



委44-1

# 準天頂衛星初号機「みちびき」の 定常運用移行について

平成22年12月15日

(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)

宇宙利用ミッション本部長・理事

本間 正修

準天頂衛星システムプロジェクトマネージャ

寺田 弘慈



# 1. これまでの運用経過



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

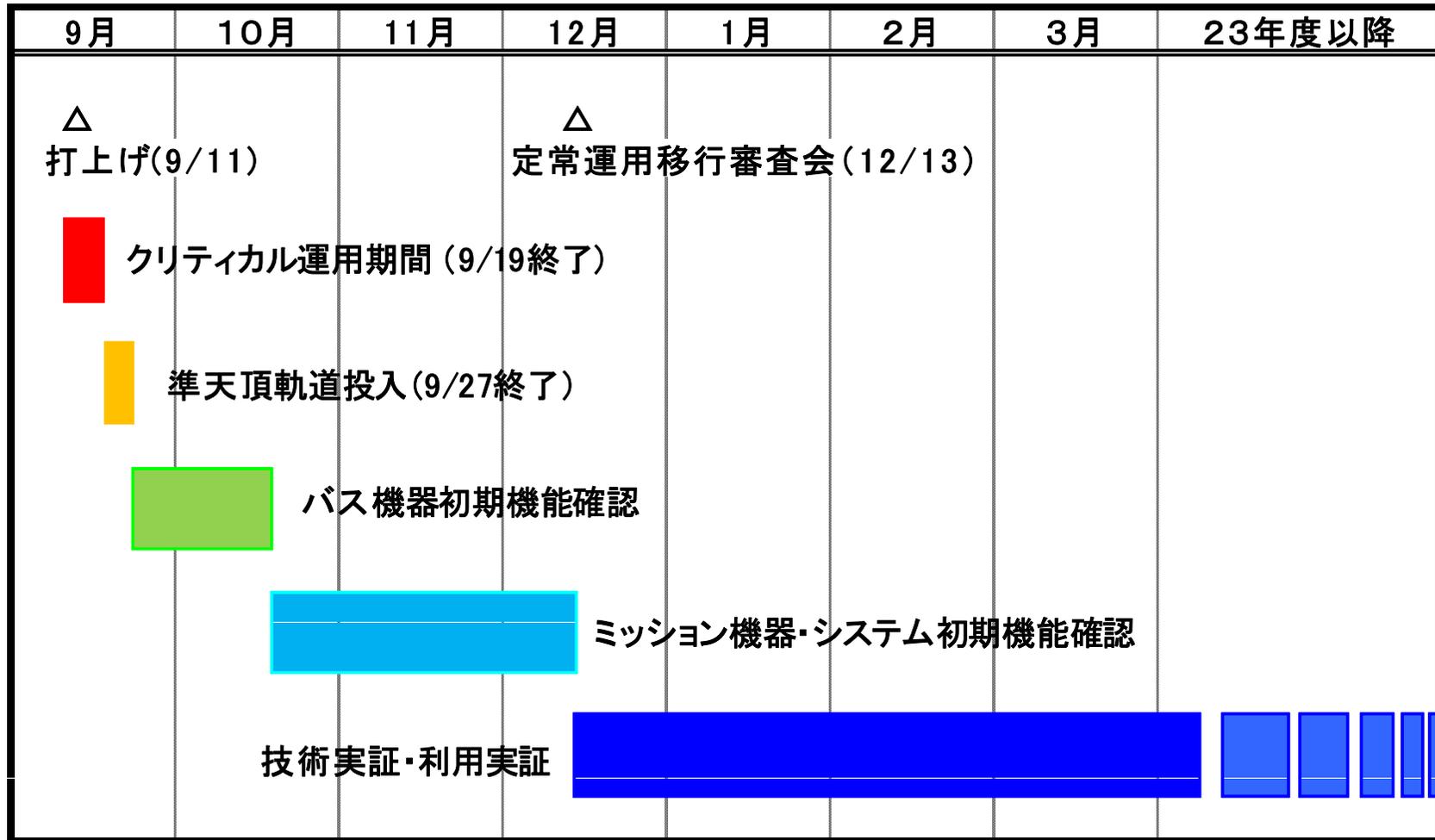
- 平成22年9月11日20時17分にH-IIAロケット18号機により打ち上げられた「みちびき」はロケットから分離後、同日21時44分、チリのサンチャゴ局からのコマンド運用により、太陽電池パドルを展開した。(時刻は日本時間、以下同様)
- その後、5回のアポジエンジン噴射(AEF)を実施し、ドリフト軌道へ投入された。
- 9月19日19時31分に、測位アンテナを地心方向に向け三軸姿勢制御を行う定常制御モードに移行し、クリティカル運用を終了した。
- 9月21日から5回のスラストによる軌道制御を実施し、9月27日に所定の準天頂軌道へ投入された。
- バス系の各サブシステム及びミッション機器のチェックアウトを順次実施し、12月10日までに予定していた全ての初期機能確認を終了した。
- 12月13日に定常運用移行審査会を実施し、定常運用に移行した。
- 12月15日に測位信号を標準コードに切り替え、技術実証・利用実証を開始。



## 2. 打上げからの主要スケジュール



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System





### 3. 初期機能確認の評価



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

サブシステム	主要機能・性能の確認結果、特記事項
電源系/太陽電池パドル系	<ul style="list-style-type: none"> <li>9/11 21:44に展開。発生電力6.7kw(計画値:6.4kW)。現在も、安定して発電中。</li> <li>冗長系の確認も含めて、すべて正常動作していることを確認した。</li> </ul>
姿勢制御系	<ul style="list-style-type: none"> <li>9/19 19:31に三軸姿勢確立。リアクションホイールも正常に動作中。</li> <li>各コンポーネントについて冗長系も含めて正常動作であることを確認した。</li> </ul>
TT&C系	<ul style="list-style-type: none"> <li>USB系は、パドル展開直後に送信出力低下があったが、地上との回線確保に問題なく、運用を継続。第5回のアポジエンジン噴射時に送信出力は正常に復帰した。</li> <li>C帯機器のチェックアウトを問題なく終了し、C帯での運用を予定通り実施している。</li> </ul>
推進系	<ul style="list-style-type: none"> <li>5回のアポジエンジン噴射(AEF)、5回の準天頂軌道投入制御を実施した。</li> <li>冗長系を含め、全てのスラスタが正常に動作することを確認した。</li> <li>残推薬量は、運用期間12年分に対して十分確保している。</li> </ul>
熱制御系	<ul style="list-style-type: none"> <li>すべての機器が、軌道上予測温度内に制御されている。</li> </ul>
技術データ取得装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>9/21に機器を立ち上げた。動作は正常であり、データの取得を開始した。</li> <li>機器の校正運用(を実施し、機器の性能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
モニタカメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>3台の搭載カメラにより、南北の太陽電池パドルの画像、及び地球画像を取得した。</li> </ul>



### 3. 初期機能確認の評価



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

サブシステム	主要機能・性能の確認結果、特記事項
測位ミッション機器、高精度測位実験システム	<ul style="list-style-type: none"><li>衛星搭載の測位ミッション機器は、10/4にKu帯機器（NICT開発機器）、10/18にL帯機器のローカル系、10/19からL帯機器のハイパワー系の立上げを実施し、正常に動作していることを確認した。</li><li>マスタコントロール実験局の起動状態から測位信号による航法メッセージ放送までを定常段階における標準手順に従って実施し、システムの正常動作を確認した。</li><li>測位モニタ実験局の観測データ等の伝送の正常性、回線品質、観測データ連続性の評価した結果、システムの機能・性能に影響のあるようなデータの欠落が無いことを確認した。</li><li>「みちびき」の軌道時刻推定を実施し、解が連続して出力されること、推定結果が収束することを確認した（※）。また、得られた解に基づいて作成した航法メッセージデータを衛星にアップロードし、所定の間隔でデータが更新されることを確認した。</li><li>インテグリティ機能（完全性情報の通知、測位信号コードの非標準／標準切替、アラートヘルスの放送／解除、緊急メッセージへの切替／復帰、アップリンク異常の動作）の確認を行い、正常。</li></ul>

※ 性能検証は技術実証実験で実施する計画



# 4. 今後のJAXA技術実証計画(1/3)



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

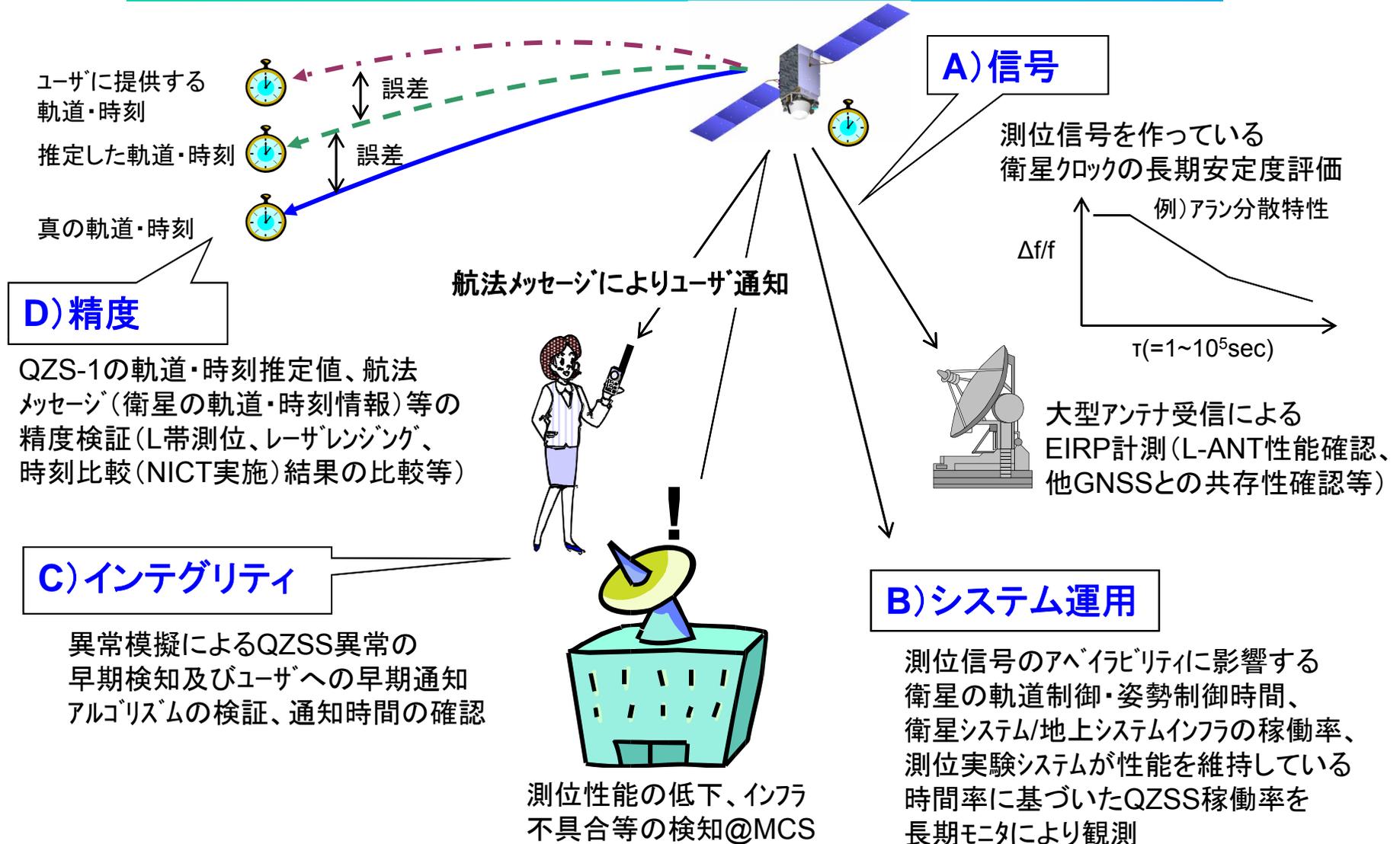
実証実験項目		実証実験で検証する内容
A)信号		準天頂衛星信号の測距性能 他測位システムとの共存性
B)システム運用	衛星系	システムの稼働率(軌道制御、姿勢保持の実施)
	地上系	マスターコントロール局および追跡管制局での運用技術
C)インテグリティ		GPS補完、LEX信号を使ったインテグリティ情報の生成と通知、その性能
D)精度	軌道時刻推定	準天頂衛星、GPSの軌道と時刻をリアルタイムならびに後処理で推定。電離層遅延の推定。
	航法メッセージ	GPS補完信号によるGPS性能改善。LEX経由で送信される準天頂衛星、GPSの補正情報(軌道、時刻、伝搬補正情報)による精度向上
E)単独搬送波位相測位 (PPP: Precise Point Positioning)		JAXA_LEX信号で送信する精密軌道・クロック情報を使用した単独搬送波位相測位の実施。地上基準点に拠らない搬送波位相測位技術の検証。



# 4. 今後のJAXA技術実証計画(2/3)

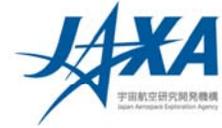


Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System





# 4. 今後のJAXA技術実証計画(3/3)

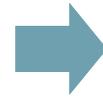


Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

## E) 単独搬送波位相測位(PPP)技術開発

PPP実験の共通的な基盤技術開発

- ① モニタ局ネットワークの拡張
  - ・ マルチGNSS対応のネットワーク
- ② 軌道・クロック推定精度改善
- ③ 送信メッセージ改良
- ④ 受信機アルゴリズムの開発



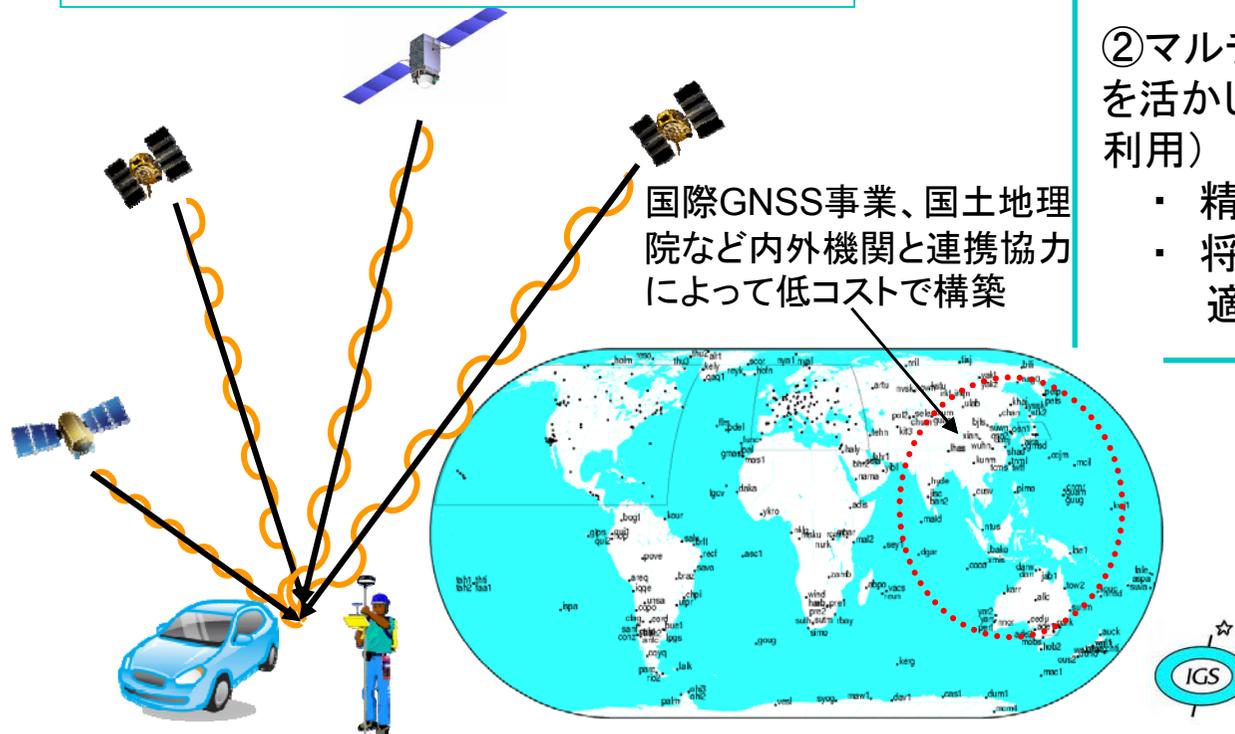
協力機関と実施する技術実証実験

① 地上基準点によらない単独搬送波測位の特徴を活かした実験

- ・ 波高モニタ、海上センサネットワーク
- ・ 電子基準点網が未発達な国での利用

② マルチGNSS利用による精密測位継続性を活かした実験(リアルタイム測位、移動体利用)

- ・ 精密農業、建設機械制御利用
- ・ 将来の陸上交通安全運転支援への適用可能性検討





# 5.JAXA技術実証の進め方(1/3)

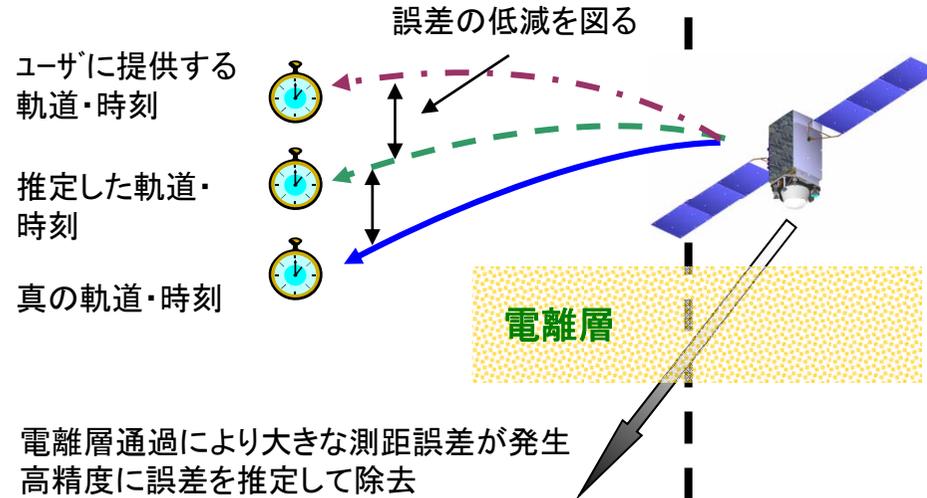


Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

▽ 技術実証開始 仕様(IS-QZSS)に適合する測位信号提供開始 ▽

## ● D 精度

- 「みちびき」軌道時刻推定精度の改善
- 電離層遅延推定精度の改善
- 航法メッセージ情報の精度確認



更なる精度改善を継続

## ● A 信号(安定度)

安定度モニタを継続

- 測位信号を作っている衛星クロックの長期安定度評価

● インテグリティ

● アベイラビリティ

3ヶ月～6ヶ月



# 5.JAXA技術実証の進め方(2/3)



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

## ▽ 技術実証開始 仕様(IS-QZSS)に適合する測位信号提供開始 ▽

● 精度

● 信号安定度



即座にユーザーに通知



システム異常検知 !



● C インテグリティ

- QZSS異常の早期検知及びユーザーへの早期通知機能・性能の検証、通知時間の確認、連続運用での異常通知動作確認

定常モニタ状態

● B システム運用(アベイラビリティ)

- QZSSシステム稼働率(全運用時間に対する測位信号提供可能時間の割合)の評価

継続評価

精度、インテグリティが所期の性能を達成した時点から稼働率の計算開始。要求を満足した時点で測位信号の提供開始。

● E PPP技術開発

3ヶ月~6ヶ月



# 5.JAXA技術実証の進め方(3/3)

## 多地点・多くの利用形態での検証を実施



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System



都市における観測



結果を収集、統計的分析  
データベース・成果共有プラットフォーム

QZvision



観測点イメージ



協力機関に依頼し、準天頂衛星対応受信機を使ってもらい、結果のデータを収集

山林の観測



PDA型



移動体観測

ロガー型



複数周波数対応型  
キーホルダータイプ  
など小型受信機。測  
位結果を蓄積、オフ  
ラインでの利用。

複数周波数対応型



精密測位



定点観測

※「みちびき」とGPSの両信号に対応するチップ開発について、国内外の複数のチップベンダーからJAXAに協力要請があり受諾した。さらに支援制度により幅広く募集中。



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

# 参考資料



# 研究開発4省の技術実証の概要

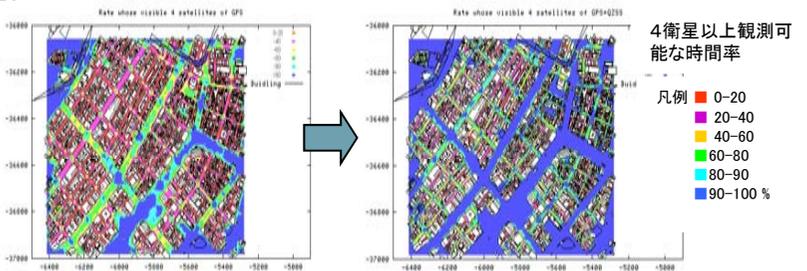
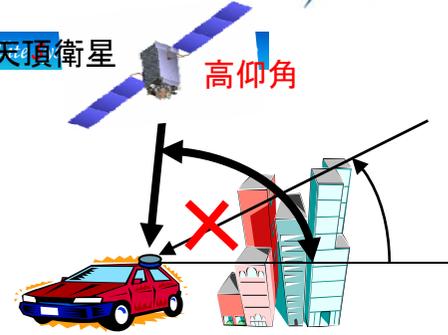


## 技術実証項目

### ①「GPS補完」

GPS互換信号を送信し、GPSとの組み合わせによって、利用可能エリアの拡大や利用可能時間を増加させる。

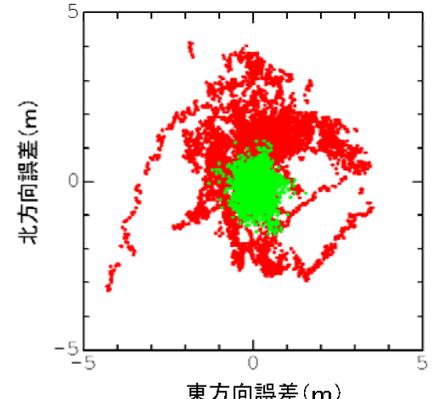
- ◆文部科学省
  - (独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)
    - 高精度測位実験システム開発とりまとめ —
- ◆総務省
  - (独)情報通信研究機構(NICT)
    - 時刻管理系の開発及び軌道上実験 —



### ②「GPS補強」

基準点で受信したGPS信号の誤差情報やGPS信号の使用可否情報等を送信して、測位の精度の高精度化や高信頼性化をはかる。

- ◆国土交通省
  - (独)電子航法研究所(ENRI)
    - L1-SAIF信号による高精度補正技術の実証実験 —
- ◆国土交通省
  - 国土地理院(GSI)
    - LEX信号を用いた高精度測位補正の技術実証実験 —



### ③「次世代基盤技術修得」

実験用信号(LEX)による衛星測位実験や擬似時計技術の研究開発及び軌道上実験を行う。

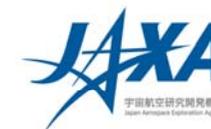
- ◆文部科学省
  - (独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)
    - 実験用信号による衛星測位基盤技術実験 —
- ◆経済産業省
  - (独)産業技術総合研究所(AIST)
    - 測位用擬似時計技術の開発・実証 —

● GPSのみ  
● GPS+補強信号  
(ENRI公開資料より)



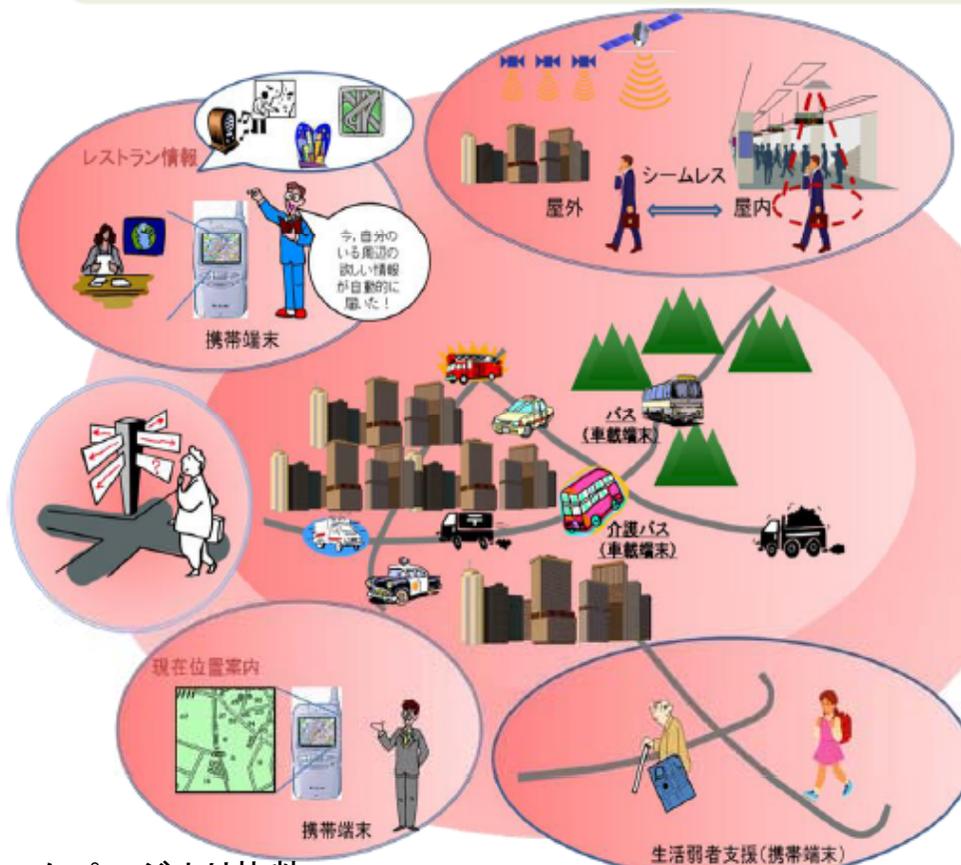
# SPAC利用実証の概要(1/2)

## ～サブメータ級測位補強システム～



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

- ・従来の一般的GPS測位精度約10m(1周波単独測位)に対し、補強情報を受信し補正することにより、サブメータ級(<1m(rms))の測位精度を得ることができる
- ・GPSの航法データ取得時間(35~50秒)に対し、補強情報を受信することで取得時間を短縮し、位置算出時間を平均15秒以下にできる



**効用例①**  
測位信号(L1C/A)と同形式の補強情報を受信できるので、携帯型や車載型等の簡易な測位受信機で測位補強できる

**効用例②**  
天頂から補強情報を受信できるので、山陰、ビル陰などSBAS(静止衛星)が見通せない場所でも測位補強できる

**効用例③**  
測位動作が高速化されるので、普段は動作休止が多い携帯型測位受信機等での利便性が向上する

※以下ホームページより抜粋  
(<http://www.eiseisokui.or.jp/ja/demonstration/guidance.php>)



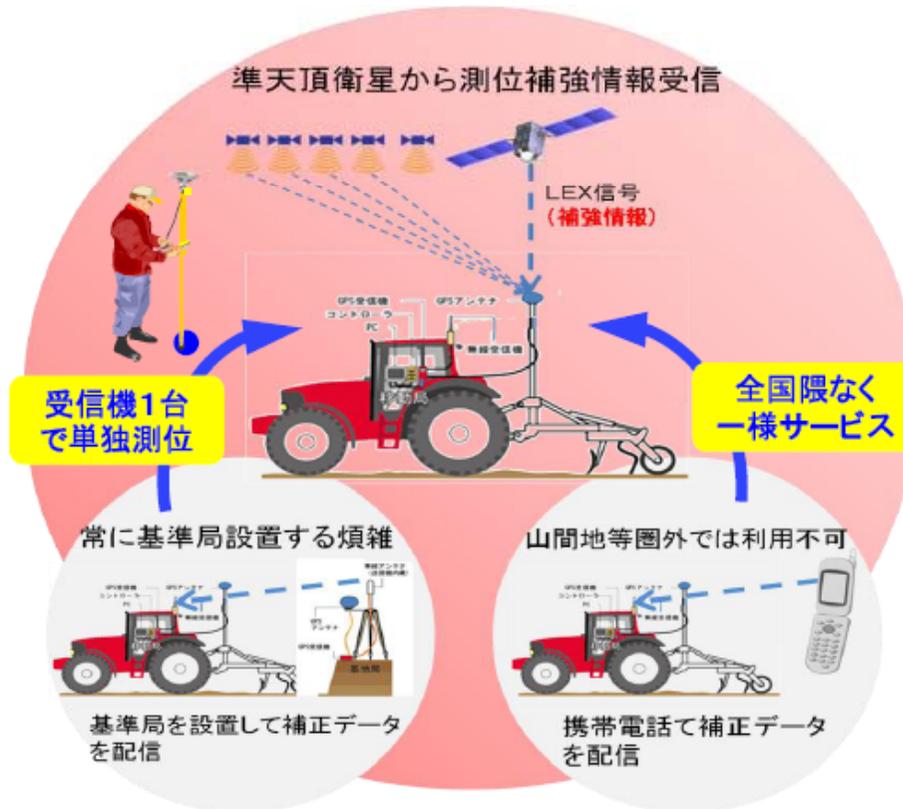
# 利用実証の概要(2/2)

## ～センチメートル級測位補強システム～



Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System Quasi-Zenith Satellite System

- ・従来の一般的GPS測位精度約3m(2周波単独測位)に対し、補強情報を受信し補正することにより、センチメートル級(低速移動:水平<3cm(rms)、垂直<6cm(rms))の測位精度を得ることができる
- ・天頂から測位信号と類似の信号で補強情報が送信されるので、測位と一体化した補強受信機を用い、全国隈なく一様に、リアルタイムで高精度な単独測位ができる。



**効用例①**  
基準(参照)点計測をすることなく、単独の高精度測位が可能になるので、測量などでの作業の効率化が図れる。

**効用例②**  
測位衛星からリアルタイムで補強情報を受信できるので、地上無線通信回線が無い地域でも、低速移動体(IT自動走行)制御などに利用できる。

※以下ホームページより抜粋  
(<http://www.eiseisokui.or.jp/ja/demonstration/guidance.php>)

# 利用実証(民間利用実証実施体制)

(財)衛星測位利用推進センター(SPAC)資料より

