

平板上の複数スピーカーによる音圧分布の予測と実験

Prediction and experiment of sound pressure distribution from multiple speakers arranged on a flat plate

○学 岡田 浩暢 (日大工) 横堀 雄貴 (研究生)
成川 将充 (日大工) 正 長尾 光雄 (日大工)

Hironobu OKADA, College of Engineering Nihon University, Tamura-machi, Koriyama-si, Hukushima
Yuuki YOKOBORI, College of Engineering Nihon University, Resercher
Masamitu NARUKAWA, College of Engineering Nihon University
Mituo NAGAO, College of Engineering Nihon University

Key Words: Acoustic, Sound pressure, ANC, Simulation

1. 緒言

機械装置の表面から放射される音のエネルギーは、周囲環境によっては大きな騒音問題に発展する。今日ではこの騒音を事前に予知・対策する手法が取られておりこれの予測値が実測値と一致することが求められている。大型機械の平面から放射された騒音を低減する手法に ANC(アクティブノイズコントロール)¹⁾で行われることがある。本研究では機械平面を平板、音源を複数スピーカーに置き換えて ANC 手法による騒音低減手法を検討している。対象音源と対策音源の音圧分布を予測式で予測し実測値と一致するのかが検討してきている。この予測式は平成 29 年度²⁾までは低周波数から 4000 [Hz] までであったが、平成 30 年度³⁾には 8000 [Hz] の実測値から新たに予測式を提案した。平成 31 年度ではその検証実験を行ったが、十分な検証ではなかったため、令和 2 年度ではその追加検証実験を行った。その中で、改めて 2 つの予測式⁴⁾の妥当性も検討した。

2. 実験と予測

2.1 実験条件

Fig. 1 は予測する音場を平板と複数スピーカーで再現したものであり、音源は⑤が対象音源、②と③は対策音源、⑤の音波は純音、②と③はその完全逆位相としており⑤を両側から挟み込む配置、音波は平板に開けた開口穴からの点音源と想定し、球面波が伝搬する半自由空間を再現する。音波の打ち消しは、音波の重なり度合いで限定的であり逆に同位相では増加に転じる領域も存在する。そこで音圧分布測定点は Table 1 に示す寸法条件において XY 軸平面で 25 点、Z 軸平面で 5 点を設定した。次に、周波数は Table 2 に示す κd で与えている。 κ は波長定数、 d は音源間距離、 ℓ は Z 軸の測定距離を表す。ANC の音波⑤、音波②と③は予測式で与えこれの重ね合わせで測定点の音圧を予測値として、実測値との妥当性は実測値に対して ± 3.0 [dB] 以内とした。今年度の検証予定は、両 Table の網掛けの条件である。⁴⁾

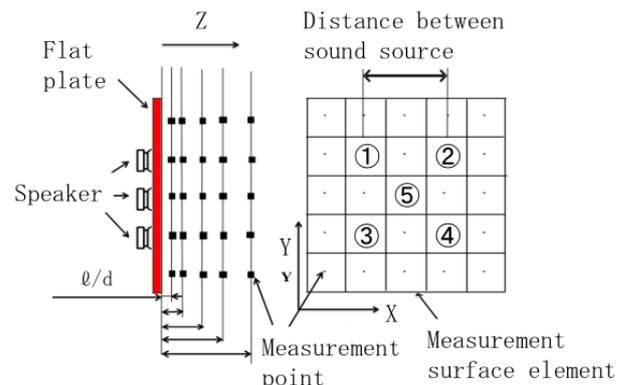
2.2 単一音源音圧分布予測式

(1) 単一音源音圧分布予測式 L_{p49}

対象音源⑤の予測式(1)は平成 27 年度に提案された。

$$L_{p49} = L_{sp} + 10 \log_{10} \left[\frac{1}{2} \ln \left\{ 1 + \left(\frac{D}{2L} \right)^2 \right\} \right] + \{ \{ 0.24 \ln(L) - 0.53 \} \ln(f) + \{ 0.546 \ln(d) - 3.25 \} + \{ -0.0186 \ln(\kappa d) - 0.55 \} \} \text{ [dB]} \quad (1)$$

右辺の第 1 項 L_{sp} は音源の基準音圧、第 2 項は音源からの距離減衰、 D は音源直径、 L は音源から各測定点までの距離、第 3 項は反射音圧、 f は周波数、第 4 項は音源間距離 d にお



⑤:Target sound source ②, ③:Countermeasure sound source ①, ④:Unused source

Fig. 1 Sound source arrangement and measurement distance

Table 1 ℓ/d Conditions

ℓ/d	0.09	0.18	0.36	0.73	1.45
d [mm]	Measured distance ℓ [mm]				
220	20	40	80	160	320
330	30	60	120	240	480
440	40	80	160	320	640

Table 2 κd Conditions

κd	0.70	1.41	2.02	4.03	16.07	32.15	64.29
d [mm]	Frequency f [Hz]						
220	175	350	500	1000	4000	8000	
330	117	233	333	667	2667	5334	
440	87.5	175	250	500	2000	4000	8000

ける補正項、第 5 項は κd 値による補正項である。⁴⁾ 音源②と③も同様に単一对策音源音圧予測式を実測値から求めており、算出方法は単一音源音圧を Fig. 1 の各測定点 25 面素に伝搬した音圧相当を算出し、Fig. 1 の各測定点に伝搬してきた 3 音源から音波を重ね合わせて予測値としている。

(2) 修正単一音源音圧分布予測式 L_{p49d}

式(2)は式(1)に平成 30 年度 8000 [Hz] まで予測できるように第 6 項を加えた修正式である。その理由は、4000 [Hz] 以上で予測値が大きく、実測値との差が ± 3.0 [dB] を超えたため、高周波数で現れる指向性と測定距離補正を考慮して提案された。³⁾

$$L_{p49d} = L_{p49} + \{ -1.256 \times 10^{-10} (f)^3 + 1.212 \times 10^{-6} (f)^2 - 2.332 \times 10^{-3} (f) \} \{ 0.1262 \ln(L) \} \quad (2)$$