

広帯域化（30MHz）400MHz 帯輸出用業務無線装置

400-MHz Broadband (30MHz) Mobile Radio Unit for Export

鶴田 勝 浩 ⁽¹⁾	長谷川 尚 樹 ⁽²⁾	清 水 幸 雄 ⁽³⁾
Katsuhiro Tsuruta	Naoki Hasegawa	Yukio Shimizu
田 中 修 ⁽⁴⁾	喜 多 靖 文 ⁽⁵⁾	
Osamu Tanaka	Yasufumi Kita	

要 旨

近年、米国市場における業務用無線装置は、周波数利用の多様化に伴い数十MHzの周波数帯幅をもち、数種類のトンスケルチが装着可能な広帯域、高機能無線装置が主流となりつつある。

特に広帯域化は、ユーザにとっては送受信可能な周波数スペースの拡大を意味し、販売店では周波数決定後の無調整周波数スペースの拡大を意味するため、ユーザ、販売店ともに大きなメリットがある。

今回、開発を行った56型車載用無線装置は、装置内各箇所を広帯域化への工夫を凝らしUHF帯で30MHz VHF帯で26MHzの広帯域化を実現した。また米国における汎用的なトンスケルチを標準装備した。

以下に開発の背景、開発した装置の特長、開発上の要点を紹介する。

There is a growing US market for commercial radio equipment with the broad bandwidths required by current radio applications. Users want highly functional radio equipment with a bandwidth of 20 MHz or broader that has several types of squelch circuits.

Extending bandwidth gives users more communication frequencies and reduces the number of occasions where the retailer has to adjust the equipment for the customer. Extending bandwidth greatly benefits both users and retailers.

The FTM40-3556AT is a new mobile radio unit with a widened UHF (30 MHz) and VHF (26 MHz) band. We improved many circuits to widen these bands. Common squelch circuits are provided as standard. This paper reports the background and key point of the FTM40-3556AT radio unit development as well as the features of the product.

1. ま え が き

米国における業務用無線装置の利用形態は広大な国土を背景としたレピータの利用、周波数の有効利用を考えた数々のトーンスケルチの採用、さらにフォンパッチと呼ばれる公衆電話回線への接続など非常に多様化している。これらの用途に適応するため1台の無線装置で複数の周波数およびトーンスケルチを利用することは珍しいことではない。従って1台の無線装置で使用可能なチャンネル数、周波数スペースおよび、トーンスケルチが必要な性能の1つとして評価される。

今回開発した56形無線装置は、広帯域化を設計の中心とし、デジタル式トーンスケルチ (DCS) の標準装備、更にはデータ伝送、通話の録音・再生などの高機能化への対応を図ったものである。

2. 装 置 の 概 要

装置内部は、大別して送信部、受信部、PLLシンセサイザ部、および制御部から構成されている。

きょう体は、H形断面のアルミダイカストで形成し、その片面に無線装置のプリント基板を収容することにより、反対側に広いオプションスペースと十分な表面積の放熱フィンを設けた。

本装置の外観を図-1に、ブロックダイアグラムを図-2に示す。

2. 1 装置の動作

2. 1. 1 送信部

送信部は、変調オーディオ回路、励振部、前段電力増幅部、終段電力増幅部、APC回路、LPFで構成している。マイクからの音声信号は、変調オーディオ回路により振幅制限、高音域制限を掛けたのちVCO部で変調を加えている。PLLシン



図-1 FTM40-3556AT無線装置の外観
Fig. 1 FTM40-3556AT

セサイザ部からのキャリア信号は、励振部を経て3段の電力増幅トランジスタで構成される前段電力増幅部 (ハイブリッドIC) へ入力される。ハイブリッドICで約12Wに増幅されたキャリア信号は更に終段電力増幅部で40W以上の電力に増幅され、APC回路で35Wの一定出力に制御したのちLPFを通して空中線に供給する。

2. 1. 2 受信部

受信部は、高周波増幅部、周波数変換部、中間周波数増幅部、復調部および音声信号増幅部で構成されている。空中線からの受信信号は、BPFと高周波増幅器で構成する高周波増幅部を通過して周波数変換部へ達する。周波数変換部は、混変調特性の優れたDBM (DOUBLE BALANCED MIXER) で第1中間周波数に変換し、フィルタ・増幅器を通過後第2中間周波数に変換している。第2中間周波信号は、復調部でFM検波したのち音声信号増幅部で増幅してスピーカより音声を出している。

2. 1. 3 PLLシンセサイザ部

PLLシンセサイザ部は2つのVCOとPLL制御部とで構成される。

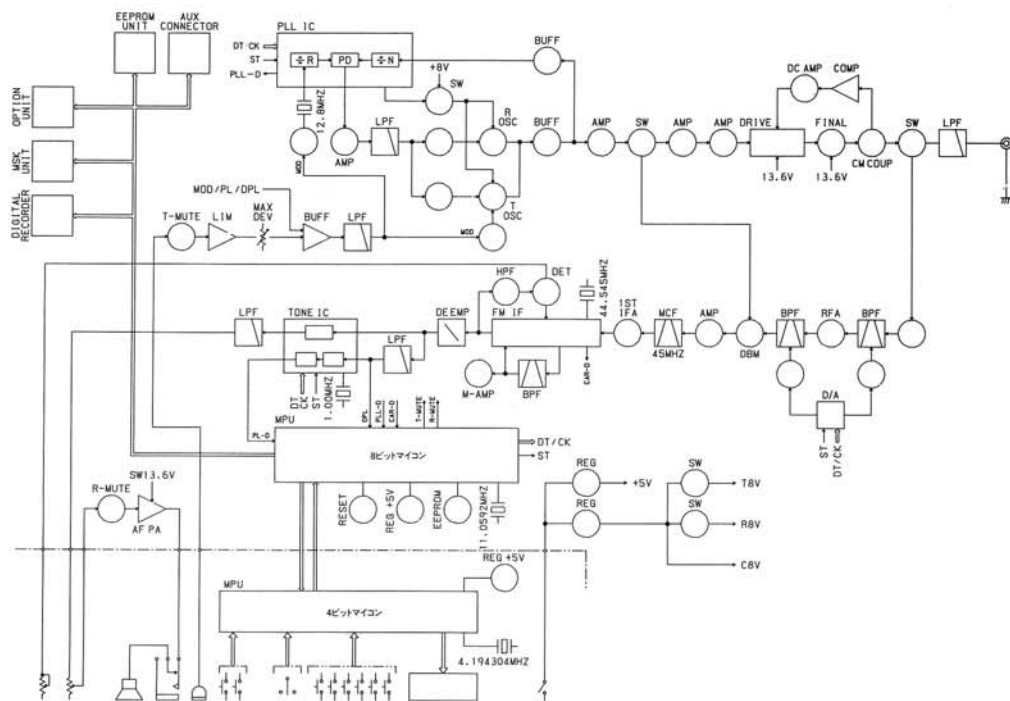


図-2 FTM40-3556AT無線装置のブロックダイアグラム

Fig.2 Block diagram

VCOの1つは送信時にキャリアを、もう一方は受信時に第一局発信信号を発生する。VCOで発生させた高周波信号はPLL制御部に入力され、分周後位相比較し、比較結果を電圧差として再びVCOに帰還することにより位相同期をかけている。

2. 1. 4 制御部

本装置は装置本体に搭載された8ビットCPUと装置操作部に搭載された4ビットCPUの2つのCPUで制御を行っている。

各CPUの主要制御は次の通りである。

1) 装置本体CPU

- ① EE-PROMへの周波数データ書込
- ② PLLシンセサイザ部への周波数データ送出
- ③ データ伝送・デジタル録再等オプション類

の制御

- ④ 販売店およびユーザーでの操作機能の選択設定
- ⑤ D/Aコンバータ・トーンICなどの周辺素子の制御

2) 操作部CPU

- ① LCDでの文字表示
- ② 各スイッチ類の探知

2. 2 装置の仕様

本装置の定格を表-1に、性能を表-2に示す。

2. 3 装置の特長

- 1) 広帯域設計により、UHF帯で30MHz、VHF帯で26MHzを実現した。
- 2) シリアル通信により、ROMライター・パソコンを用いて外部より周波数等のデータを書込ことが可能。

表-1 FTM15-3556AT/FTM40-3556AT無線装置の定格

項 目	FTM15-3556AT	FTM40-3556AT
周 波 数	148~174MHz	450~480MHz
最大周波数スペース	26MHz	30MHz
チャンネルセレーション	5kHz, 12.5kHz	12.5kHz
チャネル数	16 (96オプション)	
電 波 型 式	16KOF3E	
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 (セミデュプレックス可)	
受 信 方 式	ダブルスーパーヘテロダイン	
ト ー ン	CTCSS, DCS	
電 源	13.6V	
温 度 範 囲	-30°C ~ +60°C	
寸 法	160 × 55 × 222 mm	
重 量	2 kg	

表-2 FTM15-3556AT/FTM40-3556AT無線装置の主要性能

送 信 出 力	35W
周波数安定度	±5×10 ⁻⁶ 以内
スプリアス輻射	-70dB以下
標準変調入力	-50dBm
送 信 歪 率	3%以下
送 信 S/N	45dB以上
受 信 感 度	-4dBμV以上
受 信 帯 域 幅	12kHz以上 (-6dB帯)
受 信 選 択 度	25kHz以下 (-20dB帯)
スプリアス感度	75dB以上
感度抑圧効果	75dB以上
相 互 変 調	75dB以上
受 信 歪 率	3%以下
受 信 S/N	40dB以上
受信最大出力	1.5W以上 (8Ω)
消費電流送信	8A以下
消費電流受信	450mA以下
消費電流受信待受	350mA以下

- 3) データ伝送機能と文字表示LCDを設けたので、文字の発信・着信を装置本体のみで行うことが可能。
- 4) デジタル録再を付加可能。
- 5) 販売店およびユーザによって装置機能をカスタマイズすることができる。
- 6) 操作部を分離することができる。
- 7) 拡張ROMを搭載することにより、最大96チャンネルまで拡張可能。

3. 開発の要点

本装置は、当社輸出向無線装置として初めてDCSを標準装備し、更に広帯域化およびデータ伝送を実現した。開発にあたり、当装置の特長であるDCSで安定したエンコード・デコード特性が得られるよう、特に注意した。また広帯域化ではVCOの広帯域化を中心に、データ伝送では装置単独でのメッセージの発信・着信の実現を中心に開発を行った。

3. 1 DCS (DIGITAL CODED SQUELISH)

3. 1. 1 DCS概要

DCSシステムは、米国モトローラ社により考案され、現在では米国、カナダ、オーストラリア等において、CTCSS (日本国内名称は、トーンスケルチ) と並び、一般に普及しているデジタル式連続トーンスケルチである。

本来、モトローラ社ではDPL (DIGITAL PRIVATE LINE) と称して登録商標化され、他社ではこの名称を使用することはできない。

例えば、米国GE社では、DCG (DIGITAL CALL GUARD) と称している。

DCSは、一般名称であり、当社ではDCSを使用する。

DCSの主な特長は、

- ① 3オクタルデジットにより、512種類のコード選択が可能である。
- ② 送信終了時に終話コード（ターンオフコード）を送出することにより、スケルチテイル（受信側でRF信号が無くなった時、聞こえるノイズ）が除去できる。

3. 1. 2 コード編成

DCSのデータ形式は、①コードワード（データ部）、②ターンオフコード（送信終了コード）の2つに区別される。

1) コードワード

3ブロックに区別された23ビットにより1コードワードが形成される。（図-3）

データ伝送スピードは、7.5msec/bit（170msec/Word）である。

即ち、受信デコーダの開放スピード（受信開放アタックタイム）は、170msec以上を必要とする点では、CTCSSに比べ劣っている。



A部：エラービット検出コード

B部：固定コード（000）

C部：コードデータ（3オクタルデジット
：000～777）

図-3 DCSデータ形式
Fig.3 DCS data format

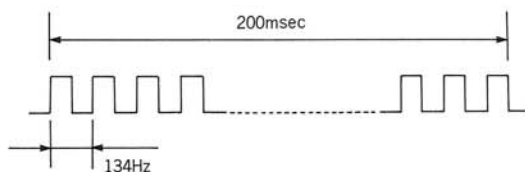


図-4 ターンオフコード
Fig.4 Turn-off code

2) ターンオフコード

マイコンがターンオフコードをデコードすると直ちに受信オーディオ回路をミュートしスケルチテイルの除去を行う。（図-4）

3. 1. 3 DCSコードの重複

DCSは、一般的なデータ伝送のように信号同期（ビット同期、フレーム同期）を行わない連続データ送出システムである。

このため、データの第一ビットのタイミングを取ることが不可能であり、第一ビットを取るタイミングによっては、異なったデータと判断することがある。

（一例）

```
0100100010010000110011001001000100100001100110
                        コードワード 1 4 6
1100110010010001001000011001100100100010010000
                        コードワード 2 2 0
1100100100010010000110011001001000100100001100
                        コードワード 4 1 4
0001100110010010001001000011001100100100010010
                        コードワード 4 2 2
```

実際に使用出来るコードは、計算上83種類になる。

3. 1. 4 最高、最低変調周波数および周波数偏移

1) 周波数成分

コードワードにおける最低、最高周波数は、計算上では最低=11.2Hz 最高=67Hzである。

（図-5）

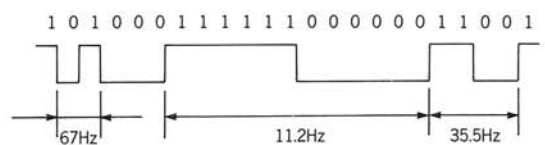


図-5 各コードワードにおける周波数
Fig.5 Code word frequencies

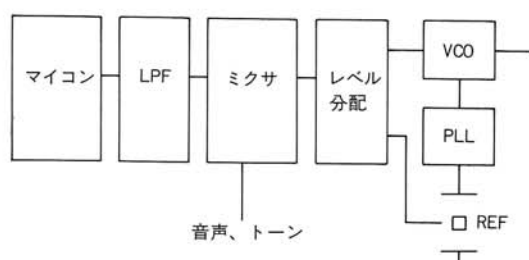


図-6 FTM40-3556AT無線装置におけるエンコーダの構成
Fig.6 FTM40-3556AT encoder configuration

一方、ターンオフコードは、134Hzに固定されているため、無線機の変調回路の周波数特性は、11~134Hzを保証しなければならない。

2) 周波数偏移

±0.75kHzを標準とする。

(データ “1” = +0.75kHz,
“0” = -0.75kHz)

3. 1. 5 FTM40-3556AT無線装置での構成

1) エンコーダ

① LPF

マイコンより出力されたDCSコードは、完全な方形波であるため、多量の奇数高次高周波が含まれている。このLPFは、音声帯域の成分を除去し、音声のS/Nを向上させる。

② ミクサー

DCS、音声、トーン等の周波数偏移を設定する時、各調整部位が干渉しないようにする。

③ レベル配分

VCOは、高い周波数成分の変調を行い、REFは、低い周波数成分の変調を受け持つ。

双方の変調感度に従いレベルを配分し、最終的にフラットな変調周波数特性を得る。

2) デコーダ

① LPF

音声誤動作、ノイズ誤動作を除去する。



図-7 FTM40-3556AT無線装置におけるデコーダの構成
Fig.7 FTM40-3556AT decoder configuration

56、57形無線機では、エンコーダの高次高調波除去LPFと共用している。

カットオフ周波数は、約200Hzである。

② 波形整形

約0.5Vのヒステリシス幅を持ち、ノイズ誤動作を除去する。

3. 2 VCOの広帯域化

3. 2. 1 VCO回路の構成

VCO回路構成はトランジスタのベース接地によるクラップ発振回路を基本とした。この回路構成により、負荷の影響を受けにくくまた、電源電圧変動および周辺温度に対し安定した発振を得た。

電圧可変素子としてはバリキャップを2個直列に接続することにより周波数可変幅を拡大している。

図-8に回路構成を示す。

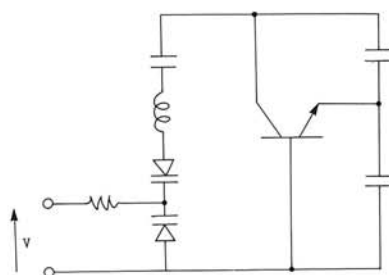


図-8 クラップ発振回路
Fig.8 Clapp oscillator circuit



図-9 FTM40-3556AT無線装置の操作パネル
Fig. 9 FTM40-3556A operation panel

表-4 発信文作成時の各キーの機能

キーの名称	機能
CH	カーソルの示す文字の変更
SCAN	カーソルの示す文字の決定
MON	カーソル左シフト
PSCAN	カーソル右シフト

F U J I T S U T E N

図-10 メッセージ作成例
Fig. 10 Message example

3. 3 データ伝送

本装置は、モデムユニットをオプション搭載することによりデータ伝送を行うことができる。装置内には、本体部および操作部にそれぞれ1つずつのCPUを搭載しており、これら2-CPUと操作部の大型LCDおよびスイッチ類によって装置単体で文字データの発信着信を行うことができる。（操作部パネルを図-9に示す）

3. 3. 1 仕様

データ伝送の仕様を表-3に示す。

3. 3. 2 文字伝送の発信構成

1) メッセージの作成

前面パネルの各キーを使用して10×2文字以内でメッセージを作成する。

各キーの機能を表-4に、また、作成例を図-10に示す。

2) メッセージの送出

前面パネルのRECキーを押すことによりメッ

セージを送出する。RECキーが押され送出までのフローチャートを図-11に示す。

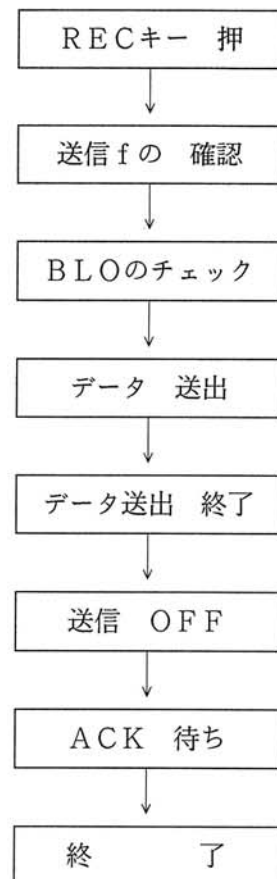


表-3 データ伝送仕様

伝 送 方 式	NRZ符号化MSK
変 調 速 度	1200bps
マーク周波数	1200Hz
スペース周波数	1800Hz

図-11 メッセージ送出までのフローチャート
Fig. 11 Transmit flow chart

3. 3. 3 文字伝送の受信構成

(1) メッセージの受信

基地局からのメッセージを受信すると図-12のような表示でその着信を知らせる。

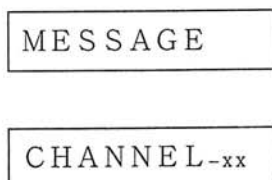


図-12 メッセージ受信時の表示
Fig. 12 Received message display

(2) メッセージの確認

確認キーを押すことにより図-13のような表示が行われる。

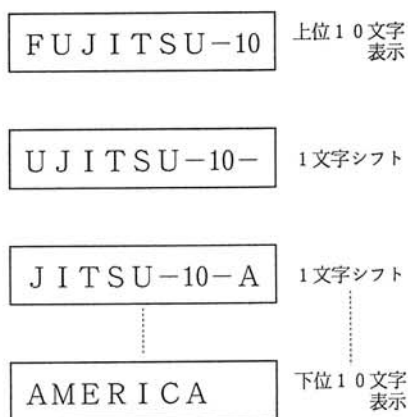


図-13 メッセージの確認
Fig. 13 Message confirmation display



図-14 操作部を分離したFTM40-3556AT無線装置
Fig. 14 FTM40-3556AT operating section separated

これらの方法で本措置は、装置単独で文字の発信・着信を行うことができる。更に、本装置は文字の視認性の向上および操作性の向上のために操作部を分離可能な構成とした。分離後の様子を図-14に示す。

4. あとがき

今回紹介した56形無線装置は、輸出専用モデルである。当社にはこれとは別に国内専用モデルがあり、現在では別々の設計を行っている。別設計の理由としては、チャンネル間隔の違い、送信出力の違いなどがあるが、無線装置として共通の部分も少なくはない。今後は、これらの共通化を積極的に行い、より設計効率を進め、今まで以上に競争力のあるものにしていきたい。