

3. 通信放送技術衛星 (COMETS) 実験計画

3.1 高度移動体衛星通信実験計画

大内 智晴* 峯野 仁志* 三浦 龍*

(1996年11月14日受理)

3. PLAN OF THE EXPERIMENTS USING THE COMMUNICATIONS AND BROADCASTING ENGINEERING TEST SATELLITE (COMETS)

3.1 PLAN OF THE COMETS ADVANCED MOBILE SATELLITE COMMUNICATIONS EXPERIMENTS

By

Chiharu OHUCHI, Hitoshi MINENO, and Ryu MIURA

Experiments using the COMETS advanced mobile satellite communication system are planned for execution over a period of three years after the satellite has reached the prescribed geostationary orbit position and initial checkout have been conducted. The experiments are broadly divided into experiments on the characteristics of on-board transponders and earth stations, experiments on satellite operations, experiments on mobile satellite communications, experiments on future satellite communications systems, and experiments on radio wave propagation. Here, we briefly introduce the experiment program that the CRL currently considered.

[キーワード] 通信放送技術衛星, 移動体衛星通信, Kaバンド, パーソナル衛星通信.

COMETS, Mobile satellite communication, Ka band, Personal satellite communication.

1. はじめに

COMETS 高度移動体衛星通信機器を使用する実験は、衛星が東経 121 度の静止衛星軌道上に静止化したあと初期性能試験が行われ、その後の 3 年間行われる予定である⁽¹⁾。実験項目は大別して、搭載中継器及び地球局の特性に関する実験、衛星の運用に関する実験、移動体衛星通信に関する実験、将来の衛星通信システムに関する実験、電波伝搬に関する実験に分けられる。ここでは、現在通信総合研究所で考えられている実験計画の一端を

紹介する。

2. 実験開始までのスケジュール

第 1 表は、本論文記事執筆時点 (1996 年 12 月) における COMETS 開発スケジュールである。CRL が開発した搭載機器は、すでに宇宙開発事業団 (NASDA) に引き渡され衛星に組み込まれている。約 1 年間かけて行われる打上げ前試験 (PFT) は、1997 年初めにはすべて終わることになっている。この中では地球局との適合性試験や COMETS の無線局検査等も行われる。その後種子島への輸送、H-II ロケットへの組付けを行い 8 月に打上げられることになっている。

* 宇宙通信部 衛星通信研究室

第1表 COMETS 高度移動体衛星通信技術の研究開発年次計画

区分	平成3～5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度
衛星の開発 (NASDA)	基本設計・詳細設計		維持設計					
	搭載機器 開発			▲打上げ				
搭載中継器	中継器開発		中継器維持設計					
主局実験設備	再生中継端局部	アンテナ部		管制設備				
	ミリ波帯実験装置							
移動体 実験設備	7x-スト7レ-アンテナ, 端局装置, 実験車							
実験・運用	実験開始						まとめ	

衛星はまず長楕円軌道に打上げられ、次に静止軌道への投入が行われる。その後徐々に軌道を修正し、1カ月ほどかけて東経121度の静止位置に到達する。その頃からミッション機器の初期性能確認試験が行われる。この試験は、搭載中継器が所定の性能を発揮するか、打上げ時の衝撃や宇宙環境下で不具合が発生していないかを確認するものであり、送受信ビームの切替やアッテネータの設定などすべての切替動作を行い性能を確認する作業である。

衛星各部の初期性能確認が終わるとCOMETSは定常運用に入る。同時に衛星実験開始となる。現在のスケジュールでは、それは1997年11月となっている。

3. 実験の基本方針

現在の衛星通信は、固定通信の分野では基幹回線のバックアップや臨時回線用として、またVSATに代表される専用線サービスに近い形態で使用されている。また移動体衛星通信分野では、船舶や航空機との通信から始まって、N-STARやINMARSAT第3世代衛星では車載端末や携帯端末による携帯電話のようなサービス形態へと移ってきている。

将来の通信は、現在とは比較にならないほどの高速大容量伝送を要求されると考えられる。そこで、走行する車両や航空機等との画像通信や大容量のデータ伝送を可能とする高速通信技術の開発が始まっている。むしろすべての移動体通信が高速伝送を必要とするとは考えられないから、音声やメッセージ通信クラスから1Mbps以上までの通信が混在する状況となろう。一方、携帯端末のような超小型の地球局によるパーソナル衛星通信では、これまでにない大量のユーザが衛星通信を行う状況が生じることになる。衛星上での回線交換や、降雨やブロッキング等により回線が切れたときの処理方策の開発が必要である。

COMETS 高度移動体衛星通信実験の目的は、搭載機器MCE (Mobile Communications Equipment) の特徴である

1. Ka帯及びミリ波帯を使用すること
2. 移動局など小局間の直接通信が可能な中継器の構成であること
3. 衛星上での再生中継交換を行うこと
4. マルチビームアンテナとビーム間交換機能を有すること

を生かし、21世紀の移動体衛星通信並びにパーソナル衛星通信のための技術を開発することにある^(2,3)。

一例として、各種の地球局による通信の回線設計例を示す。なおここでの検討は、実際のCOMETS地球局の性能を示すものではなく、地球局の規模と可能な通信容量を示すものである。

第2表 超小型地球局間の通信

USAT~USAT (1.54 Mbps)

	UNITS	USAT→COMETS		COMETS→USAT	
Frequency	GHz	30.769		20.997	
Antenna	m	0.40		2.0	
Gain	dBi	U	39.2	C	49.1
Output Power	W	S	8.0	O	5.92
Feeder Loss	dB	A	-2.0	M	-1.4
EIRP	dBW	T	46.2	E	55.4
Off-beam Loss	dB		0.0	S	-2.0
Tracking Error	dB		-1.0		0.0
Pass Loss	dB	-213.7 (d= 37,462 km)		-210.4 (d= 37,462 km)	
Rain Attenuation	dB	-6.0		-4.0	
Off-beam Loss	dB		-3.0		-1.0
Antenna	m	2.0		0.40	
Gain	dBi		51.1		35.9
Feeder Loss	dB	C	-2.7	O	-1.0
Feeder Temperature	K		290.0	U	290.0
Receive Level	dBW	M	-129.1	S	-127.1
Antenna Noise	K	E	300.0 K	A	40.0 K
Sky Noise	K	T		T	172.4
Noise Figure	dB	S	4.7		3.0
			(T= 565.9 K)		(T= 288.6 K)
System Noise	dBK		29.4 (871 K)		27.1 (517 K)
Noise Power Density	dBW/Hz		-199.2		-201.5
Figure of Merit G/T	dB/K		19.0		7.7
Rx C/No	dB Hz	70.2		74.4	
Total C/No	dB Hz	68.8			
Required C/No	dB Hz	68.8			
Margin	dB	0.0			

第3表 小型車載局間の通信

		車載局→COMETS		COMETS→車載局	
Frequency	UNITS	30.760		20.988	
Antenna	m		0.12		2.0
Gain	dBi	28.7		C	49.1
Output Power	W		2.0	O	0.68
Feeder Loss	dB	-2.0		M	-1.4
EIRP	dBW	29.7		E	46.0
Off-beam Loss	dB	0.0		S	-2.0
Tracking Error	dB	-1.0			0.0
Pass Loss	dB	-213.7 (d= 37,462 km)		-210.4 (d= 37,462 km)	
Rain Attenuation	dB	-6.0		-4.0	
Off-beam Loss	dB	-3.0		-1.0	
Antenna	m		2.0		0.12
Gain	dBi	51.1		C	25.4
Feeder Loss	dB	-2.7		O	-1.0
Feeder Temperature	K		290.0	M	290.0
Receive Level	dBW	-145.5		E	-146.9
Antenna Noise	K		300.0 K	S	40.0 K
Sky Noise	K				172.4
Noise Figure	dB		4.7		3.0
			(T= 565.9 K)		(T= 288.6 K)
System Noise	dBK	29.4	(871 K)	27.1	(517 K)
Noise Power Density	dBW/Hz		-199.2		-201.5
Figure of Merit G/T	dB/K	19.0		-2.7	
Rx C/No	dB Hz	53.7		54.5	
Total C/No	dB Hz	51.1			
Required C/No	dB Hz	50.7			
Margin	dB	0.4			

第4表 極小型地球局間の通信

		極小型局→COMETS		COMETS→極小型局	
Frequency	UNITS	30.646		20.874	
Antenna	m		0.05		2.0
Gain	dBi	21.1		C	49.1
Output Power	W		0.5	O	0.54
Feeder Loss	dB	-2.0		M	-1.4
EIRP	dBW	16.1		E	45.0
Off-beam Loss	dB	0.0		S	-2.0
Tracking Error	dB	-1.0			0.0
Pass Loss	dB	-213.7 (d= 37,462 km)		-210.3 (d= 37,462 km)	
Rain Attenuation	dB	-6.0		-4.0	
Off-beam Loss	dB	-2.0		-1.0	
Antenna	m		2.0		0.08
Gain	dBi	51.1		C	21.9
Feeder Loss	dB	-2.7		O	-1.0
Feeder Temperature	K		290.0	M	290.0
Receive Level	dBW	-158.2		E	-151.5
Antenna Noise	K		300.0 K	S	40.0 K
Sky Noise	K				172.4
Noise Figure	dB		4.7		3.0
			(T= 565.9 K)		(T= 288.6 K)
System Noise	dBK	29.4	(871 K)	27.1	(517 K)
Noise Power Density	dBW/Hz		-199.2		-201.5
Figure of Merit G/T	dB/K	19.0		-6.3	
Rx C/No	dB Hz	41.1		50.0	
Required C/No	dB Hz	40.7		49.7	
Margin	dB	0.4		0.3	

第2表は、超小型の地球局同士の通信を想定したものである。現在のVSATよりもさらに小さい地球局(USAT: Ultra Small Aperture Terminal)を用いて1.5Mbpsの情報伝送を行う場合を想定している。アンテナは開口径40cmで、効率50%を仮定した。情報速度1.544Mbpsで、符号化率1/2の畳み込み符号化とビタビ復号を想定している。この例では地球局、衛星とも送信機出力が多少大きくなるが、通信回線は成立することが分かる。

第3表は、車載局同士の直接通信を想定したもので、本特集号の「高度移動帯衛星通信実験 車載局」のアンテナをイメージしている。ここでは簡単のため直径12

cmの開口面アンテナで考えている。情報速度は24kbpsである。

第4表は再生中継器を使用して、衛星上で誤り訂正を行い低速のデータまたは音声通信を行う地球局である。この例も本特集号の「高度移動帯衛星通信実験 携帯局」をイメージしている。アンテナは送信用5cm、受信用8cmで検討した。下り回線は8チャンネルを多重したTDM信号である。

以上、比較的小型の地球局や移動局を例にCOMETS回線を紹介したが、COMETS実験ではさらにKa帯用1.8m、ミリ波帯用1.2mのアンテナを持つ固定局を用意している。これらを用いて各種の通信実験や伝搬実験を行い、また搭載中継器の性能を測定し、開発結果の評価を行う。これらの結果は、将来の移動体/パーソナル衛星通信システムと衛星搭載機器の開発に役立つ(4,5)。

4. 高度移動体衛星通信実験の概要

COMETSの高度移動体衛星通信ミッションを用いる実験には、次の項目があげられる。

1. 衛星搭載機器の特性に関する実験
2. 衛星の姿勢とアンテナの追尾に関する実験
3. 地球局の特性に関する実験
4. 移動体衛星通信に関する実験
5. 高度衛星通信システムに関する実験
6. 電波伝搬特性に関する実験

搭載機器特性に関する実験は、開発した機器が目的通りの動作をするかを確認するものであり、衛星の打ち上げ前の特性と比較することで搭載機器が打ち上げ時の衝撃や温度変化で影響を受けたかどうかを知ることができる。また定期的に測定を繰り返すことで宇宙環境での性能の変化などを測定し、今後の衛星設計に役立つ。

アンテナの追尾に関する実験は、搭載アンテナの指向制御機能に関するもので、Ka帯でスポットビームを使用するCOMETSのような衛星システムでは必須の技術である。COMETSでの実験を通じて将来の衛星システムのための追尾方式や追尾性能についての研究を行う。

地球局の特性に関する実験は、COMETS実験を行う固定局や移動局の性能を把握し、通信実験を行う際の基礎資料を得るものである。回線設計のための地球局の諸元などに使用する。

移動体衛星通信実験では、移動局のアンテナ制御や回線品質の測定、シャドウイングなどの実測と対策技術の開発などが行われる。また将来の超高速衛星通信やパーソナル衛星通信のための通信方式の研究や通信実験、地上通信網との接続実験等を高度衛星通信システム実験として行う。

Ka 帯やミリ波帯衛星通信では降雨減衰が問題である。伝搬測定を行うと共に、通信方式や符号化方式、ダイバーシチ等による降雨減衰対策を研究し、これらの周波数帯利用のための指針を得ることが目的である。

各実験項目ごとに、計画されている実験の一端を紹介する。

5. 衛星搭載機器の特性に関する実験

衛星に搭載された機器の特性を測定し、搭載機器が予定通りに動作していることを確認する実験である。初期性能確認試験はこの実験項目の一部を行うことになる。搭載機器の特性は、各種通信実験の結果を評価解析する際の衛星部分の特性として使用する。そのため単に動作していることを確認するのではなく可能な限り精度良く測定することが求められる。精度の良い測定手法の研究も実験研究の対象である。

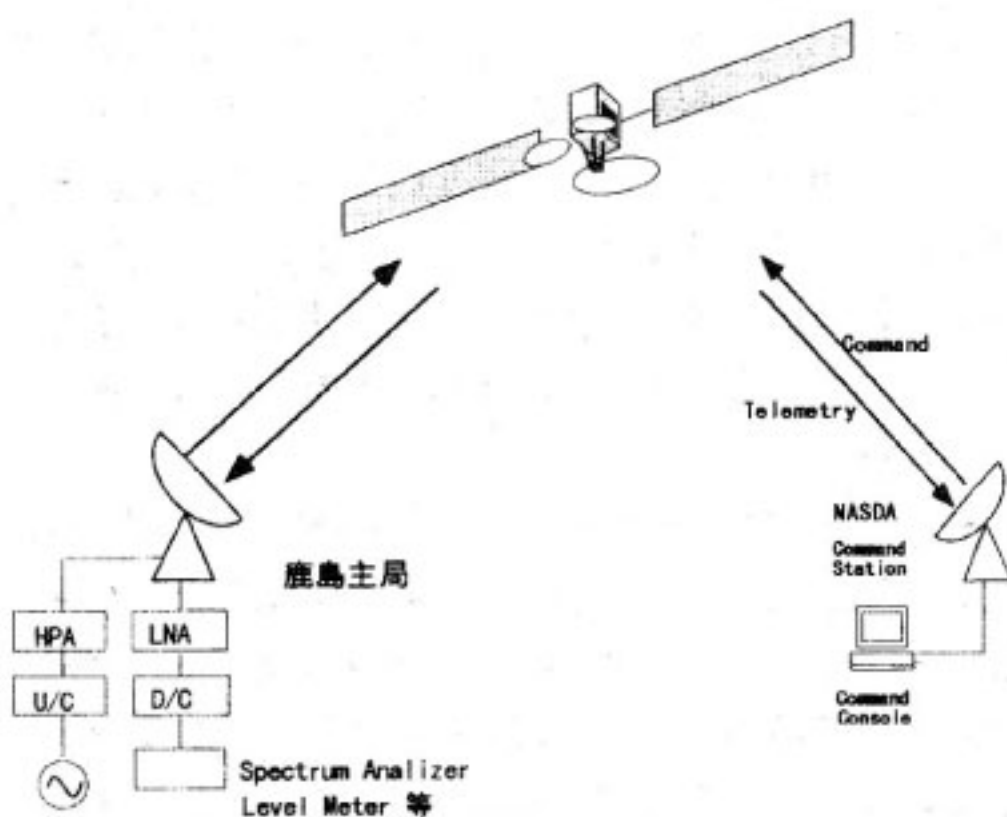
5.1 アンテナ特性

Ka/ミリ波帯高度移動体衛星通信実験用アンテナの宇宙空間での各種性能を測定し、所定の性能が維持されていることを確認すると共に各種実験の基礎データとするための実験である。

第1図に実験の概念を示す。地球局からのアップリンク信号を衛星で受信しその信号強度をテレメトリデータから読みとる。またダウンリンク信号の受信信号強度を地球局で測定する。これらの測定を、衛星にコマンドを送信してアンテナの指向方向を変えながら繰り返し行い、搭載アンテナ利得の2次元パターンを求める。関東ビーム、東海ビーム、ミリ波ビームそれぞれについて行う。また同様の手順でアンテナ指向制御系の追尾精度の測定を行う。

5.2 中継器特性

第1図の構成により搭載中継器の各種特性を測定する。



第1図 搭載機器の特性に関する実験

COMETS による各種実験のためのベースラインデータを得るとともに、打ち上げ前の測定結果と比較することにより、打ち上げによる影響、経年変化等の評価を行う。主な測定事項は、

1. 衛星の局部発信周波数の確度、安定度
2. 入出力特性
3. 周波数特性
4. 雑音特性
5. ビーム間接続特性
6. 混変調特性、スプリアス特性

等である。また再生中継器系については、

7. アップリンクおよびダウンリンク BER 特性
8. 回線接続特性
9. パケット伝送特性
10. 入力周波数引き込み、保持特性

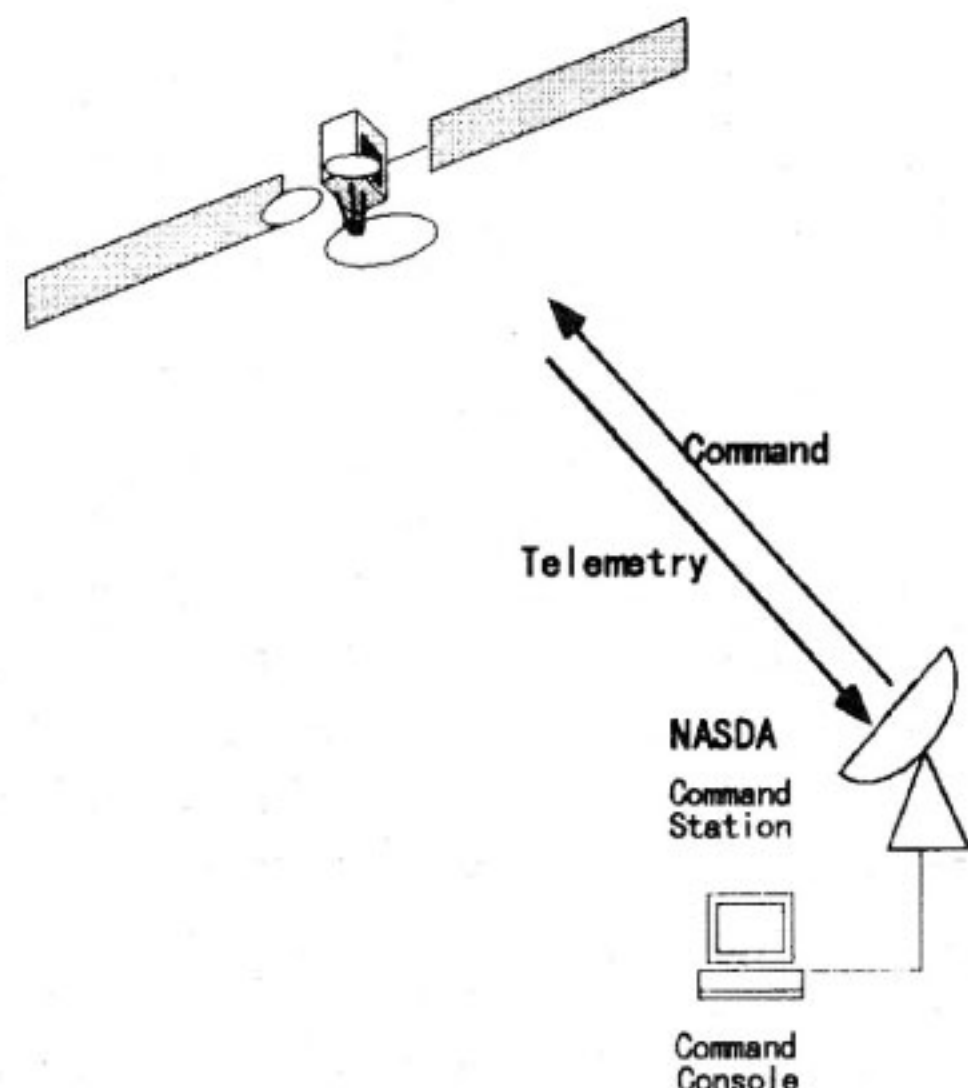
等の測定を行う。

6. 衛星の姿勢とアンテナの追尾に関する実験

6.1 高精度姿勢予測実験

衛星の指向角度誤差信号から衛星本体の姿勢を推定する実験である。MCEのアンテナは、衛星間通信用のフィードリンクアンテナと共用であり、筑波からのパイロット信号に自動追尾して所定のアンテナ指向精度を得ている。指向制御はアンテナの副鏡を駆動する方式であり、衛星本体の動きに比べて十分に高速な動作をされると考えられる。従って指向制御誤差信号から衛星の姿勢変化を知ることができる。

第2図は姿勢予測実験の概念図である。NASDAの



第2図 高精度姿勢予測に関する実験

筑波宇宙センターからパイロット信号を送信し、テレメトリ信号からフィードリンクアンテナの指向制御信号、誤差信号を読み出し解析する。その結果と、衛星の姿勢制御システムが持つ姿勢センサのデータを比較する。

6.2 高精度アンテナ追尾実験

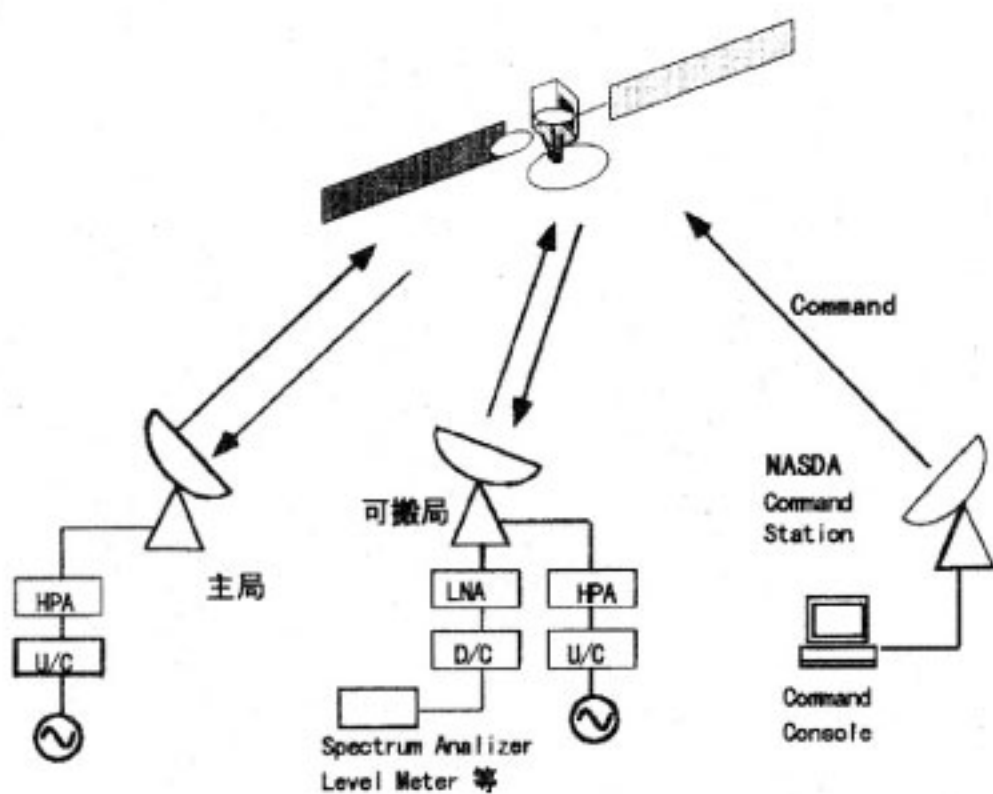
衛星に複数のアンテナシステムがある場合に、それぞれの制御信号を交換して信頼性を向上する実験である。COMETSの高度衛星放送実験用アンテナの追尾状制御信号から衛星の姿勢を推定し、その情報を基にMCEが使用するフィードリンクアンテナを制御した場合の指向精度を検討する。また逆に、フィードリンクアンテナのデータを基に他のアンテナを制御する場合について検討する。降雨減衰等でパイロット信号が途絶えたような場合のバックアップとして有効性を評価する。

7. 地球局の特性に関する実験

鹿島主局、小金井副局、車載局、携帯局の各種特性を取得し、衛星通信実験の基本資料とするための実験である。第3図に主局(副局)、可搬局測定の実験概念を示す。測定事項は次の通りである。

1. アンテナ特性(利得, パターン, 雑音温度等)
2. 送信系入出力特性
3. 振幅周波数特性, 位相特性
4. 混変調特性, スプリアス特性
5. 非線形特性
6. EIRP
7. G/T
8. アンテナ追尾特性

地球局単独では特性が取得できないものについては衛星と組み合わせて測定し、別途測定する衛星の特性や伝搬路の特性を考慮して地球局の性能を求める。これらの測定はKa帯, ミリ波帯各々について行う。また



第3図 主局(副局)、可搬局での実験

COMETS再生中継器を使用するための端局装置を備える局では、再生中継器系の特性も測定する。

車載局では、アンテナの追尾性能が回線設計上重要である。アンテナの制御方式には、衛星からのパイロット信号を追尾するクローズドループ方式や、車に積んだジャイロセンサーを用いるオープンループ方式等があり、アンテナによりどちらかあるいはそれらを組み合わせて使用している。アンテナごとに適当な評価手法を検討し、追尾誤差角や利得低下の測定を行う。

8. 移動体衛星通信に関する実験

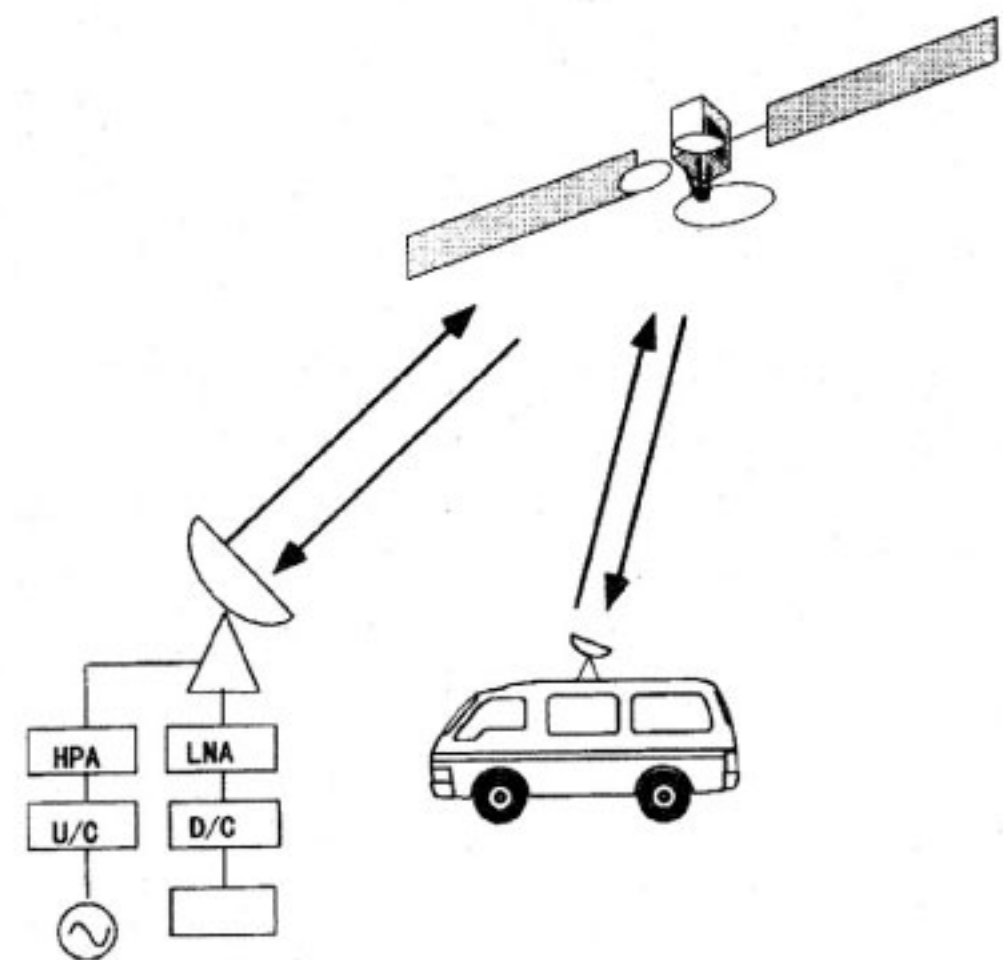
COMETS移動体衛星通信実験は、車載局での通信実験をまず行う。その他の移動局、例えば船舶や航空機での実験についての検討も進める。移動体衛星通信に関しては、ETS-Vで多くの研究が行われた。その成果を基に、Ka帯やミリ波帯を使用し、高速のデータを伝送する場合の問題点等を明らかにし、実用化に向けての道筋を見いだすことがCOMETS実験の目的である。

第4図は車載局での実験の概念図である。移動体衛星通信に関する次の実験研究を行う。

1. 走行時の回線品質の測定
2. 車載アンテナの捕捉追尾に関する研究
3. ブロッキング, シャドウイング対策技術の研究
4. ドップラシフト, 周波数変動対策技術の研究
5. 各種の符号化方式, 変調方式, 誤り制御方式の評価
6. ビーム間接続に関する研究

8.1 走行時の回線品質の測定

都市内, 都市近郊, 郊外を走行しながら下記のデータ



第4図 車載局に関する実験の概念図

を取得して通信実験を行い、移動体衛星通信に適した通信方式の検討を行う。

1. 受信レベル, 周波数変動
2. 各種変調方式, 信号方式における誤り率
3. シャドウイングの発生頻度, 継続時間
4. ビーム間移動時の通信継続性

実験は, Ka 帯およびミリ波帯の車載局を使用して行う。ただしミリ波帯は1つのビームしかないのでビーム間の接続実験は行わない。またアップリンクが Ka 帯で, ダウンリンクがミリ波帯の様な, 周波数帯がクロスする組み合わせでの実験も行う。

8.2 走行時のアンテナ制御実験

第4図の通り, 都市内, 都市近郊, 郊外を走行しながら, 移動中の車載局が衛星を追尾するためのアンテナ制御を行う。測定は, 車両の姿勢と進行方向, アンテナ指向方向, 受信電力並びに衛星方向のシャドウイングの有無の記録等である。

車載局アンテナの指向方向制御の方式には, 衛星からの電波を受信してその強度が最大となるようにアンテナの方向を制御するクローズドループ方式と, 車両の位置, 姿勢, 進行方向を測定してその結果からアンテナの指向方向を決定するオープンループ方式がある。それぞれの方式について, 移動体の運動特性に応じた追尾制御技術の研究を行う。

8.3 ブロッキング, シャドウイング, ドップラシフト対策技術の研究

移動体衛星通信では, 樹木や建物, 電柱, 歩道橋など伝搬路を遮る障害物により通信回線が途切れる。その統計的性質の測定, このような環境下での最適な通信方式の研究を行う。また Ka 帯やミリ波帯という高い周波数を使用するために, 移動局の運動に伴うドップラシフトが大きくなる。その対策として, 周波数の捕捉をすばやく行う方式を開発する。

8.4 各種符号化方式および誤り訂正方式の研究

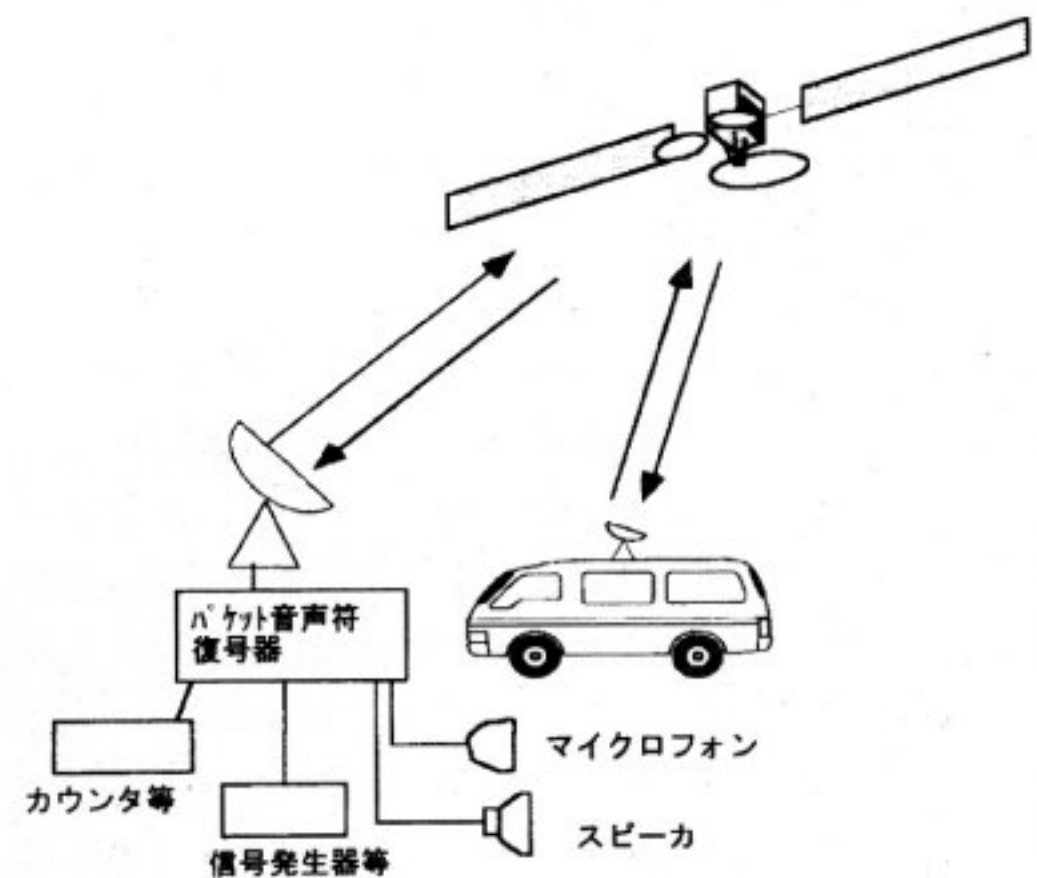
COMETS の高度移動体衛星通信では, 各種の音声/データ通信実験を行う。一例として, 第5図はパケット化した音声信号による通信実験の概念図である。車両走行中に C/N, 伝送遅延量, パケットの不達率, 主観評価等を行う。

9. 高度衛星通信に関する実験

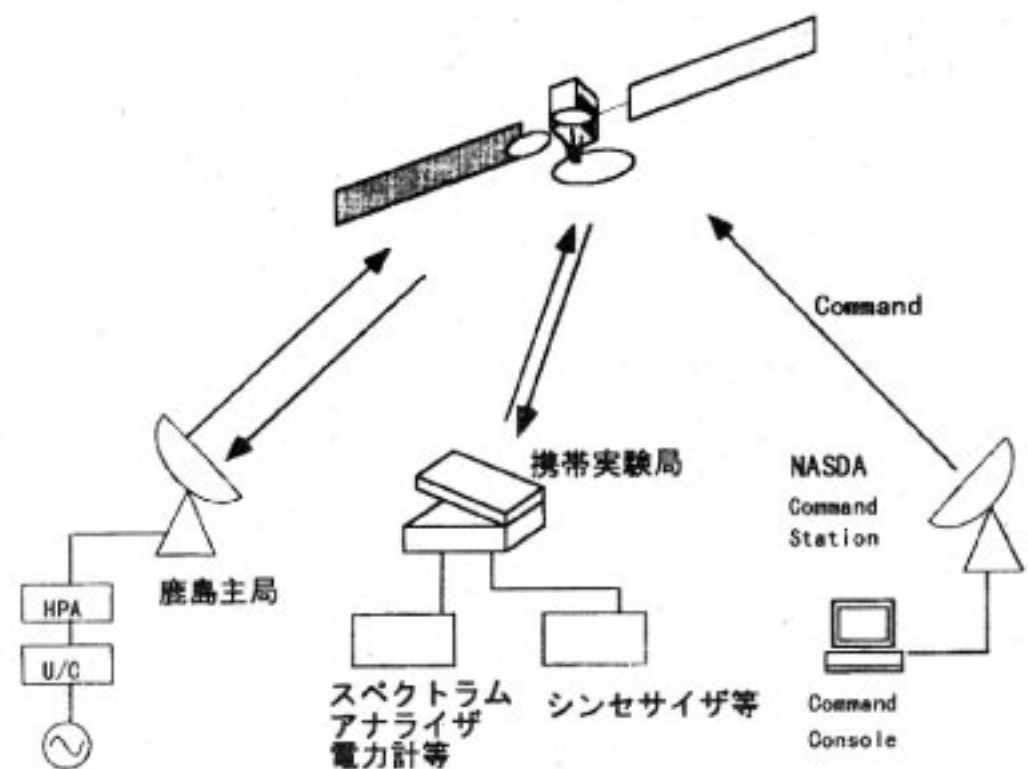
将来のパーソナル衛星通信や高速移動体衛星通信, 超高速衛星通信, マルチメディア衛星通信など, 衛星通信の高度化のための技術開発を目的とする実験である。

9.1 携帯型地球局による衛星通信実験

COMETS 携帯型地球局による各種通信実験を行う。



第5図 走行中のパケット音声伝送実験



第6図 携帯型地球局による通信実験

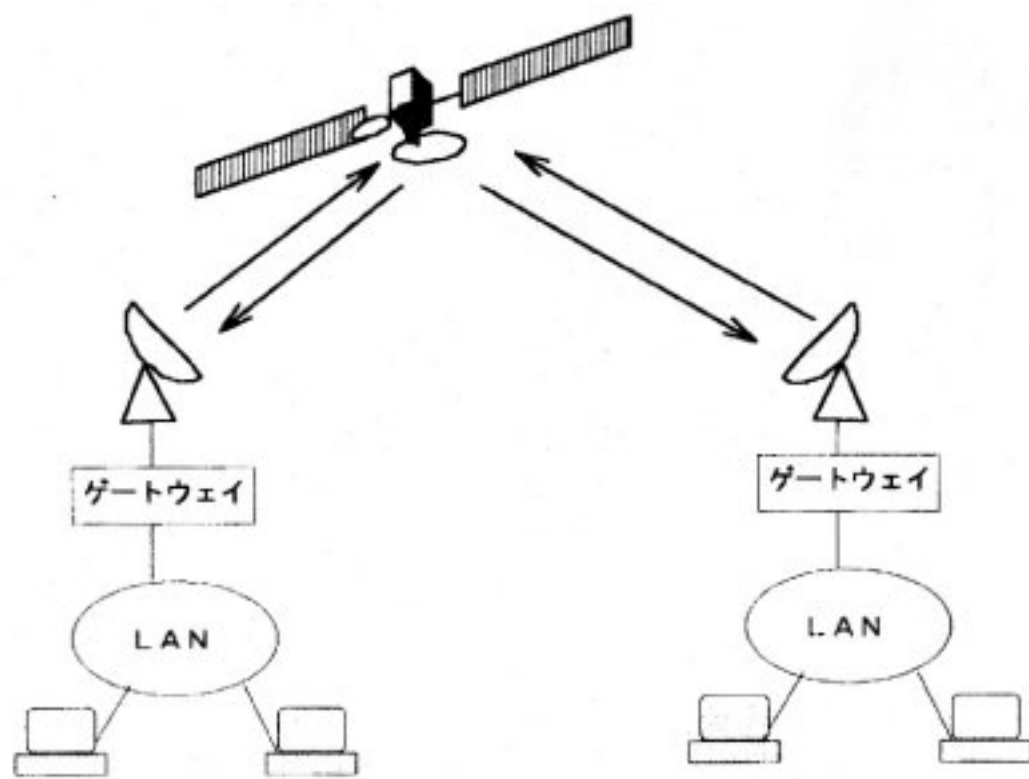
第6図は, 携帯型地球局による通信実験の概念図である。通常の通信実験に加え, 再生中継器による交換機能についての実験も行う。そのため, 関東ビームと東海ビームの境目付近での実験も行う。

9.2 ミリ波帯衛星通信実験

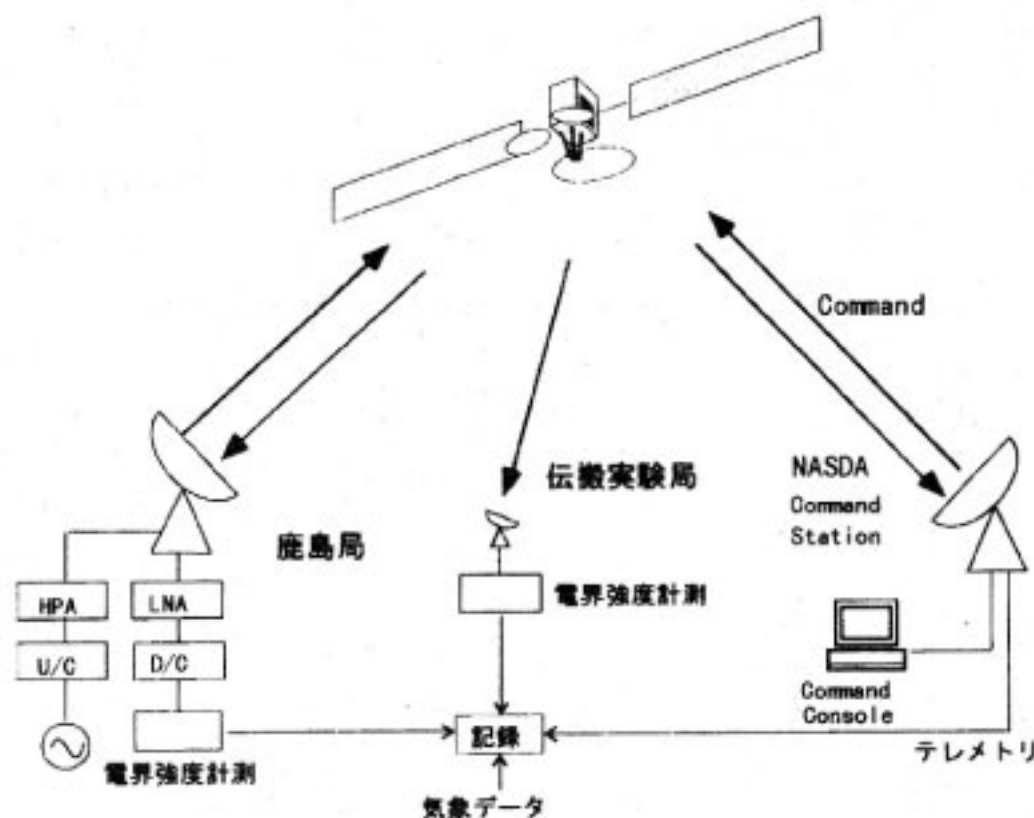
ミリ波帯の中継器, 実験機器を用いて通信実験を行う。通常の実験に加え, Ka 帯以上に影響が大きい雑音特性や周波数変動等についての測定を行い, その対策等について研究する。

9.3 地上ネットワークとの接続実験

第7図は, 地上ネットワーク網の中に衛星回線を組み込んだ実験の概念図である。2つの地球局に各々 LAN を接続し, 衛星区間のスループットを測定する。また衛星回線を用いた場合の最適なパケットパラメータについて検討を行う。



第7図 地上ネットワークとの接続実験



第8図 電波伝搬実験

10. 電波伝搬に関する実験

Ka帯およびミリ波帯の電波は、降雨により大きな減衰を受ける。電波伝搬特性の測定、ダイバーシチ通信など降雨減衰対策に関する実験を行う。

第8図は電波伝搬実験の概念図である。受信信号電力を連続して測定・記録する。合わせて降雨量等の観測を行い、記録する。アップリンクについては、衛星の受信電力をテレメトリデータから読み出して利用する。

電波伝搬実験には、MCEの通信波だけではなくCOMETSの他のミッション、高度衛星放送や衛星間通信機器の通信波も利用できる。電波伝搬実験局並びに伝搬測定については、本特集号の「その他の地球局装置 COMETS 伝搬実験局」を参照されたい。

11. ま と め

COMETS 高度移動帯衛星通信ミッションに関する実験計画の概要を紹介した。1997年夏にCOMETSが打

ち上げられ、東経121度の赤道上空に静止化すると、軌道上での初期性能試験を経て本格的な実験が始まる。実験には、衛星の基本特性や経年変化の測定など搭載機器の開発に関わる実験、Ka帯やミリ波帯での移動体衛星通信実験やパーソナル衛星通信実験、電波伝搬実験などが予定されている。

COMETSの実験期間は3年でありこの間に多くの実験項目を実施する必要がある。CRL内外の専門家の協力を得て実験を遂行していく所存である。

参 考 文 献

- (1) Y. FUJIWARA, H. MORIKAWA, T. KOTOH, A. AWASAWA, C. OHUCHI, M. SHIMADA, "The Outline of the Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite (COMETS)", 18th ISTS, Kagoshima, pp.1303-1311, 1992.
- (2) S. ISOBE et al., "Advanced Mobile Satellite Communications System Using Ka and MM-wave Bands in Japan's R&D Satellite Project", Workshop on Advanced Network and Technology Concepts for Mobile, Micro and Personal Communications (JPL), May 1991.
- (3) 磯部俊吉, 浜本直和, 内藤秀之, 竹内誠, 磯貝光雄, 川又文男, 大森慎五, "COMETSを用いたKa, ミリ波帯高度移動帯衛星通信実験システム", 信学論(B-II), J-78-B-II, No.2, pp.41-51, 1995.
- (4) C.Ohuchi et al., "Mobile and Personal Satellite Communications Experiments with Japan's Experimental Satellite COMETS" Mobile and Personal Satellite Communications 2 -Proceedings of the Second European Workshop on Mobile/Personal Satcoms (EMPS'96)-, (Ed.) F. Vatalaro et al. pp.195-202, Springer (1996).
- (5) 大内智晴, 峯野仁志, 都竹愛一郎, 井家上哲史, 小沢啓佑, "COMETS (通信放送技術衛星) 移動体衛星通信実験と衛星放送実験計画について", 1996年信学総大, B-232.



大内 智晴
Chiharu OHUCHI
宇宙通信部 衛星通信研究室
衛星通信, 衛星放送
E-Mail: ohuchi@crl.go.jp



峯野 仁志
Hitoshi MINENO
宇宙通信部 衛星通信研究室
衛星通信
E-Mail: mineno@crl.go.jp



三浦 龍
Ryu MIURA
宇宙通信部 衛星通信研究室
移動体衛星通信システム,
デジタルビームフォーミングアンテナ
E-Mail: ryu@crl.go.jp

