2. 中波音声放送方式の将来展望

NHK 総合技術研究所 稲 富 抱 一

中波放送の将来方式に関し、(1) 国際的に古くから研究されてきた SSB 放送のような帯域幅節約形変調方式、(2) 主として米国で早くから研究され、現在同国で、国内委員会を設置して検討されている AM ステレオ放送、(3) 英国で開発中の交通情報放送や、その他、特定番組受信のための放送方式、について、その歴史的経過や、現在の研究動向などを文献等により調査した結果に基づいてとりまとめ、中波放送方式の将来展望を試みた。

1. ま え が き

中波放送は、わが国でも放送開始以来すでに半世紀を過ぎ、方式として技術開発の余地は、もはやないように思われている向きもある。しかし半世紀は人類発展の歴史の過程では一瞬の間に過ぎない。また、中波放送方式は国内委員会や国際委員会の討議を経て、さまざまな可能性の中から選定されたわけではなく、恐らく自然発生的に放送が始まったために、方式として技術的に最善のものであるかどうかは疑わしい。テレビジョンが VSB 方式を採用して帯域幅の節約を図っているのに対し、中波放送は DSB 方式であることなどがその例である。

中波ラジオ受信機が、フェライトバーアンテナ、小形乾電池、トランジスタで構成できるようになってから、その簡便さと機動性の故に中波ラジオは独特の活動の場を持つようになった。それは有線では絶対に置き換えることのできないもので、不特定多数の大衆がどこでも受信できるという無線放送の本質を現在の中波放送は具現しており、まさしく「標準放送*」の名をはずかしめていないといえよう。

中波放送方式の現行 DSB 方式からの脱皮については、古くからいろいろの提案や研究開発が行われて今日に至っているが、受信機技術や周辺技術の進歩にもかかわらず、また、中波放送の聞かれ方の変化にもかかわらず、放送方式は旧態依然として変化がない。

しかし、周辺技術が今後さらに進歩していくにつれて、また、社会生活における中波ラジオの役割の変化によって、これらの提案や研究のうちのあるものは実現されていくことが期待される。

ここでは、いままでに提案され研究された中波放送方式を振り返りながら、その将来展望を試みることにしたい。

2. 帯域幅節約変調方式

2.1 長・中波放送地域主管庁会議の決議

中波放送は、開始当初から DSB 送信・包絡線検波受信方式で現在に至っている。しかし DSB 方式は、SSB 方式のほぼ 2 倍の周波数帯域を必要とし、また、搬送波は変調と無関係に常時定振幅で送信されていて、ビート混信の原因となっているが、情報は何ら送っていない。搬送波は受信機の自動利得制御には役だっているが、自動利得制御だけのためならば、その振幅は大幅に減少できる。中波放送が開発途上国にも広く普及していくにつれて、限られた中波放送周波数を有効に利用するために、現行の DSB 方式の見直しはますます必要となってきた。

長・中波放送周波数の国際的な混雑を緩和するため、さきごろ開催された長・中波放送地域主管庁会議は、「現行受信機に対する両立性の問題を考慮に入れて、帯域幅節約変調方法一特に ISB**、SSB 方式の技術面、運用面についての CCIR での研究を促進し、同一チャンネル混信や隣接チャンネル混信が、現行の DSB 方式の場合より悪くならない限り、帯域幅節約変調方式を暫定的に使ってよいこと」を決議した。

今回の主管庁会議による協定は、発効日の 1978 年 11 月 23 日から 11 年間を考慮したものであり、この期限が切れるころには、この問題について激しい論争が起るこ

* "A Review of the Studies on Medium-Frequency Broadcasting Systems" by Hoichi Inatomi (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

* 標準放送: 放送法第 9 条第 1 項の定義により、525 kHz から 1,605 kHz までの周波数を使用して、音声その他の音響を送る放送をいう。

** ISB 方式: Independent Sideband 方式、上下両側波帯を別々の番組で変調する方式。

表 1 ヨーロッパにおける中波 SSB, ISB 放送の実験
(EBU Review および Rundfunktechnischen Mitteilungen による)

国 名	放 送 所 所 在 地	搬送波の 周 波 数 (kHz)	送 信 出 力 (せんとう電力) (kW)	変 調 方 式	実 験 放 送 の 期 間
西ドイツ	Hannover-Hemmingen	1,025	0.4	SSB(USB で始め 後 LSB に変更)	1970年2月25日から
"	Mainflingen	1,475	350	SSB (USB)	1971年2月16日から6週間
"	Rohrdorf	890	0.8	SSB (LSB)	1971年6月上旬から
"	Frankfurt (Main)	890	0.8	SSB (LSB)	1972年初夏から
"	Hannover-Hemmingen	1,025	0.8	ISB	1974年6月6日から1975年12月31日まで
"	Mainflingen	1,538	350	ISB	詳細不明
ス イ ス	Sarnen	1,475	250	SSB (USB)	1974年10月7日から1974年11月8日まで

とも予想される。

2.2 ヨーロッパでの実験放送

SSB, ISB 放送については、ヨーロッパがきわめて熱心で、西ドイツやスイスで、実験放送を表1のとおり実施したことが報告されている。

表1中のスイス Sarnen 局の SSB 試験電波は、水平偏波で発射され、これを DSB 方式と比較するために、Beromünster の 1,562 kHz の送信機も、同時に同一信号を DSB 方式水平偏波で発射した。水平偏波の実験をした理由は、水平偏波アンテナで夜間垂直に電波を打ち上げると、電離層による反射波のみが受信に利用されるので、サービスエリア内の受信が安定であり、また遠隔地に与える混信が少なくなはしないかということを実験するためである。

水平偏波送信については、スイスは数か国での、理論的および実験的検討の結果、遠隔地に与える混信などについて、必ずしも期待したとおりの効果が得られるとは限らないことがわかった。昼間は、垂直偏波アンテナに切替える必要があることや、水平偏波アンテナの建設費なども考えると、現段階では推奨できるものではなさそうである¹⁾。

2.3 単一側波帯放送の研究

中波放送の帯域幅を節約する変調方式の研究は、最近になって始まったものではない。わが国でも昭和 10 年代の初頭に NHK 技術研究所で単一側波帯放送の研究が行われ、側波帯除去装置などについて研究が行われた²⁾³⁾。

CCIR では、1948 年の第 5 回総会で長・中・短波帯における SSB 放送が初めて Question としてとりあげられ、欧米各国で研究が進められたが、1953 年の第 7 回総会でまとめられた Recommendation では必ずしも肯定的表現とはなっていない。これは当時の真空管式受信機の技術レベルからみて、やはり時機尚早であったからであろう。

2.4 CSSB 方式

CCIR では、さらに 1959 年の第 9 回総会で、現行の受信機には手を加えずに、しかも現行 DSB 放送を受信すると同じ程度に良好に受信できるような変形 SSB についての Question を採択した。これは CSSB (Compatible Single Sideband) 方式とよばれているもので、この周波数スペクトルを DSB 方式や普通の SSB 方式と比較して書くと図1のようになる。

このままでは周波数帯域幅の節約にはならないが、放送番組音の周波数成分は高い周波数成分の方が低い周波数成分より振幅が小さい場合が多いので、高い変調周波数成分の側波帯は $(f+F)$ の成分だけにして、 $(f+2F)$ の成分は省略しても、ひずみは小さいことに着目すれば、周波数帯域幅を節約できることになる。

この CSSB 方式については世界各国で熱心に研究されたが、EBU は送信機の帯域外輻射の点や受信機側でのひずみの点で、一般的な音声放送用には適しないとの意見を表明しており⁴⁾、現在の段階では実用化の目途はないようである。

2.5 中波放送将来方式の研究

CSSB 方式が当初に期待されたほどではないことがわかったころ、一方では半導体技術の発達により、受信機回路が少々複雑化しても、その価格へのね返りは真空管式時代ほどではないという事態が生じてきた。このために、中波放送の将来方式も必ずしも両立性にこだわる必要はなくなってきたといえる。

CCIR でも 1970 年の第 12 回総会で長・中・短波音声放送方式に関する新しい Question を採択し、周波数の有効利用や受信機の適正な価格、その他を考慮して、DSB 方式の代わりとして標準化すべき放送方式、送信・受信の諸特性、現行方式からの移行などについて研究す

表 2 米国および日本で過去に提案、実験された AM ステレオ放送方式一覧

提 案 元	変調方式 (必ずしも厳密な表現ではない)	実 験 放 送	公 表 資 料
ATT	直角変調		USP, Nov. 1926
Bell 電話研究所	ISB		USP, Nov. 1941
Philips	直角変調		特公昭 28-5714 (優先権主張 Apr. 1951)
石川源光	ISB		特公昭 30-8372
望月電波研究所	ISB		特公昭 33-562
Philco Corp.	AM-PM	ニューヨーク WABC 局 (50 kW)	IRE, PG-BC-14, Nov. 1959
Westinghouse	AM-FM	ピッツバーグ KDKA 局	同 上
RCA	AM-FM	ニューヨーク WNBC 局 (50 kW)	RCA Rev., Sep. 1960
CBS	直角変調	ニューヨーク WCBS 局 (50 kW)	JAES, Apr. 1961
Kahn	CSSB		IRE, Oct. 1961
東京放送	CSSB		放送技術, 昭 36 年 12 月
同上	FAM		" 昭 37 年 5 月
東 芝	AM-FM		特公昭 40-19216
Kahn	実質 ISB	メキシコ XETRA 局 (50 kW) ボルチモア WFBR 局 (5 kW)	IEEE, BC-17, June 1971
山 水	Sansui AM-AM		Con. AES, May 1976
同上	Sansui FAM		同 上
Comm. Associates	Frequency Aperture Modulation		
Motorola	直角変調		
Magnavox	AM-PM		
Belar	AM-FM		

べきであるとしている。

CCIR は、このほか、Recommendation 100-2 によって「無線通信規則ではまだ SSB 化が企画されていない業務についても、SSB を使用すると周波数スペクトルの利用を改善できそうなものについては、DSB 方式の代りに SSB 方式を、実行可能な限りとり入れるよう主管庁は努力すべきである」と勧告している。

AM 放送の将来方式については、SSB, ISB, VSB のような古典的方式以外にも、英国の G. G. Gouriet の Hybrid Quadrature Modulation⁵⁾ や、西ドイツの G. G. Gassmann の PICOR (pilot-controlled overtone reproduction) 方式⁶⁾ などの、いろいろの新しい方式が提案されている。また、Pan Atlantic Co. の提案は、現行受信機と両立性のある ISB 方式として提案されたものであるが、まだアイデア段階程度のもので、EBU の委員会でも多くの疑問が投げかけられた⁷⁾。

2.6 SSB 受信の現行放送における効用

以上は、SSB 方式について帯域幅節約の面からとらえたものであるが、現行 DSB 放送波を SSB 受信することにより隣接チャンネル混信を排除することができる⁸⁾ほか、中間周波数の高調波による妨害や、影像周波数に近い周波数による妨害に対しても有用であろう。選択性フェーディングの影響軽減に対しても有用であり、CCIR の Study Programme 33A/10 と Report 472 は熱帯地区における短波放送の中継放送局での、フェーデ

ィングの影響軽減のための SSB 受信に関するものである。

3. AM ステレオ放送

3.1 NSRC と NASC⁹⁾

1 電波による AM ステレオ放送は、主として米国で古くから研究が行われてきた。1925 年、米国で 2 電波による初めてのステレオ放送が行われた翌年の 1926 年、ATT の R. K. Potter は、1 電波によるステレオ放送方式に関して米国特許 1,608,566 を得ている。

米国で FM ステレオ方式が決定されるに当たって、1959 年、NSRC (National Stereophonic Radio Committee) が設置されたが、この NSRC は、当初 FM ステレオだけでなく、AM ステレオも検討の対象としたので、RCA, CBS などから、いくつかの方式が提案された。しかし、当時 FM 放送は、まだ弱体であったので、AM ステレオ放送との競合は避けたいとの考え方や、その他の事情から、AM ステレオ放送は NSRC の検討対象から外してしまい、FM ステレオ放送の結末をつけたあとで、FCC が改めて AM ステレオ放送方式の検討について工業会等の協力を求めることとしたようである。

なお NSRC には、放送会社やメーカー 20 数社が参加したが、この方面できわめて強力な RCA と CBS は結局参加しなかった。

わが国でも、東京放送が昭和 30 年代中期に 2 回にわ

たり AM ステレオ放送方式について実験を行っている。

その後、L.R. Kahn の新しい方式が提案され、これは 1972 年の CCIR 中間会議にも Doc. 10/12 として提出された。

表 2 は、これまでに米国および日本で提案されたり、実験された AM ステレオ放送方式の一覧表である。

1975 年 9 月、米国では FCC の要求により AM ステレオ放送方式について検討するため、NASC (National AM Stereo Committee) が設置された。この委員会には、放送業者、工業会、学会などが関与しており、Comm. Associates, Motorola, Magnavox などからの提案について検討が進められている模様である。

3.2 AM ステレオ放送の特長

AM ステレオ放送が FM ステレオ放送に優る点は、

- (1) サービス範囲が広い。
- (2) 反射ひずみによる音質劣化が少ない。
- (3) 移動受信に際して、電界変動が少ない。
- (4) 外部受信アンテナやフィーダの必要がない。

などの諸点であろう。カーラジオに対してきわめて有利である。欠点としては、外国電波混信の問題があげられるが、混信は夜間だけの問題で、昼間の聴取に対しては問題とならない。したがって、昼間は広帯域受信も可能である。

1959 年 NRSC 設置にあたって提案された諸方式や、その後 Kahn 氏から提案された方式などについては、表 2 に示したように、実用放送機を使用した野外試験が行われ、いずれも良好な結果を得たと報告されている。しかし、FM ステレオ放送が広く普及した現在のわが国のレベルで評価した場合、音質などについてどの程度の評価を受けるかは疑問のあるところであろう。

現行方式からの移行については、送信側、受信側それぞれについて問題が出てくると思われるが、提案されている諸方式の中には、現行放送機にアダプタを付加することによりステレオ放送を可能とするものがあり、また受信機についても、方式によっては現行の受信機 2 台を使用し、搬送周波数の上下にそれぞれ少しずつずらして同調することによりステレオ効果を得ることもできると報告されている。こうした方式が採用されれば現行の送・受信機はそのまま使えることとなり、AM ステレオ放送の実現は比較的容易であると考えられる。

4. 特定番組受信放送方式

4.1 番組選択信号放送方式¹⁰⁾

聴取者の好みの番組を自動的に選択して受信できるようにする放送方式についての発想は古くからあり、昭和 15 年公告の日本特許第 141951 号は井深大氏発明のもの

で「送信側で異なる番組毎に特定の異なる周波数で変調された信号電波を送り、受信側では、前記各周波数をそれぞれ固有振動数とする振動片を有する複数の振動継電器を設けて、希望する放送番組を自動選択的に聴取できるようにしたもの」である。

昭和 40 年松代地震の経験から、信越放送は、臨時ニュースを確実に受信できる方式を提案し、ついで文化放送、東京放送、さらにニッポン放送（特公昭 45-25604）などが相ついで番組自動選択受信方式を提案した。また、深田雅之氏には、特公昭 45-8681「制御情報放送方式」以下数件の特許出願がある。

好みの番組の選択受信や、地震などの際の緊急信号受信のほか、テープレコーダや室内照明の制御などの制御情報放送についても前述の諸提案中には触れており、やはり将来の放送においてのひとつの可能性を示しているといえよう。

ポケット形受信機で聞ける中波放送が、地震や台風などの災害時に発揮する威力については、ここで改めて述べるまでもないことである。災害情報、緊急情報などの放送方式については、放送事業者としての利害を越えて国家的見地から検討しておく必要があろう。

4.2 交通情報放送

中波ラジオ番組の中で交通情報はきわめて重要な地位を占めているが、現行の交通情報のように通常の番組の中に適当に織り込まれているに過ぎない交通情報は、次のような欠点がある。

- (1) 交通情報に直接関心のない聴取者にとっては、かえってじゃまなことが多い。
- (2) 運転者にとって、どのチャンネルを聞いていれば一番自分に適した交通情報が得られるかが明確でなく、また本当に聞きたいときに聞けないことがある。
- (3) 番組制作上からは、ドラマや音楽番組放送中に交通情報を挿入することは必ずしも常に歓迎すべきことではなく、また、番組の総時間との関係で、必要な交通情報がすべて放送されるとは限らない。

こうした欠点をなくすためには、交通情報を専門に放送するチャンネルか、それとほぼ同等の機能を持つ受信方式があればよいわけで、多数の国が国境を接して隣り合っていて、自動車に乗ったまま国境を越えて往来することの多いヨーロッパでは、統一した方式での交通情報放送が望まれている。

ヨーロッパの交通情報放送については、EBU その他の国際的な機関で検討されている。EBU には初め西ドイツとオランダから VHF-FM による方式が提案されて

いたが、これに対し英国の BBC は、少なくとも英国では地形に高低があるため VHF は適当でないとして、これに代る方法として中波による同一チャンネル時分割方式を提案している。

米国の Atlantic Research Corp. が開発中の Highway Advisory Information Radio (HAIR) 方式も中波帯を使用しているが、これは FM のカーラジオは米国でもあまり普及していないために、まず中波帯を利用するものを考えたと称している。

(1) BBC 方式¹¹⁾

中波 1 波により全国放送網を形成するもので、同一地域の 16 局で 1 グループとし、同一グループ内の局は同時送信することができず、時分割的に送信することになる。交通情報の 1 サイクルを 8 分とし、各局等分に時間配分すると、1 局当たり 1 回 30 秒となる。

受信機は、通常のカーラジオと並べて別に設ける専用受信機とし、同調周波数は 1 波固定とするが、局部発振器による妨害を隣のカーラジオに与えぬようにするためスーパーヘテロダイン形式とせず、ストレート形とする。

(2) HAIR 方式¹²⁾

道路際に設置された最大 10~15 W 程度の小電力の中波放送機により、一般の運転者に交通上の助言や緊急情報を伝達するためのものである。車が長さ約 1.2 km 程度の HAIR 方式のサービス圏内に入ると、運転者が聞いていた好みのラジオ番組が自動的に聞えなくなり、交通情報放送が受信される。交通情報放送にも、交通アドバイスや旅行インフォメーションなどの別があり、あらかじめ選択ボタンを押しておくことにより希望の情報が得られる。交通情報が終るとまたもとの放送番組に自動的にもどる。

使用周波数は、通常のカーラジオでも一応受信でき、しかも米国国内で混信妨害を受けることが比較的少ない波という点で、中波放送波帯の両端の 530 kHz と 1,606 kHz が選ばれ、それぞれ道路の上り線、下り線に対応している。

専用受信機は 82.5 Hz、85.2 Hz、1,477 Hz の 3 つの音声信号コードにより制御される。

送信アンテナは、道路際に設置された 1 本ないし数本の垂直ホイップアンテナか、長い漏洩ケーブルアンテナによる。

5. む す び

SSB や ISB 放送は主としてヨーロッパで研究され、AM ステレオ放送は米国で関心がもたれている。しかし、AM ステレオ放送方式のうちには、その変調波の周

波数スペクトルが結果的には ISB となるものもあり、入力信号に異種番組、同一番組の違いはあっても技術的に指向するところは同じであるといえる。したがって、AM ステレオ放送受信機の開発は、そのまま ISB や SSB 放送受信機の開発につながる可能性があることに留意する必要がある。また、むしろこれを利用して AM ステレオ放送により受信機の開発を進めながら、ISB や SSB 方式に移行することも考えられる。

開発途上国が、月収 1 万円にも満たない大衆を多数抱えながら放送網を整備するに当って、まず中波放送を優先するのは当然であり、中波放送周波数の国際的な不足は日を追ってますます顕著なものとなるであろう。したがって、現行の DSB 放送波の周波数スペクトルの冗長性が永遠に放置されることはないであろうし、集積回路技術がまったくの実用段階に入った今日、方式見直しのひとつの節目にさしかかってきているとする見解をまったく無視することはできないであろう。

また、中波ラジオが 1 世帯集団聴取の座をテレビにゆずり、移動受信、パーソナル受信にその活動の場を変えた今日、旧来の放送形態から、交通情報専用放送などの形態への変化を試みるのも、また必然の流れといえよう。

新しい放送サービスの開始にあたっては、受信機の開発はきわめて重要である。一般大衆が新しいサービスに見合う価格で購入できる受信機を開発することがまず第一である。

表 3 各種受信機の小売価格(昭和24年1月 NHK 調査結果)

区 分	各種受信機の小売価格(円)				スーパーとして販売しやすい希望小売価格(円)
	並 四	高ダイナミックスピーカー	スーパー(中波)	スーパー(全波)	
全 最 低	1,000	3,000	5,500	8,500	3,000
平 均	2,260	4,450	7,480	13,380	5,950
国 最 高	3,000	6,500	11,500	23,000	8,000

表 4 スーパーの販売希望比率(%)
(昭和24年1月 NHK 調査結果)

地域別(中央局別)	全国平均	東 京	大 阪	熊 本	札 幌
並四・高一を多く売りたい店	75	96	75	60	53
並四・高一とスーパーと同程度の店	10	4	15	0	7
スーパーを多く売りたい店	15	0	10	40	40

SSB 放送についての CCIR の最初の Question が出た昭和 23 年ごろの、わが国のラジオ受信機の状態は、ちょうど並四（再生検波，低周波増幅 2 段，整流管の 4 球式），高一（高周波増幅 1 段，再生検波，低周波増幅 1～2 段）から，スーパーヘテロダイン方式への切替期に当たっていた。昭和 26 年には、わが国にも民間放送局ができ、受信機のスーパー化が促進されることになるが、昭和 24 年 1 月に NHK が行ったラジオ受信機市場調査結果¹³⁾の一部を引用したのが表 3、表 4 である。当時の日傭労務者の日給は 240 円で、いわゆるニコヨンの呼び名が出たことを考え合わせると、当時のラジオ受信機は一般大衆の収入にくらべるとかなり高価で、また、スーパーへの切り替えは大衆にかなりの負担を強いたことがわかる。トランジスタは昭和 23 年に発明されたばかりで、実用にはまだほど遠かった。

しかし半導体技術の発達により、回路の複雑化による受信機価格へのはね返りは真空管時代にくらべるとはるかに少なくなった。また、受信機価格は一般大衆の平均収入や諸物価に比べると低下の一途をたどっている。最近、わが国で販売されているラジオ受信機をみると、たくさんアクセサリーがついているものが多く、受信機の基本部分の値上りはあまり問題にする必要はなさそうでもある。AM ステレオ放送も、いまとなつては左右 2 個のスピーカーを鳴らすことに聴取者はほとんど抵抗を感じないと思われる。

戦後の荒廃の時代、並四や高一からスーパーへの切替えに成功して、NHK 局と民間放送局共存の花やかなラジオ時代を出現した事例なども考え合わせると、新しい放送方式、新しい受信機回路を実用化して、より豊か

なラジオを実現することも、あながち夢物語とばかりは言えない時代が近づいているといえよう。

(昭和 52 年 3 月 31 日受付)

(参 考 文 献)

- 1) CCIR Report 616
- 2) ラヂオ年鑑，昭和 12 年，148，同昭和 13 年，146
- 3) NHK 技研 30 年史 (1961) 34
- 4) CCIR Report 299-3
- 5) G. G. Gouriet: Hybrid Quadrature Modulation—An Efficient System for LF/MF Broadcasting, EBU Rev., **129-A**, Oct. (1971) 200-204
- 6) G. G. Gassmann: Improvement of the Transmission Quality with Unchanged System Bandwidth, EBU Rev., **144-A**, Apr. (1974) 63-67
- 7) EBU Rev., **145-A**, June (1974) 126
- 8) 稲富，大原：混信排除形 AM 受信機，NHK 技研月報，**18**, 10 (1975) 379-381
- 9) E. L. Toric: AM Stereophonic Broadcasting—An Historical Review, J. Aud. Eng. Soc., **23**, Dec. (1975) 802-805
- 10) 徳間：放送電波の選択応動，放送技術，**21**, 9 (1968) 686-690
- 11) R. S. Sandell, M. W. Harman: A Traffic Information Service Employing Time Division Multiplex Transmission, BBC Eng., June (1975) 3-21
- 12) R. A. Anderson, R. G. Robertson: Study and Development of Highway Advisory Information Radio, PB-240, 246, Dec. (1974)
- 13) ラジオ受信機市場調査について，NHK 受信機情報，**2**, 4 (1949) 3-4
- 14) 森本：中波放送問題の展望，国際電気通信連合と日本，**6**, 3 (1976) 1-7
- 15) 田所：音声放送の今後の課題，信学誌，**59**, 10 (1976) 1100-1102
- 16) 稲富：中波 SSB 放送と ITU，放送技術，**28**, 8 (1975) 566-570
- 17) 稲富：中波放送方式の将来展望，テレビ学会無線技術研資，RE 76-25, 8 (1976)