

連載企画—音響学の温故知新—

放送用モニタスピーカ 35年のロングラン製品に思うこと

—維持とその成果—*

佐伯多門**

43.38.-p

1. 大型放送用モニタスピーカの誕生

放送用モニタスピーカの役割は、番組制作の録音や編集時に電気信号化した状況を忠実に音響信号として再生して制作者やミキサに伝達し、収音の状況や雑音の有無、音の付帯効果などの良否を監視し判定できる、「音の物指」としての電気音響変換機である。

この大型モニタスピーカが誕生したのは、1950年代初期に家庭でも音楽鑑賞に「高忠実度再生(HiFi再生)」を求めて胎動し始めた頃、日本放送協会(NHK)が放送の音の品位向上を目指して国産初の高品位再生用大型放送用モニタスピーカを求め、NHK放送技術研究所音響研究部がこのスピーカを研究開発[1]し、そして1955年6月に試作品を完成させた。この間、試作品造りに技術協力の形で指導を受けていた三菱電機(株)が、この製品化を担当することになり、生みの親のNHK技術研究所から製作をバトンタッチされ製品化した。型名はNHK名称R-305型、三菱電機の製品名は2S-305型が付与された。

ここでは、このスピーカを35年間にわたり生産した中で、高性能を維持するために得られた技術開発の流れを回顧的に述べる。

2. 振動板の振動モードの可視化と理論解析

1955年頃は、まだ日本のスピーカ技術力は手探り状態で、米国に比較して随分遅れていたし、必要な音響計測機器が少なく、海外からの調達もなかなか困難な時代であった。

三菱電機には1953年に完成した本格的な無響室があり測定ができたが、生産で最初に直面した

のは、高音用スピーカの高音限界域付近の周波数特性にバラツキが生じ、この対策が課題となった。

スピーカの教科書には、高音域の振動は分割振動すると書かれているが、具体的にどんな状態で振動をしているのか観測する手段がなかった。低い周波数であればキセノンランプによるストロボスコープの観察があり、高い周波数の観測ではLycopodium powder(石松子粉末)を散布したChladni図形しかなかった。1969年にレーザ光によるHolography干渉法の研究報告[2]があり、1971年三菱電機内に無振動の観測設備を設け、初めてホログラフィによる高音振動板の異常振動を写真にして観測でき、この結果振動板の形状を変更して特性改善ができた。

このとき発見したのは、低音用振動板は本来有効振動径の1/2波長までピストン振動する定説があったが、ホログラフィによる観測ではより低い周波数から非軸対称振動が生じていることが見つかった。

この対応には、スピーカの原点に立ち戻った研究が必要となった。

3. 振動板の振動状態の把握と理論解析

非軸対称振動の抑制をするには振動板の振動状態を理論解析する必要があり、1962年に東北大学での研究報告や、1975年のフィリップス社の理論解析などの報告を得て、差分法から有限要素法による解析を導入して理論解析を行った。

また、1978年には汎用プログラムNASTRANを用いて振動板の固有モードを求め、図形の作成や周波数応答が解明になり、コーン振動板の厚さの影響などが明確になった。

一方、米国のNASAの宇宙開発ロケットの地上シミュレーション用に開発されたModal Analysisが、1980年にスピーカに応用すること

* I think to long run product for 35 year of the broadcasting monitor speaker: Maintenance and the result.

** Tamon Saeki (e-mail: t-saeki@jade.dti.ne.jp)

ができ、低音用振動板の振動姿態やエンクロージャの振動姿態をアニメーション映像として観測できるようになった。

結果として振動板の振動状況をアニメーション画像で見て、ホログラフィの観測や理論解析による成果と合致することを確認すると共に、スピーカ振動板の振動状態と振動板材料の物理的諸定値との関連が一段と明確になった。

4. 音響測定 of デジタル処理

スピーカの性能評価で一番重視してきた出力音圧周波数特性は、無響室内で測定したレスポンスが目標の標準特性と合致するか管理を行ってきた。

この測定に対し、1967年から1971年にかけて米国の R.C. Heyser がデジタル計測による新理論 [3] を発表し、1975年に我々の放送用モニタスピーカを測定したデータを発表した。早速、私は米国の彼の自宅を訪問し測定機器を拝見させていただくと共に、その考え方を直接聞き、初めてインパルスレスポンスによるデジタル計測で周波数領域と時間領域を測定することを学んだ。また、彼はエネルギー・タイムレスポンスの計測を行い、複合型スピーカ方式の各ユニットから受聴点までの時間差を明確に捉えることを示した。

一方、1975年に AES の例会で J.M. Berman 氏と、L.R. Fincham 氏による報告 [4] で、これまでの定常状態の測定から、インパルスレスポンスを高速 FFT で情報処理をし、3次元表示による Cumulative decay spectra を発表し、スピーカの周波数特性の減衰傾向を時間的経過で表示し、これまでの過度特性の良し悪しを、周波数と時間と音圧レベルの3次元表示で観測できるようになった。

これによってエンクロージャの加工方法や素材の良し悪しが、過度応答として確認でき、Modal Analysis でその改善が指摘できるようになった。

5. 生産と性能維持

ロングラン製品を長期間にわたって性能を維持して行く中で、技術進歩により生産管理に新しくデジタル計測などが導入され、周波数領域と時間領域からの性能評価できるようになり精度が向上した。

しかし、一方で解決できない要因が残った。それは、人間の聴覚で判別できるレベルまでの領域を計測できないために生じる音質の違いがある。

評価する使用者側は、音の専門家であり、性能や音質の違いを厳しく指摘し、最新の音質とか悪い音とかではなく「音の物指」としての不変を求めている。

その一番問題となるのは、振動板を抄紙して製作するプロセスに起因する音質の違いである。この振動板のコーン紙の固有音をわずかに伴った音質が分析して特性として現在も把握できていない点にある。開発時の最初からこれが音質として織り込まれているため、これを長期間維持していくには、その要因の探求ができないままに初期の条件で振動板の抄紙を継続させていかなければならない。

高品位な放送用モニタスピーカの需要は、少量生産を長期にわたり行い品質を維持していかなければならないため、対策として人間の感覚でしか判断できない部品は、その加工プロセスを変えないことと、良い条件でできた部品を確保して長期保存する設備を設けて順次使用して対応した。

1990年になって、保存部品や調達先の経営難から維持する限界がきて、最終的に新型の放送用モニタスピーカに徐々に切り替え終焉となった。この例は、英国の BBC 放送局の放送用モニタスピーカにおいても、コーン紙に支配され製作側の打ち切りで、音質が維持できなくなり10年近い年月の生産を中止した経緯がある。

このように、今後も電気音響変換器としての高性能を求めるスピーカの開発には、まだまだ多くの課題が残されている。

文 献

- [1] 中島平太郎, 西村良平, 山本武夫, 高柳裕雄, “2 ウエイ複合型スピーカーの設計,” NHK 技術研究, 第 27 号, pp. 1-22 (1956).
- [2] 柴山乾夫, 内山春夫, 関 三男, “holography 干渉法によるスピーカーコーンの振動姿態観測,” 音講論集, pp. 291-292 (1969.10).
- [3] R.C. Heyser, “Loudspeaker phase characteristics and time delay distortion, Part 1, Part 2,” *J. Audio Eng. Soc.*, 17, 30-41, 130-137 (1969).
- [4] J.M. Berman and L.R. Fincham, “The application of digital techniques to the measurement of loudspeakers,” *J. Audio Eng. Soc.*, 25, 370-384 (1977).