

# 情報ネットワークにおける衛星通信システム

## Satellite Communication Systems for Information Networks

昭和63年の国産通信衛星CS-3などの打ち上げを控え、衛星通信は情報ネットワーク構築の重要な一手段としての地位を確立しつつある。本稿では日立製作所の衛星通信システムへの取り組み方を、(1)日立衛星通信地球局の特徴、(2)衛星通信の有望な利用形態として新たに立案した衛星・地上回線切替制御方式と衛星同報通信制御方式の概要、及び(3)郵政省「衛星利用パイロット計画」の一環として実施した上記衛星・地上回線切替制御方式に関する実験結果を通じて記述する。

上記実験では、計算機無負荷時で、10秒以内で衛星・地上回線の自動切替えが可能なことを確認した。これらの結果、日立衛星通信地球局を含めた日立衛星通信情報ネットワークシステム技術確立の見通しを得た。

中村 勤\* *Tsutomu Nakamura*

藤倉信之\* *Nobuyuki Fujikura*

原田泰亘\*\* *Yoshinobu Harada*

### 1 緒言

昭和58年2月と8月に我が国最初の実用通信衛星CS-2が打ち上げられ、同年5月からは日本電信電話株式会社、警察庁、建設省、消防庁、電力各社、JRグループ及び郵政省によって、離島通信、災害対策用通信、臨時通信などの運用が開始されている<sup>1)</sup>。また、日本電信電話株式会社は、昭和60年1月からCS-2を利用した衛星デジタル通信サービス(64kbps~6Mbpsの高速データ伝送)と、映像伝送のための衛星ビデオ通信サービスを提供している。昭和63年から64年にかけてCS-2の後継機としてのCS-3、更に通信の自由化とあいまって輸入衛星各社の通信衛星が打ち上げられる予定であり、衛星通信は、国際間の有力なコミュニケーション手段としてばかりでなく、地域通信、国内通信の担い手として今後ますます期待されている。

日立製作所では、衛星通信は情報ネットワーク構築の重要な一手段であるにとらえ、衛星通信地球局の開発、衛星・地上回線切替制御方式や衛星同報通信制御方式などの衛星通信の利用技術の開発を通じて、衛星通信情報ネットワーク技術の確立を進めている。

衛星通信の特長を生かした利用技術の修得や利用制度の検討など、衛星通信の実用化を促進するために、昭和58年~62年の5箇年計画で郵政省が推進している衛星利用パイロット計画<sup>2)</sup>に15の実施責任機関の一つとして参加し、上記衛星通信情報ネットワークの実用化に取り組んでいる。日立製作所の実験グループに入っている実験参加機関は、株式会社三和銀行、株式会社東海銀行、株式会社東洋情報システム、株式会社日本興業銀行、日立電子サービス株式会社、株式会社富士銀行、丸紅株式会社及び山一証券株式會社の8社である。本実験グループでは、昭和59年から62年にかけて、衛星通信の

(1)符号誤り率特性、(2)スループット特性、(3)メッセージの伝送遅延特性、(4)多元接続プロトコル、(5)ファイル伝送(コードデータ、イメージデータ)、(6)会話形データ伝送、(7)地上回線バックアップ、(8)移動通信、(9)セキュリティ、などに関する実験を進めている。また、昭和62年度は野村コンピュータシステム株式会社と同報通信や高速多重集配信装置を用いた衛星・地上回線切替制御の共同実験も計画している。

本稿では、2章で日立衛星通信地球局の概要について述べ、3章では情報ネットワークでの衛星通信システムの利用形態を述べた後、今後の有望な利用形態と考える衛星・地上回線切替制御方式と衛星同報通信制御方式について記述する。最後に、4章では上記衛星・地上回線切替制御方式の機能確認を目的に実施した実験結果について報告する。

### 2 日立衛星通信地球局

日立衛星通信地球局は、衛星通信情報ネットワーク技術の確立を目指して開発したもので、前述の「衛星利用パイロット計画」での実験を目的としている。地球局にはネットワーク構成上必要とされる高速回線、低速回線を各1回線収容し、また衛星回線を効率的に利用する上で欠くことのできない多元接続技術の開発のため、低速TDMA(Time Division Multiple Access)制御装置を付加している。

地球局のアンテナ・送受信装置(屋外装置)の外観を図1に、地球局の主要諸元を表1に示す。

地球局は大別して、アンテナ装置、送受信装置、端局装置、回線制御装置及び監視制御装置から構成される。このうち無線周波数帯で動作するアンテナ装置と送受信装置は、一体構造として屋外に設置し、屋内に設置される端局装置と140MHz

\* 日立製作所システム開発研究所 \*\* 日立製作所宇宙技術推進本部衛星通信開発部



図1 地球局屋外装置 アンテナ径は5mで、アンテナの背面に送受信装置が取り付けられている。

表1 地球局の主要諸元 SCPC方式は、1.5Mbpsと48kbpsをサポートし、TDMAは9.6kbps、4.8kbps及び2.4kbpsをサポートする。

項目	諸元
周波数帯	30/20GHz
アンテナ	5mφカセグレン(自動追尾あり)
送信出力	20W
通信方式	SCPC, TDMA
変復調方式	4相PSK, 同期検波
誤り訂正	$R=1/2$ , $K=7$ , ビタビ復号
地上回線とのインタフェース	1.5Mbps, 48kbps, 9.6~2.4kbps DSU, V.24/V.28, X.21/V.11, V.35

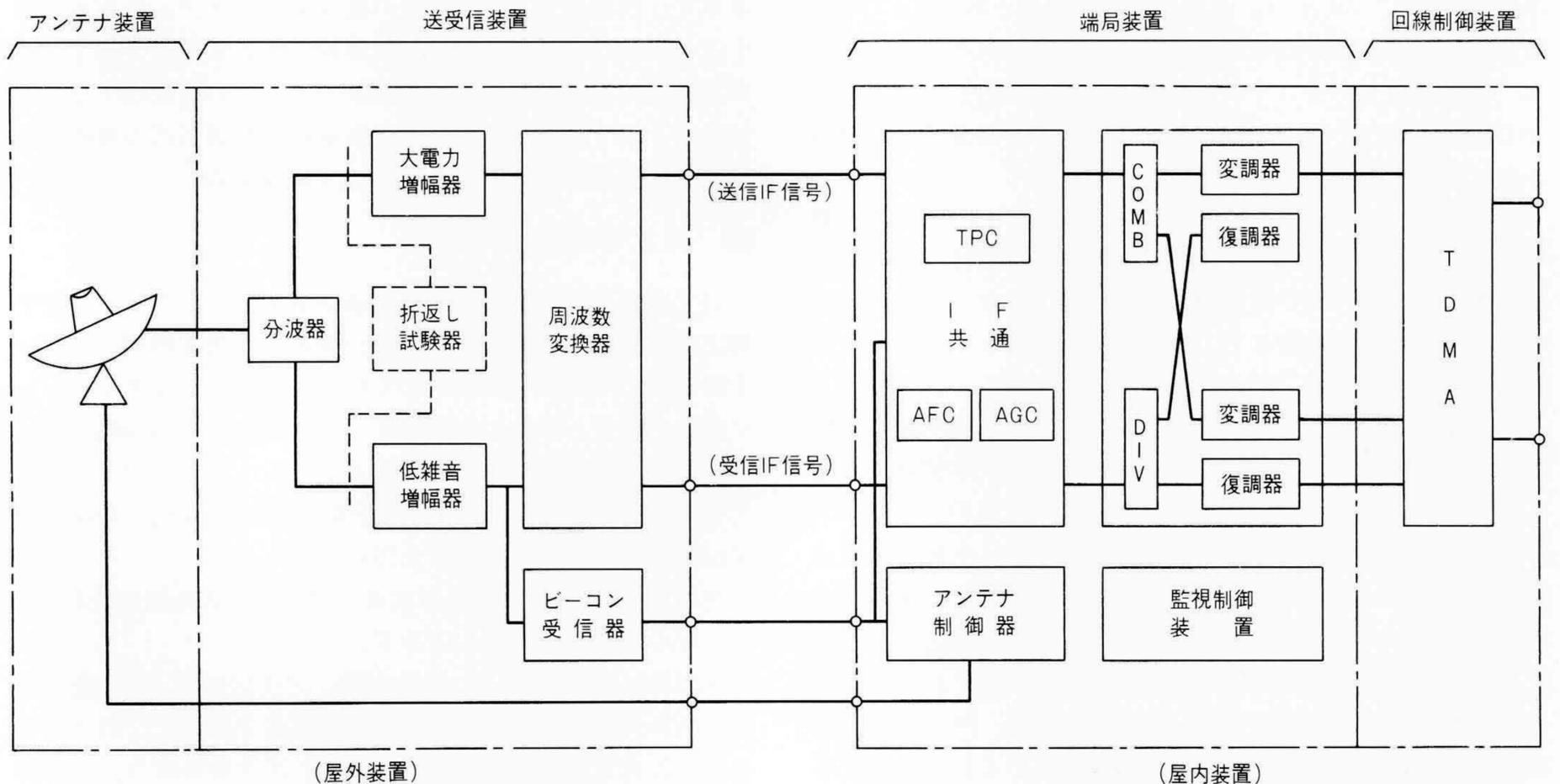
注：略語説明 SCPC(Single Channel Per Carrier)  
TDMA(Time Division Multiple Access)  
DSU(Digital Service Unit)

のIF(Intermediate Frequency)帯で接続される。地球局の構成を図2に示す。

以下に、各装置の機能概要及び特徴について述べる。

(1) アンテナ装置

一次放射器には広帯域かつ良好な放射指向性を持つコルゲートホーン[内側にくし(櫛)形の溝を設けた一次放射器]を採用した。低サイドローブ(主ビーム方向以外に生ずる電波が小さいこと)、高能率を満足する開口面分布を実現するために、位相特性を考慮した鏡面修正法を用いて主・副反射鏡の設計を行った。これによって効率65%以上(実測値)を送受信共に実現し、また国際無線通信諮問委員会CCIR(Comite Consultatif International des Radiocommunications)-580-1のサイドローブ勧告も十分満足した。



注：略語説明 TPC(Transmitting Power Control), AFC(Automatic Frequency Control), AGC(Automatic Gain Control), IF(Intermediate Frequency)  
COMB(Combiner), DIV(Divider), TDMA(Time Division Multiple Access)

図2 地球局の構成 地球局は大別してアンテナ部、送受信部、端局部及び回線制御部から構成される。屋外装置と屋内装置間は、接続損失を少なくするため140MHzのIF信号を使用している。

構造設計上の特長として、特に現地組立作業の容易性、鏡面精度の再現性を図るため、主反射鏡は13分割とし、中心部は直径2mまでは一体構造、周辺部は12分割の扇形にし、組立て・分解を容易にできる構造とした。

反射鏡部とその背面の送受信装置の重量バランスを利用して、アンテナ架台のコンパクト化を図った。また、反射鏡部と送受信装置間の電氣的接続は、低損失の可とう(撓)導波管を用いることによって構造的に柔軟性を持たせている。

アンテナ径が5mクラスになると、アンテナの指向性が鋭くなるため、アンテナを常に衛星の方向へ向ける自動追尾機能が必要になる。この方法として、装置の簡易さなどの点からステップトラック方式を採用した。

## (2) 送受信装置

端局装置からの140MHzの信号を5GHz帯中間周波を経て30GHz帯に周波数変換し、アンテナから送出する。また、衛星からの20GHz帯受信信号を5GHz帯に、更に140MHzの信号に変換し端局装置へ伝送する装置で、大別して送信部、受信部及び局発部から成る。

送信部と受信部は、周波数変換機<sup>3)</sup>、増幅器、帯域制限フィルタなどで構成されており、アルミ基板を用いたマイクロストリップ回路を多用することによって、立体回路に比べ小形・軽量化などを図っている。

送信部は、出力20Wの進行波管1本を除き固体電子化している。ドライブ段のトランジスタ増幅器に十分な能力を持たせ、将来固体電子化電力増幅器が実現したときには、容易にこれに置き換えられるように設計されている。

受信部は、衛星自体の周波数変動などによる受信周波数のずれを補正するAFC(自動周波数制御)回路、及び天候などによる受信電力の変動を基準信号(パイロット信号)を基にして補正するAGC(自動利得制御)回路を持っている。

局発部は、送信部と受信部に周波数変換に必要な局部発振信号を供給するもので、周波数シンセサイザを用い、局部発振周波数を変えることで使用する衛星中継器の選択を行う。また、局部発振周波数は、送信部、受信部共用とし基準周波数の原発振器を1個の水晶発振器で実現している。

## (3) 端局装置

本装置は、端末機器又は回線制御装置からの信号を、レート $\frac{1}{2}$ 又は $\frac{3}{4}$ の畳み込み符号化を行った後、変調して140MHzのIF周波数に変換し、送受信装置へ送出する。一方、受信側では、送受信装置からの変調波を復調し、誤り訂正復号を行った後、端末機器又は回線制御装置へ送出する。

本装置には、連続信号用として伝送速度(ベアラレート)64kbpsと3.088Mbps、バースト信号用として128kbpsのモデムを実装している。モデムの回路は極力デジタル化し、これによって種々の伝送速度に対して同一回路が適用でき、また無調整で精度の高い回路を実現できた<sup>4),5)</sup>。デジタル化された回路は、LSI化を行うことによって小形化、低価格化が実現できる。

128kbpsと3.088Mbps系には、レート $\frac{1}{2}$ 、拘束長7の高い誤り訂正能力を持つビタビ復号器を使用している。

接続インタフェースは、低中速(2.4~48kbps)用として

CCITT(International Telegraph and Telephone Consultative Committee)標準インタフェースを、高速(1.5Mbps)用として日本電信電話株式会社の高速度デジタル回線インタフェースを装備している。

## (4) 回線制御装置

本装置は、地球局間の共通信号回線及び低速データ回線を低速TDMA方式により実現している。

同期方式として、運用が容易で装置が簡易化できるオープンループ同期方式を採用している。

TDMAフレームは、制御回線領域とデータ回線領域から構成される。制御回線領域は、データ回線領域内の各回線の予約制御に使用できるほか、共通信号回線として使うことにより、各地球局のステータスを全地球局を統括する局(基準局)で集中管理することもできる。データ回線領域は、データ伝送用回線であり2.4kbpsの回線を8本(全二重)を収容している。この部分は4.8kbps(全二重4本)あるいは9.6kbps(全二重2回線)の回線としても使用できる。

以上、今回パイロット実験用に開発した地球局の概要について述べたが、この特徴を要約すると、

- (1) 各種伝送速度に対応した端末インタフェースを装備(2.4kbps~1.5Mbps)している。
- (2) 低速TDMAの採用によるトランスポンダ帯域の有効利用—衛星回線1波で多局間通信が可能である。
- (3) 1.5Mbps系では、地上・衛星回線の自動切替え実験が可能である。
- (4) TDMA回線の制御バーストを使って、障害情報などの伝送が可能である。

## 3 有望な利用形態に対応する日立の衛星通信システム技術

地上回線と比較した衛星通信の特長<sup>1)</sup>と、その特長に対応する利用形態を表2に示す。

現在まで衛星通信は、災害、離島、臨時通信の公共通信を中心として発展してきたが、昭和63年から64年にかけてのCS-3や輸入衛星の運用開始に向けて表2に示すような種々の利用形態が検討されており、それらの利用形態は次のような特徴を持っている。

- (1) 衛星通信の持つ特長を利用し、新たな効果を得る。
- (2) 企業内通信あるいは企業間通信を主な適用対象とする。
- (3) システム構成の多くは、センタ集中形である。

今後特に有望な利用形態として考えられるのは、(1)地上災害に対する耐災害性の特長を利用した衛星・地上回線切替制御方式と、(2)同報性の特長を利用した衛星同報通信制御方式である。次に、日立製作所で研究開発中のこれら2方式の概要について述べる。

### 3.1 衛星・地上回線切替制御方式

本方式は情報ネットワークの高信頼化と有効利用を図るために、災害時の衛星・地上回線切替制御<sup>6)</sup>と通常時の高効率回線併用制御の実現を目的としている。

回線の切替えは、いわゆるOSI(Open Systems Interconnection)参照モデルのフィジカルレイヤ、データリンクレイヤ、

表2 衛星通信システムの主な特長と利用形態 衛星通信の特長の観点から分類した、衛星通信システムの利用形態を示す。

衛星通信の特長		衛星通信システムの利用形態
1.耐災害性	伝送路が地上に なく、地上災害 の影響小。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 災害時の臨時通信システム</li> <li>• 地上回線バックアップシステム</li> <li>• 防災無線システム</li> </ul>
2.同報性	同一信号を、同 時に多数の地球 局で受信可能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 端末ファイル情報(入力ガイドほか) 分配システム</li> <li>• リアルタイム情報(為替、株式ほか) システム</li> <li>• テレビジョン番組分配システム</li> </ul>
3.移動性	車載形地球局な どの移動局によ る回線設定が容 易。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 移動体(自動車、船舶、航空機)通 信システム</li> <li>• 移動店舗システム</li> <li>• 臨時通信システム</li> </ul>
4.広域性	離島を含む広範 な地域で、衛星 との送受信が可 能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ニュース収集システム</li> <li>• 検針(電力、ガスほか)システム</li> <li>• 遠隔監視(気象、ダム水位ほか)シ ステム</li> </ul>
5.多元接続性	任意の地球局間 で回線設定可能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 窓口サービス(金融、予約ほか)シ ステム</li> <li>• 地上網間接続システム</li> <li>• 衛星バケット通信システム</li> </ul>
6.広帯域性	高速通信や広帯 域映像通信を容 易に実現。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 大容量ファイル高速伝送システム</li> <li>• TV会議システム</li> <li>• ニュースメディア(ビデオテックス ほか)通信システム</li> </ul>

アプリケーションレイヤなどで行える。それぞれのレイヤに対応する装置としては、例えばフィジカルレイヤではTDM(時分割多重化装置)、データリンクレイヤではCCP(通信制御処理装置)、アプリケーションレイヤではCPU(計算機)などを考えることができる。各レイヤで切替えを行う場合の長所・短所を表3に示す。これらの長所・短所を比較した結果、アプリケーションレイヤとフィジカルレイヤで回線切替制御を行う二つの方式を採用することにした。ここでは、このうちアプリケーションレイヤで回線切替制御を行う方式について述べる。本方式は、銀行・証券会社などでの衛星通信利用による大容量・高速ファイル転送でのニーズが大きい。本方式の特長は、以下に述べるとおりである。

(1) よりユーザーに近いレベルで切替えが行えるため、ファイル転送条件などのユーザー個別の要求をプログラムに取り込みやすい。

(2) ファイル転送プログラムの伝送パラメータなどを、回線の品質に応じて最適にすることが可能である。

本方式に基づく回線切替制御プログラムを開発したが、次の機能から成っている。

(1) 回線障害のモニタリング

回線を常時モニタリングして回線の障害発生、ファイル転送の終了の検知を行う。

(2) 回線切替え

回線障害の発生を検知すると、ファイル転送プログラムを切り替え、実行させることによって衛星・地上回線の切替え

表3 回線切替えを行う場所(レイヤ)の比較 フィジカルレイヤはTDM, データリンクレイヤはCCP, アプリケーションレイヤはCPUに対応している。

項目	回線切替え場所説明図								長所	短所
	ユーザ	CPU	CCP	TDM	TDM	CCP	CPU	ユーザ		
アプリケーションレイヤ									<ul style="list-style-type: none"> <li>• アプリケーションレベルの要求取込み容易</li> <li>• プログラム開発容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 切替え所要時間大</li> <li>• ファイル転送程度に限定される。</li> </ul>
データリンクレイヤ									<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高速切替え可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 異属性回線への対応が難。</li> </ul>
フィジカルレイヤ									<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高速切替え可</li> <li>• マルチメディア対応可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• データの損失あり。</li> </ul>

注：略語説明 CPU(Central Processing Unit)  
CCP(Communication Control Processor)  
TDM(Time Division Multiplexer)

を実現する。

(3) 最適伝送パラメータの自動設定

ファイル転送する際の伝送パラメータを回線の種類や品質、例えば伝送速度、アウトスタンディングフレーム数、回線の遅延時間などに応じて最適の値に自動設定する。伝送パラメータとは、回線上の転送単位の長さを指定するパラメータ(メッセージ長)や、ファイル受信・格納確認を行うレコード数を指定するパラメータ(チェインレコード数)である。このプログラムの有効性を確認するために行った実験結果については、次章で報告する。

3.2 衛星同報通信制御方式

同報性は、衛星通信が持つ本質的な長所であり、この点に注目したCATV番組配送システムなど種々のシステムが考えられている。CATV番組配送システムのような同報通信システムは、受信局が低コストで実現できることが必要であり、送信機能を持たない受信専用局とし、情報の誤り制御はFEC(Forward Error Correction)に依存するシステムである。

一方、データ通信のように、情報の誤り制御がFECだけでは不十分な利用分野もある。各種のサービス分野では、全国に設置してある端末に搭載しているファイルのメンテナンスの効率化、リアルタイム情報サービスの高度化に対する要求が高い。

このような要求に対応するために、各受信局の応答を確認する方式も種々検討<sup>7)</sup>されている。具体的な提案方式として「衛星回線用データリンク制御手順<sup>8)</sup>」がある。この手順は、1:1通信への適用を前提に、簡単な手順の拡張によって同報通

信への適用も可能とするものである。また、衛星回線の伝搬遅延時間を考慮し、各受信局からの応答方法などが検討され、従来方式に比べ効率化が図られている。

しかし、衛星同報通信制御でも、1:1通信の場合と同様に、衛星回線の伝搬遅延時間だけでなく、降雨による衛星回線品質の劣化や同報性に伴うセキュリティの確保の問題などがある。更に同報通信固有の問題として、受信局が多数であるために、各受信局からの応答数が受信局数に比例して増大し、従来方式と比較してスループットの大幅な改善は望めない点がある。これらの問題のなかで、スループットにかかわる問題に関して次に具体的に述べる。

衛星回線の品質劣化は、伝送データに誤りを発生させ、データの再送頻度を高くする。結果として、データ伝送時間が長くなり、回線のスループットは低下する。この状況は受信局数に比例する応答数増大の影響と重なるので、衛星同報通信制御で重要な課題である。

衛星回線品質は、降雨などの影響がなければかなり安定している。品質劣化をもたらすような降雨の発生は地域性を持っている。このような回線品質特性を持つ衛星同報通信システム(図3)に対して従来の通信制御の考え方を適用すると、降雨の影響を受けている特定の受信局の応答を確認できないために、良好な回線品質の地域にある受信局への送信制御も進行させられないという現象が起こる。

- 以上のようなスループットにかかわる問題は、
- (1) 各受信局の輪番制応答方式による応答数削減
  - (2) 地域適応制御による送信制御の促進

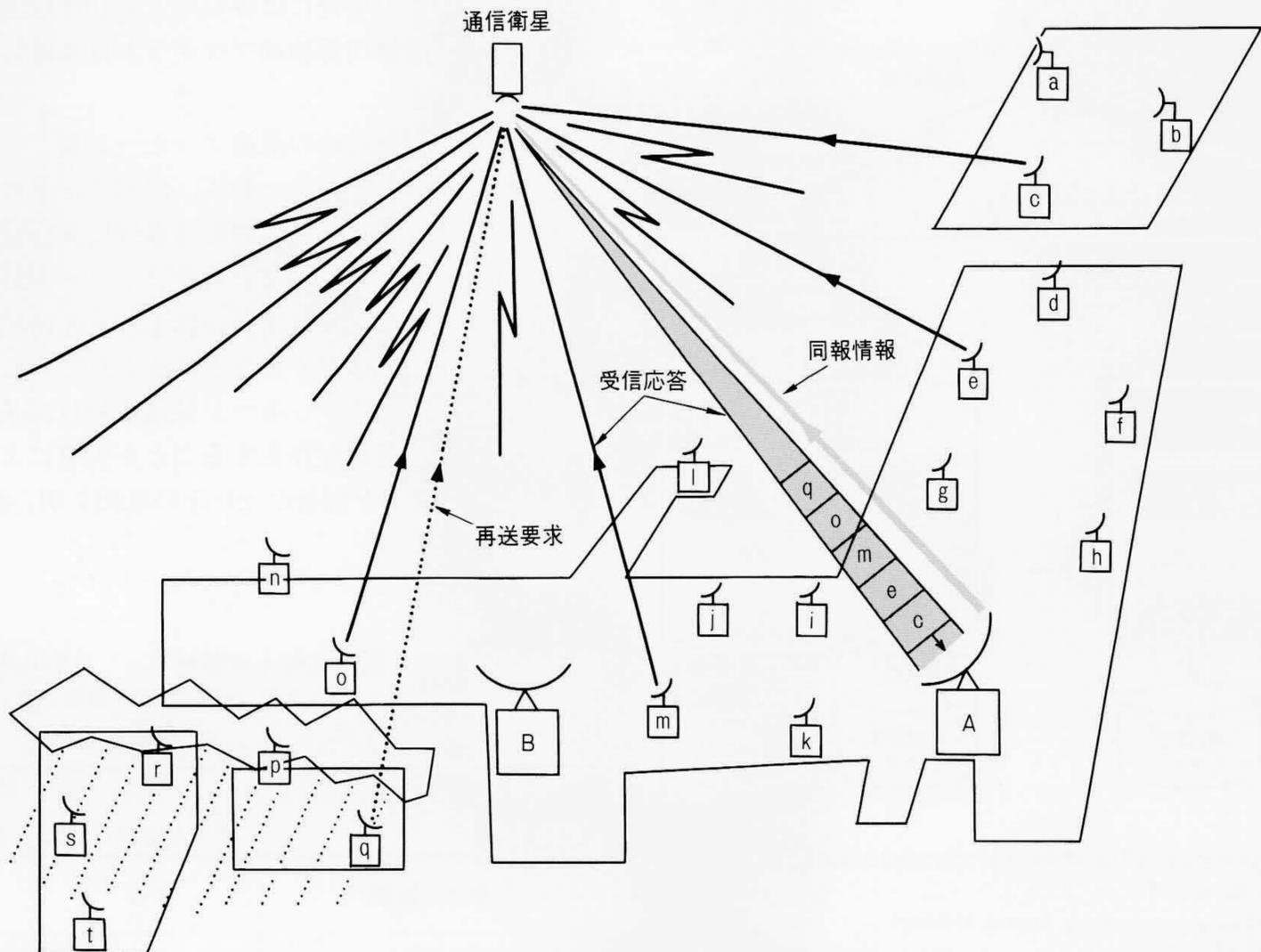


図3 衛星同報通信システムの構成 衛星同報通信システムでは、降雨などにより衛星回線特に地域性が生じるとともに、各受信局からの応答数が非常に多くなる。

を実現する制御方式により解決できる<sup>9)</sup>。

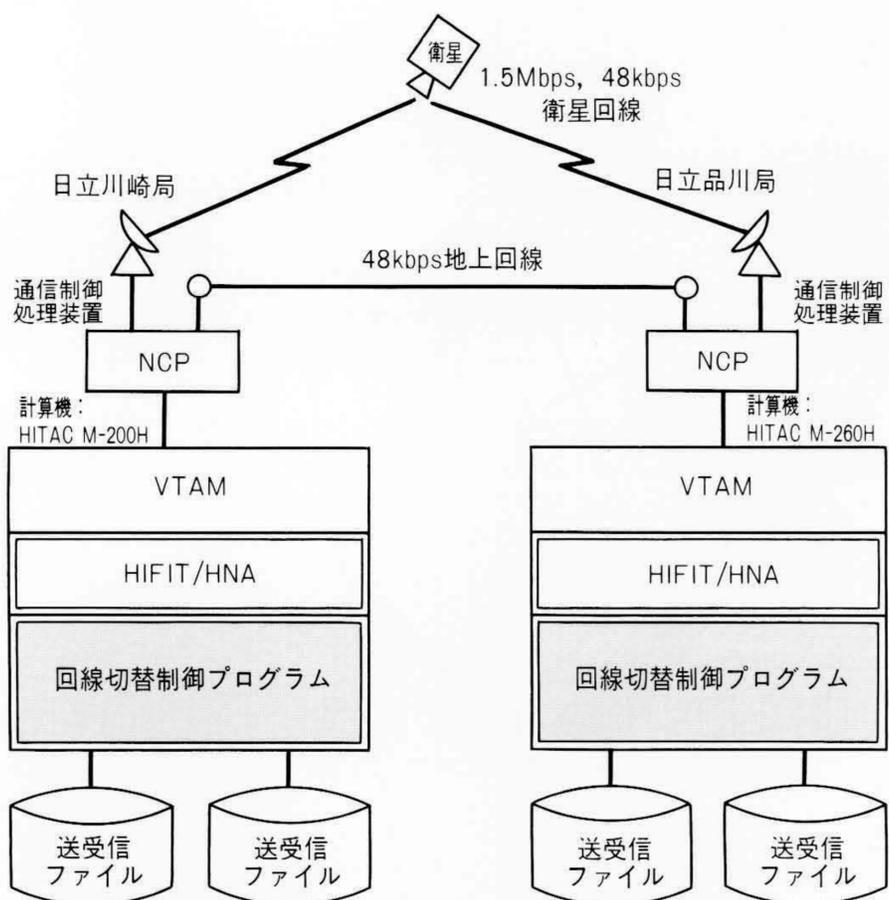
#### 4 実験結果

3.1節で述べた衛星・地上回線切替制御方式の回線切替時間と最適伝送パラメータ自動設定機能導入の足がかりとなったファイル転送時の最適メッセージ長に関する実験結果について述べる。

##### (1) 実験システム

実験システム構成を図4に示す。ここで日立川崎局は昭和59年3月、日立製作所システム開発研究所に、日立品川局は昭和60年3月、日立大森第二別館にそれぞれ設置を完了した。また、2章で述べた日立衛星通信地球局の1号機は日立横浜局として昭和61年9月、日立製作所戸塚工場に設置し、多元接続プロトコルの評価実験に使用している。日立川崎局、日立品川局共にCCP(Communication Control Processor: 通信制御処理装置)を介して、HITAC Mシリーズ(以下、Mシリーズと略す)大形コンピュータがホストとして接続されている。通信制御処理装置には48kbpsの地上回線と衛星回線が設定されている。この回線を用いて、ホスト～ホスト間のファイル転送を実施する。

また、ソフトウェア関連では、ネットワーク制御及び通信管理プログラムはMシリーズでの拡張VTAM(Virtual Telecommunications Access Method)/NCP(Network Control Program)を用いており、日立川崎局と日立品川局の通信制御処理装置間に複数回線の設定が可能である。データ



注：略語説明  
 HIFIT/HNA(High level File Transmission program/Hitachi Network Architecture)  
 VTAM(Virtual Telecommunications Access Method)  
 NCP(Network Control Program)

図4 実験システム 日立川崎局と日立品川局間でのファイル転送と、衛星・地上回線切替実験の実施が可能である。

リンクレイヤの伝送制御手順は、HDLC(High level Data Link Control)のNRM(Normal Response Mode)を用いており、日立品川局が一次局に設定されている。ファイル転送プログラムとしては、HIFIT/HNA(High level File Transmission program/Hitachi Network Architecture)を使用する。また、日立川崎局と日立品川局のCCP間の回線の障害検知と回線切替えを行うために、3.1節で述べた日立製作所システム開発研究所で開発した回線切替制御プログラムを用いる。

##### (2) 実験結果

実験結果の概要を以下に述べる。

##### (a) 衛星・地上回線切替時間特性

日立品川局から日立川崎局に地上回線を用いてファイル転送を実行中、人為的に回線に障害を起こし、自動的に衛星回線に切り替わることを確認するとともに、切替時間を測定した。また、衛星回線から地上回線への切替えも実施し、同じように切替時間を測定した。なお、実験は平日(計算機負荷時)と休日(計算機無負荷時)に実施した。計算機負荷時のCPU利用率は約70%であった。

地上回線→衛星回線、衛星回線→地上回線への切替えの実験結果を表4に示す。ここで、切替時間とは、回線障害が発生してから回線切替えにより新しいファイル転送プログラムが実行されるまでの時間を意味している。この結果から、回線切替えは、地上から衛星、衛星から地上どちらの方向でも計算機無負荷時であれば10秒以内、計算機負荷時でも1分以内で行うことができることが分かる。オペレータが回線障害を検知してから回線を切り替える、いわゆる手動切替えの場合には少なくとも10分はかかることを考えると、本回線切替制御プログラムは非常に有効であることが確認できた。

##### (b) ファイル転送時の最適メッセージ長

ファイル転送では、一般に、送信ファイルデータはメッセージと呼ばれる回線上の転送単位に分割されて転送される。従来、もし回線品質がエラーフリーであれば、このメッセージ長は、長ければ長いほどファイルの伝送効率は上がり、伝送時間も短くなると考えられていた。しかし、衛星通信の場合にはメッセージ長は長ければ長いほどよいのではなく、最適値が存在することを実験によって発見しシミュレーションと解析によりその原因を明らかにした(詳細

表4 衛星・地上回線切替え実験結果 日立川崎局と日立品川局間でファイル転送中に、人為的に回線障害を発生させ、回線が切り替わるまでの時間を測定した。

切替方向	測定項目	切 替 時 間	
		計算機無負荷時	計算機負荷時*
地上→衛星		9 秒	55秒
衛星→地上		8 秒	52秒

注：\* CPU利用率70%

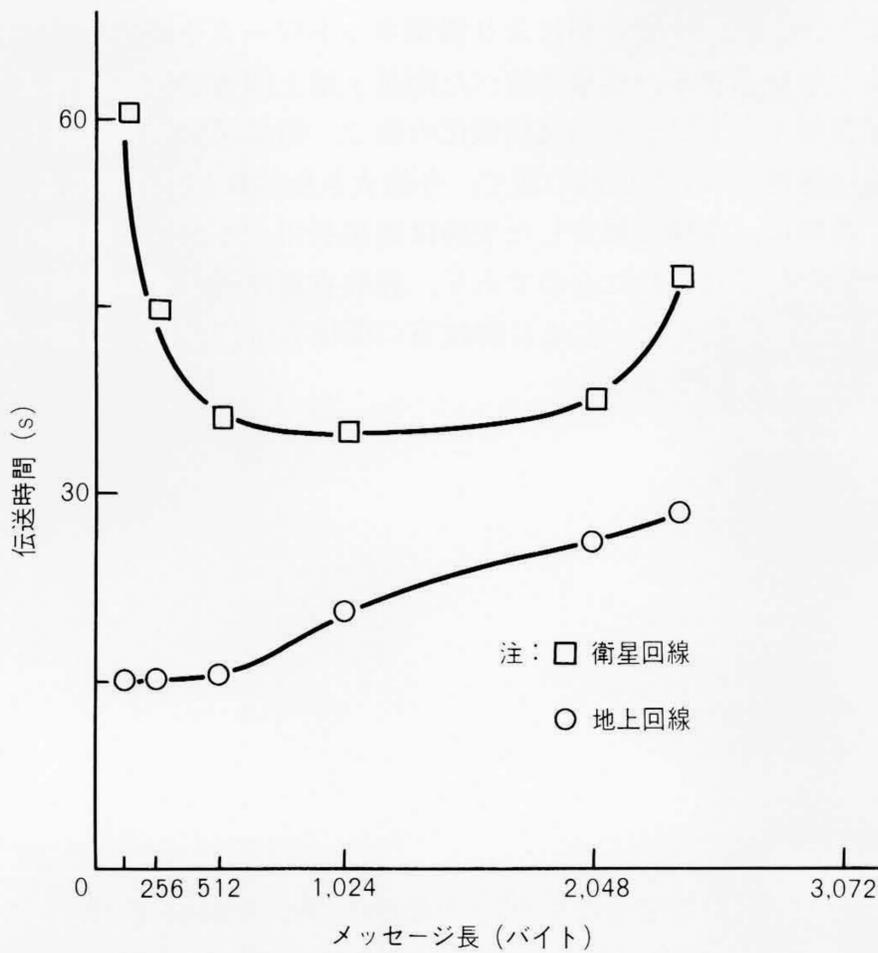


図5 メッセージ長による伝送時間変化 日立川崎局と日立品川局間で、メッセージ長を変えてファイル転送を行い、その伝送時間を測定した。

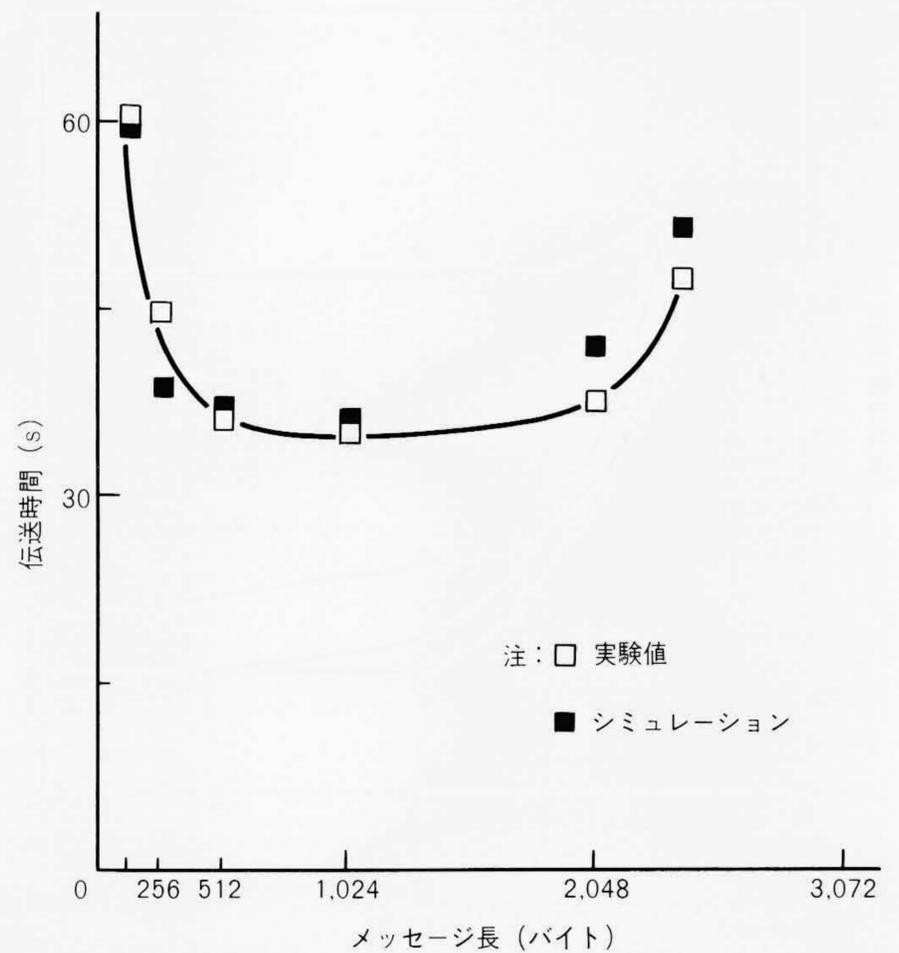


図6 メッセージ長による伝送時間変化 日立川崎局と日立品川局間で、メッセージ長を変えてファイル転送したときの実験値とシミュレーション値の比較を行った。

については文献<sup>10)</sup>を参照)。

下記の条件でファイル転送を行った場合の実験結果を

図5に、シミュレーション結果との比較を図6に示す。

(i) 送信ファイル形式

- レコードフォーマット：固定長形式
- レコード長：80バイト
- ブロックサイズ：80バイト
- レコード数：500

(ii) ファイル転送方向：日立品川局から日立川崎局

(iii) アウトスタンディングフレーム数：7

(iv) メッセージ長：128バイト、256バイト、512バイト、1,024バイト、2,048バイト及び2,400バイト

(v) チェインレコード数：30

この結果から、同じファイルを送信する場合でも使用する回線が地上回線か衛星回線かに応じて、メッセージ長などの伝送パラメータをその回線に応じた値に設定する必要があることが分かった。

(c) 最適メッセージ長の感度解析<sup>11)</sup>

送信ファイル形式、特にレコード長の変化が上記(b)で述べた最適メッセージ長に与える影響を明らかにするために、下記の条件でファイル転送を行った。

(i) 送信ファイル形式

- レコードフォーマット：固定長形式
- レコード長：表5参照
- ブロックサイズ：レコード長と同じ値
- レコード数：表5参照

(ii) ファイル転送方向：日立品川局から日立川崎局

表5 実験条件 送信ファイルのレコード長が、最適メッセージ長に与える影響を調べるための実験条件である。

No.	レコード長 (バイト)	レコード数	チェインレコード数
1	36	3,000	250
2	45	2,400	200
3	60	1,800	150
4	75	1,440	120
5	100	1,080	90
6	200	540	45

(iii) アウトスタンディングフレーム数：7

(iv) メッセージ長：地上回線 128バイト、256バイト、512バイト、1,024バイト及び2,048バイト

衛星回線：256バイト、512バイト、1,024バイト及び2,048バイト

(v) チェインレコード数：表5参照

なお、各ファイルの全データ量(レコード長×レコード数)は一定であり、また、アプリケーションレベルでの到達確認データ量(レコード長×チェインレコード数)も一定である。

衛星回線の場合の実験結果を解析結果とともに図7に示す。レコード長45バイト未満では最適メッセージ長は512バイト、

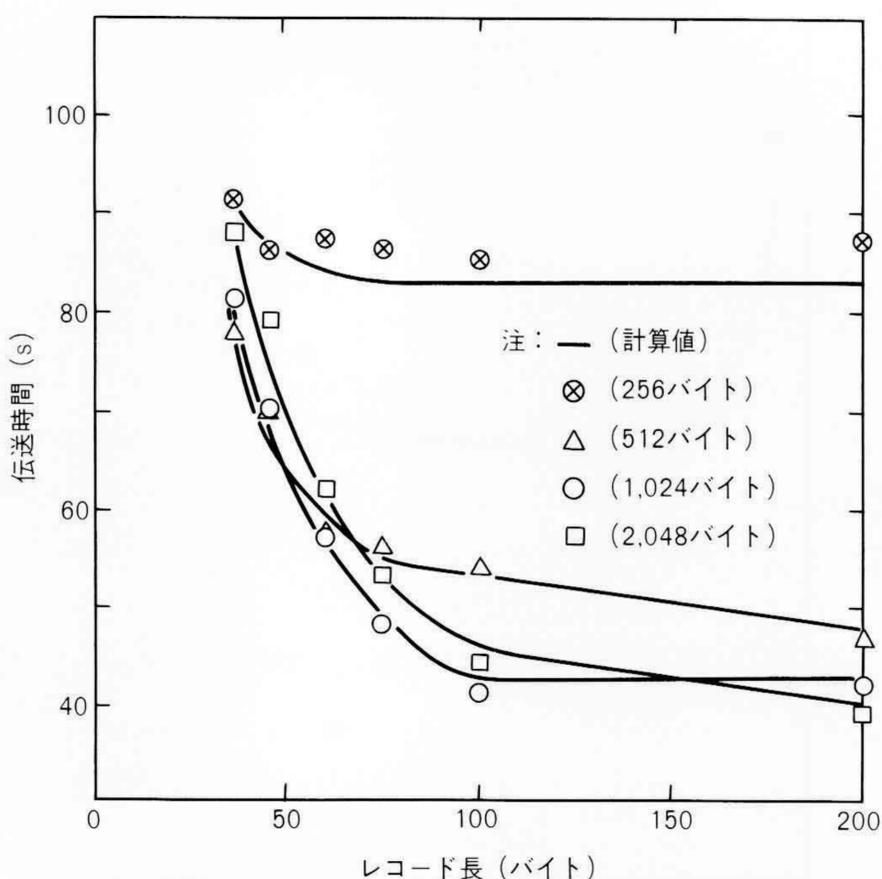


図7 レコード長による伝送時間の変化  
実験値と計算値の比較(衛星回線) 送信ファイルのレコード長が、最適メッセージ長に与える影響を調べるために行ったファイル転送実験結果と計算値の比較を示す。

レコード長150バイト未満では1,024バイト、レコード長150バイト以上では2,048バイトである(地上回線の場合にも定性的に同じ結果を取得している)。この結果から、ファイル転送を行う場合には使用する回線の種類(衛星回線又は地上回線)と送信ファイル形式、特にレコード長に応じて、メッセージ長などの伝送パラメータを最適な値に設定する必要があることが分かった。

以上、衛星・地上回線切替制御方式に関する実験結果の一部について報告した。今後は、これらの実験結果、特に(b)、(c)の結果を基に最適伝送パラメータ自動設定機能の充実を図るとともに、今後重要になると考えられる衛星・地上回線高効率併用方式への展開を進めてゆく。また、合わせて衛星同報通信制御の実験も実施していく予定である。

## 5 結 言

CS-3及び輸入衛星各社の通信衛星の打ち上げを昭和63年から64年に控え、我が国の衛星通信もいよいよ実用段階に入りつつある。今後は衛星通信の特長のうち、耐災害性、同報性、移動性を主に利用した衛星通信システムが単独としてで

なく、地上網との併用により情報ネットワークを構成していくと推定される。本稿で述べた衛星・地上回線切替制御方式は情報ネットワークの高信頼化の面で、衛星同報通信制御方式は通信コストの低減の面で、今後大きな効果が期待される。

最後に、本稿で報告した実験は衛星利用パイロット計画の一環として行われたものであり、郵政省電波研究所の指導のもとに実施された。ここに郵政省の関係各位に対し、深謝の意を表す次第である。

## 参考文献

- 1) 中村, 外: 衛星通信システムの最近の動向, 日立評論, 67, 5, 387~390(昭60-5)
- 2) 村永, 外: 衛星利用パイロット計画, 電波研究所研究発表会(第67回)予稿集, 81~113(昭59-11)
- 3) 戸ヶ崎, 外: Kaバンド平面形クロスバーミキサの開発, 電子情報通信学会全国大会(昭62)
- 4) 八木, 外: デジタル波形合成によるQPSK変調器, 電子通信学会全国大会(昭61)
- 5) 高橋, 外: 位相制御形デジタルVCO, 電子情報通信学会全国大会(昭62)
- 6) 新内, 外: ミックスド・メディア・ネットワークにおける衛星/地上回線切替え制御方式, 電子通信学会情報・システム部門全国大会, 298(昭60-11)
- 7) S. R. Chandran, et al.: A Selective-repeat ARQ Scheme for Point-To-Multipoint Communications and its Throughput Analysis, SIGOM'86 1986-8
- 8) 伊藤, 外: 衛星回線用データリンク制御手順, 電波研究所季報, Vol.32, No.163, pp.153~163(1986-6)
- 9) 藤倉, 外: 衛星同報通信制御方式の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, 衛星通信研究会(昭62-7)
- 10) 中村, 外: 衛星/地上回線におけるファイル転送時の最適メッセージ長の解析, 電子通信学会論文誌'86/11, Vol. J69-B, No.11
- 11) 新内, 外: ファイル転送における衛星/地上回線併用・切替方式の開発, 電子情報通信学会技術研究報告, 衛星通信研究会(昭62-5)