

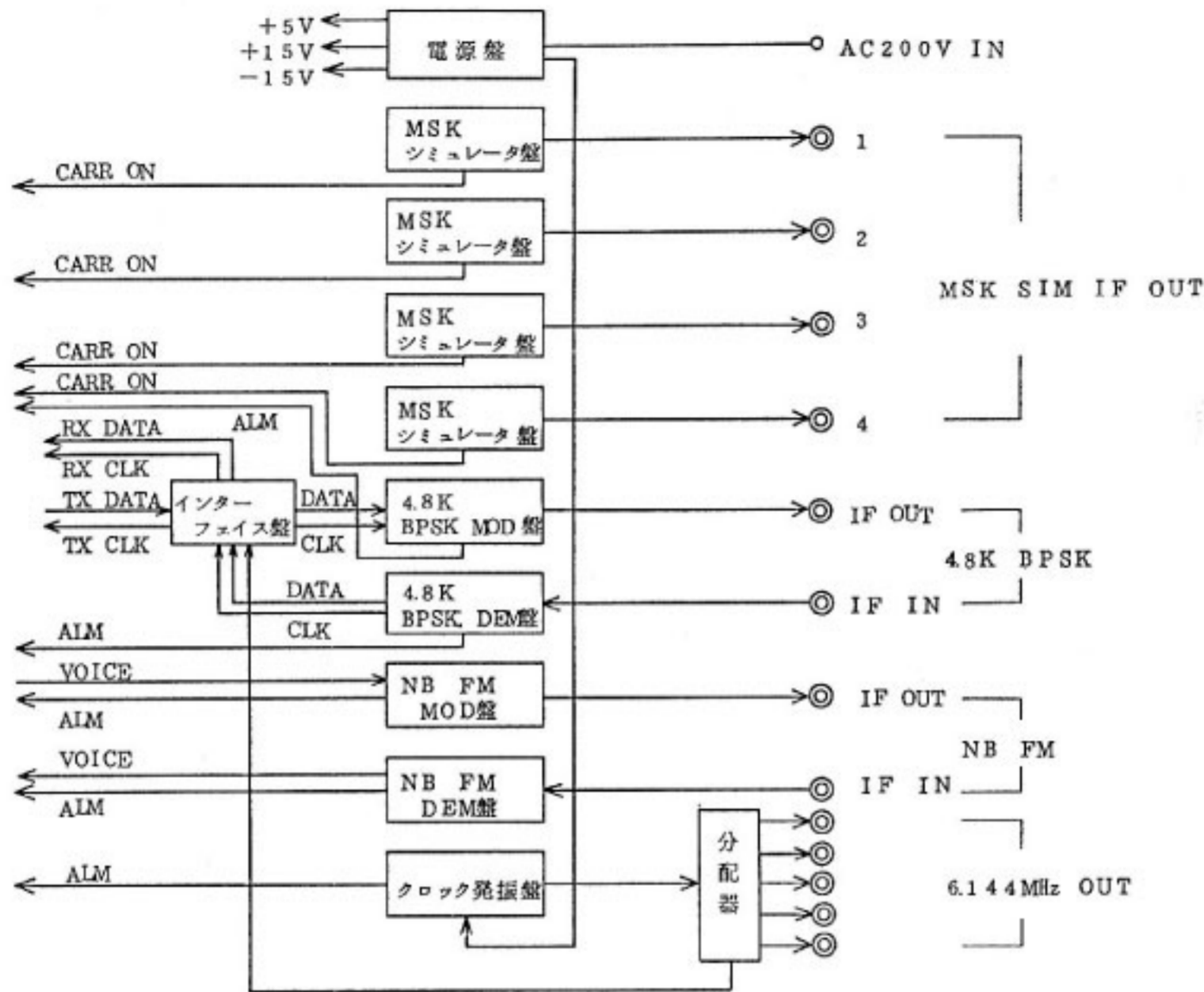
4.4 SCPC 通信用端局装置

4.4.1 MSK 変復調装置

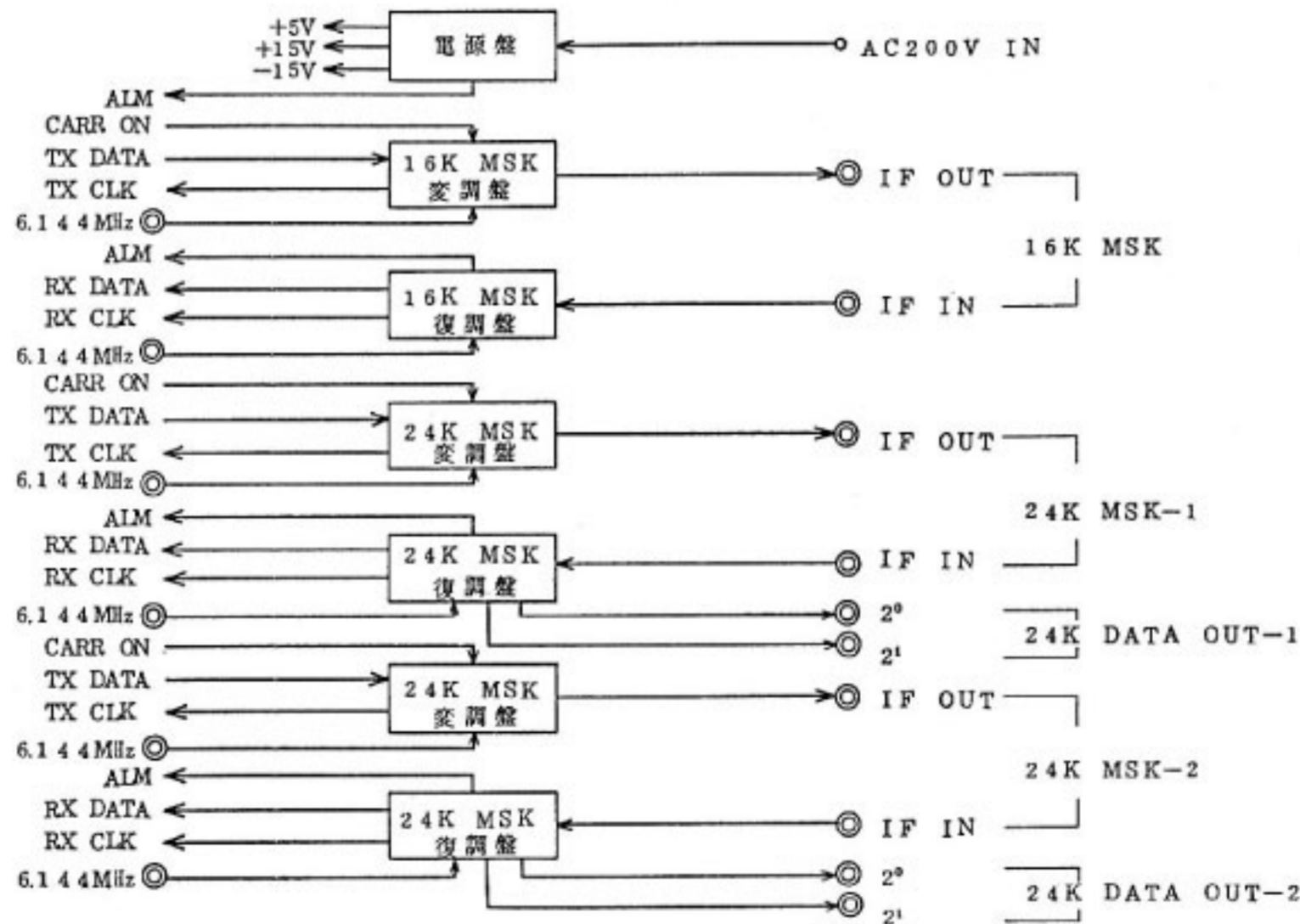
(1) MSK 変復調装置の構成

MSK 変復調装置の構成を第 4.4-1 図に、その外観写

真を第 4.4-2 図に示す。SCPC 変復調部-1 に MSK シミュレータ盤が、SCPC 変復調部-2 に 16kMSK と 24kMSK 変復調盤が収容されている。第 4.4-1 表、第 4.4-2 表に MSK 変復調装置の特性を示す。



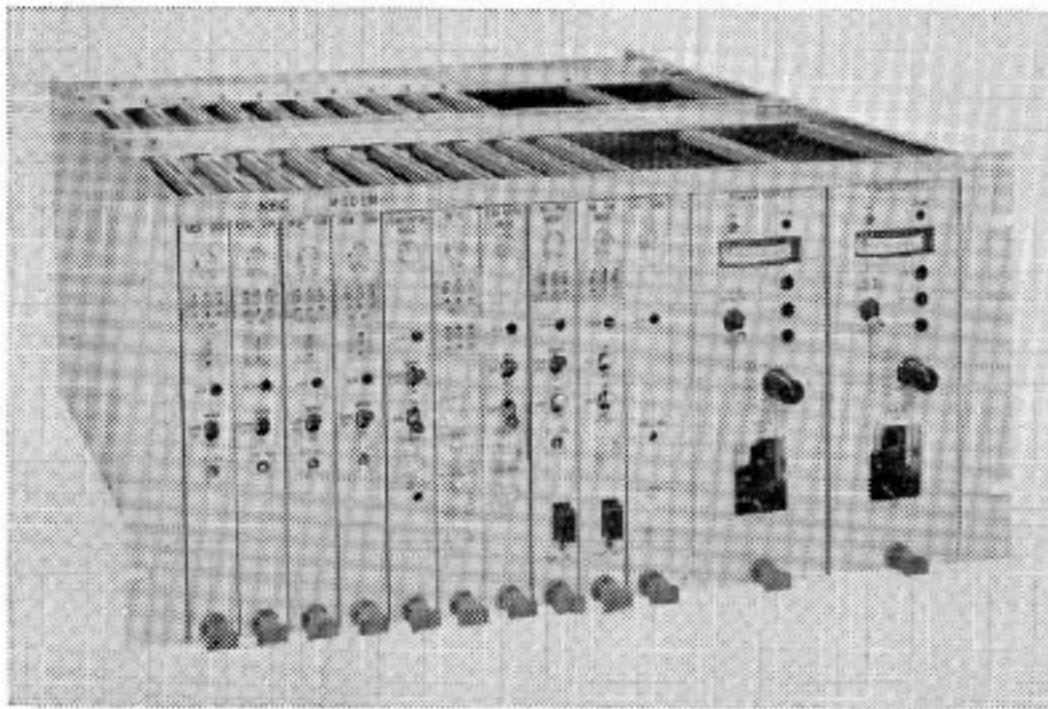
(a) MSK シミュレータ盤 (SCPC 変復調部-1)



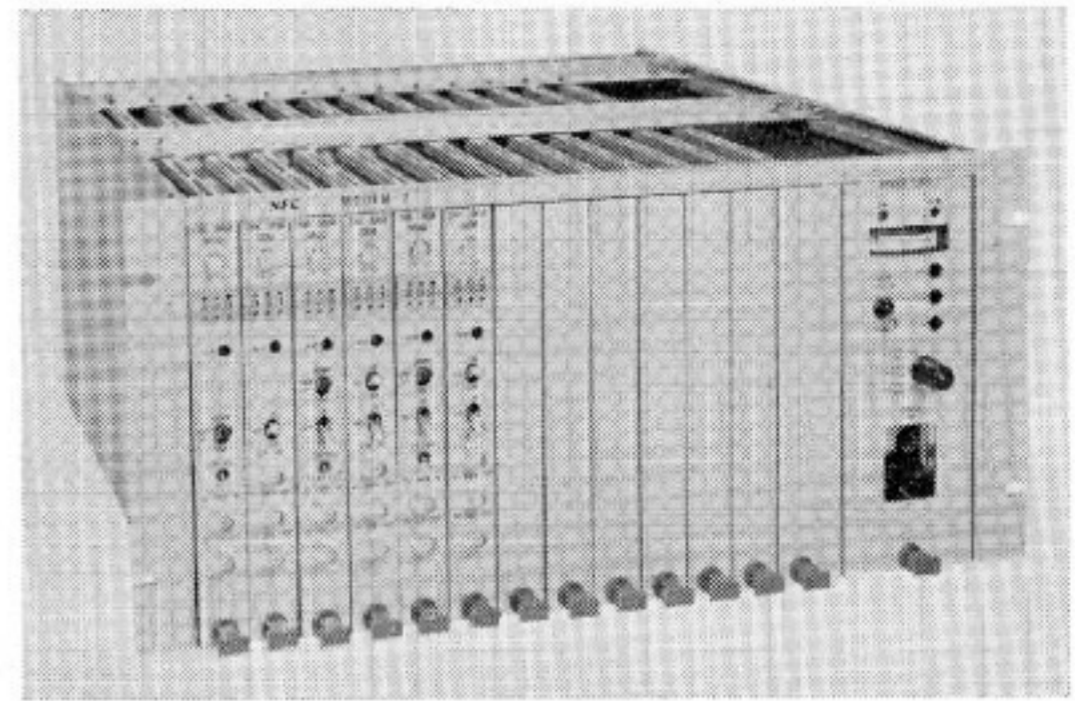
(b) 16kMSK, 24kMSK 変復調盤 (SCPC 変復調部-2)

第 4.4-1 図 MSK 変復調装置の構成図

若菜弘充 (鹿島支所 第二宇宙通信研究室), 井口政昭 (宇宙通信部 衛星通信研究室), 坂斉 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)



(a) SCPC 変復調部-1



(b) SCPC 変復調部-2

第 4.4-2 図 SCPC 変復調部

第 4.4-1 表 MSK 変調器の性能

	16 kMSK	24 kMSK	MSK シミュレータ
伝送速度	16 kbps	24 kbps	24 kbps
クロック周波数偏差	1×10^{-6} /時以下	1×10^{-6} /時以下	1×10^{-6} /時以下
変調信号	—	—	M系列 9 段 PN
出力周波数範囲	68.5~71.5 MHz	68.5~71.5 MHz	68.5~71.5 MHz
出力周波数間隔	25 kHz/チャンネル	25 kHz/チャンネル	25 kHz/チャンネル
周波数安定度	± 1 ppm	± 1 ppm	± 1 ppm
出力レベル	10 dBm/75 Ω ± 1 dB	10 dBm/75 Ω ± 1 dB	10 dBm/75 Ω ± 1 dB
出力レベル調整範囲	± 4 dB 以上	± 4 dB 以上	± 4 dB
送信 BT	2 (5 次バターワース)	2 (5 次バターワース)	2 (5 次バターワース)
差動符号化	常時差動変換	差動変換 ON/OFF 可	—
装置数	1	2	4

第 4.4-2 表 MSK 復調器の性能

	16 k MSK	24 k MSK
復調方式	同期検波	同期検波
伝送速度	16 kbps	24 kbps
符号誤り率	$C/N_0=52.8$ dBHz, BER= 10^{-4} 以下	$C/N_0=53.6$ dBHz, BER= 10^{-4} 以下
キャリア再生可能な BER の上限	1×10^{-2} 以上	1×10^{-2} 以上
入力周波数範囲	66.7~73.3 MHz	66.7~73.3 MHz
入力周波数間隔	25 kHz/チャンネル	25 kHz/チャンネル
AGC 特性	-35 dBm~-55 dBm で動作	-35 dBm~-55 dBm で動作
受信 BT	1 (公称)	1 (公称)
装置数	1	2

(a) 16 kMSK 変復調装置

MSK 変調器の構成図を第 4.4-3 図に示す。入力されたデータは I チャンネルと Q チャンネルの二つのデータ列に分けられる。Q チャンネルのデータは I チャンネルのデータに比べて T だけ遅れている。次に周期 4 T の基準正弦波と掛け合わせられる。さらにその波形は搬送波と掛け合わせられ、最後に I チャンネルと Q チャンネルが合成されて出力データとなる。したがって、周期 4 T の正弦波を使用する点を除けばオフセット QPSK の直交変調器と同じである。

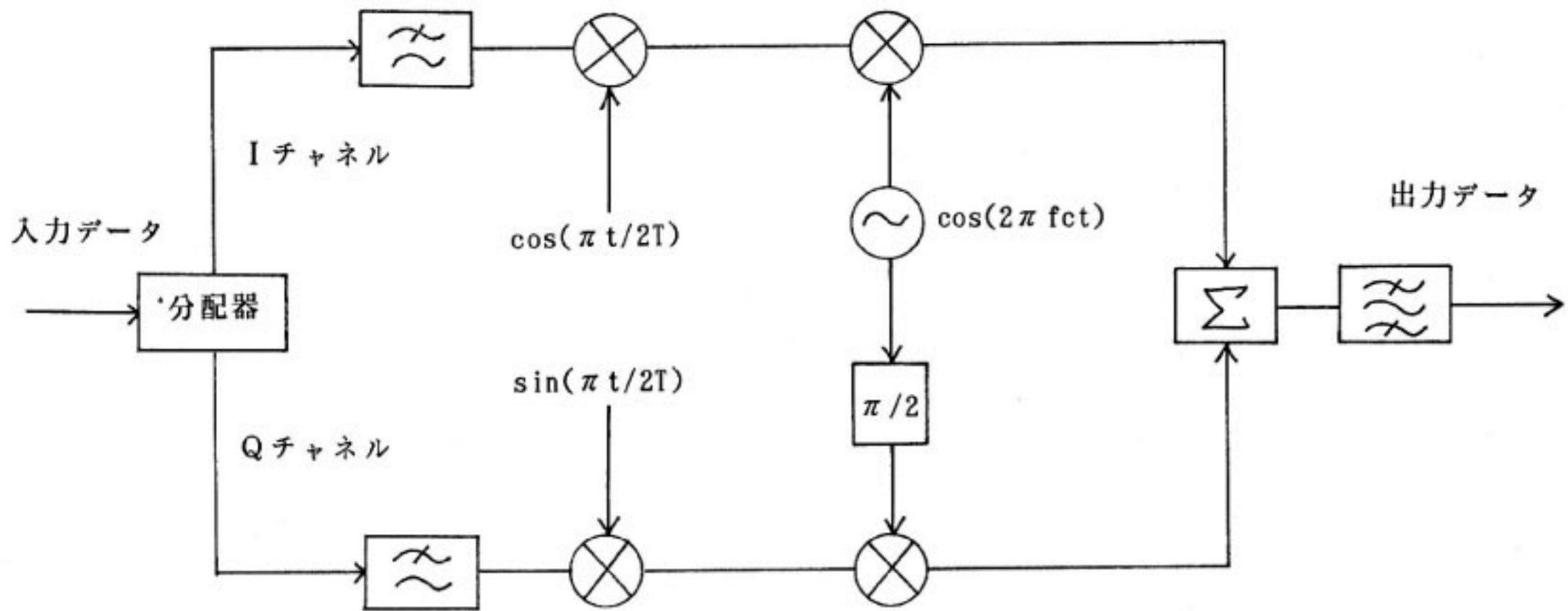
MSK 信号は同期検波、非同期周波数検波、遅延検波のいずれの方法でも復調が可能である。本装置は直交復調器を使った同期検波方式を使用している。

なお、データは常時差動符号化されている。

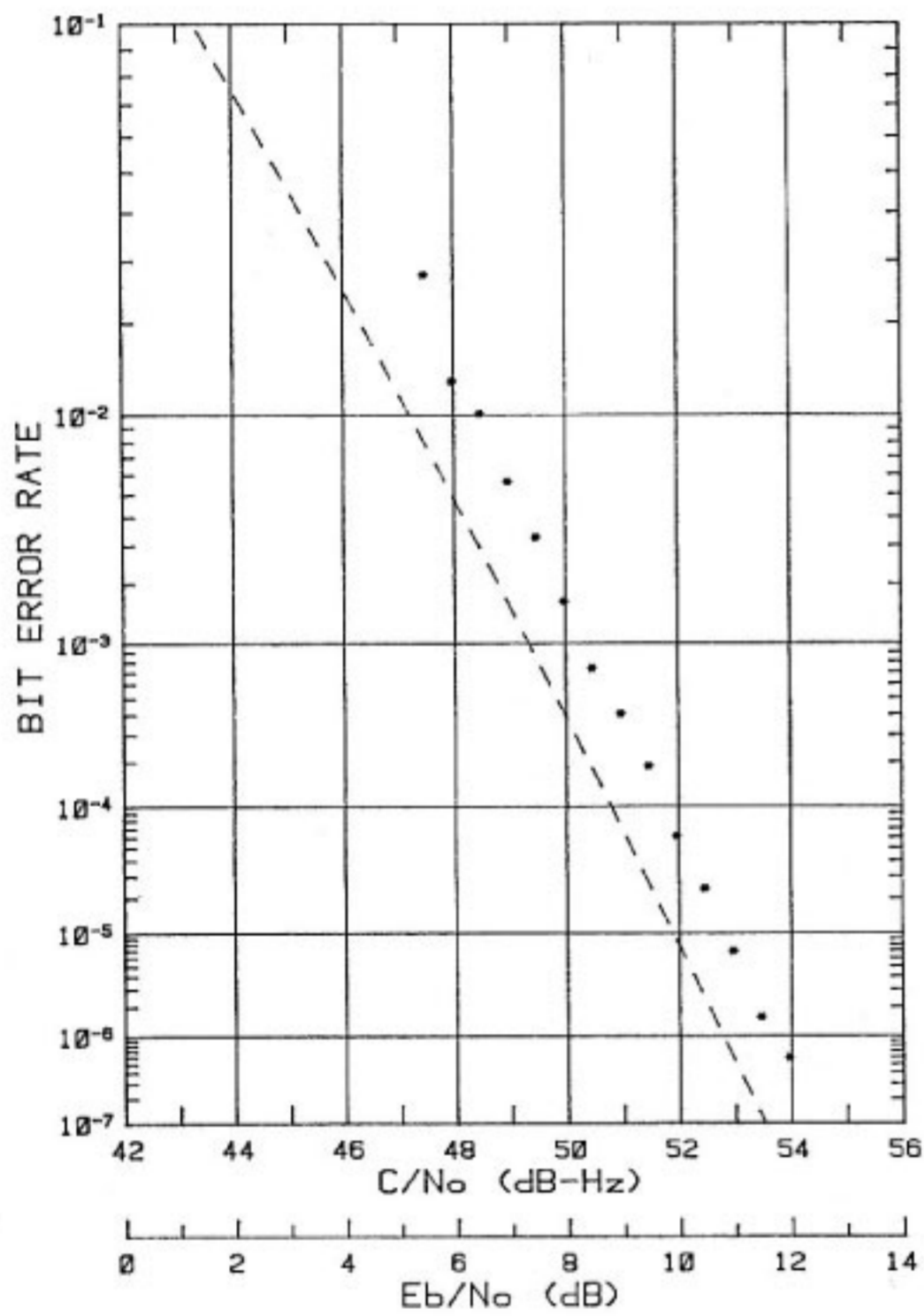
(b) 24 kMSK 変復調装置

変調盤の構成は 16 kMSK の場合とほぼ同じである。ただし、データの差動変換は変調回路にて on/off の切り替えが可能である。

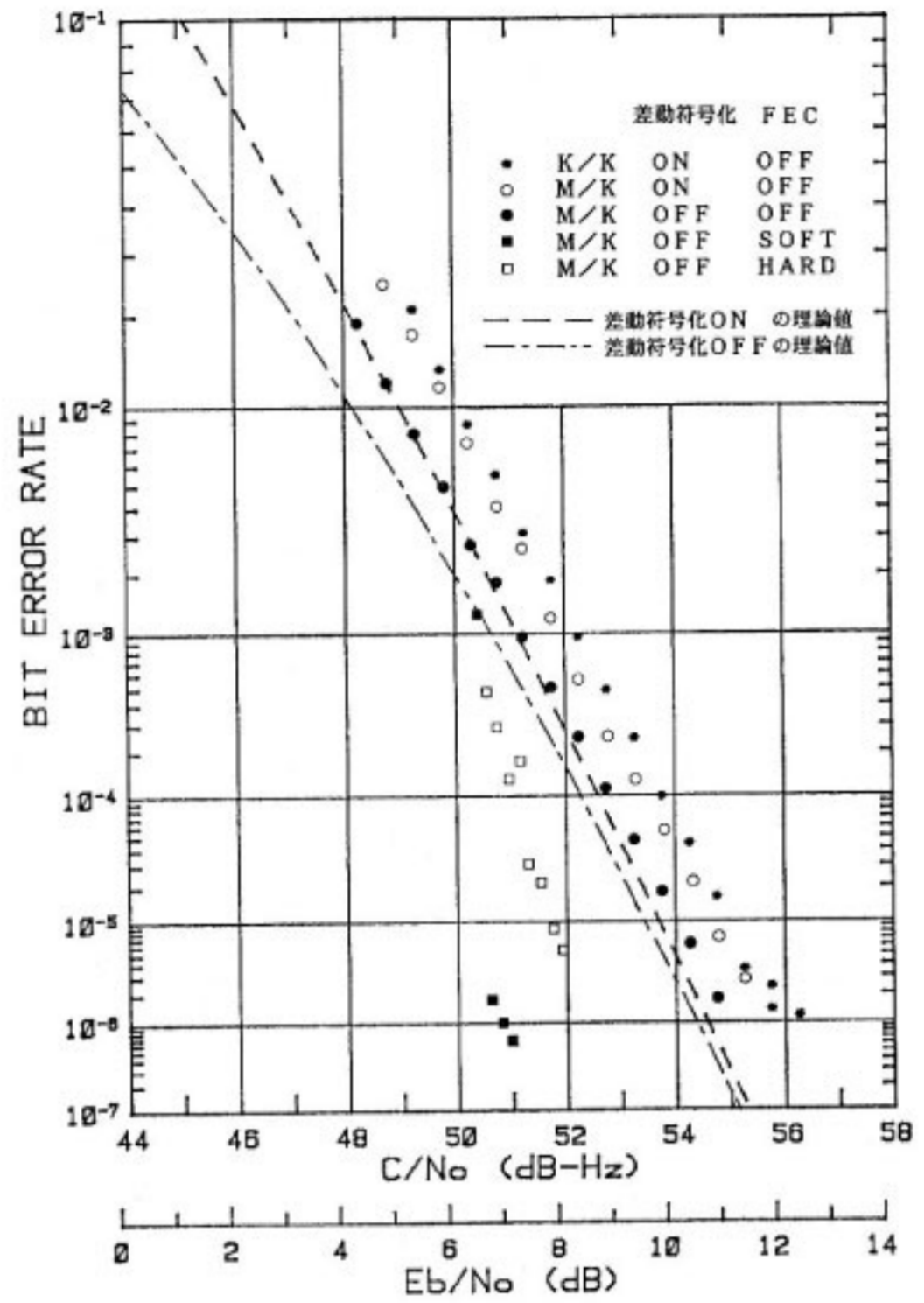
復調盤も 16 kMSK の場合とほぼ同じであるが、出力されるデータは差動変換 off のときには 3 ビットで出力



第4.4-3図 16 kMSK 変調器の構成図



(a) 16 kMSK



(b) 24 kMSK

第4.4-4図 符号誤り率特性

され、on のときには1ビットで出力される。前者の3ビットデータにより8値軟判定の誤り訂正復号を行うことができる。軟判定をするか、硬判定をするかの選択はパネル前面のスイッチで行うことができる。

(c) MSK シミュレータ

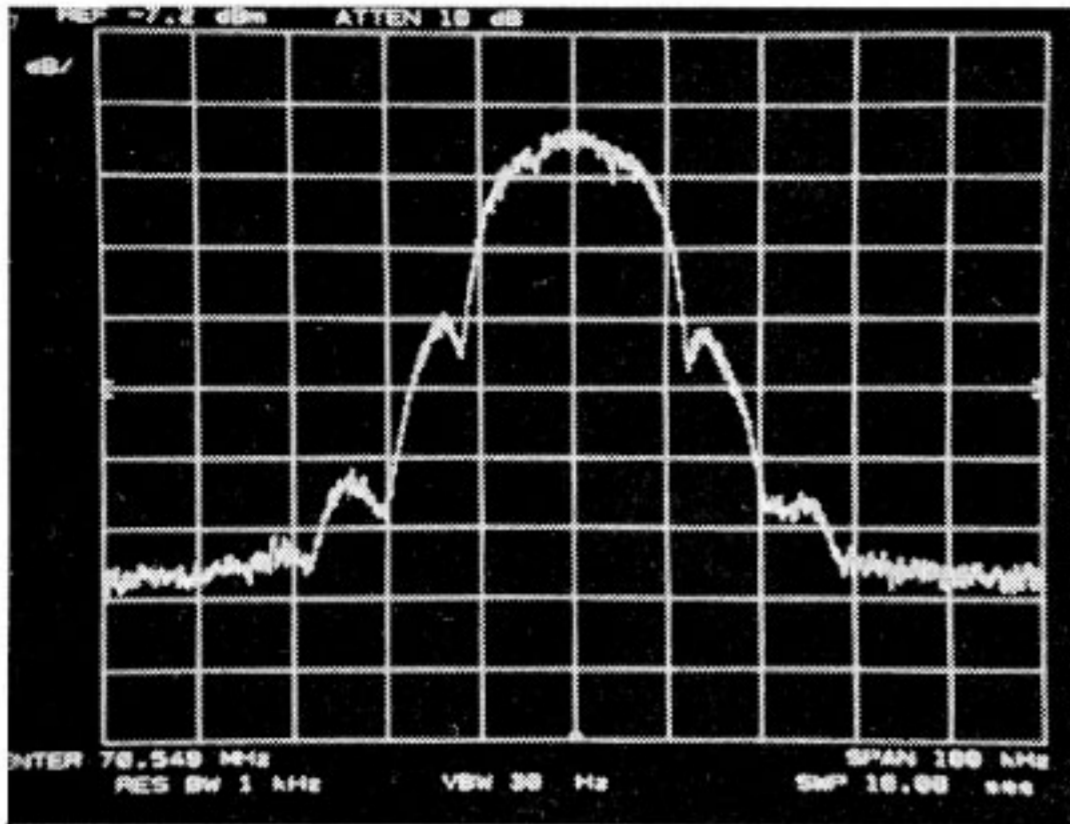
本装置は、内部で発生するM系列9段の疑似ランダム符号で、70 MHz 帯の IF 信号を MSK 変調し、出力

するものである。これは EMSS 実験において、複数の MSK 変調された SCPC 信号を模擬するために用いられる。

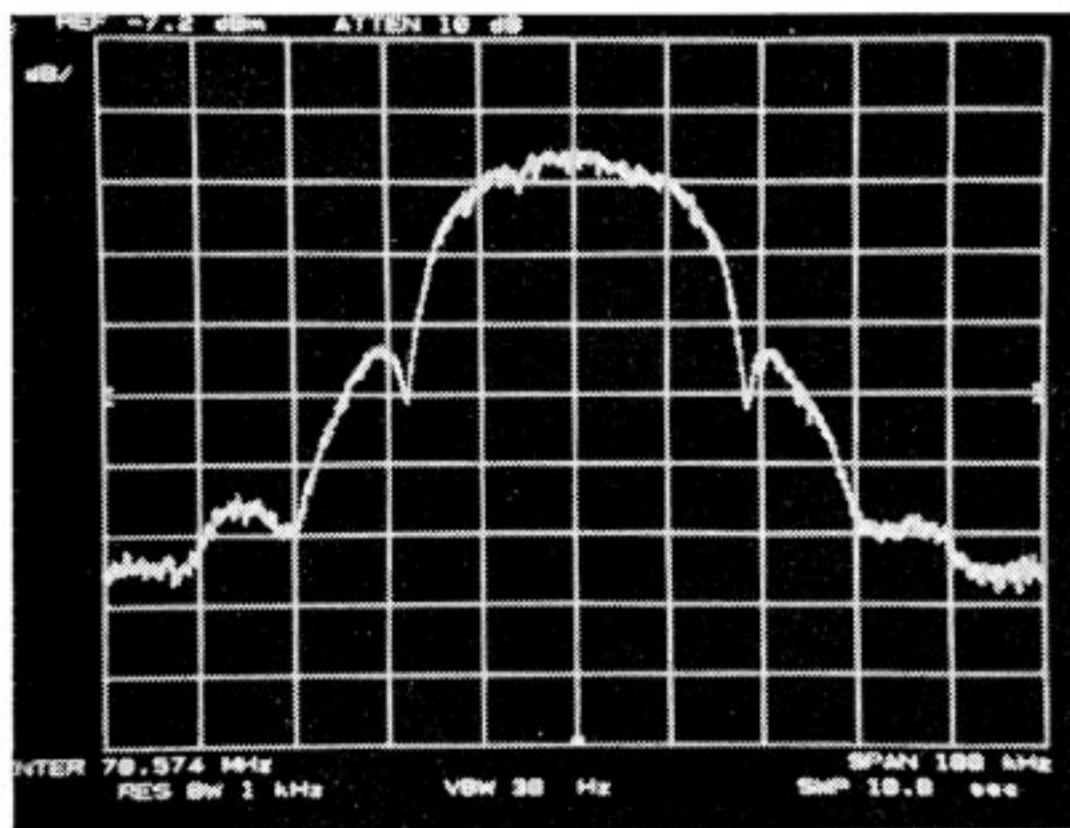
(2) 総合特性

(a) 誤り率特性

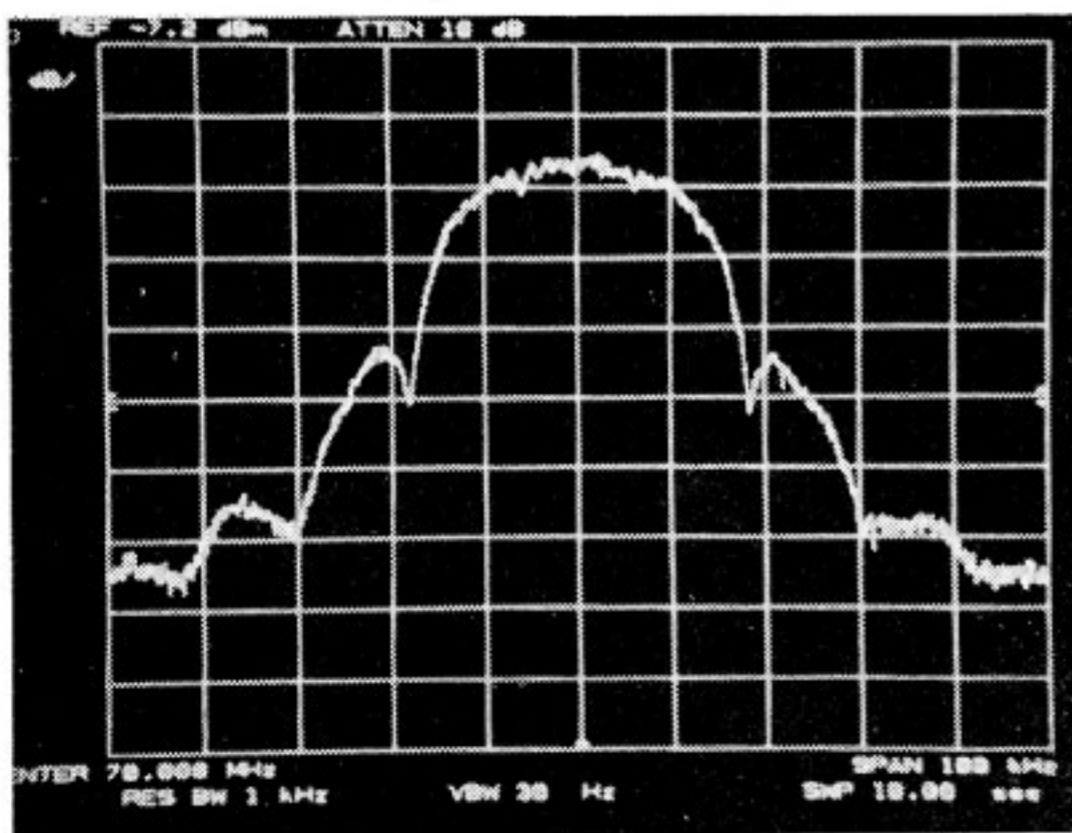
本装置の符号誤り率特性を第4.4-4図に示す。これは送信側に船舶地球局の MSK 変調器を用い、受信側に



(a) 16 kMSK



(b) 24 kMSK



(c) MSK シミュレータ
horizontal : 10 kHz/div
vertical : 10 dB/div

第 4.4-5 図 MSK 変調器のスペクトル

海岸/航空地球局の MSK 変調器を用いて、IF 系で折り返して測定したものである。24 kMSK については差動符号化 on と off の場合、誤り訂正符号化をした場合としない場合について測定を行った。誤り訂正符号化方式は拘束長 7、符号化率 2/3 の畳み込み符号化で復号はビタビ復号方式を採用している。復号には 8 値軟判定と 2 値硬判定の場合について測定をおこなった。

MSK の理想的な符号誤り率特性は、QPSK の場合と同じである。本装置は図で示されるように、理論値に対し約 1 dB 程度の劣化を示す良好な特性を有している。誤り訂正効果については、2 値硬判定の場合 10^{-4} の誤り率において 2 dB 程度の符号化利得、8 値軟判定の場合 10^{-6} の誤り率において 4 dB 程度の符号化利得が得られている。

(b) MSK 変調波スペクトル

第 4.4-5 図に 16 kMSK, 24 kMSK, MSK シミュレータの変調信号のスペクトルを示す。

MSK スペクトルはメインローブに電力の 99.5% を含む。零点は中心周波数から $\pm(0.75 \times \text{bit rate})$ Hz 離れたところで、16 kMSK と 24 kMSK ではそれぞれ ± 12 kHz, ± 18 kHz の点である。

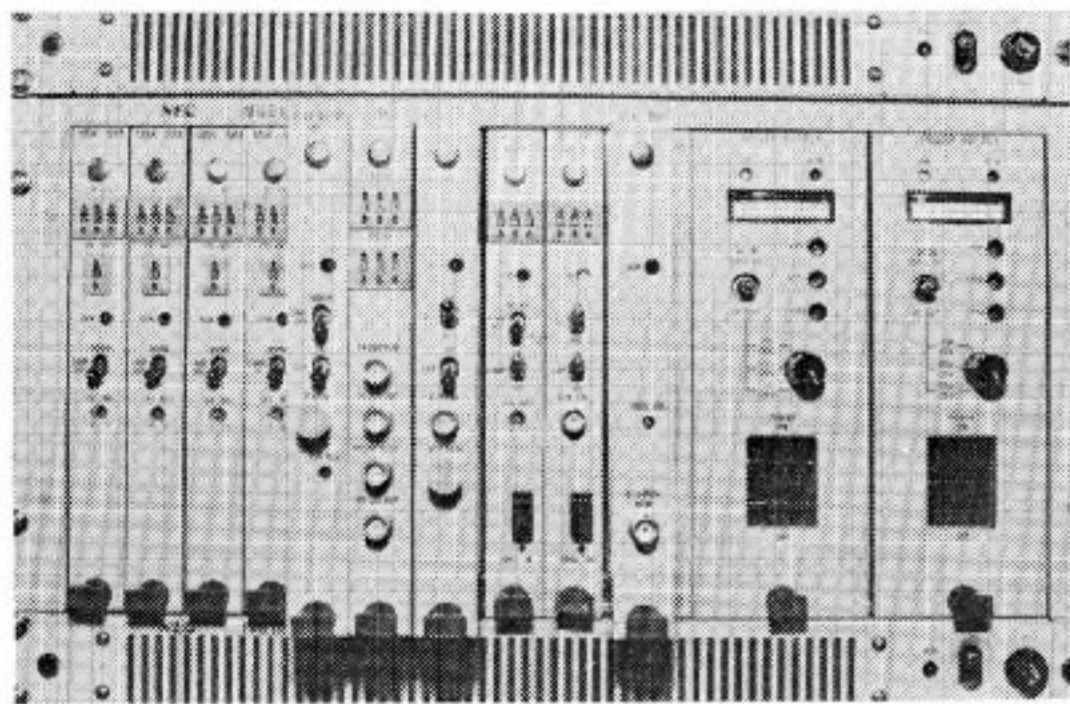


4.4.2 BPSK 変復調装置

本装置は、EMSS SCPC システムの一つとして 4.8 kbps のデジタル信号を 2相 PSK (Binary Phase Shift Keying) に変調及び復調する装置であり、EMSS 回線における低速デジタル信号伝送時の基本伝送特性を明らかにするため用いられる。

(1) 構成

本装置は、変調盤、復調盤、インターフェース盤及びクロック発振盤より構成されている。第 4.4-6 図に本装置の外観を、第 4.4-7 図に構成を示す。また、第 4.4-8



第 4.4-6 図 BPSK 変復調装置

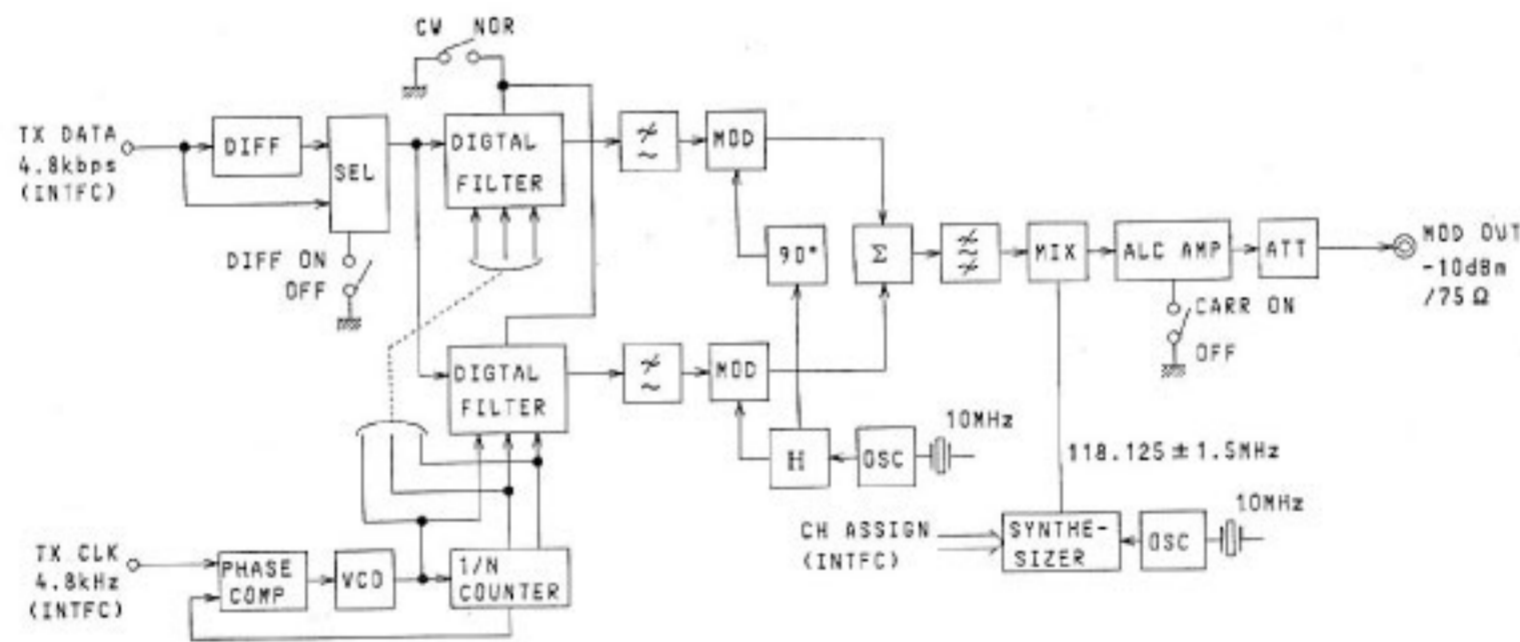
図から第 4.4-10 図にそれぞれの盤のブロック図を示す。

変調盤は、差動変換回路、ローパスフィルタ (LPF) 回路、変調回路、IF 周波数変換回路、シンセサイザ回路及び ALC 回路から構成されている。差動変換回路 (DIFF) では、復調時に発生する位相あいまい度を取るため入力された 4.8 kbps データ信号を差動変換する。誤り訂正を用いる場合、差動変換は使用しないため、この回路は ON/OFF 可能となっている。

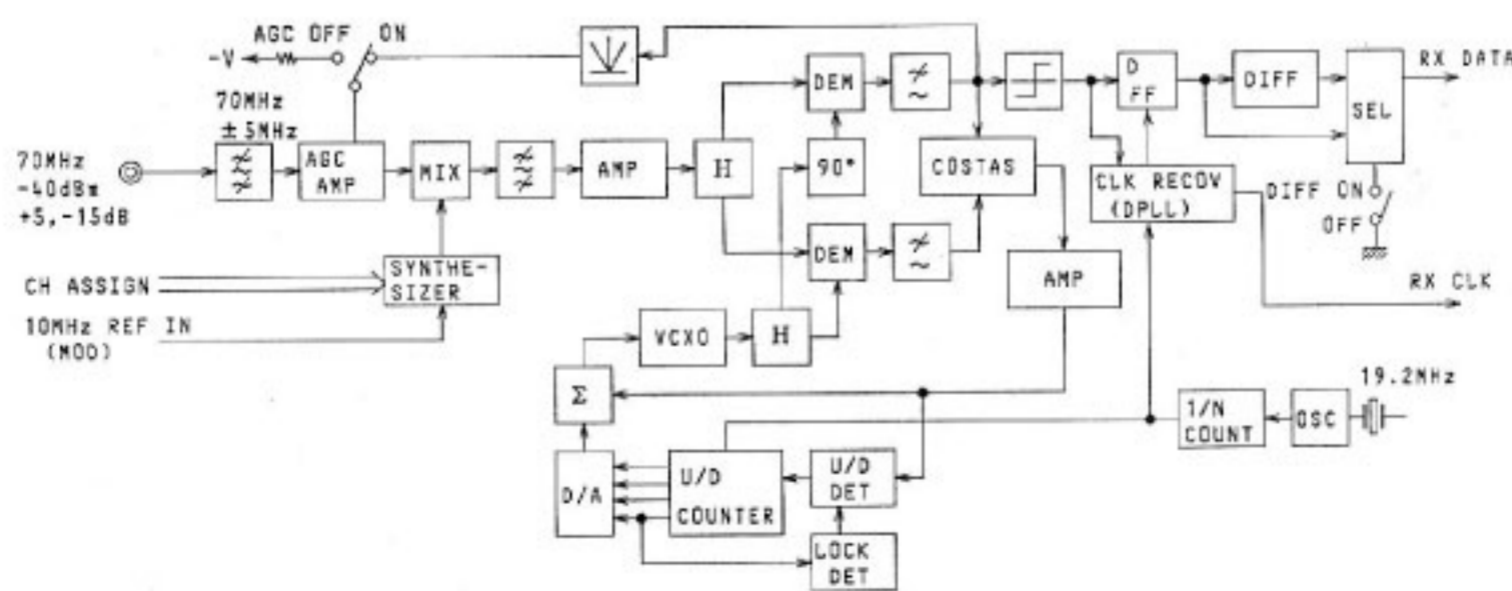
LPF 回路は、デジタルフィルタとアクティブ LPF より構成されている。デジタルフィルタは、波形制限データを書き込まれたリードオンリメモリ (ROM) を入力データに従って読み出すことにより動作する。ディ



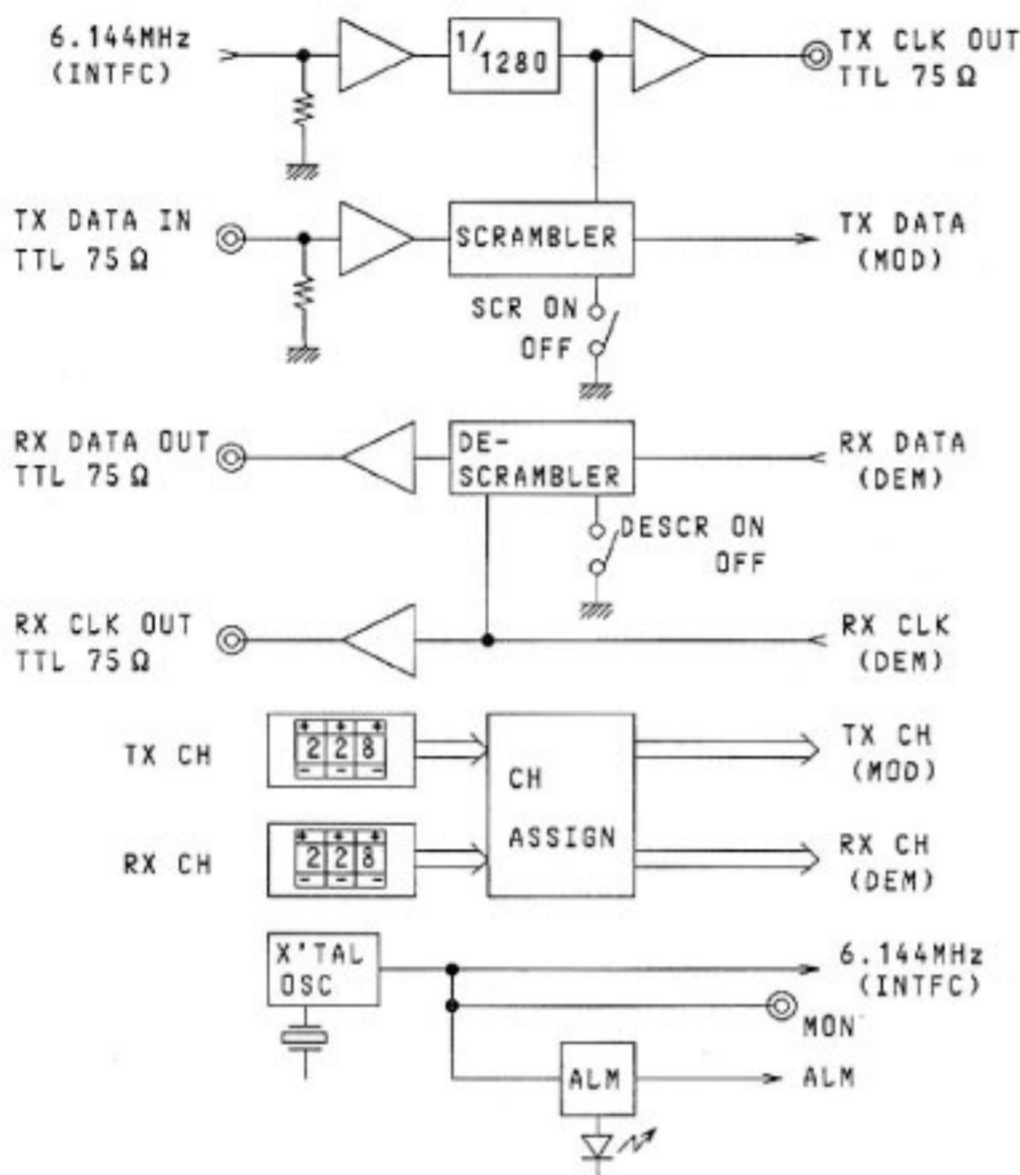
第 4.4-7 図 BPSK 変復調装置構成図



第 4.4-8 図 BPSK 変調盤ブロック図



第 4.4-9 図 BPSK 復調盤ブロック図



第 4.4-10 図 CLK 盤, INTFC 盤ブロック図

デジタルフィルタ駆動用のクロックは変調盤に入力された 4.8 kHz のクロックを基準とした位相同期発振器により作られる。デジタルフィルタで発生する高調波成分を取り除くためアクティブ LPF を用いる。

変調回路 (MOD) は、平衡変調器のアンバランスを補正するため 4 相変調回路構成を取り、同一データを入力することで 2 相変調器として動作させる。帯域制限されたデータは、変調器により 48.125 MHz の PSK 波となる。周波数変換回路 (MIX) では、シンセサイザ回路で作られた 118.125 MHz ± 1.5 MHz の局部信号と混合され 70 MHz 帯 IF 信号となる。

ALC 回路では、キャリア ON/OFF 制御、出力レベルの安定化及び所要出力レベルへの増幅を行う。

復調盤は、AGC 回路、周波数変換回路、復調回路、AFC 回路、キャリア再生回路、クロック再生回路、差動変換回路及びシンセサイザ回路より構成される。

AGC 回路では、入力された 70 MHz 帯 IF 信号を 70 MHz ± 5 MHz の BPF に通し不要波を除去した後、出力レベルが一定となるよう動作し伝搬等による信号レベル変動を抑える。周波数変換回路では、シンセサイザ回路で作られた 115.025 MHz ± 1.5 MHz の局部信号と混合され 45.025 MHz の 45 MHz 帯 IF 信号に周波数変換される。復調回路 (DEM) は位相検波器で構成され、45 MHz 帯 IF 信号は再生キャリアで位相検波され復調される。さらに、アクティブ LPF (トムソン型) により主帯域制限され完全な再生データとなる。キャリア再生回路は、コスタスループを用いている。

AFC 回路では、コスタスループの電圧制御水晶発振器 (VCXO) を駆動するフィードバックループに直流バイアスを加えることにより航空機局対向時のドプラーシフトを吸収する ±2 kHz の AFC 機能を実現している。クロック再生回路は、デジタル PLL により構成されている。

復調データは、2 値の信号に判定識別された後、差動変換回路を通り出力される。

インタフェース盤は、クロック周波数分周回路、インタフェース回路、スクランブル/デスクランブル回路及びシンセサイザチャネルアサイン回路より構成されている。

クロック周波数分周回路は、クロック発振盤から出力される 6.144 MHz のマスタークロックを 1280 分周し、4.8 kHz のクロックを変調盤に出力する。インタフェース回路は、装置に入力される TTL レベル/75 Ω の送信データを通常の TTL レベルの信号に変換し変調盤に送るとともに復調盤から出力される TTL レベルの受信データを TTL レベル/75 Ω の信号に変換する。スクランブル/デスクランブル回路は、1 または 0 の送信データが続いた場合、無変調状態とならないよう送信信号に PN 信号を重畳するためのものであり、デスクランブラは受信信号からスクランブラで重畳された PN 信号を除きデータを元に戻すために用いられる。チャネルアサイン回路は、変調盤及び復調盤に設けられたシンセサイザの発振周波数の設定に用いられる。

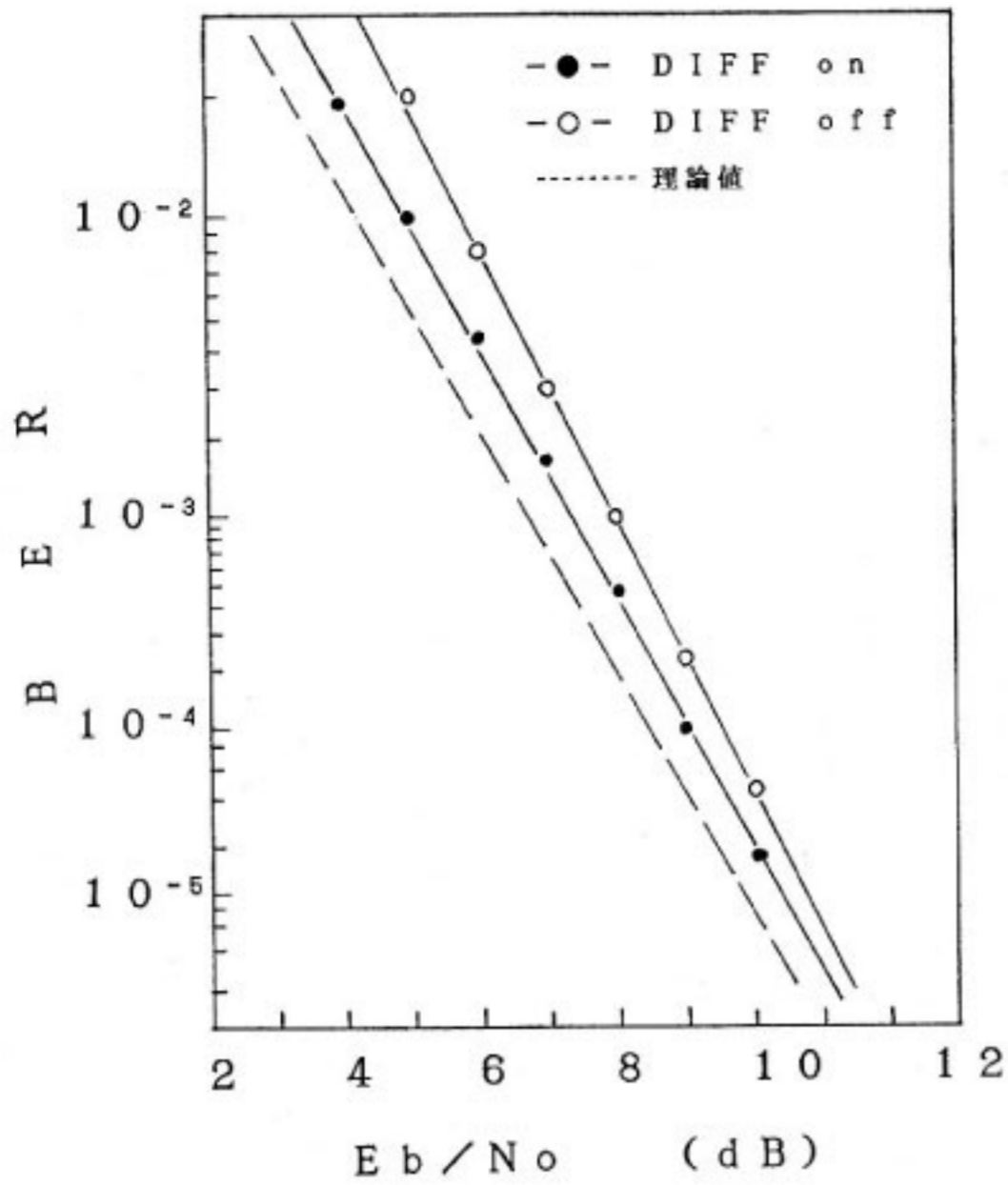
第 4.4-3 表に本装置の主要諸元を示す。

(2) 総合特性

本装置単体の信号 1 ビット当たりの電力と雑音電力密度の比 (E_b/N_0) に対する符号誤り率 (BER) 特性を第 4.4-11 図に示す。BER 特性の理論値は BER が 10^{-4} のとき E_b/N_0 8.4 dB であり、本装置での劣化は約 1 dB

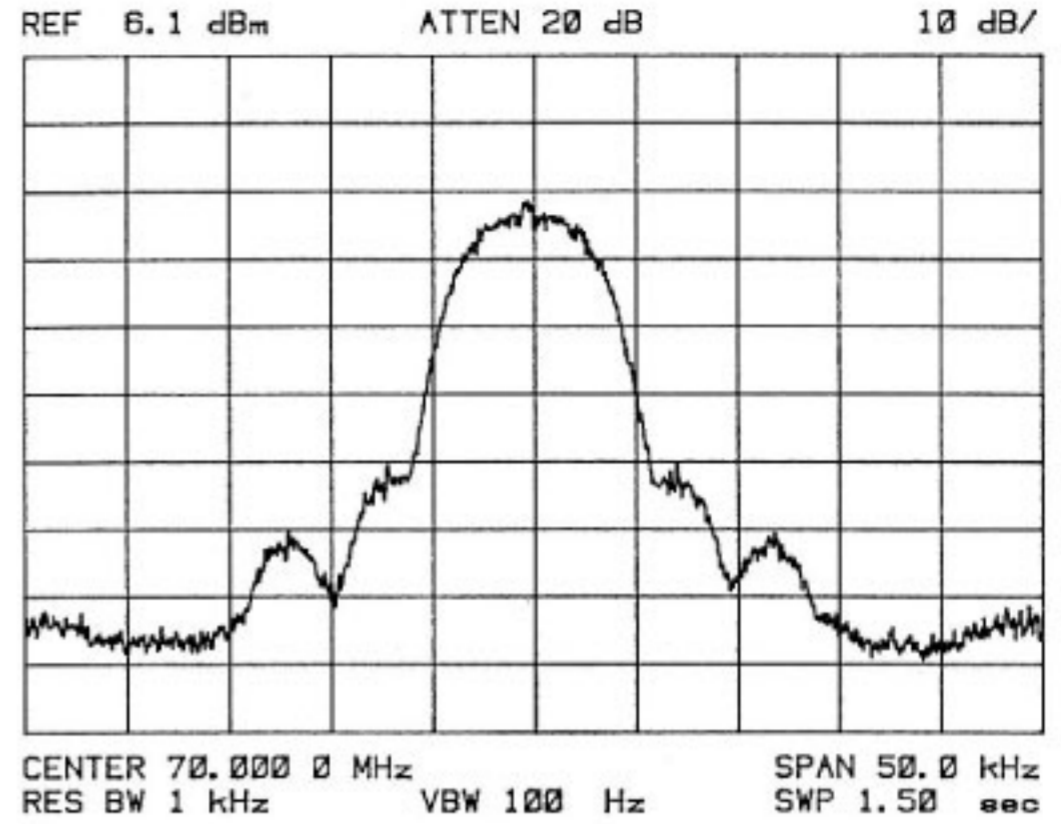
第 4.4-3 表 BPSK 変復調装置主要諸元

変調方式	2 相 PSK
伝送速度	4.8 kbps
送信 BT	2
IF 出力周波数	68.5 MHz から 71.5 MHz 25 kHz ステップ
変調器出力レベル	-10 dBm ± 1 dB 75 Ω
送信クロック 周波数偏差	1×10^{-6} 以下/時
復調方式	同期検波
復調器入力レベル	-40 dBm + 5 dB, -15 dB 75 Ω
受信 AFC 動作範囲	±2 kHz
データ信号レベル	TTL/75 Ω



第4.4-11図 BPSK 符号誤り率特性

となっている。なお、差動変換ではビットが変化するか



第4.4-12図 BPSK 変調スペクトラム

しないかによりデータを伝送するため、1ビットの誤りにより差動逆変換後のデータは2ビット誤り、BER は約2倍となる。

第4.4-12図に変調スペクトラムを示す。本装置ではベースバンドでデジタルフィルタを用い 3dB 帯域幅とシンボル周期の積 (BT) が2となるように帯域制限をしておき、電力はメインローブに集中している。



4.4.3 狭帯域 FM 変復調装置

(1) 機能

狭帯域 FM (以下 NB-FM と記す) 変復調装置は NB-FM 変調器及び NB-FM 復調器で構成され、SCPC 方式により、音声信号を現在一般的に使用されている電

話回線と同等以上の品質でアナログ伝送することを目的としている。

NB-FM 変調器は、入力されたベースバンド音声信号により NB-FM 変調された 70 MHz 帯 IF 信号を出力し、また NB-FM 復調器は、NB-FM 変調された 70 MHz 帯 IF 信号を復調してベースバンド音声信号を出力する。また、本変復調装置は音節圧縮・伸張回路を有しており、その ON, OFF が可能である。

第 4.4-13 図に NB-FM 変復調装置の概観を示す。

(2) NB-FM 変調器の構成

第 4.4-14 図に本変調器の構成を示す。

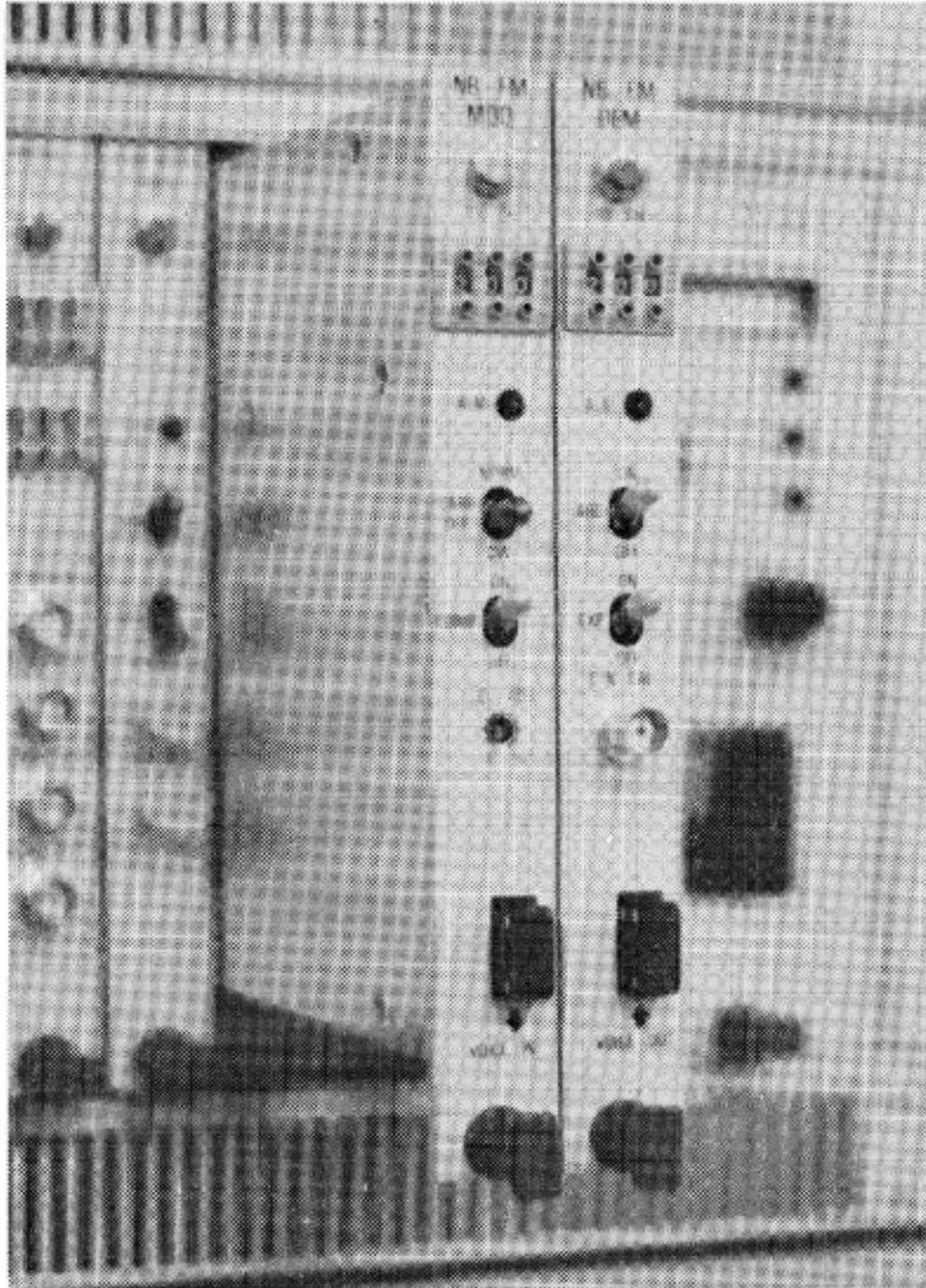
本変調器は、小型搬送用ジャックよりベースバンド音声信号を入力し、圧縮比 2 : 1 の音節圧縮器、プリエンファシス回路を経てシンセサイザに入力され、PLL 変調回路で 70 MHz 帯の NB-FM 変調信号が生成される。この変調信号は、AGC AMP、アッテネータ及び BPF 回路を経由して出力される。ALM 回路は、シンセサイザの LOCK 信号と AGC AMP の LEVEL 信号により異常状態の検出、報知を行う。

なお、本変調器はパネル前面に設けられた『TX CH』スイッチにより使用チャンネルの選択、『CW』スイッチによりキャリア信号/キャリアオフ/変調信号の出力切替え、また『COMP』スイッチにより音節圧縮機能のオン/オフ切替えが可能である。

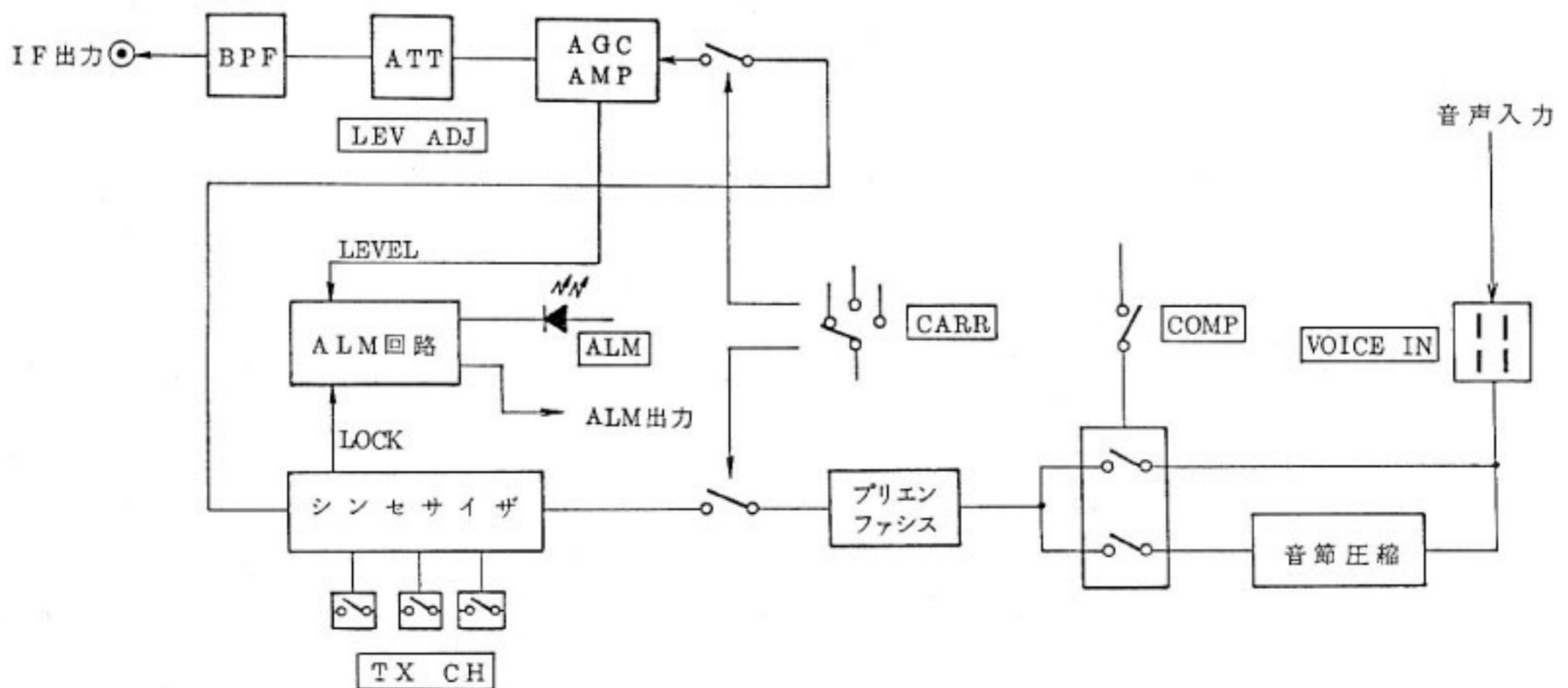
本変調器の主要性能を第 4.4-4 表に示す。

(3) NB-FM 復調器の構成

第 4.4-15 図に本復調器の構成を示す。70 MHz 帯 NB-FM 変調信号は、入力部において AMP で増幅さ



第 4.4-13 図 NB-FM 変復調装置概観

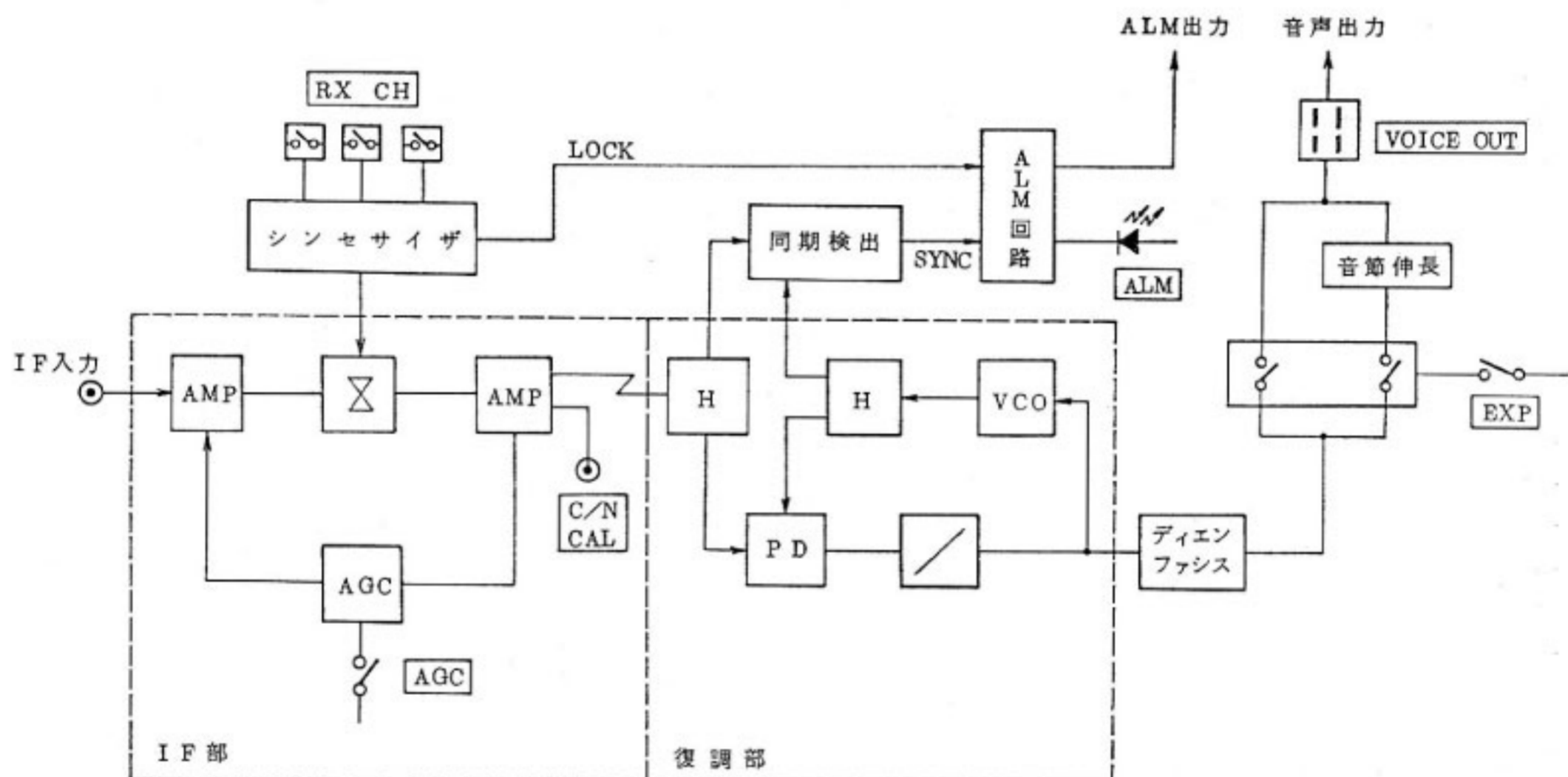


第 4.4-14 図 NB-FM 変調盤の構成

門脇直人, 大川 貢, 川崎和義 (鹿島支所 第二宇宙通信研究室)

第4.4-4表 NB-FM 変調盤主要性能

1) 変調方式	周波数変調
2) IF 出力周波数範囲	68.5 MHz~71.5 MHz
3) IF 出力周波数間隔	25 kHz ステップ
4) IF 出力周波数安定度	±1 ppm
5) 音声入力レベル	0 dBm/600 Ω (=0 dBm 0)
6) ピーククリッピングレベル	0 dBm 0±1.5 dB
7) 音声周波数帯域	0.2 kHz~3.4 kHz
8) 音節圧縮	不動点を零相対レベル 0 dBm 0 として、入力と出力の比が 2:1 の音節圧縮
9) 最大周波数偏移	12 kHz±2 kHz (音節圧縮 OFF 音声入力 0 dBm 0)
10) 音声実効周波数偏移	3.8 kHz
11) IF 出力レベル	-10 dBm/75 Ω ±1 dB
12) IF 出力レベル調節範囲	±4 dB 以上
13) 音声入力端子インピーダンス	600 Ω 平衡



第4.4-15図 NB-FM 復調盤の構成

第4.4-5表 NB-FM 復調盤主要性能

1) 復調方式	周波数検波
2) IF 入力周波数範囲	66.7 MHz~73.3 MHz
3) IF 入力周波数間隔	25 kHz ステップ
4) IF 入力レベル	-40 dBm+5 dB/75 Ω -15 dB
5) 最大周波数偏移	12 kHz
6) 音声実効周波数偏移	平均通話音量で 3.8 kHz
7) 音節伸張器	不動点を零相対レベル 0 dBm 0 として、入力と出力の比が 1:2 の音節伸張
8) 音声出力レベル	12 kHz (Peak) 周波数偏移 0 dBm/600 Ω (0 dBm 0)±1 dB
9) 音声周波数帯域	0.2 kHz~3.4 kHz
10) 信号対雑音比	音節伸張器「OFF」で C/N ₀ =51 dBHz で音声出力 1000 Hz 0 dBm 0 の試験信号と無評価雑音の比が 29 dB 以上
11) AFC	±2 kHz の IF 入力周波数の変化に対して動作すること
12) AGC 特性	IF 入力レベル -35~-55 dBm で復調段入力レベル偏差が -3 dB 以内、立上り立下り時間 100 ms 以下
13) 音声出力端子インピーダンス	600 Ω 平衡

れた後シンセサイザ出力と混合され、10.7 MHz の IF 信号に変換される。この信号はオン/オフ可能な AGC AMP を経て復調部に入力される。復調部では PLL 回路を用いて復調され、ディエンファシス回路及び伸張比 1 : 2 の音節伸張器を経由して小型搬送用ジャックよりベースバンド音声信号を出力する。ALM 回路は、シンセサイザの LOCK 信号と復調部の SYNC 信号より異

常状態の検出、報知を行う。

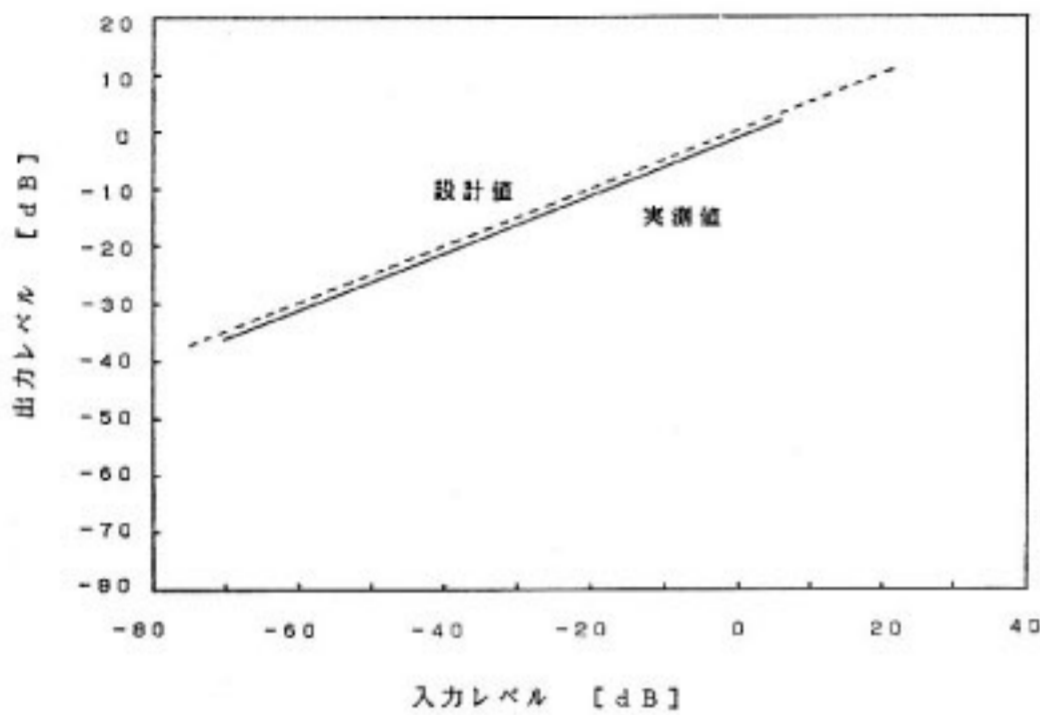
なお、本復調器はパネル前面に設けられた『RX CH』スイッチにより使用チャンネルの選択、『AGC』スイッチにより AGC AMP のオン/オフ切替え、『EXP』スイッチにより音節伸張機能のオン/オフ切替えが可能である。

本復調器の主要性能を第 4.4-5 表に示す。

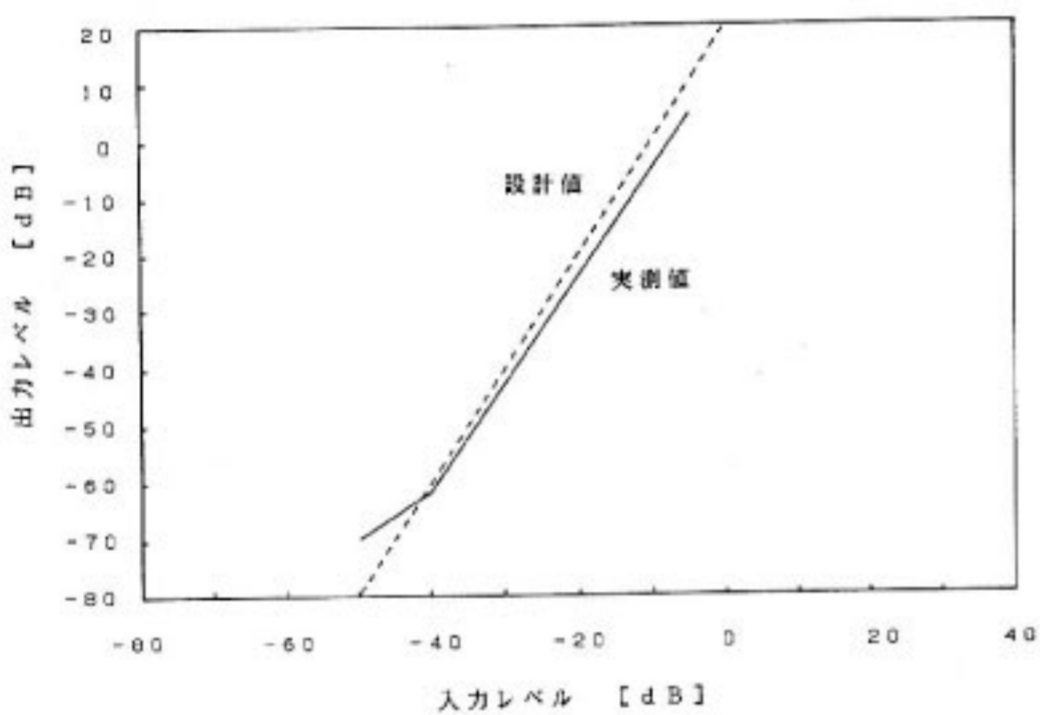
(4) 特性

本装置の音節圧縮器及び音節伸張器の入出力特性をそれぞれ第 4.4-16 図、第 4.4-17 図に示す。ともに設計値とほぼ一致した特性が得られていることがわかる。

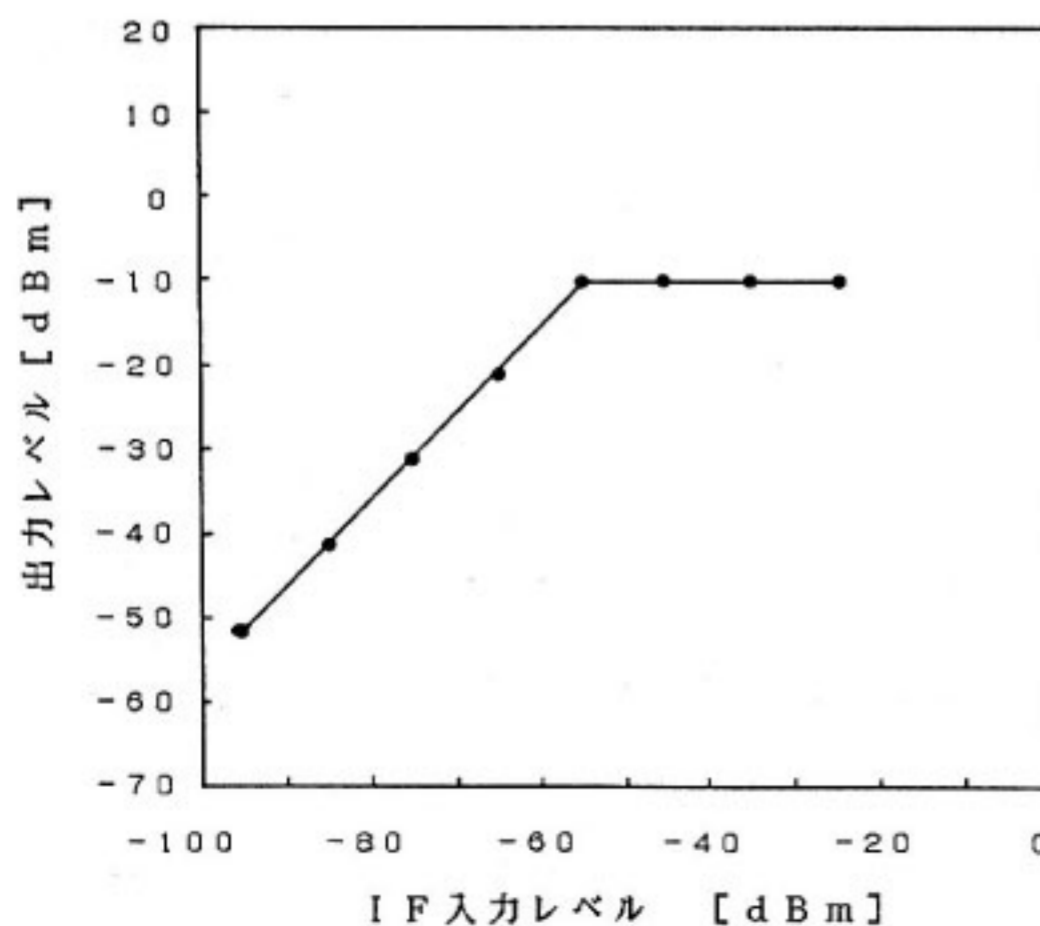
次に NB-FM 復調器の AGC AMP の入出力特性を



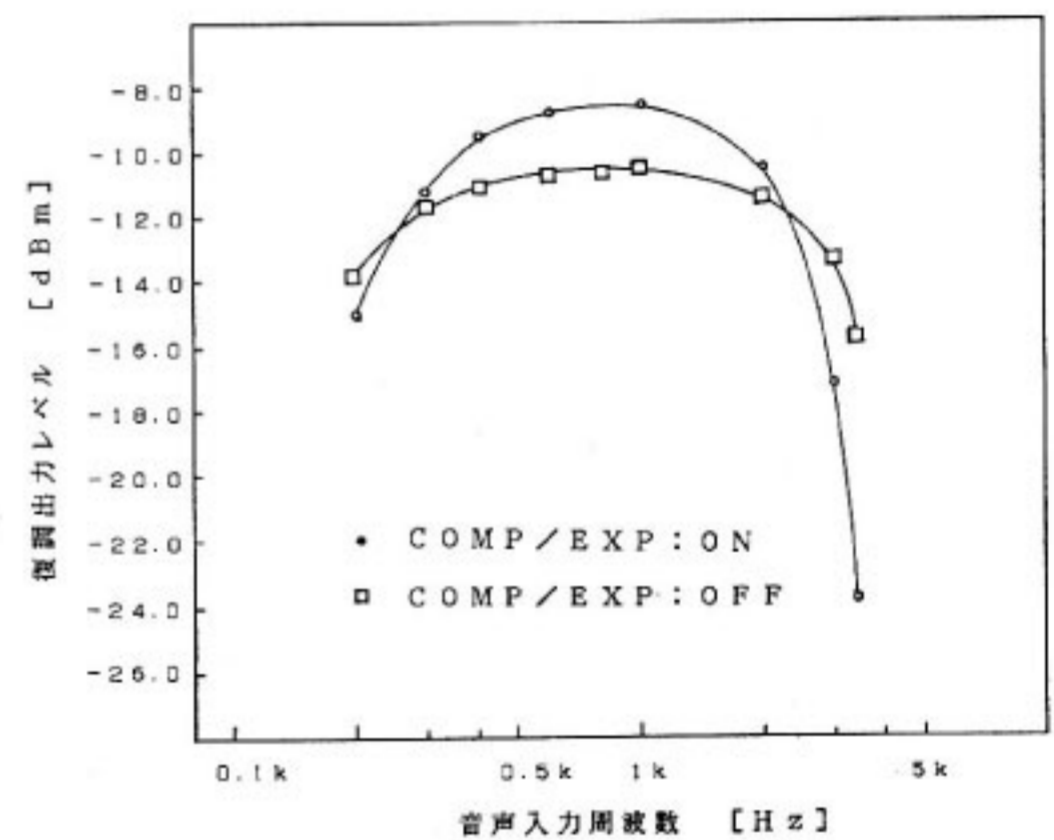
第 4.4-16 図 音声圧縮器入出力特性



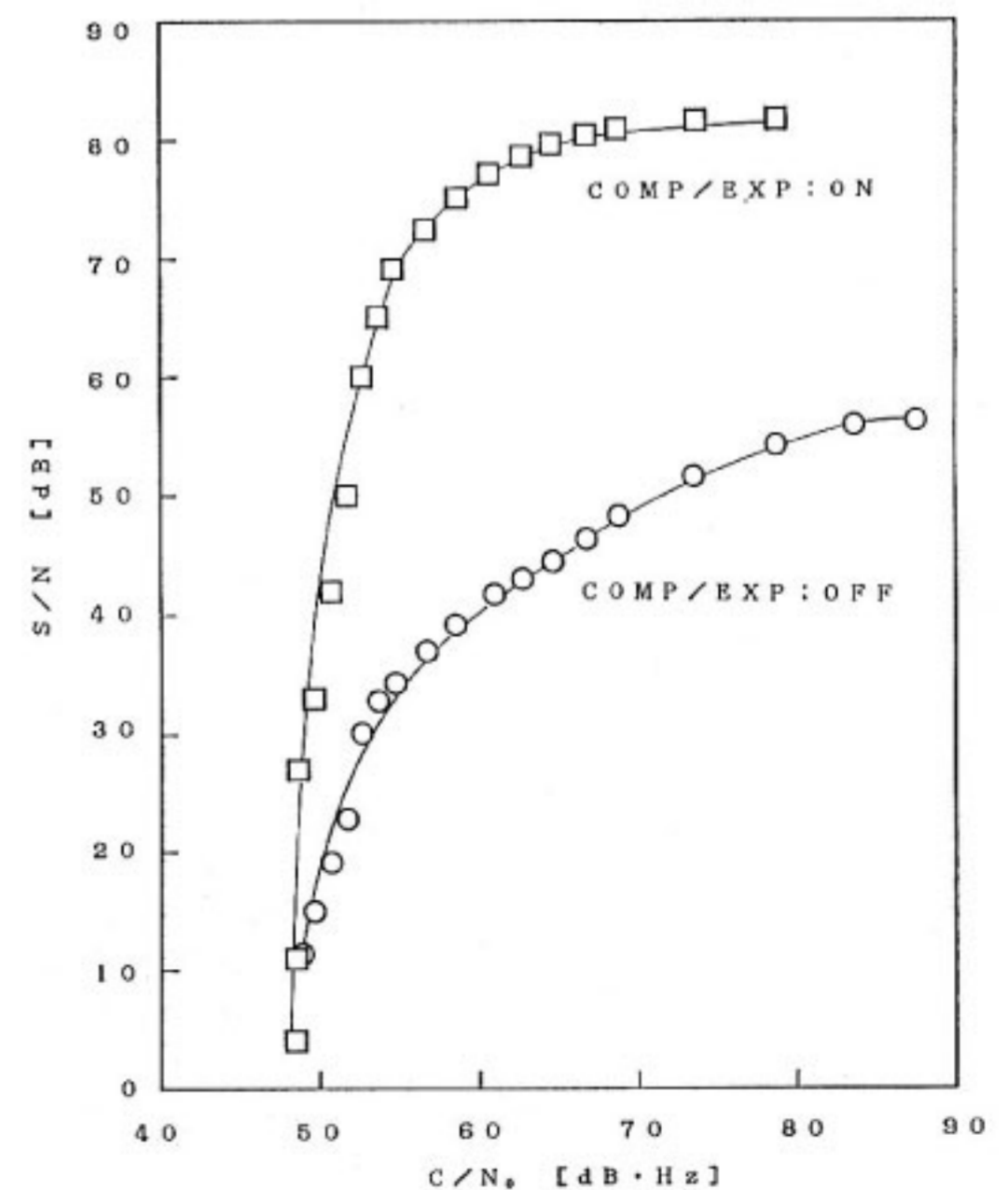
第 4.4-17 図 音声伸張器入出力特性



第 4.4-18 図 AGC 特性



第 4.4-19 図 変復調周波数特性



第 4.4-20 図 C/N₀ 対 S/N 特性

第4.4-18図に示す。仕様どおりの性能が得られており、回線状態の変動に十分対処できるものとなっている。

最後に NB-FM 変調器, NB-FM 復調器 IF 折り返しでの周波数特性及び AGC ON 時の C/N_0 対 S/N 特

性をそれぞれ第4.4-19図, 第4.4-20図に示す。音節圧縮機能および伸張機能のオン/オフ時ともに、現在一般的に使用されている電話回線程度以上の品質のアナログ音声伝送に必要な特性を満足していることがわかる。

