

# ADS-B位置検証技術の実用化に向けた考察

○長縄 潤一, 宮崎 裕己

監視通信領域

2020/10/01 研究発表会

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

電子航法研究所

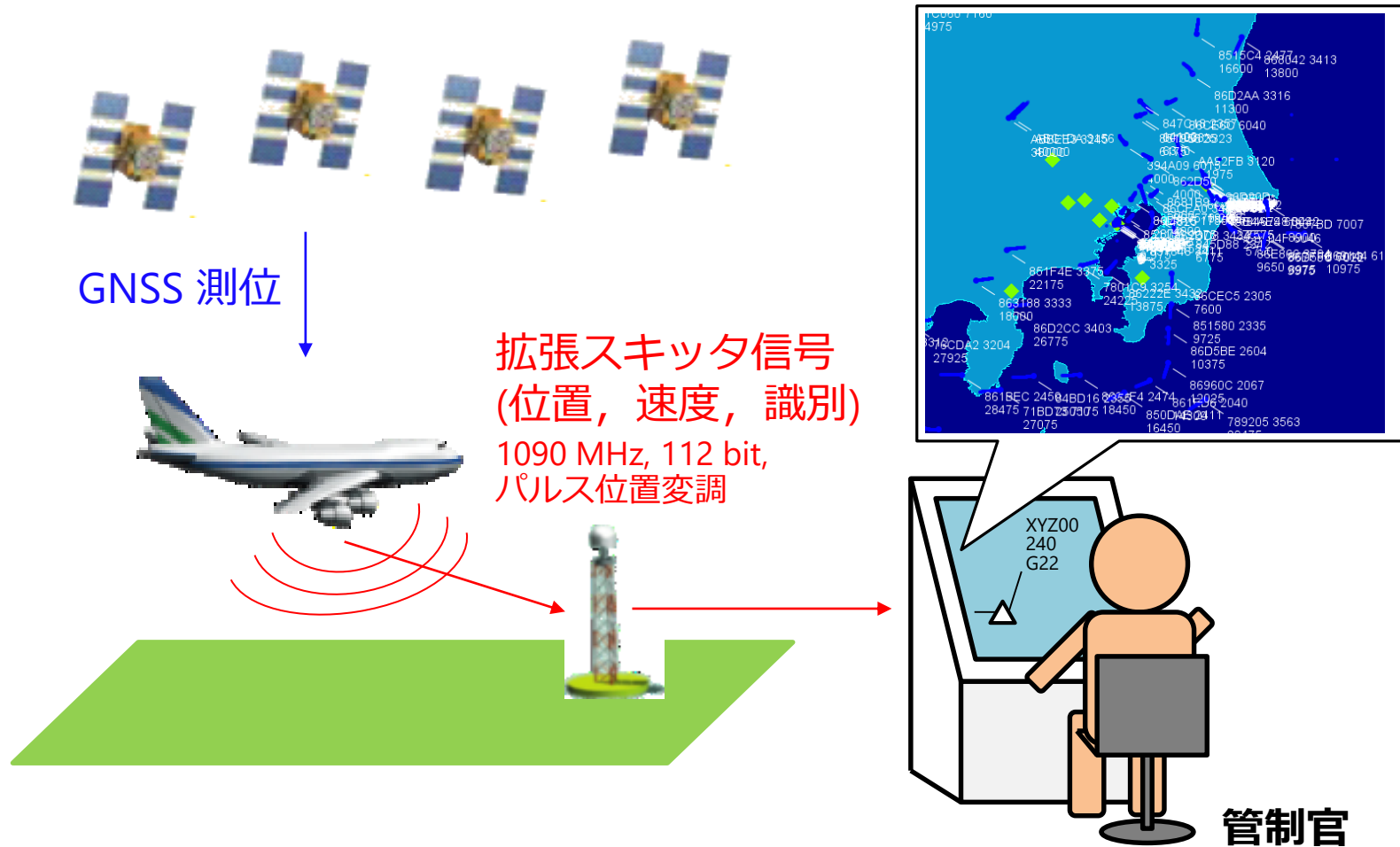
ADS-Bの課題（なりすましや機上装置不良）

位置検証技術

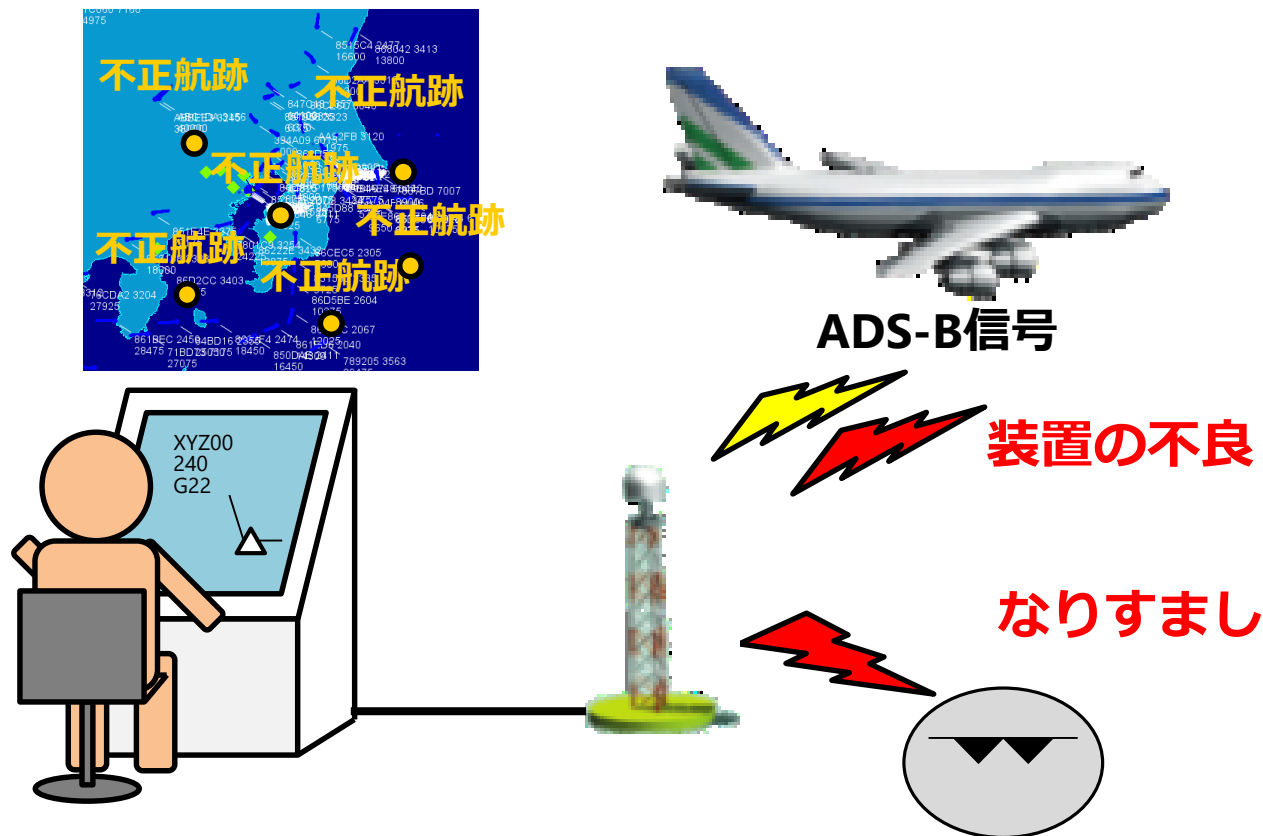
- 信号到達時間差法（TDOA法）
- 当所における研究紹介

実用化に向けた考察

- 二次監視レーダ(SSR)や広域マルチラレーション(WAM)に続く次世代監視システム
- 航空機が自らの位置を測位, それを地上・周辺の航空機に対して放送



航空機からの放送に頼ることから、  
なりすまし・機上装置不良に起因する不正航跡の課題がある



## よく聞かれる質問

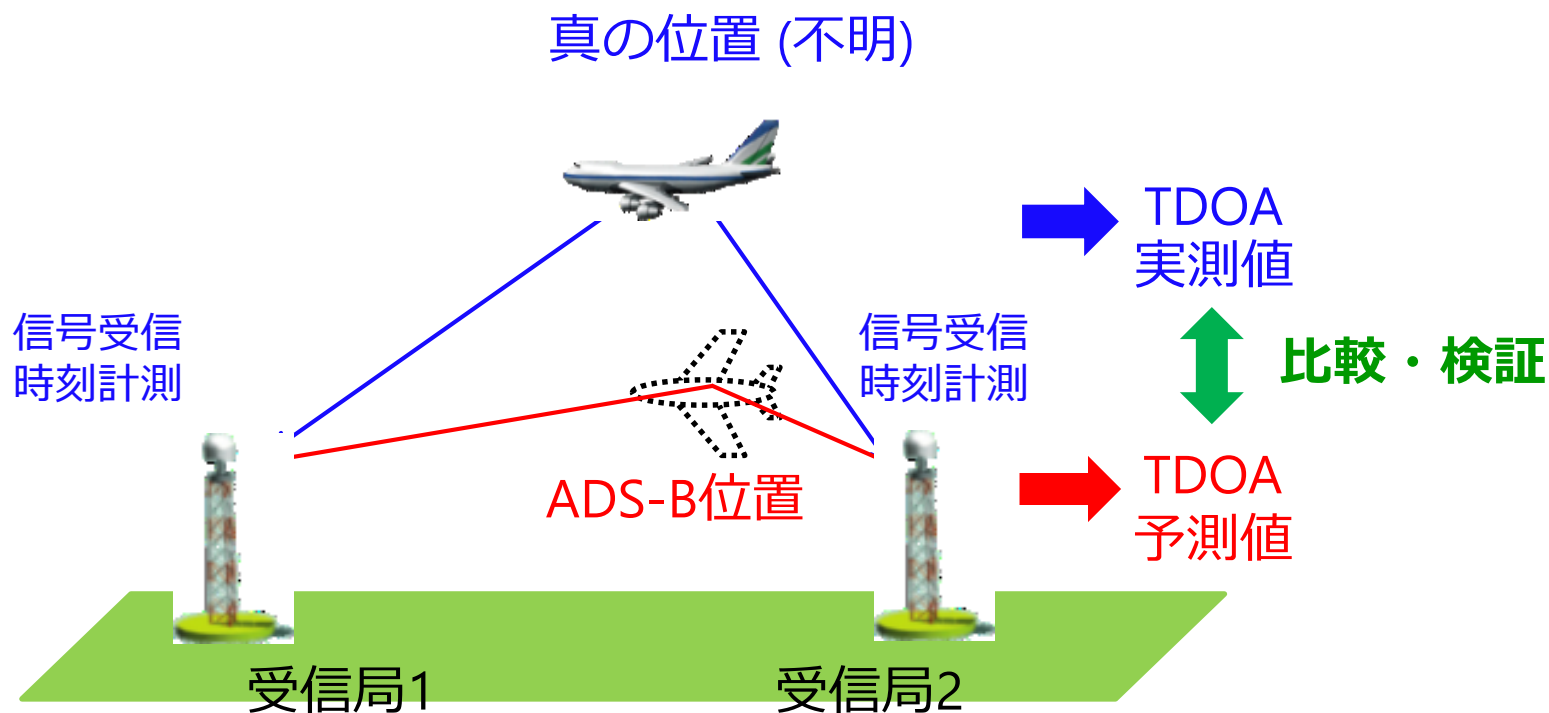
- 既存のシステム（SSR・WAM）は大丈夫か？
- → SSRやWAMは原理上、なりすましに強い  
→ 航跡統合でなりすまし対策も可能
- 事例はあるのか？
- → 機上装置に起因する不正航跡の事例が報告  
→ なりすましは研究開発上のデモが報告  
(いずれも海外が中心)

なりすまし・不正航跡の対策技術「位置検証技術」

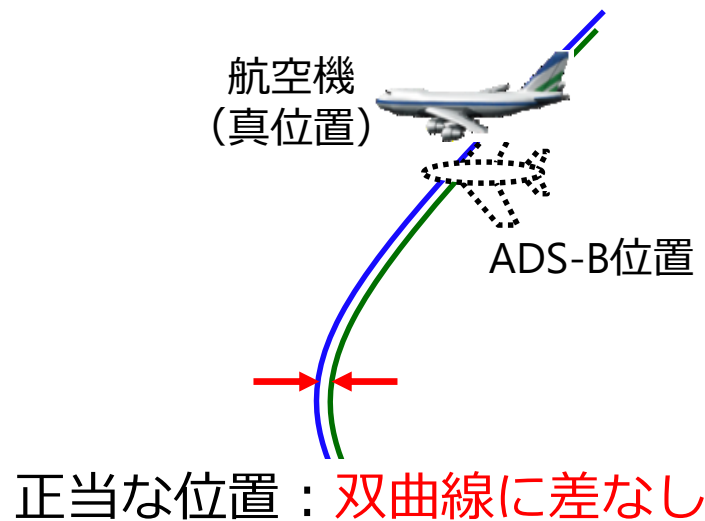
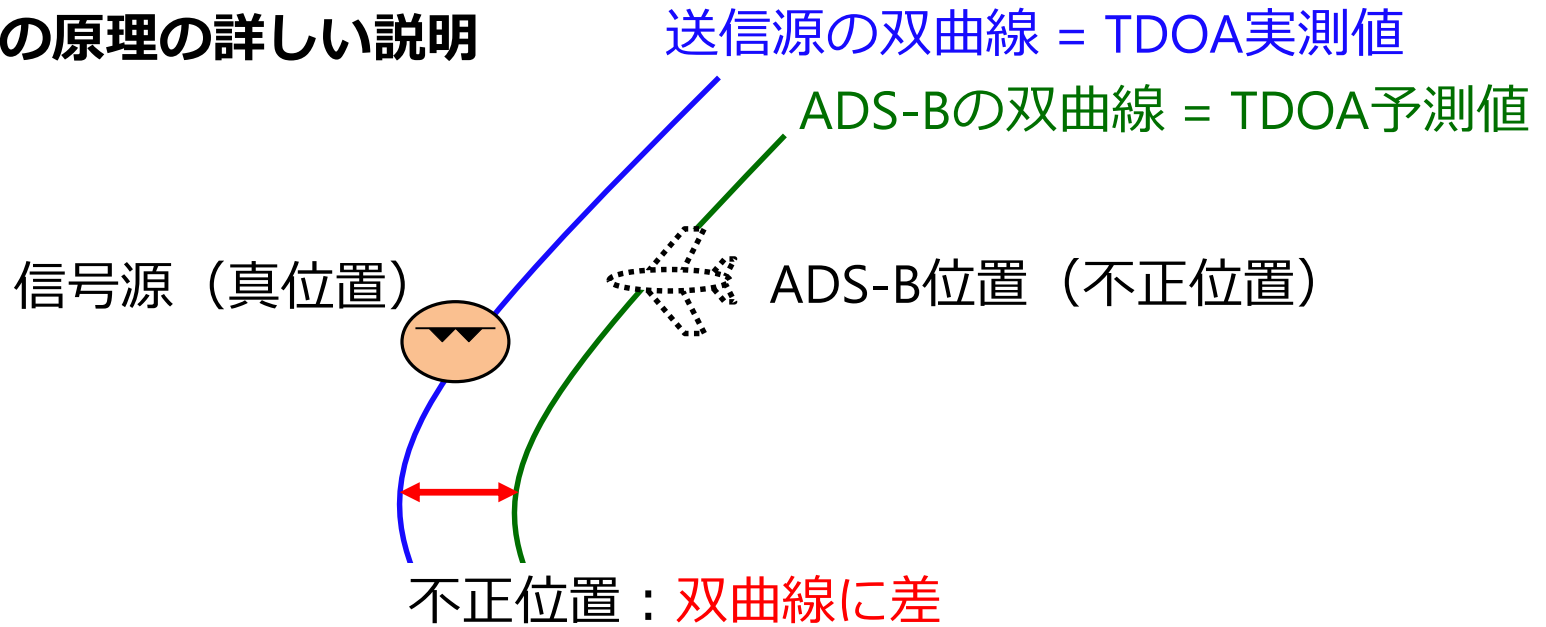
- 位置情報が不正な場合、送信源とADS-B位置が異なるはず



- 電波の性質などを用いて検知する  
例) 信号到達時間差法 (TDOA法 : Time Difference Of Arrival)



## TDOA法の原理の詳しい説明



# 当所における研究

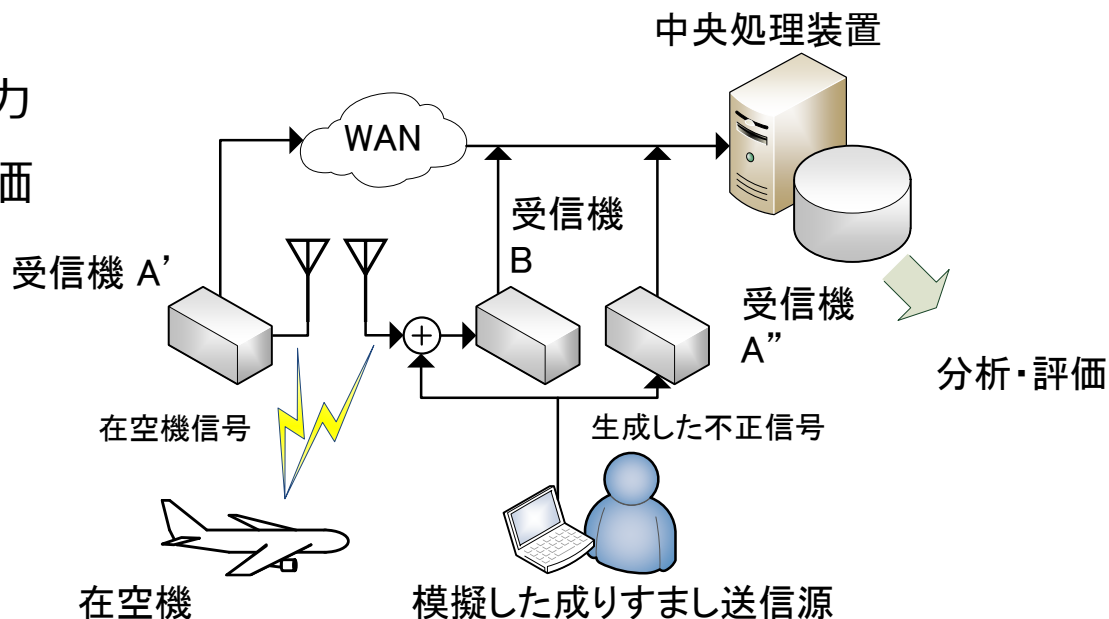
---



- 不正信号と在空機信号を混合して実験システムに入力
- 不正信号を判別できるか評価

## 実験システム

- 受信局 2 局  
(受信機 3 台で模擬)
- 1 台のなりすまし送信源  
(電波は放射せず、ケーブル接続で模擬。不正なADS-B位置を含む)
- 在空機の信号も受信  
(ADS-B位置は全て正当と仮定)



受信機:見本(左),  
受信機 A''(中央), 受信機 B(右)

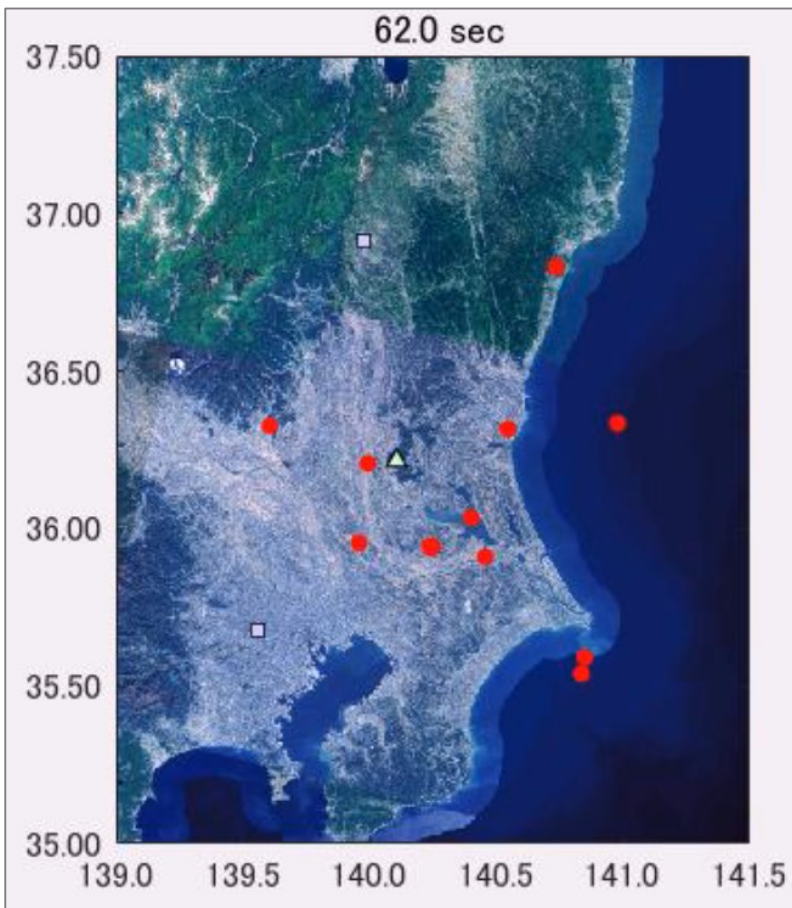


受信機B用  
アンテナ

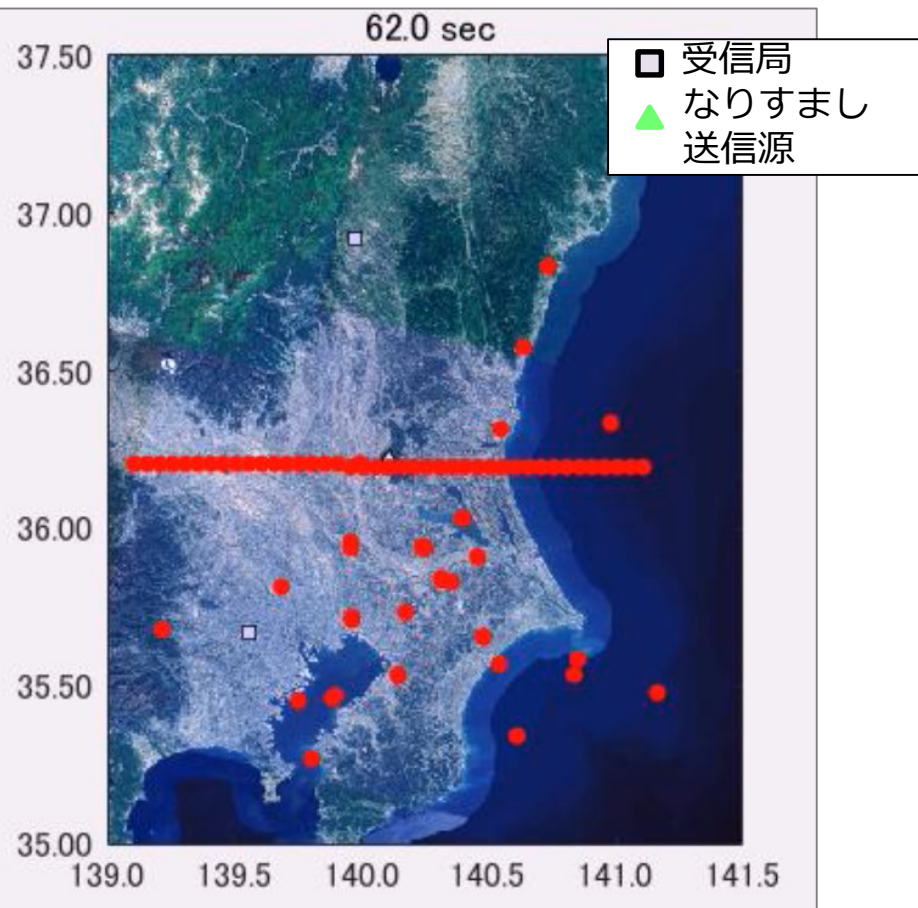


受信機A用  
アンテナ(見本)

### 位置検証あり

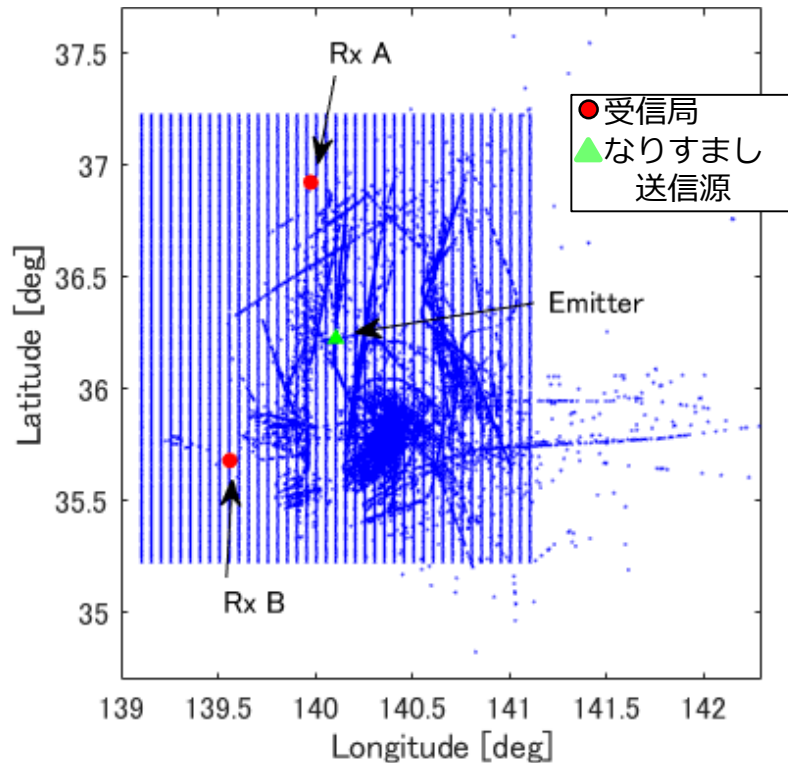


### 位置検証なし

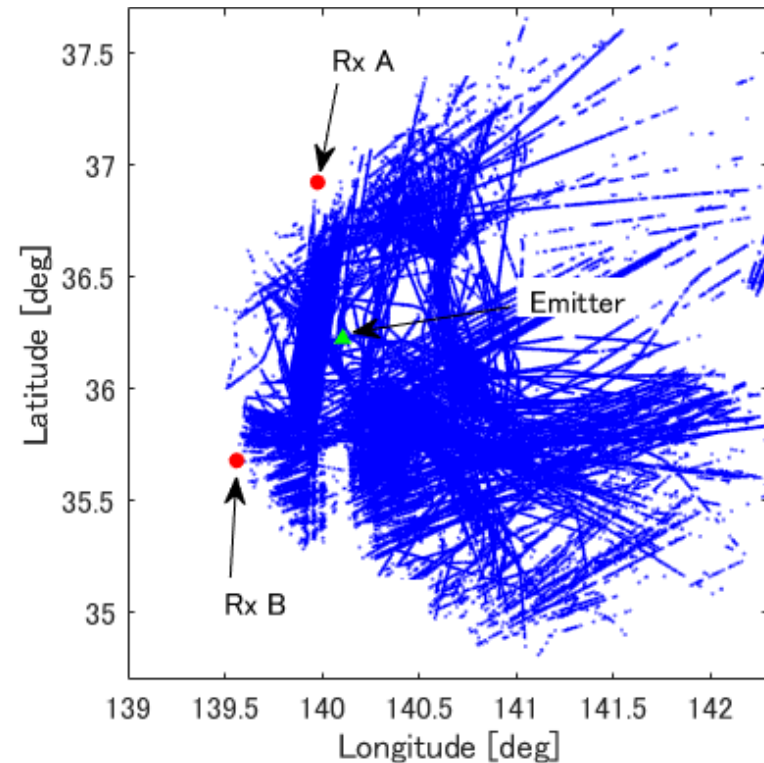


おおむね正しい判定結果が得られた

不正判定されたADS-B位置※



正当判定されたADS-B位置



※ 格子状なのが生成した不正信号によるADS-B位置  
在空機信号も一部、不正判定されたが判定しきい値によるもの

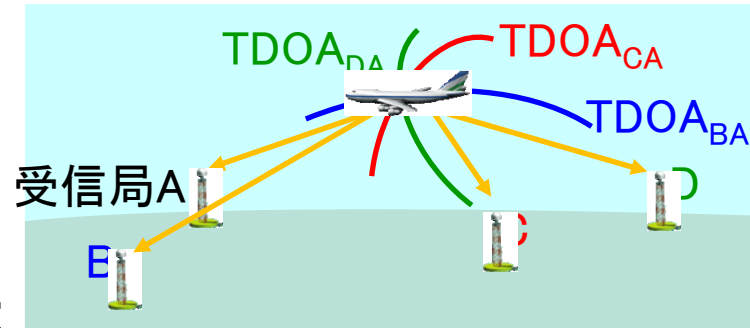
# 実用化に向けた考察

---

既存インフラを用いて効果的に実装できる

- 航空路やターミナルに整備された広域マルチラレーション (WAM)

受信局を複数設置して、  
信号到達時間差 (TDOA)  
から航空機位置を推定するシステム



- WAMが得たTDOAを位置検証に流用可能
- 原理的にはソフトウェア改修や中央処理装置の増設で実装可能  
例) 実験では中央処理装置を増設



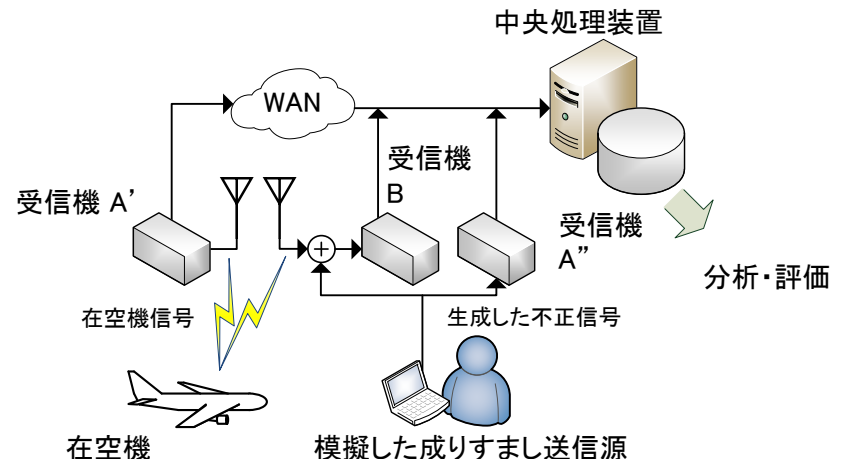
受信機: 見本 (左),  
受信機 A" (中央), 受信機 B (右)



受信機B用  
アンテナ



受信機A用  
アンテナ(見本)



性能指標は検出率・誤検出率

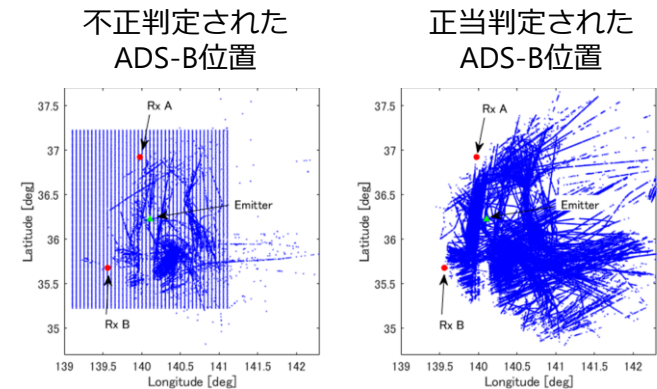
- 検出率  
不正を不正と判定する確率
- 誤検出率  
正当なものを誤って、不正と判定する確率

留意事項

- 国際的な標準は定まっていない
- 影響する項目
  - ・ 受信局性能
  - ・ 判定しきい値
  - ・ 位置関係  
(受信局、監視覆域、なりすまし送信源)

従来の監視システム  
例) 精度・更新間隔

実験の例  
検出率0.998 (99.8%)  
誤検出率0.048 (4.8%)



決め方は後ほど

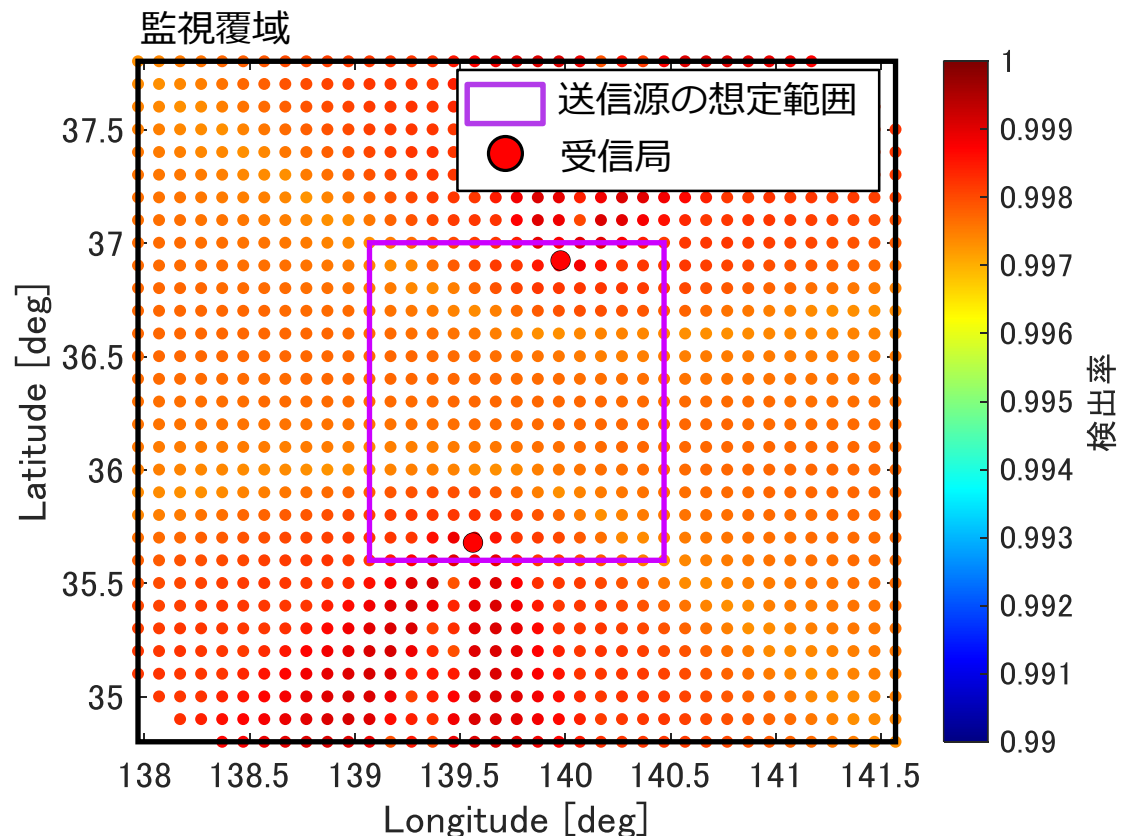
位置関係で考慮に入れる項目

- 受信局、監視覆域、なりすまし送信源



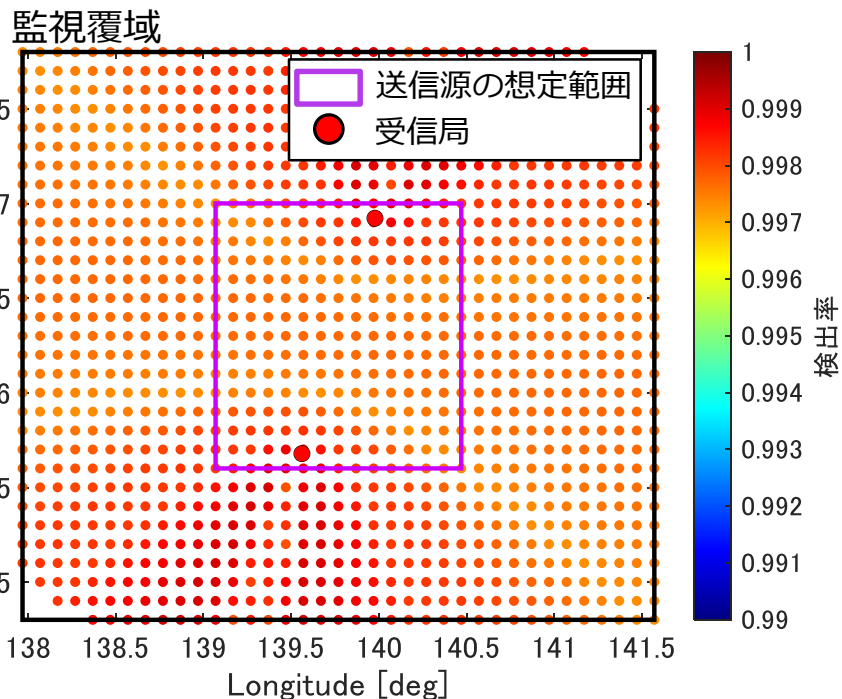
「平均的な検出率」を理論的なモデルで計算し、図示する方法を提案

- なりすましは事前に想定したエリア内のどこかでランダムに発生と仮定  
(一様な発生確率)
- 覆域の点に航跡を出すことを試みると仮定

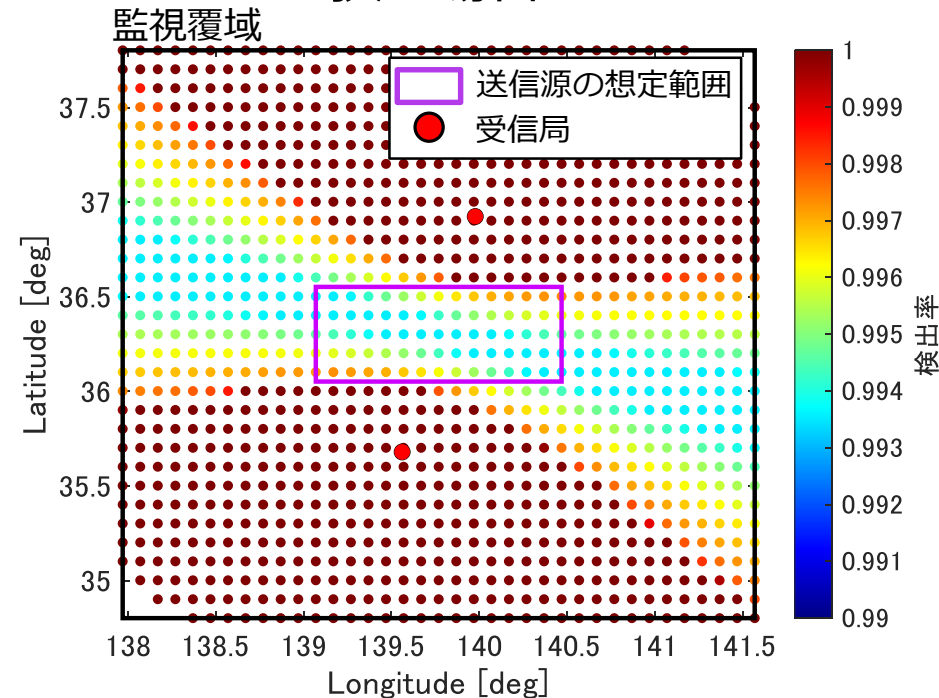


色々なパターンで計算して、事前に位置関係を検討できる  
例) なりすましの事前想定を変えた場合

広い場合



狭い場合



- 他にも受信局位置の影響なども検討可能
- WAMのように受信局で囲まれる位置は性能が良いことが明らかになっている



判定しきい値は、検出率・誤検出率に影響

- 大きい値 ... 検出率 ↓ 誤検出率 ↓
- 小さい値 ... 検出率 ↑ 誤検出率 ↑

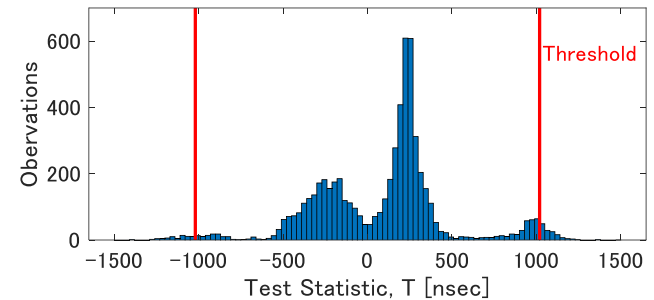
決め方の原則：

- レーダなどの考え方を参考に「誤検出率一定」が自然

実際の方法：

| 理論的なもの                                     | 経験的なもの       |
|--|--------------|
| 誤検出率要因を基に理論的に計算<br>(ADS-Bの誤差、飛行経路など位置関係、等) | 測定データを基に設定   |
| ○ 装置不要、要因の切り分け                             | ○ 簡便         |
| × パラメータ設定、やや保守的                            | × 装置必要、要因が混在 |

実験の例) 事前測定データを基に決定



誤検出5% → 1019.4 nsec (約300m相当)  
※ アラートを出す場合にはより低い値が妥当

## ADS-Bの位置検証技術とその研究を紹介

- TDOA法の説明
- 当所の実験結果の紹介

## 実用化に向けた考察

- 既存インフラを活用した実装
- 性能指標（検出率、誤検出率）
- 位置関係の検討方法
- しきい値の決定方法

## 今後の予定

- 考察の発展 と 性能向上策の検討