

電子航法研究所の研究について

独立行政法人 電子航法研究所

白川 昌之

アウトライン

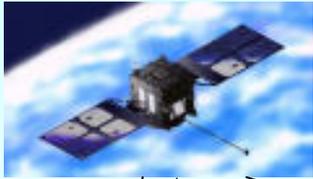
- 電子航法技術の流れ
- 電子航法研究所の研究内容
- 今後の電子航法研究／ATMコンセプト

電子航法の大きな流れ

- 1988年ごろのFANSレポート(ICAOでまとめられた)
 - 今後25年間の将来航法システム
 - 「地上に設置された航行援助施設」から「グローバルなインフラストラクチャ」の構築
 - 情報処理技術
 - データ通信技術
 - 人工衛星技術

それまでのシステムの欠点

①人工衛星の利用



- 施設が地上に設置されているため、見通し距離でしかシステムを使えない。
- 世界の広い範囲で一貫して同一システムを使うことができない
- 音声通信に限界がある。また、上空および地上の自動化システムを支援する空地データリンクがない

③データ通信



△ レーダ

VOR,DME,TACAN,ATCRBS,音声通信



△
レーダ

太平洋

②情報処理技術／ネットワーク化

FANSの目指したもの

- 人工衛星技術、情報処理技術、データ通信技術の駆使
- Gate to GateのNavigation
- 人工衛星により、地球中どこでも位置がわかる
 - カーナビなど、考古学から老人問題まで
- 高度の情報処理技術
 - メモリーや演算速度の向上から
 - インターネット技術

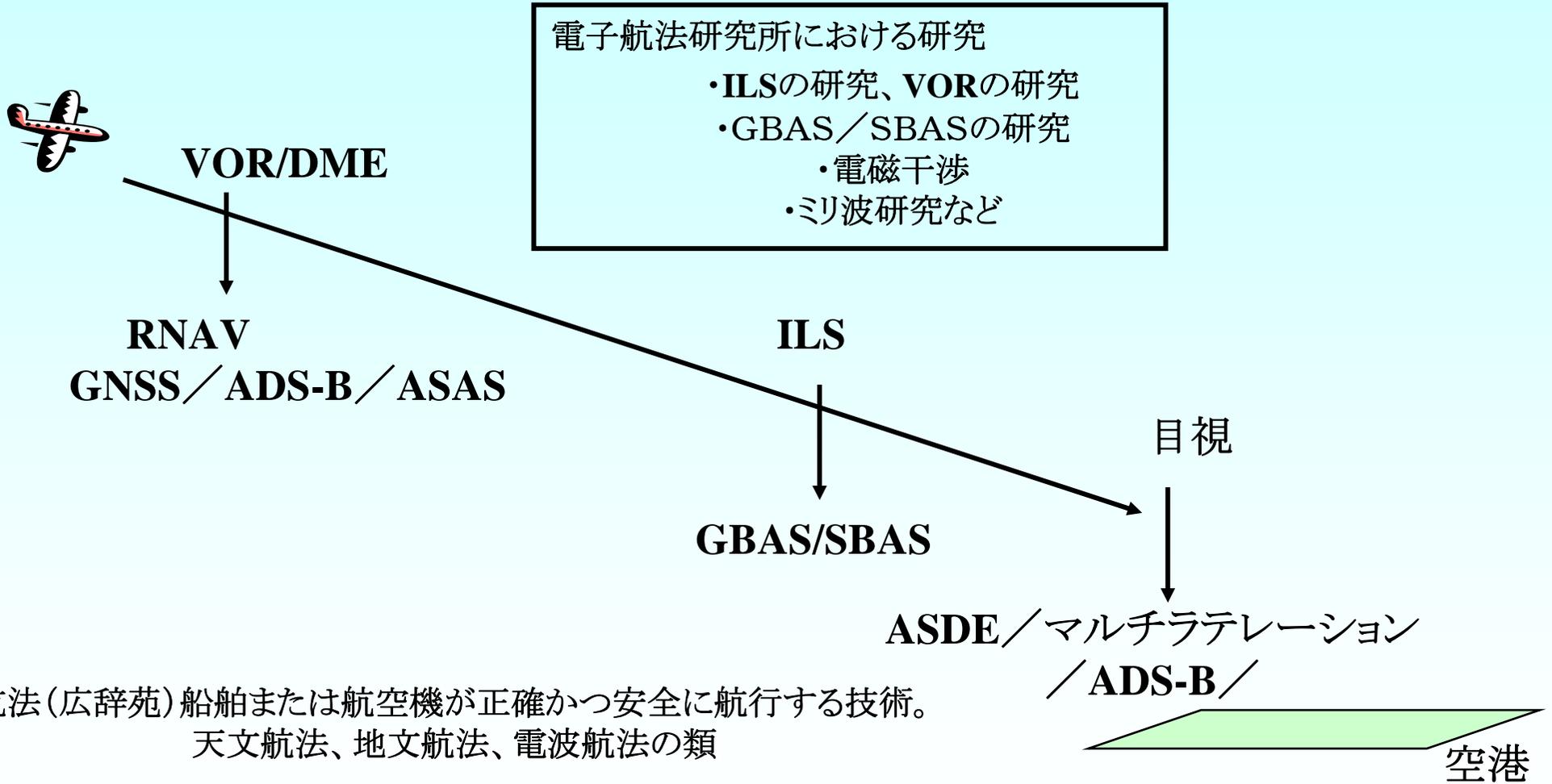
これまでに行われた／
現在行われている
電子航法研究

CNS/ATMに関する研究

CNS:ATMを支える技術



航法に関する研究



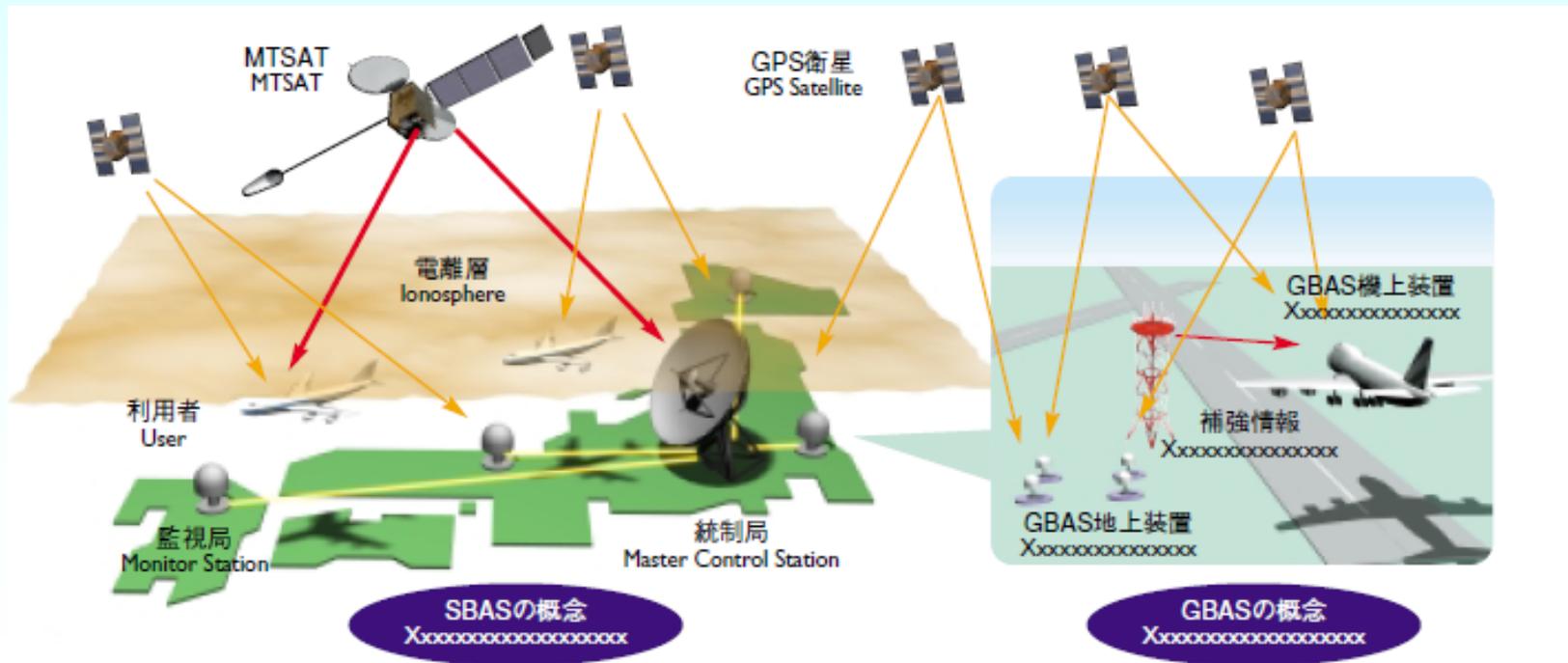
航法(広辞苑) 船舶または航空機が正確かつ安全に航行する技術。
天文航法、地文航法、電波航法の類

ある地点からある地点までどのように行くかを示す技術。
航空機や船、個人がどう移動するか、
どう支援するかという視点の技術。

航法技術(N)に関する研究の例

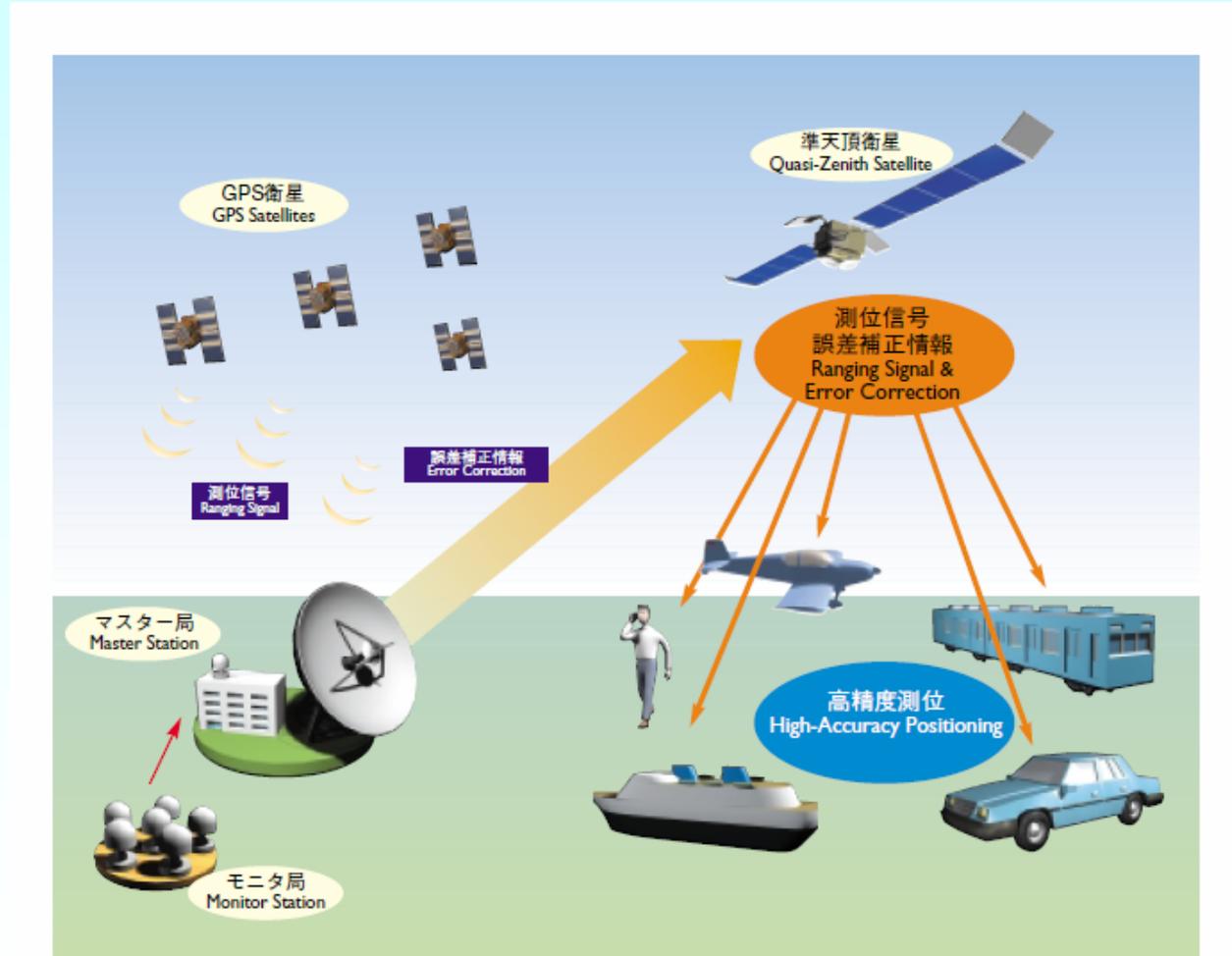
● 衛星型補強システムの研究

- GPSのさまざまな誤差要因の解析(電離層の影響など)
 - その大きさや変化率から精度・信頼性情報を取り出す方法
- これらの情報が衛星等を經由して航空機に放送される
 - 位置精度・信頼性の向上に利用されます。



航空機以外の航法に関する研究の例 準天頂衛星システム

- ビルや谷間など静止衛星が見えないところでも真上に衛星があるようにできます
- 赤道から離れたところで静止衛星と同じ半径で衛星を打ち上げると8の字の軌道になります
- 楕円軌道にすると日本付近でゆっくり動く周回衛星になります
- 位置の補強が良くなります。このための研究を行っています。



監視技術(S)に関する研究

監視(広辞苑) 悪事が起こらないように見張ること。

Surveillance: 監視、見張り

Surveillance: Close observation especially of a suspected spy or criminal

航空機の動きを把握するという意味か
安全の確保などのために航空機相互間の位置を常時正確に把握する技術
(例えばレーダ)

ADS/位置通報



ADS

RDP/
モードA/C

ADS-B/
モードS

電子航法研究所における研究

- モードSの研究
- ADS-Bの研究
- マルチラレーションの研究
- ASDEの高性能化

ARTS/
モードA/C

ADS-B/モードS

目視/ASDE

A-SMGC/マルチラレーション
ADS-B

● 空港面監視システムの研究 (A-SMGCの研究)

- 監視機能
 - 正確な位置情報
 - 許可移動に対する識別とラベル付け
- 誘導機能
 - 示された経路を移動できるように明確な表示
- 経路設定機能
 - 移動区域内の各航空機、車輜に対する経路指定
 - 経路変更
- 管制機能
 - 誤進入に対する警告と解決策



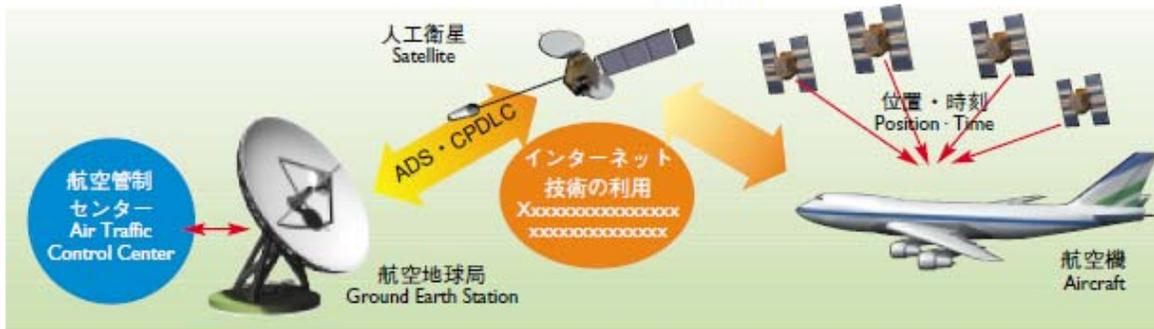
インターネット技術を利用した次世代航空衛星通信システム



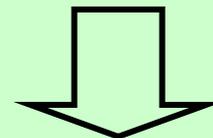
インターネット技術を利用した次世代航空衛星通信システムの研究 Study on Advanced Aeronautical Satellite Communication System using Internet Techn

現在、洋上空域では衛星を利用したデータ通信の本格的な運用が始められています。これにより、従来短波の無線電話で行われていた管制官とパイロットの間の通信や位置通報が衛星経由のデータ通信（CPDLC）と自動位置情報伝送・監視機能（ADS）に変わり、飛行の安全性の向上、交通容量の増加が期待されています。しかし、将来的にはさらに航空管制能力を向上させるためにより高性能な航空衛星通信技術を開発する必要があります。現在、開発候補の1つとして、航空機の客室内で乗客サービス向けに行われているインターネットの技術を管制官とパイロットの間の安全通信に応用し、航空管制能力を向上させることが考えられています。そこで、インターネット技術を利用した新しい航空衛星通信システムに関する研究を行っています。

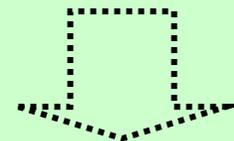
Recently, Satellite-based data communications are introduced in oceanic air traffic control, where the telephony between controllers and pilots is replaced by controller-pilot data link communication (CPDLC) and automatic dependent surveillance (ADS). It is expected to improve flight safety and to increase traffic volume. In order to improve ATC capability further in the future, advanced satellite communication technologies need to be developed. One of the candidates is to apply the technologies introduced as a passenger service in the aircraft to the safety communication. It is expected to greatly improve the capability of air traffic control (ATC) by applying advanced satellite communication technologies using Internet technologies with higher transmission performances.



- 従来システム(洋上)
- 音声通信(短波): 管制、位置通報



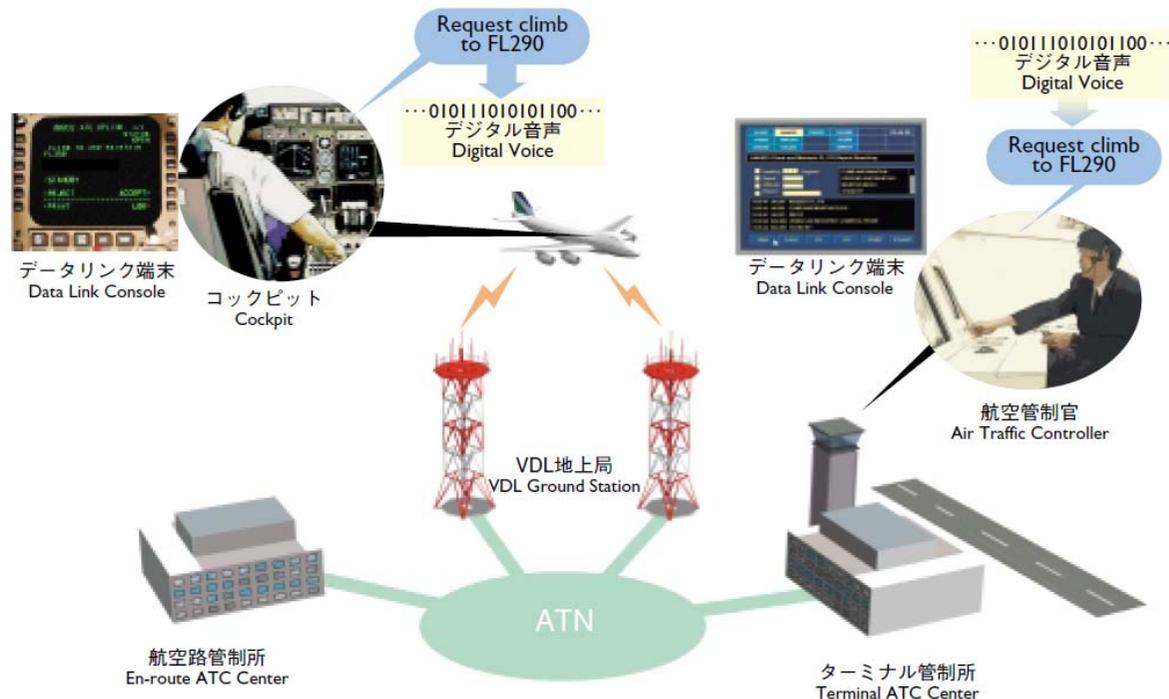
- CPDLC
- ADS



より高速な通信
インターネット化

通信研究の例 VHFデジタルリンク の研究

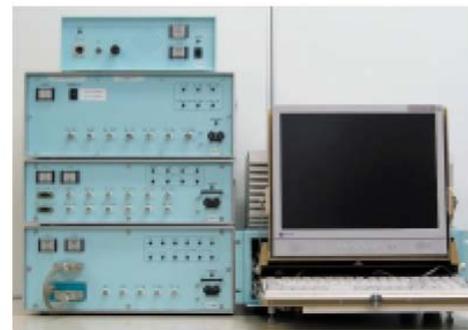
- ATN研究と一緒にしている
 - モード2、3、4がある
 - モード3について研究をしていた。FAAとの共同研究
- モード2の研究は以前実施
 - 管制官表示との結合
 - 将来的には衛星通信やモードSなどと統合ネットワーク



VDLモード3 実験システム
VDL Mode 3 Experimental System



機上システム
Aircraft System



地上システム
Ground System

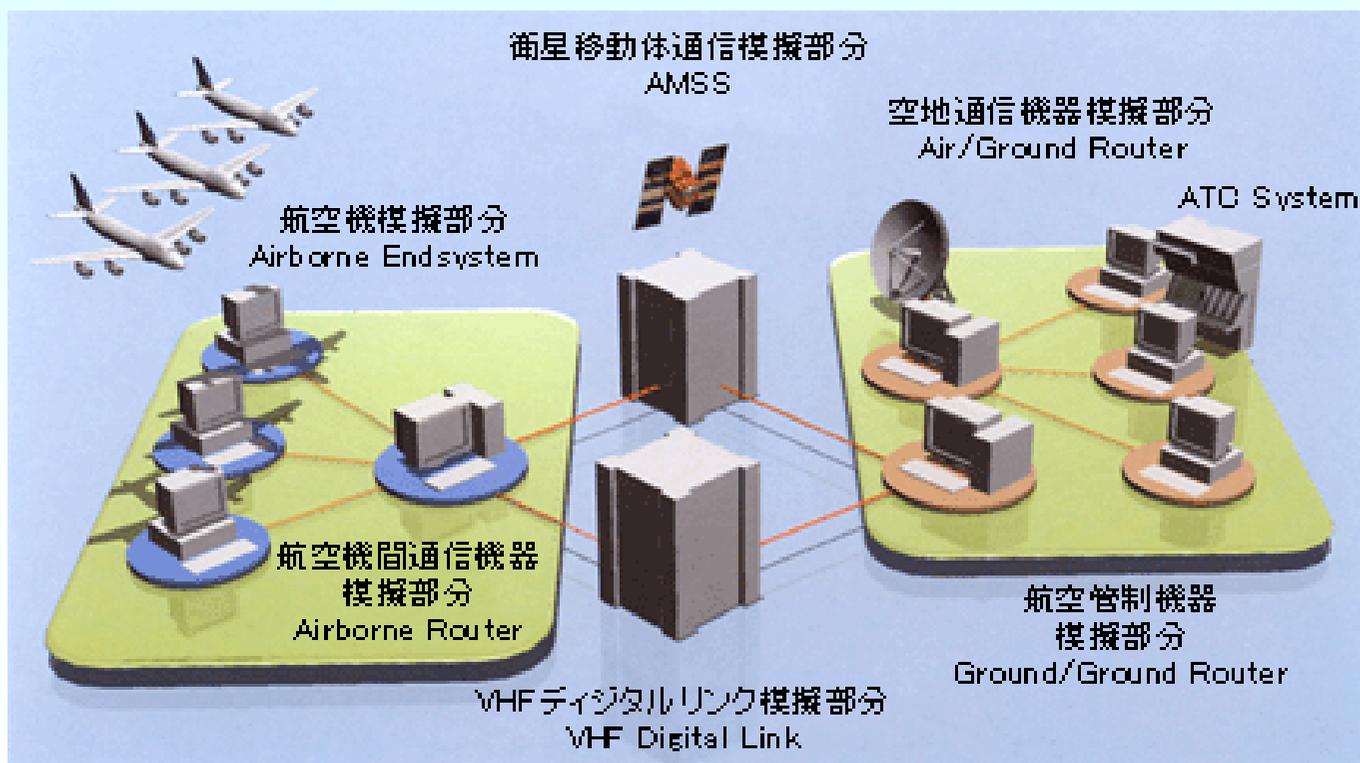
トータルシステムの研究

- ATNなどのネットワークの研究
- システムのアーキテクチャの研究
- VDLを中心とした次世代システムの研究

トータルシステムの研究の例

● 航空通信ネットワークの研究

- 従来個別に開発されてきたデータ通信を統合してインターネットのように利用する方法について研究。
- このシステムを用いてパイロットと航空管制官の通信を主体とした実験を進めています。



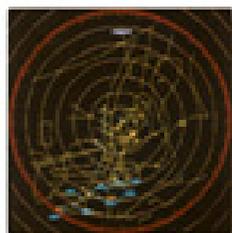
航空交通管理に関する研究

- 現実的な問題への対処
- 空域設計に関する研究
- 支援システムに関する研究
 - ディスプレイのカラー化
 - 順序付け間隔付け
- 作業解析
 - 作業負担
 - ヒューマンファクタ
- 安全性
 - 空域の安全性解析
 - コンフリクトの防止／動態情報の利用

シミュレーションによる検証

- 飛行経路や管制方式の改善
 - シミュレーションによる空域の設計・評価が有効な手法となります。
 - 管制官の加わったヒューマンインループのシミュレーション
- 空域の設計・評価などのための予測方法として実施

新しい空域の検証
新しい管制手法の検証



管制卓の画面



パイロット卓



管制卓

指示応答

管制指示



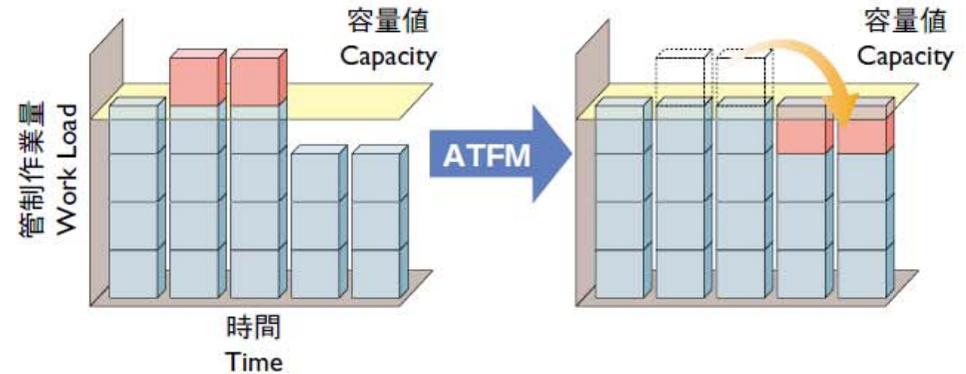
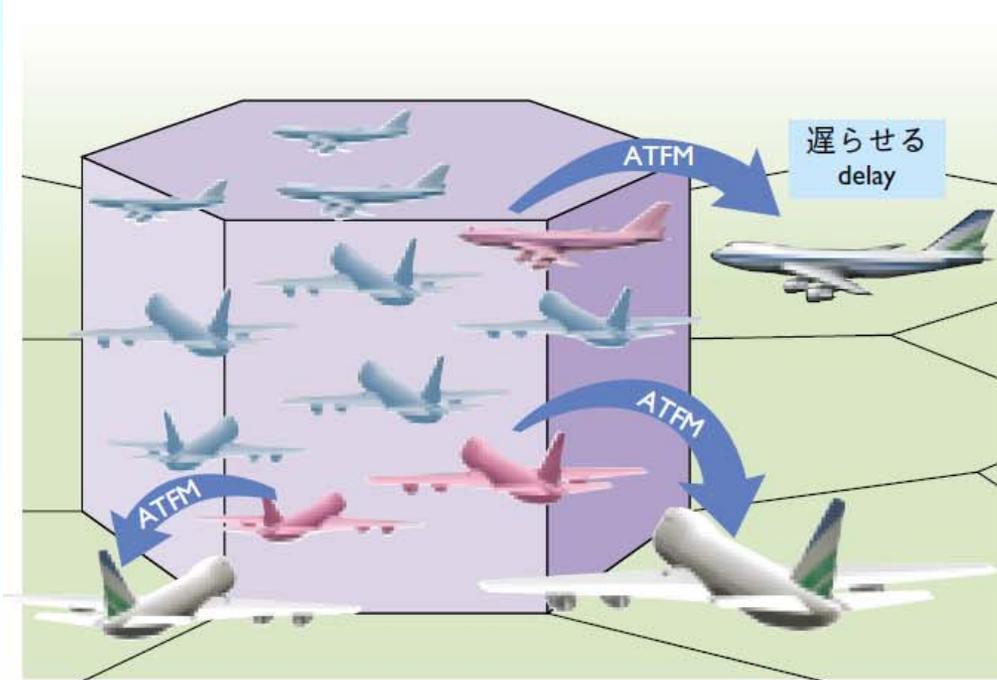
パイロット卓の画面

航空交通流に関する研究

航空交通流が過剰にならないように調整



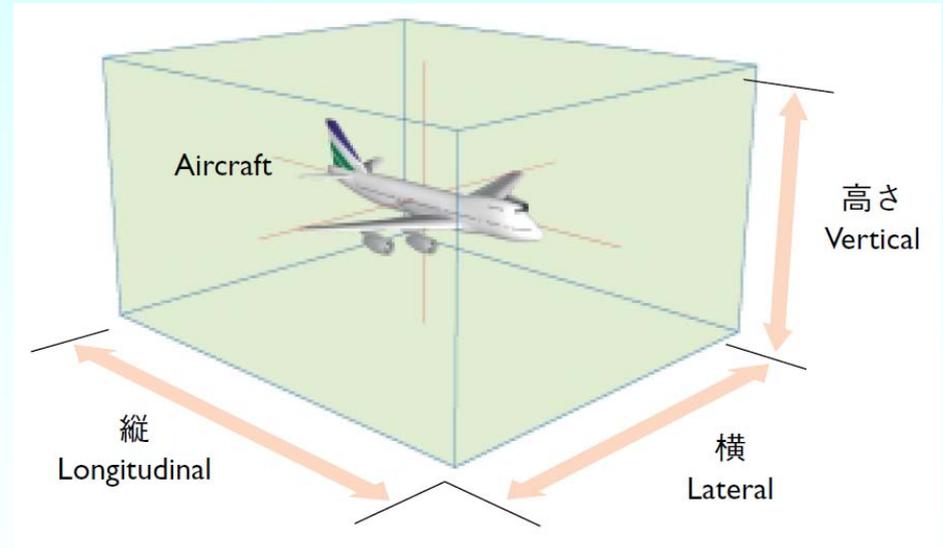
セクタの作業負荷の予測法
 トラフィックの平準化による効率性の向上
 スカイハイウェイ構想の検証



管制間隔に関する研究

安全性の検証

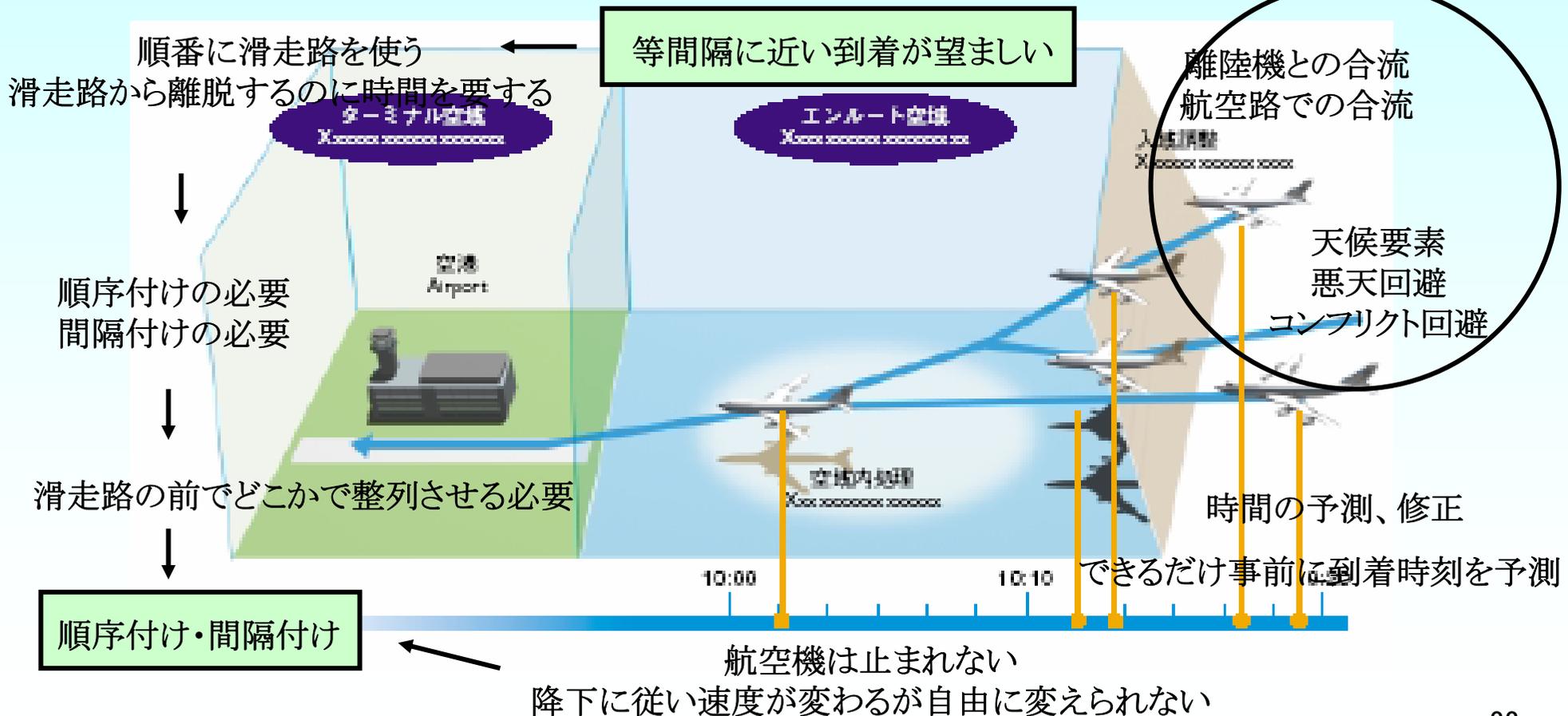
- 安全性評価手法に関するもの
 - 衝突危険度を評価する数学モデルの開発や改良
 - 航空交通流のデータから衝突危険度も出るのパラメータを推定する方法の開発
 - 安全性評価尺度や評価手法の開発
 - RNAV空域の安全性評価手法の開発
 - MTSATの導入後における管制間隔基準の短縮可能性の検討



管制支援機能の研究

順序付け、間隔付け支援ツール
空域再編関連シミュレーション予測

擾乱要因



後方乱気流に関する研究

航空機間隔の短縮の可能性

- LIDARによる乱流の観測
- 横方向からの乱流の検知
- 仙台空港での検知実験



ATMコンセプトの実現

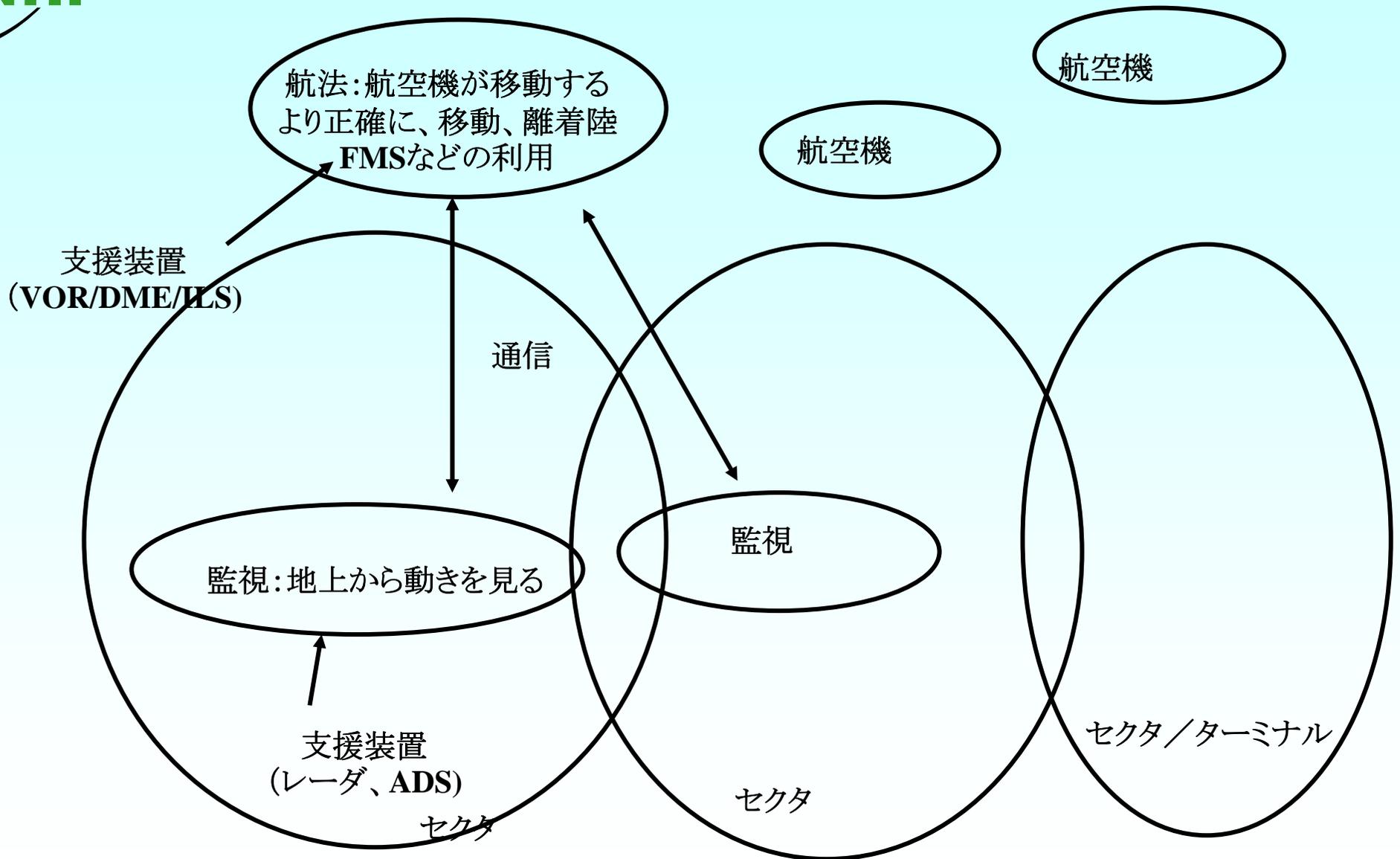
- 2003年の第11回航空会議
 - FANSで作られたコンセプトがGPSやVDL、情報処理技術などで多くが実現している
 - データ通信も技術的に確立しつつある
 - これを踏まえ世界的に共通のコンセプト認識を行った。
- 何を目指すのか、何をキーの技術とするのか

将来展望

ATM運用コンセプト

- 2025を目指した世界的に共有されたコンセプト
- ダイナミックかつ統合的
 - コンセプトドキュメントがダイナミックに管理される
 - 技術が進歩があっても適応していく
- コンセプトの実現を目指していく
- 管制から管理へ
 - ローカルから広域化へ空間の拡大
 - 短時間から長時間へ時間軸の拡大

個別のシステムが運用されている



統合しようというトレンドがある

航空交通管理

- 管制から管理へ
 - セクタなどの分割された管制の体系から統合された環境へ
 - ローカルからグローバルへ(空域の管理、フローの管理)
 - コンフリクトの階層(航空機対航空機から戦略的なものへ)
- 個別システムからトータルシステムへ
 - トータルアーキテクチャ
- これらを可能にするもの
 - 新しいCNS
 - 大量の情報の取得、機上情報の取得
 - ネットワーク化による情報の統合
 - 最新の情報処理技術による予測や計画への応用

機上装置の利用とフィードバック

- FMSとASAS
 - FMSのデータを地上で利用できるようにする
- 全体的な管理に戻し再度必要な情報に戻す
 - ASASとしてフローの達成の分業を推進する
 - 機上判断でセパレーション
- 分業の流れ
 - 地上管理(R/W管理、スポット、空港面などとの関連)
 - セパレーション管理の機上制御(ローカルな部分の実行)
 - 双方をつなぐ情報のパイプと処理、そして最も大切な方針の共有

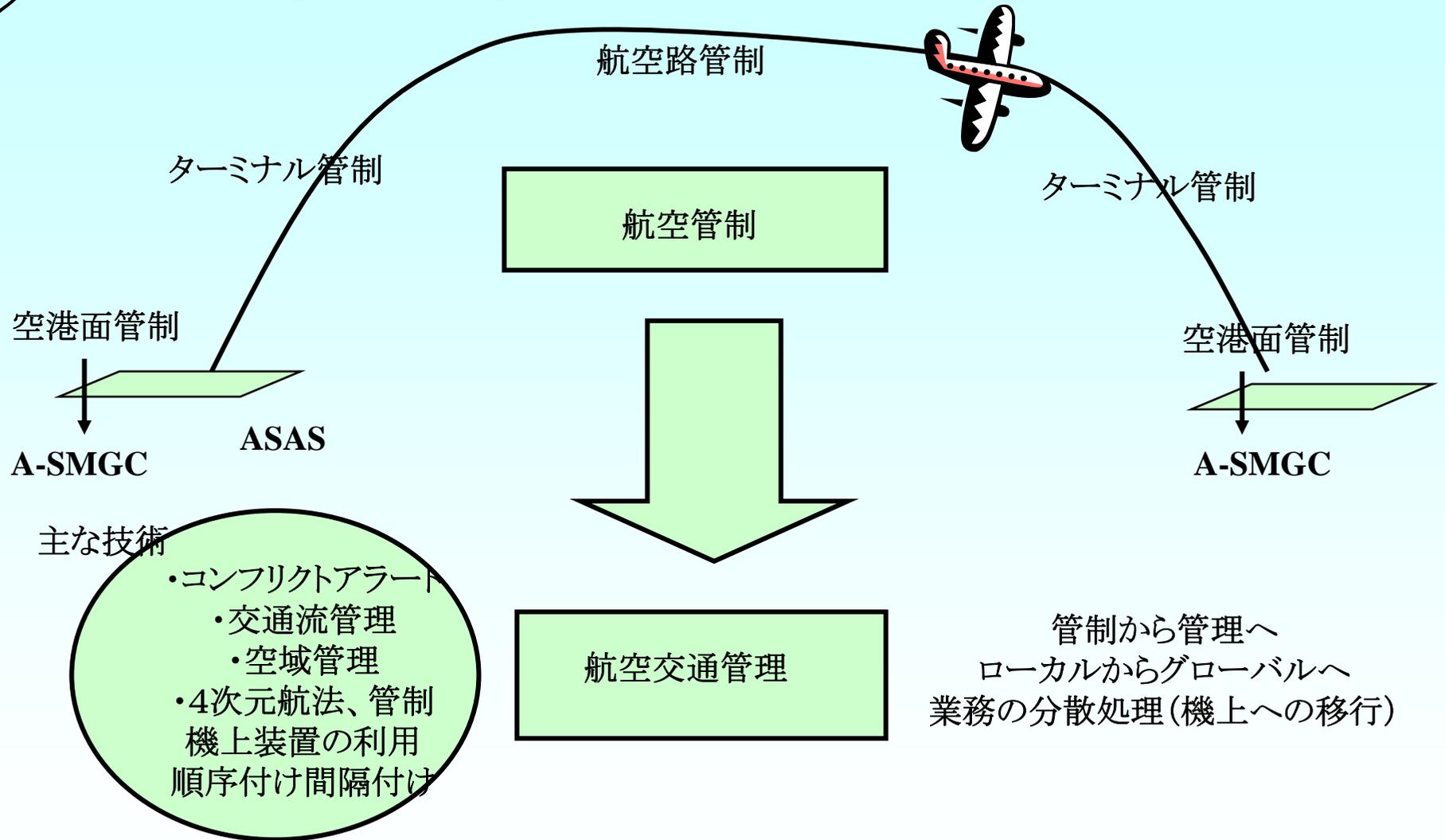
ATM運用コンセプト導入原理と期待

- 導入原理
 - 安全、人間、技術、情報、Collaboration、連続性
- コミュニティの期待
 - 安全性向上、処理容量の拡大、平等なアクセス
 - 効率性向上、柔軟な運用、予測性の向上
 - 相互運用性、費用対効果の向上、環境
 - コミュニティの参加、セキュリティの確保

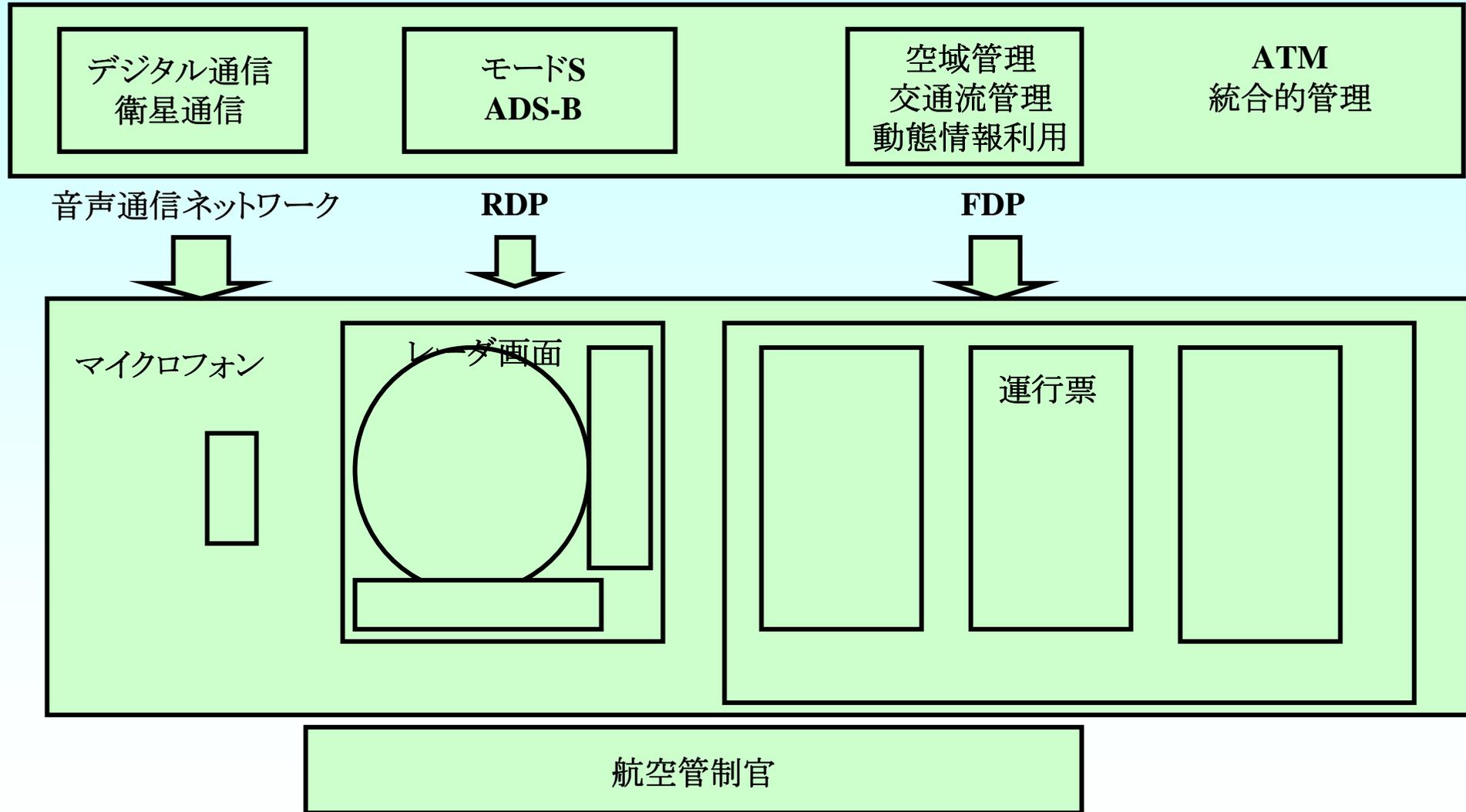
航空交通管理 運用コンセプトの7つの実行要素

- 空域(Airspace)の構成と管理
 - すべての空域の利用、柔軟な管理
- 空港(Aerodrome)での運用
 - A-SMGC、滑走路占有時間の短縮
- 需要／容量(Demand/Capacity)バランス
 - システム的なトラフィックフローなど
- 交通同期(Traffic Synchronization)
 - 4Dのtrajectory Control、トラフィック列の最適化による滑走路のスループットの最大化
- Conflict Management
 - 階層的コンフリクト防止
- Airspace User Operation
 - 個々の航空機性能や飛行状態などが最適化された4D trajectory計画、CDMなど
- ATM Service Delivery Management

航空交通管理



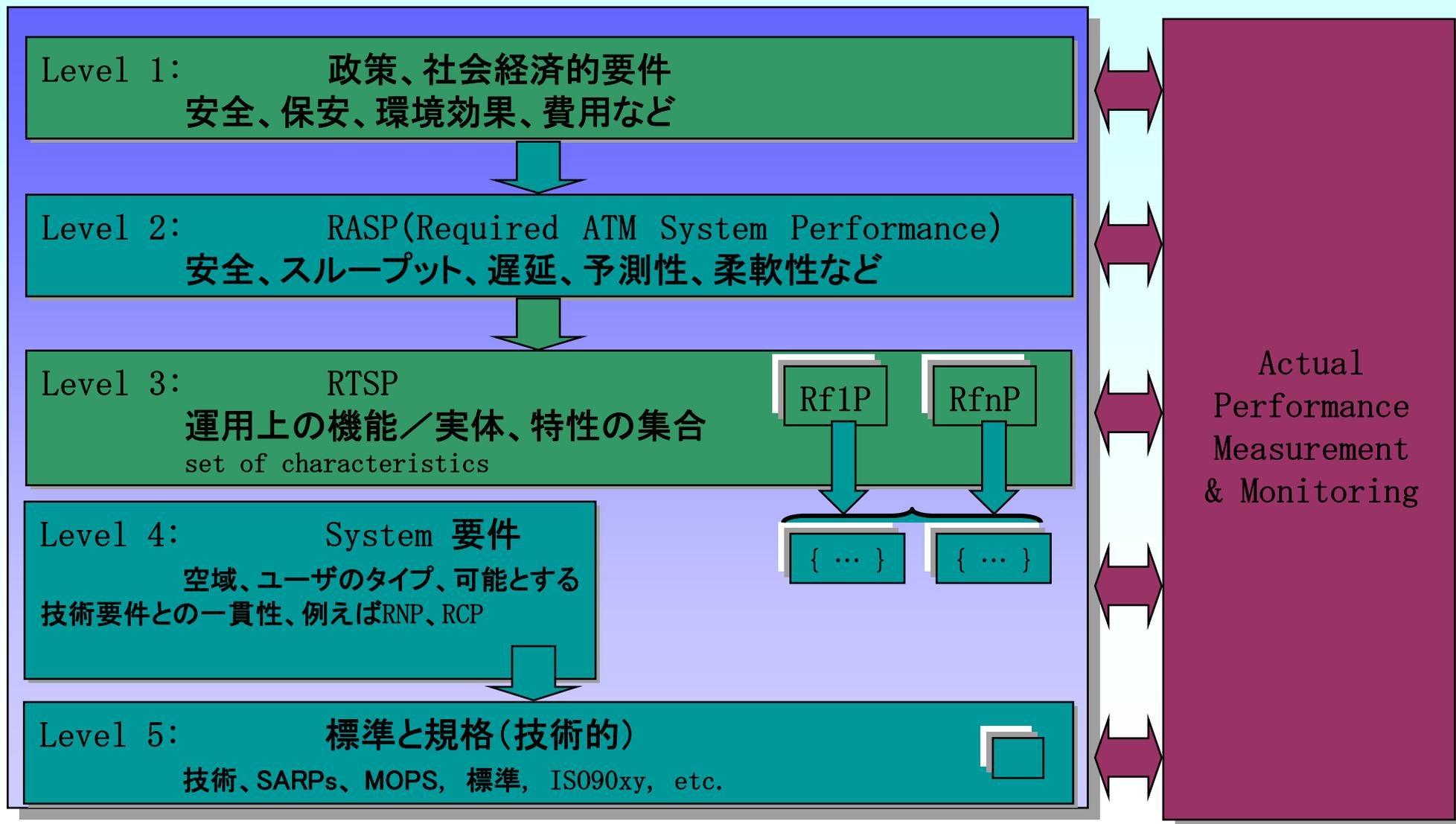
管制から管理へ



具体的定量化から抽象的定量化へ

- 個別機材のスペックから共通スペックへ
 - RNP(航法精度要件)の考え方の拡大
 - Performanceによる記述をRCP(通信要件)、RSP(監視要件)に拡大
 - 上位概念としてのRTSP(トータルシステム要件)のイメージ
 - 最上位概念としてのサービス要件、ISOの規定、経済レベルでの認識
- できるだけ抽象的、しかし本来の目的に対しては具体的に記述する

トータルシステムの指標化 階層的なATMパフォーマンス概念とモデル



構造を議論するためのパフォーマンスの枠組み

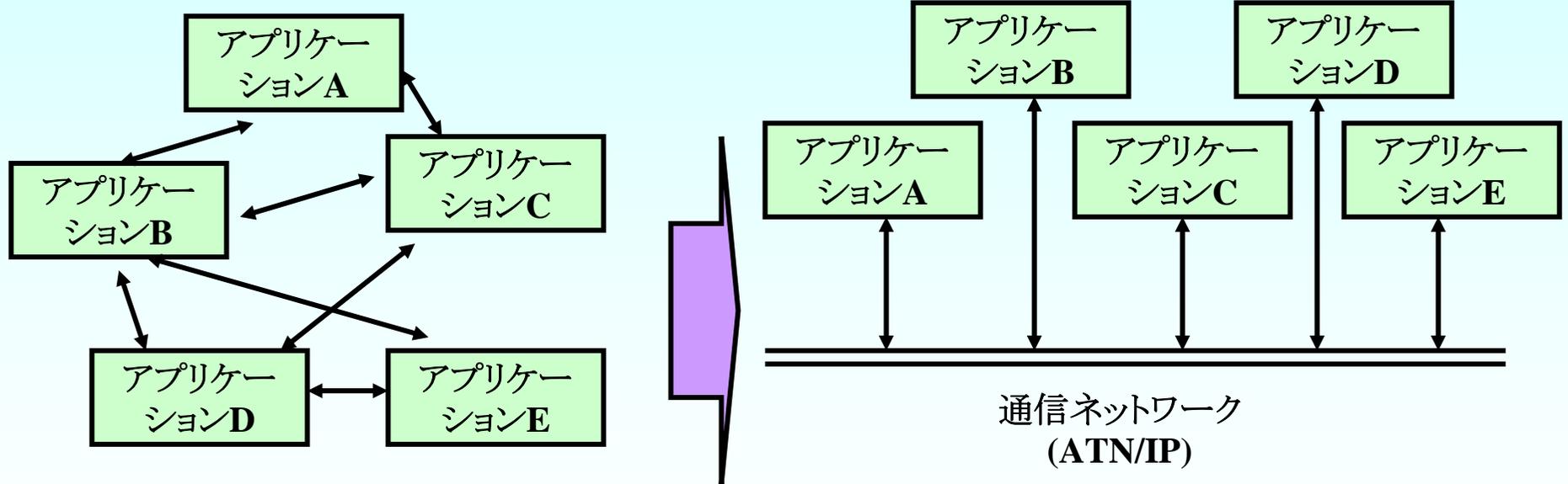
- 3つの柱
 - ATMパフォーマンス概念の階層
 - 何が何を駆動するかの正確なモデル
 - 例えば期待、機能、システム要素、利用のコンセプト、アーキテクチャの間の因果関係
 - 追尾可能なパフォーマンスパラメータの厳格な記述
 - アプローチ: ISO13236 サービスの枠組みの品質

サービスの質

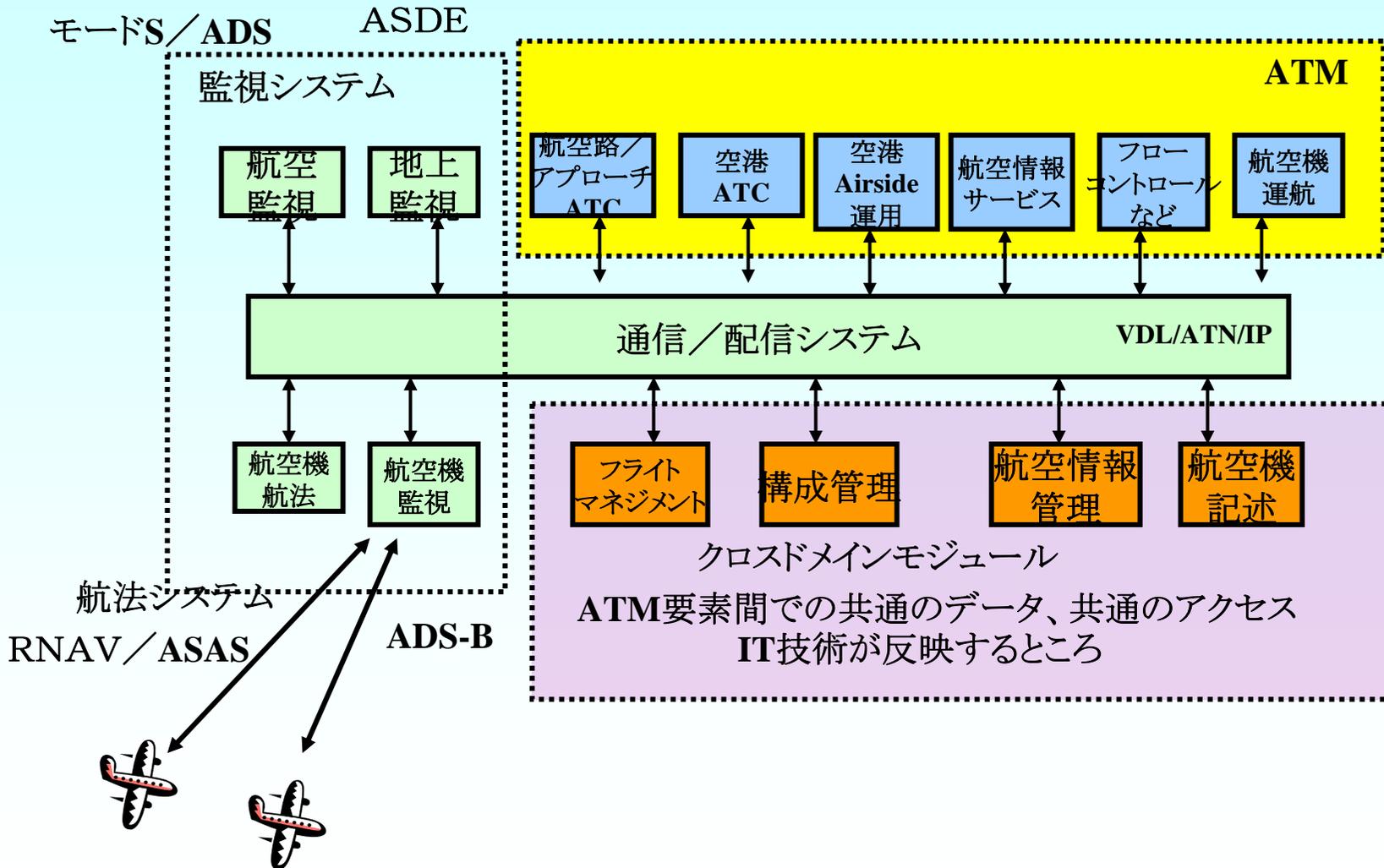
ISO 13236 の枠組み

- RTSPの使用は以下のように適切
 - ATMシステムの構成要素、運用のサービスさえも含む
 - これらは、情報処理の項目で表現される
 - 内在する技術的サービスを記述する
- 主要な要件は以下の4つの特性でカバーされる
 - 遅延－瞬時の反応
 - 容量－スループット
 - 集約性－正確さ
 - 信頼性－有効性

アーキテクチャの新旧



トータルアーキテクチャの例



将来的な研究課題

- ATMを実現可能にするハードウェア
 - トータルアーキテクチャの構想
 - ネットワーク／データ通信などのインフラストラクチャの開発
 - ADS-B／ASASの実用化、運用手法の確立
- ATMのソフトウェアの開発
 - 航空交通流の管理手法の高度化
 - 空域管理の高度化、空域の効率的な設計
 - 4次元航法、4次元管制とそれを可能にするハードウェアとソフトウェア
 - 高機能FMSへの発展を考慮したATMの実現
 - 管制支援ツールの高度化

終わりに

- 電子航法研究所での研究はこうありたい
 - 今プロフェッショナルに役立とう
 - 将来を見据えて展開しよう
- 共同研究を歓迎しています
- ご静聴ありがとうございました
- 今後ともよろしく願っています