

海外向け 新型デジタル送信機システム 8000 シリーズ

8000 Series Digital Transmitters for Overseas Markets

笹近 秀樹

横本 広章

高橋 喜代和

■ SASACHIKA Hideki

■ YOKOMOTO Hiroaki

■ TAKAHASHI Kiyokazu

2006年12月に国内で地上デジタル放送が始まり、送信機の配備は全国の親局（放送局の主送信所）ではほぼ完了した。一方、世界市場に目を向けると、放送のデジタル化は急速に早まっており、今後、中国やブラジルをはじめ各国で、デジタル放送は大規模に普及していくことが期待される。

東芝は、この市場のニーズに応え、地上デジタル放送用の送信機システム 8000 シリーズを開発した。このシリーズは、世界市場で競争力を持たせるため、各種の変調方式や UHF (Ultra High Frequency) 帯全域に対応させるとともに、高出力化や省スペース化を実現した。

Digital terrestrial television broadcasting was launched in Japan in December 2006, and deployment of the digital transmitters has already been completed in key stations (the main transmitting stations of the broadcasting stations) throughout the country. The digitization of broadcasting is also progressing rapidly in global markets, especially in China and Brazil, and is expected to further expand on a large scale from now on.

In response to the needs of the market, Toshiba has developed the 8000 series transmitters for digital terrestrial television broadcasting. The features of the 8000 series include higher power, the capability to handle various modulation methods, coverage of all ultrahigh-frequency (UHF) bands, and space-saving design.

一般論文

1 まえがき

デジタル放送機は、世界市場のニーズとして、国によって違う変調方式や周波数帯などに対応させる必要があり、それらの仕様を満たす機器の開発が大きな課題であった。

東芝はこれらのニーズを満足させるため、各国の変調方式及び UHF 帯 (470 ~ 862 MHz) 全域に対応する、省スペースの新型デジタル送信機システム 8000 シリーズを開発した。

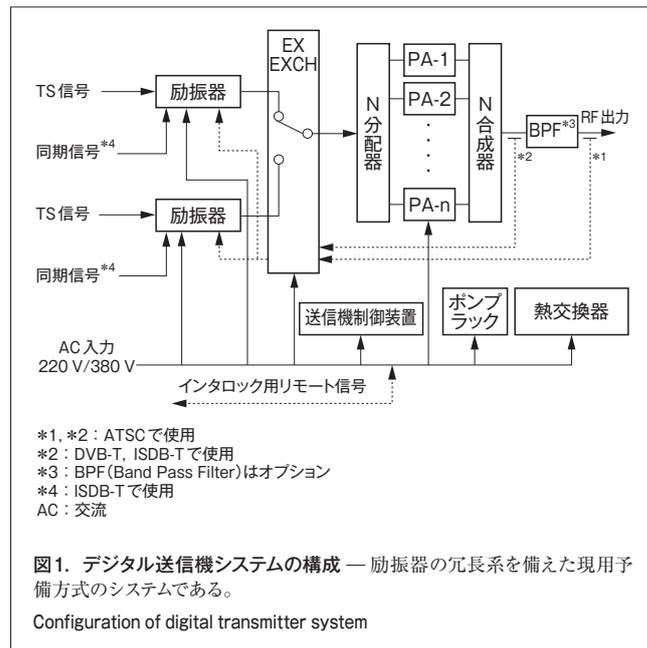
ここでは、デジタル送信機システムの概要と、主要構成要素である送信機、冷却システム、及びそれらを監視制御するシステムについて述べる。

2 デジタル送信機システムの概要

デジタル送信機システムの構成を図 1 に示す。デジタル送信機システムは大きく分けると、励振器と電力増幅器 (PA: Power Amplifier) から成る送信機部分、ポンプラックと熱交換器から成る冷却装置、及び送信機制御装置で構成される。

送信機には、STL (Studio to Transmitter Link) 回線でスタジオから送信所に伝送された TS (Transport Stream) 信号が入力される。TS 信号は、励振器で各国の変調方式に変調され、RF (Radio Frequency) 信号に周波数変換される。更に、PA で増幅され、アンテナから放送波として出力される。

送信機が 1 台のときであっても、EX EXCH (励振器切替え



器) を実装することで、二つの励振器を現用と予備で運用する方式 (現用予備方式) にすることができる。このようにすると、万一、現用の励振器が異常になったとき、予備の励振器に自動的に切り替えることができる。

冷却システムはニーズの高い水冷方式を採用し、低騒音で安定した放送を実現している。

監視制御の機能面では、送信機制御装置により、デジタル送信機システムを構成する各ユニットからアラーム情報やステータス情報を収集したり、EX EXCHの自動切替えやポンプ及び熱交換器の起動・停止を行うことができる。この送信機2台を用いることにより、現用予備方式のシステム構築も可能である。

このシリーズの各モデルの標準構成を表1に示す。ここでは、出力1.5 kWのデジタル送信機システム(図2)の特長について以下に述べる。

- (1) UHF帯全域に対応 使用する周波数が異なるデジタル放送に対しても、設定や調整をすることで同じ送信機ユニットを適用できる。
- (2) 各種放送方式に対応 ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial), DMB-T/H (Digital Multimedia Broadcasting-Terrestrial/Handheld), ATSC (Advanced Television Systems Committee),

表1. デジタル送信機の標準構成

Standard configurations of digital transmitter system

モデル	デジタル方式での出力 [*] (kW)	アナログ方式での出力 (kW)	PA台数
TDU802xL	1.0	—	2
TDU803xL	1.5	—	3
TAU803xL	—	5	3
TDU804xL	2.0	—	4
TDU806xL	3.0	—	6
TAU806xL	—	10	6
TDU808xL	4.0	—	8
TDU812xL	6.0	—	12
TAU812xL	—	20	12
TDU816xL	8.0	—	16

* : デジタル方式がDMB-T/Hの場合



DVB-T/H (Digital Video Broadcasting-Terrestrial/Handheld) といった海外の放送方式に対応できる。

- (3) 省スペース 従来モデルの7000シリーズに比べて、設置面積が約20%小さい。
- (4) デジタルとアナログを共通設計 当初はアナログ送信機を採用する場合も見込まれ、将来デジタル送信機に移行する必要が生じる。デジタル送信機は、アナログ送信機と同じ放送エリアを確保するためにはアナログ送信機の1/10以上の出力が必要であるが、このシリーズでは表1に示すように、PA台数が同じアナログ送信機の1/10以上の出力があるので、同じ設置スペースのまま移行できる。
また従来は、移行するには送信機ごと入替えとなり、多くの部材やユニットを廃棄しなければならなかった。しかし、主要ユニットであるPAや合成器はアナログとデジタルを共通に設計し、ほかのユニットはサイズやインタフェースを共通に設計することで、廃棄する部材が少なくなり、環境に配慮した送信機になっている。

3 送信機

送信機の主要部は、励振器と複数台のPAで構成される。励振器で入力信号を周波数変換し、PAで増幅した出力を合成することで、UHF帯の大電力信号を得ている。以下に、装置それぞれの特長を述べる。

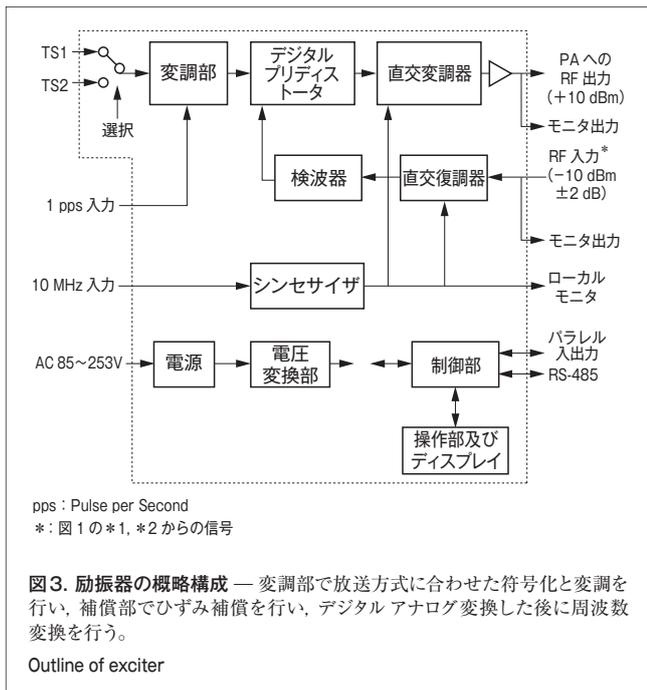
3.1 励振器

励振器は、TS信号を入力し、伝送路符号化と変調を行い、UHF帯の送信周波数に変換する。また、非線形ひずみ補償機能及び線形ひずみ補償機能を持つ。

特長を以下に示す。

- (1) 従来品は2U (高さ約89 mm) サイズであったが、1Uサイズにして、省スペース化できるようにした。
- (2) ソフトウェアを変更することで各種の放送方式に対応できる。
- (3) ダイレクトコンバージョン方式の採用により、低コストで広帯域化できる。この方式に起因するIQインバランス(直交誤差)及びDC(直流)オフセットを補正する機能を持つ。
- (4) 非線形ひずみ補償機能にはデジタルプリディストーション(DPD: Digital Pre-Distortion)方式を採用し、高い電力効率を得ている。

励振器の概略構成を図3に示す。変調部では放送方式に合わせてTS信号の符号化と変調を行い、補償部の複素FIR(Finite Impulse Response)フィルタで線形ひずみ補償を、デジタルプリディストータで非線形ひずみ補償を行う。補償部からIとQのベースバンド信号を出力し、デジタルアナログ変換を行い、アナログ信号をベースバンドから送信周波数に直接



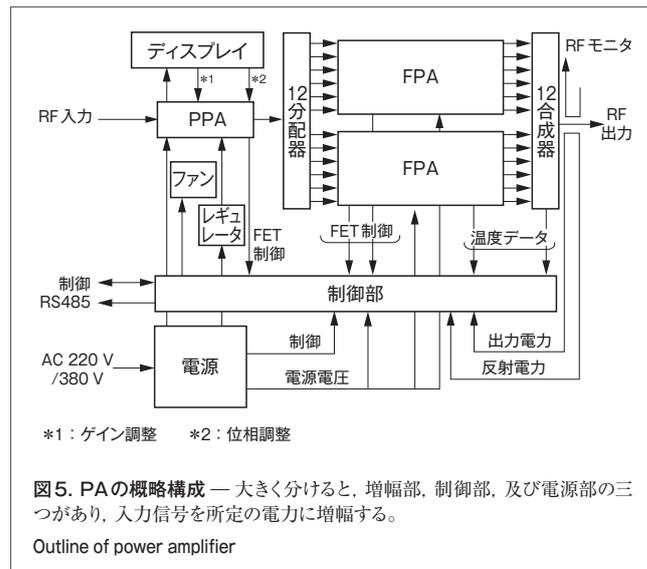
変換し、励振器から出力する。また、BPF (Band Pass Filter) とPAの出力をループバック入力し、それぞれ線形ひずみ補償と非線形ひずみ補償の補償値を求める。

3.2 PA

PAは、UHF帯に周波数変換された小電力の信号を所定の電力に増幅するユニットである。定格出力電力は600Wである。

PAの外観を図4に示す。特長は以下のとおりである。

- (1) 広帯域、高性能、及び高出力である。
- (2) 送信機制御装置からのチャンネル指定命令により、メモリ内のデフォルト値を読み出し、自動的に調整して設定する。
- (3) パソコンから各種パラメータの設定変更ができる。
- (4) 送信機制御装置でPA内部の動作状態を監視するため、アラーム情報やステータス情報を送出する。
- (5) セルフプロテクション機能により、温度、反射、及び電源の異常が検知されたときPA内の電源をシャットダウンする。



- (6) PAに電源ユニットが内蔵されているため、保守性に優れる。
- (7) 高効率のコールドプレートを使用しており、熱的に安定している。

PAの概略構成を図5に示す。

励振器から入力された信号は、ゲインと位相を変更できる回路を経て、増幅部に入力される。増幅部は主にPPA (Pre-PA) とFPA (Final PA) から成る。PPAは、A級動作の増幅器ICと最新のLDMOS (Laterally Diffused Metal-Oxide-Semiconductor) 電界効果トランジスタ (FET) を合計4段にカスケード接続して構成されている。FPAは、AB級で動作させたプッシュ・プル型LDMOS FETを平行に接続して構成されている。各FETで増幅された信号は、広帯域設計された合成器により、高電力で出力される。

FETの基板パターン及びマッチング定数は、シミュレータを用いて最適設計されており、FETの性能を最大限に引き出している。FETのアイドル電流やドレイン電圧、及びPAのゲインや位相は、パソコンから専用ソフトウェアで自由に設定や調整をすることができ、UHF帯全域で所定の性能を満たすように、各チャンネルの最適値を設定することができる。

PAの構造は、上面に増幅回路、下面にPSユニットが配置されており、コールドプレートに冷却液を循環させることにより、FETなどの発熱部を冷却するようになっている。また、AC (交流) 電源、制御、水、及びRF出力の各コネクタは背面に配置され、プラグイン式で送信機本体の棚板と接続されるため、ユニットの着脱を容易に行うことができ、保守性に優れている。

IM (Inter Modulation) の発生を抑えるためには、直線性の良い増幅器が必要である。そのためには増幅器をA級で動作させる必要があるが、効率が悪くなってしまふ。そこで、AB

級で動作させることで効率を上げ、IMは励振器の非線形ひずみ補償器で抑制している。送信機出力で求められる帯域とIMの規格は以下のとおりで、広帯域かつ高性能を実現している。

- (1) 周波数帯域 470 ~ 862 MHz
- (2) IM -37 dB以下

4 冷却システム

水冷方式は、空冷方式と比較して冷却効率が高いため、高出力のPAを冷却することで小型化でき、送信出力に対して機器設置面積を小さく抑えることができる。また、騒音も小さく、放送安定性が高い。

冷却液には不凍液を採用するなど、外気温の影響を受けにくくしている。また、外気を取り入れる空冷方式とは異なり、防じん対策はほとんど要らなくなっている。

冷却システムは、図6に示すように、メンテナンス性を考慮して送信機ごとの独立した構成にした。このうち、冷却装置はポンプラックと屋外の熱交換器から成る。

ポンプラックから送出された冷却液は、送信機に送られ熱

源であるPAと合成器を冷却した後、ポンプラックに戻される。ポンプラックには混合バルブ（温度調整バルブ）を設け、冷却液の温度により熱交換器へ循環する量を調整している。これにより、冷却液の温度が低い場合は、熱交換器を通さずに直接ポンプラックのタンクに戻るようになっている。

冷却熱処理量（冷却液の流量）によりシリーズ化を行っており、多様な出力や方式の送信機に対応することができる。以下に、これらの装置について述べる。

4.1 ポンプラック

ポンプラックの構成は、現用と予備のポンプを2台実装した方式とポンプ1台の方式がある。

全体のシステムが二重化されていてポンプに冗長系の必要がない場合は1台方式、システムが1系統しかなくポンプに冗長系が必要な場合は2台方式を選択することができる。

ポンプ2台方式の場合、運用中であっても予備側のポンプのメンテナンスが可能である。

4.2 熱交換器

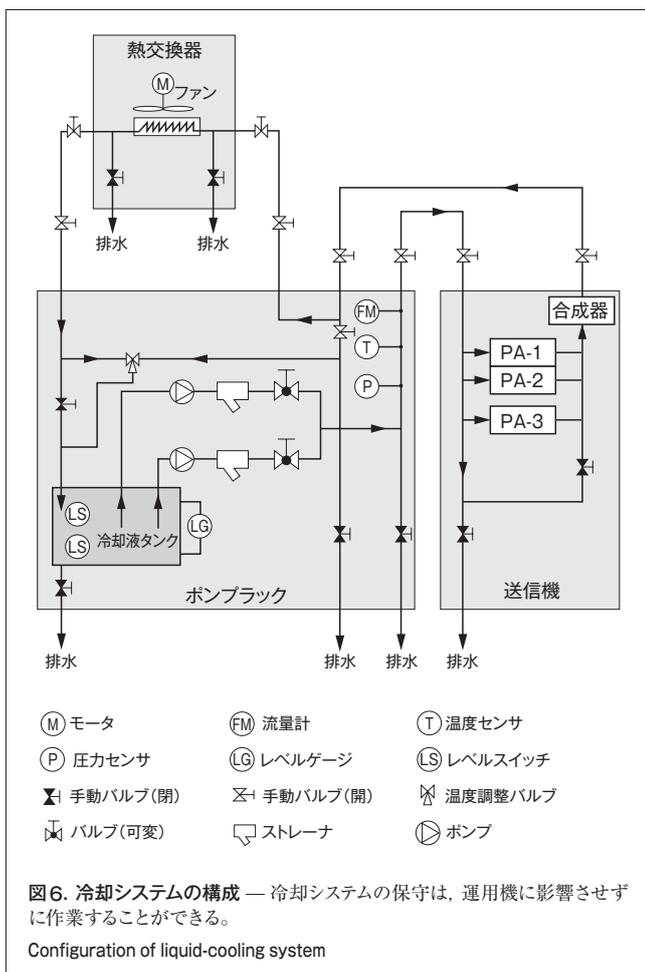
熱交換器は屋外形で、一つのラジエータを2個のファンで冷却することにより冗長性を持たせている。

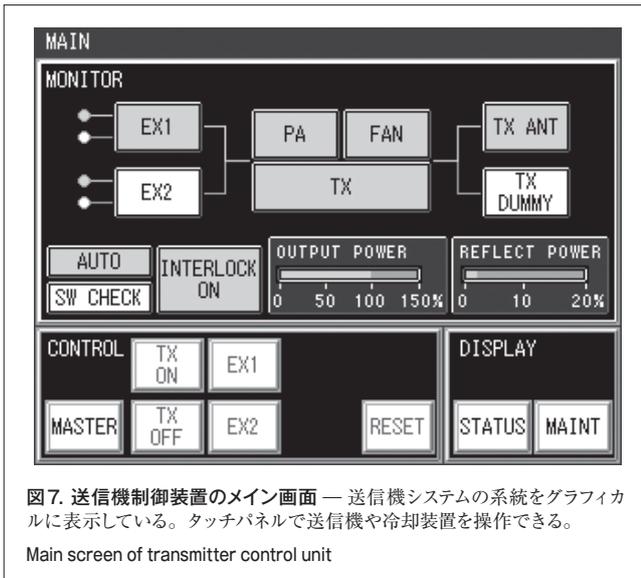
冷却液の温度によりファンのON/OFF制御を行っている。

5 監視制御システム

送信機と冷却装置の監視制御は、送信機制御装置で一括して行う。送信所では、ポンプラックと熱交換器の監視画面でユニットの状態を確認しながら送信機を運用できる。このシステムの機能について以下に述べる。

- (1) 監視機能 デジタル送信機システムを構成する各ユニットは様々な情報を外部にシリアル出力でき、それらの情報は送信機制御装置のカラーディスプレイ（タッチパネル）でグラフィカルに確認できるようになっている（図7）。また、過去の送信機システムの状態を知るために定時ログ収集する簡易ロガー機能や、ログによる故障解析機能を備えている。
- (2) 制御機能 送信機制御装置の操作モードには、手動と自動の2種類がある。手動モードでは、タッチパネルで送信機システムの状態を確認しながら送信機や冷却装置を操作することができる。また、自動モードでは、送信機や冷却装置から収集された各種のアナログデータを管理値を基に判定しながら、送信機や冷却装置を自動で制御するとともに、スタジオ側からリモートコントロールを受けることができる。
- (3) 放送方式の変更 励振器のソフトウェアを変更したい放送方式用に入れ替えて、タッチパネルで放送方式の設定をすることで行える。また、アナログとデジタルの変更は、励振器をアナログ用に替えて、送信機制御装置を





アナログ用ソフトウェアに入れ替えることで可能となる。

- (4) 送信周波数の変更 励振器とPAの送信周波数の設定をタッチパネルから簡単に変更することができる。
- (5) タッチパネル故障時のフェールセーフ 送信機制御装置に、操作モード切替えと送信機起動・停止のためのスイッチを設けており、タッチパネルが故障したときでも送信機システムを操作できる。また、送信機システムの総合異常を表す表示器を設けたことで、タッチパネルが故障しても送信機システムの状態を把握できる。
- (6) 送信機制御装置故障時の緊急起動 送信機制御装置が故障したときは、送信機システムの状態を管理するユニットがないため送信機を停止させるが、緊急起動スイッチをONすることで放送を継続できる。

6 あとがき

新型の水冷デジタル送信機システム 8000シリーズの開発を完了し、世界市場で競争力のある性能を実現できた。

今後は、今回の開発で得た技術やデータをもとに空冷タイプの送信機システムも開発し、シリーズのラインアップを更に充実させて、世界のデジタル放送の普及に貢献していきたい。



笹近 秀樹 SASACHIKA Hideki

社会システム社 府中事業所 伝送機器部主務。
放送局向け送信機用電力増幅器の開発・設計に従事。
Fuchu Complex



横本 広章 YOKOMOTO Hiroaki

社会システム社 放送・ネットワークシステム事業部 海外推進部。放送局向け送信機システムの開発・設計に従事。
Broadcasting & Network Systems Div.



高橋 喜代和 TAKAHASHI Kiyokazu

社会システム社 府中事業所 伝送機器部主務。
放送局向け送信機の機械設計に従事。
Fuchu Complex