

機器の静音化に関する研究

— 吸音材による低騒音化対策 —

岩間 貴司・大柴 勝彦

Study on Noise Control of Equipments

— Noise-Reduction Techniques in Equipments by Using Acoustic Materials —

Takashi IWAMA and tsuhiko OSHIBA

要 約

パソコンやプリンター等の一般的なOA機器を対象としたモデル筐体を製作し、ランダムノイズを騒音・振動発生源として、防振ゴムや制振材及び吸音材を複合的に使用した場合の低騒音化対策の基礎データを求めた。その結果、以下のことが明らかになった。

- ①ゴム硬度 23.6 以下の防振ゴムが、低荷重の騒音源に対して優れた防振効果を示した。
- ②吸音材等を使用することにより 2 kHz 以上の周波数領域で、騒音レベルが 4 dB 低減した。
- ③防振ゴムや吸音材等を複合的に使用することで、騒音レベルが聴感的に半分に、最も耳障りな 1 kHz 付近のレベルが 20dB 以上も低減できた。

1. 緒 言

騒音振動問題の解決は社会的要望も強く、日常生活から産業界まで広範囲かつ多様なテーマを含んでいる。特に最近のOA機器、産業用機器等は複雑な機構を持っており、騒音発生に対して多くの振動・騒音源と伝達経路が考えられる。各騒音は発生機構に対応した特徴を持っており、静音化対策もそれぞれに異なる検討が必要になる。従来の低減対策では、複雑な騒音源を各単独要素に分離して、個別の低減化が多く図られてきた。しかし、機器騒音は各音源の重ね合わせであるため、ある騒音源が低減できたとしても他の音源が低減されていなければ、全体として小さな低減効果しか得られなかったり、または全く低減できない場合も生じる。そこで、本研究では、機器内部の各種音源を機器の騒音源と見なし、①騒音源（ランダムノイズ）に対しての防振対策 ②機器筐体に対しての吸音対策等により静音化を行い、製品の低騒音化設計を支援する基礎データを得ることを目的とした。

2. 実験方法

2-1 防振ゴムの特性試験

表1に示す硬さ（JIS K 6301）の異なる4種類（厚さ同一）の防振ゴムの防振特性を求めするために、図1に示す方法で振動伝達率・減衰比を求めた。加振機を騒音源として、受振側/加振側の伝達特性をFFT（周波数分析器）で演算

し振動伝達率を求めた。また、減衰比は、伝達特性を求め、その半値幅・共振周波数から算出した。

2-2 制振材の特性試験

表2に示す方法により制振材の制振特性³⁾を求めた。試験片のアルミ板（100mm角、厚さ1mm及び2mm）には2種類のシート材（A：厚さ1mm、B：厚さ1.2mm）と2種類の防振塗料（A：水溶性、B：非水溶性）を用いて、シート材は接着により、防振塗料は塗装により、それぞれ制振処理を行った。制振性の評価は、アルミ板の処理前と処理後の共振周波数の移行、伝達特性の変化量及び2次振動モード時の減衰比の比較により行った。

2-3 モデル筐体による騒音測定

OA機器を想定したアクリル製（厚さ：10mm）のモデル筐体（図2）において、様々な周波数域の音源を含むランダムノイズを騒音源とし、図3の方法⁴⁾で各種実験を行った。

表1 防振ゴムの硬度

A	B 1	B 2	B 3
70.4	23.6	8.5	3.6

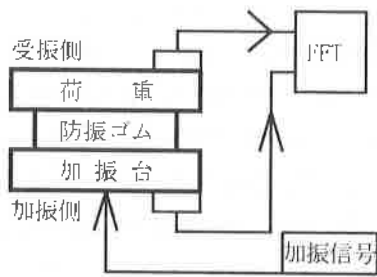


図1 伝達特性の算出

表2 試験方法

試験片の加振方法	ハンマーによる打撃加振法
試験片の保持方法	糸による吊り下げ
伝達特性の算出	受振信号/加振信号
減衰比の算出	半値幅法

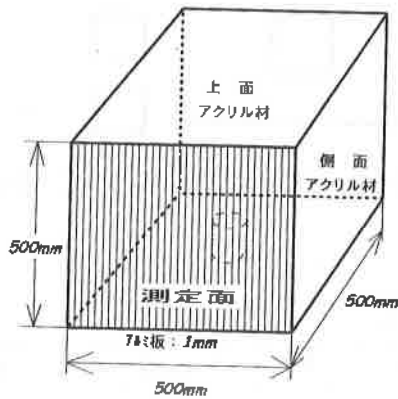


図2 モデル筐体

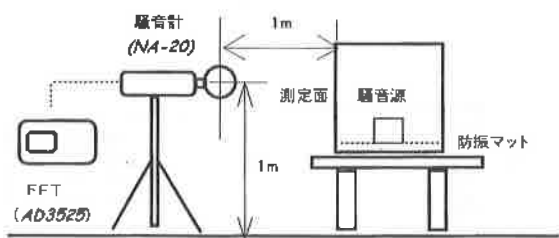


図3 モデル筐体による各種騒音測定

3. 実験結果及び考察

3-1 防振ゴムの特性試験

図4に各防振ゴムの面圧荷重(防振ゴムの面積に対する荷重)による共振周波数の変動を示す。図5には、各防振ゴムの共振周波数における振動伝達率のピーク値を示す。防振ゴムB1,B2,B3(ゲルナック)は、面圧荷重が小さい場合(防振ゴムAの約1/8の面圧荷重)に防振効果があられ、防振ゴムA(インダンブ)は、防振対象物の重量が大きい場合に効果があらわれる。さらに図6で示される減衰比においても防振ゴムB1,B2,B3は防振ゴムAと比

較して、面圧荷重が低い領域で防振効果があることが確認できる。振動の収束については、防振ゴムAは、減衰比が0.5と今回試験した防振ゴムの中では最も高く、面圧荷重を大きくするために、接地面積が小さくなるような形状にすることで、防振効果をさらに高くすることができる。

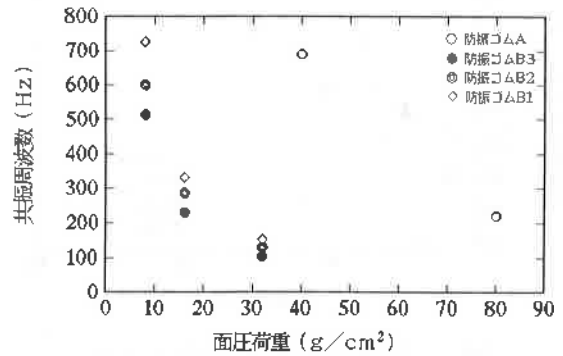


図4 防振ゴムの面圧荷重と共振周波数

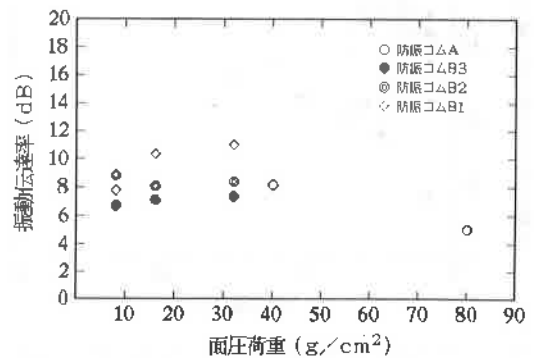


図5 防振ゴムの面圧荷重と振動伝達率

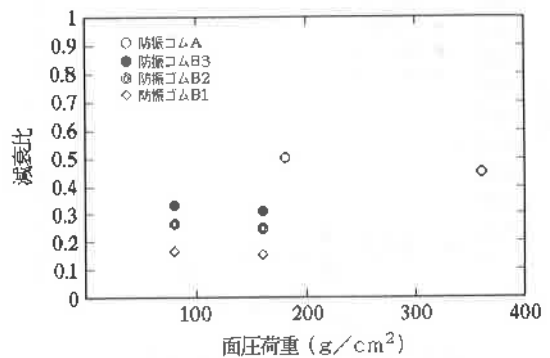


図6 防振ゴムの面圧荷重と減衰比

3-2 制振材の特性試験

図7~9の結果から、4種類の制振材すべてにおいて、付加量の増加(0~30g)に伴い、①共振周波数の増加率の減少、②振動伝達率のピーク値の減少、③減衰比の増加がそれぞれ確認できる。特に、防振シートBは、制振シートA、防振塗料A及びBと比較して、密度が高く(約5倍)、

減衰比も著しく高いため、制振効果に優れると考えられる。一方、水溶性の防振塗料は、塗布作業性に優れるためスプレー方式等により、小型部品や複雑な形状を有する部品の制振対策により適していると思われる。

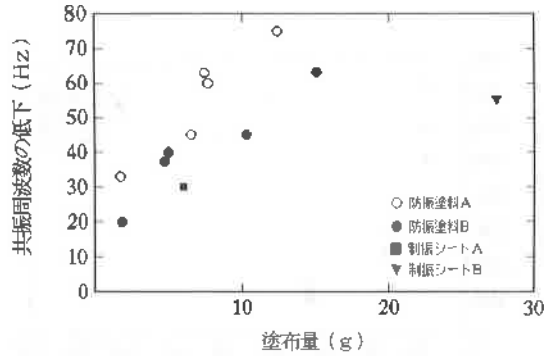


図7 付加量と制振材の共振周波数

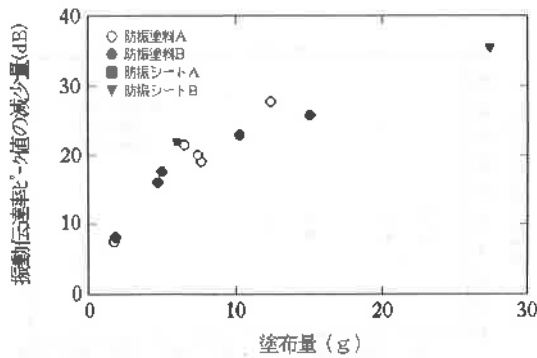


図8 付加量と制振材の振動伝達率のピーク値

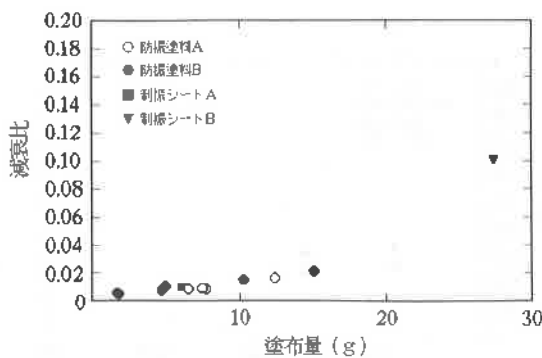


図9 塗布量と制振材の減衰比

3-3 モデル筐体による騒音測定

3-3-1 開口部の違いによる騒音レベルの変化

モデル筐体の測定面（アルミ板：1mm厚）に開口部（図10参照）を設け、開口部の開口率を表3に示すように6段階に変化させ、騒音レベルがどのように変動するか測定した。開口率の僅かな変化（10%以内）に対しては外部（図11-1～2）での騒音レベルの変動は見られなかった。し

たがって、機器設計時に放熱等の必要から開口部を設ける場合、その開口率10%以内ならば、外部での騒音レベルに顕著な影響はないと思われる。また、筐体内部（図11-3～4）の測定では、開口率が増加する事で、騒音レベルは低下した。これは、筐体内部に制振材・吸音材等の対策が行われていない状態では、騒音が内部で反射され、内部騒音が高まるが、開口部を広くすることで騒音が外部に解放された結果と考えられる。

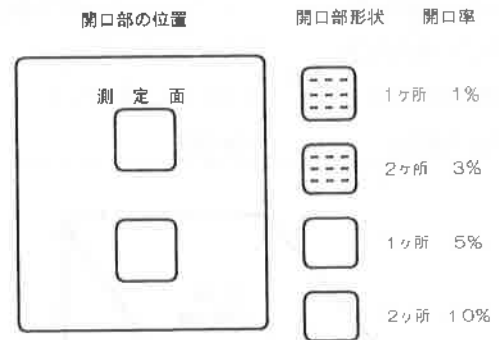


図10 モデル筐体における開口部の形状

表3 開口部の開口率

開口部	無し	1	2	3	4	5
開口率 %	0	1	5	3	10	100

※開口率=開口部の面積/1側面の面積

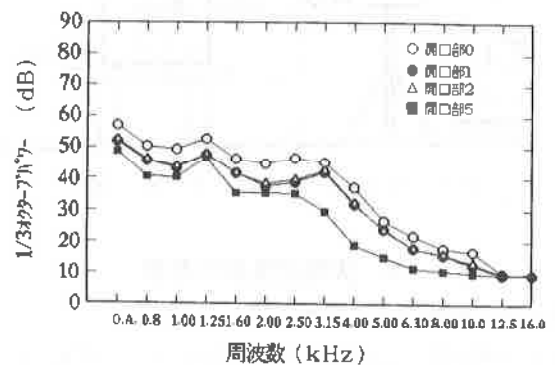


図11-1 開口部と騒音レベル（A特性）の関係（測定距離：筐体外部1m）

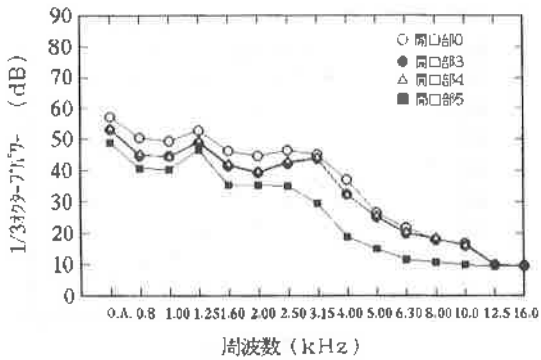


図11-2 開口部と騒音レベル (A特性) の関係 (測定距離：筐体外部 1 m)

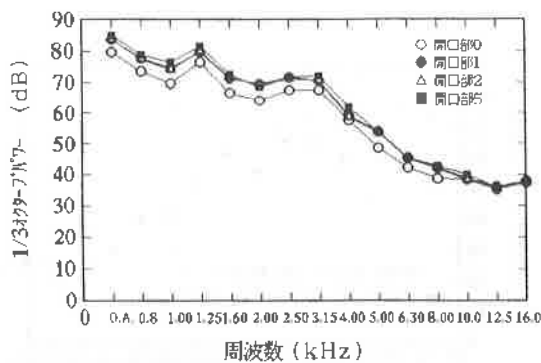


図11-3 開口部と騒音レベル (A特性) の関係 (測定距離：筐体内部)

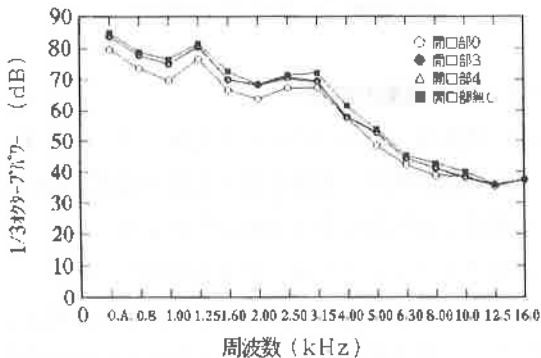


図11-4 開口部と騒音レベル (A特性) の関係 (測定距離：筐体内部)

3-3-2 吸音材による対策

厚さの異なる2種類の繊維状吸音材 (A: 8 mm厚, B: 繊維状 1 mm厚) を用い、モデル筐体 (図 2) で低騒音化の検討を行った。対策内容は、底面と上面を除く 4 側面に各種吸音材を向面テープで接着し、測定面は、一般的な形状を有する開口率 3% (図10参照) で測定した。図12-2の結果から、筐体内部においてはO.A.値 (全体の騒音レベル) で10dB近く騒音値が低下し (聴感的には約1/2) 吸音材の効果が確認できた。また、厚さのある吸音材Aが吸音効果

を発揮した。しかし、筐体外部では高音部を除いて、筐体内部程の騒音レベルの低下は確認出来なかった。これは、筐体内部に、反射騒音が吸音されたことで騒音値は低下するが、筐体外部は、透過騒音や筐体を構成する外板の振動による騒音が影響したと考えられる。したがって、吸音材単体での対策は、周波数が高い音に対しては効果があるが、透過騒音や騒音源を含む筐体各部の振動を抑えるためには、別の対策が必要となる。

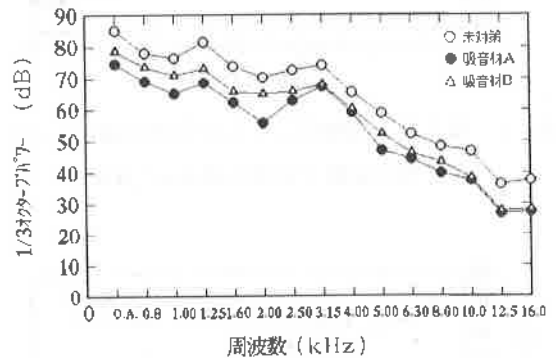


図12-1 吸音材による対策後の騒音レベルの変化 (測定距離：筐体内部 1 m : A特性)

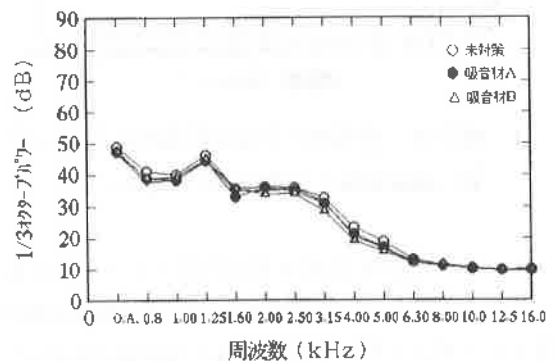


図12-2 吸音材による対策後の騒音レベルの変化 (測定距離：筐体外部 : A特性)

3-3-3 吸音材・制振材による対策

3-3-2の結果から、筐体を構成する外板の振動を抑え、さらに遮音効果を高めるために以下の対策を実施した。制振材Bと吸音材Aを防振塗料Aを接着材として接着し、筐体内部の上面・下面を除く4側面に付加した。図13-1の結果から、全体の騒音レベルは低下したが、聴感的には対策無しの状態に近く、1/3オクターブ解析 (各周波数毎の騒音レベル) の結果からも、1 kHz帯の周波数成分が、他の周波数領域と比較して低減していない事が分かった。これは、騒音源の振動が筐体下面から各側面に伝搬し、筐体全体が振動しているためだと思われる。これらの結果から、筐体外部での騒音レベルを低減し、さらに耳障りな音

質を改善するためには、3-3-3で示す吸音材・制振材対策に加え、騒音源の防振対策が重要であると考える。

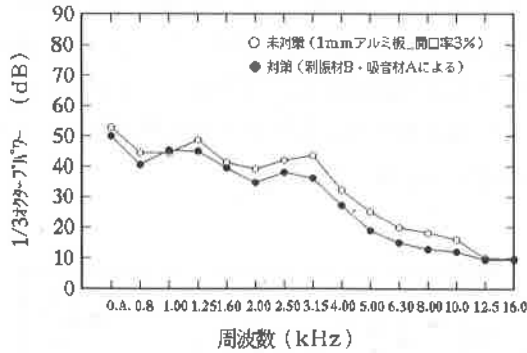


図13-1 吸音材・制振材による対策後の騒音レベルの変化 (測定距離：筐体外部 1m；A特性)

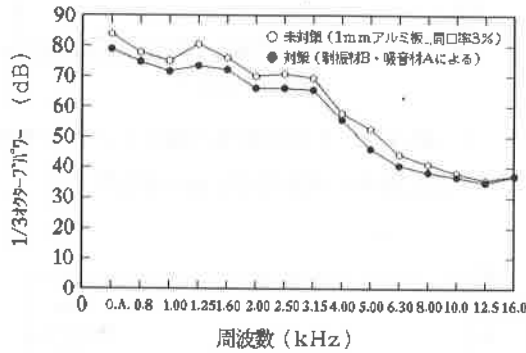


図13-2 吸音材・制振材による対策後の騒音レベルの変化 (測定距離：筐体内部；A特性)

3-3-4 吸音材・制振材及び防振ゴムによる対策

3-1及び3-3-3の結果から、今回、最も防振効果を発揮すると考えられる防振ゴムAを加振機の底面に、4ヶ所用いて騒音源に防振対策を実施した。図14の結果から、O.A.値で10dB（聴感的には1/2）パワーレベルが低下し、最も耳障りな1kHz帯の周波数成分の低減も可能となり、騒音レベル及びその音質も著しく改善された。特に1kHz付近のパワーレベルが20dB以上低減されたことから、今回、騒音源として使用した加振機では、硬度が23.6以下の防振ゴムが防振対策として効果的であることが分かった。

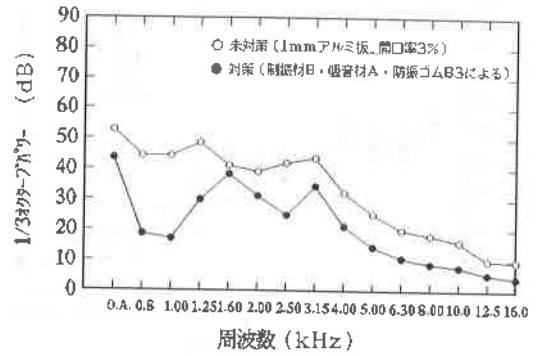


図14-1 吸音材・制振材・防振ゴムによる対策後の騒音レベルの変化 (測定距離：筐体外部 1m；A特性)

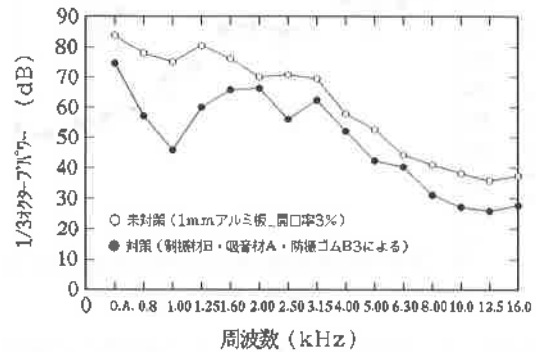


図14-2 吸音材・制振材・防振ゴムによる対策後の騒音レベルの変化 (測定距離：筐体内部；A特性)

3-4 静音効果の解析

吸音材・制振材・防振ゴムによる対策（3-3-4）により、著しい静音効果（低騒音化・音質の改善）が得られたが、対策前と対策後で音の流れがどのように変化しているか、音響インテンシティ法⁴⁾により解析した。

マイクロホン（SI-31S：リオン社製）を用い、図2で示す方法により、音の流れをSIメッシュ図により可視化した（図15参照）。その結果、未対策の状態では音が測定面全体から流れ出るのに対し、対策後は、底面に近い部分を除く多くの部分で音が流れ出していないことが確認できた。特に、図に示す800Hzおよび1600Hzの周波数成分において著しい騒音レベルの低減が確認できた。

4. 結 言

ランダムノイズを騒音源とするモデル筐体を対象に、防振ゴム、制振材、吸音材を複合的に使用し静音化対策を実施した結果以下の点が明らかになった。

- (1) ゴム硬度 23.6以下の防振ゴムが、低荷重の騒音源に対して優れた防振効果を示した。
- (2) 吸音材等を使用することより2kHz以上の周波数領域で騒音レベルが、4dB低減した。
- (3) 制振材・吸音材を使用することで全体の騒音レベルが3dB程低下した。
- (4) 筐体に開口部がある場合、開口率が10%以内ならば、外部騒音に顕著な影響を与えないことがわかった。
- (5) 防振ゴムや吸音材等を複合的に使用する事により騒音レベルが聴感的に半分になり、最も耳障りな1kHz付近のレベルが20dB以上も低減できた。

また、音響インテンシティ解析結果からも、測定面の多くの部分で音が流れ出ていないことが確認できた。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道：防振ゴム，日本鉄道車両工業会（1975）
- 2) 日刊工業新聞社編：工業材料，Vol.42，No.10（1994）
- 3) 日本規格協会：騒音レベル測定方法，JIS Z 8731
- 4) 財団法人日本騒音学会編：騒音ハンドブック（1991）71

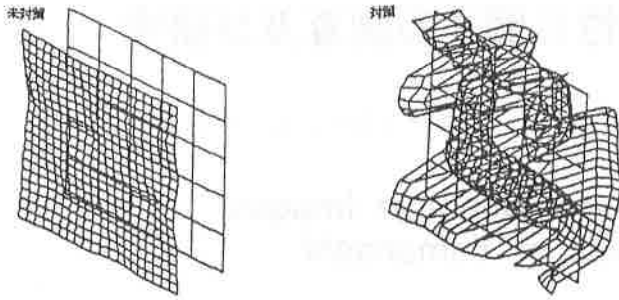


図15-1 音の流れの評価
(測定距離：筐体外部1m：800Hz)

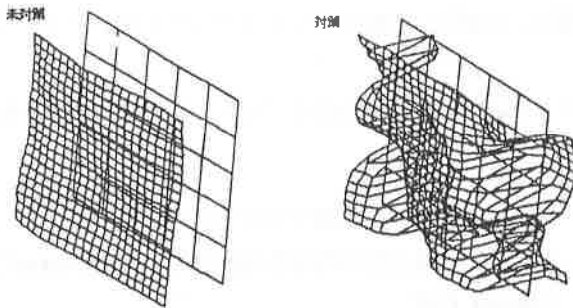


図15-2 音の流れの評価
(測定距離：筐体外部1m：1600Hz)