

耐雑音性を備えた基本周波数推定法に関する研究

Study on Fundamental Frequency Estimation Method with Noisy Environment Capable

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, 非同期検波, 点数化プログラム, 雑音除去機構

1. 緒言

音声の基本周波数（以下、 F_0 ）は、音の高さに密接な関係があり、音声分析合成、音声強調処理、音声認識のほか、非言語情報の認識、変換といった様々な音声信号処理で重要な特徴として利用されている。したがって F_0 推定の手法は、雑音や残響が存在する実環境に対応するのが望ましい。実環境に対応する F_0 推定の従来法として FreeDAM がある。 F_0 推定精度は高いが、同期検波のため計算量が膨大となる[1]。

昨年度において、FreeDAM の計算量を減らすために、非同期検波（二乗検波、包絡線検波、ヒルベルト変換）を用いて雑音耐性の評価を行った[2]。しかしながら、その推定精度は従来法の一つである SWIPE 法と同程度にとどまる結果となった[3]。

そこで本研究では、提案法の雑音耐性を向上させるために、観測する調波の数を 3 本から 9 本に増やした上で推定を実行する方法、雑音除去機構を追加して推定を実行する方法と、これら 2 つを組合せた手法を検討する。

2. 方法

2.1 9 調波への対応（点数化プログラム）

図 1 は、昨年度提案したプログラムのブロック図である。ここでは入力信号（10 次調波複合音）の基本音から第三倍音までを帯域通過フィルタで AM 変調波として取り出したものに対して復調を実

行していた。今回は、図 2 のように、従来の基本音から第三倍音に加え、第四から第六倍音、第七から第九倍音の計 3 組の AM 変調波を抽出し、それぞれ復調を実行する。次に、復調波の振幅値（AM）、帯域通過フィルタのカットオフ周波数で決まる基本周波数の予測値と実際の復調信号の周波数との誤差（FD）、AM 変調波における倍音間隔の正弦波と復調波との相互相関で表される復調波形の歪度（ X ）をそれぞれ点数化し、総合得点が最も高いものを F_0 推定値として出力する。

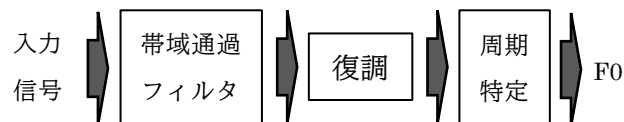


図 1 昨年度提案したブロック図

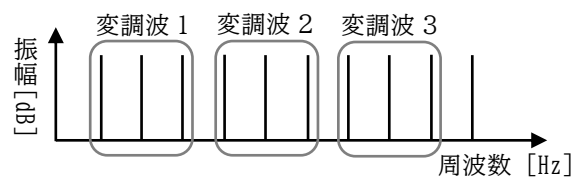


図 2 AM 変調波の作成方法

2.2 雑音除去機構

耐雑音性を向上させるにあたり、スペクトルサブトラクション法(spectral subtraction method)と呼ばれる雑音除去機構を採用する。

この方法は、雑音を含む入力信号のパワースペクトルの中央値を求め、中央値以下を除去することで雑音除去を実現している。入力信号の後にこ

の方法を取り入れる。

2.3 シミュレーション方法

MATLAB 上にて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。復調方式は二乗検波、包絡線検波、ヒルベルト変換の 3 種類を用いた。付加した雑音はホワイトノイズであり、その SNR (信号雑音比) は 20, 10, 0, -5, -10 [dB] の 5 通りで実施した。評価指標は、許容誤差を 5 [%] 以内とした正答率を用いた。

3. シミュレーション結果

表 1 に、提案法と従来法による F0 推定精度の比較、図 3 に、表 1 をグラフ化したものを示す。

観測する調波の数を 1 組 (3 本) から 3 組 (9 本) に増やした結果、F0 推定の正答率はおおよそ 32 [%] (SNR: -5 [dB] 時) 向上した。

観測する調波の数を 1 組 (3 本) のままで雑音除去機構を付加した場合は、その F0 推定正答率は、最大でおおよそ 14 [%] (SNR: -5 [dB] 時) 向上した。

観測する調波の数を 3 組 (9 本) として、その上で雑音除去機構を組合せた場合は、昨年度の結果と比較して最大でおおよそ 41 [%] (SNR: -5 [dB] 時) 向上した。

表 1 提案法と従来法の F0 推定精度

	正答率 [%]				
	SNR 20dB	SNR 10dB	SNR 0dB	SNR -5dB	SNR -10dB
従来法 (SWIPE)	100	99.7	68.9	40.8	19.6
FreeDAM	100	100	97.6	93.4	67.2
提案法 (昨年度)	100	95.8	68.4	37.6	10.6
提案法 (9 調波)	100	100	92.1	69.8	23.5
提案法 (雑音除去)	100	97.2	74.3	51.0	20.6
提案法 (9 調波+雑音除去)	100	100	96.0	78.7	36.6

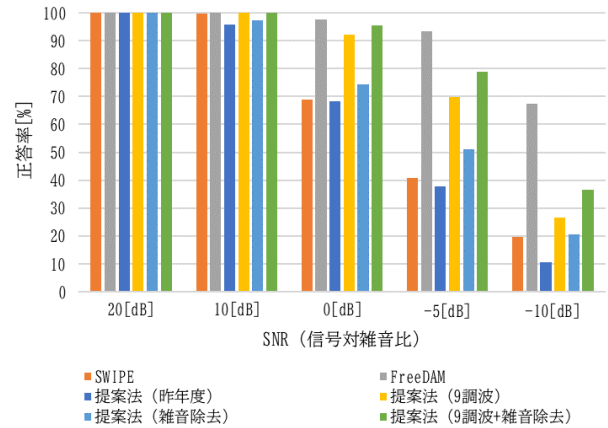


図 3 提案法と従来法の F0 推定精度

4. 結論

本研究では、昨年度提案した推定法の雑音耐性を向上するために、3 組の復調波を点数化する手法、雑音除去機構を追加して推定を実行する方法と、これら 2 つを組合せた手法を検討し、耐雑音性が向上することを確認した。

今後の予定として、今後は、雑音低減処理機構の導入による耐雑音性のさらなる向上を検討する。また、残響、雑音残響環境における F0 推定精度の評価を実施する。

文献

- [1] 三輪賢一郎, 鷗木祐史, “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] 山川拓真, “雑音等に頑健な基本周波数推定法に関する研究,” サレジオ高専卒業論文, 2021 年.
- [3] A. Camacho, “SWIPE: A Sawtooth Waveform Inspired Pitch Estimator for Speech and Music,” Ph.D. Thesis, University of Florida, 2007.