

<h1>SDT</h1>	<h2>制振工学研究会通信</h2> <p>SOCIETY OF DAMPING TECHNOLOGY NEWS</p> <p>2013年7月号</p>	<p>2013年 7月 1日発行 編集 集：会報編集委員会 編集責任者：小白井 敏明 担当者：立石 覚 URL http://www.sdt-jp.com E-Mail:info@sdt-jp.com</p>
--------------	--	--

◇お知らせ

・本通信により会員各位に有用な情報を提供すべく毎月の編集会議では頭を悩まして議論しております。つきましては、ここで取り上げてほしい事がございましたらそのご要望を次のアドレスまで是非お寄せください。

E-MAIL:yamagu@pc.highway.ne.jp

◇研究会の行事案内

開催日時	開催地・会場	名 称	内 容
13. 8. 22	日本合成樹脂技術協会 5階会議室	第26回総会	総会、特別講演、懇親会
13. 12. 13	(東京都立産業技術研究センター 予定)	技術交流会	定例会、懇親会

◇分科会・WG・委員会の予定

開催日時	開催地・会場	名 称
13. 7. 12 16:30~18:00	工学院大学新宿校舎 A-1711室	文献調査分科会
13. 7. 18 15:00~17:00	リオン(株)会議室	会報編集委員会
13. 7. 25 13:00~17:00	B&Kジャパン2F. B会議室	計測・評価技術分科会、音響管計測WG-II

◇会員消息 (2013年 7月 1日現在)

○会員数		○退会者
法人会員	29 社	1 社
個人会員	51 人	1 人
学生会員	2 人	-

◇関連学協会等の行事案内

開催日	開催地・会場	名 称	主催団体及び内容
13. 7. 02	吉野石膏(株) 大会議室 (東京都港区)	平成25年度 音響基礎講習会	日本音響材料協会 http://www.onzai.or.jp/lecture/index.html
13. 7. 04-05	東京電業会館 地下ホール (東京都港区)	第49回夏季講座 日本の明るい未来を切り開く 「新概念・新テクノロジー」	日本ゴム協会 http://www.sri.j.or.jp/news/ite/pdf/event_13042001.pdf
13. 7. 10-12	東京海洋大学 品川キャンパス (東京都港区)	第23回環境工学総合シンポジウム	日本機械学会 http://www.jsme.or.jp/event/detail.php?id=2356
13. 7. 30-31	大阪科学技術センター 8F中ホール (大阪市西区)	第326回講習会 実務者のための騒音防止技術 (展示、簡易実習付き)	日本機械学会 http://www.jsme.or.jp/event/detail.php?id=2366
13. 7. 30-31	横浜国立大学 総合研究棟 6F (横浜市保土ヶ谷区)	講習会 構造解析のための有限要素法入門 —ひとり一台のパソコンによる演習付—	日本機械学会 http://www.jsme.or.jp/event/detail.php?id=2384

◇技術情報

会員外企業紹介

音響粒子速度プローブを用いた表面インピーダンス測定について

株式会社東陽テクニカ
営業第11部 鈴木 一広

音響粒子速度プローブを用いた測定の応用としてサンプルの表面インピーダンス測定があります。表面インピーダンス測定システムおよび反射率計算の概要をご紹介します。システムは球形スピーカと音圧/音響粒子速度センサを備えたPUプローブ、それらを保持する治具(図1)、PUプローブを駆動するシグナルコンディショナ、A/D変換器およびソフトウェアから

(次ページに続く)

構成されています。A/D変換器はノートPCのUSBバスパワーで駆動出来るため、バッテリー駆動可能なコンパクトなシステム構成となります。球形スピーカは手持ち支持のためのグリップ上にあり、ばね治具によりスピーカの振動がPUプローブに直接伝わらないよう考慮されています。球形スピーカ鉛直線上におけるインピーダンス計測は技術的な検討がされており、モノポールソースを用いたときの理論とほぼ同様のものになります。



図1. 表面インピーダンス計測用ハンドヘルド機器

サンプル表面近傍における表面インピーダンス (Z_{measure}) 測定はサンプルを反射率の高い平板上に置いたときに反射板を挟んでソースの反対側に鏡像 (ミラーソース) があることと等価とするミラーソース法を用いています。この手法では球面波を前提として計算がされておりますが、100Hz以上の周波数帯域では平面波を用いた反射率測定結果と変わりません。図2及び図3に示す測定構成にて、



図2. 表面インピーダンスの測定状況

自由音場において点音源からの距離 r における音圧と音響粒子速度は、下記で与えられます。

$$p(r) = i\rho ck \frac{Q}{4\pi r} e^{-ikr} ; u(r) = \frac{Q}{4\pi} \frac{ikr+1}{r^2} e^{-ikr}$$

ここで、

Q :モノポール音源の体積速度

k :波数 ($=\omega/c$)

ρ :流体密度 (空気を想定)

音源からPUプローブまでの距離は

h_s :点音源からサンプルまでの距離

h :プローブからサンプルまでの距離

とすると、 h_s-h となり、その位置における自由音場でのインピーダンス (Z_{ff} , free field) は

$$Z_{ff} = \frac{p(h_s-h)}{u(h_s-h)} = \frac{i\rho ck \frac{Q}{4\pi(h_s-h)} e^{-ik(h_s-h)}}{\frac{Q}{4\pi} \frac{ik(h_s-h)+1}{(h_s-h)^2} e^{-ik(h_s-h)}} = \frac{ik(h_s-h)}{ik(h_s-h)+1} \rho c$$

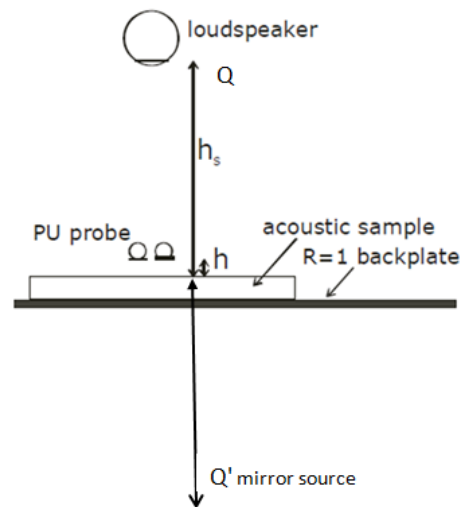


図3. 表面インピーダンスの測定イメージ

$$\begin{aligned} Z_{\text{measure}} &= \frac{p(h_s-h) + p(h_s+h)}{u(h_s-h) - u(h_s+h)} \\ &= \frac{i\rho ck \frac{Q}{4\pi(h_s-h)} e^{-ik(h_s-h)} + i\rho ck \frac{Q}{4\pi(h_s+h)} e^{-ik(h_s+h)} R}{\frac{Q}{4\pi} \frac{ik(h_s-h)+1}{(h_s-h)^2} e^{-ik(h_s-h)} - R \frac{Q}{4\pi} \frac{ik(h_s+h)+1}{(h_s+h)^2} e^{-ik(h_s+h)}} \\ &= \frac{\frac{e^{-ik(h_s-h)}}{(h_s-h)} + R \frac{e^{-ik(h_s+h)}}{(h_s+h)}}{\left(\frac{ik(h_s-h)+1}{ik(h_s-h)} \right) (h_s-h) - R \left(\frac{ik(h_s+h)+1}{ik(h_s+h)} \right) (h_s+h)} \rho c \end{aligned}$$

(次ページに続く)

サンプル表面インピーダンス Z_{measure} と自由音場インピーダンス Z_{ff} との比は

$$\frac{Z_{\text{measure}}}{Z_{\text{ff}}} = \frac{\frac{e^{-ik(h_s-h)}}{(h_s-h)} + R \frac{e^{-ik(h_s+h)}}{(h_s+h)}}{\frac{e^{-ik(h_s-h)}}{(h_s-h)} - R \left(\frac{ik(h_s-h)}{ik(h_s-h)+1} \right) \left(\frac{ik(h_s+h)+1}{ik(h_s+h)} \right) \frac{e^{-ik(h_s+h)}}{(h_s+h)}}$$

反射率 R は

$$R = \frac{\frac{Z_{\text{measure}}}{Z_{\text{ff}}} - 1}{\frac{Z_{\text{measure}}}{Z_{\text{ff}}} \left(\frac{h_s-h}{h_s+h} \right) \left(\frac{ik(h_s+h)+1}{ik(h_s-h)+1} \right) + 1} \frac{h_s+h}{h_s-h} e^{ik2h}$$

となります。

Z_{measure} 、 Z_{ff} の計測は連続して行われ、測定環境としてアナライザ設定（アンプゲイン、A/D 設定）と使われる PU プロブの感度、周波数特性が共通となります。そのため $Z_{\text{measure}}/Z_{\text{ff}}$ を求める段階においてこれらの影響がキャンセルされます。

システムとしては自由音場および表面インピーダンス双方の測定から始まり、反射率、吸音率が即座に求められるよう、上記に説明した内容がソフトウェアに実装されています。具体的な測定シーケンスは以下のとおりです。

1. 球面スピーカ放射面と Microflow[®] プロブを自由音場の中空に向けてキャリブレーション測定（音圧/音響粒子速度の伝達関数を取得）
2. 反射率が 1 に近い鉄板の上にサンプルを置いてサンプル表面インピーダンス測定（音圧/音響粒子速度の伝達関数を取得）
3. 吸音率、反射率計算ソフトウェアに定数（ソース-プロブ間距離、プロブ-サンプル間距離、音速）を入力し、計算処理、計算結果表示

以上の手順にて材料の現場における高精度な吸音率測定が可能となります。