

監視システムの性能要件に関する 一考察



小瀬木 滋

大津山 卓哉、古賀 禎

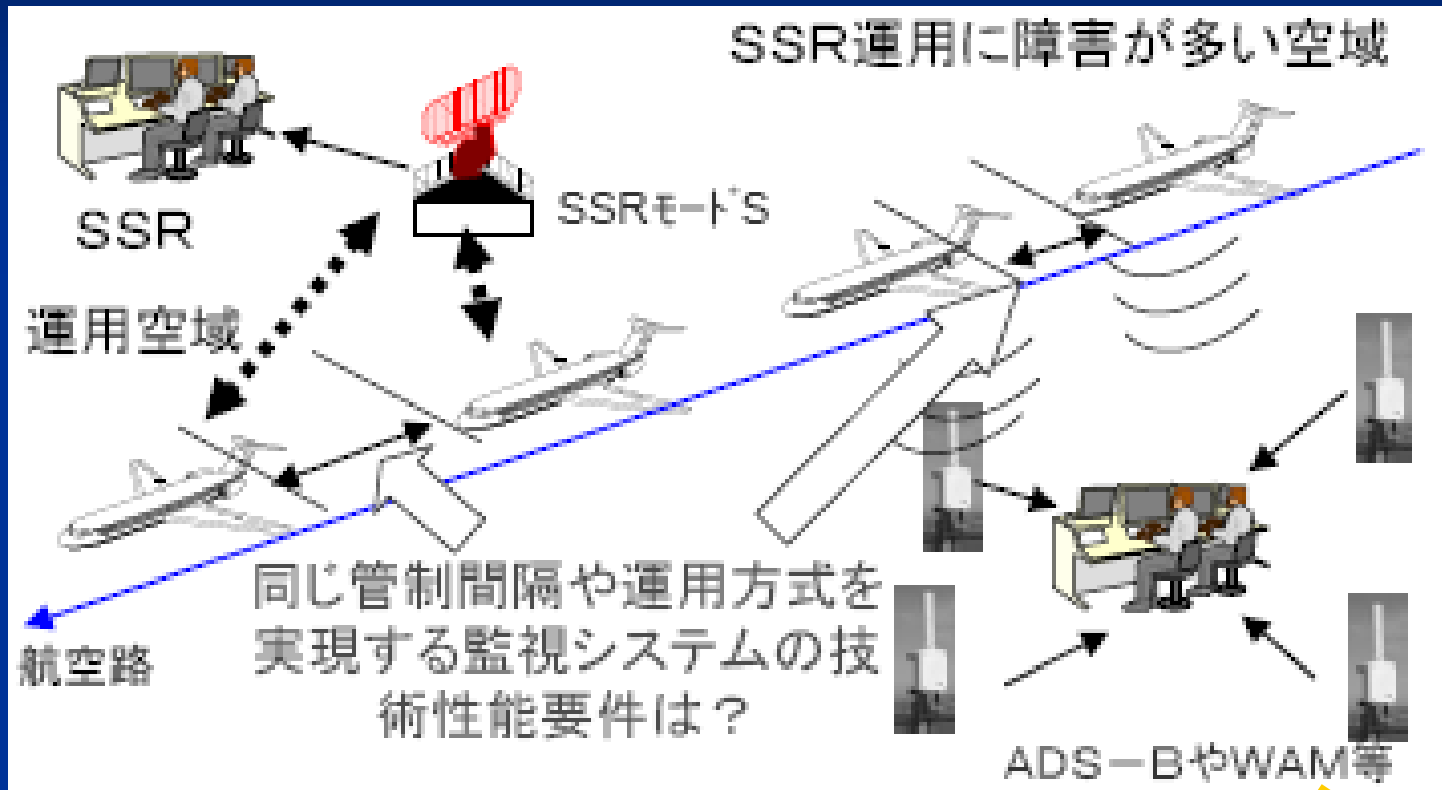
住谷 泰人、伊藤 恵理

Electronic Navigation Research Institute

発表概要

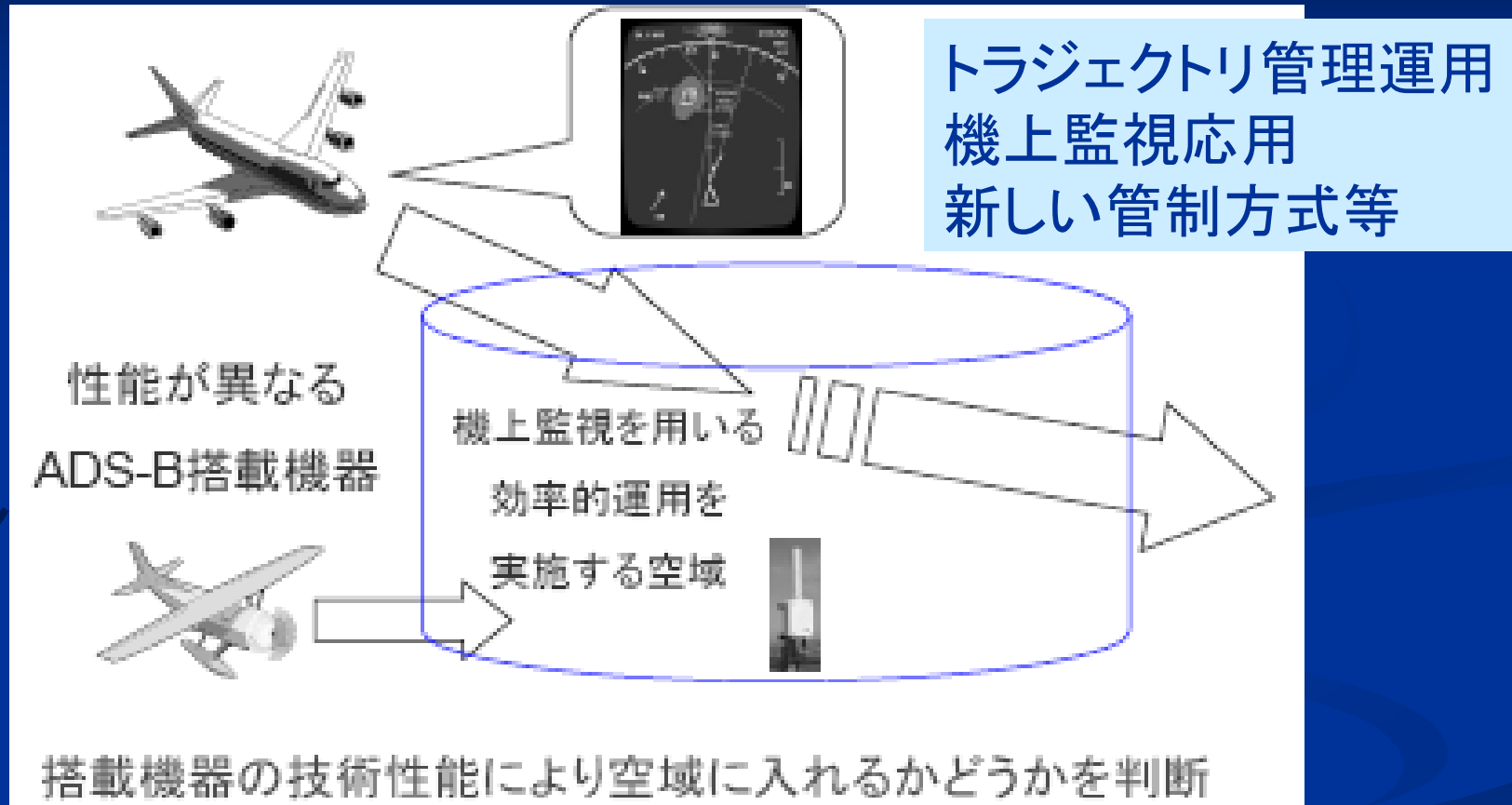
- 研究の背景
 - 監視システムにも性能ベースの考え方を導入
- 監視システムの性能要件
 - 運用方式、運用性能要件、性能指標の表現
- 航空機相互監視の例
 - 想定する運用要件 ATSA-AIRB
 - ADS-B監視、TIS-B監視のための監視情報源
- 今後の課題

背景：新しい監視システム導入



同じ運用要件に対応できる
監視システムの技術要件は？

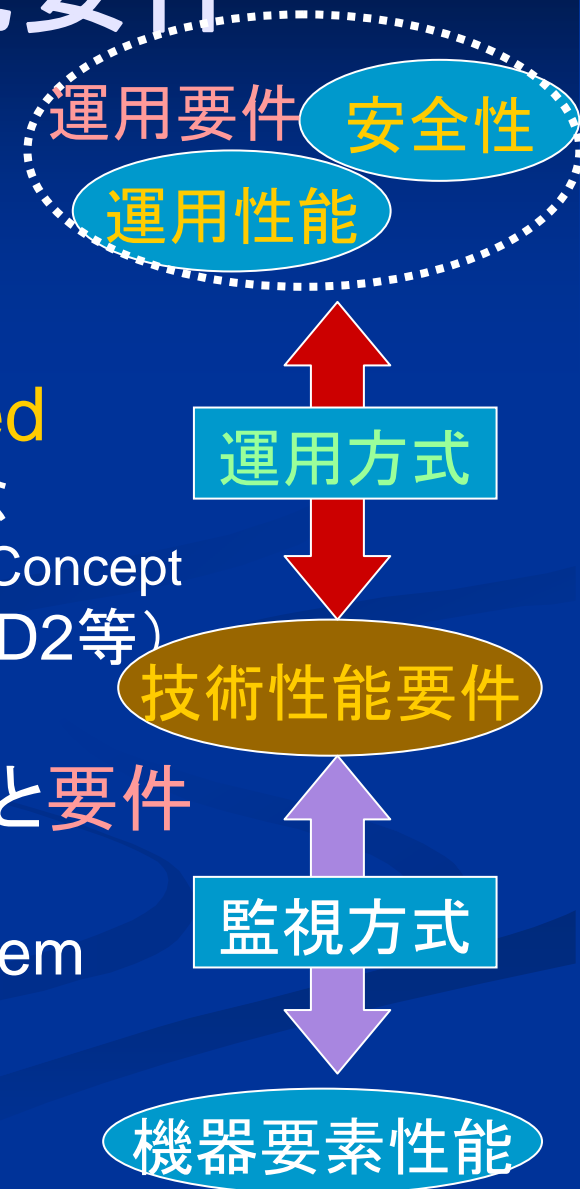
背景：新しい運用方式の導入



新しい運用方式を実現するために必要な
監視システム性能の技術要件は？

運用方式と運用性能要件

- 現在の運用方式基準
 - ICAO Doc.4444 PANS-ATM
 - ICAO Doc.8168 PANS-OPS
- 運用方式の移行 = Performance Based
 - ICAO Doc.9854 全世界的ATM運用概念
 - Global Air Traffic Management Operational Concept
 - 欧州 SESAR (Definition Phase報告書D2等)
 - 米国 NextGEN
- ICAO Doc.9882 ATMシステム全体像と要件設定指針
 - Manual on Air Traffic Management System Requirements



具体的な運用要件

- 運用方式毎に定められる SPIR
- 安全性・運用性能および共用性の要件
 - Safety, Performance and Interoperability Requirements
 - 運用方式 OSED (Operational Service and Environment Definition)
 - 運用安全性 OSA (Operational Safety Analysis)
 - 運用性能 OPA (Operational Performance Analysis)
 - 共用性要件 INTEROP (Interoperability Requirements)
- RTCA/EUROCAE ASA/GSA RFGが作成
 - Airborne Surveillance Application / Ground Surveillance Application Requirement Focus Group
- RTCA/EUROCAE文書として業界標準化

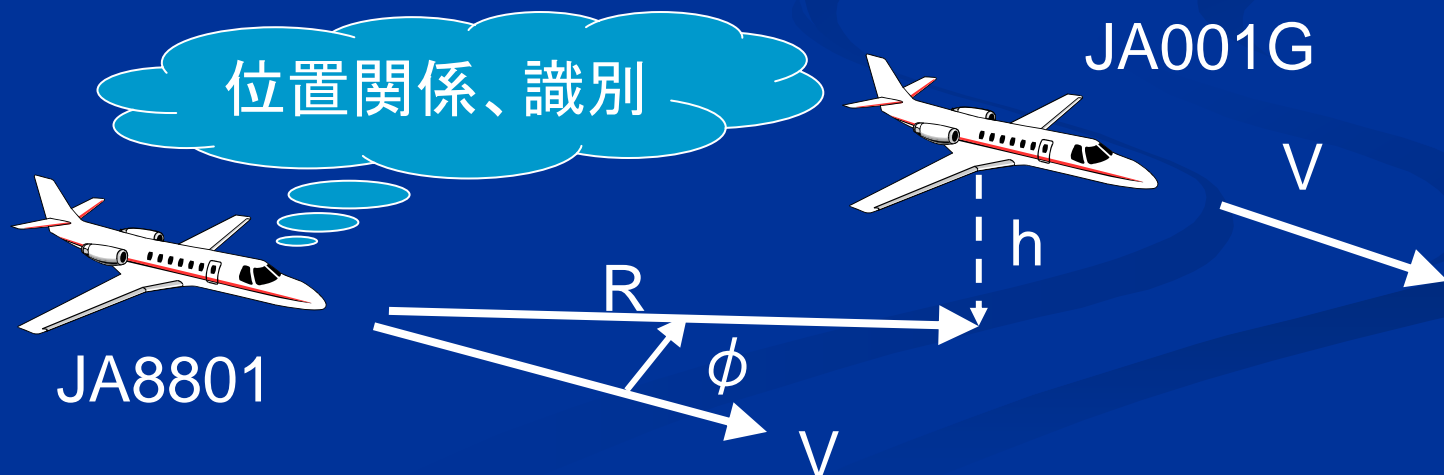
ADS-B監視応用関連SPIRの例

RTCA文書	略称	概要
DO312	ATSA-ITP	In-Trail Procedure
DO314	ATSA-VSA	Visual Separation Approach
DO319	ATSA-AIRB	Airborne
DO322	ATSA-SURF	Surface
DO303	ADS-B-NRA	Non-Radar Airspace
DO318	ADS-B-RAD	Radar Airspace
DO321	ADS-B-APT	Airport

機器MOPSは DO260B, DO317Aなど

監視性能要件の検討例

- 航空機相互監視の例： ATSA-AIRB
 - RTCA DO-319
 - 飛行中の交通状況認識支援
 - 周辺航空機の位置関係や識別情報を表示
 - 目視の支援



監視情報の交換

識別、位置、速度、経路意図

提供情報の精度や信頼性が前提

ADS-B未対応機
別媒体ADS-B機

直接の監視
不可能

ADS-B対応機

ADS-B/TIS-Bによる空対空監視
ASASによる空対空監視情報処理

SSR、WAM、
別媒体ADS-B
による監視

SSRへの応答信号

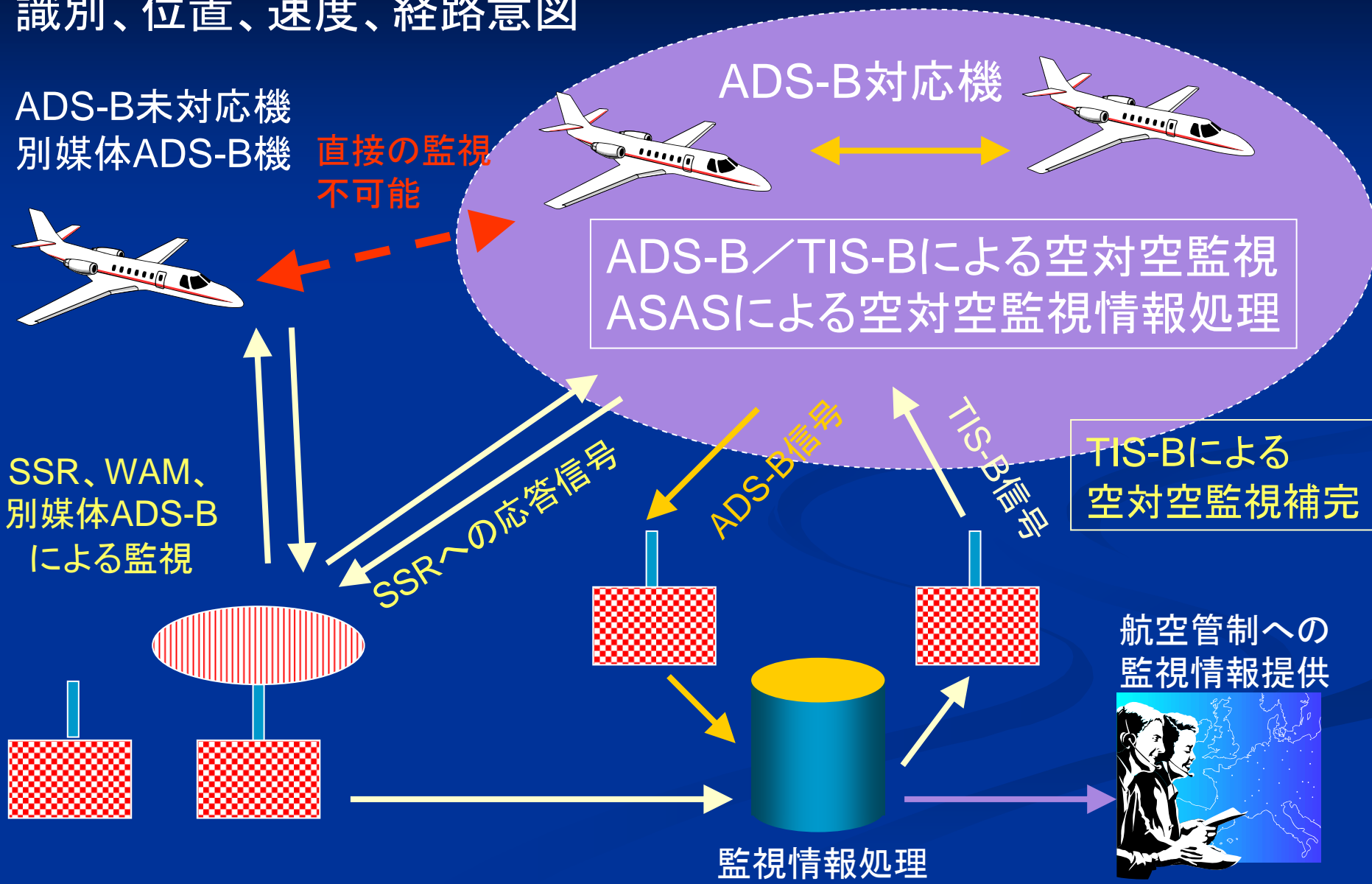
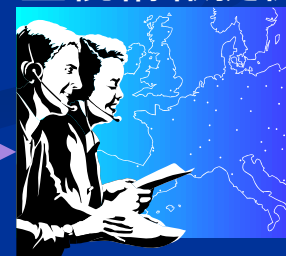
ADS-B信号

TIS-B信号

TIS-Bによる
空対空監視補完

航空管制への
監視情報提供

監視情報処理



ATSA-AIRB運用要件

- CDTI画面上で周辺航空機の位置を確認
 - 目視支援
 - 目視できない場合の補完

要件	運用性能要件
SPR. 29	相手機方位の表示分解能 $\leq \pm 5^\circ$
SPR. 32	相手機速度の表示分解能 $\leq \pm 10\text{kts}$
SPR. 34	送信位置 1 - Integrity < 0.001/Flt hour
SPR. 35	受信処理 1 - Integrity < 0.001/Flt hour

SPR: Safety and Performance Requirement

ADS-B監視情報想定事項

- 運用性能分析OPAに**想定**した情報の品質
- ATSA-AIRB運用の安全性評価の前提
- ADS-B監視情報の技術要件の根拠

想定	想定事項
Assump-OPA. 3	自機飛行方向誤差 $\leq 5^\circ$ 95%
Assump-OPA. 12	相手機の位置測定周期: 1 s
Assump-OPA. 13	位置送信Latency: 1.5s 95%
Assump-OPA. 14	位置受信周期 $\leq 3s$ 95% @5NM

ADS-B監視情報に関する運用要件

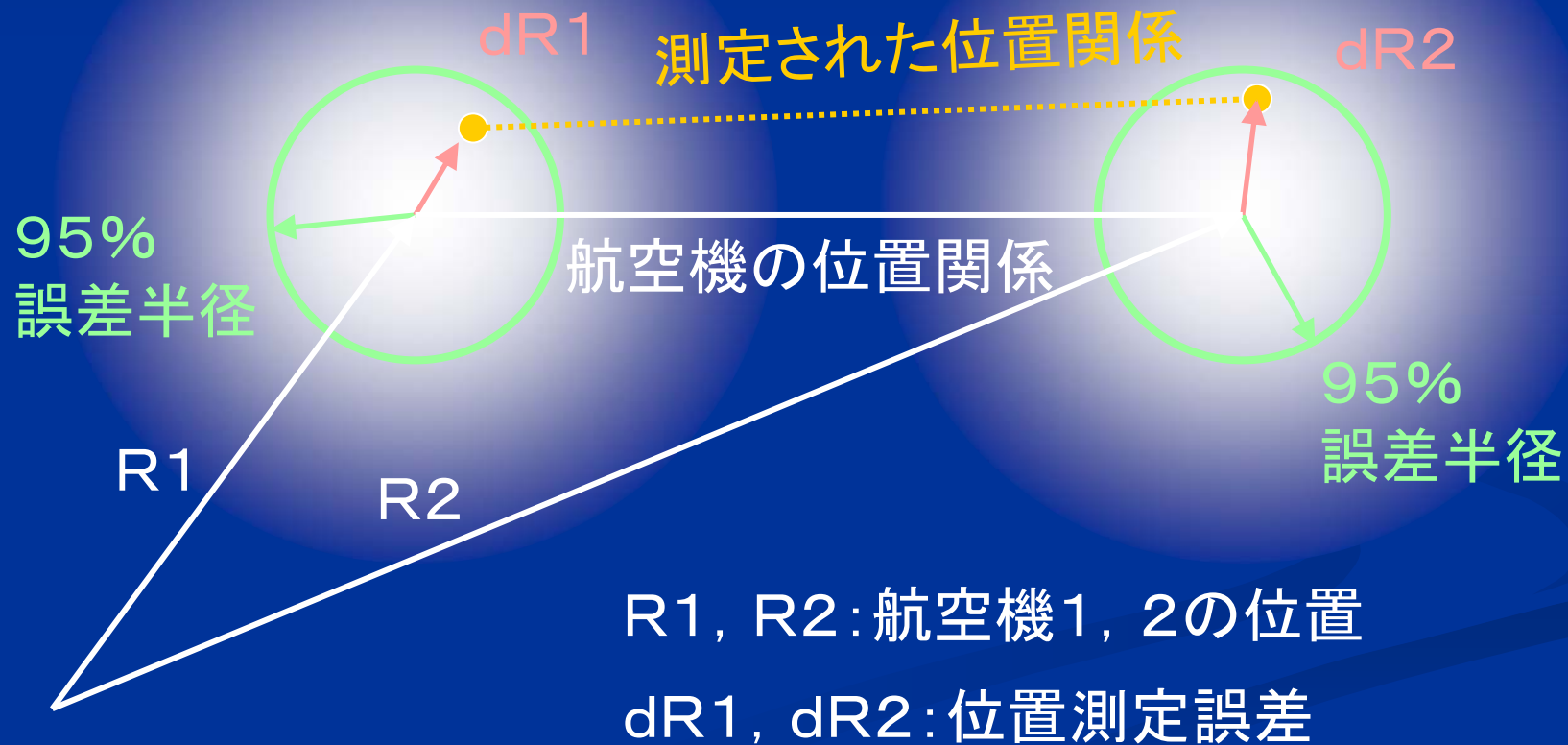
- パイロットに提供する監視情報の品質に関する要件
- 運用性能分析OPAの想定事項と整合

要件	運用性能要件
SPR. 39	相手機 $dR \leq 0.5\text{NM}$ 95% (NACp>5)
SPR. 40	自機 $dR \leq 0.5\text{NM}$ 95%
SPR. 41	相手機 $dV \leq 19.4\text{kts}$ 95% (NACv>1)
SPR. 42	自機 $dV \leq 19.4\text{kts}$ 95%
SPR. 43	相手機表示方位誤差 $\leq 25^\circ$ 95%

dRは水平面内位置誤差、dVは水平面内速度誤差

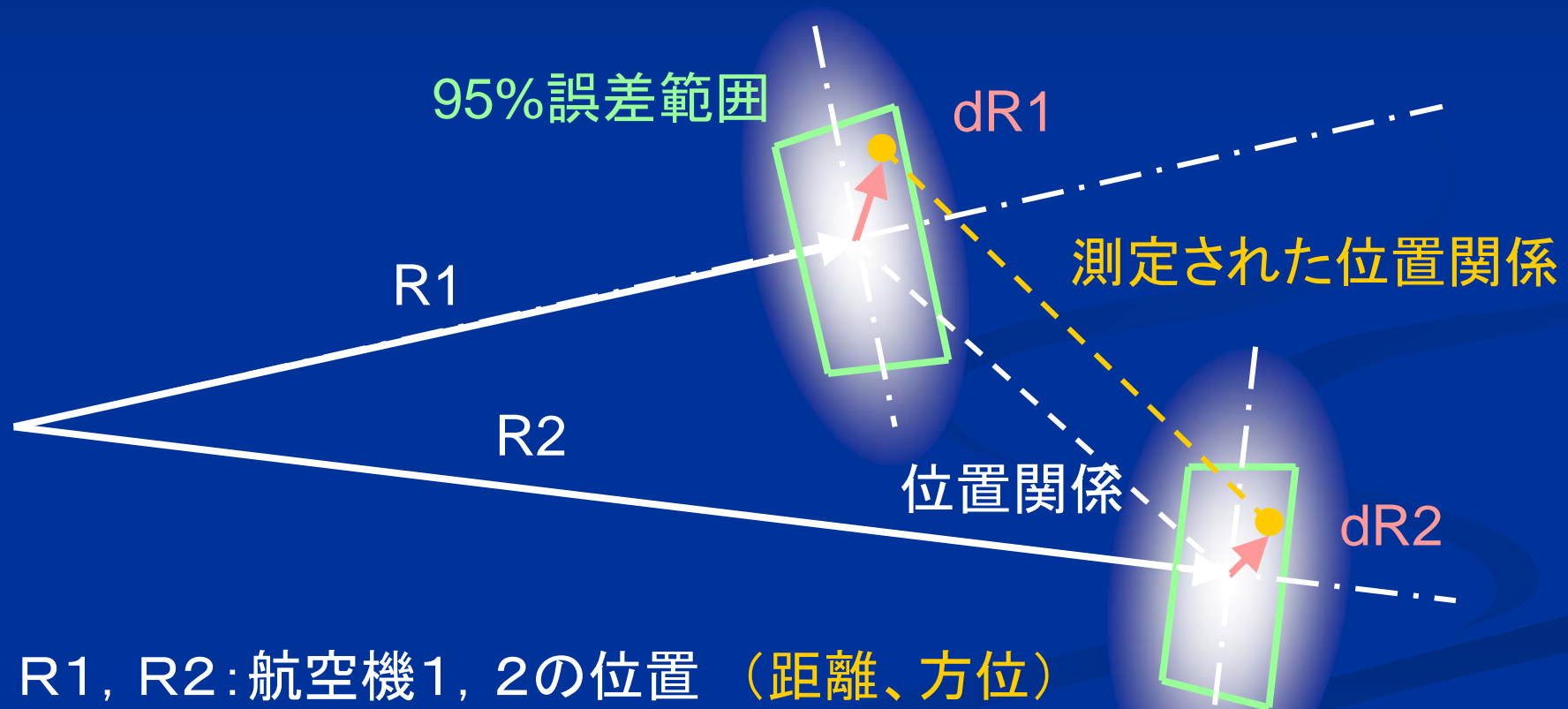
位置測定誤差モデル ADS-B

等方性二次元正規分布を想定



位置測定誤差モデル TIS-B用レーダ

位置情報に測定要素毎の正規分布を想定



R_1 , R_2 : 航空機1, 2の位置 (距離、方位)

dR_1 , dR_2 : 位置測定誤差 = 距離誤差、方位誤差!

技術性能要件の表現例 TIS-B用レーダ

- ATSA-AIRB用監視情報源の想定事項
 - 送信レイテンシなどはADS-Bと同じ
 - 覆域30NMの範囲内でADS-Bと同じ運用を実現
 - 速度計算の平滑時間は3秒
- 誤差表現方法によっては要件の強弱発生
 - 運用要件を直接表現できる方法で技術性能要件を表現
 - 運用要件を満たす技術性能要件から最も厳しいものを選択

要件項目	距離誤差	方位誤差
SPR. 39	$\leq 0.2 \text{ NM (370 m) rms}$	$\leq 0.38^\circ \text{ rms}$
SPR. 41	$\leq 0.011 \text{ NM (21.3 m) rms}$	$\leq 0.02^\circ \text{ rms}$

今後の課題：作業継続

- 各階層の要件の関係
 - 運用要件と運用性能要件 = SPIR活用
 - 運用性能要件 / 安全性と技術性能要件
 - 運用性能 × 技術性能のマトリクスの作成
 - 運用性能要件における暫定的な想定事項の改訂
 - 技術性能要件と機器要素性能
 - 監視方式に応じた技術性能要件の表現：仕様書
- 技術性能要件の可測性
 - 測定可能な要件でなければ使えない
 - 非常に低い確率の測定手法の準備

