

# 準天頂衛星 高精度測位実験システム フライトモデルの開発

野田 浩幸・小暮 聡・岸本 統久  
曾我 広志・森口 達次・古林 武

## 要 旨

準天頂衛星システム (QZSS) は、東アジア・オセアニア地域における、地域測位・航法・タイミング (PNT) システムであり、近代化GPS システムを補完補強します<sup>1)</sup>。QZSSは、衛星3機から構成され、中緯度地域の地上ユーザーに対する衛星の可視性を向上させます。QZSS 初号機は、4省庁・研究機関・JAXAから成る政府部門で開発中です。弊社は衛星搭載部分の測位ペイロード (NP) と、高精度測位実験システム (HIAPEX)<sup>2)</sup> 全体の製造を担当しました。NPは現在、衛星システム試験を終え、種子島の射場において打ち上げ準備中で、平成22年度に打ち上げ予定となっています。本稿では、NPプロトフライト試験 (PFT) 及びマスター制御局 (MCS) とモニタ局 (MS) の地上システム機器を含めた測位システム試験 (NST) の試験結果について報告します。

## キーワード

- 衛星測位システム ●準天頂衛星システム (QZSS)
- 測位ペイロード (NP) ●プロトフライト試験 (PFT)

## 1. まえがき

準天頂衛星システム (QZSS) は、日本で最初の衛星測位システムであり宇宙セグメントと地上セグメントから構成されます。図1にQZSSシステム構成図を示します。宇宙セグ

メントは準天頂衛星 (QZS) 3機から成り、少なくとも1機は常に日本の天頂近くに位置します。

QZSS は高仰角にある準天頂衛星を使用するため、高層ビルの谷間や山間地帯での位置・測位利用性を改善し、シームレスなサービスを提供することができます。図2及び図3に、QZSSの衛星軌道と地上軌跡を示します。

QZS初号機 (QZS-1) の外観図を図4に示します。QZS-1

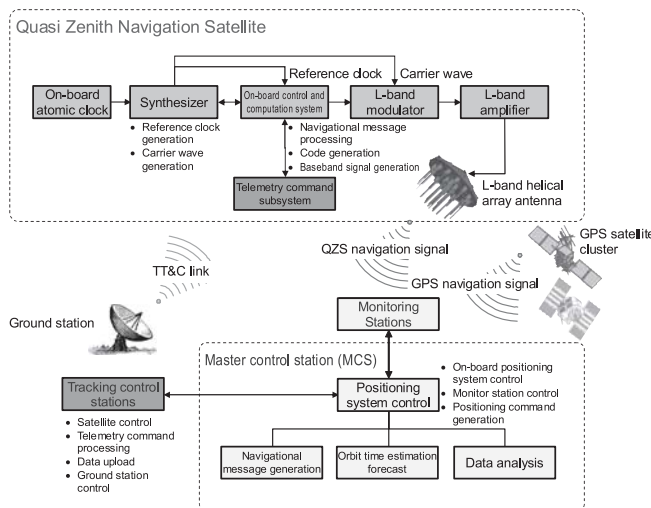
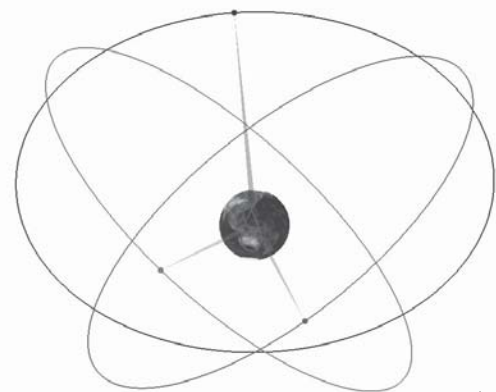


図1 QZSSシステム構成図



(C) JAXA

図2 QZSS衛星軌道

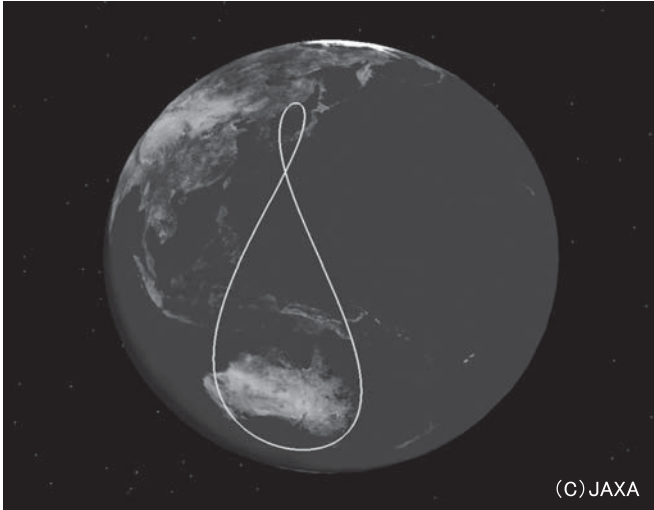


図3 QZSS地上軌跡

(C) JAXA



図4 QZS-1 外観図

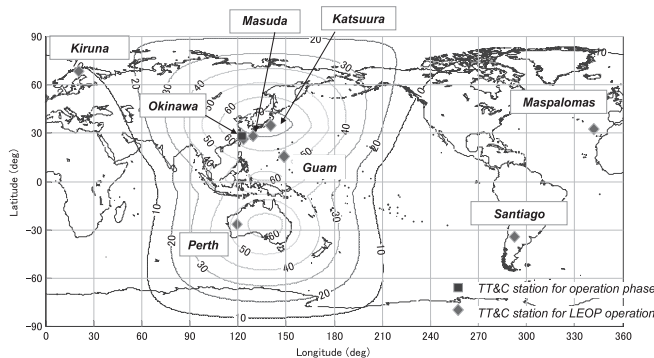


図5 追跡管制局 (TCS)

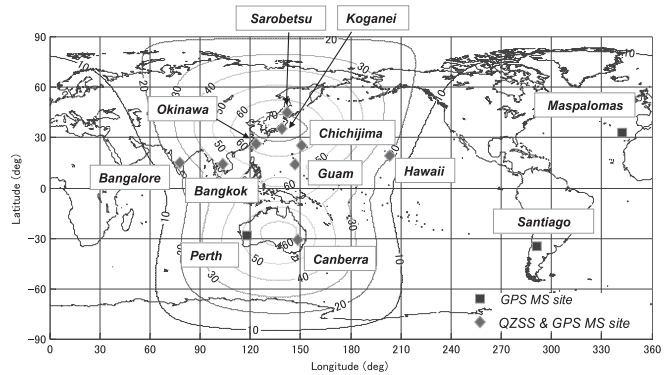


図6 モニタ局 (MS)

は、Lバンドアンテナが地球中心を指向するように姿勢制御します。図5に追跡管制局 (TCS)、図6にモニタ局 (MS) の配置を示します。

## 2. 測位ペイロード (NP)

衛星搭載部分のNPのブロック図を図7に示します。NPは6つのQZS信号 (L1-C/A、L1C、L2C、L5、LEX、L1-SAIF) を送信する機能を有し、すべて待機冗長構成を採用しています。QZS信号諸元を表1に示します。

衛星基準クロックは、ルビジウム原子時 (RAFS)、タイムキーピング回路 (TKC)、シンセサイザ (SYNTH)、及び搭載制御計算機 (NOC) から成るタイムキーピングシステム (TKS) により生成します。TKCには、位相雑音特性の良い温度制御型電圧制御水晶発振機器 (OVCXO) を搭載し、NOCからの信号によって、長期安定度の良いルビジウム原子時計 (RAFS) に周波数追尾するように発振周波数を制御しています。SYNTHで、TKCのクロックに同期した衛星基準クロック及びL帯搬送波を出力し、変調器 (MOD) でNOCが生成する航法メッセージを含むベースバンド信号によりL帯搬送波を変調します。利得可変増幅器 (CAMP)、進行波管増幅器 (TWTA) により増幅した後、合波器 (MUX) で、各TWTAからの測位信号を合波します。MUXで合波したL1-C/A、L1C、L2C、L5、LEX信号は、19素子ヘリカルアレイアンテナから放射します。アンテナパターンは、サービスエリア内の地上受信レベルが均等になるよう、パターン成形しています。L1-CSAIF信号は、L帯ホーンアンテナから放射します。

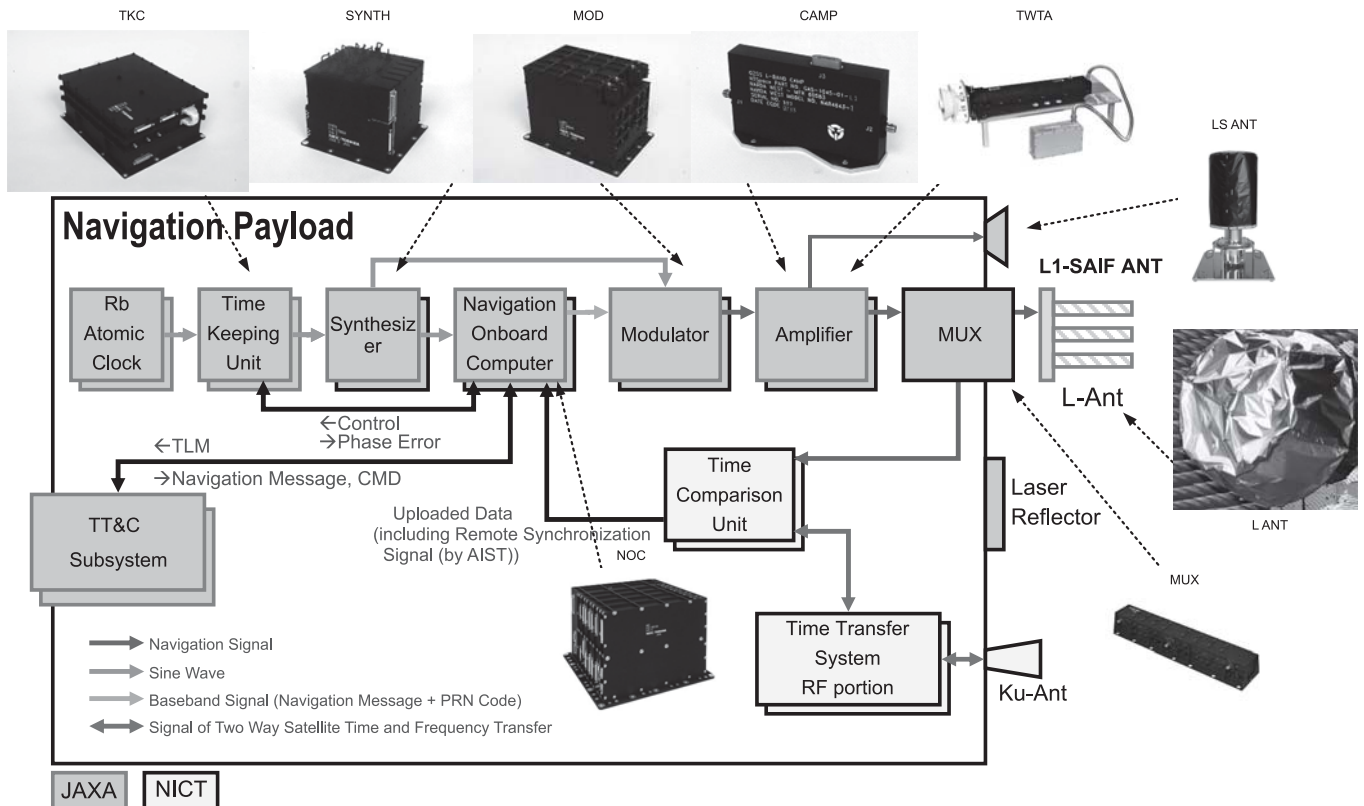


図7 NPブロック図

表1 QZS 信号諸元

Signal	Channel	Center Frequency (MHz)	Modulation Method
L1C	Data Channel (I-Channel)	1575.42	BOC(1,1)
	Pilot Channel (Q-Channel)		
L1-C/A	I-Channel	1227.6	BPSK(1)
L1-SAIF	-		
L2C	-	1227.6	BPSK(1)
L5	I-Channel	1176.45	QPSK(10)
	Q-Channel		
LEX	-	1278.75	BPSK(5)

### 3. プロトフライト試験 (PFT)

衛星構体を模擬したダミープレート上に実装したNPの外観を、写真に示します。ダミープレートは、機器温度が許容温度範囲内に収まるよう熱制御しました。NPに対するPFTフローを図8に示します。TVTで軌道上環境に対する耐性を確認するとともに、EMCで衛星内での電磁適合性について確認しました。最終電気性能試験後には、実際に使用するMS及びTCSを使用して測位システム試験(NST)を実施しました。NSTの試験コンフィギュレーションを、図9に示します。衛星共通部分である衛星制御装置(SC)、リモートインタフェースモジュール(RIM)、ナビゲーションレシーバ(NAVRX)にはシミュレータを用いました。NPで生成したQZS信号とGPSシミュレータで生成したQZS信号をともにMSに入力し、MSの取得データをリアルタイムデータ評価サ

ブシステム (RDE) で評価することにより、測位システムとして所定の機能・性能を有することを確認しました。NST実

施後に、NPを衛星実機に組み付けました。

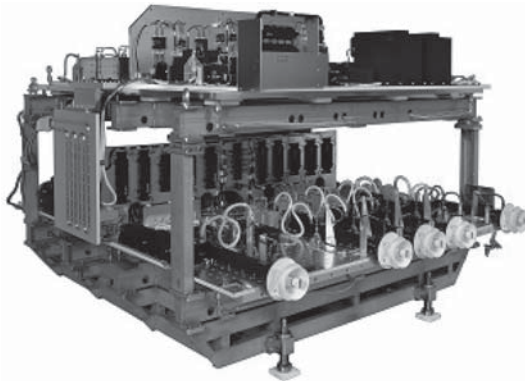


写真 NP外観

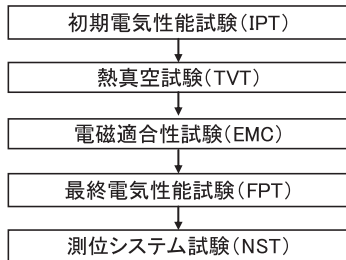


図8 試験フロー

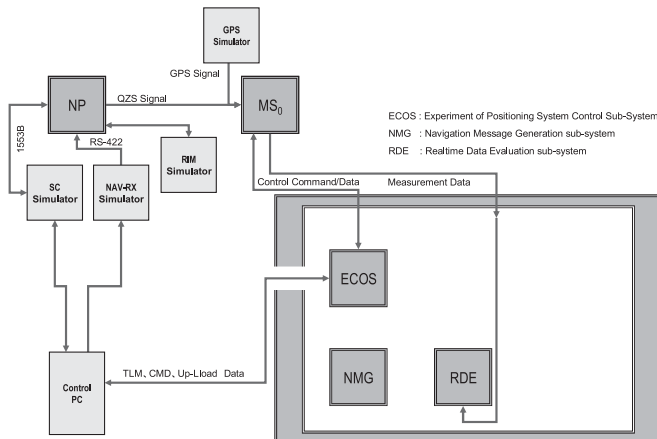


図9 測位システム試験 試験コンフィギュレーション

#### 4. PFT試験結果

表2に、NSTを含むNPのPFT試験結果を示します。試験結果は良好で、所望の機能・性能を有することを確認しました。またNPの送信信号は、QZSインタフェース仕様 (IS-QZSS)<sup>3)</sup>にも適合していることを確認しました。変調スペクトラム及び群遅延時間偏差特性を図10、図11に示します。また、L帯アンテナの放射パターンを図12に示します。

表2 NPプロトフライト試験結果

Parameter		Specification	Unit	Data
Spurious Signal	L1	-60 max	dBc	-68
	L2			-63
	L5			-65
	LEX			-70
	L1-SAIF			-69
Modulation Performance	Amplitude	1.0 max	dB (p-p)	L1: 0.1
				L2: 0.1
				L5: 0.1
				LEX: 0.1
				L1-SAIF: 0.1
	Phase	+/- 5	deg	L1: -1.4~+1.4
				L2: -0.9~+0.8
				L5: -0.7~+0.8
				LEX: -1.0~+1.1
				L1-SAIF: -0.3~+0.3
Group Delay Response	L1	16 max @21MHz	ns (p-p)	9
		28 max @25MHz		15
	L2	25 max @21MHz		17
		41 max @25MHz		30
	L5	19 max @25MHz		8
	LEX	17 max @25MHz		6
		42 max @42MHz		22
	L1-SAIF	16 max @21MHz		11
		28 max @25MHz		18
	Pseudo Range Variation (Ref: L1C/A)	L1CD		100 max
L1CP		100 max	m	-0.30
L2CM		100 max	m	-0.37
L2CL		100 max	m	-0.19
L5I		100 max	m	-0.01
L5Q		100 max	m	0.06
L1-SAIF		100 max	m	1.80

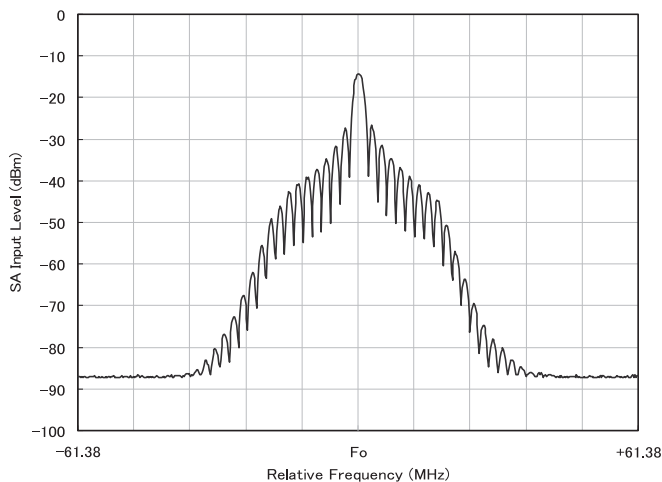


図10 変調スペクトラム (代表L1)

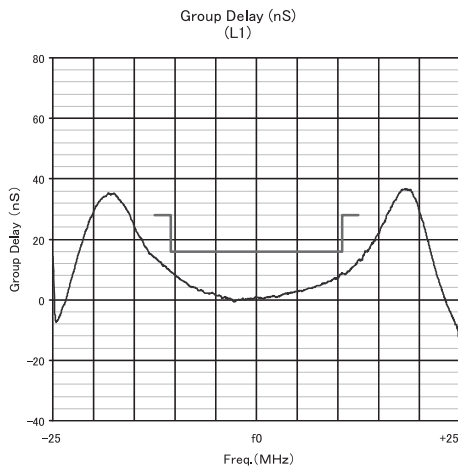


図11 群遅延時間偏差特性 (代表L1)

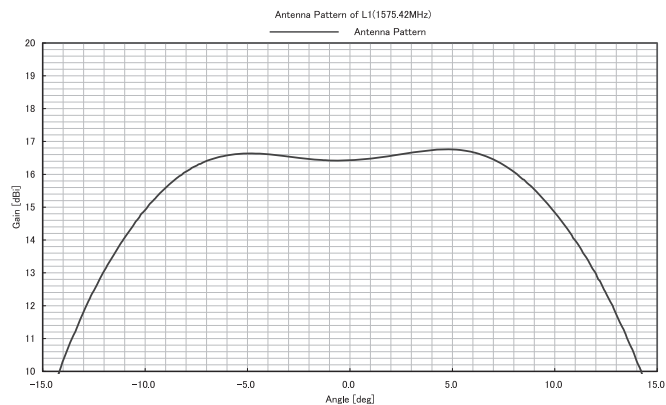


図12 L-ANTアンテナ放射パターン (代表L1)

信研究機構様・独立行政法人産業技術総合研究所様並びに関係各位に深く感謝します。

#### 参考文献

- 1) S. Kogure, et al, "Status of QZSS Navigation System in Japan", ION GNSS, 2006
- 2) M. Kishimoto, et al, "QZSS System Design and its Performance" ION NTM, 2007
- 3) User Interface Specification of the Quasi Zenith Satellite System (IS-QZSS) Ver.1.1, July 2009, Japan Aero Space Exploration Agency

#### 執筆者プロフィール

野田 浩幸  
独立行政法人宇宙航空研究開発機構

小暮 聡  
独立行政法人宇宙航空研究開発機構

岸本 統久  
独立行政法人宇宙航空研究開発機構

曾我 広志  
航空宇宙・防衛事業本部  
宇宙システム事業部  
エグゼクティブエキスパート

森口 達次  
航空宇宙・防衛事業本部  
宇宙システム事業部  
マネージャー

古林 武  
NECエンジニアリング  
モバイルブロードバンド事業部  
主任

## 5. むすび

測位システム試験を含む測位ペイロードプロトフライト試験により、すべての仕様を満足していることを確認しました。QZS-1は現在、衛星システム試験を終え、種子島の射場において打ち上げ準備中で、平成22年度に打ち上げ、軌道上試験を行う予定となっています。

おわりに、日頃ご指導いただいている独立行政法人情報通