

立体音響を利用した 聴きたい音を聴きたいように聴くための技術

西野 隆典^{1,a)}

概要：実環境において収録した音響信号をもとにした，自由聴点オーディオ技術について焦点を当てる．本技術の基本的な枠組みは，音源信号分離と頭部伝達関数などを用いた立体音響再生技術とからなる．この枠組みにより，音源信号の再配置，強調，追加・抑圧など，実音場を加工した新たな音場再生が可能となる．本稿では，この自由聴点オーディオ技術の仕組み，課題，展望などについて述べる．

キーワード：自由聴点オーディオ，立体音響，音源信号分離，頭部伝達関数

Technique for Listening to Desired Sound Freely based on Spatial Audio

NISHINO TAKANORI^{1,a)}

1. はじめに

音源から両耳までの音の伝播は，音源信号と音響伝達特性の畳み込みとして表される．特に立体音響表示では，この音響伝達特性として頭部伝達関数 (Head-Related Transfer Function: HRTF) の時間領域表現である頭部インパルス応答や，残響時間を含んだ両耳室内インパルス応答が用いられる．このことは，音源信号と音響伝達特性を得ることができれば，所望の音場の生成が可能となることを意味する．しかし，現実には音源信号や音響伝達特性を正しく得ることは極めて困難である．

自由聴点オーディオ [1]，または受聴位置選択型オーディオ [2] と呼んでいる立体音響再生技術は，収録された実音場の中で聴く位置を自由に変更することを目的とした技術であり，音源信号分離，音源位置推定，立体音響表示といった分野の技術を基にしている．自由聴点オーディオ処理の概要は次の通りである．

- (1) 複数のマイクロホンによる収録
- (2) 音源信号分離と各音源信号の位置推定

- (3) 聴取者との間の音響伝達特性の決定
- (4) 分離信号と，決定した音響伝達特性の畳み込み
- (5) 畳み込みされた信号の統合と提示

2. 自由聴点オーディオ

自由聴点オーディオは，音場を取り囲むようにマイクロホンを配置する方式と，音場内にマイクロホンを配置する方式に大別できる．また，これらの発展形には，音の選別を考慮に入れた傾聴システム，全天球映像に対応した全方位バイノーラル録音・再生システムがある．

- (1) 自由聴点オーディオ (周囲配置型) [1], [2]

この方式は自由視点映像 (自由視点テレビ) [3] の音響部分として検討がなされたものである．収録装置が映像に入らないよう，対象を取り囲むようにマイクロホンアレイを配置し収録を行っている．

- (2) 自由聴点オーディオ (内部配置型)

60ch の無指向性マイクロホンを収めた小型正十二面体マイクロホンアレイ [4] を用いて収録を行う方式である．このデバイスを用いた発展課題として，音源分離の高速化 [5] や，距離推定 [6], [7] がある．

- (3) 自由聴点オーディオ (ステレオ信号対応)

音楽聴取における新たな効果を提案するため，自由聴

¹ 名城大学都市情報学部
Faculty of Urban Science, Meijo University, Nagoya, Aichi,
461-8534, Japan

^{a)} nishino@meijo-u.ac.jp

点オーディオ技術を適用したシステムである。ステレオの楽曲信号に対する音源分離 [8] と、音源の再配置を1次元のパラメータで行う手法 [9], [10] の組み合わせからなる。

(4) 自由聴点オーディオの発展形

自由聴点システムでは、すべての分離信号を再生時に用いることを前提としていたが、再生に用いる分離信号を取捨選択することで、注目したい音を強調したり、耳障りな音を抑圧したりすることが可能となる。この枠組みのプロトタイプとして選択的傾聴システム [11] がある。

また、全地球映像への音響信号付与を目的とした全方位バイノーラル録音システム [12], [13] は、内部配置型の変形として捉えることが可能である。なお、映像との組み合わせにおいては、腹話術効果 (例えば [14]) といった効果が期待できるため、このシステムでは疑似的な頭部インパルス応答を用いている。

3. まとめと今後の展望

本稿では、音源信号分離と立体音場再生を利用した、自由聴点オーディオ技術とその派生技術について紹介した。

本技術は、現実の音場を加工、再構成して聴取者に提示することが可能であり、現実と仮想をつなぐ技術であると考えられる。また、この技術の適用先のさらなる開拓や、評価方法についての検討が今後の課題である。

参考文献

- [1] 福嶋慶繁, 丹羽健太, 圓道知博, 藤井俊彰, 谷本正幸, 西野隆典, 武田一哉: 多視点・多聴点データ取得システムを用いた自由視聴点映像生成, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J91-D, No. 8, pp. 2039–2041 (2008).
- [2] Niwa, K., Nishino, T. and Takeda, K.: Selective listening point audio based on blind signal separation and stereophonic technology, *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, Vol. E92-D, No. 3, pp. 469–476 (2009).
- [3] Fujii, T. and Tanimoto, M.: Free-viewpoint TV system based on ray-space representation, *Proc. SPIE ITCOM.*, Vol. 4864-22, pp. 175–189 (2002).
- [4] Ogasawara, M., Nishino, T. and Takeda, K.: Blind source separation using dodecahedral microphone array under reverberant conditions, *IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol. E94-A, No. 3, pp. 897–906 (2011).
- [5] Mizuno, Y., Kondo, K., Nishino, T., Kitaoka, N. and Takeda, K.: Effective frame selection for blind source separation based on frequency domain independent component analysis, *IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol. E97-A, No. 3, pp. 784–791 (2014).
- [6] Satoshi Esaki, Kenta Niwa, T. N. and Takeda, K.: Estimating sound source depth using a small-size array, *ICASSP 2012*, AASP-P6.7, pp. 401–404 (2012).
- [7] 丹羽健太, 江崎 知, 日岡裕輔, 西野隆典, 武田一哉: 空間相関行列の固有値分布に着目した音源別距離推定, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J97-A, No. 2, pp. 68–76 (2014).
- [8] 大谷健登, 丹羽健太, 西野隆典, 武田一哉: 畳み込み雑音除去自己符号化器と対数周波数領域スペクトル特徴を用いた楽曲音源強調, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J101-D, No. 3, pp. 615–627 (2018).
- [9] 大谷健登, 鈴木友美, 丹羽健太, 西野隆典, 石黒祥生, 武田一哉: 音像空間配置のインタラクティブな制御手法, 音学シンポジウム 2015, 2015-MUS-107 (2015).
- [10] Ohtani, K., Niwa, K. and Takeda, K.: A single-dimensional interface for arranging multiple audio sources in three-dimensional space, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E100-D, No. 10, pp. 2635–2643 (2017).
- [11] 鈴木友美, 西野隆典, 石黒祥生, 戸田智基, 武田一哉: 選択型傾聴システムのための音信号提示手法の検討, 電子情報通信学会技術報告, EA2016-66 (2016).
- [12] Nishino, T. and Niwa, K.: Omni-binaural recording system for 360° video, *The Fifth Joint Meeting ASA and ASJ*, 5pEA8, p. 3422 (2016).
- [13] 今村健人, 西野隆典, 成瀬 央: 全方位映像に対応した立体音生成のための音響信号統合方法の検討, 電子情報通信学会技術報告, EA2017-44 (2017).
- [14] 小宮山 撰: 視覚と聴覚による音像知覚, 日本音響学会誌, Vol. 52, No. 1, pp. 46–50 (1996).