《3》 テレビ音声多重放送の研究開発の歴史

[名誉会員] 沼口 安隆[†]

キーワード FM-FM, ステレオ, 両立性, 電波技術審議会, BTSC, CCIR

1 ま え が き

FM-FM方式によるテレビ音声多重放送サービスが開始されたのは1978年の秋であった。以来、約33年、多くのテレビ番組はステレオ音声化され、ニュースの二カ国語放送も続けられてきた。

いま、この方式がその役目を終わるにあたり、かつてこの方式の開発に携わった者として、テレビ音声多重放送のための多重方式の研究開発の歴史を振り返ってみた。

2 初期の研究

2.1 ヨーロッパにおける研究¹⁾

ヨーロッパでは二つ以上の言語が使用されている国がいくつもあり、テレビ放送で複数の音声を同時にサービスしたいという強いニーズがあった。このため、1960年代の初頭から、FM変調音声チャンネルに副搬送波を重畳して、第2の音声チャンネルを伝送する多重方式の研究が行われてきた。

多重方式には、音声副搬送波（以下、副搬送波）を周波数変調するFM-FM方式と、副搬送波を搬送波抑圧振幅変調するAM-FM方式（DSB-FM方式とSSB-FM方式）がある。ソ連ではSSB-FM方式、ポーランドではDSB-FM方式、スウェーデンではFM-FM方式が研究されたが、いずれも研究段階に留まった。

DSB-FM方式とFM-FM方式は、すでにFMステレオ放送のパイロットトーン方式で実用化されていたが、テレビ放送の音声チャンネルでは、受像機内部で発生する映像チャンネルからの妨害（バズ）が問題であった。バズは主として垂直同期周波数とその高調波成分、および、水平同期周波数（ f_H ）とその高調波成分からなり、副搬送波領域では f_H の高調波成分による妨害が大きい。テレビ音声多重方式の場合は、これをいかに低減するかが課題であった。これを解決するため、副搬送波の周波数を f_H の整数倍、あるいは $1/2f_H$ の奇数倍とする、バズの打ち消し回路を使用する、コンパウンダーで妨害比を改善する、などの方法が検討された。

なお、1960年代末には、西ドイツで第二の音声搬送波で副音声信号やステレオ信号を伝送する多重方式（2キャリアFM方式）が発表された。

2.2 テレビ音声多重実験協議会¹⁾

我が国でも、1964年秋の東京オリンピックで、二カ国語サービスの試験放送を行いたいという動きがあり、1962年に、NHKと民放6社から実験局の開設申請があった。しかし、各社の多重方式が異なっていたので、1964年9月に、関係機関から成るテレビ音声多重実験協議会という組織が結成され、この組織のもとに実験放送が行われた。この実験放送は、オリンピック直前に開始されたが、技術的実験のみで実際の放送サービスは行われなかった。

各社別々の実験では正確な方式比較は困難なため、室内実験で各方式の性能の比較が行われた。しかし、いずれの方式の性能も実用には不十分であった。なお、この実験ではステレオは考慮されていなかった。

この協議会は1966年8月に解散したが、この問題は郵政省の電波技術審議会の諮問事項として引き継がれることになった。

3 FM-FM方式の開発^{2) 3)}

NHK技研では、1962年からテレビ音声の多重方式の研究を開始し、SSB-FMとFM-FMの実験を行っていたが、テレビ音声多重協議会にも参加して実験に協力した。

その後、EBUの技術委員会で、テレビ音声多重放送の本格的な研究が始まったこと、1970年の大阪万国博には、この方式による二カ国語番組やステレオ音声番組の実験放送を行いたいという要望が高まったことから、電波技術審議会でも、1968年にテレビ音声多重放送の方式が正式な諮問事項として取り上げられた。NHK技研でも、これに寄与するため本格的な多重方式の開発を行うこととなり、1968年から室内実験を再開した。

3.1 室内実験

まず、各種多重方式の特性を再検討し、副搬送波の中心周波数を $2f_H$ （約31.5kHz）に一致させるFM-FM方式を選定した。この方式は帯域幅、 S/N 、バズ妨害の点で最も優れており、副音声だけでなくステレオ差信号の伝送にも使用

[†] 元 NHK・株式会社東芝

"The History of R&D on Sound Multiplex TV Broadcasting" by Yasutaka Numaguchi (ex-NHK, Tokyo/Toshiba Co., Ltd., Tokyo)

できる。また、復調回路も簡単で、受像機の音声受信回路への付加も容易である。ただし、受像機の音声受信回路の特性が著しく劣化している場合、副搬送波のレベルが大きいと副音声チャンネルから主音声チャンネルへの漏話が発生することがわかった。この漏話はステレオの場合は問題ないレベルであるが、副音声の内容が主音声と異なる場合は妨害となる恐れがあった。

音声多重放送を既存のテレビ放送システムに導入する場合、最大の問題は両立性である。これには既存受像機との両立性、すなわち、既存の受像機の音声チャンネルへの漏話がないかという問題と、放送サービスに対する両立性、すなわち、副音声チャンネルのサービス区域と混信保護比が現行放送と同じで変わらないか、放送波中継で支障が生じないかという問題がある。

当時、受像機の普及台数は2,000万台以上で、しかも、その過半数が特性の劣化が生じやすい真空管式の白黒受像機であった。したがって、既存受像機に対する両立性は最大の難問で、実験局による調査が必須であった。このため、まず、NHK技研内で使用中の、白黒およびカラー受像機約10台の漏話量を測定して、候補となる副搬送波レベルを決め、実験局による技術実験のための暫定規格を作成した。

放送サービスに対する両立性は、この規格でほぼ満足できることが、室内実験での測定値から推定できた。なお、この規格では、副搬送波の変調信号がステレオか副音声かを判別するため、ステレオのときには $3.5f_H$ のCW信号を送出することにした。

テレビ番組の音声をステレオ化した場合の番組効果と、雑音やバズ妨害を低減するためのコンパンダのパラメータについては、NHK技研の音響研究部門において実験を行った⁴⁾。その結果、スピーカを狭い間隔、すなわち受像機の左右に置いた場合でもステレオ音響効果があり、ステレオ化により番組の効果も向上することがわかった。コンパンダについては、受信側でエクスパンダを省略しても不自然でなく、しかも、それを使用すれば雑音低減効果があるパラメータが得られた。ただし、このコンパンダは実際の放送では使用されなかった。

このほか、当時、ドイツ(西ドイツ)の放送技術研究所(IRT: Institut für Rundfunktechnik)が発表した2キャリアFM方式についても、その特性を実験で評価した。この方式は、音声搬送波より約240kHz高い周波数の第2の音声搬送波を付加してステレオや副音声を送信するもので、第2音声搬送波は、主音声搬送波より10dB低い電力で送信する。既存受像機で実験した結果、映像にビート妨害が発生する場合があります、我が国では採用できないことがわかった。

3.2 実験局による野外実験

野外実験は、1969年7月に東京のNHK教育テレビ局に開設された実験局を使用して、同年7月末から10月末までの3ヵ月間実施した。

図1 テレビ音声多重信号の周波数スペクトル

まず、受像機メーカー各社の設計者に依頼して、夜間放送終了後に発射した試験電波を、過去に市販した代表的な受像機で受信してもらい、音声チャンネルにおける副音声の漏話の有無を調査した。この結果、ほとんどの機種で問題ないこと、問題が生じた機種もチューナの微同調の再調整で改善できることがわかったので、その後の試験信号は定時番組の時間帯に送出した。

また、放送サービスに対する両立性について、実験車による試験信号の野外受信実験を行った。その結果、サービス区域や混信保護比は現行放送と同等であることがわかった。

ステレオと副音声との判別は、 $3.5f_H$ のCW信号では誤動作することがわかり、これを振幅変調した2種の正弦波周波数制御信号で判別する方法に修正した。この信号周波数には、当時、ポケットベル用として廉価で入手できるリードフィルタの周波数を利用し、音声多重受信回路のコスト低減を図った(ただし、市販された受像機ではリードフィルタの代わりに専用のICが使われた)。

以上の結果より、方式の実験規格を決定した。副音声の場合の副搬送波のレベルをステレオの場合のレベルより低くしたのは、漏話をできるだけ防止するためであった(図1)。

3.3 実験放送

野外実験の結果、この方式が実験放送として使用可能であることがわかったので、同年12月に東京、大阪のNHK総合テレビ局を使用した実験局が開設され、さらに実験番組の放送を含めた実験が続けられることになった。また、電波技術審議会にもこの結果を報告し、同審議会では、このFM-FM方式を多重方式として採用することに基本的な問題はないとの中間答申が行われた。

この後の実験局の運用は、NHKの現業部門の手に移され、翌1970年1月から、週1回の実験番組の放送が開始されたが、同年3月から9月まで、大阪で開催された万国博の期間には、開会式の実況および週1回の万博ニュースが、英語の解説を多重して放送された。また、万博終了後も、毎夕7時のニュースが英語を多重して放送され、さらに、不定期ではあるが、ステレオ音楽番組の放送も行われた。

これと平行して、放送波多段中継の両立性や、遅れの大いゴーストによる副音声チャンネルの特性劣化など、追加

的な技術実験も行った。

この間、既存受像機の音声への漏話について受信者からのクレームはほとんどなく、クレームのあった受像機についても、チューナの微同調を正しく設定すれば漏話はなくなることがわかった。

一方、多くの受像機メーカーが多重放送用受像機、あるいは多重アダプタの市販を開始し、一般の受像機にも多重アダプタを接続するための端子を備えるものが多くなった。

なお、1971年6月にスイスのジュネーブで開催された国際電気通信連合 (ITU: International Telecommunication Union) の第1回世界電気通信展示会 (Telecom '71) に、NHK技研から音声多重受像機、変調器およびVTRを出展し、デモンストレーション番組を再生する実演を行った。

3.4 電波技術審議会の答申⁵⁾

以上の実験結果から、この方式が既存受像機に対し十分な両立性を持っていること、副音声およびステレオ音声は十分に高音質であること、多重アダプタの実現性も充分なことが認められた。また、副音声チャンネルのサービス区域および混信保護比は現行放送と同程度で、放送波中継による音質劣化も比較的少なく、現行の置局でサービス可能ことがわかった。これらの結果を基に、技術基準の案を作成し、電波技術審議会に提案した。この案は、それまでの実験結果の報告とともに、昭和46年度電波技術審議会の答申として採択された。

3.5 放送の実用化

当時はカラー放送がまだ普及の途上期で、NHK総合テレビの放送番組がようやく全時間カラー化されたという段階にあり、カラー受像機の普及台数も白黒受像機の普及台数と同程度であった。したがって、カラー番組の拡充とカラー受像機の普及が最優先事項で、音声多重放送への関心は薄れてしまった。このため、NHKの実験局も1973年末で廃局された。

しかし、カラー受像機の普及も一段落した1978年秋、日本テレビが実用化試験局を開設したのを皮切りに、各社一斉にテレビ音声多重放送の実サービスを開始した。これは世界に先駆けた実用化であり、諸外国における多重放送の実用化は1981年以降であった。

この放送は、1982年に公布された郵政省令「テレビジョン音声多重放送に関する送信の標準方式」によって本放送となり、今日に至った。

4 各国の開発状況

1970年代、ヨーロッパでは、EBU技術委員会が中心となって、FM-FM方式と2キャリアFM方式の比較実験が行われ、性能的にはほとんど差がないとの結論を得ていたが、1981年にドイツで2キャリアFM方式による放送サービスが開始され、その後、オーストリア、スイス、イタリア、オランダ、韓国でもこの方式によるサービスが開始された。

米国では、1983年にZenith社が放送テレビシステム委員会 (BTSC: Broadcast Television System Committee) に提案して選定された方式 (BTSC方式)⁶⁾ が、1984年に連邦通信委員会 (FCC: Federal Communications Commission) で採択され、同年から、この方式による放送サービスが開始された。この方式は、FMステレオ放送で使用されているパイロットーン方式を、テレビの音声チャンネルに導入したもので、副音声はステレオ差信号とは別の副音声チャンネルで伝送する。

また、1982年にイギリスのBBCの技術研究所から、デジタル音声搬送波を付加して、二つの音声チャンネルを伝送する方式 (NICAM728)⁷⁾ が提案された。この方式に関しては1988年に北欧諸国で、1989年に英国とニュージーランドで放送サービスが開始された。フランスのテレビ方式は、音声搬送波の変調がAMのため、従来の多重方式の適用が困難であったが、この方式で多重放送が可能になった。

放送サービスは、我が国も含め各国ともステレオが主体で、二カ国語サービスは補助的サービスに留まっている。

これら各国の方式の規格とそれらの開発、実用化状況については、現在のITU-Rの前身である国際無線通信諮問委員会 (CCIR: Comité Consultatif Internationale des Radiocommunications) のテレビ音声多重放送に関するReport⁸⁾ が参考になる。

CCIRでは、すでに1959年に研究課題 (Question) 「テレビにおける複数音声チャンネルの同時伝送」が設定され、1966年には、ヨーロッパ各国の寄与文書と我が国の寄与文書 (テレビ音声多重実験協議会の報告) により、最初のReportが作成された。以後、その内容はヨーロッパのFM-FM方式と2キャリアFM方式、および、我が国のFM-FM方式を中心に改訂され、さらに1980年代には、上述のBTSC方式とNICAM728も加えられた。

これら多重方式の使用国は、インターネットの百科事典Wikipediaの「音声多重放送」にも記載されているが、先進国ではデジタル放送化により、その役目を終わったか、間もなく終わろうとしている。

5 BTSCへの提案

米国電子工業会 (EIA: Electronic Industries Association) に設置されたBTSCは、1978年からテレビ音声多チャンネル方式の検討を開始し、1982年には方式の提案を募集して、その中から方式を選定することになった。

EIAは、現在の電子情報技術産業協会 (JEITA: Japan Electronics and Information Technology Industries Association) の前身である日本電子機械工業会 (EIAJ: Electronic Industries Association of Japan) と関係が深かったので、BTSCからEIAJに、日本のFM-FM方式を提案して欲しいとの申し入れがあり、EIAJからNHKに対して、この問題で協力して欲しいとの要請があった。NHKはこれ

に応じ、BTSCの会議にEIAJの代表者の代わりとして、筆者が参加することになった。

1982年秋に初めて会議に出席し、日本の方式を説明したが、そのとき、すでにZenith社から前述の方式が提案されていた。また、他の1社からもDSB-FM方式が提案されていた。これらはステレオサービスが主体で、副音声は別の音声副搬送波で送る方式であった。我が国の方式は、ステレオと副音声を切替える方式であり、使用条件が異なるが提案を受付けるのかと問い質したが、是非提案してほしいと要請された。

事前のEIAJの話では、提案とは日本における実験結果に基づいた方式の提案書を作成して会議で説明するだけということであったが、実際に会議に出席してみると、提案には米国内での野外実験も必要で、予想外の大仕事であることがわかった。しかし、この段階で引き下がるわけには行かないので、技研の担当者にシカゴに出張してもらい、野外実験を実施した。実験では、シカゴのシアーズタワー最上階のテレビ送信所から、深夜に試験電波でステレオ音楽のレコードを放送し、これをソニーと松下の現地の工場で受信し録音してもらった。送信機の音声多重変調器はNHK技研のものを現地まで送って使用した。

1983年12月、筆者はワシントンのEIA会議室で、この録音の再生を含む最終プレゼンテーションを行った。余談であるが、このとき筆者の発言は、裁判における証言のように、一語一句速記で記録されたのには驚いた。

各社のプレゼンテーションの後、BTSCの委員の投票が行われ、Zenith方式がBTSC方式として選定された。FM-FM方式の支持票も多かったと漏れ聞いたが、なにかすっきりしない結末であった。

BTSCの報告書は散逸して手元になく、当時のNHK技研の担当者も、EIAJの担当者も、すでに故人となられた。こ

の項の記述は筆者の記憶だけに基いているので誤りがあるかもしれない。

6 む す び

筆者が研究者としてFM-FM方式の開発に取り組んだのは40年以上も昔で、当時の資料も手元にはほとんどなく、記憶も定かでなかったが、編集幹事とNHK技研研究資料室のご協力により関係資料を読み直して、この文をまとめることができた。これらの方々に感謝の意を表したい。

(2011年4月13日受付)

〔文 献〕

- 1) 郵政省電波技術審議会監修：「最新の放送技術」、電波技術協会(1968)
- 2) 沼口：「テレビ音声多重方式の開発の経緯と現状」、NHK技研月報, 15, 9 (May 1972)
- 3) Y. Numaguchi: "Present Status of Multichannel-Sound Television Broadcasting in Japan", IEEE Trans. Broadcasting, BC-25, 4 (Dec. 1979)
- 4) 沼口、藤田：「テレビジョン音声多重放送－テレビジョン音声のステレオ化－」、テレビ誌, 25, 4 (Apr. 1971)
- 5) 「郵政省電波技術審議会答申第4編」、昭和47年3月(1972)
- 6) C.G. Eilers: "TV Multichannel Sound - the BTSC System", IEEE Trans. Consumer Electronics, CE-30, 3 (Aug. 1984)
- 7) A.J. Bower: "Digital Two-channel Sound for Terrestrial Television", IEEE Trans. Consumer Electronics, CE-33, 3 (Aug. 1987)
- 8) CCIR: Report 403 (1966), Report 403-1 (1970), Report 403-2 (1974), Report 795 (1978), Report 795-1 (1982), Report 795-2 (1986), Report 795-3 (1990)

沼口 安隆 1952年、東京工業大学電気工学第2コース卒業。同年、NHK入局。1953年から、NHK技術研究所で受像機、CATV、テレビ音声多重放送、文字放送などの研究開発に従事。1983年、NHK定年退職。同年、(株)東芝入社。EDTV、HDTV、CS放送などの規格化に従事。1992年、退職。名誉会員。