

独立成分分析による非日常時の地方空港利用交通の分析*

Analysis on Non-ordinal Traffic to local Airport by using Independent Component Analysis*

井上真一**・塚井誠人***・桑野将司****・奥村誠*****

By Shinichi INOUE**・Makoto TSUKAI***・Masashi KUWANO****・Makoto OKUMURA*****

1. はじめに

1980年代以降、オープンスカイ政策の下で空港施設の容量の拡大が図られてきた。しかし新設・移転された地方空港は、騒音や用地不足に配慮して、都市部から離れた郊外に整備される場合が多く、これらの空港と他の代替交通機関とのアクセス距離は遠くなる傾向にある。山間部や海上に位置する地方空港では、霧や強風による航空機の遅延および欠航が発生しやすく、その度に利用者の利便性は大きく損なわれてきた。

悪天候による地方空港の遅延・欠航を解消する上で効果的な方法として、視界不良でも航空機を着陸させることができる新たな管制システムなどの整備が考えられるが、建設費用が莫大なハード面の対策を、全ての地方空港について行なうことは難しい。これは空港利用者が天候状況等から、事前に欠航を予想することが難しいためである。そこで悪天候時の空港の混乱を防ぐため、利用者に対して欠航や遅延の情報をいち早く提供することが有効である。加藤ら¹⁾は航空機の遅延・欠航はその後の運行便に伝播することに着目し、遅れ時間に関する典型的なパターンを抽出可能であることを、実際に発生した各運行便の遅延情報に基づいて統計的に明らかにした。この研究では、従来は積極的に活用されていなかったが、空港管理会社や空港会社にとって容易に入手できる遅れや欠航の実績データをもとに、将来的に利用者に対して情報提供を行う可能性を指摘している。

欠航をはじめとする非日常時において、利用者が実際にどのように行動しているかを把握することは、適切な情報を提供する上で、また情報提供の効果を事後的に評価する上でも重要である。欠航時の利用者行動特性を明らかにする上では、自動観測機器によって長期間、連続観測される断面交通量データの活用が考えられる。石井・鹿島ら²⁾は、自動車交通量の時間的な変動特性に着目して、

首都圏22箇所の一般道路断面における最大14年におよぶ日断面交通量データを用いて、年間平均日交通量とその変動傾向を明らかにした。井料ら³⁾、阪神高速道路への時間帯別流入交通量の週変動に着目して、利用者のミクロ行動モデルを定式化した上で、短期および長期の変動成分の抽出を行った。その結果、断面交通量データの持つ豊富な情報量から、交通需要変動に関して統計的に安定した関係を見出すことに成功している。奥村ら⁴⁾は、空港からの流出断面交通量データが、複数の運行便到着時刻を出発時刻とした、利用者行動の重ね合わせである点に着目し、生存関数と時間帯別OD表の考え方を組み合わせた計算アルゴリズムによって、観測交通量を運行便ごとの集計的な利用者交通に分解する方法を開発した。

連続観測データの示す交通量変動は、週変動や時間帯変動など、一定の規則性を示す日常時の変動パターンと、突発的な要因によってもたらされる非日常時の変動パターンの両方を含んでいる。そこで連続観測データの解析では、分布特性の異なるこれらの変動パターンを、厳しい制約をおくことなく抽出できるデータマイニング手法の適用が有効と考えられる。

塚井ら⁵⁾の先行研究では、独立成分分析(Independent Component Analysis, 以下ICA)を用いて流入交通量データから各曜日に特有の交通量時間分布を推定し、欠航日の空港利用交通量の時間分布と、曜日変動を考慮した平常日の空港利用交通量の時間分布の残差2乗和を計算することで、欠航日は平常日とは異なる交通量の時間変動を含むことを明らかにした。ただしこの研究では、欠航日に特有な空港利用交通量の特性について明らかになっていない。

本研究は、連続観測した交通量データから欠航日に特有の交通量の時間分布を抽出することで、異常日の時間分布特性を明らかにすることを目的とする。具体的には、欠航日および平常日の空港への流入交通量データにそれぞれにICAを適用して、日常時および非日常時の利用者交通をとらえた複数の原系列と重み(以下、混合係数と呼ぶ)に分解する。さらに混合係数に対して0か否かの統計的検定を適用し、有意となった日の欠航パターンと原系列が表す時間分布とを対応づける。また欠航日から得られる原系列と、平常日の原系列の差の検定を

*キーワード: 交通行動分析, 時間利用, 計画情報

**学生員, 広島大学大学院工学研究科

***正員, 博(工), 広島大学大学院工学研究科

****正員, 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 0824-24-7849)

*****正員, 博(工), 東北大学アジア研究センター

(仙台市青葉区川内27-1)

行い、欠航日および平常日は異なる時間分布で構成されていることを検証し、欠航日ごとに特有な空港利用交通量の変動特性を明らかにする。

2. 空港流入自動車交通量の観測とデータの概要

広島空港に流入する自動車交通を対象に、自動トラフィックカウンターを用いて、2007年6月11日～7月29日(49日間)の交通量を観測した。観測地点は空港にアクセスする主要道路2断面、および空港利用専用駐車場の3地点をコードラインとした。図1に観測地点略図を示す。これら3つの観測地点で、空港流入交通量のほぼ全てを補足できる。なお県道上に位置する断面1、断面2に関しては通過交通を含む可能性は皆無ではないが、エリア内の主要目的は空港利用に限定される。観測データは車輛通過時刻と車長である。分析に際しては、得られたデータを以下の手順で加工した。

- 1) 時間分布特性が異なると予想されるバスやトラック等の大型車を通過車両の車長データに基づいて除去
- 2) 3地点の空港流入方向を合計
- 3) 空港出発便の最小時刻単位に合わせて、データを5分間隔で集計
- 4) 1日を1系列とする49系列の流入交通量系列に加工

運行便の遅延・欠航に関しては、交通量観測期間中における広島空港を出発した運行便の実出発時間を、空港会社のweb^{6), 7)}から取得し、時刻表の表定時刻と比較して、運行便の遅れ時間と欠航の有無を求めた。表1、表2に欠航があった日の各運行便の遅れ時間を示す。なお表中の×印の箇所は欠航を示す。また図2に、遅延時間別の発生便数を示す。2007年6月と7月の間には、運航便のダイヤや改正が行なわれている。表1および表2には、欠航日が多かった7月の運行ダイヤを表記しているが、2008年6月～7月では、9:00(羽田)→9:05(羽田)、14:30(羽田)→14:35(羽田)、16:45(羽田)→16:55(羽田)、18:10(羽田)→18:00(羽田)が変更されている。なお上記する4便の出発時刻には変更があったが、目的地別の運行便数には変更はなく、交通量の分布が大きく変化するとは考えにくい。

3. 本研究で適用する分析手法の概略

(1)独立成分分析

独立成分分析は多変量解析手法の1つであり、主成分分析や因子分析⁸⁾と同様に、変数を内生変数/外生変数に分類することなく、データの挙動をより少数の変数に縮約して表現するための統計手法である。広島空港において、 n 日間にわたって観測された流入交通量のうち、 i 日の時刻 t の観測系列を $x_i(t)$ とする。ここで $x_i(t)$ は、

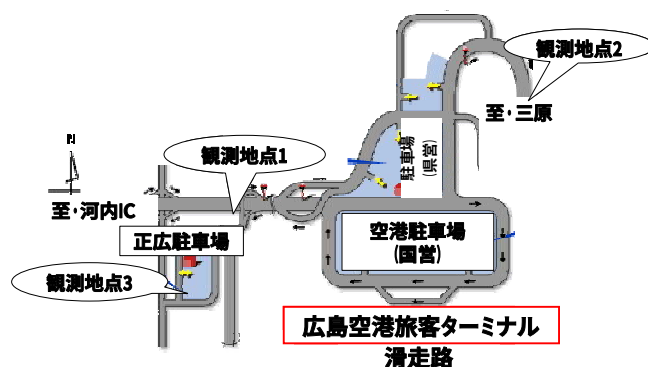


図1 交通量観測地点略図

表1 広島空港出発便の欠航状況(数字は遅延時間, 分)

運行便(目的地)	6月24日	7月2日	7月4日	7月10日	7月13日
7:35 (羽田)	242	0	48	60	0
7:35 (羽田)	215	0	31	×	4
7:45 (成田)	35	40	35	0	2
8:10 (沖縄)	212	31	28	0	×
9:05 (羽田)	×	×	5	35	21
9:30 (羽田)	×	33	6	4	1
10:15 (札幌)	×	20	2	9	2
10:30 (羽田)	×	16	1	11	5
12:15 (羽田)	7	1	2	0	5
12:30 (札幌)	26	3	22	0	4
13:45 (羽田)	0	0	5	0	0
14:00 (仙台)	17	0	×	0	5
14:35 (羽田)	9	0	0	0	3
16:55 (羽田)	4	0	0	0	4
17:00 (羽田)	19	0	0	0	8
18:00 (羽田)	0	1	4	0	10
18:00 (羽田)	53	14	0	0	5
19:35 (羽田)	0	0	0	0	1
19:40 (羽田)	0	1	0	1	3
20:40 (羽田)	0	31	0	0	0

表2 広島空港出発便の欠航状況(数字は遅延時間, 分)

運行便(目的地)	7月14日	7月15日	7月18日	7月20日	7月21日
7:35 (羽田)	0	×	2	2	12
7:35 (羽田)	4	×	0	0	×
7:45 (成田)	3	×	0	0	3
8:10 (沖縄)	9	×	0	1	140
9:05 (羽田)	2	0	8	0	×
9:30 (羽田)	17	0	0	0	×
10:15 (札幌)	0	0	×	17	141
10:30 (羽田)	4	0	0	0	53
12:15 (羽田)	9	11	3	0	54
12:30 (札幌)	8	1	0	2	14
13:45 (羽田)	5	0	0	0	39
14:00 (仙台)	2	0	0	1	0
14:35 (羽田)	3	0	0	0	0
16:55 (羽田)	×	0	0	0	0
17:00 (羽田)	8	3	1	6	0
18:00 (羽田)	22	2	0	0	5
18:00 (羽田)	×	0	0	5	0
19:35 (羽田)	×	0	0	5	0
19:40 (羽田)	0	0	0	28	4
20:40 (羽田)	×	0	0	×	0

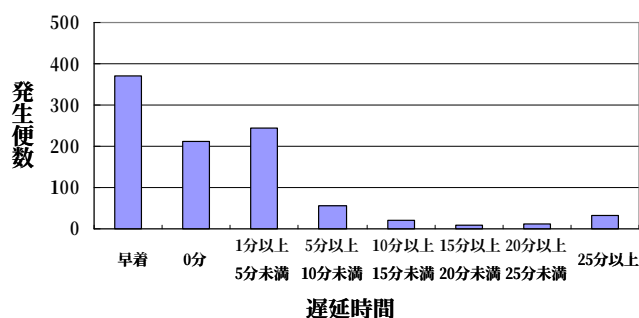


図2 広島空港出発便の遅延便数

複数の原系列 $s_j(t)$ の時刻 t によらない重み a_{ij} を係数とする重ね合わせによって観測されるとすれば、全観測日 i について、式(1)が成り立つ。

$$x_i(t) = \sum_{j=1}^k a_{ij} s_j(t), \quad (i=1, \dots, n) \quad (1)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{A} \mathbf{s} \quad (2)$$

ただし、 $\mathbf{x}$ 、 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{s}$ はそれぞれ観測交通量 $x_i(t)$ 、混合係数 a_{ij} 、および原系列 $s_j(t)$ のベクトル表示を表す。以下 $\mathbf{A}$ を混合行列と呼ぶ。

独立成分分析は、多変量時系列として観測される $x_i(t)$ に独立性を仮定し、 $x_i(t)$ の情報のみを用いて、 $s_j(t)$ と a_{ij} を同時推定する方法である。この方法は、「 n 本の独立な観測変数系列の和の確率密度分布は、 n が無限大になると正規分布に分布収束する」という中心極限定理に基づいて、「 n 本の独立な確率変数(原系列)の和によって定義される確率変数(混合系列)の確率密度分布は、混合前の確率変数の確率密度分布よりも正規分布に近い」という性質に着目した手法である。Hyvarinen⁹⁾は、系列間の独立性の指標として、式(3)に示す4次のモーメントである尖度に着目し、尖度の絶対値を最大化する $s_j(t)$ と a_{ij} を同時推定するFastICAアルゴリズムを開発した。

$$\text{kurt}(y) = E\{y^4\} - 3(E\{y^2\})^2 \quad (3)$$

FastICAの計算手順は以下の通りである。

- (i) 観測データ系列 $\mathbf{x}$ から各系列の平均値 $\bar{x}$ を引き、平均0に基準化されたデータ系列 $\mathbf{x}'$ を求める。
- (ii) $\mathbf{x}'$ について固有ベクトルを各列にもつ行列 $\mathbf{E}$ と固有値の対角行列 $\mathbf{D}$ を用いて、白色化されたデータ系列 $\mathbf{z}$ (各行が無相関で分散が1の行列)を得る(以下、白色化ベクトル)。なおこの白色化ベクトルの算出手順は、主成分分析と一致する。白色化の際に、観測データ系列の分散に対する寄与率を基に白色化ベクトル(主成分) $\mathbf{z}$ の次元を縮約することで、原系列 $\mathbf{s}$ の抽出数を限定することができる。

$$\mathbf{z} = \mathbf{V} \mathbf{x}' \quad (4)$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{D}^{-1/2} \mathbf{E}^T \quad (5)$$

- (iii) 白色化ベクトル $\mathbf{z}$ に正方かつ正則な回転行列 $\mathbf{W}$ を乗じて $\mathbf{y} = \mathbf{W}^T \mathbf{z}$ を計算する。さらに $\mathbf{y}$ の尖度の絶対値が最大となるように $\mathbf{W}$ を探索する更新則、

$$\mathbf{w}_i \leftarrow E\{\mathbf{z}(\mathbf{w}_i^T \mathbf{z})^3\} - 3\mathbf{w}_i \quad (6)$$

をすべての i について繰り返し計算し、回転行列 $\hat{\mathbf{W}}$ を一意に決定する。

- (iv) $\mathbf{s} = \hat{\mathbf{W}}^T \mathbf{z}$ から原系列 $\mathbf{s}$ を求める。さらに $\mathbf{B} = \hat{\mathbf{W}}^T \mathbf{V}$ から復元行列 $\mathbf{B}$ を計算し、その逆行列 $\mathbf{A} = \mathbf{B}^{-1}$ を計算することで混合行列 $\mathbf{A}$ が求まる。

本研究ではFastICAアルゴリズムを空港流入交通量に

適用することで、航空便の運行ダイヤに対応した空港流入交通の集中特性や、欠航時における空港流入交通量の乱れの特性を反映した原系列を抽出する。

(2) 本研究で用いる混合係数および原系列の統計的検定

本研究では流入交通量系列にFastICAを適用し、推定した個々の混合係数 $\hat{a}_{ij}$ が統計的に0か否かの検定¹⁰⁾を行う。混合係数に対する帰無仮説を式(7)に、また検定統計量を式(8)に示す。

$$\begin{cases} H_0 & a_{ij} = 0 \\ H_i & a_{ij} \neq 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$\chi_{ij}^2 = \frac{\hat{a}_{ij}^2}{\text{avar}(\hat{a}_{ij})} \quad (8)$$

ここで式(8)の $\text{avar}(\hat{a}_{ij})$ は $\hat{a}_{ij}$ の漸近分散である。川鍋らは¹¹⁾は推定関数理論¹²⁾に基づいて、原系列の推定アルゴリズムから得られる情報を用いて、混合係数 $\hat{a}_{ij}$ の漸近分散の導出する手順を示した。本研究ではFastICAアルゴリズムから得られる情報を用いて $\text{avar}(\hat{a}_{ij})$ を算出する。

式(8)の検定統計量 χ_{ij}^2 は、漸近的に自由度1の χ^2 分布に従う。以下、有意水準を5%と設定し、帰無仮説 H_0 が棄却されれば、混合係数 $\hat{a}_{ij}$ は統計的に0ではないと判断する。

また欠航日のみの流入交通量系列から得られる原系列と、平常日のみの流入交通量系列から得られる原系列に差があるかどうかを検証するため、2標本コルモゴロフスミルノフ検定¹³⁾(以下、KS検定)を適用する。KS検定は、2つのデータ群の母集団の確率密度分布の違いを、それぞれの母集団の確率密度分布を仮定せずに検定する方法である。帰無仮説を式(9)に、検定統計量を式(10)に示す。

$$\begin{cases} H_0: \text{「2群の母集団の確率密度分布に差はない」} \\ H_i: \text{「2群の母集団の確立密度分布に差がある」} \end{cases} \quad (9)$$

$$\chi_0^2 = 4D^2 \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \quad (10)$$

式(10)の検定統計量は、1組の母集団から得た標本に基づく経験分布関数の差(あるいは差の絶対値)の最大値 D の関数として定義される。一方の原系列の確率密度分布の累積分布関数を $F(s)$ 、他方の原系列の確率密度分布の累積分布関数を $G(s')$ とすると、 D は式(11)で定義される。

$$D = \sup_s |F(s) - G(s')| \quad (11)$$

また式(10)の n_1 および n_2 は、原系列の確率密度関数の階級数である。 $n_1, n_2 > 40$ であるとき、検定統計量 χ_0^2 は近似的に自由度2の χ^2 分布に従う。以下、有意水準5%を設定して、帰無仮設 H_0 が棄却されれば、原系列の確率密度関数に差があると判断する。

なおKS検定は、原系列を時間軸上で集計した確率密度分布の差の検定法であるため、原系列の時間分布について、ピークの発生時間が異なるがその大きさや発生時間の長さが似ている場合、これらの原系列の確率密度分布に差はないと判断するおそれがある。よって以下では、KS検定と相関分析を併用することで、原系列の時間分布の差について考察する。

4. 分析結果

(1)欠航発生日の観測交通量系列に対するICAの適用

表1、表2に示す、交通量観測期間中に欠航が起きた10日間の流入交通量から10系列の交通量系列を作成した。またこの流入交通量系列に対してFastICAを適用して、観測交通量の分散のほぼ100%を説明できる10本の原系列と対応する混合係数を算出し、各混合係数 a_{ij} が0か否かの検定を行った。なお検定に際して、各原系列が観測交通量に対して有意な影響を及ぼしているかを判定するため、これに対応する10個(10日分)の混合係数全体の有意水準5%として、多重比較法の1つであるBonferroni修正法⁽⁴⁾を用い、各係数の有意水準を5%/10=0.5%に調整した。表3に得られた混合係数と検定結果を示す。また図3に得られた原系列 $s'_1, \dots, s'_{10}$ を示す。

表3より、 s'_1 の混合係数は全ての欠航日において正で有意となった。すなわち抽出された10系列は、それぞれ欠航日の有意な需要変動を捉えている。また図3より s'_1 の時間分布に着目すると、特定の時間帯に交通量の急激なピークを示すのではなく、6:00~22:00まで連続して高い値を示している。よって s'_1 は特定の運行便もしくは欠航便ではなく、一部に通過交通を含む1日の平均的

な空港利用交通を表す時間分布と考えられる。

s'_2 の混合係数は6月24日(日)、7月15日(日)以外の欠航日について正で有意となっている。 s'_2 が有意とならなかった上記2日は、7:35~10:30の時間帯で4便が欠航しており、ともに日曜日である。 s'_2 の時間分布は、6:25~9:10に長時間の正のピークが見られるため、 s'_2 は午前中の運行便に対応する時間分布と考えられる。

s'_3 の混合係数は、7月2日(月)、7月10日(火)、7月18日(水)、7月20日(金)について正で有意である。上記4日について、7月2日、7月10日、7月18日はそれぞれ9:05(羽田)、9:35(羽田)、および10:15(札幌)の運行便が、また7月20日は20:40(羽田)の最終便が欠航している。 s'_3 の時間分布は8:20~9:45の間に、急な正の値をもつピークがいくつか確認でき、最も高いピークは8:30ごろに表れている。

s'_4 の混合係数は7月15日(日)、7月18日(水)以外の欠航日で有意である。ただし7月13日(金)は負で有意となった。上記2日について、7月15日は7:35~8:10の4便が、7月18日は10:15発の1便が欠航している。また s'_4 の時間分布は、6:20~7:50に正のピークがみられる。よって s'_4 は早朝の運行便に対応する利用者交通であると考えられる。

s'_5 の混合係数は6月24日(日)が負で有意、7月2日(月)、7月13日(金)、7月21日(土)が正で有意である。上記する4日は、いずれも午前中の時間帯で欠航が起きている。また s'_5 の時間分布は、8:10~9:15に正のピークが、5:30~8:00および10:25~15:15に複数の負のピークがみられる。6月24日は7:35~8:10まで大幅な遅延が続いたあと、9:30~10:30まで4便が欠航している。

s'_6 の混合係数は、7月20日(金)にのみ正で有意である。また s'_6 の時間分布は、18:30~19:30に正のピークが現れている。表2によると18:30以降の欠航は7月14日(土)にもみられるが、同日に対する混合係数は有意でなかった。これらのことから、 s'_6 は7月20日(金)に特有の時間分布であると判断した。

表3 欠航日の混合係数と検定結果

	s'_1	s'_2	s'_3	s'_4	s'_5	s'_6	s'_7	s'_8	s'_9	s'_{10}
6/24 (日)	10.40 **	1.27	1.06	2.84 **	-2.07 **	-0.61	0.06	3.40 **	1.04	-2.17 **
7/2 (月)	6.76 **	2.05 **	3.21 **	3.15 **	1.79 **	-0.02	1.21	1.49	1.28	1.95 **
7/4 (水)	6.38 **	3.38 **	0.86	1.74 **	0.27	0.07	1.33	-0.12	-2.99 **	2.16 **
7/10 (火)	7.76 **	5.70 **	2.42 **	2.65 **	1.30	-0.19	3.14 **	-1.27	1.00	-1.16
7/13 (金)	8.63 **	2.59 **	1.50	-1.54 **	3.26 **	0.39	3.05 **	1.43	-0.60	-0.21
7/14 (土)	5.87 **	5.53 **	0.98	1.90 **	-0.29	-0.81	-1.05	2.25 **	1.59 **	1.04
7/15 (日)	9.81 **	0.40	0.90	-0.15	-0.78	-0.84	-0.93	-1.08	2.20 **	0.48
7/18 (水)	8.22 **	4.39 **	5.83 **	0.50	0.86	-1.50	0.90	0.21	-1.25	-0.49
7/20 (金)	8.70 **	5.26 **	3.80 **	1.81 **	1.35	4.79 **	0.44	-0.58	-0.54	-0.28
7/21 (土)	9.26 **	3.93 **	1.49	3.75 **	3.21 **	-1.10	-1.64	0.25	-0.15	-1.20

** Bonferroni 修正法により、各 s_i に対して有意水準5%

s'_7 の混合係数は7月10日(火), 7月13日(金)のみ有意である。また s'_7 の時間分布は7:25~8:25に負のピークが, 8:30~9:35に正のピークがみられる。7月10日は7:35発の便が, 7月13日は8:10発の便が欠航していることから, s'_7 は早朝便の欠航による8:30~9:35の時間帯への利用者の集中を表すと考えられる。

s'_8, s'_9, s'_{10} の時間分布は, 特定の時間にピークが現れるのではなく, 正および負の短時間のピークが複数

みられるため, 時間分布についての解釈が難しい。混合係数が有意となった日について, s'_8 は午前中に欠航が起きた6月24日, および16:45以降の複数の便が欠航した7月14日であり, 有意となった混合係数と欠航便との対応関係が明らかでない。また s'_9, s'_{10} は同時間帯に欠航が起きた日の混合係数が正で有意な日と, 負で有意な日に分かれており, 同様に解釈が難しい。

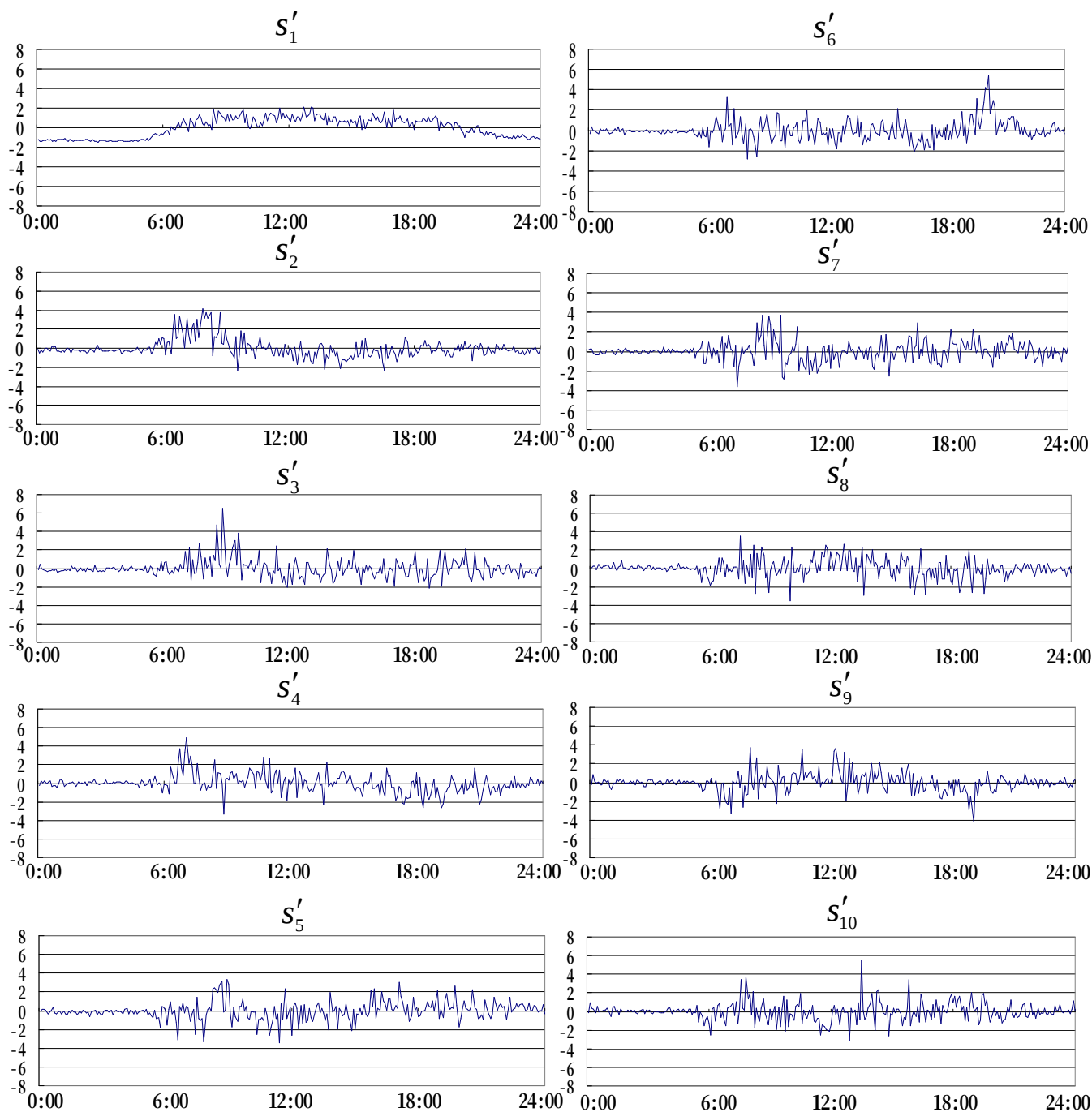


図3 欠航日の原系列 $s'_1, \dots, s'_{10}$

(2) 平常日の交通量系列に対するICAの適用

表1, および表2に示す10日間の欠航日以外の39日分の平常日の流入交通量から, 39系列の交通量系列を作成した. また39系列の流入交通量系列に主成分分析を適用し, (1)の欠航日のみの分析と同数の10本の主成分を算出した. なおこれら10本の観測交通量の分散への累積寄与率は93.23%である. さらにこの10本の主成分に対してFastICAを適用して, 10本の原系列および混合係数を抽出し, 混合係数に対して検定を行った. なお検定の際に, 各原系列が観測交通量に対して有意な影響を及ぼしているか否かを判定するため, これに対応する39個(39日分)の混合係数が全体として5%有意であるかどうかを判定するため, Bonfferoni 修正法を用いて各係数の有意水準を $5\%/39=0.11\%$ と設定した. 表4に得られた混合係数と検定結果を示す.

混合係数の検定の結果, 観測データ系列に対する寄与が小さい s_9 および s_{10} の混合係数は, 有意な日が1日もみられなかった. すなわち欠航日と比較して平常日の流入交通量は, 比較的少ないパターンの時間分布で構成さ

れると考えられる. なお以下の分析では s_9 および s_{10} については考察しない. 図4に得られた原系列 $s_1, \dots, s_8$ を示す.

s_1 の混合係数は全ての平常日について正で有意となった. また曜日ごとに値を比較すると, 土曜日, 日曜日および休日の値が大きい. s_1 の時間分布は6:00~22:00に連続して高い値を示すことから, 一部に通過交通や空港周辺施設への行楽交通を含む, 1日の平均的な空港利用交通を表す時間分布であると考えられる.

s_2 の混合係数は39日のうち25日が正で有意であり, 土曜日および日曜日において有意でない日が多い. また s_2 の時間分布は, 6:45~7:00および8:20~9:55に正のピークがみられることから, s_2 は平日の早朝の時間帯の運行便に対応した利用者交通と考えられる.

s_3 の混合係数は39日のうち25日が正で有意であり, 土曜日および日曜日では有意でない日が多い. また s_3 の時間分布は7:25~9:00に正のピークがみられることから, s_3 は s_2 より少し早い時間にピークをもつ平日の早朝の時間帯の運行便に対応した時間分布と解釈した.

表4 平常日の混合係数と検定結果

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}
6/11 (月)	9.48 **	3.46 **	2.94 **	3.36 **	1.96 **	1.38	-0.06	1.51	1.21	-0.10
6/12 (火)	9.31 **	5.10 **	2.67 **	2.67 **	2.89 **	1.27	0.66	0.90	1.98	-0.83
6/13 (水)	9.28 **	3.48 **	3.31 **	2.64 **	2.17	1.58	-0.35	-0.92	1.40	-0.63
6/14 (木)	9.21 **	4.11 **	4.87 **	3.23 **	4.19 **	1.53	1.57	0.84	1.73	-0.10
6/15 (金)	10.75 **	3.62 **	4.27 **	2.48 **	0.95	0.81	-1.02	-0.22	0.71	-0.86
6/16 (土)	11.75 **	2.35	0.56	2.96 **	2.74 **	3.19 **	1.23	1.41	0.64	-0.69
6/17 (日)	13.33 **	-0.07	0.77	-0.22	4.33 **	4.75 **	2.13 **	0.56	-1.75	-1.75
6/18 (月)	9.31 **	3.67 **	3.19 **	3.09 **	2.47 **	1.09	0.92	1.51	1.45	-1.11
6/19 (火)	8.75 **	3.74 **	3.73 **	1.91 **	2.47 **	1.65	0.46	1.28	1.23	-0.34
6/20 (水)	9.03 **	3.59 **	3.50 **	1.58	1.74	1.50	0.95	-0.29	1.08	-1.23
6/21 (木)	9.98 **	4.01 **	3.95 **	2.02 **	1.23	1.96 **	1.52	1.04	2.45	-0.41
6/22 (金)	7.63 **	1.99	2.55	2.34 **	0.49	1.59	-0.16	0.14	1.84	-0.91
6/23 (土)	10.93 **	2.80	2.52 **	3.39 **	3.82 **	2.64 **	1.59	-1.03	-0.47	2.00
6/25 (月)	8.98 **	3.85 **	3.83 **	2.25 **	1.99 **	0.63	0.25	2.81 **	0.83	-1.18
6/26 (火)	8.60 **	3.49	2.54 **	2.49 **	1.99	-0.05	1.34	0.02	1.94	-1.24
6/27 (水)	8.79 **	3.17 **	1.21	1.83 **	0.90	2.49 **	0.00	0.93	1.42	-0.54
6/28 (木)	9.20 **	3.71 **	1.71	2.53 **	2.13	2.89 **	-1.21	0.86	2.18	0.37
6/29 (金)	9.30 **	3.35 **	3.36 **	3.93 **	1.46	0.22	-0.13	0.41	1.40	-1.05
6/30 (土)	9.78 **	2.40	1.46	2.63 **	2.65 **	1.00	1.63	-0.52	-0.10	-1.89
7/1 (日)	10.01 **	1.66	0.21	-0.16	2.26	0.76	0.92	0.22	0.88	0.62
7/3 (火)	8.42 **	2.40	3.08 **	1.34	2.71 **	0.90	0.05	0.39	1.54	-1.31
7/5 (木)	9.46 **	3.67 **	3.77 **	3.31 **	1.44	0.92	0.06	2.13 **	0.87	-0.82
7/6 (金)	9.83 **	2.71 **	3.86 **	2.07 **	0.86	0.93	-0.44	1.06	1.03	-1.26
7/7 (土)	9.34 **	3.18 **	0.68	1.49	1.22	3.15	1.15	-0.46	0.38	-1.21
7/8 (日)	11.14 **	0.30	0.16	0.62	2.52	0.89	-0.22	0.11	-0.40	0.28
7/9 (月)	8.22 **	4.80 **	2.83 **	3.82 **	1.83	1.30	-0.09	2.04 **	1.55	-0.58
7/11 (水)	8.67 **	2.28	2.20 **	1.61 **	0.52	0.95	0.24	-0.89	-0.78	-1.92
7/12 (木)	9.23 **	3.74 **	2.32 **	2.79 **	1.90 **	0.53	-0.85	0.83	0.62	0.63
7/16 (月)	10.52 **	-0.39	0.25	1.48	0.84	0.07	0.27	-0.61	2.61	0.60
7/17 (火)	8.24 **	3.93 **	1.83	3.48 **	1.80 **	0.89	0.03	1.41	0.89	-1.42
7/19 (木)	9.38 **	4.72 **	2.94 **	3.18 **	2.88 **	-0.15	-0.57	0.47	0.23	-1.53
7/22 (日)	9.65 **	2.45	2.14 **	1.18	-0.42	0.86	1.34	0.91	-1.92	1.94
7/23 (月)	9.28 **	3.37 **	1.91	3.56 **	1.44	0.22	0.19	2.28	-0.12	-0.87
7/24 (火)	8.95 **	5.07 **	1.84	2.15 **	1.02	1.65	-0.31	1.33	1.52	-0.93
7/25 (水)	8.88 **	4.41 **	3.31 **	2.92 **	1.54	1.05	-0.14	1.42	0.59	-0.89
7/26 (木)	9.81 **	6.07 **	2.08	1.49	2.10	0.00	0.13	0.10	1.15	-0.83
7/27 (金)	10.33 **	4.74 **	2.57 **	2.49 **	1.02	-0.51	-1.18	0.07	-0.53	-1.25
7/28 (土)	8.98 **	2.14	2.02 **	4.59 **	1.46	2.46	1.33	-0.20	0.80	-0.39
7/29 (日)	10.14 **	1.20	0.61	0.37	0.06	0.39	3.63 **	0.76	-0.32	0.51

** Bonfferoni 修正法により, 各 s_i に対して有意水準5%

s_4 の混合係数は39日のうち29日が正で有意であり、日曜日に有意でない日が多い。また s_4 の時間分布は、6:15～7:30および7:40～8:20に正のピークがみられることから、 s_4 は s_2 、 s_3 よりもさらに早い時間にピークをもつ、月曜日～土曜日の早朝の運行便に対応する利用者交通を表すと考えられる。

s_5 は39日のうち14日が有意、また s_6 は6日が有意であり、ともに7月よりも6月に有意な日が多い。しかしながら s_5 、 s_6 の時間分布は、 $s_1, \dots, s_4$ と比較すると特定の時間帯にピークが集中しておらず、同程度の大きさの正および負のピークが複数みられるため、それぞれのピークがどの運行便に対応しているかの解釈が難しい。

s_7 の混合係数は6月17日(日)、7月29日(日)が正で有意であるため、これらの日曜日に特有の利用交通を表すと考えられる。また s_7 の時間分布は s_5 、 s_6 と同様、正負のピークが複数みられるため、時間分布と運行便との対応関係ははっきりしないが、特定の日曜日にのみ寄与することから、運行便とは無関係の休日特有の行楽交通を表す利用者交通と考えられる。

s_8 の混合係数は6月25日(月)、7月5日(木)、7月9日(月)が正で有意であるが、これらの日に共通点はなく、時間分布および混合係数のピークについても一連の傾向はみられなかった。

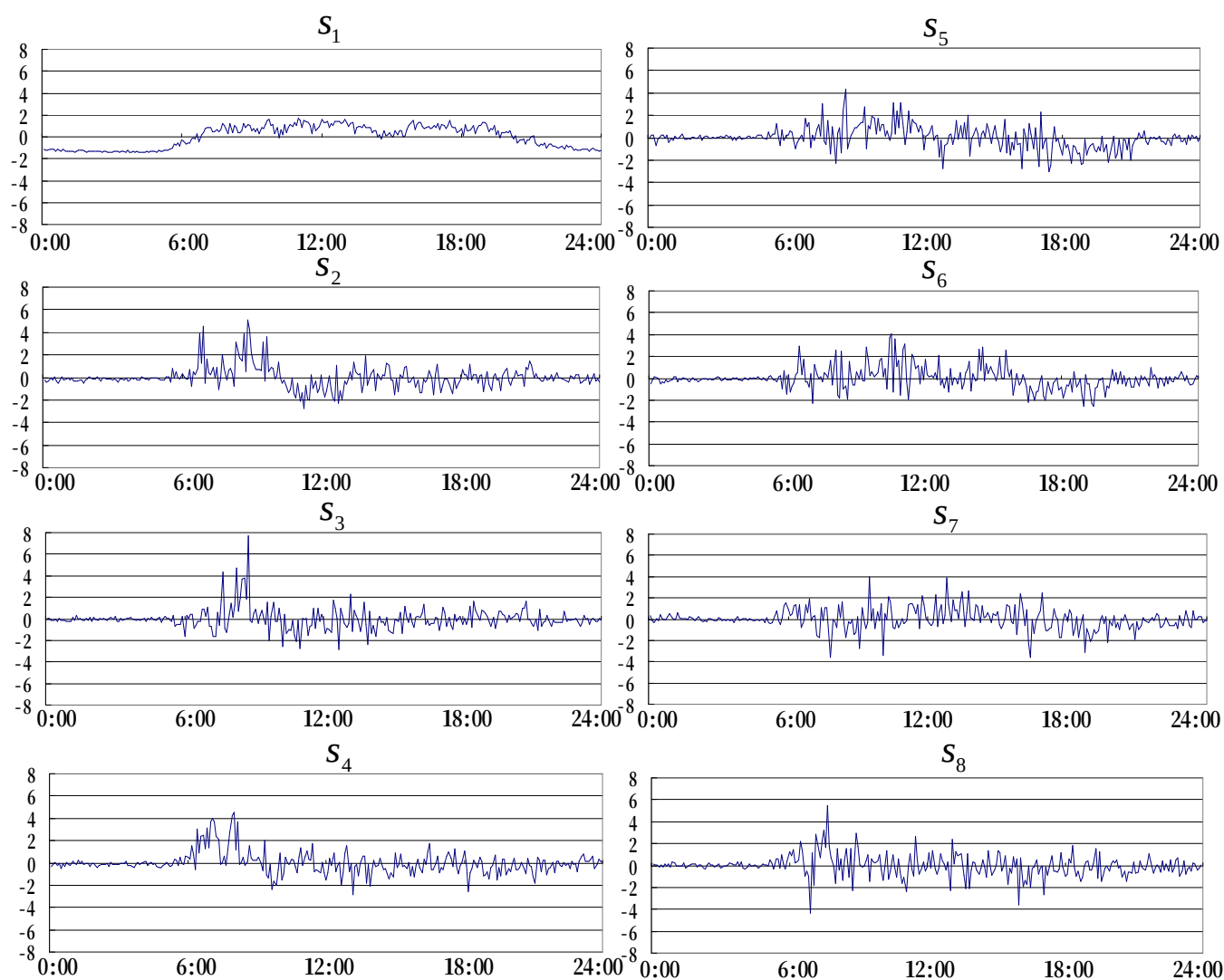


図4 平常日の原系列 $s_1, \dots, s_8$

(3)欠航日および平常日の原系列の差の検定

欠航日の交通量の時間分布が、平常日と異なるか否かを検証するため、平常日および欠航日について得られた原系列 s'_i と s_j の時間分布について、相関分析およびKS検定を行った。3.で述べたように、相関分析では s'_i と s_j のピークの時間帯の一致度を検定し、KS検定は、 s'_i と s_j の確率密度分布の差、すなわちピークの大きさ、出現頻度の違いを検定することになる。以下では、これら2つの検定から得られる結果を、①～④の4パターンに分類して総合的に解釈する。

① 相関分析が有意、KS検定は非有意

s'_i と s_j のピークの発生時間は類似しており、またピークの大きさ、頻度にも差はみられない：2つの分布はほぼ一致する。

② 相関分析が有意、かつKS検定も有意

s'_i と s_j のピークの発生時間は類似しており、ピークの大きさや出現頻度が異なる：分布のピークの大きさ、出現頻度のみが異なる。

③ 相関分析が非有意、かつKS検定も非有意

s'_i と s_j のピークの発生時間に差があるが、ピークの大きさや頻度には差はない：分布のピークがシフトしている。

④ 相関分析が非有意、KS検定は有意

s'_i と s_j のピークの発生時間に差があり、ピークの大きさや頻度にも差がみられる：2つの分布は異なる。

表5に相関分析の検定結果を、表6にKS検定結果を示す。なおこれら2つの検定ともに、有意水準は5%に設定した。また表7に、2つの検定結果から、 s'_i と s_j の関係を①～④に分類した表を示す。

表7より、 s'_1 は平常日の平均的な空港利用交通を表す s_1 に対しては①であるが、他の平常日の原系列に対しては全て④であった。すなわち、複数の運航便に欠航が起きても、1日の全体的な空港利用交通については欠航日、平常日で差は無く、また s'_1 は他の平常日の原系列に対して有意に異なる。

また朝の時間帯にピークをもつ欠航日の s'_2 、 s'_3 、 s'_4 、 s'_5 、 s'_7 について、ほぼ同時時間帯にピークをもつ s_2 、 s_3 、 s_4 との検定結果について考察する。 s'_2 は s_4 に対しては①であるが、 s_2 および s_3 に対してはそれぞれ②、③である。よって s'_2 は、平常日の s_4 に近い時間分布であると考えられる。また s'_3 については、 s_2 、 s_3 、 s_4 の全てに対して①の関係にある。 $s_2 \sim s_4$ は相互に独立な分布であるので、 s'_3 はこれら平常日の3系列を合成した時間分布に近い系列であると考えられる。 s'_4 は s_4 に

表5 欠航日および平常日の原系列間の相関分析

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
s'1	36.989 **	1.162	1.688	-0.094	0.997	1.401	1.436	0.203
s'2	1.618	5.484 **	4.574 **	8.577 **	1.226	0.782	-0.308	2.027 **
s'3	1.396	5.524 **	2.059 **	2.144 **	2.242 **	1.167	-1.921	1.083
s'4	0.227	1.547	0.032	3.000 **	5.291 **	3.348 **	1.450	1.251
s'5	0.976	3.099 **	3.595 **	-1.355	-2.018 **	-2.738 **	-2.522 **	-0.018
s'6	-0.611	0.818	-0.195	0.074	-1.921	-0.671	0.579	0.773
s'7	-0.300	5.037 **	2.105 **	-0.220	-2.055 **	-2.576 **	-0.893	-1.079
s'8	1.140	-0.553	-1.300	-0.544	0.637	3.482 **	0.677	0.512
s'9	0.369	-2.500 **	-0.531	-0.227	1.647	4.599 **	2.215 **	-0.845
s'10	-0.023	0.214	-0.434	2.224 **	-1.889	-1.751	-1.589	0.025

** 5%有意

表6 欠航日および平常日の原系列の2標本コルモゴロフ検定結果

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
s'1	1.17	33.06 **	38.03 **	34.03 **	27.56 **	34.03 **	23.36 **	25.00 **
s'2	39.06 **	6.67 **	8.51 **	4.34	17.36 **	8.51 **	12.25 **	10.03 **
s'3	35.01 **	3.67	3.67	1.00	7.11 **	2.78	5.06	3.67
s'4	28.44 **	10.03 **	2.25	5.44	1.56	2.78	1.56	0.56
s'5	27.56 **	8.51 **	3.67	4.34	0.69	2.51	1.56	0.44
s'6	30.25 **	2.51	2.51	1.17	9.51 **	2.01	3.36	4.00
s'7	24.17 **	12.84 **	5.06	7.56 **	0.56	4.00	2.78	1.00
s'8	28.44 **	11.67 **	5.44	6.67 **	0.56	4.00	2.25	0.69
s'9	31.17 **	10.56 **	5.84	7.56 **	1.17	5.06	2.01	1.36
s'10	25.00 **	12.84 **	5.06	7.56 **	0.69	4.00	2.78	1.00

** 5%有意

対して①であり、 s_2 および s_3 に対してはそれぞれ④、③であるため、 s'_2 同様、 s_4 に近い時間分布であると考えられる。 s'_5 は、 s_3 に対して①であり、 s_2 および s_4 についてはそれぞれ②、③となっている。よって s'_5 は、 s_3 に近い時間分布であると考えられる。 s'_7 は s_3 に対して①であり、 s_2 および s_4 に対してはそれぞれ②、④である。よって s'_5 は s'_5 同様、 s_3 に近い時間分布であると考えられる。

さらに s'_6 については、全ての平常日の原系列に対して③、または④の関係にある。よって s'_6 は欠航日特有の時間分布であると言える。 s'_8 は s_6 に対して①であり、他の原系列に対しては③または④であるため、 s_6 に近い時間分布である。 s'_9 は s_6 および s_7 に対して①の関係にあり、他の原系列については②、③、④のいずれかである。よって s'_9 は、 s_6 、 s_7 の合成系列であると考えられる。 s'_{10} は平常日の全ての原系列に対して③、または④であるため、 s'_6 同様、欠航日に特有の時間分布であると考えられる。

(4)欠航日の利用者行動特性に基づく情報提供の可能性

本節ではまず、表3に示す欠航日の混合係数について、欠航日別の原系列の寄与に基づいて、利用者行動特性を考察する。6. (3)より、朝の時間帯にピークをもつ s'_2 、 s'_3 、 s'_4 、 s'_5 、 s'_7 に着目して考察を行う。なお欠航の影響を受けてないと思われる s'_1 、および7月20日に特有の s'_7 、寄与日数が少ない s'_8 、 s'_9 、 s'_{10} の考察は省く。ではなく、表8に、表3から s'_2 、 s'_3 、 s'_4 、 s'_5 、 s'_7 の混合係数のみを抜き出したものを示す。なお表中の括弧内は、各原系列のピーク発生時間を示す。

表8より、6月24日(日)の混合係数は、 s'_4 が正で有意であり、 s'_5 が負で有意である。同日の運行便は、7:35～8:10の4便が30以上遅延しており、またその後の9:05～

表7 相関分析およびKS検定結果による分類

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
s'1	①	④	④	④	④	④	④	④
s'2	④	②	③	①	③	③	③	②
s'3	④	①	①	①	①	③	③	③
s'4	④	④	③	①	①	①	③	③
s'5	④	②	①	③	①	①	①	③
s'6	④	③	③	③	③	③	③	③
s'7	④	②	①	④	①	①	③	③
s'8	④	④	③	④	③	①	③	③
s'9	④	②	③	④	③	①	①	③
s'10	④	④	③	④	③	③	③	③

10:30の4便が欠航している。 s'_4 は最も早い6:20～9:45にピークを示し、 s'_5 は8:10～9:15にピークを示す。これら2つの原系列の寄与の傾向から、6月24日の利用者は、9:05以降の4便についての欠航可能性を察知し、早朝の運行便に乗り換えを試みた可能性が考えられる。

7月2日(月)の混合係数は、 s'_2 、 s'_3 、 s'_4 、 s'_5 が正で有意である。同日の運行便は、7:45、8:10の2便が30分以上遅延し、その後の9:05便が欠航、さらに9:30以後の3便も16分～33分の遅延が発生している。早朝にピークを示す s'_2 および s'_4 が正で有意であるので、利用者は9:05便の欠航を回避するために、早朝便の利用を試みたと考えられる。一方、8時以降にピークを示す s'_3 および s'_5 が正で有意であるのは、一部の利用者が遅延および欠航便の発生時間が予測できなかったため、9時以降の便への搭乗を試みるために空港を訪れたと考えられる。

7月4日(水)の混合係数は、 s'_2 および s'_4 が正で有意である。同日の欠航は14:00便であるが、1日1便の仙台便であるため、午前中に乗り換えことはできない。一方で、7:35～8:10の4便にも25分以上の遅延がみられた。これらより7月4日は、利用者が早朝便に集中したが、その遅延までは予測できなかったと考えられる。

7月10日(火)の混合係数は、 s'_2 、 s'_3 、 s'_4 、 s'_7 が正で

表8 朝にピークをもつ欠航日の原系列の混合係数と検定結果(要約版)

	s'2(6:25～9:10)	s'3(8:20～9:45)	s'4(6:20～7:50)	s'5(8:10～9:15)	s'7(8:30～9:35)
6/24 (日)	1.27	1.06	2.84 **	-2.07 **	0.06
7/2 (月)	2.05 **	3.21 **	3.15 **	1.79 **	1.21
7/4 (水)	3.38 **	0.86	1.74 **	0.27	1.33
7/10 (火)	5.70 **	2.42 **	2.65 **	1.30	3.14 **
7/13 (金)	2.59 **	1.50	-1.54 **	3.26 **	3.05 **
7/14 (土)	5.53 **	0.98	1.90 **	-0.29	-1.05
7/15 (日)	0.40	0.90	-0.15	-0.78	-0.93
7/18 (水)	4.39 **	5.83 **	0.50	0.86	0.90
7/20 (金)	5.26 **	3.80 **	1.81 **	1.35	0.44
7/21 (土)	3.93 **	1.49	3.75 **	3.21 **	-1.64

** Bonfferoni 修正法により、各 s_i に対して有意水準 5%

有意である。同日の運行便は、7:35発の2便のうち1便が欠航、もう一方が60分遅延しており、9:05便も35分遅延している。7:35発の2便のダイヤに大きな乱れが生じているにも関わらず、 s'_2 および s'_4 が有意であることから、この日の欠航は予測しにくかったと考えられる。また8時以降にピークをもつ s'_3 および s'_7 が有意であることから、9:05便の35分の遅延についても予測しにくかったと考えられる。

7月13日(金)の混合係数は、 s'_2 、 s'_5 、 s'_7 が正で有意であり、 s'_4 が負で有意である。 s'_2 および s'_4 は共に早朝にピークを示すが、 s'_4 が負で有意であることから、 s'_2 の6:25~9:10のピークの前半を s'_4 の6:20~7:50のピークが相殺する。また8時以降にピークを示す s'_5 、 s'_7 が正で有意であることから、7月13日(金)は特に8時頃から9時頃に利用者が集中していると考えられる。同日の運行便は、8:10便が欠航しており、その直後の9:05便も21分遅延している。なお7月13日から15日にかけて、広島地方は台風にみまわれている。このように8時から9時の便が遅延、欠航しているにも関わらず、同時間帯に利用者の集中がみられることから、利用者は7月13日の欠航を予測できなかったと考えられる。

7月14日(土)の混合係数は、 s'_2 および s'_4 が正で有意である。同日の運行便は、16:55、18:00、19:35、20:40の4便が欠航している。同日は台風の2日目であり、早朝にピークをもつ s'_2 および s'_4 のみが正で有意であることを考慮すると、7月14日は午後の欠航を回避するために早朝に利用者が集中したと考えられる。

7月15日(日)の混合係数は、朝にピークを示す5つの原系列全てが有意でない。同日の運行便は7:35~8:10の4便が欠航している。このように5つの原系列全ての寄与がみられないことから、7月15日の利用者は、欠航を予測できなかったと考えられる。

7月18日(水)の混合係数は、 s'_2 、 s'_3 が正で有意である。同日の運行便は10:15便が欠航しているが、他の便に大幅な遅延はみられない。 s'_3 に現れるピークの中でも特に8:30前後は大きな値を示す。よって7月18日の利用者は、10時頃に起きそうな欠航を回避するために、やや早い時間の運行に乗り換えるために8:30頃に集中したと考えられる。

7月20日(土)の混合係数は、 s'_2 、 s'_3 、 s'_4 が正で有意である。同日の運行便は、最終便である20:40便が欠航し、その直前の19:40便が28分遅延している。なお7月20日についてのみ、18:30~19:30にピークをもつ s'_6 が寄与している。 s'_6 は最終便の欠航を予測できなかったことによるピークであると考えているので、これら s'_2 、 s'_3 、 s'_4

の寄与は、利用者の最終便の欠航回避行動ではなく、早朝時間帯の需要集中を示していると考えられる。

7月21日(日)の混合係数は、 s'_2 、 s'_4 、 s'_5 が正で有意である。同日の運行便は、7:35、9:05、9:30の3便が欠航しており、また8:10~13:45の5便が39分~141分遅延している。このように早朝から午後にかけて大幅に運行ダイヤが乱れているにも関わらず、 s'_2 、 s'_4 、 s'_5 が正で有意であることから、利用者は7月21日(土)の遅延、欠航を予想できなかったと考えられる。なお7月20日および7月21日は、夏休み開始日にあたるため、需要特性が他の日と異なる可能性がある。

以上、各欠航日の利用者行動特について、欠航便直前に利用者が集中する日と、そうでない日がみられる。新幹線駅から遠い広島空港の立地条件を考慮すると、利用者が予測しにくい欠航に関しては、主要アクセス道路と考えられる広島市内のインター入口、および国道2号線での欠航情報の提供によって、積極的な交通機関変更を促す施策の可能性がある。

5. おわりに

本研究では、欠航日に特有の交通量の時間分布特性を明らかにするために、欠航日のみの空港流入交通量データに対してICAを適用し、得られた混合係数に対して0か否かの統計的検定を行った。また欠航日の交通量の時間分布と、平常日の交通量の時間分布が異なるかどうかを検証するため、平常日のみの流入交通量データに対してICAを適用して、得られた原系列と欠航日の原系列の差の検定、および相関分析を行った。さらにこれらの結果から欠航日に特有の利用者行動を推測し、それに基づいて情報提供の可能性を考察した。

分析結果から、各欠航日の利用者行動を推測したところ、欠航便直前に利用者が集中する日と、利用者が欠航便を予測できない日があることが明らかになった。このように事前に予測できない欠航については、空港の立地条件等を考慮した情報提供が必要であると考えられる。

今後の課題としては、ピークの特定など恣意性の強い分析手順の改善が必要であると考えられる。またアンケート調査に基づき、今回得られた知見を確認する必要がある。

参考文献

- 1) 加藤寛道・木村裕介・奥村誠・塚井誠人：仙台空港における遅れ・欠航の分析，土木計画研究・論文集，Vo25，No.3，pp.723-729，2008。
- 2) 石井陽・鹿島茂：一般道路における自動車日交通量変動特性に関する研究，第28回交通工学研究発表会報

- 告集, pp.265-268, 2008.
- 3) 井料隆雅・岩谷愛理・朝倉康夫：都市高速道路における時間帯別流入交通量の週変動分析, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2007.
 - 4) 奥村誠・塚井誠人・カルロス ナバ フォンセカ・吉村充功：空港退出自動車交通量に関する混合ハザードモデルのEM推定, 土木計画研究・論文集, Vo25, No.3, pp.693-699, 2008.
 - 5) 塚井誠人・井上真一・奥村誠：データマイニングによる広島空港流入車両の時間分布パターンの分析, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, 2008.
 - 6) 全日本空輸 (ANA) :<http://www.ana.co.jp/asw/index.jep>, 2007.
 - 7) 日本航空 (JAL) :<http://www.jal.co.jp/>, 2007.
 - 8) 三土修平：初歩からの多変量統計, 日本評論社, 2000.
 - 9) Aapo Hyvarinen, Juha Karhunen, Erkki Oja.:[詳解] 独立成分分析, 東京電機大学出版局, 2005.
 - 10) Shohei Shimizu, Aapo Hybarinen, Yutaka Kano, Patrik O.Hoyer, and Antti J.Kerminen : Testing significance of mixing and demixing coefficients in ICA, In Proc. International Conference on Independent Component Analysis and Blind Signal Separation (ICA2006), Charleston, SC, USA, pp.901-908, 2006.
 - 11) Kawanabe,M., Muller, K.R. : Estimating functions for blind separation when source have variance dependencies, Journal of Machine Learning Research 6, pp.453-482, 2005.
 - 12) Parinal Mukhopadhyay : An Introduction to Estimating Functions, Alpha Science International Ltd, 2004.
 - 13) B.S.EVERITT : 統計科学辞典, 朝倉書店, 2005.
 - 14) 永田靖・吉田道弘：統計的多重比較法の基礎, サイエンス・エディタース社, 1997.

独立成分分析による非日常時の地方空港利用交通の分析*

井上真一**・塚井誠人***・桑野将司****・奥村誠*****

地方空港では、霧による航空便の欠航が多発しており、利用者の利便性を大きく損ねている。本研究は、観測の難しさから、その特性が明らかにされていなかった非日常時の空港利用者特性を明らかにするため、連続観測された空港への流入交通量に対してICAを適用して、得られた結果に対して統計的検定を適用して、欠航日に特有の交通量時間分布の抽出を試みた。また欠航日に含まれる時間分布(原系列)と平常日の時間分布(原系列)の差について検定を用い、平常日と欠航日は異なる時間分布で構成されていること検証した。

Analysis on Non-ordinal Traffic to Local Airport by using Independent Component Analysis*

By Shinichi INOUE**・Makoto TSUKAI***・Masashi KUWANO****・Makoto OKUMURA*****

Delays and cancellations of flights often occur in cases of thick fog and heavy rain, and the unexpected delays and cancellations significantly trouble the airport users. In this paper, continuously-observed car traffic data were collected at Hiroshima Airport using portable traffic counters. ICA (Independent Component Analysis), which can decompose time-series into statistically independent series with the mixing coefficients, is applied to the continuously observed traffic series. Based on the statistical tests applied to the mixing coefficients and the decomposed original series, the characteristics of unusual temporal traffic to the airport were clarified.
