都市内におけるテレビジョン受信障害の対策

NHK 総合技術研究所 遠 藤 敬 二

都市内におけるテレビ受信障害は年々増加の傾向をたどっている。本文はテレビ受信障害のうちのゴースト障害の実態とその障害対策を行うにあたって検討すべき事項を述べ、さらにゴースト障害対策として考えられているうちの受信アンテナによる対策について述べる。

1. ま え が き

テレビ放送や FM 放送等の受信環境は大都市、中小都市を問わず年々悪化し、良質な受信が非常に困難な状況にあることは周知のとおりである。

とくに、テレビ放送を受信する際のゴースト障害は、その程度の差こそあれ、都市内はもとより、その周辺部においても発生し、年々急増している。

このゴースト障害対策はテレビ放送の受信にとって、もっとも重要な課題であり、その対策については関係分野が協力し全力をあげて研究開発にあたっている。

しかし、ゴースト現象自体が非常に複雑であるため、その対策としては、種々考えられるものの現状の技術の組合せのみでは完全にその解決をはかるまでに至っていない。

本文ではゴースト障害の現状、およびその対策に関し検討すべき事項、ならびに現在、研究開発が進められている対策のうちの受信アンテナによる対策について紹介する。

2. ゴースト障害の現状

ひとくちにゴースト障害といっても、その発生源がいろいろあることは周知のとおりであるが、現象別に大きくわけるとつぎの3つに分類される。

すなわち、

- (1) 建造物等からの反射波に起因するゴースト障害。
- (2) 送電線上に誘起した電流の再放射に起因するゴースト障害。
- (3) 受像機の妨害排除能力 (immunity) が悪いために直接かぶりによっておこるゴースト障害。

このほかにも、受信装置内で発生するゴースト障害も

あるが、その事例は非常に少ない。

(1)のゴースト障害は放送電波の一部がビルディングの壁面や送電線等によって反射され、その反射波と放送電波の直接波とがいっしょに受信されるために発生するもので、現在、都市内で問題になっているゴースト障害の大部分を占める。

表1は NHK が昭和 50 年度に行った受信状況調査結果からテレビ放送の受信画質を劣化させている原因をとりまとめたものである¹⁾。

同表のとおり大都市における受信画質劣化の原因は建造物によるゴースト障害が約 50% を占めている。

また、NHK の調査によると、昭和 47 年に全国世帯数の約 6.5% が特定あるいは不特定の建造物によって何らかのゴースト障害を受けていたものが、昭和 50 年の調査では約 12% と、わずか 4 年間で倍増し、とくに大都市になるほど都市内建造物の高層化にともなって、その障害の増加が著しい。

東京都区部におけるビルディングの増加数を例にとる

表 1 画質劣化の原因百分率 (%) (昭和 50 年度調査結果)

地 域		全国	大都市	中小都市	郡部
原 因	伝 搬 路	11.5	6.6	11.0	15.2
	地形によるゴースト	19.3	48.4	19.7	2.7
	建造物によるゴースト	0.2	0	0.2	0.4
電 波 干 渉	航空機などによるフラッター	3.6	2.2	4.8	2.6
	自動車などの電波雑音	3.8	0	3.4	6.3
受 信 側	無線局(放送局を含む)の妨害	15.6	16.1	16.0	14.6
	アンテナフィーダー不良(塩害を含む)	18.7	17.8	18.3	19.9
	受像機・共聴不良	6.7	3.1	7.3	7.5
送 信 側	調 整 不 良	14.1	1.0	11.5	25.9
	弱 電 界	2.0	0	2.9	1.3
そ の 他		4.5	4.8	4.9	3.4
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0

"Measures Against Poor Reception in Urban Area" by Keiji Endo (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

と、最近その増加率が鈍化しているとはいえ、11 階建以上の棟数は昭和 41 年以来、毎年約 50～60% の割合で増えつづけ、これによる受信障害件数も棟数の増加に比例して急増している²⁾。

高層ビルによる受信障害には放送電波がビルによってさえぎられて起る遮蔽障害と、ビル壁面などからの電波の反射に起因するゴースト障害があるが、ビル 1 棟当りの平均的な遮蔽障害の被害世帯数は 20～30 世帯であるのに対し、ゴースト障害世帯数は数百世帯におよんでいる。とくに東京都新宿区の超高層ビル群による反射障害、すなわち、ゴースト障害範囲は放送電波のビル壁面入射角度によっては遠く離れた神奈川、千葉、埼玉方向に帯状の長い地域にわたって発生しているし、また遮蔽障害範囲もビルから数 km の距離にまでおよんでいる。

一般にビルによる遮蔽障害の現象は放送電波がビルによってさえぎられて減衰するために SN 比が低下し障害となるよりも、むしろ潜在していた反射波の影響が顕在化するためゴースト障害となる例が多い。

(2) の送電線による受信障害としては送電線上に誘起した電流の再放射に起因するゴースト障害と、到来電波がさえぎられるための遮蔽障害があるが、一般に遮蔽障害は少ない。ゴースト障害は送電線がサービスエリアと同じ平地に建設されている場合には電波到来方向側に送電線に沿って数 100 m の範囲にわたって発生している。とくに送電線が丘陵に建設されている場合にはその障害は約 10 km の遠くまでおよぶことがある。

また、送電線が図 1 のように架設され、そのうちの一部が放送電波到来方向にほぼ一致している場合には、送電線が向きを変えた地点から、電波到来方向と一致した送電線の延長方向に数 km の範囲にわたってゴースト障害を発生している事例がある³⁾。

このような障害は電波到来方向、送電線の構成、さらに当該地域が本来、弱電界地域であったことなどの諸源

図 1 高圧送電線による受信障害（送電線は台地に架線されており、受信障害はこれより 20～30 m 低い傾斜地に発生）

因が重って障害を発生したものと考えられる。

(3) のゴースト障害は強電界地域に設けられた共同受信施設においてケーブルにより伝送されてきたテレビ信号が、直接加入者の受像機に飛びこむテレビ放送電波より、おくれて到達するために発生する。

この障害は受像機の直接波に対する妨害排除能力 (immunity) が悪いために発生するもので一般には直接波によるかぶり障害とも呼ばれ、その現象としては受像画面上で正規画より前方にゴーストが現われる。

このようにゴースト障害の発生は大別すると 3 つに分類されるが、前二者は放送電波の伝搬路で発生するものであり、後者は受像機の妨害排除能力 (immunity) の良否によるもので、その対策もまったく異種のものになる。

3. ゴースト障害対策に関する検討事項

ゴースト障害の解決にはゴースト現象の実態を把握しその障害程度を評価し、また、障害範囲を推定し、それにマッチした対策を立てる必要がある。

すなわち、ゴースト障害の対策にあたっては表 2 に示す事項について検討する必要がある。

もちろん、このなかにはすでに検討済みのものや、これから研究に着手するものもある。

表 2 ゴースト障害対策に関する検討事項

ゴースト障害対策	ゴーストの評価・測定	主観評価と物理量との関係の解明
		ゴースト現象の解明
	障害範囲の推定	建造物、送配電線による受信障害範囲の実態調査
		建造物による反射波障害、遮蔽障害の推定
		送配電線による反射波障害、遮蔽障害の推定
障害対策	建造物での対策	建造物の形状による反射波の軽減
		電波吸収壁による反射波の軽減
	受信アンテナによる対策	高指向性アンテナによる反射波の軽減
		多置合成アンテナ系による反射波の軽減
	受信回路での対策	遅延素子による対策
		複数送信による対策
その他	都市内受信障害地区向け SHF 放送等	
	受信機の immunity の改善

図 2 ゴースト変動の測定例 (測定チャンネル ch. 6)

3.1 ゴースト障害の評価と測定

ゴースト現象の解明にはビル壁面などの電波の反射特性や伝搬路の気象条件による反射波の振幅、位相の変化を測定し、反射波の性質を知ることが必要である。

ゴースト障害の程度は、放送アンテナから直接到達する希望波と反射波との振幅比 (DU 比)，ならびに、その位相関係、遅延時間差、絵柄などによって複雑に変化するが、希望波と反射波との位相差は、伝搬路上の温度、気圧、湿度などの気象条件によって変動する。図 2 は反射波の長期間測定の一例で、日によっても、また 1 日の中でも変動する⁴⁾。

ゴースト現象を詳細に解明するには、それを測定するための放送波に重畳できる試験信号の開発が必要であろう。

さらにゴースト障害の評価は、現在、評価者の主観評価に頼っているが、主観評価に一致した客観的測定方法が開発されるとゴースト障害対策に非常に役立つことになる。

しかし、このような測定方法の開発にあたっては、心理面をも考慮せねばならず困難が予想されるが、各専門分野の人々が協力して、その開発に当たることが期待されている。

なお、現在、希望波と反射波との DU 比、位相差、

遅延時間などの単一要因に対する評価値はほぼ明らかになっているが、各種の条件が組合されている場合については今後の検討がまたれる。

3.2 障害範囲の推定

ゴースト対策を立てるうえで必要な障害範囲の推定にあたっては鉄筋コンクリート、窓枠等の建築材料および不規則反射壁面と反射特性との関係等を解明しておくことも必要であるし、また、建造物形状による回折波と直接波との関係から建造物の遮蔽障害を推定する理論を明らかにしておくことも必要である。

ビル壁面の反射率は壁面構造によって異なるが、従来のゴースト障害の実態調査結果から平均的には 50% 程度に見込まれている。

このほか、送電線による障害範囲の推定には放送電波によって送電線上に誘起した電流による再放射ならびに送電線や鉄塔による遮蔽についても検討するとともに、建造物、送配電線による受信障害範囲の実態調査を行い解析結果との関連を明確にしておくことが必要である。

3.3 障害対策

ゴースト障害の対策方法としてはさきの表 2 のようにいろいろ考えられるが、実際には受信アンテナによる対策と、共同受信施設による対策が行われている。

建造物側での対策は壁面を適当な形状にして反射波を散乱させ、反射波強度を抑制するか、あるいは壁面に電波吸収材を張って反射波を軽減する。この実施に当たっては建造物構成方法や電波吸収壁材ならびにその構成方法などについて検討する必要がある。

受信回路での対策としては受像機内で遅延素子を用いて電子回路的にゴーストを除去する方法があるが、原理的には、古くから知られている方法である。

しかし、最近、高性能の遅延素子として弾性表面波素子や、半導体電荷転送素子等の開発を契機として、このような素子を一般家庭用の受像機内に組み込み、ゴーストを除去する研究が各方面で行われている。

複数送信による対策としては現在、郵政省電波技術審議会第 4 部会において 12 GHz 帯のテレビ中継放送局を利用し都市内受信障害地区向けに放送を行う場合の技術基準について審議が進められているが、このような方法も都市内受信障害対策のひとつになるものと期待されている。

現在までに NHK 東京 SHF 実験局等を利用し、住宅地区、商業地区、ビル密集地区の 150 点で調査した結果では直径 40 cm のパラボラアンテナ (指向性半値幅約 4.5 度) で受信した場合には SN 比の低下は別として電界強度が自由空間値から 20 dB 程度も低下するような見通しの悪い地区における正規到来波の受信でも、また自

由空間値から 20 dB 程度低下した強度の反射波の受信においてもゴースト障害が認められていない⁵⁾。これらは受信アンテナの指向性が非常に鋭鋭であるためである。

ただし、この実用化にあたっては低価格、高安定度の SHF コンバーターの開発が必要である。

以上のゴースト対策のほかに米国ではテレビ放送電波に円偏波を用いて改善をする実験が進められている⁶⁾。この方法は原理的には、たとえば、左旋円偏波で放送した場合、その電波が物体にあたると、右旋円偏波として反射するために、左旋円偏波用受信アンテナでは受信されず、反射波の影響が軽減できることになる。

ただし、高層ビルが林立する地域では果して理論どおりの円偏波の効果が期待できるものかなど、今後、検討を要すべき問題である。

4. 受信アンテナによるゴースト対策

現在、ゴースト障害の除去方法としては反射波が受信アンテナの後方から到来する場合は前後比の良い受信アンテナで、また、斜め前方から到来する場合は指向性半値幅のせまい受信アンテナで除去できる。さらに指向性の向きを電子的に変え、反射波到来方向と指向性のヌル方向を一致させて反射波の影響を除くこともできる。

すなわち、現在ゴースト対策用受信アンテナとしてはつぎの 3 項目を重点に開発が行われている。

- (1) 高前後比の受信アンテナ系の開発
- (2) 指向性半値幅のせまい受信アンテナ系の開発
- (3) 可変指向性アンテナ系の開発

現在、ゴースト対策用受信アンテナとしては前後比 30 dB 以上、指向性半値幅 40° 以下、電力利得はできるだけ高いものを目標に開発が進められている。

4.1 前後比を改善した受信アンテナ系

テレビ受信アンテナの前後比 (F/B 比) に関する学術的な定義については、かつて CCIR (国際無線通信諮問委員会) において受信者の期待する特性を必ずしも表現していない旨の指摘があったが、それに代るべく IEC (国際電気標準会議) では目下その審議が行われている。

日本工業標準規格による前後比は JIS C 6105「UHF テレビジョン受信アンテナの試験法」によると“前後比とは指定平面における受信アンテナの指定方向 (角度 0° とする) の出力電圧と (180° ± 60°) の範囲の方向にある最大出力電圧との比をいい、dB で表わす”と定義している。

しかし IEC では、前後比の代わりに“directivity protection”という用語を推奨しており、その定義は“The ratio of maximum forward gain to the maxi-

図 3 前後比および directivity protection.

表 3 テレビ受信アンテナ規格 (VHF 用)
(日本電子機械工業会規格抜粋)

チャンネル区分	素子数	利 得		VSWR		半値幅		前後比	
		L	H	L	H	L	H	L	H
1~12 (ALL)	10 以下	4	6	3	2.5	75	60	8	10
	11 以上	5	7	3	2.5	70	55	9	12
4~12 (H)	10 以下	—	7	—	2.5	—	60	—	11
	11 以上	—	8	—	2.5	—	55	—	13
1~3 (L)	6 以下	5	—	2.5	—	70	—	9	—
	7 以上	6	—	2.5	—	65	—	11	—

mum minor lobe gain”である。すなわち、図 3 (a) は学術的な定義による前後比、(b) は日本工業標準規格による前後比、(c) が IEC 推奨の directivity protection である。

わが国で市販されている受信アンテナは日本電子機械工業会規格によって製作され、その特性は表 3 に示すとおりで、前後比の定義はもちろん、日本工業標準規格によるものである。

前後比を改善する方法としては導波器の素子数を増し、さらに反射器としては素子数の多いスタゲ形反射器をもつ 8~11 素子八木アンテナが開発され、市販されている⁷⁾。

一般に、家庭用受信アンテナとしては大きさに限度があり、したがって素子数も制限されるので充分な指向性を得ることがむずかしい。

導波器 8 本、反射器 3 本で構成される八木アンテナでは前後比を最大にするよう最適設計を行っても、単一周波数で前後比約 35 dB、半値幅 45°、電力利得 10 dB 程度である。また、同じ素子数の八木アンテナを 90~108 MHz の帯域で前後比を最大にするよう設計してもその

図 4 非可逆回路を用いた受信アンテナ

値は 23~25 dB 程度である⁸⁾。

すなわち、八木アンテナのような passive な構造のみで、一般家庭用受信アンテナとして実用可能な大きさに限定すれば全チャンネルにわたって 25 dB 以上の前後比を得ることは非常にむずかしい。このため高前後比を得るため八木アンテナ列に他の機能をもつ回路を付加したアンテナが開発されている。しかし、全チャンネルにわたって前後比を改善することは非常にむずかしい。

(a) 非可逆回路を用いた受信アンテナ⁹⁾

このアンテナは図 4 (a) のように半波長アンテナを 1/4 波長離して配置し、同図 (b) に示す非可逆回路を経て受信機へ接続する。非可逆回路では端子 #1 および #2 からの入力電流の間に 90° 位相差を与えると非可逆回路内には回転磁界を生じ、その回転方向は両電流の相対位相でできる。

同図 (a) で直接波と反射波が矢印で示す方向から到来するものとすれば、非可逆回路内には直接波と反射波により回転方向が反対の 2 つの磁界を生じ、非可逆回路を直接波に対しては導通状態にし、反射波に対しては開放状態にすることができ、したがって、反射波の影響を分離し除去できるので、アンテナの前後比が改善される。

開発された受信アンテナはローバンド用、ハイバンド用にわかれ、前後比は約 30 dB である。

このアンテナは電力利得が低いが、反射波が受信アンテナの真うしろ方向から到来する地域では反射波除去の効果がある。

(b) ハイブリッド給電形受信アンテナ¹⁰⁾

このアンテナの構造は図 5 (a) に示したように 2 個の半波長アンテナとハイブリッド回路を組合せ、その後方にコーナー形反射器を付加したものである。

図 5 ハイブリッド給電形アンテナ

動作原理は同図 (b) に示すように素子間隔が 1/4 波長の時に直接波によってそれぞれの素子に誘起し、ハイブリッド回路の端子 #1 および #2 に流入する電流 I_d および $I_d \angle -90^\circ$ はハイブリッド回路の特性上、端子 #3 には流れずに端子 #4 から受信機へ流入する。

一方、反射波により誘起し、ハイブリッド回路の端子 #1 および #2 に流入する電流 $I_r \angle -90^\circ$ 、 I_r は端子 #4 には流れずに端子から #3 反射波吸収抵抗に流入し、抵抗で消費される。このため反射波があってもゴーストの原因にはならない。

このアンテナの前後比はハイブリッド回路の特性でまわり約 25 dB で、ハイブリッド回路の構成上、ローバンド用、ハイバンド用とに分ける必要がある。

(c) 能動回路を付加した受信アンテナ^{8) 11)}

このアンテナの構成は図 6 に示すとおり給電回路に振幅等化器、移相器、3 dB カップラーを用い、2 つの素子を励振するものである。移相量と増幅度をチャンネルごとに適当に調整すれば 30 dB 以上の前後比が得られる。

(d) 導波器中央にインピーダンスを装荷した八木アンテナ¹²⁾

このアンテナはある帯域内で前後比が最適になるよう

図 6 能動回路を付加した受信アンテナ

に導波器および反射器の中央にインピーダンスを装荷したもので、ローバンドでは 21~22 dB 以上の前後比が得られている。

以上は前後比の改善を重点に開発した受信アンテナの一部であるが、反射波が真うしろから到来する地域においては効果がある。

4.2 指向性半値幅を改善した受信アンテナ系

指向性半値幅を小さくするには多素子八木アンテナにするか、あるいは、アンテナを 2 基または 4 基をスタックし、その指向性合成による効果を利用する方法が用いられる。

前者には、現在、市販されている多素子の受信アンテナのほかに、指向性合成理論から求まる各素子の所要電流分布を実現する給電方法として図 7 のように全素子を励振する位相差給電多素子アンテナ系が開発されている¹³⁾。

実測によると、位相差給電素子アンテナは従来の 8 素子八木アンテナにくらべ指向性半値幅がせまく、また

図 7 位相差給電 3 素子アンテナ

前後比も改善され、さらに寸法も小形化されている。ただしアンテナを小形にした結果、電力利得は数 dB 程度低くなる。

後者のスタックによる指向性合成による効果を利用して半値幅をせまくするアンテナ形式には、従来のアンテナをそのままスタックすると構造寸法が非常に大きくなるので、アンテナ単体を小形化することが必要になる。このために 2 基の位相差給電 4 素子アンテナを水平に配列した受信アンテナ系では指向性半値幅がローバンドで約 37°、ハイバンドで約 14° と非常に狭くなり、複雑なマルチゴーストに対しても効果が期待できる。

このほか、図 8 の抵抗負荷ループアンテナを上、下、左、右に 4 個配列したものもある。ループの直径は約 0.1 波長で抵抗負荷ループアンテナ単体の水平指向性は

図 8 4 素子抵抗負荷ループアンテナ

図 9 2 給電素子を利用した受信アンテナ

カーゴイド形指向性である。同図の構造のアンテナは前後比が約 25~30 dB, 電力利得はループアンテナ自体に抵抗を負荷しているため約 0~2 dB, 指向性半値幅は約 40° である¹⁰⁾。

4.3 可変指向アンテナ系

反射波を受信しないように指向性のヌル方向を反射波到来方向に一致させるには、複数の励振素子が必要である。

実際には 2 給電素子を利用する方法と複数の受信アンテナを組合せる方法がある。

2 給電素子を利用する場合の動作原理を図 9 (a) に示す。

すなわち 2 個の給電素子 (放射器) P_1, P_2 を励振する電流の位相を変えると、その合成指向性は同図のように変化し、指向性のヌル方向を変えることができる¹⁰⁾。

2 給電素子に反射器、導波器を付加した八木アンテナの一例を同図 (b) に示す。このような動作は 2 給電素子を利用するアンテナであれば、どんな形式のアンテナでも可能である。

つぎに、複数の受信アンテナを利用する方法には、その組合せ方法によって種々の形式がある。

もっとも簡単な方法は図 10 のように 2 基の同じ形式の受信アンテナを電波到来方向に向けて平行に離して配置する方法である。

ここで両アンテナの間隔を d とし、反射波到来方向

図 10 アンテナの 2 基合成

を θ_1 , 空間波長を λ とすれば、両アンテナに受信される反射波成分間には位相が $\phi = (2\pi/\lambda) \cdot d \sin \theta_1$ だけ異なる。

ここで $\phi = \pm(2n+1)\pi$ なるように、周波数に合せて間隔 d を調整すれば θ_1 方向には両アンテナによる合成指向性のヌルを作ることができる。

すなわち、

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot d \sin \theta_1 = \pm(2n+1)\pi \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

したがって、

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{(2n+1)}{2 \sin \theta_1} \quad (1)$$

この方法は共同受信施設の受信アンテナ等に用いられている。

また、両アンテナの間隔を周波数に合せて変える代りに図中に点線で示した可変移相器を用い、両アンテナに受信される反射波成分の位相差を逆にする方法もある。この方法は、テレビ中継放送局等の受信アンテナ系に用いられている。

さらに、移相器の代りに合成器からアンテナまでの給電線長を変えて反射波到来方向に合成指向性のヌル方向を合せることもできる。すなわち、両給電線長を l , 給電線上の波長を λ_g とし、 θ_1 方向にヌルを作るとすれば次の関係になる。

$$\frac{2\pi l}{\lambda_g} - \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_1 = \pm(2n+1)\pi$$

したがって、

$$l = \frac{\lambda_g}{\lambda} \cdot d \sin \theta_1 \pm \frac{\lambda_g}{2} (2n+1) \quad (2)$$

同式で 1 項目は使用帯域内ではほとんど変化しないが、2 項目は給電線上の使用周波数の波長に関連するので周波数によって給電線長を調整する必要がある。

図 11 可変指向形アンテナの基本回路

最近、図 11 のように 2 基の受信アンテナに π ハイブリッド回路、 $\pi/2$ 位相器、および可変減衰器を組合せた受信アンテナが開発された¹⁴⁾。

動作原理は、両受信アンテナに受信される希望波成分 E_{d1}, E_{d2} が等振幅、同位相であるので π ハイブリッドの端子 C には両アンテナの出力の和 ($E_{d1} + E_{d2}$) が現われ、端子 D には差の成分 ($E_{d1} - E_{d2}$) が現われるが、この場合には零となる。

一方、両アンテナに受信される反射による妨害波成分は振幅がほぼ等しいが、位相が $\phi = (2\pi/\lambda)d \sin \theta_1$ だけ異なる。

このような位相差をもつ 2 つの成分を対称座標法的な考察で同位相分と逆位相分に分解すると図 12 になる。

図 12 可変指向形アンテナの動作説明図

(a) 構成例

(b) 水平指向性の一例

図 13 構成例および指向性の一例

アンテナ 1 で受信される妨害波出力 E_{r1} は e_{r1}, e_{r1}' に分解され、また、アンテナ 2 で受信される妨害波出力 E_{r2} は e_{r2}, e_{r2}' に分解されるが e_{r1} と e_{r2} は等振幅、同位相であるのでハイブリッドの端子 C に両成分の和 ($e_{r1} + e_{r2}$) として現われる。一方 e_{r1}' と e_{r2}' は等振幅、逆位相であるので、ハイブリッドの端子 D には両成分の差 $\{e_{r1}' - (-e_{r2}')\}$ が現われる。これら成分の位相差は常に $\pi/2$ である。

したがって端子 D に現われる妨害波成分の“差”出力 ($e_{r1}' + e_{r2}'$) を端子 C に現われる妨害波成分の“和”出力 ($e_{r1} + e_{r2}$) とは逆位相になる方向に $\pi/2$ だけ位相を進ませ、その振幅を可変減衰器で調整し、“和”出力と合成すれば反射波による妨害波成分は打ち消され、希望波出力のみとなる。

両アンテナで受信される、妨害波の位相差は受信周波数の波長と、反射による妨害波の到来角 θ_1 の関数であるので、妨害波成分を打ち消すためには π 位相切替器と可変減衰器を調整する。ここで合成指向性のヌル方向を変えるため減衰器の減衰量 Att と妨害波到来角 θ_1 との間にはつぎの関係がある¹⁵⁾。

$$Att = \frac{\cos\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta_1\right)}{\sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta_1\right)}$$

ただし、 Att は“和”出力と“差”出力の比を表わす。

図 13 (a) は実際の構成例を、同図 (b) は指向性のヌル方向を変えた場合の一例を示す。

以上の方法のほかに、合成指向性のヌル方向を変えるには図 14 (a) の方法がある。

すなわち (2) 式の移相量の項で λ_0/λ は、対象とする周波数範囲では、ほぼ一定と考えることができ

図 14 位相差給電アンテナの例

るので、波長に關係する $(2n+1)\pi$ を常に確保できれば、周波数に無關係に合成指向性のヌルを θ_1 方向に作るができる。

$(2n+1)\pi$ の最少値 π を考えれば、給電線を一度ひねって給電すれば逆相給電になるから位相が π だけ変化したことになる。同図(a)で必要とする位相量を給電線長を変えてつくとすれば $l_2 - l_1 = (\lambda_g / \lambda) d \sin \theta_1$ となり周波数にほとんど無關係に θ_1 方向にヌルをつくることができる。

この方式の特殊な利用方法¹⁰⁾として、同図(b)のように反射による妨害波が2基のアンテナに同位相で到達するようにアンテナをずらして配置すれば、両アンテナで受信される妨害波成分の間には逆位相の關係があるので、合成器内で互いに打ち消し合い、この作用は周波数には無關係になる。

一方、希望波に対しては両アンテナをずらした距離 S を $S = d \tan \theta_1 = \lambda/2$ とすれば両アンテナで受信される希望波成分は和となり、受像機へ流入する。しかし $S \approx \lambda/2$ のときは合成指向性の主ビームが傾くこととなり正面方向の利得が低下するが、対象とする周波数範囲がせまい場合にはその利得低下は非常に少ない。

この形式のアンテナは共同受信施設の受信アンテナに利用されている。

以上のほかにも多種類の受信アンテナが開発されているので、希望波到来方向と反射波到来方向との關係を考慮して必要な性能の受信アンテナを選択すればゴースト障害は改善できる。

5. む す び

都市内におけるテレビ受信障害はビル建設の増加にともなって年々増加し、とくに超高層ビルの建設によって、ビル壁面反射に起因するゴースト障害はもちろんのこと、ビルによって放送電波がさえぎられるためにおこる受信障害も非常に広範囲にわたって発生している。

ゴースト障害対策は現在、各分野で研究されているが、現段階では万能なひとつの手段は見当たらない。

したがって、ゴースト対策としては、受信アンテナ、受像機、建造物側での対策を並行して行い、それぞれの効果を総合してゴースト障害に対処する必要がある。

(昭和51年9月27日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 遠藤(幸): 受信障害の解消を目指して, NHK 月報, 19, 8 (1976)
- 2) 伊藤: テレビ電波の都市内伝搬, テレビ学会無線技術研資, RE 74-23
- 3) 木下: 高圧送電線による受信障害, NHK 東京管内技術報告会資 (昭 49)
- 4) 宮沢ほか: ゴースト波の変動について, テレビ学会無線技術研資, RE 75-33
- 5) 郵政省: 昭和 50 年度電波技術審議会答申 (第 4 編)
- 6) M. S. Siukola: Is Circularly Polarized TV Coming? IEEE Trans., BC-21, 1, Mar. (1975)
- 7) 雄山ほか: テレビ受信用小形単指向性アンテナ, テレビ学会無線技術研資, RE 74-4
- 8) 永井ほか: 高 F/B TV 受信アンテナに関する一、二の考察, テレビ学会無線技術研資, RE 72-14
- 9) 小西ほか: フェライトを用いた指向性空中線, テレビ学会無線技術研資, RE 72-15
- 10) 遠藤(敬): VHF 帯テレビ受信アンテナの前後比の改善, NHK 月報, 17, 1 (1974)
- 11) 三国ほか: 高 F/B 用 2 給電八木アンテナ, 昭 48 信学全大 (577)
- 12) 諸岡ほか: 導波器中央にインピーダンスを装荷した八木アンテナの F/B, テレビ学会無線技術研資, RE 74-24
- 13) 川井ほか: 位相差給電アンテナによるゴースト対策, テレビ学会無線技術研資, RE 76-27
- 14) 山口: 可変指向形ゴースト防止アンテナ, NHK 月報, 19, 6 (1976)
- 15) 永井ほか: 受信アンテナによるゴーストの除去, 昭 51 連大 [4]
- 16) 西原: ゴーストキャンセル用スタックアンテナ, テレビ全大, 10-8 (1975)