

空港旅客ターミナルの窓口施設規模に関するシミュレーション分析*

Simulation Analysis on the Size of Counters in an Airport Terminal

伊藤祥展**・山田忠史***

By Yoshinobu ITOH and Tadashi YAMADA

1. はじめに

移動の高速化や国際化の進展を背景として、航空需要は着実な伸びを見せている。これに対応すべく、我が国でも新空港の計画・建設が相次いだ。しかし、空港整備において、空港利用者の利便性への配慮や建設・運営コストの高騰など、様々な課題が指摘されている。これらの課題は、空港旅客ターミナル整備にも当てはまる。すなわち、これらの要件が満たされるように、空港旅客ターミナルの施設規模が適正に決定される必要がある。

空港旅客ターミナル施設に関する研究¹⁾は、これまでも数多く見られるが、本研究では、空港旅客ターミナル内における旅客流動と窓口施設（チェックインカウンター・セキュリティチェック）に着目し、旅客流動シミュレーションを内包した窓口施設の規模決定手法を提案する。

2. 空港旅客ターミナル調査

空港旅客ターミナル内の旅客流動の実態を把握するために、平成11,12年の11月に大阪国際空港において旅客流動に関する調査を行った。なお、調査人員の都合上、航空会社1社のみが使用している大阪国際空港南ターミナルを調査対象とした。表-1は、調査項目とその方法を簡潔に示したものである。本研究では、窓口施設の規模決定において、待ち行列シミュレーションを適用する。したがって、各窓口施設への旅客の到着分布とサービス時間分布を同定しておく必要がある。調査結果に基づく分布型同定

表-1 調査項目および方法

観測場所	調査項目	調査方法
ターミナル出入口	到着時刻・到着人数	ストップウォッチ計時・数取器
チェックインカウンター	到着時刻・到着人数・サービス時間	ストップウォッチ計時・数取器
セキュリティチェック	到着時刻・到着人数・サービス時間・退去人数・退去時刻・開設窓口数	ストップウォッチ計時・数取器
バゲージクレーム	ターミナル内での旅客行動	アンケート調査
各施設間	各施設間の距離計測	メジャー計測

の結果、手動チェックインカウンターでのサービス時間分布は3次アーラン分布に適合し、自動・スーパーシートカウンターにおけるサービス時間分布は、それぞれ2, 3次のアーラン分布に適合した。また、チェックインカウンターの到着分布は、ポアソン分布に適合した。

一方、セキュリティチェックにおけるサービス時間分布は、14次アーラン分布に適合した。セキュリティチェックへの到着状況は、それまでの旅客ターミナル内での行動に依存する。したがって、セキュリティチェックへの到着分布に関しては、特定の分布型を仮定せずに、後述の旅客流動シミュレーションから内生的に決定することとした。

3. 窓口数の決定

(1) 最適窓口数

本研究では、各窓口において、考察対象期間内に消費される総費用が最小である時の窓口数を最適とする。総費用とは、窓口施設に要する費用と、施設内で旅客がサービスを受けるために費やす費用（時間費用）との和である。

各窓口の最適窓口数は、次の式から決定される。

$$\min C = C_B + C_P + C_S$$

*キーワード：空港計画，ターミナル計画，空港管理
 **学生会員，関西大学大学院博士前期課程土木工学専攻
 (TEL/FAX 06-6368-0964, E-MAIL gj0m519@ipcku.kansai-u.ac.jp)
 ***正会員 博士（工学）広島大学大学院工学研究科
 (〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1, TEL 0824-24-7812, FAX 0824-22-7194,
 E-MAIL yamada@naoe.hiroshima-u.ac.jp)

$$= c_b TS + c_p T \sum_{i=1}^n (t_{hi} + t_{wi}) + c_s TAL_q \quad (1)$$

ここに,

- C : 窓口施設における総費用 (円)
- C_B : 窓口の整備・運営費用 (円)
- C_p : 旅客の窓口利用に要する費用 (円)
- C_s : 窓口施設フロアの整備・運営費用 (円)
- c_b : 窓口1ブースあたりの単位費用 (円/日・ブース)
- T : 考察対象期間 (日)
- S : 窓口数 (ブース)
- c_p : 旅客1人あたりの時間価値 (円/人・時)
- t_{hi} : i 番目に到着した旅客のサービス時間 (時)
- t_{wi} : i 番目に到着した旅客のサービス待ち時間 (時)
- c_s : 窓口施設フロアの単位費用 (円/㎡・日)
- A : 旅客1人あたりの占有面積 (㎡/人)
- L_q : 平均待ち人数 (人)

式(1)において, 単位費用 c_b, c_p, c_s はあらかじめ与えられる. c_p については, 個人所得と空港の利用頻度との関係²⁾に基づいて算出した. t_{hi}, t_{wi}, L_q は, 到着とサービスに関する分布型と旅客流動シミュレーションの結果から求まる. なお, 窓口を利用する旅客1人あたりのフロア占有面積 A については, IATA (International Air Transport Association) で定められている最も標準的なサービスレベル (1.41 (㎡/人)) を使用した.

(2) 旅客流動シミュレーション

国内線における空港旅客ターミナル内の旅客流動を図示すると, 図-1 のようになる. そのうち, 本研究では出発線に着目し, 空港への到着からセキュリティチェックまでに至る旅客流動を取り上げる. 空港へ到着した旅客は, チェックインカウンターや売店等の様々な施設を利用した後, セキュリティチェックを経て搭乗口へと向かう. 本研究では, このような一連の行動を対象としてモデル化する. 空港に到着してからセキュリティチェックへ至るには, 複数の経路が考えられる. 本研究では, アンケート調査の結果に基づいて, 図-2 のように経路を分類した.

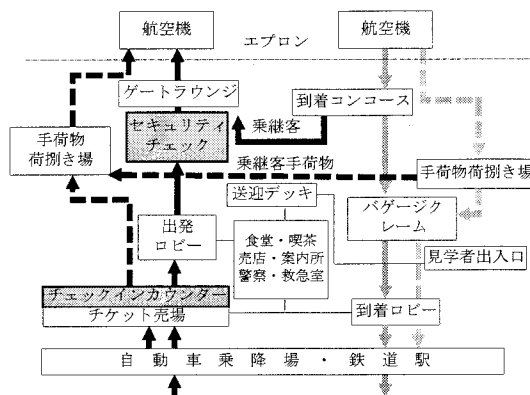
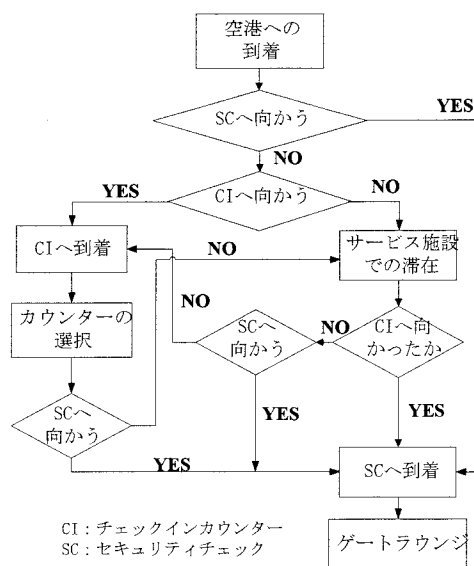


図-1 ターミナル内の旅客動線図 (国内線)



CI: チェックインカウンター
SC: セキュリティチェック

図-2 旅客流動シミュレーション

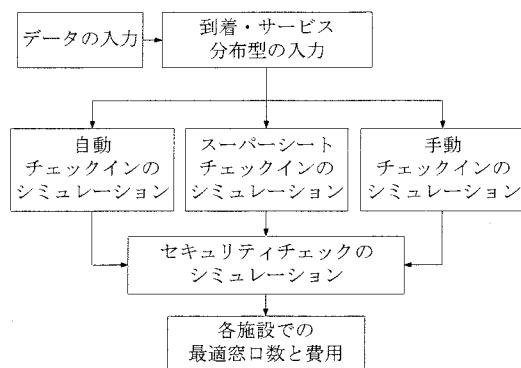


図-3 最適窓口数の決定フロー

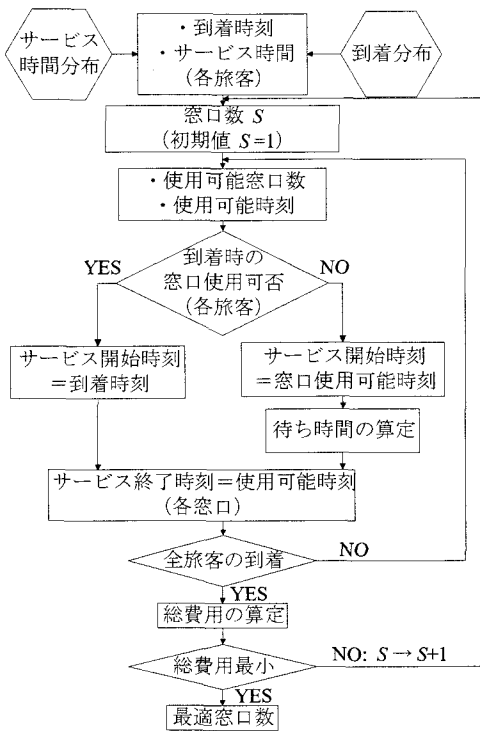


図-4 待ち行列シミュレーション

表-2 最適窓口数と開設窓口数 (チェックインカウンター)

	最適窓口数	開設窓口数
自動チェックイン	10	13
スーパーシート	3	2
手動チェックイン	13	9

旅客流動シミュレーションを構築する際には、ターミナル内の施設間の移動時間が必要となる。利用者の施設間の移動時間については、各施設間の距離や利用者の平均歩行速度³⁾に基づいて算定した。利用者の歩行速度を求める際には、性別・年齢を考慮した。また、食堂・売店などのサービス施設利用の有無や、利用した場合の滞在時間は、アンケート調査の結果を基にして決定した。

図-3は、各窓口施設での最適窓口数を決定するための計算フローを簡潔に示したものである。また、各窓口におけるシミュレーションを具体的に図示したものが図-4である。入力データ(単位費用など)と到着・サービス時間に関する分布型から、チェックインカウンターの最適窓口数が求まる。チェックインカウンターの窓口数は、旅客流動シミュレーションを通して、セキュリティチェックの最適窓口数

に影響を及ぼす。

4. 大阪国際空港への適用

大阪国際空港南ターミナルを対象として、空港旅客ターミナル内の旅客流動、および、各施設規模に関して検討した。

(1) チェックインカウンターに関する考察

手動・自動・スーパーシートのそれぞれのチェックインカウンターにおいて最適窓口数を算出した。各々の窓口の最適窓口数と実際に開設されている窓口数を比較した結果が表-2である。

自動チェックインカウンターでは、現状において窓口の利用人数に対して開設窓口数が多いことを示している。スーパーシートカウンターにおいては、到着人数がピークを迎える時間帯において、待ち行列長が大きくなることから、最適窓口数が開設窓口数を上回るものと考えられる。手動チェックインカウンターも同様の理由により、窓口数の増設が有効であった。

今回の計算結果では、手動チェックイン窓口を増設し、自動チェックイン窓口を削減するのが有効であった。しかし、荷物を預けない旅客は、自動チェックインを利用した方が手動チェックインに比べて、チェックインに要する時間を大幅に縮減できる可能性がある。したがって、今後は、自動チェックインの需要の増大が見込まれる。その場合には、自動チェックイン窓口数を増大することが有効であると考えられる。

(2) セキュリティチェックに関する考察

先述の通り、セキュリティチェックへの旅客の到着については、旅客流動シミュレーションの結果を利用する。そこで、シミュレーションによる旅客流動の再現性を調べるために、セキュリティチェックにおける到着に関して、旅客流動シミュレーションによる算出値と、調査から得られた実測値とを比較した(図-5)。このとき、シミュレーション上のチェックインカウンターの窓口数は、実際の開設窓口数と同じである。

図-5は、1時間ごとの到着人数を示している。な

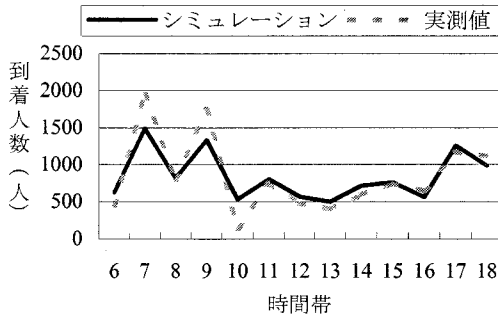


図-5 セキュリティチェックにおける到着人数

お、シミュレーションによる到着人数は、500回の計算結果を平均したものである。シミュレーションと実測値との相関係数は0.88であった。

実測値から、午前7:00~10:00の間に到着人数のピークを二度迎えることがわかる。シミュレーションから得られた到着状況においても、それらのピークが示されているものの、到着人数には差異が認められる。これは、旅客がターミナル内において利用する施設の選択率、およびサービス施設での滞在時間の分布を、時間帯によらず一定としたことが原因の一つと考えられる。しかし、到着人数の経時的な変化の傾向は、シミュレーションで概ね再現できている。

次に、セキュリティチェックの最適窓口数を決定した。その際、時間帯ごとに開設窓口数を決定することとした(6:00~19:00までの1時間ごと)。つまり、時間帯ごとの窓口数の最適な組み合わせを探索した。整備すべき窓口数は、各時間帯での最適な窓口数の最大値である。

分析対象とした大阪国際空港南ターミナルでは、稼働時間が13時間である。また、本研究では整備可能な窓口数を最大10ブースと仮定した。したがって、窓口数の組み合わせは合計 10^{13} 通りとなり、最適解を求めるための計算時間が膨大になる。そこで、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて近似解を求めた。なお、GAのパラメータについては、個体数を300、世代数を200、交叉率を1.0、突然変異率を0.1と設定した。

表-3は、セキュリティチェックの最適窓口数(各時間帯の窓口数の最適な組み合わせ)を示したものである。表-3が示すように、セキュリティチェック

表-3 最適窓口数と開設窓口数(セキュリティチェック)

時間帯	6	7	8	9	10	11	12	13
最適窓口数	4	9	5	9	1	7	3	4
開設窓口数	3	6	4	5	6	5	3	4
時間帯	14	15	16	17	18			
最適窓口数	4	5	1	7	7			
開設窓口数	3	3	2	5	5			

の窓口を9ブース設置し、各時間帯における旅客の到着状況に応じて窓口の開閉を行うのが望ましいことが示唆された。

5. おわりに

本研究では、空港旅客ターミナル施設計画において有効な、旅客流動シミュレーションと施設規模決定手法について検討した。旅客流動シミュレーションにおいては、セキュリティチェックにおける予測到着人数と実測人数とに良好な相関関係が確認された。また、施設規模決定手法を大阪国際空港南ターミナルに適用した結果、チェックインカウンター・セキュリティチェックのいずれにおいても、現状よりも窓口数を増設した方がよいとの結論が得られた。

本研究で提案した窓口施設の規模決定手法は、国内線に限らず、国際線にも適用可能である。その場合には、出入国審査等の施設に対する旅客の到着・サービスを旅客流動シミュレーションに追加する必要がある。

また、空港旅客ターミナル内での旅客流動の再現性を高める必要もある。そのためには、ターミナル内における旅客の行動パターンに関して、時間帯別の分析や性別・年齢・目的等の個人属性に関する分析を要するものと考えられる。

末筆に、本研究の遂行にあたっては、故則武通彦先生の研究成果に着想を得た。ここに記して、深甚の謝意を表すると共に、衷心より先生のご冥福を祈念いたします。

【参考文献】

- 1) 山本幸司・谷口康一・木俣昇：国際旅客ターミナル施設計画支援用旅客動態分析システムの開発，土木計画研究・論文集，No.8，pp.225-232，1990。
- 2) 総務庁統計局：家計調査年報，1999。
- 3) 阿久津邦夫：歩行の科学，不味堂新書，pp.54-61，1975。