

オールメタル3ウェイスピーカシステム

Lo-D **HS-430, HS-630**の特徴



株式會社 日立製作所

《ラジオ技術1979年7月号より抜粋》

Lo-D

HS-630, 430にみる

メタル・コーン・スピーカの新しい点

伊熊昭等・鷹見紀彦

「原音忠実再生すなわち入力信号をあるがままに再生し、音作りも色づけも行なわないという設計ポリシーから、日立 Lo-D ではスピーカ振動板に着目してきました。長年の素材の研究から、振動板に求められる、強靱さと軽さという命題を振動板のメタル化によって解決したのです。

昭和48年、オーディオ界の話題を集めた60万円のシステム HS-1500 にて、初めて 30 cm メタル・コーンを発表し、昭和 50 年に HS-1500 の流れをくむ HS-400 を発売、メタル・コーンの量産化を行なうことができました。さ

加えて、今までメタル・コーン・スピーカの高域共振 (f_h) のピーク処理方法として、ネットワーク側にピーク・コントローラを用い、電気的な処理を行なっていましたが、今回の L-3003 にはスピーカ・ユニット側で f_h のピークを機械的にコントロールするメカニカル・フィルタを採用しました。

以下メカニカル・フィルタ付 30 cm メタル・コーンを主体にし、HS-630, HS-430 の主な性能、特徴を紹介しま

す。

メカニカル・フィルタ付 30 cm メタル・コーンの実現

メタル・コーンの特徴

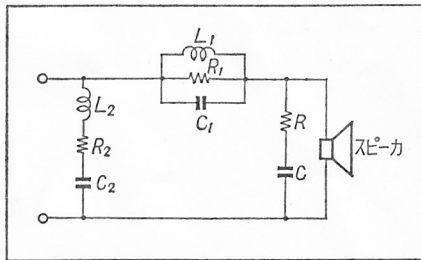
昭和48年メタル・コーンを発表して以来、メタル・コーン・スピーカを使用したシステムが各社から発表され、

	Al	Ti	紙
ヤング率 $E \times 10^{10}$ (N/m ²)	7.03	11.57	0.49
密度 $\rho \times 10^3$ (kg/m ³)	2.69	4.58	0.9
音速 $(\sqrt{E/\rho}) \times 10^3$ (m/S)	5.1	5.0	2.3

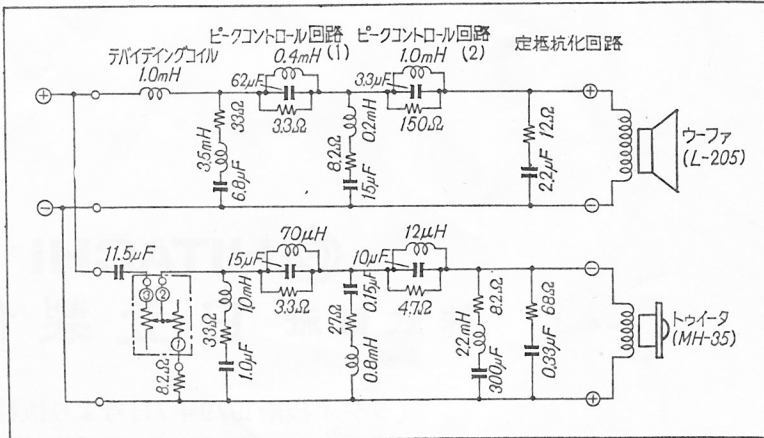
らに昭和51年、HS-530 で、それまでは発泡樹脂の両面にアルミ合金を用いたサンドイッチ・コーンだったウーファを、アルミ合金 1 枚のみを使用するという、ウーファとしては画期的な 25 cm シングル・メタル・コーンを発表しました。

今回の HS-630 および HS-430 に使用している、30 cm メタル・コーン・ウーファ L-3003 は、さきの HS-1500 に使用していた 30 cm サンドイッチ・メタル・コーンを 4 年の歳月をかけ、量産性、効率、品質の安定さなどの点で優れているシングル・メタル・コーン化したものです。

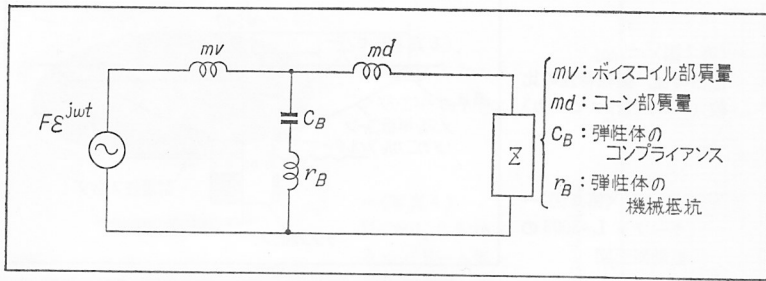
〈第1図〉
ピーク・コントローラの基本図



←〈第1表〉
振動板材料の音速



〈第2図〉 HS-400 に使われたネットワーク回路



〈第3図〉 メカニカル・フィルタの等価回路

m_V : ボイスコイル部質量
 m_D : コーン部質量
 C_B : 弾性体のコンプライアンス
 r_B : 弾性体の機械抵抗

スピーカも「メタル化」の時代になったことが感じられます。メタル・コーンの特徴は、

(1)音速が紙の約2倍であるため、ピストン振動帯域が、紙の場合より1オクターブ広い(第1表)。

(2)湿度の影響を受けないため、1年中品質が安定している。日本のように梅雨期と冬の乾燥期の湿度差が大きいという気候であっても、音質の劣化はない。

(3)メタル材は、元来加工精度を上げやすく、また品質管理も容易なため製品自体のパラツキを小さく押え込むことができるので、安定した音質が得られる。

シングル・メタル・コーンの実現

HS-530で初めてシングル・メタル・コーンの開発に成功しましたが、シングル・メタル・コーン化という命題達成の壁であった、非対称振動(いわゆるつりがね共振)防止は、キャップ・コーン方式という、振動系全体をひとつの構造体として剛性を増す方法により

解決できました。このことにより「口径の大きいウーファは紙コーン」という定説をくつがえし、メタル・コーン・スピーカが容易に量産化できるようになり、メタル・コーン・スピーカ普及の先駆けとなりました。

高域共振(f_h)のピーク処理

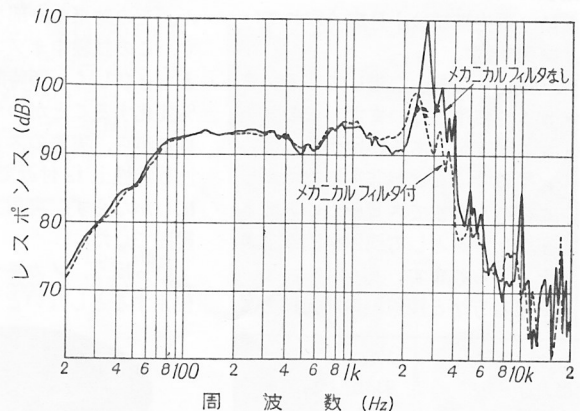
メタル・コーン・スピーカがスピーカ・システムに構成されるようになった大きな理由のひとつに、ピーク・コントロール回路という電気回路の使用です。第1図はその回路図です(この内容については本誌昭和48年12月号に掲載されています)。しかし、これをシステムに組み入れるとネットワーク回路は第2図のように非常に複雑になりました。このネットワークの部品点数が多いため、各素子とスピーカ・ユニット自身のパラツキを考慮すると品質管理が容易でない、さらにネットワーク各素子の品質を一部でも落すとその影響が音質に現われるため、システム全体

からネットワークにかかるコストは大変なものでした。そのうえ、コンデンサの値が標準数列によって量産されているので、厳密な意味で計算値通りの電気回路にならないこともありました。

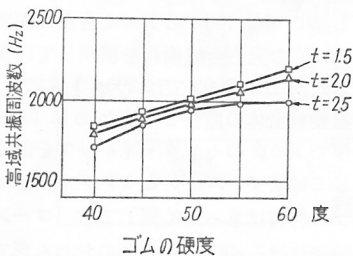
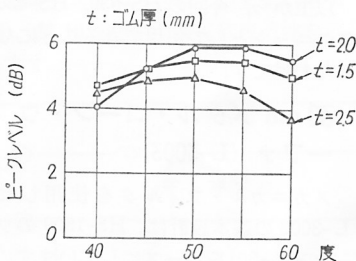
このネットワークを一般にわかりやすく、簡単にしなければという強い要望から、検討を始めたのがメカニカル・フィルタ方式でした。この考え方はスピーカから出るピークを出てから消そうというのではなく、元の方で出ないように機械的処理を行なうというもので、電気的、機械的と手段は異なるにしても、結果としてピークがないようにするためであり、思想的には同じことです。ただ、機械的処理はあくまで実用性に主眼をおいているので、ピーク・コントローラ方式とメカニカル・フィルタ方式は理論的には一致しません。

メカニカル・フィルタの原理回路は第3図に示すとおりです。このコンデンサと抵抗にて高域をシャ断する方法の代表例は、振動板にコルゲーションをつけることですが、振動系の損失が少ないため効果が小さいと考え採用しませんでした。また、ボイス・コイル側をコーン側にくらべて重くするために、コーンのつけ根に重りをつけて、ピークを下げる方法もありますが、スピーカの实效質量が大きくなり能率が下がりますので、今回は採用していま

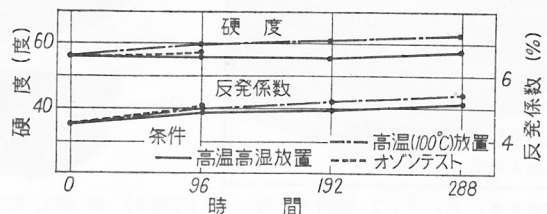
〈第4図〉→
おわん形コーンにおけるメカニカル・フィルタの効果(30cm試作スピーカ)

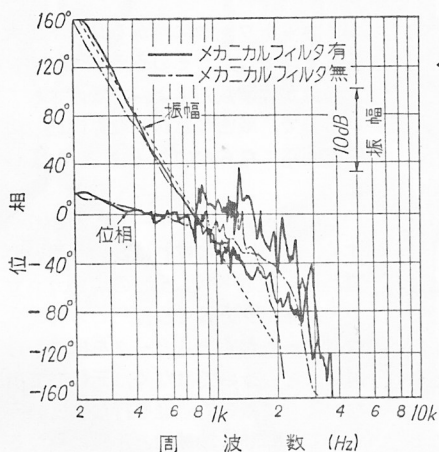


←〈第5図〉
ゴムの硬度と各値の関係

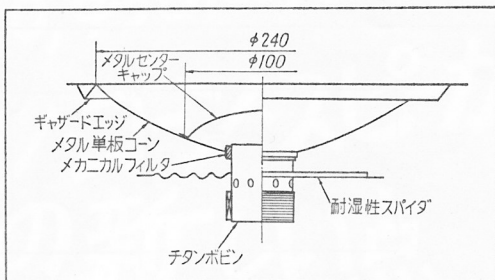


〈第6図〉→
加速寿命テスト結果の例

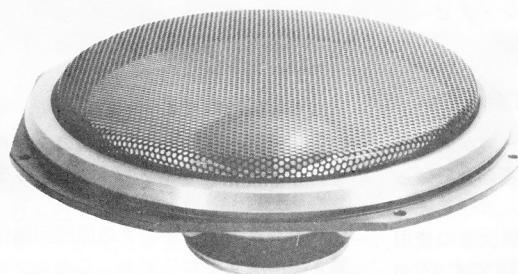
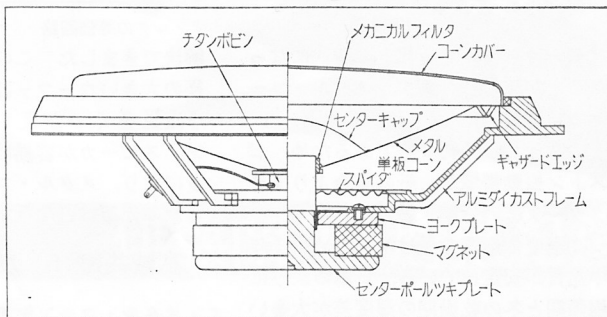




←(第8図)→
ウーファ L-3003 の
振動断面図



←(第9図)→
L-3003 の
断面図



←(写真1) L-3003, 30cm メタル単板ウーファ (メカニカル・ピーク・コントローラ付)

せん。L-3003 に使用しているメカニカル・フィルタは、スピーカの音響変換効率を悪くしない、すなわち振動系の質量を増さないという考えから、ボイス・コイルとコーンの間に機械的損失の大きい弾性体を介在させる方法を採用しました。この方法は弾性体を介するのために、弾性体を使用しないときにくらべて f_h は多少下がりますが、振動板にメタル・コーンを使用しているため、再生帯域は十分広く取れています (第4図)。

弾性体として一番安定しているブチル・ゴムを使用しています。このブチル・ゴムは安定であるがゆえに、他のものと接着することが非常にむづかしく、この点が今までスピーカのメカニカル・フィルタとして使用が困難であったと考えられます。

この接着方法及び接着剤の開発にも早

くから取り組み、技術的な問題点を解決することができました。

ブチル・ゴムの硬度とそれをメカニカル・フィルタとして実装したときの特性の関係を第5図に示します。また信頼性を確認するために、加速寿命テスト、温度特性に多くの時間をかけています。今回のスピーカ・ユニット開発期間の大部分は、この試験を行っていたといっても過言ではありません。その結果の一部を第6図に示します。この試験中オゾン・テストがもっともきびしく、96時間で反発係数が12%変化することがわかりました。しかしながら、実際のスピーカにて音圧周波数特性上 f_h 付近で1dB程度の変化にしかならず、実用上十分許容できる範囲でした。

いっぽう、メカニカル・フィルタを使用するとしないとでは f_h が変動す

るとのべましたが、この点の問題についてユニットの振幅特性、位相特性からも検討がなされています。第7図に第5図と同様試作スピーカにて調べたものですが、20cmスピーカの $K_a = \sqrt{2}$ ($K_a = \frac{\omega}{C}a$, $\omega = 2\pi f$, C ; 音速, a ; 振動板の実効半径) に相当する1,100Hzまでは、メカニカル・フィルタ有無による差は小さいことがわかりました。これは、30cmスピーカの場合約700Hzに相当します。さらに、高域用ユニットを用いて、システムでの音質も調べましたが、ウーファ用のクロスオーバー・フィルタと組み合わせることにより、音質の差は聴感上ほとんど分かりませんでした。

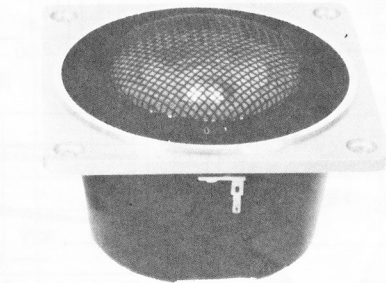
以上から、今回の HS-630, HS-430 のユニットとして使用できることになったわけです。

30cm メタル・コーン・ウーファ (L-3003)

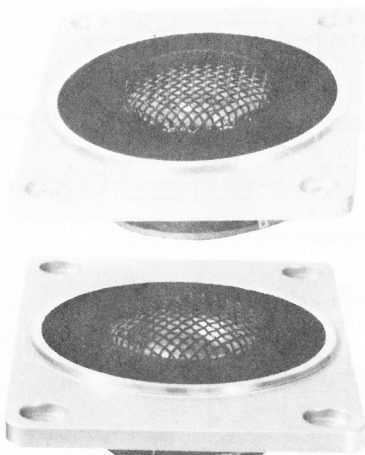
メカニカル・フィルタを使用した L-3003 の基本設計は、HS-1500 のウーファ L-301 をベースにしています。L-301 では100 μ のアルミ合金の間に2mmの発泡合成樹脂を使用していましたが、L-3003 では200 μ 1枚にし、振動板全体の剛性を増すために150 μ 厚で100 ϕ のセンター・キャップを使用しています。コーンとセンター・キャップの材質はまったく同じです。コーンの形状は L-301 と相似形のおわん形で

公称口径	30cm
出力音圧レベル	93dB (1W, 1m)
定格入力	20W
最大入力	100W
インピーダンス	6.3 Ω
実効半径	12.7cm
実効質量	53g
最低共振周波数	22Hz
共振尖鋭度	0.4

←(第2表) ウーファ L-3003 の仕様



←(写真2) M-5501, 5.5cm ミッド・スピーカ



←〈写真3〉
H-2201, 2.2cmメ
タル・ドーム形ト
ウイータ

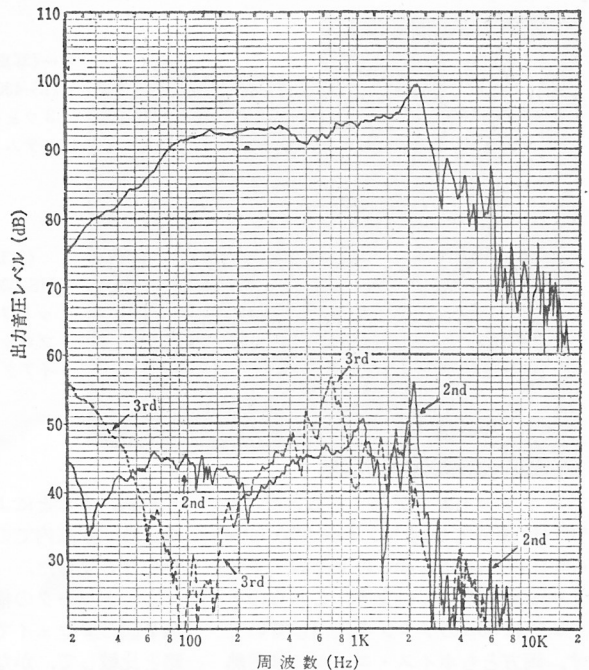
←〈写真4〉
H-2501, 2.5cmメ
タル・ドーム形ト
ウイータ

す。ギャザード・エッジの形状はまったく同じですが、エッジ材とエッジのダンプ剤は改良しています。

ボイス・コイル・ポビンには紙やアルミにくらべて高価ですが、チタンを使用しています。これは、アルミ・ポビンを使用した場合、磁界中での渦電流により過制動になるため、低音感に影響を与えます。HS-630の場合両者の差は最低共振周波数 (f_0) で0.7dBでしたが、試聴の結果チタン・ポビンの方が好ましいと判断し使用しました。しかし、放熱作用という点ではチタンのほうは不利ですが、新しく耐熱性のボイス・コイルを使用したため、耐入力の点ではひけはとりません(第8図)。

エッジとともに振動板を支えるスパイダには、通気性の優れた高分子耐熱性繊維を採用し、 f_0 を20Hzと下げリアリティも良くしています。振動系の振幅余裕は±4mmとなり、低音再生は十分考慮がなされています(第9図)。第10図と第2表に代表特性を示します。

〈第10図〉
L-3003の無響室,
1W, 1mでの特
性



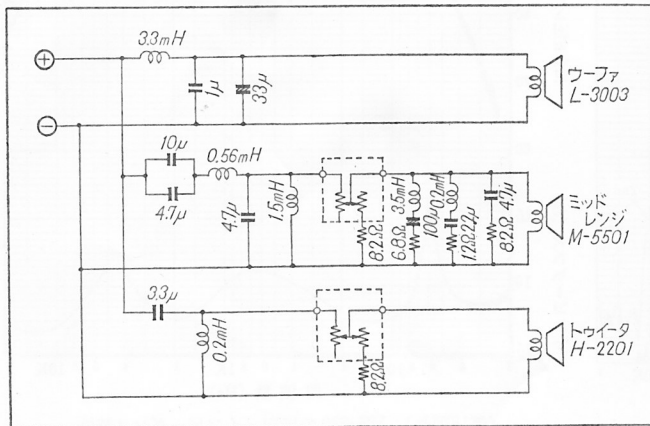
5.5 cm ミッド・レンジ (M-5501)

HS-630, HS-430のミッド・レンジには、中音域の分散性と音像定位を良くするために、小口径5.5cmのユニットを使用しています。小口径であるにもかかわらず30cmウーファとつながることができるのは、ウーファ同様ギャザード・エッジを使用しているからで、ウーファとのクロスオーバー周波数700Hzに対し、十分低い f_0 280Hzを実現しています。さらにゴーンは、50 μ 厚のシングル・メタル・コーンで、大きなセンタ・キャップを使用し、つりがね共振を防止しています。ボイス

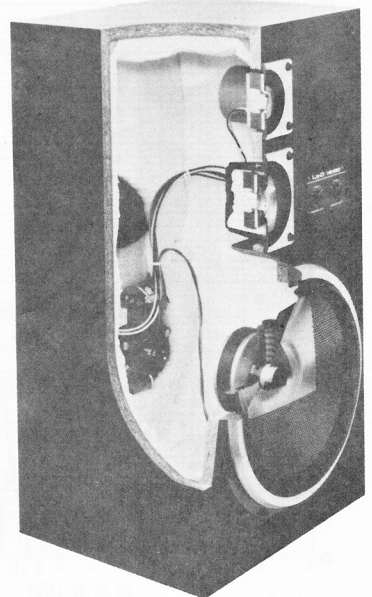
・コイルには耐熱ボイス・コイルを使用し耐入力を増しています(写真2)。

2.2cm トウイータ (H-2201) 2.5cm トウイータ (H-2501)

高域の分散性を良くするために、小口径のトウイータを使用しています。HS-630では口径2.2cmのドーム・トウイータを使用しています。ドームには20 μ のアルミ合金を使用し、エッ



←〈第11図〉
Lo-DHS-630
のネットワーク

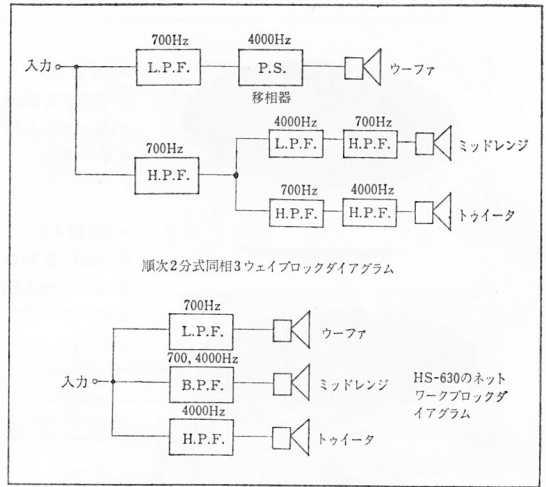


〈写真5〉 HS-630の断面



←(写真6)
HS-430 30cm
3ウェイ・シ
ステム

〈第12図〉→
HS-630 のネ
ットワーク・
ブロック・ダ
イアグラム



ジをフリー・エッジ化することで、 f_0 760 Hz を得ています。いっぽう HS-430 には口径 2.5 cm のドーム・ツイーターを使用しています。こちらのドームには 30μ のチタンを使用しています。両方ともボイス・コイルには耐熱ボイス・コイルを使用しています (写真 3, 4)。

システムの構成

HS-630 の構成

HS-630 は重低音再生を可能にするために、70 μ エンクロージャを使用し、さらにバスレフ方式を採用しました。バスレフ設計はモデル実験と試聴により最適値を求めています。バスレフ方

式を用いることにより量感ある低音が得られ、家庭内での置き方の制約が少なくなりました。

ネットワークの構成は第11図です。第2図の2ウェイであるHS-400の回路と比較して、かなり簡素化されています。HS-630のネットワーク定数を決めるにあたり、第12図の順次2分式3ウェイ・クロスオーバー回路をリファレンスとして、物理特性、聴感特性の比較を入念に行ないました。ネットワーク素子は聴感と対応させ、品質の良いものを厳選しています。第13図に特性を示します。

HS-430 の構成

HS-430のシステム設計はエンクロージャを62 lにした以外は、ほとんど

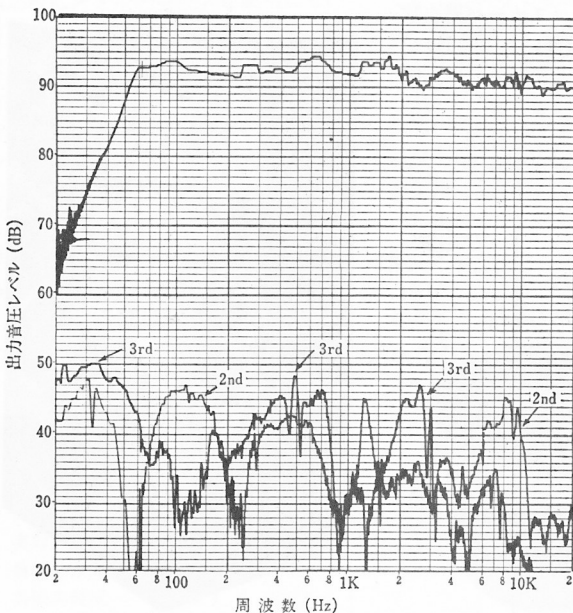
HS-630 に準じています。

おわりに

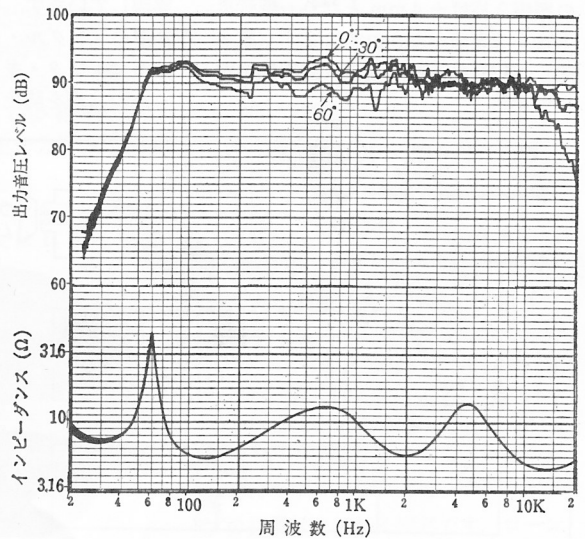
メタル・コーン・スピーカのピーク処理方法として、新しくメカニカル・フィルタを今回採用しましたが、メカニカルは実用性価値から、システムの自作などが今までよりも容易になると考えます。いっぽう従来の電気ピーク・コントロールはスピーカを理論的に解析する上で必要ですので、今後、両者は両立して用いられると考えます。

なお、今回のメカニカル・フィルタ付メタル・コーン・スピーカの実現に当たっては、当社家電研究所の多大なる協力を得たことを付記させていただきます。

〔日立製作所 豊川工場 設計部〕



〈第13図 a〉 HS-630 の無響室 1W, 1m の特性



〈第13図 b〉 HS-630 の指向、インピーダンス特性