

報 告

エンジンカバーの防音性能解析

榊原 康雄^{*1} , 広瀬 吉一^{*1} , 小笠原 豊^{*2}

Acoustic Analysis of Engine Covers as Sound Insulators

Yasuo Sakakibara^{*1} , Yoshikazu Hirose^{*1} , Yutaka Ogasawara^{*2}

要 旨

近年、車両の静粛性向上のため、エンジン騒音低減のための防音部材のニーズが高まっている。

エンジンカバーはエンジン上部を覆うことから防音部材として用いられつつある。しかし周波数帯によっては共鳴または共振が原因で騒音レベルが増大する場合があります、騒音低減のためにはエンジンカバー周辺における音の解析が重要になってくる。

今回、直列4気筒エンジンを用い、エンジンカバー装着によるエンジン上部の音の変化について解析を行った。まずエンジン騒音のレベルが高い周波数帯を抽出し、その周波数帯でのエンジンカバー周辺における音圧分布測定を行った。その結果、エンジンカバーとインマニの間の空間で共鳴が生じていることが判明した。共鳴を打ち消すため、エンジンカバーにスリット開口部を設け、通気性吸音材との組合せにより高周波の騒音レベルの悪化を招くことなく低周波の共鳴音を低減する検討を行った。開口面積および吸音材種と使用量の最適化の結果、500Hzの騒音レベルを約3dB低減し、その他の周波数帯のレベルを維持することが出来た。

Abstract

Sound characteristics are investigated for an engine cover that is used as a sound insulator.

Engine cover has a function of reducing engine noise by covering upper part of the engine. But engine noise can be louder if the design of engine cover is not appropriate. It is because an engine cover would cause resonant vibration itself or in the space surrounded by engine and engine cover.

In this study, we made frequency analysis of actual engine noise and extracted which frequency of noise is to be reduced. At that frequency, contour maps of sound pressure level are made around the top of engine with and without engine cover. The pattern told us that resonance noise appears in the space between the engine cover and intake manifold. So we made a slit opening on the body of the cover not to appear the resonance noise. By the combination of appropriate sound absorber, we obtained sound reduction of approximately 3dB at 500Hz and even at other frequency.

*1 開発部 開発室

*2 機能部品事業部 機能部品技術部 P・V部品技術室

1. はじめに

近年、車両の騒音規制対応、および車室内の静粛性向上のため、エンジンの防音部材に対するニーズが高まっている。

エンジンカバーはエンジンルーム内の意匠性向上のために採用が始まったものであるが、防音部材としての機能があるため採用車種が増加しつつある。更に優れた防音特性を得るためには、エンジンカバーの防音部材としての特性解析および最適設計が必要となる。

今回、直列4気筒エンジンを用い、エンジンカバーの防音状態を把握し、さらに騒音低減するための方法について検討を行った。

2. エンジンカバーの防音機能

一般的に、防音部材が防音特性に影響を与える要因としては以下のものがある。

防音範囲

エンジンは点音源ではなく様々な音源の集合体であるため、防音部材の設定範囲が狭い場合、その防音効果は防音されていない部位の音によって制約される。このため、出来るだけ広範囲に音源を覆うのが望ましい。

音の透過

音の透過は防音部材より音源側の音が防音部材を振動させ、音源と反対側に再放射されることにより生じる。そのレベルを下げるためには、防音部材表面の振動低減が必要である。

振動低減の方法には重量増と面剛性向上があるが、軽量化ニーズのため一般にはリブ立てによる面剛性向上で対応する。

辺縁部からの音漏れ

防音部材による音の透過や吸収が無く全反射される場合、音源からの音は音源と防音部材の間の空間に留まる。音源が防音部材によって完全に囲まれず隙間がある場合、音は隙間から放射されて防音効果を損なう。音源と防音部材の間の空間で共鳴が生じている場合は、かえって騒音レベルが上昇する可能性もある。

防音部材としてエンジンカバーを見た場合、ワイヤーハーネスやホースの存在、また組付性、メンテナンス性の関係から完全に隙間なく音源を囲

うのは困難である。この場合、吸音材等を使用して音源とエンジンカバーの間の音圧を低減する必要がある。

3. エンジンカバーの防音性能解析

今回の検討では、まずエンジン騒音の周波数特性から特に寄与度の高い周波数を抽出し、その周波数におけるエンジンカバー周辺の音圧分布を測定し、主な騒音発生部位の特定を行った。次にその分布状況から騒音発生の原因を推定し、騒音を低減する方策の検討を行った。

なお、エンジンカバーの防音範囲は意匠および組付け性の関係で制約を受けるため、今回は号口エンジンカバーの防音範囲に限定して検討を行った。

3 - 1. 試験法

図1にエンジンベンチにおける騒音測定を示す。エンジンは無響室内に設置され、ダイナモにより無負荷～全負荷での運転を行うことができる。

エンジンカバーはエンジン上部のシリンダヘッドカバーを覆うように設置される。防音効果は主として上方向に現れるため、騒音計測はエンジンカバー上方1mの位置にて行った。別途エンジンカバー近傍での音圧分布測定を行っているが、それについては3 - 3章にて述べる。

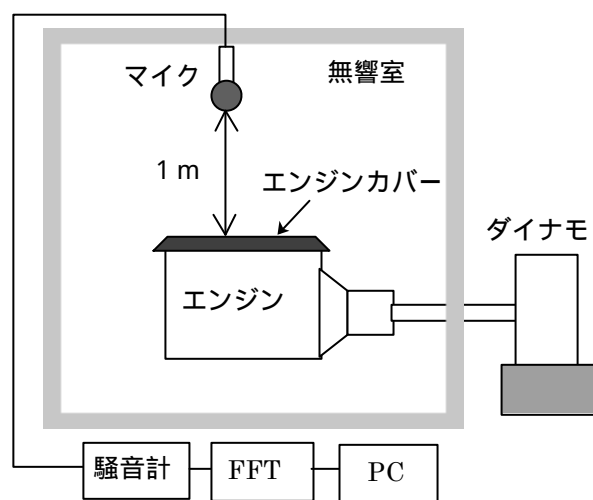


図1 エンジンベンチ試験

3 - 2. エンジン騒音の周波数特性

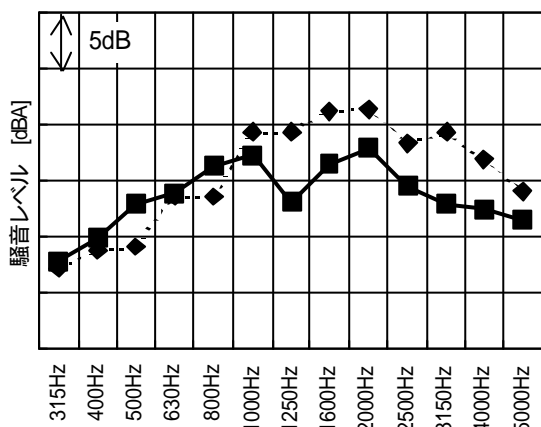
図2にエンジン騒音の周波数特性を示す。エンジンの運転はアイドリング状態（無負荷700rpm）のほか、全負荷1000～6400rpmのスweepで実施

しているが、エンジンカバーの効果（非装着／装着の差）は回転数によらず概ね一定であったため、本報では騒音レベルが最大になる全負荷6000rpm、および無負荷700rpm時の騒音データのみ示す。

全負荷6000rpmにおいて、2000Hzが騒音レベル最大となり、これがエンジンカバー装着により約3dB低減される。一方、800Hz以下ではエンジンカバー装着により騒音レベルが増大しており、特に無負荷700rpmにて500Hzの騒音増大が著しい。

全周波数域（オーバーオール）での騒音レベルを低減するためにはこれらピーク周波数における騒音低減が重要である。故に500Hzおよび2000Hzを中心に解析を進めるものとした。

(1)全負荷6000rpm



(2)無負荷700rpm

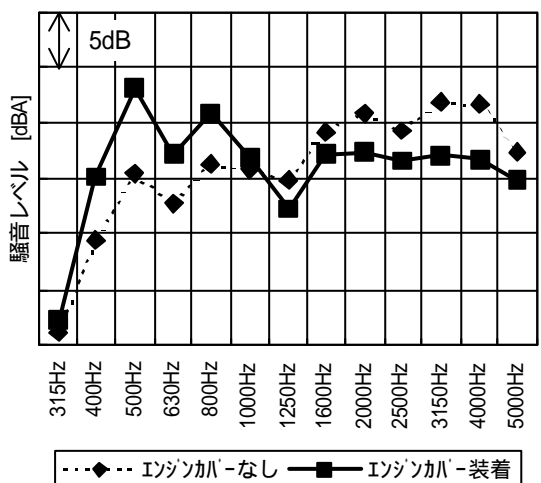


図2 エンジン上1mの騒音レベル

3 - 3 . エンジンカバー装着部の音圧分布測定

防音範囲における音の透過状態、および辺縁部からの音漏れ状態把握のため、エンジンカバー装着部の音圧分布測定を行った。

図3に示すように、エンジンカバー上部および周辺部につき格子点を設定し、各点についてエンジンカバー近傍の騒音レベルを測定した。エンジンカバーからの音の透過が大きい場合はエンジンカバー上部に、辺縁部からの音漏れが大きい場合はその部分に騒音レベルのピークが見られることから、対策すべき位置の特定が可能になる。

各点の騒音レベルをカラーマップ化したものを図4に示す。

500Hzにおいて、エンジンカバー装着により特にインマニ開口部付近(A)の騒音レベルが著しく増大している。騒音レベルが増大するのは共振または共鳴が発生している場合であるが、図4の音圧分布図から、インマニとエンジンカバーの間で空間共鳴が発生していると推測される。

一方、2000Hzでは、エンジンカバーなしで特に騒音レベルの高い領域(B)がエンジンカバー装着により低騒音となっている。インマニ開口部およびオイルキャップ付近はエンジンカバーの有無で騒音レベルに変化は見られない。

故にエンジンカバー本体による遮音効果は十分であり、インマニ付近の騒音低減が課題であることがわかる。但し、インマニ周辺はその構造上完全閉塞は不可能であるため、インマニとエンジンカバーの間の共鳴音低減が課題となってくる。

4 . 騒音低減検討

ここでは、騒音低減に関するパラメータと騒音レベルの関係を把握し、その関係より騒音低減エンジンカバーの開発を行った。

4 - 1 . 騒音低減の考え方

共鳴音低減の方法としては、共鳴が生じる空間に発泡体等を充填する方法と、外壁に通気性素材を用いて共鳴を逃がす方法がある。後者の方法は前者の方法に比べて軽量・低コストになる。

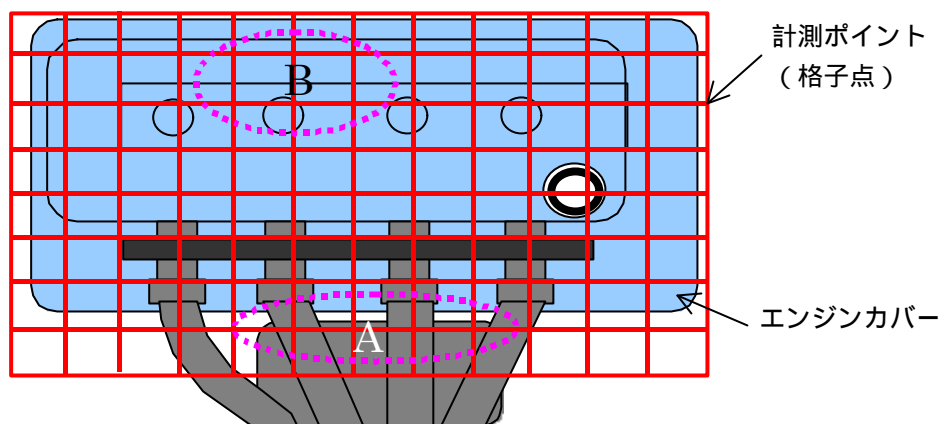


図3 エンジンカバー(水色)と騒音計測点(赤格子点)の関係

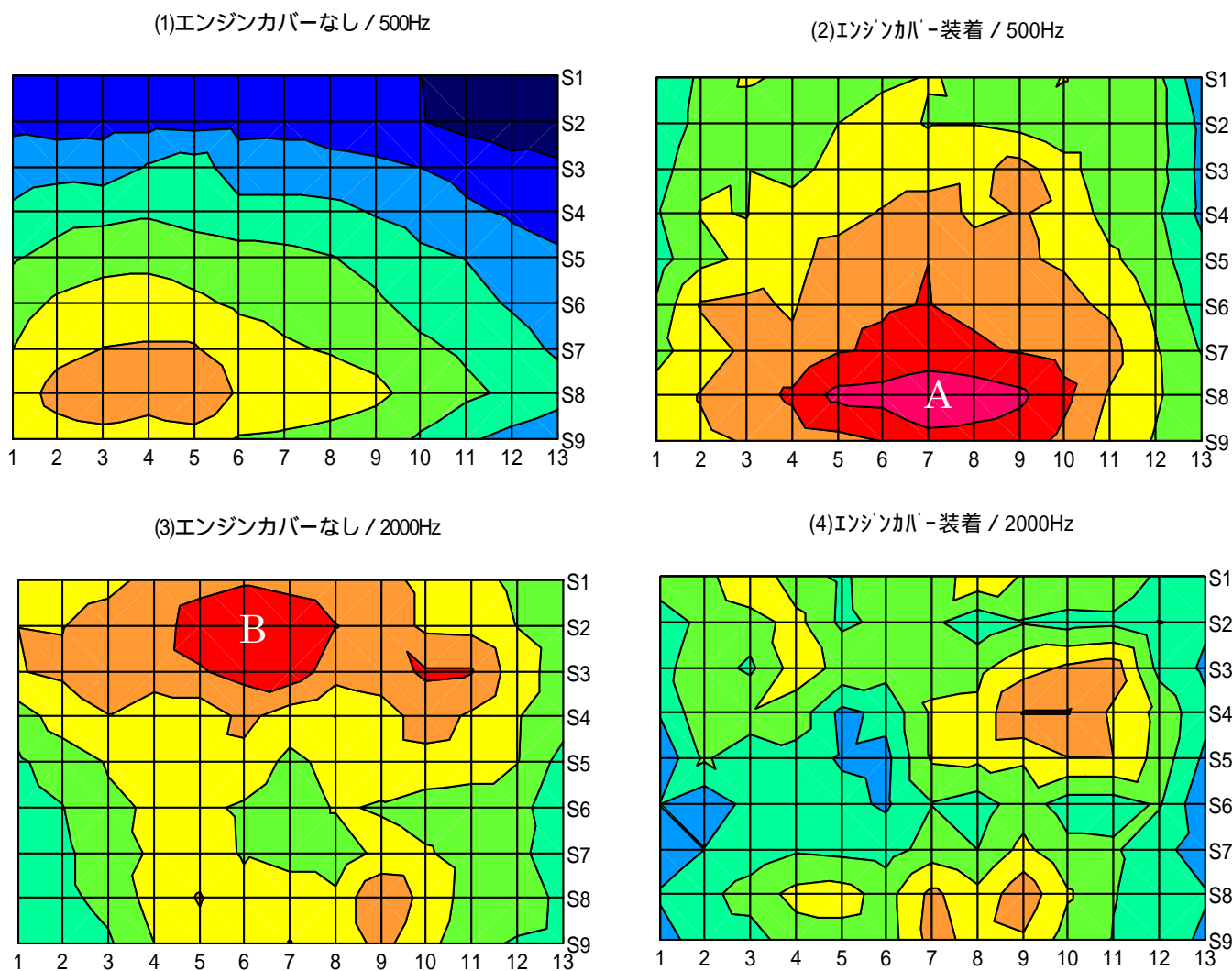


図4 音圧分布図

故に、エンジンカバーにスリット状の開口部を設けて共鳴を逃がす方法の検討を行うものとした。この場合、高周波域の音漏れ増大が懸念されるが、通気性吸音材の適用により低減できると思われる。

今回は2000Hzの騒音レベルを維持しつつ500Hzの騒音レベルを3dB低減することを目標とした。

4 - 2 . 騒音低減パラメータ

スリット開口と吸音材を組み合わせたエンジンカバーにおいて、騒音低減効果に影響を与える因子としては以下のものがある。

- 1) スリット開口率
- 2) 吸音材の材質
- 3) 吸音材の使用面積

それぞれの因子について、騒音レベルに与える影響を調べた。

1) スリット開口率

インマニ上部にあたるエンジンカバー本体にスリット状の開口部を設定し、エンジンカバーの遮音面積全体に対する開口部の比率と騒音レベルの関係を求めた結果を図5に示す。開口部設定により500Hzの騒音レベルは急激に下がるが、ある開口面積以上ではレベル低減効果は小さくなる。一方、2000Hzは開口面積が大きくなると徐々に騒音レベルが大きくなる。故に開口面積は低周波域の騒音低減効果が得られる最小限度に設定するのが望ましい。

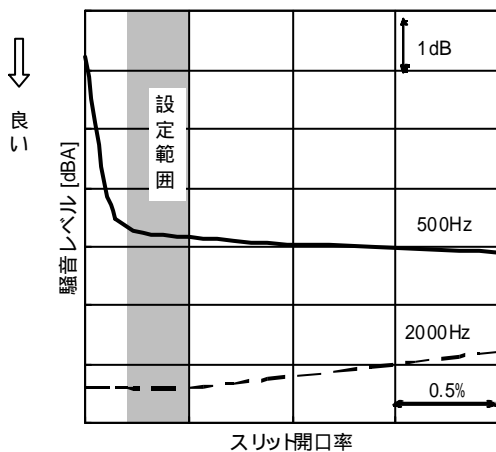


図5 スリット開口率と騒音レベル

2) 吸音材の材質

図6に吸音材種と騒音レベルの関係を示す。吸音材を使用しない場合、開口部設定により低周波域の騒音レベルは下がるが、高周波域の騒音が開口部を通過して防音性能を損なう。一方、通気性の無い吸音材(独泡ポリウレタン等)を用いた場合、開口部設定による低周波騒音低減効果が見られなくなる。故に通気性のある吸音材(不織布等)を用いることが重要である。この場合、高周波の騒音レベルを維持しつつ、低周波域の騒音レベルを低減することができる。

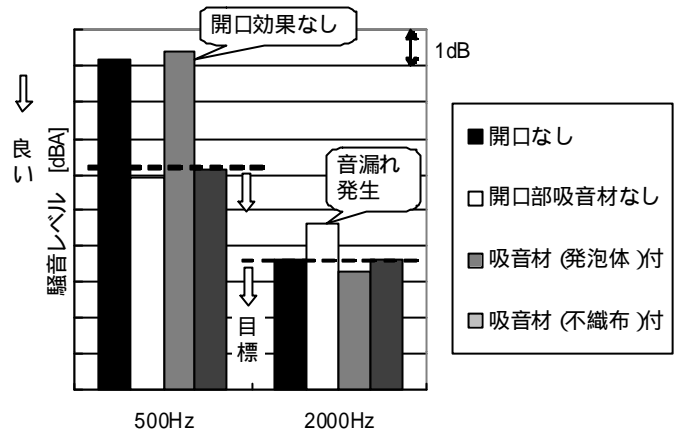


図6 吸音材種と騒音レベル

3) 吸音材面積

図7に吸音材面積と騒音レベルの関係を示す。高周波域の音漏れ低減のため、吸音材はある一定量は必要であるが、それ以上使用しても騒音低減効果は生じない。故に、低コスト化のためこの量に設定するのが望ましい。

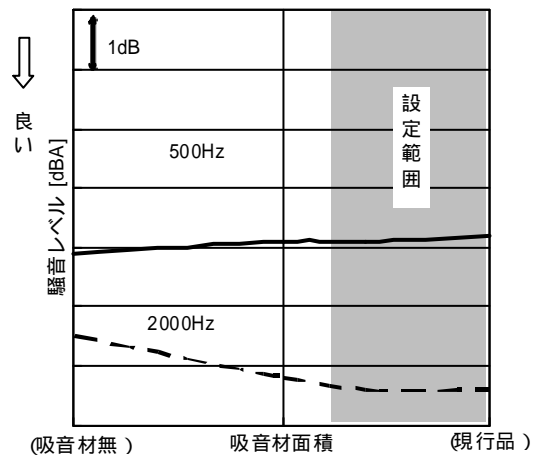


図7 吸音材面積と騒音レベル

4 - 3 . 開発品の特徴と防音特性

上記の結果をもとに、騒音低減エンジンカバーの開発検討を行った。

今回試作した開発品の特徴を図8に示す。号口エンジンカバーの形状を利用し、デザインに支障がないようスリット状の開口部を設け、その開口率は図5の設定範囲の中央値とした。更に、その裏側部分に不織布吸音材を設置し、共鳴音の吸音およびスリット開口部からの音漏れ低減の機能を持たせた。吸音材の使用面積は図7の設定範囲の下限とした。

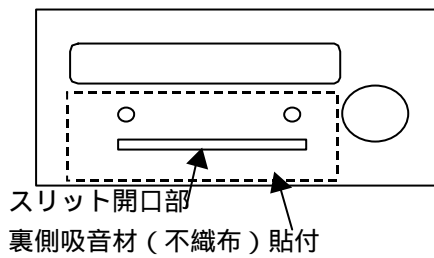


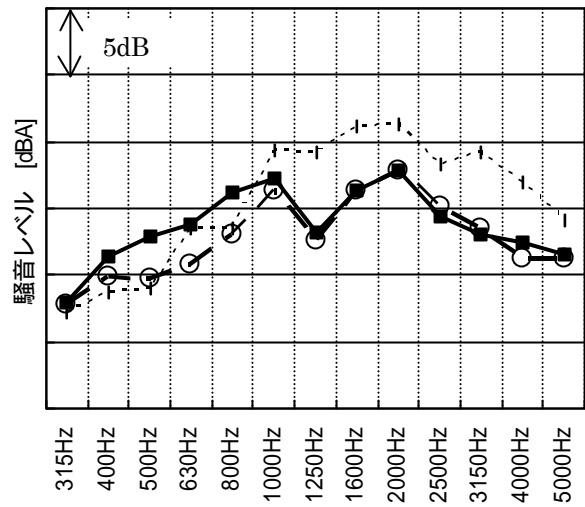
図8 エンジンカバー開発品 (上視図)

エンジンに装着した状態での騒音測定結果を図9に示す。高周波領域の騒音低減効果を維持しながら500Hzにおいて3dBの騒音低減を達成している。

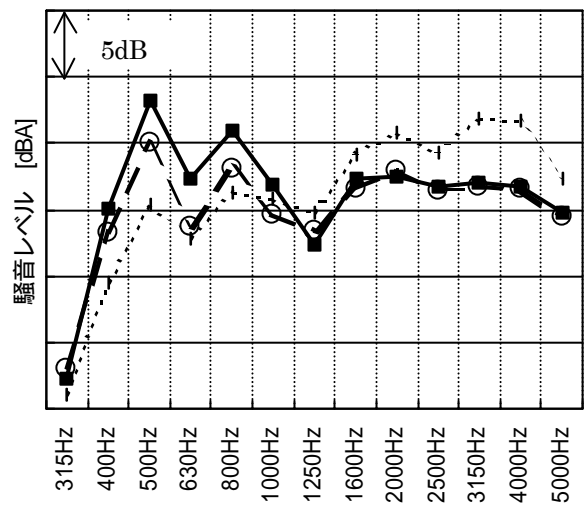
7.まとめ

音圧分布測定、およびその結果のカラーマップ化により、共鳴音の発生を推定することが出来た。そして、共鳴対策としてスリット開口および通気性吸音材の適用により、500Hzの騒音レベルを約3dB低減することが出来た。

(1)全負荷6000rpm



(2)無負荷700rpm



---+--- エンジンカバーなし —■— 号口品 —○— 開発品

図9 開発品の騒音低減効果