

## 45. 仙台空港利用車両の時間分布特性の分析

\*東北大学東北アジア研究センター 正会員 ○奥村 誠  
 広島大学大学院工学研究科 正会員 塚井 誠人  
 日本文理大学工学部 正会員 吉村 充功

## 1. はじめに

航空輸送は、わが国の旅客輸送手段として重要性をまし、800km以遠の長距離帯では新幹線をしのぐシェアを占めている。しかし、新幹線に比べて頻度が少ない上に搭乗手続きなどに時間を要するため、利用者は出発時刻に間に合うように時間的余裕を持って空港に到着することが求められる。軌道系アクセス手段が整備されていない地方空港では、平均的な利用者数に対応できる駐車場容量やゲートの処理能力が確保されているものの、利用者が時間的に集中すると一時的に処理能力が不足して、待ち時間が増大する。長すぎる待ち時間は利用者にとって負担となる上、もし出発予定の便に乗り遅れる旅客が発生すれば、空港に求められる最低限のサービスが確保できない結果となる。以上のことから、空港の駐車場やそれに接続する道路には、利用者の到着時刻分布に見合った処理能力を確保しておく必要がある。

単身赴任や航空を用いた長距離の観光が一般化した結果、空港の利用には1日の中での時間的な変動のほか、週間や季節による変動が起こる<sup>1)</sup>。したがって利用者の到着時刻分布の把握には特定の1日の観測では不十分であり、ある程度長期間のデータ取得が必要となる。空港滞在時間の分布を調査する方法として、これまではアンケート等の調査に頼ることが一般的であったが、上述したような週間あるいは季節変動が存在する中で十分な期間のデータを獲得することは、費用、手間の面で容易ではなかった。

本研究は近年技術的な進歩が目覚ましい自動車交通量観測機器を用いて、空港への到着時刻の分布特性を把握し分析することを試みる。具体的には簡易トラフィックカウンターを仙台空港の出入口の道路に設置して断面交通量を計測した。まず断面交通量の時間変化パターンを日ごとに比較し、曜日ごとに異なるパターンを有し

ていることを示す。次に空港への到着交通量が、異なる国内線の便に搭乗する旅客が重なり合っているとして仮定し、到着交通量をそれらに分解すると同時に、分解した交通量に生存関数モデルを当てはめる。

## 2. 断面交通量の計測

仙台空港の主要アクセス道路である県道仙台空港線が空港構内に進入する断面における交通量を計測した。旅客ターミナル、貨物ターミナル、主要な駐車場とバスの待機場などは空港構内に存在するため、多くの利用者はこの断面を通過して空港に入る。レンタカーの営業所および民営の駐車場は空港敷地外に存在し、それらの送迎用のワゴン車も当該断面を通過する。この道路と別に名取市道からも空港構内に出入りが可能であるが、その交通量は県道仙台空港線の1/10以下である。

計測には独SDR社製の超音波式簡易トラフィックカウンターを用いた。この機械は路側の照明柱の地表から1.2mの位置に金具で固定され、車線と45度の角度をなす方向に超音波を発射する。通過車両からの反射波を検知すると、その通過時刻を記録すると共に、ドップラー効果の原理から求めた車速と、検知時間から計算した車長を記録する機能を持っている。

計測期間は2006年11月27日～12月19日であるが、以下では11月28日(火)～12月18日(月)の21日間における5:00～24:00の5分間到着交通量の計測値について考察、分析する。表1に期間中の1日ごとの断面交通量を示す。12月1日(金)から12月8日(金)までは1日3000台を超えている。曜日では金曜が多く、火曜・水曜が少ない。

表1 期間中の1日断面交通量(台)

到着交通量	月	火	水	木	金	土	日
11/27-		2908	2903	2997	3851	3137	3625
12/4-	3454	3083	3570	3603	3604	2967	3037
12/11-	2958	2935	2772	2928	3040	2652	2563
12/18-	2523						

Keywords: 空港、交通発生、生存関数、交通量計測

\*連絡先: mokmr@cneas.tohoku.ac.jp 022-795-7571

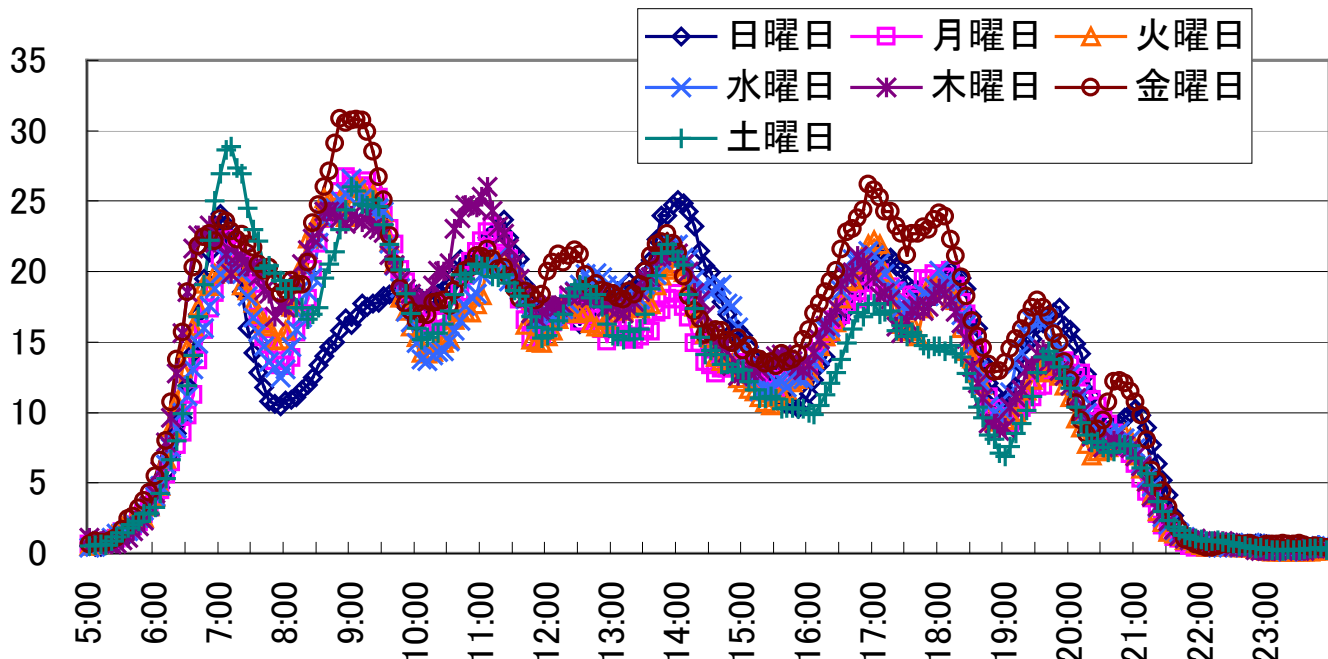


図1 5分間交通量の30分間移動平均値(曜日別平均値)

### 3. 到着交通量の時間的変動

到着交通量は時間的に変動しており、7:00, 9:10, 11:20, 14:10, 17:00, 19:40, 20:40ごろにピークが存在することが多い。また8:00, 10:10, 12:00, 15:00~16:00, 19:00ごろには交通量が少ない。しかし、これらの変動パターンは日ごとにより異なる。

図1は5分間交通量の細かな変動をならすために30分間の移動平均値を計算し、さらに同じ曜日の3日間の平均値を計算したものである。これによるとピークの出現時刻はほぼ似通っているものの、異なるピーク間の相対的な高さは曜日によってかなり違うことがわかる。

### 4. 到着交通量への複合生存関数モデルの適用

塚井ら<sup>2)</sup>は、1日の中で断続的にサービスを提供する施設では、その開始時刻に向けて徐々に増加する形で到着が起こることに着目し、計測断面交通量を異なる目的時刻への交通に分解するために、各部分交通に対して生存関数モデルを当てはめる計算手順を提案した。さらに広島大学工学部の駐車場出入路のデータに適用して、平日の到着交通量が授業開始時刻を基準時刻とする生存関数の総和として表現できることを示した。

本研究では、仙台空港への到着車両の多くは、仙台空港発の航空便に搭乗する旅客を運んでいると考え、搭乗に間に合う時刻(国内線出発時刻の20分前)を基準時刻とする複合生存関数モデルを用いて到着車両の分布を表現する。なお、国際線は毎日就航している便が

13:30発のソウル便のみで使用機材も小さいため、ここでは考えない。

分解後の生存関数の推定を安定的に行うために、基準時刻は、ある程度離れていなければならない。そこで表2に示すように、国内線の出発時刻のうち20分以内に接近しているものを16グループにまとめ、それぞれの中で利用者が最も多いと考えられる便の出発時刻を代表時刻とし、その20分前を基準時刻と設定した。さらに、実際の交通量は最終便出発後の20:50ごろに見られる1つのピークに対応した基準時刻を設定し、その前方と後方に分布する交通量を考えた。すなわち、期間中の

表2 国内線出発時刻と代表時刻

便名	行先	発時刻	代表時刻
JEX3170	名古屋	7:50	
ANA 366	名古屋	8:00	
ANA 798	福岡	8:00	
JEX2200	伊丹	8:05	8:05
ANA 3232	成田	8:15	
JAL3530	福岡	8:15	
ANA 732	伊丹	8:25	8:25
ANA 719	札幌	9:10	9:10
JEX2903	札幌	9:35	
JEX2202	伊丹	9:45	
ANA 734	伊丹	9:55	9:55
ANA 721	札幌	10:10	
JEX2907	札幌	10:50	10:50
JAL2941	沖縄	11:25	
ANA 463	沖縄	11:30	
JEX2204	伊丹	11:45	11:45
ANA 368	名古屋	12:05	12:05
JAL3534	福岡	13:05	
JEX3324	神戸	13:15	13:15
ANA 801	広島	13:20	
JEX2206	伊丹	14:20	
ANA 736	伊丹	14:40	14:40
ANA 725	札幌	15:00	
JEX2911	札幌	15:25	15:25
ANA 362	小松	15:35	
ANA 3134	成田	16:05	16:05
JEX2208	伊丹	17:10	17:10
ANA 727	札幌	17:25	
ANA 738	伊丹	17:40	17:40
JAL2917	札幌	17:55	
JAL3538	福岡	18:05	
ANA 370	名古屋	18:25	18:25
ANA 740	伊丹	18:55	
JEX2210	伊丹	19:00	19:00
ANA 800	福岡	19:10	
ANA 410	神戸	20:00	
ANA 729	札幌	20:10	20:10
JEX3176	名古屋	20:20	

代表時刻の20分前を基準時刻とする

毎日の5:00~24:00の交通量を、基準時刻に向かって増加していく17個の前方交通量と、基準時刻(20:50)後に減少していく1個の後方交通量に分解する。

本研究では、図2に見られる曜日間の相違を表現するために、塚井ら<sup>2)</sup>では同一と仮定していた前方交通量の構成比を、一日ごとに異なると仮定する。

5 分間交通量  $f_j(t)$  を分析対象とした場合、基準時刻  $T_j$  の  $t$  分前からの前方交通量は、ワイブル分布型の生存関数  $S_j(t)$  を用いて以下のように表現できる。

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

$f_j(t)$ : 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

5 分間交通量の計測値  $F(\tau)$  は、複数の目的時刻に対する交通量が重なりあったものと考えられる。

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

$B_j$  は基準時刻  $T_j$  を目的とする前方交通量である。この  $B_j$  とワイブル分布のパラメータ値の計算手順は以下のとおりである。

- (1) 当該目的時刻に先立つ  $T_{j-1}$  と  $T_j$  の間の計測交通量の和を  $B_j$  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、 $T_{j-1}$  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、計測値  $F(\tau)$  との積を各目的時刻に対応する前方交通量の新しい計測値と考える。

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

- (4) 各前方交通量ごとに、式(6)の計測値の総和を用いて  $B_j$  を更新するとともに、ハザード関数のパラメータを再推定する。

(5)  $B_j$  が安定するまで手順(2)~(4)を繰り返す。

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 3 に 17 個の前方交通量と 1 個の後方交通量の生存関数モデルのパラメータの推定値と、それらの構成比の 21 日間平均値を示している。図 2 は 5 分間到着交通量の計測値と推定値について、それぞれ求めた 21 日間の平均値を表している。

表 3 より、前方交通量(1~17)の形状パラメータ  $\gamma$  が全て 1 以上であるので、ワイブル分布のハザード関数は基準時刻から離れるほど大きくなる。つまり基準時刻から少しはなれたところに到着交通量のピークがある。図 2 より、5 分間交通量の計測値と推定値の相関係数は 0.980 であり、現況再現性が高い。ただし、計測値の 11 時台に見られる 2 つの大きなピークは再現できていない。このピークは、昼

表 3 到着交通量の生存関数推定結果

代表時刻	尺度 $\lambda$	形状 $\gamma$	構成比
1 8:05	0.0060	1.987	11.0%
2 8:25	0.0569	1.804	1.3%
3 9:10	0.0245	1.711	5.9%
4 9:55	0.0112	2.053	6.6%
5 10:50	0.0019	2.478	5.9%
6 11:45	0.0100	1.936	8.3%
7 12:05	0.0196	2.382	1.6%
8 13:15	0.0055	1.987	7.6%
9 14:40	0.0076	1.811	12.1%
10 15:25	0.0077	2.185	4.5%
11 16:05	0.0112	2.086	2.7%
12 17:10	0.0164	1.700	7.2%
13 17:40	0.0176	2.204	3.4%
14 18:25	0.0171	1.862	5.8%
15 19:00	0.0094	2.415	3.3%
16 20:10	0.0302	1.404	5.3%
17 20:50	0.0379	1.327	5.5%
18 20:50後方	0.1672	0.927	2.3%

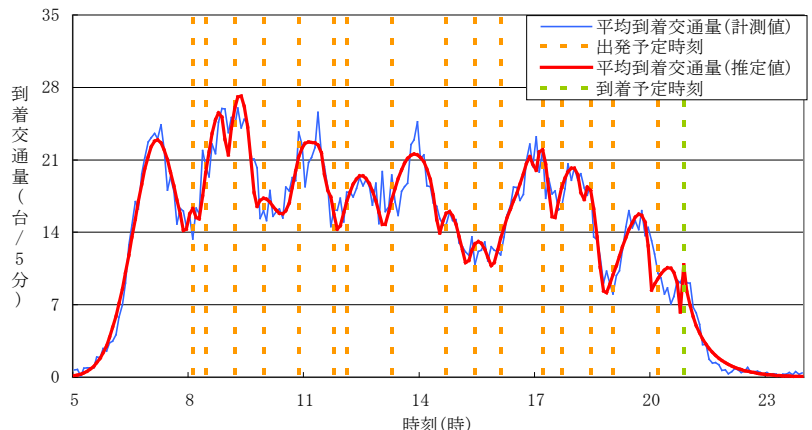


図 2 5 分間交通量の計測値・モデル推定値の 21 日平均値

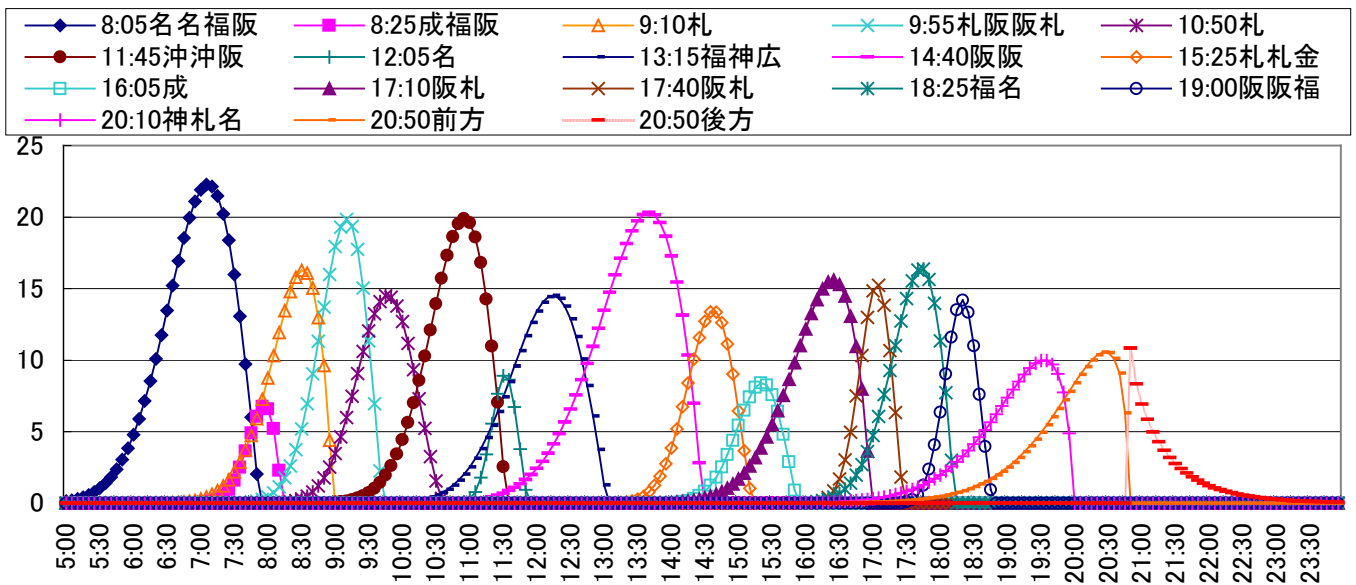


図3 分解した基準時刻別の前方交通量・後方交通量の分布

食を取る人と取らない人が混在していることを表していると考えられる。

ここで、分解した前方交通量の形状を図3に示す。これより8:25の成田・福岡・大阪便，12:05の名古屋便，17:40の大阪，札幌便に対しては出発時刻30分以内にピークがあり到着が遅い。これに対して8:05近辺の第一便，10:50の札幌便，13:15の福岡，神戸，広島便は利用者の集まりが早く，出発60分前あたりにピークがある。20:10近辺の神戸，札幌，名古屋への最終便のピークは約35分前ではあるが，早くから分布が立ち上がっており，空港に早めに到着し夕食等をとっている様子が伺える。

毎日の到着交通量を分解した構成比の計算結果を図4に示す。明確な傾向はつかみにくいですが，土曜日は午前中の便の利用割合が大きいこと，日曜日は14:40の大阪便以降の午後の便の利用者の割合が大きいことが特徴である。8:05近辺の午前の始発便や，11:45の沖縄2便の利用者の日変動が小さいのに比べ，その間の9:10～10:50の間の午前の便は，利用者の多い札幌便を多く含んでいる影響によって，日変動が大きいと考えられる。

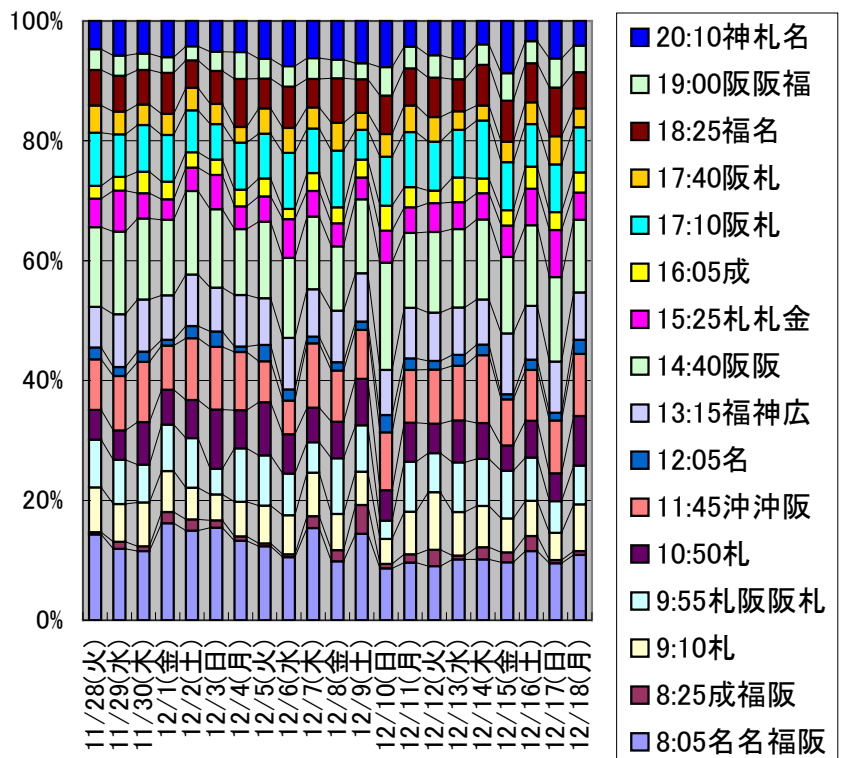


図4 基準時刻別交通量の構成比

謝辞 本研究は科学研究費基盤研究(B)17360249の成果の一部である。

参考文献

- 1) P.T.Wang and D.E.Pitfield: The derivation and a nalysis of the passenger peak hour: an empirical application to Brazil, Journal of Air Transport Management, Vol.5, pp.135-141, 1999.
- 2) 塚井誠人、奥村誠、吉村充功：施設利用交通の目的時刻別交通量への分解、交通工学研究発表会論文報告集、Vol.26、pp.237-240、2006.