

8.2 ACSSB 方式車載地球局

8.2.1 ACSSB 方式の概要

ACSSB 方式は、単一側波帯抑圧搬送波 (SSB) 方式の通信品質を改善して高効率の通信を行うことを目的に研究されている変復調方式である。陸上移動体衛星通信における本方式の利用は、カナダで進められている MSAT 計画において検討されており、高効率音声符号化方式と組み合わせたデジタル変復調方式とともに音声評価試験がなされている。

SSB 方式は、アナログ変調方式の中で最も効率の高い方式であり、伝送帯域は音声周波数帯域と同じである。音声のスペクトルをそのまま高周波の周波数にシフトしたものであり、変調は単なる周波数変換である。また、FM 変調方式のようなスレッシュホールド特性がなく、復調後の S/N は RF での C/N に等しい。したがって、通信の品質は低くても良いが通信の確保が重要であるような通信に対し短波を中心に使用されている。

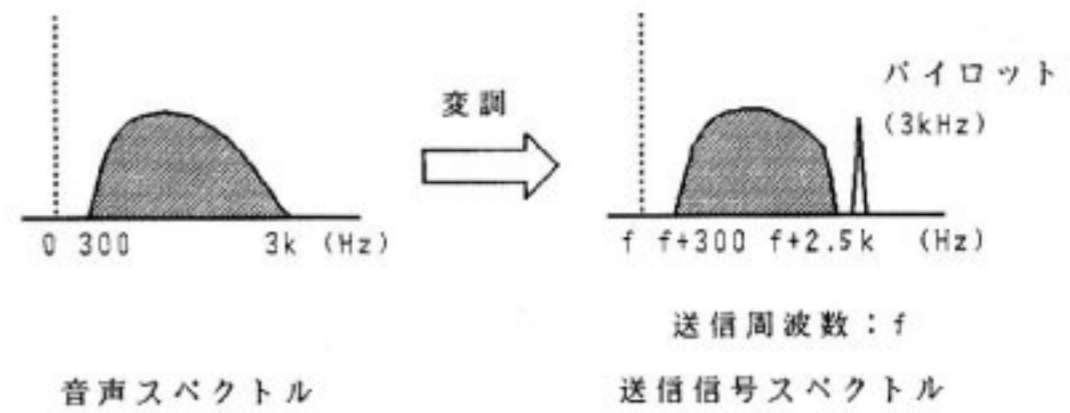
SSB 方式の欠点は S/N が FM に比べ低い点のほか、復調用の搬送波が必要であり、その情報が得られないことがある。SSB 信号の搬送波は送信側で除去されているので、受信側であらためて搬送波を発生し RF 信号を搬送波との乗積検波によりベースバンドの音声に変換する。この際、再生搬送波の周波数を決定するための情報が無いため、自動的に周波数を調整することができない。したがって、従来の SSB の通信では、送受信機の周波数安定度を高くし、調整を不要にしたり、聴感により受信音声は自然に聞こえるように手動調整を行う方法が用いられてきた。しかし、数10 Hz の周波数ずれも聴感を損なうため、調整も容易ではない。

ACSSB 方式は、SSB 方式のこれらの欠点を解決するために検討されている方式で、S/N の改善のためのコンパンダ/エキスパンダの付加及び搬送波再生のためのパイロットトーンの付加を行ったものである。

第 8.2-1 図に ACSSB 方式のスペクトルの概念図を示す。本方式は 3 kHz のパイロットトーンを付加する方式であり、この方式では音声帯域の高域を 2.5 kHz 程度までとしている。この方式のほかに、音声帯域の中央にパイロットを付加する方式もある。ACSSB 信号を受信したとき、受信側の再生搬送波がずれていると送信側で付加されたトーン周波数もずれる。したがって、復調器出力のトーン周波数を 3 kHz とするに位相同期ループを用いて再生搬送波の周波数を制御すれば、音声も正しい周波数で復調される。

コンパンダ/エキスパンダは、送信側で音声を圧縮し

鈴木龍太郎, 井家上哲史 (宇宙通信部 移動体通信研究室)

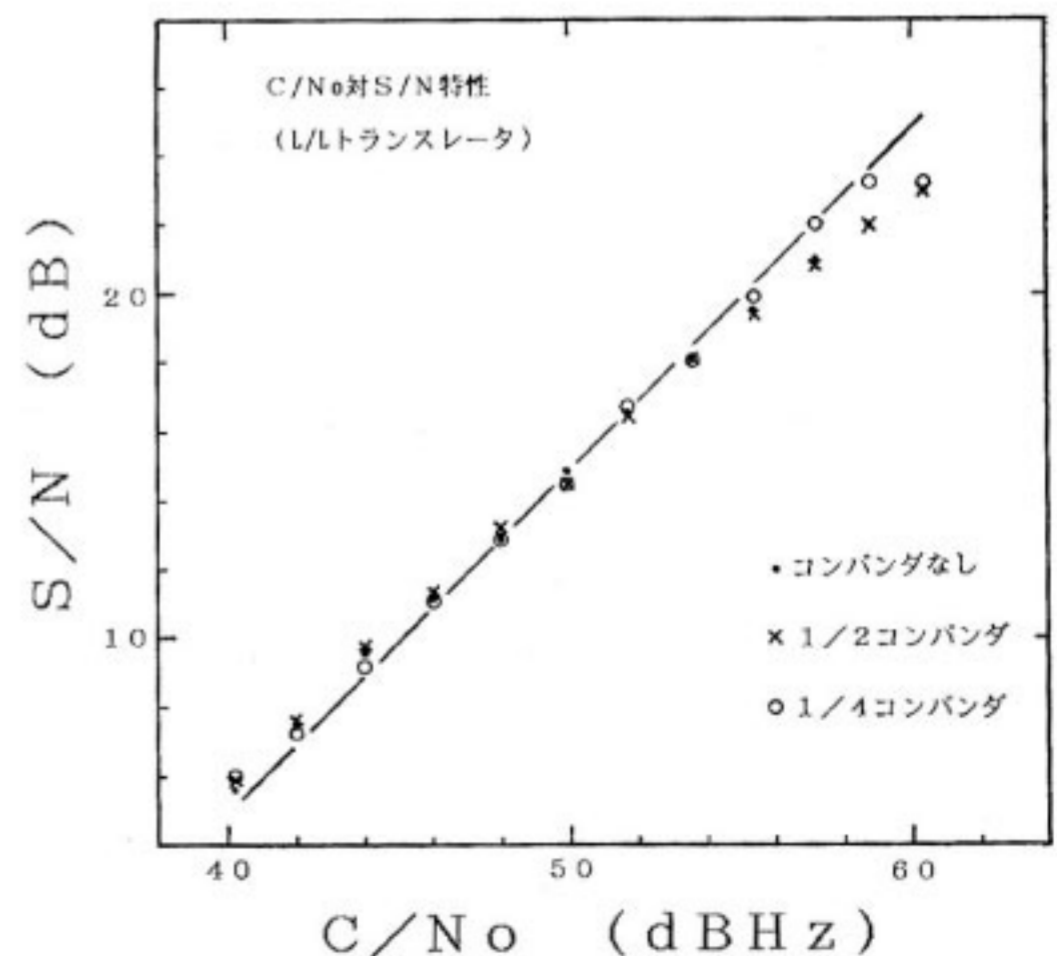


第 8.2-1 図 ACSSB 信号スペクトル

送信し、復調側で伸長することで聴感上の S/N の改善を図るものであり、NB-FM で使用されているものと原理は同じである。ACSSB 方式で用いるコンパンダの圧縮率は MSAT 計画や米国で陸上移動用に開発されている例では 1/4 及び 1/2 のものがある。ここで開発した装置は 1/2 のコンパンダを 2 段とし、切り替えによって、コンパンダ無し、1/2 及び 1/4 を選択する。1/4 の場合が、より電力が平均化され実効的な送信電力が増加するため、復調側での聴感上の S/N の改善も大きくなる。ただし、圧縮伸長にともなう息付き現象には注意を要する。

8.2.2 ACSSB 陸上移動衛星通信の回線設計

第 8.2.-2 図に親局側の ACSSB 変復調装置の C/N₀ 対 S/N 特性を示す (局内折り返し特性)。図では送信側及び音声の標準レベルに相当するトーン信号を送信し復調側での S/N を求めている。トーン信号の振幅が一定であるため、コンパンダの動作点も変化せず送信される信号の C/N は変化しない。したがって、復調側での S/N は、コンパンダの使用に関係なく同じ値となっている。図の結果から、S/N=10 dB を所要 S/N とすると、その時の C/N₀ は 45 dB Hz であることがわかる。



第 8.2-2 図 ACSSB 方式 C/N₀ 対 S/N 特性 (トランスレータ折り返し)

第 8.2-1 表 ACSSB 方式回線諸元
基地地球局→車載地球局

基地局 EIRP	65.2 dBW
上り回線伝搬損失	199.6 dB
衛星 G/T	-8.1 dBK
上り回線 C/N ₀	86.1 dBHz
中継器利得	165.1 dB
衛星 EIRP (MAX)	30.7 dBW
下り回線伝搬損失	187.7 dB
受信アンテナ利得	4.0 dB
受信電力	-153.8 dBW
車載局 G/T	-21.5 dBK
下り回線 C/N ₀	50.0 dBHz
総合 C/N ₀	50.0 dBHz
所要 C/N ₀	45.0 dBHz
回線マージン	5.0 dB
車載地球局→基地地球局	
車載局送信機出力	13.0 dBW
アンテナ利得	4.0 dB
車載局 EIRP	17.0 dBW
上り回線伝搬損失	188.3 dB
衛星 G/T	-6.0 dBK
上り回線 C/N ₀	50.8 dBHz
中継器利得	169.5 dB
衛星 EIRP	-2.4 dBW
下り回線伝搬損失	198.4 dB
基地局 G/T	32.7 dBK
下り回線 C/N ₀	60.5 dBHz
総合 C/N ₀	50.3 dBHz
所要 C/N ₀	45.0 dBHz
回線マージン	5.3 dB

聴感上の S/N は、コンパンダによって改善されるが、ここでは回線計算を簡単にするため、図に示したトーンによって求めた S/N で 10 dB を所要値とする。したがって、回線設計においては、所要 C/N₀ を 45 dB Hz として計算する。

車載の陸上移動体衛星通信の回線設計においては、車載地球局のアンテナに対する寸法、重量等の物理的制約が大きいため、車載地球局の受信性能及び送信 EIRP が回線設計の前提条件となる。また、ACSSB 方式では、送信電力増幅器として直線性の良いものが必要である。ここでは、使用する素子等の条件から車載地球局の送信電力としては 20 W として回線設計を行う。

車載用のアンテナとしては、まず簡単なものの使用を考え、水平面無指向性の低利得アンテナとしパッチアン

テナ及び 4 線巻きヘリカルアンテナを使用することにする。これらのアンテナの衛星仰角方向の利得は 4 dBi 程度である。また、アンテナに低利得の小形のものを使用することから、アンテナを送受信それぞれ専用のものに分離し、給電系の損失を極力減らすよう考慮している。

第 8.2-1 表に ACSSB 回線諸元を示す。フォワードリンクは車載地球局向けの Lバンドダウンリンク支配であるため、衛星の Lバンド電力増幅器の出力が最大の場合に対し移動地球局で得られる総合 C/N₀ を求める。この値と所要 C/N₀ の差が回線マージンであり、表からこの値が 5 dB である。この 5 dB を同時運用局数やフェージングマージン、装置劣化等で分けることになる。

リターンリンクは、車載地球局からのアップリンク支配の回線であるため、車載地球局の送信電力の上限で回線マージンが決定される。表からマージンは 5.3 dB である。ところで、衛星の Cバンド電力増幅器は十分な出力があるので、リターンリンクでの同時運用局数の制限はほとんどない。

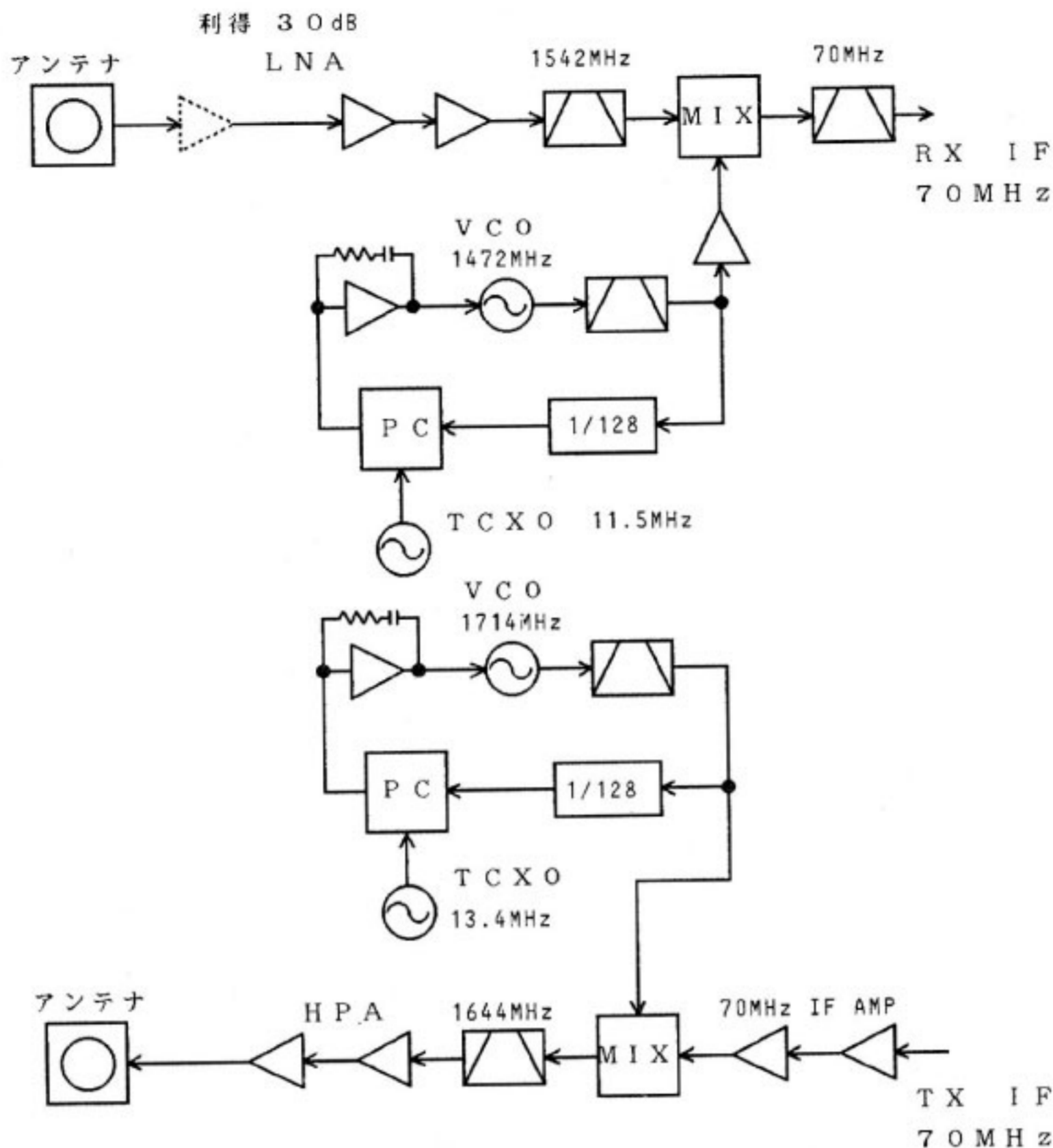
8.2.3 ACSSB 車載地球局 RF 系の構成

ACSSB 車載地球局の RF 系の特徴を以下に示す。

- 送受分離の水平面無指向性のアンテナを使用し送受分波器を削除し給電系を簡素化、給電系の損失を低減。
- 基準信号源に鹿島地球局側は OCXO (恒温槽入り水晶発振器) 及び車載地球局は TCXO (温度補償型水晶発振器) を使用し周波数を安定化。
- 送信及び受信周波数変換器のローカル周波数発振器に誘電体発振器を使用し小形化及び位相雑音の低減を図っている。

第 8.2-3 図に車載地球局 RF 系の構成、第 8.2-4 図に車載装置の写真、第 8.2-2 表に車載装置の主要諸元を示す。アンテナには狭帯域化を図ったパッチアンテナを送受それぞれ専用で使用し、送信及び受信周波数に合わせて設計してある。したがって、アンテナ単体で送受分波器の機能を一部受け持つ。受信 LNA は単体で NF が 0.6 dB でありアンテナ雑音温度に比べ十分低く、雑音の面では十分な性能を持っている。ここで、回線計算から送受信号のレベル差は約 167 dB あり、受信 LNA に対する送信信号の干渉が問題になる。本装置で使用している LNA は、入力電力が -20 dBm 以上では飽和し混変調や受信信号の抑圧等の問題を発生するので、LNA 入力端における送信信号電力を -20 dBm 以下にするように送受の分離度を 63 dB 以上得る必要がある。したがって、アンテナ単体での分離に加えて受信入力に送信帯域を除去する簡単なフィルタを使用する。

送信及び受信周波数変換のローカル発振器は TCXO を基準に位相同期を行った誘電体発振器である。この発



第 8.2-3 図 車載地球局 RF 系の構成

第 8.2-2 表 ACSSB 方式車載装置主要諸元

周波数範囲	受信 : 1542 ± 1.5 MHz 送信 : 1644 ± 1.5 MHz (ETS-V 海事バンド)
電波形式	J3W (ACSSB) : 上側帯波 (搬送波再生用パイロット信号付加)
アンテナ利得	3~4 dB(i) : 送受分離パッチアンテナ OR 4 dB(i) : 4 線巻ヘリカルアンテナ
送信電力	20 W (GaAs-FET 直線増幅器)
通信方式	全二重 (自動車電話)
周波数安定度	0.5 ppm (温度補償型水晶発振器)
チャンネル間隔	5 kHz
音声周波数帯域	300~2500 Hz
音声圧縮伸張	振幅対数圧縮 : なし, 1/2, 1/4
パイロット周波数	3 kHz

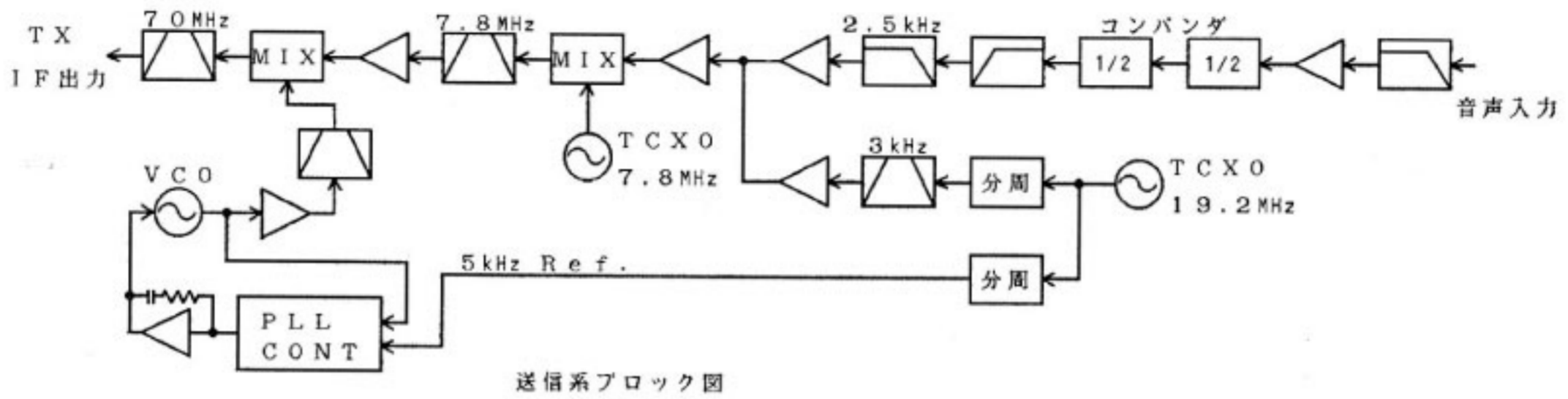
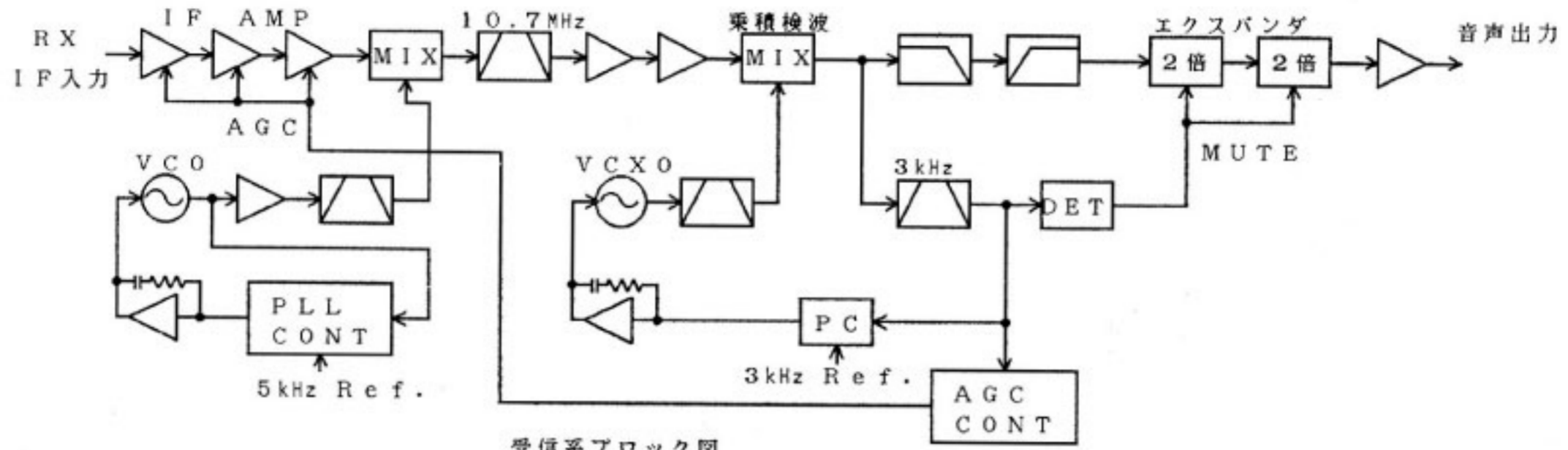


第 8.2-4 図 ACSSB 車載装置の外観

振キャリア純度が通信品質を左右するため、極力位相雑音を低減する必要がある。また、車載で使用することから、車両の走行時の振動の影響を受けないよう注意しなければならない。そこで、基準周波数を10 MHz 台と高

く選び、十分なループゲインを得るとともに、ループ帯域を広くし位相制御を高速化し、車両の振動によって VCO に FM 変調がかかることを防止している。RF 系と変復調器の間は海岸/航空地球局と同様に70 MHz の IF 周波数でインタフェースされる。

送信 HPA は、GaAs-FET 2 段による直線増幅器であり、1 dB 抑圧点で約 20 W の出力が得られる。

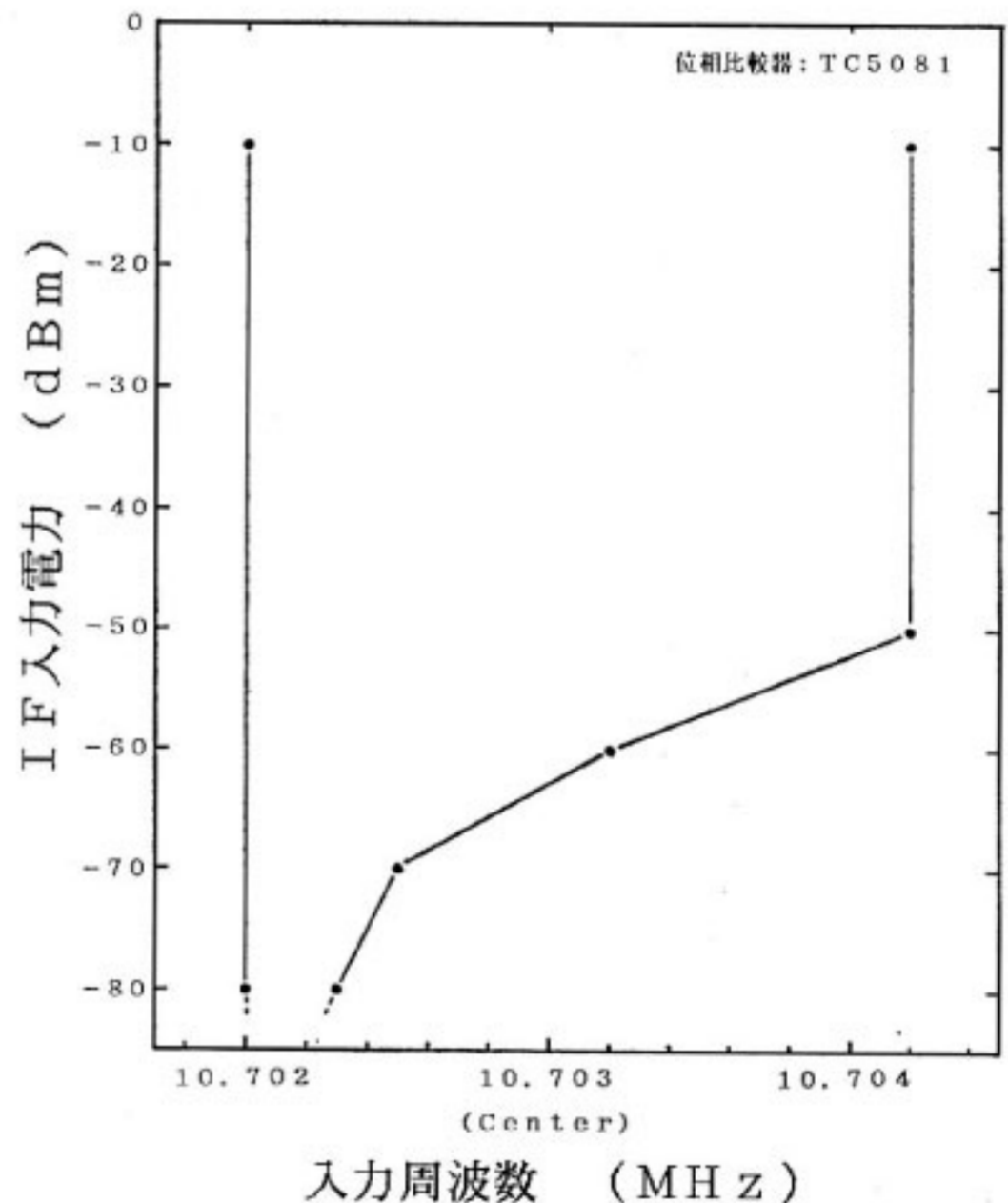


第 8.2-5 図 ACSSB 変復調器の構成

8.2.4 ACSSB 変復調器の構成

ACSSB 方式の変復調器の構成を第 8.2-5 図に示す。変調器では、送話器から入力された音声コンパンダでその振幅変動を 1/2 又は 1/4 に圧縮され、3 kHz のパイロットトーンと合成された後 SSB 変調器に入力される。平衡変調は 7.8 MHz 帯で行われる。平衡変調出力には搬送波が抑圧された両側帯波の変調波が得られ、7.8 MHz 帯の IF フィルタで変調波の片側帯波のみが選択され ACSSB 信号となる。7.8 MHz 帯の IF 信号は 60 MHz 帯の 5 kHz ステップのチャンネル設定用シンセサイザの出力と掛け合わされ、70 MHz 帯の 5 kHz ステップの変調波となって RF 系に接続される。

復調器では、受信 RF 系から得られる 70 MHz 帯の受信信号が、60 MHz 帯の 5 kHz ステップのチャンネル設定用シンセサイザ出力と掛け合わされ 10.7 MHz の IF に変換される。この第 2 IF 周波数が送信の IF 周波数と異なるのは、送受信間の信号の漏れ込みから逃れるためである。10.7 MHz の IF 信号は適当なレベルに増幅された後 10.7 MHz 帯の VCXO (電圧可変水晶発振器) 信号と掛け合わされ乗積検波される。復調後の信号に含まれるパイロットトーンはバンドパスフィルタで音声と分離し取り出され、位相比較器によって 3 kHz の基準信号と比較される。位相比較器出力はループフィルタ通過後 VCXO を制御する。したがって、音声周波数は、この搬送波再生ループで制御された再生搬送波で正しく復調される。第 8.2-6 図に制御ループ引き込み特性



第 8.2-6 図 パイロット信号同期ループ引き込み特性

を示す。図から ± 1 kHz の範囲で搬送波の再生ができることがわかる。

パイロット信号は送信側で音声の基準信号レベルに対し 10 dB 低いレベルで付加されているので、パイロット信号レベルを受信側の IF の AGC の基準信号にも用いている。また、パイロット信号を検出して、受話器の

ミュートもしている。
復調後の音声信号は、エクスペンダでその振幅成分が

送信側の圧縮率に合わせて伸長され増幅の後、受話器から出力される。

