

第25回電子航法研究所発表会



GNSS代替としてのマルチDME測位の国内適用性評価

航法システム領域

毛塚 敦, 齊藤 真二, 長谷川 努, 高島 宗彦, 尾関 友啓

2025年6月13日 14:55 – 15:20

電子航法研究所

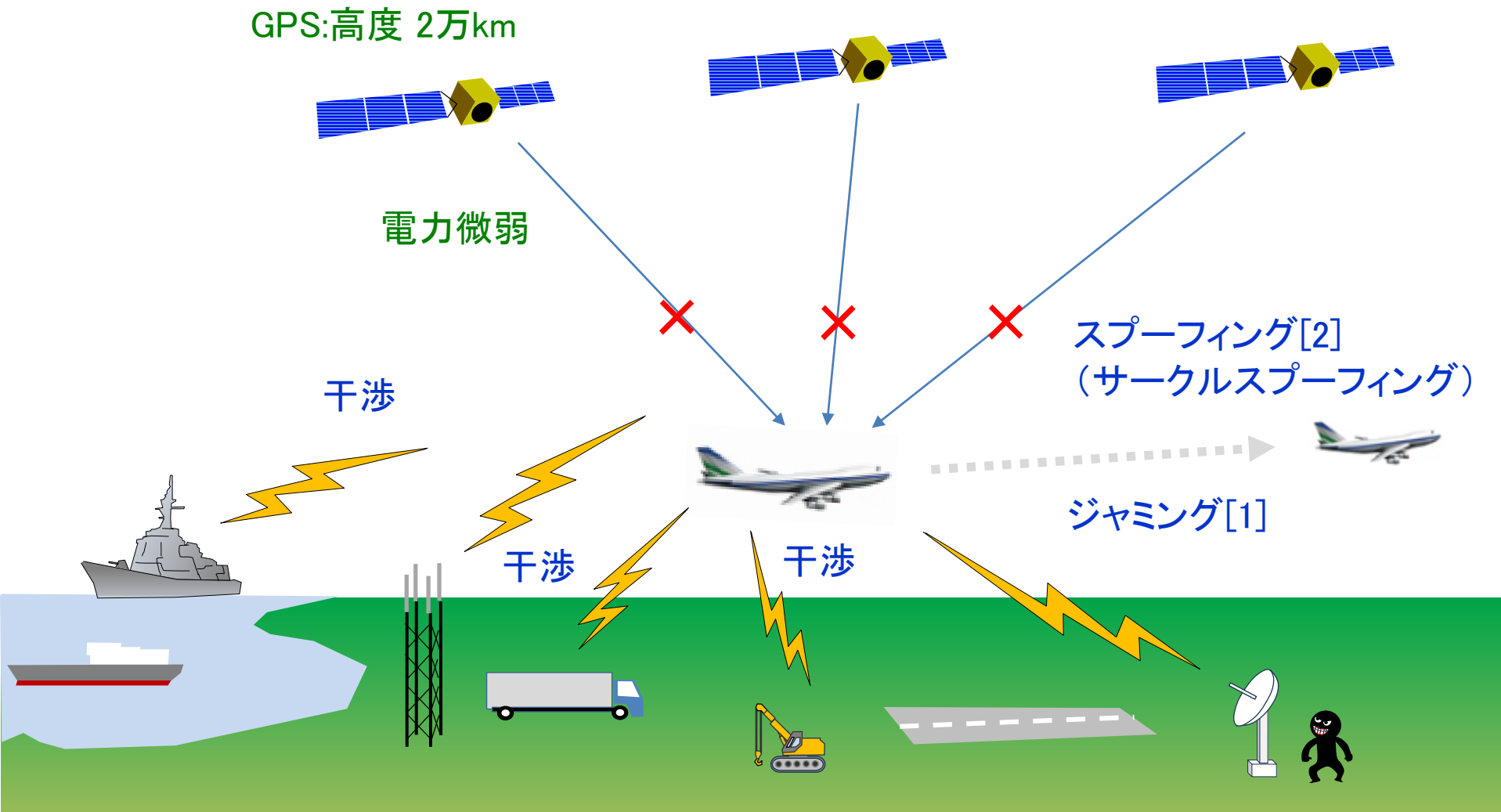
海上技術安全研究所本館講堂



本発表の内容

- 研究背景（ジャミング、スプーフィング）
- マルチDME測位方式（GNSS測位のバックアップ）
- 成田空港における飛行実験評価結果
- 仙台空港における飛行実験評価結果
- マルチDME方式導入における課題
- まとめと今後の予定

背景



干渉、ジャミングおよびスプーフィングにより航空機においてGNSSが使用できない状況が発生 ⇒ **GNSSのバックアップが必要**

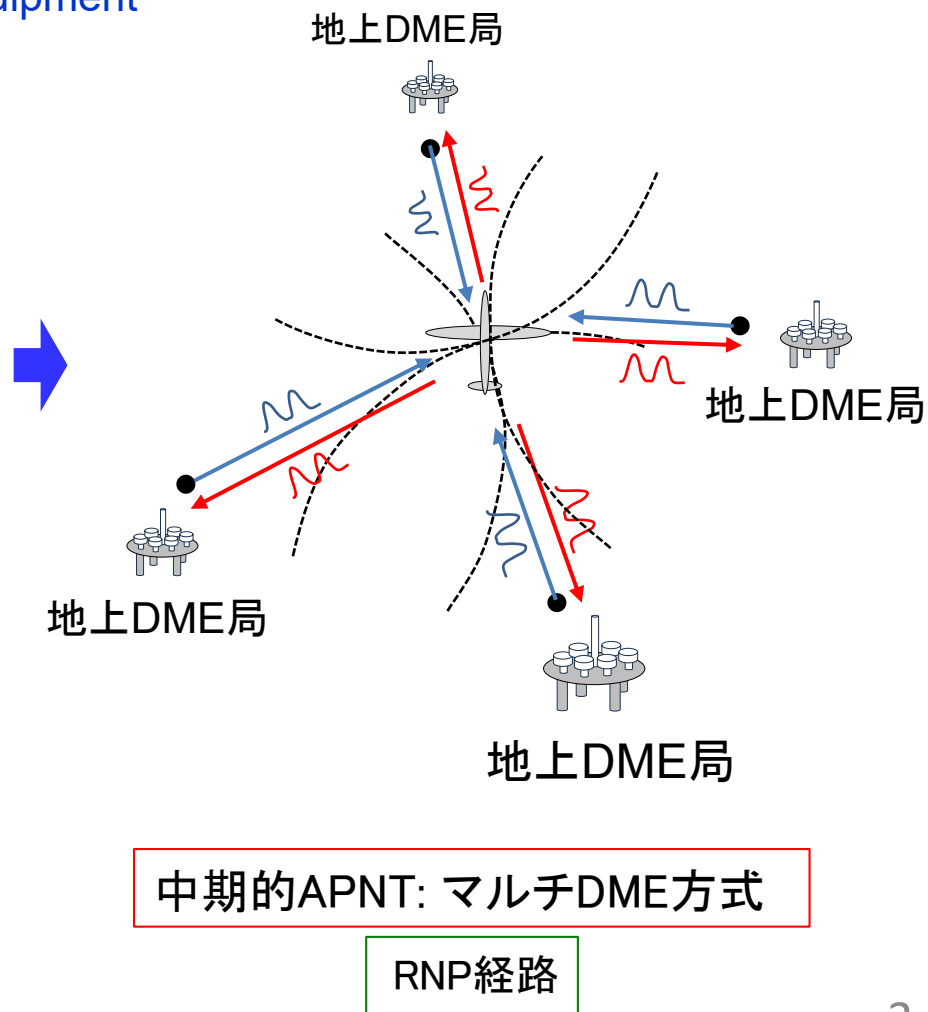
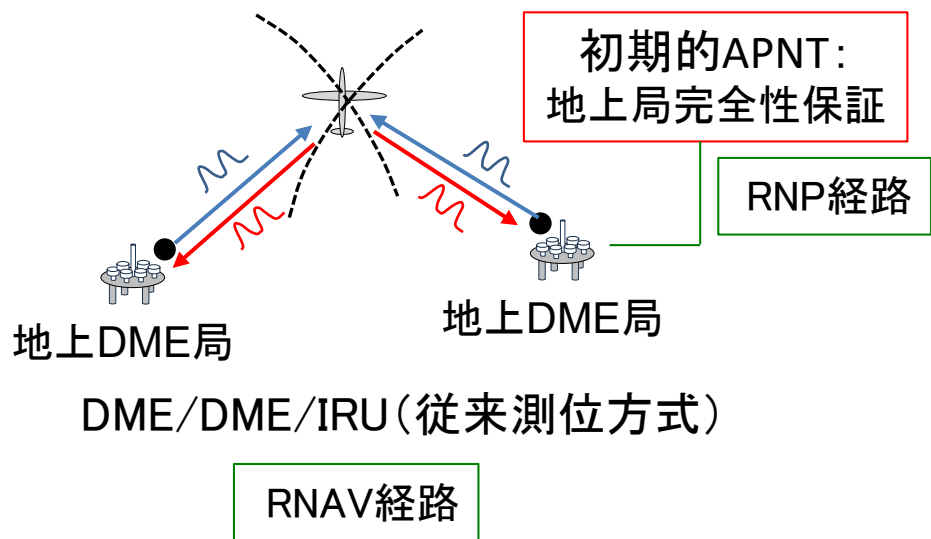
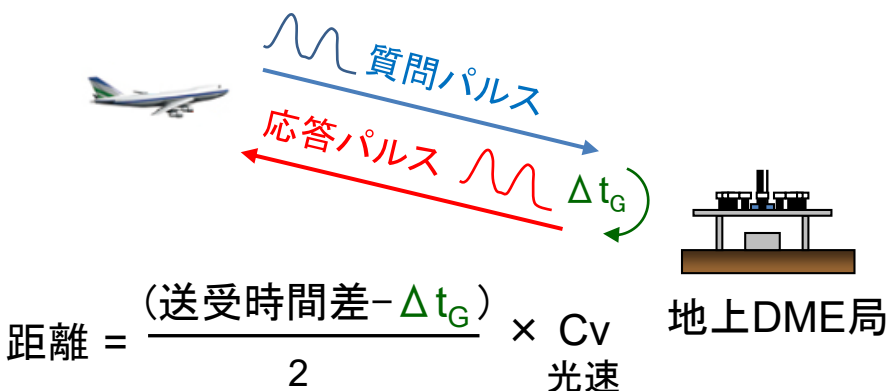
マルチDME測位方式

GNSSバックアップ航法 (ICAO NSP Jobcard)

APNT/CPNT (Alternate/Complementary Positioning, Navigation and Timing)

機上DME局

DME: Distance measuring equipment



研究背景

国際標準化

EUROCAE WG-107 (DME Infrastructure supporting PBN Positioning)

- ・ 地上トランスポンダのMOPS(最小運用性能基準)ED-57改訂
- ・ 新規MASPS(最低航空システム性能基準)の作成
- ・ マルチ測位への移行をサポート

EUROCAE WG-85 (4D-Navigation) / RTCA SC-227 (Standards of Navigation Performance)

- ・ DMEによりレジリエントなRNP能力を提供し、PBN運用のロバスト性確保をサポート

先行研究例

SESAR2020 PJ.14-03-04-W1

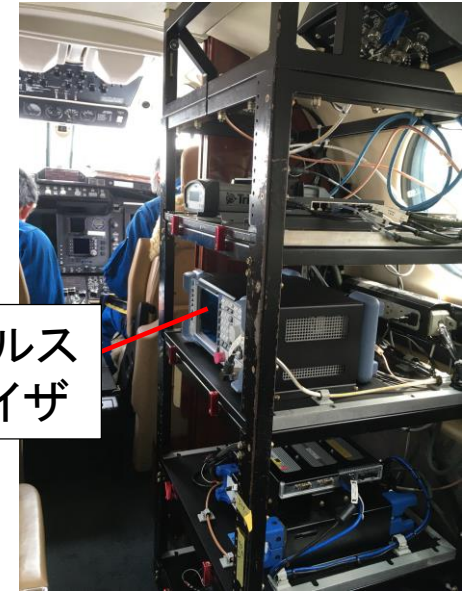
- ・ マルチDMEおよびRAIM (Range Autonomus Integrity Monitoring) によるRNP航法に要求されるインテグリティ 10^{-5} の検討

Xiao Liang 他

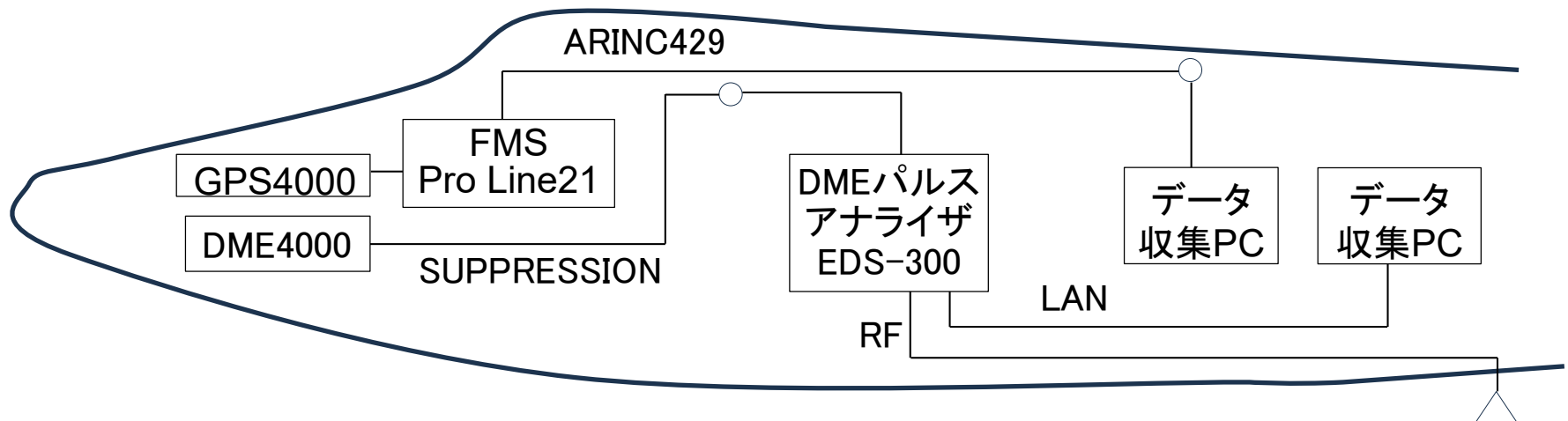
- ・ マルチDME性能が気圧高度とTACANにより向上することをシミュレーション検証

本研究では、実験用航空機よつばを用いて実験により有効性を検証

よつばにおける測定系



DMEパルス
アナライザ



L-BAND Antenna (Bottom)

※実験中に使用した部分のみ表示

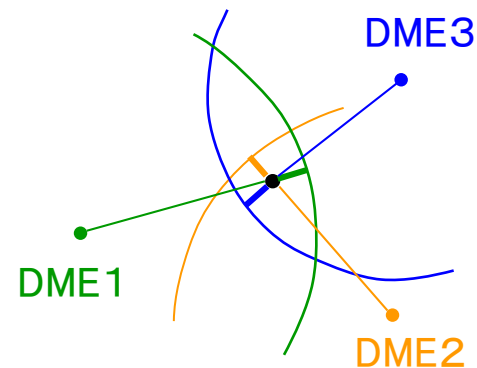
マルチDME測位計算方法

航空機の位置 x_p, y_p, z_p に対して、地上DME局を4局以上で測位する場合、各局測距誤差を含むため球面が1点で交わらない

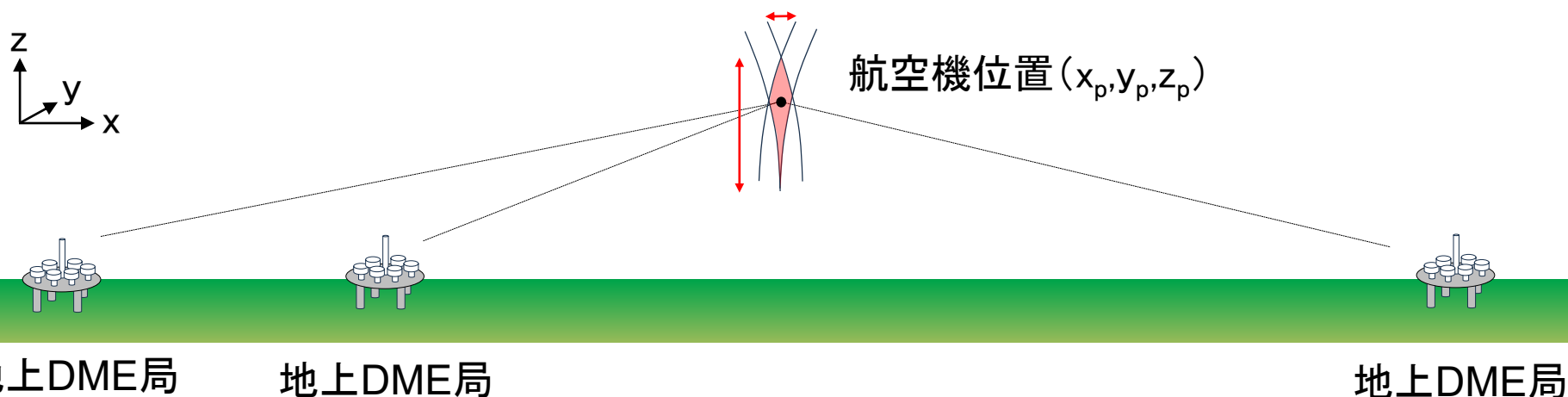
⇒ 航空機位置と測距値による各球面との距離の二乗和が最も小さくなるように計算(最小二乗法)

測距値の変化に対して高さ方向の測位解は大きく変化

⇒ 高さ方向の解 z_p を気圧高度計により与える(3局以上で測位)



測位計算方法



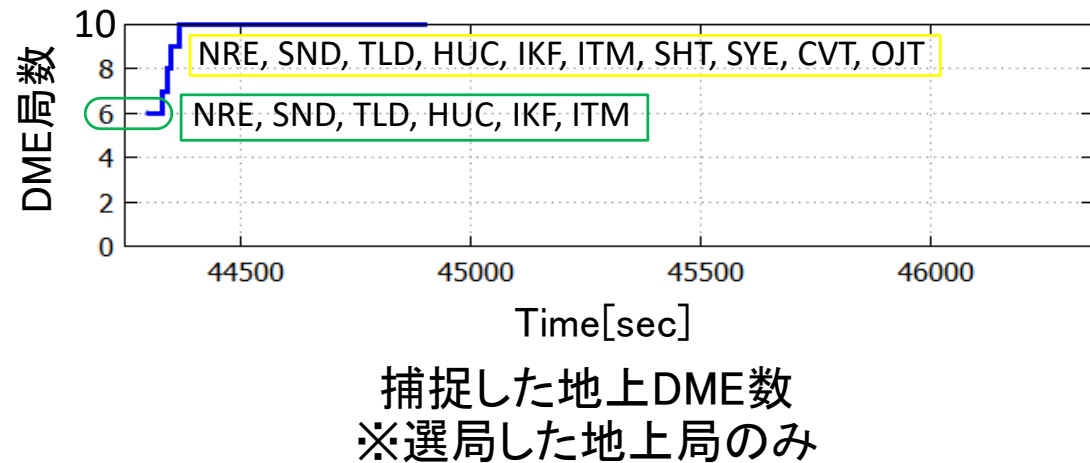
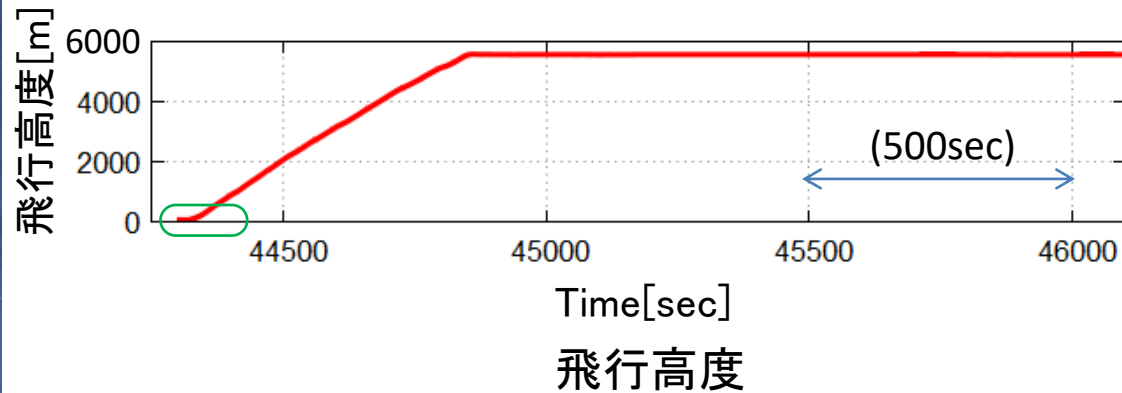
HDOP (Horizontal Dilution of Precision) : 水平方向の測位精度指標値

HDOP小(配置の偏り小) ⇒ 水平方向測位精度良

成田空港における評価

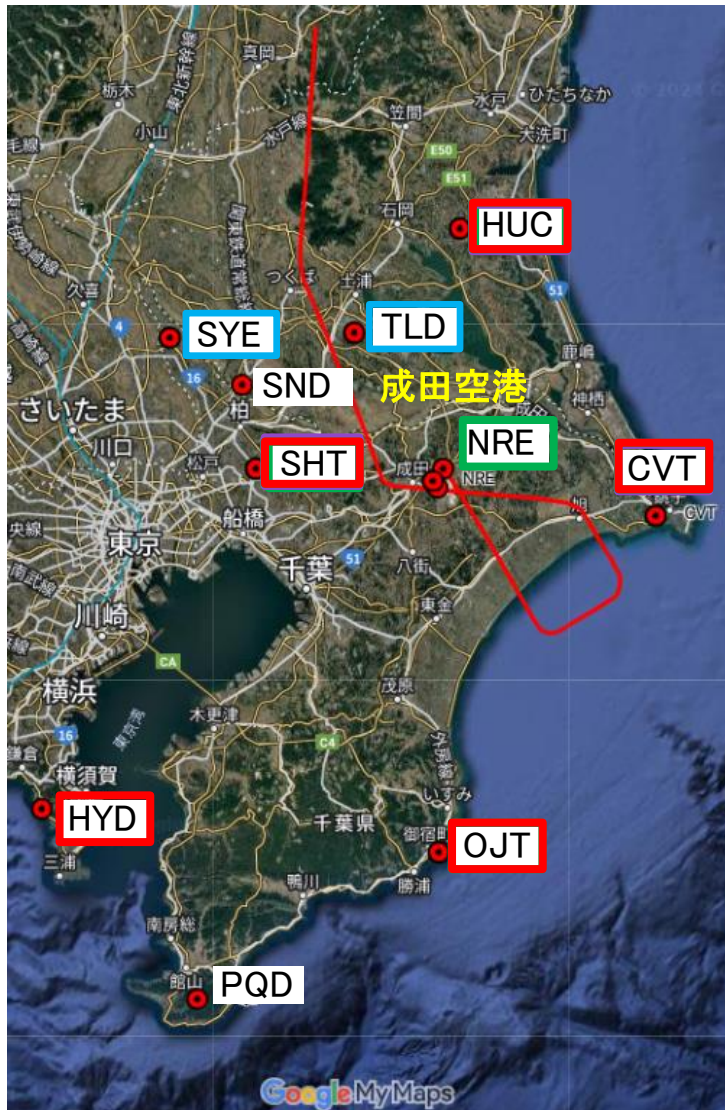


TETRA EIGHT DEPARTURE
KIMIN TRANSITION

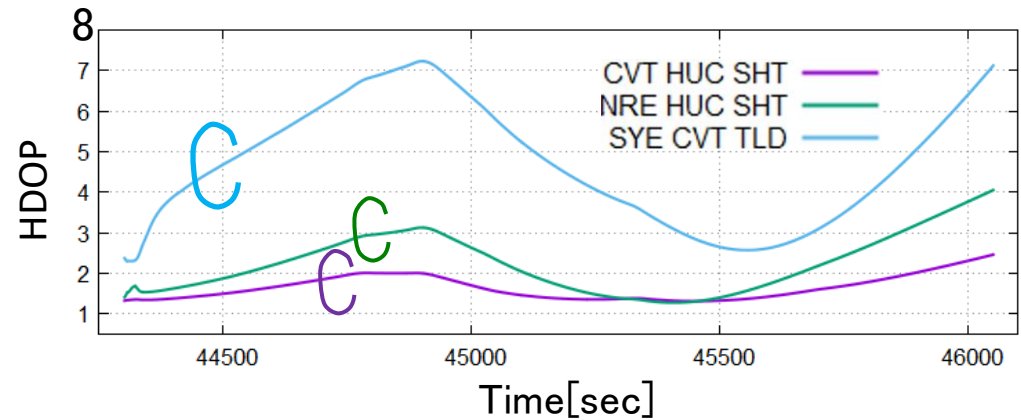


滑走路上から6局のDME局を捕捉可能

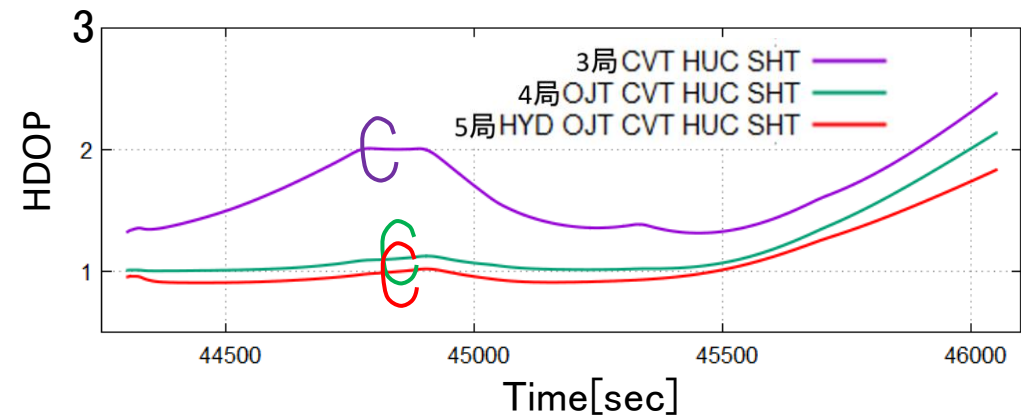
成田空港における評価



TETRA EIGHT DEPARTURE
KIMIN TRANSITION



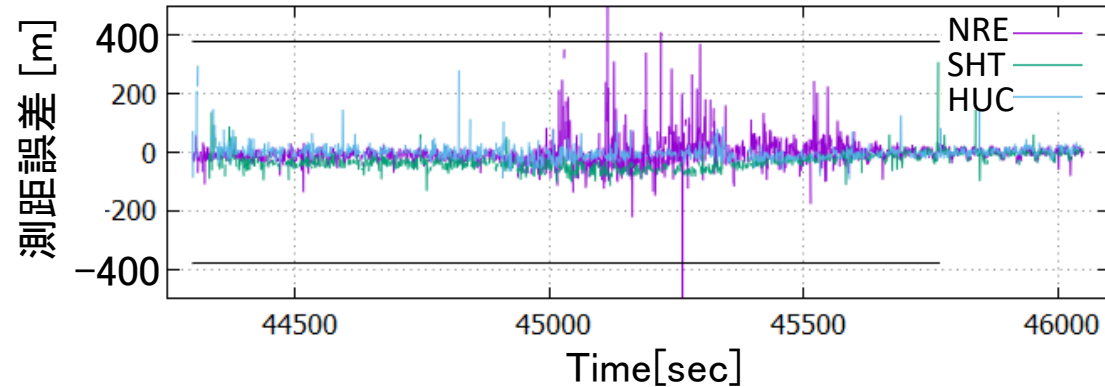
3局測位におけるHDOP



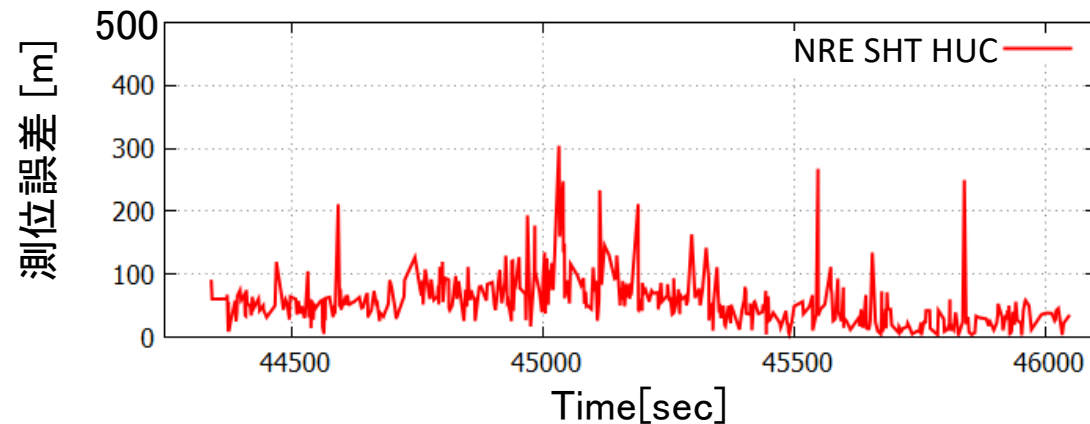
局数とHDOP

配置・局数によりHDOPが改善

成田空港における評価



測距誤差 (一例)



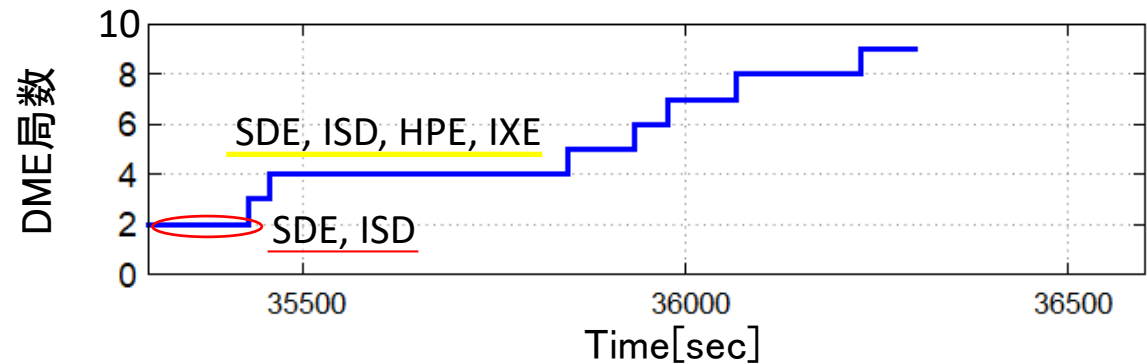
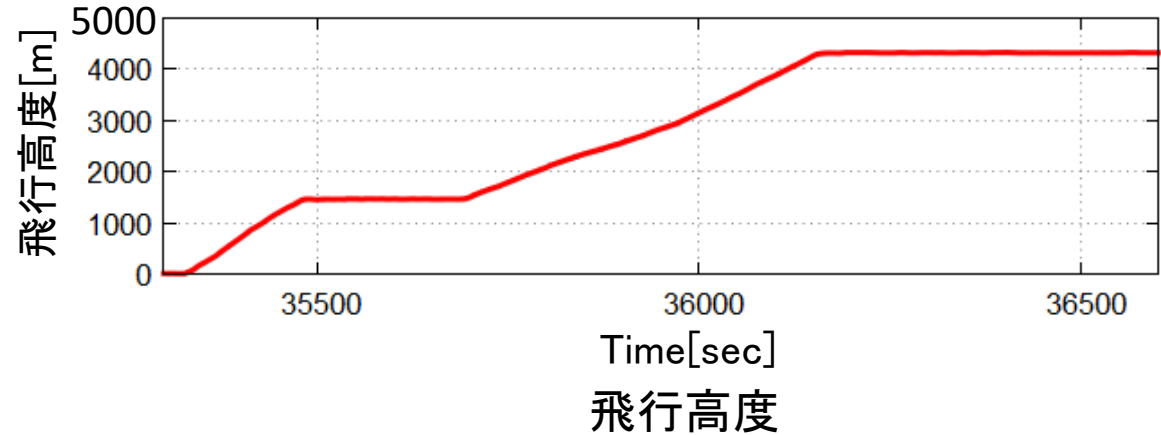
測位誤差

高精度に測距および測位が可能
⇒ 成田空港への適用性高い

仙台空港における評価



STEEDFOUR DEPARTURE
RIKYU TRANSITION



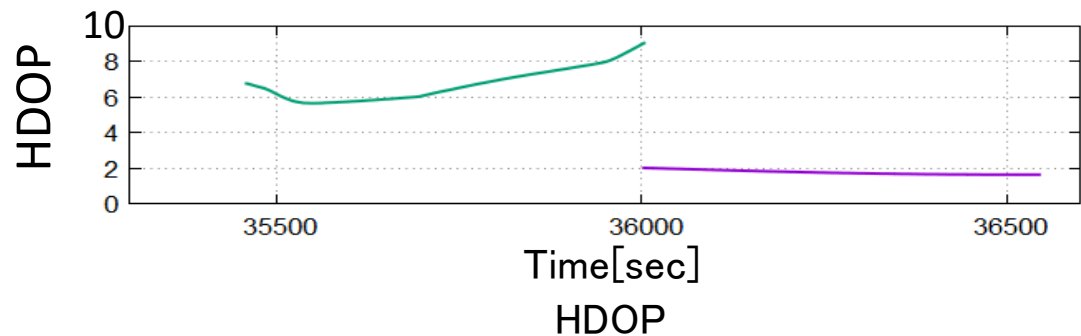
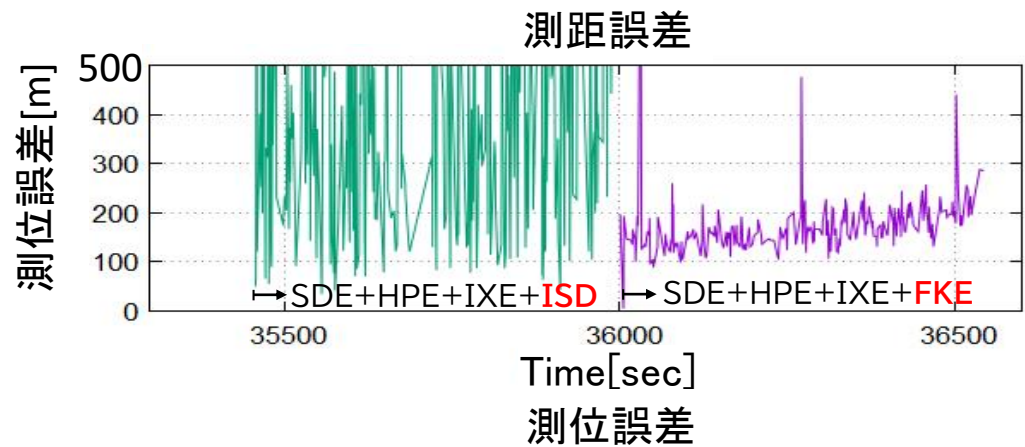
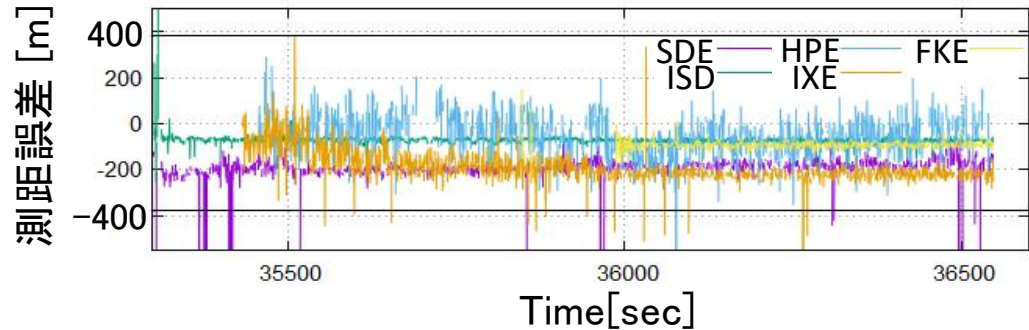
捕捉した地上DME数
(選局した地上局のみで評価)

低高度では十分なDME局数が受信できず

仙台空港における評価

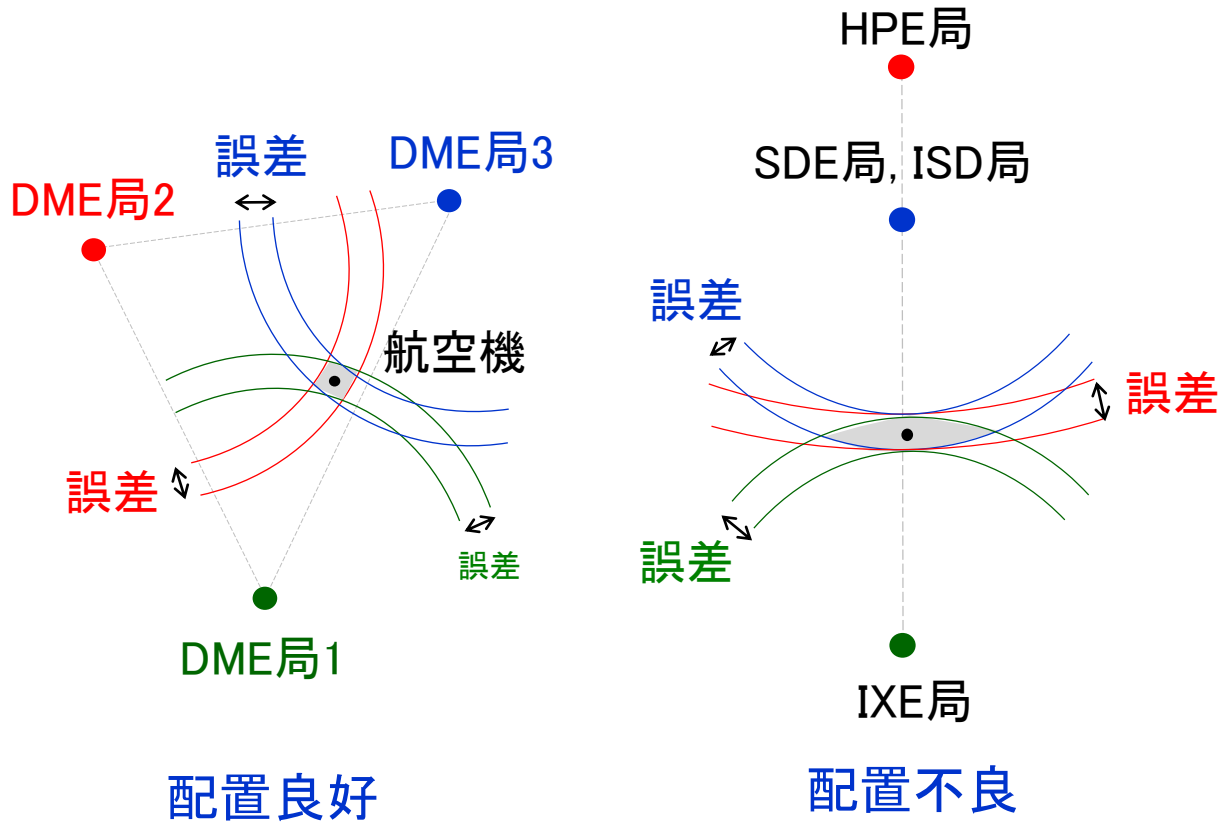


STEEDFOUR DEPARTURE
RIKYU TRANSITION



FKEが捕捉可能となるまでは誤差大

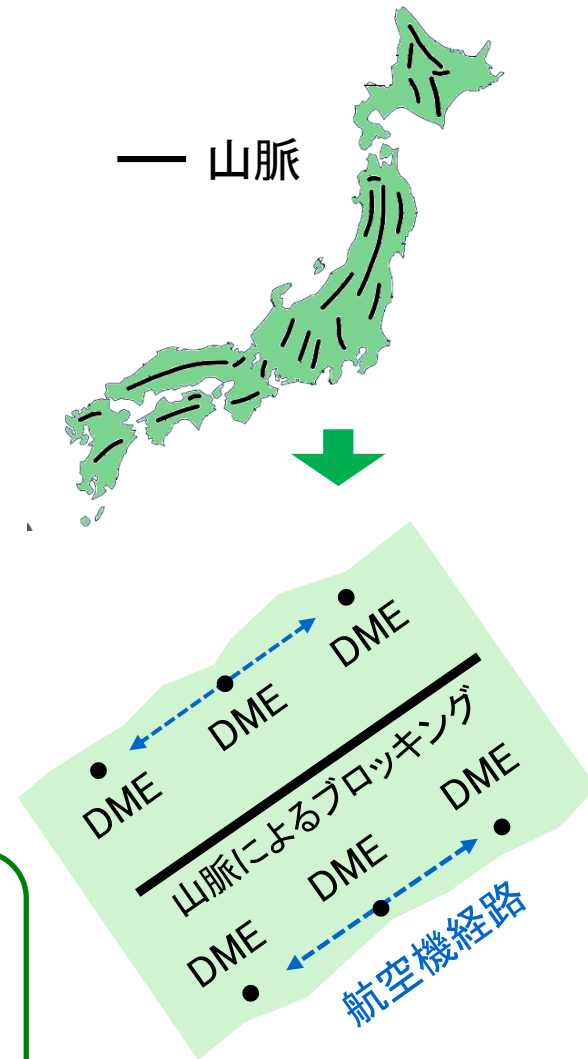
マルチDME測位における課題



配置良好

配置不良

- DME地上局が直線上となる配置は測位誤差が増大
- 我が国はDMEが数多く設置されている一方で南北に長い国土と山岳によるブロッキングにより配置不良が懸念される



捕捉可能なDMEが直線状に存在

まとめと今後の予定

- 干渉、スプーフィング等によりGNSSが使用できない場合のバックアップ航法として提案されているマルチDME測位方式について、我が国への適用性を飛行実験により評価した。
- DMEが豊富に設置され、かつ平野部に位置する成田空港の出発経路においてマルチDME測位性能を評価を行った結果、低高度においても捕捉可能なDMEの数が多く、良好な測位が可能であると考えられる。
- 一方で、山岳地域に位置する仙台空港出発経路を一例として評価した結果、低高度では山岳の影響により十分な性能を得ることができなかった。

今後の予定： 山岳地域における課題について飛行実験等により詳細に調査し、その対策方法について検討する。

謝辞： 本実験を実施するにあたりご協力いただきました国土交通省航空局交通管制部管制課，東京航空局東京空港事務所，交通管制部管制技術課航行支援技術高度化企画室および関係各署に感謝いたします。