

# 可搬型 GBAS プロトタイプ装置の開発

齊藤 真二

海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所

令和 2 年 11 月 13 日



# GBAS (Ground-Based Augmentation System) とは

## GBAS : 地上型衛星航法補強システム

GPS (Global Positioning System) 等の  
GNSS (Global Navigation Satellite System)  
を用いた航空機の航法システムの一つ

GBAS を用いた着陸システムは  
GLS (GBAS Landing System) と呼ばれる

## システム構成

### 地上サブシステム

補強情報を生成し、航空機へ放送する

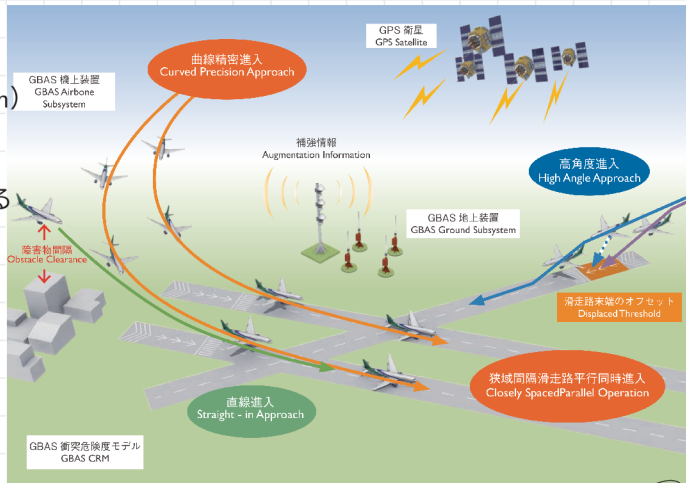
### 機上サブシステム

航空機の測位・誘導を行う

## 導入計画

羽田空港へ導入済

現在評価運用中



# 電子航法研究所における GBAS の研究

- ✈️ 1996年～ GBAS の研究に着手
- ✈️ ～2004年 飛行実験の実施
  - 👉 補強情報伝送方式の評価
  - 👉 航法精度の評価
    - 📡 200回以上のフライト → CAT-III の精度を満足
  - 👉 モニタレスのためインテグリティの確保が問題
- ✈️ 2005年～2008年 インテグリティ要素技術の研究・開発
  - 👉 衛星信号歪み, 電離圏擾乱, 故障の木 解析
- ✈️ 2008年～
  - 👉 CAT-I GBAS プロトタイプ の製作
  - 👉 **GBAS による新しい運航方式に関する研究**
- ✈️ 2010年～ 関西国際空港での評価実験
  - 👉 長期安定性試験
  - 👉 B787 による GLS 飛行評価
- ✈️ 2014年～ 新石垣空港に GAST-D (CAT-III) 実験装置を設置

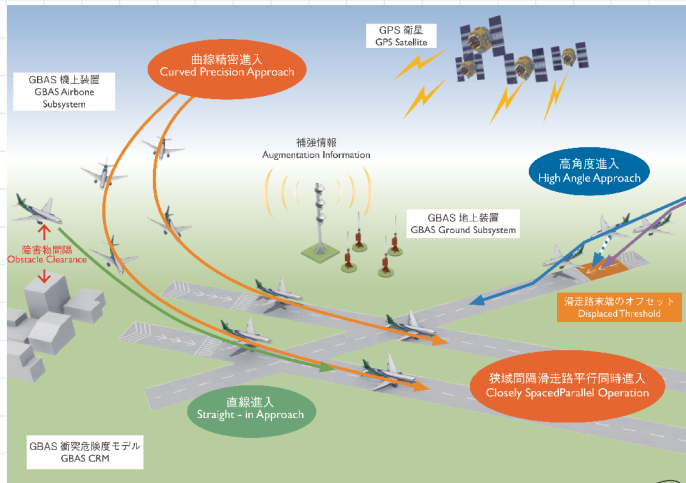


## 従来システム (ILS) の制限解消

- ILS の設置が不可能な場所への精密進入経路の設定が可能
- 1 式の地上施設による全滑走路端への進入方式の設定が可能
- コース形成に周辺障害物・地形の影響を受けない
- 制限区域の保護が不要
- 設置コストの低減

## GBAS による将来運航

- 高角度進入
- ディスプレイスドスレッショルド
- 曲線進入





## 高角度進入



ILS では降下パスは通常 3 度

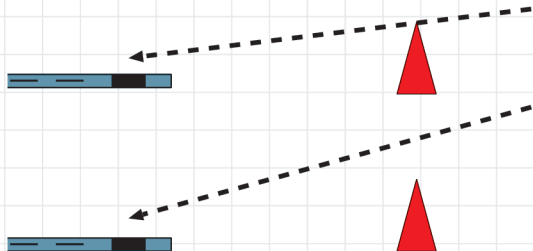


GBAS では FAS (Final Approach Segment) データ中の GPA (Glide Path Angle) の値を変更することで、3 度以外に容易に設定可能



高角度パスとすることで、

- ・着陸コース下の騒音の低減
- ・後方乱気流を回避した安全な着陸
- ・滑走路手前の障害物を回避した経路設定が実現可能





### ディスプレイスドスレッシュヨルド



着陸ポイントをずらした着陸経路



ILS では GS アンテナの位置により着陸ポイントが固定



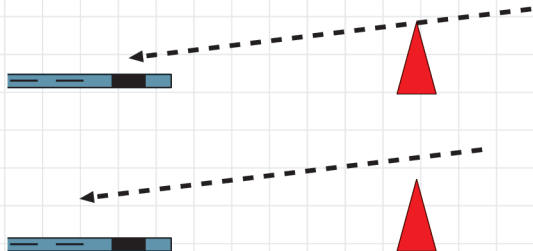
GBAS では FAS (Final Approach Segment) データ中の LTP/FTP (Landing Threshold Point/Fictitious Threshold Point) の座標を変更することで容易に着陸ポイントを変更可能



着陸点をずらすことで、

- ・着陸コース下の騒音の低減
- ・後方乱気流を回避した安全な着陸
- ・滑走路手前の障害物を回避した経路設定

が実現可能





## 曲線進入



ILS では直線の経路のみを提供



GBAS では経路情報をデータで放送するため、  
曲線区間を含む経路が実現可能



- 曲線を含む着陸経路とすることで、
    - 人口密集地を避けた経路による騒音低減
    - 障害物を回避する経路設計
    - 着陸経路短縮による飛行時間の短縮/  
燃料消費量の低減
- が実現可能



GBAS による曲線経路



TAP (Terminal Area Path) により実現



国際標準未策定、機上装置が非対応



RNP to xLS



RNP による RF 旋回から ILS, GLS の直線進入  
経路に接続する方法



# 可搬型 GBAS の開発

## GBAS の特長を活用した運航方式の飛行評価の実施

- GBAS 設置空港以外では実験が実施できない
  - GBAS 設置空港：仙台，新石垣，(新千歳，羽田)

- 実験実施空港に装置を仮設して実験を可能とする『可搬型 GBAS プロトタイプ装置』を開発

## 可搬型 GBAS

### 装置の可搬性

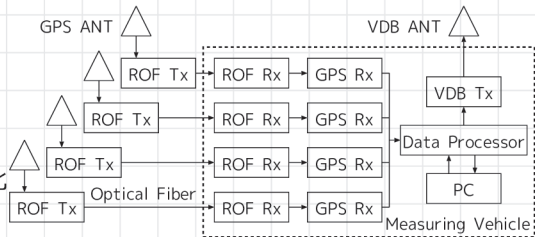
- 実験用測定車両の利用
- 実験実施空港への移動が容易
- 実験用測定車両の発電機による運用が可能

### 設置の容易性

- 屋外設置となる基準局アンテナ周辺の機器の軽量化
- ROF (Radio over Fiber) の採用
- 数時間で展開可能

### ある程度の耐環境性

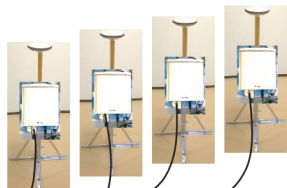
- 防水型コネクタ，耐環境光ケーブル等の採用





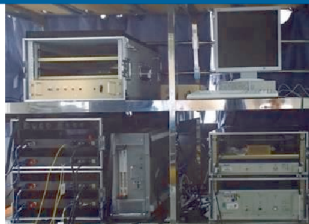
# 可搬型 GBAS の外観

基準局GPSアンテナ4式



約1.5m

基準局GPS受信機・データ処理装置  
VDB送信装置（測定用車両内）



実験用航空機 JA35EN「よつば」  
Beechcraft B300 KingAir 350



114.4MHz  
80W

VDB送信アンテナ  
（車両上 伸縮ポール）

約4.5m

100VAC

VOR  
局舎

RoF用光ケーブル/AC電源ケーブル  
最大50m（ケーブル長による制限）

最大消費電力：約1kW

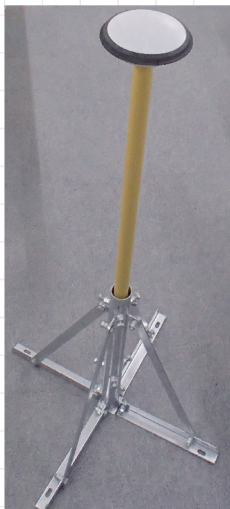
測定用車両：日野リエッセII，6人乗  
全長/全幅/全高：7.0m/2.0m/2.8m







VDB: VHF Data Broadcast (VHFデータ放送)  
GBASの補強情報を伝送するデータ放送

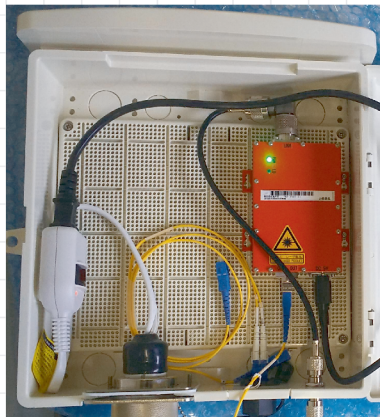


RoF: Radio over Fiber  
RF信号を光ケーブルで伝送する方式



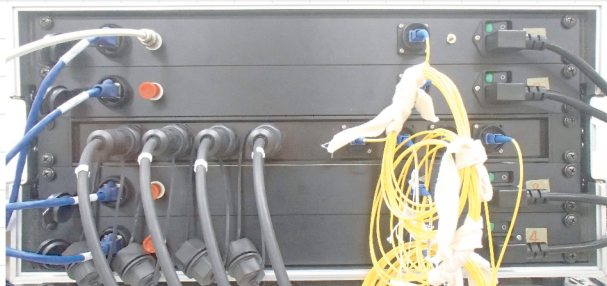






-  GPS アンテナ
  -  アンテナ高：約 1.5m
-  アンテナ接続箱
  -  ROF 送信機
    -  RF 端子から GPS アンテナのプリアンプに対し DC 電源を供給可能
-  4 セットで基準局を構成





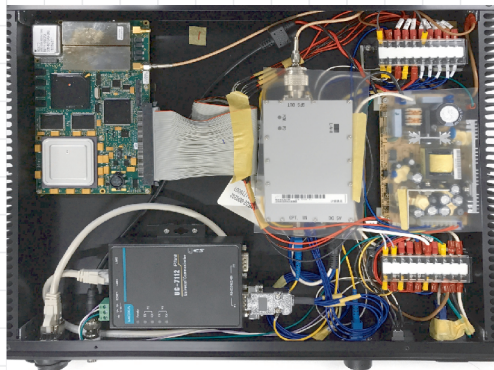
## 外観



-  ROF 受信機
-  GPS 受信機
-  シリアル LAN 変換器
-  電源





## 内部










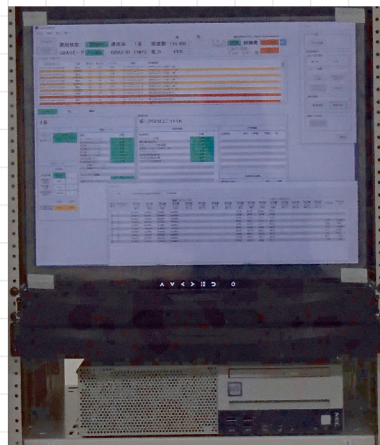


## データ処理部


-  基準局 GPS データから GBAS 補強情報を生成
-  インテグリティモニタ

## 制御・監視部

-  データ処理部の制御
  -  パラメータ設定・更新
-  補強情報送信制御
-  衛星情報出力
  -  基準局衛星補足状況
  -  補強情報生成状況
-  各種アラート出力





 送信前のデータと受信後のデータの比較の比較により、データの一致性の検証を行う


 送信機 (下)

 TeleRad EM9009

 受信機 (上)

 TeleRad RE9009

 送信周波数

 114.4MHz

 送信機出力

 80W

 電波の型

 16K8G1D



## 可搬型 GBAS の特長



測定車のラックに搭載可能な重量およびサイズ



展開時間は数時間程度



モニタ設定用データ収集に1日以上を必要とするが、設置から数日で運用が可能



## このような特長から



GBAS 未設置空港における GBAS 評価への利用





GBAS 基準局の設置場所のサイトサーベイへの利用






災害時や運用機材故障時の非常用設備などへの転用

が考えられる




## GBAS の導入効果が見込まれるモデル空港を選定

-  モデル空港における経路を設計
-  実験を計画





## 曲線進入経路

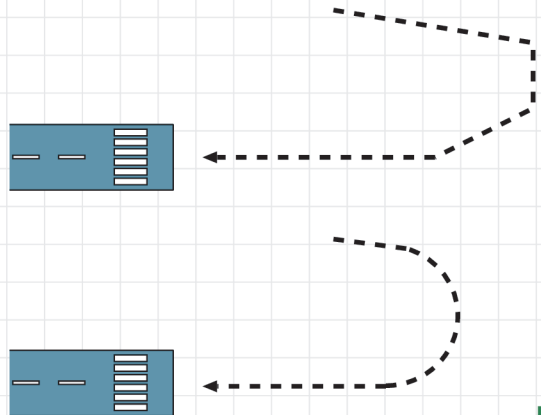
-  広島空港 RWY10
  -  RNP to xLS による精密進入
  -  経路短縮・燃料削減

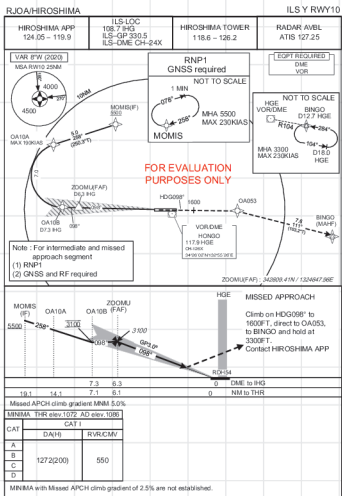
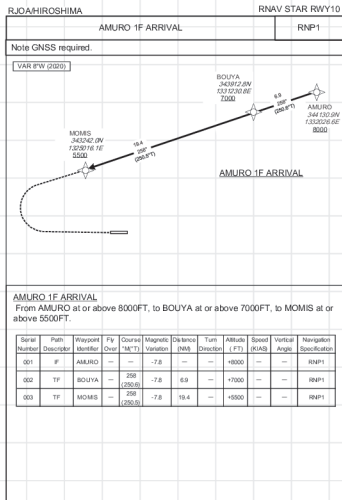
## ILS 未設置側の進入への経路設定

-  広島空港 RWY28
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減

## ILS が設置困難な進入への経路設定

-  高松空港 RWY08
  -  高角度経路, オフセット経路の設定
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減





RJQA / HIROSHIMA ILS Y RWY10

ILS Y RWY10

Coding Table

Serial Number	Path Descriptor	Waypoint Identifier	Fly Over	Course (M/T)	Magnetic Variation	Distance (NM)	Turn Direction	Altitude (FT)	Speed (KT)	VPA/ R24 (°/FT)	RNP Value
001	IF	MOMIS	—	—	-7.8	—	—	+5500	—	—	—
002	TF	OA10A	—	298 (290.3)	-7.8	5.0	—	—	-190	—	1.0
003	RF	Center: OARF1 r=2.50NM	OA10B	—	-7.8	7.0	L	@3100	—	—	1.0
004	TF	ZOOMU	—	098 (095.9)	-7.8	1.0	—	3100	—	—	1.0
005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
006	DF	OA053	—	—	-7.8	—	—	—	—	—	1.0
007	TF	BINGO	—	111 (103.2)	-7.8	7.6	—	3300	—	—	1.0

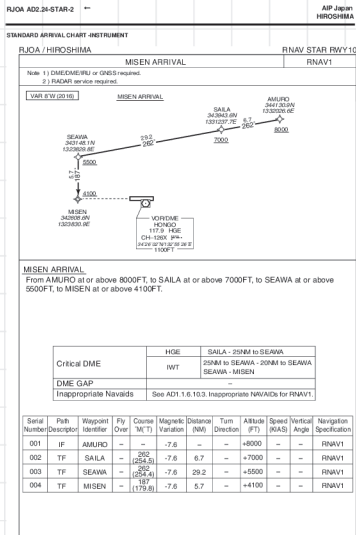
Waypoint Coordinates

Waypoint Identifier	Coordinates	RF A/c Center Identifier	Coordinates
MOMIS	34241.98N / 132919.09E	OARF1	342639.50N / 1324635.14E
OA10A	342101.04N / 1324434.12E		
OA10B	342609.32N / 1324535.43E		
ZOOMU	342609.41N / 1324647.96E		
OA053	342609.67N / 1320143.51E		
BINGO	342425.72N / 1321040.68E		



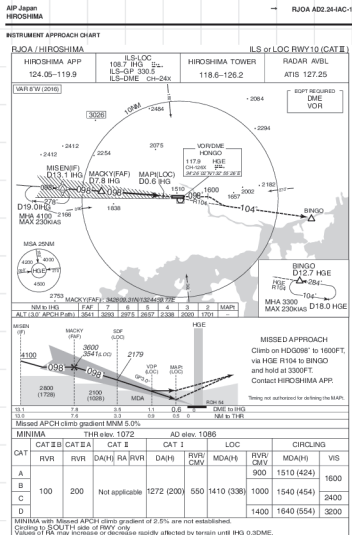


# 比較経路 1



Civil Aviation Bureau, Japan (EFF-3 JAN 2019)

3/1/19





Civil Aviation Bureau, Japan (EFF-3 JAN 2019)




3/1/19

MISEN ARRIVAL  
ILS RWY10




## GBAS の導入効果が見込まれるモデル空港を選定

-  モデル空港における経路を設計
-  実験を計画





## 曲線進入経路

-  広島空港 RWY10
  -  RNP to xLS による精密進入
  -  経路短縮・燃料削減

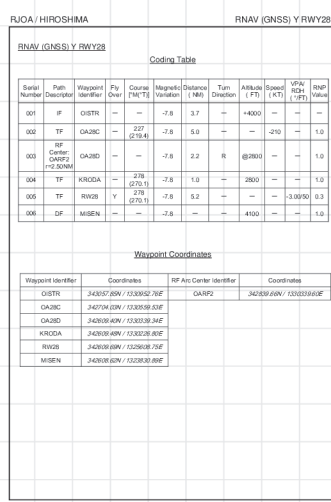
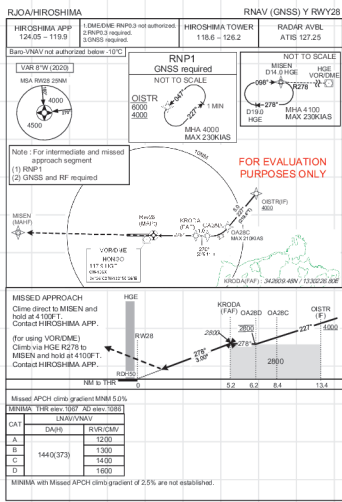
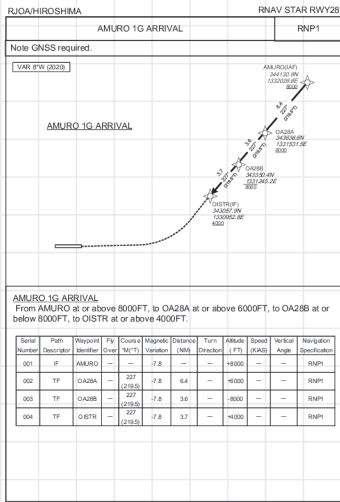
## ILS 未設置側の進入への経路設定

-  広島空港 RWY28
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減

## ILS が設置困難な進入への経路設定

-  高松空港 RWY08
  -  高角度経路, オフセット経路の設定
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減

# 飛行実験経路 2



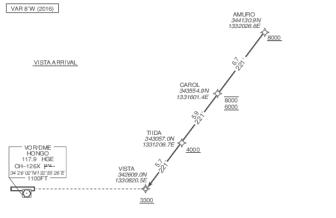
# 比較経路 2

AIP Japan HIROSHIMA → RJOA AD2-24-STAR-5

## STANDARD ARRIVAL CHART #INSTRUMENT

RJOA / HIROSHIMA VISTA ARRIVAL RNAV STAR RWY28

Note 1) DME/DME/FD or GNS required.  
2) RADAR service required.



**VISTA ARRIVAL**  
From AMURO at or above 8000FT, to CAROL between 8000FT and 6000FT, to TIIDA at or above 4000FT, to VISTA at or above 3300FT.

Critical DME	-
DME GAP	-
Inappropriate Navaids	See AD1.1.6.10.3. Inappropriate NAVAIDs for RNAV1.

Serial Number	Path Descriptor	Waypoint Identifier	Fly Over	Course (M/T)	Magnetic Variation	Distance (NM)	Turn Direction	Altitude (FT)	Speed (KIAS)	Vertical Angle	Navigation Specification
001	IF	AMURO	-	-	-7.6	-	-	-8000	-	-	RNAV1
002	TF	CAROL	-	221 (213.0)	-7.6	6.7	-	-8000 +6000	-	-	RNAV1
003	TF	TIIDA	-	221 (213.0)	-7.6	5.9	-	+4000	-	-	RNAV1
004	TF	VISTA	-	221 (213.0)	-7.6	5.7	-	+3300	-	-	RNAV1

Civil Aviation Bureau, Japan (EFF-3 JAN 2019)

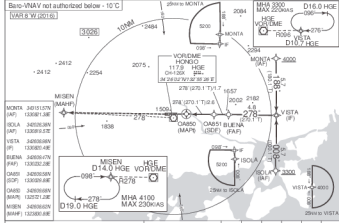
3/1/19

AIP Japan HIROSHIMA → RJOA AD2-24-AC-5

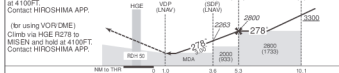
## INSTRUMENT APPROACH CHART

RJOA / HIROSHIMA HIROSHIMA APP HIROSHIMA TOWER RNAV(GNSS) RWY28

1. DME/DME not authorized.  
2. RADAR service required.  
3. GNS required.



**MISSED APPROACH**  
Direct to MISEN and hold at 4100FT.  
Contact HIROSHIMA APP.  
(for using VOR/DME)  
Climb via HGE R278 to MISEN and hold at 4100FT.  
Contact HIROSHIMA APP.



CAT	LNAV/VNAV		MDA(H)	LNAV		MDA(H)	VIS
	DA(H)	RVR/CMD		RVR/CMD	MDA(H)		
A	1200	1200	1510 (424)	1600			
B	1300	1300	1540 (454)	2400			
C	1400	1400	1640 (554)	3200			
D	1600	1600					

Circling to SOUTH side of RWY only.  
MINIMA with Missed APCH climb gradient of 2.5% are not established.

Civil Aviation Bureau, Japan (EFF-3 JAN 2019)

3/1/19





VISTA ARRIVAL  
RNAV(GNSS) RWY28




AIS JAPAN より抜粋






## GBAS の導入効果が見込まれるモデル空港を選定

-  モデル空港における経路を設計
-  実験を計画





## 曲線進入経路

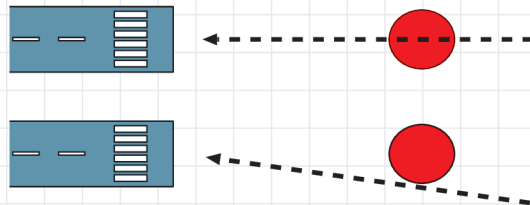
-  広島空港 RWY10
  -  RNP to xLS による精密進入
  -  経路短縮・燃料削減

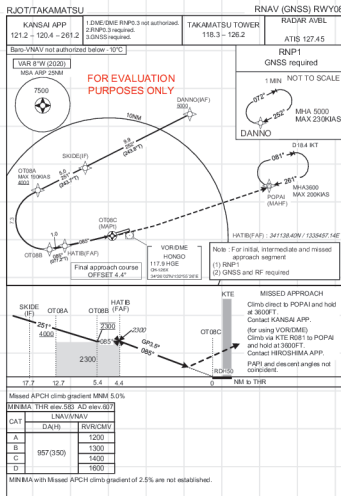
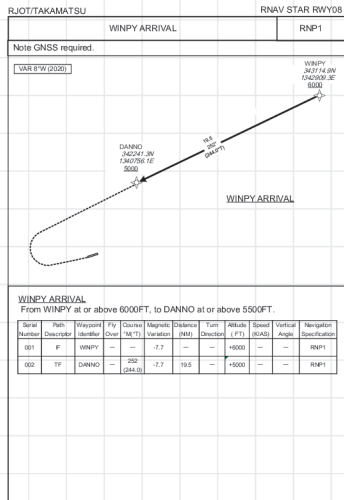
## ILS 未設置側の進入への経路設定

-  広島空港 RWY28
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減

## ILS が設置困難な進入への経路設定

-  高松空港 RWY08
  -  高角度経路, オフセット経路の設定
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減





RJOT / TAKAMATSU RNAV(GNSS) RWY08

Coding Table



Serial Number	Path Descriptor	Waypoint Identifier	Fly Over	Course (M/T)	Magnetic Variation	Distance (NM)	Turn Direction	Altitude (FT)	Speed (KT)	VPA/ R24 (°/FT)	RNP Value
001	F	DANNO	—	—	-7.7	—	—	+5000	—	—	—
002	TF	SKIDE	—	252 (243.8)	-7.7	9.9	—	—	—	—	1.0
003	TF	OAOBA	—	251 (243.7)	-7.7	5.0	—	+4000	-190	—	1.0
004	RF	Center: OT08F1 r=2.50NM	—	—	-7.7	7.3	L	@2300	—	—	1.0
005	TF	HATB	—	095 (077.2)	-7.7	1.0	—	2300	—	—	1.0
006	TF	OT08C	Y	095 (077.2)	-7.7	4.4	—	—	-3.50/50	0.3	—
007	DF	POPAI	—	—	-7.7	—	—	3600	—	—	1.0

Waypoint Coordinates




Waypoint Identifier	Coordinates	RF Arc Center Identifier	Coordinates
DANNO	342241.25N / 1340756.06E	OT08F1	341351.76N / 1335326.69E
SKIDE	341819.21N / 1335711.74E		
OT08A	341606.81N / 1335148.76E		
OT08B	341125.75N / 1330346.57E		
HATB	341138.40N / 1335457.14E		
OT08C	341237.07N / 1340710.63E		
POPAI	341655.44N / 1341658.48E		



## GBAS の導入効果が見込まれるモデル空港を選定




-  モデル空港における経路を設計
-  実験を計画

## 曲線進入経路





-  広島空港 RWY10
  -  RNP to xLS による精密進入
  -  経路短縮・燃料削減

 今年度後半～来年度前半に実施の計画

## ILS 未設置側の進入への経路設定

-  広島空港 RWY28
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減

## ILS が設置困難な進入への経路設定

-  高松空港 RWY08
  -  高角度経路, オフセット経路の設定
  -  悪天候時の就航率向上
  -  経路短縮・燃料削減



## 可搬型 GBAS の開発



GBAS 未設置空港での実験



GBAS の特長を活用した運航



## 可搬型 GBAS の特長



装置の可搬性



実験用測定車両の利用



実験実施空港への移動が容易



実験用測定車両の発電機による運用が可能



設置の容易性



屋外設置となる基準局アンテナ周辺の機器の軽量化



ROF (RF over Fiber) の採用



数時間で展開可能



## 可搬型 GBAS の利活用



GBAS 基準局の設置場所のサイトサーベイへの利用



災害時や運用機材故障時の非常用設備などへの転用



## 可搬型 GBAS を用いた飛行実験の計画



モデル空港の選定・経路の設計



曲線進入経路



ILS 未設置側の進入への経路設定



ILS が設置困難な進入への経路設定



今年度～来年度の実施





ご清聴 どうも  
ありがとう  
ございました

