

# 空港利用交通の時間分布特性に関する経年分析

東京都建設局

広島大学大学院工学研究科

広島大学大学院工学研究科

正会員 ○田中宏和

正会員 塚井誠人

正会員 桑野将司

## 1. はじめに

広島空港では、2007 年から 2008 年にかけて石油価格の高騰による航空運賃の上昇や新しい管制システムである CAT-IIIa の導入などによって空港利用環境が変化している。本研究は、空港利用環境の変化による空港利用者行動の変化を把握するために、連続観測した 2007 年および 2008 年の流入交通量系列に独立成分分析を適用して、観測各日に共通する、または特定の日に見られる空港利用交通量の時間分布を明らかにする。さらに、得られた結果に統計的検定を適用して、空港利用交通の経年変化を明らかにする。

## 2. 独立成分分析と統計的検定の概要

流入交通量時系列データを  $x_i(t)$ , 原系列を  $s_j(t)$  とすると、流入交通量  $x_i(t)$  は、式(1)に示すように  $s_j(t)$  と重み  $a_{ij}$  の重ね合わせで表される。

$$x_i(t) = \sum_j a_{ij} s_j(t) \quad (1)$$

ここで添字  $i$  は観測日をあらわし、 $t$  は時刻を表わす。以下の分析では、時刻集計幅を 5 分間と設定した。

独立成分分析は、 $s_j(t)$  が相互に独立と仮定して、 $x_i(t)$  を複数の原系列  $s_j(t)$  に分解すると同時に、 $s_j(t)$  の各日の流入交通量に対する寄与を表す重み  $a_{ij}$  を求める方法である。本研究では、原系列の尖度を最大化するように混合係数を推定する FastICA アルゴリズムを用いた<sup>1)</sup>。各日の分散に対する各原系列の寄与率(日寄与率)  $r_{ij}$  は式(2)で、観測交通量全系列に対する各原系列の寄与率  $r_j$  は式(3)で与えられる。

$$r_{ij} = a_{ij}^2 / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_{ij}^2 \quad (2)$$

$$r_j = \sum_{i=1}^I a_{ij}^2 / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_{ij}^2 \quad (3)$$

また、各混合係数  $a_{ij}$  が 0 か否かに関する検定統計量  $\chi_{ij}^2$  は、以下の式(4)で与えられる。ただし、 $\hat{a}_{ij}$  は混合係数の推定値、 $\text{avar}(\hat{a}_{ij})$  は  $\hat{a}_{ij}$  の漸近分散である。なお  $\chi_{ij}^2$  は、それぞれ、 $\chi^2$  分布に従う<sup>2)</sup>。

$$\chi_{ij}^2 = \frac{\hat{a}_{ij}^2}{\text{avar}(\hat{a}_{ij})} \quad (4)$$

## 3. データの概要と集計分析

### 1) 断面交通量の観測と集計

自動トラフィックカウンターを用いて、広島空港に流入する自動車交通を観測した。観測期間は、2007 年は 6 月 11 日(月)～7 月 29 日(日)、2008 年は 6 月 9 日(月)～7 月 27 日(日)であった。観測地点は広島方面から空港への断面、三原方面から空港への断面、正広駐車場への断面の 3 地点である。ただし、2008 年の広島方面から空港への断面で観測したデータには、一部の時間帯で交通量が 0 と記録されるデータ欠損や、他の日と比較して車両捕捉率が著しく低下する日があるなど、信頼性の低いデータが多く含まれていた。よって、2008 年の広島方面から空港への流入交通量データは分析には使用しないこととした。また、バスやトラック等の大型車は時間分布特性が異なると予想されるため、通過車輛の車長データに基づいて除去した。

図 1 に三原方面から空港に流入する日交通量を示す。2007 年および 2008 年の日平均総流入交通量は、それぞれ 1721 台、1452 台であった。同図より、2008 年は前年と比較して、多くの日で流入交通量が減少していることがわかる。なお、紙面の都合上、以下、三原方面からの流入交通量に関する原系列特性と経年変化についてのみ、分析結果を報告する。

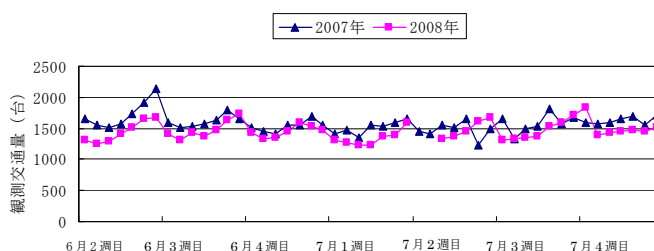


図 1 三原方面から空港へ流入する 1 日の総交通量

## 2) 広島空港に発着する運行便の遅延・欠航情報

運行便の遅延・欠航状況を把握するため、ANA, JALのホームページに毎日アクセスして、観測期間中の広島空港からの出発便の実出発時間を取得した。さらに、同期間中のタイムテーブルと比較して、各運行便の遅れ時間と欠航状況を求めた。表 1 に、両年次の観測期間中の欠航便数と遅延便数を示す。2007 年と比較して、2008 年では欠航便数、および 30 分以上の遅延便数は大幅に減少している。これは、CAT-IIIa の導入による定時性の大幅な改善によるものと考えられる。

表 1 観測期間中の欠航便数と遅延便数

|            | 2007年 | 2008年 |
|------------|-------|-------|
| 運航便データ数    | 957   | 980   |
| 欠航便数       | 21    | 4     |
| 遅延便数       | 63    | 72    |
| 30分以上の遅延便数 | 23    | 13    |

## 4. 空港利用者行動の経年変化に関する分析

広島空港の利用者行動の経年変化の傾向を明らかにするため、2007 年と 2008 年の三原方面から広島空港への流入交通量系列をプールした系列(計 96 系列)に対して独立成分分析を適用して、共通する原系列を抽出すると共に、混合係数に対して検定を適用した。

図 2 に得られた原系列のうち、比較的観測交通量への寄与の大きい  $s_1 \sim s_7$  を示す。 $s_1$  は明確なピークの見られない劣正規分布であり、7:00~18:00 頃の間、なだらかに分布している。したがって  $s_1$  は、日中の運行便に対する利用者交通と、一部は通過交通や周辺施設の利用交通をあらわすと考えられる。図 3~6 に各原系列の日寄与率を示す。これらの図より、観測交通量への寄与の週間変動に着目すると、土曜、日曜は寄与が大きくなっている。 $s_2$  は 7:40、および 8:30 にピークを持つ原系列である。後者の時刻から判断して、JAL9:00 発羽田便の利用者行動をあらわすと考えられる。図 3~6 より、土曜、日曜は寄与が小さくなる週間変動を示す。したがって、 $s_2$  は平日の JAL9:00 発羽田便の利用者行動をあらわすと考えられる。 $s_3$  は 7:35、7:50、8:10 付近にピークを持つ原系列である。しかし、直後の時間帯に広島空港発便は存在せず、運航便との明確な対応関係がみられない。図 3~6 より、日寄与率は、日曜、祝日の値が非常に小さくなる週間変動傾向を示す。したがって  $s_3$  は、空港または周辺施設への通勤交

通をあらわすと考えられる。 $s_4$  は 8:35 付近に急峻なピークをもつ原系列である。ピーク時刻から判断して、JAL9:00 発羽田便の利用者交通をあらわすと考えられる。図 3~6 の日寄与率より、土曜、日曜の値が非常に小さい週間変動を示す。したがって、 $s_4$  は平日の JAL9:00 発羽田便の利用者交通をあらわすと考えられる。 $s_5$  は、8:05 にピークをもつ原系列である。しかし、直後の時間帯に運航便は存在しないため、この原系列が表す利用者行動は不明である。また日寄与率に関しても、規則的な週間変動や、欠航日に対する目立った寄与はみられない。 $s_6$  は 7:45 にピークをもつ原系列である。しかし、直後の時間帯に運航便は存在しないため、この原系列が表す利用者行動は不明である。図 3~6 より、日寄与率に関しても規則的な週間変動や欠航日に対する目立った寄与はみられない。 $s_7$  は 19:05 にピークをもつ原系列である。日寄与率に着目すると最終便が欠航した 2007 年 7/20 (金) の寄与が極めて大きく、同日の混合係数は正で有意となった。したがって、 $s_7$  は 2007 年 7/20 (金) の最終便の欠航を回避するため、直前の JAL19:35 羽田行便、または ANA19:40 羽田行便に乗り換える行動を表していると考えられる。

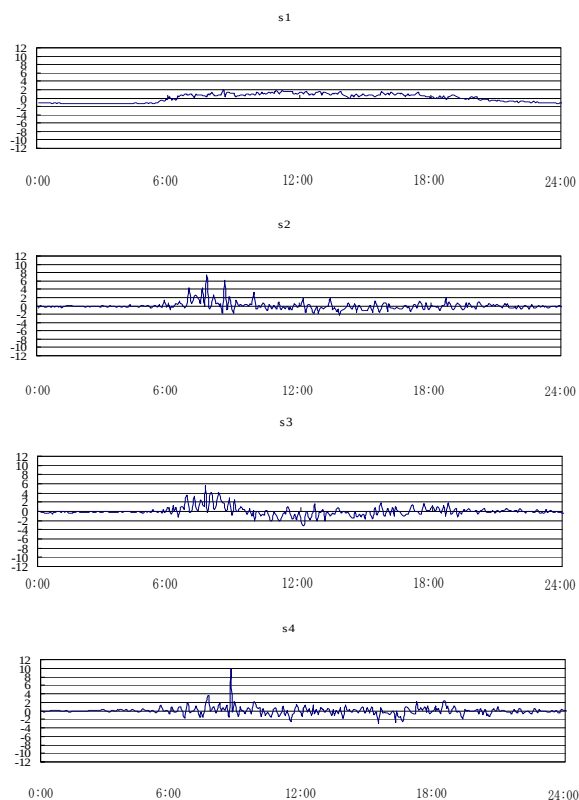


図 2 三原方面からの流入交通量観測値より推定された原系列  $s_1 \sim s_4$

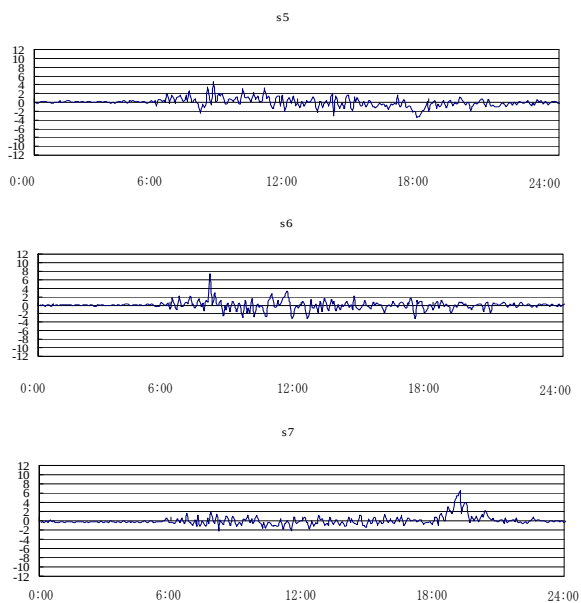


図2 三原方面からの流入交通量観測値より  
推定された原系列 s1～s4 (続き)

表2 s1～s7 の混合係数の有意日数/観測日数

|       | S1    | S2    | S3    | S4    |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2007年 | 49/49 | 43/49 | 39/49 | 12/49 |
| 2008年 | 47/47 | 39/47 | 38/47 | 1/47  |
|       | S5    | S6    | S7    |       |
| 2007年 | 4/49  | 6/49  | 3/49  |       |
| 2008年 | 13/47 | 15/47 | 1/47  | (日)   |

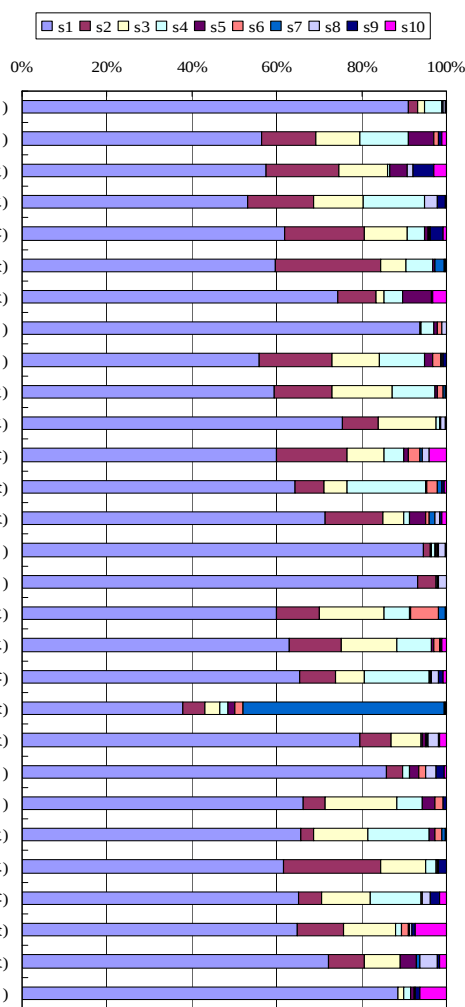


図4 2007年7月における各原系列の日寄与率

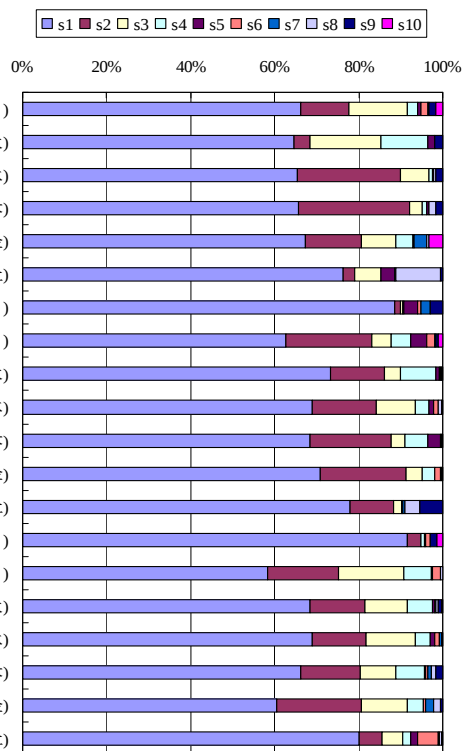


図3 2007年6月における各原系列の日寄与率

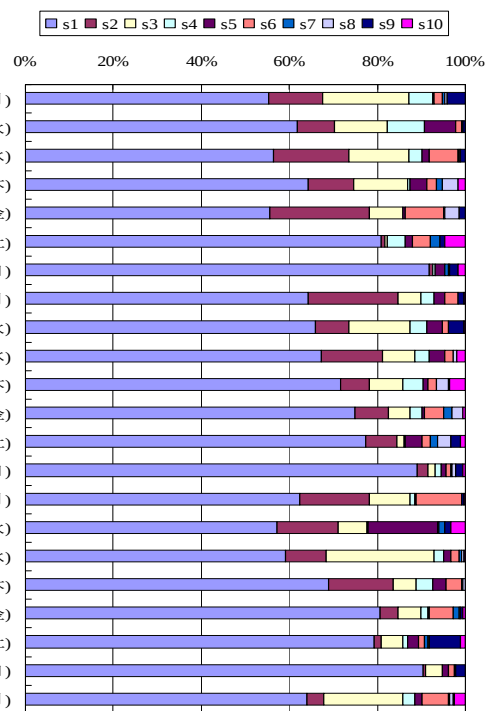


図5 2008年6月における各原系列の日寄与率

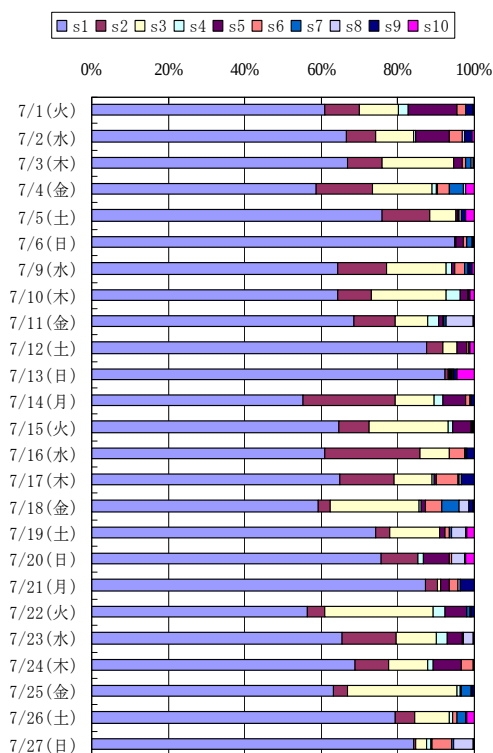


図6 2008年7月における各原系列の日寄与率

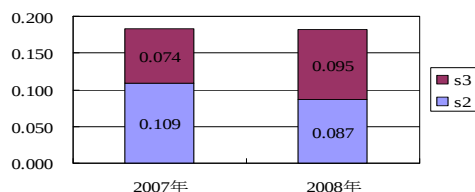


図7 年次別観測交通量に対するs2, s3の寄与率

各原系列の日交通量への寄与の大きさと、寄与率の経年変化についてまとめる。s1は、経年的に日寄与率が減少している。これは、日中の運航便の利用者交通全体の減少をあらわすと考えられる。

s2について、表2に示す混合係数が有意な日数は、2007年/2008年についてそれぞれ、43日/49日から39日/47日に減少すると共に、図7に示す年次別観測交通量へのs2の寄与率も0.109から0.087に低下した。s2のピーク時刻から判断して、この結果はJAL9:00発羽田便の利用者数の減少をあらわすと考えられる。

s3について混合係数が有意な日数は、それぞれ39日、38日となってほとんど変化していない。図7に示す年次別観測交通量へのs3の寄与率は、0.074から0.095に増加した。なお、s2とs3を合計した寄与率は、それぞれ0.183、および0.182となり、両年次ともほぼ同程度となった。s2とs3の午前7時台のピークが同時刻であるため、7:30~7:50付近の空港利用交通は経

年的に変化していないと考えられる。

s4について、表2に示す混合係数が有意な日数を比較すると、それぞれ12日/1日であった。s4のピーク時刻(8:35)から判断して、この結果はJAL9:00発羽田便利用者の減少をあらわすと考えられる。

s5について、混合係数が有意となる日数は、4日/49日であったが、2008年は13日/47日であった。s5のピーク時刻が8:05であることを考慮すると、この結果は9:00または9:05発羽田便に対して、比較的安全余裕時刻の長い利用者交通を表すと考えられる。表2より、s5が観測交通量に占める割合は、2008年では増加している。s4の変化と共に考えると、2007年から2008年にかけて、9:00発羽田便利用者のうち、安全余裕時間の短い利用者が減少したと考えられる。

s6について、混合係数が有意な日数は、それぞれ6日/49日、15日/47日であった。なおs6のピーク時刻は7:45である。したがってこの結果は、s5と同様に9:00または9:05発羽田便に対して、比較的安全余裕時間の長い利用者交通が増加したと考えられる。

s7について、最終便が欠航した2007年7/20(金)のみ混合係数の値が極めて大きくなる一方で、その他の混合係数の値は、比較的小さい値が得られた。したがって、s7は欠航便の回避行動に対応する特異成分と考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、空港利用者行動の経年変化を明らかにするため、2007年と2008年の三原方面から空港への流入交通量系列を用いて、これらをプールしたデータセットに対して独立成分分析を適用して、混合係数が統計的に0か否かの検定を行い、各原系列の寄与の経年変化について分析を行った。その結果、日中の航空便利用者交通全体、および午前9:00または9:05発羽田便利用交通のうち、安全余裕時間の短い利用交通の減少が顕著なことが明らかとなった。

## 参考文献

- 1) Aapo Hyvarinen : [詳解]独立成分分析, 東京電機大学出版局, 2005
- 2) Shohei Shimizu : Testing significance of mixing and demixing coefficients on ICA, pp. 901-908, 2006