

羽田空港の処理容量拡大策 に関する調査研究報告書

平成22年10月



(社) 日本土木工業協会
海洋開発委員会
空港技術専門委員会

羽田空港の処理容量拡大策 に関する調査研究報告書

平成22年10月



(社) 日本土木工業協会
海洋開発委員会
空港技術専門委員会

まえがき

(社)日本土木工業協会の海洋開発委員会空港技術専門委員会では、前身の(社)日本海洋開発建設協会の時代から、我が国の海上空港プロジェクトが抱える技術的な課題について調査研究活動を重ね、各プロジェクトの円滑な進捗に寄与してきております。

特に数年前には、羽田空港の再拡張事業に取り組んでおりましたが、いよいよこの再拡張事業も完成し、近く4本目の滑走路と新国際線ターミナルが供用されようとしております。

ご記憶の方も多いと思いますが、この羽田空港の再拡張事業は、異なる技術分野間の競争という側面が強調された結果、工事の入札・契約手続きの中で使用技術分野と工法も決めるという異例の措置がとられました。この方式は、最近では一般的になってきています設計施工一括発注方式の走りのように見えますが、実際のところは、入札・契約後でなければ、環境アセスメントなどの法手続きや地元関係者調整を始められないことなど、その後行われている設計施工一括発注方式とは大きく異なっています。

このような変則的な仕組みの中でスタートした事業でありましたが、その後の受発注者をはじめとする多くの関係者の懸命の努力により、今般予定通りの工期で完成に至ったわけです。世界でも過密な海である東京湾の中、それも東京港の入り口付近の輻輳海域において、世界でも最もビジーな羽田空港を通常通り供用しながら、ほとんど事故も無く異例のスピードで予定通りに再拡張事業を完成できたことは、土木分野の技術力と現場力によるところが大きいものと自負しております。

一方、首都圏の航空需要の動向に目を向けますと、今後とも国際輸送を主体に大幅な増加が見込まれており、羽田空港の再拡張事業や成田空港の滑走路延長事業等による容量増加を見込んでも、近い将来には再び需給が逼迫し、手をこまねいていると我が国の国際競争力や活力にも大きな支障が生じると言われております。

空港技術専門委員会では、こうした問題を先取りして対応策を検討しておくため、再拡張事業供用後の羽田空港に着目し、ストックを最大限に活用するという観点から、羽田空港の処理容量拡大策について自主研究を行って参りました。具体的な対策としては、A滑走路を少し南側にスライドしB滑走路との間に離隔を確保する対策と、C滑走路の外側空間を活用する対策を取り上げています。研究にあたっては、空港の処理容量が、地上の施設だけではなく、上空の飛行ルートや管制方式、空港の運用方法、航空機の性能や機材特性、さらには空港周辺住民の理解といった事項で構成される全体システムとして決まるものという認識に立ち、各方面の専門家の皆様にご意見をうかがうとともに、空港の運用状況等に関する実態調査なども行いました。

本報告書は、これらの対策の効果と実現可能性、実施上の課題等について研究した成果を取りまとめたもので、まだ多くの課題を積み残した内容にとどまっていますが、本報告書が、関係各方面の参考になれば幸いです。特に、羽田空港の管理や計画に直接関与しておられる関係機関におかれましては、こうした対策の実現可能性について、それぞれのお立場で検討を深めていただくことを期待しております。

最後になりましたが、本研究を実施するにあたり、ご指導・ご支援を賜りました関係各位に心から御礼を申し上げます。

平成22年10月

(社)日本土木工業協会 海洋開発委員会 空港技術専門委員長 門司 剛至

目 次

まえがき

はじめに	1
1. 羽田空港の現状と課題	4
(1) 羽田空港の現状	4
1) 沿革	4
2) 利用状況	6
3) 再拡張事業の概要	14
(2) 羽田空港の課題と対応策	17
1) 実態調査から見た課題	17
2) 施設配置に起因する課題	18
3) 社会・環境面の課題	20
4) 再拡張後の課題と対応策	24
2. 羽田空港の処理容量に関する整理	26
(1) 処理容量の概念	26
1) 空港・ターミナルの計画	26
2) 管制方式・システム運用	26
3) 航空市場・機材運用	27
4) 地域計画・社会・環境制約	27
(2) 滑走路処理容量と空港処理容量	28
1) 空港処理容量とは	28
2) 滑走路処理容量の考え方	29
(3) 処理容量の試算結果	30
1) 滑走路1本の処理容量	30
2) 交差滑走路2本の処理容量	32
3) 再拡張後の処理容量試算結果	39
4) A滑走路南側スライド・E滑走路増設による処理容量	47
5) 他機関での試算例との比較	49
6) 欧米の空港容量	51
3. A滑走路南側スライド案に関する検討	55
(1) A滑走路南側スライドの意味	55
1) A滑走路の現状	55
2) A滑走路南側スライドの意味	55
(2) A滑走路南側スライド計画	56
1) A滑走路スライド条件の整理	56
2) A滑走路南側スライド計画	65

(3) 海上延伸部の構造	75
1) 荷重条件	75
2) 栈橋構造計画	83
3) 防食対策計画	89
4) 現空港接続部構造案	90
5) 埋込型進入灯	91
(4) 海上延伸部の施工方法	93
1) 施工条件	93
2) 施工方法	93
3) 工事工程	98
(5) 今後の検討課題	99
1) 生態系への影響	99
2) 多摩川への影響	100
3) 揚圧力対策	102
4) 栈橋部構造	104
5) 現空港接続部構造	104
6) 施工方法	105
(6) まとめ	106
4. C滑走路外側空間の利用可能性の検討	107
(1) C滑走路外側空間の利用可能性	107
1) C滑走路外側空間の期待と利用方法	107
2) 空港処理容量の拡大効果	109
3) 空港処理容量以外の面での効果と課題	115
4) C滑走路外側空間利用の効果	125
(2) C滑走路外側空間利用のための建設上の課題	125
1) 建設上の課題	125
2) 制限表面の確保	129
3) 浅場の移転と第一航路との離隔	132
4) 建設工法の検討と施工順序	134
5) 埋立荷重による不同沈下対策	136
6) 小型船舶通航路および通水性の確保	137
7) 建設上の課題のまとめ	139
おわりに	142
関係者名簿	144
参考資料編	
1. 羽田空港の滑走路運用状況調査結果	参考資料 1-1
2. 空港における地上走行時間に関する調査結果	参考資料 2-1
3. 空港処理容量に関する整理	参考資料 3-1

はじめに

(研究の目的)

我が国が国際社会において埋没することなく今後とも持続的な成長を続けていくためには、アジア各国をはじめとする諸外国の活力を積極的に取り込み、引き続きアジアにおける成長センターとして機能していくことが不可欠である。そのためには、様々な施策を有機的に連携させて総合的・効率的に推進していく必要があるが、中でも重要なことの 하나가、国際競争力を強化するための基盤となる国際空港について、機能の強化や利便の向上、航空ネットワークの拡充等を推進していくことと考えられる。

特に首都圏は、我が国経済にとって最も重要な成長センターであり、首都圏の競争力を維持・強化していくことなしに、我が国が安定的かつ持続的な成長を実現していくことは困難である。このため、首都圏における空港は、アジアや世界に対するゲートウェイとしての機能を十分に果たしていかなければならない。空港制約が首都圏の潜在的な競争力の発揮を阻害するとすれば、それは我が国の社会及び経済全体の損失につながるため、首都圏における着実な空港容量の拡充が不可欠である。

このように重要な首都圏の空港問題に関して、2007年6月の交通政策審議会航空分科会答申によれば、羽田空港及び成田空港の今後の航空需要は、輸送量、発着回数ともに、国際輸送を中心に、引き続き堅調に増加することが見込まれている。即ち、輸送量は、2005年の実績に対し、2017年に国際旅客は1.40倍（年平均伸び率2.8%）、国内旅客は1.13倍（年平均伸び率1.0%）、国際貨物は1.42倍（年平均伸び率3.0%）になると予測されている。また、発着回数は、2005年の実績48.9万回（うち羽田29.6万回）に対し、2017年には63.4万回（2005年比1.30倍）（年平均伸び率2.2%）になると予測されている。これらの予測は、いずれも空港容量の制約を考慮したものであり、制約がない場合の潜在需要は、これらの値を、国際旅客で9%程度、国際貨物で13%程度、発着回数で6%程度上回るとされている。

首都圏の航空需要が着実に増加していくことは、2009年9月に（財）運輸政策研究機構が公表した「首都圏空港の将来像」でも示されており、国際旅客は2007年の実績に対し、2030年に3.06倍（年平均伸び率5.0%）、発着回数は2007年の実績52.0万回に対し、2030年に93.6万回（2007年比1.8倍）（年平均伸び率2.6%）になると予測されている。なお、国内旅客は少子高齢化やリニア中央新幹線整備等の影響により、現状からほぼ横這いと予測されている。

旺盛な首都圏の航空需要に対応するため、成田空港では2009年10月に延伸された平行滑走路が供用され、羽田空港では2010年10月の供用を目指して再拡張事業が急ピッチで進められている。また、かねてより、周辺空港の活用策や首都圏第三空港の可能性等についても検討が行われている。

こうした状況を踏まえた上で、上述の航空分科会答申では、「当面对処が可能であることが見込まれるものの、その後さらなる能力向上対策を進めなければ、おおむね10年後には再度、空港容量は限界に達することが予想される」ため、「羽田、成田両空港のさらなる容量拡大に向けて、管制、機材、環境、施設等あらゆる角度から、可能な限りの施策を検討していく必要がある」としている。また、「茨城空港と横田飛行場について首都圏の航空需要の一翼を担うものとして、その活用を図る

ことが適当」であり、「首都圏第三空港についても、長期的な視野に立って引き続き検討することが望ましい」とされている。

あらゆる手立てを講じて首都圏の空港機能を拡充強化していくべきというこの考え方は、政権交代後も着実に受け継がれており、2010年5月にとりまとめられた国土交通省成長戦略では、「首都圏空港が我が国の成長の牽引車としての役割を今後とも十分に発揮していくには、国際線・国内線双方のネットワークの更なる強化や際・内乗り継ぎ機能の改善、LCCやビジネスジェット等、これまで十分に対応できていないニーズへの対応等、抜本的な機能強化が必要である。そのためには、首都圏空港全体について、これまで以上に踏み込んだ容量拡大努力を行い、可能な限り容量制約（ボトルネック）がない環境を作り出すことが強く求められる」としている。また、特に国際輸送の面においては、羽田空港の役割を一段と強化していくこととされている。

このように重要な首都圏の空港問題の解決を図っていくためには、羽田・成田両空港の機能強化と連携強化の問題をはじめ、周辺空港の活用策や新空港の可能性、飛行ルートや管制の面での改善の可能性など、様々な課題に総合的に取り組んでいく必要があるが、この空港技術専門委員会では、特に羽田空港の処理容量の問題に着目して、再拡張事業供用後の空港用地とそのごく周辺の空間を利用しての容量拡大策等について検討することとした。言い換えれば、再拡張事業が完成した時点で羽田空港が有するストックを最大限に活用していくという視点から、羽田空港の容量拡大策等について検討したものである。

（研究の内容と方法等）

現在行われている羽田空港の再拡張事業が終了すると、羽田空港の処理容量は現状に比べて3割程度増加することになるが、空港の容量という観点から見るとなお幾つかの課題が残されている。

第一は、今後の航空需要の増加に的確に対応していくため、処理容量をさらに少しでも増やすことである。1時間あたりの離着陸回数を1回増やすことができれば、年間では発着回数が1万回増加することになる。

第二は、施設配置に起因する課題で、A滑走路の北側がB滑走路と交差していることと、A滑走路を横断する航空機が頻繁に生じることによる容量の低下である。南風時には、A滑走路は離陸、B滑走路は着陸に利用されることになるが、A滑走路の離陸機のエンジンプラストがB滑走路の着陸機に悪影響を及ぼすため、両滑走路は従属運用となり、処理容量が低下する。また、南風時にB滑走路に着陸し第一または第二ターミナルに向かう航空機や、C,D滑走路を利用する国際線航空機は、滑走路とゲート間の移動の際にA滑走路を横断する必要があるが、これに伴い、A滑走路の処理容量が低下することになる。同時に、複雑な地上管制が求められるとともに、待ち時間が生じ乗客の利便性も低下することになる。

第三は、再拡張事業が専ら滑走路の増設に着目して計画されたため、便数の増加に伴い、エプロンやスポット等、ターミナル用地が不足する恐れがあることである。B滑走路の南端付近の用地を利用してのナイトスティエプロンの増設等も検討されているが、ターミナルビルから相当の距離があるほか、ターミナルビルとの間の移動に際し、滑走路を横断する必要が生じ、処理容量の新たな低下要因になることも予想される。

第四は、国際線の増加に伴い、深夜早朝時間帯の利用頻度が高まり、滑走路等の円滑なメンテナ

ンス作業等に支障をきたす恐れがあることである。

当委員会では、これらの課題を改善する対策として、①A滑走路を南側にスライドして、A滑走路とB滑走路の間に離隔を確保する方策と、②C滑走路の外側空間を利用して問題を改善する方策が有効であると考え、これらの実行可能性等について検討することとした。

①の方策は、A滑走路とB滑走路の独立運用を可能にするとともに、A滑走路横断の問題を改善し、処理容量の増加と地上管制の負担の軽減等を図ろうとするものである。また、②の方策は、ターミナル用地を拡大するとともに、海側に滑走路を増設することにより処理容量の拡大とメンテナンスへの円滑な対応等を図ろうとするものである。

そもそも空港機能というものは、地上の空港施設のみならず、上空の飛行ルートや管制方式、空港の運用方法、航空機の性能や機材特性、さらには空港周辺住民の理解といった事項で構成される全体としてのシステムとして発揮されるものであり、空港の処理容量も全体システムの総和として決まってくる性格のものである。

このため、検討にあたっては、単なる地上における施設計画に陥らないよう留意しつつ、可能な限り管制や飛行ルート、空港の運用等の問題も視野に入れながら進めることとした。具体的には、施設計画等の検討に先立って、国土交通省東京航空局のホームページを利用しての羽田空港の運用実態に関する調査や、関係者が実際に飛行機に搭乗した際に調査表に記入する形で空港における地上走行時間に関する実態調査を行うとともに、空港の処理容量に関する整理と試算等を行った。また、処理容量や施設計画の検討に際しては、管制や空港運用の専門家からお話を伺い意見交換するとともに、羽田空港の実際の現場見学等も重ねたところである。そしてその上で、上述した2つの方策について、計画・設計条件の整理、実施上の課題の整理、構造・工法・工程等の概略検討等を実施した。以下、検討内容と結果について詳述する。

1. 羽田空港の現状と課題

(1) 羽田空港の現状

1) 沿革

東京国際空港(羽田空港)は、昭和6年(1931年)に我が国初の国営民間航空専用飛行場として誕生し、戦後は米軍の「ハネダ・エアベース」として利用され、昭和27年(1952年)に施設の大部分が日本に返還され名称も「東京国際空港」と改称された。昭和33年(1958年)の全面返還を経て昭和34年(1959年)には総面積260ha、A滑走路(2,550m×45m)、B滑走路(1,676m×45m)の2本の滑走路とターミナルビルを持つ国際空港へと生まれ変わり、その後は航空機のジェット化や大型化などの時代の要請に応え、徐々に変貌を遂げてきた(図1.1)。

昭和53年(1978年)には新東京国際空港(成田空港)が開港し、国際線の大半が成田空港へ移転したことにより、羽田空港は国内航空輸送の拠点空港として再出発することになった。昭和59年(1984年)より開始された沖合展開事業では、第Ⅰ期事業(昭和63年(1988年))で新A滑走路を、第Ⅱ期事業(平成5年(1993年))で西旅客ターミナルを供用し、さらに第Ⅲ期事業の前半事業として平成9年(1997年)には新C滑走路が供用した。平成10年(1998年)には国際線地区旅客ターミナルビルを供用し、平成12年(2000年)に新B滑走路を、平成16年(2004年)第Ⅲ期後半事業で東旅客ターミナルを供用している。



1931年「東京飛行場」開港



1970年 B滑走路延長工事



1959年 A滑走路を2,550mに延長



1964年 C滑走路完成



1984年 東京国際空港沖合展開事業着手

図1.1 開港からの羽田空港の変遷¹⁾

図 1.2 に羽田空港の現状を示す。現在、新たな羽田空港再拡張整備事業としてD滑走路の整備を行う「滑走路整備事業」と、国際線地区旅客ターミナルや貨物ターミナルなどを整備する「国際線地区整備等事業」が進められている。



第1旅客ターミナルビル(1993年供用開始)



第2旅客ターミナルビル(2004年供用開始)



羽田空港の全景

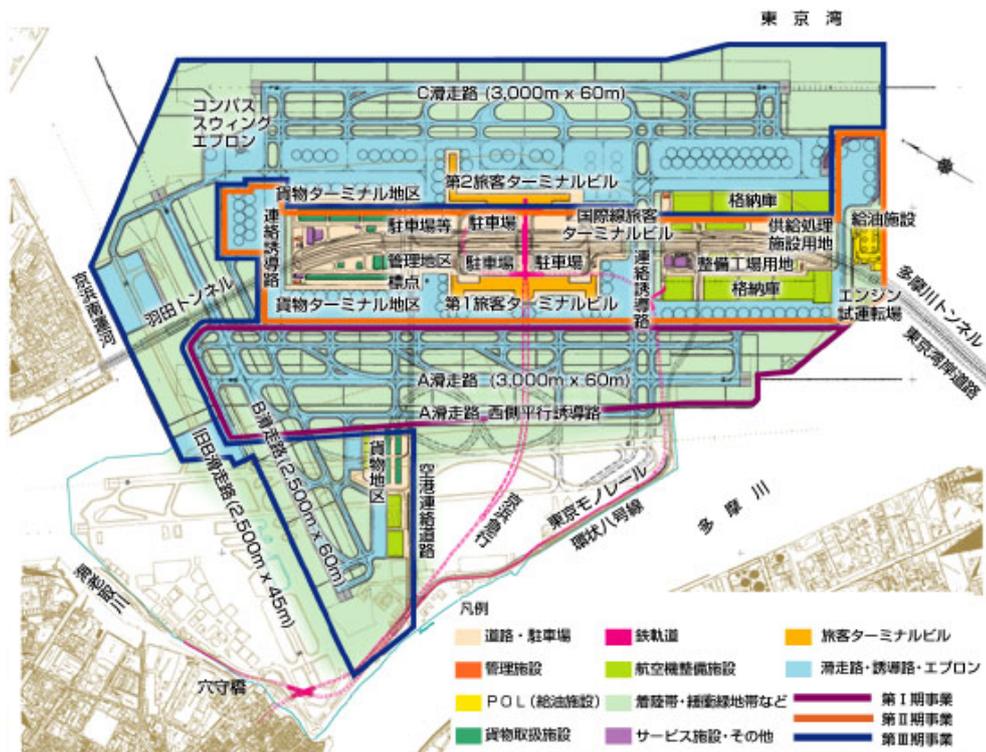


図 1.2 現在の羽田空港¹⁾

b. 旅客・貨物量と発着回数

現在の羽田空港においては、約 900 便/日の国内定期便が就航し、国際線は昼間帯のソウル便(8 便/日)と上海便(4 便/日)、香港へ毎日チャーター便が運航するとともに、ソウル、マカオ、ホノルルなどへ毎月 20 便程度のチャーター便が就航している。図 1.4～図 1.6 に羽田空港における旅客利用数、貨物取扱量、離発着回数の推移を示す。

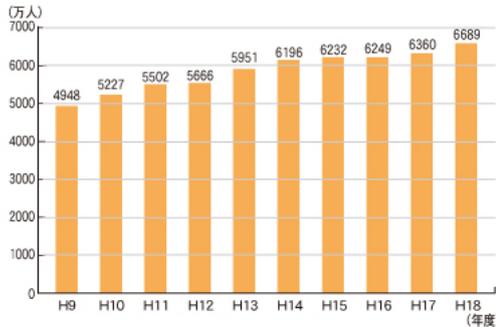


図 1.4 羽田空港の旅客利用数の推移¹⁾

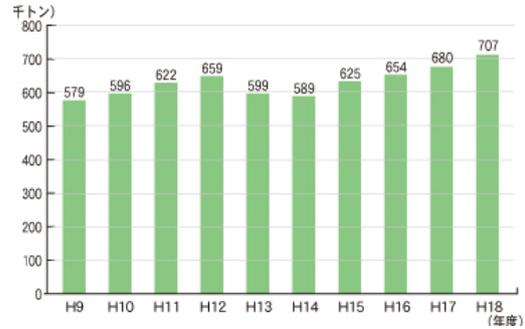


図 1.5 羽田空港の貨物取扱量の推移¹⁾

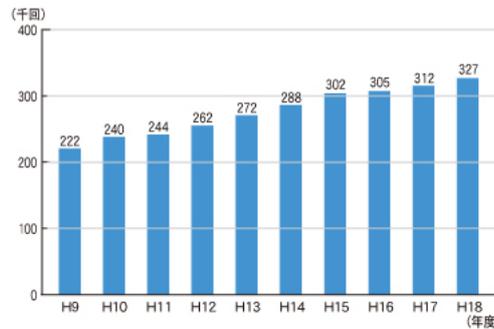


図 1.6 羽田空港の離着陸回数の推移¹⁾

図 1.7 に羽田空港の国内航空旅客数の実績および国土交通省における需要予測を示す。これによると、羽田空港の年間国内旅客数は 2006 年度(平成 18 年度)の実績で約 6,216 万人に達し、2017 年度(平成 29 年度)には 6,740 万人と予想されている。

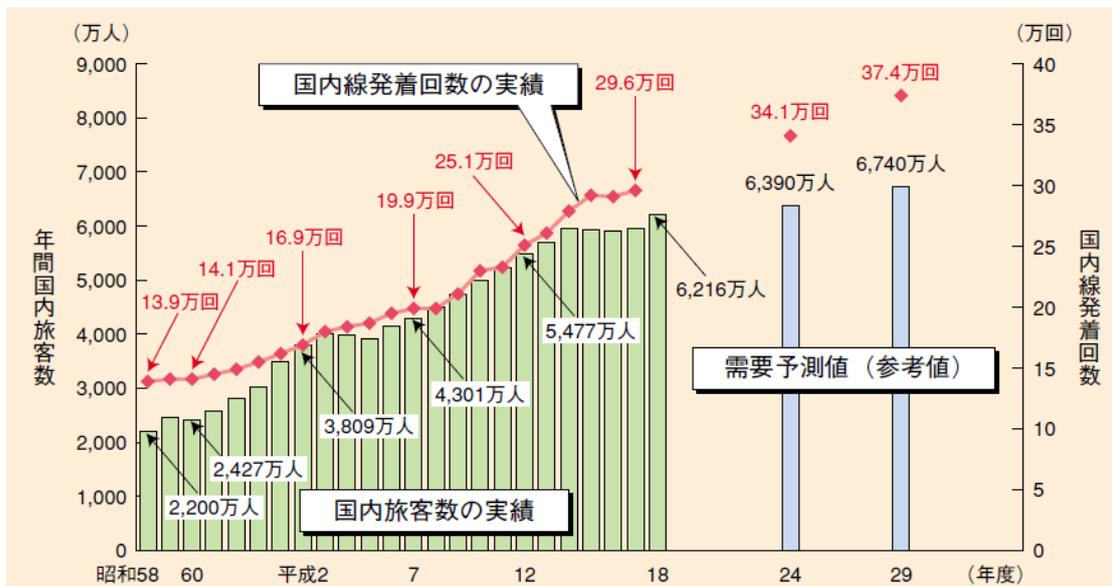


図 1.7 羽田空港の国内旅客数の実績および将来予測²⁾

また、図 1.8 に示す「首都圏空港の将来像」((財)運輸政策研究機構)によると、成田も合わせた首都圏の空港需要は、アジア諸国の発展やオープンスカイ等の自由化政策による運賃低下、運行頻度増加から 2030 年には国内線・国際線合計で 16,780 万人/年と予測されており、羽田・成田の容量不足が顕在化することが明らかである。

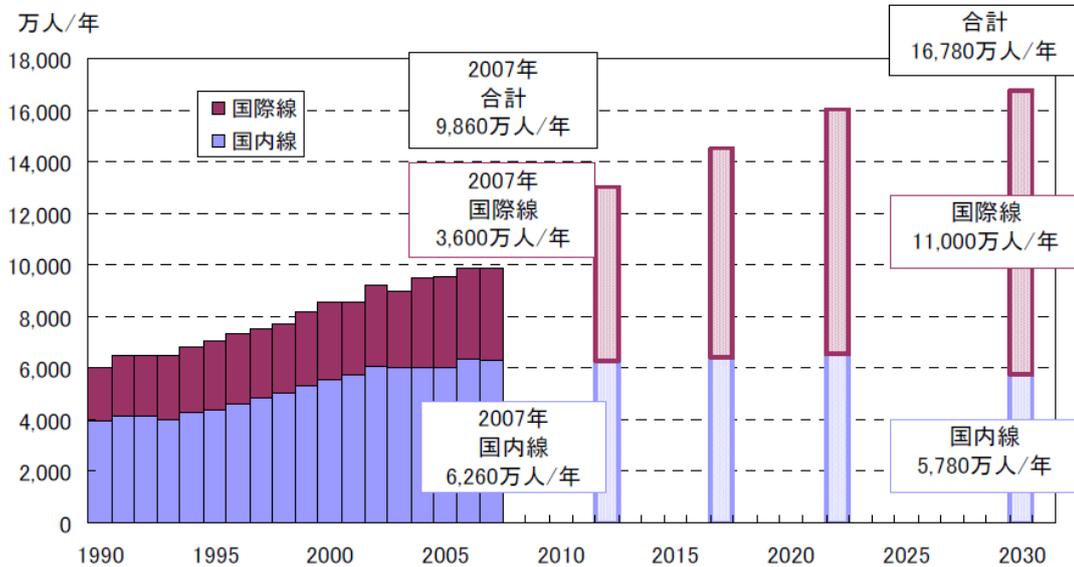
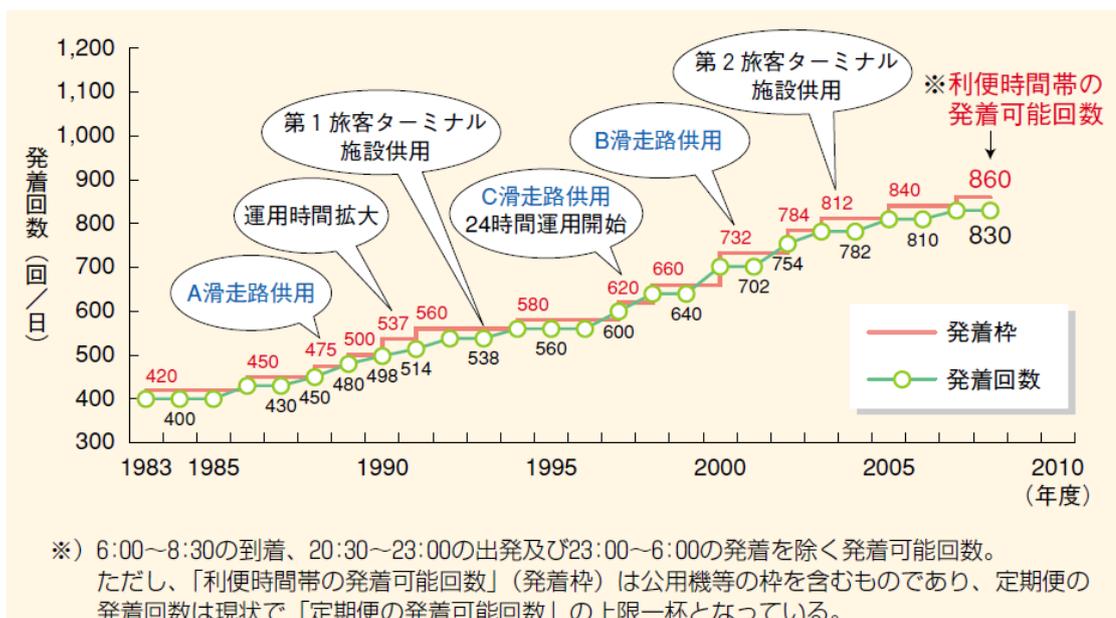


図 1.8 首都圏空港需要の予測 (旅客数) ³⁾

羽田空港の発着回数は、過去の沖合展開事業などによる滑走路やターミナル施設の増設や運用時間の拡大などに伴って徐々に増加してきた。図 1.9 は定期便の発着枠と発着回数の推移を示したものである。図に示すように、定期便の発着回数は発着枠の増加に伴い常に上限枠近傍で運用されており、増大する首都圏の航空需要に対して、空港容量の潜在的な不足が顕在化していることがわかる。

また、羽田空港の離発着機は約 7 割が大型機であることから、発着枠不足を示している。



※) 6:00~8:30の到着、20:30~23:00の出発及び23:00~6:00の発着を除く発着可能回数。
ただし、「便利時間帯の発着可能回数」(発着枠)は公用機等の枠を含むものであり、定期便の発着回数は現状で「定期便の発着可能回数」の上限一杯となっている。

図 1.9 羽田空港の定期便発着枠と発着回数の推移 ²⁾

c. 羽田空港の利便性

i. アクセスの利便性

羽田空港の利点を考える場合、まずアクセスの利便性が挙げられる。首都圏の拠点空港としての羽田空港は、都心部からモノレールや鉄道などの公共交通機関を利用して30分程度でアクセスできるという利便性の高さが大きな特徴となっている。一方、我が国の主要国際空港である成田空港、関西国際空港、中部国際空港は、羽田空港に比べて都心からの距離があり、アクセスが課題となっている。

首都圏から羽田空港へのアクセスについては、上述のように東京モノレール、京浜急行沿線の利用者、つまり東京都心と横浜方面は利便性が高いが、西東京や北関東方面からのアクセスはあまり良くないことも事実である。

空港機能のアクセス強化策として、北総線延伸による京成電鉄「成田スカイアクセス」が2010年7月に開業し、日暮里から成田第二ターミナルまで最速36分の便も運行されている。また京急蒲田駅の事業も進捗しており利便性の向上が図られている。(図1.10)

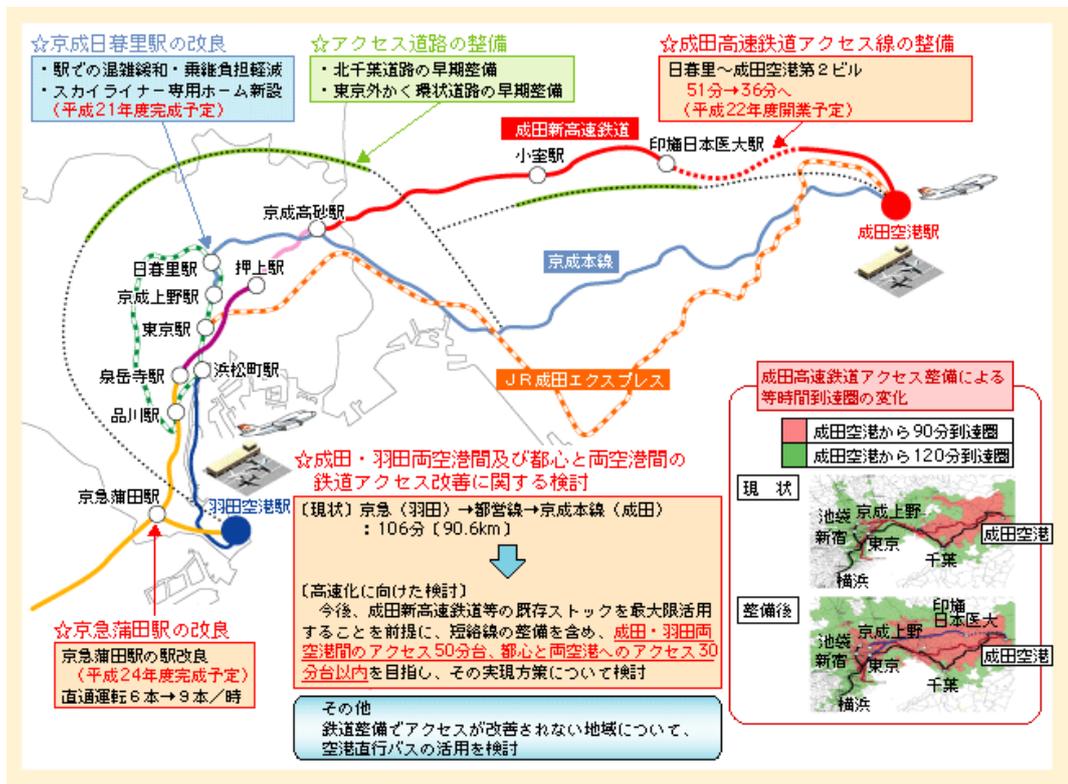


図 1.10 首都圏空港への交通アクセス強化⁴⁾

ii. 24 時間化による利便性

現在、羽田空港は 24 時間運用を行っており、6:00～23:00 の時間帯のみに運用が制限されている成田空港に比べ利便性は高い(ただし、2010年10月までの再拡張事業の工事期間中は深夜早朝時間帯に運用制限を実施している)。しかし、現在は 23:00 から 05:59 の時間帯に、10 便までの国際チャーター便の運行が許可されているのみであり、深夜早朝時間帯の発着枠が十分に活用されているとは言えないのが現状である。D滑走路完成後の2010年10月以降は、深夜早朝時間帯において騒音問題等に配慮しつつ、貨物便を含めた国際定期便の就航により、成田空港との一体的な運用による 24 時間化が実現する予定である。

iii. 国際線化による利便性

現在、国際線専用の「新国際線旅客ターミナル(仮称)」の建設が進められており、新滑走路完成後の昼間時間帯(6時～23時)には、近距離アジア・ビジネス路線を就航させ、深夜早朝時間帯(23時～6時)には成田空港が使えないことを踏まえ、欧米を含む世界の主要都市に国際定期便を就航させることにより、首都圏全体の国際空港機能の 24 時間化を実現させるとしている。このような国際線化への取り組みにより、国際、国内の乗継ぎの面も含めて羽田空港の利便性はさらに向上するものと期待されている。

d. 滑走路の運用状況

現在の羽田空港にはA, B, Cの3本の滑走路があり、主に風向きによって使用する滑走路や離着陸の方向などが決められている。図 1.11 は北風時と南風時における離着陸機の代表的な航跡図である。図中の赤線が離陸機、青線が着陸機の航跡をそれぞれ表している。

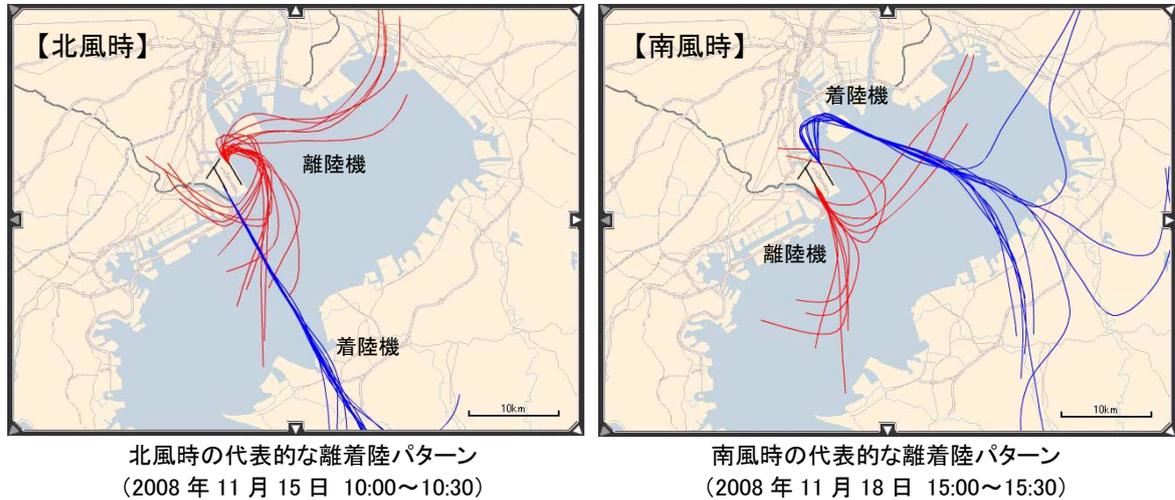


図 1.11 羽田空港における代表的な離着陸機の航跡図⁵⁾

羽田空港における滑走路の使用に関しては、以下に示すような基本方針に基づいて運用がなされている。

- ①滑走路で離着陸を分離する(離陸と着陸で同じ滑走路は使用しない)
- ②北風運用を基本とし、南風 7.0 ノット程度までは北風運用を行う
- ③海側への離陸、海側からの着陸を基本として運用する

これらの運用方針に基づいた羽田空港の離着陸パターンの模式図を以下に示す。図 1.12 は北風運用時の離着陸パターンである。北風時においてはA滑走路を着陸専用、C滑走路を離陸専用として使用することを基本パターンとし、離陸機が集中する朝7時台のみ一部の離陸機がA滑走路を使用するハミングバードと呼ばれる運用が行われている。

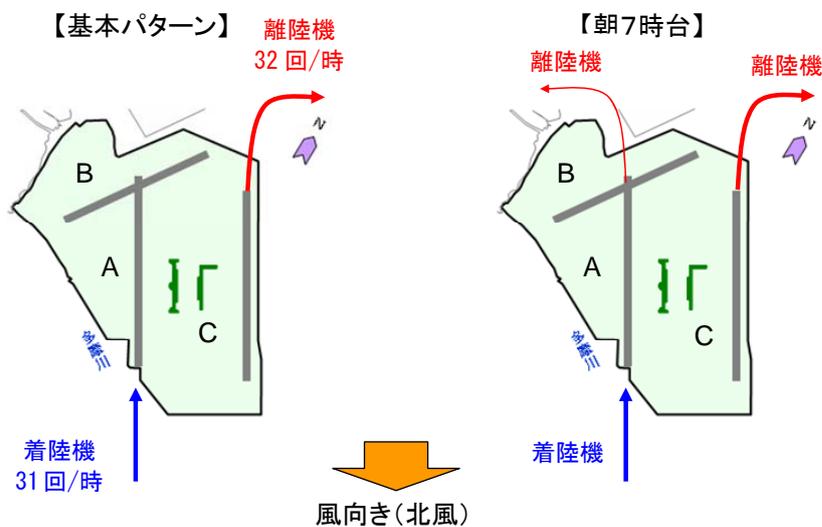


図 1.12 北風運用時の離着陸パターンの模式図

一方、図 1.13 は南風運用時の離着陸パターンである。南風時においてはC滑走路を着陸専用、A滑走路を離陸専用として使用することを基本パターンとし、横風時または視界不良時にはB滑走路を着陸専用として使用し、離陸機はA滑走路またはC滑走路のいずれか、もしくは両方を使用している。

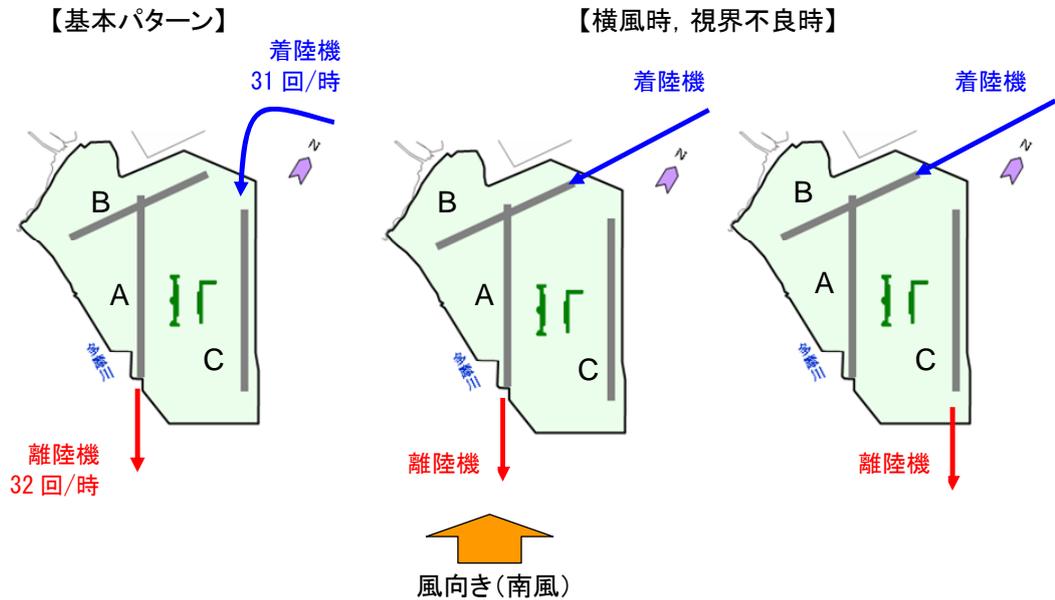


図 1.13 南風運用時の離着陸パターンの模式図

図 1.14 は、羽田空港における月別に集計した風向別運用時間割合の調査結果である⁵⁾。図に示すように、年間では北風運用が7割強、南風運用が3割弱となっている。ただし、風況の季節変動に伴い6～8月の期間は南風運用の割合が大きく、10月～2月の冬場では約9割が北風運用となっている。実際の風向きは北寄りの風が約5割なので、南寄りの風の時にも北風運用が行われていることがわかる。

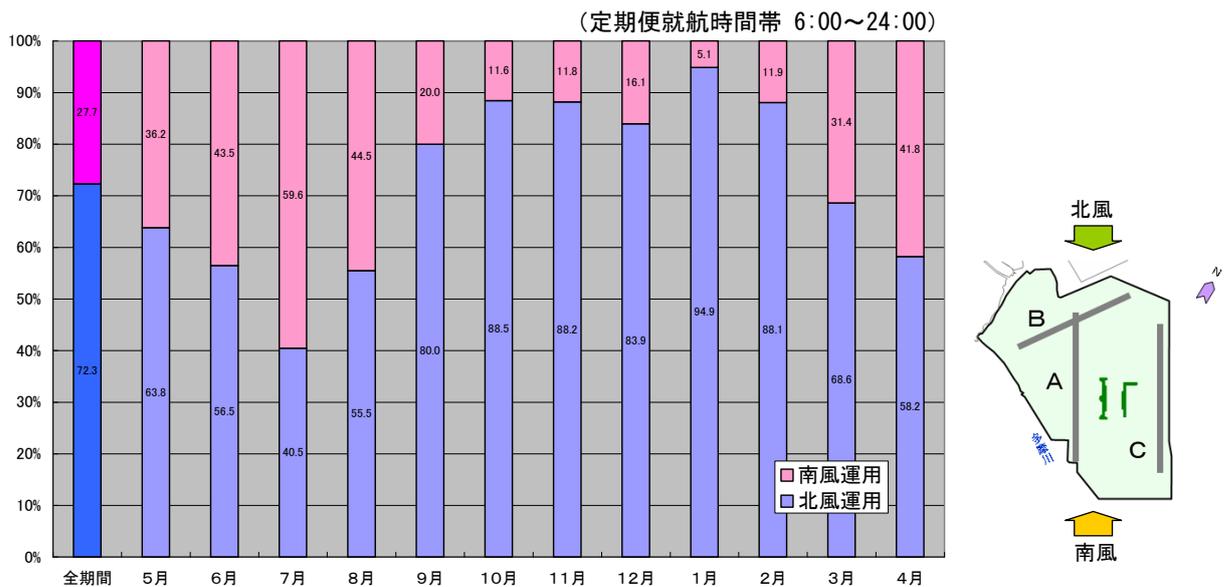


図 1.14 羽田空港における風向別運用時間の比率

図 1.15 に着陸機に対する滑走路の運用状況の調査結果事例を示す。着陸機に関しては、北風時はA滑走路、南風時はC滑走路の使用割合が多いことが分かる。B滑走路の着陸機の利用は主に横風時または視界不良時に使用されており、年間を通じて約1割程度の割合で運用されている様子が分かる。

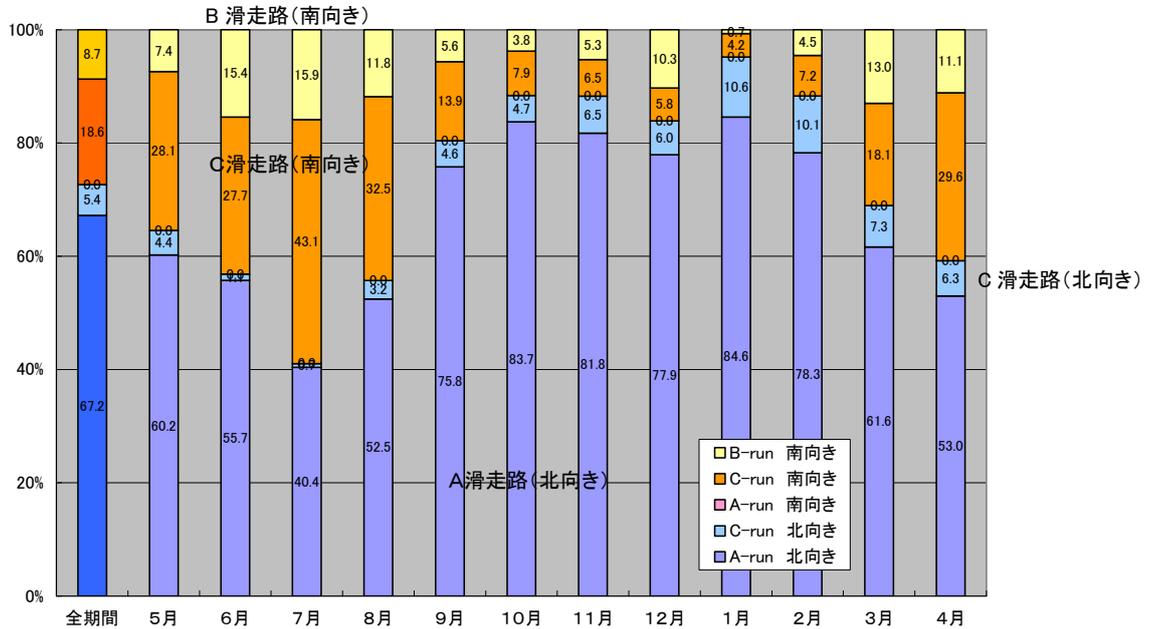


図 1.15 滑走路の運用比率（着陸時）

図 1.16 は離陸機に対する滑走路の運用状況である。主に北風時にはC滑走路が、南風時にはA滑走路が使用されている。A滑走路の北向き使用は、朝7時台のハミングバード運用を示しており、その比率は全体の0.5~0.8%程度となっている。

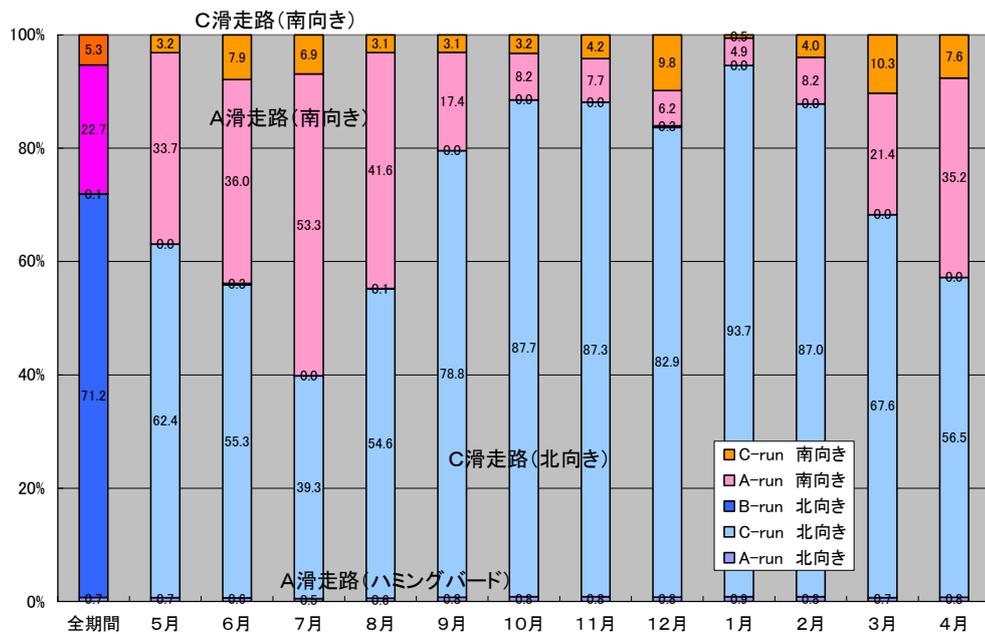


図 1.16 滑走路の運用比率（離陸時）

3) 再拡張事業の概要

a. 概要

i. 羽田空港再拡張事業の経緯

羽田空港は、今後さらに国内航空需要の増大が見込まれる中、既にその能力の限界に達しており、首都圏における将来の航空需要の増大に、早急に対応することが求められていた。

このため、再拡張事業において、新たに4本目の滑走路を整備するとともに、国際線地区等の整備を進めることとなった。なお、それに至るまでの平成12年から平成14年にかけて、首都圏第3空港の可能性について8箇所の比較検討を行っているが、新しい進入管制区の設定が困難であるとの結論となっている（図1.17）。再拡張事業の経緯について、以下に簡単に示す（表1.2）。

表 1.2 羽田空港再拡張事業の経緯⁶⁾

平成12年	9.26	首都圏第3空港調査検討会を設置し、再拡張案と公募による他の候補地について検討開始
平成13年	7.31	羽田空港再拡張が、既存ストックの有効活用、アクセス等の観点から大きな優位性があるとの結論
平成13年	12.19	国土交通省が「羽田空港の再拡張に関する基本的考え方」を決定
平成14年	3.28	羽田空港再拡張事業工法評価選定会議を設置。栈橋工法、埋立・栈橋組合せ工法、浮体工法の三工法について検討
	10.23	三工法の工費・工期の確実性を担保するため、設計・施工一括発注方式が提案
平成17年	3.29	東京国際空港D滑走路建設外工事に係る工事請負契約の締結
平成18年	3.24	エプロン等整備等事業(PFI事業)に係る事業契約の締結
	6.1	公有水面埋立承認の出願。
	7.7	旅客ターミナルビル等整備・運営事業(PFI事業)、貨物ターミナル整備・運営事業(PFI事業)に係る事業契約の締結
平成19年	3.1	エプロン等整備等事業(PFI事業)の本工事着手
	3.30	D滑走路建設工事着工

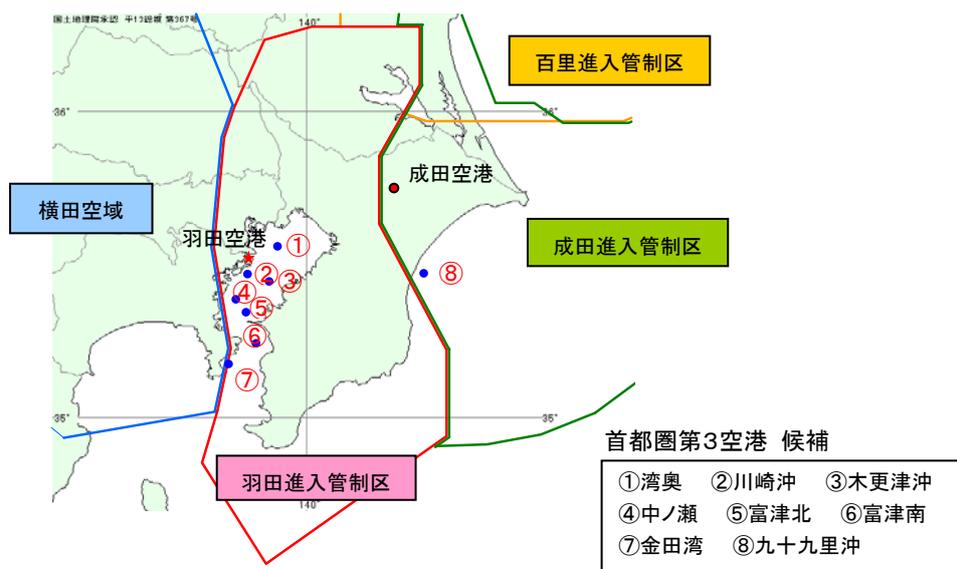


図 1.17 首都圏第3空港候補地と周辺の空域区分

ii. 羽田空港再拡張事業の概要

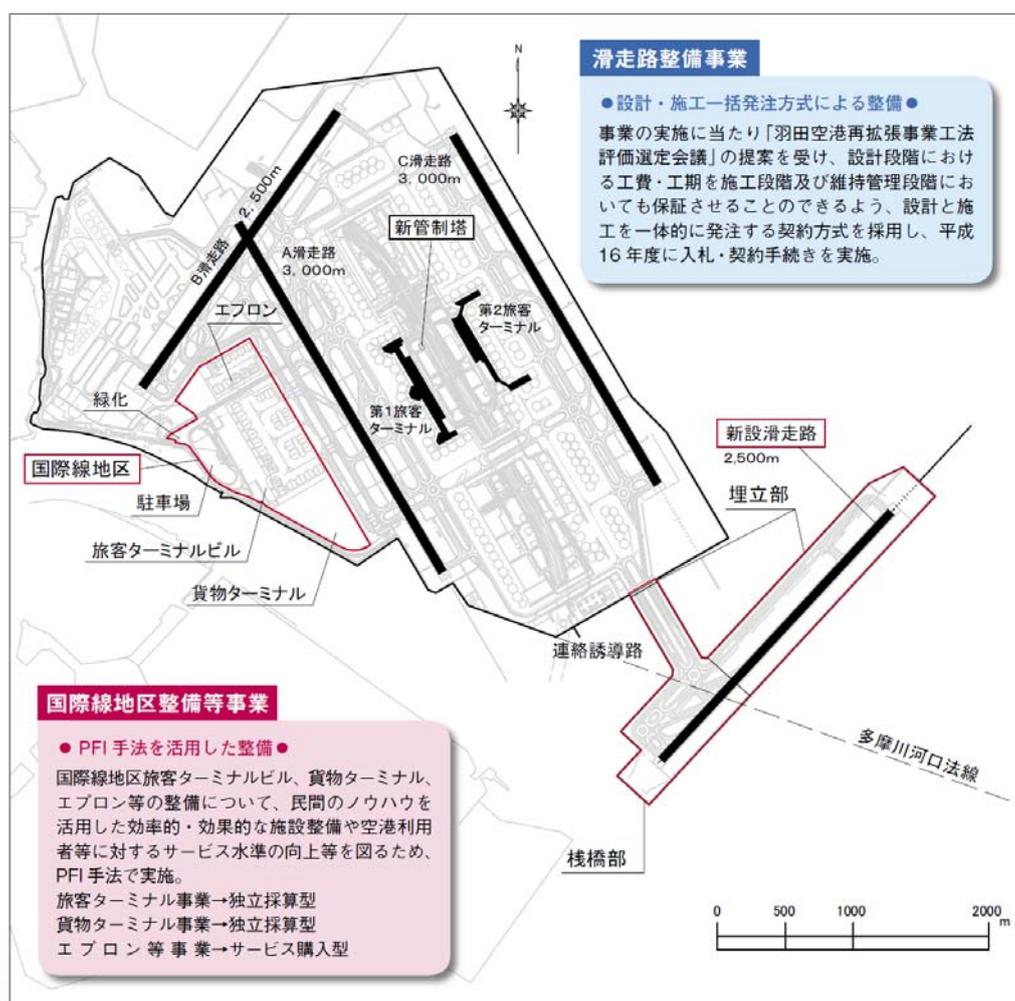
・事業の目的

本事業は、新たに4本目の滑走路等を整備し、年間の発着能力を現在の30.3万回から40.7万回に増強して、発着容量の制約の解消、多様な路線網の形成、多頻度化による利用者利便の向上を図るとともに、将来の国内航空需要に対応した発着枠を確保しつつ国際定期便の受入を可能とするものである。

再拡張後、将来の国内航空需要に対応した発着枠を確保した後の発着枠を活用して、昼間時間帯(06:00~23:00)については、羽田発着の国内線の距離を目安として年間概ね3万回程度の近距離国際旅客定期便を就航させることとした。また、深夜早朝時間帯(23:00~06:00)については、騒音問題等に配慮しつつ、国際旅客便及び国際貨物便を就航させることとしている。

・事業の概要

羽田空港再拡張として、新設滑走路等の整備を行う「滑走路整備事業」及び国際線地区旅客ターミナルビル、貨物ターミナル、エプロン等の整備を行う「国際線地区整備事業」がある(図1.18)。



・再拡張後の滑走路運用計画

再拡張後は、4本の滑走路を効率的に利用し、1時間当たり出発・到着各40回を処理するため、離陸時2本、着陸時2本の滑走路を同時に使用可能とする運用としている（図1.19）。

また、滑走路の運用には以下の条件を前提としている。

- ①できる限り経路を海上に設定することによって、陸上部への影響を軽減すること。
- ②経路を分散させること。
- ③陸上部を経路とせざるを得ない場合にあっては、着陸機の降下開始高度を航空機の安全運航を妨げない範囲で引き上げること。

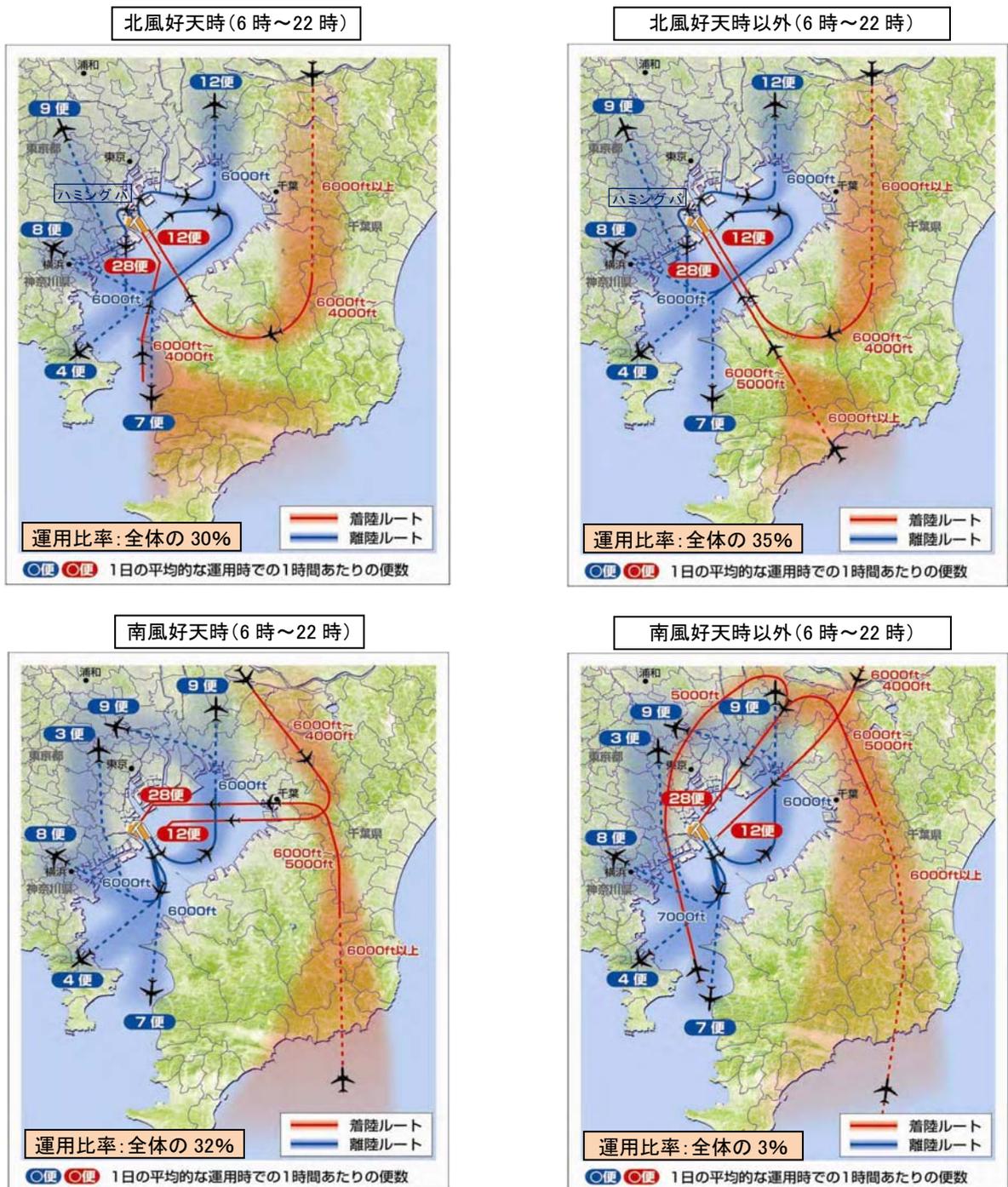


図1.19 羽田空港再拡張後の滑走路運用計画⁶⁾

(2) 羽田空港の課題と対応策

1) 実態調査から見た課題

空港技術専門委員会で行った「空港における地上走行時間に関する調査（調査期間：平成20年5月から平成21年4月）」（参考資料参照）によると、羽田空港における出発時間（出発ゲートを離れて離陸を開始するまでの時間）は他空港に比べその所要時間が長く、午前8時台と午後7時台の空港混雑時に顕著となっている（図1.20、図1.21）。

また、羽田空港では、B滑走路着陸時の一時停止割合が大きい傾向にある（図1.22）。これは、B滑走路南向きに着陸した航空機がターミナルに向かう際に、A滑走路離陸機との干渉やA滑走路を横断することに起因すると想像される。

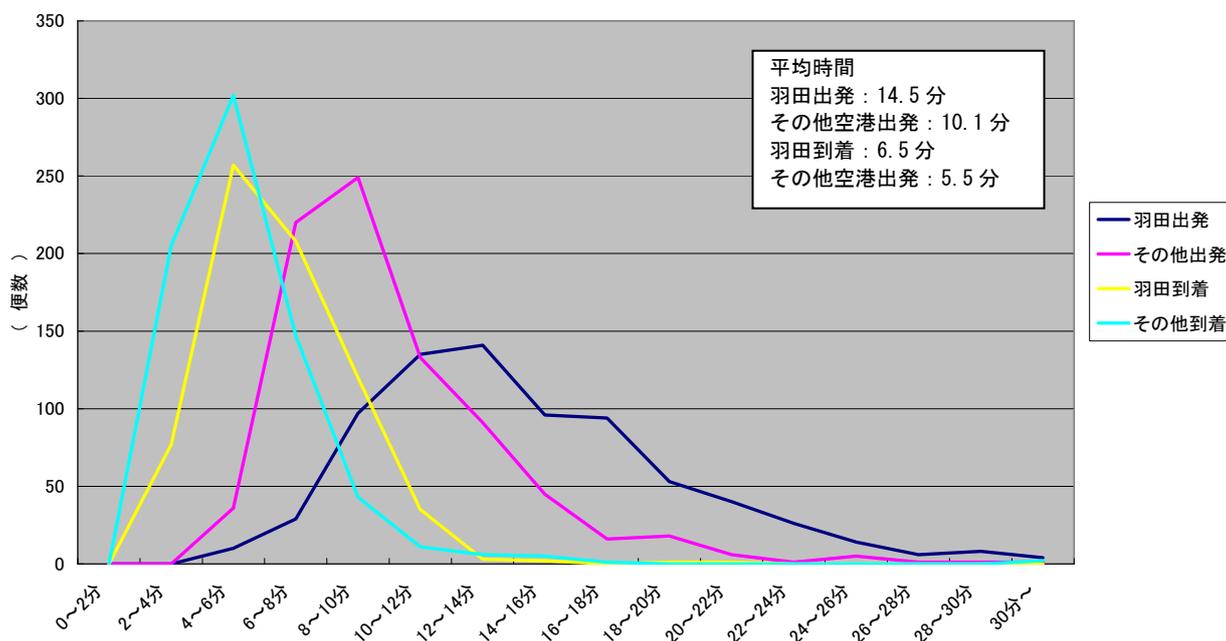


図1.20 空港における地上走行時間の分布

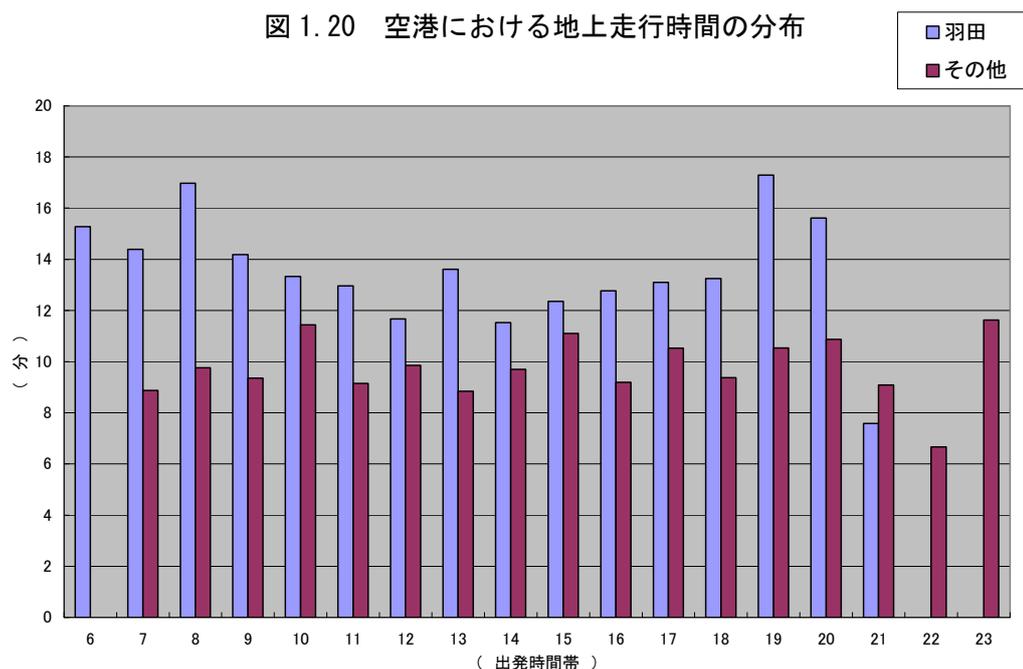


図1.21 出発時間別 離陸までの平均時間

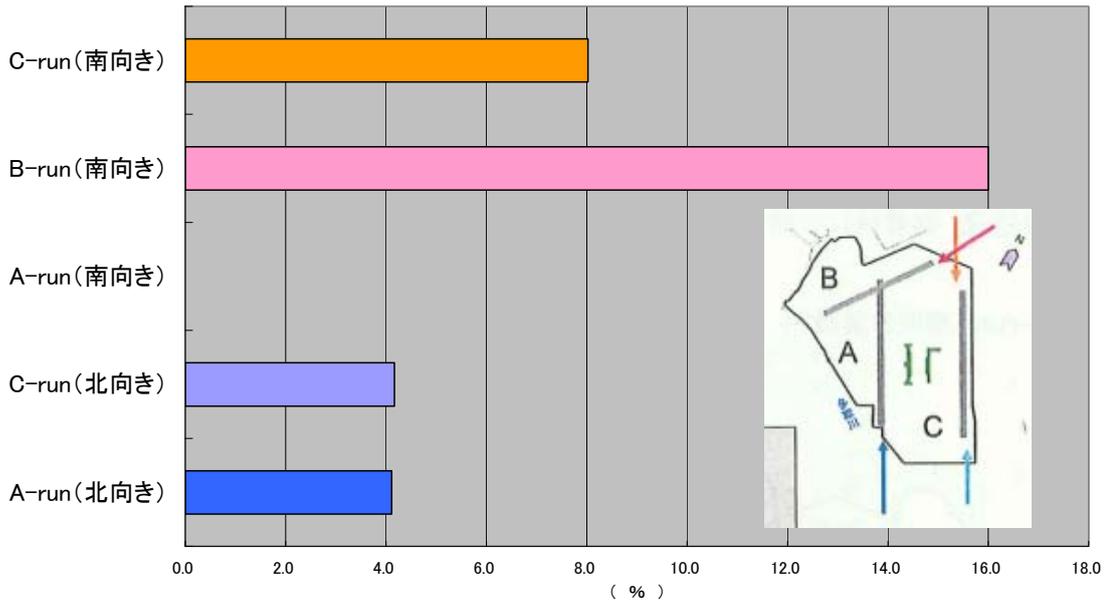


図 1.22 羽田空港 着陸滑走路別 到着ゲートまでの間の一時停止割合

2) 施設配置に起因する課題

前述の一時停止頻度の多発事象は、A滑走路とB滑走路との干渉やターミナル配置に起因する課題と考えられる。国際線旅客ターミナルが平成22年10月21日より供用開始となるが、このターミナルがA滑走路外側にあることから、この事象は更に複雑になると予想される。

また、再拡張事業が滑走路の増設を主に計画されたため、今後の羽田空港の発着便の増加に伴い、夜間駐機用のナイトステイスポット用エプロンが不足する事象が顕在化することも予想される。(図 1.23)



図 1.23 羽田空港の国際線地区位置⁶⁾

再拡張後の滑走路配置は井桁状の4本となり、北風時にA, C, D滑走路の3本運用、南風時にはA, B, C, D滑走路の4本運用となる。現状ではA, C滑走路2本運用の比率が高く、それぞれが独立運用されていたのに対して（図 1.24）、再拡張後は3本以上の滑走路を同時に使用することになるため、様々な制約が生じることとなる。

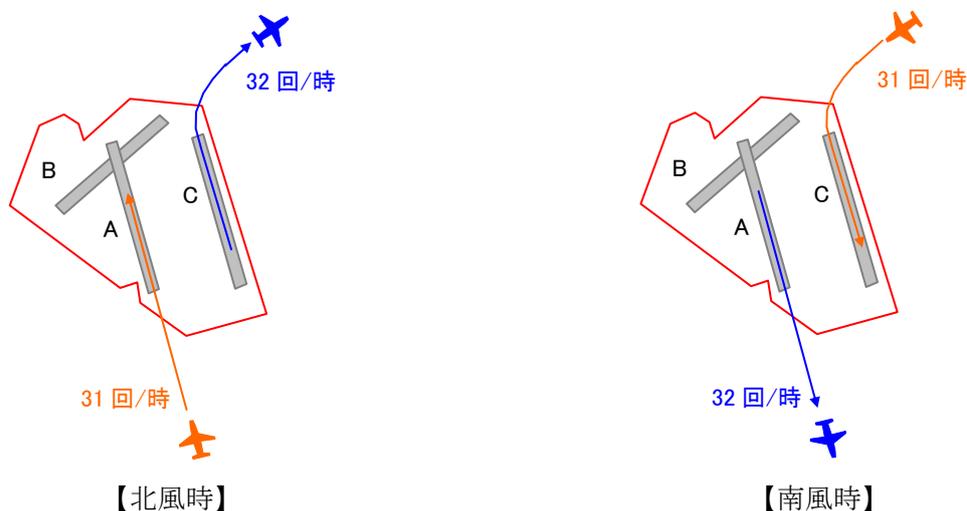


図 1.24 現状（再拡張前）の運用

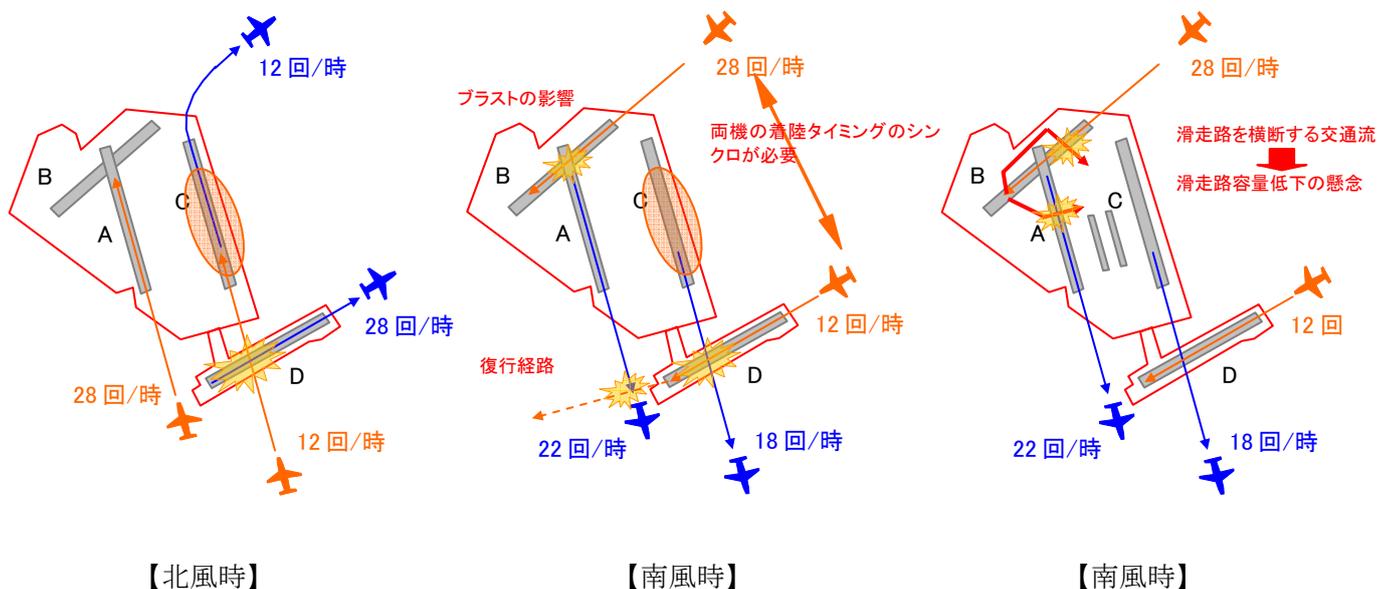


図 1.25 再拡張後の運用と課題

北風時の課題としては、C滑走路着陸機とD滑走路離陸機の従属運用となる点があげられる。南風時の課題としては、まずD滑走路着陸機とC滑走路離陸機、またD滑走路着陸機（の復行経路）とA滑走路離陸機が従属運用となる点である。またA滑走路離陸機のブラストがB滑走路に残存することからA滑走路離陸機とB滑走路着陸機も従属運用となることがある。これらに対処するためには、B滑走路、D滑走路への着陸機にもシンクロが必要となる。さらに、南風時の地上管制課題として、B滑走路着陸機や国際線ターミナル利用機の地上走行経路がA滑走路を横断するため、滑走路容量低下の懸念がある（図 1.25）。

3) 社会・環境面の課題

羽田空港の社会・環境面の主要課題として、空域の問題と航空機騒音の問題が挙げられる。

a. 首都圏の空域

首都圏近傍の空域は、羽田進入管制区、成田進入管制区と横田空域（米軍）、百里進入管制区（自衛隊）で構成されている（図 1.26）。

横田空域は、民間航空機の禁止空域ではなく、米軍側と協議の上、飛行経路の設定等が行われる空域であり、現在でも羽田発伊丹・関空行き等は横田空域内を飛行している。ただし、羽田発北陸・中国・北九州行き等は東京湾上空で高度を稼いだ上、横田空域の上空を飛行しており、円滑な処理に影響を与えている。

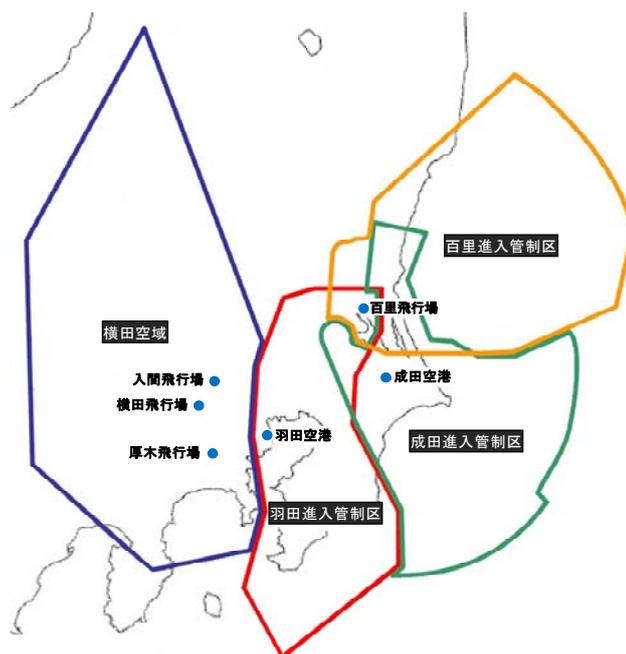


図 1.26 首都圏の空域（平成 20 年 9 月の横田空域削減前）⁷⁾

各空域を立体的にみてもみると、特に空域間の調整が必要となる部分としては、①羽田空域から関西方面へ向かって横田空域を通過する部分（平成 20 年 9 月に米軍空域の削減実施）、②成田空港混雑時に空中待機する場合の百里空域部の 2 つがあげられる（図 1.27）。

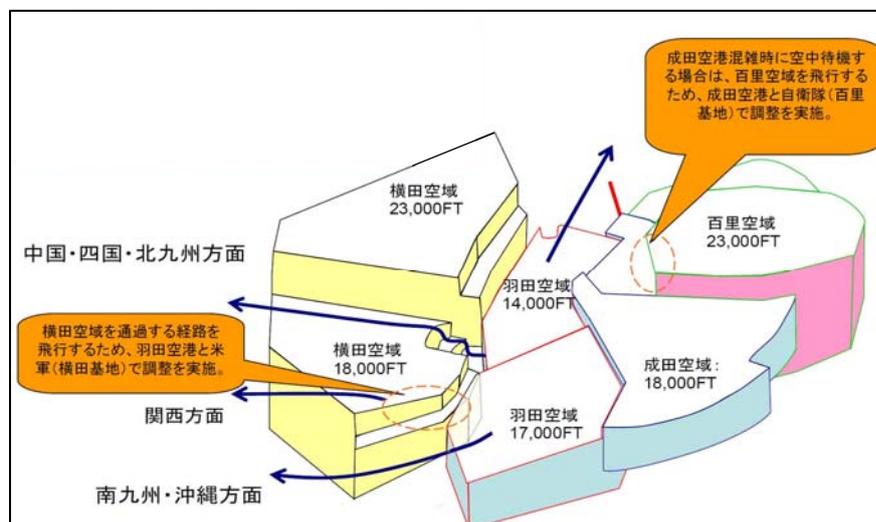


図 1.27 首都圏空域立体図⁷⁾

b. 横田空域の削減

平成 18 年 5 月の在日米軍再編最終取りまとめによると、横田空域における民間航空機の円滑化を図るため、米軍が進入管制を行う横田空域の削減について、平成 18 年 10 月に削減空域特定を行い、平成 20 年 9 月に削減の実施が行われた。図に横田の削減前空域と削減後の空域を示す（図 1.28）。

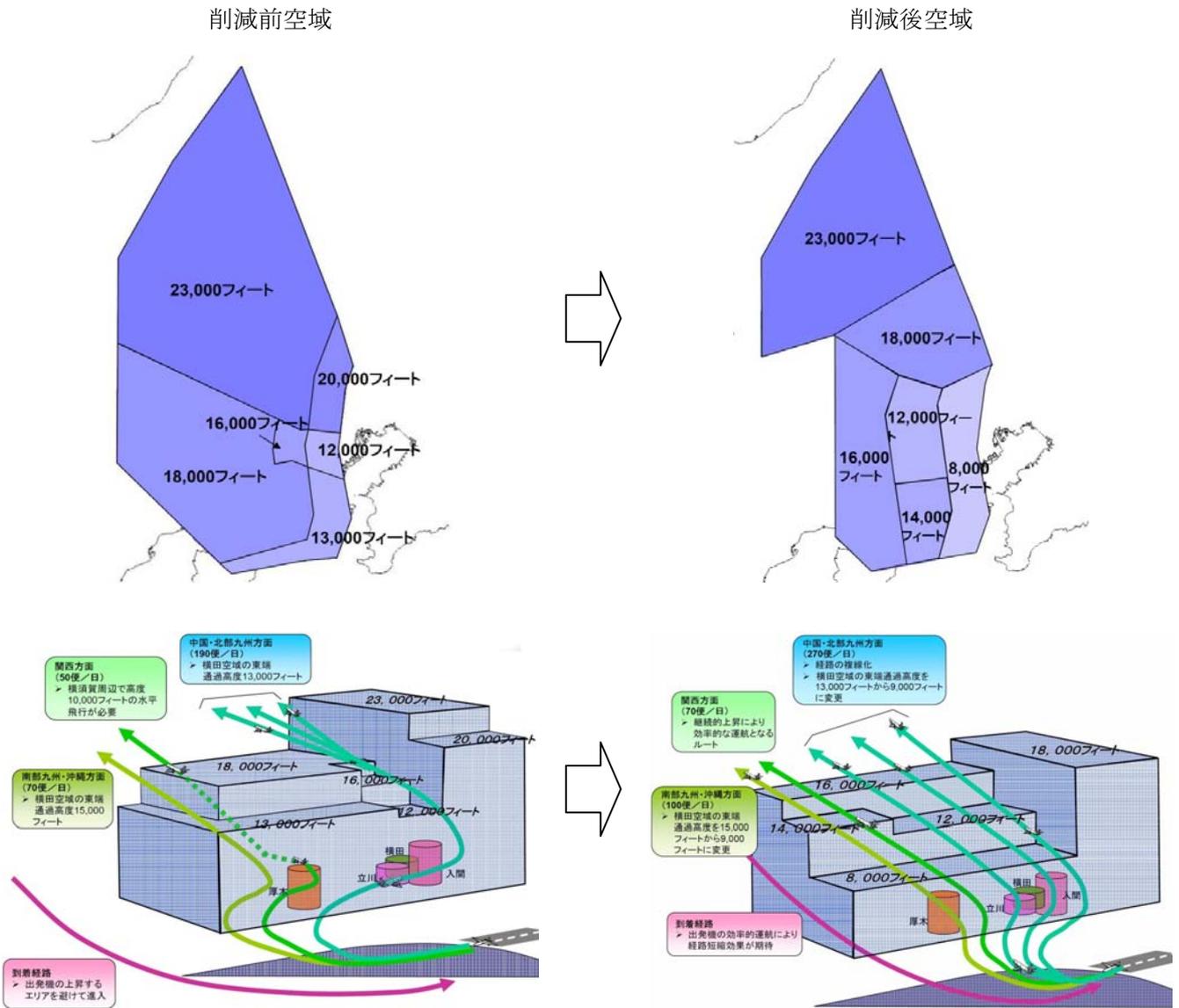


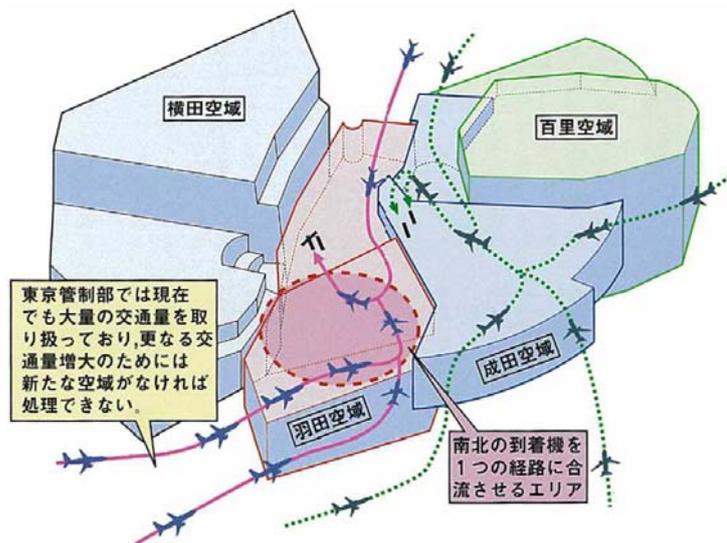
図 1.28 横田の削減前および削減後の空域と経路⁸⁾

c. 羽田・成田の空域統合

羽田空港および成田空港を含む関東の上空空域では交通混雑が顕著となっており、特に羽田空港への南北からの到着機を1つの経路に円滑に合流させることが大きな課題となっている。

羽田空港再拡張後（年間発着回数 40.7 万回）と成田空港のB滑走路の2,500m化（22 万回）に対応するため、図に示すように 2009 年には羽田・成田空港およびその周辺空域の再編統合が行われた。統合された進入管制区においては、羽田のレーダー室で一元管理が行われ、羽田、成田の交通量をみながら、両者の進入管制区のエリアをより柔軟に調整をして利用するものとしている。また、現行の東京管制部（ACC）の管轄区域と羽田のターミナルレーダ室の管轄区域との間に「中間空域（ACCで管轄）」を設置し、中間空域にて到着機の到着順位付け作業をこの空域で行うこととなっている。このことで多くの容量を処理できこととなるが、再拡張後の着陸については南北の方面別の滑走路運用が必要とされている（図 1.29）。

【再拡張前の空域と経路】



【再拡張後の空域と経路】

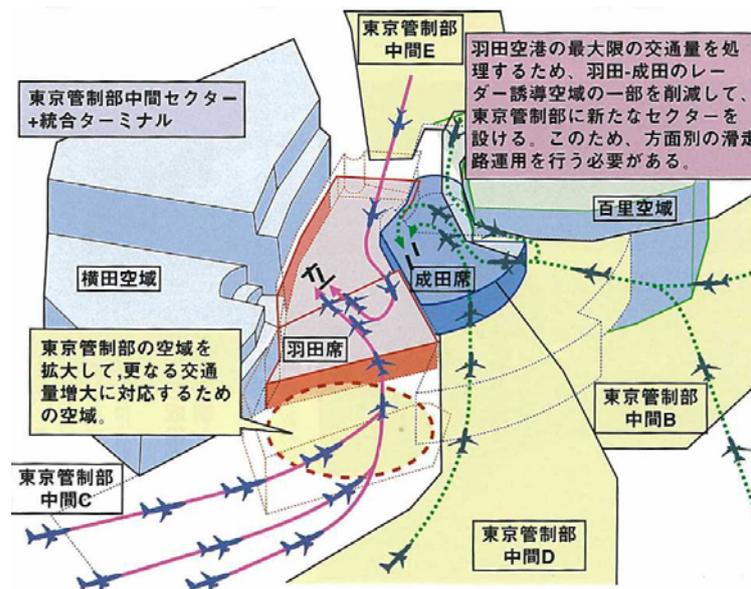


図 1.29 関東空域の再編⁹⁾

d. 航空機騒音の基準値

羽田空港では、航空機騒音の低減のため飛行経路を出来る限り海上部となるように設定している。また、航空機騒音に係る環境基準として「環境庁告示第 154 号（改正 平 5 環告 91）」を定め、WECPNL という単位で評価している（表 1.3）。

WECPNL とは、加重等価平均感覚騒音レベル（Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level）の略で、ある 1 日における各航空機の運航に伴う騒音のピーク値と騒音発生回数を併せて評価するものである。なお、夕方と夜間に発生する騒音の影響が大きいことを考慮して、19 時-22 時では昼の 3 倍、22 時-翌朝 7 時では昼の 10 倍に補正される。

表 1.3 基準値

地域の類型	基準値(単位 WECPNL)
I	70 以下
II	75 以下

(注) I は専ら住居の用に供される地域、II は I 以外の地域で通常の生活を保全する必要がある地域とする。

(算定式) $WECPNL = dB(A) + 10 \log_{10} N - 27$

dB(A) : 1 日の間の航空機の離着陸に伴う騒音のそれぞれの最大値をパワー平均して得られた値

N : 時間帯別に重みづけした騒音発生回数

$N = N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)$

N1 → 午前 0 時～午前 7 時、N2 → 午前 7 時～午後 7 時

N3 → 午後 7 時～午後 10 時、N4 → 午後 10 時～午前 0 時

e. 航空機騒音の予測値及び監視

羽田空港の再拡張に伴う騒音（WECPNL 値）の予測値を図に示す。前述のように飛行ルートおよび高度の頻度の変更によって、WECPNL70 のラインは居住地域に達しないこと、また、木更津地域においては現状より改善されることが予測されている（図 1.30）。

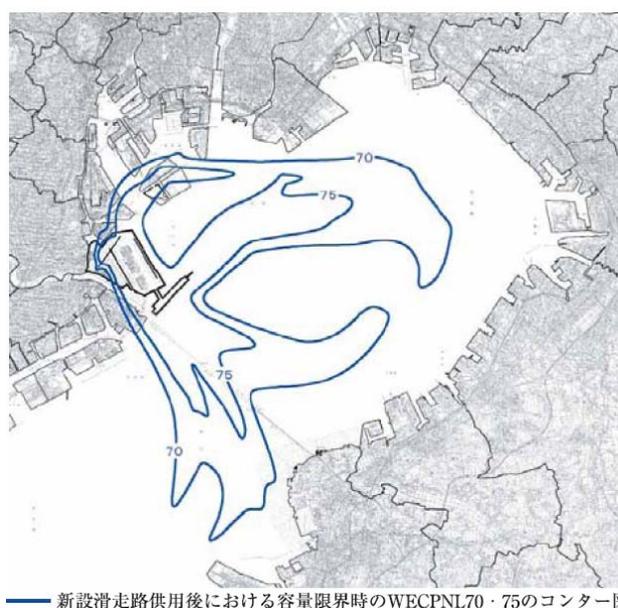


図 1.30 羽田再拡張における騒音予測¹⁰⁾

4) 再拡張後の課題と対応策

前述に示したように、羽田空港が再拡張されても残される課題が多くあり、課題と対応策を整理すれば次の通りである。

【再拡張後の課題】

- ①空港処理容量のさらなる拡大方策が必要である。
- ②施設の配置に起因する容量低下の改善が必要である。
 - ・ A滑走路利用機とB滑走路利用機の干渉
 - ・ B滑走路離陸機のA滑走路横断
 - ・ 国際線ターミナル利用機のA滑走路横断
- ③用地の拡張が求められる
 - ・ 滑走路だけ増設しているためナイトステイスポット用エプロンが不足する。
- ④24時間空港としての運用上の課題
 - ・ 滑走路メンテナンス等への円滑な対応が求められる。

【対応策】

- ・ A滑走路を南側にスライドし、B滑走路との間に離隔を確保する対策
- ・ C滑走路外側空間の利用可能性とその効果



図 1.31 再拡張後の対応策

【参考文献】

- 1) 国土交通省関東地方整備局 東京空港整備事務所HP
<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/haneda/haneda/index.html>
- 2) 平成 19 年度国土交通白書第Ⅱ部第 5 章, 国土交通省
- 3) 首都圏空港の将来像, (財)運輸政策研究機構, 2009.9.24
- 4) 平成 20 年度国土交通白書第Ⅱ部第 5 章, 国土交通省
- 5) 国土交通省航空局, 飛行コース公開システム,
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/12/120728_.html
- 6) 東京国際空港(羽田空港)再拡張事業の概要, 国土交通省関東地方整備局, 平成 20 年 1 月
- 7) 行政改革推進本部: 第5回行政減量・効率化有識者会議(資料2-4)「空港整備」について(国土交通省), 平成 18 年 3 月 22 日
- 8) 第 7 回 CNS/ATM シンポジウム, 国土交通省航空局管制保安部保管企画課長 鈴木明久: 航空交通行政の課題と展望, 平成 19 年 2 月 13 日
- 9) 日本の空港シリーズ1 羽田空港, イカロス出版, 2008.12.31
- 10) 国土交通省関東地方整備局, 東京国際空港再拡張事業に係わる環境影響評価書のあらまし, 2006.6

2. 羽田空港の処理容量に関する整理

(1) 処理容量の概念

一般に空港処理容量は、輸送能力ではなく航空機の離発着回数で示される。また、以下の諸要因に影響を受け、総合的に判断して決定される(図2.1)。¹⁾

- ・ 空港・ターミナル計画 : 滑走路や誘導路の本数・配置、ターミナルの配置
- ・ 管制方式・システム運用 : 滑走路の運用方法や航空機間セパレーションのルール
- ・ 航空市場・機材運用 : 機材構成や離発着比率
- ・ 地域計画・社会・環境制約 : 騒音や許容遅れ時間、地域との合意形成

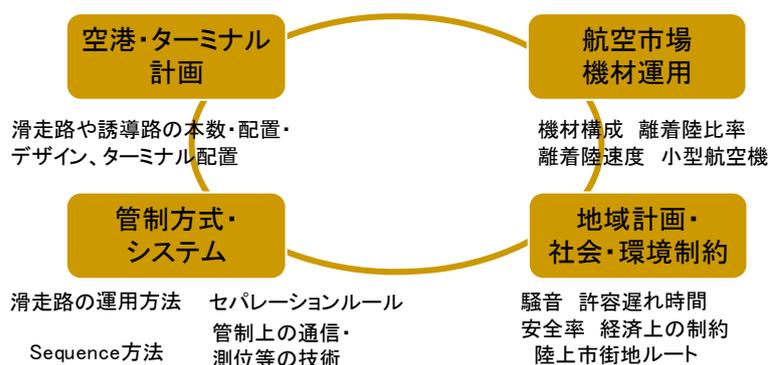


図 2.1

1) 空港・ターミナルの計画

空港処理容量は、一般に滑走路本数が増えれば増加する。空域が自由に使える条件で、滑走路に十分な離隔距離があるオープンパラレル(管制方式基準(国土交通省航空局)1310m)であれば離着陸が独立してできるが、間隔が狭いクローズパラレル(最小間隔210m~1310m未満)であればそれぞれの滑走路間に従属関係が生じて容量増加に制約が生じる。なおクローズパラレルの内760m以上の離隔がある場合、空域が自由に使えれば同時離陸が可能となる。

滑走路の占有時間を短くするためには、誘導路の設置箇所数が増えれば着陸機が速やかに誘導路に離脱することができるための効果がある。さらに高速で離脱できる誘導路が配置されていれば同様に効果的である。滑走路を離脱した着陸機が駐機場へ向かう場合に、ターミナルの位置によっては、滑走路の横断走行が生じるなど、空港処理容量に影響を及ぼすこともある。

2) 管制方式・システム運用

滑走路の運用方法としては、1本の滑走路を離着陸共用とするか、現在の羽田のように離陸、着陸専用とするかによって処理容量が変化する。通常、離着陸を専用で行うよりは、交互に行う方が安全間隔のルール上から発着回数が増加する。

航空機間のセパレーションは、レーダーの精度から決まる管制間隔と後方乱気流の影響を考慮して飛行速度、方向をコントロールしている。セパレーションの設定を機種毎に行うことで最小限のセパレーションとでき、より多くの機数を着陸させることが可能となり、また着陸時の管制において、中・小型機の場合に手前の誘導路を使用するなどを指示できれば、滑走路占有時間が短縮でき、空港処理容量は増加する。

さらに管制に使用する通信、測位等の技術やシステムの高度化も重要である。例えば RNAV (aRea NAVigation (広域航法)) 経路の活用により、任意の経路を飛行可能になると共に航空路設定上の制約が緩和されることで航空路容量が増大し、進入ルートや運航条件が緩和されることで空港の容量拡大に寄与する可能性がある。

新 CNS/ATM 構想に基づき (C:Communication (通信), N:Navigation (航法), S:Surveillance (監視), ATM:Air Traffic Management (航空交通管理))、次世代の航空保安システムへ移行することで、より安全で効率的な管制が可能となる。

3) 航空市場・機材運用

羽田再拡張により容量が増大すること、燃料費高騰等によって、今後の航空市場は燃料効率の良い中小型機の比率が増大することが予想される。現在の羽田では大型機 (ヘビー機) ※の比率が 7 割²⁾ と欧米の主要空港に比べて非常に高いが、航空機の小型化が進むことで、後方乱気流間隔の短縮が可能となり容量増大が見込める。また今後、更新される新機種においては低騒音型機材が増えることが予想されるため、東京上空ルートの活用による容量増大の検討の余地が生まれる可能性がある。

※航空機区分²⁾

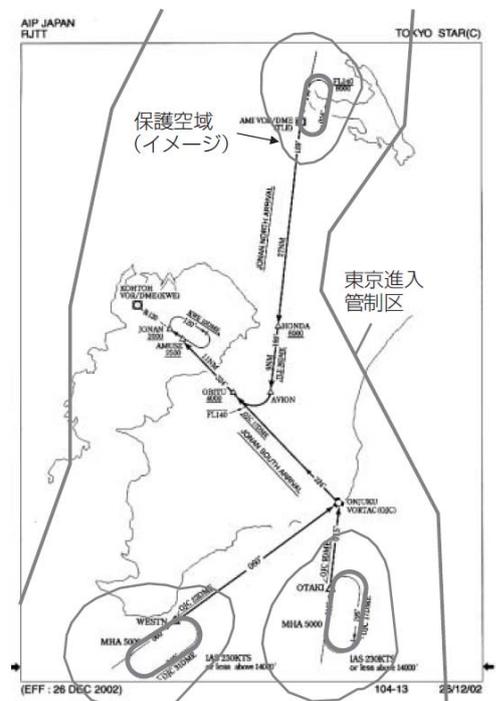
ヘビー機	: 最大離陸重量が30万ポンド (136トン) 以上の航空機 (B747, B777 等)
ミディアム機	: 最大離陸重量が15,500ポンド (7トン) 以上30万ポンド未満の航空機 (B737, A320, CRJ 等)
ライト機	: 最大離陸重量が15,500ポンド未満の航空機 (C172 (セスナ) 等)

4) 地域計画・社会・環境制約

航空機の騒音は、国の環境基準によって定められているが、地域住民との合意形成が前提であり、特に羽田空港においては内陸飛行ルートの制約が大きい。上述の新機材への更新等によって低騒音化が進むことに併せて地域計画の見直し検討が、地域の合意のもとで行われれば、容量増大に寄与する可能性がある。

また、欧米の空港で採用しているように、航空機の離着陸にある程度の遅れを許容することで容量増大の可能性もある。例えばヒースロー空港では、ホールディング (空中待機) を積極活用して後方乱気流区分で同クラス機をまとめることで、着陸機のセパレーションの短縮を図り、容量拡大に寄与させている。ホールディングを積極活用することは、多少過剰気味の到着枠を設定することになり、デメリットとして遅れ時間が増大する可能性が高い³⁾。

なお、我が国ではホールディングは通常、到着空港の混雑時に緊急避難的に使用するものである。東京進入管制区 (羽田) のホールディングパターンでは、南側の 2 つが近接しており積極活用する上では問題がある (図 2.2)。



出典) AIP JAPAN

図 2.2 羽田のホールディングパターン³⁾

(2) 滑走路処理容量と空港処理容量

1) 空港処理容量とは

空港処理容量に影響する要因については、前述(1)に示した。ここでは具体的に空港処理容量の考え方について示す。

ここで用語の定義について以下に示す。

- ・滑走路処理容量 : 管制のルールに基づき安全率や許容遅れ時間などを考慮して計算される滑走路の離発着回数の理論的容量
- ・空港処理容量 : 複数滑走路の運用条件や柔軟な管制方法などを考慮した空港全体としての離着陸容量

空港処理容量は基本的に航空機の飛行中(空港への最終進入中・離陸直後)における安全間隔と、滑走路における安全間隔によって決定される。また、航空路、進入管制区においては3次元的に安全間隔をとることが出来るが、到着機が計器飛行方式で最終進入を行う際や、離着陸を行う航空機が滑走路にいる場合は、1次元で安全間隔をとる必要があるため、空港処理容量は一般に滑走路の処理容量で決まることとなる⁵⁾。

空港処理容量を示す数値として、[1]時間発着容量、[2]実績離着陸回数、[3]日発着容量、の3つの数値がある(図2.3)。通常、空港処理容量とは[1]の時間発着容量を指す。この数値は、管制ルールを前提に安全に処理可能な計算上の発着回数(回/時)であり、統計的な考えをもとに空港側で設定される。

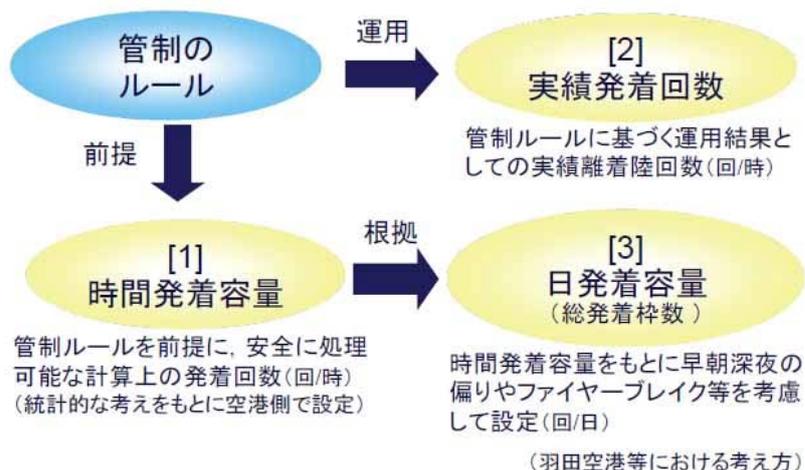


図 2.3 空港処理容量に関わる3つの数値¹⁾

空港処理容量を大きくするためには、上記の[1]を増やすと共に、管制方法の変更や今後の発展を念頭におきつつ、[2]の実績発着回数をあげていくことが必要である。そのためには管制の一層の効率化や高度化を実現するための技術、システム整備などが重要である¹⁾。

2) 滑走路処理容量の考え方

滑走路処理容量の設定方法は、以下に示すように欧米と日本では大きく異なっている¹⁾。

【欧米の設定方法】

一般的に最終進入地点前での遅れ時間がある値以上にならないように滑走路処理容量を設定する。滑走路処理容量を高く設定し到着する機材が増えると、着陸前に空中で待機させられる可能性が高まり遅れ時間が増大する。到着機数がある一定以上になると急に遅れ時間が増大する (図 2.4)。

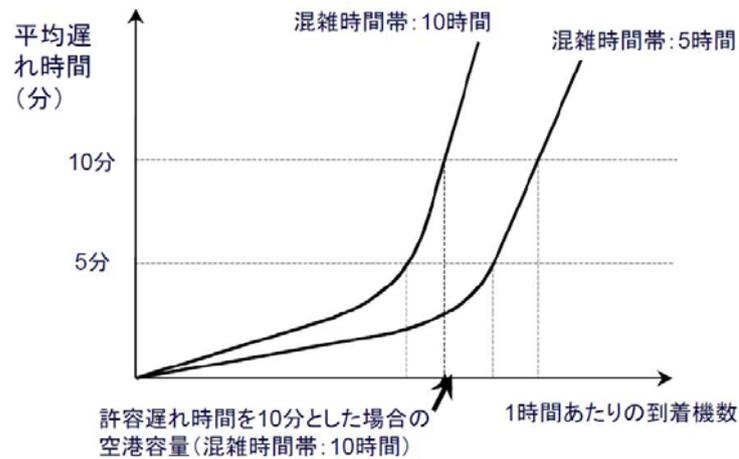


図 2.4 遅れ時間を考慮した到着機数⁴⁾

【日本の設定方法】

着陸復行 (先行機が滑走路に残っている等の理由で着陸をやり直すこと) の確率が、ある値以下になるように滑走路処理容量を設定している (図 2.5)。滑走路進入端の 1NM 手前の地点で滑走路に先行機が残存している場合、着陸復行することが基本ルールである。

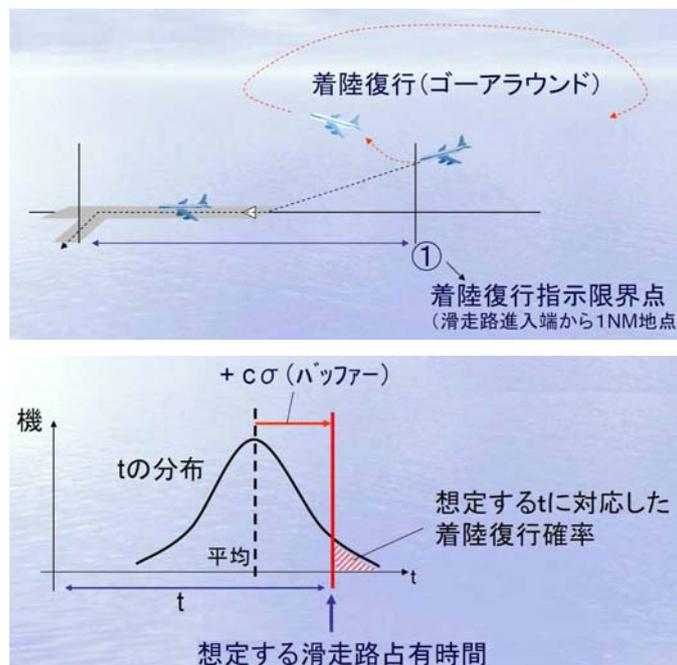


図 2.5 着陸復行確率と滑走路占有時間⁴⁾

以下、日本の設定方法に従い、処理容量について整理する。

(3) 処理容量の試算結果

1) 滑走路1本の処理容量

a. 離陸のみに使う場合

離陸機1機当たりの処理時間は、T①～T③の時間の合計となる¹⁾。

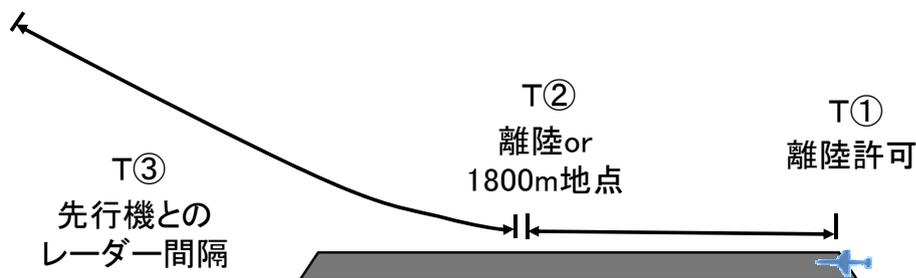


図 2.6

表 2.1

T①	離陸機に対する離陸許可の発出後、当該機が動き出すまでの時間	15 秒
T②	離陸滑走を開始して離陸また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	35 秒
T③	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、先行離陸機のレーダー識別及び後続離陸機への出発待機解除の時間	45 秒
※ただし、先行離陸機と後続離陸機の間隔が、後方乱気流関連管制方式の規定（大型機同士、大型機の後中小型機）に該当するものは120秒とする。		120 秒

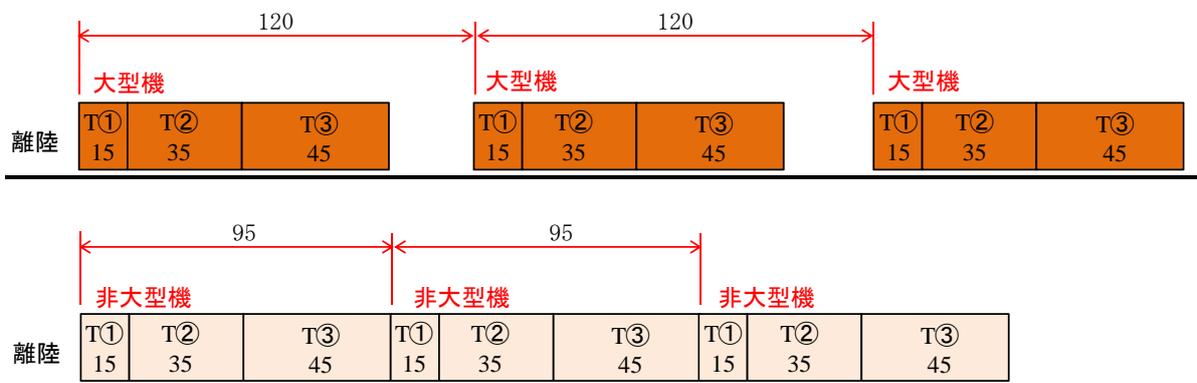


図 2.7

・大型機の比率が70%の場合の処理容量の算出

$$3600 \div \{120 \times 0.7 + (15+35+45) \times 0.3\} = 32 \text{ 回/時}$$

b. 着陸のみに使う場合

着陸機 1 機当たりの処理時間は、L①～L③の時間の合計となる^{1) 2)}。

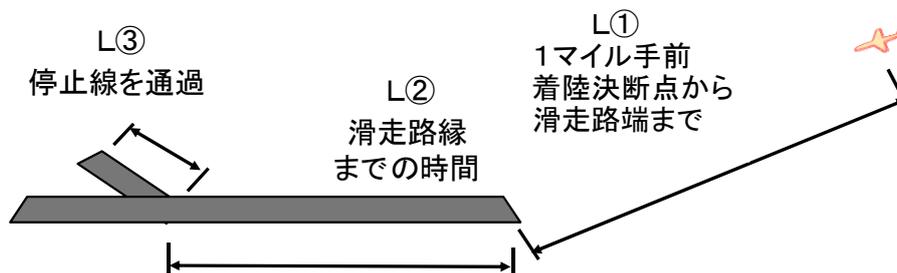


図 2.8

表 2.2

L①	1 マイル手前の地点（着陸かまたは着陸復行の決断点）から滑走路進入端までの所要時間	27 秒
L②	滑走路進入端を通過して滑走路縁を通過するまでの所要時間	73.05 秒 [*]
L③	滑走路縁から着陸帯（停止線）を通過するまでの安全間隔としての時間	15 秒

^{*}航空機によるバラツキを含む

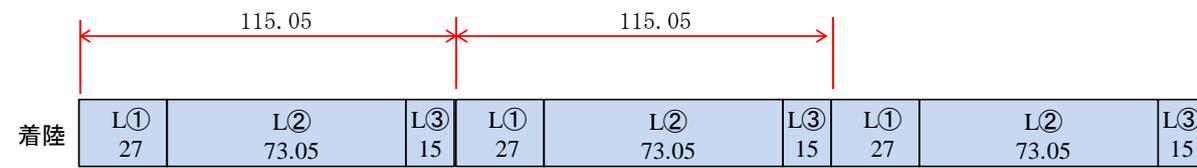


図 2.9

・ 処理容量の算出

$$3600 \div (27 + 73.05 + 15) = 31.29 \rightarrow 31 \text{ 回/時}$$

現在の羽田空港では、着陸のみの滑走路処理容量が離陸のみの値より小さいため、空港処理容量は着陸時で決まっている。

c. 離陸と着陸で交互に使う場合

着陸→離陸

先行機が滑走路から離脱した時点で後続機に離陸許可が可能である。

離陸→着陸

T②は前述では 35 秒であるが後続が着陸機のため、離陸時間が長くなることも想定し、T②' として安全率を含めて $35 + 2.60\sigma = 48$ 秒とする。T③は先行機、後続機のレーダー間隔の確保に必要な時間であり、離陸機の後続が着陸である場合は考慮する必要がない。

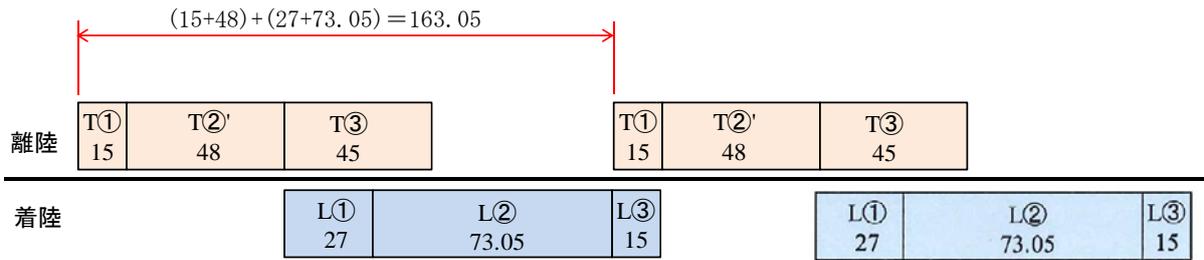


図 2.10

・処理容量の算出

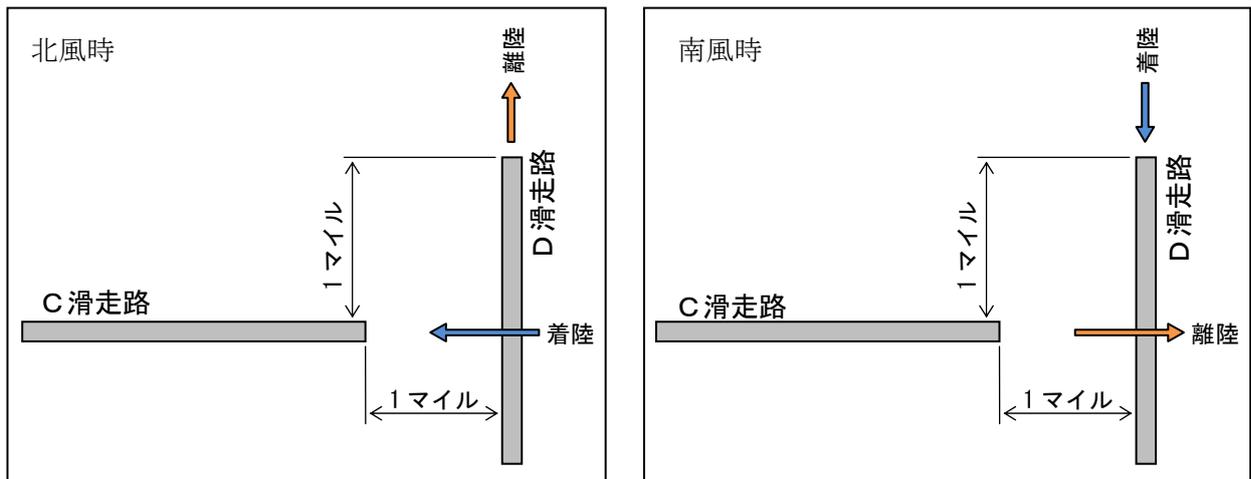
$$(3600 \div 163.05) \times 2 = 44.16 \rightarrow 44 \text{ 回/時}$$

離陸のみ及び着陸のみに比べて滑走路処理容量が大きくなるため、滑走路を離着陸共用にすると空港処理容量は増えることとなる。

2) 交差滑走路 2 本の処理容量

a. 交差滑走路の配置と離着陸パターン

検討対象とする「交差滑走路」は、羽田空港の C 滑走路、D 滑走路を想定し、離着陸のパターンとして 2 ケースを検討する (図 2.11)。



交差パターン 1 (C 滑走路着陸, D 滑走路離陸)

交差パターン 2 (C 滑走路離陸, D 滑走路着陸)

図 2.11 滑走路配置と離着陸パターン

b. 交差滑走路処理容量算定の条件

処理容量の算定にあたり、条件は以下とした。

①離陸・着陸に要する時間

・滑走路 1 本の場合と同じとする。(離陸 T①～T③、着陸 L①～L③)

②滑走路の使用

・片方の滑走路は離陸のみ、もう片方の滑走路は着陸のみとする。また交互に離着陸を行うものとする。

③離陸機と着陸機の離隔距離

・離陸機と着陸機は、離陸 1 分以内は 2 マイル以上を確保、また離陸 1 分後は最小 3 マイルと

する。(1マイル=1852m)

- ・着陸機の平均速度はミディアムクラス (B737) 130 マイル/時、大型機 150 マイル/時とする。
着陸時の 2 マイルを進む時間 L④、3 マイルの時間 L⑤は以下となる。

$$L④ = 3600 \div 130 \times 2 \text{ マイル} = 55.38 \text{ 秒}$$

$$L⑤ = 3600 \div 130 \times 3 \text{ マイル} = 83.08 \text{ 秒}$$

④離陸機の種類

- ・離陸機の離陸直後 3 マイル程度の平均速度は機種によらず 160 マイル/時とする。

⑤後方乱気流間隔

- ・離陸機が大型機の場合、交差部における後行機 (着陸復行機) の通過時間は 120 秒後とする。

c. 交差パターン 1 での交差滑走路 2 本の 1 時間当たりの処理容量

本パターンでは、北風時を想定し C 滑走路に着陸、D 滑走路から離陸を想定する (図 2.12)。

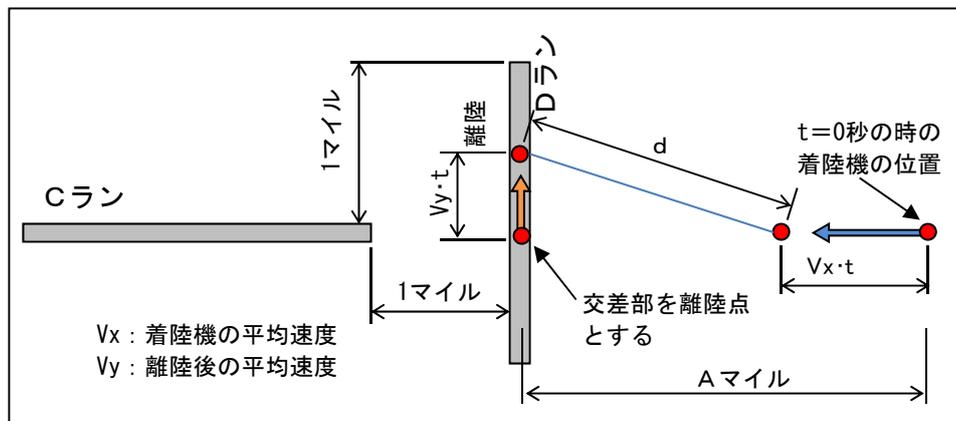


図 2.12 離着陸機の距離

【算定条件】

- ・着陸機が D 滑走路交差部から A マイル離隔した時点で離陸機が交差部を通過する (t=0)。
- ・D 滑走路離陸機が離陸 α 秒後に着陸機が着陸端から 1 マイルにあるものとする。
- ・離陸機が大型機の場合、交差部では着陸機が上にいるため、また着陸機が大型機の場合でも離陸ポイントが交差部より前方のため後方乱気流の影響は無いものとする。
- ・着陸機が交差部通過後に後続の離陸機に離陸許可。
- ・離陸時 1 分以内の着陸機との最小離隔が 2 マイル以上あること。
- ・離陸後 1 分 (t=1) に着陸機との離隔が 3 マイル以上あること。

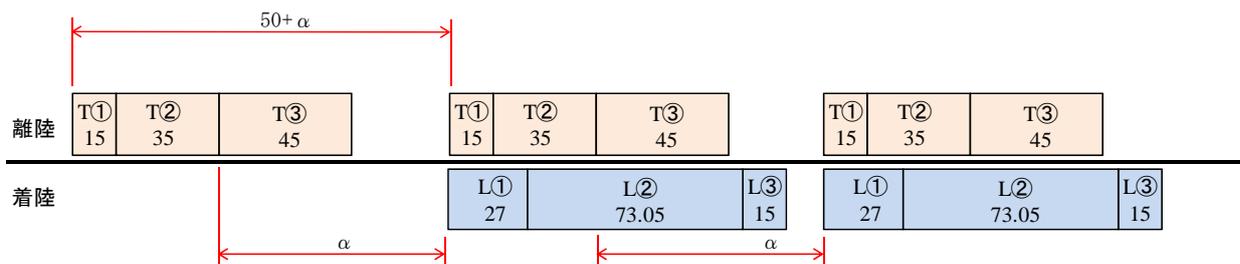


図 2.13

【処理容量の計算】

- ・ t 分後の離陸機と着陸機の離隔は以下の式で示される。

$$d^2 = (A - V_x \cdot t)^2 + (V_y \cdot t)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

- ・ 離陸時 1 分以内 ($0 \leq t < 1$) で $d \geq 2$ マイルとなるためには以下となる。

(1) 式は時間 t の 2 次関数のため最小値部分での接線の傾きを 0 として解くと

$$(d^2)' = 2(V_x^2 + V_y^2)t - 2 \cdot A \cdot V_x = 0$$

$$t = A \cdot V_x / (V_x^2 + V_y^2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

1) 式に (2) を代入して、 $d \geq 2$ となるためには (3) 式を満たす必要がある。

$$d^2 = A^2 (1 - V_x^2 / (V_x^2 + V_y^2)) \geq 2^2 = 4$$

$$\therefore A^2 \geq 4(V_x^2 + V_y^2) / V_y^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

- ・ 離陸後 1 分 ($t=1$) に着陸機との離隔 $d \geq 3$ マイルとなるためには (4) 式をとる。

$$d^2 = V_x^2 + V_y^2 - 2 \cdot A \cdot V_x + A^2 \geq 3^2 = 9$$

$$\therefore A \geq (3^2 - V_y^2)^{1/2} + V_x \quad \dots\dots\dots (4)$$

i. 着陸機が大型機の場合

- ・ 離陸機 = 非大型機, 着陸機 = 大型機 (30% × 70%)
- ・ 離陸機・着陸機 = 大型機 (70% × 70%)

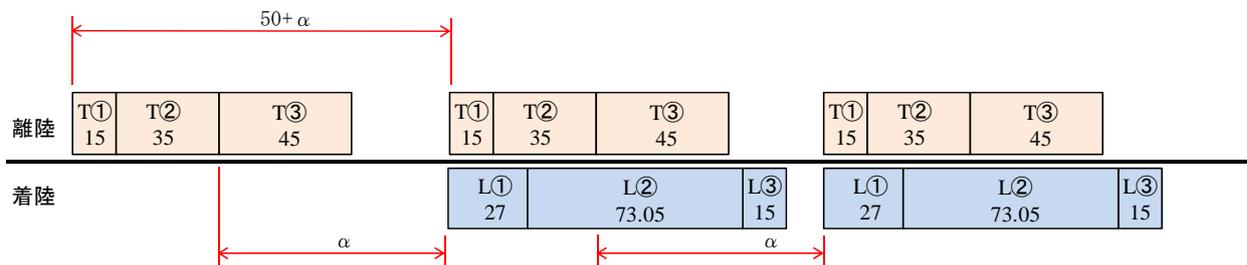


図 2.14

【処理容量】

- ・ 大型機の着陸時の速度は $V_x = 150$ マイル/時 ($150/60 = 5/2$ マイル/分)
- ・ 離陸時平均速度は機種によらずに $V_y = 160$ マイル/時 ($160/60 = 8/3$ マイル/分)
- ・ 離陸時 1 分以内 ($0 \leq t < 1$) で $d \geq 2$ マイルとなる A は (3) 式から以下となる。

$$A^2 \geq 4(V_x^2 + V_y^2) / V_y^2 = 4 \times ((5/2)^2 + (8/3)^2) / (8/3)^2 = 7.516$$

$$\therefore A > 2.741 \text{ マイル}$$

- ・ 離陸後 1 分 ($t=1$) に離隔 $d \geq 3$ マイルとなる A は (4) 式から以下となる。

$$A \geq (3^2 - V_y^2)^{1/2} + V_x$$

$$= (9 - (8/3)^2)^{1/2} + 5/2 = 3.874 \text{ マイル}$$

- ・ 上記から離陸時に着陸機は 3.874 マイルの離隔が必要となる。従って $\alpha = 3.874 \text{ マイル} \div (5/2 \text{ マイル/分}) = 1.55 \text{ 分} = 92.9 \text{ 秒}$

- ・滑走路2本あたりの処理容量

表 2.3

α	$50 + \alpha$	処理容量(回/時) $2 \times 3600 / (50 + \alpha)$
92.9	142.9	50.38

ii. 着陸機が非大型機の場合

- ・離陸機=大型機, 着陸機=非大型機 (70%×30%)
- ・離陸機・着陸機=非大型機 (30%×30%)

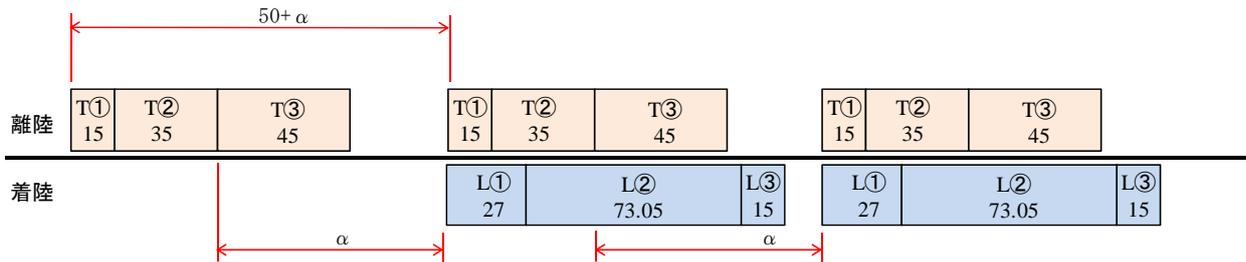


図 2.15

【処理容量】

- ・非大型機の着陸時の速度は $V_x = 130$ マイル/時 ($130/60 = 13/6$ マイル/分)
- ・離陸時平均速度は機種によらずに $V_y = 160$ マイル/時 ($160/60 = 8/3$ マイル/分)
- ・離陸時1分以内 ($0 \leq t < 1$) で $d \geq 2$ マイルとなるAは (3) 式から以下となる。

$$A^2 \geq 4(V_x^2 + V_y^2) / V_y^2 = 4 \times ((13/6)^2 + (8/3)^2) / (8/3)^2 = 6.641$$

$$\therefore A > 2.577 \text{ マイル}$$

- ・離陸後1分 ($t=1$) に離隔 $d \geq 3$ マイルとなるAは (4) 式から以下となる。

$$\begin{aligned} A &\geq (3^2 - V_y^2)^{1/2} + V_x \\ &= (9 - (8/3)^2)^{1/2} + 13/6 \\ &= 3.541 \text{ マイル} \end{aligned}$$

- ・上記から離陸機時に着陸機は3.541マイルの離隔が必要となる。従って $\alpha = 3.541 \text{ マイル} \div (13/6 \text{ マイル/分}) = 1.63 \text{ 分} = 98.06 \text{ 秒}$
- ・滑走路2本あたりの処理容量

表 2.4

α	$50 + \alpha$	処理容量(回/時) $2 \times 3600 / (50 + \alpha)$
98.06	148.06	48.63

d. 交差パターン2での交差滑走路2本の1時間当たりの処理容量

本パターンでは、南風時を想定しC滑走路から離陸、D滑走路に着陸を想定する。

i. 離陸機が非大型機の場合

- ・ 離陸機・着陸機＝非大型機 (30%×30%)
- ・ 離陸機＝非大型機, 着陸機＝大型機 (30%×70%)

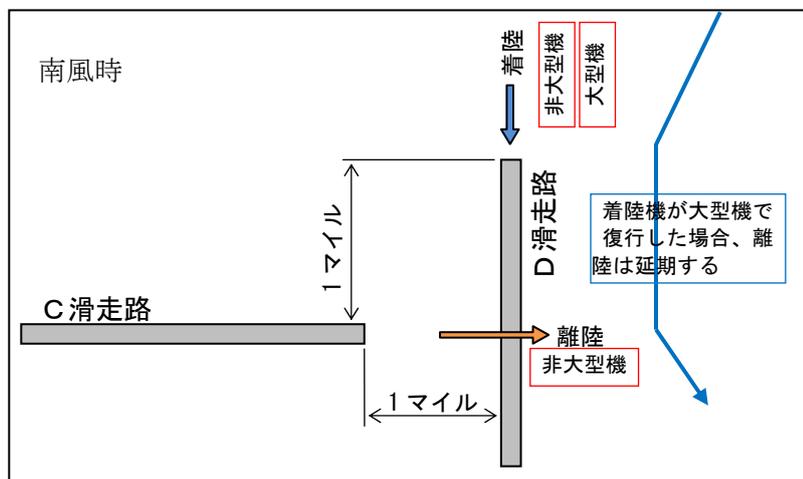


図 2.16

【算定条件】

- ・ 着陸機が大型機で復行した場合、離陸は延期すればいいので後方乱気流は考慮しない。
- ・ C滑走路離陸機が離陸または滑走路開始点から1800m地点を通過し(T②'後)、さらにD滑走路交差部まで進んだ時点(滑走路残り1200m+1マイル)から、着陸機が離陸機と3マイル以上の離隔を満たしつつ、 α 秒後に着陸機が滑走路端に到達。
- ・ 着陸機が滑走路端通過 γ 秒後にC滑走路の離陸許可。

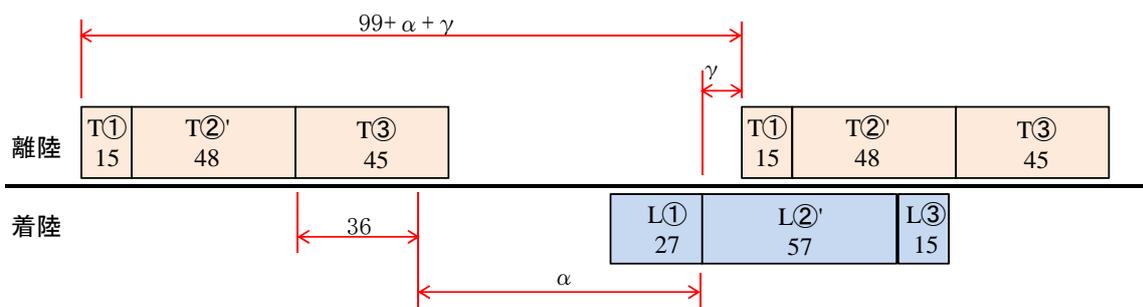


図 2.17

【処理容量】

- ・ 離陸機のT②は後続が着陸機のためT②'とし安全率を含めて48秒
- ・ 出発機平均速度は160マイル/時として交差部まで1200+1マイル=3000mを進む時間は、 $3600 \div 160 \times 1.6 = 36$ 秒
- ・ α は着陸機が接近してくるので3マイル離隔する時間として $\alpha = L⑤ = 83.08$ 秒
- ・ γ は着陸機が滑走路着陸時点の判断が難しいため、 $\gamma_{\min} = 15$ 秒、 $\gamma_{\max} = 30$ 秒(福岡PIクローズパラレル検討時間)として設定
- ・ 滑走路占有時間L②'はバラツキを含まない平均値として57秒⁷⁾

- ・滑走路 2 本あたりの処理容量

表 2.5

α	γ	$99 + \alpha + \gamma$	処理容量(回/時) $2 \times 3600 / (99 + \alpha + \gamma)$
83.08	15	197.08	36.53
83.08	30	212.08	33.95

ii. 離陸機が大型機の場合

- ・離陸機 = 大型機, 着陸機 = 非大型機 (70% × 30%)
- ・離陸機・着陸機 = 大型機 (70% × 70%)

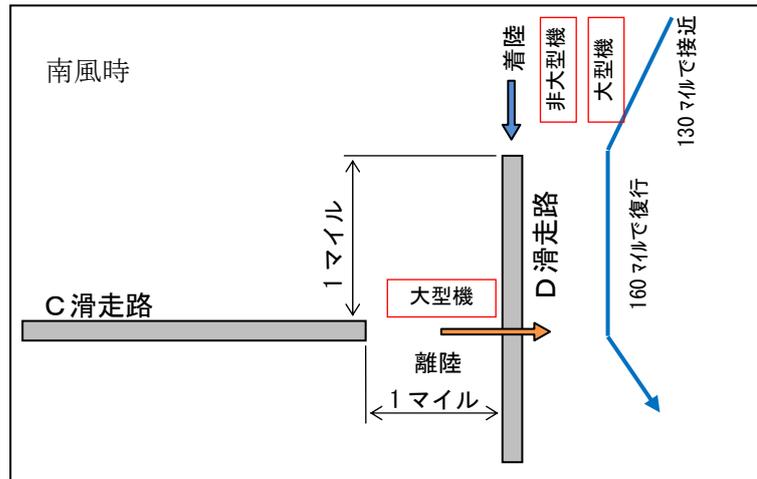


図 2.18

【算定条件】

- ・C滑走路離陸機は大型機のため、D滑走路着陸機が復行した場合に後方乱気流間隔を考慮する。従って離陸機が交差点通過時点から 120 秒後にD滑走路着陸復行機が通過。
- ・着陸機が滑走路進入 γ 秒後に離陸許可。

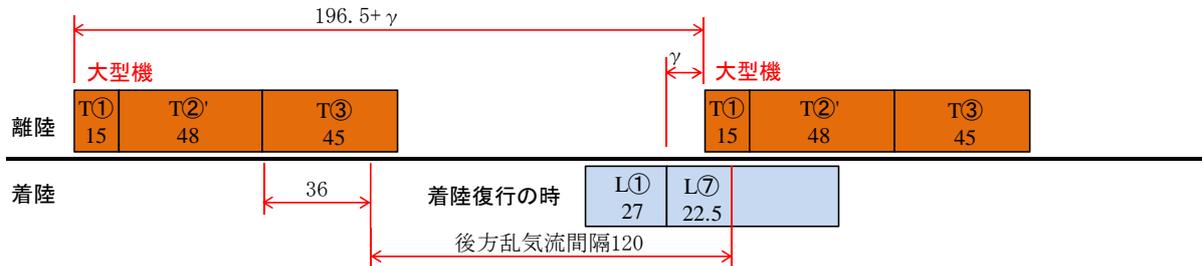


図 2.19

【処理容量】

- ・離陸機の T②は後続が着陸機のため T②' とし安全率を含めて 48 秒
- ・出発機平均速度は 160 マイル/時として交差点まで $1200 + 1$ マイル = 3000m を進む時間は、 $3600 \div 160 \times 1.6 = 36$ 秒
- ・着陸機を 130 マイル/時、復行機は滑走路上で 160 マイル/時とする。
D滑走路端から交差点まで 1 マイルのため、 $L⑦ = 3600 \div 160 \times 1 = 22.5$ 秒

- ・ γ 1 は着陸機が滑走路着陸時点の判断が難しいため、 $\gamma_{\min}=15$ 秒、 $\gamma_{\max}=30$ 秒（福岡PIクローズパラレル検討時間）として設定
- ・ 滑走路占有時間 $L②'$ はバラツキを含まない平均値として 57 秒⁷⁾
- ・ 滑走路 2 本あたりの処理容量

表 2.6

γ	$196.5 + \gamma$	処理容量(回/時) $2 \times 3600 / (196.5 + \gamma)$
15.00	211.50	34.04
30.00	226.50	31.79

e. 交差滑走路 2 本の処理容量

2 つパターンの滑走路処理容量に大型機比率を考慮した滑走路処理容量をまとめると、滑走路 1 本あたり北風時 24 回/時、南風時 16 回/時と、滑走路 1 本を離陸、着陸、または交互に使う場合の容量に比べて少なくなり、特に南風時は 5 割程度となることがわかる（表 2.7）。

表 2.7

検討ケース		比率 A	容量B (回/時)	A × B
交差パターン (1) [北風時]	着陸機：大型機	70%	50.38	35.27
	着陸機：非大型機	30%	48.63	14.59
合 計			49.86 回/時 (24 回/時・本)	
交差パターン (2) [南風時]	離陸機：大型機	70%	31.79	22.26
	離陸機：非大型機	30%	33.95	10.19
合 計			32.45 回/時 (16 回/時・本)	

3) 再拡張後の処理容量試算結果

前述の交差2本の滑走路の処理容量算定方法に準じて、再拡張後処理容量を算定する。

a. 滑走路の位置関係

滑走路の位置関係・距離をほぼ実際の状態とした(図2.20)。

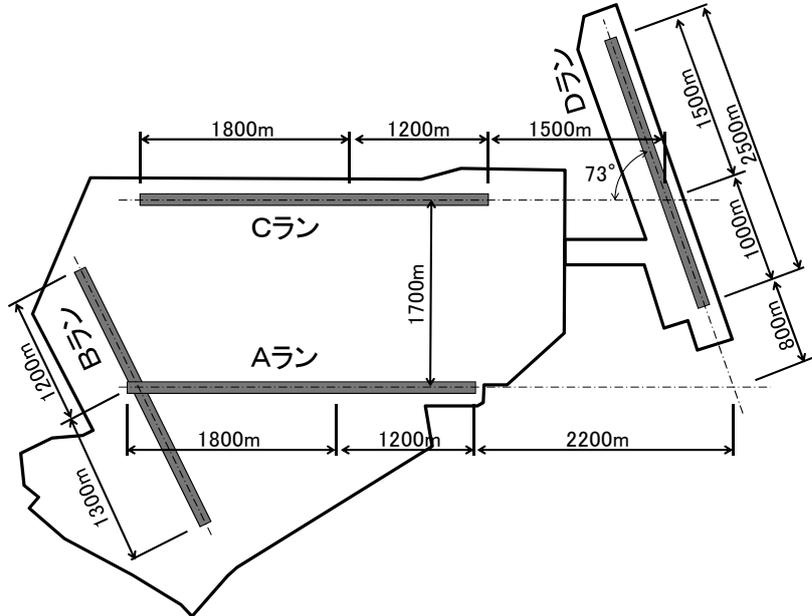


図 2.20

b. 処理容量算定の条件

- ① D滑走路着陸機が滑走路端通過時点から12秒後にC滑走路・A滑走路の離陸許可とする(福岡PIレポートステップ4⁸⁾を参考)
- ② 離陸機と着陸機は一方が離陸時の場合、離陸1分以内は2NM以上を確保、また離陸1分後は最小3NMとする。(1マイル=1852m)
- ③ 航空機の種類
着陸機および離陸機の種類を設定し、着陸復行機の種類は離陸機と同じとした(表2.8)。

表 2.8 着陸機および離陸機の種類

着陸機		離陸機
非大型機 (B737クラス)	大型機 (B777、B767クラス)	機種によらず
130NM/時 =66.88m/秒	140NM/時 =72.02m/秒	160NM/時 =82.31m/秒

- ④ 処理容量算定では大型機：非大型機=70：30とする。
- ⑤ D滑走路着陸機の復行
南風時のD滑走路着陸機が復行した場合、A、C滑走路離陸機について、以下を想定する。
・ D滑走路着陸機が滑走路端手前1NMの近くで復行を決めた場合
→ D滑走路復行機は低空から復行するため、A滑走路離陸機の下を飛行する。従ってA滑走路離陸機が大型機の場合、復行機に対して後方乱気流間隔を考慮する。

- ・ D滑走路着陸機が滑走路端手前 1NM の遠くで復行を決めた場合
 - D滑走路復行機は、ある程度高度が高くなるため、A滑走路離陸機の上を飛行することを考慮し、D滑走路復行機が大型機の場合、離陸機に対して後方乱気流間隔を考慮する。
- ・ C滑走路離陸機との関係
 - C滑走路離陸機が大型機の場合については、D滑走路復行機のタイミングによらずC滑走路離陸機が上を飛行するものと想定し、復行機に対して後方乱気流間隔を考慮することになるが、ここでは、C滑走路離陸機が非大型機の後にD滑走路の着陸を想定しているため、後方乱気流間隔は考慮していない。

c. 北風時の処理容量算定

D滑走路離陸機が滑走路端から 1800m 地点を通過離陸してから 1分以内は 2 NM、1分後には 3 NM以上をC滑走路着陸機との間で安全間隔として確保しなければならない。

図 2.21 に示すようにC滑走路着陸機が着陸復行判断するC滑走路端から 1 NM地点を基準点と考え、D滑走路の離陸機が滑走路端から 1800m 地点を通過する時点での基準点から着陸機の必要距離Aを計算した(表 2.9、図 2.21)。

表 2.9 C滑走路端から 1 NMの地点～着陸機までの必要距離A

	C滑走路の着陸機	
	大型機	非大型機
D滑走路の離陸機が 1800m 地点通過	3279. 9m(45. 53 秒)	3207. 7m(47. 97 秒)

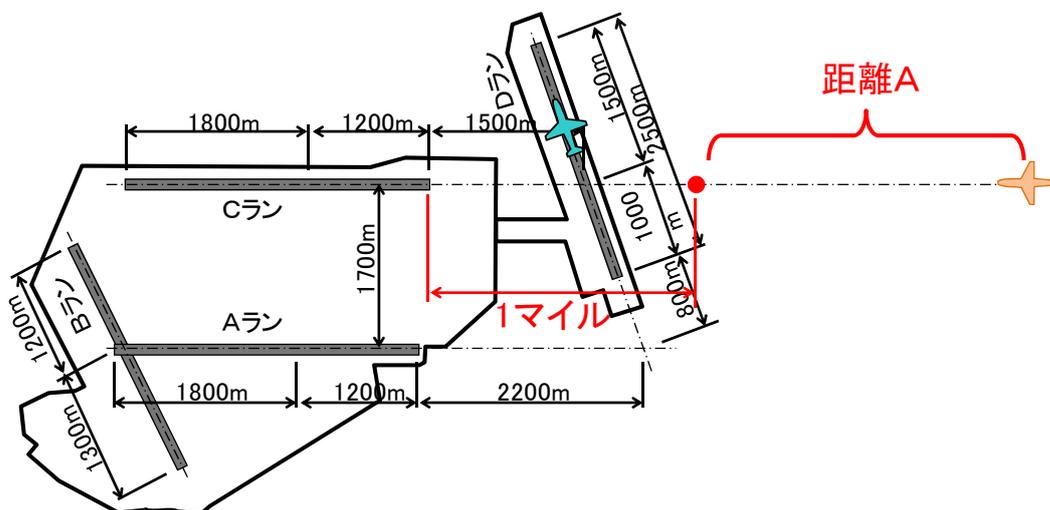


図 2.21 北風時の関係図

これらの条件で、大型機：非大型機=70：30とし(概ね離陸機および着陸機は2機の大型機に対して1機の非大型機となるように計画)、C滑走路は離着陸併用なので離陸と着陸を交互に行うものとし、1時間当たりの計算をした結果、離陸47回/時、着陸47回/時となった(図 2.22、図 2.23)。

なお、再拡張後の航空局公表値は図中の()で示した回数であり、離着陸40回/時なので、北風時は余裕があることになる(参考資料編参照)。

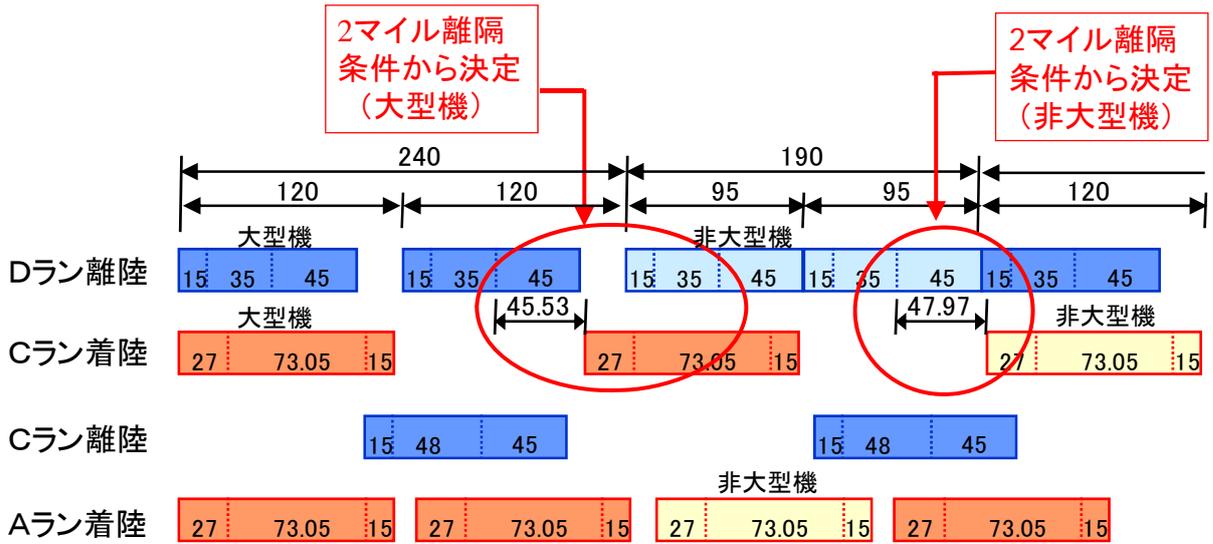
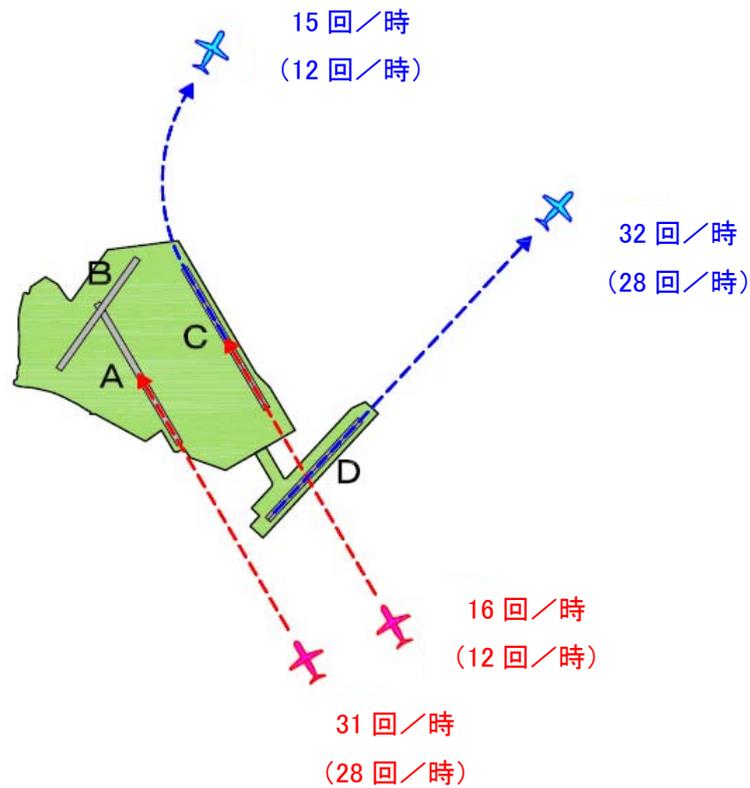


図 2.22 北風時の運用例



※ ()内は公表値

図 2.23 再拡張後の北風時処理容量

d. 南風時の処理容量算定

C滑走路の離陸機が交差部を通過後1分以内は2NM、1分後には3NM以上をD滑走路の着陸機との間で安全間隔として確保しなければならない。D滑走路着陸機が着陸復行判断するD滑走路端から1NM地点を基準点に考えると、C滑走路の離陸機がD滑走路との交差部を通過する時点の基準点から着陸機の必要距離Aを計算した(表2.10)。

表 2.10 D滑走路端から1NMの地点～着陸機までの必要距離A

	D滑走路の着陸機	
	大型機	非大型機
C滑走路の離陸機が交差部通過	3144.8m(43.67秒)	2964.8m(44.33秒)

また、C滑走路離陸機が離陸または1800m地点通過後D滑走路交点までの時間は、 $(1200 + 1500) \div 82.31\text{m/s} = 32.80$ 秒、D滑走路復行機がD滑走路通過後A滑走路交点までの時間は、 $(1500 + 1800) \div 82.31\text{m/s} = 40.09$ 秒、A滑走路離陸機が離陸または1800m地点通過後D滑走路交点までの時間は、 $(1200 + 2200) \div 82.31\text{m/s} = 41.31$ 秒となる(図2.24)。

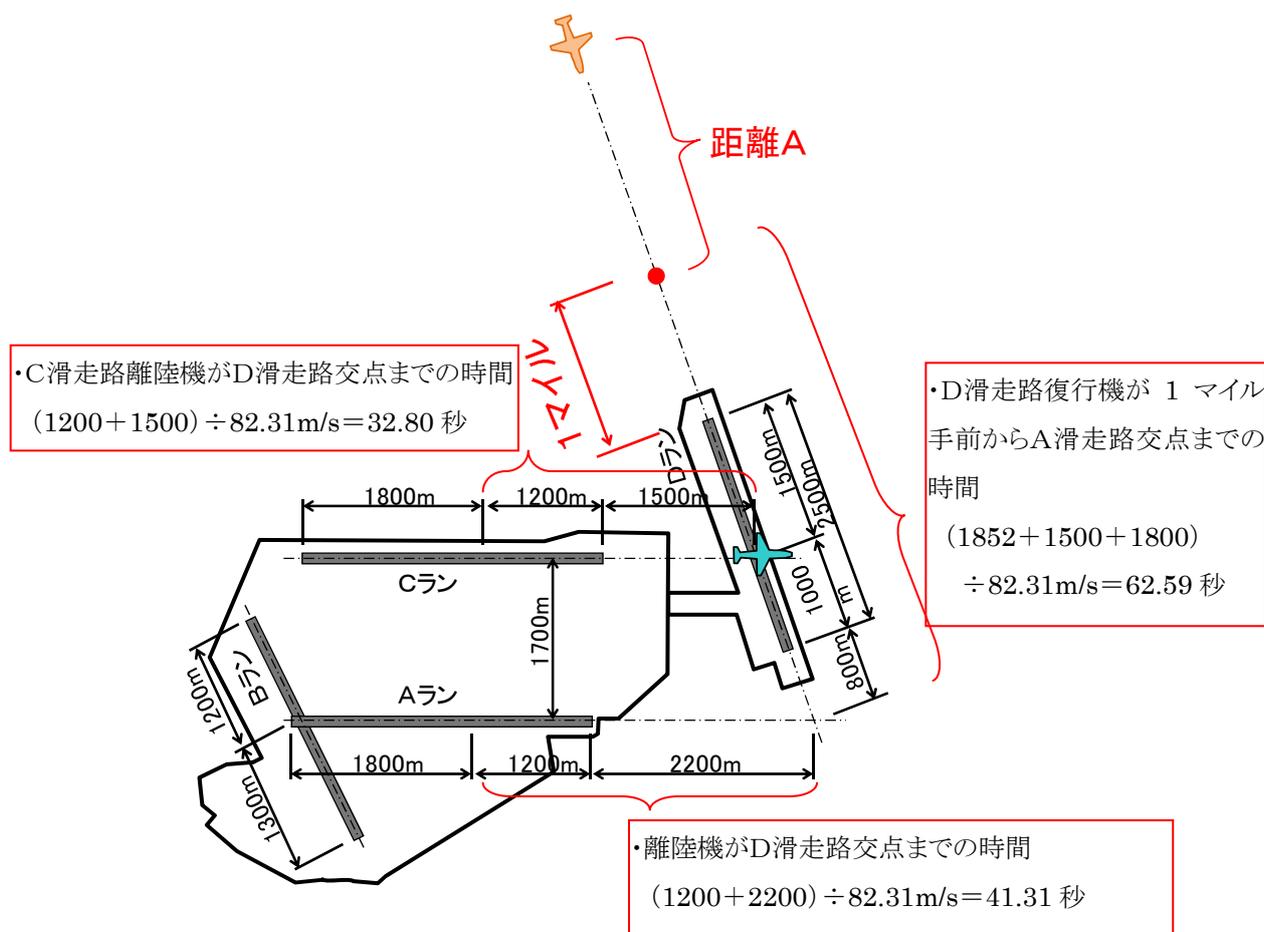


図 2.24 南風時の関係図

南風時では、A滑走路離陸機のブラスト(ジェットエンジンの排気)がB滑走路着陸機に影響を与えることを考慮する(図 2.25)。具体的には以下とした。

- ① B滑走路着陸は平均的に28回/時間とする。つまり $3600 \div 28 = 128.6 \approx 128$ 秒間隔と想定。
- ② A滑走路離陸機は、離陸許可を行う $T① = 15$ 秒の始まり時点において、B滑走路着陸機が $L① = 27$ 秒、もしくは $L② = 73.05$ 秒の内、交差点を通り抜ける 41.05 秒内であれば、離陸開始を遅らせることとする(図 2.26 のB滑走路着陸のハッチング部分)。

※B滑走路着陸のハッチングの考え方：

- ・ B滑走路着陸機が滑走路進入端において140ノット(72.02m/s)で、1500mで停止(速度ゼロ)する減速度で着陸するものとし、AとBの交点までの距離1200mへ至る時間を考える。
 - ・ 減速度 $a = 1.86\text{m/s}^2$ 、 $y = a \cdot t^2$ から、滑走路端～交点までの $t = 25.40$ 秒
 - ・ 25.40 秒にはバラツキを考慮する必要があり、仮に滑走路占有時間のバラツキ(2.6 σ) = 16.05 秒を加えた 41.05 秒とする。従って滑走路端から 41.05 秒でAとBの交点を通り過ぎるものとする。
 - ・ B滑走路のハッチングは $27 + 41.05 = 68.05$ 秒の時間とする
- ③ A滑走路離陸機のブラストは離陸開始点から500mまではB滑走路着陸機に影響を与える。A滑走路離陸機は滑走路端から1800mで離陸するものとし、速度は160ノット(82.31m/s)。離陸までの加速度 $b = 2.35 \text{ m/s}^2$ 、離陸開始点から500m進むまでブラストの影響をB滑走路に与えると考え、その時間は $500 = 2.35 t^2$ から、 $t = 14.59$ 秒となる。(図 2.26 のA滑走路離陸のハッチング)

これについては参考値であり、B滑走路のハッチングとA滑走路のハッチングが重なっていないか、もしくは重なっていても着陸機は滑走路手前にいる状態であることを確認するために図示している。

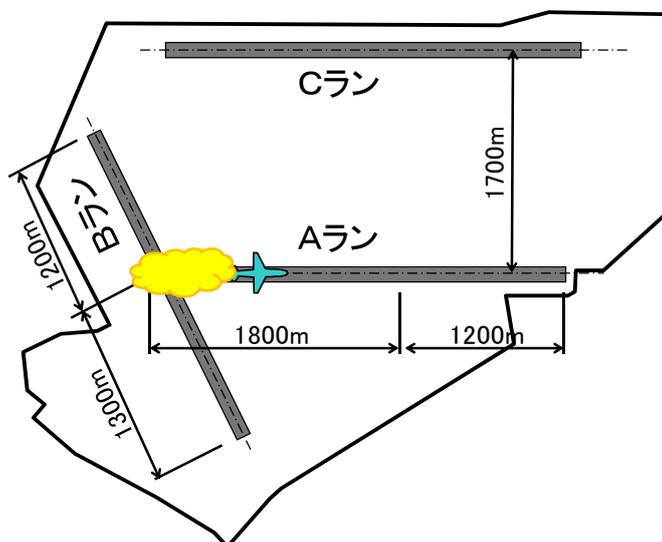


図 2.25 ブラストの影響

これらの条件で、大型機：非大型機=70：30とし（C滑走路離陸機2機に対して2番目の離陸機は非大型機とすることでD滑走路着陸機への後方乱気流の影響を排除し、A滑走路離陸は大型機専用として計画、着陸機は概ね2機の大型機に対して1機の非大型機となるように計画）、1時間当たりの運用例を示す。図 2.26 は通常時のサイクルであり、図 2.27 はD滑走路復行時（A滑走路離陸機がD滑走路復行機の上）のサイクルである。

その結果、離陸 46 回/時であるが、着陸 40 回/時となり、容量の少ない着陸時の 40 回/時が容量となる（図 2.28）。なお、再拡張後の航空局公表値は図中の（ ）で示した回数であり、離着陸 40 回/時で同じ回数が算出できた。

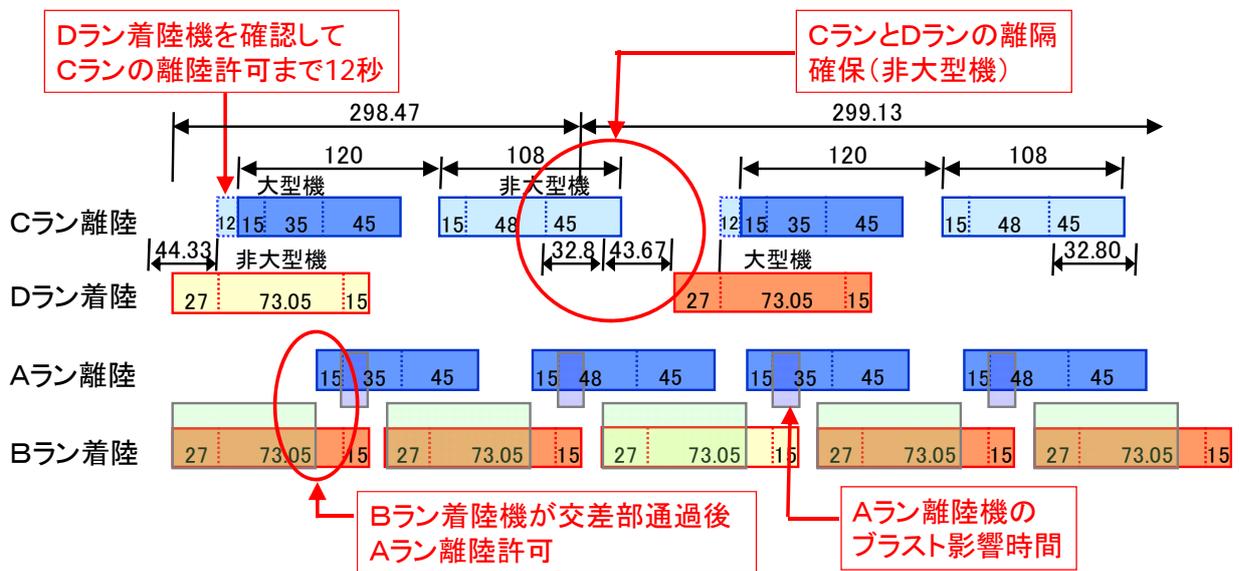


図 2.26 南風時の運用例（通常時）

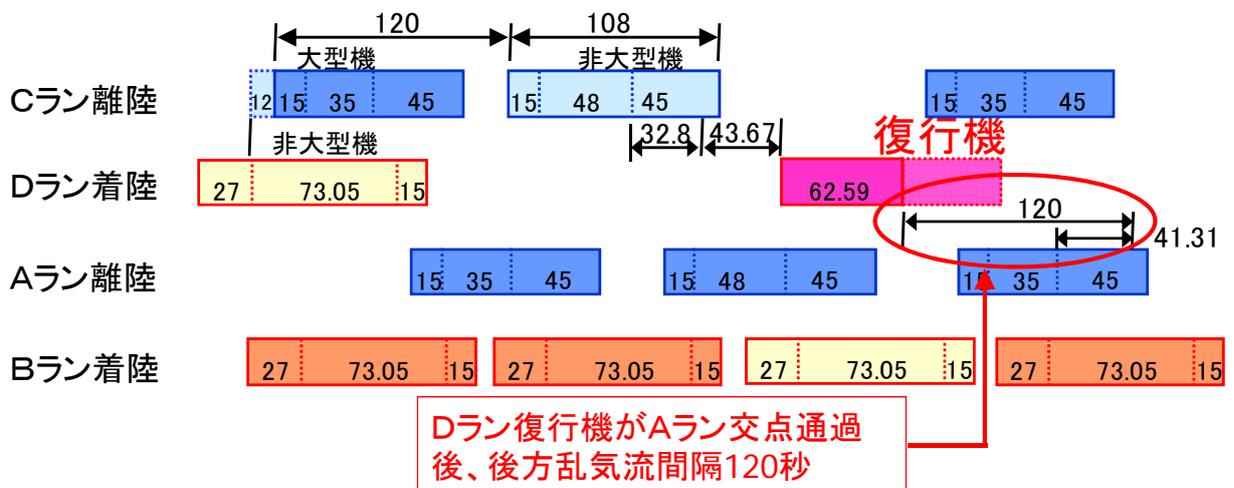
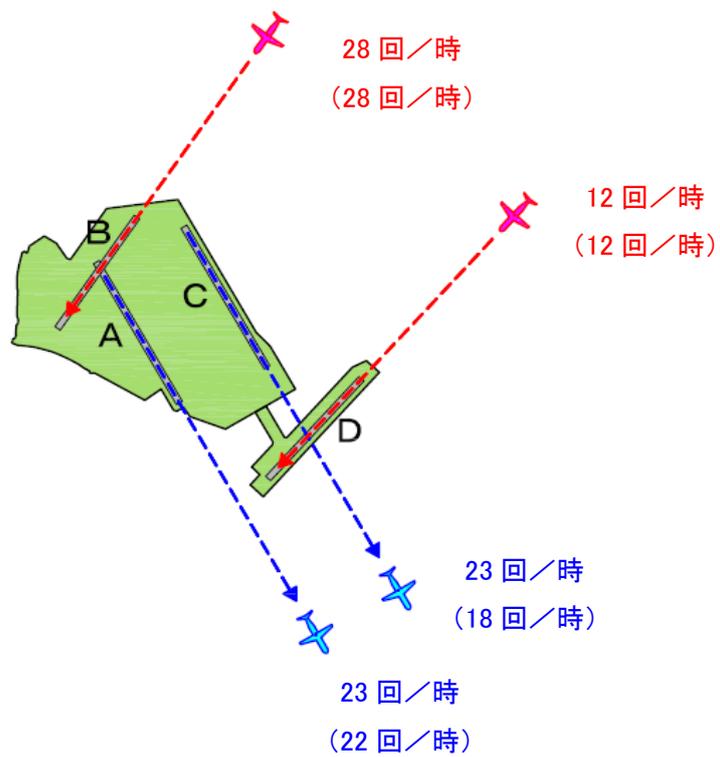


図 2.27 南風復行時の運用例（離陸機が上）



※ ()内は公表値

図 2.28 再拡張後の南風時処理容量

e. D滑走路完成時の処理容量

現状のD滑走路建設前の処理容量は、前述のように滑走路の運用が離着陸分離方式の運用のため、容量の小さい着陸時の滑走路処理容量（滑走路占有時間）によって決まっており、1本の滑走路処理容量が空港全体の処理容量となっている。

D滑走路建設後には、C滑走路が離着陸共用となること、離陸機と着陸機のタイミングをシンクロする必要があること等から、1本の滑走路処理容量から空港の処理容量が決まるものではなく、騒音や滑走路相互の従属関係や機材構成、滑走路間でのシンクロ、着陸前や離陸後の飛行ルートなどの種々の要因から40回/時間が決まることになる。なお、40回/時間から年間の空港処理容量を計算すると次の通りである。

【定期便の年間発着回数】

・6～22時台の処理可能機数（A）	:	離着陸40回/時間
・1日の処理可能機数（B）※1	:	1,360回
・ファイヤーブレーク（C）※2	:	16回
・1日の発着機の総数（B－C＝D）	:	1,344回
・公用枠（E）	:	30回
・ $F = D - E$:	1,314回
・朝の到着及び出発の特定時間枠（G）※3	:	200回
・定期便の1日当たり発着枠（ $H = F - G$ ）	:	1,114回
・定期便の年間発着枠（ $I = H \times 365$ ）※4	:	40.7万回

※1：40回/時間×17h×2（出発＝到着）＝1,360回

※2：ファイヤーブレーク：遅延防止のための余裕

※3：（8:00～8:30間の到着）＋（20:30～23:00間の出発）

※4：実際の年間発着実績は、I以外にも特定時間枠に発着する定期便、公用機枠を利用して発着する公用機（政府専用機、海上保安庁、航空局）、ビジネスジェット機が加わる。

※5：ファイヤーブレーク、公用枠等の値は、現状の年間容量算定に用いられている値を使用

4) A滑走路南側スライド・E滑走路増設による処理容量

前述の3)で示したように、再拡張後の処理容量は南風時にきびしい条件となっている。このため、具体的な対策に伴う効果の検討は主に南風時について行うこととする。

a. A滑走路南側スライド時の処理容量

A滑走路を南側にスライドした場合、A滑走路離陸機のブラストのB滑走路着陸機への影響が無くなるため、B滑走路の着陸は滑走路1本の着陸容量である31回/時に増加し、また、A滑走路の離陸についても余裕が生じる。

従って、A滑走路を南側にスライドする案では、着陸時で決まり43回/時となる(図2.29)。

年間の発着枠としては、ファイヤーブレーク、公用枠、特定時間枠を比例配分して考えると表に示すように43.7万回/年となる(表2.11)。

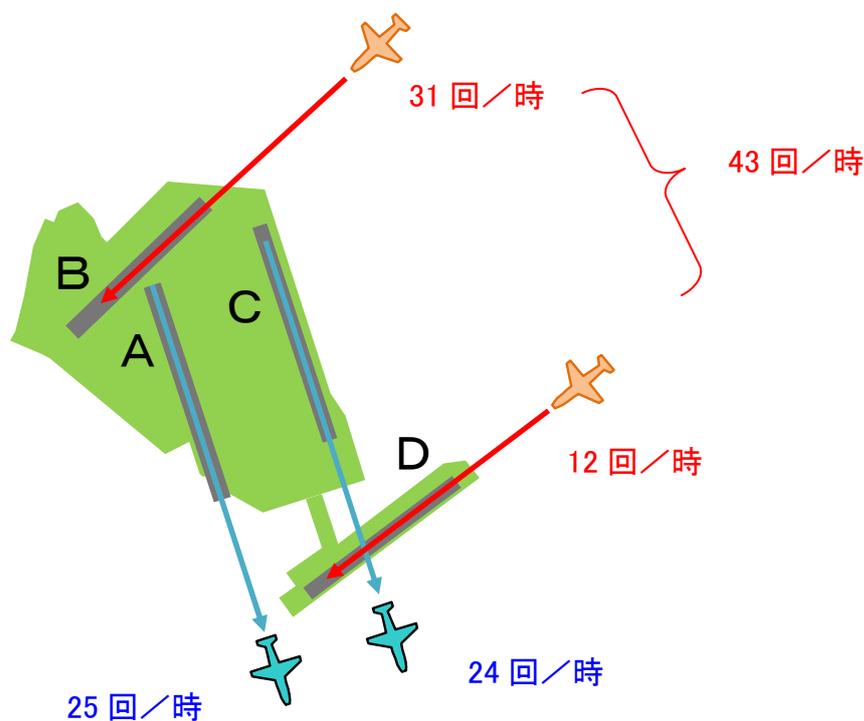


図 2.29 A滑走路南側スライド時の処理容量

表 2.11 A滑走路南側スライド時の年間発着枠

・6～22時台の処理可能機数	43	回/時
・1日の処理可能機数	1,462	回
・ファイヤーブレーク	17	回
・公用枠	32	回
・朝到着・出発の特定時間枠	215	回
・定期便1日当たり	1,198	回
定期便の年間発着枠	43.7	万回/年

b. E滑走路増設時の処理容量

A滑走路を南側にスライドする対策に加えて、後述の4章で検討しているC滑走路沖側に760m離れたE滑走路増設時の処理容量を試算すると、南風時に46回/時となり(図2.30)、46.8万回/年に容量が増加する(表2.12)。詳細は4章参照。

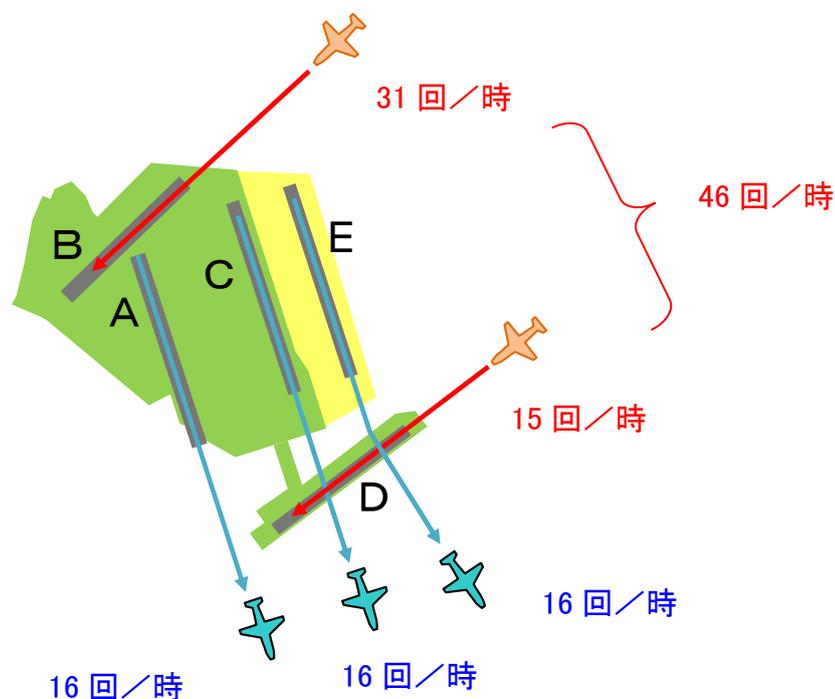


図 2.30 E滑走路増設時の運用(南風時)

表 2.12 E滑走路増設時の年間発着枠

・6～22時台の処理可能機数	46	回/時
・1日の処理可能機数	1,564	回
・ファイヤーブレーク	18	回
・公用枠	35	回
・朝到着・出発の特定時間枠	230	回
・定期便1日当たり	1,281	回
定期便の年間発着枠	46.8	万回/年

以上、具体的な対策に伴う処理容量の増加効果について示したが、厳密には飛行ルートに関するチェックが今後の課題として残されている。

5) 他機関での試算例との比較

羽田空港再拡張後の容量拡大方策については、(財)運輸政策研究機構において「首都圏空港の将来像」⁹⁾として2009年9月24日に検討結果が公表されている(表2.13)。

当専門委員会の作業は、同機構の研究者の方からもアドバイスを得て進めたので、基本的な考え方は類似すると思われるが、前提条件や容量計算上の手法に多少の違いがあるので、単純には比較できない。例えば、前述の検討で示したA滑走路の南側スライド案については、表2.13の②にあるように45.8万回/年であり、本検討結果の43.7万回/年は、やや少なめの結果となっている。

また、E滑走路増設については、本検討での条件と違って、旧B滑走路の活用や上空制限を緩和しての結果であり、本検討結果の46.8万回/年に対して、⑥で56万回/年とかなり大きな結果となっている。

なお、ケース③とケース⑥の滑走路運用と離着陸回数を図2.33、図2.34に示す。

表 2.13 容量拡大方策と効果⁹⁾

ケース	対策内容・前提条件等	滑走路処理容量 (万回/年)	備 考
	現計画	40.7	
①	管制運用の高度化 (離着陸機の戦略的順序付け)	44.7	2機目は非大型機に限定する 形での南風時2機連続離陸等
②	①に加えてAランの南側スライド	45.8	国際線地区とDランを結ぶA ラン制限表面を回避する専用 誘導路の新設等、地上走行対 策が必要
③	②に加えて旧Bランの活用 (南風時に着陸用としてBラン と併用)	47.8	北風時の着陸容量で滑走路処 理容量が決まることとなり 、北風時の離陸と南風時の 離着陸には1万回の余裕あり
④	③に加えて北風時の東京上空離 陸を4回/時 許容	48.8	
⑤	Cランに平行なEランをオーブ ンパラレルで新設し、空港の北 西方面上空を活用	63.0	騒音環境基準を超える地域が 相当程度発生する
⑥	⑤に加えて環境基準達成のため に発着回数制限等を実施	56.0	内陸上空低高度ルートを低騒 音機に限定、着陸地点の滑走 路内側化等

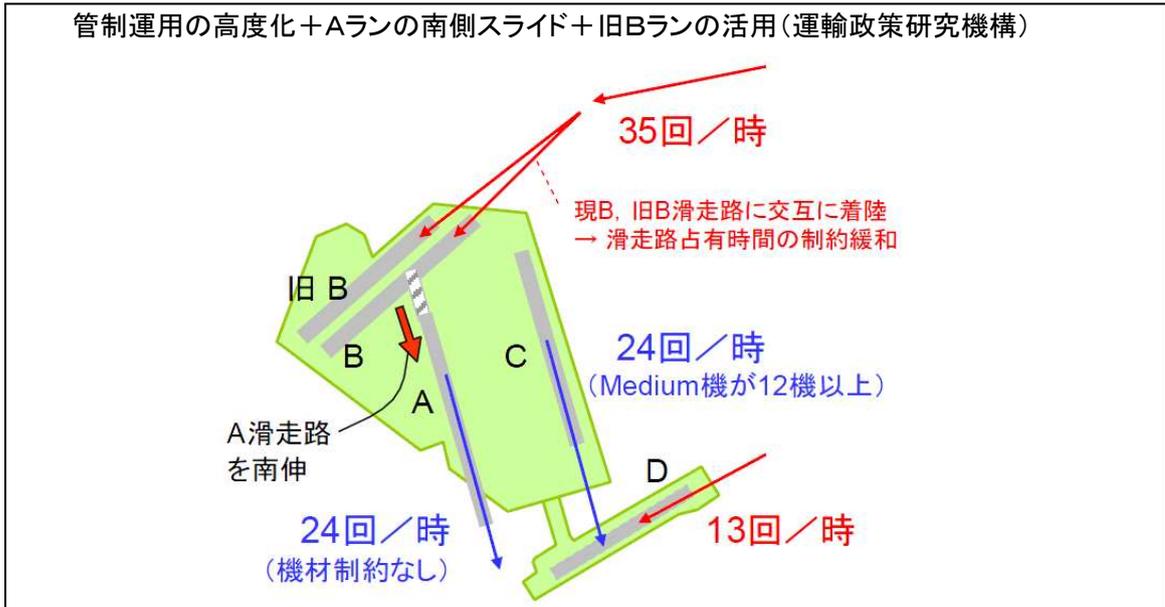


図 2.31 ③旧B滑走路の活用時の運用(南風時)⁹⁾

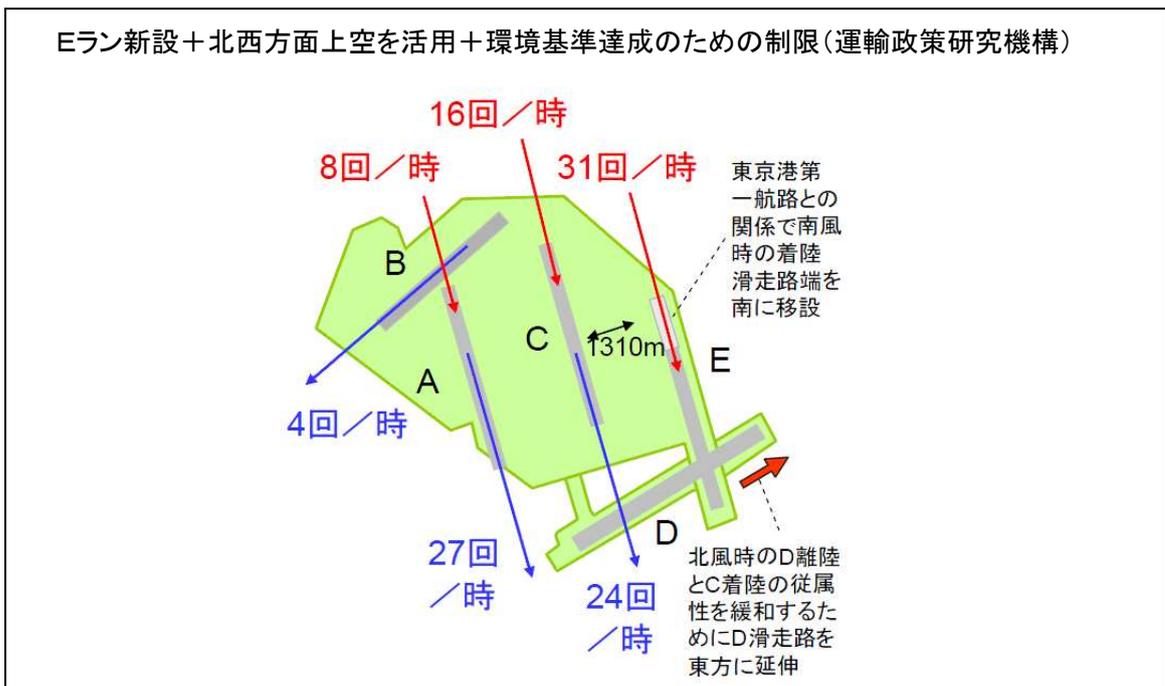


図 2.32 ⑥E滑走路増設時の運用(南風時)⁹⁾

6) 欧米の空港容量

羽田空港は旅客数において世界第4位の空港であることは前述したが、空港処理容量という観点でみると、欧米の大規模空港との差が大きい。このことについて、運輸政策機構での検討成果を紹介する⁴⁾。

欧米の代表的な空港について、同時運用可能な滑走路本数と離着陸トータル容量を比較すると(図2.33)、同時運用可能な滑走路本数が増えればトータル容量が増えることがわかる。ただし同じ本数でも羽田の離着陸60回/時と、シンシナティの120回/時のように容量が2倍も異なる空港があることもわかる。また、容量が大きい空港は、1本の滑走路で離着陸共用方式を採用していることがわかる¹⁾。

なお、現状の羽田では空域の制約があり、離着陸共用を行うことができない。

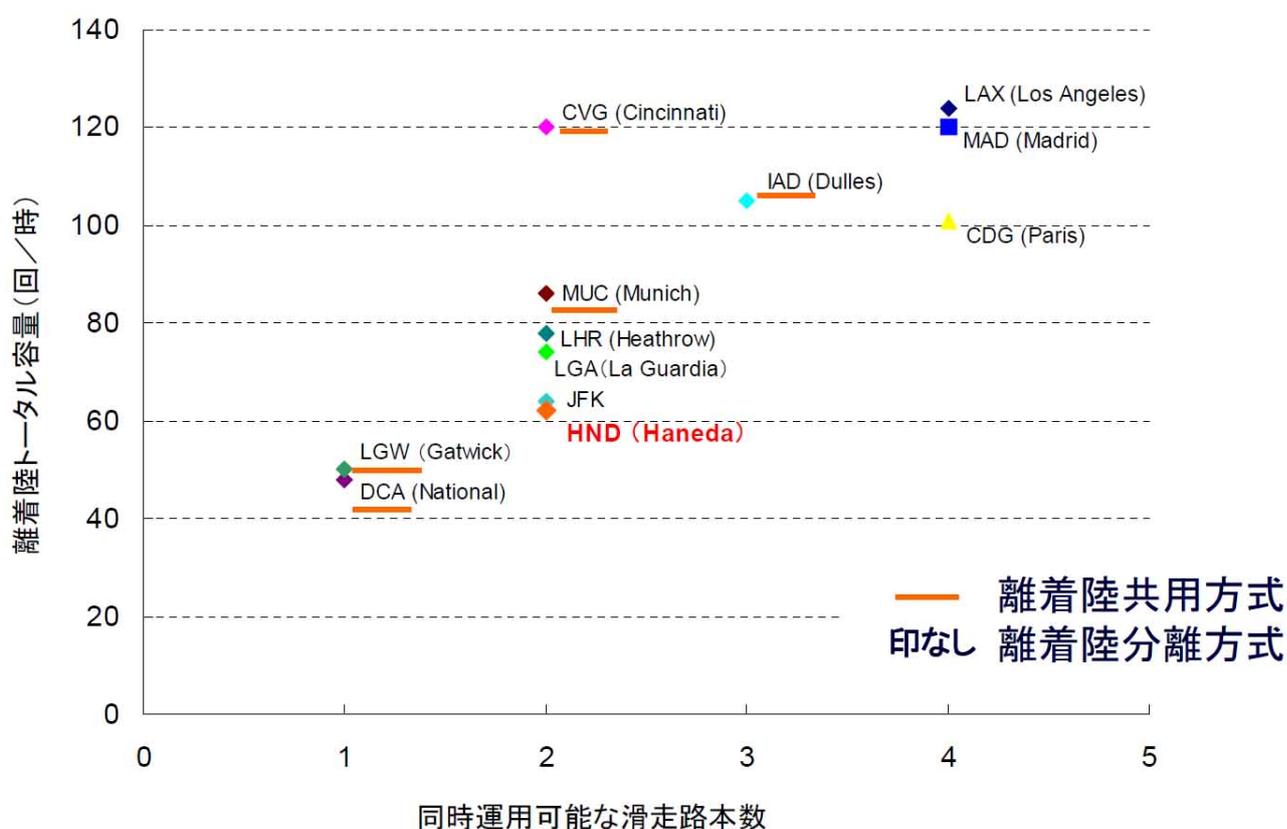


図 2.33 同時運用可能滑走路本数と離着陸トータル容量の比較⁴⁾

次に同時運用可能な滑走路本数と滑走路1本あたりに換算した離着陸トータル容量の関係から1本あたりに換算すると本数の少ない空港ほどその容量が大きい傾向にある(図2.34)。これは、本数が少ないほどより効率的運用が要求されることが多いと考えられ、一方、滑走路配置によっては滑走路が複数になると、異なる滑走路間の相互影響が生じ、1滑走路あたりの容量が減少することも考えられる。

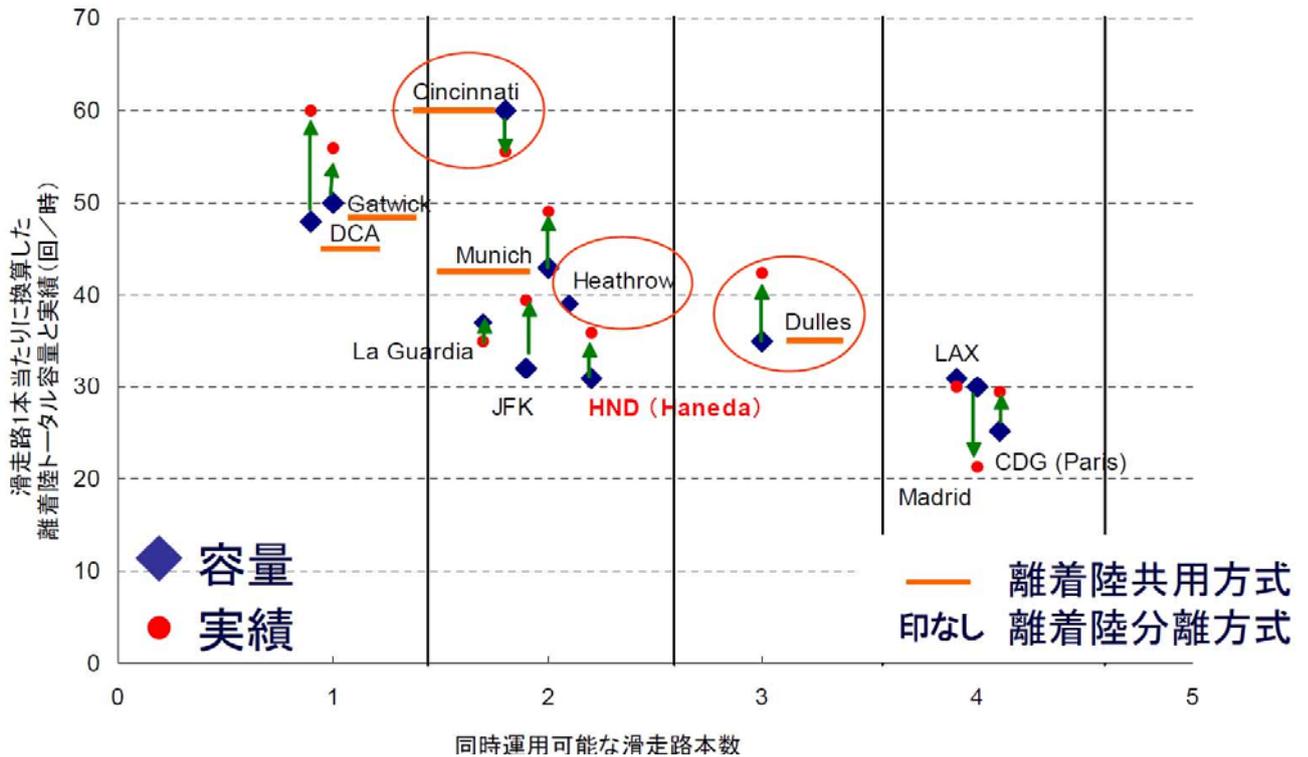


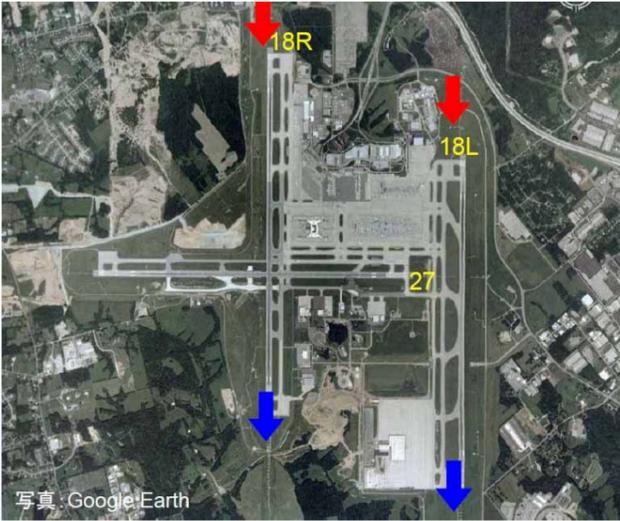
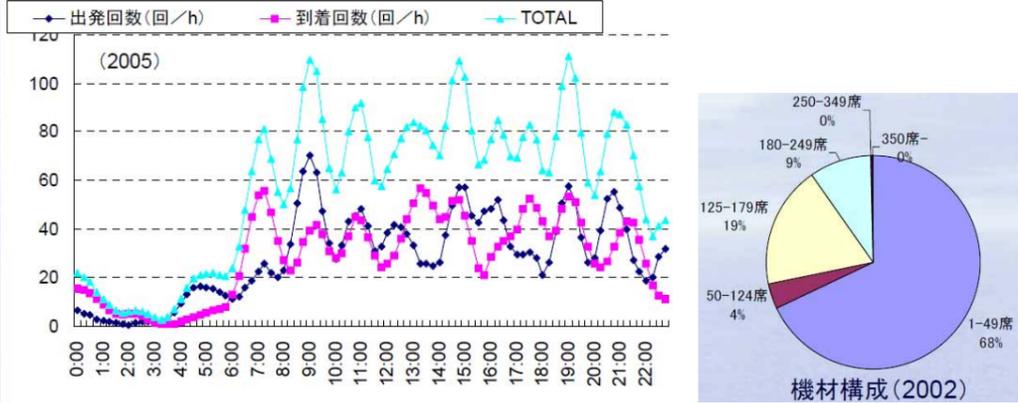
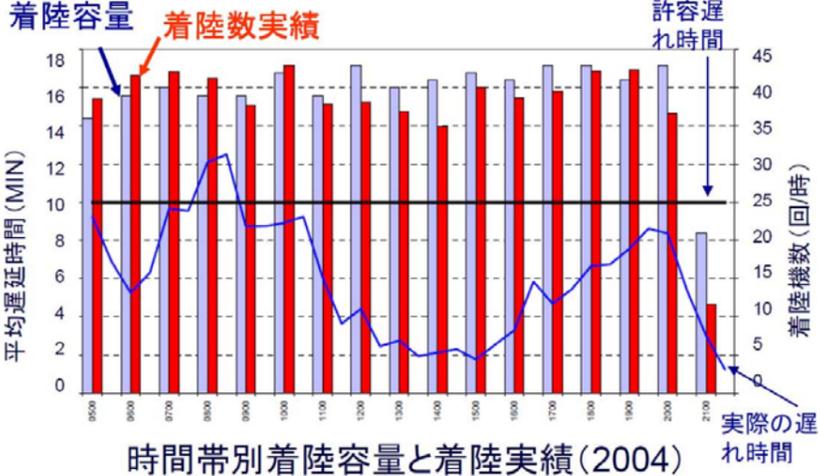
図 2.34 滑走路1本あたりの換算離着陸トータル容量と最大離着陸実績の比較⁴⁾

次に海外の3つの空港レイアウトと容量、離発着回数、機材構成を比較する(表2.14)。

シンシナティやダレスでは50席未満のリージョナルジェットの比率が7割近くあり、大型機の割合が7割の羽田に対して1.5倍から2倍もの発着容量を達成している。またこれらは1本の滑走路を離着陸共用としており、分離運用している空港に比べて安全間隔のルール上発着回数が増えるためと考えられる。

ヒースローは、羽田とほぼ同じ構造であり離発着分離方式にも関わらず、羽田より10回/時も多い40回/時を達成している。ヒースローは大型機割合が3割と小さいことも理由としてあげられるが、多少の遅れ時間(10分程度)を許容していること、空中待機(ホールディング)を活用し着陸機の順番を並べ替えることによって容量拡大をしている。¹⁾

表 2.14 欧米の空港レイアウトと容量・離着陸回数、機材構成⁴⁾

空港名	レイアウト	容量	離着陸回数と機材構成																	
シンシナティ空港 (米)		<table border="1" data-bbox="1329 363 1665 501"> <thead> <tr> <th colspan="3">容量 (Declared): 回/時 (2002)</th> <th rowspan="2">許容遅延時間 min</th> </tr> <tr> <th>着陸容量</th> <th>離陸容量</th> <th>トータル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60</td> <td>60</td> <td>120</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1282 543 1706 682"> <thead> <tr> <th>滑走路本数</th> <th>ピーク時発着回数 (回/時) 2005年</th> <th>ピーク時着陸回数 (回/時) 2005年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>18R-36L(3353) 18L-36R(3048) 09-27(3048)</td> <td>111</td> <td>56</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1368 709 1620 789">滑走路容量等: 出典 IATA「Airport Capacity Demand Profiles 2003」, FAA「Airport Capacity Benchmark Report 2004」, FAA:ASPM</p>	容量 (Declared): 回/時 (2002)			許容遅延時間 min	着陸容量	離陸容量	トータル	60	60	120	8	滑走路本数	ピーク時発着回数 (回/時) 2005年	ピーク時着陸回数 (回/時) 2005年	18R-36L(3353) 18L-36R(3048) 09-27(3048)	111	56	
容量 (Declared): 回/時 (2002)			許容遅延時間 min																	
着陸容量	離陸容量	トータル																		
60	60	120	8																	
滑走路本数	ピーク時発着回数 (回/時) 2005年	ピーク時着陸回数 (回/時) 2005年																		
18R-36L(3353) 18L-36R(3048) 09-27(3048)	111	56																		
ダレス空港 (米)		<table border="1" data-bbox="1294 911 1670 1050"> <thead> <tr> <th colspan="3">容量 (Declared): 回/時 (2002)</th> <th rowspan="2">許容遅延時間 min</th> </tr> <tr> <th>着陸容量</th> <th>離陸容量</th> <th>トータル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45</td> <td>60</td> <td>105</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1246 1092 1718 1230"> <thead> <tr> <th>滑走路本数</th> <th>ピーク時発着回数 (回/時) 2005年</th> <th>ピーク時着陸回数 (回/時) 2005年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1L/19R (3,506) 1R/19L (3,505) 12/30 (3,201)</td> <td>127</td> <td>78</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1356 1257 1608 1337">滑走路容量等: 出典 IATA「Airport Capacity Demand Profiles 2003」, FAA「Airport Capacity Benchmark Report 2004」, FAA:ASPM</p>	容量 (Declared): 回/時 (2002)			許容遅延時間 min	着陸容量	離陸容量	トータル	45	60	105	-	滑走路本数	ピーク時発着回数 (回/時) 2005年	ピーク時着陸回数 (回/時) 2005年	1L/19R (3,506) 1R/19L (3,505) 12/30 (3,201)	127	78	
容量 (Declared): 回/時 (2002)			許容遅延時間 min																	
着陸容量	離陸容量	トータル																		
45	60	105	-																	
滑走路本数	ピーク時発着回数 (回/時) 2005年	ピーク時着陸回数 (回/時) 2005年																		
1L/19R (3,506) 1R/19L (3,505) 12/30 (3,201)	127	78																		
ヒースロー空港 (英)		<table border="1" data-bbox="1270 1577 1694 1671"> <thead> <tr> <th colspan="3">容量 (Declared): 回/時 (2002)</th> <th rowspan="2">許容遅延時間 min</th> </tr> <tr> <th>着陸容量</th> <th>離陸容量</th> <th>トータル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>44</td> <td>43</td> <td>78</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1356 1698 1608 1778">滑走路容量等: 出典 IATA「Airport Capacity Demand Profiles 2003」, FAA「Airport Capacity Benchmark Report 2004」, FAA:ASPM</p>	容量 (Declared): 回/時 (2002)			許容遅延時間 min	着陸容量	離陸容量	トータル	44	43	78	10							
容量 (Declared): 回/時 (2002)			許容遅延時間 min																	
着陸容量	離陸容量	トータル																		
44	43	78	10																	

【参考文献】

- 1) 屋井 鉄雄・平田 輝満・山田 直樹:飛行場管制からみた空港容量拡大方法に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol.64, No.1, pp.122-133, 2008
- 2) 国土交通省航空局:第5回航空に関する懇談会(資料3)航空機の安全かつ効率的な運航について, 2004.2.25
- 3) 平田輝満:航空管制からみた混雑空港の発着容量拡大方法に関する検討 運輸政策研究 Vol.10,No.2,2007 Summer
- 4) 平田輝満:空港管制とエアラインの行動からみた空港容量拡大方法に関する研究, 第 80 回運輸政策コロキウム, 2006.7.5
- 5) 平松健志:航空管制・騒音を考慮した空港容量算定方式に関する研究 東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境システム専攻屋井研究室修士論文, 平成 17 年 3 月 27 日
- 6) 国土交通省航空局, 記者発表資料 H19.7.11, 羽田空港の増枠及びその使用について
別紙:羽田空港の発着枠の見直しについて
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/12/120711_.html
- 7)「東京国際空港の円滑な運用方策に関する勉強会」の H16 年度実測平均値
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/12/120829/02.pdf>
- 8) 福岡空港の総合的な調査PIステップ4,福岡空港調査連絡調整会議,2008.9
<http://www.pref.fukuoka.lg.jp/d12/fukuokakuukounosougoutekinacyousapisuteppu4.html>
- 9) 首都圏空港の将来像, (財)運輸政策研究機構, 2009.9.24

3. A滑走路南側スライド案に関する検討

(1) A滑走路南側スライドの意味

1) A滑走路の現状

1章(1)羽田空港の現状で示したように、現在(2010年再拡張前)A滑走路は、空港西側にC滑走路と平行にB滑走路に一部交差して配置され、北風時の着陸と南風時の離陸用として使用されている。また、A滑走路の南側は多摩川河口部であり、900mの進入灯が海上に設置されている。

再拡張(D滑走路増設)後においては、1章(2)羽田空港の課題と対応策で示したように、南風時の運用において、D滑走路着陸機(の復行経路)とA滑走路離陸機が従属運用、さらにA滑走路離陸機のブラストがB滑走路に残存することからA滑走路離陸機とB滑走路着陸機も従属運用となり、地上管制においてもB滑走路着陸機が旅客ターミナルへ向かうためにA滑走路を横断する必要がある。これらは何れも容量低下をもたらす要因である。

2) A滑走路南側スライドの意味

上述のように再拡張後においては、井桁に配置された4本の滑走路を3本(北風時)あるいは4本(南風時)で同時運用することにより、容量低下の要因が残るとされている。この課題改善の方策として、図3.1に示すようにA滑走路をスライド(南へ延伸)し、B滑走路との間に離隔を確保することにより、A滑走路とB滑走路を独立運用することが考えられる。これにより、以下の効果が期待できる。

- ① A滑走路離陸機のブラストによる影響がB滑走路に及ばない。
- ② B滑走路着陸機が旅客ターミナルへ向かうためのA滑走路横断が解消できる。
- ③ 現在整備中の国際線ターミナルへの出入りにおいてA滑走路の横断を避けることができる。

A滑走路をスライドした場合の処理容量を試算すると、2章で述べたとおり、年間発着枠が40.7万回から43.7万回に拡大する。

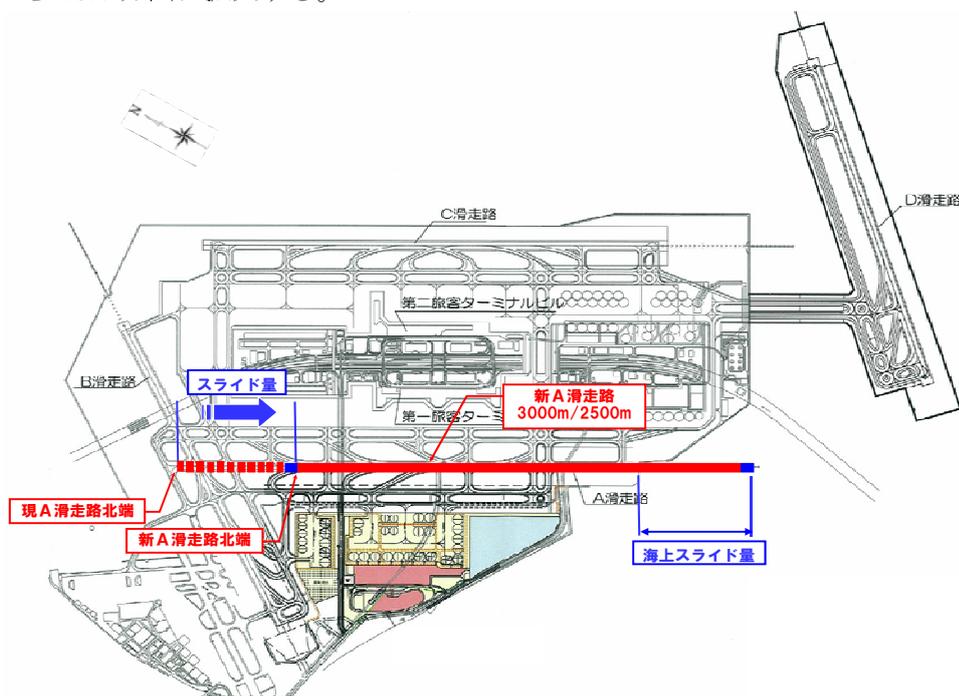


図 3.1 A滑走路スライド(B滑走路との離隔)のイメージ

(2) A滑走路南側スライド計画

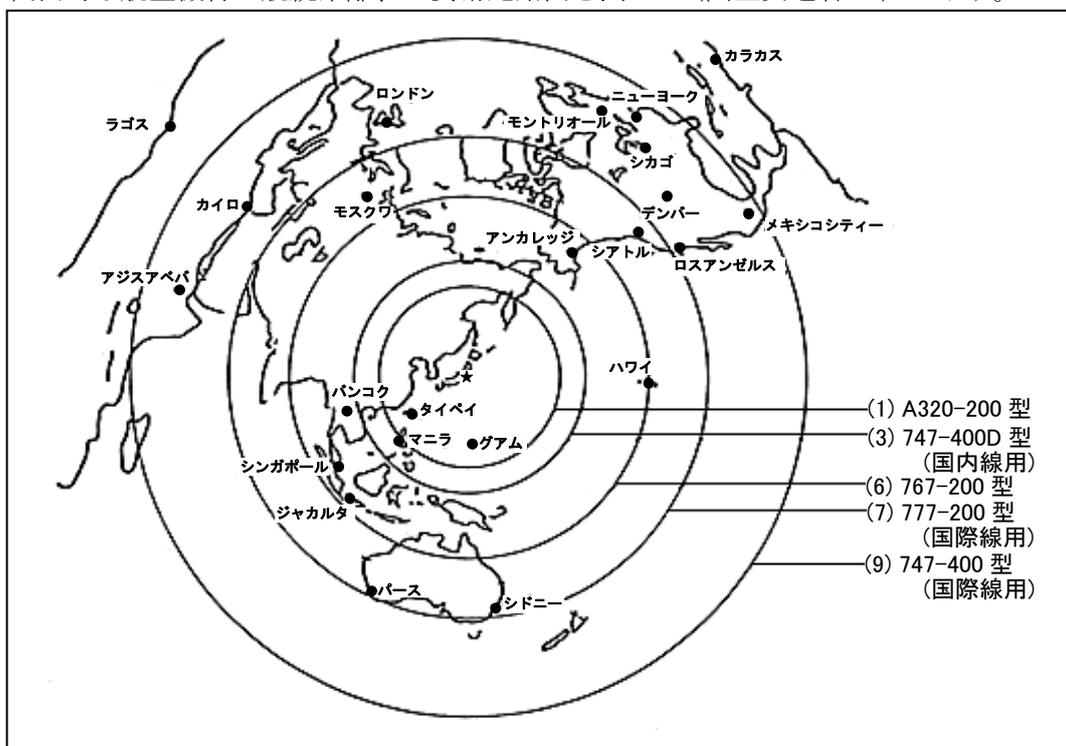
1) A滑走路スライド条件の整理

a. 必要滑走路長

現在の羽田空港の滑走路は、A滑走路：3,000m、B滑走路 2,500m、C滑走路：3,000m、D滑走路：2,500m（建設中）である。国内線大型ジェット機（B-747、B-777、MD-11等）が使用する標準の滑走路長は2,500mである。一方、国際線の運航を前提とした場合、必要とされる滑走路長は以下とされる。

- ①大型（多発）機で北米、欧州等の長距離直行便を運行する場合は少なくとも3,000m級以上、可能な限り3,500mの滑走路が望ましい
- ②アジア近距離、アジア・オセアニア方面には、小中型機（双発）機も運行しており、2,000m～2,500mの滑走路でも対応可能

代表的な航空機材の航続距離、必要滑走路長を図3.2（国土交通省HP）に示す。



航空機型式	乗客数	航続距離	離陸滑走路長	着陸滑走路長
[1] A320-200型	166人	3,040km	1,780m	1,470m
[2] 747-300型(国内線用)	563人	3,490km	2,230m	2,230m
[3] 747-400D型(国内線用)	568人	3,940km	1,790m	1,940m
[4] 777-200型(国内線用)	376人	4,300km	1,740m	1,650m
[5] 767-300型	270人	5,130km	2,580m	1,660m
[6] 767-200型	235人	6,280km	1,680m	1,400m
[7] 777-200型(国際線用)	250人	8,740km	2,710m	1,550m
[8] MD-11型(国際線用)	252人	11,480km	3,200m	2,280m
[9] 747-400型(国際線用)	430人	12,300km	3,250m	2,070m

図3.2 航空機材の航続距離と離着陸滑走路長 国土交通省HP（平成11年6月発表）より

以上から、スライド後の必要滑走路長は、現状の 3,000m（国際線対応）と 2,500m（国内線および国際線近距離対応）の 2 ケースを想定して検討する。

b. スライド量の検討

南風時において、A 滑走路と B 滑走路の独立運用が可能となる A 滑走路のスライド量（離隔距離）は、以下によって検討を行うものとする。

i. 「空港土木施設設計基準」による滑走路安全区域の長さより

南風時の必要離隔距離を、航空機のオーバーランとアンダーシュートした場合の安全区域の必要長から設定する。（実際は南風時には A 滑走路と B 滑走路の交差部がオーバーラン、アンダーシュートに該当しないが、独立運用のための離隔距離の目安とする）

図 3.3（滑走路長が 1,200m 以上 望ましい値）より必要離隔距離は、「過走帯(60m)+安全区域(240m)+場周道路(10m)=310m」となり、B 滑走路平行誘導路境界から 310m の位置から 2,500m または 3,000m の滑走路を設置することになる。

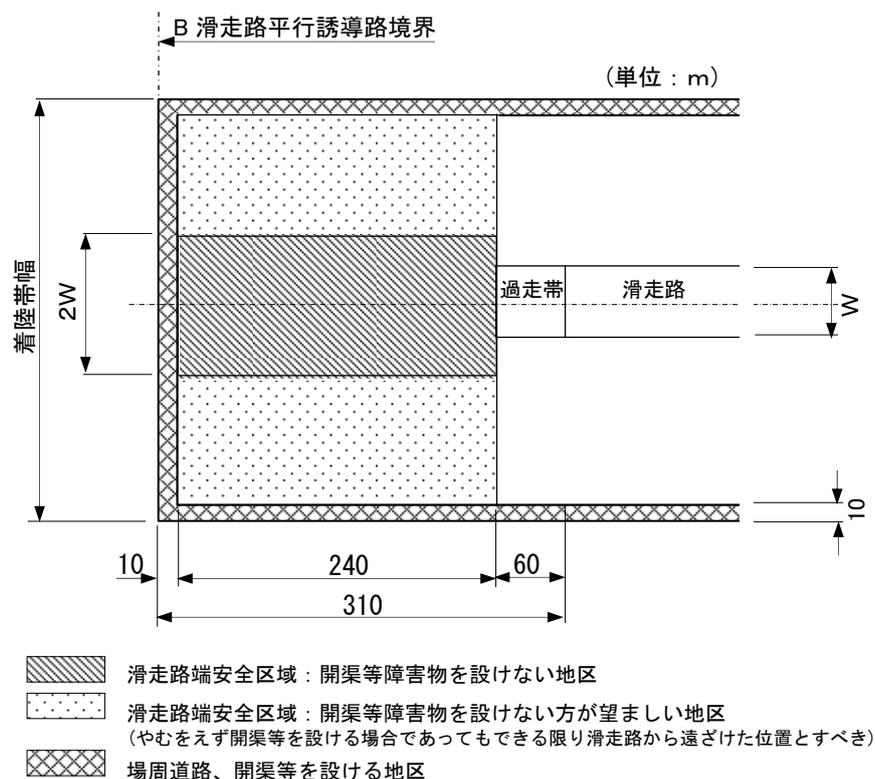


図 3.3 滑走路端安全区域の長さ（滑走路長が 1,200m 以上 望ましい値）

ii. ブラストの影響を受けない離隔距離

ブラストの影響の及ばない距離は、機材の違いや空港の運用によって異なり、特定することが困難であるが、現行の B 滑走路と C 滑走路においてはブラストの影響が無いと見做され、参考としてこの離隔距離を用いると 800m となる。

一方、管制の専門家等からのヒアリング結果によると、定性的にはブラストの影響が及ぶ範囲としては、風速 56km/h (15.6m/sec) 以上とされており、確立された基準として運用されている訳ではないが、影響の及ばない離隔距離としては 550m 程度とされている。

本検討においてはできるだけ延伸距離を抑えることを考え、管制の専門家等からのヒアリング結果を採用し、550m の離隔距離を採用する。

以上から、次の 2 ケースを想定する。

- ① B 滑走路中心ラインから 550m の位置から 2,500m または 3,000m の滑走路を設置する場合
- ② B 滑走路平行誘導路中心ラインから 550m の位置から 2,500 または 3,000m の滑走路を設置する場合

以上の離隔距離から、「ii. ブラストの影響を受けない離隔距離」を採用し、図 3.1 に示す現 A 滑走路北端からのスライド量に換算すると離隔対象によって、以下の 2 ケースになる。

- ① 対象 B 滑走路中心：南側スライド量 690m
- ② 対象 B 滑走路平行誘導路中心：南側スライド量 910m

c. 進入灯の取扱い

A 滑走路のスライド後に必要とされる南側の進入灯は、北風時に使用されることとなる。また、A 滑走路を南へスライドするため、現在の進入灯は海上延伸部と重なるため撤去する必要があるが、海上延伸部と重ならない部分については、そのまま既設進入灯を用いるものとする。

また、北風運用時の着陸に際しては、B 滑走路が使用されず、現 A 滑走路部分をそのまま使用することが可能であることから、進入灯は A 滑走路の延伸部分に埋込式のものを用いて対応することとする。なお、配置計画としては空港土木施設設計基準に準じるものとする。

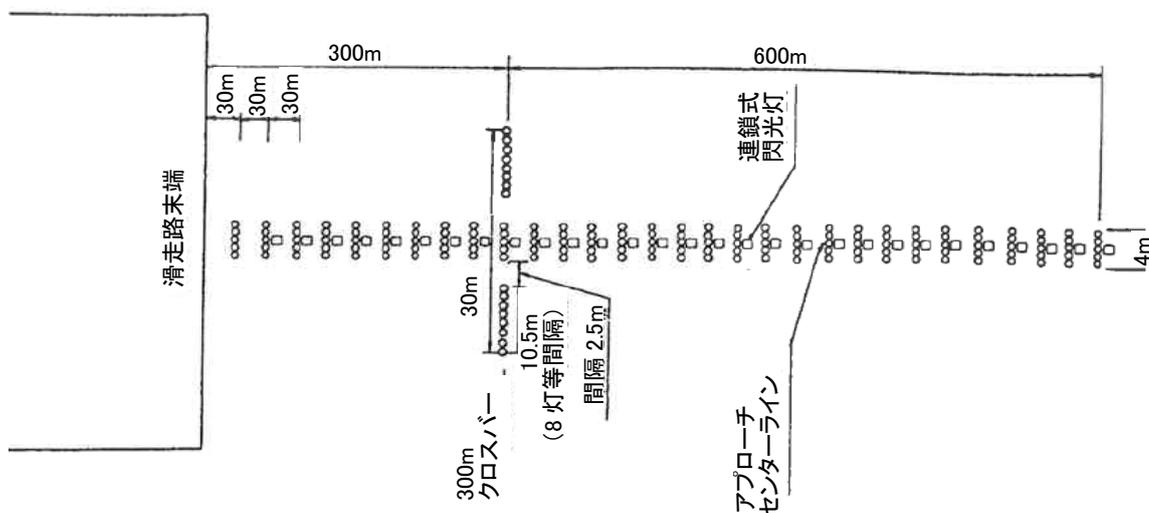


図 3.4 進入灯等の標準的な配置

d. 多摩川への影響

多摩川への影響については、少なくとも以下の河積阻害上の制限を満足する必要がある。

i. 河川管理施設等構造令による制限

「解説・河川管理施設等構造令」によれば、河積阻害率（橋脚の総幅が川幅に対して占める割合）の一般的目安として以下としている。

- ・ 原則として5%以内
- ・ 新幹線鉄道橋及び高速自動車国道橋は7%以内
- ・ 構造上やむを得ず上記を超える場合であっても、一般の橋は6%、新幹線鉄道橋及び高速自動車国道橋は8%にとどめるよう努力する

ii. D滑走路の要求水準書による制限

D滑走路の要求水準書による提示条件は以下である。

- ・ 河床高から計画高潮位(A.P+3.80m)までの間に設置される構造物は、流行に沿った見通し線上に設置すること
- ・ 径間長は構造物設置区間において25m以上とし、河川幅全体の平均では50m以上を確保すること。
- ・ 河積阻害率は8%以下とすること。
- ・ 径間長及び河積阻害率の値の算出にあたっては、河床高(A.P-3.706m)～計画高潮位(A.P+3.80m)までに設置されるすべての構造物を対象とするものとする。

e. その他

i. 多摩川トンネルとの干渉について

A滑走路の海上延伸部沖合い海底には多摩川トンネルがあり、海上部に延伸する場合は、多摩川トンネルとの干渉を避ける必要がある。しかし、下図の通り、700mスライド(海上部752m延伸)した場合でも、多摩川トンネルとの離隔距離は約350mあり、A滑走路スライドによる影響は生じないと考えられる。

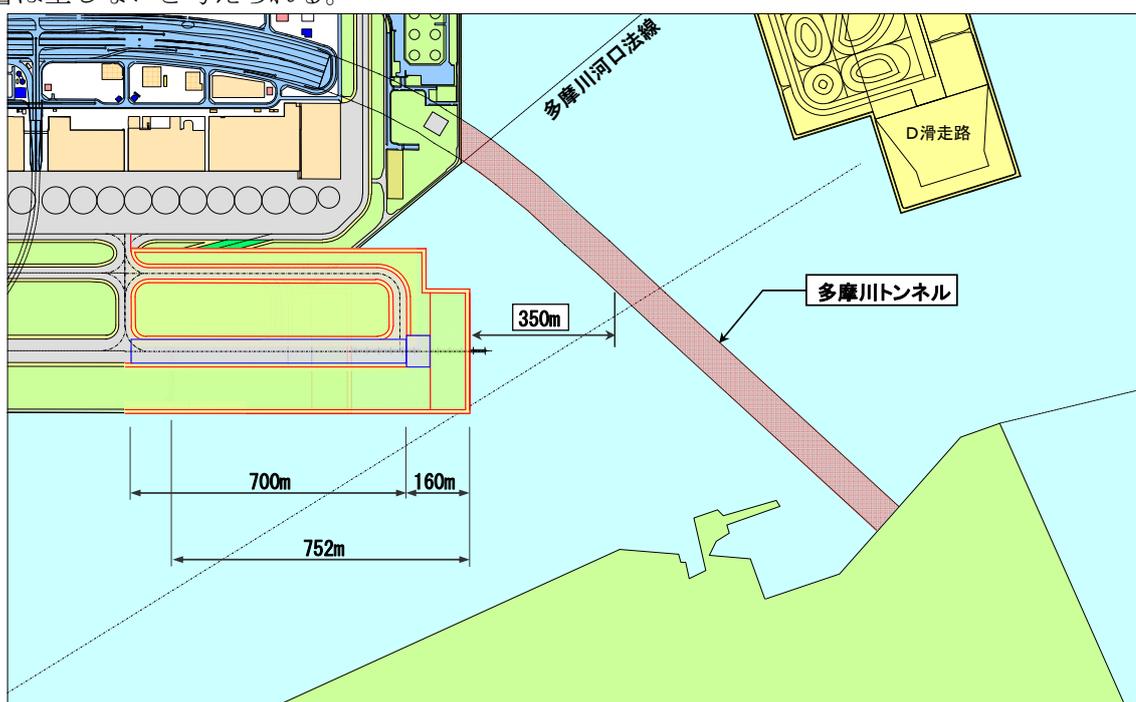


図 3.5 海底トンネルとの干渉

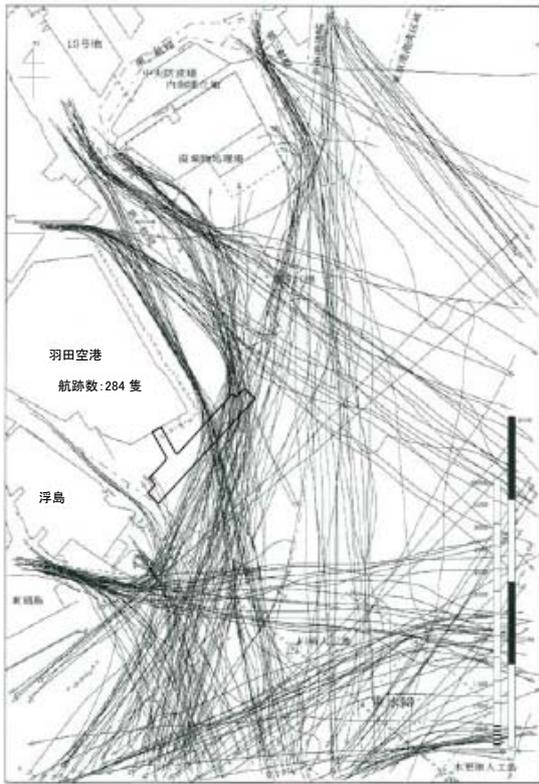
ii. 多摩川河口部での船舶就航状況

「東京国際空港 D 滑走路建設外工事航行安全対策検討 参考資料」による、多摩川河口部付近の船舶航行実態の特徴を以下に転記する。

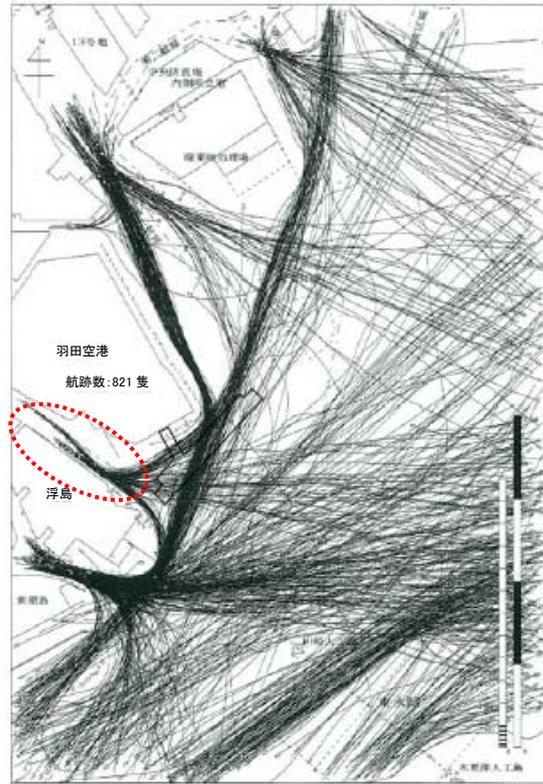
- ・多摩川河口部を通航する船舶は、そのほとんどが 300 総トン未満の船舶であり、1,000 総トン未満の船舶が最大である。また、通行船舶の船種はタンカーが約 4 割を占める。
- ・多摩川河口部～川崎航路のルートを利用する船舶は、浮島側の沿岸付近を通航している。

図 3.6 に船種別の航跡図を、図 3.7 に 0～300 総トン未満の航跡図を図 3.8 に時間帯別隻数の推移を示す。(何れも「東京国際空港 D 滑走路建設外工事航行安全対策検討 参考資料」から引用)

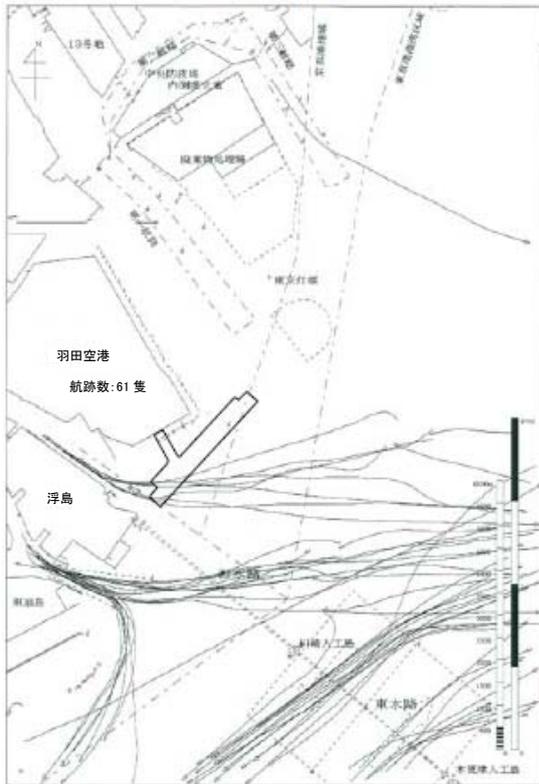
以上から、現状においては A 滑走路海上延伸部にあたる多摩川河口を航行する船舶は、全て浮島側を航行しており、A 滑走路スライドによる航行上の影響は限定的と言える。これは多摩川河口部の左岸側（空港側）は水深が 1m 未満の浅瀬（羽田州）であることと既に A 滑走路の進入灯が存在することによるものと考えられる。



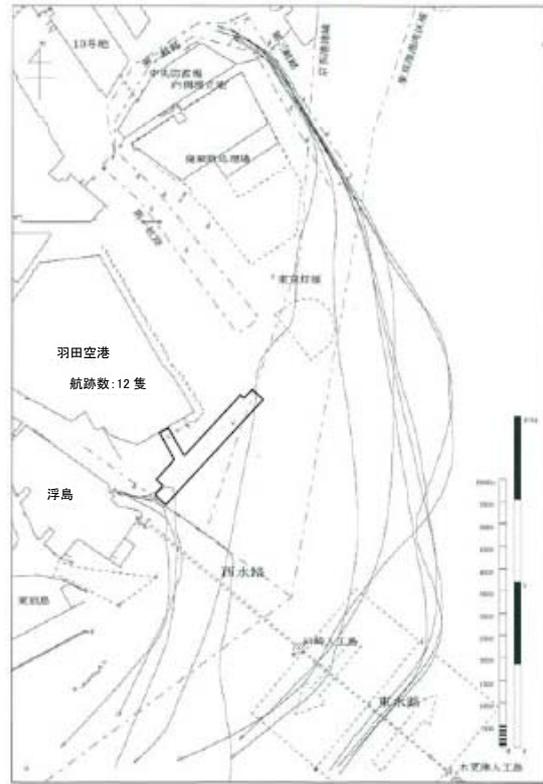
砂利運搬船



タンカー船



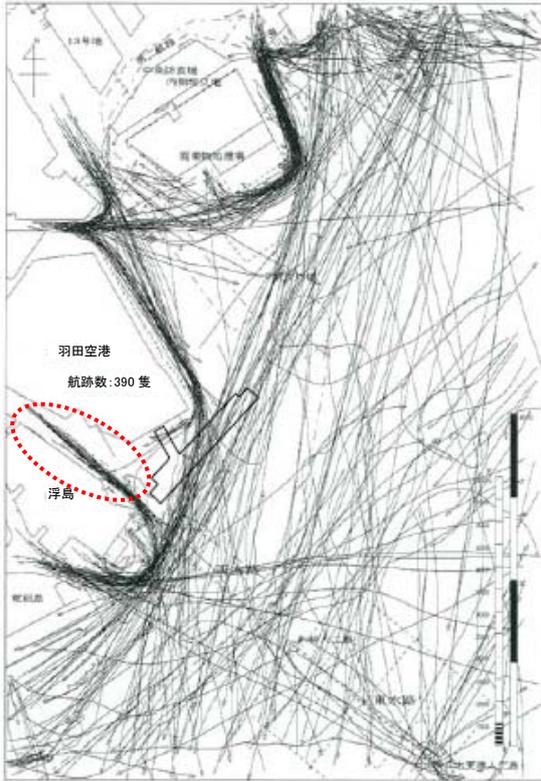
液化ガス船



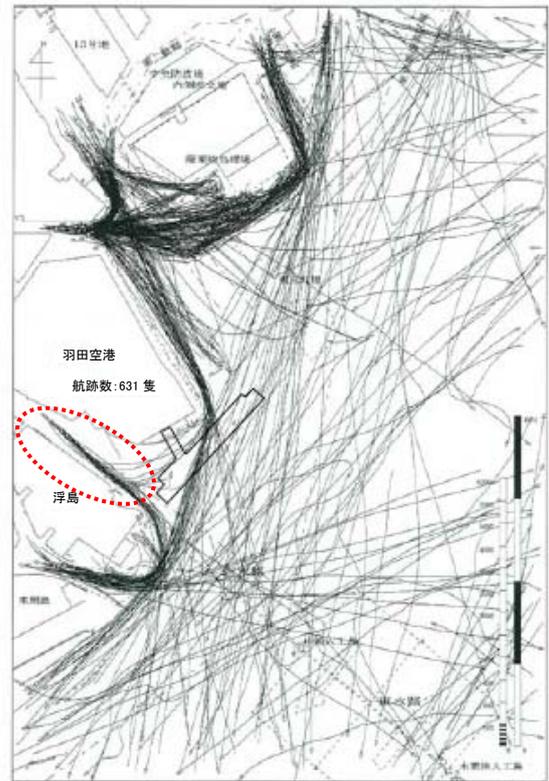
カーフェリー

航跡図 (全期間 : H12.10.30 00:00~10.31 24:00)
 (「平成 12 年度東京湾船舶航行調査報告書」から引用)

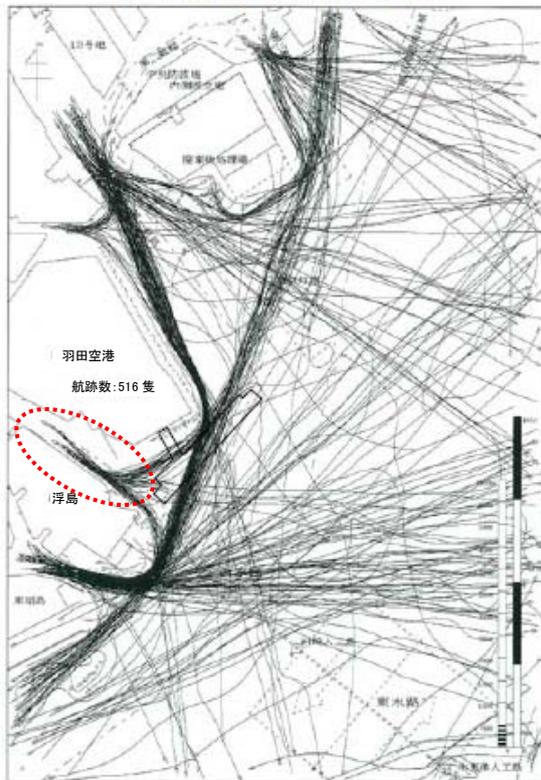
図 3.6 船種別航跡図



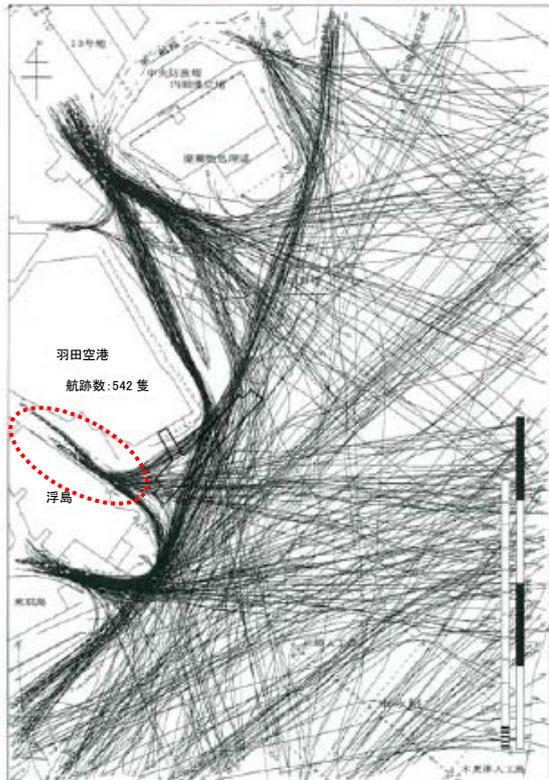
(0~5 総トン未満/全期間)



(5~20 総トン未満/全期間)



(20~100 総トン未満/全期間)

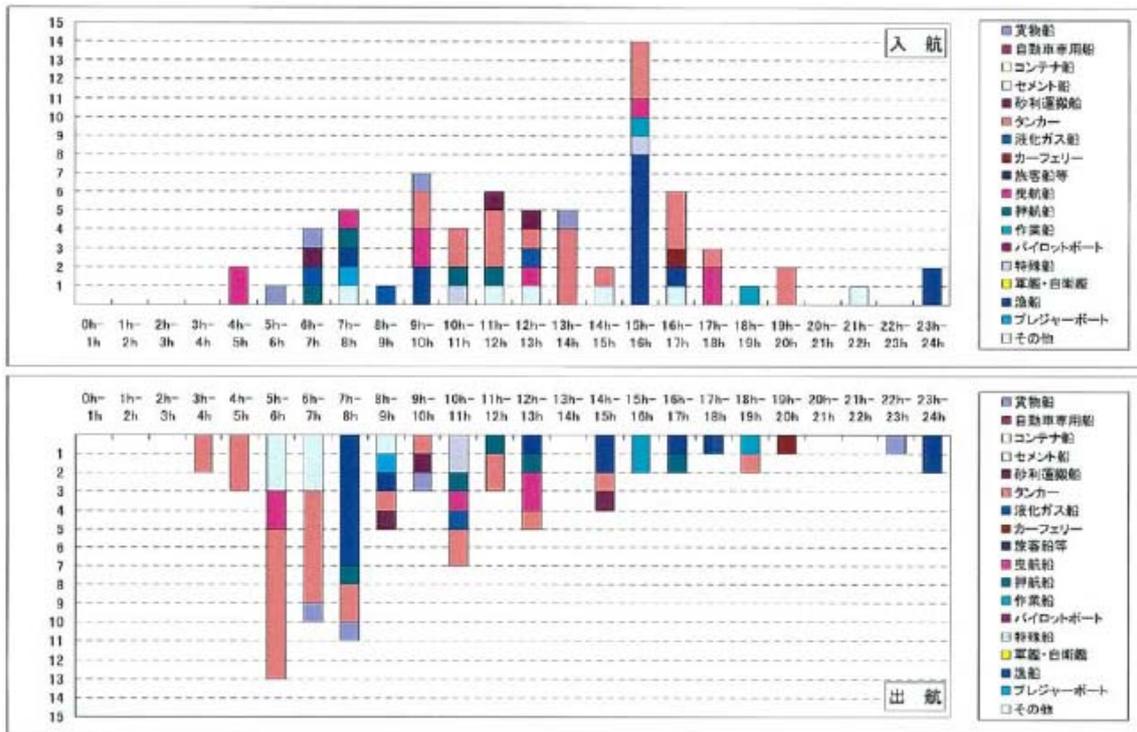


(100~300 総トン未満/全期間)

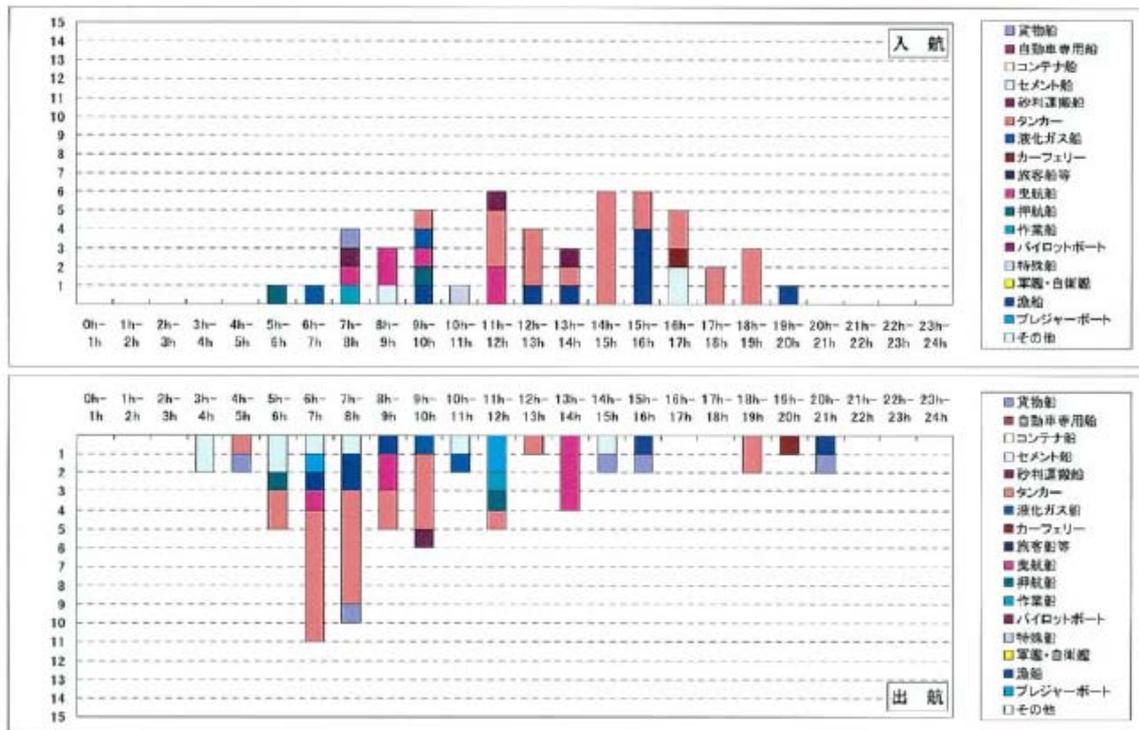
航跡図 (0~300 総トン未満/全期間 : H12.10.30 00:00~10.31 24:00)

(「平成12年度東京湾船舶航行調査報告書」から引用)

図 3.7 0~300 総トン未満の航跡図



(多摩川河口部付近／全船舶／1日目：H12.12.30)



(多摩川河口部付近／全船舶／2日目：H12.12.31)

船種別・方向別・時間帯別隻数推移 (多摩川河口部付近／全船舶)

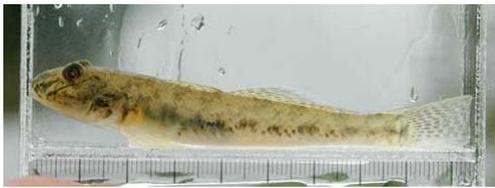
(「平成12年度東京湾船舶航行調査報告書」から引用)

図3.8 時間帯別隻数の推移

iii. 多摩川河口部での生物生息状況

多摩川の河口には干潟が広がっており、シギ、チドリ、カモなどの数十種の鳥が季節ごとに飛来する。この干潟には、カニ、エビ、ゴカイ、シジミなど多種多様な生物が生息しており、絶滅危惧種のトビハゼの生息も確認されている。(図 3.9) また、干潟は自然浄化施設としての機能も備えていることから、水環境において重要な地域である。

多摩川河口域は汽水域であることから、プランクトンが豊富でアナゴやアサリを中心とした漁業も営まれており、A 滑走路を海上へ延伸するためには、水環境や生態系への影響を適切に評価する必要がある。



トビハゼ



マアナゴ



セイタカシギ



モズクガニ

図 3.9 多摩川河口域で確認される生物の一例

2) A滑走路南側スライド計画

a. 平面運用計画

A滑走路の南側スライド計画としては、1) A滑走路スライド条件の整理から、表3.1に示す3ケースが考えられる。CASE-1は滑走路長を3,000mとして、B滑走路から550m以上の離隔をとり、現A滑走路の北端を700mスライドした場合である。このときのA滑走路の南端のスライド量は700mとなる。同様にCASE-2は滑走路長を2,500mとした場合で、A滑走路の南端のスライド量は200mとなる。また、CASE-3はCASE-2でB平行誘導路へのブラストの影響がなくなるよう、550m以上離隔をとった場合で、A滑走路の南端のスライド量は400mとなる。

表 3.1 検討ケース

CASE No.	滑走路長	離隔距離	スライド量 ～現A北端	スライド量 ～現A南端
CASE-1	離陸 3,000m (着陸 2,500m)	550m～ B滑走路	690m →700m	690m →700m
CASE-2	2,500m	550m～ B滑走路	690m →700m	190m →200m
CASE-3	2,500m	550m～ B平行誘導路	910m →900m	410m →400m

以下では、南側のスライド量大きいCASE-1(南端スライド:700m)とCASE-3(南端スライド:400m)の2ケースについて検討することとした。

CASE-1のA滑走路スライド後の南風時の平面計画を図3.10に示す。A滑走路を南側に700mスライドすることでA滑走路とB滑走路の交差部は解消するが、752mの海上延伸部が必要となる。

CASE-1のA滑走路スライド後の北風時の平面計画を図3.11に示す。この場合A滑走路は南側からの着陸用滑走路として使用され、必要滑走路長は2,500mで足りるため、海上延伸部に進入灯を設置する計画とする。(この時B滑走路は使用されない)

CASE-3のA滑走路スライド後の南風時の平面計画を図3.12に示す。滑走路を2,500mで運用することで、海上延伸部は452mとなる。

CASE-3のA滑走路スライド後の北風時の平面計画を図3.13に示す。CASE-1と同様に海上延伸部に進入灯を設置する計画とする。

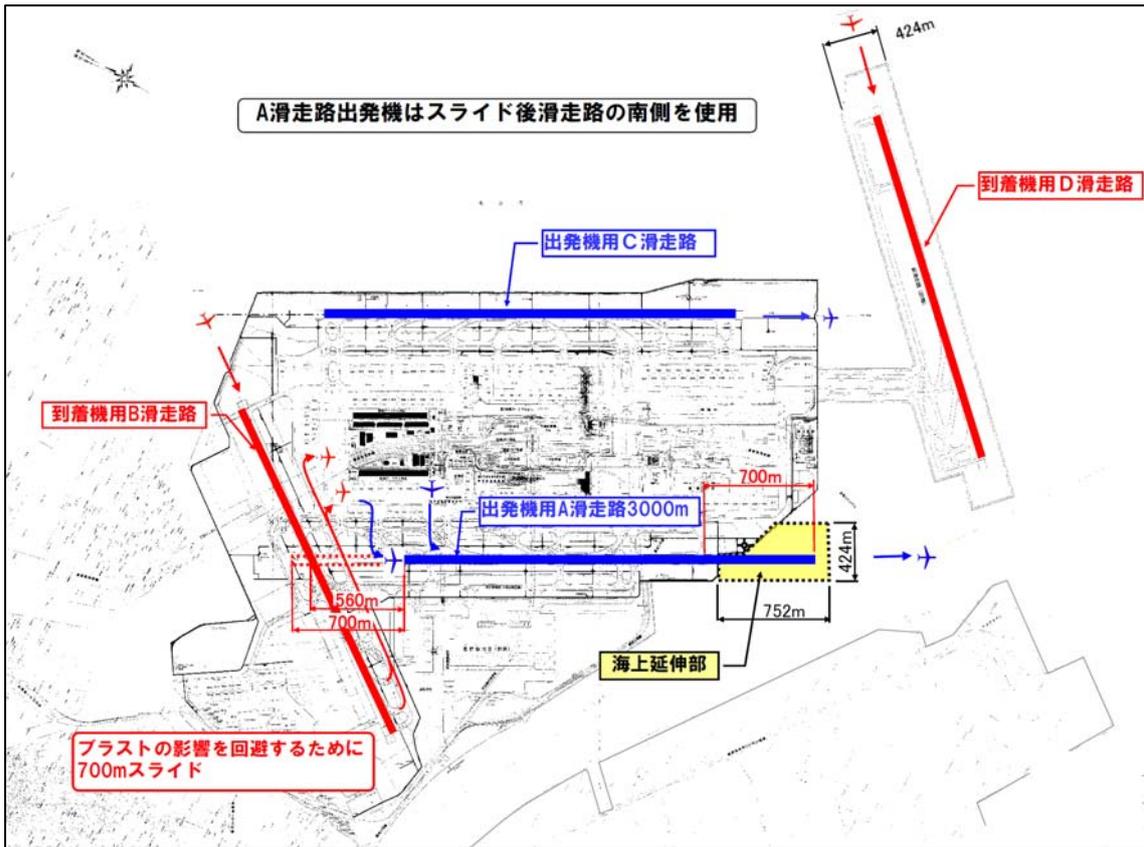


図 3.10 A 滑走路スライド後 南風時 (CASE-1) 平面計画

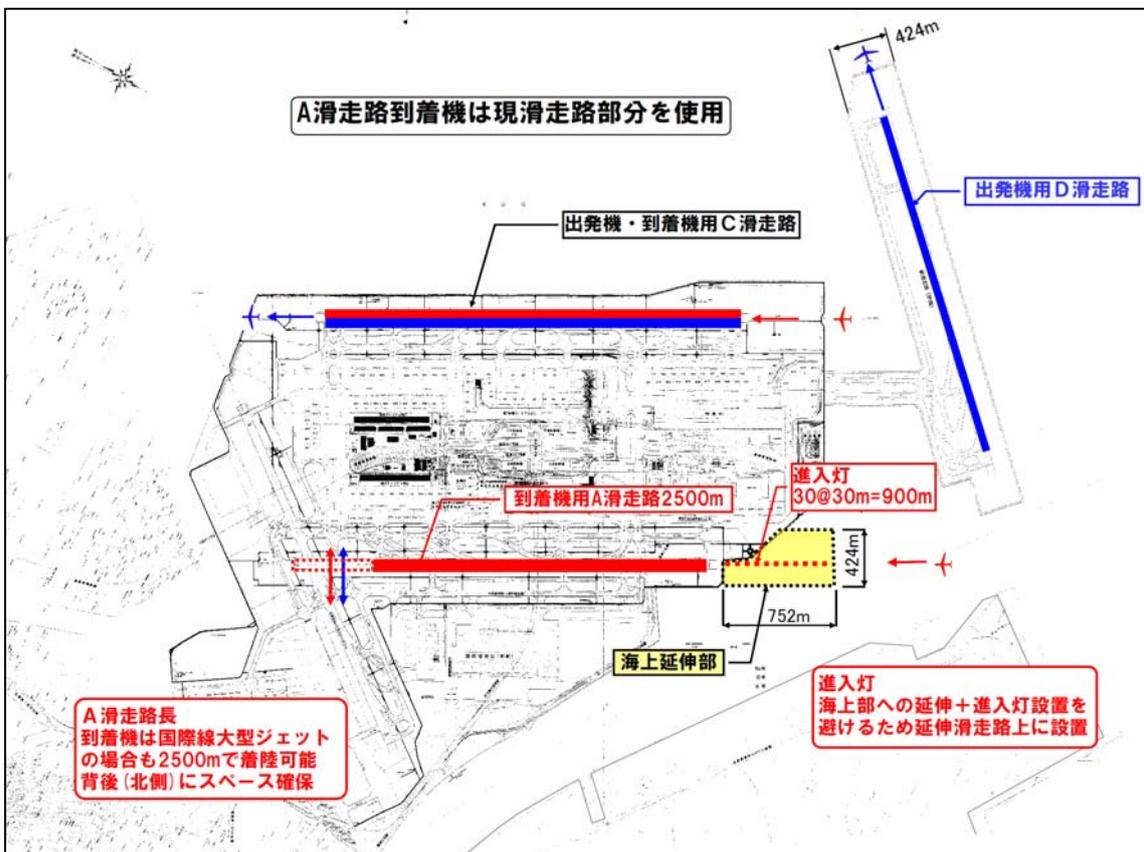


図 3.11 A 滑走路スライド後 北風時 (CASE-1) 平面計画

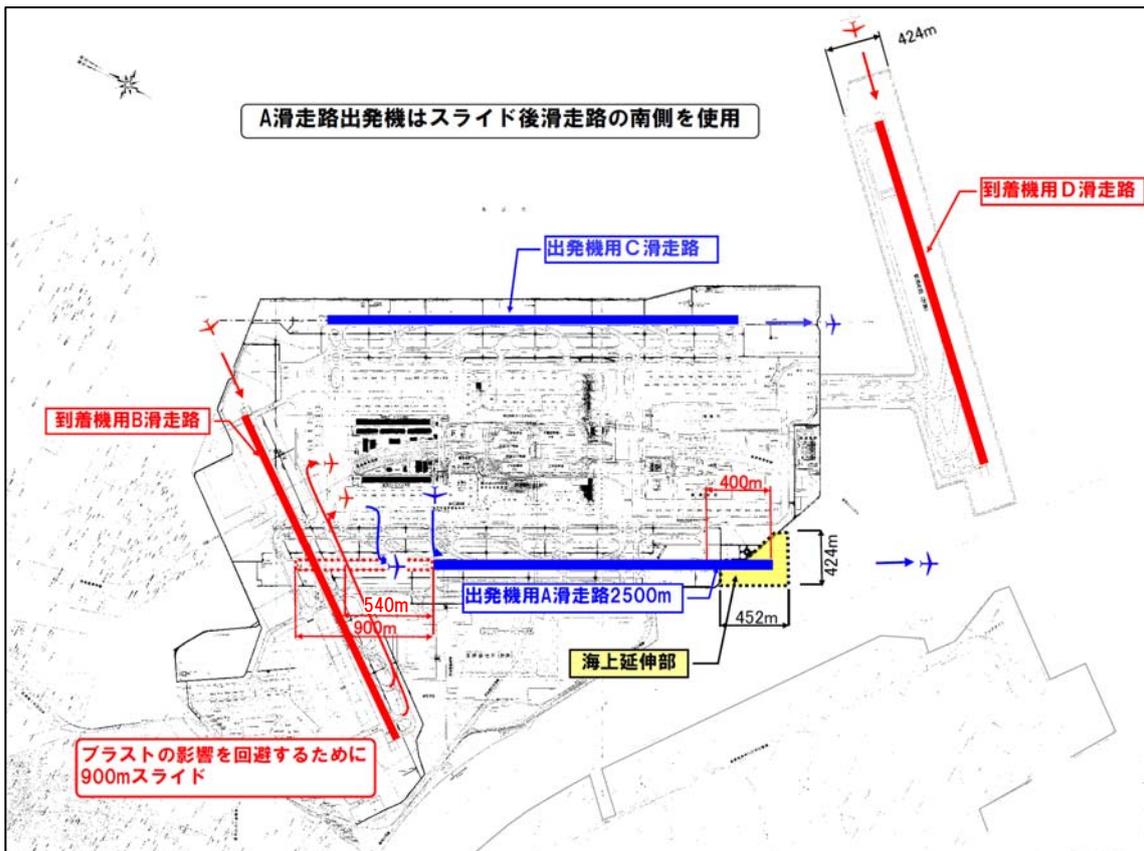


図 3.12 A 滑走路スライド後 南風時 (CASE-3) 平面計画

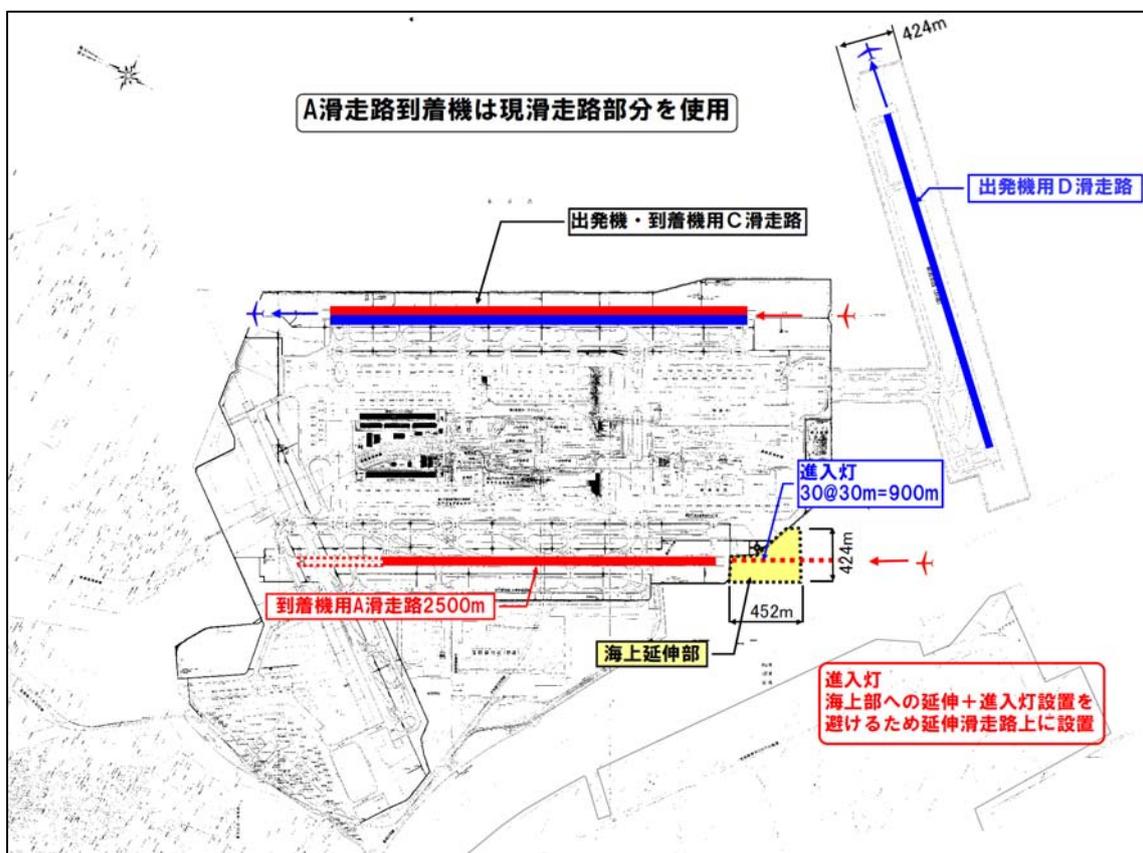


図 3.13 A 滑走路スライド後 北風時 (CASE-3) 平面計画

b. 海上延伸部基本計画

i. 延伸部平面計画

A 滑走路の延伸長さとしては、400m (CASE-3)、700m (CASE-1) の 2 ケースについて検討する。なお、延伸部の幅及び長さについては以下のとおりとする。

① 延伸部の幅の検討

延伸部の必要幅は、空港土木施設の設置基準・同解説 (H20.7) より以下のように算定される。

(D 滑走路構造仕様を参考に決定)

- ・ 滑走路幅 : 60 m
- ・ 滑走路ショルダー : 10 m×2
- ・ 着陸帯幅 : 滑走路縦方向中心から 150 m
- ・ 誘導路幅 : 30 m
- ・ 誘導路ショルダー : 15 m×2
- ・ 誘導路と固定障害物の間隔 : 39 m
- ・ 場周道路幅 : 10 m

滑走路部+誘導路部の総幅 = 424 m

滑走路端安全区域の総幅 = 320 m

② 延伸部の長さ

空港土木施設の設置基準・同解説から滑走路の延伸長さ (400 m、700 m) に加えて、以下の長さを考慮する必要がある。

- ・ 過走帯長さ : 60 m
- ・ 滑走路端安全区域 : 90 m (原則) ~240 m (標準)
- ・ 場周道路幅 : 10 m
- ・ 滑走路端から、60m + (90m~240m) + 10m = 160m~310m

基準上では 160m~310m の長さが必要となるが、現 A 滑走路が滑走路端から護岸法線まで 108m で運用しているため、本検討においては原則値としての 90m を用い、60m+90m+10m=160m と仮定することとする。

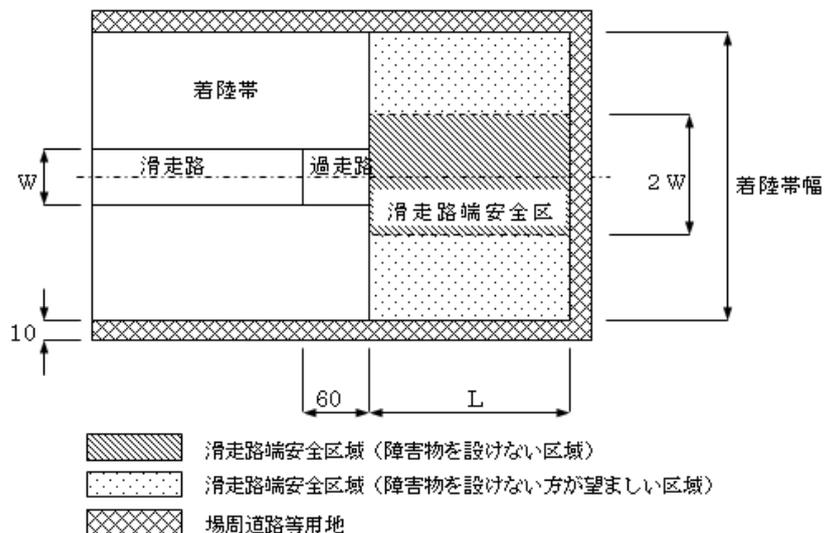


図 3.14 滑走路安全区域の長さ<滑走路長 1,200m 以上の望ましい値>

以上の検討結果より、滑走路の延伸長さ 400m の場合と 700m の場合の平面計画を示すと以下のとおりとなる。

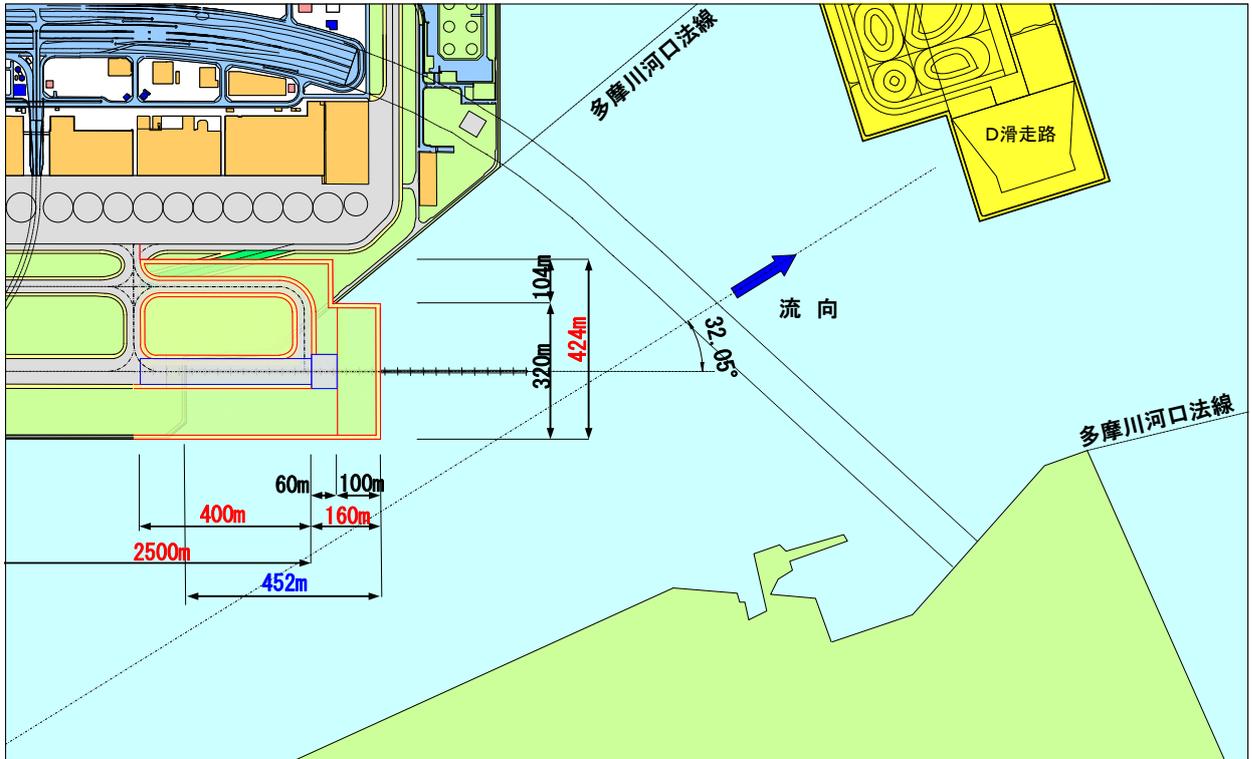


図 3.15 400m延伸案平面計画図

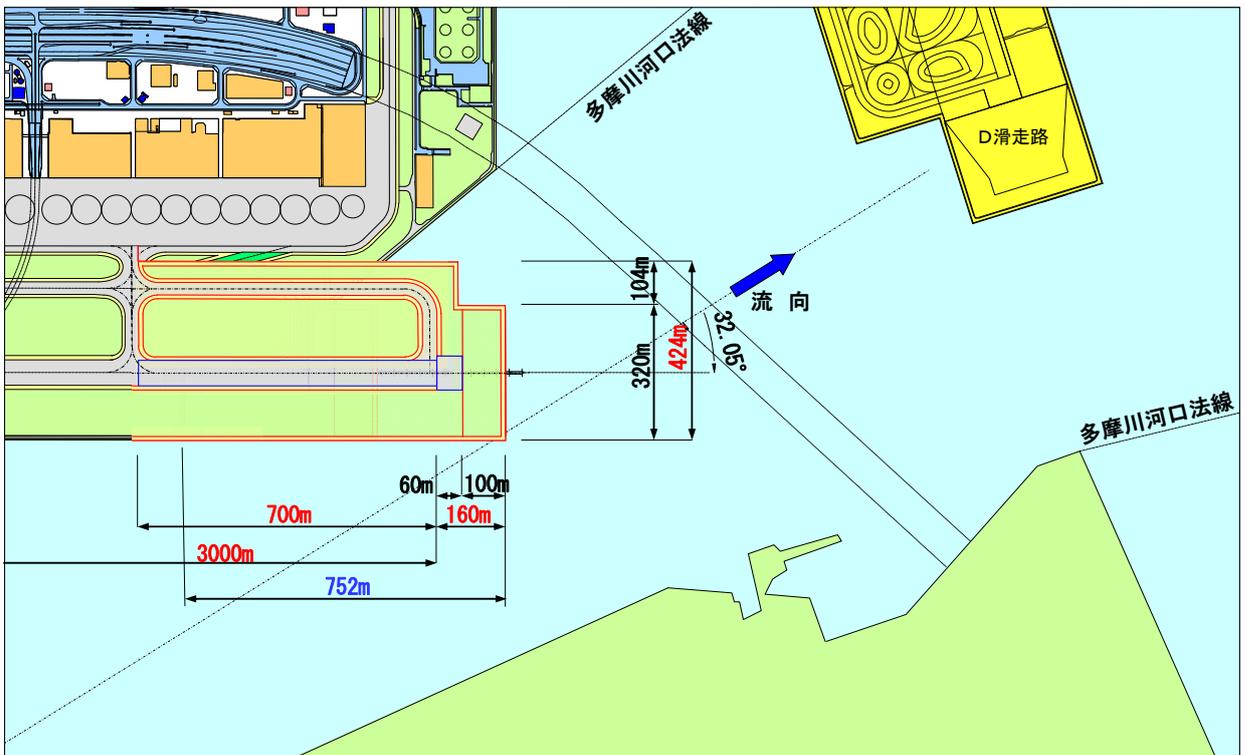


図 3.16 700m延伸案平面計画図

ii. 延伸部の縦断勾配

現在の A ランの勾配を延伸するものとして、多摩川に向かって 0.3% とする。

(空港土木施設の設置基準・同解説では、滑走路端から長さ 1/4 部分の最大勾配 0.8% と規定されている)

延伸部の縦断線形 (滑走路中心) は、基本計画時の現 A 滑走路端 (A.P.+8.0) から縦断勾配 0.3% で延長し、図 3.17 に示すように仮定する。(現状実測値は A.P.+8.0 より低い)

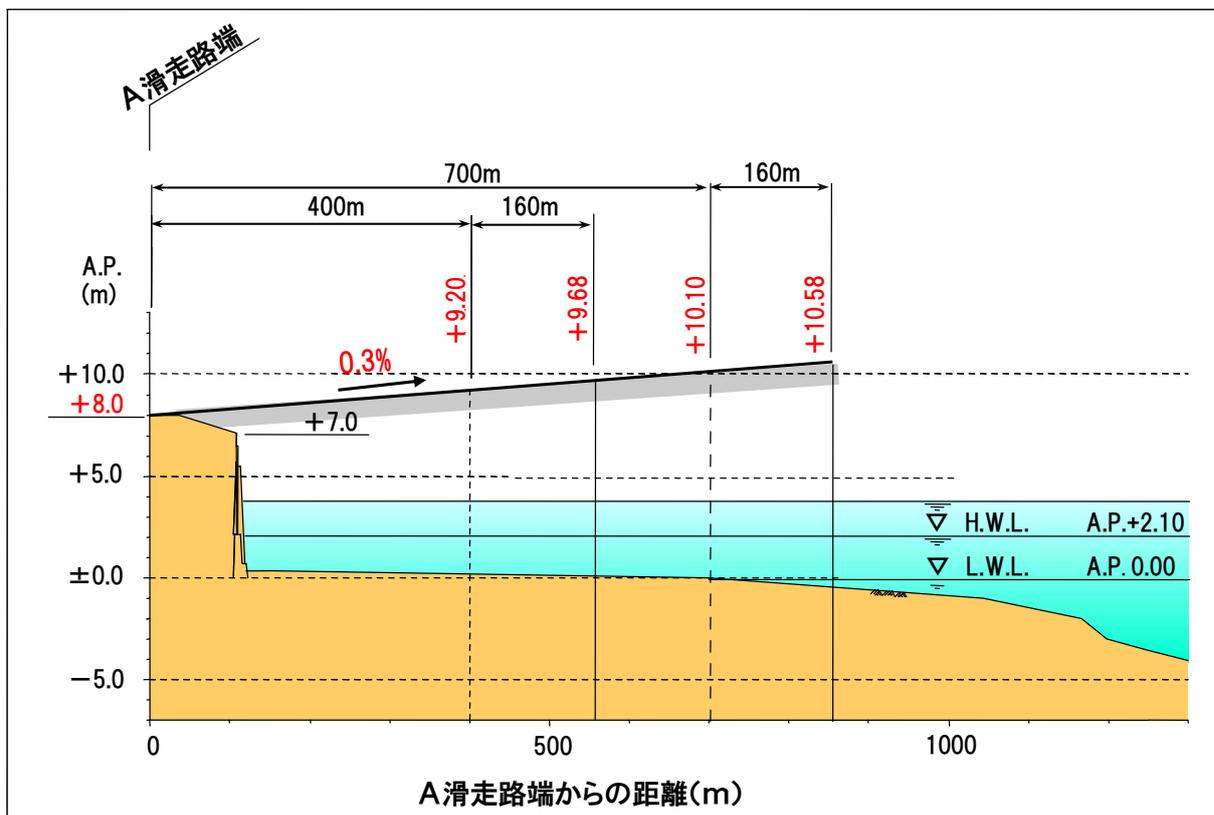


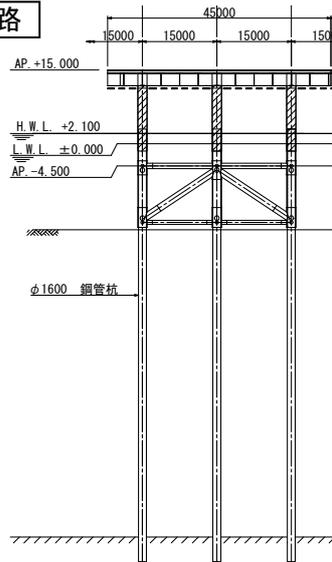
図 3.17 延伸部縦断線形

iii. 延伸部の構造形式

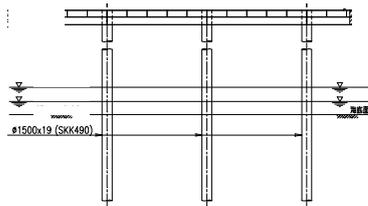
A 滑走路延伸部は多摩川河口域の河川法線内に位置するため、河川流の阻害が最小限とできる構造とする必要がある。現在施工されている D 滑走路においては、河積阻害率の関係から栈橋構造を採用していることから、埋立工法や浮体工法については検討対象にはならないものと考えられる。なお、栈橋工法としては以下に示す構造等が考えられるが、現況の水深や河積阻害、滑走路高さ、杭間隔 (上部工の軽量化) や施工性等を考慮し、②に示す杭式栈橋+鋼製上部工構造として検討を行う。

- ① ジャケット式栈橋構造 : 鋼管杭+鋼製ジャケット+鋼製上部工
 <羽田 D 滑走路の構造>
- ② 杭式栈橋+鋼製上部工構造 : 鋼管杭+鋼製上部工
 <沖の鳥島作業基地 (ジャッキアップ工法) >
- ③ 杭式栈橋+コンクリート上部工 : 鋼管杭+PC・RC 構造上部工
 <ラガーディア空港、マカオ空港>
- ④ RC 柱杭式栈橋+コンクリート上部工 : RC 柱+PC・RC 構造上部工 <マディラ空港>

羽田空港D滑走路



沖ノ島作業基地



沖の島島災害復旧工事業業基地

建設年：昭和62年～平成3年
 水深：約6m
 上部構造物：長さ80m×幅60m（浮体ユニット6基分）
 支柱：直径1,450mm×24本（浮体ユニット6基分）
 高さ：約14.5m（海面～上部構造物上面）
 ※写真は設置作業（ジャッキアップ）中の状況
 『沖の島島災害復旧工事誌』（平成6年 建設省）より

図 3.18 構造形式別実施例

マカオ空港



マディラ空港



写真 3.1 各空港の構造写真

iv. 平面構造計画

多摩川における河川管理施設等構造令の規定から要求される、A滑走路延伸部の径間長は平均で50mが必要となるが、滑走路延伸部は多摩川の流心部から外れるために、緩和規定として25m以上とすることができる。

一方、スライド長が400mと700mの場合の河積阻害率を算定すべき箇所の河川幅は、923mと988mであることから、平均径間長50mを満足するスパン数は以下のとおりとなる。

- ・スライド長400m

河川幅全体： $923\text{m} \div 50\text{m} = 19$ スパン

栈橋部： 19 スパン $- 1 = 18$ スパン以内

- ・スライド長700m

河川幅全体： $988\text{m} \div 50\text{m} = 20$ スパン

栈橋部： 20 スパン $- 1 = 19$ スパン以内

上記の最大スパン数以内で、構造物設置区間の径間長を25m以上として各ケースの径間長を検討すると以下のとおりとなる。

- ・延伸長400m

構造物幅 $316\text{m} \div 18$ スパン $= 17.56\text{m}$ → 径間長 25.0m

- ・延伸長700m

構造物幅 $500\text{m} \div 19$ スパン $= 26.32\text{m}$ → 径間長 26.4m

以上の結果を基に栈橋部の杭配置を流向方向とし、河川管理施設等構造令から定まる径間長以上として杭配置を検討すると図3.19並びに図3.20のとおりとなる。

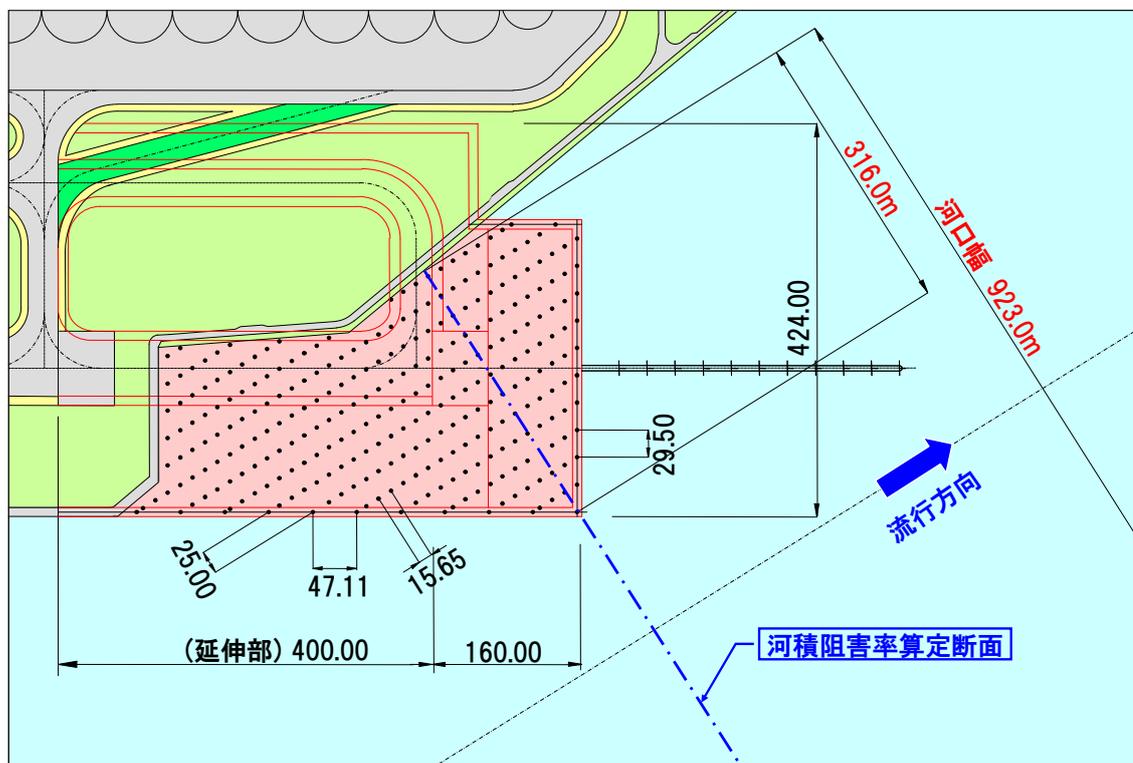


図 3.19 400m延伸案における杭配置計画図

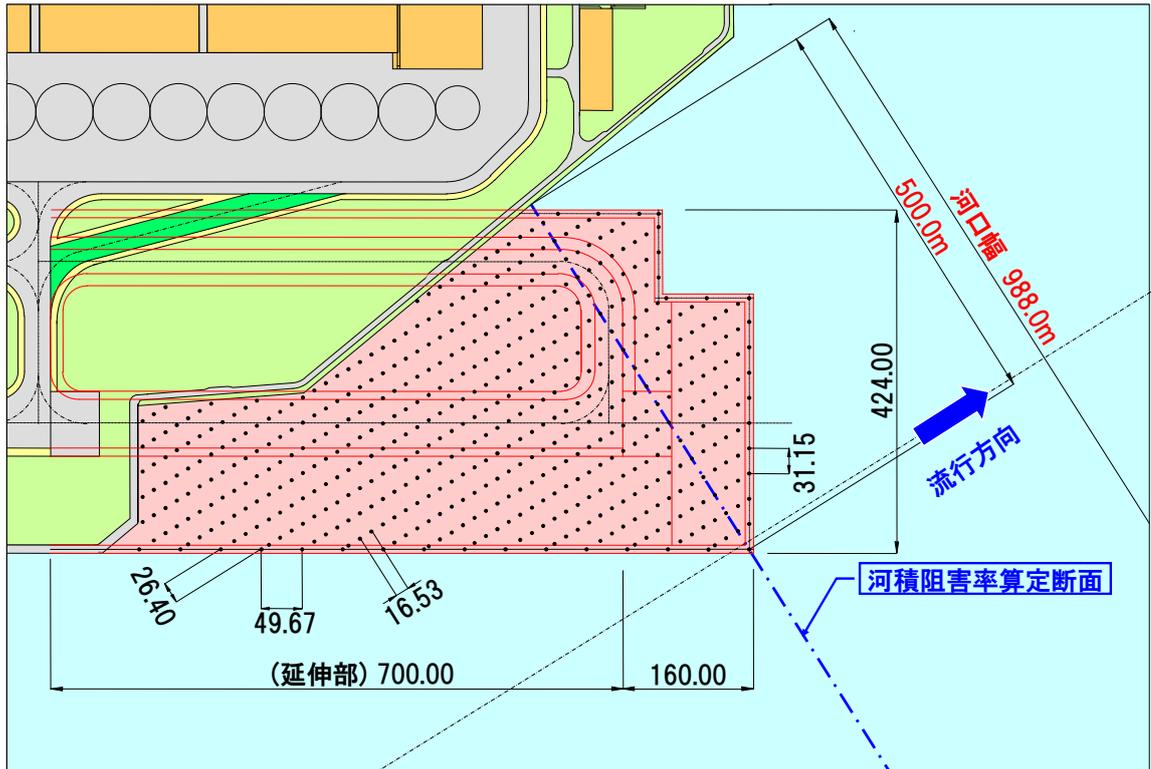


図 3.20 700m延伸案における杭配置計画図

v. 河積阻害率の試算

河積阻害率の検討に当たっては、杭径の詳細な構造検討が必要となるが、本項においては以下の仮定に従って検討を行う。

- ・ 栈橋の杭径は、後述の概略検討結果より最大レグ径としてφ2.0mを用いる。
- ・ 防衝工はゴム式として杭1本に対して0.6mの阻害を考慮する。
- ・ 延伸範囲内の既設進入灯基礎は、基本的には撤去するものとし河積阻害幅には加えないものとする。

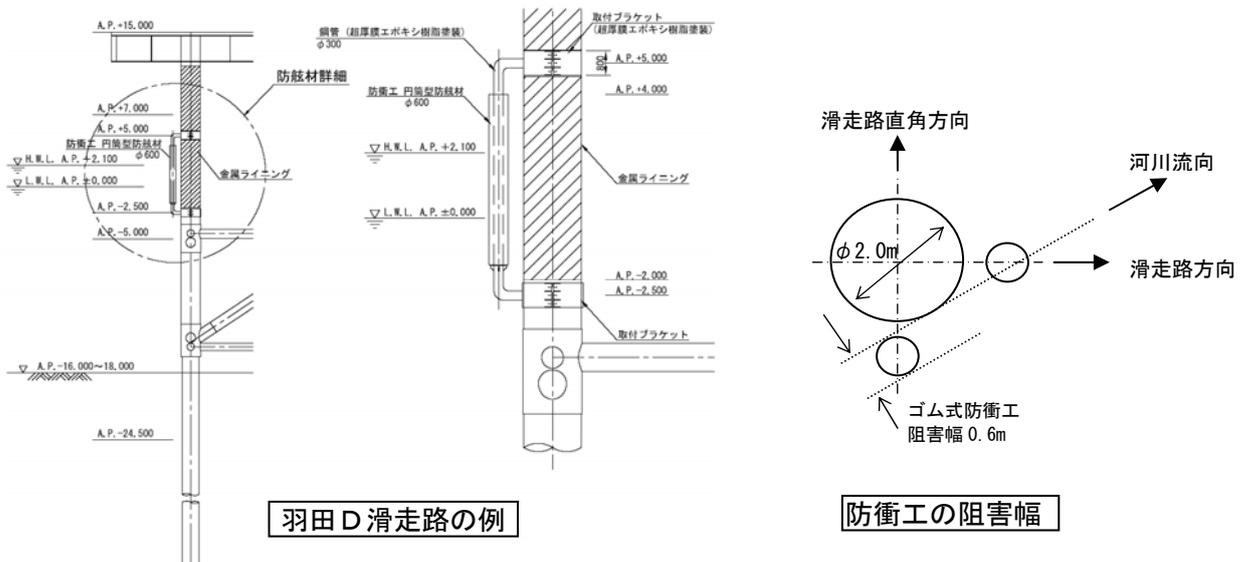


図 3.21 ゴム式防衝工

各ケースにおける杭配置と上記仮定条件について河積阻害率を算定し、一覧表にまとめると表 3.2 のとおりとなる。

表 3.2 河積阻害率の算定表

ケース	河川幅 (m)	鋼 管 杭			防衛工(ゴム式)			阻害幅計 (m)	阻害率 (%)
		杭 径 (m)	列 数	阻害幅 (m)	径 (m)	列 数	阻害幅 (m)		
400m延伸	923	2.0	13	26.0	0.6	13	7.8	33.8	3.66
700m延伸	988	2.0	19	38.0	0.6	19	11.4	49.4	5.00

河川管理施設等構造令第 62 条の解説では、原則として 5%以内が目安とされており、今回の検討においては 400m スライド並びに 700m スライド共にこの値以内に収まっている。ただし、現在建設中の D 滑走路棧橋部の高水時における影響が、実現象として確認されていないことなどもあり、当然のことながら今後、より詳細な検討が必要と考えられる。

(3) 海上延伸部の構造

1) 荷重条件

a. 波浪の影響

i. 潮位

A 滑走路南側の海上延伸部の潮位等の自然条件を表 3.3 に示す。潮位は、羽田空港D滑走路の海域と近接しているため東京国際空港 D 滑走路建設工事の要求水準書 (案) ¹⁾と同じ条件とした。

表 3.3 潮位等条件

分類		条件
潮位	H.H.W.L	A.P. +4.0m
	H.W.L.	A.P. +2.1m
	M.W.L	A.P. +1.2m
	L.W.L	A.P. ±0.0m A.P. ±0.0m=C.D.L. ±0.0m
	高潮位	A.P. +2.4m
	低潮位	A.P. -0.3m
高潮	高潮潮位	A.P. +4.00m
	流速	上げ潮 0.8m/s , 下げ潮 0.6m/s
	流向	東京湾の地形を含め提示条件に基づき、提案する工法や構造形状、寸法等により、最も危険となる方向を選定すること。
多摩川洪水水流	流速	1.3m/s
	流向	滑走路法線の直角方向(多摩川河口域図に示す流向)

ii. 波浪条件

A 滑走路南側の海上延伸部の波浪条件について、東京国際空港D滑走路建設工事の技術報告会資料 ²⁾ (D 滑走路の設計の基本的考え方 (その 2)) を基に推定した。技術報告会資料に示されている代表地点 5 (滑走路中心部) の風波の波浪変形計算結果を表 3.4 に示す。また、暴風時(100年確率)における S 方向の風波の波高比分布及び卓越波向き分布をそれぞれ図 3.22、図 3.23 に示す。D 滑走路島建設予定海域において S 方向からの卓越波向きが殆ど回折せず直進することから、波エネルギーの減衰もなく波高比が低減しないことが確認できる。

表 3.4 羽田 D 滑走路設計時の風波の設計条件

分類		条件
波高・周期	供用時	代表波 $H_{1/3}=1.97\text{m}$, $T_{1/3}=5.9\text{s}$, 卓越波向=180°
	施工時	代表波 $H_{1/3}=2.78\text{m}$, $T_{1/3}=6.9\text{s}$, 卓越波向=180°
	暴風時	代表波 $H_{1/3}=4.15\text{m}$, $T_{1/3}=8.3\text{s}$, 卓越波向=180°
波向		東京湾の地形を含め提示条件に基づき、提案する工法や構造形状、寸法等により、最も危険となる方向を選定すること。

(出典：「D 滑走路の設計の基本的考え方(その2)」東京国際空港D滑走路建設工事術報告会資料)
(「要求水準書(案)」と同じ波浪条件)

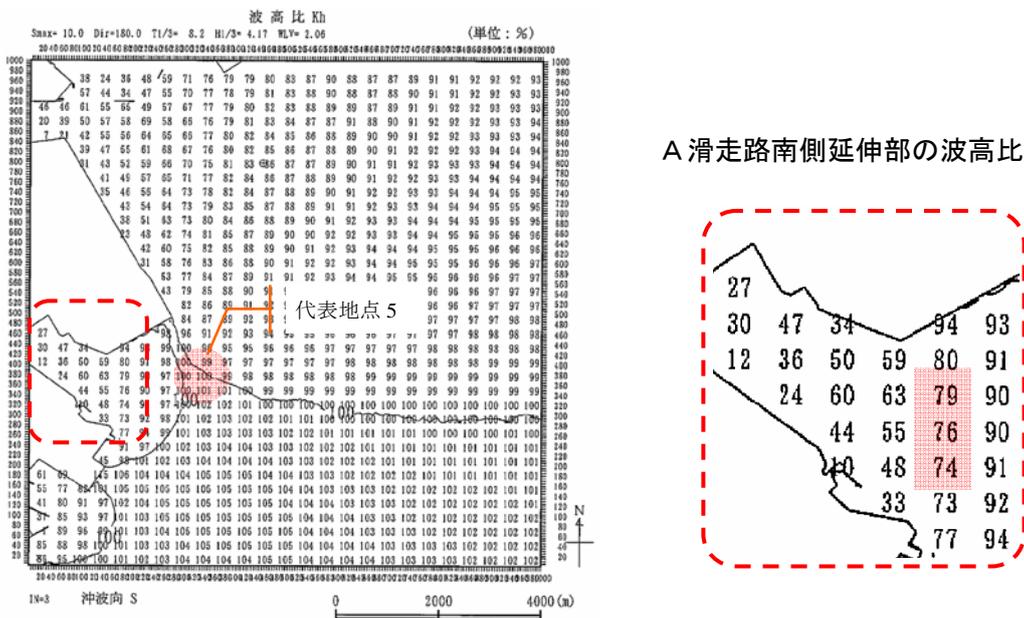


図3.22 羽田D滑走路設計時の波高比分布

(出典: 「D 滑走路の設計の基本的考え方 (その2)」東京国際空港D滑走路建設工事術報告会資料)

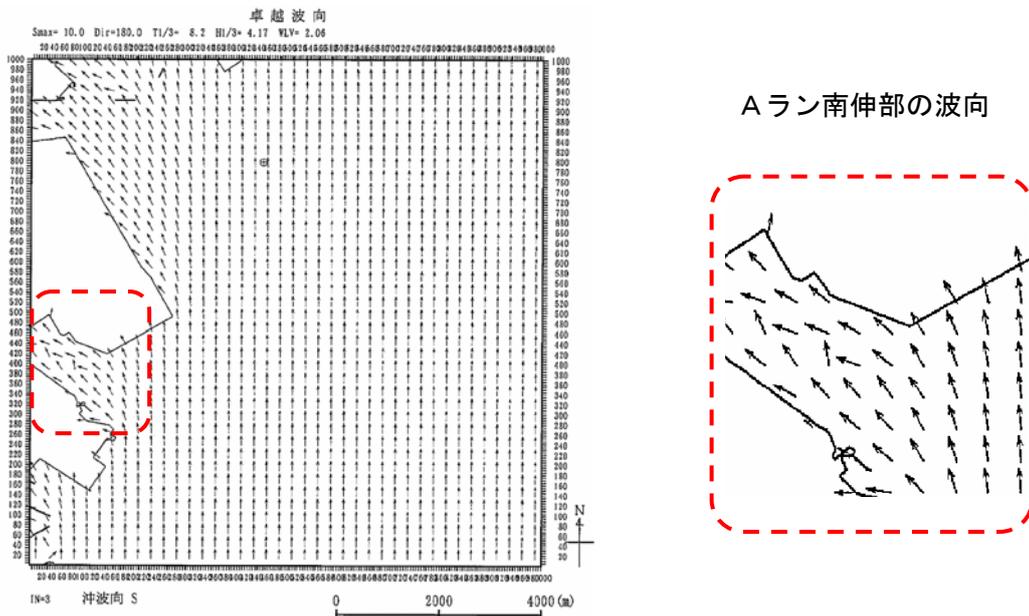


図3.23 羽田D滑走路設計時の卓越波向分布

(出典: 「D 滑走路の設計の基本的考え方 (その2)」東京国際空港D滑走路建設工事術報告会資料)

以上のことから A 滑走路南側延伸部付近の波高は、図 3.22 の羽田D滑走路設計時の波高比分布より設定した。A 滑走路南側延伸部の海底面高さは図 3.24 より水深 0m であるため、施工時に水深 5m 付近まで浚渫されることが想定される。このため、波高比分布の想定位置はA滑走路南側延伸部に近い水深 5m 付近とした。この水深 5m 付近の波高比は、図 3.22 よりおおよそ入力波の 75%と推定される。図 3.22 の代表地点 5 の波高比は入力波のほぼ 100%であるため、

表 3.4 の代表波の波高と波高比から算定した。また、卓越波向は図 3.23 の卓越波向分布より 135°と推定される。周期については減衰しないものとした。このように推定した A 滑走路南側延伸部の波浪条件を表 3.5 に整理する。

表 3.5 A 滑走路南側延伸部の波浪条件

分類		条件
波高・波浪	供用時	$H_{1/3}=1.5\text{ m}$, $T_{1/3}=5.9\text{ s}$, 卓越方向=135°
	施工時	$H_{1/3}=2.1\text{ m}$, $T_{1/3}=5.9\text{ s}$, 卓越方向=135°
	暴風時	$H_{1/3}=3.1\text{ m}$, $T_{1/3}=8.3\text{ s}$, 卓越方向=135°

今回の波浪条件の設定は、羽田 D 滑走路設計時点の解析結果から推定したものであるため、D 滑走路の影響が評価されていないことや A 滑走路南側延伸部は遠浅の地形（リーフ）であるなどの解析上の課題が残されている。また、施工時には水深 5m まで浚渫することが想定されるため、施工前、施工中、施工後のより詳細な波浪変形解析の実施が今後必要になると思われる。

iii. 海底面の条件

海底面の地盤高さ ㉑ を図 3.24 に示す。A 滑走路南側延伸部の海底面の高さは、A.P. $\pm 0.0\text{m}$ とした。

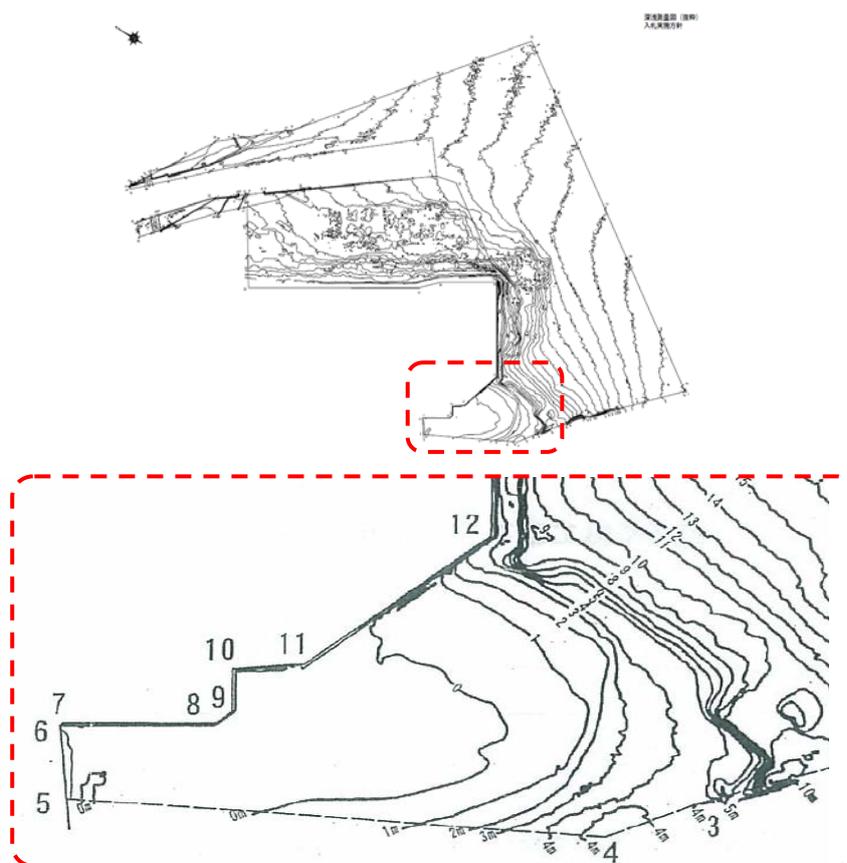


図3.24 海底面高さ

(出典：東京国際空港D滑走路建設工事入札実施方針「深浅測量図（抜粋）」)

iv. 揚圧力の試算

羽田空港拡張工事の連絡誘導路の上部工に作用する設計揚圧力について、実施設計⁴⁾(連絡誘導路)で実施した修正ブシネスク方程式により最大波峰高を計算し求めた揚圧力と「港湾の施設の技術上の基準」の棧橋に働く揚圧力(重複波の場合)の式(伊藤、武田)による揚圧力強度のピーク値は概ね一致することが確認されている。このため、ここでは「港湾の施設の技術上の基準」により揚圧力を試算する。また、A滑走路南側延伸部の海底地盤高は、A.P. ±0.0 mである。工事を施工する場合、杭打ち船等の大型起重機船による海上からの施工が必須と考えられる。このため、揚圧力算定では現状の地盤高と A.P. -5.0mまで浚渫した場合の地盤高の2ケースについて行った。

① 現状の地盤高の場合

A滑走路南側延伸部の現状の地盤高さにおいて、棧橋上部構造下面に働く揚圧力を伊藤、武田の式により算定した。その結果を表3.6に示す。

※伊藤、武田の棧橋に働く揚圧力(重複波の場合)の式

$$p = \rho_0 \cdot g(8H - 4.5 \cdot S)$$

ここに、

P : 揚圧力強度のピーク値の平均値 (kN/m²)

ρ_0 : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (9.81m/s²)

S : 潮位から棧橋上部構造下面までの最短距離

H : 入射波高 (H_{max}=2.80m)

港湾の技術基準⁵⁾の砕波帯内の最高波高の算定図(海底勾配 1/100) (図 3.25) より

$$H_o' / L_o = 0.06$$

$$h / H_o' = 1.29$$

$$H_D / H_o' = 0.90 \text{ (} H_D \text{ は図表の } H_{\max} \text{)}$$

$$\therefore H_D = 0.90 \times 3.1 \text{ m} = 2.8 \text{ m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h : \text{水深 (=海底地盤高 + H.H.W.L. = 4.0m)} \\ H_o' : \text{換算沖波波高 (=} H/3 = 3.1 \text{m)} \\ L_o : \text{沖波の波長 (=49.93m)} \end{array} \right.$$

(港湾の技術基準の水深・周期・波長及び波速の表参照) (図 3.25)

入射角による補正 (1+cos β) / 2

β : 入射角 (=0°)

$$(1 + \cos \beta) / 2 = 1.0$$

$$\therefore H_{\max} = H_D \times 1.0 = 2.8 \times 1.0 = 2.8 \text{ m}$$

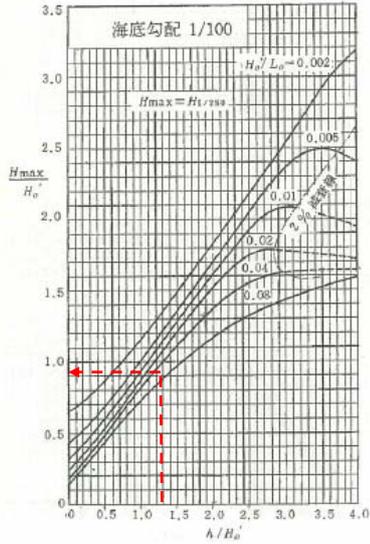


表-参4.1.1[1] 水深・周期・波長及び波速の表

水深 (m)	3.0		4.0		5.0		6.0		7.0		8.0		9.0		10.0	
	波長 (m)	波速 (m/s)														
0.5	6.30	2.13	8.45	2.27	10.90	2.43	13.15	2.59	15.30	2.76	17.45	2.92	19.60	3.09	21.75	3.25
1.0	8.99	2.50	11.99	2.60	15.23	2.65	18.43	2.67	21.61	2.68	24.78	2.69	27.94	2.70	31.10	2.71
1.5	10.21	2.60	14.29	2.65	18.40	2.68	22.36	2.69	26.26	2.70	30.10	2.71	33.88	2.72	37.55	2.73
2.0	11.20	2.77	16.22	2.65	20.94	2.68	25.57	2.70	30.14	2.71	34.67	2.72	38.18	2.73	41.08	2.74
2.5	12.09	3.03	17.71	2.63	23.98	2.62	28.31	2.63	33.46	2.64	38.56	2.65	43.62	2.66	48.57	2.67
3.0	12.87	3.22	19.06	2.54	24.92	2.49	30.71	2.51	36.39	2.52	41.01	2.53	47.28	2.54	53.13	2.55
3.5	13.59	3.35	19.98	2.60	30.52	2.53	32.84	2.47	39.07	2.51	45.54	2.54	51.49	2.57	57.19	2.72
4.0	13.80	3.48	20.85	2.61	32.00	2.51	34.75	2.49	41.42	2.51	48.00	2.54	54.83	2.57	60.92	2.69
4.5	13.80	3.53	21.57	2.39	33.18	2.48	36.40	2.48	43.61	2.51	50.40	2.54	57.88	2.57	64.40	2.61
5.0	13.75	3.58	22.18	2.55	30.29	2.66	38.97	2.54	45.93	2.57	53.03	2.63	60.38	2.71	67.64	2.76
6.0	13.58	3.64	23.11	2.78	32.17	2.63	40.84	2.60	49.21	2.63	57.47	2.68	65.27	2.72	73.58	2.78
7.0	13.39	3.68	23.75	2.54	33.67	2.73	43.19	2.70	52.39	2.74	61.57	2.77	70.39	2.80	78.82	2.89
8.0	14.02	3.67	24.19	2.65	34.86	2.67	45.19	2.75	55.16	2.78	64.88	2.81	74.38	2.85	83.77	2.98
9.0	14.03	3.68	24.47	2.62	35.81	2.64	46.96	2.82	57.61	2.83	68.01	2.86	78.19	2.89	88.22	3.03
10.0	14.01	3.68	24.65	2.60	36.56	2.61	48.57	2.80	59.78	2.84	70.95	2.89	81.58	2.98	92.22	3.23
11.0	14.01	3.68	24.77	2.59	37.15	2.63	49.82	2.77	61.77	2.87	73.44	2.94	84.89	3.01	94.12	3.61
12.0	14.01	3.68	24.84	2.61	37.69	2.62	50.89	2.85	63.44	2.90	75.89	2.98	87.85	3.06	97.67	3.97
13.0	14.04	3.68	24.89	2.62	37.95	2.61	51.60	2.80	64.38	2.98	77.98	3.04	90.59	3.10	102.08	4.29
14.0	14.04	3.68	24.91	2.62	38.22	2.61	52.38	2.73	65.35	2.98	79.03	3.09	93.14	3.15	106.07	4.61
15.0	14.04	3.68	24.93	2.63	38.47	2.68	53.03	2.84	67.36	3.05	81.73	3.12	95.21	3.19	109.90	4.90
16.0	14.04	3.68	24.94	2.63	38.57	2.71	53.26	2.80	68.68	3.01	83.39	3.12	97.71	3.19	111.71	5.17
17.0	14.04	3.68	24.95	2.64	38.68	2.74	54.04	2.81	69.63	3.05	84.99	3.16	99.77	3.19	114.29	5.43
18.0	14.04	3.68	24.95	2.64	38.77	2.75	54.87	2.81	70.60	3.07	86.59	3.17	101.68	3.20	116.77	5.69
19.0	14.04	3.68	24.95	2.64	38.87	2.77	55.09	2.81	71.82	3.07	88.72	3.19	103.54	3.20	119.16	5.97
20.0	14.04	3.68	24.95	2.64	38.93	2.79	55.29	2.81	73.03	3.07	90.76	3.19	105.04	3.21	121.67	6.25
22.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.03	2.79	55.79	2.81	74.83	3.07	93.05	3.19	108.41	3.21	125.12	6.51
24.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.08	2.79	55.85	2.79	75.89	3.06	95.46	3.19	110.76	3.21	128.66	6.78
26.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.16	2.79	56.05	2.80	77.09	3.06	98.00	3.19	113.00	3.21	132.18	7.04
28.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.23	2.79	56.23	2.80	78.39	3.06	100.68	3.19	115.15	3.21	134.66	7.30
30.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.29	2.80	56.32	2.80	79.80	3.07	103.47	3.20	117.72	3.20	137.19	7.57
35.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.50	2.80	56.61	2.80	82.22	3.07	108.63	3.21	122.26	3.21	146.25	8.43
40.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.59	2.80	56.65	2.80	85.39	3.08	114.66	3.21	128.17	3.21	155.12	9.29
50.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.59	2.80	56.65	2.80	90.42	3.09	125.71	3.21	143.09	3.21	168.08	10.15
60.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.59	2.80	56.65	2.80	96.15	3.09	138.19	3.21	154.91	3.21	181.49	10.99
70.0	14.04	3.68	24.95	2.64	39.59	2.80	56.65	2.80	102.65	3.09	151.92	3.21	168.10	3.21	195.97	11.80
深淵部	14.04	4.68	24.96	6.24	38.99	7.80	58.15	9.36	75.43	10.92	99.82	12.48	120.34	14.04	155.97	15.99

H=4.0m, T1/3=8.3sより, L0=49.93m

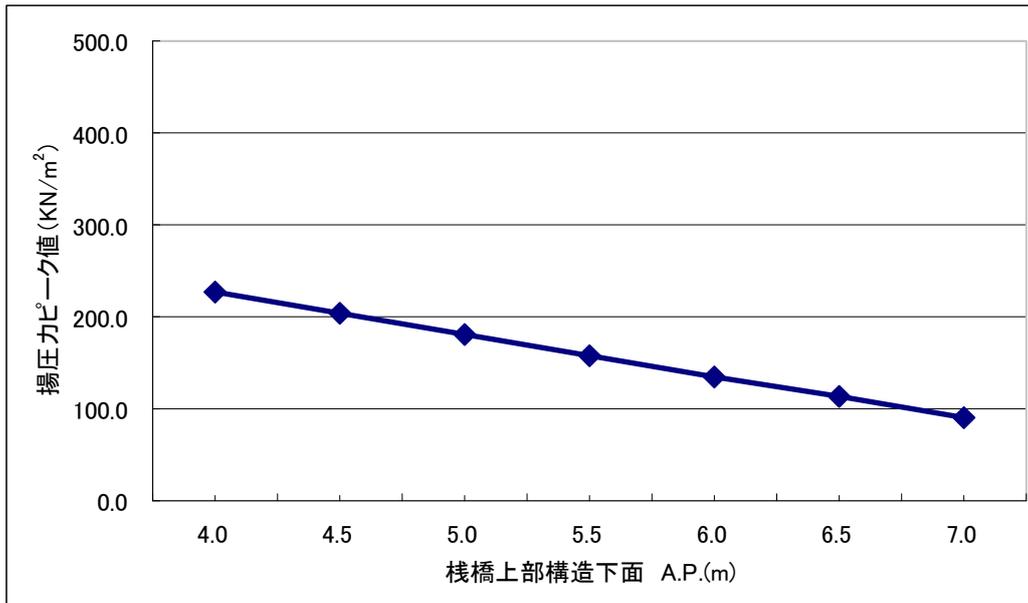
図一参4.5.14(e) 砕波帯内の最高波高の算定図

図3.25 「砕波帯内の最高波高の算定図」および「水深・周期・波長及び波速の表」

(出典：港湾の施設の技術上の基準・同解説)

表3.6 栈橋上部構造下面高さと揚圧力ピーク値の関係

	A.P.	潮位	潮位からの下面高	揚圧力ピーク値
	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)
栈橋上部構造下面	4.0	4.00	0.00	226.3
	4.5	4.00	0.50	203.6
	5.0	4.00	1.00	180.9
	5.5	4.00	1.50	158.1
	6.0	4.00	2.00	135.4
	6.5	4.00	2.50	112.7
	7.0	4.00	3.00	89.9



② 海底地盤をA.P. -5.0mまで浚渫した場合

海底地盤を杭打設のために A.P.-5.0mまで浚渫した場合における栈橋上部構造下面に働く揚圧力を算定し、その結果を表3.7に示す。

※伊藤、武田の栈橋に働く揚圧力（重複波の場合）の式

$$p = \rho_0 \cdot g(8H - 4.5 \cdot S)$$

ここに、

P : 揚圧力強度のピーク値の平均値 (kN/m²)

ρ_0 : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (9.81m/s²)

S : 潮位から栈橋上部構造下面までの最短距離

H : 入射波高 (H_{max}=5.1m)

港湾の技術基準の砕波帯内の最高波高の算定図（海底勾配 1/100）（図 3.26）より

$$H_o' / L_o = 0.043$$

$$h / H_o' = 2.9$$

$$H_D / H_o' = 1.65 \text{ (} H_D \text{ は図表の } H_{max} \text{)}$$

$$\therefore H_D = 1.65 \times 3.1m = 5.1m$$

- h : 水深 (=海底地盤高 + H.H.W.L.=5.0+4.0=9.0m)
- H_{o'} : 換算沖波波高 (=H/3=3.1m)
- L_o : 沖波の波長 (=71.06m)

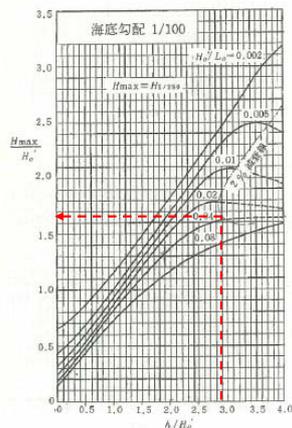
(港湾の技術基準の水深・周期・波長及び波速の表参照) (図 3.26)

入射角による補正 (1+cosβ) / 2

β : 入射角 (=0°)

$$(1 + \cos\beta) / 2 = 1.0$$

$$\square H_{max} = H_D \times 1.0 = 5.1 \times 1.0 = 5.1m$$



図一参4.5.14(e) 砕波帯内の最高波高の算定図

表一参4.1.1(a) 水深・周期・波長及び波速の表

水深 (m)	3.0		4.0		5.0		6.0		7.0		8.0		9.0		10.0	
	波長 (m)	波速 (m/s)														
0.5	6.30	2.13	8.67	2.17	10.92	2.18	13.16	2.19	15.39	2.20	17.62	2.20	19.84	2.20	22.06	2.21
1.0	8.89	2.60	11.99	2.60	15.23	2.61	18.43	2.62	21.41	2.63	24.78	2.63	27.94	2.63	31.09	2.63
1.5	10.71	3.03	14.37	3.03	18.40	3.04	22.36	3.04	26.29	3.05	30.19	3.05	34.08	3.05	37.95	3.05
2.0	11.30	3.77	15.29	3.85	20.94	3.89	25.57	3.90	30.14	3.91	34.67	3.91	39.18	3.91	43.68	3.92
2.5	12.09	4.63	17.71	4.63	23.98	4.62	28.31	4.71	33.46	4.78	38.56	4.82	43.52	4.85	48.69	4.87
3.0	12.67	4.32	18.95	4.74	24.92	4.98	30.71	5.12	36.39	5.20	42.01	5.25	47.58	5.29	53.13	5.31
3.5	13.09	4.36	19.98	5.00	26.52	5.20	32.84	5.47	39.02	5.57	45.13	5.64	51.18	5.69	57.19	5.72
4.0	13.39	4.45	20.85	5.21	27.93	5.30	34.75	5.79	41.42	5.92	47.98	6.00	54.48	6.05	60.92	6.09
4.5	13.60	4.53	21.57	5.39	29.18	5.84	36.49	6.08	43.61	6.28	50.01	6.33	57.23	6.39	64.60	6.44
5.0	13.75	4.58	22.18	5.65	30.29	6.06	38.07	6.34	45.63	6.57	53.03	6.63	60.38	6.71	67.64	6.76
6.0	13.91	4.64	23.11	5.78	32.17	6.43	40.84	6.81	49.24	7.03	57.47	7.18	65.57	7.29	73.58	7.36
7.0	13.99	4.60	23.75	5.94	33.67	6.73	43.19	7.20	52.59	7.48	61.37	7.67	70.70	7.80	78.92	7.89
8.0	14.02	4.62	24.19	6.05	34.86	6.92	45.19	7.53	55.16	7.80	64.24	8.11	74.14	8.26	83.27	8.38
9.0	14.03	4.68	24.67	6.12	35.81	7.16	46.96	7.82	57.51	8.21	67.20	8.51	77.74	8.69	86.25	8.83
10.0	14.03	4.68	24.95	6.16	36.56	7.31	48.37	8.05	59.78	8.51	70.26	8.81	80.74	9.08	89.25	9.23
11.0	14.04	4.68	24.77	6.19	37.15	7.43	49.62	8.27	61.72	8.82	73.44	9.18	84.89	9.43	96.12	9.61
12.0	14.04	4.68	24.84	6.21	37.60	7.52	50.69	8.45	63.44	9.06	75.80	9.45	87.55	9.70	101.27	9.87
13.0	14.04	4.68	24.89	6.22	37.95	7.59	51.40	8.60	64.88	9.28	77.96	9.74	90.59	10.07	106.26	10.30
14.0	14.04	4.68	24.91	6.23	38.22	7.64	52.38	8.73	66.25	9.40	79.63	9.89	93.14	10.26	110.67	10.63
15.0	14.04	4.68	24.93	6.23	38.41	7.68	53.81	8.84	67.58	9.65	81.73	10.22	95.51	10.52	114.25	11.03
16.0	14.04	4.68	24.94	6.23	38.57	7.71	53.58	8.83	68.69	9.84	83.39	10.42	97.71	10.86	117.71	11.17
17.0	14.04	4.68	24.95	6.24	38.68	7.74	54.84	9.03	69.63	9.95	84.96	10.61	99.77	11.09	119.25	11.63
18.0	14.04	4.68	24.95	6.24	38.77	7.75	54.42	9.07	70.49	10.07	86.29	10.79	103.68	11.30	116.21	11.67
19.0	14.04	4.68	24.95	6.24	38.83	7.77	54.74	9.11	71.25	10.18	87.46	10.86	105.67	11.59	115.60	11.90
20.0	14.04	4.68	24.95	6.24	38.87	7.77	55.00	9.17	71.92	10.27	88.72	11.00	105.61	11.80	121.16	12.13
25.0	14.04	4.68	24.96	6.24	38.96	7.80	55.83	9.30	74.54	10.05	93.80	11.79	113.04	12.16	133.83	13.18
30.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.06	7.82	55.83	9.30	75.03	10.12	95.82	11.88	115.81	12.29	134.66	13.47
35.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.09	7.80	56.02	9.34	75.49	10.17	95.97	12.00	116.72	12.57	137.19	13.72
40.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.09	7.80	56.11	9.35	75.96	10.05	97.64	12.20	120.03	13.34	142.28	14.24
45.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.09	7.80	56.11	9.36	76.42	10.04	98.61	12.23	122.28	13.59	146.25	14.63
50.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.09	7.80	56.15	9.36	76.87	10.03	99.72	12.48	125.71	13.86	151.15	15.17
55.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.09	7.80	56.15	9.36	77.47	10.02	100.79	12.47	126.19	14.01	154.91	15.49
60.0	14.04	4.68	24.96	6.24	39.09	7.80	56.15	9.36	78.13	10.02	101.82	12.48	126.34	14.04	155.57	15.50

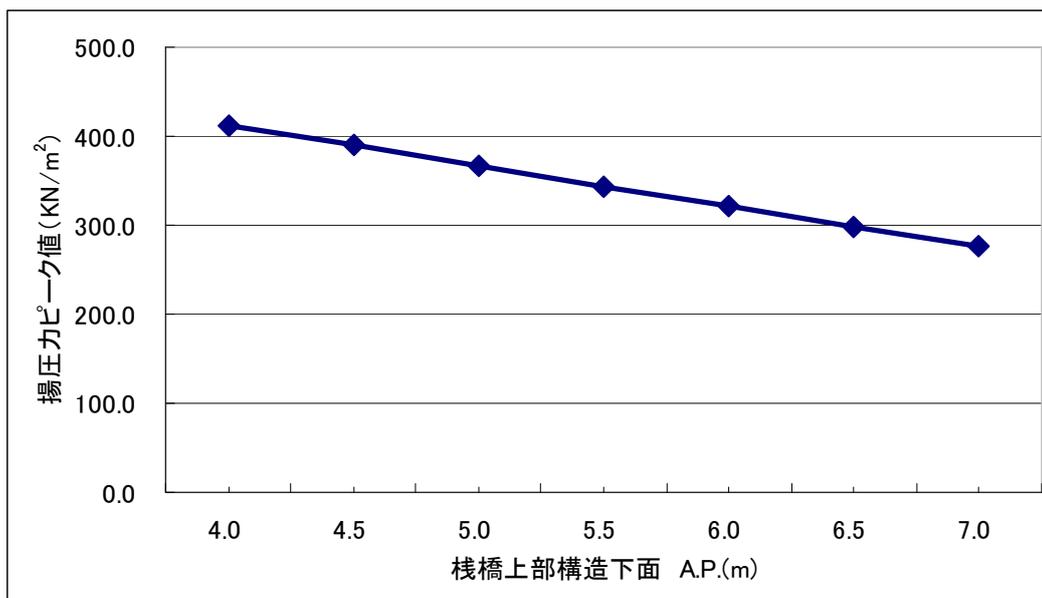
H=9.0m, T1/3=8.3sより, L0=71.06m

図3.26 「砕波帯内の最高波高の算定図」および「水深・周期・波長及び波速の表」

(出典:港湾の施設の技術上の基準・同解説)

表3.7 栈橋上部構造下面高さと同揚圧力ピーク値の関係

	A.P. (m)	潮位 (m)	潮位からの下面高 (m)	揚圧力ピーク値 (kN/m ²)
栈橋上部構造 下面	4.0	4.00	0.00	412.3
	4.5	4.00	0.50	389.5
	5.0	4.00	1.00	366.8
	5.5	4.00	1.50	344.1
	6.0	4.00	2.00	321.3
	6.5	4.00	2.50	298.6
	7.0	4.00	3.00	275.8



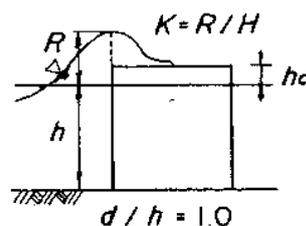
栈橋上部構造下面の高さが、A.P. +5.33mとすると栈橋に働く揚圧力のピーク値は浚渫しない場合、166kN/m²、A.P. -5.0mまで浚渫した場合、352kN/m² が作用する。このため特に浚渫した場合には、揚圧力に対する栈橋床版の耐力検討や揚圧力低減のための対策（浚渫箇所の埋め戻し、消波堤など）の検討が今後必要になるとと思われる。

iv. 越波高の試算

現空港接続部における波の打上げ高さについては、峰高と混成防波堤上の運動と波力に関する実験的研究（港湾技術研究所報告 1992、高橋、遠藤、室善）の算定式⁶⁾から試算した。

$$K = \begin{cases} 1.0 + \alpha_1 \frac{H}{h_m} & \cdot \frac{H}{h_m} < \frac{-1 + \sqrt{1 + 4\alpha_1 h_c / h_m}}{2\alpha_1} \\ \frac{1 + \sqrt{1 + 4\alpha_1 h_c / h_m}}{2} & \cdot \frac{H}{h_m} \geq \frac{-1 + \sqrt{1 + 4\alpha_1 h_c / h_m}}{2\alpha_1} \end{cases}$$

$$h_c' = h_c \frac{H/h_m}{2 \frac{H}{h_m} - \frac{-1 + \sqrt{1 + 4\alpha_1 h_c / h_m}}{2\alpha_1}}$$



直立堤の構造で、護岸天端高を A.P. +5.5m（既設護岸高さ A.P.+5.8～6.0m より）と仮定して算定した護岸への打上げ高さの試算結果を表 3.8 に示す。浚渫なしの場合（前面水深 A.P. ±0.0m）で、波の打ち上げ高は A.P. +7.24m、浚渫有りの場合（前面水深 A.P. -5.0m）で A.P. +6.97m となった。このため、揚圧力に対する対策を含め護岸の越波対策の検討が今後必要になると思われる。

表3.8 護岸の越波高

	$\alpha 1$	前面水深	潮位	水深	換算水深	護岸天端高	最大波高	R	打上げ高
			HHWL	h	hm		Hmax	K*Hmax	
A滑走路南伸部 浚渫なし	1.00	0.00	4.00	4.00	4.00	5.50	2.70	3.24	7.24
A滑走路南伸部 浚渫あり	1.00	5.00	4.00	9.00	9.00	5.50	2.70	2.97	6.97

b. 航空機荷重

A 滑走路の滑走路長が、2,500m 以上であるため、航空機荷重は表 3.9、表 3.10 より区分「LA-0」とする。

表 3.9 航空機質量の区分

滑走路長	区分	設計質量 (W)	主脚形式	備 考
2,500m以上	LA-0	680t	4脚4輪	※1) 土被りの厚さにより 400t または 300t のうちから選ぶ。
2,000m以上 2,500m未満	LA-1	※1) 400t または 300t	4脚4輪 または 2脚6輪	
1,500m以上 2,000m未満	LA-12	170t	2脚4輪	
1,500m未満	LA-2	70t	2脚2輪	

(出典: 空港排水施設・地下道・共同溝設計要領 平成11年4月)

表 3.10 航空機荷重の諸元

区分	車輪の配置	総質量	脚荷重	接地圧	接地幅	接地長
	(m)	(t)	(kN)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
LA-0		680	1557	2.71	315	457

(出典: 空港排水施設・地下道・共同溝設計要領 平成11年4月)

c. 地震荷重

地震荷重は、L1 地震の震度として 250gal と仮定した。当然のことながら、実施にあたっては、地盤モデルを明確にし、詳細な検討を行う必要がある。

d. 荷重条件の整理

荷重条件を表 3.11 に示す。対象部分の舗装・床版仕様は D 滑走路棧橋部と同等とし、風荷重、温度影響、疲労の影響は、今後の検討課題とし、今回の検討では未考慮とした。

表 3.11 荷重条件

項目	細目	常時	暴風時	地震時
死荷重	舗装、床版、ハンチ、床組	○	○	○
活荷重	航空機荷重 LA-0 総重量680ton (最大脚荷重 1560KN/脚)	○		○
衝撃係数	i = 0.4 (滑走路部)、0.3 (着陸帯部)	○		
揚圧力	最大352kN/m ² (荷重作用レベル Ap. +5.33m)		○	
地震力	250gal			○
許容応力度の割増		1.00	1.50	1.50

2) 棧橋構造計画

棧橋構造の検討ケースは、前述の平面構造計画における杭スパンと波浪条件の揚圧力から、棧橋構造にとって安全側となる表 3.12 の南側スライド量 700m、浚渫ありのケースで行った。

表 3.12 検討ケース

	南側スライド量	流行直角方向の杭ピッチ	} 検討ケース
平面構造計画	700m	26.4m	
	400m	25.0m	
波浪条件	前面水深	揚圧力ピーク値(A.P.+5.5mレベル)	
	5m(浚渫あり)	344.1kN/m ²	
	0m(浚渫なし)	158.1kN/m ²	

海上延伸部の基本構造は、以下の前提条件を踏まえ下部構造を杭式、上部構造を鋼製桁により構成される棧橋構造とした。

- ①多摩川への河積阻害率を最小限に抑える
- ②既設 A 滑走路の標高と延伸部の潮位条件から桁高を極力抑える

上部構造と下部構造の結合は、現地の施工性と上部構造脚部（以下、レグと呼ぶ）の防食性（耐海水性ステンレス鋼被覆仕様の適用）を考慮し、レグと杭の 2 重管の隙間にグラウトを注入し、結合するジャケット形式とした。なお、延伸部の海域は A.P.±0m～-0.3m の浅場であることからブレースを設けないラーメン構造（直杭）とした。

杭間隔は流水並行方向で 16.53m、流行直角方向で 26.4m となり、D 滑走路連絡誘導路の杭間隔 10～13m に比べ上部構造の桁スパンが大きくなる。そのため、D 滑走路連絡誘導路の直杭棧橋部と同等の PC 製の梁スラブ構造では桁高が大きくなり、延伸部の構造天端高と潮位条件を満足する現実的な断面構成が成立しないと考え、今回は PC 製の梁スラブ構造は不採用とした。

a. 床版形式の選定

床版形式は、D 滑走路の実績から滑走路部を PCa（プレキャスト・プレストレス）床版、着陸帯部を UFC（超高強度繊維補強コンクリート）床版とした。なお、延伸部の天端高、潮位条件を踏まえ、揚圧力の影響が軽減できるオープングレーチングについても検討を行ったが、下記の理由より採用困難と判断した。

- ①航空機荷重に対する大スパンでの実績が無い
- ②床版の荷重分散効果が小さく、主桁が活荷重を直接分担するような設計となるため、グレーチングの適用スパンが小さくなると、床組重量が大きくなる
- ③床組構造が外気にむき出しになるため、塗装塗替えなどの維持管理が大規模となる

b. 主桁構造の選定

主桁構造は I 桁、開断面箱桁、狭小箱桁の 3 ケースについて構造検討を行った。なお、I 桁は維持管理を考慮し、鋼板のカバープレート（CP）を配置した。部材断面力およびたわみ量の算出には 2 次元の梁モデルを使用し、非剛性桁としてモデル化した。

航空機荷重には、D 滑走路の要求水準書に従い衝撃係数（滑走路部 0.4、着陸帯部 0.3）を考慮した。ここで航空機荷重は滑走路方向と主桁方向は異なるが、主桁にとって安全側となるよう図 3.27 に示す支間中央に戴荷した。

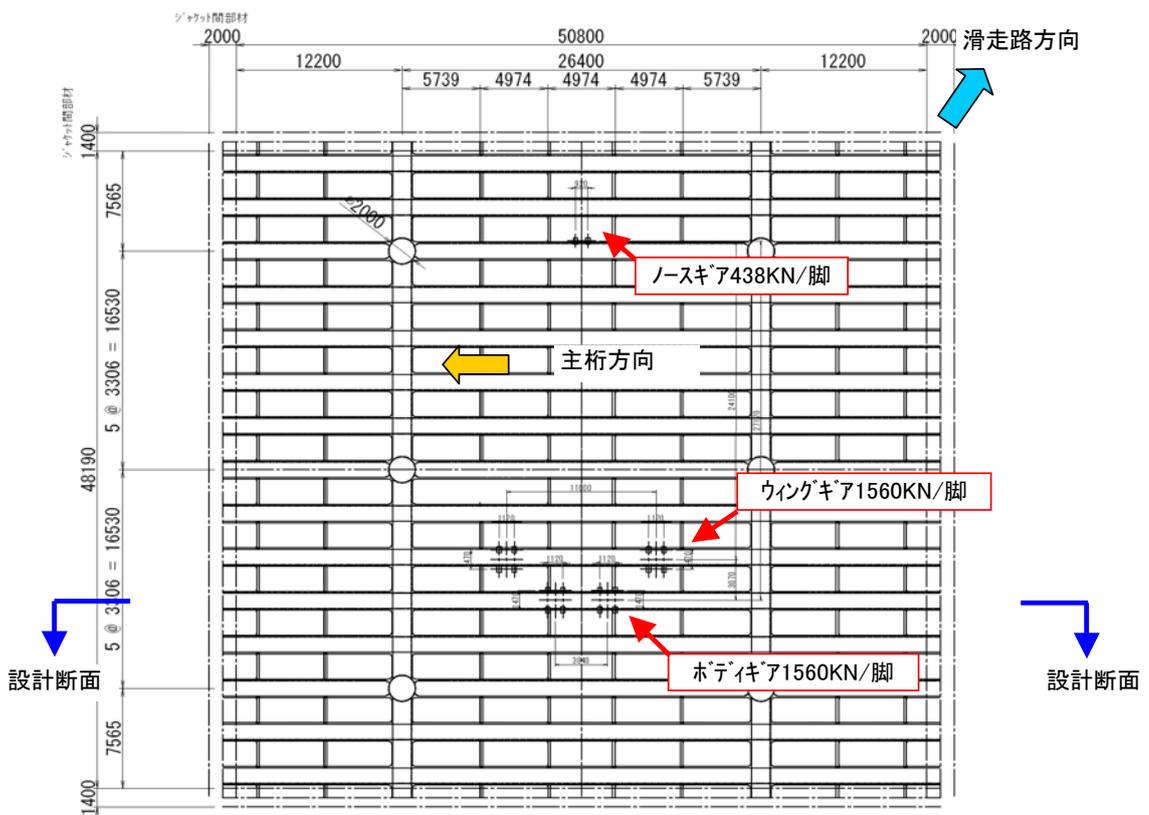


図 3.27 航空機荷重載荷状況

揚圧力については、D 滑走路の連絡誘導路の海底地盤形状と同じと仮定し、実施設計（連絡誘導路栈橋部）で算定された図 3.28 の揚圧力分布から、前述の波浪条件における栈橋上部構造下面レベルでの揚圧力分布を近似し設定した。

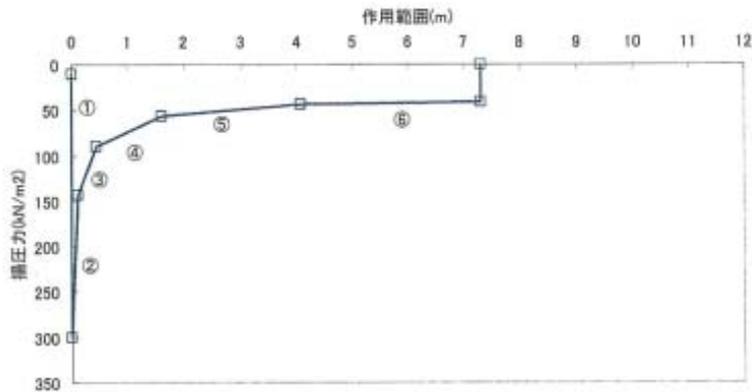


図 3.28 揚圧力分布

(出典：東京国際空港 D 滑走路建設外工事 実施設計計算書 連絡誘導路棧橋部)

揚圧力に対しては下フランジに補剛材を配置し、強度を確保することとした。表 3.13 に検討結果を示す。

表 3.13 主桁構造の選定

	I桁+CP(鋼板)	開断面箱桁	狭小箱桁
概略設計断面			
主桁剛性	× (小)	△ (中)	○ (大)
鋼重	○ (小)	△~○ (中)	△ (大)
耐揚圧力	×	△	○
現場継手誤差吸収	○	△	△
総合評価	×	△	○

狭小箱桁は現場継手の誤差吸収に対する検討課題はあるが、主桁剛性や耐揚圧力性能など総合的な観点から、延伸部の棧橋上部構造として適切であると判断される。

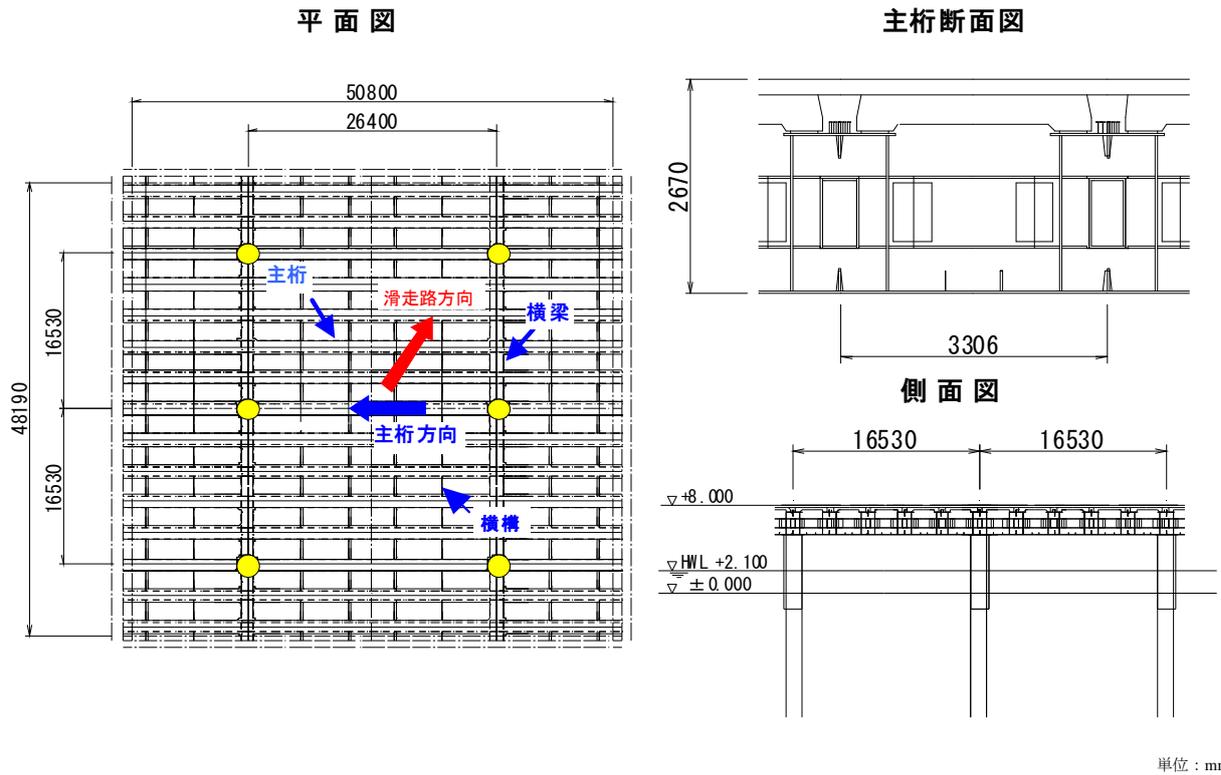
c. 床版構造の計画

上部構造の検討結果を表 3.14 に、滑走路部および着陸帯部の一般構造図を図 3.29 に示す。

表 3.14 床版構造検討結果

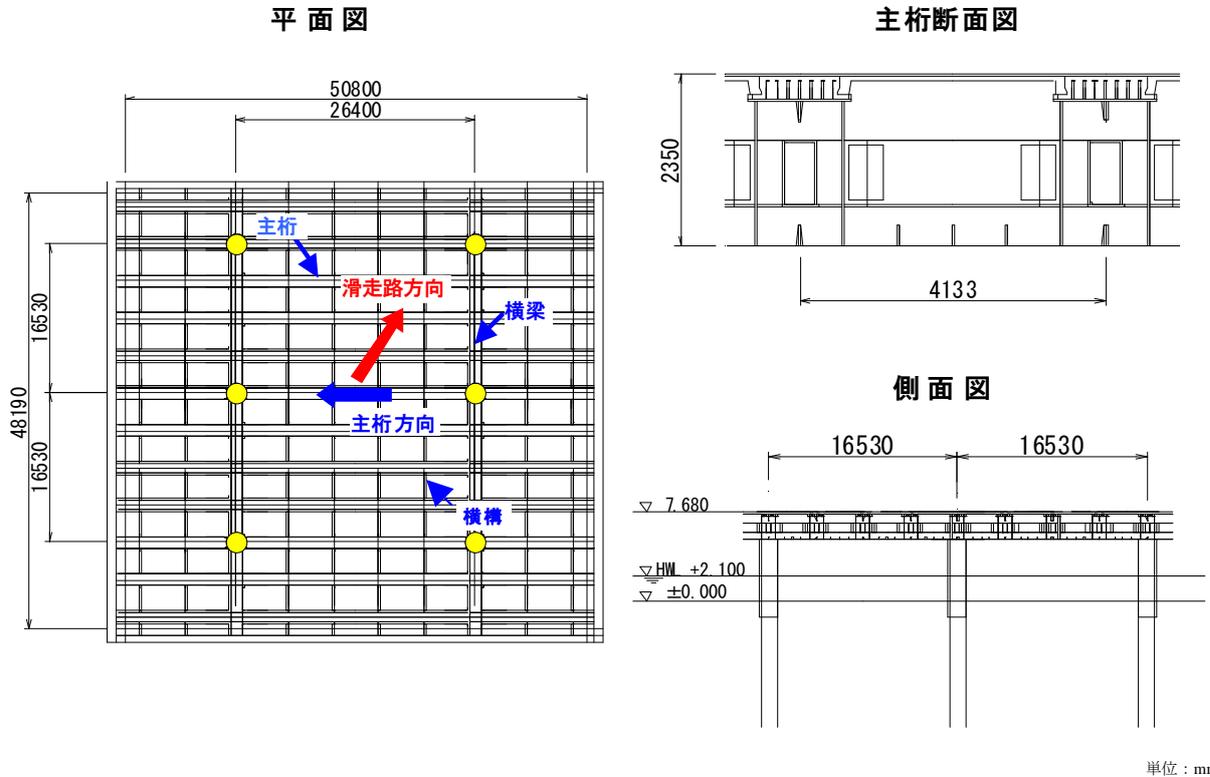
		滑走路部	着陸帯部
床版タイプ		Pca	UFC
活荷重の衝撃係数		0.4	0.3
許容応力度の割増		1.00	1.65
高さ (mm)	舗装・床版	670	350
	主桁	2,000	2,000
	小計	2,670	2,350
レグ径		Φ 2000	Φ 1600
概算鋼重(kg/m ²)		560	462

滑走路部



単位：mm

着陸帯部



単位：mm

図 3.29 構造一般図

d. 支持杭の計画

杭の支持力照査は常時、強度照査は地震時が支配的と考え、各々について概略検討を実施した。延伸部の支持地盤は、位置が比較的近い図 3.30 の A 滑走路平行誘導路橋梁築造工事の地盤柱状図から、鋼管杭基礎の支持層が概ね A.P.-50m 以深の Dc3 層と考えた。土層の単位体積重量および粘着力は D 滑走路の土質データを基に推定した。杭の先端支持力の推定に当たっては、杭径が $\phi 1800$ と大口径であり、先端閉塞率の向上対策（補強リブの取付など）が必要となる可能性があるが、D 滑走路と同様の閉塞率 50%とした。また、杭の根入れ長は道路橋示方書下部工編に準拠し、杭径の 4 倍とした。

支持杭の検討結果を表 3.15 に示す。なお、今回の検討では護岸近傍における地震時側方流動の影響ならびに構造物端部の影響は含めていない。

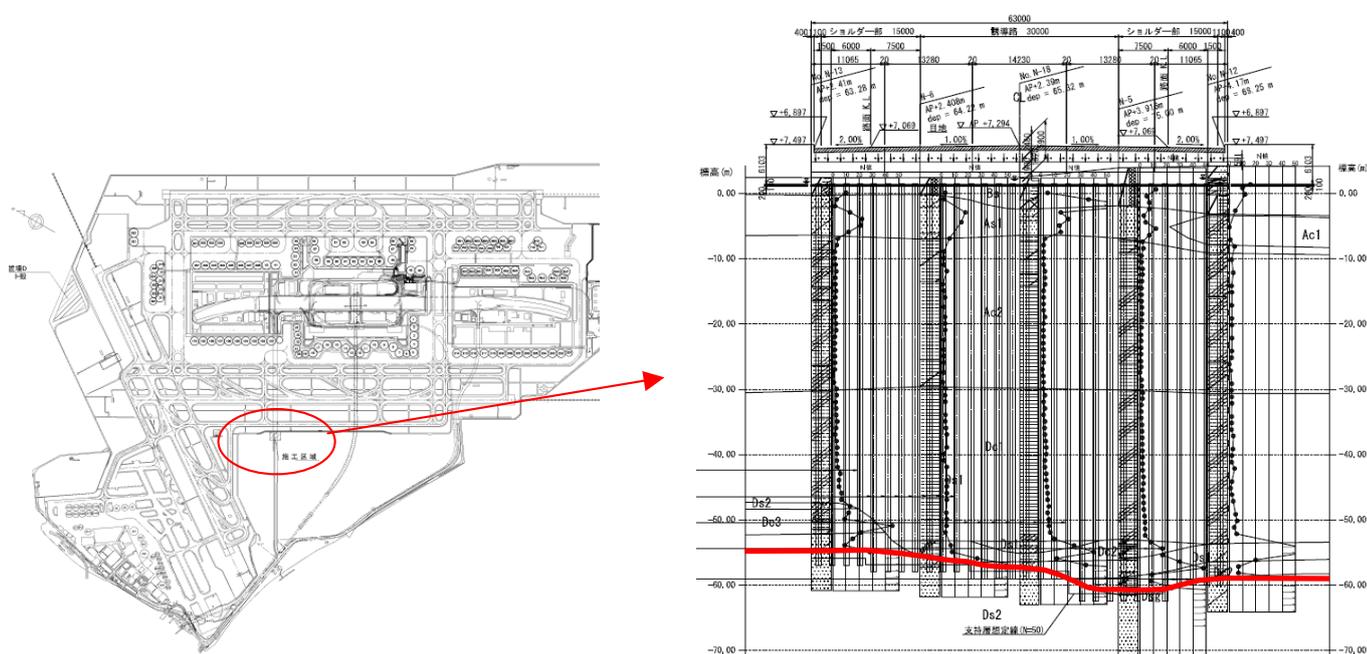


図 3.30 A 滑走路平行誘導路橋梁築造工事地盤柱状図

表 3.15 支持杭の検討結果

サイズ	滑走路	$\Phi 1800 \times 18 \sim 30$ SKK490
	着陸帯	$\Phi 1372 \times 14 \sim 23$ SKK490
長さ	70.33m(A.P.+7.33 \sim -63.0m)	
重量	滑走路:70t/本 着陸帯:40t/本	

3) 防食対策計画

A 滑走路の海上延伸部は、厳しい腐食環境となる海上大気部に位置するため、適切な腐食対策および維持管理を考慮した防食方法の選定が重要となる。そこで、表 3.16 の防食仕様の比較検討結果を踏まえ、外面仕様は LCC および施工性の観点から、デッキ下面を超厚膜エポキシ樹脂塗装、レグ部を耐海水性ステンレス鋼被覆とした。また、内面仕様は LCC の観点から内面塗装 (D4) + 除湿システムとするが、施工性およびメンテナンス性を考慮した内部空間の確保が必要となる。

表 3.16 防食方法の比較検討

	外面					内面	
	一般外面 (C4 塗装)	海洋厚膜 エポキシ樹脂	超厚膜 エポキシ樹脂	薄板チタンラッド [*] 鋼被覆	耐海水性 ステンレス鋼被覆	内面 (D4 塗装)	内面(D4 塗装) + 除湿システム
期待耐用 年数 ^{※1}	15 年 ^{※2}	20 年 ^{※3}	30 年程度 ^{※2}	100 年以上 ^{※3}	100 年以上 ^{※2}	30 年 ^{※4}	100 年 ^{※2}
総膜厚 (μm)	250	555	2320~2520	—	—	255	—
初期コスト	◎	◎	◎	△	△	◎	○
LCC	△	△~○	○	◎	◎	△	◎
施工性	○	○	○	△~○	面部分：△ 鋼管部分：○	△	○
材料供給	◎	◎	◎	△	○	◎	◎
課題	・ 塗装塗替の合理化	・ 塗装塗替の合理化 ・ 国内海洋環境での実績少 ・ LCC の評価	・ 塗装塗替の合理化	・ チタンラッド 端部溶接部の処理 ・ マンホール部など複雑形状への適用方法 ・ 材料供給能力	・ 面ライニング 施工方法の確立 ・ マンホール部など複雑形状への適用方法 ・ ブロック間溶接部の施工方法	・ 塗装塗替の合理化	・ 施工及びメンテナンス可能な内部空間の確保 (桁高 2m 程度)

※1：海上大気部を前提とした期待耐用年数

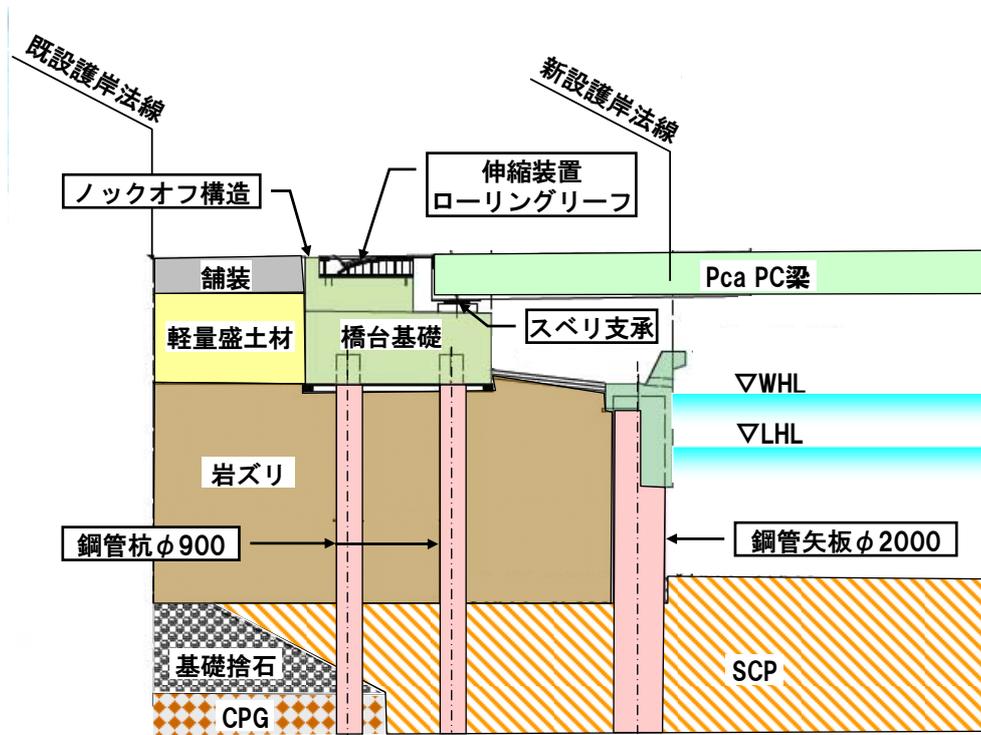
※2：東京国際空港 D 滑走路建設外工事 実施設計計算書

※3：港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル (2009 年版) (財) 沿岸技術研究センター

※4：鋼道路橋塗装・防食便覧 (社) 日本道路協会

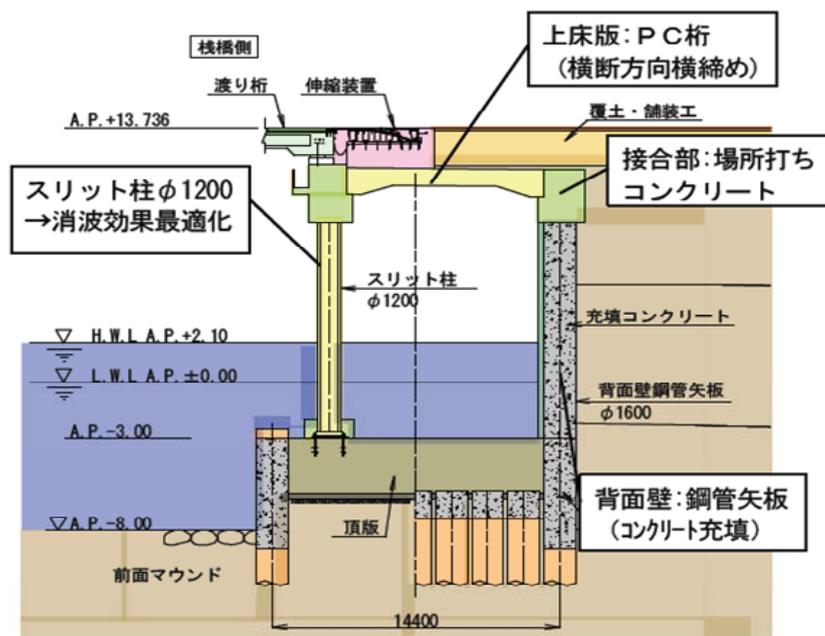
4) 現空港接続部構造案

D滑走路と同様に現地地盤は、表層に液状化層が存在し、それ以深は軟弱な粘性土層が存在すると想定される。よって、地盤改良による液状化対策も必要と考えられるが、レベル2地震動を想定した時の側方流動の影響を抑えるための構造としては、D滑走路で採用された現空港接続部および滑走路接続部の構造が参考となる。以下にそれぞれの構造を紹介する。



東京国際空港 D 滑走路建設工事 技術報告会資料より

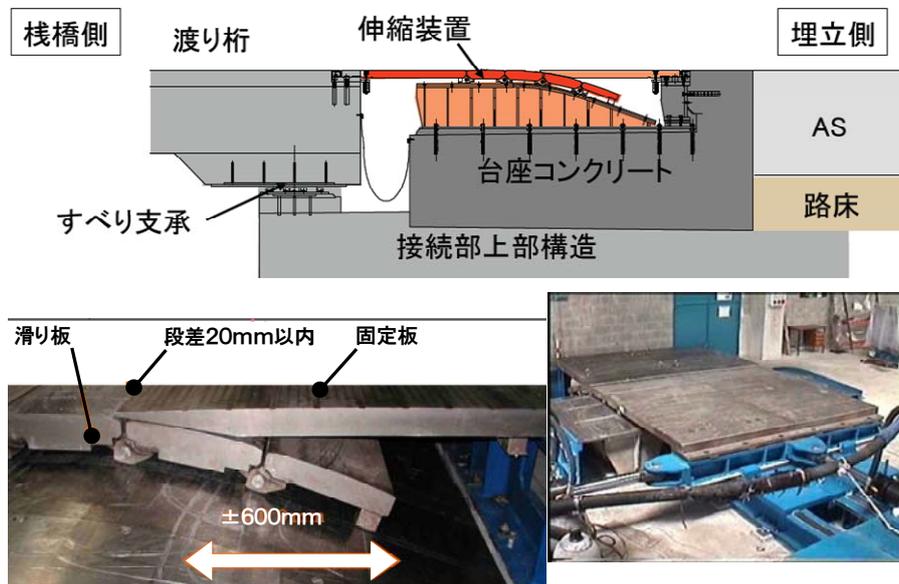
図 3.31 D 滑走路の現空港と連絡誘導路の接続部構造



東京国際空港 D 滑走路建設工事 技術報告会資料より

図 3.32 D 滑走路の栈橋部と埋立部の接続部構造

また、現空港の陸地部と栈橋部においては、①地震時の挙動が異なる、②栈橋部は鋼製ゆえ温度伸縮が発生するため、その相対変位を吸収する構造として、接続部には伸縮装置を設置する。下図は、D滑走路で採用された伸縮装置（ローリングリーフ型）の1つである。



東京国際空港 D 滑走路建設工事 技術報告会資料より

図 3.33 D 滑走路のローリングリーフ型伸縮装置

5) 埋込型進入灯

A 滑走路着陸機は、北風時においては B 滑走路が使用されないことから、南に延伸した滑走路を使用しないことを想定している。そこで進入灯については、新規に海上には設けられないので、延伸した A 滑走路南端から北側の滑走路上に下図のような埋め込むタイプを想定する。（一部既存の海上進入灯は残す）



センターライン・クロスバー



サイドパレット

図 3.34 埋込型進入灯参考例

上記埋込型進入灯の滑走路への設置時断面は、以下の通りである。

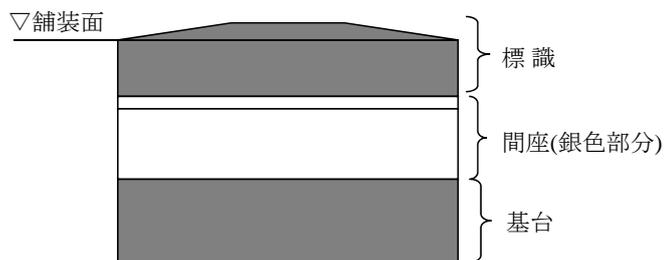


図 3.35 埋込型進入灯設置時の断面図

埋込型進入灯は、日本全国多くの空港、飛行場で実績がある。図 3.36 は中部国際空港、図 3.37 は青森空港の設置例である。



図 3.36 中部国際空港 滑走路灯火の例



図 3.37 青森空港 滑走路灯火の例

(4) 海上延伸部の施工方法

1) 施工条件

海上延伸部の施工方法を検討する上で以下の施工条件を前提とする。

- ・ 供用中の A 滑走路延伸工事のため、施工時間は離着陸のない 23:00~6:00 の時間帯もしくは A 滑走路の使用制限時間帯とする。
- ・ 延伸範囲の海底地盤高はほぼ A.P.±0.00 のため、地盤改良船、杭打船、起重機船の作業実施にさきがけ A.P.-5.0m まで浚渫する必要がある。
- ・ 施工区域内の進入灯は撤去し、仮設の簡易進入灯で補えるものとする。

2) 施工方法

a. 主要な施工法の選定理由

栈橋構造（ジャケット構造）の施工方法としては以下の 3 つの方法が考えられる。

① 海上施工（鋼管杭打設+ジャケット架設）

D 滑走路建設に使用されている工法で、大型起重機船が進入する必要があるため、A.P.-5.0m まで浚渫する必要がある。

② 海上施工（鋼管杭セットジャケット曳航+鋼管杭打設）

ジャケットに鋼管杭を SEP のレグと見立てて曳航し、ジャケットを昇降ジャッキで持ち上げてから、ジャケット上の陸上クレーンで鋼管杭を打設する。
浚渫は A.P.-2.5m まで必要である。

③ 陸上施工（手延べ工法）

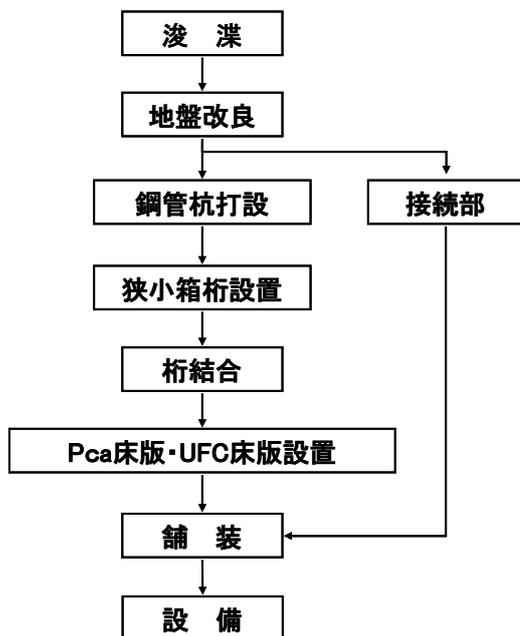
ジャケットのブロックを分割し、陸上クレーンにて鋼管杭打設、ジャケット据付を行う。陸上施工であるが、鋼管杭やジャケットを海上運搬するとすれば、A.P.-2.5m まで浚渫が必要である。

②と③の工法の場合、鋼管杭打設が数本の継杭となり、地盤改良等の他の工種も陸上施工で考える必要があり、①に比べて工程的にかなり伸びることが予想される。

そのため、ここでは D 滑走路で実績のある①の工法で検討する。

b. 施工フロー

主要工種の施工フローは次のようになる。



c. 施工ステップ毎の説明

i. 浚渫

作業水深の確保のため、施工区域の浚渫を行う。浚渫土量は、大型作業船による施工エリアを確保するため A.P.-5m まで浚渫をすると、400m スライド案の場合で概算 130 万 m³、700m スライド案の場合で概算 190 万 m³になる。浚渫範囲はスライド施設から作業幅 100m、現場への進入路幅 100m と想定した。(図 3.39、図 3.40 参照)

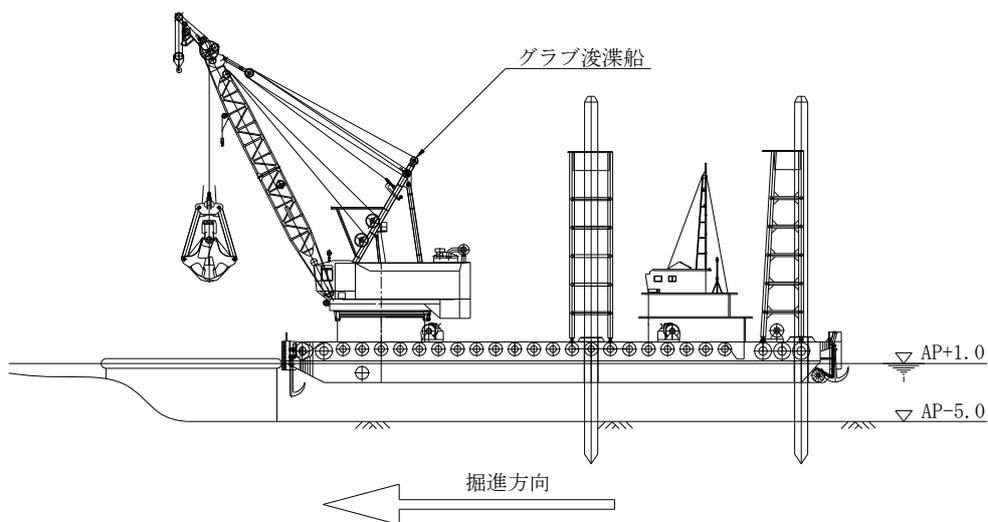


図 3.38 浚渫作業状況図

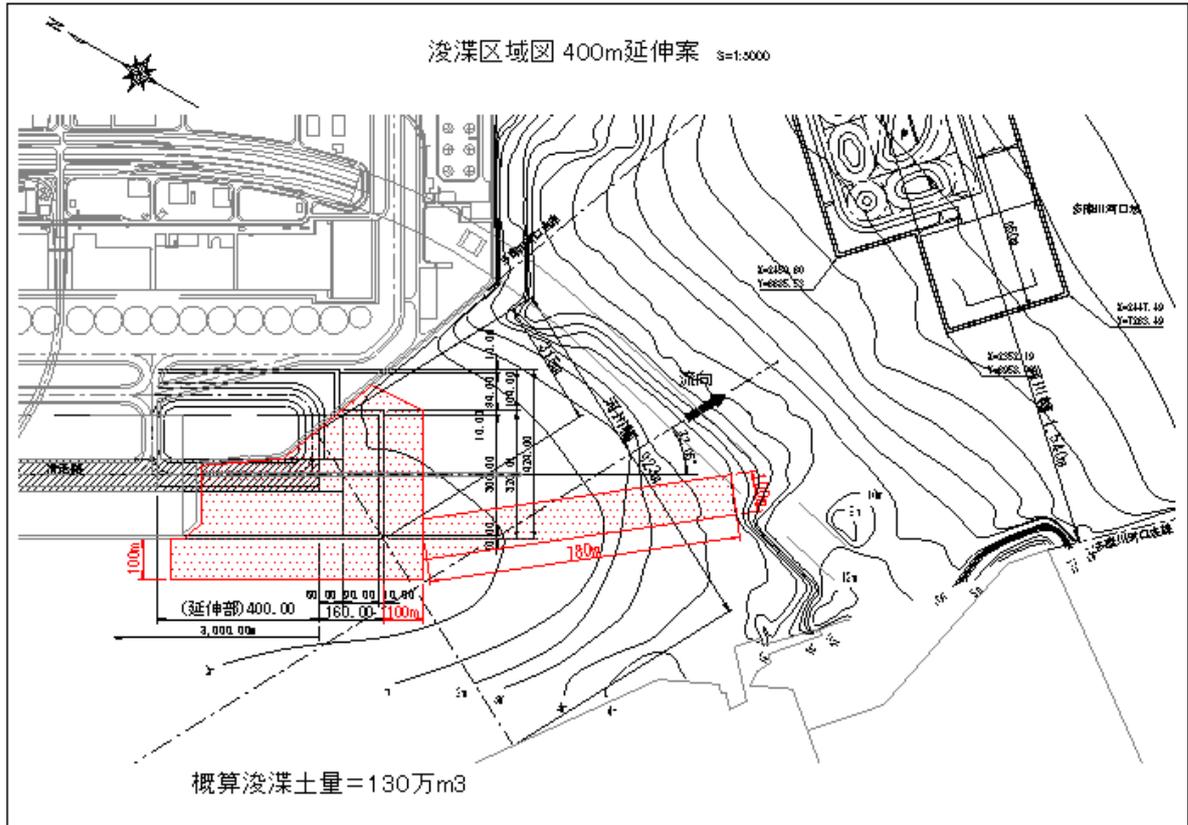


図 3.39 浚渫区域図(400m スライド案)

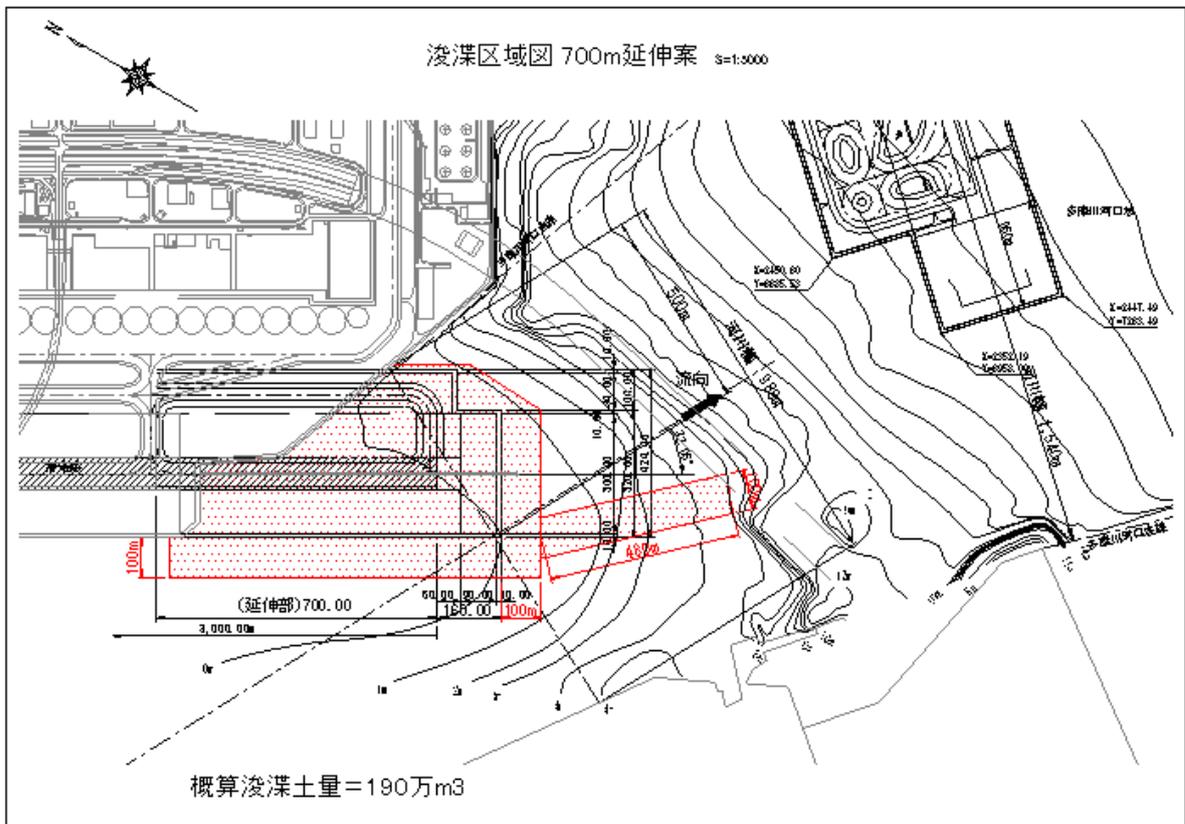


図 3.40 浚渫区域図(700m スライド案)

ii. 地盤改良

既設護岸部には 10m 程度の盛砂層とその上部には埋戻し砂及び堆積砂が存在するため、将来の地震時における液状化対策として、サンドコンパクション工法による地盤改良を行う。

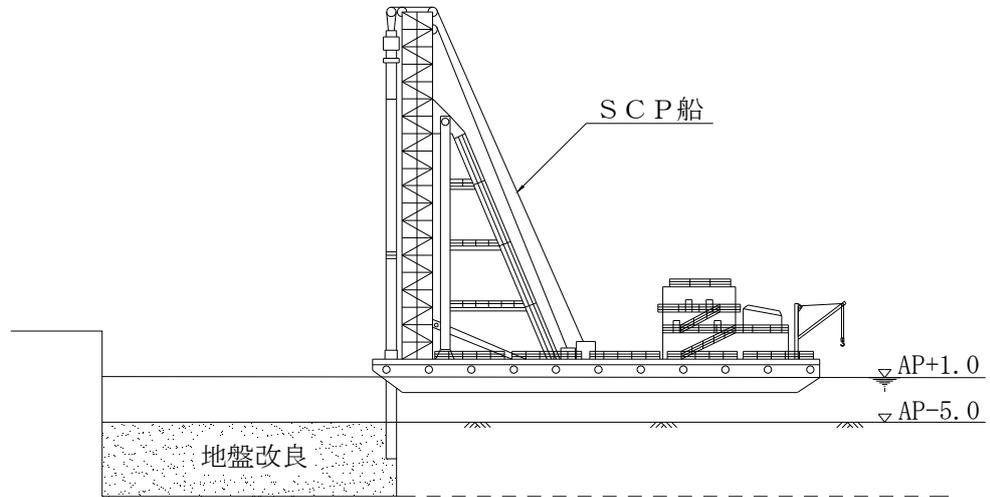


図 3.41 地盤改良作業状況図

iii. 鋼管杭打設

付近のボーリング柱状図より杭先端標高は A.P.-63.0m であり、杭長は 70.3m (A.P.+7.33 ~ -63.0) になる。海底地盤が A.P.-5.0m より、作業潮位を A.P.+1.0m と仮定すると、水面上 65m の杭打船が必要である。現保有作業船では 85m まで可能であり、鋼管杭は 1 本杭で考える。

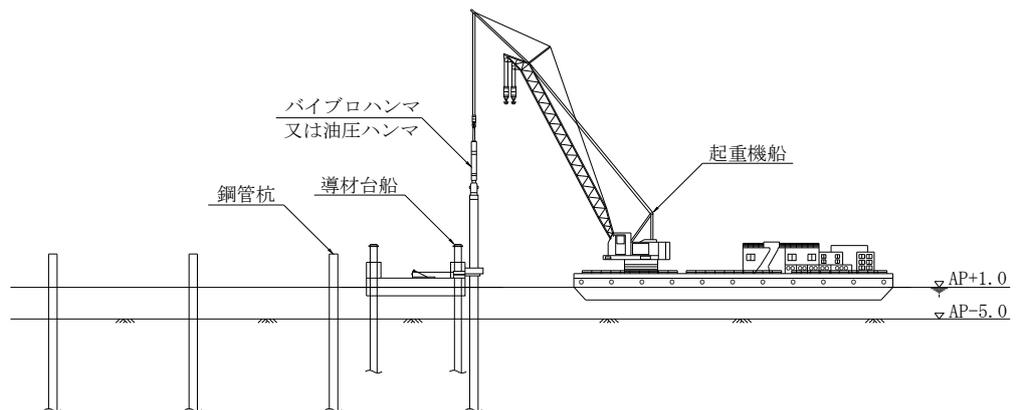


図 3.42 鋼管杭打設作業状況図

iv. 狭小箱桁設置

陸上ヤードで製作した狭小箱桁（50.80m×48.19m）を大型起重機船にて架設する。箱桁重量は1370 t程度であるが、平行ビームと吊枠の重量250tを考慮し、2000t吊級の起重機船で考える。

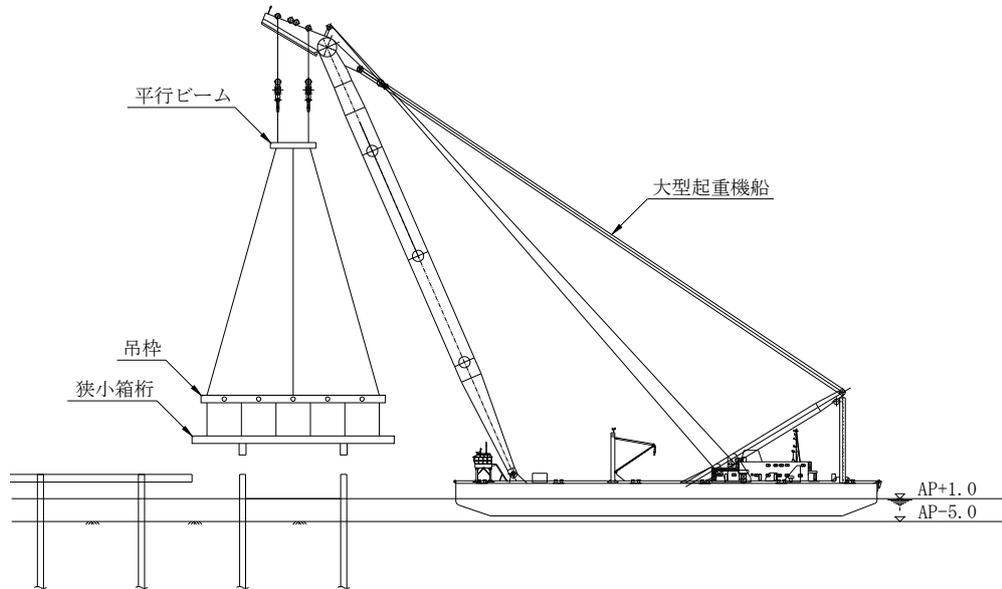


図 3.43 鋼製桁枠設置作業状況図

v. PCa床版・UFC床版設置

約3m×5mのPCa床版・UFC床版を、陸上クレーンにて接合部から沖に向けて順次設置する。

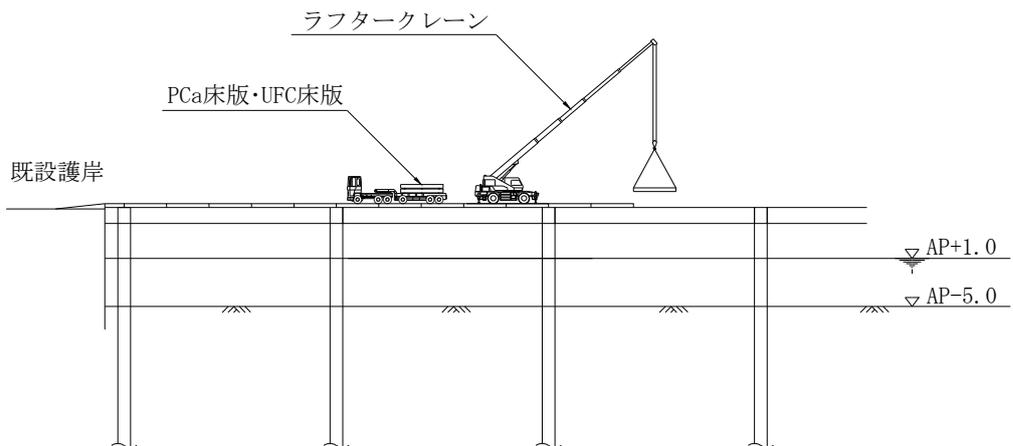


図 3.44 PCa床版・UFC床版設置作業状況図

3) 工事工程

上記の施工法による概略工程を以下に示す。なお、以下の工程は、環境アセスメントや諸手続き、関係者調整等が整った後の段階からの工事工程である。

i. CASE-1 400mスライド案

工種	単位	概略数量	年度					備考
			1年度	2年度	3年度	4年度	5年度	
浚渫	m3	1,300,000	■					3船団施工
地盤改良	m2	3,500		■				
接続部	式	1			■			
基礎杭打設	本	272		■				
狭小箱桁設置	t	62,000		■				560kg/m2で計算
桁結合	式	1			■			
PCa床版・UFC床版設置	m2	111,000			■			
舗装	m2	64,000				■		
設備	式	1					■	

ii. CASE-2 700mスライド案

工種	単位	概略数量	年度					備考
			1年度	2年度	3年度	4年度	5年度	
浚渫	m3	1,900,000	■					3船団施工
地盤改良	m2	3,500		■				
接続部	式	1			■			
基礎杭打設	本	566		■				
狭小箱桁設置	t	129,000		■				560kg/m2で計算
桁結合	式	1			■			
PCa床版・UFC床版設置	m2	231,000			■			
舗装	m2	106,000				■		
設備	式	1					■	

(5) 今後の検討課題

1) 生態系への影響

A 滑走路を南へ延伸する箇所は、多摩川の河口域にあたる。この延伸により、河川水の拡散や海水の流れの状況が変化し、周辺海域の水質や浅場等の地形に影響を与える可能性があると共に、それにより周辺海域の生物の生息場、生息状況に対して影響を与える可能性が考えられる。よって、環境影響評価の実施にあたっては、河口域を中心に D 滑走路時の環境影響評価(表 3.17 参照)と同様に大気質、騒音、流況、水質、底質、動植物、生態系などの環境現況について現地調査の実施により詳細に把握するとともに既存資料を活用し、予測を行っていく必要がある。

表 3.17 D 滑走路での環境影響評価の項目

環境の自然的構成要素の良好な状態の保持を旨として調査、予測及び評価されるべき環境要素	大気環境	大気質	窒素酸化物	
			粉じん等	
			浮遊粒子状物質	
			二酸化硫黄	
			光化学オキシダント	
		騒音	建設作業騒音	
			道路交通騒音	
			航空機騒音	
		低周波音		
		振動	道路交通振動	
	電波障害			
	悪臭	悪臭の程度		
	水環境	流況		
		水質	化学的酸素要求量	
全窒素・全燐				
溶存酸素				
その他				
土砂による水の濁り				
底質				
土壌に係る環境 その他の環境	地形及び地質	海岸地形		
生物の多様性の確保及び自然環境の体刑的保全を旨として調査、予測及び評価されるべき環境要素	動物	水生動物	動物プランクトン、付着動物、底生生物、魚卵、稚仔魚、魚介類	
		陸生動物	鳥類 哺乳類、両生類、爬虫類、昆虫類	
	植物	水生植物	植物プランクトン、付着生物	
		陸生植物	湿性植物等	
	生態系	地域を特徴づける生態系		
人と自然との豊かな触れ合いの確保を旨として調査、予測及び評価されるべき環境要素	景観		主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観	
	人と自然との触れ合いの活動の場		主要な人と自然との触れ合いの活動の場	
環境への負荷の量の程度により予測及び評価されるべき環境要素	廃棄物等		建設工事に伴う副産物 施設の併用に伴い発生する一般廃棄物及び産業廃棄物	
	温室効果ガス等		二酸化炭素等	

現時点において、栈橋構造の暗環境と栈橋杭群の存在が、栈橋直下部の干潟や周辺の汽水海域の生態系に与える影響については、知見が限られている。よって、今後 D 滑走路の環境影響に関する事後調査や環境監視のデータをもとに適切に評価していく必要がある。

2) 多摩川への影響

D 滑走路は多摩川の河川流の通水性を考慮した埋立・栈橋組合せ構造となっている。しかし、その一部が多摩川河口沖にかかるため、多摩川の洪水疎通能力の減少や海域環境への影響が危惧されていた。そのため周辺波浪や潮流、河川流に与える影響を確認するため図 3.45 に示すように大規模な水理模型実験⁷⁾が実施され、その結果、多摩川の出水は妨げずに東京湾から来襲する波の高さは 2 割程度小さくなることが確認されている。さらに羽田 D 滑走路建設工事では、図 3.46 に示すように環境影響評価項目に挙げられている流況に対する予測・評価⁸⁾、地形に対する予測・評価⁸⁾についても実施されている。

A 滑走路南側延伸部は多摩川の河口に近く、河川流の変化や地形変化は、周辺地域のみならず、河川上流域に対しても影響することが予測され、特に、集中豪雨に伴う多摩川の出水影響は注意が必要である。このため A 滑走路南伸による流況変化、地形変化の解析や水理模型実験による把握が必要と思われる。さらに、これらの項目に対する継続的なモニタリングも必要と思われる。

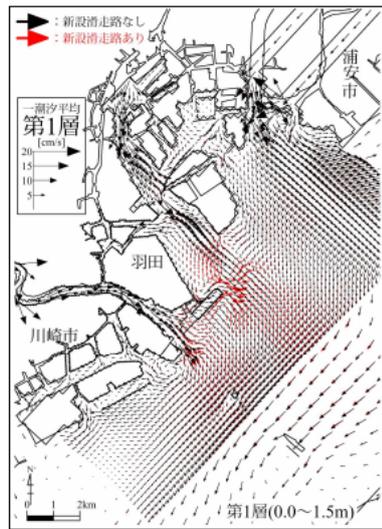


環境インテリジェント水槽と羽田空港模型

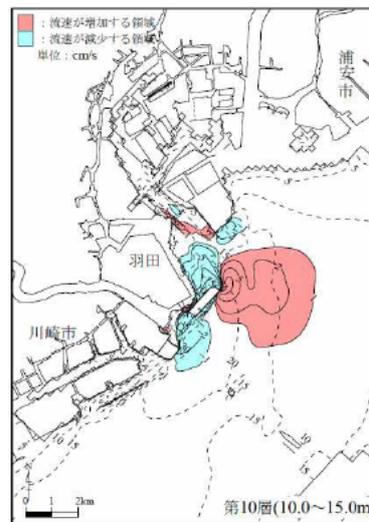


図3.45 大規模な水理模型実験

(出典：港湾空港技術研究所広報誌「海風」Vol.33)

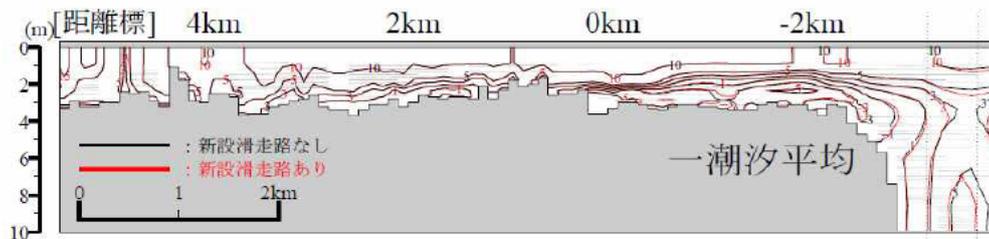


流速ベクトルの比較（平均流：夏期）



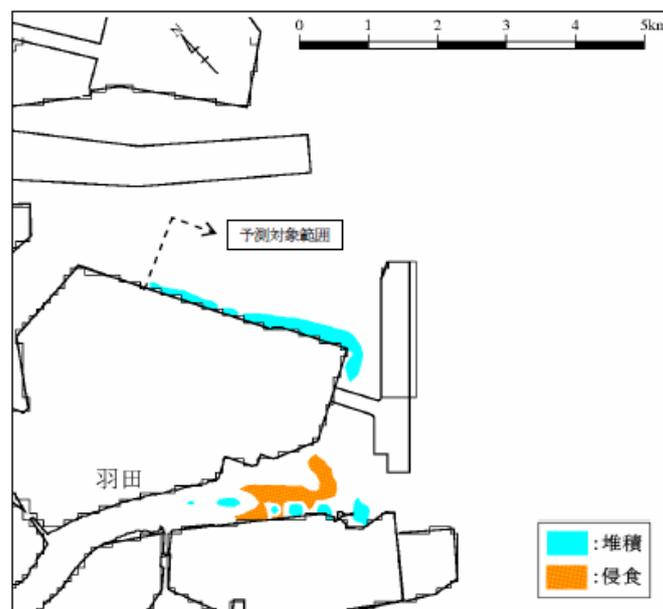
流速ベクトルの絶対値の変化（上げ潮時：冬期）

←±1cm/s 以上の流速変化の領域については着色して表示



栈橋部位置

多摩川河口部の流速縦断分布（平均流：夏期）[単位：cm/s]



地形変形の予測結果

図3.46 多摩川河口部の流況予測と地形変化予測

(出典：「東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価について」東京国際空港D滑走路建設工事技術報告会資料)

3) 揚圧力対策

a. 詳細な波浪変形解析の必要性

D 滑走路建設工事の設計において、建設地点周辺の沖波波浪諸元を算定し、2年、10年、100年確率期待値に相当する確率波高を設定し、波の反射及び回折効果が考慮できるエネルギー平衡方程式を用いて波浪条件（波高、周期、波向、方向スペクトル）を設定している。また、新設構造物への影響を考慮するためにさらに詳細な波浪変形解析が実施されている。

今回の波浪条件の設定は、羽田 D 滑走路設計時点の解析結果から推定したものであるため、D 滑走路の影響は含まれていない。このため、D 滑走路の影響や水深 0m の遠浅の地形（リーフ）の影響、河川の流況の影響などを考慮した波浪変形解析が必要である。また、施工時にはリーフの一部を多摩川河口の海側から A 滑走路南側の海上延伸部に向かって水深 5m まで浚渫し、棧橋構造の滑走路を構築することを想定している。この浚渫部分は、波向の卓越方向と一致し波向が大きくなることが予想される。このため、より詳細な揚圧力の試算や既設護岸への波浪の影響などの解析が必要と思われる。

b. 揚圧力低減対策について

リーフの一部を水深 5m まで浚渫したことにより、棧橋構造の滑走路に対して予想以上に揚圧力が見込まれる場合には、浚渫箇所の埋め戻し対策や棧橋床版の下面の消波対策、棧橋前面の消波堤による消波対策などの検討が必要と思われる。また、既設護岸の越波量が多い場合には、既設護岸の天端高さの嵩上げや護岸の前面の消波構造の検討が必要と思われる。ただし、これら消波構造を検討する場合は、同時に多摩川の河積阻害についても考慮する必要がある。

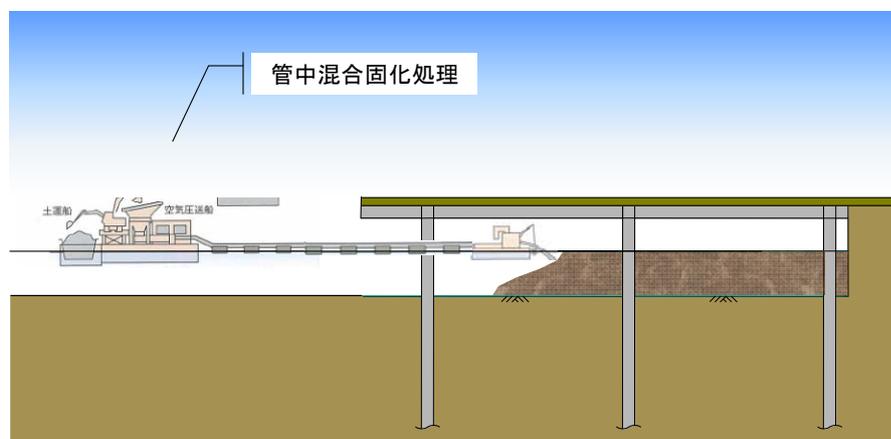


図 3.47 管中混合固化処理工法による埋め戻しのイメージ

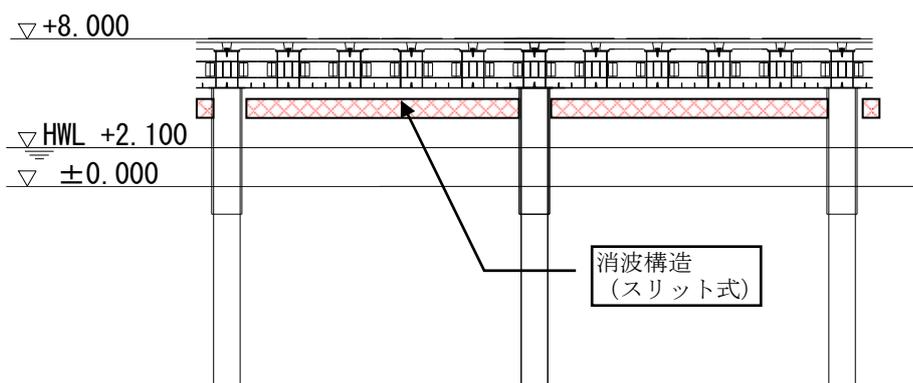


図 3.48 棧橋下部の消波構造（スリット式）のイメージ

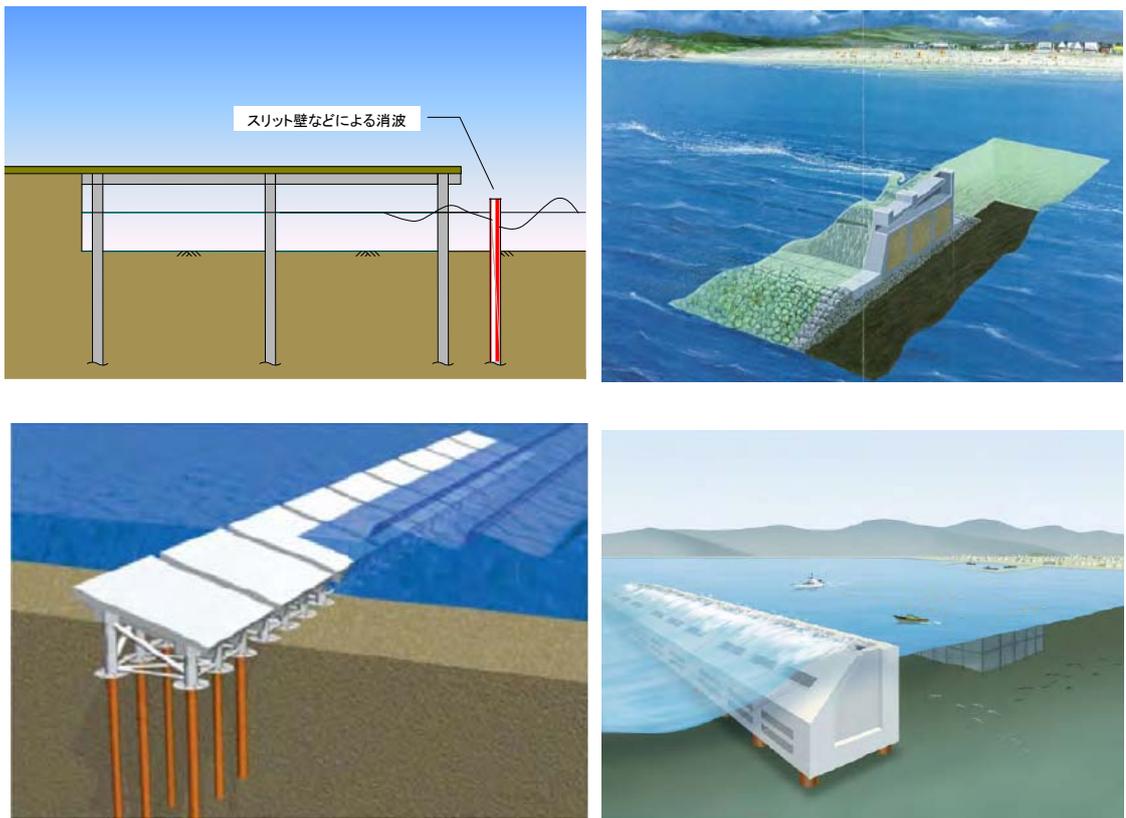


図 3.49 棧橋前面の消波構造のイメージ（参考）

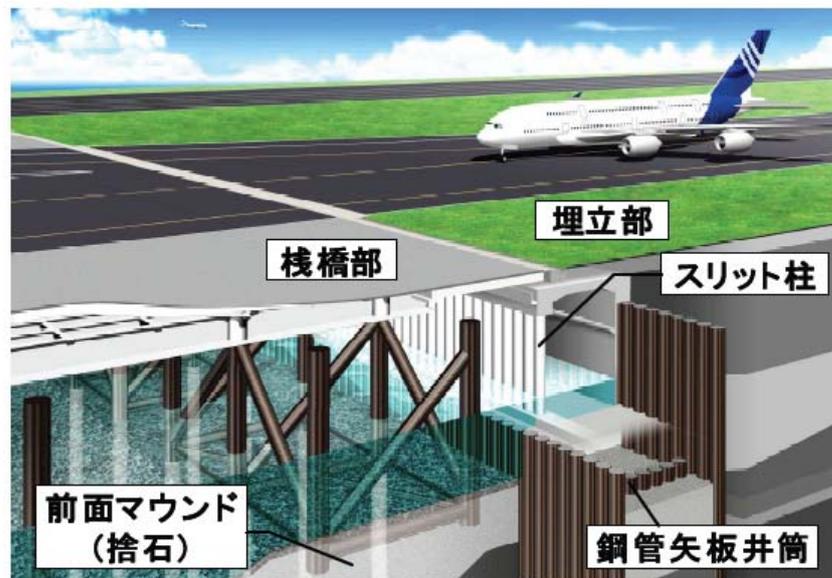


図3.50 羽田D滑走路棧橋部と盛土部の消波構造（参考）

(出典:「鋼管矢板井筒護岸に適用したスリット式消波構造」東京国際空港D滑走路建設工事技術報告会資料)

4) 棧橋部構造

① 現場継手構造

ジャケットの据付により生じる誤差を現場継手部で吸収する必要があるが、狭小箱桁は断面剛性が大きく、I 桁構造よりも継手部の肌合わせが容易ではないため、上部構造の分割位置、現場継手ブロック形状、接合方法などの検討が必要と思われる。

② 縦横断勾配への対応

延伸部の杭は河積阻害率の軽減を目的に流水平行方向に配置されるため、主桁方向と滑走路方向が斜に交差し、路面天端高の構築方法が複雑となる。構築方法を最適化するためには、鋼桁の線形、床版厚、ハンチ構造、舗装厚の一体的な検討が必要と思われる。

③ 上部構造内部空間の維持管理

主桁幅が狭く、内部確認を行う上で大きな労力が必要となる。そのため、十分な疲労検討、防食検討を行い、主桁内部の点検を可能な限り省略し、主桁外部からの点検で代替するなど、効率的な維持管理手法の検討が必要と思われる。

④ ユーティリティーの配置

主桁方向が滑走路方向と異なるため、幹線ダクトや給水管等のユーティリティーの最適配置について詳細な検討が必要と思われる。

5) 現空港接続部構造

a. 現空港の地盤改良について

現空港の護岸部においては、D 滑走路の現空港／連絡誘導路接続部の地盤と同様、液状化層や軟弱な粘性土層が存在している可能性がある。よって、必要に応じて現空港側の地盤改良が必要となる。この場合現空港側 A 滑走路は運用中であることから、施工上の制約を受けることになる。

b. 現空港側舗装面のすり付けについて

既設の A 滑走路の計画高は、「東京国際空港沖合展開事業技術総録」（沿岸開発技術研究センター）によれば、滑走路中心に 1.0～2.4%の横断勾配で設計されている。一方、延伸部の棧橋上部工は、河川管理施設等構造令第六十四条に定められた桁下高さ（計画高水位+1.5m）を確保する必要がある。

そこで、現空港南側端の現状高さ A.P.+6.7m（計画時 A.P.+8.0m）を考慮すると、延伸部のすり付けに際し、現空港接続部の嵩上げに加え、滑走路舗装面の嵩上げにより、現空港と延伸部を所定の縦横断勾配にする必要がある。施工方法は、以下の 2 点を考慮し、近年、空港舗装での適用事例が増えている「大粒径アスファルトコンクリート」の採用が有効と考えられる。

① 施工時間が限られるため、効率よく嵩上げ層を施工することができる。

② 日々の滑走路運用のため、暫定的な交通開放時に安全な供用が可能な材料である。

6) 施工方法

① 作業時間制限

A 滑走路を供用しながらの施工となるため、全工程の作業時間は離着陸のない夜間となり、作業時間が制限される。

② 浚渫土砂の処理

土量は 400m 延伸案で 130 万 m³、700m 延伸案で 190 万 m³ と膨大な量となるが、その処分場の確保が必要となる。

浚渫土砂を少なくする工法としては、(4) 2) a で述べた鋼管杭をセットしたジャケットの曳航工法が考えられるが、栈橋の構造を含めた検討が必要となる。

③ 施工時の進入灯の機能確保

作業船の進入区域にかかる既設進入灯は撤去しなければならないが、A 滑走路は供用中のため、仮設進入灯の確保が必要となる。

(6) まとめ

A 滑走路を南側へスライドした場合の効果は、D 滑走路増設後に予定されている運用計画(滑走路の割付け)を前提にした場合以下が上げられ、A 滑走路を南側へスライドする意義は、発着枠の確保に加え、地上管制の簡素化の面で効果が大きい。

- ① A 滑走路離陸機のブラストによる影響が B 滑走路に及ばない。
- ② B 滑走路着陸機が旅客ターミナルへ向かう際 A 滑走路横断が解消できる。
- ③ 現在整備中の国際線ターミナルへの出入りにおいて A 滑走路の横断を避けることができる。
- ④ A 滑走路をスライドした場合の処理容量を試算すると、年間発着枠が 40.7 万回から 43.7 万回に拡大する。

A 滑走路の置かれる条件を整理し、具体的に A 滑走路海上スライド部の検討を行った結果、直杭栈橋方式によるジャケット構造が適しているとの結果を得た。ただし、より具体的な計画を進める上では、多くの検討課題が存在することも判明した。特に、現 A 滑走路を運用しながらの延伸工事には多くの制約があり、施工上の工夫が必要とされ、多摩川への影響や揚圧力の推定には、詳細な解析・実験が必須となる。これらの検討課題があるものの、D 滑走路建設によって得られた経験と知見を活かすことで、合理的・経済的な A 滑走路南側スライドが実現できるものとする。

【参考文献】

- 1) 要求水準書(案)、東京国際空港D滑走路建設工事入札実施方針資料2、H16.6.18
- 2) 関東地方整備局、D滑走路の設計の基本的考え方(その2)～設計条件～、2006.12.21、
http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/haneda/haneda/haneda_saikaku/index.html
- 3) 深淺測量図(抜粋)、東京国際空港D滑走路建設工事入札実施方針資料7、H16.6.18
- 4) 東京国際空港D滑走路建設外工事 実施設計報告書、平成18年11月
- 5) 港湾の施設の技術上の基準・同解説、(社)日本港湾協会、H11.4
- 6) 港湾空港技術研究所報告、「混成防波堤上の運動と波力に関する実験的研究」、高橋、遠藤、室善 1992 Vol.21 No1
- 7) 港湾空港技術研究所誌「海風」、Vol.33、H21.10
- 8) 関東地方整備局、東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価について
～東京湾を広域にとらえて～、2006.9.13、
http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/haneda/haneda/haneda_saikaku/index.html

4. C滑走路外側空間の利用可能性の検討

(1) C滑走路外側空間の利用可能性

1) C滑走路外側空間への期待と利用方法

a. D滑走路供用後に想定される課題

D滑走路供用後の課題を整理すると以下のとおりである。

①空港容量の更なる拡大

- ・24時間国際拠点空港化に伴う旅客、貨物増への対応
- ・オープンスカイの導入やLCC（ローコストキャリア）参入による運賃低下による旅客増への対応
- ・今後進むと予想される航空機材の中小型化に伴う発着回数増への対応

②施設配置の改善

- ・滑走路相互の干渉に起因する容量低下への対応
- ・新国際線地区に出入りする航空機の滑走路横断に伴う容量低下への対応

③用地不足の懸念

- ・早朝便などの航空機の増加に伴うナイトステイエプロン等の不足への対応
- ・24時間国際拠点空港化に向けた国際旅客・貨物ターミナルやエプロン等の拡充

④24時間空港としての運用上の課題

- ・滑走路メンテナンス等への円滑な対応

b. C滑走路外側空間への期待

上記課題を解決するための方策の一つとして、C滑走路外側空間の活用が考えられる。C滑走路外側空間は図4.1.1に示すC滑走路と第一航路の間の空間であり、この空間を利用して、滑走路の移設や増設による空港容量増大と、ターミナルやエプロン用地等の拡充による利便性向上を図ることができると考えられる。



図 4.1.1 C滑走路外側空間

c. C滑走路外側空間の利用方法

C滑走路外側空間の利用法としては、まず現状C滑走路の沖側への移設あるいはC滑走路の平行滑走路の増設が考えられる。

i. 平行滑走路のタイプと特徴

平行滑走路のタイプと特徴を表 4.1.1 に示すが、滑走路間隔により利用方法に差が生ずることとなる。

空域を自由に使えることを前提とすれば、滑走路間隔が 1310m 以上であるオープンパラルであれば2本の滑走路の完全な独立運用が可能となる。これに対し、滑走路間隔が 1310m 未満となるクローズパラルでは、同時離着陸に制約を受け、さらに滑走路間隔が 760m 未満では同時離着陸は不可となる。

表 4.1.1 平行滑走路のタイプと特徴

滑走路間隔		クローズパラル		オープンパラル
		760m 未満	760m 以上	1310m 以上
同時離着陸 の可否	離陸・着陸可	×	○ or △	○
	離陸可	×	○	○
	着陸可	×	×	○

ii. C滑走路外側空間利用案

平行滑走路の離隔とその制約を考慮し、本検討では以下の3つの案を仮定し、機能面での効果と課題を整理した。

表 4.1.2 C滑走路外側空間利用案

	名 称	C滑走路との離隔
案1	C滑走路移設案	x = 300m
案2	クローズパラル滑走路（E滑走路）増設案	x = 760m
案3	オープンパラル滑走路（E滑走路）増設案	x = 1310m

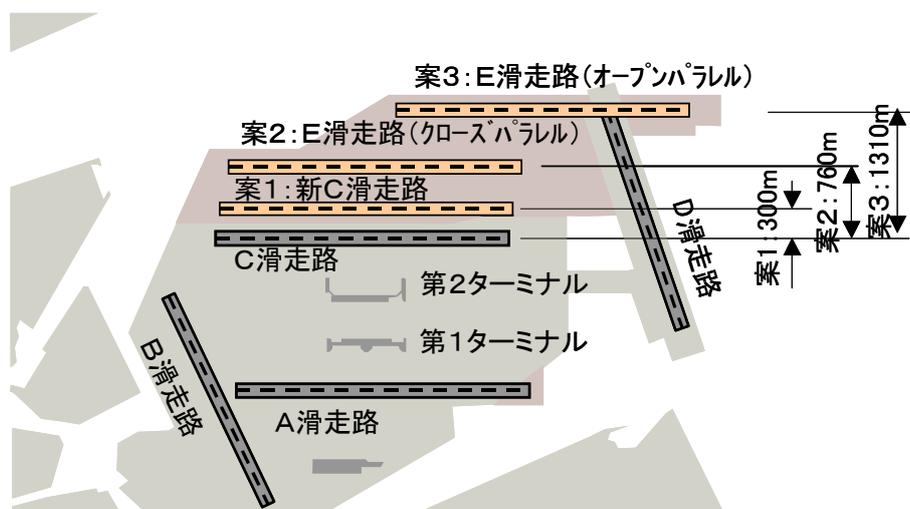


図 4.1.2 C滑走路外側空間利用案

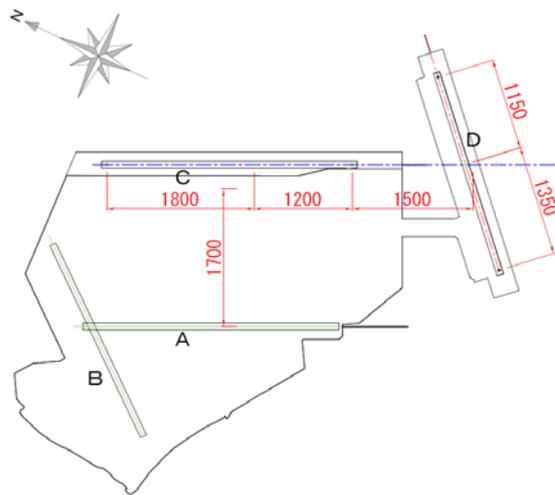
2) 空港処理容量の拡大効果

空港処理容量は、北風運用および南風運用における離陸回数または着陸回数の最小値で決定される。2章で述べたとおり、D滑走路供用後の羽田空港の空港処理容量は、条件の厳しい南風運用時に決定される。このことから、空港処理容量の拡大のためには、南風運用時の離着陸回数を増やすことがテーマとなる。このため、先に述べたC滑走路外側空間利用案の効果について、南風時を対象に検討する。

a. 処理容量算定の条件

i. 滑走路の位置関係と運用

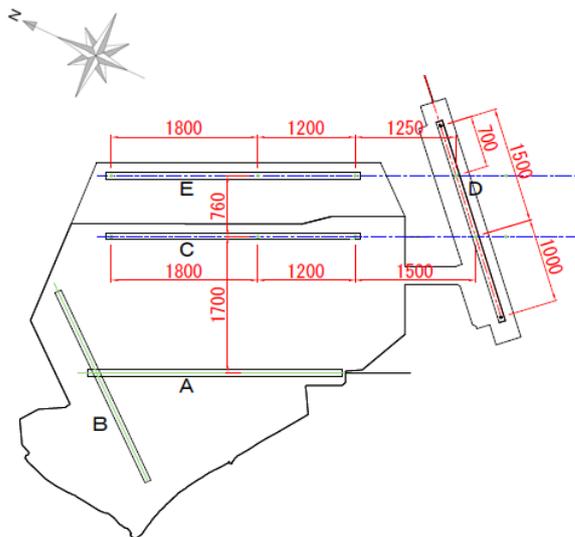
案2（クロスパレル案）、案3（オープンパレル案）の南風運用の離陸は、3本の滑走路を使用することを想定する。図4.1.3に新CおよびE滑走路とD滑走路の位置関係を示す。その他の算定条件は「2. 空港の処理容量に関する整理」の場合と同様である。なお、案2、案3の処理容量の算定はA滑走路の南側スライドがなされたものとして検討する。



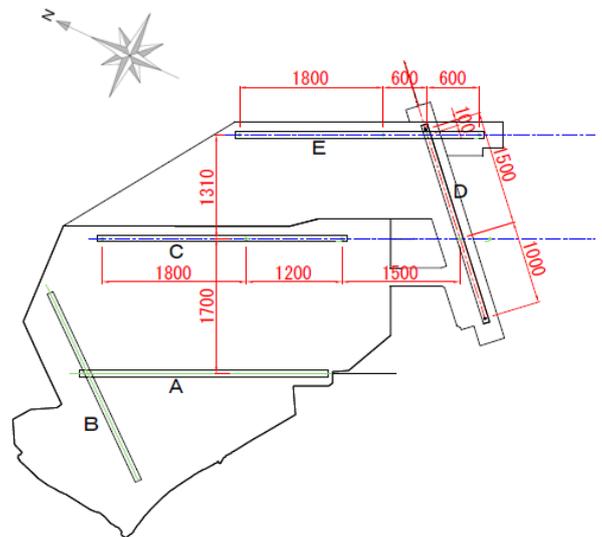
案1：C滑走路移設案

各案の滑走路運用

	南風運用	
	離陸	着陸
案1	A、C	B、D
案2	A、C、E	B、D
案3	A、C、E	B、D



案2：新滑走路(クロスパレル案)



案3：新滑走路(オープンパレル案)

図4.1.3 各案の滑走路の位置関係

b. 処理容量の試算結果

i. 案1：C滑走路移設案

案1の移設案の場合は、基本的には図4.1.4に示すように、再拡張事業供用後の運用計画と同様の運用となり、A滑走路を南側にスライドしない場合の処理容量は40回/時、A滑走路を南側にスライドした場合の処理容量は43回/時となる。

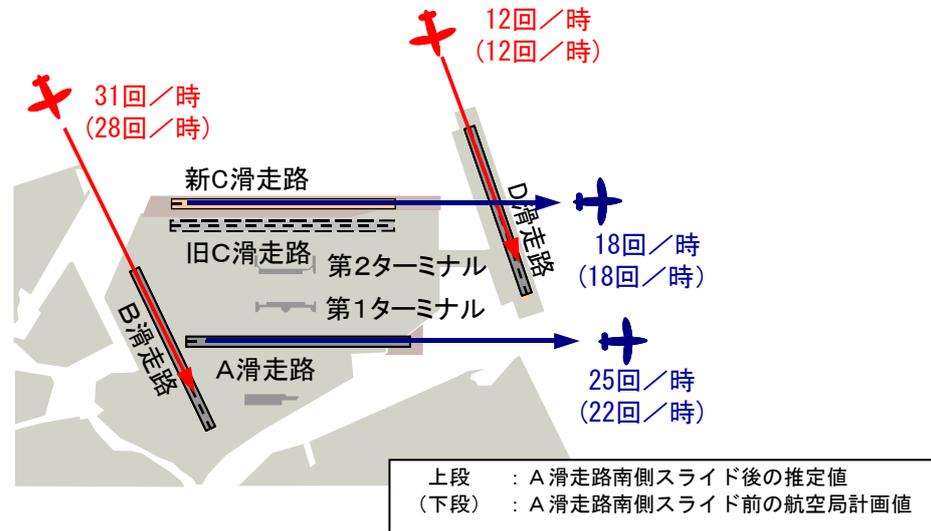


図 4.1.4 案1：C滑走路移設案の滑走路運用と発着回数（南風時）

ii. 案2：新滑走路増設案（クローズパラルル案）

案2の南風運用ではB、D滑走路を着陸専用、A、C、E滑走路を離陸専用とするため、A、C、E滑走路とD滑走路が交差による従属運用となる。

平行滑走路間隔については、B、D滑走路では1310m以上であり同時着陸が、A、C、E滑走路では各々760m以上であり同時離陸が可能である。

本検討では、空港処理容量の拡大効果が最大限に期待できる3本の平行滑走路（A、C、E滑走路）による同時離陸を基本とした試算を行った。次ページ以降に、滑走路運用条件、離着陸距離と所要時間の仮定、および時間当たりの空港処理容量を試算結果を示す。この結果、図4.1.5のように、離陸48回/時と着陸46回/時が可能となる。2章（3）3）のとおり、北風運用時には滑走路を増設しなくても47回/時の処理容量が確保できるので、空港の処理容量は46回/時となる。

なお、本検討で仮定した3本の平行滑走路による同時離陸の実行可能性については、上空飛行ルート調整を含めた、管制上の課題も多いと思われ、今後さらに詳細な検討を必要とする。

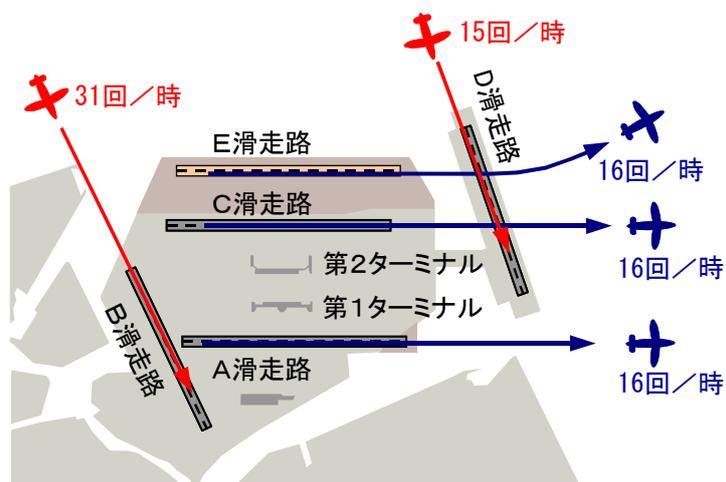


図 4.1.5 案2：クローズパラルル滑走路増設時の滑走路運用案と離着陸回数（南風時）

【南風時の案2：新滑走路増設案（クロスパラル案）の空港処理容量の試算結果】

◇滑走路運用の前提および配慮事項

空港処理容量の算定において、以下の離着陸機の運用を想定した（図 4.1.7）。

- ① A、C、E滑走路から離陸機は、ほぼ同時に離陸開始する。
- ② A、C、E滑走路からの離陸とD滑走路への着陸は、2機ずつセットにして交互に行う。
このとき、お互いのブラストの影響を受けないように、シンクロさせる。
- ③ 各滑走路での非大型機の混入率を約30%とし、②の1セットで中型機2機を連続させない。
- ④ B滑走路の着陸機は、独立運用する。

◇離隔距離と所要時間

C滑走路およびE滑走路の離陸機は交差部を通過後1分以内は2NM、1分後には3NM以上をD滑走路の着陸機との間で安全間隔として確保しなければならない。D滑走路着陸機が着陸復行判断するD滑走路端から1NM地点を基準点に考えると、C、E滑走路の離陸機がD滑走路との交差部を通過する時の基準点から着陸機の必要距離Aは、以下のとおりとなる。

表 4.1.3 D滑走路端から1NMの地点～着陸機までの必要距離A

	D滑走路の着陸機	
	大型機	非大型機
C滑走路の離陸機が交差部通過	3144.8m(43.67秒)	2964.8m(44.33秒)
E滑走路の離陸機が交差部通過	3944.8m(54.77秒)	3576.3m(56.27秒)

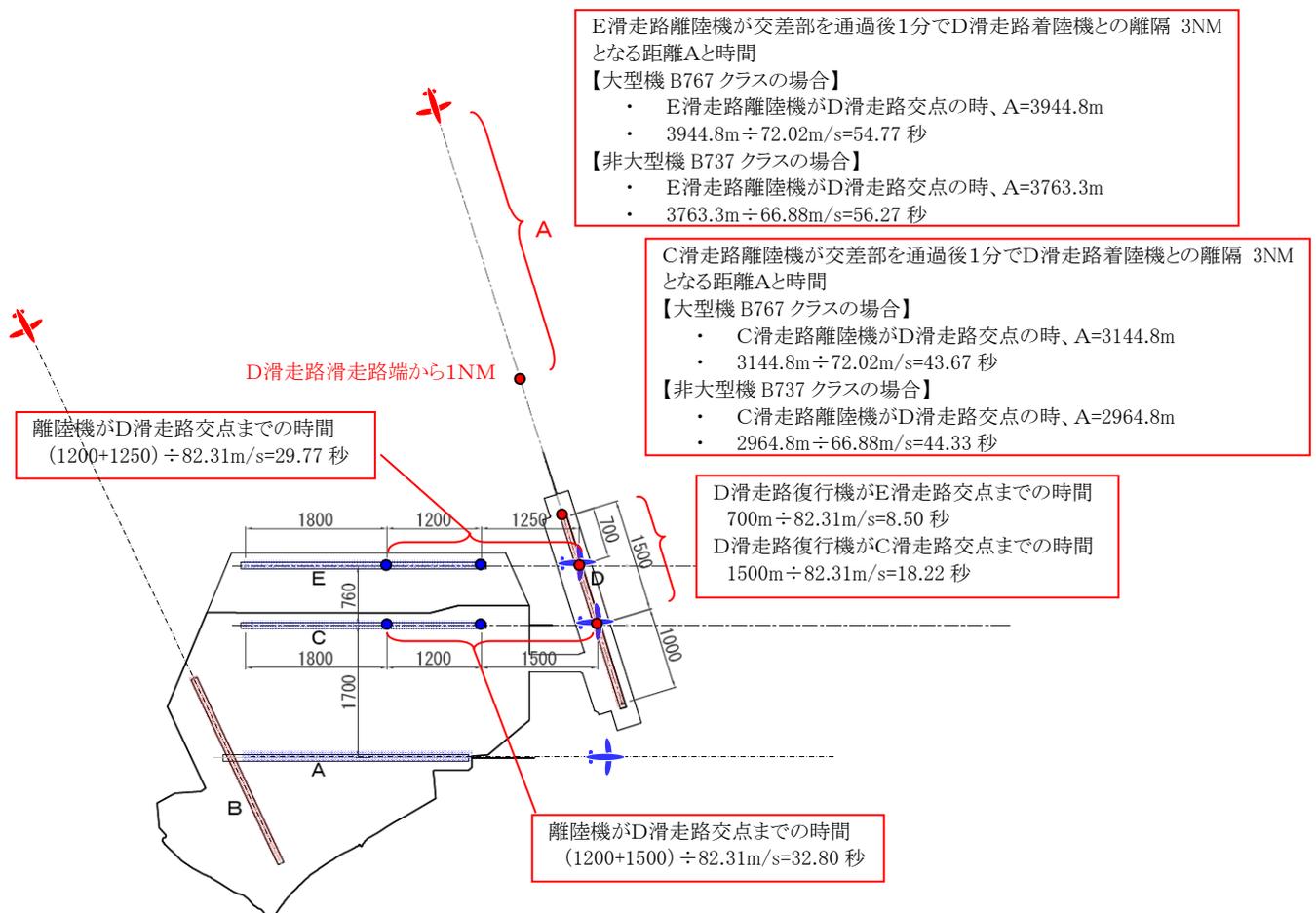


図 4.1.6 A、C、E滑走路とD滑走路が交差による従属運用時の離隔距離

◇処理容量の算定

処理容量を算定するためのA、C、D、E滑走路の運用例を図4.1.7に示し、その1サイクルの手順を以下に説明する。

- ① D滑走路着陸機が滑走路進入端手前1NMの地点から27秒の所要時間で滑走路進入端を通過する。
- ② D滑走路着陸機が確実に着陸することがほぼ確認できる12秒後にA、C、E滑走路の離陸を許可する。
- ③ A、C、E滑走路離陸機は、離陸許可を受けてから15秒で動き出す。
- ④ 離陸滑走を開始して離陸または離陸滑走開始点から1800m地点を平均35秒で通過する。この時間については、後続が離陸機であるためバラツキを考慮しない。
- ⑤ 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45秒を確保する。
- ⑥ C、E滑走路の先行離陸機が大型機である場合は、後方乱気流関連管制方式の規定120秒を確保して後続機に離陸を許可する。
- ⑦ A、C、E滑走路離陸機は、離陸許可を受けてから15秒で動き出す。
- ⑧ 離陸滑走を開始して離陸または離陸滑走開始点から1800m地点を平均35秒で通過する。ここでは、交差部の後続がD滑走路の着陸機であるためバラツキを考慮して48秒とする。
- ⑨ E滑走路の離陸機は、1800m地点を通過してから29.77秒後にD滑走路交点に到達する。(C滑走路の離陸機は、1800m地点を通過してから32.80秒後にD滑走路交点に到達する。)
- ⑩ D滑走路着陸機が滑走路端手前1NMの地点で着陸復行判断をした場合でも、交差部においてE滑走路先行離陸機(大型機)の後方乱気流の影響を受けないように交差部通過間隔を120秒確保する。

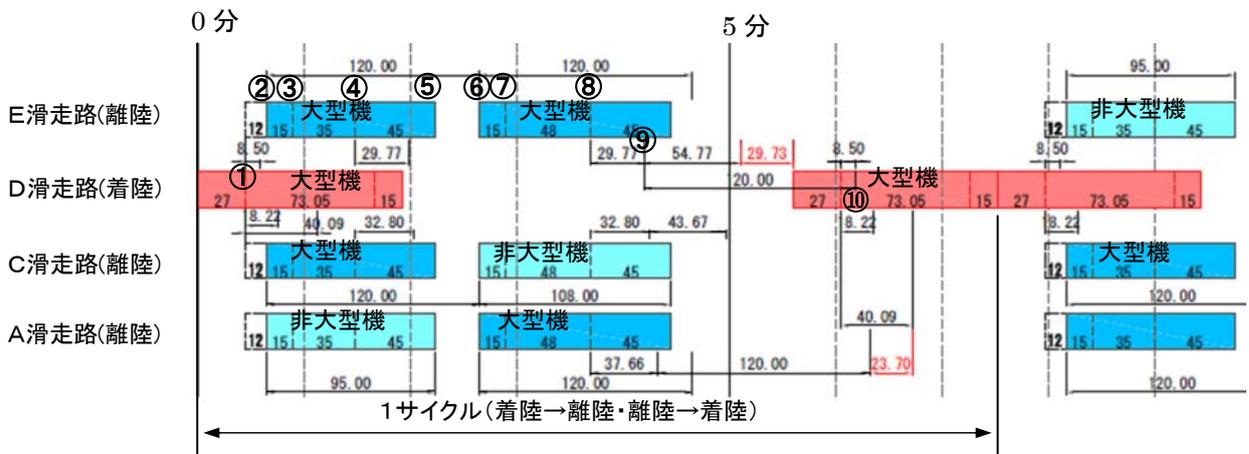


図 4.1.7 A、C、D、E 滑走路の運用例

iii. 案3：新滑走路増設案（オープンパラル案）

現行の空域条件では、上空の飛行ルートが案2の場合と同じとなる。このため、案3の場合の処理容量は、案2の場合と同じく46回/時となる。

c. 処理容量の試算結果のまとめ

C滑走路外側空間を利用し滑走路を移設または増設した場合の空港処理容量の試算結果を表4.1.4に示す。このように、C滑走路外側空間を利用し5本目の新規滑走路を増設することで、南風運用時に3本の平行滑走路を離陸に使用することによりD滑走路への着陸回数を増やすことができるため、3回/時の処理容量の拡大が期待できる。

表 4.1.4 空港処理容量の試算結果

		案1（移設）		案2（増設） クロスパラル	案3（増設） オープンパラル
A滑走路の南側延伸		現行通り	延伸時	延伸時	延伸時
南風運用時	離陸	40回/時	43回/時	48回/時	48回/時
	着陸			46回/時	46回/時
処理容量		40回/時	43回/時	46回/時	46回/時

本検討で試算した増設案の空港処理容量は、前述のように3本の滑走路から同時離陸を前提にしており、管制や上空ルートに係る課題が残されている。したがって、その実行性を含めた詳細検討が今後必要と考える。

また、本検討における増設案の空港処理容量は、現状の飛行ルートを前提としている。仮に将来上空制限が緩和された場合を想定するとさらに処理容量の拡大が期待できる。しかし、空域における離着陸機の輻輳を回避するために飛行方面別の滑走路運用や管制技術の高度化などが求められるものと考えられる。なお、仮に上空の条件が緩和された場合の容量拡大効果を案2と案3で比べると、当然のことながら案3の方が大きいことになる。

3) 空港処理容量以外の面での効果と課題

a. 滑走路の移設または増設による効果と課題

i. 用地拡大による効果と課題

本項では、滑走路の移設または増設による用地拡大の効果として、ナイトステイエブロン（夜間駐機場）の容量拡大に着目し、その効果と課題について案1～3毎に定量的に検討する。

現在、羽田空港を離着陸する定期航空機は1日900便程度あり、航空機1機あたりでは1日に3～4回往復運行している。航空機の離着陸は朝夕に多いことから、夜間駐機場の確保は拠点空港を運用する上で必要不可欠なものである。また、D滑走路供用後の空港容量の拡大や国際便の増加に伴い、さらに夜間駐機場の必要性は高まると予想される。

現状の羽田空港では、夜間駐機場はB滑走路の背面部分を合わせて約170機分あるが、実際には滑走路を横断する必要がなく利便性が高いA、B、C滑走路とターミナルの間に囲まれた区域内にほとんどの航空機（140機程度）がかなり接近した密な状態で駐機している。このことは、駐機場からターミナルへの移動時の利便性が重視されている結果であり、できるならばA、B、Cの滑走路の内側にスペースでの夜間駐機場容量のさらなる拡大が望まれる。

このため、増設する夜間駐機場の計画では、駐機場からターミナルへの移動時の滑走路横断が少ない計画、できればA、B、Cの滑走路の内側にスペースを確保して配置する計画を重視した検討が必要と考える。ただし、最終的な配置計画には、航空機が整備のために入る格納庫との関係など、空港運用面での全体調整を考慮する必要がある。

イ) 案1：C滑走路移設案（x=300m）

C滑走路の沖側への移設案は、移設後の跡地に約100haの用地を確保することができる。その跡地に約80機分^{※1}の夜間駐機場の増設が可能となる。これは、現状の夜間駐機場容量の55%に相当する。この夜間駐機場は、A、B、C、D滑走路の内側に計画できるため、ターミナルへの移動時の滑走路横断が不要であり、利便性が高い。

しかし、増設される夜間駐機場は第二ターミナル側に偏るため、第一ターミナルを利用する航空会社にとっては、ターミナルまでの地上走行距離が増大することになる。

$$\begin{aligned} \text{※1 許容夜間駐機数 (N)} &= \text{夜間駐機場容量 (C)} \div \text{所要駐機スペース (W)} \\ &= (2,800\text{m} \times 380\text{m}) \div (190\text{m} \times 70\text{m/機}) \\ &= 1,064,000\text{m}^2 \quad \div \quad 13,300\text{m}^2/\text{機} \\ &= 80 \text{ 機} \end{aligned}$$

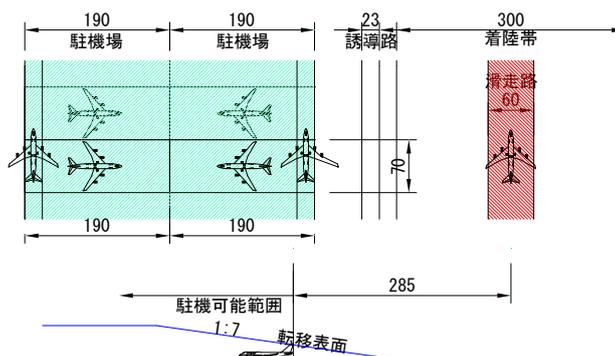


図 4.1.8 案 1 における夜間駐機場の配置可能幅

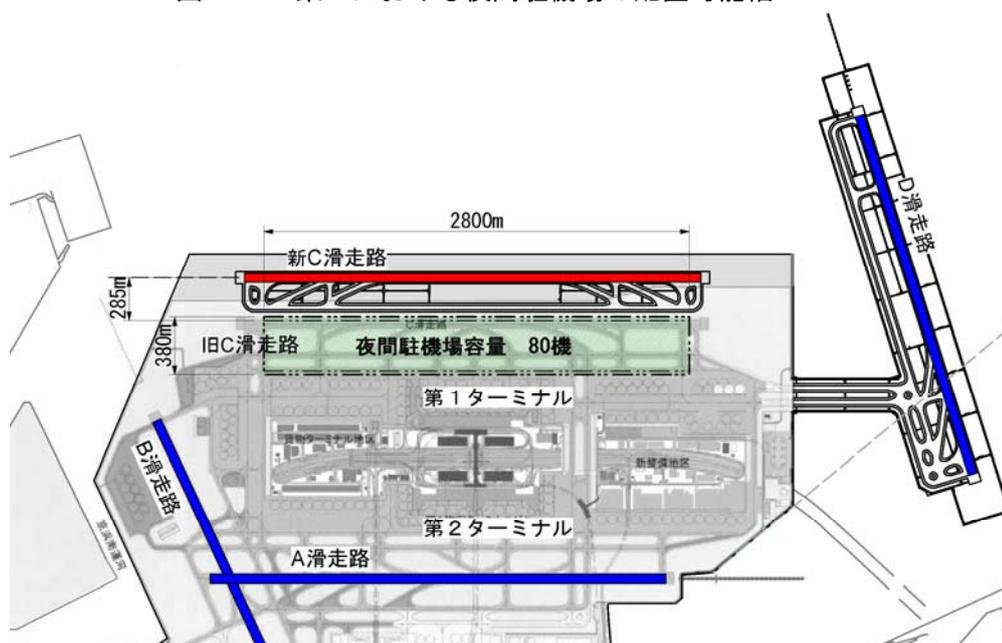


図 4.1.9 案 1 による夜間駐機場の配置案と容量

ロ) 案 2 : クローズ平行滑走路 (E 滑走路) 増設案 (x=760m)

クローズ平行方式 (x=760m) による E 滑走路の増設案は、C、E 滑走路間に約 50ha の用地を確保することができる。図 4.1.10、図 4.1.11 のように C 滑走路と E 滑走路の転移表面を考慮するとその用地に約 40 機分^{※2}の夜間駐機場の増設が可能となる。これは、現状の夜間駐機場容量の 30%に相当する。

この駐機場の容量拡大は、D 滑走路供用後および E 滑走路の新設に伴う空港容量の拡大に対して必ずしも十分な容量増加とはいえない面もある。

また、同案は、案 1 と同様に増設される夜間駐機場は第二ターミナル側に偏るため、第一ターミナルを利用する航空会社にとっては、ターミナルまでの地上走行距離が増大することになる。

$$\begin{aligned}
 \text{※2 許容夜間駐機数(N)} &= \text{夜間駐機場容量(C)} \div \text{所要駐機スペース(W/機)} \\
 &= (2,800\text{m} \times 190\text{m}) \div (190\text{m} \times 70\text{m/機)} \\
 &= 532,000\text{m}^2 \div 13,300\text{m}^2/\text{機} \\
 &= 40 \text{ 機}
 \end{aligned}$$

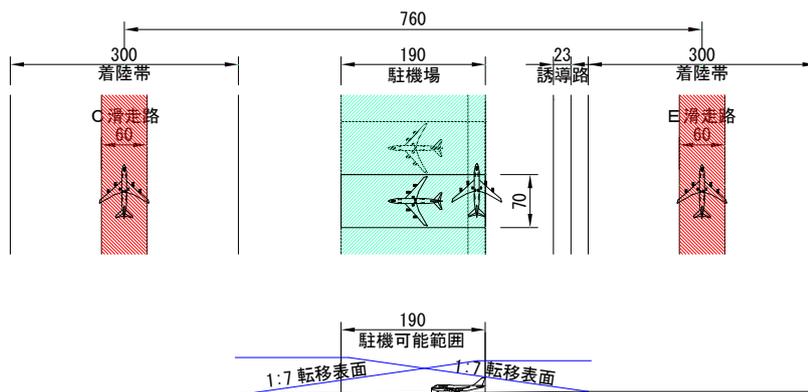


図 4.1.10 案2における夜間駐機場の配置可能幅

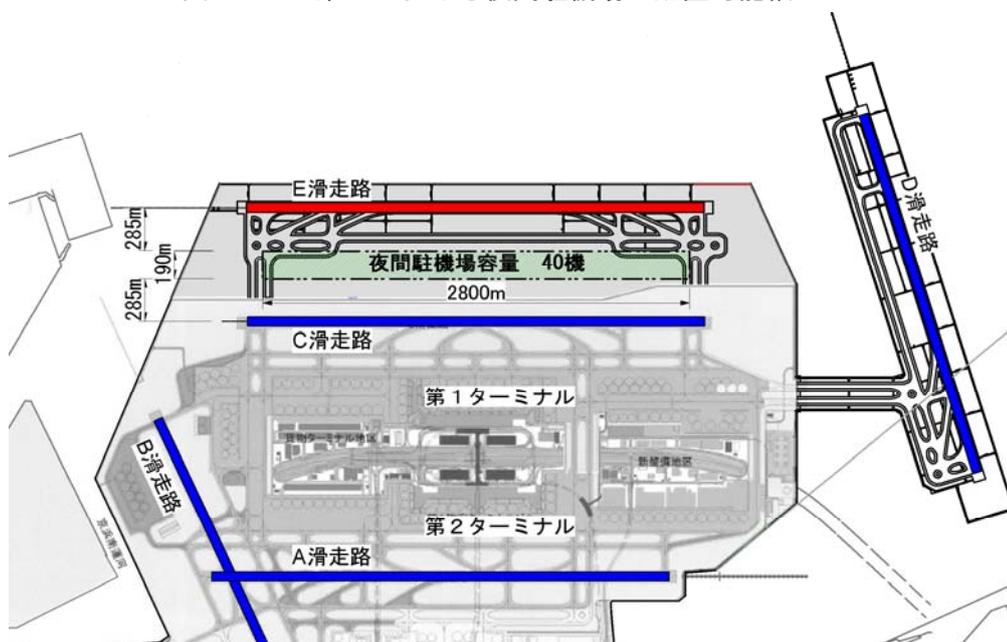


図 4.1.11 案2による夜間駐機場の配置案と容量

ハ) 案3：オープンパラレル滑走路（E滑走路）増設案（x=1,310m）

オープンパラレル方式（x=1,310m）によるE滑走路の増設案は、C、E滑走路間に約160haの用地の確保することができ、図4.1.12、図4.1.13のようにC滑走路とE滑走路の転移表面を考慮するとその用地に約120機分※3の夜間駐機場の増設やターミナルの拡張が可能となる。これは、現状の夜間駐機場容量の80%に相当し、D滑走路供用後およびE滑走路の新設による空港容量の拡大に応じて必要な駐機スペースを確保することができる。また、他の場所に分散している駐機スペースを必要に応じて効率的に集約することも可能であるほか、広いスペースを利用して今後不足が懸念される搭乗スポットを整備することも可能となる。

ただし、同案についても増設される夜間駐機場は第二ターミナル側に偏るため、第一ターミナルを利用する航空会社にとってはターミナルまでの地上走行距離が増大する。

$$\begin{aligned} \text{※3 許容夜間駐機数 (N)} &= \text{夜間駐機場容量 (C)} \div \text{所要駐機スペース (W)} \\ &= (2,100\text{m} \times 760\text{m}) \div (190\text{m} \times 70\text{m/機}) \end{aligned}$$

$$= 1,596,000\text{m}^2 \div 13,300\text{m}^2/\text{機}$$

$$= 120 \text{ 機}$$

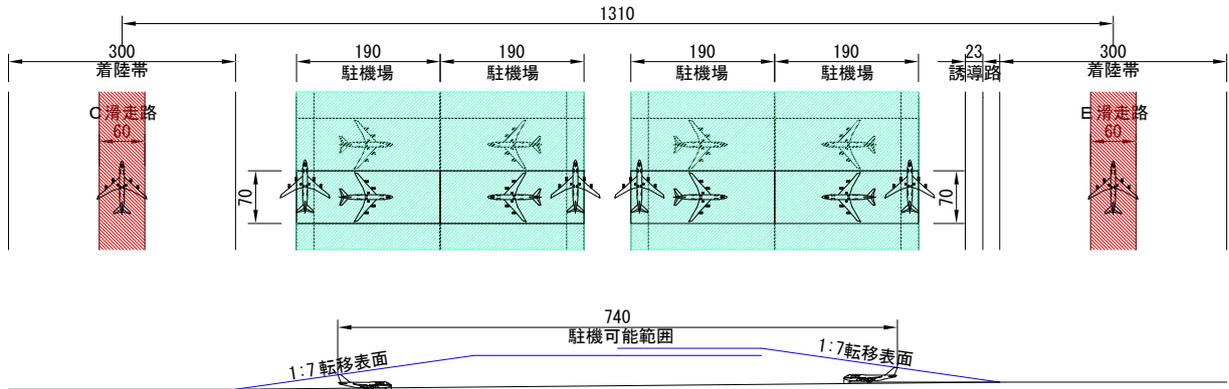


図 4.1.12 案3における夜間駐機場の配置可能幅

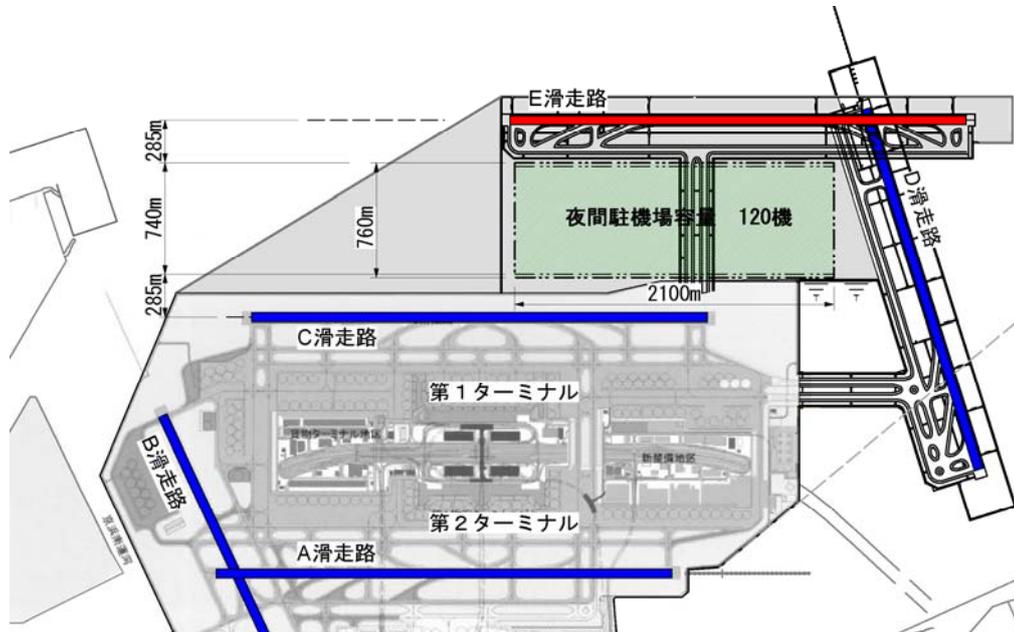


図 4.1.13 案3による夜間駐機場の配置案と容量

ii. 用地拡大以外の効果と課題

本項では、滑走路の移設または増設による用地拡大の効果として、

- ①地上走行上の効果と課題
- ②旅客から見た効果と課題
- ③その他の効果と課題

について、案1～3毎に検討する。

滑走路の移設または増設を検討するにあたっては、航空機が一年365日を通じて安定して運行されることが重要である。そのため、航空機が安全かつ効率的に運行するための地上走行性や航空機を利用する旅客にとっての利便性、さらに周辺環境への影響などについて十分に考慮する必要がある。

イ) 案1：C滑走路移設案 (x=300m)

①地上走行上の効果と課題

移設後の新C滑走路は、A、B、新C滑走路の内側の夜間駐機場を活用することで、早朝出発便が夜間駐機場から搭乗スポットへの移動のための滑走路横断を必要としない。そのため、早朝時間帯の混雑時の地上走行効率などが向上する。また、新C滑走路とターミナル間の離隔が増大することで、誘導路の配置計画に自由度が高まる。これにより、出発機と到着機の交錯や、タキシング中の一時停止などの発生頻度が低減することも期待できる。

このように、案1では、夜間駐機場を滑走路の内側に配置できることで、夜間駐機場からターミナル移動時に滑走路横断のない大きなメリットを有する。しかし、ターミナルより滑走路までの距離が300m遠くなることから離着陸の際のターミナルとの地上走行時間は長くなる。

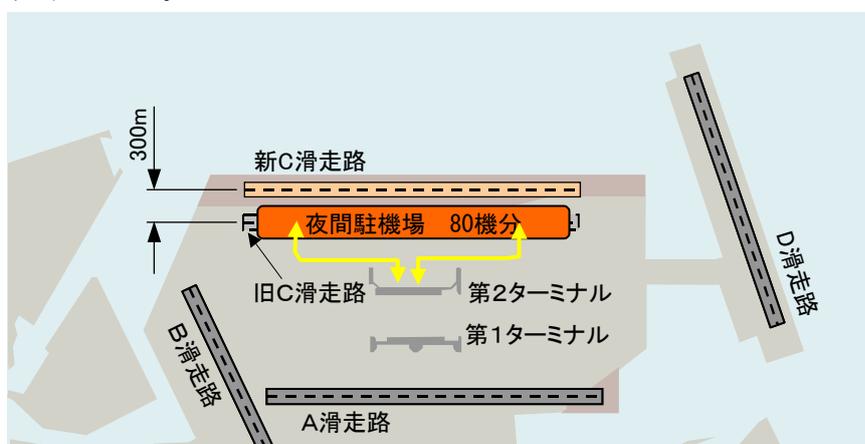


図 4.1.14 案1による地上走行上の得失

②旅客から見た効果と課題

新C滑走路は、夜間駐機場から旅客ターミナルへの移動時に滑走路横断を必要としないので、滑走路を有効に運用することができる。そのため、離陸時、着陸時の誘導路での待ち時間が短くなり、地上走行の効率が向上して早朝時間帯の遅延を軽減できる。

しかし、ターミナルより滑走路までの距離が300m遠くなることから、地上走行時間が長くなることによる遅延の可能性も考えられる。さらに、離着陸機が集中する時間帯にはボーディングブリッジだけでは搭乗スポットが不足する事態も考えられる。これらの課題に対しては、新C滑走路内側の用地をオープンスポットとして利用することも考えられ、搭乗口の混雑を緩和することができる。

③その他の効果と課題

環境面から夜間に優先利用されるC滑走路が現状より陸域から遠方となるため、夜間の騒音が軽減される。また、新C滑走路の建設にあたっては、供用中の現C滑走路とD滑走路とは独立した滑走路となるため、その建設工事が他の滑走路の運用に影響を与えることが少ないと考えられる。

空港運用面では、基本的に滑走路本数が変わらないため、滑走路のメンテナンス性は特

に向上しない。

ロ) 案2：クローズパラレル滑走路（E滑走路）増設案（x=760m）

①地上走行上の効果と課題

クローズパラレル方式による新設E滑走路の運用時には、E滑走路を使用する航空機は離発着時にC滑走路を横断する必要があり、C滑走路を使用して航空機が離発着する時などには待機時間が発生する。また、ターミナルからの地上走行距離も長くなり、さらに、地上誘導経路がC滑走路と共用となるため、地上誘導時の混雑が見込まれ地上走行時間が増加する可能性がある。

このように、地上走行において、滑走路横断の増加が課題となる。しかし、後述するオープンパラレル方式の場合と比較すると、横断する滑走路はC滑走路のみであり、滑走路同士の交差がないため、C滑走路と同じ方向の地上管制で航空機を管理できるメリットが考えられる。

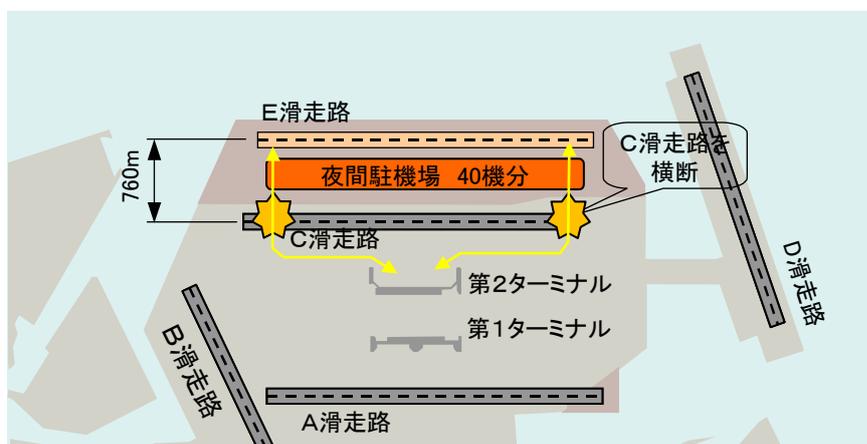


図 4.1.15 案2による地上走行に関する課題

②旅客から見た効果と課題

E滑走路をC、D滑走路と従属運用することで、現状より空港容量が増大する。このことから、旅客にとっては路線や便数の増加による利便性の向上が期待できる。また、A、B、E滑走路が相互に滑走路補修時の予備滑走路として利用できるため、滑走路のメンテナンスや緊急時の円滑な対応、24時間空港としての機能の向上が期待できる。しかし、現状より滑走路横断回数が増加するため、離陸時、着陸後の待機時間が長くなることも考えられる。また、C滑走路とE滑走路の間にボーディングブリッジ*を設置するだけのスペースがない。このため、乗客の利便性が低下することも考えられる。

*ボーディングブリッジ(boarding bridge)とは、ターミナルビルから旅客機や客船に乗客や乗員を直接乗降させるための設備であり、ボーディングブリッジの一端はターミナルビルに取り付けられている。現在のボーディングブリッジは、もう一端に車輪がついており、それぞれの機種に乗降口にあわせて伸縮・旋回・昇降できる構造になっている。機体に接する末端は蛇腹になっていて、機体の形状にあわせて密着する。一般に、通路部分は屋根と壁で周囲を覆われた箱型になっており、外気からは遮断されている。以前は窓が少ないものが多かったが、最近では大型ガラスを使用するなど、採光性・開放感のあるものが増えている。



写真 4.1.1 ボーディングブリッジ

③その他の効果と課題

環境面では、夜間に優先利用されるであろうE滑走路が陸域から遠方となることで、夜間騒音が軽減される。

空港の運用面では、平行滑走路を増設することで、A, C, E滑走路で相互に離着陸回数を調整しやすくなる。このことにより、メンテナンスのために滑走路を一時的に閉鎖することも容易となり、24時間運用での滑走路のメンテナンス性が向上する。また、C, E間のエプロンの増設により朝出発便が夜間駐機場から搭乗スポットへの移動する際のA, B滑走路横断を少なくすることができ、地上管制上の効率性などが向上する。

なお、このE滑走路を再度沖合いに移設することにより、将来的に第3案のフルオープン方式への拡張も可能となるため、暫定的な滑走路の増設案としての位置づけることもできる。

ハ) 案3：オープンパラレル滑走路（E滑走路）増設案（x=1, 310m）

①地上走行上の効果と課題

オープンパラレル方式による新設E滑走路の運用時には、滑走路の横断が現状に加えてC, D滑走路の横断が増加する。また、ターミナルからの地上走行距離が一段と長くなり、更に、地上誘導経路がD滑走路と共用となるため、地上誘導時の混雑が見込まれ地上走行時間は増加する。さらに、E滑走路を北風運用時の離陸に、南風運用時の着陸に利用する場合は、航空機は離発着時にD滑走路を誘導路として利用もしくは横断する必要も生じ、D滑走路の利用に制約を与えることになる。

このように、現ターミナルを利用する場合は、地上走行距離と時間の長大化等が課題となる。

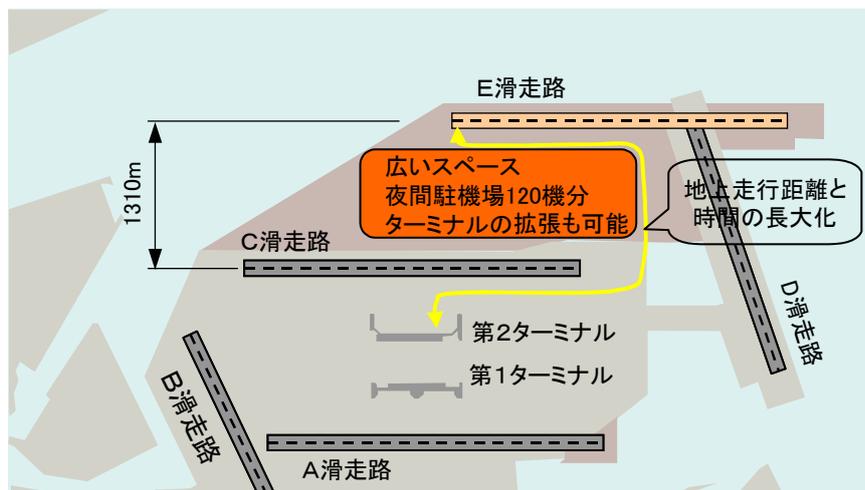


図 4. 1. 16 案3による地上走行に関する課題

②旅客から見た効果と課題

E滑走路をC, D滑走路と従属運用することで、現状より空港容量が増大することから、路線や便数の増加で利便性の向上が期待できる。また、A, C, E滑走路が相互に滑走路補修時の予備滑走路として利用できるため、滑走路のメンテナンスや緊急時の円滑な

対応、将来の24時間空港としての機能向上も期待できる。さらに、ターミナルをCとE滑走路間に設置することがスペース的に可能であり、ボーディングブリッジを設置することが可能であるため、将来需要増加に対応できるとともに利便性が一層向上することも期待できる。

しかし、現状より滑走路横断回数が増加するため、離陸時、着陸後の所要時間などが長くなることも考えられる。

③その他の効果と課題

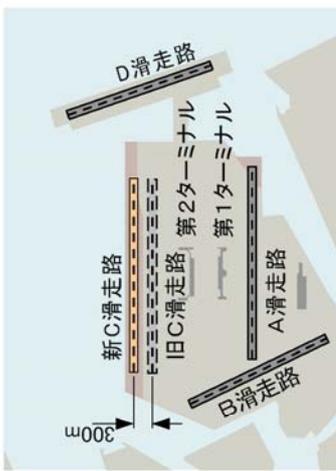
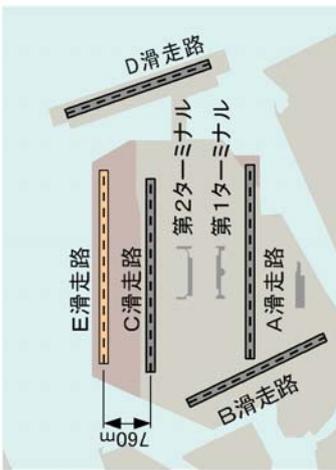
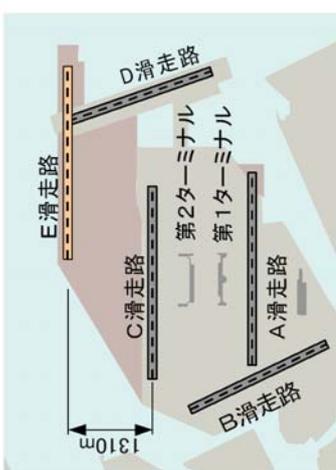
環境面では、案2よりもE滑走路が市街地から離れるため、夜間騒音や早朝のハミングバードによる騒音が案2よりも低減できる。

空港の運用面では、平行滑走路がオープンパラレルなので海側からの同時着陸が可能であり、A, C, E, 滑走路での離着陸回数の調整がさらに容易となり、24時間運用のための滑走路のメンテナンス性が向上する。

b. 効果と課題のまとめ

C滑走路外側空間を利用して滑走路の移設または増設した場合の空港処理容量以外の面での効果と課題については、表4.1.5に示す。

表4.1.5 滑走路の移設または増設による効果と課題のまとめ

		移設案		増設案			
		案1		案2 クローズパラレル		案3 オープンパラレル	
概要図	i. 用地拡大による効果と課題		<ul style="list-style-type: none"> ○ 夜間駐機場を約80機分増設できる。 ○ 増設する夜間駐機場が第2ターミナル側に偏るが、滑走路に囲まれた内側に位置するため現ターミナルとのアクセスは他案より有利。 		<ul style="list-style-type: none"> ○ 夜間駐機場を約40機分増設できる。 ● 増設される夜間駐機場が第2ターミナル側に偏るうえ、C滑走路の反対側に位置するため、現ターミナルとのアクセスは案1より劣る。 		<ul style="list-style-type: none"> ○ 夜間駐機場を約120機分増設できる。 ○ 他案と同様に第2ターミナル側に偏って位置するが、広いスペースをターミナルの拡張用地に使用できる。
			ii. 用地拡大以外の効果と課題	①地上走行上の効果と課題	<ul style="list-style-type: none"> ○ 地上走行時に滑走路横断はなく、地上走行効率等が向上する。 ○ 誘導路計画の自由度がより高まるため、効率、安全な誘導路計画が可能となる。 ● ターミナルとの距離や地上走行時間が長くなる。ただし他案よりその割合は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上走行時にC滑走路横断の必要があり、待機時間が発生する。 ● 地上誘導経路をC、E滑走路の離着陸機が共用することで、地上走行時間が増加する。 ● ターミナルとの距離が長くなり、地上走行時間が長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上走行時にC、D滑走路横断の必要があり、待機時間が発生する。 ● 案2と同様の理由で地上走行時間が増加することに加え、D滑走路の利用にも影響する。 ● ターミナルとの距離と地上走行時間が案2よりも長くなる。
				②旅客から見た効果と課題	<ul style="list-style-type: none"> ○ 地上走行時に滑走路横断はなく、早朝時間帯の遅延を軽減できる。 ○ 着陸後の利便性が向上する。 ● 地上走行時間が長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 路線や便数の増加で利便性が向上する。 ● ボーディングブリッジの使用が可能で利便性が向上する。 ● 滑走路横断に伴う待機時間も増え、案1よりも地上走行時間が長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 路線や便数の増加で利便性が向上する。 ○ ボーディングブリッジの使用が可能で利便性が向上する。 ● 現ターミナルからE滑走路までは案2よりもさらに地上走行時間が長くなる。
③その他の効果と課題	<ul style="list-style-type: none"> ○ 夜間騒音が軽減する。 ○ 建設工事が他の滑走路の運用に影響が少ない。 ○ 基本的にD滑走路供用後の管制と変わらない。但、拡張した用地を利用した誘導路などの整備により地上管制の効率化が期待でき、メンテナンス性は特に向上しない。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 夜間騒音が軽減する。 ○ 建設工事が他の滑走路の運用に影響が少ない。 ○ 早朝のA、B滑走路の反対側から航空機の移動を減らすことができ、早朝の地上管制上の効率性が向上する。 ○ 滑走路相互の離着陸回数の調整が容易となり、24時間運用時のメンテナンス性が向上する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 夜間騒音が軽減する。 ● 建設工事が他の滑走路の運用に影響が大きい。 ● 案2と同様の効果も期待できるが、D滑走路とも関係するため地上管制が案2に比べ複雑になる可能性がある。 ○ 案2と同様の理由で24時間運用時のメンテナンス性が向上する。但、E滑走路がD滑走路と交差するため、案2に比べ滑走路運用の自由度が劣る。 				
総括		D滑走路供用後の滑走路4本での運用において、乗客の利便性向上と駐機場の不足解消に効果的な対策として期待できる。	駐機場の増強効果や地上走行面では案1に及ばないが、増便による利便性の向上、24時間運用など空港運用面での機能向上が期待される。	D、E滑走路の交差により地上走行性の課題は他案より多いが、広い用地が確保できるため将来的な空港機能の拡張への期待は高い。			

4) C滑走路外側空間利用の効果

D滑走路供用後に生じると想定される課題に対処するため、C滑走路外側空間の利用可能性を検討した。C滑走路の平行滑走路整備を想定し、その形態から3案についての比較検討を行った結果、以下のことが確認できた。ただし、空港処理容量の拡大効果には、管制や上空飛行ルートに係る課題が残されており、今後の詳細検討が必要と考える。

a. 案1 (C滑走路移設案)

- ・空港処理容量は40回/時(A滑走路の南側スライド整備を想定した場合43回/時)と移設前からの拡大は見込めない。
- ・移設後の空間に滑走路横断の必要の無い夜間駐機場を約80機分確保できる。

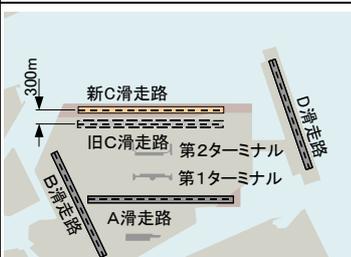
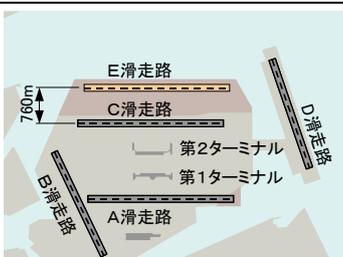
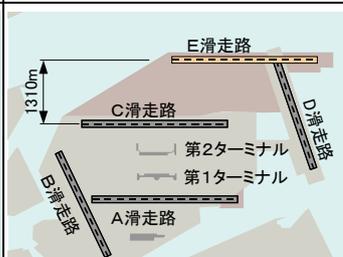
b. 案2 (クローズパラレル滑走路増設案)

- ・空港処理容量は、46回/時と現計画の40回/時に対し増大が見込める。
- ・新設するE滑走路とC滑走路の間の空間に夜間駐機場を約40機分確保できる。
- ・E滑走路または増設する夜間駐機場とターミナル間の走行時にはC滑走路横断が発生する。

c. 案3 (オープンパラレル滑走路増設案)

- ・空港処理容量は、46回/時とクローズパラレル案と同じである。
- ・新設するE滑走路とC滑走路の間には広大な空間が生まれることから、120機分の夜間駐機場の他、ターミナル等の増設等にも使用できる。
- ・E滑走路あるいは夜間駐機場からターミナル間の走行時にはC滑走路横断のみならずD滑走路への影響も発生する。

表 4.1.6 総括表

	移設案 案1	増設案	
		案2 クローズパラレル	案3 オープンパラレル
概要図			
空港処理容量	A滑走路現行時 40回/時 A滑走路延伸時 43回/時	46回/時※ (飛行ルートに制約があるため、案2, 3で差はない)	
配置上の特徴	○夜間駐機場 約80機分増 ○増設される駐機場からの地上走行時に滑走路横断は無い	○夜間駐機場 約40機増 ●増設される駐機場からの地上走行時にC滑走路横断が発生	○広いスペースが利用可能となる ・夜間駐機場約120機 ・ターミナルの拡張他にも使用可 ●現ターミナルを利用する場合は、地上走行距離と時間が長大化

※A滑走路の南側スライド整備も行った場合の推定値

【参考文献】

- 1) 首都圏空港の将来像 2009年9月24日 (財)運輸政策研究機構

(2) C滑走路外側空間利用のための建設上の課題

1) 建設上の課題

C滑走路外側空間に新滑走路を建設する上での課題は、環境への影響、航行船舶への影響、建設に係る技術的な問題、周辺に対する高度制限の問題など数多いが、今回はこれらのうち、a. 制限表面の確保、b. 浅場の移転、c. 建設工法、d. 埋立荷重による不同沈下対策、e. 小型船舶運航および通水性の確保の5点について検討した。これらの課題の背景や対応の考え方等は次の通りである。

a. 制限表面の確保

航空機が空港に安全に離着陸できるためには、空港周辺の一定の空間を無障害物の状態にしておく必要がある。空港周辺に確保されるべき空間の底面を制限表面といい、新滑走路建設にあたり、この制限表面を確保しなくてはならない。制限表面は、空港の種類や精密進入の有無等により異なるが、本検討では滑走路長を3,000m、精密進入有と想定した。図4.2.1～図4.2.3に進入表面、転移表面および水平表面の説明図、平面図、断面図を順次示す。進入表面の水平に対する勾配は1/50であり、水平表面の半径の長さは4,000mとなる。

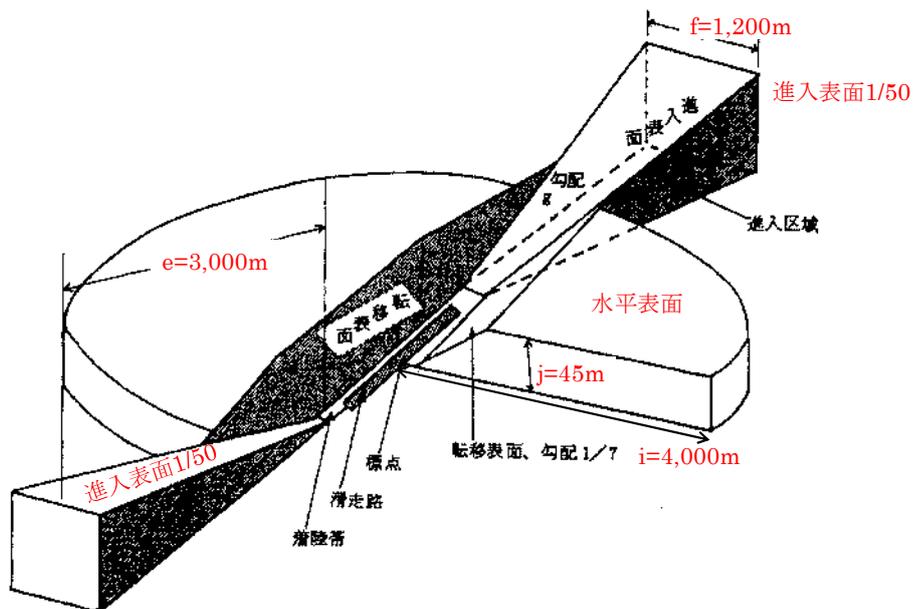


図 4.2.1 進入表面、転移表面および水平表面の説明図¹⁾

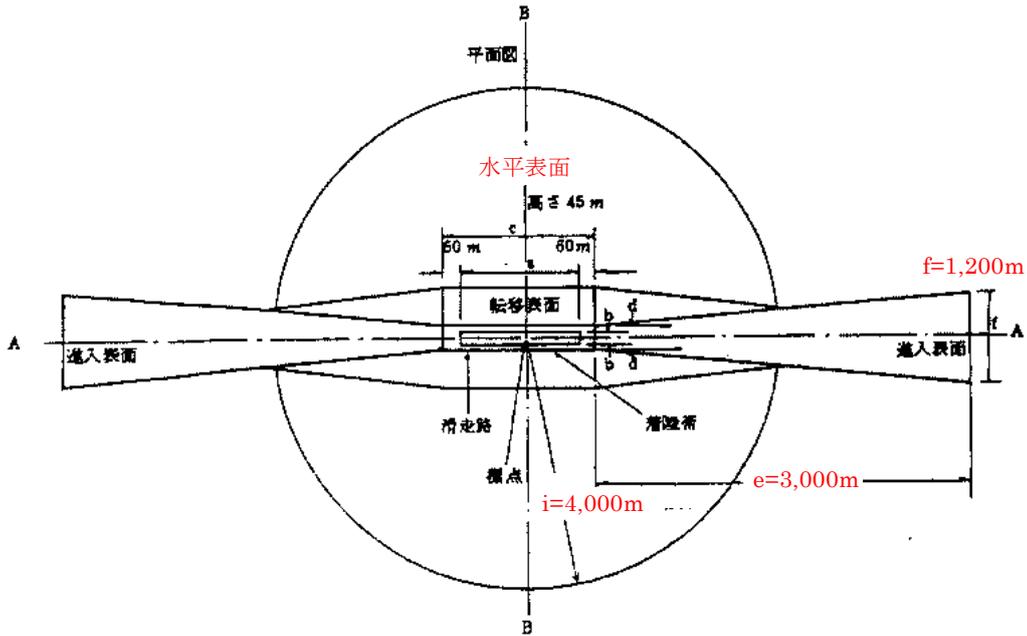


図 4.2.2 進入表面、転移表面および水平表面の平面図¹⁾

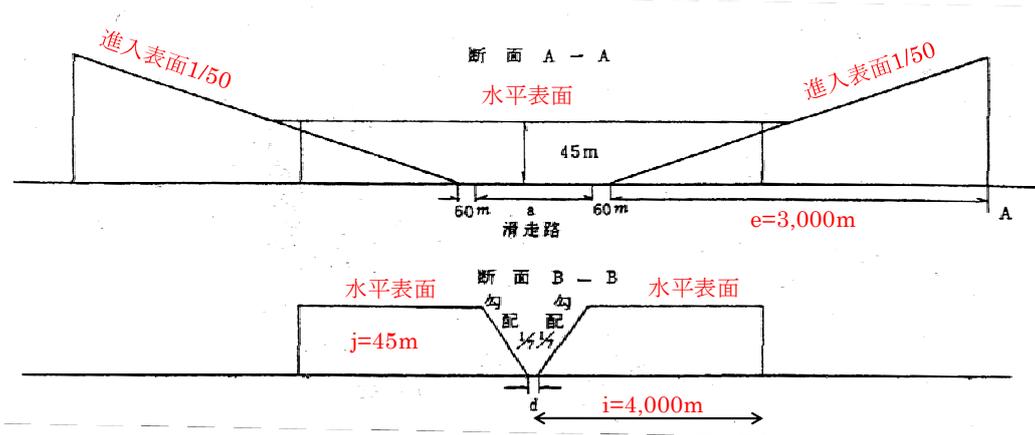


図 4.2.3 進入表面、転移表面および水平表面の側面図¹⁾

制限表面に干渉する可能性のある主なものとして以下の4点が挙げられる。

①D滑走路

D滑走路の標高はA.P. +17.1m (D滑走路埋立部北側の計画最高高さ: 30年後) として検討した。

②航行船舶

東京港の第一航路を航行する大型船舶の満潮時マスト高を A.P. +57.5m (国土交通省HP「新滑走路建設に係る事業費のコスト縮減」参照) として検討した。現空港標点はA.P. +6.4m であり、水平表面は $6.4\text{m} + 45.0\text{m} = \text{A.P.} + 51.4\text{m}$ となるため、水平表面に船舶マストが抵触する可能性があると考えられる。ただし、水平表面については、周回進入が設定される側のみを確保すれば許可される例が多く、移動物件に対しては、通過時にノータム※を発出するなどの運用上の対応で解決される場合がある。したがって、本検討では、水平表面を参考値として記述することと

し、空港島地盤高の設定に際しては進入表面のみを考慮した。

新滑走路の進入表面として、本検討では、D滑走路でも適用された ICAO（国際民間航空機構）の OAS（2.85%、無障害物評価表面）を一部適用することとした。図-4.2.4 にD滑走路と大型船舶の関係を示す。すなわち、ガントリークレーン等の固定物件が対象である場合の進入表面の勾配は 2%（1/50）とし、船舶等の移動物件に対しては ICAO の OAS（図-4.2.4 の青ライン）を適用し、2.85%（約 1/35）とする。D滑走路では、ICAO 基準を導入することで、埋立地先端部高さを約 6m 引き下げる計画としている。

※ノータム（NOTAM）とは、航空情報の一種であり、航空路や特定の地域での危険要因の存在を操縦士に警告する情報。” Notice To Airmen” の頭文字。

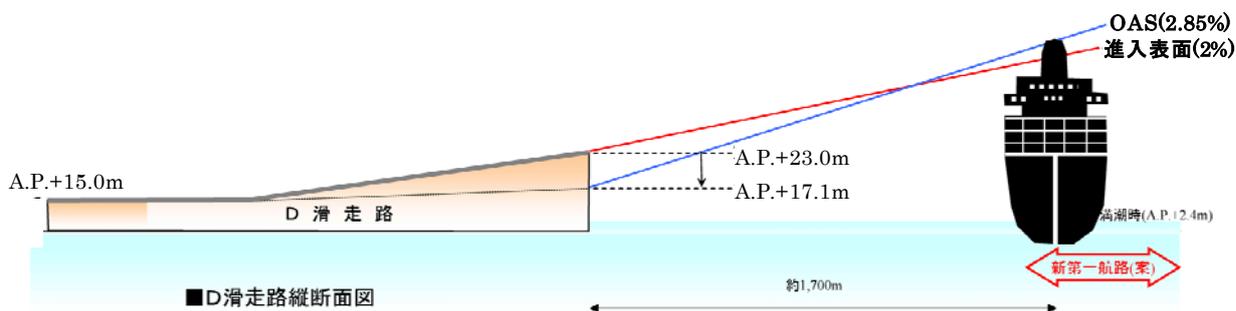


図 4.2.4 D滑走路と大型船舶の関係

③大井・青海埠頭のガントリークレーン

大井埠頭ガントリークレーンの天端高さは A. P. +67. 0m、青海埠頭ガントリークレーンの天端高さは A. P. +82. 3m として検討した。



図 4.2.5 ガントリークレーン(大井埠頭)

④新たな上空制約の発生

新滑走路を建設することによる水平表面の移動を考慮すると、新滑走路による新たな制限表面が発生する。これにより今後周辺に建設予定である構造物に新たな上空制約が発生する可能性がある。例えば、新海面処分場埠頭や中央防波堤埠頭にガントリークレーンが建設される場合、それらのクレーン天端には上空制約が発生する。前出②の通り、空港標点の移動（=水平表面の移動）は運用上の問題であるため、以降の検討では参考値として示すにとどめた。

b. 浅場の移転

羽田空港C滑走路の護岸外側には、環境保全等のため幅約350mの浅場が整備されている。海域生態環境確保の観点から、新滑走路建設時には、この浅場の沖出し再造成が必要と考えられる。

c. 建設工法

建設位置の特性から、埋立方式や栈橋方式等が考えられるが、本検討では、建設費の比較等から埋立方式をベースとした。

d. 埋立荷重による不同沈下対策

現空港との接続部は、新滑走路建設時の埋立荷重による不同沈下が発生し、それに伴い種々の悪影響が懸念されるので、不同沈下対策が必要である。

e. 小型船舶航行および通水性の確保

新滑走路の位置や埋立形状等によっては、空港南側に確保されている小型船舶通航路がなくなったり、周辺海域の通水性がなくなることが懸念されるので、対策が必要である。

2) 制限表面の確保

① 検討案 1 : C滑走路移設案

現C滑走路を外側（北側）に 300m移設し、約 110ha の面積を増設する案である。図 4.2.6 に建設位置平面を示す。制限表面において最も厳しい条件は、大井埠頭のガントリークレーン（A.P.+67.0m）であり、新滑走路から約 3,000mの位置に存在する。2%勾配(1/50)の進入表面を満足するためには、新滑走路の標高を現C滑走路と同程度の A.P.+7.5m にする必要がある。図 4.2.7 に制限表面と障害物の関係を概略断面で示す。水平表面が A.P.+52.5m となり、新海面処分場埠頭や中央防波堤埠頭のガントリークレーンには、天端高 A.P.+52.5m 以下といった上空制限が発生する。

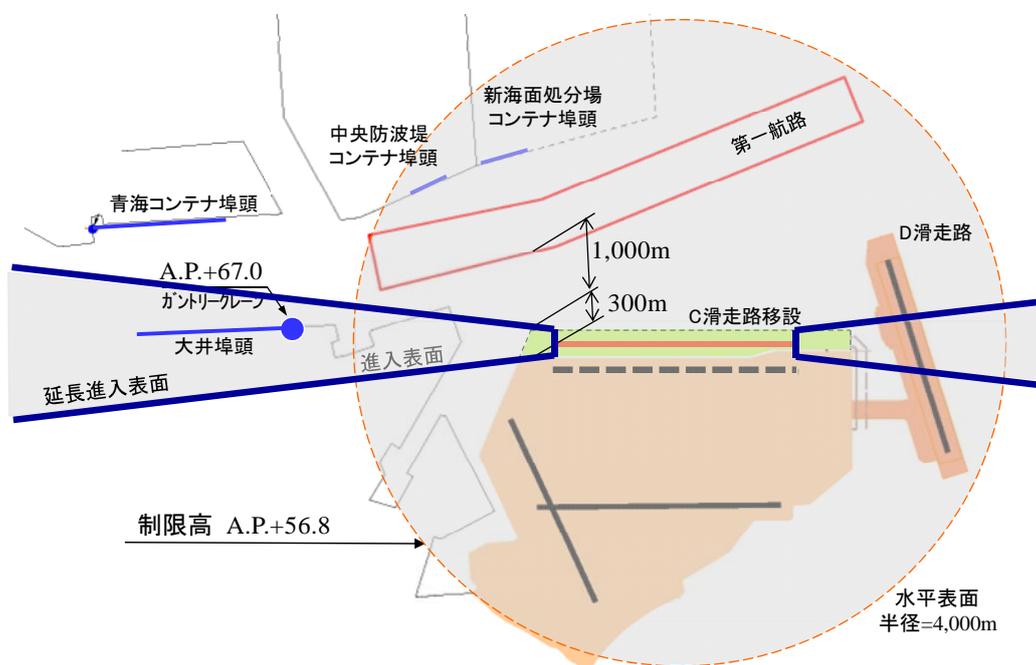


図 4.2.6 建設位置平面(検討案 1)

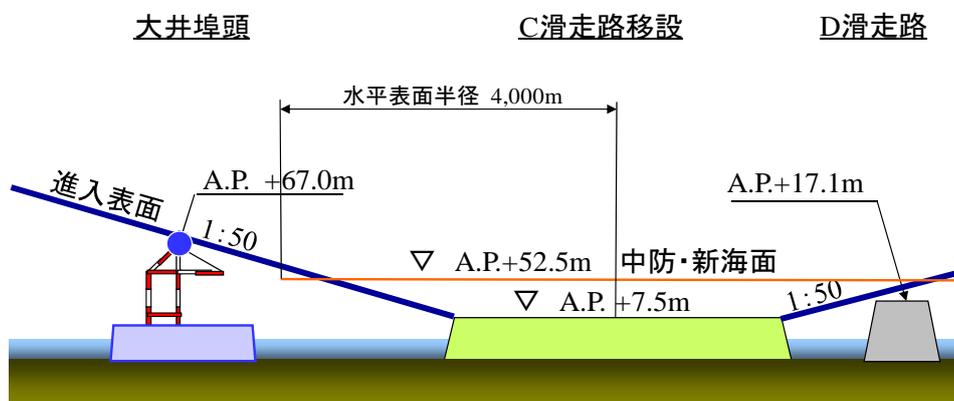


図 4.2.7 制限表面と障害物の関係(検討案 1)

注)水平表面は参考値を示す

②検討案2：クローズパラレルE滑走路増設案

現C滑走路から外側（北側）760mの位置にクローズパラレルとして新滑走路を建設し、約280haの面積を増設する案である。図4.2.8に建設位置平面を示す。制限表面において最も厳しい条件は、第一航路を航行する大型船舶のマスト高（A.P.+57.5m）であり、新滑走路から約1,605mに位置する。移動物件に対するICAO(国際民間航空機構)のOAS(2.85%勾配)を満足するためには、新滑走路の標高を現C滑走路より約4.3m高いA.P.+11.8mにする必要がある。図4.2.9に制限表面と障害物の関係を概略断面で示す。水平表面がA.P.+56.8mとなり、新海面処分場埠頭や中央防波堤埠頭のガントリークレーンには、天端高A.P.+56.8m以下といった上空制限が発生する。

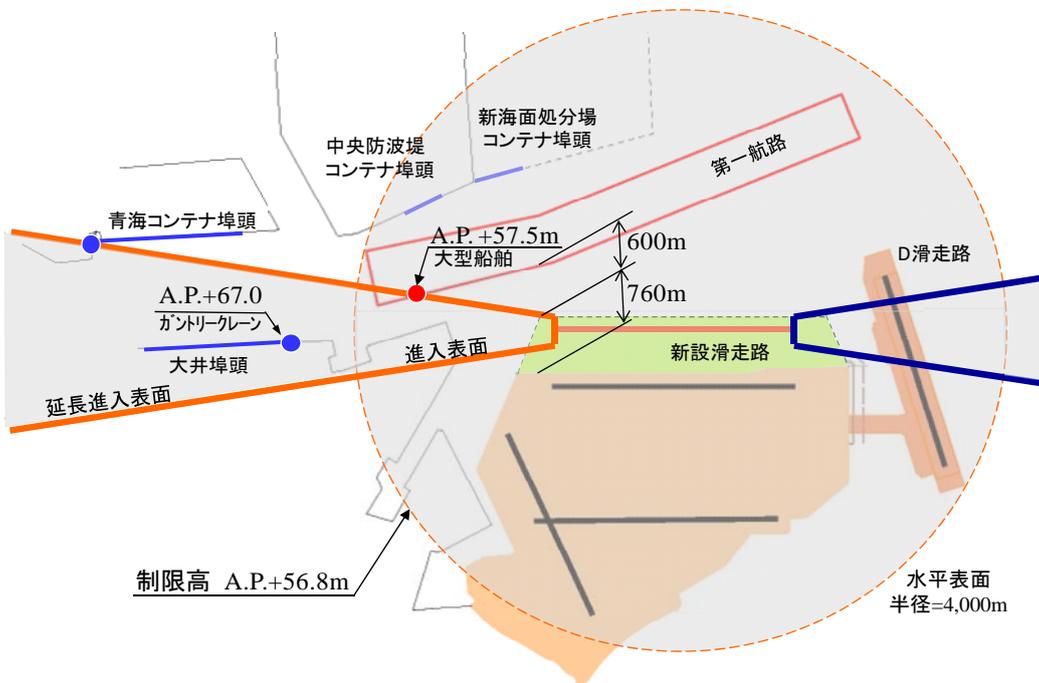


図 4.2.8 建設位置平面(検討案 2)

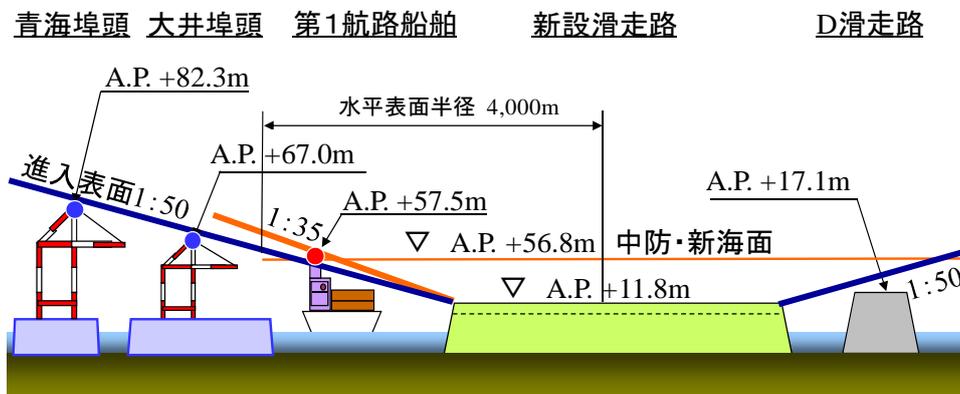


図 4.2.9 制限表面と障害物の関係(検討案 2)

注)水平表面は参考値を示す

③検討案3：オープンパラレルE滑走路増設案

現C滑走路から外側（北側）1,310mの位置にオープンパラレルとして新滑走路を建設し、約460haの面積を増設する案である。図4.2.10に建設位置平面を示す。制限表面において最も厳しい条件は、第一航路を航行する大型船舶のマスト高（A.P.+57.5m）であり、新滑走路から約1,417mに位置する。移動物件に対するICAO(国際民間航空機構)のOAS(2.85%勾配)を満足するためには、新滑走路の標高をD滑走路と同程度のA.P.+17.1mにする必要がある。図4.2.11に制限表面と障害物の関係を概略断面で示す。水平表面がA.P.+62.1mとなり、新海面処分場埠頭のガントリークレーンには、天端高A.P.+62.1m以下といった上空制限が発生する。

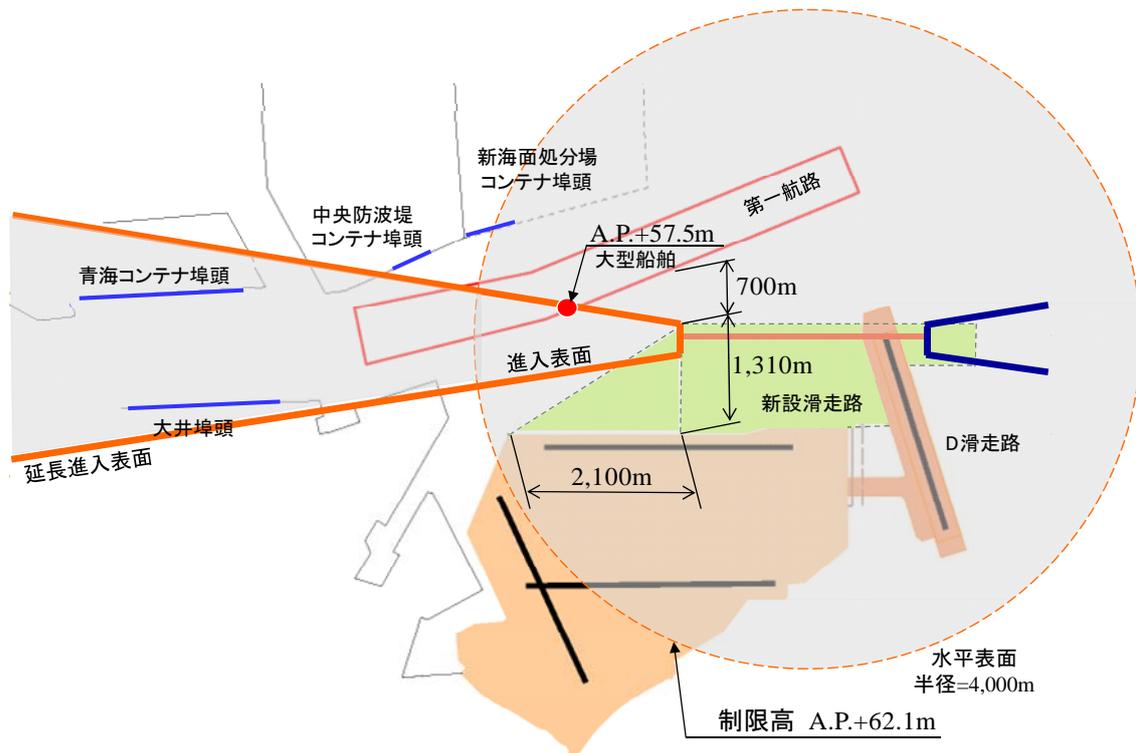


図 4.2.10 建設位置平面(検討案 3)

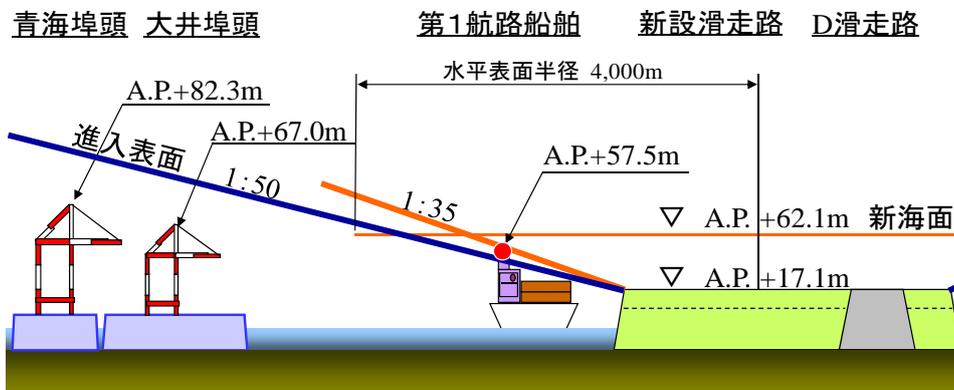


図 4.2.11 制限表面と障害物の関係(検討案 3)

注)水平表面は参考値を示す

3) 浅場の移転と第一航路との離隔

現羽田空港C滑走路の護岸脇には、幅約 350mの浅場が整備されている。検討対象である3案では、いずれも浅場の上に建設することとなる。環境保全の観点から、浅場の機能は重要であるため新滑走路建設に伴い移設する必要があると考えられ、この際問題となるのは、第一航路との離隔である。新滑走路を建設した場合、第一航路との離隔が狭くなり、浅場を設置できなくなる可能性があるため、浅場移設の可能性を検討した。図 4.2.12 に羽田空港上空写真を示す。

浅場の幅は約 350m であり、造成勾配は 1/30 となっている。図 4.2.13 に現空港における浅場断面を、図 4.2.14 に浅場移設後の概略平面を示す。



図 4.2.12 現状の浅場の範囲

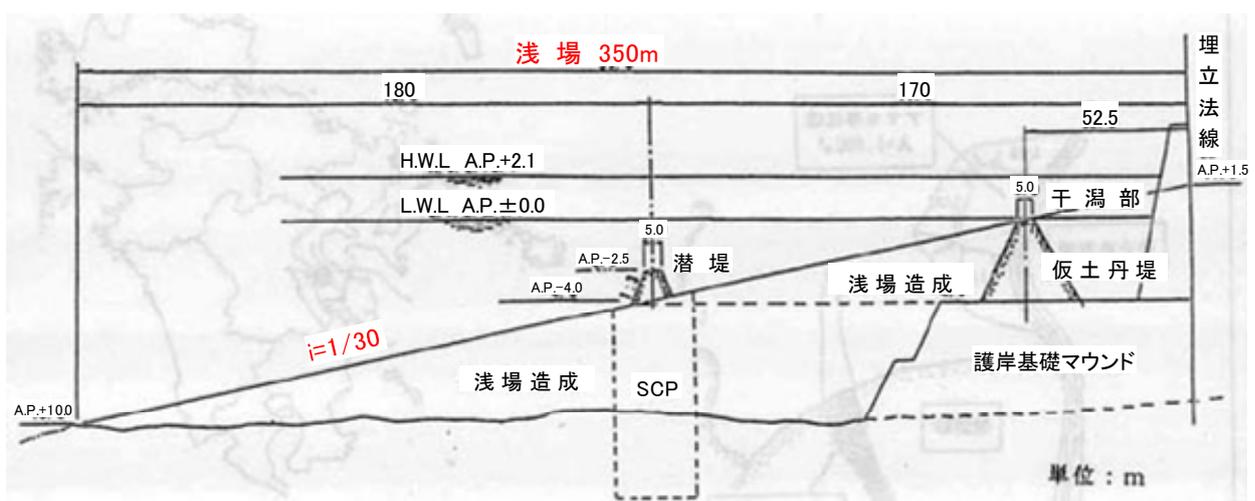


図 4.2.13 現状の浅場断面

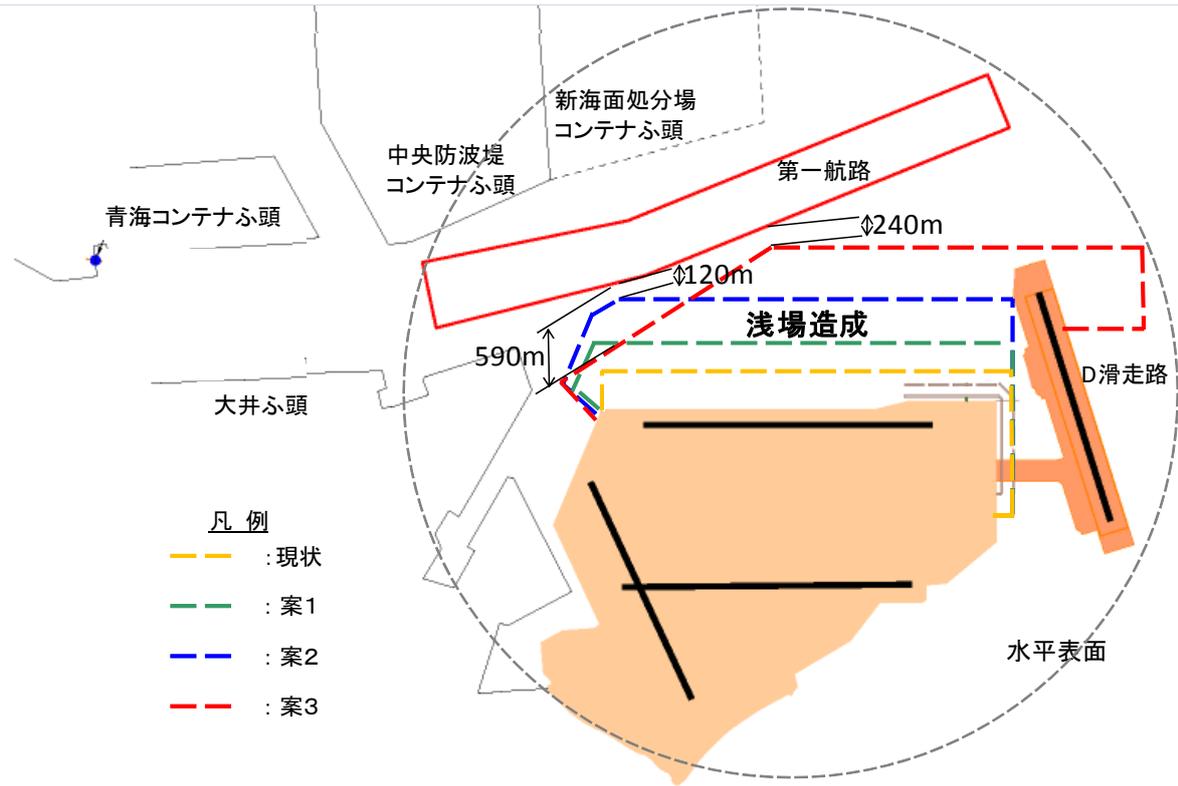


図 4.2.14 浅場移設後の概略平面

浅場沖の海底勾配を 1/200 として検討を行った。第一航路と各検討案における浅場の関係を図 4.2.15 に示す。各検討案における護岸と第一航路との離隔は、検討案 1 が 1,000m、検討案 2 が 600m、検討案 3 が 700m となり、現空港と同様のタイプの護岸であれば、浅場移設は可能であると考えられる。

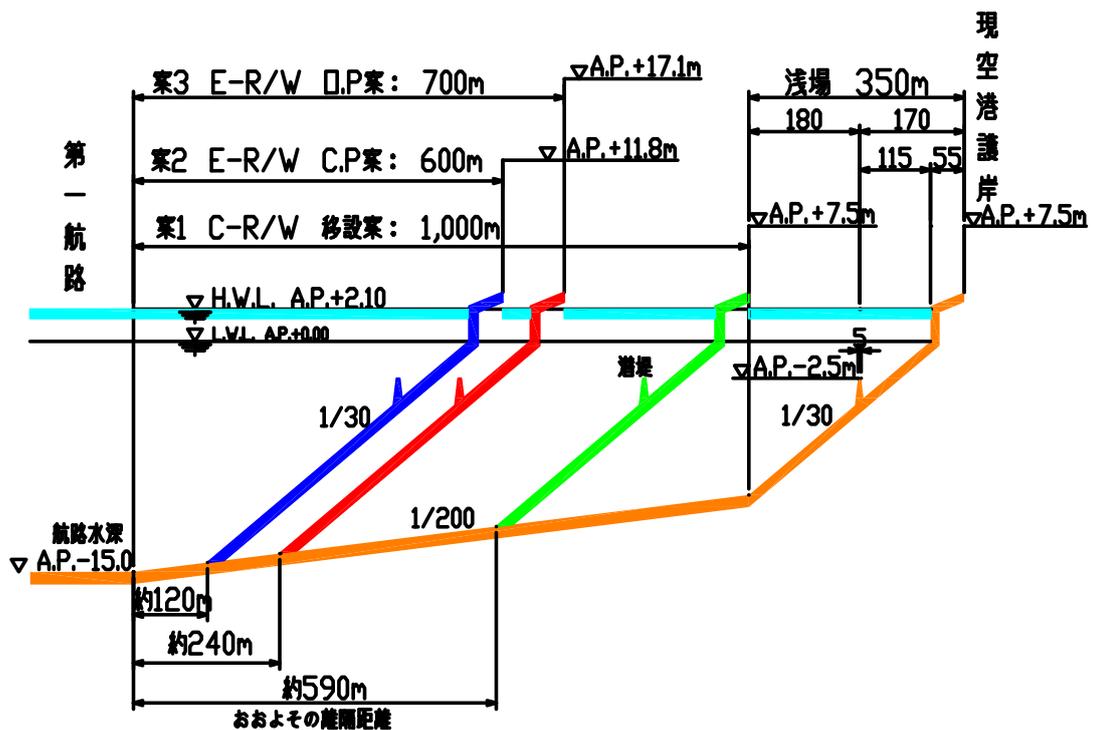


図 4.2.15 第一航路と浅場の関係

4) 建設工法の検討と施工順序

建設工法として考えられるのは、羽田D滑走路で採用されている埋立方式と栈橋方式である。検討の視点としてまず建設費に着目し、D滑走路の請負金額から面積当たりの施工単価を算定した。その結果、埋立方式の面積当たり施工単価が約30万円/m²（経費込）であり、栈橋方式の面積当たり施工単価は約42万円/m²（経費込）であった。また、新滑走路の建設場所はD滑走路南側のように必ずしも流れを考慮しなくてもいい場所である。これらのことから、埋立方式をベースに検討した。

護岸は、D滑走路で採用されている捨石式傾斜堤とし、主な埋立材料として山砂・浚渫土を想定した。図4.2.16にD滑走路標準断面を示す。D滑走路標準断面を参考に、検討対象3案における概算埋立数量を算定した。算定結果を表4.2.1に示す。3案を比較すると、案3の埋立数量がかなり多くなっており、埋立土砂の確保が大きな問題になると想定される。

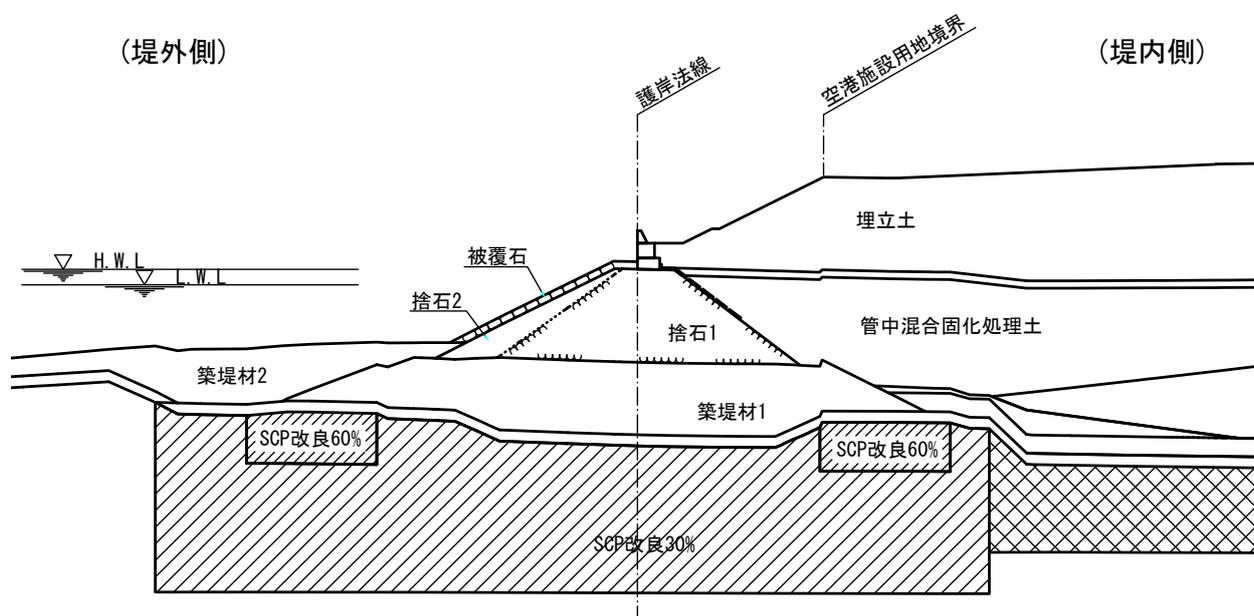


図 4.2.16 D滑走路標準断面

表 4.2.1 概算埋立数量

検討案	護岸石材量 (千m ³)	埋立土量 (千m ³)	地盤改良砂量 (千m ³)	合計 (千m ³)
検討案1:C滑走路移設	3,600	11,000	4,300	18,900
検討案2:E滑走路クローズ平行	6,200	53,000	7,400	66,600
検討案3:E滑走路オープン平行	11,150	124,000	12,000	147,150

※沈下を考慮していない
 ※材料割増率を考慮している

案 3 の場合について埋立土量の問題をカバーする対策として考案した埋立施工順序を図 4.2.17 に、埋立箇所を図 4.2.18 に示す。まず、外周護岸および仕切護岸を築造する。その後、滑走路として必要な範囲 (②-1 部分) を先行埋立し、滑走路、誘導路およびアクセス施設を築造する。この場合、②-1 の外縁部 (図 4.2.18 の点線部) には、仮護岸または被覆構造が必要である。この埋立順序を実施することにより、全埋立土量のおおよそ 6 割程度の土量で新滑走路を供用することが可能となる。また、②-2 部分を東京湾内の浚渫工事で発生する浚渫土の処分場として当面利用することも可能である。

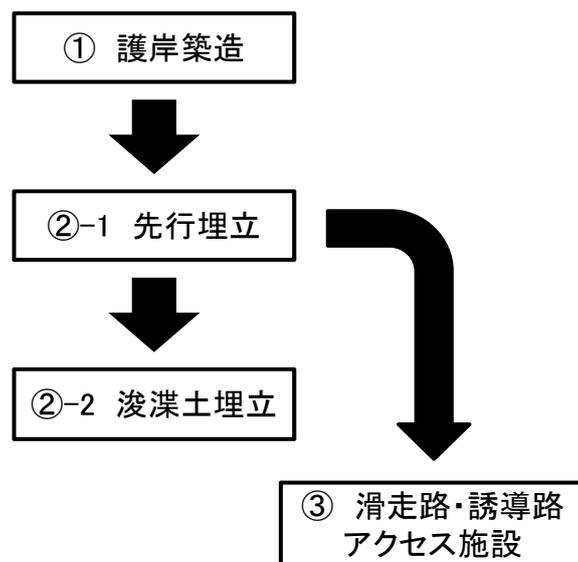


図 4.2.17 埋立施工順序(検討案 3)

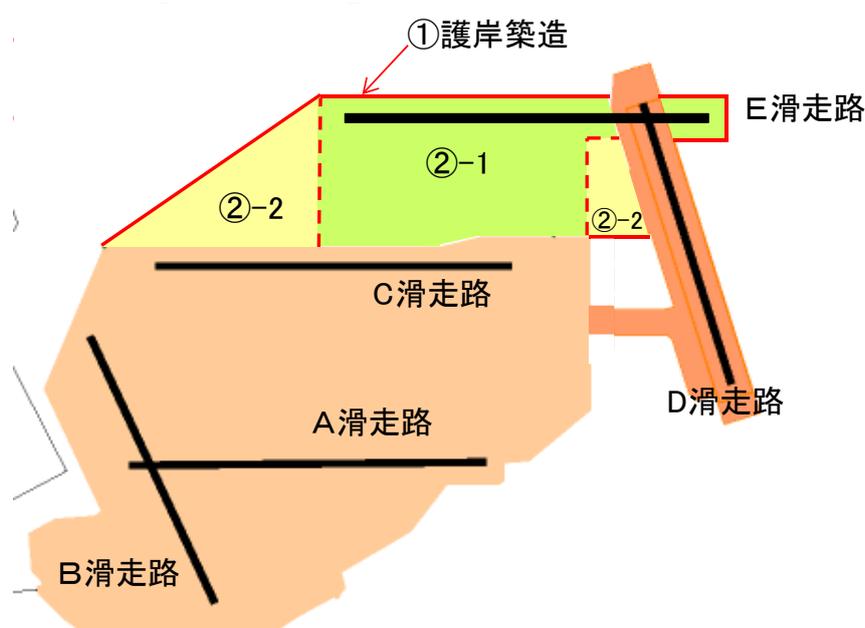


図 4.2.18 埋立箇所(検討案 3)

5) 埋立荷重による不同沈下対策

現空港との接続部は、新たな埋立荷重による不同沈下の発生が懸念される。不同沈下が発生すると、舗装、排水施設および航空保安設備基礎等が損傷し、補修等が必要となる。

問題が生じた場合は、造成後の補修対応が基本となるが、補修による障害を極力減らすためには、埋立時の不同沈下対策が重要である。不同沈下対策としては以下の2案が考えられる。

図 4.2.19 に対策概要を示す。

①軽量盛土埋立による沈下量低減

埋立材として新滑走路の取付部に浚渫土を固化改良した軽量盛土などを使用することで、盛土荷重を軽減し、沈下量を低減する。

②現地盤固化改良による沈下抑制

新滑走路取付部の現地盤の沖積粘性土層を事前に固化改良することで、現地盤の沈下を抑制する。既設護岸直下部の追加改良が課題となるが、現況断面の綿密なる調査と、オーガー系の改良を行うことで対応可能である。

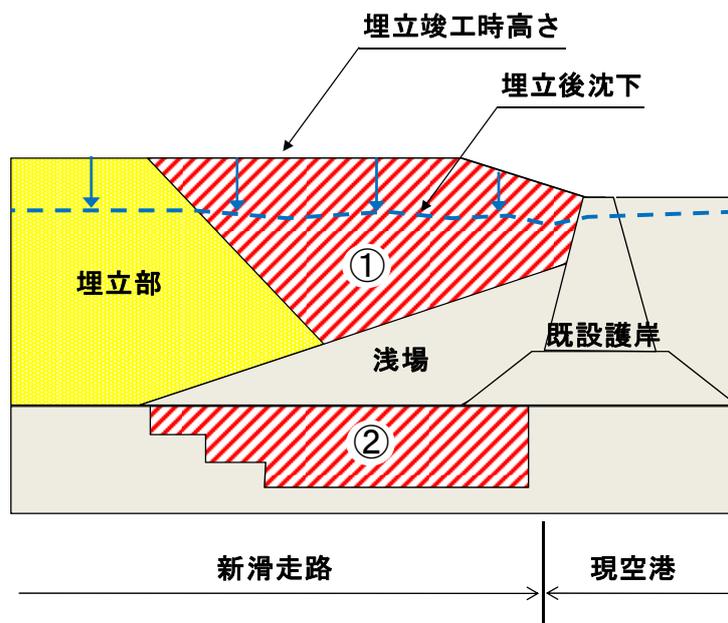


図 4.2.19 対策概要

6) 小型船舶通航路および通水性の確保

現空港におけるD滑走路連絡誘導路では、小型船舶の通航を確保するための小型船舶航路を設置している（図 4.2.20 参照）。しかし、検討案3：オープンパラレルE滑走路増設案では、単純な埋立ではその航路を確保することができない。また、D滑走路と現空港南側護岸の間に閉鎖性の水域が生じることとなる。案3の場合にも航路を確保するとともに、通水性を確保する対策としては、以下の2点が考えられる。

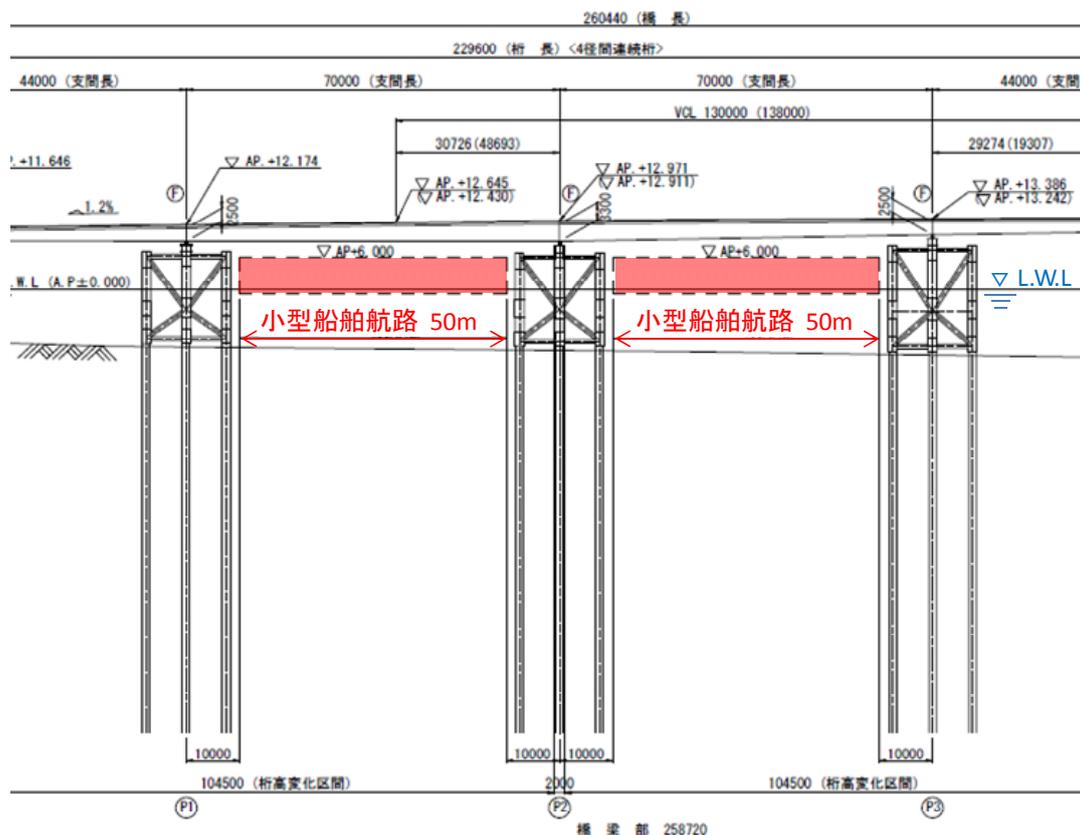


図 4.2.20 D滑走路連絡誘導路側面

①ボックスカルバート等の構造物による確保

小型船舶航路をボックスカルバート等により設置することで、小型船舶通航路および通水性を確保する（図 4.2.21 参照）。

②橋梁方式の採用

部分的に橋梁方式を採用することで、小型船舶通航路および通水性を確保する（図 4.2.21 参照）。

①、②案を比較した場合、一般的に経済性を考慮すれば①ボックスカルバート案が有利となるが、確保できる空間の大きさを考慮すれば②橋梁方式案が有効である。どちらを選択するかは、周辺埋立部との沈下差への追従性、必要航路高、環境への影響、および経済性等を勘案して決定する必要があるが、いずれの対策案においても、精度の良い沈下予測や環境影響予測等が必要となる。

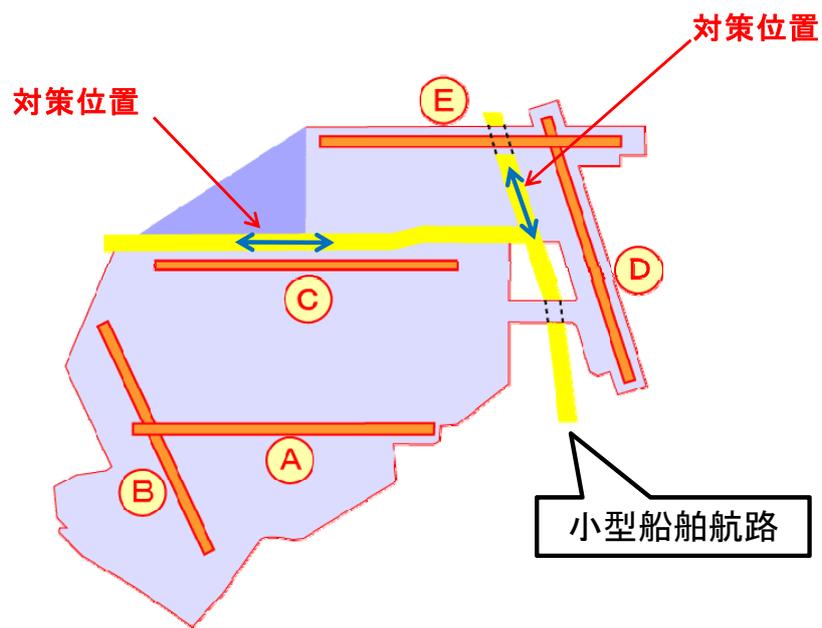


図 4.2.21 小型船舶通航路および通水性確保対策位置

7) 建設上の課題のまとめ

本検討では、選定した3案に対する建設上の課題を挙げ検討を実施した。その結果を表4.2.2に示す。

①制限表面の確保について

3 検討案において、新滑走路を現状における構造物等を前提とした制限表面を満たす高い地盤高とすることでクリアできる。ただし、新滑走路による新たな制限表面が設けられるため、今後建設される周辺施設には、その高さについて計画段階で十分検討することが求められる。

②浅場の移設について

3 検討案とも浅場の移設が必要と考えられるが、現在の浅場形状および護岸構造を想定すると、3案とも第一航路との離隔が確保されているため、移設は可能であると考えられる。

③建設工法の検討と施工順序について

建設工法については、建設費を考慮すると埋立方式が経済的である。埋立方式とした場合、特に検討案3では、膨大な埋立土が必要となる。供用に必要な最小面積を先行埋立することなど、埋立土量の問題への綿密な検討が必要と考えられる。

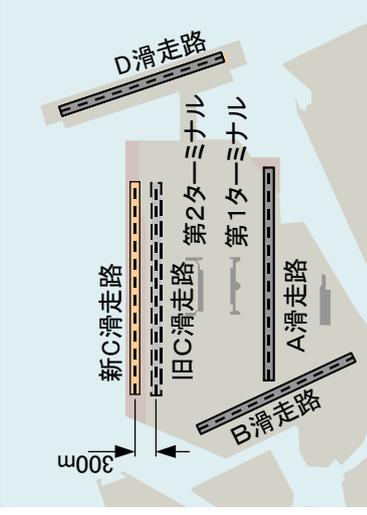
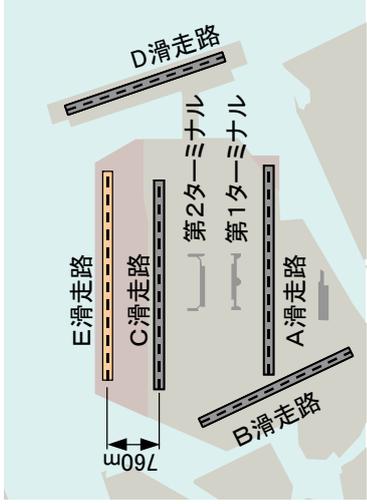
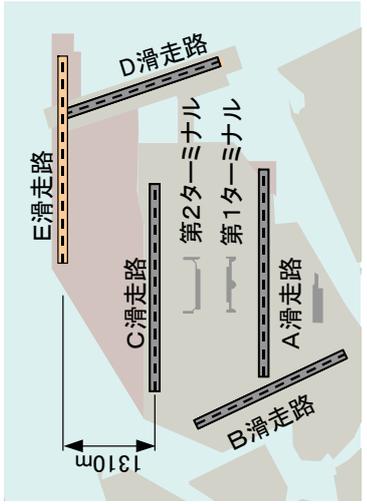
④埋立荷重による不同沈下対策について

3 検討案とも埋立地盤が現空港の護岸と接続するため、不同沈下対策が必要となる。造成後の補修対策は必要であるが、軽量盛土埋立や現地盤固化改良などの事前計画により、影響を低減することが可能である。

⑤小型船舶通航路および通水性の確保について

検討案3の場合には、ボックスカルバート設置や一部を橋梁方式にするなどの対策が必要になり、確保する空間の大きさ、環境への影響および経済性などによる判断が必要となる。

表 4.2.2 検討結果一覧

検討案	検討案1 C滑走路移設案	検討案2 クローズド並列E滑走路増設案	検討案3 オープン並列E滑走路増設案
概要図			
面積	約110ha	約280ha	約460ha
標高	AP+7.5m	AP+11.8m	AP+17.1m
埋立数量※1)	約1,900万m ³	約6,700万m ³	約14,700万m ³
水平表面による 上空制限	AP+52.5m	AP+56.8m	AP+62.1m
浅場の移設	可能	可能	可能
不同沈下対策	必要	必要	必要
小型船舶通航路 通水路の確保	不要	不要	必要
概算工期※2)	約3年	約5年	約9年

※1 石材量、埋立土量、改良砂量の合計

※2 D滑走路の工期を参考に施工数量から算定した概算工期であり、①D滑走路並の急速施工を前提とし、②環境アセスメント等の諸手続きに掛かる期間を含まない。

【参考文献】

- 1) 財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター:空港土木施設設計基準, 2005
- 2) 国土交通省, 新滑走路建設に係る事業費のコスト縮減, 2005. 3. 23,
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/12/120323/02.pdf>

おわりに

以上、ストックの最大限の活用という観点から羽田空港の容量拡大策として、①A滑走路を南側にスライドして、A滑走路とB滑走路の間に離隔を確保する方策と、②C滑走路の外側空間を利用して諸課題を改善する方策に関する研究結果をとりまとめた。

その結果、結論としては、①、②の両案とも、単独の対策としても、組み合わせての対策としても、相応の効果が期待でき、実行可能性はあるものと考えられる。

しかしながら、両案とも、その実現のためには、解決すべき様々な課題があり、さらに綿密な検討が不可欠である。どのような課題が残されているかについては、既に各所において詳述しているが、総括すれば次のように整理できる。

まず、①A滑走路の南側スライド案と②C滑走路外側空間利用案に共通する課題としては、環境への影響評価と対策、土質調査や詳細な波浪変形解析など計画・設計条件を設定するための調査と分析、作業方法や工程、作業時間など施工に関する詳細検討などがあげられる。これらのうち、例えば環境への影響評価と対策という事項については、羽田が東京湾全体の生態系にとっても重要な多摩川河口の干潟域に位置することから、局所的な視点にとどまらず、東京湾全体の水環境や生態系への影響という観点から検討していく必要があるものと考えられる。

次に、①A滑走路の南側スライド案に特化した課題としては、多摩川への影響評価と対策、上部構造の決定要因となる波による揚圧力の低減対策、施工に伴って発生する浚渫土砂に関する対策、栈橋構造に関する技術課題の詳細検討、現空港との接続に伴う技術課題の検討、施工中の進入灯機能の確保策などの事項があげられる。これらのうち、例えば多摩川への影響評価と対策という事項については、洪水時の流況解析や模型実験等に加えて、D滑走路ができたことによる影響を実証的に分析することも重要であると考えられる。

また、②C滑走路外側空間利用案に特化した課題としては、周辺の空間利用との調整、既存の護岸との接続部等における不同沈下対策、既存護岸に沿って整備されている浅場の機能確保策の検討、小型船航路及び通水性の確保策の検討、埋立材の確保策の検討、周辺水域を航行する船舶への安全対策、ターミナルやエプロン等の配置計画の検討などの事項があげられる。これらのうち、例えば周辺の空間利用との調整という事項については、単に建物や構造物の高さといった視点にとどまらず、港湾機能や都市機能の配置、飛行ルートの問題等を含めて総合的に検討していくことが必要なものと考えられる。

これら課題として列記した事項は、それぞれに難しい問題を内包しており、検討には一定の時間を要するが、これらについて一通りの検討がなされれば、ある程度具体的な計画案として整理することが可能となり、概略工費の算定や費用便益分析の実施、関係者の合意形成など、次のステップに進めるものと考えられる。

羽田空港の機能や利便性に関しては、今回の研究では対象としなかった視点からも様々な課題が指摘されており、幾つか例をあげれば次のような事項がある。

一つは飛行ルートの問題である。再拡張事業供用後も、原則として東京の市街地上空は飛行しないことが前提とされているが、例えば一本の滑走路を離陸と着陸で共用すると、離陸または着陸だ

けに使用する場合（現在の羽田空港での運用方式）に比べて処理容量が4割程度増加することからも類推できるように、仮に飛行ルートに関する条件が緩和されれば、それだけで処理容量の増加が期待できることになる。もちろん、航空機騒音の問題は極めて重要な環境問題であり、軽々に論じることは不適切であるが、かつてに比べると航空機材の騒音レベルが相当低下していることもあり、飛行ルートや回数、機材等と航空機騒音の関係について綿密に分析や予測を行い、例えば、現状のハミングバードのように、時間帯を限って特別な飛行ルートを設定するというような可能性について検討していく必要があるものと考えられる。

二つ目は、今後の国際輸送需要の増大や、国際輸送における羽田の役割の拡大に対応して、際・内乗り継ぎ機能の強化策や、中長期的な観点に立ってターミナル計画を検討していくべきことである。再拡張事業の一環として、国際線ターミナルの新設が進められているが、国内線ターミナルとは相当離れているため、円滑な際・内乗り継ぎに難があるほか、容量的にも早晚限界に達するものと予想されている。このため、両ターミナルを結ぶ旅客用シャトルシステムや、国際線ターミナルの拡張、国内線も含めたターミナル計画の見直し・再編等を検討していく必要があるものと考えられる。その際には、現在の空港用地と周辺の土地利用の再編の可能性を探るとともに、航空機の機材構成の変化や、LCCなどエアライン側のサービスの多様化等、航空輸送分野における新たな動きへの対応についても併せて検討していく必要があるものと考えられる。

三つ目は、アクセスの機能向上策についてである。一般に羽田空港は都心に近く便利な空港として評価されているが、近傍に民間空港のない関東の北部や西部地域等からのアクセスには相当の時間を要しているのが実態である。また、成田空港とのアクセスの強化や、24時間空港という観点からの深夜早朝時間帯のアクセスの改善等も課題とされている。アクセスの機能向上策として、既に成田スカイアクセスが供用されたほか、京急蒲田駅の改良工事等が進められているが、加えて、関東の北西部地域など都心外延部とのアクセス強化策や、国際旅客の増大に対応した都心ターミナル側での対策の必要性等について検討していく必要があるものと考えられる。

この他、我が国の航空輸送の中心である羽田空港の処理容量の拡大と利便性の向上を図るためには、現在の空港用地とそのごく周辺の空間利用だけでは自ずと限界があるので、例えば、東京港の機能を一部移転することを前提とした拡張計画や、沖合の東京湾上に新たな滑走路を整備し既存の施設と有機的に連携させていく計画など、より抜本的な対策を検討すべきという指摘もある。これらは、空港機能の拡充という観点からは一理あることであるが、一方では、東京湾地域や首都圏全体の将来像に深く係わる事柄であり、多様な関係者の参画のもとに「国家百年の計」の観点からでない、論じられない問題であると思われる。

以上整理したように、羽田空港については、今回の研究対象か否かを問わず、数々の検討課題が残されている。また、那覇空港等、拡張計画が検討されている他空港においても、当然のことながら様々な課題を抱えている。

空港技術専門委員会では、今後とも、これらの課題の中から、幾つかのテーマを設定して、それらの課題の解決に向けた検討を継続していく予定であり、関係の皆様にご支援とご助言をお願いする次第である。

関係者名簿

○ 海洋開発委員会

〔順不同、() は前任者で役職は当時〕

委員長	小野武彦	清水建設	代表取締役副社長
副委員長	田代民治	鹿島建設	代表取締役 副社長執行役員 土木管理本部長
〃	井田潔志	五洋建設	取締役 専務執行役員 土木部門長
〃	吉田明	大成建設	常務役員 土木本部副本部長
委員	鷺尾淳俊	青木あすなろ建設	常務執行役員 技術営業本部長
〃	中條主也	あおみ建設	執行役員 総合評価・技術担当
(〃	尾崎正敏	あおみ建設	取締役 常務執行役員 土木本部副本部長)
〃	貝原光恭	大林組	常務執行役員 土木本部生産技術本部長
〃	吉栖伸輔	大本組	技術本部長
(〃	上原昭治	大本組	取締役 執行役員 技術本部長)
〃	國行薫	奥村組	東京支店 土木営業第1部長
〃	岩村栄世	鹿島建設	土木管理本部 土木工務部臨海グループ長
〃	加藤岩男	株木建設	取締役 常務執行役員 営業本部長
〃	大島邦彦	熊谷組	執行役員 プロジェクトエンジニアリング室長
〃	岡部憲一	五洋建設	常務執行役員 土木部門担当
〃	宮本雅文	佐藤工業	執行役員 土木事業本部長
(〃	大前和博	佐藤工業	常務執行役員 土木事業本部長)
〃	野村碩彦	清水建設	第一土木営業本部営業部部長
〃	池尻一仁	大成建設	土木本部土木設計部部長 兼 設計計画室長
〃	森川英憲	大日本土木	取締役 土木本部長
〃	水島富和	大豊建設	執行役員 土木本部 副本部長
(〃	平林勉	大豊建設	土木本部 土木部長)
〃	加納光正	竹中土木	専務取締役 営業本部長
〃	菊地眞	鉄建建設	執行役員 エンジニアリング本部長
〃	門司剛至	東亜建設工業	常任顧問
〃	臼田總一郎	東急建設	執行役員 土木営業本部長
〃	片山善和	東洋建設	取締役 常務執行役員 土木事業本部長
〃	秋場俊一	戸田建設	執行役員 東京支店 副店長
(〃	山木昇	戸田建設	執行役員 東京支店 副店長)
〃	岡田満	飛島建設	取締役 上席執行役員専務 土木事業本部長
〃	岩永克也	西松建設	技術研究所長
〃	浜野哲夫	間組	土木事業本部 役員待遇副本部長
(〃	山口徹	間組	土木事業本部 役員待遇副本部長)
〃	金子賜	フジタ	執行役員 建設本部 副本部長
(〃	丹羽正博	フジタ	執行役員 関東支店長)
〃	中西勉	不動テトラ	執行役員 建設本部土木事業部 副事業部長
(〃	竹原勇二	不動テトラ	代表取締役社長)
〃	稲津俊昭	前田建設工業	常務執行役員 技術・情報化管掌
〃	熊谷紳一郎	三井住友建設	取締役 専務執行役員 土木本部長
〃	秋元恵一	みらい建設工業	特別顧問
〃	吉田和正	吉田組	代表取締役社長
〃	菅野幸裕	若築建設	代表取締役 執行役員副社長 建設事業部門長
オパサバー	真新哲朗	銭高組	土木事業本部 営業・生産本部 生産計画部長
〃	細川直登	寄神建設	東京支店長
〃	山本健吾	りんかい日産建設	土木本部 技術環境部部長

○ 空港技術専門委員会

委員長	門 司 剛 至	東亜建設工業	常任顧問
副委員長	野 村 碩 彦	清水建設	第一土木営業本部営業部部長
第1分科会			
主査	宮 川 昌 宏	清水建設	第一土木営業本部営業部部長
(〃	今 藤 久 夫	鹿島建設	土木管理本部土木工務部臨海グループ専任部長)
委員	金 重 昌 宏	奥村組	東京支店土木営業第1部営業課長
(〃	中 谷 泰 之	奥村組	建設本部土木事業部土木営業部営業企画課長)
〃	横 塚 雅 実	鹿島建設	土木管理本部土木技術部プロジェクト推進グループ長
〃	原 輝 夫	株木建設	技術本部技術開発部技術担当部長
〃	宮 川 昌 宏	清水建設	第一土木営業本部営業部部長
〃	山 村 和 弘	東亜建設工業	土木事業本部技術営業部長
(〃	尾 内 俊 之	東亜建設工業	土木事業本部土木事業管理室長)
〃	三 輪 俊 彦	前田建設工業	土木事業本部土木部設計グループチーム長
第2分科会			
主査	黒 坂 敏 正	大林組	生産技術本部海洋土木技術部長
委員	小 滝 勝 美	大本組	技術本部技術企画部長
〃	森 浩 章	J F Eエンジニアリング	鋼構造本部羽田プロジェクトチーム部長代理
〃	大 川 大 一	新日鉄エンジニアリング	海洋事業部海洋事業部海洋新商品企画開発室
(〃	水 上 繁 樹	新日鉄エンジニアリング	海洋・エネルギー事業部橋梁・港湾ユニットプロジェクト外部港湾プロジェクト室)
〃	西 山 桂 司	戸田建設	本社土木技術営業部主管
〃	井 上 洋 祐	吉田組	東京支店土木部長
〃	森 晴 夫	若築建設	建設事業部門技術設計部次長
第3分科会			
主査	水 流 正 人	五洋建設	土木部門土木本部土木設計部部長
(〃	野 口 哲 史	五洋建設	土木部門土木本部土木設計部部長)
(〃	羽 田 宏	五洋建設	土木部門土木本部土木設計部部長)
委員	西 内 美 宣	熊谷組	土木事業本部土木設計部構造物・耐震グループ副部長
〃	鳥 居 雅 之	西松建設	土木設計部副部長
〃	江 口 正 勝	間組	土木事業本部技術第二部部長
〃	山 崎 真 史	不動テトラ	建設本部土木事業部技術部設計室課長代理
〃	小 西 武	みらい建設	技術営業本部技術部部長
第4分科会			
主査	高 久 雅 喜	大成建設	土木本部プロジェクト部次長
委員	麻 生 克	大豊建設	土木本部土木技術部部長代理
〃	奥 村 幹 也	東急建設	土木総本部土木技術部土木構造・材料グループリーダー
〃	本 庄 隆 宣	東洋建設	土木事業本部土木技術部部長
〃	水 越 和 弥	飛島建設	土木事業本部土木技術部

参 考 資 料 編

1. 羽田空港の滑走路運用状況調査結果
2. 空港における地上走行時間に関する調査結果
3. 空港処理容量に関する整理

1. 羽田空港の滑走路運用状況調査結果

目 次

- (1) 調査概要
- (2) 羽田空港周辺の飛行コース公開情報について
- (3) 調査結果
 - (1-1) 風向別運用時間割合
 - (1-2) 実際の風との関係
 - (1-3) 離陸時の滑走路別利用割合
 - (1-4) 着陸時の滑走路別利用割合
 - (1-5) 北風時の滑走路利用割合
 - (1-6) 北風時の離着陸パターン
 - (1-7) 南風時の滑走路利用割合
 - (1-8) 南風時の離着陸パターン
 - (1-9) 滑走路の利用割合
 - (1-10) 時間帯別の風向別運用割合

(1) 調査概要

羽田空港の滑走路運用状況調査は、東京航空局が公開している羽田空港の飛行コース公開ホームページから30分毎の航跡図を分析し、定期便が就航している6時～24時を対象に滑走路の運用状況等を集計・分析したものである。集計期間は平成20年5月～平成21年4月までの1年間である。

(2) 羽田空港周辺の飛行コース公開情報について

国土交通省東京航空局は、羽田空港に離着陸する定期便の飛行コースと首都圏各地の騒音値をインターネット上に一般公開している。その概要は次の通りである。

【リンク先】

ホームページ : <https://www.franomo.mlit.go.jp/>

【公開情報】

- ・羽田（東京国際）空港に離着陸する定期便に関する飛行コース
- ・航空局が首都圏に設置している騒音監視塔で測定した騒音値
- ・公開は対象日前日から1ヶ月前まで

【公開情報】

航跡図（30分間、60分間を選択可）



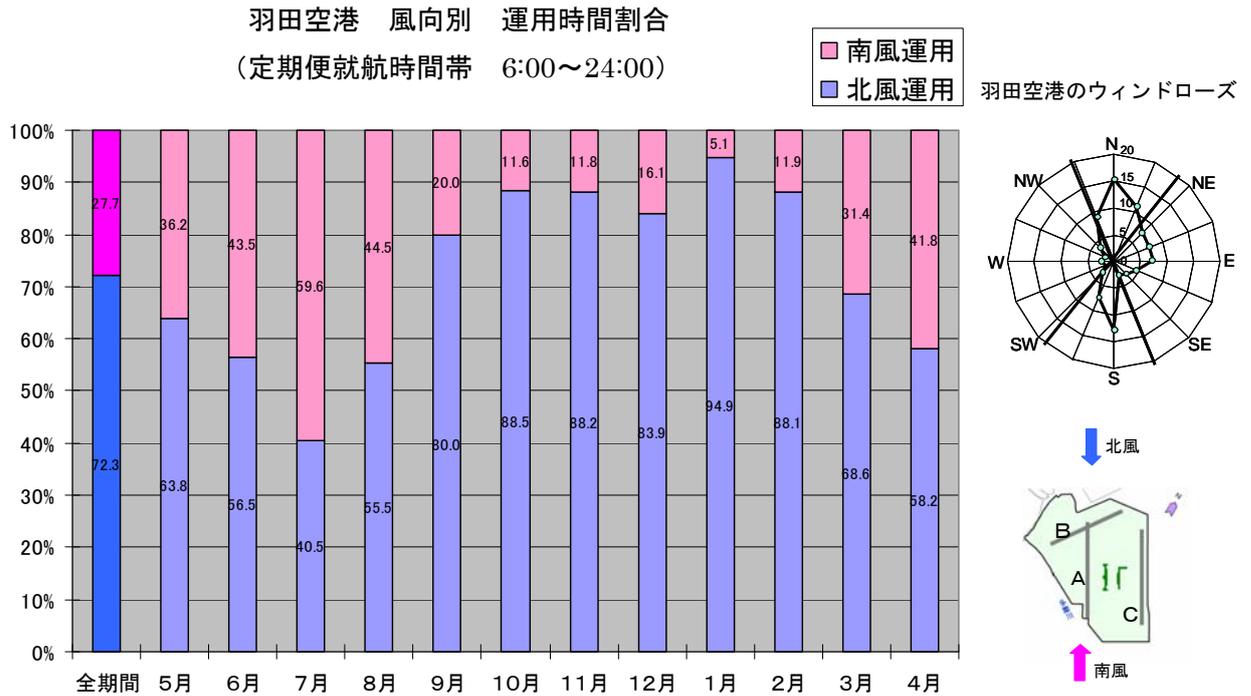
機種・高度、飛行コース・騒音値の動画（再生速度1倍～10倍）



(3) 調査結果

(1-1) 風向別運用時間割合

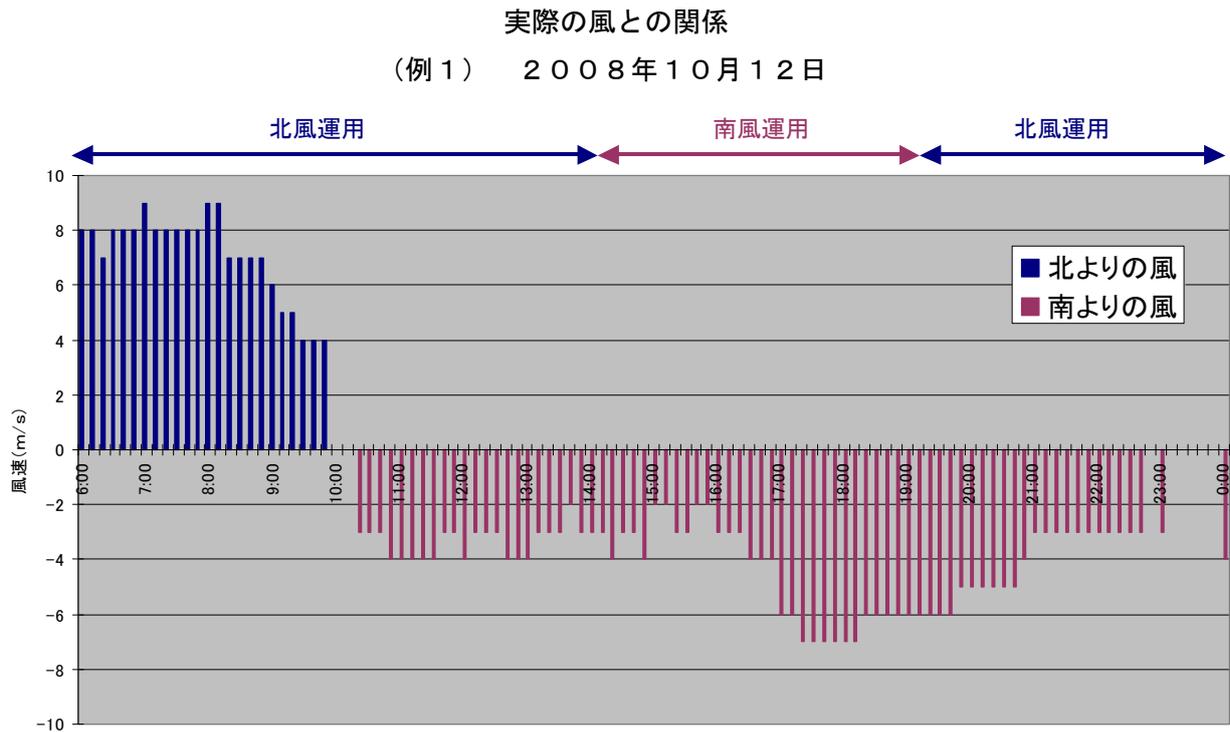
- ・ 東京航空局の「飛行コース公開ホームページ」より 30 分ごとの航跡図を分析
- ・ 離着陸の方向から北風運用または南風運用を区分し、その割合を月毎に図示したもの
- ・ 定期便就航時間帯（6：00～24：00）を対象に集計



- ・ 年間では、北風運用が 7 割強、南風運用が 3 割弱である
- ・ 4 月～8 月に南風運用の割合が高く、冬場は 9 割方が北風運用である
- ・ 実際の風向きは北寄りの風が約 5 割であり、騒音対策等の観点から多少の南風でも北風運用が行われていることがうかがえる。

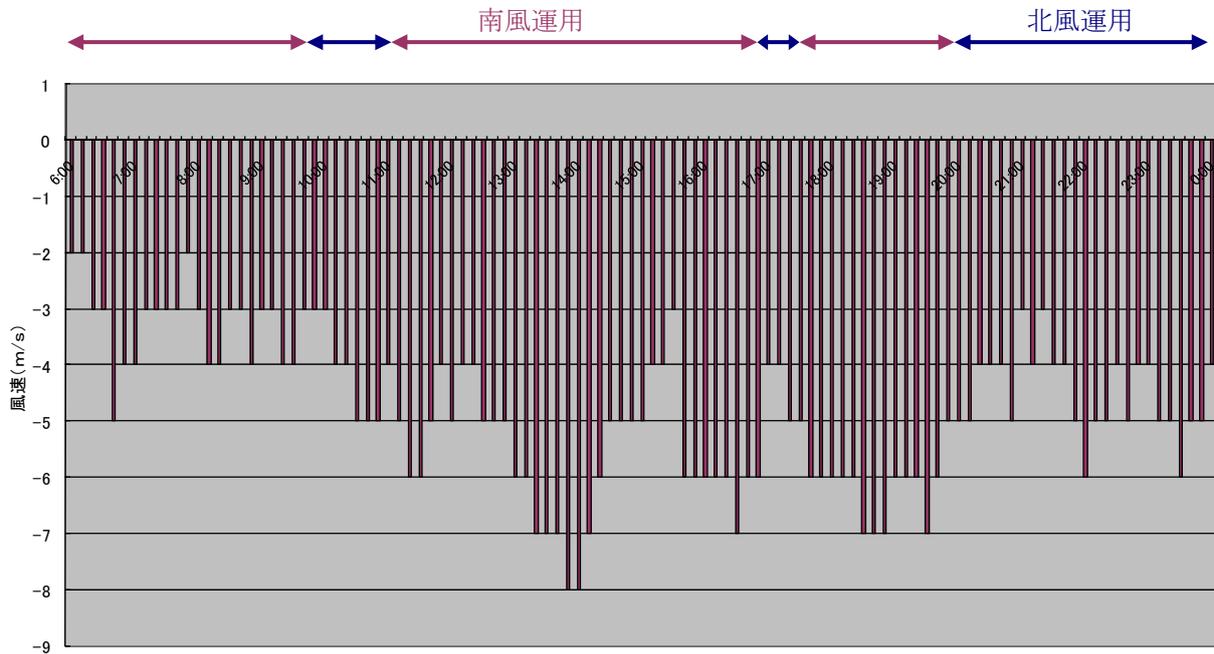
(1-2) 実際の風との関係

- 羽田空港の風向き別運用区分と実際の風向きとの関係を分析するため、特定日における10分ごとの風向・風速の経時変化と空港の運用区分の関係を図示したもの
- 気象データは羽田空港のアメダスデータを使用



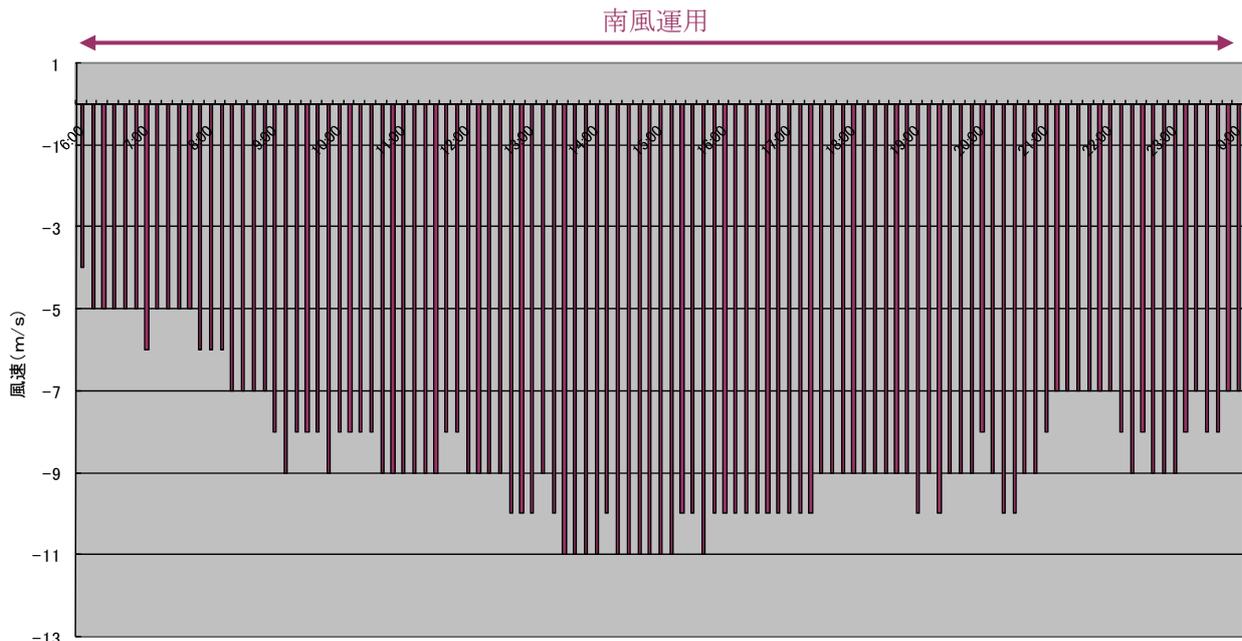
- 南風であっても弱い場合は、北風運用（追い風運用）がなされている

実際の風との関係
(例2) 2008年8月5日



- 終日南風であるが、様子を見て北風運用がなされている

実際の風との関係
(例3) 2008年8月3日

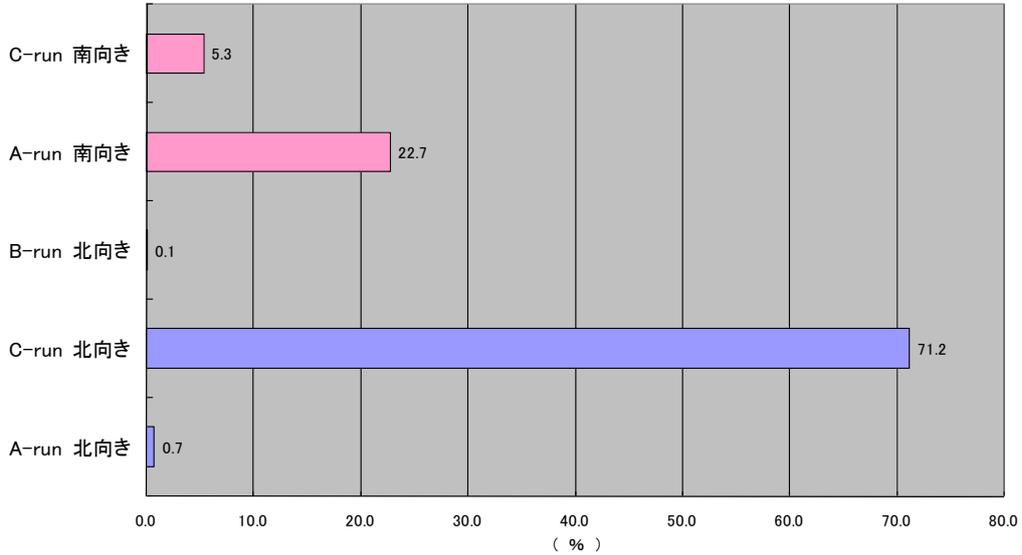


- 終日南風が強かったため、北風運用は行われていない

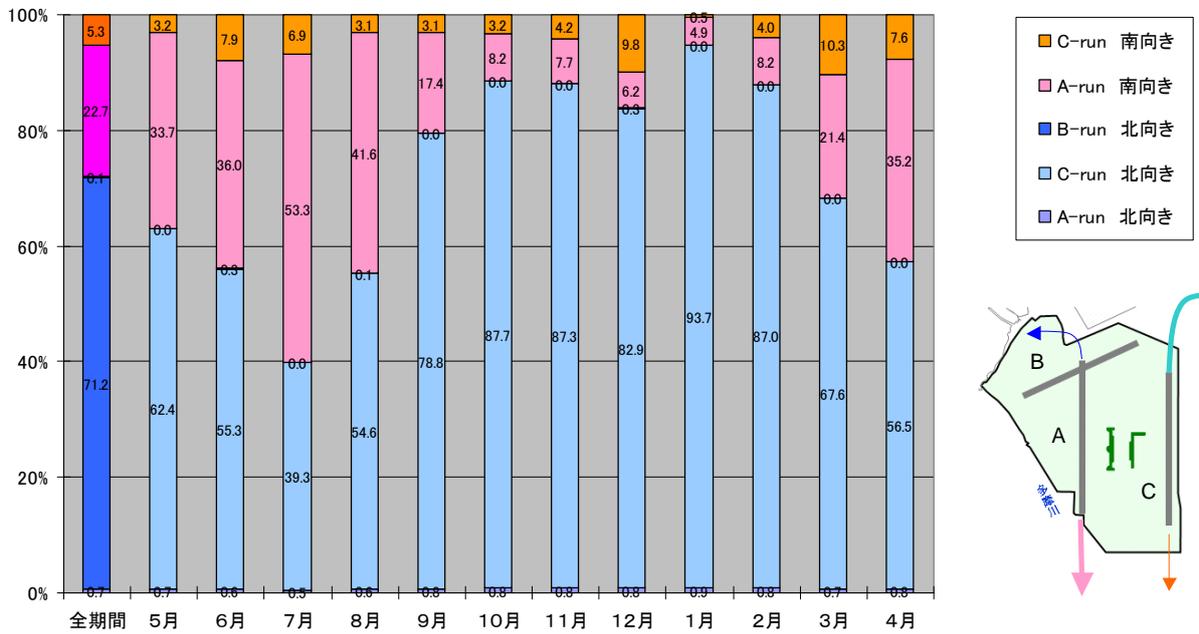
(1-3) 離陸時の滑走路別利用割合

- 離陸時の滑走路別利用割合を方向別に図示したもの

羽田空港 離陸時 滑走路別利用割合



羽田空港 離陸時 滑走路別利用割合

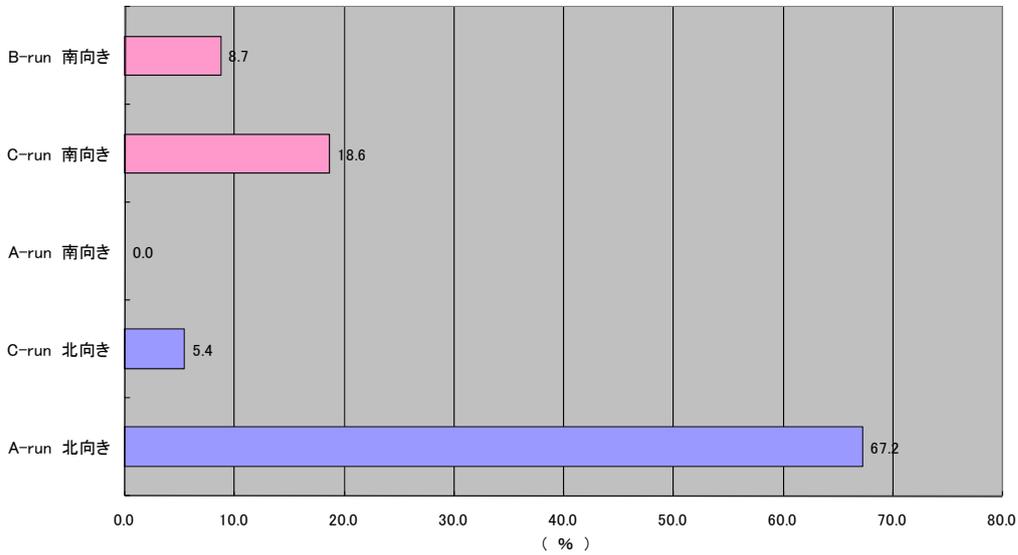


- 年間では、Cラン北向き離陸が約7割、Aラン南向き離陸が約2割である
- Bランを利用した北向き離陸はほとんど行われていない
- Aラン北向き離陸は、午前7時台の出発混雑時のみ行われている（ハミングバード）

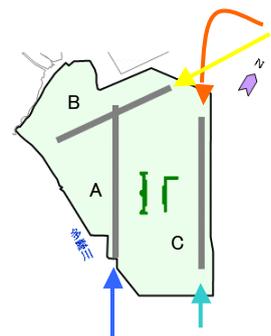
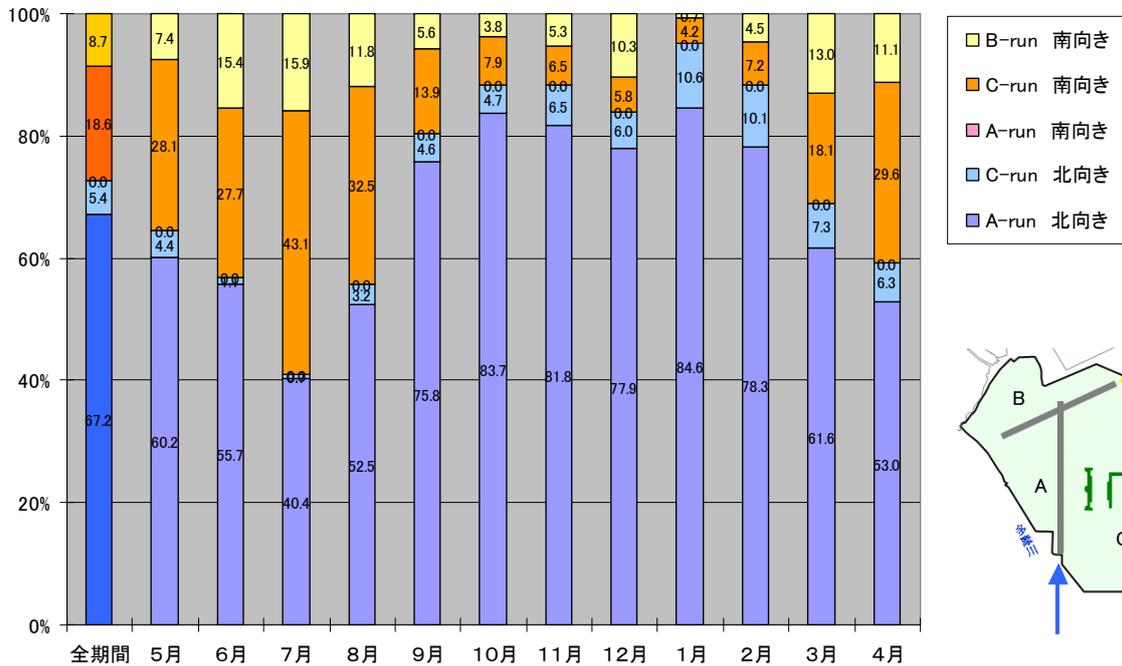
(1-4) 着陸時の滑走路別利用割合

- ・ 着陸時の滑走路別利用割合を方向別に図示したもの

羽田空港 着陸時 滑走路別利用割合



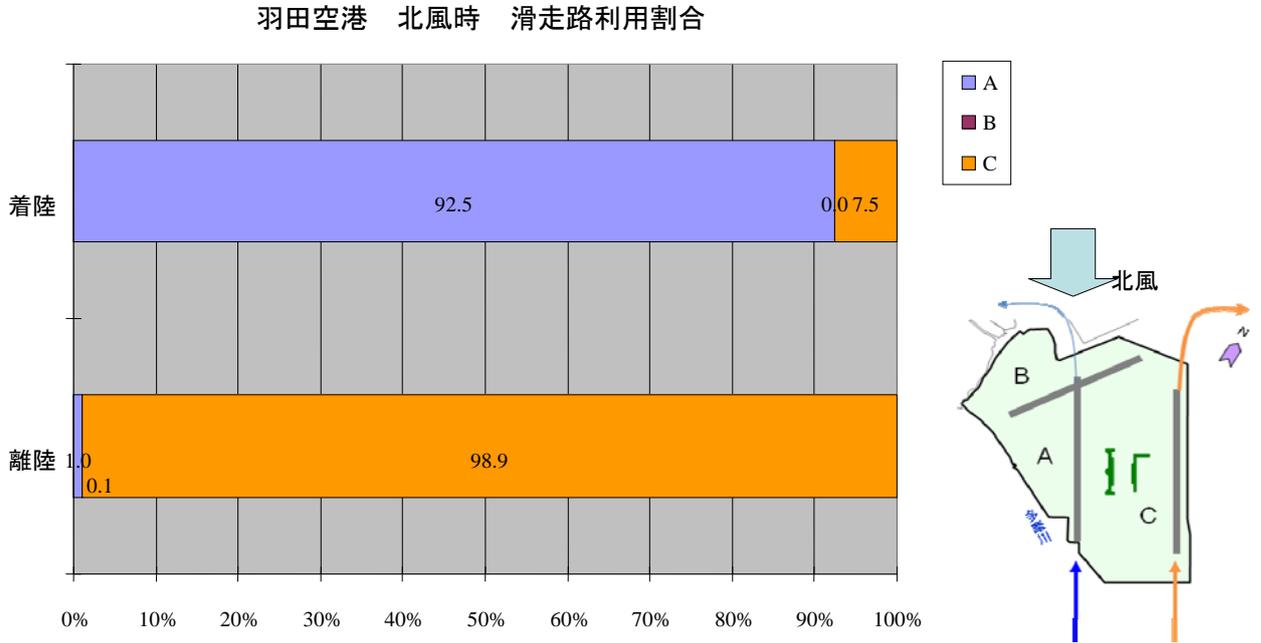
羽田空港 着陸時 滑走路別利用割合



- ・ 年間では、Aラン北向き着陸が約7割、Cラン南向き着陸が約2割、Bラン南向き着陸が約1割である
- ・ Bラン南向き着陸は、視界不良時または横風時に行われている
- ・ Bラン北向き着陸、Aラン南向き着陸は行われていない

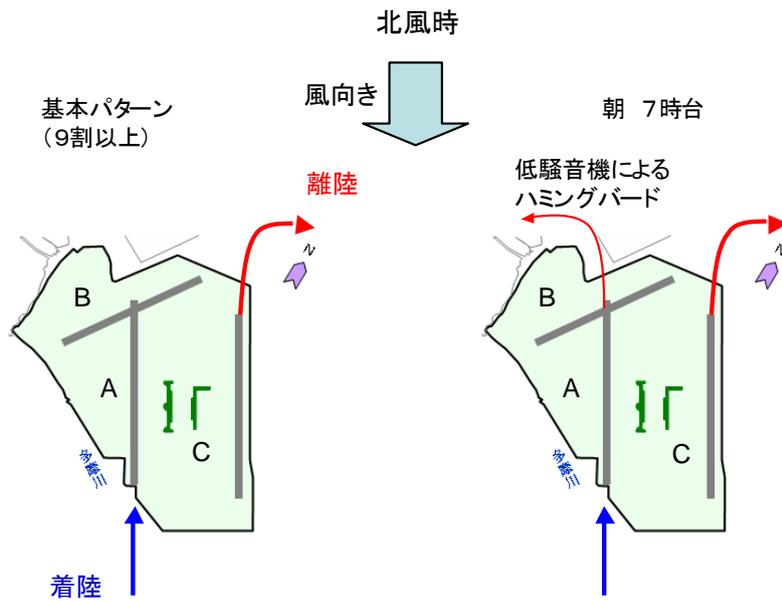
(1-5) 北風時の滑走路利用割合

- 北風時における離着陸の滑走路利用割合を図示したもの



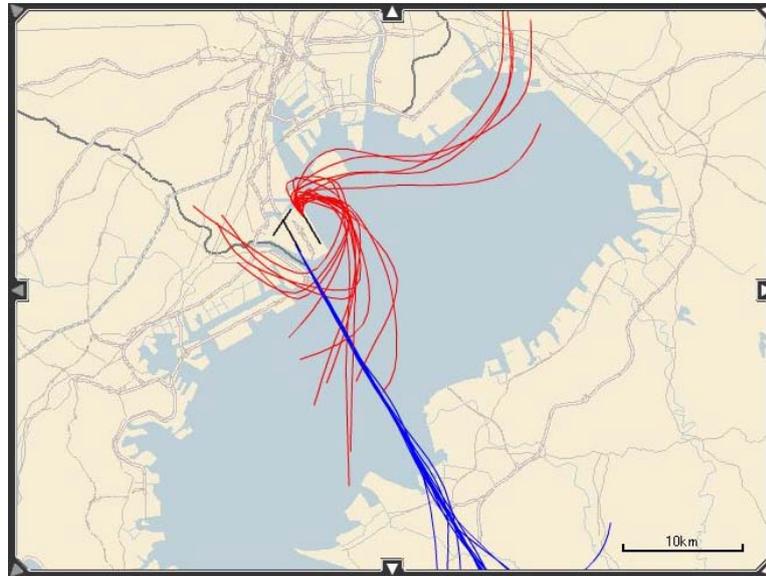
- 北風時の着陸は9割強がAランを利用し、離陸は約99%がCランを利用している
- Bランを利用した離着陸は行われていない

(1-6) 北風時の離着陸パターン



羽田空港の離着陸パターン 北風時

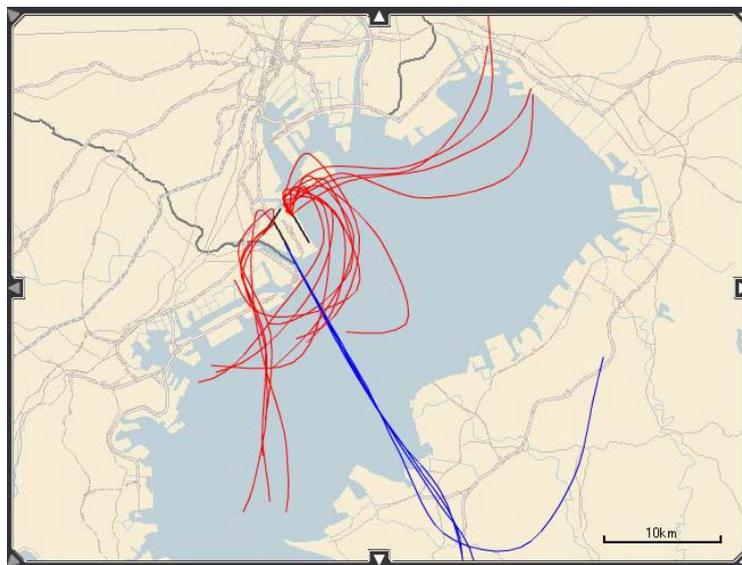
基本パターン
(9割以上)



2008年11月15日 10:00~10:30

北風時

朝 7時台

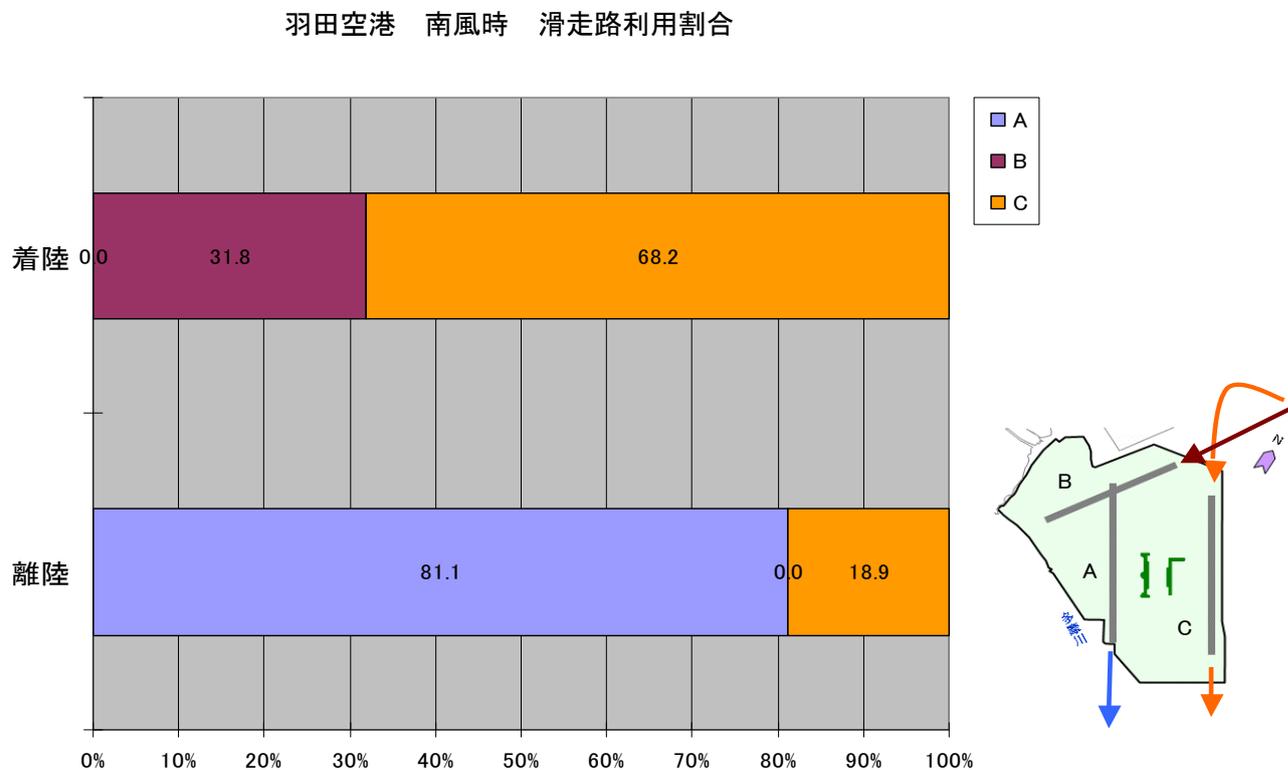


2008年11月15日 7:30~8:00

- ・ 5機に限り低騒音機によるAラン離陸・左旋回が行われている (ハミングバード)

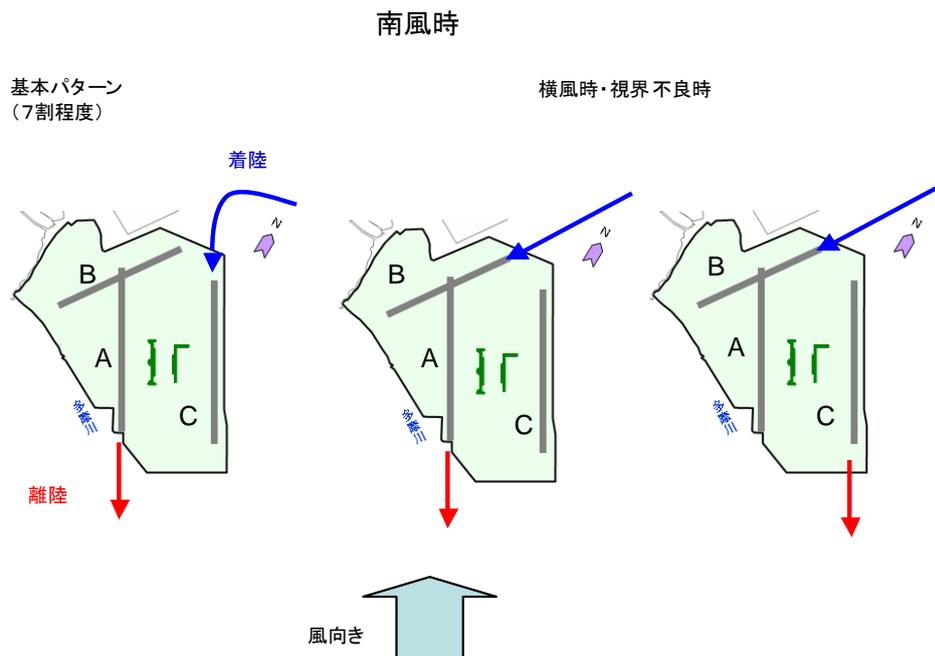
(1-7) 南風時の滑走路利用割合

- 南風時における離着陸の滑走路利用割合を図示したもの



- 南風時の着陸は、Cラン利用が7割弱で、Bラン利用が3割強となっている
- 南風時の離陸は、Aラン利用が8割強で、Cラン利用が2割弱となっている

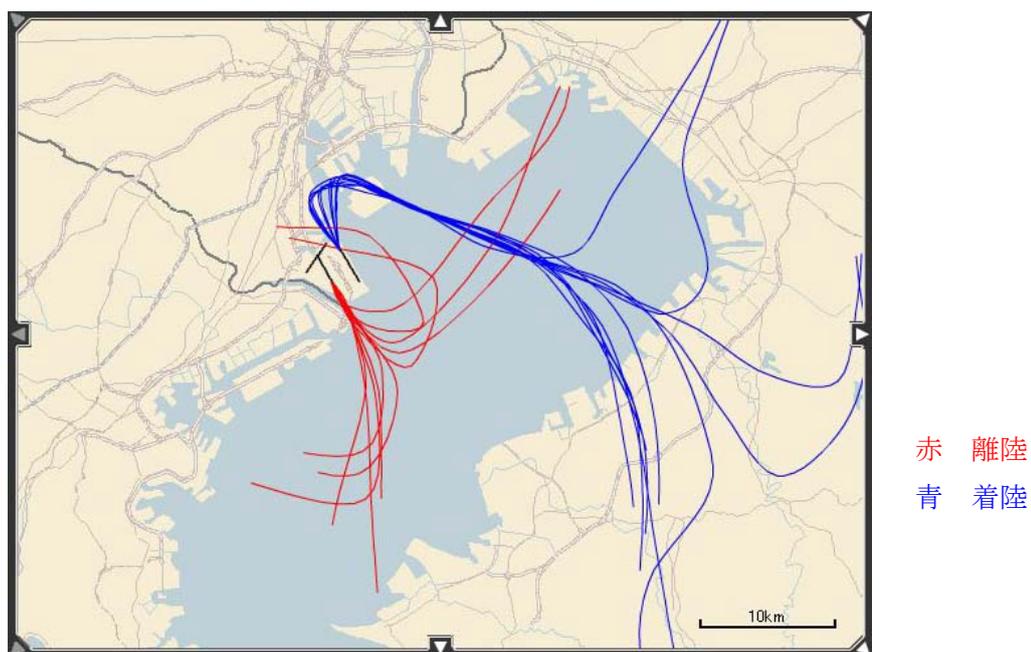
(1-8) 南風時の離着陸パターン



- ・ 南風時の離着陸は、Cランへ着陸し、Aランから離陸するパターンが7割程度となっている
- ・ Bラン着陸時には、Aラン、Cランの両方を利用して離陸する場合がある
- ・ Bラン利用時間が長くなる場合は、Cラン離陸が多くなる傾向がうかがえる

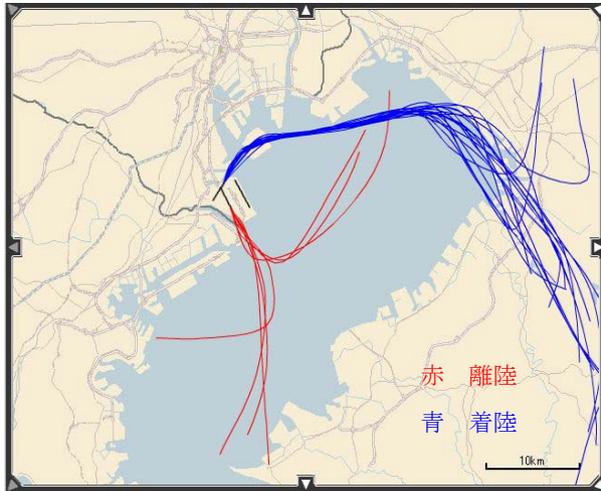
羽田空港の離着陸パターン 南風時

基本パターン (7割程度)



2008年11月18日 15:00~15:30

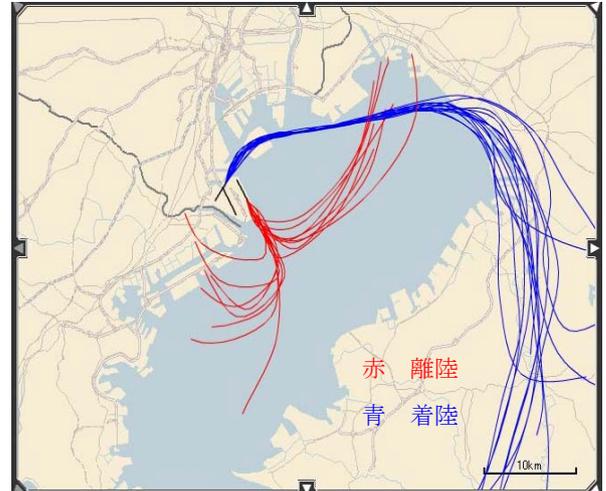
横風時・視界不良時



2008年11月6日 20:40~21:10

Cランへの旋回着陸を避けてBランに着陸する

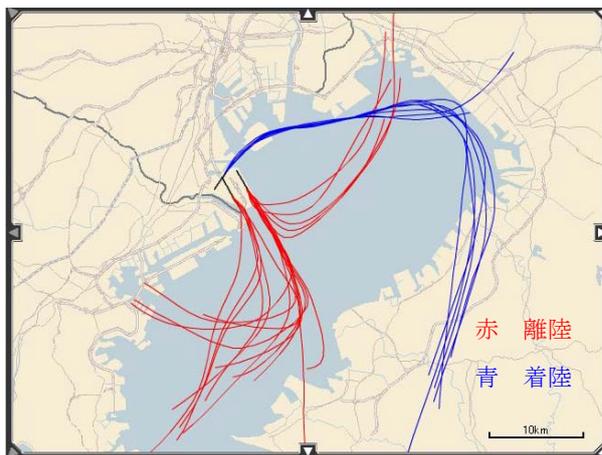
横風時・視界不良時



2008年11月19日 11:00~11:30

Bラン利用時間が長時間に及ぶ場合等は、
Cランを利用して離陸

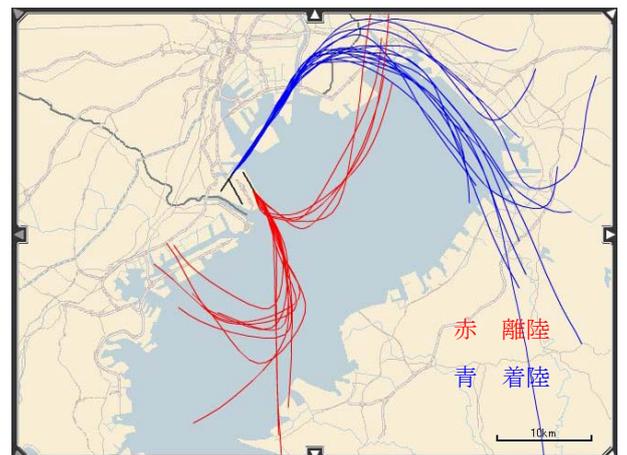
横風時・視界不良時



2008年6月20日 7:35~8:05

出発便数が多い時間帯は、A、Cランから、
から離陸

横風時・視界不良時

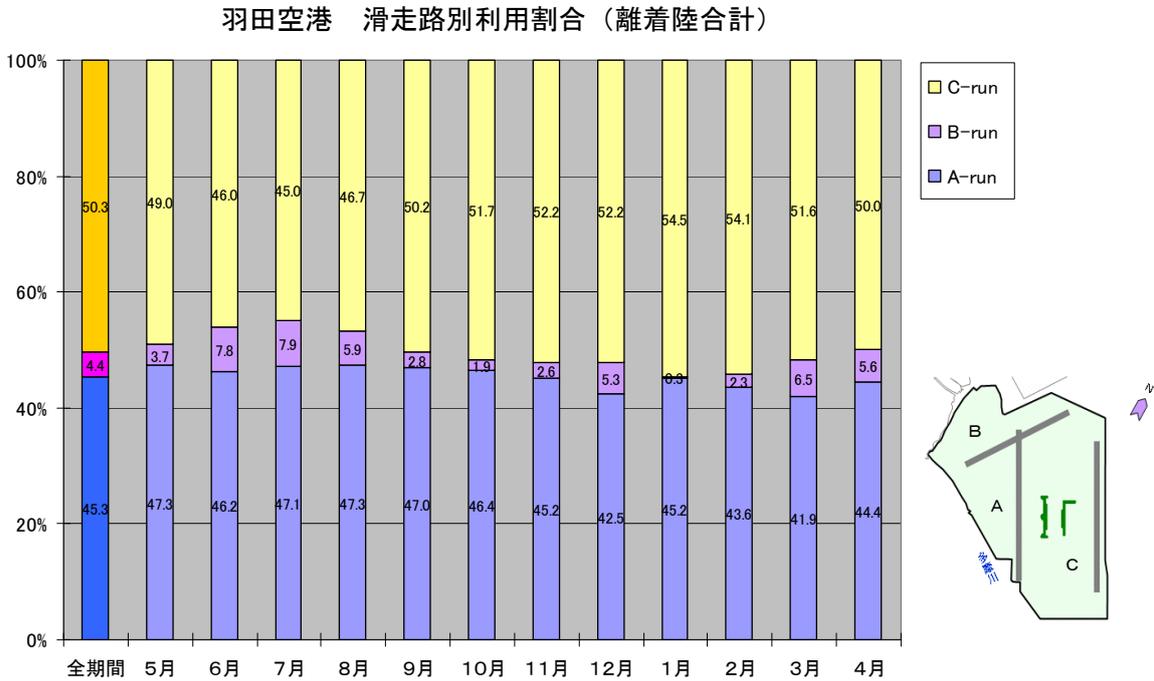


2008年6月20日 17:25~17:55

さらに視界が悪い時はBラン着陸機が、浦安上空
から直線的に進入している

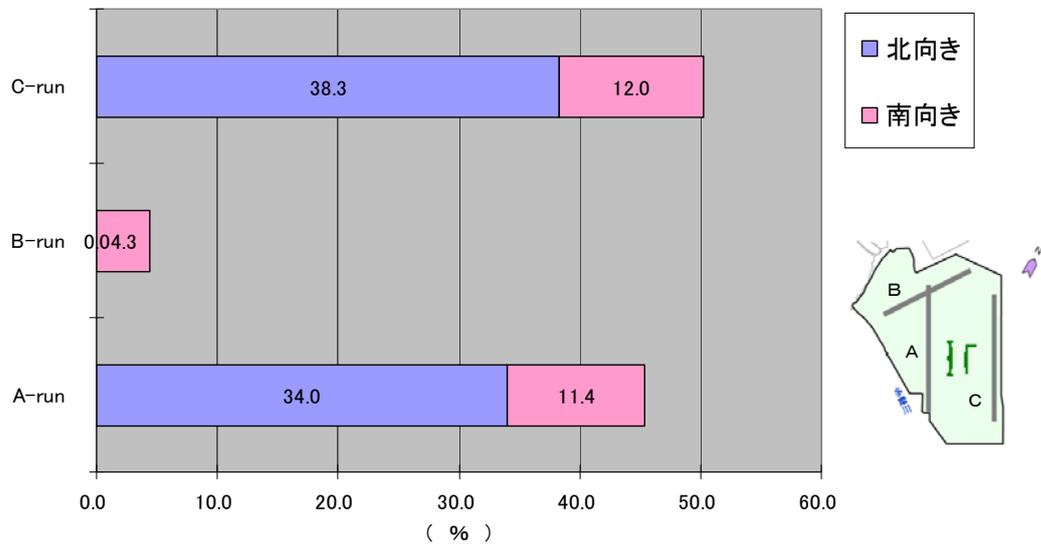
(1-9) 滑走路の利用割合

- 離着陸全体に対する滑走路別の利用割合を月毎に図示したもの



- Cラン約50%、Aラン約45%、Bラン約5%となっている
- Bラン利用は南風運用時の着陸のみとなっている

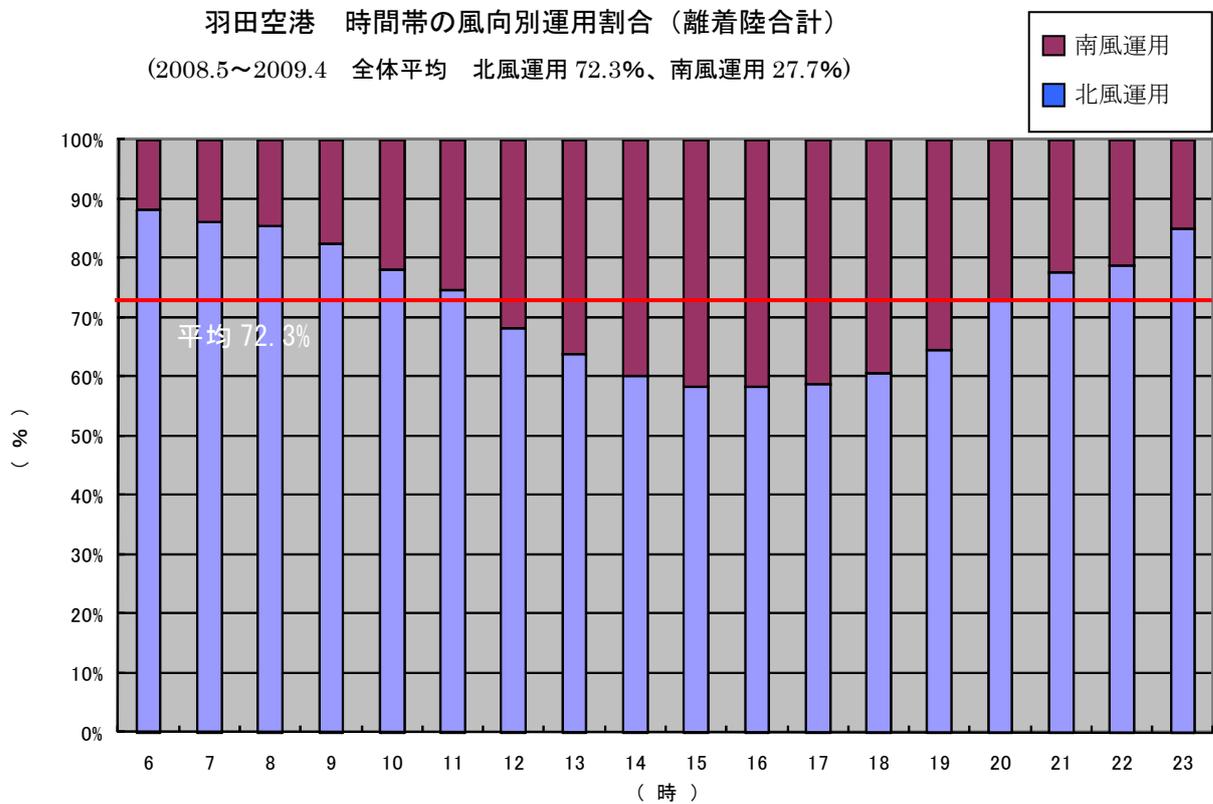
羽田空港 滑走路の方向別利用割合 (離着陸合計)



- A、Cランは北向き利用が約75%、南向き利用が約25%となっている
- Bランは、専ら南向きの着陸に利用されている
- 滑走路1本当たりの離着陸回数を計算すると、滑走路3本の羽田の値は福岡空港や那覇空港 (いずれも滑走路1本) の値を下回るが、AランとCランに着目すると、これらを上回ることになる。

(1-10) 時間帯別の風向別運用割合

- 2008年5月から2009年4月までの風向別運用割合を、時間帯別に図示したもの



- 南風運用は昼の時間帯に多くなる傾向が見られ、夏場の海風の影響がうかがえる。

2. 空港における地上走行時間に関する調査結果

目 次

- (1) 調査概要
- (2) 調査結果
 - (2-1) 月別、時間帯別の有効データ数
 - (2-2) 空港別の有効データ数
 - (2-3) 状況別の有効データ数
 - (2-4) 空港における地上走行時間
 - (2-5) 出発時間帯別の離陸までの平均時間
 - (2-6) 着地から滑走路を離脱するまでの時間の分布
 - (2-7) 機材別の着地から滑走路を離脱するまでの時間の分布
 - (2-8) 羽田空港 滑走路別の着地から滑走路を離脱するまでの時間
 - (2-9) 羽田空港 着陸～到着ゲート間で一時停止をしたケースの利用滑走路
 - (2-10) 羽田空港 利用滑走路別・利用ターミナル別の到着ゲートまでの平均時間
 - (2-11) 羽田空港 利用ターミナル別・利用滑走路別 離陸までの平均時間
 - (2-12) 羽田～新千歳 飛行時間の分布
 - (2-13) 羽田～福岡 飛行時間の分布
 - (2-14) 羽田～新千歳 平均所要時間
 - (2-15) 予定時間と実際の時間の差分布
 - (2-16) 羽田空港出発便 出発遅れ時間と到着遅れ時間の相関
 - (2-17) 羽田空港到着便 出発遅れ時間と到着遅れ時間の相関
 - (2-18) 風の塔から滑走路着地までの所要時間と平均速度
 - (2-19) 新千歳空港における滑走路利用状況
 - (2-20) 福岡空港における滑走路利用状況
 - (2-21) 羽田空港における出発便・到着便数（参考）

(1) 調査概要

空港技術専門委員会委員を中心とする会員各社の社員が実際に航空機に搭乗した際に、離発着時間や滑走路走行時間を調査票に記入してもらうことでデータを収集し集計を行った。

空港における地上走行時間の分析を行うに当たり、使用した調査表を以下に示す。

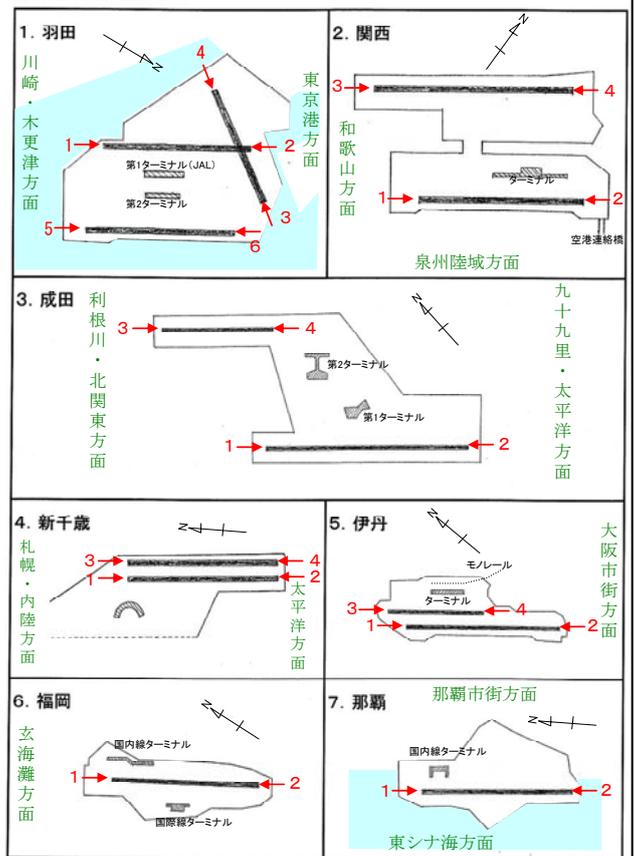
離発着時間、地上走行時間、滑走路占有時間から構成され、これに目的地別、主要空港別、航空会社別を加え、さらに各空港の離発着方向を加え、正確な分析が行えるように構成されている。

調査期間は1年間（H20.5～H21.4）で、得られた全データ数は1,683便である。

空港における地上走行時間に関する調査票				整理番号	
調査者	所属	名前			
搭乗日	H 年 月 日	記事		トラブル発生、悪天候など	
離陸空港	1.羽田 2.関西 3.成田 4.新千歳 5.伊丹 6.福岡 7.那覇 8.その他()				
	天気	1.晴 2.曇 3.雨 4.雪 5.霧 6.その他()			
着陸空港	1.羽田 2.関西 3.成田 4.新千歳 5.伊丹 6.福岡 7.那覇 8.その他()				
	天気	1.晴 2.曇 3.雨 4.雪 5.霧 6.その他()			
航空会社	1. JAL 2. ANA 3. JTA 4. SNA 5. SKY 6. ADO 7. SFJ 8. その他()				
機材	1. B747 2. B777 3. B767 4. B737 5. A300 6. A320 7. MD90 8. MD81 9. DHC8 10. その他()	便名			
時刻表の予定時間		出発時間	時 分	到着時間	時 分
離陸時	搭乗ゲート番号				
	ゲート出発時間	時 分 秒	飛行機が牽引車に押されて動き出した時間		
	滑走路進入方向		空港ごとに別紙凡例の番号を記入 (8. その他空港の場合は無記入)		
着陸時	離陸開始時間	時 分 秒	飛行機が滑走路上で加速を開始した時間		
	滑走路進入方向		空港ごとに別紙凡例の番号を記入 (8. その他空港の場合は無記入)		
	滑走路着地時間	時 分 秒	飛行機の車輪が滑走路に着地した時間		
	滑走路離脱時間	時 分 秒	飛行機が滑走路を離脱し誘導路に入った時間		
	ゲート到着時間	時 分 秒	飛行機が停止しベルト着用サインが消えた時間		
	ゲート到着までの一時停止の回数	0回 1回 2回 3回以上	30秒程度以上の一時停止回数		
	到着ゲート番号				

(社)海洋協 空港技術専門委員会

滑走路進入方向 凡例



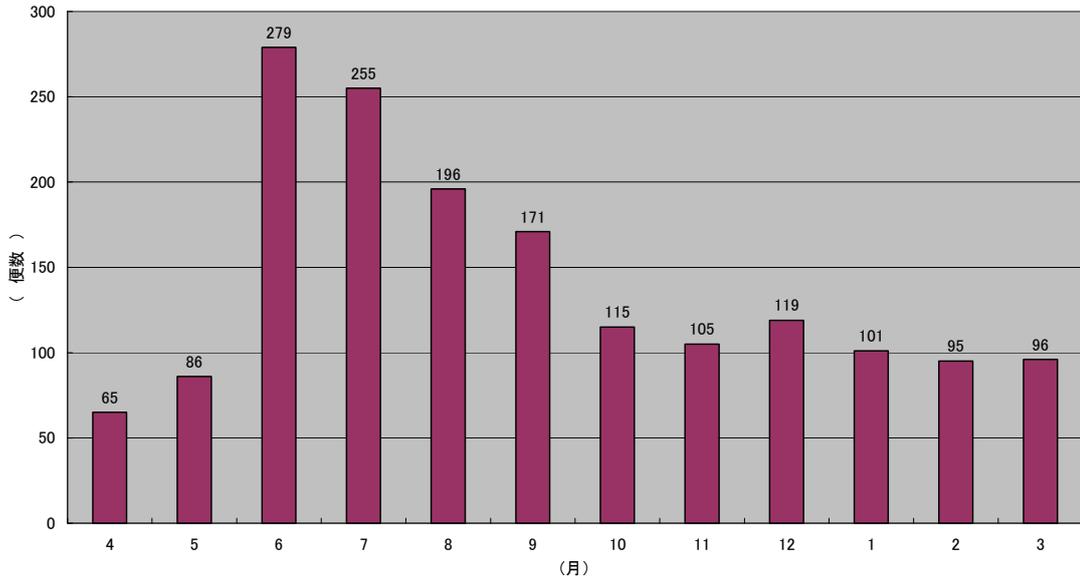
(2) 調査結果

(2-1) 月別、時間帯別の有効データ数

【月別データ数】

- ・ 月平均 140 件となっている

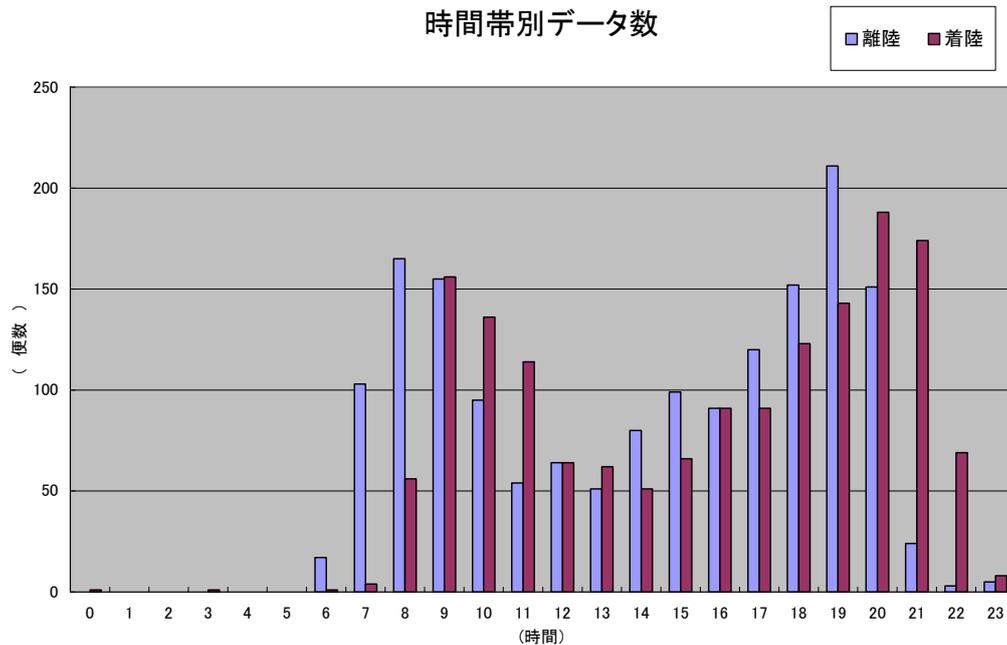
月別データ数



【時間帯別データ数】

- ・ 時間帯別には離陸 1,640 便、着陸 1,600 便のデータが得られている
- ・ 航空機を利用しての出張時のデータが主のため、朝と夜のデータが多い

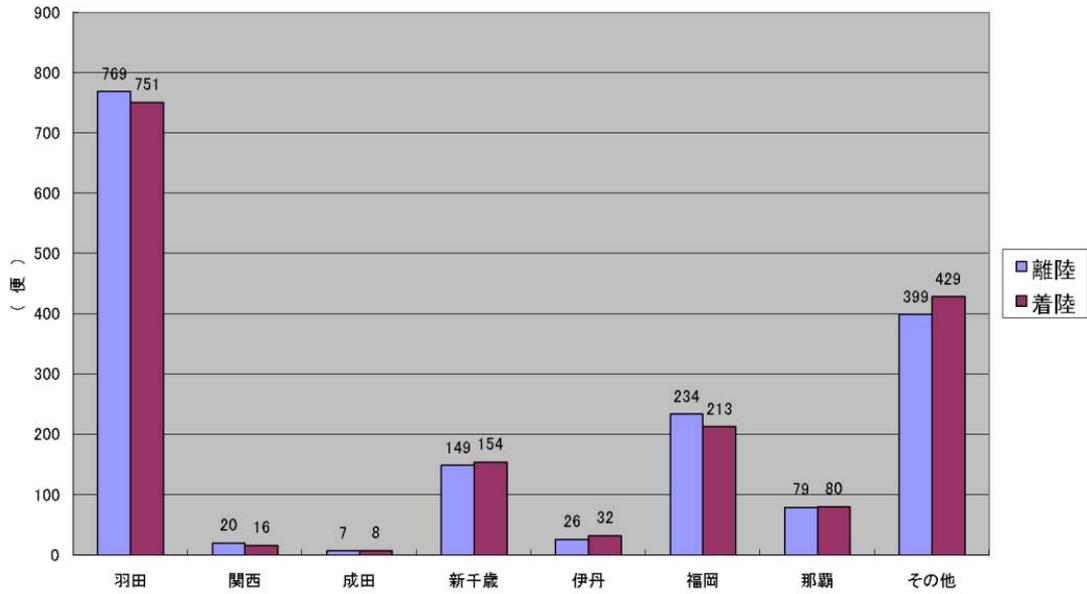
時間帯別データ数



(2-2) 空港別の有効データ数

- 空港別有効データは発着合計で3,366件、内訳は羽田1,520件(45%)、その他1,846件(55%)となっている

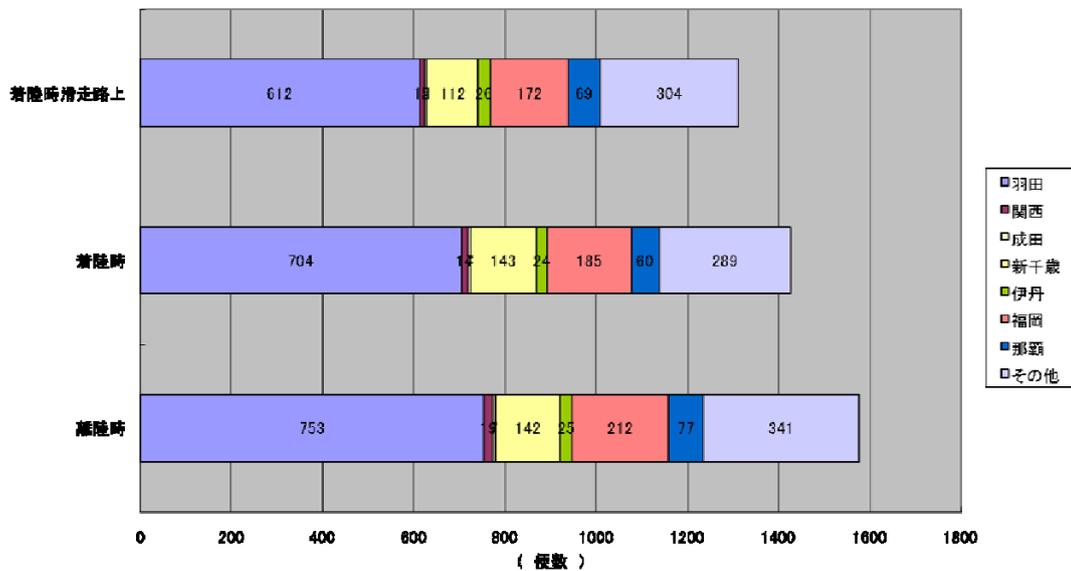
空港別のデータ数



(2-3) 状況別の有効データ数

- 離陸時、着陸時、着陸時滑走路上で区分した有効データ数を図示している
- 着陸時の滑走路データは、滑走路離脱時間などの取得に難しい面があるため少なくなっている

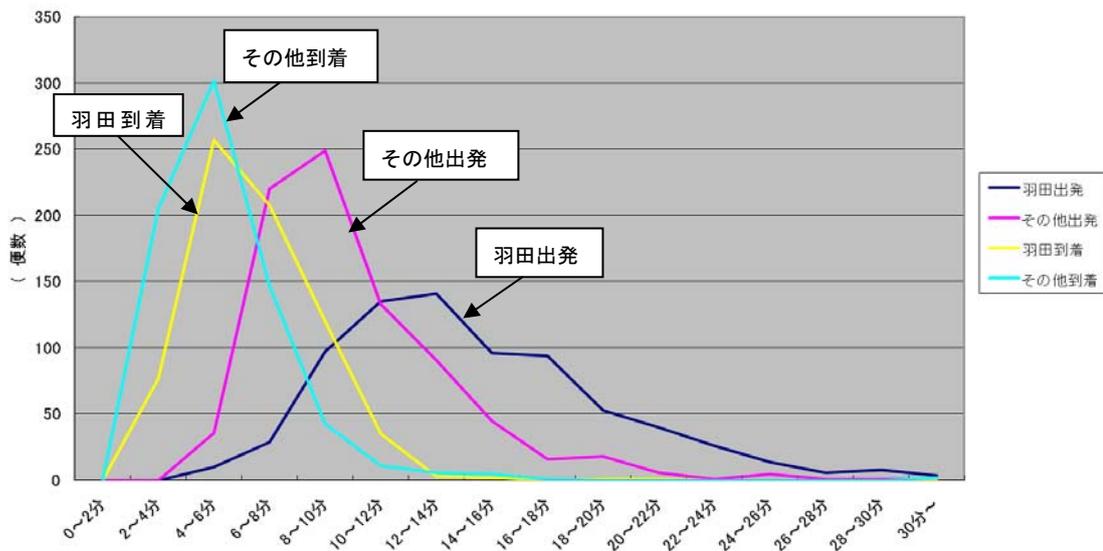
空港別の有効データ数



(2-4) 空港における地上走行時間

- ・ 出発または到着時の地上走行時間の分布を、羽田空港とその他空港に分けて図示したもの
- ・ 出発時の時間は、飛行機が出発ゲートを動き出してから、滑走路上で加速を開始するまでの時間
- ・ 到着時の時間は飛行機が着地してから、到着ゲートに到着し、ベルト着用サインが消えるまでの時間
- ・ データ数は、(羽田) 出発 753 便、到着 704 便
(その他) 出発 823 便、到着 722 便
- ・ 平均時間は、(羽田) 出発 14.5 分、到着 6.5 分
(その他) 出発 10.1 分、到着 5.5 分

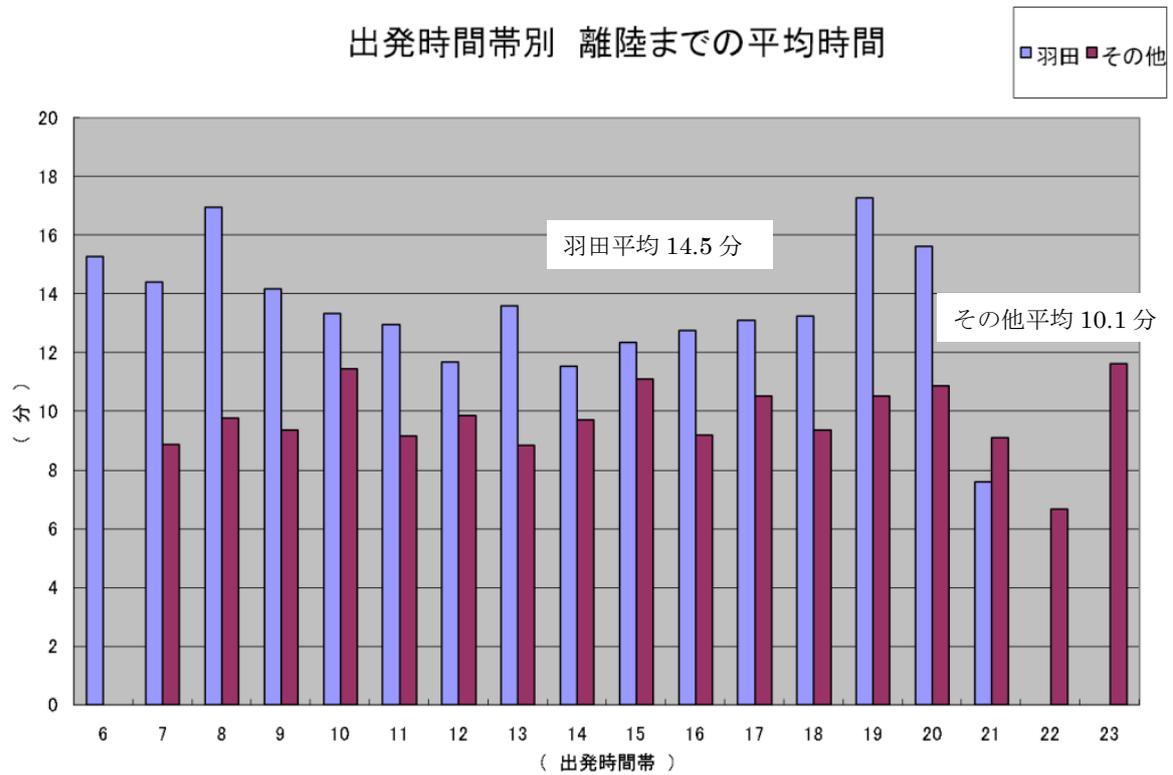
空港における地上走行時間の分布



- ・ 出発、到着とも、羽田空港の方がその他空港より時間がかかっている
- ・ 特に、出発の場合の差が大きい
- ・ これらの要因としては、空港面積が広く滑走路までの距離が長いことと、羽田空港の混雑の影響が考えられる

(2-5) 出発時間帯別の離陸までの平均時間

- ・ 羽田は朝と夜の平均時間が長くなっているのに対し、その他空港では時間帯による差が少ない
- ・ この結果、特に朝と夜で羽田とその他空港の差が大きくなっており、羽田空港の混雑の状況がうかがえる

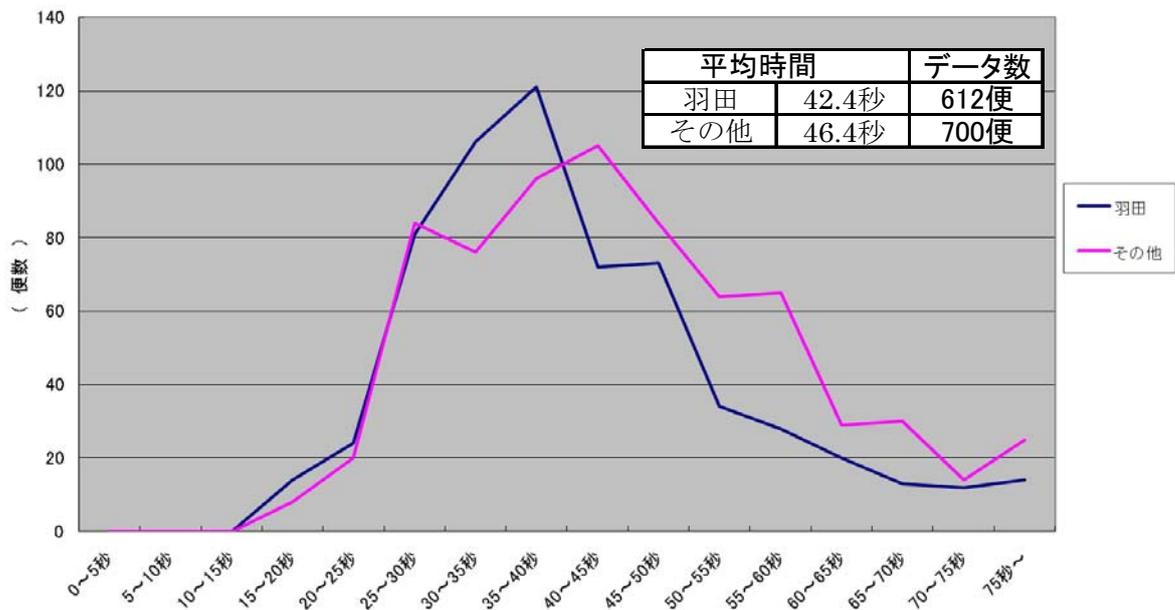


データ数は、羽田 753 件、その他 821 件である

(2-6) 着地から滑走路を離脱するまでの時間の分布

- ・ 図は着陸する航空機が滑走路に着地してから滑走路を離脱するまでの時間を羽田空港とその他空港に区分して示したもの
- ・ 40秒程度がピークであるが、全体的にバラツキが多い
- ・ 平均値では羽田が42.4秒とその他空港より4秒短くなっている
- ・ この要因として、羽田の高速離脱誘導路の整備水準が高いこと、後続機を考慮して滑走路を早めに空けようとするパイロットの意識などが要因と思われる

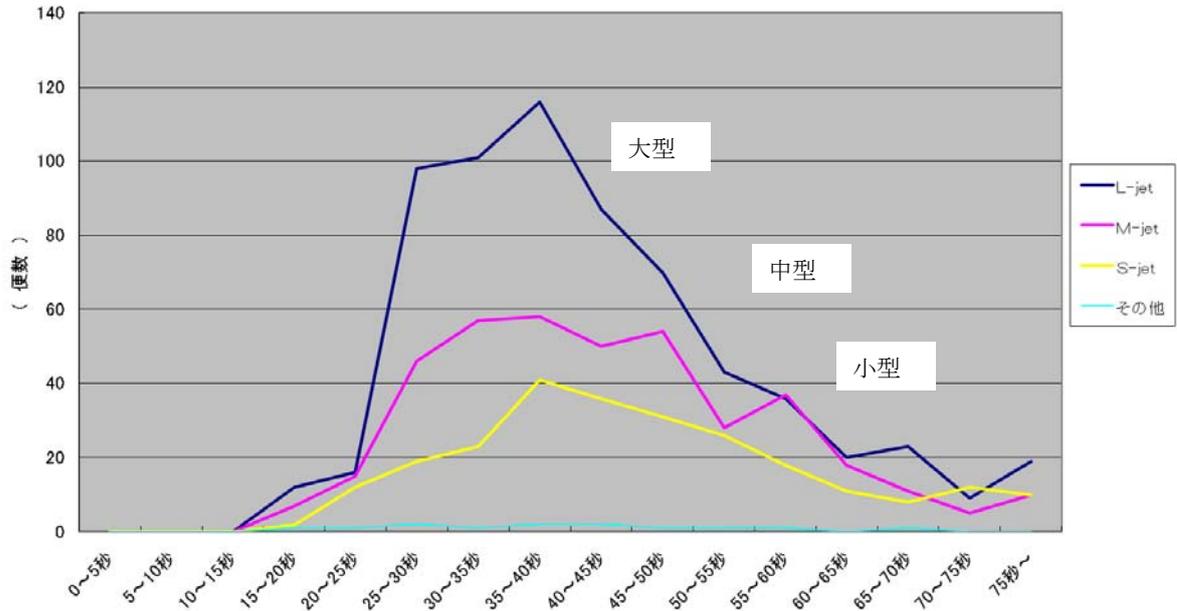
着地から滑走路を離脱するまでの時間の分布



(2-7) 機材別の着地から滑走路を離脱するまでの時間の分布

- ・ 図は着地してから滑走路を離脱するまでの時間を機材の大きさで区分して図示したもの
- ・ 大型機になるほど短い傾向がみられる

機材別 着陸時滑走路走行時間の分布



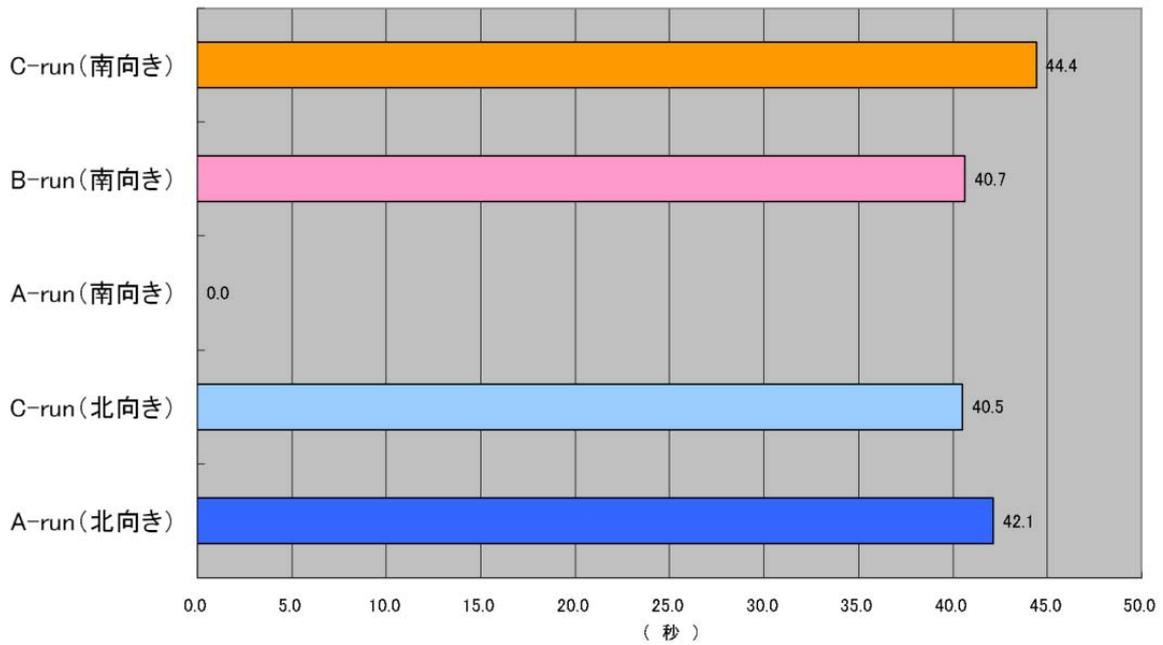
データ数と機材別平均値

	大型	中型	小型	その他
平均時間	43.4	44.6	47.5	41.2
データ数	650	396	249	13

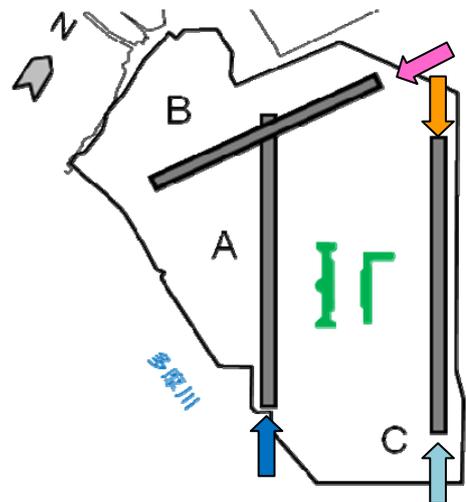
(2-8) 羽田空港 滑走路別の着地から滑走路を離脱するまでの時間

- ・ 図は羽田空港を対象に滑走路別に着地から滑走路離脱するまでの平均時間を示したものの
- ・ 使用滑走路、着陸方向によって大きな差はみられない

滑走路別の着地から滑走路を離脱するまでの時間



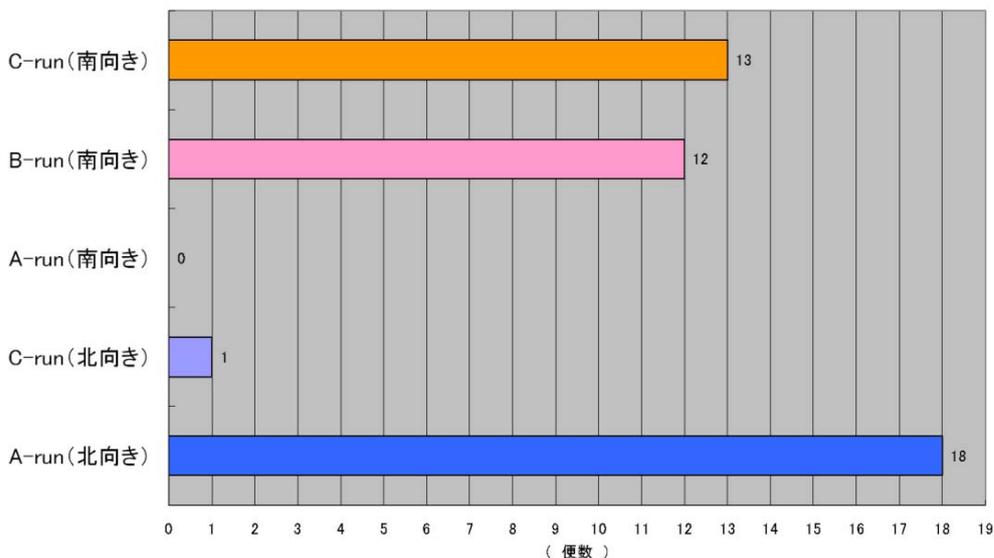
- ・ データ数はC滑走路南向き 137 便、B滑走路南向き 69 便、C滑走路北向き 19 便、A滑走路北向き 383 便



(2-9) 羽田空港 着陸～到着ゲート間で一時停止をしたケースの利用滑走路

- 図は羽田空港に着陸した航空機が到着ゲートに到着するまでの間に 30 秒程度以上の一時停止をした便数を滑走路別に示したもの

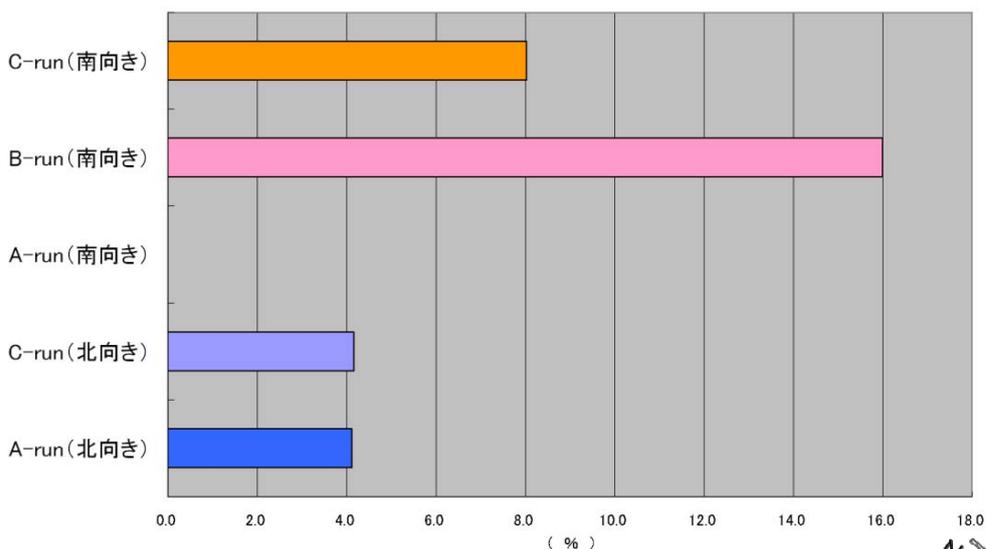
羽田空港 着陸～到着ゲート間で一時停止をしたケースの利用滑走路



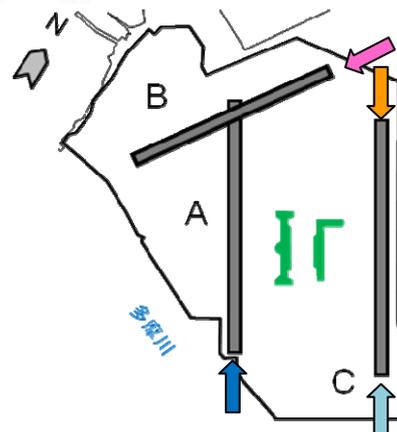
【羽田空港 着陸滑走路別 到着ゲートまでの一次停止割合】

- 図は羽田空港に着陸した航空機が到着ゲートに到着するまでの間に 30 秒程度以上の一時停止をした割合（一時停止便数／着陸便数）を滑走路別に示したもの

羽田空港 着陸滑走路別 到着ゲートまでの間の一時停止割合



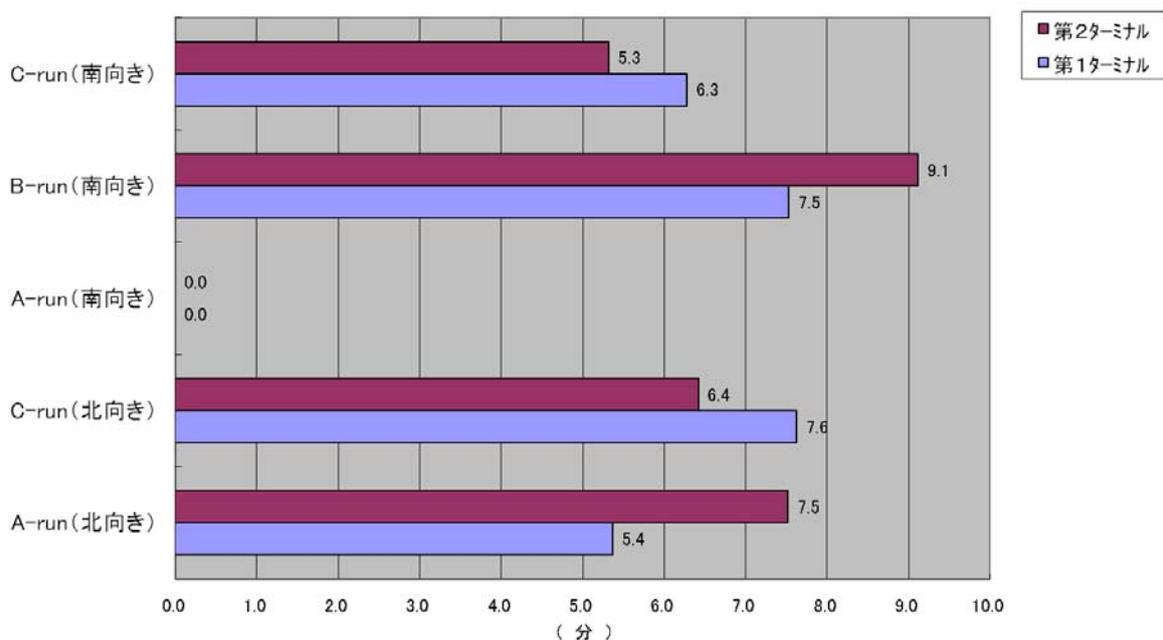
- 一時停止をした割合は、B滑走路に南向きに着陸した場合が最も多く、6便に1便程度の割合になっている
- この要因としてはB滑走路に着陸した場合には到着ゲートまでの間にA滑走路を横断する必要があるためと考えられる
- 一時停止を計算する上で全体の着陸便数はC滑走路南向き 162便、B滑走路南向き 75便、C滑走路北向き 24便、A滑走路北向き 438便



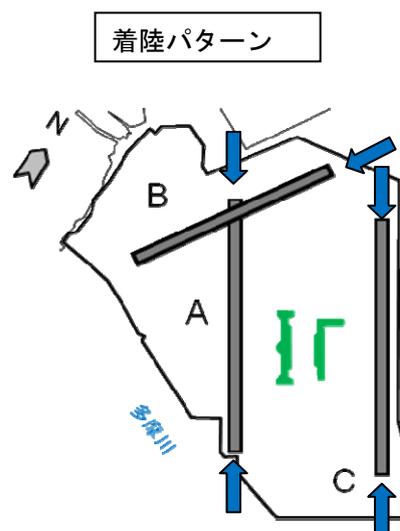
(2-10) 羽田空港 利用滑走路別・利用ターミナル別の到着ゲートまでの平均時間

- ・ 図は、航空機が着地してから到着ゲートに到達するまでに要した時間を利用滑走路別、利用ターミナル別に示したもの
- ・ 例えばC滑走路に着陸した場合には、反対側の第1ターミナルに到着する場合の方が時間がかかっているなど、ターミナルまでの距離が長いほど所要時間が長くなっている
- ・ 特にBラン南向きに着陸すると、第2ターミナルまでの走行距離が長いため時間を要している

羽田空港 利用滑走路別・利用ターミナル別 到着ゲートまでの平均時間



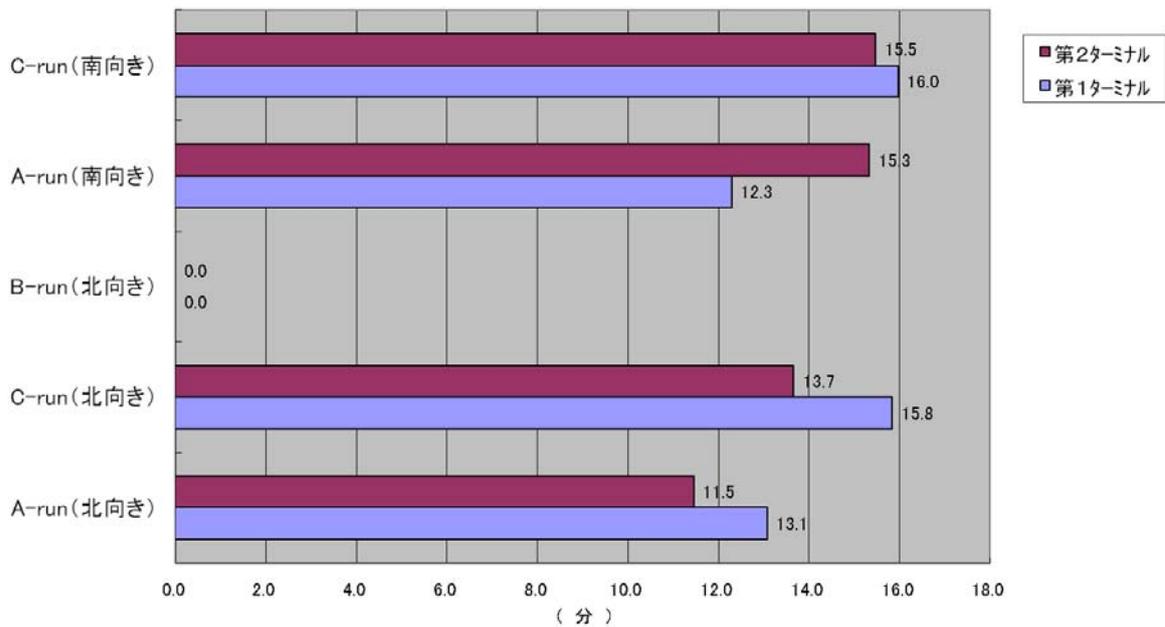
- ・ データ数は、第1ターミナル 344 便、第2ターミナル 355 便
(滑走路別のデータ数は、前項と同じ)



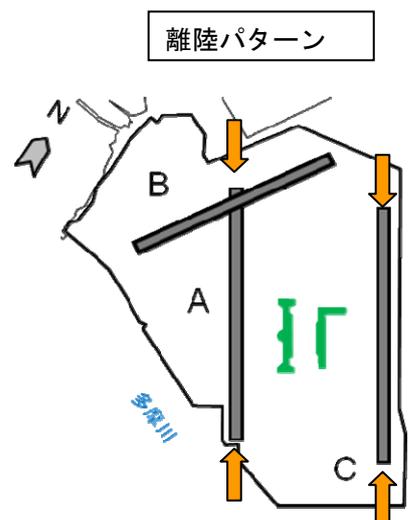
(2-1-1) 羽田空港 利用ターミナル別・利用滑走路別 離陸までの平均時間

- ・ 図は、出発機が出発ゲートを離れて滑走路上で離陸のための加速を開始するまでの平均時間を利用滑走路別、利用ターミナル別に示したものである
- ・ 基本的には滑走路までの距離が長いほど時間を要する傾向が見られるが、到着の場合ほど顕著ではなく、混雑による影響も大きいものと考えられる
- ・ A滑走路北向き離陸の場合には、近接している第1ターミナルの方が時間を要しているが、これはデータ数も少なく、ハミングバード離陸という特殊な要因によるものと考えられる

羽田空港 利用ターミナル別・利用滑走路別 離陸までの平均時間

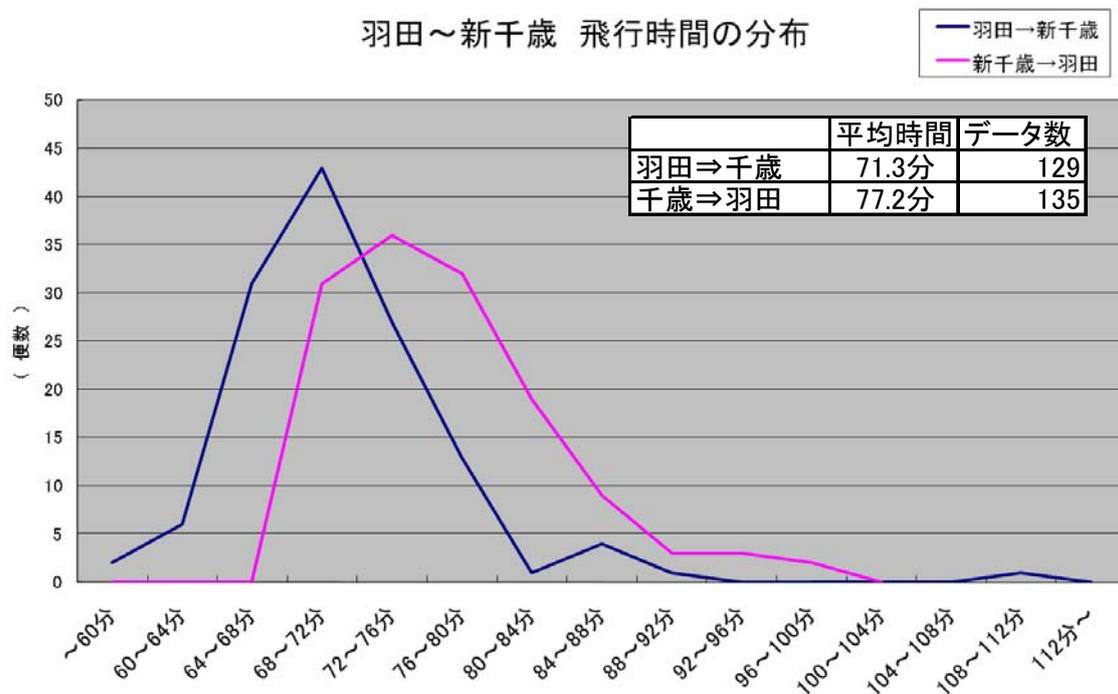


- ・ データ数は第1ターミナル 375 便、第2ターミナル 364 便、滑走路別には、C滑走路南向き 52 便、A滑走路南向き 208 便、C滑走路北向き 466 便、A滑走路北向き 13 便



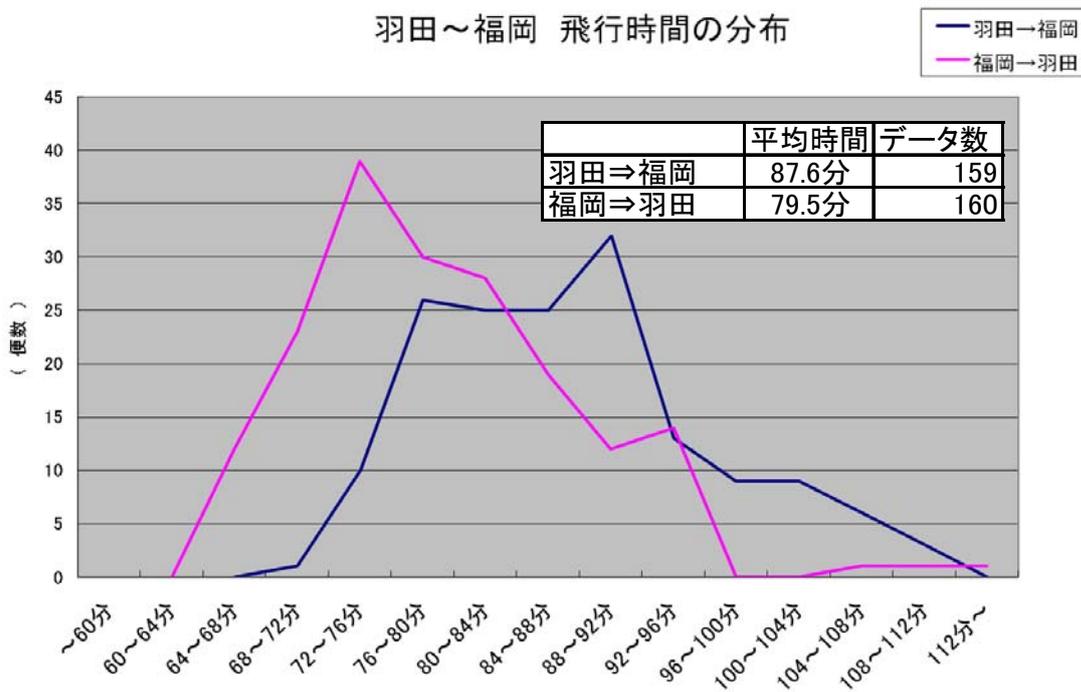
(2-12) 羽田～新千歳 飛行時間の分布

- ・ 図は、羽田～新千歳の便を対象に、離陸を開始してから到着空港の滑走路に着地するまでの所要時間の分布を示したもの
- ・ 両方向とも気象条件等により、かなり変動している
- ・ 平均時間では北向き（羽田⇒新千歳）が南向きより約6分短くなっている



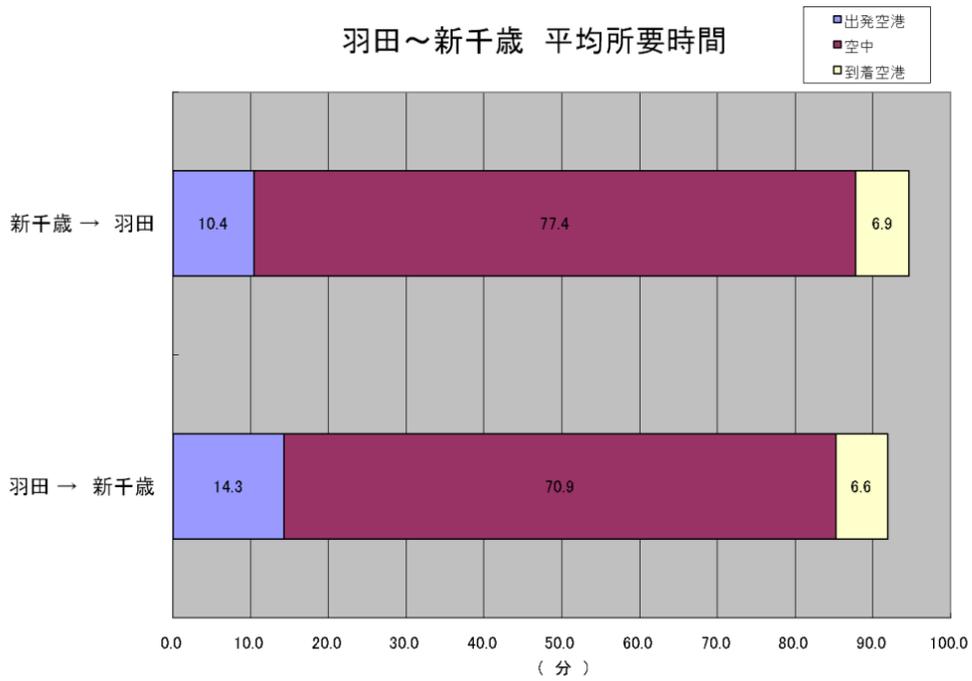
(2-13) 羽田～福岡 飛行時間の分布

- ・ 図は、羽田～福岡の便を対象に、離陸を開始してから到着空港の滑走路に着地するまでの所要時間の分布を示したもの
- ・ 両方向とも気象条件等により、かなり変動している
- ・ 平均時間では西向き（羽田⇒福岡）が東向きより約8分長くなっている



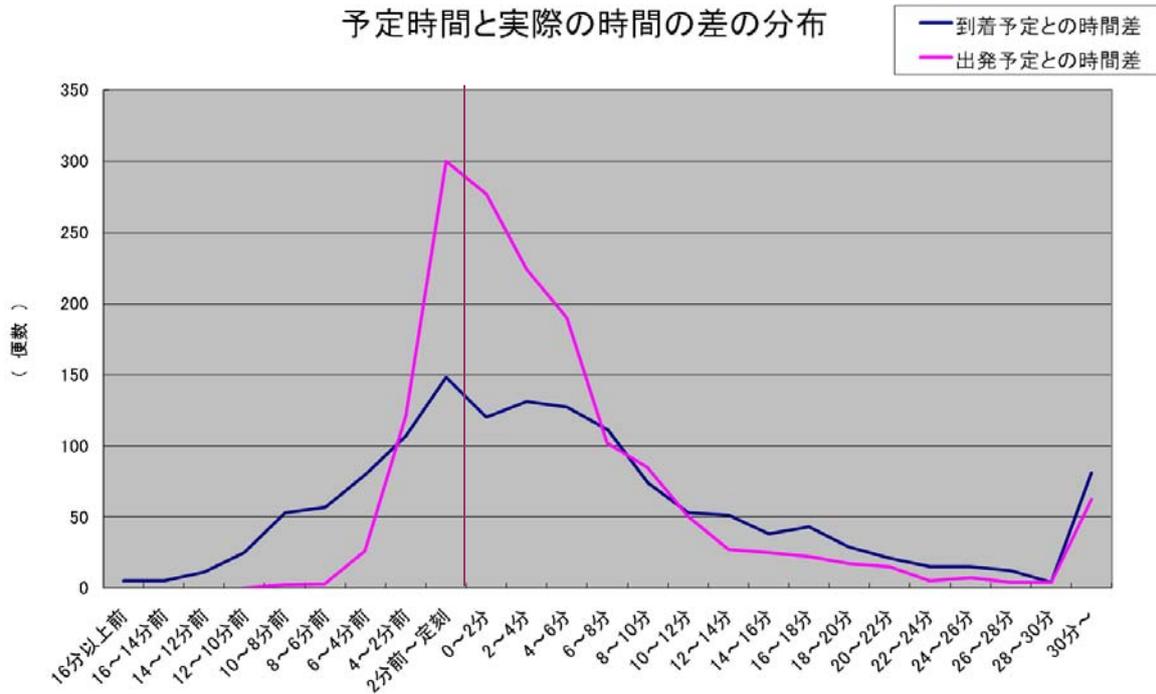
(2-14) 羽田～新千歳 平均所要時間

- ・ 図は、羽田～新千歳の便を対象に、航空機が出発ゲートを離れてから到着空港の到着ゲートに到着するまでの平均時間を、出発空港側で要した時間、飛行中の時間、到着空港側で要した時間に区分して示したもの
- ・ 全体の所要時間に対し、約2割の時間は地上（空港）で費やしていることがわかる
- ・ 特に、到着空港での時間があまり変わらないのに対し、出発空港で要する時間は、羽田発の便の方が4分程度長くなっており、羽田空港の混雑の影響がうかがえる
- ・ データ数は両方向とも124便



(2-15) 予定時間と実際の時間の差分布

- ・ 図は時刻表に掲載されている予定時間と実際の時間の乖離状況の分布を示したものの
- ・ 出発と到着を比較すると、到着の方がバラツキが大きくなっている
- ・ 予定時間より早く出発または到着するケースもかなり見られる

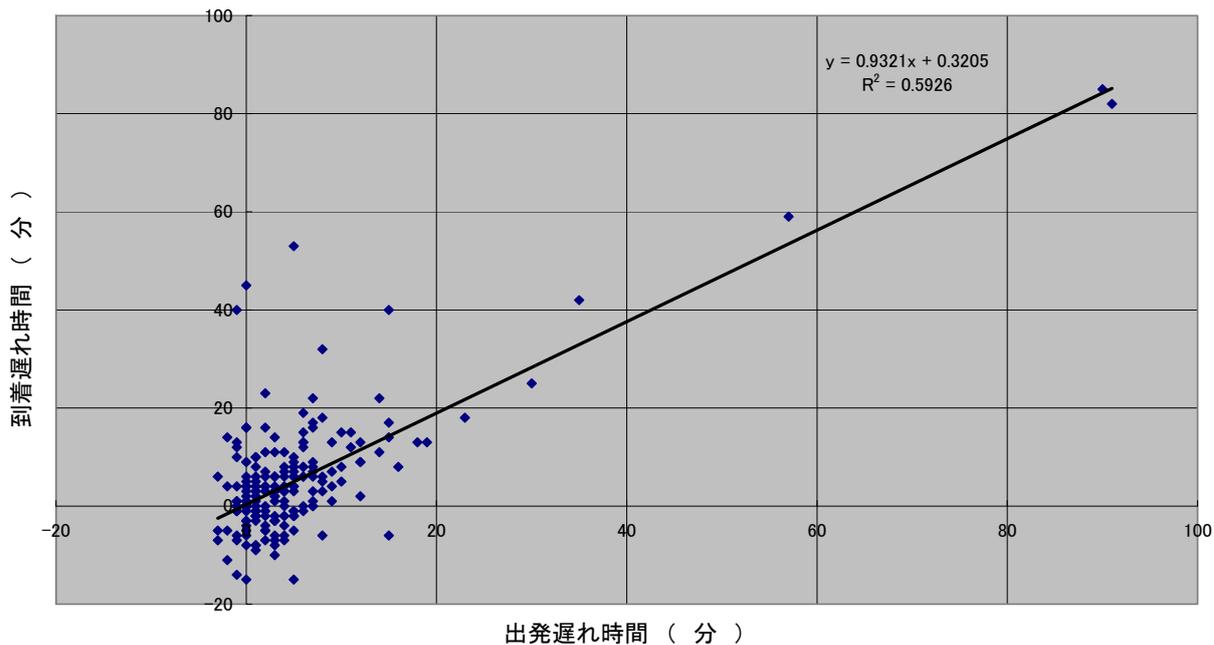


- ・ データ数は、出発便 1,568 便、到達便 1,416 便
- ・ 予定時刻前出発データは 452 便で 28.8%、予定時刻前到着データは 491 便で 34.0%となっている

(2-16) 羽田空港出発便 出発遅れ時間と到着遅れ時間の相関

- ・ 図は、羽田空港出発便に着目して、出発と到着の予定時間と実際の時間の乖離の相関を示したもの
- ・ 強い相関は見られないが、あえて一次近似での勾配を計算すると 0.932 となり、遅れ時間を取り戻す傾向があることになる

羽田出発便 出発遅れ時間と到着遅れ時間の相関

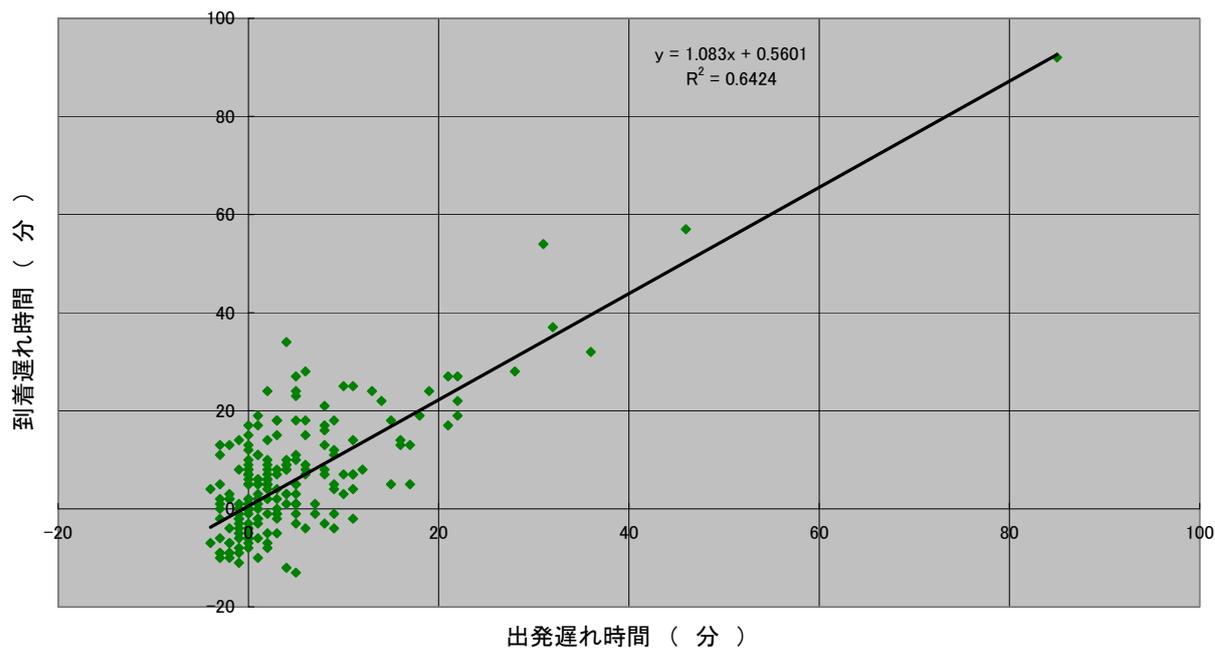


- ・ データ数は 519 便

(2-17) 羽田空港到着便 出発遅れ時間と到着遅れ時間の相関

- ・ 図は、羽田空港到着便に着目して、出発と到着の予定時間と実際の時間の乖離の相関を示したもの
- ・ 強い相関は見られないが、あえて一次近似での勾配を計算すると 1.083 となり、遅れ時間を増幅させている傾向があることになる

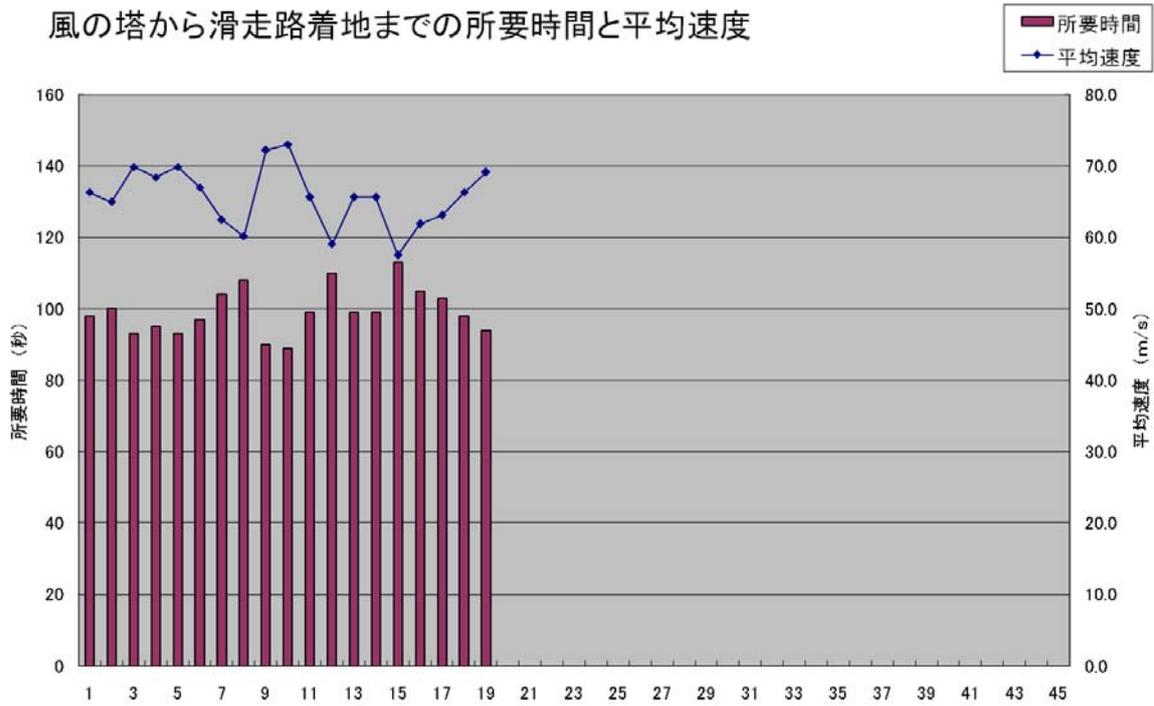
羽田到着便 出発時間遅れと到着時間遅れの相関



- ・ データ数は 550 便

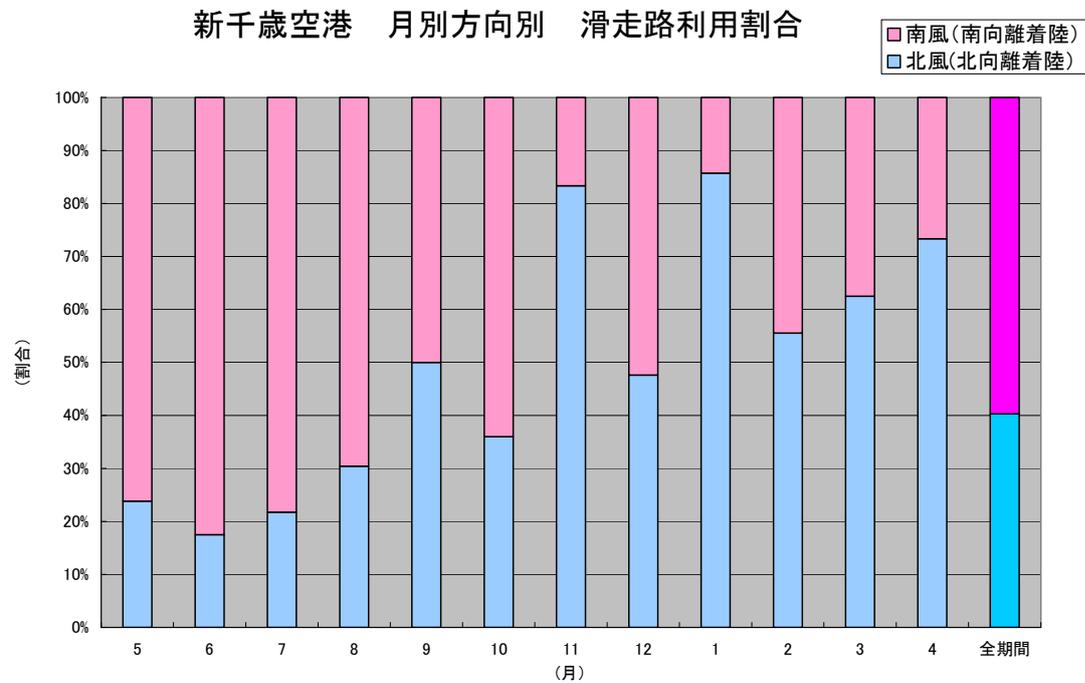
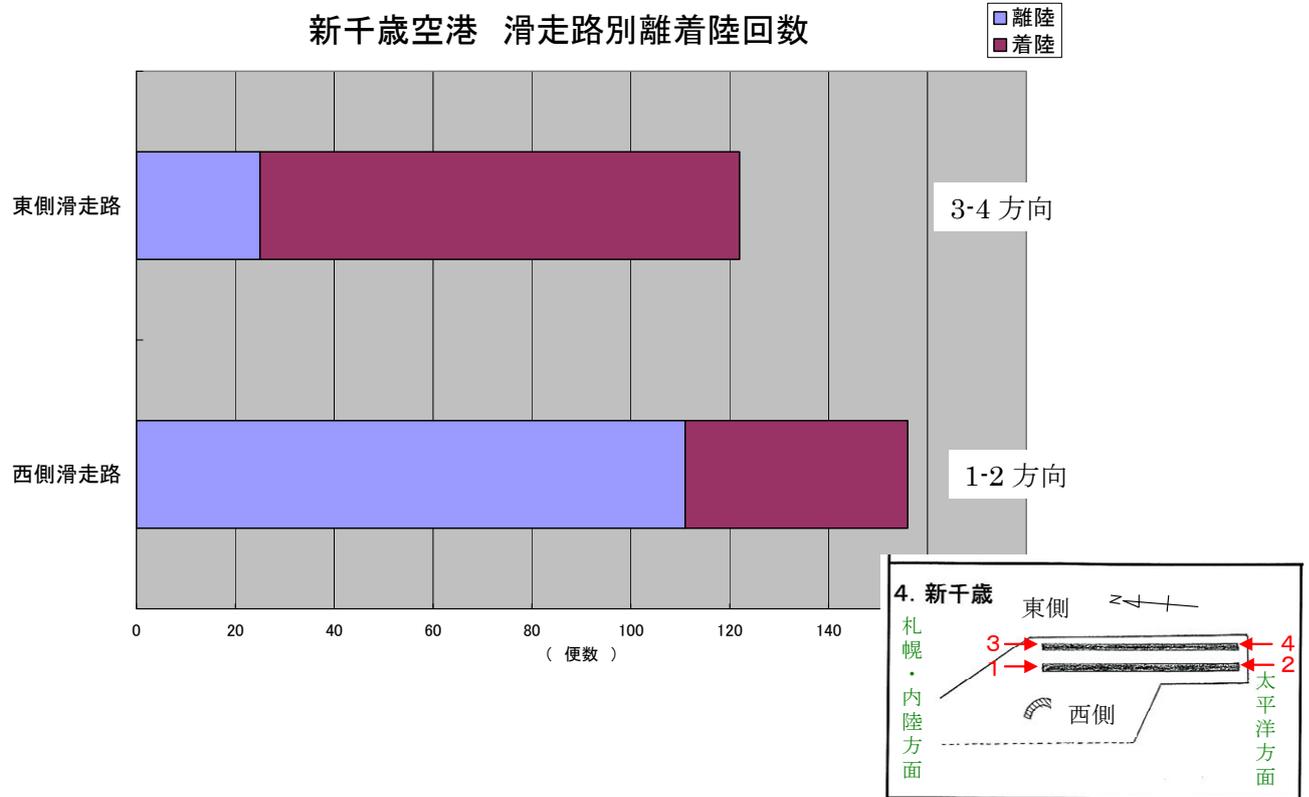
(2-18) 風の塔から滑走路着地までの所要時間と平均速度

- ・ 調査票の対象事項ではないが、着陸時の航空機の色推するため、羽田到着便の何便かについては、風の塔を通過してからA滑走路に着地するまでの時間を計測してみた。図はその結果等を示したもの
- ・ 平均時間は99.3秒であり、距離を6.5kmとして、この間の平均速度は65.7m/s（127ノット）と類推される



(2-19) 新千歳空港における滑走路利用状況

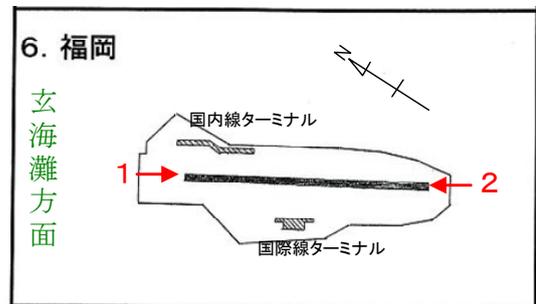
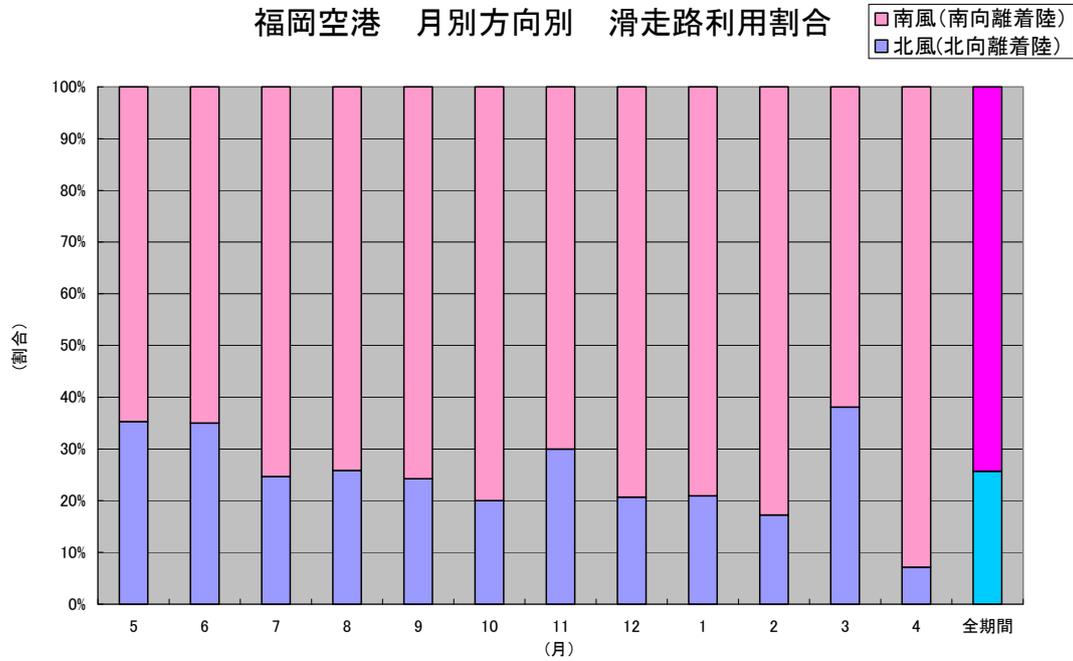
- ・ 新千歳空港では、2本の平行滑走路を着陸と離陸に分けて使用されており、東側滑走路は着陸に、西側滑走路は離陸に多く使われている
- ・ 全体としては、ターミナルビルに近い西側滑走路の利用頻度が多くなっている



- ・ 年間では南向きの離着陸が約6割、北向きの離着陸が約4割となっている
- ・ 北向きの離着陸は冬場に多くなっている
- ・ データ数は278便

(2-20) 福岡空港における滑走路利用状況

- ・ 年間では南向きの離着陸が7割強、北向きの離着陸が3割弱となっている
- ・ 季節や月による顕著な差は見られなかった

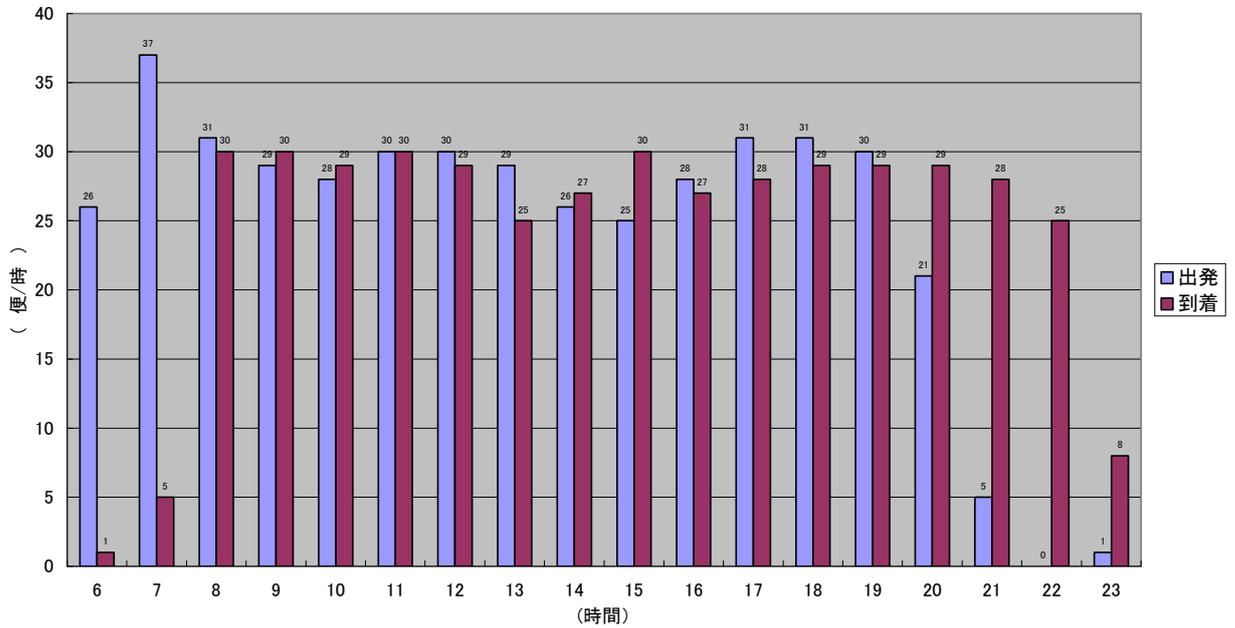


- ・ データ数は 436 便

(2-21) 羽田空港における出発便・到着便数 (参考)

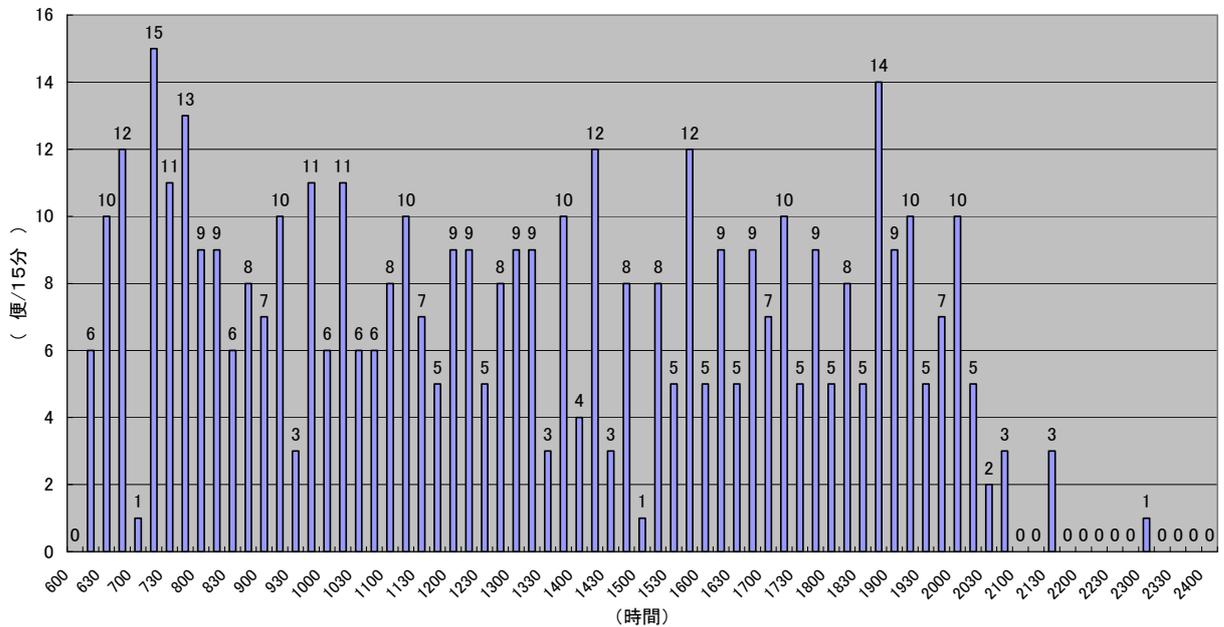
羽田空港 時間帯別 定期便数(合計903便/日)

2008年5月25日(日)を対象に各社ホームページ、定期便時刻表より作成



羽田空港 15分ごとの定期便出発便数

2008年5月25日(日)を対象に各社ホームページ、定期便時刻表より作成



- ・ 1時間単位で見ると、概ね 30 便/時間程度安定しているが、15分単位で見るとかなり変動していることがわかる
- ・ 特定の時間帯に集中し過ぎると出発の混雑を生じ、出発までの待ち時間増加や遅延の要因になると考えられる

3. 空港処理容量に関する整理

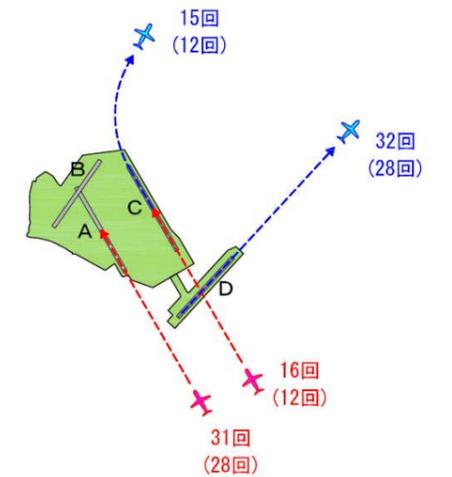
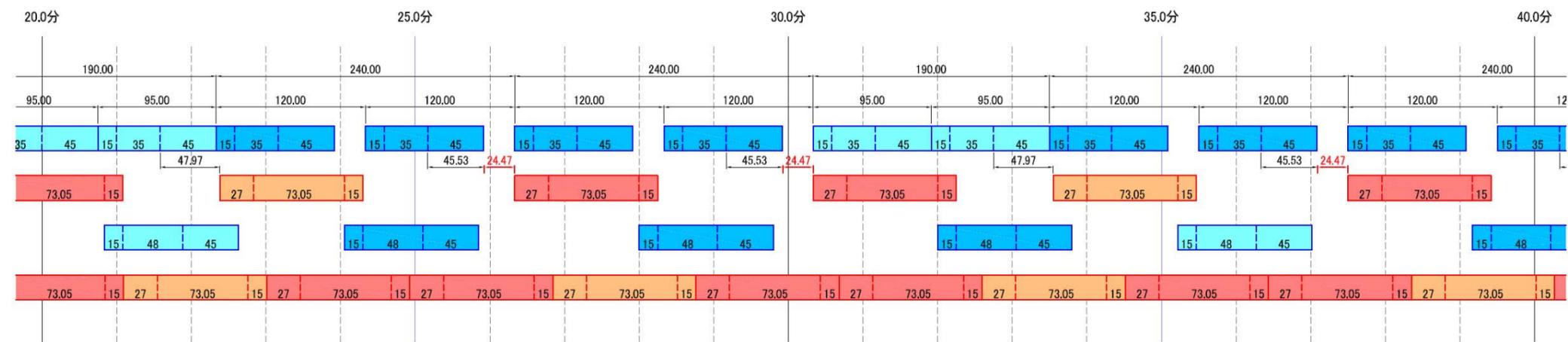
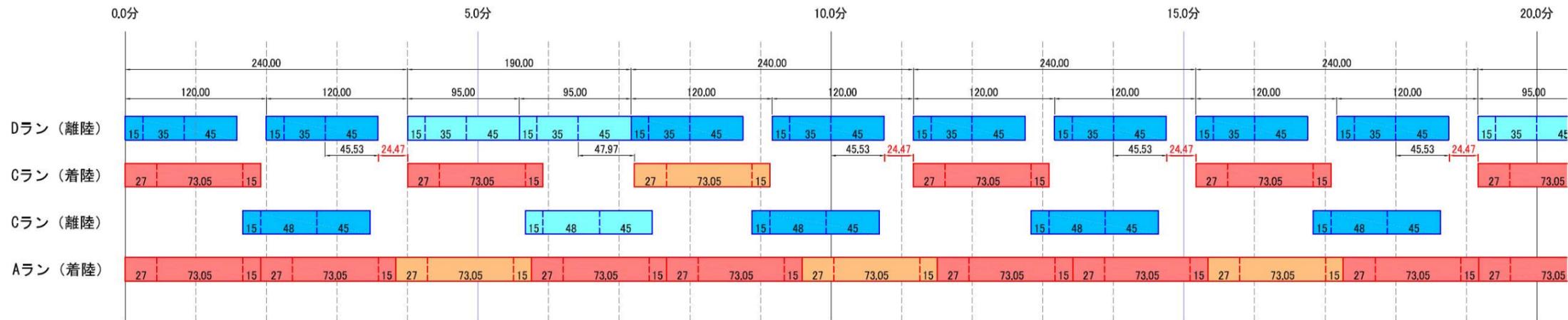
[本資料は、本編 2-(3)-3)、4)の記述に関するバックテータである。]

目 次

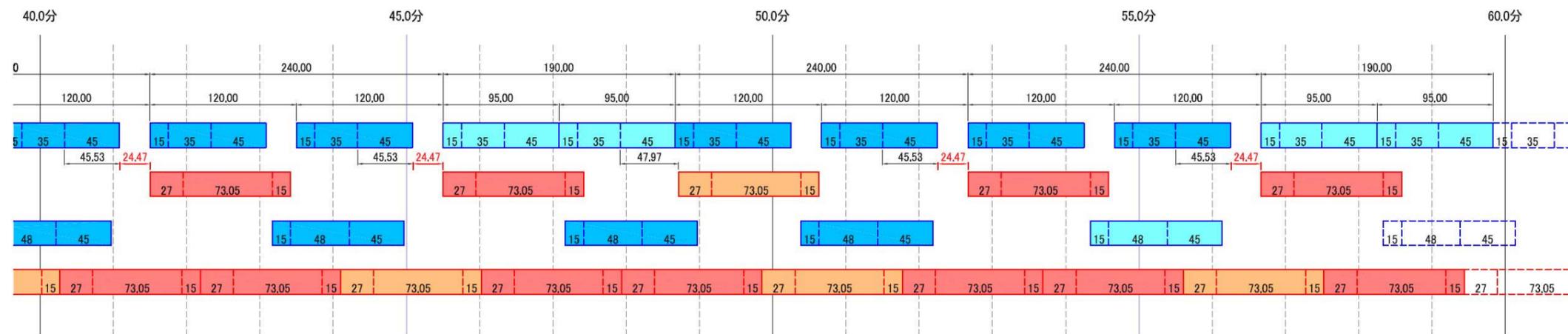
- (1-1) 再拡張後処理容量 [北風時]
- (1-2) 再拡張後処理容量 [南風時]
- (2-1) A滑走路南側スライド時処理容量 [南風時]
- (3-1) E滑走路増設時(クローズパラレル案)処理容量 [南風時]
- (3-2) E滑走路増設時(オープンパラレル案)処理容量 [南風時]

(1-1) 再拡張後処理容量

[北風時]



※ ()内は公表値



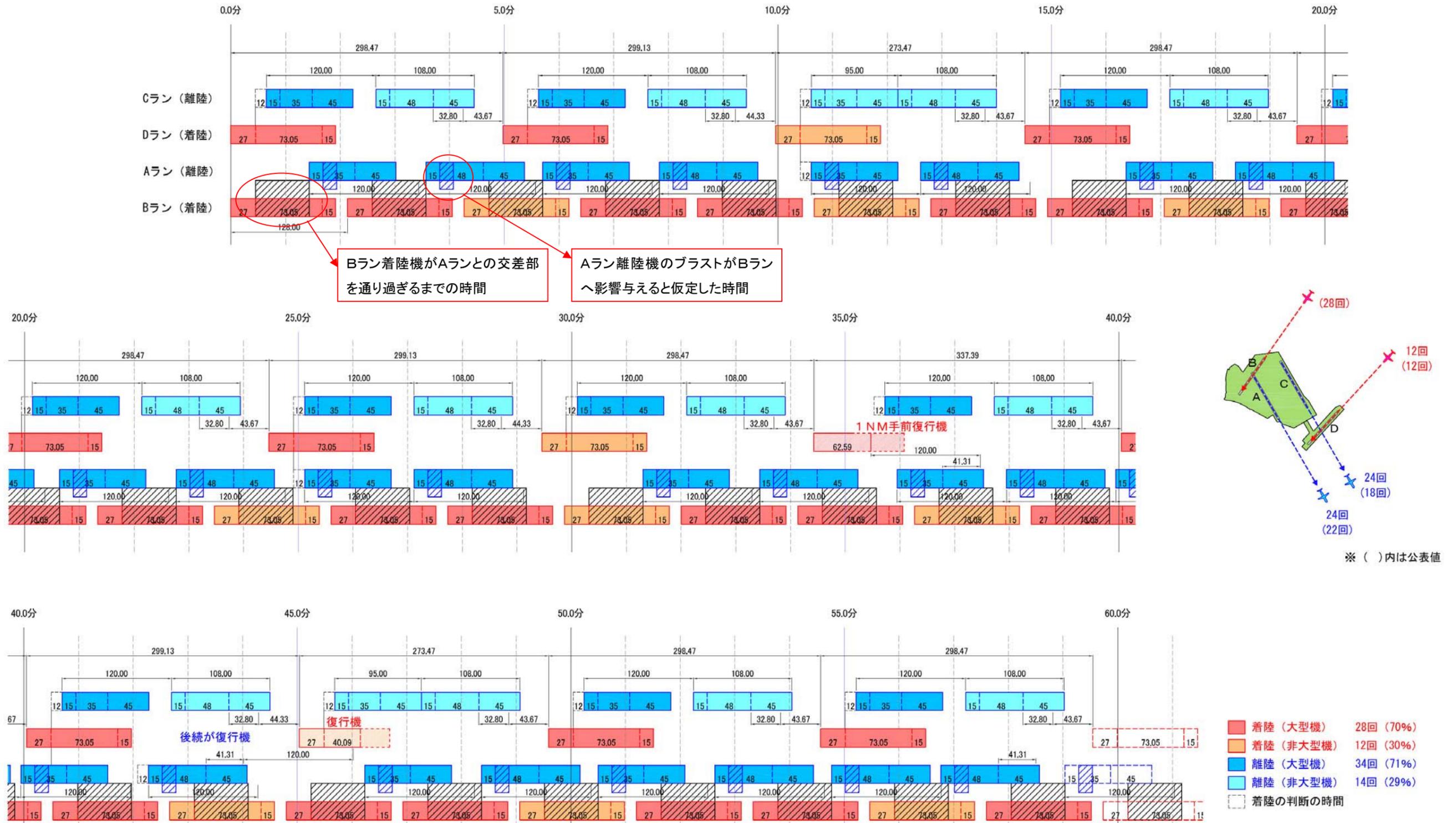
着陸 (大型機)	31回 (70%)
着陸 (非大型機)	14回 (30%)
離陸 (大型機)	33回 (70%)
離陸 (非大型機)	14回 (30%)

検討条件

- ・離陸機と着陸機は一方が離陸時の場合 2NM 以上を確保、また離陸 1 分後に最小 3NM とする。
- ・大型機 : 非大型機 = 70 : 30 とする。

(1-2) 再拡張後処理容量

[南風時]



- ・離陸機と着陸機は一方が離陸時の場合 2NM 以上を確保、また離陸後 1 分以内に最小 3NM とする。
- ・C 滑走路離陸機 2 機に対して D ラン着陸 1 機とし、C ラン離陸機の 2 機目は非大型機とする。
- ・大型機 : 非大型機 = 70 : 30 とする。
- ・A 滑走路離陸機のプラストの影響を考慮。B 滑走路着陸を 28 回/時としてプラストの影響がある場合は離陸を遅らせることで対処
- ・D 滑走路着陸機の着陸復行を 2 ケース考慮 (実際には 1 時間に 1 便以下のため復行機を含めた着陸回数)

(3-1) E滑走路増設時(クローズパラレル案)処理容量

[南風時]

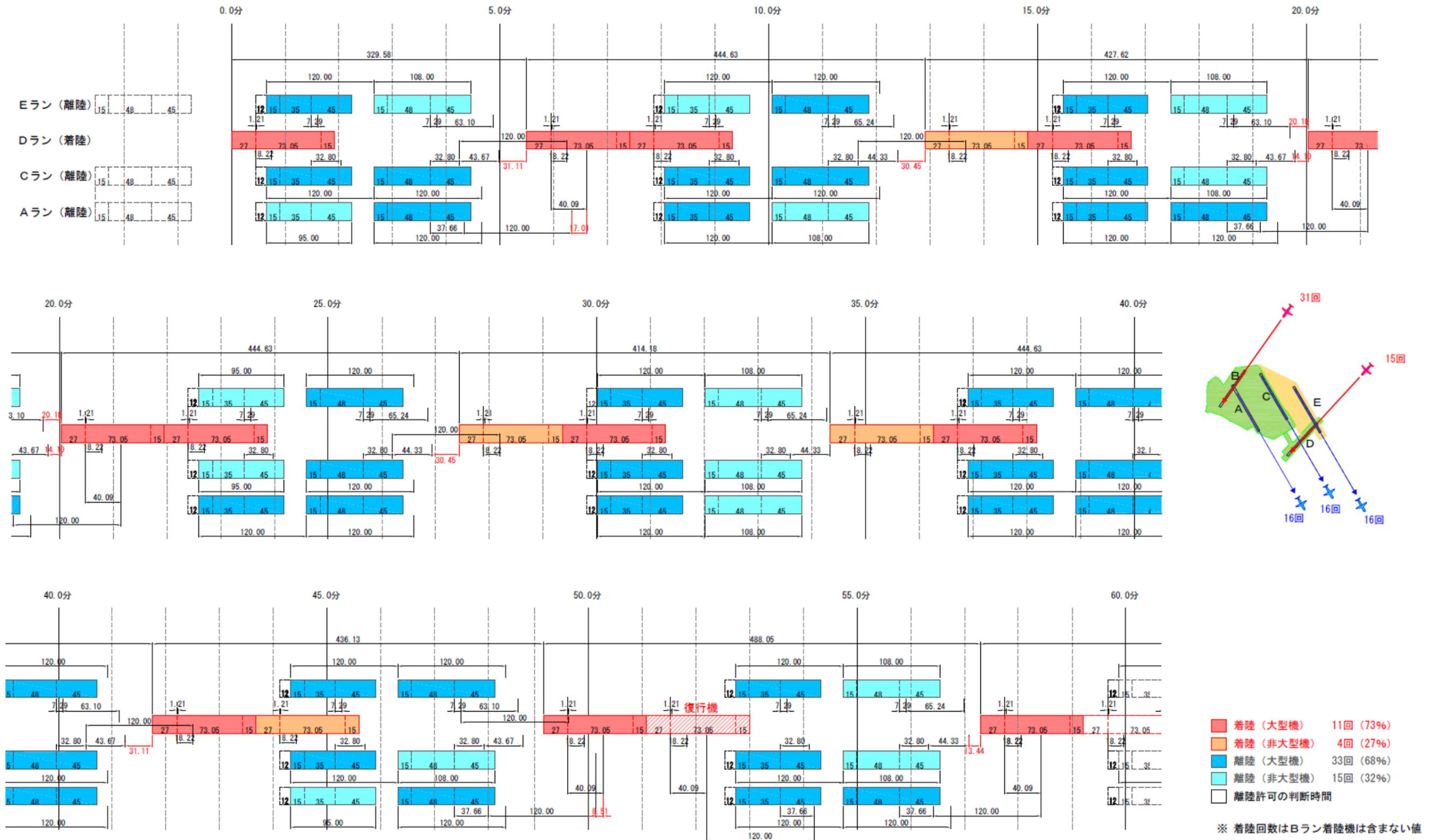


検討条件

- ・Aランは南伸延長されているものとし、AランとBランの従属運用が解除されているとする。
- ・Cラン、Eラン離陸機大型機の場合、後続機は後方乱気流を考慮して120秒の間隔を確保する。(Dラン着陸復行機への影響も考慮)
- ・Dラン着陸機が復行する場合は、Aラン、Cラン、Eラン離陸機は後方乱気流を考慮して120秒の間隔を確保する。
- ・離陸機と着陸機は一方が離陸機の場合2NM以上を確保、また離陸後1分以内に最小3NMとする。

(3-2) E滑走路増設時(オープンパラレル案)処理容量

[南風時]



検討条件

- ・Aランは南伸延長されているものとし、AランとBランの従属運用が解除されているとする。
- ・Cラン、Eラン離陸機大型機の場合、後続機は後方乱気流を考慮して120秒の間隔を確保する。(Dラン着陸復行機への影響も考慮)
- ・Dラン着陸機が復行する場合は、Aラン、Cラン、Eラン離陸機は後方乱気流を考慮して120秒の間隔を確保する。
- ・離陸機と着陸機は一方が離陸機の場合2NM以上を確保、また離陸後1分以内に最小3NMとする。