

ノート

# 耐水通気薄膜の音響透過特性の解析

神田 浩一<sup>\*1)</sup> 服部 遊<sup>\*1)</sup>

## Analysis of sound transmission characteristics of waterproof ventilation film

Koichi Kanda<sup>\*1)</sup>, Asobu Hattori<sup>\*1)</sup>

キーワード：耐水通気薄膜, 携帯端末, 音響等価回路

Keywords : Waterproof ventilation film, Mobile terminal, Acoustic equivalent circuit

### 1. はじめに

耐水通気薄膜は厚さ数十 μm の高分子フィルムで, 耐水性とともに通気性を有している。これらはスマートフォンをはじめとした携帯端末やノート型パソコンに内蔵されているマイクロホンやスピーカの音孔の保護膜として使用されている。この耐水通気薄膜を携帯端末マイクロホンの防水保護膜として使用した場合に音響伝達特性が低下することがある。その理由として, 薄膜の装着条件による, 音響エネルギーの損失が考えられる。薄膜の装着条件による音響透過性の差異を確認するために, 実験と解析を行った。

### 2. 実験方法

2.1 キャビティによる実験 ハンズフリー携帯端末のマイクロホン実装部を参考にしてモデルを作成した。作成したモデルの形状寸法を図 1 に示す。ここでは実形状に近似したキャビティを作成し, 装着位置による音響透過性能を評価した。

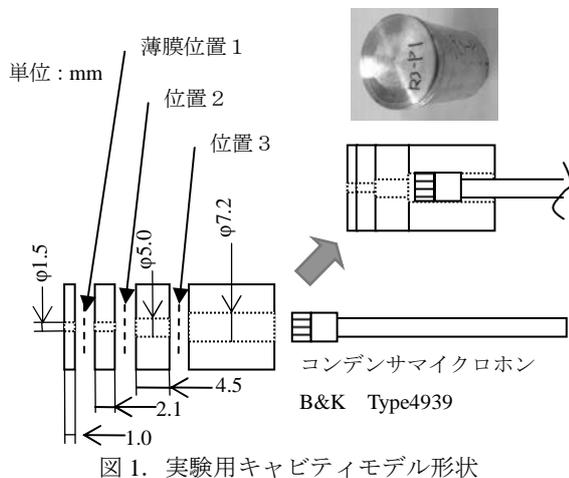


図 1. 実験用キャビティモデル形状

表 1 に示す供試フィルムを, 薄膜位置 1 ~ 3 に順次挟み込み, キャビティ本体と供試フィルムはワックスを介して密着させた。

表 1. 供試フィルムの特性

| 供試体 | 素材    | 膜厚(μm) | 体積密度 (kg/m <sup>3</sup> ) | 流れ抵抗 (Ns/m <sup>4</sup> ) |
|-----|-------|--------|---------------------------|---------------------------|
| A   | NF-PU | 110    | 389.8                     | 1.5×10 <sup>6</sup>       |
| B   | NF-PI | 50     | 251.4                     | 1.1×10 <sup>6</sup>       |
| C   | PTFE  | 50     | 443.6                     | 1.0×10 <sup>8</sup>       |

NF-PU : ナノファイバー(ポリウレタン)

NF-PI : ナノファイバー(ポリイミド)

(1) キャビティの音響伝搬特性測定 薄膜を装着しない状態のキャビティ中心軸上で, 前方 50 cm の位置に音源スピーカを配置し, 100 Hz ~ 20 kHz, 74 dB 一定の 1/24 オクターブの純音を放射し, キャビティに装着したマイクロホンにより, 周波数応答特性を測定した。

(2) 挿入損失測定 (1) と同様の配置でスピーカよりピンクノイズを放射し, マイクロホン出力の 1/3 オクターブバンドレベルを求めた。薄膜位置 1 ~ 3 の位置のレスポンスと薄膜を装着しない状態でのレスポンスのレベル差を挿入損失とした。

### 2.2 音響等価回路による解析<sup>(1)</sup>

モデルの形状はヘルムホルツ共鳴器と考えられ, 図 2 の等価回路で模擬できる。マイクロホンのダイアフラムに生じる音圧は式 (1) で示され, 薄膜がない場合の共振周波数は式 (2) で求められる。

$$P_o = \frac{1/j\omega C_0}{j\omega M_0 + 1/j\omega C_0 + Z_f} P_i \dots \dots \dots (1)$$

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{Vl}} \dots \dots \dots (2)$$

ここで,  $c$  : 空気中の音速(m/s),  $S$  : 首部の断面積(m<sup>2</sup>),  $V$  : 空洞部の容積(m<sup>3</sup>),  $l$  : 首部の有効長さ(m)。

事業名 平成 25 年度 共同研究  
\*1) 光音技術グループ

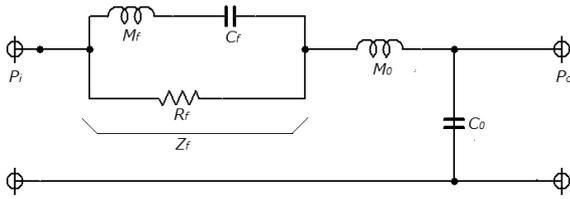


図 2. 音響等価回路

$M_o$ : 首部の等価質量,  $C_o$ : 空洞部及びマイクロホンの等価容積,  
 $M_f$ : 薄膜の等価質量,  $C_f$ : 等価コンプライアンス,  $R_f$ : 流れ抵抗,  
 $Z_f$ : 薄膜の音響インピーダンス

### 3. 結果と考察

キャビティの薄膜を装着しない条件の周波数応答特性の計算値と実測値を図 3 に示す。実測での共振周波数は約 2 kHz であった。実測では、マイクロホンのグリッドが位置 3 の面に接触しないように配置した。解析では、位置 3 とマイクロホンダイアフラムの距離を 5 mm として音響等価回路による計算した結果、低中域の周波数応答が実測とほぼ一致した。

供試体 B を各位置に装着したときの挿入損失の実測値、および音響等価回路による計算値を図 4 に示す。計算値と実測値は同様の傾向を示しているが、挿入損失の絶対値に違いがみられる。この要因として、薄膜径が 1.5 mm と微小であることや、周辺拘束条件と薄膜の音響モデルとの乖離が影響していると推定される。周辺を拘束された薄膜の音響特性の理論解析は、高田が薄膜部分を板として解析し、最小で直径 5 mm まで検討しているが<sup>(2),(3)</sup>、さらに微小な面積の場合には、より詳細な条件での理論解析が必要と考える。位置 1 および 2 の挿入損失が薄膜を装着しない場合の共振周波数で急激に増加していることがわかる。一方、位置 3 では共振周波数で最大値 7 dB で、他の周波数域は 5 dB 以下であった。位置 1 および 2 では、共振周波数で首部の粒子速度が最大となるため、ここに音響抵抗を付加することにより、挿入損失が増加したといえる。

挿入損失が最小の位置 3 での供試体による挿入損失の差異を比較した (図 5 参照)。供試体 B, C に比して供試体 A の挿入損失が大きくなっている。要因として供試体 A は同じナノファイバーの供試体 B に比して面密度が大きいと考えられる。

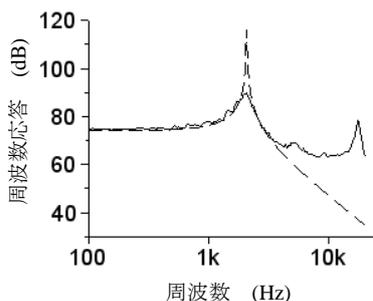


図 3. 周波数応答特性(実線:実測, 破線:計算)

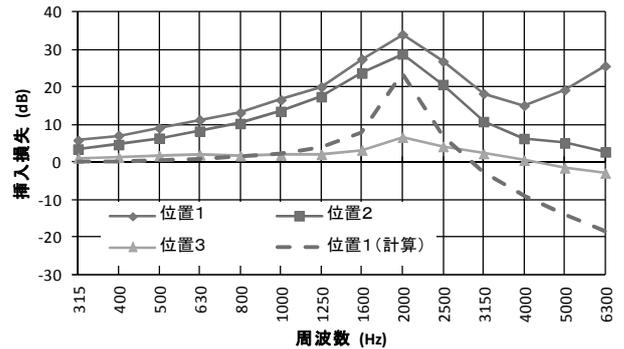


図 4. 挿入損失 (挿入位置による差異)

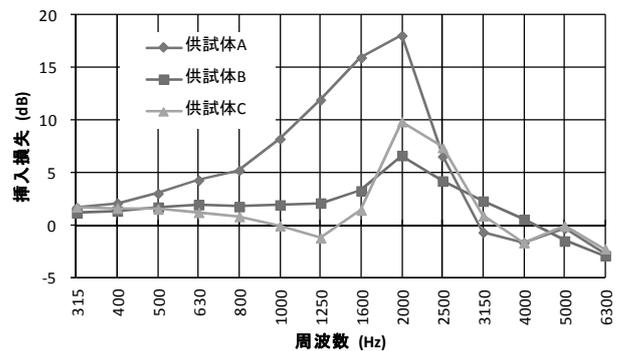


図 5. 挿入損失 (供試体による差異, 位置 3)

### 4. まとめ

携帯端末機器等の音響機器の防水保護膜に使用する耐水通気薄膜の音響特性について検討した。

防水保護膜の装着位置によっては、音響伝搬特性が急激に悪化することが確認された。また、音響等価回路による解析が微小空間における音響伝搬の予測に寄与できる事が示唆された。

薄膜自体の音響透過損失は小さいが、装着条件によっては音響伝搬を悪化させる。これを防止するには、防水保護フィルムの装着位置、方法等をはじめとして、音響実装部の形状、音響機器の実装条件を十分考慮することが必要である。

(平成 28 年 6 月 30 日受付, 平成 28 年 7 月 22 日再受付)

### 文 献

- (1) 西巻正郎: 「電気音響振動学」, コロナ社, pp.72-93(1961)
- (2) 高田省一: 「音響透過性円形フィルムの解析」, 日本音響学会誌, 53 巻, 6 号, pp. 448-449 (1997-6)
- (3) 伊藤毅: 「音響工学原論(上巻)」, コロナ社, p.152(1955)