

# 次世代運航システム(DREAMS)技術 の研究開発(事後評価補足資料)

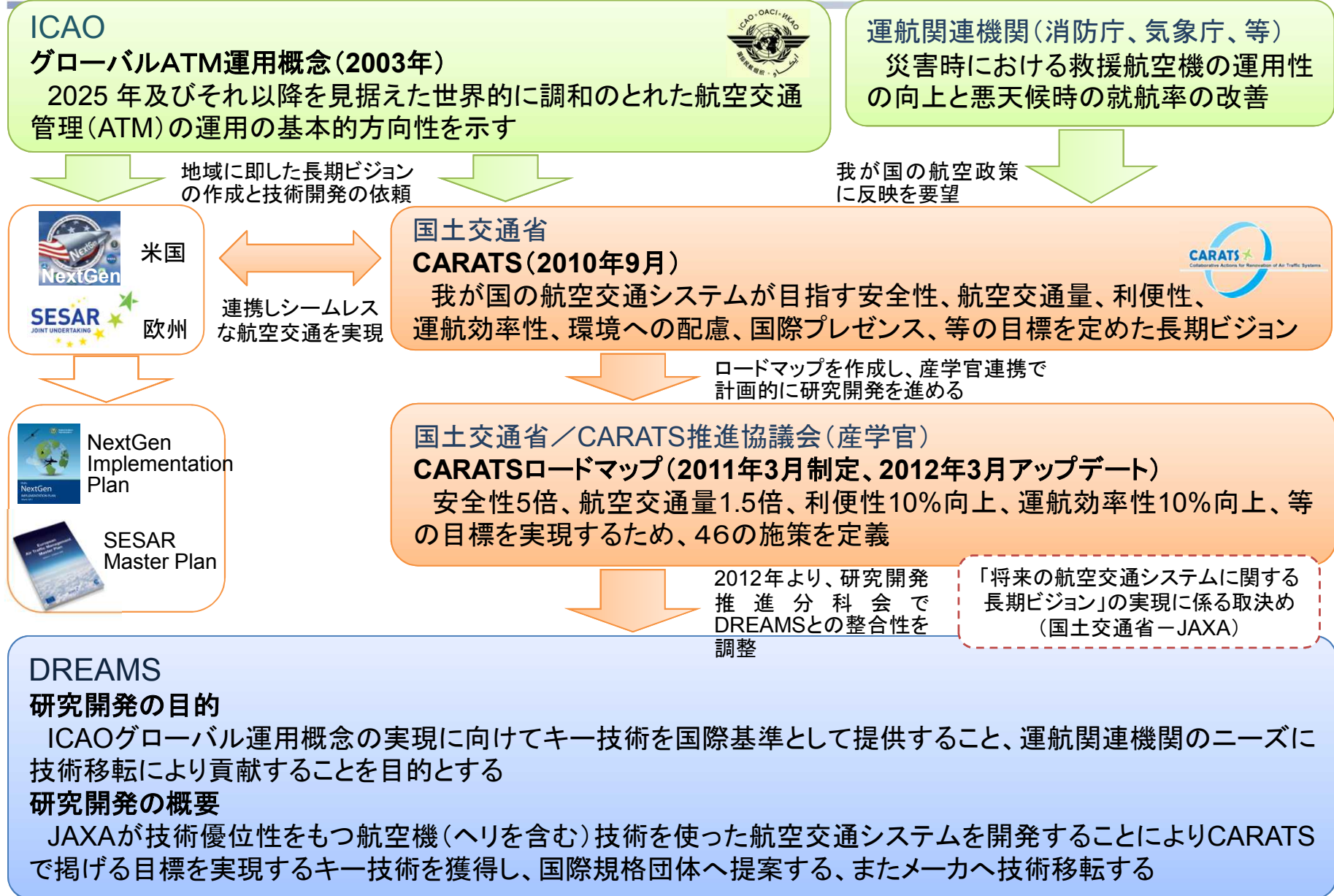
平成27年5月19日

宇宙航空研究開発機構(JAXA)  
航空技術部門





# 1. 研究開発の必要性



## 2. 研究開発の有効性-CARATS施策と技術課題、目標



CARATS施策名				技術課題	目標	性能要求
OI-1-8	省略			気象情報	航空機運航への気象の影響を低減させる技術の獲得と技術移転	<ul style="list-style-type: none"> <li>低層風擾乱による運航障害(着陸できない状態)の発生をスレットスコア0.6以上で予測する</li> </ul>
OI-9	精密かつ柔軟な出発及び到着・進入方式	○	○			
OI-10-22	省略			低騒音運航	騒音低減運航技術の獲得と基準提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>GBASを用いた精密曲線進入により、交通量1.5倍で騒音暴露が現状と同等とする経路情報を生成する</li> </ul>
OI-23-1	空港運用の高度化	○	○			
OI-24-25	省略			高精度衛星航法	全天候精密進入のためのGBAS利用性向上技術の獲得と基準提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>機上機器を利用して衛星航法精密進入の利用性(利用できる時間の割合)を99%以上に向上する</li> </ul>
OI-26	後方乱気流に起因する管制間隔の短縮	○	○			
OI-27-30	省略			飛行軌道制御	曲線精密進入を可能とするGBAS技術獲得と基準提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>GLS-TAPもしくはGLS-FMSを用いて精密曲線進入を直線部の長さ1.5海里で実現する</li> </ul>
OI-31	機上における情報の充実	○				
OI-32	運航者に対する情報サービスの向上	○		防災・小型機運航	救援航空機の迅速・安全な最適運航管理技術の獲得と技術移転	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害時に救援航空機と対策本部等の間で必要な情報を共有化し、多数機・多任務運用時の無駄時間・異常接近50%減の最適運航管理を行う</li> </ul>
EN-1-3	省略					
EN-4	気象観測情報の高度化	○				
EN-5	省略					
EN-6	気象情報から運航情報、容量への変換	○	○			
EN-7	省略					
EN-8	衛星航法による(曲線)精密進入		○			
EN-9-13	省略					

CARATS施策より関連するものを抽出

スレットスコア... 減多に起きない事象を見逃さず、誤警報を出すことなく予測的中させる確率  
 GLS... GNSS Landing System(衛星航法による着陸システム)  
 FMS... Flight Management System(飛行管理システム機能による進入経路設定)

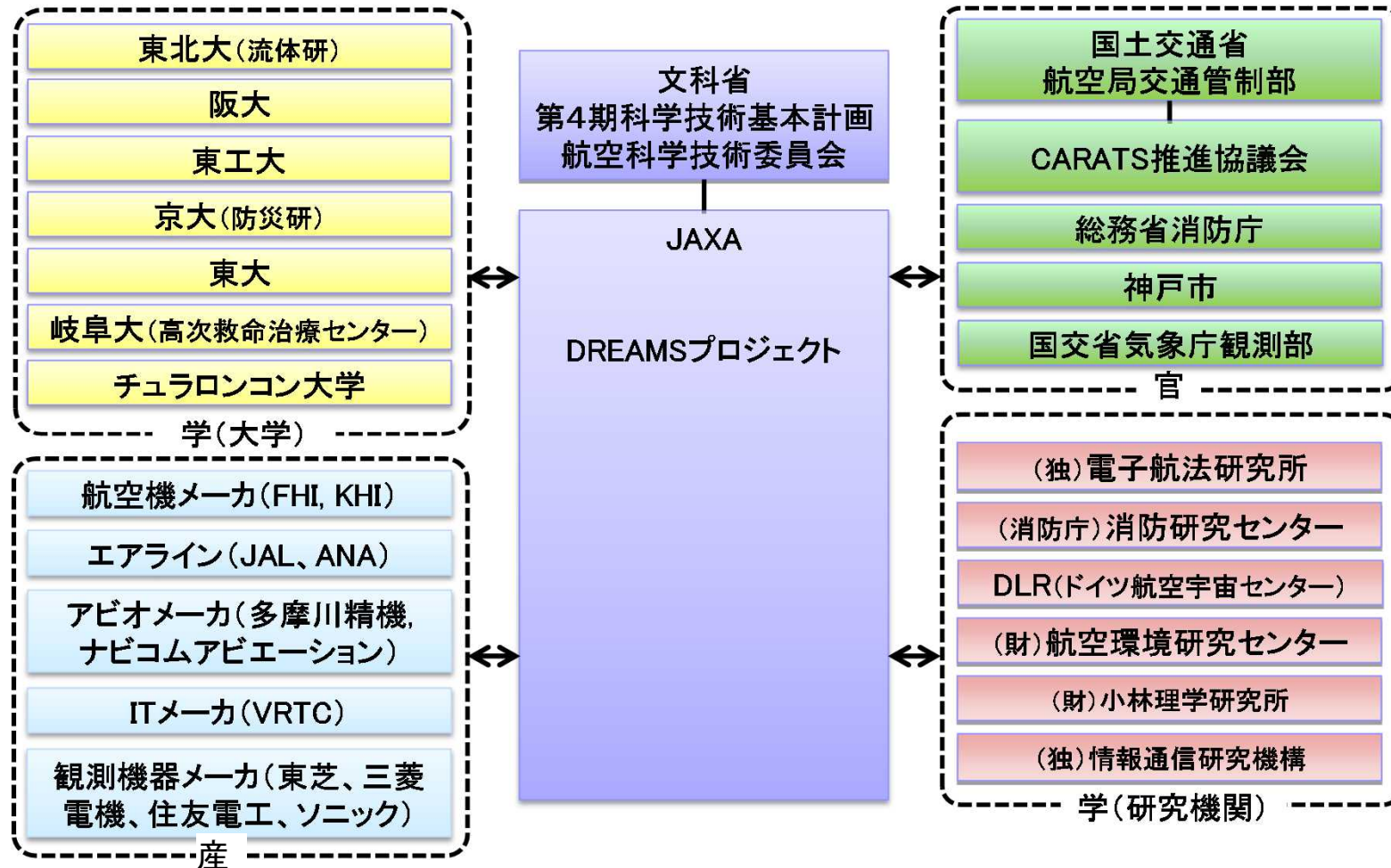
GBAS.. Ground Based Augmentation System (地上設置型衛星航法補強システム)  
 TAP... Terminal Area Path(GBAS機能による空港周辺の進入経路設定)

### 3. 研究開発の効率性(1/2)

#### -適切な役割分担による効率的な研究開発の実施



#### ■産官学からなる重複の無い効率的な研究開発体制を構築



### 3. 研究開発の効率性(2/2) -ロードマップ、資金計画



#### 【ロードマップ】

FY27.4月に終了審査を受審し、計画通りプロジェクト終了の予定である。

- ・災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)はFY25.3より実利用が開始され、FY27.3現在総務省消防庁及び20の消防防災航空隊に導入済み
- ・低層風擾乱による運航障害を予測する手法は、FY26末CARATS施策としての導入の意思決定がなされ、気象庁への技術移転が完了(運用開始はFY28の予定)

年度	H16	H17	H18	H19	H20	FY21	FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27	FY28	FY29
主要マイルストーン (航空局、防災機関)						CARATS 長期ビジョン▼	▼CARATS ロードマップ		▼CARATS 研究開発分科会	▼防災機関による評価			CARATS 意志決定③▼	
DREAMS マスタースケジュール						▼準備審査	▼SRR	▼SDR	▼CDR	開発完了審査▼	▼プロジェクト解散▼			
	要素技術研究	概念検討	概念設計	計画決定	基本・詳細設	製作	技術実証	基準化・技術移転	定常組織で基準化支援					

備考: SRR...システム要求審査、SDR...システム設計審査、CDR...詳細設計審査

#### 【資金計画】

当初の資金計画内において研究活動が実施されており、生み出された成果に鑑みて妥当な資金計画であったと考える。

年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	総額 (億円)
予算額	0.4	0.1	1.2	1.2	2.3	2.3	3.1	3.6	5.4	5.4	2.7	27.7
(内訳)運営費 交付金	0.4	0.1	1.2	1.2	2.3	2.3	3.1	3.6	5.4	5.4	2.7	27.7



# 4. 研究開発の成果(1/5)

## 気象情報;新しい空港風情報の導入決定



### ◆ 航空局・気象庁によるDREAMS技術導入

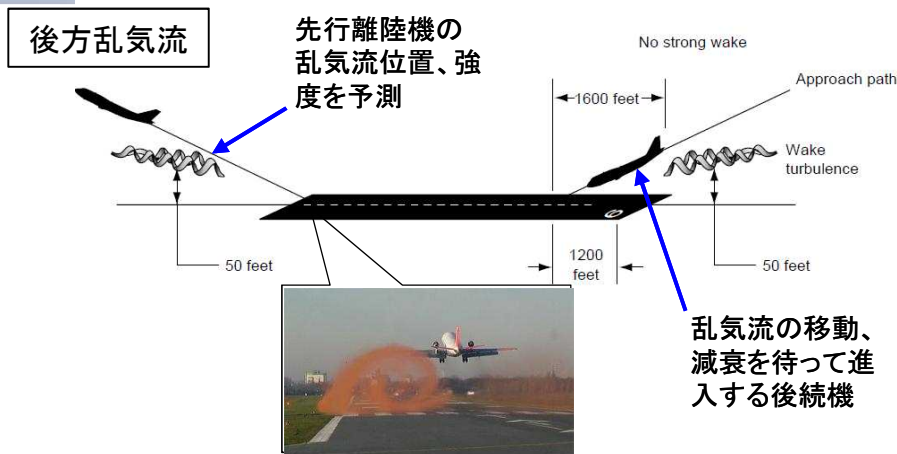
#### 【後方乱気流】

- 先行機が巻き起こす乱気流の位置と強さを全天候下で99.9%の高い確度で予測するアルゴリズムを作成、世界で初めて実証。
- 乱気流を避けて着陸・離陸させることができる最適管制支援ツール(アルゴリズム)を開発。
- 上記2アルゴリズムにより、現状に比べ12%を越える離着陸間隔の短縮を実現した(羽田空港を想定)。
- 最適化(航空交通流の順序付け)管制支援技術を航空局が導入することを決定。

#### 【低層風擾乱】

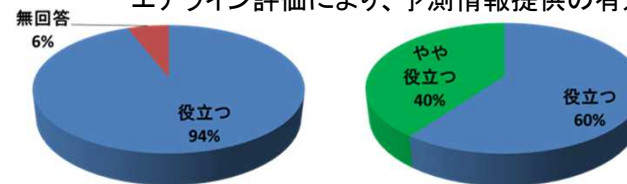
- 気象現象(低層風擾乱)による航空機の運航への影響(運航障害)を予測するアルゴリズムを開発。その予測精度(1/2以上の確率で運航障害を予測する能力)を実証。
- CARATS施策(EN-4 気象観測情報の高度化)において、「レーダー・ライダーの高度化」の実用化技術として新しい空港風情報(ALWIN: Airport Low-level Windshear Information)の実用化が意思決定された。
- 気象庁は平成28年度からALWINの運用開始予定。

(ALWIN: DREAMS気象情報技術を気象庁センサに適用した風情報提供システム)



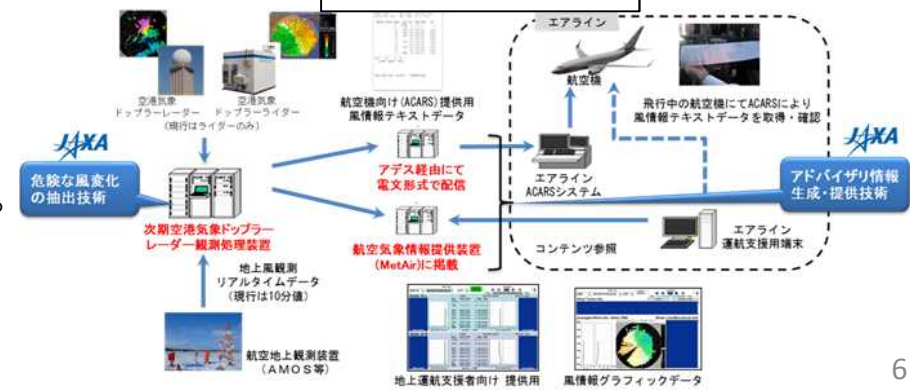
### エアライン(ANA)によるALWINの評価

エアライン評価により、予測情報提供の有効性を実証



① パイロットによる評価 ② 運航支援者による評価

### ALWIN運用形態

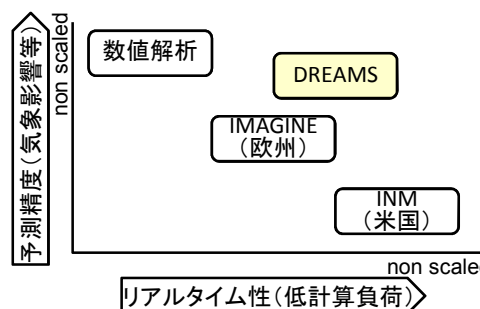


# 4. 研究開発の成果(2/5) 低騒音運航

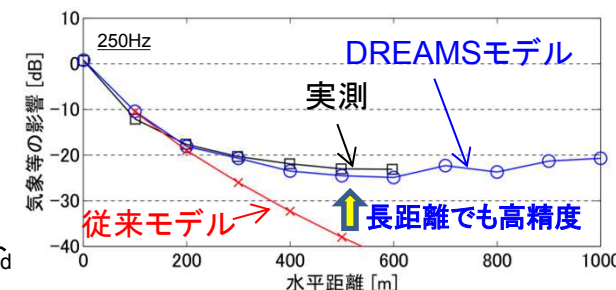


## ◆低騒音運航

- 航空機の騒音予測技術を活用した低騒音運航最適化技術を開発。
- 高精度と低計算負荷を両立した騒音予測モデルは世界トップレベル。
- 予測精度の検証試験(伝搬特性試験、騒音暴露計測試験)では世界に類のない広範囲な環境条件(気象、伝搬距離など)で検証用データを取得。
- 交通量1.5倍で現状と同等の騒音暴露面積を実現する低騒音運航技術を開発し、この有効性に基づき、CARATS施策として技術課題「GLS進入(CAT-I)」として取組む意思決定がなされた。
- 特に人口密集地にある首都圏空港等における騒音被害の低減に有効。
- 成田空港南風運用を模擬したシミュレーションでは、騒音対策が必要と想定される地域を5.7km<sup>2</sup>縮小。



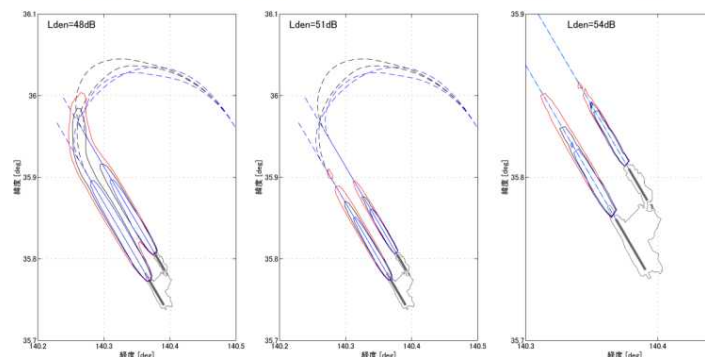
騒音予測モデルの比較



騒音伝搬に対する気象影響モデル  
DREAMSでは大気乱れの考慮により  
長距離伝搬の予測精度を向上

交通量	最適化	暴露面積 [km <sup>2</sup> ]		
		Lden ≥ 48dB	≥ 51 dB	≥ 54 dB
— 現状	なし	74.1	22.8	8.4
— 現状 × 1.5	なし	115.8	37.2	14.1
— 現状 × 1.5	あり	44.1	18.1	8.2

5.7km<sup>2</sup>縮小



低騒音運航シミュレーション試験

成田空港を対象に経路最適化による騒音暴露の低減効果を実証

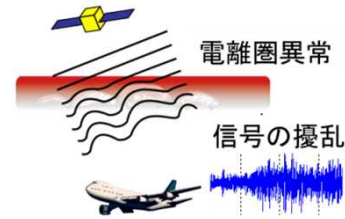
# 4. 研究開発の成果(3/5)

## 高精度衛星航法



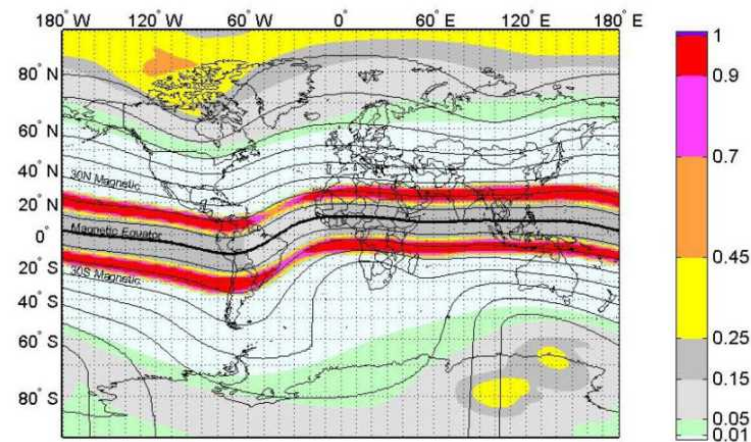
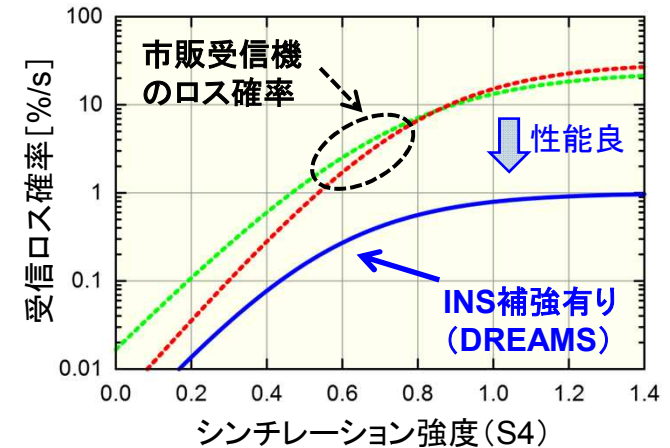
### ◆高精度衛星航法技術

- INS(慣性航法装置)補強によるGPS追尾性能向上技術を開発。
- 電離圏赤道異常帯付近での実計測データにより、既存製品に対する大幅な性能向上を検証。
- 電離圏異常環境での実飛行データによる検証は世界初(これまでは理論解析/地上受信機による検証のみ)。
- Best Paper Award 受賞(ITC-CSCC 2012))、技術移転1件
- これによりGBAS利用性に目途がついたとして、CARATS施策として「DCPSと機上装置複合による高信頼空港面内後方の研究開発」の追加の意思決定がなされた。
- 低緯度の石垣、宮古空港の就航率改善、アジアの主要空港の就航率改善、欠航率低減に有効と期待される。



航空機ダイナミクス情報の利用により、電離圏異常環境におけるGPS信号擾乱による受信ロス確率を大幅に低減

### 市販受信機との信号追尾性能の比較



シンチレーション強度の例(MITRE資料より)  
(磁気赤道周辺地域での影響が大きい)



# 4. 研究開発の成果(4/5)

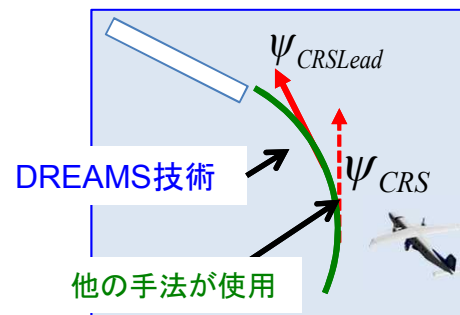
## 飛行軌道制御



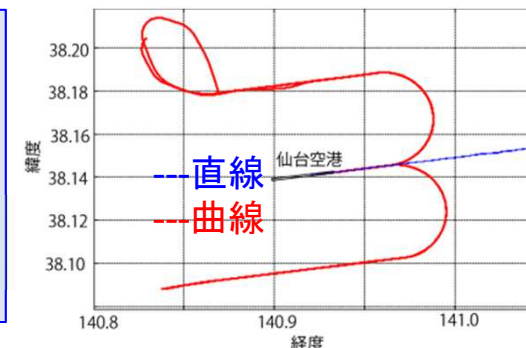
### ◆飛行軌道制御

- GBAS-TAP曲線進入のための自動操縦アルゴリズムを開発。
- 独自手法の開発により既存機器側の変更を最小限として曲線進入に対応。
- 他の研究例に比べて定常飛行誤差を低減。
- GBAS-TAPを利用した自動操縦による精密曲線進入の技術実証により、CARATS施策では「TAPを用いた曲線進入の飛行実証」の継続の意思決定がなされた。
- 最短進入経路を取ることで時間短縮効果、CO<sub>2</sub>排出量削減、最適経路をとることで、騒音暴露面積の減少を図ることができる。
- 飛行経路に制約のある空港では、精密曲線進入を適用することで、柔軟な運用が可能となると期待される。
- GLS-TAPによる自動操縦方式が従来の計器飛行方式に替えて利用可能となれば、訓練費用削減が見込まれる。

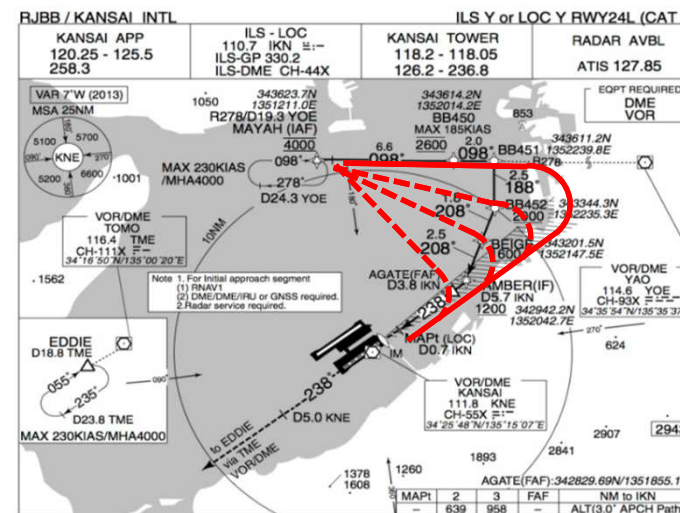
自動操縦アルゴリズム中の方位パラメータの設定方法



飛行実験の履歴



現在ではなく未来の目標方位角をコマンド値のひとつとして用いることで、在来のオートパイロットの構成を大きく変えずに曲線進入に対応させる。



進入経路検討例(関西国際空港)

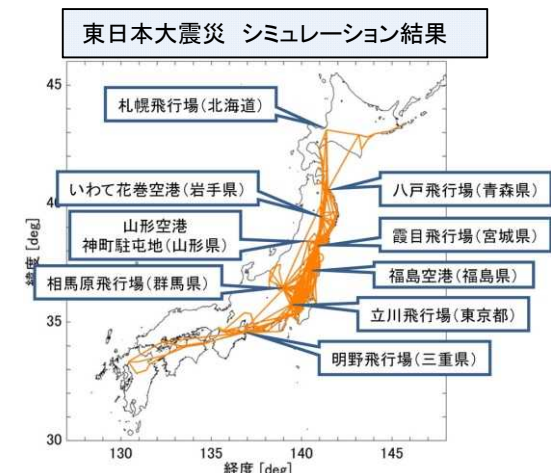
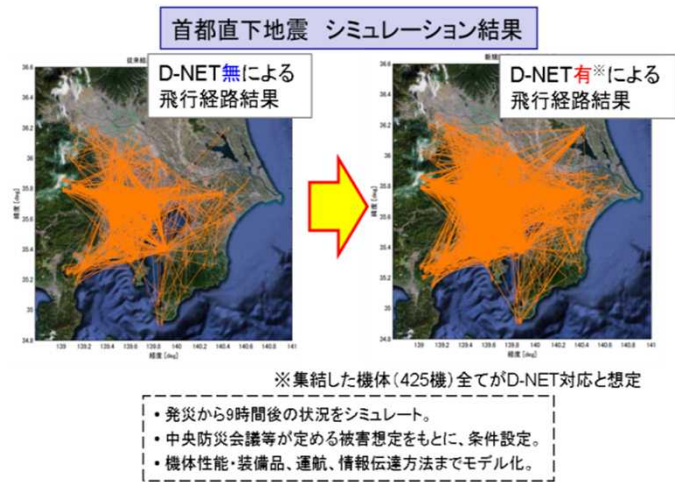
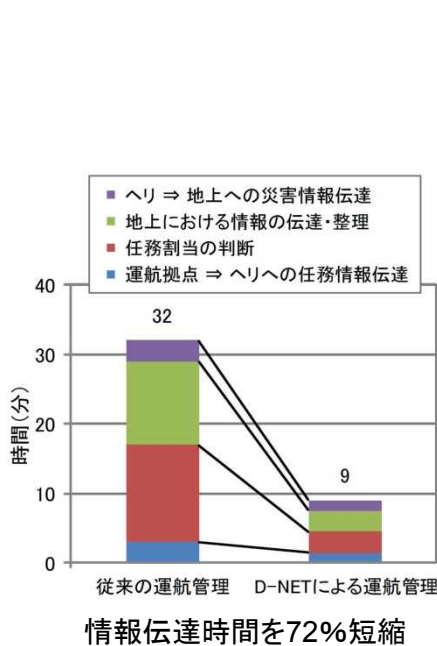
GBAS-TAP: 地上から航空機に曲線経路をアップリンクすることで、従来の直線進入と同様の手順・機器で曲線進入を可能とする技術。既存機の自動操縦装置や表示装置が対応しておらず、将来技術とされる。

# 4. 研究開発の成果 (5/5)

## 防災・小型機運航; D-NETの導入開始



- ◆ 災害時におけるD-NETの有効性が確認され、総務省消防庁等へ既に導入が開始されている。
  - 東日本大震災等での**任務達成回数を1.8~約3倍に増大**(シミュレーションによる実証結果)
  - D-NET (災害救援航空機情報共有ネットワーク)のメーカへの技術移転による製品化、ユーザによる運用開始
    - 導入・運用実績
      - ・ 運航管理システム1式: 総務省消防庁 (H26.4運用開始)
      - ・ 機上機器23式: 消防防災ヘリ21機、ドクターヘリ2機(販売実績, FY2013:8機, FY2014:12機)
      - ・ D-NET下位互換機器搭載機: 消防防災ヘリ32機 ⇒ **全77機中53機(69%)**がD-NETに対応
  - CARATS「OI-31:機上における情報の充実」において、D-NET情報共有技術の有効性が認められ、「地形・障害物情報」「気象情報」「交通情報」の導入が意思決定された。
  - 「H26年度日本航空宇宙学会技術賞」、「ジャパン・レジリエンス・アワード2015優秀賞」受賞、技術移転4件



	任務達成回数【回/時】	無駄時間【時間/任務】	異常接近【回/任務】
D-NETなし	31.4	11.05	1.21
D-NETあり	56.6	4.73	0.16
<b>効果</b>	<b>+80%</b>	<b>-57%</b>	<b>-87%</b>

1.8倍の救助能力

	任務達成回数【回/時】
D-NETなし	12.9
D-NETあり	38.5
<b>効果</b>	<b>+198%</b>

約3倍の救助能力

## 5. 今後の展望(基準化支援作業)



■DREAMSプロジェクト終了後は下記活動を継続する計画である。

	CARATS行政施策への 導入意志決定支援	国際基準 への反映	ユーザによる 実運用支援
気象情報技術 (後方乱気流)	CARATS OI-26「後方乱気流に起因する管制間隔の短縮」 ⇒RECATフェーズ2の安全性検討支援(導入意思決定2018年) RECATフェーズ3の規格化支援 CARATS OI-23-1「空港運用の高度化」 ⇒管制支援ツールにより、AMAN/DMAN/SMAN統合運用 規格化支援(導入は2019年以降)	ICAO WTSG提案支援 ⇒RECATフェーズ3 →規格提案(2018年)	
気象情報技術 (低層風擾乱)	CARATS EN-4「気象観測情報の高度化」		ALWIN導入(2015年) 運用(2016年)支援
低騒音運航技 術	CARATS OI-9「精密かつ柔軟な出発及び到着・進入方式」 ⇒2020年までの首都圏空港強化活動を支援(騒音予測、 最適経路生成機能の活用)(導入意思決定2018年) CARATS OI-12「小型航空機に適した出発及び到着・進入方式 への設定」(都市部ヘリポートに於ける低騒音飛行方式) ⇒騒音影響予測評価、最適経路提案支援	ICAO CAEP WG2 ⇒最適経路生成 方式提案(継続)	
高精度衛星航 法技術	CARATS EN-7 全飛行フェーズでの航法サービスの提供 ⇒GPS信号ロスモデル提供等で利用性検討支援 CARATS EN-8 衛星航法による(曲線)精密進入 ⇒GBAS高度運航研究開発開始(2018年)*への事前検討	RTCA SC-159/IGWG ⇒INS補強技術規格 提案(2017年)	* ; 「DCPSと機上装置複 合による高信頼空港内 航法の研究開発」はこの 中で実施の予定
飛行軌道制御 技術	CARATS EN-8 衛星航法による(曲線)精密進入 ⇒GBAS高度運航研究開発開始(2018年)までに要素技術 開発実施/検討支援	IGWG ⇒利用性報告(継続)	

AMAN: Approach Manager (到着管制支援ツール) DMAN: Departure Manager (出発管制支援ツール) SMAN: Surface Manager (空港面管制支援ツール)  
 RECAT: Re-categorization(後方乱気流管制間隔の見直し) WTSG: Wake Turbulence Study Group INS: Inertial Navigation System(慣性航法装置)  
 IGWG: International GBAS Working Group RTCA: Radio Technical Commission for Aeronautics DCPS: Differentially Corrected Positioning Service