

80チャンネルマイクアレイ收音システムの 5.1ch サラウンド再生に向けての検討*

池田生馬 (東工大/ JST CREST), 尾本章 (九大芸工/ JST CREST)

1 はじめに

境界音場制御に基づいた音場情報収集, 再生システムの構築を試みている。この中で, 収録には C80 フラーレン形式の 80 チャンネルマイクロホンアレイ [1] を用いている。特に全チャンネルサンプル単位で同期した 10 台の 8 チャンネルのフィールドレコーダーを組み合わせることで, 屋外をはじめ様々な音場の情報収集を継続的に行っている。

収録された音は, 96 チャンネルのスピーカを通して再生を行うことを想定したシステムを構築しているが, 録音の成否やコンテンツの有用性に関しては, より手軽に判断を行えることが望ましい。この目的のために, 80 チャンネル分の信号を 5.1 チャンネルサラウンドフォーマットへダウンミキシングすることを試みた。主として指向性制御アルゴリズムを適用したマイクロホン出力の取りまとめであるが, 比較的簡易に再生することが可能であることが明らかになった。

2 マイクロホンアレイの基本的性能

マイクロホンアレイに関しては, これまでにも何度か報告されている通り, C80 フラーレンの形状をしており, 各節点にミニチュアマイクロホンが設置されている。マイクロホンの位置を 3 次元空間にプロットしたものを Fig. 1 (a) に示す。

基本的な性能として, 各マイクロホンの指向性を測定した。無響室内でマイクアレイをターンテーブルに設置し, 中心から 2m 離れた点にスピーカを配置する。ターンテーブルを 5° ずつ回転させながら, 全チャンネルのインパルス応答を測定した。

結果を Fig. 1 (b) に示す。80 チャンネルの中の一つのマイクロホンに関する結果であり, 後方の結果は, 距離が伸びる分レベルは下がる。この設定では最大 1.5 dB 程度のレベル低下は生じる。この差を勘案すると, 低域ではほぼ全指向性, 500 Hz あたりでも, 後方の感度低下は 2 dB 程度であり, 各マイクはほぼ全指向性の特徴を有していることが明らかである。4kHz, 8kHz においては, 後方からの入射音には 10dB 程度の感度低下を生じる。

また同じマイクの周波数特性を Fig. 2 に示す。60Hz

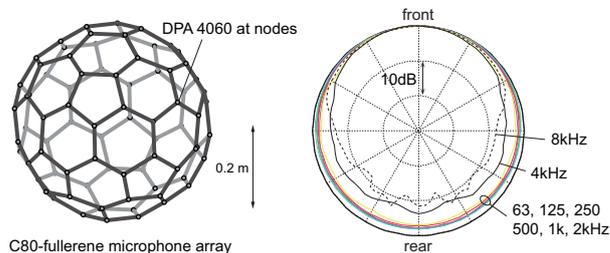


Fig. 1 Location of microphones and the directivity of one microphone in the array.

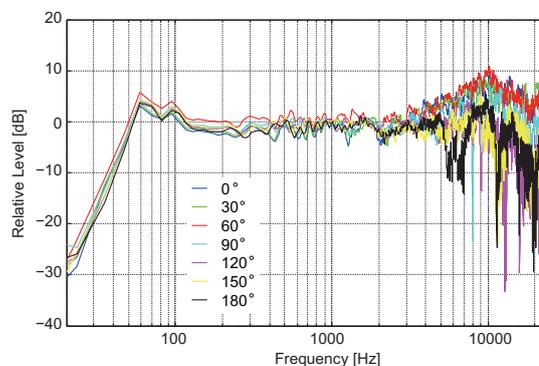


Fig. 2 Frequency response of the microphone.

から 10kHz にわたって, 良好な特性を有していることがわかる。

3 指向性制御について

80 チャンネルのマイクアレイで得られた信号の聴取は, 本来境界音場制御を適用した多チャンネル再生システムを用いる。一方, 録音の成否やコンテンツの有用性の確認には, 例えば 5.1 チャンネルサラウンドのように既存のオーディオ装置における試聴も有効であるとも考えられる。

サラウンド再生に適した収録用マイクロホンのアレイには, 全指向性のものを比較的距離をおいて配置する方法や単一指向性のマイクを複数用いる方法などが提案されており, 実用的に用いられている。

ここでは単一指向性のマイクを近接して配置するコンパクトなマイクセットをモデルとして, 80 チャンネルの信号に適宜信号処理を施すことで任意の指向性を実現することを試みる。

* Conversion of 80-channel microphone array signals into 5.1 surround system. by IKEDA, Ikuma (Tokyo Institute of Technology/JST CREST), OMOTO, Akira (Kyushu University/JST CREST)

3.1 制御アルゴリズムについて

本論文では Fig. 3 のように、フィルタ h_m ($m = 1 \sim M$) をそれぞれ m 番目のマイクに導入することで指向性を制御する。類似の方法を取るものとして例えば西川らによる方法 [2] もあるが、本論文で対象としているアレイのマイク配置では使用が困難である。以下にフィルタの算出方法を述べる。

角周波数 ω ，入射角度 θ_r の平面波に対する m 番目のマイクにおける応答を $D_{(\omega,m,\theta_r)}$ とする。入射角度 $\theta_r = \theta_1 \sim \theta_R$ に対する M 個のマイクの応答を行列表現して

$$D_\omega = \begin{bmatrix} D_{(\omega,1,\theta_1)} & \cdots & D_{(\omega,M,\theta_1)} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ D_{(\omega,1,\theta_R)} & \cdots & D_{(\omega,M,\theta_R)} \end{bmatrix} \quad (1)$$

とする。次に $\theta_r = \theta_1 \sim \theta_R$ に対して、所望とする応答を

$$d_\omega = [d_{(\omega,\theta_1)}, \cdots, d_{(\omega,\theta_R)}]^T \quad (2)$$

とする。 D_ω と d_ω から最小二乗法によって各マイクに考慮すべき特性を算出すると

$$H_\omega = (D_\omega^* D_\omega)^{-1} D_\omega^* d_\omega = [H_{(\omega,1)}, \cdots, H_{(\omega,M)}]^T \quad (3)$$

となる。 f_s をサンプリング周波数として、 H_ω を $\omega = 0, \dots, \pi f_s$ までまとめると

$$H = [H_0, \dots, H_{\pi f_s}] \quad (4)$$

となる。式 (4) で得られた H の第 m 行を逆フーリエ変換することでフィルタ h_m が得られる。

3.2 制御結果について

本論文では所望特性 d として、単一指向性をモデルに d_θ として $\cos^2 \theta, \cos^4 \theta, \cos^6 \theta$ の 3 種類を与えた。結果として得られる指向性の例を Fig. 4 に示す。どの周波数帯域についても視方向と背面方向で 10dB 以上のゲインの差があり、単一指向性となっていることが分かる。5.1ch サラウンドシステムにおいて、各

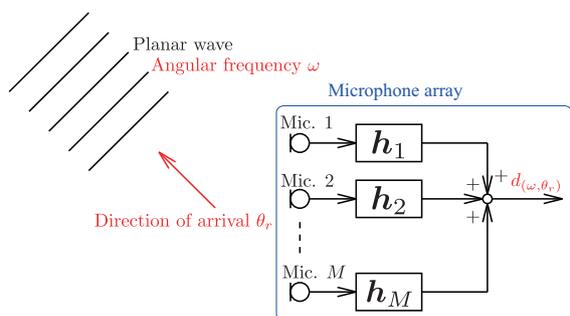


Fig. 3 Beam-forming with C80 microphone array

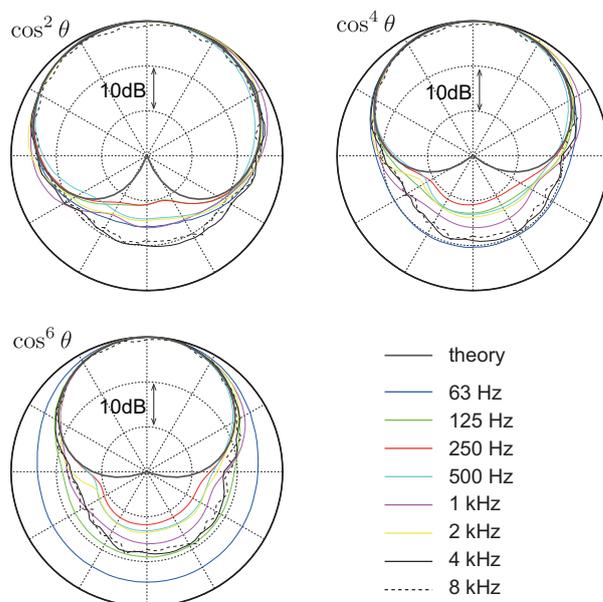


Fig. 4 Example of directivity control by beam-forming algorithm.

スピーカの方から到来する音を本方法で抽出し再生することで音源の定位はある程度行えた。ただし、ビームフォームによって周波数特性がフラットではなくなるために音質が変化してしまうこと、 h が非因果的なフィルタとなるためプリエコーが発生することが今後の課題である。

4 おわりに

境界音場制御に基づいた音場再生を行う目的で構築された 80 チャンネルマイクロホンアレイの出力を、通常の 5.1 チャンネルサラウンドシステムで試聴するためのダウンミキシングアルゴリズムに関して検討した。試聴の結果、滑らかな音源移動の再現に関しては課題を残すものの、コンテンツの有用性の判断等には十分に有効な性能を有することが明らかになった。80 チャンネルという多くの信号から得られる音場情報の有効活用に関して、引き続き検討を行っている。

参考文献

- [1] 伊勢史郎, “解説 境界音場制御”, 日本音響学会誌, Vol. 67, No. 11, pp. 532-537, 2011
- [2] 西川清, 大野広, 唐新, 金森丈, 直野博, “広帯域ビーム形成用 2 次元 FIR ファンフィルタの 2 次元フーリエ級数近似による設計法”, 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, 83(12) 多次元信号処理とその応用・実現論文小特集, 1357-1367, 2000