

準天頂衛星システム開発・利用推進協議会
第4回測位等利用検討WG

GPSとGalileoの最新動向

衛星測位システム協議会

事務局長

西口浩

June 4, 2003



1 .GPSシステムの管理運用体制 :IGEB

(日本の準天頂衛星構想への参考)

2 .欧州Galileoシステムの推進体制 :開発と運用の分離

3 .国務省による国際活動に関する包括的報告

4 . その他のトピックス

- GPS Constellationの現状
- GPS/Galileo Time 他

GPSシステムの管理運用体制

- **政策・方針・資金支援** : Interagency GPS Executive Board (IGEB)
- **執行と省庁間調整** : GPS Inter-Agency Committee (GIAC)
- **利用者の声反映** : CGSIC
- **国際協議・Outreach活動** : 国務省 (DoS)
- **GPSシステムの管理運用** : 国防総省 (空軍)
- **利用者サービス体制** : GPS User Support Center
 - USCG NAVCEN
 - NOTAM
 - NANU



Interagency GPS Executive Board Update

**41st Meeting of the CGSIC
Wednesday, 19 March 2003**

Paula Trimble

IGEB Executive Secretariat



IGEBの最新情報

- 経 緯
- 構成政府機関
- 管 理 組 織
- 経費支援予算
- まとめ

経緯

- 1996年3月PDD決定 : 常設のIGEB設置
 - GPS と連邦政府による補強システムの管理をIGEB に求めた。
 - GPSの軍民両用性を認識すること
 - 国際社会に世界的なPNT用役としてGPSの受入れを奨励のこと

P : Positioning N : Navigation T : Timing

- 1997年初め : IGEB内規に調印 (DoD/DoT長官)
- IGEBはPublic Law (法令)で認められた組織体である。

構成政府機関

Defense
国防総省



Transportation
運輸省

Commerce
商務省



State
国務省

Interior
内務省



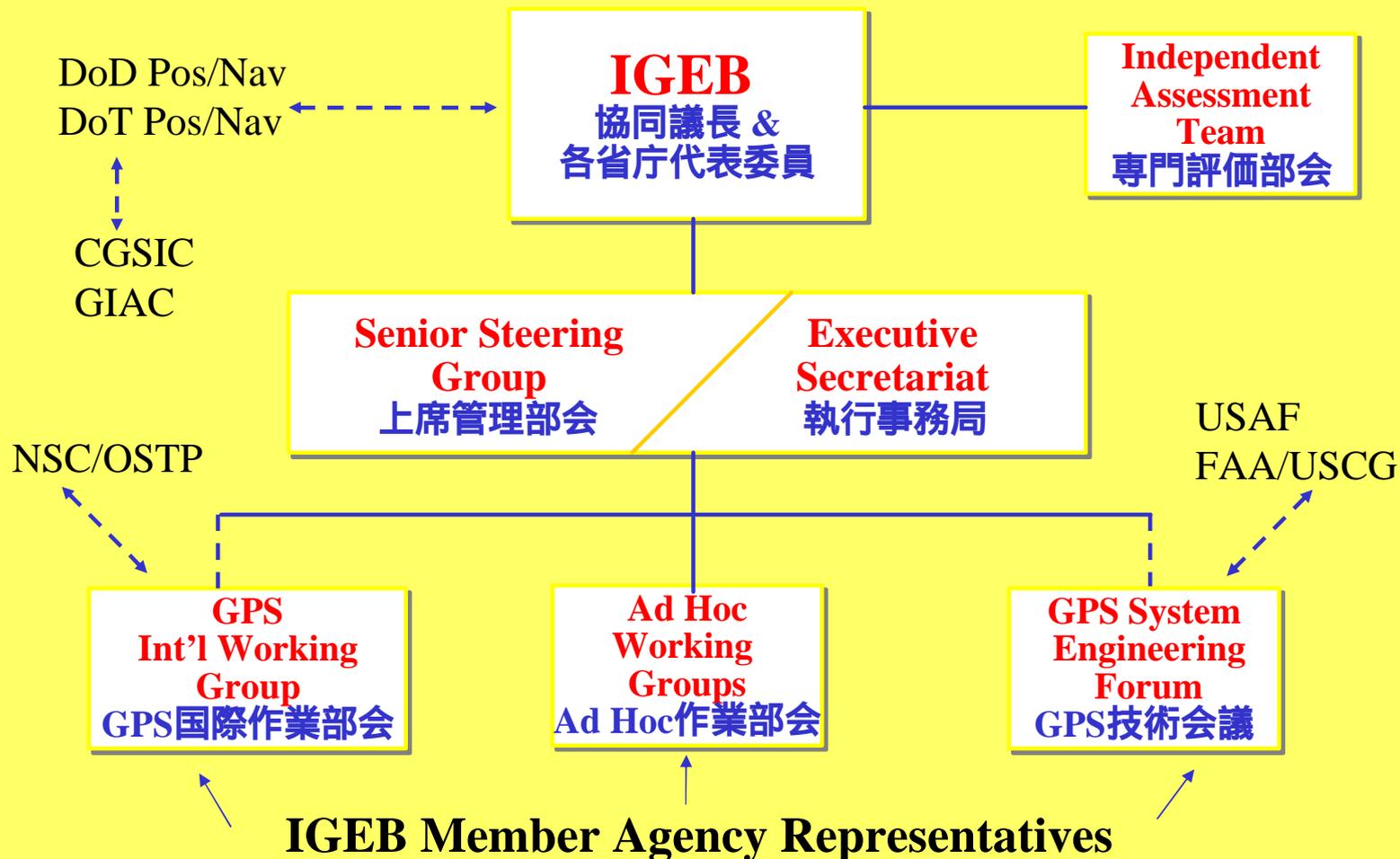
Agriculture
農務省

**Joint Chiefs
of Staff**
陸海空軍統合参謀本部



NASA
航空宇宙局

管理組織



Independent Assessment Team (専門評価部会)

- GPSベース測位及びタイミングサービスのあらゆる側面について専門的な評価を行う。
- GPS、WAAS、NDGPS、その他の測位サービス分野における学識経験者を広く産学官から糾合。
- 最近検討したテーマ:
 - Ultra-wideband (超広帯域システム)との互換性。
 - GPSベース測位及びタイミングサービスに関する国際戦略。

Executive Secretariat (執行事務局)

- 1999年に米商務省 (DoC)内に設置し発足 (予算処置は商務省 :多機能機関)
- 2000年に米議会が正式承認
- IGEBを構成している米政府機関から事務局員を派遣 (各種機能の糊付け)
- 執行事務局の役割:
 - GPS & Augmentation Systemに影響する政策事項のフォロー。
 - IGEB構成米政府機関の間の適切な調整とそれらに対する情報の伝達。
 - IGEBに上程すべき問題の特定と、適時Ad Hoc作業部会の招集提言。
 - 米政府機関による政策協議の場を提供し、必要に応じた技術的 / 業務管理的支援の提供。
 - IGEB及びSenior Steering Groupに対する業務管理上の支援提供。

Senior Steering Group (上席管理部会)

- 2000年にIGEBとしての意志決定機関として設立 (長官会合の省略)
 - IGEB或いはIGEB共同議長の承認を得る提言の策定。
(一種のコンセンサス手続き)
 - 必要に応じてIGEBとしての意志決定を行う権限を持つ。
 - 経費支援予算の管理。
- 上席管理部会員の構成：
 - IGEB構成米政府機関の代表者。
 - GPS運用米政府機関の代表者。
 - 執行事務局長。

GPS System Engineering Forum (技術会議)

- GPS & Augmentation Systemの管理及び政策上の意思決定に影響する、
或いは影響を受けるGPS & Augmentationに関わる技術課題について協議
する会議体として2002年に設立。
- USAF (米空軍)及びFAA (米連邦航空局)が共同議長。
- GPS and/or Augmentation Systemのエンジニアリング上の問題解決作業
をIGEBから受託。
- IGEBとしての決定を見るために、管轄権を有するUSAFとFAA/USCGの
システム開発当局との協議の上問題の枠組みを規定。

GPS Int'l Working Group (国際作業部会)

- DoS (米国務省) が中心的役割を担う
- 次の各号を含めGPS測位及びタイミングの国際的戦略に責を負う
 - 広報、展示及び開催場所
 - 二国間 / 多国間の国際的衛星航法協議及び会議への対応

例 : 一連の国連Workshops

日米共同声明に基づく日米政府間協議

米国GPS / 欧州連合Galileo協議

その他の地域協議

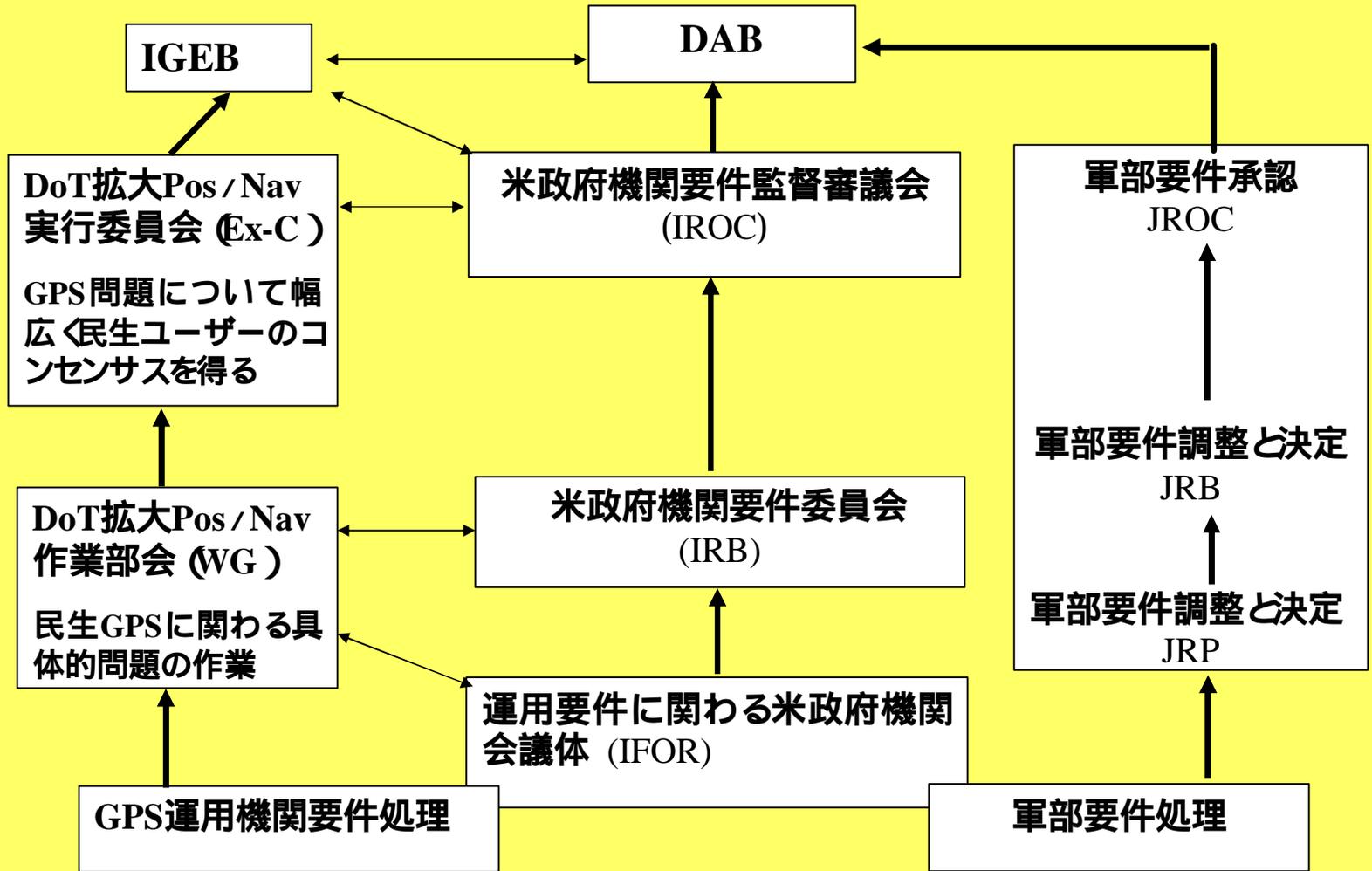
Stewardship Fund (経費支援予算)

- 米政府機関提案プロジェクトへの経費支援予算支出規準：
 - 国家レベルにおける明らかな恩恵。
 - GPSの軍民両用性に配慮したプロジェクト優先度。
 - 通常の米政府機関予算の枠外とし、二以上のIGEB構成政府機関に有益でなくてはならない。(省庁間をまたがるProjectに対する予算処置)
- プロジェクトの例：
 - 専門評価部会の作業。
 - 全米高精度DGPS (HA-NDGPS)。
 - Global Dual Monitoring (PPS/SPS Dualモニタリング)研究。
 - GPSの保全性喪失モードとその影響分析。

ま と め

- PDD (米大統領政策指針)に基づいて設立され、Public Law (法令)で認められたIGEBは1997年以来活動を続けている。
- IGEBは、国防及びセキュリティ上の必要性と世界的な測位及びタイミングサービスの提供に関する民生、商業及び科学分野におけるユーザーの関心の間に均衡を図る活動を続けている。
- 関係各省庁の長官を都度煩わすことなく軍民両用システムであるGPSを管理するための、IGEBを構成する米政府機関とそれらの意志決定手続きが確立されるに至っている。

IGEB構成米政府機関の要件処理フロー



運用上の要件を規程する米政府機関会議体

米空軍宇宙師団

DoD (国防総省)共同議長 DoT (運輸省)共同議長

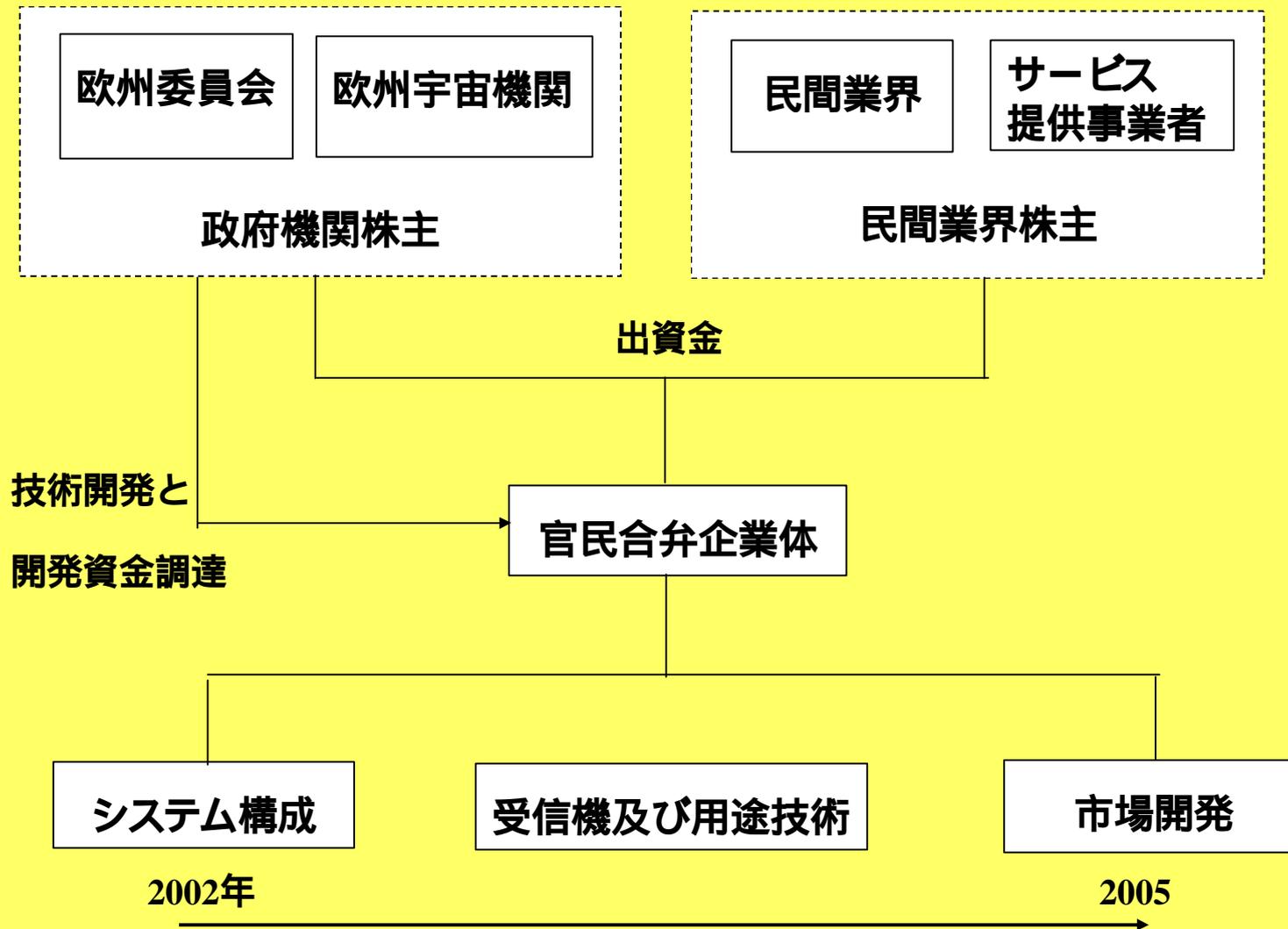
事務局

米軍部会議体

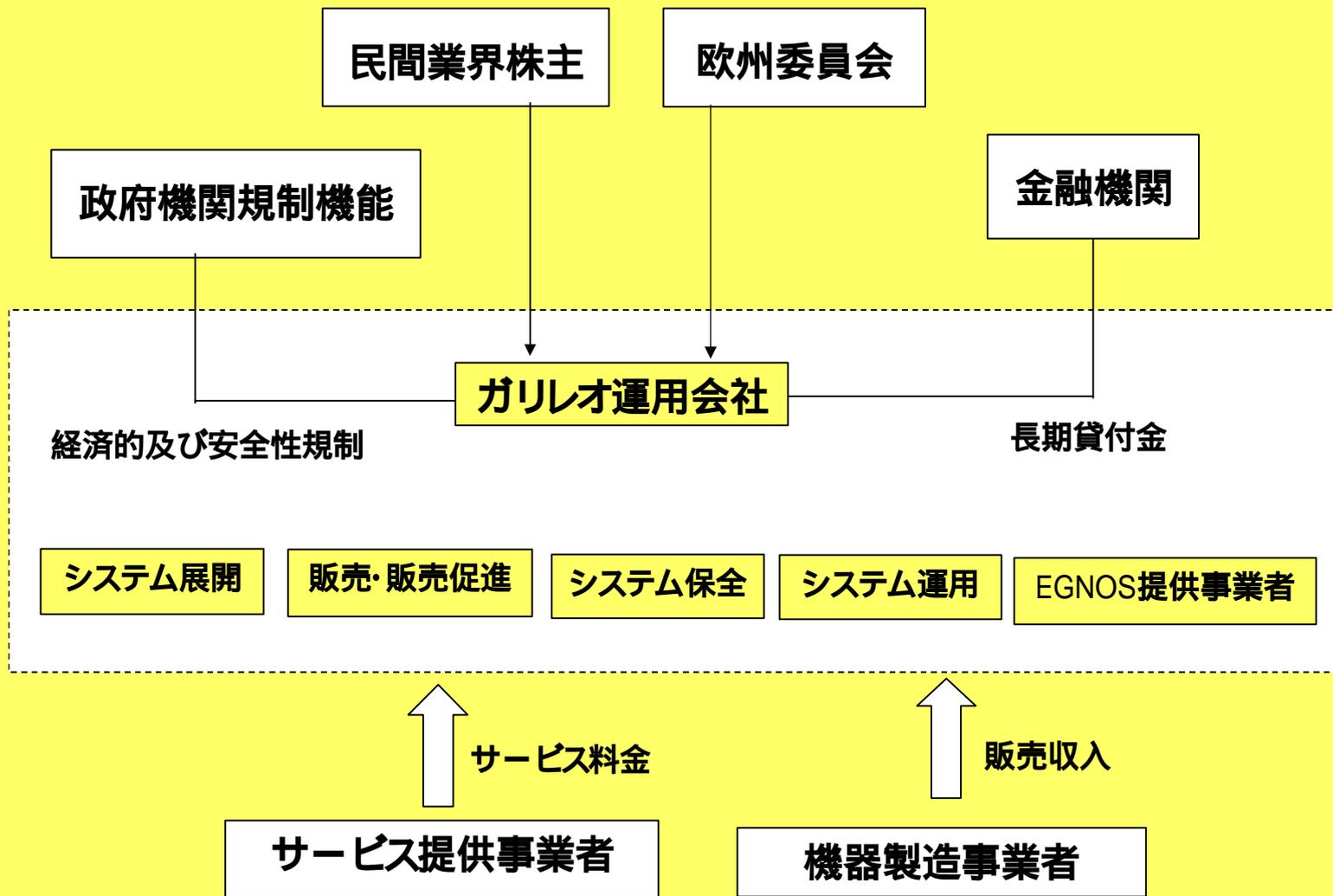
US Air Force (米空軍)
US Navy (米海軍)
US Army (米陸軍)
US Marines (米海兵隊)
NSA (国家安全保障局)
NIMA (国土地理院相当)
その他

民生政府機関会議体

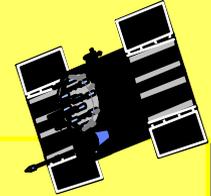
FAA (連邦航空局)
US CG (沿岸警備隊)
FHA (連邦高速道路局)
FRA (連邦鉄道局)
DoC (商務省)
NASA (航空宇宙局)
USDA (農務省)
DoI (内務省)
DoJ (法務省)
DoS (国務省) その他



Galileo開発・展開段階のシームレスな管理 [出典：PWC Reportより]



展開及び運用段階における官民合併企業体モデル [出典：PWC Reportより]



The Global Positioning System

International Cooperation

Presented by
Julie Karner
U.S. Department of State
March 2003

米国のGPS政策

- 軍民両用システム。
- 1983年以降首尾一貫した米国の政策。
- GPSを国家資産として管理しているのはIGEB (DoDのみに非ず)。
- 2000年5月にSelective Availability(SA)の廃止。
 - 予定を6年前倒して実施。
- GPS技術とサービスの民生利用を奨励。
 - 民生信号の開放的な仕様。
 - 全世界のユーザーと業界による平等な利用。

欧州人の懸念 : 米国が民生GPS信号を停止 ? 』

- **風聞** : 米国の軍部はペルシヤ湾岸戦争、コンボ紛争、アフガニスタン紛争及び9月11日同時多発テロ事件の際民生GPS信号を停止した。
- **事実** : GPSは上記出来事の間においても平常通り運用され、サービスに影響があるような措置はとられなかった。
- **その結果** : 全世界にわたってGPSサービスに影響はなかった。
- 9月11日同時多発テロ事件以降何らの変更もない。
- 米国はSA再実施の意図を持っていない。
- GPSは米国と国際社会の両方にとって必要不可欠な用役である。
 - 経済的効果、生産性の向上。
 - グローバルな情報インフラストラクチャ。
 - 公共の安全。

米国のGPS政策

- 米国政府は、世界的情報インフラストラクチュアの一部としてGPSが果たしている役割の重要性を認識し、平時においては勿論紛争時においても全世界の民生及び商業ユーザーに対して可能な限り最善のサービスを提供する責任を真剣に果たしている。
- 米国政府は、軍事作戦地域外の民生信号に不当な受信不能やサービス品質の劣化をもたらすことなく、作戦地域における軍事上の優勢を維持するために敵対勢力によるGPS及びそのAugmentation Systemの利用を阻止する能力を有する。
- 米国政府は、米国とその同盟国のセキュリティ要件を充たしつつ、GPSが貴重な世界的用役として常に利用可能であり続けるようにするつもりである。
- 米国政府は、欧州連合及びそのメンバー国とのGPS-Galileo間協力に関する協議の成功を目指し、相互に有益な結果が得られるよう努力している。
 - この協議で成功を収めるには多くの問題を解決しなければならない。米国、NATO及び欧州連合メンバー国の全てに共通の利益である安全保障問題が含まれる。

GPSの民生用途

- GPSは広範な用途に用いられている。
 - GPS :2~10m精度
 - Augmentation (補強)を伴うGPS :50cm~3m精度
 - 先端的技術 (例えばRTK)を伴うGPS :移動体の場合: cmレベル精度
静止体の場合: mm~cm精度
- 他の技術やデータベースとの統合:
 - 遠隔検知
 - Geographic Information System (GIS :地理情報システム)
 - LBS, Telematics

Today, Tomorrow and Future Concept

Today (現状)

GPS

GLONASS

DGPS & GBAS

SBAS (Pre IOC)

GPS-GLONASS共用受信機

Pseudolite (疑似衛星)

他の技術との統合 (例えばGSM)

Tomorrow (近い将来)

SBAS運用

GBAS-LAAS、GRAS

Galileo

日本のQZSS (準天頂衛星システム)

Future (将来)

LORAN-Cで発信するWAAS

DGPSによるRTK

互換性と相互運用性

- GPSは世界中に何百万ものユーザーを擁する現に運用中のシステム
 - 衛星ベース航法の標準である。
- ユーザーに最大の有用性を提供するため、新たなシステム又はオーグメンテーション(補強システム)は:
 - GPSと互換性を有するものでなくてはならない。 :サービス品質の維持
 - 可能な限りGPSと相互運用性を有するものでなくてはならない。

More Visibility 理想的には単一のソリューションが得られるように
L2C及びL5には願ってもない機会があるもののL1波には若干の制約
最も多くのユーザーに恩恵のあるより安価な受信機

- 目 標 :シームレスな世界的サービスの実現。

線周波の互換性

- GalileoやQZSSの民生信号について：

GPSが独立に提供しているサービスに対して受け入れ難い品質劣化をもたらすような干渉を及ぼさないと保証されるならば、それらの信号は無線周波の観点からGPSと互換性があることになる。

既存の受信機を用いているユーザーについては、

『Backward Compatibility』(従来システムとの互換性)という考え方

国家安全保障上の互換性

- 民生信号と軍用信号のスペクトルを分離することを通じて軍用サービスを保護し、同時に紛争地域外の民生サービスを確保しつつ敵対勢力による利用を阻止する能力を有するならば、国家安全保障上の観点からGalileo / QZSS民生信号はGPSと互換性があることになる。

互換性と相互運用性

相互運用性

- 相互運用性とは、複数のGPS衛星及びGalileoやQZSS衛星を同時に視野内に収めた複合システム受信機がユーザーレベルにおいて、GPSのみ、Galileoのみ或いはQZSSのみによって得られる測位、航法又はタイミングの精度に等しいか或いはそれより高い精度を達成できることをいう
- 上に規定した相互運用性は非常に重要な目標である。

しかし互換性がより重要

- GPSユーザー社会にとって互換性の保証こそ最重要要件であると考える。
既存及び将来のGPS受信機を保護しなければならないと米国政府は考える。

既存及び将来のGPSユーザーをサービス品質の劣化から保護しなければならない。

国際協力

- 民生ユーザーに性能の改善をもたらす。
 - 理想的には、単一ソリューションを実現するために衛星を相互交換可能なモードで利用する。
 - 視野内に収められる衛星の数が増えることによって最大の有用性が得られる。
 - 双方のシステムにとって、都市部におけるビルの谷間問題を解決する上で役立つ。
 - 受信機自律の保全性モニタリング。(RAIM機能の向上)

同様な政策を取ることによる相互運用性改善

- 無償開放信号及び開放的な仕様 (Free, Open-signals & Open-spec)
- いずれのシステム或いはシステムの組合わせが最もニーズを充たすかはユーザーが決める。更に、
いずれのシステム或いはシステムの組み合わせが最適の事業性を提供するかは機器メーカーが決める。
 - GPS / GLONASS / Galileo
 - QZSS
 - システムの組み合わせ
 - 他の技術との組み合わせ: GSM、UMTS、Pseudolite
- 市場原理による自由競争。
 - 技術革新。
 - より優れた、より安価な機器とサービス。
- 無線航法スペクトルを干渉から保護する。
- 紛争地域における同盟国軍のGPS利用を確保する。

国際協議：対欧州

- 次回全体会議：2003年4月9~10日
- 技術協議：2002年10月21~23日 2003年1月30~31日 2003年3月20~21日

目標:

- GalileoのPRS (政府規制サービス)向けに別の信号構成を提言。
Mコードへのオーバーレイは認め難い。
- 互換性(GPSに干渉を及ぼさない)及び民生信号の相互運用性 (性能改善)。
- 民生信号のため、衛星を相互交換可能なモードで使用する:
視野内により多くの衛星が収められることを利用する。

- 最重要課題はMコードへのオーバーレイである。

米国軍、NATO軍及び同盟国軍のセキュリティに影響が及ぶ。
米国は、Mコードへのオーバーレイの影響とGalileoのPRSとOAS信号の代替構成
についてEUメンバー国とECに対して、NATOの枠組み内で秘密の説明。

- その他の重要課題:

貿易：差別的扱いの排除、機器メーカー及びサービス提供事業者による
民生サービスデータへの平等なアクセス)。
技術：互換性と相互運用性の維持。

Mコードへのオーバレイ問題

- 米国の政策と法令は次の各号を規定している。
 - Protection 同盟国軍によるGPS利用を確保すること。
 - Prevention 敵対勢力によるGPS利用を阻止すること。
 - Preservation 紛争地域外での民生利用を阻害しないこと。
- NAVWAR計画は、世界的なサービス品質の低下無しに地域を限ってGPS信号の利用を出来なくするものである。
- 民生信号からスペクトルを分離するために新たなMコードを開発した。
- スペクトルを分離しないと信号のセキュリティが低下する。

Mコード信号へのオーバレイは、国家安全保障上の互換性にもと、NATO軍の戦闘能力を低下させるので同意できない。

国際協議：対日本

- 日米政府間協議

- 全体協議：2002年10月
- 技術会議：2002年12月
- 協議の中心は日本のQZSS計画に対する緊密な協力である。

- 目標：GPSとの相互運用性を極大化すること。

- ユーザーが視野内に収められる衛星の数が増える。
- DoP値の向上～測位精度の改善。
- GPS/QZSS用途の商業的機会が増える。

ま と め

- GPSは世界的情報インフラストラクチュアの中核を成すものである。
- 米国は、全世界のユーザーに対して、直接ユーザー料金を徴収することなく、無償でGPSサービスを提供し続けるつもりである。
- 首尾一貫した米国の政策はGPSの標準化と市場の成長をもたらすに至っている。
- 目下GPSの近代化を推進中である。
- 全世界のユーザーに恩恵をもたらすのは新たなシステムの互換性と相互運用性である。
- 民生信号と軍用信号 (米軍、NATO軍及び同盟国軍)の両方についてGPSの権益を保護しなければならない。

Mコードへのオーバーレイは受け入れ難い

- 欧/米間の信頼関係の問題ではない。
- Mコードへのオーバーレイは、NATO軍と同盟国軍の作戦と兵士達の生命をリスクにさらすことになる。
- 全てのNATO加盟国は、
 - 如何にセキュリティの水準が高く
 - 如何にサービスの暗号化が完璧で、
 - 如何に機器へのアクセスが厳格に制御されていようとも不正アクセスのリスクを皆無にできない点で合意をみている。
- 2003年1月30~31日にパリで開催された技術作業部会において、米国はPRS向けスペクトル計画の代案を提案し、民生信号の互換性と相互運用性について協議するよう申し入れた。
- 米国は、NATOの枠組みを通じて或いは米国と安全保障条約を締結済みの諸国と問題を協議する用意があるものの、Mコードへのオーバーレイについては交渉しない。

MコードとPRS (政府規制サービス)信号とは異質のもの

- 共通のユーザーベースがない。
- Mコードは厳格に軍ユーザー向けのもの。
 - 米国軍及び同盟国軍の要件を充たすよう設計されている。
 - 戦場で使用するものである。
- PRS (政府規制サービス)は民生サービスであると広報されている。
- MコードとPRS信号は市場占有率をめぐって競合するものではない。
 - MコードがPRS類似或いは商業的サービスに用いられることはない。
- 米国は、MコードとPRS信号の間に相互運用性を図る意図を有せず、その必要性も認めていない。

米国が提案したPRS (政府規制サービス)信号案

- EC (欧州委員会)が述べているPRS要件を充たすものである。
 - L1波帯 : BOC(5,2)
 - GLONASS帯 (18MHzが利用可能) : BPSK-R(5)、BPSK-R(8)、BOC(6,3)、BOC(6,4)、BOC(5,25)、BOC(5,5)及びBOC(4,4)
- あらゆる選択肢が可能であり頑丈な信号デザインを提供するものである。
 - 耐干渉性と電波妨害耐性を有する
 - Galileo OS (開放サービス)信号からのスペクトル分離
 - 高い精度の提供
 - 他のGalileo信号を発信するのと同じ衛星で効率的に信号を発信 伝送可
 - GLONASS帯の周波利用を妨げる法務的或いは技術的障害は存在しない

GPS - Galileo協力関係の現状

- 米国は、Galileoが世界中の民生ユーザーに恩恵をもたらすものとする。
 - PRS (政府規制サービス)に反対するものではない。
- 唯一の大問題即ちMコードへのオーバーレイ問題が協力協定締結への進展を妨げている。
- PRS (政府規制サービス)とGPS軍用サービス (Mコード)は同列に論じるべき性質でもなければ、お互いに競合するサービスでもない。
 - 共通のユーザーベース或いは市場が存在しない。
 - Mコードは厳格に軍部ユーザー向けであって商業的に利用されていない。
- 米国としては、真の協力関係が推進できるようこの問題の早期解決を望む。
 - さもないと大西洋沿岸諸国同盟関係をリスクにさらすことになる。

GPS - Galileo技術作業部会

- Goddard Space Flight Centerで2002年10月21~23日に開催された会議及びESA本部で2003年1月30~31日に開催された会議。
- 民生GPS及びGalileoサービスの技術的互換性と相互運用性について協議。
 - 米国及びEC/ESAによる干渉分析の結果と信号間に干渉がないことを決める規準について
 - GalileoのL1波及びL5/E5波信号構造とコードの選定について
 - タイミング及び測地に関わる相互運用性問題について
- パリで開催された技術作業部会では米国が提案したPRS信号代案に取り組んだ。
- タイミングや信号干渉分析のような具体的分野についてはフォローアップ小部会が設けられた。

柔軟な信号計画 (可変Galileo周波構想)が機能しない理由

- 計画されたNATO軍作戦の秘密を守るため、外部 (非NATO諸国)との調整は許されない。
 - EUのRapid Response Center (緊急事態対応センター)は商業的運用事業者に通報しなければならないことになっているため、軍事作戦上の秘密が守れない。
- 欧州側の承認は保証されない。
 - NATOに対するEC (欧州委員会)の表明。
- 欧州側対応の速度が軍事作戦と合わない。
 - 外部機関による承認が得られるまで行動を起こさないよう軍の現地指揮官に制約を課すことはできない。
- Galileo周波の切り替えは敵対勢力側に攻撃があることの予測と警告を与えることになる。
- BOC(10,5)信号代替案はGalileoを二流のサービスにするものではない

GPS - Galileoシステム比較 (2008年頃)

| | <u>GPS</u> | <u>Galileo</u> |
|-------|------------|----------------|
| スペクトル | 72MHz | 125MHz |
| 信号 | 8 | 10 |

| サービス | <u>GPS</u> | | | <u>Galileo</u> | | |
|-----------------------|-------------------|-----|------|---------------------|---------------|--------------------------|
| | 信号 | MHz | ユーザー | 信号 | MHz | ユーザー |
| 開放サービス | L1波 L2波 L5波 | 24 | 大衆市場 | L1波 E5a波 E5b波 | 44 | 大衆市場 |
| 商業サービス | (GPSには該当しない) | | | 開放 + E6波 | 54 | 有償 特殊ユーザー |
| 生命の安全 に関わる サービス | L1波 L2波 L5波 | 24 | 航空業界 | L1波 E5a波 E5b波 | 44 | 航空業界+ |
| PRS(政府 規制サービス) | (GPSには該当しない) | | | L6波 BOC(n,m) | 20 8(5,2)* | 警察、諜報機関、国境警備 5~16G1帯* |
| 軍用サービス | L1波 L2波 | 40 | 軍部 | (Galileoには該当しない) | | |

* 米国がMコードへのオーバレイに対する代案として提案したもの。

その他のトピックス

- US Coast GuardがHomeland Security Dept (DHS)に移管
 - DHSがIGEBに参画の予定で手続き中、CGSICは継続を合意済み
- USCGのNDGPSの拡張目標
 - 現在 24 基準局を74 基準局へ拡大
 - 6秒以内の Integrity Service 提供を目標
- FHWAのHA-NDGPS (新しい取組み)
 - 200 mile square の4つの基準局を利用する高精度 DGPS 計画 (L1, L2C, L5対応の2周波利用、1Kbps data-rate)
 - L1 & L2P(Y) 利用のテスト結果 : 数秒間で10 cm を達成
 - Static : 3D 1 cm 以下、移動体 : 20 cm 以下の測位精度が目標
- 米国WAAS : IOC/03.7 FOC/2006 の見込み (LNAV/VNAV: 350 feet LPV: 250 feet ILS: 200 feet)

- **米国WAAS :IOC/03.7 FOC/2006 の見込み**

(LNAV/VNAV: 350 feet LPV: 250 feet ILS: 200 feet)

- **Loran C をWAAS、LAAS、Timing のバックアップに検討中**

- **FのL5 信号強度 : - 154.9 dBw (ICD-705 に反映)**

GPS- のL5強度 : - 160 dBw とする

- **GPS Time とGalileo Time、QZSS Timeへの関心**

(1)米欧TWG協議においてGPS/Galileo Time OffsetのICD作業中

(ICD-1 draft : 2003 Spring 確定ICD-1 : 2003.9 発表予定)

(2) 相対性理論による相対的な効果が適切に作用しない。

(3) 共通の座標時間が必要でありmost important