

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2012年2月2日(02.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号

WO 2012/015032 A1

- (51) 国際特許分類:  
G11B 33/08 (2006.01) F16F 15/06 (2006.01)  
F16F 1/06 (2006.01) H04R 1/00 (2006.01)  
F16F 1/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/067444
- (22) 国際出願日: 2011年7月29日(29.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-172115 2010年7月30日(30.07.2010) JP  
特願 2010-276420 2010年12月10日(10.12.2010) JP  
特願 2011-014224 2011年1月26日(26.01.2011) JP  
特願 2011-097606 2011年4月25日(25.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 特許機器株式会社 (Tokkyokiki Corporation) [JP/JP]; 〒6600833 兵庫県尼崎市南初島町10-133 Hyogo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 丸山 照雄 (MARUYAMA, Teruo) [JP/JP]; 〒6600833 兵庫県尼

崎市南初島町10-133 特許機器株式会社内 Hyogo (JP). 岡本 興三 (OKAMOTO, Kozo) [JP/JP]; 〒6600833 兵庫県尼崎市南初島町10-133 特許機器株式会社内 Hyogo (JP). 山口敏喜 (YAMAGUCHI, Satoki) [JP/JP]; 〒6600833 兵庫県尼崎市南初島町10-133 特許機器株式会社内 Hyogo (JP). 田嶋 章雄 (TAJIMA, Akio) [JP/JP]; 〒6600833 兵庫県尼崎市南初島町10-133 特許機器株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 西村 竜平 (NISHIMURA, Ryuhei); 〒6040857 京都府京都市中京区蒔絵屋町280番地 マニュアルプレイス京都3F Kyoto (JP).

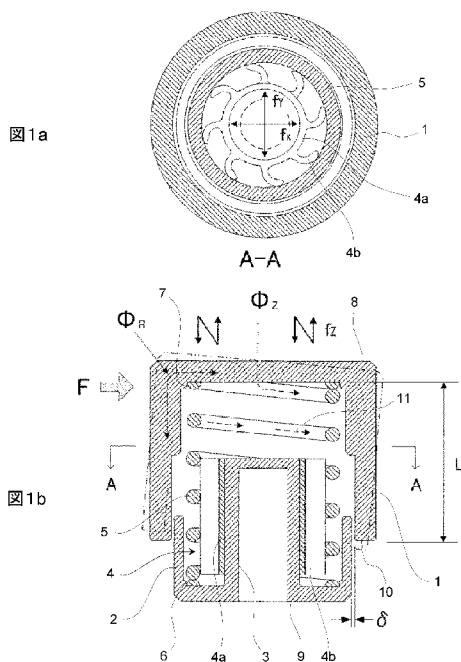
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: INSULATOR FOR AUDIO AND METHOD FOR EVALUATING SAME

(54) 発明の名称: オーディオ用インシュレータ及びその評価方法

[図1]



(57) Abstract: In the case of a conventional hard material insulator, selecting a good quality acoustic material makes it possible to tune a reproduced sound using a character of the material. Since each type of acoustic material to be applied has a unique high-frequency characteristic, however, there are disadvantages that the effect is limited and depends on the compatibility with an audio device and the acoustic effect changes if the installation environment of an audio device, a genre of music, and other things are changed. In the present invention, a wind-bell member (resonance member) is disposed in parallel with a main transmission path of vibration transmitted from an audio device to an isolator. This allows the vibration system of a wind-bell having a tone determined by many factors including, for example, a root, a harmonic tone, afterglow, and fluctuation to assist (or strengthen) a high-frequency vibration transmitted from the audio device. As a result, the assist function different in principle from a conventional method can drastically improve the acoustic characteristics such as a sense of localization of a sound image, resolution, a sense of transparency, a sense of scale, etc.

(57) 要約: 従来硬質材料インシュレータの場合、良質な音響素材の選択により、素材のキャラクターを利用した再生音のチューニングが図れるが、適用される各種音響素材は固有の高周波特性を有するため、効果に多様性、汎用性が無く、オーディオ装置との相性に左右され、またオーディオ装置の設置環境、音楽のジャンル等が変わると、音響効果も変わるという欠点がある。これに対し、オーディオ機器からインシュレータに伝達される振動の主伝搬経路に対して、風鈴部材(共振部材)を並列に配置する。このことにより、基音、倍音、余韻・ゆらぎなどの多くの要因で決まる音色を有する風鈴の振動系は、オーディオ機器から伝搬される高周波振動をアシスト(増強)する。その結果、

従来方式と原理の異なる上記アシスト作用により、音像の定位感、分解能、透明感、スケール感などの音響特性を飛躍的に向上させることができる。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：オーディオ用インシュレータ及びその評価方法

### 技術分野

[0001] 本発明はオーディオ機器である、スピーカー、アンプ、CDプレイヤー、アナログプレイヤー等に用いられるインシュレータ、及び、このインシュレータの評価方法に関するものである。

### 背景技術

[0002] オーディオの分野においては、原音に限りなく近い音の追及が、オーディオ機器である、アンプ、スピーカー、CDプレイヤー、ケーブルなどの各コンポーネンツにおいてなされてきた。アナログからデジタルの時代に移行し、様々な革新的技術が投入されたにもかかわらず、録音から再生に至る過程の技術にはまだ限界があって、人間の聴覚が知覚する程には、原音を忠実に再現できないのが現状である。オーディオ機器が原音（たとえばオーケストラの生演奏の音）に追従できない要因の一つに、振動がオーディオ機器に与える影響がある。周知のように、オーディオ機器は自ら振動を発生するとともに、外部から様々な振動の影響を受けている。アンプの場合は電源トランスの交流基本信号とその高調波成分による「うなり」が発生する。CDプレイヤーの場合はディスクを回すモーターが振動源となる。スピーカーの場合、コーンを駆動するボイスコイルの反力がスピーカー・エンクロージャー（箱）本体を振動させる。この振動がスピーカーを設置した床面に伝達され、床面を含む部屋全体の持つ複雑な固有振動モードを励起させる。原音に複雑に重畳された外乱振動は、再びスピーカー本体を振動させる。この時発生する混変調歪（サブハーモニクス）がオーディオ機器の音質を劣化させるという仮説が提唱されているが、オーディオ機器と設置面との間の相互干渉による振動が、再生音の品位を低下させる重要な要因であるという点は、間違いのない事実であると思われる。

[0003] オーディオ機器の音質を改善する手段のひとつとして、インシュレータが

ある。アナログ時代、ハウリングを抑止するために、インシュレータは主にアナログプレイヤーと床面との間に設置され、振動の伝達を遮断する手段として必須のものであった。アナログからCDプレイヤーに移行して、インシュレータはハウリング防止対策ではなく、オーディオ機器の音質を改善し、リスナーの好みの音に調整するチューニング手段として用いられるようになった。インシュレータの適用により、音質が変わることは良く知られているが、その効果をもたらすメカニズムについては、理論的に十分解明されているとは言えず、経験的、試行錯誤的に開発されたものが多い。過去、インシュレータとして用いられているものに、次の二つのタイプがある。

[0004] (1) フローティング方式インシュレータ

このタイプのインシュレータは、振動の遮断（シャットアウト）を目的としたもので、剛性の小さい緩衝体を用いられる。緩衝体として、ゴム材を用いたもの、スプリングコイルを用いるもの、空気を封じ込めたエアフローティング・ボード、磁力の反発力を利用したものなどがある。

(2) 硬質材料によるインシュレータ

インシュレータのもうひとつのタイプは硬質材を用いるものである。近年、前述した緩衝体に代わり、オーディオ機器が発生する振動を効果的に吸収し、外部へ逃すことを目的とした硬質材、たとえば、木材、樹脂、金属、セラミック等を用いたもの、及びこれらの素材を多層構造にした複合タイプが考案され商品化されている。この複合タイプについては、特開平10-246284号公報（特許文献3）に開示されている。硬質インシュレータの場合は、良質な音響素材のキャラクターを利用した再生音のチューニング手段として用いられる。たとえば、

i) 金属系材料

真鍮：キラリとした明るいブリリアントな響き

銅：重厚感があってパワフル

銀：芯のとおりが良く、音の立ち上がり・立ち下がりが素早い

金：ふくよかさと艶やか

## ii) 木材系材料

アフリカ黒檀：固いが刺激的ではない音（楽器に使用される）

縞黒檀：アフリカ黒檀より柔らかい

桜：柔らかく芳純

[0005] 一方、円錐形状のスパイクは、「円柱→円錐→円錐の頂点→床面」の方向には振動が伝達され易く、その逆方向には伝達されにくい効果を利用したもので、スピーカーの設置に多用されている。たとえば、複数個のスパイクを直列に配置した構造が特許第3848987号（特許文献1）に開示されている。

[0006] 図52に示すダブルスパイク構造の振動防止支持装置は、スパイク受け980と、第1のスパイク981と、第2のスパイク982と、スパイク受け980に入れられた液体983とで構成される。第1のスパイク981は円柱部分がスパイク受け980の円筒の内壁と接するようにスパイク受け980の下端に挿入される。第2のスパイク982は、同様に第1のスパイク981の上面の中心に設けた窪みに円錐部分の頂点を置いている。スパイク受け980と、第1のスパイク981間の狭い隙間に満たされた液体983は、両部材981、980間の振動を絶縁する効果を有する。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0007] 特許文献1：特許第3848987号

特許文献2：特開2006-200734号公報

特許文献3：特開平10-246284号公報

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] 以下、オーディオ用インシュレータとして、上述した2つの従来方式が抱える課題を整理すると、次のようである。

[0009] (1) フローティング方式インシュレータの課題

上述したゴム製インシュレータの場合は、ゴムの粘弾性による過剰な制振

作用により、音に生気を与える高周波数成分まで減衰してしまうため、音の輪郭が曖昧となり、音質に混濁感が生じるという欠点があった。

[0010] スプリング方式の場合、ばね剛性と搭載物の質量できまる固有振動、及び、複数の高調波振動が広い周波数領域に渡って発生するため、この振動が音に与える影響をどう回避するかが大きな課題となる。

[0011] エアーフローティング・ボード、及び、磁力の反発力を利用したインシュレータの場合、オーディオ機器は床面に対して完全非接触で浮上できる。この完全非接触浮上により、音の透明感、立体感、分解能の向上などの効果が注目されている。反面、オーディオ機器から床面に伝達される振動は、インシュレータで完全遮断されるために、リスナーの好み、音楽のジャンルなどに合わせた音質のチューニングが硬質材料インシュレータと比べて難しく、音が没个性的になるという欠点があった。また、完全非接触浮上式の場合、適用対象のスピーカーによって、低域の力感・定位感が低下する、低音が引き締まらず空間に浮遊した不自然な感じ（ブーミー）になるという欠点が指摘されている。この現象の理論的究明がなされた報告例はまだ見出していないが、本発明者の研究では次のようである。インシュレータのばね剛性と搭載物（スピーカー）で決まる固有振動数が小さ過ぎると、振動加振源（ボイスコイルモータの反力）を有するスピーカー本体が前後振動する。この振動がブーミー現象をもたらすものと思われる。

[0012] (2) 硬質材料インシュレータの課題

硬質材料インシュレータの場合は、前述したように良質な音響素材の選択により、音響素材のキャラクターを利用した再生音のチューニングが図れる。しかし、硬質材料インシュレータの振動伝達のメカニズムと音響効果の関係は理論的に未解明であり、ほとんどが試行錯誤的に開発されたものである。適用される音響素材は固有の高周波特性を有するため、効果に多様性、汎用性が無く、オーディオ装置との相性に左右され、またオーディオ装置の設置環境、音楽のジャンル等が変わると、効果も変わるという欠点があった。そのため、リスナーの永続的な使用に応えるのが難しいという課題があった

- 。
- [0013] また、硬質材料インシュレータは低周波数（たとえば、数十Hz以下）の振動を減衰させることはできない。円錐形状のスパイクの場合、及びこのスパイクを直列に多段に組み合わせた場合も同様である。特許文献1には、スパイクの円筒面とこの円筒を収納するスパイク受けの間の狭い隙間に、粘性流体であるシリコンオイルを封入する方法が開示されている。しかし、この粘性流体による振動減衰作用は周波数に比例するため、低い周波数では振動減衰効果を得るのは困難である。
- [0014] スピーカーが設置される民間住宅の床面は、通常20~100Hzを固有値とする分布振動モードを持っている。前述したように、スピーカーの振動が床面に伝達されると、床面を含む部屋全体の持つ複雑な固有振動モードを励起させる。この低周波の床面振動とスピーカー本体の振動の相互干渉がもたらす音質の劣化は、硬質材料インシュレータでは基本的に回避できない。
- [0015] 従来から工業用分野の防振装置に用いられてきた吸振体（たとえば、特許文献2）は、数Hzから500Hz程度の範囲の振動伝達を遮断するだけで実用上十分である場合が多い。吸振体を構成する材料は、耐候性と耐衝撃性を有する塩ビ系やポリプロピレン系などの樹脂、熱可塑性エラストマなどが用いられる。工業用分野の防振装置では、高周波振動を音のチューニングに利用するという概念はなく、そのため、音響振動の構造面・材料面での伝搬特性については、なんら配慮されていない。

### 課題を解決するための手段

- [0016] 本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものである。すなわち、オーディオ機器を振動発生源として、オーディオ機器を支持する弾性部材側に伝達される振動の主伝搬経路に対して風鈴部材を並列に配置する。基音、倍音、余韻・ゆらぎなどの多くの要因で決まる音色を有する風鈴の振動系は、オーディオ機器から伝搬される高周波振動をアシスト（増強）する。従来方式と原理の異なる高周波域の上記アシスト作用により、音像の定位感、分解能、透明感、スケール感などを劇的に向上させる音響効果が得られることが分か

った。本研究で見出されたこの効果を、「風鈴効果」(Wind Bell Effect)と呼ぶことにする。

[0017] 具体的に、請求項1の発明は、上部支持部材と下部支持部材で挟持されてオーディオ機器の荷重を支持する弾性部材と、複数の共振点を有する共振部材と、オーディオ機器から前記弾性部材側に伝搬される振動を主振動として、前記共振部材の振動が前記主振動に重畳されるように、前記共振部材を前記弾性部材に対して並列配置したものである。

[0018] すなわち、本発明においては、オーディオ機器を振動発生源として、オーディオ機器から弾性部材側に伝達される主振動の主伝搬経路を $\Phi_z$ として、この $\Phi_z$ から分岐した振動伝播経路 $\Phi_R$ を有する共振部材を、上記 $\Phi_z$ に対して並列に配置する。多くの共振点を有する共振部材の振動系 $\Phi_R$ は、オーディオ機器から伝搬される高周波振動をアシスト(増強)する。従来方式と原理の異なる高周波域のアシスト作用により、音像の定位感、奥域感、密度感、透明感、分解能などの音響特性を向上させる。ちなみに、楽器が奏でる音は高調波の倍音成分を有し、ステレオ再生で音源の方向を特定できる音像定位の効果は高音域の特性に依存する。すなわち、本インシュレータでは、高音域のアシスト作用により、各楽器の再生音の倍音成分が強調されることで、上記音響特性が向上される。

[0019] 具体的に、請求項2の発明は、前記共振部材は一方を固定端、もう一方を自由端とする概略筒型形状部材で構成したものである。

すなわち、本発明においては、共振部材を風鈴形状の概略筒型形状部材で構成する。基音、倍音(基音の整数倍周波数の音)、余韻・うなり(ゆらぎ)などの多くの要因で決まる音色を有する風鈴の振動系 $\Phi_R$ は、オーディオ機器から伝搬される高周波振動をアシスト(増強)すると共に、振動が減衰する時の余韻とうなりは、再生音に音響空間の広がりや深み、芳醇な味わいを与える。

[0020] 具体的に、請求項3の発明は、前記弾性部材はフローティング方式インシュレータに用いられる機械ばね、あるいは空気、あるいは磁性体で構成した



ものである。

すなわち、本発明においては、下記(1)(2)を「同時に併せ持つ」ことを特徴とするものである。

(1) 低周波可聴域での振動の完全遮断効果

搭載物の質量とばね剛性で決まる2次振動系の周波数特性により、可聴域における低周波振動のほぼ完全な遮断作用が得られる。この振動遮断効果によりオーディオ機器と設置面との間の相互干渉による振動が再生音に与える影響（混変調歪の発生）を回避できる。

(2) 従来硬質材料インシュレータを超える高周波振動のアシスト効果

上記(1)の効果により、共振部材（風鈴部材）によってアシストされる高周波振動はオーディオ機器（スピーカー）から発生した原音成分だけである。従来の硬質材料インシュレータの場合は、床面からのばね返りによる振動、すなわち、原音には元来含まれなかった振動成分である混変調歪（サブハーモニクス）までアシスト（増強）してしまう不具合があった。本発明では床面からのばね返り振動は無く、混変調歪は発生しない。その結果、上記(1)(2)の相乗効果により、音像の定位感、奥域感、密度感、透明感、分解能などの音響特性が一層向上する。

[0021] 具体的に、請求項4の発明は、前記弾性部材を機械ばねで構成し、この機械ばねと密着した状態を保つ共振防止部材より構成したものである。

すなわち、本発明においては、機械ばねとして、たとえばスプリングコイルを用いて、かつスプリングコイルと密着した状態を保つ粘弾性材料によるサージング共振防止部材より構成する。サージング共振防止部材は、半径方向に延びて突設された複数の粘弾性片が部分的にスプリングコイルの内周面、あるいは外周面に接触する形状にすれば、波長が短くなる高周波域の振動は、粘弾性片の振動減衰作用の影響を回避して通過する確率が向上する。

あるいは、機械ばねとして、円錐コイルばね、皿バネ、あるいはこの皿ばねを多段に積み重ねた構造、竹の子ばね、輪ばね、渦巻きばね、薄板ばね、重ね板ばね、U字型ばねなど、オーディオ用インシュレータに要求される形

状、寸法などを考慮して選択できる。

[0022] 具体的に、請求項5の発明は、前記弾性部材の端部を把持する固定部と、前記前記弾性部材の一部を内部に収納して前記前記弾性部材のもう一方の端部を把持すると共に、前記固定部側に概略筒状に伸びた形状を有する筒型スリーブと、前記筒型スリーブと前記固定部の間は、狭い半径方向の間隙を設けた状態で嵌め込まれるように設置したものである。

すなわち、本発明においては、「風鈴効果」を得るために設けた長い筒状のスリーブ（共振部材）を利用して、インシュレータに搭載されるオーディオ機器（たとえば、スピーカー）に地震などによる衝撃的な水平方向外乱荷重が加わった場合でも、オーディオ機器の傾斜を最小限に抑えて、転倒を防止する構造を示すものである。すなわち、長い形状の筒型スリーブは「風鈴効果」と搭載物の「転倒防止効果」の両方の役割を併せもつものである。

[0023] また、Lを前記筒型スリーブの有効長さ、 $\delta$ を前記筒型スリーブとコイル固定部の半径方向の間隙としたとき、 $\delta/L \leq 0.03$ となるように前記 $\delta$ 、前記Lを設定する。

[0024] すなわち、本発明においては、本インシュレータに搭載されたスピーカー（あるいは、その他のオーディオ機器）に水平方向の衝撃荷重が加わった場合、上式が成り立つように、前記筒型スリーブの有効長さL、前記筒型スリーブと固定部の半径方向の間隙 $\delta$ を設定することで、スピーカーの転倒防止が図れる。

[0025] 具体的に、請求項6の発明は、 $\delta \leq 1.0\text{mm}$ に設定したものである。

すなわち、本発明においては、本インシュレータに搭載されたスピーカー、あるいはその他のオーディオ機器に水平方向の衝撃荷重が加わった場合、上式が成り立つように前記筒型スリーブとコイル固定部の半径方向の間隙 $\delta$ を設定すれば、スピーカー、あるいはオーディオ機器の仕様に無関係に転倒防止が図れる。

[0026] 具体的に、請求項7の発明は、オーディオ機器の荷重を支持する荷重支持部と、オーディオ機器に装着されているスパイク、あるいは移動用のコロな

どの全体、あるいは一部を収納する凹部を前記荷重支持部分に形成したものである。

すなわち、本発明においては、インシュレータとオーディオ機器間は、点ではなく広い面積を有する面で接触させることで、風鈴部材の有する多様な振動モードを高周波域のアシスト作用としてより効果的に利用できることに着目したものである。従来の常識に反して、オーディオ機器に設置されているスパイクの機能を無効にすることで、一層の風鈴効果を得ることができる。

[0027] 具体的に、請求項8の発明は、前記共振部材単体の中央部を固定して、前記共振部材単体にインパルス加振を与えて、前記風鈴部材近傍に配置された集音マイクから得られる音圧波形の包絡線が初期値に対して36.8%まで減衰する時間を風鈴時定数 $T$ としたとき、 $T > 0.05$ 秒となるように設定したものである。

[0028] すなわち、本発明においては、インシュレータ本体の振動伝達特性における共振ピーク値の分布と、風鈴部材単体の音圧特性の共振ピーク値分布はほぼ一致するため、インシュレータ本体を用いなくても、風鈴部材単体の打音特性を測定することで、インシュレータ本体の振動伝達特性を推定できることに着目したものである。打音特性の測定条件は、本明細書の[1-4-1]節に記載した「基準条件」に準ずものとする。風鈴部材が満足すべき最も重要な風鈴特性の条件とは、風鈴時定数 $T$ がある値以上を有することである。本研究により、風鈴が有する余韻は再生音に空間の拡がり感（奥域感、臨場感）をもたらすことが分かった。この効果により、ステレオ再生において、スピーカーの背景に壮大なオーケストラの空間がスピーカーから離脱して、奥深く、かつホログラフィックなイメージで展開される。多くの試聴実験の結果から、 $T > 0.05$ 秒となるように風鈴部材の材料と形状を選択すれば、余韻がほとんどない場合（ $T \approx 0$ の場合）と比べて、明らかに「空間の拡がり感」が向上する効果が得られた。

さらに、風鈴時定数 $T > 0.1$ 秒となるように風鈴部材を構成すれば、再生音楽

のジャンルを問わず、より一層満足のいく結果が得られる。

[0029] 具体的に、請求項 9 の発明は、前記共振部材単体の中央部を固定した状態で、前記共振部材の基音周波数 $f_1 > 1500\text{Hz}$ となるように前記共振部材の材質と形状を設定したものである。

すなわち、本発明においては、多数のリスナーによるスピーカー試聴実験を基に結果を集約したものである。試聴実験の結果では、風鈴部材の基音周波数が低すぎると、再生音楽のジャンルによっては、高音域で固有音が耳ざわりとなるという指摘があった。1次共振周波数 $f_1$ は風鈴部材の形状と材質の選択によって設定できる。基音周波数を $f_1 > 1500\text{Hz}$ に設定すれば、リスナーの多くが満足できる結果が得られた。

さらに高い基音周波数 $f_1 > 2500\text{Hz}$ に設定すれば、リスナーのほぼ全員が賛同する極めてナチュラルな音響特性が得られた。

[0030] 具体的に、請求項 10 の発明は、前記共振部材単体の中央部を固定した状態で、前記共振部材のインパルス応答の減衰曲線にうなりが相乗されるように前記共振部材を構成したものである。

すなわち、本発明においては、インパルス応答の減衰曲線にうなりが観測される共振部材を適用すると、再生音に居心地の良さ（潤い感、豊饒感など）をもたらすことがわかった。

[0031] 具体的に、請求項 11 の発明は、前記弾性部材のばね剛性と前記上部支持部材に搭載されるオーディオ機器の質量で決まる剛体モードによる共振周波数を $f_0$ 、前記共振部材の弾性変形による最低次の共振周波数を $f_1$ として、前記上部支持部材を励振させたときの前記上部支持部材の振動特性は、前記共振周波数 $f_0$ と $f_1$ の範囲で共振点を有しないように構成したものである。

[0032] すなわち、本発明においては、

i) 低い周波数領域 ( $f_0 < f < f_1$ ) では、オーディオ機器と床面間の振動伝達は遮断される。

ii) 逆に高い周波数領域 ( $f > f_1$ ) では、共振部材の有する振動特性が高周波振動伝達をアシストする。

フローティング方式インシュレータの振動遮断効果と、従来硬質材料インシュレータをはるかに越える高音域のアシスト効果、すなわち、上記 i) ii) を併せ持つ特性を有するインシュレータが得られる。

さらに、人の可聴域の下限値を20Hzとして、 $f_0 < 20\text{Hz}$ に設定するのが好ましい。

[0033] 前記共振部材を概略筒型形状部材で構成した場合、前記共振部材単体の中央部を固定した状態で、前記共振部材単体が有する複数の共振周波数の中で、最も低周波で、最も余韻の長い基音の周波数を $f_1$ とすればよい。

[0034] 具体的に、請求項12の発明は、上部支持部材をスパイク固定部、下部支持部材をスパイク受け部、弾性部材をスパイク支持部としたものである。

すなわち、本発明においては、スパイク方式インシュレータに風鈴効果を持たせたものである。スパイク側スリーブ内部はスパイク円柱部とスパイク円錐部を収納する空洞を有し、一方の端部を密閉構造、もう一方の端部を大気解放端とする筒型形状、すなわち、「風鈴」に近い形状で構成した。この構成により、従来スパイク方式に風鈴部材を装着するだけのシンプルな構造で、風鈴効果を得ることができる。

さらに、オーディオ機器（たとえばスピーカー）は、X軸、Y軸、Z軸の3軸方向から本インシュレータを加振するため、スパイク受け部を3軸方向に弾性変形可能に支持することにより、風鈴部材は高周波域でより多くの共振モードを励起し易くなる。

[0035] 具体的に、請求項13の発明は、請求項1で記載されるアクチュエータで支持されたオーディオ・システムにおいて、前記オーディオ機器と基礎の間に設けられたアクチュエータと、前記オーディオ機器の変位及び又は振動状態を検出するセンサから構成され、前記オーディオ機器自身が有する振動加振源によって発生する前記オーディオ機器自身の振動を抑制するように、前記センサからの情報に基づいて前記オーディオ機器の変位及び又は振動状態をアクティブ制御する制御装置から構成したものである。

すなわち、本発明においては、振動発生源を有するオーディオ機器自身の

振動がもたらす様々な不具合（たとえば、ブーミー現象）を解消できる。

[0036] 具体的に、請求項 14 の発明は、前記共振部材の外周面、あるいは内周面に縦方向、又は円周方向、又は傾斜方向の溝、あるいは凹凸面を形成したものである。

すなわち、本発明においては、前記共振部材の内外周面に複数本の溝を形成することにより、より多くの固有振動モードを持たせることができる。

また、内周面に溝、あるいは不規則な凹凸面を形成すれば、インテリア性が要求されるオーディオ機器としてのインシュレータの美観を損なわない。

[0037] 具体的に、請求項 15 の発明は、前記共振部材は固有音響インピーダンスが $10^7\text{Ns/m}^3$ 以上の材料で構成したものである。

すなわち、本発明においては、前記共振部材に固有音響インピーダンスが $10^7\text{Ns/m}^3$ 以上の良質な音響素材を用いれば、高周波域で多くの共振モードを励起し易いため、振動のアシスト作用が効果的に働き、音響特性の向上が図れる。

さらに、風鈴の材料として用いられる銅合金を共振部材に用いる。余韻が長く、減衰性が低く、高周波域における多くの共振ピークを励起し易い銅合金は本発明インシュレータの共振部材として好適である。さらに、共振部材に銅合金を用いて、錫Snの含有率を設定することにより、空間の拡がり感、再生音に加味される潤い感、豊饒感の調節ができる。前記銅合金は錫の含有率が1%~25%の範囲で設定すればよい。

[0038] 具体的に、請求項 16 の発明は、前記上部支持部材から前記下部支持部材に至る振動伝播経路は $10^7\text{Ns/m}^3$ 以上の固有音響インピーダンスを有する材料で構成したものである。

すなわち、本発明においては、弾性部材に機械ばねを用いた場合、振動伝播経路 $\Phi_z$ を形成する各部材は、減衰性が小さく、固有音響インピーダンス $z$ が同レベルの高い材料、具体的には $z > 10^7\text{Ns/m}^3$ の材料を用いれば、共振部材が高周波振動を励起し易くすくなるため、一層の風鈴効果が得られる。

また、低周波域で振動を遮断し、高周波域で振動を通過させる「ハイパス

・フィルタ」の特性を有するように各部材を選択すればよい。

[0039] 具体的に、請求項 17、18に係る発明は、オーディオ用インシュレータで支持されたオーディオ機器において、オーディオ機器の設置安定化のための補助ユニットが前記オーディオ用インシュレータに対して並列に配置されており、前記オーディオ機器の傾斜量の抑制ができるように、前記オーディオ機器底面と前記補助ユニットの支持部の間隙が前記補助ユニットの高さ調整により設定できるように構成したものである。

すなわち、本発明においては、インシュレータに搭載されるオーディオ機器（たとえば、スピーカー）に地震などによる衝撃的な外乱荷重が加わった場合でも、オーディオ機器の傾斜を最小限に抑えて、転倒防止が図れる。

[0040] 具体的に、請求項 19の発明は、共振部材を加振させたときの振動が減衰するまでの余韻の長さ、減衰曲線に含まれるうなり、前記共振部材の有する高周波領域における共振モードなどの風鈴特性を基に、音楽ジャンル、又は、オーディオ機器の特性、又は、リスナーの好みに合わせて前記共振部材を選定したものである。

すなわち、本発明においては、前記共振部材の材質、形状などで決まる風鈴特性を選択することにより、音像の定位感、分解能、空間の拡がり感、潤い感、豊饒感などを調節できることに注目したものである。

[0041] その他、本発明では、以下のような追加又は変形が可能である。

たとえば、次のような方法で上部と下部支持部材の離脱防止ができる。

前記上部支持部材、あるいは前記下部支持部材のいずれかに形成された筒部と、この筒部に軸方向に設けられた貫通穴と、この貫通穴を通して前記上部支持部材と前記下部支持部材に挿入、もしくは装着された締結部材と、この締結部材により前記上部支持部材と前記下部支持部材の相対的な軸方向距離の上限値を規制したものである。

[0042] すなわち、前記貫通穴を通して装着された前記締結部材により、前記下部支持部材に対する前記上部支持部材のストローク上限値を規制し、かつ両部材の離脱を防止することができる。

[0043] たとえば、次のような再生音のチューニング方法が適用できる。請求項1のオーディオ用インシュレータに対して着脱自在の別形態インシュレータを、前記オーディオ用インシュレータの機器搭載側に直列配置する。

[0044] すなわち、本発明インシュレータの上に別形態インシュレータ（たとえば、硬質材料インシュレータ）を着脱自在に配置する。本発明インシュレータの共振部材がもたらす高音域のアシスト効果に、別形態インシュレータのアシスト効果を加えた再生音のチューニングが容易に図れる。

[0045] たとえば、次のようなオーディオ機器傾斜補正方法が適用できる。前記上部支持部材、あるいは前記下部支持部材の端部にインシュレータの軸方向高さをねじによって調整するベース部を装着する。

すなわち、前記ベース部を装着することで、複数個のインシュレータ上に搭載される、重心位置が幾何学的中心には無いオーディオ機器の傾斜を補正できる。

### 発明の効果

[0046] 難加工性材料である石英、チタン、天然水晶、大理石などを用いて、あるいはこれらの素材を積層して多様な高周波特性を持たせていた従来の硬質材料インシュレータと異なり、風鈴効果を用いた本発明のインシュレータは、単一の素材と風鈴形状の選択により、飛躍的な音響特性の向上とサウンド・チューニングが図れる。本発明インシュレータが有する振動特性と、この振動特性がもたらす主な音響効果を概略要約すれば次のようである。

(1)共振部材の有する高周波領域における多数の共振モード・・・音像の定位感（フォーカス感）、分解能の向上

(2)共振部材の余韻・・・空間の拡がり感（奥域感、臨場感）の向上

(3)共振部材のうなり（ゆらぎ）・・・居心地の良さ、潤い感、豊饒感の向上

(4)低周波数域における振動遮断特性・・・上記(1)～(3)をより効果的にする

[0047] 開発者の感性に頼らざるを得ず、試行錯誤的に開発されてきた従来オーデ



ィオ用インシュレータと異なり、本発明インシュレータにおいては、上記(1)～(4)の設計は理論的に遂行可能である。その効果は顕著である。

### 図面の簡単な説明

- [0048] [図1]本発明の実施形態1を示すオーディオ用インシュレータで、図1 aは上面断面図（図1 bのA-A断面図）、図1 bは正面断面図
- [図2]本発明インシュレータで2組のスピーカーを支持した場合のオーディオ・システムのモデル図
- [図3]風鈴効果の仮説を検証するためにおこなったインシュレータの数値解析モデルを示す図
- [図4]10～20000Hzの範囲における周波数応答解析結果を示すグラフ
- [図5]1000～20000Hzの範囲における周波数応答解析結果を示すグラフ
- [図6]風鈴効果の仮説を検証するためにおこなった、インシュレータ本体を用いた実験方法を示すモデル図
- [図7]FFTで処理された周波数に対する振動加速度特性を示すもので、図7 aは加速度センサ(A)により検出された振動レベル $X_A$ 、図7 bは加速度センサ(B)により検出された振動レベル $X_B$ を示すグラフ
- [図8]図8 aは上記 $X_A$ に対する上記 $X_B$ の伝達関数 $G(s)$ (= $X_B/X_A$ )を示すグラフ、図8 bは系の入力 $X_A$ と出力 $X_B$ の因果関係の度合を示すコヒーレンス関数を示すグラフ
- [図9]上部スリーブ単体のインパルス応答を求める実験方法のモデル図
- [図10]図1 0 aは図7の実験から得られた音圧の立体波形図を示すもので、図1 0 bはインパルス応答特性を示すグラフ
- [図11]FFTで処理された周波数に対する音圧レベルの測定結果を示すグラフ
- [図12]供試部品Aのインパルス応答特性を示すグラフ
- [図13]図1 3 (a)～図1 3 (e)は、中心周波数を各種設定し、1/3オクターブバンドパスフィルタによる供試部品Aのインパルス応答のグラフ
- [図14]供試部品Bのインパルス応答特性を示すグラフ
- [図15]供試部品Cのインパルス応答特性を示すグラフ

[図16]供試部品Dのインパルス応答特性を示すグラフ

[図17]図17-1、図17-3は上部スリーブを対象にFEM固有値解析の結果を示す図

[図18]図18-1～図18-3は上部スリーブを対象にFEM固有値解析の結果を示す図

[図19]図19-1～図19-3は上部スリーブを対象にFEM固有値解析の結果を示す図

[図20]図20-1～図20-3は上部スリーブを対象にFEM固有値解析の結果を示す図

[図21]低周波数域におけるインシュレータの振動遮断効果を求める実験方法を示すモデル図

[図22]図22aは本発明インシュレータに設置された加速度センサ(A)により検出された振動レベル、図22bは加速度センサ(B)により検出された振動レベルを示すグラフ

[図23]図23aは従来スパイク方式・インシュレータに設置された加速度センサ(A)により、図23bは加速度センサ(B)により検出された振動レベルを示すグラフ

[図24]FFTで処理された周波数に対する本発明インシュレータの振動遮断特性を、従来スパイク方式・インシュレータと対比のもとで求めたグラフ

[図25]本発明の実施形態1において、スピーカーとインシュレータの寸法関係を示すモデル図

[図26]本発明の実施形態2を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図27]本発明の実施形態3を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図28]上記実施形態3を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図でオーディオ機器が搭載された状態を示す図

[図29]本発明の実施形態4を示すオーディオ用インシュレータで、図29aは上面図、図29bは正面断面図

[図30]本発明の実施形態5を示すオーディオ用インシュレータで、図30aは

上面図、図30bは正面断面図

[図31]本発明の実施形態6を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図32]本発明の実施形態7を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図33]本発明の実施形態8を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図34]本発明の実施形態10を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図35]本発明の実施形態10のメイン・インシュレータに、多層構造による硬質材料インシュレータを用いた正面断面図

[図36]本発明の実施形態11を示すオーディオ用インシュレータで、図36aは上面図、図36bは正面断面図

[図37]図37a～図37cは薄型円盤を対象にFEM固有値解析結果を示す図

[図38]図38a～図38cは薄型円盤を対象にFEM固有値解析結果を示す図

[図39]薄型円盤を対象にFEM固有値解析の結果を示す図

[図40]本発明の実施形態12を示すオーディオ用インシュレータで、図40aは上面図、図40bは正面断面図

[図41]本発明の実施形態13を示すオーディオ用インシュレータで、図41aは正面断面図、図41bは下面図

[図42]本発明の実施形態9の外観図

[図43]本発明の実施形態14を示すオーディオ用インシュレータで、図43aは正面断面図、図43bは下面図

[図44]本発明の実施形態15を示すオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図45]本発明の実施形態16に係るオーディオ・システムの矢視図

[図46]前記アクティブタイプ・インシュレータの正面断面図

[図47]前記アクティブタイプ・インシュレータの2個分をスピーカー底面の前後に配置した場合の正面断面図

[図48]両端を固定端とする共振部材を用いた場合のオーディオ用インシュレータの正面断面図

[図49]オーディオ用インシュレータの共振部材と弾性部材を分離してオーディオ機器を搭載した場合の正面断面図

[図50]本発明のオーディオ用インシュレータを適用して、チェロのエンドピンを支持した場合の図

[図51]風鈴を示す図

[図52]オーディオ用インシュレータの従来例で2段スパイク構造を示す図

## 符号の説明

- [0049] 1・・・上部支持部材（上部スリーブ）、共振部材  
2・・・下部支持部材（下部スリーブ）  
5・・・弾性部材（スプリングコイル）

## 発明を実施するための形態

[0050] 以下、本発明を次のステップで説明する。

[1]本発明によるオーディオ用インシュレータの実施例

[2]本発明によるオーディオ用インシュレータのスピーカー試聴実験  
まず上記[1]について、[第1実施形態]を基に説明する。

[0051] [第1実施形態]

[1-1]実施例インシュレータの基本構造

図1は、本発明の実施形態1に係るオーディオ用インシュレータであり、図1aは上面断面図（図1bのA-A断面図）、図1bは正面断面図である。1は風鈴部材である上部スリーブ（上部支持部材）、2は下部スリーブ（下部支持部材）、3は下部スリーブ2の中央部に突設して形成された筒部、4は筒部3の外周部に装着されたサージング防止部材（振動発生防止手段）である。本実施例では、上部スリーブ1は上部支持部材と共振部材（風鈴部材）を兼ねている。

[0052] 上部スリーブ1と下部スリーブ2は音響用材料として良好な特性を有する真鍮（表4の供試部品A）を用いた。サージング防止部材4は、円筒状の筒部4aと、半径方向へ延びて突設された複数の粘弾性片4bにより構成される。上部スリーブ1は下部スリーブ2上部に配置され、両スリーブ1、2の内

部に弾性部材であるスプリングコイル5が設けられている。ここで、本明細書における弾性部材とは、「上下の部材で挟持されて、オーディオ機器の荷重を支持する部材」と広義に解釈する。フローティング方式インシュレータの場合は、機械ばねであるスプリングコイル、空気ばね、磁石などを指し、硬質材料インシュレータの場合は、木材、樹脂、金属、石英などを指すものとする。あるいは、スパイク方式インシュレータの場合は、円錐部と円柱部で構成される部分を示す。6、7はスプリングコイル5を装着した状態で、両スリーブ1、2の軸芯が一致した状態を保つための両スリーブに形成された位置決め部である。スプリングを用いて除振器を構成する場合、サージング共振現象が大きな問題となる。このサージングは、コイル素線に沿って伝搬される衝撃波が、ばねの有効部を往復するときのサージ速度から決定される共振現象であり、基本振動数に対する複数の高調波振動が広い周波数領域に渡って発生する。本実施例で使用するサージング防止部材4（4a、4b）は、粘弾性ゴムで構成した。衝撃に対して振動吸収性と内部減衰性に優れ、外力を受けてもほとんど反発せず、振動エネルギーを吸収する性質を持つ公知の制振材料である。粘弾性片4bは、スプリングコイル5の内周面に、変形して常に接触した状態を保っている。サージング防止部材4の高さは、スプリングコイル5がスピーカーなどの搭載物によって圧縮された時の最小寸法よりも小さく形成されている。8は上部スリーブ1の上端面でオーディオ機器（図示せず）を搭載する荷重支持部、9はインシュレータ設置面（床面）、10は前記上部スリーブの開口端10である。すなわち、上部スリーブ内部はスプリング構造部を収納する空洞を有し、一方の端部を密閉構造、もう一方の端部を大気解放端（自由端）とする筒型形状、すなわち、「風鈴」に近い形状となっている。また、風鈴（図51）が糸で吊り下げられて妙なる音色を奏でることができるように、上部スリーブ1の上端部は完全固定ではなく、X軸、Y軸、Z軸方向はスプリングコイル5により弾性支持されている。荷重支持部8に搭載されるオーディオ機器（たとえばスピーカー）は、図1a、図1bに示すように、X軸、Y軸、Z軸の3軸方向から本インシュレータを加振

する。すなわち、各軸は $f_x$ 、 $f_y$ 、 $f_z$ の加振力成分を有し、ベクトルで表現すれば、 $F=f_x \cdot i + f_y \cdot j + f_z \cdot k$ である。そのため、スプリングコイル5で支持された上部スリーブ1には、前記加振力 $F$ によって、高周波数における後述する様々な振動モードが励起される。本明細書では、インシュレータを構成する前記上部スリーブに相当する部品を「風鈴部材」あるいは、「共振部材」と呼ぶことにする。

[0053] さて本実施例におけるインシュレータは、下記(1)(2)を「同時に併せ持つ」ことを特徴とするものである。

(1) 低周波可聴域での振動の完全遮断効果

搭載物の質量とばね剛性で決まる2次振動系の周波数特性により、可聴域における低周波振動のほぼ完全な遮断作用が得られる。この振動遮断効果によりオーディオ機器と設置面との間の相互干渉による振動が再生音に与える影響（たとえば、混変調歪の発生）を回避できる。

[0054] (2) 従来硬質材料インシュレータを超える高周波振動のアシスト効果

オーディオ機器から伝搬される主振動の主伝播経路に対して、風鈴部材を並列に配置する。その結果、音像の定位感、奥域感、密度感、透明感、分解能などの音響特性が大幅に向上すると共に、深みのある音色と余韻が再生音に加味されて、スケール感（空間性）が飛躍的に向上する効果が得られることが分かった。

[0055] すなわち本実施例インシュレータは、従来のフローティング方式インシュレータと硬質材料インシュレータの両方の長所を併せもつと共に、従来硬質材料インシュレータをはるかに上回る音響特性の向上が図れる。筒型形状の共振部材（上部スリーブ1）を設けない場合でも、低音域での振動遮断効果により音響特性の改善が図れるが、共振部材（上部スリーブ1）の装着効果は、それをさらに大幅に上回るものである。

[0056] [1-2]風鈴効果の仮説

さて、風鈴効果について、本発明者が提唱した仮説は次ぎのようである。

[0057] (i) オーディオ機器を振動発生源として、この振動がオーディオ機器からオ

オーディオ機器が搭載される荷重支持部 8 を介して、スプリングコイル 5 側に伝達される主振動の主伝搬経路を  $\Phi_z$  とする。この主伝播経路  $\Phi_z$  から分岐した振動伝播経路  $\Phi_R$  を有する共振部材を、上記  $\Phi_z$  に対して並列に配置する。共振部材は一方の端部を密閉構造、もう一方の端部 10 を大気解放端（自由端）とする概略筒型形状部材で構成する。基音、倍音（基音の整数倍周波数の音）、余韻・うなり（ゆらぎ）などの多くの要因で決まる音色を有する風鈴の振動系  $\Phi_R$  は、オーディオ機器から伝搬される高周波振動をアシスト（増強）する。

[0058] (ii) 従来方式と原理の異なる高周波域のアシスト作用により、音像の定位感、奥域感、密度感、透明感、分解能などの音響特性を向上させる。ちなみに、楽器が奏でる音は高調波の倍音成分を有し、ステレオ再生で音源の方向を特定できる音像定位の効果は高音域の特性に依存する。すなわち、本インシュレータでは、高音域のアシスト作用により、各楽器の再生音の倍音成分が強調されることで、上記音響特性が向上される。また音が減衰する時の余韻とうなりは、再生音に音響空間の広がりや深み、芳醇な味わいを与える。本研究が見出したこの音響特性向上効果を、「風鈴効果」(Wind Bell Effect)と呼ぶことにする。

[0059] (iii) 本実施例においては、主振動伝播経路  $\Phi_z$ （荷重支持部 8 → スプリングコイル 5 → 下部スリーブ 2）には、固有音響インピーダンスの小さなゴム、樹脂などの材料は介在させない構成とする。この場合、太い線径を有するスプリングコイル 5 は、オーディオ機器が発生する振動を床面に伝播する「音響管」(Sound tube)としての役割を担う。また、風鈴部材によってアシストされた高周波振動は、上記振動伝播経路  $\Phi_z$  に相乗されて、音響管を通じてオーディオ機器から床面側に伝搬される。

[0060] 上記 (i) を補足すれば、硬質材料インシュレータとして、従来から商品化されているものは、主振動伝播経路  $\Phi_z$  の縦方向だけの素材の振動伝達特性を利用したものである。多層構造インシュレータ（たとえば、特許文献 3）は、音響インピーダンスの異なる各種材料を縦方向（主振動伝播経路  $\Phi_z$  の方向

)に重ね合わせたものである。いずれも、本発明のように振動伝播経路 $\Phi_z$ から分岐して並列配置された振動系を有するものではない。

[0061] 上記(ii)を補足すれば、多くの楽器を奏でる際に発生する高次倍音や非協和音成分(擦動音・擦過音)は、楽器本来の音を損ねるのではなく、逆に音に深みと味わいを与える。本発明インシュレータにおいても、共振部材(上部スリーブ1)の固有振動数とその高調波成分が、オーディオの再生音に不自然な響きをもたらす不具合は無かった。上記(ii)の仮説は、[4]節の試聴実験で検証される。さらに、本実施例では、可聴域におけるオーディオ機器と床面間の低周波振動伝播は完全遮断されている。そのため、共振部材によってアシストされる高周波振動はオーディオ機器(スピーカー)から発生した原音成分だけである。従来の硬質材料インシュレータの場合は、床面からののはね返りによる振動、すなわち、原音には元来含まれなかった振動成分である混変調歪(サブハーモニクス)までアシスト(増強)してしまう不具合があった。通常、床面からののはね返りによる振動は低周波振動(20~100Hz)であるが、伝達特性が非線形の場合は、複数の周波数の異なる低周波振動から高周波の混変調歪が生じる。本実施例インシュレータでは、低周波域はスプリングの剛性と質量で決まる2次系の除振特性により床面からののはね返り振動は無く、混変調歪は発生しない。

[0062] 上記(iii)を補足すれば、風鈴の振動系 $\Phi_R$ は、振動系 $\Phi_z$ に対して並列に存在するため、主振動伝播経路 $\Phi_z$ に固有音響インピーダンスの大きな材料だけを用いるというのは、風鈴効果を得るための必須条件ではない。但し、弾性部材に機械ばねを用いた場合、共振部材が高周波振動を励起し易くするためには、振動伝播経路 $\Phi_z$ を形成する各部材は、減衰性が小さく、固有音響インピーダンス $z$ が同レベルの高い材料、具体的には $z > 10^7 \text{Ns/m}^3$ の材料を用いるのが好ましい。

[0063] [1-3]風鈴効果の仮説を検証する振動解析

風鈴効果の上記仮説(i)~(iii)のうち、上記(i)の仮説、すなわち、「高周波域では共振部材の有する振動特性が高周波振動をアシストする」を検証す



るために、実施形態1のインシュレータを対象に周波数応答解析を行った。

[0064] 図2は、本実施例インシュレータでスピーカーを支持した場合のモデル図を示すものである。51a、51bはスピーカー、52a~52d(52dは図示せず)は、スピーカー底面に配置されたインシュレータ、53は上部スリーブ、54はスピーカーを搭載するインシュレータの荷重支持部である。同図に、スピーカー重心位置を原点とする6つの座標軸X軸、Y軸、Z軸、 $X_\theta$ 軸、 $Y_\theta$ 軸、 $Z_\theta$ 軸を定義する。スピーカーを4個のインシュレータで支持した場合、スピーカーにはボイスコイルの反力に相当する変動荷重 $F_Y$ がY軸方向に加わる。この場合、ボイスコイルモータの反力で励起される回転方向振動モードは、スピーカー本体部がY軸方向に変位する振り子運動( $X_\theta$ 軸の振動)が支配的で、 $Y_\theta$ 軸、 $Z_\theta$ 軸の振動は僅少と考えてよい。したがって、インシュレータの上面には、Y軸方向、Z軸方向の変動荷重(加振力 $f_Y$ 、 $f_Z$ )が加わると考えてよい。

[0065] 図3にインシュレータの数値解析モデルを示す。101は上部スリーブ、102は荷重支持部(図2の54)に相当する。実施例ではサージング防止部材(図1の4)によってサージング共振による高調波振動は抑制されている。そのため、本解析モデルでは、質量とスプリングコイルの静剛性で決まる1次の共振だけに注目し、元来、分布定数モデルとしてとらえねばならないスプリングコイルは、集中定数モデルであるスプリング要素103a~103dに置き換えている。前記スプリング要素の下端部の拘束条件は完全固定に設定した。

[0066] 図4は、図3の数値解析モデルを用いて、荷重支持部に相当する上面102にY方向変動荷重(振幅 $f_Y$ )とZ方向変動荷重(振幅 $f_Z$ )を与えたときの、周波数に対する端部b点のZ軸方向変位を求めたものである。解析条件はスリーブ外径 $\phi 74\text{mm}$ 、スリーブ内径 $\phi 57\text{mm}$ 、スリーブ高さ $63\text{mm}$ として、材料は真鍮[縦弾性係数 $E=98\text{GPa}$ ( $9990\text{Kgf/mm}$ )、密度 $\rho=8.5\text{g/cm}^3$ ]である。スプリングコイルの静剛性 $K_Z$ 、 $Z_0=f_Z/K_Z$ 、Z軸方向変位は無次元化して $Z/Z_0$ として整理した。周波数に対するZ軸方向変位の特性は、以下示す2つの周波数領域(領域A、

領域B)に分けることができる。

[0067] (1) 領域A ( $0 < f < f_1$ )

この領域は、下式で示す2次振動系の除振特性から求められるものである。

。

[0068] [数1]

$$G_A(s) = \frac{K_z}{Ms^2 + cs + K_z}$$

[0069] 図4において、質量Mと静剛性 $K_z$ できまる1次の共振点(図中のCC)における共振周波数 $f_0$ (=46.5Hz)が高い理由は、数値解析ではインシュレータの搭載物(たとえばスピーカー)の質量は考慮していなく、上部スリーブ(共振部材)単体の質量 $M_w$ とスプリングコイルの静剛性 $K_z$ で共振周波数 $f_0$ が決まるからである。図中のCC点の剛体振動モードは、[1-4-5]節の固有値解析結果(図17-1)で図示している。実際の使用条件では、たとえば、スピーカー質量 $M_s=4$ 1Kg、ばね剛性 $K_z=8.13$ N/mの場合、 $f_0=4.49$ Hzである。共振点 $f_0$ より周波数が高くなると、振動遮断レベルは大きく低下していく。dB(デシベル)で表現すれば、良く知られているように、周波数に対する振動遮断特性の勾配は-40dB/dec(縦軸×20、decは周波数が10倍となる間隔)である。

[0070] (2) 領域B ( $f > f_1$ )

$f > f_1$ の高周波領域においては、広い周波数帯域で、複数個の高いピーク値を有する共振点と反共振点を有する振動分布となる。この特異な振動分布が音響特性を向上させる「風鈴効果」(Wind Bell Effect)をもたらすのである。すなわち、Y方向とZ方向の変動荷重によって励起された風鈴部材の共振は、風鈴部材の上端面である荷重支持部102(図2の54)をZ軸方向に変形させる共振モードになる。

[0071] 図5は、図4と同一の解析条件で、周波数の範囲を1000~20000Hzに限定して、周波数に対する荷重支持部102の端部b点、及び中央部a点のZ軸方向変位を求めたものである。a点とb点の振動分布は大きく異なり、共振周波数

が一致する箇所でも振動の大きさは異なる。すなわち、オーディオ機器とインシュレータの動的な接触状態は、両者対抗面のXY平面位置によって異なる。この解析結果から、風鈴部材の有する多様な振動モードを高周波域のアシスト作用として利用するためには、インシュレータとオーディオ機器間は、点ではなく広い面積を有する面（荷重支持部102）で接触させればよいことが分かる。本発明インシュレータに適用する風鈴部材は、この点で一般の風鈴（図51）と比べて、理想の形状を異にする。

[0072] [1-4]風鈴効果の仮説を検証する実験

[1-4-1]高周波域における振動遮断特性の測定

風鈴効果の[1-2]節の仮説(i)~(iii)のうち、(i)(iii)の仮説を検証するためにおこなった実験方法を図6に示す。図6において、151は供試インシュレータ、152は前記供試インシュレータの上部に搭載された重り、153は床面、154は供試インシュレータの上部スリーブ側面に装着された、半径方向加速度を検出する加速度センサ(A)、155は床面153に設置された垂直方向加速度を検出する加速度センサ(B)である。供試インシュレータ151は、風鈴部材（共振部材）である上部スリーブ156（上部支持部材）、下部スリーブ157（下部支持部材）、サージング防止部材158、スプリングコイル159（弾性部材）から構成される。前記上部スリーブの仕様は上記振動解析の条件と同一であり、材料は真鍮（快削黄銅鋼：表4における供試部品A）である。本実施例で用いたスプリングコイル159の材料は、ばね材料として用いられる硬鋼線（SWC）であり、下記の仕様で用いた。

[0073] [表1]

パラメータ	記号	設計値
コイル外径	D	50mm
コイル線径	d	4.5mm
自由長	$L_0$	67mm
有効巻数	$N_0$	5.2
ばね定数	$K_N$	8.13N/mm

[0074] 上部スリーブ156に搭載された重り152の負荷質量 $M=4.5\text{Kg}$ である。またインシュレータ側面から20mm離れた床面に加速度センサ(B)155を設置した。

[0075] ここで、本発明におけるインパルス加振実験の「基準条件」を下記のように定めるものとする。 $m=15\text{g}$ の重り(釣り用ナス型重り4号)160を $L=280\text{mm}$ の長さの糸で吊るして、 $\Phi=45\text{deg}$ の角度から降下させて、インパルス応答を求めるために用いるインパクト・ハンマー(共振部材に与える加振源)の代用とする。また、前記重り $m$ が最下点に降下したときに、前記上部スリーブの開口端161近傍に衝突するように配置する。

[0076] 図7はFFTで処理された周波数に対する振動加速度特性を示すもので、図7aは前記上部スリーブに装着された加速度センサ(A)154により検出された振動レベル $X_A$ である。すなわち、図7aは、前記上部スリーブに搭載されたオーディオ機器(たとえば、スピーカー)によって、前記上部スリーブを励振させたときの振動特性を示すものである。図7bは床面153に設置した加速度センサ(B)155により検出された振動レベル $X_B$ である。

[0077] 図8aは上記 $X_A$ に対する上記 $X_B$ の伝達関数 $G(s)(=X_B/X_A)$ であり、振動遮断特性を示す。見方を変えれば、前記上部スリーブに加えられた振動が、前記スプリングコイルを経由して、前記下部スリーブ(床面153)に伝搬される「振動の伝達し易さ」を示すものである。図8bは系の入力 $X_A$ と出力 $X_B$ の因果関係の度合を示すコヒーレンス関数 $\gamma$ であり、 $\gamma$ は0から1の間の値をとる。 $\gamma=1$ の場合は、その周波数において、系の出力がすべて測定入力に起因していることを示しており、 $\gamma=0$ の場合、その周波数 $f$ については、系の出力は測定入力に全く無関係であることを示す。すなわち、コヒーレンス関数 $\gamma$ が1に近い程、測定結果の信頼性は高い。コヒーレンス関数 $\gamma \doteq 1$ で、かつ、振動がピーク値を有する周波数(概略値)を抽出した結果を表2に示す。

[0078]

[表2]

振動モード No	コヒーレンス関数 $\gamma \approx 1$ で、かつ ピーク値を有する共振周波数
1	3500Hz
2	7700
3	13800
4	15700~16000
5	18000

[0079] さて、一方の端部を密閉構造、もう一方の開口端161を大気解放端とする筒型形状部材（共振部材）である前記上部スリーブは、後述するFEM解析結果で示すように、様々な振動モードを有する。共振部材の側面を加振した場合の代表的な振動モードとして、FEM解析結果との対比から、前記上部スリーブの開口部が「楕円形状」で変形するモードは $f=3500\text{Hz}$ （図17-2）、「三つ葉形状」に変形するモードは $f=8500\text{Hz}$ （図18-2）、「十字形状」に変形するモードは $f=15000\text{Hz}$ （図20-2）と推定される。

[0080] [1-3]節の振動解析で予測したように、実験結果（図8a）では、 $f>3500\text{Hz}$ の高周波領域においては、広い周波数帯域で、複数個の高いピーク値を有する共振点を有する。たとえば、 $f=3500\text{Hz}$ 、 $f=7700\text{Hz}$ で $-30\text{dB}$ 、 $f=13800\text{Hz}$ で $-15\text{dB}$ のピーク値を有する振動分布となる。但し、上記ピーク値以外は $-40\text{dB}$ 以下であるため、高周波数域においても振動遮断性能は維持されているのである。工業用防振では実用上支障のない $-30\text{dB}$ （1/31.6倍）の数値は、オーディオ再生における人間の優れた聴覚には無視できない値である。

[0081] [1-4-2]上部スリーブ単体のインパルス加振実験

#### （1）実験方法

前述した実験（図6）は、複数個の部品で構成されるインシュレータ全体を用いたインパルス加振実験により、インシュレータの振動伝達特性を求めたものであった。実験に用いたインシュレータは、前述したように、上部スリーブ（上部支持部材と共振部材を兼ねる）156、下部スリーブ（下部支持部材）157、サージング防止部材158、スプリングコイル（弾性部材

） 159から構成される。これらの部品の中で、風鈴を構成する上部スリーブ156単体が有する振動特性が、インシュレータ本体の振動伝達特性に与える影響の度合いを評価する実験を行った。図9にその実験方法を示す。供試部品である上部スリーブ171（共振部材）は、前述した実験（図3）に用いたインシュレータ構成部品と同一仕様（真鍮製：供試部品A）のものである。前記上部スリーブの上面中央部に形成されたボルト締結用の穴172を利用して、床面173に設置された木製スパイク174により前記上部スリーブを支持した。インパルス応答を求めるためのインパルス加振実験は、[1-4-1]節の「基準条件」に準ずるものとする。

図10aは、図9の実験から得られた音圧の立体波形図を示すもので、縦軸が音圧の強さ（dB）、横軸が周波数、斜軸が時間（秒）である。図10bは、後述するインパルス応答特性の一例である。

[0082] （2）周波数に対する音圧レベル

図11はFFTで処理された周波数に対する音圧レベルの測定結果であり、表3にピーク値を有する各周波数を示す。表2と表3の対比から、インシュレータ本体の振動伝達特性における共振ピーク値の分布と、上部スリーブ156単体の音圧特性の共振ピーク値分布はほぼ一致する。すなわち、上部スリーブ156単体（共振部材）が有する振動特性が、インシュレータ本体の振動伝達特性に支配的な影響を与えることが分かる。この結果から、インシュレータ本体を用いなくても、上部スリーブ171単体の打音特性を測定することで、インシュレータ本体の振動伝達特性を推定できることがわかる。

[0083] [表3]

振動モード No	ピーク値を有する周波数
1	3500Hz
2	8000～8500
3	14300
4	16000～17000
5	18000
補足(図9のAA)	11500～12500

[0084] [1-4-3]インパルス応答特性

(1) 上部スリーブに快削黄銅鋼を用いた場合

図12は、図9に示した実験によりインパルス応答特性（風鈴の打音の余韻）を求めたものである。ここで、インパルス応答による波形のエンベロープ（包絡線）を次のような1次遅れ系の応答に近似する。

[0085] [数2]

$$y(t) = Y_0 e^{-t/T}$$

[0086] このとき、 $Y(t)=0.368Y_0$ なる時間を風鈴の時定数 $T$ として定義する。 $Y_0$ は、 $t=0$ における初期値である。図12から時定数 $T=0.25$ 秒である。図13(a)~図13(e)は、中心周波数を各種設定して、1/3オクターブ・バンドパスフィルタを用いた場合のインパルス応答特性を求めたもので、たとえば、中心周波数を $f_m$ としたとき、JIS規格から上記バンドパスフィルタの帯域幅は、下限値 $f_1=0.8909 \times f_m$ 、上限値 $f_2=1.1225 \times f_m$ となる。図13aの中心周波数 $f_m=3.15$ kHzであり、風鈴の開口部が「楕円形状」になる1次の共振モード $f=3500$ Hzが含まれている。

他のグラフの振幅と減衰時間（余韻）の大きさの比較から、この1次の共振モード $f=3500$ Hzが風鈴の音響特性に最も大きな影響を与えていることが分かる。

[0087] 図13cの中心周波数 $f_m=8$ kHzのグラフは、風鈴の開口部が「三つ葉形状」になる共振モード $f=8500$ Hzが含まれている。図13eの中心周波数 $f_m=16$ kHzのグラフは、風鈴の開口部が「十字形形状」になる共振モード（ $f=16000 \sim 17000$ Hzの範囲）が含まれる。中心周波数 $f_m=8$ kHz、 $f_m=16$ kHzのグラフの振幅、減衰時間共に無視できない程大きい。風鈴部材（前記上部スリーブ）の高周波域におけるこの共振特性が、再生音の定位感、密度感、透明感等の向上に寄与すると共に、減衰時間（余韻）の長さがスケール感（空間性）を向上させる効果になると思われる。また、図12のバンドパスフィルタを通さないAll Pa

ss波形、バンドパスフィルタを通した図13a、図13b、図13cのいずれの減衰曲線エンベロープにも、低い周期のうなりが相乗されている。

[0088] [1-4-4]高周波振動伝達特性の測定結果要約

本実験結果は前述した風鈴効果の仮説[1-2]を検証するものである。すなわち、

(1) 前記上部スリーブ（共振部材）と床面間の振動伝達特性の測定結果において、コヒーレンス $\gamma$ （図8b）の高さから、各共振点（表2）における高周波振動は、前記上部スリーブから前記スプリングコイルを介在して、明らかに設置面に伝搬されている。すなわち、前記スプリングコイルは、オーディオ機器が発生する高周波振動を設置面側に伝播する「音響管」(Sound tube)としての役割を担う。

[0089] (2) インシュレータ本体と前記上部スリーブ単体を用いた振動伝達特性の対比（表2と表3）から、高周波域における多くの共振モードは、上部スリーブ単体の振動特性によって決まる。また、上部スリーブ単体のインパルス応答特性は、図13のグラフに示すように、高周波数においても長い減衰時間（余韻）と低い周波数のうなり（ゆらぎ）を伴っている。したがって、インパルスハンマではなく、オーディオ機器を加振源として上部スリーブを加振させた場合も、上部スリーブの上記振動特性はオーディオ機器自身が発生する主振動に重畳されて、音響管を通じてオーディオ機器から設置面側に伝搬される。

(3) 但し、共振点以外の高周波数域では、振動伝達レベルは-40dB以下であり、十分な振動遮断効果が得られる。[1-6]節の実験で後述するが、加振源に50Hzから1000Hzまでの低周波のサインスイープ信号を与えた場合、上記低周波数域では十分な振動遮断効果が得られる。

[0090] 低周波域では、十分な振動遮断効果が得られる本発明のインシュレータの高周波域における1次の共振周波数は十分に高く、 $f=3500\text{Hz}$ である。高周波域では高周波振動を励起する要素は設置面には通常存在しないため、オーディオ機器と床面間との間の相互干渉による振動が再生音の品位を低下させるこ



とはない。ちなみに、前記上部スリーブに装着された加速度センサ(A)の測定結果(図7a)で、 $f=12000\text{Hz}$ 近傍(図7aのAA)でピーク値を有するにもかかわらず、振動伝達特性(図8a)の同周波数近傍でピーク値が表れないのは、インパルス加振が風鈴部材に与える影響が、局所振動に留まっているからと思われる

[0091] [1-4-5]補足

(1) 上部スリーブの材質を変えた場合のインパルス応答特性

以下、前記上部スリーブ(共振部材)の材質を変えた場合(供試部品B~D)のインパルス応答特性を、図14~図16に示す。また、前述した実験結果(供試部品A)も含めて、各供試部品の風鈴時定数を求めた結果を表4に示す。

[0092] [表4]

供試部品	風鈴時定数 T	材質
A	0.25 秒	快削黄銅鋼 (Cu 59%, Pb 2.7%, Fe+Sn 1.2%, Zn 残)
B	0.09 秒	銅合金 (不純物多し)
C	0.01 秒以下	ジュラコン (工業用プラスチック)
D	0.40 秒	りん青銅 (Cu 89%, Sn 10.5%, Fe 0.05%, Zn 残)

[0093] 供試部品B(図14)の場合、風鈴時定数Tは供試部品A(図12)と比べて小さく、また減衰曲線のエンベロープにうなりは観測されない。特筆すべきは、供試部品D(りん青銅)のインパルス応答特性(図16)であり、風鈴時定数が供試部品のなかで最も長く、 $T=0.4$ 秒で、また大きな振幅のうなりを有する。供試部品Aの(快削黄銅鋼)の錫Snの含有率が1.2%弱であるのに対して、りん青銅は錫Snの含有率が10.5%ある銅合金である。小田原風鈴として知られる砂張材(さはり材)は、錫Snの含有率が20%以上含まれる銅合金である。ちなみに、風鈴は日本独特の文化ではなく、その歴史は古く世界中に存在する。風鈴が奏でる透明感のある深い音色と余韻のある音は遠くまでよく響き、風が吹くたび、細く凜と鳴り響く。銅合金を風鈴として用いた場合、錫Snの含有率が高い程、長い風鈴時定数と、大きな振幅のうなりが得られる。後述するように、風鈴部材のインパルス応答特性に観測される適度なうなり(

ゆらぎ)の存在は、再生音に潤い感、豊饒感を与えることが分かった。したがって、風鈴部材に銅合金を用いて、錫Snの含有率を設定することにより、空間の拡がり感、再生音に加味される潤い感、豊饒感の調節が可能である。

[0094] (2) 固有値解析結果と実験の対比

図17～図20は、上記実験で用いた前記上部スリーブ(供試部品A)を対象に、図3に示した数値解析モデルを用いて、固有値解析を行ったものである。以下、前記上部スリーブ(共振部材)の側面を加振した場合(上記インパルス加振の実験)に顕著に現れる振動モードについて述べる。図17-2は、風鈴の開口部が「楕円形状」になる1次の共振モード(解析では $f=3880\text{Hz}$ )を示すもので、図11の実験における $f=3500\text{Hz}$ の共振に相当する。図18-2は、風鈴の開口部が「三つ葉形状」になる共振モード(解析では $f=9700\text{Hz}$ )を示すもので、実験における $f=8500\text{Hz}$ の共振に相当する。図20-2は、風鈴の開口部が「十字形形状」になる共振モード(解析では $f=17100\text{Hz}$ )を示すもので、実験における $f=16000\text{Hz}$ 近傍の共振に相当する。実験結果に対して、解析結果の固有値が高めなのは、実験(図9)では上部スリーブの中心をスパイク一点で支持したのに対して、解析モデル(図3)では4点のスプリングで支持する仮定を用いており、この拘束条件の違いと思われる。また、図19-2～図20-3の共振モード(解析では $f=15100\sim 17100\text{Hz}$ )は、実験において共振ピークが密集している $f=16000\sim 17000\text{Hz}$ の範囲の共振に相当すると思われる。

[0095] さて、[1-3]節の周波数応答解析で得られたZ軸方向変位の共振ピークをもたらず振動モードは、上述した共振部材の側面を加振した場合とは異なる。この場合は、前記上部スリーブの上面(図3の荷重支持部102)が大きく変形する振動モードが、Z軸方向に共振ピークを与える。たとえば、図17-1の $f=f_0=46.5\text{Hz}$ は上部スリーブの質量 $M_w$ と、スプリングコイルの静剛性 $K_z$ で決まる剛体振動モードである。図17-3の $f=4870\text{Hz}$ 、図18-1の $f=7490\text{Hz}$ などは上部スリーブの上面が大きく変形するモードであり、周波数応答解析の結果(図5)と一致している。

[0096] [1-5]共振部材が満足すべき風鈴特性の条件

ここで、共振部材（実施形態1の場合は、上部スリーブ1）が有する次の音響特性をオーディオ用の「風鈴特性」として定義する。具体的な数値限定の値は、図9における風鈴部材（前記上部スリーブ）単体のインパルス加振実験の条件により求められるものとする。

- [0097] (1) 基音の周波数 $f_1$ 以上で、高いピーク値を有する多くの共振点を有する風鈴は複数の共振周波数の音を有する。これら共振周波数の音の中で、最も低周波数で、最も余韻の長い音が風鈴の基音である。 $k=1$ を基音の周波数 $f_1$ としたとき、基音の周波数 $f_1 < f < 20000\text{Hz}$ の範囲で、音圧、あるいは振動レベルが有効なピーク値を有する複数個（たとえば、 $k=3$ 以上）の倍音成分（共振周波数）を有することが好ましい。高周波領域における多くの共振モード（倍音）の存在は、ステレオ再生における音像の定位感（フォーカス感）、分解能を大きく向上させる。また、より多くの共振モードを有する程、クセのない自然な音を得られる。石英、チタンなど高価で難加工性の複数部材を積層することで、多様な周波数特性を得るように構成された従来硬質インシュレータと異なり、本発明インシュレータでは共振部材の形状を変えることにより、共振周波数の数と分布は自在に設定できる。周波数 $15000\sim 20000\text{Hz}$ は人の可聴域を超える場合が多いが、楽器の倍音成分が可聴域以上にある場合でも、再生音のクオリティーに少なからぬ影響を与えることが知られている。したがって、 $15000\sim 20000\text{Hz}$ の範囲に存在する共振ピークは、ステレオ再生における音像の定位感、分解能の向上に有効と考えてよい。上記有効な共振ピークとして、インシュレータ本体の振動伝達特性を求めた図6の実験を基本モデルとして、コヒーレンス $\gamma \approx 1$ でかつ顕著なピーク値を有するものを選べばよい。

- [0098] (2) 風鈴時定数 $T$ が、再生音楽のジャンルに合わせて適正值に設定されている
- ここで、共振部材が満足すべき重要な風鈴特性の条件とは、風鈴時定数 $T$ が適正值を有することである。試聴実験の結果、風鈴（前記上部スリーブ）が有する余韻は再生音に空間の拡がり感（奥域感、臨場感）をもたらすことが分かった。これは本研究が見出した最も重要な発見である。従来の硬質材料

式、フローティング式を含むいかなるインシュレータも、インシュレータを構成する部品を風鈴と見なして、その風鈴の余韻を「空間の拡がり感」の向上に利用するという発想はなかった。この効果により、ステレオ再生において、スピーカーの背景に壮大なオーケストラの空間がスピーカーから離脱して、奥深く、かつホログラフィックなイメージで展開される。多くの試聴実験の結果から、 $T > 0.05$ 秒となるように共振部材の材料と形状を選択すれば、余韻がほとんどない場合（たとえば、表4の材料Cで $T \approx 0$ の場合）と比べて、明らかに「空間の拡がり感」が向上する効果が得られた。さらに $T > 0.1$ 秒ならば、音楽ジャンルを問わず、十分に満足いく効果が得られる。スピーカー試聴実験を重ねた結果、オーディオ機器が再生する音楽ジャンルの違いによって、風鈴時定数 $T$ の設定に適正值があることが分かった。通常、広い演奏会場（コンサートホール）で演奏されるクラシック音楽の場合は、風鈴時定数 $T$ は大きめに設定する方が好ましい。一方、比較的小さな会場で演奏される場合が多いジャズ音楽の場合は、風鈴時定数 $T$ はやや小さめに設定する方が好ましい。総じて言えば、クラシックはライブで、ジャズはデッドな響きが好まれるのである。

[0099] たとえば、文献（石井伸一郎、リスニングルームの音響学、誠文堂新光社、2009年）によれば、リスニングルームにおける部屋全面積に対する吸音壁の比率は、クラシックは17%、ジャズは22%、ホームシアターは27%としている。

[0100] 風鈴時定数 $T$ が適正值を有する共振部材を得るためには、素材の選定が決め手となる。表4に示すように、供試部品Aの場合は銅合金である快削黄銅鋼を用いた。供試部品D（りん青銅）の実験結果（図16）に示すように、錫の含有率が多い銅合金は、風鈴時定数 $T$ をより大きくできる。

[0101] （3）共振部材の基音周波数 $f_1$ が適正な範囲に設定されている

風鈴は複数の周波数の音を有する。これら周波数の音の中で、最も低周波数で、余韻の長い音が風鈴の基音である。この基音の概略整数倍の周波数が倍音成分となる。基音の周波数（1次共振周波数）は、たとえば、図1の実施

例では、風鈴（上部スリーブ1）の開口部が「楕円形状」になる共振モードである。共振部材による高周波域のアシスト作用が働く領域は、 $f > f_1$ である。すなわち、周波数を低域から高域にスイープさせたとき、周波数応答解析の結果（図4）が示すように、周波数 $f_1$ はアシスト作用の開始点になる。多数のリスナーによるスピーカー試聴実験の結果では、風鈴の基音周波数 $f_1$ が低すぎると、再生音楽のジャンルによっては、高音域でクセのある固有音が耳ざわりとなるという指摘があった。基音周波数を $f_1 > 1500\text{Hz}$ に設定すれば、リスナーの多くが満足できる結果が得られ、さらに高い周波数 $f_1 > 2500\text{Hz}$ に設定すれば、リスナーのほぼ全員が賛同する極めてナチュラルな響きを得られた。

[0102] ちなみに、聴覚的に耳障りな騒音を特定する調査において、人が最も不快に感じる騒音は、聴覚が特に敏感な $3000\sim 4000\text{Hz}$ のピーク雑音であると報告されている。また、制振・制音材料が目標とする遮音（静音）特性において、耳障り音として低減する周波数の範囲は $1500\sim 4500\text{Hz}$ であるとされる。これらの周波数と比べて、風鈴の基音周波数 $f_1$ の下限値を比較的小さく設定しても聴覚上支障の無い理由は次のようである。オーディオ機器（たとえば、スピーカー）が再生する音楽を直接音すれば、この直接音に対して共振ピークによる音圧レベルの増加分は、単独では聴き取れない微弱な値である。この微弱な音圧レベルの増加分が音像の定位感、立体感を向上させる効果として、人の優れた聴覚をアシストするのである。

[0103] 風鈴の基音周波数 $f_1$ の上限値については次のようである。前述したように、ステレオ再生における音像の定位感、分解能などの向上のために、可聴域内に3次（ $k=3$ ）以上の共振モードまで含まれるのが好ましい。固有値解析結果[1-4-3]を参照して、人の可聴域値を $20000\text{Hz}$ として、3次の共振モードが $20000\text{Hz}$ 以下に含まれる基音周波数（1次）の上限値を求めると、 $f_{\text{MAX}}=4800\text{Hz}$ である。したがって、 $f_1 < 4800\text{Hz}$ に設定すればよい。共振部材の基音周波数 $f_1$ は、実施形態1（図1）を例にとれば、上部スリーブ1の厚みと材質によって決定される。同一の材質ならば、前記上部スリーブの厚み（外半径と内半径の差の平均値）が大きい程、長さ $L$ が短い程、 $f_1$ は高くなる。同一の形状ならば

、縦弾性係数が大きい材料程、 $f_1$ は高い。

[0104] (4) インパルス応答波形のエンベロープに、適度な「うなり」を有する周波数 $f_n$ とそれにほとんど近い周波数 $f_{n+1}$ の純音を重ねると、周波数 $\Delta f=f_{n+1}-f_n$ で波形のエンベロープ（包絡線）が変化して、一次のうなりが発生する。二つの周波数の比率が整数に近い場合も、周波数 $\Delta f=mf_{n+1}-nf_n$ の高次のうなりが発生する。スピーカー試聴実験の結果、共振部材の有する適度な大きさのうなり（ゆらぎ）の存在は、再生音に潤い感、豊饒感を与えることが分かった。

[0105] ちなみに、ゆらぎに含まれる波動の周波数を $f$ とすると、人の生体リズムや自然界には、 $1/f$ のゆらぎがあることが知られている。この $1/f$ のゆらぎの波長が聴覚を通して脳に働きかけ、脳の自律神経の調整によって、感情、情緒を安定させると言われている。

[0106] 上述した「共振部材が満足すべき風鈴特性の条件」を得るためには、前記共振部材の材料は、固有音響インピーダンス $z>10^7\text{Ns/m}^3$ の材料（表5参照）から選択するのが好ましい。但し、リスナーの音の好みは多様であるため、前記共振部材に適用する材料に制約は無く、硬質材料インシュレータの場合と同様に、音響素材のキャラクターの違いを活かした再生音のチューニングを図ればよい。

[0107] [1-6]低周波域における振動遮断特性の測定

本発明インシュレータの低周波域における振動遮断効果を求めるために、従来インシュレータと対比の基で、行った実験方法を図21に示す。201は供試インシュレータ、202は前記供試インシュレータの上部に搭載された重り、203はこの重りの上に装着された振動スピーカー、204は床面、205は重り202の側面に装着された加速度センサ(A)、206は床面204に設置された加速度センサ(B)である。本実験に用いた本発明インシュレータは、インパルス応答を求めた図6の実験で用いたインシュレータと同一仕様である。また、重り202の負荷質量 $M=4.5\text{Kg}$ 、インシュレータ側面から20mm離れた床面に加速度センサ(B)を設置した点も、図6の実験と同一条件で

ある。従来インシュレータ（詳細構造は図示せず）は、スパイク方式として既に商品化されているものである。インシュレータの加振源として用いた振動スピーカー203は、それ自身がエンクロージャー（容積）を持たず、音楽信号などを固い平板に振動で伝えるものである。加振源に振動スピーカーを用いることにより、オーディオ用インシュレータが評価すべき適正な周波数測定範囲を設定できる。また、 piezoアクチュエータのような予圧構造を設ける必要はなく、加振対象物（たとえば、前記上部スリーブ、あるいはこの上部スリーブに搭載された重り）の上に搭載するだけでよい。図22は本発明インシュレータを対象として、振動スピーカーに、 $f=50\text{Hz}\sim 1000\text{Hz}$ のサインスイープ信号を与えて加振させた場合について、FFTで処理された周波数に対する振動加速度特性を示すものである。図22aは重り202に装着された加速度センサ(A)205により検出された振動レベル $X_A$ 、図22bは床面204に設置した加速度センサ(B)206により検出された振動レベル $X_B$ である。図23は、供試インシュレータを従来インシュレータ（スパイク方式）に置き換えて、同一条件で行った実験結果である。図24は上記 $X_A$ に対する上記 $X_B$ の伝達関数 $G(s) (=X_B/X_A)$ を求めたグラフであり、供試インシュレータに加えられた振動が床面に伝搬されるのを抑制する振動遮断効果を示すものである。

[0108] (1) 本発明インシュレータの場合、 $f=50\text{Hz}\sim 600\text{Hz}$ の範囲では、 $-30\text{dB}$ から $-40\text{dB}$ の範囲で、また $f>600\text{Hz}$ では $-50\text{dB}$ 以下の振動遮断効果が得られる。

(2) 従来スパイク方式インシュレータの場合、 $f=260\text{Hz}$ 近傍で、 $+15\text{dB}$ のピーク値を有する。また $f=350\text{Hz}$ 近傍まで振動遮断特性 $G>0$ であり、振動遮断効果は得られない。

(3)  $f=1000\text{Hz}$ において、本発明インシュレータは従来スパイク方式と比べて、振動遮断効果は $-30\text{dB}$ 程大きい。

[0109] ちなみに、本実験方法では、本発明インシュレータの振動遮断特性を求めするために、低周波数領域（ $50\text{Hz}\sim 1000\text{Hz}$ ）に限定して駆動源に振動スピーカーを用いた。高周波数領域までフラットな出力特性を有する駆動源、たとえば超磁歪スピーカーを用いれば、本実験方法を用いて、より広い周波数範囲

まで振動遮断特性を求めることができる。

[0110] [1-7]振動解析及び実験結果の総括

[1-3]節の振動解析結果、及び、低周波域における振動遮断特性を測定した [1-6]節の実験結果、及び、インパルス応答により、高周波域における振動遮断特性を求めた[1-4]節の実験結果から、本実施例インシュレータが有する振動伝達特性の特徴を要約すれば、次のようである。

[0111] すなわち、共振部材単体（図1の上部スリーブ1）が有する複数の共振周波数の中で、最も低周波で、最も余韻の長い音を周波数 $f_1$ の基音とする。図6の実験結果では、基音の周波数 $f_1=3500\text{Hz}$ である。この $f_1$ は、広義には前記共振部材の弾性変形による最低次の共振周波数である。音響素材のばね剛性 $K_2$ （8.13N/mm）とインシュレータに搭載されるオーディオ機器の質量 $M$ （4.5Kg）で決まる剛体モードによる共振周波数を $f_0$ とする。この場合、 $f_0=6.77\text{Hz}$ である。本実施例インシュレータでは、前記上部スリーブを励振させたときの前記上部スリーブの振動特性（図4）は、前記共振周波数 $f_0$ と前記共振周波数 $f_1$ の範囲で共振点を有しないように構成することができる。

[0112] すなわち、上記振動解析と上記実験結果は、

i) 低い周波数領域（ $f_0 < f < f_1$ ）では、オーディオ機器と床面間の振動伝達は遮断される。

ii) 逆に高い周波数領域（ $f > f_1$ ）では、共振部材の有する振動特性が高周波振動伝達をアシストする。

[0113] 本実施例インシュレータの基本的概念である上記i) ii)を、具体的手段（図1）によって、同時に実現できることを検証するものである。さらに、人の可聴域の下限値を20Hzとして、 $f_0 < 20\text{Hz}$ に設定するのが好ましい。

[0114] 本実施例（図1）のインシュレータは、「上部スリーブ1→下部スリーブ2」に至る振動伝播経路 $\Phi_2$ に、減衰性が小さく、固有音響インピーダンスの高い材料だけを用いたために、低周波域で振動を遮断し、高周波域で共振部材の振動を通過させる「ハイパス・フィルタ」の特性を有する。多くの機械要素部品、たとえば、ゴム、質量とバネ、ダンパーなどのほとんどは、低周



波域では振動を通過させ、高周波域において振動を遮断する「ローパス・フィルタ」の特性を有する。通常、ハイパス・フィルタの特性を有する機械要素、及び、機械要素の組み合わせは存在しない。この点で、本実施例のインシュレータは極めて特殊な振動伝達特性を有するのである。但し、実施形態1のハイパス・フィルタの特性は風鈴効果を得るための十分条件であるが、必要条件ではない。この点については、補足(1)で後述する。

[0115] [1-8]第1実施形態の補足説明

補足(1) 振動伝播経路 $\Phi_z$ のハイパス・フィルタ特性について

実施形態1におけるインシュレータの振動伝達のメカニズムについて、図1を用いて補足する。線径が太いスプリングコイル5を一様断面の「音響管」とみなしたとき、オーディオ機器が発生した高周波の音響振動は、荷重支持部8から、らせん状の音響管内を矢印11のごとく伝搬していく。ここで、「オーディオ機器（図示せず）→上部スリーブ1の荷重支持部8→音響管（スプリングコイル5）→下部スリーブ2→設置面9」に至る振動の伝達を、前述したように、振動伝播経路 $\Phi_z$ とする。実施例では、荷重支持部8から入射した音波が、スムーズに音響管（スプリングコイル5）内に透過し、さらに設置面9まで伝搬できるように、両部材1、2は、スプリングコイル5（鋼）と同レベルの固有音響インピーダンス $z$ が大きな金属（真鍮）を用いた。ちなみに、 $\rho$ を媒質の密度、 $c$ を音速として、固有音響インピーダンス $z=\rho c$ である。また、同実施例における振動伝播経路 $\Phi_z$ には、減衰性が大きく固有音響インピーダンスの小さなゴム、樹脂などの材料は介在させず、オーディオ機器が発生した高周波振動は、金属材料だけを通してスプリングコイル5に伝達するように構成した。

表5に各種材料の固有音響インピーダンスの参考例を示す。

[0116]

[表5]

媒質	固有音響インピーダンス (Ns/m <sup>3</sup> )
鋼	$3.90 \times 10^7$
アルミニウム	$1.44 \times 10^7$
黄銅 (70Cu 30Zn)	$3.37 \times 10^7$
天然ゴム	$1.21 \times 10^6$
ポリエチレン	$1.76 \times 10^6$
コンクリート	$8.10 \times 10^6$

[0117] この構成により、図 8 aの実験結果が示すように、多くの共振点を有する高周波振動は、音響管 5 を経由してオーディオ機器から設置面 9 に伝搬されるのである。ここで、次の仮定を設ける。

(1) スプリングコイル 5 の上端面と上部スリーブ 1 の間に、減衰性が十分に大きな材料（たとえば、粘弾性ゴム）を介在させる。

(2) スプリングコイル 5 の下端面と下部スリーブ 2 の間に、減衰性が十分に大きな上記材料を介在させる。

[0118] 上記(1)の場合、風鈴部材（上部スリーブ 1）と上記材料（粘弾性ゴム）を直接接触させることになり、風鈴部材の高周波振動を減衰させてしまうために、風鈴効果は明らかに低下する。上記(2)の場合、高周波振動はスプリングコイル 5 の下端面まで伝搬するが、設置面 9 には伝わらない。たとえば、図 6 の実験の場合では、加速度センサ(B) 1 5 5 から振動は検出できず、また下部スリーブ 2 が有する風鈴効果は期待できない。また、振動伝搬の上流側である上部スリーブ 1 の高周波振動を減衰させるように影響を与える。上記(1)(2)の場合、荷重支持部 8 から設置面 9 に至る振動伝達特性は、ハイパス・フィルタの特性を有しない。要約すれば、音響素材に機械ばね（スプリングコイル）を用いて、風鈴部材が高周波振動を励起し易くするためには、振動伝播経路  $\Phi_z$  を形成する各部材は、減衰性が小さく、固有音響インピーダンスが同レベルの高い材料、具体的には  $z > 10^7 \text{Ns/m}^3$  の材料を用いるのがベストである。但し、風鈴の振動系  $\Phi_R$  は、振動系  $\Phi_z$  に対して並列に存在するため、振動伝搬経路に減衰性の大きな材料が介在した場合でも、風鈴部材（オーデ

ィオ機器が搭載された上部支持部材)の共振現象は存在するため、風鈴効果は多少なりとも得られる。弾性部材にフローティング方式シンシュレータとして用いられるエアーを封じ込めた空気式、あるいは磁力の反発力を利用した磁石式を用いた場合、振動伝播経路 $\Phi_z$ には空隙部が介在するため、荷重支持部から設置面に至る振動伝達特性は、ハイパス・フィルタの特性を有しない。しかし、空隙部の振動減衰性能は小さいために、風鈴部材の共振現象は失われず、風鈴効果はスプリングコイルを用いた場合と同様に得られる。

[0119] 補足(2) 転倒防止

図1に示した実施形態1に係るオーディオ用インシュレータでは、前述した「風鈴効果」を得るために設けた長い筒状のスリーブ(共振部材)を利用して、インシュレータに搭載されたオーディオ機器に地震などによる衝撃的な水平方向外乱荷重が加わった場合、オーディオ機器の傾斜を最小限に抑えて、転倒を防止することができる。

[0120] 図25は、スピーカーとインシュレータの寸法関係を示すモデル図である。δを上部スリーブ1(上部支持部材)と下部スリーブ2(下部支持部材)の間隙、Rは下部スリーブ2の半径、φをスピーカー20の傾斜角度、 $L_s$ をスピーカー20の高さとする。また図1から、Lはスピーカー搭載時における上部スリーブ1の開口端10と、前記スプリングコイル上端面間の長さである。このLを筒型スリーブ有効長さとして定義する。上部スリーブ1と下部スリーブ2の間隙δは、

[0121] [数3]

$$\delta = \sqrt{R^2 + L^2} \sin \phi \cos \alpha = L \sin \phi$$

$$\text{但し } \cos \alpha = L / \sqrt{R^2 + L^2}$$

[0122] スピーカー上面中心部の偏芯量は、下記式で表される。

[0123] [数4]

$$Y = L_s \sin \phi = \frac{L_s}{L} \delta$$

[0124] したがって、式(4)から間隙  $\delta \rightarrow 0$  にすれば、外乱荷重が加わった場合でもスピーカー上面の偏芯量  $Y$  を限りなく小さくできる。そのためには、両スリーブ1, 2にスプリングコイル5を装着した状態で、両スリーブ1, 2の軸芯を精度良く合わせる必要がある。しかし、弾性体であるスプリングコイルの両端面の並行度、両端面の外径の同芯度を精度良く得るには、加工面から限界がある。そのため、間隙  $\delta$  を小さくするのは実用上制約がある。しかし、式(4)から筒状の上部スリーブ1の長さ  $L$  を大きくすれば、スプリングコイルの加工精度の限界を補うことができる。一方、前述した「風鈴効果」を得るためには、前記上部スリーブは十分な長さ  $L$  を有するのが好ましい。すなわち、上部スリーブの長さ  $L$  を大きくすることにより、(1) 外乱荷重が加わった場合にスピーカーの傾斜量を小さくする、(2) 十分な風鈴効果を得る、上記(1)(2)を同時に満足できる。ここで、最大偏芯量の許容値を  $Y_0$  として、許容される傾斜の大きさを  $Y_0/L_s$  として定義すれば、以下の式が成り立つので、式(5)を満足するように、 $\delta/L$  を設定すればよい。

[0125] [数5]

$$\frac{\delta}{L} \leq \frac{Y_0}{L_s}$$

[0126] 本インシュレータの上に高さ  $L_s$  の異なる数種類のスピーカーを搭載して、スピーカーに大きな水平方向外乱荷重を与えて、安定性・安全性を評価した。その結果、 $X/L \leq 0.03$  に設定すれば実用上の不具合は無く、スピーカー本体はすみやかに正常な姿勢に復帰した。たとえば、 $L_s=1000\text{mm}$ 、 $Y_0=30\text{mm}$ 、 $L=60\text{mm}$  とすれば、 $Y_0/L_s=0.03$ 、 $\delta/L \leq 0.03$ 、 $\delta \leq 1.8\text{mm}$  となる。また、 $\delta/L \leq 0.02$  に設定すれば全く支障のない結果が得られた。また、多数のオーディオファイルを対象にした評価実験の結果、本インシュレータを適用するスピーカーの仕様(高さ、設置面積、質量など)に変更がある場合でも、間隙  $\delta \leq 1.0\text{mm}$  に設定しておけば、スピーカーを取り換えても実用上はほとんど支障がなかった。本実施例とは逆に、下部スリーブ2が上部スリーブ1を被嵌するような構成でもよい。両スリーブ1, 2の半径方向隙間に、ゴミ侵入防止のための柔

らかい弾性体を介在させた場合、この弾性体が搭載物の傾斜防止に全く効果が無ければ、寸法 $\delta$ は両スリーブ1, 2の隙間で定義するものとする。両スリーブ1, 2の間隙部に、たとえばリング形状の別部材を介在させてもよいが、要は搭載物の傾斜防止に効果があればよい。本実施例で示したインシュレータの構造は、スピーカー以外のオーディオ機器、たとえば、アナログプレーヤー、CDプレーヤー、アンプなどに適用した場合にも、外乱荷重に対する機器設置上の安定性、安全性を確保できる。この場合は、許容される $\delta/L$ の上限値はもっと大きくてよいが、上述した $\delta/L$ の制約条件を適用すればより安全である。

[0127] [第2実施形態]

図26は、本発明の実施形態2に係るオーディオ用インシュレータの正面断面図であり、インシュレータの高さを微調整する機構を設けた場合を示す。

251はインシュレータ本体部、252は下部スリーブ（下部支持部材）、253は下部ベース部（ベース部）であり、ねじ部254を介在して、下部スリーブ252に装着される。通常、ボイスコイルと永久磁石を有するスピーカー単体は本体の前面に設置されているために、スピーカー本体の重心位置は前面側に偏芯している場合が多い。本インシュレータを装着した場合、スピーカー本体は、若干量であるが傾斜して設置される。この場合は、下部ベース部253と下部スリーブ252の間に設けられたねじ部254を利用して、インシュレータの高さを寸法H（図26）の調整により補正して、上記傾斜角度が最小になるように再設定できる。実施例では、高さ微調整を図る下部ベース部253を下部スリーブ252に設けたが、前記下部ベース部に相当する部材を前記上部スリーブ側に設けてもよい。また、スピーカー底面にインシュレータを3個配置して、スピーカー本体を支持する場合は、個々のインシュレータが受ける支持荷重は大きく異なる。この場合でも、本実施例のインシュレータによる高さ調整機能が適用できる。高さ調整機能を施した本インシュレータは、アナログプレーヤー、CDプレーヤーなどにも適用

できる。

[0128] [第3実施形態]

図27は、本発明の実施形態3に係るオーディオ用インシュレータ、及び、オーディオ機器の支持方法を示す正面断面図である。図28は、オーディオ機器側に設置されたスパイクを介してオーディオ機器を支持した状態を示す正面断面図である。901は上部スリーブ（上部支持部材）、902は下部スリーブ（下部支持部材）、903は下部スリーブ902の中央部に突設して形成された筒部、904はサージング防止部材、905はスプリングコイル、906、907はスプリングコイルの位置決め部である。908はスパイク先端受け部であり、上部スリーブ901の中央部に形成される。909は筒部903の上端中央部に形成された貫通穴、910はこの貫通穴を貫通して上部スリーブ901に締結されるボルトである。本インシュレータが無負荷時（図27）においては、貫通穴909よりも径大のボルト910の頭部911がストッパーとなり、上下スリーブ901、902の離脱を防止すると共に、インシュレータの高さの上限値を規制する。図28において、912はオーディオ機器、913はオーディオ機器に装着されているスパイクである。912と913は上部スリーブの外周面に形成された溝で、共振部材により多くの共振モードをもたせるために形成される。本インシュレータにオーディオ機器912が搭載された負荷時（図28）には、ボルトの頭部911は貫通穴909の位置よりも下降するため、インシュレータとしての機能に影響を与えない。

[0129] [第4実施形態]

図29は、本発明の実施形態4に係るオーディオ用インシュレータであり、本発明インシュレータと、本発明インシュレータとは別形態の硬質材料インシュレータとを組み合わせた構成を示す。図29aは上面図、図29bは正面断面図である。すなわち、本発明インシュレータの共振部材がもたらす高音域のアシスト効果に、別形態インシュレータ（3節の補足参照）のアシスト効果を加えることで、より多様な再生音のチューニングが容易に図れる。

ちなみに、本実施例で適用する別形態の硬質材料インシュレータとは、本発明インシュレータに対してオーディオ機器に単独で使用できるものを指す。350は本発明のインシュレータの全体を示し、351は上部スリーブ（上部支持部材）、352は荷重支持部、353は下部スリーブ（下部支持部材）、354は前記下部スリーブの中央部に突設して形成された筒部、355は前記筒部の外周部に装着されたサージング防止部材（振動発生防止手段）、356はスプリングコイル（弾性部材）、357は上部スリーブ351（共振部材）の上面に設けられたスペーサである。358は前記上部スリーブの上面にリング状に形成された断面凹部の溝と、前記スペーサ下面にリング状に形成された断面凸部により、両部材351、357の軸芯を合わせるための嵌合部である。359は別形態インシュレータ、360はスペーサ357に形成された別形態インシュレータ離脱防止のための断面凹形状のインシュレータ収納部である。このインシュレータ収納部360により、別形態の硬質材料インシュレータ359（2点鎖線で図示）は横滑りして離脱することなく、安定して本発明のインシュレータ350の上に装着できる。別形態の硬質材料インシュレータ359の上にスピーカー、CDプレイヤーなどのオーディオ機器361（2点鎖線で図示）が搭載される。

[0130] [第5実施形態]

図30は、本発明の実施形態5に係るオーディオ用インシュレータであり、実施形態1における本発明インシュレータを逆配置して、オーディオ機器を搭載した場合を示す（記号は実施形態1の図1に準ずる）。図30に示すように、上部スリーブ1（上部支持部材）と下部スリーブ2（下部支持部材）を逆配置して、前記下部スリーブ側にオーディオ機器を搭載した場合でも、本発明の基本的効果は得ることができる。400はオーディオ機器（2点鎖線）、401は下部スリーブ2の上面である荷重支持部、402は床面である。すなわち、本実施例において、「オーディオ機器400→荷重支持部401→音響管（スプリングコイル5）→上部スリーブ1（共振部材）→床面402」に至る振動伝播経路 $\Phi_2$ が存在する。この場合、下部スリーブ2の筒

部、及び上部スリーブ1の筒部は、実施形態1で示した程顕著ではないが、主振動伝播経路 $\Phi_z$ から分岐した振動伝播経路 $\Phi_R$ を有し、「風鈴効果」は少なからず得られる。また、上部スリーブ1と下部スリーブ2の間の半径方向隙間 $\delta$ （図示せず）を狭く保つことにより、非常時の水平方向外乱に対して転倒防止効果が得られる点は、前述した実施例同様である。したがって、本発明のすべての実施形態で示した効果は、インシュレータを逆配置した本実施例の場合でも同様に得ることができる。本実施例の場合は、実施形態1と比べて風鈴効果は抑制される。この点を逆に利用して、リスナーの好み、音楽ジャンル、オーディオ機器の特性などに合せて、実施形態1と実施形態5（逆配置）を随時入れ替えてもよい。

[0131] [第6実施形態]

図31は、本発明の実施形態6に係るオーディオ用インシュレータであり、より一層の風鈴効果を得るために、スパイクの機能を無効にするスペーサをインシュレータに設置した場合を示す。401はインシュレータ本体、402は荷重支持部、403は荷重支持部402の上に装着されたスペーサ、404はスペーサ403の中央部に形成されたスパイク収納部、405はオーディオ機器（たとえば、スピーカー）、406はオーディオ機器に設けられているスパイク方式インシュレータである。前述したように、円錐形状のスパイクは、「円柱→円錐→円錐の頂点→床面」の方向には振動が伝達され易く、その逆方向には伝達されにくい効果を利用したもので、オーディオ機器の設置に多用されている。また、スパイク方式インシュレータが最初からオーディオ機器本体に設置されており、機器本体から着脱困難な場合も多い。前述したように、本発明が見出した風鈴効果は、「主振動伝播経路 $\Phi_z$ から分岐して並列配置された風鈴部材が高周波振動をアシストする」ことで得られるものである。しかし、オーディオ機器と本インシュレータ間にスパイクが介在した場合、[1-6]節の実験結果が示すように、オーディオ機器から本インシュレータに伝搬される高周波振動は少なからず低減する。また、本インシュレータからオーディオ機器へ伝搬される逆方向の高周波振動は、さらに



大きく低減する。さらに、[1-3]節の周波数応答解析の結果から、インシュレータとオーディオ機器間は、点ではなく広い面積を有する面で接触させることで、風鈴部材の有する多様な振動モードを高周波域のアシスト作用として利用できる。本実施例はこの点に着目したもので、従来の常識に反して、オーディオ機器に設置されているスパイクの機能を敢えて無効にすることで、より一層の風鈴効果を得ることができる。

[0132] [第7実施形態]

図32は、本発明の実施形態7に係るオーディオ用インシュレータであり、軸長の長いスパイクで支持されたオーディオ機器に対して、実施形態6同様に、スパイクの機能を無効にするスペーサをインシュレータに設置した場合を示す。

[0133] 451はインシュレータ本体、452は荷重支持部、453はスペーサ、454はスペーサ453の中央部に円筒状に形成されたスパイク収納部、455はオーディオ機器、456は軸長が長いスパイク方式インシュレータである。本実施例は、インシュレータとオーディオ機器間は広い面積を有する面で接触させることはできないため風鈴効果は幾分低下するが、軸長・外径の異なる多様な形態のスパイク構造に対応できる。

[0134] [第8実施形態]

図33は、本発明の実施形態8に係るオーディオ用インシュレータであり、目的は実施形態6、7と同様である。すなわち、より一層の風鈴効果を得るために、重量級スピーカーなどに設置されている移動用コロ（移動手段）を無効にするスペーサをインシュレータに設置した場合を示す。501はインシュレータ本体、502は荷重支持部、503はスペーサ、504はスペーサ503の中央部に形成されたコロ収納部、505はオーディオ機器、506は移動用コロである。この場合も、対抗面に対して点接触であるコロを無効にして、インシュレータとオーディオ機器間を面で接触させることができるため、風鈴効果は向上する。

[0135] [第9実施形態]

図34は、本発明の実施形態9に係るオーディオ用インシュレータであり、前述した「風鈴効果」が得られるインシュレータに、スプリングコイル式に特定せず、任意のインシュレータが適用できるように構成した場合を示す。

601はメイン・インシュレータ（弾性部材）であり、この箇所に任意方式のインシュレータが着脱自在に配置される。602はオーディオ機器603（2点鎖線で図示）を搭載する荷重支持部（上部支持部材）、604は外側スリーブ、605は内側スリーブ、606は床面である。外側スリーブ604と内側スリーブ605は荷重支持部602の上端部で連結し、かつそれぞれの下端部を大気解放端とする筒型形状、すなわち、図1に示す「風鈴」に近い形状となっている。本実施例では、荷重支持部602からメイン・インシュレータ601に至る振動の経路を振動伝播経路 $\Phi_z$ としたとき、この振動伝播経路 $\Phi_z$ から分岐した振動伝播経路 $\Phi_R$ を2重の筒型形状部材で構成している。外側スリーブ604、内側スリーブ605で構成される部分をサブ・インシュレータ（共振部材）とする。すなわち、前記振動伝播経路 $\Phi_z$ （メイン・インシュレータ601）に振動系 $\Phi_R$ （サブ・インシュレータ）を組み合わせることにより、メイン・インシュレータが元来有する効果に、サブ・インシュレータの有する「風鈴効果」が加味される。サブ・インシュレータのスリーブを2重筒型構造にして、かつ2つのスリーブ604、605の半径方向の厚みが異なるのは、振動系により多くの固有振動モードを持たせることにより、音に一層の深みと余韻を与えるためである。本実施例で適用できるメイン・インシュレータ601の方式（原理、構造）に制約はなく、それ自体が独立してオーディオ用インシュレータとして、従来から使用されているものでもよい。

[0136] 硬質材料インシュレータの場合は、「別形態の硬質材料インシュレータ」（3節の補足参照）を適用すればよい。フローティング方式インシュレータを適用する場合は、エアーフローティング方式、あるいは磁力の反発力を利用したインシュレータでもよい。前述したように、従来のフローティング方

式インシュレータの場合は、音響素材を利用した音のチューニングは、硬質材料インシュレータと比べて難しかった。しかし、本実施例の構造では、風鈴の振動系 $\Phi_R$ （サブ・インシュレータ）は $\Phi_Z$ に対して独立して存在するため、振動系 $\Phi_R$ の形状、音響素材の選択により、リスナーの好みによるサウンド・チューニングができる。勿論、フローティング方式が元来有する、音の透明感、立体感、分解能などの向上効果も同時に併せ持つことができる。前記メイン・インシュレータの高さがサブ・インシュレータと比べて低い場合は、高さを補正するスペーサを前記メイン・インシュレータの上下に配置すればよい。

[0137] 実施例では、荷重支持部602と一体化した前記サブ・インシュレータはメイン・インシュレータ601の上部（オーディオ機器搭載側）に着脱自在に配置した。この構成とは逆に、メイン・インシュレータの上面に直接荷重支持部を設け、サブ・インシュレータはメイン・インシュレータの下端（床面側）に配置する構成でもよい。実施例では、サブ・インシュレータは2重筒型形状で構成したが、1重の筒型形状でもよい。3重以上の多重筒型形状にする場合、各円筒部材の外径寸法が異なる構造にして、伸縮可能な望遠鏡を縮小した状態で、各円筒部材が非接触の状態を保てる構造にすればよい。多重筒型形状の場合、各筒型部材の素材の種類が異なる構成でもよい。また筒型部材のスリーブ自体が種類の異なる硬質材料の積層構造でもよい。

[0138] 図35は、前述した本発明の実施形態9に係るメイン・インシュレータ601に、多層構造による硬質材料インシュレータを用いた具体例を示す。601は多層構造によるメイン・インシュレータ（弾性部材）であり、音響素材601a~601fから構成される。

[0139] [第10実施形態]

図36は、本発明の実施形態10に係るオーディオ用インシュレータであり、複数個の薄型円盤を多層に重ねて共振部材を構成した場合を示す。本実施例は、高周波領域における多くの共振モード（倍音）の存在は、ステレオ再生における音像の定位感（フォーカス感）、分解能を向上させると共に、

多くの共振モードを有する程、クセのない自然な音が得られるという点に注力したものである。図36aは上面図、図36bは正面断面図である。651は上部スリーブ（上部支持部材）、652は下部スリーブ（下部支持部材）、653は下部スリーブ652の中央部に突設して形成された中心軸、654は中心軸653の外周部に装着されたサージング防止部材（振動発生防止手段）である。上部スリーブ651は下部スリーブ652上部に配置され、両スリーブ651、652の内部にスプリングコイル（弾性部材）655が設けられている。656、657はスプリングコイル655を装着した状態で、両スリーブ651、652の軸芯が一致した状態を保つための両スリーブに形成された位置決め部である。

[0140] 658a~658eは、上部スリーブ651の外周部に装着された円盤である。これらの複数の円盤は各円盤間に装着されたリング659a~659d、上部スリーブ下端部660、上部スリーブ651の上端部に設けられたリング形状の止めねじ661によって、一定間隔で上部スリーブ651に固定されている。止めねじ661の着脱により、本実施例では各円盤は自在に交換可能である。本実施例では、上部スリーブ651、及びこの上部スリーブに装着された複数個の前記円盤で構成される部分が、共振部材となる。図37a~図37c、図38a~図38c、図39は円盤外径 $\phi 74\text{mm}$ 、内径 $\phi 60\text{mm}$ 、円盤の厚み $5\text{mm}$ 、材料に鋼材を用いた場合の固有値解析結果の一例であり、1次共振周波数 $f_1=4400\text{Hz}$ から $16200\text{Hz}$ までの各共振モードを示すものである。したがって、本実施例の構造によれば、各円盤658a~658eの厚み、あるいは材質を変えることにより、共振モードの形態は同一のまま、各円盤の共振周波数 $f_1\sim f_n$ を変えることができる。真円ではなく非真円の複雑な形状にすれば、さらに多様な振動モードが得られる。薄型円盤に用いる音響素材として、「別形態の硬質材料インシュレータ」（3節の補足参照）に用いる素材が適用できる。ちなみに、他の実施例における上部・下部スリーブにもこれらの材料が適用できる。

[0141] [第11実施形態]

図40は、本発明の実施形態11に係るオーディオ用インシュレータであり、スパイク方式インシュレータに共振部材を装着した場合を示す。図40aは上面図（図40bのA-A矢視図）、図40bは正面断面図である。

本インシュレータの構造は、スパイク構造部701とスパイク受け部702から構成されるが、スパイク構造部701はオーディオ機器側に設置したものである。703はスパイク固定部（上部支持部材）、704はスパイク円柱部、705はスパイク円錐部、706は厚い肉厚の金属で形成された曲面部を有するスパイク側スリーブ（共振部材）である。スパイク円柱部704とスパイク円錐部705で、オーディオ機器の荷重を支持するスパイク支持部714（弾性部材）を構成している。部材703～706により、スパイク構造部701を構成している。707はオーディオ機器（想像線）、708は上部筒部、709は下部ベース、710はサージング防止部材（振動発生防止手段）、711はスプリングコイル（弾性部材）、712はスパイク先端受け皿である。部材708～712により、小径・小型のスパイク受け部702（下部支持部材）を構成している。オーディオ機器707からスパイク構造部701のスパイク円柱部704→スパイク円錐部705→スパイク受け部702の上部筒部708→スプリングコイル711→床面713に至る主振動の経路を振動伝播経路 $\Phi_z$ とする。本実施例では、この振動伝播経路 $\Phi_z$ から分岐した「風鈴効果」(Wind bell effect)をもたらす振動伝播経路 $\Phi_R$ （筒型形状部材）を、スパイク構造部701側に形成した。すなわち、本実施例において、スパイク側スリーブ706内部はスパイク円柱部704、スパイク円錐部705を収納する空洞を有し、一方の端部を密閉構造、もう一方の端部を大気解放端とする筒型形状、すなわち、「風鈴」に近い形状となっている。オーディオ機器（たとえばスピーカー）は、図41a、図41bに示すように、X軸、Y軸、Z軸の3軸方向の振動成分 $f_x$ 、 $f_y$ 、 $f_z$ を有する。本実施例では、スパイク円錐部705の先端を受ける上部筒部708は、スプリングコイル711によって、X軸、Y軸、Z軸の3軸方向に弾性変形可能に支持されている。したがって、スプリングコイル711のばね剛性が適度

に柔らかければ、オーディオ機器が発生した振動 $F (=f_x \cdot i + f_y \cdot j + f_z \cdot k)$ はスパイク側スリーブ706（風鈴部材）を3軸方向に加振する。この風鈴部材の振動が前記振動伝播経路 $\Phi_R$ を経て前記振動伝播経路 $\Phi_Z$ に重畳されて、スパイク受け部702の方向に伝搬される。この結果、風鈴部材の有する余韻が再生音に空間の拡がり感（奥域感、臨場感）をもたらすと共に、高周波領域における多くの共振モードが音像の定位感（フォーカス感）、分解能の向上をもたらす点は、前述した実施例同様である。従来のスパイク方式のように、スパイク受け部702に相当する部材を完全剛体で構成した場合でも、3軸方向の振動成分 $f_x$ 、 $f_y$ 、 $f_z$ は完全には無くならないため、風鈴効果は少なからず得られる。しかし、本実施例と比べてその効果のレベルは低減する。また、スパイク受け部702に内蔵するスプリングコイル711の軸方向剛性 $K_z$ と搭載物の質量 $M$ で決まる共振周波数 $f_0$ を可聴域以下に設定すれば、質量 $M$ とばね剛性 $K_z$ で決まる2次振動系の周波数特性により、共振周波数 $f_0$ 以上で振動遮断作用が得られる点も前述した実施例同様である。スパイク支持部714の形態は、円柱と円錐の組み合わせ構造に限定されない。断面形状が多角形、球径、あるいは針状先端の位置が上下逆方向のスパイク、あるいは、多段スパイク構造なども適用できる。

[0142] [第12実施形態]

図41は、本発明の実施形態12を示すものであり、スプリングコイルなどのフローティング部材で本発明インシュレータを構成した場合について、インシュレータに搭載されたオーディオ機器の設置安定性の向上を図ったものである。図41aは正面断面図、図41bは下面図である。751はインシュレータ本体、752は設置安定化のための補助ユニットの本体である。753は上面支持部（支持部）、754はねじ部、755はねじ収納部、756はねじ部754をねじ収納部755に締結するためのナット、757はベース部、758aと758bはベース部757とねじ収納部755を締結するボルト、759はインシュレータ本体の下端収納部、760はインシュレータ本体751から設置安定ユニット752の離脱を防止するための凸部、7

61はスピーカーなどのオーディオ機器である。部材753~760により、オーディオ機器の傾斜量の抑制と非常時の転倒防止ができる補助ユニットを構成している。本発明インシュレータにスピーカーを搭載後、スピーカー底面と上面支持部753の間隙 $\Delta Z$ を数ミリ（たとえば $\Delta Z < 5\text{mm}$ ）となるように設定すればよい。補助ユニットに機構上の制約は無く、要はオーディオ機器底面との距離 $\Delta Z$ が微調整できる構造であればよい。

[0143] [第13実施形態]

図42は、本発明の実施形態13に係るオーディオ用インシュレータであり、「風鈴効果」をより効果的に得る筒型スリーブ形状の一例を示す外観図である。

550はインシュレータ本体、551は上部スリーブ（共振部材）、552は荷重支持部、553は下部スリーブ（固定部）である。554a~554dは上部スリーブ551に形成された半円弧断面の溝である。溝554aと溝554bの角度を $\Phi_1$ 、溝554bと溝554cの角度を $\Phi_2$ としたとき、 $\Phi_1 \neq \Phi_2$ である。すなわち、筒型スリーブの形状は軸非対称となるため、振動系 $\Phi_R$ により多くの固有振動モードを持たせることができ、音に一層の深みと余韻が与えられる。

[0144] [第14実施形態]

図43は、本発明の実施形態14を示すものであり、風鈴効果をより一層引き立出せるように、上部スリーブの外観と内面形状に工夫を施したものである。図43aは正面断面図、図43bは下面図である。801は上部スリーブ（共振部材）、802は平端面である荷重支持部、803は下部ベース、804は下部ベース803の中央部に突設して形成された筒部、805はサージング防止部材、806はスプリングコイル（弾性部材）である。807は上部スリーブ801の上部平端部（荷重支持部802）と円筒部808を繋ぐ曲面部である。この曲面部を形成することにより、オーディオ機器からZ方向のみの加振力 $f_z$ が加わった場合でも、 $f_z$ の分力 $f_{z2}$ により、風鈴部材の多様な振動モードを励起させることができる。

[0145] 809a~809hは上部スリーブ801内面の軸方向に形成された溝部である。実施形態13で示したように、上部スリーブ801に複数の溝を形成することで、振動系 $\Phi_R$ により多くの固有振動モードを持たせることができるが、内周面を溝加工することで、インテリア性が要求されるオーディオ機器としてのインシュレータの美観を損なわない。また、前記溝部は、エンドミル加工（810に工具外径を示す）により、容易に形成できる。各溝間の円周方向角度は等角度でなくてよく、形状は軸非対称でもよく、溝は軸方向に対して傾斜して形成してもよい。また、溝以外に複数の不規則な凹凸部を形成してもよい。

[0146] 下部ベース803を、想像線810に示すようにスリーブ形状にすれば、上下のスリーブ間の半径方向に狭い隙間を設定することで、オーディオ機器の傾斜防止が図れる。また、前記上部スリーブの円筒部を、想像線811に示すように、断面台形形状にすれば、加振力 $f_z$ のより大きな分力 $f_{za2}$ を発生できたため、一層、風鈴部材の多様な振動モードを励起できる。本実施例で示した風鈴効果をより一層引き立出せる方法は、前述したすべての実施例に適用可能である。

[0147] [第15実施形態]

図44は、本発明の実施形態15を示すもので、本発明インシュレータをオーディオ機器（たとえば、スピーカー）の底面に完全固定することで、インシュレータとオーディオ機器本体を一体化したものである。851は本発明インシュレータの本体部、852は上部スリーブ（共振部材）、853は前記上部スリーブよりも外径を径小にした荷重支持部、854は前記上部スリーブに設けられたねじ部、855はナット、856はスピーカー、857はスピーカの底面に設けた凹部である。インシュレータとオーディオ機器本体を一体化することで、インシュレータがオーディオ機器から離脱する不具合が無くなる。たとえば、小型のミニコンポ・ステレオ、ラジカセ、音質重視のPCオーディオ用パソコンなどに適用すれば、装置を移動するのに支障をきたさない。ねじで締結する代わりに、たとえば、インシュレータ側とオ



オーディオ機器側が凹凸部で勘合する構成でもよい。（図示せず）

[0148] オーディオ機器の底面に深い凹部 857 を形成して、この凹部にインシュレータ 851 を収納する構成にする。オーディオ機器が一定角度以上傾斜したとき、この凹部の端面 858 が床面 859 に接するようになれば、オーディオ機器の転倒防止が図れる。

[0149] [第 16 実施形態]

図 45～図 47 は、本発明の実施形態 16 を示すもので、オーディオ機器自身が有する振動加振源により、オーディオ機器本体が振動することに起因する音響特性上の不具合（たとえば、ブーミー現象）をより効果的に低減する方策を示すものである。すなわち、オーディオ機器を支持するために、本発明インシュレータに加えて、アクティブ・インシュレータを並列に配置したものである。図 45 は、本発明の実施形態 16 に係るオーディオ・システムの矢視図である。81、82 は左右に配置された 2 チャンネルのステレオ用スピーカーであり、各々のスピーカー本体部はボード 83、84 の上に搭載された 2 個のアクティブ・インシュレータと 4 個の本発明インシュレータによって支持されている。

[0150] (1) 本発明インシュレータは、スピーカー本体部の静的荷重を支持すると共に、高周波振動をアシストする。

(2) アクティブ・インシュレータは、スピーカーのボイスコイルの反力（動的変動荷重）によるスピーカー本体部の低周波の剛体振動を電子制御により抑制する。

[0151] ここで、アクティブ・インシュレータとは、スプリングコイル、粘弾性ゴム、空気圧ばね、永久磁石、音響素材などのような機械要素にセンサ、ボイスコイルモータ、コントローラなどの電子制御要素が加わったものと定義する。各インシュレータの配置方法をわかり易くするために、右側スピーカー 82 を浮上した状態で図示している。85a～85d、及び、86a～86d は左右のスピーカー 81、82 の底面 4 隅に配置された本発明インシュレータ（85d は図示せず）である。87a、87b、及び、88a、88b は左右の各

スピーカー 81、82の中央部に配置されたアクティブ・インシュレータ、89は前記アクティブ・インシュレータを制御するコントローラである。以下、アクティブ・インシュレータの具体的な構成について説明する。

[0152] 図46は、アクティブ・インシュレータの具体的な構成を示す正面断面図である。本実施例は、駆動軸が傾斜したアクチュエータを有するアクティブ・インシュレータを2セット組み合わせたものである。そのため、本実施例をスピーカーに適用した場合、スピーカー本体部の図2で前述した $X_0$ 軸の振り子運動だけでなく、Y軸方向振動も抑制できる。基本的構成は、スプリングコイル（アクチュエータ用ばね）が左右対称に配置され、その中央部に傾斜したボイスコイルモータが配置される。301は上部ベース台（荷重支持部）、302は下部ベース台（固定部）である。303は下部ベース台302の左側に固定された円柱部、304は円柱部を下部ベース台302に固定するボルト、305は円柱部303の外周部に装着されたサージング防止部材（振動発生防止手段）である。サージング防止部材305は、円筒状の筒部と、半径方向へ延びて突設された複数の粘弾性片で構成した。上部ベース台301と下部ベース台302に挟み込まれるように、スプリングコイル306（弾性部材）が設けられている。サージング防止部材305の高さは、スプリングコイル306がスピーカーなどの搭載物によって圧縮された時の最小寸法よりも小さく形成されている。スプリングコイル306の下端外周部は下部ベース台302に形成された位置決め部307に、スプリングコイル306の上端外周部は上部ベース台301底面に形成された位置決め部308に嵌まり込むようになっている。また、装置の右側に設けられたスプリングコイル、及びサージング防止部材なども左右対称に構成した。すなわち、円柱部309、円柱部を固定するボルト310、サージング防止部材311、スプリングコイル312、このスプリングコイル312の下端と上端を固定する位置決め部313、314から構成される。315は下部ベース台302に対して傾斜して設けられたボイスコイルモータであり、固定側316と可動側317から構成される。

[0153] 318は可動側に設けられた永久磁石、319は上部ベース台301にボルト320で固定された上部三角柱部材、321は下部ベース台302にボルト322で固定された下部三角柱部材、323は固定側316に設けられた電磁コイル部である。324はボイスコイルモータの固定側316と可動側317の同芯を保つためのスプリングコイルである。325はボイスコイルモータの可動側317と上部三角柱部材319の間に設けられた軸受である。この軸受を両部材317、319の間に介在させることにより、両部材317、319は相対的に傾斜面方向に自在に摺動できる。326は上部三角柱部材319に装着された加速度センサである。スピーカ-の振動状態を加速度センサ326で検出し、加速度フィードバックを施すことで、スピーカ-の低周波振動を低減できる。また、加速度フィードバックを施せば、系の固有値はさらに小さくできるため、振動遮断性能の一層の向上が図れると共に、奥域感、分解能、透明感などの一層の向上が図れる。

[0154] 図47は、本実施例のアクティブ・インシュレータ2個分をスピーカ-底面の前後に配置した場合の正面断面図である。327a、327bはアクティブ・インシュレータ、328はスピーカ-、329は床面である。スピーカ-底面の前後に配置した2個のアクティブ・インシュレータと、複数の本発明インシュレータで構成されるオーディオ・システムにより、スピーカ-自身発生する変動荷重による変位：X<sub>0</sub>軸、Y軸、Z軸のアクティブ制振制御ができる。

[0155] [3] 補足

共振部材（風鈴部材）として用いる概略筒型形状部材の外周部包絡線は真円でなくても良く、三角形、四角形でも良く、あるいは非軸対称の多角形でもよい。また筒型でなく円周上で切り欠いた部分があってもよく、たとえば、複数の角柱のブロックが円周上に配置された構造でもよい。また、風鈴部材は必ずしも一方の端部を密閉構造（固定端）、もう一方の端部を開放端（自由端）とする必要は無い。たとえば、図48に示すように、両端を固定端とする「ずん胴型の樽型形状」で風鈴部材を構成し、樽の中央部に主振動伝

搬経路 $\Phi_z$ となる弾性部材（たとえば、硬質材料）を有する構造でもよい。920はメイン・インシュレータ、921はサブ・インシュレータ（共振部材）、922はベース部、923は荷重支持部、924はオーディオ機器、925は床面である。要は、主振動伝搬経路 $\Phi_z$ に対して、分岐した振動伝播経路 $\Phi_R$ を有する共振部材が、並列に配置されていればよい。

[0156] 本発明の実施例では、弾性部材（コイルスプリング）と共振部材（風鈴部材）はすべて同軸上に配置した例を示した。しかし、両者は分離して配置されていても本発明が得られる効果に支障はない。図49において、971a、971bは弾性支持部、972は共振部材、973はオーディオ機器（上部支持部材）、974は床面、975a、975bは下部支持部材である。この場合でも、オーディオ機器から前記弾性部材側に伝搬される主振動に前記共振部材の振動が重畳される。

[0157] 実施例では、弾性部材として外径が軸方向で均一なスプリングコイルを用いた。スプリングコイルの高さを、外径に対して低くするために断面長方形のコイルを用いると、横剛性を高めることができる。本発明のインシュレータに適用できる弾性部材はこれに限定されるものではない。たとえば、円錐コイルばね、皿バネ、あるいはこの皿ばねを多段に積み重ねた構造、竹の子ばね、輪ばね、渦巻きばね、薄板ばね、重ね板ばね、U字型ばねなど、オーディオ用インシュレータとして要求される形状、寸法などを考慮して選択すればよい。本発明では、これらの部材を総称して機械ばねと呼ぶ。

[0158] 実施例では、スプリングコイルのサージング現象を防止するために、円筒形状の筒部から半径方向に延びて突設された複数の粘弾性片を用いた。粘弾性片の突設枚数は実施例では、45°間隔で8枚となっているが、枚数は限定されず、8枚以下でも良いし、8枚以上であってもよい。あるいは、「音響管」としての効果は、後述する理由により低減するが、羽根状の粘弾性片を用いるのではなく、円柱状の粘弾性部材をスプリングコイルに圧入する構造でもよい。また、薄板形状の粘弾性部材をスプリングコイル内面に密着させる構造でもよい。あるいは、スプリングコイルの素材に粘弾性材料を被覆

させたものを用いてもよい。なお、粘弾性部材は、前述のような部材に限られるものでなく、弾力性は小さいが元の形状に復帰する復元力を有する低反発ゴムのような素材でもよい。あるいは、従来からサージング防止対策として用いられている液体の中にスプリングを浸した構成でもよい。あるいは、スプリングの下端部を1段、あるいは、多段スパイクで支持して、コイル素線に沿って伝搬される衝撃波のはね返りを低減させる構造でもよい。

[0159] 実施例インシュレータに用いたスプリングコイルが、高周波振動を通過させる「音響管」としての役割を担う理由には、サージング防止部材（図1の4）の形状がおおいに寄与している。前述したように、実施形態1（図1a）では、粘弾性部材がスプリングコイル5の内周面に完全密着する構造ではなく、半径方向に延びて突設された複数の粘弾性片4bが部分的にスプリングコイル5の内周面に接触している。そのため、波長が短くなる高周波域では、粘弾性片4bの振動減衰作用の影響を回避して通過する確率が向上する。また、波長の短い高周波域の振動では、弾性波はスプリングコイル5の線方向の部分的な伸縮になる。スプリングコイルの傾斜角を $\theta$ とすれば、粘弾性片を変形させる軸方向成分（ $\sin\theta$ ）は減衰作用に寄与するが、粘弾性片の内面を滑るだけの円周方向成分は振動減衰に寄与しない。上記実施例における、高周波振動を通過させるスプリングコイルの「音響管」としての機能は、上記粘弾性片4bの形状がおおいに寄与している。

[0160] 本発明における高次の共振現象を抑制する振動発生防止手段には、質量と集中ばね定数だけで決まる単振動（1次の固有振動数）だけしか発生しないメカニズム構造も含むものとする。たとえば、U字形状の板ばねをワイヤーで引っ張る構造なども適用できる。あるいは、ばねの各種形態に合わせて、共振防止手段を設ければよい。

[0161] 本明細書の各実施例で、本発明インシュレータと組み合わせる「別形態の硬質材料インシュレータ」とは、下記のようなものである。すなわち、銅合金、マグネシウム、天然水晶、チタン、石英、ローズウッド材、ケヤキ材、珊瑚、大理石、ハイカーボン鋳鉄、強化ガラスなどの単一素材インシュレ

ータでもよく、あるいはこれらの素材を組み合わせた多層構造インシュレータでもよい。あるいは、円錐形状、球体形状のスパイクでもよく、このスパイクを直列に多段（たとえば、4～5段）に組み合わせた構造も別形態の硬質材料インシュレータとして適用できる。

[0162] 実施例では、本発明のインシュレータをスピーカーに適用する場合を示したが、オーディオ機器であるCDプレイヤー、アナログプレイヤー、プリアンプ、パワーアンプ、PCオーディオ用のパソコン、あるいは様々な楽器（たとえば、アコースティック楽器）、ピアノなどのいずれにでも適用でき、同様な効果が得られる。あるいは、床面に設置して用いる楽器、たとえば、チェロ、コントラバス（ダブル・ベース）のエンドピンの先に本発明のインシュレータを楽器の支えとして用いれば、楽器の音は大幅に向上する。図50において、951はチェロ、952はエンドピン、953は本発明インシュレータ、954は床面である。この場合、エンドピン先端を受ける凹部を、インシュレータの上面（たとえば、図1では上部スリーブ1の荷重支持部8）に形成するか、あるいは凹部が形成されたスペーサを荷重支持部8に装着すればよい。オーディオ機器と設置面との間の相互干渉による振動を低減させることで再生音の品位を向上させる効果、及び、高周波域の音響特性を向上させる風鈴効果は、オーディオ機器を上記楽器に置き換えても成り立つのである。したがって、本発明の名称である「オーディオ用」とは、広義に解釈して、これらの楽器も適用対象として含まれるものとする。

[0163] また、実施例では、インシュレータはすべて床面に垂直配置する場合を示したが、インシュレータの姿勢を水平にして、例えば壁面にオーディオ機器を水平配置する場合でも適用できる。あるいは、天井から吊り下げるタイプのスピーカーにも適用できる。たとえば、実施形態1のインシュレータ構造を改良して適用する場合は、荷重支持部8をスピーカーの上面に固定し、スプリングコイル5を上下スリーブに完全固定した状態で、下部スリーブ2側を天井に吊り下げればよい。

[0164] [4] 本発明によるオーディオ用インシュレータのスピーカー試聴実験

実施形態1におけるインシュレータ(図1)を用いて、材質の異なる共振部材(表4に示す供試部品A~C)を各種取り換えて、試聴実験を行った。本節の試聴実験は、[1-2]節の風鈴効果の仮説(ii)の検証でもある。適用したスピーカーはモニター用として定評のあるコンデンサ型(質量 $m=41\text{Kg}$ )である。上部スリーブ1(共振部材)と下部スリーブ2以外のインシュレータ部品はすべて共通であり、スプリングコイル5のばね剛性 $K_2(=8.13\text{N/mm})$ と質量 $m$ で決まる固有値 $f_0=4.49\text{Hz}$ である。図2に示すように、インシュレータをスピーカー底面4隅に配置して、スピーカーを支持した。表6の評価結果は、試聴実験に参加した7人のリスナーの合意を得て整理したものである。同表に共振部材が無い場合、すなわち、上部スリーブ1を取り外してスプリングコイル5で直接スピーカーを支持した場合、及び、インシュレータを装着しない場合の試聴実験の結果を対比して示す。表6において、共振部材を装着しない場合でも搭載物の質量とばね剛性で決まる2次振動系の周波数特性により、共振周波数 $f_0$ 以上での振動遮断作用は得られる。したがって、インシュレータ本体を装着しない場合(すべて $\times$ )と比べて、各項目で格段に優れた特性を有する。但し、評価を分かり易くするために、優劣は共振部材を装着しない場合(すべて $\Delta$ )に対する相対評価とする。結果を考察すれば、

[0165] i) 共振部材を装着しない場合と比べて、供試部品A~C共、ほとんどすべての項目で評価は向上する。

ii) 風鈴時定数 $T$ が最も大きい供試部品Aの場合、すべての項目で評価は最も高い。供試部品Aは、風鈴の材料として用いられる銅合金である。風鈴は余韻が長い程、減衰性が低く、高周波域における多くの共振ピークを励起し易い。供試部品Aの有するこの風鈴特性が、音響特性向上に寄与していると思われる。

iii) しかし、風鈴時定数 $T$ が最も小さい供試部品Cの場合でも、奥行感、分解能、透明感、トランジェント特性などで、共振部材が無い場合と比べて、高い評価が得られる。この理由として、風鈴の余韻の大小にかかわらず、高周波域に多少なりとも存在する共振ピークが、ステレオ再生における音像の

定位感、分解能などの向上に寄与していると考えてよい。

iv) 供試部品Aの場合、物理特性としての表現が難しい「音の雰囲気」が際立って高い。図12～図15のグラフの比較から、供試部品Aには減衰曲線の包絡線にうなり（ゆらぎ）が観測される。供試部品B、Cにはうなりは観測されない。このうなりが再生音の居心地の良さ（潤い感、豊饒感）をもたらすと思われる。

[0166] [表6]

評価項目	共振部材付き 供試部品（表4）			共振部材 装着無し	インシュレータ 装着無し
	A	B	C		
奥域感	◎	◎～○	○	△	×
分解能	◎	○	○	△	×
透明感	◎	○	○	△	×
低域の力感	◎～○	○	△	△	×
トランスient特性	◎	○	△	△	×
音の雰囲気	◎	○	○	△	×
総合評価	◎	○	○～△	△	×

[0167] 表6における、各評価項目の詳細は次のようである。

i) 奥域感（空間性・音場感・立体感）

スピーカーの背景に壮大なオーケストラの空間が、スピーカーから離脱して奥深く展開される。

ii) 分解能（定位感・フォーカス感）

各楽器が視覚で見えるようにその存在感が分かり、音像(sound stage)の焦点が明確に定まる。

iii) 透明感（S/N比）

複層する楽器音が混濁せず分離する。高域が繊細で歪み感が小さい。



## iv) 低域の力感（ダンピング）

低域が引き締まり、オーケストラの弦の低域音、ジャズのベース音が明確に定位して聴こえる。

## v) トランジェント特性

静寂の中で急峻な音の立ち上がり感と、立ち下り感（急峻に音が消える）が得られる。

## vi) 音の雰囲気

音の細部ではなく、音楽全体を潤い感漂う雰囲気（atmosphere）で、居心地良く、リラックスして聴ける。

**産業上の利用可能性**

[0168] 難加工性材料である石英、チタン、天然水晶、大理石などを用いて、あるいはこれらの素材を積層して多様な高周波特性を持たせていた従来の硬質材料インシュレータと異なり、風鈴効果を用いた本発明のインシュレータは、単一の素材と風鈴形状の選択により、飛躍的な音響特性の向上とサウンド・チューニングが図れる。本発明インシュレータが有する振動特性と、この振動特性がもたらす主な音響効果を概略要約すれば次のようである。

(1)共振部材の有する高周波領域における多数の共振モード・・・音像の定位感（フォーカス感）、分解能の向上

(2)共振部材の余韻・・・空間の拡がり感（奥域感、臨場感）の向上

(3)共振部材のうなり（ゆらぎ）・・・居心地の良さ、潤い感、豊饒感の向上

(4)低周波数域における振動遮断特性・・・上記(1)～(3)をより効果的にする

[0169] 開発者の感性に頼らざるを得ず、試行錯誤的に開発されてきた従来オーディオ用インシュレータと異なり、本発明インシュレータにおいては、上記(1)～(4)の設計は理論的に遂行可能である。その効果は顕著である。

## 請求の範囲

- [請求項1] 上部支持部材と下部支持部材で挟持されてオーディオ機器の荷重を支持する弾性部材と、複数の共振点を有する共振部材と、オーディオ機器から前記弾性部材側に伝搬される振動を主振動として、前記共振部材の振動が前記主振動に重畳されるように、前記共振部材を前記弾性部材に対して並列配置したことを特徴とするオーディオ用インシュレータ。
- [請求項2] 前記共振部材は一方を固定端、もう一方を自由端とする概略筒型形状部材で構成されることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項3] 前記弾性部材はフローティング方式インシュレータに用いられる機械ばね、あるいは空気、あるいは磁性体であることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項4] 前記弾性部材を機械ばねで構成し、この機械ばねと密着した状態を保つ共振防止部材より構成されことを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項5] 前記弾性部材の端部を把持する固定部と、前記前記弾性部材の一部を内部に収納して前記前記弾性部材のもう一方の端部を把持すると共に、前記固定部側に概略筒状に伸びた形状を有する筒型スリーブと、前記筒型スリーブと前記固定部の間は、狭い半径方向の間隙を設けた状態で嵌め込まれるように設置されることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項6]  $\delta \leq 1.0\text{mm}$ に設定したことを特徴とする請求項5記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項7] オーディオ機器の荷重を支持する荷重支持部と、オーディオ機器に装着されているスパイク、あるいは移動用のコロなどの全体、あるいは一部を収納する凹部を前記荷重支持部分に形成したことを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。

- [請求項8] 前記共振部材単体の中央部を固定して、前記共振部材単体にインパルス加振を与えて、前記風鈴部材近傍に配置された集音マイクから得られる音圧波形の包絡線が初期値に対して36.8%まで減衰する時間を風鈴時定数 $T$ としたとき、 $T > 0.05$ 秒であることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項9] 前記共振部材単体の中央部を固定した状態で、前記共振部材の基音周波数 $f_1 > 1500$ Hzとなるように前記共振部材の材質と形状を設定したことを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項10] 前記共振部材単体の中央部を固定した状態で、前記共振部材のインパルス応答の減衰曲線にうなりが相乗されていることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項11] 前記弾性部材のばね剛性と前記上部支持部材に搭載されるオーディオ機器の質量で決まる剛体モードによる共振周波数を $f_0$ 、前記共振部材の弾性変形による最低次の共振周波数を $f_1$ として、前記上部支持部材を励振させたときの前記上部支持部材の振動特性は、前記共振周波数 $f_0$ と $f_1$ の範囲で共振点を有しないことを特徴とする請求項3記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項12] 上部支持部材をスパイク固定部、下部支持部材をスパイク受け部、弾性部材をスパイク支持部としたことを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項13] 前記オーディオ機器と基礎の間に設けられたアクチュエータと、前記オーディオ機器の変位及び又は振動状態を検出するセンサから構成され、前記オーディオ機器自身が有する振動加振源によって発生する前記オーディオ機器自身の振動を抑制するように、前記センサからの情報に基づいて前記オーディオ機器の変位及び又は振動状態をアクティブ制御する制御装置とをさらに具備していることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。
- [請求項14] 前記共振部材の外周面、あるいは内周面に縦方向、又は円周方向、

又は傾斜方向の溝、あるいは凹凸面を形成したことを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。

[請求項15] 前記共振部材は固有音響インピーダンスが $10^7 \text{Ns/m}^3$ 以上の材料で構成されることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。

[請求項16] 前記上部支持部材から前記下部支持部材に至る振動伝播経路は $10^7 \text{Ns/m}^3$ 以上の固有音響インピーダンスを有する材料で構成されることを特徴とする請求項1記載のオーディオ用インシュレータ。

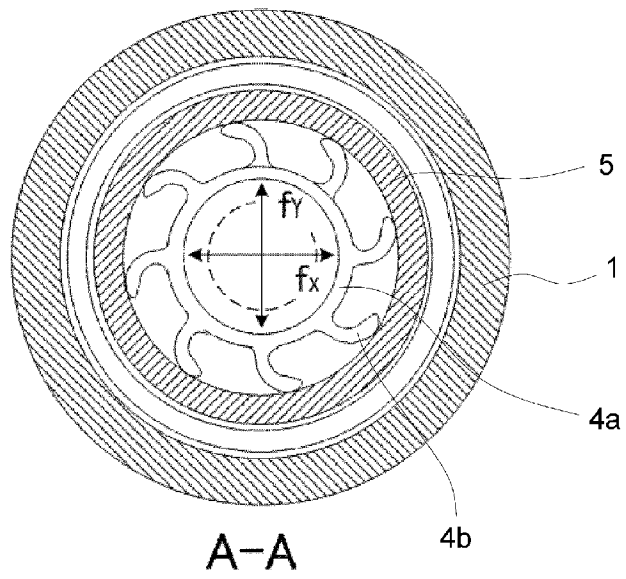
[請求項17] 請求項1記載のオーディオ用インシュレータと、該オーディオ用インシュレータに支持されたオーディオ機器とを具備することを特徴とするオーディオシステム。

[請求項18] 前記オーディオ用インシュレータに対して並列に配置された、オーディオ機器の設置安定化のための補助ユニットをさらに具備し、前記オーディオ機器の傾斜量の抑制ができるように、前記オーディオ機器底面と前記補助ユニットの支持部の間隙が前記補助ユニットの高さ調整により設定できることを特徴とする請求項17記載のオーディオシステム。

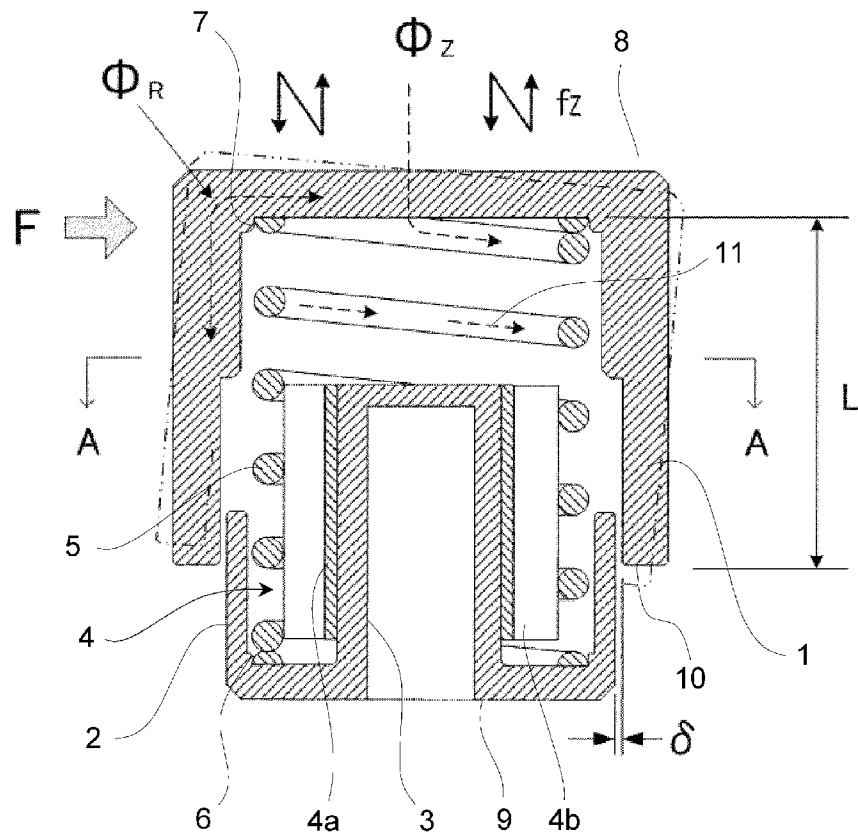
[請求項19] 請求項1記載のオーディオ用インシュレータの評価方法であって、共振部材を加振させたときの振動が減衰するまでの余韻の長さ、減衰曲線に含まれるうなり、前記共振部材の有する高周波領域における共振モードなどの風鈴特性を基に、音楽ジャンル、又は、オーディオ機器の特性、又は、リスナーの好みに合わせて前記共振部材を選定することを特徴とするオーディオ用インシュレータの評価方法。

[図1]

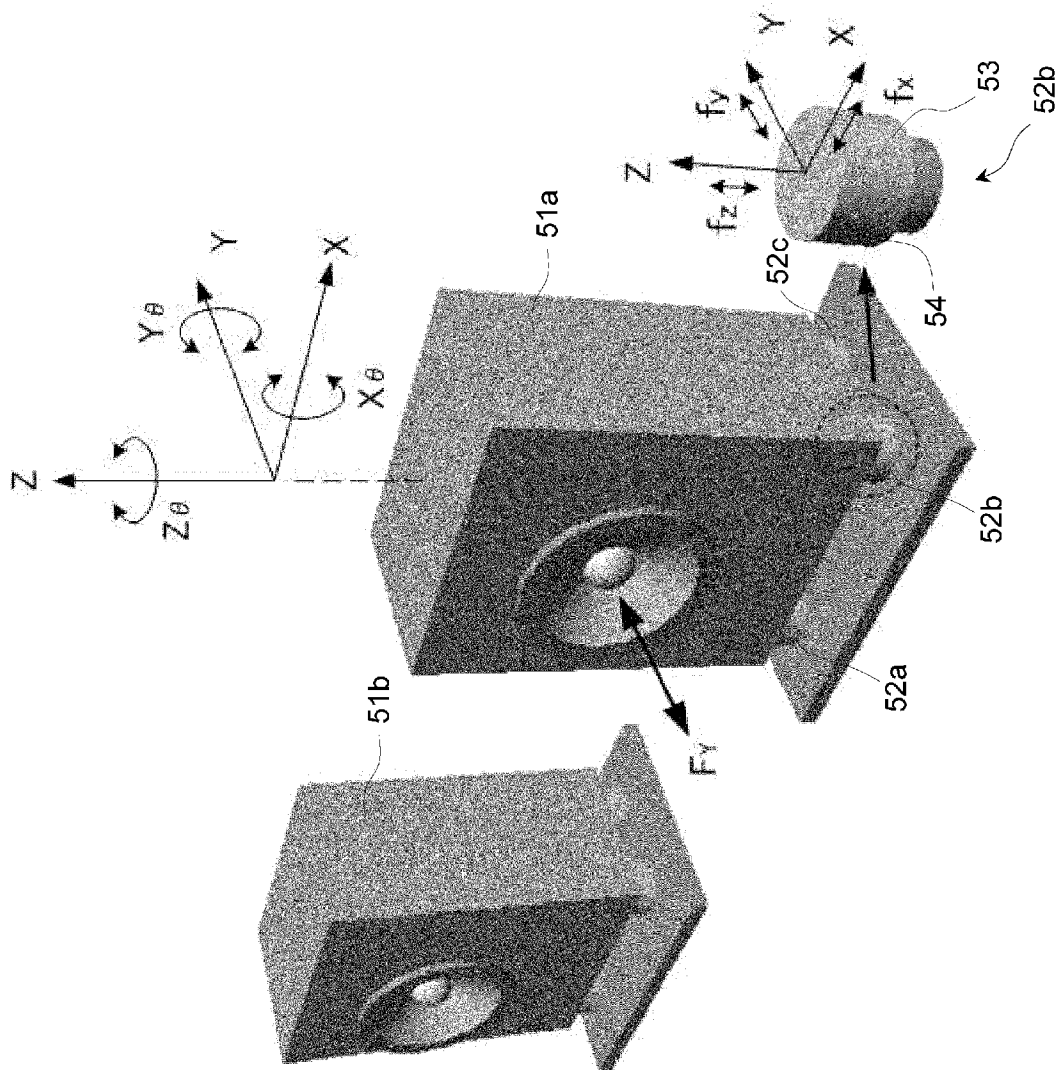
[図1a]



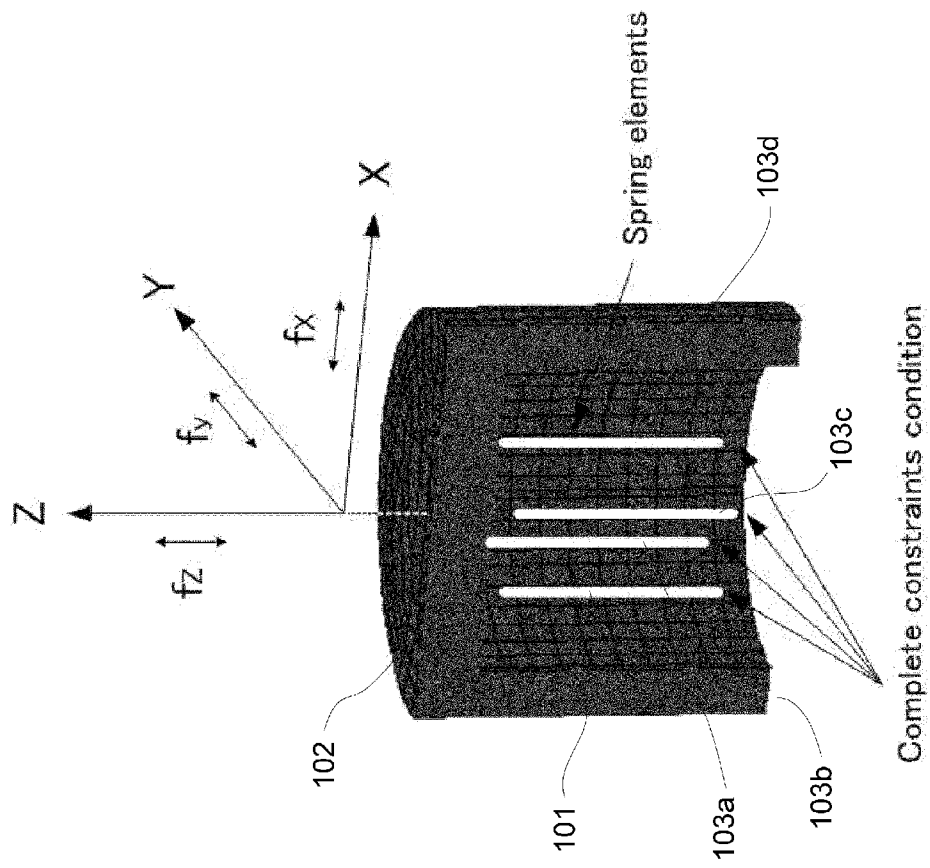
[図1b]



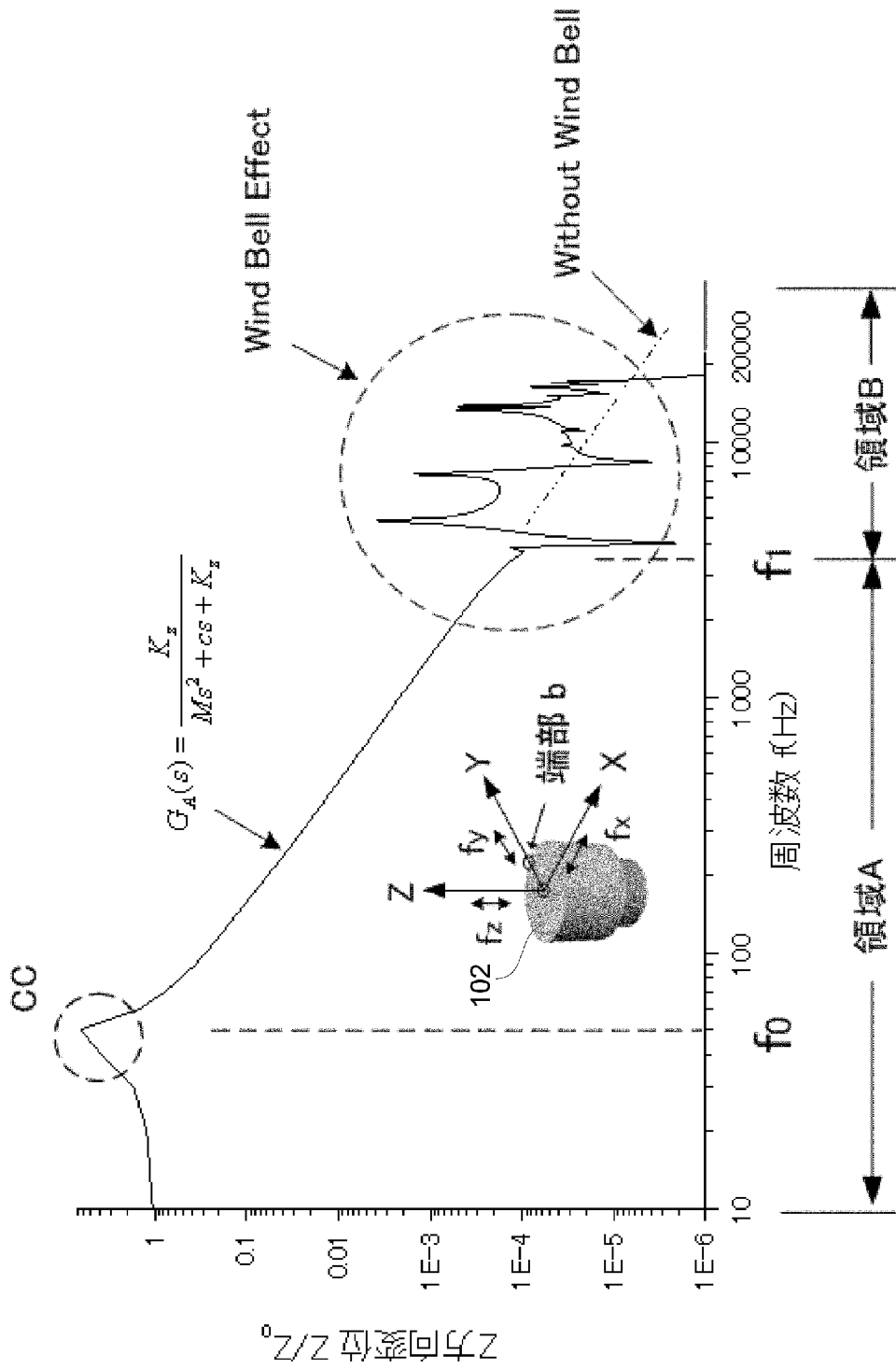
[図2]



[図3]

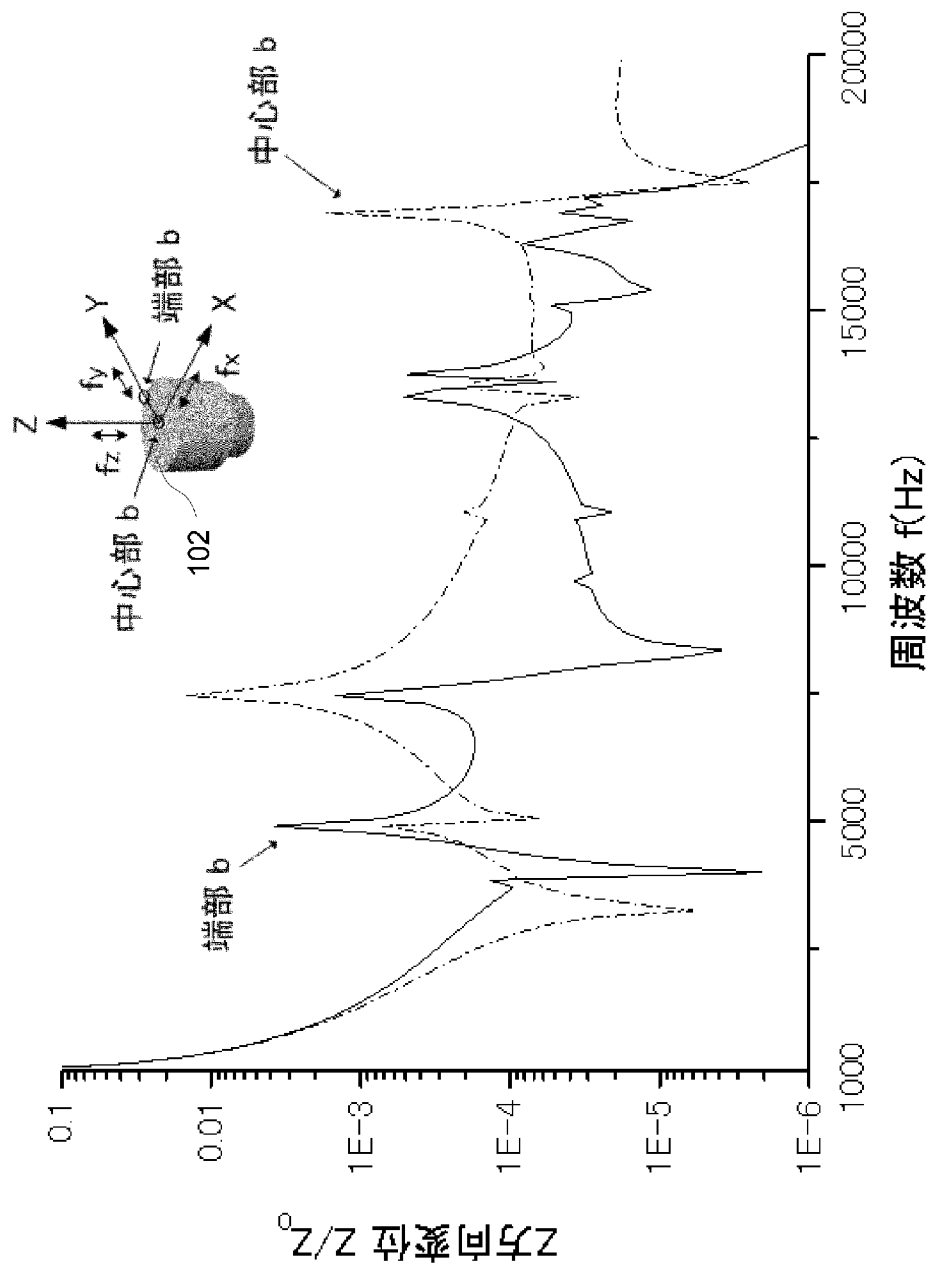


[図4]

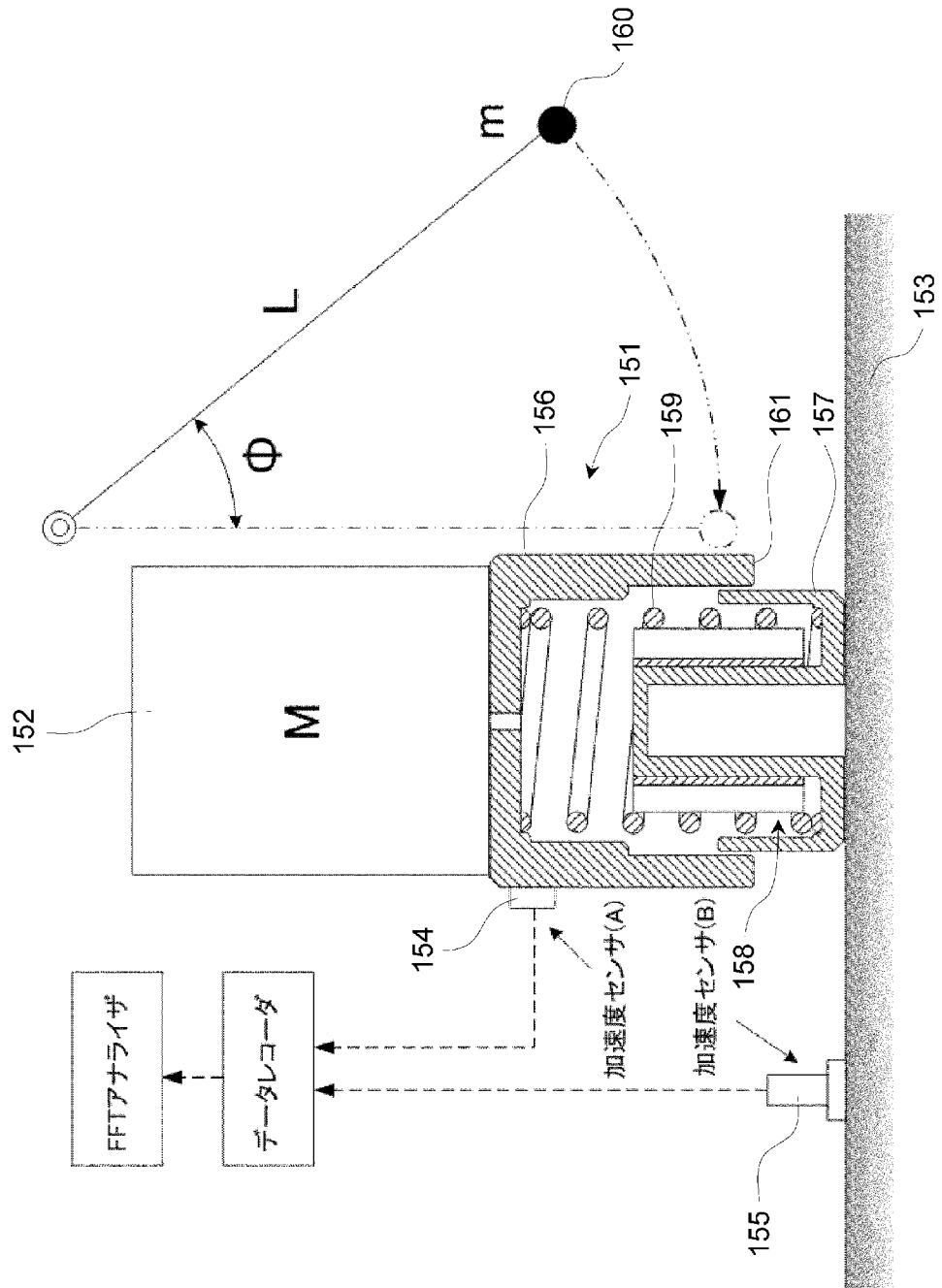




[図5]



[図6]



[図7]

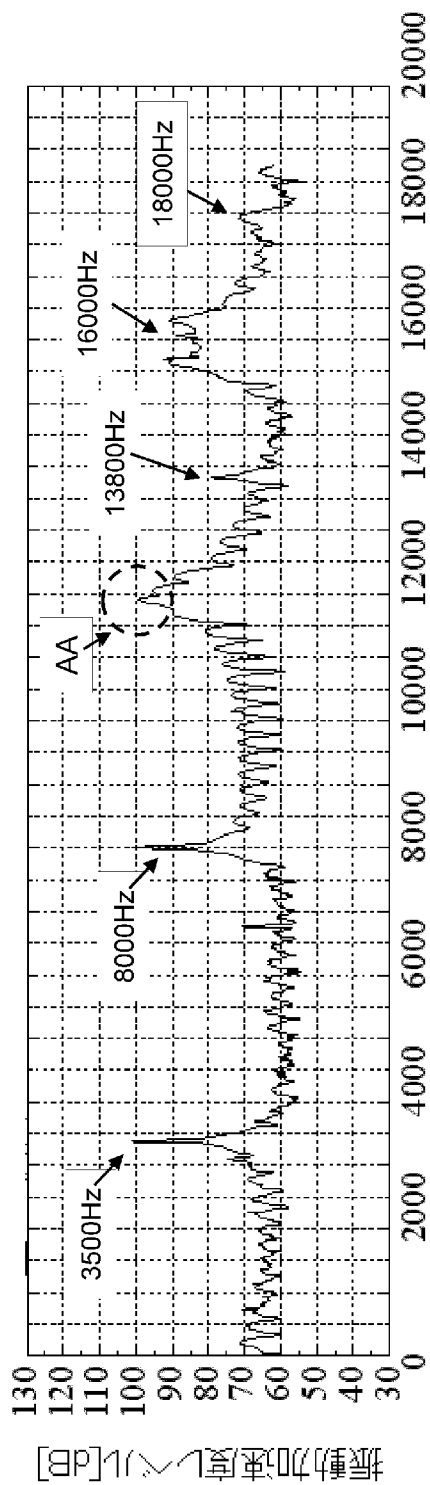


図7a

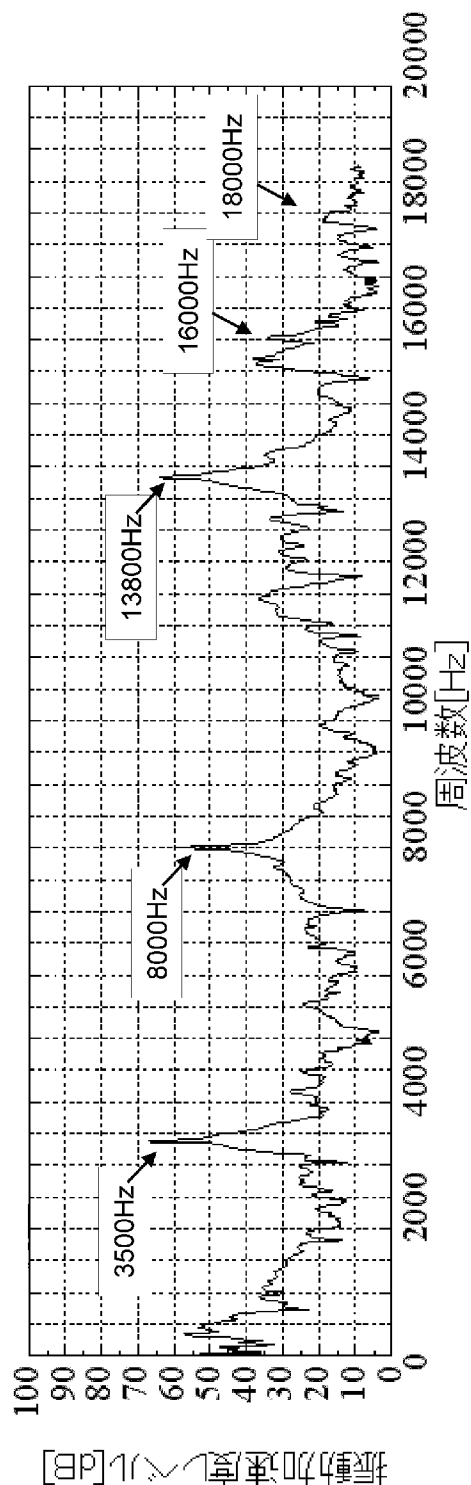


図7b

[図8]

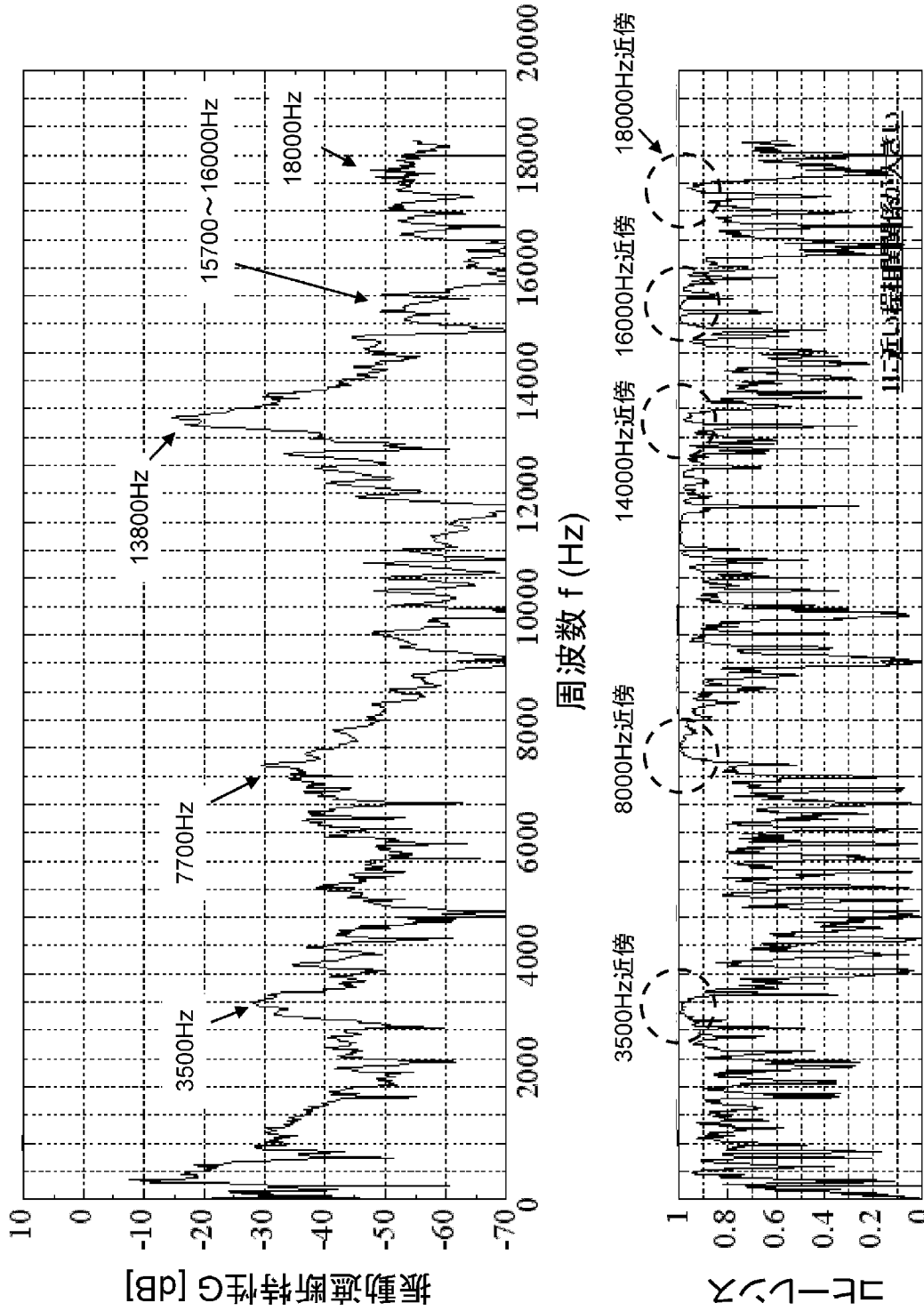
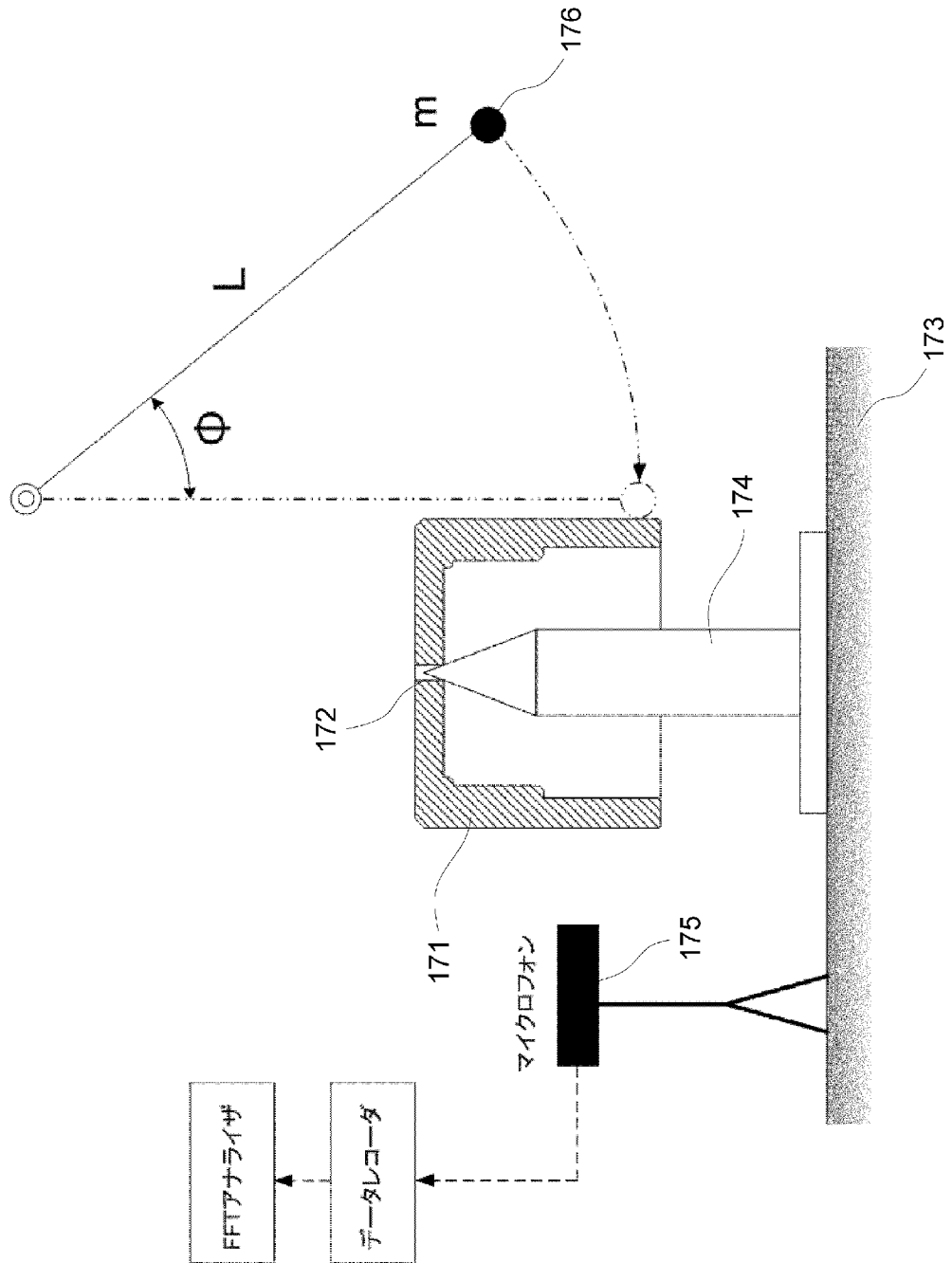


図8a

図8b

周波数  $f$  (Hz)

[図9]



[図10]

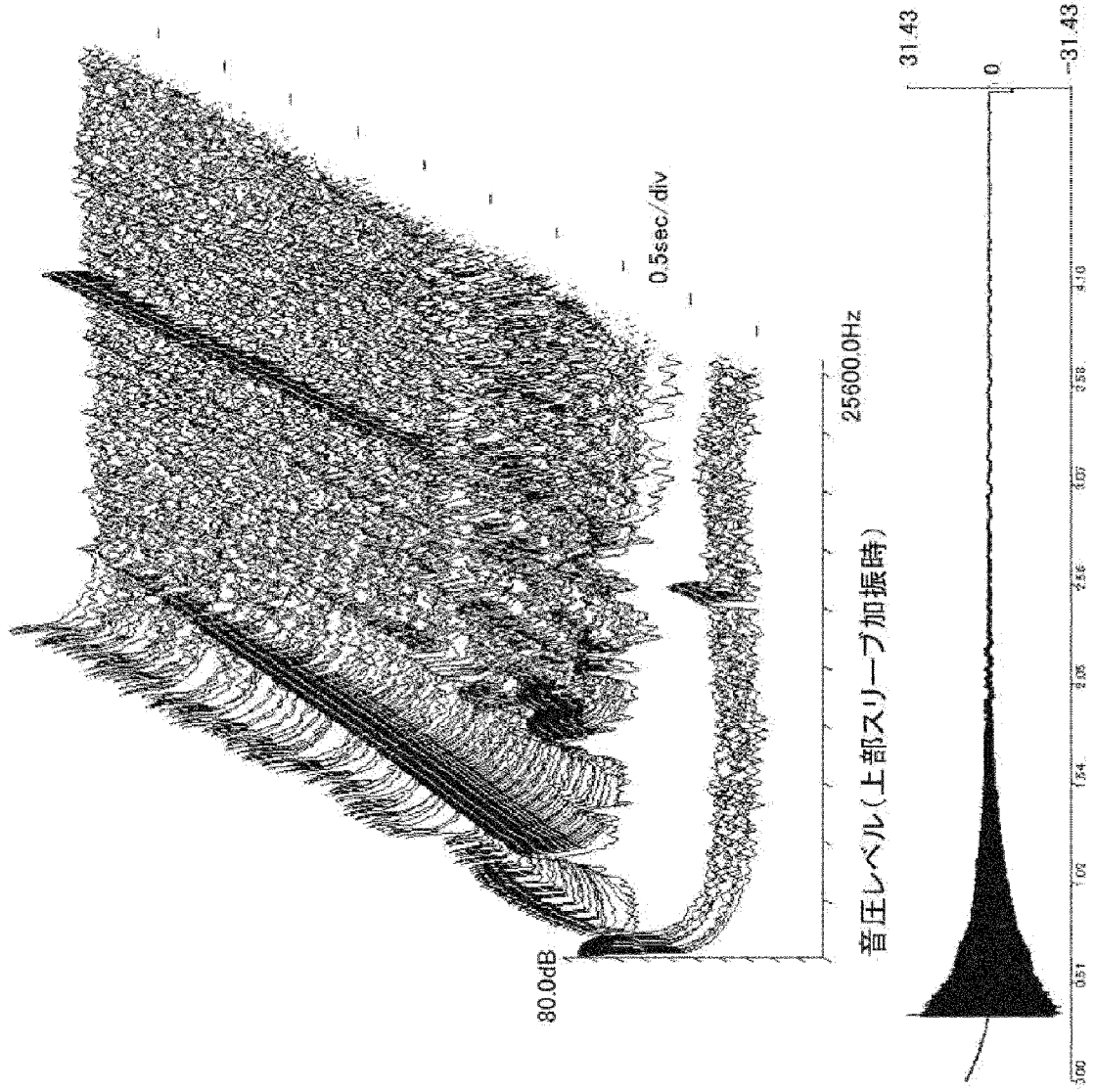
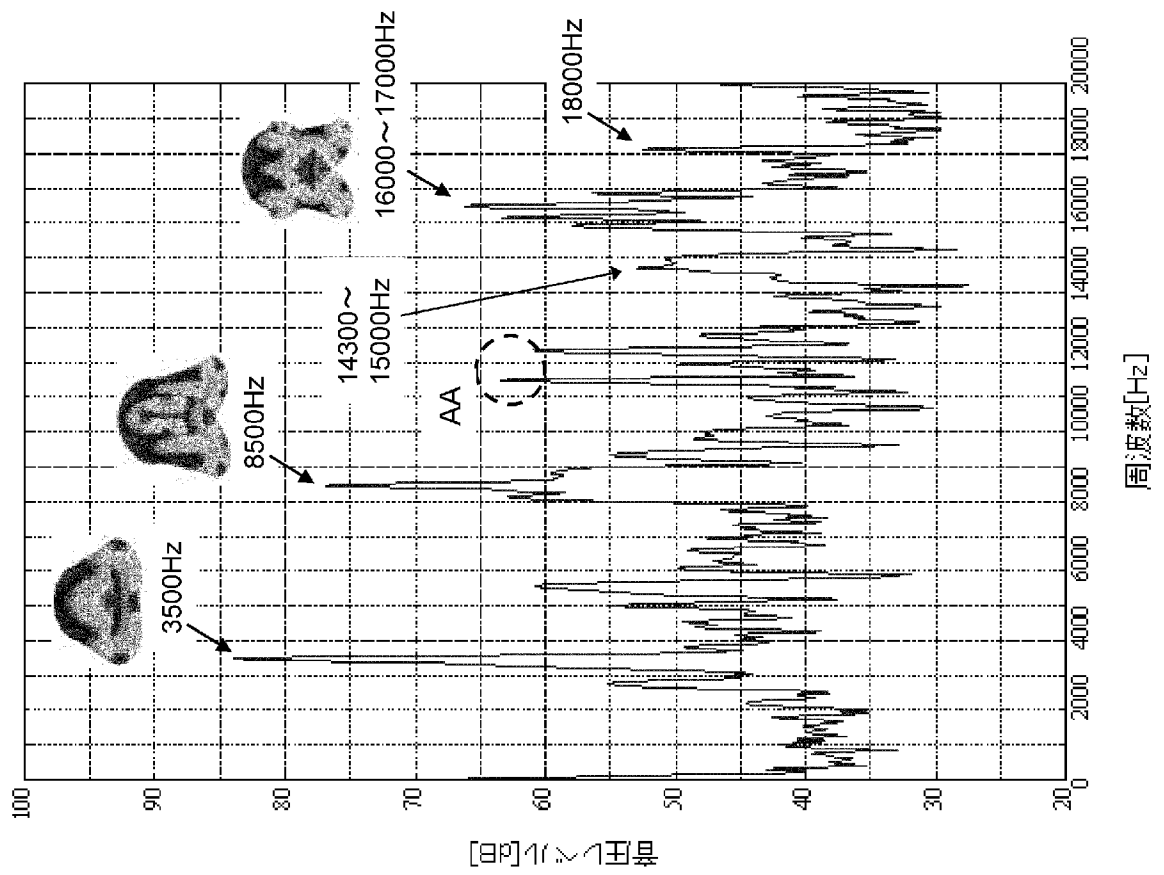


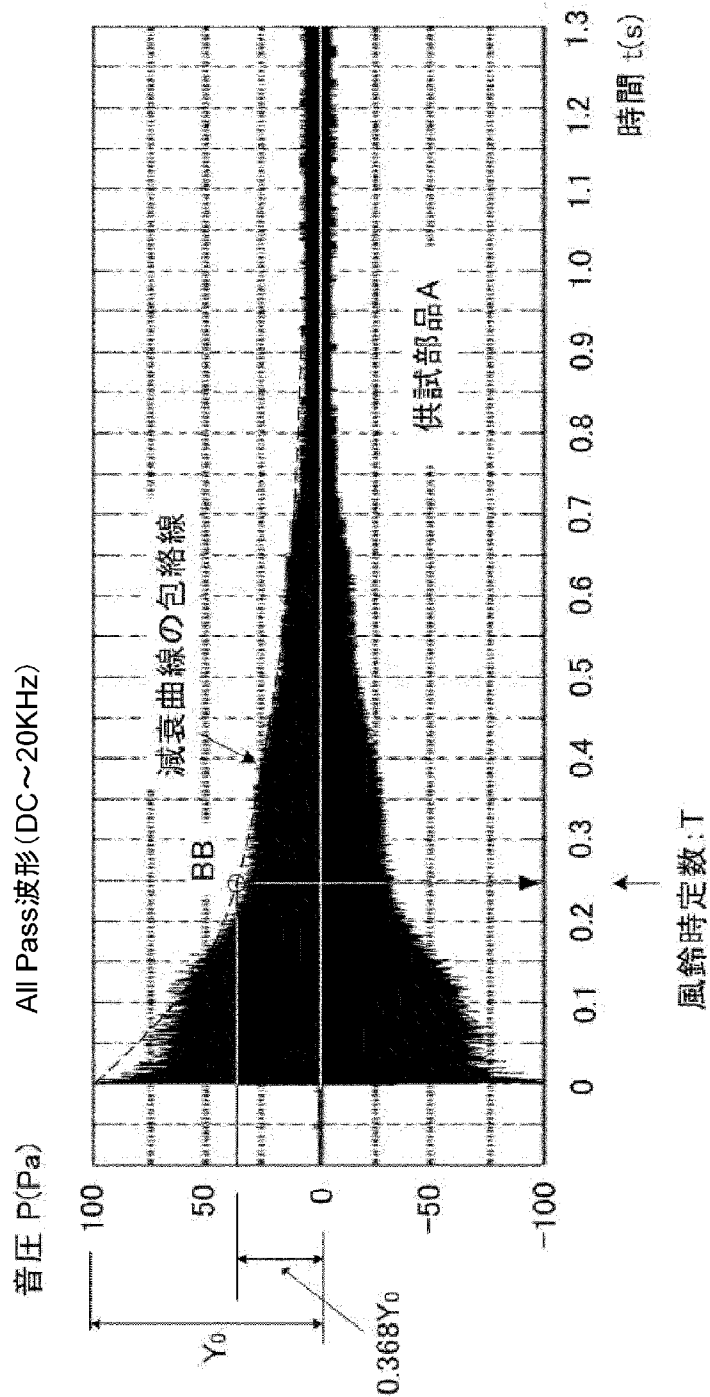
図10a

図10b

[図11]



[図12]





[図13]

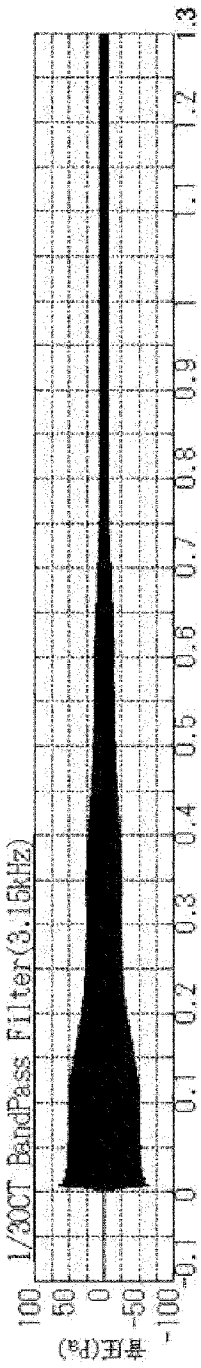


図13a

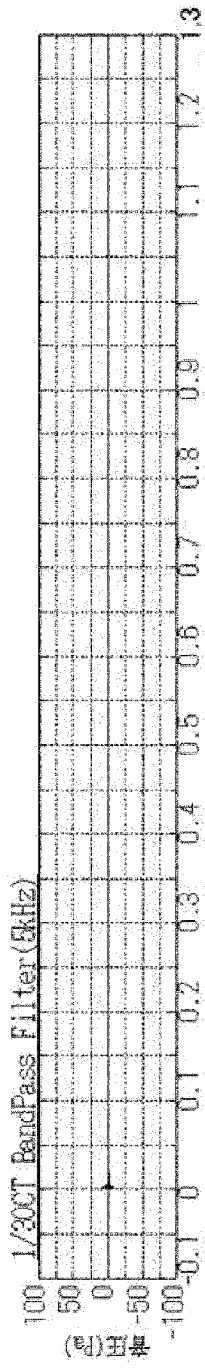


図13b

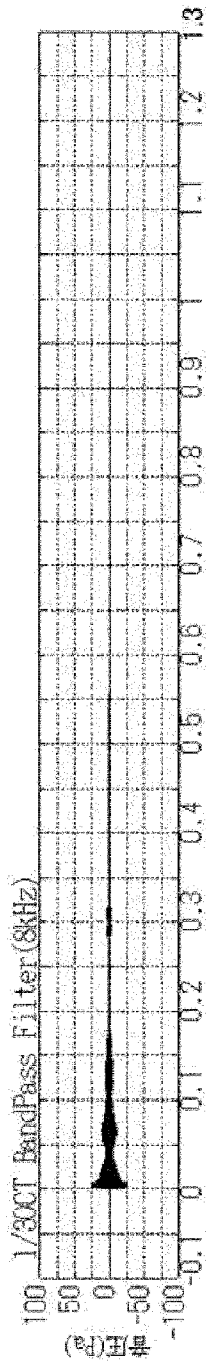


図13c

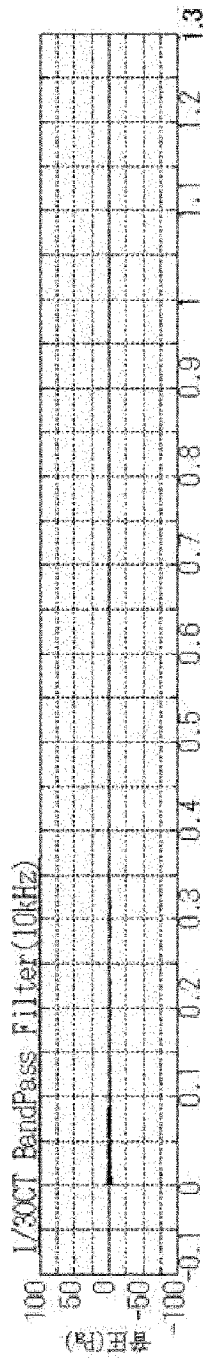


図13d

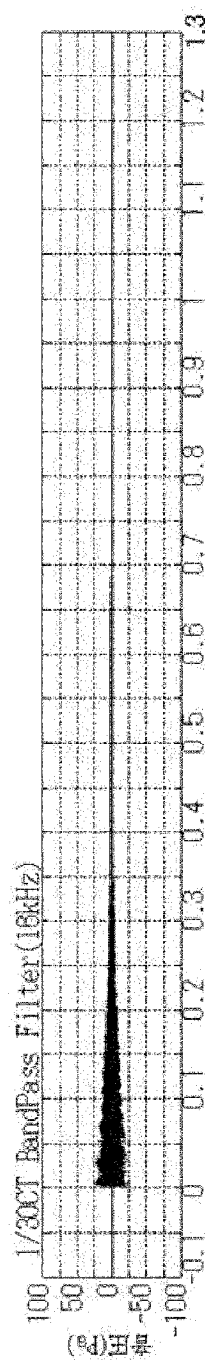
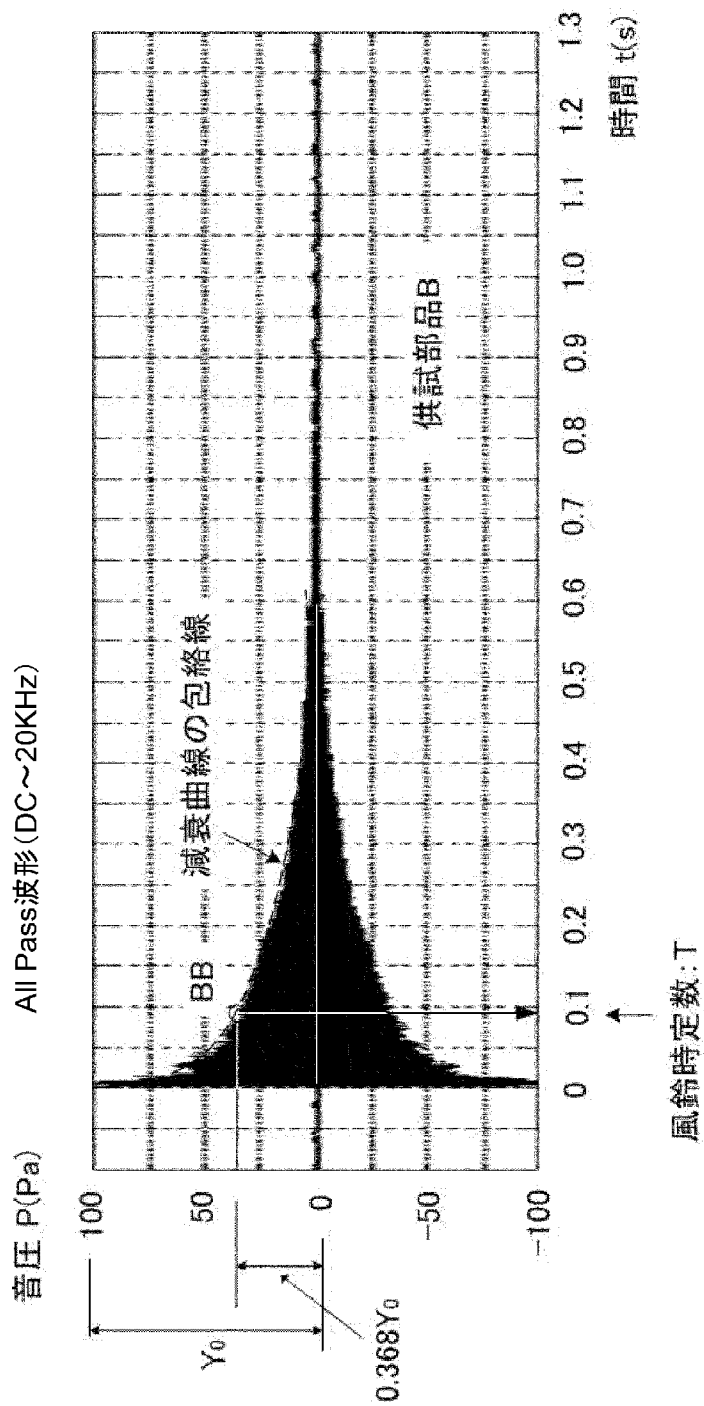


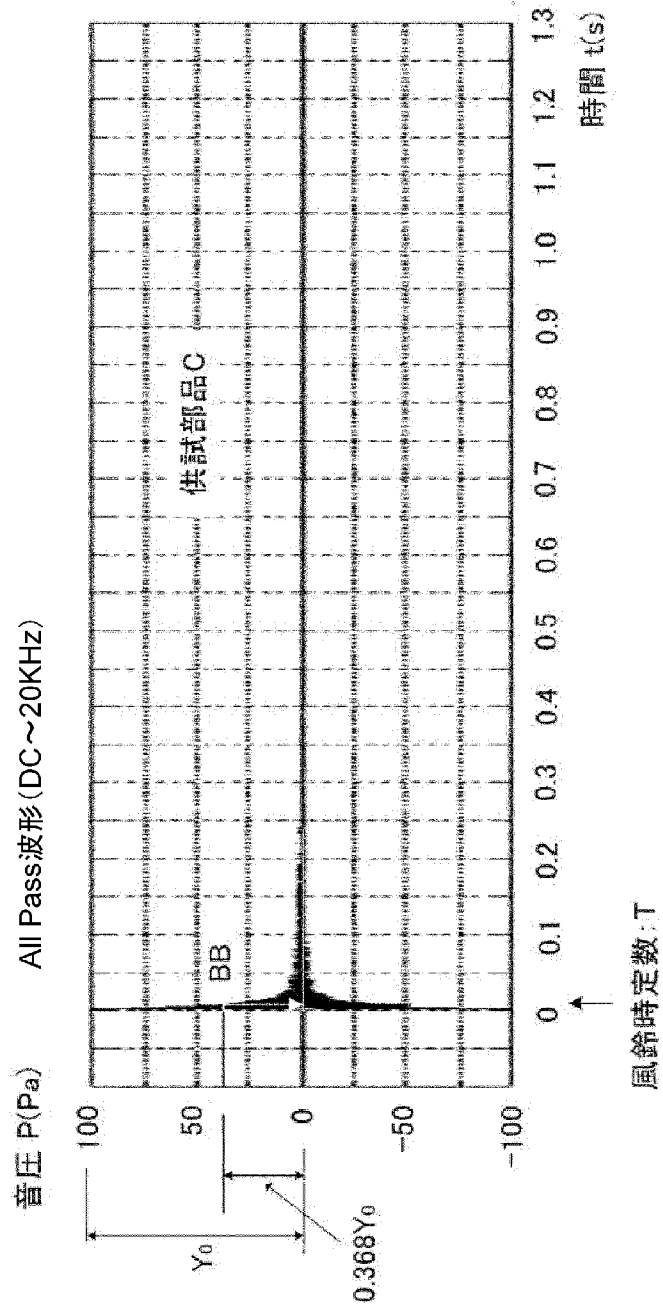
図13e

時間

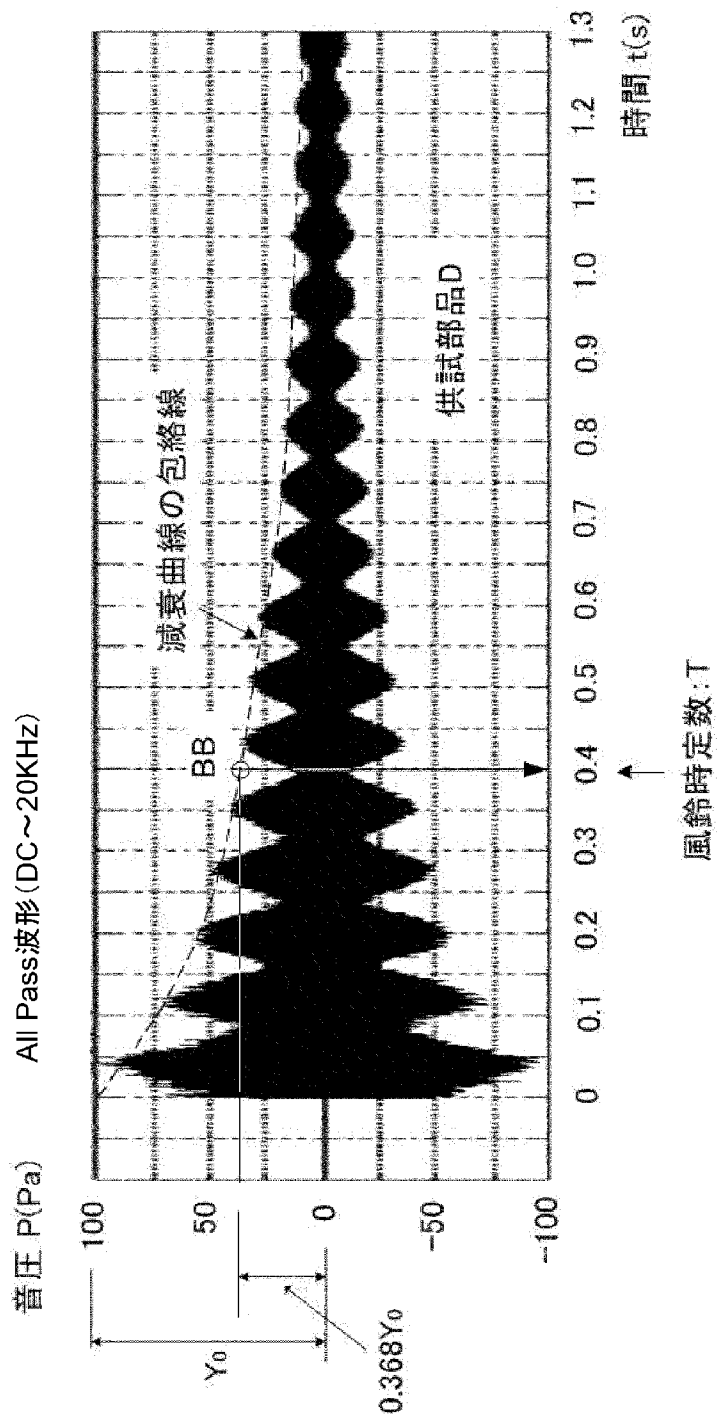
[図14]



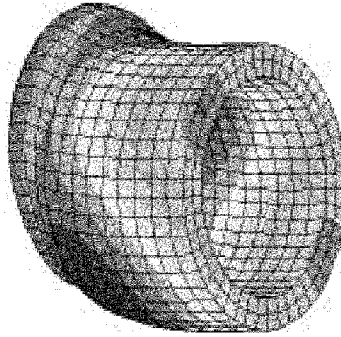
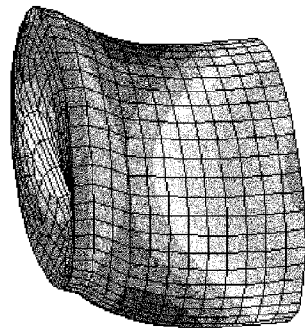
[図15]



[図16]

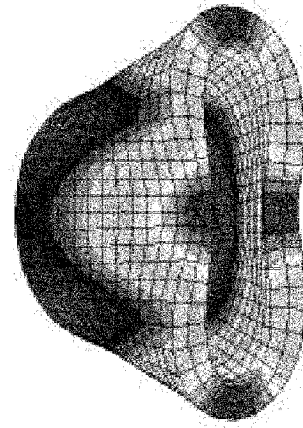
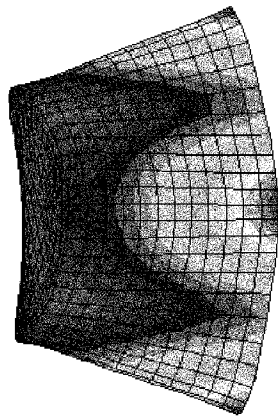


[图17]



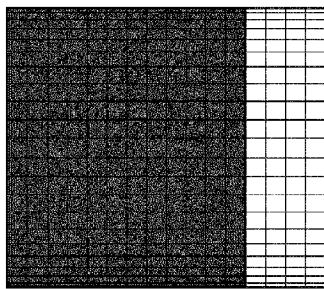
4870Hz

图17-3

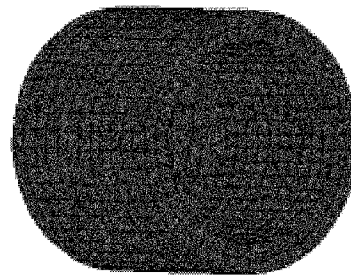


3880Hz

图17-2



变形前



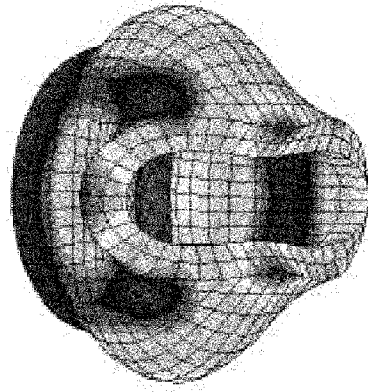
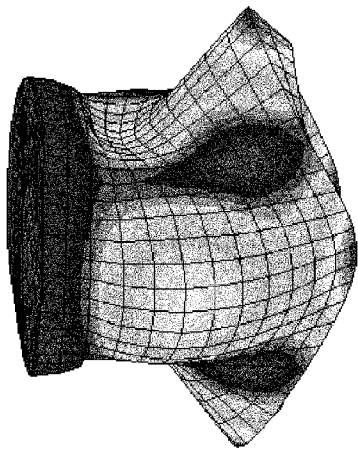
46.5Hz

图17-1

(A)

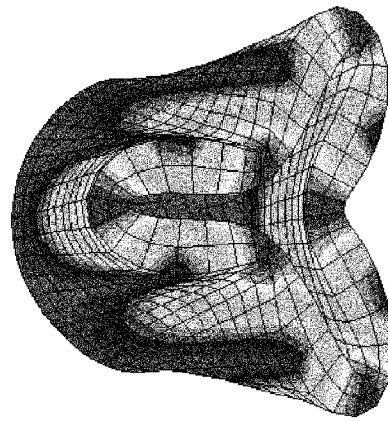
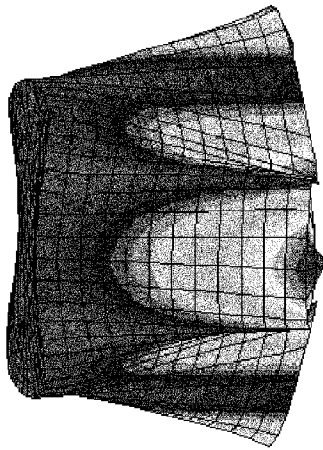
(B)

[図18]



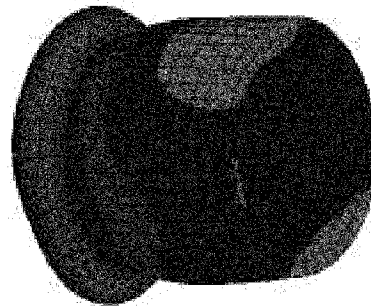
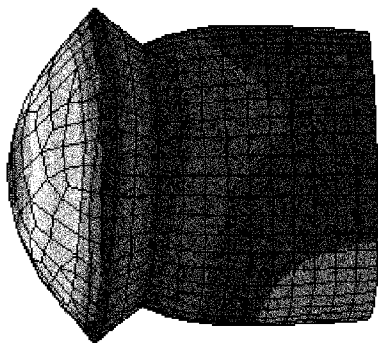
11000Hz

図18-3



9700Hz

図18-2



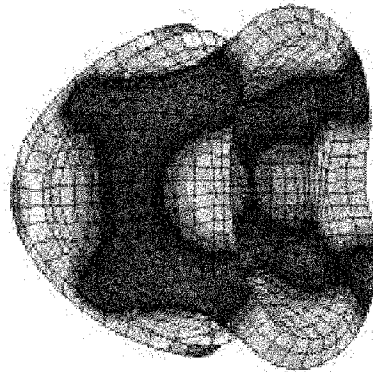
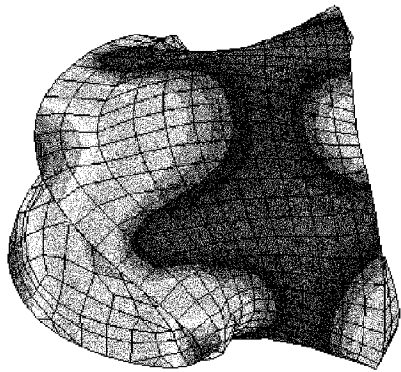
7490Hz

図18-1

(A)

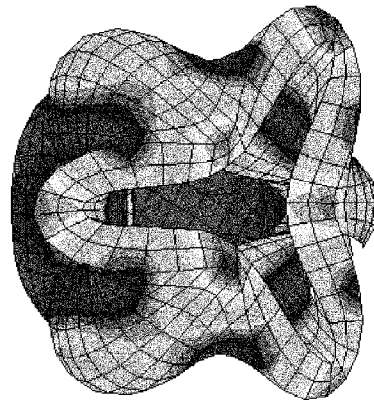
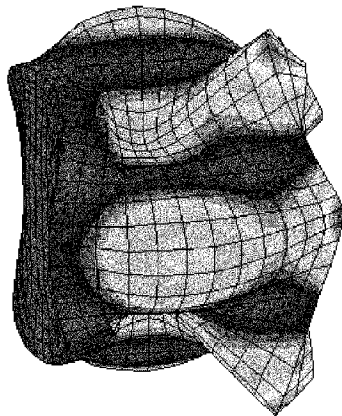
(B)

[図19]



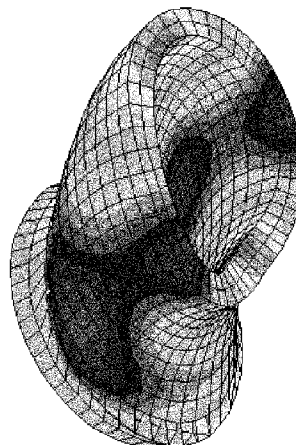
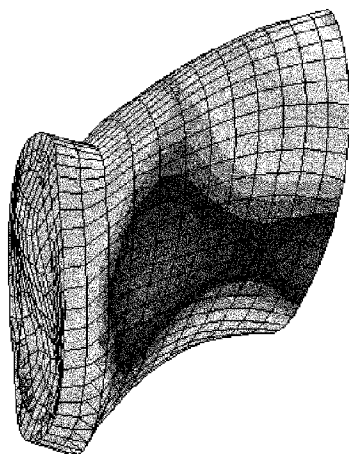
16200Hz

図19-3



15100Hz

図19-2



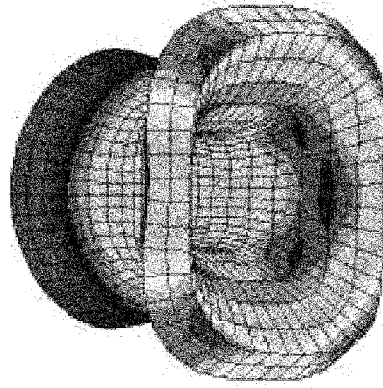
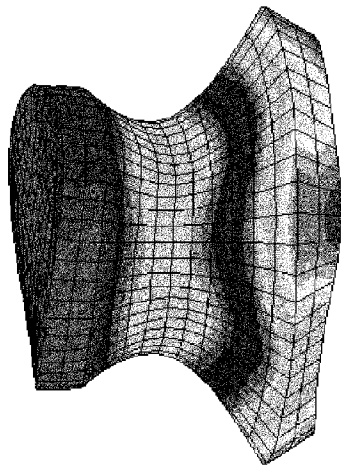
13400Hz

図19-1

(A)

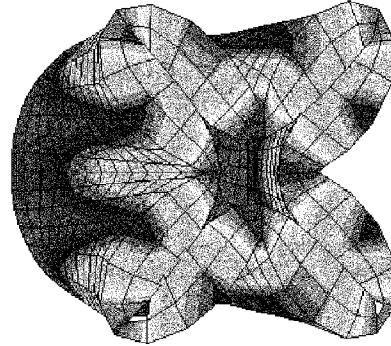
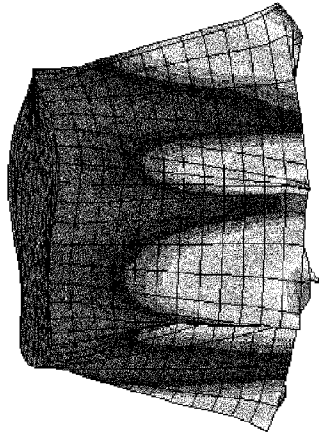
(B)

[図20]



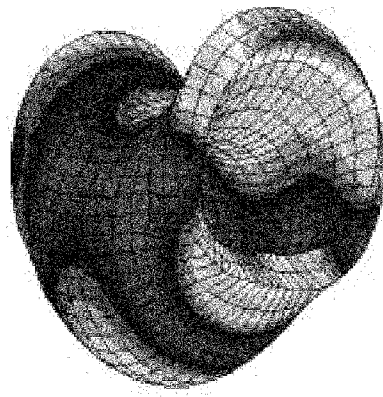
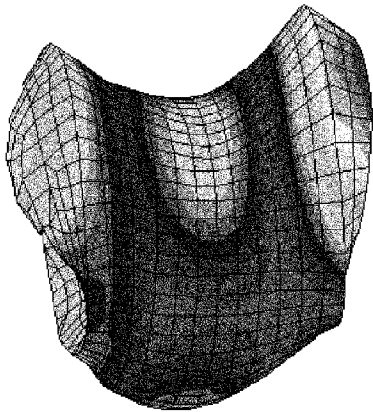
17100Hz

図20-3



17100Hz

図20-2



16900Hz

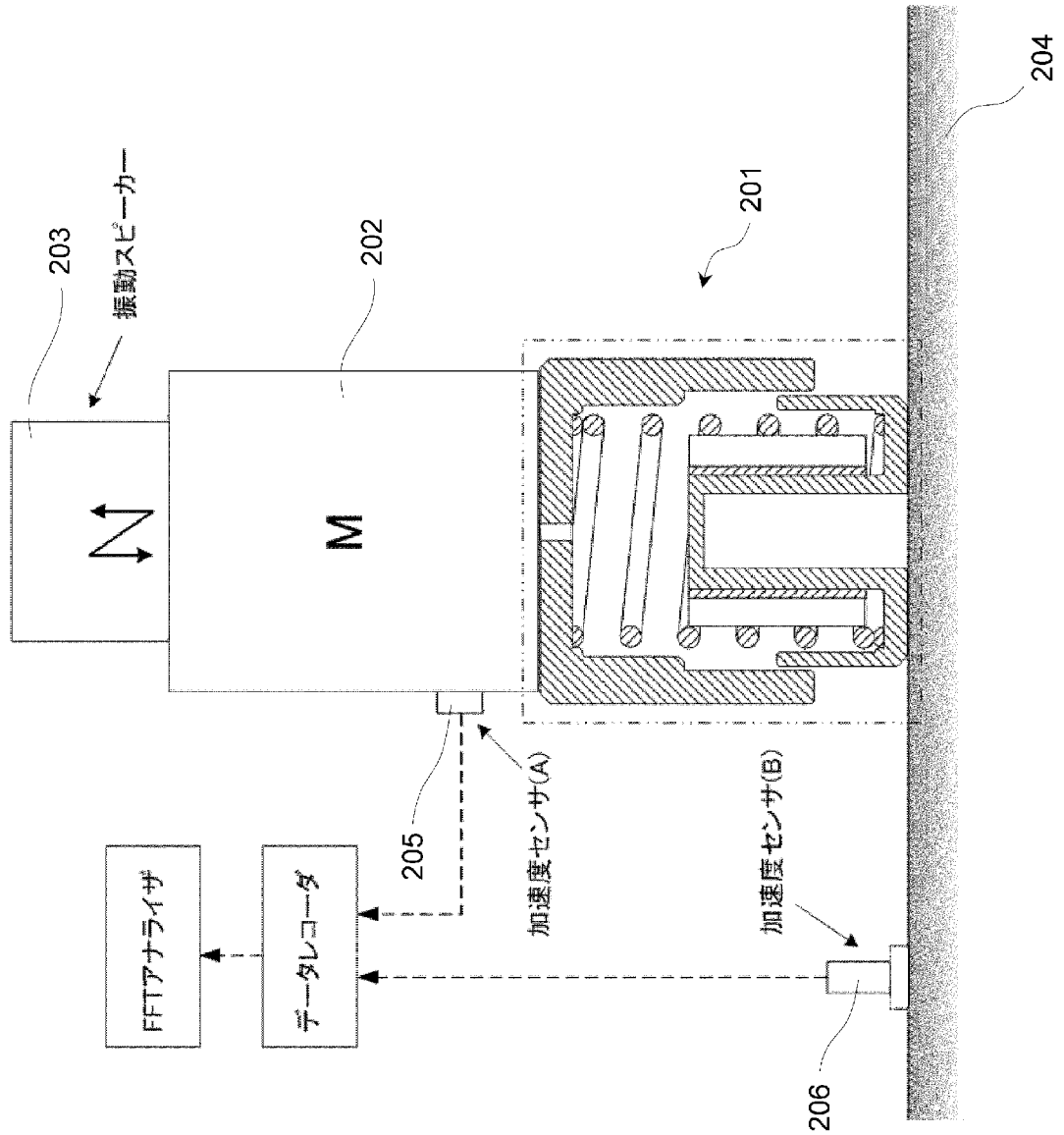
図20-1

(A)

(B)



[図21]



[図22]

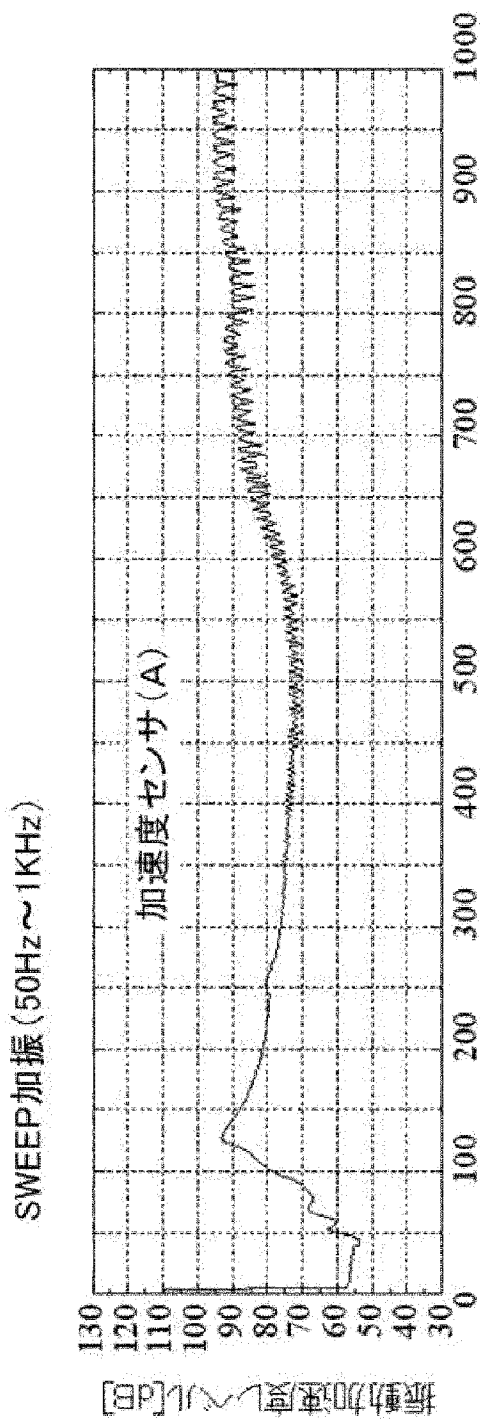


図22a

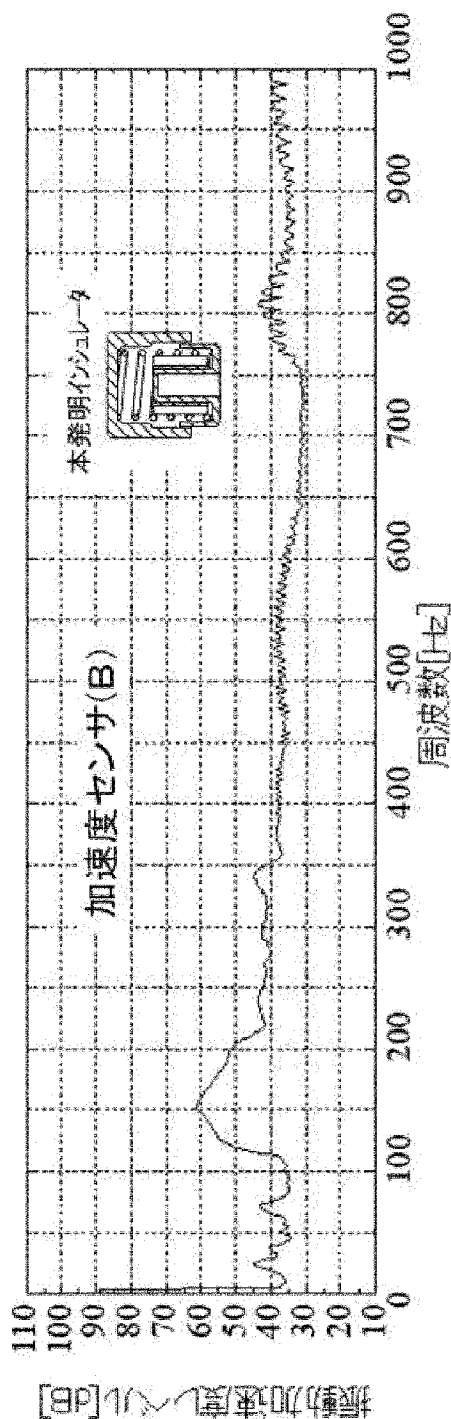


図22b

[図23]

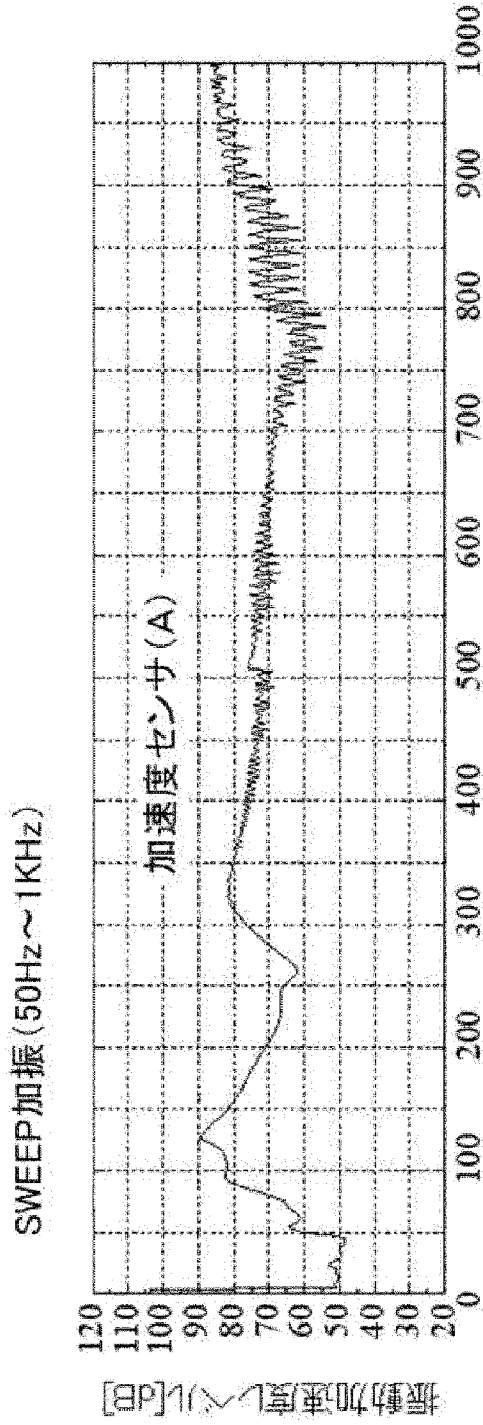


図23a

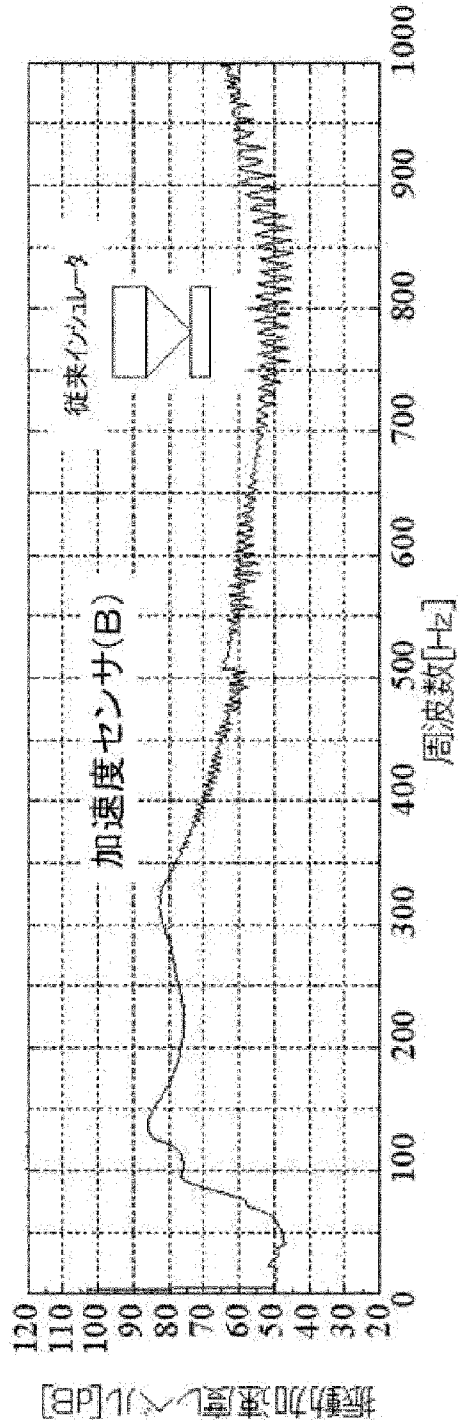
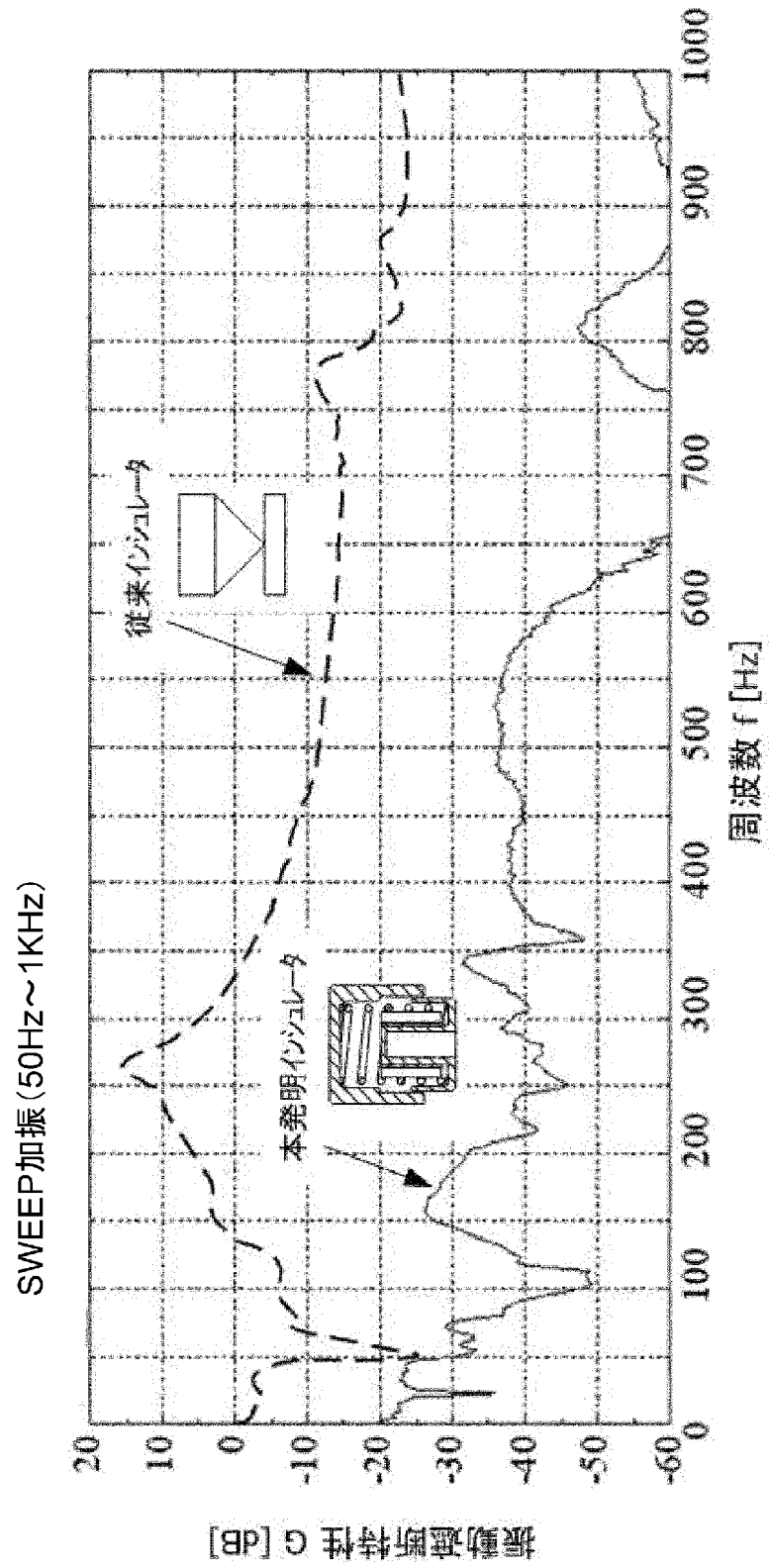


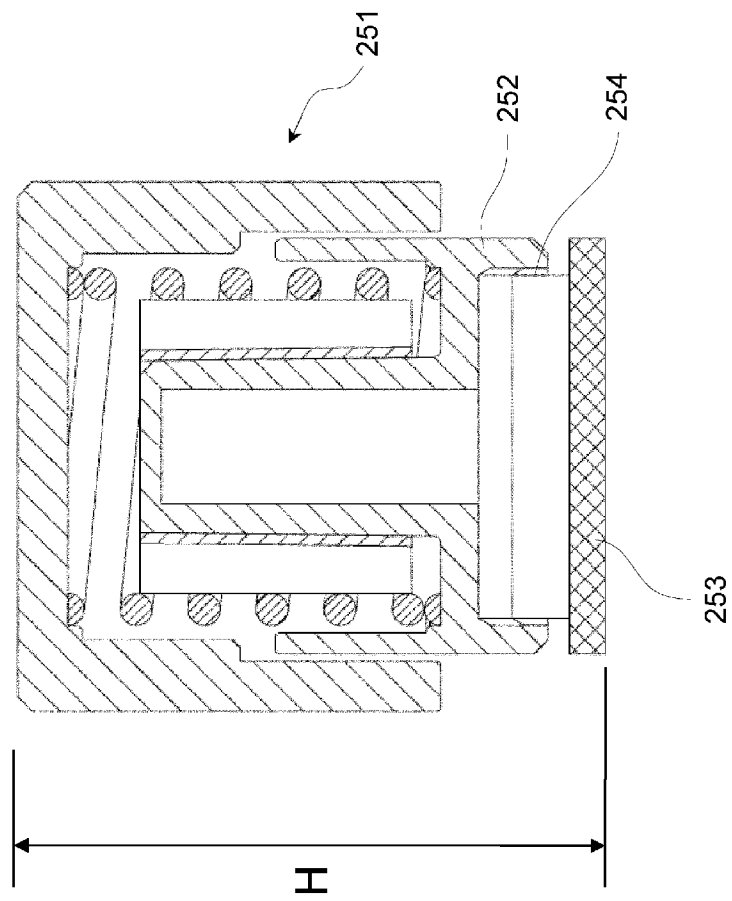
図23b

[図24]

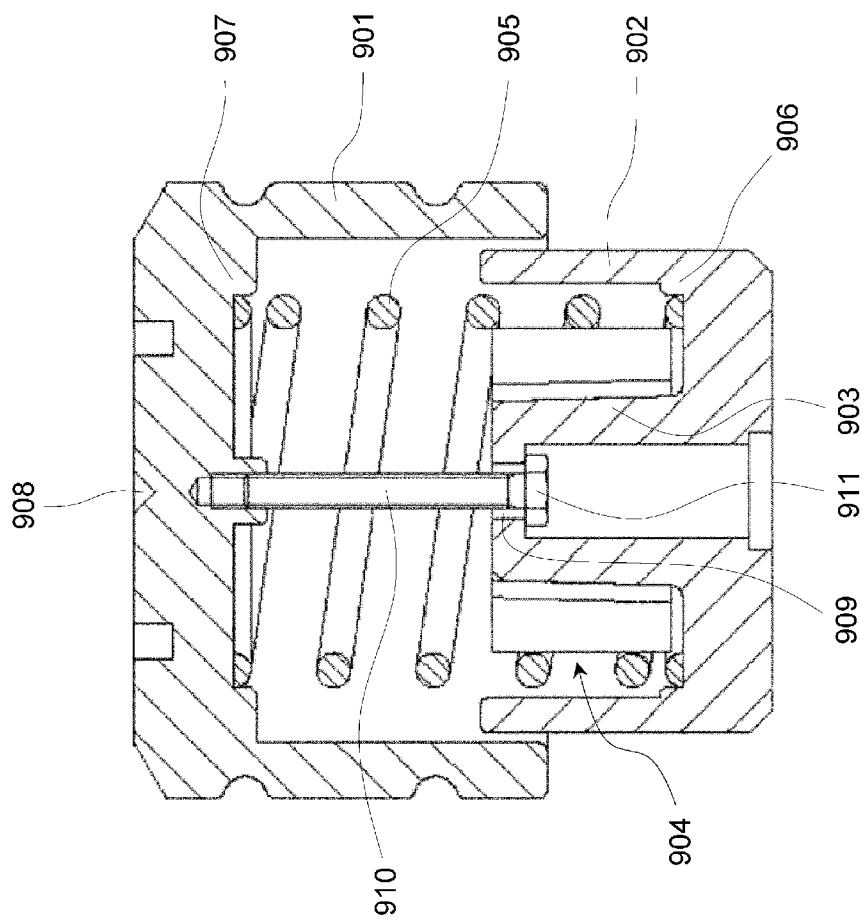




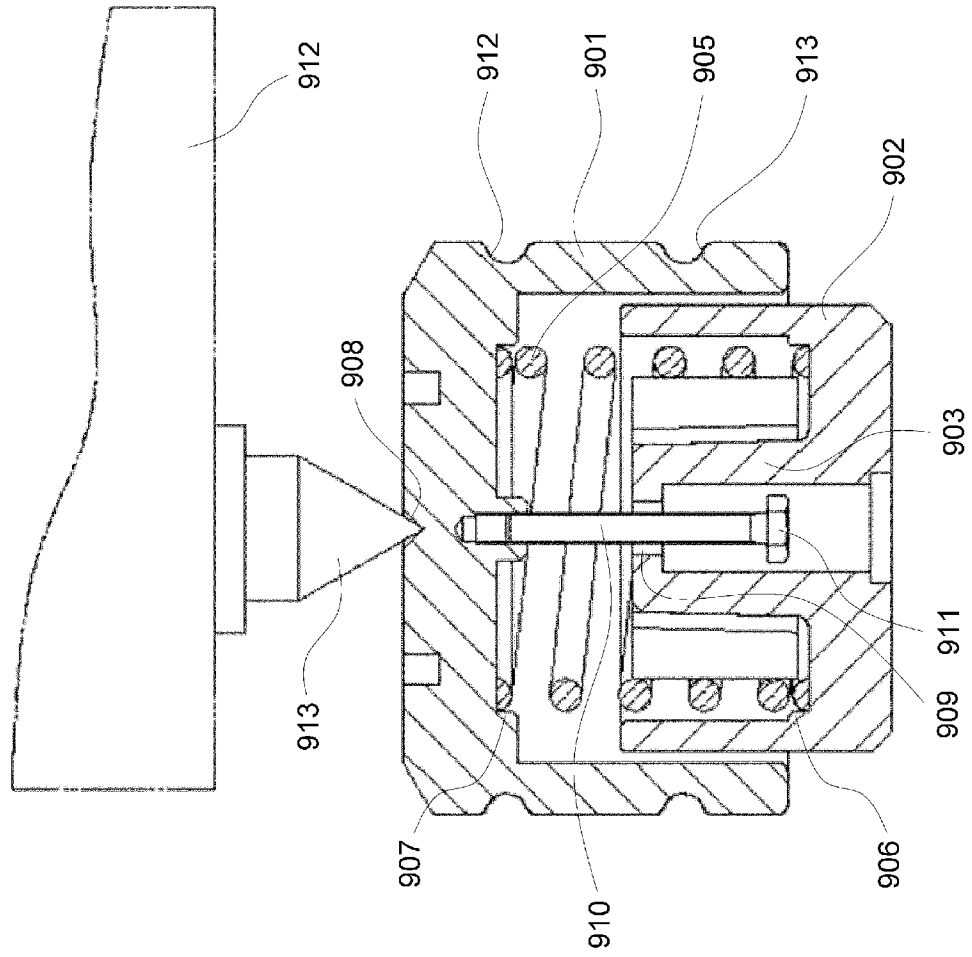
[図26]



[図27]



[図28]





[図29]

図29a

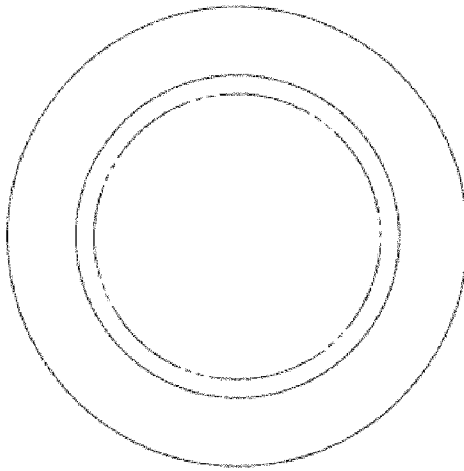
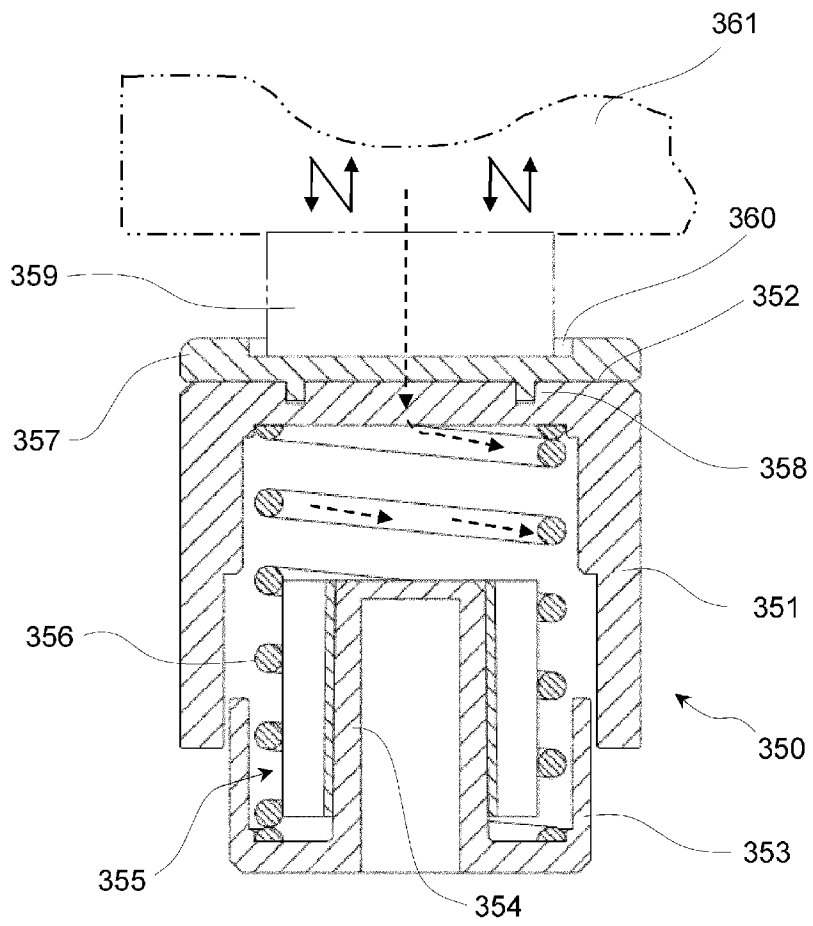


図29b



[図30]

図30a

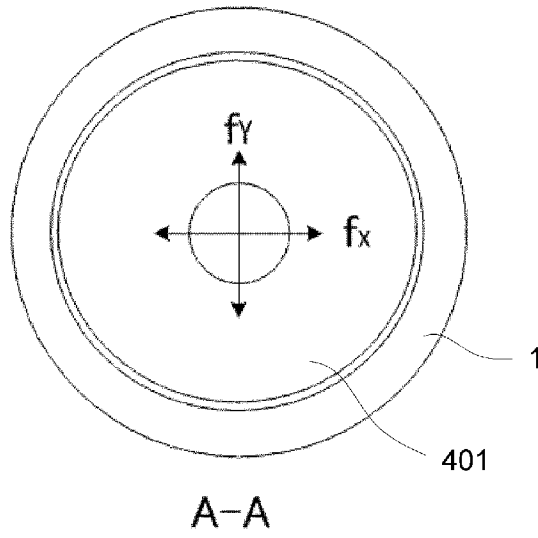
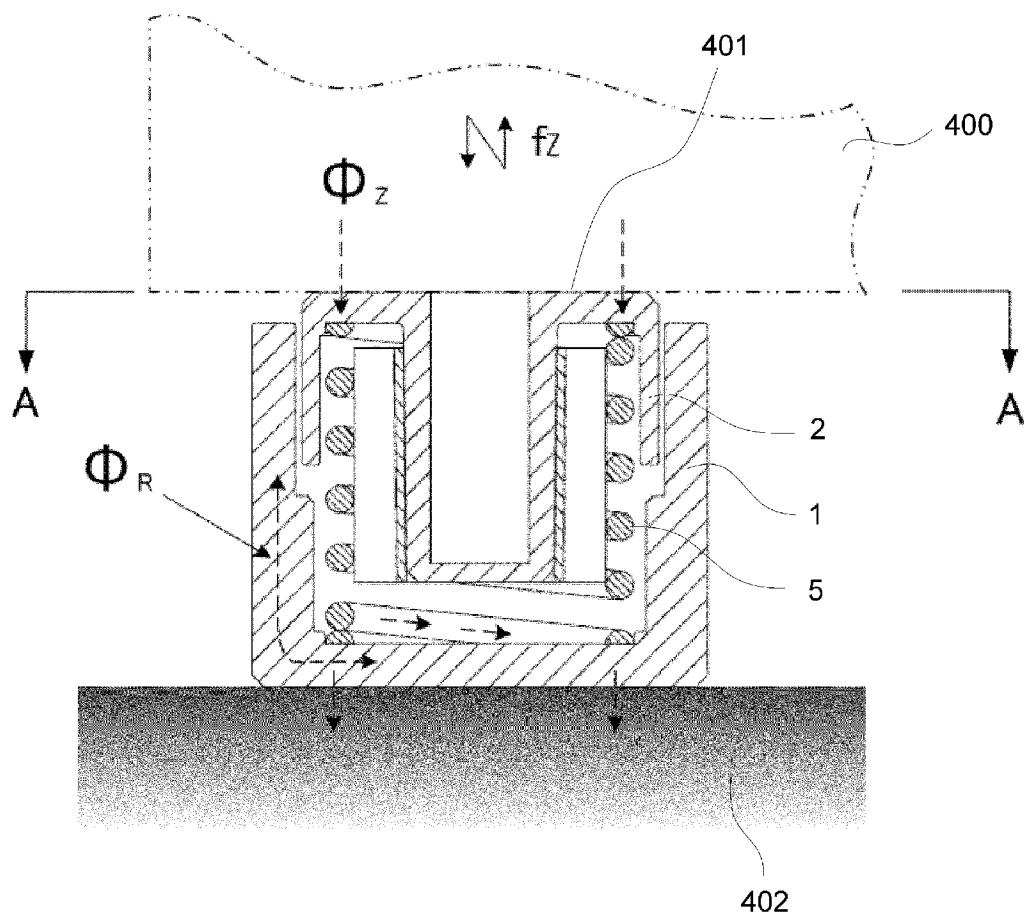
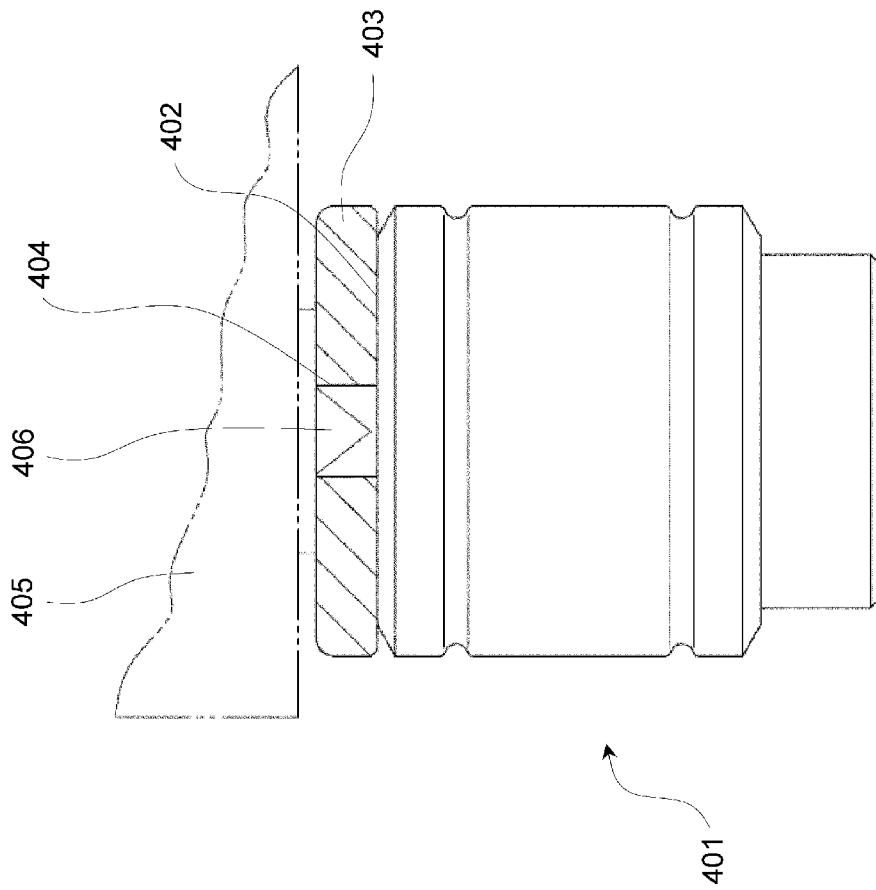


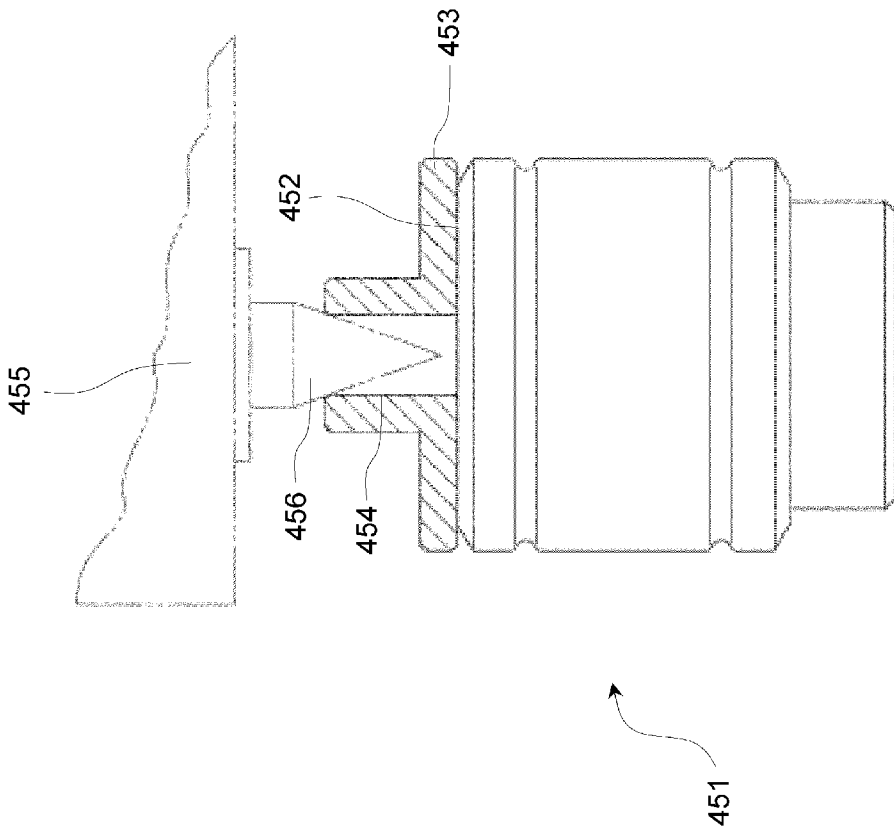
図30b



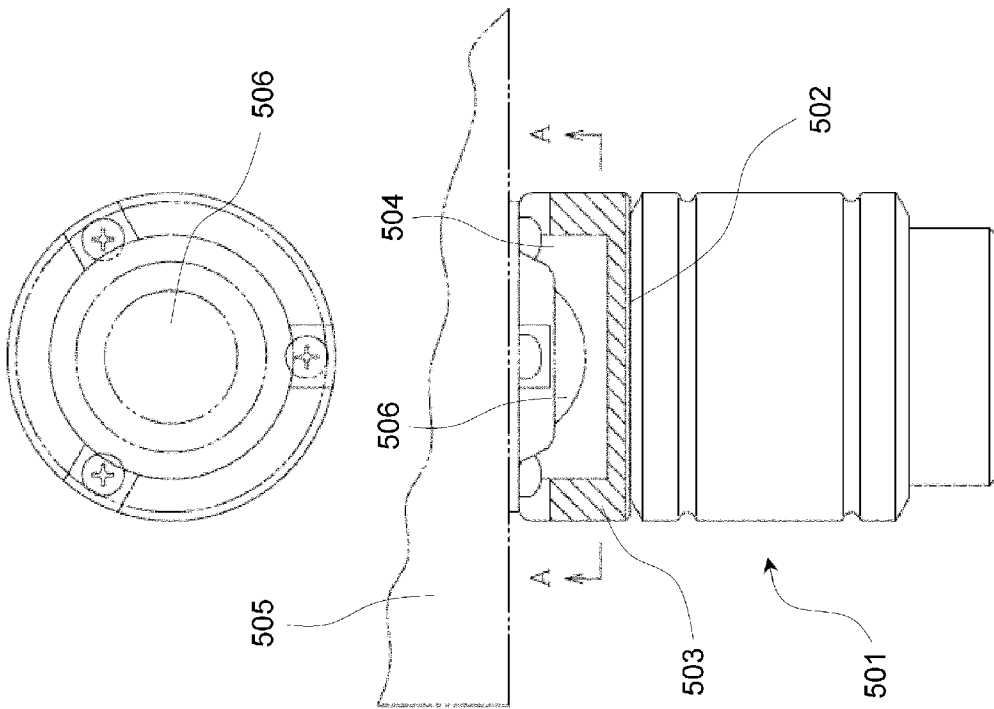
[図31]



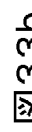
[図32]



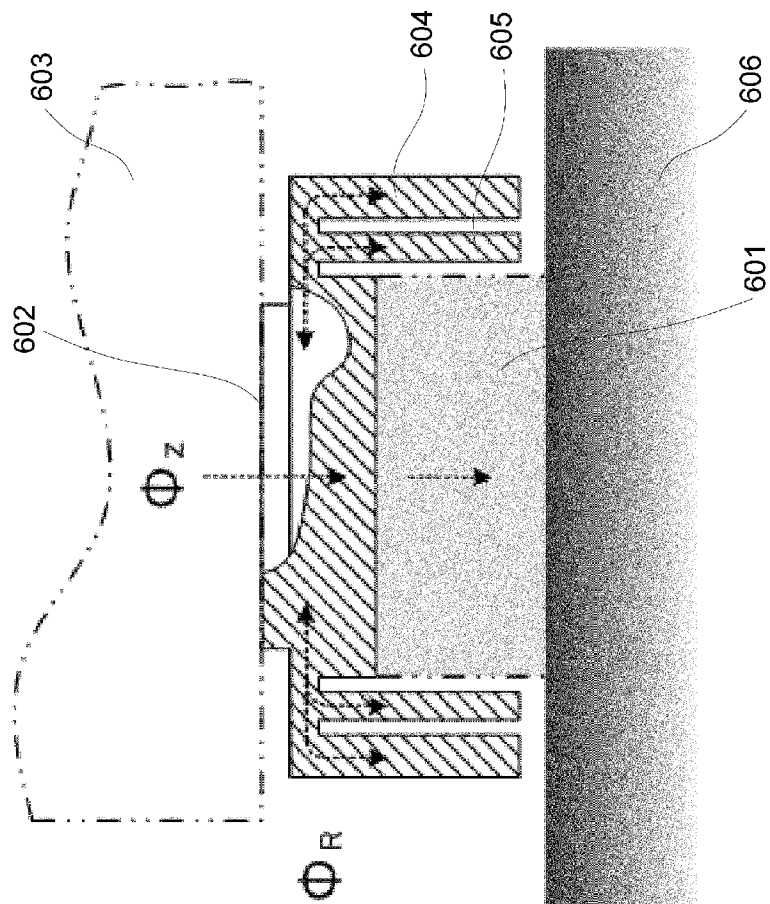
[33]



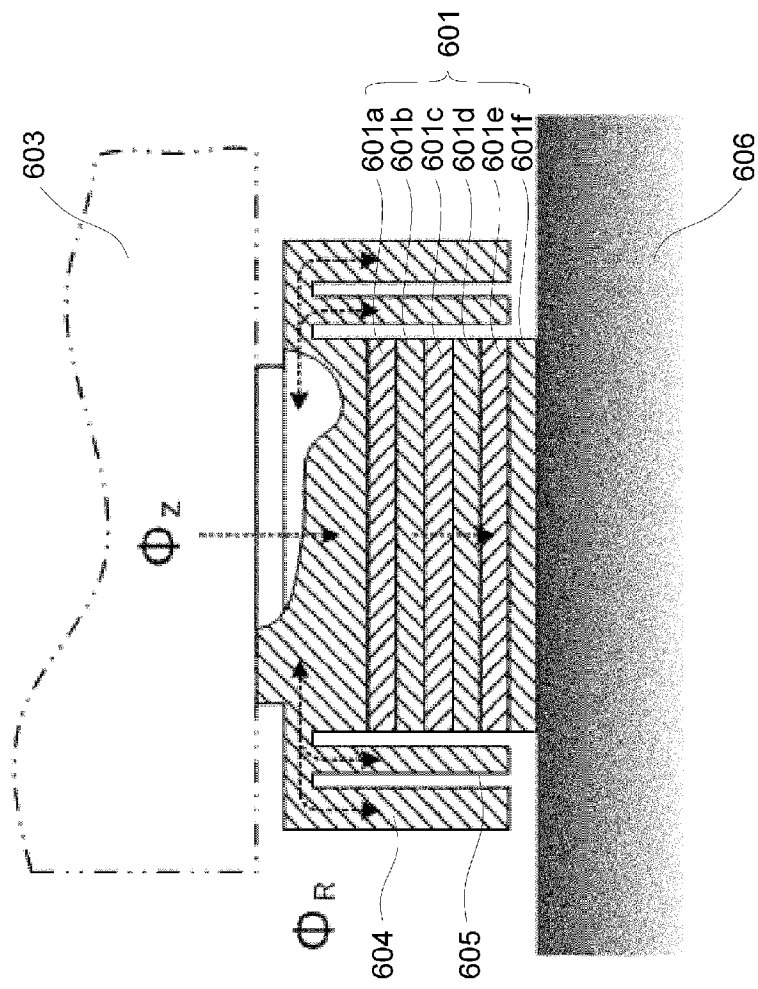
33a

33b

[図34]



[図35]



[図36]

図36a

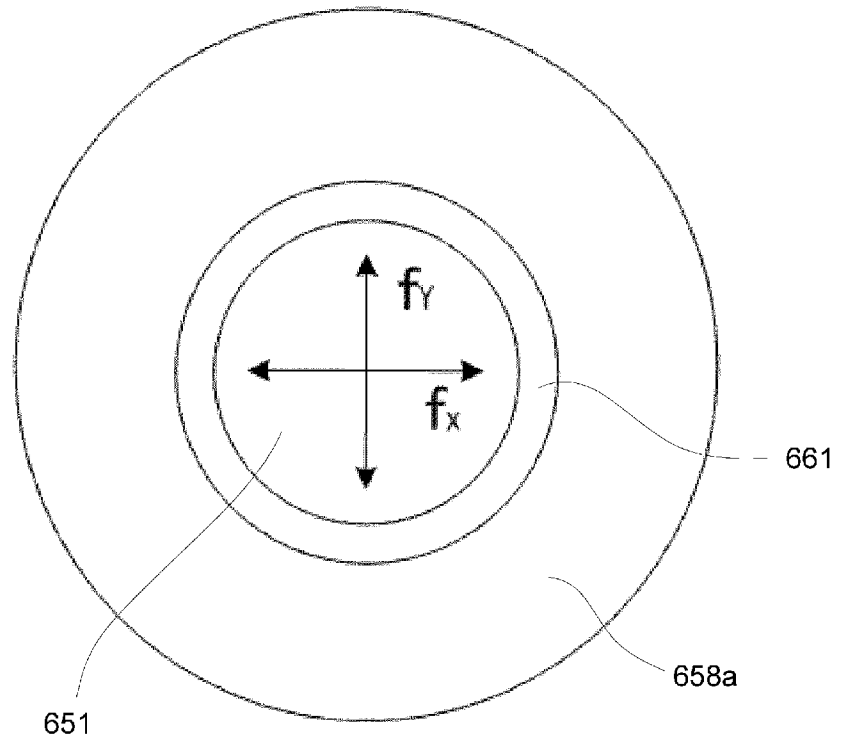
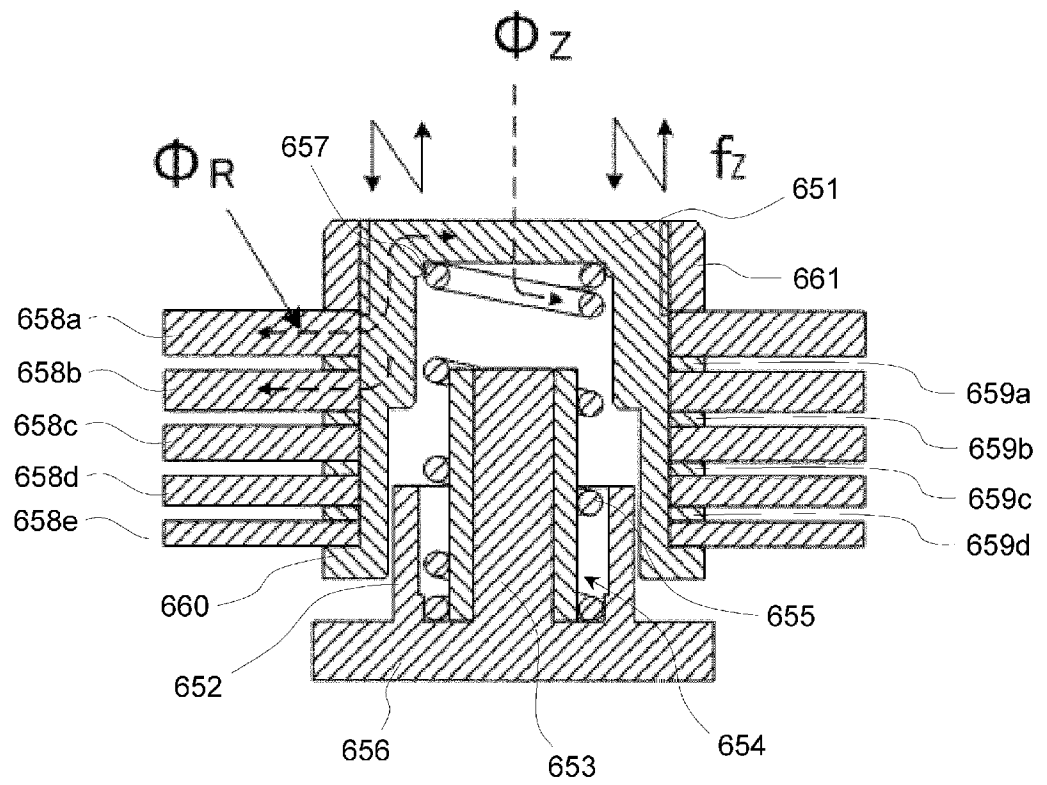
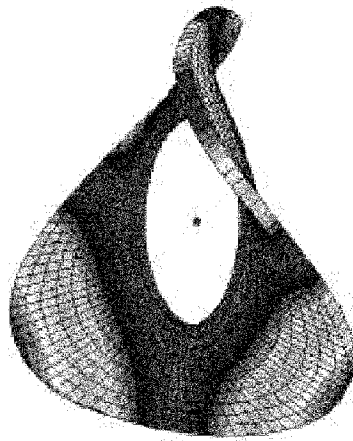


図36b



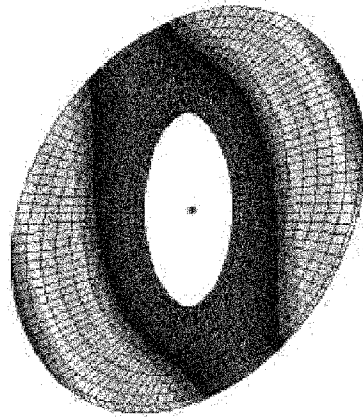


[図37]



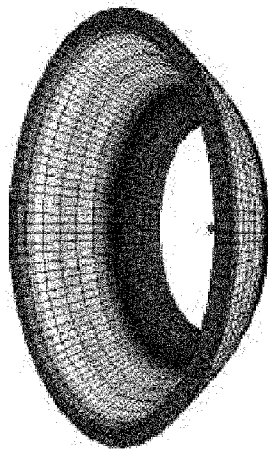
4910Hz

[図37c]



4470Hz

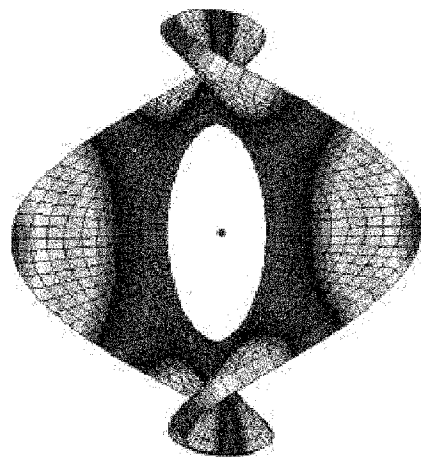
[図37b]




4400Hz

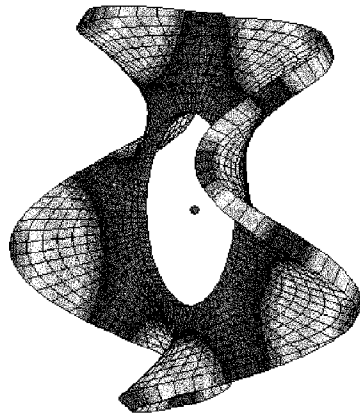
[図37a]

[38]




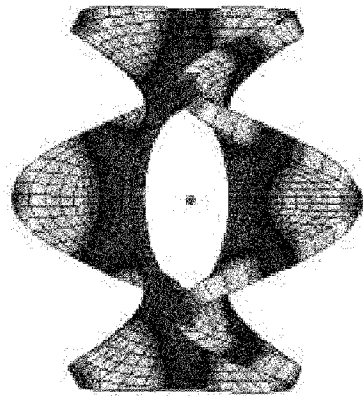
6200HZ

38a




8580HZ

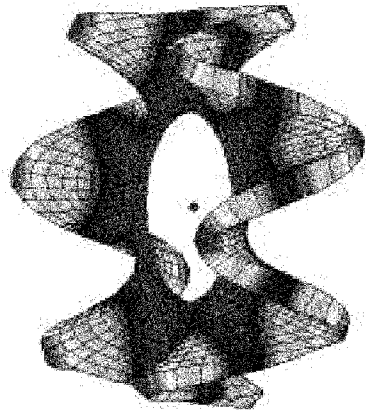
38b



12000HZ

38c

[39]



16200HZ

[圖40]

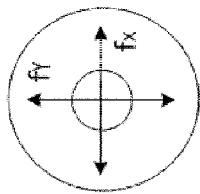


圖40a

A-A

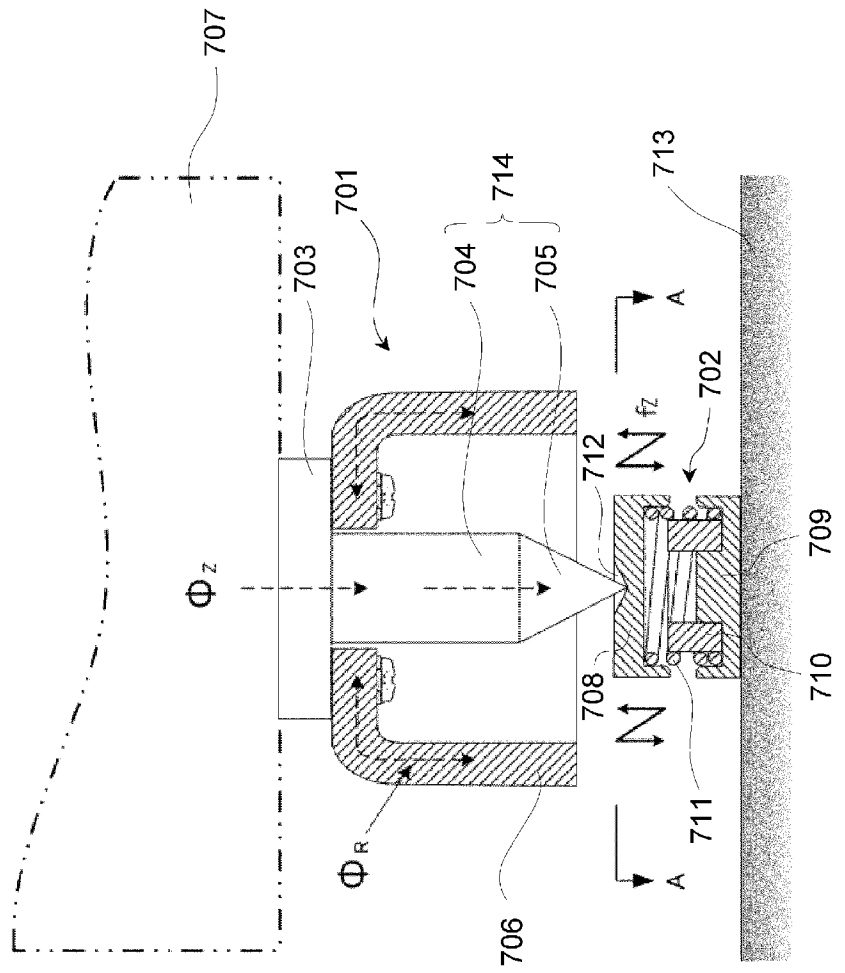
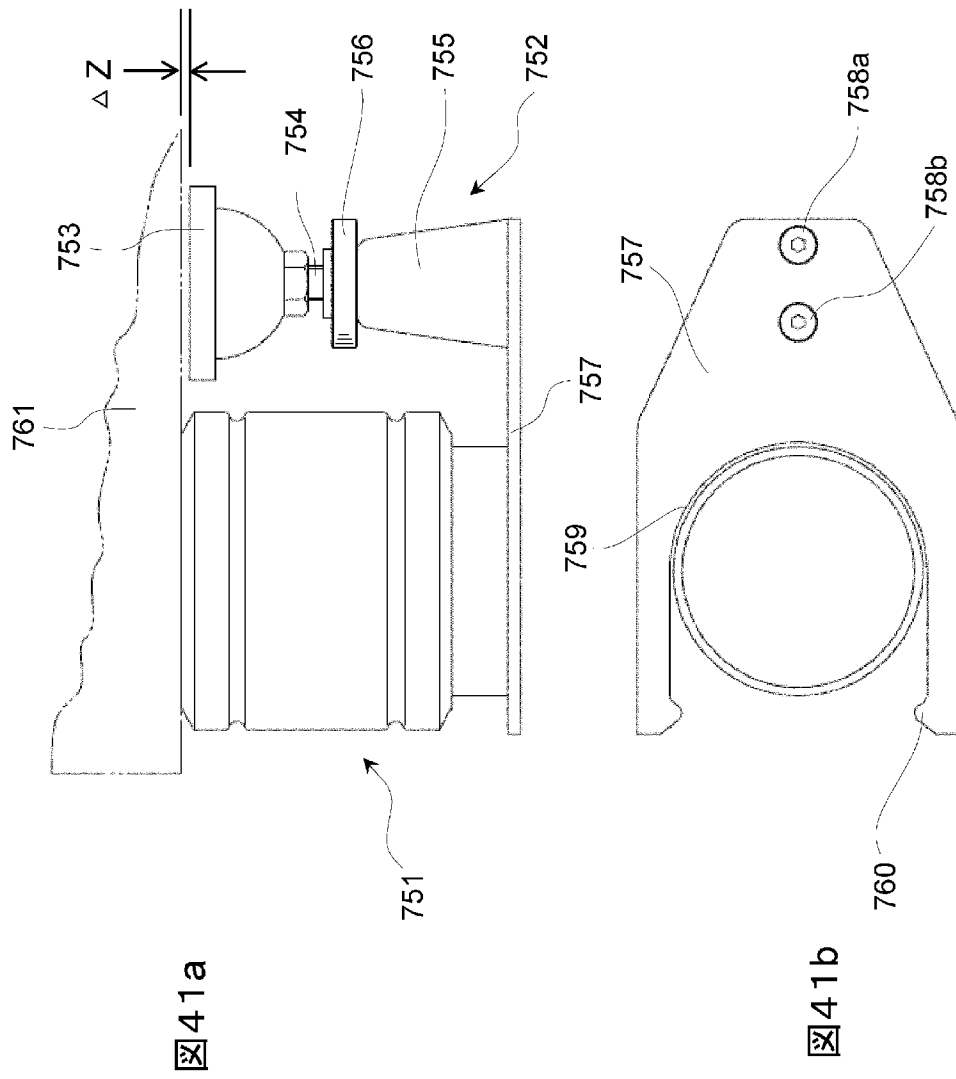
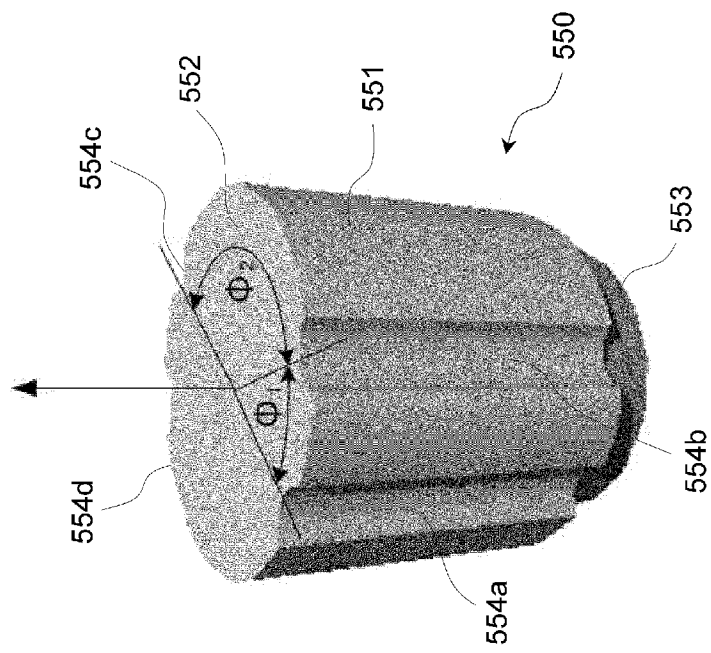


圖40b

[図41]



[図42]



[圖43]

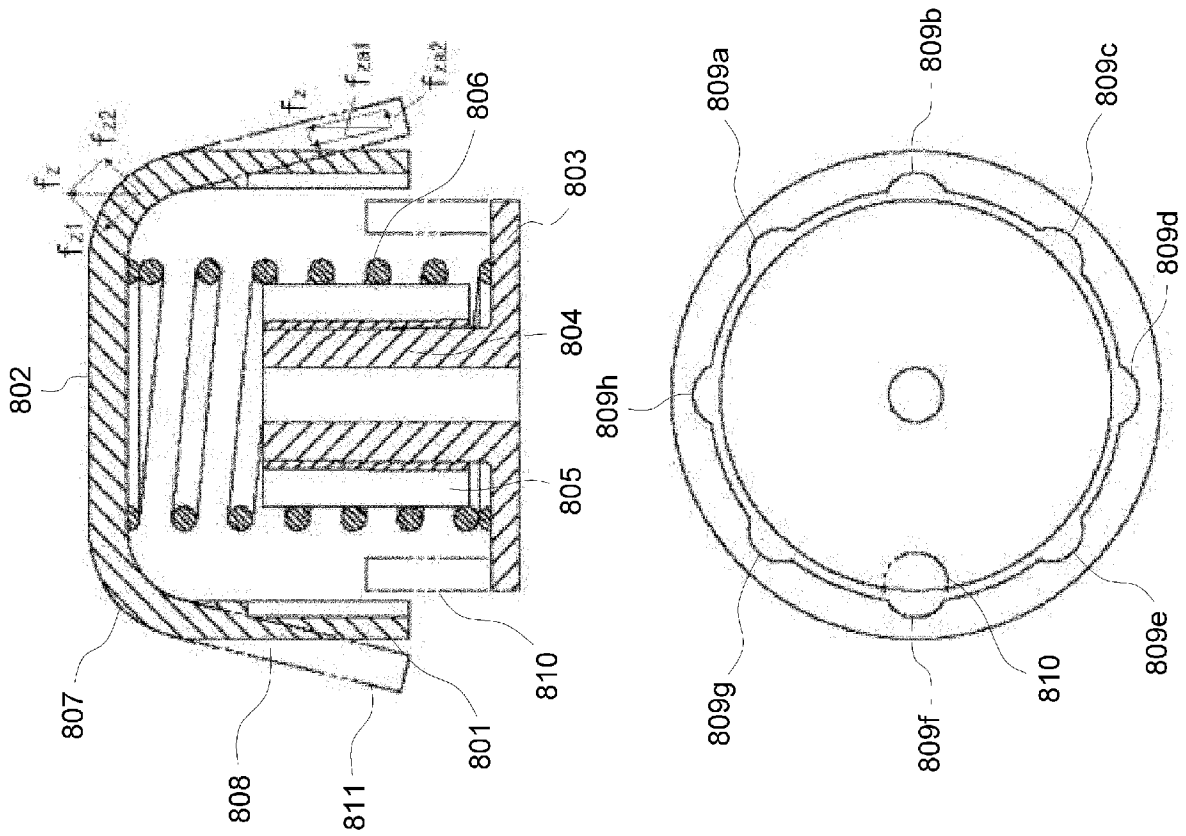
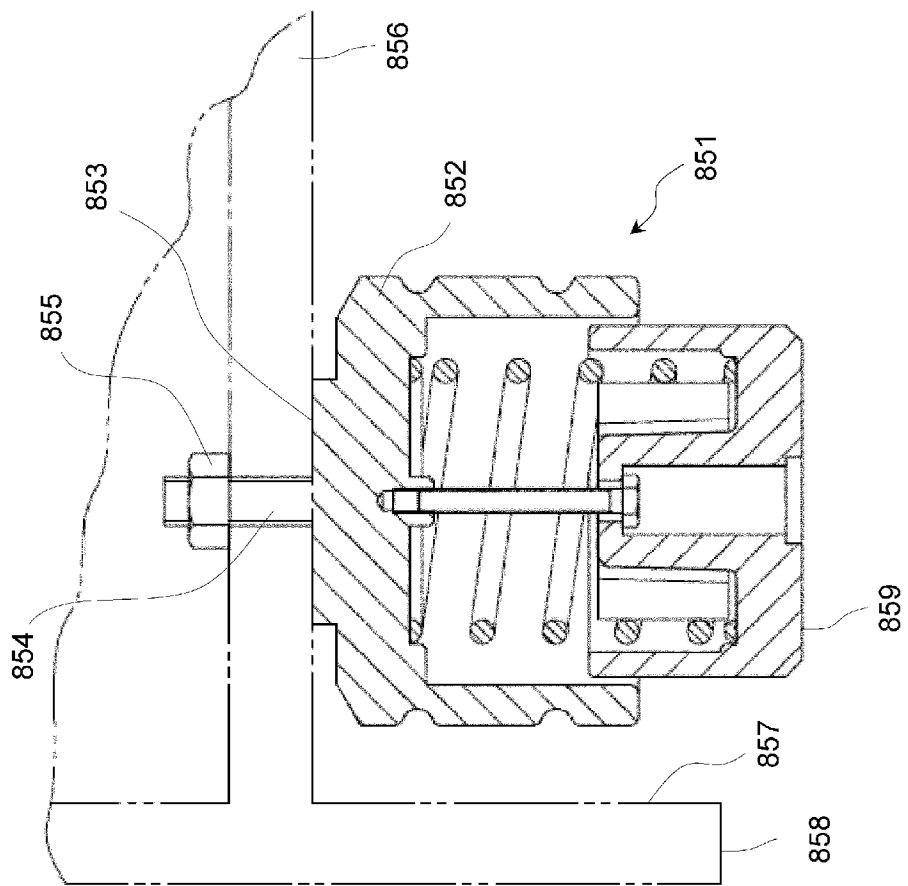


圖43a

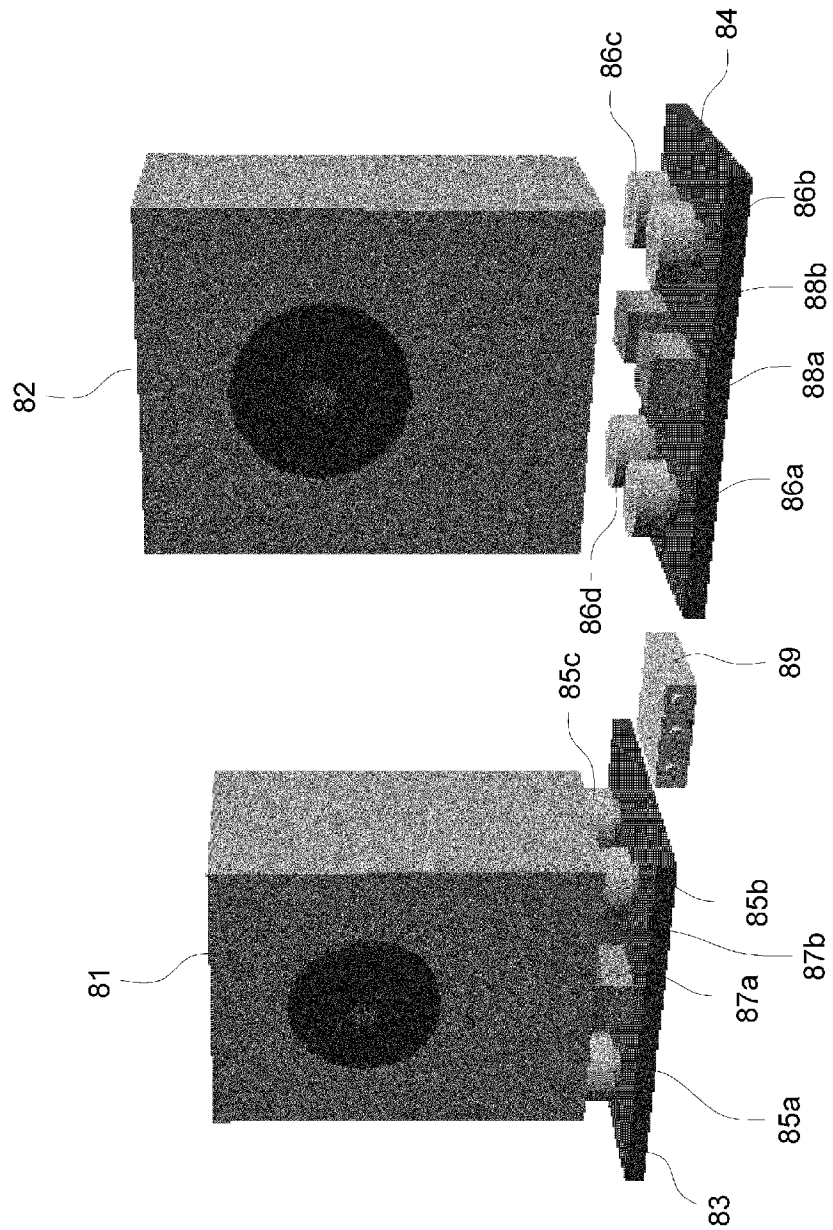
圖43b

[図44]

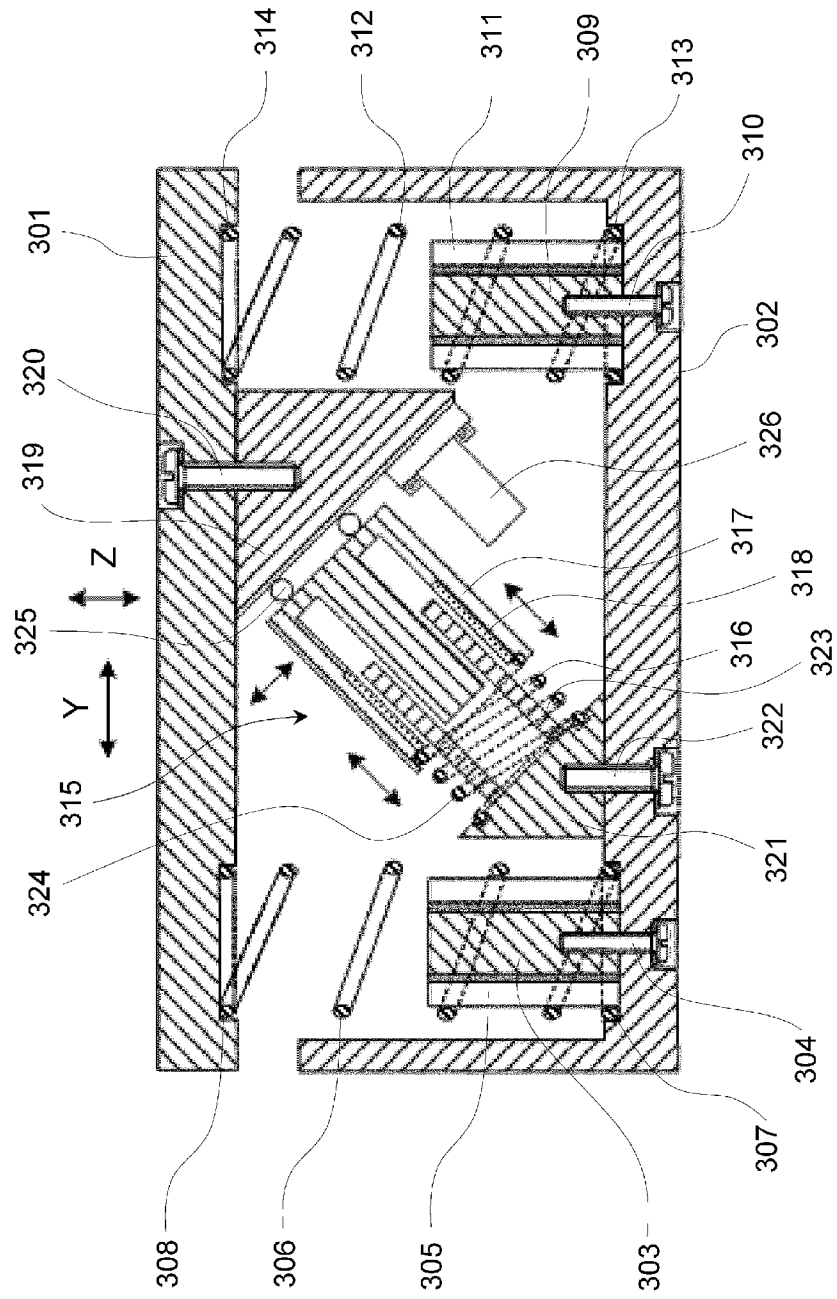




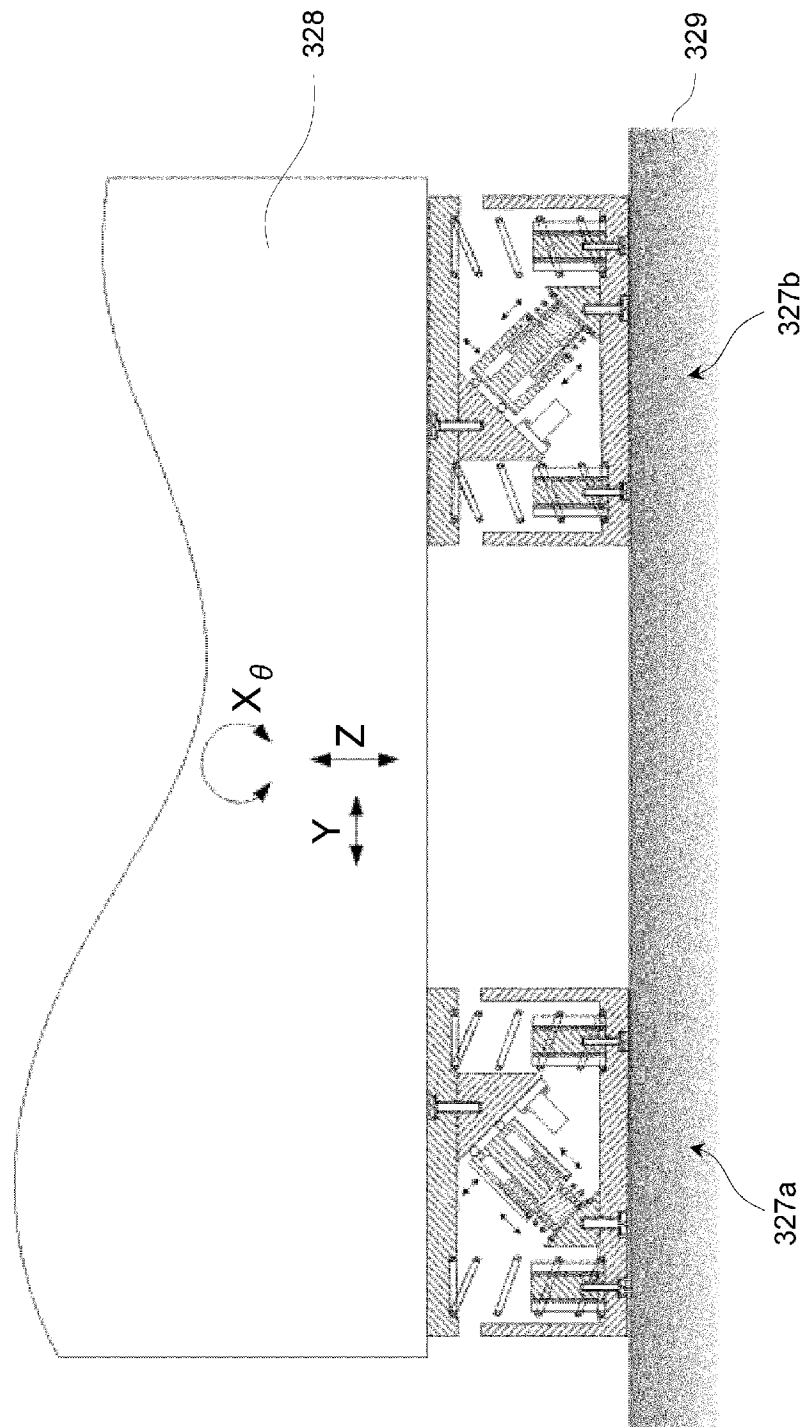
[図45]



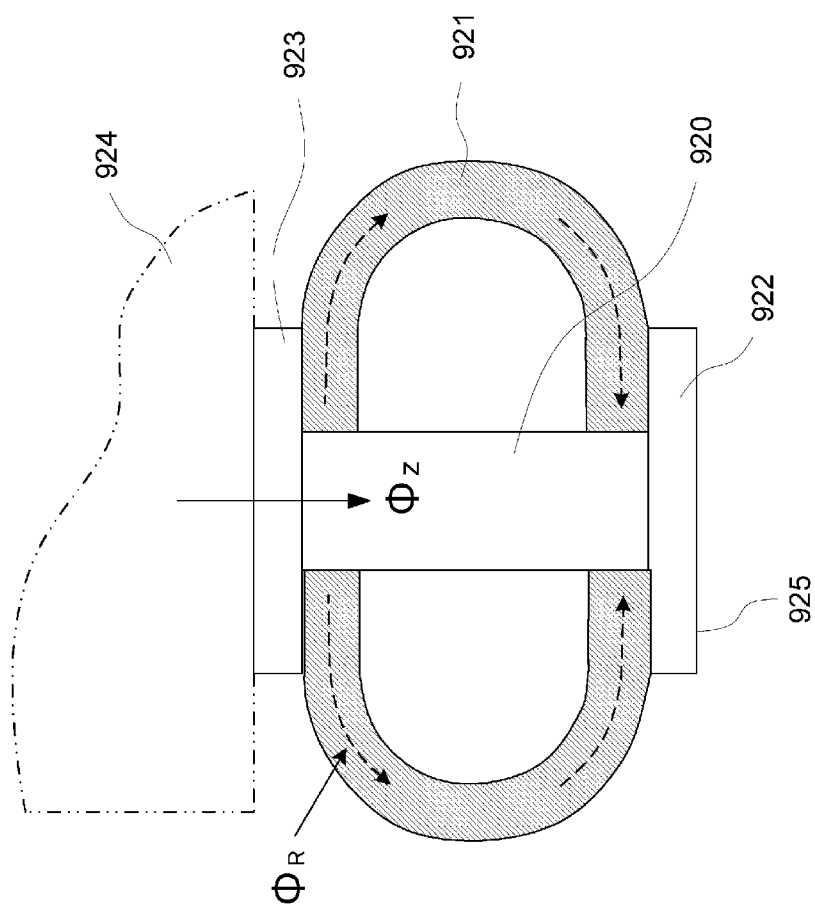
[図46]



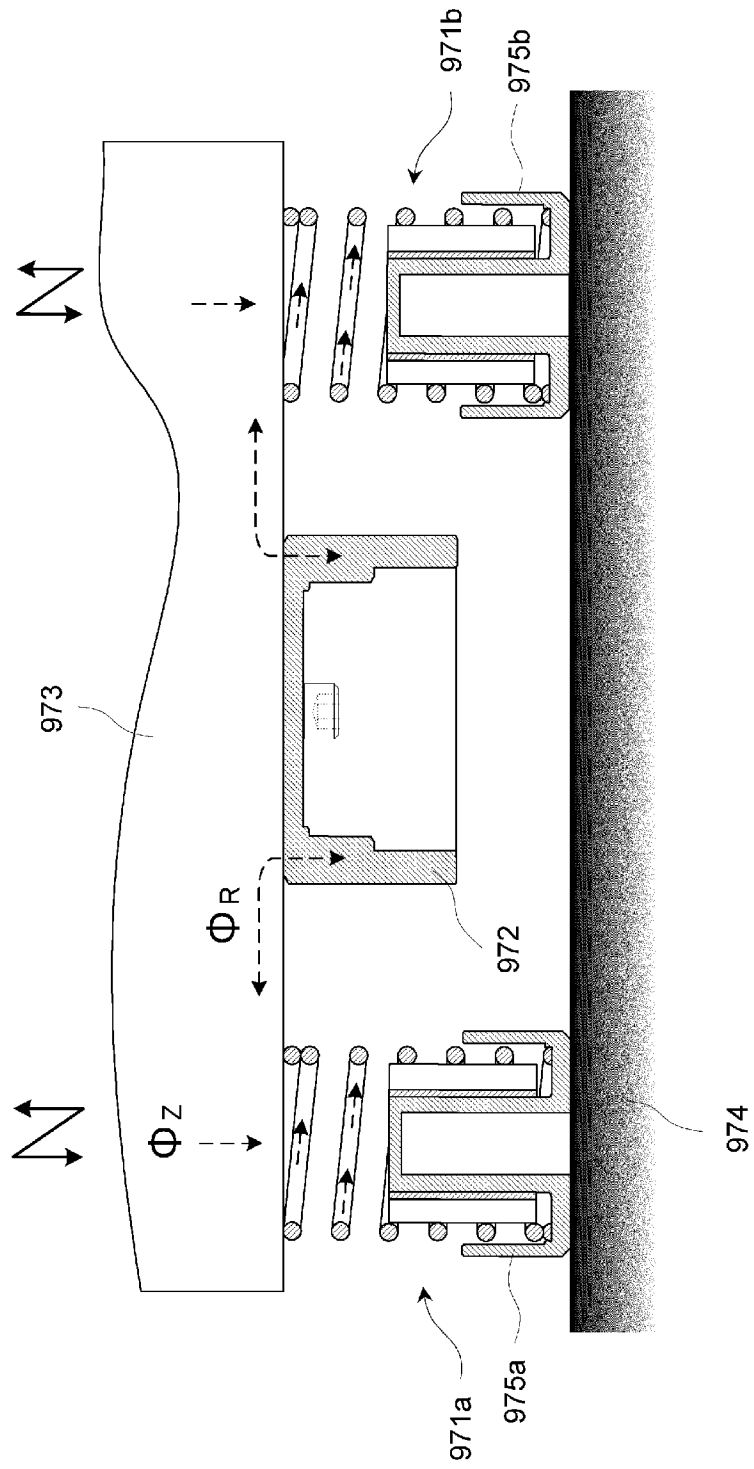
[図47]



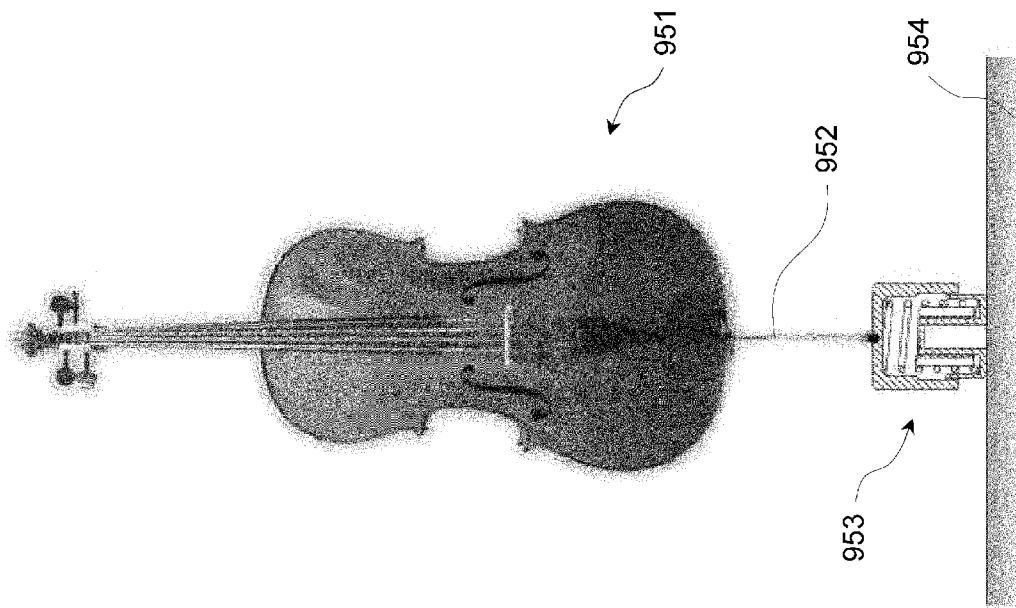
[図48]



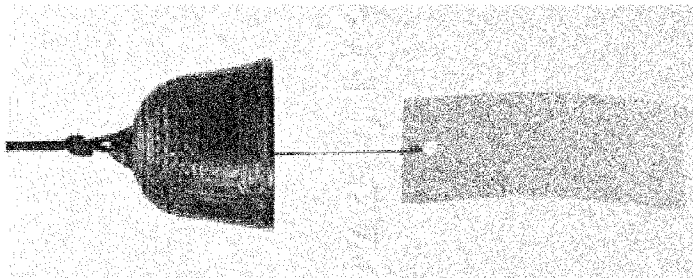
[図49]



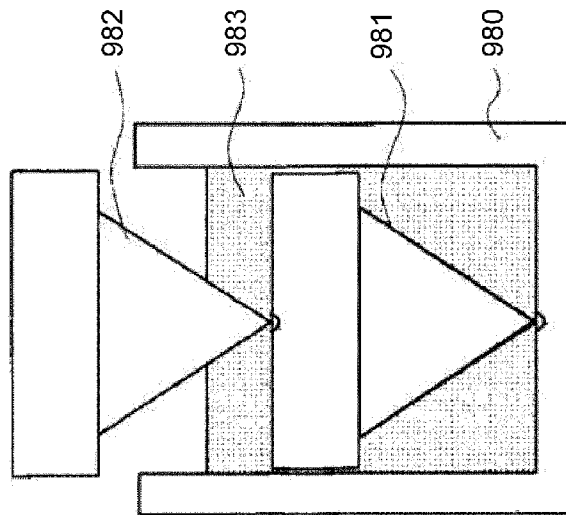
[図50]



[図51]



[図52]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/067444

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

*G11B33/08* (2006.01) i, *F16F1/06* (2006.01) i, *F16F1/12* (2006.01) i, *F16F15/06* (2006.01) i, *H04R1/00* (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

*G11B33/08*, *F16F1/06*, *F16F1/12*, *F16F15/06*, *H04R1/00*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-304484 A (Naoyuki ROKUYATA), 13 November 1998 (13.11.1998), paragraphs [0023] to [0026]; fig. 2 (Family: none)	1-7, 12-14, 16-18
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 075641/1993 (Laid-open No. 038786/1995) (Kurashiki Kako Co., Ltd.), 14 July 1995 (14.07.1995), paragraphs [0009] to [0015]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-7, 12-14, 16-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 October, 2011 (19.10.11)

Date of mailing of the international search report  
01 November, 2011 (01.11.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/067444

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-054041 A (Tokkyokiki Corp.), 27 February 1996 (27.02.1996), paragraphs [0028] to [0033]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-7, 12-14, 16-18
Y	JP 2004-308811 A (Kurashiki Kako Co., Ltd.), 04 November 2004 (04.11.2004), paragraphs [0025] to [0065]; fig. 1 to 20 (Family: none)	1-7, 12-14, 16-18
Y	JP 3107462 U (Jang Yu Metal Industry Co., Ltd.), 03 February 2005 (03.02.2005), paragraph [0003]; fig. 1 (Family: none)	7
Y	JP 7-248043 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 September 1995 (26.09.1995), paragraphs [0024] to [0040]; fig. 1 (Family: none)	13
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 166818/1982 (Laid-open No. 070946/1984) (Tokkyokiki Corp.), 14 May 1984 (14.05.1984), entire text; all drawings (Family: none)	1-19
A	JP 61-012426 Y2 (Nippon Columbia Co., Ltd.), 18 April 1986 (18.04.1986), entire text; all drawings (Family: none)	1-19

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/067444

Although claim 5 sets forth "said said elastic member," it is impossible to specify what two pieces of "said" refer to. Thus, claim 5 lacks the requirement of clarity in PCT Article 6.

Therefore, the search of claim 5 has been made on "an elastic member" citing claim 1.

Although claim 6 sets forth " $\delta \leq 1.0$  mm," it is impossible to specify what " $\delta$ " refers to. Thus, claim 6 lacks the requirement of clarity in PCT Article 6.

Therefore, the search has been made taking "the gap between an upper sleeve (1) (an upper supporting member) and a lower sleeve (2) (a lower supporting member)," which are specifically set forth in the description, as " $\delta$ ".

Although claim 8 sets forth "said wind bell member," it is impossible to specify what the "said" refers to. Thus, claim 8 lacks the requirement of clarity in PCT Article 6.

Therefore, the search has been made on "a resonant member" which is specifically set forth in the description.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G11B33/08(2006.01)i, F16F1/06(2006.01)i, F16F1/12(2006.01)i, F16F15/06(2006.01)i, H04R1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G11B33/08, F16F1/06, F16F1/12, F16F15/06, H04R1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 10-304484 A (六彌太尚之) 1998. 11. 13, 段落【0023】-【0026】, 第2図 (ファミリーなし)	1-7, 12-14, 16-18
Y	日本国実用新案登録出願 5-075641 号 (日本国実用新案登録出願公開 7-038786 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (倉敷化工株式会社) 1995. 07. 14, 段落【0009】-【0015】, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-7, 12-14, 16-18
Y	JP 8-054041 A (特許機器株式会社) 1996. 02. 27, 段落【0028】	1-7, 12-14,

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 10. 2011

国際調査報告の発送日

01. 11. 2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 圭一郎

5 Z

3 1 4 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3591

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	－ 【0033】 , 第1－11図 (ファミリーなし)	16-18
Y	JP 2004-308811 A (倉敷化工株式会社) 2004.11.04, 段落【0025】－【0065】 , 第1－20図 (ファミリーなし)	1-7, 12-14, 16-18
Y	JP 3107462 U (常▲いー▼実業股▲ふん▼有限公司) 2005.02.03, 段落【0003】 , 第1図 (ファミリーなし)	7
Y	JP 7-248043 A (松下電器産業株式会社) 1995.09.26, 段落【0024】－【0040】 , 第1図 (ファミリーなし)	13
A	日本国実用新案登録出願57-166818号(日本国実用新案登録出願公開59-070946号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (特許機器株式会社) 1984.05.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 61-012426 Y2 (日本コロムビア株式会社) 1986.04.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-19

請求項5には、「前記前記弾性部材」と記載されているが、2つの「前記」が何を指しているのかが特定できないから、請求項5はPCT第6条における明確性の要件を欠いている。

よって、調査は、請求項5は、請求項1を引用する「弾性部材」について行った。

請求項6には、「 $\delta \leq 1.0\text{mm}$ 」と記載されているが、「 $\delta$ 」が何を指しているのかが特定できないから、請求項6はPCT第6条における明確性の要件を欠いている。

よって、調査は、明細書に具体的に記載されている「上部スリーブ1（上部支持部材）と下部スリーブ2（下部支持部材）間隙」を「 $\delta$ 」として行った。

請求項8には、「前記風鈴部材」と記載されているが、当該「前記」が何を指しているのかが特定できないから、請求項8はPCT第6条における明確性の要件を欠いている。

よって、調査は、明細書に具体的に記載されている「共振部材」について行った。