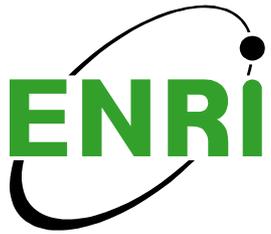


(第12回)電子航法研究所研究発表会  
平成24年6月7日(木)

## 5. フライトシミュレータによる RTA機能検証結果

○瀬之口 敦, 福田 豊,  
白川 昌之, マーク ブラウン  
(航空交通管理領域)

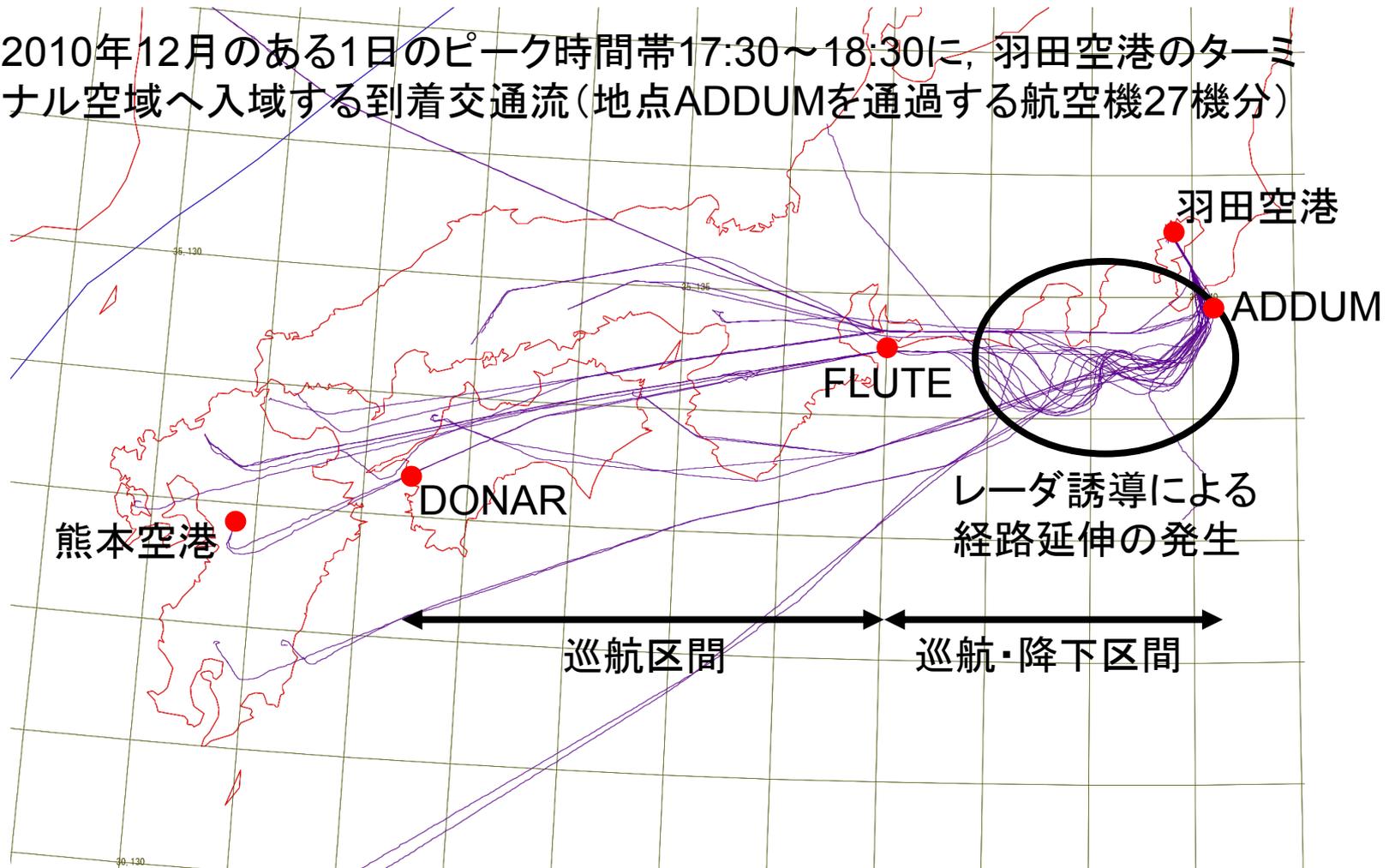


# 発表の内容

- 背景
  - 軌道ベース運用における時間管理
  - 航空機のFMS RTA機能
- フライトシミュレータによる実運航の模擬
  - 日本の飛行空域や運航の現状を反映
  - 減速による時間調整について検討
- 解析項目
  - 時間調整能力(巡航区間&降下区間)
  - 燃料効率性(巡航区間&降下区間)
  - 降下区間の飛行軌道

# 到着交通流のレーダ航跡例

2010年12月のある1日のピーク時間帯17:30～18:30に、羽田空港のターミナル空域へ入域する到着交通流(地点ADDUMを通過する航空機27機分)



# RTA設定画面例

B737-800 FMS CDU「ACT RTA Progress Page」

地点名を入力

目標速度

残り飛行距離

最短通過時刻



RTAを入力

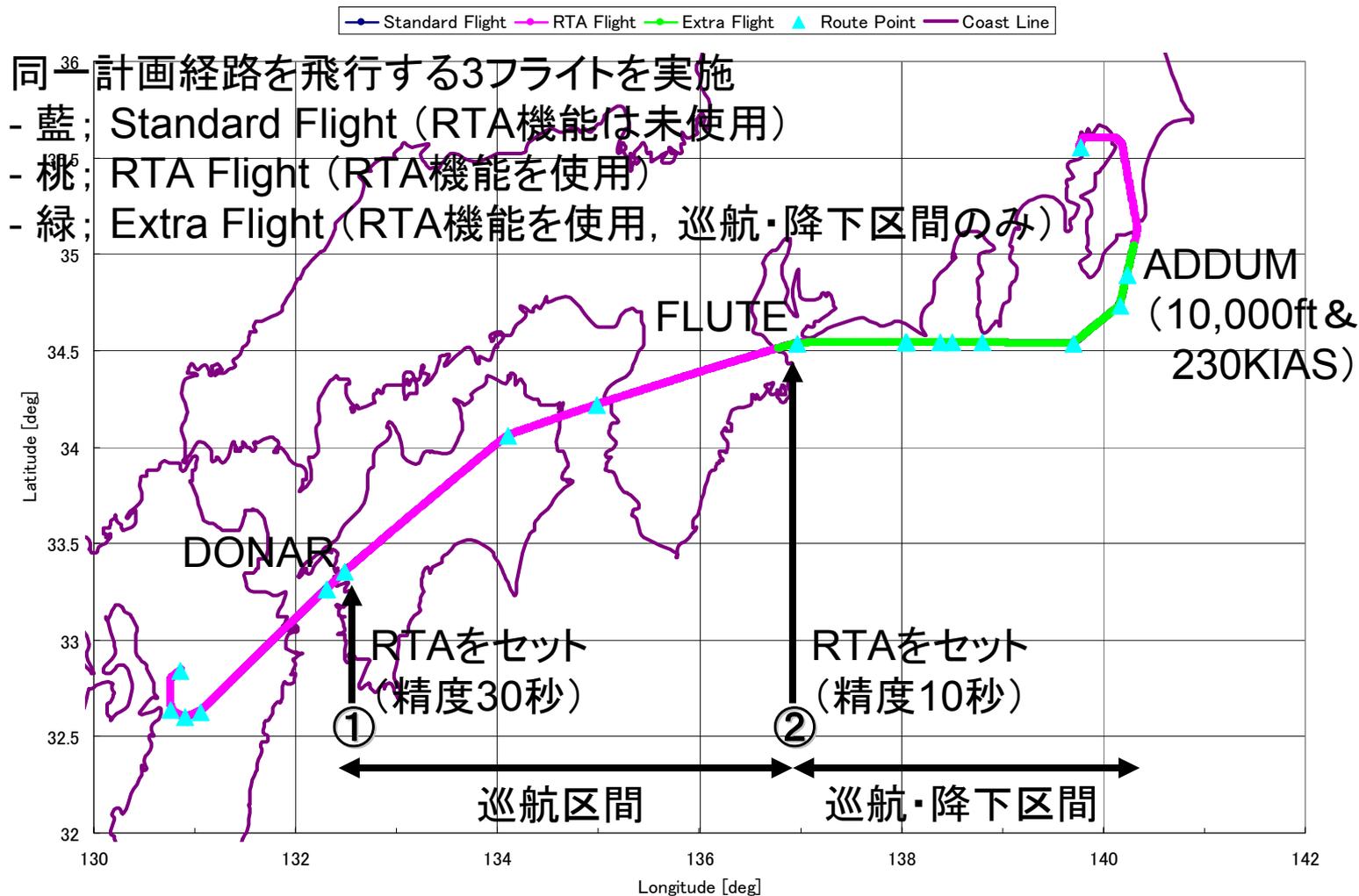
精度に関連

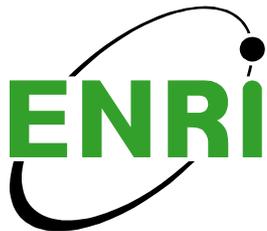
現在時刻

予測通過時刻

最長通過時刻

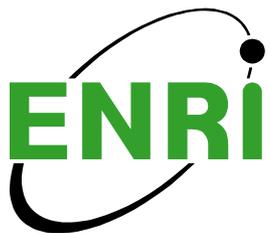
# 検証フライト





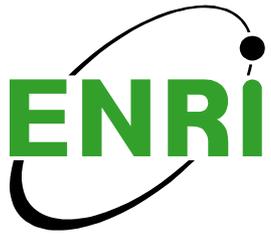
# フライト条件

項目	条件
機種	B737-800(上昇・巡航・降下の全区間にてRTA機能が使用可能)
RTA精度	30秒(①巡航区間) 10秒(②巡航・降下区間)
経路	RJFT - MIFNE - GOKAH - IWATO - <u>DONAR</u> - IGOSO - HALKA - <u>FLUTE</u> - ENSYU - BOKJO - BRIGE - BATAIS - DIIVA - <u>ADDUM</u> - RJTT
出発経路	RJFT RW25 - MIFNE1R - IGOSOTR - MIFNE
到着経路	<u>ADDUM(10,000ft&amp;230KIAS)</u> - BACON - LDA - RJTT RW22
離陸重量	121,000lbs(ZFW 106,000lbs + 燃料15,000lbs), 標準的なW/B
巡航高度	37,000ft
巡航速度	<b>ECON</b> 速度(飛行中に自動で変化)
上昇・降下区間	10,000ft以下では250KIAS以下
速度制限	10,000ft以上では280KIAS以下またはM.76以下(切り替えは自動)
備考	推力は自動



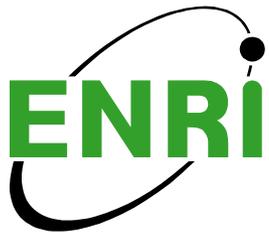
# 気象条件の設定

	高度 飛行区間	風速	風向	外気温	QNH
機外大気 (3層分設定可能な ので 離陸・上昇・巡航 および 巡航・降下・着陸 と分けて設定)	0ft (離陸)	6knot	350°	10°C	29.92 inHg
	20,000ft (上昇)	58knot	276°	-22°C	
	37,000ft (巡航)	151knot	262°	-49°C	
	<u>10,000ft</u> (降下)	<u>44knot (Standard Flight)</u> <u>44knot (RTA Flight)</u> <u>24knot (Extra Flight)</u>	<u>238°</u>	-4°C	
	0ft (着陸)	7knot	258°	14°C	
FMSに入力する 降下区間の大気 設定	24,000ft	83knot	259°	-16°C	7
	18,000ft	69knot	242°		
	<u>10,000ft</u>	<u>44knot</u>	<u>238°</u>		



# 発表の内容

- 背景
  - 軌道ベース運用における時間管理
  - 航空機のFMS RTA機能
- フライトシミュレータによる実運航の模擬
  - 日本の飛行空域や運航の現状を反映
  - 減速による時間調整について検討
- 解析項目
  - 時間調整能力(巡航区間&降下区間)
  - 燃料効率性(巡航区間&降下区間)
  - 降下区間の飛行軌道



# イベント結果

	残り 飛行 時間	最短／最長 実現可能時間	残り 飛行 距離	現在 速度	操作／ 考慮 時間	RTA 入力・ 実行値	目標 速度	時刻 制御 誤差
DONAR 通過時	24:04	-1:08／+2:44	236 NM	M.757	1:41	+2:04	M.674	-0:07
FLUTE 通過時	19:37	-0:23／+3:42	165 NM	M.755	0:39／ 0:34 *注1	+3:00 *注2	M.651／ 230KIAS *注3, 4	-0:09 +0:12 *注5

上記はRTA Flightのイベント結果

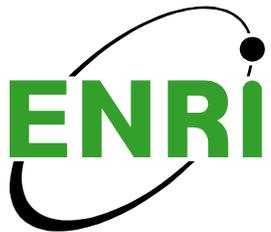
注1) 上段は降下区間の大気設定をFMSへ入力するのに要した時間

注2) 「UNABLE 230 KTS AT ADDUM」と表示されたが、直後すぐに消えた

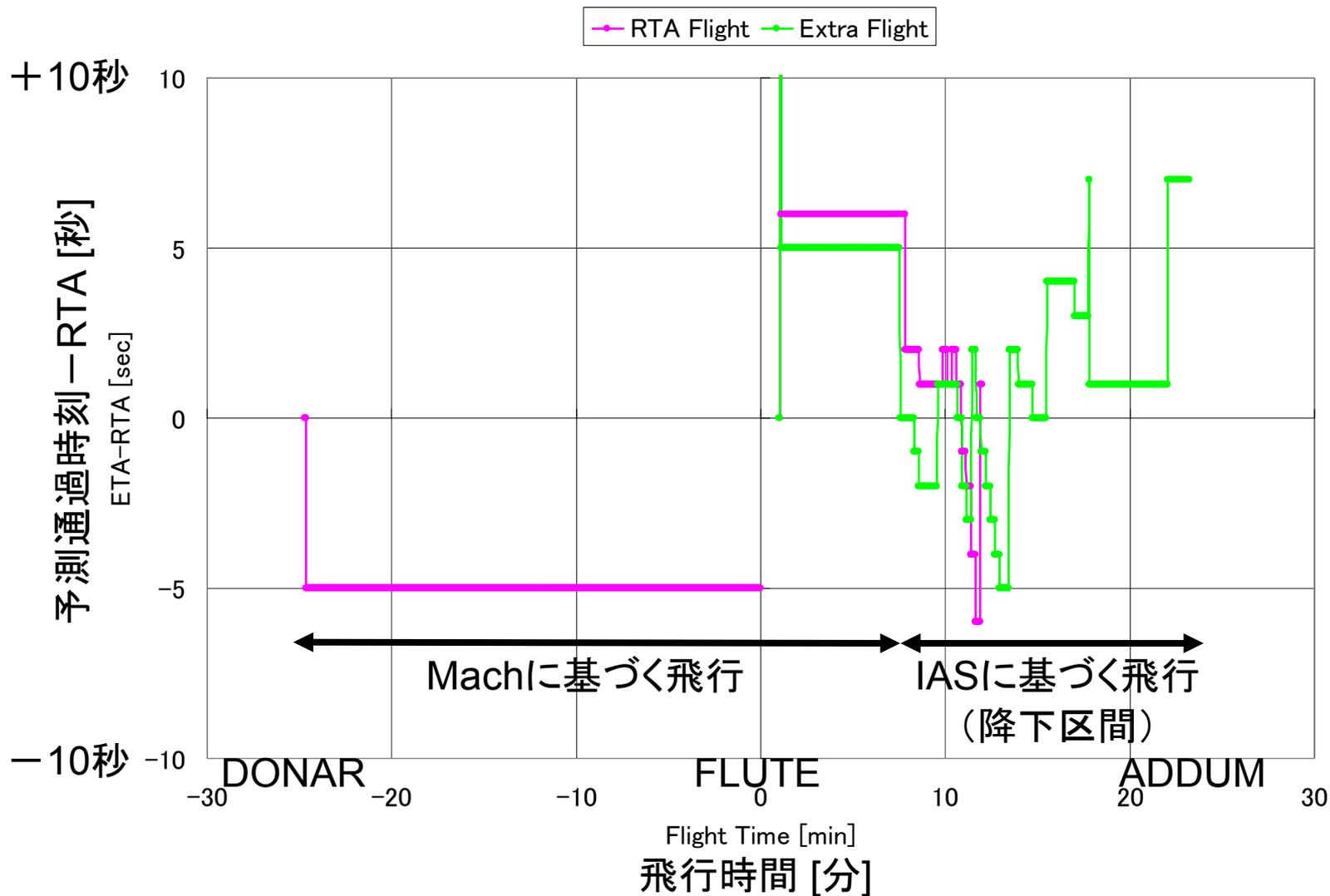
注3) 降下区間に入って少し経った後、Mach→IASに自動で切り替わった

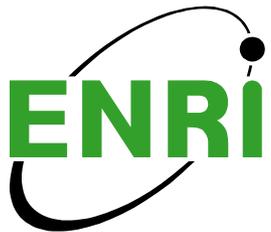
注4) 降下区間では「VNAV PTH」から「VNAV SPD」へのモード変更が発生した  
Extra Flightの場合はADDUM直前で「VNAV PTH」に復帰した

注5) 下段はExtra Flightの値

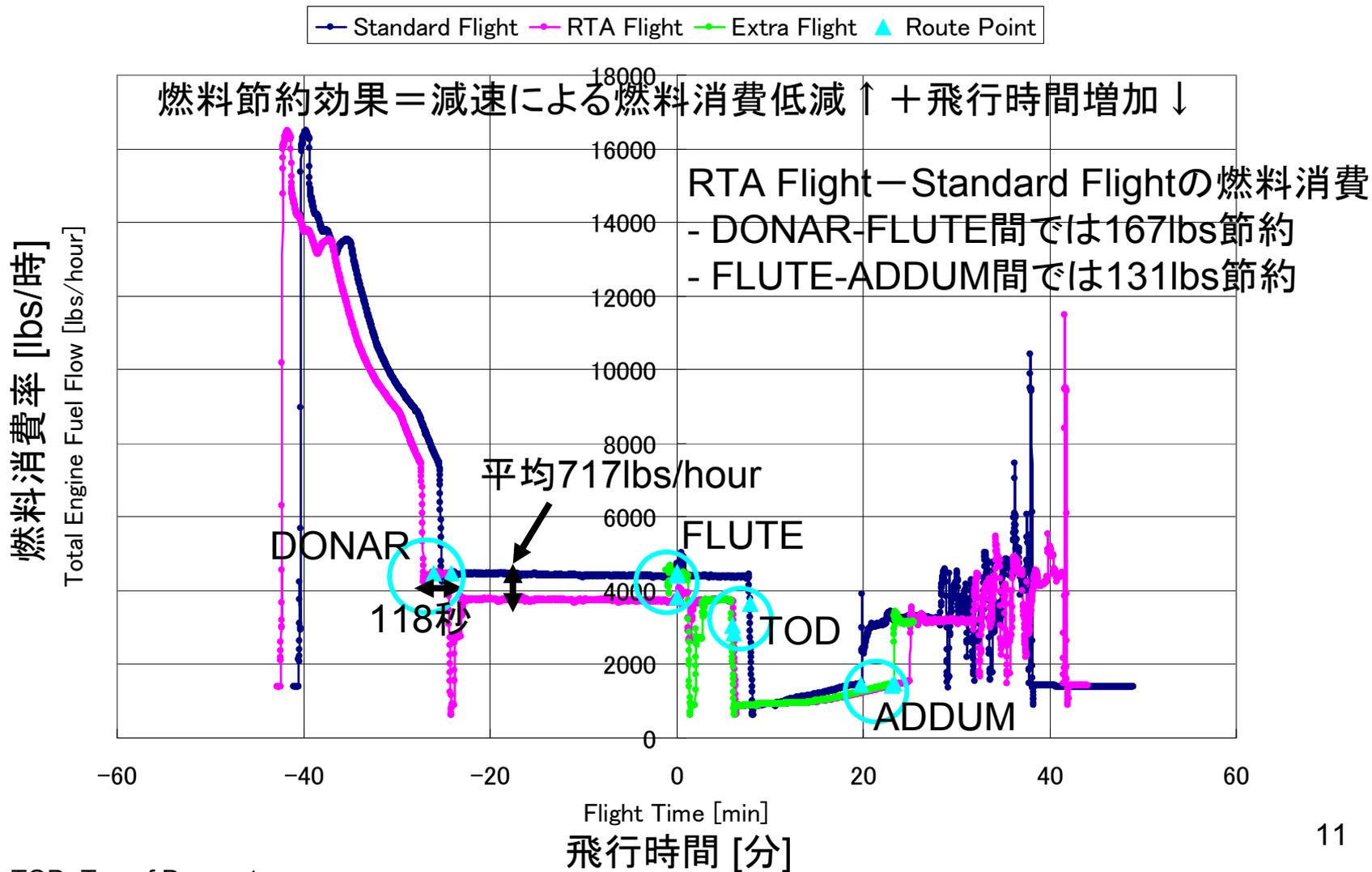


# 予測通過時刻の変化

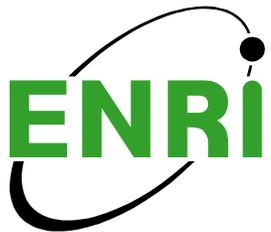




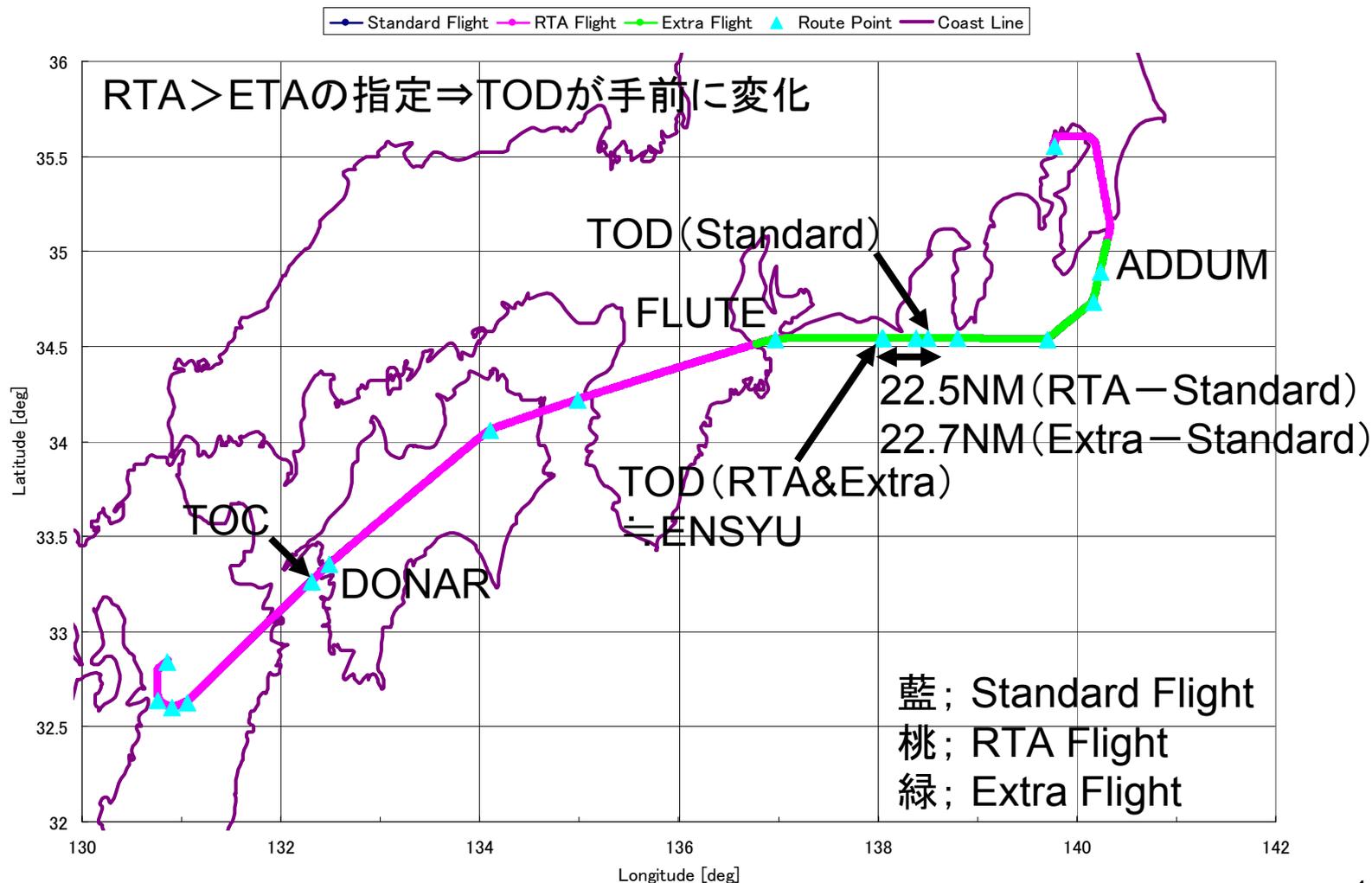
# 燃料消費率



TOD; Top of Descent

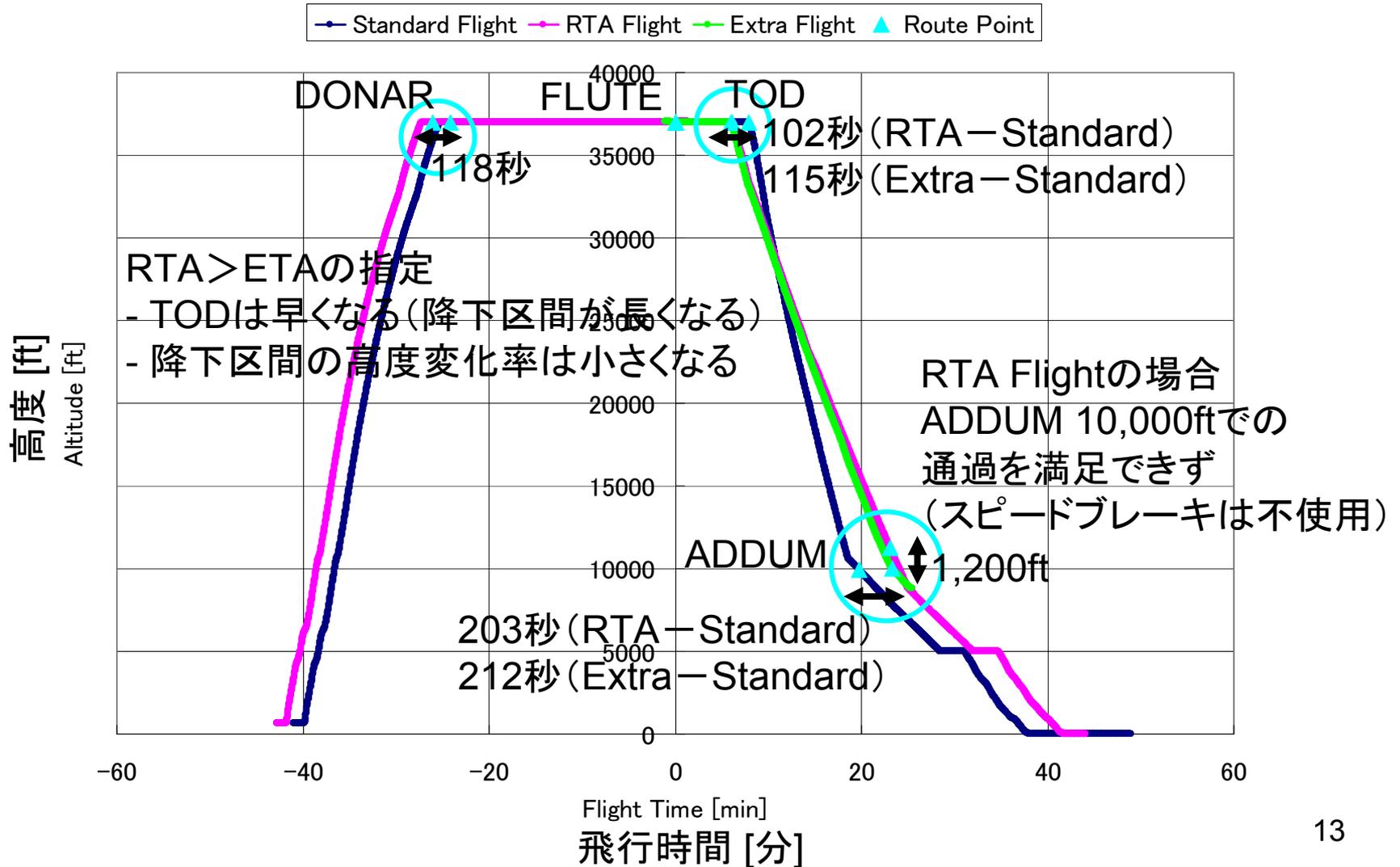


# TOD位置の変化

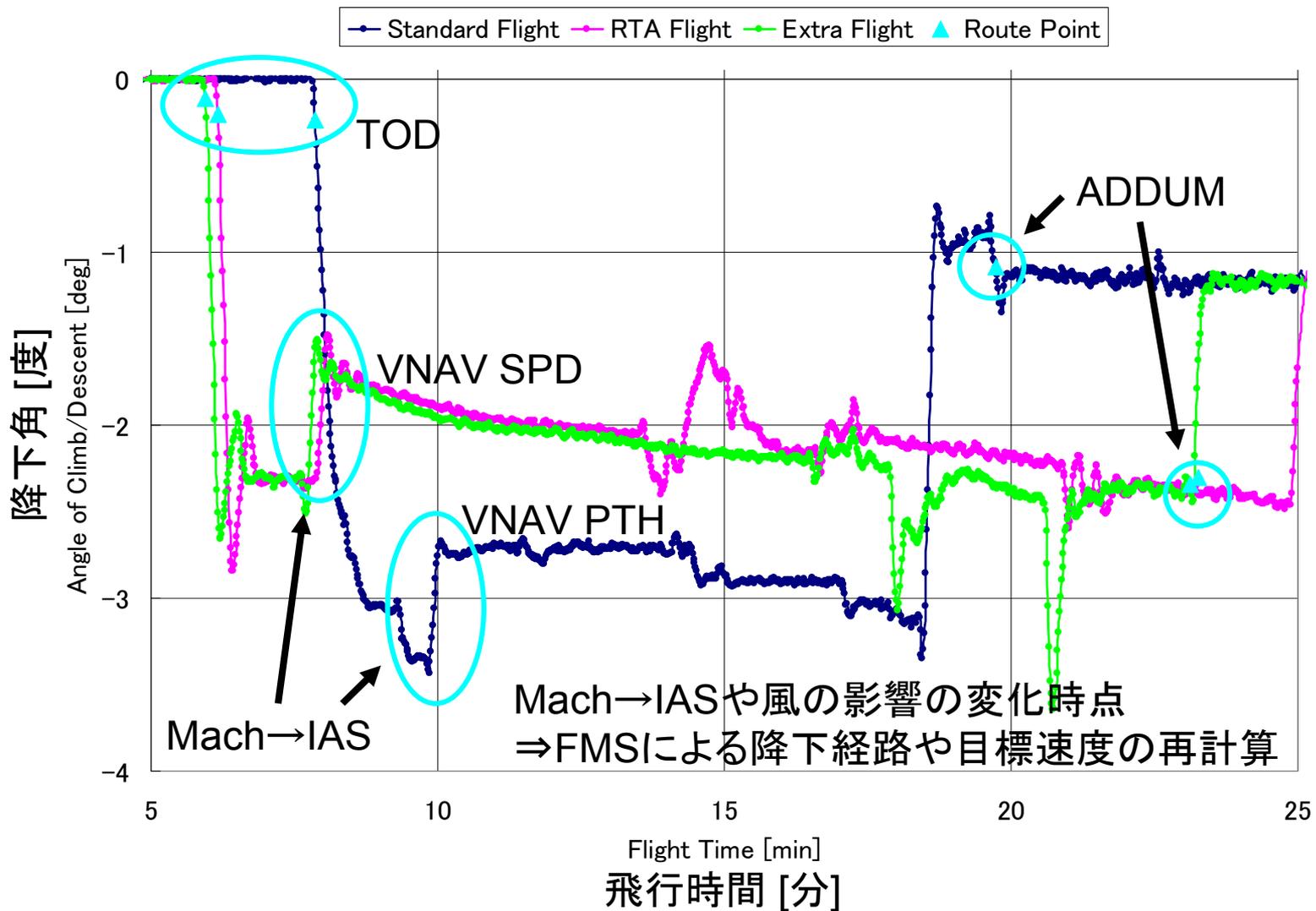


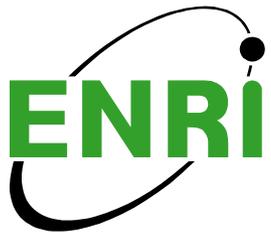
TOC; Top of Climb  
ETA; Expected Time of Arrival

# 飛行高度

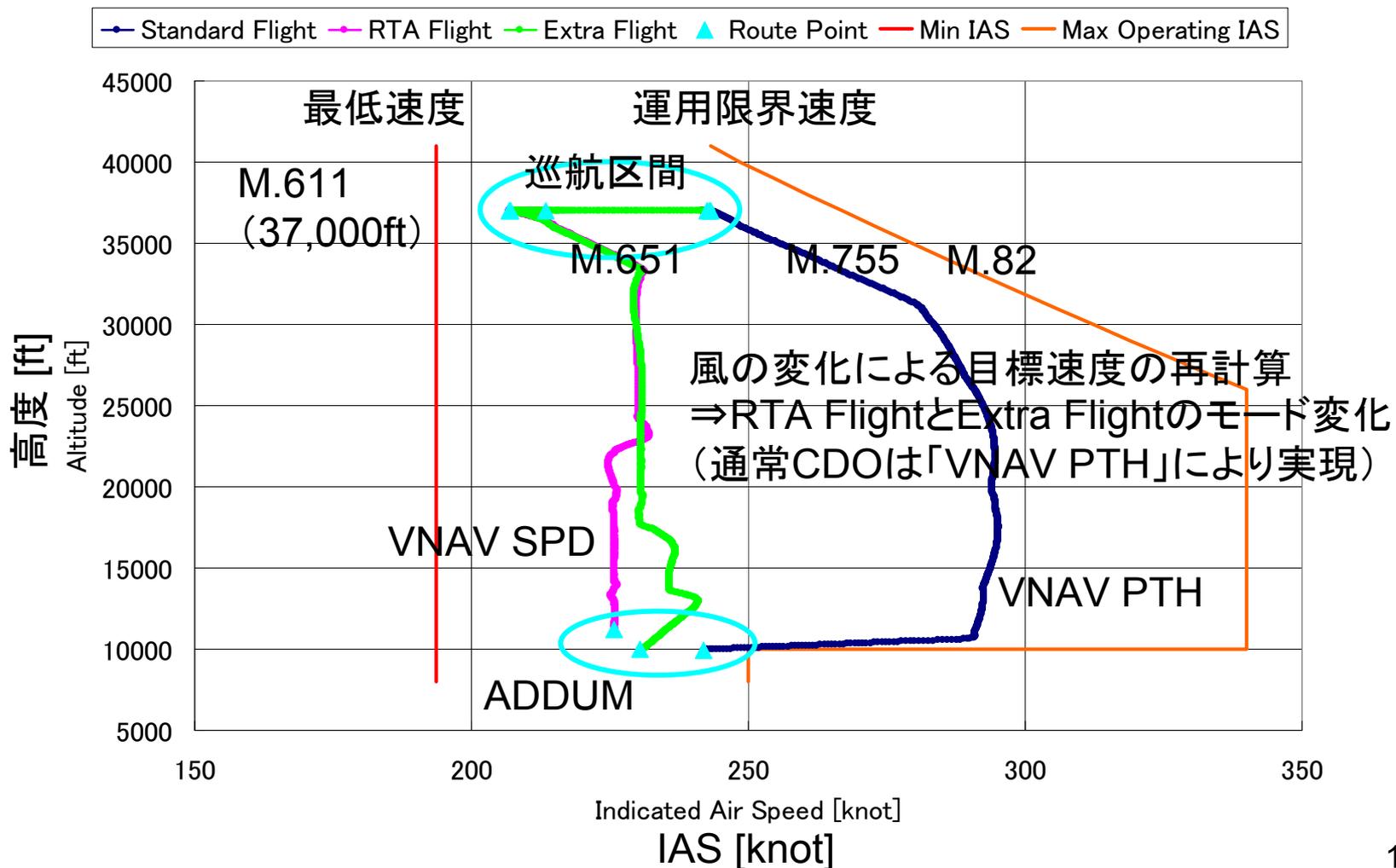


# 降下角



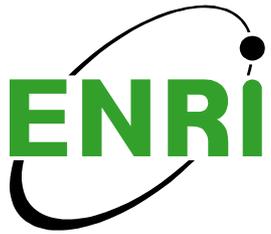


# 指示対気速度



# まとめ

- フライトシミュレータによるRTA機能の時間調整能力の検証
  - DONAR-FLUTE間(巡航区間のみ)で最大2分44秒相当の減速可
  - FLUTE-ADDUM間(巡航・降下区間)で最大3分42秒相当の減速可
  - 時刻制御誤差は約±10秒以内
- 減速による時間調整の燃料節約効果
  - DONAR-FLUTE間で167lbs節約(M.757→M.674)
  - FLUTE-ADDUM間で131lbs節約(M.755→M.651/230KIAS)
  - 降下区間はほぼアイドル推力
- 降下区間の飛行軌道
  - RTA>ETAと指定⇒TODが早くなる(降下区間が長くなる)
  - Mach→IASや風の影響により, 降下経路や目標速度が再計算される  
⇒ VNAVモードや運航(スピードブレーキ使用や推力増加)に影響
- 今後の軌道予測および時間調整の研究開発に結果を活用



本検証実験にご協力いただきました  
日本航空株式会社, および財団法人航空輸  
送技術センターにおけるCDO/TBOに関する  
調査・研究ワーキンググループの関係各位  
に深く感謝申し上げます。