

【講演資料・目次】

『電子航法研究所の最近の活動』

P1

電子航法研究所

研究統括監 小瀬木 滋

『空港舗装の課題と港空研における研究の紹介等』

P11

港湾空港技術研究所 構造研究領域

空港舗装研究グループ長 伊豆 太

『空港面の交通流と空港舗装』

P29

電子航法研究所 航空交通管理領域

主幹研究員 青山 久枝

－ 休憩（20分）－

『滑走路異物監視システムの研究開発』

P41

電子航法研究所 監視通信領域

主幹研究員 二ッ森 俊一

『GLSによる将来運航の進展』

P57

電子航法研究所 航法システム領域

上席研究員 福島 荘之介

電子航法研究所の最近の活動

平成28年11月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

電子航法研究所

National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology

Electronic Navigation Research Institute (ENRI)

- ◆ 沿革
- ◆ 組織図
- ◆ 業務の概要
- ◆ 国の政策との関係
- ◆ 主な研究施設
- ◆ 最近の主な研究成果
- ◆ アピールポイント
- ◆ 電子航法に関する研究開発 中長期計画概要
- ◆ 主なイベント

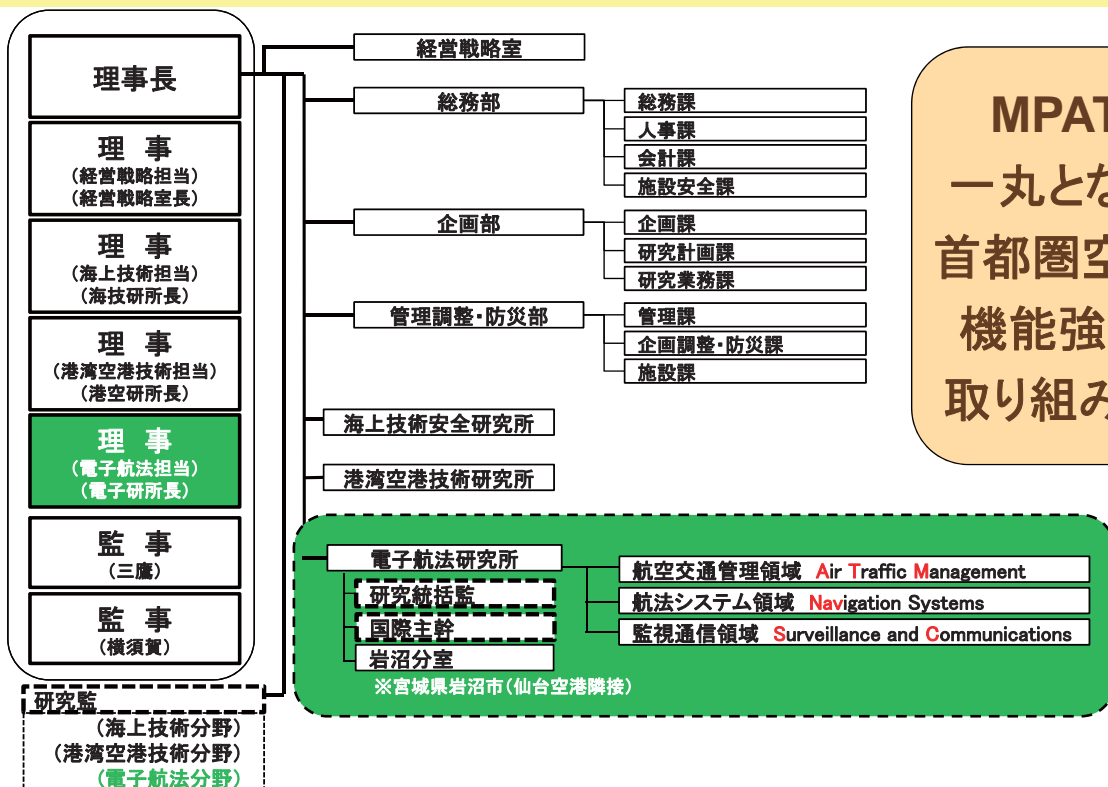
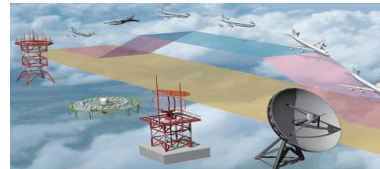
【沿革】

- 昭和36年4月：運輸省（現在の国土交通省）運輸技術研究所内に電子航法研究室設置
- 昭和42年7月：運輸省 電子航法研究所（創立49年）
- 平成13年4月：独立行政法人 電子航法研究所
- 平成18年4月：非特定独立行政法人（非公務員化）
- 平成27年4月：国立研究開発法人 電子航法研究所
- 平成28年4月：国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

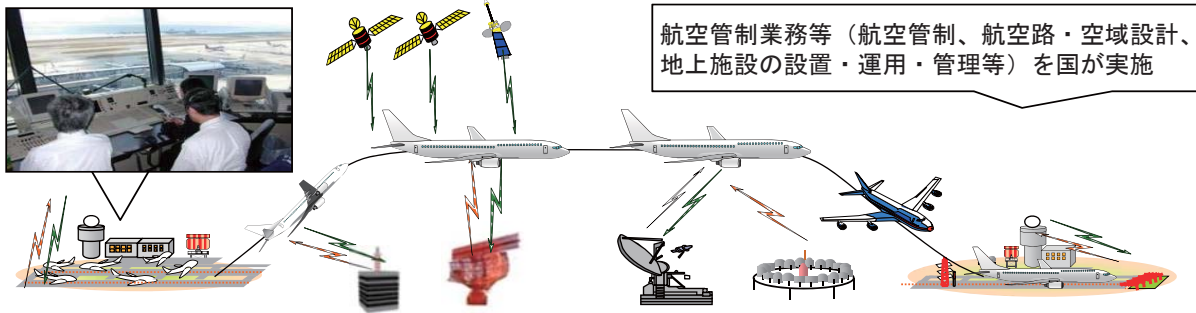
【平成27年度予算】 17億円

【職員数】 役員4名 常勤職員62名（平成28年3月31日）

【所在地】 東京都調布市



**MPATは
一丸となって
首都圏空港の
機能強化に
取り組みます**



航空管制業務等（航空管制、航空路・空域設計、地上施設の設置・運用・管理等）を国が実施

航空交通システムの高度化に関する研究開発を通じ国が実施する航空管制業務等を技術的に支援

航空交通システムに特化した我が国唯一の研究開発機関。交通容量拡大、安全確保など国（航空局）の政策実現、運航効率向上、航空サービスの質向上など運航会社、利用者の要望実現に貢献する研究開発及び評価

航空交通管理 (Air Traffic Management)

主に3つの技術で構成

通信 (Communication)

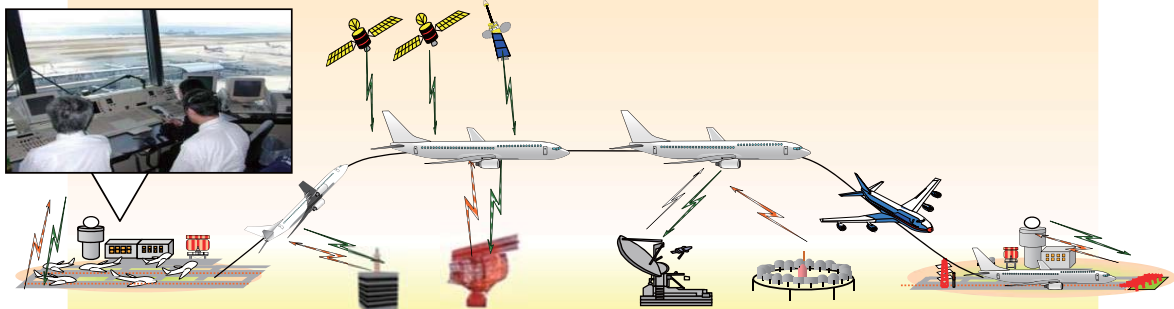
航空機(空)と管制官(地上)が音声等のやりとりをする

航法 (Navigation)

航空機(空)が自分の位置を知る

監視 (Surveillance)

管制官(地上)が航空機(空)の位置を知る



航空交通システム: ATM及びそれを支えるCNS技術

航空機を安全、円滑、効率的に運航できるようにさまざまなアプローチで航空交通システムの高度化に貢献するための研究を実施

- 今日の航空交通... -

- 空港、航空路での**継続的な交通量増**
- 運航効率の向上
- 環境の保全



ICAO(国際民間航空機関): “Global Air Navigation Plan” (世界航空交通計画)
 “Aviation System Block Upgrades” (技術開発ロードマップ)



航空局: 将来の航空交通システムに関する長期ビジョン



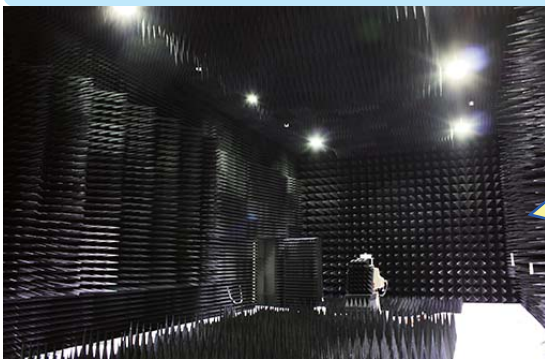
CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems –



研究分野について**ENRI研究長期ビジョン**の作成、見直し

常に10年以上先を見た研究計画

電波無響室



- 室内で発射されるあらゆる電波を吸収すると共に**外来電波を室内に入れれない**構造
- 無線システムの送受信試験、アンテナの送受信特性の測定等に利用
- 国内最大級の大きさ

- 管制用のレーダーの実験を実施
- 本所(調布)と宮城県仙台空港に隣接する岩沼分室に1つずつ所有
- 国内の研究所で管制用の実験用レーダーを持っている唯一の研究所

実験用レーダー



実験用航空機

電子航法研究所では、**実際に飛行機を使って、当研究所で試作・開発されたシステムについて実飛行による評価試験を実施。**

航空交通システムの試験が可能な
日本で唯一の航空機



航空機型式：
ビーチクラフトB300型航空機(King Air 350)

登録記号(管制官の呼び名):JA35EN

愛称:「よつば」
電子航法研究所の岩沼分室がある宮城県岩沼市内の小中学生を対象に募集し、応募総数488通より決定

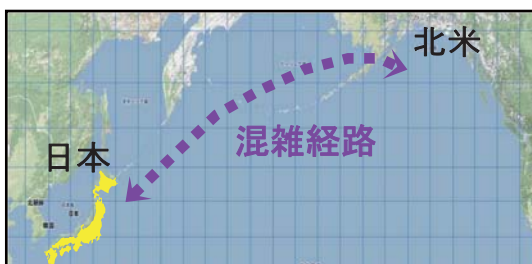
※仙台空港隣接の岩沼分室格納庫に駐機

- 岩沼分室(宮城県岩沼市)の業務内容
 - 実験用航空機の運航(外部委託)
 - 実験用航空機の整備管理(外部委託)
 - レーダー塔の保守管理(外部委託)
 - 上記に伴う仙台空港事務所等との調整業務(非常勤事務職員)



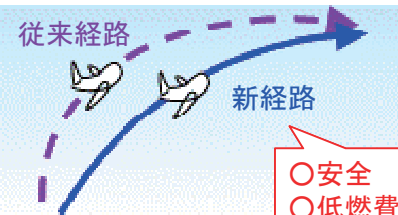
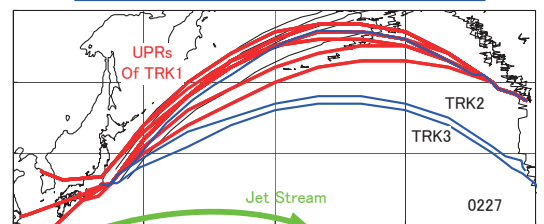
岩沼分室に設置されている実験用レーダー

1. 効率的洋上航空路の設定



研究所成果
安全性・効率性をシミュレーションによって評価

新経路を日米航空管制調整グループ会議へ提案



- 安全
- 低燃費
- 時間短縮

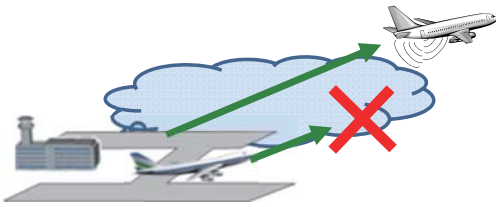
▼日本と北米を結ぶ飛行経路は航空機の便数が多く混雑

- ・ 1便あたり5分以上の飛行時間短縮、
- ・ 燃料約1,000ポンド(ドラム缶3本分)の節減

日本・北米間の飛行経路の混雑緩和や燃料節減に貢献

2. 空港の容量拡大

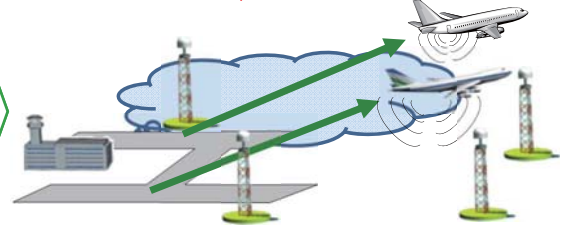
成田空港では同時並行離陸を実施



▼視界が悪いと運用不可能

研究所成果

高精度監視システムを開発・評価



▼年間60日強の悪天候時にも同時離陸運用が可能となる

混雑空港の処理容量拡大

成田空港年間発着回数が増大に貢献

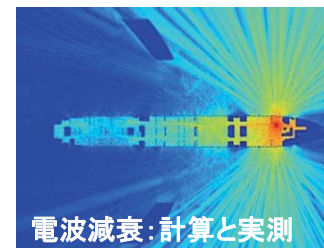
3. 携帯電子機器機内使用ルールの緩和



▼航空機内における電子機器の使用制限緩和の要望

研究所成果

携帯電子機器による電磁干渉の評価技術を確認



携帯電子機器使用ルール改訂に貢献

安全な運航の実現に貢献

1. 国際標準策定への貢献

- ◆ 40以上の研究テーマを約60名の研究員で実施
- ◆ 当所を除き航空交通管理に係わる研究機関が国内に少ない
- ◆ 航空交通システムは世界共通 → 研究・開発・評価・標準化には国際連携が必須

▶ 国際標準策定機関、業界技術基準設定機関



(International Civil Aviation Organization)

RTCA

米国航空無線技術委員会

(Radio Technical Commission for Aeronautics)



欧州民間航空用装置製造業者機構

(European Organization for Civil Aviation Equipment)

▶ 世界の研究機関、大学(現在約15機関)



12

- WG等にて国際標準案討議に寄与
 - 国際標準案の評価実験結果などを提供
 - ICAO APANPIRG ISTF座長など連携活動の中心
- ICAO ANNEX 10 SARP_s
 - Vol. I, GAST-D検証、Vol. III, AeroMACS 発効等
 - 各種マニュアル(ICA0 Doc.)作成や改定に寄与
- RTCA/EUROCAE
 - 各種MOPS, SPR, 調査報告作成や改定に寄与
 - FOD, Remote-TWR, PED, WAIC, GNSS, ADS-B等

13

2. 海外研究機関との連携

◆ 世界の研究機関、大学の例

- 仏 民間航空学院
(Ecole Nationale de l'Aviation Civile)
✓教育(インターンシップ)
- 米国 航空宇宙局研究所
(NASA Research Center)
✓航空交通管理手法
- 韓国 航空宇宙研究院
(Korea Aerospace Research Institute)
✓GPSベース着陸システム
- 仏 ニース・ソフィアアンティポリ大学
(University of Nice-Sophia Antipolis)
✓ミリ波レーダ技術



14

- 国際連携研究活動の例
 - ICAO APANPIRG ISTF座長(GNSSと電離層)
 - SWIM MGD-II国際デモ、日米欧GBAS共用性実験
- 大学や研究所との交流の例
 - Korea Aerospace Univ. (KAU)とMOU締結
 - ENACからのインターン生2名の研修終了
 - モンゴル科学技術大、ドイツDLR他来所
 - 韓国航空安全技術院KIAST他を訪問
- Jepsen, Thales, Altys他企業と交流など

15

3. 国際ワークショップ (EIWAC2015) の開催

電子航法研究所は、アジア地域における中核機関を目指して国際ワークショップを主催するなど、国内のみならず積極的に国際活動に参画

他機関との密接な交流、連携

- 世界的知名度向上
- 研究員の研究力、交渉力の大幅向上

国際ワークショップ (EIWAC2015) 開催
ENRI INTERNATIONAL WORKSHOP ON ATM/CNS

▼EIWAC2015の様子



【開催概要】

開催日:

2015/11/17~19

参加延べ人数:

17か国744名

主な講演者:

航空局 石崎交通管制部長
ICAO マクファーレン航空技術局次長 他

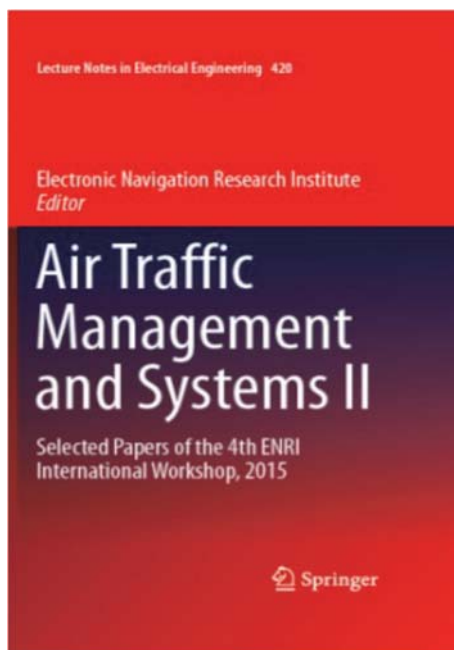
13件の基調／招待講演

55件の研究発表

6件のポスター発表

11件の試作デモ展示

16



出版社 Springer Japan

出版日程

2017年1月末 電子版出版見込み

2017年3月末 印刷書籍出版見込み

イーブック ISBN978-4-431-56423-2

ハードカバー ISBN978-4-431-56421-8

Series ISSN1876-1100

EIWAC2013に続いて2冊目

査読精選した論文集

紹介web

<http://www.springer.com/jp/book/9784431564218>

17

【研究開発課題1】軌道ベース運用による航空交通管理の高度化

■ 軌道ベース運用に関する研究

【目的】軌道ベース運用の実現により、上空待機や遅延がほとんど発生しなくなるため、航空交通容量の拡大や航空交通の安全性向上等に貢献する

軌道ベース運用
航空機の高精度な4次元軌道(位置、時間)を管理

- 軌道最適化アルゴリズムの開発
- 軌道ベース運用による便益の明確化

【研究開発課題2】空港運用の高度化

■ 空港面交通管理手法に関する研究

【目的】効率的な空港面交通管理を実現し、航空機の地上における滞留軽減等を図ることで、航空交通の利便性向上や航空機運航の効率性向上に貢献する

- 空港面交通の滞留軽減の検討
- 空港面交通の時間管理の提案のための検討資料作成

【研究開発課題3】機上情報の活用による航空交通の最適化

■ 高密度運航時の管制方式に関する研究

【目的】機上情報を活用した航空機監視応用システムによる航空機間隔の最適化により、航空交通容量の拡大に貢献する

高密度運航

- 航空機監視応用システムを利用した空地連携技術の開発
- 航空機監視応用システムを用いた到着管理システムに関する技術開発

【研究開発課題4】情報共有及び通信の高度化

■ 高速通信のための次世代航空通信に関する研究

【目的】次世代航空用高速通信システムの導入により、気象情報等の画像データでの提供を可能にし、航空交通の安全性・効率性・利便性向上に貢献する

- 次世代航空用高速通信システムの開発・検証

18

- 研究所一般公開(毎年4月)
科学技術週間に周囲の研究所と合同で一般公開を開催。
今年は4月24日(日)に開催。
- 研究発表会(毎年6月)
電子航法研究所の1年間の研究内容を発表する。
今年は6月9日、10日に開催。
- 国際ワークショップ(隔年開催:EIWAC)
電子航法研究所が主催する国際ワークショップ。
次回は、2017年11月14日～16日に開催予定。
- 講演会(毎年11月)
羽田空港等で開催する講演会。
EIWACを開催する年は、EIWACを講演会としています。



空港舗装の課題と港空研における研究の 紹介等

港湾空港技術研究所
構造研究領域 空港舗装研究グループ 伊豆

1. 空港舗装研究グループの概要

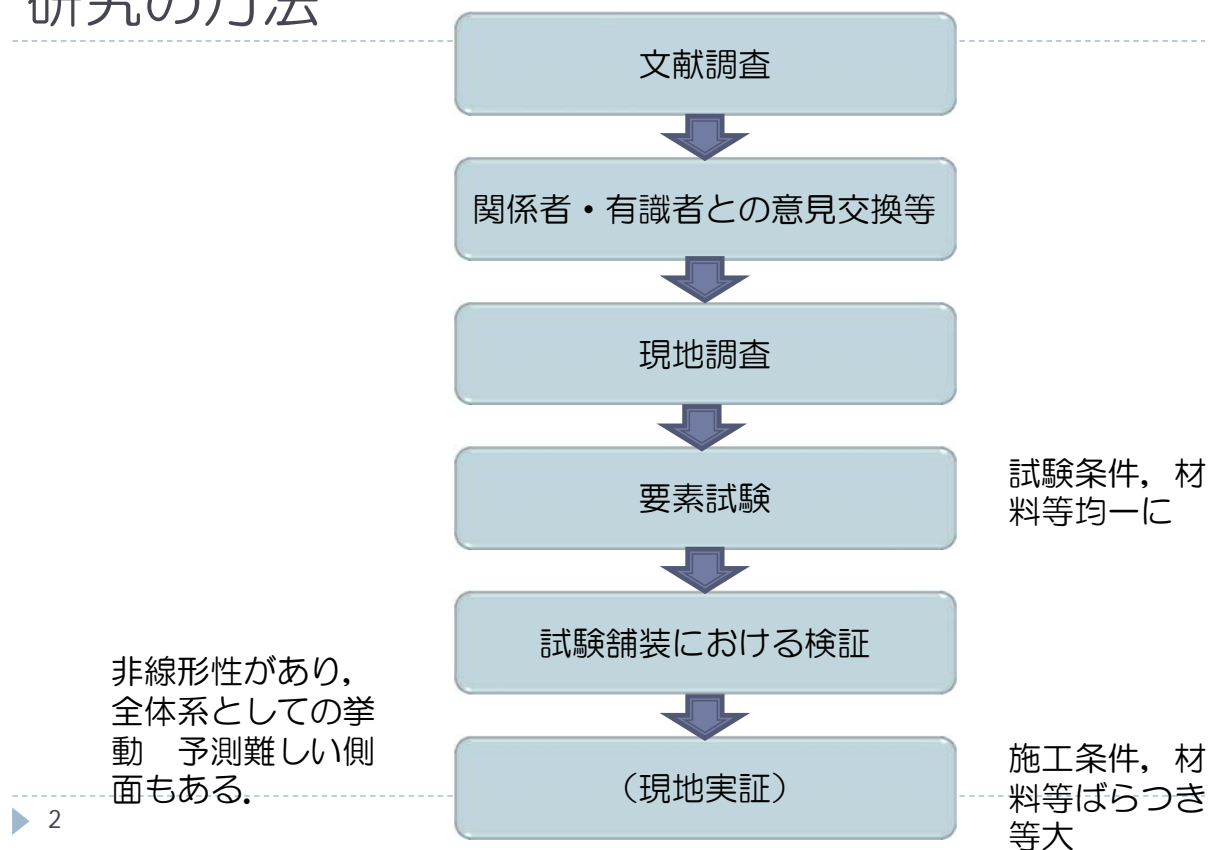
港空研

電子航法研究所，港湾空港技術研究所，海上
技術安全研究所が統合され，

「海上・港湾・航空技術研究所」となった。
港空研は，横須賀 久里浜にあります。

- ▶ 空港舗装研究グループは，空港舗装の材料等基
礎的な研究を実施。設計，施工，維持管理。
- ▶ 「地味」 「黒子」 「縁の下の力持ち」
- ▶ グループ長ひとりのグループ？

研究の方法



2. 実験施設等

- ▶ 2.1 空港舗装対応ホイールトラッキング試験装置
- ▶ 2.2 野比実験場：試験舗装構築等
- ▶ 2.3 空港舗装用FWD試験機
- ▶ 2.4 原型走行荷重車

2.1 空港舗装対応ホイールトラッキング試験装置

アスファルト混合物の供試体の上を小型の車輪が繰り返し走行することにより、アスファルト混合物の耐流動性(わだち崩に関する試験を実施する装置です。

航空機荷重に対応して、最大1.47MPaのタイヤ接地圧を発現することができます。(一般道路舗装用の同試験の標準接地圧0.59MPa)

諸元	範囲
車輪接地圧	0.59～1.47 MPa
供試体	300×300×厚さ50～100mm(標準) @3枚まで
	300×300×厚さ300mm(最大) @3枚まで
空気槽温度範囲	-20～60℃
水槽温度範囲	20～60℃

試験装置拡大図



4



载荷車輪

供試体

2.3 空港舗装用FWD試験機

- 重錘(おもり)を路面に落下させることにより舗装に衝撃を与え、その時の路面のたわみを計測する装置です。たわみの値を基に舗装構造の健全性を評価できます。航空機荷重に対応して、最大245kNの荷重を発現することができます。(一般の道路舗装用の同試験の標準荷重は49kN)



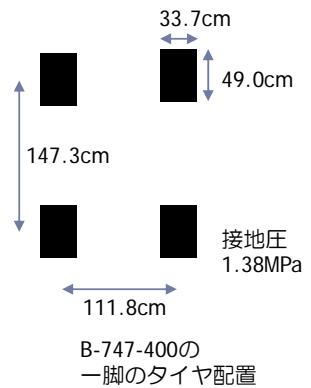
载荷部

たわみセンサ

5

2.4 原型走行荷重車

航空機B-747-400の主脚(1脚)と同じ荷重(910kN)を、実物大の車輪を用いて走行荷重として舗装に与える装置で、試験舗装や現地空港における実物実験の実施が可能です。
 空港アスファルト舗装等の荷重支持性能等の確認のための試験に用いています。



▶ 6

3. 空港の主な施設（国交省HPより）

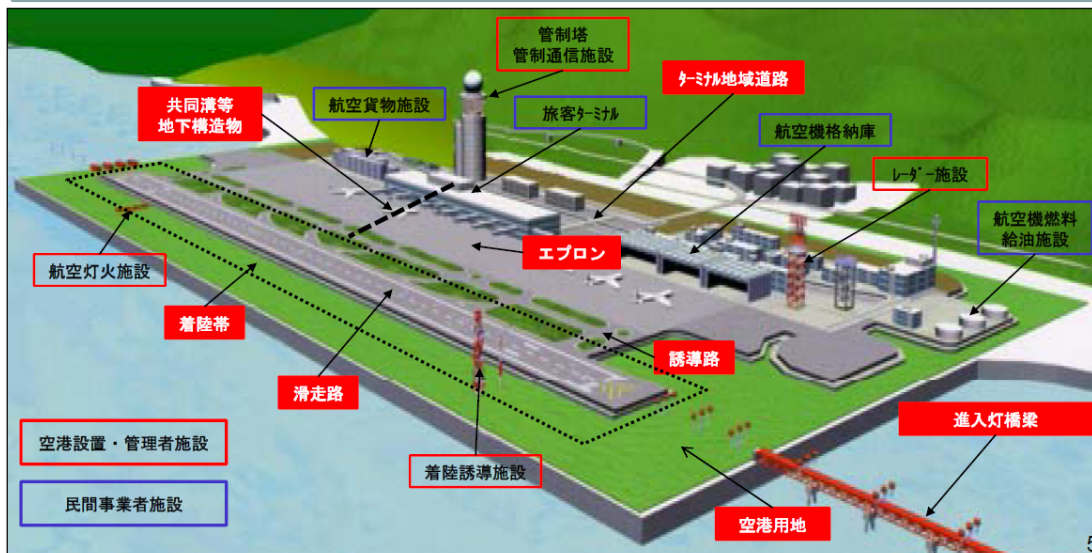
○ 空港の主な施設は下図のとおりであり、大別すると以下のとおりとなっている。

- ・土木施設：滑走路、着陸帯、誘導路、エプロン、空港内道路、（共同溝、進入灯橋梁）等
- ・建築施設：管理庁舎、管制塔、車庫 等
- ・無線施設：管制施設、通信所施設、無線施設 等
- ・照明施設：航空灯火施設、電源施設 等

基本的に空港設置・管理者が管理

- ・空港ターミナルビル、航空貨物ターミナルビル、航空機格納庫 等

民間事業者が管理



▶ 7



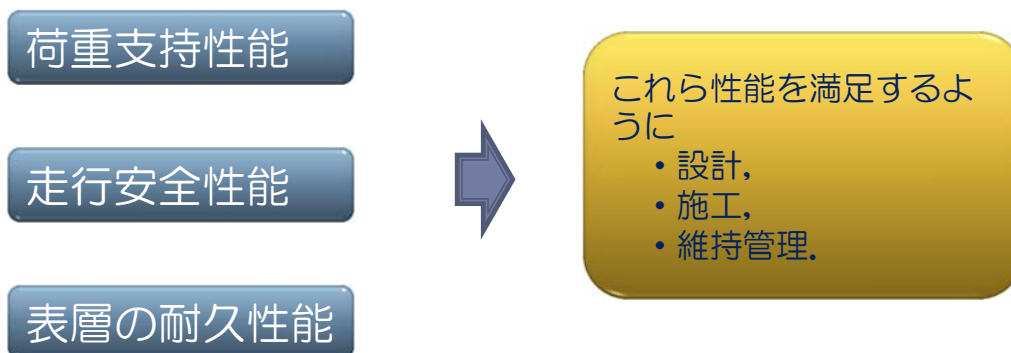
この中で空港舗装が対象

3. 空港の主な施設（国交省HPより）

空港用地	埋立用地、切・盛土(高盛土)用地、護岸
滑走路等舗装	滑走路(As舗装)、誘導路(As, Co舗装)、エプロン(Co, As舗装)
地下構造物	共同溝、地下道、幹線排水溝
ターミナル地域	道路・駐車場舗装(As舗装等)、橋梁(鋼橋、Co橋)、案内標識、歩道ルーフ
附帯施設	鋼製柵、FRP製柵、排水施設(排水溝、調節池等)、消防水利施設(貯水槽、消火栓)
その他施設	進入灯橋梁、電波高度計用地(人工地盤)※次葉参照

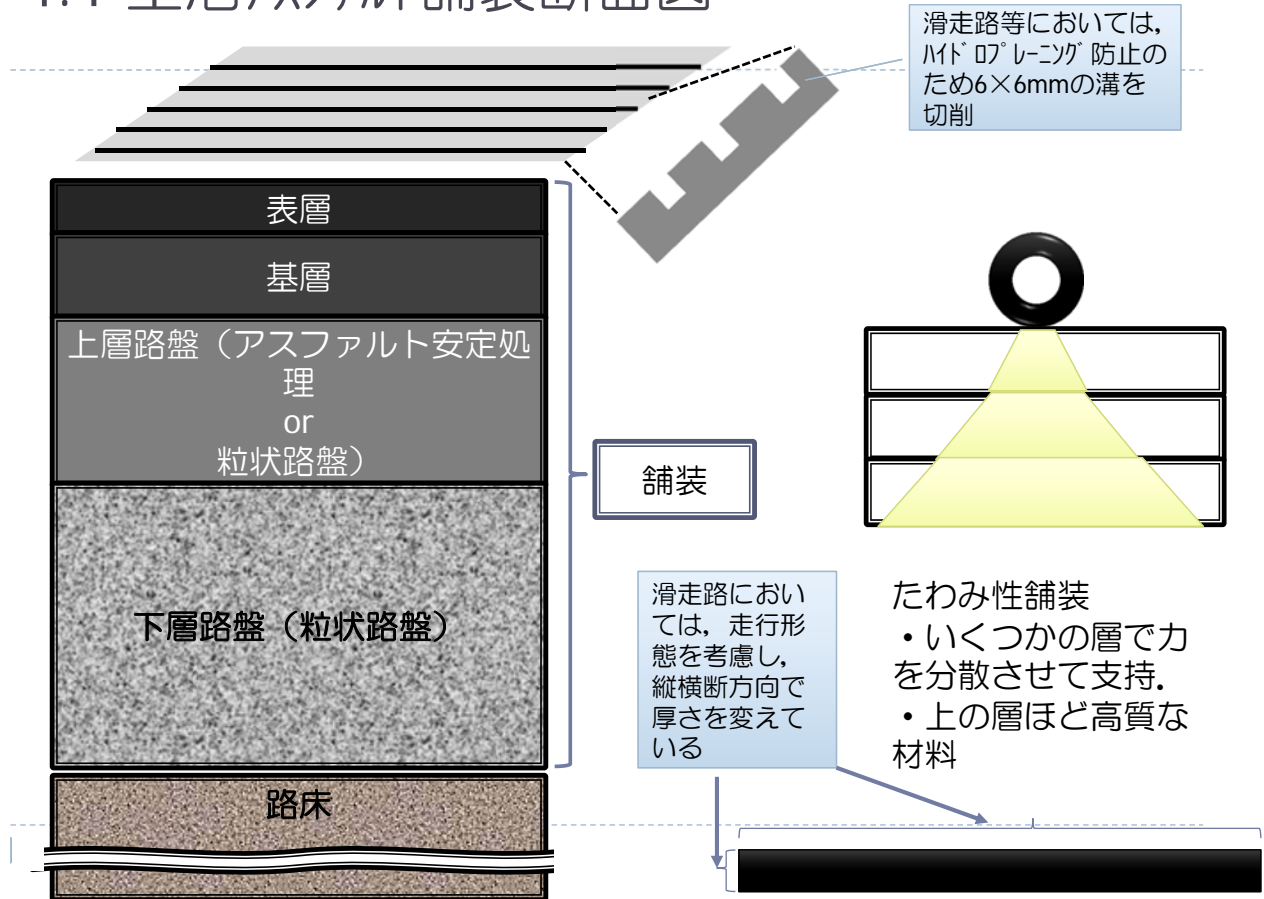
▶ 8

4. 舗装に求められる性能

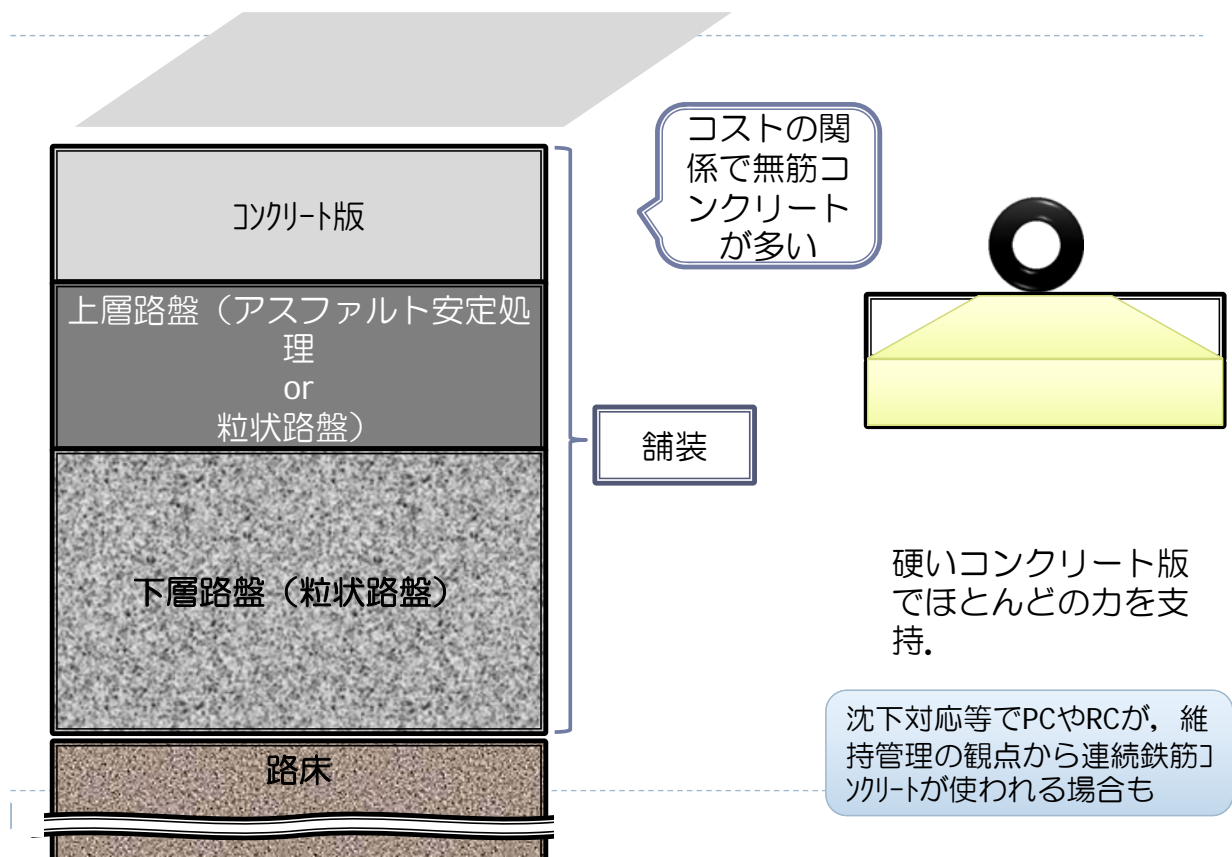


▶ 9

4.1 空港アスファルト舗装断面図



4.2 空港コンクリート舗装断面図



5. 舗装材料の特徴

▶ アスファルト

- アスファルト混合物：アスファルト＋骨材＋（空隙）
- アスファルト 原油から精製 航空機燃料等に弱い
→オイルリークによりアスファルト分が溶けて抜けてしまう。
- 粘弾塑性：高速の荷重には強いが低速の荷重には弱い。みずあめのよう、一定の荷重をかけ続けると変形大。滑走路より誘導路の方が変形しやすい。
- 温度が高くなると軟らかくなる。ある程度高温で融けたり燃える。
- 経年で酸化等材料劣化。硬く、脆くなる→ひび割れ等しやすくなる。
- 水に弱い。（アスファルトと骨材く水と骨材のくっつく力）
- 品質確保には施工時の温度管理が重要。
- 改質アスファルト。通常のアスファルトにポリマー等を加えて、性状を改良したアスファルト。コストは高い、弾性体に近い性質や耐水性が向上

▶ コンクリート

- セメント＋骨材＋（空隙）
- 整備、養生時間が必要。水と反応して硬化。一旦打設した後、マット等をかぶせて乾燥を防止し水を供給する必要がある。→補修に時間がかかる。
- 交通量の多い誘導路等に工場で作成したプレキャストコンクリート板を運搬し、設置する例も増えてきている。工期短い、コストが高い。
- 硬いが、沈下等には追従できない。微少な変形でも割れてしまう。

▶ 12

6. 舗装種別の使い分け

- ▶ 空港アスファルト舗装：滑走路，誘導路
- ▶ 空港コンクリート舗装：エプロン（航空機駐機場所）（，滑走路末端）

	アスファルト舗装	コンクリート舗装
初期コスト	低い	高い
補修時間	短い	長い
わだち掘れ抵抗性	低い	高い
耐久性	低い	高い
地盤沈下追従性	高い	低い
温度変化への追従性＝ 温度変化に伴う剛性の変化	高い	低い
燃料，熱への抵抗性	低い	高い
耐水性	低い	高い
主な使用場所	滑走路，誘導路	エプロン

▶ 13

7. 空港舗装の特徴と課題

航空機交通量の増大等と不具合発生

航空輸送の安全性・安定性を支える社会基盤は滑走路・誘導路等の空港基本施設。高速、大重量の航空機走行を支え、舗装破損による破片の発生といった一見軽微な不具合であっても、航空機エンジンへの吸引等による事故の発生が懸念。また、代替性が比較的低く（特に滑走路は複数ある空港は少ない）、その不具合は空港のクローズに直接的に繋がる。



▶ 14

航空機の便数増加や航空機車輪接地圧の増大等により空港基本施設の使用状況が過酷化するとともに老朽化が進む中、夜間の限られた時間で施設の更新、保全を実施している。利便性向上に対するニーズの高まりに応じ空港運用時間が延長されているため、このための時間が確保しにくくなってきている。

良質な舗装を作る観点からは、本当は高速道路のように全面的にクローズして集中して作り直すのが一番よい。

混雑空港においては、工事作業時間が短い

夜間限られた時間内での施工改良深度が限られる

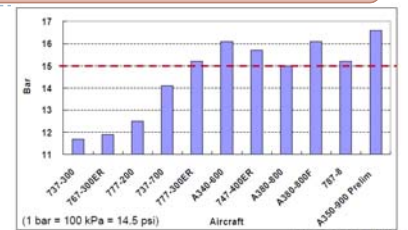
施工時間の確保困難

表基層	15cm程度
7層	20cm程度
粒状路盤	60cm程度

過去の航空機大型化にともなう嵩上げで厚層化、過去の損傷、劣化が深部に残っている可能性がある。施工時間の制約から深部異常にともなう不具合の改良困難

短時間施工における品質、施工量、施工性の確保が課題

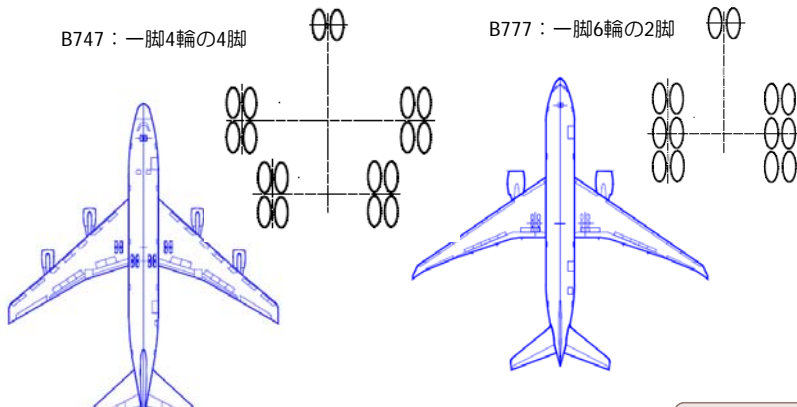
なるべく補修頻度が少なく長寿命な舗装



車輪接地圧の高い航空機の登場

B747：一脚4輪の4脚

B777：一脚6輪の2脚



B747の退役、B777が主力機に。特にB777-300ERが国際線を中心に就航。

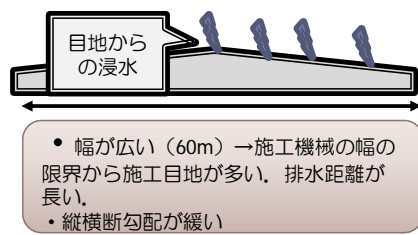
々々接地圧について、もともと接地圧が高い：トラックの倍、乗用車の7倍程度。さらに高まる傾向

経済性等から々々の接地圧を高め、一脚あたりの輪数が減少する傾向

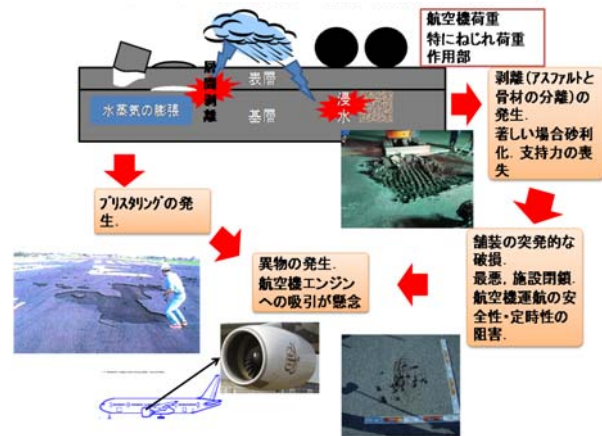
舗装に厳しくなる傾向

▶ 15

□さらに、昨今では、過酷な使用状況や水に起因すると思料される不具合も見受けられるようになってきている。



空港舗装は潜在的に水に弱い要因を有している



水及び荷重に起因すると思料される不具合：層間剥離、剥離

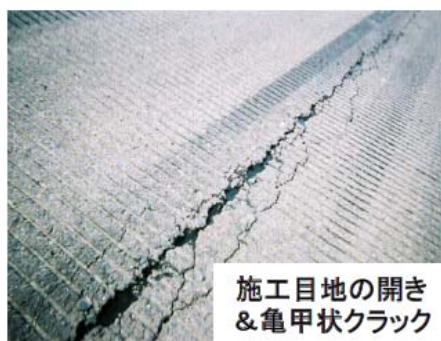
▶ 16

8. 代表的な空港舗装の損傷

- ▶ ひび割れ
- ▶ 轍ぼれ
- ▶ ポットホール
- ▶ 層間はく離
- ▶ はく離，砂利化
- ▶ 等

▶ 17

空港舗装の損傷（1）アスファルト舗装



舗装の下の層のクラック→上の舗装まで上がってきたもの

国交省HPより

▶ 18

空港舗装の損傷（2）アスファルト舗装

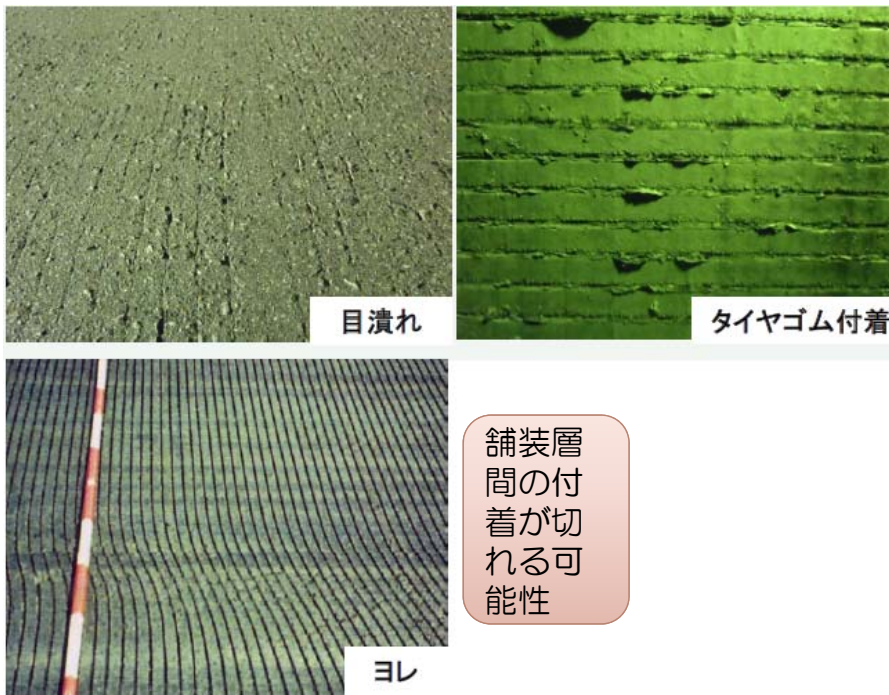


航空灯火周辺の破損も多い

国交省HPより作成

▶ 19

空港舗装の損傷（3）アスファルト舗装



路面摩擦の低下

舗装層間の付着が切れる可能性

国交省HPより

▶ 20

空港舗装の損傷（4）アスファルト舗装



国交省HPより

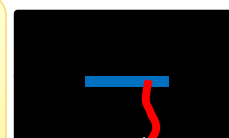
舗装厚を厚くしたり、層間付着するための高質乳剤の使用、表層空隙を大きくすることにより昨今は減少

舗装の層間付着が切れる



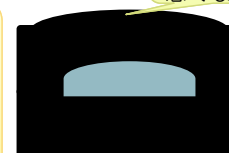
打音や赤外線カメラにより点検

舗装の層間に浸水



空隙がつぶれ通気性が悪くなる

蒸気化→体積膨張→舗装表面が膨れる



赤外線カメラ：冬季やペイントの下等発見しにくい



▶ 21

空港舗装の損傷（5）コンクリート舗装



国交省HPより

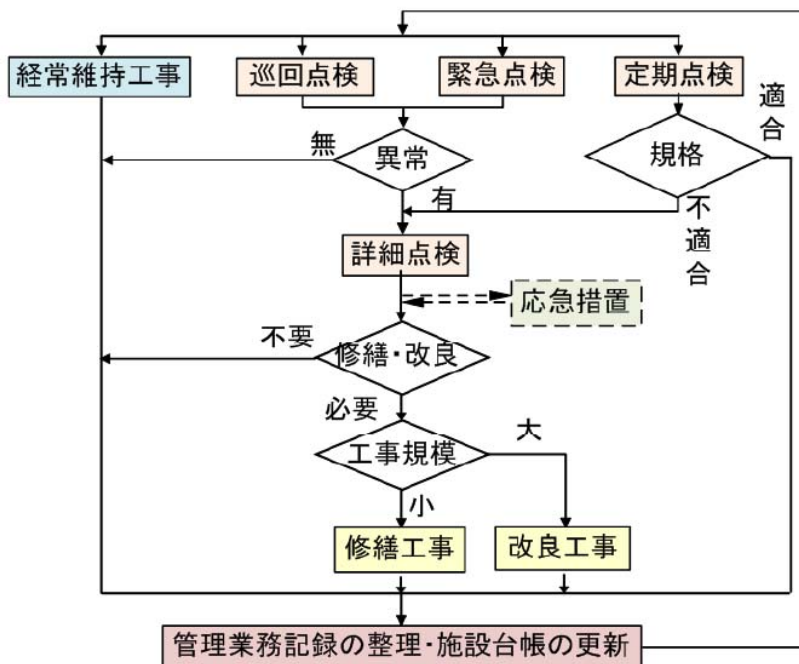
▶ 22

9. 空港舗装の点検

- ▶ 基本的に夜間，離発着のない時間を実施。特に那覇など非常に短時間で実施。徒歩，車両。
- ▶ 点検し，必要な部分は補修，経過観察するなど判断と作業をとらなう。
- ▶ 交通量の増加，夜間貨物便の就航等にともない維持管理時間の短い空港も。那覇等
- ▶ 目視，打音，赤外線や点検支援システム等も整備
- ▶ より迅速で確実に損傷等を発見可能な技術が求められている。
- ▶ 打音：原始的なようだが，人間の感覚は優れている。音，手応え等含めて感じているのでは。

▶ 23

9.1 空港舗装の点検の流れ



国交省HPより

▶ 24

9.2 空港舗装の点検状況



巡回点検(1)状況



打音調査状況



ひび割れ注入状況



わだち掘れ計測状況

国交省HPより

▶ 25

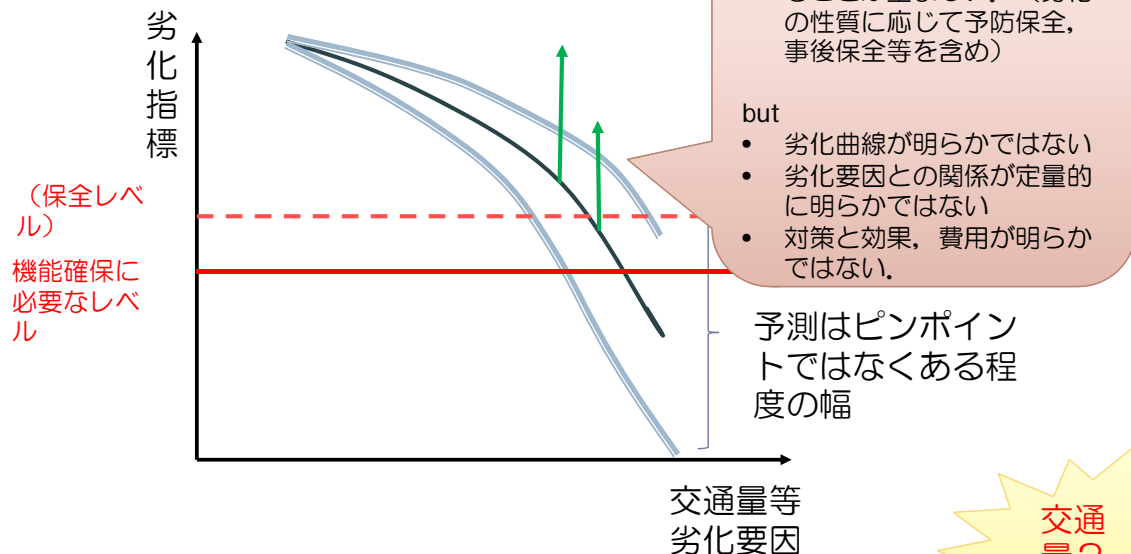
10. 空港舗装の劣化

- ▶ 材料の劣化特性
 - アスファルトは、酸素、日射、水等により劣化が進む、徐々に堅く、脆くなってくる。適度な交通量により材料が回復するといわれている。
 - コンクリートは、当所材料に問題がなければ、材料としての劣化は、基本的に生じない。
- ▶ 予測可能性
 - 予測可能な破損：轍ぼれ 比較的緩やかに進行、疲労現象
 - 予測不能な破損：ポットホール（一部）、プリスタリング、層間はく離、砂利化
- ▶ 故障率
 - 故障率増加型、故障率一定型、故障率減少型
- ▶ 保全
 - 舗装の機能確保に求められる最低限のレベルは確保する必要がある。
 - 保全のタイミング：劣化進行のバラツキの程度、施設の重要性、タイミングとコスト等を考えて実施すべき
 - 予防保全が望ましいが耐用年数が決まらない、家電製品のように10年過ぎたら保証しない等できればよいが、ある程度の年数が経過したら舗装を打ち替える：ある意味で予防保全といえる。
 - 劣化傾向が把握されていない。
 - データの不足が主な原因であるが、一つには材料のばらつきも原因。
 - 劣化要因 気象、交通量、温度、水、凍結、薬品、燃料、落雷、事故等
 - どのタイミングでこういった対策をするとコスト的に有利かが明らかになっていない。

▶ 26

10.1 劣化予測と保全

- ▶ 劣化指標：ひび割れ、わだちぼれ、（平坦性）、摩擦係数等



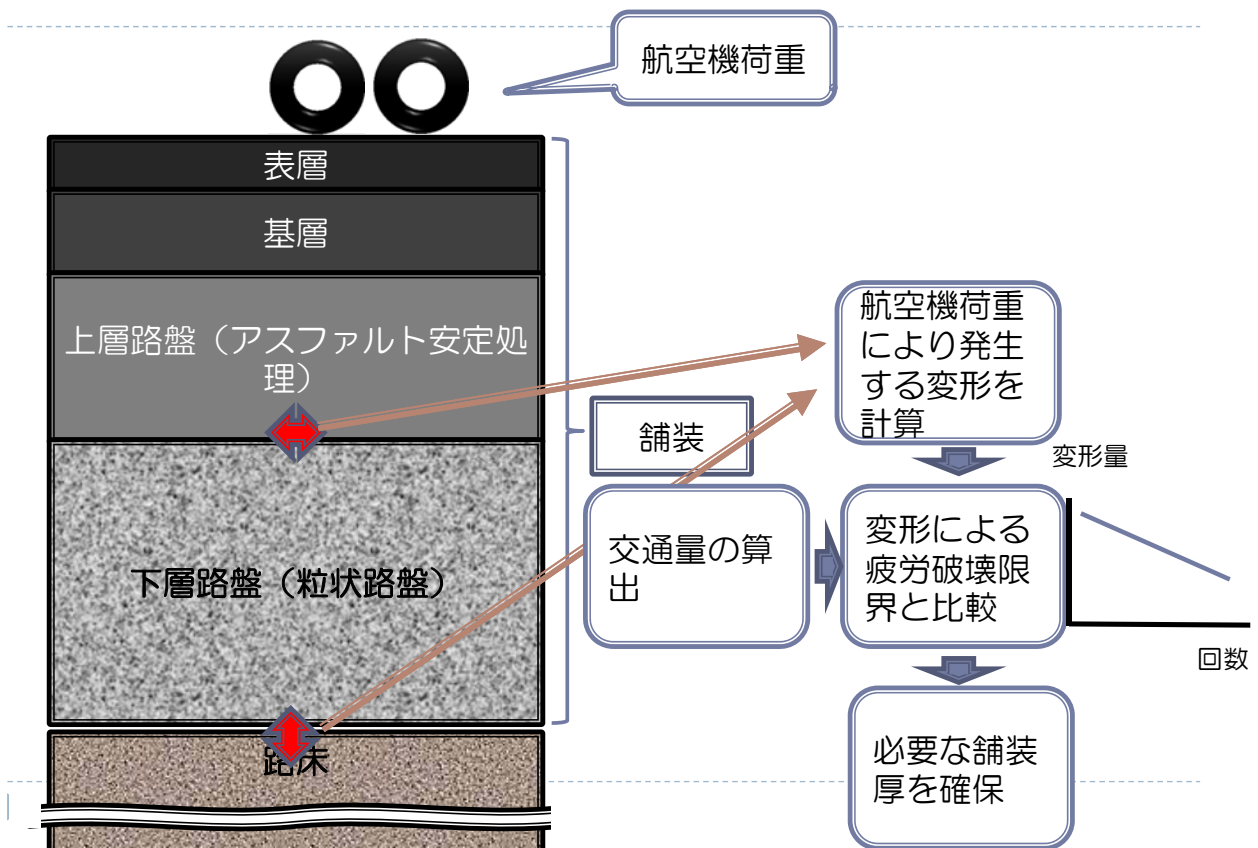
▶ 27

1.1. 空港舗装の設計

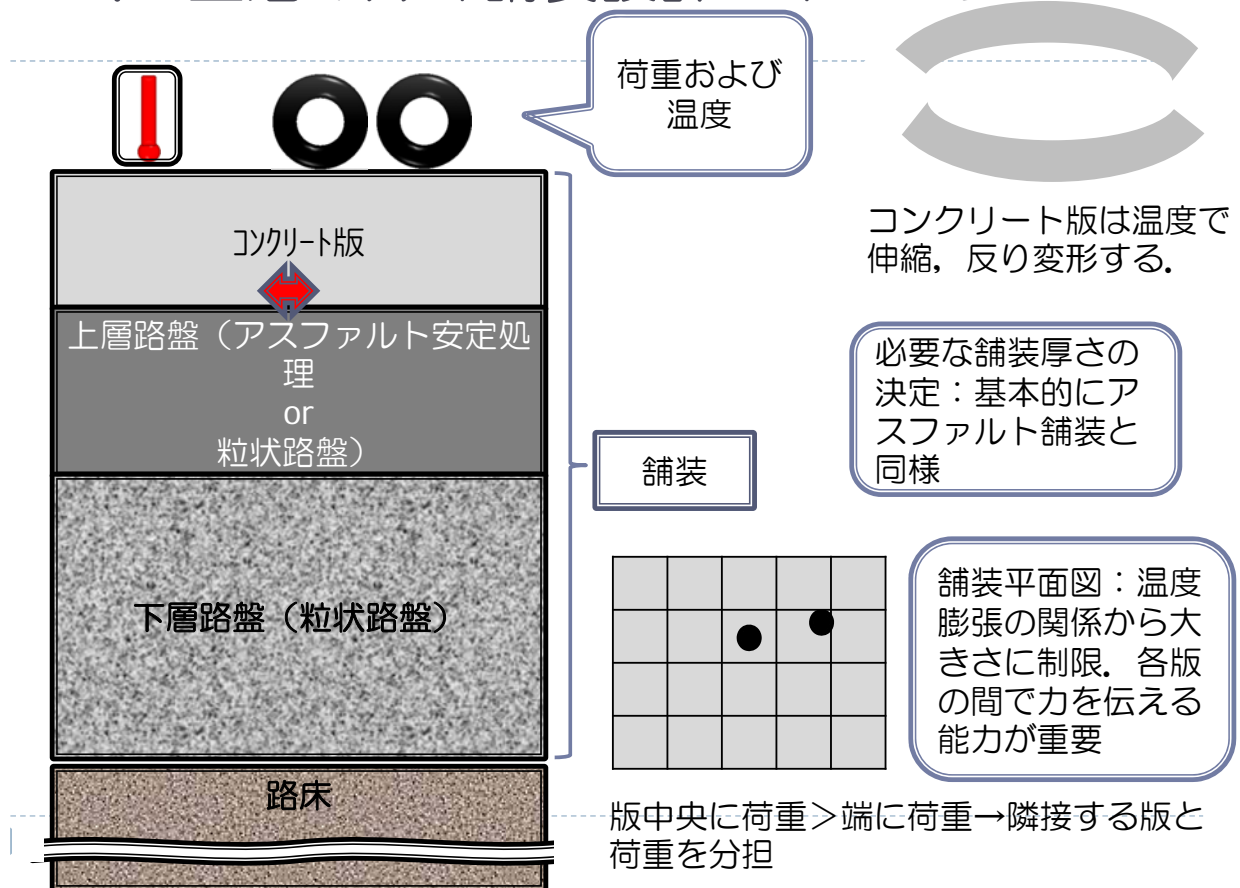
- ▶ 基本設計では、舗装の層毎の厚さを決定。
- ▶ 代表的な疲労破壊モードとして、
 - アスファルト舗装の場合：路床上面鉛直ひずみ、アスファルト層下面水平ひずみ
 - コンクリート舗装の場合：コンクリート下面ひずみを対象として設計することが多い。
- ▶ 交通量の算定がネック。機材種類別、離着率別、
- ▶ 舗装が厚くなると...コスト大、疲労破壊回数大＝耐久性高
- ▶ これ以外の破壊もある。わだちぼれ、表面ひび等
- ▶ 材料面からの対応→別途対応
- ▶ 突発的な破損について、考慮しきれていない部分もある

▶ 28

11.1 空港アスファルト舗装設計のイメージ



11.2 空港コンクリート舗装設計のイメージ



12. 港空研における研究のテーマ

- ▶ 12.1 空港アスファルト混合物のはく離
- ▶ 12.2 空港アスファルト混合物の粒度と中温化材

12.1 空港アスファルト混合物のはく離

- アスファルト混合物：アスファルト（バインダ）＋骨材
水と骨材の親和力の方が強い（特に骨材にシリカ分が多いなどの場合はく離しやすい）
- 水と荷重の作用でアスファルトと骨材が分離＝はく離
著しい場合砂利化
- 梅雨時など温度がある程度高く、晴れた翌日朝等突然発見され、問題に。
- 表層は損傷がないが、基層が砂利化
発見が困難
「予防保全」困難？
- 骨材とアスファルト両方の性質が関係



アスファルトと骨材が結合分離した滑走路

▶ 32

空港アスファルト舗装の剥離抵抗性の向上および評価手法の開発

背景・目的

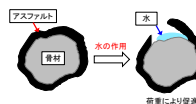
空港アスファルト舗装，特に基層において，水と荷重による思料される，アスファルトと骨材の分離が発生．著しい場合砂利状に．



航空機エンジンへの吸引等により重大な事故につながるおそれ，安全性の阻害
施設クローズを伴う補修→遅延等による経済損失

はく離への対応方法
 ■水を入れない
 ■はく離しやすい部分を判定し，可能な限り除去
 ■はく離しにくい材料の使用

突然前兆がなく破損が発生（事前予測不能）



はく離しやすい部分を判定し可能な限り除去

判定のための試験方法の検討

判定基準の検討

はく離にくい材料の使用

各種材料のはく離抵抗性の比較検討

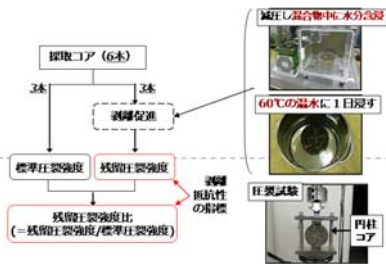
試験方法と基準の検討

水を舗装内に入れない，入った場合の排水促進

ひび，目地の保全
施工目地の工夫
路床排水，路肩排水等

▶ 33

はく離判定のための試験方法の検討



各種材料のはく離抵抗性の比較検討

はく離防止材

名称	メーカー名	タイプ	形状	推奨使用量	金額	特徴
グリッド4131	花王	カチオン系 (ポスフェート系)	薄形・液体	0.3～0.5%	1500円/kg	・耐熱性 ・粘性有機リン化合物
ジアミン			薄形・液体	0.5～1.0%		
ウッドフィックス	ライオン	カチオン系	液体	標準		
レジセットLG1106			液体	0.5～1.0%		・中温化タイプ
ネオガード S-100	東洋化学工業	陽極性系	顆粒	0.2～0.5%		・耐熱性 ・特殊炭素質性窒素分子化合物
スーパーデハイドロ	ジェイコック	陽極性系	顆粒	0.2～0.5%		・耐熱性 ・特殊炭素質性高分子化合物

判定基準の検討

ASTM Dベースのはく離判定方法



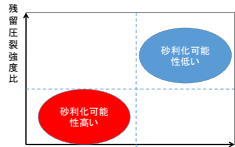
はく離の状況を水浸ホイールラッキング試験で再現し、判定試験方法の有効性と基準値を検討

試験方法と基準の検討

改質アスファルト



水浸ホイールラッキング試験状況 試験後の供試体



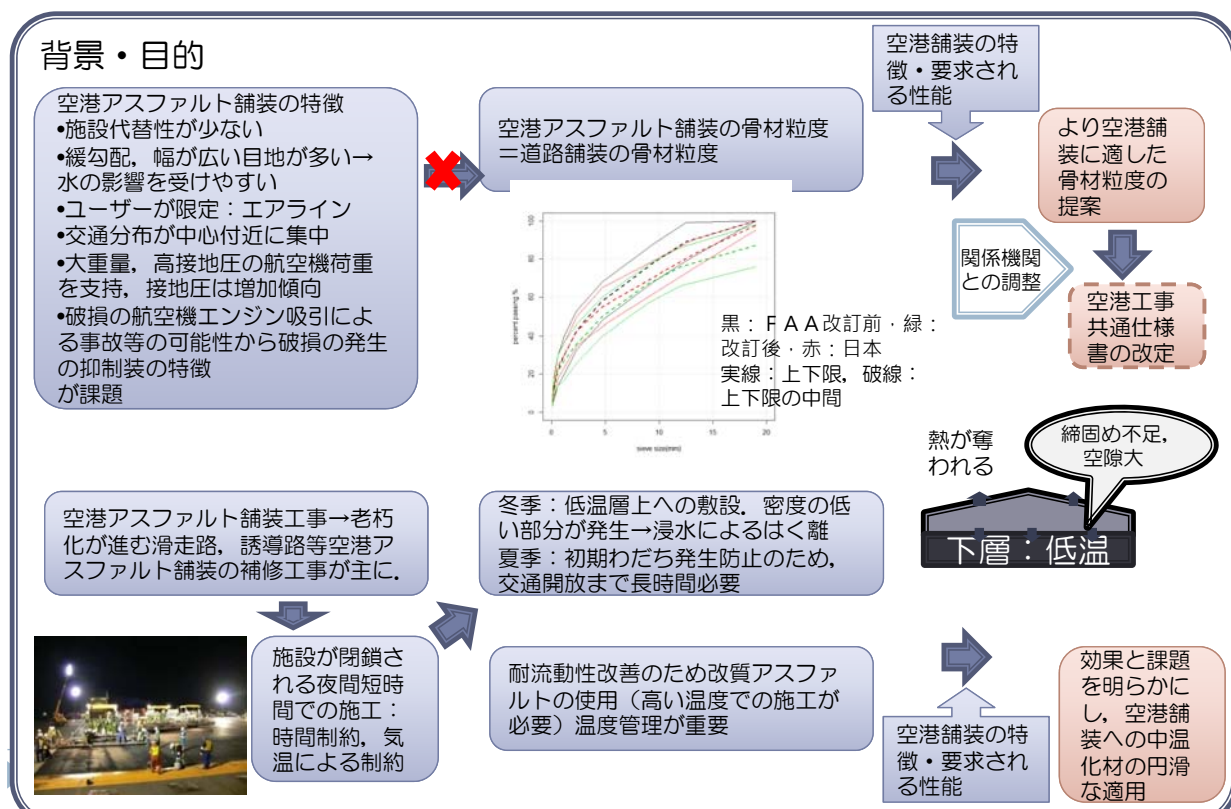
過去の水害による損傷歴、就航機材、交通量等を含め総合的に判断

既設混合物のはく離判定イメージ

様々な試験体について実験を実施

- 空港アスファルト舗装の長寿命化
- 航空機運航安全性・定時制の向上

12.2 空港アスファルト混合物の粒度と中温化材



平成28年度 電子航法研究所講演会

空港面の交通流と空港舗装 ～空港面の交通流～

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所
航空交通管理領域
青山 久枝

平成28年11月15日

内容

- はじめに
- 空港面の交通流に関する研究
- 空港面交通シミュレータを用いた検証
- まとめ

はじめに

- 混雑空港における課題
- 繁忙時間帯の地上走行

3

はじめに

- 混雑空港において
 - 滑走路の本数、スポット数、滑走路処理容量等限られたリソースの有効活用
 - 出発便の離陸待ちの行列、到着便のスポット空き待ちによる滞留の軽減
- 空港面の滞留を軽減するために
 - 出発便のスポット待機・・・スポット出発時刻調整
 - 待機場所の設置
 - 走行経路の調整

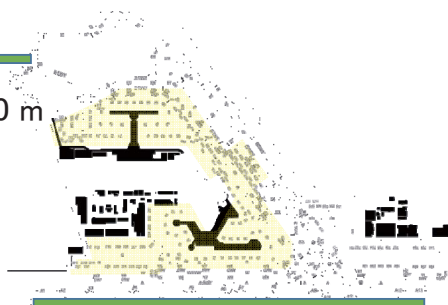
- 軽減対策の効果を検証
- 現実的な対策？

4

空港面の交通流に関する研究

- 「空港面の交通状況に応じた交通管理手法の開発」
- 対象空港:成田空港
- 連携機関:航空局管制課、東京航空局成田空港事務所、
成田国際空港株式会社
- 目的:限られたリソースをいかに有効に使うか? →提案

B滑走路(16L / 34R) : 2,500 m



A滑走路(16R / 34L) : 4,000 m

5

成田空港

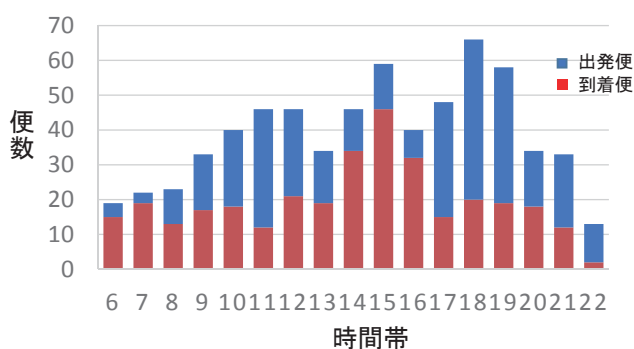
- 交通の特徴
- シミュレータを用いた検証等

6

成田空港の交通の特徴

●交通量

- 1日あたり: 出発・到着共に320~350便
- ピーク:
 - 出発便(10~11時台、17~19時台)、特に18時台
 - 到着便(13~16時台)
- 出発便: 多くの便がA滑走路を使用
⇒A滑走路周辺で滞留発生



時間帯別交通量(1日)



成田空港レイアウト

7

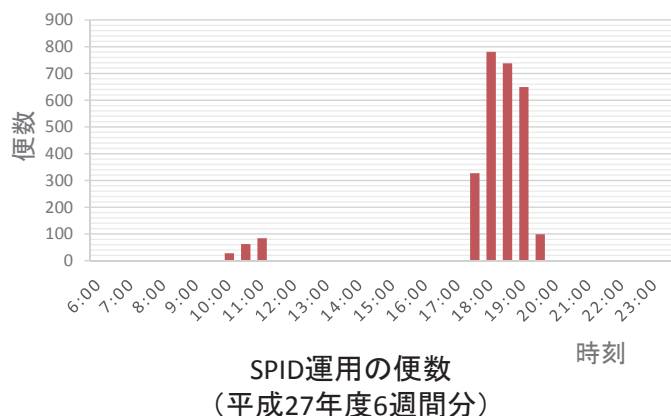
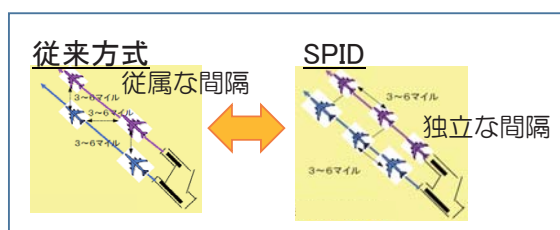
出発便の滞留軽減として

- SPID運用
- スポット待機

8

出発便数を制御

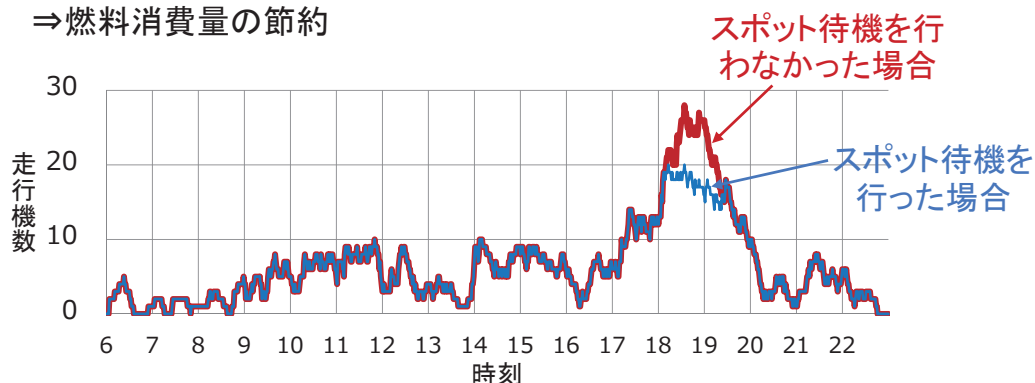
- 同時平行出発方式SPID (Simultaneous Parallel Independent Departure)
 - 滑走路ごとに独立で離陸許可を出せる・・・A滑走路と同時にB滑走路も離陸に使用可能
⇒A、B両滑走路の処理容量を低下させない
 - A滑走路に集中していた出発便をB滑走路に振り分け可能
- 平成27年度からWAM (Wide Area Multilateration) の導入によりSPID運用が可能な日が増加



9

走行機数を制御

- スポット待機
 - 出発便の走行機数を一定以下に抑制
 - 滑走路端待機時間を一定以下に制御
⇒滑走路手前での離陸待ち行列の長さを制御
⇒燃料消費量の節約



スポット待機による走行機数制御の例

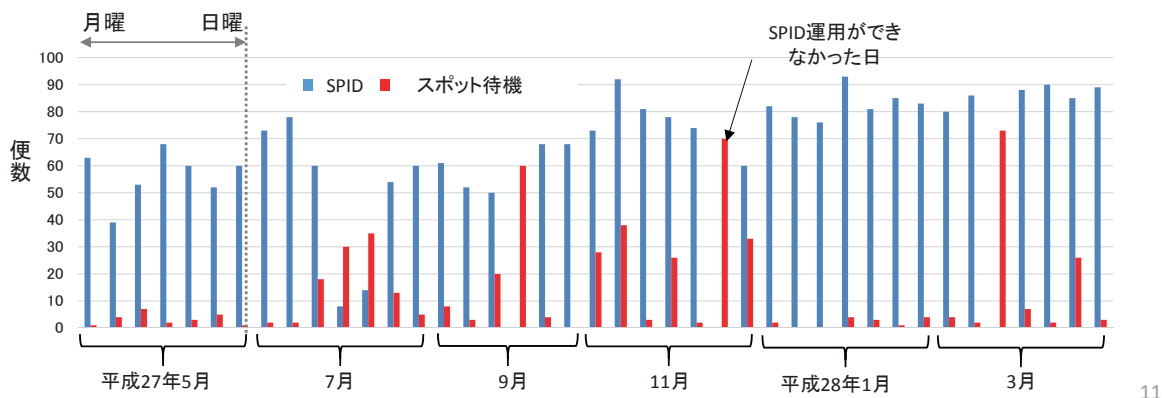
10

現状の運用

- SPID運用+スポット待機
- SPID運用が必ず可能とは限らない
 - 平成27年度・・・約1割の日がSPID運用ができなかった

- スポット待機の有効性？
- SPID運用ができない日

シミュレータを用いた検証、評価



11

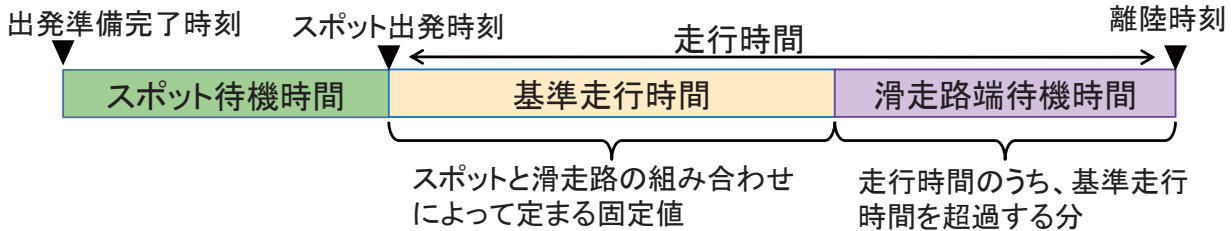
シミュレータを用いた地上走行に関する検証、評価

- スポット待機の有効性の検証など

12

出発便の基本的な地上走行および待機時間の考え方

● 出発準備完了から離陸までの所要時間



● シミュレーションのシナリオで設定

設定項目	出発便	到着便
発生時刻	スポット出発時刻	着陸時刻
発生地点	出発スポット	着陸滑走路
行き先	離陸滑走路	到着スポット

シミュレーションにおいて
変更可能な項目



シミュレーション結果の比較

13

シミュレータと使用データ

● シミュレータ

- 空港面交通シミュレータ
- 電子航法研究所で開発

● 使用データ

- 空港面交通データ
- 飛行計画データ
- 運航票データ
- スポット運航情報データ

航跡、便名、型式、スポット、時刻、出発制限等



- シミュレーション・シナリオ
- パラメータ
- 基準走行時間 など

- 平成27年度奇数月の各1週間 (計6週間分)

14

スポット待機の有効性の検証

●SPID運用と待機時間の関係

●スポット待機時間を“0”と仮定した場合

- 現状ではスポット待機は18時台から行われた(現状模擬シナリオ)
- スポット待機が全く行われなかった場合を仮定したシナリオ(比較シナリオ)を作成
- 2つのシナリオについてシミュレーションを行い、走行機数、離陸までの所要時間を比較した

●シナリオの設定

- 現状模擬: スポット出発時刻→スポット出発時刻
- 比較: スポット出発時刻→**出発準備完了時刻(運航票による)**

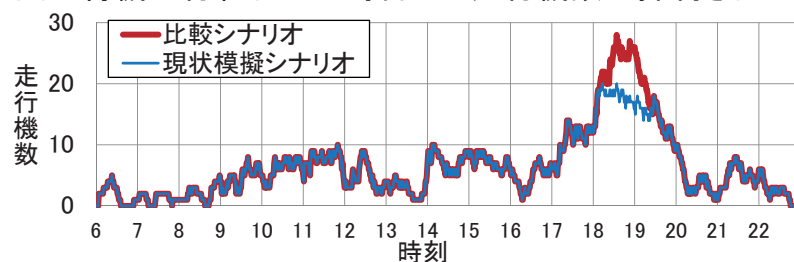
主にA滑走路の離着陸便について検証、評価

15

走行機数と走行時間の比較

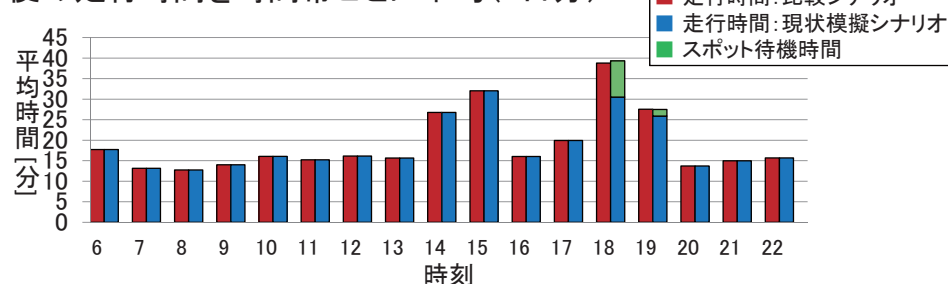
●走行機数

- スポット待機が行われた18時台から走行機数が抑制された



●走行時間

- 各便の走行時間を時間帯ごとに平均(1日分)



16

A滑走路付近の滞留状況

- スポット待機を行った場合と行わなかった場合の比較



- スポット待機が行われなかった場合
- A滑走路付近の出発便の滞留
 - 上記の滞留に巻き込まれる到着便



スポット待機が行われた場合

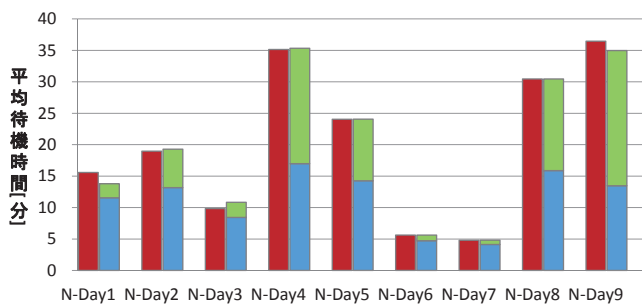
シミュレーション結果の例

17

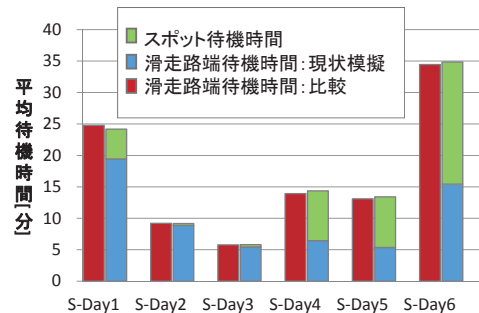
待機時間の比較

- 各日17:30～19:30
- A滑走路の運用別(34L/16R)
- 待機時間:比較シナリオ・・・滑走路端待機時間

現状模擬シナリオ・・・スポット待機時間+滑走路端待機時間



北風運用(34L)

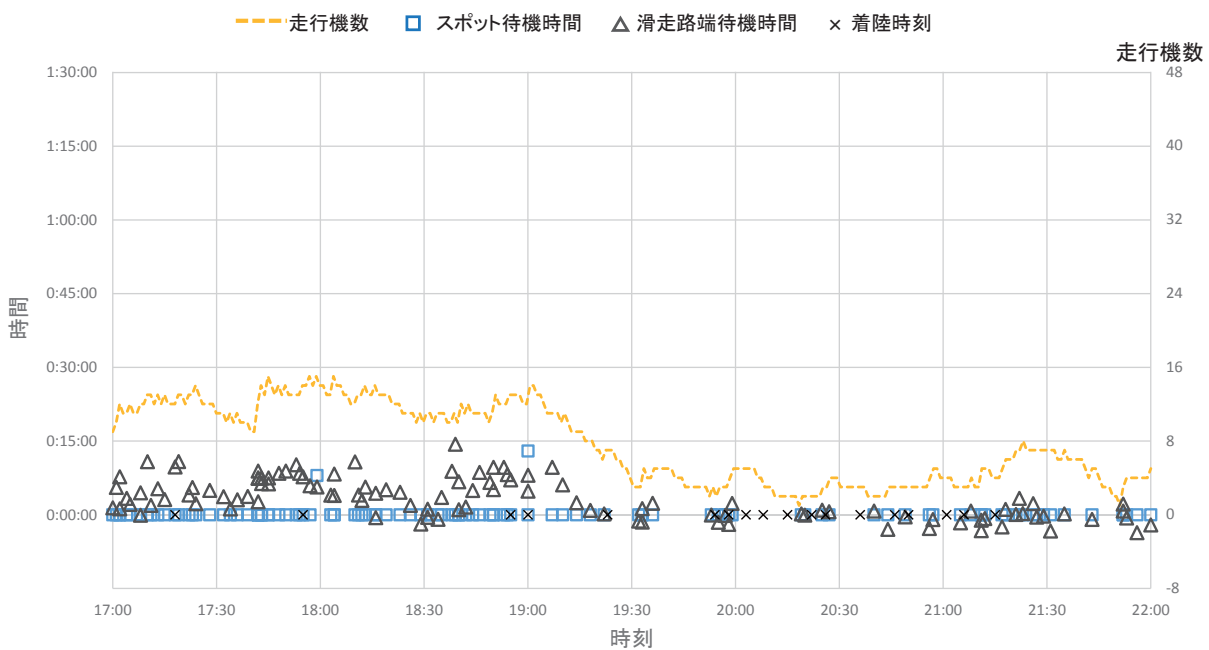


南風運用(16R)

2つのシナリオの待機時間は各日ほぼ等価な交換関係となった

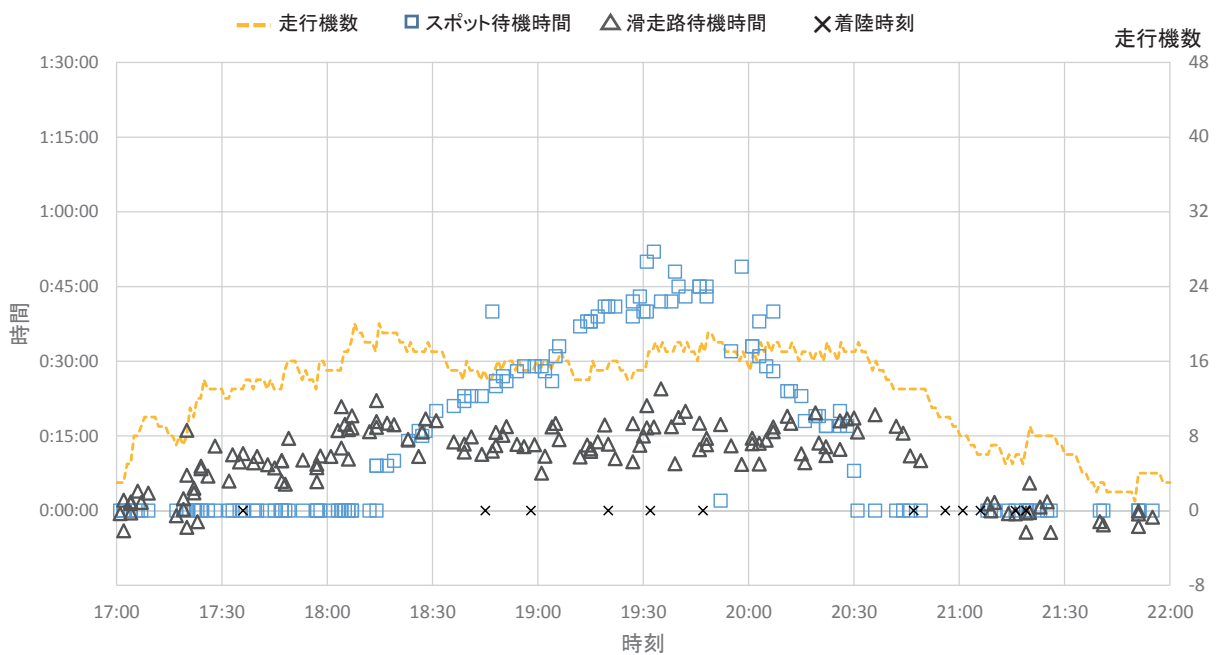
18

SPID運用、かつ、スポット待機便数の少ない日の例(A滑走路)



19

SPID運用ができない日の例(A滑走路)



20

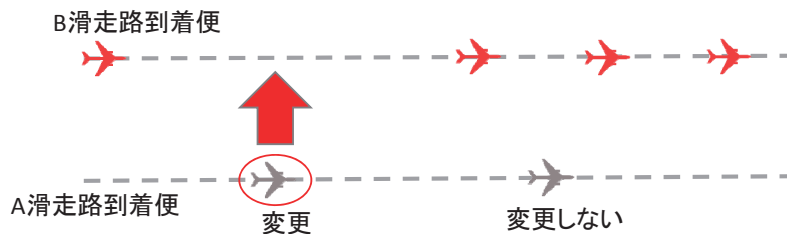
SPID運用ができない日について

●シミュレーションを用いて、以下のような仮定で滑走路端待機時間等の変化を比較

- A滑走路の到着便の一部をB滑走路に変更した場合

●条件:

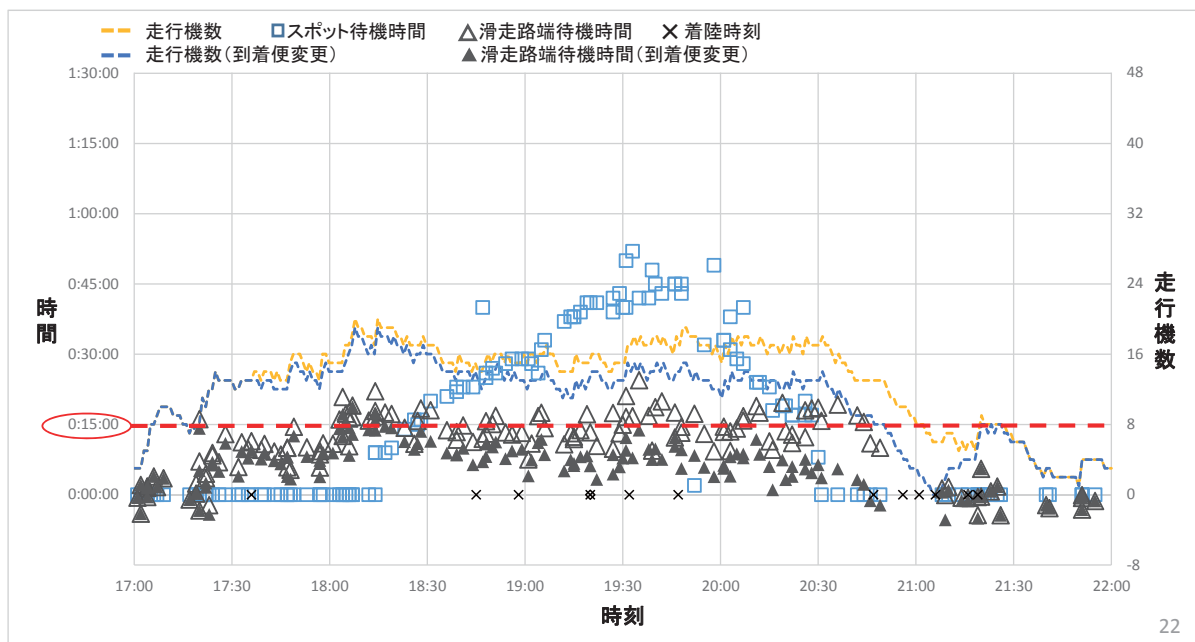
- ① B滑走路に着陸可能な型式
- ② 基本的に、ももとのB滑走路に到着している便およびA滑走路からB滑走路への変更便の着陸時刻は変更なし。ただし、B滑走路への到着便が連続している場合を除いて、着陸時刻+120秒未満で変更可能な便は着陸時刻を変更。



21

到着便の滑走路変更による滑走路端待機時間の変化

- 滑走路変更 (A→B) の対象: 11便
- 上記対象便で着陸時刻変更: 4便 (平均+92秒)



まとめ

- 混雑空港における空港面の交通の滞留を軽減を目指す
- 成田空港を対象にして、現状の交通状況を把握し、分析した結果からシミュレーションにより検証、比較評価
 - 出発便のスポット待機の効果について検証
 - スポット待機が行われなかった場合の滑走路端待機時間と、スポット待機時間+滑走路端待機時間はほぼ等価の交換関係
 - SPID運用ができない日について、到着便の滑走路変更による出発便の滑走路端待機時間を比較
 - 到着便の一部をA滑走路からB滑走路に変更
 - 出発便の滑走路端待機時間がほぼ15分以下＝一定以下に抑制

2016年11月 平成28年度 電子航法研究所 講演会（2016年11月15日）於 羽田空港

滑走路異物監視システムの研究開発

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所 監視通信領域
ニッ森 俊一

2016/11/15

発表内容

■ 研究背景と目的

- 滑走路異物監視システムの国際規格と各国における開発状況

■ 滑走路異物監視用ミリ波レーダシステム

- 光ファイバ接続型ミリ波レーダシステム
- 成田国際空港における実証実験用レーダシステムの構成
- 異物探知実証実験およびMASPS対応評価実験の概要

■ 可視カメラを用いた画像情報の取得

■ まとめと今後の予定

研究背景

チタン製金属板(42 cm x 3 cm)
→3分前に離陸した航空機より脱落
→金属板が燃料タンクに穴

- コンコルドの事故-
仏、ル・モンド紙より



異物(FOD、Foreign object debris)を
早期に発見できるシステムへの要望高

研究背景：日本の繁忙空港

- 羽田(主として国内線)、成田(主として国際線)両空港では日本の全旅客数の60%が利用
- 両空港とも、1日2回の定時点検を実施(通常、運用前と運用中のどこか)
- その他、バードストライク等により、年間百回以上の臨時点検

→実効的な空港運用時間の減少

研究目的

■ FOD検出システムの国際動向

- EUROCAEで最低性能基準を策定、2016年3月に発行済 (Minimum Aviation System Performance Standards for Foreign Object Debris Detection System”, ED-235, Mar. 2016)
- 高い検知性能を実現する必要性
 - 3 cm以上の基本形状の物体を検出できること

■ CARATSにおける研究開発テーマとの関連

- OI-31-2 地上における情報の充実(H28～)

■ 本研究の目的

滑走路監視システムの研究開発・評価

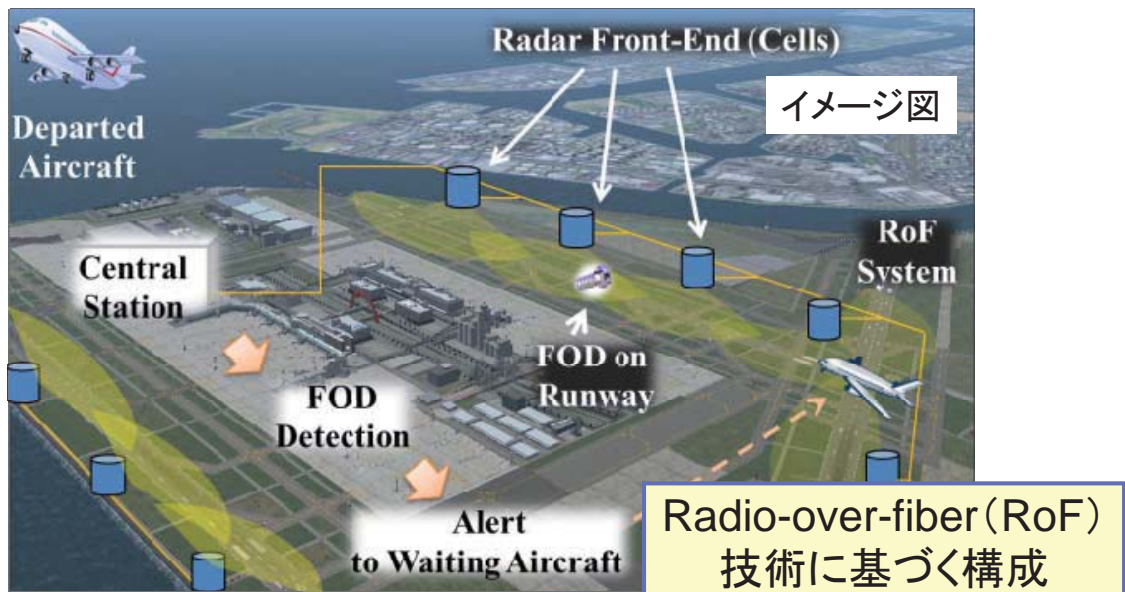
各種FOD監視システムの概要

FOD監視システム/項目	英国 Tarsier	シンガポール iFerret	イスラエル FODetect	米国 FOD finder	ENRI方式の目標
形式	レーダ	高感度カメラ	ハイブリッド	レーダ	ハイブリッド
測定方法	固定式	固定式	固定式	車載式	固定式
滑走路当たりセンサー台数	2個	8~10個	30~50ペア	1個	10個程度
常時監視	○	○	○	×	○
更新頻度 (30秒未満)	×	×	×	×	10秒以下
FODの特長推定	△	△	○	×	○
システム冗長性	×	×	○	×	○
設置工事費	×	△	×	○	△→○へ

滑走路監視用ミリ波レーダシステム

■ 光ファイバ接続型ミリ波レーダシステム

- 直径3 cm程度の小さな金属片を高分解能で検出
- 24時間365日、全天候で運用し、設置・性能要件を満たす必要有



7/32

2016/11/15

空港環境での滑走路監視システムの実験

■ 仙台空港における実験

- 滑走路監視システムを構成するためのレーダおよびカメラ等の要素技術の試験評価を実施



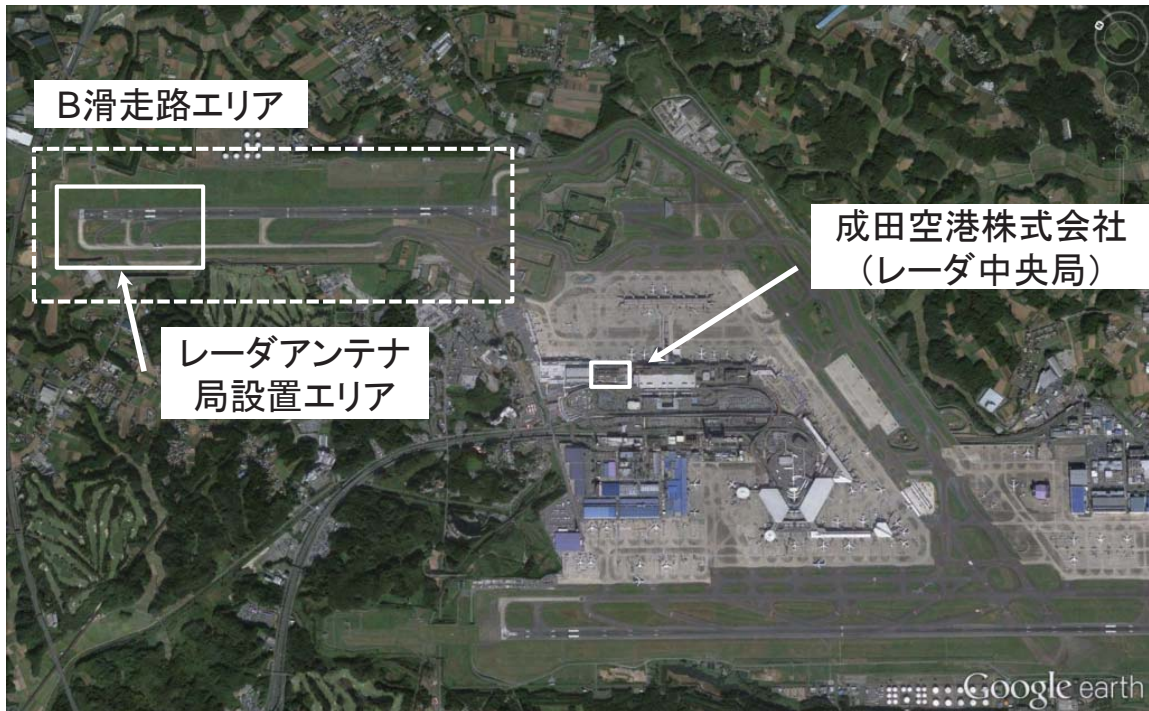
■ 成田国際空港における実験

- 要素技術を組み合わせた実証実験用の滑走路監視システムを構築し、空港環境への適用性を評価

8/32

2016/11/15

成田国際空港におけるレーダシステム設置位置



アンテナ局と中央局間の接続は大部分を既存ファイバを使用

9/32

2016/11/15

実証実験用レーダシステムの構成

■ レーダシステム仕様

- 広帯域電波資源を用いたcmクラスの距離分解能を実現



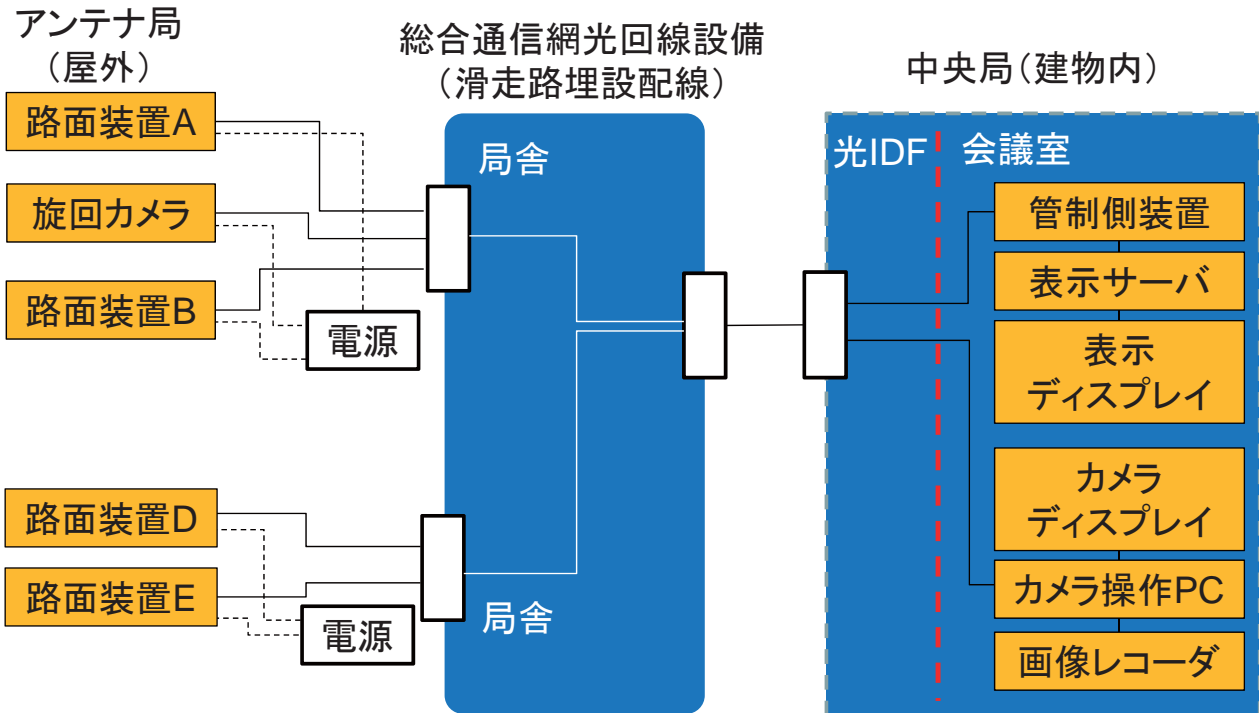
滑走路異物探知用
ミリ波レーダ仕様
周波数: 92~100 GHz
信号帯域幅: 8 GHz
出力: 17 dBm
アンテナ利得: 44 dBi

直径約3 cm程度の金属円柱を距離500 mで検出できるよう仕様決定

10/32

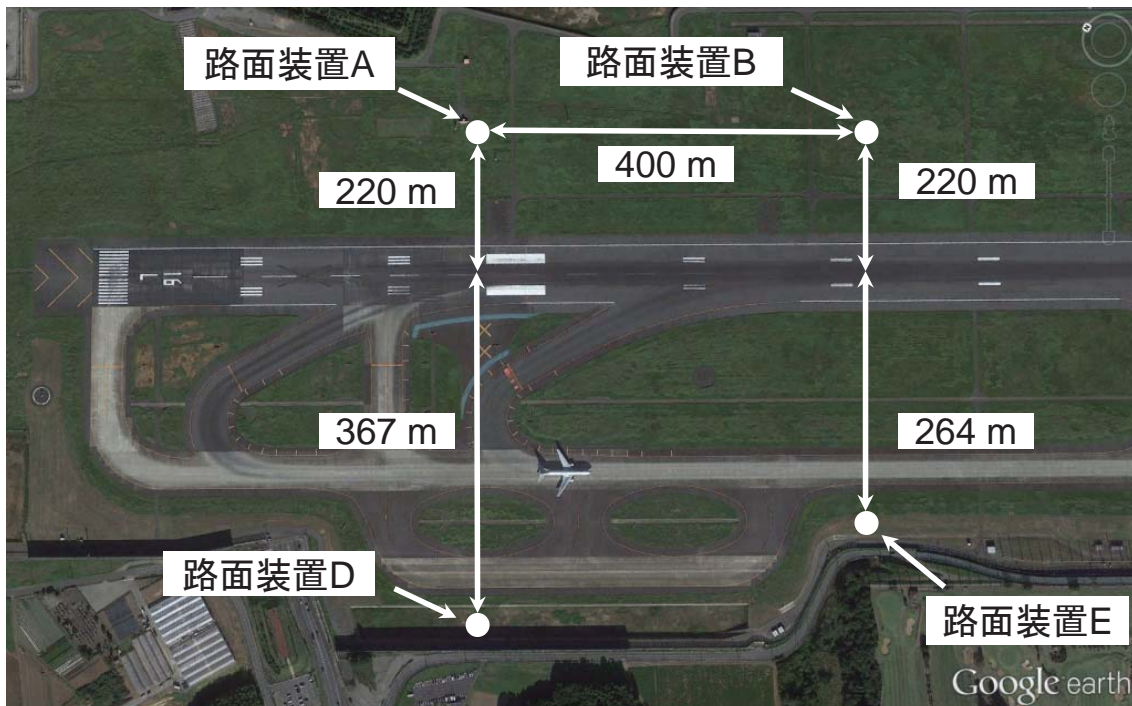
2016/11/15

光ファイバ接続系統図



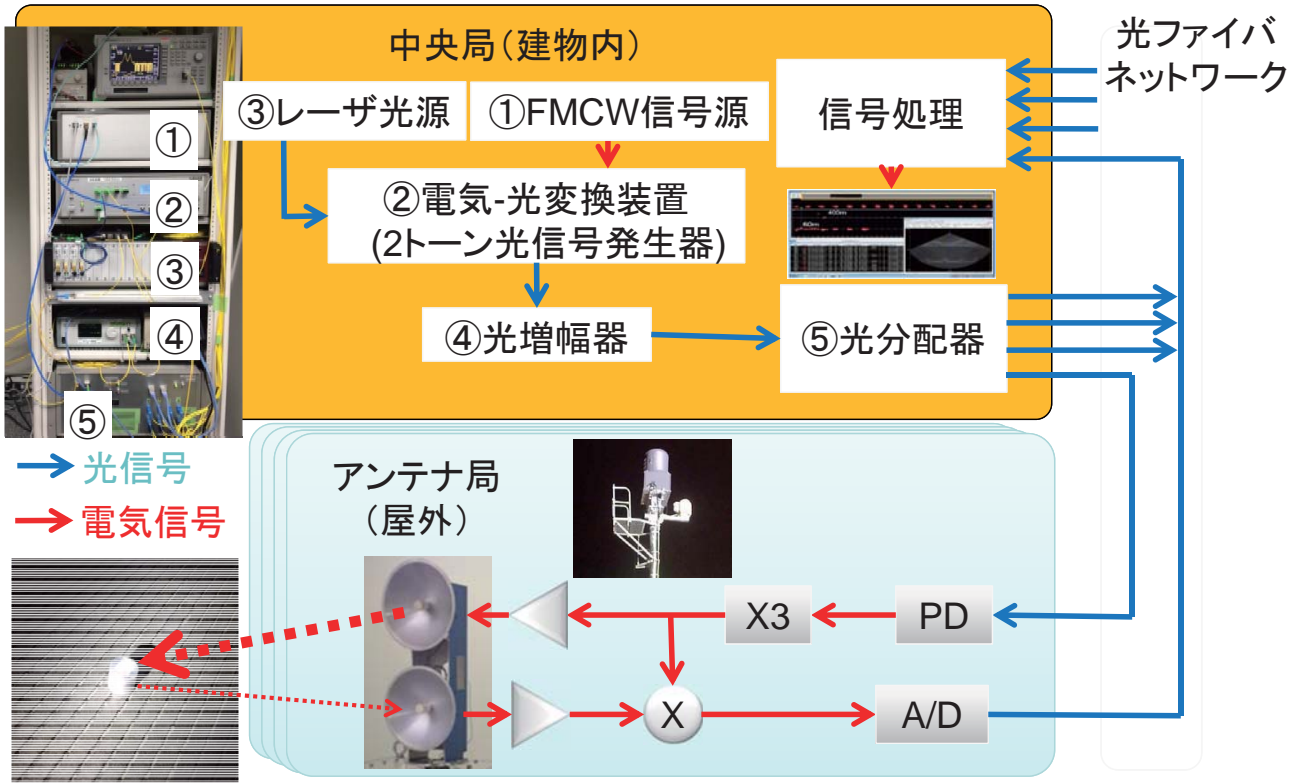
今回の実証実験では図の 部を新設運用他の部分は既設の施設を借用

レーダアンテナ局路面装置設置位置



アンテナ局の覆域は500 m以上であり、一部重複して探知可能

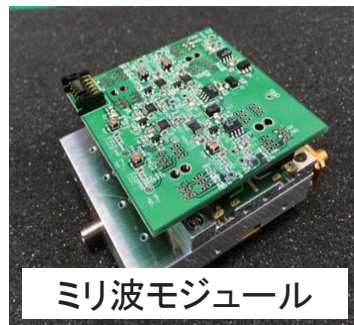
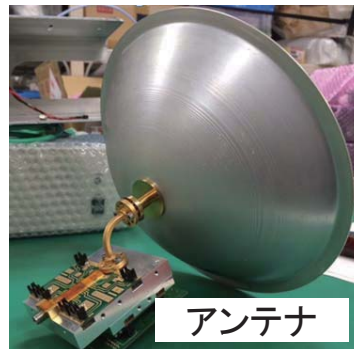
ミリ波レーダシステム系統図



13/32

2016/11/15

アンテナ局路面装置の内部概観



ミリ波モジュールを構築し回路の小型化および低雑音化を実現

14/32

2016/11/15

成田国際空港における異物探知実証実験

■ ミリ波レーダ性能評価のための実証実験

- 平成27年12月から平成29年5月までの予定で試験を継続



アンテナ局Aには可視カメラおよび気象センサを設置

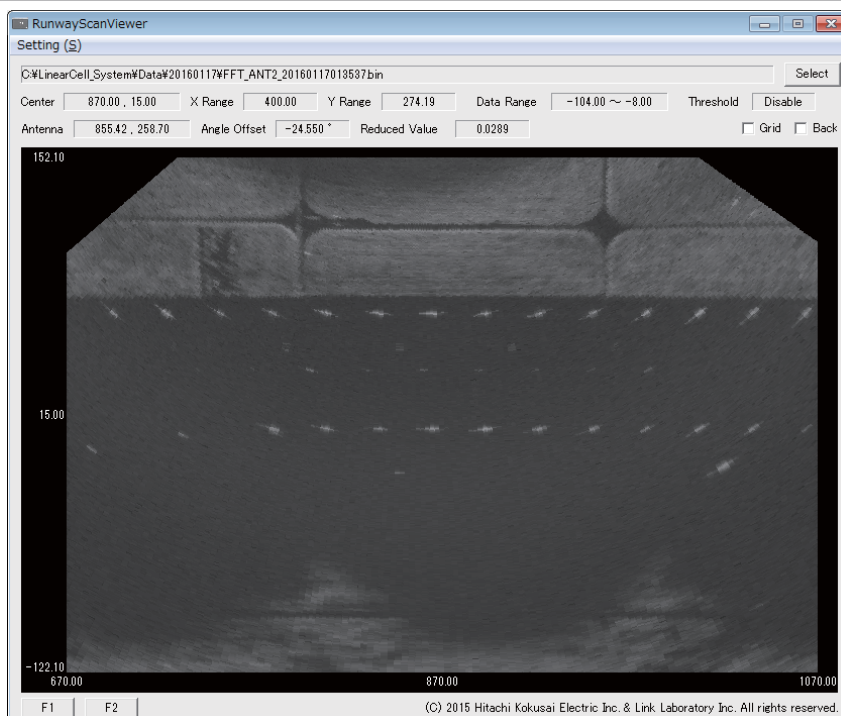
自動でカメラを制御し、画像を提供可能なように、本年度中の機能追加予定

ミリ波レーダセンサ部のEUROCAEのMASPS対応評価を実施中

15/32

2016/11/15

表示サーバにおけるレーダスコープ表示例 (アンテナ局B)

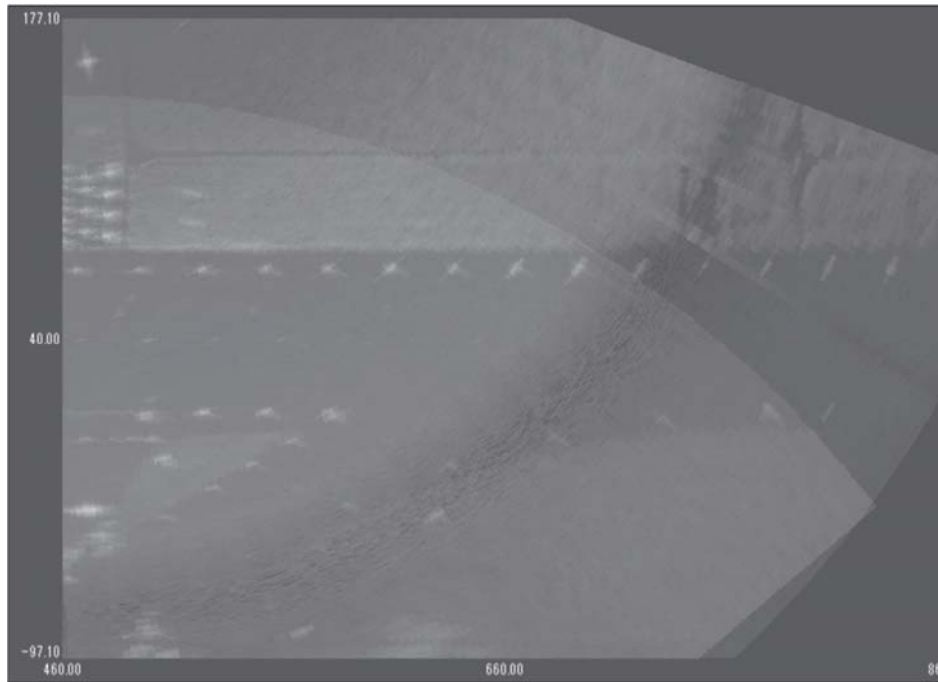


滑走路脇の緑地および滑走路灯の各種周辺状況が確認可能

16/32

2016/11/15

表示サーバにおけるレーダスコープ表示例 (2アンテナ局の合成)



複数アンテナ局からの信号を合成し、ピーク検出処理を行う予定

17/32

2016/11/15

表示サーバ画面例

No.	Alarm	Day Time	Point XY (m)	Latitude	Longitude	Value (dBm)	Antenna	Data File
6900	OFF	2015/12/23 02:05:21	376 79 35	42 39 52N	139 28 57.76E	-68.89	4	20151223FFFT_AN
6906	OFF	2015/12/23 02:05:21	409 79 35	42 39 55N	139 28 59.08E	-67.35	4	20151223FFFT_AN
6907	OFF	2015/12/23 02:05:21	413 79 35	42 39 55N	139 28 59.23E	-	4	20151223FFFT_AN
6908	OFF	2015/12/23 02:05:21	525 79 35	42 39 55N	139 28 43.70E	-	4	20151223FFFT_AN
6909	OFF	2015/12/23 02:05:21	529 79 35	42 39 55N	139 28 43.85E	-	4	20151223FFFT_AN
6910	OFF	2015/12/23 02:05:21	298 80 35	42 39 58N	139 28 34.65E	-	4	20151223FFFT_AN
6911	OFF	2015/12/23 02:05:21	246 80 35	42 39 58N	139 28 36.65E	-67.35	4	20151223FFFT_AN
6912	OFF	2015/12/23 02:05:21	432 80 35	42 39 58N	139 28 40.03E	-71.74	4	20151223FFFT_AN
6913	OFF	2015/12/23 02:05:21	469 80 35	42 39 58N	139 28 42.66E	-	4	20151223FFFT_AN
6914	OFF	2015/12/23 02:05:21	211 81 35	42 39 51N	139 28 51.19E	-	4	20151223FFFT_AN
6915	OFF	2015/12/23 02:05:21	432 81 35	42 39 51N	139 28 40.03E	-71.74	4	20151223FFFT_AN
6916	OFF	2015/12/23 02:05:21	460 81 35	42 39 51N	139 28 42.30E	-69.04	4	20151223FFFT_AN
6917	OFF	2015/12/23 02:05:21	240 82 35	42 39 54N	139 28 52.34E	-	4	20151223FFFT_AN
6918	OFF	2015/12/23 02:05:21	491 82 35	42 39 54N	139 28 42.24E	-68.29	4	20151223FFFT_AN
6919	OFF	2015/12/23 02:05:21	576 82 35	42 39 54N	139 28 45.72E	-69.21	4	20151223FFFT_AN
6920	OFF	2015/12/23 02:05:21	576 83 35	42 39 58N	139 28 45.73E	-69.51	4	20151223FFFT_AN
6921	OFF	2015/12/23 02:05:21	808 83 35	42 39 58N	139 28 46.82E	-70.02	4	20151223FFFT_AN
6922	OFF	2015/12/23 02:05:21	633 84 35	42 40 01N	139 28 48.00E	-73.63	4	20151223FFFT_AN

定誤警報確率(CFAR)処理を行い、滑走路マップおよびリスト表示

18/32

2016/11/15

MASPS対応評価実験①

EUROCAE MASPS対応評価実験の概要

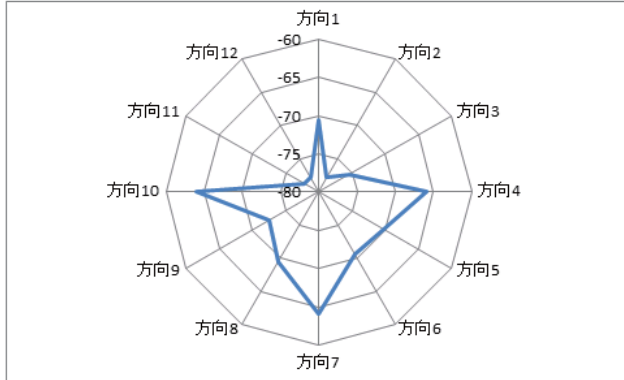
- 対象物の位置9箇所および方向(30度間隔全周)を変化させ、所望探知確率95%以上を確認中

単一アンテナ局における受信電力測定結果例

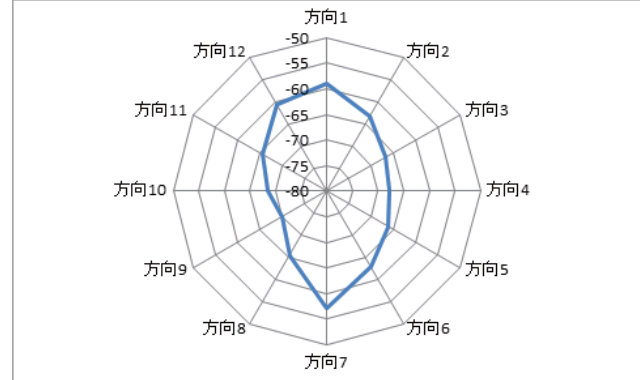
金属片

ボルト

方向別 平均受信電力(dBm)



方向別 平均受信電力(dBm)



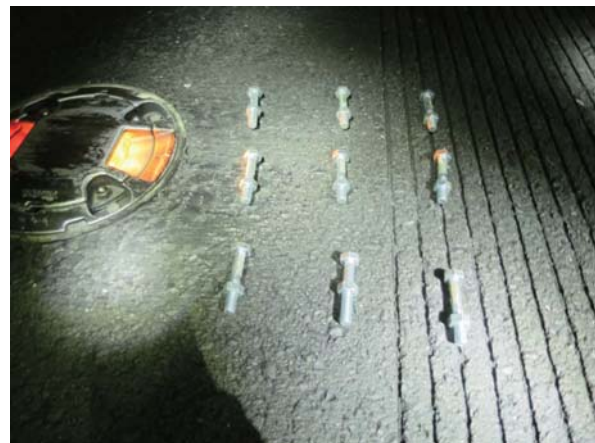
19/32

2016/11/15

MASPS対応評価実験②

実験状況

- 金属片、小石、ボルト、ゴム片等を用いた探知実験を実施(2016年10月)し、測定結果を取りまとめ中



複数アンテナ局からの受信信号を合成することで、対象物の形状等に依存する角度依存性を低減し、探知確率を上げることが可能

20/32

2016/11/15

可視カメラ性能評価試験概要①

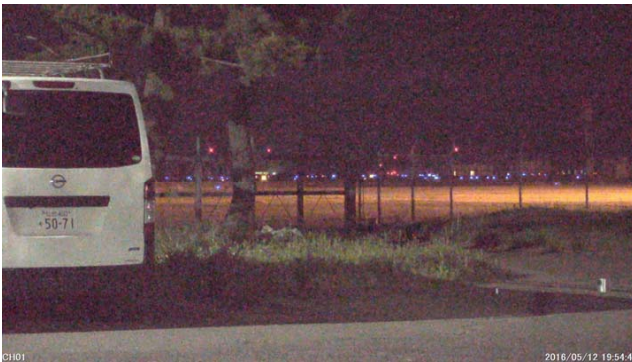
■ 可視カメラ性能評価試験

- 2種の可視カメラおよび11種の対象物を用いた対象物識別性能評価試験

①単板CMOSカメラ

倍率:30倍

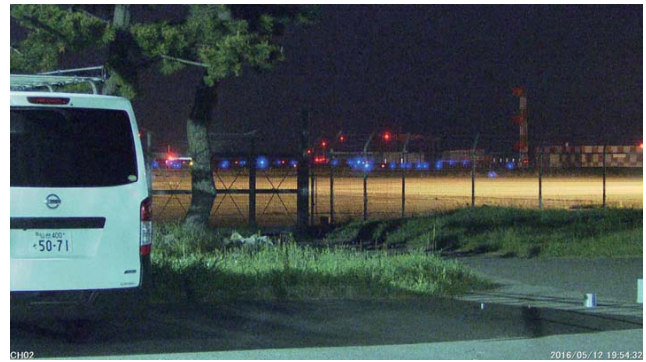
撮像素子:1/2.8型CMOSセンサ



②3板CMOSカメラ

倍率:35倍

撮像素子:1/2.86型CMOSセンサ(3板)



21/32

2016/11/15

可視カメラ性能評価試験概要②

■ 可視カメラおよび評価対象物設置位置

- 滑走路運用時間外に仙台空港A滑走路上に可視カメラおよび評価対象物を設置
- カメラと評価対象物の距離を200 m、400 mおよび700 mに変化させて画像を取得



22/32

2016/11/15

可視カメラ評価試験環境



滑走路灯火のみの環境で滑走路に評価対象物を設置

評価対象物

金属円柱
大(直径134 mm、高さ134 mm)
中(直径54 mm、高さ54 mm)
小(直径25 mm、高さ25 mm)

M10ボルト
長さ85 mm
長さ30 mm

M6ボルト
長さ53 mm

金属片(3 cm幅、40 cm長、折り曲げ)

M8ボルト
長さ70 mm
長さ23 mm

M4ボルト
長さ37 mm
長さ17 mm

11個の異なる評価対象物を滑走路に配置

距離200 m(単板カメラ)



M10ボルト(長さ87 mm)

M10ボルト(長さ87 mm)まで識別可能

25/32

2016/11/15

距離200 m(3板カメラ)



M4ボルト(長さ17 mm)

全ての対象物を識別可能

26/32

2016/11/15

距離400 m(単板カメラ)



金属円柱大(直径134 mm、高さ134 mm)のみ識別可能

27/32

2016/11/15

距離400 m(3板カメラ)



全ての対象物を識別可能

28/32

2016/11/15

距離700 m(単板カメラ)



HC-HD261-H1

2016/05/12 22:45:50

映像からは対象物は識別不可

29/32

2016/11/15

距離700 m(3板カメラ)



金属片(3 cm幅、40 cm長、折り曲げ)

金属円柱小

HC-IR931

2016/05/12 22:46:42

金属円柱小(直径25 mm、高さ25 mm)および金属片までを識別可能

30/32

2016/11/15

まとめと今後の予定

■ まとめ

- 滑走路異物監視システムの研究開発

アンテナ局と中央局からなる分散型の光ファイバ接続型ミリ波レーダシステムを成田国際空港に構築し、評価試験を実施中

成田国際空港B滑走路脇に4つのアンテナ局を設置し、異物探知実証実験およびEUROCAE MASPS対応評価試験を実施中

可視カメラ性能評価試験を仙台空港において実施し、M4ボルトが距離400 mで夜間識別可能であることを確認

■ 今後の予定

- レーダとカメラの連動機能追加
- レーダ部のEUROCAE MASPS適合性調査取りまとめ

謝辞

- 実証実験にご協力頂いている成田国際空港株式会社の方々を始めとした関係各所の皆様に深く感謝いたします。
- 実験にご協力頂いている国土交通省東京航空局仙台空港事務所の関係各所の皆様に深く感謝いたします。
- 本研究の一部は、総務省からの受託研究「90 GHzリニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発」により実施された。

平成28年度 電子航法研究所 講演会

2016年11月15日

GLSによる将来運航の進展

計器着陸システムの現在と将来



Electronic Navigation
Research Institute

海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所
航法システム領域
福島荘之介

内 容

1. 進入着陸システムの発展
2. GLSによる高度運航への取り組み
 - 同時平行進入
 - PBNとGLSの接続
3. RNP to xLS進入の研究

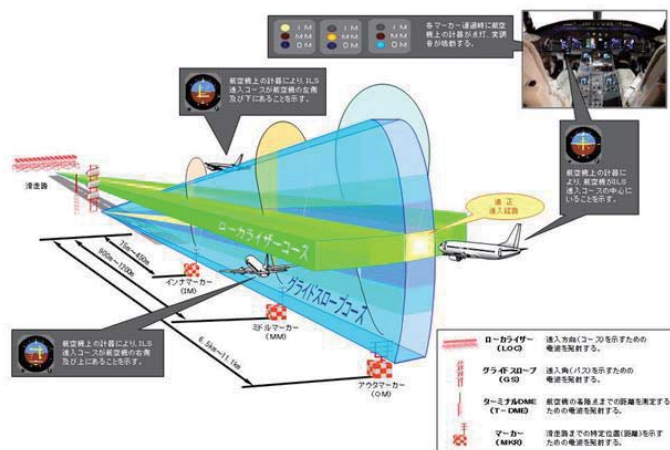
GLS : GBAS Landing System

GBAS: Ground-Based Augmentation System (地上型衛星航法補強システム)

1. ILS 計器着陸システム

性能区分: カテゴリー I, II, III

国内68空港に設置(高カテゴリー:内9空港)



[国土交通省HPより]



ILSグライドパスアンテナとターミナルDMEアンテナ



ILSローカライザーアンテナ

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

3

1. ILSが使えなくなったら

広島: ILSローカライザーアンテナへの接触事故

2014年4月14日 事故発生(滑走路閉鎖による全30便欠航)

4月16日 ILS不可で運用再開(非精密進入可能, RVR1600 m)

悪天候日は、全便欠航などの影響

5月5日 仮設ILSによるカテゴリーI運用再開(RVR 550 m)

9月19日 完全復旧 カテゴリーIIIB(RVR 100 m)

梅雨入り:6月2日(中国地方), 乗客:20万人(3月) ⇒16万人(4月)



[運輸安全委員会:航空事故状況報告]

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

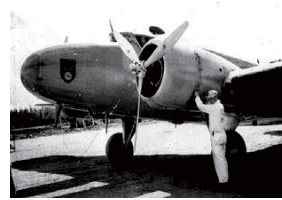
4

1. 進入着陸システムの発展

- 1939年 ILSの民間利用(カテゴリー I)
- 1944年 ILSの国際標準策定
- 1960~70年代 ILS カテゴリーII, III運航
- 1970~80年代 MLSの開発



[M.Kayton, W.R.Fried, Avionics Navigation System, 1997]



[C.Johnson, "Update on FAA all weather Ops program, AWOHWG, Nov. 2010]

- 1991年 ICAO衛星航法を中核とするCNS/ATM構想(第10回航空会議)
GPSによる着陸システムの研究開始(FAAのLAAS構想)
- 1996年 国内で研究開始(電子航法研究所)
- 1998年 RTCA文書の発行(MASPS, ICD, MOPS)
- 2001年 国際標準(SARPs)発行(GBAS)
- 2004年 GBAS受信機の開発(Collins, Honeywell)
ボーイング, エアバスがGLSの搭載を発表
- 2009年 カテゴリーI GBASのシステム設計承認(FAA)

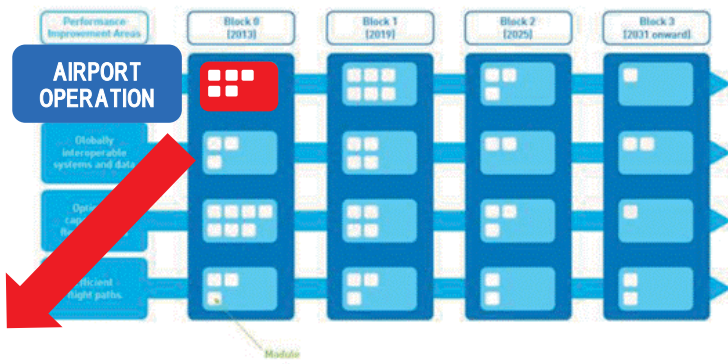


平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

5

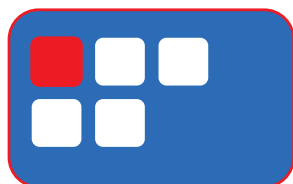
1. 最近のICAOの取り組み

- ◆ 第12回航空管制会議
 - GANP (Global Plan)
将来の技術活用戦略
 - ASBUs その工程表



BLOCK 0 (2013 - 2018)

GLS
既存技術



B0-APTA
進入の最適化
PBN + GLS

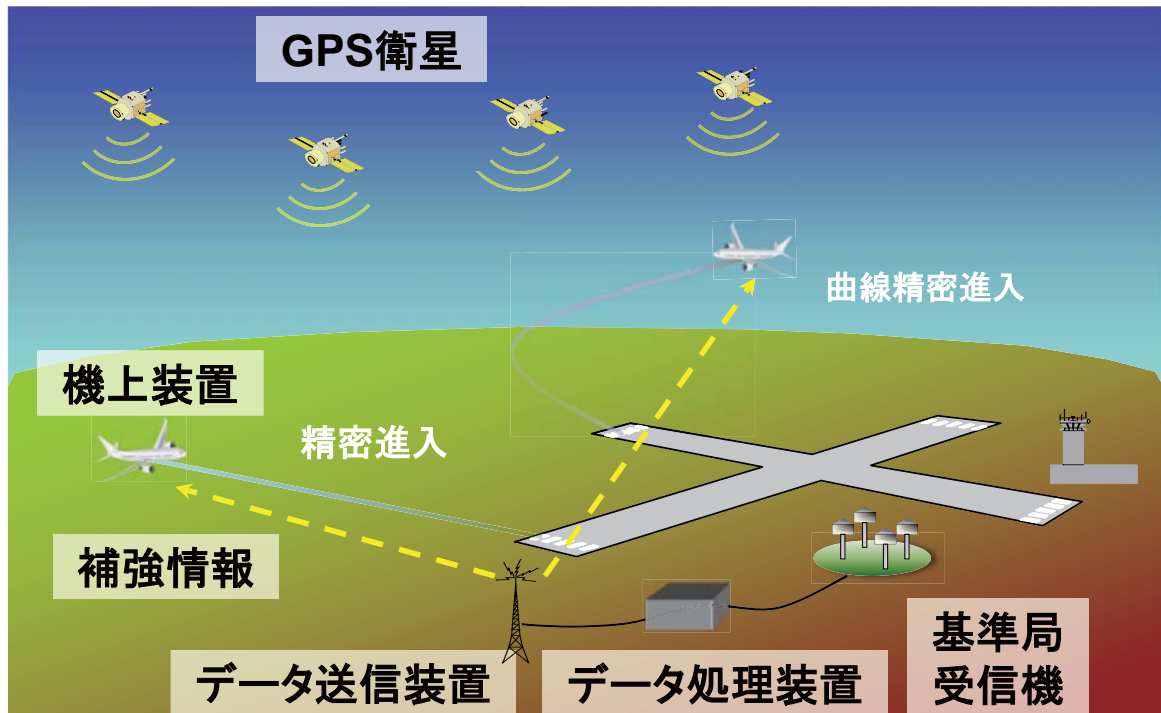


- ◆ 第39回 ICAO総会(2016)
加盟国の国際標準の着実な導入と支援

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

6

1. GBASの構成



平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

7

1. GBASの特徴

従来システム (ILS) の制限解消

- 障害物件 (地形, 先行機) の影響により進入経路が乱れない
- 1式の地上設備で全滑走路端に進入方式を設定可能
- 設置コストの低減 (設置制限, 土地造成, カウンターポイズ)
- LOCオフセットによるミニマ低下の解消
- 制限区域の保護が不要 (SSP体制, 除雪)

将来運航による利点

- 可変角度運航
- 曲線進入 (RNP to GLS) : 経路短縮



(成田国際空港LOC(16L), NAA提供)

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

8

1. GBASの導入と普及

地上 カテゴリー | 運用開始

ブレーメン	2012年2月
ニューアーク	2012年9月
ヒューストン	2013年4月
マラガ	2014年5月
シドニー	2014年5月
フランクフルト	2014年9月
チューリヒ	2014年10月
ロシア	(14空港で運用開始)

機上

737NG	装備可能 (option)	A320	装備可能 (option)
737max	標準装備	A330	装備可能 (option)
787	標準装備	A340	装備可能 (option)
747-8	標準装備	A350	装備可能 (option)
777-X	標準装備		

2030年に737クラス以上の半数に装備される (ボーイング社の予測)

運用に向けて活動している空港

JFK, ヒースロー, 上海, 金浦など

※ ILSと同様な直線進入

東京国際空港への導入計画

GBAS地上装置設置(2018年度末)

トライアル運航(2020年度まで)

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

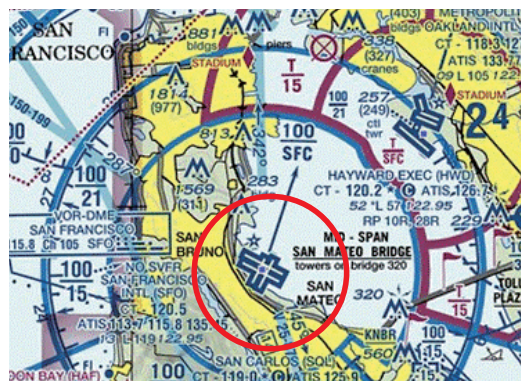
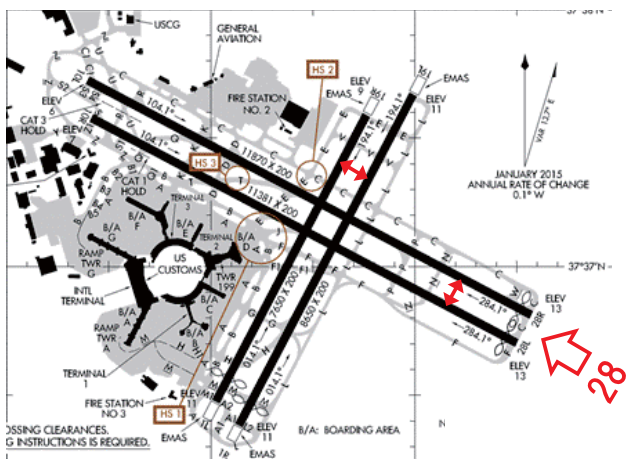
9

2. 狭域同時平行進入への活用

■ サンフランシスコ空港(SFO) デモンストレーション

チーム: ボーイング, DELTA, UNITED, SFO, Jeppesen, FAAなど

滑走路間隔: 230 m (750FT) [クローズ < 1310 m(4300 FT) < オープン]



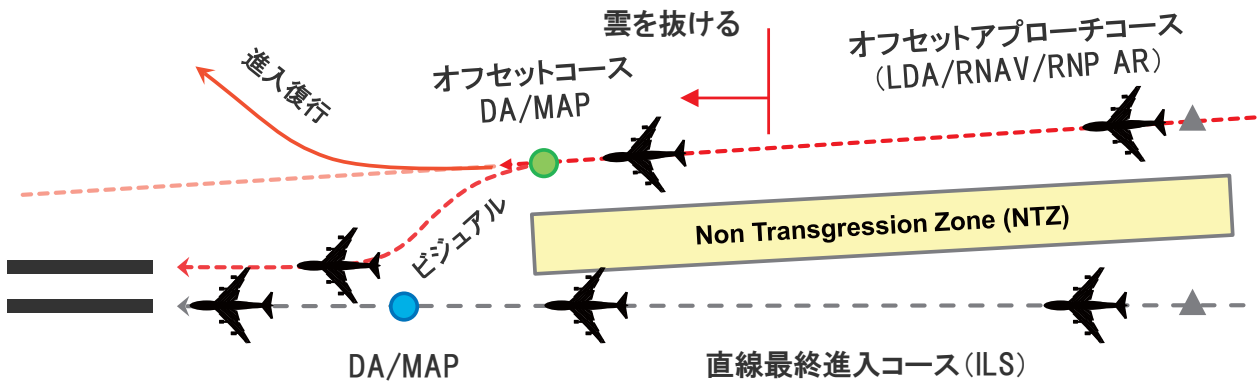
VFRで60便/時間 IFRで30便/時間

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

10

2. 狭域同時平行進入への活用

■ SOIA: 同時オフセット計器進入 RPM 38便/時間



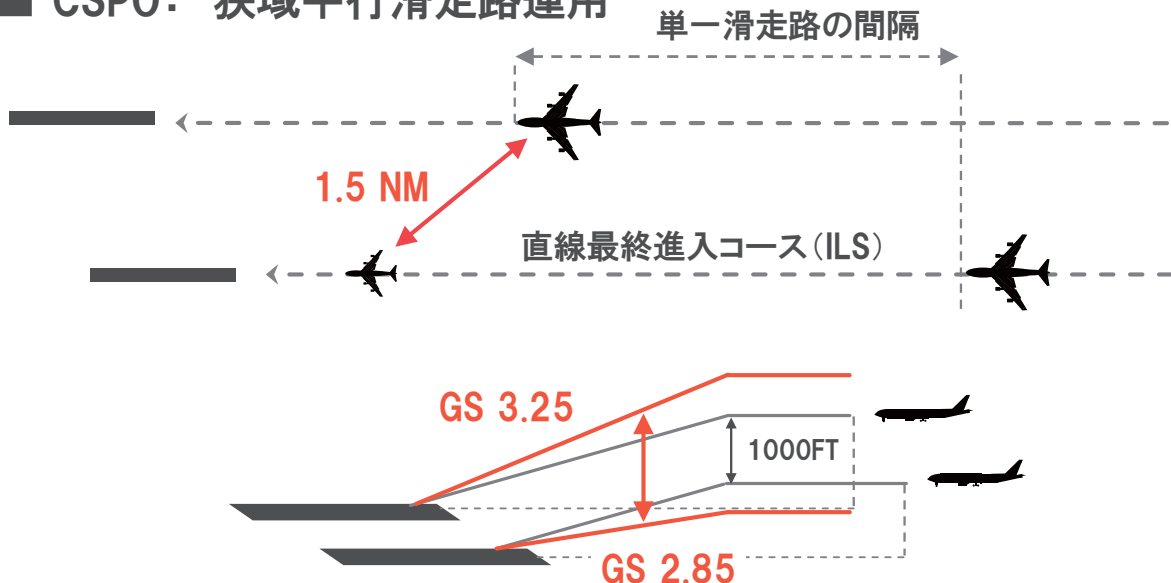
- 雲を抜けた後、相手機を視認し通報(1,600FTまでに)
- ビジュアルセグメントをRNP化する ⇒1,000FTまで(目標)

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

11

2. 狭域同時平行進入への活用

■ CSPO: 狭域平行滑走路運用



- GS角を変更・着地点をオフセット ⇒1.5 NM間隔を短縮(目標)

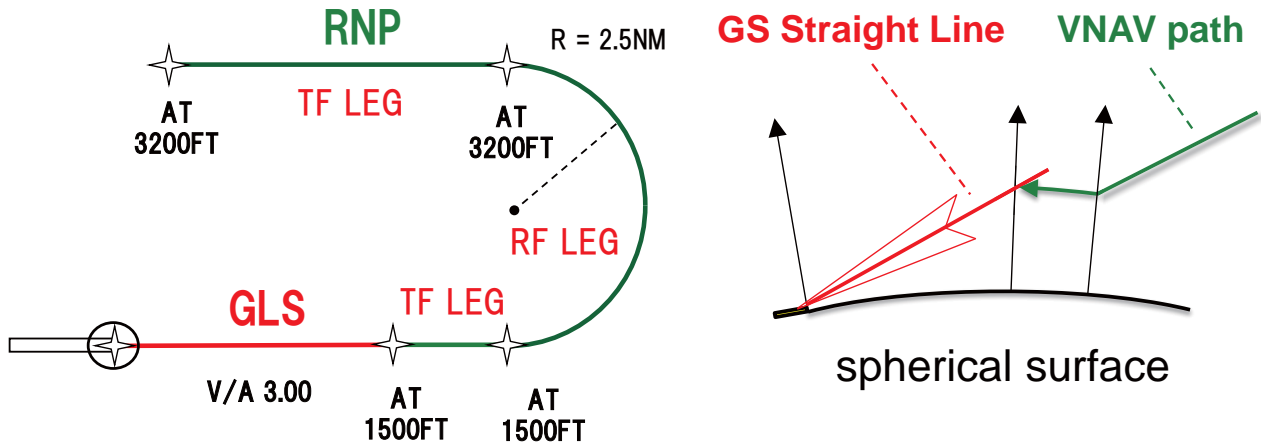
平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

12

2. RNPとGLSの接続

■ RNP to xLS 進入方式 FAA, Eurocontrol, ENRIなどで検討

- RNP経路とGLS(またはILS)を接続
- RF旋回により経路長を短縮

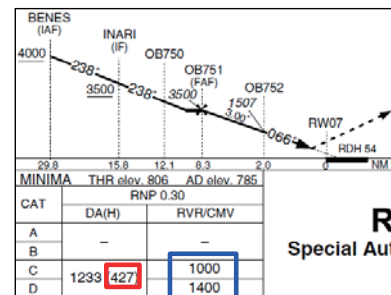
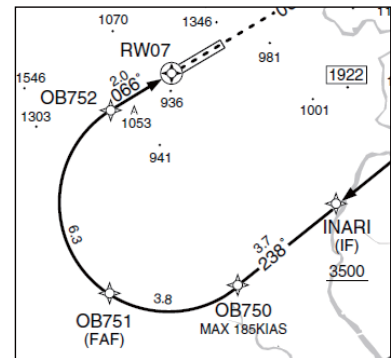


平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

3. RNP to xLS進入の研究

- RNP AR進入の導入
 - 国内30方式(26滑走路17空港) H27.3
 - RFレグ(円弧旋回)が使用可能
 - 経路短縮効果(計器進入)
 - 特別許可が必要
- 将来のRNP to xLS進入の検討
 - 精密進入のランディングミニマ
 - CAT-I GLSの運用開始
 - PARC (FAA諮問委員会)
 - ICAO飛行方式設計パネルで検討開始
 - FAA: Order 8260.58Aに記載

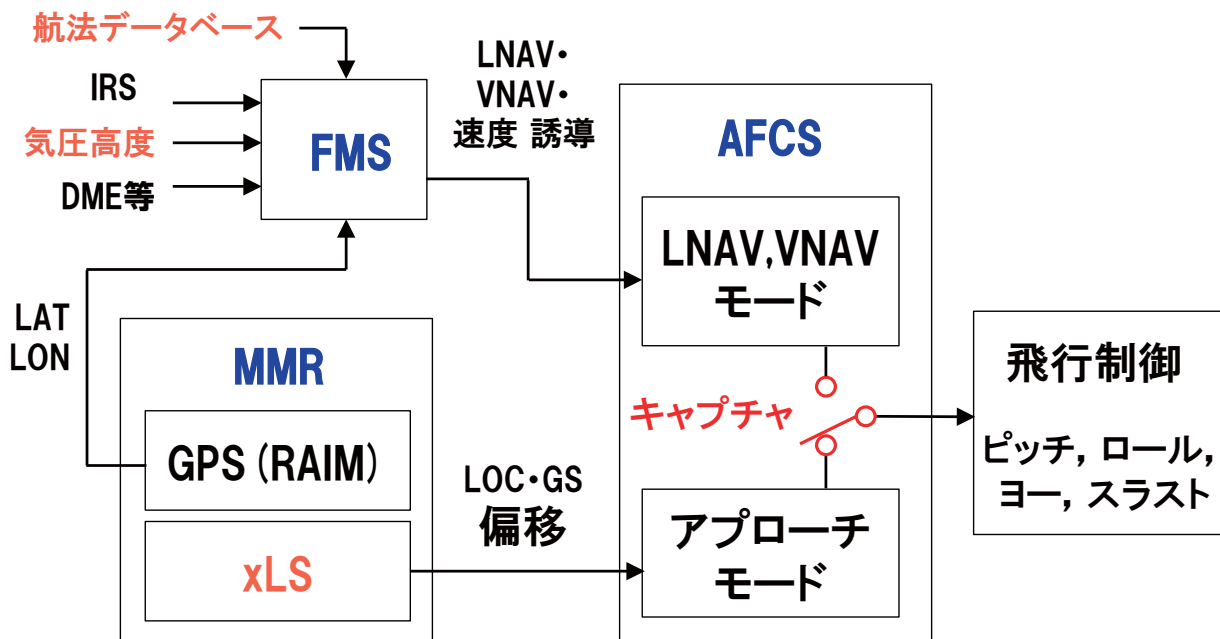
RJOB / OKAYAMA RNAV(RNP) RWY07



DH 427 ↑ ↑ RVR1400

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

3. 航法と飛行制御



平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

15

3. RNP to xLSの課題

- 方式設計によりLOCとGSがほぼ同時にキャプチャ
 - LOCはGSの前にキャプチャされるべき
 - ILSのGS角はLOCのフルスケール覆域でのみ保証
 - 高温でGSが先にキャプチャする場合も(経路に依存)
- キャプチャに影響する要因
 - VNAVパスは、気圧高度であるため地上気温により変化
 - キャプチャ基準は航空機により異なる
 - 高温の場合は、APPボタンを押すタイミングにも依存

飛行方式の設計手法が確立されていない

⇒国際標準が未開発

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

16

3. シミュレータによる検証

- 航法データベース (ARINC424) は作成可能か？
- 高温・低温であっても正常に飛行可能か？
- キャプチャ前に水平飛行は必要か？

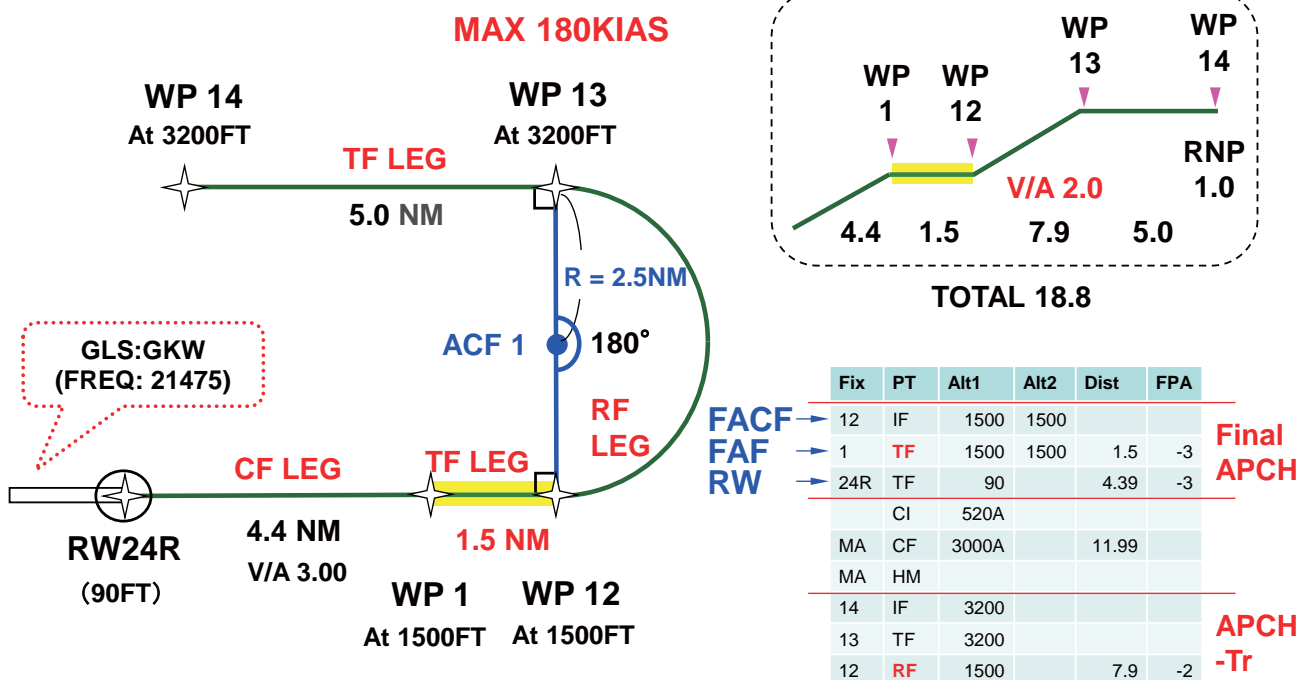


787フルフライトシミュレータ (ANA訓練センター)

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

17

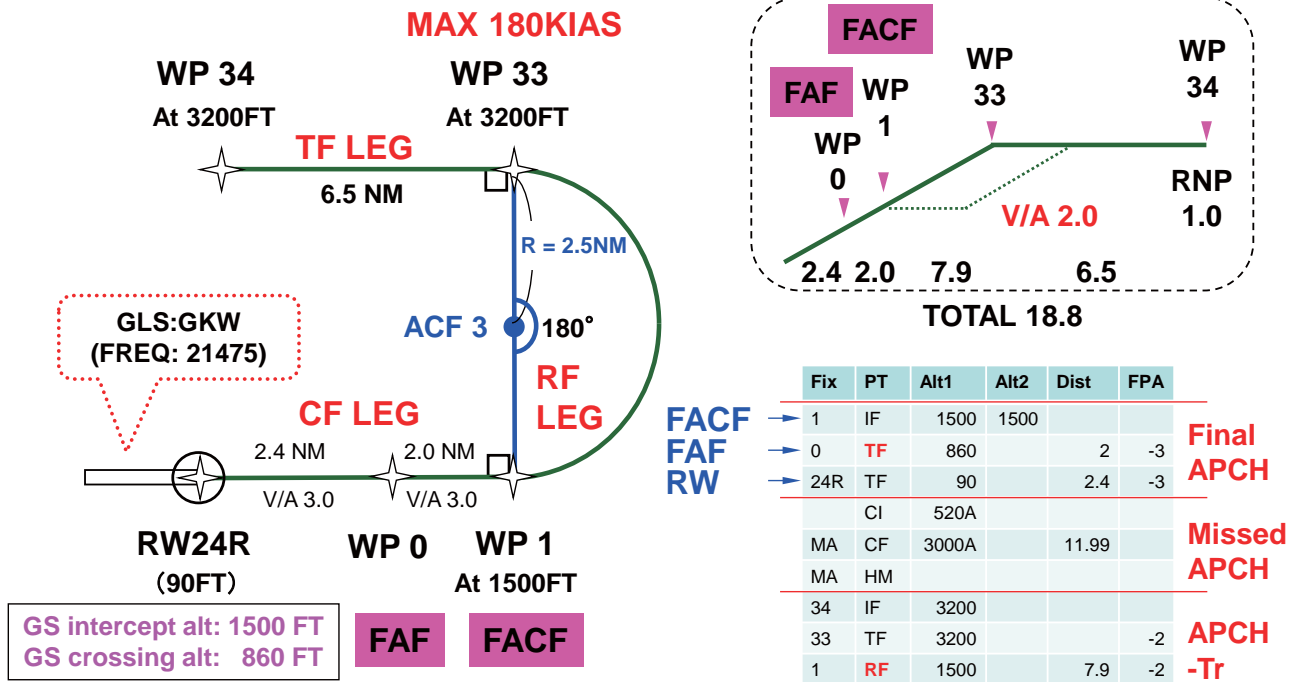
3. レベルセグメントによる接続する進入方式



平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

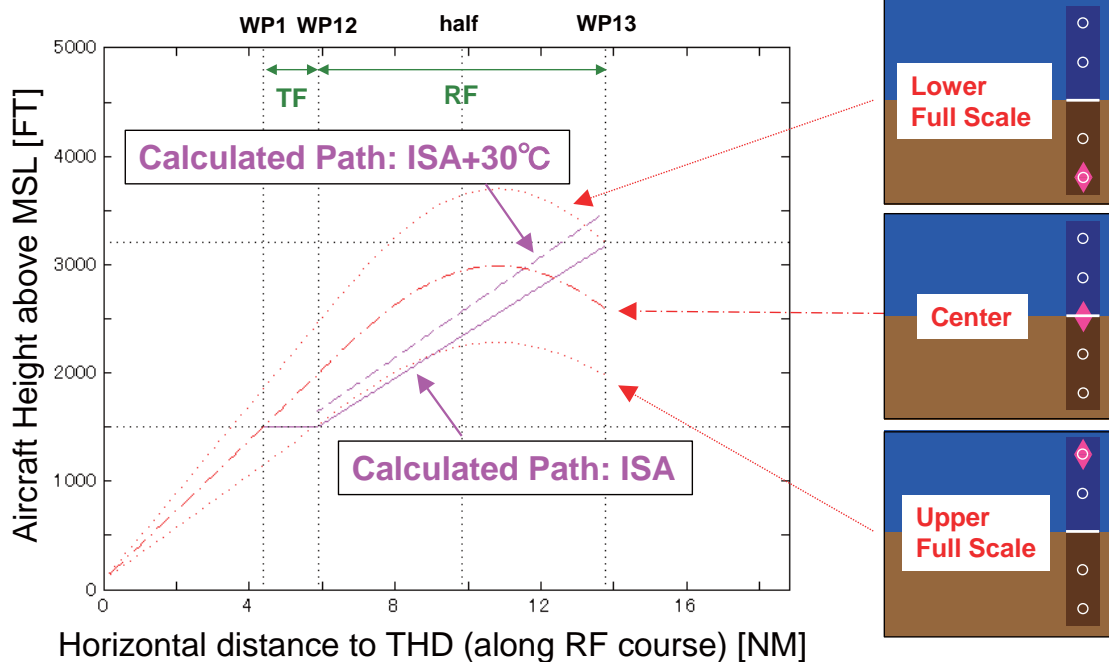
18

3. 連続降下による進入方式



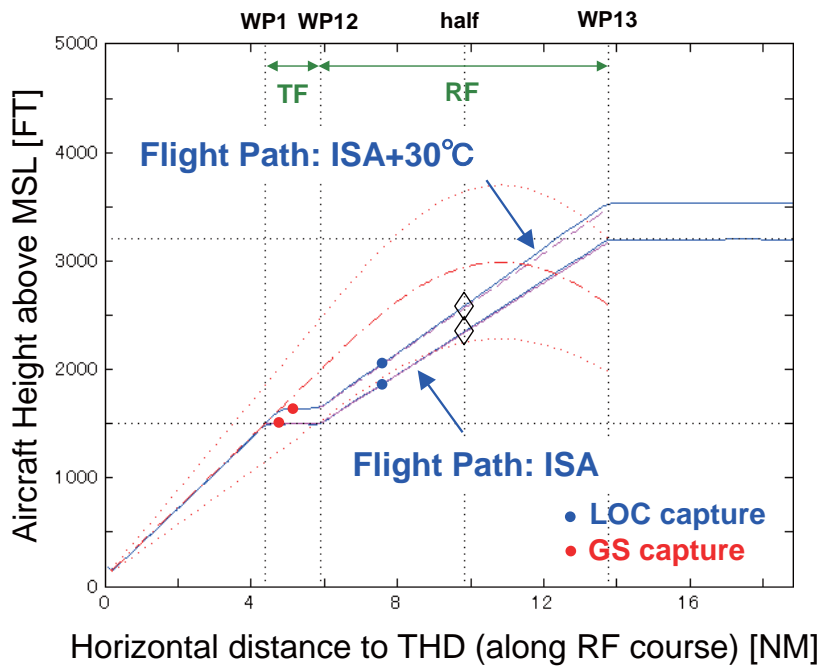
平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

3. 高度プロファイルの計算



平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

3. レベルセグメントにより接続する方式



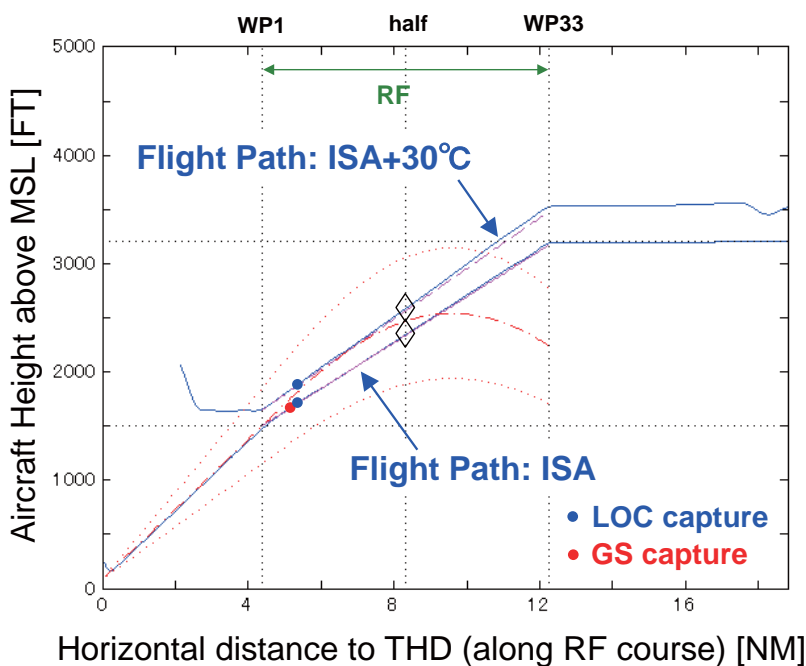
◇ GS指示は, RF旋回の中
間位置で出現する

◇ GS指示は, 常に1/2dot
以上に出現する

● GSキャプチャは, レベ
ルセグメント上で, 常に
LOCキャプチャ後となる

飛行高度プロファイルは
計算値と一致する

3. 連続降下による進入方式



◇ GS指示は, RF旋回の中
点で出現する

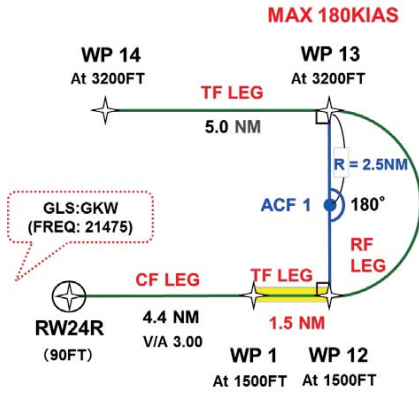
● ISA気温では, GSキャ
プチャはLOCキャプチャの
直後となる

LOCより前のGSキャ
プチャを避けるため,
LOC/FACスイッチを押し
た。APPスイッチは, LOC
キャプチャ後直ちに押し
された

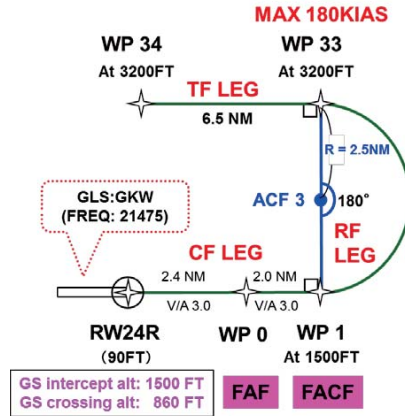
ISA+30°C 気温(地上気
温45°C)では, 上記と同
じ操作でGSはキャプチャ
できなかった

3. シミュレータ検証のビデオ

No.1: レベルセグメント ISA+30°



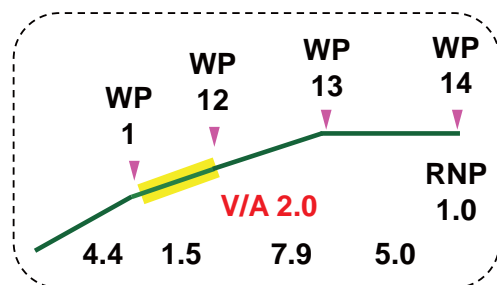
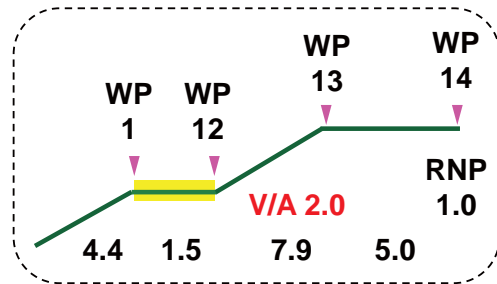
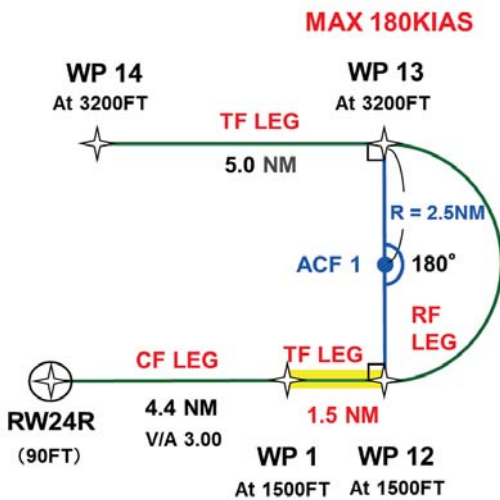
No.2: 連続降下 ISA+30°



平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

23

3. 浅いパスによる連続降下の提案



■ FAA PARCの提案

今後の課題:

最短長など設計条件の検討

平成28年度 電子航法研究所講演会 2016年11月15日

24

4. まとめ

- 進入着陸システムの発展・ICAOの取り組み
- GBASの展開(特徴, 構成, 導入) ➡ 東京国際空港
- 新しい運航方式への取り組み
 - 狭域平行滑走路への活用: デモンストレーション
 - RNP to xLS方式の研究: 方式設計手法を検討

■ 今後の展開

- GLS機上装備・地上装備の展開
- カテゴリーIII GLS・ポジショニングサービス・TAP
- 衛星航法の発展(複数周波数・複数衛星)・電波干渉対策
- AFCSの進化を期待