

[別紙 2]

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 西 一 樹

擬似周期信号は音響や音声の信号処理において頻繁に現れるにもかかわらず、明確な定義や理論的な取り扱いが困難であり、雑音除去や混合音分離などのために有効な処理手法が十分に得られていなかった。本論文は、この擬似周期信号に関して、その変化の主要な形態としてピッチ変動と振幅変動に着目し、信号生成モデルの定式化とパラメータの時間変動形態に応じた混合音分離の線形最適フィルタの導出を行い、さらにこの周波数分解特性と聴覚のメルスケールとの対応を示すとともに、複数の混在する音声信号の分離への適用実験結果を報告した論文であり、全体で8章から構成されている。

第1章の「序論」では、擬似周期信号に関する従来の研究と対比させつつ、適切なモデル化と線形最適フィルタの設計という本論文の目的を明確化している。

第2章は「ピッチ変動を伴う音響・音声信号のモデル」と題し、楽音と音声の擬似周期性を最もよく表現する動的モデルとして「振幅変動+ピッチ変動」モデルを提案している。これに基づき、時変パラメータをもつ共振系としてその動的な意味付けと数式モデルを与え、さらに、各変動パラメータの確率モデルの与え方に応じたフィルタ設計問題の定式化を行っている。

第3章は「定常線形最適フィルタによる音響・音声信号の分離」と題し、まず「振幅変動+ピッチ変動」に定常不規則なガウス過程を仮定して線形最適フィルタを導いている。次に、その結果を考察し、1) 振幅変動のみ存在する場合は従来の定BW(Band-Width)型の楕形フィルタ、2) ピッチ変動のみが存在する場合には定Q型の楕形フィルタ、さらに3) 両者が同時に存在する場合には低次倍音から高次倍音になるに従って定BW型から定Q型に遷移する複合楕形フィルタとなることを示し、2)と3)のフィルタを実際の音声信号に適した新たな分離フィルタとして提案している。さらに、振幅変動とピッチ変動の変動分散を適切に設定すると、各バンドパスフィルタの占有帯域幅が聴覚末梢系の分離特性として知られるメルスケールによく適合することを見出している。

第4章は「ピッチ変動に対する定Q楕形フィルタの性質と効果」と題し、前章で導いた定Q楕形フィルタに関して、その周波数特性である定Q楕形関数のFourier変換すなわちインパルス応答が再び定Q楕形関数になることを、理論的に明らかにしている。そしてこの関係の応用例として、ピッチ誤差による歪みが定Q楕形フィル

タを用いることで小さく抑えられることを時間/周波数特性の両面から検証している。

第5章は「多重擬似周期信号に対するピッチ推定と個別分離アルゴリズム」と題し、複数の擬似周期信号の混合音から単一音を分離抽出するアルゴリズムを、Non-Parametric Kalman フィルタによって選択的に追跡し推定されたピッチ周波数を用いた定Q 楕形フィルタの動的調整によって実現している。そして、このアルゴリズムの分離再生能力をシミュレーションおよび実音声実験により検証している。

第6章は「非定常擬似周期信号に対する線形最適フィルタ」と題し、「振幅変動+ピッチ変動」モデルのパラメータが既知の時間変動をもつ場合に一般化し、伊藤型の確率微分方程式を導入することによって、線形最適な Kalman フィルタを導いている。特に、倍音間の干渉を考慮した厳密解について考察し、従来にないノッチ特性が生成され、干渉排除効果が強化されることを示している。

第7章は「デジタル楕形フィルタの設計と評価」と題し、前章で導いた Kalman フィルタを、離散化近似によって全極型のデジタルフィルタとして実現している。また、LPC ケプストラムやメルケプストラムに基づくスペクトル包絡の比較実験を行い、振幅変動とピッチ変動を同時に考慮した複合楕形フィルタが原音声をもっと忠実に再現できることを確かめている。

第8章は「結論」であり、以上の研究成果を総括するとともに、将来の応用展開について論じている。

以上、要するに、本論文は擬似周期信号の主要な変化の形態としてピッチ変動と振幅変動に着目し、これを表現する信号モデルに基づいた最適フィルタの導出とその性質の解析を通して、聴覚の周波数特性との対応関係や、フィルタの時間/周波数特性に成り立つ関係を明らかにし、これにより応用上頻りに現れる混合音に対して有効な分離抽出フィルタの実現法を示したもので、本研究のセンシング技術と信号処理技術への波及効果は大きく、計測工学上の貢献が大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。