	0.902	0.950	0.955	0.947	0.956	0.983	1.000	
来島	0.933	0.924	0.892	0.945	0.941	0.923	0.959	0.962	0.976	1.000

表4．休日残差相関（99年）

	明石	大鳴	瀬戸	尾道	因島	生口	多々	大三	伯方	来島
明石	1.000									
大鳴	0.957	1.000								
瀬戸	0.922	0.960	1.000							
尾道	0.893	0.873	0.834	1.000						
因島	0.889	0.864	0.827	0.995	1.000					
生口	0.881	0.839	0.808	0.980	0.985	1.000				
多々	0.868	0.808	0.776	0.950	0.946	0.963	1.000			
大三	0.874	0.806	0.782	0.940	0.940	0.966	0.991	1.000		
伯方	0.875	0.815	0.784	0.952	0.969	0.992	0.995	1.000		
来島	0.890	0.833	0.802	0.953	0.949	0.958	0.977	0.978	0.983	1.000

表5．休日残差相関（01年）

	明石	大鳴	瀬戸	尾道	因島	生口	多々	大三	伯方	来島
明石	1.000									
大鳴	0.966	1.000								
瀬戸	0.910	0.968	1.000							
尾道	0.932	0.910	0.887	1.000						
因島	0.929	0.908	0.886	0.994	1.000					
生口	0.911	0.898	0.881	0.956	0.971	1.000				
多々	0.921	0.920	0.901	0.951	0.956	0.971	1.000			
大三	0.897	0.895	0.883	0.915	0.926	0.959	0.980	1.000		
伯方	0.912	0.906	0.886	0.941	0.950	0.970	0.986	0.991	1.000	
来島	0.913	0.892	0.857	0.944	0.948	0.952	0.973	0.969	0.984	1.000

め、しまなみ海道の観光橋としての役割は減少していると考えられる。また、連休初日と連休中のパラメータを比較すると、本州側の架橋では連休中<連休初日、または同程度の大きさを持つ。これは神戸淡路鳴門自動車道・瀬戸大橋と同様の傾向である。逆に四国側の架橋では、連休初日<連休中という傾向が見られる。このことから、連休中のしまなみ海道では二日以上に渡って本州側から四国側に向かう周遊が発生しているのではないかと考えられる。

一方、平日パラメータは多々羅大橋を除き99年<00年<01年となっている。さらに、平日と休日パラメータの比がすべての架橋で99年<00年<01年となっていることから、しまなみ海道の生活橋として

の役割は増加していると考えられる。

瀬戸大橋では、休日パラメータは00年<99年<01年となっており増加しているが、連休初日パラメータは99年<00年<01年と減少傾向である。このことから、瀬戸大橋における連休中の観光橋としての役割は減少していると考えられる。一方、平日パラメータは99年<01年<00年となつてはいるが、その差はほとんどなく、生活橋としての役割は安定していると考えられる。

5. 残差の相関

表2～表5に各架橋の残差の間の相関係数を示す。これから明らかなように、架橋ごとの残差には強い相関が見られる。このことから、残差の中には天気の影響などの共通の因子が存在するのではないかと考えられる。

99年の平日残差相関はしまなみ海道内で高く、神戸淡路鳴門自動車道内の相関を上回っている。特に隣り合う架橋同士の相関係数が1に近い。これは、しまなみ海道内を縦貫する交通の割合が大きいに起因していると考えられる。休日残差相関は神戸淡路鳴門自動車道内と瀬戸大橋の相関が平日に比べ高く、これらの架橋を回遊するような観光交通が発生していると考えられる。一方しまなみ海道内の相関は多々羅大橋との相関を除き平日よりも低く、大三島をはじめとする途中の目的地までの観光交通がある程度存在することを反映している。

01年の平日残差相関を99年の平日残差相関と比較すると、神戸淡路鳴門自動車道と瀬戸大橋としまなみ海道間の相関は増加しているが、しまなみ海道内の相関は減少している。また、休日残差相関の場合も同様に神戸淡路鳴門自動車道と瀬戸大橋としまなみ海道間の相関は増加しており、しまなみ海道内の相関は多々羅大橋と広島県側の架橋間を除き減少している。以上のことは、3つのルートをもたぐような広域的な流動が増加する一方で、しまなみ海道では部分的な交通が増加していることを示している。

系列相関は、すべての架橋において1%有意で自己相関がないという帰無仮説を棄却し、系列内相関には1階の正の自己相関が存在するという結果となった。これは、交通量の大小の傾向がある程度の期

間連続することを意味するが、季節変動や平休日にまたがるようなイベントの影響が現れている可能性がある。

6. おわりに

本研究では本四三架橋の交通量に対して時系列分析を行った。その際にカレンダー情報という休日配置の情報を組み込んだ分析を行った。この結果から、休日は平日を上回る交通を発生させ、さらに、連休は通常の休日よりも多くの交通を発生させると同時に、その前後の休日に対しては出控えを引き起こしていることが確認できた。各架橋の平日・休日パラメータの経年的変化により、しまなみ海道は開通効果が薄れて、生活橋としての役割が強まっているのに対し、他のルートでは観光橋としての役割が強まっていることがわかった。

次に、各架橋の残差の相関に対する分析を行った。その結果、平日においてはしまなみ海道内では縦貫する交通の割合が多く、休日においては神戸淡路鳴門自動車道と瀬戸大橋間を回遊する交通が多いということがわかった。また、休日・平日ともに3ルートをまたぐ広域的な周遊が経年的に増加していることが明らかとなった。

今後の課題として、各架橋の系列内および各架橋間に強い相関が見られることからイベントや天気などの共通の変動要因が存在する可能性があるため、残差の相関についてさらに詳しく分析を行う必要がある。また、方向別交通量や、沿道施設の利用客数などのデータを加えることが望まれる。さらに、割引チケットやキャンペーンなどの効果を考慮できるように分析手法を発展させる必要がある。

本研究へのデータの提供およびヒアリングに対しての本州四国連絡橋公団第三管理局の協力に対し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団 [URL:http://www.hsba.go.jp](http://www.hsba.go.jp)
- 2) G.S.マダラ：「計量経済分析の方法」、シーエーピー出版株式会社出版、1996