



推進1-2-2

文部科学省における
準天頂衛星システムに関する
研究開発の進捗状況
—高精度測位実験システムついて—

平成18年4月25日

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
通信・測位利用推進センター
センター長 吉富 進



高精度測位実験システム ミッション概要

■ GPS補完・補強

- 準天頂軌道を利用して衛星の幾何学的配置を改善することにより、都市部や山間部における測位可能エリア・時間を増大させるとともに、GPS近代化相当の測位信号を送信して、測位精度の向上を目指す。【GPS補完】
- 測距補正情報の送信による高精度化、ヘルス情報の通知や故障判定による高信頼性化及びGPS衛星の捕捉支援情報などの送信により利便性を向上させる。【GPS補強】

■ 衛星測位利用技術の開発

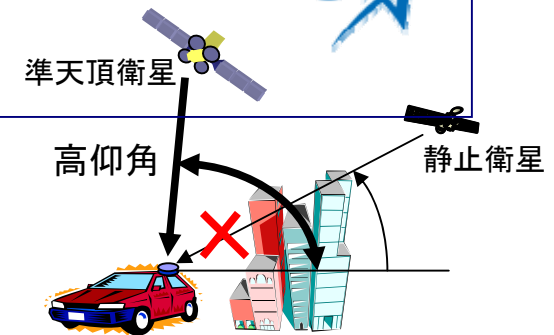
- 測位信号を受信し、高精度かつ高信頼性の衛星測位の移動体への利用技術を修得することを目的とした技術実験を行う。

■ 次世代衛星測位システム基盤技術開発と軌道上実験

- 地域衛星測位システムなど、将来の衛星測位システムに必要となる高度な衛星測位システムを構築するために、実験用信号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。

(注) 朱書きは、JAXAとしてのミッションを示す。

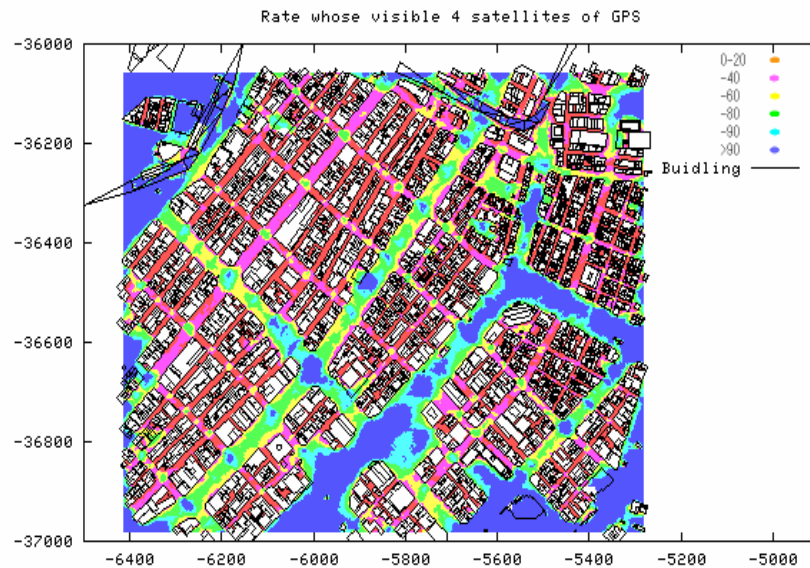
GPS補完効果



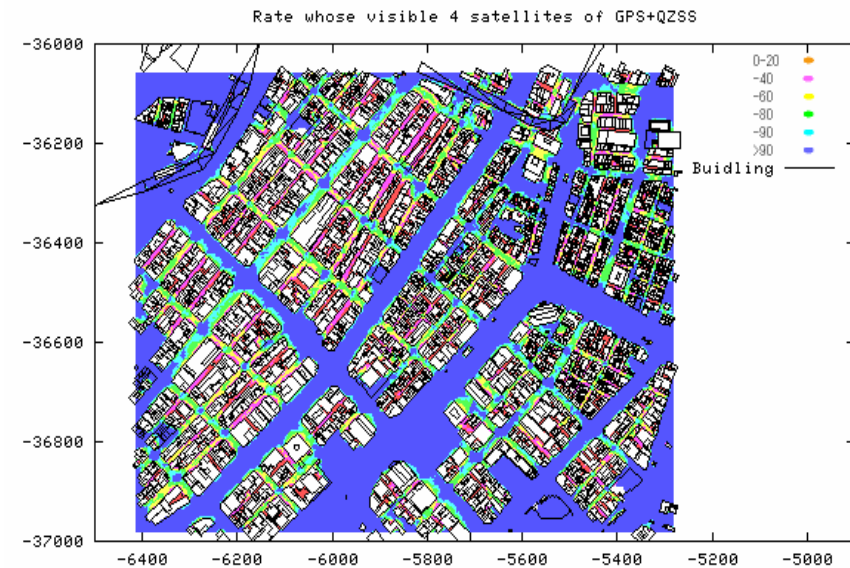
- 測位(三次元測位)を行うには、
測位衛星が4機以上可視となることが必要
 - しかし、日本は山間地が多く、また、都市部に人口が密集している
- ↓
- 可視衛星数が少なくなることにより、測位可能時間率の低下
や測位精度の劣化(衛星配置の劣化)が起きる
 - カーナビ、マンナビなど多くのユーザにとって非常に重要
 - 準天頂衛星が少なくとも常時、1機が天頂付近に見えること
により、測位可能時間率および衛星配置改善による測位精度
の向上が期待されている

GPS補完効果(つづき)

■ 測位可能時間率を比較 (GPSのみ、GPS+QZSS)



GPSのみの場合



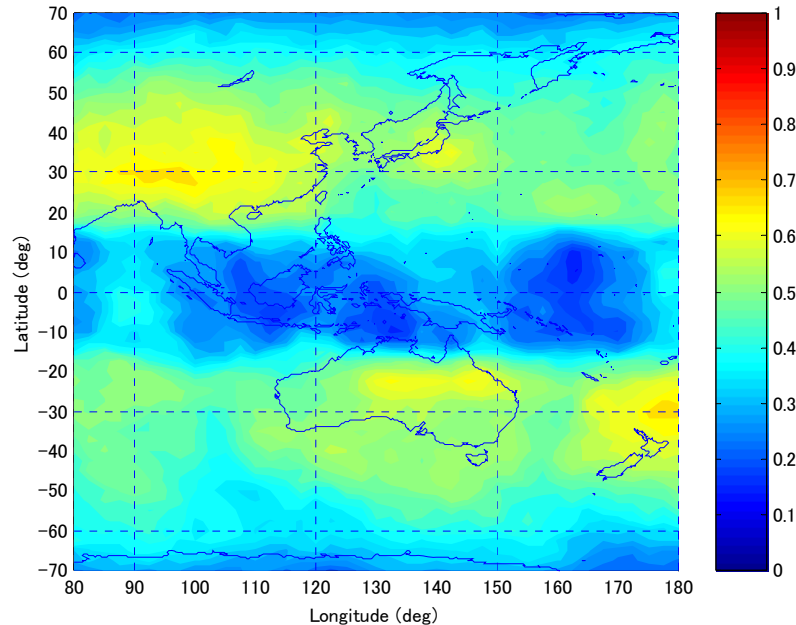
GPS+QZSSの場合

Legend. ■ 0-20, ■ 20-40, ■ 40-60, ■ 60-80, ■ 80-90 ■ 90-100 %

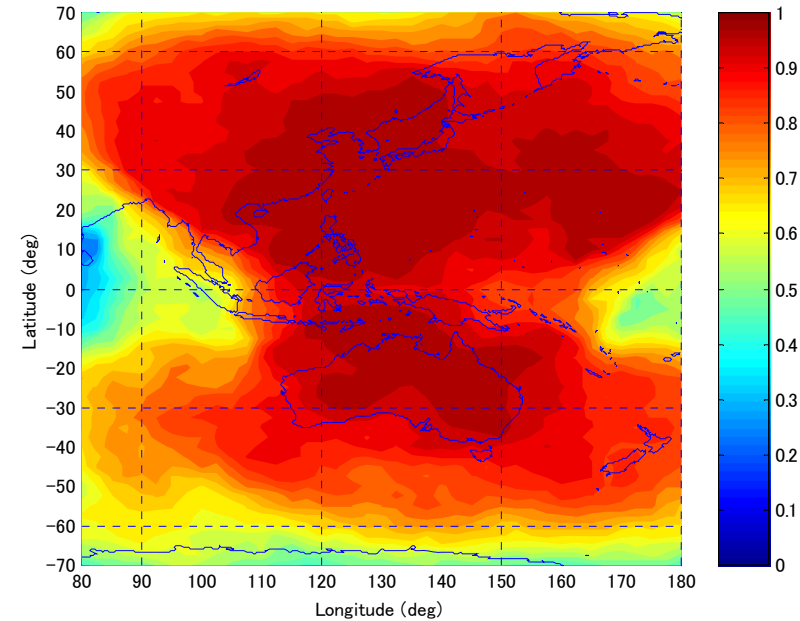
- GPSのみの場合は、大通りや交差点の一部のみで90%を越える測位可能時間率となる
- 一方、GPS+QZSSの場合は、ほとんどの主要道路において、測位可能時間率が90%を越える
- GPS+QZSSの場合、測位可能時間率が40%以下となる場所が大幅に低減

GPS補完効果(つづき)

- マスク角を40度とした場合の測位可能時間率



GPSのみの場合



GPS+QZSSの場合

- GPSのみの場合、日本付近は約60%程度の測位可能時間率
- GPS+QZSSの場合、測位可能時間率が90%以上になる
- 東アジアやオーストラリアなども測位可能時間率が大幅に向上

GPS補完性能

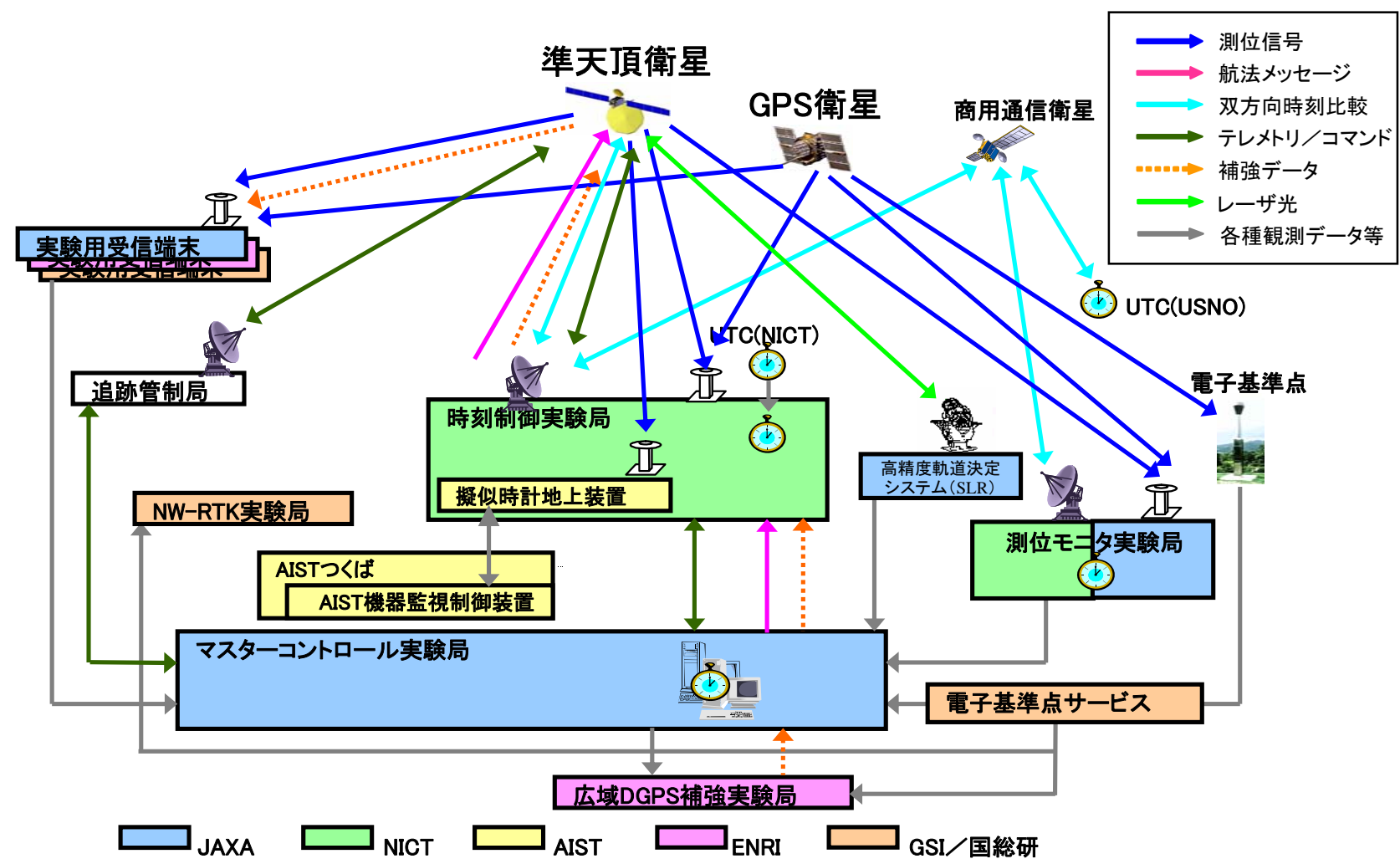
	実証フェーズ	実用フェーズ
サービス対象域	日本近傍域 (海外については、海外モニタ局近傍にて実証)	東アジア、オセアニア地域
測位信号(*)	L1C/A、L1C L2C L5	同左
ユーザ測位精度	水平精度(95%) 1波ユーザ: 21.9m 2波ユーザ: 7.5m (近代化GPS相当)	同左

(*) : GPS近代化信号と共存性、相互運用性を確保

次世代衛星測位基盤技術開発

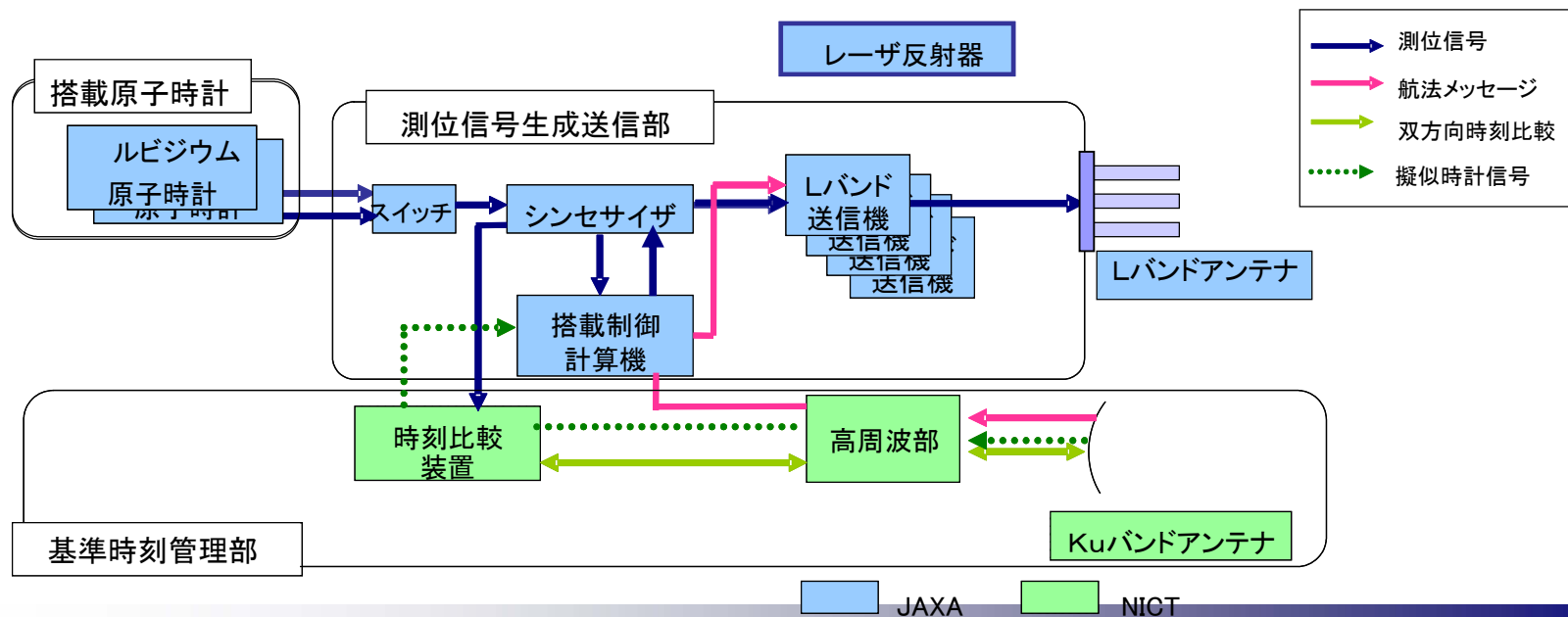
- 実験用信号 (LEX) による衛星測位基盤技術実験
 - 次世代の衛星測位信号の設計技術を修得・確立
 - 高速データレート伝送による新規補正情報利用を用いたユーザ利便性等の向上

高精度測位実験システムの構成



測位ペイロードの主要機器構成、機能と担当機関

構成項目	担当機関	主要機能
搭載原子時計	JAXA	・測位基準クロック生成
測位信号生成送信部	JAXA	・測位信号の生成、変調、増幅及び放送
基準時刻管理部	NICT	・衛星-地上間時刻比較



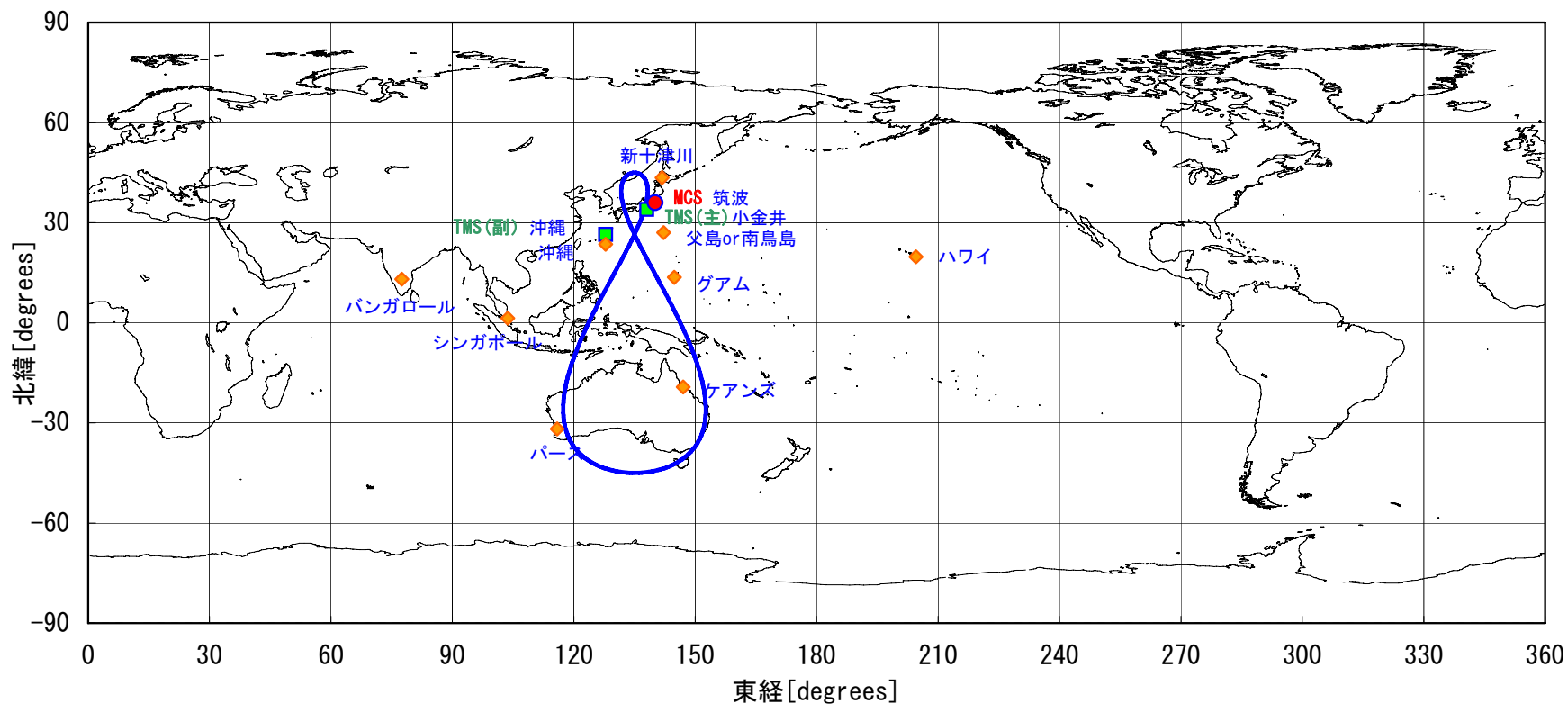
測位地上系の主要構成、機能と担当機関

構成項目	担当機関	主要機能
マスターコントロール実験局	JAXA	<ul style="list-style-type: none"> 測位実験計画立案・管理及び運用監視制御 測位ペイロード監視制御及びモニタ局監視制御 QZS/GPS軌道推定・予報 QZS航法メッセージの生成
測位モニタ実験局	JAXA & NICT	<ul style="list-style-type: none"> QZS/GPS測位信号の受信
時刻制御実験局	NICT	<ul style="list-style-type: none"> QZS/GPSの時刻比較及び衛星搭載時計・モニタ局の時刻管理 QZS航法メッセージ、広域DGPS補強情報のアップロード
擬似時計地上設備	AIST	<ul style="list-style-type: none"> 搭載水晶発振器の制御・校正
広域DGPS補強実験局	ENRI	<ul style="list-style-type: none"> 広域DGPS補強情報、インテグリティ情報の生成
ネットワーク型RTK実験局	GSI	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク型RTK補強情報の生成
実験用受信端末	各実験機関	<ul style="list-style-type: none"> QZS/GPS測位信号の受信(評価解析用)

高精度測位実験システムの地上局配置案

(検討中)

- 赤: マスターコントロール局
- 緑: 時刻制御局
- ◆ 橙: 測位モニタ局



これまでの研究開発成果

■ 関係外部機関との調整

- ① 高精度測位システムのミッション要求とりまとめ
 - ・ 6府省会議にてJAXAから提案、合意の上、民間に(たたき台)として提示した。
- ② 関係研究機関、衛星システムとの調整
 - ・ 関連研究機関及び衛星システム側とのインターフェース事項を調整し、インターフェース管理仕様書(案)としてまとめた。
- ③ 国内ユーザの要望調査実施とミッション要求条件への反映
 - ・ 国内有力企業(10社以上)、衛星測位システム協議会(JGPSC)、NPO法人・高度社会基盤衛星測位フォーラム等かの要望調査を実施し、ミッション要求へ反映した。

■ システム設計

- ① 設計検証システムを整備して、測位システムトレードオフ、性能配分の妥当性解析、信号設計及び他GNSSシステム与干渉、被干渉の評価、GPS互換信号設計の妥当性評価、独自信号設計の妥当性評価等を実施し、開発仕様書へ反映すると共に、実証計画素案を検討した。

測位システムのトレードオフ結果

システム検討内容	トレードオフ	採用方式	採用理由
時刻管理方式	マスタークロック方式 ／アンサンブルクロック方式	実証初期: マスタークロック方式 実証後期: アンサンブルクロック方式	技術難易度の低から高へステップワイズ
モニタ局配置	国内のみ／国内＋海外	国内＋海外	軌道・時刻推定精度、リアルタイム性
時刻推定方式	双方向時刻比較／軌道・時刻一括推定方式	両方式を実証	両方式を実証し、将来測位システムへ反映
測位アンテナ	パラボラアンテナ／ヘリカルアンテナ	ヘリカルアンテナ	ミッションサービスエリアの確保、衛星システムへの負荷軽減
搭載原子時計	ルビジウム(Rb)／セシウム(Cs)	Rb	周波数安定度、耐環境性・搭載性

これまでの研究開発成果(つづき)

② 国内外モニタ局候補地調査

国内局候補として、父島、鹿児島、沖縄、海外局候補として、ハワイ、オーストラリアの現地調査を実施し、第1段階の候補絞込みを行った。

■ クリティカル機器の要素試作・試験

① L帯ヘリカルアレイアンテナ試作・パターン測定

- ・ 7素子部分試作の後、最終形態としての19素子アレイアンテナを試作し、要求を満足できる目処を得た。
- ・ 試作・試験の評価等において、JAXA総研本部、NICT、NTT未来ネット研究所のアンテナ専門家の支援を得た。

② 変調器試作試験

- ・ L1C及びL1C/A信号の合波変調器の部分試作試験を行い、変調方式及び性能実現性を確認した。

③ L帯合波器及びハイパワー・ローパス・フィルター試作試験

- ・ L帯合波器、フィルターに対する耐電力試験を実施し、3dB以上アップの入力電力に対しても放電せず、安定した動作を確認した。

これまでの研究開発成果(つづき)

④ タイムキーピング回路試作試験

- 原子時計と高安定水晶発信器を組み合わせて、長期及び短期安定度に優れた基準周波数を生成するタイムキーピング回路について、数値シミュレーション、試作試験を実施した。
- 評価試験の結果、回路設計の妥当性、制御パラメータの適正值を確認した。

⑤ 受信機試作試験

- 信号仕様未定のL1C信号^(注)を除いた全ての測位信号受信機の試作試験を行い、開発仕様の精度・性能が得られることを確認した。

(注)L1C信号仕様は米国GPS側と共通仕様化のための調整中。

これまでの研究開発成果(つづき)

■ GPS、Galileoとの調整、周波数帯の確保

- ① 米国GPSジョイントプログラムオフィスと、GPS／準天頂衛星との共存性、相互運用性のための調整を行い、信号の与干渉、被干渉調整を完了すると共に、新信号L1Cの共同検討と共通仕様書作成に合意した。
- ② Galileoとの共存性(信号の与干渉、被干渉)に関する調整を継続中。

■ 設計検証システム整備

設計検証システム研究モデルの整備を完了し、測位システム評価に供した。

■ 地上試験モデルの設計・製作・試験

- ① 地上試験モデル製造前審査を実施、地上試験モデル製造に着手。
 - ・主要コンポーネントについては、地上試験モデル設計を行い、製造に着手している。
 - また、電気性能試験、耐環境試験計画を立案した。
- ② 一部コンポーネントの電気性能試験に着手。
 - ・L帯利得可変増幅器、L帯増幅器等については、電気性能試験等に着手している。

高精度測位実験システム搭載系地上試験モデル一覧及び試験内容(1/2)

#	構成	略称	製作品目		試験内容							
			品目	数量	初期性能	機械環境	熱環境	EMC	最終性能	サブシステム	システム	
	搭載系			1式								○
1	搭載原子時計											
1-1	ルビジウム原子時計	RAFS	長納期品対象品1台									
2	測位信号生成送信部	LTS								○		
2-1	搭載制御計算機	NOC	地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			
2-2	L帯アンテナ	L-ANT										
(1)	L帯アンテナ	L-ANT(地上試験モデル)	電気+地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			
(2)	L帯アンテナ(STM)	L-ANT(STM)		1		○						
2-3	シンセサイザ	SYNTH		1	○	○	○	○	○			
2-4	L帯変調器	L-MOD		1	○	○	○	○	○			
2-5	L1電力増幅器	L-TWTA 1	電気モデル	2								
2-6	L2電力増幅器	L-TWTA 2	地上試験モデル	1	○		○	○	○			
		L-TWT2	長納期品対象品1台									
		L-EPC 2	地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			
2-7	L5電力増幅器	L-TWTA 3	地上試験モデル	1	○		○	○	○			
		L-TWT 3	長納期品対象品1台									
		L-EPC 3	地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			

高精度測位実験システム搭載系地上試験モデル一覧及び試験内容(2/2)

#	構成	略称	製作品目		試験内容							
			品目	数量	初期性能	機械環境	熱環境	EMC	最終性能	サブシステム	システム	
2-8	独自信号電力増幅器	L-TWTA4	電気モデル	1								
2-9	L帯可変利得増幅器	L-CAMP	地上試験モデル(購入品)	4	○	○	○	○	○			
2-10	ハイパワーアイソレータ	HP-ISO	地上試験モデル(購入品)	5	○	○	○	○	○			
2-11	出カスイッチ	OUT-SW	地上試験モデル	3	○	○	○	○	○			
2-12	L帯ハイブリッド	L-HYB	地上試験モデル	3	○	○	○	○	○			
2-13	L帯マルチプレクサ	L-MUX	地上試験モデル	1	○	○ ANT 一体	○ ANT 一体	○ ANT 一体	○ ANT 一体			
2-14	基準信号用スイッチ	FS-SW	地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			
2-15	基準信号用ハイブリッド	FS-HYB	地上試験モデル	1								
2-16	タイムキーピング回路	TKC	地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			
2-17	計装	L-INT	地上試験モデル	1						○	○	
2-18	搭載ソフトウェア	NCFS	地上試験モデル	1	○ 単体試験				○ NOC 統合			
2-19	L帯バンドパスフィルタ	L-BPF	地上試験モデル	5	○	○	○	○	○			
2-20	L帯アイソレータ	L-ISO	地上試験モデル(購入品)	5	○	○	○	○	○			
2-21	ハイパワーローパスフィルタ	HP-LPF	地上試験モデル	5	○	○	○	○	○			
2-22	ハイパワーハイブリッド	HP-HYB	地上試験モデル	1	○	○	○	○	○			

研究開発スケジュール

開発スケジュール

年度	2003 (FY15)	2004 (FY16)	2005 (FY17)	2006 (FY18)	2007 (FY19)	2008 (FY20)	2009~ (FY21~)
高精度測位実験システム		研究確認会 ▼	地上試験モデル製造前審査 ▼ システム設計 (予備設計相当)	基本/詳細設計 ▼ CDR			PQR 打上げ ▼ (QZS#1)
搭載機器	要素試作・BBM		地上試験モデル		PFM	インテグレーション	
実験地上系			プロトタイプモデル製作・解析	開発整備・試験		E to E 試験	実証
設計検証システム	設計・試作		整備・改修			

今後の課題

- 3月31日の測位・地理情報システム等推進会議での方針を踏まえた、必要なシステム設計、仕様の見直し
 - 開発スケジュール
 - 衛星バスシステム
 - 信号構成の見直し
- L1C信号仕様の設計への反映
- クリティカル機器の確実な開発