

レジリエントPNTワークショップ

第二部：PNTサービスこうたん性向上に関する国際動向

各国の取り組み事例 (重要インフラへの代替測位手段確保など)

2026/9/29

JAXA第一宇宙技術部門衛星測位技術統括

小暮 聡

2001年 Volpe報告

米国運輸省 (DoT: Department of Transportation)傘下のVolpeセンターがまとめた輸送インフラのGPS依存の脆弱性評価報告書。普及期に突入した民生GPS利用(輸送分野)に対し、GPSの脆弱性、GPSへの依存への警鐘、対策の重要性を訴えた。

主要な3つの提言

提言① GPS脆弱性の継続監視の強化

- GPS性能監視
- 障害情報共有
- 利用者への周知

提言② GPS信号障害への対策

- 干渉対策
- 受信機性能向上
- GPS補強システム利用を進める。

提言③ **GPS以外の代替手段確保**

- GPSだけに依存せず、地上系航法、慣性航法、その他の補完システムを確保すべき

VULNERABILITY ASSESSMENT
OF THE
TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE
RELYING ON THE
GLOBAL POSITIONING SYSTEM

Final Report

August 29, 2001

Prepared by

John A. Volpe National Transportation Systems Center

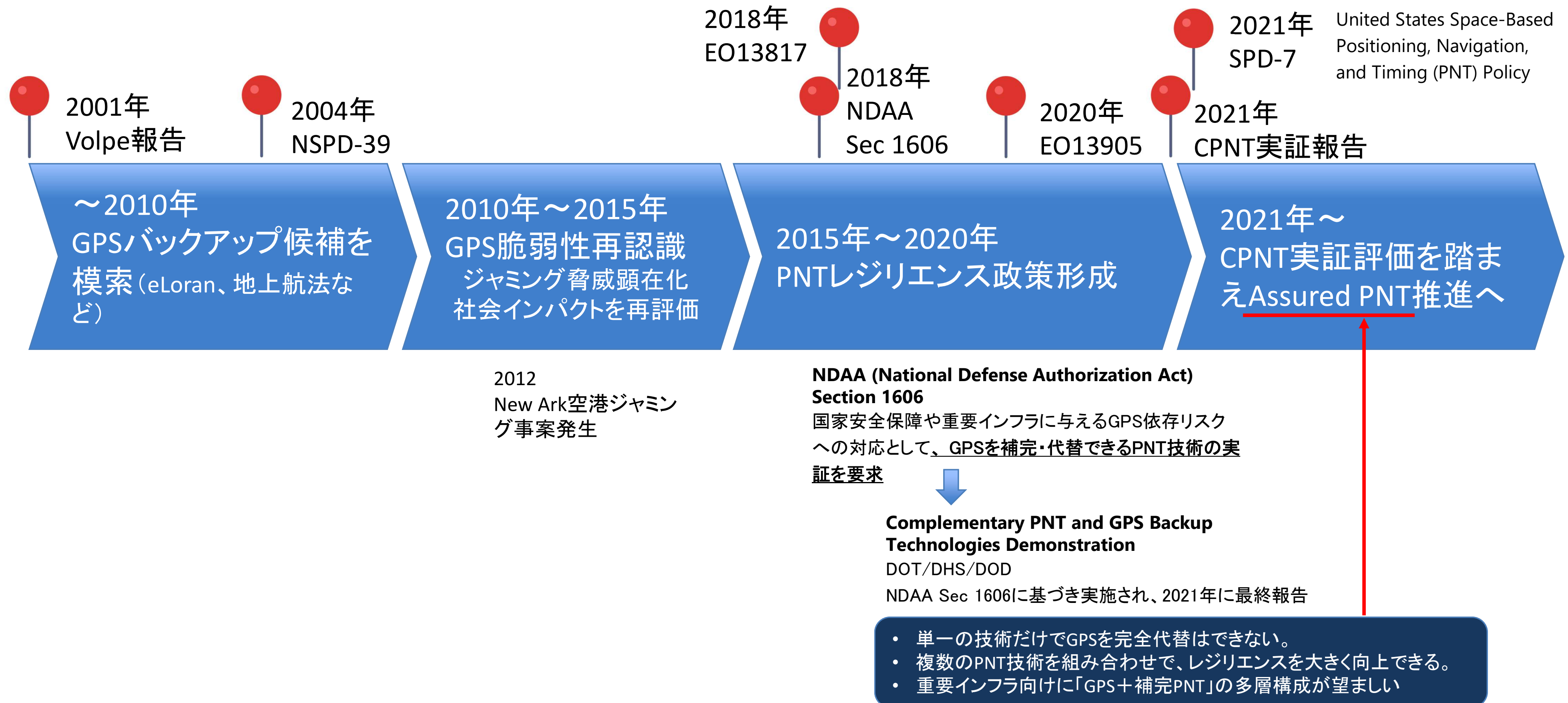
for

Office of the Assistant Secretary for Transportation Policy
U. S. Department of Transportation

https://rntfnd.org/wp-content/uploads/Vople_vulnerability_assess_2001.pdf

25年前に、「GPSへの依存リスク低減」と「代替PNT手段確保」という考えを提唱。
その後の米国GPS政策に大きな影響

Volpe報告以降の米国PNT政策変遷



米国



大統領令13905号:

PNTサービスの責任ある利用とインフラ耐性強化

Strengthening National Resilience Through Responsible Use of Positioning, Navigation, and Timing Services

2020年2月12日

背景: 電力網・通信・交通など重要インフラの多くがGPS等のPNT(測位・航法・時刻)サービスに依存

目的: PNTの妨害・改ざんリスクを低減し、国家のレジリエンス(回復力)を高めるため官民連携を推進

1. ガイドラインの策定

PNTプロファイルの作成

- ・商務省主導でリスク管理方針(プロファイル)を1年以内に公開
- ・国土安全保障省による脆弱性検証計画策定を1年以内
- ・2年ごとに見直し・更新

2. 政府調達への反映

契約要件への組み込み

- ・連邦政府が調達するPNT関連機器・システムにプロファイル要件を反映
- ・民間企業での利用も促進

3. 代替技術の開発

代替技術・時刻源の確保

- ・GNSS(衛星)に依存しないPNT技術の研究開発計画(1年以内、4年ごと更新)
- ・GPSに依存しない標準時(UTC)の提供(180日以内)

主なロードマップ

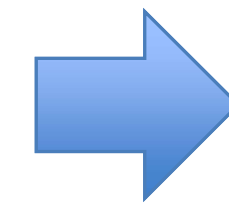
- ・180日以内: 独立したUTC供給環境の提供 / 民間評価パイロット計画の作成
- ・1年以内: PNTプロファイルの初版発行 / 脆弱性テスト計画の作成 / 代替PNT研究開発計画の策定
- ・以降: プロファイル更新(2年ごと) / 導入状況レポート提出(2年ごと)

CPNT及びGPSバックアップ技術実証

2018年のNDAA (National Defense Authorization Act) 1606条によって求められたGPSを補完・代替できるPNT技術の実証を、DoT/DHS/DoD/NASAが連携して2019年から20年にかけて実施、2021年にDoT傘下のVolpeセンサーが報告書提出。

- 11社が提供するGPSの補完・代替技術を、複数のユースケースシナリオに対して実証・評価
- 検証評価を実施した技術分野
 - 地上系無線測位システム(MBS、WiFi測位)
 - eLORAN関連技術
 - 低軌道(LEO)衛星を利用した時刻同期サービス(Satelles)
 - 光ファイバー等を用いた時刻同期技術(PTP、White Rabbit等)
 - 自律航法(慣性航法・センサーフュージョン)技術
 - 上記の複数技術を組合わせたハイブリッドPNT

- 単一の技術だけでGPSを完全代替はできない。
- ユースケースに応じては有効なバックアップ手段となり得る技術も存在
- 複数のPNT技術を組み合わせで、レジリエンスを大きく向上できる。
- 重要インフラ向けに「GPS＋補完PNT」の多層構成が望ましい



Assured PNT

複数情報を統合してPNT機能保証

米国



Assured PNT, PTA concept

Space-based PNT System

GPS

Mコード
信号認証
スポットビームアンテナ

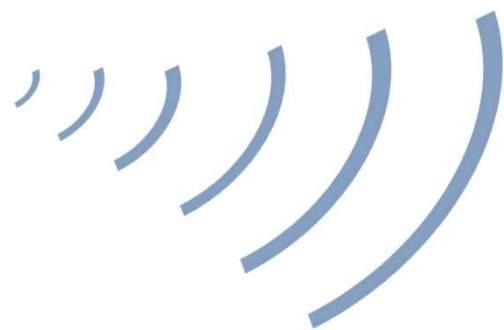
NTS-3

~~R-GPS~~

FY26の予算キャンセル

~~Tranche 3へのPNT
ペイロード搭載~~

PWSA



User Equipment



CRPA
<https://www.gpsworld.com/anti-jam-protection-by-antenna/>

Protect

GNSS運用周波
数帯の保護

Toughen

GNSS受信機の耐干渉・
耐欺瞞性能向上
INS統合
CRPAアンテナ

他GNSS

LEO-PNT

民間サービス活用？
Xona, TrustPoint

Metropolitan Beacon System

eLORAN

Augment

GPSを補完・代替技術、サービスの活用
複数GNSS
地上系測位等
マルチセンサ統合

ESA NAVISP

Navigation Innovation and Support Program (NAVISP)



2016年に設立されたESAの事業
Galileoだけではなく、PNT市場のバリュー
チェーン全体を支援する枠組み

- Element1 イノベーション
- Element2 産業競争力強化
- Element3 加盟国支援

2023年のERNP※改訂以降、レジリエントPNT
構築のための研究開発を実施

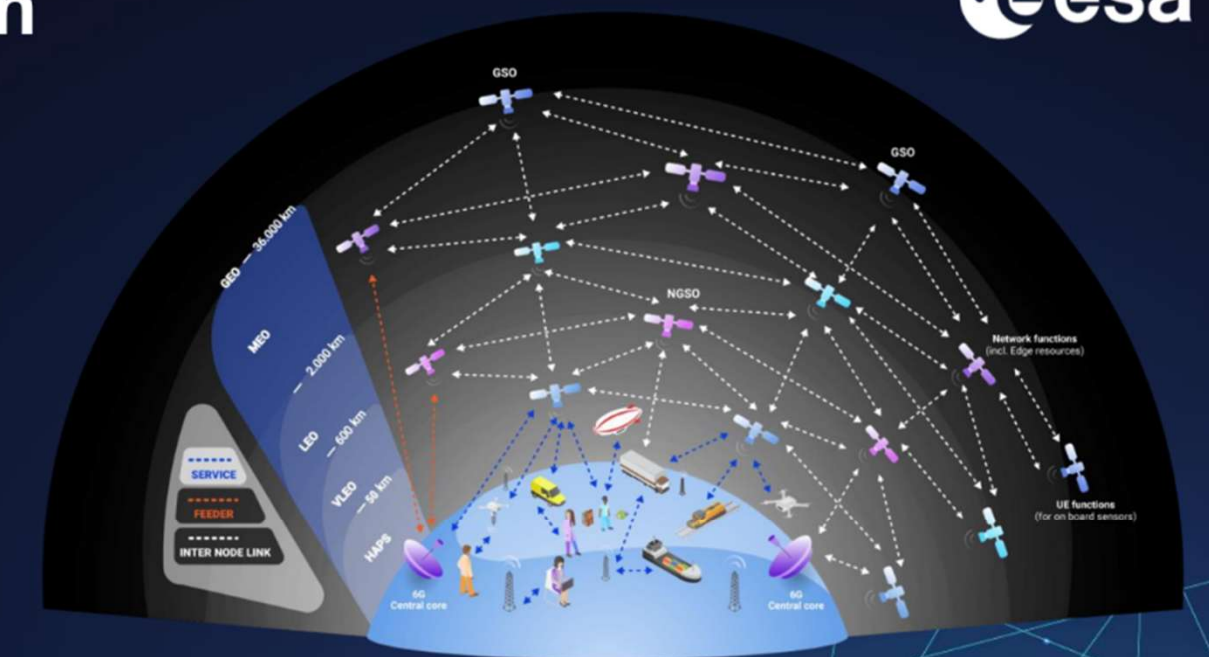
- Cereste (LEO-PNT)
- OpSTAR
- 量子センサ開発

※ 欧州無線航法計画
(ERNP: European Radio Navigation Plan)

Galileoの利用促進に加えてレジリエントPNT構築やCPNT
の研究開発促進を明記

Future of Satellite Navigation

- “The EU PNT ecosystem should become a **System of PNT systems** to achieve resilient PNT”
- Integration of Communication and Navigation (**5G/6G NTN**)
- **Time** is the most critical part of PNT
- Research on **optical technology** flourishing in Europe (optical ISL for enhanced robustness and performance)
- **Disruptive** PNT Enabling Technologies (Quantum Sensors, AI and ML, Signals of Opportunity, Digital Twin for system EtE simulation)
- **Lunar and Space Exploration** Communication and Navigation cap



Future GNSS will be multilayer
with IGSO, LEO, MEO and GEO constellations (**layers**)

- Need for In orbit Demonstrator(s) for:**
- Technology In Orbit Validation
 - Downstream applications demonstration
 - User Segment development
 - Test Ranges experimentation
 - Support to standardization

ESA accelerating PNT innovation

欧州

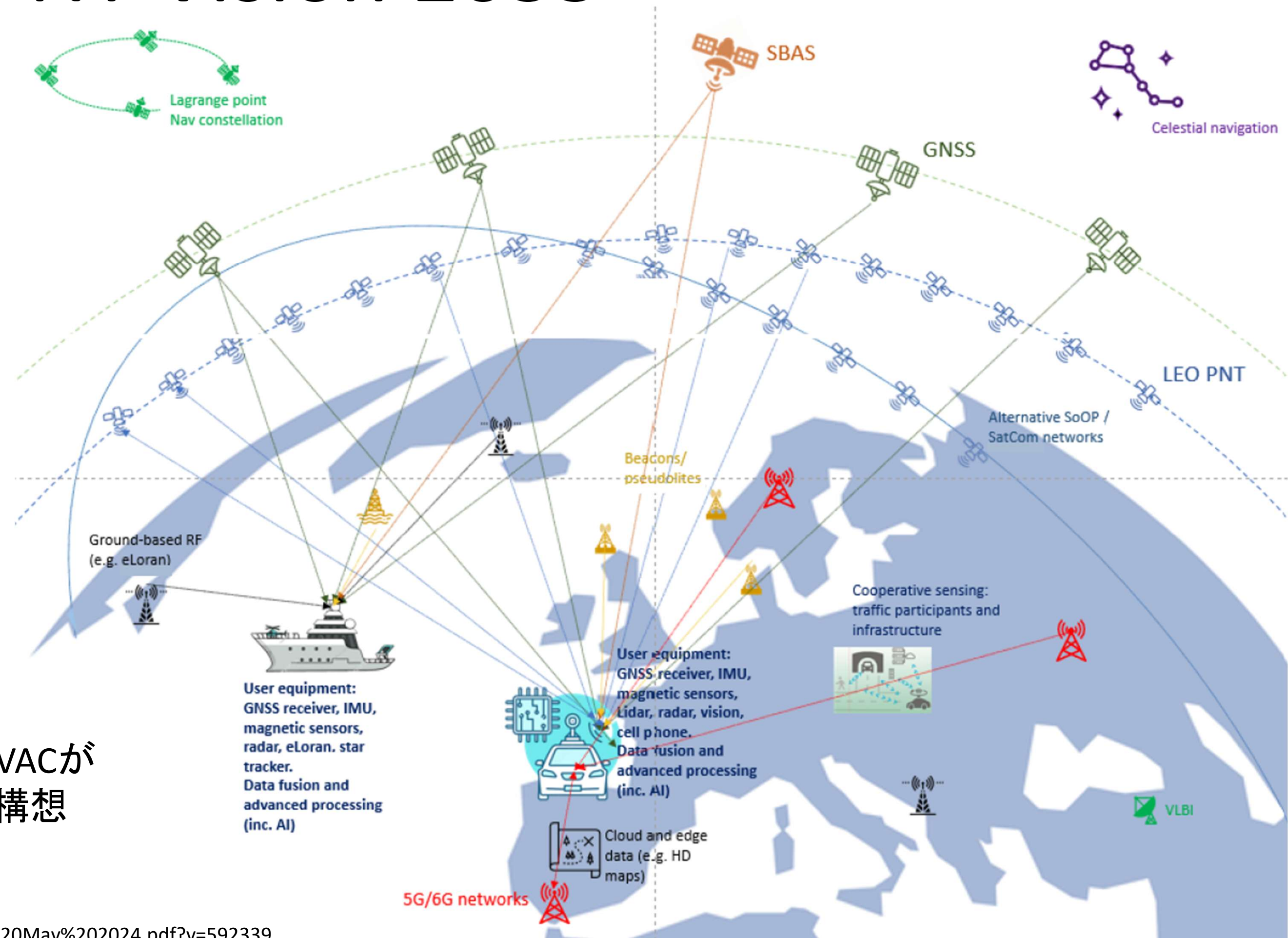
PNT Vision 2035



NAVISPの外部評価諮問委員会であるNAVACが
まとめた2035年を目指した欧州PNT戦略構想

出典:

<https://navisp.esa.int/uploads/files/documents/NAVAC%20White%20Paper%20May%202024.pdf?v=592339>



EU13ヶ国共同書簡

欧州域内で頻発するGNSS干渉事案への対策をECに求めるEU加盟13ヶ国の共同書簡（2025年6月6日）

ウクライナ侵攻以降増大するGNSSへのジャミング・スプーフィングによる航空機・船舶への影響が社会生活にも及んでいることを踏まえ各国担当閣僚からECへの政策対応が求められた

従来から技術者・研究者レベルのGNSS脆弱性への警鐘を超えて、欧州におけるGNSSへのジャミング・スプーフィング脅威の顕在化が政策課題となった象徴的な文書

- 既存のGNSS依存度の再評価実施
- 代替PNT手段の開発促進
- 干渉・妨害に強いPNTサービスの展開加速
- 産業界の連携の促進による影響緩和
- 重要インフラ運用者への注意喚起



出典:

<https://navisp.esa.int/news/article/13%20EU%20Member%20States%20call%20for%20common%20actions%20in%20response%20to%20GNSS%20jamming%20and%20spoofing%20threats>

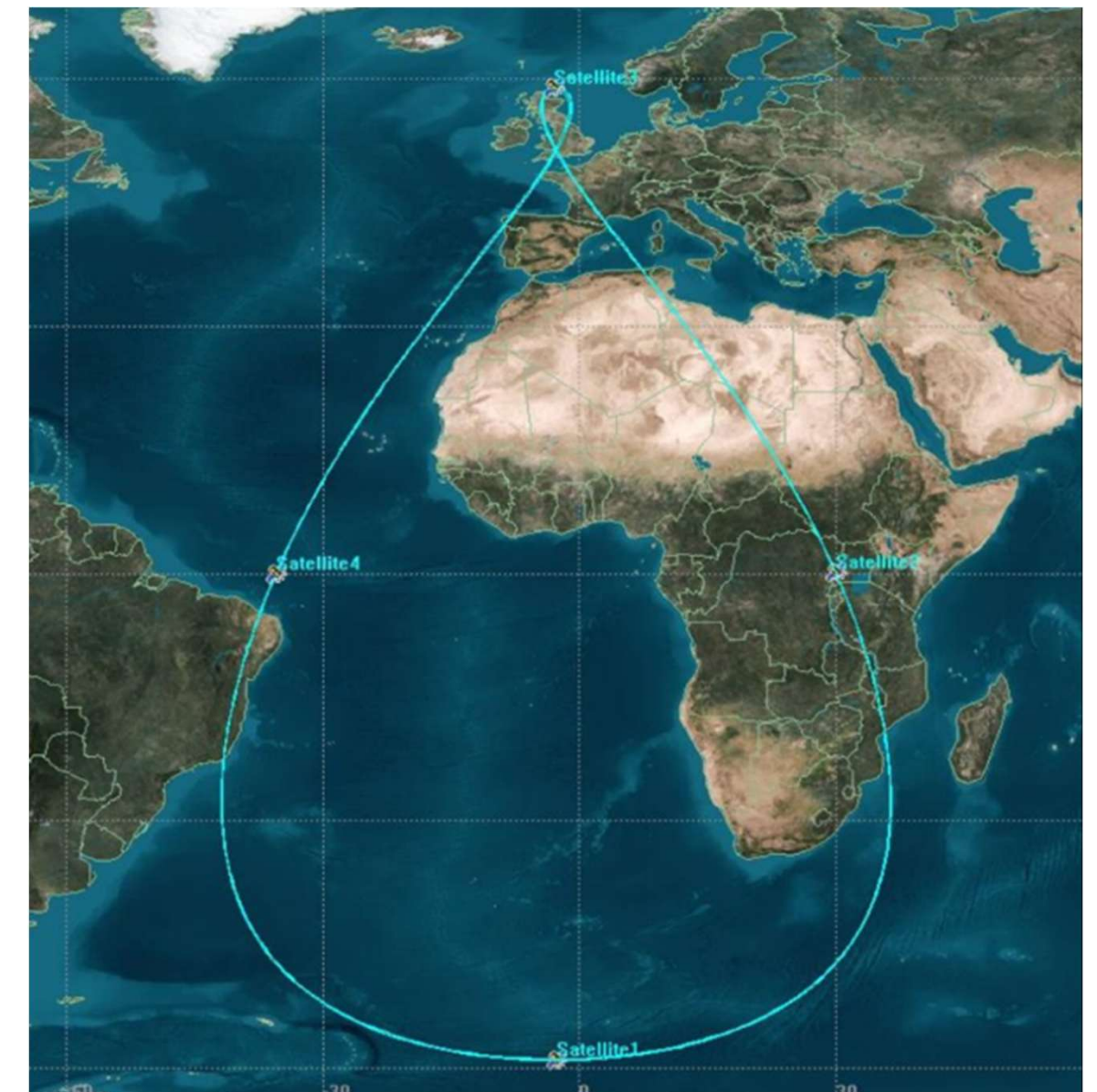
eLORAN + 衛星コンステ + 時刻基盤



https://assets.publishing.service.gov.uk/media/652eb0446b6fbf000db7584e/20231018_London_Economics_Report_GNSS.pdf

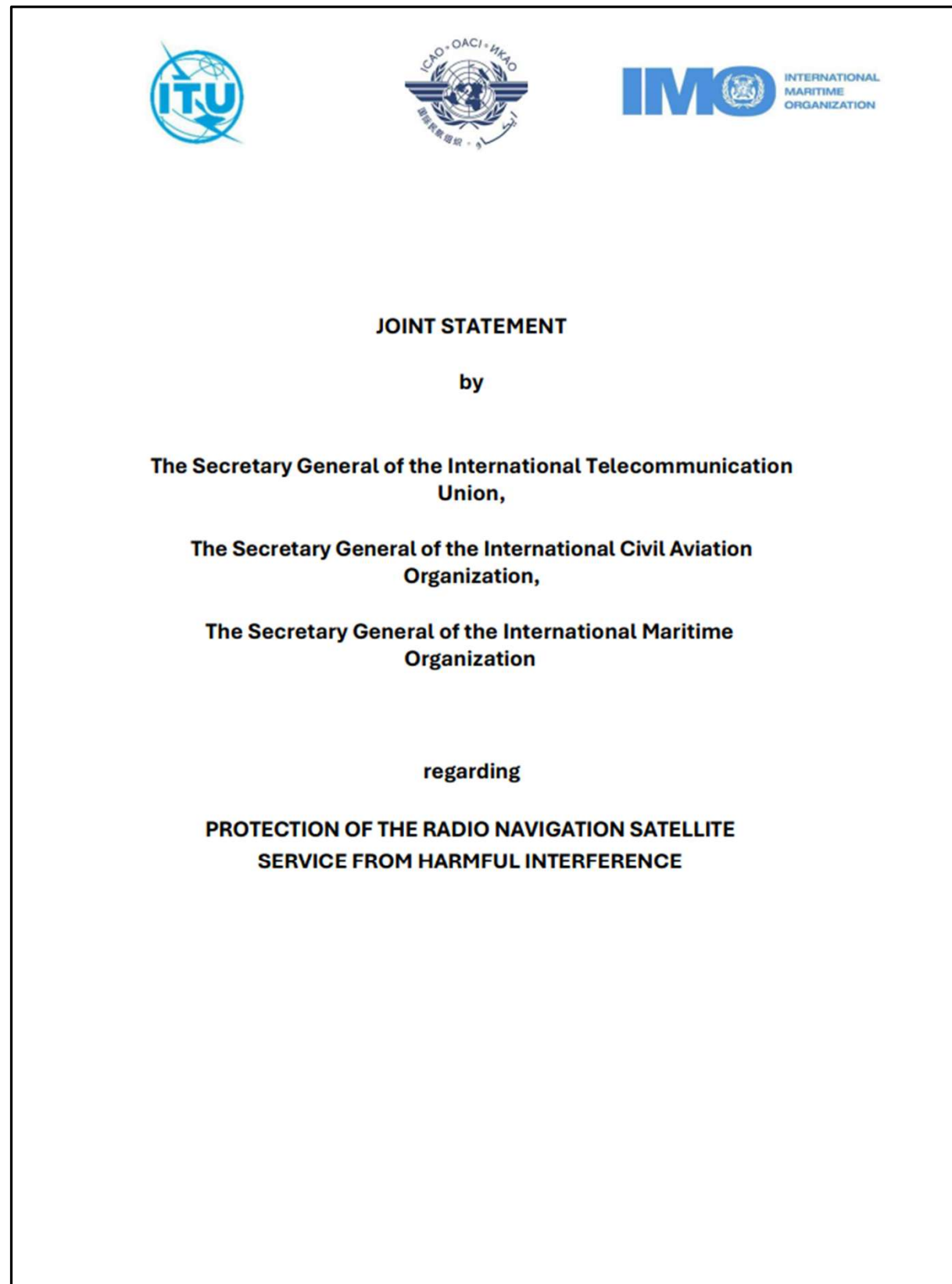
2023年:GNSSサービス中断による英国経済への影響を評価。(24時間の中断で焼く14億ポンドの損失)
国家PNTオフィス(National PNT Office)を設置。政府全体のPNT政策・調整と事業遂行を担当。

- National Timing Center(NTC)
 - 原子時計のネットワーク、光ファイバ
 - 衛星を用いた時刻配信
- eLORANの推進
 - 韓国、フランスとeLORANの信号、受信機の標準化を推進
 - eLORAN+衛星コンステ(準天頂衛星タイプの衛星群も候補)
- GNSS性能監視、干渉の監視網整備



ICG-19 UK Update on PNT Initiatives

2025年 ICAO・IMO・ITU共同声明



共同声明の5項目

1.RNSS保護

- Protection of RNSS from harmful interference affecting civilian and humanitarian operations.

2.レジリエンス強化

- Strengthening resilience of RNSS-dependent navigation, positioning, and timing systems.

3.従来航法維持

- Maintaining conventional navigation infrastructure for contingency support.

4.機関連携

- Enhancing collaboration between regulatory, aviation, maritime, defense, and enforcement authorities.

5.報告強化

- Implementing comprehensive interference reporting mechanisms.

