

〈送信設備〉

東京タワー 地上デジタルテレビジョン送信システム

Digital Terrestrial Television Transmitter System in Tokyo Tower

池上 智仁*

Tomohito Ikegami

菊池 義仁*

Yoshihito Kikuchi

青木 英二*

Eiji Aoki

佐藤 良夫**

Yoshio Sato

今井 直樹*

Naoki Imai

印南 美和**

Yoshikazu Innami

要 旨

東京地区における関東広域圏向けの地上デジタル放送は、出力10kWの送信機が東京タワーの新設共同局舎に設置され、2003年8月から試験電波発射、12月からは本放送が開始されました。基本となる送信機には、共同局舎のスペース制限から水冷送信機が採用されています。また、光回線によるTS伝送や同期装置、そして3台の5kW送信機から2台を選択して合成する3/2台方式や出力合成切替盤などは、東京地区の送信システムの特長といえます。さらに、全国に先駆けて自動測定システムも導入され、信頼性・保守性の高い送信システムが構築されています。

いては、東京タワーからUHF20～27chの計8chでサービスが実施されています。

NECは東京地区において、(株)東京放送殿、(株)フジテレビジョン殿、(株)テレビ朝日殿、(株)テレビ東京殿、東京メトロポリタンテレビジョン(株)殿の5社に送信機を納入しました。このなかで、東京メトロポリタンテレビジョン(株)殿を除く関東広域圏向けには、国内最大出力の10kW送信機が高所作業や観光客への安全確保などの制約のもと、東京タワーに新設された共同のデジタル送信機室に設置されました(写真1)。

本稿では、東京地区に納入した10kW送信システムについて、概要を報告します。

2. 10kW送信システム

2.1 基本コンセプト

10kW送信システムの構築に当たっては、次のような基

Digital Terrestrial Television Broadcasting started in last December after trial broadcasting in August. The transmitter of 10kW power output has been installed in common transmitter station which has been built in Tokyo Tower. Water cooling type transmitter has been introduced because of the space limits of common station building. And the broadcast TS (Transport Stream) transmission by using optical line and the synchronous equipment, 3/2 sets system of 5kW transmitter which means 2 sets transmitter are selected and combined among 3 sets transmitter and the output combined equipment, etc. are the features of transmitter system in Tokyo area. In addition, automatic measuring system has been employed as a pioneer in Japan. High reliability and maintainability of system have been achieved by above features.

1. まえがき

2003年12月1日から東京、名古屋、大阪の三大都市圏において地上デジタル放送が開始されました。東京地区にお



写真1 東京タワー デジタル送信所

Photo 1 Digital transmitter station in Tokyo Tower.

* 放送映像事業部
Broadcast and Video Equipment Division

** NECエンジニアリング モバイルブロードバンド事業部
NEC Engineering, Ltd.

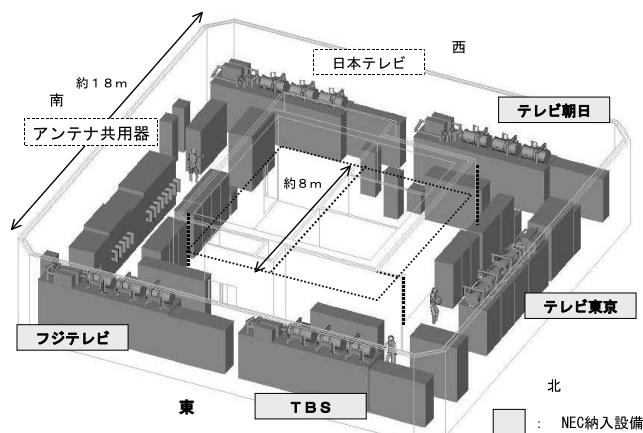


図1 フロアレイアウト
Fig.1 Floor layout.

本思想に基づき設計を行っています。

(1) 省スペース、低騒音の実現

1局当たりのスペースが約50m²と非常に限られた局舎スペースに設置するため、省スペース型の送信機であることが要求されました。また、工事の容易性や送信機室内の低騒音化を重視して、水冷送信機が採用されています。さらに、10kWの送信出力を得るために従来のアナログ送信機と同じ3台の5kW送信機から任意の2台の送信機を選択して合成する3/2台方式が採用され、省スペースと冗長系を持ったシステムを実現しています（図1）。

(2) 無停波・無減力による高信頼性の確保

デジタル放送においては、無停波化に加えて、クリフエフェクトなどの問題から放送品質を向上させる上で無減力化が重要となります。そこで送信機出力の切り替えには無停波切替器を採用した無停波・無減力の出力合成切替盤を導入するとともに、IF信号、基準信号、およびローカル信号の切り替えには高速半導体スイッチを用いた切替器を採用し、入力TSの切替器には半導体メモリを用いることで放送中のシームレス切り替えを実現しています。これらの設備により、24時間放送においても昼間に送信機やユニットを無停波・無減力で切り替え保守することを可能としています。

(3) 優れた保守・運用性の確保

お客様においては、サイマル放送の期間中、従来のアナログ送信機に加えてデジタル送信機を保守・運用することになるため、優れた保守性の確保はきわめて重要となります（写真2）。そこで、常に特性を監視し自動補償をかけるアダプティブ補償器を採用し、煩雑な非直線性や周波数特性の微調整を自動化しています。また、システム構築の上で、リモコン監視機能の強化、自動測定システムの導入を図るとともに、スタジオ側からの監視制御に加えて、従来のアナログ送信機室にもデジタル送信機の状態が把握できるモニターを設けています。



写真2 10kW デジタル送信機
Photo 2 10kW digital transmitter.

(4) 将来を見据えたシステムであること

将来のSFN（Single Frequency Network）対応に対する同期方式として、従属同期とリファレンス同期いずれも対応可能とするシステムとするために、GPS（Global Positioning System）同期型Rb基準信号発生器や同期装置を導入しています。また、東京地区においては、2段階の減力期間を経て、最終の10kW送信出力での放送となるために、短時間にかつ容易に減力できる機能を付加するとともに、減力時にも定格出力時と同等の性能や機能を有したシステムとしています（写真3）。

2.2 送信システムの概要

10kW送信機の性能は、基本として全国デジタル送信設備検討会発行の「地上デジタル放送用送信設備 共通仕様書（通称オレンジブック）」に基づいています。また、システム構成については、東京地区の個別設計条件を満たす必要から、「東京・芝放送所用デジタルテレビ送信機標準仕様書」を基本とし、その上に従来の運用面を加味するなど各社個別の仕様が追加されています。

基本系統は、現在のアナログ送信システムの思想と同じ



写真3 熱交換器
Photo 3 Heat exchanger.

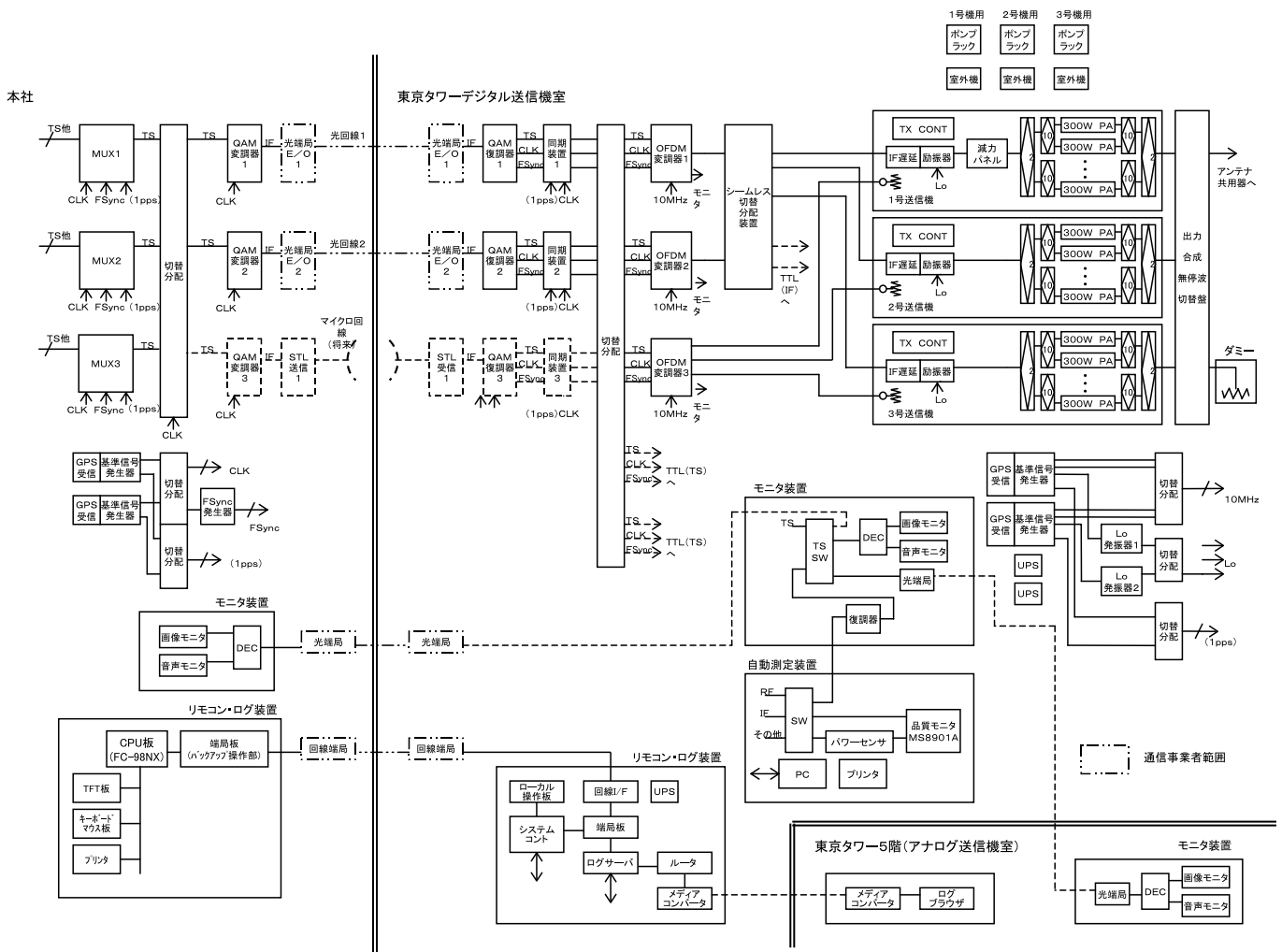


図2 デジタル送信システム基本系統
Fig.2 Basic block diagram of digital transmitter system.

入力3系統，送信機3/2台方式を採用し，TS切り替え分配によって伝送系から選択されたTS信号は，3台のOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調器に投入され，IF切り替え分配によって選択された後，3台の5kW 送信機に投入されます。おのおの5kW 送信機は，励振器と300W PAユニット20台で構成され，出力合成切替盤によって2台が選択合成され出力10kWを得ています。その他には，送信機の付属設備としてモニター装置，リモコン・ログ装置，自動測定装置などが設備されています。

なお，放送局によっては実際の設備として，3台の送信機のうち1台を将来計画とした局や，個別仕様を重視した局もあります。

3. 主な設備の特長

東京地区に導入された地上デジタル送信設備として，他地区と異なる特長のある主な設備を次に紹介します。

3.1 同期装置

東京地区においては，図2に示すように光回線とマイク

ロ波回線を通して，スタジオからTS信号が伝送されます。このため，各伝送路の間の遅延を調整するための装置として同期装置が導入されています。同期装置は，ISDB-T InformationおよびIIP (ISDB-T Information Packet) を受信し解析を行い，それらの情報をもとに地上デジタル放送のフレーム構成を持つTSを遅延させて出力し，各伝送路の遅延時間を調整する機能を有しています(図3)。また，複数の中継局間で同期したTS送出を行い，SFN網の構成も可能にしています。さらに，遅延を同期させるだけでなく，伝送ジッタ吸収機能を有しています。同期方式に対しては，基準クロックとしてリファレンス同期用のGPS (1PPSおよび10MHz) と従属同期用の外部10MHzクロックを選択可能としています。

3.2 5kW水冷送信機

(1) 水冷300W PA

5kW 送信機には，20式の水冷300W PAが採用され，おのおの10合成された後に3dB カプラを用いて2合成され5kWを得ています。この水冷300W PAは，電源内蔵タイプ

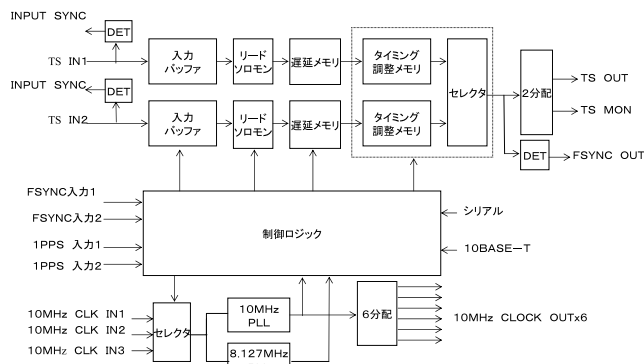


図3 同期装置系統
Fig.3 Block diagram of synchronous equipment.

の電力増幅器であり、FETには、高出力、高利得、高効率のLDMOSを使用し、定格出力時バックオフ9.5dB以上、効率18%以上を実現しています。また、ユニットはエアレスカプラを用いることにより、水配管との接続を含めて完全にプラグイン化されており、放送中にも着脱することを可能にしています。

ユニット内部には、AGC (Automatic Gain Control) 機能が内蔵され、温度変化に対して安定な出力を得るとともに、FETの動作電流や駆動電圧、温度などの詳細情報についても内部のCPUで収集監視し、送信機本体に送信する機能を有しています。一方、出力や特性に大きく影響する異常については、実績のある従来のハードウェア検知を採用しています。

(2) 冷却システム

水冷5kW送信機に採用した冷却システムは、5kW送信機毎に独立した系統が採用され、送信機単位での独立した保守・点検を可能としています(図4)。さらに、各冷却系統は循環ポンプおよび熱交換器ファンに冗長系を有し、信頼性向上を図っています。

冷却水としては環境面を配慮して、純水を採用しています。一方、純水を使用しているために、休止中の送信機に

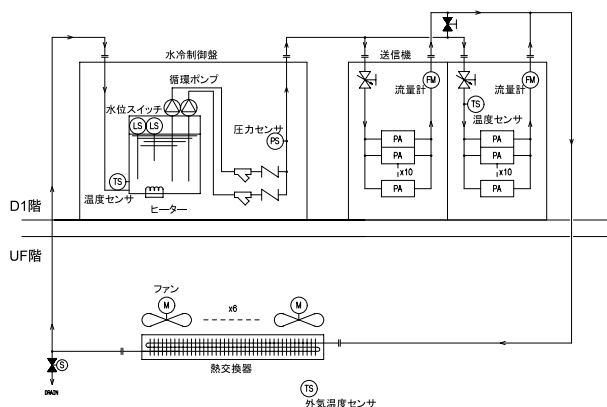


図4 冷却システム系統
Fig.4 Block diagram of cooling system.



写真4 水冷制御盤
Photo 4 Cooling control rack.

ついては、冬季の凍結防止に対して十分考慮する必要があります。ため、外気温センサによる循環ポンプの動作、ヒータ入切制御を行っています。また、段階的な送信機出力の増力に対応して、減力時には動作ファンの数量を制御することによって、冷却水の温度管理や消費電力についても考慮しています(写真4)。保護機能については、温度センサ、圧力センサ、水位スイッチによる切り替え制御や漏水センサによる漏水アラーム送出などを有しています。さらに、バルブの誤操作を防ぐために、バルブにスイッチを設け、主要バルブに関する設定状態のLED表示やインターロック回路を構成しています。

(3) TX コントロール

5kW送信機単体の制御・監視を行い異常発生時には、システム全体の制御を行うシステムコントロールに切り替え命令などを送出します。送信機の運用に関わる重要な制

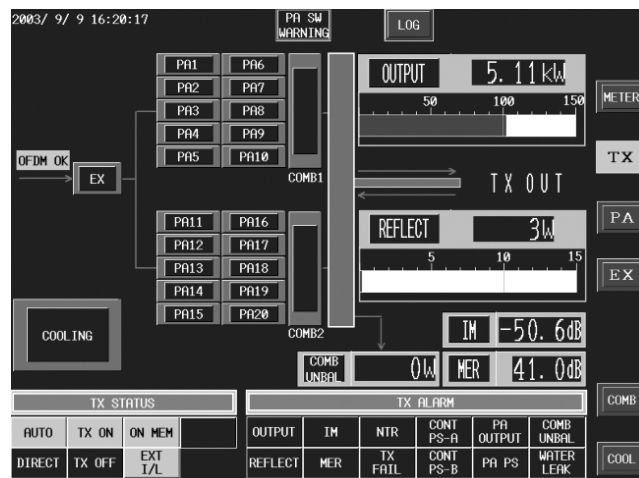


写真5 TXモニタディスプレイ
Photo 5 TX monitor display.

御・監視項目についてはハードウェアを用い、その他詳細情報についてはソフトウェア（CPU）を用いることで高品質で安定な制御・監視を実現しています（写真5）。表示デバイスには、カラータッチディスプレイを採用し、送信機およびMER（Modulation Error Ratio）やIMなどの特性を含めた内部各機器からの詳細情報や水冷制御盤の情報をグラフィック表示することにより優れた保守・運用性を実現しています。

3.3 出力合成切替盤

出力合成切替盤は、通電状態のまま送信機の出力信号を切り替えることが可能な可変リアクタンス方式の無停波切替器を2台使用することによって、5kW送信機3台のうち、任意の2台の出力を合成し、10kW出力を得ています（図5）。また、各入力系統ごとにバイパス用同軸切替器を採用することで、良好なアイソレーションを確保し、放送中においても無停波切替器を使用することによって、無瞬断で運用の送信機を切り替え、待機側となった送信機を試験用ダミーロードへ接続し、保守作業を実施できるようにしています。また、万一の場合には、いったんは減力を伴いますが、送信機の異常信号を受け、直ちに待機側送信機を起動した後、無停波切替器を制御することが可能であり、最短の切り替え時間で定格出力電力に復帰させることができます（図6）。

3.4 自動測定システム

送信機の付属設備として、特性データを自動測定するシステムを導入しています。この自動測定システムは、図7に示すように制御用パソコン（PC）によって、MS8901Aデジタル放送信号アナライザとモニタースイッチャーを外部制御し、データ収集を行っています。

自動測定装置は通常測定、定時測定、随時測定の3つの測定モードを有しています。通常測定では送信機の変調信号の品質評価を行うため、復調信号のコンスタレーションの解析により、変調誤差比MERを常時測定し、リモコン画面にデータ表示を行っています。定時測定、随時測定は測定項目（周波数偏差、信号電力、占有周波数帯域幅、ス

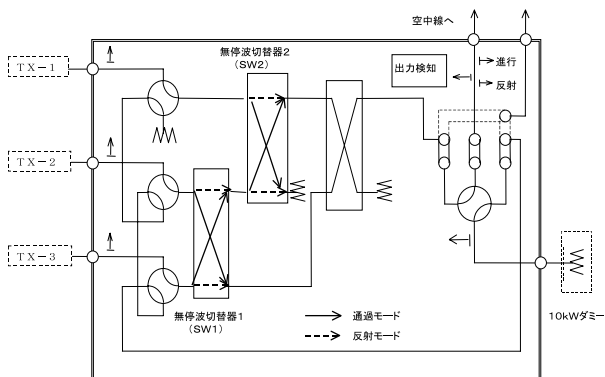


図5 出力合成切替盤系統

Fig.5 Block diagram of output combining and switching equipment.

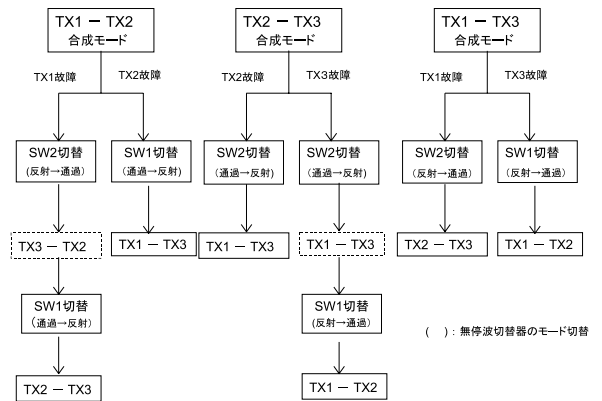


図6 出力合成切替盤自動切り替えシーケンス

Fig.6 Automatic change over sequence of output combining and switching system.

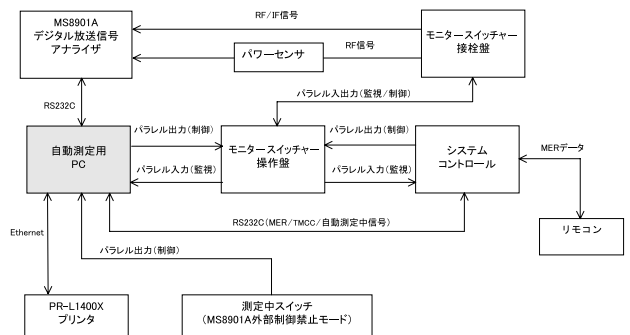


図7 自動測定システム系統

Fig.7 Block diagram of automatic measuring system.

ペクトルマスク、FFTサンプル周波数偏差、位相雑音、振幅周波数特性、IM特性、MER特性等）を任意に選択し、自動測定を行います。自動測定はあらかじめ選択された測定ポイントを自動的に切り替えて、放送中でも一部の項目を除き測定を行えるようにしています。また、定時測定は測定時刻を設定し、毎日、定時刻にデータ収集できるようにしています。随時測定は、任意に自動測定を開始できるようにしており測定機能を充実させています。収集されたデータは1つのデータファイルとして保存されます。この測定データを所定の帳票に編集して放送機の登録点検測定のデータとしてプリントアウトすることができ、省力化を図っています。

4. むすび

東京タワーのデジタル送信機設備については、放送事業者の共同プロジェクトであるタワー検討プロジェクトによる共通仕様をベースとした各局個別仕様により整備されています。NECは送信機の納入メーカーとして、本稿で述べた送信システムの納入だけでなく、他のメーカーを含めた送信機設置工事における統括安全管理を担当する等の役割を担い、地上デジタル放送の開始に貢献することができました。

これらの経験は、今後の地方局への展開においても、役立つものと思います。

最後に、ご指導いただいた放送事業者各位、東京タワーの皆様、そしてご協力いただいた関係業者各位に深謝します。

筆者紹介



Tomohito Ikegami

いけがみ ともひと

池上 智仁 1978年、NEC入社。現在、放送映像事業本部放送映像事業部エキスパートエンジニア。映像情報メディア学会会員。



Eiji Aoki

あおき えいじ

青木 英二 1980年、NEC入社。現在、放送映像事業本部放送映像事業部エキスパートエンジニア。



Naoki Imai

いまい なおき

今井 直樹 1985年、NEC入社。現在、放送映像事業本部放送映像事業部第一システム部マネージャー。



Yoshihito Kikuchi

きくち よしひと

菊池 義仁 1988年、NEC入社。現在、放送映像事業本部放送映像事業部共通技術部マネージャー。



Yoshio Sato

さとう よしお

佐藤 良夫 1984年、NECエンジニアリング入社。現在、モバイルブロードバンド事業部第一ブロードバンドシステム部マネージャー。



Yoshikazu Innami

いんなみ よしかず

印南 美和 1991年、NECエンジニアリング入社。現在、モバイルブロードバンド事業部第一ブロードバンドシステム部勤務。