

# 「滑走路処理能力算定手法に関する調査」

## 報 告 書

令和4年3月

国土交通省航空局  
一般財団法人 航空交通管制協会

## 目 次

## 第 I 章 調査の概要

1. 調査の目的 .....	1
2. 調査の視点 .....	1
3. 具体的な作業手順 .....	1
(1) 現行の算定手法に係る整理 .....	1
① 現行の運用方式との差異の確認 .....	1
② 海外事例の確認及び分析 .....	1
③ 現行算定手法の課題整理 .....	1
(2) 新たな算定手法案の作成 .....	1
① 前提条件の整理 .....	1
② 安全係数の検討 .....	2
③ 着陸のみの算定手法 .....	2
④ 離陸のみの算定手法 .....	2
⑤ 離着陸混在の算定手法 .....	2
(3) 現行の算定手法との比較 .....	2
① 新たな算定手法案による計算 .....	2
② 比較分析 .....	2
(4) 改正に向けた検討 .....	2

## 第 II 章 具体的な調査

1. 現行の算定手法に係る整理 .....	3
(1) 現行の運用方法との差異の確認 .....	3
① 着陸機が連続する場合 .....	3
② 離陸機が連続する場合 .....	4
③ 着陸機と離陸機が交互に離着陸する場合 .....	5
(2) 海外事例の確認及び分析 .....	6
① 欧州の算定手法 .....	6
② 欧州における主要空港の発着枠 .....	12
(3) 現行算定手法の課題整理 .....	13
① 着陸機が連続する場合 .....	13
② 離陸機が連続する場合 .....	13
③ 着陸機と離陸機が交互に離着陸する場合 .....	13
2. 新たな算定手法案 .....	14
(1) 前提条件の整理 .....	14

(2) 安全係数の検討 .....	14
① 「案1」 .....	14
② 「案2」 .....	14
(3) 着陸のみの算定手法 .....	14
① 「案1」 .....	14
② 「案2」 .....	15
(4) 離陸のみの算定手法 .....	16
① 「案1」 .....	16
② 「案2」 .....	16
(5) 離着陸混在の算定手法 .....	17
① 「案1」 .....	17
② 「案2」 .....	17
3. 現行の算定手法との比較 .....	18
(1) 新たな算定手法案による計算 .....	18
① 着陸のみの場合 .....	18
② 離陸のみの場合 .....	31
③ 離着陸混在の場合 .....	41
(2) 比較分析 .....	49
① 着陸のみの場合 .....	49
② 離陸のみの場合 .....	50
③ 離着陸混在の場合 .....	51
4. 改正に向けた検討 .....	53
(1) 基準を改正する場合の課題及び影響等 .....	53
(2) 基準を改正する場合の対応方針（提言） .....	53

### 第Ⅲ章 参考資料

1. 欧州の発着枠（スロット）の概要 .....	54
(1) 現在の規制の枠組み .....	54
① 欧州のスロット割り当てシステム .....	54
② スロットの配分 .....	55
③ スロットのガイドライン（IATA） .....	55
④ WASGの目的 .....	56
(2) 具体的な空港スロットの例 .....	56
① フランクフルト空港（滑走路4本）／ドイツ .....	56
② チューリッヒ空港（滑走路3本）／スイス .....	57
③ シャルル・ド・ゴール空港（滑走路4本）／フランス .....	57
2. 欧州における管制処理能力の向上に関する取り組み .....	58
(1) Eurocontrol及びSESARの取り組み .....	58

---

(2) 新しい乱気流間隔の概念 .....	58
3. AirTOPシミュレーション機能の概要 .....	71
(1) 複数要素を仲介役としての機能 (エージェント) のモデル化 .....	71
(2) 単一のグラフィカルユーザーインターフェイス (GUI) .....	71
(3) 統合された2Dマップと3Dビュー .....	71
(4) 地上移動体 (エアサイドビークル) .....	72
(5) ターミナル .....	72
(6) 滑走路処理容量分析 (RCA: Runway Capacity Analyzer) .....	73
(7) TMA / TRACON .....	74
(8) 航空路 .....	74
(9) 航空交通流管理 .....	74
(10) What-if-analyzer (WIZer) .....	75
(11) テスト .....	76



## 第 I 章

### － 調査研究の概要 －

#### 1. 調査の目的

航空局においては令和 2 年に新たな後方乱気流管制方式が導入されて運航の効率化が進められているところ、当該方式に新たに規定された基準の適用効果が滑走路処理能力の算定手法には反映されないことから、その効果を踏まえた新たな算定手法を作成することにより滑走路処理能力の向上の可能性を検討するものである。

なお、現在の滑走路処理能力の算定手法は、平成 10 年度から平成 11 年度に実施された航空局内の検討を経て策定され、その後、羽田や成田空港では計算式の一部見直しが行われてきた。しかしながら、策定後約 20 年を経過した現在でも基本的考え方は変更されていない。

#### 2. 調査の視点

本調査においては、海外の導入事例を参考に、我が国の現状の算定手法の妥当性、改善点を分析するとともに、新たな方式を導入した最適な滑走路処理能力算定手法についての検討を行い、改正に向けた議論を進めるうえでの客観的根拠とすべく調査を行う

#### 3. 具体的な作業手順

##### (1) 現行の算定手法に係る整理

###### ① 現行の運用方法との差異の確認

現行の算定手法と、新たな後方乱気流管制方式を含めた現在の管制運用方法との差異を確認して整理する。

###### ② 海外事例の確認及び分析

IATA が定めるレベル 3 空港で、新たな後方乱気流管制方式を導入している欧州 2 空港について滑走路処理能力算定手法を文献及びヒアリング (Web) により調査分析する。

###### ③ 現行算定手法の課題整理

上記①及び②を踏まえ、我が国における現行算定手法の課題を整理する。

##### (2) 新たな算定手法案の作成

新たな算定手法案は上記 (1) を踏まえ、手法案はそれぞれ 2 案作成する。

###### ① 前提条件の整理

欧州の場合はドイツやイギリスをはじめ、多くの国々がレーダーやマルチラテレーションから得られる飛行データを基に、ファストタイムシミュレーション

を行って滑走路処理能力を算出している。

このため、案 1 では日本における現行の算定手法を基本として新たな後方乱気流管制方式の効果を反映させる手法、また案 2 では欧州の代表的事例としてドイツの航空管制会社（DFS）が実施している算定手法をモデルに検討する。

## ②安全係数の検討

安全で効率的な運用を行う上で合理的な安全係数を検討する。なお、到着機の復行確率は現在以上としない。

- 1) 日本の現行手法を基本とするもの場合は安全係数や復行確率を現行どおりとする。
- 2) 欧州の代表例をモデルとするもの場合は DFS の情報等を得て検討する。

## ③着陸のみの算定手法

上記①及び②を踏まえ、着陸機のみの算定手法案を作成する。

## ④離陸のみの算定手法

上記①及び②を踏まえ、離陸機のみの算定手法案を作成する。

## ⑤離着陸混在の算定手法

上記③及び④を踏まえ、離着陸混在の算定手法案を作成する。

## (3) 現行の算定手法との比較

### ①新たな算定手法案による計算

上記(2)で作成した2種類の手法を用いて、成田空港における1時間当たりのA及びB滑走路の処理容量を試算する。

### ②比較分析

現行の処理容量と新たな算定手法案を用いて試算した離着陸混在の処理容量を比較し、双方の手法案の特徴、利点、課題等について分析する。

## (4) 改正に向けた検討

### 算定基準改正の課題と対応方針

- ・上記(3)の結果を踏まえ、算定基準を改正する場合に必要な課題及び影響等について整理し、対応方針を検討して提言する。

## 第 II 章

## - 具体的な調査 -

## 1. 現行の算定手法に係る整理

「滑走路処理容量算出方式」が策定された当時は、到着機相互間や出発機相互間に規定される各区間が数字(①②③)で記載されていたが、現在では到着機の場合はL1、L2、L3、出発機の場合はT1、T2、T3が使用されている。

## (1) 現行の運用方法との差異の確認

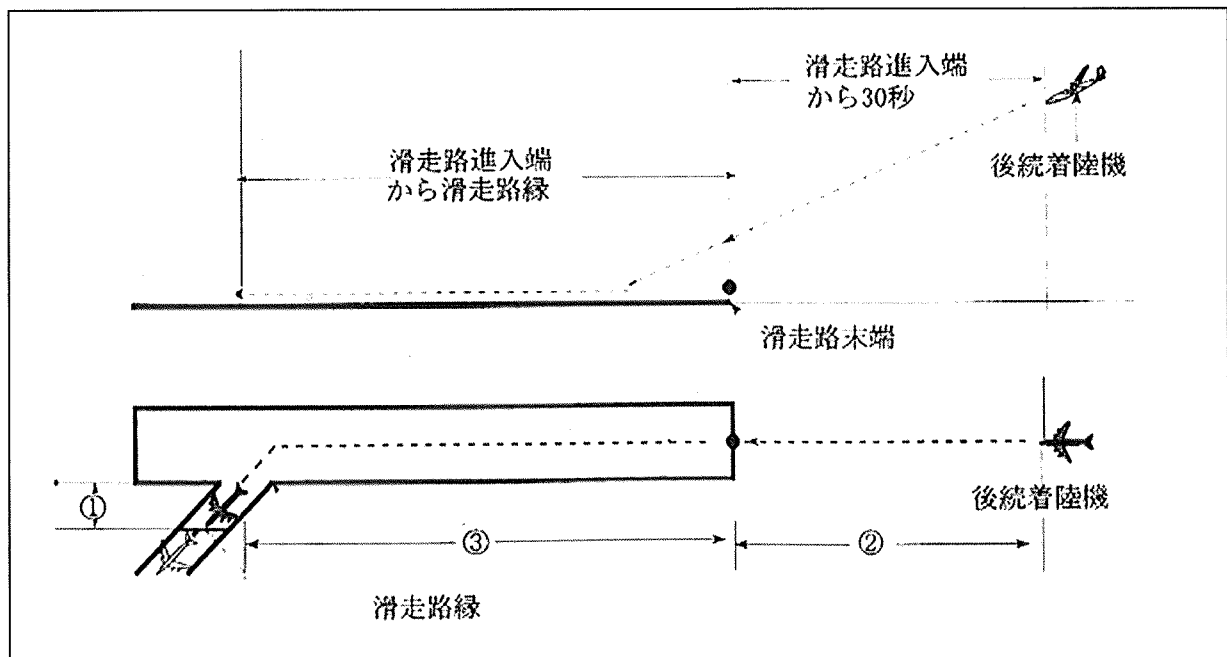
現在適用されている算定手法と現行の運用方法との差異は以下のとおりである。

## ①着陸機が連続する場合

## 1) 基本的な算定手法

着陸機を処理するための時間は、下図のとおり「①滑走路縁から着陸帯(I)縁を通過するまでの安全間隔として15秒+②進入速度等のバラツキに対する安全間隔として30秒+③滑走路進入端を通過して着陸滑走路縁を通過するまでの時間」とする。

ただし、着陸機を処理するための時間が120秒未満の場合で、後方乱気流関連管制方式の規定に該当するものについては120秒とする。



[備考]・現在はL1=②、L2=③、L3=①となっている。また、区間の範囲であるL1は「ファイナル1<sub>1</sub>～滑走路進入端」、L3は「滑走路縁～停止線」に変更、更に羽田や成田空港ではL1及びL3が定数から実測平均に変更。

## 2) 現行の運用方法との差異

現在適用されている算定手法は、滑走路占有時間の L2 に加えて前後に安全間隔として L1 と L3 を加算するもので、全ての到着機はファイナル 1 地点から着陸後に離脱誘導路の停止線を通るまでの限定された区間の所要時間を数値化して処理容量が算出される仕組みである。

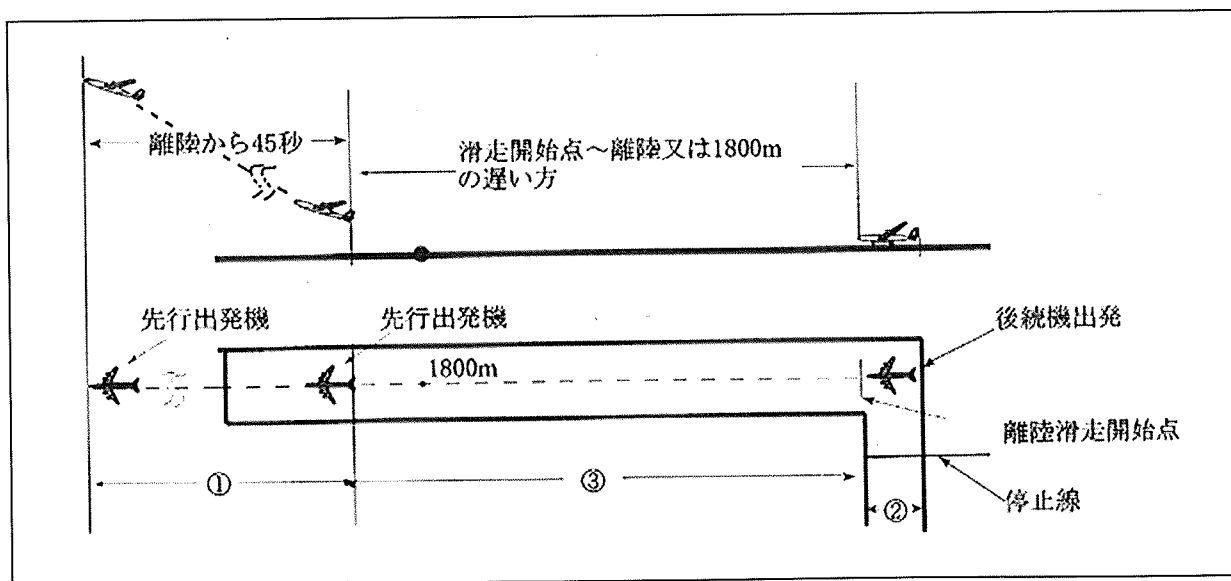
他方、現行の管制処理に係る運用方法は、到着機相互間に後方乱気流区分に応じた異なる間隔で進入させることから、これに伴う到着機相互間のインターバルは一定とはならず、現在の滑走路占有時間を基本とした算定手法と差異が生じることになる。

## ② 離陸機が連続する場合

## 1) 基本的な算定手法

先行離陸機と後続離陸機の間隔は 120 秒とする。ただし、後方乱気流関連方式の規定に該当しない場合であって、「①先行離陸機と後続離陸機との間にレーダー間隔を設定する必要から、先行離陸機への出発待機解除に必要な時間 45 秒（離陸直後 2 飛行する時間）+ ②離陸機に対する離陸許可の発出やレスポンス等に必要な時間として 15 秒+ ③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 地点通過の何れか遅い方の時間」が 120 秒未満にあっては、この時間とする。

※ 先行離陸機が離陸する間に後続の離陸機は滑走路停止線から離陸滑走開始点まで進行しているものとする。



[備考]・現在は T1=②、T2=③、T3=①となっている。

## 2) 現行の運用方法との差異

現在適用されている算定手法は、滑走路占有時間の T1 と T2 に加えて離陸後の 45 秒（離陸直後 2 分飛行する時間）を加算するもので、先行機がヘビー機の場合は 120 秒、その他の出発機も T3 までの限定された区間の所要時間を数値化して処理容量が算出される仕組みである。

他方、現行の管制処理に係る運用方法は、出発機相互間に後方乱気流区分に応じた異なる間隔で離陸させる（成田の場合は羽田との申し合わせにより機材別及び滑走路別に離陸許可発出時機を規定）ことから、これに伴う出発機相互間のインターバルは一定とはならず、現在の滑走路占有時間を基本とした算定手法と差異が生じることになる。

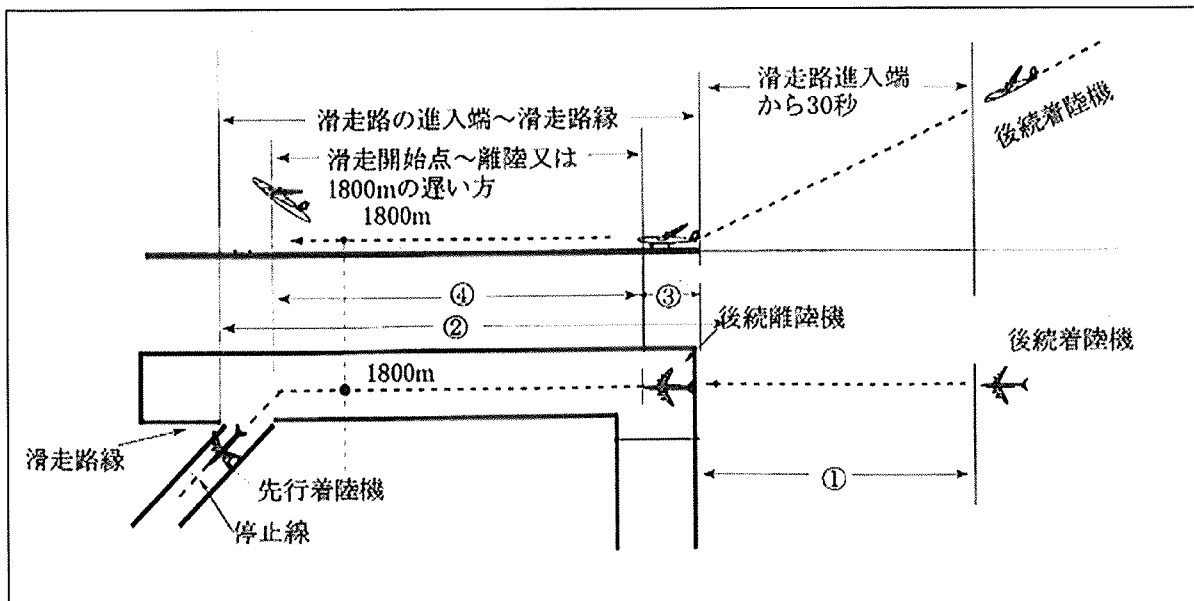
## ③着陸機と離陸機が交互に離着陸する場合

## 1) 基本的な算定手法

先行着陸機を処理するための時間「①進入速度等のバラツキに対する安全間隔として 30 秒+②滑走路進入端を通過して着陸滑走路縁を通過するまでの時間」と、後続離陸機を処理するための時間「③離陸機に対する離陸許可の発出やレスポンス等に必要の時間として 15 秒+④離陸滑走を開始して離陸又は離陸滑走開始点から 1,800m 地点通過の何れか遅い方の時間」の合計とする。

なお、①については当面の数値とし、今後さらに検証を行うこととする。

※ 離陸機は先行の着陸機が滑走路縁を通過するまでに、滑走路停止線から離陸滑走開始点まで進行しているものとする。



[備考]・上図の場合、①=L1、②=L2、③=T1、④=T2 となる。

## 2) 現行の運用方法との差異

現在適用されている算定手法は、使用滑走路毎に千差万別の組み合わせによる離着陸が行われる状況を勘案して着陸機の処理に必要な時間(L1+L2)と離陸機の処理に必要な時間(T1+T2)を別々に数値化し、これをゴールシーク法の計算ツールに入力することによって単位時間あたりの処理容量が算出される仕組みである。

他方、現行の管制処理に係る運用方法は、到着機相互間及び出発機相互間に後方乱気流区分に応じた異なるインターバルで進入/出発をさせることから、これに伴う所要時間は現在の算定手法の仕組みに反映されておらず差異が生じることになる。

### (2) 海外事例の確認及び分析

新たな後方乱気流管制方式を導入している欧州の主要空港(IATAレベル3)における滑走路処理能力やその他の管制処理能力の算定手法は、レーダーやマルチラテレーションから得られる飛行データを基に、ファストタイムシミュレーションを行って分析する方法を採用している。

(欧州ユーロコントロール、ドイツDFS、イギリスNATS、スペインENAIRE、イタリアENAV、米国FAAなど、欧米をはじめとする多くの国々はカナダTransoft Solutions社製のAirTOPを使用。その機能の概要は第三章に掲載。)

#### ① 欧州の算定手法

##### 1) 滑走路処理能力の分析に関する考え方

欧州の代表的事例としてドイツの航空管制会社(DFS)に対し、管制協会から事前に関連する情報について質問票を送付。その後のリモート会議も踏まえ、滑走路処理能力に関する分析手法の基本的な考え方を確認した。その概要をまとめると以下のとおり。

##### a. ファストタイムシミュレーションを行う場合の実際の飛行データの処理方法

- 滑走路処理容量を分析する場合の飛行データは夏季及び冬季のシーズン毎に1週間分を収集。天候が良くない場合も含めた1日の繁忙時間帯のデータを基に、滑走路末端における到着機相互間及び出発機相互間の間隔を調査して平均値を算出。この平均値は後方乱気流管制方式の 카테고리又はグループ別に分類し、これをAirTOPのRunway Capacity Analyzerに入力、ファストタイムシミュレーションを行って処理容量を分析。
- 滑走路や空港の処理容量を推定する場合は、ゴーアラウンドや通常と異なるような事象も考慮。また、滑走路占有時間(ROT)も調査しているが、これは主に航空会社に対してROTの短縮要請を行うため。ROTの分析にあたっては、後方乱気流管制方式の 카테고리又はグループ

ブ別に所要時間を分類。

- ・到着の場合の ROT の範囲は、滑走路進入端通過から滑走路縁（尾部が離れるまで）。出発の場合は停止線通過（滑走路に進入）から離陸、又は滑走路出発端から 2500m の地点のいずれか適当な場所。

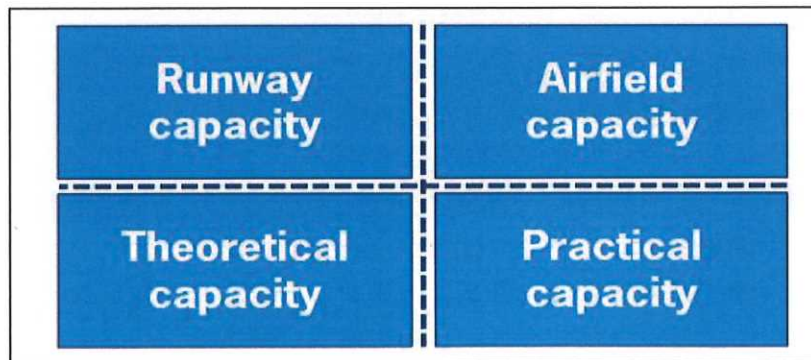
b. 滑走路処理容量を算出する場合のファストタイムシミュレーションの考え方

- ・滑走路に到着機と出発機が混在する場合の滑走路処理容量は、繁忙時間帯におけるトラフィックの組み合わせによって異なる。特にバランスの取れた到着と出発（均一）のデータを、割合を変えてより多くのシナリオでシミュレーションすることも可能。
- ・複数の滑走路を MIX 運用している場合、滑走路処理容量は個々の滑走路ごとに計算。空港の処理容量は、全ての滑走路を一緒に考慮して計算。

2) 多様なシミュレーション

DFS では滑走路処理能力などの分析について次のような種類のファストタイムシミュレーションで総合的な検証を行っている。

容量 (Capacity) に関しては多種多様な見方があり、空港の発着枠を決定する上でも滑走路の処理容量だけで決めることはできない。



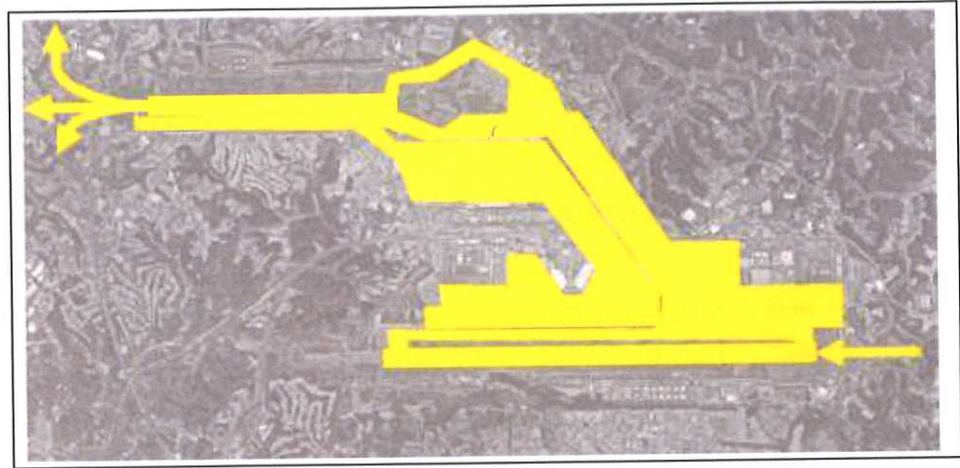
a. 空港の容量 (Airfield Capacity)

- ・空港の容量というのは広義の容量である。空港は滑走路やターミナルビル、空港アクセス、その他の広大な範囲の施設によって構成されるが、それぞれの施設は異なった容量を持っており、空港の運用時間や環境問題も関係する。
- ・特に航空管制においては滑走路と誘導路や駐機スポット等の施設が重要な要素となる。
- ・容量に関する研究は、その目的に応じて他の容量との関連性がより高くなるため、理論的なレベルか実用的なレベルかにより容量が決められる。
- ・空港の容量決定は、空港の運用能力の詳細を分析するために役に立つ。その際、滑走路の取り付け誘導路や他の走行経路、トーイング、駐機スポット位置などのボトルネックとなるようなケースや定時性（15分未満）を確認して初期モデル化を行い、ファストタイムシミュレーション



により高度な分析が行われる。

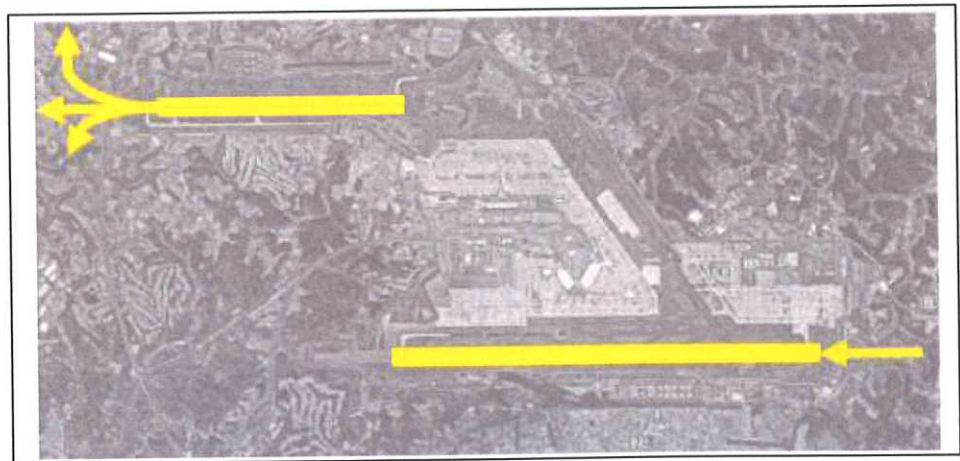
- ・これらの分析結果は国際線スケジュールで使用されるシーズン毎（夏季、冬季）のスロット枠の決定に反映される。空港の容量は、以下の内容を含む広い定義となっている。



【検証の要素：管制空域（例えば 20 マイル）内の出発方式（SID）や標準到着経路（STARs）  
或は 広いレーダー誘導エリアに加えて、地上ではエプロン駐機スポット、航空機全体の地上  
交通流。】

b. 滑走路の容量（Runway Capacity）

- ・滑走路の容量は空港の容量に含まれるが、規模の大きい空港では滑走路や空港全体のレイアウトあるいは広さがそれぞれ異なることから、双方の容量検証の範囲も違ってくる。
- ・滑走路の容量は、出発進入方式等に関する管制運用上の制約などにより需要に対して十分ではなくなる可能性がある。
- ・滑走路の容量は、管制上の異なる方式やセパレーションのパラメーターによるシナリオを基に、小規模及び高度なシミュレーション又はその一方で検証して決定される。



【検証の要素：管制空域（例えば 20 マイル）内の出発方式（SID）や標準到着経路（STARs）  
或は 広いレーダー誘導エリア、地上では離着陸を行う滑走路。】



## c. 理論的な容量 (Theoretical Capacity)

- 理論的な容量とは理想的に最大容量を求める場合に計算されるもので、殆どの場合には非現実的な数値である。特に管制処理上の容量を検証する場合には、管制間隔設定基準に規定されたとおりの間隔を使用して検証される。
- この検証に際しては、現実的に航空機ペア間に包含される管制処理上の余裕値 (バッファ) は無視される。

[この手法は、DFS で実施した航空機の後方乱気流区分の細分化に伴う単純な容量推測に利用されたとのこと。]

Avg. arrival-arrival separations (in NM)		Following arrival			
		J	H	M	L
Leading arrival	J	3.0	6.0	7.0	8.0
	H	3.0	4.0	5.0	6.0
	M	3.0	3.0	3.0	5.0
	L	3.0	3.0	3.0	3.0
Avg. dep-dep separations (mm:ss)		Following departure			
		J	H	M	L
Leading departure	J	01:00	02:00	03:00	03:00
	H	01:00	01:00	02:00	02:00
	M	01:00	01:00	01:00	02:00
	L	01:00	01:00	01:00	01:00

## d. 実用的な容量 (Practical Capacity)

- これが、わが国で呼ばれる滑走路処理容量と推測される。現行の管制方式や航空機のパフォーマンスを基に策定される容量であり、日々の運用において達成可能な数値となる。
- この検証に際しては、運航実態調査により連続する航空機ペア間の個々の間隔がレーダー/マルチラレーションのデータから抽出され計測されるが、管制上のバッファも含まれている。
- これらの計測された個々のデータは後方乱気流区分別の組み合わせ別に分類され、それぞれが平均化される。(標準偏差は加味されない。)
- 更に分類/平均化された航空機ペア間の間隔に係るバラツキを考慮するため、ファストタイムシミュレーションを行って容量が算出される。
- DFS においてはエアトップ (AirTOP) を使って検証しており、特別の研修を受けた専門家が分析作業を行っている。(電子航法研究所も所有している検証用ソフトだが、この種の容量分析は行っていない。)

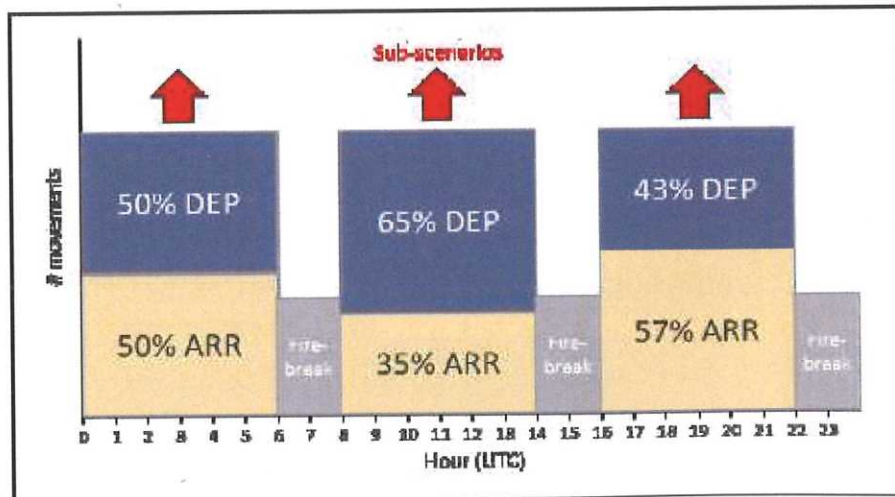
Avg. arrival-arrival separations (In NM)		Following arrival			
		J	H	M	L
Leading arrival	J	3.7	6.6	7.7	9.0
	H	4.1	4.9	5.8	7.0
	M	3.8	3.8	4.0	6.0
	L	3.8	3.8	4.0	4.0
Avg. dep-dep separations (mm:ss)		Following departure			
		J	H	M	L
Leading departure	J	01:16	02:18	03:16	03:16
	H	01:13	01:12	02:16	02:16
	M	01:12	01:14	01:12	02:16
	L	01:11	01:11	01:11	01:11

e. Practical Capacity のシミュレーション手法

- この場合のシミュレーション手法は実用的な容量を算出する場合に行われるもので、わが国の滑走路処理容量の新たな算出方法の選択肢として参考となる。以下、簡単に AirTOP を使用した容量分析の概略を簡単に示す。

《基本モデルの分析》

- 連続する航空機ペア間（到着－到着、出発－出発、到着－出発、出発－到着） の実際に計測された個々の間隔データを平均値で算出。
- これらのデータは日々の運用実績から「典型的な日」のピーク時間を特定し、抽出して評価するための基本的なシナリオ（基準線：Base Line）を策定。
- 基本的なシナリオと同じ特性を持たせながら、下図のように出発機と到着機の割合や総数を調整する追加のサブシナリオを作成。

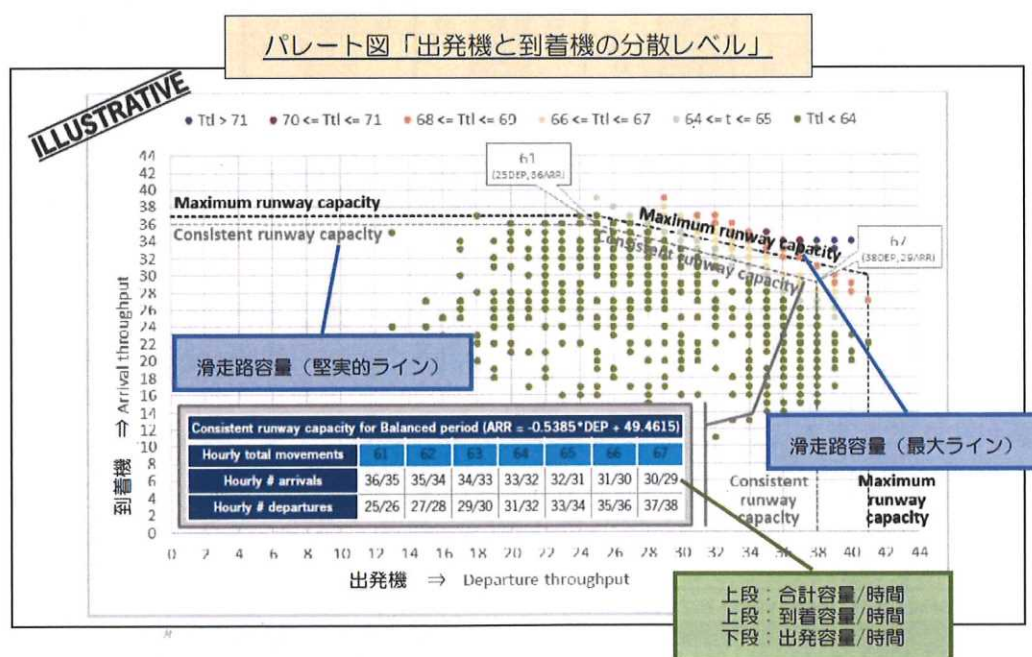




- ・各サブシナリオに対して、後方乱気流区分別に分類された平均値をランダムに Air TOP に入力し、幾つかの反復を実行して時間帯別の容量分析を実施。

#### 《分散モデルの検討》

- ・航空機相互間の間隔分析シミュレーションの結果は平均レベルで分析されるが、場合によっては次の図に示されるような分散レベルを勘案して堅實的に適用するレベルを確認。
- ・分析モデルには滑走路や取り付け誘導路の出入口、地上走行の流れ、更には駐機スポットの割り当てルールなど多くの空港インフラが包含。
- ・これらの検証によって地上や空中における航空交通の遅延、地上走行時間の状況、運用に影響するようなホットスポットの存在、駐機スポット使用状況などが結果として把握可能。



#### f. 分析用ツールの操作

- ・DFS が使用している AirTOP は、滑走路処理容量や空港の容量をいくつもの視点から高度に分析できる優れたものである。ただし、これを上手く処理できるようになるためには、滑走路処理容量に関する分析だけでも最低 1~2 ヶ月の専門的な研修が必要となる。DFS においては本部に併設されているアカデミーで、この種の研修を含めた分析技術者教育の受け入れ体制を構築している。(DFS から受領した資料には、数年前に AirTOP のメーカーが短期間で滑走路処理容量を分析できる新しいモジュールを開発と記載あり。これを使用すると、専門家でなくても基本モデルの航空機相互間隔データを入力すれば数分間で求める数値を割り出すことができるとのこと。)

## ②欧州における主要空港の発着枠

欧州で新たな後方乱気流管制方式を導入している主要空港のうち、成田空港と同じ2本の滑走路で運用している空港の処理能力について、公表されている発着枠という点から具体的な数値を見てみる。

## 1) ミュンヘン空港 (ドイツ)

1時間あたりの発着枠は最大で90回、到着枠は58回、出発枠も58回である。また、運航ダイヤの平準化と定時性を図るため15分値で最大15回、到着12回、出発12回を設定して運航者にスロット配分を行っている。

Airport Parameters	DUS*			FRA*			Coordinated Airport						MUC		
	S22	W21	S21	S22	W21	S21	S22	W21	S21	S22	W21	S21	S22	W21	S21
Season															
Runway 60 Min. mixed	43/(45+2)	43/(45+2)	43/(45+2)	104+2	104+2	104+2	48	48	48	40	40	40	90	90	90
Runway 60 Min. arrival	33	33	33	60	60	60	31	31	31	30	30	30	58	58	58
Runway 60 Min. departure	36	36	36	60	60	60	31	31	31	34	34	34	58	58	58
Runway 30 Min. mixed	27	27	27	57	57	57	25	25	25						
Runway 30 Min. arrival				33	33	33	18	18	18						
Runway 30 Min. departure				33	33	33	18	18	18						
Runway 20 Min. departure	13	13	13							8	8	8	15	15	15
Runway 10 Min. mixed	12	12	12	20	20	20	9	9	9	6	6	6	12	12	12
Runway 10 Min. arrival	8	8	8	13	13	13	7	7	7	6	6	6	12	12	12
Runway 10 Min. departure	7	7	7	13	13	13	7	7	7	6	6	6	12	12	12
Terminal (Paxflow)										Misc.**	Misc.*	Misc.*			
North Atlantic departure				3/16	3/16	3/16									
Night Flight Contingent				133	133	133									

## 2) ヒースロー空港 (イギリス)

1時間あたりの発着枠は時間帯毎に若干異なっている。2021年冬期スケジュールでは、到着枠が最大で45回（早朝・夜間は減少）、出発枠は46回（早朝・夜間は減少）である。

また、同空港でも運航ダイヤの平準化と定時性を図るため到着は5分あたり5回以下、20分あたり15回以下。また出発は5分あたり5回以下、20分あたり16回以下として運航者にスロット配分を行っている。

Runway Scheduling Limits Winter 2021/22																			
Arrivals Hour (UTC)	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Average	Total
	Winter 2020	38	39	37	45	44	34	41	41	42	39	40	41	42	43	38	38	17	38.8
Capacity change RSL1								+1	-1		+1				-1	+1	-1		
Capacity change Pre-SAL RSL 2								-1	+1		+1		-1						
Capacity change Post-IATA RSL 3								-1	+1										
Winter 2021	38	39	37	45	44	34	41	40	43	39	42	41	41	43	37	39	16	38.8	659
Departures Hour (UTC)	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Average	Total
Winter 2020	27	43	43	43	45	45	41	46	42	44	43	44	44	45	41	28	22	40.4	686
Capacity change RSL1			+1						-1			+1	+1	-1	-1	-2	+2		
Capacity change Pre-SAL RSL 2							+1	-1	+1	-1		+1	-1						
Capacity change Post-IATA RSL 3			+1												-1				
Winter 2021	27	43	45	43	45	45	42	45	42	43	43	46	44	44	39	26	24	40.4	686

### (3) 現行算定手法の課題整理

我が国における現行算定手法の課題を「着陸機が連続する場合」、「離陸機が連続する場合」、そして「着陸機と離陸機が混在する場合」に分けて整理する。

#### ①着陸機が連続する場合

現行の算定手法は、滑走路占有時間の L2 に加えて前後に安全間隔として L1 と L3 を加算するもので、全ての到着機の「ファイナル 1 地点～停止線通過」の限定された区間の所要時間が処理容量の算出根拠となっている。

したがって、到着機相互間に新たな後方乱気流管制方式を適用した場合であっても、その効果は反映されない。

#### ②離陸機が連続する場合

現行の算定手法は、基本は 120 秒（後方乱気流管制方式の旧基準にあるヘビー機等）、それ以外は 120 秒未満の時間（「T1:15 秒」、「T2:離陸滑走開始～離陸又は 1800m」、「T3:離陸～45 秒」）で、限定された区間の所要時間が算出根拠となっている。

したがって、出発機相互間に新たな後方乱気流管制方式を適用した場合であっても、その効果は反映されない。

#### ③着陸機と離陸機が混在する場合

ゴールシーク法による計算ツールを使用して航空機の滑走路占有時間を基本とした所要時間の計算を行い、スライディングスケールにより着陸と離陸の数の組み合わせ別に処理容量を決める方法では、新たな後方乱気流管制方式を適用して当該基準を基に異なる間隔で進入・出発をさせる状況を再現することは難しい。

したがって、これらの状況を数多くの組み合わせ（シナリオ）によりファストタイムシミュレーションで試行を繰り返して評価することが実践的である。

## 2. 新たな算定手法案の作成

### (1) 前提条件の整理

新たな算定手法案は2案を策定することとし、前提条件を以下のとおりとする。欧州の場合はドイツやイギリスをはじめ、多くの国々が AirTOP (Runway Capacity Analyzer のシミュレーションソフト) を使用して滑走路処理能力を算出している。

このため、案1では日本での現行の算定手法を基本として新たな後方乱気流管制方式の効果を反映させる手法、また案2では欧州の代表的事例としてドイツの航空管制会社 (DFS) が実施している算定手法をモデルに検討する。

### (2) 安全係数の検討

#### ① 「案1」

- ・データ分析の過程において実測平均などに対するバラツキを考慮する場合は、現行算定手法に定める  $2.6\sigma$ 、また、復行確率は現在以上としないことから、これを差し引いた着陸可能率  $0.9953$  を継続して使用する。

#### ② 「案2」

- ・データ分析の過程では平均値を使用する。実測平均などに対するバラツキを考慮した安全係数や復行確率は設定しないが、ファストタイムシミュレーションで定性的な安全性を評価する。
- ・安全性評価の手法は、ファストタイムシミュレーションにより到着機相互間のインターバルが先行機の ROT と重複しないことを検証する。ただし、本調査では Runway Capacity Analyzer のシミュレーターが利用できないことから、代替策として到着機相互間のインターバルから ROT を差し引いた余裕値 ( $\alpha$ ) が、我が国の基準にある L1 に相当する安全間隔 30 秒を下回らないこととする。

### (3) 着陸のみの算定手法

#### ① 「案1」

##### 【連続到着の場合】

- ・現行の算出方式は機材の大小にかかわらず各到着機の L1、L2、L3 区間の所要時間を数値化し、単位時間あたりの処理容量を算出している。
- ・新たな算定手法は、これに新たな後方乱気流管制方式の効果を反映させるため到着機相互間 (到着ペア) のインターバルを調査し、L1 の 1 地点を到着機全体に共通する新たな地点に変更する。

##### (方法案)

- ・先行機が停止線通過時の後続機の位置を、到着ペアごとに後方乱気流区分のグループ別組み合わせ表で分類し、それぞれの所要時間を実測平均で



割り出す。これをグループ別の発生比率に応じて按分計算し、新 L1 区間の始まり地点を新たに設定する。

(新たな計算式)

- ・連続到着の場合の処理容量の計算は、新 L1、L2、L3 の全区間の実測平均にバラツキを考慮した安全係数  $2.6\sigma$  を付加して計算する。
- また、復行確率は現在以上としないため、現行と同様に着陸可能率として 0.9953 を加味する。

$$\textcircled{\text{C}} \text{ 処理容量} = 3600 \text{ 秒} \div \{(\text{新 L1} + \text{L2} + \text{L3} : \text{実測平均} + 2.6\sigma)\} \times 0.9953$$

[注] 現在の滑走路処理容量算出方式

$$\textcircled{\text{C}} 3600 \text{ 秒} \div \{(\text{L1} + \text{L2} + \text{L3} : \text{実測平均} + 2.6\sigma)\} \times (0.9953 : \text{着陸可能率})$$

## ② 「案 2」

【連続到着の場合】

(方法案)

- ・新たな算定手法は、滑走路進入端を基準計測点として到着機相互間（到着ペア）のインターバルを調査し、これを後方乱気流区分のグループ別組み合わせ表で分類して、それぞれの所要時間を  $L^{\text{new}}$  として数値化する。
- ・滑走路占有時間（ROT：滑走路進入端～停止線）も同様に分類し、 $R^{\text{new}}$  として数値化する。
- ・ $L^{\text{new}}$  から  $R^{\text{new}}$  を差し引いた値を余裕値（ $\alpha$ ）として安全性を評価する。この場合に使用する  $\alpha$  の数値は 30 秒以上を適用し、これを満足できない場合は試算される処理容量の見直しについて検討する。

(新たな計算式)

- ・連続到着の場合の処理容量の計算は、グループ別の到着ペアの発生比率に応じて按分計算した実測平均を  $L^{\text{new}}$  として計算する。

$$\textcircled{\text{C}} \text{ 処理容量} = 3600 \text{ 秒} \div (L^{\text{new}} : \text{グループ別按分比率の実測平均})$$

## (4) 離陸のみの算定手法

## ① 「案 1」

## 【連続出発の場合】

- ・ 現行の算出方式は機材の大小にかかわらず各出発機の T1、T2、T3 区間の所要時間を数値化し、更に全体に占めるヘビー率を勘案して単位時間あたりの処理容量を算出している。
- ・ 新たな算定手法は、これ新たな後方乱気流管制方式の効果を反映させるため、出発機相互間のインターバル（出発ペア）を調査し、T3 の離陸後 45 秒（2 羽飛行）の地点を出発機全体に共通する新たな地点に変更する。

## (方法案)

- ・ 後続機が離陸滑走開始時の先行機的位置を、出発ペアごとに後方乱気流区分のグループ別組み合わせ表で分類し、それぞれの所要時間を割り出す。これをグループ別の発生比率に応じて按分計算し、新 T3 区間の終点を新たに設定する。

## (新たな計算式)

- ・ 連続出発の場合の処理容量の計算は、T1 及び T2 区間は従来どおりの計算とし、新 T3 のグループ別按分比率の実測平均を加えて計算する。

$$\textcircled{\circ} \text{ 処理容量} = 3600 \text{ 秒} \div \left[ \frac{\{(T1 : 15 \text{ 秒}) + (T2 : \text{実測平均})\}}{\text{(新 T3 : グループ別按分比率の実測平均)}} \right]$$

## ② 「案 2」

## 【連続出発の場合】

## (方法案)

- ・ 新たな算定手法は、滑走路出発端を基準計測点として出発機相互間（出発ペア）のインターバルを調査し、これを後方乱気流区分のグループ別組み合わせ表で分類して、それぞれの所要時間を  $T^{\text{new}}$  として数値化する。この場合のバラツキは「案 1」と同じく加味せずに実測平均を適用。

## (新たな計算式)

- ・ 連続出発の場合の処理容量の計算は、 $T^{\text{new}}$  のグループ別按分比率の実測平均を基に計算する。

$$\textcircled{\circ} \text{ 処理容量} = 3600 \text{ 秒} \div \{ (T^{\text{new}} : \text{グループ別按分比率の実測平均}) \}$$



(5) 離着陸混在の算定手法

① 「案1」

【到着・出発混在の場合】

- ・ 航空局の離着陸スライディングスケール計算に使用するゴールシーク法の計算ツールにより算出する。

② 「案2」

【到着・出発混在の場合】

- ・ 欧州の多くの国で実施している算定手法を採用し、ファストタイムシミュレーションにより算出する。

ただし、本件の調査では暫定的に航空局の離着陸スライディングスケール計算に使用するゴールシーク法の計算ツールにより算出する。

(当初計画していた AirTOP の Runway Capacity Analyzer を使用した技術習得のための自主研修が、コロナ感染症拡大の影響により延期となり、ファストタイムシミュレーションによる算出が困難となった。)

## 3. 現行の算定手法との比較

## (1) 新たな算定手法案による試算

- 成田空港の2019年4月から2020年3月までのTAPSログデータ（レーダー及びMLAT）から得られた運航データを基に、「案1」及び「案2」により滑走路処理容量を試算することとする。

（収集サンプル：各月連続6日分の終日データで総数47,657。4月は1日分）

収集サンプル集計表

期 間	到 着					出 発					合 計
	A滑走路		B滑走路		計	A滑走路		B滑走路		計	
	34L	16R	34R	16L		34L	16R	34R	16L		
2019年4月	8	64	58	215	345	10	292	6	45	353	698
5月	152	328	604	1,005	2,089	674	1,243	79	172	2,168	4,257
6月	122	392	395	1,230	2,139	499	1,443	75	191	2,208	4,347
7月	92	336	422	1,157	2,007	603	1,437	58	137	2,235	4,242
8月	84	369	302	1,470	2,225	340	1,694	60	189	2,283	4,508
9月	230	127	1,027	475	1,859	1,120	553	141	80	1,894	3,753
10月	344	58	1,574	169	2,145	1,730	197	239	20	2,186	4,331
11月	182	146	1,769	658	2,755	1,169	785	122	70	2,146	4,901
12月	280	37	1,718	112	2,147	1,877	97	177	2	2,153	4,300
2020年1月	299	116	1,585	195	2,195	1,706	319	165	16	2,206	4,401
2月	262	95	1,447	327	2,131	1,569	384	142	38	2,133	4,264
3月	256	84	1,230	255	1,825	1,389	317	96	28	1,830	3,655
計	2,311	2,152	12,131	7,268	23,862	12,686	8,761	1,360	771	23,795	47,657

- 滑走路処理容量を試算する過程においては、次のような考え方で収集サンプルを処理することとした。
  - 到着機相互間又は出発機相互間の先行機と後続機のインターバルが広すぎて検証には向かないケースも多いことから、前後間隔が滑走路末端でヘビー機クラス以下は7分（基準値+2分）、スーパーヘビー機クラスは10分（基準値+2分）を超えるデータは除外する。また、収集サンプルの中で計測地点の通過時刻などが不明確なものも除外する。
  - A滑走路（34L/16R）高速離脱誘導路の再編整備が2019年12月5日に全て完了したため、同滑走路の到着機については整備完了前のデータを除外する。
- 現状における滑走路の運用方法は主にA滑走路を出発、B滑走路を到着に使用していることから、A滑走路の到着機及びB滑走路の出発機については検証の対象となるサンプル数が少なくなることに留意が必要である。

## ①着陸のみの場合

## 1) 「案1」

- 新たな算定手法では、到着機相互間（到着ペア）の滑走路進入端における時間間隔を分析し、新L1区間の所要時間（距離）を計算する。
- 連続到着の場合の処理容量の試算は、新L1、L2、L3の全区間の実測平均に安全係数2.6σと着陸可能率0.9953を加味して計算する。

a. 後方乱気流区分グループ別の到着ペア数を使用滑走路別に分類する。

後方乱気流区分のグループ別のペア数

単位	34L	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A	1	26	4	1				32
	B	7	95	15	5		1		123
	C	2	14	2	2				20
	D		9	2	7		1	1	20
	E		2		2				4
	F		1						1
	G			1					1
	計	10	147	24	17	0	2	1	201

単位	16R	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A		10	2				1	13
	B	5	32	3					40
	C		11						11
	D	1	1	1					3
	E								0
	F								0
	G		1						1
	計	6	55	6	0	0	0	1	68

単位	34R	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A								0
	B		1639	300	1184	90	27	2	3242
	C		300	61	230	5	4	1	601
	D		1408	248	1474	85	40	1	3256
	E		87	12	104	18	11		232
	F		33	10	37	9	1		90
	G		2		8	1			11
	計	0	3469	631	3037	208	83	4	7432

単位	16L	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A								0
	B		775	180	729	56	21	2	449
	C		187	53	199	5	5		449
	D		822	194	1073	70	29	5	2193
	E		68	15	72	5	7		167
	F		26	3	41	5			75
	G		5	2	5				12
	計	0	1883	447	2119	141	62	7	4659



b. 到着ペアの発生比率 (%) を使用滑走路別に示す。

グループ別ペア数の全体に対する発生比率

単位	34L	後			続		機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A	0.50%	12.94%	1.99%	0.50%				15.92%
	B	3.48%	47.26%	7.46%	2.49%		0.50%		61.19%
	C	1.00%	6.97%	1.00%	1.00%				9.95%
	D		4.48%	1.00%	3.48%		0.50%	0.50%	9.95%
	E		1.00%		1.00%				1.99%
	F		0.50%						0.50%
	G			0.50%					0.50%
	計	4.98%	73.13%	11.94%	8.46%	0.00%	1.00%	0.50%	100.00%

単位	16R	後			続		機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		14.71%	2.94%				1.47%	19.12%
	B	7.35%	47.06%	4.41%					58.82%
	C		16.18%						16.18%
	D	1.47%	1.47%	1.47%					4.41%
	E								0.00%
	F								0.00%
	G		1.47%						1.47%
	計	8.82%	80.88%	8.82%	0.00%	0.00%	0.00%	1.47%	100.00%

単位	34R	後			続		機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00%
	B		22.05%	4.04%	15.93%	1.21%	0.36%	0.03%	43.62%
	C		4.04%	0.82%	3.09%	0.07%	0.05%	0.01%	8.09%
	D		18.95%	3.34%	19.83%	1.14%	0.54%	0.01%	43.81%
	E		1.17%	0.16%	1.40%	0.24%	0.15%		3.12%
	F		0.44%	0.13%	0.50%	0.12%	0.01%		1.21%
	G		0.03%		0.11%	0.01%			0.15%
	計	0.00%	46.68%	8.49%	40.86%	2.80%	1.12%	0.05%	100.00%

単位	16L	後			続		機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00%
	B		16.63%	3.86%	15.65%	1.20%	0.45%	0.04%	37.84%
	C		4.01%	1.14%	4.27%	0.11%	0.11%		9.64%
	D		17.64%	4.16%	23.03%	1.50%	0.62%	0.11%	47.07%
	E		1.46%	0.32%	1.55%	0.11%	0.15%		3.58%
	F		0.56%	0.06%	0.88%	0.11%			1.61%
	G		0.11%	0.04%	0.11%				0.26%
	計	0.00%	40.42%	9.59%	45.48%	3.03%	1.33%	0.15%	100.00%

c. 先行機が停止線通過時の後続機の平均距離 (m) を使用滑走路別に示す。

先行機の停止線通過時の後続機の平均位置 (滑走路進入端からの距離)

単位	34L	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A	5.40	4.58	5.05	3.80			
	B	2.60	2.98	3.26	2.66		2.60	
	C	4.05	3.64	4.25	4.30			
行	D		2.60	2.35	2.51		2.60	3.10
	E		2.25		2.95			
	F		2.00					
	G			2.30				

単位	16R	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A		5.52	5.40				5.00
	B	3.04	2.85	2.47				
	C		3.05					
行	D	3.20	3.80	3.40				
	E							
機	F							
	G		3.40					

単位	34R	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		2.48	2.53	2.90	2.94	2.79	2.95
	C		2.65	2.59	3.01	3.00	3.15	3.30
行	D		2.47	2.45	2.60	2.73	2.57	2.60
	E		2.14	2.26	2.21	2.59	2.30	
機	F		2.12	2.04	1.94	2.51	1.20	
	G		1.75		1.90	2.60		

単位	16L	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		2.50	2.59	2.87	2.88	3.00	2.50
	C		2.71	2.70	3.01	2.48	3.14	
行	D		2.51	2.44	2.56	2.63	2.58	2.70
	E		2.26	1.92	2.49	3.20	2.03	
機	F		2.03	1.53	2.31	2.26		
	G		1.46	3.90	1.36			



- d. 平均距離をグループ別発生比率で按分した 新 L1 区間の距離 (3.1) を使用滑走路別に「赤枠」で示す。

グループ比率の按分による後続機全体の平均位置 (滑走路進入端からの距離)

単位	34L	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A	0.03	0.59	0.10	0.02				0.74
	B	0.09	1.41	0.24	0.07		0.01		1.82
	C	0.04	0.25	0.04	0.04				0.38
	D		0.12	0.02	0.09		0.01	0.02	0.26
	E		0.02		0.03				0.05
	F		0.01						0.01
	G			0.01					0.01
	計	0.16	2.40	0.42	0.24	0.00	0.03	0.02	<b>3.27</b>

単位	16R	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		0.81	0.16				0.07	1.04
	B	0.22	1.34	0.11					1.67
	C		0.49						0.49
	D	0.05	0.06	0.05					0.15
	E								0.00
	F								0.00
	G		0.05						0.05
	計	0.27	2.75	0.32	0.00	0.00	0.00	0.07	<b>3.41</b>

単位	34R	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		0.55	0.10	0.46	0.04	0.01	0.00	1.16
	C		0.11	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.23
	D		0.47	0.08	0.52	0.03	0.01	0.00	1.11
	E		0.03	0.00	0.03	0.01	0.00		0.07
	F		0.01	0.00	0.01	0.00	0.00		0.03
	G		0.00		0.00	0.00			0.00
	計	0.00	1.16	0.21	1.11	0.08	0.03	0.00	<b>2.59</b>

単位	16L	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		0.42	0.10	0.45	0.03	0.01	0.00	1.01
	C		0.11	0.03	0.13	0.00	0.00		0.27
	D		0.44	0.10	0.59	0.04	0.02	0.00	1.19
	E		0.03	0.01	0.04	0.00	0.00		0.08
	F		0.01	0.00	0.02	0.00			0.04
	G		0.00	0.00	0.00				0.00
	計	0.00	1.01	0.24	1.23	0.08	0.04	0.00	<b>2.60</b>

e. 新 L1 区間の距離 (㊦) を時間 (秒) に変換して使用滑走路別に示す。

後続機全体の平均位置から滑走路進入端までのグループ別平均所要時間

単位	34L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A	87.00	83.69	84.25	79.00			
	B	88.29	83.59	85.40	87.00		91.00	
	C	94.50	82.79	85.00	88.50			
行	D		83.56	81.50	90.14		101.00	98.00
	E		87.50		92.00			
機	F		87.00					
	G			82.00				

単位	16R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A		87.70	84.00				104.00
	B	90.80	83.78	85.00				
	C		87.36					
行	D	92.00	87.00	90.00				
	E							
機	F							
	G		75.00					

単位	34R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		66.21	66.77	68.68	72.43	70.93	72.00
	C		65.61	66.57	68.59	74.20	75.50	87.00
行	D		66.35	65.91	68.85	72.92	72.45	69.00
	E		66.44	67.75	69.20	71.00	73.64	
機	F		65.70	66.80	68.35	72.33	69.00	
	G		65.50		69.50	78.00		

単位	16L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		65.32	65.78	67.68	71.13	71.90	75.00
	C		65.89	65.74	67.47	75.80	71.60	
行	D		66.10	65.68	67.98	71.47	71.03	81.20
	E		65.72	65.80	68.07	69.00	71.86	
機	F		65.04	67.67	67.66	73.40		
	G		64.40	64.50	69.20			



f. 新 L1 区間の最終的な所要時間 (秒) を使用滑走路別に「赤枠」で示す。

グループ比率の按分による後続機全体の滑走路進入端までの平均所要時間

単位	34L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	
先 行 機	A	0.43	10.83	1.68	0.39				13.33
	B	3.07	39.51	6.37	2.16		0.45		51.57
	C	0.94	5.77	0.85	0.88				8.43
	D		3.74	0.81	3.14		0.49	0.49	8.67
	E		0.87		0.92				1.79
	F		0.43						0.43
	G			0.41					0.41
計		4.45	61.14	10.11	7.49	0.00	0.94	0.49	<b>84.63</b>

単位	16R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	
先 行 機	A		12.90	2.47				1.53	16.90
	B	6.68	39.43	3.75					49.85
	C		14.13						14.13
	D	1.35	1.28	1.32					3.96
	E								0.00
	F								0.00
	G		1.10						1.10
計		8.03	68.84	7.54	0.00	0.00	0.00	1.53	<b>85.94</b>

単位	34R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	
先 行 機	A								0.00
	B		14.60	2.70	10.94	0.88	0.26	0.02	29.39
	C		2.65	0.55	2.12	0.05	0.04	0.01	5.42
	D		12.57	2.20	13.65	0.83	0.39	0.01	29.66
	E		0.78	0.11	0.97	0.17	0.11		2.14
	F		0.29	0.09	0.34	0.09	0.01		0.82
	G		0.02		0.07	0.01			0.10
計		0.00	30.91	5.64	28.10	2.03	0.81	0.04	<b>67.53</b>

単位	16L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	
先 行 機	A								0.00
	B		10.87	2.54	10.59	0.85	0.32	0.03	25.21
	C		2.64	0.75	2.88	0.08	0.08		6.43
	D		11.66	2.73	15.66	1.07	0.44	0.09	31.66
	E		0.96	0.21	1.05	0.07	0.11		2.41
	F		0.36	0.04	0.60	0.08			1.08
	G		0.07	0.03	0.07				0.17
計		0.00	26.56	6.31	30.85	2.16	0.95	0.12	<b>66.95</b>



- g. 連続到着の場合の処理容量の試算は、新 L1、L2、L3 の全区間の実測平均に安全係数  $2.6\sigma$  と着陸可能率 0.9953 を加味して計算する。  
使用滑走路別の 1 時間あたりの処理容量は以下のとおりとなる。

◎  $\text{処理容量} = 3600 \text{ 秒} \div \{ (\text{新 L1} + \text{L2} + \text{L3} : \text{実測平均} + 2.6\sigma) \} \times 0.9953$

連続到着の場合の1時間当たりの処理能力

滑走路	航空機数	新L1区間		L2区間	L3区間	新L1区間始点-停止線		処理容量	
		平均距離	平均値 ①	平均値 ②	平均値 ③	①+②+③	標準偏差 ④	機数/時間	
A	34L	201	3.3	84.6	59.8	10.8	155.2	11.7	19.3
	16R	68	3.3	85.9	64.3	7.5	157.8	8.9	19.8
B	34R	7,432	2.6	67.5	59.4	7.3	134.1	9.5	22.5
	16L	4,659	2.6	67.0	61.2	8.7	136.8	10.8	21.7

試算方法

$\text{機数/時間} = 3600(\text{秒}) \div (①+②+③+④ \times 2.6) \times 0.9953$

## 2) 「案2」

- ・新たな算定手法では、到着機相互間（到着ペア）の滑走路進入端における時間間隔を分析し、これを  $L^{new}$  区間として所要時間（秒）を計算する。
- ・使用する先行機と後続機のペアは前述の「案1」の場合と同一であり、グループ別の発生比率も変更ない。

a. 滑走路進入端における先行機と後続機の平均間隔（秒）を使用滑走路別に示す。

滑走路進入端における先行機と後続機のグループ別の平均間隔

単位	34L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A	216.00	187.38	194.25	152.00			
	B	139.29	145.37	152.67	143.20		136.00	
	C	176.50	154.07	171.50	172.00			
行	D		127.67	121.00	139.29		147.00	156.00
	E		123.50		159.50			
機	F		111.00					
	G			150.00				

単位	16R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A		211.40	202.00				233.00
	B	148.80	138.31	129.33				
	C		143.00					
行	D	151.00	170.00	161.00				
	E							
機	F							
	G		163.00					

単位	34R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		132.41	133.67	146.00	150.01	145.48	146.00
	C		130.93	129.85	143.19	147.40	156.25	171.00
行	D		125.34	124.79	131.75	138.76	134.17	136.00
	E		120.18	124.42	124.98	137.17	135.00	
機	F		113.58	114.10	114.00	132.22	110.00	
	G		113.50		116.62	149.00		

単位	16L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		134.18	136.76	146.47	152.21	152.00	150.50
	C		135.11	132.94	145.04	142.20	154.40	
行	D		130.32	128.40	133.72	136.79	136.31	144.60
	E		125.46	115.60	135.58	148.40	124.86	
機	F		113.04	110.00	120.76	127.60		
	G		113.60	170.00	107.60			

b. 平均間隔をグループ別発生比率で按分した最終的な L<sup>new</sup> 区間の平均所要時間（秒）を使用滑走路別に「赤枠」で示す。

グループ比率の按分による先行機及び後続機全体の平均間隔

単位	34L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A	1.07	24.24	3.87	0.76				29.94
	B	4.85	68.71	11.39	3.56		0.68		89.19
	C	1.76	10.73	1.71	1.71				15.91
	D		5.72	1.20	4.85		0.73	0.78	13.28
	E		1.23		1.59				2.82
	F		0.55						0.55
	G			0.75					0.75
	計	7.68	111.17	18.92	12.47	0.00	1.41	0.78	<b>152.42</b>

単位	16R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		31.09	5.94				3.43	40.46
	B	10.94	65.09	5.71					81.74
	C		23.13						23.13
	D	2.22	2.50	2.37					7.09
	E								0.00
	F								0.00
	G		2.40						2.40
	計	13.16	124.21	14.01	0.00	0.00	0.00	3.43	<b>154.81</b>

単位	34R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		29.20	5.40	23.26	1.82	0.53	0.04	60.24
	C		5.28	1.07	4.43	0.10	0.08	0.02	10.99
	D		23.75	4.16	26.13	1.59	0.72	0.02	56.37
	E		1.41	0.20	1.75	0.33	0.20		3.89
	F		0.50	0.15	0.57	0.16	0.01		1.40
	G		0.03		0.13	0.02			0.18
	計	0.00	60.17	10.98	56.26	4.02	1.55	0.08	<b>133.06</b>

単位	16L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		22.32	5.28	22.92	1.83	0.69	0.06	53.10
	C		5.42	1.51	6.20	0.15	0.17		13.45
	D		22.99	5.35	30.80	2.06	0.85	0.16	62.19
	E		1.83	0.37	2.10	0.16	0.19		4.65
	F		0.63	0.07	1.06	0.14			1.90
	G		0.12	0.07	0.12				0.31
	計	0.00	53.32	12.66	63.18	4.33	1.89	0.22	<b>135.60</b>



- c. 連続到着の場合の処理容量の試算は、グループ別到着ペアの発生比率に応じて按分した  $L^{new}$  の実測平均で計算する。使用滑走路別の1時間あたりの処理容量は以下のとおりとなる。

◎ 処理容量 = 3600 秒 ÷ ( $L^{new}$  : グループ別按分比率の実測平均)

### 連続到着の場合の1時間当たりの処理能力

滑走路		航空機数	$L^{new}$ 平均値 ①	処理容量 機数/時間
A	34L	201	152.4	23.6
	16R	68	154.8	23.3
B	34R	7,432	133.1	27.1
	16L	4,659	135.6	26.5

試算方法

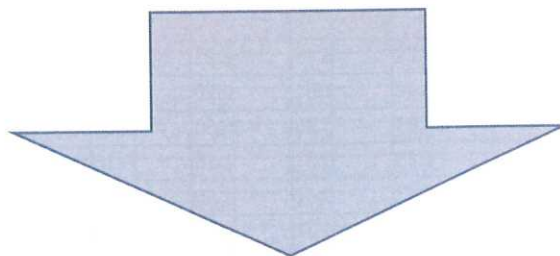
$$\text{機数/時間} = 3600(\text{秒}) \div \text{①}$$

- d. 安全性の評価

- $L^{new}$  から  $R^{new}$  を差し引いた余裕値 ( $\alpha$ ) を 30 秒以上として設定した場合、結果は以下の「赤枠 (秒)」で示すとおり 60 秒を大きく超える余裕値となることから、安全性の問題はないと思料される。

滑走路		航空機数	$L^{new}$ 平均値 ①	$R^{new}$ 平均値 ②	$\alpha$ ①-②
A	34L	201	152.4	70.5	81.9
	16R	68	154.8	71.8	83.0
B	34R	7,432	133.1	66.6	66.4
	16L	4,659	135.6	69.9	65.7

※上表の結果を分析した計算資料は便宜的に次ページ (29、30) に掲載する。



■ R<sup>new</sup> を算出するための事前計算

[使用滑走路別に分類した到着機相互間の「滑走路進入端～停止線」の平均所要時間（秒）]

後続機の滑走路進入端から停止線までのグループ別の平均所要時間

単位	34L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A	70.00	69.73	67.75	55.00			
	B	75.29	71.94	67.67	62.60		56.00	
	C	74.00	67.14	56.50	68.00			
	D		72.44	82.00	72.43		61.00	93.00
	E		71.00		67.50			
	F		73.00					
	G			61.00				

単位	16R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A		70.30	63.00				89.00
	B	70.00	71.72	67.00				
	C		75.55					
	D	78.00	68.00	59.00				
	E							
	F							
	G		85.00					

単位	34R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A							
	B		70.39	64.94	63.32	66.56	62.67	65.00
	C		69.20	64.13	62.71	62.80	69.25	73.00
	D		70.01	64.47	63.08	67.26	61.82	66.00
	E		68.17	62.00	63.59	66.89	65.00	
	F		69.73	64.80	64.70	61.22	58.00	
	G		88.00		63.00	70.00		

単位	16L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A							
	B		73.13	67.72	67.76	70.05	62.95	65.00
	C		73.06	66.08	67.04	73.40	59.80	
	D		72.57	67.62	68.40	69.70	62.38	73.60
	E		72.51	65.73	68.47	68.00	61.43	
	F		73.88	74.00	64.37	72.20		
	G		70.80	68.00	69.40			

■最終的な R<sup>new</sup> 区間の平均所要時間（秒）：「赤枠」を参照  
 [使用滑走路別に分類したグループ別発生比率で按分]

グループ比率の按分による滑走路進入端から停止線までの平均所要時間

単位	34L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先	A	0.35	9.02	1.35	0.27				10.99
	B	2.62	34.00	5.05	1.56		0.28		43.51
	C	0.74	4.68	0.56	0.68				6.65
行	D		3.24	0.82	2.52		0.30	0.46	7.35
	E		0.71	0.00	0.67				1.38
機	F		0.36						0.36
	G			0.30					0.30
	計	3.71	52.01	8.08	5.70	0.00	0.58	0.46	<b>70.54</b>

単位	16R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先	A		10.34	1.85				1.31	13.50
	B	5.15	33.75	2.96					41.85
	C		12.22						12.22
行	D	1.15	1.00	0.87					3.01
	E								0.00
機	F								0.00
	G		1.25						1.25
	計	6.29	58.56	5.68	0.00	0.00	0.00	1.31	<b>71.84</b>

単位	34R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先	A								0.00
	B		15.52	2.62	10.09	0.81	0.23	0.02	29.28
	C		2.79	0.53	1.94	0.04	0.04	0.01	5.35
行	D		13.26	2.15	12.51	0.77	0.33	0.01	29.04
	E		0.80	0.10	0.89	0.16	0.10		2.05
機	F		0.31	0.09	0.32	0.07	0.01		0.80
	G		0.02		0.07	0.01			0.10
	計	0.00	32.71	5.49	25.82	1.86	0.70	0.04	<b>66.62</b>

単位	16L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先	A								0.00
	B		12.17	2.62	10.60	0.84	0.28	0.03	26.54
	C		2.93	0.75	2.86	0.08	0.06		6.69
行	D		12.80	2.82	15.75	1.05	0.39	0.08	32.89
	E		1.06	0.21	1.06	0.07	0.09		2.49
機	F		0.41	0.05	0.57	0.08			1.10
	G		0.08	0.03	0.07				0.18
	計	0.00	29.45	6.47	30.92	2.12	0.83	0.11	<b>69.89</b>



②離陸のみの場合

1) 「案1」

a. 後方乱気流区分グループ別の出発ペア数を使用滑走路別に分類する。

後方乱気流区分のグループ別のペア数

単位	34L	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		64	15	10		1		90
	B	76	2711	429	1381	108	27	4	4736
	C	8	433	83	188	17	7	1	737
	D	7	1319	217	1156	122	28	9	2858
	E	5	103	15	75	3	3		204
	F	1	24	6	22	6			59
	G		8	1	4				13
	計	97	4662	766	2836	256	66	14	8697

単位	16R	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		13	1	3				17
	B	23	932	203	195	22	3	1	1379
	C	10	224	69	95	8	1		407
	D	13	750	143	591	57	14	3	1571
	E		48	15	50	6	3		122
	F		16	3	13	4			36
	G		1		3	1			5
	計	46	1984	434	950	98	21	4	3537

単位	34R	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0
	B		7	3	11	1			22
	C		2	1					3
	D		6	2	11				19
	E		1						1
	F								0
	G								0
	計	0	16	6	22	1	0	0	45

単位	16L	後 続 機							
機	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0
	B		11	4	16		1		32
	C		1	1	5				7
	D		17	2	40		5		64
	E		1		2				3
	F		2		2		1		5
	G								0
	計	0	32	7	65	0	7	0	111

b. 出発ペアの発生比率 (%) を使用滑走路別に示す。

グループ別ペアの全体に対する発生比率

単位	34L	後			続			機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計	
先行機	A		0.74%	0.17%	0.11%		0.01%		1.03%	
	B	0.87%	31.17%	4.93%	15.88%	1.24%	0.31%	0.05%	54.46%	
	C	0.09%	4.98%	0.95%	2.16%	0.20%	0.08%	0.01%	8.47%	
	D	0.08%	15.17%	2.50%	13.29%	1.40%	0.32%	0.10%	32.86%	
	E	0.06%	1.18%	0.17%	0.86%	0.03%	0.03%		2.35%	
	F	0.01%	0.28%	0.07%	0.25%	0.07%			0.68%	
	G		0.09%	0.01%	0.05%				0.15%	
	計	1.12%	53.60%	8.81%	32.61%	2.94%	0.76%	0.16%	100.00%	

単位	16R	後			続			機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計	
先行機	A		0.37%	0.03%	0.08%				0.48%	
	B	0.65%	26.35%	5.74%	5.51%	0.62%	0.08%	0.03%	38.99%	
	C	0.28%	6.33%	1.95%	2.69%	0.23%	0.03%		11.51%	
	D	0.37%	21.20%	4.04%	16.71%	1.61%	0.40%	0.08%	44.42%	
	E		1.36%	0.42%	1.41%	0.17%	0.08%		3.45%	
	F		0.45%	0.08%	0.37%	0.11%			1.02%	
	G		0.03%		0.08%	0.03%			0.14%	
	計	1.30%	56.09%	12.27%	26.86%	2.77%	0.59%	0.11%	100.00%	

単位	34R	後			続			機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計	
先行機	A								0.00%	
	B		15.56%	6.67%	24.44%	2.22%			48.89%	
	C		4.44%	2.22%					6.67%	
	D		13.33%	4.44%	24.44%				42.22%	
	E		2.22%						2.22%	
	F								0.00%	
	G								0.00%	
	計	0.00%	35.56%	13.33%	48.89%	2.22%	0.00%	0.00%	100.00%	

単位	16L	後			続			機		
%	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計	
先行機	A								0.00%	
	B		9.91%	3.60%	14.41%		0.90%		28.83%	
	C		0.90%	0.90%	4.50%				6.31%	
	D		15.32%	1.80%	36.04%			4.50%	57.66%	
	E		0.90%		1.80%				2.70%	
	F		1.80%		1.80%			0.90%	4.50%	
	G								0.00%	
	計	0.00%	28.83%	6.31%	58.56%	0.00%	6.31%	0.00%	100.00%	



- c. 後続機が離陸滑走を開始した時点での先行機の滑走路出発端からの平均距離 (m) を使用滑走路別に示す。

後続機の離陸滑走開始時の先行機の平均位置 (滑走路出発端からの距離)

単位	34L	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A		4.58	5.24	5.92		5.10	
	B	2.45	2.04	1.97	2.56	2.47	2.36	2.20
	C	2.13	2.05	2.22	2.49	2.58	2.69	3.90
	D	3.47	1.80	1.74	1.84	1.76	1.81	1.73
	E	3.02	2.49	2.27	2.29	2.80	3.10	
	F	1.90	1.85	1.48	1.85	1.35		
	G		2.35	1.70	2.15			

単位	16R	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A		5.80	5.00	5.70			
	B	1.57	1.40	1.47	2.21	2.20	2.13	4.60
	C	2.10	1.74	1.76	2.55	2.65	2.10	
	D	1.58	1.51	1.48	1.56	1.54	1.24	2.20
	E		2.41	2.31	1.97	2.48	2.30	
	F		1.63	1.33	1.50	1.58		
	G		3.80		2.10	1.90		

単位	34R	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A							
	B		2.99	3.07	3.11	2.30		
	C		2.85	3.80				
	D		2.87	2.95	3.05			
	E		3.30					
	F							
	G							

単位	16L	後 続 機						
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先 行 機	A							
	B		3.64	2.90	3.23		3.30	
	C		3.00	3.30	4.08			
	D		3.51	2.95	3.29		2.62	
	E		3.60		3.50			
	F		3.15		3.40		3.20	
	G							

- d. 平均距離をグループ別発生比率で按分した 新 T3 区間の距離 (㉟) を使用滑走路別に「赤枠」で示す。

グループ比率の按分による先行機全体の平均位置 (滑走路出発端からの距離)

単位	34L	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		0.03	0.01	0.01		0.00		0.05
	B	0.02	0.64	0.10	0.41	0.03	0.01	0.00	1.20
	C	0.00	0.10	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.19
	D	0.00	0.27	0.04	0.24	0.02	0.01	0.00	0.60
	E	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00		0.06
	F	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00			0.01
	G		0.00	0.00	0.00				0.00
	計	0.03	1.08	0.18	0.74	0.06	0.02	0.00	2.10

単位	16R	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		0.02	0.00	0.00				0.03
	B	0.01	0.37	0.08	0.12	0.01	0.00	0.00	0.60
	C	0.01	0.11	0.03	0.07	0.01	0.00		0.23
	D	0.01	0.32	0.06	0.26	0.02	0.00	0.00	0.68
	E		0.03	0.01	0.03	0.00	0.00		0.08
	F		0.01	0.00	0.01	0.00			0.02
	G		0.00		0.00	0.00			0.00
	計	0.02	0.86	0.19	0.49	0.05	0.01	0.00	1.63

単位	34R	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		0.46	0.20	0.76	0.05			1.48
	C		0.13	0.08					0.21
	D		0.38	0.13	0.75				1.26
	E		0.07						0.07
	F								0.00
	G								0.00
	計	0.00	1.05	0.42	1.51	0.05	0.00	0.00	3.02

単位	16L	後 続 機							
NM	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		0.36	0.10	0.47		0.03		0.96
	C		0.03	0.03	0.18				0.24
	D		0.54	0.05	1.19		0.12		1.89
	E		0.03		0.06				0.10
	F		0.06		0.06		0.03		0.15
	G								0.00
	計	0.00	1.01	0.19	1.96	0.00	0.18	0.00	3.34

e. 新 T3 区間の距離 (m) を時間 (秒) に変換して使用滑走路別に示す。

滑走路出発端から先行機全体の平均位置までのグループ別の平均所要時間

単位	34L	後 続					機	
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先行機	A		46.84	47.27	47.80		45.00	
	B	42.24	42.97	43.15	43.40	43.30	42.59	47.00
	C	44.25	42.92	43.02	43.01	42.88	42.86	44.00
	D	49.43	46.13	45.78	46.25	46.16	46.32	48.22
	E	43.60	45.18	46.00	46.60	44.00	41.67	
	F	48.00	45.96	48.50	46.55	46.83		
	G		39.88	47.00	42.25			

単位	16R	後 続					機	
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先行機	A		36.69	35.00	37.33			
	B	35.09	36.01	35.54	37.18	37.23	38.67	28.00
	C	35.40	34.92	35.51	34.97	34.00	33.00	
	D	39.00	38.36	38.62	38.23	38.46	37.07	35.67
	E		36.17	38.27	39.04	36.33	39.00	
	F		37.94	43.00	39.23	38.25		
	G		33.00		29.67	37.00		

単位	34R	後 続					機	
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先行機	A							
	B		69.00	64.67	66.27	74.00		
	C		62.50	59.00				
	D		67.83	68.00	67.18			
	E		65.00					
	F							
	G							

単位	16L	後 続					機	
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先行機	A							
	B		72.82	77.00	71.44		79.00	
	C		71.00	69.00	67.40			
	D		75.65	73.50	73.60		75.40	
	E		74.00		66.50			
	F		74.50		79.00		80.00	
	G							



f. 新 T3 区間の最終的な所要時間 (秒) を使用滑走路別に「赤枠」で示す。

グループ比率により按分した出発機全体の平均所要時間

単位	34L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A		0.34	0.08	0.05		0.01		0.49
	B	0.37	13.39	2.13	6.89	0.54	0.13	0.02	23.47
	C	0.04	2.14	0.41	0.93	0.08	0.03	0.01	3.64
	D	0.04	7.00	1.14	6.15	0.65	0.15	0.05	15.17
	E	0.03	0.54	0.08	0.40	0.02	0.01		1.07
	F	0.01	0.13	0.03	0.12	0.03			0.32
	G		0.04	0.01	0.02				0.06
計		0.48	23.57	3.88	14.56	1.32	0.34	0.08	<b>44.22</b>

単位	16R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A		0.13	0.01	0.03				0.18
	B	0.23	9.49	2.04	2.05	0.23	0.03	0.01	14.08
	C	0.10	2.21	0.69	0.94	0.08	0.01		4.03
	D	0.14	8.14	1.56	6.39	0.62	0.15	0.03	17.02
	E		0.49	0.16	0.55	0.06	0.03		1.30
	F		0.17	0.04	0.14	0.04			0.40
	G		0.01		0.03	0.01			0.04
計		0.47	20.64	4.50	10.13	1.04	0.22	0.04	<b>37.05</b>

単位	34R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A								0.00
	B		10.73	4.31	16.20	1.64			32.89
	C		2.78	1.31					4.09
	D		9.04	3.02	16.42				28.49
	E		1.44						1.44
	F								0.00
	G								0.00
計		0.00	24.00	8.64	32.62	1.64	0.00	0.00	<b>66.91</b>

単位	16L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先 行 機	A								0.00
	B		7.22	2.77	10.30		0.71		21.00
	C		0.64	0.62	3.04				4.30
	D		11.59	1.32	26.52		3.40		42.83
	E		0.67		1.20				1.86
	F		1.34		1.42		0.72		3.49
	G								0.00
計		0.00	21.45	4.72	42.48	0.00	4.83	0.00	<b>73.48</b>



- g. 連続出発の場合の処理容量の試算は、T1 及び T2 区間は従来どおりの計算とし、新 T3 のグループ別按分比率の実測平均を加えて計算する。使用滑走路別の 1 時間あたりの処理容量は以下のとおりとなる。

$$\textcircled{c} \text{ 処理容量} = 3600 \text{ 秒} \div \left[ \left\{ \frac{(T1 : 15 \text{ 秒})}{\text{グループ別按分比率}} + (T2 : \text{実測平均}) \right\} + \frac{\text{新 T3 : グループ別按分比率の実測平均}}{\text{グループ別按分比率}} \right]$$

連続出発の場合の1時間当たりの処理能力

滑走路	航空機数	T1区間 (離陸許可レスポスタイム)	滑走開始 - 滑走路出発端	新T3区間 (出発端 - 先行機の位置)	離陸許可 - 先行機の位置	処理容量	
		定数 ①	平均値 ②	平均値 ③	①+②+③	機数/時間	
A	34L	8,697	15	59.7	44.2	118.9	30.3
	16R	3,537	15	59.2	37.0	111.2	32.4
B	34R	45	15	41.0	66.9	122.9	29.3
	16L	111	15	40.4	73.5	128.9	27.9

試算方法

$$\text{機数/時間} = 3600(\text{秒}) \div (\text{①} + \text{②} + \text{③})$$

## 2) 「案2」

- ・使用する先行機と後続機のペアは前述の「案1」の場合と同一であり、グループ別の発生比率も変更はない。

- a. 滑走路出発端における出発ペアの平均間隔（秒）を使用滑走路別に示す。

滑走路出発端における先行機と後続機のグループ別の平均間隔

単位	34L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A		157.36	170.87	184.50		164.00	
	B	112.51	100.21	97.55	111.38	109.92	104.08	109.67
	C	109.12	100.44	102.13	109.81	111.76	112.00	133.00
行	D	111.43	98.50	94.91	99.48	98.15	98.11	98.44
	E	127.40	110.10	104.60	107.77	119.00	119.33	
機	F	107.00	98.46	92.83	100.82	89.33		
	G		102.75	102.00	104.25			

単位	16R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A		181.46	159.00	189.67			
	B	103.74	95.58	95.12	110.01	113.55	107.00	133.00
	C	108.20	97.80	97.32	111.96	113.50	107.00	
行	D	104.54	96.63	94.49	98.34	98.79	92.00	104.67
	E		110.83	108.40	105.54	118.83	111.33	
機	F		95.63	92.00	97.62	96.75		
	G		134.00		97.33	100.00		

単位	34R	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		109.57	102.33	109.18	96.00		
	C		98.50	101.00				
行	D		105.17	103.50	107.64			
	E		110.00					
機	F							
	G							

単位	16L	後 続 機						
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G
先	A							
	B		117.55	107.50	109.69		119.00	
	C		106.00	112.00	118.40			
行	D		119.24	104.00	112.00		100.60	
	E		118.00		108.50			
機	F		111.00		120.00		118.00	
	G							

- d. 平均間隔をグループ別発生比率で按分した最終的な  $T^{new}$  区間の所要時間（秒）を使用滑走路別に「赤枠」で示す。

グループ比率により按分した先行機と後続機全体の平均間隔

単位	34L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		1.16	0.29	0.21		0.02		1.68
	B	0.97	31.25	4.82	17.70	1.36	0.31	0.04	56.45
	C	0.10	5.00	0.97	2.37	0.22	0.09	0.02	8.77
	D	0.09	14.94	2.37	13.21	1.39	0.32	0.10	32.41
	E	0.07	1.30	0.18	0.93	0.04	0.04		2.57
	F	0.01	0.27	0.06	0.26	0.06			0.66
	G		0.09	0.01	0.05				0.15
	計	1.25	54.02	8.72	34.73	3.07	0.78	0.15	102.71

単位	16R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A		0.67	0.04	0.16				0.87
	B	0.67	25.18	5.46	6.07	0.71	0.09	0.04	38.22
	C	0.31	6.19	1.90	3.01	0.26	0.03		11.69
	D	0.38	20.49	3.82	16.43	1.59	0.36	0.09	43.17
	E		1.50	0.46	1.49	0.20	0.09		3.75
	F		0.43	0.08	0.36	0.11			0.98
	G		0.04		0.08	0.03			0.15
	計	1.36	54.51	11.76	27.60	2.89	0.58	0.13	98.83

単位	34R	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		17.04	6.82	26.69	2.13			52.69
	C		4.38	2.24					6.62
	D		14.02	4.60	26.31				44.93
	E		2.44						2.44
	F								0.00
	G								0.00
	計	0.00	37.89	13.67	53.00	2.13	0.00	0.00	106.69

単位	16L	後 続 機							計
秒	WTG	A	B	C	D	E	F	G	計
先行機	A								0.00
	B		11.65	3.87	15.81		1.07		32.41
	C		0.95	1.01	5.33				7.30
	D		18.26	1.87	40.36		4.53		65.03
	E		1.06		1.95				3.02
	F		2.00		2.16		1.06		5.23
	G								0.00
	計	0.00	33.93	6.76	65.62	0.00	6.67	0.00	112.97



- e. 連続出発の場合の処理容量の試算は、 $T^{\text{new}}$  のグループ別按分比率の実測平均を基に計算する。

使用滑走路別の1時間あたりの処理容量は以下のとおりとなる。

◎ 処理容量 = 3600 秒 ÷ { ( $T^{\text{new}}$  : グループ別按分比率の実測平均) }

連続出発の場合の1時間当たりの処理能力

滑走路		航空機数	$T^{\text{new}}$	処理容量
			平均値 ①	機数/時間
A	34L	8,697	102.7	35.0
	16R	3,537	98.8	36.4
B	34R	45	106.7	33.7
	16L	111	113.0	31.9

試算方法

機数/時間 = 3600(秒) ÷ ①



③離着陸混在の場合

1) 「案1」

・A 滑走路 34L (北風運用)

滑走路34Lのスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	155.2	11.7	19.3		14.5
離陸	42.7	8.6	30.3	61.2	

滑走路34Lのスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	118.9	0.000	1.000	30.282	0	30	30
0.025	0.975	3.9	114.7	0.033	0.967	30.358	1	29	30
0.050	0.950	7.8	110.6	0.066	0.934	30.401	2	28	30
0.074	0.926	11.7	106.7	0.099	0.901	30.415	3	27	30
0.098	0.902	15.6	102.8	0.132	0.868	30.400	4	26	30
0.123	0.877	19.5	99.1	0.165	0.835	30.357	5	25	30
0.148	0.852	23.6	95.3	0.198	0.802	30.285	6	24	30
0.172	0.828	27.7	91.6	0.232	0.768	30.184	7	23	30
0.198	0.802	31.9	87.9	0.266	0.734	30.052	8	22	30
0.224	0.776	36.3	84.2	0.301	0.699	29.890	9	20	29
0.251	0.749	40.8	80.4	0.337	0.663	29.693	10	19	29
0.279	0.721	45.6	76.6	0.373	0.627	29.460	11	18	29
0.308	0.692	50.7	72.6	0.411	0.589	29.185	12	17	29
0.339	0.661	56.2	68.5	0.450	0.550	28.863	13	15	28
0.373	0.627	62.1	64.3	0.491	0.509	28.484	14	14	28
0.410	0.590	68.7	59.7	0.535	0.465	28.037	15	13	28
0.451	0.549	76.2	54.7	0.582	0.418	27.500	16	11	27
0.499	0.501	85.0	49.2	0.633	0.367	26.839	17	9	26
0.558	0.442	96.0	42.6	0.693	0.307	25.981	18	7	25
0.641	0.359	111.9	33.7	0.768	0.232	24.724	19	5	24

滑走路34Lのスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	185.6	0.000	1.000	19.397	0	19	19
0.095	0.905	8.4	165.3	0.048	0.952	20.734	1	19	20
0.169	0.831	15.1	149.9	0.092	0.908	21.822	2	19	21
0.231	0.769	20.9	137.4	0.132	0.868	22.745	3	19	22
0.283	0.717	26.0	126.9	0.170	0.830	23.547	4	19	23
0.329	0.671	30.6	117.8	0.206	0.794	24.257	5	19	24
0.370	0.630	34.9	109.8	0.241	0.759	24.893	6	18	24
0.408	0.592	38.9	102.5	0.275	0.725	25.468	7	18	25
0.443	0.557	42.6	95.9	0.308	0.692	25.990	8	17	25
0.475	0.525	46.3	89.8	0.340	0.660	26.469	9	17	26
0.506	0.494	49.7	84.1	0.372	0.628	26.907	10	16	26
0.535	0.465	53.1	78.7	0.403	0.597	27.310	11	16	27
0.563	0.437	56.4	73.7	0.433	0.567	27.682	12	15	27
0.589	0.411	59.6	68.9	0.464	0.536	28.025	13	15	28
0.615	0.385	62.8	64.3	0.494	0.506	28.341	14	14	28
0.640	0.360	65.9	59.9	0.524	0.476	28.631	15	13	28
0.664	0.336	69.0	55.6	0.554	0.446	28.898	16	12	28
0.687	0.313	72.1	51.5	0.583	0.417	29.142	17	12	29
0.711	0.289	75.1	47.4	0.613	0.387	29.365	18	11	29
0.734	0.266	78.2	43.5	0.643	0.357	29.566	19	10	29
0.756	0.244	81.4	39.7	0.672	0.328	29.746	20	9	29
0.779	0.221	84.5	35.8	0.702	0.298	29.906	21	8	29
0.801	0.199	87.7	32.1	0.732	0.268	30.046	22	8	30
0.823	0.177	91.0	28.3	0.762	0.238	30.164	23	7	30
0.846	0.154	94.3	24.6	0.793	0.207	30.261	24	6	30
0.869	0.131	97.8	20.9	0.824	0.176	30.336	25	5	30
0.892	0.108	101.4	17.1	0.856	0.144	30.387	26	4	30
0.916	0.084	105.1	13.3	0.888	0.112	30.413	27	3	30
0.940	0.060	109.0	9.4	0.921	0.079	30.411	28	2	30
0.966	0.034	113.1	5.4	0.955	0.045	30.378	29	1	30
0.992	0.008	117.6	1.2	0.990	0.010	30.309	30	0	30

・ A 滑走路 16R (南風運用)

滑走路16Rのスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	157.8	8.9	19.8		12.4
離陸	42.2	8.6	32.4	54.5	

滑走路16Rのスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	111.7	0.000	1.000	32.241	0	32	32
0.022	0.978	3.5	108.3	0.031	0.969	32.215	1	31	32
0.044	0.956	7.0	105.0	0.062	0.938	32.167	2	30	32
0.066	0.934	10.5	101.7	0.093	0.907	32.099	3	29	32
0.088	0.912	14.1	98.4	0.125	0.875	32.009	4	28	32
0.110	0.890	17.7	95.2	0.157	0.843	31.897	5	26	31
0.133	0.867	21.4	91.9	0.189	0.811	31.763	6	25	31
0.156	0.844	25.2	88.7	0.221	0.779	31.605	7	24	31
0.180	0.820	29.2	85.4	0.255	0.745	31.423	8	23	31
0.205	0.795	33.3	82.1	0.288	0.712	31.215	9	22	31
0.230	0.770	37.5	78.7	0.323	0.677	30.978	10	20	30
0.256	0.744	42.0	75.2	0.358	0.642	30.709	11	19	30
0.284	0.716	46.7	71.7	0.395	0.605	30.404	12	18	30
0.314	0.686	51.8	68.0	0.432	0.568	30.059	13	17	30
0.346	0.654	57.3	64.1	0.472	0.528	29.665	14	15	29
0.380	0.620	63.3	60.0	0.513	0.487	29.214	15	14	29
0.418	0.582	70.0	55.5	0.558	0.442	28.686	16	12	28
0.461	0.539	77.7	50.6	0.606	0.394	28.060	17	11	28
0.513	0.487	87.0	44.9	0.660	0.340	27.286	18	9	27
0.579	0.421	99.2	37.9	0.723	0.277	26.261	19	7	26
0.686	0.314	119.1	27.3	0.813	0.187	24.587	20	4	24

滑走路16Rのスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	180.9	0.000	1.000	19.904	0	19	19
0.098	0.902	7.9	161.2	0.047	0.953	21.285	1	20	21
0.172	0.828	14.3	146.4	0.089	0.911	22.396	2	20	22
0.234	0.766	19.8	134.4	0.129	0.871	23.336	3	20	23
0.286	0.714	24.7	124.4	0.166	0.834	24.152	4	20	24
0.332	0.668	29.1	115.6	0.201	0.799	24.875	5	19	24
0.374	0.626	33.2	107.9	0.235	0.765	25.525	6	19	25
0.411	0.589	36.9	100.9	0.268	0.732	26.116	7	19	26
0.446	0.554	40.5	94.5	0.300	0.700	26.655	8	18	26
0.478	0.522	44.0	88.6	0.331	0.669	27.151	9	18	27
0.508	0.492	47.2	83.2	0.362	0.638	27.610	10	17	27
0.537	0.463	50.4	78.0	0.392	0.608	28.035	11	17	28
0.564	0.436	53.4	73.2	0.422	0.578	28.431	12	16	28
0.590	0.410	56.4	68.6	0.451	0.549	28.799	13	15	28
0.615	0.385	59.3	64.2	0.480	0.520	29.143	14	15	29
0.639	0.361	62.2	60.0	0.509	0.491	29.464	15	14	29
0.662	0.338	65.0	55.9	0.538	0.462	29.763	16	13	29
0.685	0.315	67.8	52.0	0.566	0.434	30.043	17	13	30
0.707	0.293	70.6	48.2	0.594	0.406	30.304	18	12	30
0.728	0.272	73.3	44.5	0.622	0.378	30.547	19	11	30
0.750	0.250	76.0	41.0	0.650	0.350	30.773	20	10	30
0.770	0.230	78.8	37.4	0.678	0.322	30.982	21	9	30
0.791	0.209	81.5	34.0	0.706	0.294	31.175	22	9	31
0.811	0.189	84.2	30.6	0.734	0.266	31.353	23	8	31
0.832	0.168	87.0	27.2	0.762	0.238	31.515	24	7	31
0.852	0.148	89.8	23.9	0.790	0.210	31.661	25	6	31
0.872	0.128	92.6	20.6	0.818	0.182	31.793	26	5	31
0.892	0.108	95.5	17.4	0.846	0.154	31.908	27	4	31
0.912	0.088	98.4	14.1	0.875	0.125	32.008	28	4	32
0.932	0.068	101.4	10.8	0.904	0.096	32.091	29	3	32
0.953	0.047	104.4	7.5	0.933	0.067	32.158	30	2	32
0.974	0.026	107.6	4.2	0.963	0.037	32.207	31	1	32
0.995	0.005	110.9	0.8	0.993	0.007	32.236	32	0	32

・B 滑走路 34R (北風運用)

滑走路34Rのスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	134.1	9.5	22.5		10.0
離陸	34.4	3.1	29.3	73.5	

滑走路34Rのスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	122.9	0.000	1.000	29.290	0	29	29
0.030	0.970	4.1	116.9	0.034	0.966	29.759	1	28	29
0.058	0.942	7.9	111.4	0.066	0.934	30.161	2	28	30
0.085	0.915	11.6	106.4	0.098	0.902	30.506	3	27	30
0.111	0.889	15.2	101.7	0.130	0.870	30.803	4	26	30
0.136	0.864	18.7	97.3	0.161	0.839	31.055	5	26	31
0.160	0.840	22.1	93.0	0.192	0.808	31.267	6	25	31
0.184	0.816	25.5	89.0	0.223	0.777	31.443	7	24	31
0.207	0.793	28.9	85.1	0.253	0.747	31.583	8	23	31
0.231	0.769	32.3	81.3	0.284	0.716	31.689	9	22	31
0.254	0.746	35.7	77.7	0.315	0.685	31.762	10	21	31
0.278	0.722	39.2	74.0	0.346	0.654	31.802	11	20	31
0.301	0.699	42.7	70.5	0.377	0.623	31.808	12	19	31
0.326	0.674	46.3	66.9	0.409	0.591	31.779	13	18	31
0.351	0.649	50.1	63.4	0.441	0.559	31.714	14	17	31
0.377	0.623	54.0	59.8	0.475	0.525	31.609	15	16	31
0.404	0.596	58.2	56.2	0.509	0.491	31.460	16	15	31
0.432	0.568	62.6	52.5	0.544	0.456	31.262	17	14	31
0.463	0.537	67.4	48.7	0.581	0.419	31.003	18	13	31
0.496	0.504	72.7	44.7	0.619	0.381	30.672	19	11	30
0.534	0.466	78.7	40.3	0.661	0.339	30.245	20	10	30
0.578	0.422	85.8	35.5	0.708	0.292	29.680	21	8	29
0.634	0.366	95.0	29.7	0.762	0.238	28.881	22	6	28
0.721	0.279	109.6	21.4	0.837	0.163	27.485	23	4	27

滑走路34Rのスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	159.0	0.000	1.000	22.646	0	22	22
0.090	0.910	6.1	142.6	0.041	0.959	24.207	1	23	24
0.158	0.842	11.2	130.6	0.079	0.921	25.387	2	23	25
0.212	0.788	15.6	121.1	0.114	0.886	26.342	3	23	26
0.259	0.741	19.6	113.1	0.147	0.853	27.141	4	23	27
0.300	0.700	23.3	106.1	0.180	0.820	27.824	5	22	27
0.336	0.664	26.7	99.9	0.211	0.789	28.418	6	22	28
0.370	0.630	30.1	94.3	0.242	0.758	28.939	7	21	28
0.402	0.598	33.3	89.1	0.272	0.728	29.398	8	21	29
0.431	0.569	36.5	84.3	0.302	0.698	29.805	9	20	29
0.459	0.541	39.6	79.8	0.332	0.668	30.164	10	20	30
0.486	0.514	42.6	75.5	0.361	0.639	30.481	11	19	30
0.512	0.488	45.7	71.4	0.390	0.610	30.760	12	18	30
0.537	0.463	48.7	67.4	0.419	0.581	31.003	13	18	31
0.561	0.439	51.7	63.6	0.449	0.551	31.212	14	17	31
0.585	0.415	54.8	59.9	0.478	0.522	31.389	15	16	31
0.609	0.391	57.9	56.2	0.507	0.493	31.535	16	15	31
0.633	0.367	61.1	52.6	0.537	0.463	31.651	17	14	31
0.656	0.344	64.3	49.1	0.567	0.433	31.735	18	13	31
0.679	0.321	67.7	45.6	0.598	0.402	31.788	19	12	31
0.703	0.297	71.2	42.0	0.629	0.371	31.809	20	11	31
0.727	0.273	74.8	38.4	0.660	0.340	31.796	21	10	31
0.752	0.248	78.6	34.8	0.693	0.307	31.746	22	9	31
0.777	0.223	82.6	31.1	0.727	0.273	31.656	23	8	31
0.804	0.196	87.0	27.2	0.761	0.239	31.520	24	7	31
0.832	0.168	91.7	23.2	0.798	0.202	31.329	25	6	31
0.863	0.137	97.0	18.9	0.837	0.163	31.072	26	5	31
0.896	0.104	103.0	14.2	0.879	0.121	30.726	27	3	30
0.935	0.065	110.1	8.9	0.926	0.074	30.254	28	2	30
0.983	0.017	119.5	2.3	0.981	0.019	29.563	29	0	29

・B 滑走路 16L (南風運用)

滑走路16Lスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	136.8	10.8	18.9		11.1
離陸	33.0	2.4	27.9	80.8	

滑走路16Lスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	128.9	0.000	1.000	27.937	0	27	27
0.032	0.968	4.4	122.0	0.035	0.965	28.478	1	27	28
0.062	0.938	8.6	115.8	0.069	0.931	28.937	2	26	28
0.090	0.910	12.6	110.2	0.102	0.898	29.329	3	26	29
0.117	0.883	16.4	105.0	0.135	0.865	29.664	4	25	29
0.142	0.858	20.1	100.1	0.167	0.833	29.948	5	24	29
0.167	0.833	23.7	95.6	0.199	0.801	30.188	6	24	30
0.192	0.808	27.3	91.2	0.230	0.770	30.385	7	23	30
0.216	0.784	30.9	87.0	0.262	0.738	30.544	8	22	30
0.240	0.760	34.5	82.9	0.293	0.707	30.666	9	21	30
0.264	0.736	38.1	79.0	0.325	0.675	30.751	10	20	30
0.288	0.712	41.7	75.1	0.357	0.643	30.800	11	19	30
0.312	0.688	45.5	71.3	0.389	0.611	30.812	12	18	30
0.337	0.663	49.4	67.6	0.422	0.578	30.786	13	17	30
0.363	0.637	53.4	63.8	0.456	0.544	30.719	14	16	30
0.390	0.610	57.6	60.0	0.490	0.510	30.608	15	15	30
0.418	0.582	62.1	56.1	0.525	0.475	30.448	16	14	30
0.448	0.552	67.0	52.1	0.562	0.438	30.230	17	13	30
0.481	0.519	72.3	48.0	0.601	0.399	29.941	18	11	29
0.517	0.483	78.3	43.5	0.643	0.357	29.563	19	10	29
0.559	0.441	85.3	38.6	0.688	0.312	29.059	20	9	29
0.610	0.4	94.0	32.9	0.7	0.3	28.354	21	7	28
0.685	0.315	107.0	25.3	0.809	0.191	27.208	22	5	27

滑走路16Lスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	165.0	0.000	1.000	21.813	0	21	21
0.094	0.906	6.6	147.2	0.043	0.957	23.417	1	22	23
0.163	0.837	11.9	134.4	0.081	0.919	24.620	2	22	24
0.218	0.782	16.5	124.2	0.117	0.883	25.587	3	22	25
0.265	0.735	20.7	115.7	0.152	0.848	26.392	4	22	26
0.307	0.693	24.5	108.4	0.185	0.815	27.078	5	22	27
0.344	0.656	28.2	101.9	0.217	0.783	27.670	6	21	27
0.378	0.622	31.7	96.0	0.248	0.752	28.187	7	21	28
0.410	0.590	35.1	90.6	0.279	0.721	28.640	8	20	28
0.440	0.560	38.4	85.6	0.310	0.690	29.037	9	20	29
0.468	0.532	41.7	80.8	0.340	0.660	29.386	10	19	29
0.495	0.505	44.9	76.3	0.370	0.630	29.691	11	18	29
0.521	0.479	48.1	72.0	0.401	0.599	29.956	12	17	29
0.546	0.454	51.4	67.9	0.431	0.569	30.182	13	17	30
0.571	0.429	54.6	63.9	0.461	0.539	30.373	14	16	30
0.595	0.405	57.9	60.0	0.491	0.509	30.530	15	15	30
0.620	0.380	61.3	56.1	0.522	0.478	30.652	16	14	30
0.644	0.356	64.8	52.3	0.553	0.447	30.741	17	13	30
0.668	0.332	68.3	48.6	0.585	0.415	30.795	18	12	30
0.692	0.308	72.0	44.8	0.617	0.383	30.813	19	11	30
0.717	0.283	75.9	41.0	0.650	0.350	30.793	20	10	30
0.743	0.257	80.0	37.1	0.683	0.317	30.732	21	9	30
0.769	0.231	84.4	33.1	0.718	0.282	30.625	22	8	30
0.797	0.203	89.2	29.0	0.755	0.245	30.464	23	7	30
0.827	0.173	94.5	24.6	0.794	0.206	30.238	24	6	30
0.859	0.141	100.5	19.8	0.835	0.165	29.930	25	4	29
0.896	0.104	107.5	14.5	0.881	0.119	29.505	26	3	29
0.941	0.059	116.4	8.2	0.935	0.065	28.891	27	1	28



2) 「案2」

・A 滑走路 34L (北風運用)

滑走路34Lのスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	152.4	29.1	23.6	45.1	30.3
離陸	42.7	8.6	35.0		

滑走路34Lのスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	102.7	0.000	1.000	35.049	0	35	35
0.036	0.964	2.8	98.0	0.028	0.972	35.718	1	34	35
0.067	0.933	5.5	93.9	0.055	0.945	36.204	2	34	36
0.096	0.904	8.1	90.4	0.082	0.918	36.556	3	33	36
0.123	0.877	10.6	87.2	0.109	0.891	36.803	4	32	36
0.150	0.850	13.2	84.2	0.135	0.865	36.961	5	31	36
0.175	0.825	15.7	81.4	0.162	0.838	37.044	6	31	37
0.200	0.800	18.3	78.8	0.189	0.811	37.059	7	30	37
0.224	0.776	21.0	76.2	0.216	0.784	37.010	8	29	37
0.249	0.751	23.8	73.8	0.244	0.756	36.901	9	27	36
0.274	0.726	26.7	71.3	0.272	0.728	36.734	10	26	36
0.299	0.701	29.7	68.9	0.301	0.699	36.508	11	25	36
0.325	0.675	32.9	66.5	0.331	0.669	36.223	12	24	36
0.352	0.648	36.4	64.0	0.362	0.638	35.875	13	22	35
0.380	0.620	40.1	61.4	0.395	0.605	35.460	14	21	35
0.410	0.590	44.2	58.8	0.429	0.571	34.971	15	19	34
0.442	0.558	48.7	56.0	0.465	0.535	34.399	16	18	34
0.477	0.523	53.8	52.9	0.504	0.496	33.729	17	16	33
0.516	0.484	59.7	49.6	0.546	0.454	32.943	18	14	32
0.560	0.440	66.8	45.7	0.594	0.406	32.008	19	13	32
0.613	0.387	75.5	41.1	0.648	0.352	30.876	20	10	30
0.679	0.321	87.1	35.1	0.713	0.287	29.462	21	8	29
0.769	0.231	103.8	26.5	0.796	0.204	27.624	22	5	27
0.899	0.101	130.3	12.5	0.912	0.088	25.212	23	2	25

滑走路34Lのスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	152.4	0.000	1.000	23.618	0	23	23
0.047	0.953	6.1	141.9	0.041	0.959	24.334	1	23	24
0.091	0.909	11.5	132.2	0.080	0.920	25.059	2	23	25
0.133	0.867	16.2	123.4	0.116	0.884	25.782	3	22	25
0.172	0.828	20.5	115.4	0.151	0.849	26.497	4	22	26
0.209	0.791	24.3	108.0	0.184	0.816	27.196	5	22	27
0.244	0.756	27.8	101.3	0.215	0.785	27.878	6	21	27
0.276	0.724	30.9	95.2	0.245	0.755	28.538	7	21	28
0.307	0.693	33.8	89.6	0.274	0.726	29.175	8	21	29
0.336	0.664	36.5	84.3	0.302	0.698	29.789	9	20	29
0.364	0.636	39.0	79.5	0.329	0.671	30.379	10	20	30
0.390	0.610	41.4	75.0	0.355	0.645	30.944	11	19	30
0.415	0.585	43.6	70.8	0.381	0.619	31.486	12	19	31
0.440	0.560	45.7	66.8	0.406	0.594	32.004	13	19	32
0.463	0.537	47.7	63.1	0.431	0.569	32.499	14	18	32
0.486	0.514	49.7	59.5	0.455	0.545	32.969	15	17	32
0.508	0.492	51.6	56.1	0.479	0.521	33.417	16	17	33
0.529	0.471	53.4	52.9	0.502	0.498	33.843	17	16	33
0.550	0.450	55.3	49.9	0.526	0.474	34.245	18	16	34
0.571	0.429	57.1	46.9	0.549	0.451	34.625	19	15	34
0.591	0.409	58.8	44.1	0.572	0.428	34.981	20	14	34
0.611	0.389	60.6	41.3	0.595	0.405	35.314	21	14	35
0.631	0.369	62.4	38.6	0.618	0.382	35.624	22	13	35
0.651	0.349	64.2	36.0	0.641	0.359	35.909	23	12	35
0.671	0.329	66.0	33.5	0.664	0.336	36.168	24	12	36
0.691	0.309	67.9	31.0	0.687	0.313	36.401	25	11	36
0.711	0.289	69.9	28.5	0.710	0.290	36.604	26	10	36
0.732	0.268	71.9	26.0	0.734	0.266	36.776	27	9	36
0.753	0.247	74.0	23.5	0.759	0.241	36.913	28	8	36
0.776	0.224	76.2	21.1	0.784	0.216	37.009	29	8	37
0.799	0.201	78.6	18.5	0.810	0.190	37.058	30	7	37
0.824	0.176	81.3	15.9	0.837	0.163	37.046	31	6	37
0.852	0.148	84.3	13.1	0.866	0.134	36.956	32	4	36
0.883	0.117	88.0	10.0	0.898	0.102	36.750	33	3	36
0.923	0.077	92.7	6.4	0.936	0.064	36.335	34	2	36
0.992	0.008	101.7	0.6	0.994	0.006	35.206	35	0	35

・ A 滑走路 16R (南風運用)

滑走路16Rのスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	154.8	36.9	23.6		37.9
離陸	42.2	8.6	36.4	41.6	

滑走路16Rのスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	98.8	0.000	1.000	36.425	0	36	36
0.041	0.959	2.6	93.7	0.027	0.973	37.389	1	36	37
0.075	0.925	5.0	89.7	0.053	0.947	38.022	2	36	38
0.106	0.894	7.3	86.3	0.078	0.922	38.445	3	35	38
0.134	0.866	9.6	83.4	0.103	0.897	38.713	4	34	38
0.160	0.840	11.9	80.7	0.129	0.871	38.861	5	33	38
0.186	0.814	14.3	78.3	0.154	0.846	38.908	6	32	38
0.211	0.789	16.7	75.9	0.180	0.820	38.866	7	31	38
0.235	0.765	19.2	73.7	0.206	0.794	38.744	8	30	38
0.260	0.740	21.8	71.6	0.233	0.767	38.546	9	29	38
0.285	0.715	24.6	69.5	0.261	0.739	38.275	10	28	38
0.310	0.690	27.5	67.4	0.290	0.710	37.930	11	26	37
0.337	0.663	30.7	65.3	0.320	0.680	37.510	12	25	37
0.364	0.636	34.2	63.1	0.351	0.649	37.009	13	24	37
0.393	0.607	38.0	60.8	0.384	0.616	36.422	14	22	36
0.424	0.576	42.3	58.5	0.420	0.580	35.738	15	20	35
0.459	0.541	47.2	55.9	0.458	0.542	34.941	16	18	34
0.497	0.503	52.9	52.9	0.500	0.500	34.010	17	17	34
0.540	0.460	59.8	49.6	0.547	0.453	32.914	18	14	32
0.592	0.408	68.5	45.4	0.601	0.399	31.600	19	12	31
0.656	0.344	80.0	40.0	0.667	0.333	30.001	20	10	30
0.741	0.259	96.2	32.2	0.749	0.251	28.031	21	7	28
0.851	0.149	119.5	20.3	0.855	0.145	25.745	22	3	25
0.971	0.029	147.7	4.3	0.972	0.028	23.675	23	0	23

滑走路16Rのスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	154.8	0.000	1.000	23.254	0	23	23
0.042	0.958	6.3	144.4	0.042	0.958	23.883	1	22	23
0.083	0.917	12.0	134.7	0.081	0.919	24.545	2	22	24
0.122	0.878	17.0	125.7	0.119	0.881	25.228	3	22	25
0.159	0.841	21.4	117.4	0.154	0.846	25.923	4	21	25
0.194	0.806	25.4	109.8	0.188	0.812	26.623	5	21	26
0.227	0.773	28.9	102.8	0.220	0.780	27.319	6	21	27
0.259	0.741	32.1	96.4	0.250	0.750	28.010	7	21	28
0.288	0.712	35.0	90.5	0.279	0.721	28.688	8	20	28
0.317	0.683	37.6	85.0	0.307	0.693	29.352	9	20	29
0.344	0.656	40.0	80.0	0.333	0.667	30.000	10	20	30
0.369	0.631	42.2	75.3	0.359	0.641	30.630	11	19	30
0.394	0.606	44.3	71.0	0.384	0.616	31.242	12	19	31
0.417	0.583	46.2	66.9	0.408	0.592	31.835	13	18	31
0.440	0.560	48.0	63.1	0.432	0.568	32.407	14	18	32
0.462	0.538	49.7	59.5	0.455	0.545	32.960	15	17	32
0.483	0.517	51.3	56.1	0.478	0.522	33.493	16	17	33
0.503	0.497	52.9	52.9	0.500	0.500	34.005	17	17	34
0.523	0.477	54.5	49.9	0.522	0.478	34.497	18	16	34
0.543	0.457	55.9	47.0	0.543	0.457	34.968	19	15	34
0.562	0.438	57.4	44.2	0.565	0.435	35.419	20	15	35
0.580	0.420	58.8	41.6	0.586	0.414	35.848	21	14	35
0.599	0.401	60.3	39.0	0.607	0.393	36.256	22	14	36
0.617	0.383	61.7	36.6	0.628	0.372	36.642	23	13	36
0.636	0.364	63.1	34.2	0.649	0.351	37.006	24	13	37
0.654	0.346	64.5	31.9	0.669	0.331	37.346	25	12	37
0.672	0.328	66.0	29.6	0.690	0.310	37.661	26	11	37
0.691	0.309	67.5	27.4	0.711	0.289	37.950	27	10	37
0.710	0.290	69.0	25.2	0.733	0.267	38.209	28	10	38
0.729	0.271	70.7	23.0	0.754	0.246	38.437	29	9	38
0.749	0.251	72.4	20.8	0.777	0.223	38.628	30	8	38
0.770	0.230	74.2	18.6	0.799	0.201	38.778	31	7	38
0.792	0.208	76.2	16.4	0.823	0.177	38.876	32	6	38
0.816	0.184	78.5	14.0	0.848	0.152	38.907	33	5	38
0.844	0.156	81.1	11.6	0.875	0.125	38.845	34	4	38
0.876	0.124	84.4	8.8	0.906	0.094	38.629	35	3	38
0.923	0.077	89.5	5.1	0.946	0.054	38.046	36	2	38
0.983	0.017	96.7	1.0	0.989	0.011	36.851	37	0	37

・ B 滑走路 34R (北風運用)

滑走路34Rのスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	133.1	22.4	33.7		22.6
離陸	34.4	3.1	27.1	57.3	

滑走路34Rのスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	106.7	0.000	1.000	33.743	0	33	33
0.038	0.962	3.0	100.3	0.029	0.971	34.848	1	33	34
0.071	0.929	5.6	95.2	0.056	0.944	35.711	2	33	35
0.101	0.899	8.1	90.7	0.082	0.918	36.405	3	33	36
0.128	0.872	10.5	86.8	0.108	0.892	36.973	4	32	36
0.153	0.847	12.8	83.3	0.134	0.866	37.438	5	32	37
0.177	0.823	15.1	80.1	0.159	0.841	37.818	6	31	37
0.200	0.800	17.3	77.1	0.184	0.816	38.125	7	31	38
0.223	0.777	19.6	74.3	0.209	0.791	38.368	8	30	38
0.245	0.755	21.8	71.6	0.233	0.767	38.552	9	29	38
0.266	0.734	24.1	69.0	0.259	0.741	38.682	10	28	38
0.288	0.712	26.4	66.5	0.284	0.716	38.760	11	27	38
0.309	0.691	28.7	64.1	0.309	0.691	38.789	12	26	38
0.331	0.669	31.1	61.7	0.335	0.665	38.769	13	25	38
0.353	0.647	33.6	59.4	0.362	0.638	38.701	14	24	38
0.375	0.625	36.3	57.0	0.389	0.611	38.583	15	23	38
0.398	0.602	39.0	54.7	0.417	0.583	38.414	16	22	38
0.422	0.578	42.0	52.3	0.445	0.555	38.190	17	21	38
0.447	0.553	45.1	49.9	0.475	0.525	37.906	18	19	37
0.473	0.527	48.5	47.4	0.506	0.494	37.557	19	18	37
0.502	0.498	52.2	44.7	0.539	0.461	37.134	20	17	37
0.533	0.467	56.4	41.9	0.573	0.427	36.621	21	15	36
0.567	0.433	61.1	38.9	0.611	0.389	36.000	22	14	36
0.606	0.394	66.7	35.5	0.653	0.347	35.239	23	12	35
0.652	0.348	73.5	31.5	0.700	0.300	34.282	24	10	34
0.710	0.290	82.5	26.5	0.757	0.243	33.021	25	8	33
0.795	0.205	96.3	19.2	0.834	0.166	31.174	26	5	31
0.980	0.020	129.2	2.0	0.985	0.015	27.424	27	0	27

滑走路34Rのスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の 処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	133.1	0.000	1.000	27.056	0	27	27
0.046	0.954	4.6	124.3	0.036	0.964	27.918	1	26	27
0.089	0.911	8.7	116.5	0.070	0.930	28.754	2	26	28
0.129	0.871	12.4	109.4	0.101	0.899	29.557	3	26	29
0.165	0.835	15.7	103.1	0.132	0.868	30.323	4	26	30
0.199	0.801	18.7	97.3	0.161	0.839	31.050	5	26	31
0.231	0.769	21.4	92.0	0.189	0.811	31.741	6	25	31
0.261	0.739	24.0	87.1	0.216	0.784	32.393	7	25	32
0.289	0.711	26.4	82.6	0.242	0.758	33.008	8	25	33
0.316	0.684	28.7	78.5	0.268	0.732	33.588	9	24	33
0.341	0.659	30.9	74.6	0.293	0.707	34.134	10	24	34
0.366	0.634	33.0	70.9	0.317	0.683	34.647	11	23	34
0.389	0.611	35.0	67.5	0.342	0.658	35.128	12	23	35
0.412	0.588	37.0	64.2	0.365	0.635	35.579	13	22	35
0.433	0.567	38.9	61.1	0.389	0.611	36.000	14	21	35
0.455	0.545	40.8	58.1	0.412	0.588	36.392	15	21	36
0.475	0.525	42.6	55.3	0.435	0.565	36.755	16	20	36
0.496	0.504	44.5	52.6	0.458	0.542	37.091	17	20	37
0.516	0.484	46.3	49.9	0.481	0.519	37.398	18	19	37
0.535	0.465	48.2	47.4	0.504	0.496	37.678	19	18	37
0.555	0.445	50.0	44.9	0.527	0.473	37.929	20	17	37
0.574	0.426	51.9	42.4	0.550	0.450	38.151	21	17	38
0.594	0.406	53.9	40.0	0.574	0.426	38.343	22	16	38
0.613	0.387	55.8	37.6	0.597	0.403	38.504	23	15	38
0.633	0.367	57.9	35.3	0.621	0.379	38.632	24	14	38
0.653	0.347	60.0	32.9	0.646	0.354	38.725	25	13	38
0.674	0.326	62.2	30.6	0.670	0.330	38.778	26	12	38
0.695	0.305	64.6	28.2	0.696	0.304	38.787	27	11	38
0.718	0.282	67.1	25.8	0.723	0.277	38.745	28	10	38
0.741	0.259	69.9	23.2	0.750	0.250	38.641	29	9	38
0.767	0.233	73.0	20.6	0.780	0.220	38.460	30	8	38
0.796	0.204	76.6	17.7	0.812	0.188	38.171	31	7	38
0.829	0.171	81.0	14.5	0.848	0.152	37.719	32	5	37
0.874	0.126	87.0	10.4	0.893	0.107	36.944	33	3	36

・ B 滑走路 16L (南風運用)

滑走路16Lスライディングスケールに必要なデータ

	占有時間	標準偏差	最大値	先行離陸機との安全間隔	加算標準偏差
着陸	135.6	21.1	26.5	64.9	21.3
離陸	33.0	2.4	31.9		

滑走路16Lスライディングスケール(着陸数に対応した離陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
A	D	着陸	離陸	着陸	離陸		着陸	離陸	合計
0.000	1.000	0.0	113.0	0.000	1.000	31.866	0	31	31
0.040	0.960	3.3	105.8	0.030	0.970	33.005	1	32	33
0.074	0.926	6.3	99.9	0.059	0.941	33.899	2	31	33
0.104	0.896	9.0	95.0	0.087	0.913	34.626	3	31	34
0.132	0.868	11.6	90.6	0.114	0.886	35.227	4	31	35
0.158	0.842	14.1	86.7	0.140	0.860	35.725	5	30	35
0.182	0.818	16.5	83.1	0.166	0.834	36.140	6	30	36
0.206	0.794	18.9	79.7	0.192	0.808	36.483	7	29	36
0.229	0.771	21.3	76.6	0.218	0.782	36.763	8	28	36
0.251	0.749	23.7	73.7	0.243	0.757	36.985	9	27	36
0.273	0.727	26.1	70.8	0.269	0.731	37.153	10	27	37
0.294	0.706	28.5	68.1	0.295	0.705	37.272	11	26	37
0.316	0.684	31.0	65.4	0.321	0.679	37.342	12	25	37
0.338	0.662	33.5	62.8	0.348	0.652	37.365	13	24	37
0.360	0.640	36.1	60.3	0.375	0.625	37.340	14	23	37
0.382	0.618	38.9	57.7	0.402	0.598	37.267	15	22	37
0.406	0.594	41.7	55.2	0.431	0.569	37.145	16	21	37
0.430	0.570	44.8	52.6	0.460	0.540	36.969	17	19	36
0.455	0.545	48.0	50.0	0.490	0.510	36.736	18	18	36
0.481	0.519	51.5	47.3	0.521	0.479	36.439	19	17	36
0.509	0.491	55.3	44.5	0.554	0.446	36.068	20	16	36
0.540	0.460	59.6	41.5	0.590	0.410	35.610	21	14	35
0.575	0.425	64.5	38.2	0.628	0.372	35.043	22	13	35
0.614	0.386	70.2	34.6	0.670	0.330	34.333	23	11	34
0.661	0.339	77.4	30.4	0.718	0.282	33.413	24	9	33
0.723	0.277	87.1	24.9	0.778	0.222	32.144	25	7	32
0.824	0.176	103.8	16.1	0.866	0.134	30.029	26	4	30

滑走路16Lスライディングスケール(離陸数に対応した着陸数)

発生比率		1機の平均処理時間		使用時間比率		1時間の処理機数	スライディングスケール		
D	A	離陸	着陸	離陸	着陸		離陸	着陸	合計
0.000	1.000	0.0	135.6	0.000	1.000	26.548	0	26	26
0.050	0.950	4.8	126.2	0.036	0.964	27.492	1	26	27
0.096	0.904	8.9	117.9	0.070	0.930	28.384	2	26	28
0.137	0.863	12.6	110.5	0.103	0.897	29.222	3	26	29
0.175	0.825	16.0	104.0	0.133	0.867	30.006	4	26	30
0.210	0.790	19.1	98.1	0.163	0.837	30.738	5	25	30
0.242	0.758	21.9	92.7	0.191	0.809	31.420	6	25	31
0.272	0.728	24.5	87.8	0.218	0.782	32.056	7	25	32
0.301	0.699	27.0	83.3	0.245	0.755	32.647	8	24	32
0.328	0.672	29.4	79.0	0.271	0.729	33.197	9	24	33
0.353	0.647	31.7	75.1	0.297	0.703	33.708	10	23	33
0.378	0.622	33.9	71.4	0.322	0.678	34.182	11	23	34
0.402	0.598	36.0	67.9	0.347	0.653	34.621	12	22	34
0.424	0.576	38.1	64.6	0.371	0.629	35.026	13	22	35
0.446	0.554	40.2	61.5	0.395	0.605	35.399	14	21	35
0.468	0.532	42.3	58.5	0.420	0.580	35.739	15	20	35
0.489	0.511	44.3	55.5	0.444	0.556	36.048	16	20	36
0.510	0.490	46.4	52.7	0.468	0.532	36.327	17	19	36
0.530	0.470	48.4	50.0	0.492	0.508	36.574	18	18	36
0.551	0.449	50.5	47.3	0.516	0.484	36.790	19	17	36
0.571	0.429	52.7	44.7	0.541	0.459	36.974	20	16	36
0.591	0.409	54.8	42.1	0.566	0.434	37.126	21	16	37
0.612	0.388	57.1	39.6	0.591	0.409	37.242	22	15	37
0.633	0.367	59.4	37.0	0.616	0.384	37.322	23	14	37
0.654	0.346	61.9	34.5	0.642	0.358	37.361	24	13	37
0.676	0.324	64.5	31.9	0.669	0.331	37.355	25	12	37
0.699	0.301	67.3	29.2	0.697	0.303	37.298	26	11	37
0.723	0.277	70.3	26.5	0.726	0.274	37.178	27	10	37
0.750	0.250	73.7	23.6	0.757	0.243	36.981	28	8	36
0.779	0.221	77.6	20.5	0.791	0.209	36.680	29	7	36
0.812	0.188	82.3	17.1	0.828	0.172	36.223	30	6	36
0.856	0.144	88.7	12.8	0.874	0.126	35.475	31	4	35
0.952	0.048	104.4	4.0	0.963	0.037	33.221	32	1	33



(2) 比較分析

現行の処理容量と新たな算定手法の2案を用いた処理容量を比較し、その特徴、利点、課題等の分析を行った。

①着陸のみの場合

- ・「首都圏空港の運航実態調査（令和2年度）」において算出された着陸のみ及び離陸のみの場合の処理容量を以下に示す。

滑走路		着陸機				
		対象機数	平均値(秒)	標準偏差	1時間値	30分値
A	34L	892	102.2	10.4	27.7	13.9
	16R	345	100.8	11.3	27.5	13.8
B	34R	483	109.6	13.4	24.8	12.4
	16L	250	105.2	11.0	26.8	13.4

- ・新たな算定手法案で試算された到着の場合の処理容量は以下のとおりである。

「案1」

滑走路	航空機数	新L1区間		L2区間	L3区間	新L1区間始点-停止線		処理容量	
		平均距離	平均値①	平均値②	平均値③	①+②+③	標準偏差④	機数/時間	
A	34L	201	3.3	84.6	59.8	10.8	155.2	11.7	19.3
	16R	68	3.3	85.9	64.3	7.5	157.8	8.9	19.8
B	34R	7,432	2.6	67.5	59.4	7.3	134.1	9.5	22.5
	16L	4,659	2.6	67.0	61.2	8.7	136.8	10.8	21.7

「案2」

滑走路	航空機数	L <sup>new</sup>		処理容量
		平均値①	平均値②	機数/時間
A	34L	201	152.4	23.6
	16R	68	154.8	23.3
B	34R	7,432	133.1	27.1
	16L	4,659	135.6	26.5

- ・現行の算定手法と新たな算定手法による処理容量を1時間あたりの数値で比較すると、新案のいずれよりも現行の方が最大で5回、最小も5回多い。

- 現行：最大27回、最小24回
- 案1：最大22回、最小19回
- 案2：最大27回、最小23回

この理由は、到着機相互間の間隔の測定法が異なるためである。すなわち、現行の計算式ではL1、L2、L3の限定された区間の所要時間を数値化しているが、新たな計算式は後方乱気流管制方式を適用して異なる間隔で進入させている到着機相互間の所要時間を数値化したことによる。

②離陸のみの場合

- ・「首都圏空港の運航実態調査（令和2年度）」において算出された離陸のみの場合の処理容量を以下に示す。

滑走路		離陸機				
		対象機数	平均値(秒)	標準偏差	1時間値	30分値
A	34L	1,270	36.6	4.7	30.9	15.4
	16R	475	34.4	3.6	30.9	15.5
B	34R	138	36.4	4.7	33.2	16.6
	16L	91	32.5	2.3	33.8	16.9

- ・新たな算定手法案で試算された出発の場合の処理容量は、以下のとおりである。

「案1」

滑走路	航空機数	T1区間 (離陸許可レスポスタイム)	滑走路開始-滑走路出発端	新T3区間 (出発端-先行機の位置)	離陸許可-先行機の位置	処理容量	
		定数①	平均値②	平均値③	①+②+③	機数/時間	
A	34L	8,697	15	59.7	44.2	118.9	30.3
	16R	3,537	15	59.2	37.0	111.2	32.4
B	34R	45	15	41.0	66.9	122.9	29.3
	16L	111	15	40.4	73.5	128.9	27.9

「案2」

滑走路	航空機数	T <sup>new</sup>		処理容量
		平均値①	機数/時間	
A	34L	8,697	102.7	35.0
	16R	3,537	98.8	36.4
B	34R	45	106.7	33.7
	16L	111	113.0	31.9

- ・現行の算定手法と新たな算定手法による処理容量を1時間あたりの数値で比較すると、「案1」は現行より最大で1回、最小で3回少ない。他方、「案2」は現行より3回、最小が1回多い。

現行：最大33回、最小30回
案1：最大32回、最小27回
案2：最大36回、最小31回

この理由も、出発機相互間の間隔の測定法が異なるためである。すなわち、現行の計算式ではT1、T2、T3の限定された区間の所要時間を数値化しているが、新たな計算式は後方乱気流管制方式を適用して異なる間隔で離陸させている出発機相互間の所要時間を数値化している。ただ、成田の出発については、羽田と成田の管制機関の申し合わせによりレーダー間隔を適用した管制処理を行うことで、計算式と比較して出発間隔が短縮されるケースがあることが計算式に反映されたものと考えられる。



③ 離着陸混在の場合

- ・「首都圏空港の運航実態調査（令和2年度）」において算出された離陸のみの場合の処理容量を以下に示す。

滑走路34L(着陸数に対応した離陸数) 滑走路16R(着陸数に対応した離陸数) 滑走路34R(着陸数に対応した離陸数) 滑走路16L(着陸数に対応した離陸数)

スライディングスケール			スライディングスケール			スライディングスケール			スライディングスケール		
着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計
0	30	30	0	30	30	0	33	33	0	33	33
1	30	31	1	30	31	1	32	33	1	33	34
2	29	31	2	30	32	2	31	33	2	32	34
3	29	32	3	29	32	3	31	34	3	32	35
4	28	32	4	28	32	4	30	34	4	31	35
5	27	32	5	28	33	5	29	34	5	30	35
6	27	33	6	27	33	6	28	34	6	29	35
7	26	33	7	26	33	7	27	34	7	28	35
8	25	33	8	25	33	8	26	34	8	28	36
9	24	33	9	24	33	9	25	34	9	27	36
10	23	33	10	24	34	10	24	34	10	26	36
11	22	33	11	23	34	11	23	34	11	25	36
12	21	33	12	22	34	12	22	34	12	24	36
13	20	33	13	21	34	13	21	34	13	23	36
14	19	33	14	20	34	14	20	34	14	22	36
15	18	33	15	19	34	15	19	34	15	21	36
16	17	33	16	18	34	16	17	33	16	19	35
17	16	33	17	16	33	17	16	33	17	18	35
18	15	33	18	15	33	18	15	33	18	17	35
19	14	33	19	14	33	19	13	32	19	16	35
20	13	33	20	13	33	20	12	32	20	15	35
21	11	32	21	12	33	21	10	31	21	13	34
22	10	32	22	10	32	22	8	30	22	12	34
23	9	32	23	9	32	23	6	29	23	10	33
24	7	31	24	7	31	24	4	28	24	8	32
25	6	31	25	6	31				25	7	32
26	4	30	26	4	30				26	4	30
27	2	29	27	1	28						

- ・新たな算定手法案で試算された出発の場合の処理容量は以下のとおりである。

「案1」

滑走路34L(着陸数に対応した離陸数) 滑走路16R(着陸数に対応した離陸数) 滑走路34R(着陸数に対応した離陸数) 滑走路16L(着陸数に対応した離陸数)

スライディングスケール			スライディングスケール			スライディングスケール			スライディングスケール		
着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計
0	30	30	0	32	32	0	29	29	0	27	27
1	29	30	1	31	32	1	28	29	1	27	28
2	28	30	2	30	32	2	28	30	2	26	28
3	27	30	3	29	32	3	27	30	3	26	29
4	26	30	4	28	32	4	26	30	4	25	29
5	25	30	5	26	31	5	26	31	5	24	29
6	24	30	6	25	31	6	25	31	6	24	30
7	23	30	7	24	31	7	24	31	7	23	30
8	22	30	8	23	31	8	23	31	8	22	30
9	20	29	9	22	31	9	22	31	9	21	30
10	19	29	10	20	30	10	21	31	10	20	30
11	18	29	11	19	30	11	20	31	11	19	30
12	17	29	12	18	30	12	19	31	12	18	30
13	15	28	13	17	30	13	18	31	13	17	30
14	14	28	14	15	29	14	17	31	14	16	30
15	13	28	15	14	29	15	16	31	15	15	30
16	11	27	16	12	28	16	15	31	16	14	30
17	9	26	17	11	28	17	14	31	17	13	30
18	7	25	18	9	27	18	13	31	18	11	29
19	5	24	19	7	26	19	11	30	19	10	29
			20	4	24	20	10	30	20	9	29
						21	8	29	21	7	28
						22	6	28	22	5	27
						23	4	27			

## 「案 2」

滑走路34L(着陸数に対応した離陸数) 滑走路16R(着陸数に対応した離陸数) 滑走路34R(着陸数に対応した離陸数) 滑走路16L(着陸数に対応した離陸数)

スライディングスケール			スライディングスケール			スライディングスケール			スライディングスケール		
着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計	着陸	離陸	合計
0	35	35	0	36	36	0	33	33	0	31	31
1	34	35	1	36	37	1	33	34	1	32	33
2	34	36	2	36	38	2	33	35	2	31	33
3	33	36	3	35	38	3	33	36	3	31	34
4	32	36	4	34	38	4	32	36	4	31	35
5	31	36	5	33	38	5	32	37	5	30	35
6	31	37	6	32	38	6	31	37	6	30	36
7	30	37	7	31	38	7	31	38	7	29	36
8	29	37	8	30	38	8	30	38	8	28	36
9	27	36	9	29	38	9	29	38	9	27	36
10	26	36	10	28	38	10	28	38	10	27	37
11	25	36	11	26	37	11	27	38	11	26	37
12	24	36	12	25	37	12	26	38	12	25	37
13	22	35	13	24	37	13	25	38	13	24	37
14	21	35	14	22	36	14	24	38	14	23	37
15	19	34	15	20	35	15	23	38	15	22	37
16	18	34	16	18	34	16	22	38	16	21	37
17	16	33	17	17	34	17	21	38	17	19	36
18	14	32	18	14	32	18	19	37	18	18	36
19	13	32	19	12	31	19	18	37	19	17	36
20	10	30	20	10	30	20	17	37	20	16	36
21	8	29	21	7	28	21	15	36	21	14	35
22	5	27	22	3	25	22	14	36	22	13	35
23	2	25	23	0	23	23	12	35	23	11	34
						24	10	34	24	9	33
						25	8	33	25	7	32
						26	5	31	26	4	30
						27	0	27			

- ・ 現行の算定手法と新たな算定手法による処理容量を1時間あたりの数値で比較すると、「案1」は最大が4回小さく、最小も4回小さい。他方、「案2」は現行より最大が2回大きい、最小は5回小さい。

現行：最大36回、最小28回  
 案1：最大32回、最小24回  
 案2：最大38回、最小23回

## 【総合評価】

- ・ 離着陸混在の場合は、ゴールシーク法により到着と出発の組み合わせで処理容量を試算したが、その結果を単純に最大と最小の数値だけで現行と新案を比較することは適切ではない。(使用滑走路ごとにも若干のバラツキがみられる。)
- ・ したがって、空港の発着容量を決定する場合においては現在のところ現行の算定手法に利点が多いと考えられる。
- ・ なお、成田の出発に係るレーダー間隔を適用した管制処理の効果も確認されたことから、着陸の場合の新たな管制方式の活用が進んだ際には「案2」の算定手法の有利性が期待される。



## 4. 改正に向けた検討

## (1) 基準を改正する場合の課題及び影響等

成田空港では、国際線主体で大型機の比率が7割弱を占めること、また滑走路の占有時間が他空港と比較して長く、かつバラつきが大きいことから、現状においては後方乱気流区分に応じた間隔とならないケースが見られたことにより、本調査では処理容量の増加は見込めなかった。このため、現行の算定方式を見直した場合の効果を上げるためには、新たな管制方式による安定的な間隔短縮を実現する環境が必要であると考えられる。

## (2) 基準を改正する場合の対応方針（提言）

①我が国では管制処理能力の向上策について、CARATS 施策に基づく管制支援機能（AMAN/SMAN/DMAN）の性能向上や新たな管制方式の導入等による管制間隔の最適化を推進している。また、成田空港においては空港 CDM の導入及び充実を図って空港運用能力の最大化を目指しているところ、現実的には未だその過程の段階にある。

②我が国において新たな管制方式等の効果を滑走路処理容量算定手法に的確に反映させるには、他国で導入されているような新たな管制支援機能（レーダー表示画面に当該基準に基づく距離や速度調整等を助言、安定的な流量管理、使用滑走路の最適化等）を装備し、効率的な処理を安定的に促進する取り組み、及びこれらの管制処理に見合った滑走路や誘導路の配置等の空港施設が求められる。また、滑走路の使用方向や使用回数に制約がある場合には、効果が十分に発揮されない可能性も残る。

これらの課題への対応を的確に実施し安定的に新たな管制方式等の効果を上げることにより、新たな算定手法の採用による滑走路処理容量拡大の効果が上がることが期待できる。（第三章「欧州における管制処理能力の向上に関する取り組み」を参照）

## 第 III 章

## — 参考資料 —

## 1. 欧州の発着枠の概要

## (1) 現在の規制の枠組み

## ①欧州のスロット割り当てシステム

この枠組みは規則 793/2004 / EC によって修正され、世界的なスロットガイドラインの影響を受ける 規則 95/93 / EEC によって管理されている。スロット規制の中心的な要素は次のとおりである。

- 1) 航空会社がシーズン中に少なくとも 80% の時間スロットを使用した場合、次の同等のシーズンの間それを保持する「80/20 ルール」
- 2) 独立したコーディネーターによるスロットの割り当て
- 3) 空港の既存事業者に競争上の課題をもたらす航空会社に特定の保護と特権を付与する新規参入者規則

この規則は、スロットが割り当てられると、航空会社間で取引できるかどうかについては言及していない。そのため Communication (2008) 227 は、透明な方法で行われ、スロット割り当てに関する他のすべての管理要件が満たされていることを条件とする限り、この慣行を継続することを容認している。規則 95/93 は、航空の状況が現在と異なる時代に制定された。そして四半世紀後に重大な変化が起こっている。これらには以下が含まれる。

- a. 欧州航空業界の自由化  
これにより格安航空会社のゲームを一変させる台頭、マルチハブおよびマルチ航空グループの出現、グローバルな提携が実現した。
- b. EU と第三国間の多国間航空協定
- c. 過去 10 年間、以前は二次空港で運航していた格安航空会社が主要ハブ空港に参入した。
- d. 競合する、企業化され、ますます民営化される自己資金調達ビジネスとしての空港の開発は、経路ネットワークと多様な航空会社の組み合わせの開発、および運用効率と持続可能性に焦点を合わせた。
- e. ある程度までの航空市場の成長：ヨーロッパに現在、予備の容量のない完全に飽和した空港がいくつかある。

規則 95/93 を改訂する提案が 2011 年に提出された。これは、航空会社がスロットを相互に売買できるように規則を更新し、新規参入者の定義を広げて、より多くの航空会社が参入できるようにすることで競争を促進するものだった。その範囲は、歴史的権利のしきい値を引き上げ、調整プロセスの独立性と透明性を強化する。「スロット予約システム」の導入は、航空会社が割り当てられたスロットを使用するためのより大きな動機付けを与える。

また、空港の容量とネットワークとのリンクをネットワークマネージャーに可視化することで、Single European Sky とのリンクを確立することもできる。

## ②スロットの配分

- 1) スロットの割り当ては、欧州の空港の容量管理の重要な部分である。空港のスロットは、空港の容量の使用を最適化する方法で混雑を管理し、フライトの需要に対応するために使用される。需要が容量を上回っている空港では、運航を希望する航空会社に独立したコーディネーターからスロットが与えられ、要求された経路と曜日に空港を離陸、着陸に使用する許可が与えられる。
- 2) 欧州の空港は特にこの体制の影響を受けており、レベル3 空港（航空会社が運航するためにスロットが必要な空港）が欧州で最も普及している。2019年夏のスケジュールシーズンでは、世界中の204のレベル3 空港のうち104がヨーロッパにあり、2019年冬シーズンの欧州のレベル3 空港は世界中の168 空港のうち77 空港だった。
- 3) どのスロット管理もバランスが取れていて、空港と航空会社の両方に、あるシーズンから次のシーズンまでスケジュールを安定させることができるという確実性を提供する必要がある。航空会社の競争を発展させ、新しい市場にサービスを提供できるようにする。空港の混雑レベルに適応する独立した調整と比例した配分ルールを通じて、差別のない容量の割り当てを確保する。
- 4) 改正された規則 95/93 は、スロットを「この規則に従ってコーディネーターが、コーディネーターによって割り当てられた着陸または離陸の目的及び特定の日に調整された空港で航空サービスを運用するために必要なすべての空港施設を使用することを許可したもの...」と定義している。
- 5) 現在の定義は異なる解釈につながるため、付与された許可を効果的に利用するという航空会社の義務を強調するために変更する必要がある。したがって、規則は、スロットが空港施設を使用する許可と義務の両方であることを明確に述べる必要がある。
- 6) スロットの誤用と浪費は今日の混雑した環境にある空港にとって大きな問題であり、規制に定められた堅牢で一貫性のある透明な制裁体制を通じてさらに対処する必要がある。

## ③スロットのガイドライン (IATA)

世界の空港スロットガイドライン (WASG: Worldwide Airport Slot Guideline) は、航空会社、空港、および消費者の利益のためにグローバルスロット割り当てプロセスが機能する基盤である。WASG は、IATA、国際空港評議会 (ACI: Airports Council International)、及び世界の空港コーディネーターグループ

(WWACG: Worldwide Airport Coordinators Group) によって共同で発行されている。WASG は、透明性、柔軟性、確実性、一貫性、持続可能性に基づいて構築されている。

2020年6月1日から、WASG は、IATA、ACI 及び WWACG によって共同で発行され、管制機関、空港運営会社、航空会社、スロットコーディネーターが協力してスロットガイドラインを最新化および改善を行っている継続的な更新と改訂のおかげで、WASG は世界的に受け入れられている最善の方法を表しており、世界中の容量に制約のある空港のスロットが、一貫した政策、原則、およびプロセスを使用して航空会社に独立して割り当てられるようにしている。

#### ④ WASG の目的

空港スロット調整の主な目的は、以下のように空港と航空会社の利益を考慮に入れて消費者への利益を最適化するため、利用可能な空港容量の最も効率的な宣言、割り当ておよび使用を保証することである。

- 1) 消費者による航空サービスの選択を促進し、世界的な接続性を改善して混雑した空港での乗客と貨物の競争を強化する。
- 2) 需要を満たす便利なスケジュールを消費者に提供し、シーズンごとに一貫性があり、運用上の点で信頼性がある。
- 3) スロットコーディネーターが独立して行動することにより、混雑した空港に、オープンで、公平で、透明で、差別のない方法でスロットが割り当てられるようにする。
- 4) 空港インフラストラクチャの潜在的な全容量を実現し、季節ごとにスロット割り当ての効果的な容量宣言を可能にする容量と需要の定期的なレビューを促進する。
- 5) 既存の航空会社と新しい航空会社の空港アクセスの機会のバランスをとる。
- 6) 業界が規制や変化する市場の状況、および変化する消費者の需要に対応するための柔軟性を提供するとともに、混雑と遅延を最小限に抑える。

#### (2) 具体的な空港スロットの例

##### ① フランクフルト空港（滑走路 4 本）／ドイツ

同空港では民間航空管制会社である DFS、航空会社、空港会社及び周辺自治体の代表によって構成される「協議会」において滑走路処理容量や空港の施設容量を基に審議を行い、代表者間の合意の元で最終的なスロット枠を決定して具体的な数値を公表している。この手法はドイツの他の主要国際空港でも同様に行われている。この審議においては、運航の定時性や航空交通流の効率性、更には環境問題に対応した夜間飛行制限などについても議論される。

最新版の 1 日の発着枠は、1 時間あたり最大で 104 回、到着 60 回、出発 60



回となっているが、時間帯によっては減少する。

また、運航ダイヤの平準化と定時性を図るため、時間帯別に10分値や30分値が規定されており数値は若干異なる。朝と夜の時間帯にあっては昼間より数値が減少している。

	Total	ARR	DEP
		06:00-13:59	
10 Min	20	13	13
30 Min	57	33	31
60 Min	104	58	57
		14:00-20:59	
10 Min	20	13	13
30 Min	57	33	33
60 Min	104	60	60
		21:00-21:59	
10 Min	20	13	12
30 Min	57	32	30
60 Min	104	57	53

### ②チューリッヒ空港（滑走路3本）／スイス

当空港の1日の発着枠は、1時間あたり最大で90回、到着58回、出発58回となっており、運航ダイヤの平準化と定時性を図るために10分値が規定され最大で15回、到着12回、出発12回となっている。

季節	2022年夏ダイヤ	2021年冬ダイヤ	2021年夏ダイヤ
60分値（ミックス）	90	90	90
60分値（到着）	58	58	58
60分値（出発）	58	58	58
10分値（ミックス）	15	15	15
10分値（到着）	12	12	12
10分値（出発）	12	12	12

### ③シャルル・ド・ゴール空港（滑走路4本）／フランス

当空港の1日の発着枠は、1時間あたり最大で120回、到着64回、出発70回となっており、10分値は到着で14回、出発は13回となっている。

季節	2022年夏ダイヤ	2021年冬ダイヤ	2021年夏ダイヤ
60分値（ミックス）	120	120	120
60分値（到着）	64	64	64
60分値（出発）	70	70	70
10分値（ミックス）	—	—	—
10分値（到着）	14	14	14
10分値（出発）	13	13	12

## 2. 欧州における管制処理能力の向上に関する取り組み

## (1) Eurocontrol 及び SESAR の取り組み

- ①滑走路の発着容量と運用効率は、空港における到着機相互間又は出発機相互間の管制間隔に関連している。これらの間隔はレーダー監視機能及び後方乱気流間隔に基づいている。従って、空港の混雑に対する解決策は、少なくとも現在の安全レベルを維持しながら最低間隔を短縮することである。
- ②交通量の増加に対応するため、既存の滑走路処理容量を増やすことをめざして Eurocontrol は SESAR の共同事業者と協力し、高強度の滑走路を対象として効率的な出発や到着に関してより安全で信頼性の高い処理を行うことや滑走路占有時間を安全に削減する方法などを検討している。  
そのために、管制官への支援システム (LORD、ROCAT) 等のツールを使用して、チューリッヒ空港、シャルル・ド・ゴール空港等でリアルタイムシミュレーションによる検証を行っている。
- ③Eurocontrol の Challenge of Growth 2108 の調査では、2040 年までに 16 の混雑した空港が予想されており、滑走路占有時間を管理することで滑走路の処理容量を向上させることは費用対効果が高いと報告している。
- ④実施されたシミュレーションの検証の結果は、滑走路最適配分 (LORD) ツールを滑走路 (占有分類 ROCAT) 概念、RECAT-PWS と組み合わせて使用することは、運用上実行可能であり、安全性を向上させるとの結論に至っている。

## (2) 新しい乱気流間隔の概念

- ①後方乱気流領域での研究は、進入時と出発時の航空機相互間の後方乱気流間隔の新しい概念を設計し、これら制約のある空港での滑走路処理能力を改善することにより空港容量の問題に取り組むことを可能にした。これらの概念は距離ベースの間隔 (DBS) の概念と時間ベース (TBS) の概念の 2 つに分けることができる。最後に、距離と時間に基づく間隔の最小値は気象条件とは無関係に、または WDS の概念で開発されたものなどの風の条件の関数として定義できる。

## 1) 距離ベースの間隔の概念 : RECAT および RECAT-PWS

概念の最初は、現在の距離ベースの ICAO 間隔スキームの改良にある。RECAT は、現在適用されている DBS の ICAO 基準を更新および最適化することを目的とした EUROCONTROL と FAA の共同作業である。現在、地域の RECAT プロジェクトの第 1 段階は、3 つではなく 6 つまたは 7 つの航空機型式分類により、新しい距離間隔マトリックスを定義することで構成される。すでに運用段階に入り、米国およびヨーロッパのいくつかの空港で実施されており、その後 RECAT-EU と呼ばれている。この DBS スキームのさらなる改良点は、「ペアワイズ」運用 (レジーム) の決定で構成される RECAT-PWS である。このレジームでは、各航空機型式のペアに適切な後方乱気流間隔の最小値があり、ペアワイズ距離テーブルマトリック

スが生成される。距離ベースの PWS 最小値は、ヨーロッパの主要空港で頻繁に使用される 96 種類の航空機について最初に決定され、乱気流の生成と乱気流の抵抗力を特徴付けるデータが利用可能である。

## 2) 時間ベースの間隔 (TBS) の概念

TBS の概念は、SESAR プログラムの下で EUROCONTROL と NATS によって開発された。TBS は、到着する航空機を距離ではなく一定の時間で間隔設定する方法である。これは単純な概念に基づいており、強い向かい風の場合、一定距離での 1 対の航空機間の時間間隔は弱風状態で 2 つの同じ航空機間に必要な時間間隔と比較して増加する。TBS の概念は全ての風の状態にわたって航空機間の一定の時間間隔を維持する。

したがって、強い向かい風の状態では対応する間隔距離が短くなる。この概念は、強風条件で DBS を適用したときに失われた着陸率を回復および改善することにより、最終進入での着陸処理能力と風の条件に対する回復力を向上させる。これは、航空機の種類ごとに、風の状態とは関係なく、最終進入での航空機間の時間間隔の最小値を定義することによって実現される。これらの基準時間間隔は、航空機が基準弱風条件 (通常は 5 ノット未満) で基準 DBS を間隔適用位置まで飛行するのに必要な時間に対応する。したがって、基準時間間隔を導き出すために必要な 2 つの入力は次のとおりである。

- a. DBS 乱気流間隔スキーム (ICAO、RECAT-EU、RECAT-PWS など)。
- b. すべての航空機タイプの弱風条件を参照した飛行時間プロファイル。  
(基準時間の間隔は先行機の速度に依存しないことに注意する。)
- c. 新しい乱気流間隔の概念の設計が可能になり、そのうちのいくつかはすでにヨーロッパと米国で活用されている。

RECAT-EU プロジェクトの枠組みで収集された飛行時間プロファイル測定値を使用して、表 I は、大型先行機 (ICAO ヘビーおよび RECAT-EU CAT-B) に続く航空機の滑走路端に適用可能な TBS、ICAO および RECAT-EU は DBS スキームを提供する。

TBS は 2015 年 3 月にロンドンヒースローに適用され、それ以来、大きなメリットをもたらしている。

表 I ICAO ヘビー航空機/ RECAT-EU CAT-B の後続機に対する基準距離と時間間隔

Follower Aircraft	ICAO			RECAT-EU		
	Type	DBS	TBS	Type	DBS	TBS
A320	Medium	5 NM	124 s	CAT-D	4 NM	102 s
A318	Medium	5 NM	129 s	CAT-D	4 NM	109 s
AT72	Medium	5 NM	134 s	CAT-E	5 NM	134 s

時間ベースの間隔 (TBS) と RECAT ペアワイズ (RECAT-PWS) の概念は、航空機の詳細な特性や風の状態を考慮に入れている。また、特定の風の条件下で乱気流間隔の最小値をさらに減らすことを可能にする気象依存間隔 (WDS) の概念も考慮する必要がある。

さらに、このような間隔の適用は着陸順位を管理するために管制官により戦術的に指示された向かい風の構成要素や航空機の機首方位と速度など、時間の経過とともに変化するパラメーターも考慮に入れる必要がある。

したがって、そのようなペアワイズ間隔最小値の適用は間隔適用支援ツールの管制官による使用を伴う。このツールは、管制官に適切な間隔最小値を提供するだけでなく、動的間隔最小値を処理する場合に、より困難な間隔短縮管理で管制官を支援する。

### 3) 最適化された滑走路配分支援 (LORD : Leading Optimized Runway Delivery)

LORD は、滑走路の容量を調査して対処するために Eurocontrol によって資金提供されたプロジェクトを参照する多くのリンク先があり、これらの活動の総称であり、滑走路容量 (または悪天候などの回復力) を改善するためのさまざまな戦略 (補完的であり、相互に排他的ではない) が含まれる。シミュレーションは、SESAR 2020 研究プロジェクト、滑走路および空港処理能力の向上 (EARTH) を支援する、Eurocontrol の LORD 活動の一部として実施されている。

LORD ツールは、間隔の計算に安全バッファを追加することにより、間隔の侵害を軽減し、航空機の間隔が不足するのを防ぐために利用する。このようなバッファを使用すると、空港で現在観察されているさまざまな間隔モード (距離ベースまたは時間ベース) と同等の特定の「故障率」まで間隔を正しく設定できる。しかし、間隔の侵害を防ぐために、さまざまな支援警告もツールに実装されている。これらの警告は、進入/着陸段階で潜在的な問題を迅速に特定し、管制官が是正措置を講じることができるようにするためのセーフティネットとして使用される。新しい間隔の概念を LORD ツールと一緒に使用するリアルタイムシミュレーションを使って、管制官によってテストされた。管制官の作業負荷と状況認識を許容可能なレベルに維持しながら、処理能力の向上と間隔侵害の削減 (安全性の向上) が可能になるとの結果が得られた。

管制官向けの間隔適用支援ツールの試作システムは、EUROCONTROL と SESAR6.8.1 プロジェクトの共同作業者によって開発された。このシステムは、管制官に対して、計算された間隔最小値に基づく最終目標距離 (FTD) および初期目標距離 (ITD) の指標を提供し、運用、故障率、および風の状態を考慮して適切な安全バッファを決定するものである。

#### a. 最終目標距離 (FTD) 及び初期目標距離 (ITD)

TBS または RECAT-PWS のいずれかを適用する場合、管制官は、航空機のペア間に適用される間隔に関する指標を必要とする。これらの



指標は、間隔の最小値を提供する FTD と予想される圧縮のイメージを提供する ITD である。

#### ■ FTD

管制官が必要とする最初の間隔指標は FTD である。これは間隔設定位置で 2 機の航空機間に適用可能な最小間隔に対応する。

#### ■ ITD

ITD 指標は、先行機が所定の位置  $x_{ITD}$  (たとえば、滑走路端から 5 秒) で所定の速度 (例えば 160 kts) にあり、FTD に等しい間隔が提供される場合に適用可能な距離間隔を間隔設定位置で提供する。ITD 進行の例を図 1 に示す。ITD 計算の入力は、上記で計算された FTD、後続機の世界プロファイル、先行機の世界プロファイル、および向かい風プロファイルである。これは、先行機と後機の飛行時間プロファイルを使用して計算される。

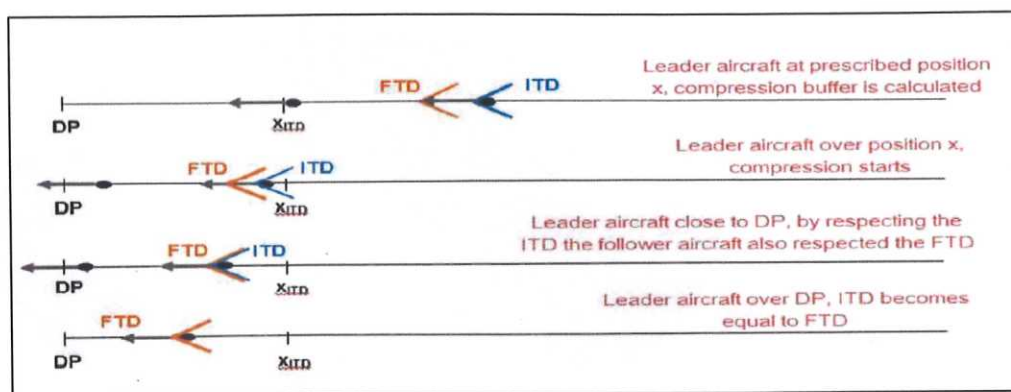


図 1 ITD および FTD 指標の概略図

TBS または RECAT-PWS は、管制官が自分の作業位置 (管制席) に表示される間隔指標情報なしで適用するには難しすぎる。管制官向けのこのような間隔適用支援ツールの試作システムは、EUROCONTROL と SESAR6.8.1 プロジェクトの共同作業者によって開発された。

LORD ツールは、HMI を介してグライドスロープ上の後続機の最適な位置を管制官に示し、航空機ペア間の適切な間隔および間隔バッファの管理を容易にする。間隔最小値の計算では、入力として次のようになる。

- ・ 先行機の世界プロファイル (分析結果)
- ・ 後続機の世界プロファイル
- ・ 風の世界プロファイル
- ・ 乱気流間隔スキーム (枠組み) (ICAO、RECAT-PWS など) とモード (DBS または TBS)
- ・ 先行機の予想 ROT

このツールの航空機速度プロファイルモデルは、広範なレーダー及びモード S データに対して校正およびベンチマーク（基準）とされる。これらのデータは、EUROCONTROL と共同事業者が以前のさまざまな乱気流活動で収集したものである。

特定のペアの間隔最小値が計算されると、その結果が 2 つの目標距離指標（TDI）、FTD と ITD として出力される。次に、2 つの TDI が、最終進入管制官のレーダー表示装置と飛行場管制官の航空交通監視表示装置の滑走路中心線の延長上に表示される。HMI でシェブロン（楔形表示）として表される TDI を図 2 に示す。

デフォルトでは、進入管制官の管制席表示装置に ITD のみを表示する。ただし、FTD の表示をきっかけとして、短縮バッファを評価することもできる（ITD シェブロンと FTD シェブロンの違いによって視覚化される）。飛行場管制官は主に FTD と連携して、着陸する航空機間で間隔の最小値が尊重されるようにする。

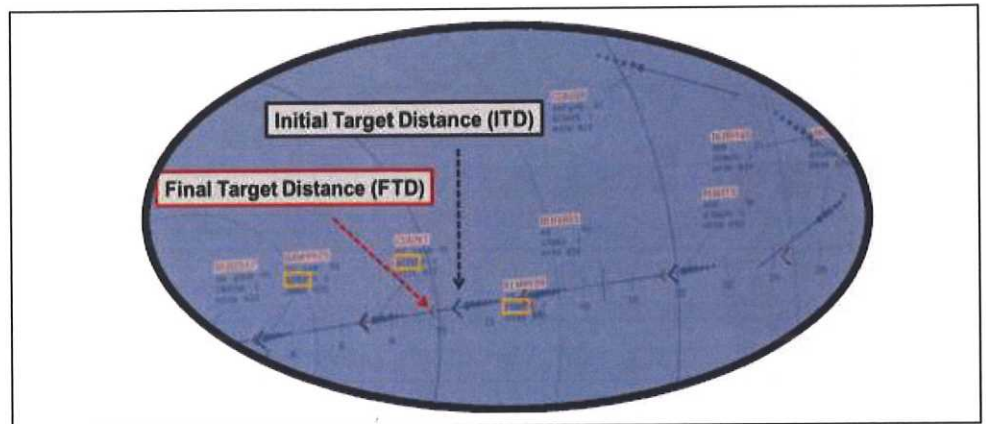


図 2 LORD HMI に表示された FTD および ITD シェブロン（楔形）

b. 警告支援

欧州委員会の規則「PCP」No716/2014 は、TBS 解決策を運用する際に導入する必要がある機能を定義している。これらの機能には、進入中に追いついた場合の検出や警告、最低間隔の欠如、誤った着陸順序などの警告が含まれる。したがって、間隔指標に加えて、主は管制官への警告支援を提供する。これらの警告は、進入/着陸段階で潜在的な問題をすばやく特定するためのセーフティネットとして使用する必要がある。



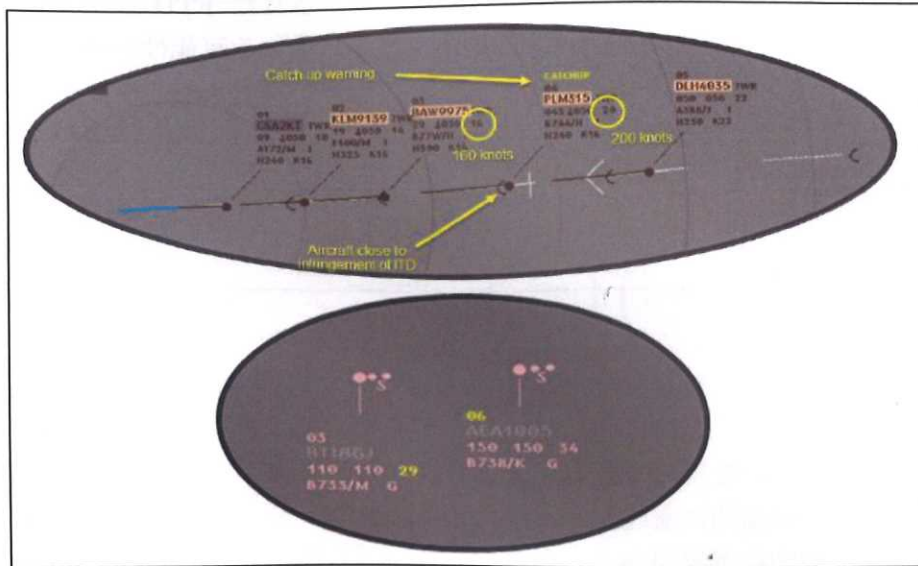


図3 LORD HMIに表示される接近（上）、着陸順序および速度の適合性（下）の警告

#### c. 接近警告

通常の運用では、降下を開始し、正しい間隔を設定したら、管制官はパイロットに航空機を160ノットに下げるように指示する必要がある。それでも航空機間の間隔を減らすことができる状況では、後続機が一定期間より速く飛行できるようにすることもできる。接近警告（図3に示されている）は、後続機がITDに近づき、先行機よりも速く飛行しているときに表示される。この接近状況では、次の将来のITDの「侵害」を回避するために、後続機を減速させる必要がある。LORD HMIでは、この警告は、航空機のレーダータグ上に表示される、黄色の「キャッチアップ」という単語のラベルによって視覚化される。ただし、管制官は、後続機に160ノットに減速するように指示するタイミングを知る手段として、接近警告を使用してはならないことに注意する必要がある。言い換えれば、この警告は、最終進入の速度管理のために管制官によって戦術的に使用されてはならない。

#### d. 速度調整

この警告は、航空機がFTDおよびITDの計算にLORDツールで使用されるモデル化された速度プロファイルで予想される速度よりもはるかに高速/低速で飛行している場合に表示される。時間ベースの間隔運用（つまり、TBSまたはROT間隔の場合）で、航空機が期待される速度プロファイルに準拠していない場合、取得された距離間隔指標の計算が正しくない可能性があり、管制官にとって誤解を招く恐れがある。緩和安全バッファがFTDおよびITDの計算に含まれている

場合でも、偏差が大きすぎると、表示された FTD シェブロンが侵害されていないのに、時間間隔欠如が発生する可能性がある。

LORD HMI では、警告が表示されると、対象機のレーダータグの速度情報が黄色で強調表示される（図 3 を参照）。航空機が予想される速度プロファイル内に戻ると、警告は消える。

e. 着陸順序のペアと警告

LORD HMI では、管制官によって選択された航空機が、対応する移動シェブロンを自動的に強調表示する。これにより、管制官は、間違っただ航空機が着陸順序に挿入されたかどうかをすばやく特定できる。その後、必要に応じて、システムによって事前に計算された航空機着陸順序を更新できる。管制官によって手動で、またはシステムによって自動的に着陸順序を維持する方法は、単一の空港環境に依存する技術的な選択である。厳格な方式で STAR と TMA の進入が少ない空港がある。これらの環境では、どの航空機が着陸順序のどの部分に属しているかを簡単に理解でき、ツールは着陸順序を自動的に認識し、自分で更新を維持する。滑走路の数が多く、進入の目標地点が異なる他の空港があり、航空機が着陸する滑走路とその順序の最終決定は航空管制官に委ねられている。このような状況では、システム内で正しい着陸順序を最新の状態に維持するのは管制官の責任である。降下中の航空機の誤った着陸順序を自動的に検出する着陸順序警告も使用できる。LORD HMI では、間違っただ着陸順序番号が黄色で強調表示され（図 3 を参照）、航空機が航空管制官によって入力された正しい着陸順序番号を受信すると消える。

f. ITD 間隔侵害

キャッチアップ警告にもかかわらず、航空機が ITD を「侵害」している状況では、FTD は延長された滑走路中心線に自動的に管制席表示装置に表示される（図 4）。ITD は最低間隔を表示していないため、ITD の「侵害」は間隔の不足ではないことを確認する。この警告により、管制官は ITD 違反に気づき、FTD 違反の前に残っている短縮バッファの量を評価し（間隔が失われたり、間隔が不足したりする）、回復作業（航空機の色度を落とすなど）に十分な余裕があるかどうかを評価できる。ITD は、FTD の侵害を防ぐために追加のバッファを使用して計算される。

つまり、作業が実行されない場合、ITD の小さな侵害が自動的に FTD の侵害につながることはない。実際、通常の運用では（つまり、航空機の色度プロファイルが LORD FTD / ITD 計算モデルで使用されているものと一致している場合）、後続機が先行機の色度減速前に ITD シェブロン上にある場合、間隔設定地点で FTD シェブロンと比較して小さなバッファが観察される。





図4 自動 FTD 表示につながる ITD 間隔侵害

4) ペアワイズ法

NATS ペアワイズ法は、IGE / NGE LIDAR データ収集時にヒースロー空港への進入で観測された到着機ペアのみが考慮され、他の後続機の LIDAR トラックのサンプリングはない。与えられた間隔設定ルールについて、例えば DBS および TBS の場合、LIDAR スキャン平面での TBS は、関連する詳細なレーダーデータを使用して計算される。したがって、間隔設定地点 (4DME) から LIDAR スキャン平面 (~0.5DME) の間で、航空機間で観測された追いつき (キャッチアップ) または離され (プリアウェイ) は維持される。さらに、関連する詳細なレーダーデータが利用できることを考えると、TBS シナリオの場合、ペアワイズ法は、航空機間の固定 TBS を表すのではなく、計算された TBS 距離と、TBS 参照対気速度プロファイルから求められた後続機の相違に基づいて、実際の TBS を決定することになる。

最後に、さまざまな風の状態に対処するために、LIDAR データは、同じ期間に 4 方向のヒースロー滑走路のそれぞれから取得された風速計データに関連付けられる。



図5 IGE / NGE LIDAR の場所

ペアワイズ法は、TBS と DBS の両方の間隔設定ルールがどのようにモデル化されるかについて多くの仮定を行う。したがって、これらの仮定が LIDAR データ分析の結論に影響を与えるかどうかを評価するために、詳細な感度分析も実施されている。いずれの場合も、分析プロセスが繰り返され、同じ結果が得られた。

例えば、ペアワイズ法では、渦の持続性を、LIDAR スキャン平面 (IGE / NGE 位置の場合) の中心線から ±160m 以内に存在するものとして測定された渦として定義する。NATS<sup>1)</sup> と ECTL の両方によって実施された感度分析は、絶対的な結果は変化するが、コリドーの幅を変えても比較分析の結論は変化しないことを示している。

ペアワイズ法では、すべての渦観測が観測時間後、最大 15 秒間有効であると想定している (DBS シナリオと TBS シナリオの両方)。この場合も、このパラメーターの値を変更しても絶対的な結果は変わるが、比較分析の結論は変わらない。

結論として、NATS ペアワイズ法を使用したヒースロー空港の LIDAR データ分析は、次のことを示している。

- a. TBS 下ですべての風で渦の強さが持続する確率は、すべての風で DBS 下よりも 5% を超えることはない。
- b. 中程度および強風の条件では、TBS 下で渦の強さが持続する確率は、DBS 下の弱風の条件で測定されたものよりも低くなる。
- c. 弱風の条件では、TBS 下で渦の強さが持続する確率は、同じ風の条件で DBS 下よりも統計的に大きくはない。
- d. 0.5 ㊦と 1 ㊦の間隔侵害が、TBS のシナリオと DBS を基準としたものに等しく適用された場合にも、同じ結論に達することができる。
- e. 強風条件下でも、TBS ルールは、弱風条件と比較して、渦の強さが持続する可能性が低くなる。

#### 5) 滑走路占有分類 (ROCAT : Runway Occupancy Categorization)

ICAO PANS ATM doc 4444 では、着陸する航空機の平均滑走路占有時間 (ROT : Runway Occupancy Time) が 50 秒を超えないことが証明されている場合、滑走路端から 10 ㊦以内の同じ最終進入経路に確立された後続の航空機間の MRS を 3.0 ㊦から 2.5 ㊦に減らすことができる。

##### a. 平均 ROT を基にした MRS/ROT 間隔の解決策

ICAO PANS ATM Doc 4444 において、参照速度 (民間機の最終進入速度より早い 180 ノット) として距離 (2.5 海里) を時間 (50 秒) に変換し、平均 ROT が 50 秒であれば後続機の 2.5 ㊦へ MRS を短縮するとしている。

$\begin{aligned} \text{速度} &= \text{距離} / \text{時間} \\ 180 (\text{ノット}) &= (2.5 [\text{㊦}] / 50 [\text{秒}]) \times 3600 \text{ 秒} \end{aligned}$
--

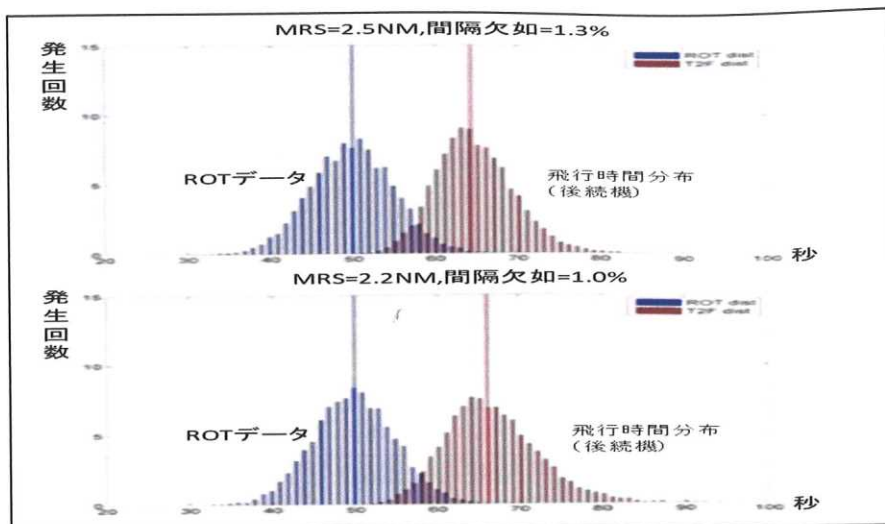
MRS = 2.5 海里と同じ論理に従えば、適用可能な短縮された MRS/ROT 間隔（適用できるのは監視能力が要件を満足している場合のみ）は、現地のピーク時の条件で 180 ノットの参照速度を使用して、距離に変換し測定された、平均 ROT を基に航空機型式ごとに適用できる。

特定の航空機の平均 ROT (秒)	MRS (海里)
55	2.75
50	2.5
47	2.35
40	2.0

平均 ROT の特性評価は、航空機型式ごとに実施され、少なくとも季節の影響を考慮し 1 年の運用期間を必要とすべきである。それは、滑走路の出口における相違、ROT における重要な相違の原因となる滑走路方向に基づいて、滑走路ごとで実施されるべきである。

- b. ROT 及び飛行時間分布に基づく短縮された MRS/ROT 間隔の解決策
- 短縮した MRS/ROT 間隔は、後続機の飛行時間分布（たぶん、特定の風の条件下で）とともに特定の航空機型式ための ROT の特性評価の比較に基づいて定義することもできる。
- 特定の航空機ペアと特定の風の条件で、ROT という観点から許容できる安全性がある MRS/ROT 間隔値、試験や許容可能なベースラインにおける ROT 以下の間隔設定におけるリスクの評価に基づいて確立される。航空機ペア（または航空機ペアのグループ）に対応する基準は、運用経験の観点から許容可能な基準を構成するのに十分な頻度があれば、2.5 海里の MRS を適用できる。つまり、平均 ROT が 50 秒に等しいかそれ以下の先行機に続く後続機であれば、乱気流の観点から 2.5 海里が許容される。基準ペアの場合、特定された ROT 分布、及び 2.5 海里に対応した時間間隔の分布を考えると、先行機の ROT を下回る時間間隔が提供される確率はゼロではない。





ROT 及び飛行時間分布に基づく MRS 短縮の定義

\* ROT データと飛行時間分布がオーバーラップ (色が濃い) している部分が  
間隔欠如していると考えられる

c. 先行機の型式に基づく距離ベースの MRS/ROT 間隔の短縮 (ROT-LWS)

もし、短縮 MRS/ROT 間隔が先行機の型式ごとに定義された場合、簡単な間隔設定ツールとして、MRS ペアだけ (つまり後方乱気流の間隔が優勢でないペア) に対して、平均 ROT により検討された先行機のための適用可能な MRS/ROT 間隔に対応する、一つのシェブロン指標が提供されることにより、管制官を支援することもできる。

したがって、ROT-LWS は、航空機型式を平均 ROT の関数として使用するスキーム、関連した適用可能な MRS/ROT 距離間隔値、間隔設定支援ツールを適用したある一部の航空機のために許容される短縮 MRS/ROT 間隔の運用を定義する。ROT-LWS の例を以下に示す。

	Heavy	A320	A319	B738	BCS3	E190	DH8D	...	Light	
Heavy	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	...	6.0	Wake minima
A321	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	...	5.0	
B738	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	...	5.0	MRS
A319	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	...	5.0	
BCS3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	...	5.0	
GLF5	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	...	5.0	ROT spacing
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
Light	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	...	3.0	

d. 時間ベースの ROT の定義

TBS モードで間隔設定ツールを使用して間隔を設定する場合、ROT の制約は航空機の型式ごとの時間の制約により定義することができる。最低適用間隔は、ペアごとに、乱気流 (もし必要なら)、適用可能な MRS (レーダー性能に沿って)、先行機の ROT を考慮し、風の条件を検討し、算出される。



e. 航空機の 카테고리ごとの距離ベースの短縮 MRS/ROT 間隔の定義

■ 乱気流分類を使用した場合

短縮 MRS ための ROT の条件がすべての航空機型式の乱気流分類 (WTC : Waked Turbulence Category) を満足している場合、次に、その WTC に関して短縮 MRS/ROT 間隔が許可される。

■ ROT に基づく新しいサブ分類 (ROCAT) を定義した場合

あるいは、短縮 MRS ための ROT の条件が WTC 内のある航空機型式だけを満足している場合、ROT に基づく WTC 内の新しいサブ分類は、サブ分類の背後にある短縮 MRS/ROT 間隔を許可するために、作成される (サブ分類は WTC のサブ部分であり、WTC の定義は変更されないため、実際には、管制官が管理することが可能である)。

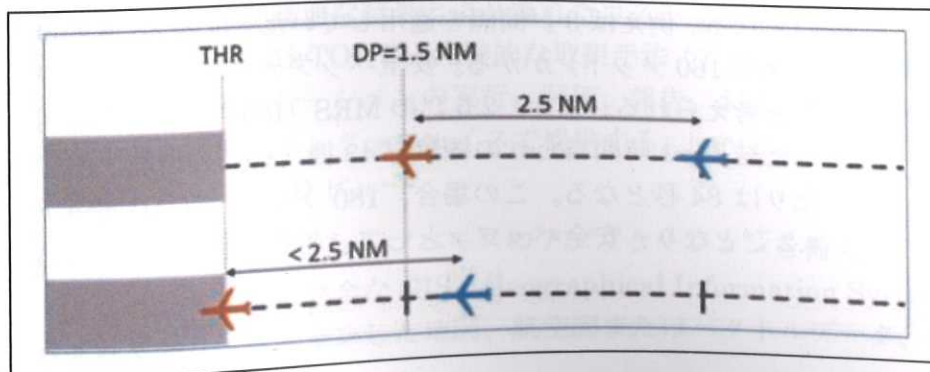
この ROT ベースの分類スキームは ROCAT と呼ばれ、平均 ROT の関数として航空機の分類のスキーム、関連した適用可能な MRS/ROT 距離間隔値、方式ベース及び簡素な HMI 支援を適用したある一部の航空機のため、許容される短縮 MRS/ROT 間隔の運用と定義される。

ROCAT の例を以下に示す。

Followers Leader	Heavy	Medium (low ROT)	Medium (high ROT)	Light	
Heavy	4 NM	5 NM	5 NM	6 NM	Wake minima
Medium (low ROT)	2.5 NM	2.5 NM	2.5 NM	5 NM	MRS 2.5NM
Medium (high ROT)	3 NM	3 NM	3 NM	5 NM	ROT spacing
Light	3 NM	3 NM	3 NM	3 NM	

f. 間隔設定地点の移動による短縮間隔 (REDSEP)

MRS と比較した短縮間隔は、設定された間隔を変更せずに、間隔設定地点 (DP: Separation Delivery Point) の移動により取得することができる。滑走路端と間隔設定地点間の間隔短縮のおかげで、短縮間隔を滑走路端で取得することができる。DP の移動を REDSEP と呼び、風ベースの条件付きである。



DP 値と風のしきい値基準は、既存の状態との比較に基づき、安全上の ROT の制約に沿った監視データによって決定されるべきである。滑走路端 (THR) からではなく、滑走路端から 1.5 ㊦の地点を DP とすることにより、間隔を短縮できる。つまり、滑走路端では先行機の速度が遅くなり、航空機間の間隔が縮まることが想定され、間隔を維持するために 2.5 ㊦より間隔をプラスしておく必要がある。DP を 1.5 ㊦地点に変更することで、余分な間隔をプラスする必要がなくなるという考え方である。

#### 6) 安全バッファに関する考察

間隔設定地点 (通常は滑走路端) で航空機の間隔を安全に設定するために、管制官は通常、いくつかのバッファを使用する。これらのバッファは、予想される航空機対気速度の動作 (ATC 対気速度の指示と通常の着陸対気速度への準拠) の経験によって取得され、0.5 ㊦と 1 ㊦の間で平均的な過剰間隔 (該当する最小値を超える) につながる可能性がある。

これらのバッファは、自然な距離の追いつきと最終進入の対気速度の違いによる航空機間の間隔圧縮に関連する不確実性からも生じる。

したがって、航空機の動作予測により、関連する管制官の作業負荷を維持または削減しながら、現在と比較して間隔設定の能力を向上させることができる。

さらに、TBS を適用する場合、適用可能な間隔最小値に大きくなればつきがあるため、圧縮バッファを管制官が正確に推定できなくなる。したがって、この情報も提供するための間隔設定ツールが必要である。

ORD の概念では、管制官は、間隔設定地点 (つまり、滑走路端) で間隔最小値を正確かつ効率的に設定するために、最終進入への連続到着機間の予測される圧縮に基づいて、適用可能な間隔の情報が提示される。

ORD は、安全性を確保するためだけでなく、バッファの定義があまりにも保守的すぎると効率が低下する可能性があるため、効率のために、動作条件全体で航空機の対地速度を正確に予測する必要があることに注意する必要がある。

シャルル・ド・ゴール空港における実際の 1 時間当たりの処理機数は 39 機で、1 機当たりは 92 秒 (160 ノット) となる。距離に換算すると、約 3.7 ㊦となる。例えば 3 ㊦間隔を適用していたとすると、3 ㊦は 68 秒 (最終進入速度 160 ノット) にかかる。安全バッファ (天候及び管制方式) は平均 24 秒と考えられる。また、2.5 ㊦の MRS (ROT50 秒) を適用して RTS を行った結果、1 時間当たりの機数を 43 機 (10% の増加) としている。1 機当たりは 84 秒となる。この場合、180 ノット (ICAO 想定) で 84 秒だと、4.2 ㊦となり、安全バッファとして、平均 34 秒とっていると考えられる。

### 3. AirTOP シミュレーション機能の概要

AirTOP (ルールベースの端末間高速シミュレーション) は主要な航空路 (空域におけるゲート間の航空交通) 及び空港における複雑さのモデリング、シミュレーション並びに評価ソフトウェアである。

AirTOP ユーザーには DFS 及び UK NATS など主要な航空管制業務提供機関 (ANSP)、空港当局、航空会社、研究所並びに世界中のコンサルティング会社が含まれる。このソフトウェアは、航空交通と空港の複雑さの評価、管制官の作業負荷の測定、空域と空港の容量の改善などに使用される。AirTOP モデルは世界中の 100 を超える主要空港の運用を改善するために使用されている。

【管制関係のシミュレーション分析に関する記載は (6) 滑走路処理容量分析 [Runway Capacity Analyzer]、(7) TMA / TRACON、(8) 航空路、及び (9) 航空交通流管理 を参照。】

#### 《主なモジュール》

- 機能のモデル化
- GUI
- 統合マップ
- 地上移動体 (エアサイドビークル)
- ターミナル
- TMA/TRACON
- WIZer
- テスト

#### (1) 複数要素を仲介役としての機能 (エージェント) のモデル化

AirTOP は複数の要素を仲介役として行うアプリケーションであり、すべての管制官のタスクと作業、及びそれらが相互作用または運用できるすべての概念又は目的を正確に把握する。これによりアプリケーションの堅牢性が向上し、シミュレーションがより正確になる。

#### (2) 単一のグラフィカルユーザーインターフェイス (GUI)

シミュレーションシナリオの編集と評価は、高速シミュレーションツールを使用して調査を実施する場合、間違いなく最も時間のかかる 2 つのタスクである。AirTOP インターフェイスは、シミュレーションのセットアップと評価に必要な時間を短縮して、より高速な結果とより優れたコスト効率を実現するように特別に設計されている。AirTOP は、先進的な取組手法 (アプローチ) により、シナリオの編集、シミュレーションの実行、評価、報告、およびシミュレーション分析を 1 つの高度なインターフェイスで提供する。

#### (3) 統合された 2D マップと 3D ビュー

AirTOP は、使いやすい統合マップベースのアプリケーションを備えている。このアプリケーションには完全な GIS (Geographical Information System) 機能が含まれており、スキャンした地図、航空図またはベクトルデータ、気象

データ、衛星画像、標高データの柔軟な背景表示が可能である。多層で双方向による 2D 視覚化は、使いやすいナビゲーションコントロール、およびデータの作成と編集をその場で行うことができる。マウスを 1 回クリックするだけで、ユーザーは地図上と情報表示上で同時にデータ入力を視覚化できる。

使い易いナビゲーションコントロールによって促進される 3D ビューは、地形標高データの上に衛星画像又はチャートをオーバーレイするオプションを提供する。また、カスタムカメラの視点からシミュレーションを見ることができる。

#### (4) 地上移動体 (エアサイドビークル)

AirTOP Airside Aircraft を使用すると、空港当局、オペレーター、コンサルタント、及びその他の利害関係者は、地上走行する航空機の運用をモデル化することにより、空港の容量を評価および改善できる。これにより、以下のルールベースのモデリングが容易になる。

- スポット/ゲートの割り当て
- taxibot / eTaxi を含むプッシュ/プル方式概念
- 地上走行の交通流制御
- 滑走路の入口と出口の選択
- 単一および複数の滑走路順位
- 滑走路横断
- ターンアラウンド管理
- 除氷方式
- 地上計測と出発管理 (DMAN)
- 滑走路方向の変更

AirTOP Airside Vehicle は、空港で地上支援機器 (GSE) 車両をシミュレートするためのルールベースのモデリング機能を提供する。

走行ルートの再定義から滑走路の運用モードの変更まで、あらゆることが要求される状況では、AirTOP Airside Aircraft を使用すると、ユーザーは潜在的な運用上のボトルネックを視覚化し、代替シナリオをテストできる。

強力な統合 2D および 3D グラフィカルユーザーインターフェイスを使用して、詳細な地上側レイアウトと方式を作成、変更、シミュレーション、および比較できる。また、燃料消費、走行時間、滑走路端での待ち行列などの能力指標を抽出して、共通のプラットフォームの関係者と話し合うことができる。

#### (5) ターミナル

ターミナルモジュールは、新規または改訂されたターミナルレイアウトまたは運用プロセスの有効性を評価および伝達するためのプラットフォームを提供し、メリットを最大化し、コストを最小化する。AirTOP の重要な概念と主な利点は次のとおりである。

- プロセスとシステムのシミュレーションと視覚化
- 容量の分析



- what-if シナリオの調査
- 運用の最適化
- 主要業績評価指標 (KPI) の測定
- 新しいレイアウトの分析
- インフラストラクチャにおける制約の評価
- 結果の報告及び伝達
- 利害関係者のコンセンサスの構築
- メリットの最大化及びコストの最小化

AirTOP は、空港の運用及び計画を行うスタッフが情報に基づいた意思決定を行えるようにする。このソフトウェアは、経済的および環境的影響を考慮に入れて、費用対効果が高く教育的な方法で意思決定に到達できるように、広範な機能を提供する。

#### (6) 滑走路処理容量分析 (RCA: Runway Capacity Analyzer)

滑走路処理容量の見積もりは、すべての空港計画の基本である。容量に制約のある空港の場合、滑走路の使用を最適化することが主な目的である。RCA は、空港の滑走路システムの現在及び将来の処理能力を評価するのに最適なツールである。滑走路システムを空域と残りの空港の両方から切り離すことにより、この目的を達成する。

RCA はモンテカルロシミュレーション法 (数値計算手法の一つで乱数を用いた試行を繰り返すことで近似解を求める手法) を適用して入力パラメーターから処理能力の推定値に不確実性を加えることにより、既存の分析容量評価の制限を克服する。滑走路システムの分離により航空機型式混在 (フリートミックス)、サービスレベル、到着/出発率、及びスケジュール時間の制約を尊重しながら、堅牢な処理能力の推定値を取得するために多くのトラフィックシーケンスを分析できる。RCA を使用すると、次のことが可能になる。

- 最適化されたトラフィックシーケンスの取得
- 滑走路システムの処理能力を評価するさまざまな条件
- 滑走路の目標に関して遅延を評価するさまざまな条件の時間
- 滑走路の観点から将来の交通需要をテストする容量の不足/超過
- 不確実性の影響の組込み
- 以下の影響の調査
- フリートミックス
- 必要な航空機の間隔設定
- 滑走路のレイアウトと運用モード
- 滑走路の入口と出口の位置と使用状況
- サービスレベル (許容される遅延)
- 特定のフライトの優遇措置

## (7) TMA / TRACON

TMA / TRACON モジュールは、すべての主要な空港の進入および出発を支援する。このソフトウェアは、空港の空域で関連するすべての航空機の動きを現実的にシミュレーションし、必要なすべての出発/進入管制官のタスクをシミュレーションする。

このモジュールは、空港のすべてのプロセスとイベントを、高度な AMAN や DMAN などの地上およびターミナルエリアの航空交通管制 (ATC) とリンクし、航空交通の流れと容量の管理 (ATFCM) および CDM イベントを模倣 (エミュレート) することで、忙しい空港を容量の問題と根本的な遅延要因を把握して理解する。

統合された「what-if」機能は、戦略的な数百万の投資決定から、遅延、騒音、またはコストの能力目標の達成を支援する日常の意思決定まで、迅速な意思決定を支援し、同時にユーザーに多様性を提供する。ビジネス目標は、さまざまなシナリオから選択する。さらに、シミュレーションの結果 (たとえば、飛行軌道) を簡単に入力して、騒音モデリングに合わせた外部ツールで使用できる。

## (8) 航空路

航空路モジュールは、すべての主要な航空路の構造と管制官のタスク、およびそれらに関連するすべての静的または動的な制限を支援し、現実的な航空路のシミュレーションを提供する。

このモジュールを使用すると、容量調査、再セクター化プロジェクト、経路の再編成、フリールートの実施、または短縮垂直間隔 (RVSM) 空域で使用できる、使いやすく忠実度の高い空域および航空交通モデルを作成できる。

航空路モジュールは、世界中の管制業務提供機関、民間航空当局、およびサービス会社で使用されている。容量、作業負荷、遅延、経済的または環境的能力などのメトリックは、利害関係者と有意義な話し合いを行うために必要な形式で簡単に利用できる。

## (9) 航空交通流管理

4D 軌道ベースの運用 (TBO : Trajectory Based Operation) は、米国の次世代航空輸送システム (NextGen) とヨーロッパのシングルヨーロッパアンスカイ ATM リサーチ (SESAR) の両方の重要な構成要素 (コンポーネント) である。次のようなこの概念のモデル化を支援している。

- 計画された 4D 軌道の同期と情報の交換 (ネゴシエーション)
- 空域の計画された入国負荷と占有率の監視
- 交通流管理と需要及び容量の均衡維持 (バランスング)
- 時間ベース (TTA / CTA / RTA) または距離ベースの任意の地点でのメタリング

膨大なデータサンプルを非常に迅速に処理および分析できる最先端の ATFCM モデルとして認識されている、このシステムは、研究プロジェクト、交通流と

容量の戦略的なシステム全体の分析、またはシナリオ標準の解決策と「戦略集（プレイブック）」の開発に理想的な選択肢である。

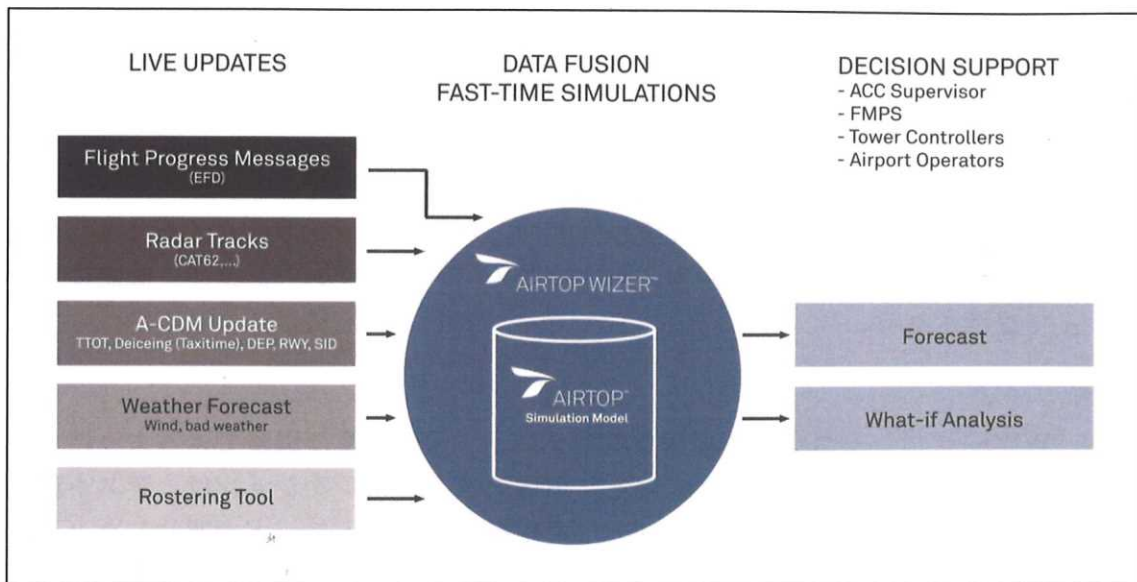
能力指標の表示は、ニーズに合わせて調整し、利害関係者と簡単に共有できる。

#### (10) What-if-analyzer (WIZer)

WIZer の主な概念は、将来の状況のライブ予測と、意思決定を支援するリアルタイムの what-if 分析を提供することである。WIZer は主に、航空交通状況とセクター負荷の予測で管制部スーパーバイザーと交通流管理者を支援し、what-if 分析で代替セクター構成、高度、経路をテストする。

WIZer は、飛行進捗メッセージ、レーダー航跡、天気予報等の複数のポイントから入力データを取り込み、AirTOP の GUI に表示される。需要が容量を超えると予測される期間を強調表示し、需要の減少または容量の増加が予測に与える結果を表示するオプションを提供する。これにより、ユーザーは利用可能なオプションに対して双方向で what-if 分析を実行できる。

#### 《WIZer 機能の構成要素》



WIZer は、任意の管制部または管制部グループの完全な運用環境をモデル化できる。これは、すべてのタイプのセクター（たとえば、航空路のセクター、TMA など）または飛行場管制官の困難度と作業負荷の測定値を提供し、この困難度と作業負荷を管理する方法を提供する。作業負荷と困難度のモデルは、WIZer アプリケーション内の GUI（Graphical User Interface）を使用して指定される。これにより、WIZer 管理者は、モデルを変更、パラメーター化、またはカスタマイズできる。

WIZer アプリケーションの拡張可能でモジュール式的设计により、顧客の特定のニーズに合わせて簡単にカスタマイズできる。

システムを変更せずに、新しいモジュールをアプリケーションに追加できる。

《支援する構成要素》

- さまざまなデータソース
- さまざまな作業負荷/困難度の計算
- 新しい航空機数
- セクターおよび空域構造の新しいシステム

WIZer は、複数のインターフェイスを介して入力データを取得し、出力データを送信できる。WIZer の構成要素により、ローカルフライトデータ処理システムやカスタムフライト CPR メッセージなど、追加のデータリンクを AirTOP で簡単に統合できる。WIZer は、地域の HR/育成計画管理ツールとの接続とデータ交換、および複数のソースと形式からの軍事空域活性化計画の取得を支援する。

《入力データ処理》

- 事前定義されたシナリオの数：記憶容量によってのみ制限あり
- シナリオの変更：<60 秒
- 事前定義されたセクター構成の数：2,500 以上
- 同時にシミュレーションされたフライト：5,000 以上
- 作業負荷と困難度の値の計算：<60 秒
- 管制官の作業位置の数（20 以上）

WIZer ACC ソフトウェアは、1 日 24 時間、週 7 日実行でき、99.9%を超える可用性を備えている。ある程度の信頼性と可用性は、システムに統合されたさまざまな自動修正、自動回復、および校正（キャリブレーション）機能によって提供される。

(11) テスト

WIZer には、システムを運用目的でテスト、検証、及び調整できるようにする特定のテスト環境が含まれている。単体テストのコレクションは、テスト環境に含まれている。非回帰テストは、再生機能とテストモードで開始したときにシステムによって生成されたプロファイリングトレースに基づいており、モデルの検証、予測品質、バックグラウンド側のソフトウェアコンポーネントのグローバルパフォーマンス、および WIZer クライアントのグラフィックパフォーマンスに関する情報を提供する。

手動テストの追加方式も、WIZer の顧客の HMI をテストしてストレスを与えるために、非回帰テストの一部である。