

非同期検波技術を用いた基本周波数推定法の研究

Study of Fundamental Frequency Estimation Method using Asynchronous Detection Technique

情報コミュニケーション研究室

山川拓真, 三堀二知加

指導教員 三輪賢一郎

サレジオ工業高等専門学校 情報コミュニケーション研究室

キーワード：基本周波数推定, ピッチ知覚, 2乗検波, 包絡線検波, ヒルベルト変換

1. 緒言

基本周波数（以下、F0）とは人の声や楽器の音の根幹となる周波数成分であり、F0の時間変化はイントネーションやメロディに相当する。このF0を正確に推定することができれば、対象音に関する音源分離や雑音除去などの処理を効果的に施すことが可能になる。

F0推定法については、数多くの推定法が提案されており、現在では静音環境に限ればF0推定法は確立されていると言える。しかしながら、雑音や残響の影響からF0が複雑に歪む実環境において、F0を正確に推定することは容易ではない。雑音と残響の両方に頑健なAM復調を用いたF0推定手法（FreeDAM[1]）も提案されてはいるが、同期検波方式を用いていることから計算量や推定精度の面で課題がある。

本研究では、計算量が比較的小さく、かつ雑音と残響の両方に頑健なF0の推定手法として、非同期検波各方式（2乗検波、包絡線検波、ヒルベルト変換）の有効性を検討する。

2. 提案法

2.1 概念

提案手法は、ヒトのピッチ知覚メカニズムとAM復調技術をF0推定に応用した方法である。人の聴覚はF0の欠落した倍音列を聞くと、欠けているF0

が知覚されるミッシング・ファンダメンタル（Missing Fundamental）と呼ばれる現象が起こる[2]。具体的には、図1に実線で示す480、540、600 [Hz]の3本の倍音列をヒトに聴かせた時、存在しない筈の60 [Hz]（点線部分）をヒトは知覚できるというものであり、この現象はAMの復調技術を連想させる。このことからAM復調技術を用いれば、ヒトのピッチ知覚を計算上で実現できると考えられる。



図1 Missing Fundamental 現象

2.2 実装

入力信号から帯域通過フィルタにより抽出されたAM信号を非同期検波により復調する。復調波形は自己相関関数を用いて周期を特定し、F0を推定する。

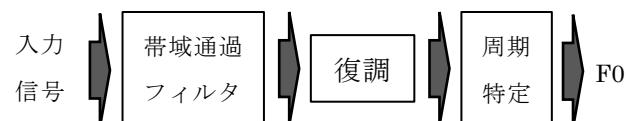


図2 提案法のブロック図

2.3 実験方法

上記実装を MATLAB 上に実装し、シミュレーションを実施した。入力信号は 10 次の調波複合音を用いることとし、その F0 は 60 [Hz] から 5 [Hz] 刻みで 600 [Hz] までの計 108 種類の信号を用意した。復調は非同期検波方式の 2 乗検波、包絡線検波、ヒルベルト変換の 3 種類を用いた。評価指標は、許容誤差を 5 [%] 以内とした正答率を用いた。

3. 結果

図 3 に 2 乗検波、図 4 に包絡線検波、図 5 にヒルベルト変換を用いて復調した時の評価結果を示す。ここで、横軸は F0 の真値、縦軸は F0 の推定値（出力値）である。結果から、3 つの提案法はすべての F0 において正確に F0 値を推定できている。このことから、F0 推定法としてまずは利用可能であることが確認された。

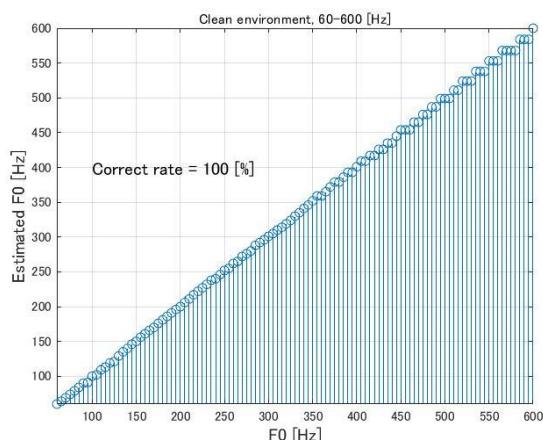


図 3 2 乗検波における F0 推定評価

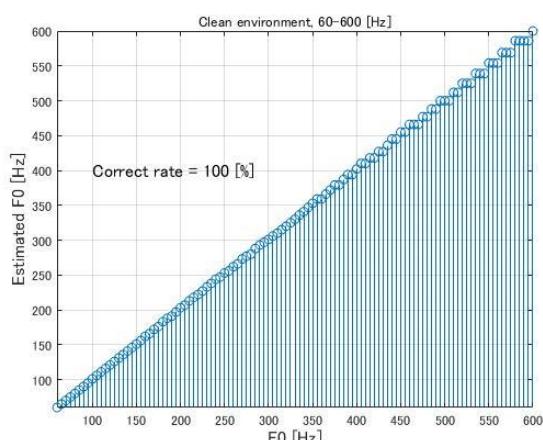


図 4 包絡線検波における F0 推定評価

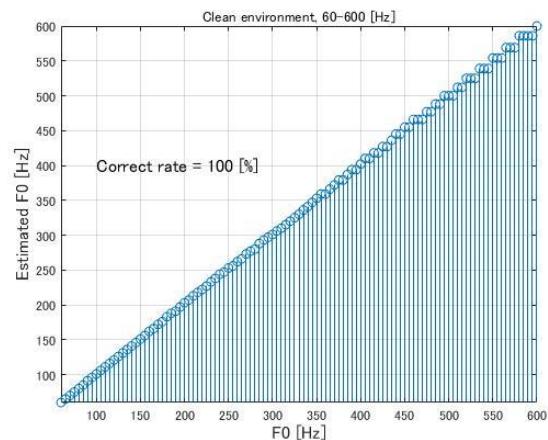


図 5 ヒルベルト変換における F0 推定評価

4. 結言

本研究では、雑音・残響に頑健な F0 の推定手法として AM の非同期検波方式である 2 乗検波、包絡線検波、ヒルベルト変換による方法を提案した。

5. 今後の予定

今後は、雑音や残響に対する耐性をシミュレーションにより検証し、従来法と本提案方式との比較評価を行う。

参考文献

- [1] 三輪賢一郎, 鵜木祐史, “振幅変調音のピッチ知覚に基づいた調波複合音の基本周波数推定法,” 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J98-A, No. 12, pp. 668–679, 2015 年 12 月.
- [2] 飯田一博, “音響工学基礎論,” コロナ社, p. 45, 2012 年 3 月.