論文の内容の要旨

論文題目　Boundary Integral Approach to Sound Field Transform and Reproduction
（音場の変換と再現への境界値積分アプローチ）

氏名　小山 翔一

本研究は，音場再現と音源位置推定という，二つの問題を扱ったものである．音場再現においては，臨場感の高い音響再生システム，音源位置推定においては，音声会議装置などのヒューマンインターフェースをはじめとし，様々な工学的応用が期待ができる．さらに，推定した音源位置の情報を利用して，より高度な音場再現を実現するようなことも可能であると考えられる．

第３章から９章では，音場再現問題について扱う．音場再現とは，多数のスピーカを用いて，音場を物理的に所望の音場と一致させるものであるが，従来手法の多くは，再現のためのスピーカ駆動信号を得るために，所望音場の音源に関する情報，例えば音源位置，音源信号，音源の指向性などを与える必要があった．ところが，実際の収音・再生システムなどへの応用では，マイクロホンで取得した音圧のみを用いて，スピーカの駆動信号が得られることが望ましい．この音圧から駆動信号への変換を Sound-pressure-to-driving-signal (SP-DS) 変換と定義する．第３章では，音場再現の従来手法をいくつか取り上げ，SP-DS 変換に適用する場合の問題点について議論する．

第４章では，平面状または直線状のマイクロホン・スピーカアレイを用いた SP-DS 変換において，従来手法の一つである波面合成法と音圧分布の逆伝播に基づく手法を提案する．従来手法では，再現される音源の位置は，スピーカアレイの奥側に制限されていたが，本手法では，スピーカアレイの前面に仮想的な音源を形成することも可能になる．

第５～７章では，アレイ配置が平面，直線，円筒，球，円状の場合に，波面再構成フィルタ（wave field reconstruction filter: WFR filter）と呼ぶ変換フィルタに基づく SP-DS 変換手法を提案する．音波の物理的な伝播に基づき，連続系の時空間周波数領域で信号変換式を定式化することにより，解析的に得られた WFR フィルタを時空間で畳みこむことで，SP-DS 変換が可能となる．これにより，提案手法は，従来の数値計算に基づく手法に比べ，フィルタ設計，フィルタサイズ，演算量，フィルタ安定性など，様々な面で利点を持つ．

第８章では，再現する音源のおおまかな位置を，事前情報として与えることが可能な場合に，音場再現の高精度化を可能にする手法を提案する．スピーカ駆動信号を表現するための最適な基底関数とその係数を得るため，事後確率最大化の枠組みで SP-DS 変換のアルゴ

リズムを導出する．空間ナイキスト周波数以上の周波数帯域において，従来手法は再現精度が大きく劣化するのに比べ，提案手法は再現精度をある程度高い周波数帯域まで保つことが可能であることを示す.

第９章では，直線状のマイクロホン・スピーカアレイと，WFR フィルタを用いた，音場伝送システムの実装について示す．音場の測定実験によって，再現音場の可視化を行ったほか，音像定位の主観評価実験において，実音源の定位とほぼ同程度の定位精度が達成可能であることを示す.

第１０章では，音源位置を未知数に含む代数方程式に基づく，音源位置推定手法を提案する．音源位置と観測値とを拘束するような偏微分方程式に対し，荷重積分法と呼ばれるパラメータ推定手法を適用することで，未知数である音源位置と，観測値の有限区間での積分値とを含むような代数方程式を導く．これにより，音源位置が代数方程式の直接解として得られ，また，観測値はセンサ信号の空間または時空間の離散フーリエ変換によって取得できる．したがって，従来の信号の統計量に基づく手法に比べ，高精度かつ高時間分解能な音源位置推定が可能となる.