

燃料節減の諸要素概観 運航を中心として

Overview of fuel conservation factors from operational point of view

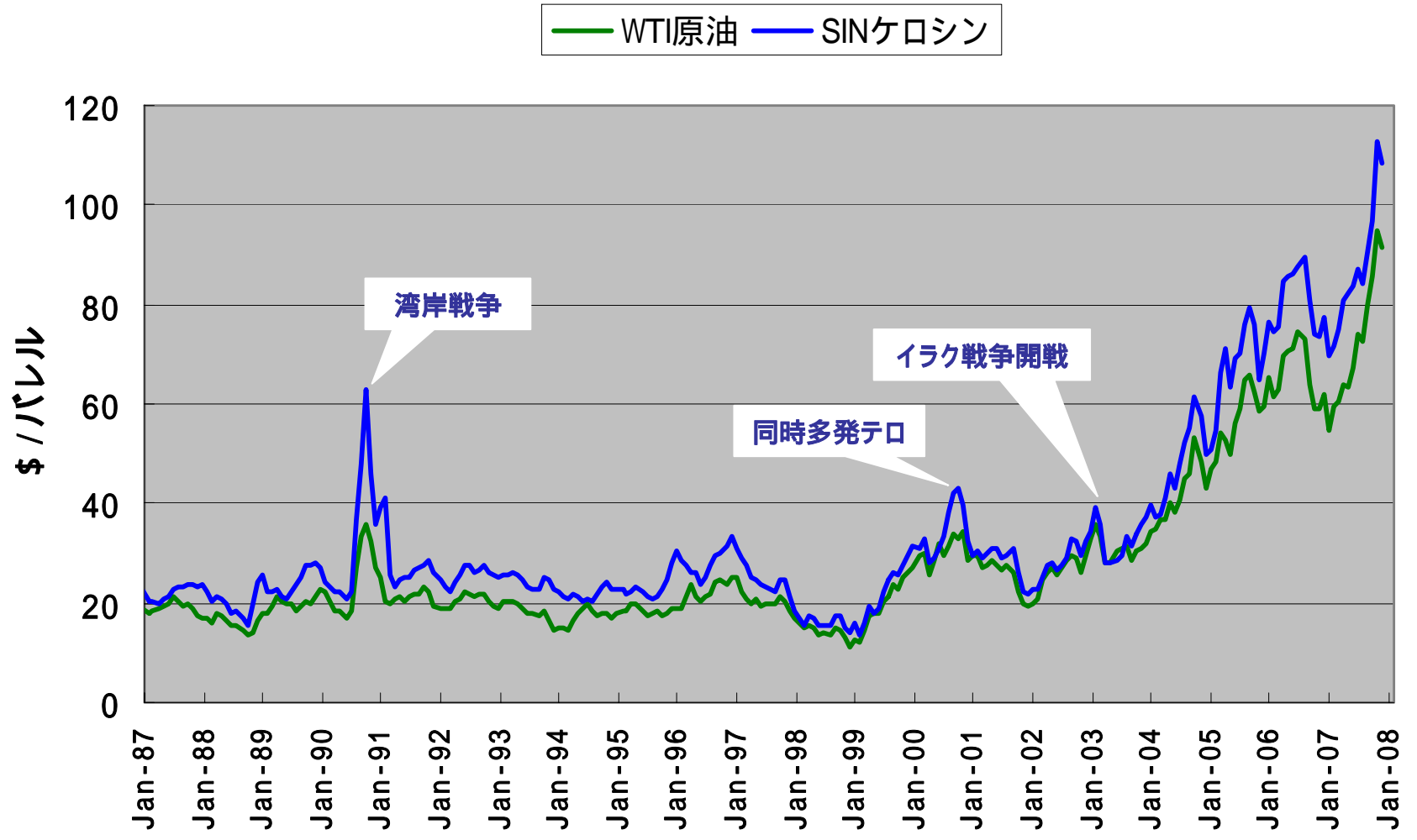


A STAR ALLIANCE MEMBER



全日空 運航本部
柴田啓二

燃料スポット価格の推移

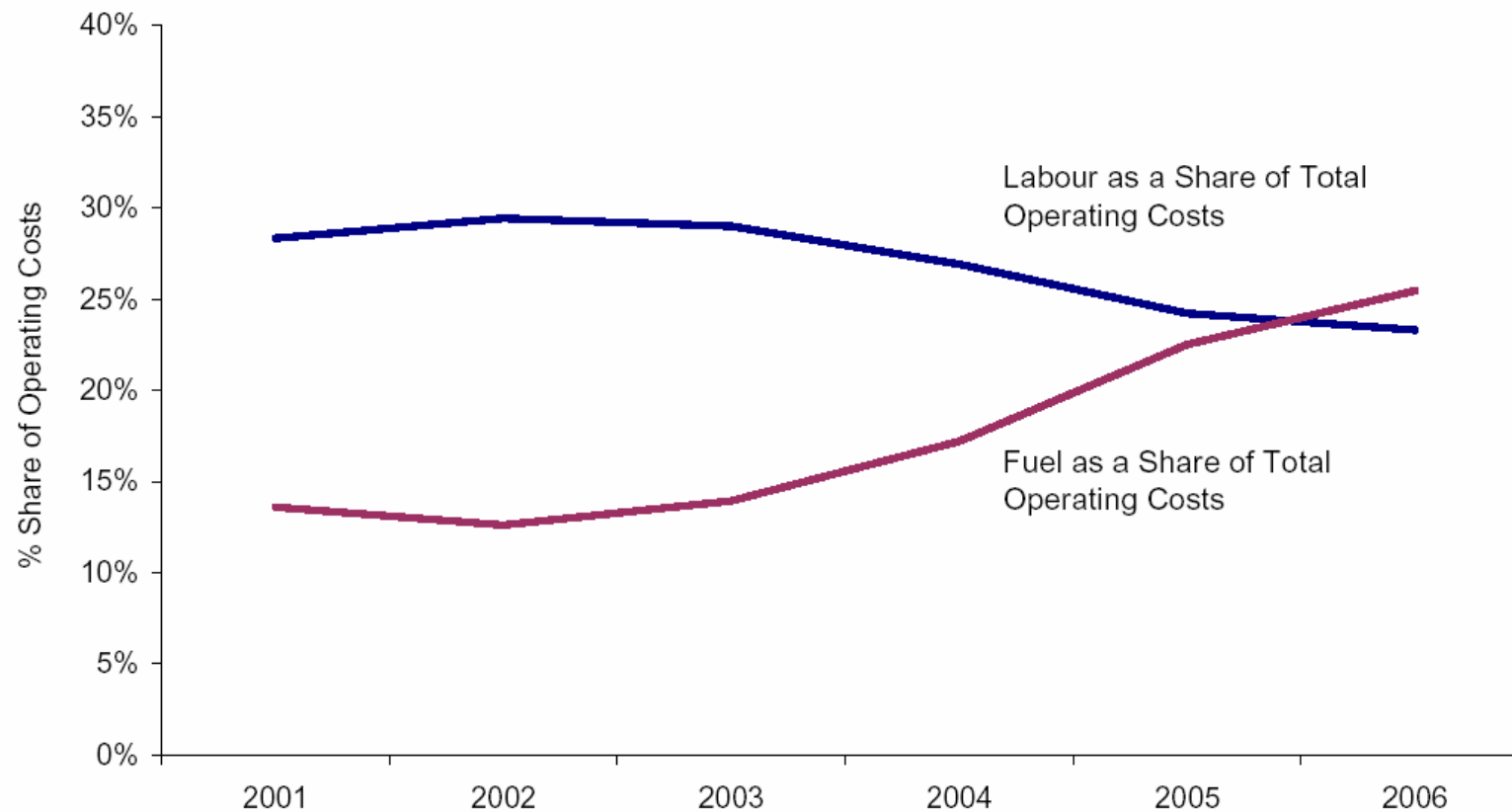


出展: US Energy Information Association



Raising fuel to the largest airline cost item

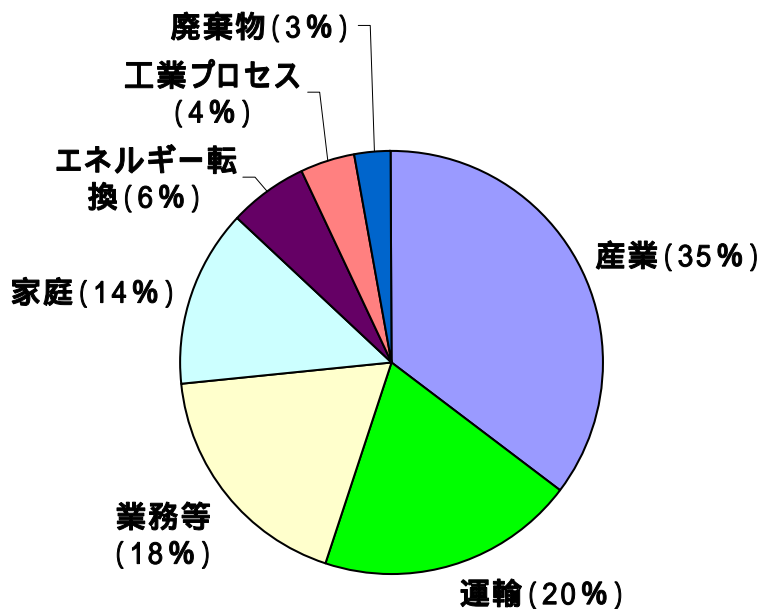
All Major Airlines



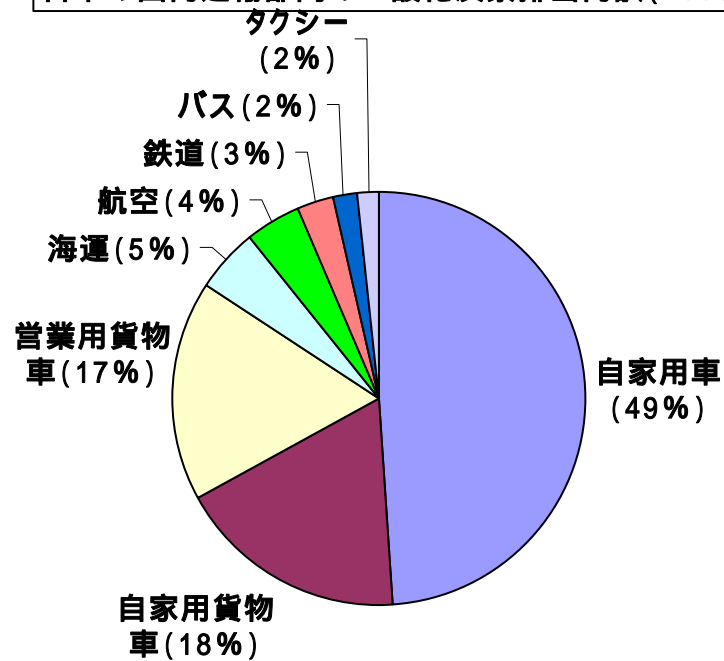


環境への影響

日本の二酸化炭素排出量の部門別内訳(2005年度)



日本の国内運輸部門の二酸化炭素排出内訳(2005年度)



全CO2排出に占める航空の割合: 世界約2%、日本国内運輸約1%
 1996年航空3社の自主的行動計画: ASKあたり2010年対1990年比10%改善

12% ↑

燃料10トン(2,200LB; B4の約1時間の消費燃料)での排ガス: CO₂=32トン、H₂O=12トン、NO_x=200KG、SO₂=10KG



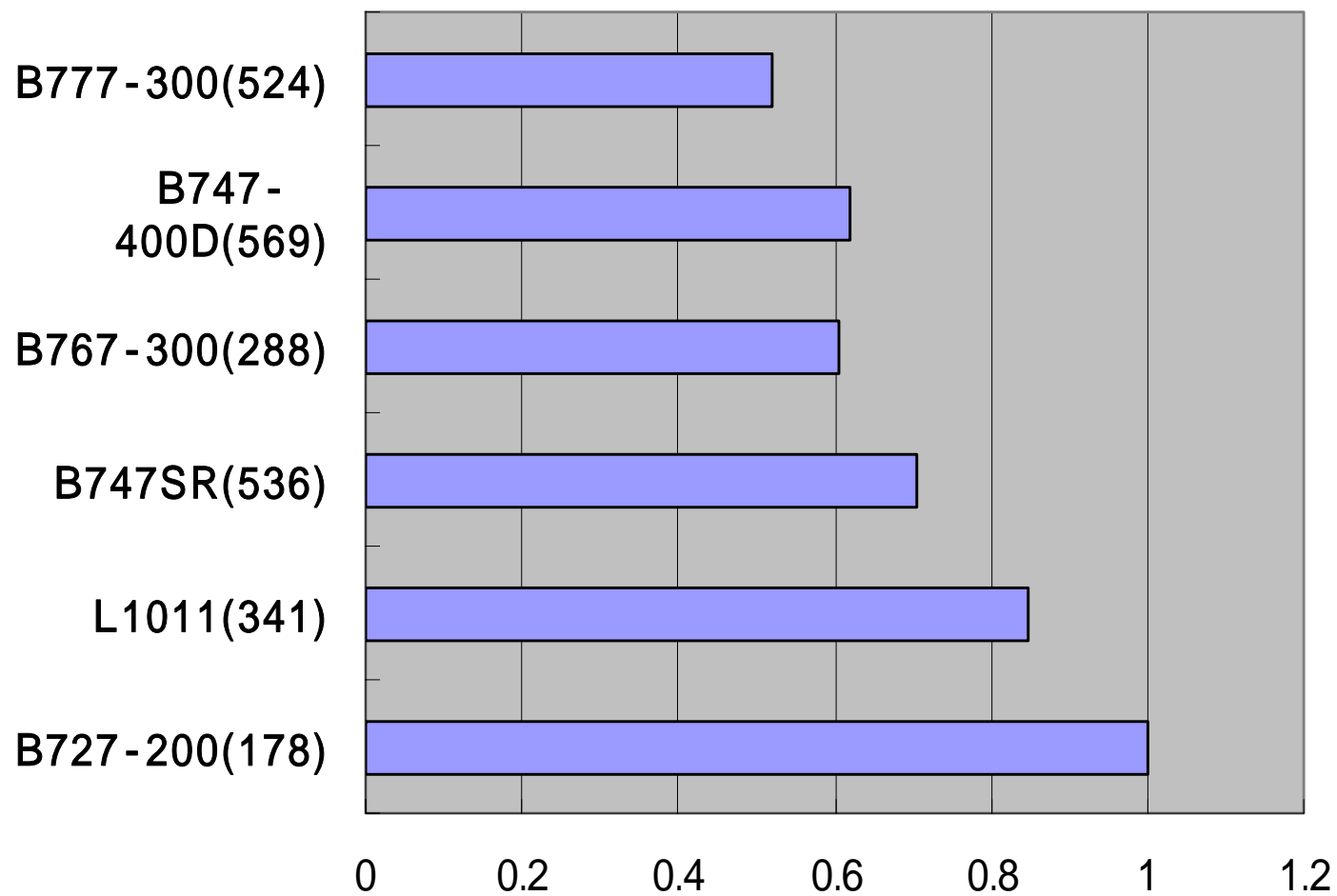
燃料節減(効率的運航)の要素

- **航空機** エンジン(低燃費、低Emission)
機体(軽量、低抵抗)
諸システム(軽量、高効率)
整備方式(性能維持)
- **ATM** 高性能(容量、効率、安全、費用)
新技術(衛星ベース、Data通信)
管制運用
- **運用方法** 重量重心管理
飛行計画(最適航路、燃料搭載)
FMS、Procedure、Technique





燃料消費比較 (Seat・NMあたり, 500NMレンジ)





燃料節減

- **安全が最優先**
- **健全な燃料節減 (Efficient Fuel Management) は、注意力、正確性、状況認識を必要とし、安全性を向上させる**
- **多量多様な航空交通との調和**
- **気象状態への対応**
- **Community (騒音) との調和**
- **定時性、快適性との適切なバランス**



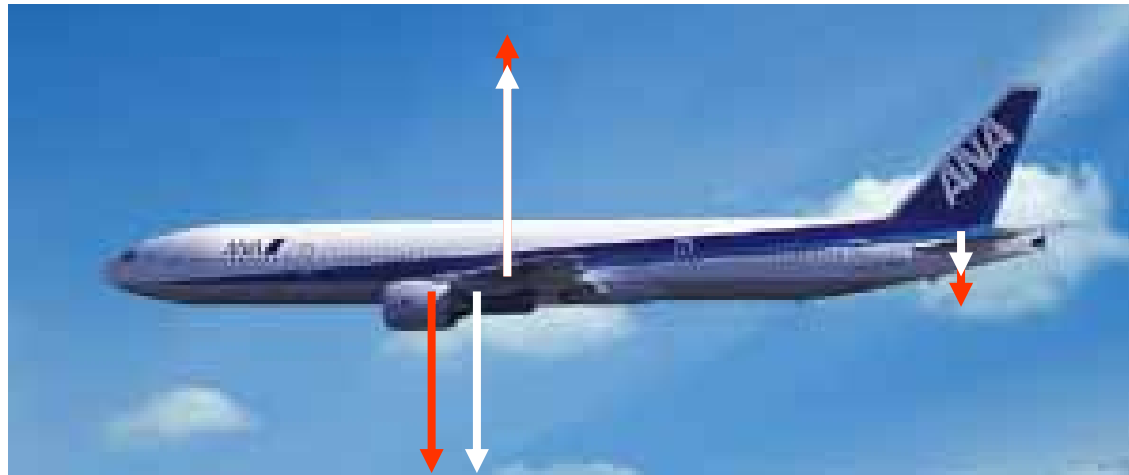
重量

- 単位重量増加するにつれ1飛行時間あたりその約4%分燃料消費が増加
- 重量1000LB増で年間飛行時間を2500HRとすると100,000LB消費燃料増。100機フリーとであると年間1000万LB (570万 *little*)

過剰な機用品や空コンテナ等の取り降ろし、適切な燃料搭載(天候等のリスクに応じた代替空港の選択、Extra Fuelの搭載)



重心

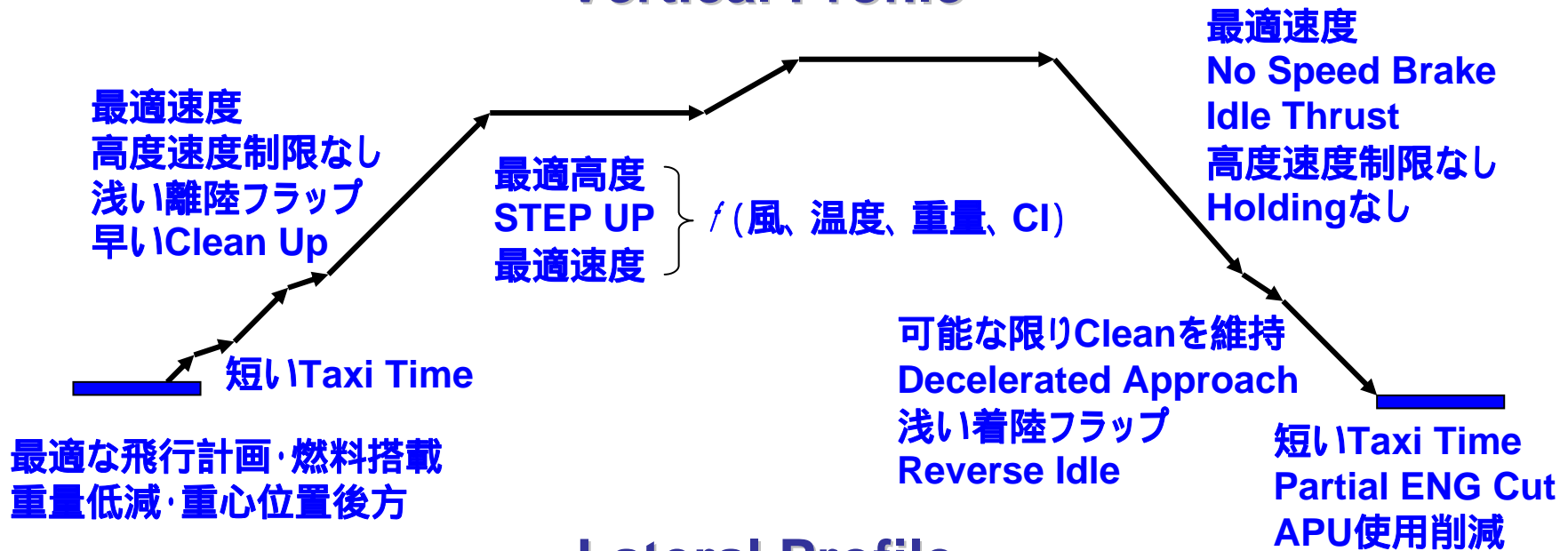


- 重心は後方の方が燃費が良い
- 重心最前方と最後方では3%前後の燃費の差異
- Trim Tank による自動CG Controlの機体は影響無
- 重心管理では、Loadingの容易さや滑りやすい路面での地上走行性にも配慮する必要あり

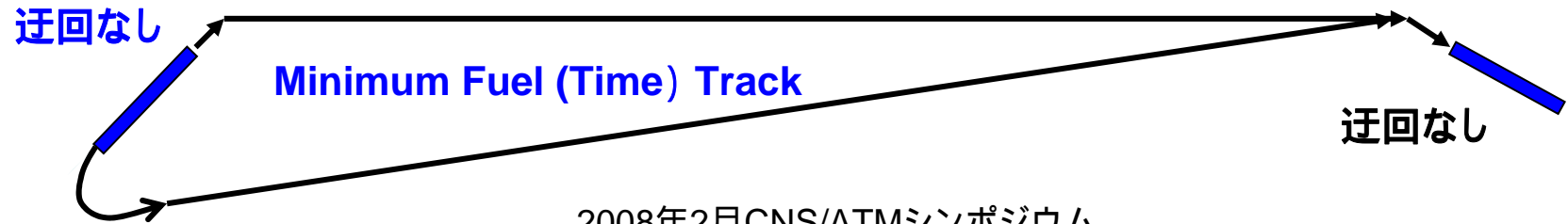


最も効率的な飛行

Vertical Profile



Lateral Profile



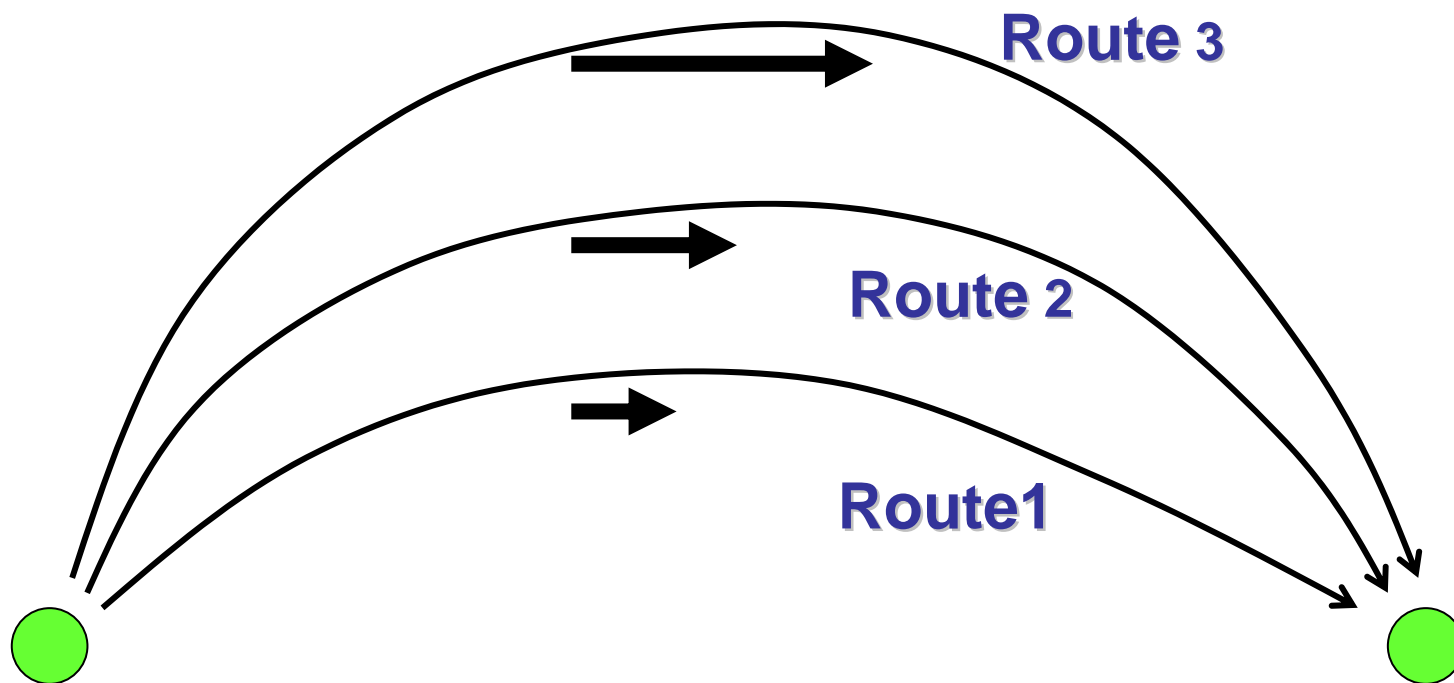


最適経路

Flexible Route
Preferred Route

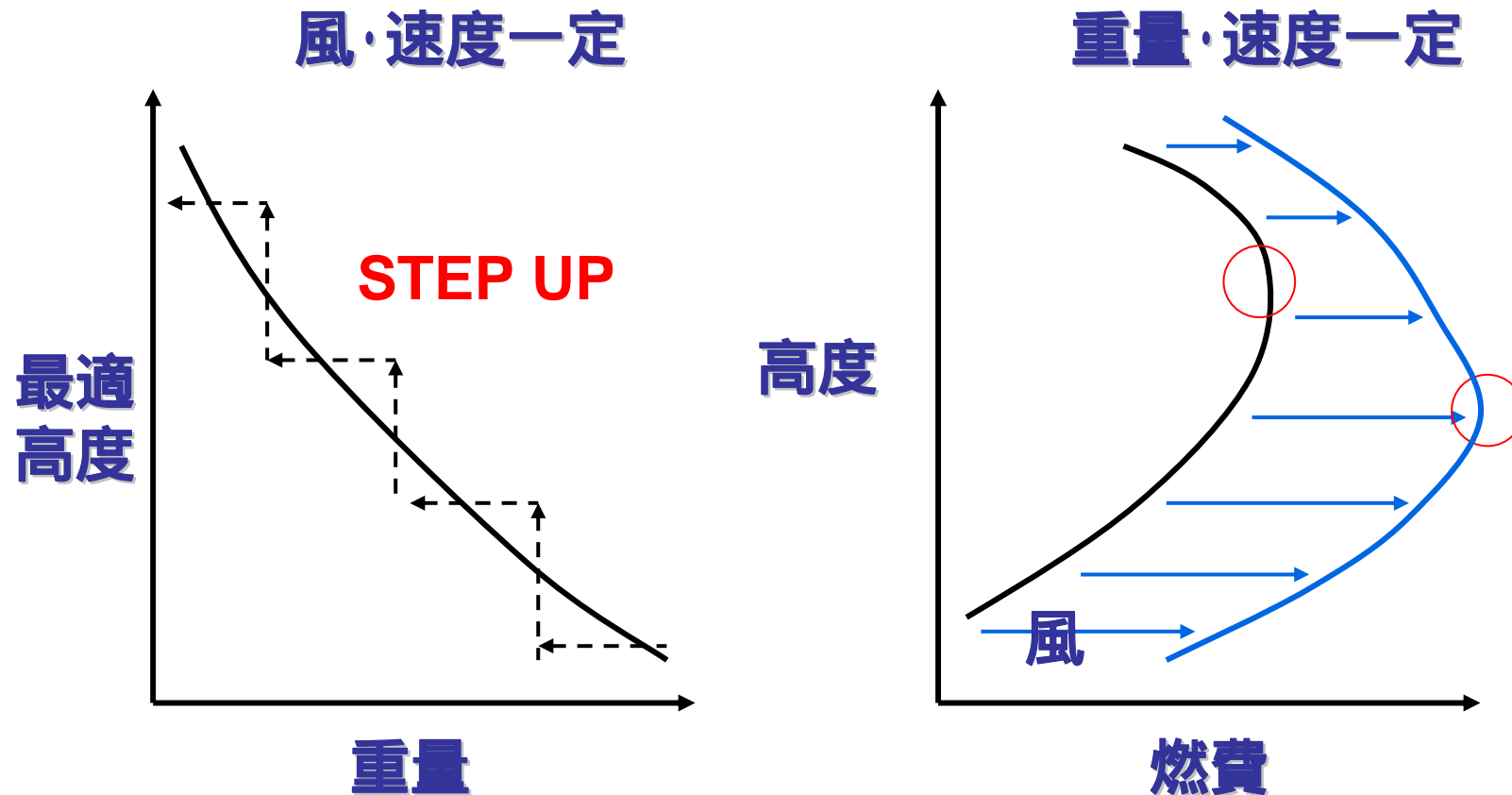
GND DIST MIN=Route 1

AIR DIST MIN=Route 3





最適高度 (燃費最小高度)



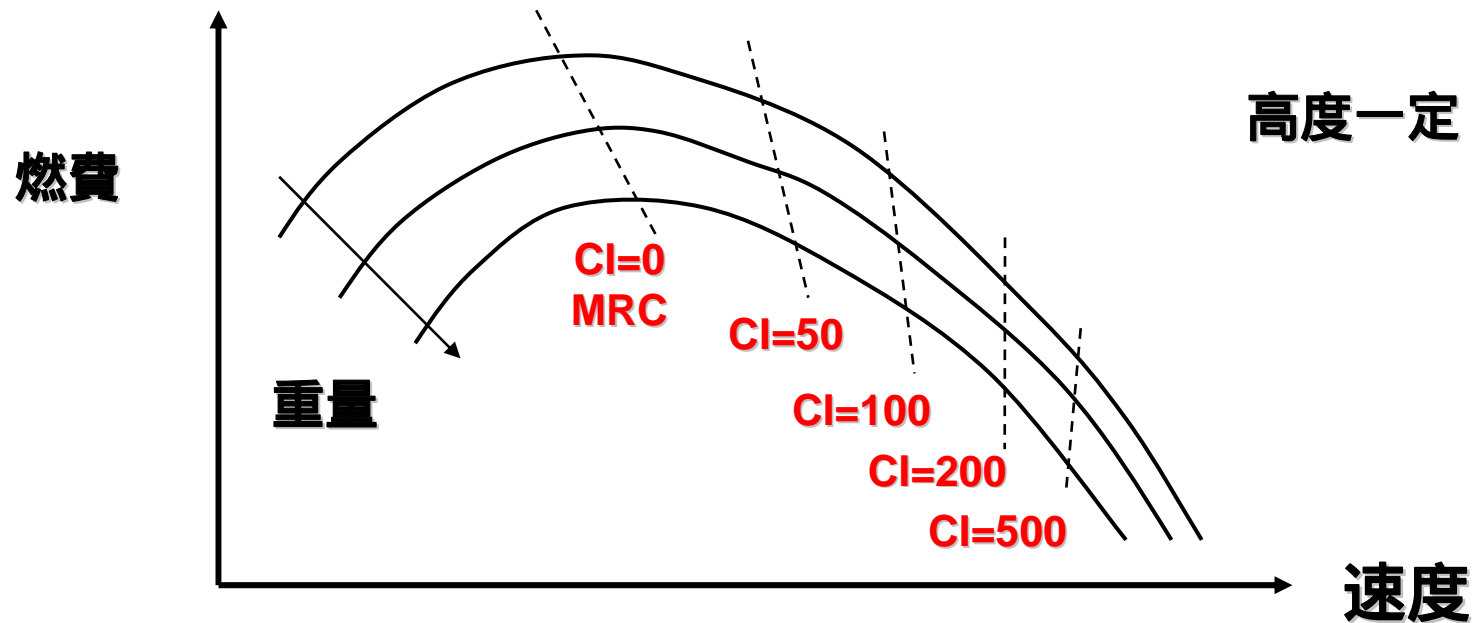


Cost Index (CI)

$CI = \text{Time Cost (\$/HR)} / \text{Fuel Cost (Cents/LB)}$

CI=0: TimeはFuelに対して無視しうる MRC

CI= : FuelはTimeに対して無視しうる 最大速度





離陸方式による燃料消費差異

B747:400lb B777:150lb強
B767:100lb
A320/B737:50lb強

NADP1 (Procedure A)
日本の騒音軽減飛行方式

Thrust
Reduction



← V2+10 ~ 15KT

加速・Flaps UP

加速・Flaps UP

NADP2 (Procedure B)

Delayed Flap Approach

Approaching Intercept Heading

· Flaps 5



Flaps 1

Descent/Approach
は燃料節減の余地が
非常に大きい

Glide Slope Intercept

· Landing Flaps

Delayed Flap Approach

· Gear DOWN

· Flaps 20

· Landing Flaps

Glide Slope Alive

· Gear Down

· Flaps 20

1000 FT AFE

効率的運用

- 重量低減・後方重心
- 最適経路・速度・高度
- なるべく低抵抗のConfigurationを維持
- Speed Brake、Powerを要しない降下・進入
- Approachでの適切なEnergy Management
- APUの使用削減、Reverse Idle、Partial ENG Taxiなどの諸工夫

適切なSOP・訓練・啓発それに管制との協調が重要



RNAV ロードマップ
第2版



平成 19 年 4 月
RNAV/ATM 推進協議会



CNS/ATMシンポジウム



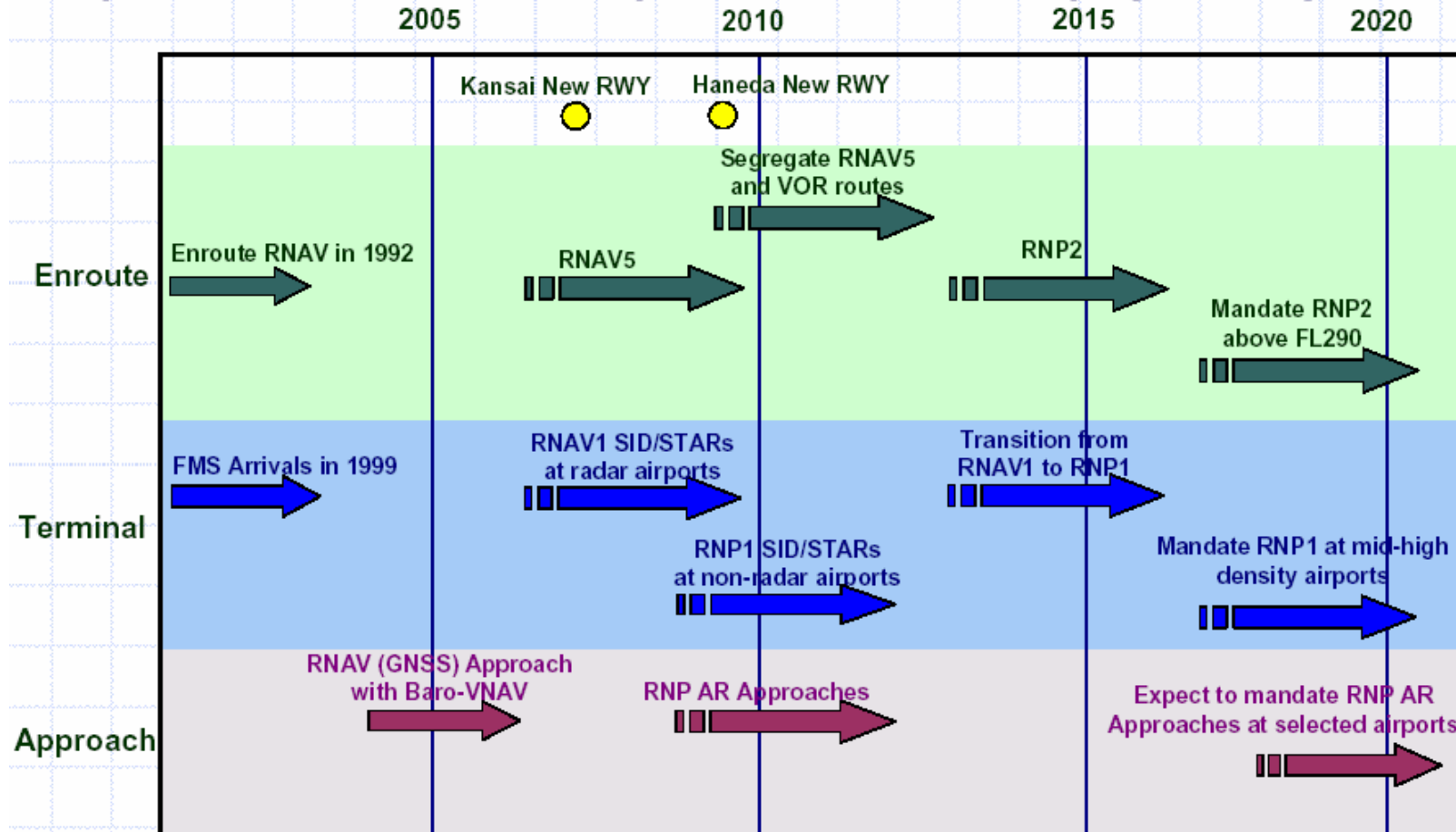


新しいICNS/ATM計画の目標

- 社会のニーズにより増大する航空交通への対応
- 効率(時間・燃料・遅延の減少)の向上
- 環境負荷の低減
- その他安全性、保安、コスト、柔軟性、国際共通性等
- SESAR概念: Performance Based ATM System
- SESAR2020年数値目標
交通容量73%増、環境負荷10%減、ATMコスト半分、
ATM関連の安全性3倍(=1.73x1.73)



Implementation Plan by RNAV Roadmap (Ver. 2)



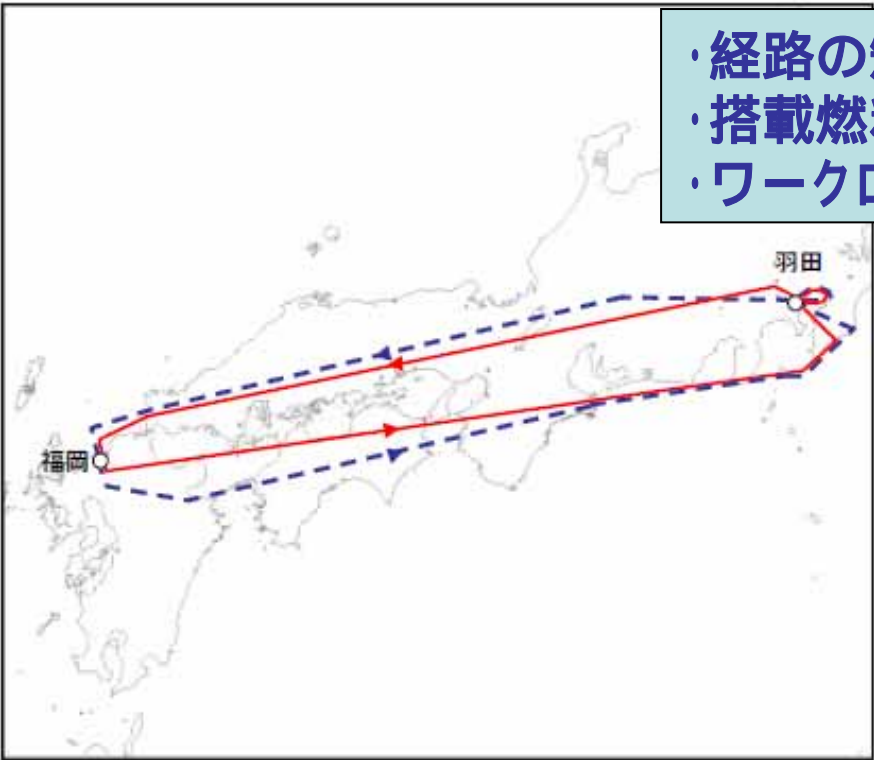
RNAV/RNP計画は具体化されているが、その他の通信、監視、情報NW等を含めた総合的計画の立案が望まれる。



羽田ー福岡間のRNAVによる経路短縮イメージ

羽田→福岡:
 — RNAV経路: 518マイル
 - - - - 現在の経路: 544マイル
 短縮効果
 $544 - 518 = 26$ (マイル)

福岡→羽田:
 — RNAV経路: 544マイル
 - - - - 現在の経路: 567マイル
 短縮効果
 $567 - 544 = 23$ (マイル)



- ・経路の短縮
- ・搭載燃料削減
- ・ワークロード減少

合計49マイル(6分に相当)の短縮効果 → **B4で往復約2000LB**

研究・開発が望まれる新方式

- **Tailored Arrivals (Green Approach)**
CDA (Continuous Descent Approach) を実現する手法
- **ADS-B (Automatic Dependence Surveillance-Broadcast)**
管制間隔が短縮できる、管制間隔維持の一部を航空機に委譲可。米国レイビルではUPSがADS-Bを利用してCDAを実施。
- **GLS (GNSS Landing System)**
就航率の向上、出発地方向からの直線的進入の可能性の増大
- **RNP AR (RNP Authorization Required)**



地上での混雑



管制の役割と期待

- ATCからATMへ
- パイロットとともに運航を作り上げている
- 航空交通の安全な制御が第一の目的であるが効率的運航にも重要な役割を果たす
- 航空機特性と効率的運航への理解が必要
- 可能な場合は制限の解除、リクエストの承認そして適切な情報提供が望まれる
- パイロットとの相互交流と理解が基礎となる



各要素の燃料消費に与える影響概算

B747-400 500NM (東京 福岡に相当、消費燃料約30000LBS)

項目	消費燃料差異概算	備考
追加重量5000LB	+ 250LBS	
Rolling Takeoff	- 60LBS	Static Takeoffとの時間差30秒
Intersection Takeoff	- 80LBS	Taxi時間40秒短縮
浅い離陸Flapの使用	- 270LBS	急上昇方式での値(10vs20)
低い高度での加速とFlaps Up	- 400LBS	NADP1とNADP2の差
最適高度より1ランク下の高度	+ 250 LBS	
High Speedで運航	+ 500LBS	NML Speedとの差、時間短縮1分
RNAV Route	- 1000LBS	東京 福岡での試算、3分短縮
降下開始1分遅れ	+ 250Lbs	
迂回Vectoring + 1分	+ 260LBS	Holdingもほぼ同じ
Delayed Flaps Approach	- 180LBS	Standard ILS Approachとの差
浅い着陸Flapsの使用	- 250LBS	Standard ILSでの値 (25vs30)
Idle Reverseの使用	- 200LBS	Normal Reverseとの差
Partial Engine Taxi-In	- 150LBS	着陸3分後に1 ENG Cut
APU使用削減	- 110LBS	APU Startを10分遅らす



まとめ

- 最近の燃料費高騰と環境問題により燃料節減の重要性はいっそう高まっている。
- 新しい航空機は燃料節減、環境保護を大きな設計目標として作られている。
- 今後の交通量増大に対応し、また効率的運航を図るため新しい空路、方式が展開されつつあるが、実現のSpeed Upと更なる方式の開発が求められる。
- また航空機運用の工夫で大きな成果を生み出す。
- これらの運航を支えるインフラおよび航空機運用面での官民一体となった活動が非常に重要である。