

## 3-2 技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) 共通部通信サブシステムの開発

### 3-2 Development of Common Communication Subsystem for ETS-9

加藤 幸治 森川 栄久 三浦 周 辻 宏之

KATO Koji, MORIKAWA Eihisa, MIURA Amane, and TSUJI Hiroyuki

NICT では、静止衛星と地上局間で 10 Gbps の光通信を実証する光フィーダリンク通信サブシステム (HICALI) の開発及び光通信実験と Ka 帯衛星通信実験を円滑に進めるために必要な機能を持つ共通部通信サブシステム (Common Communication Subsystem:CCS) を開発している。また、これら機材を ETS-9 に搭載し、各種の光及び Ka 帯衛星通信実験を計画している。本稿では、CCS の機能、構成の概要及び地上試験の試験結果などの開発状況について述べる。

NICT is being developed High Speed Communication with Advanced Laser Instrument (HICALI) and Common Communication Subsystem (CCS). Purpose of HICALI is 10 Gbps optics communication between geostationary satellite and Ground stations. Purposes of CCS are beacon, telemetry of HICALI. This paper describes functions, configuration and the progress of the tests for CCS.

#### 1 まえがき

近年、衛星通信分野では、通信ビット単価の低減を目的としてマルチビームや Ka 帯の周波数を用いたハイスループット衛星 (High Throughput Satellite: HTS) と呼ばれる衛星通信システムによる通信容量の向上が図られてきた [1]。さらに、最近では、通信資源としての周波数帯域や電力を効率的に利用するため、デジタルチャネライザ、デジタルビームフォーミング (Digital Beam Forming: DBF) やビームホッピングなどの技術を導入し、衛星中継器のフレキシブル化、フルデジタル化を施すことにより、更なる通信容量の大容量化を計った静止衛星が計画され、運用される段階に入ってきた [2]。また、将来的な周波数資源の枯渇を見据え、電波と比較して飛躍的な大容量化が可能となる光通信を、静止衛星-地上局間のフィーダリンクに適用する検討も進められている [3][4]。

我が国においても、次世代 HTS の技術実証に向け、2025 年度以降に静止軌道 (東経 143 度) への打上げを目指した ETS-9 のミッション機器の開発が進められている [5]。ETS-9 の通信ミッションでは、国際競争力強化の観点から世界市場において競争力のある世界最先端のミッション技術の獲得を目指している。実証技術の目標としては、Ka 帯と光通信による衛星通信の大容量化、チャネライザや DBF 技術による衛星通信のフレキシブル化及び通信システムの統合的な運用制御が掲げられている。NICT では、これらの目標を達成

するため、Ka 帯を利用した伝送速度 100 Mbps での大容量移動体通信、ビーム可変／周波数可変によるトラフィック変動に対応可能なフレキシブルな中継器技術の実証、レーザ光による伝送速度 10 Gbps での光フィーダリンク回線の実証、地上第 5 世代移動通信 (5G) との連携の実証を目指して、搭載通信サブシステム及び地上セグメントの開発を推進しており、衛星打ち上げ後には、光及び Ka 帯を用いた各種の衛星通信実験を実施する予定である [6][7]。本稿では、上記に述べた光及び Ka 帯を利用した衛星通信実験を円滑に進めるため、NICT が開発し、ETS-9 に搭載した CCS の開発状況について述べる。

#### 2 共通部通信サブシステムの開発経緯

ETS-9 のミッションの基本構想は、関連府省及び有識者により構成される「次期技術試験衛星に関する検討会」により、2016 年 5 月に報告書がまとめられた [8]。この報告書では、可動あるいは可変ビームによるロケーションフレキシビリティの技術実証、後期利用の利便性、排他的経済水域内での運用性を考慮することも謳われている。しかしながら、ETS-9 の可変ビーム機能は、衛星での受信側の機能のみを対象として開発されたため、その基本機能の実証後に計画される双方向のユーザー実験等を考慮すると、衛星での送信側の機能、すなわちダウンリンクの機能が必要であった。また、Ka 帯通信の実証実験を実施するにあたり、地球

### 3 ETS-9 の衛星搭載通信システム

局の捕捉追尾や Ka 帯伝搬データ取得のためのビーコン信号の送信機能も必要と考えられていた。一方、光フィーダリンクの実験においても、衛星に蓄積された解析用のテレメトリ情報(詳細テレメトリ)を地上へ迅速に送信する機能が求められていた。そのため、NICT では、光及び Ka 帯の実験を効率的に行うために、これらの機能を持つ搭載機器を共通部通信サブシステムとして開発することとした。2017 年度より、その概念設計を開発し、開発予算及びスケジュールを考慮しながら、必要な機能を検討した。2018 年度から基本設計に移行し、詳細設計、製造試験を経て、2023 年度にサブシステムとしての開発を完了し、2024 年 8 月に衛星システムへ引き渡された。2024 年中に CCS は ETS-9 に取り付けられ、衛星システムの組立統合テスト(Assembly, Integration and Test : AIT) を完了した。2025 年 9 月現在、衛星システムのプロトフライト試験(Proto-Flight Test : PFT) 実施中である。

### 3 共通部通信サブシステムの概要【9】

CCS サブシステム／機器は、日本メーカ(Astroterrace)が海外(Honeywell/Quinstar)より調達し、サブシステムとして取りまとめている。

#### 3.1 機能

CCS の主要機能は、以下の 3 点である。

- (1) フィーダリンク地球局(鹿島)から送信された低レート(1 ~ 2 Mbps 程度)の音声や画像などの通信データ(以下、ミッションデータ)を日本本土及び近海にある移動局に送信する機能

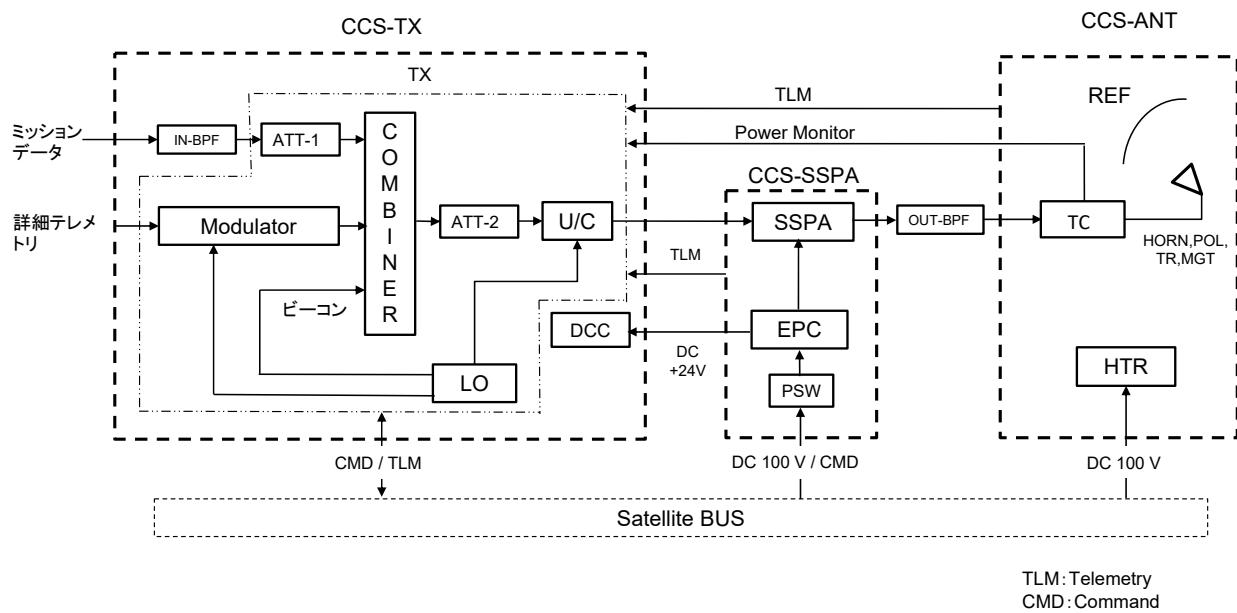
(2) ビーコン送信機能

(3) HICALI の詳細テレメトリを送信する機能

上記のうち(1)の機能は、可変ビーム通信サブシステムが衛星での受信側の機能しか持たないため、衛星での送信側の機能を補うもので、伝送速度は低いが、ミッションデータを日本本土及び海域(近海)に広く照射することで、可変ビーム通信サブシステムを用いた双方向の実証実験を海上で可能とするものである。(2)の機能は、通信時に地球局アンテナを衛星方向に向け

表 1 CCS の構成

Constitution	Short Name	Quantity
CCS-Antenna	CCS-ANT	1ST
Primary Horn	HORN	2EA
Polarizer	POL	2EA
Circular/Rectangular Transition	TR	1EA
Magic-Tee	MGT	1EA
Reflector	REF	1EA
Test Coupler	TC	1EA
Heater	HTR	2EA
Thermal Blanket		1ST
CCS-Transmitter	CCS-TX	1EA
Transmitter	TX	1EA
Input BPF	IN-BPF	1EA
DC Converters	DCC	1ST
CCS-Solid State Power Amplifier	CCS-SSPA	1EA
Solid State Power Amplifier	SSPA	1EA
Electrical Power Converter	EPC	1EA
Power Switch	PSW	1EA
CCS-Waveguide	CCS-WG	1ST
Output BPF	OUT-BPF	1EA
Waveguide	WG	1ST
CCS-Coaxial Cables	CCS-CX	1ST
Integration H/W	CCS-INT	1ST



る捕捉追尾のためのビーコンを送信する機能である。(3)の機能は、HICALI の各機器の状態／状況を示す詳細テレメトリが大量のデータとなるため、バスシステムのテレメトリ回線より速い伝送速度で、地球局に伝送する機能である。

### 3.2 システム構成

CCS の構成を表 1 に示す。大別すると、以下の 4 つの構成要素から成る。

- (1) アンテナ CCS-ANT
- (2) 送信機 CCS-TX
- (3) 固体電力増幅器と電源 CCS-SSPA
- (4) 計装系類 CCS-WG, CCS-CX

CCS の機能ブロック図を図 1 に示す。

可変ビームで受信され、周波数変換された IF 帯のミッショニングデータは、CCS-TX 内のバンドパスフィルター (IN-BPF) により帯域制限される。その後、アンテナ 1 (ATT-1) により、レベルが調整された後、COMBINER に入力される。HICALI からの詳細テレメトリ (デジタルデータ) は、変調器 (Modulator) で QPSK 变調されて COMBINER に入力される。ビーコ

ン信号は TX 内部に発振器 (LO) があり、19.37 GHz の CW 信号が COMBINER に入力される。これらの 3 つの信号が COMBINER で合成され、アンテナ 2 (ATT-2) により、レベルが調整された後、アップコンバータ (U/C) により、Ka 帯の信号に変換された後、SSPA により増幅されて、CCS-ANT より送信される。電源は、バスから供給される 100 V (DC) を用いており、CCS-SSPA に含まれるパワースイッチ (Power SWitch: PSW) と DC/DC コンバータ (Electrical Power Converter: EPC) を介して、所望の電圧に変換されて CCS-TX と CCS-SSPA に供給される。アンテナは日本近傍を広くカバーするビーム形成のため、楕円のオフセットパラボラアンテナを採用した。図 2, 3 及び 4 に CCS-TX、CCS-SSPA 及び CCS-ANT のプロトフライトモデルの外観図を示す。また、表 2 及び 3 に、CCS 構成品の外形寸法及び質量をそれぞれ示す。

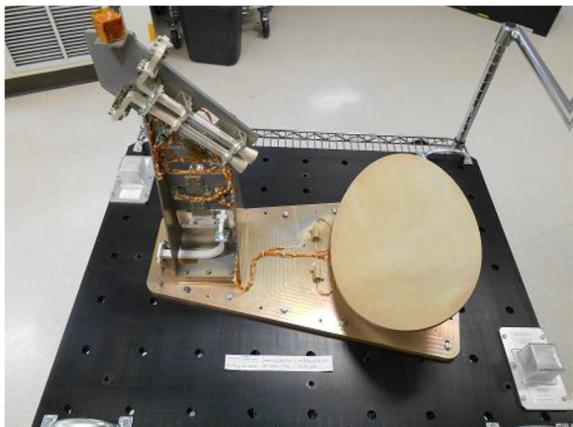


図 2 CCS-ANT の外観

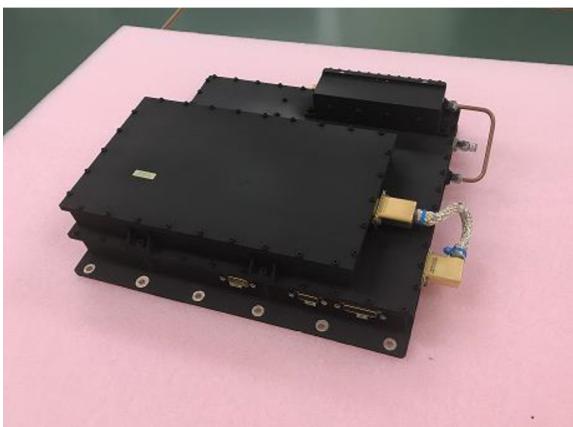


図 3 CCS-TX の外観

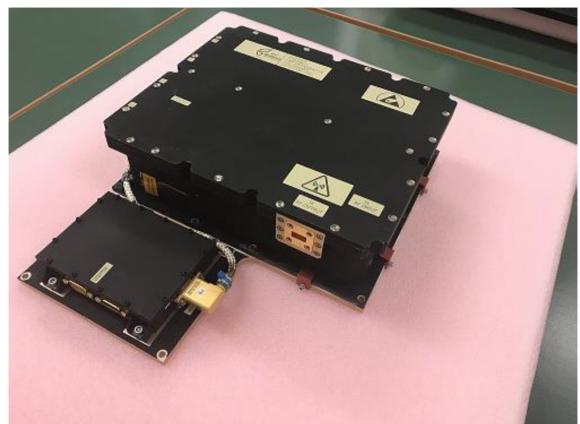


図 4 CCS-SSPA の外観

表 2 CCS 構成品の外形寸法

幅×長さ×高さ

構成品	設計値(mm)	PFM測定値(mm)
CCS-ANT	442.0x672.0x566.0	420.0x635.0x450.0
CCS-TX	266.7x336.6x67.0	254.0x331.4x67.0
CCS-SSPA	280.0x335.0x83.0	260.5x333.0x82.6

表 3 CCS 構成品の質量

項目	設計値 (kg)	PFM測定値 (kg)	備考
CCS-ANT	12.6	13.999	MLI含む
CCS-TX	3.1	3.560	
CCS-SSPA	6.2	6.270	
CCS-WG	1.9	0.585	
CCS-CX	1.1	0.548	
CCS-INT	1.8	1.091	
合計	26.7	26.053	要求値:<60 kg

### 3 ETS-9 の衛星搭載通信システム

#### 3.3 性能

表4にCCSの主な性能を示す。

#### 3.4 運用モード

CCSの運用モードの遷移を図5に示す。CCSでは、図に示すように、5個のモードがある。Power Offは、すべての電源がオフの状態であり、CCS OFFモードでは、1次電源入力がオンで、機器の電源はオフの状態である。スタンバイモードは、機器の電源がオンの状態で、ATT-1及びATT-2がMuteであり、RFの出力が出ない状態である。オペレーションモード1は、ATT-1がMuteであり、ATT-2のみを動作させて、ビーコンと詳細テレメトリを送信する。オペレーションモード2では、ATT-1とATT-2を動作させて、ビーコンと詳細テレメトリ及びミッションデータを送信することができる。

#### 3.5 アンテナパターン

図6にCCSのアンテナパターン(設計値)を示す。図はアンテナの指向性利得を示している。このエリアにビーコン、詳細テレメトリ及びミッションデータが照射される。CCSのビームは右旋円偏波で送信機能のみとなっている。ビームの中心は、Az角:-1.09°、El角:5.27°に設計した。エリア利得は4.0°×1.5°の楕円のエッジで30 dBi以上である。

表4 CCSの性能

番号	項目	性能	備考
1	出力周波数	ビーコン信号: 19.37 GHz ミッションデータ: 19.83 ± 0.01 GHz 詳細テレメトリ: 19.71 ± 0.01 GHz	
2	アンテナ利得	30 dBi以上	エリア利得
3	エリア	4° × 1.5°	ノミナル値
4	偏波	右旋円偏波 (RHCP)	
5	交差偏波	-20 dB以下	ピーク利得から
6	サイドローブ	ITUの要求を満足する	ITU-RS.672-4-E
7	ビーム指向精度(誤差)	0.1° 以下	
8	SSPA飽和出力	8 W以上	
9	SSPA線形出力	4 W以上	
10	出力電力安定性	±1.5 dB / 24h	
11	ビーコン位相雜音	10 Hz: -19.1 dBc以下 100 Hz: -62.5 dBc以下 1 kHz: -91.1 dBc以下 10 kHz: -103.3 dBc以下	
12	振幅平坦度	1.0 dB/10 MHz以下	ミッションデータ周波数帯域
13	スプリアス	帯域外: -49 dBc以下	ITUの定義するスプリアス
14	周波数安定度	10E-6以下 (1 ppm/年エージング、 ±1 ppm/温度) 全変動: ± 6 ppm 10年	
15	出力VSWR	1.3:1 以下	CCS-SSPA出力端
16	入力VSWR	1.5:1 以下	CCS-TX入力端
17	IF入力信号帯域	1.73 ± 0.01 GHz	ミッションデータ帯域
18	IF入力信号電力	-51 dBm (ノミナル)	
19	出力EIRP (線形出力)	35 dBW以上	SSPA出力: 4 W アンテナ利得: 30 dBi 損失: 1 dB
20	電源電圧	100 V	バスシステムから供給
21	消費電力	75 W以下 80 W以下 94 W以下 30 W以下 125 W以下	スタンバイモード オペレーションモード1 オペレーションモード2 アンテナヒータ 合計(最大)

#### 3.6 回線設計

表5及び6に、ミッションデータを伝送する場合及び詳細テレメトリを伝送する場合の回線設計を示す。CCSのアンテナ利得、フィード損失及び送信電力等の

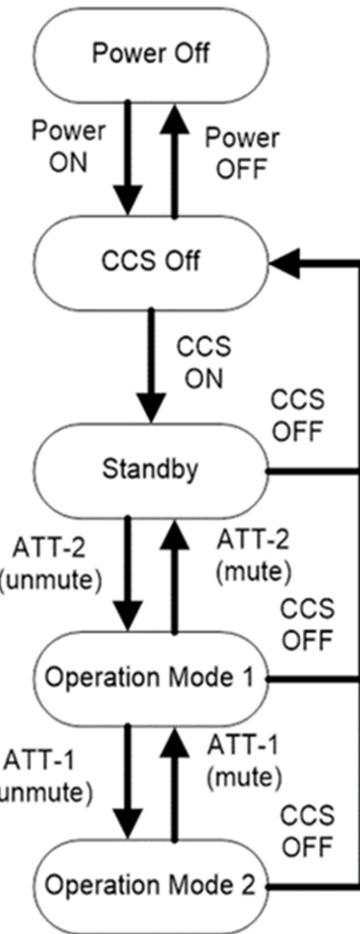


図5 CCSの運用モードの遷移

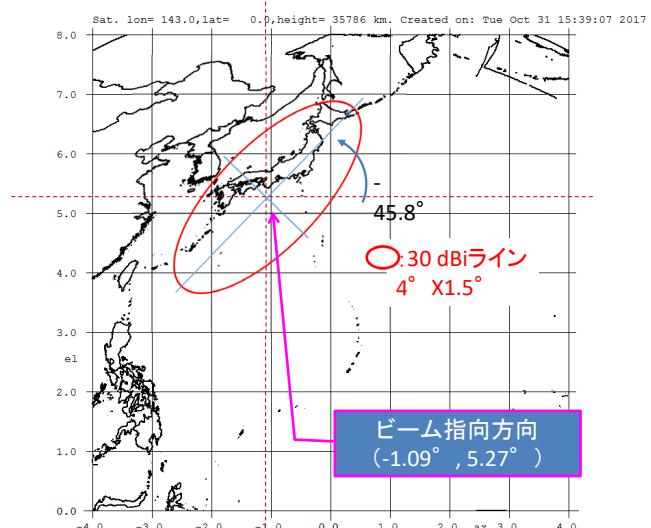


図6 CCSのカバーエリア(設計値)

値は、4 で説明する PFT 試験で得られた実測値を用いて算出した。ミッションデータを伝送する回線の信号は、鹿島に設置される Ka 帯フィーダリンク地球局から送信され、ETS-9 の可変ビームを形成する中継器を経由して共通部通信サブシステムからアンテナ径

表 5 回線設計 (ミッションデータ)

Up Link: フィーダリンク地球局 (NICT鹿島) ⇒ ETS-9		Down Link: ETS-9 ⇒ フィーダリンク地球局 (NICT沖縄)	
Items	Uplink	Downlink	Remarks
Tx Input Power (dBW)		-81.0	可変中継器からのCCS入力値
Transmit Power (W)		3.02	CCS Gain = 85.8 dB
TX Antenna Gain (dBi)		30.9	Minimum Gain @4° × 1.5°
Antenna Pointing Loss (dB)		0.27	Pointing Error: 0.08°
Feed Loss (dB)		0.83	
EIRP (dBW)	60.0	34.6	
Range (km)		36790.6	ETS-9 NICT沖縄
Free Space Attention (dB)	214.0	209.71	
Polarization Loss		0.20	
Absorption Loss (dB)		0.20	
Rx Antenna Gain (dBi)	42.0	40.0	フィーダリンク地球局
Antenna Pointing Loss (dB)		0.0	
Radome Loss (dB)		0.8	
Feed Loss (dB)		0.3	
Received Power (dBW)	-112.5	-136.61	
Antenna Noise Temperature (K)		60.0	
Rx Temperature (K)		290.0	
System Noise Temperature (K)		262.49	
RX NF (dB)		2.0	
G/T (dB/K)	10.7	15.01	
C/N <sub>0</sub> (dB-Hz)	84.8	68.1	
Total C/N <sub>0</sub> (dB-Hz)		68.01	
Required C/N <sub>0</sub> (dB-Hz)		61.90	
Implementation Loss (dB)		2.00	
Margin (dB)		4.11	

Data Rate : 1.0 Mbps, Modulation Scheme : QPSK, Error Correction : LDPC(2/3)+BCH  
Required Eb/N0 = 1.9 dB @10<sup>3</sup> Required C/N0 = 61.9 dB-Hz

表 6 回線設計 (詳細テレメトリ)

Down Link: ETS-9 ⇒ フィーダリンク地球局 (NICT鹿島)		
Items	Data	Remarks
Transmit Power (W)	0.80	CCS Gain = 85.8 dB
TX Antenna Gain (dBi)	30.90	Minimum Gain @4° × 1.5°
Antenna Pointing Loss (dB)	0.27	Pointing Error: 0.08°
Feed Loss (dB)	0.84	
EIRP (dBW)	28.82	
Range (km)	37187.44	ETS-9 NICT鹿島
Free Space Attention (dB)	209.75	
Polarization Loss	0.20	
Absorption Loss (dB)	0.20	
Rx Antenna Gain (dBi)	56.50	フィーダリンク地球局
Radome Loss (dB)	0.00	
Feed Loss (dB)	0.75	
Received Power (dBW)	-125.58	
Antenna Noise Temperature (K)	60.0	
Rx Temperature (K)	290.0	
System Noise Temperature (K)	316.26	
RX NF (dB)	2.00	
G/T (dB/K)	31.50	
C/N <sub>0</sub> (dB-Hz)	78.77	
Required C/N <sub>0</sub> (dB-Hz)	69.60	
Implementation Loss (dB)	2.00	
Margin (dB)	7.17	

Data Rate : 2 Mbps, Modulation Scheme : QPSK, Error Correction : LDPC(2/3)+BCH  
Required Eb/N0 = 6.6 dB @10<sup>3</sup> Required C/N0 = 69.60 dB-Hz

60 cm クラスの移動局に送信される回線 (フォワードリンク) を想定している。この回線では、表で示すようにダウンリンク支配となり、総合 C/N<sub>0</sub> は、68 dB-Hz の回線品質が得られる。実際の実験では、伝送速度 1 Mbps、変復調方式が QPSK、符号化方式を LDPC (2/3) +BCH を想定しており、回線設計からはマージンが約 4 dB 確保できると考えられる。詳細テレメトリを伝送する回線の信号は、共通部サブシステムで QPSK 変調、畳み込み符号化され、鹿島に設置された Ka 帯フィーダリンク地球局に伝送され、そこで復調及び復号化され、テレメトリ情報が抽出される。この回線では、総合 C/N<sub>0</sub> は、78 dB-Hz 以上の回線品質が得られる。実際の実験では、伝送速度 2 Mbps、変復調方式が QPSK、畳み込み符号化 (拘束長 7、符号化率 1/2)、ビタービ復号であり、回線設計からはマージンが約 7 dB 確保できると考えられる。

## 4 サブシステム PFT 試験 [9]

### 4.1 試験フロー

図 7 に、サブシステム PFT 試験の試験フローを示す。SSPA は Quinstar 社からの調達品であり、SSPA の熱真空試験は Quinstar 社で実施し、Honeywell 社で SSPA と Honeywell 社製の Power SW を組み合わせて CCS-SSPA として完成させた。サブシステム試験

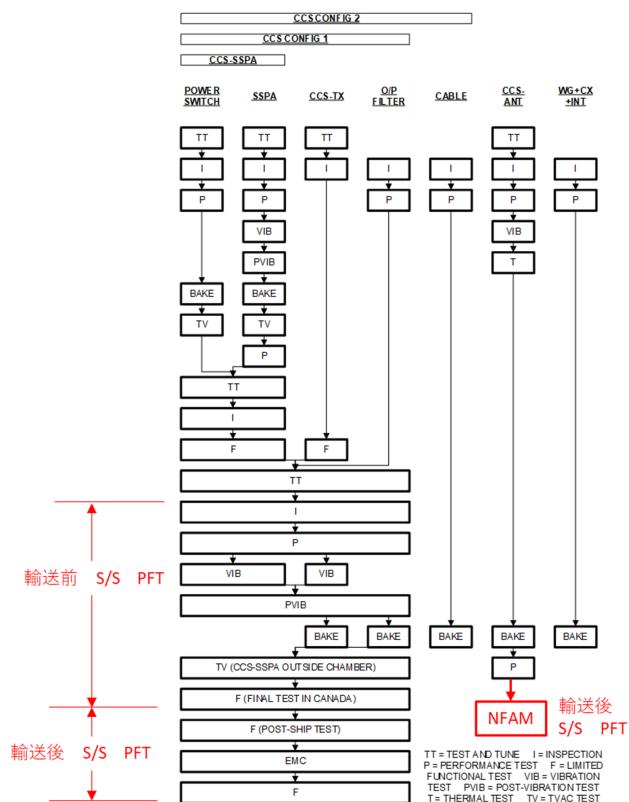


図 7 サブシステム試験フロー

### 3 ETS-9 の衛星搭載通信システム

では、CCS-SSPA と CCS-TX を組み合わせた CCS CONFIG 1 で初期電気性能試験を行い、その後、分割してコンポーネントレベルの振動試験を行い、さらに再組立てを行い振動試験後の電気性能試験を実施した。次の熱真空試験では CCS-TX のみチャンバに入れ、CCS-SSPA はチャンバ外部に設置してサブシステムレベルの熱真空試験を実施し、最終電気性能試験を実施した。その後、CCS は日本に輸送され、輸送後試験、電磁環境適合性(ElectroMagnetic Compatibility : EMC) 試験及び電気性能試験を実施した。また、CCS-ANT については、NICT 鹿島宇宙技術センターで、CCS-ANT の詳細なコンタパターとビーム指向方向を確認するため、ニアフィールドアンテナ測定(Near Field Antenna Measurement : NFAM) 試験を実施した。

#### 4.2 電気性能試験

電気性能試験は、表 4 に示す性能を、図 7 に示すように、コンポーネントごとに実施したのち、サブシステムとして初期電気性能、振動試験の前後、熱真空試験の前後及び試験中、日本に輸送の前後及び EMC 試験後に実施している。その測定結果は、仕様値を満足し、良好な結果が得られている。例として、表 7 に、運用モードにおける各試験の消費電力の測定結果を示す。消費電力の要求値は、衛星システム側と調整した値であり、すべてのモードで要求値を満足している。

#### 4.3 熱に関する環境試験

CCS-TX 及び CCS-SSPA は、熱真空試験を実施し、金属で構成されている CCS-ANT は、真空による影響がないため熱サイクル試験を実施した。また、導波管及びケーブル等も含めたすべてのコンポーネントに対して、脱ガスのためのベーキングを実施した。CCS-TX 及び CCS-SSPA の熱真空試験の前後及び試験中で消費電力、出力電力及び周波数等の電気性能は変動なく、良好な結果が得られている。

#### 4.4 振動試験

振動試験は、各コンポーネントで、正弦波及びランダム振動試験を実施しており、加振レベルは、衛星バ

表 7 運用モードの消費電力

項目	要求値	Initial Ambient	Post-Vibration	T-vac Cold (-20°C)	Final Ambient	輸送後試験	EMC 試験後試験 (最終電気性能)
スタンバイモード	≤75 W	45 W	45 W	47 W	45 W	45 W	45 W
オペレーションモード1	≤80 W	No data	No data	No data	No data	No data	51 W
オペレーションモード2	≤94 W	59 W	59 W	65.2 W	59 W	60 W	59 W
アンテナヒーティ	≤30 W	0 W	0 W	26.8 W	0 W	0 W	0 W
合計(最大)	≤125 W	59 W	59 W	92 W	59 W	60 W	59 W

スシステムから提示された PFT レベルで実施している。各コンポーネントの X、Y 及び Z 軸の応答波形に異常はなく、固有振動数も要求値の 120 Hz 以上を満たし、良好な結果が得られている。振動試験前後の消費電力、出力電力及び周波数等の電気性能には変動なく、良好な結果が得られている。

#### 4.5 EMC 試験

CCS に対して実施した EMC 試験では、電源ライン伝導(雑音／感受性)、放射雑音(雑音／感受性)、静電干渉、電気的ボンディング及び絶縁抵抗等が試験対象となる。この EMC 試験の試験項目の中で、2 項目ほど一部の周波数範囲で要求値をわずかに逸脱した結果が得られた。しかしながら、詳細な検討の結果、これらの逸脱が衛星システム全体に影響を与えないことがわかり、EMC 試験としては問題はなく、良好な結果が得られたと評価できる。

#### 4.6 ニアフィールドアンテナ測定試験

図 8 に、CCS-ANT の放射パターンの測定結果を示す。図での測定値は、ビーム中心から -0.5 dB、-1 dB、-2 dB、-3 dB … の相対値で示され、ビーム中心での利得値は、32.45 dBi であった。図 8 では、30 dBi ラインは中心から -2.45 dB 下がったところで、-2 dB と -3 dB の中間に位置することになり、図 6 に示す設計値を十分満足している。また、ビームの中心は図 6 に示した設計値 (-1.09°, 5.27°) に対し、図に示すように (0.61°, 5.24°) となっていることがわかったが、そのずれによるアンテナ利得の変動は、1 dB 以内と十分小さいため、実験を実施するうえで、大きな問題にならないと考えられる。

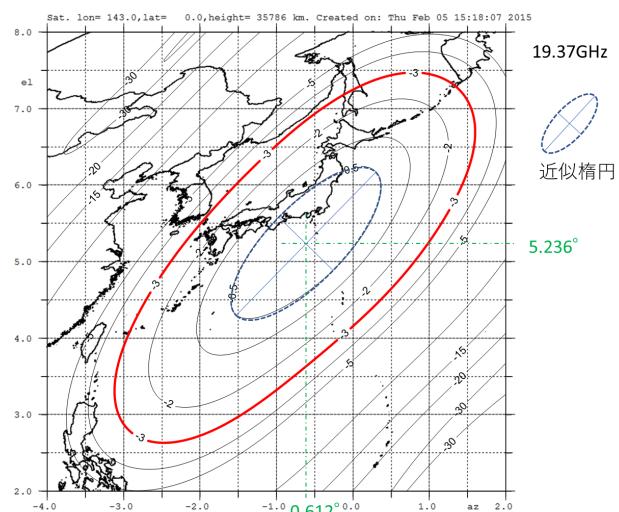


図 8 CCS-ANT の放射パターン

## 5 衛星システム AIT/PFT 試験

### 5.1 外観検査

衛星に CCS 取付完了後、衛星バスシステムから提示された CCS-ANT のアライメントデータ評価を実施した。アンテナ取付角度に関する検証として、NICT 電波暗室の NFAM 試験装置を用いて測定した時のデータと比較した。その放射パターンの測定時の Az 方向の設定は、CCS-ANT のベースプレートの傾きが  $134.2^\circ$  (精度:  $\pm 0.1^\circ$ ) になる治具を用いた。今回の衛星バスシステムの測定した CCS-ANT のベースプレートの傾きが  $134.247^\circ$  であり、放射パターン測定時の傾きとほぼ一致しているため衛星搭載時の放射パターン

は NICT での測定結果を再現すると判断し、CCS-ANT の取付に問題がないことが確認できた。CCS の取付状況を目視で確認し、各装置、導波管、ケーブル等の取付状況に関する問題がないことを確認した。図 9～11 に CCS 搭載状況を示す。

### 5.2 衛星システム AIT 試験

2024 年 12 月に衛星システム AIT 試験を実施した。CCS の衛星システム AIT 試験フローを図 12 に示す。

CCS の衛星システム AIT 試験の結果は、仕様値を満足し、良好な結果が得られている。例として、図 13 に出力スペクトラムを示す。



図 9 アンテナデッキ (地球指向面) への CCS-ANT 搭載状態

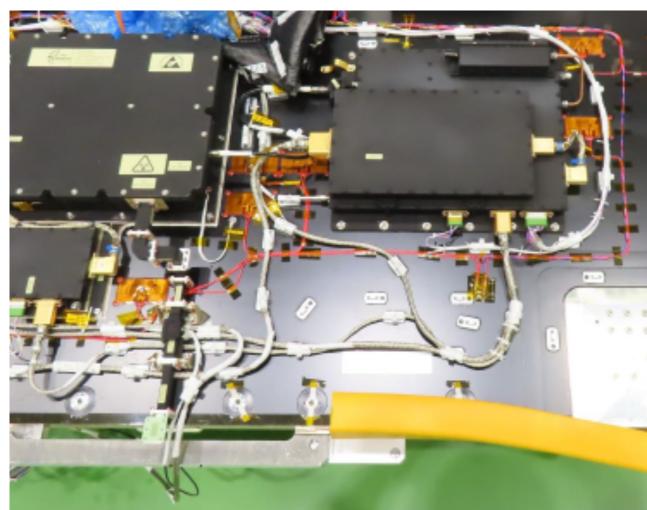


図 10 CCS-TX 搭載状態 (南面 Upper パネル)

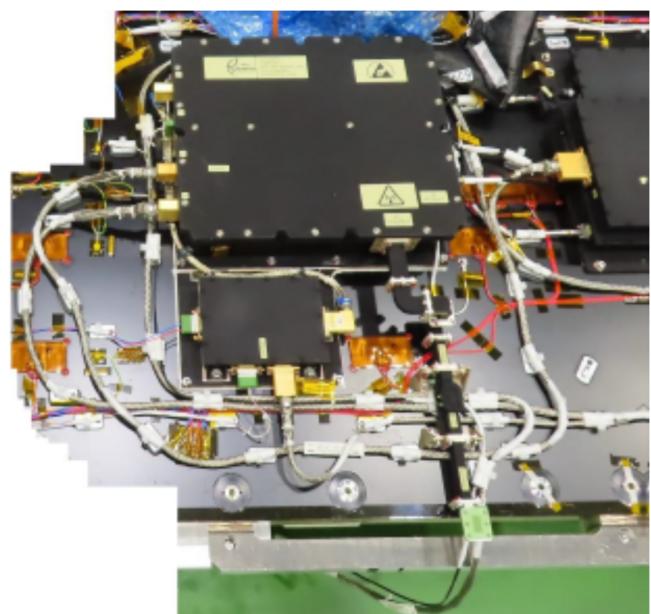


図 11 CCS-SSPA 搭載状態 (南面 Upper パネル)

### 3 ETS-9 の衛星搭載通信システム

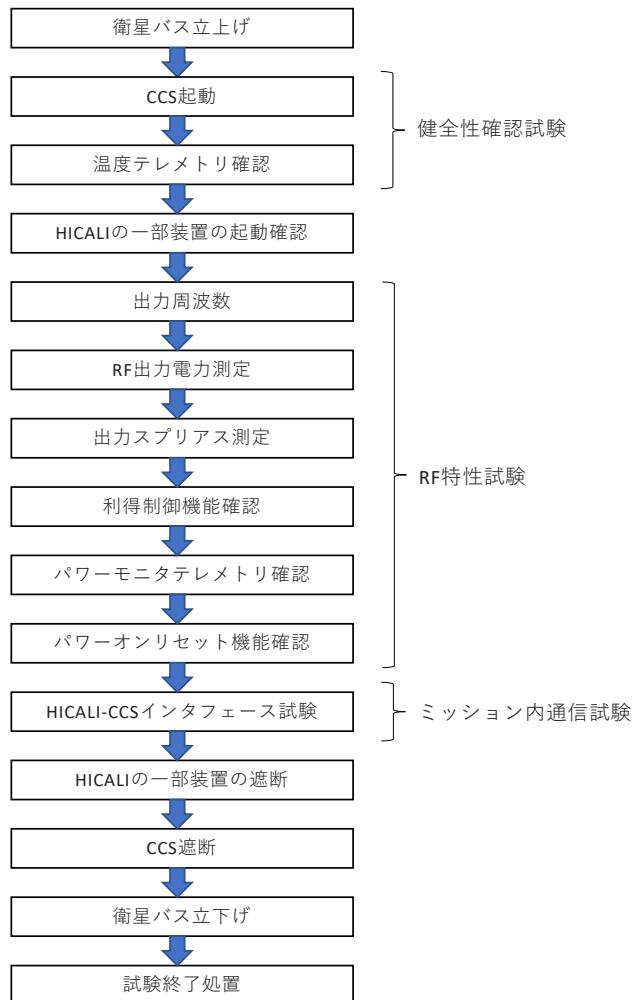


図 12 CCS の衛星システム AIT 試験フロー

### 5.3 衛星システム PFT 試験(初期電気性能試験)

2025年2月に衛星システムPFT試験の最初に行う初期電気性能試験を実施した。CCSの衛星システムPFT試験(初期電気性能試験)フローはほぼ図12 CCSの衛星システムAIT試験フローと同様である。CCSの衛星システムPFT試験(初期電気性能試験)の結果は、仕様値を満足し、良好な結果が得られている。例として、図14にスプリアス測定結果を示す。

### 5.4 今後の衛星システム PFT 試験計画

2025年9月現在は、衛星システムAIT試験が完了し、衛星システムPFT試験を実施中である。図15に衛星システムPFT試験の試験計画を示す。灰色部分についての試験は完了したことを示す。

## 6 おわりに

本稿では、NICTが計画しているETS-9を使用した光衛星通信実験及びKa帯衛星通信実験を円滑に進めるために開発したCCSの開発状況について述べた。CCS

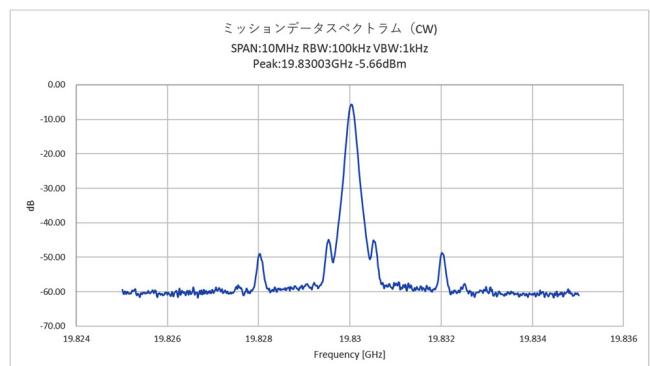
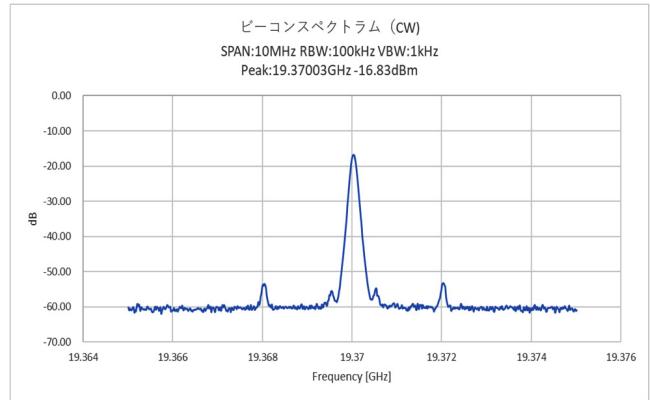


図 13 出力スペクトラム (衛星システム AIT 試験)

は、2017年に概念設計から開始し、基本設計、詳細設計、製造及びプロトフライト試験を経て、2023年にサブシステムとしての開発を完了した。2024年には衛星システムに引き渡しを実施し、その後、衛星への搭載、衛星システムAIT試験が完了した。2025年9月現在、衛星システムPFT試験を行っている。今後、この衛星システムPFT試験完了を経て、2025年度以降にETS-9の打上げが予定されており、打上げ後は、関係機関により、ETS-9を用いた各種の実証実験が実施される予定である。

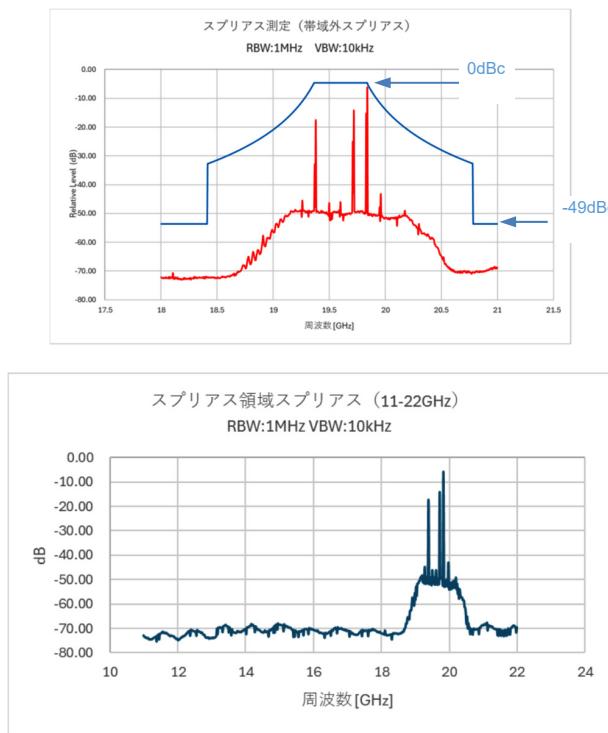


図 14 スパリアス測定結果 (衛星システム PFT 試験)

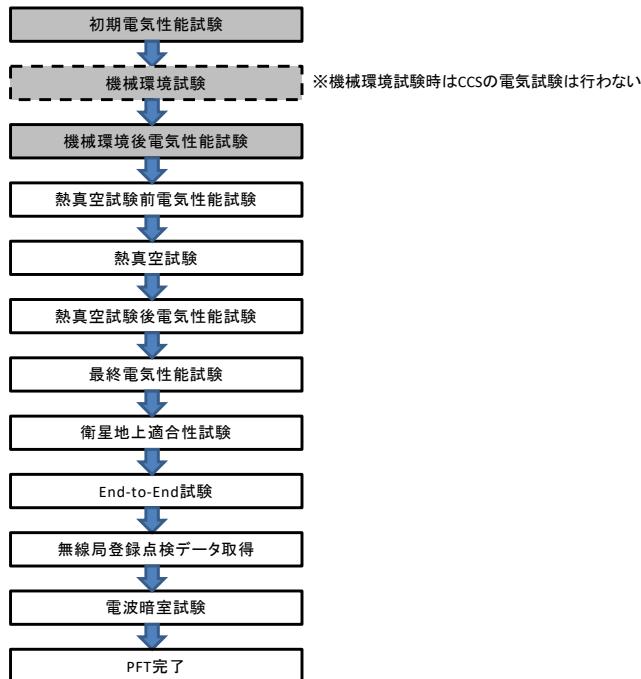


図 15 衛星システム PFT 試験計画

## 謝辞

本稿の CCS の研究開発の一部は、総務省 電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254) 「多様なユースケースに対応するための Ka 帯衛星の制御に関する研究開発」2020 年度 - 2024 年度の一環として行われました。ここに深く感謝申し上げます。

## 【参考文献】

- 1 三浦 周, 大川 貢, “ハイスループット衛星 (HTS),” 信学会誌, vol.106, no.7, pp.611-612, 2023 年 7 月.
- 2 <https://www.airbus.com/en/products-services/space/telecommunications-and-navigation-satellites/onesat>
- 3 宗正 康, ほか, “技術試験衛星 9 号機光ファイダリンク通信サブシステムの開発,” 第 63 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 1K07, JSASS-2019-4147, 2019 年 11 月.
- 4 斎藤 嘉彦, 中園 純一, 大倉 拓也, コレフ ディミタル, 白玉 公一, 布施 哲治, 辻 宏之, 豊嶋 守生, “ETS-9 実験に向けた光地上局整備,” 第 66 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 1F06, JSASS-2022-4085, 2022 年 11 月.
- 5 三浦 周, 久保岡 俊宏, ほか, “技術試験衛星 9 号機による次世代入出スループット衛星の通信技術確立に向けた取組み,” 信学会誌, vol.102, no.12, pp.1080-1084, 2019 年 12 月.
- 6 高橋 隼, 三浦 周, 森川 栄久, 辻 宏之, ほか, “ETS-9 での実験計画 (RF 系),” 第 66 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 1F09, JSASS-2022-4088, 2022 年 11 月.
- 7 Dimitar R. Kolev, 國森 裕生, 白玉 公一, 布施 哲治, 小竹 秀明, 中園 純一, Carrasco Casado Alberto, Trinh Phuc, 鈴木 健治, 斎藤 嘉彦, Ishola Femi, 久保岡 俊宏, 辻 宏之, 豊嶋 守生, “ETS-9 での実験計画 (光系),” 第 66 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 1F10, JSASS-2022-4089, 2022 年 11 月.
- 8 次期技術試験衛星に関する検討会, “次期技術試験衛星に関する検討会報告書,” 2016 年 5 月.
- 9 森川 栄久, ほか, “技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) 共通部通信サブシステムの開発,” 航空宇宙学会誌, vol.73, no.11, pp.365-371, 2025 年 11 月. doi:10.14822/kjsass.73.11\_365

## 加藤 幸治 (かとう こうじ)

ネットワーク研究所  
ワイヤレスネットワーク研究センター  
宇宙通信システム研究室  
研究技術員  
宇宙通信システム



## 森川 栄久 (もりかわ えいひさ)

ネットワーク研究所  
ワイヤレスネットワーク研究センター  
宇宙通信システム研究室  
衛星通信  
【受賞歴】  
2009 年 電子情報通信学会活動功労賞



## 三浦 周 (みうら あまね)

ネットワーク研究所  
ワイヤレスネットワーク研究センター  
宇宙通信システム研究室  
室長  
博士 (情報科学)  
衛星通信システム、アンテナ  
【受賞歴】  
2017 年 日本 ITU 協会賞 奨励賞受賞  
2016 年 電子情報通信学会通信ソサイエティ 活動功労賞  
2016 年 電子情報通信学会通信ソサイエティ 優秀論文賞

### 3 ETS-9 の衛星搭載通信システム



辻 宏之 (つじ ひろゆき)

ネットワーク研究所  
ワイヤレスネットワーク研究センター  
宇宙通信システム研究室  
上席研究員  
博士 (工学)  
宇宙通信システム、アレイアンテナ、信号処理  
【受賞歴】  
2014 年 日本 ITU 協会 国際活動奨励賞 功績  
賞対象分野  
2013 年 第 2 回アンテナ伝搬アジア太平洋会  
議 (APCAP2013) ベストペーパー賞  
2010 年 第 58 回電気科学技術奨励賞