342 低周波音源への騒音源同定法の適用に関する検討

A study about Application of Sound localization methods for Low frequency sound sources

○正 長松 昌男(北海道工大)

Masao NAGAMATSU, Hokkaido Institute of Technology, 15-4-1, Maeda-7-jou, Teine, Sapporo, Hokkaido

To identify the phenomenon of sound radiation from machines, there are some types of sound localization methods. These localization methods are researched and used mainly for middle frequency which is sensitive for human audition. However, recently the low frequency noise actuated by mechanical vibration is focusd. Since localization methods are developed for middle frequency, and theory of localization methods depends on wave phase of radiating sound, sound localization of low frequency sound is generally thought difficult. In this paper, the experiments of sound localization of low frequency sound field are performed.

A1. はじめに

機械よりの騒音放射状況を把握するための方法として、いくつかの騒音源位置同定法がある。これらの方法は従来、主に人間の聴覚に敏感な 1kHz 近辺の中周波数帯の騒音の測定に対し、研究、実用化が行われてきた。しかし近年、機械の静粛化が進みこれらの騒音が低減してきた結果、エンジン回転などの機械の本来の機能に由来する、100Hz 以下の比較的 low 周波の騒音の問題が顕在化してきている。本研究では各種騒音源探索手法により実際に 100Hz 以下の音波に対する計測実験を行い、その効果を比較した。

A2. 実験方法

本研究では、主な騒音源探索手法である音響インテンシティ法、音響ホログラフィ法、近距離音響ホログラフィ法および、当研究室で開発された音響二重ホログラフィ法(増幅率 50 倍)により、スピーカー音源を計測し、その精度を検証した。スピーカー音源周波数は 100Hz、50Hz、20Hz とし、計測距離 7cm で計測を行った。実験環境は通常の部屋の壁にグラスウール板を貼り付けた、簡易防反射環境で行った。

A3. 実験結果

ここでは代表例として、スピーカー音源 100Hz(単音源)の場合の結果について図 A1 に示す。

音響インテンシティ法による結果は音源位置を正確に表してい

る。これに対し音響ホログラフィ法による結果は全体的にぼやけて音源の位置がわからないので、いい結果とは言い難い。また近距離音響ホログラフィ法による結果は音響ホログラフィ法の結果よりは良好ではあるが、まだ音源が特定できていないとは言い難い。最後に音響二重ホログラフィ法の結果では音源がはっきりと特定できる結果となっている。

A4. まとめ

ここでは4種類の騒音源探索法について、低周波音波に対する精度の比較を行った。ここでは示さなかったが、音響インテンシティ法は、音源が複数になると精度が劣化することがわかった。残りの3手法の間では、音響二重ホログラフィ法が最も同定精度が良く、実用に近いことがわかった。

(a)Acoustic Intensity

(b)Acoustic Holography

(c)Nearfield Acoustic Holography

(d)Acoustic Double Holography

Fig.A1 Experimental Results

1. はじめに

機械よりの騒音放射状況を把握するための方法として、いくつかの騒音源位置同定法がある。これらの方法は現在まで、主に人間の聴覚に敏感な 1kHz 近辺の中周波数帯の騒音の測定に対し、研究、実用化が行われてきた。しかし近年、機械の静粛化が進みこれらの騒音が低減してきた結果、エンジン回転などの機械の本来の機能に由来する、100Hz 以下の比較的低周波の騒音の問題が顕在化してきている。特に自動車産業などの分野では、構造的な共振が振動解析手法の発達などにより抑えられた結果、エンジン回転や路面よりの振動入力など、共振現象ではない、自動車本来の機能に由来する振動が問題となってきた。これらの振動は、構造の共振による高周波の騒音と比較して、周波数が低いという特徴を持っている。

一方音源位置探索手法は、形は違うものの音波の位相情報を利用しており、音波の波長が長い低周波の音波では、計測により十分な位相差情報が得られず、その精度に問題が発生する場合がある。このために本研究では各種騒音源探索手法により実際に 100Hz 以下の音波に対する計測実験を行い、その効果を比較した。

2. 実験方法

本研究では、広く普及している音響インテンシティ法(AI 法)、原理的にマイクアレーと同じである音響ホログラフィ法(AH 法)、近距離音響ホログラフィ法(NAH 法)および、当研究室で開発された音響二重ホログラフィ法(ADH 法)の4つの騒音源探索手法による計測実験を行った。当研究室で過去に開発された音響二重ホログラフィ法は、計測面を二重に取り、その間の位相差を増幅する方法である。このためにわずかな位相差を有効に利用できるであろうことが推測される。本研究では位相情報を十分に増幅するために増幅率を、1kHz 音波計測時の適正值 2 倍と比較して、かなり大きな増幅率である 50 倍に設定して解析を行った。

実験の音源には1つもしくは2つのスピーカー音源を用いた。スピーカー音源周波数は 100Hz、50Hz、20Hz とし、計測面大きさ 1m×1m、計測距離 7cm で計測を行った。実験環境は通常の部屋の壁にグラスウール板を貼り付けた、簡易防反射環境で行った。

3. 実験結果

3. 1 単音源 100Hz での実験結果

スピーカー音源 100Hz(単音源)の場合の結果について図 1 に示す。

音響インテンシティ法による結果は音源位置を正確に表している。これに対し音響ホログラフィ法による結果は全体的にぼやけて音源の位置がわからないので、いい結果とは言い難い。また近距離音響ホログラフィ法による結果は音響ホログラフィ法の結果よりは良好ではあるが、まだ音源が特定できていないとは言い難い。最後に音響二重ホログラフィ法の結果では音源がはっきりと特定できる結果となっている。

(a) AI method

(b) AH method

(c) NAH method

(d) ADH method

(b) AH method

Fig.1 Experimental Results at 100Hz

3. 2 単音源 20Hz での実験結果

スピーカー音源 20Hz(単音源)の場合の結果について図 2 に示す。

音響インテンシティ法による結果は、音源位置を正確に表している。これに対し音響ホログラフィ法による結果は、一応音源位置はわかるものの、全体的にぼやけた結果となっている。近距離音響ホログラフィ法による結果と音響二重ホログラフィ法による結果は、音源像は大きいものの、音源位置はだいたい特定できるものとなっている。これらの結果より、低周波ではたとえ近距離で計測できたとしても、マイクアレー法と同等の方法である音響ホログラフィ法の精度は他の手法と比較して劣るものと思われる。

(c) NAH method

(a) AI method

(d) ADH method

Fig.2 Experimental Results at 20Hz

3. 3 同相2音源 50Hz での実験結果

2つのスピーカー音源より同相の 50Hz 音波を放射した場合の結果について図 3 に示す。

(a) AI method

(b) AH method

(c) NAH method

(d) ADH method

Fig.2 Experimental Results at 20Hz

音響インテンシティ法による結果は、2つの音源を1つと見なしてしまっている。また他の従来法である音響ホログラフィ法、近距離音響ホログラフィ法においても同様に、2つの音源を分離できていない。通常音源位置探査手法の分解能は波長比で語られることが多く、また音波の波長が 1kHz では約 34cm であるのに対し、この実験で計測している 50Hz では約 7m であるので、分解できないのはしかたがないとの見方もできる。しかし、これに対し音響二重ホログラフィ法による結果では音源が2つ存在するのがかろうじてわかる。これは、二重に取った計測面の位相差を増幅した結果であろうと思われる。

4. まとめ

ここでは4種類の騒音源探査法について、低周波音波に対する精度の比較を行った。

比較した4種類のうちで最も精度が劣ったものは、マイクロホンアレー手法と同じ原理を用いた音響ホログラフィ法であった。このため、低周波に音響ホログラフィ法、またはマイクロホンアレーを用いるのはあまり良くないと思われる。これに対し、全体において良好な結果を示したのは、音響二重ホログラフィ法であり、低周波音波の計測ではこの方法の増幅率を極端に上げて使用することがよいことがわかった。

文献

- (1)中野光雄、鈴木浩平、長松昌男、吉村卓也、音響二重ホログラフィ法による音源探査に関する研究、機論C編 pp2107-2111, (1993)