

乗用車用小型BS受信システム

Small BS Reception System for a car

森田	真	Makoto Morita
西川	訓利	Kunitoshi Nishikawa
稲村	重昭	Shigeaki Inamura
近石	幸一	Koichi Chikaishi
近藤	晴彦	Haruhiko Kondo
海谷	武	Takeshi kaiya



要 旨

乗用車用BS放送受信システムを実現するため「小型化」と「低コスト化」に的を絞り開発を行った。今回、平面ビームチルトアンテナの採用、これに伴う仰角方向追尾の廃止、BSチューナ内蔵等によりアンテナの構造を簡素化し、乗用車へ搭載可能な小型で低コストなアンテナシステムをトヨタ自動車殿、豊田中央研究所殿と共同開発したので、その構成および特徴について述べる。

Abstract

We, at Fujitsu Ten, have developed and materialized a BS (broadcasting Satellite) system for passenger-car applications by minimizing the system in both physical dimensions and cost, in cooperation with TOYOTA MOTOR CORP. and TOYOTA CENTRAL R&D LABS. INC.

This achievement has been realized by adopting “plane-beam tilt antenna” (which contributed to elimination of an “elevation-angle tracking” device) and incorporating a BS tuner in one of the system components (which contributed to simplification of the antenna structure).

In this thesis, we discuss the arrangement and feature of our new-developed BS reception system.

1. はじめに

近年、各社より車載用TVが発売されており、市場は今後も拡大傾向にあると思われる。但し、地上波放送は固定受信を前提としており、これを移動体で受信した場合、建物や山岳等での電波の反射によりマルチパスフェージングが発生し受信品質が悪化する。また、地上波放送のサービスエリアは居住地区を対象に設定されているため、山間部等では放送波自体が存在しない、あるいは電波が弱くて良好に受信できないという場合がある。

一方、BS放送は放送衛星からの電波を直接受信するため非常に良好な画像を得ることができる。また、BS放送は日本全土をサービスの対象としているため地上波放送のように走行地域によりチャンネルが異なったり、山間部等で放送波が存在しないといった問題もなく、今後移動体TVの主流となる可能性がある。BSアンテナは既にバス用を主流として製品化されているが、乗用車への搭載を目的としてさらに小型で低コストなアンテナを開発した。図-1に今回開発したBS放送受信システムの本体内部を、表-1に仕様を示す。

表-1 BS受信システム仕様

共通	サイズ	W400×D400×H60mm (フタ付含まず)	
	重量	5kg	
	消費電流	2.0A (MAX)	
	電源電圧	DC13.2V (11~16V)	
	動作温度範囲	-20℃ ~ +60℃	
アンテナ部	受信エリア	鹿児島～青森 (3種類のアンテナでカバー)	
	追尾範囲	方位角：360° 仰角：なし	
	追尾速度	40° /sec	
チューナ部	S/N	映像	37dB
		音声	83dB (Bt-T*)
	周波数特性	映像	+1, -3dB (50~4.5MHz)
		音声	+1, -3dB (20~15kHz)
	出力レベル	映像	1.0±0.2Vp-p
		音声	500mV
	歪率	0.03%	

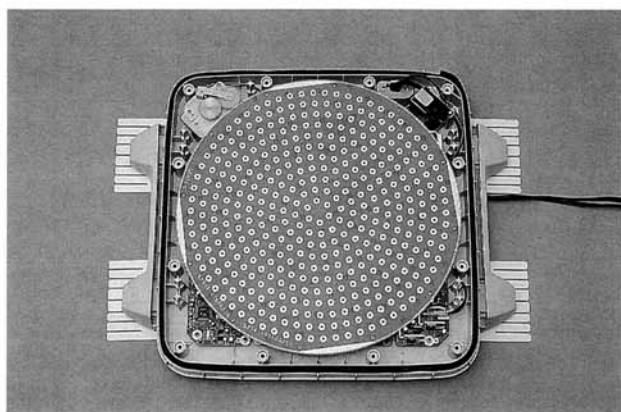


図-1 BS放送受信システム
Fig.1 BS reception system

2. BS放送受信システムの構成

図-2にBS放送受信システムの構成を示す。放送衛星からの12GHz帯の信号は平面アンテナで受信され、コンバータにより1.3GHz帯の信号に変換される。変換された信号はBSチューナにより音声・映像信号へと復調される。この信号を車室内のTVモニター等に入力することによりBS放

送を楽しむことができる。追尾の制御はBSチューナで検出した受信信号レベルとジャイロからのヨーレート信号により放送衛星の方向及び車両の動きを検出し、この情報に基づいて平面アンテナを駆動することにより行う。平面アンテナ、BSチューナ、追尾制御部等は全てアンテ

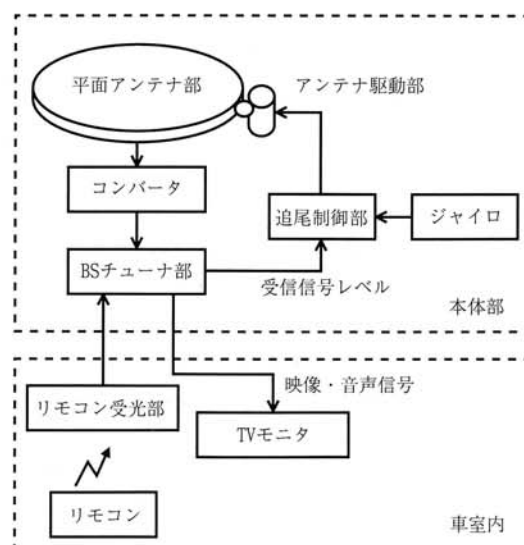


図-2 BS放送受信システムの構成
Fig.2 Composition of BS reception system

テナ本体内部に納められており、これを車両のルーフ上などの車外へ設置する。電源のオン/オフおよびBSチューナの操作等は全てリモコンにより行うため、車室内にはリモコン受光部以外に設置するものではなく、乗用車へも容易に搭載することが可能である。

3. BS放送受信システムの特徴

3. 1 平面アンテナ

図-3に平面アンテナを示す。

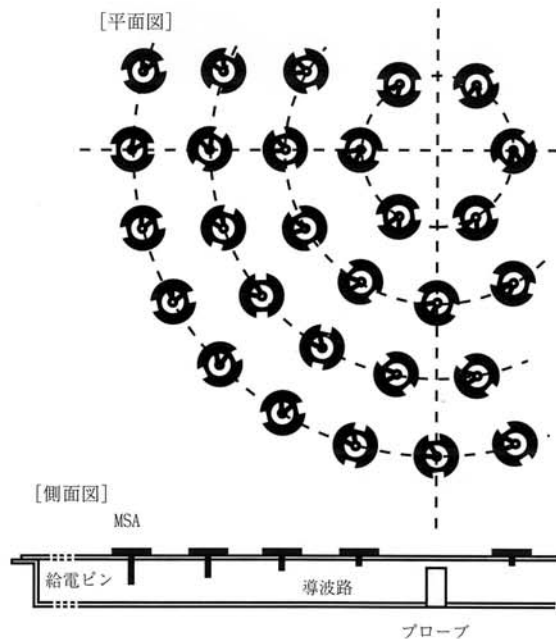


図-3 平面アンテナ
Fig.3 Planer antenna

本平面アンテナは、豊田中央研究所殿が開発し、トヨタ自動車殿と当社が実用化を行った。

アンテナ素子にはマイクロストリップアンテナ (MSA) を採用し、これを11列の同心円上に均等に配置して平面アレーアンテナを構成している。アレーアンテナは1枚のプリント基板上に作られており、その下には基板裏面の銅箔とその下部の金属製皿とによりラジアル導波路が構成されている。各アンテナ素子には給電ピンが接続されており、各アンテナ素子で受信した電波は給電ピンを介して導波路内を伝播し中央のプロープへと伝わっていく。各アンテナ素子の電力配分は各々の給電ピンの長さを変えることにより行っている。

放送衛星は日本から見ると南西方向の仰角40°前後に

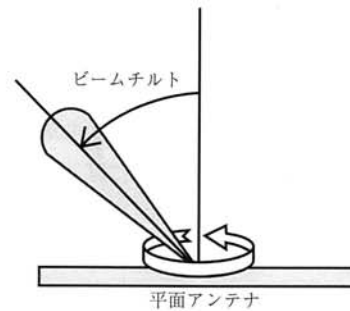


図-4 ビームチルトアンテナ
Fig.4 Beam tilt antenna

存在する。図-4に示すように本システムでは平面アンテナを水平に設置した状態で衛星からの電波を受信出来るようアンテナのビームをチルトさせている。アレーアンテナのビームをチルトさせるには衛星方向からの電波を受信した場合に各アレー素子からプロープへ伝わる電波の位相がそろそろよう各アレー素子の位相を調整する必要がある。BS放送は円偏波を使用しているため、アレー素子であるMSAを基板上で回転させることにより位相の調整が可能である。ただし、MSAは通常素子の中心からわずかにずれた位置へ給電されており、給電点を中心に回転させるとMSA素子は偏心し、MSA素子の中心が同心円上の点から外れてしまったり、隣接素子との間隔が不均一となり素子間結合に影響を及ぼすなどの問題が生じる。これらの問題を解決するため、素子の中心より給電が可能なMSA素子を考案した。

考案したMSA素子の形状を図-5に示す。このMSA素子はリング状素子の中央部から対称に分岐されたマイクロストリップ線路によって給電する構造となっている。

3. 1. 1 給電構造

ビームチルトアンテナの採用によりアンテナの水平設置が可能となった。これに伴い給電構造の簡素化も行った。

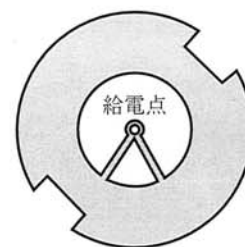


図-5 MSA素子形状
Fig.5 MSA element shape

図-6に給電部の断面を示す。給電部はベアリングを介して上部の回転部と下部のベース部分に分かれている。回転部には平面アンテナが搭載されており、この平面アンテナの外周部をステッピングモータにより駆動してアンテナを回転させている。ベース部分にはコンバータ以下の受信回路が搭載されており、コンバータから突き出たプローブを平面アンテナ中央部へ挿入することによりラジアル導波路内を伝播してきた電波を非接触でコンバータに取り込むことが可能となり、給電部を高価なスリップリングを使用しない構造とした。コンバータは新たに開発しベアリングの内側に組み込めるサイズとし、給電部の薄型化を実現している。

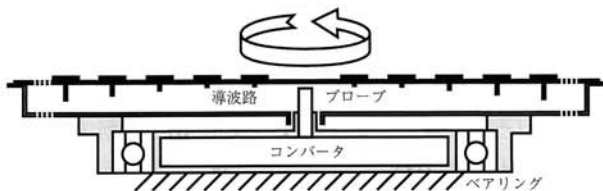


図-6 給電構造
Fig.6 Feed structure

3. 1. 2 アンテナビーム成形と受信エリア

車載したアンテナで衛星の追尾を行う場合、緯度による衛星仰角の変化や、坂道や車の挙動によるアンテナの姿勢変動が生じる。このため、アンテナは方位角方向の追尾ばかりでなく仰角方向の追尾も必要と考えられるが、本システムではアンテナの仰角方向ビーム幅を広げることにより受信範囲を広げ仰角方向の追尾機構を廃止した。アンテナのビーム幅と利得には反比例の関係があるため、単純にアンテナのビーム幅を広げたのでは利得が下がってしまい良好な受信性能が得られなくなってしまう。これにはアンテナのビーム断面形状を仰角方向に広く、方

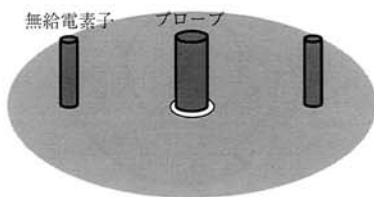


図-7 無給電素子
Fig.7 Non-feed element

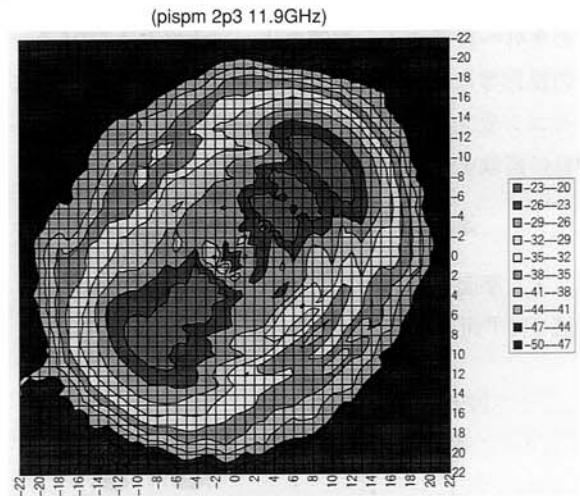


図-8 アンテナ面電力分布
Fig.8 Electric power distribution of antenna face

と仰角ビーム幅拡大の両立が可能となる。アンテナのビーム幅と寸法にも反比例の関係があり、アンテナ形状をビームをチルトさせる方向に短い長方形とすれば所望の楕円断面のビームを得ることが可能であるが、今回開発したアンテナは形状は円形のままで、図-7のようにラジアル導波路内のプローブ近傍に無給電素子を設置することで導波路内の電力伝播を偏らせアンテナ面の電力分布を長方形に変形することにより長方形アンテナと同等の効果をj得ている。図-8に本方式によるアンテナ面の電力分布を、図-9にアンテナの仰角面指向性パターンを示す。アンテナの仰角方向ビーム幅拡大により、鹿児島か

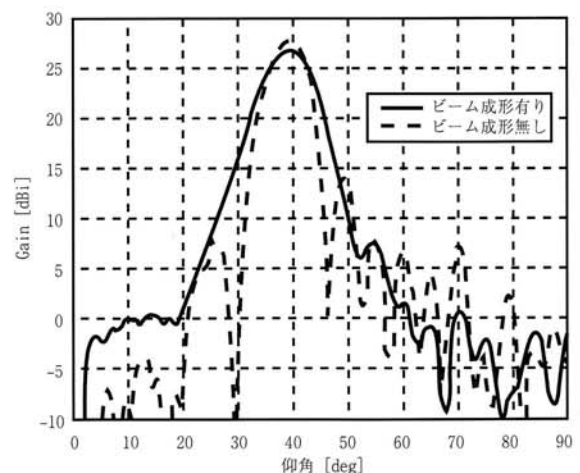


図-9 アンテナ指向性パターン
Fig.9 Antenna directional pattern

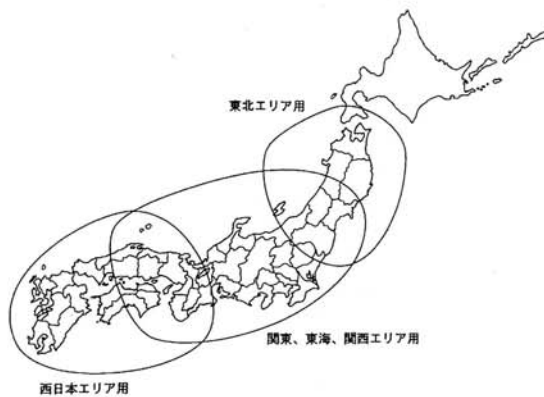


図-10 受信エリア
Fig.10 Service area

ら青森までを3種類のアンテナでカバーすることが可能となった。図-10に受信エリア図を示す。

3. 2 追尾制御部

車両移動中でも衛星放送を受信するためには、アンテナ側で衛星を追尾していく必要がある。追尾制御は、車両のヨーレートを検出するジャイロを併用したステップトラック方式で行っている。ステップトラック方式とはアンテナの向きを僅かに首振動作させながら受信信号レベルを比較し、同レベルが高くなる方向へ徐々にアンテナを移動させる方式である。しかし、同方式は追尾機構を簡単にかつコストを安くすることができる反面、応答が悪く追尾速度が落ちるという欠点がある。このため、図-11

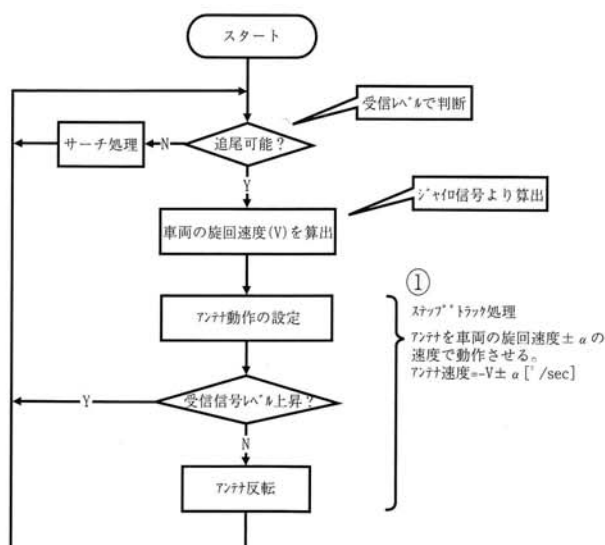


図-11 ジャイロ併用型ステップトラック方式のフローチャート
Fig.11 Flow chart of "step track method" with gyro.

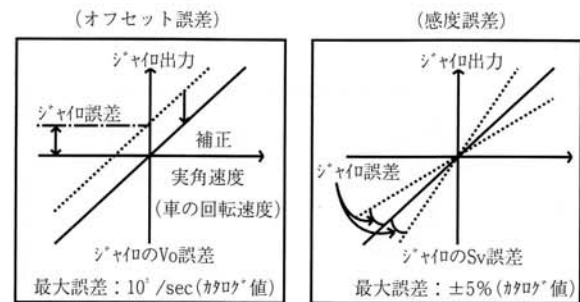


図-12 ジャイロ誤差
Fig.12 Error by gyro.

のフローチャート中の①にある様に次のアンテナの首振動作をジャイロから得られる車両の旋回状況をもとに行うことで追尾速度を改善している。

しかし、ジャイロの誤差が大きいと逆に追尾性能を低下させる場合がある。図-12にジャイロ誤差を示す。ジャイロの誤差は感度曲線の傾きが異なる感度誤差と感度曲線が平行にずれたオフセット誤差があり、主に温度変化により誤差を発生する。表-2にそれぞれの誤差が追尾性能

表-2 ジャイロ誤差発生時の受信率（対距離）

ジャイロ誤差量		受信率
オフセット誤差	感度誤差	
0° /sec	0%	92%
5° /sec	0%	64%
10° /sec	0%	50%
0° /sec	15%	92%

へおよぼす影響を示す。感度誤差は車両が高旋回する際に大きくなるが、実際の走行ではその頻度も少なく影響はほとんどない。一方、オフセット誤差は車両がどの状況でも関与してくることから、追尾性能に及ぼす影響は大きい。従ってジャイロを使用する上でいかにオフセット誤差を最小限に抑えるかが重要な課題になる。今回、このオフセット誤差による追尾性能の低下を防止するため、以下に示すような自動補正機能をアルゴリズムに取入れた。図-13にオフセット誤差の自動補正処理のフローチャートを示し、それぞれの補正方法についての概要を以下に示す。

①車両が停車又は直進中と判断した時にオフセット値をその時のジャイロ出力に置換える。

誤差量0.5°/sec以内に収束する。（零点補正）

②上記以外の走行状態では、誤差によって発生するステ

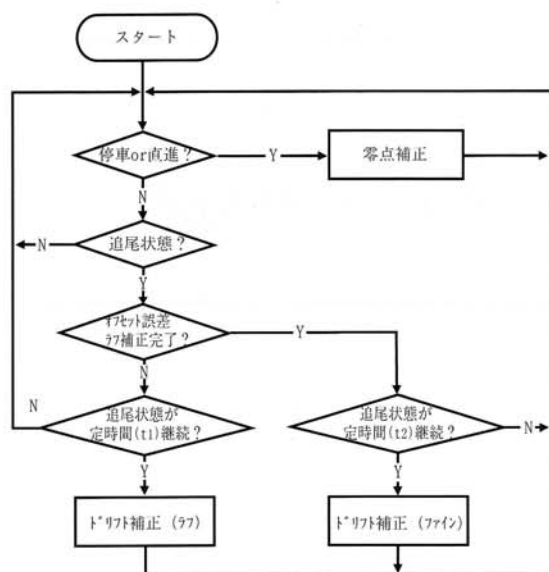


図-13 オフセット誤差の自動補正フローチャート
Fig.13 Flow chart of "auto offset error correction"

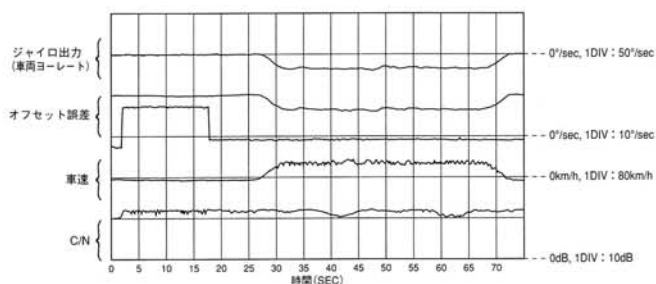


図-14 零点補正
Fig.14 Zero-level correction

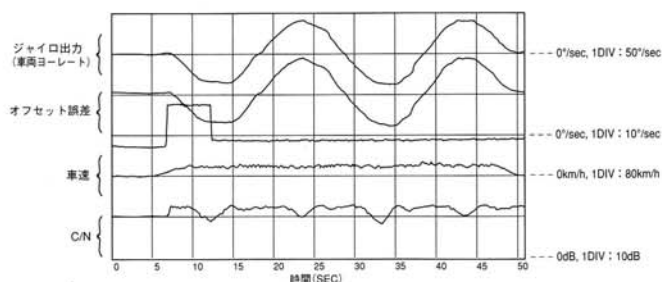


図-15 ラフ補正
Fig.15 Rough correction

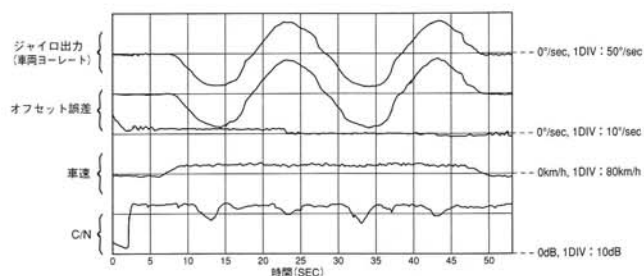


図-16 ファイン補正
Fig.16 Fine correction

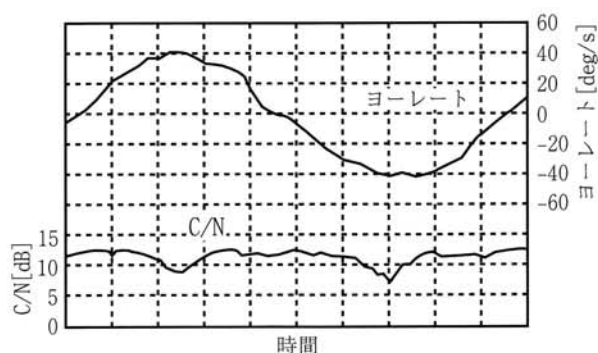


図-17 追尾性能 (8 の字旋回)
Fig.17 Tracking performance (8-figure gyration)

アップトラックの左右の首振動作の偏り（首振時間、首振回数）から誤差量を推測し補正する。この際、補正に要する時間を短縮するため、一度大まかにラフ補正し、その後徐々に零点に近づける細かなファイン補正を行う。ラフ補正では $3^{\circ}/\text{sec}$ 、ファイン補正では $0.5^{\circ}/\text{sec}$ 以内にそれぞれ収束する。図-14～図-16にそれぞれの補正動作を示す。以上の結果、 $40^{\circ}/\text{sec}$ 以上の追尾が可能となり、実用上十分な性能が得られた。図-17に8の字旋回での追尾の様子を、表-3に一般道での受信率のデータを示す。

3. 3 駆動部

図-18に駆動伝達機構の概要を示す。駆動方式は、低背化のため平面アンテナ部導波管外周に平歯車を形成した外周ギア駆動とした。平面アンテナの外側に制御用モータを配置し、さらに小型モータ採用により製品高さ60mm（取付けブラケット除く）を実現している。小型モータで追尾性能を満足させるのに必要なトルクを確保するため、設計面で次の3点に配慮した。①導波管材料としてアルミ合金製板金を選択し、軽量化を図ることで慣性モーメン

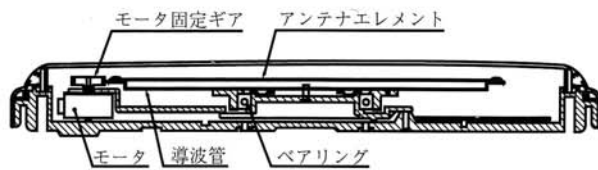


図-18 駆動伝達機構構造図
Fig.18 Driving force transmission mechanism

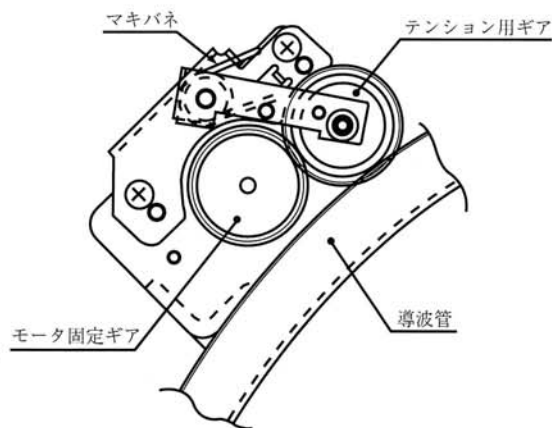


図-19 テンション機構部
Fig.19 Tension mechanism

トの低減。②必要分解能確保とモータへの負荷トルクを低減する最適な減速比の決定。③低温環境下でもトルクの増加量を少なくするために低温対応型ベアリング用グリスの採用。表-4に駆動部の設計値を示す。直径約340mmの大きな外周ギアを使用するため偏芯、熱膨張による歯車のガタ（バックラッシュ）が大きくなり、このガ

表-3 受信率測定結果

コース	受信率 (対距離) () 内は他社実力
東名高速 (裾野 IC～愛鷹 PA)	98% (97%)
沼津郊外 (富士～沼津 R1)	99% (99%)
沼津市街 (沼津駅南のビル間)	65% (63%)
三島郊外 (裾野～日大三島 の並木道)	85% (79%)
神戸郊外 (名谷～垂水)	96% (95%)
明石市街 (明石市内)	92% (89%)

表-4 駆動部設計値

項目	設計値
分解能	0.3°
減速比	12.65
歯車モジュール	0.8
首振り速度	10° /sec
高速サーチ速度	120/sec

タにより発生する騒音と駆動応答遅れが問題となる。このため、図-19に示すテンション機構を設け、この問題を解決している。

3. 4 チューナ部

チューナ部は狭いスペースを有効に活用するため、高さ寸法を抑えた高密度の基板設計を行っている。

基板外観を図-20に示す。

これにより、サイズを大きくすることなく、アンテナとチューナを一体化し、コストダウンを行っている。車載用の場合では走行中ビル等の電波しゃ断により映像がとぎれ、非常に目障りである。これを軽減するため次に述べるフリーズ機能を追加している。また製品外装の色を白色にすることにより、直射日光による温度上昇を抑え、ホーム用部品の使用を可能にしている。

3. 4. 1 フリーズ機能

図-21にフリーズ回路のブロック図を示す。

映像信号は、A/Dコンバータにより一度デジタル信号に変換され、メモリを経由しD/Aコンバータによりアナログ信号に復元しモニタに出力する。しゃ断時には、そのメモリの書き込みを禁止し、しゃ断直前の映像を静止画

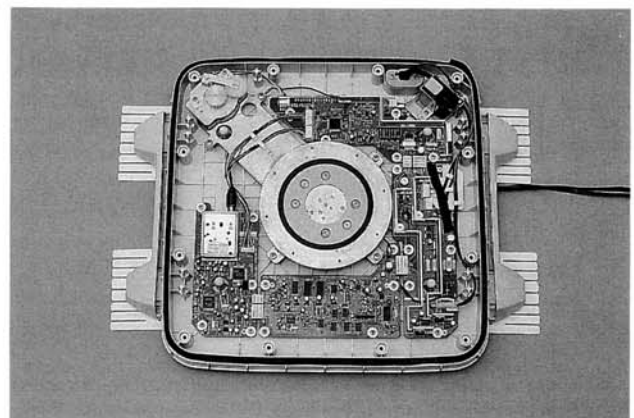


図-20 基板外観
Fig.20 Appearance of printed circuit board

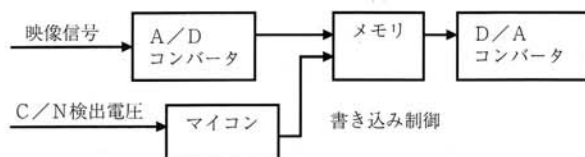


図-21 フリーズ回路ブロック図
Fig.21 Block diagram of freeze circuit

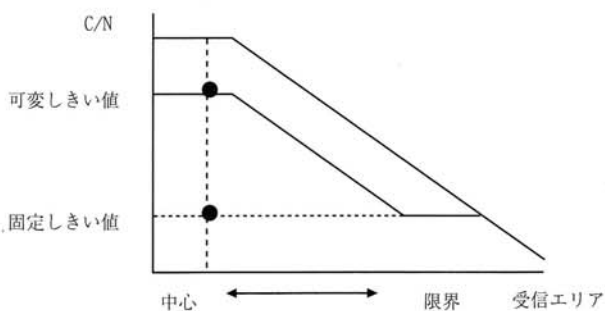


図-22 フリーズ回路のしきい値
Fig.22 Threshold level of freeze circuit

で出力することにより、映像のとぎれによる違和感を軽減している。シャ断はC/N(Carrier/Noise)検出電圧が、フリーズしきい値以下になった時にマイコンで判断している。このしきい値は固定より可変のほうがしきい値を高い値に設定できるため、可変にし、フリーズ時の静止画像をきれいにした。図-22に固定と可変のしきい値のカーブを示す。

4. おわりに

トヨタ自動車殿、豊田中央研究所殿との共同開発を行い、新しいアンテナエレメント開発、簡素な追尾機構の採用により小形化と低コスト化を行い乗用車へ搭載可能なBS受信システムを実現した。ご協力を賜った関係各位に深く感謝致します。

[参考文献]

- 1) M.Ogawaほか：” MOBILE ANTENNA SYSTEM FOR DIRECT BROADCASTING SATELLITE”, ISAP (1996)

筆者紹介



森田 真（もりた まこと）

1981年トヨタ自動車株式会社入社。以来電気自動車、車載情報通信機器先行開発に従事。現在第3電子技術部SL。



西川 訓利（にしかわ くにとし）

1978年株式会社豊田中央研究所入社。以来電波障害、移動通信に関する研究に従事。現在情報通信研究室長。工博。



稲村 重昭（いなむら しげあき）

1982年入社。以来AV機器の開発に従事。現在AVC本部要素技術開発部第二開発課長。



近石 幸一（ちかいし こういち）

1977年入社。以来AV機器の開発に従事。現在AVC本部要素技術開発部第二開発課在籍。



近藤 晴彦（こんどう はるひこ）

1988年入社。以来AV機器の開発に従事。現在AVC本部要素技術開発部第二開発課在籍。



海谷 武（かいや たけし）

1990年入社。以来AV機器の開発に従事。現在AVC本部要素技術開発部第二開発課在籍。