

車両外部音場SEAモデルの精度向上手法に関する研究

日大生産工(院) ○高橋 亜佑美 日大生産工 見坐地 一人

1. はじめに

近年、自動車の走行時における振動騒音解析手法として、統計エネルギー解析手法(Statistical Energy Analysis : SEA)が注目されている。SEA法には、実車の図面や実車に取り付けられている防音材の音響特性(透過率, 吸音率)から理論的に作成する解析SEA法 (Analytical SEA : ASEA)と、解析SEA法により作成した解析SEAモデルと実車から測定したSEAパラメータ(エネルギー伝達率, 内部損失率, 結合損失率)を併用してモデル化するハイブリッドSEA法 (Hybrid SEA : HSEA)がある。解析SEAモデルは、実車を用いずに、開発初期段階(実車が存在しない段階)で容易に音響解析が出来る利便性があるが、解析精度に課題がある。これに対しハイブリッドSEA法は、解析SEAモデルの解析精度を、実車を用いて測定した実験値を用いることにより、解析精度を大幅に向上させることができる。しかし開発工数が増大してしまうことや、開発初期段階ではモデル作成が困難という課題がある。

また、SEAモデルは、車両モデルとFig.1のような車両外部音場モデルに分けられ、特に車両外部音場を正確に作成することは、パワープラントの放射音予測精度を向上する上で重要である。

そこで本論は、外部音場に着眼し、開発初期段階の解析SEAモデルにおける外部音場間の結合損失率 (Coupling Loss Factor : CLF)の精度向上手法を提案する。そして既存のHSEAモデルの結合損失率と比較することで、本手法の妥当性を検証する。

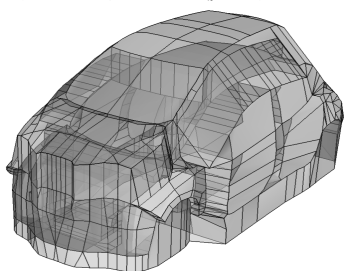


Fig.1 車両外部音場SEAモデル

2. 解析手法

2.1. 解析SEAモデルにおける結合損失率の求め方

ここでは一例として、Fig.2に示すようなエンジン室内上部音場とエンジン室内左側音場を用いて説明する。エンジン室内音場を音場 i 、エンジン室内左側音場を音場 j とする。

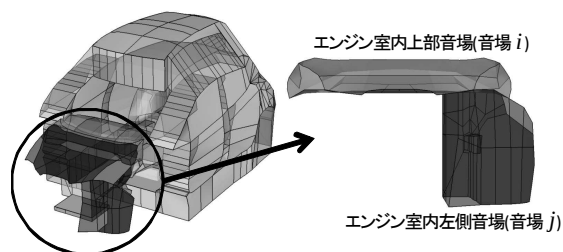


Fig.2 エンジン室内上部音場と
エンジン室内左側音場

音場間の結合損失率は、式(1)より求まる。

$$\eta_{ij} = \frac{Ac_0}{4\omega V_i} \tau_{ij} \quad (1)$$

ここで η_{ij} は音場 i から音場 j への結合損失率、 A は音場 i と音場 j の接触面積、 V_i 音場 i の体積、 ω は角振動数、 c_0 は空気中の音の速度、 τ_{ij} は音場 i から音場 j への透過率を示す。

我々はこれまで、音場 i と音場 j の間に隔壁がないため音場間の透過率 τ_{ij} を1としていた。

2.2. 解析SAEモデルの精度向上手法

解析SEAモデルの精度を向上するために、2つのステップで段階的に精度向上させる。第1段階として、音場間の共通体積に着目し、結合損失率の精度を向上させる。第2段階として、解析対象車(X車)と同一な車両カテゴリーに属している既存車種(A車, B車, C車, ...)のHSEAモデルにより作成したデータベースを用いることにより、さらに精度を向上させる。

Study on Methods for Improved Accuracy of External Acoustic Field SEA Model

Ayumi TAKAHASHI and Kazuhito MISAJI

2.2.1. 共通体積を用いた精度向上手法(ステップ1)

Fig.3に示すような音場*i*と音場*j*の共通体積 V_c を求める。

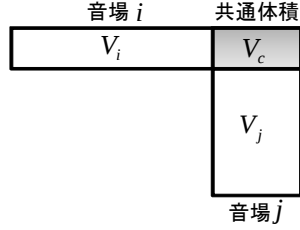


Fig.3 音場*i*と音場*j*の共通体積

外部音場の形状を考慮した各外部音場間の透過率 τ_{ij} を、共通体積と対象とする外部音場の体積比 V_c/V_i を変数とし、データベース上のHSEAモデルの結合損失率から求めた透過率を関数化することで得られた式を次式(2)に示す。

$$\tau_{ij} = \frac{\exp\left(\frac{V_c}{V_i}\right)^2 - 1}{\exp\left(\frac{V_c}{V_i}\right)^2} \quad (2)$$

求めた透過率 τ_{ij} 、 τ_{ji} を式(2)のように相乗平均する。

$$\tau' = \sqrt{\tau_{ij} \cdot \tau_{ji}} \quad (3)$$

式(3)から求めた τ' を用いて結合損失率 η'_{ij} を式(4)より求める。

$$\eta'_{ij} = \frac{Ac_0}{4\omega V_i} \tau' \quad (4)$$

以上が共通体積による精度向上手法である。

2.2.2. データベースを用いた精度向上手法(ステップ2)

ここでは、解析対象車(X車)と同一な車両カテゴリーに属している車種のHSEAモデルを複数所有している場合に、解析SEAモデルの更なる精度向上を行う。

解析対象車と同一な車両カテゴリーに属している車種(A車)のHSEAモデルの外部音場間の結合損失率 $\eta_{ij(A)}^{HSEA}$ と2.2.1.で求めたA車の結合損失率 $\eta'_{ij(A)}$ の補正係数を式(5)より求める。

$$\beta_{ij(A)} = \frac{\eta_{ij(A)}^{HSEA}}{\eta'_{ij(A)}} \quad (5)$$

同様の方法で、同カテゴリーの別車種(B車, C車, ...)においても式(5)を用いて補正係数 $\beta_{ij(B)}$ 、 $\beta_{ij(C)}$ 、...を求める。そして、各補正係数を平均化する。平均化した補正係数を $\beta_{ij(AVE)}$ とする。これがデータベース化である。

2.2.1.で求めた解析対象車(X車)の結合損失率を $\eta'_{ij(X)}$ とすると、補正係数 $\beta_{ij(AVE)}$ を用いることで、新たな結合損失率 $\eta_{ij(X)}^{New}$ を式(6)より求めることができる。

$$\eta_{ij(X)}^{New} = \eta'_{ij(X)} \cdot \beta_{ij(AVE)} \quad (6)$$

これにより、解析対象車のHSEAモデルが存在しなくても、既存のHSEAモデルをデータベース化し、用いることで、解析SEAモデルの精度向上が可能となる。

3. 精度検証

2.2.で提案した解析SEAモデルの精度向上手法の妥当性を検証するために、HSEAモデルと解析SEAモデル、改良型解析SEAモデル(Step1, Step2)における外部音場間の結合損失率を比較する。エンジン室内上部音場からエンジン室内左側音場への結合損失率をFig.4に示す。これらの結果から改良型解析SEAモデル(Step1)は、従来の解析SEAモデルに比べ、HSEAモデルに近い値になることが確認できた。また改良型解析SEAモデル(Step2)は、HSEAモデルに更に近い値になることが分かった。

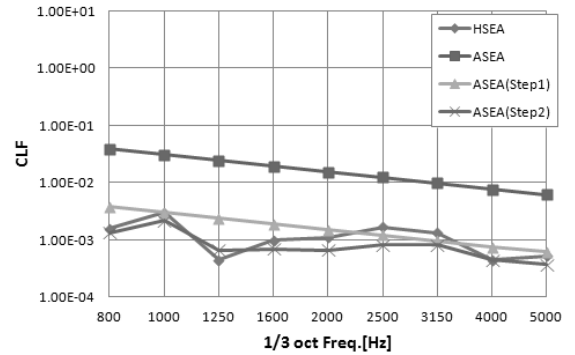


Fig.4 エンジン室内上部音場からエンジン室内左側音場への結合損失率

4. 結論

本論は、開発初期段階における外部音場の解析SEAモデル精度向上手法を提案し、手法の妥当性を検証した。その結果以下のことが明らかとなった。

1. 外部音場間の共通体積を考慮した透過率を求める精度向上手法は、従来の解析SEAモデルと比べ、精度の高い外部音場モデルを作成することが可能となった。
2. 解析対象車と同一カテゴリーに属する車種のHSEAモデルのデータベースを用いることで、HSEAモデルに近い精度での外部音場モデルを作成することが可能となった。

今後は、外部音場モデルだけでなく、車両モデルの精度向上にも取り組んでいきたい。

参考文献

- (1) Misaji, K., et al.: Hybrid SEA Modeling Scheme for Analysis of High frequency Noise in Passenger Cars, Review of Automotive Engineering JSAE, Vol. 26, No. 1, P.3~8, JSAE20054023, (2005)
- (2) 見坐地一人, 橋上聡, 古株慎一, 高橋亜佑美: 車両外部音場を表現するための解析手法の開発, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.114-10, P.11~16, 20105796, (2010)