研究報告

車載用BS受信アンテナシステム

渡辺俊明，小川勝，原田知育，西川訓利

Mobile Antenna System for Direct Broadcasting Satellite

Toshiaki Watanabe, Masaru Ogawa, Tomohisa Harada, Kunitoshi Nishikawa

要　旨

衛星放送（BS放送）は通常の地上放送に比べ，画質，音質ともに格段に良く，しかも全国を同一チャネルでカバーしていることから，家庭だけでなく自動車においても利用が望まれている。しかし，BS放送を受信するためには，指向性が鋭い，高利得のアンテナが必要であるため，自動車の場合には衛星を正確に追尾する機構が不可欠となる。さらに，搭載上の問題からアンテナの小型，薄型化も重要である。ここでは，乗用車に搭載することを目的に開発された小型で高性能なBS受信アンテナシステムが報告されている。大きさは直径が400mm，高さが29mmと，従来に比べ極めて薄い。これを達成するため，電波を受信するための基本素子である円環マイクロストリップアンテナ素子，広角ビームを持つ高効率ビームチルトアレーアンテナなどが新たに開発されている。さらに，円形状のアレーアンテナそのものをモータで回転させるダイレクト駆動方式や，従来のロータリジョイントを省略した給電プローブなどが開発され，構造が大幅に簡易化されている。また，走行実験を行った結果についても示され，開発された高精度衛星追尾方式により，停止時はもちろん走行時においても十分な受信性能が得られることが明らかにされている。

Abstract

The use of satellite broadcasting (BS broadcasting) is greatly desired not only at home but also in automobiles. This is because the BS broadcasting has picture and sound qualities much higher than those of terrestrial broadcasting and covers th whole country on an identical channel. To receive BS broadcasting, however, an antenna with a high gain is necessary; then it has a sharp directivity. Consequently, a facility to precisely track a satellite is indispensable for an automotive BS receiving antenna system. It is also necessary to make the antenna system as small and low profile as possible in order to solve a problem for mounting. This paper reports the extremely small and high-performance BS receiving antenna system developed for mounting on compact cars. The antenna system measures 400 mm in diameter and 29 mm in height, which is extremely thin in comparison with conventional antenna systems. In order to complete the small size and the low profile, an annular ring microstrip antenna element, which is a basic component for receiving the radio wave, and a high-efficiency array antenna with a wide and tilt beam have been developed. In addition, the antenna structure became drastically simple by developing a feed probe which omits a conventional rotary joint and a direct drive mode which rotates the array antenna itself by a motor. Moreover, the results of a field experiment clarify that enough receiving performance is obtained by using the developed satellite tracking algorithm.

キーワード　情報通信，テレビ，衛星，放送，アンテナ，追尾

1．はじめに

衛星放送（BS放送）は通常の地上放送に比べ，画質，音質ともに格段に良く，しかも全国を同一チャネルでカバーしていることが特長である。しかし，地上におけるBS放送波の電界強度が極めて弱いため，パラボラアンテナのように高い利得のアンテナが必要になる。最近，車載テレビ（TV）の普及が急速に進んでいるが，地上放送を受信する場合には自動車の移動の際に画質が大きく劣化することや，チャネルの頻繁な切り替え，山間部での難視聴など，家庭でTV放送を楽しむような訳にはいかないのが現状である。自動車においてBS放送を受信できるようになれば地上放送のこのような問題は解消されることから，これまでに各所で様々な研究開発が進められてきた。

1988年には国内で初めて，列車用のBS受信アンテナシステムが発表され[1, 2]，移動体においてもBS放送を楽しむことができるようになった。その後，船舶用，バス用，そして乗用車用など，利用者のニーズに合わせて様々な方式のアンテナシステムが検討，開発されてきた[3~9]。なかでも乗用車用のアンテナシステムは，列車やバス用などに比べて大幅な小型薄型化が必要であり，しかも建物や樹木がある電波伝搬環境下でも高精度に衛星を追尾できることが要求される。乗用車用としては，低価格化も大変重要な課題であり，他の移動体用に比べると実用化が大幅に遅れている。これまでに発表されてきたBS受信システムは，性能的にはいずれも所定の受信性能を満足するものであったが，乗用車に搭載するにはあまりに大きく，また高価なものがほとんどであった。これはBS放送が高い利得の受信アンテナの使用を前提とした回線設計がなされているため，開口面積が大きなアンテナと高精度な衛星追尾装置が不可欠であることによる。

著者らはこれまでに乗用車搭載に適した大きさと性能を持ち，さらにできる限り簡易なシステム構成とすることで低価格化が狙える車載BS受信アンテナシステムの開発を進めてきた。その結果，従来に比べ極めて小型薄型のBS受信アンテナシステムの開発に成功した。

本報告では開発したBS受信アンテナシステムの構成と特徴，ならびに小型薄型化に貢献したいくつかの新技術について述べる。まず，従来のBS受信アンテナシステムを調べ，開発すべきアンテナシステムの構成，仕様，課題などを明らかにする。次に，課題解決のため新しく開発した，電波を受信するための基本素子である円環マイクロストリップアンテナ素子，仰角面で広角なビームを持つ高効率ビームチルトアレーアンテナ，さらに，アレーアンテナそのものをモータで回転させるダイレクト駆動方式や従来のロータリジョイントを省略した簡易な給電系などについて述べる。また，自動車の動きに応じて衛星を高精度に追尾するための方式を提案し，実際に受信走行実験を行い，走行時においても十分な受信性能が得られることを明らかにする。

2．従来のBS受信アンテナシステム

これまでに，搭載対象や用途に応じ種々の車載BS受信アンテナシステムが提案されており，それらの構成は**Fig. 1**(a)，(b)に示されるように2通りの構成に大別される。

Fig. 1(a)に示す構成のアンテナシステムでは，平面アレーアンテナのアンテナ面を衛星仰角方向に傾斜配置しており，衛星が低仰角の場合でも利得が低下することなく高利得が期待できる。さらに，仰角方向に対する追尾機構を設けることで，受信地域の違いや坂道などの傾斜路によって生じる衛星仰角の大きな変化にも対応でき，広範囲にわたる受信エリアが確保できる。当所でも，Fig. 1(a)の構成のアンテナシステムを開発しており[7]，そこで

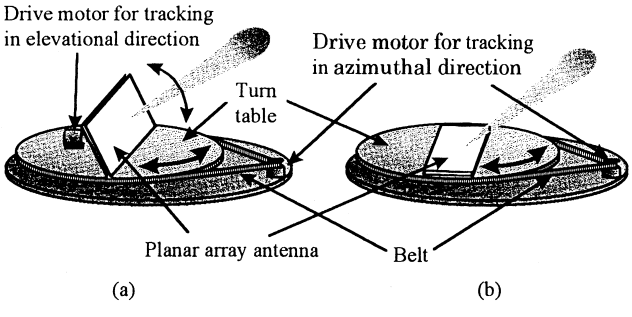

Fig. 1 Structure of conventional antenna systems.

は極めて高効率の平面アレーアンテナ[10]を開発し採用している。このアンテナシステムは，ほぼ日本全土を受信エリアとし，良好な受信特性と追尾性能を実現している。しかしながら，この構成のアンテナシステムでは，アンテナ面を傾斜させるため本質的に薄型化には限界があり，また，アレーアンテナを可動とするためのスペースや駆動系が必要となる。そのため，大幅な小型薄型化は困難であり，乗用車等の小型車に搭載するにはあまり適した構造ではない。

これに対しFig. 1(b)に示す構成のアンテナシステムは，指向性ビームを衛星の仰角方向にチルトした平面アレーアンテナを水平に設置し，方位角方向の追尾機構のみで構成されることを特徴としている。この構成によれば薄型化が容易であることは明らかであるが，指向性ビームが大きく（50°以上）チルトしたアレーアンテナを開発しなければならない。また，仰角追尾機構を付加すると，受信エリアを拡大できる反面，低姿勢の特徴が生かせなくなる。この構成のアンテナシステムとして，平面アレーアンテナに導波管スロットアレーを用いたものが提案されている[8]。この平面アレーアンテナは大きなビームチルト角と高い効率を持つが，形状が方形であるため回転時の占有面積（円形）を考えると必ずしも面積の有効利用がなされているとは言えない。また，この平面アレーアンテナはビーム幅の広角化が十分でないため受信エリアに関する課題は依然克服されていない。

そこで，我々はFig. 1(b)の構成に着目し，円形状の平面アレーアンテナの開発と仰角ビーム幅の広角化により，小型薄型でかつ広い受信エリアを得る方法の検討を行った。その結果，薄型のBS受信アンテナシステムの開発に成功した。

3．薄型車載BS受信アンテナシステム

3．1　要求仕様

ここでは，1997年打ち上げ予定の次期放送衛星（BS-4）を対象として，乗用車においてBS放送を受信するのに必要なアンテナシステムの仕様を述べる。

乗用車では比較的小型のモニタが用いられ，それらのほとんどが液晶であることなどを考慮すると，チューナ入力端でのキャリア対雑音電力の比（C/N）が7dB以上あれば，ほぼ十分な画質が得られると思われる。この条件を満足し，日本全土を受信エリアとするためのアンテナの所要利得は，28～47.5°の仰角範囲において21dBi以上となる。ただし，コンバータの雑音指数を1.0dBと仮定し，またレドームおよび降雨等による損失も考慮して，アンテナ利得のマージンを2.5dBとしている。

方位角方向の追尾速度としては40°/s以上を目標とする。この値は通常の走行ではほとんど発生しない大きな値である。このことは，Fig. 1(a)の構成のアンテナシステムを開発した際に行った走行実験などでも確認されている。アンテナシステムの大きさとしては，ルーフ上への搭載の他にルーフウィンドウ直下に埋め込みが可能となるように，幅600mm×奥行き400mm×高さ50mm以下，重さ5kg以下に目標を設定した。

Fig. 2は開発を行うにあたり検討したアンテナシステムの基本構造と特徴を示したものである。目標とする大きさと重さを達成するためには，Fig. 2に示されるように，平面アレーアンテナを回転させた時にスペースを最も有効に活用できるようにその形状を円形とし，さらにその外周をモータで直接駆動するダイレクト駆動方式が最適と考えられる。このような構造に対して，駆動系の大きさを考慮すると，平面アレーアンテナの大きさは直径約350mm程度となる。アレーアンテナの指向性

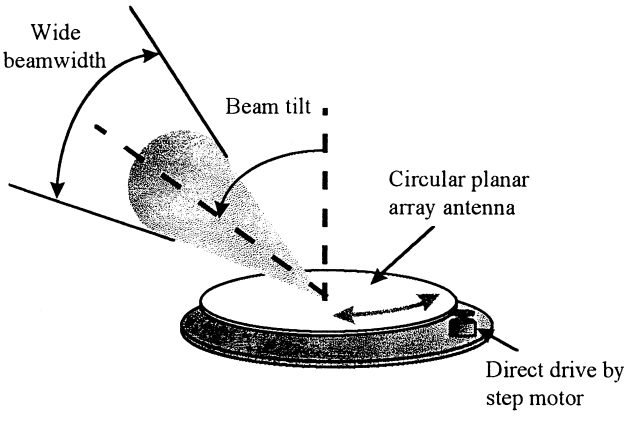

Fig. 2　Structure and features of proposed antenna system.

ビームの方向を衛星方向にチルトさせる場合，60%程度の開口効率のビームチルトアレーアンテナが実現できれば，さらにこのアレーアンテナの仰角ビーム幅を広角化することにより，日本のほぼ全土を受信エリアにできる。以下開発したアンテナシステムの構成について説明する。

3．2　システム構成

Fig. 3は開発した車載アンテナシステムの構成をブロック図で示したものである。平面アレーアンテナで受信された12GHz帯の電波はコンバータにより1GHz帯の信号に変換された後，2分配され，それぞれBSチューナと受信レベル検出回路に入力される。受信レベル検出回路から出力される信号とジャイロ信号は追尾制御装置に入力される。追尾制御装置はこれらの信号に基づいてモータを制御し，指向性ビームが常に衛星方向を向くように円形のアレーアンテナを回転させる。

車外ユニットの断面図を**Fig. 4**に示す。円形のアレーアンテナの回転中心に給電プローブが配置される。給電プローブはコンバータの入力端に固定されており，アレーアンテナには非接触の状態で給電している。これにより，コンバータを固定したままでアレーアンテナのみを回転させることが可能になり，従来使われていた高周波ロータリジョイントおよびコンバータに電源を供給するためのスリップリングを省略することができる。またコンバータはアレーアンテナを支えるベアリングの内側の空間に収められている。以上の構成とすることにより，高さ29mmという極めて薄型のアンテナシステムが実現できた。

3．3　平面アレーアンテナ

3．3．1　ラジアルラインアレーアンテナ

中心給電型で円形状という条件に適した薄型の平面アレーアンテナとして，ラジアルラインアレーアンテナ (Radial line array antenna, RLAA) が報告されている[11~13]。**Fig. 5**にRLAAの構造を示す。RLAAではラジアル導波路と呼ばれる2枚の金属円板が給電線路として使われている。このラジアル導波路に挿入された給電ピンにより，ラジアル導波路の上部に配置されたアンテナ素子で受信された電波が，導波路内部へ導かれる。各アンテナ素

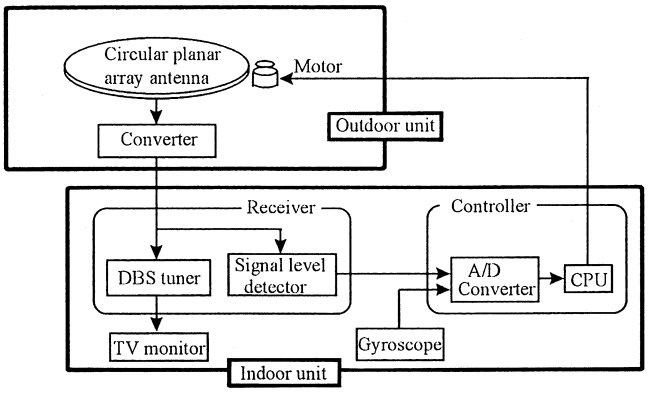

Fig. 3　Block diagram of antenna system.

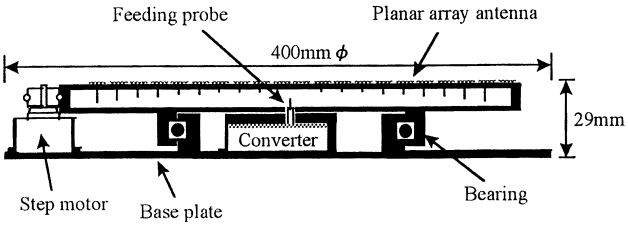

Fig. 4　Cross sectional view of outdoor unit.

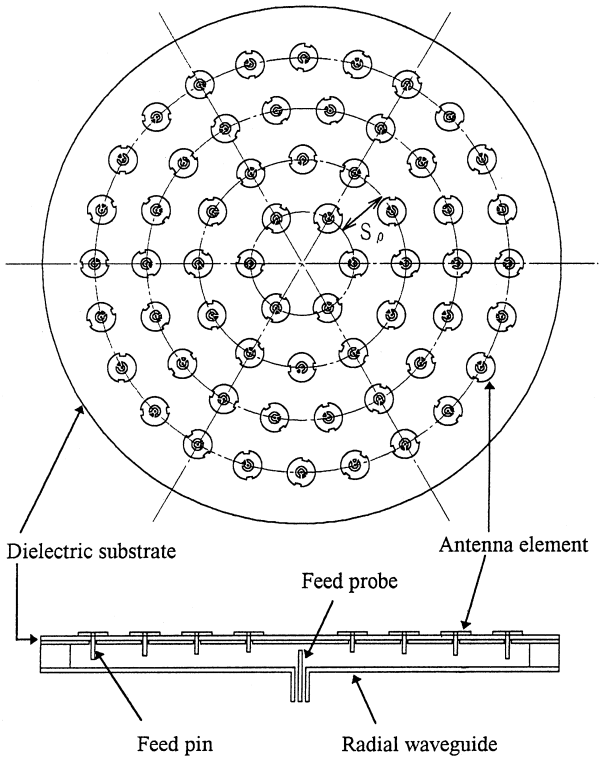

Fig. 5　Configuration of radial line array antenna.

子で受信された電波は導波路内部で合成され，導波路の底面中央に取り付けられた給電プローブから取り出される。ラジアル導波路内部では，2枚の金属板に挟まれた空間を電波が伝搬するため，給電損失が極めて少ない。そのため構造的な利点だけでなく，高い開口効率も期待できる。

このようなRLAAの特長に着目し，さらに給電プローブ部分に工夫を加え，給電プローブとラジアル導波路とを非接触とすることで，ラジアル導波路のみを回転できるようにした平面アレーアンテナを開発した。さらにアンテナ素子を誘電体基板上に形成し，基板裏側の地板をラジアル導波路の上部金属板と共通になるようにしている。

アンテナ素子の配置では，グレーティングローブの発生を抑えるため，指向性ビームのチルト角を大きくするに従い径方向の素子間隔S_ρを狭くする必要がある。しかし，素子間隔が狭くなると素子間の結合が増え，アレー化したときの特性が劣化する。本アレーアンテナでは50°のビームチルト角が必要であるため，ここでは計算機シミュレーションにより最適な素子間隔を求め，S_ρを14mmとした。また平面アレーアンテナに許容される大きさから，アンテナ素子を配置する同心円の数を11とした。

アレーアンテナの利得を上げるには，全てのアンテナ素子で受信される電波の振幅が等しく，かつ位相が指向性ビームの方向から見て等しくなるようにする必要がある。等振幅給電とするため，RLAAでは給電プローブからの距離が遠くなる周辺部ほど給電ピンの挿入長を長くし，アンテナ素子と給電プローブとの結合を強くしている。しかし，給電ピンの挿入長を長くするほど結合量は増えるが，同時に励振位相が遅れるという問題がある[13]。また導波管内の伝搬距離に応じた位相遅れも発生する。これらの位相遅れは，アンテナ素子が円偏波素子であることを利用して，給電ピンを軸としたアンテナ素子の回転角を変えることにより補正することができる。ここでは，全てのアンテナ素子における給電ピンの挿入長とアンテナ素子の回転角という2つのパラメータを，計算機シミュレーションにより決定し，さらに実験的に最適化を行った。

3．3．2　アンテナ素子

従来のマイクロストリップアンテナ（Microstrip antenna, MSA）素子を用いたRLAA[11~13]では，MSA素子の給電点が偏心（オフセット給電）しているため，給電点を軸としてMSA素子を回転させて位相の補正を行う際に，素子間隔が極端に狭くなる部分が生じる。この部分では素子間相互結合が増大し，前節で述べた設計パラメータの最適化が難しくなることやアレーアンテナの特性が劣化するという問題が生じる。そこで，MSA素子の代わりに円環マイクロストリップアンテナ（Annular ring microstrip antenna, ARMSA）素子を用い，さらに，**Fig. 6**に示すようにその中心から給電するため2本のマイクロストリップ線路（Microstrip line, MSL）を配置したアンテナ素子を新たに開発した。

ARMSA素子のエッジインピーダンスは，ラジアル導波路の特性インピーダンスに比べて高く，インピーダンス変換器によって両者の整合をとる必要がある。しかし，MSLで構成した1/4波長インピーダンス変換器をARMSA素子の内側のスペースに配置することは困難である。これに対して新たに開発したARMSA素子は，2本のMSLにより放射素子内側のエッジの2点に給電される。放射素子内側のエッジインピーダンスは，基板の誘電率や厚さにより値が変わるが，MSLの開き角に応じて0Ωからおよそ200Ω前後の範囲で変化するため，MSLの開き角を適切に選ぶことにより容易に整合をとることができる。ここではARMSA素子中央の給電部のインピーダンスを50Ω，MSLの特性インピーダンスを100Ωとした。また，ARMSA素子は主モードであるTM_{11}モードが励振されているため，MSA

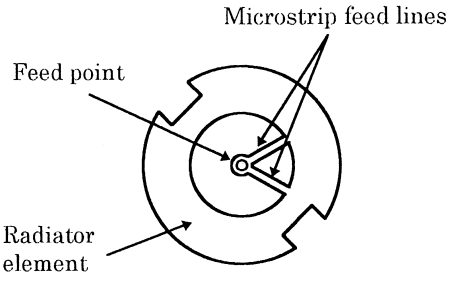

Fig. 6　Annular ring microstrip antenna (ARMSA) element.

素子と同様に主偏波方向に対し45°をなす角度に縮退分離素子を装荷することにより円偏波を励振することができる。

新たに開発したARMSA素子の利得，軸比の周波数特性を**Fig. 7**に示す。ARMSA素子の利得は約4dBiである。また，軸比が3dB以下となる帯域幅は260MHzとなりBSの帯域（約300MHz）よりも若干狭いが，平面アレーアンテナではこの素子をシーケンシャルアレー[14]として構成するため，その効果として，アレーアンテナにおいて軸比が3dB以下となる帯域幅はBSの帯域よりも広くできると考えられる。

3．3．3　仰角ビーム幅の広角化

前節で述べたARMSA素子をRLAAのアンテナ素子として用い，指向性ビームを衛星方向にチルトした平面アレーアンテナを開発した。ここでは，アレーアンテナの指向性ビームをチルトするだけでなく，指向性合成の手法[15]を用いてビーム幅を仰角面内で広角化している。本アレーアンテナでは**Fig. 8**(a)のようにアンテナ素子を4つのグループA，B，C，Dに分割している。さらに各グループの指向性がFig. 8(b)に示すような4つの異なったチルト角を持つ指向性ビームとなるように，各グループのアンテナ素子の励振位相を設定する。この結果，アレーアンテナの指向性ビームとして，グループA，B，C，Dの4つの指向性ビームを合成した幅の広い指向性ビームが得られる。実際にはできる限り広いビーム幅で，しかも21dBi以上の利得が得られるようにグループA，B，C，Dの指向性ビームのチルト角について計算機シミュレーションを行い，それぞれ最適値である48°，54°，58°，61°を得た。

指向性ビームを仰角面内で広角化した平面アレーアンテナの，最大方向の利得と軸比の周波数特性を**Fig. 9**に示す。Fig. 9よりBSの帯域において利得はほぼ24dBi以上，軸比はシーケンシャルアレーの効果により1dB以下の良好な特性が得られていることがわかる。

次に平面アレーアンテナの仰角面内の指向性パターンを**Fig. 10**に示す。図には，ビームを広角化したアレーアンテナの実験値と計算値，ならびに単にビームを50°チルトしただけのアレーアンテナの実験値が示されている。ビーム幅を広角化したアレーアンテナの実験値と計算値は全体的によく一致しているものの，角度が50°付近より大きくなる，すなわち仰角が約40°より低くなるに従い，実験値と計算値の差が大きくなっている。これは指向性ビームを大きくチルトしたことにより，素子間結合やグランド板のエッジ回折の影響が大きく

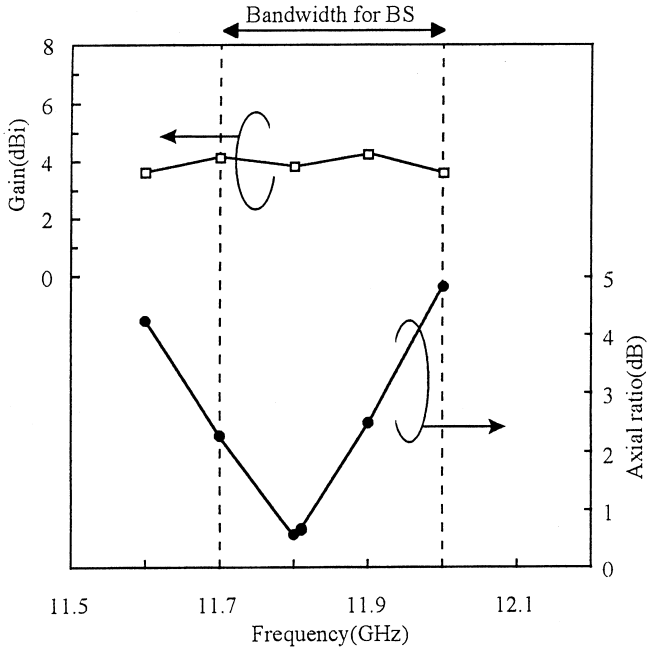

Fig. 7　Gain and axial ratio of annular ring microstrip antenna (ARMSA) element.

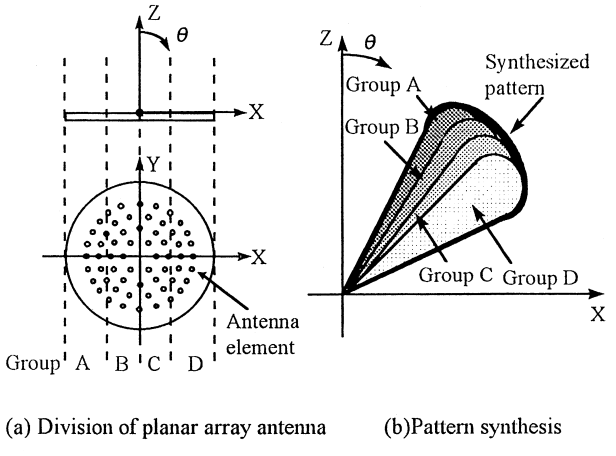

Fig. 8　Pattern synthesis for obtaining wide beamwidth.

なったためと考えられる。これらの影響を抑える事は難しく，低仰角での利得の低下は避けられないと思われる。

また，単に指向性ビームをチルトしただけのアレーアンテナでは，最大利得が高いものの21dBi以上の利得が得られるビーム幅は9°である。それに対して，ビームを広角化したものでは，14.5°の広い範囲にわたって21dBi以上の利得が得られており，広いエリアをカバーできるようになった。

3．4　追尾制御方式

3．4．1　追尾アルゴリズム

代表的な追尾制御の方法として，アレーアンテナのビームをわずかに振った時の受信レベルの変化を調べ，受信レベルが増大する方向に少しずつビームを制御する方法 (ステップトラック) [16] と，ジャイロから出力される角速度信号を用いて自動車の姿勢の変化を打ち消すようにビームを制御する方法 (ジャイロ制御) がよく知られている。さらに，これら2つの方法を組み合わせた制御方法も提案されている[17]。文献17の方法は，ステップトラックを基本とし，補助的に角速度信号を用いることで，受信レベルの変動を最小限に抑えるものである。BS放送のように地上での電界強度が非常に小さい場合には有効な方法である。一般にステップトラックはビームを左右に振る際に瞬時にアンテナの回転方向を反転させなければならず，駆動トルクの大きい，大型のモータが必要となる。また，ジャイロを用いたものは角速度信号にオフセット誤差などが含まれていると，電波遮へい時に衛星の方向を見失うなどの問題があった。そこで，これらの問題を解決するため，ジャイロ制御を基本とし，補助的にステップトラックを併用する制御を行い，さらにジャイロのオフセット誤差補正を行う追尾アルゴリズムを新たに開発した。

Fig. 11に追尾制御のフローチャートを示す。Fig. 11において，L_Cは衛星が見通し状態にあって，なおかつ平面アレーアンテナのビームが衛星方向を向いていると判断するための受信レベルのしきい値であり，電源投入後，受信レベルのピーク値に応じて決定される。L_Bは衛星が遮へい状態にあると判断するためのしきい値であり，あらかじめ定められた値をとる。

通常の動作状態では，所定の時間間隔Δtごとに受信レベルL_Rおよびジャイロ信号ω_Gを読み取り，受信レベルL_Rの大きさに応じてアレーアンテナの回転角速度ωを決定し，指向性ビームの制御を行う。モータへの負荷を軽減するとともに不要なビーム制御を最小限に抑えるため，衛星が遮へい状態にある場合だけでなく，見通し状態にあって，なおかつビームが衛星方向を向いている場合も補

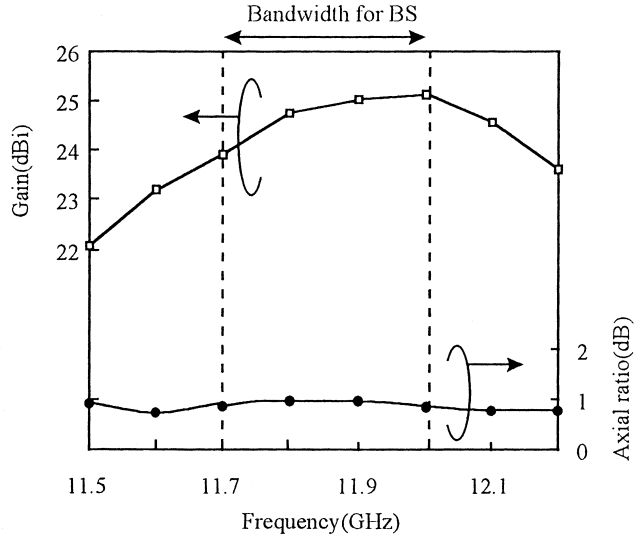

Fig. 9　Gain and axial ratio of planar array antenna.

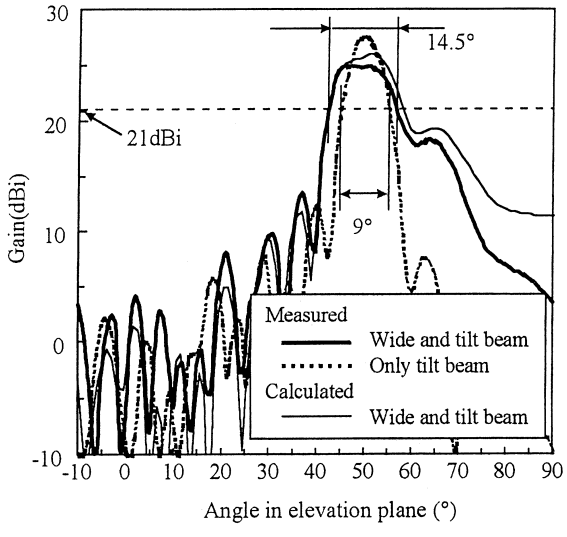

Fig. 10　Radiation patterns of planar array antenna with wide and tilt beam and planar array antenna with only tilt beam at 11.85GHz.

正されたジャイロ信号（$\omega_G - \Delta\omega_G$）のみに基づく制御を行っている。ジャイロオフセット誤差によりビームが衛星の方向からずれ，受信レベルL_Rがしきい値L_Cを下回った場合は，補正されたジャイロ信号（$\omega_G - \Delta\omega_G$）にステップトラックのための回転角速度$\omega_S$を重畳した信号に基づいて制御を行う。ここで，回転角速度ω_Sの符号は，所定の時間間隔ΔTごと（Δtよりも大きい値）に受信レベルの変化を調べ，受信レベルが増加する方向に設定される。

3．4．2　ジャイロオフセット誤差補正

受信レベルL_Rの大きさによらず，ジャイロ信号に所定の回転角速度$\pm\omega_S$を重畳する制御のみを行っている状態を考える。ジャイロオフセット誤差があると，誤差を打ち消す方向にステップトラックの制御の方向が偏る。この偏りによって生じるアレーアンテナの回転角速度の大きさはジャイロオフセット誤差に等しいはずである。従って，ジャイロ信号に所定の回転角速度$\pm\omega_S$を重畳する制御を実行している状態で，ある時間T（ΔTよりも大きい値に選んでおく）の間にステップトラックにより生じたアレーアンテナの回転角（$\omega_S\Delta T$を積算した値）を求め，この値を時間Tで割ることによりオフセット誤差を求めることができる。ここで，ジャイロ補正は，衛星が見通し状態にあって，ジャイロ出力のみに基づいて追尾している時間があらかじめ定めておいた長さよりも短くなった時に実行している。

3．5　性能評価

本アンテナシステムは，BS-4の受信を対象として設計したものであるが，まだ運用されていないので，ここでは現行のBS-3を用いて性能評価を行う。東海地方ではBS-3を用いてもほぼ同等な受信レベルが得られる。

追尾性能を評価する際，最も厳しいと思われる走行条件は自動車が8字旋回する場合である。そこで，半径8mの8字旋回をした時のC/N値およびヨー

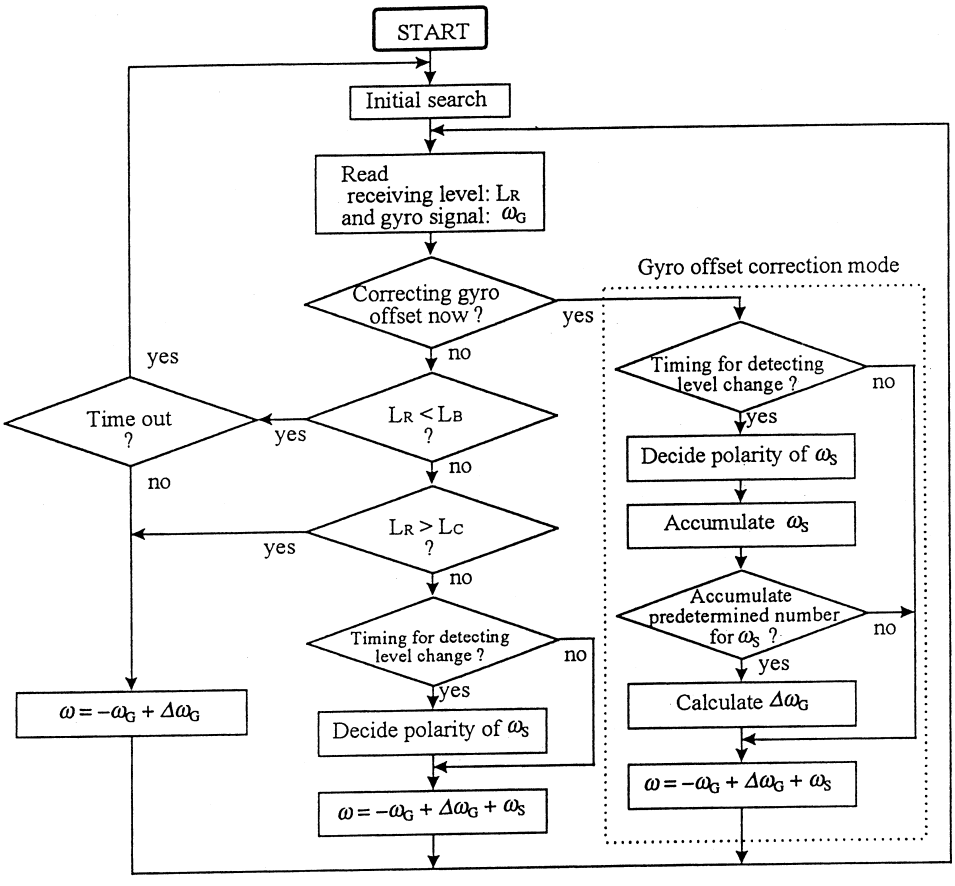

Fig. 11　Flow-chart of satellite tracking control.

レート値を測定した。結果を**Fig. 12**に示す。同図には自動車の旋回に応じてヨーレートおよびC/Nの値が変化する様子が示されている。ここではヨーレートの最大値として約40°/sが記録されている。このような状況においても追尾外れを起こすことはなく，C/N値も8～11dBの範囲で安定していることがわかる。

次に，送信電力および送信アンテナの等利得等高線などのBS-4の設計仕様[18]，並びにFig. 10に示した平面アレーアンテナの指向性パターンをもとに，BS-4を対象とする場合の受信エリアの推定を行った。降雨損失やレドーム損失などに対するアンテナ利得のマージンを2.5dBとした時の推定受信エリアを**Fig. 13**に示す。同図から，受信エリアは青森付近から鹿児島付近までの範囲と推定される。

開発したアンテナシステムの外観を**Fig. 14**に，性能諸元をまとめて**Table 1**に示す。仰角33～47.5°

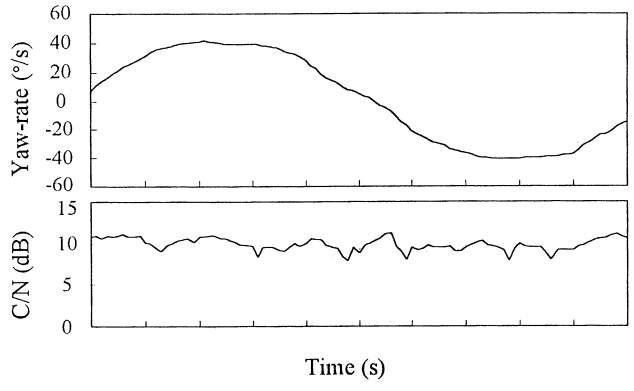

Fig. 12 Variation in yaw-rate and C/N.

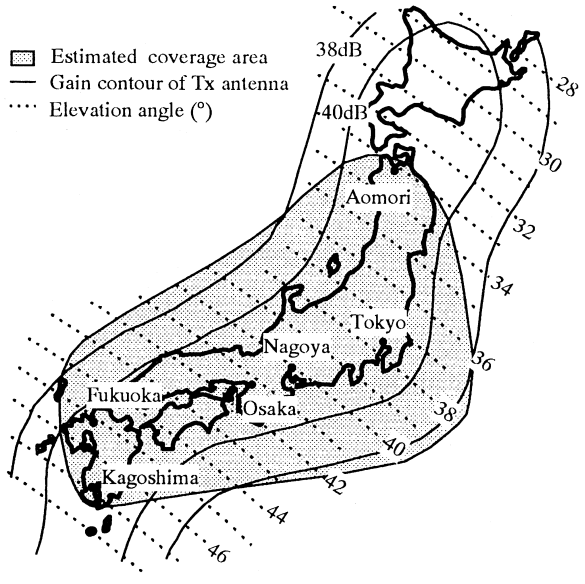

Fig. 13 Estimated coverage area for BS-4 satellite.

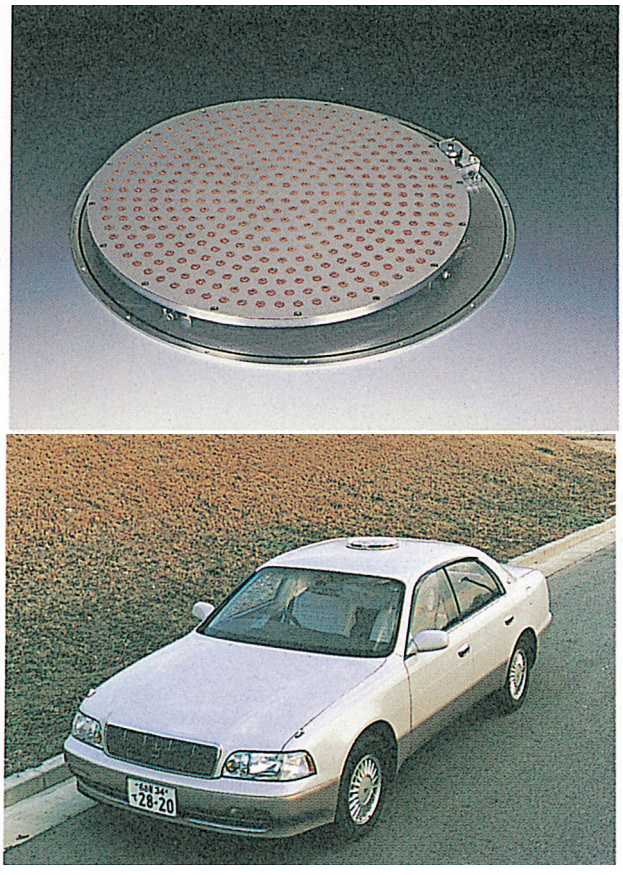

Fig. 14 Outdoor unit of developed BS antenna system.

Table 1 Performance of developed BS antenna.

Frequency	11.7～12.0 GHz	
Gain	21.2 dBi (min.) (from 33° to 47.5° in elevation)	
Polarization	RHCP	
Axial ratio	1.0 dB (max.)	
Size	Diameter 400 mm Height 29 mm	
Weight	3.3 kg	
Tracking	Method	Hybrid tracking with gyro signal and receiving signal levels
	Speed	40°/s (max.)

の範囲で所要のアンテナ利得 (21dBi以上) が得られている。サイズは直径400mm，高さ29mm，重さは3.3kgであり，目標値を十分クリアしている。特に高さについては，これまでに報告されているシステムの中で最も薄型である。現行の衛星であるBS-3を用いて，実際に東海地方において走行受信実験を行ったところ，画質，追尾性能とも実用上十分であることが確認された。

4．むすび

乗用車に搭載するのに適したBS受信アンテナシステムを開発した。大きさは直径が400mm，高さが29mmと，従来のアンテナシステムに比べ小型で極めて薄いことが特長である。小型薄型とするため，電波を受信するための基本素子である円環マイクロストリップアンテナ素子，および，効率が高く，小型でも高利得が得られるビームチルトアレーアンテナなどを開発した。このアレーアンテナは仰角面内でビームが広角化され，広いエリアで十分な利得が得られるように設計されている。さらに，円形状のアレーアンテナそのものをモータで回転させるダイレクト駆動方式や従来のロータリジョイントを省略した簡易な給電方式などを開発したことで，構造を大幅に簡易化できた。これはアンテナシステムの軽量化や低価格化の際に大いに有利となる。さらに，開発した高精度衛星追尾方式により停止時はもちろん走行時においても十分な受信信号が得られることを示し，構造上の特長だけではなく，乗用車用として十分な走行受信性能を持っていることも確認した。

参考文献

1) 伊藤安弘, ほか5名 : "移動体用衛星放送受信システム", テレビジョン学会技術報告, **12**-23(1988), 47
2) 外山昇, 高野好一 : "BS移動受信をこう支える", エレクトロニクス, **36**-9(1991), 59
3) 王丸謙治 : "移動体用衛星放送受信装置", 放送技術, **43**-9(1990), 119
4) 西川訓利 : "衛星放送受信用車載アンテナシステム", 豊田中央研究所R&Dレビュー, **27**-1(1992), 65
5) 植松正博, 加藤和郎 : "移動体用アンテナ装置", 特開平5-7108
6) 高野好一, ほか3名 : "小型乗用車用BS移動受信装置", 1993年電子情報通信学会春季大会講演論文集, B-46 (1993), 2-46
7) Ed. by Pozar, D. M. and Schaubert, D. H. : "Microstrip Antennas", (1995), 376, IEEE Press, New York
8) Hirokawa, J., et al. : "A Single-Layer Slotted Leaky Waveguide Array Antenna for Mobile Reception of Direct Broadcast from Satellite", IEEE Trans. Vehicular Tech., **44**-4(1995), 749
9) 鴫原亮, ほか2名 : "車載用BSアンテナシステムの開発－アンテナ装置－", 1994年電子情報通信学会秋季大会講演論文集, B-118(1994), 118
10) 渡辺, ほか3名 : "導波管給電ヘリカルアレーアンテナ", 1994年電子情報通信学会春季大会, B-50(1994), 2-50
11) 柴田, ほか2名 : "大きなチルト角を有するラジアルラインマイクロストリップアレーアンテナの特性", 1993年電子情報通信学会春季大会, B-54(1993), 2-54
12) 三浦, ほか3名 : "ビームチルト型ラジアルラインマイクロストリップアレーアンテナの放射特性の一検討", 1995年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-61(1995), 61
13) 柴田, ほか2名 : "ラジアルラインマイクロストリップアレーアンテナの放射特性", 電子情報通信学会論文誌, vol.J76-B-II, No.1(1993), 20
14) T. Teshirogi, et al. : "Wideband Circularly Polarized Array Antennas with Sequential Rotations and Phase Shift of Elements", Inter. Symp. on Antennas and Propagation, (1985), 117
15) 森下, ほか2名 : "ビームチルト型ビーム成形用ラジアルラインマイクロストリップアレーアンテナの一構成法", 1994年電子情報通信学会春季大会, B-46(1994), 2-46
16) アンテナ工学ハンドブック, 電子通信学会編, (1980), 184, オーム社
17) 西川訓利, ほか5名 : "衛星通信用車載電子走査アンテナ", 豊田中央研究所R&Dレビュー, **27**-2(1992), 23
18) 西田勇人, ほか2名 : "放送衛星搭載用鏡面修整アンテナ－12/17GHz帯共用アンテナの設計－", 1992年電子情報通信学会秋季大会講演論文集, B-56(1992), 2-56, 28

著者紹介

渡辺俊明　Toshiaki Watanabe

生年：1963年。
所属：情報通信研究室。
分野：移動体通信用アンテナの研究・開発。
学会等：電子情報通信学会会員。

小川勝　　Masaru Ogawa
生年：1967年。
所属：情報通信研究室。
分野：移動体通信用アンテナの研究・開発。
学会等：電子情報通信学会会員。

原田知育　　Tomohisa Harada
生年：1959年。
所属：情報通信研究室。
分野：移動体通信用アンテナの研究・開発。
学会等：電子情報通信学会会員。

西川訓利　　Kunitoshi Nishikawa
生年：1953年。
所属：情報通信研究室。
分野：移動体通信および電磁界解析分野の研究・開発。
学会等：電子情報通信学会会員。
1984年IEEE-VTS論文賞受賞。
工学博士。