1017 ラウドネスによる人間の聴覚特性を考慮した騒音評価と騒音低減法

Evaluation of noise and noise reduction considering human auditory sense by loudness

正 中川 紀壽 (広島大) 正 関口 泰久 (広島大) ○米倉 正和 (広島大院)

Noritoshi NAKAGAWA, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima

Yasuhisa SEKIGUCHI, Hiroshima University

Masakazu YONEKURA, Graduate School of Hiroshima University

Key Words: Sound quality evaluation, Loudness, Human auditory sense

1. 緒言

機械化・工業化は我々の生活を豊かにしたが、同時に騒音という社会問題をもたらし、早急な騒音対策が要求されている。

本研究では、騒音低減の指標となる人間の聴覚を考慮した騒音評価を目的としている。

騒音評価手段として、Zwicker のラウドネスを用いる⁽¹⁾。騒音をラウドネスを用いて評価した後、その結果を考慮した騒音の低減加工を行い、その加工された騒音を用いて聴き取り調査を行う。その結果をA特性、バンドレベルを騒音評価手段とした騒音低減結果と比較、検討する。

2. 機械音響評価・加工

2・1 原理・機械音響の加工

ラウドネスによる騒音評価は、サンプル音（未加工音）をFFT処理して得たパワースペクトルから、Fig.1に示す各周波数帯に対する計26個のバンドレベル（1/3オクターブバンド）を求め、それをFig.1に適用する。A特性による騒音評価は、サンプル音（未加工音）をFFT処理した後、各周波数成分についてFig.2を適用し、計26個のバンドレベルを求める。バンドレベルによる騒音評価は、Fig.1、Fig.2を適用していないサンプル音のFFT処理後のスペクトルについて計26個のバンドレベルを求める。

上記の加工により重み付けされた騒音に対し、以下の手法により騒音低減を行う。

1. 全体の低減量（1～14000Hz オーバーオール値）をdBで指定する。
2. Fig.1の26個の帯域をそれぞれ1dB低減した場合に、

i. 全体のラウドネス(sone)	[Loudness-reduction]
ii. 全体のA特性オーバーオール値(dBA, 1～14000Hz)	[A-reduction]
iii. 全体のオーバーオール値(dB, 1～14000Hz)	[dB-reduction]

の低減に一番効果のある帯域を実際に1dB低減する。

3. 2.の操作を1.で指定した低減量に達するまで繰り返す。

2・2 機械音響評価方法

2・1で低減加工した騒音（加工音）に対し、一対比較法（浦の変法）を用いて聴き取り調査を行う。まず被験者に2つの音を順に聴いてもらった後、後に聴いた音を基準として最初に聴いた音をどう感じたかを評価し、Fig.3のように評価・記入してもらいながら聴き取り調査を進め、ラウドネス、A特性、バンドレベルの3低減法間の違いを明らかにする。

Fig. 1 Zwicker's loudness calculation⁽¹⁾

また聴き取り調査には、白色雑音（Test 1）、大型旅客船エンジン音（Test 2）、旋盤駆動音（Test 3）を用いる。

Fig. 2 A-frequency weighting network⁽¹⁾

Fig. 3 The entry method

4. 聴き取り調査結果・考察

Test1～Test3に代表される騒音の聴き取り調査の結果を以下に示す（被験者は20代の男性20名）。Fig.4、5は白色雑音（Test1）、Fig.6、7は大型旅客船エンジン音（Test2）、Fig.8、9は旋盤駆動音（Test3）である。

(O:Original, L:Loudness, A:A-frequency weighting network, D:Band level)

Fig. 4 State of noise reduction (Test 1)

(O:Original, L:Loudness, A:A-frequency weighting network, D:Band level)

Fig. 5 Noise reduction result (Test 1)

Fig.6 State of noise reduction (Test 2)

Fig.7 Noise reduction result (Test 2)

Fig.8 State of noise reduction (Test 3)

Fig.9 Noise reduction result (Test 3)

Test 1~3 より以下のことがわかった。

- Test 1: ラウドネスを用いた場合の低減効果が高い。
- Test 2: A特性を用いた場合の低減効果が高い。
- Test 3: 各低減法間の低減効果の差は小さい。

以上の結果と過去の結果を総合すると、ラウドネス・A特性・バンドレベルを用いた騒音低減効果を1/3オクターブバンドレベル分布パターン別の次の3つに分類できることがわかった。すなわち、1/3オクターブバンドレベル分布パターン別分類 (Fig.10) は、

- (1) パターン A
A特性を用いた低減が効果的である傾向が見られる。
- (2) パターン B
ラウドネスを用いた低減が効果的である傾向が見られる。
- (3) パターン C
バンドレベル・A特性・ラウドネスを用いた低減間の効果にばらつきが見られる。

Fig.10 1/3 octave band level distribution pattern

5. 結論

ここでは Test 1, Test 2, Test 3 を代表として示したが、その他約 30 種類の騒音を用いて騒音低減効果を調べた結果も合わせ、以下のことが明らかになった。

1. 1/3 オクターブバンドレベル分布パターンにより、A特性は低周波帯、ラウドネスは高周波帯にそれぞれバンドレベルピークを持つ騒音に対して高い騒音低減効果が得られる。しかし、パターンC (Fig.10) のように中周波数帯にバンドレベルピークを持つ騒音に対しては各低減方法間の差がないため、最も簡単なバンドレベルを用いた低減が効率的と言える。
2. 1/3 オクターブバンドレベル分布パターンにより、ラウドネス・A特性・バンドレベルを用いた騒音低減効果が分類できることがわかった。したがって、低減対象騒音の1/3オクターブバンドレベル分布パターンによって適切な低減方法を選択することによって、高い騒音低減効果が得られる。

以上より、あらゆる騒音に対して最高の騒音低減効果を1つの低減方法から得ることは難しい。しかし、騒音の特徴 (バンドレベル・スペクトル分布等) を詳細にとらえ、分析することにより、それぞれの騒音に最も適した騒音低減手法を選ぶことが可能である。さらに、騒音の特徴分析結果と騒音低減法との関係をより詳細なものにすれば、あらゆる騒音に対して高い騒音低減効果を得られる新たな騒音低減法を導き出せる可能性がある。

本研究の一部は平成 12, 13 年度科学研究費補助金 (課題番号 12650231) によるものである。

参考文献

- (1) ISO 532-1975 (E).
- (2) 実政泰樹, 広島大学修士論文, (1998).