

## RS スピーカーシリーズの開発

Development of RS Speaker

杉浦 秀明

Hideaki Sugiura

要旨 車室内という特殊な空間における，マルチシステム再生対応カー用スピーカー「RS スピーカー」を開発し，市場導入した。

本製品は車室内という特殊な環境下の影響を考慮した開発テーマ：トランジェント特性・ワイドレンジ化・不要共振の低減に注力して開発を行った。

本稿では，重要課題への技術的な対応を中心に報告する。

Summary The vehicle cabin has a particular specification for acoustics.

The "RS speaker" series was developed for pure sound reproduction with multi systems in the vehicle cabin.

For "pure sound", transient, wide range and less unnecessary resonance are extremely important.

The report describes mainly the engineering struggles faced in these important tasks.

キーワード：非面接触型支持構造，デュアルアークリングタイプ，樹脂タングステン

### 1. まえがき

近年，カーオーディオは過酷な車室内で高音質・高臨場感を実現するために，デジタル信号処理のソフトウェア，およびハードウェアの技術が目覚しく向上している。これに呼応して，カーオーディオの最終出力ユニットであるスピーカーに対してもより高いレベルで，高性能化の要求が高まってきている。この要求に応えるために，当社は，車室内におけるスピーカーの高機能化を実現するために必要な重要課題として，

1. トランジェント特性の向上
2. ワイドレンジ化
3. 不要共振

をあげ，これらの課題を解決し，「RS スピーカー」を開発し，市場導入した。本稿では，これらの技術的な対応を中心に報告する。

### 2. 車室内におけるスピーカーの重要課題

#### 2.1 トランジェント特性の向上

車室内での，視聴環境は一定の条件ではない。車自体の内部形状・内装材料・強度，走行時の路面の状態によるロードノイズ，天候に左右される風や雨などが車室内での雰囲気音再生へ大きく影響している。また，騒音レベルは，一般家庭での再生環境と比べ，著しく悪化している。そのような環境下においても再生がより鮮

明になるように、トランジェント(過渡応答特性)の向上に注力した。

## 2.2 ワイドレンジ化

狭い車室内において、スピーカーの取り付けは厳しく制約される。特にマルチシステムで構築した場合は、取り付け場所・車の内部形状により反射や回折などの影響を受け易くなるために、広い再生帯域を実現することに注力した。また、高性能メディアであるDVD-A・SACDにも対応するために、ダイナミックレンジの拡大にも注力した。

## 2.3 不要共振の低減

スピーカー専用のキャビネットを有しない車室内における再生において、振動共振に対する影響は大きい。通常、車の屋根やドアは鉄板でできている。内装材は樹脂材に表面材を貼り付けたものである。これらの材料はスピーカーの振動を受けて固有の共振を発生する。フレームなど筐体からの振動を低減して、振動板の振動を音として正確に空気中に放射させるとともに、振動板以外からの音を低減することに注力した。

## 3. トランジェント特性の向上

トランジェント特性の向上を実現するために振動伝搬を解析し、非面設置支持機構を設けることで実現した。

### 3.1 トランジェント特性の劣化の要因

スピーカのボイスコイルでの振動により、振動板に対して反発の作用として磁気回路に振動が発生する。この振動は、振動板の挙動とは逆方向のため、音圧の低下と磁気回路の反作用振動が筐体(フレーム)を通して、振動板以外の連結部品の固有振動(付帯音)と合成されて、ボイスコイルの振動系に戻る。このようにボイスコイルの反作用により磁気回路から発生する振動は逆作用のために、振動板の応答特性に大きく影響する。

### 3.2 振動伝搬の解析

開発当初の機構の振動伝搬イメージを図1

に示す。この反作用成分の低減がスピーカーのトランジェント特性に大きく影響する。そこで反作用部の接点について検討を行った。筐体(フレーム)と接点は振動板・ダンパー・磁気回路である。作用成分と反作用成分との接合部で生じる振動の位相差を低減することに着目した。位相差は中高域で発生し、接合部で歪が発生するため、接合点を分岐することを検討し、点で支持することにより、位相差による合成された振動を低減することが可能であることを確認した。最終機構の伝搬イメージを図2に示す。また、実際の接点部であるダンパーホルダーと筐体の動作を測定した。測定箇所を図3に示す。

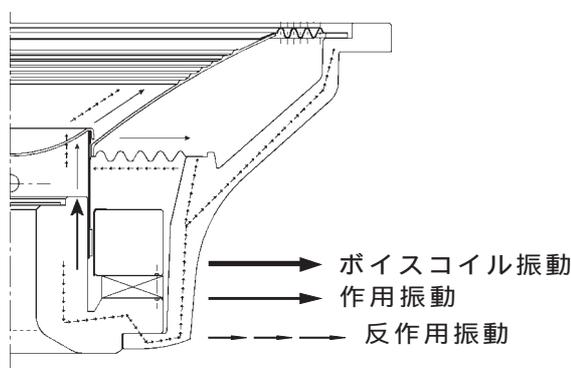


図1 開発当初の振動伝搬イメージ

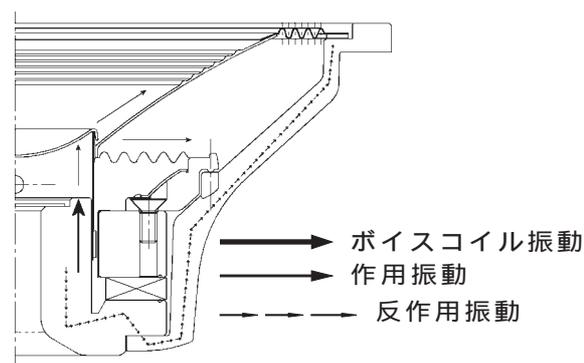


図2 最終機構の振動伝搬イメージ

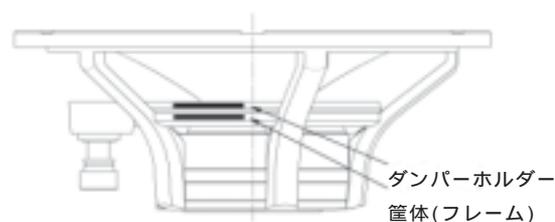


図3 振動モード測定箇所

### 3.3 非面設置支持機構

ダンパーホルダーと筐体(フレーム)のピストン振動帯域の振動モードを図4に、分割振動帯域の振動モードを図5に示す。

図4に示したデータは、ピストン振動帯域が800Hz・+20°での振動モードである。接点部が同位相で振動していることが確認できる。

図5には、分割振動帯域が6,000Hz・-120°での振動モードのデータである。接点部の振動に位相差が生じていることを確認できる。

本製品ではダンパーホルダーと筐体(フレーム)・磁気回路と筐体(フレーム)の2ヶ所の接合

部に非面設置支持機構を設け、トランジェント特性を向上させた。図6に、開発したウーファー・TS-M1RSの構造を示す。

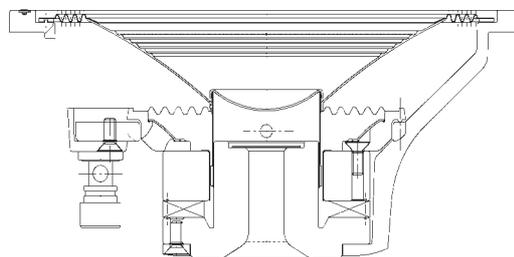


図6 TS-M1RSの構造

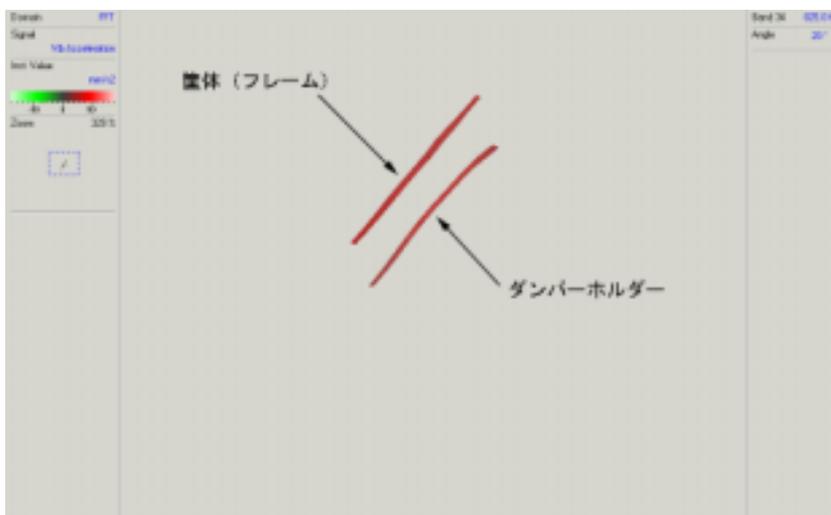


図4 ピストン振動帯域の振動モード

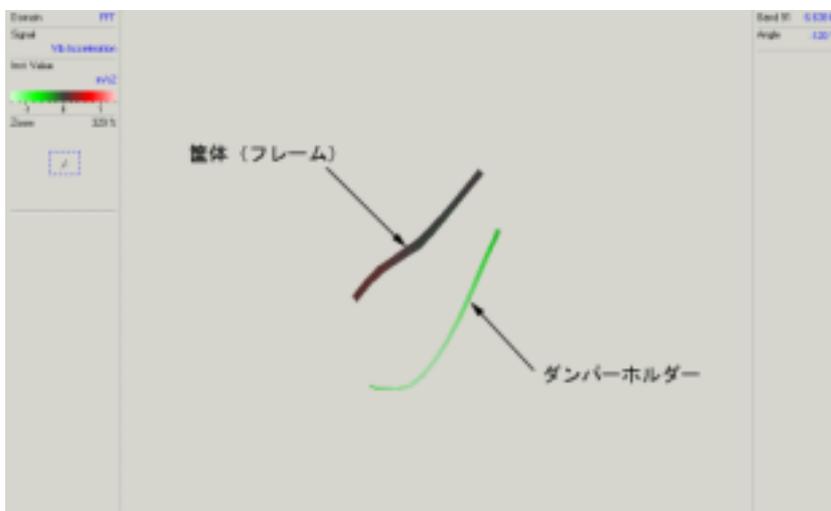


図5 分割振動帯域の振動モード

#### 4. ワイドレンジ化

ワイドレンジ化を実現するためにリングダイヤグラムの形状を考案し、高ワイドレンジ化を実現したデュアルアーク・リングトゥイーターを開発した。

##### 4.1 トウイーターの設計目標

トウイーターの広高帯域化への目標設定値として、口径を 35mm、再生周波数帯域を 2,000 ~ 48,000Hz に設定した。また、ダイナミックレンジの拡大も考慮し、高能率再生を前提に、感度を 96dB 以上に設定した。

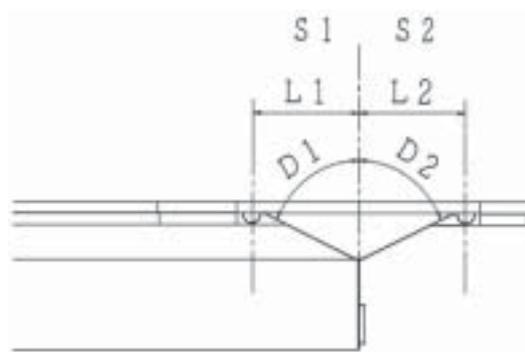
##### 4.2 一般的なリングダイヤフラム

高域特性の目標値 48 kHz の再生を条件とし、車載用スピーカーにおいては、ガラスの反射・

ダッシュ非対称形状の反射や回折の影響が大きいので、狭指向性の方が、特性コントロールにおいて有効であるリングダイヤフラム方式の採用を検討した。35mm の一般的なリングダイヤフラムの形状を図 7 に、シミュレーション結果を図 8 に示す。F0(最低共振周波数)とFh(高域限界周波数)にピークが生じ、目標値には達しないことがわかる。以上の理由より、一般的なリングダイヤフラムを使用して、35mm の口径では目標値の 48 kHz を実現することは困難と判断した。

##### 4.3 リングダイヤグラムの開発

そこで内・外径のダイヤフラムを別振動板と考え、内・外の振動板の動作をシミュレーショ



条件:  
 内・外径ダイヤフラムの断面径  $L1=L2$   
 内・外形ダイヤフラムの半頂角  $D1=D2$   
 内・外形ダイヤフラムの面積  $S1<S2$   
 ダイヤフラムはストレート形状

図 7 一般的なリングダイヤフラムの形状

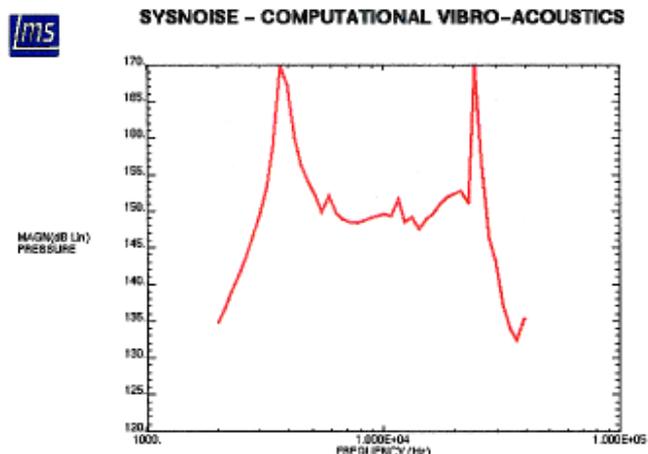


図 8 一般的なダイヤフラムの周波数特性のシミュレーション結果

ンした。その結果，内・外径を異なる半頂角・円弧に変えることにより，内・外振動板の特性を変化させ，内・外径の面積は同じになるように設定することにより，周波数帯域が目標値に達することが可能になった。ダイヤフラムの形状を図9に示す。また，その内・外の異なるダイヤフラムの合成周波数特性のシミュレーション結果を図10に示す。高域で改善されていることが分かる。

さらに，センターイコライザーにより近傍位相をコントロールして，平坦で広帯域な特性を得ることが可能になった。センターイコライザーがない場合の指向性特性を図11に，センターイコライザーがある場合の指向性特性を図12に示

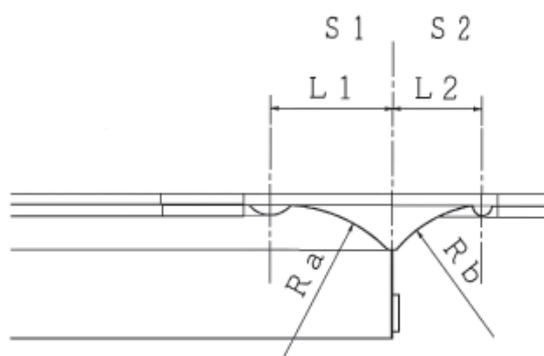
す。両図より，センターイコライザーによる指向特性の改善効果がされていることが分かる。

#### 4.4 デュアルアーク・リングトゥイーター

上述の内・外の異なるダイヤフラム，センターイコライザを採用したデュアルアーク・リングトゥイーターを開発した。

図13にセンターイコライザのシミュレーションモデルを示す。また図14に開発したデュアルアーク・リングトゥイーターの構造を示す。

振動板はチタンの20 $\mu$ をプレス成形し，表面にはイオンプレーティング処理を施し，表面の成型歪を低減し，目標である48kHzで96dBの高域再生を可能にした。



条件：  
 内・外径ダイヤフラムの断面計  $L_1 > L_2$   
 内・外形ダイヤフラムの  $R_a$  と  $R_b$  は異なる半径  
 内・外形ダイヤフラムの面積  $S_1 = S_2$

図9 内・外異なるリングダイヤフラムの形状

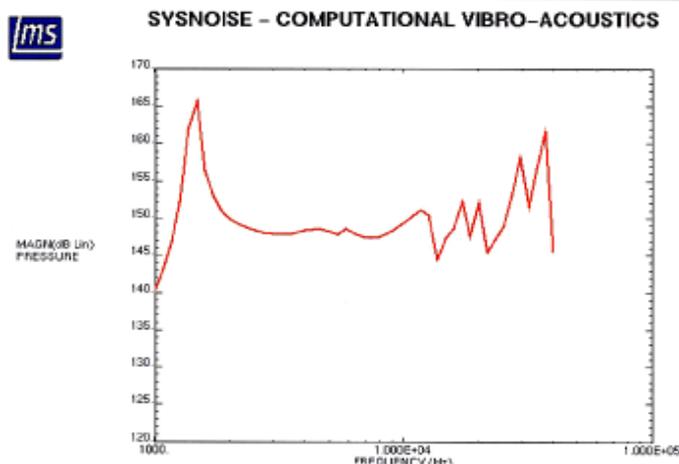


図10 開発したリングダイヤフラムの周波数特性のシミュレーション結果

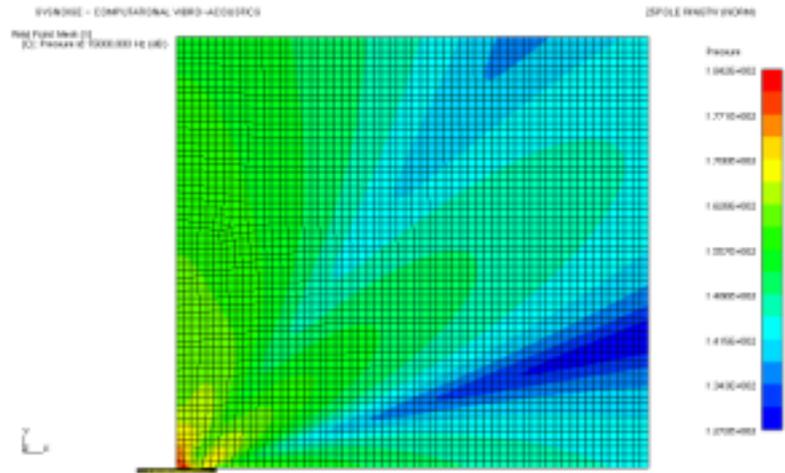


図 11 センターイコライザーなし

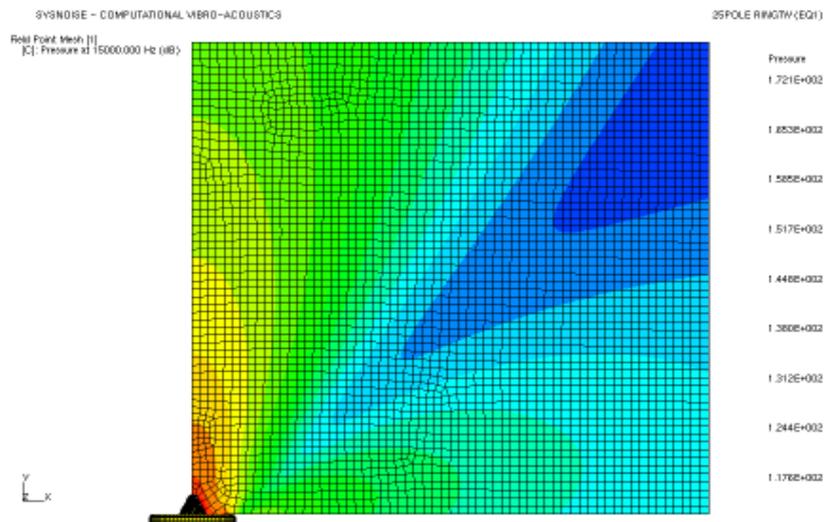


図 12 センターイコライザーあり

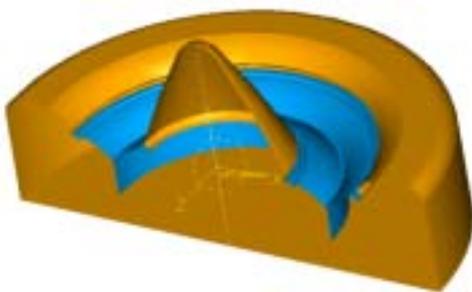


図 13 センターイコライザのシミュレーションモデル

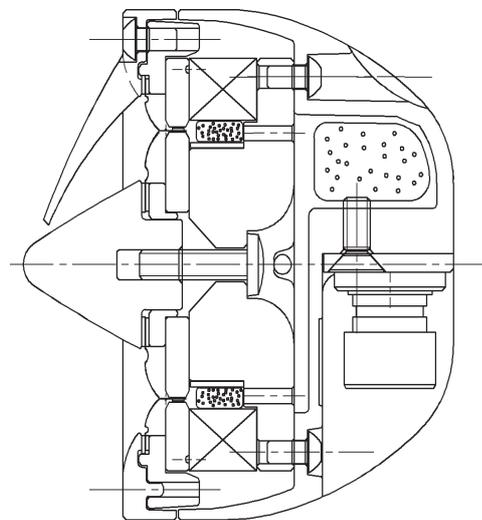


図 14 TS-TIRSの外観

## 5. 不要振動の低減

振動系からの音を正確に伝えるためには、振動板を支える筐体の各連結部品においても高減衰率・高比重化が求められる。

### 5.1 不要振動低減の検討

一般的に筐体(フレーム)は鉄板材、アルミのダイキャスト製品が主に使用されている。鉄板とアルミの減衰特性と周波数特性を図15と図16に示す。

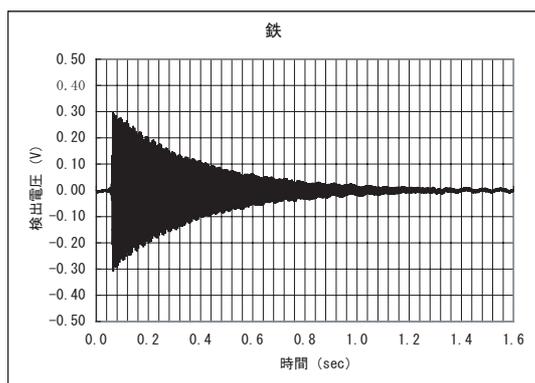
筐体開発にあたり、筐体は反作用成分の低減と振動系との連結部を重視した。反作用に対応する高比重化、および連結部の共振の低減・不要振動を抑える減衰特性の優れた材料の開発が必要である。

ボイスコイルからの振動はボビンを介して振

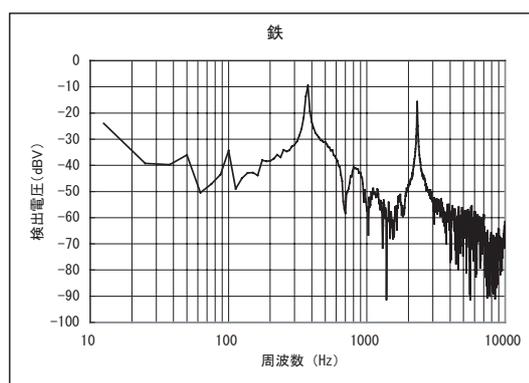
動板と連結され振動板に伝えられる。一般的に振動の減衰が低下しないように連結部は振動板・ボイスコイル・ダンパーとの三点にて接着される。その時ダンパーも同様に振動して筐体に振動が伝えられる。ダンパーの終点で振動が戻るため、振動板と時間遅れの振動が振動板に伝わる。この振動を低減するためにダンパーの終点部へダンパーホルダーを設けた。そのダンパーホルダーの材質を振動減衰率の高い材料を使用することで、振動板への不要振動がより低減されることを確認した。

### 5.2 樹脂タングステンの開発

高減衰・高比重材は一般的には合金が使われるが、合金よりも高減衰率化と高比重化を実現する材料の検討を進めた。その結果、樹脂タン

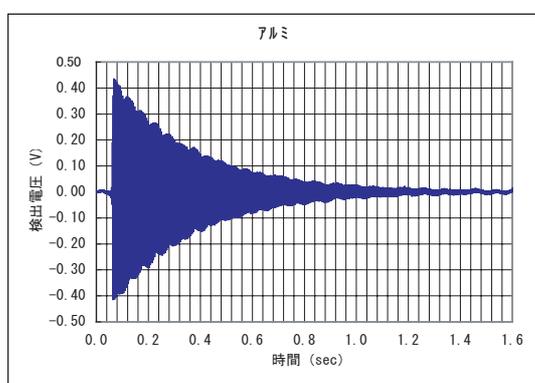


(a) 減衰特性

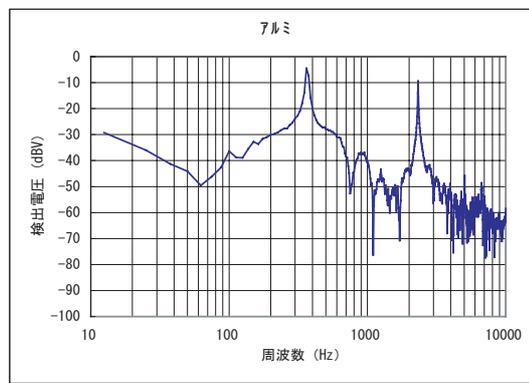


(b) 周波数特性

図15 鉄板の減衰特性と周波数特性



(a) 減衰特性



(b) 周波数特性

図16 アルミの減衰特性と周波数特性

グステンコンポジット材を採用した。樹脂タングステンとは、高比重(  $\rho=19.0$  )、かつ高剛性材であるタングステンと低比重樹脂材料など、比重が大きく異なる2種類以上の材料を特殊配合したハイブリッド材料である。その断面写真を図17に示す。

樹脂タングステンは外部から衝撃を受けると、その振動はタングステンの振動が樹脂連結部にて熱エネルギーへの変換にて吸収される。

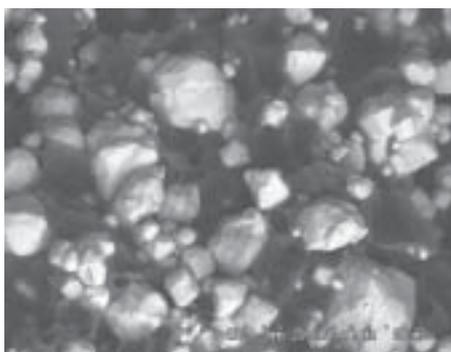


図17 樹脂タングステンの断面写真

減衰のイメージを図18に示す。

今回開発した樹脂タングステンの減衰特性と周波数特性を図19に示す。図15の鉄板材の特性、および図16のアルミ材の特性と比較すると、減衰特性、周波数特性ともに優れた特性を示している。これより、樹脂タングステンの高減衰化と素材共振の低下を確認した。

高比重材料の樹脂タングステンを使用した部品であるダンパーホルダーやダイヤフラムホルダーを、ユニット中心部に配置したことにより、駆動系のバランスが向上し、高重量と相まって反作用の低減を実現している。

## 6. RS スピーカユニット

トランジェント特性を向上させたウーファー・TS-M1RSとミッドレンジ・TS-S1RS、高ワイドレンジ化を実現したトゥイーター・TS-T1RS、筐体に樹脂タングステンを採用した各種RSスピーカユニットの外観を図20に示す。

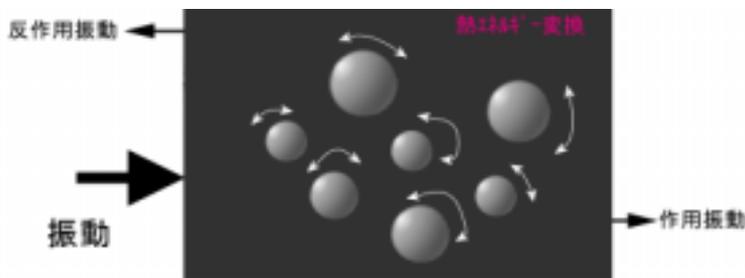
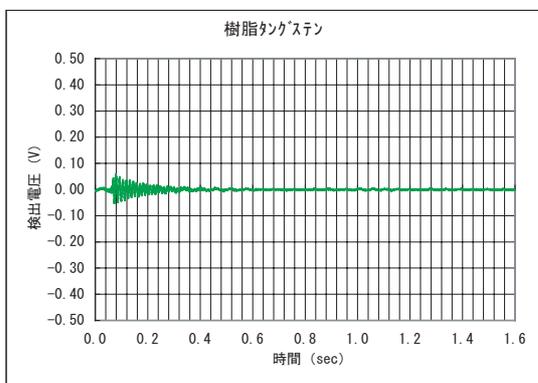
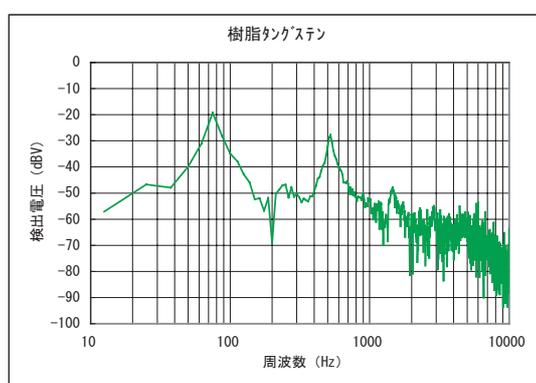


図18 減衰のイメージ



(a) 減衰特性



(b) 周波数特性

図19 樹脂タングステンの減衰特性と周波数特性



3.5cm・トゥイーター : TS-T1RS  
7.7cm・ミッドレンジ : TS-S1RS  
17cm・ウーファー : TS-M1RS  
25cm・サブウーファー : TS-W1RS

図 20 RS スピーカユニットの外観

## 7. まとめ

車室内での特殊環境でも高音質，高臨場感を実現したRSスピーカを開発した。これを実現するために，前述した重要課題，

- (1) トランジェント特性の向上
- (2) ワイドレンジ化
- (3) 不要共振の低減

を解決するために，(1)では，ウーファーとミッドレンジに非面設置支持機構を採用してトランジェント特性を向上させた。(2)では，トゥイーターにデュアルアークリングを採用することでワイドレンジ化を実現した。(3)の不要共振の低減は，樹脂タングステンを新規に開発し，各ユニットの筐体に採用することで実現した。

市場導入したRSスピーカは，市場で高い評価を得ている。

今後，再生環境の厳しい車室内で，さらなる高音質，高臨場感を可能にするスピーカユニットの開発をする予定である。

## 8. 謝辞

樹脂タングステンの開発は，カネボウ合繊株式会社との共同開発によるものである。ご御協力頂きました高分子技術課の各位に深く感謝致します。

筆者

杉浦 秀明 (すぎうら ひであき)，  
所属：東北パイオニア(株)，  
スピーカー事業部 技術部  
入社年月：1985年4月  
主な経歴：カースピーカーの開発・設計