

## 18. 最近の北太平洋ルート of 交通流調査

電子航法開発部

※住谷 美登里 長岡 栄 天井 治

### 1. まえがき

航空交通管制では、航空機相互間に安全な間隔を確保するために管制間隔基準を設けている。

著者らは洋上航空路の北太平洋 (NOPAC) ルートの管制間隔基準について、数学モデルを用いて衝突危険度を求め、安全性の評価をしている。衝突危険度とは、考察する航空路内で単位飛行時間内に発生する空中衝突事故件数の期待値<sup>(1)</sup>である。この数学モデルのパラメータを推定するためには実測データに基づく交通流調査が必要である。

NOPAC ルートは、1998年4月23日から横方向の管制間隔基準が 100NM から 50NM に短縮された。また、2000年2月24日から RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum: 短縮垂直間隔) が導入され、垂直 (高さ) 方向の管制間隔基準が 2000ft から 1000ft に短縮された。そこで最近の NOPAC ルートの航空交通流を調査し、これらの管制間隔が短縮される前の 1991年頃の交通流を調査した結果<sup>(2)</sup>と比較したので報告する。

本稿ではまず調査対象を示し、次に交通流の調査結果を報告する。そして交通流のシミュレーションをするために必要な航空機の到着時刻から到着間隔分布を求めた結果を報告する。

### 2. 調査対象

#### 2.1 調査対象地点

NOPAC ルートは日本と北米を結ぶ航空路で 5本のルートがある。そのうち東京 FIR (Flight Information Region: 飛行情報区) 内の空域の概略とルート名 (R220、R580等) を図1に示す。調査対象地点は図1中の●で示す東京 FIR と隣接するアンカレッジ FIR との境界の FIX (位置通報点) とする。

#### 2.2 利用データ

交通流を調査するために飛行計画情報を利用した。これには、各航空機が飛行する際に必要な各 FIX の到着 (通過) 時刻、機種、フライト

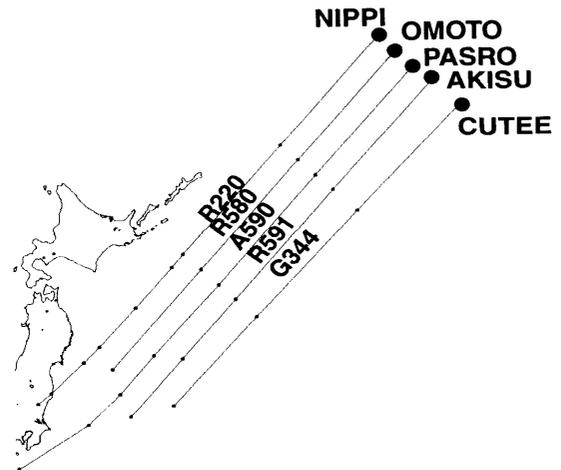


図1 NOPAC ルートの概略  
(●付近の文字は FIX 名)

レベル (FL)、到着空港等が含まれている。時刻の最小量子化単位は 6 秒である。FL は「FL290」のように表され、FL290 は標準大気中で高度 29000ft に相当する。

#### 2.3 調査対象期間とルート構造

調査対象地点の各 FIX の到着 (通過) 時刻をもとに調査対象期間を設定した。以前調査した<sup>(2)</sup> 1991年から3年間のデータを (A) とし、RVSM 適用後の最近の1年間のデータを (B) とする。

この (A)、(B) の2つの期間と、その期間における NOPAC ルートの構造を表1に示す。

### 3. 交通流の調査結果

#### 3.1 便数

(A) (B) とともに、調査対象地点を通過後東京 FIR 内を西向き (日本へ向かう) に、各ルートごとに定められた最低経路高度以上で飛行する便を対象とする。

各ルートの便数を表2に示す。R220 の便数が (A) の場合 70% を (B) の場合は 75% を占めている。西行き便に利用できるルートが (A) では 3 本であったのに比べ (B) では 4 本に増えている。

表1 NOPAC ルート構造の比較<sup>(3)</sup>

		(A)	(B)
調査期間		1991年11月1日～ 1994年10月31日の3年間	2000年3月1日～ 2001年2月28日の1年間
飛行方向	R220	西（北米から日本へ）	西
	R580	西	西
	A590	両方	東
	R591	東（日本から北米へ）	両方（※1）
	G344	東	両方（※1）
最低経路高度		R220、A590、G344：FL290以上 R580、R591：FL280以上	すべて FL290以上
管制間隔基準	横	100NM 複合間隔ルート <sup>(3)</sup>	FL310以上 FL390以下：50NM その他：100NM（※2）
	垂直 （高さ）	2000ft	FL290以上 FL390以下：1000ft その他：2000ft
	縦（進行）	同一ルート同一フライトレベルでは15分（※3）	

※1 原則東行きだが時間帯やFLを限定して西行き便として利用されることもある

※2 2000年11月2日以降は50NM

※3 速度によって管制間隔をきめるマックナンバーテクニックを利用すると10分

表2 各ルートの便数

ルート	(A)	(B)
R220	55593	28884
R580	17299	7114
A590	5781	
R591		1775
G344		495
総計	78673	38268
月平均	2185	3189

調査期間は（A）では3年間、（B）では1年間である。比較するために月平均の便数を求めると、（A）は2185便、（B）は3189便となり、1.5倍になっていることがわかる。

### 3.2 各ルートのFLと時間帯ごとの便数

各ルートのFLごとの便数を図2に示す。（A）、（B）ともにFL340からFL390に便数が集中しているが、（B）では利用できるFLの数が増え（A）と傾向が異なっている。

対象地点に到着した時刻（日本標準時）をもとに各ルートの時間帯ごとの便数を図3に示す。h時の時間帯とは[h, h+1)時を意味する。

R220の便数をみると（A）の場合、3時から6時、11時から14時の2回ピークが存在するが、（B）の場合1時頃、6時頃、12時頃の3回ピークが存在する。各ルートの総計における各時間帯ごとの相対度数分布を図4に示す。（A）は11時から14時の便数が全体の55%を占めている。（B）は19時から2時の夜の時間帯の便数が（A）より多く存在することがわかる。

### 3.3 機種、到着空港別分布

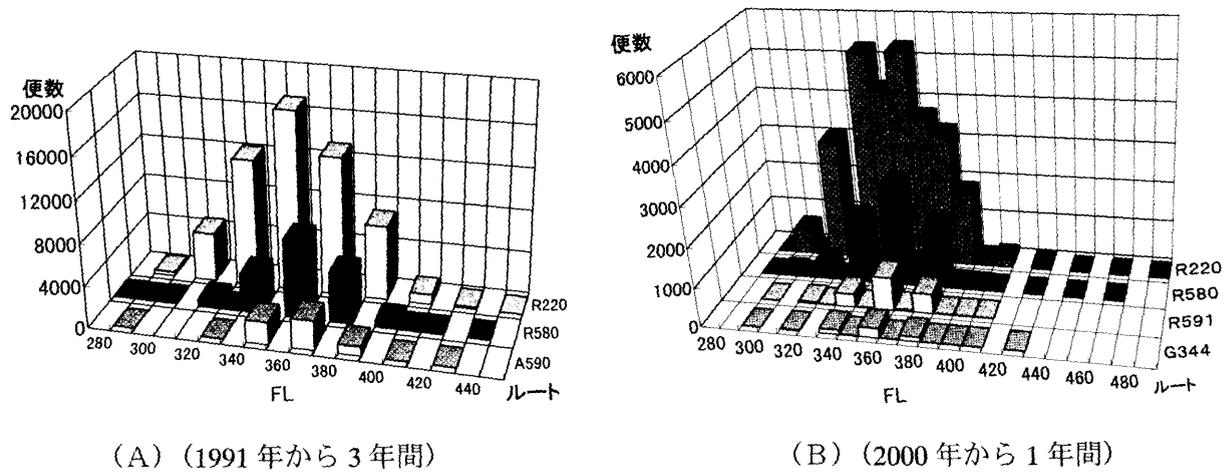
機種別の分布と到着空港別の分布を、それぞれ図5、図6に示す。機種別の分布を見ると（A）、（B）ともにB747シリーズが60%以上を占めている。またB747-400の割合が28%から46%へ、B777-200は0%から8.5%へ増えていることがわかる。

また到着空港別の分布では（A）にあった大阪（伊丹）空港が（B）ではなくなり、代わりに1994年9月に開港された24時間運用の関西国際空港が全体の9.5%を占めている。

## 4. 到着間隔

### 4.1 到着間隔の定義

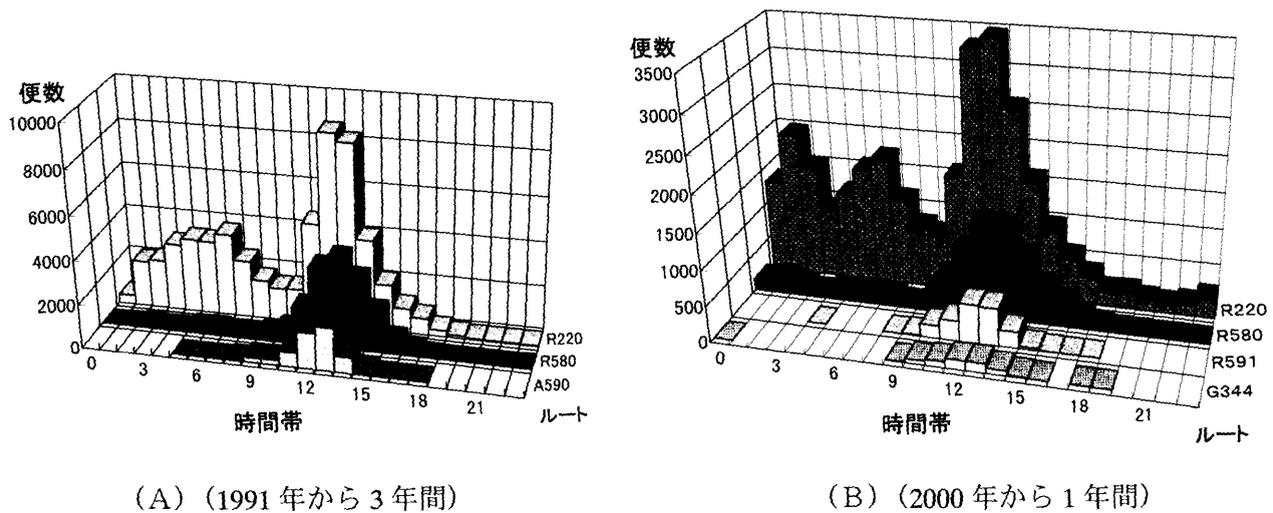
調査対象地点にi番目に到着した航空機の到



(A) (1991年から3年間)

(B) (2000年から1年間)

図2 各ルートのFLごとの便数



(A) (1991年から3年間)

(B) (2000年から1年間)

図3 各ルートの時間帯ごとの便数

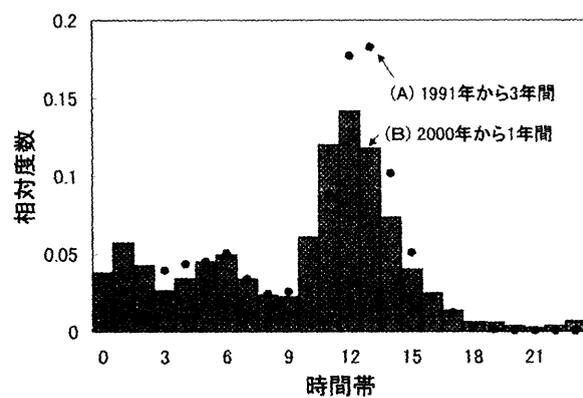


図4 時間帯ごとの便数  
((A): ● (B): 棒グラフ)

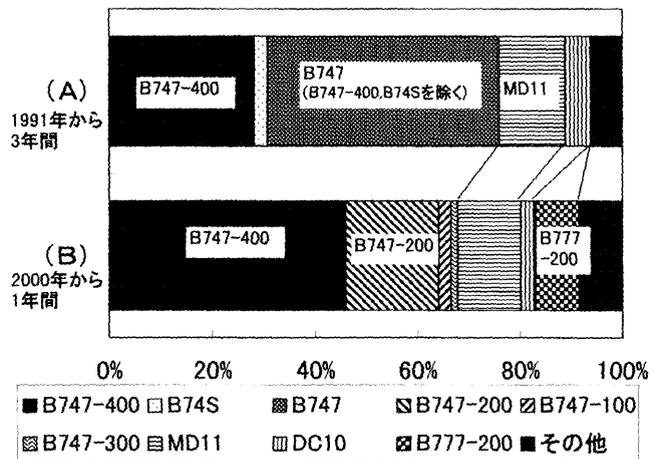


図5 機種別分布

(注) (A) と (B) では機種の種類分け方が異なる。

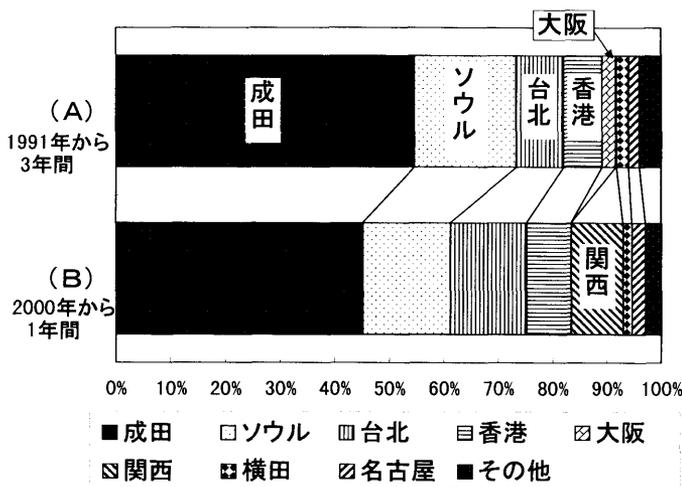


図6 到着空港別分布

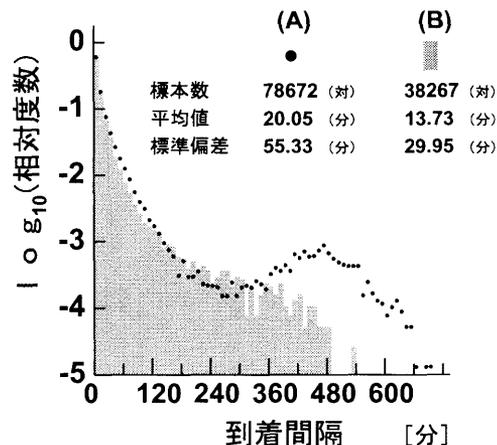


図7 到着間隔の分布  
((A): ● (B): 棒グラフ)

着時刻を  $t_i$  として、到着間隔  $T_i$  を (1) 式で定義する。

$$T_i = t_{i+1} - t_i \quad (1)$$

(  $i = 1, 2, \dots, N-1$  )  $N$  は便数

#### 4.2 調査結果

ルートや FL をひとまとめにし交通が 1 点から発生すると仮定し、(B) のデータをもとに (1) 式による到着間隔  $T_i$  を調査した。その相対度数分布を図7に棒グラフで示す。横軸は到着間隔 (区間幅 10 分) で縦軸は  $\log_{10}$  (相対度数) を表す。同様に調査した (A) のデータによる相対度数分布<sup>(2)</sup> を● (区間幅 10 分) で示す。

(A) のデータでは、480 分 (8 時間) 付近に山が存在していたが、(B) では存在していない。これは図4で示すように夜の時間帯の便数が増えたためと考える。また到着間隔の平均値は、

(A) は 20.05 分に対し (B) は 13.73 分と小さくなっている。縦間隔の管制間隔基準は同じなので、飛行できるルート、フライトレベルが増えたことで航空機の便数が増え、到着時刻の間隔が短くなったためと考える。

#### 5. まとめ

横間隔、垂直間隔の管制間隔基準が短縮された最近の NOPAC ルートについて、これらの管制間隔が短縮される前の 1991 年頃のデータによる調査<sup>(2)</sup> と比較しながら交通流の調査結果を報

告した。

その結果、最近の NOPAC ルートの西行き便は利用できるルートや FL が増え、月平均の交通量が 1991 年頃の 1.5 倍に増えたことがわかった。

また最近のデータをもとに航空機の到着時刻から到着間隔分布を求めた。その結果 1991 年頃のデータにおける分布<sup>(2)</sup> と異なっていることがわかった。そのため、再度分布モデルを検討する必要があると考える。この到着間隔の分布モデルから交通流の発生モデルを作成し、そのモデルをもとにシミュレーションをして、航空路の安全性を評価していきたい。

最後にデータ収集にご協力していただいた国土交通省航空局、国土交通省東京航空交通管制部の関係各位に感謝いたします。

#### 「参考文献」

- (1) P. Brooker & D. E. Lloyd : " Collision Risk and Longitudinal Separation Standard for North Atlantic Air Traffic" , DORA Communication 7801, Civil Aviation Authority (U.K.), 1978
- (2) 高橋、天井、長岡 : " 洋上航空路における到着間隔分布のモデル化"、信学技報、SANE97-38、1997.7
- (3) 国土交通省航空局：航空路誌