

音響インパルス応答の測定におけるマイクロホンホルダーの影響

☆寺島眞生, 森川大輔, モクタリ パーハム, 平原達也 (富山県立大)

1 はじめに

多点の頭部インパルス応答 (hrir: head-related impulse response) を相反法によって同時に測定するためには, マイクロホンアレイが使用される. このマイクロホンアレイには直径 5.8 mm, 厚さ 2.3 mm の小型エレクトレット・コンデンサー・マイクロホン (ECM: Electret condenser microphone, Primo, EM-258) を用いている. この小型 ECM を半径方向の直線状に正確に配置するため, マイクロホン・ホルダーが必要となる.

本稿では, 小型 ECM を固定するマイクロホン・ホルダーの違いが, 音響インパルス応答の測定に及ぼす影響について述べる.

2 マイクロホン・ホルダー

マイクロホン・ホルダーは 3DCAD ソフト (Autodesk Fusion360) により設計し, 3D プリンタ (formlabs, Form2) で印刷した. 材料は formlabs 社が提供しているスタンダードレジ (フォトポリマー樹脂) である. マイクロホン・ホルダーは, 長さ 1 m, 6×6 mm のアルミ角棒上に正確に配置でき, 音響的に問題が無いものを目指した. そして Fig.1 に示すような試作した 26 種類のものから最終的に一番右に示すものを選んだ.

本稿では試作品のうち 3 種類のマイクロホン・ホルダー (A, B, C) について紹介する (Fig.2). マイクロホン・ホルダー A は, 松永らが用いていたマイクロホン・ホルダー[1]を参考にし, $\phi 3$ mm のアルミ丸棒の先端に設置でき, 小型 ECM を支えられるように設計した. マイクロホン・ホルダー B は, マイクロホン・ホルダー A を改良し, 小型 ECM を嵌め込めるように設計した. マイクロホン・ホルダー C は, $\phi 3$ mm のアルミ丸パイプの先端に設置でき, 小型 ECM を嵌め込めるように設計した. マイクロホン・ホルダー A およびマイクロホン・ホルダー B は, 小型 ECM 後方がケーブルで閉じており, マイクロホン・ホルダー C は, 小型 ECM 後方が開いている.

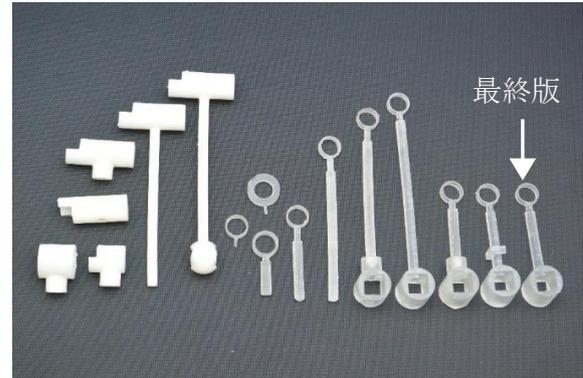


Fig.1 マイクロホン・ホルダーの試作品

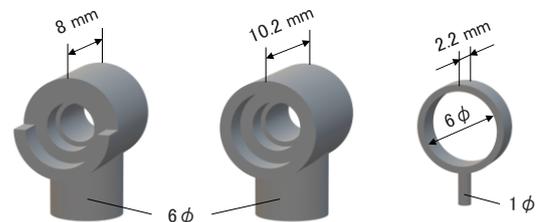


Fig.2 マイクロホン・ホルダー (A, B, C)

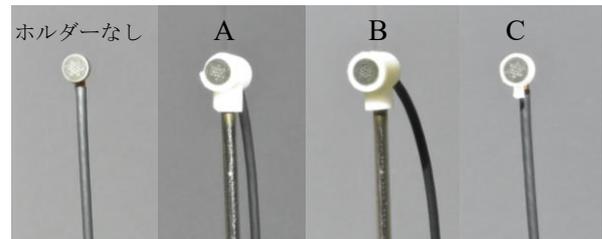


Fig.3 小型 ECM を配置した様子

3 音響インパルス応答の計測

3.1 計測方法

小型 ECM を配置した様子を Fig.3 に示す. 音響インパルス応答の計測では, D/A 変換器 (DAS-miniE2000, COMEX) から出力したサンプル数が 65,536 点の MAO-TSP 信号[2]をヘッドホン・アンプ (AT-HA21, audio-technica) で電力増幅して超小型スピーカ・ドライバー・ユニット (MT006B, Foster Electric) を駆動した. MT006B が放射した信号音を小型 ECM で受け, その出力電圧信号をマイクロホン・アンプ (MA-BOX205016, COMEX) で増幅し, A/D 変換器 (DAS-miniE2000, COMEX) に入力した[2]. サンプリング周波数は 48 kHz, スピーカ・ドライバー・ユニットの入力電圧レ

* Effect of microphone holder on acoustic impulse response measurements, by TERASHIMA Mao, MORIKAWA Daisuke, MOKHTARI Parham and HIRAHARA Tatsuya (Toyama Prefectural Univ).

ベルは 6 dBV とした。

3.2 マイクロホン・ホルダーの影響

マイクロホン・ホルダーを装着しない裸の状態の小型 ECM で計測したインパルス応答のスペクトル SPC と各マイクロホン・ホルダーを装着した小型 ECM で計測したインパルス応答のスペクトル SPC_i (i : A, B, C) を Fig.4 (上図) に示す。そして、SPC と SPC_i の差 $\Delta|SPC_i|$ を Fig.4 (下図) に示す。 $\Delta|SPC_A|$ は 3 kHz から 12 kHz では線形増加したが、12 kHz 以上の帯域では減少した。そして、 $\Delta|SPC_B|$ は 3 kHz から 12 kHz にかけて線形に増加し、12 kHz 以上の帯域では変化が少なかった。また、 $\Delta|SPC_C|$ は 5 kHz から 20 kHz にかけて線形に増加し、20 kHz で 2 dB に達した。

また、 SPC_A は小型 ECM の取り付けが甘く、小型 ECM とマイクロホン・ホルダーの間にすきまができると、約 10 kHz に 2 dB 程度のディップが生じた。

3.3 マイクロホンアレイ

完成したマイクロホンアレイの外観を Fig.5 に示す。アルミ角棒をブームとし、音源距離 r が 0.13 m から 1.13 m まで 0.2 m 間隔で小型 ECM を配置した。Fig.6 に r が 0.13 m で計測したインパルス応答波形の拡大図を示す。小型 ECM のアルミ角棒からの高さ h を 30 mm および 60 mm として計測したインパルス応答の違いはほとんど無かった。

4 考察

全てのマイクロホン・ホルダーにおいて、 $\Delta|SPC_i|$ は約 10 kHz 以上の帯域で 1 ~ 2 dB あった。 $\Delta|SPC_i|$ が高域にかけて増加量が最小であり、材料の使用量が最も少ない、マイクロホン・ホルダー C が最適であると考えられる。そして、マイクロホンアレイにおける h の違いは音響的に影響がないので、耐久性から 30 mm でよいと考える。

5 まとめ

3 種類のマイクロホン・ホルダーを用いて音響インパルス応答を計測し、その影響を確認した。その結果、マイクロホン・ホルダー C がマイクロホンアレイに最適であることがわかった。

謝辞 本研究の一部は科研費 (17K00244, 20K19828) および 鮎久晴富山県内大学等研究助成基金の支援を受けた。

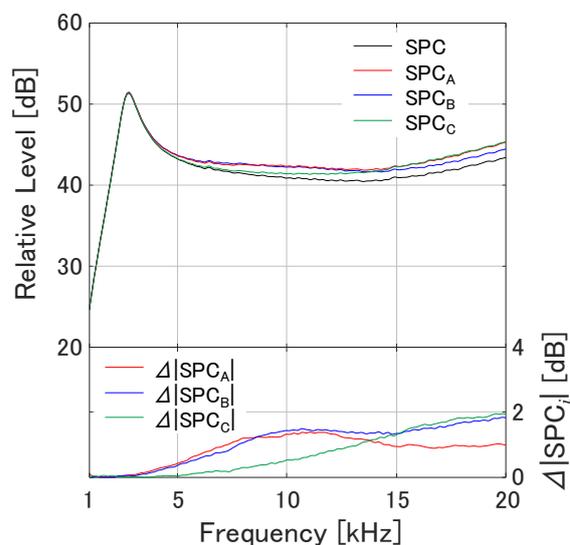


Fig.4 インパルス応答のスペクトルおよびスペクトル差の絶対値

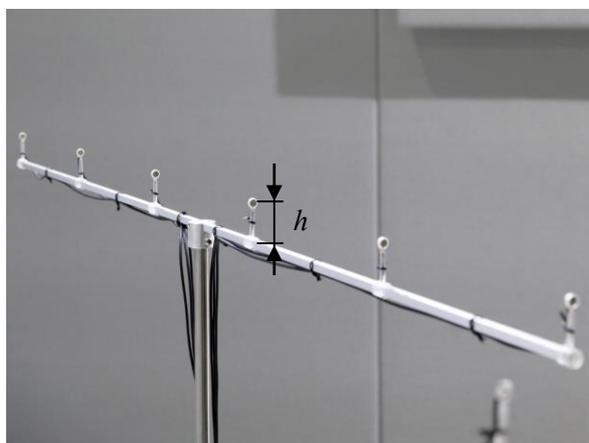


Fig.5 マイクロホンアレイ

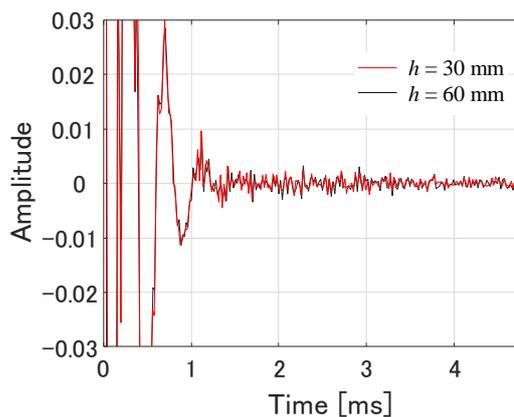


Fig.6 インパルス応答波形の拡大図

参考文献

- [1] 松永ら, “頭部伝達関数の高速計測法の検討,” 音講論, 667-668, 2009. 09.
- [2] 寺島ら, “相反法による頭部インパルス応答の高速計測システム,” 音講論, 227-228, 2020. 03.