

第3回宇宙活動法制検討WG会議

平成21年3月12日

衛星測位システム(サービスの提供と利活用上)に関する 法整備の在り方への提言

衛星測位システム協議会

事務局長 西口 浩

背景と骨子

- 米国GPSシステムは既に我が国の基盤的重要インフラとして安全安心や日常生活に密着した幅広い分野で利用されている。
 - － 地理基準の基盤、地殻変動・地震・火山観測、稠密気象予報、航空・海事行政、建機・農機のロボット操縦、E-110/119/118、カーナビ・マンナビ、インターネット etc
- 衛星測位システム(GNSS)の更なる利活用の拡大と相乗効果を期すことを含めて『地理空間情報活用推進(G空間またはNSDI)基本法』と『宇宙開発基本法』が制定された。
- 現在、GPSを補完・補強する我が国の準天頂衛星測位システム(QZSS)計画が推進されており、近くGNSSサービス提供国に仲間入りすることになる。
- 宇宙開発基本法の精神に則り、体制と法整備について二側面を提言する。
 - (1) GNSSサービス提供国として、QZSSの運用管理政策の堅牢性、継続性、透明性等(法の裏づけある姿勢)をGNSS利用国際社会に示す必要性。
 - (2) GNSS利活用面において信号の脆弱性へのIDM対応、周辺有事の際の国民への通知ルールの確保。

他のGNSSサービス提供国の事例

- **米国GPS :**

宇宙ベース PNT EXCOM を司令塔に、サービス体制や手続き的に裏付ける覚書などの法整備が最も進んでおり、その透明性と共に信頼感がある。

- **ロシアGLONASS :**

宇宙庁 Project から国家戦略に基づく一般歳出 Project へ格上げ。
体制や法整備は米国GPS ケースを見習っている。

- **欧州Galileo :**

PPP 構想が崩壊し欧州委員会ECが責任機関になった(欧州宇宙機関ESA は下請けへ格下げ)。目下 Galileo Supervisory Authority の組織体系を見直し中にあり(従来はPPP信託認可会社を監督する機関の位置付け)、米国同様の法整備はそれ以降になる見込み。

米国GPSの体制と法整備事例

(添付Charter 類参照：役割と責任の明確化)

● 米国GPSサービスの法整備：

(1) 基本方針：大統領令(基本法に相当)に基づく。上下両院議会により法令化追認。

(2) 政策決定機関：9省庁副長官級の宇宙ベース PNT EXCOM が司令塔。

事務局Coordination Office、助言機関PNT Advisory Boardを配置。

(3) 軍/民両用の区分：GPSの民生利用に関する DoD/DoT 間覚書

(添付邦訳資料参照：民生機関を代表して米運輸省が調印)

● 米国GPSのサービス体制：

(1) USAF GPS Operation Center : GPSシステムの管理運用

(2) GPS User Support Center : 電波干渉等不具合時の苦情処理等の軍/民窓口

(3) USCG NAVCEN : 内外の民生部門へのGPS情報提供の窓口及び
NANUs(Notice Advisor to Navigation Users) 他

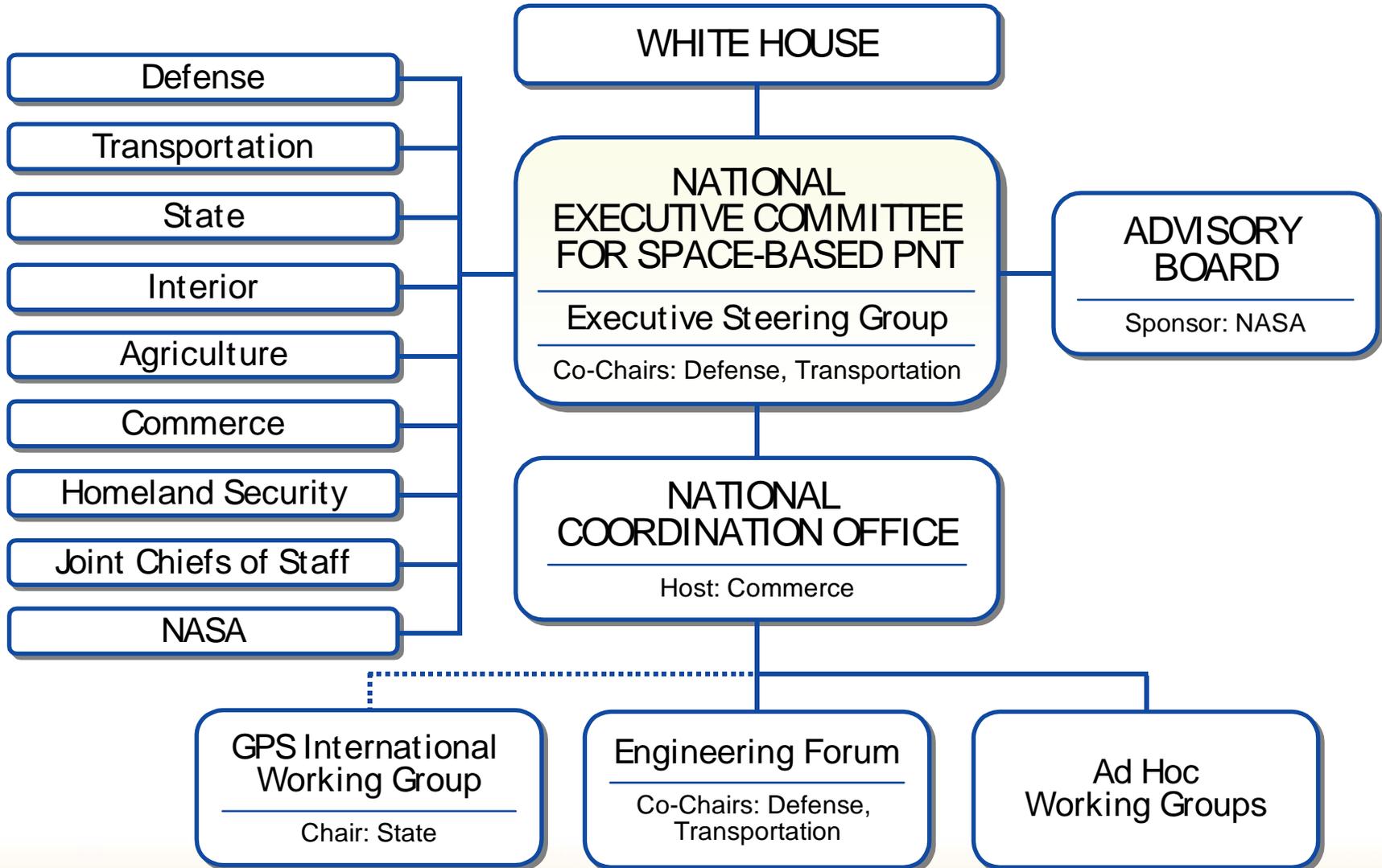
(4) FAA NOCC(航空局) : NOTAM(Notice to Airmen)

(5) CGSIC : 国際 Open Forum : ユーザーの声を政策に反映

(Civil GPS Service Interface Committee with 4 subcommittee)



U.S. Space-Based PNT Organization Structure



USAFにおけるGPS Operation Centerの機能分担



GPSOC Organization

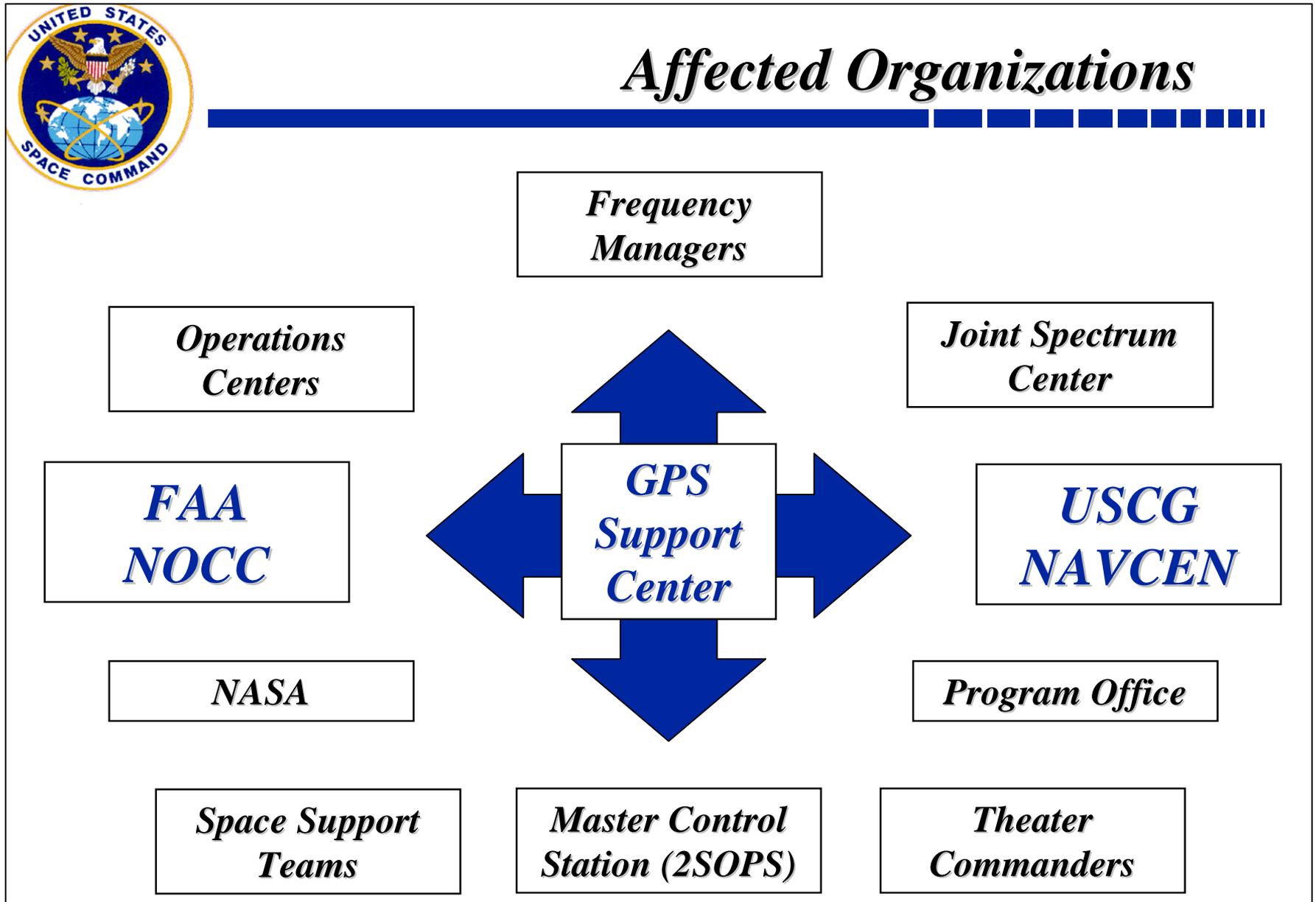
- User Operations
- Master Control Station (MCS)

GPSOC Organization

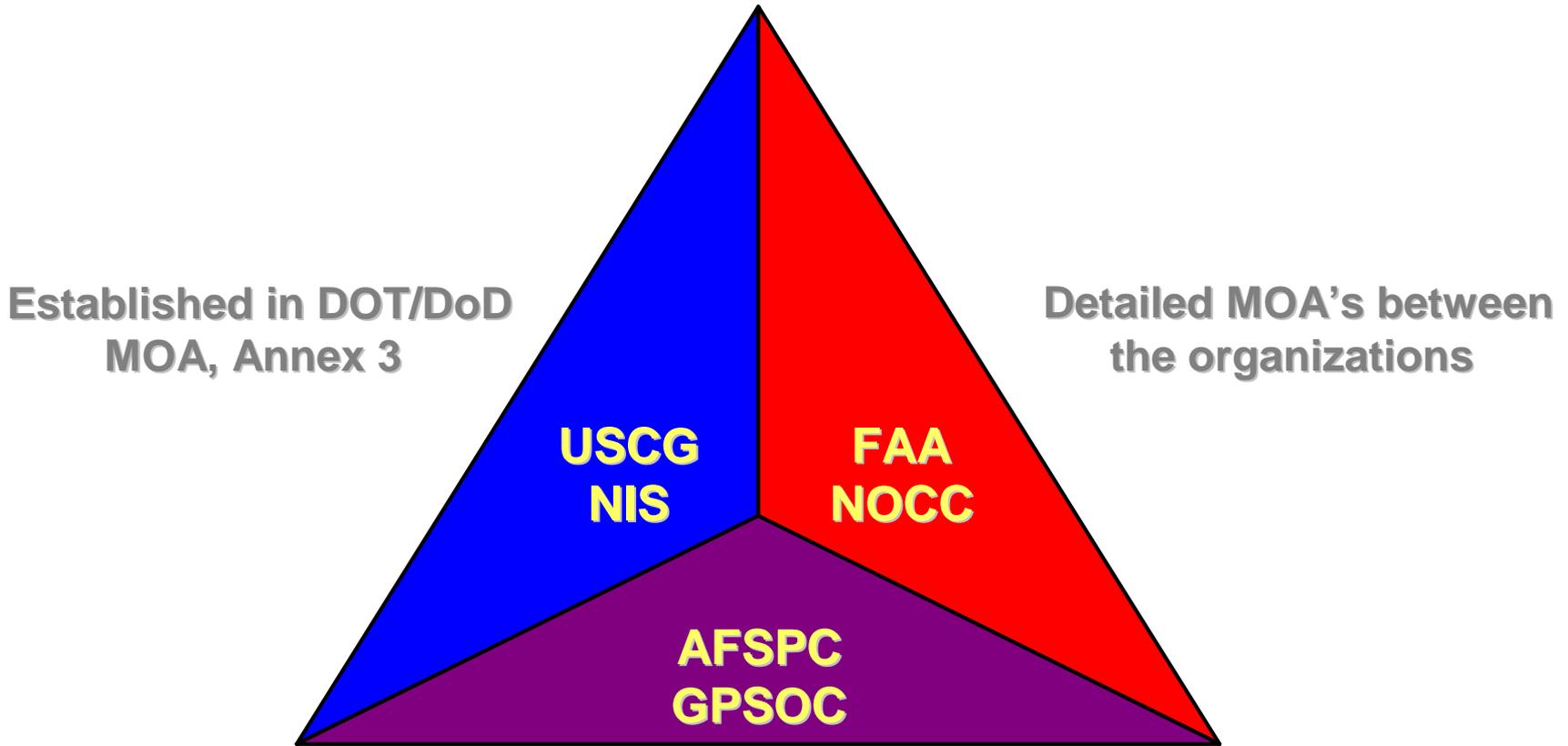
**User
Operations**

**MCS
Satellite
Command
And
Control**

GPS User Support Centerの関係組織図



GPS User Support Serviceの機能分担関係図



Joint GPS User Support Service



Homeland
Security

U.S. Department of
Homeland Security
**United States
Coast Guard**

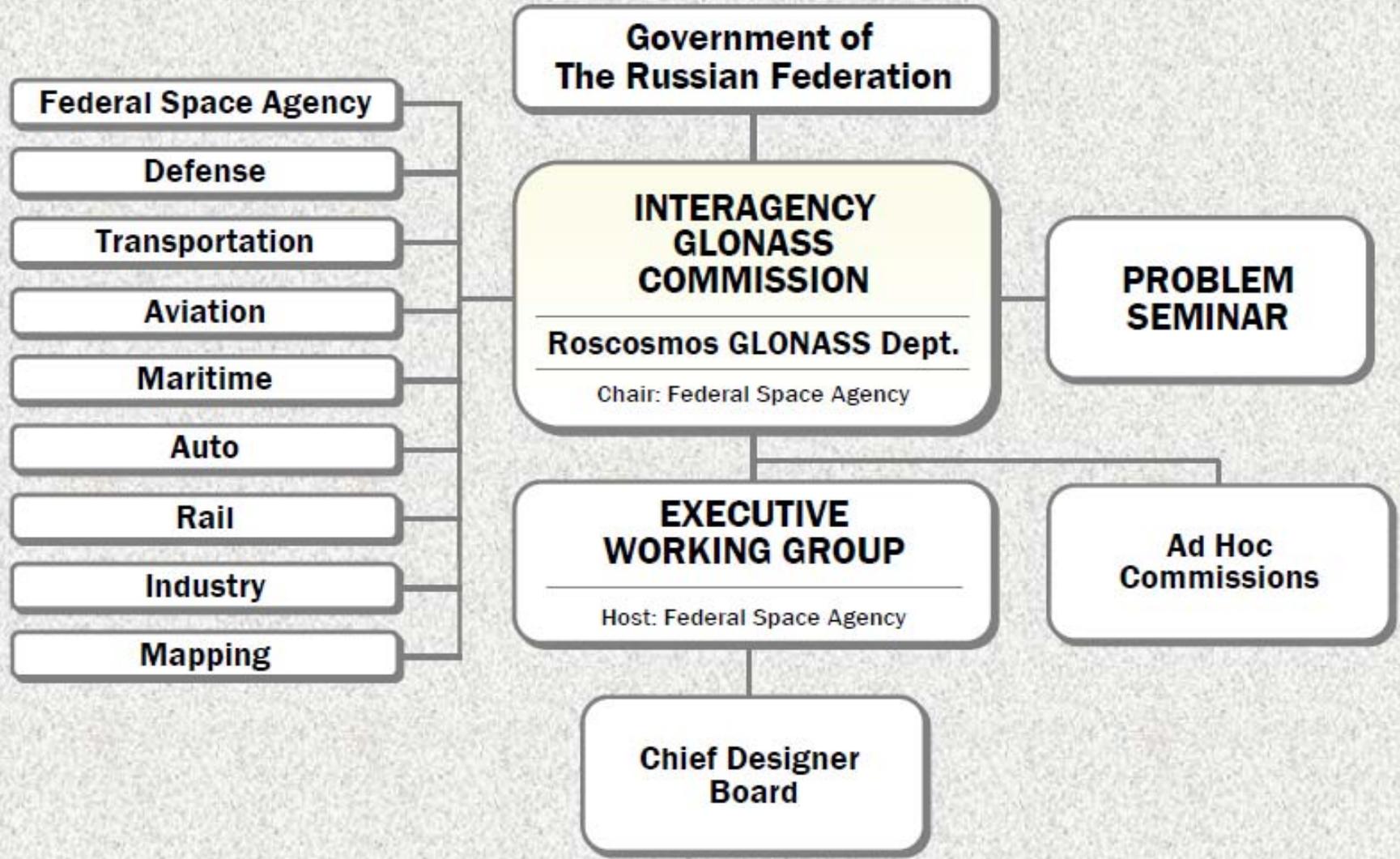


現在のGPSシステムの管理運用体制

- 政策・方針・資金支援 : PNT EXCOM
- 執行と省庁間調整 : GPS Inter-Agency Committee (GIAC)
- 利用者の声反映 : Civil GPS Service Interface Committee (CGSIC : an Open Forum)
- 国際協議・Outreach活動 : 国務省 (DoS) & NASA
- GPSシステムの管理運用 : 国防総省 (空軍) MCSCC
- 利用者サービス体制 : GPS User Operations
 - USCG NAVCEN
 - NOTAM
 - NANU



GLONASS Organization



米国のGPS体制と法整備のまとめ

- 我が国の基本法に相当する基本方針(大統領令)による必要な機能と役割、責任の所在規定に基づき、「関係省庁の既存の事務所掌」+「必要な追加の法整備」、並びに「関係省庁間の役割分担覚書」等を整備して、内外に公表することでGPS 利用社会の信頼醸成に努めている。
- 大統領府の下に司令塔として Space-based PNT EXCOM を設置
- GPSはdual-use (軍/民両用技術)に鑑みGPSの民生利用に関するDoD/DoT 間覚書 (米運輸省は民生部門省庁を代表して調印)
- GPS標準測位サービスを展開するための関係組織間の協定や覚書
- 対外活動 Outreach のための国務省やNASAの役割を規定
- CGSICのOpen Forumとしての位置付けとその継続性
- その他の各種 Task Force

GNSS利活用上の法整備について(1)

- GNSS信号の脆弱性への対抗：
 - 1.5 Watt, US\$3,000のジャミング装置等による電波干渉が脅威
 - (1) 米国の対応：
 - DHS中心に Interference Detection & Mitigation 計画 (IDM Plan) 推進中
 - (2) 英国の対応：
 - 実験中。e-Lolanによるバックアップを推奨。
 - (3) 豪州の対応：
 - RNSS周波帯へのジャミング装置禁止法令を整備済み。
 - (持たぬ、使わぬ、作らぬ、売らぬ、貿易せぬ)
 - (4) 欧州連合 Galileo の対応：
 - 政府規制サービス PRS 暗号化信号をGalileo に搭載。米国と合意協定済み。
- ◆ 我が国は豪州の対応を見習いたい。QZSSサービスを享受する諸国にも推奨必要(ジャミング装置を持ち込ませないためにも)。

GNSSシステムの脆弱性

- 非意図的干渉

- 低出力の電磁干渉
- GPS近代化に伴うテスト時の干渉
- 電離層歪み・太陽熱シンチレーション
- 周波帯の過密・混雑

これらは一般的には一時的な不具合



Russian Jammer

- 意図的な干渉

- Jamming – 敵対的信号妨害
- Spoofing (& its Variations) – 偽信号によるかく乱
- System Damage – システム全体への攻撃

- GPS Constellation, Ground Control Segment
長期的な不具合（低確率な潜在性）



1 Watt
Jammer

- Human Factors

- Errors, Over-Reliance, Lack of Knowledge / Training

IDM Plan の目標

- 米国におけるPNT政策の主な関係組織体の責任を規定すること。
- 重要不可欠なインフラに対するGPSの重要性を強調すること。
- 干渉の検出、通報、調査及び軽減に利用可能な方法を検討し、関係組織体がこれらの方法について教育訓練を実施、試験及び実行するよう求めること。
- プロセスと構成を改善する可能性を明らかにすること。
将来のIDM能力に関わる協力の枠組みの基本線を確立すること。
- 能力の改善、計画の管理、試験及び評価について提言すること。
- 米国のPNTについて資金需要を試算する根拠を提供すること。

IDM Plan の方策

- IDM計画に基づいて新規または改訂された運用概念の必要性に取り組む。
- IDM計画は新たなGNSSsが台頭するのに伴い、他の宇宙ベース及び地上ベースのPNTサービス、補強サービス及びバックアップサービスにも適用する。
- 主要計画の焦点は米国内にあるが、将来の世界的PNTサービスに対する干渉についても考慮を払う
- 現に有効な資料としてのIDM計画は、様々なプロセスを改善するため既存のシステムと能力に基づいて開発と構築を行い将来の能力強化に道筋を拓く。
- DHSはIDM計画の実行に向けて協力関係の枠組みを策定するため多数のPNT利害関係組織体と作業を進めている。
- 本計画はIDM分析の基盤を成すものである。特定の政府機関が負うべき責任は米国のPNT関係組織体の間で締結する協力協定において定める。

GNSS利活用上の法整備について(2)

- 周辺有事の際の国民への通知ルール(Who? How?)の確立が必要
 - － 周辺有事の際はGPS 標準測位サービスが停止される(QZSS サービスを含む)。
 - － どのタイミングで誰がどのような手段で国民に通知するのかのルール。
- 日米GPS政府間協議に反映のこと。
 - － 米国から日本政府への通知ルールは(?)
 - － その際に QZSSサービス停止に関する日米間協定必要では(?)
- 上記の二つについて、どの省庁或いは機関が責任を負うのかの法整備が必要。

まとめ

QZSSサービス提供国としての責務

- 宇宙開発戦略本部の下に、システムの管理運用と各種情報サービスを担う組織体制の確立、並びに関連する法の整備が、国民並びに周辺の QZSS 利用国の信頼を得、安心感を与える。
- 透明性のある内外への公表が、GNSSサービス提供国の一員としての我が国の立ち位置、先進国としての姿勢を示すことになる。
- 我が国民への啓蒙配慮としても必要：ロシアGLONASSを反面教師に！

ご静聴有難うございました！

●添付参考資料:

- (1) 大統領令 : 米国の宇宙ベース PNT 政策の更新 (発効日 2004. 12. 8)
- (2) PNT EXCOM 及び事務局である Coordination Office のCharter (2006. 1. 26)
- (3) PNT Advisory Board のCharter (2006. 4. 18)
- (4) DoD/DoT間のGPS民生利用に関する覚書の更新 (2008. 11. 3)
- (5) PNT Architecture in Future
- (6) 信号の脆弱性関連情報
 - 6-1 米空軍の論文 : 民生GPSシステムの潜在的な脆弱性と対策への考察
 - 6-2 国防科学委員会 : GPSの将来に関する作業部会報告 (2005. 10. 28)
 - 6-3 IDM計画 : Fact Sheet of PNT Interference Detection & Mitigation Plan
(2008.4)
 - 6-4 豪州のジャミング装置禁止法令 (2004. 9)

御参考：以下の PPT は米国GPSに関する最新情報です。

2年間のAdvisory Boardの諸活動

- EXCOMは本Advisory Boardに対して主に次の三項目に取り組むよう求めた。
 - ① GPSとその補強システムの競争力を増強できる分野についての提言。
 - ② 米国及び国際社会に対してGPSとその補強システムの現在及び将来における能力を広報し利活用を奨励する方策を提言。
 - ③ 全世界においてGNSS提供国の数が増える状況に鑑み、技術と市場の傾向を評価すること。
- これらの問題に取り組むため次の三つのパネルを設置
 - －リーダーシップパネル。
 - －戦略的活動と広報パネル。
 - －将来のチャレンジパネル。
- これらの三パネルは二年間の討議を通じて多くの提言をなし、それらの提言は本Advisory Board全体としてのレビューを経て承認された。

提言 (1)

- GPSⅢの発注を急ぎ、迅速な納入を図ること
- 『一部不具合』を起こすことなくサービスの継続提供できるよう余裕を確保すること
- 全てのユーザーの利益に資するため、RTCAのような真に国家的な組織体にGPS信号の仕様を委ね透明性と技術的卓越を確保すること
- 現在のサービス水準を維持するという米国政府の約定を正式に表明すること
- グローバルな保全性能を確保するため、RRAIM(相対的受信機自律保全性モニタリング)乃至はARAIM(絶対的受信機自律保全性モニタリング)のような、航空機自律過誤検知技術とか航空機間隔離技術を利用すること。
- GPSⅢ衛星にレーザー反射装置を搭載すること。
(ロシアGLONASS、欧州Galileo、中国Compassへの対抗)

提言 (2)

- 電波干渉を検出測定してその発信源の位置を特定する方策を開発すること。
- 現在実施中のユーザー料金を直接徴収することなく標準測位サービスを提供する政策を継続すること。
- GPSの基準フレームを他のGNSSシステムと共通に用いること。
- GPS衛星システムに関する妥当な資金調達を確保すること。
- GPSが地球科学の進歩に如何に貢献してきたかを強調すること。
- GPSの進化を透明にすること。
- 司令塔 PNT EXCOM を最大限に活用すること。
- テスト及びシステム変更について国際的な協働を図ること。

GPSに関するビジョン

- GPSの将来を左右する鍵はリーダーシップである。
- GPSはGNSSの世界的標準であり、他の諸国がGNSSと補強システムの能力を急速に拡大しつつある状況において、世界標準の座を守り抜くことが米国の国益であり、GPS利用社会の利益である。
- PNTに関する米国の理想的なビジョンは、複数の宇宙ベースPNTシステムの存在、複数のシステムに対応できるユーザー機器の実現及び世界中のユーザーが日常生活の一部として宇宙ベースPNTをユビキタス(何時でも、誰でも、何処でも)且つシームレスに利用する時代の到来である。
- 米国は30基以上の衛星から成るGPS衛星群に基づいて無償、安定的且つ信頼性の高いサービスを提供するため、GPSⅢへの移行を管理することによって国際的なユーザー社会の信頼を確保しなければならない。

成果と引継ぎ

- 本PNT Advisory Boardは過去二年にわたる活動の間に目覚ましい成功を収めるに至った。
 - － GPSⅢ以降の衛星にはSA(選択適合性)能力を搭載しないというAdvisory Boardの提言が最終的に認められ、2007年9月18日にEngland国防副長官から正式に発表された。この決定は世界のGPSユーザー社会から高い評価を得るに至っている。
 - － 国連のICG及びGNSS提供国会議を通じて国際ユーザー社会との関係構築に実質的な進展が見られるに至った。
- 本Advisory Boardは、例えばGPSに対する干渉の検出と影響の軽減のような他の諸問題について十分な改善がなされたとは思っていない。
- 本Advisory BoardはGPSの軍事利用について同盟国と如何なる合意を図るのかという問題に関して、更に検証する必要があると考える。これらは次期2009~2010年のPNT Advisory Boardにおいて更に検討すべき課題の一部である。

48th CGSIC トピックス

- GPS 近代化の成果：
 - GPS 標準測位サービス性能標準書の更新
 - 近代化完成へのスケジュール
- IDM 計画: Interference Detection and Mitigation Plan
電波干渉問題への取組み
- 複数の GNSSs 出現への国際協同
 - 2025年頃のあるべき姿へ向けて

近代化され、追加されたGPS地上制御施設群



L-Band



S-Band



■ MCS at Schriever AFB, CO
& Alternate MCS at VAFB

● 16 Monitor Stations
6 OCS + 10 NGA

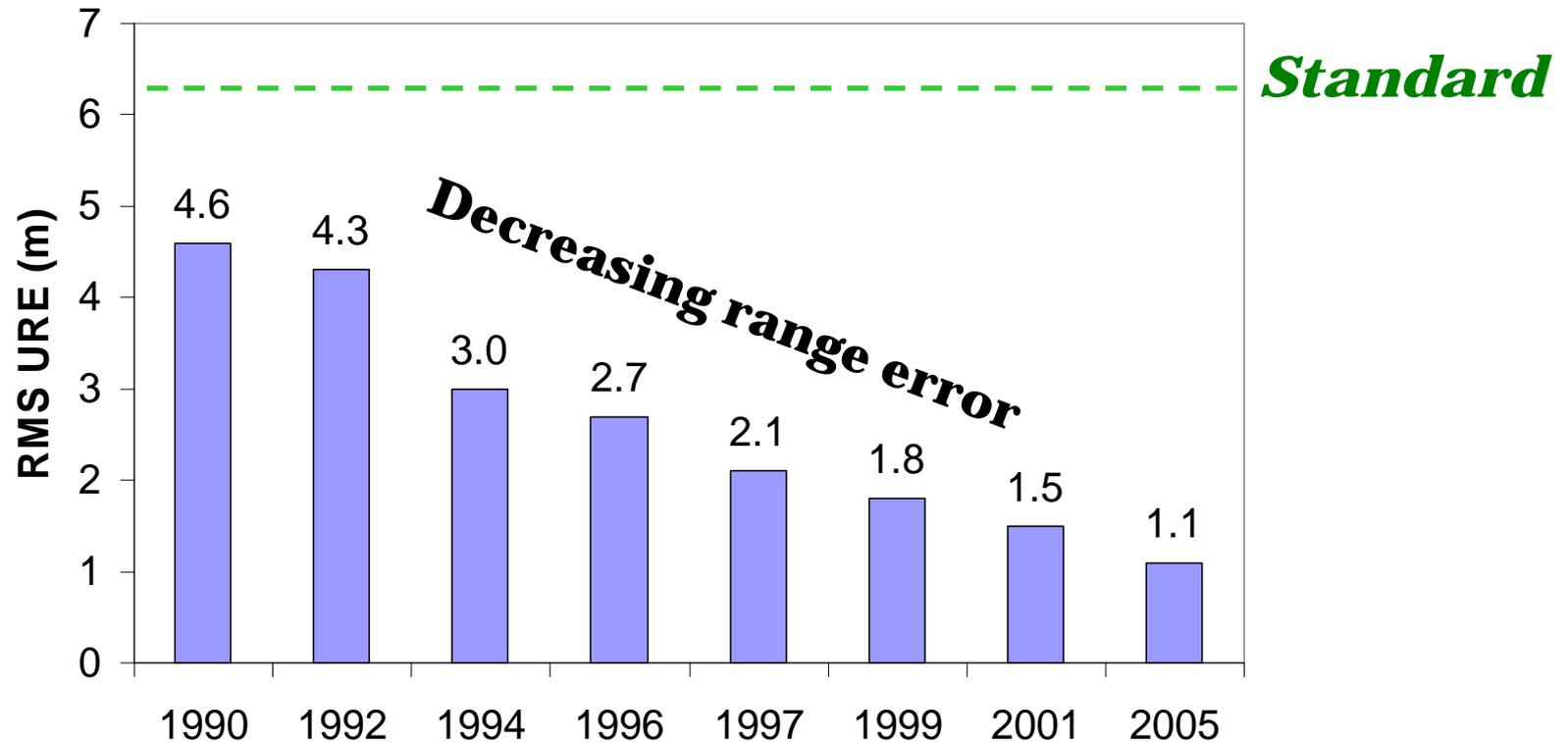
▲ 12 Ground Antennas
4 GPS + 8 AFSCN



■ MCS Master Control Station Schriever AFB
■ AMCS Alternate MCS Vandenberg AFB

▲ GPS Ground Antennas
▲ AFSCN Remote Tracking Stations

GPS Single Frequency Performance



Signal in Space RMS URE: Root Mean Square User Range Error

Continuously Improving GPS Performance

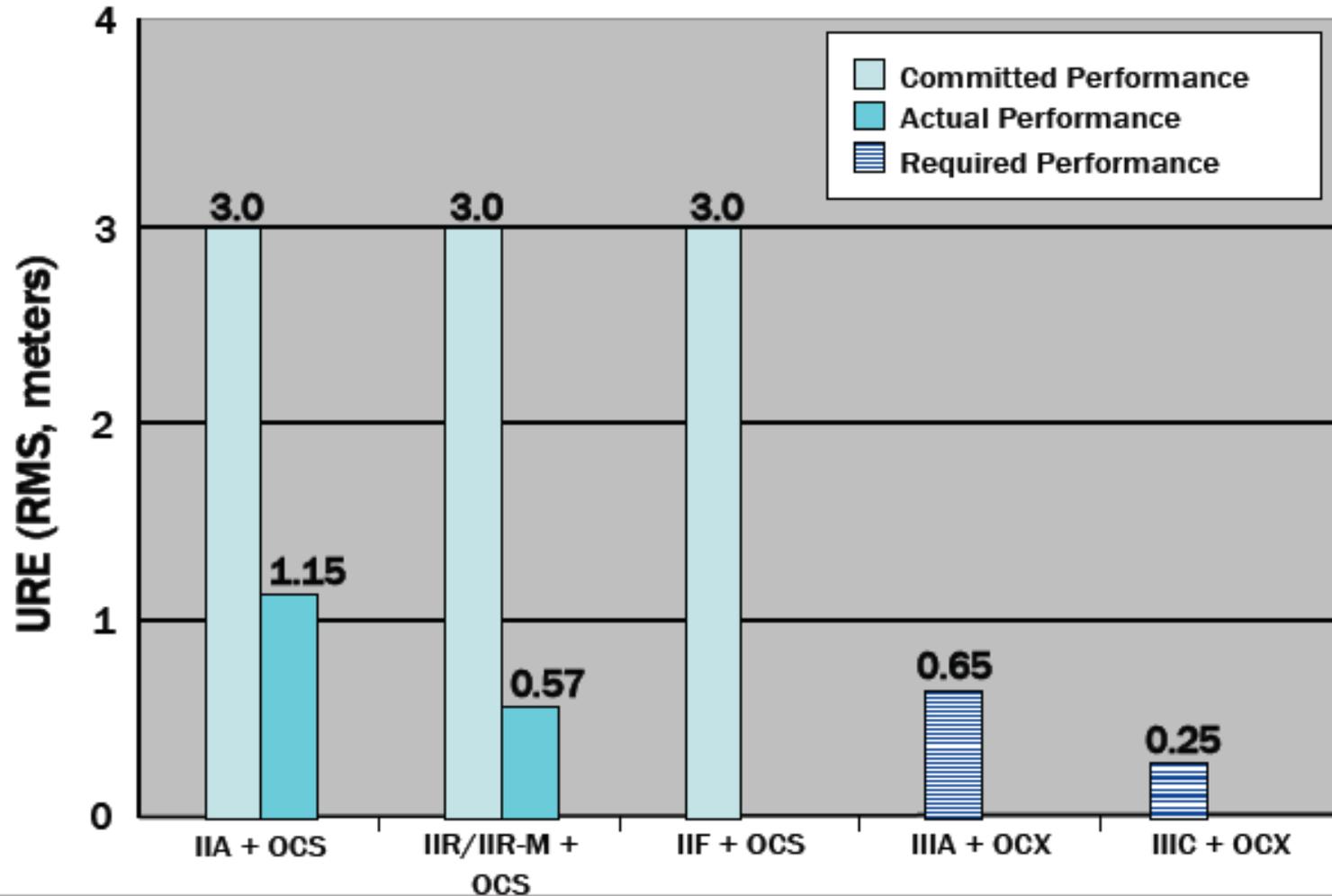
GPS 標準測位サービス性能標準書の更新

GPS Performance Standard Metric		SPS Signal Specification June 1995 (user performance)	SPS Performance Standard October 2001 (signal in space)	SPS Performance Standard September 2008 * (signal in space)	CY 2007 Performance**
1	Global Accuracy All-in-View Horizontal 95% All-in-View Vertical 95%	≤ 100 meters ≤ 156 meters	≤ 13 meters ≤ 22 meters	≤ 9 meters ≤ 15 meters	2.32 meters 4.45 meters
2	Worst Site Accuracy All-in-View Horizontal 95% All-in-View Vertical 95%	≤ 100 meters ≤ 156 meters	≤ 36 meters ≤ 77 meters	≤ 17 meters ≤ 37 meters	3.63 meters 4.95 meters
3	User Range Error (URE)	NONE	≤ 6 meters RMS (Constellation RMS URE)	≤ 7.8 meters 95%, (Worst Satellite URE) <i>equivalent to 4 m RMS</i>	2.29 meters RMS (Worst Satellite URE)
4	Geometry (PDOP ≤ 6)	≥ 95.87% global ≥ 83.92% worst site	≥ 98% global ≥ 88% worst site	≥ 98% global ≥ 88% worst site	99.988% global 98.958% worst site
5	Constellation Availability	NONE	≥ 95% Probability of 24 Healthy Satellites ≥ 98% Probability of 21 Healthy Satellites (assumes 24 primary slots)	≥ 95% Probability of 24 Healthy Satellites ≥ 98% Probability of 21 Healthy Satellites ≥ 99.999% Probability of 20 Healthy Satellites (assumes 24 primary slots)	100% Probability of 24 Healthy Satellites 100% Probability of 22 Healthy Satellites in 24 primary slots (FY2008) ***

* Green color indicates improvement in U.S. Government commitment to GPS civil service

** As measured and reported at web site (<http://www.nstb.tc.faa.gov/>)

GPSの近代化による測位精度の改善見通し



“User Range Error” will continue to dramatically improve

GPS 近代化計画における信号の追加概要図

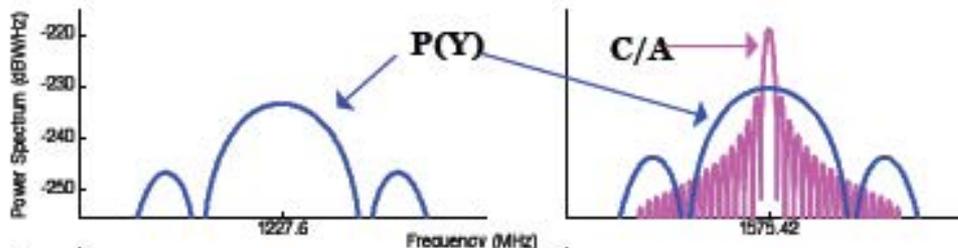
＜各追加信号のFOC予定次期＞

L2C信号：2016年 L5信号：2018年 L1C信号：2021年

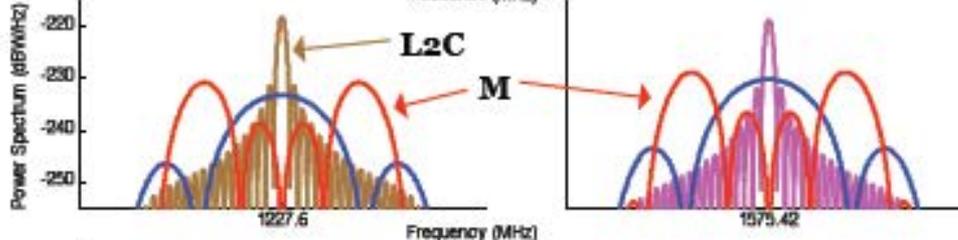
Legacy Signals →

as of Dec 2005 →

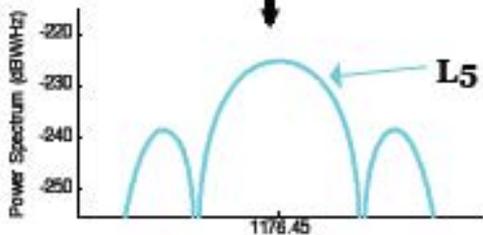
planned ↓



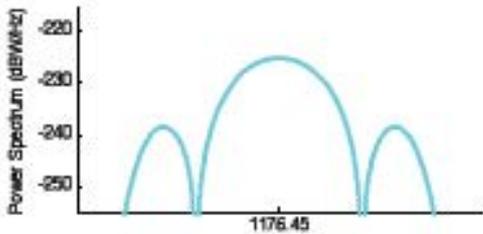
Block IIA, 1990



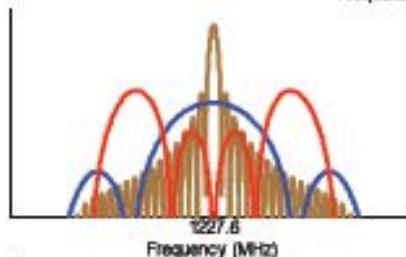
Block IIR-M, 2005



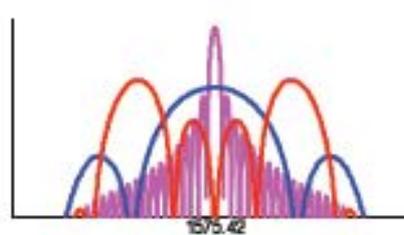
Block IIF, 2009



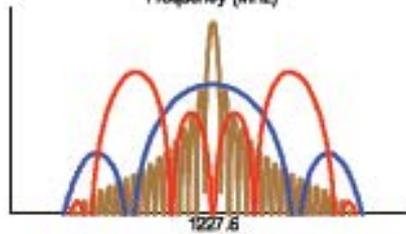
L5



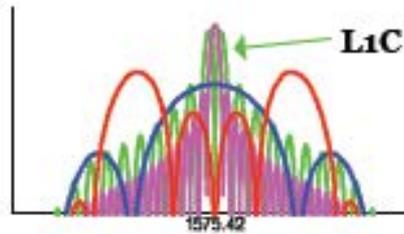
L2



L1



L2



L1C

Block III, 2014



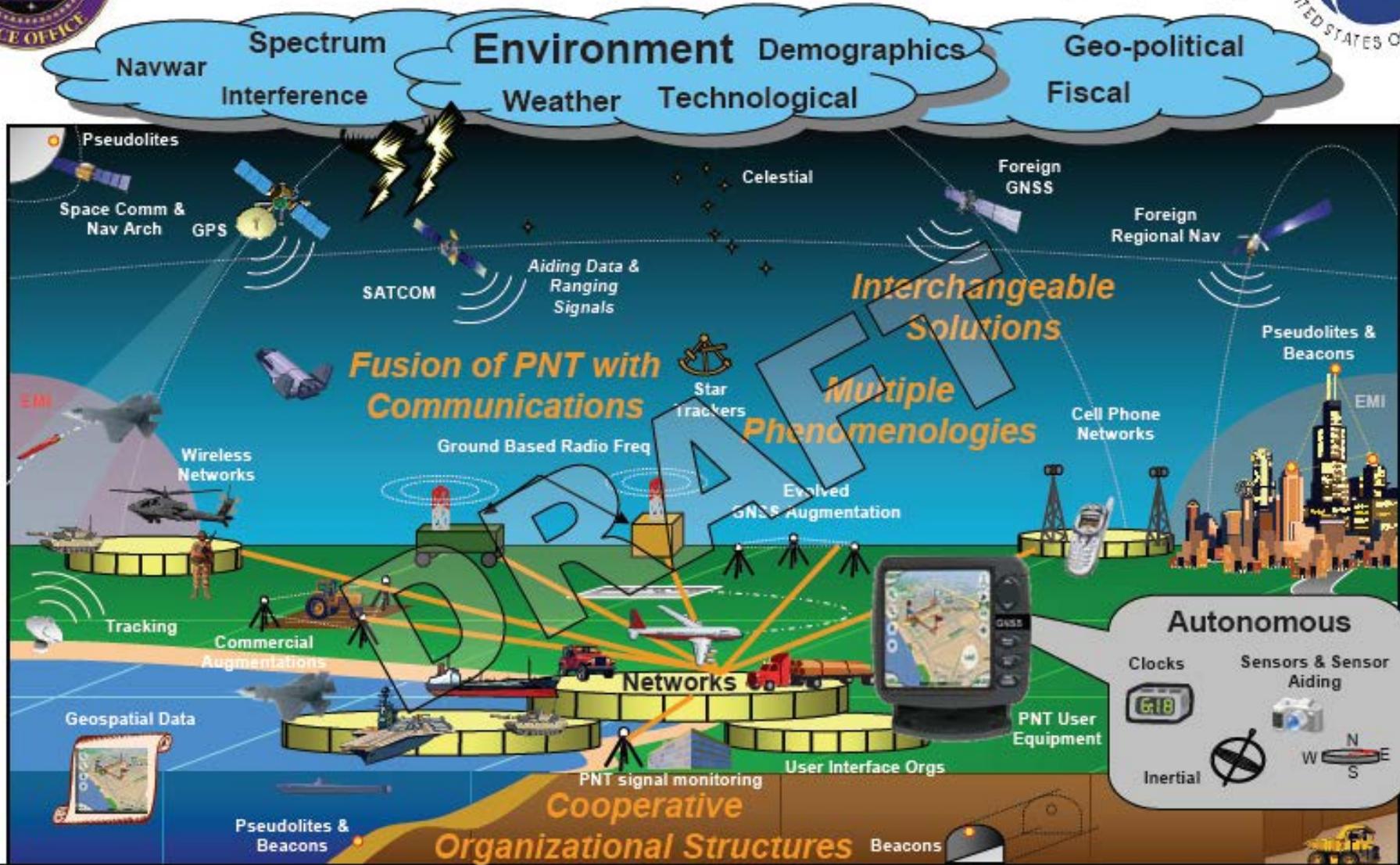
(artist's concept)

複数の GNSSs 出現への国際協同

- 2025年頃のあるべき姿へ向けての PNT Architecture 活動
衛星測位、電気通信、地理空間情報の融合利活用に向けて政策する。
- 国連 ICG における GNSSs サービス提供者間の協同
Interoperability, Interchangeability, Compatibility
Monitoring Station 運用への協力 / Monitoring Data の共有
電波干渉の脅威への共同対応 : IDM 情報の共有



"Should-Be" PNT Architecture (2025)



Standards	Reference Frames	Cryptography	Science & Technology	USNO	NIST	NGA	NGS
Star Catalogs	Launch	ENABLERS & INFRASTRUCTURE			NSA	Industrial Base	
Electro Optical Info.	Modeling	Mapping/Charting/Geodesy	Laser Ranging Network	Policies		Testing	