

# 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に向けて

海老沼 拓史 (中部大学)

# 研究の背景

- ▶ 2018年5月, アメリカ連邦航空局 (FAA) は, 無人航空機 (UAV) を用いた実証プロジェクト10件の実施を承認すると明らかにした.
  - ▶ 医薬品の輸送, 空からのインフラ検査, 国境監視など.
- ▶ 「道路」が存在する自動運転と異なり, UAVのナビゲーションはGNSSに依存.
- ▶ GNSS信号の人為的な干渉によるジャミングやスプーフィングは, これらサービスに大きな被害や経済的損失を及ぼす可能性がある.

zipline



# ジャミング／スプーフィングデバイス



Personal Privacy Device (PPD)

\$30~\$100



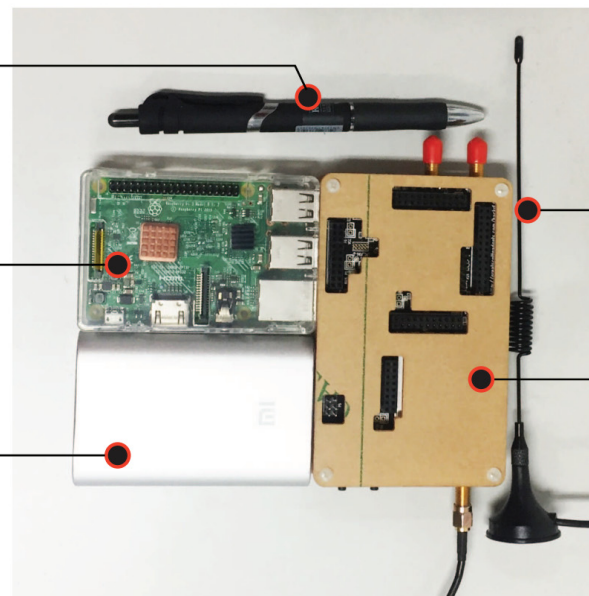
Low-Cost GPS Spoofer  
~\$220

Zen, K., et al., "All Your GPS Are Belong To Us: Towards Stealthy Manipulation of Road Navigation System," USENIX Security 2018.

A Pen  
(for size reference)

Raspberry Pi  
(\$35)

Mobile Charger  
(\$10)

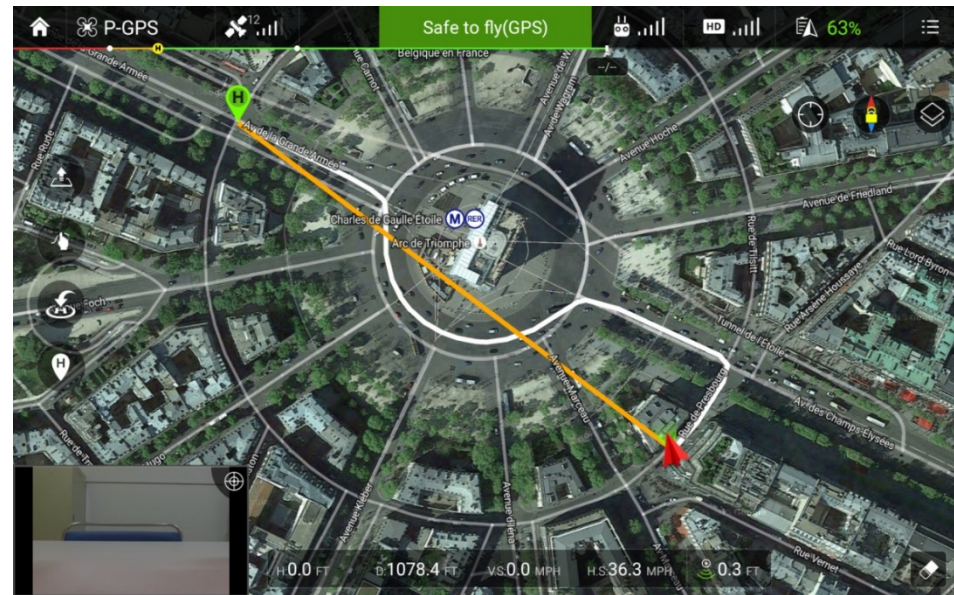


Antenna  
(\$3)

HackRF One SDR  
(\$175)

# ドローンのスプーフイング

- ▶ GPSによる測位結果のみがドローンの位置情報として処理され、常に**Safe to fly (GPS)**
  - ▶ 慣性航法センサと連動していない
- ▶ プロポの操作と一貫性が無くても警告なし.



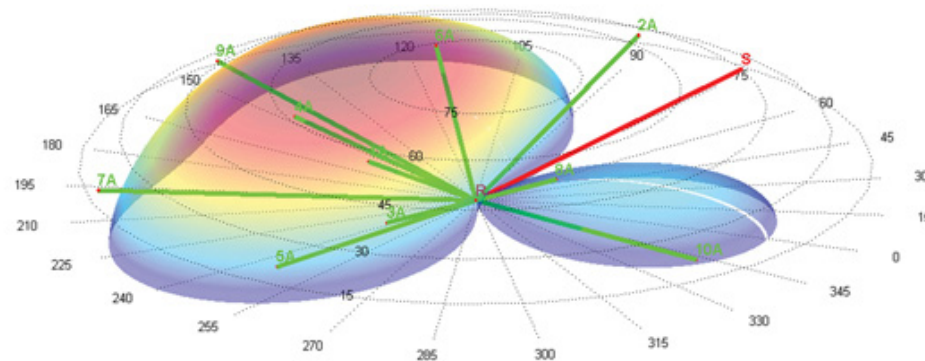
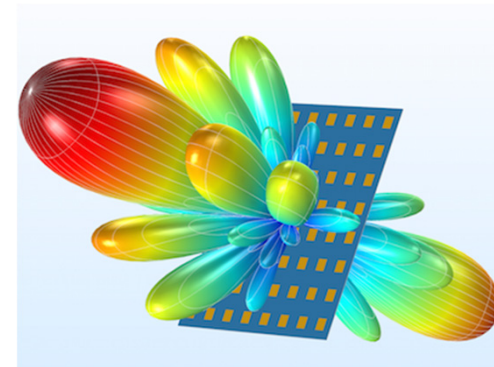
# ドローンのジオフェンシング機能

- ▶ 空港など特定の場所では、ジオフェンシングの機能によりフライトが不可能になる。



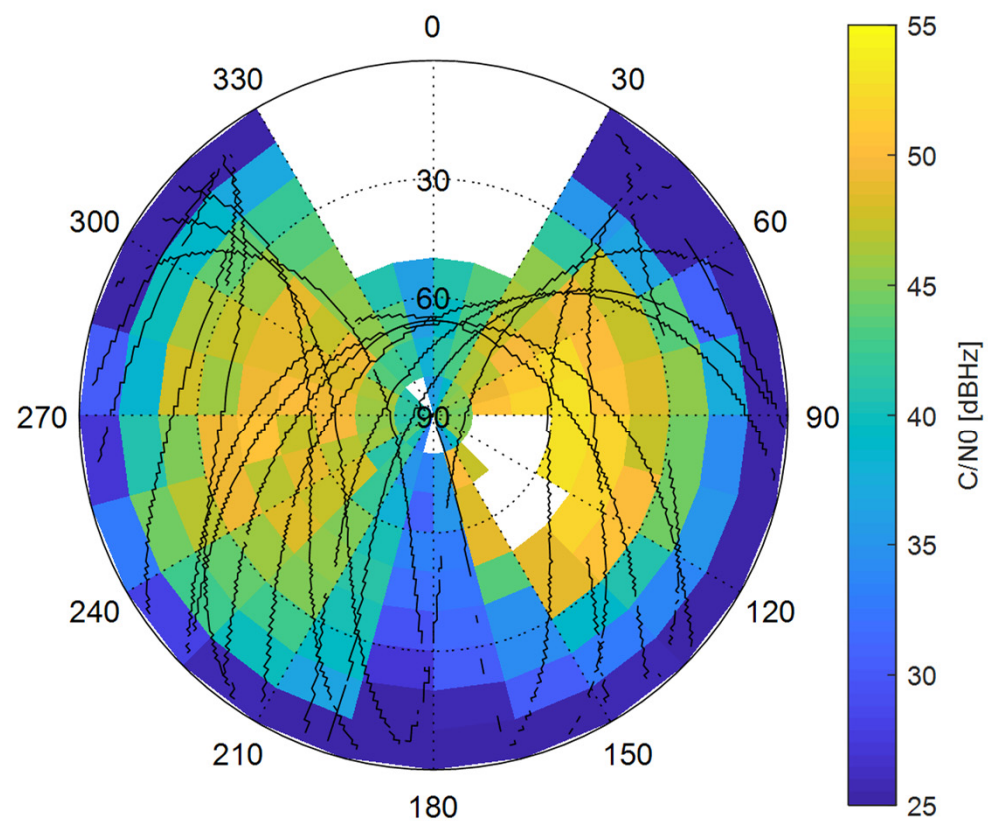
# 干渉信号の抑制

- ▶ Phased Arrayによるアンテナゲインの制御
  - ▶ CRPA (Controlled Reception Pattern Antenna)
  - ▶ Adaptive Antenna
  - ▶ Beamforming Antenna
  - ▶ Null-Steering Antenna
- ▶ 通常, 人為的な干渉信号源はひとつ.
  - ▶ Null-Steeringによる, 干渉信号源方向の信号の抑制



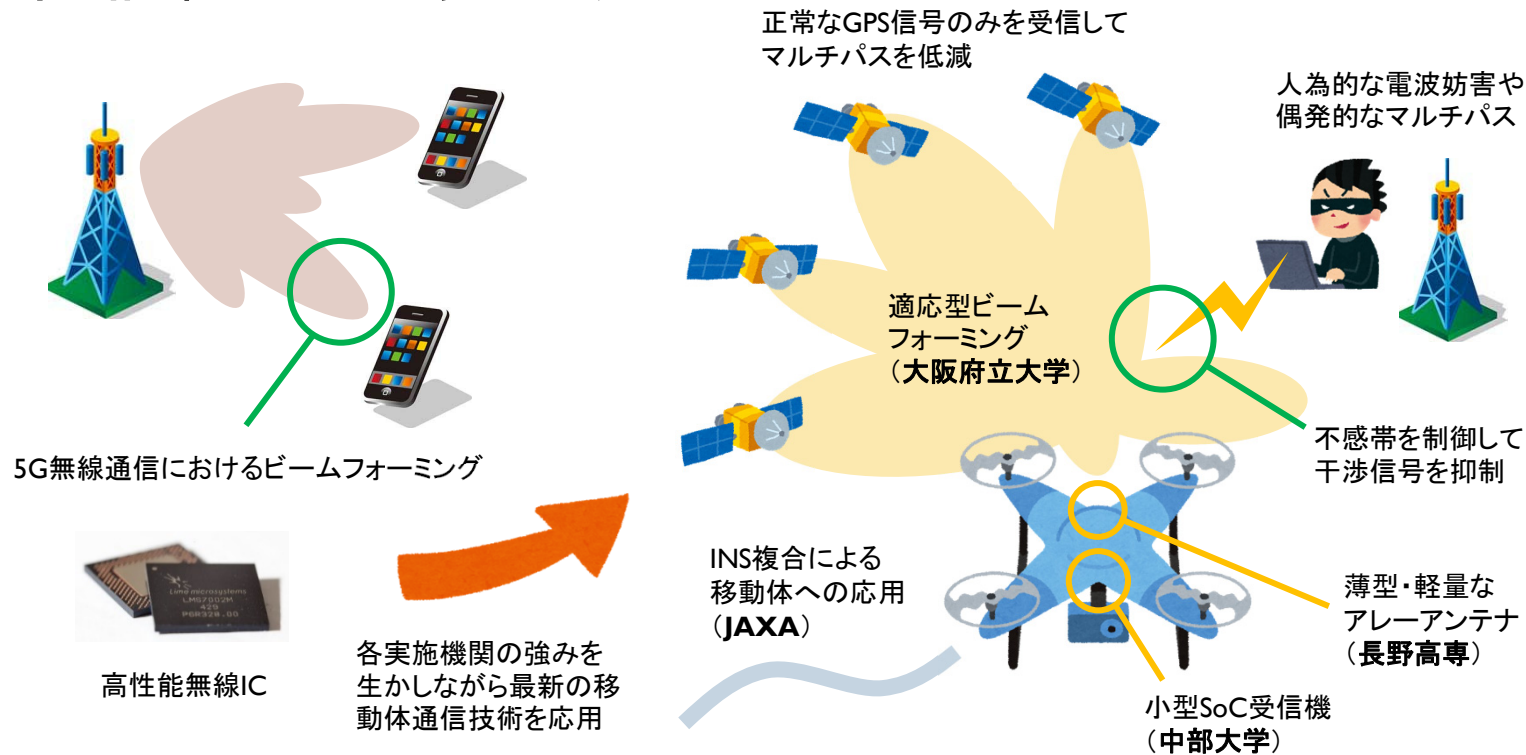
# JAXA航空イノベーションチャレンジ

- ▶ 2018年に2アンテナのソフトウェア受信機によるNull-Steeringを実証



# 高精度化・高機能化に向けた取り組み

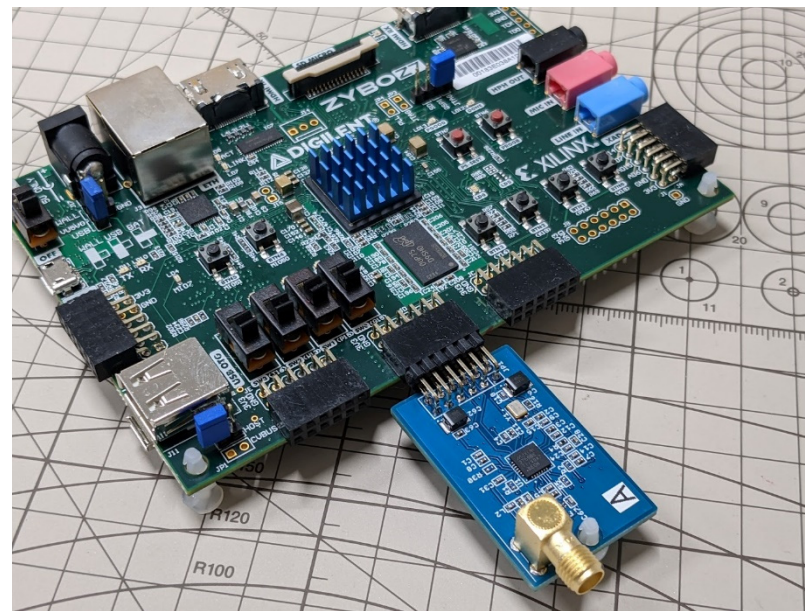
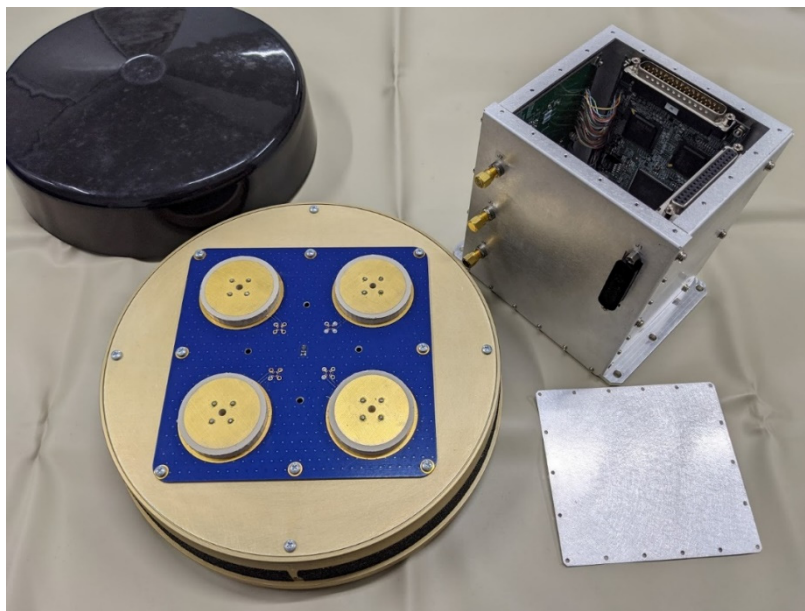
- ▶ GPS干渉信号を効果的に抑制し、かつ移動体にも適用可能なビームフォーミング技術により、航法システムの高信頼性化を実現する。





## 小型SoC受信機（中部大学）

- ▶ 連携企業の協力で3アンテナGPS受信機を開発。
  - ▶ ビームフォーミングアルゴリズムの実装を進める。
- ▶ Xilinx社のZynq (FPGA + MPU) をベースに小型化を目指す。



## 小型アレーアンテナ（長野高専）

- ▶ ドローンなどにも搭載可能な小型アレーアンテナの研究開発.
- ▶ 薄型・軽量のアンテナを開発し，性能評価を実施.



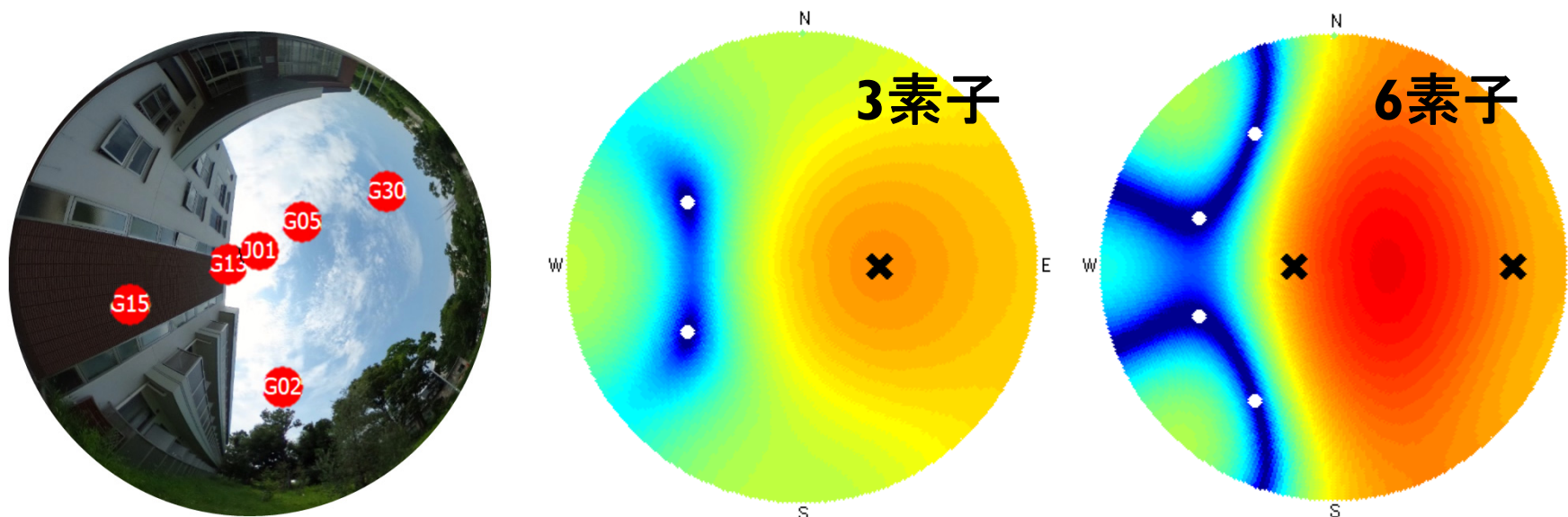
パターン面 (33mm × 33mm)



給電面

# 適応型ビームフォーミング（大阪府立大）

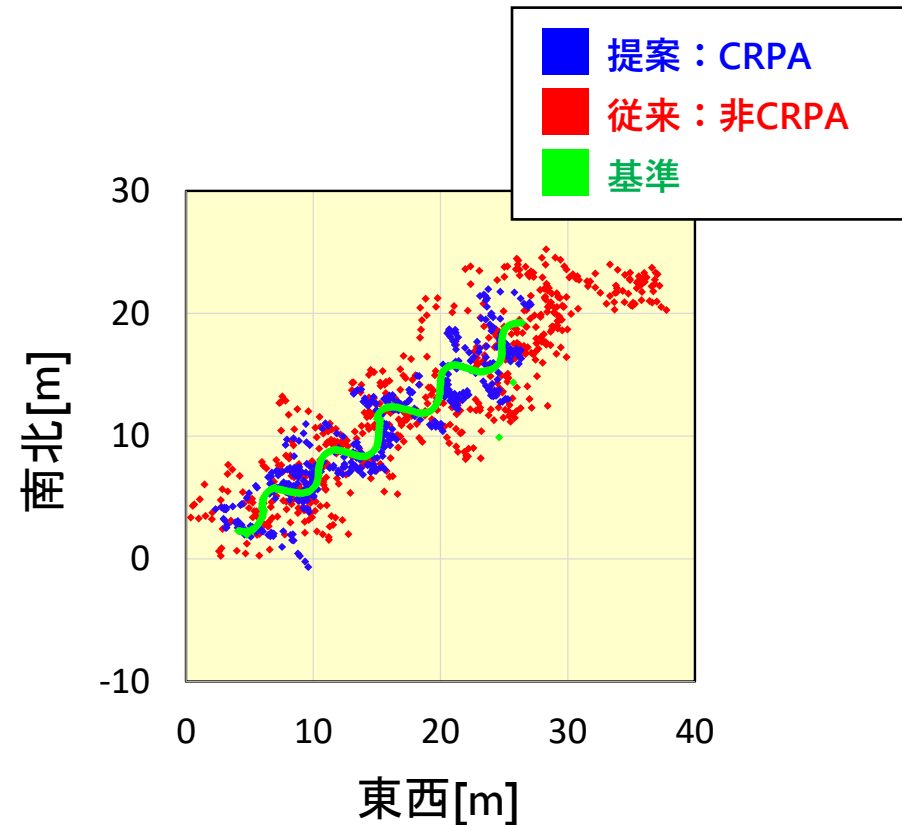
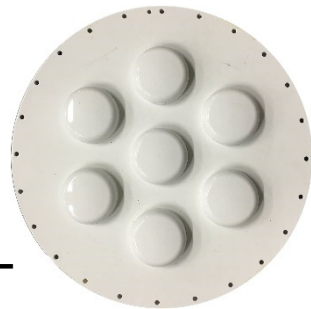
- ▶ DCMP (Directionally Constrained Minimization of Power) アルゴリズムの研究開発を行い, その有用性を3素子／6素子アンテナで検証.
  - ▶ マルチパス信号の抑制に成功



# INS複合ビームフォーミング (JAXA)

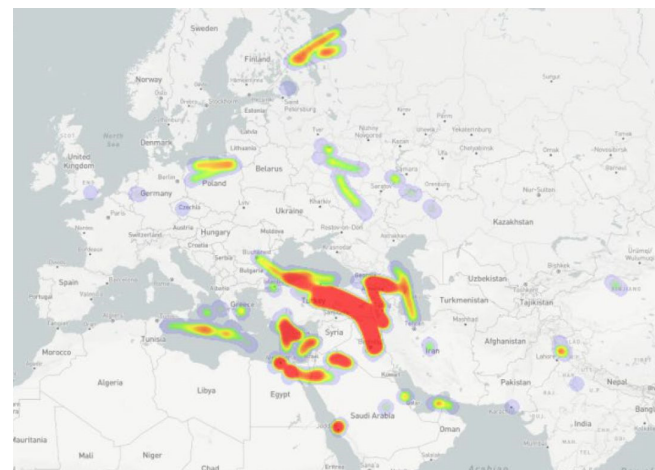
- ▶ INS複合技術を適用することで、移動体においてもビームフォーミング技術が静止時と同程度に有効であることを実証.

7素子  
アレーアンテナ



## 長期展望

- ▶ 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。
  - ▶ 欧州航路の4割のフライトで何らかの信号干渉が観測されている。
- ▶ 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干渉信号抑制技術は、今後高い需要が期待される。
- ▶ 本技術の研究開発を進めるとともに、将来の製品化に向け、企業との連携を推進する。



欧州航路で報告されたGPS信号干渉の分布