

# 大分空港到着自動車交通の時間分布特性\*

## Time Distribution of Arriving Automobile Traffic in Oita Airport \*

辻井啓\*\*, 塚井誠人\*\*\*, 吉村充功\*\*\*\*, 奥村誠\*\*\*\*\*

By Kei TSUJII, Makoto TSUKAI, Mitsunori YOSHIMURA and Makoto OKUMURA

### 1. はじめに

わが国の地方空港では軌道系アクセスが未整備であり、マイカーが主要なアクセス手段となっている。航空便の遅延到着時に送迎車両が滞留し、路上への不法駐車が発生したり、欠航時に代替手段への変更処理などに時間がかかり、カウンターが混雑するとともに駐車場が一時的に不足する等の問題が生じている。今後旅客需要が伸び悩み、新幹線や他の空港との競争が厳しくなる中でサービスの向上を考えると、通常運行時のサービスレベルに加えて、帰省シーズンなどの多客期や遅延・欠航時の対応を改善することが望まれる。

このような、遅延・欠航時の空港サービスの改善を検討する上では、実際に遅延や欠航が発生した時の旅客の空港における滞留行動や意識を把握しておくことが望まれるが、航空便の遅延や欠航の発生が不確定である以上、あらかじめ調査体制を敷いておくことが困難である。また実際に遅延や欠航が起こった後で、当日の状況を思い出してもらう形で調査する方法では、航空利用の再現期間が長いためにサンプリングが低効率にならざるを得ず、高頻度利用者へのサンプルの偏りも避けられない。

そこで本研究では、空港利用者の遅延・欠航への対応行動を把握する方法として、遅延や欠航が起こる可能性がある日を含むように調査期間を設定し、その間の空港に出入りする自動車の断面交通量を継続的に測定し、そこから利用者の遅れに対する余裕時間の設定行動などを推測することを考えた。なお、本研究ではチューブ式のトラフィックカウンターにより断面交通量を計測したが、もし利用者の多くが空港の有料駐車場を利用しているような場合には、駐車料金の収受機器から車両の入車時刻や出車時刻データを抜き出せる可能性がある。

本研究では、以上のような方法での計測と分析が可

\*Key words: 交通管理, 交通量計測, 交通行動分析

\*\*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 082-421-7849)

\*\*\*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 077-561-5986)

\*\*\*\*正会員, 博 (工), 日本文理大学工学部  
(〒870-0397 大分市一木1727 TEL097-524-2611)

\*\*\*\*\*正会員, 博 (工), 東北大学東北アジア研究センター  
(〒981-8576 仙台市青葉区川内41 TEL 022-795-7571)

能であるかどうかをチェックするために、比較的遅延や欠航の少ない時期に短期間の計測を試験的に実施した段階であるが、空港への車両の到着交通量の時間分布を調べることにより、利用者が出発便の前ほどの程度の余裕時間を取ろうとしているのかを分析できると考えた。その際、ある時刻に到着する利用者には異なる航空便の利用者が混在して含まれていると考えられる。本研究ではアンケート調査に頼ることなしに、到着自動車交通量を複数の目的便に分解し、その上で大分空港利用者の余裕時間の分布特性を分析する。

### 2. 分析対象

本研究では、大分空港ターミナルの利用者の行動を把握するため、横断面の車両の通過時刻、進行方向などの計測が可能なチューブ式のトラフィックカウンター(以下 TC)を、図1のように大分空港ターミナルビル前の一方通行道路において、駐車場の出入口を挟む両側の2車線の部分に設置した。なお、大分空港ではホバークラフトの利用者が少ないほか、図1の範囲外には複数の民営の駐車場が存在し、駐車場からターミナルビルまでワゴン車による送迎サービスが行われている。

以下の分析では、進入側に設置した東路側、西路側の2台のTCの計測値を合算して空港への到着交通量

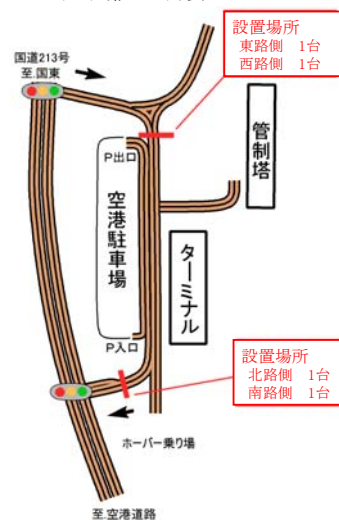


図1 TC設置位置

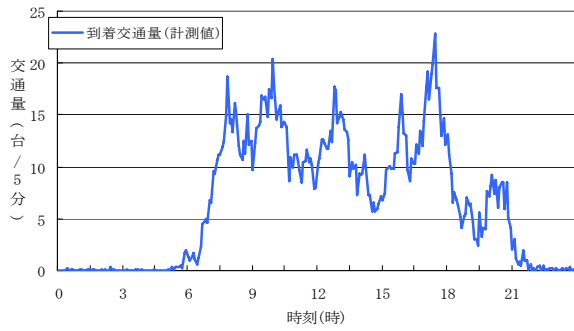


図2 5分間平均到着交通量の計測値

とみなす。この到着交通の多くは大分空港から航空便を利用する人であり、航空便の出発時刻を目的時刻として、利用者が混雑やチェックインなどの時間を考慮して、少し前に到着していると考えられる。

分析対象期間は、2006年2月10、13~17、20、24、27日の平日9日間とする。TCでは通過した車両ごとに、通過時刻と速度のほか、軸数や軸間距離の計測値が得られるが、以下の分析では一般の乗用車を対象と考え、軸数が2軸、車長(軸間)が150~400mのデータを正常に観測された交通量と考えた。図2はその条件下での5分間到着交通量の9日間の平均値の分布を示している。

### 3. 分析手法

空港への到着交通のうち多くを占めるとされる大分空港からの出発航空便を利用する人は、航空便の出発時刻を目的時刻としつつも、混雑やチェックインなどの時間を考慮して、少し前に到着していると考えられる。このような時刻 $T_j$ を目的時刻とする交通量の時間的な分布には、以下のようなワイブル分布型の生存関数が当てはまることが知られている。基準時刻の $t$ 分前からの5分間交通量 $f_j(t)$ は、時刻 $t$ における生存関数 $S_j(t)$ を用いて以下のように表現することができる。

$$\begin{cases} f_j(t) = S_j(t-5) - S_j(t) & (1) \\ S_j(t) = \exp\{-H_j(t)\} & (2) \\ H_j(t) = \int_0^t h_j(u) du & (3) \\ h_j(t) = \lambda_j \gamma_j \cdot t^{\gamma_j-1} & (4) \end{cases}$$

$f_j(t)$ : 到着確率  $H_j(t)$ : 累積ハザード関数  
 $h_j(t)$ : ハザード関数  $\lambda_j$ : 尺度パラメータ  
 $\gamma_j$ : 形状パラメータ

異なる目的時刻に対する交通が存在する場合、計測される5分間交通量 $F(\tau)$ は複数の目的時刻に対する交通量(以下前方交通量と呼ぶ)が重なりあったものと考えることができる。すなわち目的時刻 $T_j$ を目的とする

前方交通量を $B_j$ とすれば、

$$F(\tau) = \sum_{t < T_j} B_j f_j(T_j - \tau) \quad (5)$$

が成立する。

ハザード関数 $h_j(t)$ のワイブル分布の分布形を決定付ける未知パラメータを求める問題を考える。

本研究ではアンケート調査を行わないので、 $B_j$ の真値は不明である。そこで、各目的時刻の前方交通量 $B_j$ およびパラメータ値を以下の(1)~(6)の手順で計算する。

- (1) 目的時刻 $T_j$ に先立つ目的時刻 $T_{j-1}$ と $T_j$ の間の到着交通量が、すべて時刻 $T_j$ の前方交通量であると考え、その和を $B_j$ の初期値とし、ハザード関数 $h_j(t)$ の形状・尺度パラメータを推定する。
- (2) ハザード関数のパラメータ推定値を用いて、目的時刻 $T_{j-1}$ 以前の時間帯についても $T_j$ の前方交通量を $B_j f_j(T_j - \tau)$ により計算する。
- (3) 各時刻 $\tau$ における計算値に基づき、基準時刻ごとの前方交通量の構成比を求める。
- (4) 交通量計測値 $F(\tau)$ と構成比の積を各目的時刻に対応する前方交通量の計測値と考える。すなわち、

$$F(\tau) \frac{B_j f_j(T_j - \tau)}{\sum_{\tau < T_j} B_j f_j(T_j - \tau)} \quad (6)$$

を、時刻 $T_j$ を目的とする交通量の計測値と考える。

- (5) 各目的時刻の前方交通量ごとに、式(6)の計測値の総和を用いて $B_j$ を更新するとともに、生存関数を当てはめ、ハザード関数の形状・尺度パラメータを再推定する。
- (6)  $B_j$ が安定するまで手順(2)~(5)を繰り返す。

それぞれの目的時刻の前方交通量の生存関数モデルからの誤差が一般的な形状であるなら、式(5)はその線形結合に過ぎないので、以上の計算手順は収束することが期待できる。

表1は大分空港における国内便の出発時刻を示す。なお、2006年2月現在、国際便は毎日就航している路線はない。出発時刻が近接する便が存在する場合、それぞれについて十分な数の交通量計測値を用意することができないため、そのような便はあらかじめまとめた上で上述の計算を行うことが必要である。そこで利用者数が多い東京便と大阪便を中心にして、20分以内に連続する便はまとめて、その最後の便の発着時刻を計算上の目的時刻と考えた。表1に示すように、名古屋便と沖縄便の出発時刻はこのようにして設定した大阪または東京便の目的時刻から20分以内の範囲に設定されていることが確認できる。

なお、図2からもわかるように、実際には19:35の

表1 国内便の出発時刻と基準時刻

定刻	便名	行き先	基準時刻
8:00	A N A 182	大阪	1 8:00
8:25	J A L 780	東京	2 8:25
9:00	A N A 192	東京	3 9:00
9:25	J E X 2362	大阪	4 9:25
9:45	A N A 386	名古屋	4 9:25
10:45	J A L 1784	東京	5 10:50
10:50	A N A 194	東京	5 10:50
11:00	A N A 459	沖縄	5 10:50
12:05	J A L 1786	東京	6 12:05
12:50	I B X 3062	大阪	7 12:50
13:25	A N A 196	東京	8 13:25
14:00	J A L 1790	東京	9 14:00
14:40	A N A 186	大阪	10 14:40
16:15	I B X 3064	大阪	11 16:15
16:40	J A L 1792	東京	12 16:40
17:50	A N A 188	大阪	13 17:50
18:10	A N A 198	東京	14 18:25
18:25	J A L 198	東京	14 18:25
18:35	A N A 390	名古屋	14 18:25
19:35	J E X 2368	大阪	15 19:35

大阪行き最終便の後にも空港に到着する車両が多数存在する。これらには空港ターミナル等の従業員の交通のほか20:35の東京からの到着便に対する迎いの車両が含まれていると考えられるが、本分析で対象と考える交通とは性格が異なるものである。そこで今回の分析では19:35以前の観測交通量を対象として分析を行う。すなわち、0:00から19:35までの235の5分間交通量(9日分)を表1に示した15の時刻を目的時刻とする前方交通量に分解する。

#### 4. 推定結果と考察

3. の手法を適用した結果、式(5)による5分間交通量の推定値と計測値との全体の相関係数は0.981となり、図3からもわかるようにモデルの当てはまりは良いといえる。また、その時の15個の前方交通量の生存関数モデルのパラメータ推計値、各交通が卓越する時間帯についての推定値と計測値との相関係数、構成比を表2に示す。

まず、表2の相関係数の欄を考察する。大阪行(8:00)の卓越する0:00から8:00までの時間帯の相関係数は0.977と高い。これは早朝からの多数の交通量0のサンプルを含み、8:00にかけて到着交通量が単調に増加している傾向が存在するためである。しかし、東京行(8:25)や東京行(9:00)の相関係数は若干低い。これは基準時刻の間隔が短く、データ数が少ないため、計測値と推定値の間に差の影響が大きく出たためであると考えられる。

しかしデータ数が少ないにもかかわらず、大阪行

表2 到着交通量の生存関数推定結果

基準時刻	尺度λ	形状γ	相関係数	構成比
1. 8:00	0.080	1.113	0.977	10.0%
2. 8:25	0.077	1.822	0.614	3.9%
3. 9:00	0.039	1.769	0.571	4.8%
4. 9:25	0.100	1.582	0.981	3.7%
5. 10:50	0.003	2.183	0.778	14.4%
6. 12:05	0.002	2.271	0.251	8.6%
7. 12:50	0.011	2.068	0.497	6.4%
8. 13:25	0.013	2.272	0.445	5.8%
9. 14:00	0.009	2.403	0.550	4.4%
10. 14:40	0.005	2.654	0.906	3.2%
11. 16:10	0.023	1.476	0.923	11.0%
12. 16:40	0.074	1.618	0.671	2.9%
13. 17:50	0.014	1.846	0.892	12.9%
14. 18:25	0.013	2.296	0.862	4.1%
15. 19:35	0.020	1.482	0.222	4.0%

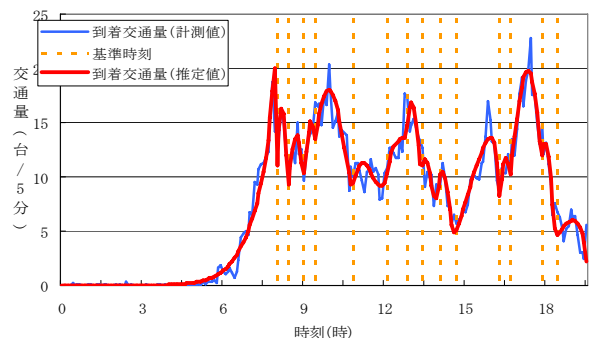


図3 到着交通量の計測値と推定値

(9:25)の相関係数は0.981と高い値を示している。図3をみると9:00~9:25の交通量が単調増加であり、ワイブル分布型の生存関数がうまく当てはまり、計測値との相関係数が高くなったと考えられる。

その後の時間帯の相関係数は低い。特に東京行(12:05)が0.251と低く、それに続く大阪行(12:50)や東京行(13:25)までの時間帯も相関係数が低い。これはこの時間帯が昼をはさんでいる事から、同じ出発便の利用者の中に空港で昼食をとるために早めに到着する人と、出発時刻直前に到着する人が混在していることが原因であると考えられる。実際に図2を見ると10:50~12:05の間には11:00ごろと11:30ごろの2つの到着交通量のピークが存在しており、これらの行動を分解できなかったため、相関係数が低くなったといえる。たとえば東京行(12:05)の前に11:15を仮想的な目的時刻として加えて空港で昼食をとる人々を分離することにより、モデルの当てはまりは向上すると期待できる。

その後の午後の時間帯の相関係数は高いが、最終の大阪行(19:35)を目的とする時間帯の相関係数は0.222と一番低い値になっている。19:35の時点でも到着交通量が0になっていないことから判断して、19:35以降の到着便を目的とする交通や空港ターミナル等の従業員関係の交通が19:35以前にかなりの程度混在していると考えられる。

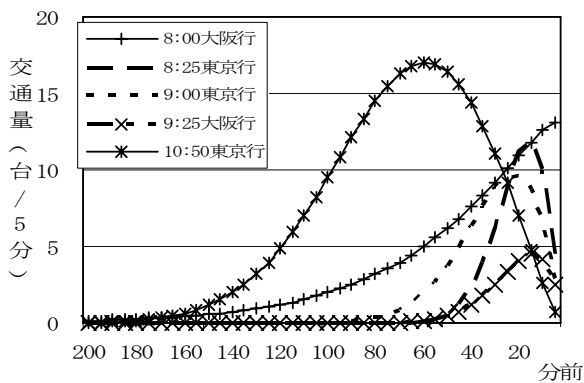


図4 前方交通量の関数形の比較(1~5)

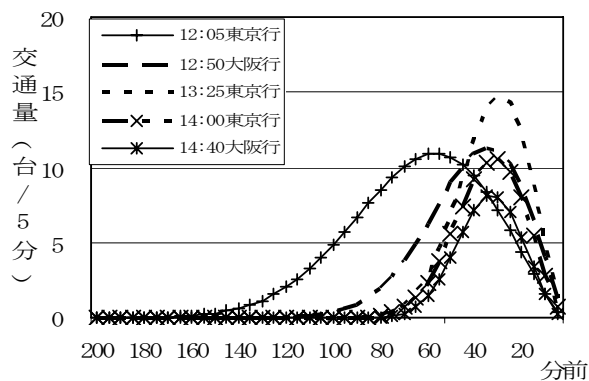
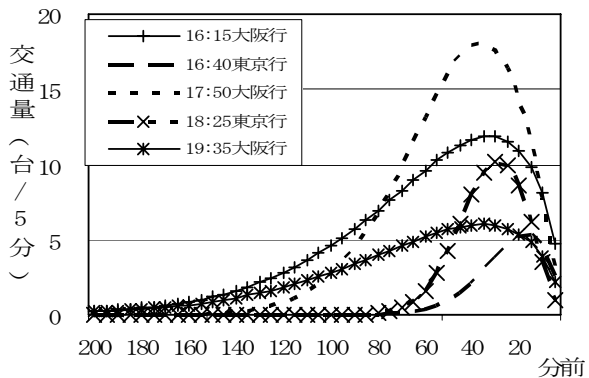


図5 前方交通量の関数形の比較(6~10)



次に図3から、モデルの当てはまりを確認しておく、8:00~9:25の間は多数の基準時刻を設定したことにより、細かいピークまで表現できていることがわかる。それに対し9:25~10:50、12:05~13:25や16:40~18:10という時間帯は基準時刻の間隔が長いので分布のピークは表現できていない。

次に表2のパラメータ推定値から求めた前方交通量の生存関数の関数形を図4~6に示す。

図4を見ると、他と比較して大阪行(8:00)を基準時刻とする生存関数の関数形は緩やかに増加している。この時間帯には前述したように、大分空港ターミナル等の従業員の交通が含まれているためであると考えられる。

また8:25~9:25の便の到着交通量のピークが約20分前であり、これらの早朝便では直前に到着する交通

が多いことがわかる。東京行(10:50)の便を目的とする交通量は早めに増加し始め、ピークは60分前である。

図5を見ると、東京行(12:05)の便を目的とする関数形は他の便よりも早く増加し始め、出発時刻の60分前に交通量のピークがある。これは前述したように、空港で昼食をとる人が混在しているためと考えられる。なお他の便のピークは20~30分前にある。

図7を見ると大阪行(16:15、17:50、19:35)の関数形は東京行(16:40、18:25)よりも早く増加し始めている。これはビジネス客の多い東京便に比べ、遠方の観光地からの移動に余裕をとる客や空港内での土産物の買物に時間を取りたい客が多い結果であると考えられる。さらに3つの出発時刻の少し前に大分空港への到着便(15:55、17:25、17:40、19:05)があり、それらに関連する交通が混在している可能性も否定できない。

また、18:25の基準時刻には、18:10と18:25の東京便を含んでいるが、特に立ち上がり早いという傾向は見られない。

## 5. おわりに

本研究では、空港ターミナル進入路上の断面自動車交通量データに対して、複数の航空便の出発時刻を目的とする交通に分解して生存関数を当てはめる方法を提案した。大分空港への到着交通量を分析した結果、日中便では50~60分前に空港に到着しているが、早朝便の余裕時間はそれよりも短いことがわかった。また午後の早い便の利用者には、空港で昼食をとる人ととらない人が混在していることがわかった。

今後の課題として、空港からの出発自動車交通量に関しても同様の分析を行う必要がある。この時には、実際の航空便の到着時刻を基準時刻として用いて、遅延や欠航の影響を考慮する必要がある。また、生存関数においても、遅延・欠航や天候等の要因を共変量として加え、より複雑な行動を把握することが望まれる。

本研究は、文科省科研費基盤研究の助成により実施したものである。また、大分空港ビルディング(株)等の関係機関の協力に対し、感謝の意を表する次第です。

## 参考文献

- 1) 大橋康雄, 浜田知久馬: 生存時間解析, 東京大学出版会, 1995
- 2) 塚井誠人ほか: 集計的な到着・出発時刻分布に基づく滞在時間モデルの推定方法, 土木計画学研究論文集, No.21-2, pp.443-448, 2004.
- 3) 大分空港: <http://www.oita-airport.jp/index.html>