

山形新幹線ラジオ受信システム

Radio Received System for Yamagata Shinkansen (Type 400)

中 村 一 雄⁽¹⁾ 池 田 雄 二⁽²⁾
Kazuo Nakamura Yuuji Ikeda

谷 吉 淳⁽³⁾ 近 沢 幸治郎⁽⁴⁾
Kiyoshi Taniyoshi Koujiro Chikazawa

要 旨

JR東日本殿が東京～山形へのアクセスにおいて新幹線と在来線との乗り換えの不便を解消し、さらに在来線を高速運転することで所要時間の大幅な短縮を行い、お客さまの利便性の向上、在来線の活性化および地元の地域開発や振興を図ることを目的として、一回り小型の新型車両（400系）の導入を決定した。

当社は、平成2年10月に「400系AVシステム」を試作車両に新規納入、その後、JR東日本殿で営業運転を前に試作車両を量産仕様に改造することとなった。

従って当社は、新たなラジオ受信システムの設計に着手、平成4年5月にシステムの納入を完了し、同7月1日より営業運転が開始されている。

本稿では、前回の“東北新幹線2階建グリーン車両向けAVサービスシステム”^{1), 2)}を基に今回、新幹線車両内部でAM放送を受信する機能を搭載した「山形新幹線ラジオ受信システム」を開発したのでこれを紹介する。

For an access to Yamagata from Tokyo, East Japan Railway Company decided to introduce a new type of Shinkansen to eliminate the trouble of changing trains from Shinkansen to the conventional line and vice versa, and to substantially reduce the time to reach the destination by making the conventional train service faster. The decision was made to improve customers' convenience, enhance utilization of the conventional line, and to develop and promote the local community. The new type of vehicles (type 400) is smaller than the conventional Shinkansen.

Fujitsu Ten delivered a new type 400 audio-visual system on a pre-production vehicle in October 1990. After the delivery, East Japan Railway Company changed the specifications of the pre-production vehicle and determined the specifications for the production model of Shinkansen. In accordance with the change in specifications, we began designing a new radio received system, and supplied it in May 1992. The Yamagata Shinkansen has been in service since July 1, 1992.

This paper discusses the new radio received system for Yamagata Shinkansen, which incorporates the AM broadcast receiving function in a Shinkansen. It was developed based on the previous AV service system designed for the double-decker "Green Car" for the Tohoku Shinkansen.

(1)、(2) AVC本部第二技術部、(3) 開発本部開発企画室、(4) 開発本部技術開発部

1. は じ め に

近年、大量高速輸送を目的とした長距離移動体に、お客さまに楽しんで頂けるAVサービスシステムを搭載する機会が増えてきている。

当社としては平成2年4月および9月、JR東日本殿に東北新幹線2階建グリーン車両向けAVサービスシステムを納入した後、同10月、JR東日本殿に山形直通ミニ新幹線（現山形新幹線）400系試作車両向けAVサービスシステムを納入した。

その後、JR東日本殿による様々な試験が繰り返され、車両性能・機能をはじめ数々のサービスシステムを含めた量産車両の仕様が決定された。

以上の状況を背景に、当社もAVサービスシステムを量産仕様であるラジオ受信システムに変更するため開発を行った。

本論文では、山形新幹線ラジオ受信システムの概要、特徴、新規開発技術について述べる。

2. 開発のねらい

山形新幹線は在来線であった奥羽本線の福島～山形間を狭軌（1067mm）から標準軌（1435mm）に拡張し、かつ福島駅で東北新幹線ホームに乗り入れることにより、東京～山形間を直通運転し、乗り継ぎの不便さを解消し時間の短縮を図ることを目的として、JR東日本殿が計画を打ち出したものである。

今回、当社はこの山形新幹線車両に適合したラジオサービスシステムを開発・提供した。

ラジオサービスシステムとして必要な性能、機能は、

- ① AM放送聴取者の需要に応えるための、AM放送（NHK）の高品位受信と再生
- ② 近年のFM放送聴取者の増加に伴う、FM

放送（NHK、民放）の高品位受信と再生

- ③ 列車の移動による放送サービスエリア外での受信品位の劣化を防ぐリレー受信
- ④ 手持ちのFMラジオで楽しめる車内輻射サービス
- ⑤ 車内放送を聞きのがさないための「車内放送優先割込」の採用
- ⑥ システムの高信頼性確保および長寿命化対応
- ⑦ システムの車両取付け容易性が挙げられる。

3. システムの概要

3.1 システムの構成

山形新幹線ラジオ受信システムは、先頭車に搭載された中央装置内で受信したAM/FM放送をFM再変調し、各車両にFM多重同軸伝送を行う。

各車両では、車内輻射アンテナにより車室内に輻射を行う。

以上のシステムを図-1に示す。

3.1.1 中央装置

中央装置は、下記の機器から構成した。

これらの機器をそれぞれラックに組み込み、先頭車の乗務員室に据えつけた。

1) AM/FM受信機（AE-3352）

AM放送2プログラム、FM放送2プログラムを受信する。また、電車からくるモニタ情報をCPU（Central Processing Unit）が解読し、列車の営業／非営業、東北新幹線区間／山形新幹線区間の判別を始め、システム起動・停止などの自動制御を行う。

2) ステレオ変調器（UU-185）

FM放送信号のステレオ変調、AM放送信号のレベル調整を行う。

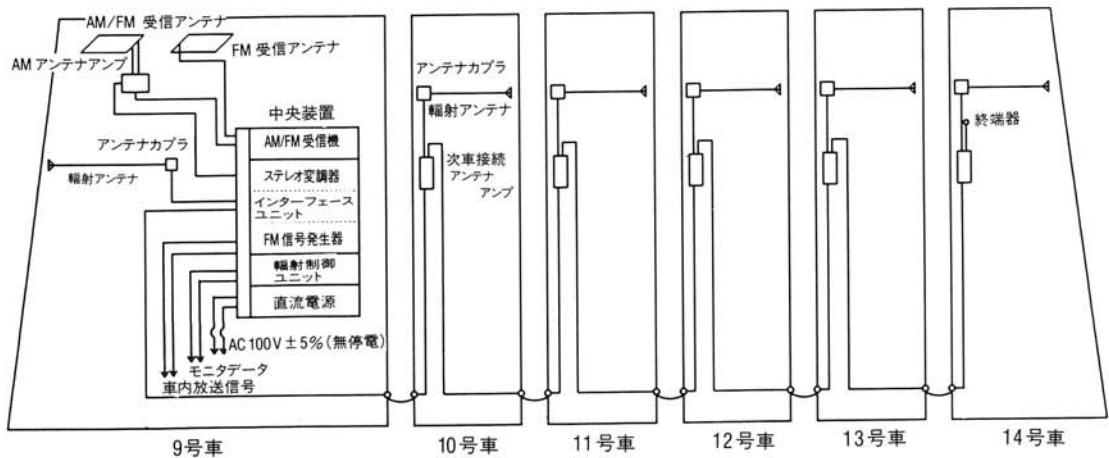


図-1 システム図

Fig.1 System diagram

3) インターフェースユニット (UU-182)

ステレオ変調器から出力した信号をFM信号発生器に伝送する。

また車内放送が入ると優先的に出力を切り換え車内放送信号を伝送する。

4) FM信号発生器 (RN-EUC-1068A)

それぞれのオーディオ信号／車内放送信号を割り付けられた高周波信号に変換、多重化し、同軸ケーブルで輻射制御ユニットに伝送する。

5) 輻射ユニット (UU-183)

FM信号発生器から出力された信号を先頭車の車内輻射アンテナに供給するとともに、各車両のアンプにDC電圧を重量したFM信号を伝送する。

6) 直流電源 (RN-EUP-1011)

中央装置内の機器に電源を供給する。

3.1.2 輻射装置

輻射装置は、中央装置から伝送されるFM信号を車内輻射アンテナによって車室内に輻射する。

先頭車へは、中央装置から直接、車内輻射アン

テナに供給する。

他の車両へは、各車両に搭載した次車接続アンテナアンプを介して、それぞれの車内輻射アンテナへ信号を供給する。

次車接続アンテナアンプ駆動電源は中央装置内でFM信号に重量して伝送した。この場合、各車両に渡る伝送ケーブルが何らかの原因で短絡した時でも、車両運行を妨げることはないよう、中央装置内に負荷短絡保護回路を設け万全を期した。

この回路は、負荷に異常が発生すると電源の供給を停止し、負荷の異常が取り除かれると自動的に電源の供給を再開する自己復帰型の短絡保護回路とした。

3.2 システムの動作

列車では車両に備え付けられたモニタ端末装置から、列車の運行に係わる様々な情報を取り出すことができる。この様々な情報の中から本システムでは、“キロ程”（起点駅からの絶対距離）に着目し、AM／FMラジオの受信周波数を逐次切り換えるリレー受信を実現した。

特に、東北新幹線区間と山形新幹線区間で同一の“キロ程”が存在するため、列車がどちらの区間を走行しているかを判断して、同一“キロ程”でも受信周波数の読み違えないよう工夫した。

- ・東北新幹線区間（東京0.0km～福島255.2km）
- ・山形新幹線区間（福島0.0km～山形87.6km）

3.3 サービス内容

上述したラジオ受信システムの乗客への提供はFM輻射サービスとした。

乗客は手持ちのFMラジオで沿線のAM放送、FM放送を同一周波数で受信ができる。

本システムの受信サービス網を表-1に示す。

4. 設計の概要

山形新幹線ラジオ受信システムの設計をするにあたり、特に配慮した項目を以下に述べる。

4.1 FM放送受信

当社の“東北新幹線2階建グリーン車両向けAVサービスシステム^{1) 2)}”で開発したFM受信技術を応用し、山形新幹線でも連続的にFM放送を受信

可能（リレー受信）とした。

4.1.1 リレー受信

列車の場合、“キロ程”信号と称される起点からの移動距離データが出力されており、この信号をチューナコントロールマイコンに入力する。

マイコンはあらかじめ“キロ程”に対応した受信周波数テーブルを記憶しており、走行位置に対応し受信周波数を逐次切り換える。

この受信周波数テーブルは、放送局配置、地上高、送信出力からの推定値、実車走行によるデータと主要地点での電界強度の実測地より最適受信局を求め決定した。

4.2 AM放送受信

新幹線車両でAM放送を受信する方法として、従来は地上局で受信したものを列車無線（LCX:Leaky Coaxial Cable）回線を利用して車内に伝送する方法が採用されている。しかしこの方式では地上局の新設、限られたLCX回線の専有の問題があり、山形新幹線区間にはLCX回線が敷設されていないことから、今回は車両独自にAM

表-1 受信サービス網

区間	駅名	キロ程	FM1(NHK)	FM2(民間)	AM1(東京)	AM2(山形)
東北新幹線	東京	0.0km	東京 82.5MHz	TOKYO-FM 80.0MHz	NHK第一 594kHz	
	浦和		↑ 85.1MHz	FM埼玉 79.5MHz		
	大宮		↑ 83.2MHz			
	宇都宮		↑ 80.3MHz	FM群馬 86.3MHz		
	郡山		↑ 84.3MHz			
	福島	255.2km	↑ 85.3MHz			NHK第一 540kHz
山形新幹線	福島	0.0km		FM山形 77.3MHz		
	米沢		↑ 84.2MHz			
	高島		↑ 84.6MHz			
	赤湯		↑ 82.1MHz	FM山形 80.4MHz		
	かみのやま温泉					
	山形	87.6km				
車内輻射周波数			76.0MHz	76.6MHz	77.5MHz	78.8MHz

放送を受信しなければならない。この場合パンタグラフ、架線から発する電波雑音やモータなどの車両機器から発生する高周波雑音によって、受信帯域内に生ずる振幅成分を検波しパルス性雑音となり受信障害が起こることが充分予想される。

そこで、これらの受信障害に対して自動車用受信機で開発した移動体用受信技術を応用し、新幹線に適応した構成・定数設定することで、新幹線車両内部でのAM放送受信を実現した。

以下に、その技術を紹介するとともに図-2にこれらを応用したAM受信の構成を示す。

また、受信回路としてのチューナ制御にはチューナコントロールマイコンを使用せずPLL（Phase Locked Loop）回路をハードウェアにて実現することで受信性能を劣化させることなく開発期間の短縮を図った。

1) 多目的雑音除去IC, MNR IC

(Multi-function Noise Reduction IC)

AMの代表的な雑音であるパルス性雑音に対し、適応型波形補間回路により効果的な雑音除去を行うことを目的として、当社が車載用に開発したMNR ICがある。

本システムでは、このMNR ICを利用して、架線・パンタグラフから誘導されるパルス性雑音を除去した。また、本新幹線に対しては高速走行（最高速度240km/h）による雑音発生周期などが自動車と異なるため雑音除去効果が最適となるように雑音検知感度およびフィルタ特性の定数設定を行った。

本システムでは、遠隔地である東京、山形の2つの放送局を同時に受信することはありえないことから、MNR ICの使用は1個としてチューナの検波出力を切り換えて雑音除去を行った。

2) 低電界地域での雑音防止

AM受信では、トンネルなどの低電界地域や放送サービスエリアの境界付近においてFMに比べ雑音などが多くなり不快に感じる。

この問題を改善するために本システムでは、音声信号に対しノイズ成分が多くなれば出力信号に対してミュートをかけ聴取者に不愉快な思いをかけないように配慮した。

4.2.1 AM/FM受信機

以上のFM受信回路およびAM受信回路を統合して、1台の受信ユニットを構成した。

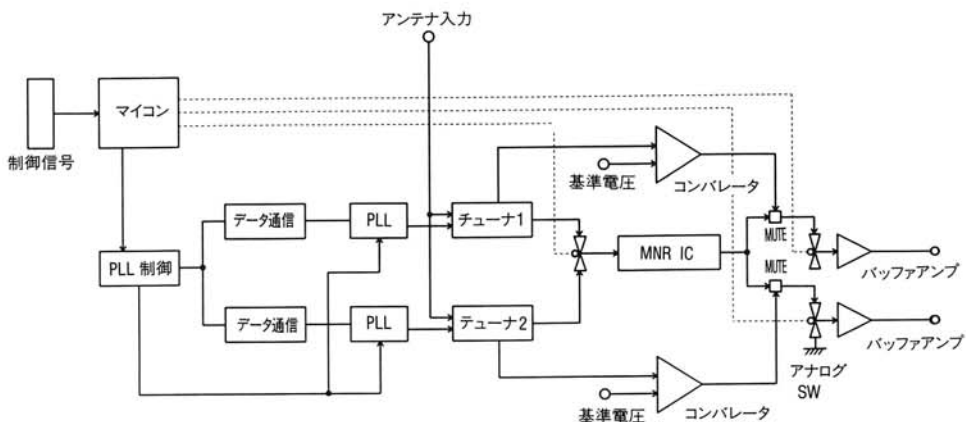


図-2 AM受信ユニットの構成

Fig. 2 AM receiving unit block diagram

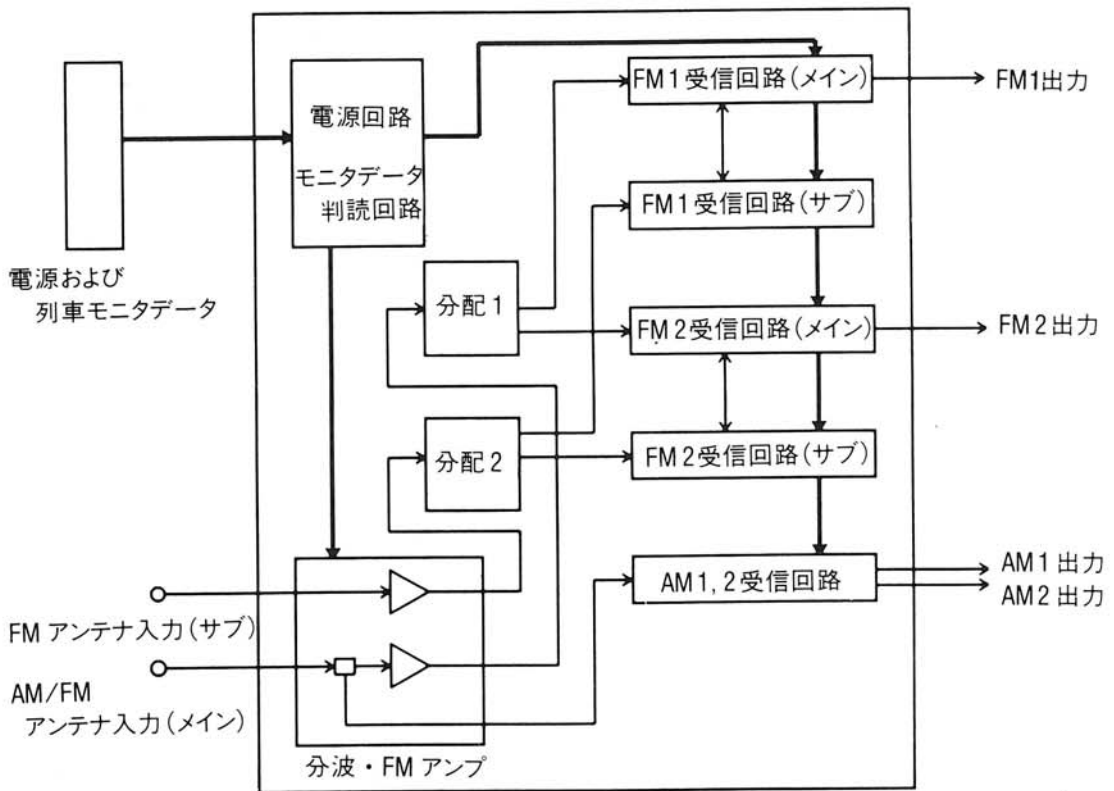


図-3 受信機の全体構成

Fig. 3 AM/FM receiver block diagram

図-3に、この受信機の構成を示す。

4. 2. 2 AM/FM受信アンテナ

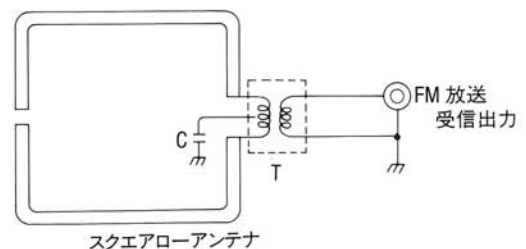
新幹線用のAM/FM受信アンテナの条件は、

- ① あらゆる方向からの電波を受信できるアンテナであること。
- ② 高速走行時の風切音の防止および車両デザイン維持のため車両外部に突出しない形状であること。
- ③ 取り付けの簡素化・省スペース化のため1本のアンテナエレメントでAM放送とFM放送が受信できること。

などである。上記①②の条件を満たすアンテナは、無線通信用アンテナとして使用されているス

クエアローアンテナをFM受信アンテナとして採用してきた。このアンテナの等価回路を図-4に示す。

今回③の条件を満たすアンテナとして従来の



スクエアローアンテナ

図-4 FM受信アンテナの等価回路

Fig. 4 Equivalent circuit of FM received antenna

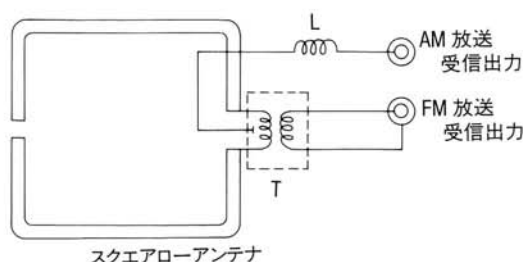


図-5 兼用アンテナの等価回路

Fig.5 Equivalent circuit of dualband antenna

スクエアローアンテナが金属性の車両客室天井の上部に取り付けられていることに着目し、スクエアローアンテナと車両客室天井を利用しAM受信機能を追加することとした。

次にその原理を説明する。

スクエアローアンテナは、半波長ダイポールを四角く折り曲げたもので、FM放送を受信する際は、ほぼ全方向で受信できる無指向性となる。

AM放送を受信する機能を持たせるため、スクエアローアンテナ基部の整合トランスTのアンテナ側コイルを、AM放送周波数帯域でインピーダンスを低く設定することによりスクエアローアンテナは中央が短縮された1本の棒と等価になる。

そこで、トランスTのアンテナ側中点よりFM放送周波数帯域の漏れを抑える高周波チョークコイルLを介した出力と客室天井を地板として利用することによりAM放送周波数帯域を受信する機能の追加が図れ、しかも従来と同じ形状のアンテナで兼用アンテナが実現できた。

この兼用アンテナの等価回路を図-5に、外観を図-6に示す。

また、出力接栓もAM放送出力をBNC型、FM放送出力をN型コネクタとし、車両製造メーカーによる配線工事ミスを防止した。

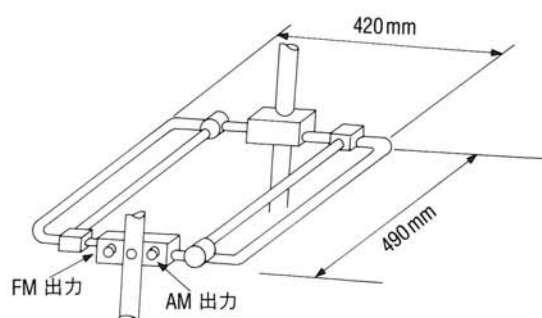


図-6 兼用アンテナ

Fig.6 Dualband Antenna

実際の取り付けは、図-7に示すように、車両屋根と客室天井との間に設置することによって前述の条件を全て満足した。

4.2.3 アンテナアンプ

本システムは、上述のとおり、受信アンテナが屋根内部に、中央装置が乗務員室に搭載される。このため、アンテナと受信機は約10mの同軸ケーブルで接続される。

本システムの場合、AMアンテナが容量性であるため、直接同軸ケーブルで接続するとケーブルの容量負荷により受信機への入力レベルが極端に

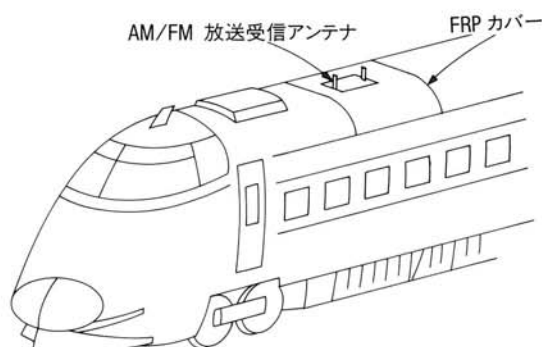
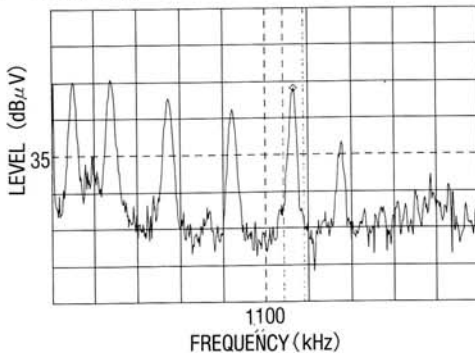


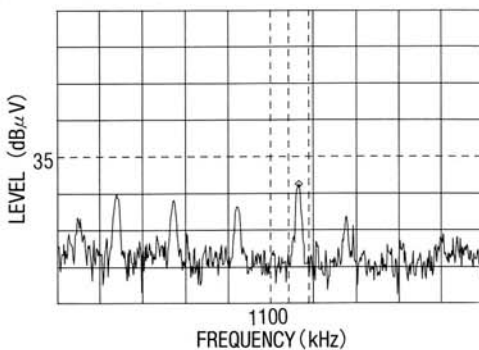
図-7 アンテナ取付け

Fig.7 Antenna installation

(a) アンテナ出力



(b) アンプ無しでの受信機入力



(c) アンプを挿入した受信機入力

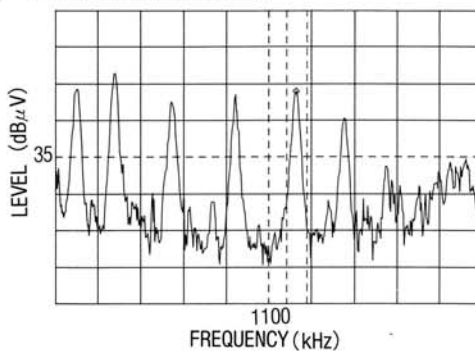


図-8 アンテナアンプの効果

Fig.8 Antenna amplifier effect

減衰してしまう。

この問題を解決するため、アンテナの出力付近にアンテナアンプを設置した。

このアンテナアンプは、当社が自動車用に開発したアンテナアンプを応用し、本システムに最適な定数設定を行った結果、図-8に示す効果が得られた。

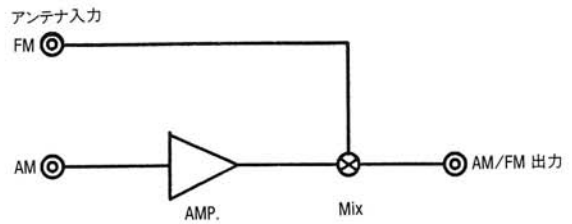


図-9 アンテナアンプの構成

Fig.9 Antenna amplifier block diagram

これにより、アンテナアンプが無い状態では受信機入力が減衰しているが、アンテナアンプを挿入することで受信機入力がアンテナ出力とほぼ同等となる事が分かる。さらに、中央装置への入力ケーブル1本化を目標にアンテナアンプ内部でFMアンテナ出力とAMアンプ出力を性能劣化する事なく混合することで実現した。

また、アンテナアンプも屋根内部に設置されることになり、雨水の侵入を防止する必要が生じた

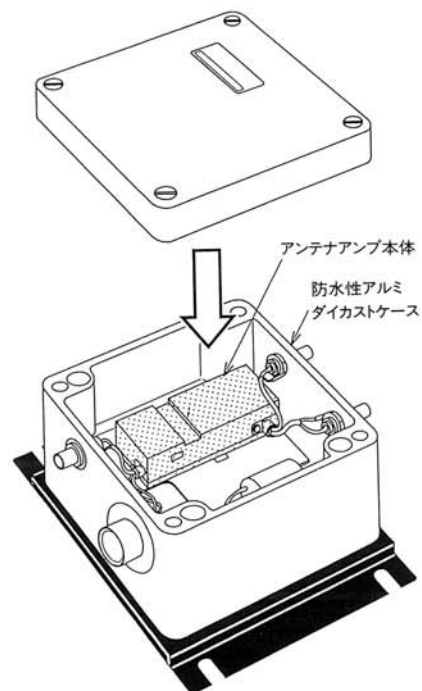


図-10 アンテナアンプの構造

Fig.10 Structure of antenna amplifier

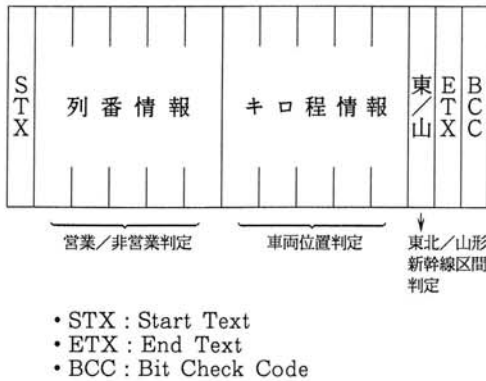


図-11 モニタ端末からのシリアルデータ

Fig.11 Series data transmission for monitor terminal equipment

ことから、防水性のケースに封入した。

アンテナアンプの構成および構造を、それぞれ図-9、図-10に示す。

4.3 システム制御

本システムでは、システムの制御を自動化するために、次に述べる方法で起動・停止、東北新幹線区間・山形新幹線区間および車両現在位置の判断を行った。

4.3.1 列車モニタ情報の受信

山形新幹線では電車が営業中か否か、どのような速度でどの地点を走行しているのかなどの情報を列車モニタ端末装置からASCII

(American Standard Cord for Information Interchange)

コード化シリアルデータで出力されている。

本システムではこのデータのうち図-11に示すデータを取り込み、

①列番（営業／非営業，上り／下り等を表す。）

②キロ程（起点駅からの絶対距離を表す。）

- 東北新幹線・・・東京駅起点
- 山形新幹線・・・福島駅起点

③走行区間（東北／山形新幹線区間を表す。）

の情報を得ている。これらのデータを識別することで本システムの制御を行った。

5. システム評価

我々は自動車用AV機器の開発、供給は得意とする分野であり、取付評価，実走評価など容易に行える。

しかし、今回は新幹線という鉄道車両向けであることから事前の取付評価，実走評価が容易に行えない。

そこで、要求される品質を満足するために、以下のシステム評価を実施した。

5.1 シミュレーション評価

車両のモニタ端末装置のかわりに、疑似モニタジェネレータソフトを開発し、パソコンによる情報の自動送信装置を製作した。

この装置を使用し、実際に編成組みされた状態にシステム接続を行い、始業から終業までの車両の様々な状況を想定したシステムチェックを行い、問題点の抽出と対策を実施した。

5.2 現車評価

システムの開発に先立ち、奥羽本線在来型車両に乗りし、受信レベルの評価を行った。また東北新幹線沿線の主要地点で電界強度の測定も行い、これらの試験結果をもとに設計目標を設定した。

さらに納入後、山形新幹線「つばさ」（東京～山形間）において実際の受信状況の評価を行った結果、FMは全線においてほぼ良好な受信状態となり、AMは設計目標に対して受信エリアが若干狭くなったが、ラジオ入力レベルが60dB μ V以上であれば受信可能とすることができた。

6. お わ り に

以上、今回開発した山形新幹線ラジオ受信システムの概要を説明した。

今後も、鉄道車両にとどまらず各種移動体におけるオーディオサービスシステムの需要は増加すると見込まれる。しかし、搭載機器の増加・多機能化が進み、これらの機器の小型化・軽量化・高品質化・低コスト化が求められることは必至である。

そこで、上述の研究・開発はもちろんのこと、伝送のデジタル化による高品質・大容量化を実現し、様々な応用機器の研究を進めていきたいと考えている。

最後に、本システムの開発に当たり、御協力と御指導を賜った、JR東日本殿、東急車輛製造(株)殿の関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) (株)交友社：“鉄道ファン”
'90-8,第30巻,第8号
(通巻352号)
- 2) 近沢幸治郎, 稲村重昭, 高山一男, 豊嶋茂,
福山重樹：“東北新幹線2階建グリーン車両
向けAVサービスシステム”、
富士通テン技報、Vol. 8, No. 2
(Oct.1990)
- 3) 松長裕数, 高山一男
：“多目的(AM/FM)雑音除去
IC”
富士通テン技報、Vol. 9, No. 2
(Nov.1991)