

3次元音響再生のための頭部伝達関数の推定と  
再生制御器の設計に関する研究

2016年度

松井 健太郎

# 主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	松井 健太郎
主 論 文 題 目 :				
3次元音響再生のための頭部伝達関数の推定と再生制御器の設計に関する研究				
(内容の要旨)				
<p>本論文では、システム同定理論に基づく頭部伝達関数の多方向同時推定法と、出力追従制御を応用したトランスオーラル再生法について述べる。</p> <p>第1章では、本論文の背景となるチャンネルベース音響技術の発展と、その発展に伴って高まるマルチチャンネル音響の擬似再生法の需要を、本論文の研究の目的として述べる。</p> <p>第2章では、本論文の基礎となる頭部伝達関数について、その定義から測定法、応用となるバイノーラル再生法とトランスオーラル再生法までを概説する。</p> <p>第3章では、頭部伝達関数の測定時間を短縮する方法として、システム同定理論に基づく多方向同時推定法を提案する。また、同定入力の一つのM系列から作成する方法も提案する。提案法では、頭部伝達関数の集合を多入力1出力の有限インパルス応答モデルとみなし、予測誤差法によりそのパラメータを推定する。そして、多方向同時推定実験により、1方向ずつの測定と比較して、測定時間が大幅に短縮されること、十分許容される精度で推定可能であることを示す。</p> <p>第4章では、出力追従制御を応用した状態空間でのトランスオーラル再生法を提案する。提案法では、トランスオーラル再生制御器の設計を、制御器の<math>H_\infty</math>ノルムを評価指標とする凸計画問題として定式化する。制約の記述には線形行列不等式を用いる。トランスオーラル再生法に係る制御仕様が、適当な等価変換と変数変換により線形行列不等式に帰着されることを示す。</p> <p>第5章では、チャンネルベースの3次元音響方式である22.2マルチチャンネル音響方式を概説したのち、提案するトランスオーラル再生法の適用について述べる。22.2マルチチャンネル音響は多様な視聴スタイルが予想されるが、多くの場合、家庭で24個のスピーカを配置することは困難と考えられる。本章ではまず、ディスプレイに一体化される枠型スピーカアレイとラインアレイスピーカを用いた22.2マルチチャンネル音響のトランスオーラル再生法について述べる。次に、同スピーカを用いたシミュレーション実験により、提案する頭部伝達関数の多方向同時推定法とトランスオーラル再生法の有効性を示す。</p> <p>第6章では、本論文をまとめる。頭部伝達関数の多方向同時推定法では信号対雑音比の改善が、トランスオーラル再生法では聴取範囲の拡大とそれに伴う緩和処理法の検討が課題となっている。それぞれについて、今後の発展性を述べる。</p>				

# SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Fundamental science and technology	Student Identification Number	SURNAME, First name MATSUI, Kentaro
<b>Title</b>  A Study of Estimation of Head-Related Transfer Functions and Design of a Controller for 3-Dimensional Sound Reproduction		
<b>Abstract</b>  <p>This thesis proposes a simultaneous estimation method of head-related transfer functions (HRTFs) based on the system identification theory and a transaural reproduction method applying the output tracking control.</p> <p>In the first chapter, development of channel-based audio formats is briefly summarized as the background of the thesis. The purpose of the thesis is then described.</p> <p>In the second chapter, HRTFs, which are fundamental throughout the thesis, are explained from their definition to applications.</p> <p>In the third chapter, a simultaneous estimation method of HRTFs is proposed to shorten their measuring time. In the proposed method, a set of HRTFs is regarded as a multiple-input single-output finite impulse response model and is estimated using a prediction error method. A method of generating estimation input signals from a maximum-length sequence is also proposed. Simultaneous estimation experiments confirm that measuring time of HRTFs is drastically reduced compared with the conventional direction-by-direction measurement and the estimation accuracy is acceptable.</p> <p>In the fourth chapter, a transaural reproduction method in state space is proposed, which applies output tracking control. In the proposed method, the design of the transaural reproduction controller is formulated as a convex programming problem in which H-infinity norm of the controller is minimized.</p> <p>In the fifth chapter, a 22.2 multichannel sound system, which is a type of the channel-based audio format, and application of the proposed transaural reproduction method to the 22.2 multichannel sound system are explained. First, transaural reproduction of the 22.2 multichannel sound using display-integrated loudspeakers, that is a loudspeaker frame and line array loudspeakers, is proposed. Then, effectiveness of the simultaneous estimation method and transaural reproduction method proposed in the previous chapters is confirmed through computer simulations using the developed display-integrated loudspeakers.</p> <p>In the sixth chapter, this thesis is summarized.</p>		