

地上デジタル放送用送信機システム

Digital Terrestrial Television Transmitter

前田 博人

MAEDA Hirohito

古川 雄一

FURUKAWA Yuichi

大谷 吉春

OTANI Yoshiharu

2003年12月から、関東、中京、近畿の三大都市圏にて地上デジタル放送が開始された。また、その他の地域では2006年に放送開始の予定である。

東芝は東京、大阪の放送局に地上デジタル放送用送信機システム(以下、デジタル送信機システムなどと略記)を納入し、運用を開始している。デジタル送信機には、国内初のフィードバック型プリディストーション方式非線形補償器を採用し、相互変調歪(ひずみ)が-50dB以下を実現した高性能、高安定、高効率の送信機を商品化した。また、24時間放送対応も考慮し、運用中の保守作業を可能にする各種シームレス切替器を商品化し、信頼性の高いシステムを構築している。

Digital terrestrial television broadcasting services began in the Kanto, Chukyo, and Kinki areas on December 2003, and are scheduled to commence in other areas in 2006.

Toshiba supplied the digital terrestrial broadcasting transmitter system to the broadcasting stations in Tokyo and Osaka, and has started operation. The feedback type predistortion system nonlinear compensator was adopted as the transmitter for digital terrestrial broadcasting, and a high-performance, high-reliability, and high-efficiency transmitter that realizes less than -50dB intermodulation was commercialized. Twenty-four-hour broadcasting was taken into consideration in its design, and various seamless exchangers enabling maintenance work to be performed during operation were also commercialized, to realize a reliable system.

1 まえがき

デジタル送信機は、従来のアナログ送信機と同様に、基幹放送設備として高い信頼性が要求される。特にデジタル放送の場合は、受信の臨界条件を超えると直ちにブロックノイズ発生や受信不能に陥るクリフエフェクト障害があり、送信装置で生じたわずかな劣化により、サービスエリアぎりぎりの地域では放送サービスの断につながる可能性がある。そのためアナログ送信機以上に送信出力や性能の安定維持が求められる。また、デジタル放送開始後も、2011年までのサイマル放送期間はアナログ放送を継続しなければならぬため、既存送信所の空スペースに設置させる場合が多く、省スペースで設置性の良いものが求められる。

東芝はこれらの要求を満足し、更に容易な運用方法と簡易なメンテナンスを実現するデジタル送信機システムを開発した。また設置環境に応じて選択可能な各種冷却方式のパリエーションを準備できたので、これらの概要について述べる。

2 システムの概要と特長

デジタル送信機システムの概略系統を図1に示す。これは現用予備方式のシステムの系統図であり、送信出力3kW以

下で主流となるシステムである。スタジオからSTL(Studio to Transmitter Link)回線によって、映像音声信号をデジタル化したISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)フォーマットの放送TS(Transport Stream)信号を送信所へ伝送し、送信所側にOFDM(直交周波数分割多重)変調器を設置するTS伝送方式である。

現用予備方式では冗長系を備えているので、万一、運用中の送信機が異常になった場合には、待機側送信機に自動切替えることができる。また、各切替えは、放送しているサービス内容に影響を与えることなく切り替えることができるシームレスな切替えを実現し、運用中の保守作業が可能なシステムを構築している。

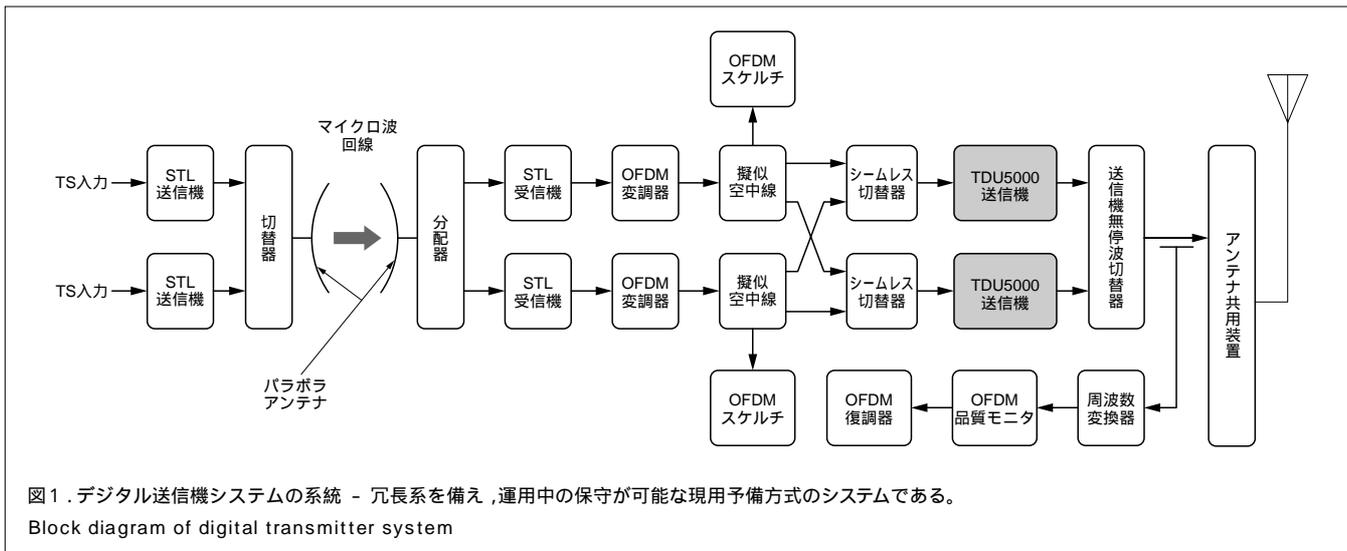
東京については国内最大の送信出力10kWであり、東京タワーへの設置スペースを考慮し、5kW送信機3/2台方式^(注1)を採用した特殊なシステム系統になっている。

2.1 デジタル送信機

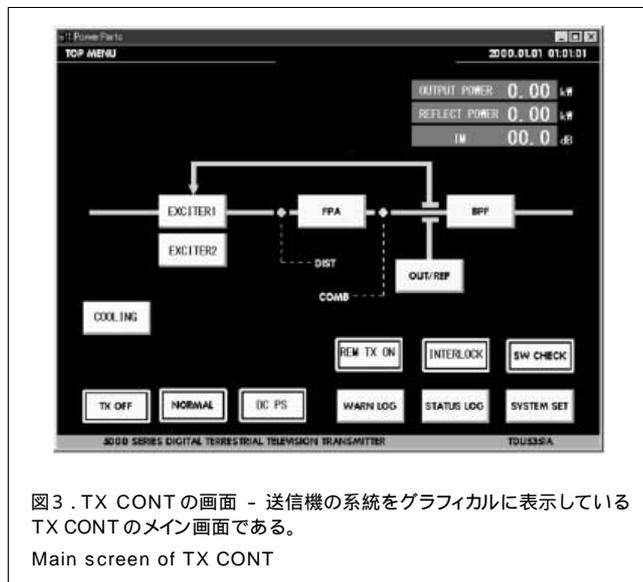
3kW空冷デジタル送信機(ブロー方式)の外観を図2に、また、その特長を以下に示す。

- (1) 高性能 デジタル送信機は、国内初のフィードバック型プリディストーション方式非線形補償器を採用し、IM(相互変調歪)は-50dBを実現し、位相雑音特性が

(注1) 3台の中から2台を選択して使用する(1台は予備)方式。



TX CONT(送信機制御装置)のカラーディスプレイモニタにグラフィカルな表示が可能になっている。またTX CONTは簡易ロガー機能を備えていて、各種アナログデータを収集し、管理値判定処理でデータの変化を監視できるなど、故障予知に役立つよう付加機能を追加している。電力増幅器の動作電流も画面表示や外部への出力が可能であり、メンテナンス時間を短縮することができる。TX CONTのメイン画面を図3に示す。



- 50 dBc以上の超低雑音周波数変換器と組み合わせて、等価C/N(搬送波対雑音電力比)劣化を最小限に抑えた高性能送信機を実現した。
- (2) コンパクト設計 アナログ送信機と共存するケースがほとんどとなるため、限られたスペースに設置するためには、機器の占有床面積を最小とする必要があり、下記の施策を実施した。
 - (a) 誘電体BPF(バンドパスフィルタ)を採用し、空洞共振型BPFの10%以下の容積を実現して、送信機に収納することで小型化を実現した。
 - (b) 電力増幅器に電源を内蔵し、電力増幅部の小型化を実現した。
 - (3) 高度なメンテナンス 各機器には様々な情報が外部出力できるように工夫されていて、それらの情報は

- (4) 電力増幅器冗長系確保によるフェールセーフ デジタル送信機では、並列運転の電力増幅器が1台故障して減力した場合でも、システムAGC(自動利得制御)により定格出力に増力できる。減力状態から定格出力に増力する場合、正常な電力増幅器の負担は電力増幅器の並列数により異なり、並列数が少ないほど負担が



図4 . 1 kW 空冷デジタル送信機 - 電力増幅器8台(標準は6台)で構成されるファン方式の1 kW 送信機で,電力増幅器の数を増やすことで,1台故障時でも定格出力,性能を維持できる。
1 kW digital transmitter

大きくなり,特性が劣化する。例えば,1 kW 送信機の標準構成は200 W 電力増幅器6台であるが,電力増幅器を8台とすることで,電力増幅器が1台故障した場合でも定格出力とIM - 50 dB以下を維持することができ,システムの信頼性を向上している(図4)。

2.2 無停波切替器

デジタル放送は24時間放送となるため,運用中の保守作業が可能なシステムが要求されている。現用予備方式の送信機システムでは,送信機出力をシームレスに切り替える必要があり,大電力の信号をシームレスに切り替える無停波切替器を他社に先駆けて開発した。無停波切替器の構成を図5に,内部を図6に示す。移相器を180°可変にすることで,送信機出力を無停波で切り替えることができる。主要部品の移相器には,優れた電気特性が得られる誘電体可変移相器を採用し,小型化を実現している。

2.3 暫定的な小電力運用への対応

デジタル放送の開始にあたっては,その周辺状況から,送信を小電力で運用しなければならない場面が想定される。小電力運用が必要となる場合は,初回電波発射以降の,アナログ放送との混信調査対応を目的とした試験電波発射期間が考えられる。また,放送サービスの段階に入ってから,当面の期間は小電力運用を行う期間が想定される。この小電力運用に向けた設備的対応として,試験電波発射期間だけでも,モバイルな環境で送信機出力をリモートコントロールできる環境が必要と考え,減力制御板を商品化した。

減力制御板の導入により,送信機の出力電力を定格出力から - 30 dBまで減力できる。このとき定格出力時の性能を確保したまま減力が可能である。

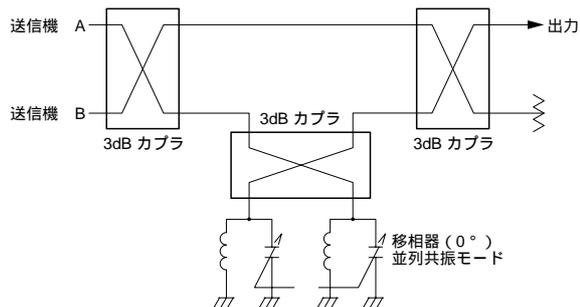


図5 . 無停波切替器の構成 - 移相器を180°可変にすることで,並列共振と直列共振が変化することにより反射位相が変化し,切替えを実現している。
Configuration of crossover exchanger

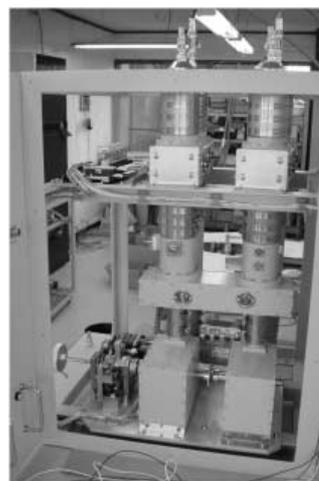


図6 . 無停波切替器 - 無停波切替器の内部で,最下部が誘電体可変移相器である。
Crossover exchanger

3 冷却システム

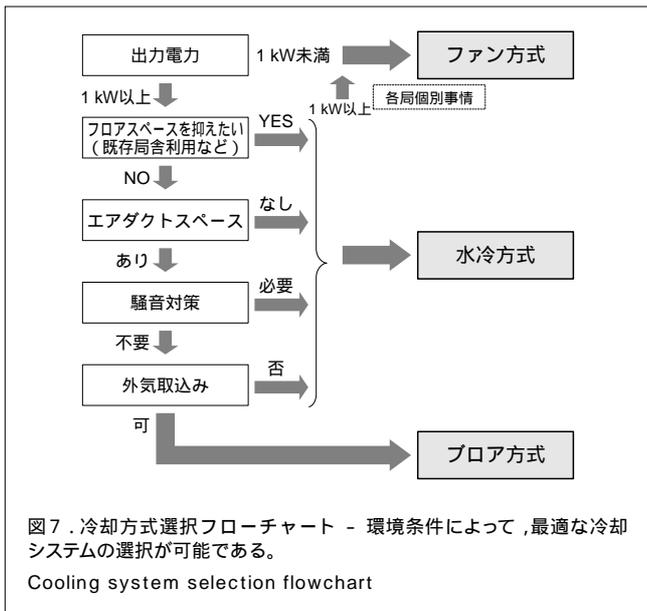
デジタル送信機システムは,2011年まで現状のアナログ放送とのサイマル放送期間がある。既存のアナログ送信設備にデジタル送信設備を導入する場合 機器の冷却システムは,現状の設備を考慮する必要がある。また,年々悪化している周囲環境からの機器への影響も考慮する必要がある。

これらの導入条件は,各々の既存設備条件により異なることから,従来の空冷方式に加え,新たに水冷方式による冷却システムを開発し,冷却システムのバリエーションを増やして選択の幅を広げた。

一般的な冷却方式選択のフローチャートを図7に示す。

3.1 空冷方式の特徴

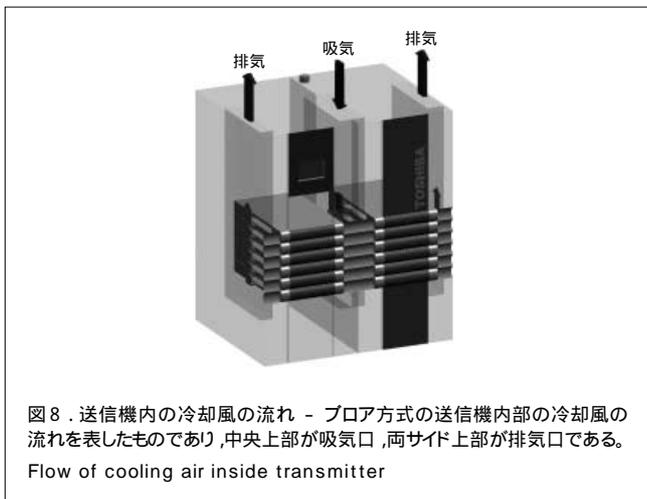
空冷方式は,外気導入方式を主としたプロア方式と,室内に放散し空調機で冷却を行う室内循環方式を主としたファン方式の2タイプを商品化した。冷却風を電力増幅器に対



し横方向に流すことで、送信出力に応じてユニットを積み重ねることができ、従来の縦置き方式より床面積を少なくすることが可能となった。

冷却は、シミュレーションによる解析を行うとともに、実機による熱検証を行い決定した。また、長期運用において安定した冷却を確保するため、ヒートシンクのフィン間隔は、あえて冷却効率の良い細密フィン形状とせず、周囲の環境汚染に影響されやすい外気導入方式のメンテナンス性を重視し、目詰まりしにくい形状を採用した。筐体(きょうたい)内の冷却風の流れを図8に示す。

ファン方式は、送信機に冷却用ファンを内蔵し一体型としたことで、送風機室や局舎ダクトが不要になり、局舎改修を行わずに導入できる。また、アナログ放送終了後は、運用しやすい機器レイアウトへの変更も容易に可能である。機器内のダクト構造は、冷却用ファンと電力増幅器を1対1とした



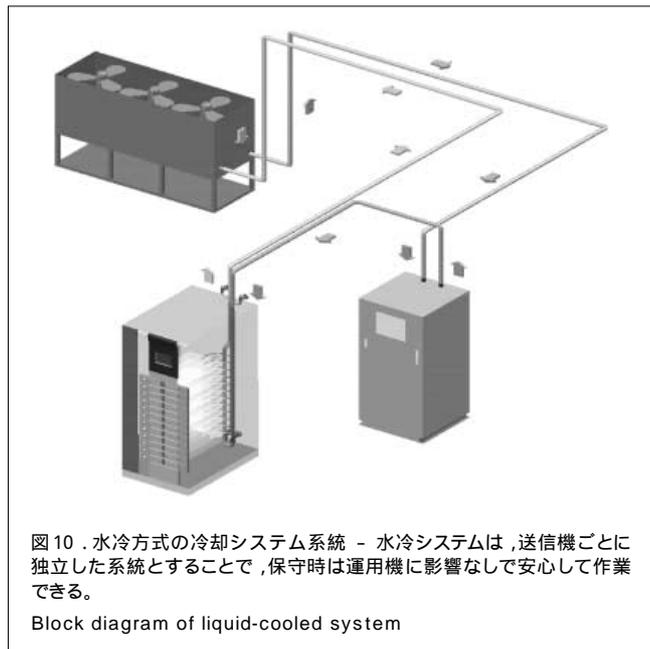
ことで、ファンの故障が他の電力増幅器への冷却効率に影響しないようになっている。ファン方式の送信機を図9に示す。

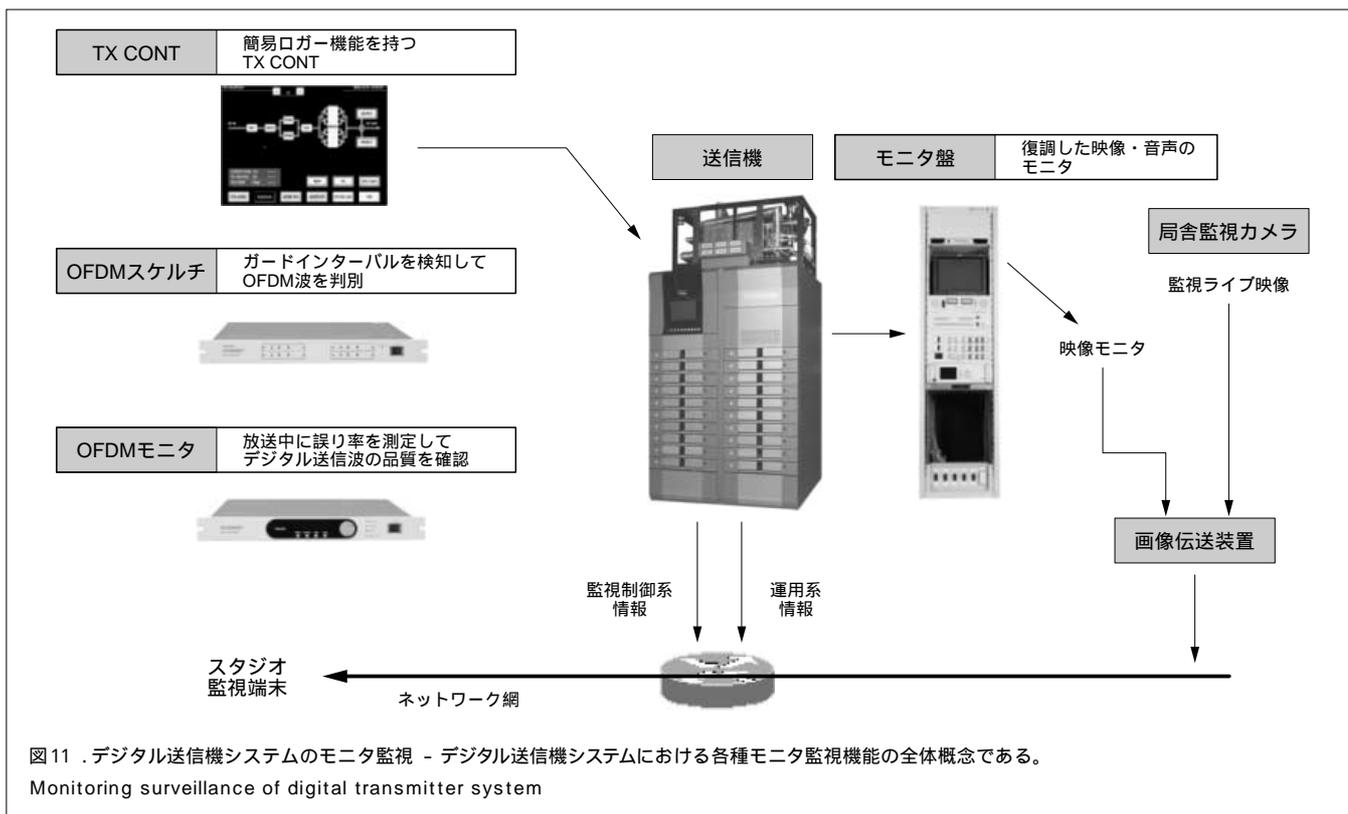
3.2 水冷方式の特徴

水冷方式は、空冷式と比較し高冷却効率であることから、電力増幅器1台当たりの出力を高出力とすることが可能となり、送信出力当たりの電力増幅器使用台数を削減した。冷却システムは、メンテナンス性を考慮し、送信機ごとの独立したシステムを採用した。冷却システムシステムを図10に示す。

電力増幅器の冷却水カブラはワンタッチ式を採用したことで、空冷方式同様プラグイン化が実現した。

送信所の条件に合わせて冷却システムを選択することができることで、顧客の個々の諸問題に対し最適なシステム構築が可能となり、顧客満足を実現することができる。





4 デジタル送信機システムのモニタ監視

デジタル送信機システムにおけるモニタ監視機能の全体概念を図 11 に示す。デジタル放送においては、非常に厳しい送信信号品質が要求されている。高精度な送信信号監視を行うために、OFDM スケルチや OFDM 品質モニタを独自に開発したので、以下に述べる。

4.1 OFDM スケルチ

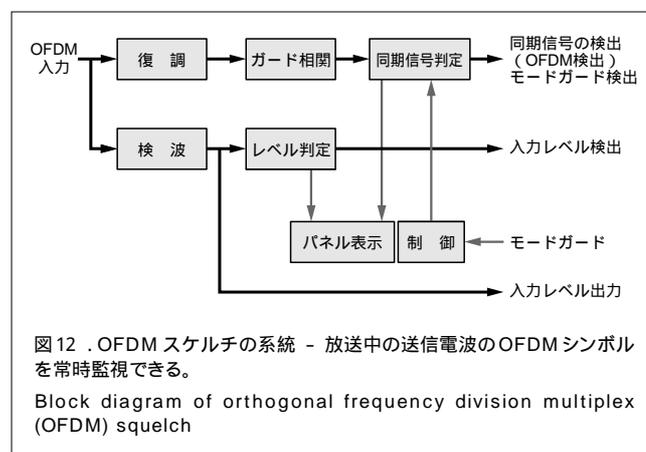
24時間放送を行うために、現用機と予備機とを自動切替える判定情報が必要となる。OFDM 信号を監視するためのユニットとして、OFDM スケルチを商品化した。OFDM スケルチの系統を図 12 に示す。OFDM 信号は帯域制限された雑音に類似しており、信号スペクトラムから信号が OFDM なのか雑音なのかを識別することは困難である。OFDM スケルチは、OFDM 信号のシンボル同期を連続的に監視することで、OFDM 信号かどうかを検出することができる。また OFDM 信号のレベル検出も行っており、送信電波の電力レベルを監視することも可能である。入力周波数は IF (Intermediate Frequency) 帯から UHF (Ultra High Frequency) 帯まですべての周波数で使用可能であり、故障時の切分けに有効である。

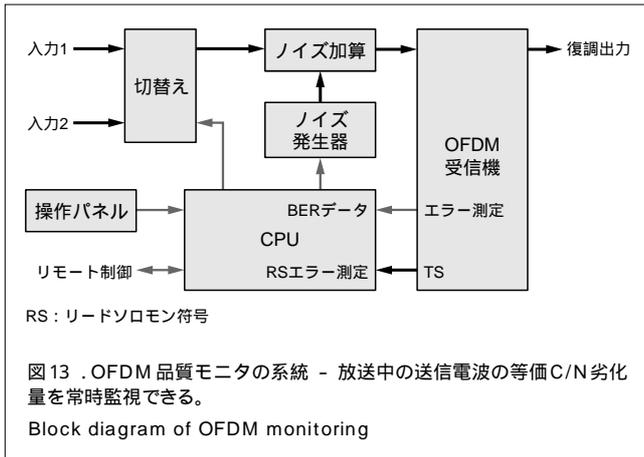
4.2 OFDM 品質モニタ

OFDM 信号の品質評価方法としては、BER (ビット誤り率) と MER (変調誤差比) がある。OFDM 信号が受ける劣化状

況をすべて評価できるのは BER である。プログラム放送中に送信機の BER 特性の測定を行うことができる OFDM 品質モニタを商品化した。

OFDM 品質モニタの系統を図 13 に示す。OFDM 品質モニタは、高精度に校正されたノイズ発生器を内部に持っており、放送中の OFDM 信号に校正された雑音を付加し、一定の C/N に設定することによって、放送中の送信電波の BER を測定する。測定した BER 値から送信電波の等価 C/N に換算して、等価 C/N の劣化を常時監視することができる。受信機からの TS 信号からリードソロモン復号で発生するエラーについても測定しており、バースト的なエラーについて





も見逃すことなく、OFDM 信号の品質監視に有効である。

5 送信管理システム

デジタル放送では、アナログ放送時のサービスに加え、デジタル特有のサービスを提供する必要がある。また送信制御情報などのパラメータ変更時は、編成、運行から送信機までを通して考える必要がある。したがって、送信管理を行うためには、運用に必要な機能を明確化し、デジタル放送サービスをトータルで管理できるシステムの構築が必要となる。

送信管理システムとしては、設備管理機能、運行管理機能、ネットワーク管理機能の三つの機能に大別される。送信管理システムの概要を図 14 に示す。

5.1 設備管理機能

送信所の送信関係設備の遠隔制御監視をスタジオ(マスタ)から行う機能であり、送信所に設置される送信機だけでなく、伝送回線系、空中線系、受配電系、局舎関係の監視も行うものである。

5.2 運行管理機能

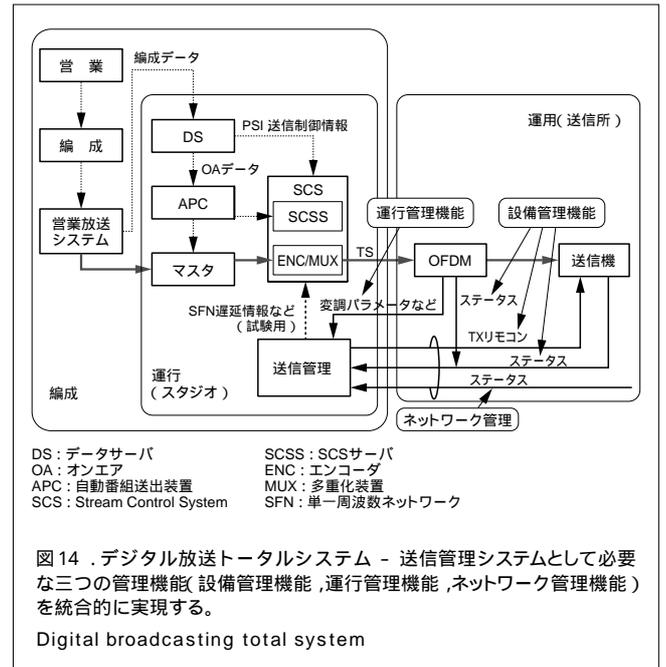
運行管理機能として、以下の機能が挙げられる。

- (1) デジタル放送特有の放送サービスに連動した変調パラメータの監視
- (2) 放送波の品質監視 等価 C/N とリードソロモンエラーを監視
- (3) ベースバンド信号及び TS 信号の監視
- (4) 変調パラメータ制御 試験期間中の運用を考慮して、モードなどの制御を行う機能

5.3 ネットワーク管理機能

ネットワーク管理機能として、以下の機能が挙げられる。

- (1) デジタル放送システムの大きな特徴である、SFN(単一周波数中継)の構築と維持にかかわる部分を主に管理する機能(同期管理、送信周波数管理、遅延管理)
- (2) 局間回線の品質管理機能(放送波・マイクロ波回線)



- (3) エリア内に設置した固定型受信機からの情報によるフィールド監視機能
- (4) 同期遅延装置の限定制御 試験期間中の運用を考慮して、設定パラメータの制御を行う機能

6 あとがき

デジタル放送親局の送信機システムを構築し、2003年8月の試験電波発射、12月の本放送開始のイベントを達成することができた。今回、設計・製作・据付けして得たデータやノウハウをもとに、今後はよりいっそう、CS(顧客満足度)を高めた送信機システムを構築していき、円滑なデジタル放送の普及に貢献していきたい。



前田 博人 MAEDA Hirohito

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場送信機器部主務。地上デジタル放送用送信機システムの開発に従事。映像情報メディア学会会員。
Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems



古川 雄一 FURUKAWA Yuichi

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場送信機器部主務。テレビ放送用送信機システムの設計に従事。
Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems



大谷 吉春 OTANI Yoshiharu

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場送信機器部主務。テレビ・ラジオ用送信機の機械設計、開発に従事。
Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems