見通し外伝搬によるテレビ伝送特性

奥 村 善 久
中 村 親 市

電電公社電気通信研究所

近年、テレビの見通し外遠距離伝送の要求がさかんになり、その研究も各方面で実施されてきているが、果してどの程度の可能性があり、特性上どんな問題があるかはあまりよく知られていない。見通し外伝送の方法には、大別して対流圏散乱波と山岳回折波を用いる二つの伝搬様式があるが、テレビ伝送の特性上異なる点が多い。そこで本文では、主として山岳回折伝搬によるテレビ伝送の問題に関して、まずその伝搬特性を概説し、遠距離山岳回折回線においてテレビの伝送特性を測定した結果と、その改善対策について述べてある。

テレビまたは多重電話信号を見通し外の遠距離領域に伝送する方法には、大別して対流圏散乱波と山岳回折波を利用する二つの伝搬様式がある。このうち山岳回折波を用いると、対流圏散乱伝搬様式による場合に比べて、いわゆる「山岳回折利得」によって伝搬損失が軽減でき、かつ、フェージングも少なく、S/N面では有利な場合がある。しかし遠距離になると受信電波の変動要因が多くなり、また山岳からの多重回折波によって、テレビなどの広帯域伝送にはかなり制限をうけ、どの程度の信頼度で情報伝送がなされるかは、重要な問題であり、しかもあまり知られていない。対流圏散乱波によるテレビの見通し外遠距離伝送の特性は、すでに河野¹⁾によって述べられているので、ここでは山岳回折伝搬の場合に限定して、まず山岳回折伝搬特性を概説し、若干の実験結果にもとづきテレビ伝送特性について述べる。

山 岳 回 折 伝 搬 の 概 要

1. 伝搬損失とフェージング

山岳回折伝搬は、送・受信点の間にある障害物としての山岳稜線から回折してくる電波を利用するものであるが、最も普通の場合として、山岳が一つ(単一山岳回折)の場合の基本伝搬損失(L_{bd})は、つぎの式で与えられる。

$$L_{bd} = L_{bf} \cdot L_s \cdot L_a \quad (1)$$

ここに、 L_{bf} は送・受信点間の自由空間基本伝搬損失で周波数と距離の2乗で増大する。 L_s は山岳稜線を無限長の厚みのない刃型とした場合、すなわちナイフ・エッジによる回折損失で、近似的に次式で求められる。

$$L_s = 2\pi^2 v_0^2 \quad (v_0 > 3) \quad (2)$$

$$v_0 = H \left\{ \frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right\}^{1/2} \quad (3)$$

この式の v_0 は回折パラメータで、 d_1 , d_2 は送受信点と山岳との距離、 H は回折ナイフ・エッジの実効高(第1図の付図参照)、 λ は波長である。 L_a は回折山岳がナイフ・エッジでないため、すなわち山岳の厚さ、丸み、山岳稜線の不規則性などによるため、あるいは山岳両側の大地反射波、多重回折波などによって生ずる付加損失である。第1図²⁾は多くの実測値(期間分布の50%値)から(1)式の $L_a=1$ とした回折損失(L_s)を回折パラメータ(v_0)に対して理論値と実測値を比較したもので、 v_0 が大きくなるにしたがって実測値は理論値より大きくなる傾向にある。これは(1)式の付加損失(L_a)が v_0 の増大とともに大きくなることを示すもので、実際の基本伝搬損失を求めるには、(1)式の L_a に対して、第1図の直線(理論値)と点線(実測平均値)との差の値を

筆者紹介

おくむらよしひさ
奥村善久

昭和22年金沢工専電気科卒業。昭和25年より電気通信研究所において短波、超短波および極超短波帯の電波伝搬の研究に従事。昭和32年無線中継回線設計の現地調査のため南ベトナム出張。その後山岳回折における伝搬ひずみなどの研究を経て、現在見通し外無線回線設計に関する研究を継続。研究主任。

みかむらしんいち
中村親市

昭和22年浜松工専電気通信科卒業。昭和27年より電気通信研究所においてU.H.F. 帯多重電話およびテレビ中継用機器の研究に従事し、昭和30年より大電力クライストロン送信機、ダイバランチ受信装置など見通し外通信機器の研究を継続している。研究主任。

"Characteristics of Television Transmission Over the Horizon" by Yoshihisa Okumura & Shinichi Nakamura.

見込まねばならない。

山岳回折伝搬におけるフェージングは、距離、回折山岳の高さ、周波数によって異なるが、周波数が高くなると回折山稜線からの多重波による電界の干渉縞の移動が、フェージング発生 の 主 因 となる。さらに遠距離の海上通路では海上ダクトなどの影響がこれに加わる。第2図³⁾は比較的

多くの実験資料を、VHF、UHF および SHF 帯に分け、さらに実験時期の季節変化を考慮して、最悪1カ月間を対象とした場合の分布における50%~99%間の“フェージング深さ”を回折角(θ)に対して示したもので、大雑把な推定には十分実用しうる。海上通路ではVHF~UHF帯に対して第2図の値のほぼ1.4倍(dB値)とみてよい。またVHF~UHF帯では長期間のフェージング分布は、ほぼdB正規分布とみなしてよい。

2. 山岳回折利得

山岳回折伝搬を対流圏散乱伝搬と比較するには、「山岳回折利得」を一つの目安とすることができる。「山岳回折利得」は、伝搬路に回折山岳がない場合の基本伝搬損失(L_{bs})と、山岳がある場合の基本伝搬損失(L_{bd})の比($L_{bs}/L_{bd} \equiv G_M$)で定義され、山岳がない場合の伝搬損失として散乱伝搬損失を用いれば、この G_M が1より大きいほど山岳回折回線が散乱回線に比べて有利である。

第1図 単一山岳回折損失の実測値と理論値の比較

第2図 山岳回折伝搬におけるフェージング
深さ(距離50~400kmの陸上単一回折通路最悪月)

第3図 付図の伝搬通路において距離を変えた場合の山岳回折利得の計算例

第3図⁴⁾はこの関係を送信点(T)から $d_1=168.5$ kmの位置に930mの山岳があって、受信点(R)の距離を変えた場合を例にとって、209Mcの電波に対する山岳回折伝搬損失(曲線③)と散乱伝搬損失(曲線②)の計算曲線を示したもので、曲線③と②の差が山岳回折利得(G_M)となる。

図には電電公社の九州(大浦)~奄美大島(名瀬)間の電話、テレビ伝送のための山岳回折回線において名瀬送信に対する大浦受信の実測値と、名瀬送信に対する散乱伝搬路の受信点、指宿(鹿児島)(いずれも距離340km)における実測値を比較してあるが、 $G_M=27$ dBを得ており、970Mcでは $G_M=24.5$ dBを得ている。この例でみると距離200km~450kmでは $G_M>1$ となり、一般に送受信点から見通しとなる山岳が選べれば、山岳回折が散乱伝搬に比べて、SN比の面できわめて有利となる。

3. 山岳回折波における多重波

山岳回折では回折体となる山岳稜線の不規則性あるいは山岳斜面から多重波が到来し、受信電界はいわゆる地域パターン(水平パターン)を生ずる。この多重波は、散乱波における多重波のようにわずかの通路差をもってある領域で一様に広がっている場合と違って、弧立した成分波として観測される性質のものである。この多重回折成分波の発生状況は、もっぱら回折山稜線の形状に依存しており、回折山稜線が長くうねり続いている場合には、回折成分波の数も多くなり、それらの通路差も大きくなって、伝送帯域幅に制限をうける。しかし、強い回折成分波が発生するのは、回折山稜の高さのほぼ2倍の幅の領域⁵⁾(主要回折領域と呼ぶ)で、普通の山岳ではこの山稜線領域から発生する回折成分波の数は、周波数によっても異なるが数波と考えてよい。

伝送帯域特性に寄与する要素は、この回折成分波の振幅比と通路差の大きさとで、これを知るにはまず山稜線か

写真 1 受信アンテナ配置
(名瀬無線中継所)

写真 2 920 Mc 実験用送信機 (10 kW)
(大浦無線中継所内)

らの成分波の発生点を知らねばならない。回折山稜線が単独山塊か単純な形状をしている場合には、山稜線を梯形あるいは部分的に直線に近似して最短通路の法則を用いて求められるが、一般的には「修正山稜線法」^{3) 6)}によって求められる。この画き方は、送受信点を結ぶ直線と回折山岳断面との交点をO (第1図の付図参照)とし、これを原点として、第4図の $m_1 m_1'$ 曲線のように「自然山稜線」を画く。つぎに、大円コースの通る自然山稜線 $m_1 m_1'$ 上の点Mと原点Oから水平距離 x に対して左右等間隔に点を取り、 $oa = Aa'$ 、 $ob = Bb'$ ……のように曲線 $m_2 m_2'$ を画く。この $m_2 m_2'$ 曲線が自然山稜線 $m_1 m_1'$ に対する「修正山稜線」で、この修正山稜線において水平接線をもつ部分および不連続点が回折成分波の発生点となる。特に水平接線をもつ部分に強い成分波が発生し、この水平部分のほぼ直線範囲の長さ、 $m_2 m_2'$ 曲線の縦軸の大きさ $H(x)$ とがその成分波の強度比に関係する。第4図の例では、強い成分波は矢印①、②、③の点に発生する。この回折成分波の通路差の最大のもが伝送帯域幅を決定することになるが、これは一つの目安であって、実際にはもっと複雑で、正確には統計的表現によらねばならぬが、これは今後の問題である。なお、遠距離山岳回折では、上述の回折成分波に通路差が大きく振幅比の小さい散乱波成分が加わって、フェージングの増大とともに帯域幅の劣化が生ずる。これらの対策としては伝搬上からは、まずフェージングの深

第4図 回折成分波の発生点を求める修正山稜線法

さを救済するとともに、アンテナビーム幅を狭くする必要がある。どの程度のビーム幅にすればどの程度の帯域幅が得られるかは、山岳回折の場合一般的に求めることは現状では困難であるが、これはつぎに述べる実験結果によってうかがうことができる。

山岳回折によるテレビ伝送特性

1. テレビ伝送試験の概要

見通し外テレビ伝送における特性は、単に伝送可能帯域幅だけで評価してもあまり意味なく、これは一つの目安にすぎないので、実際にはそれを評価するに必要な各種規格項目についての特性をみなねばならない。このため通研では昭和36年4月～6月にわたって、大浦(鹿児島)-名瀬(奄美大島)間 340 km の海上山岳回折回線において 920 Mc の電波でテレビ伝送試験を実施した。

この通路のプロフィールは第3図の付図に示されているが、この試験では名瀬側が受信点となっている。写真1は受信側名瀬局の局舎、アンテナを示すも、写真左側の大口径(高さ 16m×幅 25m)アンテナは実回線用のものを実験に共用したもので、大浦送信もこれと同形のものをを用いた。920 Mc に対する利得は 42 dB で、ビーム幅は水平 $\pm 0.45^\circ$ 、垂直 $\pm 0.7^\circ$ である。写真右側の小口径(5m×5m)アンテナはスペース・ダイバーシティの実験用のもので、利得は 32.5 dB、ビーム幅は水平 $\pm 1.5^\circ$ 、垂直 $\pm 1.8^\circ$ である。写真2は 920 Mc の実験用送信機で、左からビーム電源部、諸電源部、制御部、電力増幅部である。電力増幅は Eimac 社の 4 K 50,000 LQ の 4 空洞クライストロンを使用しており、規格出力 10 kW である。

2. 伝送特性

テレビ伝送の品質は、終局的には画質劣化の許容限界から決めるべきであるが、これは物理的な要素のほかに心理的な要素も加わるので、きわめて複雑である。これに対して波形伝送という点から、この画質との関係をみるために、主なものとして振幅-周波数特性、位相-周波数特性、振幅変化-振幅特性(微分利得)、位相-振幅特性(微分位相)などの各特性に対する規格が決められている。この伝送試験では、これら各特性に対する測定を行なったが、ここでは主としてビデオ振幅特性、微分利得特性およびテレビ画質について述べる。

(1) ビデオ振幅特性

この測定法は、送信点大浦においてビデオ掃引発振器を用い、変調周波数 0~6 Mc の範囲に p-p 4 Mc の周波数偏移を与え、周波数マーカーを加えて送信し、受信点名瀬ではビデオ出力を検波器を通してシンクロスコープに接続して、8 mm カメラで撮像した。ビデオ振幅の変化は、規格周波数 0.8, 3, 4 Mc 点の瞬時振幅を 0 Mc 点の振幅との偏差として求めた。ビデオ振幅は選択性フェージングによって時々刻々変化するが、この回線ではフェージング状態が種々な形を発生するので、フェージングのないときのビデオ振幅特性は、送信特性とほとんど変わらない。写真 3(a) はフェージングのない時間中のビデオ振幅特性 (1 秒間隔撮影) を示すものであるが、フェージングが発生すると写真 3(b) のように周波数の中域で特性が割れたり、高くなったり、あるいは高域が低くなったりする変動が現われる。

さて、ビデオ振幅特性は信号波出力の基本波成分のひずみとして現われるもので、FM 伝送回路の振幅特性、位相特性によって影響をうけ、一般に次式で表わされる⁷⁾。

$$A = \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{G(f_0 + f_m)}{G(f_0)} \right\}^2 + \left\{ \frac{G(f_0 - f_m)}{G(f_0)} \right\}^2 + 2 \frac{G(f_0 + f_m) G(f_0 - f_m)}{G(f_0)^2} \cos 2\alpha \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \{ \varphi(f_0 + f_m) + \varphi(f_0 - f_m) - 2\varphi(f_0) \} \quad (5)$$

ここに $G(f_0)$, $\varphi(f_0)$: 伝送回路の中心周波数での振幅特性、位相特性, $G(f_0 \pm f_m)$, $\varphi(f_0 \pm f_m)$: 変調周波数 f_m の第 1 側波帯がうける振幅特性、位相特性

また、多重遅延波が存在する場合の伝送回路の振幅特性を $G(\omega)$, 位相特性を $\varphi(\omega)$ とすれば

$$G(\omega) = \left\{ \left(\sum_{n=1}^n r_n \sin \omega \tau_n \right)^2 + \left(1 + \sum_{n=1}^n r_n \cos \omega \tau_n \right)^2 \right\}^{1/2} \\ = \{ 1 + r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_n^2 + 2r_1r_2 \cos \omega(\tau_1 - \tau_2) \\ + 2r_2r_3 \cos \omega(\tau_2 - \tau_3) + \dots \\ + 2r_{n-1}r_n \cos \omega(\tau_{n-1} - \tau_n) + 2r_1 \cos \omega \tau_1 \\ + 2r_2 \cos \omega \tau_2 + \dots + 2r_n \cos \omega \tau_n \}^{1/2} \quad (6)$$

$$\varphi(\omega) = \tan^{-1} \frac{\sum_{n=1}^n r_n \sin \omega \tau_n}{1 + \sum_{n=1}^n r_n \cos \omega \tau_n} \quad (7)$$

ここに、 τ_n は遅延時間、 r_n は振幅比、 ω は搬送角周波数である。いま、これらの式を用いて、この大浦-名瀬間山岳回折通路で存在する遅延波の性質を入れてビデオ振幅特性を説明すると、つぎのようである。この通路の回折山岳稜線 (中之島) はほぼ富士山に似た形状をしており、頂上回折波を主波とすると、両側斜面からの回折成分波の通路差は、 k (等価地球半径係数) に対して

第 5 図に示す値となる。これらは短い遅延波に属するもので、このほかに散乱波成分による遅延波の寄与があり、これを等価的にこの通路における「主要散乱領域」¹⁾ の上限からの遅延波と考えれば、その通路差は約 40~50 m となり、その振幅比を平均的に「山岳回折利得」の逆数と考えれば、約 0.05 となる。したがって、この通路では前記の短い遅延波とこの長い遅延波によってビデオ特性がおかされていえると考えることができる。短い遅延波である回折成分波の通路差は、平均的な $k=1.5$ では 7 m と 2.5 m であるが、いま簡単のためこれを一波におきかえて通路差をその差の 4.5 m のものとし、これと上記の長い遅延波が加わって、 $r_1=0.8$, $\tau_1=4.5$ m, $r_2=0.05$, $\tau_2=40$ m の 3 波合成による振幅特性を、(6) 式によって画くと第 6 図のようになり、A 点を中心として対称の形となる。この

(a) 電界安定なとき (b) フェージングはげしいとき

写真 3 ビデオ振幅波形観測例

ような特性でビデオ振幅偏差を生ずるのは、大きい変曲点 A, B, C 点に動作点がある場合である。この 3 点に着目して(4)式から、フェージング深さ $F_d = 20$ dB, 15 dB, 10 dB の場合、 $f_m = 4$ Mc 点のビデオ振幅偏差を求めると(これらの点では位相によって生ずる偏差は振幅特性によるものに比べて比較的小さい)、大体つぎの値となる。

	$F_d = 20$ dB	15 dB	10 dB
A 点 ビデオ偏差	-13 dB	-9 dB	-5 dB
B 点	+15 dB	+11 dB	+6 dB
C 点	-0.6 dB	—左の値以下	

すなわち、フェージングによって A 点に動作点すなわち中心周波数があるとき 4 Mc 点のビデオ振幅は低くなり、B 点にあるときは高くなり、また C 点にあるときにはあまり大きな変化は生じない。このような変化の様子は写真 3 (b) に示す一連の特性に現われていることがよくわかる。このように短い遅延波と長い遅延波が共存する場合には、短い遅延波の振幅比 r_1 の大きさが変化する影響よりも、長い遅延波の振幅比 r_2 ($r_2 \ll r_1$) が変化する方が、ビデオ振幅偏差が大きく現われる。

以上は遅延波の状態が定常の状態にあるときのビデオ振幅偏差の様子を説明したもので、その偏差の大きさはフェージングの大きさと関係をもつことが容易に理解しうる。しかし実際には多重遅延波の性質はもっと複雑で、たえず変化しているから、これを統計的な関係でみれば、第 7 図に示す結果となる。この結果は、ビデオ振幅特性を撮像している時間 (5 分～10 分間) にわたって、

第 5 図

大浦・名瀬
間山岳回折通
路における多
重波の通路路

第 6 図

短い遅延波
と長い遅延波
の 3 波合成に
よる多重路伝
播の振幅特性
の計算例

4 Mc 点の振幅偏差が負となる (基点 0 Mc 点に対して低くなる) 1 % 値と、その時間内のフェージング分布の 50 % ~ 99 % 幅すなわちフェージング深さとの関係を示すもので、両者はほぼ直線関係で増大している。また大口径アンテナ受信よりも、小口径アンテナの方が、同じフェージング深さに対して振幅偏差が大きく現われており、これは、アンテナ・ビーム幅が大きいと遠距離山岳回折回線では散乱波成分の寄与が大きいことを示しているとみてよいと考えられる。第 8 図は実験期間中毎日数回ずつフェージングの各形態に対して観測したビデオ振幅特性の 0.8, 3, 4 Mc 点の偏差の全期間にわたる分布の各 % 値を示したもので、受信アンテナの口径による相違を比較してある。この結果から 4 Mc 点の負偏差の 1 % 値は、大口径アンテナでは 7 dB, 小口径アンテナでは 9 dB 程度で、振幅が低下する負偏差の周波数特性は各 % 値とも、ほぼ $A(f) = \exp(-\mu f^\alpha)$ (μ, α は定数, $\alpha = 1.5 \sim 2$) にしたがう傾向で変化しているようである。また上昇する正偏差の周波数特性は、ほぼ $A(f) = \exp(\mu f)$ の傾向を有しているとみられる。すなわち、統計的にみると周波数が高いほど偏差は大きく、かつ負偏差の方が大きく現われる。この結果は、見通し内テレビ中継回線における規格 (総合 4 Mc 点 ± 3.5 dB, 3 Mc 点 ± 2 dB) からみれば許容限界以上であるが、対流圏散乱回線に比べれば良好である。これらの特性の改善対策は、伝搬上からみて水平面、垂直面ともビーム幅を狭くするほかに、スペース・ダイバーシチ方式の採用が考えられる。しかし、ダイバーシチ受信における広帯域特性の改善効果は、きわめてむづかしい問題で、合成方式も直線合成 (Linear adder) よりも 2 乗比合成 (Ratio Squarer) の方が望ましい。この実験で大口径と小口径アンテナによる直線合成方式ダイバーシチ受信を行なった結果、第 8 図の特性よりは改善しているが、あまり顕著ではなく、4 Mc 点負偏差の 1 % 値は -5.5 dB 程度であった。

(2) 微分利得 (DG) 特性

この測定法は、送信側でリニアリティ・チェックにより階段波形を 3.58 Mc で変調し、同期尖端から階段波形尖端まで p-p 8 Mc とし、3.58 Mc 正弦波の変調度を 10 % とし、同期と階段波形の電圧比を 3 : 1 としたテスト信号を 12 dB エンプをアッスにかけて送信し、受信側ではこれを検波して 3.5 Mc 成分の正弦波だけを取り出してブラウン管の縦軸に加え、横軸に線周波数を入れると、AM 波形に似た図形が得られる。

これを 8 mm カメラで撮影して、その図形の最大振幅 (M) と最小振幅 (m) の差と最大振幅との比の百分率 ($(M - m)/M \times 100\%$) で整理した。このテスト信号では

第7図 フェージング深さと4 Mc 点ビデオ振幅の負偏差との関係

第8図 ビデオ振幅偏差の全期間分布の各％値
(大浦-名瀬)

信号の全範囲の各部の直線性(微分値)が走査されることになり、重畳された正弦波の振幅は各部の直線性の微分値に応じて変化する。受信波形によって非直線ひずみの大きさを知ることができる。これが伝送回路の微分利得(DG)といわれている。写真4はDGの観測例で、フェージングのないときは振幅はまったく平坦であるが、フェージングの発生によってこれも大きく変化する。DGは伝送系の振幅特性が大きく支配し、この場合近似的に次式で表わされる⁸⁾。

$$DG = \frac{G(f+f_m) + G(f-f_m)}{2G(f)} - 1 \quad (8)$$

$$DG = \frac{G(f_0+f_m) + G(f_0-f_m)}{2G(f_0)} - 1$$

上式において、 f_m は微分周波数(この場合 3.58 Mc)で、分母の記号は(4)式と同様で、分子の記号は f_0 が f になった場合と同様に考えればよく、 f は周波数偏移到相当し、この実験では p-p 8 Mc に対して 12 dB エンファシスをかけているので、 $f=1$ Mc となる。

さて、この実験伝搬路のように短い遅延波と長い遅延波が共存する場合、遅延波の要素を前項と同様としてフェージング深さ 20 dB のとき、第6図のA、B点に動作点があるときのDGを(8)式から求めると、A点では

第9図 微分利得(DG)の全期間分布

約63%、B点では約70%発生することになる。しかし前にも述べたように実際には遅延波の性質はたえず変化しているので、このDGの大きさを統計的にみれば、第9図の分布となる。白黒テレビでは重畳する高周波正弦波の周波数 f_m は $0.2 f_c = 0.8$ Mc (f_c は映像信号の最高周波数で 525 本方式では 4 Mc) とする規格となっており、 $f_m = 0.8$ Mc の場合のDGは微分周波数の2乗比で変化すると考えられるから、第9図の結果から1%値は2.3%と推測される。この値は、CCIRの総合規格20%からみればそれほど悪い値ではない。このDGは白黒テレビの場合コントラストを損う度合を示すが、NTSC方式カラーテレビの場合 3.58 Mc の副搬送波の明度信号に対する振幅比で色の飽和度を伝送している、これは飽和度の忠実度に対する尺度となり、 $f_m = 3.58$ Mc でのDGは第9図の分布となるので、この回線は現状ではカラーテレビ伝送には適さないようである(規格は総合で10%以内)。

(3) テレビの画質

テレビ画質の試験には、TIE-4型工業用テレビ装置(ITV)を用いて普通の絵またはテストパターンを撮像し、p-p 8 Mcの周波数偏移の周波数変調で送信したものを、受信

写真4 DG(微分利得)の観測例(12 dB エンファシス)

写真5 受像例 (電界安定のとき)

(a) 電界安定のとき

(b) 深いフェージング発生時

写真6 テストパターンの受像例

側では受信機のビデオ出力を監視用受像機 (普通の17インチ受像機) に接続して、16mm カメラで連続撮影した。この場合、ITV の水平解像力は 350本、垂直300本程度で、監視用受像器はそれ以下であるので、画質はもともと最良質ではなく、したがって画質の微細な変化の試験には不向きであり、画質の大きな変化に着目した。この回線では受信電界がきわめて安定な時間がかなり多いので、この場合には受信画質も装置の性能の範囲できわめて良質である。したがって、画質の大きな変化もこのときの画質を基準として比較判定した。写真5および写真6 (a)は受信電界の安定なときの画質を示し、フェージングが発生すると、画質劣化の主な現象として解像力の劣化、コントラストの変化および白黒反転様の劣化を生ずる。この後者の劣化で極端な場合は写真6 (b)に示すような例で、深いフェージングのとき発生している。解像力およびコントラストの劣化は、前述のビデオ振幅特性および DG 特性の変動結果からも相当生ずることがわかり、白黒反転様の劣化はもちろん前二者の程度のはげしいものであるが、選択性フェージングによる振幅特性の変動のほか、高い周波数成分の位相ひずみが大きな影響を及ぼしているものと考えられる。画質劣化を定量化することはむづかしく残された問題であるが、その一つの目安として、上記3種の画質劣化が生じたときの瞬時フェージング深さを調べると、第10図に示す分布となる。これは小口径アンテナ受信結果で、画質劣化は、瞬

時フェージング深さが 6 dB ぐらいのときから発生し、14 dB ぐらいから写真6 (b) に示すような白黒反転様の劣化を生じている。第10図の結果からは、やはり画質劣化の程度はわからぬが、フェージング深さの小さいときには劣化の程度も小さいとみるべきで、この関係は第7図の結果からも推測がつくと考えられる。

む す び

以上山岳回折伝搬特性と遠距離山岳回折回線におけるテレビ伝送特性の実験結果の概要を述べたが、山岳回折回線では SN 比を十分確保することは現状では容易であるが、広帯域伝送特性をきわめて良好に保持するには困難な問題がある。しかし伝送特性は散乱回線に比べれば良好であると考えられる。

テレビ画質の改善には、尖鋭なビームのアンテナを用い、かつダイバースチ受信を採用することは有力な手段であるが、ダイバースチ方式で十分改善しようとは限らないので、その合成方法の検討とさらに画質劣化の発生機構を解明して別な改善効策を講じてゆく必要がある。これは今後に残された問題として重要である。

終りに、実験に指導と協力をいただいた深海前無線課長、土井無線課長補佐、森永無線課長補佐、牧野無線方式係長を始め実験を担当した通研無線課の同僚、ならびに九州通信局調査課、福岡無線通信部の関係諸氏に深く謝意を表する。(昭和36年12月5日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 河野哲夫：対流圏散乱によるテレビ伝送の可能性，テレビ誌，11 (1960)，507～513。
- 2) 鶴岡重存，他：山岳回折伝ばんに及ぼす山頂の起伏の影響について，71回電波気象談話会資料，(1960. 10. 14)。
- 3) 奥村善久：山岳回折における伝ばん歪に関する研究，通研成果報告，第 1559 号 (1961. 04)。
- 4) 岩井文彦，他：九州-奄美大島間見通し外通信伝ばん試験，通研実報，9 (1959) 1183～1213。
- 5) 平井正一：超短波山岳回折波の多重伝ばん機構と回折損失，電波研季報，4 No. 16 (1958. 07)。
- 6) 奥村善久，他：超短波の山岳回折における伝ばんひずみ，信学誌 10 (1961) 1354～1362。
- 7) 菅原鼎山：FM 無線工学，日刊工業新聞社，(1959) 589～594。
- 8) 松本高士，他：FM 伝送系における小さなエコーがカラーテレビ伝送特性に及ぼす影響，信学誌，5 (1959) 519～524。

第10図 画質劣化と瞬時フェージング深さとの関係