

## 有限大平板の透過損失と音響放射効率について

○山本 崇史      田中 秀典      澤田 裕之      榎本 俊夫  
 (工学院大学)    (日産自動車)    (日産自動車)    (日産自動車)

Transmission loss of finite rectangular plate and radiation efficiency

Takashi YAMAMOTO      Hidenori TANAKA      Hiroyuki SAWADA      Toshio ENOMOTO  
 (Kogakuin University)    (Nissan Motor Co., Ltd.)    (Nissan Motor Co., Ltd.)    (Nissan Motor Co., Ltd.)

有限大の矩形板の透過損失を理論的に求め、数値解析による結果と比較して検証した。その結果、全周支持、固定、自由のいずれの境界条件の場合でも、よく一致した。また、無限大一重壁の透過損失と比較し、矩形板の固有モードおよび音響放射効率の透過損失に対する影響を分析する。

Key words : 遮音, 透過損失, 音響放射効率, 理論解析

## 1 緒言

構造物の遮音性能の代表的な性能評価指標として透過損失がよく用いられている。構造物の構成要素である板は、構造物全体としての遮音性能確保を考える上で、寄与が大きく重要であることはよく知られている [1]。質量則は、無限大の大きさの板を仮定し、また板の剛性を無視して質量のみを考慮して導出される。この場合は 1 次元で取扱うことができ簡便のためよく用いられている。また、コインシデンス効果を表現する場合には剛性を考慮し無限大の板を伝播する曲げ波を含める必要がある。ガラスや壁体など十分な大きさがあり、かつ着目する周波数が高い場合、大きさを非常に大きいと考えられる。一般的に固有振動モードが励起されると透過損失は著しく低下することが知られている [7]。また、固有振動数は板の周辺の境界条件によって変化するためモデル化において表現しなければならない。

これまで、全周を単純支持された有限平板の透過損失は Roussos [8]、が検討している。Xin [9] が全周完全拘束の場合について検討しているが、支配方程式を満足しないモード関数を適用しているため厳密さに欠ける。また、別の代表的な境界条件である自由端の場合については著者の知りうる限りではあるが未だ検討されていない。一方、任意の境界条件を考慮することのできる有限要素法で透過損失を求めるこ

とも提案されているが、自由度が大きくなり、また計算すべき周波数の数も大きくなるため、計算資源が必要となることが多い。また、数値解からメカニズムを分析することも難しい場合が多い。

そこで、本論文では有限大の平板の透過損失を、支配方程式を満足するモード関数 [10] を用いて理論的に求める。なお、板の境界条件としては、自由、支持、完全拘束の 3 つを考慮する。以下、まず、第 2 章で有限大の平板の透過損失および境界条件に依存する項について理論的に求める。そして第 3 章で有限要素法における数値解と比較し、理論解の妥当性を検証し、無限大の板の透過損失と比較して異なる点とそのメカニズムについて考察する。最後に第 4 章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2 有限大の板の透過損失

大きさを  $a, b$  の有限サイズの弾性体パネルについて、質量密度を  $\rho_0^e$ 、板厚を  $h_0^e$ 、面外変位を  $u_z^e$  とし、入射波として角振動数  $\omega$ 、大きさ  $P_{inc}$ 、入射角  $\theta_i, \phi_i$  の平面音波  $2p_{inc}e^{-jk_x x}e^{-jk_y y} = f(x, y)$  を仮定すると、運動方程式は以下のように書くことができる。

$$\rho_0^e h_0^e \frac{\partial^2 u_z^e}{\partial t^2} + D_0 \left( \frac{\partial^4 u_z^e}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 u_z^e}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u_z^e}{\partial y^4} \right) = f(x, y)$$