

## 3.2 高度衛星放送実験計画

大川 貢\* 井口 政昭\* 都竹 愛一郎\*

(1996年11月14日受理)

### 3.2 PLAN OF THE COMETS ADVANCED SATELLITE BROADCASTING EXPERIMENTS

By

Mitsugu OHKAWA, Masaaki IGUCHI, and Aiichiro TSUZUKU

The Communications Research Laboratory (CRL) has been studying an advanced satellite broadcasting system that uses the 21 GHz frequency band. This system includes wide RF-band digital HDTV (High Definition Television) broadcasting, regional satellite broadcasting, and a large capacity ISDB (Integrated Service Digital Broadcasting). Experiments to realize these broadcasting services will be carried out by using Japan's R&D satellite "COMETS" (Communication and Broadcasting Engineering Test Satellite), which is now being developed by the National Space Development Agency of Japan (NASDA) and CRL. This satellite will be launched in 1997.

This paper details the experiments being planned using the advanced satellite broadcasting equipment (SBE) in COMETS.

[キーワード] 高度衛星放送, 21GHz帯, デジタルHDTV, 大容量ISDB.

Advanced satellite Broadcasting, 21GHz frequency band, Digital HDTV, A large capacity ISDB.

#### 1. はじめに

我が国は1984年に12GHz帯衛星放送の試験放送を開始し、世界に先駆けて同衛星放送の実用化に成功した。さらに、1992年には通信衛星を用いた12GHz帯衛星放送も開始されるにいたっている。海外でも、12GHz帯衛星放送の実用化がヨーロッパ各国でなされ、米国でも1994年から本格的な12GHz帯衛星放送が開始された他、韓国、オーストラリアでも実験計画が進められている。

このように、12GHz帯衛星放送は、放送メディアとして技術的にも、実用的にも成熟してきている。しかし、将来の衛星放送の役割の増大、高機能化・高品質化への期待を考慮すると、12GHz帯のみでは衛星放送用周波

数の不足が予想されることから、より高い新しい周波数帯での衛星放送システムの実現に関する研究開発が国内外で実施されている。1992年2月に開催された世界無線通信主官庁会議(WARC-92)では、そのための周波数として南北アメリカの第2地域を除いて、21.4-22GHzの600MHzが国際的に割り当てられた他、ITU無線通信アセンブリ(旧CCIR)での研究を促す決議もなされている。

通信放送技術衛星(COMETS)による21GHz帯高度衛星放送実験計画は、この新しい周波数帯(実験では20.7GHzを使用)による衛星放送システムの実証を世界に先駆けて衛星を用いて行うことを目的としている。

#### 2. 高度衛星放送実験の概要<sup>(1)-(4)</sup>

通信総合研究所(CRL)では、次世代の高度衛星放

\* 総合通信部 放送技術研究室

送システムとして、高精細度映像の放送等を目的とした22GHz帯電波を用いた衛星放送システムの研究を行ってきた。さらに、この高度衛星放送システムの宇宙での実証を目的として、通信放送技術衛星（COMETS）計画の推進及び衛星搭載用中継器の開発を実施してきた。

同衛星を用いた高度衛星放送実験では、マルチビームアンテナによる地域別衛星放送実験、高精細映像を家庭用の小型アンテナで受信する実験、降雨による電波の減衰を補償する実験等が予定されている。さらに、同実験では、将来の放送衛星の宇宙機開発のための基礎的データを取得することを目的とするとともに、将来の放送システムとして検討されている種々のサービスを統合した大容量ISDB（Integrate Service Digital Broadcasting）や大容量マルチメディアシステムの可能性を検討することを目的としている。

COMETSに搭載された衛星放送用の中継器を使用した21GHz帯衛星放送では、現行の12GHz帯衛星放送に比べて広帯域、高周波という特徴がある。高周波である特徴を活かしてマルチビームアンテナを構成し、ビームを絞ることで高利得を得ることが可能である。したがって、大電力が送信可能であり、広帯域信号の伝送が可能であることから大容量のデジタル情報の伝送システムが構築できる。

本実験は、宇宙局（平成9年度に打ち上げ予定のCOMETS-SBE系）及び複数の地球局から構成される実験システムを運用して行われる。第1図に高度衛星放送実験局の構成を示す。現在までに整備されている地球局は、通信総合研究所が所有する鹿島宇宙通信センターに設置されている主局、各地に移設可能な車載実験局、

小金井本所に設置されている固定実験局、受信専用の受信局2基である。（通信総合研究所が所有する地球局の詳細は、6. 高度衛星放送実験地球局の開発に記載。）その他、宇宙開発事業団（NASDA）が所有する車載実験局、受信局が整備されている。

### 3. 衛星回線の基本特性に関する実験

高度衛星放送実験における応用実験、実証実験を行うためには、衛星回線の伝搬特性や搭載機器の特性等の基本伝送特性を把握する必要がある。また、衛星に搭載された開発機器の性能を確認することは、将来の衛星搭載機器の開発に大いに貢献する。第2図に衛星回線の基本特性に関する実験の概念図を示す。

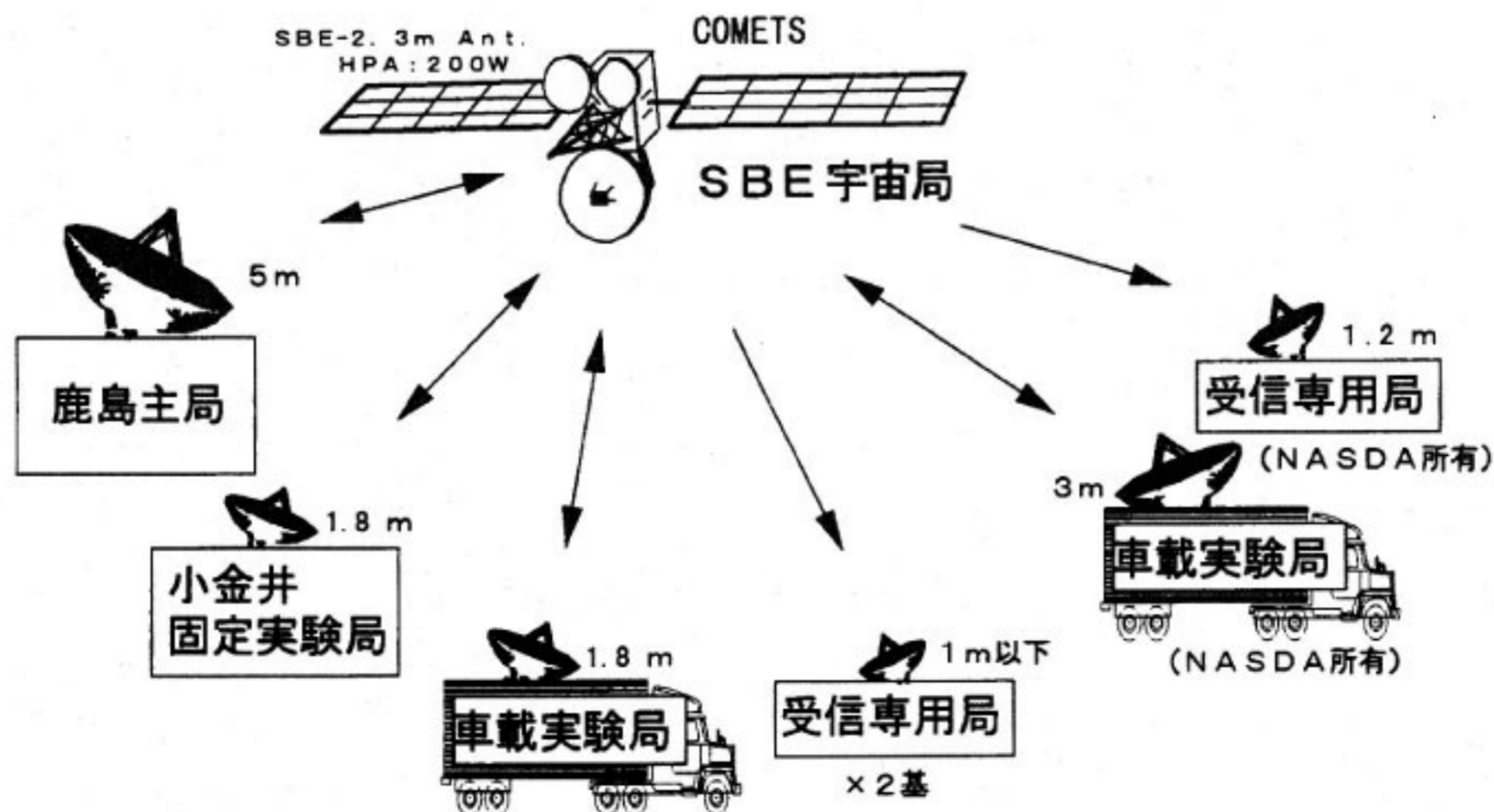
以下に、搭載機器の性能確認実験、電波伝搬に関する実験、地球局の性能確認実験について述べる。

#### 3.1 搭載機器の性能確認実験

衛星搭載機器の性能確認に関する実験では、搭載機器の諸特性（振幅周波数特性、入出力特性、スプリアス、AM-PM変換特性、etc.）を定期的に測定し、経時変化を把握するものである。高出力電力増幅器等の搭載機器の宇宙における特性を測定し、打ち上げ前の測定結果と比較することによって、打ち上げによる影響、経年変化等の評価を行い、将来の搭載機器開発に資するとともに各種実験のための基礎データを得る。

搭載機器の下記の特性を確認する。

- (1) 振幅周波数特性
- (2) 入出力特性
- (3) 出力変動
- (4) 周波数変動



第1図 高度衛星放送実験局の構成



- (5) 相対群遅延, 遅延時間変動
- (6) スプリアス
- (7) 混変調特性
- (8) G/T
- (9) EIRP
- (10) AM-PM 変換特性

また, 宇宙における搭載マルチビームアンテナの指向パターン及び指向精度を調査・解析し, 将来の衛星搭載アンテナの開発に資するとともに, 各種実験のための基礎データを得る。

可搬局の設置位置, アンテナビーム駆動及び衛星姿勢を変えて下記の測定を行う。

- (1) アンテナパターン
- (2) 指向精度

さらに, これらの結果を基にサービス品質への調査を行う。

3.2 電波伝搬に関する実験

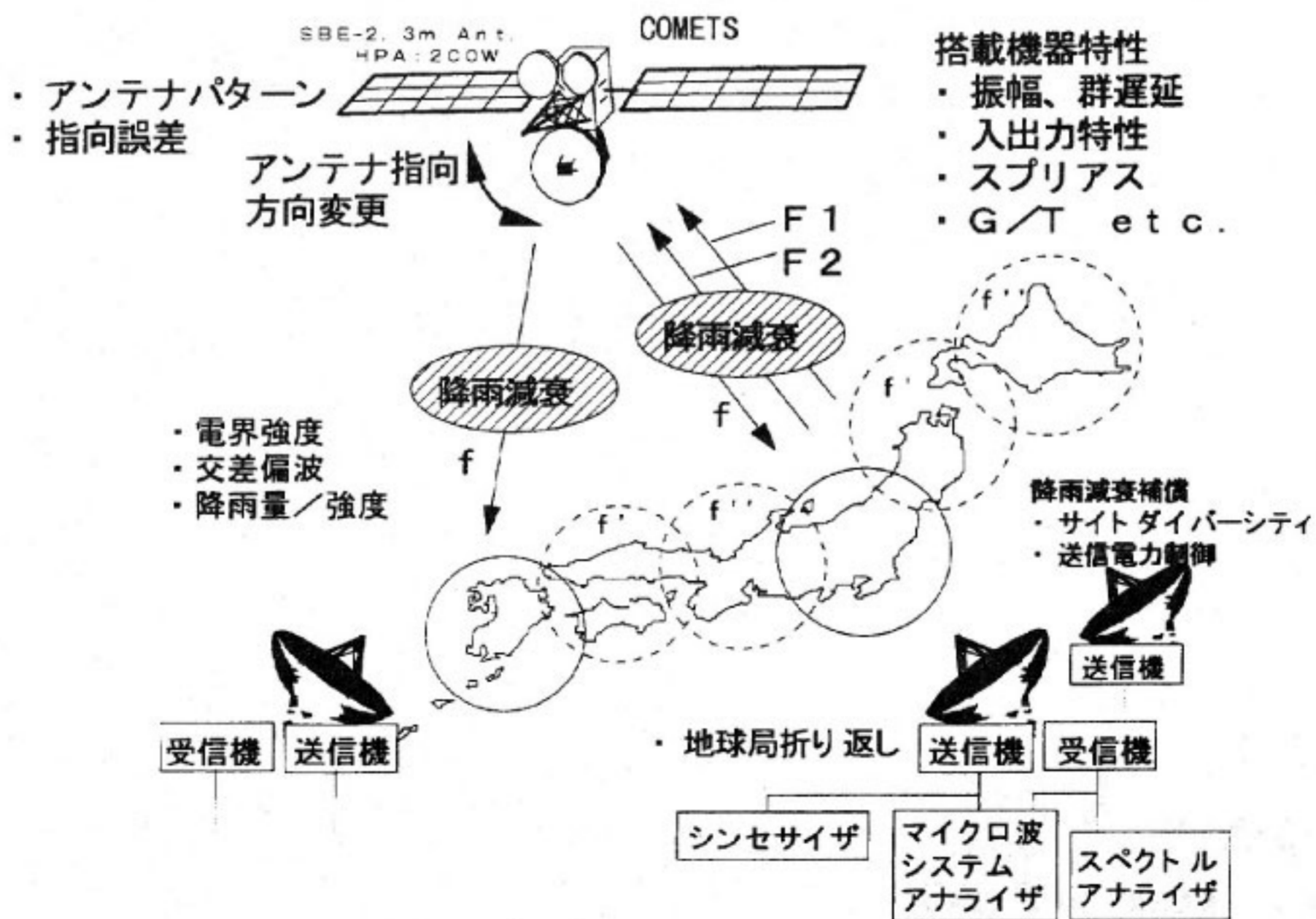
降雨減衰対策として送信電力制御実験や2つの送信局を使用したサイトダイバーシティの実験が提案されている。21GHz帯衛星放送では降雨により電波が著しく減衰し, 信号品質が劣化する。これを補償する技術であるサイトダイバーシティ, 送信電力制御等の有効性を実験により実証する。主局による送信電力制御及び主局, 可搬送受信局によるサイトダイバーシティを行い, 下記の測定等を行う。

- (1) 受信信号品質 (C/N, BER) の測定
- (2) サイトダイバーシティによる改善量の評価
- (3) 送信電力制御による改善量の評価

電波の受信等に関する実験では, マルチビーム (COMETSでは関東ビームと九州ビーム) によるサービスエリアの確保を目的として, マルチビーム内信号品質, マルチビーム間干渉 (希望波と非希望波の電力比), サービスエリア外への干渉電力の漏れこみであるスピルオーバー等を測定する。高品質衛星放送や地域別衛星放送を実現するためには, マルチビームを用いた衛星放送方式が必要となる。マルチビームにおける信号の伝送特性を取得し, マルチビーム衛星放送方式の基礎資料を得る。可搬送受信局, 受信専用局を適宜移設し, 下記の測定を行う。

- (1) マルチビーム内受信信号品質測定実験
- (2) マルチビーム間干渉測定実験
- (3) スピルオーバー測定実験

21GHz帯電波の衛星-地上間における気象条件による減衰, 散乱特性等の伝搬特性を測定し, 21GHz帯衛星放送の衛星回線設計の基礎資料を得る。21GHz帯電波の各種受信条件における受信電界強度を測定し, 受信アンテナを適正に設置するための条件を得る。建造物, 送配電線, 樹木, 窓ガラスなどの障害物や降雨, 積雪, 霧などの気象条件などの各種受信条件下で受信電界強度を測定する。各種の通信信号及びテレメトリ信号を可能



第2図 衛星回線の基本特性に関する実験

な限り連続的に、また、様々な気象条件下において下記の事項を測定する。

- (1) 電界強度
- (2) 交差偏波特性
- (3) 降雨量/強度

### 3.3 地球局の性能確認実験

衛星搭載機器に対する諸特性（振幅周波数特性，入出力特性，スプリアス，AM-PM 変換特性等）を評価するためには地球局設備の特性を把握し，総合特性を補正する必要がある。そのため，地球局内における折り返し試験を行い，各特性を測定する。

## 4. 高度衛星放送デジタル伝送方式に関する実験

21GHz 帯高度衛星放送においては，高品質放送，多様なメディアとの整合性，伝送情報量の増大を考慮するとデジタル伝送方式に期待が持たれる。その際，広帯域伝送が可能となる利点とともに，伝搬路における降雨減衰に対する対策技術が必要となる。

デジタル伝送方式に関する実験では，降雨減衰等の伝搬路特性に対応して信号品質が階層的に変化する階層化変調方式の一種である可変符号化率変調方式，多レベル符号化変調方式を用いた実験が提案されている。また，強力な誤り訂正方式の検証実験や情報の鍵となるスクランブル，デスクランブル技術の実証実験が提案されている。第3図に高度衛星放送デジタル伝送方式に関する実験の概念図を示す。

以下に具体的な実験及び測定項目について述べる。

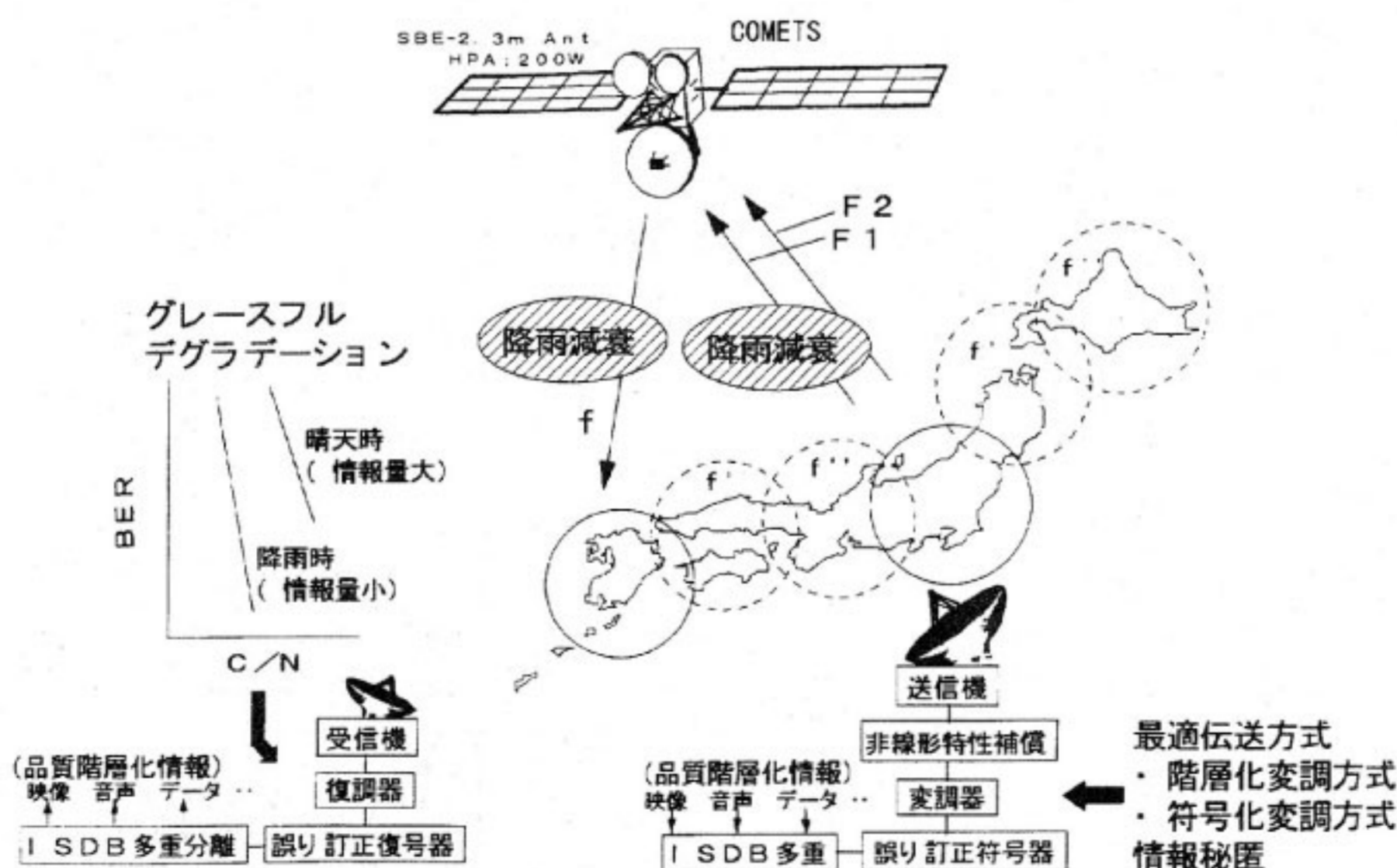
### 4.1 最適デジタル変復調方式の実証実験

電力利用効率，周波数利用効率を考慮した最適デジタル変調方式を検討し，各種変調信号の伝送品質の比較測定を行い，提案された変調方式の有効性の実証を行う。さらに，最適パラメータの推定も行う。可変符号化率符号化変調を利用することで，通信路状態が変動する場合に，従来方式よりも周波数利用効率を向上できることを実証する。また，多レベル符号化変調を利用することで，従来方式よりも優れたグレースフルデグラデーション特性を得ることを実証する。

通信総合研究所では，従来のデジタル衛星回線で使用されている QPSK 変調方式よりも耐雑音特性及び周波数効率を改善できる TC8PSK (Trellis Coded 8PSK) 符号化変調方式を使用した装置を地上実験局に整備している。第4図に TC8PSK 変復調装置による伝送実験の構成図を示す。実験計画初期段階では，本装置を使用した誤り率特性等の基本伝送特性の測定実験を行うが，実験計画の進捗により，階層化変調方式を使用した伝送実験も行う予定である。

### 4.2 デジタル誤り対策の実証実験

21GHz 帯衛星放送では，降雨による電波の減衰のため受信 C/N が著しく劣化し，データ誤り率も劣化する。その対策技術としてデジタル誤り率訂正装置を開発し，その有効性を実証する。また，特定の受信者以外に秘匿を必要とする放送において効果的に情報を秘匿する装置を開発し，その有効性を実証する。開発した誤り訂正装置及び情報秘匿装置を接続し，下記の測定を行う。



第3図 高度衛星放送デジタル伝送方式に関する実験



- (1) 受信信号品質 (C/N, BER) の測定
- (2) 情報秘匿の評価

4.3 伝送路特性補償技術の実証実験

21GHz 帯衛星放送では、中継器の帯域制限、非線形特性等により信号品質が劣化するため、これを補償する技術が必要となる。伝送路特性補償装置を開発し、その有効性を実証する。開発した伝送路特性補償装置を接続し、下記の特性に対するビット誤り率の改善量について測定を行う。

- (1) 帯域制限特性
- (2) 非線形特性

4.4 干渉劣化補償技術の実証実験

21GHz 帯衛星放送における干渉波による信号品質の劣化を調査し、それを補償するための干渉劣化補償技術の有効性を実証する。開発した干渉劣化補償装置（誤り訂正装置等）を接続し、誤り率の劣化に対する下記事項の改善量を測定する。

- (1) 干渉耐久性の調査
- (2) 受信品質 (C/N, BER) の測定

5. 高度衛星放送システムに関する実験

放送システムに関する応用実験としては、実験計画初期段階で目標とされていたスタジオ品質 HDTV の小型受信アンテナによる各家庭での個別受信の他にも様々な提案がなされている。

デジタル HDTV は情報圧縮率が向上し、必要とされる伝送レートも低くなってきているため、さらに、その上の画質を目指した超高精細 TV、立体 TV の伝送実験が提案されている。また、種々のサービス情報を多重化し、統合的にデジタル伝送する大容量 ISDB の実証実験や地上高速回線として現在研究が進められている高速 CATV (Community Antenna Television

system), B-ISDN (Broadband-Integrate Service Digital Network) との伝送接続、切替実験及びコンピュータネットワーク間の伝送実験が提案されている。これらの実験を通じて、有線ネットワークを流れる大容量情報を衛星回線により他のネットワークに伝送する有無線が融合したシステムの構築に貢献できる。そして、有無線融合システムを用いた効率的なビデオオンデマンド等の双方向サービスが実現可能である。これらを実現するための要素技術として種々の情報を効率的に多重化する方式の検討、地上ネットワークとのインターフェース技術等を検討する必要がある。

第5図(a)(b)に高度衛星放送システムに関する実験の概念図を示す。

以下に、具体的な実験及び測定項目について述べる。

5.1 多重化技術の実証実験

デジタル衛星放送における種々のメディアの柔軟な放送に対応するため、各種データの効率的な多重化が必要となる。映像、音声、データ等の多重化法を研究し、開発装置で有効性の確認を行う。

通信総合研究所では、NTSC 方式の通常 TV 及び HDTV のデジタル映像・音声情報、さらに、コンピュータのデジタルデータを多重化して伝送する装置を小金井の固定実験局に整備している。第6図に本データ多重化装置を使用した大容量 ISDB 実験の構成図を示す。

5.2 情報圧縮技術の実証実験

超広帯域画像データの有意な情報を損なうことなく、情報量を削減する帯域圧縮技術に関する評価データを取得する。送信地球局から情報圧縮した画像データ信号を送信し、COMETS 衛星回線を通じた信号を受信して現画像を比較評価する。本測定を符号化方式、誤り訂正方式を変えて評価する。

通信総合研究所では、第7図に示すようなデジタル HDTV の情報圧縮のための符号復号化装置を鹿島主局、車載実験局及び固定実験局に用意している。これらの装置を使用して HDTV の情報圧縮技術の実証実験を行う。

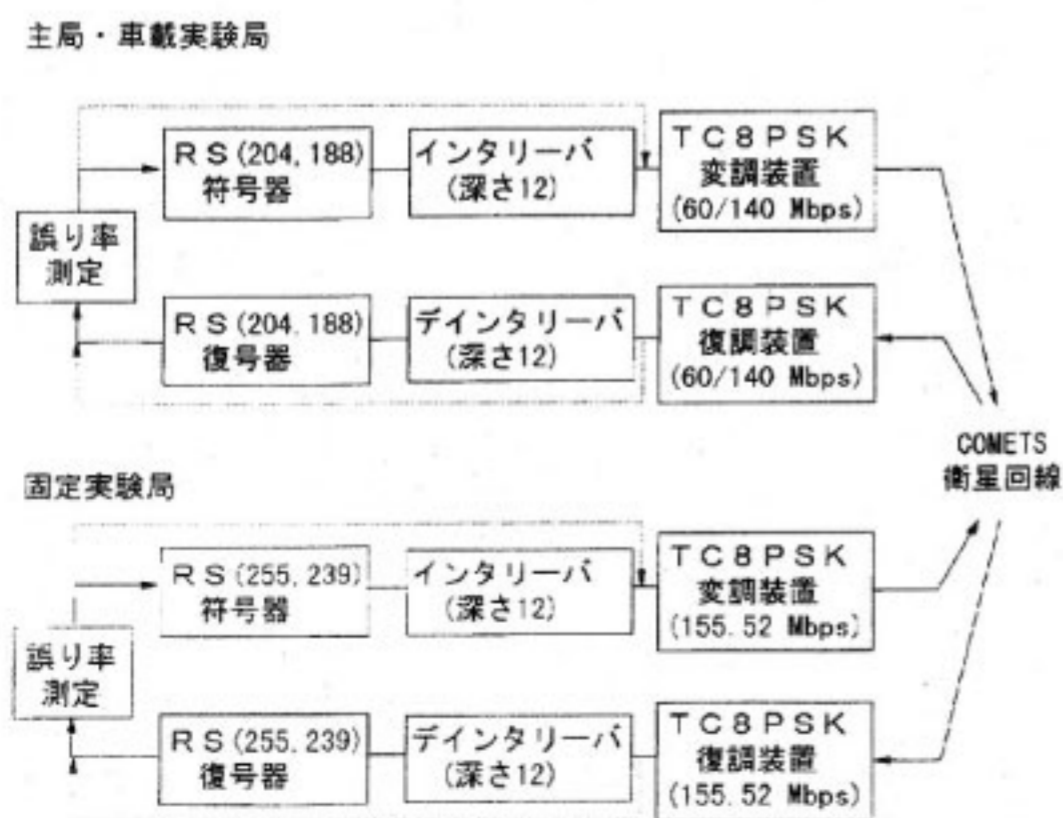
5.3 高機能受信装置の開発・実証実験

21GHz 帯衛星放送のための家庭用高機能受信アンテナ、受信装置を開発し、家庭における個別受信が可能であることを実証するために、下記の測定を行う。

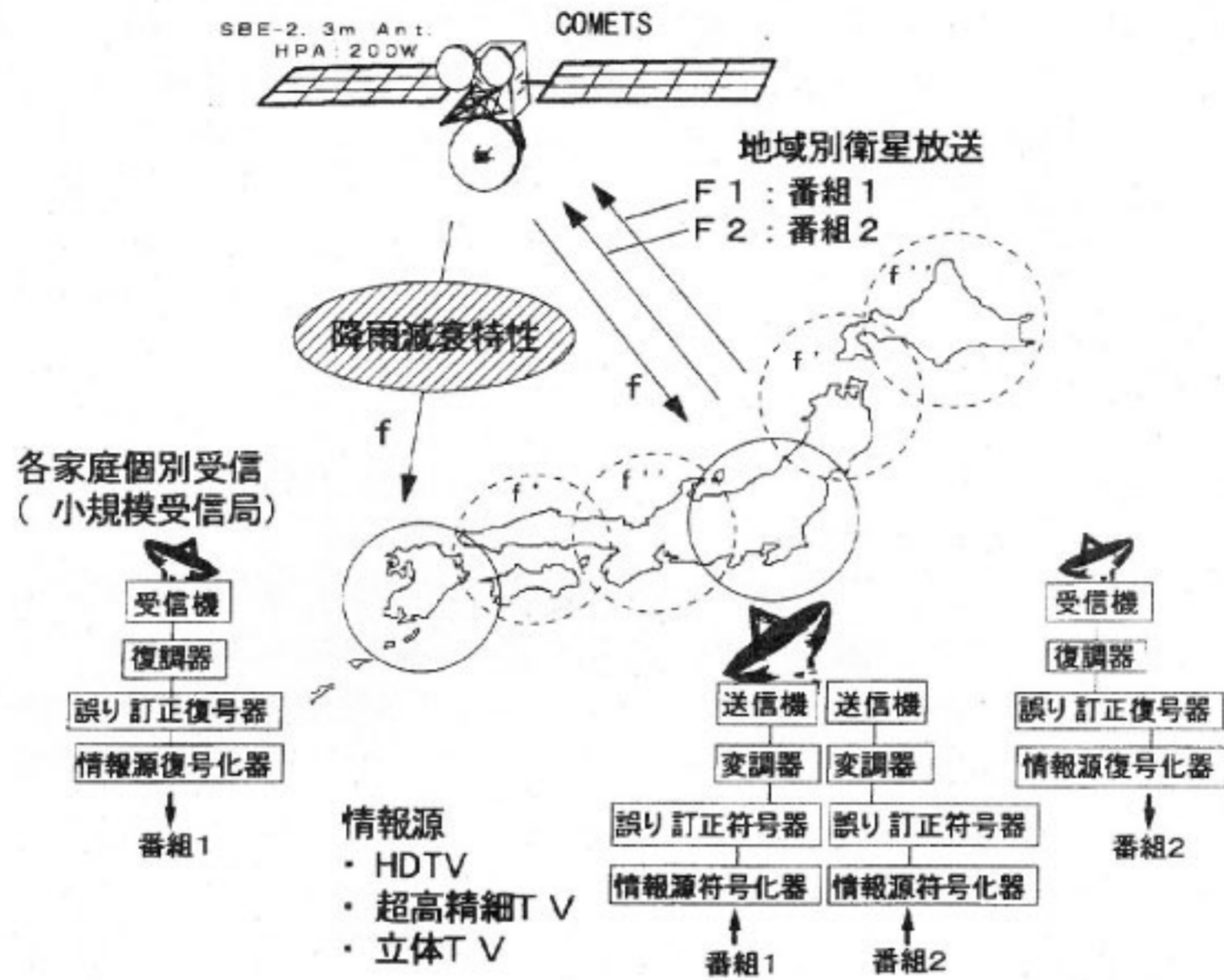
- (1) 受信信号品質 (C/N, BER)
- (2) HDTV の受信

5.4 高精細 SNG (Satellite News Gathering) 伝送実験

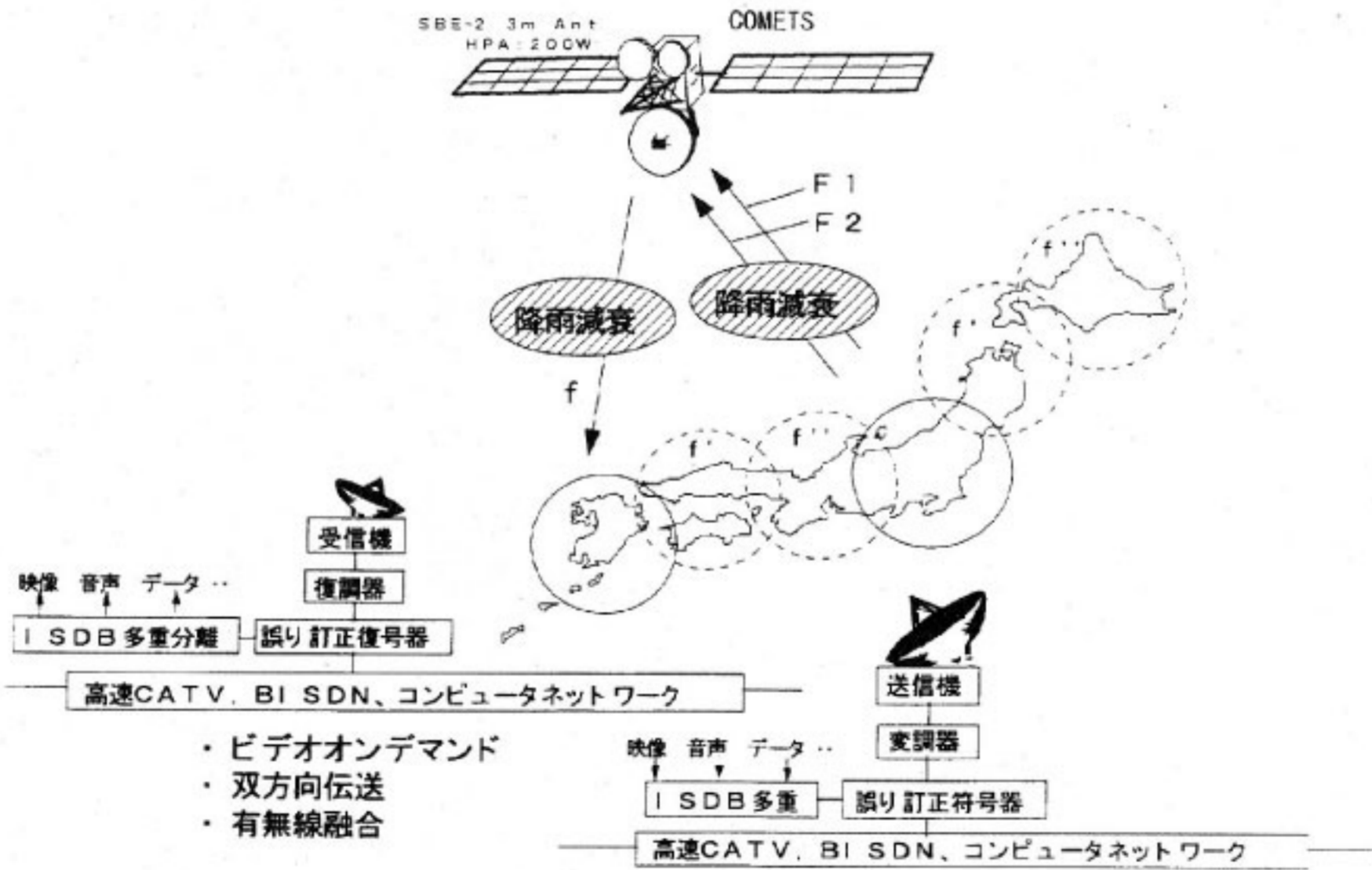
チーム内のイベントを高精細映像情報として取得し、衛星を中継してサービスエリアに伝送する高精細 SNG 等の実証を行う。高精細映像情報を取得し、画質評価を



第4図 TC8PSK 変復調装置による伝送実験



(a)



(b)

第5図 高度衛星放送システムに関する実験



行う。

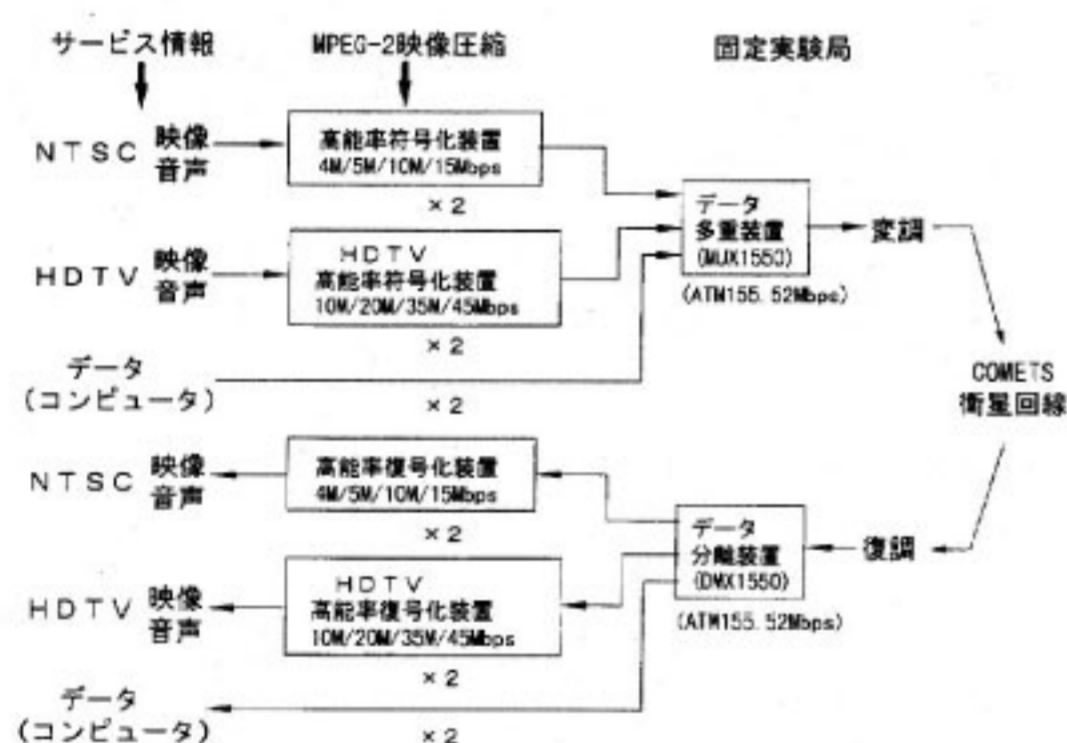
第8図に通信総合研究所で行う高精細SNG伝送実験の構成図を示す。車載実験局により取材したイベント情報をHDTV画像符号化装置で圧縮符号化し、その情報を変調して衛星に送信する。衛星で関東エリアに折り返された信号は、鹿島主局で受信後、復号されて映像情報が編集される。編集されたHDTV映像情報は、鹿島主局から再送信されて衛星経由で九州エリアに放送される。

### 5.5 大容量ISDB実証実験

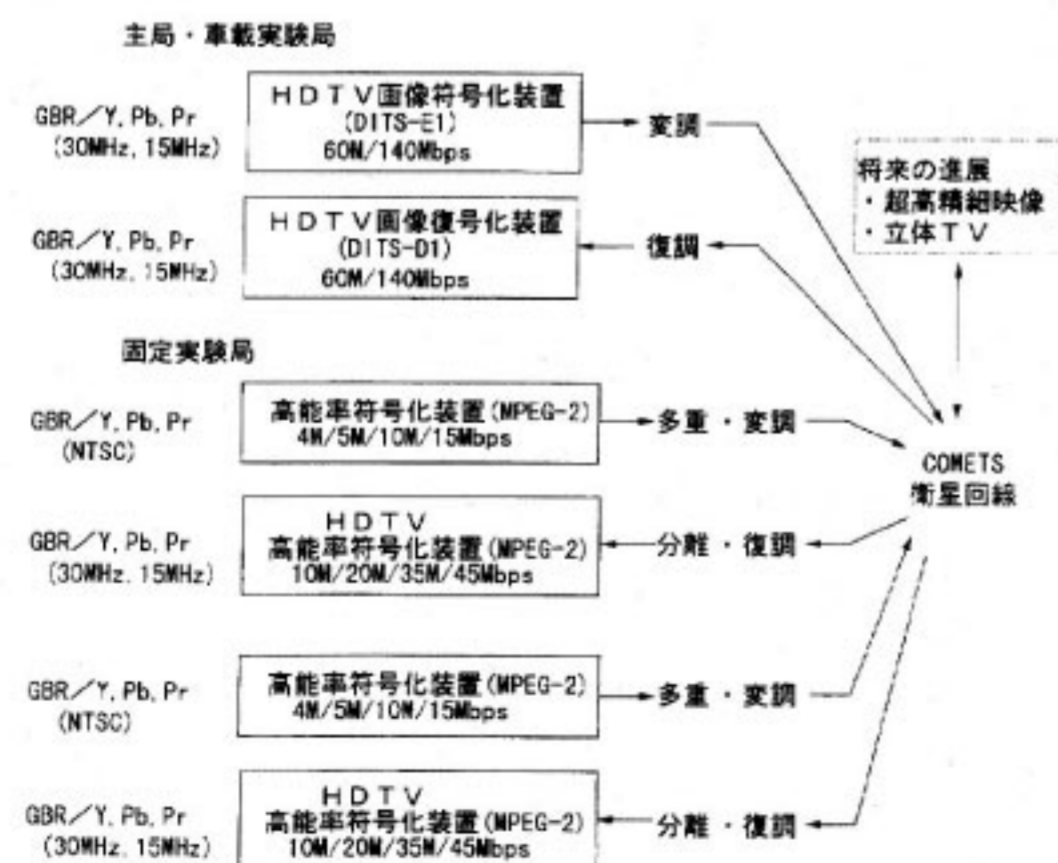
各種データを複数デジタル多重した大容量データ(大容量ISDB)を21GHz帯高度衛星放送の高速ビットレートで伝送可能であることを実証する。各種データを複数デジタル多重した大容量データ(大容量ISDB)の放送波を各受信局でモニタし、長期的に受信信号品質(C/N, BER)の測定を行い、衛星を使用した大容量ISDBの稼働率を評価する。(第6図参照)

### 5.6 地域別衛星放送実証実験

21GHz帯高度衛星放送システムの関東ビーム・九州ビーム



第6図 データ多重化装置による大容量ISDB実験



第7図 情報圧縮された映像情報の伝送実験

ムを使用して、地域別衛星放送の有効性を実証する。関東ビーム・九州ビーム及び送信周波数2波を切替えて下記の実験を行う。

- (1) ローカル放送
- (2) 番組交換
- (3) 同報

### 5.7 高臨場感放送実証実験

21GHz帯高度衛星放送システムは送信電力が大きく、広帯域であるので高ビットレートの伝送が可能である。広帯域性を生かして、スタジオ品質HDTVの放送、超高精細TV及び立体TV等の高臨場感放送が可能であることを実証する。スタジオ品質HDTV、超高精細TV及び立体TV等の高臨場感放送を各地域の受信機で受信し、下記の測定を行う。

- (1) 受信信号品質 (C/N, BER)
- (2) HDTV画質評価
- (3) 超高精細TVの画質評価
- (4) 立体TVの画質評価

### 5.8 受信評価

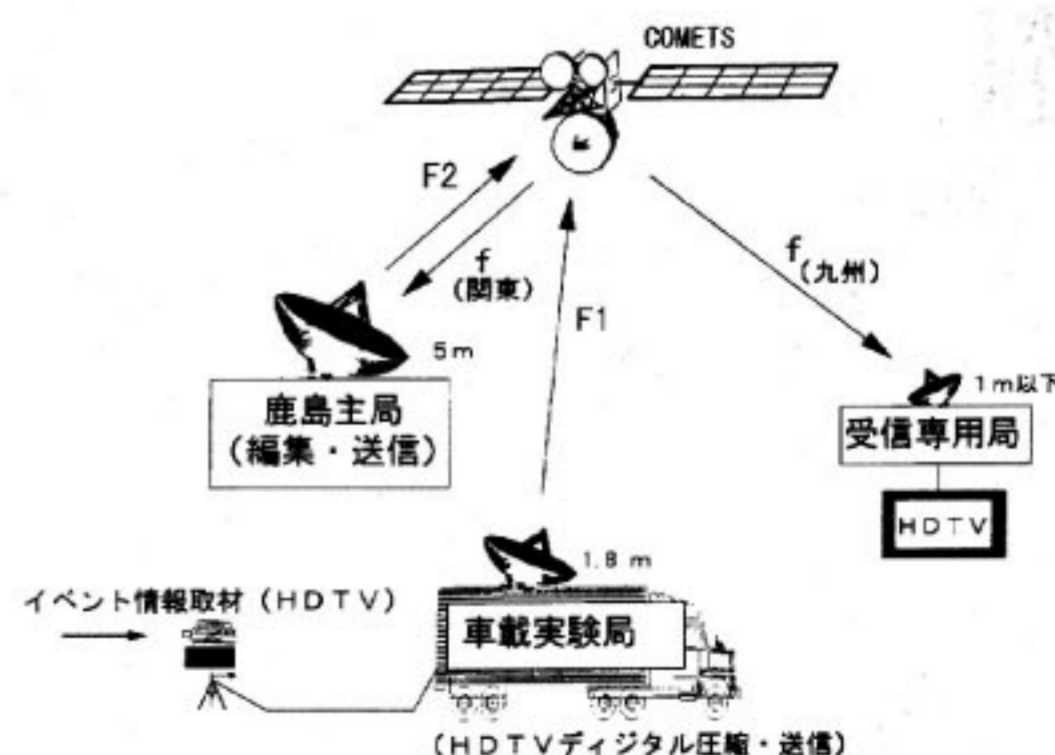
21GHz帯高度衛星放送で伝送される映像・音声・データ情報を各種伝送形態毎にサービス品質の評価実験を行い、サービス品質の評価基準値を得る。各種伝送形態毎に下記の評価を行う。

- (1) 映像の画質評価 (5段階評価)
- (2) 音声の音質評価 (5段階評価)
- (3) データの評価 (BER)

### 5.9 地上高速回線との伝送接続、切替実験

21GHz帯高度衛星放送システムと地上高速回線との伝送接続、切替実験を行い、衛星システムと地上システムの効果的な融合を実証するために下記の実験を行う。

- (1) 高速CATV, B-ISDNの地上通信回線との相互接続、切替実験



第8図 高精細SNG伝送実験

(2) ビデオオンデマインド等の双方向サービスの有無  
線融合実験

5.10 次世代映像サービス

コンピュータネットワークを流れる映像情報等の次世代映像サービスを含む大容量マルチメディアサービスを21GHz帯高度衛星放送システムにより伝送可能であることを実証する。コンピュータネットワークを流れる映像情報等の次世代映像サービスを21GHz帯衛星放送の高ビットレート回線で伝送し、受信側のコンピュータネットワーク上で下記の評価を行う。

- (1) 映像の画質評価
- (2) 音声の音質評価

6. おわりに

COMETSの高度衛星放送用搭載機器(SBE)を使用した高度衛星放送実験計画の概要を示した。本実験計画で示した各種の実験を行うことにより、WARC-92で衛星放送用に割り当てられた21.4-22GHzの新しい周波数帯(600MHz)を有効に活用したデジタル衛星放送システムの実証を世界に先駆けて衛星を用いて行うことができる。本実験は、将来の大容量マルチメディア通信時代に対応した高度な放送システムの構築に大いに寄与すると期待される。

今後は、共同研究機関と連携を図りながら実験計画の具体化を図って行く。

参 考 文 献

- (1) 福地：チュートリアルー通信放送技術衛星(COMETS)による21GHz帯衛星放送実験計画；TV技報 vol.17, no.57, pp.1-6, ICS'93-58, 1993.
- (2) 福地, 都竹, 大内, 森河：通信放送技術衛星(COMETS)計画(2)21GHz帯高度衛星放送実験システム, 第84回通信総研研究予稿；pp79-86, 1993.
- (3) COMETS基本実験計画書(放送編)：COMETS通信・放送推進会議.
- (4) 大川, 井口, 都竹：第4回COMETSワークショップ講演集；pp.160-170, 1996.2.

略 語

HDTV (High Definition TeleVision)  
SBE (Satellite Broadcasting Equipment)  
世界無線通信主官庁会議 (WARK-92)  
通信放送技術衛星 (COMETS)  
通信総合研究所 (CRL)  
ISDB (Integrate Service Digital Broadcasting)  
宇宙開発事業団 (NASDA)  
TC8PSK (Trellis Coded 8PSK)  
CATV (Community Antenna TeleVision system)  
B-ISDN (Broadband-Integrate Service Digital Network)  
SNG (Satellite News Gathering)



大川 貢  
Mitsugu OHKAWA  
総合通信部放送技術研究室  
衛星放送  
E-Mail: okawa@crl. go. jp



井口 政昭  
Masaaki IGUCHI  
総合通信部放送技術研究室  
衛星通信, 衛星放送, ケーブルテレビ  
E-Mail: igu@crl. go. jp



都竹 愛一郎  
Aiichiro TSUZUKU  
総合通信部放送技術研究室  
デジタル放送  
E-Mail: tsuzuku@crl. go. jp