

### 4.5 TDM/TDMA 通信端局装置

TDMA (Time Division Multiple Access) 方式は、一つの中継器を複数のユーザが時分割で使用する方式であり、FDMA (Frequency Devision Multiple Access) 方式で問題となる相互変調 (IM) 雑音を考慮しなくて済むため、中継器を飽和領域まで使用できることが特徴である。その結果、中継器の電力利用効率を高くすることができ、多元接続方式として優れている。また、TDMA 方式ではユーザの端末が扱う伝送速度と衛星回線における伝送速度を、マルチプレクサ/デマルチプレクサと呼ばれる一種の速度変換用バッファを介して独立に設定できるため、1種類の変復調器に伝送速度の異なる数種類の端末を接続することができる。

TDMA 方式のこのような利点は移動体衛星通信システムにおいても十分発揮できる。本論で紹介する TDM/TDMA 通信端局装置は、船舶を対象とした移動体衛星通信を行うための実験用端局装置であり、ETS-V/AMEX を用いた衛星回線に適合するようシステムが構

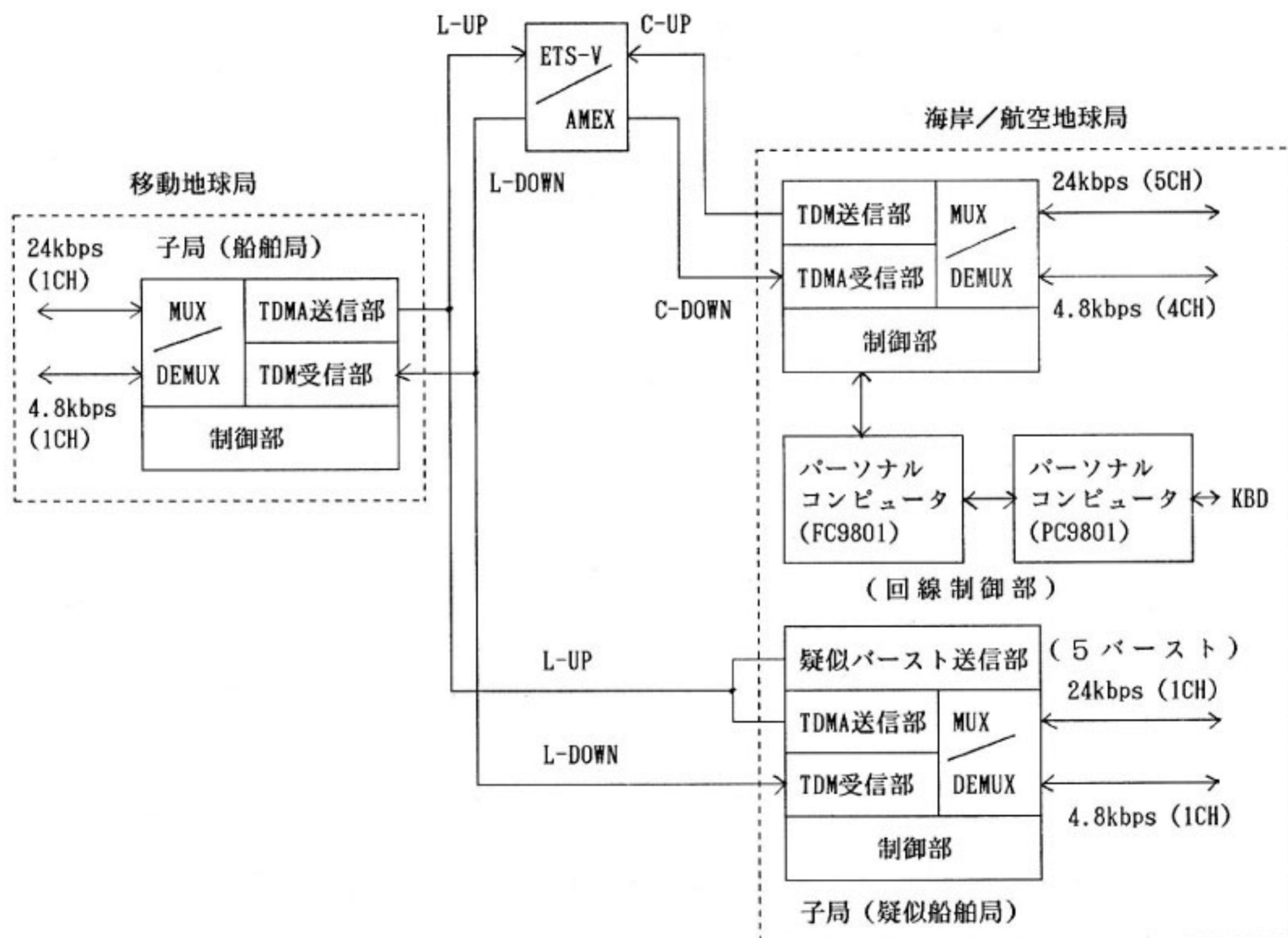
成されている。また、音声とデータの同時伝送やデマンドアサインメント測距等の機能を有しており実用性の高いシステムとなっている。

#### 4.5.1 装置の概要

##### (1) 全体構成

本装置の基本的構成は TDM 送信部と TDMA 受信部から構成される親局、TDM 受信部と TDMA 送信部から構成される子局から成り立っている。第 4.5-1 図に本 TDM/TDMA 装置の全体構成、第 4.5-2 図に外観を示す。親局は海岸/航空地球局に設置されており、回線制御機能を有している。子局は移動体地球局である船舶局に設置される。また実験用として擬似バーストを五つまで送出できる子局 (擬似船舶局) が海岸/航空地球局に設置されており、これを用いた複数の子局による多元接続が模擬できる。親局送信側を TDM とした理由は、親局が 1 局のシステムを想定しており各子局に対しては時分割で伝送すればよいからである。

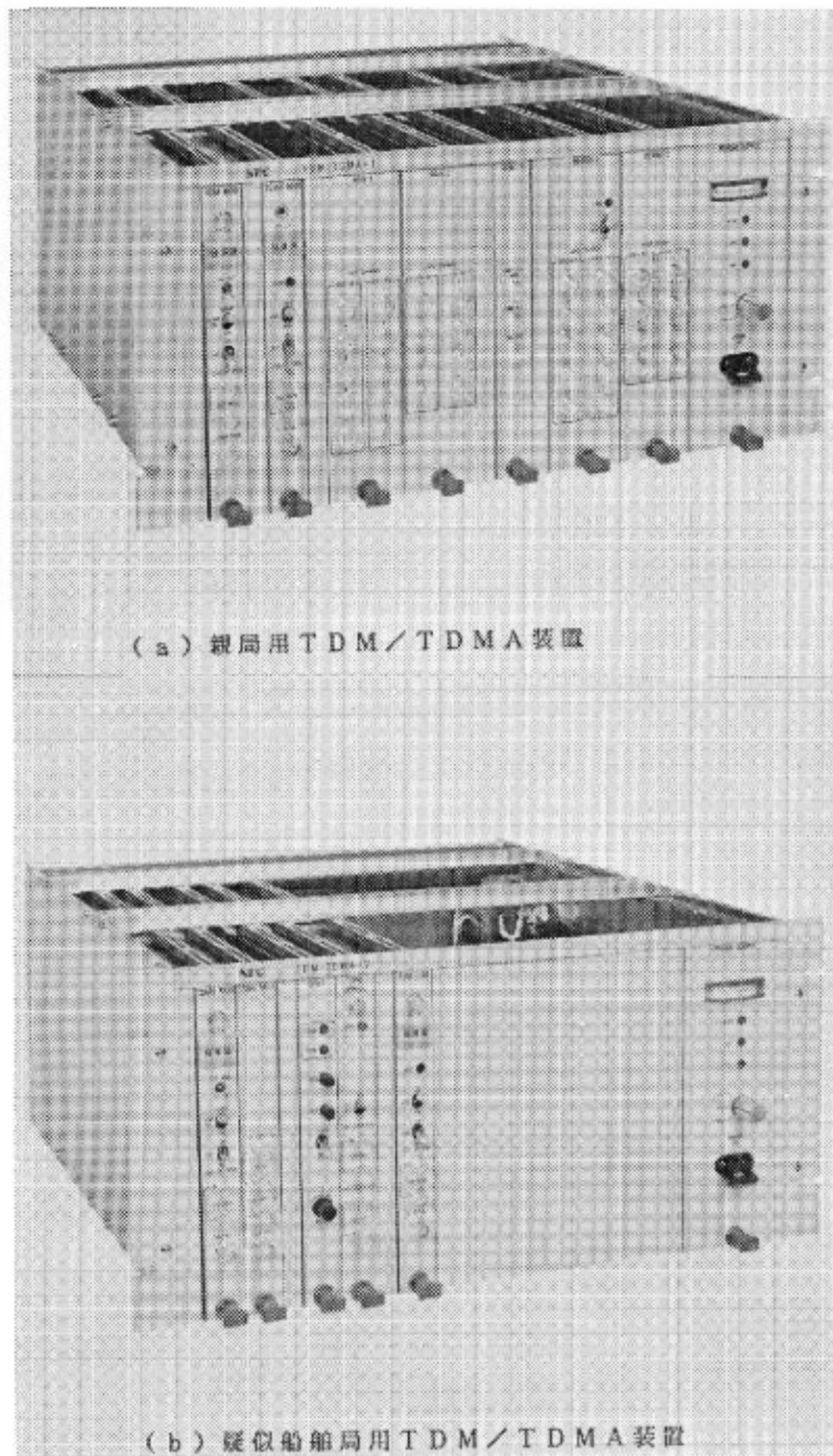
本方式で使用する衛星回線は、親局から子局へは C/L 回線、子局から親局へは L/C 回線を用いる。子局にお



第 4.5-1 図 TDM/TDMA 装置の全体構成

浜本直和, 三浦龍, 松本泰, 坂齊誠 (鹿島支所 第二宇宙通信研究室), 藤枝鋼 (気象庁, 元電波研究所), 西山巖 (通信・放送衛星機構 元電波研究所), 鈴木龍太郎 (宇宙通信部 移動体通信研究室), 笹岡秀一 (通信技術部 通信方式研究室)





第4.5-2図 TDM/TDMA装置の外観

ける TDMA 信号の送出位置の基準には、親局から送出される TDM 信号のフレームタイミングを用いる。また本 TDM/TDMA 方式では、衛星回線の構成上自局衛星折返し信号を受信できないので、子局送出の TDMA 信号（バースト信号）の送出位置の補正や子局からの初期接続には、親局送出の TDM 信号に含まれる制御情報を用いる。

デマンドアサインメントのための回線接続制御は親局で行う。そのため、親局にはパーソナルコンピュータが2台接続されており、1台は TDM/TDMA 装置の接続制御を行い、他の1台は接続制御に必要なアドレス情報やフレーム構成、初期接続のための衛星位置情報等の各種パラメータを設定するためのマンマシンインタフェースとして使われる。

## (2) 主要方式諸元

本装置の主要方式諸元を第4.5-1表に示す。TDM, TDMAとも変調方式は2相PSK, 復調方式は逆変調同

第4.5-1表 TDM/TDMA装置の主要方式諸元

変復調方式	2相 PSK/同期検波
送信 BT	2
伝送速度	160 kbps
フレーム長	0.1 秒
収容チャンネル数	24 kbps 音声データ 5 チャンネル 4.8 kbps 低速データ 4 チャンネル (各音声チャンネルを四つの低速データチャンネルに変更可)
初期接続方式	予測接続方式
バースト同期方式	親局からの誤差情報を用いた簡易同期方式
回線割当方式	親局で空きスロットを指定するデマンドアサインメント

期検波 PSK であり、伝送速度は 160 kbps である。装置 IF 周波数は 68.5 MHz~76 MHz の間を 25 kHz 間隔で任意に設定可能である。収容回線数は通常 24 kbps 音声データ 5 チャンネル及び 4.8 kbps 低速データ 4 チャンネルである。さらに、各音声チャンネルをそれぞれ四つの低速データチャンネルに変更することが可能であり、音声データと低速データの回線数の変動やアンバランスによる回線使用効率の低下に対処することができる。また、親局では各チャンネルの使用状況をモニタしており、発呼に対して空きチャンネルを指定するデマンドアサインメントを行う。この機能により、少ない回線数を有効に利用することができる。

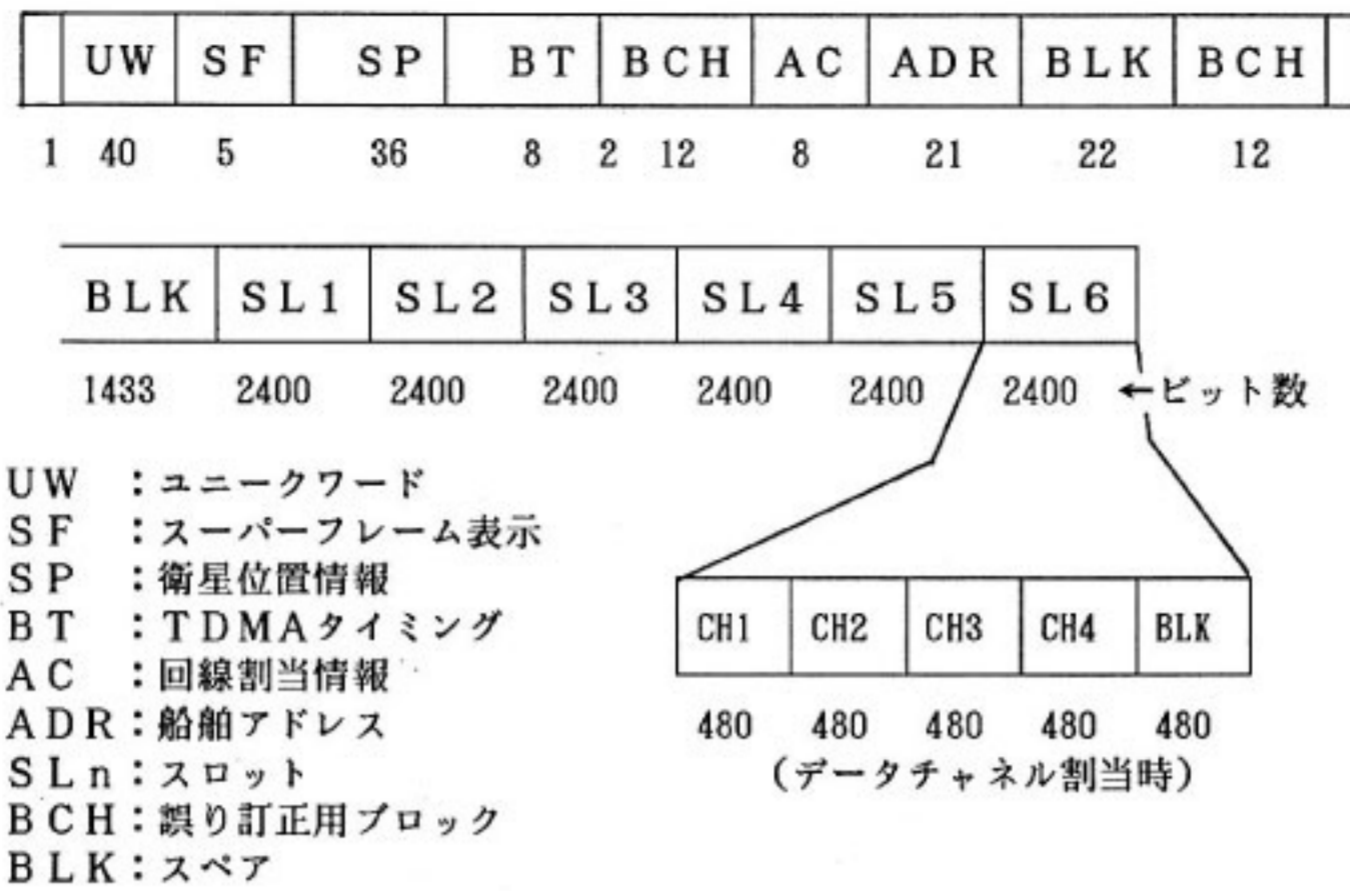
初期接続方式については、子局が自局送出衛星折返し信号を受信できないため、子局位置と衛星位置から推定される伝搬時間を考慮した予測接続方式を用いる。このため、親局では衛星管制データから得られる衛星位置情報を、TDM で同報的に各子局に送信する。また本方式では、子局の位置は子局自身が知っていることを前提としている。本方式では各子局がランダムに初期接続バーストを送信するため、バーストが衝突することもあり得るが、その場合は再度初期接続を行う。

## (3) フレーム構成

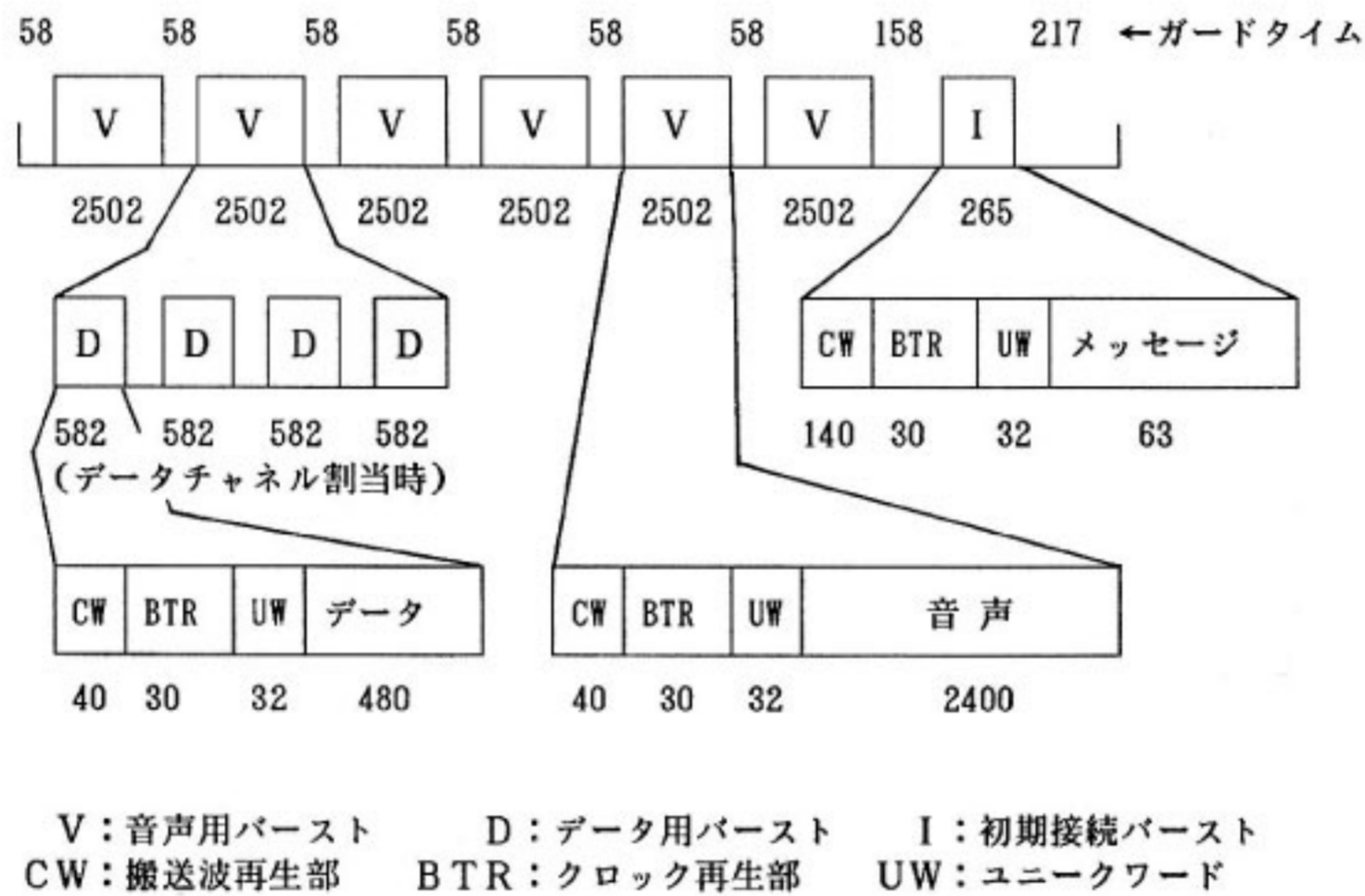
第4.5-3図に TDM, TDMA のフレーム構成を示す。フレーム長は両者とも 0.1 秒であり、16000 ビットから構成されている。TDM は、ユニークワード、各種制御情報及び通信情報伝送用の 6 スロットから構成される。各スロットは設定変更により、音声 1 チャンネル、又はデータ 4 チャンネルが伝送できる。ユニークワードは TDM フレームの先頭を示すもので 40 ビットで構成されている。また、ユニークワードは子局に対して基準タイミングを与える役割を持つ。

制御情報には、スーパーフレーム表示、衛星位置補正データ、TDMA タイミング、回線割当情報、船舶番号





(a) TDMフレームの構成



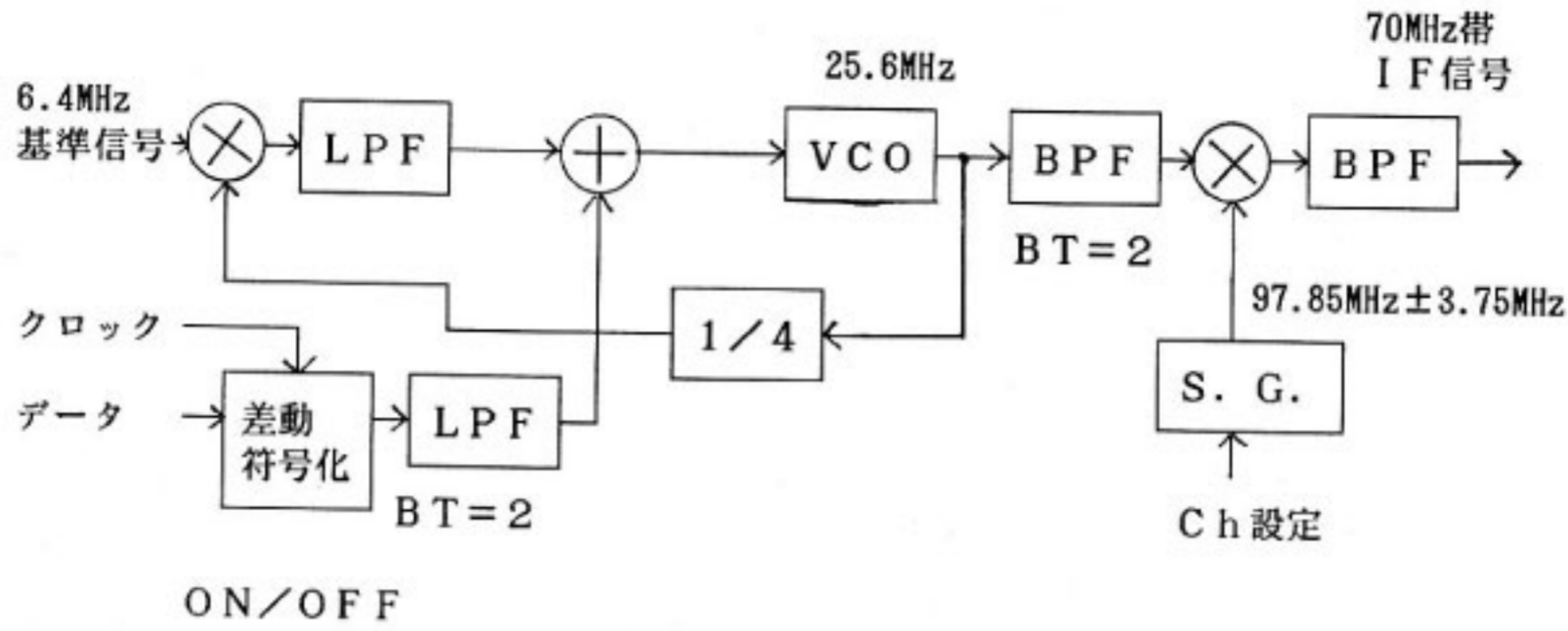
(b) TDMAフレームの構成

第4.5-3図 TDM及びTDMAのフレーム構成

から構成されている。スーパーフレーム表示は、スーパーフレームタイミングを示すために使われる。子局は幾つかのグループに分けられており、各グループにこのスーパーフレームを割り当てて初期接続を行うことにより、バーストの衝突を減らすことができる。ただし、本システムでは子局の数が少ないので、この機能は使用されていない。衛星位置補正データは、子局が初期接続時に行う予測接続に必要な衛星位置情報である。このデータは衛星の絶対位置ではなく、あらかじめ決められた規準位置からの補正データ(X, Y, Zによる表示)であり、使用ビット数の節約を図っている。TDMA タイミングは、子局 TDMA バースト送出位置のずれを補正す

るための情報で、初期接続時及び通信中3分に1回に親局で子局からの初期接続バーストあるいは通信用バーストの位置を測定し子局に送り返す。回線割当情報には、相手局の呼出し信号及び子局に対する割当スロットの指定等に必要な制御情報が含まれる。これらの情報は、後続く船舶番号を持つ子局に対して伝送される情報である。また衛星位置データから船舶番号までの情報は、(63, 51)のBCH符号による誤り訂正が用いられており、制御情報の伝送誤りを減らしている。

これらの制御情報に続いて、通信情報伝送用の音声データ及び低速データを伝送するためのスロットが六つある。各スロットは2400ビットからなり、音声データ(24

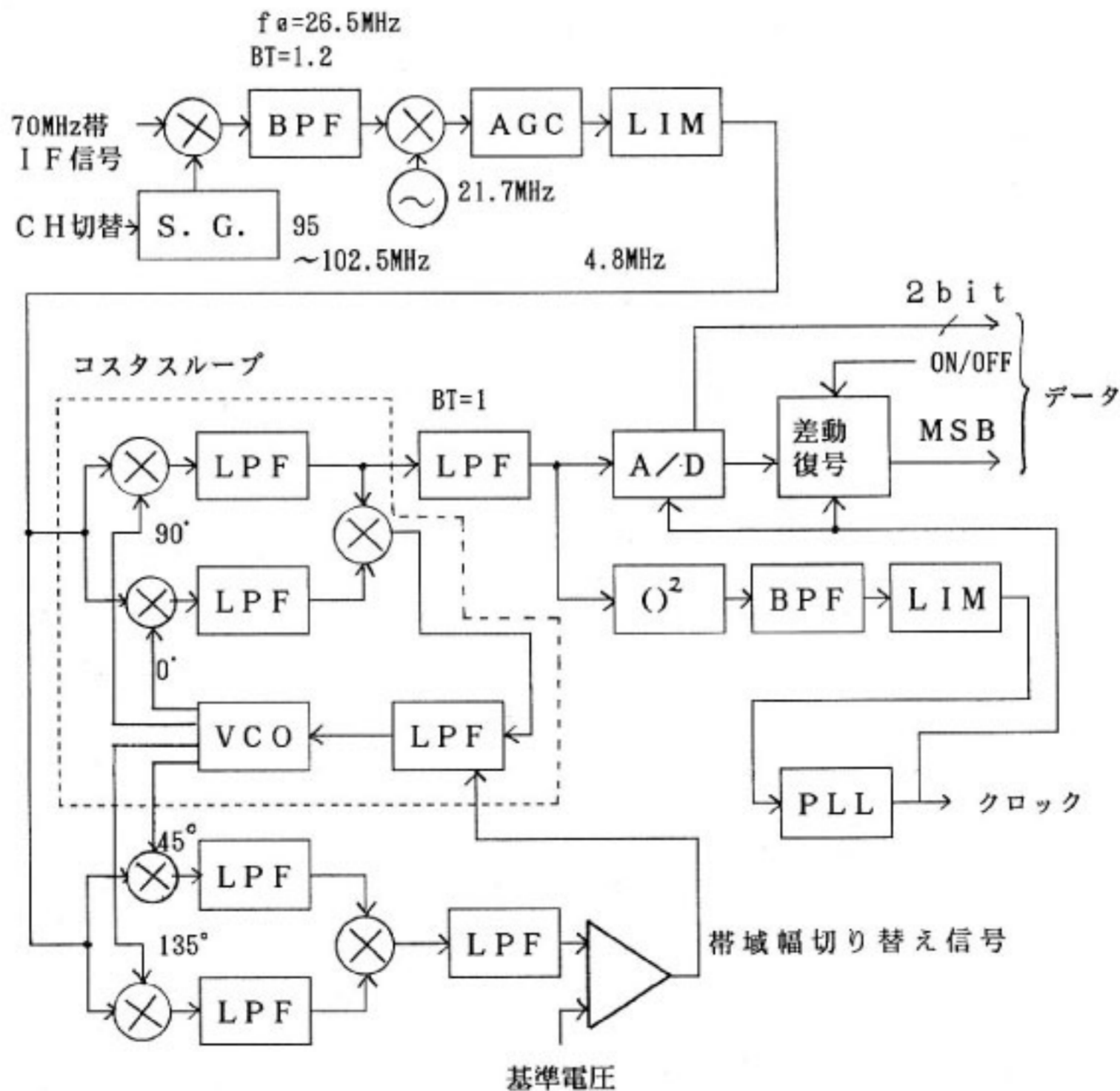


第4.5-4図 TDMA 2相PSK変調器

kbps) 1チャンネルあるいは低速データ(4.8 kbps) 4チャンネルを送ることができる。

一方、子局から送出されるTDMAフレームは、音声伝送用の2502ビットのバースト、低速データ伝送用の512ビットから構成される。1フレームには音声バーストが六つ収容でき、またTDMと同様に各音声バーストを四つの低速データバーストに置き換えることができる。さらにTDMAフレームの後端640ビットに初期接続スロットがあり、初期接続時に子局から初期接続バースト(265ビット)が送出される。各バーストの先頭には40ビットの搬送波再生部(初期接続バーストのみ140

ビット)、30ビットのクロック再生部、32ビットのユニークワードからなるプリアンプル部が付いている。各バースト間のガードタイムは、親局からの制御情報のみでTDMAバースト送出位置の補正を行うため、十分マージンをとった値として58ビット(372.5 μsec)に設定している。また初期接続スロットには、予測接続による誤差を考慮して、更に広いガードタイム(前側158ビット、後側217ビット)を設けている。この値は子局が北緯75度付近(子局の位置決定精度の許容範囲が厳しい場所)において、子局の位置決定誤差として緯度にして±1.4度(距離にして±150 km)程度許容される値である。



第4.5-5図 TDM 2相PSK復調器



4.5.2 TDM/TDMA 各部の動作

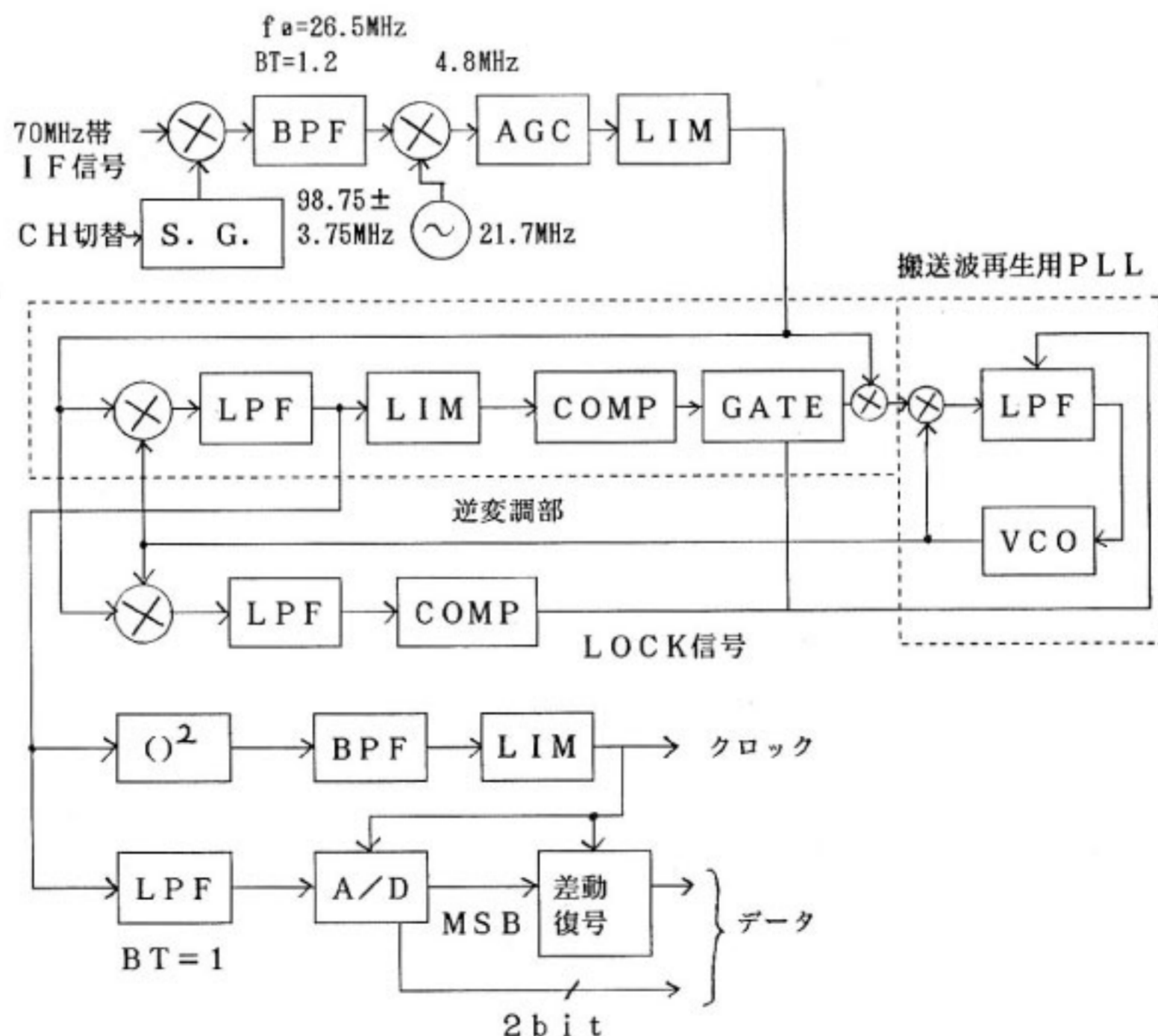
(1) PSK 変復調部

TDM の PSK 変調は、25.6 MHz の搬送波と 160 kbps のデータ（差動符号化の ON/OFF が可能）をミキサにより掛け合わせて 2 相 PSK 波とする一般的な変調方式である。変調波は BT=2 の 8 次バターワース水晶フィルタで帯域制限され、更にシンセサイザをローカル源とする周波数変換部を経て 70 MHz 帯の IF 信号となる。

一方 TDMA の PSK 変調方式は、船舶局の C 級送信機による信号スペクトルの広がりを押えるため、定包絡線となるように工夫されている。第 4.5-4 図に TDMA の PSK 変調部の構成を示す。160 kbps のデータは差動符号化後(差動符号化 OFF も可能)、BT=2 の 5 次バターワースアクティブフィルタによりロールオフ整形される。このデータは 25.6 MHz の電圧制御発振器 (VCO) の制御電圧に加えられる。VCO 出力は 1/4 分周され、6.4 MHz の基準信号と位相比較され、その出力が VCO の制御電圧となる。この結果、160 kbps のデータの 1, 0 に対応した電圧が位相比較器の出力電圧にバイアスとして加えられるため、VCO から入力データに対応した位相を持つ出力信号が得られる。入力データの 1, 0 に対応した電圧を調整することにより位相の変化量を 180° として、包絡線変動のない 2 相 PSK 変調波が得ら

れる。その出力はダイオードスイッチを経て、TDM と同様 BT=2 の水晶フィルタで帯域制限され、更に周波数変換され IF 信号となる。

TDM 復調器は連続 2 相 PSK 波を受信して 160 kbps のデータを取り出すもので、復調方式は通常のコスタスループによる方式である。第 4.5-5 図にその構成を示す。70 MHz 帯の受信 IF 信号は、シンセサイザをローカル源とする周波数変換部により 26.5 MHz の信号となり BT=1.2 の受信水晶フィルタを通過する。その後、さらに 4.8 MHz まで周波数変換された後 AGC 増幅器及びリミッタにより一定レベルに設定されコスタスループに入力される。コスタスループでは、搬送波再生、同期検波を同時に行う。コスタスループで取り出されたベースバンド信号は、BT=1 のバターワースフィルタを通過後、ビタービ軟判定誤り訂正が可能となるよう 3 ビットのデジタル値にアナログ/デジタル (A/D) 変換される。硬判定及び誤り訂正なしの場合は上位 1 ビット (符号ビット) を用い、差動復号もこの上位ビットに対してのみ行われる。また、A/D 変換される前の信号を 2 乗して狭帯域のバンドパスフィルタ (中心周波数 160 kHz) とリミッタを通した後、PLL (Phase Lock Loop) によりクロックが再生される。なお、PSK 復調時の 0,  $\pi$  位相不確定は、ユニークワードの復号状態から判定する。



第 4.5-6 図 TDMA 2 相 PSK 復調器

TDMA 復調器はバースト状の2相 PSK 波を受信して 160 kbps のデータを取り出す。第 4.5-6 図にその構成を示す。受信 IF 信号は、TDM 復調器と同様周波数変換され AGC 増幅器で一定レベルに設定された後 PSK 復調器に入力される。本復調器の搬送波はバースト信号の先頭部にある無変調部分(搬送波再生部)で PLL による高速引込みの後データ変調部分で逆変調方式により再生される。PLL のループフィルタは、無変調部分の高速引込み時は 22 kHz の帯域に設定されており、データ変調部分での逆変調時には 3.2 kHz と狭い帯域に切替えられ、高速引込みと安定な搬送波再生の両方を実現している。再生された搬送波を用いて、逆変調及びデータ抽出用のベースバンド信号を得る。前者の逆変調用ベースバンド信号は受信 IF 信号と掛け合わされ、PLL に入力するための無変調波を得る。一方、データ抽出用ベースバンド信号は BT=1 のバターワースフィルタを通過後、TDM 復調器と同様 3 ビットの量子化で A/D 変換され、また上位 1 ビットは必要に応じて差動復号される。クロックは 2 乗検波+タンクリミッタ方式を用いている。タンク回路には中心周波数 160 kHz、Q=140 の

バンドパスフィルタが用いられている。

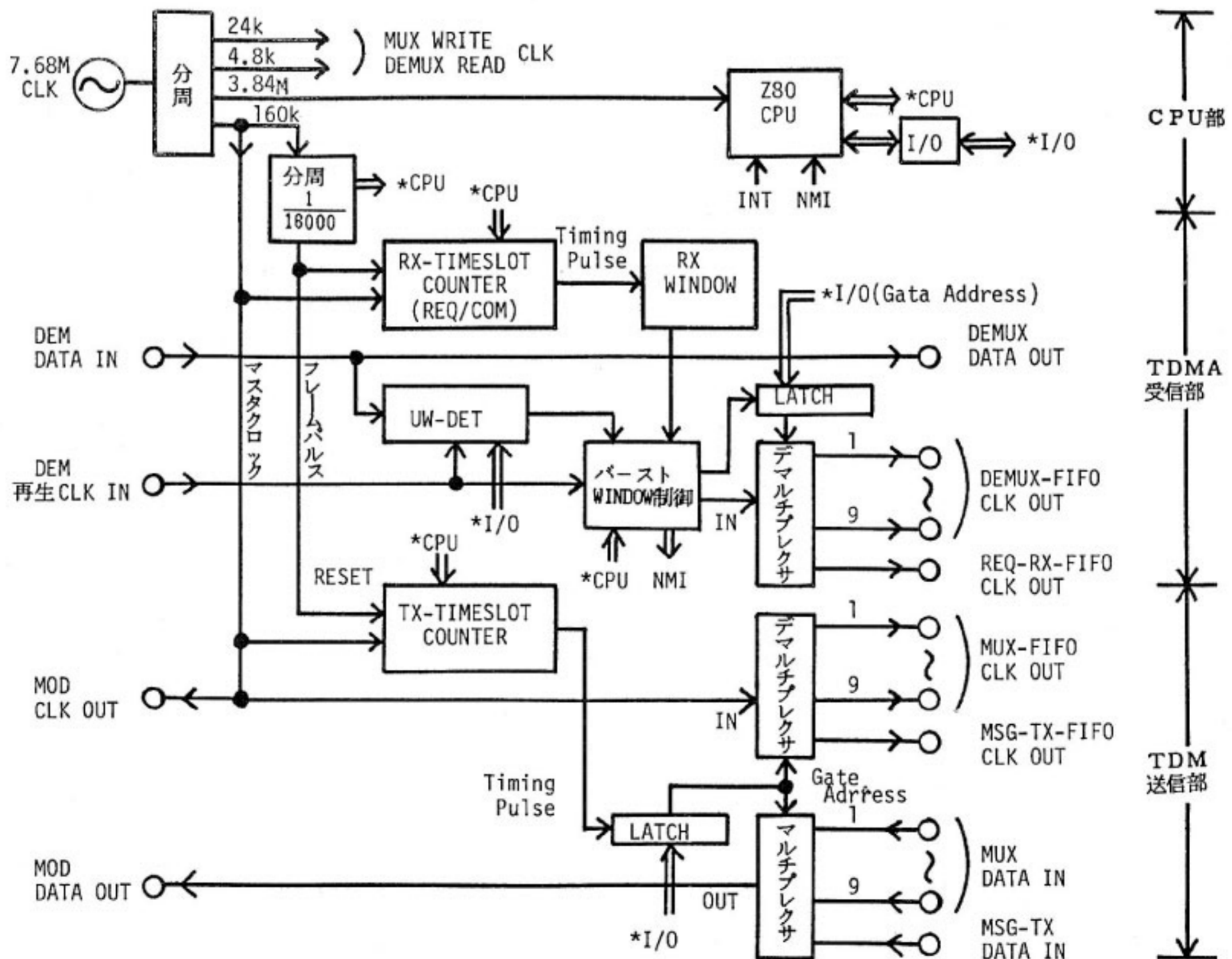
(2) 初期接続と回線割当て

本 TDM/TDMA システムの初期接続及びフレーム/バースト同期に関する機能は、海岸地球局、船舶局ともにそれぞれ制御部に集約されている。海岸地球局(親局)の制御部は CONT-C 盤、船舶局(子局)のそれは CONT 盤に対応している。制御部は両者とも大きく分けて CPU 部、送信部、受信部より構成される。CONT-C 盤、CONT 盤の系統図をそれぞれ第 4.5-7 図、第 4.5-8 図に示す。

回線接続要求には、親局が発する場合(陸発)と子局が発する場合(船発)がある。

陸発の場合、初期接続は、

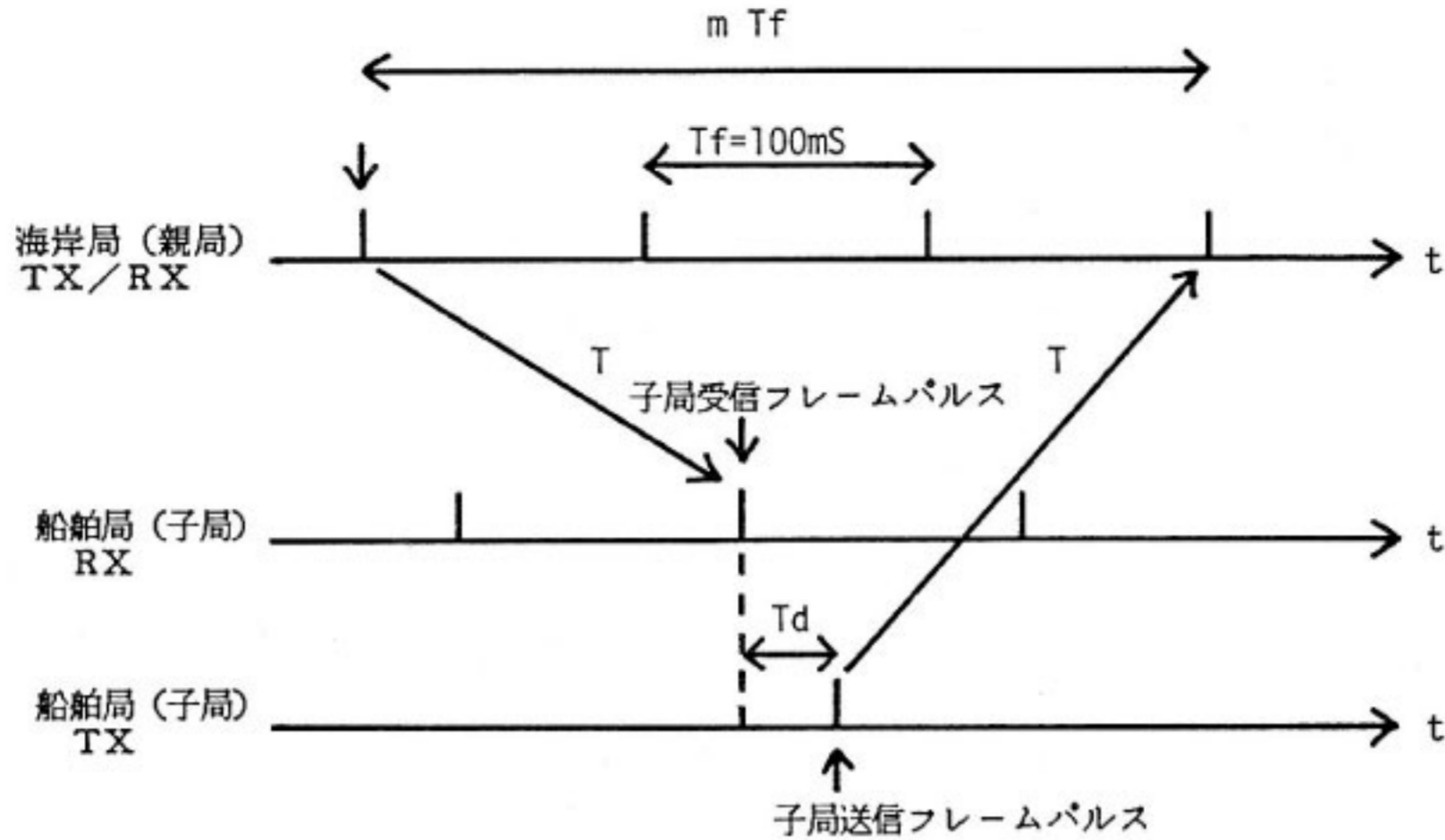
1. 親局から子局へ TDM 信号による回線割当てメッセージの送出
2. 子局から親局へ確認のための回線要求(REQ)バーストの送出(予測接続)
3. 親局から子局へ TDMA バーストタイミング補正データの送出
4. 通話開始



第 4.5-7 図 親局 CONT-C 盤系統図







第 4.5-9 図 予測接続のための子局送信タイミングの計算

バーストの受信は REQ バースト用に決められたタイムスロットでのみ可能となっている。したがって子局では、送信バーストが親局の待受けスロット内で受信されるよう、各局の位置情報を元にして送信タイミングの計算\*を行う（脚註参照）。これには親局送信のメッセージ中に含まれる衛星位置補正データが用いられ、衛星位置の変動による誤差を補正している。計算の結果により TX-OFFSET-TIMER が設定され、子局送信フレームパルスのタイミングが調整される。そして、CPU は BCH 符号化した63ビットの REQ メッセージを作成し、あらかじめ ROM にストアされているプリアンプル (PA: CW+BTR+UW) とともに、送信フレームパルスを基準として設定された送信タイミングで送出されて予測接続が行われる。

\* 子局におけるバースト送信タイミングの計算

まず初めに子局～親局間の伝搬遅延時間 T の推定を行う。

XYZ座標で各局の位置を表し、

衛星 : (X, Y, Z)

船舶局 : (X<sub>s</sub>, Y<sub>s</sub>, Z<sub>s</sub>)

海岸局 : (X<sub>c</sub>, Y<sub>c</sub>, Z<sub>c</sub>)

とする。ただし、衛星は、X=6378135+35800000 m (地球半径+高度)、Y=Z=0 m としてある。この X, Y, Z は、初期接続時に親局からの衛星位置補正データにより補正される。これらから、子局～親局間の伝搬遅延時間 T は次式、

$$T = (1/c) \{ \sqrt{(X-X_s)^2 + (Y-Y_s)^2 + (Z-Z_s)^2} + \sqrt{(X-X_c)^2 + (Y-Y_c)^2 + (Z-Z_c)^2} \}$$

より推定される。ただし、c は光速である。子局において予測接続を行うためには、この T と、TDM フレームの長さ T<sub>r</sub> により、親局からの受信フレームパルスから子局送信フレームパルスまでの遅延 T<sub>d</sub> を求める。すなわち、第 4.5-9 図を参照して、

$$T_d = m \cdot T_r - 2T, \quad m: \text{整数} \quad (\#)$$

となる。以上の計算は子局 CONT 盤内にある CPU で実行される。

次に親局はこの REQ バーストを受信し、この受信タイミングをもとにして、受信 TDMA バーストの第一スロットがちょうどフレームパルスの位置に到来するよう、TDMA バーストタイミング補正データが CPU により計算される（測距機能の項参照）。ただし、REQ メッセージを解読した結果、BCH エラーが3以上のときはそのメッセージは無効となる。タイミング補正データは TDM フレームに乗せて再び子局に向けて送信される。子局では、これをもとに送信タイミングの補正が行われた後、パネル上の VOICE 又は DATA の表示ランプを点灯する。同時に、親局に指定された MUX/DEMUX のタイミング、すなわち送受信のタイムスロットナンバーが設定され、通信バーストの送受信が開始されて初期接続が完了する。

通話開始と同時に親局、子局ともに制御盤より 24 kHz または 4.8 kHz のクロックの送出が開始される。これらとともに、親局側で生成された 160 kHz のクロック、またはその再生クロックより分周して得たもので、両局ともに、MUX 部の FIFO 書込みクロック、及び DEMUX 部の FIFO 読出しクロックとして使用される [(MUX/DEMUX の項参照)。

一方、回線接続要求が船発の場合、初期接続は、

1. 子局から親局へ REQ バーストの送出
2. 親局から子局へ回線割当てメッセージの送出
3. 子局から親局へ確認のための REQ バーストの送出
4. 親局から子局へ TDMA バーストタイミング補正データの送出
5. 通話開始

の順に行われ、2.以降は陸発と同じ過程をたどっている。



初めの REQ バーストの送出は、子局 CONT 盤の REQ ボタンを押すことにより行われる。送出のタイミングは、常に親局から送信されている衛星位置情報より、親局側待受けスロットにて受信されるよう設定される。親局ではこの REQ バーストを受信すると、回線制御ソフトウェアへ通信要求コマンドを送出する。この時点で、もし空きスロットがあれば、回線制御ソフトウェアより CONT-C 盤の CPU ヘスロット割当てコマンドを送出する。あとは親局からの回線割当てメッセージの送出以降、陸発の場合と同じ過程をたどって初期接続が完了する。空きスロットがない場合は、空きが生じるまで子局は待機することになる。

### (3) フレーム/バースト同期

第4.5-7図、第4.5-8図に示した CONT-C 盤、CONT 盤の系統図を参照しながら、フレーム/バースト同期について説明する。

本システムにおける海岸地球局（親局）及び船舶局（子局）のフレーム/バースト制御は、すべて親局の制御盤（CONT-C 盤）内で生成される 160 kHz のクロックに同期して行われる。子局では受信データより 160 kHz のクロック再生を行い、これに同期してバースト制御が行われる。

子局における受信フレーム同期は、CONT 盤内のユニークワード検出部（UW-DET）にて、フレームの先頭部にある長さ40ビットのユニークワード（UW）を検出したときに確立する。UW-DET に入力された受信 UW は、あらかじめ設定された UW パターンとビットごとに比較される。ここで、不一致のビット数が N 以下のときは UW を正相で検出したと判定され、(40-N) 以上のときは UW を逆相で検出したと判定される。逆相で検出した場合、以降の段へはデータを反転して送出する。なお、N は通常 3 に設定されているが、これは盤内のディップスイッチにより変更可能である。この UW が検出されたタイミングを基準として、受信フレームのビット数が初期接続時にスロット設定のされた RX-TIMESLOT-COUNTER によりフレームごとに計数される。これにより、自局あてスロットの間だけ DEMUX-FIFO 書込みクロック（160 kHz）がデマルチプレクサを通して供給され、TDM データの受信が確立される。

子局送信の TDMA バーストは、初期接続時に設定された子局側の TX-OFFSET-TIMER により、親局側の待受けスロット内にて受信される。バースト同期は、受信された TDMA バーストのプリアンブル部に含まれている 32 ビットの UW を検出することにより確立される。あらかじめ設定された UW パターンとの比較では、不一致ビット数が N 以下なら正相、(32-N) 以上なら逆相

で検出したと判定される。N は通常 3 に設定されているが、変更可能である。

子局は船舶搭載であるため、時間とともにその位置が動き、したがって親局受信の TDMA バーストのタイミングもずれていくことが考えられる。このため、本システムでは親局にてバースト受信タイミングを監視し、初期接続後は約 3 分ごとにバーストタイミング補正データを TDM フレームに乗せて送出し、これをもとに子局側で送信タイミングの補正を行うようになっている。

親局では、TDMA 信号受信中は各タイムスロットごとに順次 RX-TIMESLOT-COUNTER からタイミングパルスが出力され、その都度ウィンドウが開くようになっている。ウィンドウが開いているときに UW が検出されると、そのスロットに対応した DEMUX へ 160 kHz の FIFO 書込みクロックがデマルチプレクサを通して供給され、TDMA データの受信が確立される。

### (4) 測距機能

初期接続の項で述べたとおり、本システムにおける予測接続は、地上及び衛星の各局の位置データから子局～親局間の伝搬遅延時間を推定することにより行い、タイミング補正は、親局にてあらかじめ予定されたバースト受信タイミングと実際に受信されたタイミングとを比較し、その誤差を測ることにより行われる。このタイミング補正は、親局にてフレーム周期という物差しを使って実際の伝搬遅延時間を測定し、その推定値と比較することが基本となっている。なぜなら、親局で予定されたバースト受信タイミングは、フレームパルスを基準として設定されているからである。したがって本システムでは、このタイミング補正データを用いることにより、船舶～衛星間の測距を行うことができ、船舶の測位へ応用することが可能である。ここでは、第4.5-10図を参照しながらこの原理について述べる。

いま、衛星及び親局の位置は正確にわかっているものとし、これらの間の伝搬遅延時間を  $T_c$  とする。また、衛星と子局の位置から求められた衛星～子局間の伝搬遅延時間を  $T_s'$  とし、これがその真の値  $T_s$  に対して誤差  $\delta$  を持っているとする。すなわち、

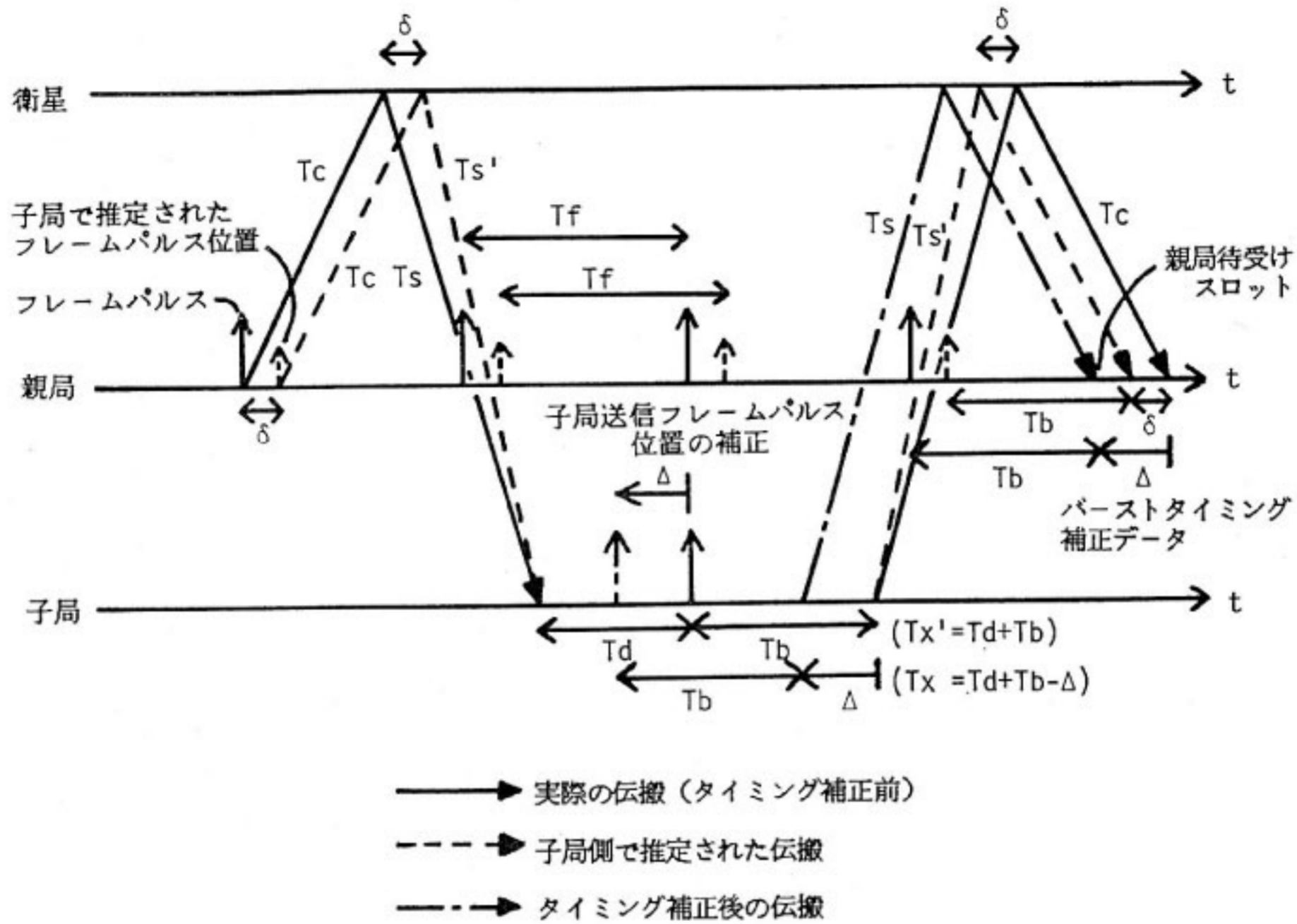
$$T_s - T_s' = \delta$$

親局において、バースト待受けスロットのフレームパルスからの遅延時間を  $T_b$ 、フレームの長さを  $T_f$  とすると、子局バースト送出タイミング  $T_x'$  は (#) 式より、

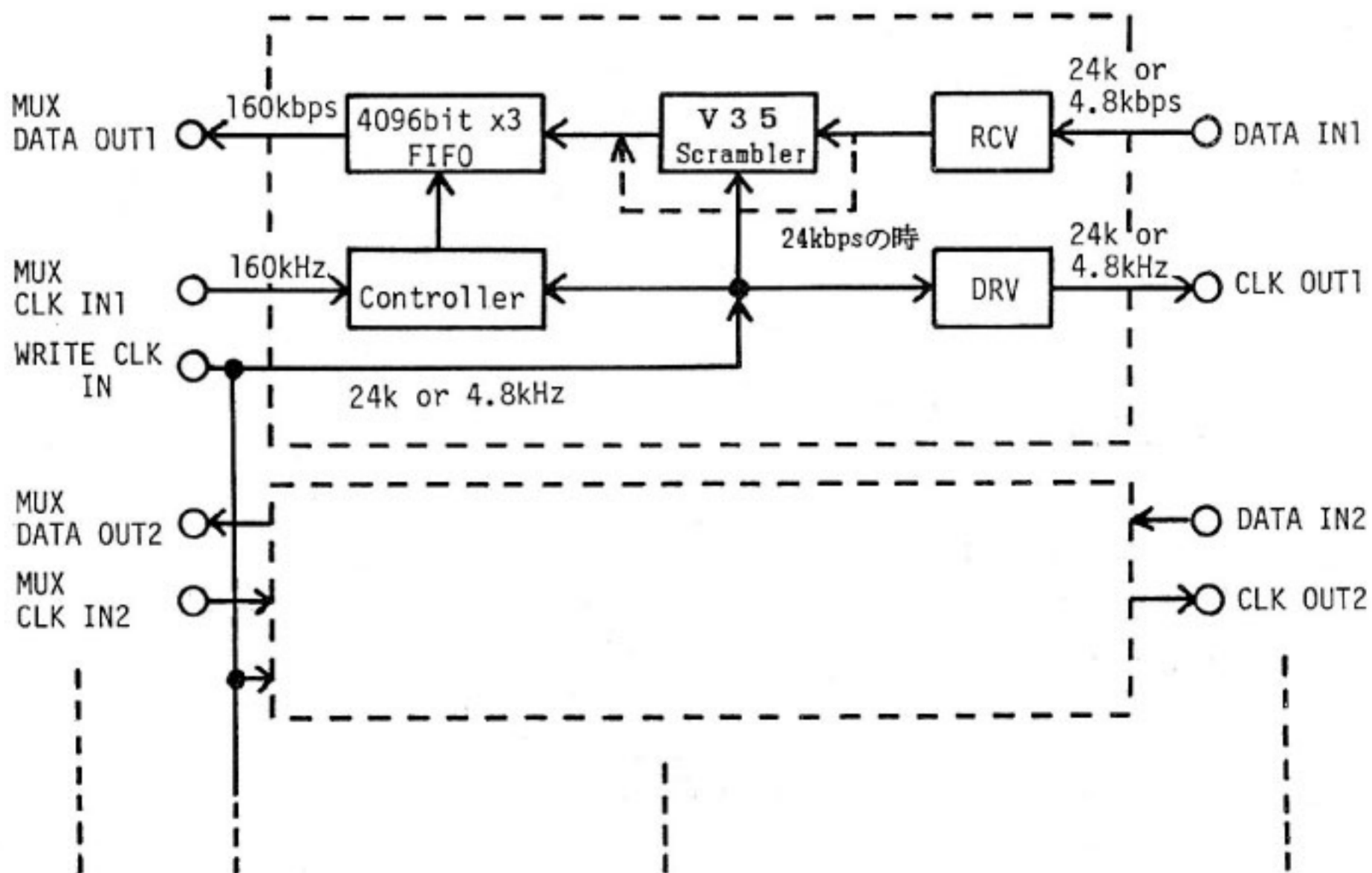
$$\begin{aligned} T_x' &= T_d + T_b \\ &= m \cdot T_f + T_b - 2(T_c + T_s') \end{aligned}$$

ただし、 $m$ ：整数

$T_d$ ：子局における親局フレームパルス受信から



第4.5-10図 TDMA バーストタイミング補正データを用いた測距



第4.5-11図 MUX-1, MUX-2, TDMA-MUX 系統図

子局フレームパルスまでの遅延時間

として推定することができるが、実際には  $T_s'$  には誤差があるため、正しい送出タイミング  $T_x$  は、

$$T_x = m \cdot T_f + T_b - 2(T_c + T_s)$$

となる。したがって、親局における受信バーストのタイミングのずれ、すなわちタイミング補正データ  $\Delta$  は、

$$\begin{aligned} \Delta &= T_{x'} - T_x \\ &= 2(T_s - T_s') \\ &= 2\delta \end{aligned}$$



つまり、この  $\Delta$  が測定されれば正しい伝搬遅延時間  $T_s$  は、

$$T_s = T_s' + \Delta/2$$

となり、衛星～子局間の距離は  $c \cdot T_s$  で与えられる。

(5) MUX/DEMUX 部

MUX 部は、24 kbps 及び 4.8 kbps の送信データを受けて 160 kbps に圧縮し、対応するタイムスロットに分配して制御部に送出する機能を持つ。MUX-1 盤と MUX-2 盤はそれぞれ海岸地球局の 24 kbps 音声 5 チャンネル用と 4.8 kbps データ 4 チャンネル用のユニット、TDMA-MUX 盤は船舶局用の 24 kbps, 4.8 kbps 各 1 チャンネルずつを持つユニットである。各ユニットはチャンネル数、ビットレートが異なるのみで、動作原理は全く同じなのでここでは一括して説明する。後に述べる DEMUX 部も同様である。

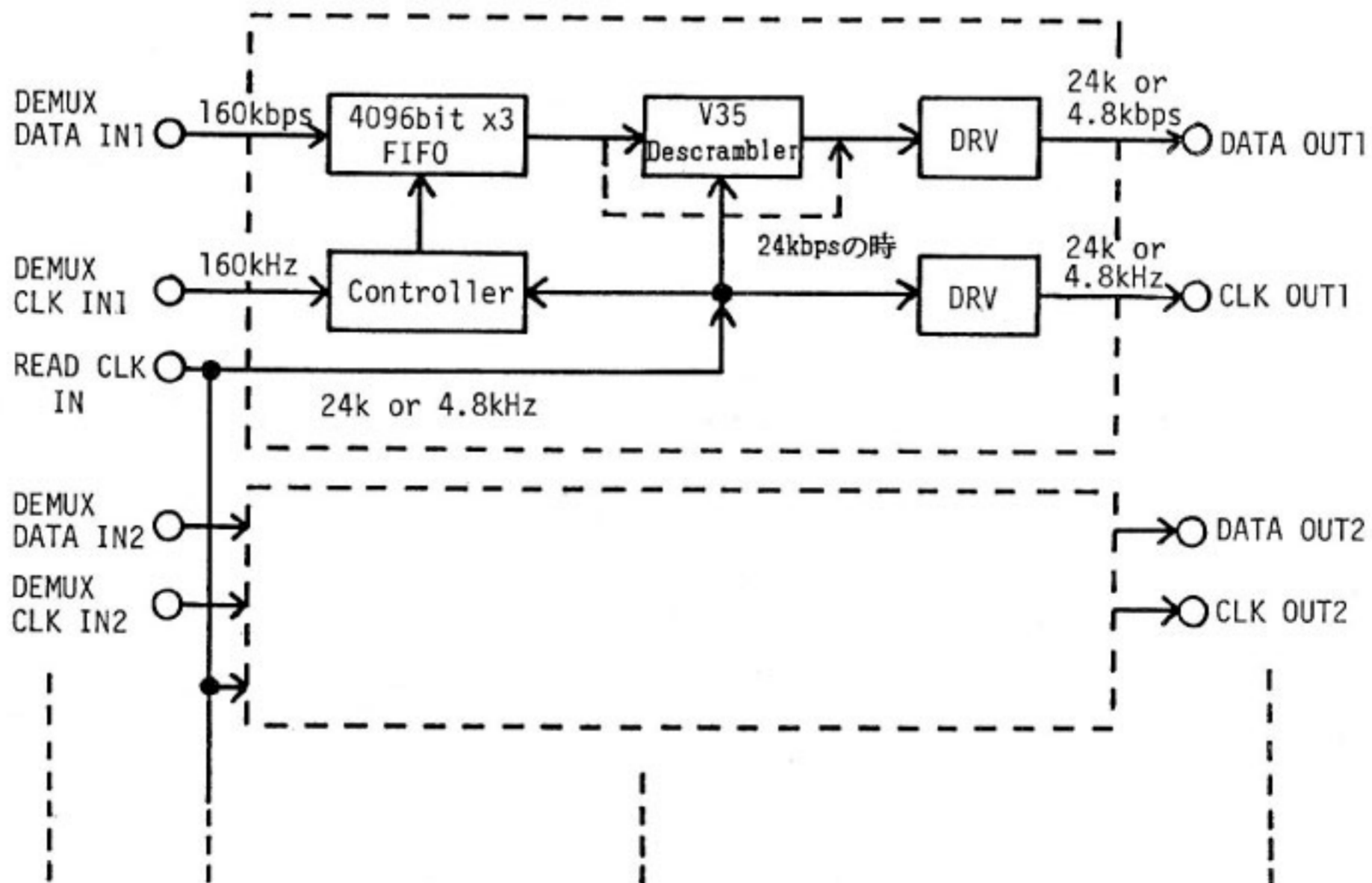
MUX 部はチャンネルごとに FIFO 部、スクランブラより構成される。第 4.5-11 図にその系統図を示す。入力データは、24 kbps のチャンネルでは入力部 (RCV) から直接、4.8 kbps のチャンネルでは V35 スクランブラを経て FIFO 部へ供給される。FIFO は 4096 ビット  $\times$  3 の RAM とコントローラで構成され、入力データは 24 kHz/4.8 kHz の書き込みクロックに同期して FIFO に順次書き込まれる。このクロックは、制御部にて 160 kHz の送/受信クロックを分周して生成されたもので、ドライバを経て同時に外部へも出力される。一方、FIFO の読出しは 160 kHz のクロックに同期して行われるが、こ

のクロックは制御部より送出タイムスロット期間のみ供給され、各チャンネルのデータは対応するタイムスロットに割り当てられて送出される。

DEMUX 部は復調された 160 kbps の受信データを制御部より受け、各タイムスロットごとに対応するチャンネルに分配し、24 kbps または 4.8 kbps で送出する機能を持つ。DEMUX-1 盤と DEMUX-2 盤はそれぞれ海岸地球局の 24 kbps 音声 5 チャンネル用と 4.8 kbps データ 4 チャンネル用のユニットで、TDM-DEMUX 盤は船舶局用の 24 kbps, 4.8 kbps 各 1 チャンネルずつを持つユニットである。

DEMUX 部は、チャンネルごとに FIFO 部とデスクランブラより構成される。第 4.5-12 図にその系統図を示す。FIFO 書き込みクロックは 160 kHz で、受信タイムスロット期間のみ制御部より供給され、各タイムスロットのデータが対応するチャンネルに分配される。FIFO は MUX 部と同じ 4096 ビット  $\times$  3 のメモリ容量をもつ。読出しクロックは 24 kHz または 4.8 kHz で制御部より供給され、ドライバを経て同時に外部へも出力される。読み出されたデータは 24 kbps の場合は直接、4.8 kbps の場合は V35 デスクランブラを経て出力部 (DRV) より出力される。

V35スクランブラ/デスクランブラは、TDM/TDMA 受信側におけるクロック再生をデータが all "1" または all "0" の場合でも行えるようにするためのもので、それぞれ 1 チップ CPU で構成される。スクランブラの出力データは、20 ビット前、3 ビット前、及び入力デー



第 4.5-12 図 DEMUX-1, DEMUX-2, TDM-DEMUX 系統図

タとの奇数パリティとなる。したがって、入力データが単調で all “1” 又は all “0” の場合でも出力はランダムパターンとなる。スクランブルされたデータはデスクランブラを通すことにより復元することができる。24 kbps 音声データの場合、音声符号化装置出力が単調になる可能性は少ないため、このスクランブラ/デスクランブラは実装されていない。

(6) 子局シミュレータ機能

本 TDM/TDMA システムは、海岸地球局内に設置された疑似船舶局により、船舶局を模擬して通信実験が行えるようになっている。疑似船舶局による実験は、実際の船舶局を用いた実験に対する評価基準として活用することができ、また複数の TDMA バーストの存在を仮定したときの回線制御機能を調べることができる。

疑似船舶局の機能と構成は、疑似バースト送出機能をもっていること以外は、船舶局と全く同じである。疑似バーストは TDMA バーストを模擬したもので、CONT 盤パネル上のロータリースイッチ (BURST) により五つまで任意に送出することができる。スイッチが 0 のときは REQ メッセージ中に本チャンネルの船舶番号が書き込まれ、送受信回線が設定されるが、一方、スイッチが 1~5 のときは疑似船舶番号が書き込まれて疑似バーストが送出されるが、回線は設定されず、VOICE/DATA の表示ランプも点灯しない。

4.5.3 回線接続制御系

回線接続制御系、海岸/航空地球局に設置されており、次の機能を持つ。

(a) 回線の利用状態に応じて、簡易デマンドアサインメントによる回線制御に必要な情報 (回線制御情報) を親局の制御部 (CONT-C 盤) に指示する。

(b) 回線制御情報の内容を実験者に表示し、内容の変

更をするための入力を受け付ける。

(1) システム構成

本制御系のシステム構成を第4.5-13図に示す。ハードウェアとしては次の各装置により構成される。

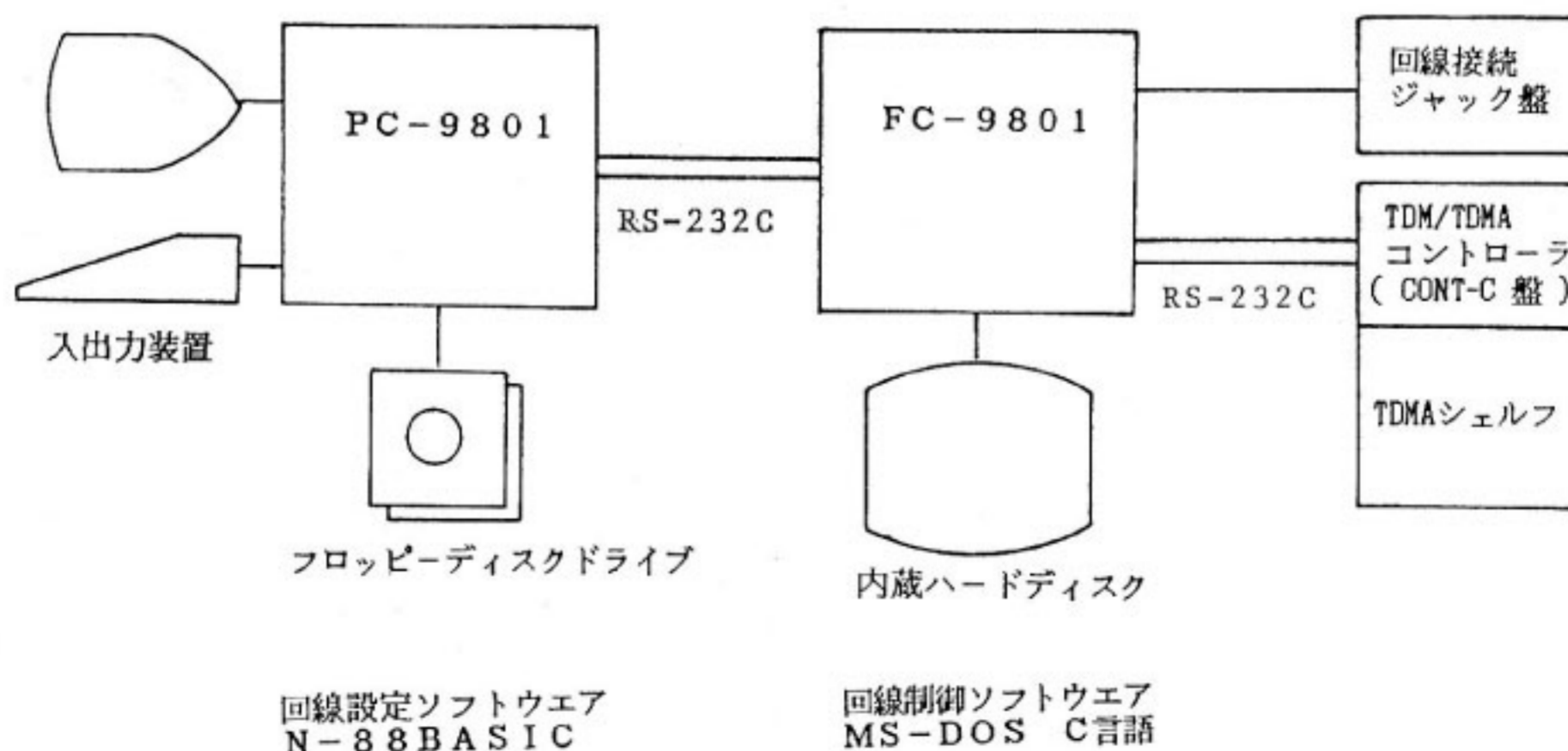
(a) パーソナルコンピュータ PC-9801 VM (NEC 社製、以下 PC-9801 と略す)。16ビットマイクロプロセッサを使用し、各種インタフェース及びフロッピーディスクドライブ 2 台を内蔵している。

(b) PC-9801 用入出力装置。キーボード及び高解像度カラーディスプレイを装備する。

(c) ファクトリーコンピュータ FC-9801 (NEC 社製、以下 FC-9801 と略す)。PC-9801 とハードウェア、ソフトウェア共完全な互換性を保ち、対環境性と信頼性を向上させたものである。容量 10 MByte のハードディスク装置を内蔵している。

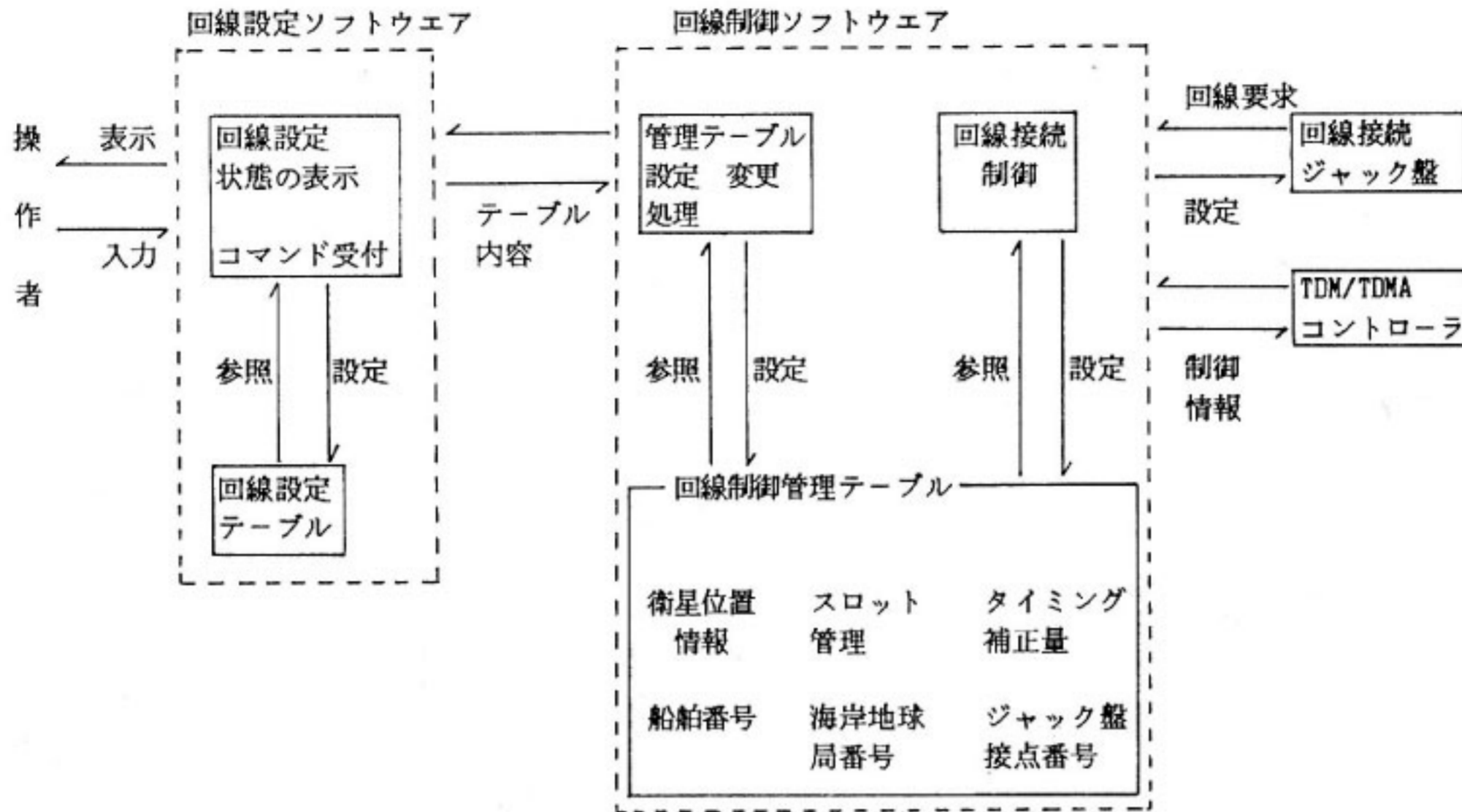
PC-9801 と FC-9801 の間、及び FC-9801 と TDM/TDMA 端局装置 CONT-C 盤との間は RS-232C インタフェースによりデータ転送を行う。RS-232C の規格は伝送速度 4800 bps、全二重調歩同期方式となっている。

PC-9801 は N-88BASIC システムにより運用されており、BASIC 言語で書かれた回線設定ソフトウェアがフロッピーディスクによりロードされる。一方、FC-9801 は、MS-DOS により運用されており、C 言語で作成された回線制御ソフトウェアが内蔵ハードディスクよりロードされる。各ソフトウェアのローディングは、PC-9801 及び FC-9801 の電源投入時に行われ、回線接続制御系としての機能を開始する。なお、回線設定ソフトウェアによる設定項目 (4.5-4 表参照) の変更を行わない限り、FC-9801 と回線制御ソフトウェアのみの構成でも TDM/TDMA システムの回線接続制御は可能である。



第4.5-13図 TDM/TDMA 回線接続制御部のハードウェア構成





第 4.5-14 図 TDM/TDMA 回線接続制御部ソフトウェアの機能構成

状態要因	⑥回線要求待ち	①スロット割当確認待ち	②通話* (終話待ち)	③船舶終話確認待ち	④端末終話待ち	⑤アラーム発生
船発起呼 →TDMAより回線要求コマンド受信	(空スロット無) ビジー送信 →⑥					
陸発起呼 ジャック盤より回線要求 (SW ON) 検出	(空スロット有) 割当コマンド送信 →⑥					
TDMAより割当確認コマンド受信		通話。ジャック盤通話ランプ ON →②				
船発終話 →TDMAより終話要求コマンド受信		終話。ジャック盤通話ランプ OFF →④	終話。ジャック盤通話ランプ OFF →④			
陸発終話 →ジャック盤より終話要求 (SW OFF) 検出		終話コマンド送信。タイマースタート →③	終話コマンド送信。タイマースタート →③		終話コマンド送信。タイマースタート →③	
船舶局キャリアOFF →TDMAより終話確認コマンド受信				終話。スロット開放 →⑥		
内蔵タイマーよりタイムアウト検出		終話コマンド送信。タイマースタート →③		終話コマンド送信。タイマースタート →③		
TDMAよりアラーム検出		該当スロットの使用禁止 →⑤	該当スロットの使用禁止 →⑤	該当スロットの使用禁止 →⑤	該当スロットの使用禁止 →⑤	
回線設定ソフトウェアよりスロットイニシャライズコマンド受信						該当スロットを開放 →⑥

\* 通話中、タイミング補正データを受信する。

第 4.5-15 図 回線接続制御の流れ図

(2) ソフトウェアの構成及び機能

本制御系のソフトウェアは、回線制御ソフトウェアと回線設定ソフトウェアより構成される。第4.5-14図にソ

フトウェアの機能構成を示す。以下、各ソフトウェアの機能と処理の内容について述べる。

(2-1) 回線制御ソフトウェア

第4.5-2表 回線制御ソフトウェア—TDM/TDMA 間コマンド  
(FC-9801) CONT-C 盤

名 称	コマンドコード (HEX)	伝送方向		用 途
		FC-9801	TDMA	
アラーム	05	←		障害発生を通知
障害復帰	06	←		障害復帰を通知
回線要求	10	←		船舶局からの回線要求を通知
スロット割当確認	11	←		回線が割当てられたことを通知
終話要求	12	←		船舶局からの終話要求を通知
終話確認	13	←		船舶局の送信停止を通知
タイミング補正值	14	←		TDMA 送信タイミング補正データを通知
スロット割当て	20	→		回線要求に対し、スロットの割当てを行う
ビジー	21	→		空きスロットが無いことを通知
終 話	22	→		海岸地球局からの終話要求を通知
終話確認	23	→		海岸地球局の送信停止を通知
変更情報	24	→		スロット利用状況の変化を通知
再送要求	30	↔		相手側にコマンド再送を要求

第4.5-3表 回線制御ソフトウェア—回線制御ソフトウェア 間コマンド  
(PC-9801) (FC-9801)

名 称	コマンドコード (HEX)	伝送方向		用 途
		PC-9801	FC-9801	
確 認	02		↔	応答
アラーム	05		←	障害発生を通知
障害復帰	06		←	障害より復帰したことを通知
初期設定	07		←	初期設定データを伝送
再送要求	08		↔	相手側にコマンド再送を要求
回線情報	40		→	設定/変更となったデータの確認
状態伝送	41		←	スロット利用状況の変化を通知
設定確認	42		←	確認のため同じ情報を送り返す
否 定	43		←	回線設定ができなかったことを通知
スロットイニシャライズ	44		←	アラームの発生したスロットを初期化

本ソフトウェアは、TDM/TDMA システムの回線接続制御を行う中核となる部分であって、制御に必要な衛星位置情報やスロットの利用状況などの情報を一括して管理するために回線制御管理テーブルを保有している。本ソフトウェアは、必要に応じてこのテーブルを参照あるいは更新しながら処理を行う。本ソフトウェアのメインルーチンで行われる処理内容を以下に示す。

#### a) 初期設定

回線制御機能の立上げ時に行われる処理である。

- ハードディスクのオープン ハードディスクに格納されている回線制御管理テーブルをアクセスできるようにする。
- タイマー起動 回線接続未了時や終話時に時間切れ(タイムアウト)処理を行うため、ソフトウェア的にタイマー機能を設定する。
- RS-232C 制御の起動 回線設定ソフトウェア及びTDM/TDMA 端局装置との情報交換を行うため、RS-232C インタフェースの制御を開始する。

#### b) 回線接続処理

TDM/TDMA 端局からのコマンドやジャック盤からの発呼/終話要求を受け、回線制御管理テーブルの内容を参照して必要な処理を行う。処理はTDM/TDMA 端局装置 CONT-C 盤へのコマンド送信及び回線制御管理テーブルの更新である。具体的な処理内容は、発呼から終話までの回線(スロット)の状態とソフトウェアの検出した要求やアラームの内容によって決定される。これを第4.5-15図に示す。図中の各処理内容が記入されている位置は、左右方向は回線(スロット)の状態に対応する。また、上下方向はソフトウェアの検出した状態変化要因、すなわち、発呼/終話要求やアラーム、タイムアウトなどに対応している。監視制御ソフトウェアは、スロットの状態と状態変化要因の組み合わせに対して定められた処理を行い、その後スロットの状態を変化させる。図中では状態変化を矢印で示している。なお、図中の空白部分は、状態変化要因を無視することを示している。処理を行った結果、スロットの状態が変化した場合には



スロット管理テーブルの内容を更新する。回線状態が通話中の場合、親局の CONT-C 盤から、子局の送信タイミング補正データを受け取り、これを基にタイミング補正テーブルの内容を更新する。第 4.5-2 表に本ソフトウェアと CONT-C 盤との間の送受コマンドの種類と用途を示す。

c) 回線設定ソフトウェアとの制御情報の交換

実験者の入力した回線制御管理テーブルの内容変更やスロットイニシャライズの要求は、一度回線設定ソフトウェアによって受け付けられるが、回線制御ソフトウェアはこの内容を受け取り、回線制御管理テーブルを更新する。更新後、確認のため新しい内容を回線設定ソフトウェアに再送信する。ただし、使用中のスロットに対してスロット管理テーブルの変更要求があった場合、更新は行われず、否定コマンドが送り返される。また、回線利用状態の変化に伴うスロット管理テーブルの更新がされた場合、その都度更新内容を回線設定ソフトウェアに送信する。第 4.5-3 表に、回線制御ソフトウェアと回線設定ソフトウェアの間の送信コマンドの種類と用途を示す。

d) ハードディスクのクローズ

回線制御管理テーブルの内容をハードディスクに収納し、ファイルをクローズする。

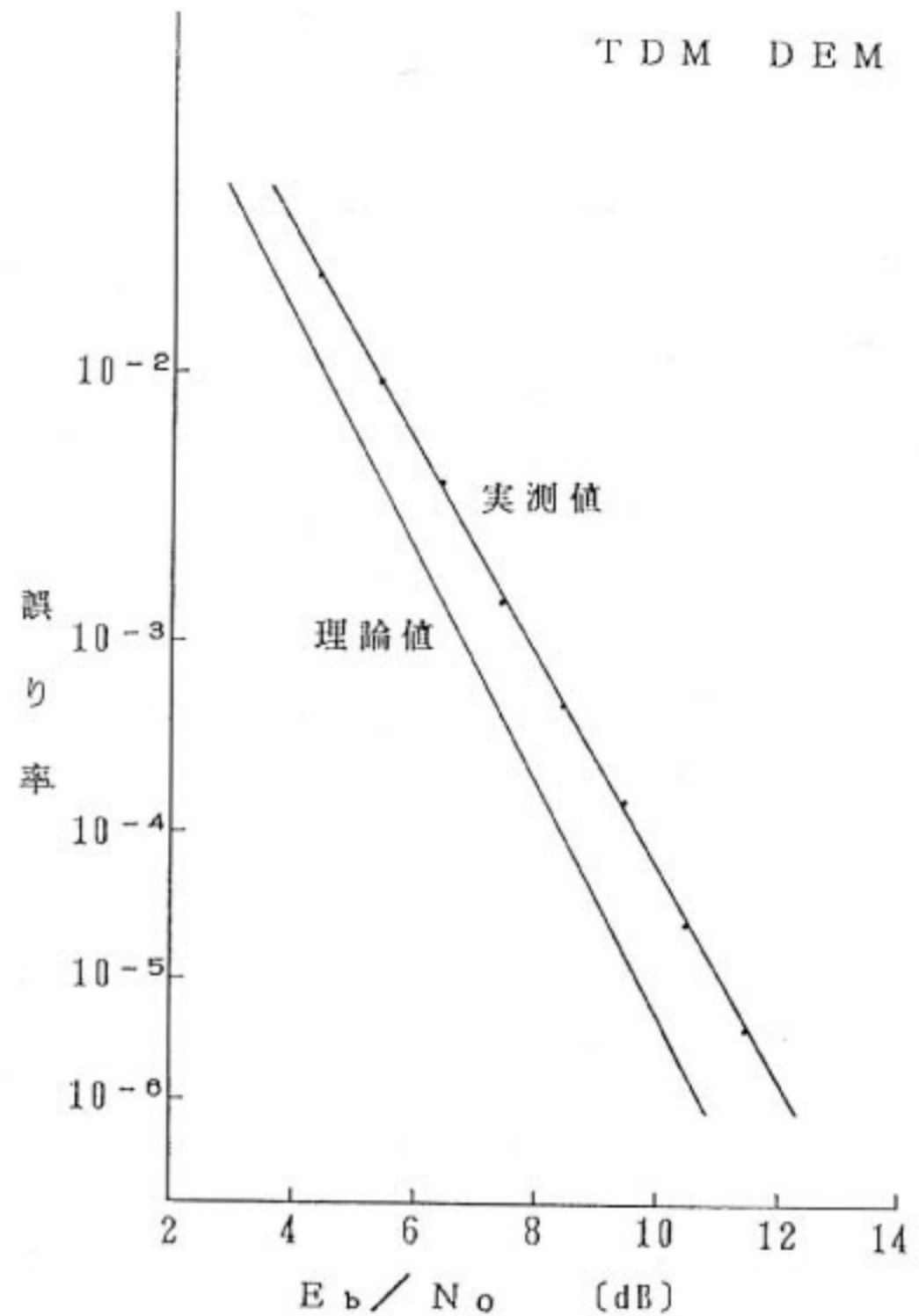
(2-2) 回線設定ソフトウェア

本ソフトウェアは、回線制御管理テーブルの内容を整理した形式で外部に表示し、あるいはその内容について設定や変更が行えるように外部からの入力を受け付ける機能を持つ。入出力はすべて CRT ディスプレイに表示されるメニューを用いた対話形式により行われる。

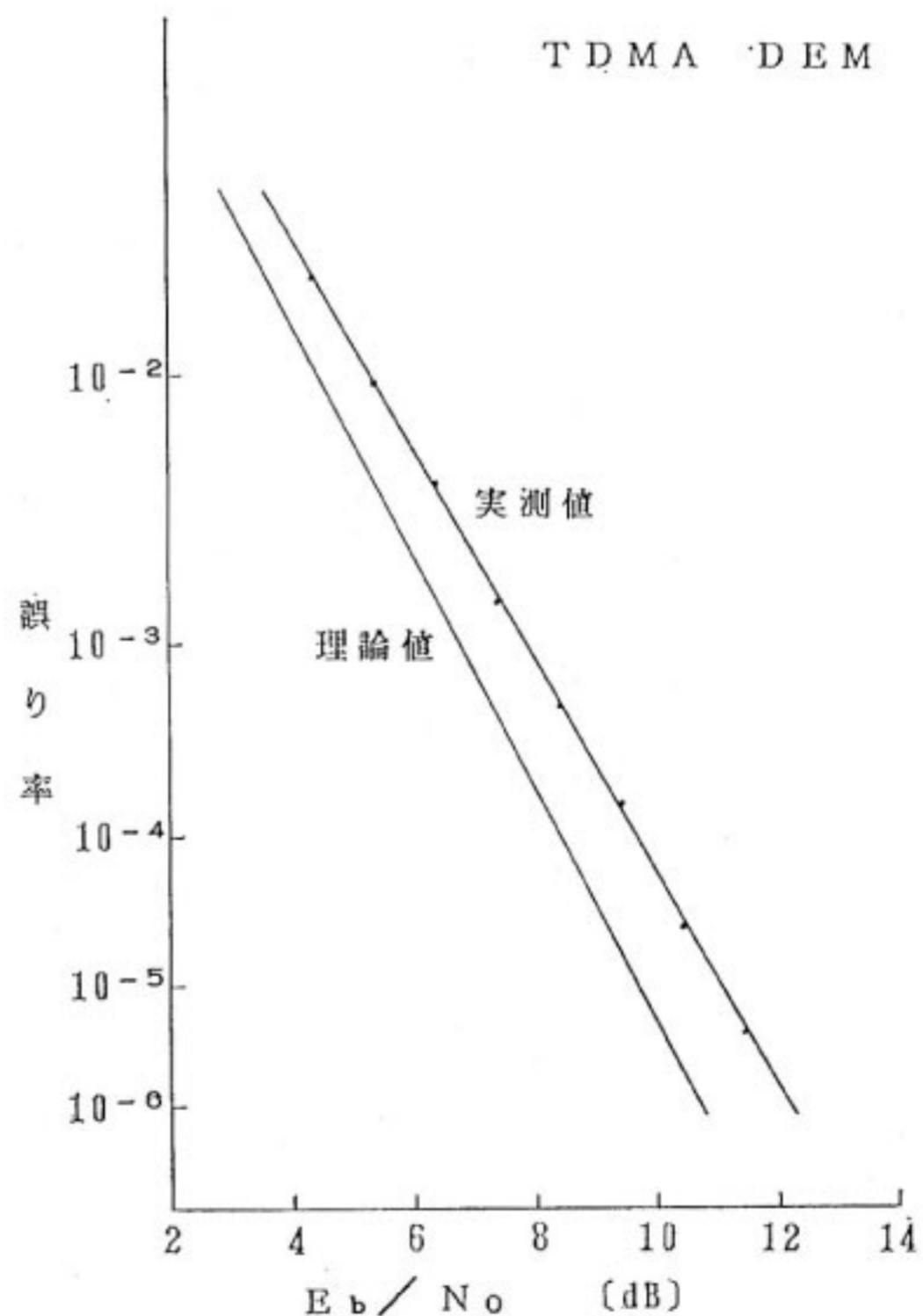
本ソフトウェアにより表示・設定できる項目を第 4.5-3 表に示す。表中の一つの項目が一つのメニュー画面に対応する。例えば、回線接続番号画面では、子局別にジャック盤上の回線接続用スイッチを割当てることができる。画面上には、ジャック盤のスイッチ番号と、子局の識別番号の対応のほか、回線状態（通話/空/アラーム及び音声/データの区分）が表示される。希望する子局への発呼・終話は対応するジャック盤スイッチによって

第 4.5-4 表 回線設定ソフトウェアによる表示・設定項目

TDMA/SCPC	(TDMA に設定する)
実験方式選択	
衛星位置情報	軌道 6 要素を表示・設定
船舶番号	各船舶 (擬似局を含む) の固有番号・登録
回線接続番号	各スロットの利用状況の表示
パースフォーマット	(通話相手先, Voice/Data の区分など)
スロットイニシャライズ	アラームの発生したスロットを初期化する



第 4.5-16 図 TDM DEM 誤り率特性

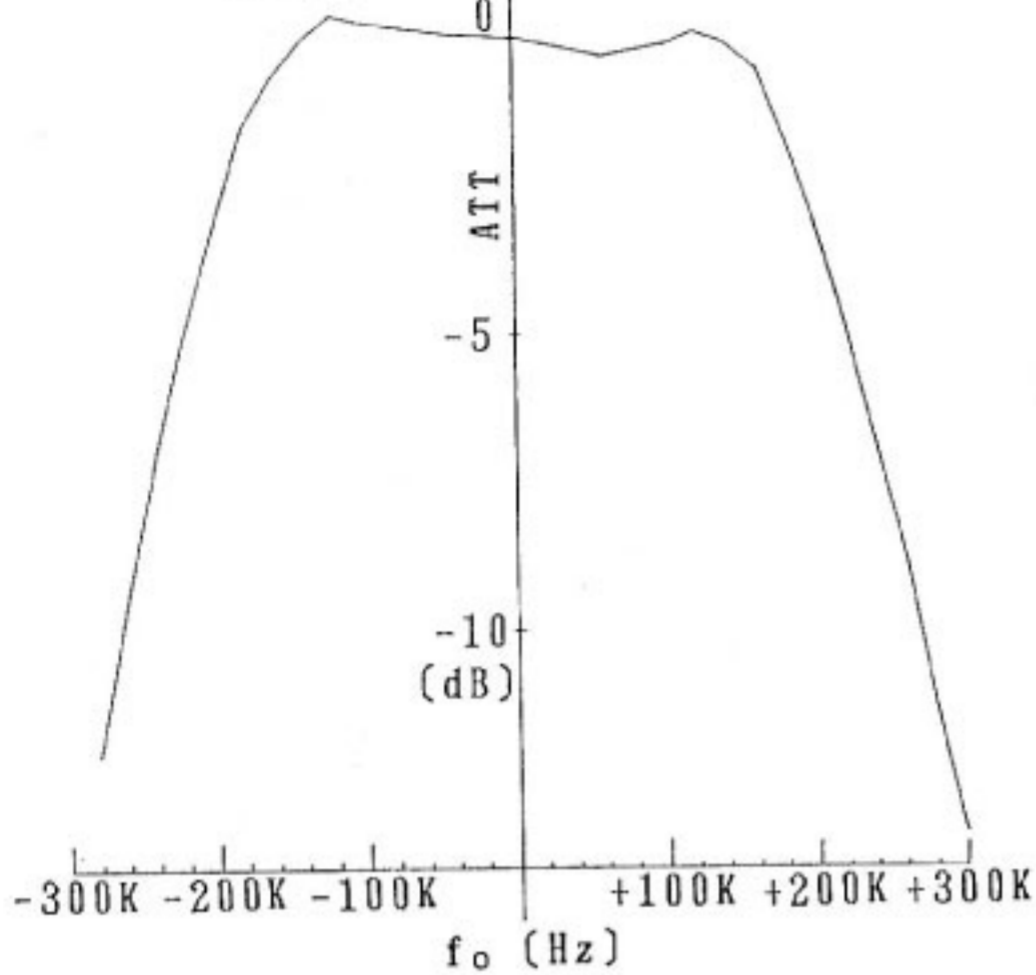


第 4.5-17 図 TDMA DEM 誤り率特性

海岸局用 T D M 送信部

送信 B T

$$B T = \frac{376K}{160K} \approx 2.4$$



オフセット周波数 (Hz)

第 4.5-18 図 TDM MOD 帯域制限フィルタ周波数特性

行われる。また、バーストフォーマット画面では、TDM/TDMA スロット単位で回線利用状況の表示と Voice/

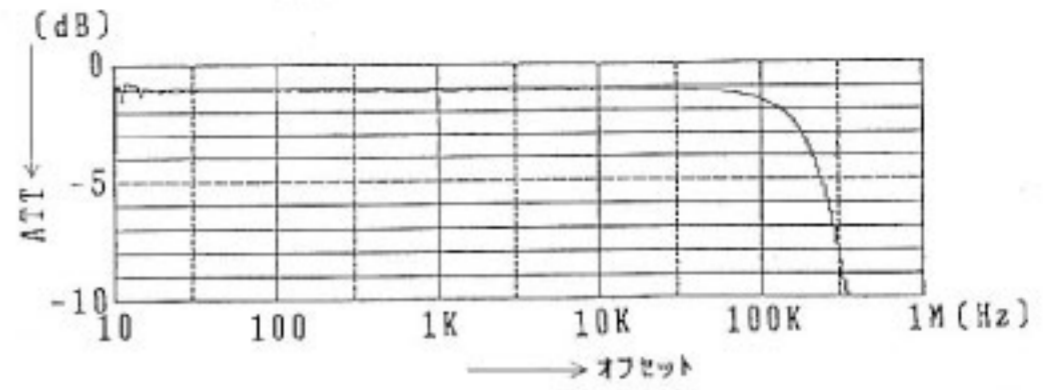
模擬船舶局

送信 B T

$$B T = \frac{191.4K \times 2}{160K} \approx 2.4$$

オフセット周波数

191.4KHz



第 4.5-19 図 TDMA MOD 送信データロールオフフィルタ周波数特性

Data の設定が行える。スロットイニシャライズ画面では、バーストフォーマット画面同様、スロットごとに回線利用状況が表示され、アラームの発生したスロットを初期化することができる。

4.5.4 IF 折り返し特性

本装置の誤り率特性を第4.5-16図及び第4.5-17図に示す。理論値と実測値とのずれは、誤り率  $10^{-4}$  で約 1.2 dB ほどである。また、TDM 変調器の帯域制限フィルタ周波数特性を第 4.5-18 図に、TDMA 変調器の送信データロールオフフィルタ周波数特性を第 4.5-19 図に示す。

