



日本航海学会航空宇宙研究会 May 25, 2007

航空交通管制(ATM)と 最近の技術動向



長岡 栄
Sakae NAGAOKA

電子航法研究所
Electronic Navigation Research Institute

内 容

- 航空交通管制(管理)とは
 - 現状の何が問題か
 - 最近の技術動向
 - ・安全の追求
 - ・効率の追求
 - 今後の課題

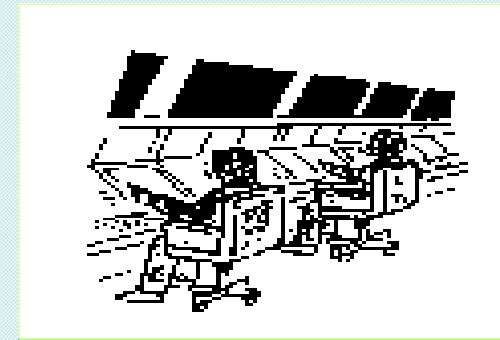
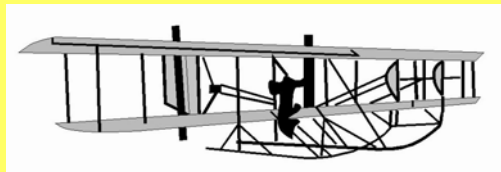


航空輸送

- 高速
- 中・長距離輸送
- 国際的係わり(国際標準勧告方式)

飛行方式⇒計器飛行方式(IFR)

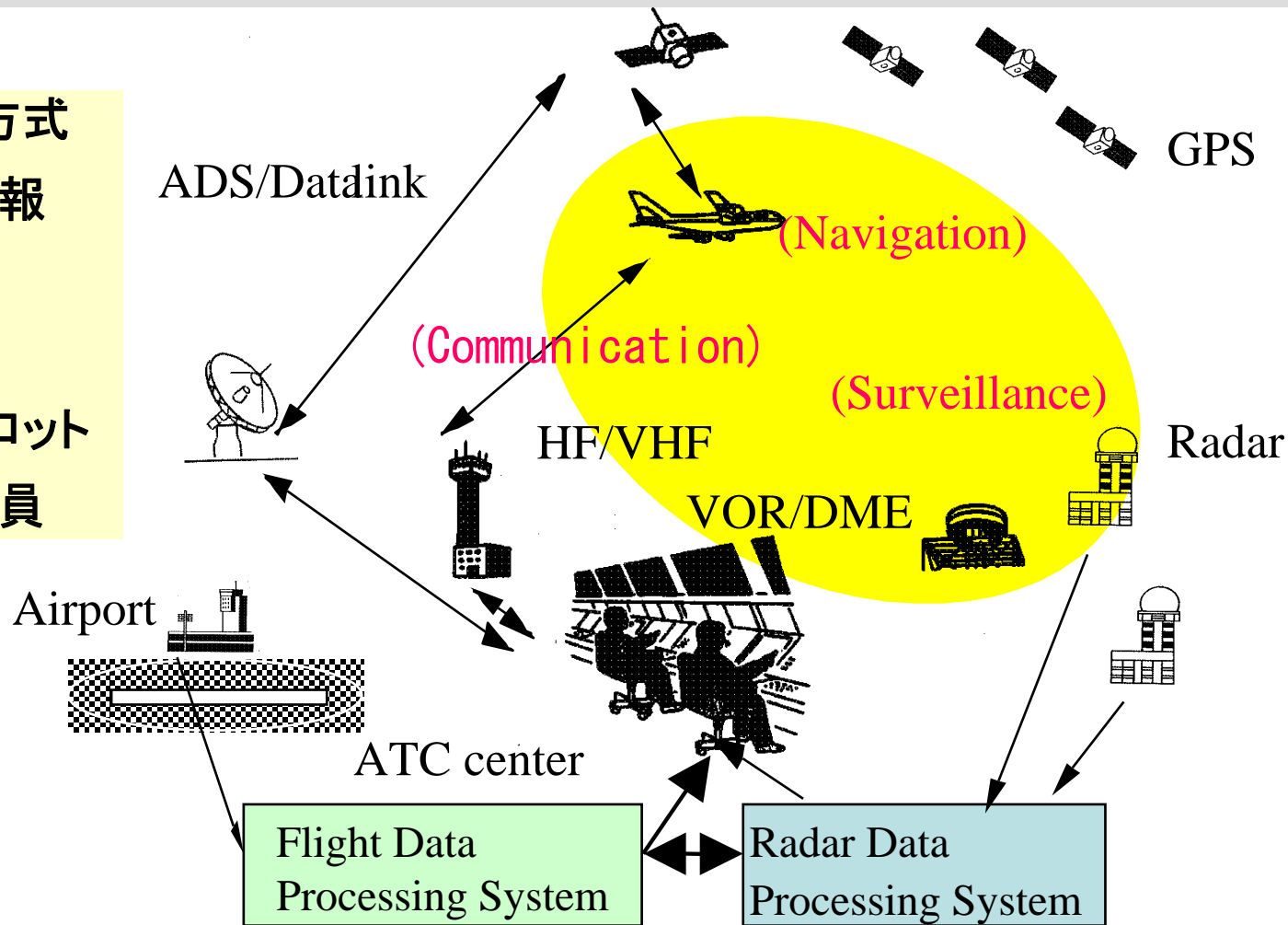
有視界飛行方式(VFR)



航空交通管制(ATC)

航空交通システム

規則, 方式
技術情報
地図
管制官
パイロット
技術職員



Infra-structure

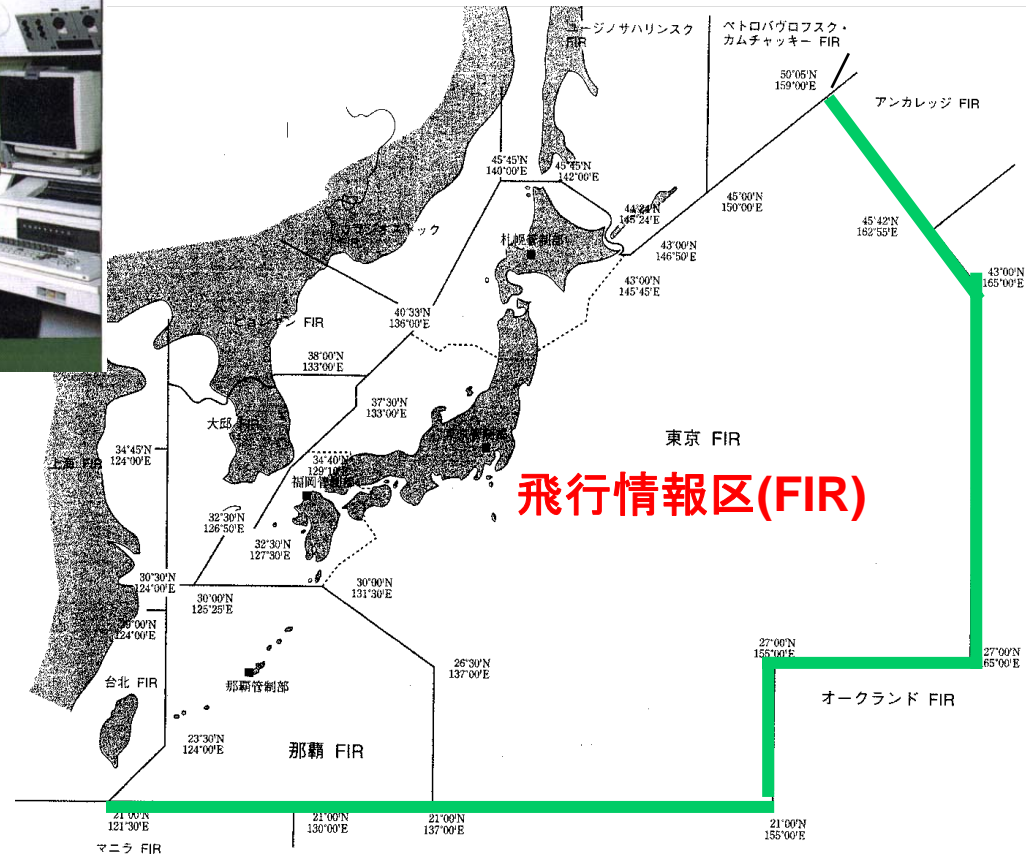
機能の分類

機能	内容
通信	情報の送受、管制指示の伝達（管制官－パイロット、管制官－管制官、その他の通信）
航法	航空機の制御・誘導（機上装置＋航法援助システム）
監視	近傍の交通状況の把握（位置通報、レーダ、自動従属監視(ADS)）
管制情報処理	全体の交通状況の把握と管理（管制情報処理システム(FDP、RDPなど)、交通流管理システム、管制方式など）

1. 航空交通管理(ATM)とは

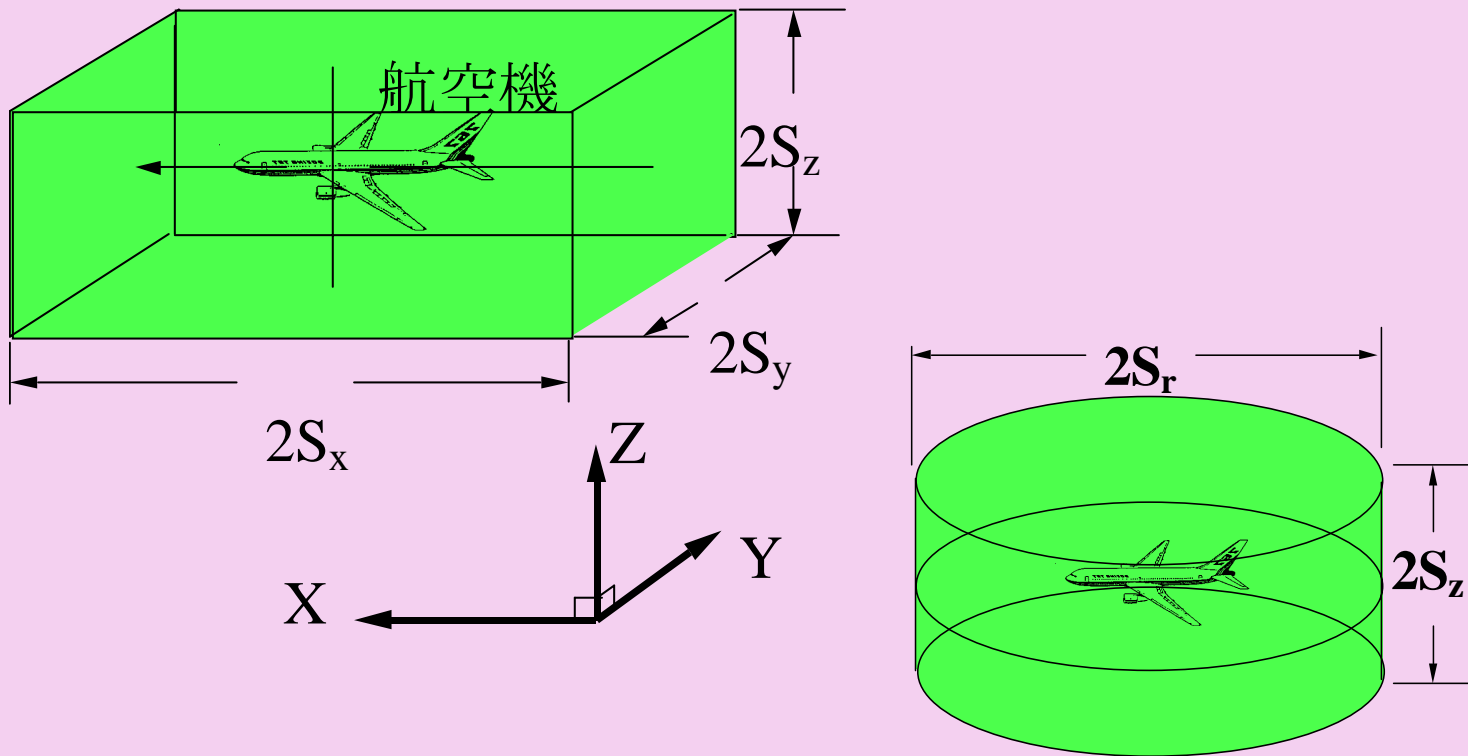


航空(交通)管制



- 安全・効率的な航空機運航

航空交通管制



- 管制間隔(separation minimum)

航空管制の歴史(1)



出展：FAA

- Archie W. League(1929),
管制官の走り
- 通信手段→Flag :
A red flag for “hold” and a
checkered one for "go."

航空管制の歴史(2)

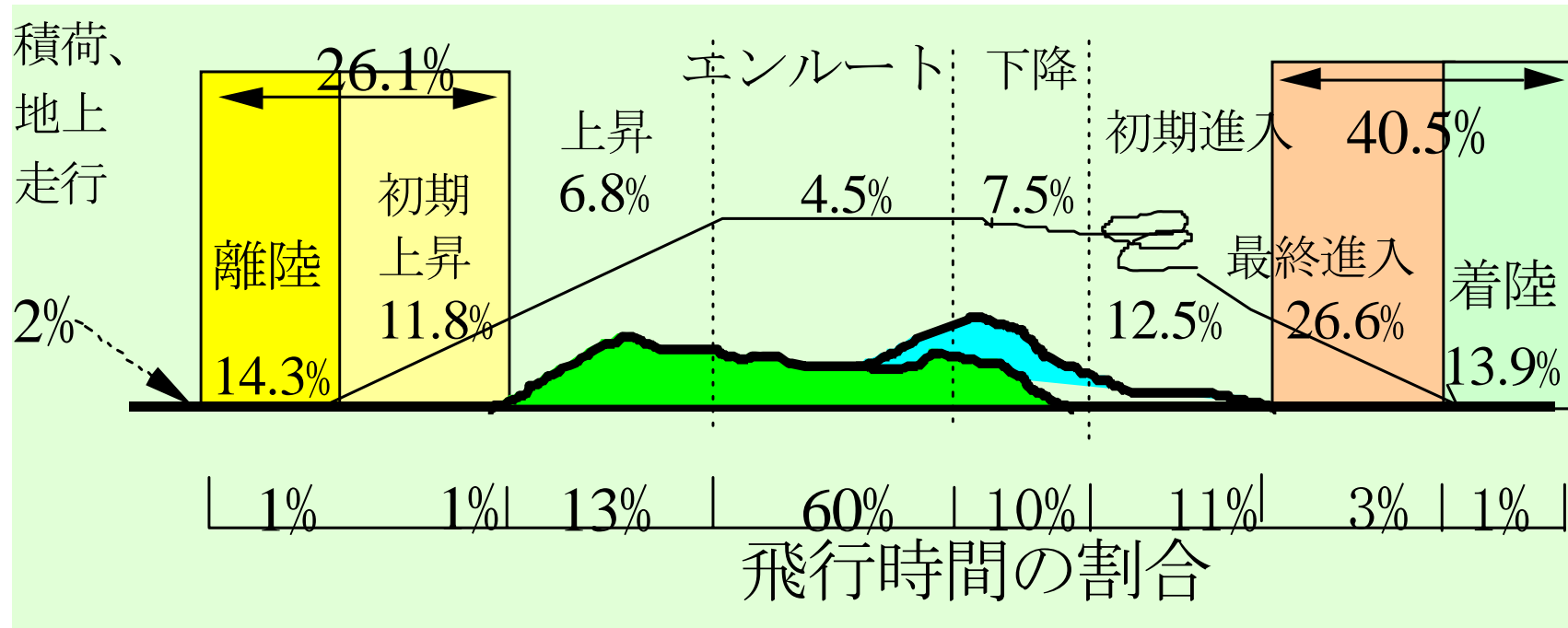


管制塔への無線の導入：
(1930, Cleveland Municipal
Airport)

Controller Bill Darby is shown
with the latest equipment in
this 1936 view of Newark
tower.

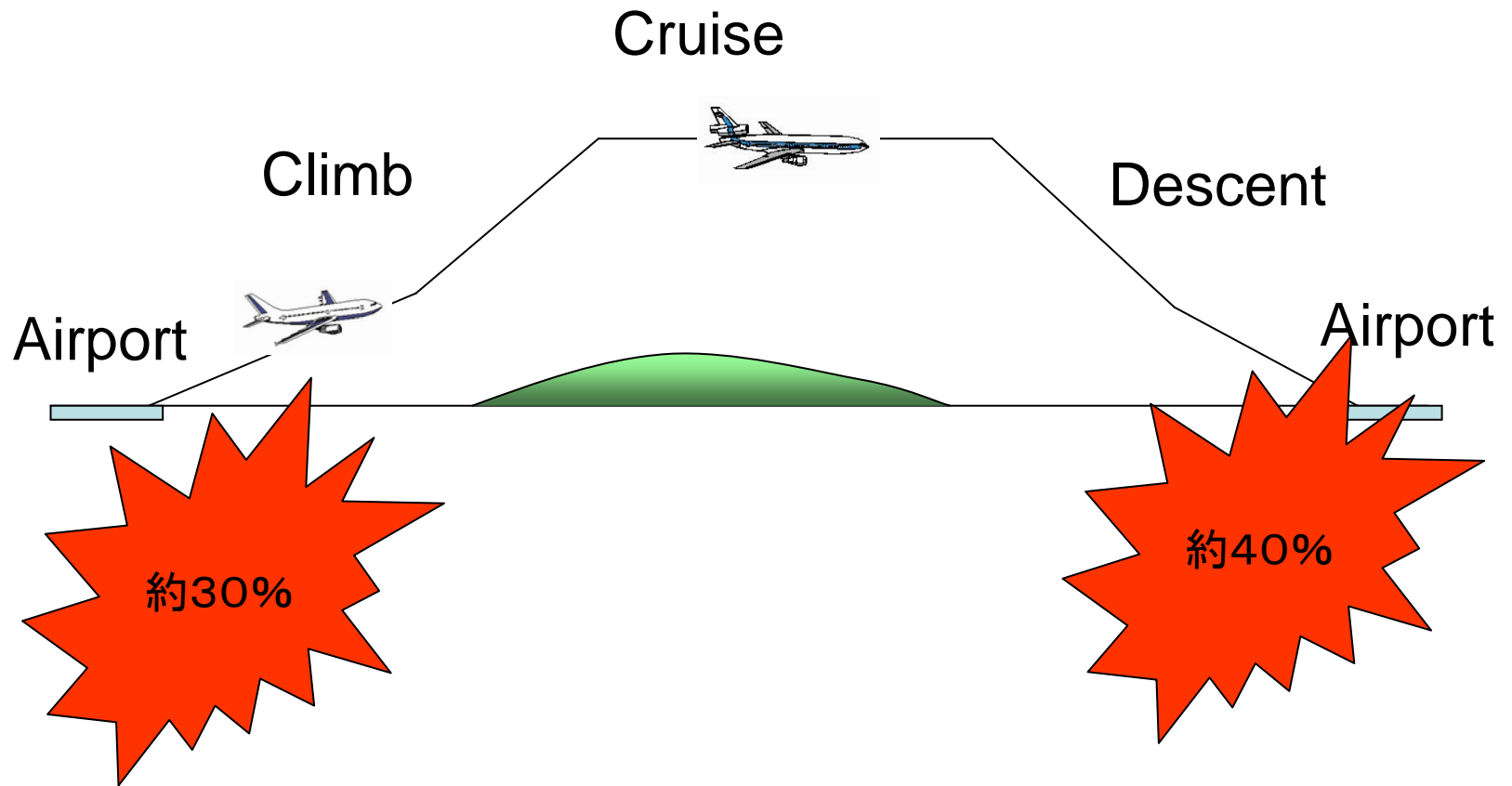
出展：FAA

飛行段階



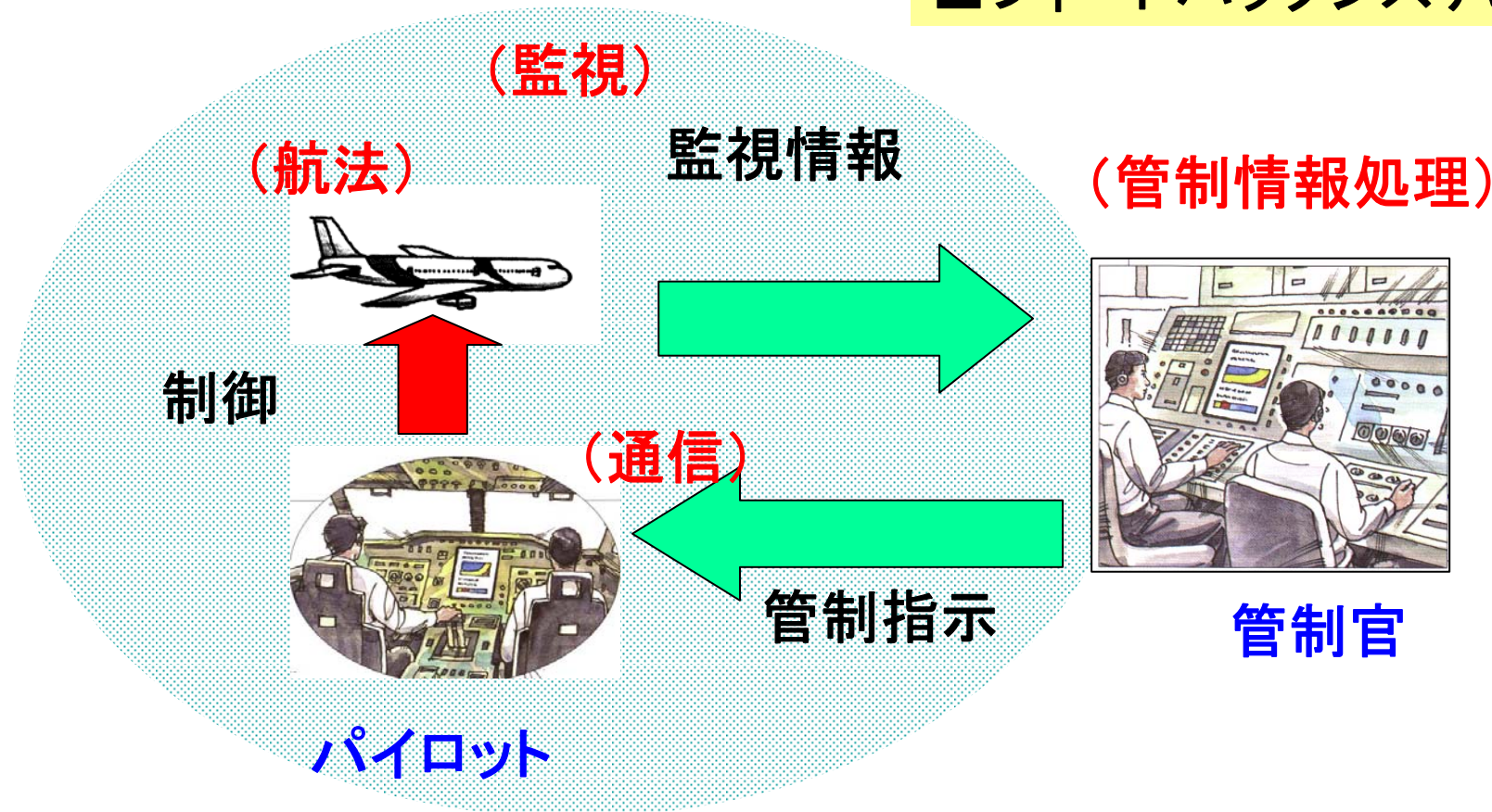
Kelly et al (1994)

飛行の段階



航空管制システム

■フィードバックシステム



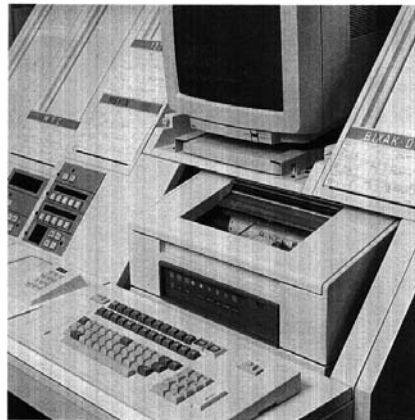
FDP(飛行計画情報処理システム)

- 飛行計画情報⇒処理⇒提供



Radarに情報を付加

運航票の自動作成

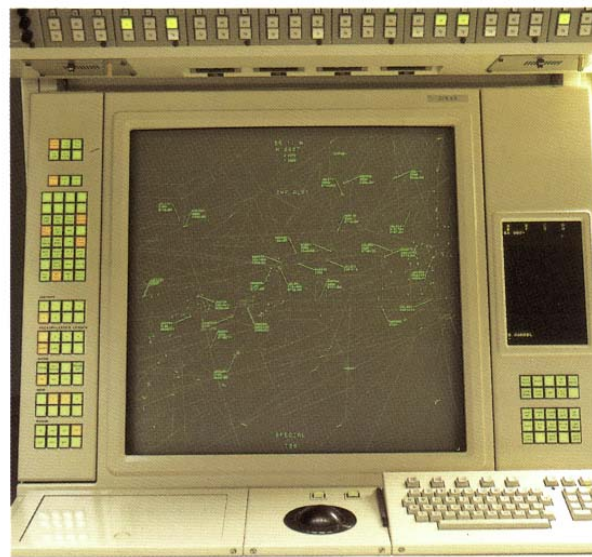


FDPプリンター



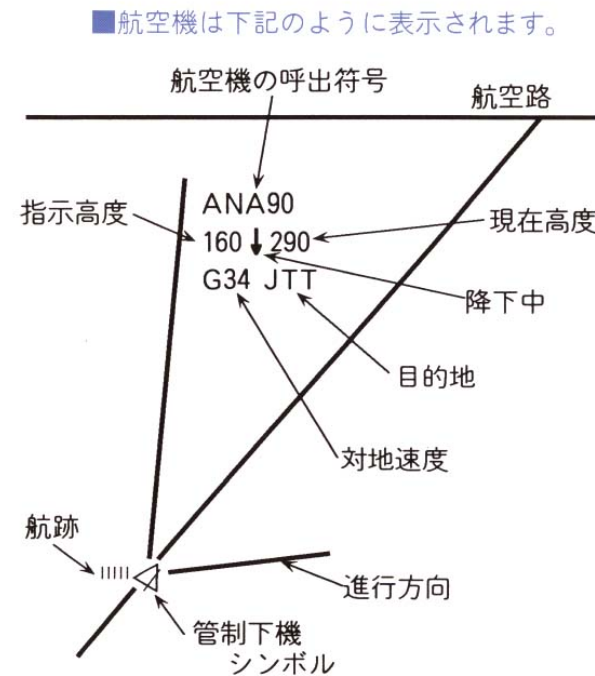
RDP(レーダ情報処理システム)

- 航空機の表示(位置、識別、FDP情報)



レーダー画面

全国に19の航空路用レーダーサイトがあり、東京管制部はそのうち10サイトからのレーダー情報を受けている。



航空交通管制→航空交通管理



航空交通管理(ATM)の定義

- ・ 全運航段階において安全で効率的な航空機の動きを確保するために必要な機上および地上機能の集合体

(航空交通業務、空域管理、
航空交通流管理)

- The aggregation of the airborne functions and ground based functions (Air Traffic Services, Airspace Management, Air Traffic Flow Management) required to ensure the safe and efficient movement of aircraft during all phase of operations
- <ICAO PAS-ATM , Doc 4444 >

ATMの定義2

関係者間の協力の下での便宜の供与と
切れ目のないサービスによる
航空交通と空域の動的かつ統合的管理
(安全、経済的かつ効率的な)

- ATM is the dynamic, integrated management of air traffic and airspace – **safely, economically and efficiently** – through the provision of facilities and seamless services in collaboration with parties.

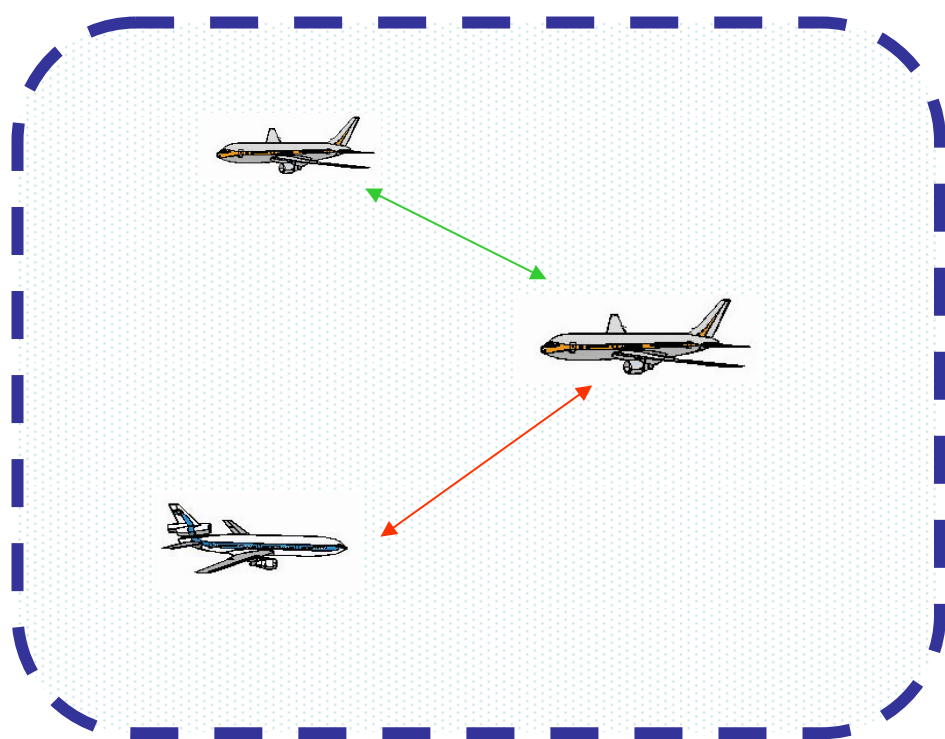
—Global ATM Operational Concept, ICAO Doc 9854—

航空交通管理とは？

目的: **安全**、**効率的**で迅速な航空機運行

- 航空交通管制(ATC)⇒局所的、安全間隔の設定
- 交通流管理(TFM)⇒資源を最大限活用して航空交通を大局的に管理
- 空域管理(ASM)

航空交通管制(ATC)



セクター(担当空域)

- 管制間隔の確保

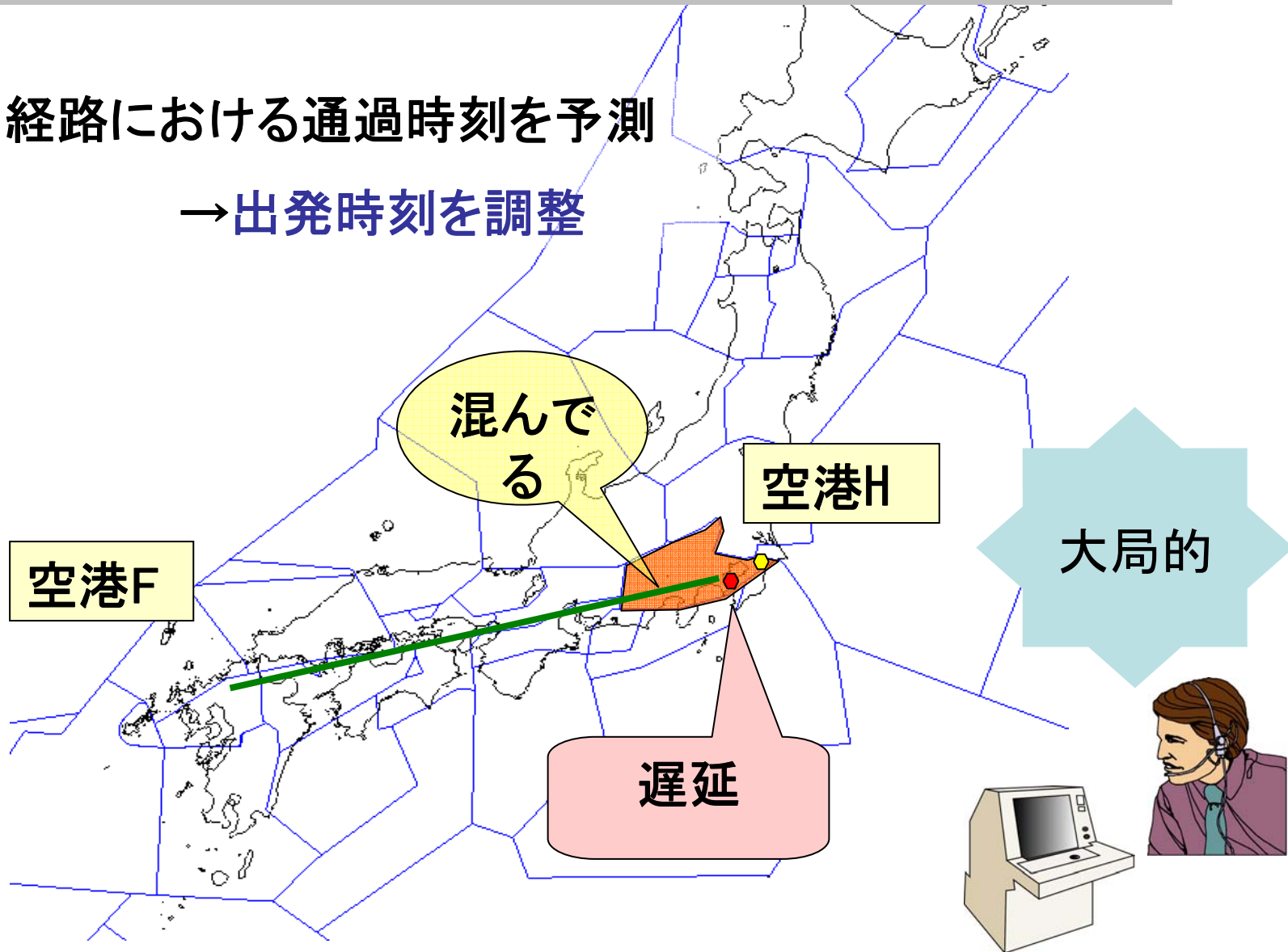
局所的



航空交通流管理(ATFM)

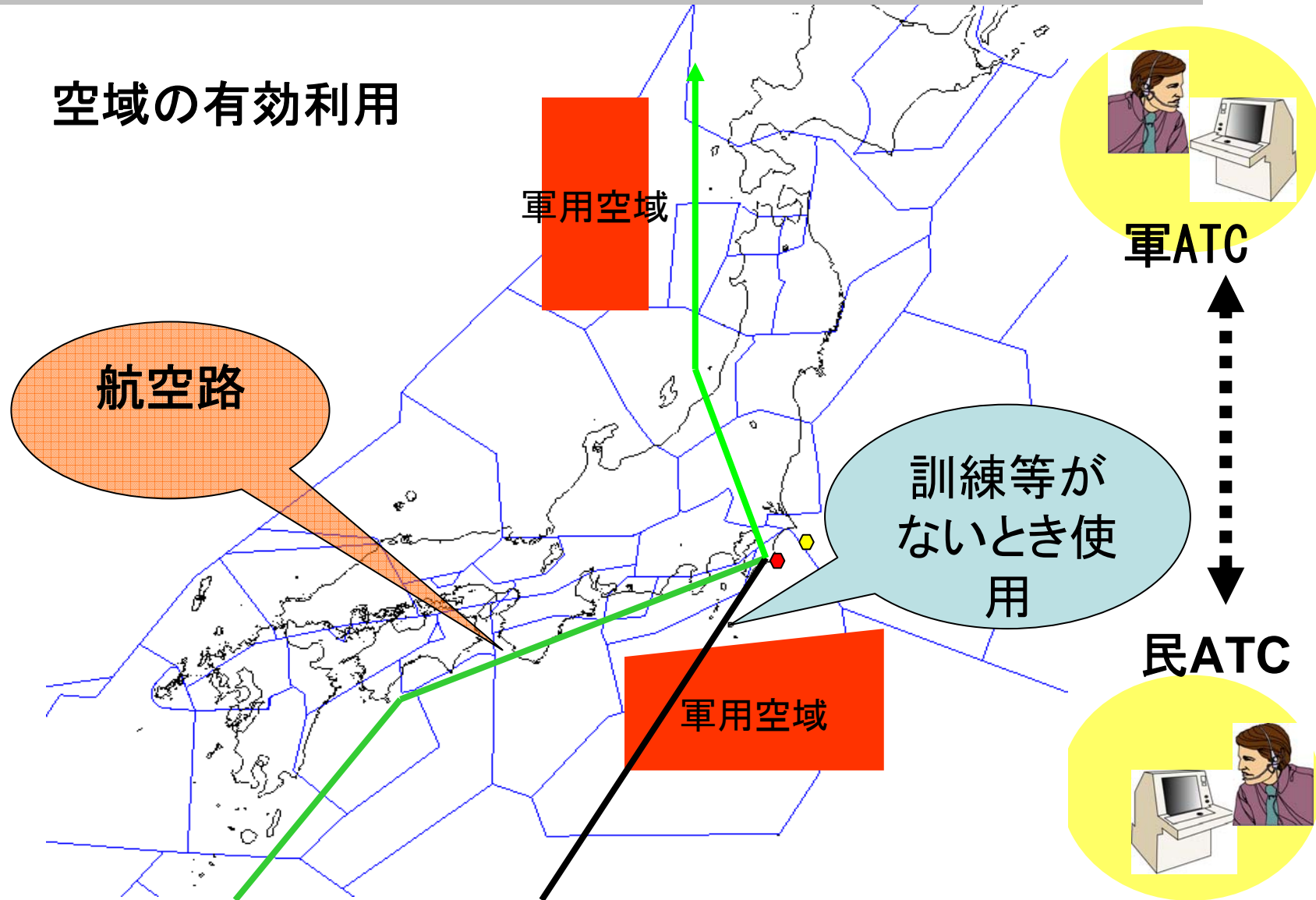
途中経路における通過時刻を予測

→ 出発時刻を調整



空域管理 (ASM)

空域の有効利用



ATMセンター (ATMC)

運用開始 (Feb. 2006)

- 航空交通流管理 (ATFM)
- 空域管理 (ASM)
- 洋上航空交通管制 (Oceanic ATC)



協調的意思決定 (CDM)

CDM (Collaborative Decision Making)

■ CDMで情報共有をする機関

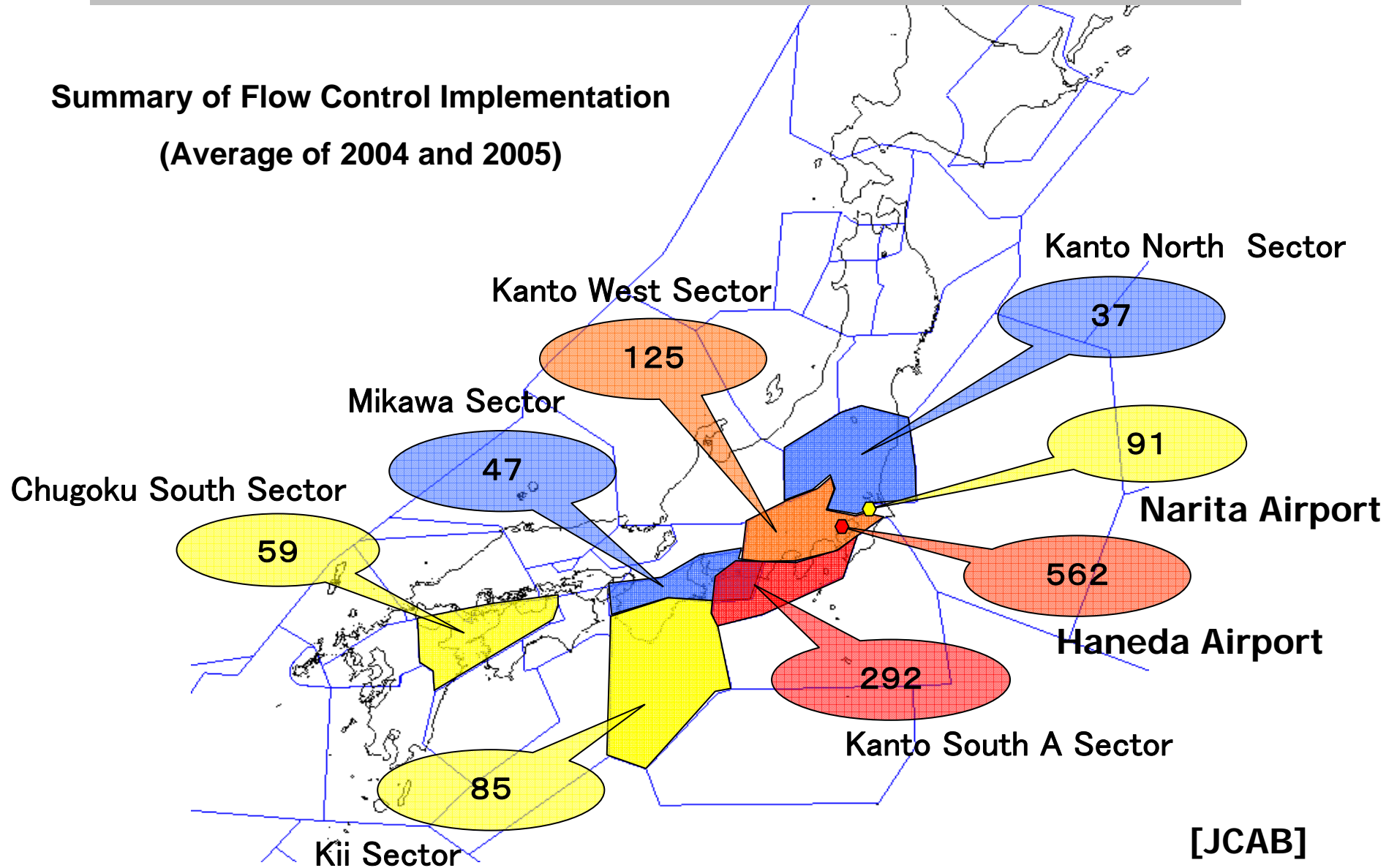
- 航空路管制センター (ACC : area control centers)
- 空港事務所
- 気象庁
- 自衛隊、米軍
- 航空会社
- 外国の管制機関



現状の何が問題か？

輻輳するセクター

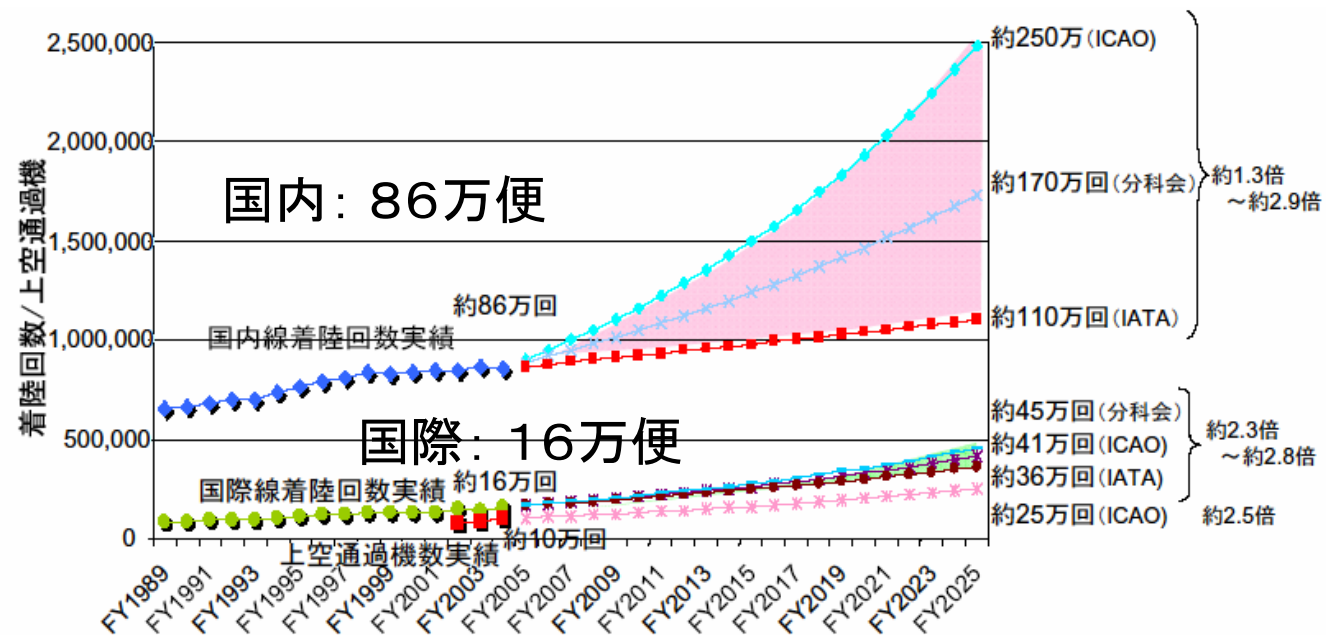
Summary of Flow Control Implementation
(Average of 2004 and 2005)



[JCAB]

航空交通需要予測

- 20年後(130%-290%)



[JCAB]

注1) 国際線・国内線着陸回数の実績値は空港管理状況調査、上空通過機の実績値は上空通過機調査による

注2) 機数予測の伸び率は旅客の伸び率と同様と仮定した

注3) ICAO需要予測伸び率は国内線、国際線ともにアジア/太平洋地域を対象、上空通過機は太平洋横断を対象。

出典: Outlook for Air Transport to the Year 2015 (Jul2004)、ICAO Asia/Pacific Area Traffic Forecast 2004-2020 (Feb2001)

注4) IATA需要予測伸び率は国内線、国際線ともに日本を対象。出典: IATA Asia/Pacific Air Transport forecast 1985-2014

主要な変化・予定

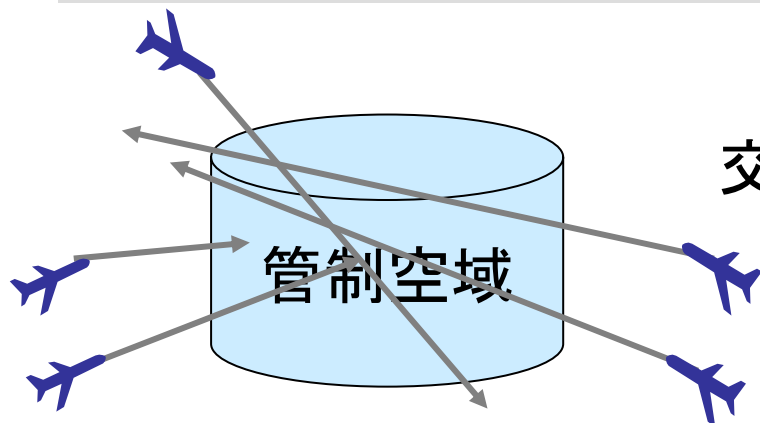
- 短縮垂直間隔基準 (RVSM) の国内導入
(2005年9月)
- 運輸多目的衛星 (MTSAT) を用いた航空管制
(2006年7月)
- 航空交通管理センター (ATMC) の運用開始
(2006年2月)
- 広域航法 (RNAV) ルートの整備の推進
- 横田空域を含む関東空域・航空路の再編

現状の課題

- 空域や空港の容量拡大
- 安全性管理
 - －安全性の定量的評価
- 技術革新に伴う運用
 - ADS-Bによる監視
 - RNAV/GNSSの利用
 - 機上間隔支援システム
 - 4D-Trajectory管理

最近の技術動向

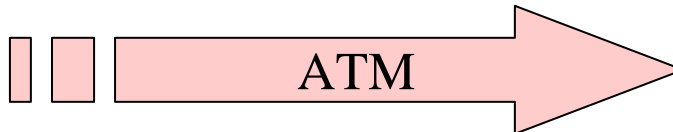
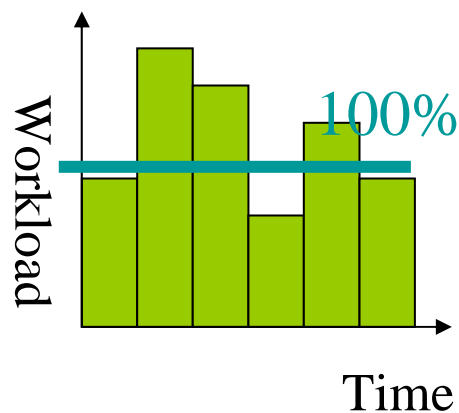
ATFMのための空域容量



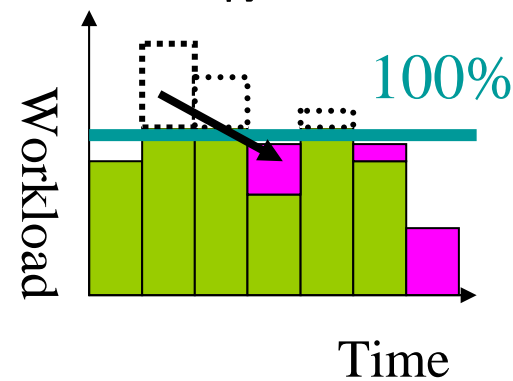
交通量増大→作業負荷増大



出発規制



遅延の軽減
アルゴリズムの改良
パラメータの簡単化



シミュレーション

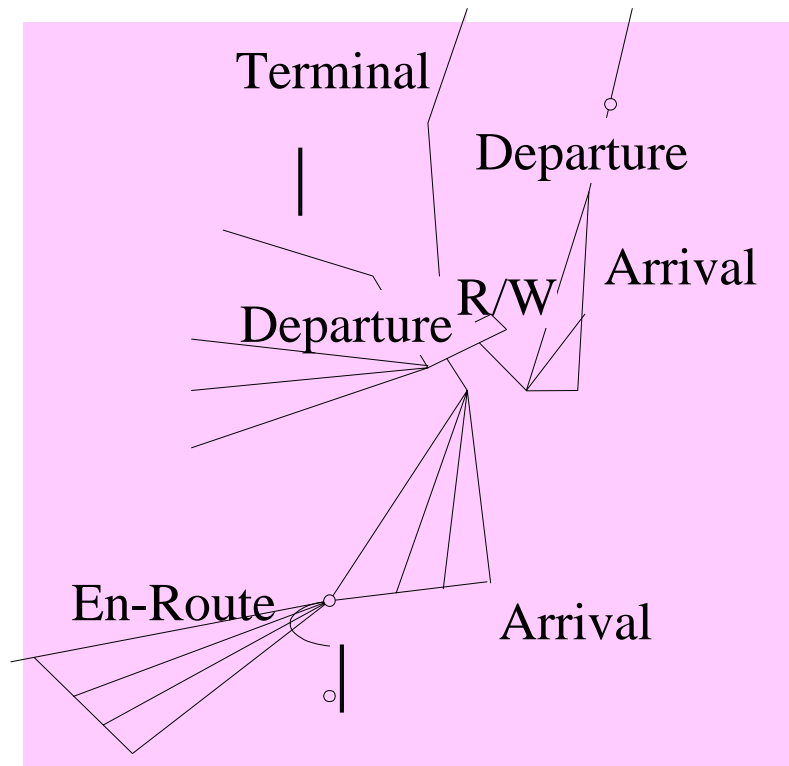
- 作業負荷
- 容量推定

⇔ 机上設計

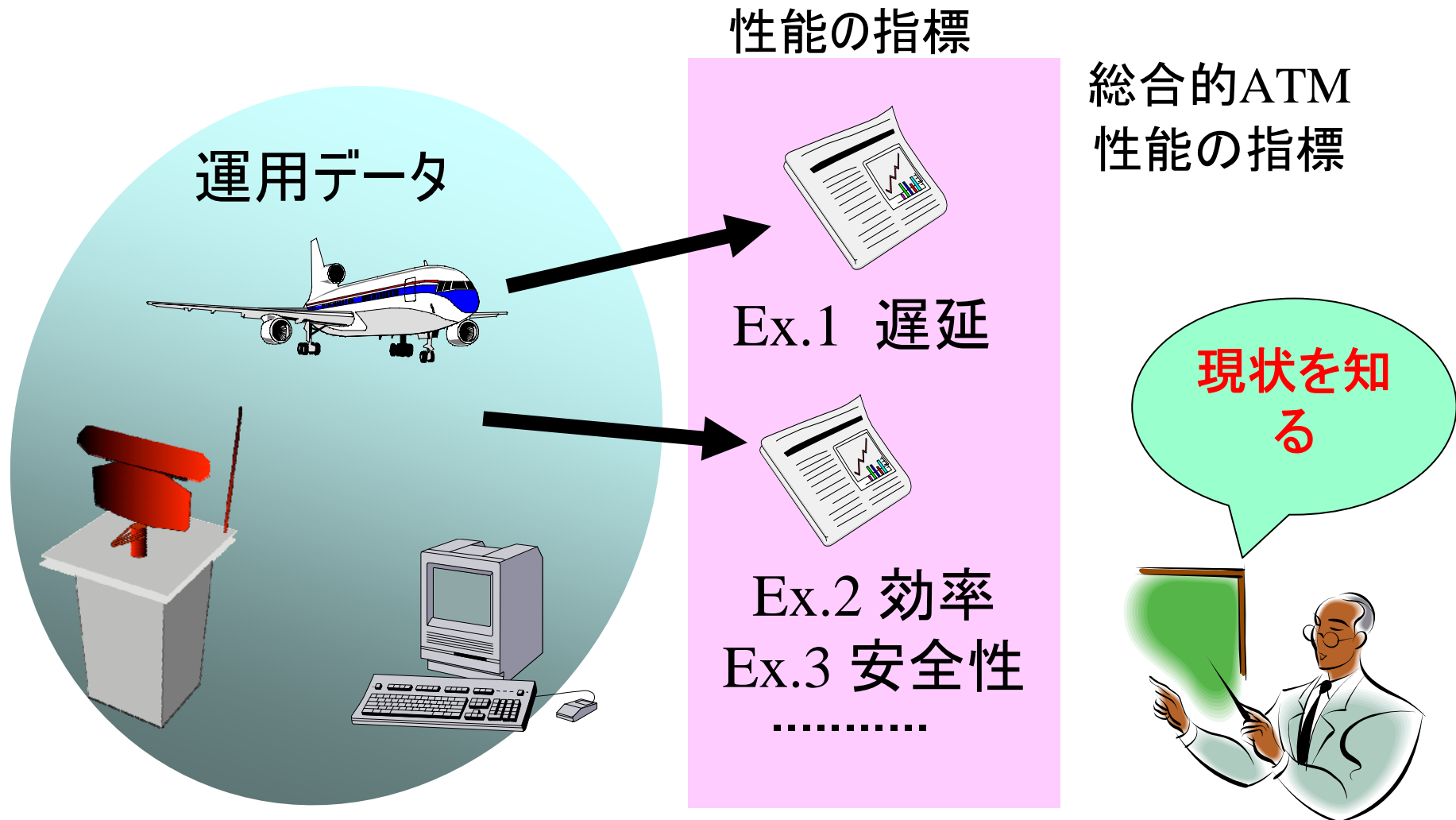
高速シミュレーション



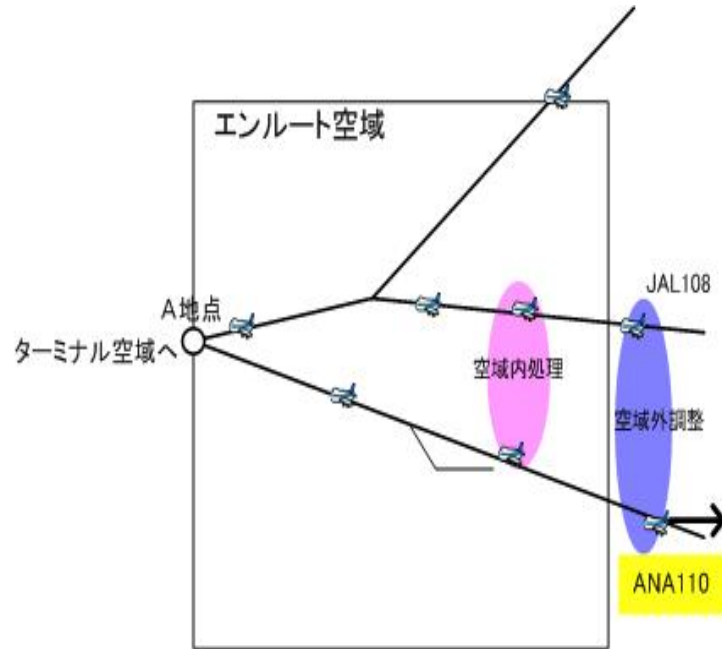
実時間シミュレーション



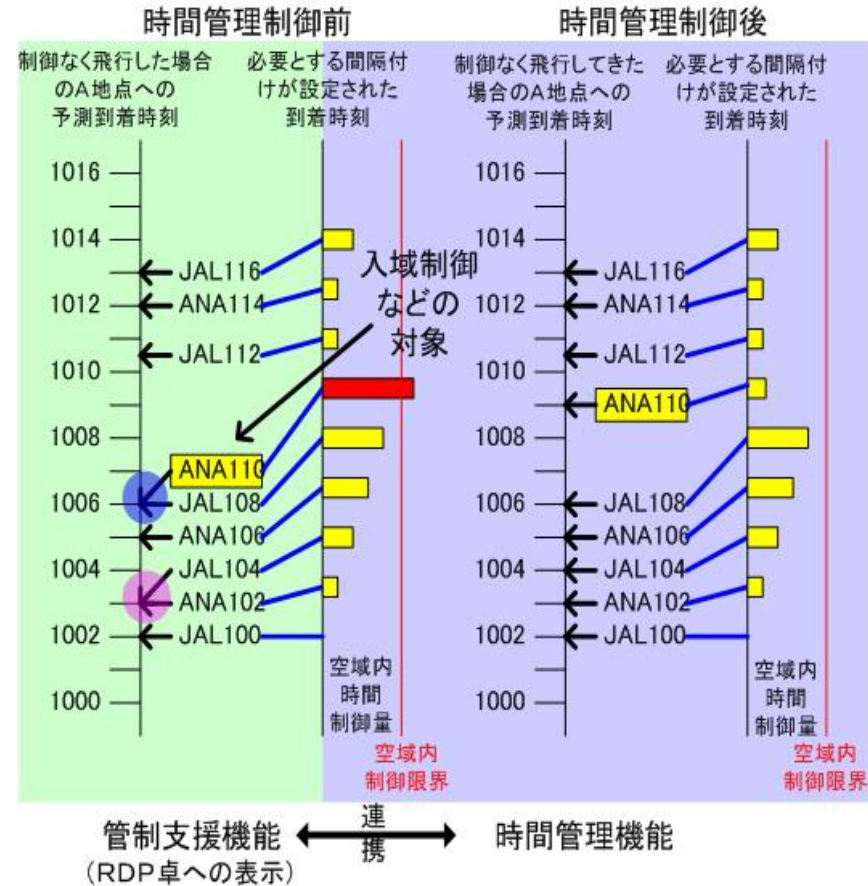
ATMのパフォーマンス



ATM支援ツール



到着時刻

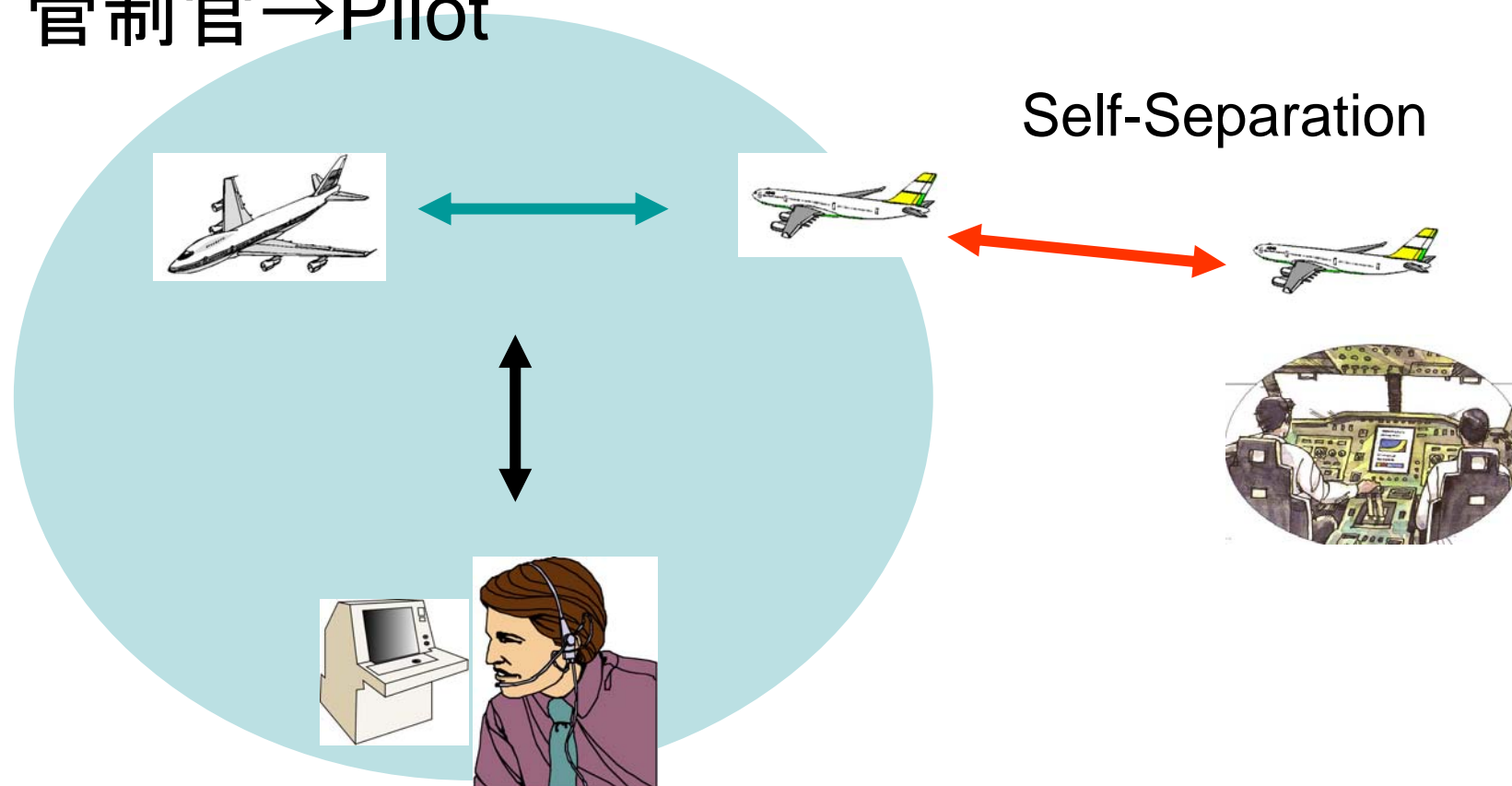


Arrival Manager

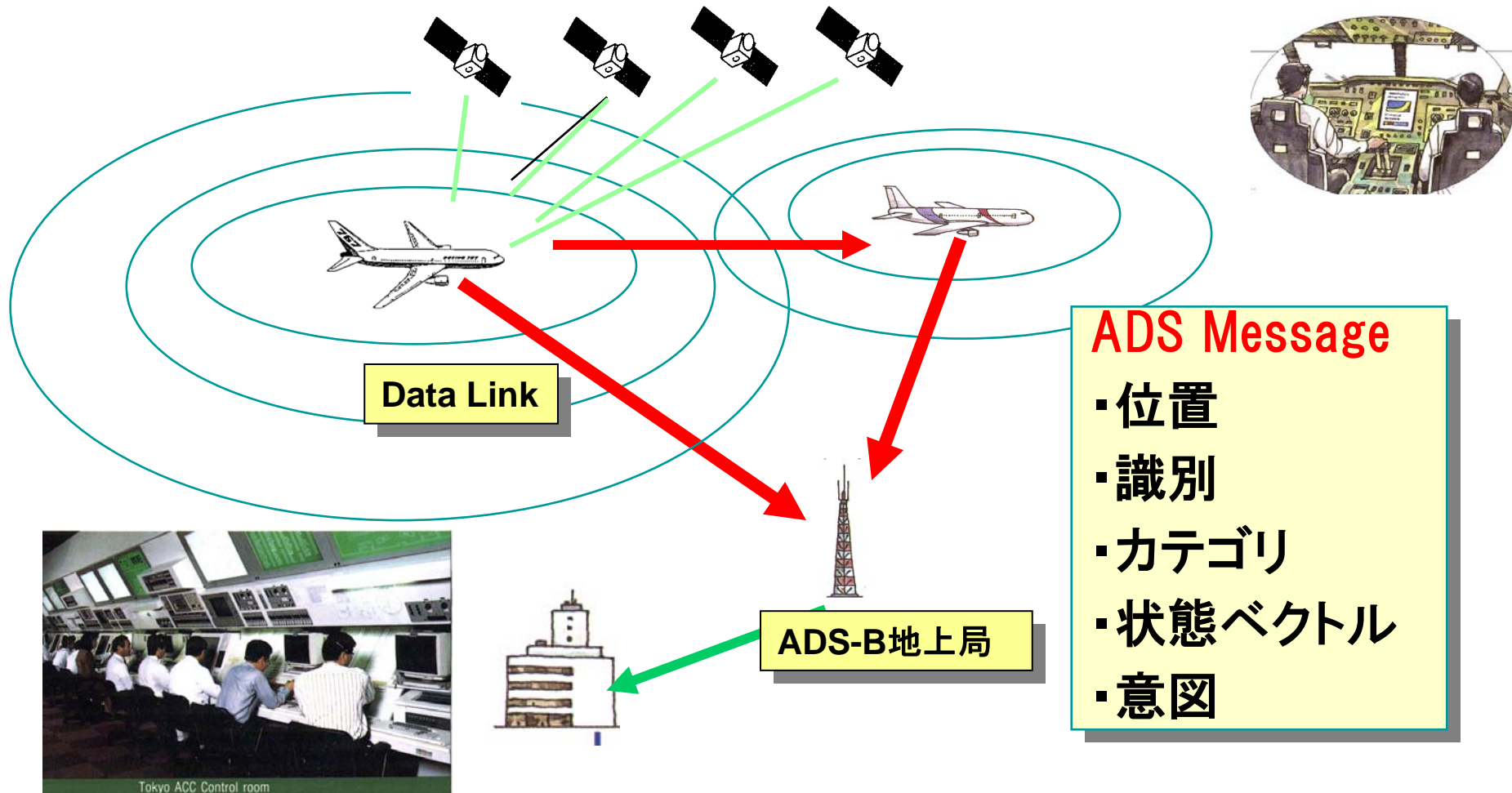
機上間隔支援システム (ASAS)

間隔設定の役割

管制官 → Pilot



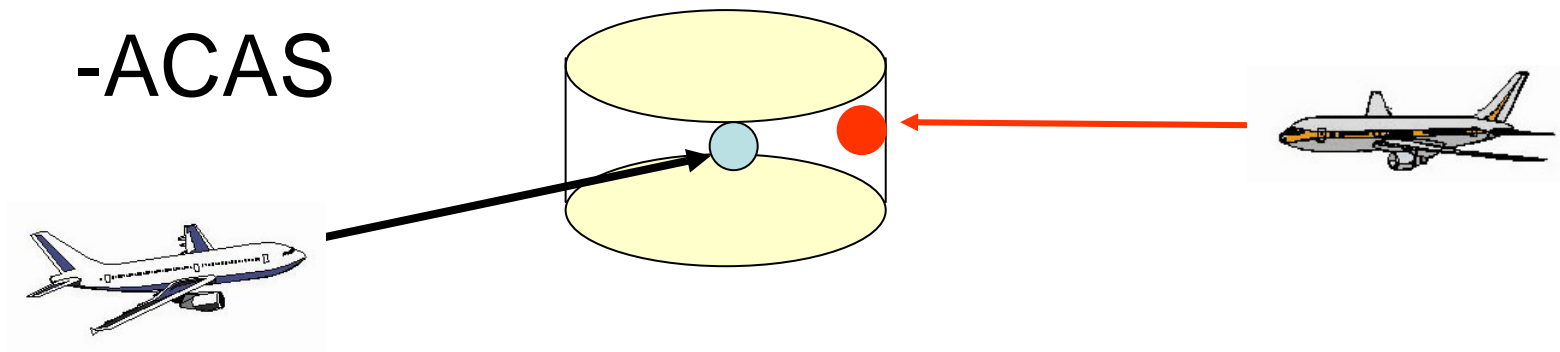
ADS-B(放送型自動従属監視)



今後の課題

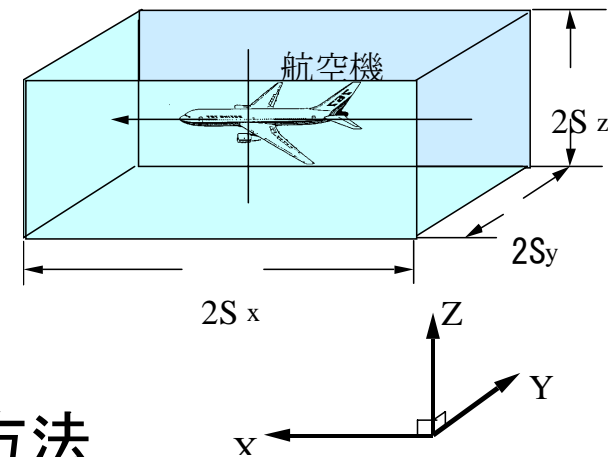
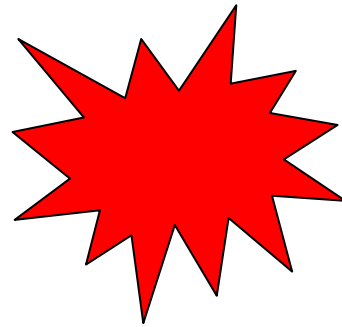
安全性の確保

- 安全管理
- 定量的安全性評価
- Safety Net
 - Conflict Alert
 - ACAS



リスクによる安全性評価

Risk=f(危険事象の発生確率、被害の程度)



- 衝突危険度推定のためのモデル化
- 実際の空域での衝突危険度の推定方法

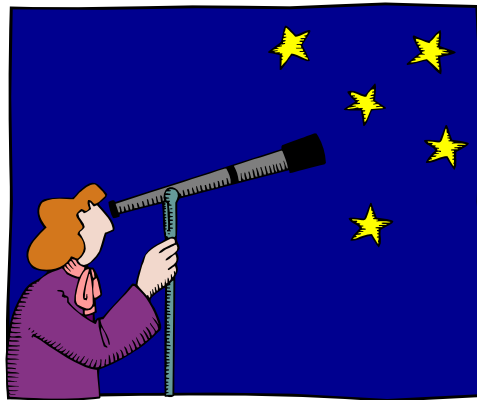
安全性評価の考え方

●衝突リスク (Collision Risk)

⇒与えられた管制間隔の喪失により単位飛行時間あたりに発生する空中衝突事故件数の期待値

●目標安全度 (TLS)

⇒最大許容リスク

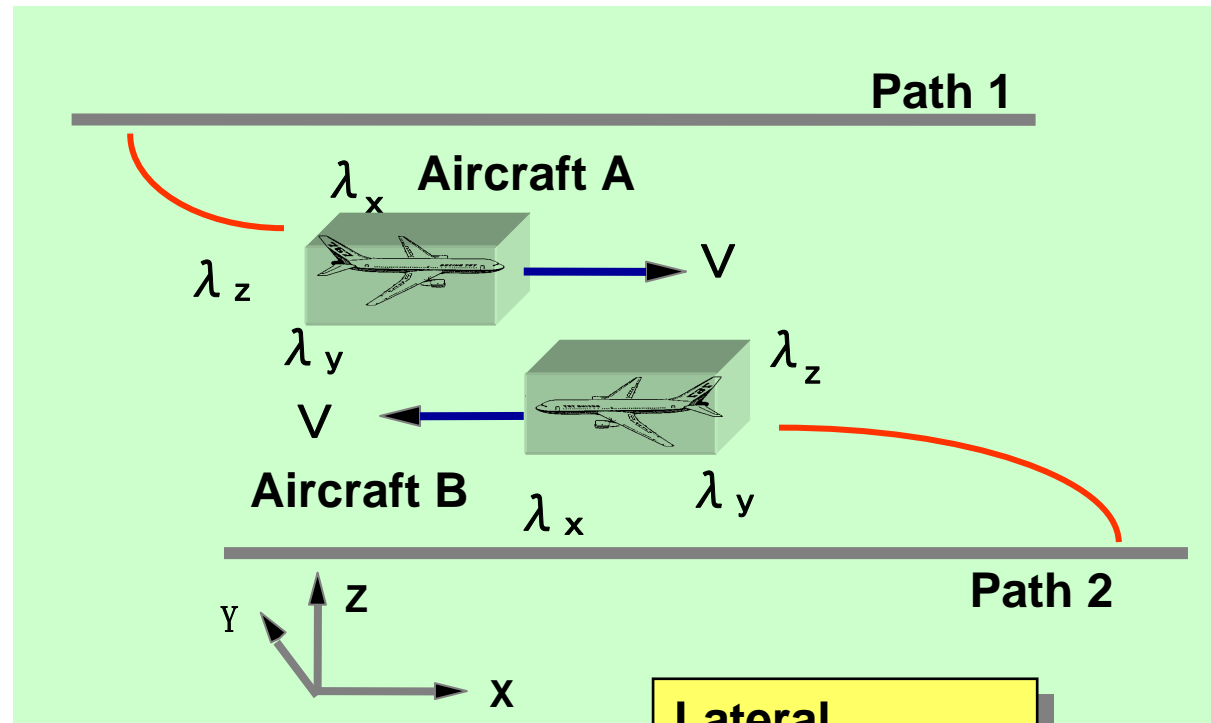


Collision Risk

TLS

5×10^{-9} [accidents/flight hour]

衝突リスクモデル



衝突リスク

Lateral
Overlap Prob.

Vertical
Overlap Prob.

$$\bullet N_{az} = k N_{X_{equi}} P_y(0) P_z(S_z)$$

効率の向上

- ・ 管制支援ツール
- ・ 空域の最適構成
- ・ 管制間隔の短縮
- ・ Trajectoryに基づく管制

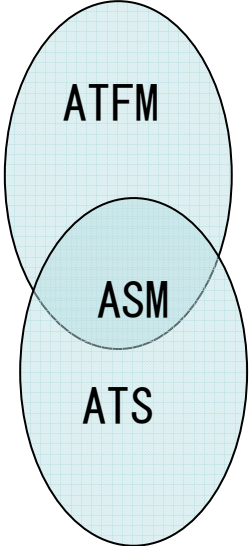
NGATS運用の考え方

- 視点：サービス提供者側→利用者側
- リスクに基づく安全性管理
- 全世界との調和
- 環境に及ぼす悪影響の低減



現在

将来



ATMセンター

RNAV

空域再編

データリンク (洋上)

空港拡張

国際的協調

航空路空域再編

データリンク (航空路/ Terminal)

異常接近回避ツール

メータリング・ツール

A-SMGC

ランダム経路, 希望経路

機上FMS情報の交換

4次元 ATM

性能 (Performance) 要件

まとめ

- 航空交通管理の概要
 - ATM→Max(パフォーマンス)
- 最近の関連技術
 - リスクによる安全性
 - Trajectoryに基づくATM
- 今後の課題
 - 関係者間の情報共有