

スピーカー技術部紹介

Introduction to the Speaker Engineering Department

高橋 俊一

Shunichi Takahashi

要旨 スピーカー技術部は、ホームエンタテインメントビジネスカンパニーに属し、ホーム用AV製品のスピーカーを担当している部門である。パイオニアの創業はスピーカーから始まり、今までさまざまなスピーカーを世に送り出してきた。パイオニアにおけるスピーカーの歴史を織り交ぜ、最近の技術動向などにも触れながら、スピーカー技術部について紹介する。

Summary Pioneer's Speaker Engineering Department belongs to the Home Entertainment Business Company and has the responsibility to design loudspeakers for home use AV products. Pioneer was founded as a loudspeaker company and has a long history of developing a vast array of loudspeaker designs. The author presents Pioneer's Speaker Engineering Department's history, some of our production loudspeaker designs and the technology of loudspeaker development.

キーワード : スピーカー, スピーカー・ユニット, スピーカー・システム, ネットワーク, T A D , 音, シミュレーション, ホームシアター

1. 概要

パイオニア⁽¹⁾は、創業時にスピーカーを作ることから始めたことは良く知られたことである。そのためスピーカー技術部は最も古くからある技術部のひとつである。現在、スピーカー技術部はホームエンタテインメントビジネスカンパニーに属し、所在地は所沢事業所である。主な業務はホーム用AV製品のスピーカーの開発・設計である。

早くから生産の海外展開に対して積極的に取り組み、現在も2ヶ所のR&D拠点を始め数ヶ所のアジア生産拠点でスピーカーを作っている。

本稿では、パイオニアが世に送り出したスピーカーの中から、いくつかの特徴あるものに

ついて紹介し、また最近のスピーカー関連の技術動向についても紹介する。

2. 業務紹介

2.1 商品の特徴

商品の特徴として、「音」という簡単なようで難しい対象を扱っていることがあげられる。「音」というものは、人間の感性に訴えかけるものであるために、個々人の好みやそのときの環境・状態によって受けとめられ方が異なる。しかし、やはり多くの人に好まれる「良い音」というものがあり、音楽や映画から新たな感動を見出すことができた、といった感想をいただくことが、スピーカーに携わっているもの大き

な喜びである。

2.2 技術の特徴

技術的には画期的な新技術がどんどん出てくる分野ではないが、一つひとつの部品の性能や精度がそのまま「音」に表れる製品である。このようにして作られたスピーカーから発せられた「音」は、空中や室内音響にも影響を受けながら聴取者の耳に届き、聴取者の聴覚心理にも影響を受けて「音」として知覚される。このプロセスはむしろ物理的にはたいへん解析が困難なことであり、この解析の難しさがスピーカーの設計を困難なものにしている。これは、コンサート・ホールのような音響を扱う設計と似ているところがある。人間が耳で「音」を確認するという作業がなくなるのは、まだまだ先のことになりそうである。

最近のコンピュータによるシミュレーション技術の進歩には目をみはるものがある。これらのシミュレーション技術は、スピーカーの部品設計やスピーカー・システムの設計の精度・効率を向上させた。この点については後ほど詳しく述べたい。

2.3 製品

所沢事業所のスピーカー技術部の主たる業務はホーム用スピーカーの開発設計である。カー用のスピーカーは、その使われ方や使用環境が大きく異なるため、東北パイオニアのスピーカーの技術部が担当している。それぞれの技術部が用途に合わせた製品開発を行っているが、音響変換器としての根幹は共通しているため、情報交換を行い技術開発の効率化を図っている。

数あるオーディオ製品の中でも、スピーカーは最も趣味性の現れるカテゴリーであり、好みも千差万別である。日本や海外の顧客が求めるデザイン、音、あるいは価値観は大きく異なり、そのような理由から現地設計も推し進めてきた。現在はアメリカのロサンゼルスとフランスのパリにR&D拠点をもち、その地域に合った製品開発を行っている。

2.4 生産拠点

スピーカーは古くから海外展開による生産が行われてきた。1970年に台湾に進出したのを皮切りに、安価な部品・労働力を求めて、中国を始めとするアジアへと生産の中心地を移しつつある。R&Dはアメリカとフランスの拠点で行われているが、生産は同様に中国などの国で行われることが多くなってきている。

3. スピーカー技術部の歴史

パイオニアは創業者・故松本望氏が、良い音のスピーカーを世に出すことを志し、設立されたことは良く知られたことである。当時マグネチック・スピーカーが全盛の時代に、ダイナミック・スピーカーの素晴らしい音に感動し、ダイナミック・スピーカーA-8が完成された。図1にマグネチックスピーカとダイナミックスピーカの構造を示す。

ここでは、当時の名機と言われたスピーカーをいくつか紹介し、それらの技術的な特徴を述べるとともに、パイオニアのスピーカーの歴史にも触れてみたい。ここに掲載したもの以外にも、特徴のある思い出の尽きない機種が数多くあると思うが、紙面の関係もあるので、次の機会にゆずらせていただく。

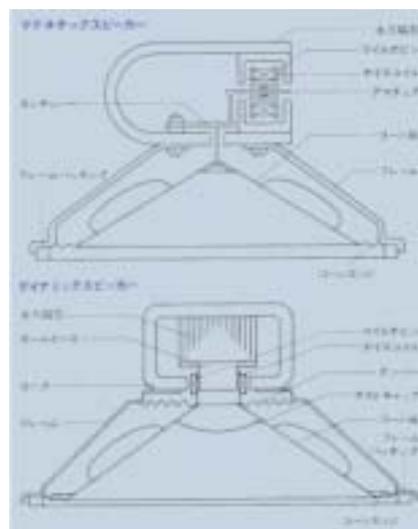


図1 マグネチックスピーカとダイナミックスピーカの構造

3.1 A-8(図2)

マグネチック・スピーカーはコイルに流した電流により発生する磁力作用により、可動鉄片を引き付ける力により振動板を動かして音を発生する。一方、ダイナミック・スピーカーは磁界中のコイルに電流を流し、そのコイルの動きを振動板に伝え音を発生するスピーカーである。ダイナミック・スピーカーの方が優れた特性を得られやすいため、今日のスピーカーの多くはダイナミック方式を採用している。さらにA-8(図2)は高域を出すために、ジュラルミンをコーンの中心部に設置するという世界初の試みを行い、たいへん完成度の高いスピーカーが開発された。1937年のことであるが、画期的な「良い音」のスピーカーの誕生であった。



図2 パイオニアのルーツとなったA-8

3.2 PE-8(図3)

のちに名機中の名機と謳われたPE-8が、1953年に開発されたが、このスピーカーの評価がパイオニアのスピーカーの地位を不動のものにした。PE-8(図3)は周波数特性などの物理特性がたいへん優れたスピーカーであり、放送局のモニタースピーカーにも使われたほど完成度が高いものであった。PE-8はその後、センチメートル表示になりPE-20Aと改称されたが、この流れをくむシングルコーンのPE-16もベストセラーとなった。

1998年には、メモリアル・モデルとして当時のPE-16を再現したスピーカーを発売したが、自作マニアや当時のPE-16を知っているマニアがこぞって買い求め、またたく間に完売

してしまった。当時の評価がいかほどであったか、想像に難くない。



図3 名声を高めたPE-8

3.3 無指向性4ウェイスピーカー(図4)

1958年にブリュッセルで万国博覧会が開催された。このときにパイオニアから出品されたのが、無指向性4ウェイスピーカーである。このスピーカーはグランプリも受賞してしまった。360°に音を放射するホーンの中にはリボン状の圧電樹脂振動板が設置されている。ウーファ部やミッドバス部もキャビネットの構造に工夫をこらし、360°への音の放射を可能としている。たいへんユニークな形状のスピーカーで、当時の人々もさぞや驚いたことであろう。



図4 ブリュッセル万国博覧会でグランプリを受賞した無指向性4ウェイスピーカー

3.4 リボン・トゥイータ(図5)

近年のパイオニアのスピーカーというとりボン・トゥイータを思い浮かべる方も多いただろうと思う。

パイオニアはワイドレンジ思想を継承してきた。自然界には人間の可聴帯域外の音も広く存在する。そして、この可聴帯域外の音が音の良し悪しに影響を与える、と言われている。過去に行われた実験でも、可聴帯域外の音が人間の脳内 波の増加に寄与するなどの報告もあり、この音が少なからず音質に影響を与えていることは十分に考えられる。

しかし、このような超高域の音を再生することは、スピーカーとして簡単なことではない。リボン・トゥイータは、振動板がリボンのような金属片できている。このリボン状の振動板に電流が流れることにより、振動したりボンが直接音を発生する。コイルを使用したスピーカーでは、コイルに発生した力が振動板に伝わるまでにいくつかの部品を通ることになり、そのあいだにその部品の材質がよほど固いものではない限り、超高域の音は減衰してしまう。

リボン・トゥイータは、力が発生する部分が直接、音を発生するために、超高域信号のロスがない。最初のリボン振動板はアルミニウムで作られていたが、最近の高級リボン・トゥイータにはベリリウムという高剛性の材料が使用されていて、さらに音質の向上が図られている。



図5 最新のリボン・トゥイータPT-R100

3.5 S-955シリーズ(図6)

S-955シリーズは高級単品スピーカーとして人気を博したシリーズである。最初に登場したCS-955は、ミッドレンジの振動板に素材として最高といわれるベリリウムを使用、またトゥイータには100kHzまで再生可能なリボントゥイータを搭載していた。後に、このシリーズはS-955、S-955と引き継がれ、コンシューマ用スピーカーのリファレンスの存在となった。



図6 名機の評判をとった高級スピーカS-955

3.6 S-180シリーズ(図7)

単品スピーカーで最も売れたスピーカーと言えば、S-180シリーズをあげることができるだろう。



図7 爆発的なヒットとなったS-180A

「ゴッキュッパ」と呼ばれた単品スピーカーの激戦価格帯の中で、最初に登場したS-180から最後のS-180Dまで4代に渡り、常にトップの座を保ち続けた。このS-180シリーズは、スピーカーの振動板に新材料を使い始めたシリーズで、ボロン化チタンやカーボングラファイトなどの振動板に適した材料の自社開発が行われた機種でもある。

3.7 S-F1(図8)

ラジオ技術社のコンボグランプリを受賞した平面同軸4ウェイスピーカー「S-F1」も忘れることのできないスピーカーである。当時は、コーン型のスピーカーで生じるくぼみ効果について論議がなされた時期であった。パイオニアの技術研究所(当時)では、いち早くこの平面振動板の開発に取り組み、同軸で4ウェイというスピーカーを開発した。その後、開発設計がスピーカー技術部に移管され製品化が行われた。ウーファとミッドレンジの振動板にはカーボングラファイト、トゥイータ、スーパー・トゥイータの振動板にはベリリウムが使用された。この画期的なスピーカーは当時のスピーカー業界を驚愕させ、多くの平面スピーカーに影響を与えることになる。



図8 世界初の平面スピーカーS-F1に使用されたスピーカー・ユニット

3.8 パーチカル・ツイン・シリーズ(図9)

パーチカル・ツイン・シリーズも人気を博し

たシリーズであった。トゥイータを挟んで上下にウーファを配置したことから、パーチカル・ツインと呼ばれた。仮想的なウーファの音源がトゥイータと一致するため、音像がクリアになると同時に音場を表現するのに適していた。細くてスペース・ファクターに優れたキャビネットにできる、などのメリットもあり、ディスプレイを伴ったオーディオ・システムにたいへん好評な方式であった。



図9 ダイヤモンド振動板を搭載したパーチカル・ツイン・スピーカー:S-5000TWIN

3.9 TAD(図10)

2003年末にTAD-M1という「TAD」ブランドのスピーカーが発売されたことは、社内ニュースなどでお聞きになったことがあるだろう。しかし、パイオニアのスピーカーには、もうひとつのプロフェッショナル・ユース・ブランド「TAD」があることを知っている方は、それほど多くないように思われる。現在では主たる市場をアメリカに移しているため、日本では「EXCLUSIVE」ブランドの「MODEL 2404」などが、モニター用やハイエンドのスピーカーとして知られている程度であろう。しかし、この「TAD」ブランドのスピーカー・ユニットは、日本はもとより、アメリカ、ヨーロッパでも著名なスタジオにはほとんど導入されているほど、

プロフェッショナル・スピーカーの業界では著名なブランドなのである。

1975年に元JBLのエンジニアであった故バート・ロカンシー氏をパイオニアに招き、最高級のスピーカーを作ろうというプロジェクトが発足したのが、「TAD」ブランドのスピーカーの生い立ちである。その後、ベリリウムを使ったコンプレッション・ドライバーや16インチのウーファが世界的な評価を得て、今日まで至っている。



図10 スタジオに導入されたTAD

3.10 TAD-M1(図11)

TAD-M1は今まで業務用に限定したブランド「TAD」をコンシューマ用ハイエンド・スピーカーまで広げたもので、今まで培った「TAD」の技術をベースに開発されたものである。スピーカー・ユニットを所沢スピーカー技術部が開発し、スピーカー・システムの設計をアメリカR&D拠点のPETが担当した。

中高域にはベリリウムを振動板に使った同軸スピーカー・ユニットCSTが、低域には新構造のリニアリティを大幅に改善したショート・ボイスコイル・タイプ磁気回路を搭載したスピーカー・ユニットが使用されている。また、キャビネットにはカバ材を積層した、たいへん剛性の高いキャビネット構造が用いられている。100kHzまでの再生が可能であり、最近の高品位なソースにも十分対応し、音場再現力の優れたスピーカーとの評判を得ている。

現在、日本と北米で販売されているが、日本では2003年の多くのオーディオ賞を受賞したり、アメリカのハイエンドのオーディオ誌から絶賛されたりするなど、たいへん高い評価をいただいている。



図11 日米の協力で開発されたTAD-M1

4. 技術の紹介

スピーカーには「音」という人間の感性に基づくものを相手にしている難しさがあることを述べた。スピーカーというと、技術的には古い技術で、生まれてからほとんど変わっていないという印象を持っている方も多くいると思う。エレクトロニクスやデジタル技術は、集積化が進むにつれ格段の進歩が感じられる。それに比べ、スピーカーは部品点数が少なく、著しい進歩のようなものを感じさせない。しかし、部品点数が少ないだけに、その一つひとつの部品が性能に及ぼす影響は大きいのである。最近のシミュレーション技術の進歩はスピーカーの設計法に多大な影響を与えている。

4.1 設計手法の改善

スピーカーの設計の重要な手法としてフィルタの設計がある。スピーカーは良くご存知のように、低音用とか高音用などのスピーカー・ユニットに役割を分担させて使用するのが一般的

である。フィルタは入力された信号をこれらのスピーカー・ユニットに適した帯域の信号に分割する働きを行う。スピーカーの設計の順序としては、まずスピーカー・ユニットの設計を行い、次にフィルタの設計を行うのが一般的である。何度か行ったり来たりしながら、おおよそこのような順番でスピーカーの設計は進められる。最近では、このフィルタの設計に最適化を行うプログラムが用いられている。

4.1.1 スピーカー・ユニット・パラメータの設計

おおよそ、それぞれのスピーカー・ユニットが決定したら、それらのスピーカー・ユニットのティール・スモール・パラメータを求める。ティール・スモール・パラメータというのは、振動系質量や共振周波数などのスピーカーの設計に必要なスピーカー・ユニットのパラメータを体系的にまとめたもので、全世界中で使われている共通言語のようなものである。このパラメータを用いて、スピーカー・システム、つまりキャビネット入りの特性シミュレーションを行う。最近では細型のものや小型のものが好まれる傾向があり、キャビネットの設計は意匠の制約を受けることも多い。今日良く使われているシミュレーション・プログラムは、キャビネット容積が決まっている場合はスピーカー・ユニットのパラメータをどうすれば良いか、というような最適化機能を持っているものも多い。例えば、小型キャビネットの容積が決まっているならば、磁気回路をこのくらい大型にしなければなりませんよ、というような計算まで行うことができる。このようにして、スピーカーをキャビネットに入れた場合の低域特性や全体の感度が設定される。

4.1.2 非線形要素の解析

以上に述べたように、スピーカーの設計には、スピーカー・ユニットのパラメータを測定することが重要なことである。最近の測定ソフトウェアは非線形要素についての測定も可能になってきている。スピーカーの動作のようす

を間近でご覧になった方は分かると思うが、スピーカーの振動板は前後にかなりの振幅で動いている。このような大振幅で振動している場合に、非線形要素というのはひずみや異音などの望まれない挙動を起こす。よって、単品のスピーカーなどでは非線形要素をできるだけ減らすように設計される。非線形要素の主だったものは振動系を支えるサスペンションや磁気回路であるが、最近の測定ソフトウェアは、非線形要素がどここの部分でより多く生じているか、どこを改善したらよいか、といった点まで解析してくれるものがある。

4.1.3 ホームシアターの設計手法

ホームシアター・システムの設計法を見てみよう。ホームシアターのシステムは大きくサブ・ウーファとサテライト・スピーカーに分けられる。それぞれのキャビネット入りの特性は先に述べた手法を用いて設計が行われる。次にこれらのキャビネット入りの音圧 - 周波数特性を測定する。これらの測定データから、アンプのフィルタ特性をシミュレートする。サブ・ウーファのロー・パス・フィルタとサテライト・スピーカーのハイ・パス・フィルタをどのようなものにし、それらを合成した特性がどのようなになるか、ということシミュレーションする。ホームシアター・システムの全体のレスポンスがほぼ求められたら、その後以下の点についても考慮しながら、最終的な仕様を決めていくことになる。

- ・低域の特性の調整：ローコストのサブ・ウーファの場合、超低域の再生が難しいため、再生可能な帯域でレスポンスをブーストすることにより、低音感を補正する。
- ・超低域のカット：サブ・ウーファが音圧を再生できない超低域は、振動系が大きく振動し、異音だけを発生することがある。このような帯域をカットして、使いやすいものとする。サブ・ソニック・フィルタとも呼ばれる。
- ・サテライト・スピーカーの中域の補正：小

型のサテライト・スピーカーはバツフル効果が期待できず，中低域のレスポンスが低下する。中域以上の帯域のレスポンスを下げるにより，より，フラットな特性になるように補正する。

- ・高域の補正：フルレンジ・スピーカー・ユニット1ヶだけを使用したサテライト・スピーカーは，高域のレスポンスが低下することが多く，補正してフラットにする。

図12はFilterShopを持ちいてシミュレーションを行っているようすである。以上はホームシアター・システムの音を調整する場合に一般的に行われていることであるが，実際は，地域による音質の好みの違いやコストの制約も加わるため，いろいろな部門の方との音確認を行いながら，もう少し複雑な過程を踏み仕様を決定していくことになる。

4.1.4 ネットワークの設計法

こういった設計手法の進歩は単品コンポーネントと呼ばれるスピーカーの設計にもおよんでいる。キャビネットの中に低域用から高域用までのスピーカー・ユニットを持つ，いわゆるマルチウェイのスピーカーは，スピーカー・システム内にネットワークと呼ばれるパッシブのフィルタを持っている。このネットワークも，入ってきた信号を，それぞれのスピーカー・ユニットが再生するのに適した周波数帯域に分割する役割を持つ。ネットワークの設計にもシミュレーション・ソフトウェアはたいへん効果を発揮している。それぞれのスピーカー・ユニットが，キャビネットに取り付けた状態でどのような特性になるか，音圧 - 周波数特性と位相を測定しておく。そのデータをもとにネットワークの設計をコンピュータ上で行う。ネットワークはチョークコイル，コンデンサ，及び抵

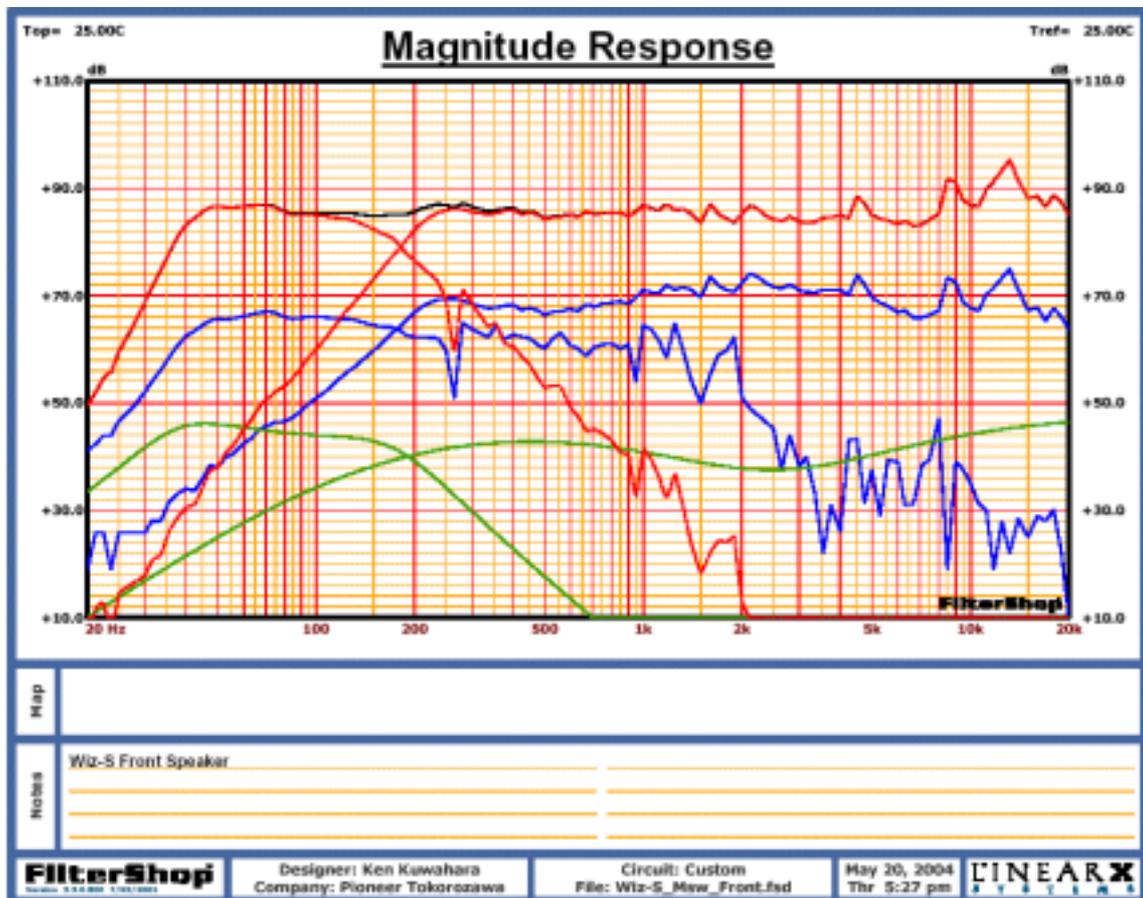


図12 ホームシアター用スピーカーのシミュレーション

抗な素子を組み合わせで作られる。最近のネットワーク設計ソフトウェアは、素子の絵を回路に貼っていくだけで、設計を行うことができ操作性もたいへん向上している。また、オプティマイズという自動的に合成のレスポンスをフラットにする機能も充実してきている。以前は収束せずに苦労したという話も聞くが、最近のものはそういうことはなく、安定して良好な結果が得られるようになってきている。図13はLEAPを用いてネットワーク設計のシミュレーションを行っているようすである。

4.1.5 設計法のまとめ

ここまで述べてきたようなことを読まれた方は、スピーカーの設計がソフトウェア上でできるならば、そのソフトウェアを購入すれば誰でもすぐにスピーカーの設計ができるのではないかと、という考えをいだかれたことと思う。しかし実は、スピーカーの物理特性というものはさらに複雑である。

音はスピーカーからいろいろな方向に発せられ、このうち聴取者の耳に直接届くのはごく一部の音であり、かなりの量の音が部屋の中で反

射されてから耳に届く。これを言い換えると、音の放射のパターンや部屋の反射の状況により聴取者の聞く音は変わってしまうということである。この分野の解析法も進歩していて、コンサートホールなどの設計に良く使われるようになった。スピーカーの設計でも、ある軸上の音圧 - 周波数特性を測定すると同時に、残響室などでそのスピーカーが発している音の全エネルギーを測定することも行われている。また、当然リスニング・テストで音を確認することも行い、顧客が音を聞く環境に近い状態でスピーカーの音質を評価する。地域やターゲットの顧客に合わせて音質を追い込み、さらに信頼性の確認を行いながらスピーカーの仕様を追い込んでいく。この過程の中で、ネットワークの設計作業を効率的に行うことができるようになったのは、スピーカーの設計を行ううえでたいへん有意義なことであると感じている。

4.1.6 生産への応用

これらのコンピュータによる解析法の進化は生産上も有用である。ご存知の通りスピーカーの生産は今や海外で行われることがほとんどで

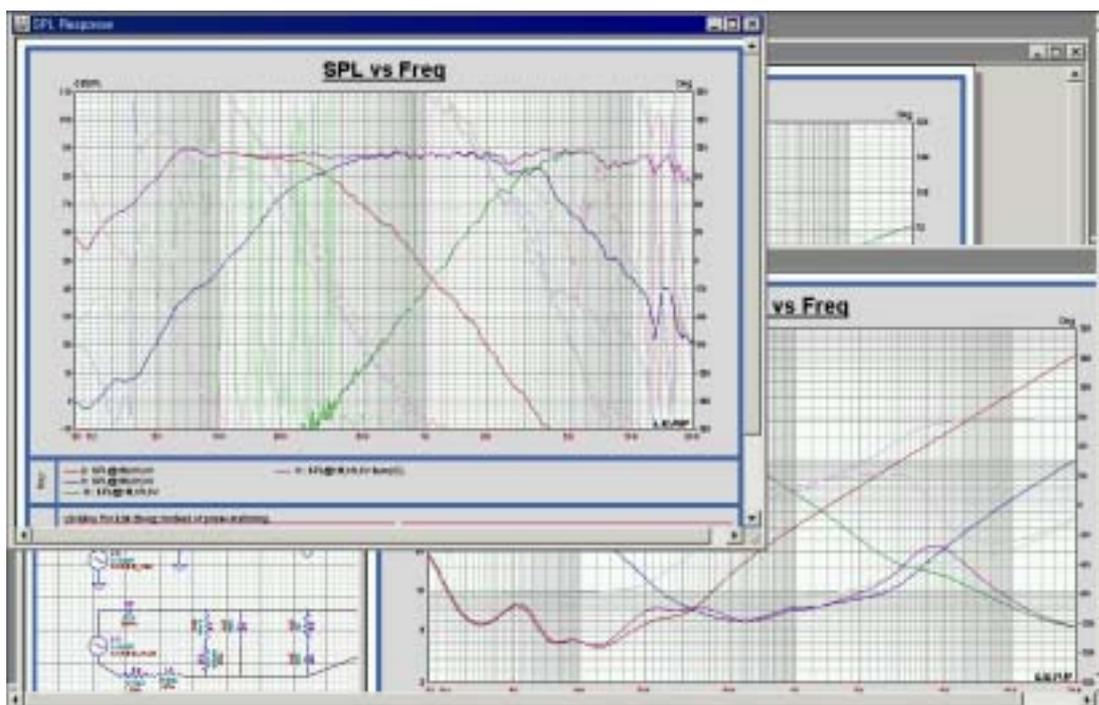


図13 ネットワーク設計のシミュレーション

ある。スピーカーは「音」を出すことが目的であるから、最終の検査は「音」を出して行われる。しかし、この作業が海外生産の場合問題となるのだ。この検査はある程度の熟練が必要であり、日本であればある一定期間トレーニングを積んだ検査員が行うのだが、海外の場合は十分なトレーニングを行うことができない状況も多々発生する。このようなときに、人間の代わりに「音」を検査してくれるソフトウェアがある。このソフトウェアは、異常な音が発生した場合、その音にはかなりの高調波が含まれるという原理に基づいている。コンピュータは、人間が異常と判断するかわりに、含まれている高調波を測定し良品であるのかどうか、という検査を行っている。

4.2 FEM, BEM

最近のコンピュータリズムは、今まで不可能とされてきた困難な解析にもメスを入れようとしている。FEM(Finite Element Method:有限要素法)やBEM(Boundary Element Method:境界要素法)のような離散系の計算手法も最近はいよいよポピュラーになり、PCレベルのコンピュータ上で動作させることも可能となった。以前であれば、部品の固有音などを解析するには微分方程式を解くことが必要であり、しかもごく一部のモデルを特殊な境界条件で解くことしかできなかった。よって、このような解析を行う人は、モデルをかなり簡略化し、おおまかな近似解を求めることにより設計を行っていたのである。

このような解析法が有用なのは、なにもスピーカーの開発だけではなく、工業的にさまざまな分野の開発者が使い始めたため、この分野のソフトウェアは急速に進歩した。今日では、FEMやBEMを用いることにより、振動板や磁気回路の解析、あるいは音響的なふるまいについて解析することが可能となった。今後、このような市民権を獲得した解析手法が、スピーカーの性能や音質の向上に大いに寄与していくことが期待される。

いくつか以下に例をあげてみよう。

4.2.1 振動板のシミュレーション

以前の振動板の解析は、いくつかの材料で試作を行いその振動板の固有音がどのようなものか、測定して解析する手法が取られていた。松の花粉やストロボなどで振動姿態を見る、というようなおもしろいアイデアも生まれたが、最終的にはスピーカーまで作り、その音を聞いてよし悪しを判断することが多かった。このような「カット・アンド・トライ」と呼ばれる方法は、試作に多くの時間を費やし、また判断を人間が行うために、個人による判断の差が生じる余地も多分にあった。

約25年くらい前から有限要素法による解析がさまざまな部品の設計に導入され始めた。技術研究所(当時)で開発された「VIBL」というソフトは軸対称場の振動を解析することができた。今日では、所沢事業所プロセス改革グループの協力により、さらに自由なモデリングが可能なI-deasを用いてほとんどの形状の振動板解析を行うことができるようになった。図14はI-deasを用いて、最近ニーズが高くなってきた細型スピーカーの振動板シミュレーションを行っているようすを示している。このような手法で振動板の材料や形状を求め、細部の音の微妙な調整を人間が行うというのが今日の一般的な振動板設計の方法である。

FEMはこの振動板解析のほかに、サスペンションの解析にも有効である。振動板の解析が動的な解析である一方、サスペンションの解析は静的な解析とも言える。サスペンションの解析では、振動系を中心に保持する力や非線形の要素についての解析が行われている。

4.2.2 磁気回路の解析

FEMは磁気回路の設計にも有効である。最近のニーズが小型、薄型のスピーカーにあることは先に述べたが、これは同時に小型の磁気回路を開発する必要があることを示している。磁気回路の主要パーツであるマグネットの材質も年々開発が進み、ネオジウム・マグネットの中

には、フェライト・マグネットの10倍の性能を持つものも表れ、スピーカーの小型化に貢献している。このような新しいマグネット材料の性能を最大限引き出すためにも、効率の良い磁気回路設計が必要であり、シミュレーションによる解析がたいへん役に立っている。

FEMはTAD-M1の磁気回路の設計にもたいへん有効であった。同軸スピーカー・ユニットCSTの磁気回路は、磁石はひとつだがふたつのギャップがあり、今までとは異なる設計を行わなければならなかった。図15はその磁気回路のシミュレーションのようすであり、PHOTOと

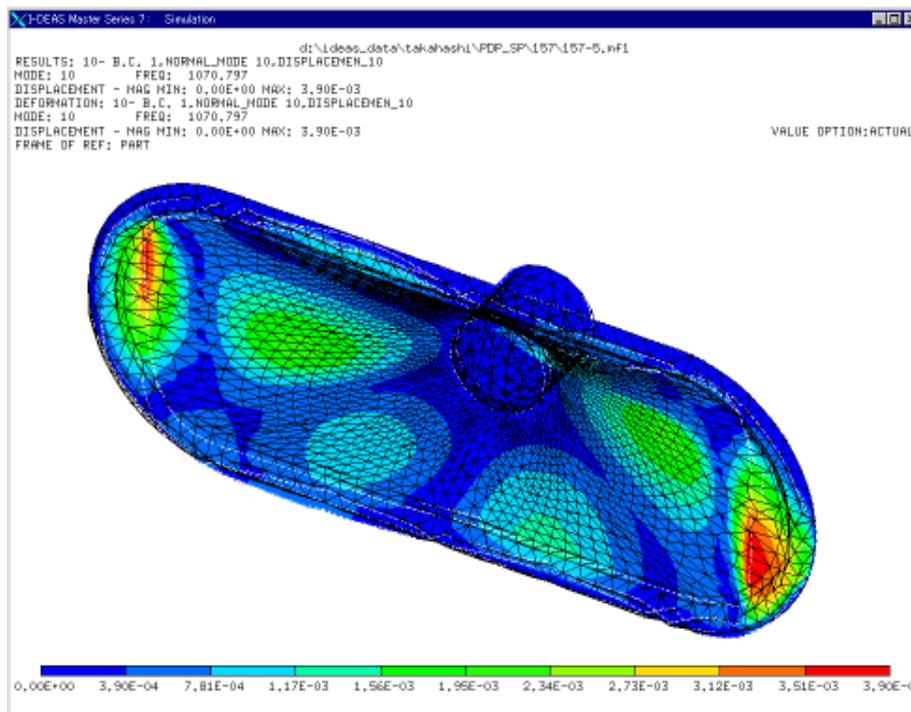


図14 I-deasによる振動板シミュレーション

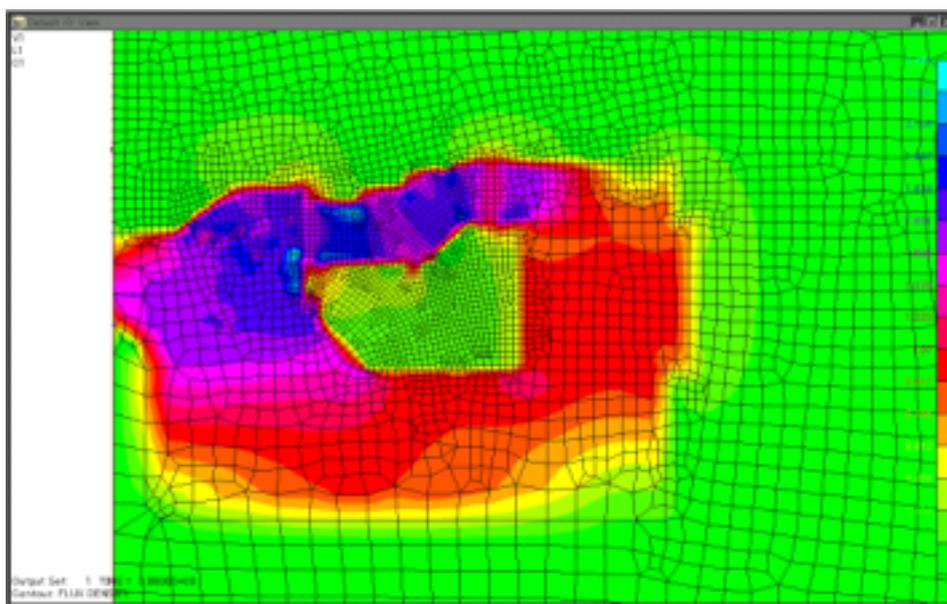


図15 TAD-M1の同軸スピーカー・ユニットの磁気回路シミュレーション

いう磁気回路解析ソフトにより設計を効率的におこなうことができた。また、ウーファの新磁気回路開発にもFEMが有効であった。当初は一般的なショート・ボイスコイルを用いた磁気回路を設計していたが、その磁気回路では磁気ギャップ内の非線形要素が完全に無くならないことが判明し、トッププレートに補正のスリットを設けることを発案した。このように実際のものを作らずにさまざまな問題点が判明することも大きなメリットである。

4.2.3 音響シミュレーション

音響回路の解析もBEMにより可能となった。スピーカーはさまざまな音響回路の塊である。この音響回路を解析するには、音の場を表す微分方程式を解かなければならない。しかし、この微分方程式は一般的には解くことが難しいのである。以前の解析手法では、空気が質量として働くのか、空気バネとして働くのか、このいずれかを決定して等価回路で解析することが一般的であり、モデルをかなり単純化する必要があった。

図16は技術研究所(当時)で開発されたBEMSOLを用いて、キャビネット内定在波を音

響的に解析しているようすである。このように、今では形状さえ入力すれば複雑な形状のもので、その音響的なふるまいが解析できるようになった。

4.3 音場技術

スピーカー技術部は昔から「音」を相手にしてきた部門である。ソースの変革に伴い、その「音」の扱いかたに以前とは異なった留意点が生じてきた。先に述べたように、スピーカーから発せられた音のふるまいは複雑である。今までの前方2チャンネルの場合でもそうであったが、最近の5.1チャンネルの場合はさらにその複雑さが増している。

映画を再生する場合には、前方センタースピーカーがダイアログ、前方左右のスピーカーがスクリーンの音場再生、後方リアスピーカーが雰囲気などの効果音、そしてサブ・ウーファが低音、というような役割分担が明確であった。しかし、DVD-Aなどの多チャンネル音楽ソースの場合にはさらに注意が必要である。音楽ソースの場合には、製作者が音像を5チャンネルのどのチャンネルにもアサインする可能性があり、5チャンネルのうちのいくつかに相関

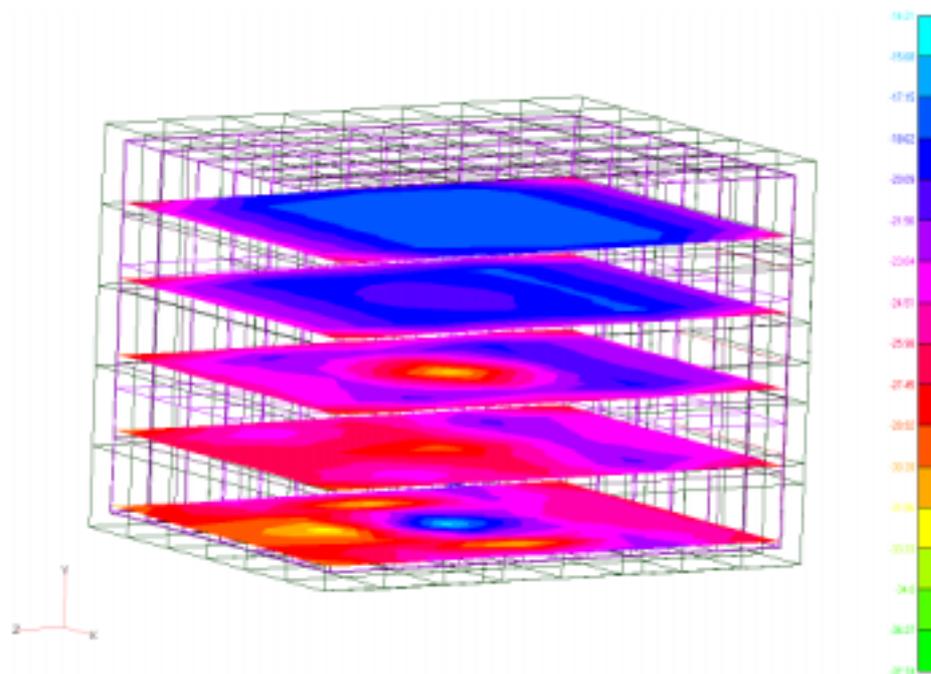


図16 音響的な解析のシミュレーション

の高い信号が入力される可能性が高い。これを言い換えると、それぞれのスピーカー全ての位相管理をしっかりと行わなければならない、ということだ。つまり、前方のセンタースピーカーや前方左右のスピーカーが同じボイスを再生する場合、センタースピーカーだけが聴取者に近い位置にあったりすると、行路差によるレスポンスの乱れが生じるということである。こういった実際の音場や位相回りの基礎的な実験を行い、今後の多チャンネル時代のより良い音場再生を突き詰めていくことも重要なテーマと考えている。なお、この音場や位相回りの解析に関しては、本号の別稿「マルチチャンネル時代のスピーカーの選定」に詳細を述べてある。

5. まとめ

パイオニアのスピーカーの歴史に触れながら、いくつかの主だった技術について紹介した。懐かしい機種をいくつか思い出された方も多かったのではないだろうか。また、最近の設計手法や設計ツールについても紹介させていただいた。このような技術は、目に留まる機会が少ないので、そういった舞台裏を紹介してみたい、と考えたのがその理由である。

エレクトロニクスの主軸がアナログからデジタルに移り、パイオニアの業務内容も著しく変わっている。このなかで、スピーカーというものはアナログに終始し、デジタルには無縁のように思われるかもしれない。しかし、コンピュータによる技術革新はスピーカーの開発や設計の方法に大きな変化をもたらした。また、急速に進みつつあるグローバル化がスピーカーの生産に多大な影響を与え、多くのスピーカー製造現場が日本から姿を消して久しい。

同時に、音楽や映画のような「音」をコンテンツとする需要はますます増加し、ほとんどの家庭にホームシアターが入る日もそう遠くないのではないだろうか。スピーカーにイン

テリア性を求める顧客も増える傾向にあり、意匠と音の両立はスピーカー技術部の重要なテーマである。「音」を再生するということは、スピーカーの一貫して変わらない役割であり、「良い音」を提供していきたいという想いは、スピーカー技術部やスピーカーに関わっている全員の願いでもある。

偉大なる先人の方たちの足跡に大いに感謝し、今後さらに「良い音」を探求し、作りだしていくことが我々の使命である。

参 考 文 献

- (1) 経済界「ポケット社史」編集委員会：パイオニア・技術の向こうに感動がある，経済界，1993.

筆 者

高橋 俊一（たかはし しゅんいち）
所属： エンターテインメントビジネスカンパニー スピーカー技術部
入社年月：1980年4月
主な経歴：スピーカーユニットやスピーカーシステムの開発に従事