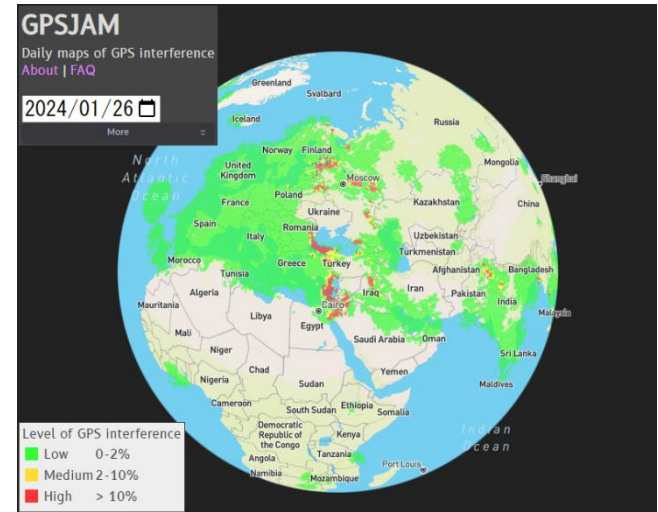


ビームフォーミング技術を応用した
GPS干渉信号抑制による航法システムの高信頼性化

海老沼 拓史 (中部大学)

航空機におけるGPS電波干渉

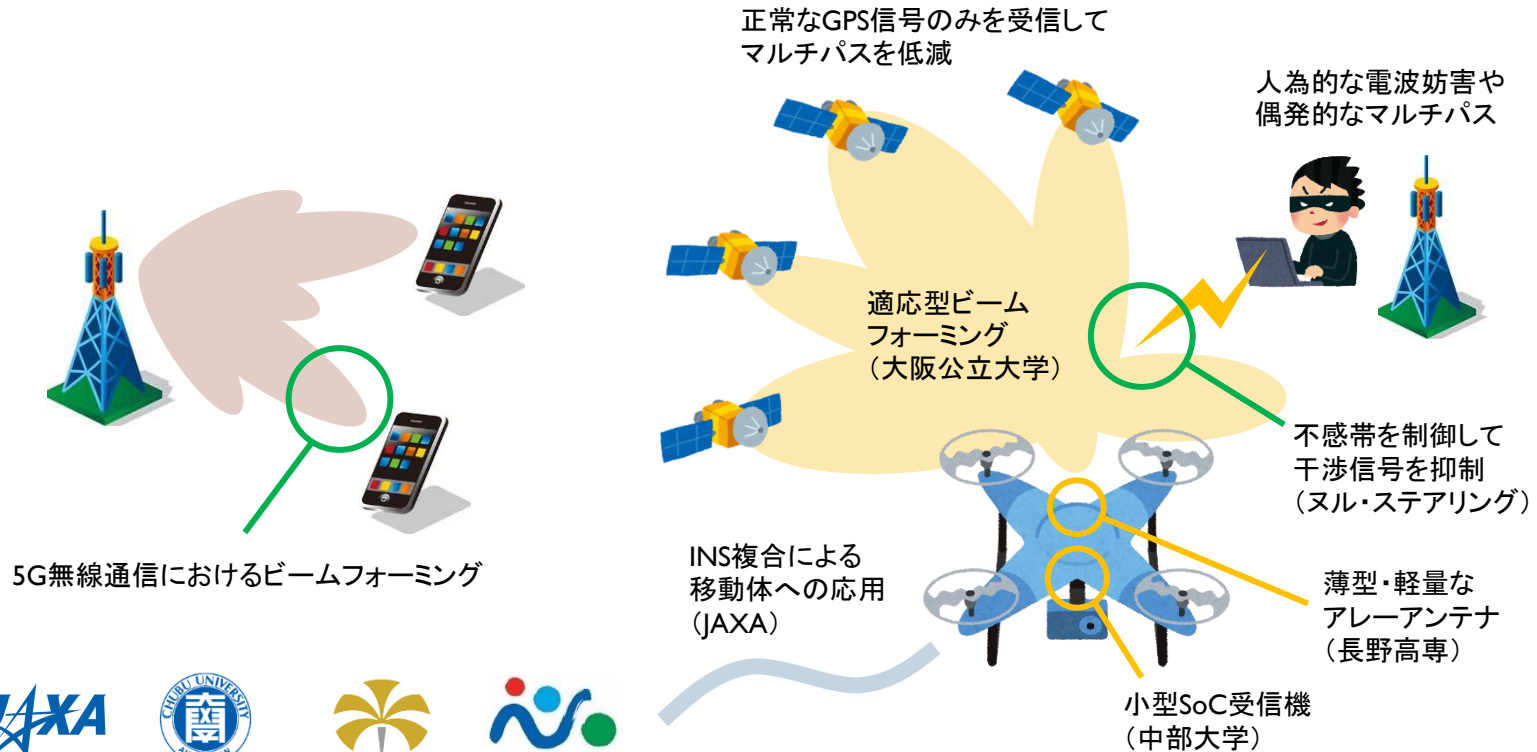
- ▶ 2020年に欧州航空航法安全機構が開催したGPS信号干渉に関するセミナーにおいて、2018年から20倍ものインシデントが発生していることが報告された
 - ▶ 2022年のロシアによるウクライナ侵攻により、事態はより深刻化
- ▶ 航空機や船舶などの大型輸送機から、増え続けるドローン、さらには自動運転など、移動体に搭載可能なGPS干渉信号抑制技術が望まれる
 - ▶ 受信したい信号のみにアンテナの感度を向けるビームフォーミング技術は、効果的な干渉信号抑制技術として期待される



<https://gpsjam.org>

JAXAイノベーションチャレンジでの研究

- ▶ GPS干渉信号を効果的に抑制し、かつ移動体にも適用可能なビームフォーミング技術により、航法システムの高信頼性化を実現する



GPS受信機のビームフォーミング技術

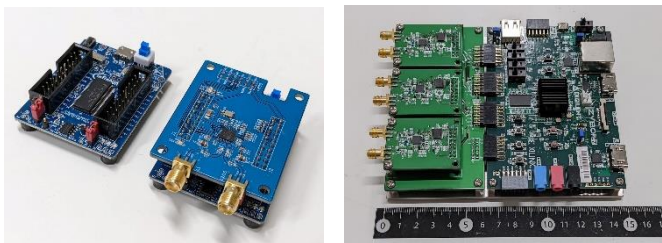
- 技術的難度
- 低
- ▶ FRPA (Fixed Reception Pattern Antenna)
 - ▶ 従来のビームパターンが固定されたアンテナ
 - ▶ Selective Nuller
 - ▶ 特定方向にヌルを形成し干渉信号を抑制
 - ▶ Beamformer
 - ▶ ユーザが指定する方向にビームパターンを向ける
 - ▶ Adaptive CRPA (Controlled Reception Pattern Antenna)
 - ▶ 干渉信号の方向を推定し最適なビームパターンを形成
 - ★ GPS/INS Sensor Fusion CRPA
 - ▶ 移動体においてアンテナの向きが変化してもビームパターンを適切に制御
- 高



共同研究の実施テーマ



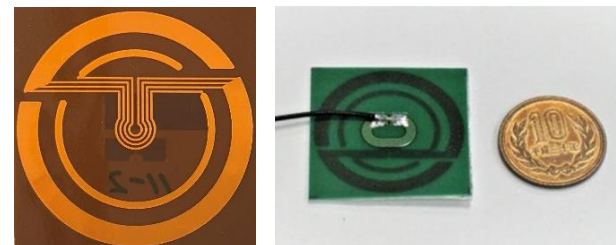
小型SoC受信機の開発において、最新のRFフロントエンドを利用した他周波数・多システム対応のGNSS受信機プラットフォームを開発



最新のRFフロントエンドとGNSS受信機プラットフォーム



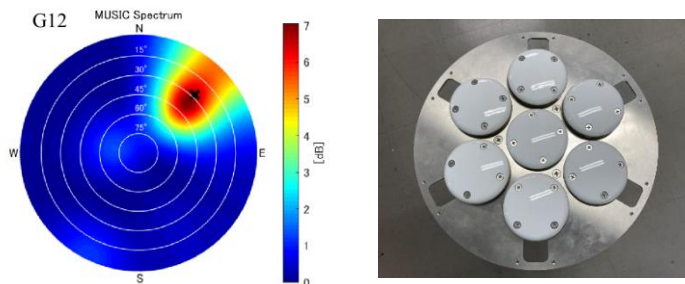
小型アレーアンテナの研究開発において、薄型・軽量のアンテナを開発し、性能評価を実施



薄型・軽量アンテナ



適応型ビームフォーミング技術の研究開発において、アレーアンテナによる高精度な干渉信号の到来方向推定を実現



アレーアンテナによる信号到来方向推定



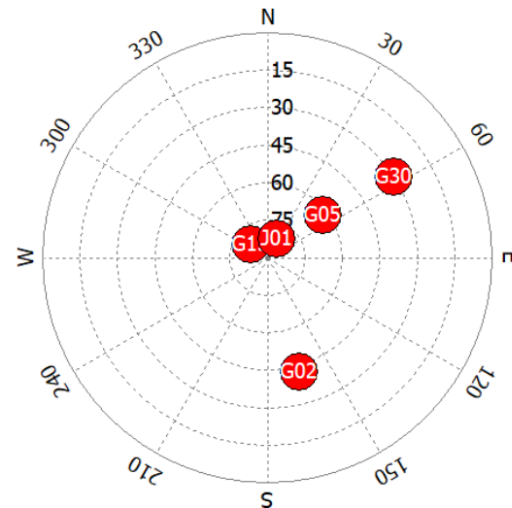
INS複合ビームフォーミング技術の車載実証実験を行い、移動体におけるビームフォーミングの有効性を確認



INS複合ビームフォーミング技術の車両走行実験

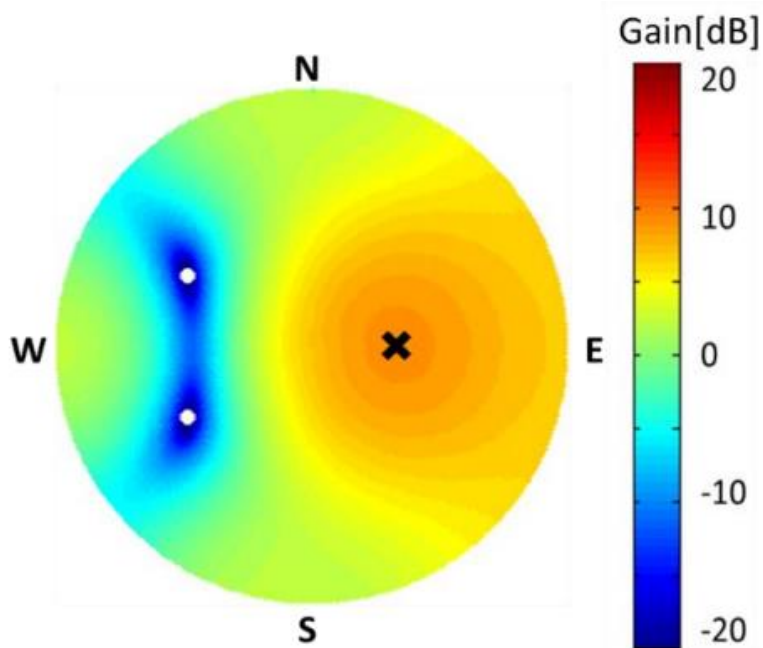
適応型ビームフォーミング

- ▶ 干渉信号の到来方向が推定できたとして、ヌル形成も含む適応型ビームフォーミングを実施
 - ▶ 望ましい衛星測位方向にはビームを向ける (Beamformer)
 - ▶ 抑制したい干渉方向にはヌルを形成する (Selective Nuller)
- ▶ 屋外での干渉信号の放送はできないため、建物などで反射したマルチパスの抑制によって性能を評価

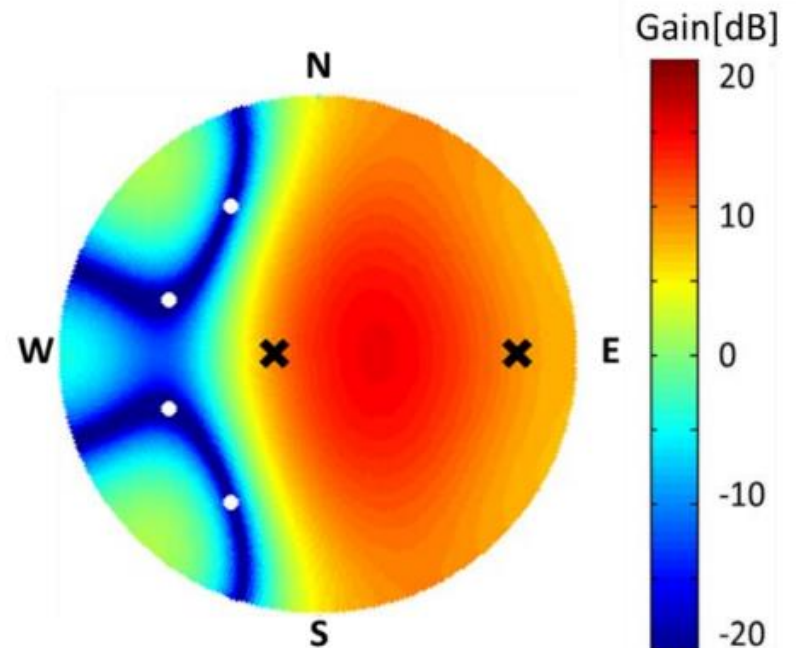


適応型ビームフォーミング

○はヌルに拘束した方向
×は信号を保護する方向



3素子で合成したときの
ビームパターン

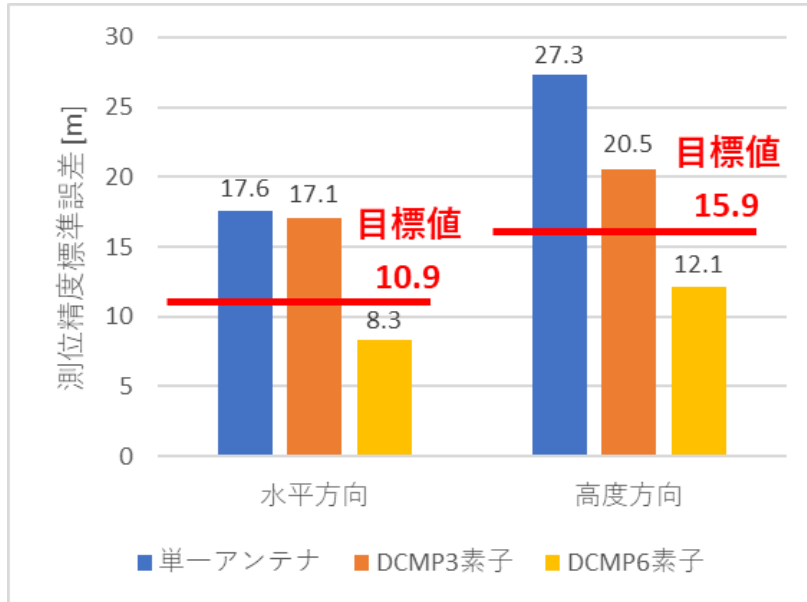


6素子で合成したときの
ビームパターン



適応型ビームフォーミング

- ▶ ビルなどで囲まれたマルチパス環境では、もともと可視衛星数が少なく、測位精度は低下する
- ▶ マルチパス抑制の効果を示すために、マルチパスのないオープンスカイの環境において、同じ5機の可視衛星のみを用いた場合の測位精度と目標値とする



- 干渉信号を効果的に抑制するためには、**6素子以上**のアンテナによるビームフォーミングが望ましい
- 干渉信号の抑制だけでなく、ビームフォーミングによるアンテナゲインの増加により、**測位精度が改善**している

INS複合ビームフォーミング

- ▶ JAXAが開発したINS複合ビームフォーミングの技術を、車両走行試験により実際のマルチパス環境で実証



- 走行経路
- 単一アンテナ
- ビームフォーミング

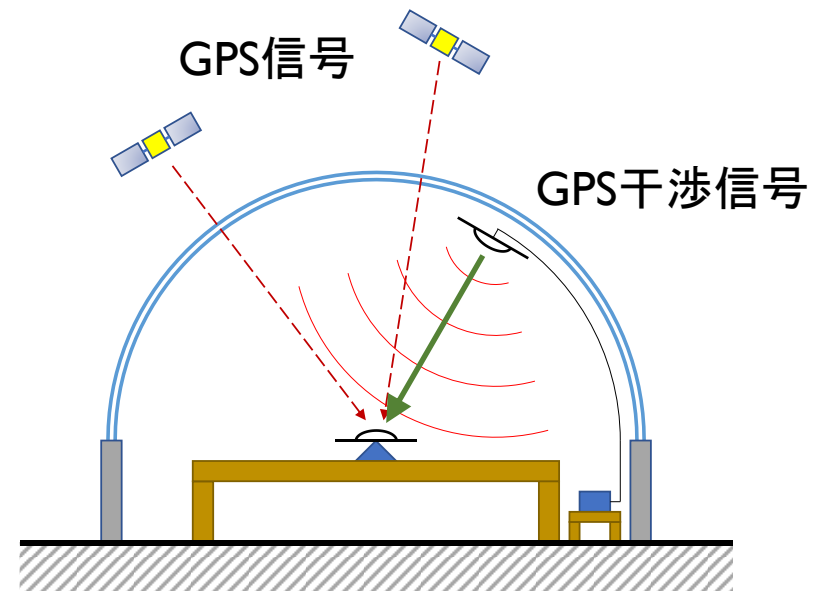
JAXA施設を利用した実証実験

- ▶ JAXAイノベーションチャレンジでは、JAXAの所有する実験施設を活用した実証実験が可能



GPSドーム

白いドーム部はGPS信号を透過



社会実装に向けて

- ▶ セキュリティの高い、かつ高精度な位置情報を必要とする分野とのパートナーシップ
 - ▶ 旅客機や空飛ぶクルマ
 - ▶ 自動車の自動運転
 - ▶ 市街地でのGNSS測量
 - ▶ GNSSによる精密時刻同期
 - ▶ 移動体通信基地局の基準周波数源

