

5.4 高度移動体衛星通信実験 携帯局

竹内 誠* 西田 正純*

(1996年11月14日受理)

5.4 PORTABLE TERMINAL FOR THE COMETS ADVANCED MOBILE SATELLITE COMMUNICATIONS EXPERIMENTS

By

Makoto TAKEUCHI and Masazumi NISHIDA

In this paper we present a brief description of a portable terminal using the Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite (COMETS) for advanced mobile satellite communications experiments. The portable terminal is a transportable, easy-to-use, suitcase-sized earth station. It can be powered by internal batteries, an external AC power supply or an external car battery. This terminal can communicate with another portable terminal or one of the other types of COMETS earth stations by voice via COMETS' regenerative transponder using Ka-band.

[キーワード] 通信放送技術衛星, 携帯局, Ka帯, 再生中継器.

COMETS, Portable terminal, Ka-band, Regenerative transponder.

1. はじめに

携帯局は、一人で携行、設置及び使用することができる通信放送技術衛星 (COMETS: Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite) 高度移動体衛星通信実験地球局である。本携帯局を製作する目的は、世界最小のKa帯地球局を製作することである。ただし、小型軽量化のために新たなデバイスの開発等は行わず、既存のデバイス等を使用し、その中でできる限りの小型軽量化を目指して製作を行っている。

携帯局は、内蔵の充電電池、外部の商用交流電源 (100V)、又は外部の車両搭載蓄電池 (12V 又は 24V) を用いて動作する。本地球局は、COMETS 再生中継器 (地球局送信 4.8kbps の SCPC (Single Channel per Carrier), 地球局受信 38.4kbps の時分割多重 (TDM)) を利用して、全2重の音声通信をKa帯の電

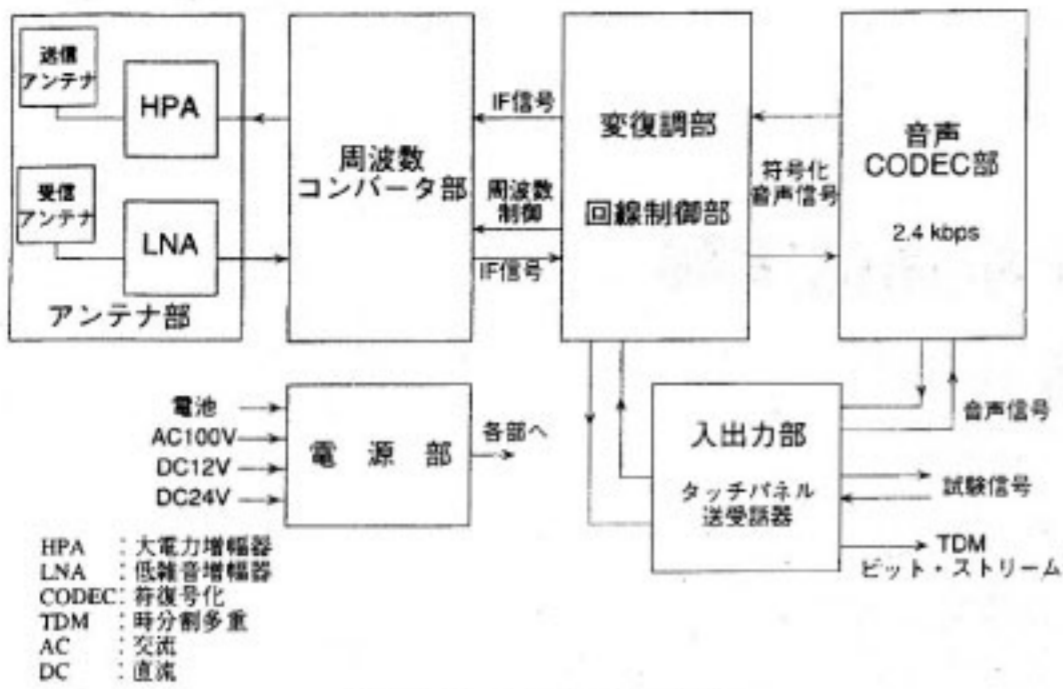
波を用いて行うことができる。本地球局は、COMETS の関東ビーム又は東海ビームのいずれかのビーム内の一地点に設置して用いることができる。従って、本地球局を移動しながら使用することは考慮していない。

2. 携帯局のハードウェア

2.1 システム構成

本携帯局は、送信アンテナ、受信アンテナ、低雑音増幅器 (LNA)、大電力増幅器 (HPA) からなるアンテナ部、周波数コンバータ部、変復調部、回線制御部、音声 CODEC (符復号化) 部、入出力部、電源部、及び筐体から構成される。全体の構成を第1図に、主要諸元を第1表に示す。本地球局間及び本地球局と主局間の仕様値を元にした回線設計例を第2表に示す。なお、本回線計算における携帯局の設置場所は東京を想定しており、また主局の送信電力は、衛星受信機入力に SCPC 1波当たりの標準入力電力である -117dBm になるように設定した。

* 宇宙通信部 衛星通信研究室



第1図 携帯局の構成

2.2 アンテナ部

アンテナ部は送受が別個になっており、どちらも方形パッチを用いたフェーズドアレーアンテナである。

アンテナ部の送信アンテナは64個のパッチから構成され、HPAとの接合点において、利得が17dBi（給電損失2dBを含む）である。

アンテナ部の受信アンテナもやはり64個のパッチから構成され、LNA入力端において利得が16dBi（給電損失2dBを含む）、雑音温度が290K（給電部雑音温度100Kを含む）である。

送信及び受信アンテナの外観（本論文執筆時点の設計）を第2図に示す。

アンテナ部のLNAは雑音指数（NF）2.6dB、またHPAの送信電力は1dB利得圧縮点で1Wである。

2.3 周波数コンバータ部

周波数コンバータ部の送信側は変復調部から変調IF信号を受け取り、Ka帯送信周波数にアップコンバートする。この周波数変換の際に、回線制御部から受け取ったビーム切替信号により、関東もしくは東海ビームの周波数の切替を行う。また、周波数コンバータ部の受信側はLNAから受け取ったKa帯受信信号を、IF周波数にダウンコンバートし変復調部に出力する。受信側でも周波数変換の際に、回線制御部から受け取ったビーム切替信号により、関東もしくは東海ビームの周波数の切替を行い、どちらのビームからの信号も同一のIF周波数に周波数変換して出力する。

再生中継器の入力周波数引き込み範囲は、シンボルレートが携帯局で使用する4.8kbpsの場合、中心周波数からおよそ±1kHzであり、一方衛星のマスタオシレータの変動によって生じる衛星の受信周波数変動は最大でおよそ±15kHzである。従って、何らかの方策がない限り携帯局の送信周波数を再生中継器の入力周波数引き込み範囲内に納めることは困難である。そこで、本携帯局では衛星の送受信周波数が正確に比例関係にあることを

第1表 携帯局の主要諸元

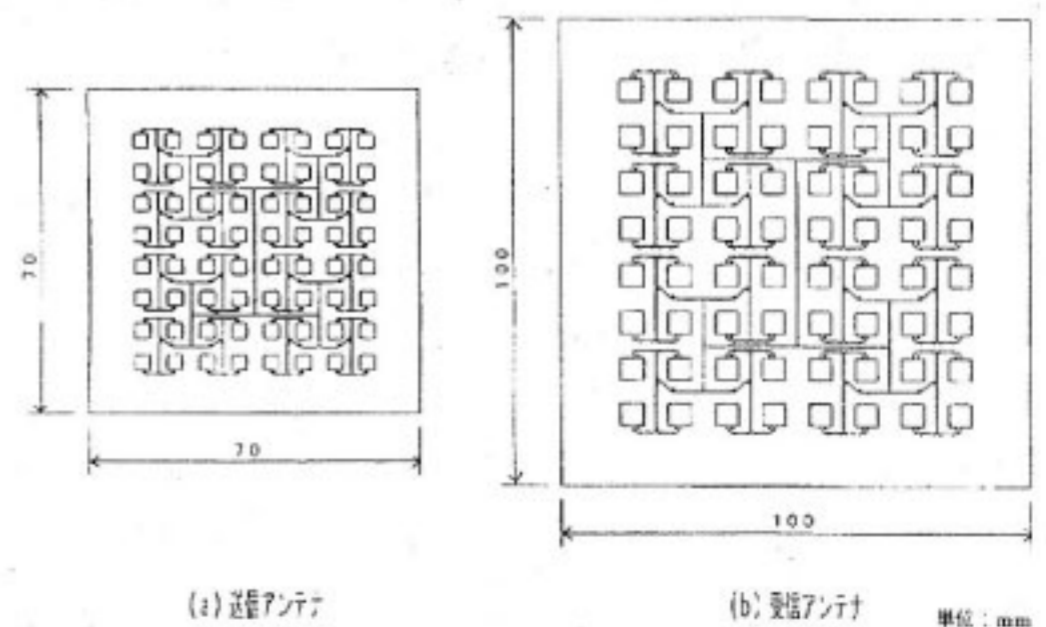
HPA出力電力	30 dBm
送信アンテナ	64素子フェーズドアレー
送信アンテナ利得	17 dBi
受信アンテナ	64素子フェーズドアレー
受信アンテナ利得	16 dBi
受信アンテナ雑音温度	290 K
LNA雑音指数	2.6dB
情報伝送速度	2.4 kbps
誤り訂正方式	畳込み符号・Viterbi復号
音声符号化方式	検討中
電源	商用100V/電池/カーバッテリー

送受信アンテナ利得には給電部損失2 dBを含む
受信アンテナ雑音温度には給電部雑音温度100 Kを含む

第2表 携帯局の回線計算例

		携帯局折返し	携帯局/主局	主局/携帯局	
地球局	情報伝送速度	kbps	2.4	2.4	2.4
	送信電力	dBm	27.0	27.0	-0.7
	空中線利得	dB	17.0	17.0	50.6
伝搬路	自由空間損失	dB	-213.7	-213.7	-213.7
	降雨減衰	dB	0.0	0.0	0.0
	空中線利得	dBi	47.1	47.1	46.8
COMETS	システム雑音温度	K	565.5	565.5	565.5
	上り回線 C/No	dB·Hz	48.5	48.5	54.1
	上り回線 Eb/No	dB	14.7	14.7	20.3
	所要 Eb/No	dB	4.0	4.0	4.0
	上り回線マージン	dB	10.7	10.7	16.3
伝搬路	情報伝送速度	kbps	19.2	19.2	19.2
	送信電力	dBm	32.7	32.7	32.7
	空中線利得	dB	46.6	46.6	46.6
伝搬路	自由空間損失	dB	-210.3	-210.3	-210.3
	降雨減衰	dB	0.0	0.0	0.0
	空中線利得	dBi	16.0	47.9	16.0
地球局	システム雑音温度	K	527.2	477.6	527.2
	下り回線 C/No	dB·Hz	56.4	88.7	56.4
	下り回線 Eb/No	dB	13.6	45.9	13.6
	所要 Eb/No	dB	4.0	4.0	4.0
	下り回線マージン	dB	9.6	41.9	9.6

主局の送信電力は、衛星受信機入力にSCPC 1波当たりの標準入力電力である -117 dBm になるように設定した。
携帯局の設置場所は、東京を想定している。



第2図 アンテナ部送信アンテナ、受信アンテナ外観（本論文執筆時点の設計）

利用して、携帯局の受信周波数を基準にして周波数コンバータ部の送信側で送信周波数を制御し、携帯局からの送信信号が正確に再生中継器の入力周波数引き込み範囲に入るようにしている。

2.4 変復調部

変復調部の変調処理側では、衛星の再生中継器との間で回線制御を行う場合、回線制御部から受け取った制御パケットを、畳込み符号化後2相位相変調し周波数コンバータ部に出力する。対向する地球局と通信を行う場合には、音声 CODEC 部から受け取った符号化音声信号又は入出力部から受け取った試験用のデジタル信号を、畳込み符号化後2相位相変調し周波数コンバータ部に出力する。

変復調部の復調処理側では、周波数コンバータ部から受け取った IF 受信信号を同期検波、Viterbi 復号し、制御パケットは制御部へ、通信信号は音声 CODEC 部又は試験用のデジタル信号として入出力部へ出力する。又、復号後の TDM ビット・ストリームを入出力部へ出力する。

2.5 回線制御部

回線制御部の主な機能は、(1)衛星の再生中継器との間で回線制御プロトコルに従って回線接続等の回線制御を行うこと、(2)自局が属するビームを判断しビームに応じた周波数を選択するためのビーム切替信号を周波数変換部に送付すること、及び(3)人が携帯局のアンテナの前に立ったときに携帯局の送信を停止させることである。第1にあげた機能である回線制御については、3章に詳しく述べている。

回線制御部は、衛星から送信されている TDM 信号の受信レベルを比較することによって自局が属するビームの判定を行う。この比較は、携帯局を初めに設置し、衛星の方向に携帯局のアンテナを指向させるときに行われる。

回線制御部は、人が携帯局のアンテナの前に立つことによって受信 TDM 信号が途切れることで人が携帯局のアンテナの前に立ったと判断する。携帯局は、回線制御部が、人が携帯局のアンテナの前に立ったと判断した場合送信を停止し、その状態がなくなり受信 TDM 信号が再度受信され始めると送信を再開する。

2.6 音声 CODEC 部

音声 CODEC 部で用いる音声符号化方式は、情報伝送速度が 2.4kbps の符号化方式であるが、本論文執筆時点では具体的な方式はまだ決定していない。

2.7 入出力部

入出力部では、受話器による音声の入出力、音声のス

ピーカ出力、試験信号の入出力及び受信 TDM ビット・ストリームの出力が行われる。また、回線制御に関してのマンマシンインターフェース（回線接続要求を出す等）も入出力部で行われ、この出力は液晶表示を、入力についてはタッチパネルを用いている。

2.8 電源部

電源部は、本携帯局で使用する電力（本論文執筆時点における推定消費電力は、およそ 80W 強である）を供給する。電源としては、内蔵充電電池、商用交流電源（100V）又は車両の蓄電池から供給する直流電源（12V 若しくは 24V）のいずれかが用いられる。

2.9 筐体

筐体の材質及び形状、携帯局全体の大きさ及び重量は、本論文執筆時点において未確定である。執筆時点における本携帯局の外観の1例を第3図に示す。

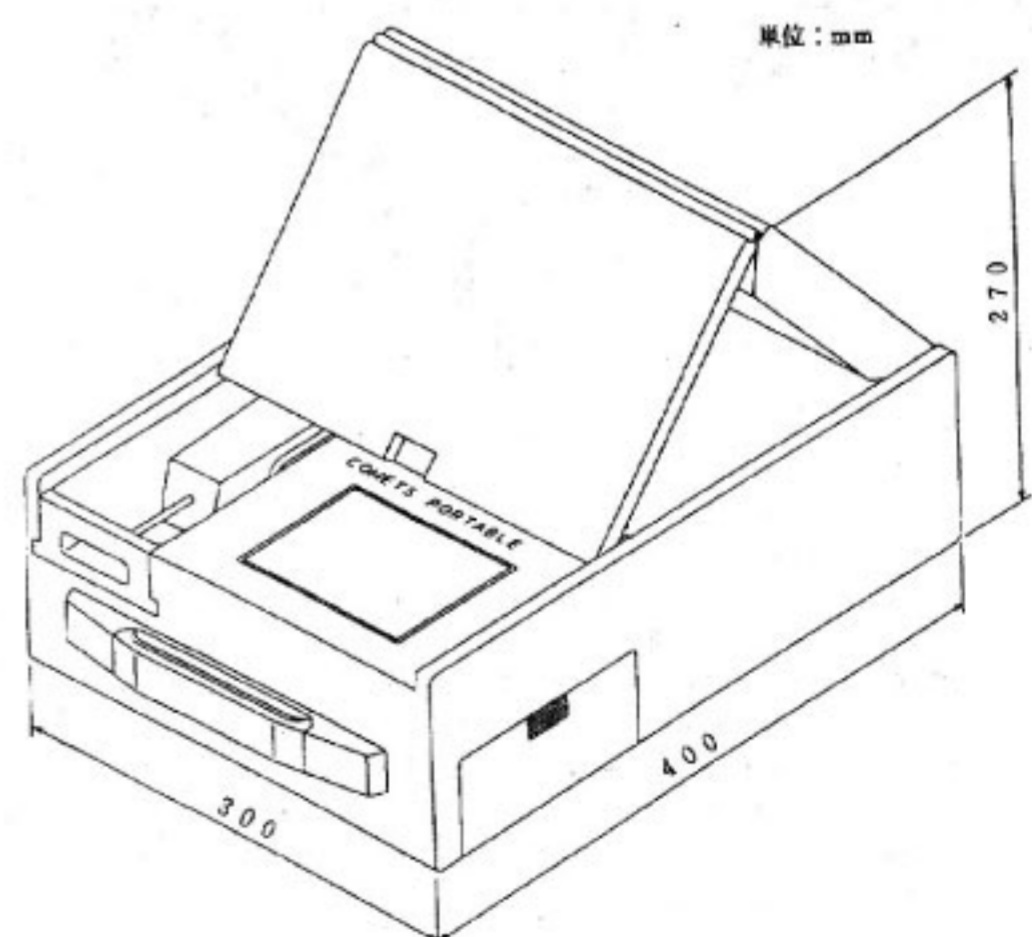
3. 携帯局の回線制御ソフトウェア

3.1 回線設定プロトコルの概要

携帯局における通話・データ伝送は COMETS 再生中継器に備えられている連続信号チャンネルとパケットチャンネルのうち連続信号チャンネルを用いて行われる。送信用及び受信用のチャンネルの指定は、再生中継器の回線制御モードが搭載プロトコルで動作するモード（デマンドアサインモード）、あるいは回線接続が固定されたモード（プリアサインモード）のどちらに設定されているかに従って以下のように行われる⁽¹⁾。

(1) デマンドアサインモード

携帯局は回線制御用パケット信号を再生中継器との間でやり取りし、回線を割当てられる。本割当は連続信号チャンネルではなくパケットチャンネルを用いるアウトバン



第3図 携帯局の外観（本論文執筆時点における1例）

ド制御である。

携帯局は回線制御用パケット信号によって発呼要求を出すことで、6チャンネルある連続信号チャンネルの内、送信用と受信用にそれぞれ1チャンネルが再生中継器によって割当てられ、通話・データ伝送を行う。

(2) プリアサインモード

送信信号は、送信する連続信号チャンネル（SCPC 周波数）によって、あらかじめ決められた特定のビームの特定のチャンネルに着信する。

3.2 動作概要⁽²⁾

第4図は、再生中継器がデマンドアサインモードに設定されている場合の携帯局動作の状態遷移を示している。

まず、「STATUS 0（停止）」の状態から「ACTION 1」によって携帯局の電源 SW が入れられる（ON）と何もしない「STATUS 1（アイドル）」となる。この状態で通話ボタンを押して「発呼要求」の制御パケット（CI パケット）を送信すると、「ACTION 3」によって「STATUS 3（CH 割当て待ち）」に移行する。

この時、衛星が何らかの理由（多くは衛星搭載 MPU の誤動作による）で呼管理テーブル用メモリの確保に失敗した場合には、衛星は「ビジー」の制御パケット（BUSY パケット）を送出して来る。その場合、携帯局は「ACTION 9」によって STATUS 1 に戻る。また、着呼局（相手局）が応答しない時には、衛星は「回線断」の制御パケット（CD パケット）を送出して来る。この

場合にも携帯局は、ACTION 9 によって STATUS 1 に戻る。

携帯局が STATUS 3 の状態で、衛星に相手局からの応答があると、衛星は回線の割当を行うため、空きチャンネルを探す。空きチャンネルがあれば、衛星は「チャンネル割当」の制御パケット（CHA パケット）を送出して来るので、携帯局は「ACTION 10」によって指定されたチャンネルで電波を出して「STATUS 4（通話）」に移る。

一方、空きチャンネルがない時には、衛星はチャンネル待ちのバッファに登録して「ACTION 8」のように「チャンネル待ち」の制御パケット（CH パケット）を送出して来る。この時は、携帯局は STATUS 3 のままで留まり、CHA パケットの受信を待つ。さらに衛星がチャンネル待ちのバッファ（設定した数だけ登録可能）を確保できない時には、衛星は再び CD パケットを送出して来るので、携帯局は ACTION 9 によって STATUS 1 に戻る。

STATUS 3 で CH パケットを受信し、チャンネル割当て待ちをしている時に CHA パケットを受信すると、携帯局は ACTION 10 によって STATUS 4 の通話状態となる。

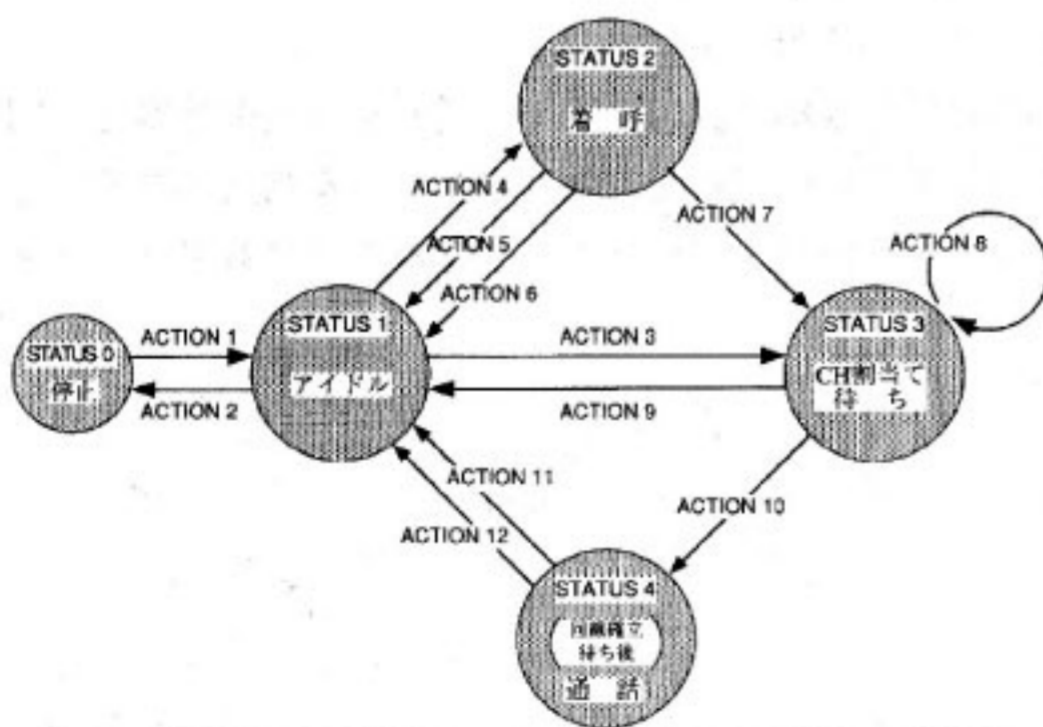
STATUS 4 になっても、相手局が電波を出して通話状態に入らないと、衛星は一定時間待ってから「回線切断」の制御パケット（DISC パケット）を送出して回線の割当を取り消して来る。こうして携帯局は、「ACTION 11」によって STATUS 1 に戻る。

また、通話が終了して相手局が送信を停止するか通話中に相手局の電波が何らかの原因で途絶えた時にも、やはり衛星は一定時間待ってから DISC パケットを送出して回線の割当を取り消して来る。この時も携帯局は、「ACTION 11」によって STATUS 1 に戻る。

通常は、通話が終わると携帯局（自局）が通話ボタン（又は切りボタン）を押して電波の送出を止め、「ACTION 12」によって STATUS 1 に戻る。

こうした一連の流れとは逆に、相手局から着呼する場合もある。STATUS 1 の状態で衛星から「着呼要求」の制御パケット（CONN パケット）を受信すると、「ACTION 4」によって携帯局は「STATUS 2（着呼）」状態に移る。この時、携帯局（自局）が一定時間以内に通話ボタンを押して「着呼応答」の制御パケット（CA パケット）を送信すると、「ACTION 7」によって携帯局は STATUS 3 に移行する。後は、自局から発呼要求を出した時と同じである。しかし通話ボタンを押さないと、衛星は着呼応答しないと判断して CD パケットを送信して来るので、携帯局は「ACTION 6」によって STATUS 1 に戻る。

STATUS 1 で電源 SW を切る（OFF）と、当然な



ACTION 1	: 電源SWをON
ACTION 2	: 電源SWをOFF
ACTION 3	: 通話ボタンを押す(CIパケットが送信される)
ACTION 4	: CONNパケットを受信
ACTION 5	: 通話ボタンを一定時間以上押さない(何もしない)
ACTION 6	: CDパケットを受信
ACTION 7	: 通話ボタンを一定時間以内に押す(CAパケットが送信される)
ACTION 8	: CHパケットを受信
ACTION 9	: CDパケット又はBUSYパケットを受信
ACTION 10	: CHAパケットを受信
ACTION 11	: DISCパケットを受信
ACTION 12	: 通話ボタン(又は切りボタン)を押す

第4図 携帯局動作の状態遷移図

から携帯局は「ACTION 2」によって STATUS 0 となる。しかし、他の状態 (STATUS 2~4) にあっても、電源 SW を OFF にすれば、衛星側も一定時間後には STATUS 1 に対応した状態となり、携帯局はシステム全体としても STATUS 0 に戻る。

3.3 特徴⁽³⁾

携帯局の回線制御に関する機能は、衛星搭載プロトコルに対応した最小限のもので、回線制御パラメータの設定やプログラムのダウンロード機能は持っていない。

以下に、衛星搭載プロトコルのうち携帯局の回線制御に関連する特徴を述べる。

- 携帯局が通信回線を確保する際に、衛星の再生中継器が持つ「キュー・バッファ (queue buffer)」（空きチャンネルのない時のチャンネル待ちバッファ）を利用することができる。これはチャンネル資源が完全に使われている時に、新たに生じた発呼要求を設定個数だけ登録しておき、チャンネル資源が空き次第、その空きチャンネルに適した第一候補の発呼要求にチャンネル資源を割り当てるものである。これにより、数少ない衛星のチャンネル資源を効率的に利用することが可能になる。
- 携帯局と衛星の間に人が入ることによってブロッキングが発生する。その際、衛星はチャンネル資源の有効利用の観点からこの回線を切断して新たな呼の要求にチャンネル資源を割り当てることになる。しかし、ブロッキングが短時間の場合には、回線の回復（先の例では、人が携帯局と衛星の間からどくこと）を待つ方がチャンネル資源の総合的な使用効率は向上する可能性がある。このため、搭載プロトコルには、ブロッキングの際に直ちに回線切断を行わず、一定の設定時間だけ待つ機能を持たせることができる。この時間を「回線保持時間」と呼んでいる。

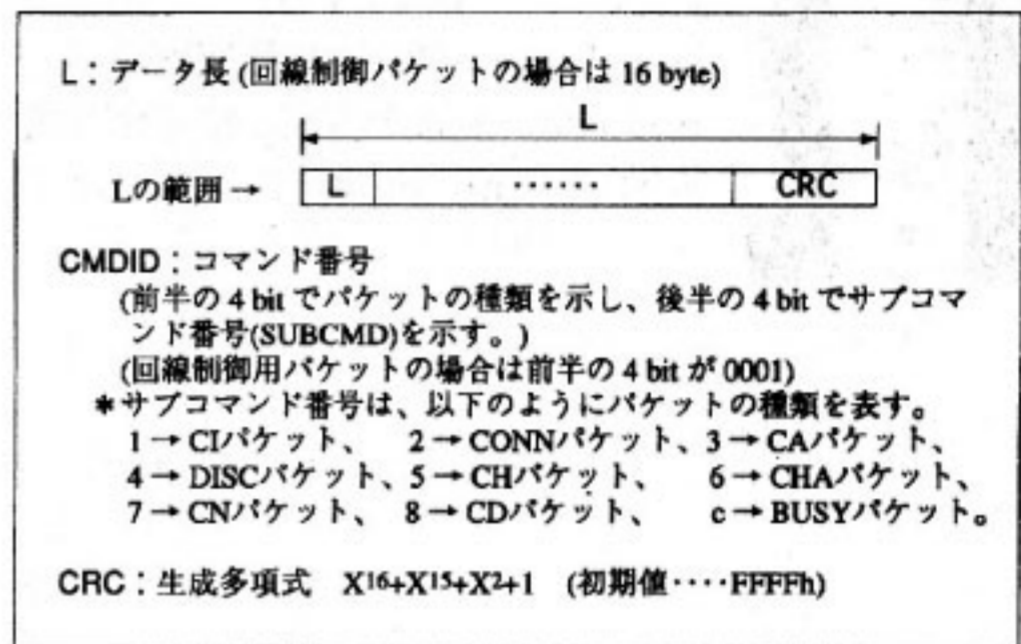
3.4 パケット信号のフォーマット

携帯局で使用するパケット信号は、回線制御用パケット信号のみである。回線制御用パケット信号の共通フォーマット（ヘッダ部分を除く）を第5図に示す。フォーマット内には、回線制御に必要な各種情報の格納位置が指定されている。例えば、「呼ID」は呼の発生中の管理のために衛星が呼毎に固有に割り当てる番号であり、また、発呼局と着呼局のアドレスや使用ビーム、使用チャンネルなども必要の都度、指定の位置に書き込まれて行く。このほかの信号規格は、本季報特集号の「4.2.3 高度移動体衛星通信実験 搭載中継器系」⁽⁴⁾ 中の「再生中継器」の項で記した通りである。

4. おわりに

高度移動体衛星通信実験携帯局は本論文執筆時点にお

byte		b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
1	L	0	0	0	1	0	0	0	0
2	CMDID	0	0	0	1	SUBCMD			
3	データ	呼ID							
4		着呼アドレス							
5		着ビームNO				着UP CH			
6		着ビームNO				着DWN CH			
7		発呼アドレス							
8		発ビームNO				発UP CH			
9		発ビームNO				発DWN CH			
10		パラメータ (予備)							
11	CRC								
12									
13									
14									
15									
16									



第5図 回線制御用パケットの内容 (ヘッダ部分を除く)

いてまだ完成しておらず、ほとんどの機能、諸元は設計仕様に基づいて記述している。COMETS 打上までに本携帯局を完成させ、その特性を測定し打上げ後の実験に備える予定である。

参考文献

- (1) 西田正純, 峯野仁志, 川又文男, 大内智晴, 磯部俊吉, 内藤秀之, "4.2.3 高度移動体衛星通信実験 搭載中継器系", 通信総研季, 43, 1, pp.51-70, Mar. 1997.
- (2) 川又文男, 磯部俊吉, 内藤秀之, 大森慎吾, 土橋康江, 竹田修, "COMETS 搭載用再生中継モデム その2. 回線制御部", 1993 信学秋季全大, B-167, 北海道工業大学, 1993年9月.
- (3) 西田正純, 小山田哲也, 竹内誠, "衛星上回線制御における伝搬遅延とブロッキングの影響 (COMETS 再生中継器を想定したシミュレーション結果)", 1994 信学秋季全大, B-194, 東北大学, 1994年9月.

略語

- NF: 雑音指数 (Noise Figure)
- LNA: 低雑音増幅器 (Low Noise Amplifier)
- COMETS: 通信放送技術衛星 (Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite)
- TDM: 時分割多重 (Time Division Multiplex)

