

回折伝搬音に対する建築物窓面の遮音性能に関する  
実験的研究\*

広沢 邦一, 藤原 恭司 (九州芸工大), 山川 啓介 (四元音響)

1. はじめに

本研究は野外騒音に対する家屋の総合的な遮音性能を明らかにすることを最終的な目的とし、野外騒音の中でも特に航空機騒音に対する家屋壁面の遮音性能に焦点を当てている。今までに家屋壁面の遮音性能に関する研究は壁面の取扱い—単層壁か多層壁か、また無限大平板か有限大平板か—にかかわらずたくさん行われている。しかしこれらのほとんどのものが垂直入射や斜入射、または音場入射についてであり、後ろから回り込んでくる回折伝搬音に関するものは知る限りにおいて研究されていないのが実状である。そこで本研究は航空機騒音に対する回折伝搬音が支配的に入射する壁面について、その壁面の遮音性能を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 窓面の遮音性能評価法

家屋壁面や建具の垂直入射や斜入射に対する遮音性能の評価方法は JIS A-1520 や ISO 140-V, ISO/DIS 140-5 に規定されているが、本研究で扱うような回折伝搬音に対するものは規格上の規定や前例がほとんどなく、今回新たに検討を行った。JIS や ISO、さらに月岡らの方法<sup>[1]</sup>を参考にし、実験も含めた検討の結果、以下の透過損失の算出式を用いて窓面の遮音性能の評価を行うこととした。

$$TL_e = L_o - L_i + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \text{ [dB]} \quad (1)$$

ここに  $L_o$  は入射音圧レベル、 $L_i$  は室内音圧レベル、 $S$  は窓面の面積、 $A$  は室内総吸音力である。ただしここでの入射音圧レベルとは窓面前方 10cm (実寸で 1m) 点で測定点を 4 点とりそれらをパワー平均したものである。また室内音圧レベルとは  $3(H) \times 4(W) \times 4(D) = 48$  点の測定点を設け、得られた 48 点の音圧レベルをパワー平均したものである。

3. 実験による窓面の遮音性能の検討

3.1 実験概要

本研究における実験は縮尺 1/10 の模型実験として行った。測定対象となる家屋は、状況をなるべく単純にするため部屋が 1 つでその部屋には回折音が侵入できる唯一の伝搬経路が窓しかなく、他の壁面からの音の侵入を絶つため窓面以外の壁面は全て剛であるというものである。この状況を想定した模型室は厚さ 30mm のアルミ板で内寸 300mm(H) × 400mm(W) × 500mm(D) とした。その

模型室の一面に 150mm × 200mm の開口部を設け窓とし、窓には厚さ 1mm のアクリル板を用いた。

音源には 1/3 オクターブバンドのピンクノイズを用い、測定周波数は航空機騒音の周波数特性を考慮し 400Hz ~ 10kHz とした。また音源の位置は  $0^\circ$  から  $30^\circ$  毎に  $180^\circ$  までとした。ここで都合上図 1 に示すように、 $\theta = 0^\circ$  を垂直入射として  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  と  $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$  ( $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ) に分ける。この  $\theta$  と  $\phi$  に関して、とくに  $\phi$  を回折角と呼ぶ。

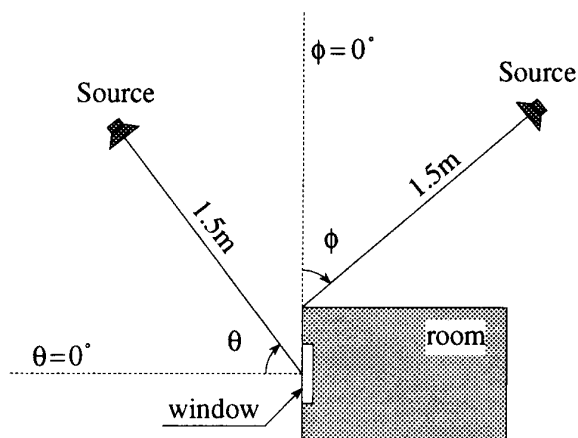


Fig. 1. 音源のとり角度

実験内容は各入射角に対する入射音圧レベルの測定と模型室内音圧レベル、模型室内残響時間の測定である。実験は自由音場と半自由音場の 2 種類の音場について行った。自由音場では入射音は窓面からの反射しか影響を受けるものはないが、実際の住宅は地面上に建っているため地面からの反射も入射音に少なからず影響を与えると思われる。そのため自由音場での実験は無響室で、半自由音場での実験は半無響室で剛な地面という仮定で行った。これらの測定から得られたデータから (1) 式を用いて透過損失相当値を算出した。ここで (1) 式によって算出された評価量は厳密には透過損失ではないため、本研究ではこの量を透過損失相当値 ( $TL_e$ ) と呼ぶ。

3.2 自由音場での窓面の遮音性能

まず (1) 式から算出された透過損失相当値を示す。図 2 は入射角  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  の場合を重ねてプロットしたもの、図 3 は回折角  $\theta = 90^\circ, \phi = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  の場合を重ねてプロットしたものである。

図 2 をみると  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$  における透過損失相当値はそれぞれの入射角に対する質量則に従って

\* A Experimental Study on Sound Insulation Efficiency of Building's Window for Diffracted Sound.

By Kunikazu Hirose and Kyoji Fujiwara (Kyushu Institute of Design)  
and Keisuke Yamakawa (Yotsumoto Acoustic Design Office Corp.)

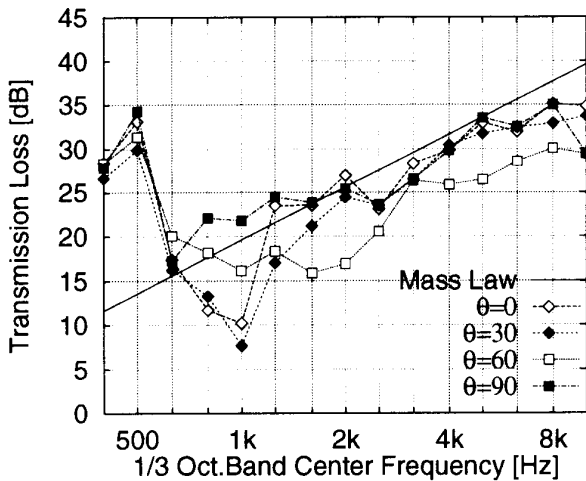


Fig. 2.  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  の場合の透過損失相当値

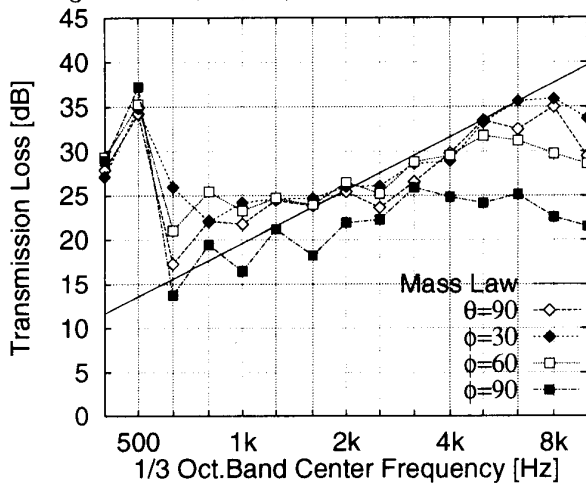


Fig. 3.  $\theta = 90^\circ, \phi = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  の場合の透過損失相当値

るといえる。一般に斜入射に対する質量則はかすめ入射 ( $\theta = 90^\circ$ ) の場合は取り扱わない。しかし入射角度が大きくなるに従って透過損失が下がってくるという質量則の傾向から、本研究でのかすめ入射時の透過損失相当値も  $\theta = 60^\circ$  の値より下がると思われたが逆に上がってしまっている。この結果は山川による数値解析<sup>[2]</sup>と異なる。山川の数値解析によるとかすめ入射時の透過損失が最も低い値を示す。山川の数値解析の結果と本実験で得られた結果の整合がとれていない原因については現在考慮中であり、かすめ入射時の透過損失相当値の振る舞いを実験的また理論的にも再考する必要がある。

図3をみると  $\theta = 90^\circ, \phi = 30^\circ, 60^\circ$  の場合では透過損失相当値がほぼ同じ値をとることがわかる。この現象はとくに  $800\text{Hz} \sim 5\text{kHz}$  のところで顕著に現れている。このことは山川の数値解析でも同じような結果が得られている。

次に各中心周波数に対する入射音圧レベルの角度特性を図4に示す。縦軸は自由音場内で音源から1m点での音圧レベルを基準とした相対音圧レベルである。図4からかすめ入射を境に入射音圧レベルが、回折角が大きくなるに従って、とくに高域になるほど減

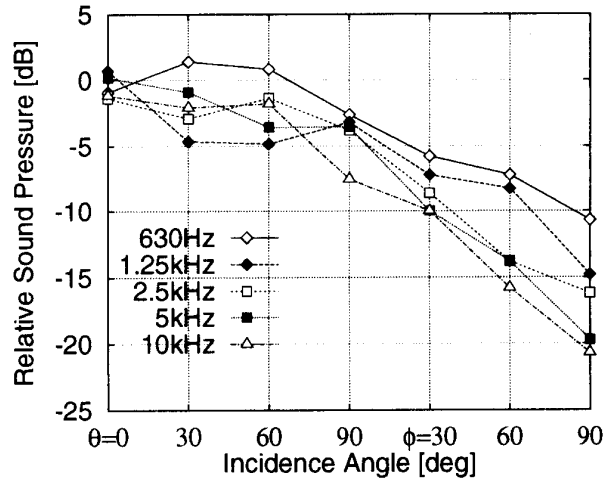


Fig. 4. 入射音圧レベルの角度特性

少していく様子がみてとれる。この現象は高域になるほど波長が短く幾何音響的な性質が支配的になり、入射音が入射点まで回折し到達することが難しくなるためと思われる。図3,4, またここでは掲載していないが室内音圧レベルの測定値から、回折角となる領域では回折角が大きくなれば入射音圧レベルは減少するが、窓面の遮音性能はかすめ入射時のものとほぼ同じであるため室内音圧レベルは入射音圧レベルに合わせて減少することがわかった。

図3において  $\phi = 90^\circ$  の透過損失相当値は他の回折角のものよりも低い値をとっている。この現象は山川の数値解析にはみられない。この現象を検討するため模型室の壁面の遮音性能を確かめる実験を行ったところ、音源が  $\phi = 90^\circ$  の位置にくる場合には窓面から透過してくるエネルギーと模型室の壁面、すなわちアルミ板を直接透過してくるエネルギーの差が数dBしかないことがわかった。従って今回の実験では  $\phi = 90^\circ$  での室内音圧レベルの測定が正しく行われていないことが明かとなった。なお、本報では紙面の都合上半自由音場での結果は割愛する。

#### 4. まとめ

本研究による実験結果から次のことが分かった。まず斜入射に対する窓面の透過損失相当値はほぼ質量則に従う。また回折角入射に対する窓面の透過損失相当値はほぼかすめ入射における値と同じ値をとる。

しかしかすめ入射時の透過損失相当値の振る舞いは数値計算結果と整合せず、今後実験的また理論的な両者の立場から検討しなければならない。また回折角が大きくなった場合、特に  $\phi = 90^\circ$  におけるSNが十分にとれないことも今後改良していくべき課題である。

#### 参考文献

- [1] 土屋, 木村, 井上, 月岡 「航空機騒音に対する家屋の総合的遮音性能の検討」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1992年8月
- [2] 山川, 広沢, 藤原 「回折伝搬音に対する建築物窓面の遮音性能に関する研究」 音講論, 平成9年9月