



# 飛行計画システム・CARATSオープンデータを用いた 羽田-那覇線におけるUPRの導入効果分析

日本航空株式会社オペレーション本部 松本・中畑・猪端・杉山・大野・増木

2021.12.13 CARATSオープンデータ利用促進フォーラム



**JAPAN AIRLINES**



- 1 本研究の背景と目的
- 2 CARATSオープンデータを用いた飛行経路の検証
- 3 UPRの起点/終点設定
- 4 飛行計画システムについて
- 5 分析結果
- 6 結論

- ◆ 航空業界全体でのCO2削減が求められている。  
CARATSロードマップにて国内空域へのUPR導入が掲げられている。



- ◆ CARATSオープンデータを分析し、実運用に即した起点/終点を設定する。
- ◆ 実運用に即した起点/終点を設定したUPRと標準経路の比較分析を行う。



実運用に即したUPRを使用した場合の便益について定量的な分析する。

※UPR : USER PREFERRED ROUTE 利用者設定経路



# CARATSオープンデータを用いた飛行経路の検証

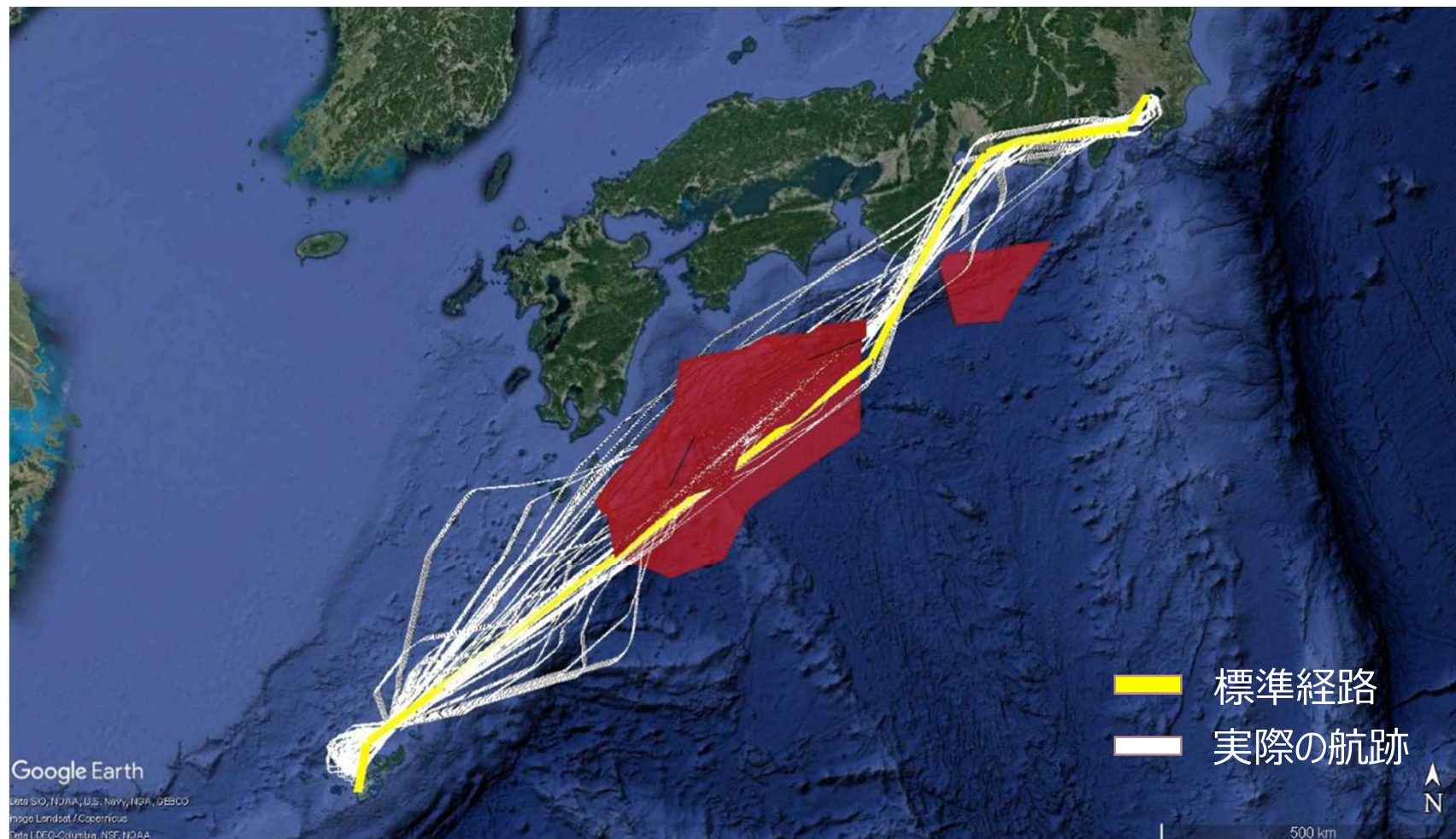
---

# 羽田-那覇航跡データ確認：交通流分析



2016年度CARATS OPENデータ

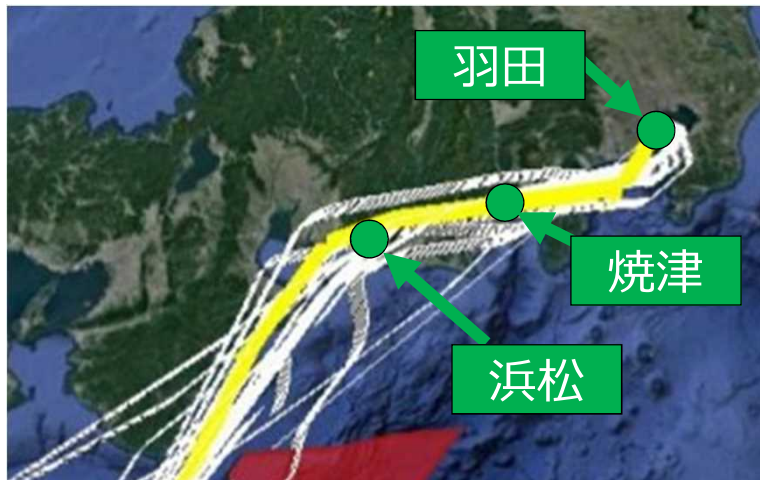
2016.7.11～2016.7.17 羽田-那覇線航跡 (12:00L-18:00L 計109便)



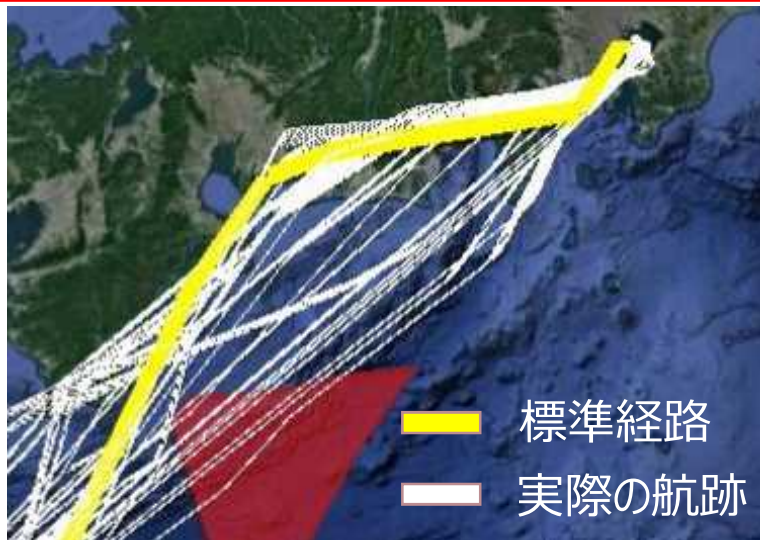


# 羽田-那覇航跡データ確認：交通流分析

## 羽田-那覇線航跡 (12:00L-18:00L)



## 羽田-那覇線航跡 (00:00L-09:00L)



### ■ 羽田周辺空域の交通流まとめ

- ・浜松を過ぎてから変針する航跡が多い

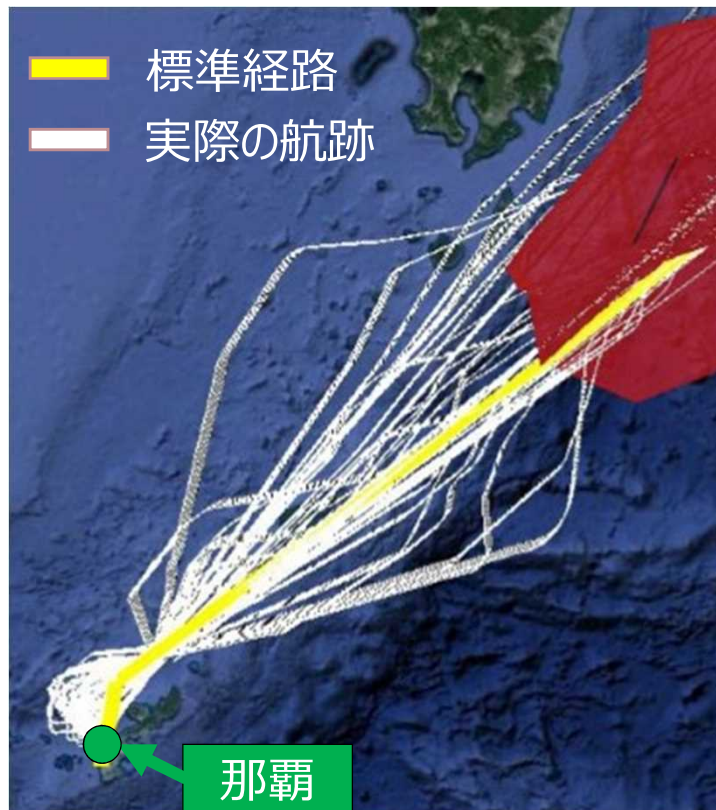
- ・焼津付近で変針するケースも見られた

➡ 羽田 成田の到着便によりコースが制限

- ・交通流が少ない時間帯は伊豆半島付近で変針するケースも見られた

➡ 深夜・早朝はUPRの始点を羽田寄りに出来る可能性

# 羽田-那覇航跡データ確認：交通流分析



## ■ 那覇周辺空域の交通流まとめ

- ・大きく変針することなくほぼDIRECTに那覇へ向かう航跡が多い。

※標準経路から大きく外れている航跡は悪天域回避によるものと推定



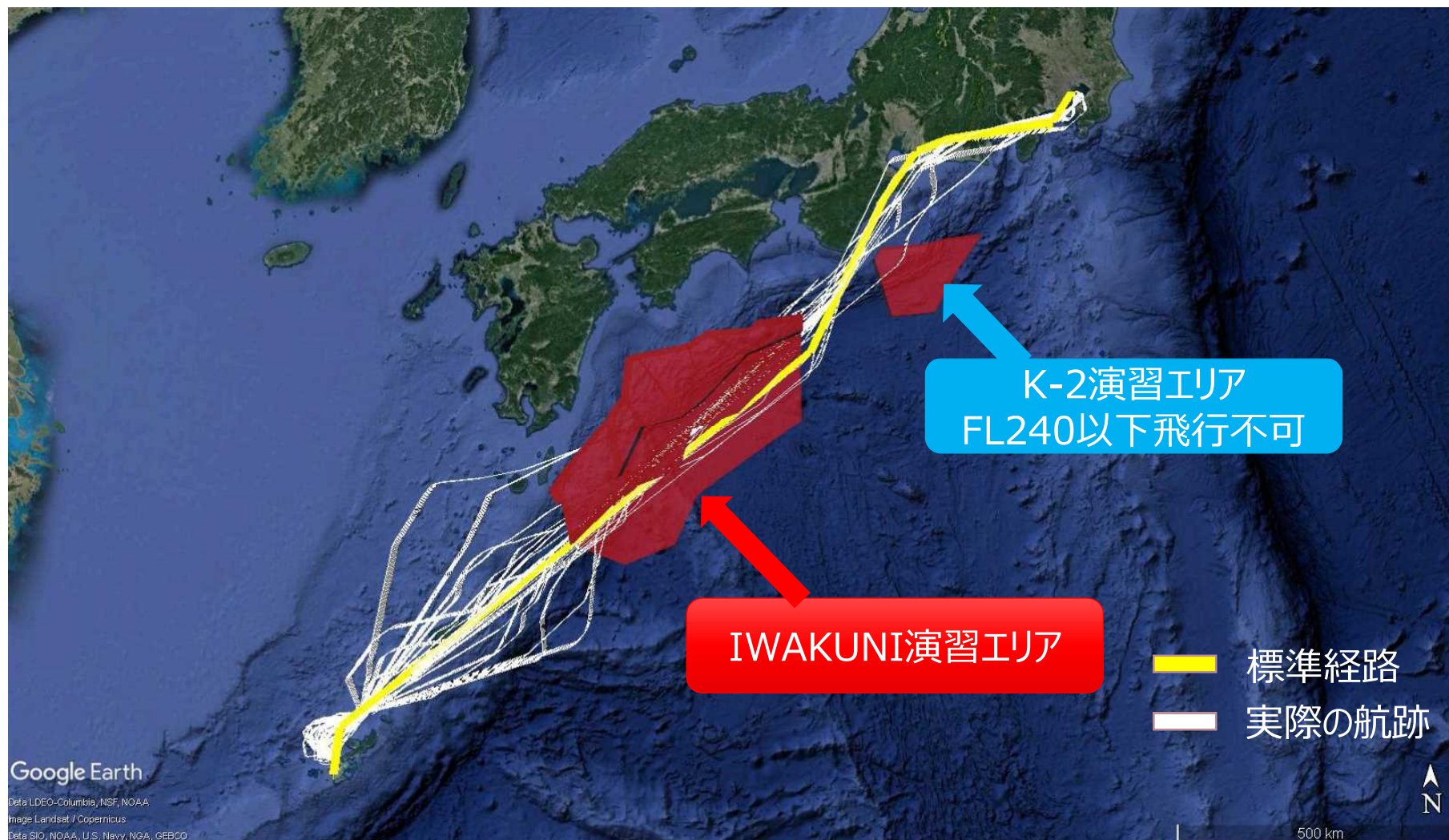
# 羽田-那覇航跡データ確認：空域制限による影響分析



JAPAN AIRLINES



2016.7.11~2016.7.17 平日：羽田-那覇線航跡 (12:00L-18:00L)

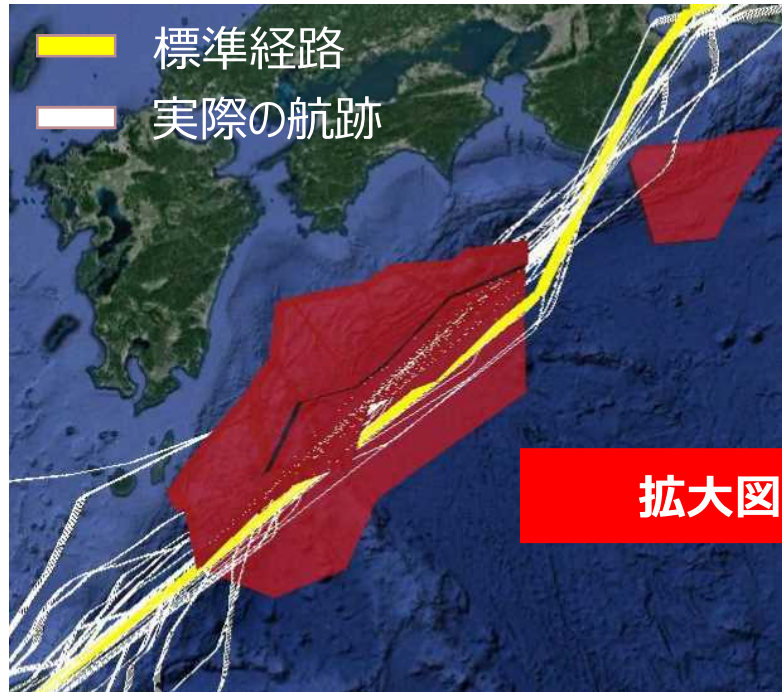




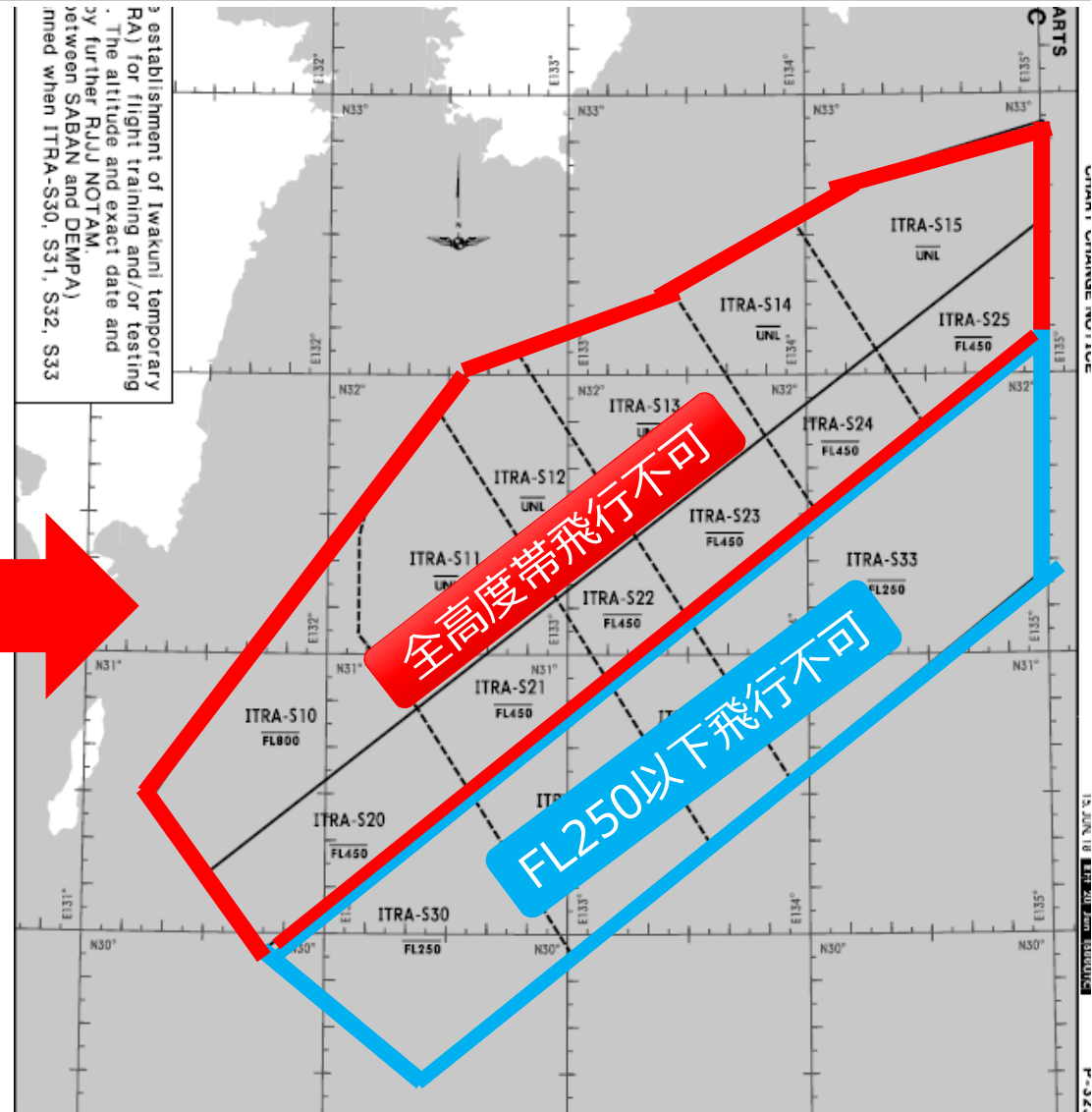
# 羽田-那覇航跡データ確認：空域制限による影響分析



JAPAN AIRLINES



拡大図

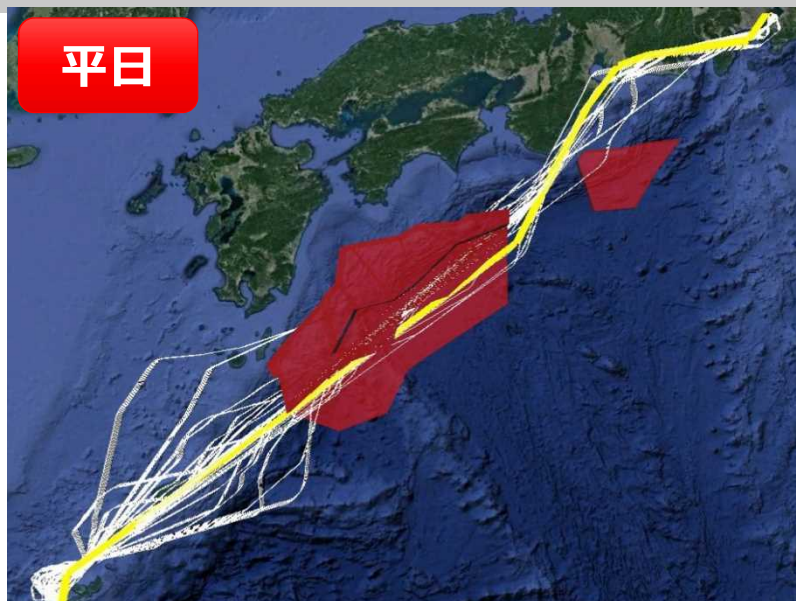


航路上障害となる空域  
➡ IWAKUNI演習空域北半分のみ

# 羽田-那覇航跡データ確認：空域制限による影響分析



JAPAN AIRLINES



◆ IWAKUNI演習空域を通過する航跡は非常に少ない

➡ 演習空域が有効な場合は通過は困難  
演習通過航跡は演習がない休日と推測



➡ 本検証では実際のNOTAM公示に従い経路を設定する。



## UPRの起点/終点設定

---

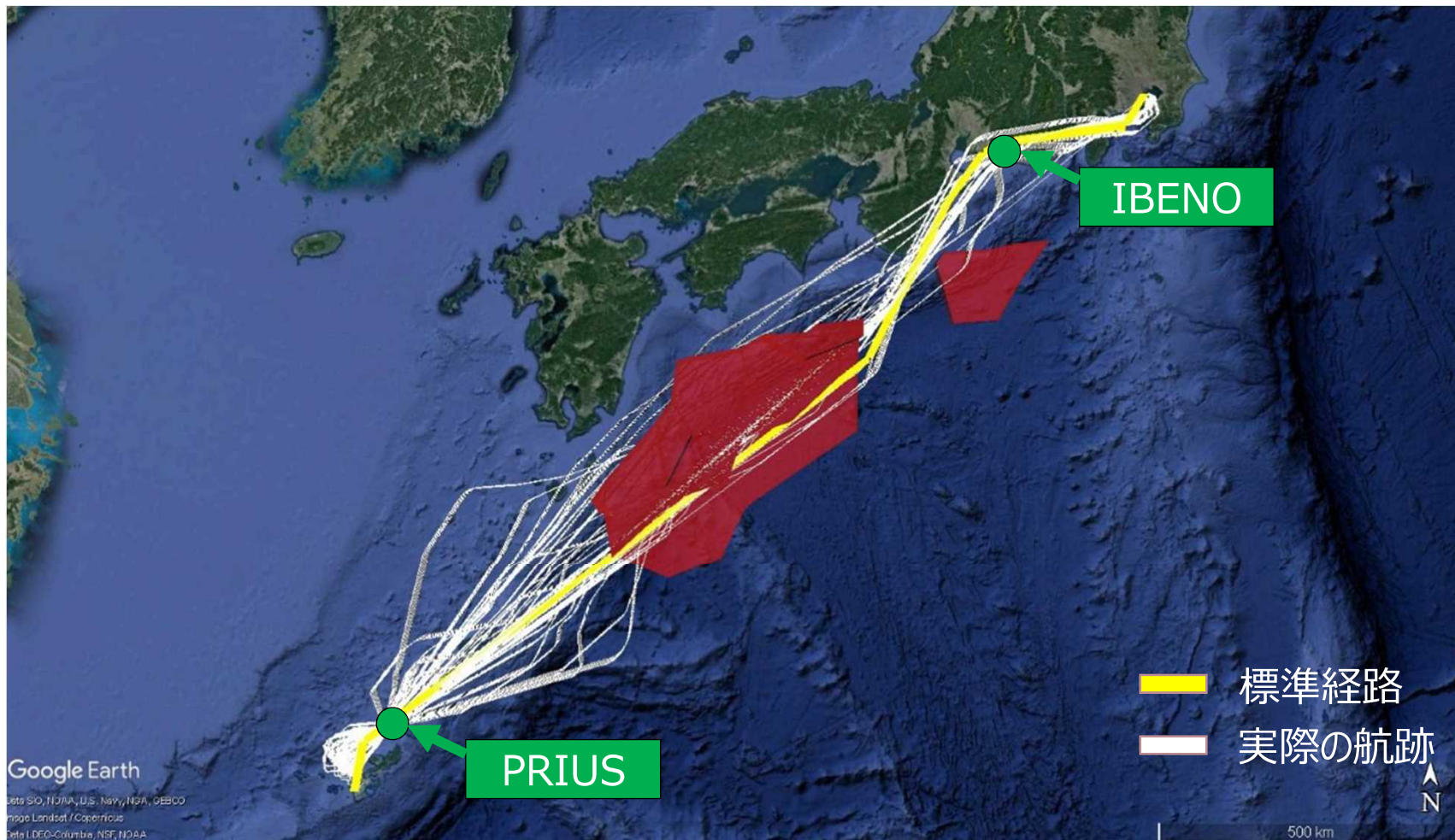


# UPR経路の起点/終点設定



## UPR設定区間:IBENO-PRIUS

2016.7.11~2016.7.17 羽田-那覇線航跡データ (12:00L-18:00L 計109便)

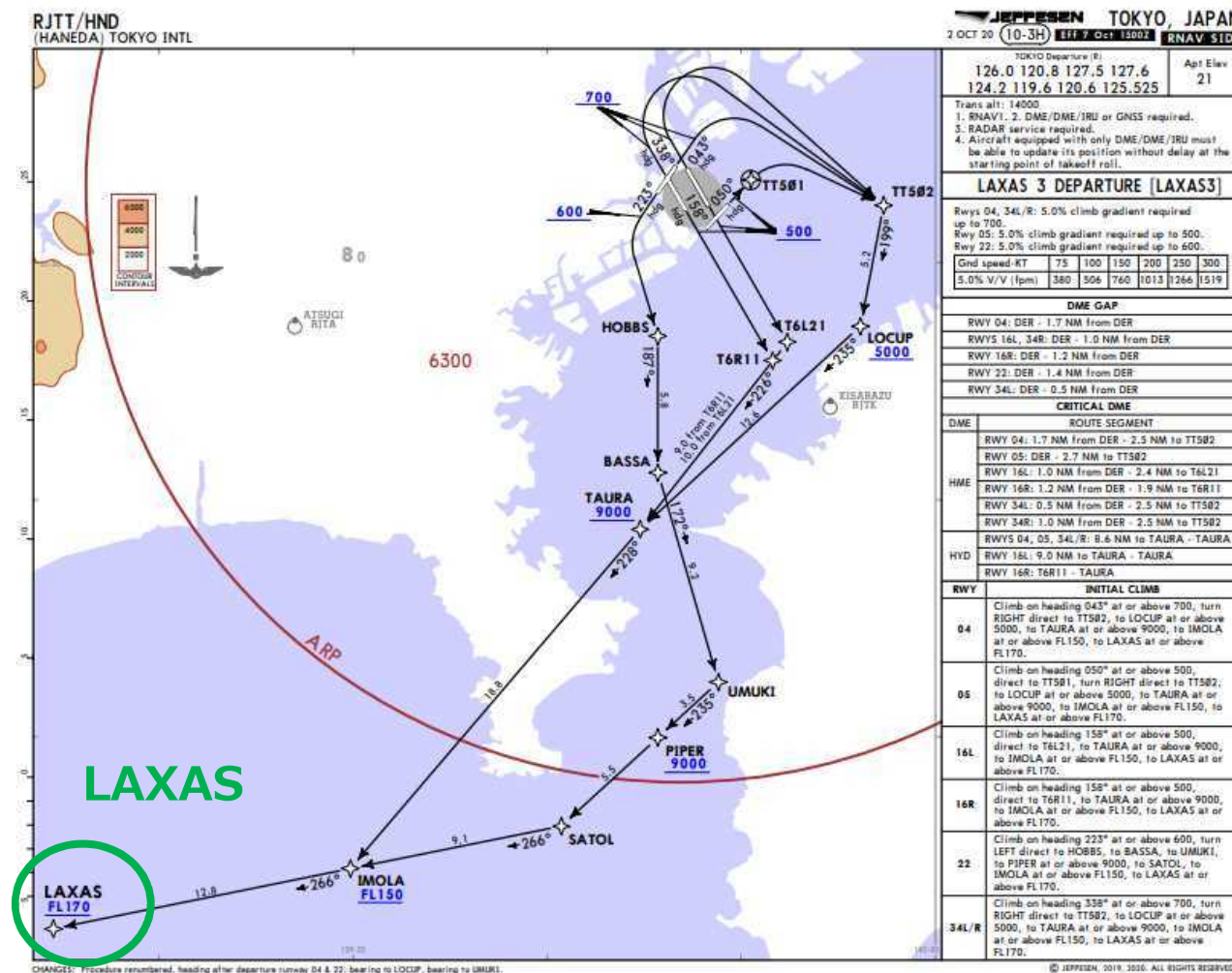




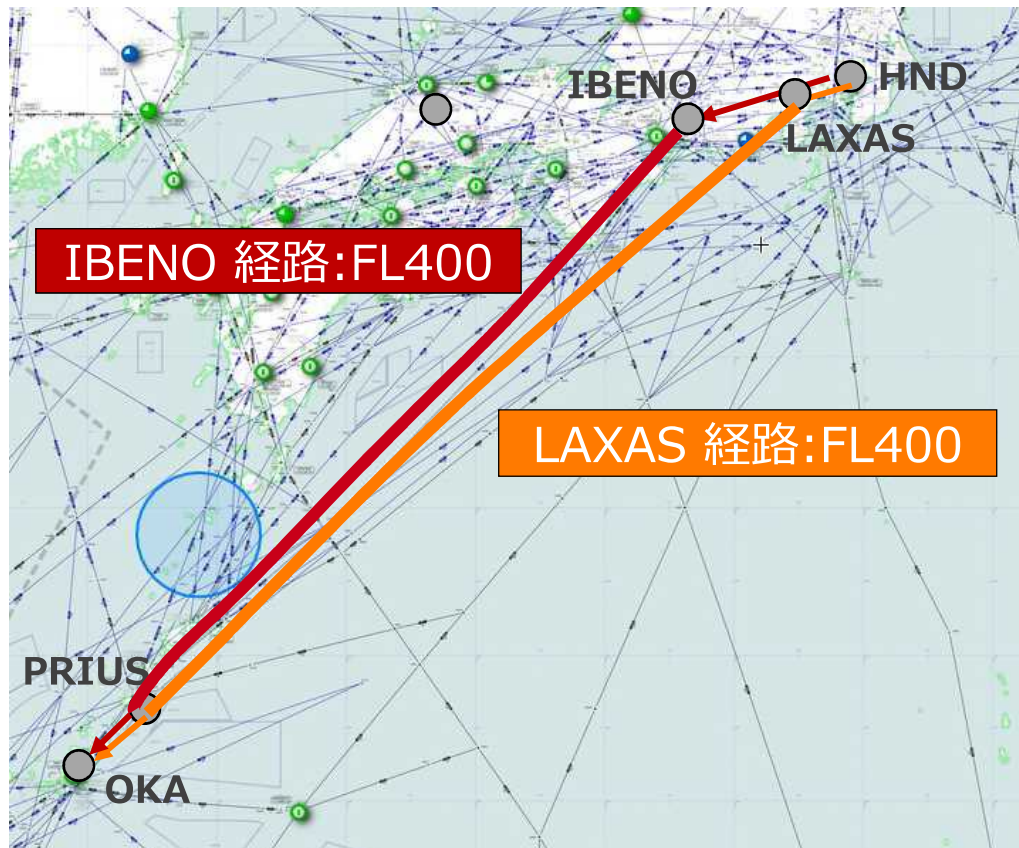
# 羽田-那覇 UPR 経路について



羽田-那覇線で通常使用する標準出発経路:LAXAS THREE DEPARTURE



# 収集データ諸元



- データ収集期間  
2021.3.1～2021.8.31 (計552サンプル)
- ZFWT 300000LBS
- 想定機材 ボーイング式787型機
- 標準経路・UPR双方において  
－燃料消費量  
－飛行時間  
の2種類のデータを収集





# 飛行計画システムについて

---

# 飛行計画システムについて



## SABRE社：米国テキサス州サウスレイクに本社を置くソフトウェア企業

TST9111-1,HND-OKA,08DEC21,VAR 1, NOT RELEASED - FitPrep

List Flight Variants Details EROPS MEL Comm Met Notam Monitor Info Errors

Pfx FLNr Leg Var Date Status Prt Chain  
 TST 9111 1 1 08DEC21 M << >> RS AS

Apt Sched Est.Block Assd CTOT Dep Rwy SID  
 HND 0200 0200 0216 0000 R05 LAXAS3 LAXAS RW05  
 OKA 0500 0500 0448 Arr Rwy STAR  
 3.00 3.00 DlyMgmt R36L IHEYAS RW36B RW36L R

Aircraft Crew  
 1T788D TS788D

Available Routings Pantry Ckpt Cabin  
 1 OFZ 2

	Awy	Wpt	EET	RstFL	OptFL	ActFL	WC	Wind	ActMach
1	R05	LAX	RJTT		F570	F570	T0	000/ 0 +0	
2	R05	LAX	TT501				T0	000/ 0 +0	
3	R05	LAX	TT502				T0	000/ 0 +0	
4	R05	LAX	LOCUP				T0	000/ 0 +0	
5	R05	LAX	TAURA				T0	000/ 0 +0	
6	R05	LAX	IMOLA				T0	000/ 0 +0	
7	R05	LAX	LAXAS				T0	000/ 0 +0	
8	Y56		KAGNA				T0	000/ 0 +0	
9	Y56		IBENO				T0	000/ 0 +0	
10	Y56		TOHME				T0	000/ 0 +0	
11	Y54		KOHWA				T0	000/ 0 +0	
12	Y12		SHIMA				T0	000/ 0 +0	

UTC DP DEST2 ALT2

DepAltn ETO/Mach Auto Fair WX Fair Comm Dest Auto (closed) Isolated

0 1 Add Altn RJFF 467 0

Edit Rtg.. Calc Print Add BP FMsg Save Show FE FPL Val

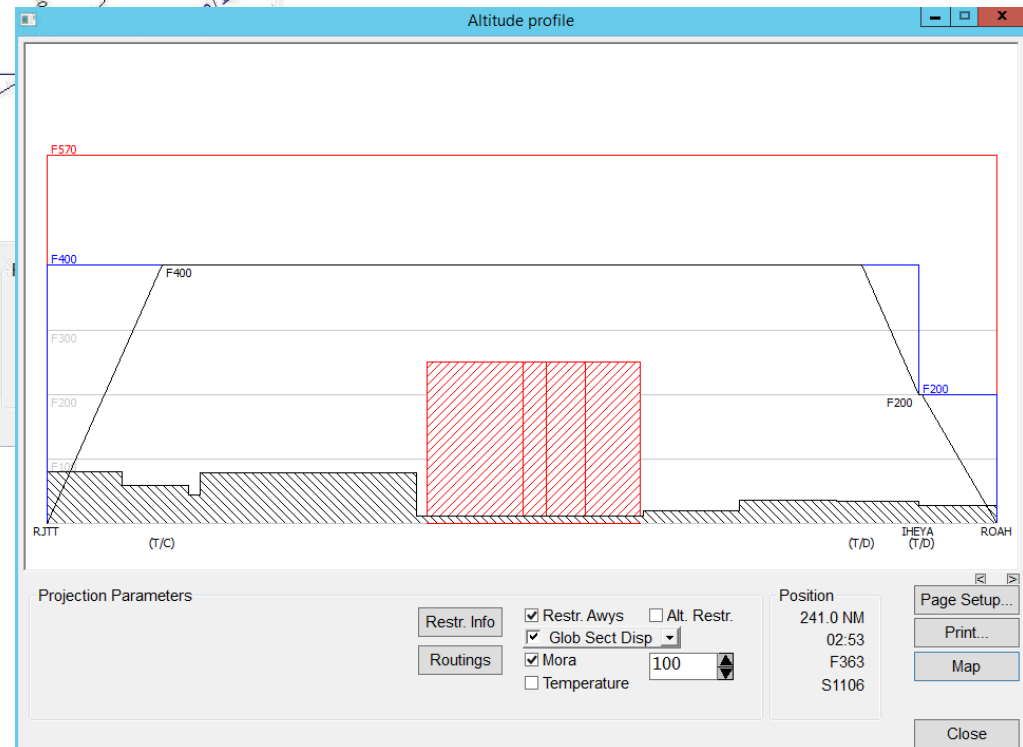
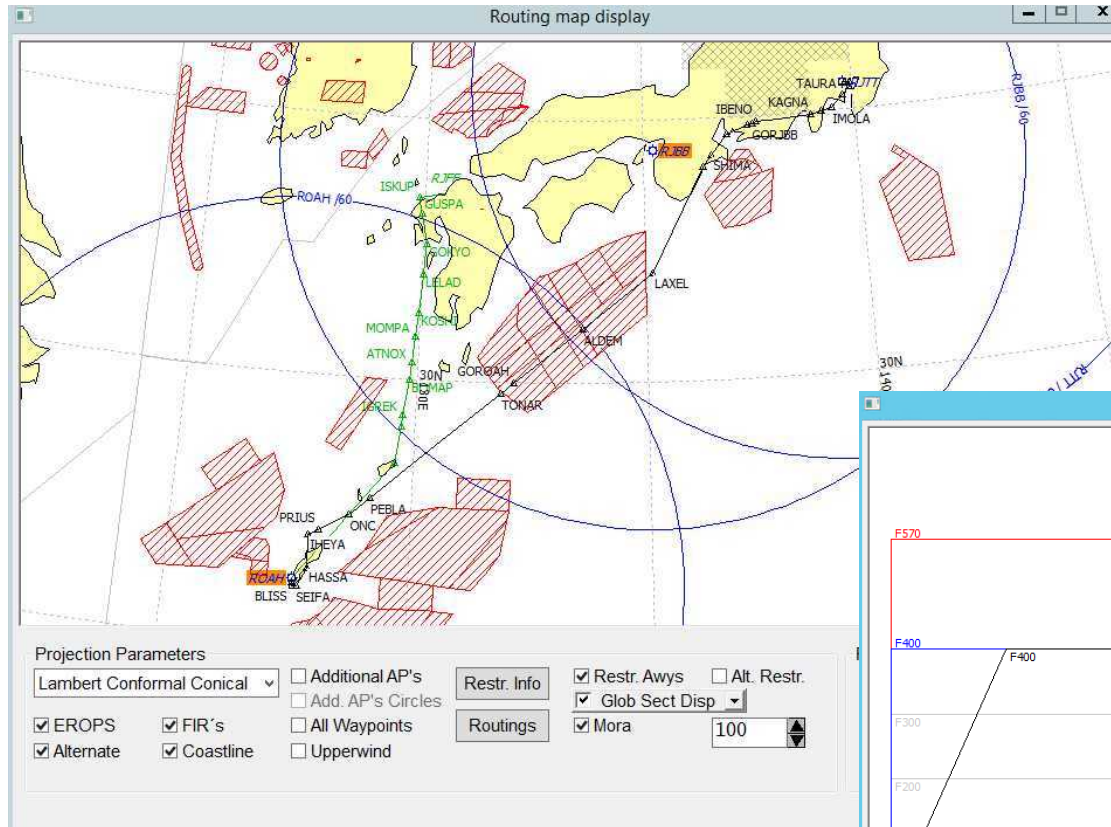
Rel. Fit. New Flt.. Edit Info. Map Help

Ready Legacy Standard P

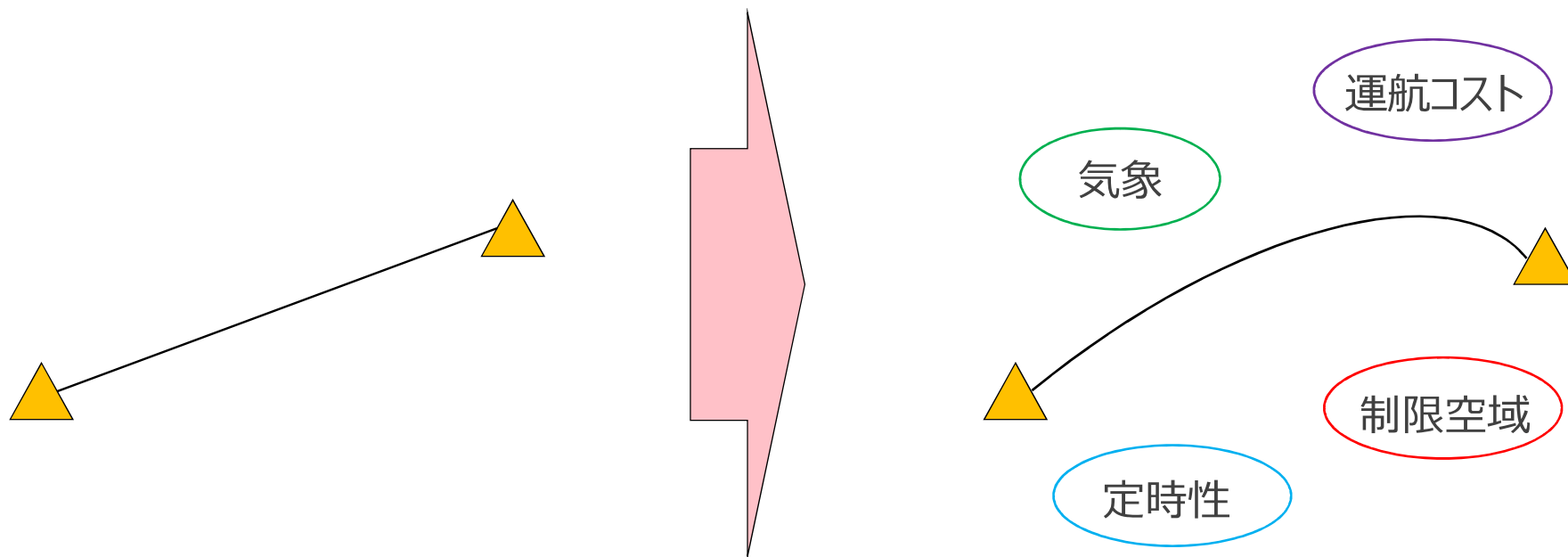
CI/Crz ECON Wind/Load... PSS Enable  
 CostInd 0 WC/ISA FCorr Scen EROPS  
 FDens 6.68 lbs/USG Special Plg Optimum FL  
 FBias 1000 Terrain Avoid R.  
 PaxW 203 Target ExtraT FEco PrfCst  
 Value -72/-72 LHV 18590 OvrCst  
 EFReas Trip  
 Pound System APU 216  
 Act Max Taxi  
 Pax 999 Burn 919  
 Frgt Altn1  
 Payload Altn2  
 ULoad Add.A 4766  
 EZFW 300000 355000 COMP 2674 +  
 RZFW 300000 UNUSA  
 TOW 308000 382000 Reqr'd 8920  
 LDW 308000 365000 Extra +  
 TOTAL 8920  
 RemF 8000  
 Uplift



# 飛行計画システムについて



## Route Optimizer機能



Waypoint間のRouteを各要素を加味して自動生成する機能を有する

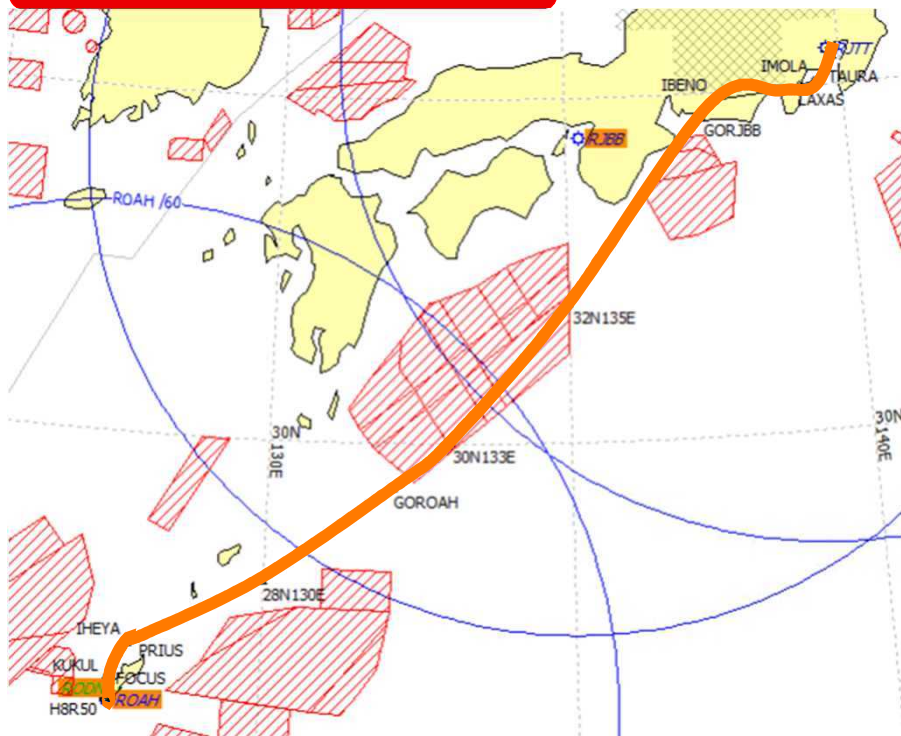


## 分析結果

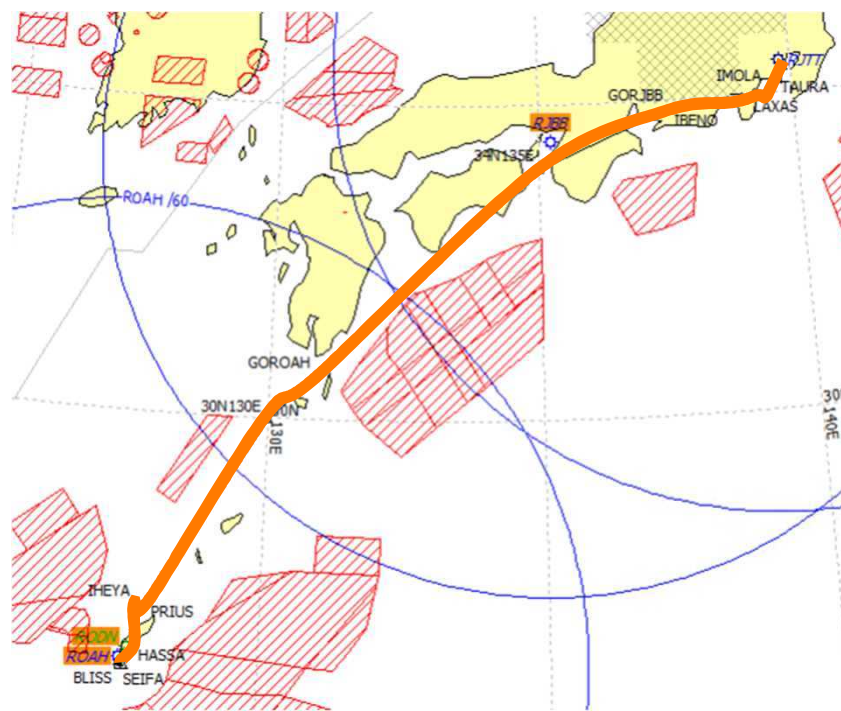
---

# UPRのパターン

## 典型的なIBENO経路



## 特徴的なIBENO経路

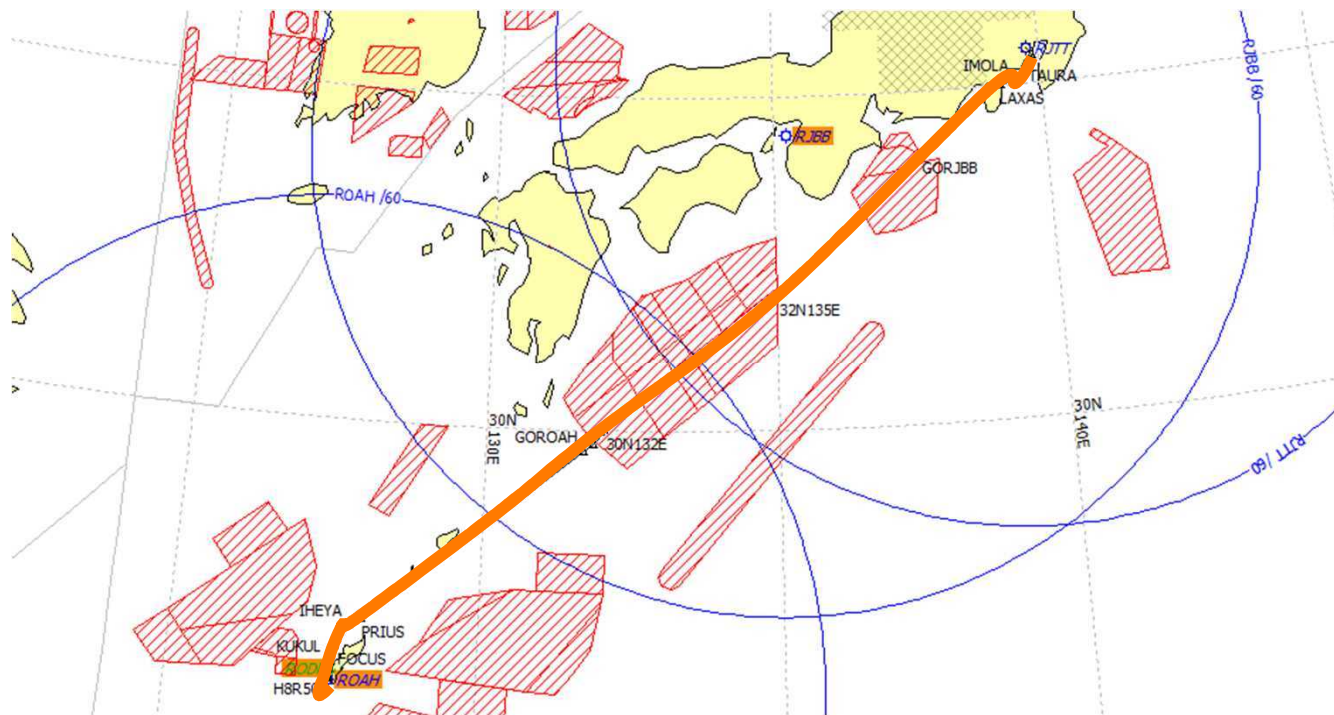


- IBENO経路は、標準経路に沿うものの、やや南を飛行する経路が多かった。
- また偏西風の状況によっては演習空域を北側に避ける経路になることもあった。



# UPRのパターン

## 典型的なLAXAS経路



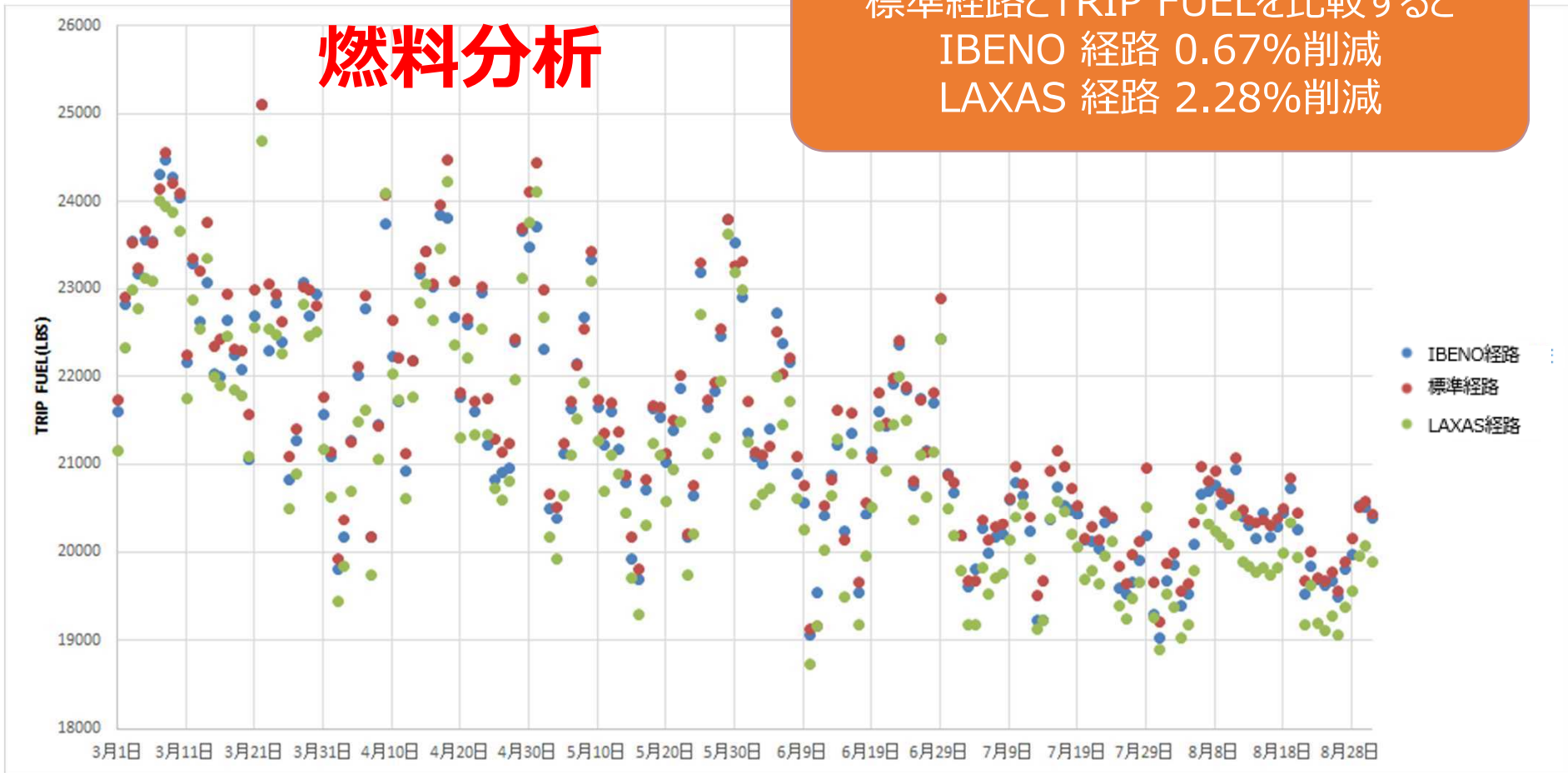
- LAXAS経路はほぼ直行する経路が多かった。

# 羽田⇒那覇 燃料分析結果



## 燃料分析

標準経路とTRIP FUELを比較すると  
IBENO 経路 0.67%削減  
LAXAS 経路 2.28%削減

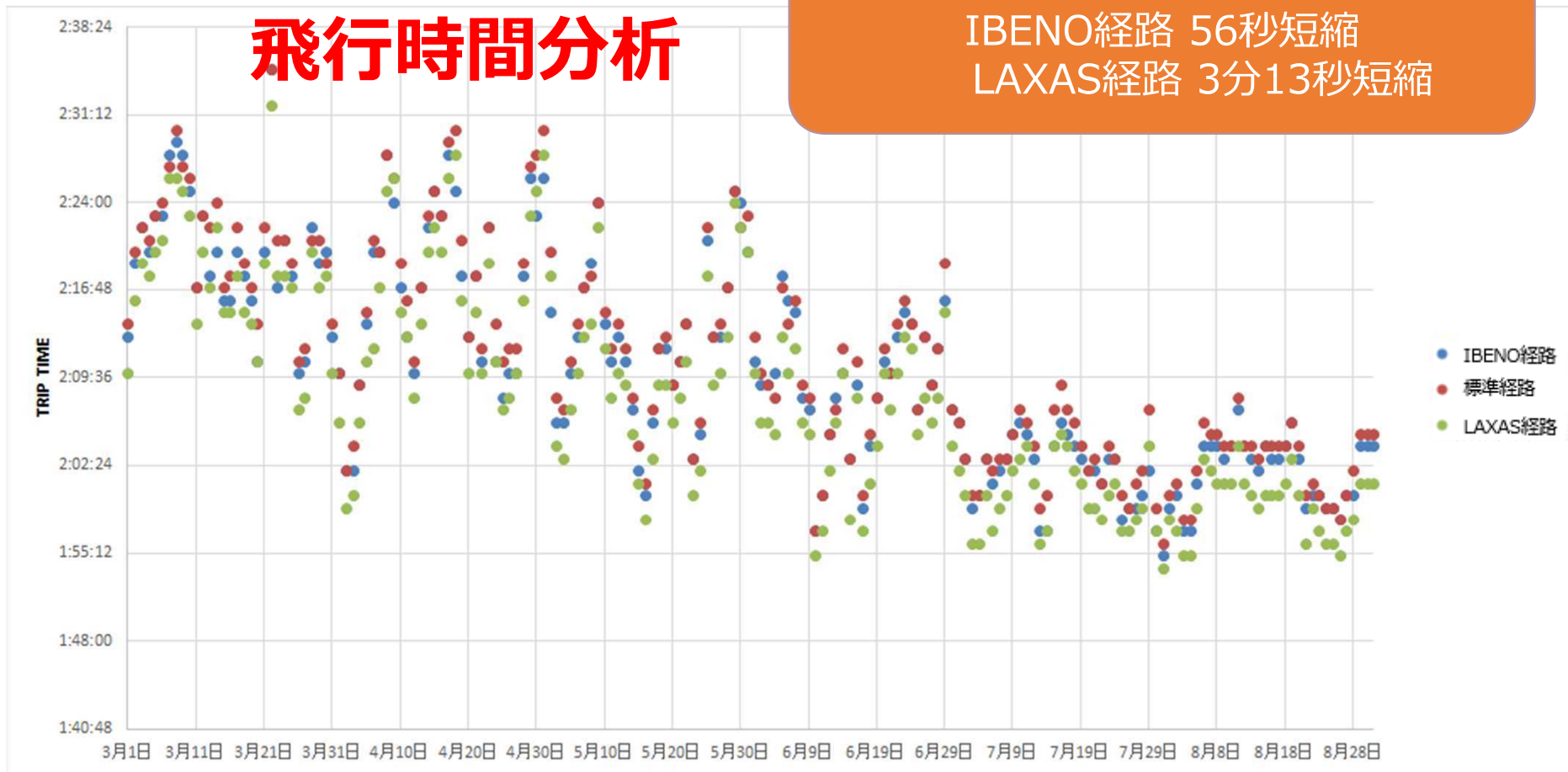


# 羽田⇒那覇 飛行時間分析結果



## 飛行時間分析

標準経路と飛行時間を比較すると  
IBENO経路 56秒短縮  
LAXAS経路 3分13秒短縮



偏西風が強い時期は燃料・飛行時間削減効果が大きい

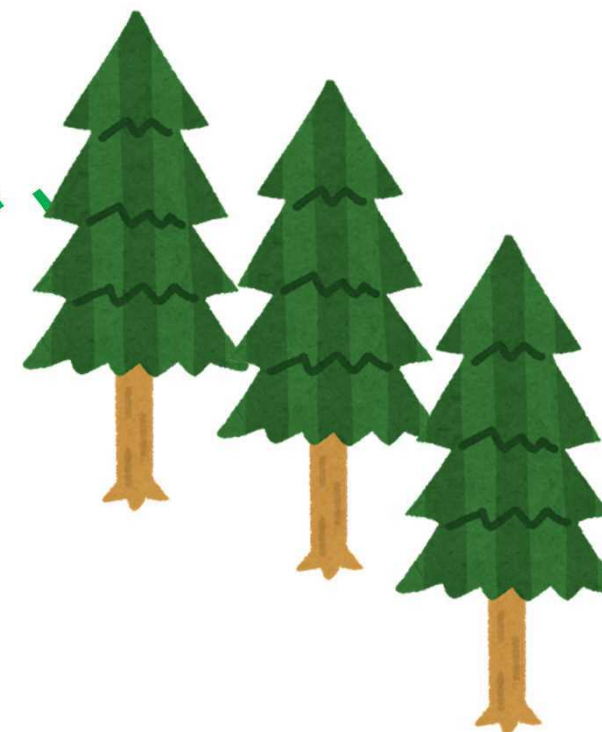
# 羽田⇒那覇 CO2排出量分析結果

	平均CO2排出量/便
標準経路	30,706kg
IBENO 経路	30,498kg (0.7%削減)
LAXAS 経路	30,010kg (2%削減)

杉の木が吸収するCO2量に換算すると、、、

- IBENO 経路で15年分/1便
- LAXAS 経路で50年分/1便 削減に相当する

※杉の木1本あたりのCO2吸収量14kg/年  
出典：林野庁





## 羽田⇒那覇 演習の有無による分析結果



	IBENO 経路 TRIP FUEL削減比率 (標準経路と比較)	LAXAS 経路 TRIP FUEL 削減比率 (標準経路と比較)
平日(演習あり)	0.65%	2.34%
土日(演習なし)	0.76%	2.08%

- ➡ 演習空域の有無が影響するのはIBENO 経路のみ  
LAXAS 経路はUPR開始地点が羽田寄りであるため演習空域の有無が削減効果とは関連しづらい

※CDR経路は比較対象外

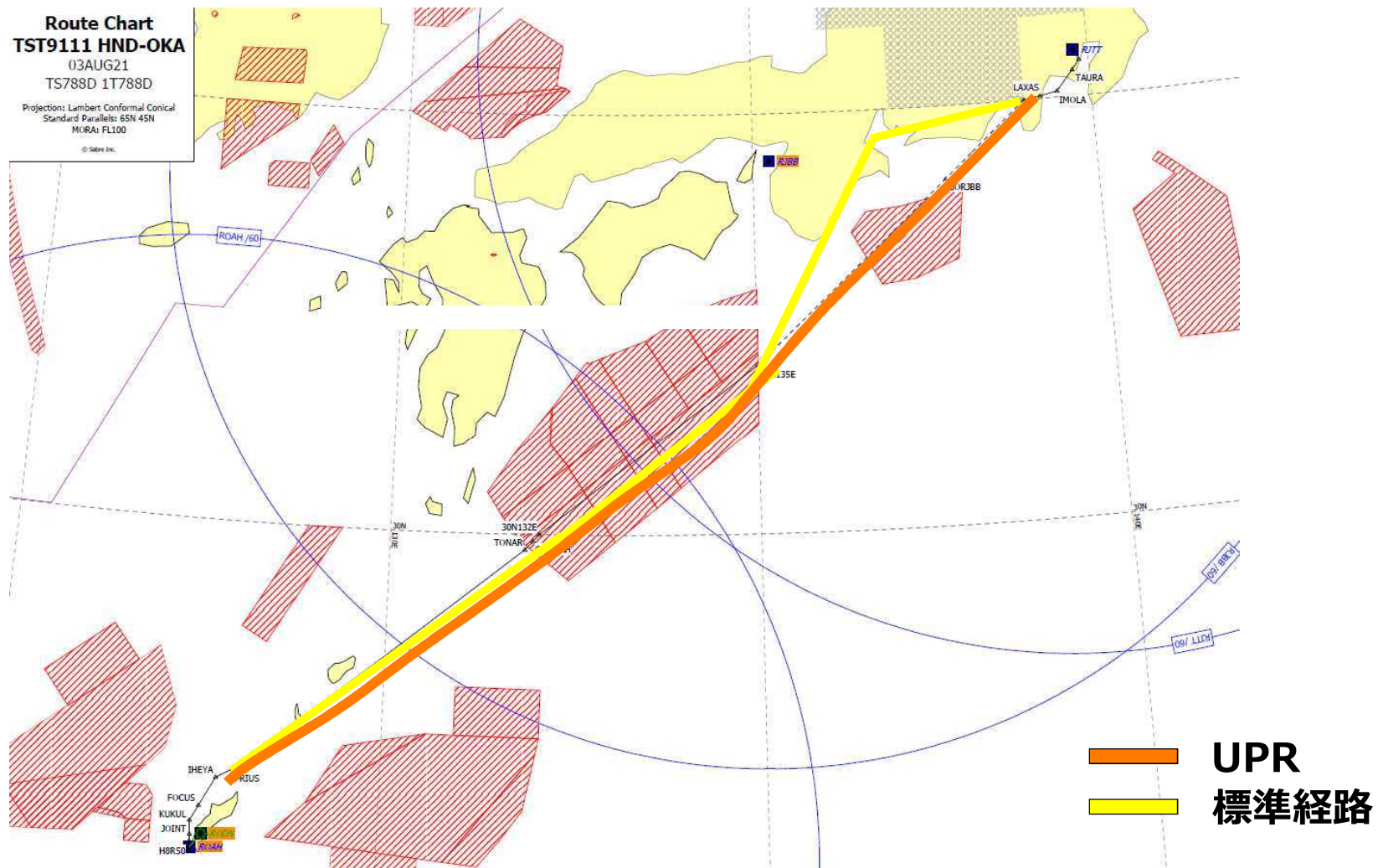
CDR経路：Conditional Route（調整経路）

演習空域上に設定され、AIP/NOTAMによって通過できる時間・高度が指定される経路

# HND-OKA UPR について



## LAXAS 経路 (演習空域あり)



- オープンデータの分析結果から、出発時間帯(交通流の多寡)によって飛行経路が異なることが明らかにした。
- 「標準経路」と、飛行実績に基づく実用的な起点/終点を設定した「**2種類のUPR**」について、両者には燃料消費量及び飛行時間の有意差があることを明らかにした。
- とりわけ交通流の少ない時間帯である深夜早朝に羽田を出発する便はUPR導入効果の最大化が期待される。

## 今後の課題

- 検証路線・期間の拡充



ご清聴ありがとうございました

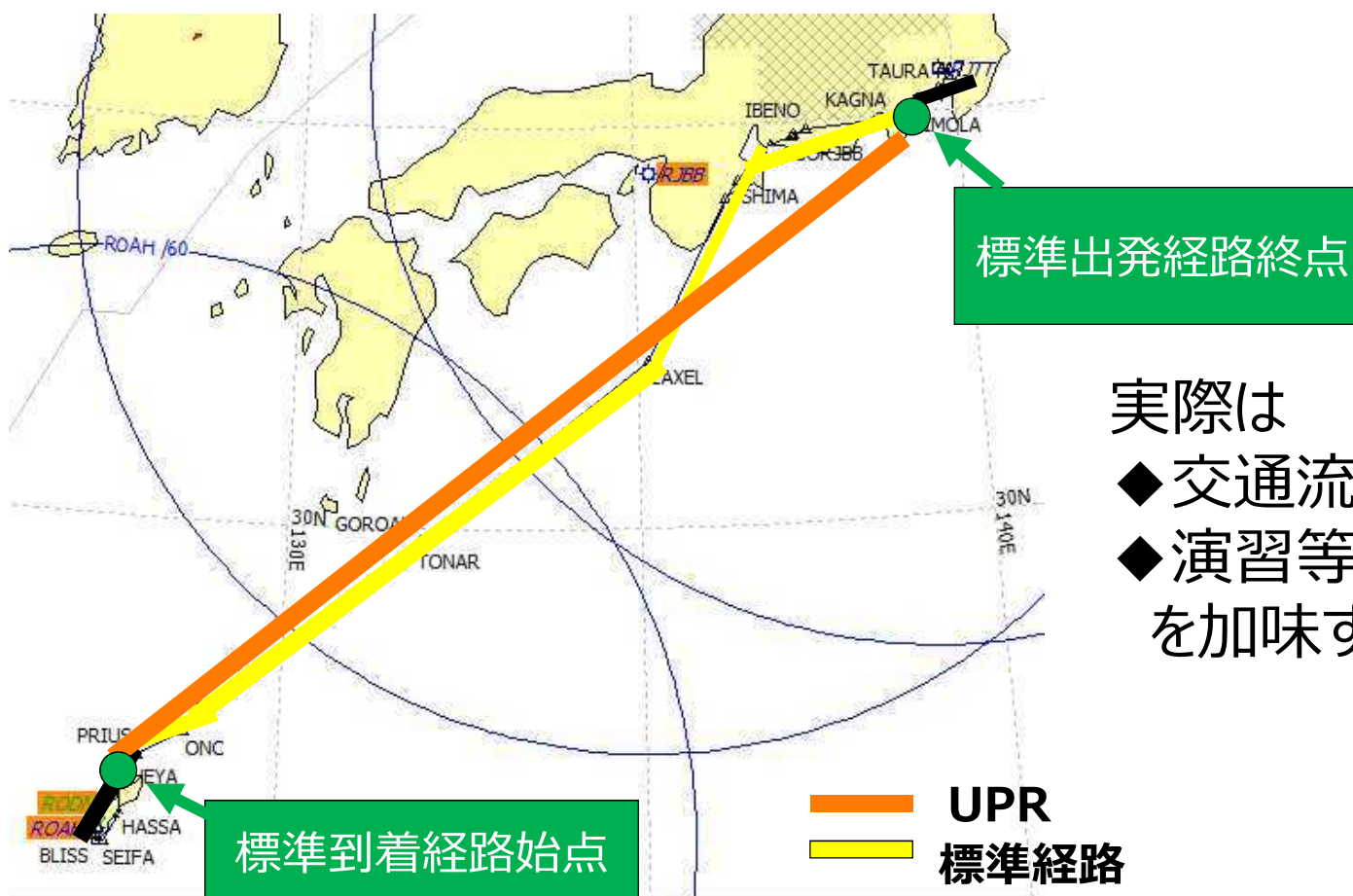


# HND-OKA UPR経路について

運航者が考える理想的なUPR経路とは、、、、

■ SIDの終点、STARの始点間がUPR経路

➡燃料1.3%削減 飛行時間2分削減



実際は

- ◆ 交通流による経路制限
- ◆ 演習等による空域制限を加味する必要

## 羽田⇒那覇 燃料分析結果



TRIP FUEL	IBENO経路	LAXAS経路
最大削減値	3.74%	5.65%
最小削減値	-1.99%	-0.06%

FLT TIME	IBENO経路	LAXAS経路
最大削減値	5分	9分
最小削減値	-2分	0分

# UPR導入時の作業負荷に着目した分析



運航管理者の場合

ATMC公示経路の場合：1クリックでフライトプランを作成可能、計算時間3秒  
フライトプラン生成まで15秒ほど

The screenshot displays the ATMC interface for flight TST9888-1, HND-OKA, 30AUG21. The 'Available Routings' table is highlighted with a red circle, showing the selected route 1 OFZ. The 'Payload' section shows a total weight of 382,000 kg, with a red highlight on the 'TOW' value.

Seq	Wpt	EET	RefFL	RefFL	ActFL	WC	Wind	ActMach
1	R05 LAXRJTT		F570	F400	T0	000/0	+0	
2	R05 LAXTT501				T0	000/0	+0	
3	R05 LAXTT502				T0	000/0	+0	
4	R05 LAXLOCUP				T0	000/0	+0	
5	R05 LAXTAURA				T0	000/0	+0	
6	R05 LAXIMOLA				T0	000/0	+0	
7	R05 LAXLAXAS				T0	000/0	+0	
8	Y56 KAGNA				T0	000/0	+0	
9	Y56 IBENO				T0	000/0	+0	
10	Y56 TOHME				T0	000/0	+0	
11	Y54 KOHWA				T0	000/0	+0	
12	Y12 SHIMA				T0	000/0	+0	

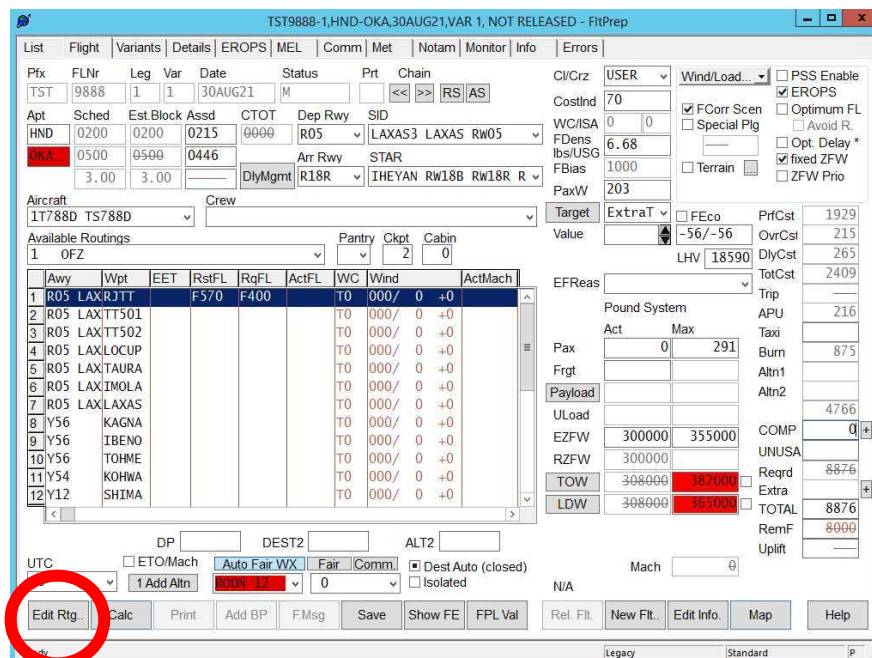
Item	Value	Unit
Uload		
EZFW	300000	kg
RZFW	300000	kg
TOW	308000	kg
LDW	308000	kg
COMP	0	
UNUSA		
Reqr	8876	
Extra		
TOTAL	8876	
RemF	8000	
Uplift		

# UPR導入時の作業負荷に着目した分析

## 運航管理者の場合

UPR経路の場合：9クリックでフライトプランを作成可能、計算時間3秒  
フライトプラン生成まで1分ほど

➡ NO1経路と比較して作業負荷としては3倍程度の手間が掛かる。



TST9888-1,HND-OXA,30AUG21,VAR 1, NOT RELEASED - FitPrep

Pfx	FLNr	Leg	Var	Date	Status	Prt	Chain	Ci/Crz	USER	Wind/Load...	PSS Enable
TST	9888	1	1	30AUG21	M						<input type="checkbox"/>

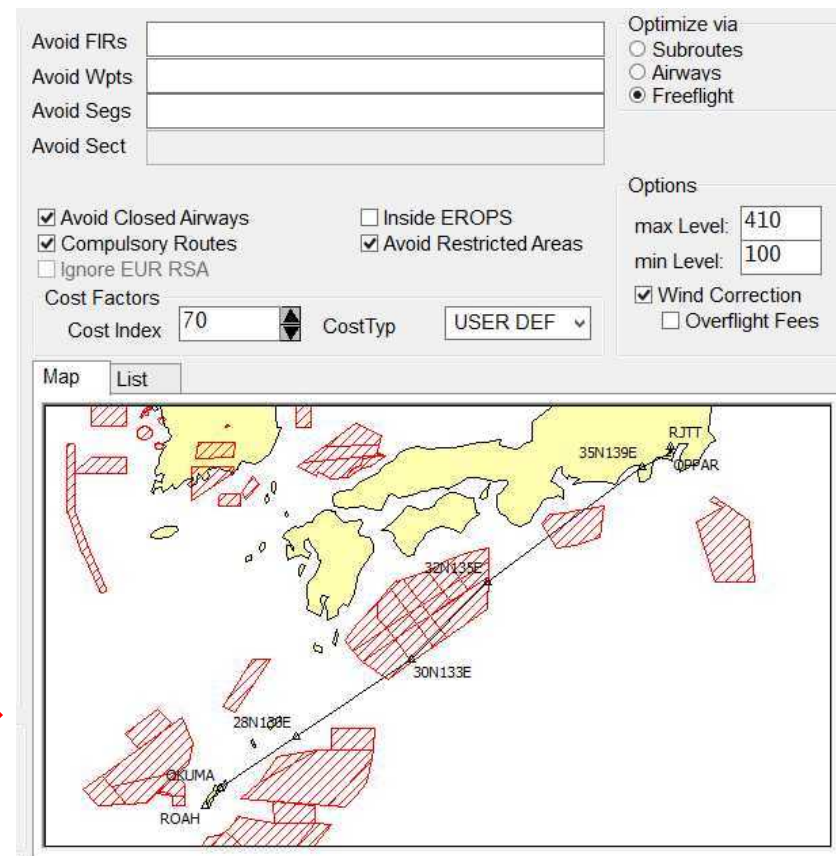
Apt	Sched	Est.Block	Assd	CTOT	Dep Rwy	SID
HND	0200	0200	0215	0000	R05	LAXAS3 LAXAS RW05
OXA	0500	0500	0446			STAR

Avy	Wpt	EET	RstFL	RqFL	ActFL	WC	Wind	ActMach
1	R05 LAX	RJTT	F570	F400		TO	000/ 0 +0	
2	R05 LAX	TT501				TO	000/ 0 +0	
3	R05 LAX	TT502				TO	000/ 0 +0	
4	R05 LAX	LOCUP				TO	000/ 0 +0	
5	R05 LAX	TAURA				TO	000/ 0 +0	
6	R05 LAX	IMOLA				TO	000/ 0 +0	
7	R05 LAX	LAXAS				TO	000/ 0 +0	
8	Y56	KAGNA				TO	000/ 0 +0	
9	Y56	IBENO				TO	000/ 0 +0	
10	Y56	TOHME				TO	000/ 0 +0	
11	Y54	KOHWA				TO	000/ 0 +0	
12	Y12	SHIMA				TO	000/ 0 +0	

UTC  ETO/Mach  Auto Fair WX  Fair  Comm  Dest Auto (closed)  Isolated

1 Add Attn  HND 12  0

Buttons: Edit Rtg., Calc, Print, Add BP, FMsg, Save, Show FE, FPL Val, Rel. Flt., New Flt., Edit Info, Map, Help



Avoid FIRs:   
 Avoid Wpts:   
 Avoid Segs:   
 Avoid Sect:

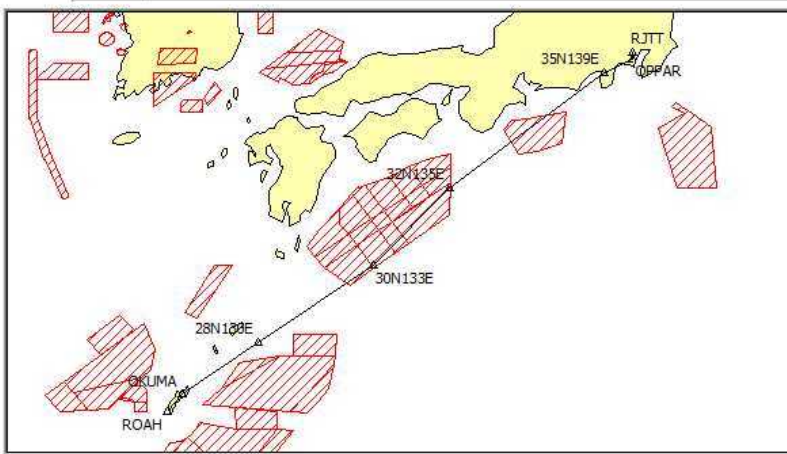
Optimize via  
 Subroutes  
 Airways  
 Freeflight

Options  
 Avoid Closed Airways  
 Compulsory Routes  
 Ignore EUR RSA  
 Inside EROPS  
 Avoid Restricted Areas

max Level: 410  
 min Level: 100  
 Wind Correction  
 Overflight Fees

Cost Factors  
 Cost Index: 70 CostTyp: USER DEF

Map List



Map view showing flight routes and waypoints: 35N139E, RJTT, OXPAP, 30N135E, 30N133E, 28N130E, ROAH, KUMA.



# UPR導入時の作業負荷に着目した分析



## 運航乗務員の場合

ATMC公示経路の場合：FMSに予め経路が記録されておりRTE名をFMSに入力するだけでRTE作成は完了する

UPR経路の場合：FMSに社内システムを通じてRTEをアップリンクすることが可能。  
乗務員がFMSにRTEを打ち込む作業は発生しない