

ノート

音響パワーレベル測定の不確かさ評価への取組み

榎本 博司^{*1)} 高田 省一^{*1)} 神田 浩一^{*1)} 中田 修^{*1)} 加藤 光吉^{*2)} 石橋 睦美^{*3)}

Some estimates of uncertainty on sound power level measurements

Hiroshi Masumoto^{*1)}, Shoichi Takada^{*1)}, Koichi Kanda^{*1)}, Osamu Nakata^{*2)}, Kokichi Kato^{*3)}, Mutsumi Ishibashi^{*3)}

キーワード：不確かさ，A タイプ，B タイプ，JIS Z 8103:2000，合成不確かさ，拡張不確かさ

Keywords：uncertainty, Type A, Type B, JIS Z 8103:2000, synthesis uncertainty, expanded uncertainty

1. はじめに

事務機器，産業機器等に関する JIS 規格は，音源の全エネルギーであるパワーレベルで騒音を評価するように改正されてきている。一方，測定時のトレーサビリティへの関心が高まる中で，音響パワーレベルにも不確かさの提示が求められている。それに応えるためには，従来の規格で定める測定場所の騒音レベル（音圧）測定に必要な1本のマイクロホンを外部校正機関で校正するだけでは不十分なため，音響パワーレベルの測定で使用する10本のマイクロホンについて内部校正の体制整備が急務となった。

従前から測定器管理は，外部校正機関の校正を実施していたが，改めて測定器類のトレーサビリティも含めた測定不確かさに取組み，同時にマイクロホンの内部校正体制の整備に努め不確かさについて検討することになった。

2. 測定の不確かさへの準備

不確かさとは，JIS Z 8103:2000 計測用語には，

「不確かさ（uncertainty）：合理的に測定量に結びつけられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ。」と定義されている。不確かさを一言で表現すると，測定のばらつき（測定値の大きさがそろっていないこと）を示している。

2.1 不確かさの概要 不確かさには，図1に示す多くの因果があるが，実験後のデータの統計的解析から求める A タイプと，校正証明書などに記載事項から求める B タイプに分類される。

A タイプは，測定の数学的モデルとデータの構造モデルを検討し実験計画を立て，実験を実施し，測定データから不確かさを求める。

B タイプは，使用する測定器類（温度計，湿度計，圧力計なども含む）の校正の有無またはカタログデータから不確かさを求める。図2は，その一覧表の作成例である。

*1) 光音グループ

*2) 産業交流室

*3) 元光音グループ

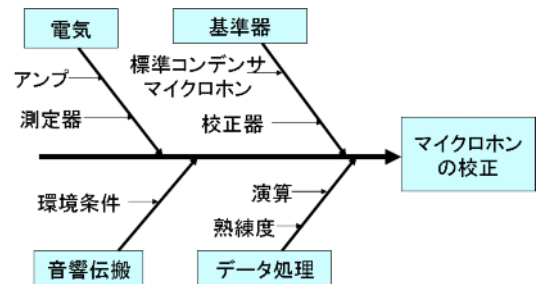


図1. 不確かさの要因

記号	測定器名称	校正表からの値	タイプ	標準不確かさ (単位 dB)	校正機関
u(m)	多周波校正器 4226	0.11 dB	B	0.055	B&K
u(m)	マイクロホン 40 AU / 74128	0.3 dB	B	0.15	JQA
u(m)	マイクロホン 40 AU / 81108	0.3 dB	B	0.15	JQA
u(s)	基準音源 4204/1725572	0.4 dB	B	0.2	B&K

図2. B タイプの一覧表の例

測定量の数学的モデルは， $Y=(X_1, X_2, \dots)$ としたとき推定値としての測定結果

$$y = f(x_1, x_2, \dots) + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots$$

x_1, x_2, \dots : 入力量 X_1, X_2, \dots のそれぞれの推定値
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots$: 不確かさ要因 (入力量 X_i 間の相関が無いとして不確かさの伝播則を適用。)

A タイプでの不確かさは

$$u(\bar{y}) = \sqrt{u(m)^2 + u(e)^2 + u(s)^2}$$

実験標準偏差

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

を求める。平均値の実験標準偏差 $s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$ を求めると，この値が標準不確かさとなる。

合成不確かさは，A タイプ及び B タイプで得られた標準不確かさの二乗和のルートを取ると得られる。

拡張不確かさは，合成不確かさに包含係数 k を乗じて求

めるが、 $k=2$ とすることが多い。

3. 実験方法

測定用マイクロホンの校正、残響室法パワーレベルの評価と半無響室の逆二乗則の評価について示す。

3.1 測定用マイクロホンの校正 今回の測定用マイクロホンの校正に先立ち、新たに標準コンデンサマイクロホン、多周波校正器を導入し国内校正機関で校正された値との差を比較するところから始めた。

測定用マイクロホンの校正は 1 本のみ実施し、多周波校正器の 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz と 12.5 kHz の 12 点について測定を実施した。

3.2 残響室法パワーレベルの評価 図 3 に示す残響室において直接法により、6 箇所順番に校正直後の基準音源の音響パワーレベルを測定した。

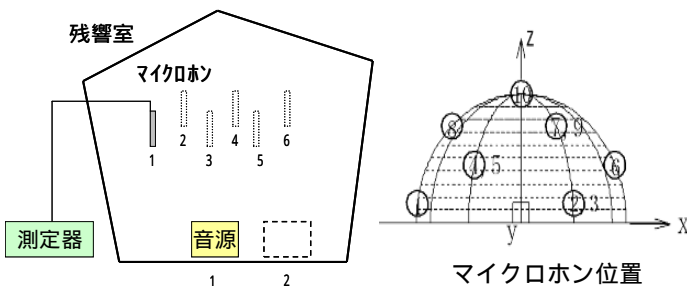


図 3. 残響室の実験

図 4. 半無響室の実験

3.3 半無響室法逆二乗則の評価 半無響室の逆二乗則のチェックからはじめた。

JIS Z 8732:2000 (精密法)の附属書 A に準じて、距離の逆二乗則の実現状況をチェックした。ただし、試験信号として広帯域ノイズを用いた点が異なる。また、同規格の数式 $q_i = 10^{0.05L_{pi}}$ は指数のマイナス記号が脱落したものと考えられるので、修正して用いた。JIS Z 8739 による校正直後の基準音源の音響パワーレベルを、図 4 に示す半球を用意し、3 つの半球面半径 1.3 m, 1.6 m, 1.8 m で複数回測定した。

4. 結果・考察

表 1 は測定用マイクロホンのバジェット表を、表 2 は残響室のバジェット表を示す。

表 1. 測定用マイクロホンのバジェット表

不確かさ成分	タイプ	標準不確かさ
測定系		
マイクの繰返し性	A	0.018
マイクの安定性	B	0.03
マイクの再現性	B	0.03
多周波校正器 4226	B	0.055
合成不確かさ (各成分の二乗和)		0.0717
拡張不確かさ ($k = 2$)		0.1434

半無響室の実験結果は、図 5 に実測値と逆二乗則の理論値との偏差を、図 6 に基準音源の音響パワーレベルの測定値を示す。図 5 から図 4 に示す 1 から 9 の位置のマイクロホンの測定データは、40 Hz ~ 20 kHz で JIS が定める最大許

容偏差の範囲内であり、良好な環境であることを示している。図 5、図 6 の低周波領域まで良好なのは、内室と外室との間の空間も吸音に有効に機能しているためと推定される。

表 2. 残響室のバジェット表

不確かさ成分	タイプ	標準不確かさ
1. 測定系 (m)		
マイクの所内校正	B	0.0717
マイク位置の選択 (6 箇所)	A	0.05
マイクの安定性	B	0.03
マイクの再現性	B	0.03
音源位置の選択 (2 箇所)	B	0.03
測定レンジ間	B	0.03
2. 環境 (e)		
温度と湿度の変動	B	0.18
気圧の変動	B	0.04
3. 測定対象 (s)		
音源の安定性	A	0.06
音源の再現性	B	0.03
合成不確かさ (各成分の二乗和)		0.223
拡張不確かさ ($k = 2$)		0.446

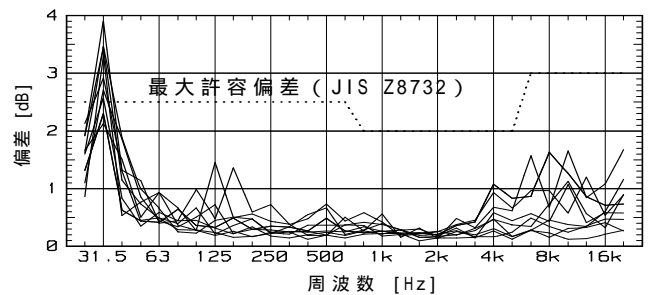


図 5. 実測値と逆二乗則の理論値との偏差

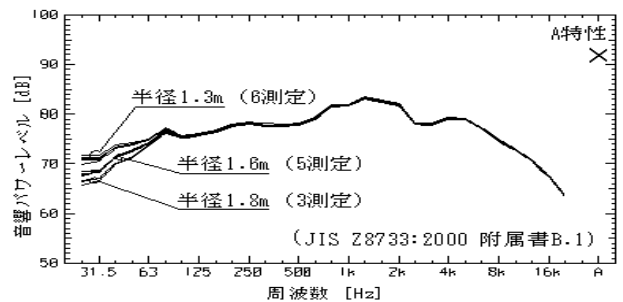


図 6. 基準音源の音響パワーレベルの測定値

5. まとめ

今回のマイクロホン校正技術の成果は、コスト削減だけでなく測定器の精度向上が期待できることから、環境計量事業、依頼試験、オーダーメイド試験にも反映させたい。

なお、音響関係の各施設の現状の評価は、平成 23 年度の区部拠点移転後の音響施設評価にも参考になると考える。

(平成 21 年 7 月 28 日受付,平成 21 年 10 月 29 日再受付)

文献

- (1) 産業技術総合研究所 応用統計研究室編、「NMIJ 不確かさクラブ 不確かさ事例研究会 不確かさ評価事例集」,(2009.3)