

報告番号	※ 乙 第 号
------	---------

## 主論文の要旨

論文題目 新しい音色の合成を目的とした  
物理モデルによる楽音合成に関する研究  
氏 名 引地 孝文

## 論文内容の要旨

本論文は、既存の自然楽器音を超える新しい音色を創造することを目指した楽音合成に関するものである。従来、新しい音色の合成を目的とした研究の多くは、主に信号モデルに基づく合成手法を用いて、探索的に行われてきた。信号モデルに基づく手法は、ほぼ任意の音を取り扱うことが可能なため、これまで楽音合成の手法として広く用いられている。しかし、制御すべきパラメータ数が膨大であり、これらの直感的操作が難しいという課題がある。そこで本研究では、物理モデルによる合成法を用いてこの問題を回避し、物理モデルによる新しい音色の合成を目標とする。物理モデルは、通常十数程度の物理パラメータにより制御されるため、信号モデルに比べて制御が容易である。また、物理パラメータの多くは打鍵速度や押弦位置など、演奏動作に結びついているため、直感的操作が期待できる。従来、新しい音色の合成は、研究者や作曲家が魅力的な音色を探索し、芸術性の観点から評価するなど、試行錯誤により行われてきた。そのため、目標とする楽音が物理指標により明確に定義されていない場合も多く、実証的な検討が困難であった。本研究では、実証的な評価が可能と考えられる音を定義し、これらの音を目標として合成方法を検討する。

本研究では、これまで物理モデルが構築されていなかった楽器属について物理モデルの構築を行う。信号モデルによる手法では、扱うことのできる音色空間は十分広いが、物理モデルにおいては、モデルが存在せず、扱うことのできない音色空間が広く残されている。そこで、物理モデルが扱うことのできる音色の範囲を広げるために、新たなモデル構築を行う。フリーリード管楽器の代表として笙を対象に、楽器音響学的アプローチにより、物理モデルの構築を行う。そして、実際の楽器と物理モデルの特性を比較し、モデルの妥当性を検証する。

次に、物理モデルのパラメータを適切に制御することにより新しい音色の合成を検討する。次に述べる 3 種類の合成音の生成を目標とする。第一は混成音である。混成音とは、二つの音からピッチ、アーティキュレーション、音色などの属性をもち寄り、二つの音が組み合わさった一つの楽音のことである。具体例として、音韻性をもつクラリネットの音などが挙げられる。本研究では、まず、与えられた楽音から振幅変動や基本周波数変動などの基本的な演奏情報を抽出し、この情報と物理モデルのパラメータとの対応付けを行う。そして、対応付けられたパラメータを用いて物理モデルを駆動することにより音を合成する。この時、合成音は与えられた楽音を精密に再現するものではないが、これと類似した特徴を保持すると考えられる。そこで、本来物理モデルがモデル化している楽器とは異なる楽器の音を用いて、上記方法により合成を行うことで、混成音の合成が可能と考えられる。具体的には、笙の物理モデルとビブラートのかかったフルート音などを用いて、笙の音色にフルート音のビブラートの演奏情報を付与し、笙の音色を拡張する混成音合成を行う。そして、与えられた楽音の物理特徴が正しく転写されているかという観点で実証的な評価を行う。

第二は補間音である。従来、物理モデルを用いた音色補間の検討例はなかった。本研究では、ある 2 種類の楽音について補間を行うため、これらの楽器の物理モデルの統合モデルを構築することによって、音色補間の実現を試みる。具体的には、従来のピアノとギターのモデルを拡張し、打弦と撥弦という異なる機構を統合するモデルを構築する。この統合された物理モデルを用いて、ピアノ音とギター音が、異なるパラメータセットにより合成される。これらの 2 種類のパラメータセット(端点と呼ぶ)を任意の補間率で補間することで新しく求められたパラメータを用いて、端点の楽音を補間する楽音が合成される。合成音の音色に関する主観評価を行い、多次元尺度構成法を利用して補間性能を定量化し、提案法の評価を行う。

第三は、音響空間が変化するような効果をもつエフェクトの実現である。我々が日常的に聴取する音楽や音声には、その音が発せられた室内空間の音響特性が含まれている。従って、楽音が再生される音響空間の特性を物理モデルの中に取り込み、この特性を物理モデルのパラメータと同様に制御することを試みる。具体的には、室内音場の共振特性を表す極を推定し、推定された極を物理モデルのパラメータとして操作し、音色を制御する。特に、推定された極を動的に制御することにより、従来にないエフェクトを実現する。

付録 C にて、上記に述べたような合成方式をシステムへ実装した事例、およびシステムを利用し音楽創作へ応用した事例を紹介する。本研究成果は波形合成編集機能をもつシステム「おっきんしゃい」および混成音合成システム Sho-So-In に実装された。さらに、これらのシステムを用いて創作された音楽作品はコンサート会場で披露され、合成方式およびシステムの有効性を示した。