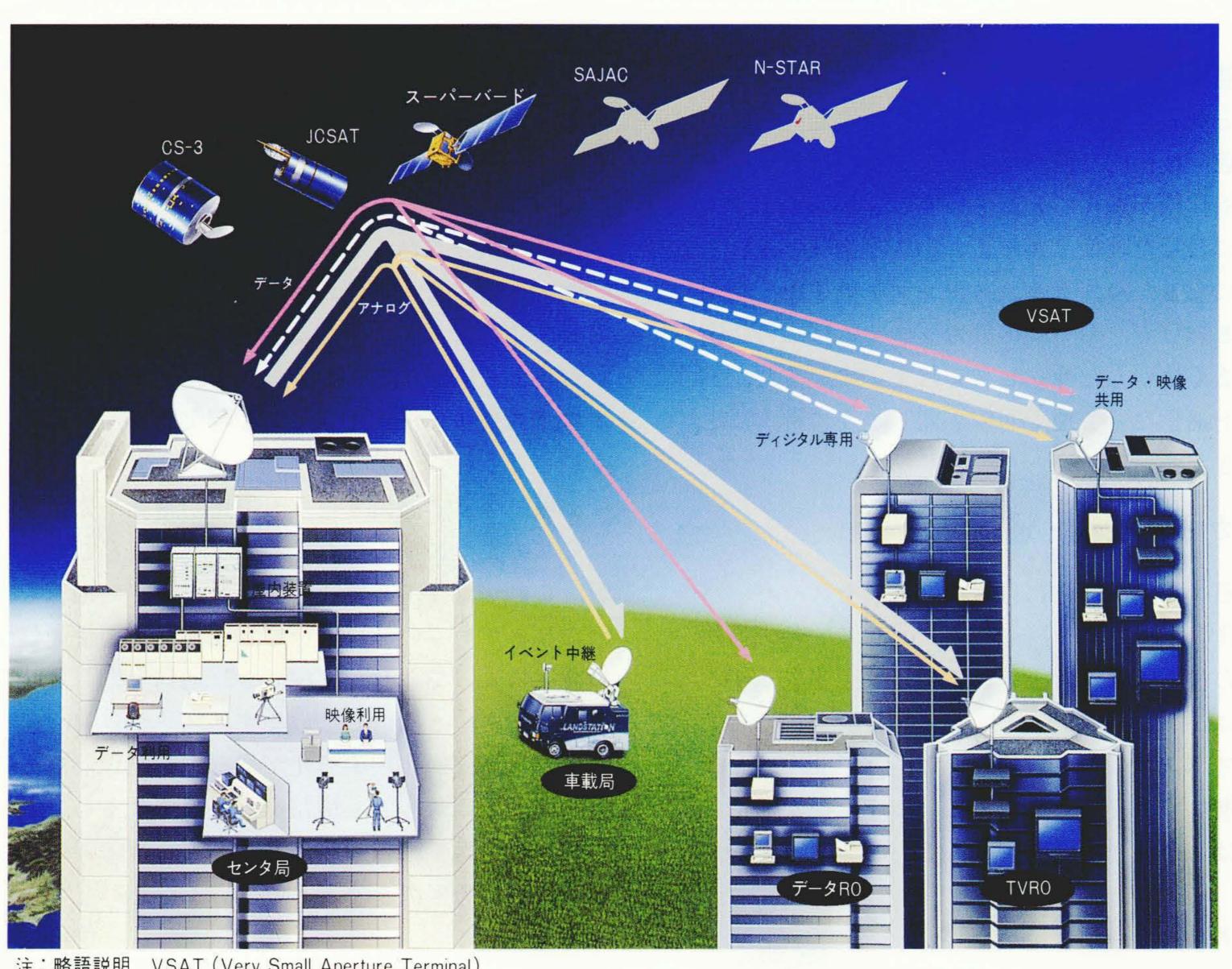
# 広がる衛星通信利用システム

**Expanding of the Use of Satellite Communication Systems** 

川船武則\* Takenori Kawafune 松井康夫\* Yasuo Matsui



注:略語説明 VSAT (Very Small Aperture Terminal)

衛星通信の概念図 現在運用されている通信衛星および計画されているもの(シルエットで表示)を示す。

平成元年,民間通信衛星JCSAT-1号の打ち上げ によって本格的にスタートしたわが国の衛星通信 は、各方面に利用されつつある。今後新たな通信衛 星の打ち上げにより、利用可能なトランスポンダ数 が大幅に増加する見通しで, 広帯域性, 広域性, 同 報性などの特徴を生かして, さまざまな方面に利用 されていくものと考える。日立製作所でも,これら の特徴を生かした衛星通信地球局システムに貢献で きるよう対応している。テレビジョン信号のアナロ

グ伝送技術, ディジタル信号伝送技術, 遅延に対す る対応, セキュリティなどの主要技術を保有し, さ らに, 通信第二種事業を行って, 衛星通信をネット ワークで供給していくことによって得られたノウハ ウを製品へ反映し, ユーザーのさまざまな要求にこ たえることができる。衛星通信はこれから大きな発 展の期待できる分野であり、この発展に少しでも寄 与していきたい。

<sup>\*</sup> 日立製作所 宇宙技術推進本部

# 1 はじめに

わが国の衛星通信は、平成元年に初の民間通信衛星である日本通信衛星株式会社のJCSAT-1号が打ち上げられ、本格的にスタートした。

現在,テレビジョン放送局のSNG(Satellite News Gathering)や,CATV(Cable Television)用番組配信,企業内通信,教育関係などテレビジョン信号伝送を中心に利用されている。また,新聞紙面伝送・ファクシミリ・パケット通信などのデータ伝送や,わが国独自の自治体防災行政無線システムへの利用も始まっている。

平成4年2月に宇宙通信株式会社のスーパーバード B号の代替え衛星が打ち上げられ,同年4月からサービ スを開始した。

今後は、スーパーバードA号の代替え衛星、サテライトジャパン株式会社のSAJAC-1号・2号、日本電信電話株式会社のN-STAR(2機)の打ち上げなどが予定されており、平成7年ごろには利用できる $14/12\,\mathrm{GHz}$ 帯(Kuバンド)のトランスポンダ $^{*1}$ 数が、現在の87本から180本へ大幅に増加する見通しである。また、平成4年4月からはCS(Communications Satellite) 放送もスタートして

※1) トランスポンダは衛星に搭載される中継器で、増幅と 周波数変換機能を持っている。 おり、広帯域性、広域性、同報性などの特徴を持つ衛星通信は、さらに新たな方面へ利用が広がりつつある。

ここでは,衛星通信の動向および日立製作所の対応に ついて述べる。

# 2 衛星回線の特徴

通信衛星の打ち上げにより、新しい通信手段として登場した衛星回線は無線回線であり、図1に示すように情報を送り出す地球局(送信局)と、それを中継する通信衛星、および受信する地球局(受信局)から構成されており、従来の通信手段とは異なったさまざまな特徴を持っている。これらの特徴について地上回線と比較してみる。

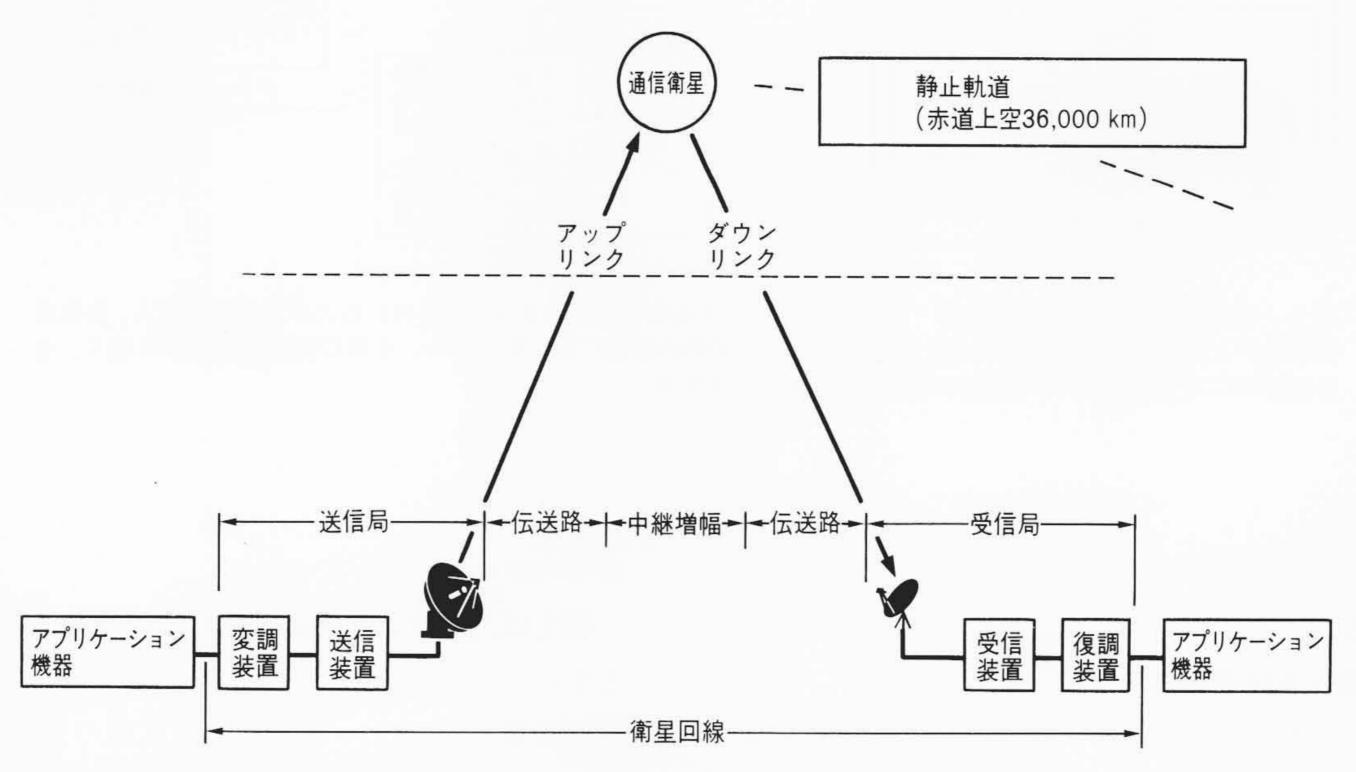
(1) 同報通信は衛星回線の独擅(せん)場

地上回線はケーブルによる接続が主体であるため、 1対1の通信が基本である。

一方,衛星回線では,送信局から送られた電波は通信衛星で中継され全国に送信されるため,受信局を設置すればどこでも,何個所でも受信可能であり,同報通信が容易に実現できる。

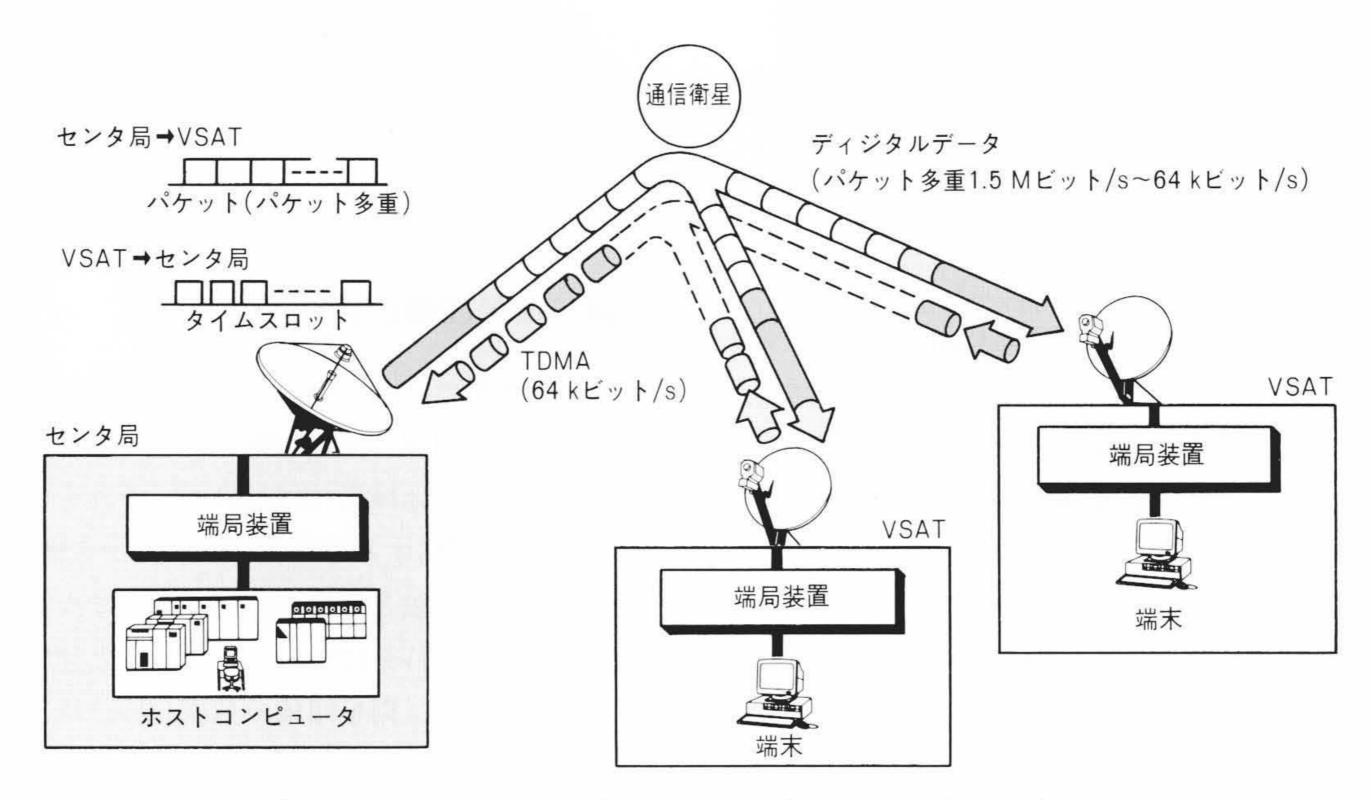
この特徴はCATV配信・ビジネステレビジョン・CS 放送などの映像同報や、新聞紙面伝送のようなデータ同 報などに利用されている。

さらに**、図2**に構成例を示すVSAT(Very Small Aperture Terminal)システムのように、一つのセンタ局と多くのVSAT局とでスター状ネットワークを構成した



注:送信局と衛星との間の伝送路をアップリンク、衛星と受信局との間の伝送路をダウンリンクと呼ぶ。

図 | 衛星通信の構成 通信衛星を使用した通信回線の構成を示す。



注:略語説明 TDMA (Time Division Multiple Access), VSAT (Very Small Aperture Terminal)

図 2 VSATシステムの構成例 VSATシステムの構成例および通信方式・回線速度を示す。

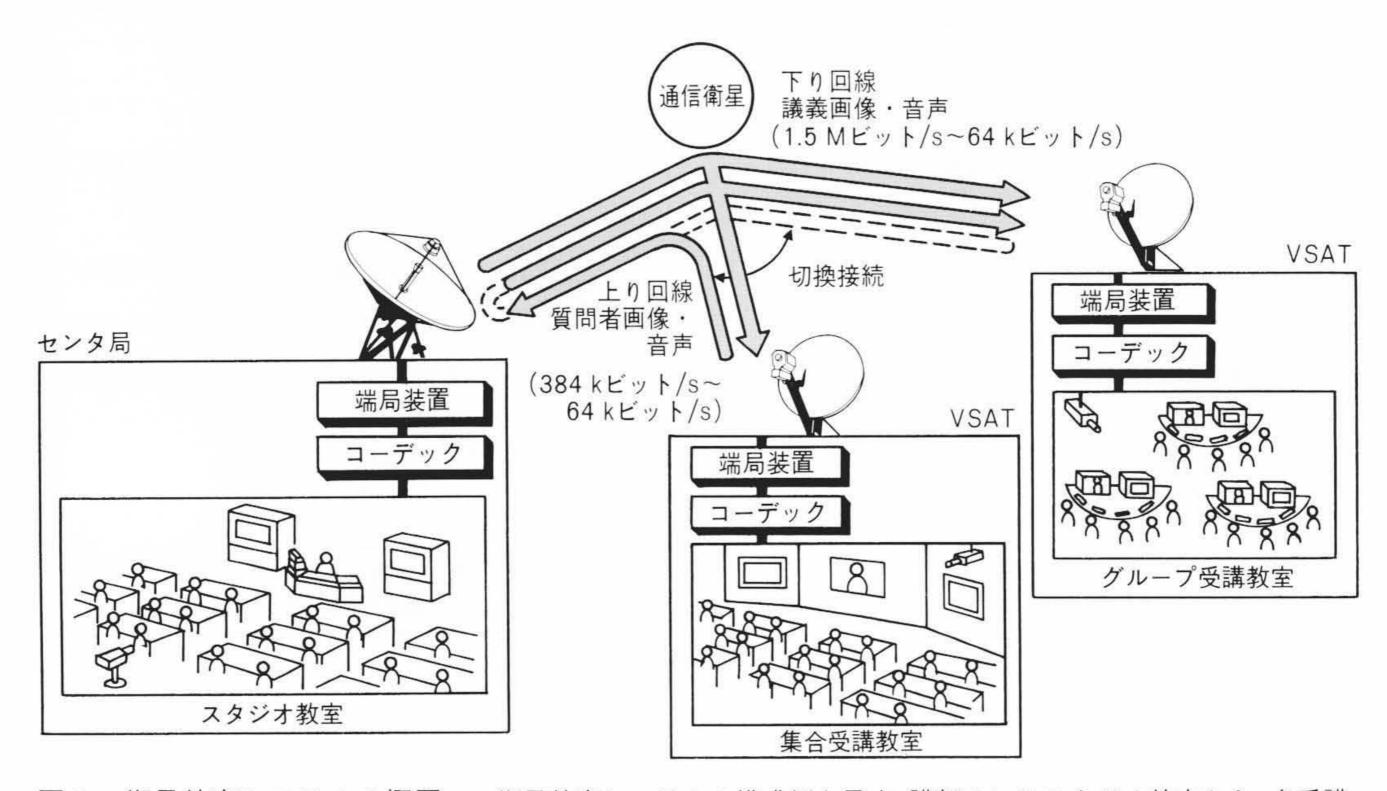


図3 衛星教育システムの概要 衛星教育システムの構成例を示す。講師のいるスタジオ教室から、各受講教室へディジタル圧縮画像を伝送し、講義を行う。質問の場合には、質問者のいる局に衛星回線を割り当て、他の受講局に対してはセンタ局経由で質問者映像を伝送する。

場合でも、センタ局からVSAT局への通信はこの特徴を 利用している。

# (2) 自由に選べる伝送容量

地上回線は,契約したメニューによって伝送容量が固 定されてしまう。

一方,衛星回線は伝送容量を自由に選ぶことが可能で,

むだのない使い方ができる。

例えば、図3に示す衛星教育システムのように、講師を中心としたスター状ネットワークを組み、下り回線の講師映像に384 kビット/s、上り回線の質問者の映像に64 kビット/sのコーデックを使用したとき、衛星回線では上り回線と下り回線を別容量とすることが容易なため、

回線容量をコーデックに合わせて設定できる。

## (3) どこでも通信可能とする地球局

地上回線はケーブルによる接続が主体であるため、任 意の場所に短時間で回線を引くことは困難である。

一方, 衛星回線は電波を利用しているため, 地球局さ え持っていけばどこでも利用できる。

SNGや各種イベント中継などで利用されている車載 局・可搬局などは、この特徴を利用したものである。

例えば放送局では,取材先からの生中継を従来地上無 線の多段中継で行っていた。ところがSNGの導入によ り、図4のように車載局を持っていくだけで同じことが できるようになり, 人手や準備に要する時間が大幅に削 減された。

また、離島や辺地など地上回線ではサービスが困難ま たは効率的でない場合も,衛星回線の利用が適している。 建設会社がダムサイトと本社の間に,工事期間だけ臨時 回線を設ける場合などにも利用できる。

## (4) 受けにくい地上災害の影響

地上回線は,回線を構成するケーブルや中継器,交換 機などの設備がすべて地上にあるため、地震や風水害な どの地上災害によって不通になる場合がある。

一方、衛星回線は、先の図1に示したように回線を構 成する設備は通信衛星だけであり、地上回線とはまった く別ルートであるため、地上災害の影響を受けにくい。 したがって、信頼度向上の目的で回線の2ルート化を

行う場合,一方に地上回線,もう一方に衛星回線を使用 すれば、おのおのルートが異なるため、同時に不通にな る可能性がきわめて低くなり効果的である。自治体の防 災行政無線や企業内ネットワークのバックアップ回線 は、この特徴を利用している。

例えば銀行の業務では、各支店とホストコンピュータ の通信が不可欠であり,通信回線が地上災害の影響でダ ウンすると業務が停止してしまう。しかし、衛星回線に よるバックアップ回線を準備しておけば、地上回線がダ ウンしても業務が続けられる。

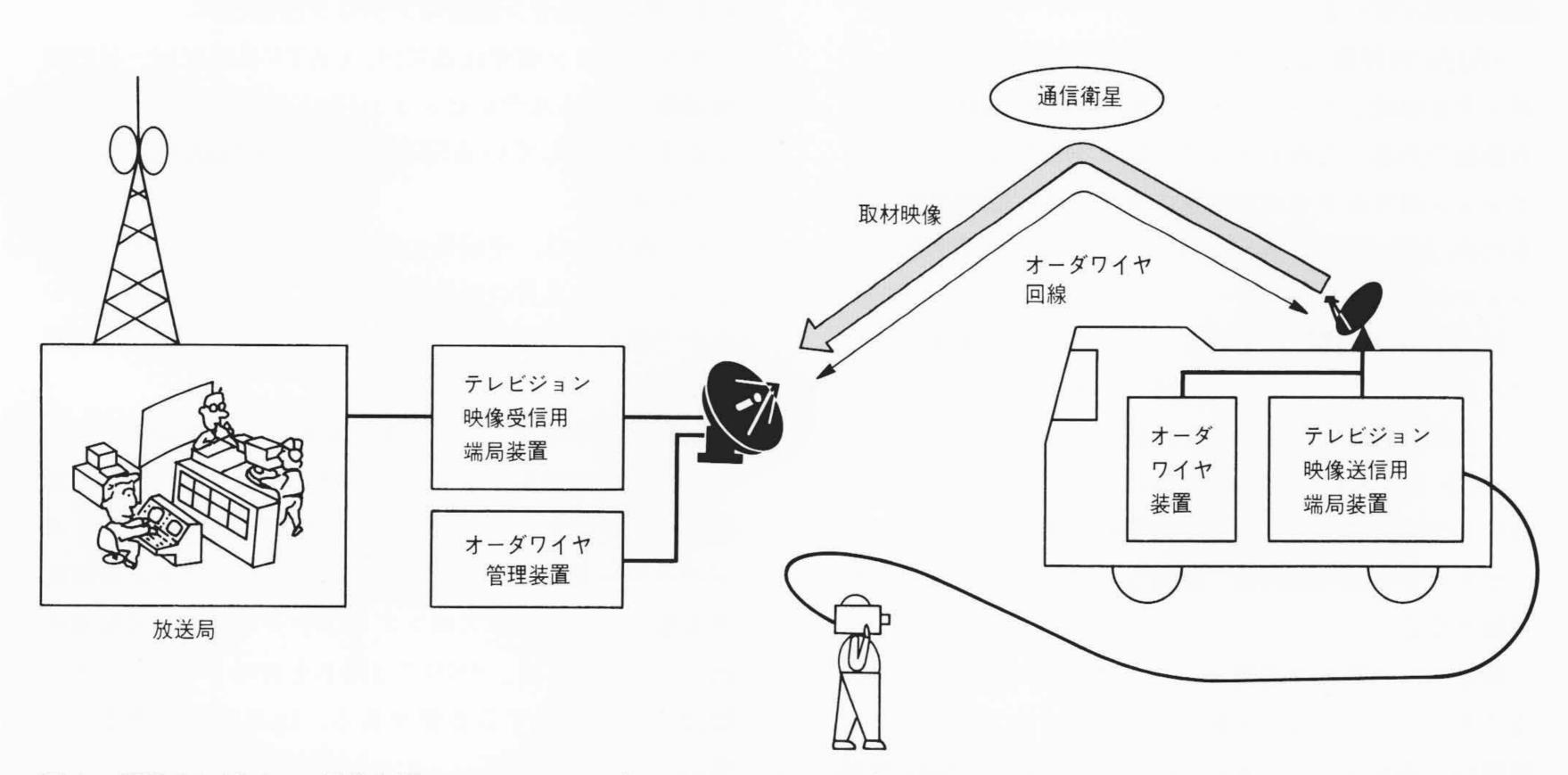
# (5) アンテナロ径による回線品質の選択

地上回線では、回線品質は通信事業者が決めた仕様に 依存する。

一方, 衛星回線は、受信アンテナの口径によって回線 品質が変化する。このため、高い回線品質が必要な場合 は大口径受信アンテナ, 回線品質が低くてもよい場合は 小口径受信アンテナという使い分けを行うことにより, システムの導入コストを抑えることができる。

# 通信衛星の概要

わが国の国内通信用衛星の概要を**表1**に示す。CS-3 は、わが国初の実用通信衛星で世界で最初に30/20 GHz の準ミリ波帯(Kaバンド)による通信を実用化したCS-2 の後継機で、民間会社などによる企業内通信にも利用さ れている。JCSATはわが国で初の民間出資国内通信衛



SNG (Satellite News Gathering)システムの構成を示す。取材映像を送るだけでなく、オーダワ 図 4 移動テレビジョン映像伝送システム イヤ回線によって放送局と取材現場間の相互連絡を行うことができる。

				****	
事 業 者	CS-3 通信·放送衛星機構	JCSAT 日本通信衛星 株式会社	スーパーバード 宇宙通信 株式会社	SAJAC 株式会社 サテライトジャパン	N-STAR 日本電信電話 株式会社
事 業 認 可		昭和60年6月	昭和60年6月		
打ち上げ		1:平成元年3月 2:平成2年1月	A':平成4年II月 B':平成4年2月	1:平成6年6月 2:平成6月12月	A:平成7年2月 B:平成7年8月
事 業 開 始		1:平成元年4月 2:平成2年2月	A':(未定) B':平成 4 年 4 月	1:平成6年7月 2:(未定)	A:平成7年4月 B:平成7年10月
トランスポンダ	C: 2	Ku: 32	Ku: 23 Ka: 10	Ku: 24 Ka: 3	S: I O: 6 Ku: II Ka: 8
帯 域 幅(Hz)	C: 180 M Ka: 100 M	Ku: 27 M	Ku: 36 M Ka: 100 M	Ku: 27 M× 9 36 M×II 54 M× 4	S: Ku: Ka:
出力	C: 6 W Ka: 10 W	Ku: 20 W	Ku: 35 W Ka: 29 W	Ku: 50 W 120 W 124 W	S: Ku: Ka:
軌道	132,136°	150,154°	158,162°	120,124°	132,136°
質 量	550 kg	I,340 kg	1,500 kg	(未定)	(未定)

表 I 通信衛星(計画)の種類 現在運用中のものおよび今後打上げが予定されている通信衛星の概要を示す。

注:衛星通信用として認可されている周波数帯には、30/20 GHz, 14/12 GHz, 6/4 GHz, 2.6/2.5 GHzがあり、それぞれKaバンド、Kuバンド、Cバンド、Sバンドと呼ぶ。

星である。スーパーバードはJCSATに比べてトランスポンダの帯域が広い。

今後打ち上げが予定されている衛星には、株式会社サテライトジャパンのSAJACおよび日本電信電話株式会社のN-STARがあり、両方とも米国の衛星メーカーに発注が決まっている。

SAJACの特徴は、54 MHzという帯域の広いトランスポンダを搭載していることで、JCSAT(27 MHz)の2倍の帯域である。このトランスポンダを使用すると、テレビジョン信号をアナログ伝送で2チャネル同時送信できるため、JCSATやスーパーバードとは異ったアプリケーションが考えられる。

N-STARの特徴は、メニューの一つに移動体通信サービスを予定していることである。搭載予定のSバンドトランスポンダを利用し、海上、陸上の移動体を対象とする。海上では現在、沿岸地域だけのサービスエリアが200海里まで拡大できる。陸上では現在、携帯電話などのサービスエリア外の山間部、離島などに対するサービスが可能となる。

衛星通信の使用周波数は、14/12 GHzのKuバンドが主流である。この帯域は比較的雨に強く、地上のマイクロ回線の干渉が少なく、Kaバンドに比べ素子の値段が安い。米国でも、この帯域が主に使用されている。

# 4 衛星通信の主要技術

衛星回線は以上述べたような特徴を持っているが,この章では,これらを有効に利用したシステムの提供に必要な主要技術について述べる。

## 4.1 テレビジョン信号のアナログ伝送技術

テレビジョン信号伝送には、CATV番組配信・社内映像通信(ビジネステレビジョン)などの信号配信と、放送局が主に使用しているSNGなどの信号伝送の二つのケースがある。

信号配信では、受信局に口径の大きなアンテナを使用 し、スタジオ品質に近い伝送を行う場合と、小口径アン テナで簡易な受信を行う場合とがあり、目的によって選 択できる。

信号伝送の場合は、送信側が車載局や可搬局のような小形地球局を使用するケースがほとんどであるため、受信局のアンテナには大形のものが使用される。なお、スーパーバードのように帯域の広いトランスポンダを使用する場合、1トランスポンダで2チャネルの信号伝送を行うこともできる。SNGでは両者を併用しており、地球局はこれに対応する必要がある。伝送諸元を表2に示す。

映像アップリンク用固定局・イベント中継用車載局・

表 2 テレビジョン信号の伝送諸元 テレビジョン信号のア ナログ伝送に対する伝送諸元を示す。

#### (a) 映像

変		調		方		式	FM-TV方式
占	有	周	波 数	一带	域	幅	26.9 MHz
最	高	変	調	周	波	数	4.2 MHz(NTSC)
最	大	周	波	数	偏	移	16.3 MHz
デ	1	ス	/ °	_	サ	ル	2.2 MHz <sub>p-p</sub> 変調度 30 Hz
I	ン	7	7 7	7	シ	ス	CCIR G405-I カーブA

#### (b) 音声

変	Ē	周	方	ī	式	PCM-DQPSK音声副搬送波方式
副	搬	送	周	波	数	5.72727 MHz
伝	送	L	/	-	٢	I,024 kビット/s(BS方式準拠)
音	声	Ľ	_	ク	率	18 dB
主搬送に対する周波数偏移					扁移	5.8 MHz <sub>P-P</sub>

注:略語説明 NTSC(National Television System Committee)
CCIR(International Radio Consultative Committee)
PCM-DQPSK(Pulse Code Modulation-Differential
Quadrature Phase Shift Keying)
BS(Broadcast Satellite)

SNG用の固定局や車載局などは、多くの方面で利用されている。

## 4.2 ディジタル信号伝送技術

# (1) 伝送方式・アクセス方式

ディジタル信号伝送には、伝送方式として1チャネルの伝送路を一つの信号伝送に使用するSCPC方式、1チャネルの伝送路に複数あて先への信号を流し受信側で自局あての信号を取り出すTDM(Time Division Multiplexer)方式、1チャネルの伝送路を複数の地球局で時分割で共有するTDMA(Time Division Multiple Access)方式など、さまざまな通信方式が使用されている。

また、回線を割り当てるアクセス方式には、特定の地球局間に回線を固定的に割り付ける固定アクセス方式、送りたい情報があるときに回線を予約して使用する予約アクセス方式、送りたい情報が発生すると予約なしで直ちに送信するランダムアクセス方式、これらを複合したアクセス方式などがある。

ディジタル信号伝送用衛星通信ネットワークを構築する場合、ネットワークの形態や運用方法、取り扱うデータの性質、トラヒックの発生頻度などによって伝送方式やアクセス方式の中から最適の方式を適宜選択する必要がある。

## (2) 通信ネットワークの構築

ディジタル信号伝送の場合,地球局単体だけでなく, 複数の地球局によって構成される通信ネットワークを提 供していく必要がある。

例えば、テレビジョン映像のディジタル圧縮技術を用いて、トランスポンダの一部分を使用して経済的に運用でき、かつ講師映像だけでなく質問者の映像も他の教室で見られるようにして、臨場感あふれる授業を可能としたのが衛星教育システムである(先の図3参照)。送信局から新聞紙面を全国の印刷所にある受信局にそれぞれ同報送信し、受信局からの応答は、1チャネルの回線をTDMA方式で全受信局で共有して使用することにより、使用チャネルを最小限にしたのが紙面伝送用VSATネットワークである(図5参照)。自治省が整備を進めている衛星回線を利用した防災行政無線ネットワークなどは、ネットワークとして提供された例である。

## 4.3 遅延に対する対応

衛星回線では、地上約3万6,000 kmにある通信衛星との間を電波が往復するため、約250 msの遅延が発生する。このため、電話での会話がやや不自然になったり、データ伝送では誤り制御に時間がかかり、スループットの低下を招いたりする。これらの点はすでに対策方法が確立されており、衛星回線を意識せずに使用できる。対策方法は、

- (1) 音 声:エコーキャンセラー\*2)の使用
- (2) データ:モジェロ\*3)変更
- (3) ファクシミリ:ディレータイムの調整\*\*<sup>4)</sup> などである。

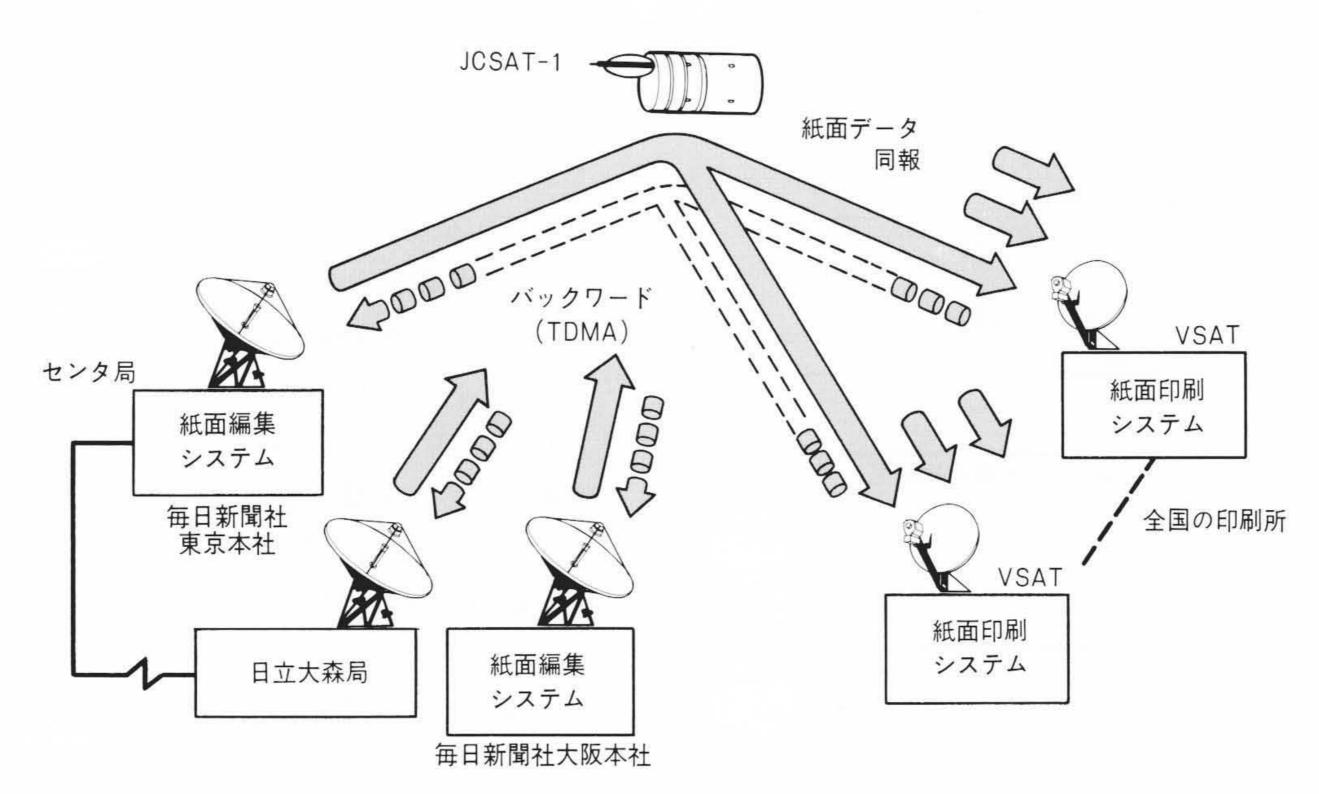
# 4.4 セキュリティ

衛星回線は電波を使用しているため、第三者が受信局を設備すれば通信内容を容易に傍受できる。これを防止するため信号の暗号化が必要になる。暗号化は、テレビジョン信号のアナログ伝送の場合とディジタル信号伝送の場合とでは異なっている。テレビジョン信号のアナログ伝送では、走査線を入れ替える方式などさまざまなものが開発されている。

<sup>※2)</sup> 衛星回線のように遅延が大きいと、電話機などで自分の話した声が相手の電話機内で折り返されてエコーとなって聞こえるため、これを防止する装置。

<sup>※3)</sup> データ伝送では、送ったデータが正しく受信されたか 否か、一定量のデータごとに確認応答を返している。こ の応答を返すデータの量をモジェロと呼ぶ。

<sup>※4)</sup> ファクシミリはデータの送信に対し,受信側から送信側 に応答を返しているが,一定時間内に応答が返らない と異常と判断して切断する。ディレータイムの調整によってこの時間を衛星の遅延などを考慮して合わせる。



注:略語説明 日立大森局(日立製作所大森第二別館地球局)

図 5 新聞紙面伝送用VSATネットワーク 通信衛星を用いた紙面伝送システムの構成を示す。センタ局から、全国の印刷所に新聞紙面を同報伝送する。各局は正しく受信できたか否かをセンタ局へ返答する。

一方,ディジタル信号の暗号化は,乱数を用いて信号を拡散する方式が一般的である。暗号化を地球局だけで行う場合と端末側と地球局の両方で行う場合とがあり,目的によって選択する。

# 4.5 通信第二種事業

衛星通信は、通信ネットワークとしてとらえると、2 章で述べたように同報性や広域性、拡張性などの特徴があり、これをいかにうまく使っていくかがポイントになる。ユーザーが衛星通信を導入するとき、使用目的、ネットワークの形態・機能、運用体制、経済性など検討しなければならない項目は多い。しかもこれらの項目に対し、衛星通信の特徴をどのように生かしていくかを考えなければならない。この種の検討には、トランスポンダの調達を含め衛星通信ネットワークの構築経験が必要になる。

日立製作所はみずからトランスポンダを所有し、また 衛星通信専門の第二種電気通信事業者ジャパン・スペー スリンク株式会社と共同で、衛星通信をネットワークと して提供していく体制を持っている。その結果,地球局の開発・製造・据付け・調整から運用・保守まで一貫したサポートを可能とし,第二種事業の経験によって得られたノウハウを製品に反映させるとともに,衛星通信に対するユーザーのさまざまな要求にこたえていくことができる。

## 5 おわりに

以上、衛星回線の特徴、システム構築に必要な基本技術について述べた。衛星通信の利用形態は今後ともいっそうの多様化が予想される。より使いやすい衛星通信システムの実現のため、また顧客の利便性の向上のため、衛星通信の特徴を生かした使い方を考察し提案していきたい。

衛星通信は、ディジタル帯域圧縮によるテレビジョン 放送、移動体通信などへの利用も間もなく開始され、こ れから大きく発展が期待される分野である。日立製作所 としても、この発展に少しでも寄与していく考えである。