

パーソナル無線機

900 MHz Two-way Radio for Personal Use

田 中 修⁽¹⁾
Osamu Tanaka

要 旨

モータリゼーションの発達に伴い、いつでも、だれとでも、車から手軽に通信したいという需要が急速に高まってきている。この要求に応えるために新たに法制化されたのがパーソナル無線である。パーソナル無線は、従来の無線と異なり79チャンネルの中から空いているチャンネルを自動的に探して通話するMCA (Multi Channel Access) 方式を採用している。当社では、すでにMCA方式の業務用無線機として800 MHz帯のFTM80-1096M型無線機を開発し、各方面に納入、稼働中である。

今回、開発した900 MHz帯のFTC90-512A型パーソナル無線機は、新たに開発された専用デバイスを用い、制御部構造を新方式とすることにより無線機の高性能・小型化を図るとともにきょう体構造の単純化、チップ部品の採用により、組立て・調整作業の容易性に重点を置いて設計したものである。

Along with prevalence of motorization, a great demand for easy communication with any one else at any time in a mobile grows rapidly, which enables a new radio communication service, 900 MHz Two-way radio for personal use, enacted in Japan. The Two-way Radio, different from traditional radios, applies MCA (Multi Channel Access) system using 900 MHz band, that the radio automatically searches for a empty channel of 79 channels to link the communication line.

The equipment, model FTC90-512A is pursued good performance and smaller size by using newly developed devices and new concepts on the control unit, and is designed to realize the easy checking, manufacturing and alignment with simplification of chassis structure by using the circuit board of chip components.

(1) 無線技術部

1. ま え が き

パーソナル無線機の設計には、不特定多数の人が日常生活の中で使用するという背景により、高性能・高信頼度・小型・低価格化さらに製造・点検・修理のし易さが強く要求される。パーソナル無線の発足に伴うPLL用IC、電力増幅用ハイブリッドIC、あるいはモデム用ICをはじめとする各種部品の開発・進歩にはめざましいものがある。

本無線機は、これらの専用部品を活用するとともに、抵抗、磁器コンデンサをチップ化することにより、性能・信頼性の向上、無線機の小型化を図った。さらに、組立て構造の単純化、配線方法

の簡素化を推し進めることにより、組立て・調整作業の低減を図ったものである。

2. パーソナル無線機の概要

本無線機は、搬送波信号、受信第1局発信号の発生にPLL回路を用いて、直接900MHz帯の信号を得る方式となっている。送信電力増幅部は、ハイブリッドIC（以下、パワーモジュールと呼ぶ）を用い、APC回路を付加して小型で電源電圧特性の良好な出力回路とした。受信部では、高周波入力段に誘電体フィルタを用い低挿入損失で高い不要信号減衰度を得た。きょう体はH形断面をもち、アルミダイカストで成形し、小型で堅牢、かつ放熱器に適した構造とした。本無線

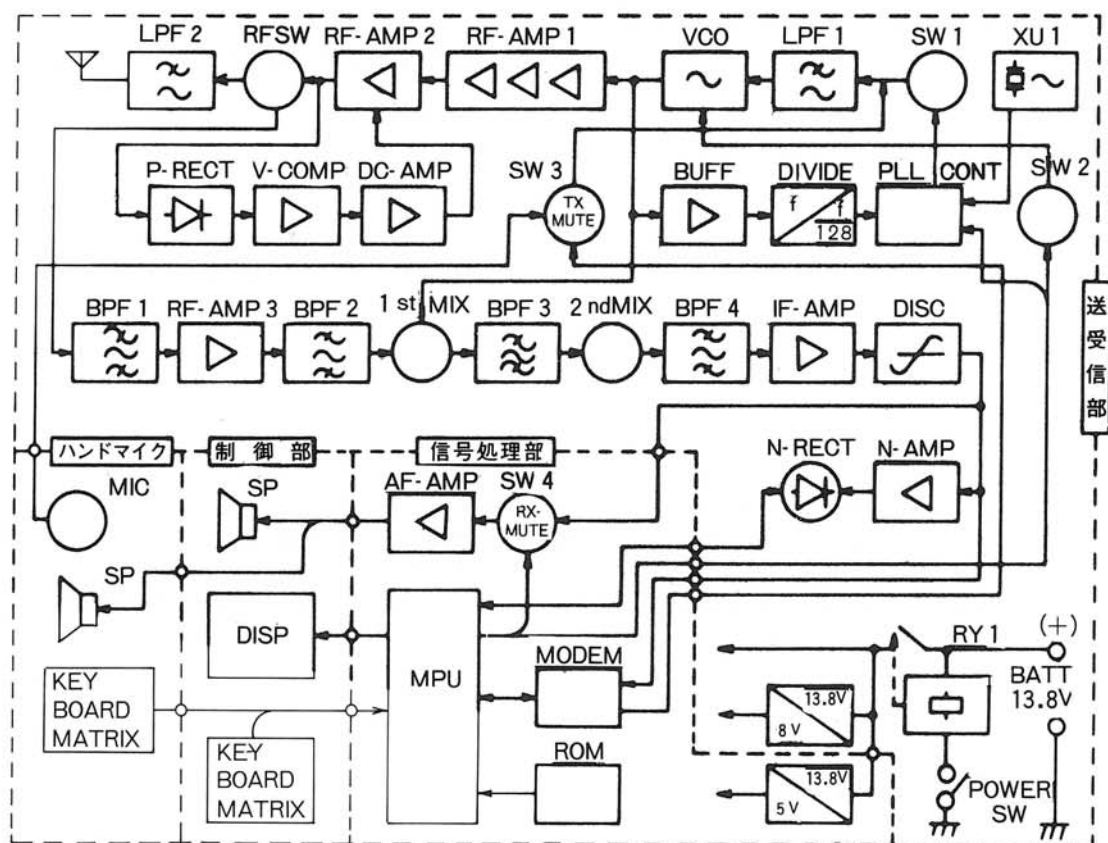


図-1 FTC90-512A型無線機ブロックダイアグラム

Fig. 1 Block diagram of FTC 90-512A.



図-2 FTC90-512A型無線機

Fig. 2 FTC90-512A

機は、送受信部、信号処理部、制御部およびハンドマイクで構成している。

本無線機のブロックダイアグラムを図-1に、装置の外観を図-2に示す。

2. 1 無線機の系統・動作

2. 1. 1 送信機

PLL制御器は、マイクロプロセッサ（以下、MPUと呼ぶ）の命令により電圧制御発振器（以下、VCOと呼ぶ）の出力を指定周波数に固定する。そして3段のトランジスタ増幅器とパワーモジュールが、VCO出力を電力増幅し、アンテナ回路へ送出する。APC回路は電源電圧に変動が生じて、パワーモジュール出力端子の電力を一定に保つよう制御する。ハンドマイクからの音声信号は、回線接続データとの重畳を避けるため送信ミュートスイッチを介して、PLLループへ印加し直接FM変調している。

2. 1. 2 受信機

アンテナからの受信信号を、2段の誘電体フィルタで不要信号を除去し、第1局発信号であるVCO出力と混合して、第1中間周波数 58.1125 MHz に変換する。さらに、4極の水晶フィルタを介して第2局発信号と混合し、第2中間周波数

455 kHzに変換する。そのあと、増幅器の飽和特性により振幅制限を加えてAM変調成分を除去し、セラミックディスクリミネータでFM復調する。復調信号は、受信ミュートスイッチを経て、オーディオ電力増幅器に加えスピーカを駆動する。復調信号の一部は、雑音増幅器に加えて整流・波形整形し、雑音スケルチ信号としてMPUへ入力している。

2. 1. 3 信号処理部

信号処理部は、MPU、モデムそしてATIS (Automatic Transmitter Identification System) コードの書き込まれたロムを主要構成要素としている。MPUは無線機の動作のすべてを制御するもので、主要動作は次のとおりである。

- 1) 制御部キースwitchのON/OFFサーチ。
- 2) 制御部表示データの送出。
- 3) 回線接続データの送出・受入。
- 4) 空チャネルの検索。

回線接続データは、群コード（20ビット）、チャネルコード（8ビット）、コマンドコード（4ビット）、ATISコード（48ビット）の合計80ビットのデータを、信号伝送の信頼度をあげるためハーフゲルバーガ符号化して172ビットのデータ

としたものであり、データ 伝送速度は 1200 bps である。データはモデムで M S K (Minimum Shift Keying) 変調して、マーク周波数1200Hz、スペース周波数1800 Hz の信号に変え、FM変調回路に加えている。受信したM S K変調信号は、モデムでディジタルデータに復調してM P Uへ入力する。M P Uは割込み処理によりデータを解析し、回線接続動作を行う。

2. 2 無線機の特長

- 1) 使用頻度の高いキースイッチをハンドマイクに設けたことにより、リモートコントロールが可能である。
- 2) 数字表示器に蛍光表示管を用いたことにより表示内容の視認が容易である。
- 3) A P C回路を採用したことにより、電源電圧変動に対して送信出力が安定である。
- 4) 電源回路に大容量のコンデンサを使用したことにより、無線機が電源から切離されても、24時間以上はメモリー内容を保持する。
- 5) 待受け時の消費電流が少なく、約 0.4Aである。

表-1 F T C 90-512A型無線機定格

項 目	仕 様
周 波 数	制御チャネル (1 ch) 903.0125 MHz 通話チャネル (79 ch) 903.0375~904.9875 MHz
電 波 型 式	制御チャネル 16K0F1D 通話チャネル 16K0F3E
最大周波数偏移	±5 kHz
空中線インピーダンス	50Ω
通 話 方 式	プレストーク
受 信 方 式	ダブルスーパーヘテロダイン
電 源	D C 13.8V (—接地)
温 度 範 囲	-10~+50°C
寸 法	150(W)×50(H)×179(D)
重 量	1.5kg

る。

- 6) 抵抗、磁器コンデンサにチップ部品を使用し特性の均一化と組立て時間の短縮を図った。
- 7) 制御部にフレキシブル基板を採用し、すべての配線をプリント化することにより、作業性の向上と無線機の小型化を図った。
- 8) 組立て構造を単純化することにより、従来の無線機に比べ基板の取外しが容易である。

2. 3 無線機の仕様

本無線機の定格を表-1に、性能を表-2に示す。

3. 回 路 説 明

本無線機の主要な要素である P L L 発振回路と送信電力増幅器について詳細に述べる。

3. 1 P L L 発振回路

P L L 発振回路は、V C O、2 モジュラスプリ

表-2 F T C 90-512A型無線機主要性能

項 目	仕 様
送 信 出 力	5W
周 波 数 安 定 度	±3×10 ⁻⁶ 以内
占有周波数帯幅	16 kHz以下
スプリアス輻射	-60 dB以下
標準変調入力	56.3mV (10kΩ)
送 信 歪 率	5%以下 (標準変調時)
送 信 S/N 比	30 dB以上 (標準変調時)
受 信 感 度	-3 dB/μV以下
受 信 帯 域 幅	12 kHz以上 (-6 dB帯域幅)
選 択 度	25 kHz以内 (-70 dB帯域幅)
スプリアス感度	60 dB以上
相 互 変 調	60 dB/μV以上
受 信 歪 率	5%以下 (標準変調時)
受 信 S/N 比	30 dB以上 (標準変調時)
受信最大出力	2W以上 (8Ω, 10%歪率時)
消 費 電 流	2.4A (送信時) 0.6A (受信時) 0.4A (待受時)

スケーラ (DIVIDE)、PLL制御器 (PLL-CONT)、基準周波数発振器 (XU1) などで構成されている。(図-1参照) PLL発振回路の動作は次のとおりである。

900 MHz 帯出力の一部をバッファ増幅器 (BUFF) を介して2モジュラスプリスケーラに入力し128~129分周する。さらにPLL制御器に内蔵のプログラブルデバイダにより分周し約12.5 kHzの周波数にする。そのあと、基準周波数発振回路出力を分周して得られた12.5 kHzと位相を比較し、PLL制御器は位相差に比例した制御パルスを出力する。スイッチ (SW1) は制御パルスを直流電圧に変換する。ローパスフィルタ (LPF1) で直流出力に含まれる脈流分を除去し、VCOの周波数制御端子に加える。回路は周波数に対する負帰還回路となり出力周波数は2モジュラスプリスケーラとプログラブルデバイダの総分周数に12,500を乗じた値となる。本回路は送信時に搬送波信号源として、また受信時には第1局

発信号源として動作する。VCOは周波数制御端子の他に、発振周波数範囲の切換端子をもち、発振周波数を受信局発周波数のために 58 ± 1 MHz だけ偏らせることが可能である。送信・受信動作時の周波数変化はスイッチ (SW2) で制御する発振周波数範囲切換信号とPLL制御器に与える総分周数の設定を変えて行っている。本回路の周波数安定度は基準周波数発振器の周波数安定度に等価となる。基準周波数発振器は、発振周波数12.8 MHz、温度範囲 $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ において周波数偏差 ± 3 ppm 以内に調整されたユニットである。

図-3に送信1分-受信3分のサイクルを繰返したときの送信周波数漂動特性を示す。

3.2 送信電力増幅回路

送信電力増幅回路は、3段のトランジスタ増幅器 (RF-AMP1) と、パワーモジュール (RF-AMP2) で構成されている。(図-1参照)

初段トランジスタは、VCO出力 (0 dBm) を

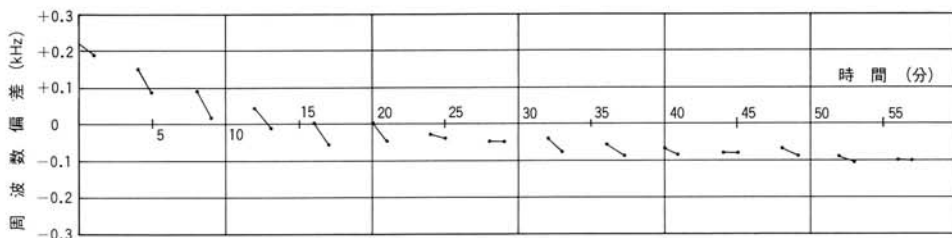


図-3 送信周波数漂動特性

Fig. 3 Transmitter frequency drift characteristics.

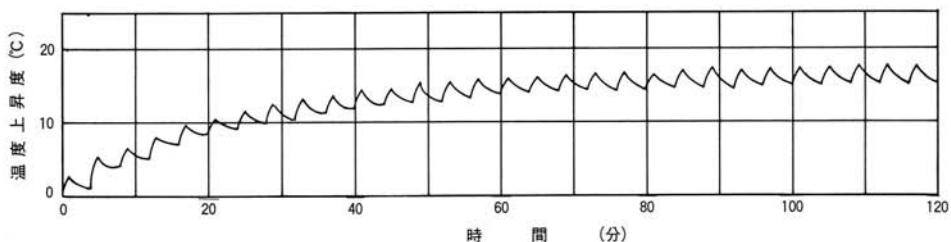


図-4 きょう体温度上昇特性

Fig. 4 Chassis temperature drift characteristics.

10 dB 増幅する。2 段目トランジスタは 9 dB、3 段目トランジスタは 4 dB の電力利得を有し、23 dBm (200 mW) の電力をパワーモジュールに供給する。トランジスタの入出力はストリップラインを使用してインピーダンスの整合をとり、広帯域化を図っている。パワーモジュールは 3 段のトランジスタ増幅器で構成され、電源電圧 12.5 V、周波数 905 MHz において約 16 dB の電力利得を有する。パワーモジュールはアルミダイカストきょう体にネジ止めすることにより放熱効果の向上を図り、信頼性を高めている。パワーモジュールの出力を APC 回路で自動制御して約 6 W に増幅された電力は方向性結合器・アンテナスイッチ

(RF-SW) を通過し、ローパスフィルタで高調波成分を除去したあと 5 W となってアンテナに加わる。

ストリップラインで形成した方向性結合器はアンテナへ向かう電力成分を検出する。ショットキーバリアダイオード (P-RECT) は、この電力を整流し直流電圧に変換する。電圧比較器 (V-COMP) は直流増幅器 (DC-AMP) を介しパワーモジュール初段電源電圧を制御して出力電力を安定化している。

図-4 に送信 1 分 - 受信 3 分のサイクルを繰り返したときのきょう体背面の温度上昇特性を示す。

図-5 に電源電圧変動に対する送信出力電力特性を示す。

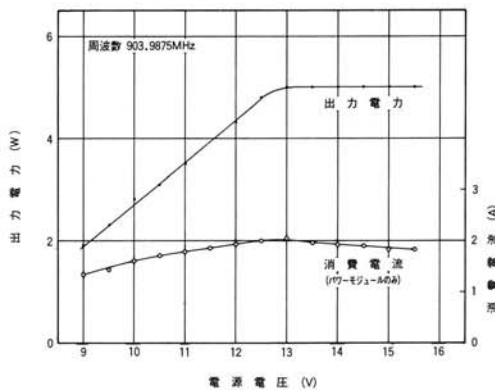


図-5 送信出力の電源電圧特性

Fig. 5 RF output power vs. DC supply voltage.

4. 設計の要点

4.1 チップ部品の採用

抵抗 (1/8W)、磁器コンデンサ (50V 耐圧) は、すべてチップ部品を使用している。チップ部品はプリント基板への取付け位置、方向がチップ部品装着機械の特性により限定されるが、リード付き部品に比べて内部インダクタンスが小さいため高周波特性が優れているという利点がある。チップ部品の採用によってリードインダクタンスの影響

表-3 電気部品種類別使用数量一覧表

部 品 名	使用数	部 品 名	使用数
コンデンサ	229	IF トランス	4
抵抗	212	セラミックフィルタ	3
集積回路	36	水晶	2
ダイオード	34	水晶ユニット	1
トランジスタ	26		
コイル	10	その他の部品	11
		総部品数	568
		(チップ部品数)	(313)

による回路の不安定さが改善され、性能を均一化するとともに組立て時間の短縮を実現した。

表-3に電気部品の種類別使用数を示す。

4. 2 調整個所の削減

送信電力増幅部では、パワーモジュールを駆動するため3段構成のトランジスタ増幅器を使用している。トランジスタの入出力をストリップラインを用いて整合することにより増幅器の広帯域化を図り、送信電力増幅部の無調整化を達成した。

受信回路においても、高周波入力段に誘電体フィルタを採用したこと、第2中間周波数増幅部に

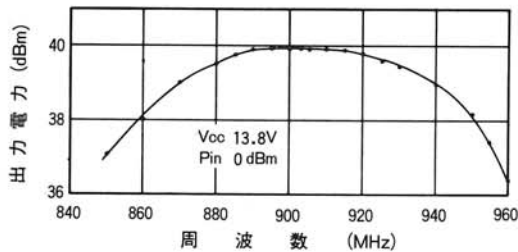


図-6 送信電力増幅部周波数特性

Fig. 6 RF power amplifier frequency characteristics.

CR増幅回路を採用したことにより、同調調整個所を3個所に低減した。本無線機の調整個所は、送信部5個所、受信部5個所、その他の調整2個所、合計12個所とした。

図-6にAPCを解除したときの電力増幅部の周波数特性を示す。

4. 3 構造の単純化

無線機の組立て、分解を容易にするため次に述べる構造の単純化を行っている。

- 1) 制御部にフレキシブル基板を採用し配線作業を無くしている。
- 2) 基板は送受信部と信号処理部の2枚で構成しきょう体の上面、下面に配置している。
- 3) 電磁シールドはアルミダイカストのシールドケースを基板とともにネジ止めする構造としている。
- 4) 基板間の電気接続はすべてコネクタを介して接続している。
- 5) 同軸線の接続は金属板を介して外部導体を基板に圧着する構造としている。

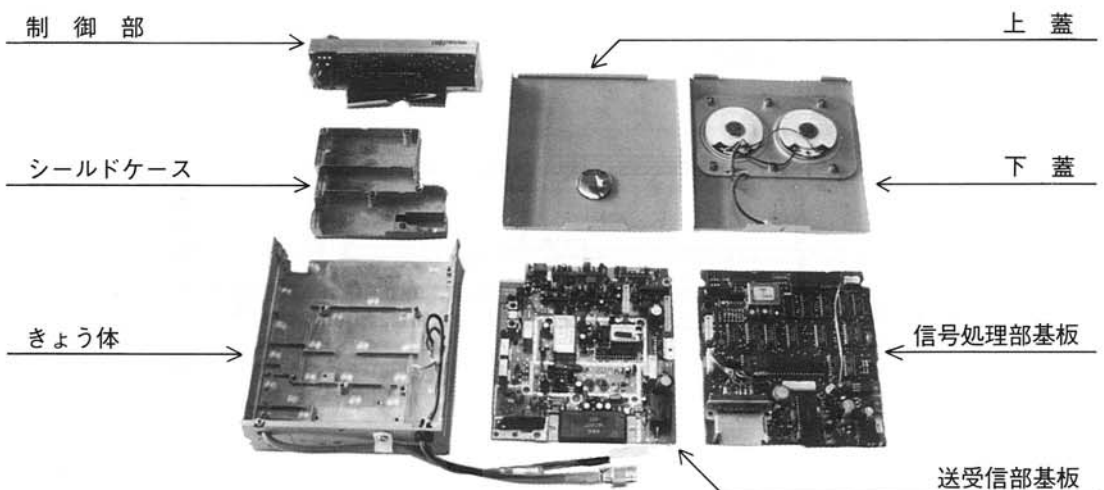


図-7 FTC90-512A型無線機分解図

Fig. 7 Exploded view of FTC 90-512A.

5. 構造

本無線機は、車に取付けて運用するほか、基地局としても運用するため吊下げ金具に設けた突起にきょう体側面の溝を合わせスライドさせてかん合することにより無線機を保持する構造とし、容易に取外し可能とした。電源線、同軸線は取付け作業を考慮してケーブルで引出している。

図-7に示すように制御部、シールドケース、きょう体、送受信部基板、信号処理部基板、上蓋とスピーカの取付けられた下蓋とで構成されている。

5.1 制御部の構造

制御部は数値入力、ファンクション選択用のキースイッチ、電源スイッチ、音量調整器、マイクコネクタなどの命令入力用配線と数字表示器、レベルメータ、イルミネーションランプなどの表示用配線が集中している。本制御部ユニットは図-8に示すように両面スルーホール基板の表裏に1枚のフレキシブル基板を巻付け4層基板を形成することにより、配線をすべて基板上にプリント化している。この構造によりユニットの小型化、および誤配線を絶滅することが可能となった。

キースイッチは、2本のプリント配線と、その上にまたがって固定されたラバー接点で形成している。操作ボタンを押すとラバー接点がプリント配線間を短絡してスイッチ動作を行う構造となっている。このため、操作ボタンを設計位置に正確に実装することが容易となり、品質の向上につながっている。制御部と信号処理部基板の接続はフレキシブル基板端末をプラグ加工し、信号処理部基板上的のカードエッジコネクタに挿入して行っている。

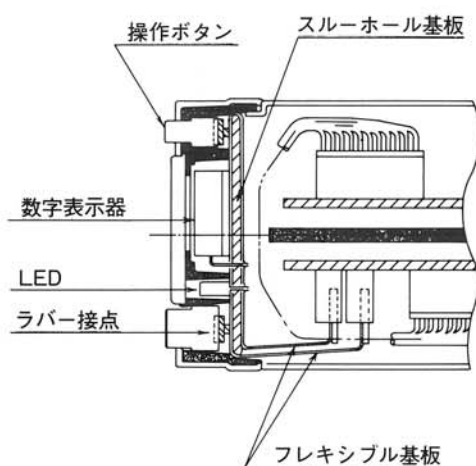


図-8 制御部の構造

Fig. 8 Structure of control unit.

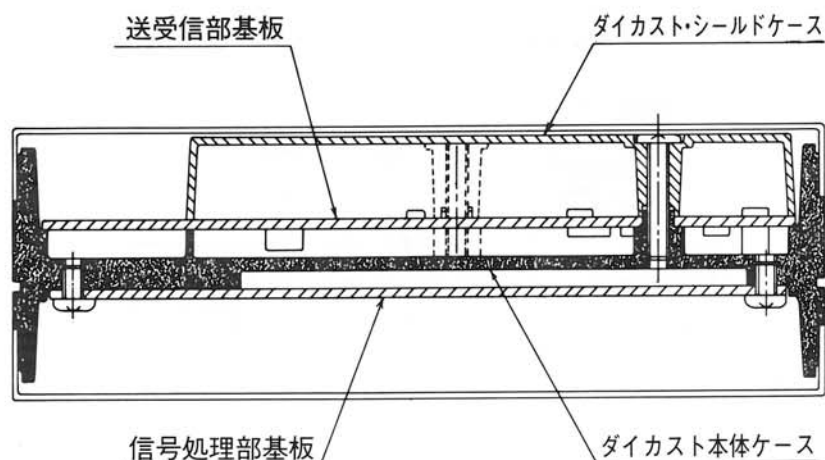


図-9 きょう体の構造

Fig. 9 Structure of chassis.

5.2 基板の取付け

きょう体は、アルミダイカスト成形品で、H形断面をもっている。送受信部基板を上面に配置し、内部が各セクションに分割されたシールドケースで覆い、基板とともにネジ止めしている。基板裏面もシールドケースのセクションに対応して、きょう体中央部に栈を設け送受信部基板をつつみ込みセクションごとにチャンバーを形成してある。信号処理部基板はきょう体の下面に配置されている。送受信部基板、スピーカとの接続はすべてコネクタを介して行っている。このため、短時間で無線機の組立て、分解が可能となっている。

図-9にきょう体の断面構造を示す。

6. む す び

以上、今回開発したパーソナル無線機の特長および性能について述べた。自動車が非常に普及した現在、運用にあたっての資格が不要で通信内容の限定されないパーソナル無線通信の需要は今後一層つよまるものと考えられる。今回、確立した技術をもとに、さらに性能の向上・低コスト化を推進し、高品質な無線機の開発を進めてゆきたい。そして、パーソナル無線の健全な発展を希望するものである。



車に取り付けたパーソナル無線機