

通信放送技術衛星「かけはし」(COMETS)の
状況および今後の運用

平成10年12月16日

宇宙開発事業団

1. 概要

通信放送技術衛星「かけはし」の状況および今後の運用について報告する。

2. 「かけはし」の状況

「かけはし」の運用は、本年7月23日より定常段階へ移行し、周回軌道での通信実験を開始した。以下に実験および衛星状況の概要を示す。

(1) 実験状況

実験用地上局の改修完了および無線局免許の取得後、順次、高度衛星放送、衛星間通信及び高度移動体衛星通信の搭載機器について電波発射による機能確認を実施した。

衛星運用手順書、地上局改修に伴う運用手順書等の文書の見直しおよび実験運用の訓練に若干の期間を要したものの、上記の機能確認を含め、それぞれの実験は計画通りに実施されている。

Kaバンド系の衛星間通信実験および高度衛星放送実験は、8月以降、通信実験実施計画に基づき、予定通り実施中である。なお、これまでの実験は、概ね良好に実施されている。

なお、Sバンド系の衛星間通信実験は、フォワード／リターン系共に、3項で記述する理由から、衛星機能を全て喪失する危険性を有していることが判明したため、実験を中止した。

見直した衛星間通信実験および通信・放送実験の実施状況を表-1に示す。

(2) 「かけはし」の状況

3項で記述する不具合を除き、現在、概ね安定した状態にある。

(発生電力および消費推薬量の予測)

・発生電力予測

発生電力は、図-1に示す通り予測より若干多い状況であり、通信実験実施には支障はない。

・消費推薬予測

発生電力が予測より高めに推移したことで、バッテリー充電のための太陽指向運用の実施が不要であった。

このため、推薬消費の多い同運用が少なく予測に比べ大幅に低減されている。(表-2参照)

(現軌道運用での特筆事項)

・実験時の姿勢制御

実験時には、姿勢制御系修正プログラムにより実験用地上局への姿勢指向制御が正常に実施されている。

現在、更に姿勢の微調整を行うことにより、静止軌道での要求姿勢制御精度 ± 0.05 度を概ね達成している。

・衛星温度制御

「かけはし」への太陽入射方向が、設計条件を大幅に越える時期があったが、頻繁なヒータ運用等を行うことにより衛星搭載機器を適切な温度環境に保つことができた。

3. 定常段階運用で発生した搭載機器の不具合

(1) 衛星間通信用パイロット受信機A系の異常

11月6日、受信機A系に受信不能となる動作異常が発生した。

この受信機は、全ての衛星間通信用中継器に基準周波数を出力する機器であるため、原因究明を行った上で11月13日にB系に切り替えて実験を継続している。

原因は、電源回路部の動作異常と推定している。

(2) Sバンド送受信機B系の異常

当初、Sバンド衛星間通信実験時には、Sバンド送受信機（STR）のテレメトリ/コマンド（TLM/CMD）との電波干渉を避けるため、STRをOFFすることとし、KaバンドTLM/CMDにて衛星運用することとしていた。

静止軌道から、現在の周回軌道に変わったことにより、指向性のあるKaバンドでTLM/CMD運用するには、SバンドでのTLM/CMD運用が冗長系を含めて確実に動作する必要がある。

11月19日、STRのB系のテレメトリ送信部ONコマンドを送信したところ、ONする事ができなかった。原因究明の結果、フォトカプラを含むテレメトリ送信回路の動作異常（注）と推定している。このままA系のみで実験を実施した場合には、実験中に動作異常（テレメトリ機能の全損失）となる危険性が高いと判断される。

なお、テレメトリ送信部だけではなく、コマンド受信部もフォトカプラを用いておりSTR受信部をONできなくなる可能性が、同様に高いと判断される。

フォトカプラの劣化によるTLM/CMDの冗長系の機能喪失は、衛星の全ての機能損失の可能性/危険性を有するため、Sバンド系の衛星間通信実験を中止することとした。

（なお、前述の様にKaバンド衛星間通信実験については、予定通り実施中である。）

（注）放射線の影響によるフォトカプラの劣化

長楕円軌道を飛行中の「かけはし」は、バン・アレン帯通過時に、多量の放射線（特に陽子）を被爆している。

「かけはし」の搭載電子機器には、フォトカプラが大量に使用されており、これらのフォトカプラが上記の放射線の影響により徐々に劣化して行き、該当の電子機器に動作不能を引き起こすことが推定されている。

4. 今後の運用

(1) 定常段階の終了

当初の通信実験実施計画にある実験項目は、平成11年1月に終了の見込みであり、定常段階の運用はこれをもって終了とする。

(2) 後期利用段階への移行

当初予想の運用期間の制約等により、本年12月までの実験を行うこととしていたが、現状での運用期間の再見積もりおよび実験ユーザからの要望等を踏まえて、関係機関と協議した結果、衛星の有効利用の観点から、平成11年2月より後期利用段階に移行することとする。

発生電力、消費推薬量の予測の観点からは、平成13年頃まで衛星運用は可能と推定している。

後期利用段階での実験は、衛星バス技術に関する実験、データ蓄積が必要となる通信実験等のミッション技術に関する実験等を継続して実施する予定である。実験概要を以下に示す。

- ・ K aバンド電波伝搬特性データの取得
- ・ 200WK aバンド進行波管増幅器の軌道上評価
- ・ K aバンドレンジング軌道決定の実証
- ・ イオンエンジンの軌道上確認
- ・ 熱制御材劣化評価
- ・ 放射線環境確認
- ・ 搭載バス機器の経年劣化評価等

衛星の運用は、後期利用段階から国内地上局での体制とするため、最大約12時間の非可視時間帯が存在することや、前述の通り、搭載機器の放射線劣化がさらに進むと予測されることから、衛星機能喪失に至る危険性が徐々に増大すると考えられる。

このため、当面平成11年夏頃まで実験を行うこととし、以降

の計画については、衛星の状況等を勘案し、再度実験計画を定める予定である。

図－２に「かけはし」運用スケジュールを示す。

表-1(1/2) COMETS 衛星間通信実験報告

(実験機関名:宇宙開発事業団)

実験項目*1	実施状況	備考
1 ユーザ宇宙機捕捉追尾実験		
(i)Ka バンド捕捉追尾特性	追尾センサ系位相誤差評価・自動追尾応答特性 評価用データ取得中	
(ii)ドップラ補償	KaSA 補償精度及び予測精度の比較評価、実施 中	*2
2 データ伝送及び SNIP 適合性 実験		
(i)ユーザ宇宙機所要 G/T 対デー タレート	KaSA フォワード通信サービス能力の検証中	*2
(ii)ユーザ宇宙機所要 EIRP 対デー タレート	KaSA リターン通信サービス能力の検証中	*2
(iii)接続符号化による品質改善	中止	
(iv)伝送特性評価	位相雑音及び降雨減衰特性による伝送特性測定 中	*2
(v)搭載中継器の特性	中継器の特性(入出力特性、周波数特性等)デー タ取得中	*2
3 軌道決定に関する実験		
(i)Ka バンドによる COMETS 軌道 決定	COMETS 折返し系による 2way 測距データ取得中	
(ii)4way 測距によるユーザ宇宙機 軌道決定	中止	
4 スペースネットワーク運用実験		
(i)SN 運用計画の検証	中止	
(ii)SN 運用性の検証	中止	
5 総合実験運用		
(i)システムデモンストレーション	中止	

*1:平成10年7月29日に報告した実験計画

*2:Ka バンドによる実験のみ実施し、S バンドによる実験は実施しない

略語

SN(Space Network):宇宙ネットワーク

SNIP(Space Network Interoperability Panel):宇宙ネットワーク相互運用パネル

G/T(Gain to noise Temperature ratio):システム雑音温度に対する受信アンテナ利得の比

EIRP(Effective Isotropically Radiated Power):実効放射電力

KaSA(Ka-band single access):Ka バンドシングルアクセス

表-1 (2/2) COMETS通信・放送実験報告書

(実験機関名：宇宙開発事業団)

実験項目	実施状況	備考
1 放送衛星の開発に資する実験		
1-1 高度通信衛星技術に関する実験		
(1) 画像データの帯域圧縮技術実験	帯域圧縮した画像データの伝送技術・画像評価試験を実施中。	
2-1 搭載機器軌道上評価実験		
(1) 衛星搭載アンテナの特性	アンテナ利得は測定完了、アンテナパターンを測定中。	
(2) アンテナ指向精度の評価	自動追尾機能およびスレシヨルドレベル等の測定を完了した。	
(3) TWT Aの経年変化特性の評価	中継器の特性（入出力特性、周波数特性等）の経年変化データを継続測定中。	
2-2 電波伝搬特性に関する実験		
(1) K aバンド伝送特性の評価	降雨時に21GHz帯の降雨減衰特性の測定を予定。	
(2) ビーム間アイソレーション実験	ビーム間アイソレーションを測定中。	
2-3 21GHz帯高度衛星放送基盤技術の実験		
(1) 最適デジタル変復調方式	高速・広帯域に適したデジタル変復調方式の評価データを測定中。	
3-1 KFBを用いた電波伝搬特性に関する実験		
(1) 降雨等による信号減衰特性	23GHz帯KFB信号による降雨減衰特性を継続測定中。	

表－２ 消費推薬量及び今後の予測

実績分(11月30日まで)

項 目	使用重量(kg)	備 考
AKE分	830.56	(830.56)
50Nスラスト分	19.37	(19.37)
1Nスラスト分	82.44	(75.76)
小 計	932.37	(925.69)
積算誤差		
AKE分	8.31	(8.31)誤差見込み1%
50Nスラスト分	1.94	(1.94)誤差見込み10%
1Nスラスト分	8.24	(7.58)誤差見込み10%
小 計	18.34	(17.83)
使用可能燃料	1022.20	(1022.20)
残燃料	71.35	(78.68)

今後の予測(ノミナル)

消費予測(1か月当たり)	2.13	
内訳	0.72	ホイール制御(0.024*30日)
	0	太陽指向等(0.5*0日)
	1.00	(1.0)姿勢喪失等コンティンジェンシー
	0.41	軌道微調整(2.04/5か月)

寿命予測(ノミナル) → 平成13年8月

残燃料	71.35	(78.68)
積算誤差分	0	(0.00)誤差分は使用できないと仮定
使用可能分	71.35	(77.68 6月の軌道微調整含む)
運用可能期間	33.49か月(2.79年)	

注:ホイール制御時の消費推薬量は6月～10月実績の平均値を使用。

備考()内は6月10日の宇宙開発委員会への報告の数字、太字は同報告からの変更箇所

b

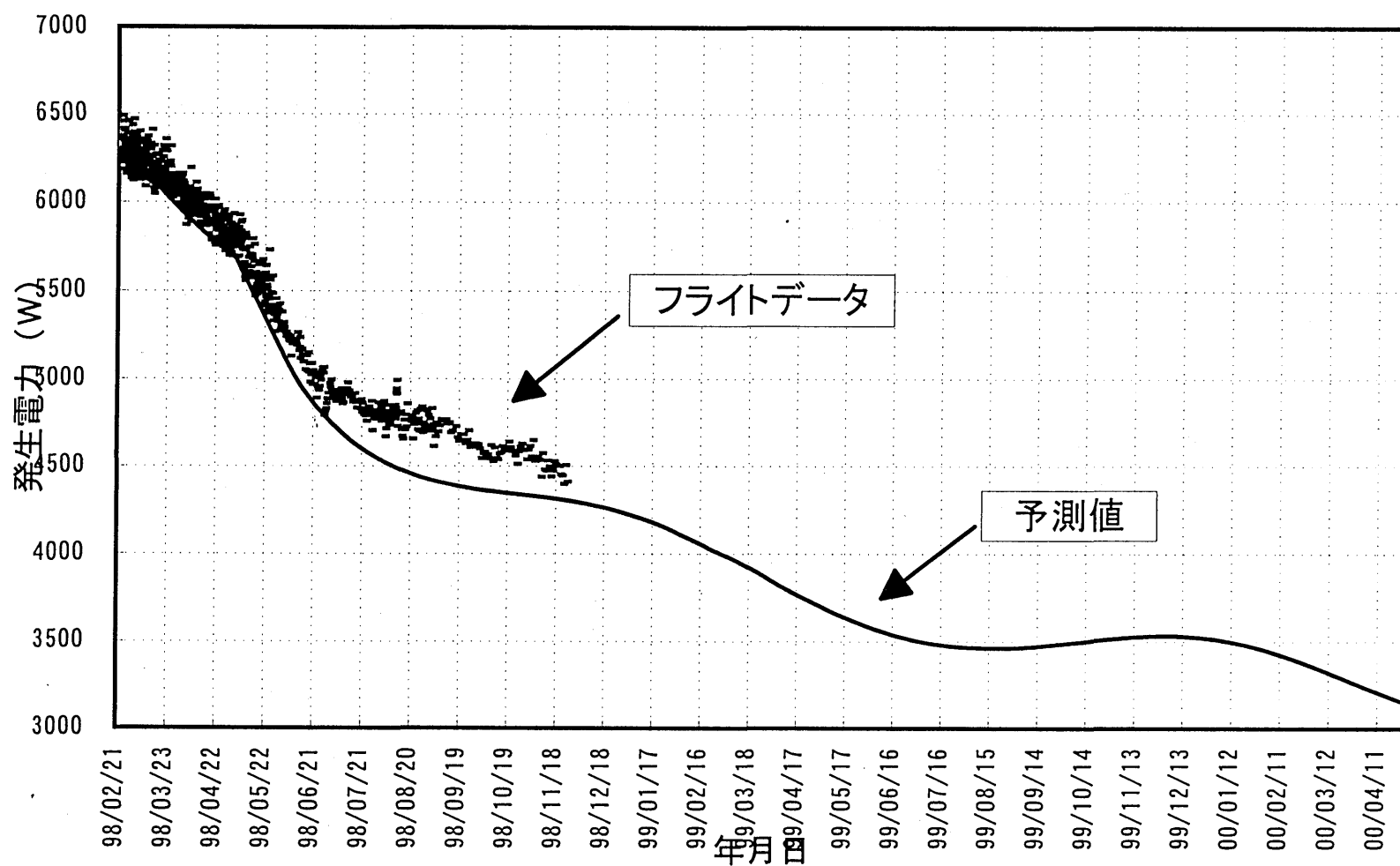
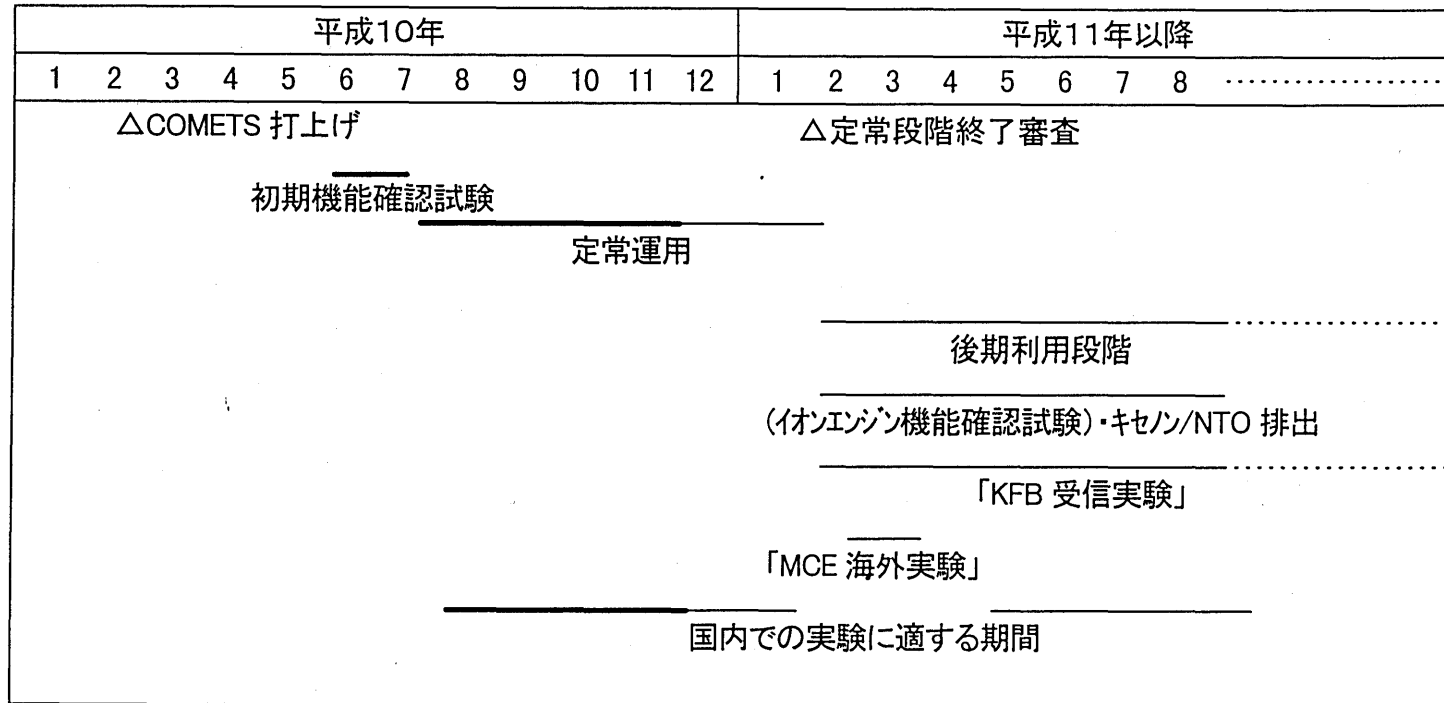


図-1 発生電力の推移

図ー2 COMETS 運用スケジュール(案)



「」は追加実験

通信放送技術衛星「かけはし」(COMETS)を利用した 通信・放送実験について

平成10年12月16日
郵 政 省

通信放送技術衛星「かけはし」(COMETS)は、平成10年2月の打上げ以降、関係機関の協力により7回にわたる軌道変更の結果、通信・放送実験に望ましい軌道に投入され、当初の実験計画の見直しを経て、本年7月下旬以降、順次、通信・放送実験を実施している。

通信・放送実験の状況は、以下のとおりである。

1 実験実施状況

(1) 基本実験（通信総合研究所及び宇宙開発事業団が実施する実験）

これまでの実験では、衛星搭載中継器の特性等、所期の性能を維持していることが確認され、現在、搭載アンテナの特性測定及び各種の実験が行われている。また、地上実験機器の特性では、衛星が高速で移動することによるドップラー補償技術等に対応すべき課題はあるものの、基本的な伝送特性を取得しつつある。

【主な実験実施項目】

- ① 衛星搭載中継器、アンテナの特性測定及び性能評価実験
- ② 衛星を介した地球局の特性測定及び性能評価実験
- ③ 高度移動体衛星通信、高度衛星放送実験等

(2) 利用実験（一般からの公募による実験）

10月中旬より実験を開始し、一部実験は終了したが、引き続き実験を継続中である。

2 今後の実験予定

通信・放送実験及び継続的なデータの取得等、可能な限り実験を実施する予定である。また、海外との共同研究実験を準備中である。

COMETS通信・放送実験中間報告書

(実験機関：通信総合研究所)

平成10年12月16日

実験項目		実験実施内容
1 通信に関する実験		
1-1 搭載機器軌道上評価実験		
(1)	高度移動体衛星通信実験で利用するアンテナの特性	搭載アンテナの各種性能（アンテナパターン、アンテナ利得等）を測定を12月下旬に実施予定。
(2)	中継器特性	入出力特性等の中継器特性を測定し、地上試験結果と比較した。ほぼ良好な特性が確認できた。
1-2 地球局の特性に関する実験		
(1)	主局特性	システム雑音等各種性能を測定した。
(2)	車載実験局特性	アンテナ追尾等各種性能を測定した。
(3)	携帯実験局特性	未実施。ドップラー対策を検討中。
1-3 電波伝搬特性に関する実験		
	電波伝搬特性測定実験	東京都市部（丸の内ビル街）、幕張、鹿島市内での移動体衛星伝搬路の特性を測定した。
1-4 移動体衛星通信に関する実験		
(1)	走行時の回線品質測定	ドップラー補償方式を改良し、走行時のビット誤り率測定系の準備を行った。今後走行実験を行う。
(2)	走行時のアンテナ制御実験	車載アンテナの追尾方式を改良。今後精度評価の測定を行う。
(3)	走行時のシャドウィング対策技術の研究	未実施（実験時間不足のため）
(4)	走行時のドップラ対策技術の研究	ドップラの補償を行い、通信信号のビット誤り率測定を行うための測定系を準備。
1-5 高度衛星通信システム技術に関する実験		
	超小型地球局による衛星通信実験	未実施（ドップラー補償性能試験後に実施）
2 衛星放送に関する実験		
2-1 搭載機器軌道上評価実験		
(1)	高度衛星放送実験で利用するアンテナの特性	マルチビームアンテナの放射特性、ビーム分離度の測定を実施中（12月14日及び16日に実施）。
(2)	搭載機器の特性	入出力特性等の搭載中継器の特性を測定し、地上試験結果と比較を行った。ほぼ良好な特性が確認できた。

2-2 21 GHz高度衛星放送基盤技術に関する実験

(1)	デジタル誤り対策技術の実証実験	各種誤り訂正方式によるビット誤り特性の測定を実施した。
(2)	小型アンテナによる個別受信の実証実験	小型アンテナと簡易受信機を用いて伝送性能評価実験を実施
(3)	多重化技術の実証実験	未実施（準備中）
(4)	最適デジタル変復調方式の実証実験	各種変復調方式を用いたビット誤り特性の測定を実施。
(5)	スタジオ品質HDTV伝送及び立体HDTV伝送	高精細度映像の伝送を実施。立体映像伝送は未実施（準備中）

3 KFBを用いた電波伝搬特性に関する実験

	電波伝搬特性測定実験	未実施（準備中、平成11年初旬に実施）
--	------------	---------------------

COMETS通信・放送実験中間報告書

(実験機関名：宇宙開発事業団)

平成10年12月16日

実験項目		実験実施内容
1 放送衛星の開発に資する実験		
1-1 高度通信衛星技術に関する実験		
(1)	画像データの帯域圧縮技術実験	帯域圧縮した画像データの伝送技術・画像評価試験を実施中。
2-1 搭載機器軌道上評価実験		
(1)	衛星搭載アンテナの特性	アンテナ利得は測定完了、アンテナパターンを測定中。
(2)	アンテナ指向精度の評価	自動追尾機能およびスレシヨルドレベル等の測定を完了した。
(3)	TWT Aの経年変化特性の評価	中継器の特性（入出力特性、周波数特性等）の経年変化データを継続測定中。
2-2 電波伝搬特性に関する実験		
(1)	K aバンド伝送特性の評価	降雨時に21GHz帯の降雨減衰特性の測定を予定。
(2)	ビーム間アイソレーション実験	ビーム間アイソレーションを測定中。
2-3 21GHz帯高度衛星放送基盤技術の実験		
(1)	最適デジタル変復調方式	高速・広帯域に適したデジタル変復調方式の評価データを測定中。
3-1 KFBを用いた電波伝搬特性に関する実験		
(1)	降雨等による信号減衰特性	23GHz帯KFB信号による降雨減衰特性を継続測定中。

COMETS通信・放送実験中間報告書

(実施機関名： COMETS通信・放送実験実施協議会)

平成10年12月16日

実験項目	実験実施内容
1 横浜国立大学	CRLの伝送速度可変CDMAシステムを用いた伝送実験を実施。①直交Gold系列を2周期分繰り返した符号のビット誤り率特性を測定
1-1 スペクトル拡散通信方式を用いた知的通信・測距システムの実験	12/M実施予定。
1-2 アレーアンテナに関する空間・時間領域による通信理論の実証実験	12/M実施予定。
1-3 衛星通信用のマルチメディア情報の誤り訂正・圧縮方式	
2 九州大学	無変調キャリア、雑音レベル、搬送波対雑音比(C/N0)の測定を実施。
2-1 Kaバンド伝送特性の評価	
2-2 降雨等による信号減衰特性に関する実験	Kaフォワードビーコン(KFB)の受信信号レベルの測定を実施
3 日本放送協会	固定受信で可能な範囲で実施。①受信確認：晴天におけるリファレンスデータの取得、②建造物による影響、③樹木による影響：②、③とも受信レベルの時間変化を測定
3-1 各種受信条件下での測定実験	
3-2 広帯域ISDBサービス実験 高品質HDTV多チャンネル伝送実験	高出力、低出力の両モードで実施。①HDTV及び誤り率測定信号を伝送し、画像、コンステレーション、スペクトル、アイパターンを測定、②閾値の測定、③C/N対誤り率の測定
4 東海大学医学部	Kaフォワードビーコン(KFB)の受信信号レベルを測定中。 但し高仰角は得られていない
4-1 都市での高仰角受信電力測定	
4-2 陸上移動体からの高速データ通信	COMETS衛星の衛星間通信用Sバンド系を使用する運用を中止したため、実験不可能となった。
4-3 海上移動体からの低速データ通信	同上
5 東海大学工学部	12/M実施予定
5-1 コンフォーマルアクティブ集積アレーアンテナによる衛星通信実験	
6 明治大学	①衛星折り返しによる画像通信、音声通話試験を実施。 ②伝送符号誤りパターンの取得を実施。 ③折り返し測距データの取得を実施。
6-1 Ka・ミリ波帯による伝送速度可変スペクトル拡散パーソナル衛星通信実験	