

滑走路長及び滑走路処理容量 の検討について

平成20年 9月22日



国土交通省 大阪航空局

1. 必要滑走路長の検討

1-1 検討条件と算定結果

那覇空港の現滑走路は 3,000m である。

増設滑走路の必要滑走路長について下記の条件に基づき算定した。

旅客機 機種	: B747-400、B777-300、B777-200
ペイロード	: Full Pax + Half Cargo
路線距離	: 1,300 mile ~ 那覇ー新千歳
気温	: 23~35 °C
路面状態	: Dry、Wet (グルービング有り)

新千歳 :

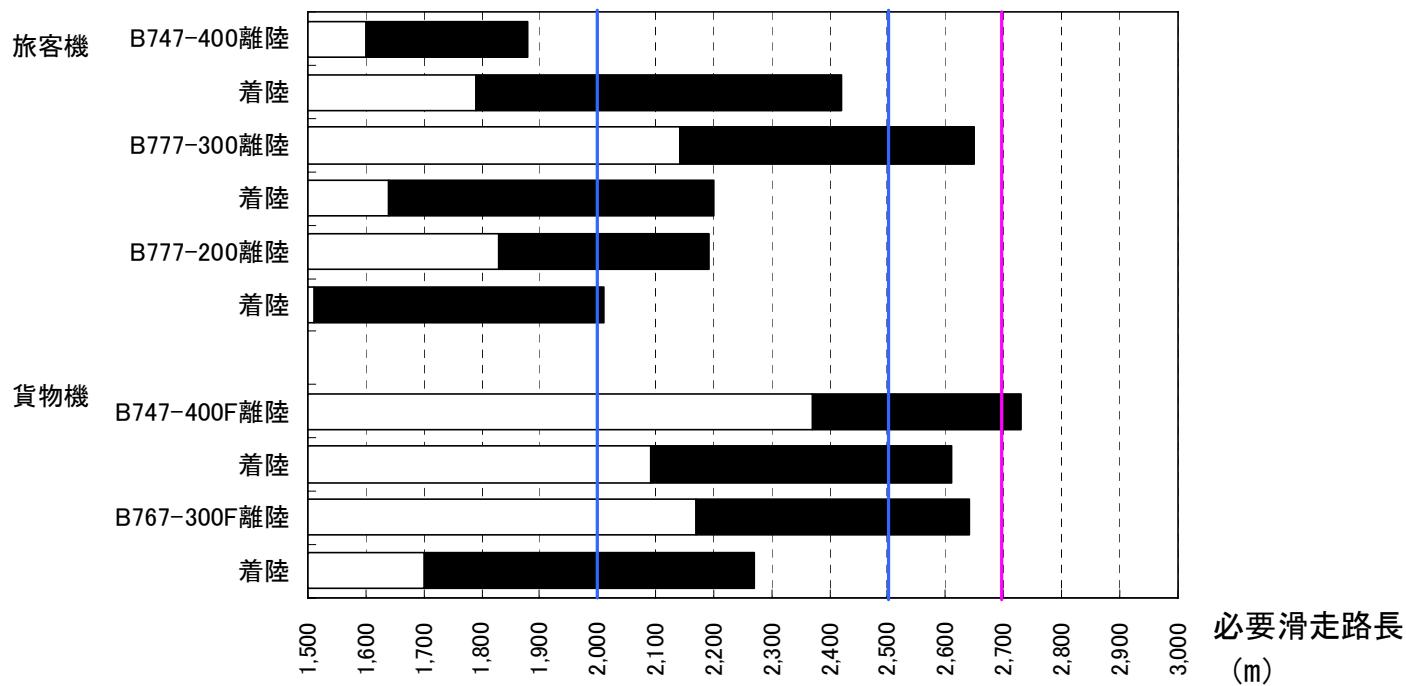
定期就航路線（現在運休含む）の中で那覇空港から最も遠い就航都市

貨物機 機種	: B747-400F、B767-300F
ペイロード	: Full Cargo
路線距離	: 1,600 mile ~ 那覇ーバンコク
気温	: 23~35 °C

バンコク :

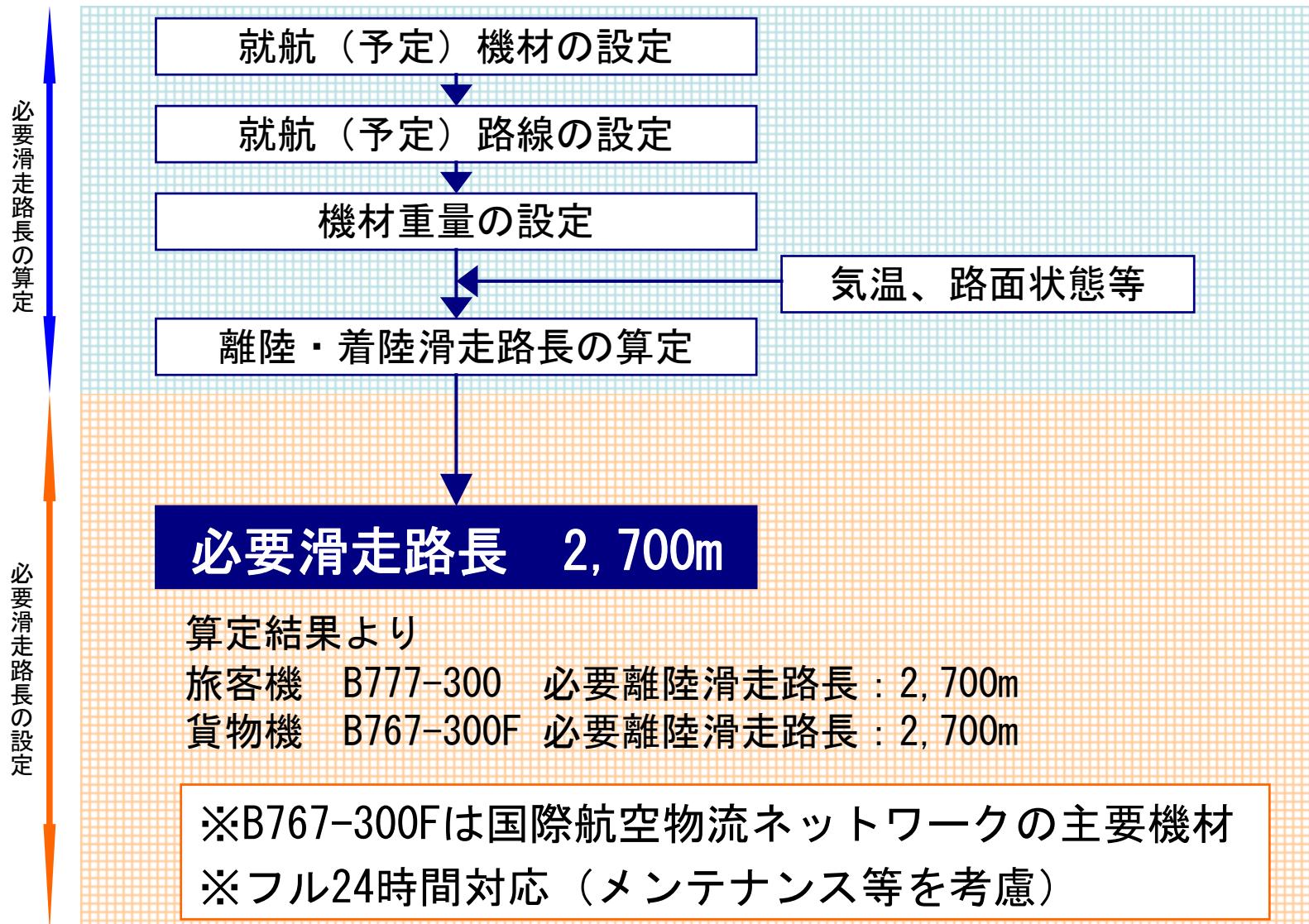
国際貨物基地構想の予定就航路線の中で那覇空港から最も遠い就航都市

◆那覇空港における 必要滑走路長 算定結果



1. 必要滑走路長の検討

1-2 必要滑走路長の設定



2. 滑走路処理容量の検討

2-1 那覇空港周辺空域の現状



那覇空港周辺空域の現状

- ・北側への出発経路および進入復行経路は340度方向に設定
 - ・北側からの進入機、および北側への出発機に対して1000ftの高度制限
 - ・市街地への騒音影響の関係からサークリングは滑走路西側で設定

2. 滑走路処理容量の検討

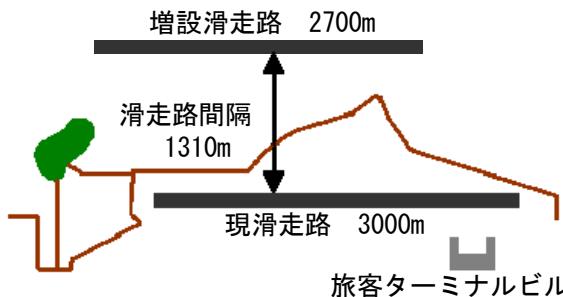
2-2 検討条件

① 滑走路配置と運用

到着機

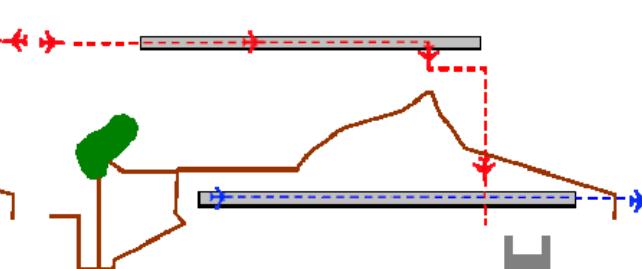
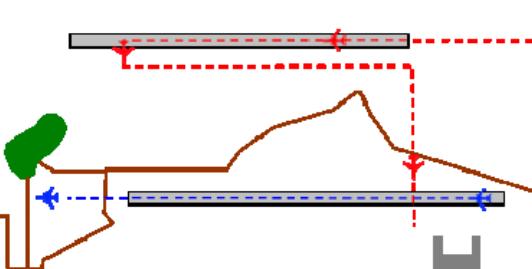
出発機

滑走路間隔 1310m案

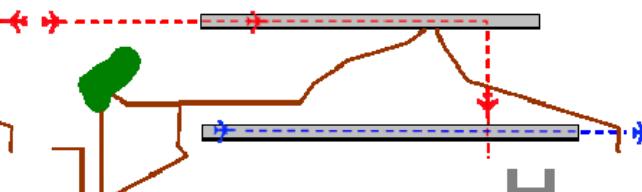
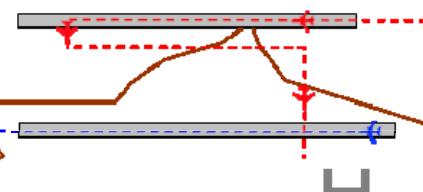
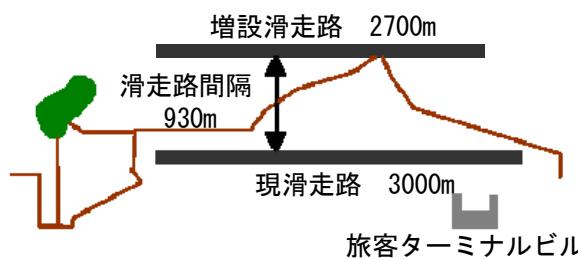


18運用

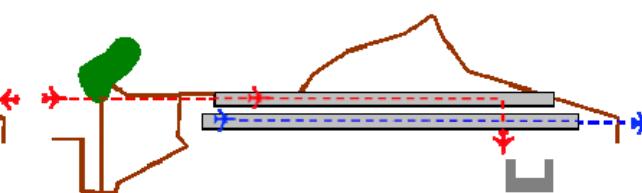
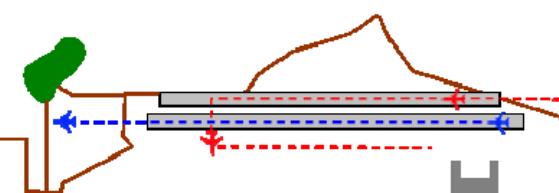
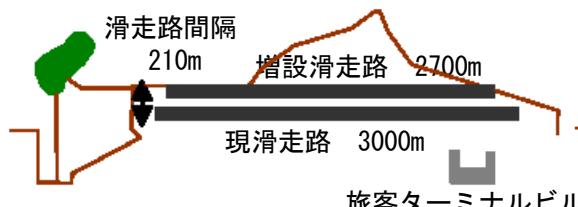
36運用



滑走路間隔 930m案



滑走路間隔 210m案



2. 滑走路処理容量の検討

2-2 検討条件

② 滑走路運用

- ・IFR運用を想定
- ・分離運用を想定

現滑走路：離陸専用滑走路

増設滑走路：着陸専用滑走路

③ 航空機種別

- ・ヘビー機比率 31%

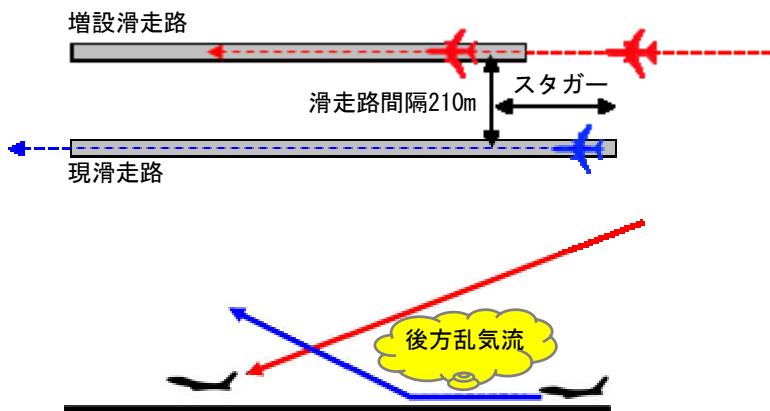
(那覇空港2007年実績による)

④ 滑走路運用に関する設定値

	NO	記号	設定値
P I ス テ ッ プ 2 検 討 時 の 設 定 値	1 滑走路進入端から 1 マイルの地点（着陸か着陸復行の決断点）までの所要時間	L①	30 秒
	2 滑走路進入端を通過して滑走路縁を通過するまでの所要時間 (到着機滑走路占有時間平均値)	L②(18)	59 秒
	3 "	L②(36)	62 秒
	4 到着機滑走路占有時間平均値に対して統計的分散を考慮して補正した 到着機滑走路占有時間 ($L(2) + 2.6 \times \sigma$) $\sigma_{18} = 10.4$	L(2)' (18)	86 秒
	5 "	L(2)' (36)	98 秒 $\sigma_{36} = 14.1$
	6 滑走路縁から着陸帯を通過するまでの安全間隔としての時間	L③	15 秒
出 発 機 関 連	7 出発機に対する離陸許可の発出やその後、当該機が動き出すまでの時間	T①	15 秒
	8 離陸滑走を開始して離陸又は離陸滑走開始地点から 1,800m 地点通過の 何れかの早い方の時間（出発機滑走路占有時間）	T②	35 秒
	9 先行出発機と後続出発機の間隔との間にレーダー間隔を設定する必要 から、先行出発機のレーダー識別及び後続出発機への出発待機解除に必 要な時間（離陸直後 2 マイル飛行する時間の理論値）	T③	45 秒
今 回 設 定 値	10 到着機が離陸滑走路を横断する場合の所要時間 (滑走路間隔 930m 案)	Cd	44 秒
	11 到着機が着陸滑走路の着陸帯通過後、離陸滑走路を横断する所要時間 (滑走路間隔 210m 案)	Cd210	18 秒
	12 到着機が滑走路末端を通過し、タッチダウン後着陸が確認されるまでの 時間	Ltd	12 秒
	13 出発機が離陸滑走を開始し、横断待機中の航空機の前を通過するまでの 時間 (滑走路間隔 930m 案)	Tps18 Tps36	22 秒 35 秒

⑤ 滑走路スタガー配置による滑走路運用への影響

着陸滑走路の進入端が離陸滑走路末端より内側に位置する滑走路配置の場合（スタガー配置と呼ぶ）、ヘビー機の着陸に引き続き出発機が離陸する場合には後方乱気流を考慮した運用間隔を設定する必要がある。



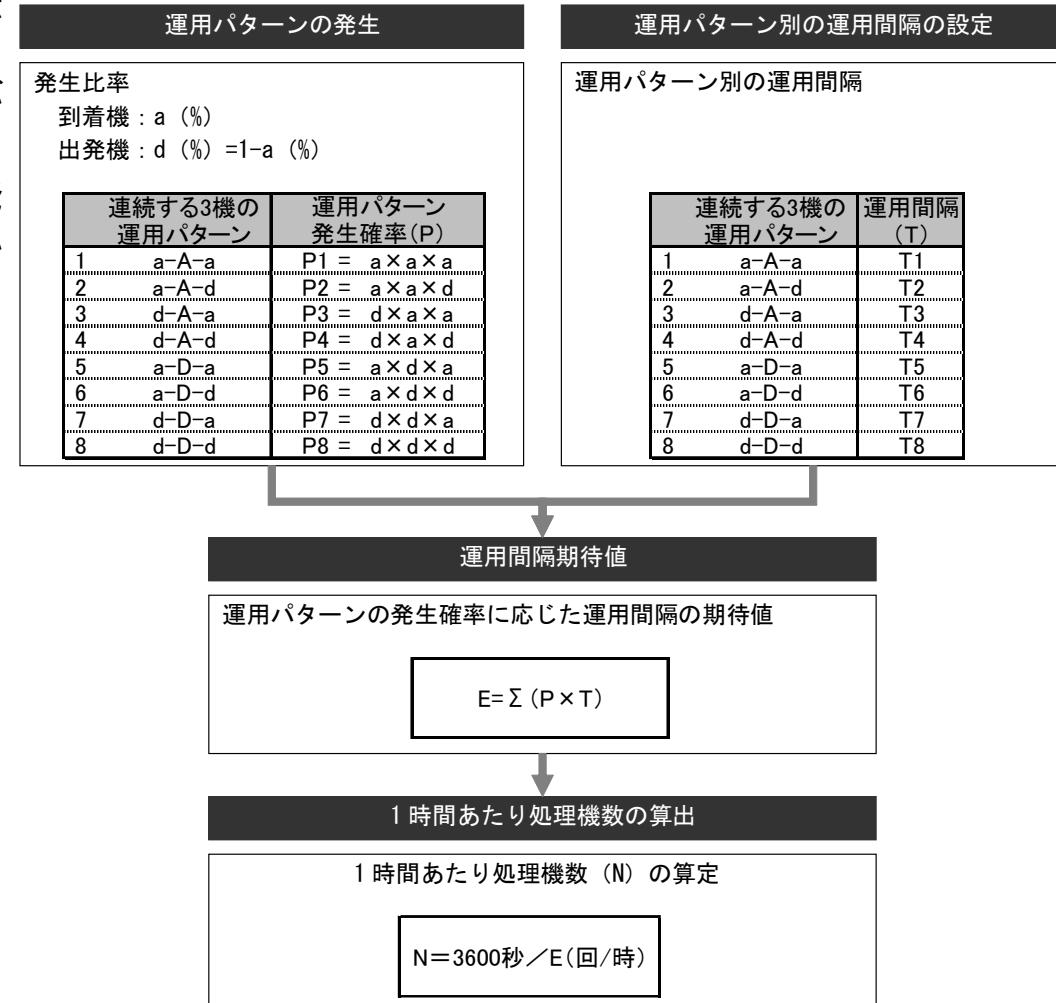
2. 滑走路処理容量の検討

2-3 滑走路処理容量算定手法の考え方

平行滑走路の滑走路処理容量算定手法（以後、確率計算手法と称す）は、1時間の離着陸機の構成比率を基に、発生が想定される連続する3機の運用パターンを設定し、それぞれの運用パターンの発生確率と、各運用パターンの運用間隔から、1時間あたりの処理機数を算出しようとするものである。

運用間隔とは、連続する3機のうち、2機目と3機目の運用において必要となる管制間隔（運用間隔）を設定したものである。

すなわち、2機目の運用許可（着陸許可、離陸許可）から3機目の運用許可（着陸許可、離陸許可）までの間隔を示したものであり、該当する運用間隔が確保されていれば、連続的に運用可能となる間隔を設定している。



2. 滑走路処理容量の検討

2-3 滑走路処理容量算定手法の考え方

- ◆ 運用間隔算定方法について
- ◇ 連続する3機の到着・出発の組合せを設定 ($2 \times 2 \times 2 = 8$ パターン)
- ◇ それぞれの組合せに対して運用間隔 (T秒) を設定

例① 到着ー到着ー出発

滑走路間隔930mの例

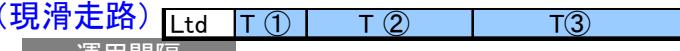
1機目 到着機 (増設滑走路)



2機目 到着機 (増設滑走路)



3機目 出発機 (現滑走路)



運用間隔

$$\begin{matrix} 30 \\ L(1) \end{matrix} + \begin{matrix} 12 \\ Ltd \end{matrix} = 42$$

例② 到着ー出発ー到着

滑走路間隔930mの例

1機目 到着機 (増設滑走路)



2機目 出発機 (現滑走路)



3機目 到着機 (増設滑走路)



運用間隔

$$\begin{matrix} 86 \\ L(2') \end{matrix} + \begin{matrix} 15 \\ L(3) \end{matrix} - \begin{matrix} 12 \\ Ltd \end{matrix} = 89$$

例③ 出発ー到着ー出発

滑走路間隔930mの例

1機目 出発機 (現滑走路)



2機目 到着機 (増設滑走路)



3機目 出発機 (現滑走路)



運用間隔

$$\begin{matrix} 30 \\ L(1) \end{matrix} + \begin{matrix} 12 \\ Ltd \end{matrix} = 42 < \begin{matrix} 45 \\ T(3) \end{matrix} = 45 \quad \text{1機目がヘビ一機のとき、} 120 - 15 - 35 = 70 \\ T(1) T(2) \end{matrix}$$

2. 滑走路処理容量の検討

確率計算の計算例（繰り返し計算の一部）～滑走路間隔 930mの場合

発生確率の算出

ある時間帯で到着機10機、出発機30機を想定して計算開始

任意の一機
について

その機が到着機である確率 $P_a = 10/40 = 0.25$
その機が出発機である確率 $P_d = 30/40 = 0.75$

発生確率 P_{ooo}	
Paaa	0.015625
Paad	0.046875
Pada	0.046875
Padd	0.140625
Pdaa	0.046875
Pdad	0.140625
Pdda	0.140625
Pddd	0.421875

※8通りの組合せ毎に発生確率を計算
例)
 $Paaa = 0.25 \times 0.25 \times 0.25 = 0.015625$

$$Paad = 0.25 \times 0.25 \times 0.75 = 0.046875$$

⋮

運用間隔の算出

運用間隔 T'_{ooo} (秒)

T'_{aaa}	131.00
T'_{aad}	42.00
T'_{ada}	131.00
T'_{add}	52.75
T'_{daa}	89.00
T'_{dad}	102.75
T'_{dda}	50.00
T'_{ddd}	102.75

大型機の影響
 $=120 \times 31\% + 95 \times 69\%$

運用間隔期待値

運用間隔の期待値 (秒) : $E(t)$

$$E(t) = \sum P_{ooo} \times T'_{ooo}$$
$$= 86.57$$

※8通りの組合せ毎に期待値を計算して合計

$$\text{例)} E(t) = Paaa \times T'_{aaa} + Paad \times T'_{aad} + \dots$$
$$= 0.015625 \times 131.00 + 0.046875 \times 42.00 + \dots$$
$$= 86.57$$

1時間あたりの処理機数の算出

$$\text{処理容量 (機数)} = 3,600 (\text{秒}) / E(t)$$
$$= 41.58$$

想定した処理機数 (40機) を越えている
→ 1時間にはまだ入る

出発機を31機に
増やして再計算

2. 滑走路処理容量の検討

2-4 滑走路処理容量（1時間値） 算定結果

滑走路間隔1310m、930m

着陸	離陸	計	着陸比率
0	35	35	0%
1	34	35	3%
2	34	36	6%
3	34	37	8%
4	34	38	11%
5	34	39	13%
6	33	39	15%
7	33	40	18%
8	32	40	20%
9	32	41	22%
10	31	41	24%
11	30	41	27%
12	29	41	29%
13	29	42	31%
14	28	42	33%
15	27	42	36%
16	26	42	38%
◆ 17	25	42	40%
18	23	41	44%
19	22	41	46%
20	21	41	49%
21	19	40	53%
22	18	40	55%
23	16	39	59%
24	14	38	63%
25	12	37	68%
26	9	35	74%
27	5	32	84%

(18運用、36運用
とも同じ)

滑走路間隔210m

着陸	離陸	計	着陸比率
0	35	35	0%
1	34	35	3%
2	34	36	6%
3	33	36	8%
4	32	36	11%
5	32	37	14%
6	31	37	16%
7	30	37	19%
8	29	37	22%
9	28	37	24%
10	27	37	27%
11	26	37	30%
12	25	37	32%
13	24	37	35%
14	23	37	38%
◆ 15	22	37	41%
16	20	36	44%
17	19	36	47%
18	17	35	51%
19	16	35	54%
20	14	34	59%
21	12	33	64%
22	10	32	69%
23	8	31	74%
24	5	29	83%
25	0	25	100%

36運用
(スタガ一影響あり)

(注1) 滑走路を使用する方向により滑走路処理容量が異なる場合は、発着方向に関係なく安定的に発着を行う必要があるため、滑走路処理容量の小さい運用方向を適用する。

(注2) 那覇空港におけるピーク時（10～18時）の着陸比率は40～65%である。

(注3) 表中の着色部は、算定結果の最大値を示し、◆印は、着陸比率を考慮した場合の最大値を示す。

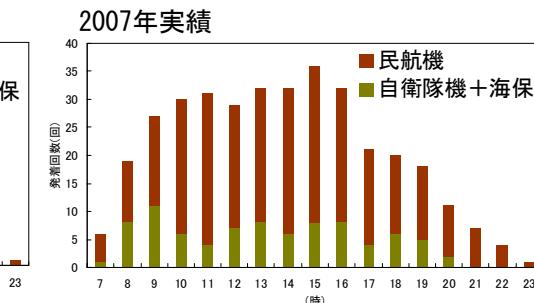
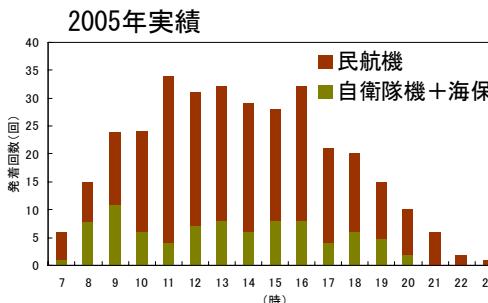
2. 滑走路処理容量の検討

2-5 日あたり滑走路処理容量の設定方法

滑走路増設案の日あたり滑走路処理容量は、調査段階での設定（現滑走路の設定）を参考としながら、現在の運航状況を踏まえて以下の点を考慮した設定をおこなった。

◆調査段階（現滑走路の設定）

- ・運航実績（2005年）、旅客ニーズ、相手空港の運用時間に基づく発着可能時間より14, 15時台に一時的に落ち込むケース（M字形）を設定
- ・需要増加に伴い、14, 15時台にも新たなニーズが発生すると想定したケース（台形）を設定



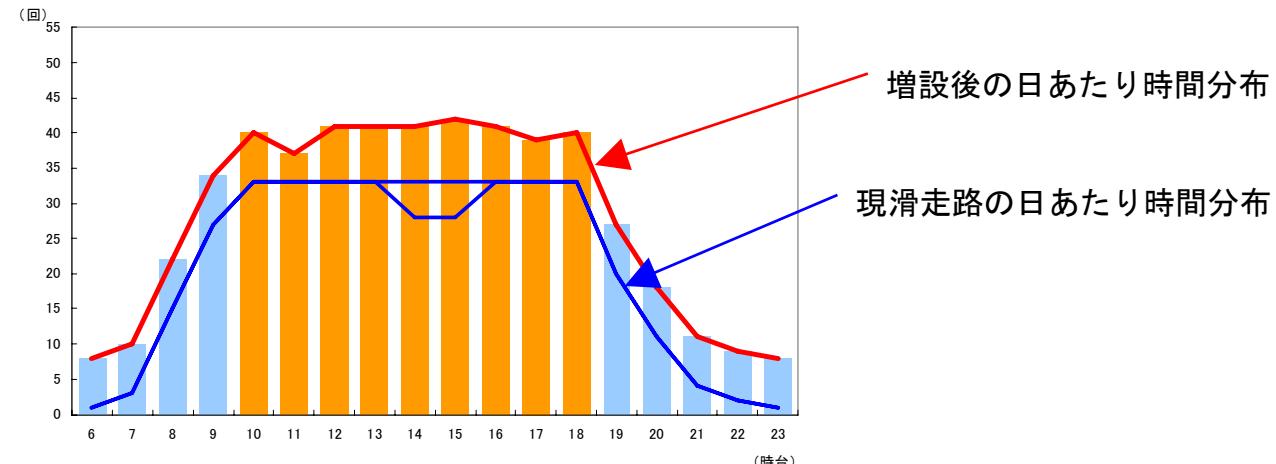
◆本検討

- ・運航実績（2007年）、旅客ニーズ、相手空港の運用時間に基づく発着可能時間より10～18時台にピークが形成されるケース（台形）を設定



具体的には

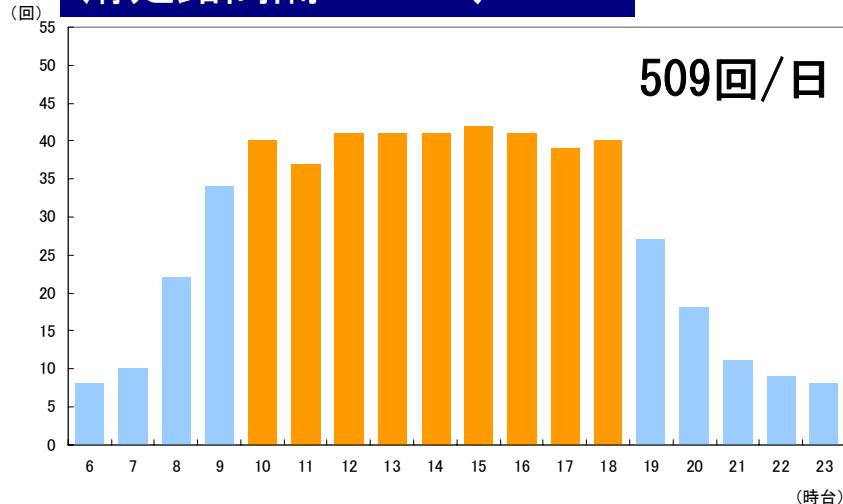
- ・1時間あたり滑走路処理容量は、各時間帯における着陸比率から前述算定結果を基に設定
- ・10～18時台は1時間あたりの滑走路処理容量を適用
- ・9時台以前、19時台以降は、ピーク時平均滑走路処理容量と現滑走路処理容量（33回/時）の差を現滑走路処理容量の時間帯分布に加算



2. 滑走路処理容量の検討

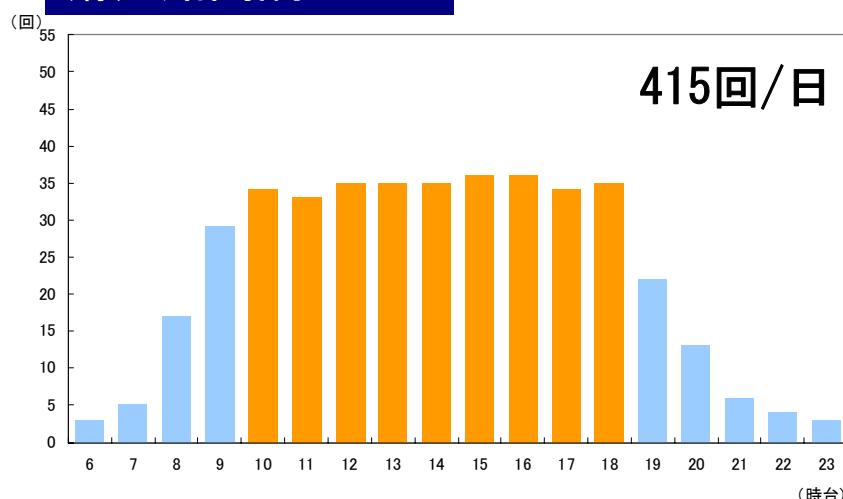
2-6 日あたり滑走路処理容量

滑走路間隔 1310m、930m



区分	スタガーの影響	時間帯別の着陸比率を考慮した時間最大値(回/時)	日発着回数(回/日)
1,310m		42	509
930m		42	509
210m	有り	36	415

滑走路間隔 210m 36運用 (スタガー影響あり)



(注) 日あたり滑走路処理容量には深夜便は含まない。