

窓ガラスの音響透過損失に関する数値解析
—入射条件と解析周波数の設定について—

透過損失	数値解析	遮音
板ガラス	連成系	

正会員
同
同○ 江川 健一 *
大嶋 拓也 **
佐久間 哲哉 ***

1. はじめに

筆者らは音響振動連成解析による板の遮音性能解析を行ってきたが[1-3]、近年計算機性能の向上に伴って窓ガラスを対象としてコインシデンス周波数を含む高周波数域までの計算が可能となりつつある。本報では窓ガラスの1/3オクターブ帯域音響透過損失値を計算する際に問題となる音波入射条件及び解析周波数の設定について検討を行う。特に、板ガラスの寸法及び損失係数との関係、コインシデンス限界周波数との関係に着目して考察を行う。

2. 解析手法と解析対象

(1) 解析モデル 図1に示すように、無限大剛バフル中に固定支持された板材に単位振幅平面波が入射する3次元音響透過モデルを想定する(バフルの厚みは特に考慮しない)。平面波の入射角に関しては音場入射条件($0 \leq \theta \leq 78^\circ$)またはランダム入射条件($0 \leq \theta \leq 90^\circ$)において概ね均等に全方位を離散化し、各入射角における透過率の重み付き平均により透過損失値を算定する。詳細については文献[1]を参照。

(2) 解析手法 板振動系には薄板モデルに有限要素法を適用し、音響系には板の両面音圧差に関する積分方程式に境界要素法を適用する。両者を連成させて解くことにより板の振動速度分布を算出する。そして後処理により表面音圧を計算した上で、透過インテンシティを求める。最終的に、板全面からの放出される透過パワーを求め、各入射角における透過率を算出する。詳細については文献[2]を参照。

(3) 解析対象 解析対象は単層板ガラスとした。また、各物性値は密度 2500 kg/m^3 、ヤング率 $7.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 、ポアソン比 0.22 とした。寸法 y 方向長さ 0.9 m、板厚 10 mm を固定とし、x 方向長さ a 、損失係数 η を表1の通り変化させた。なお、コインシデンス限界周波は $f_c = 1160 \text{ Hz}$ である。

3. 結果と考察

(1) 入射条件に関する検討 図2に離散方位幅 2 水準($\Delta\theta_{ij} = 3, 6 \text{ [deg]}$)における音場入射およびランダム入射時における透過損失を示す($a = 0.9 \text{ m}$ 、 $\eta = 0.002$)。第一に、離散方位幅の影響は f_c 以上でもほとんど現れなかった。第二に、音場入射とランダム入射における透過損失の比較では、低周波数域において 2 dB 程度の系統的な差が生じているが、 f_c 以上では差が現れないことが

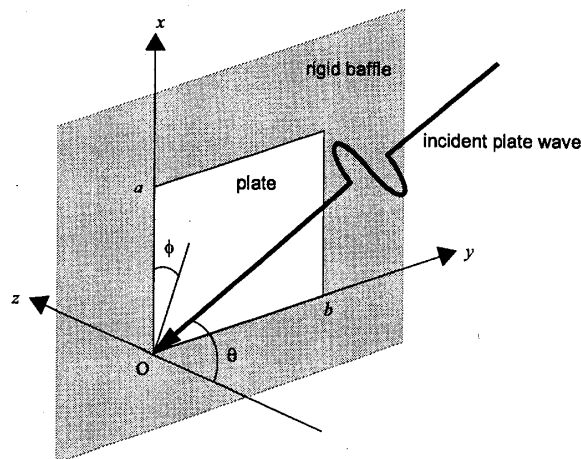


Fig. 1 Geometry of the 3D sound transmission model.

Table 1 Parametric properties of glass plates.

x-width $a = 0.9, 1.215 \text{ [m]}$; damping $\eta = 0.002, 0.06$

わかる。なお、以降の解析では $\Delta\theta_{ij} = 6 \text{ deg}$ としてランダム入射透過損失を算出する。

(2) 解析周波数に関する検討 1/3オクターブ帯域透過損失値を算出する場合の、解析周波数の離散化幅について検討する。文献[3]では定差幅の検討を行っていたが、ここでは定比幅を前提として、1/6, 1/12, 1/24, 1/48オクターブ帯域の中心周波数の解析結果から、1/3オクターブ帯域値を算出した。図3~6に表1の各条件の下での解析結果を示す。図4, 6に示すとおり、パテ支持程度を仮定した損失係数 0.06 の場合、板寸法によらず 1/12オクターブでほぼ収束することがわかる。これは板共振が抑制されるためと考えられる。一方、図3, 5に示すとおり、ガラス内部損失程度を仮定した損失係数が 0.002 の場合、特に f_c 以下では 1/48オクターブでも収束にいたらない場合がある。これは板共振に起因する透過損失の狭帯域なディップによる寄与が顕著となるためと考えられる。ただし、周波数が高くなるにつれて比較的早く収束する傾向が見られる。

4. まとめ

波動音響数値解析に基づく音響透過損失計算の際、平面波の入射角離散化幅については f_c 以上も含めて 6 deg で十分であることが確認された。また、音場入射条件で

はランダム入射条件に比べて f_c 以下において約 2 dB 値が大きくなることがわかった。解析周波数の離散化については、損失係数が周辺支持条件などである程度大きい場合には、1/12 オクターブ毎の解析により算出可能であった。しかしながら、周辺支持による損失が非常に小さい場合には、 f_c 以下では板共振による寄与が顕著となるため、1/48 オクターブ毎の解析でも不十分となる可能性が示唆された。

参考文献

- [1] 佐久間, 大嶋, AIJ 梗概集 D-I, pp. 109-110, (2001. 9).
- [2] 佐久間, 大嶋, 音講論集(秋), pp. 687-688, (2000. 9).
- [3] 大嶋, 佐久間, AIJ 梗概集 D-I, pp. 111-112, (2001. 9).

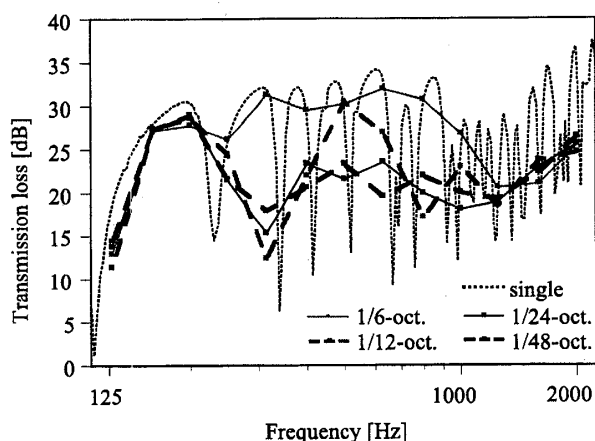


Fig. 3: 1/3-oct-band transmission loss calculated from the values at 1/6, 1/12, 1/24 and 1/48 oct-band center frequencies ($a = 0.9$, $\eta = 0.002$).

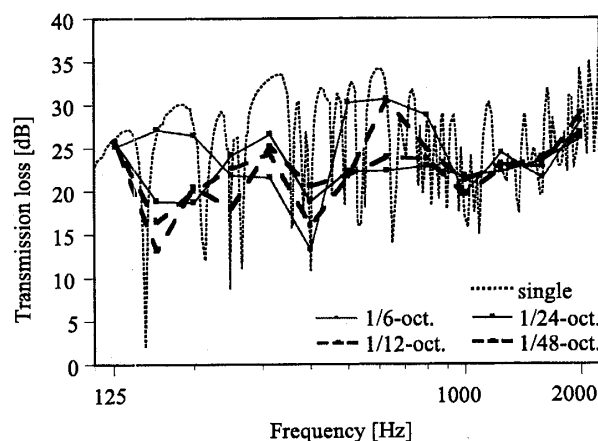


Fig. 5: 1/3-oct-band transmission loss calculated from the values at 1/6, 1/12, 1/24 and 1/48 oct-band center frequencies ($a = 1.215$, $\eta = 0.002$).

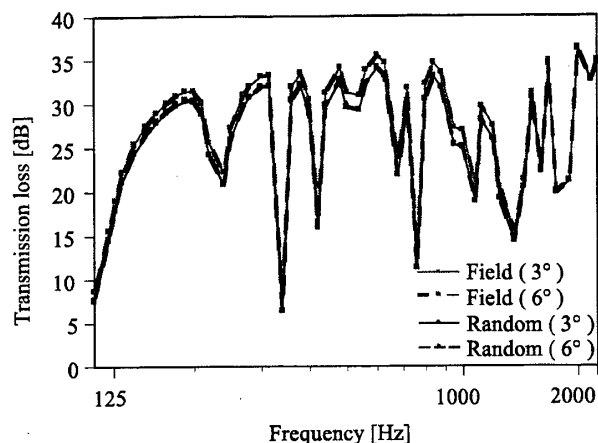


Fig. 2: Effect of the incidence angle step $\Delta\theta_{ij}$ to field / random incidence transmission loss ($a = 0.9$, $\eta = 0.002$).

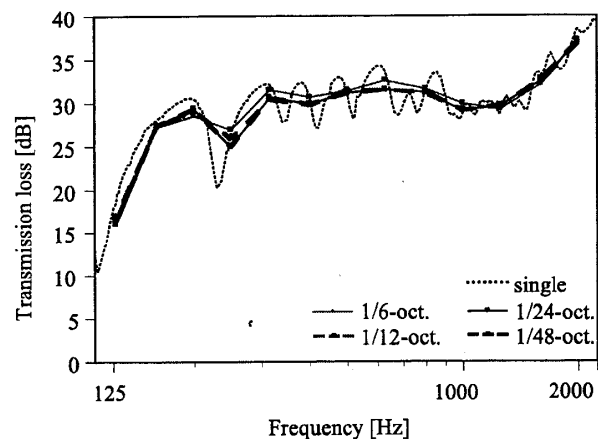


Fig. 4: 1/3-oct-band transmission loss calculated from the values at 1/6, 1/12, 1/24 and 1/48 oct-band center frequencies ($a = 0.9$, $\eta = 0.06$).

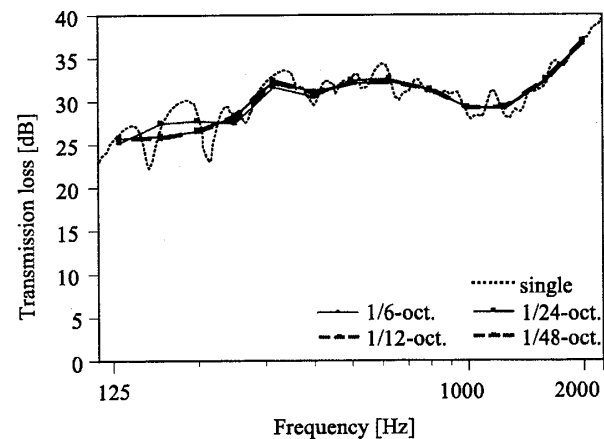


Fig. 6: 1/3-oct-band transmission loss calculated from the values at 1/6, 1/12, 1/24 and 1/48 oct-band center frequencies ($a = 1.215$, $\eta = 0.06$).

* 東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻 修士課程

** 新潟大学工学部 助教・博士 (環境学)

*** 東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻 准教授・博士 (工学)

*Dep. Socio-Cultural Env. Stud., Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo

** Assis. Prof., Fac. of Eng., Niigata Univ., Ph. D. Env. Stud.

*** Assoc. Prof., Dep. Socio-Cultural Env. Stud., Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo, Dr. Eng