

非同期検波方式による楽器音の基本周波数の推定に関する研究

Research on Fundamental Frequency Estimation of Instrument Sounds
using Asynchronous Detection Technique

金子 昌平

指導教員 三輪 賢一郎

所属先：サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 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, AM 変復調

1. 背景

基本周波数 (F0) とは、楽器音では基音、音声では声帯振動であり、声の高さ(ピッチ)である。対象信号の基本周波数を正確に推定できれば、対象音に関する音源分離や雑音除去などの処理を首尾よく実行することが可能である。ただし、実環境では雑音や残響が存在し対象信号を複雑に歪ませてしまうため、基本周波数の推定 (F0 推定) は困難を極め、そのための手法も確立されていないのが現状である。

三輪らは、ヒトのピッチ知覚に基づいた AM 復調技術を用いた手法により、実環境における基本周波数推定に一定の可能性を示した[1]。昨年度までの研究においては、主として理想的な調波複合音を対象としており、実際の音信号についての検討はなされていない[2]。

そこで本研究では、同手法に実際の楽器音を適用した場合の基本周波数推定に関する検討を行う。

2. 研究方法

提案法のフローチャートを図 1 に示す。まず、入力として楽器音を取り込み、窓関数を使用して信号のサイドローブを取り除く。その後、帯域通過フィルタを使用し、3本の隣り合う調波を抽出すべく、そのカットオフ周波数を 60~600[Hz]の範囲で 1[Hz]刻みで順次調整しながら実行する。抽出された AM 信号に対して非同期検波方式による AM 復調

を実施し、出力された復調信号の周期及び周波数の特定を行う。次いで、帯域通過フィルタのカットオフ周波数で決まる F0 の想定値と、復調信号から観測された周波数とを比較して、もっともらしい F0 値を推定値として出力する。最後に、この F0 推定値と、真値である入力信号の F0 値との誤差率を算出して出力する。

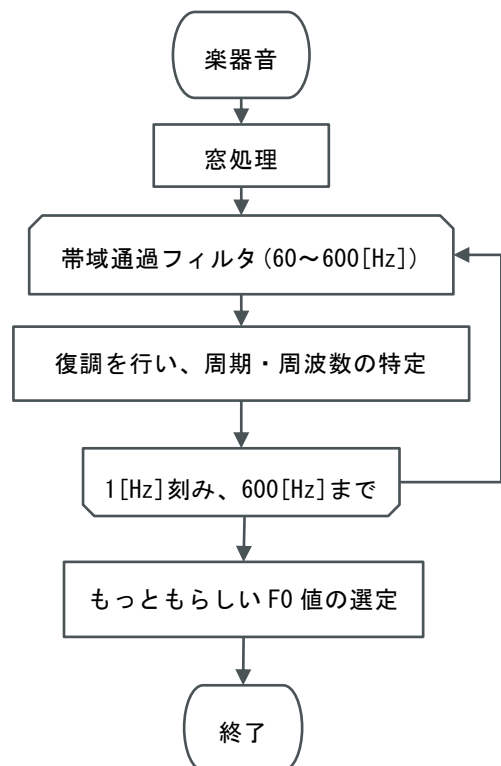


図 1 提案法の処理手順

今回対象とする楽器音は、アイオワ大学の Web サ

イトで公開されている音源（ピアノ(piano)、オーボエ(Ob)、トランペット(Tp))を編集して使用することとした。各々の音源の音階及び周波数を表 1 に示す。

表 1 各々の音源及び周波数

楽器	音階	周波数 [Hz]
ピアノ (piano)	B1~D5	61.7~587
オーボエ (Ob)	Bb3~D5	233~587
トランペット (Tp)	E3~D5	164~587

3. 評価結果

昨年度の研究で使用した 3 種類の非同期検波方式を引き続き用いて、真値に対する正答率（許容誤差率 5[%]）にて評価を行うこととした。

図 2 に、各楽器音の基本周波数の正答率を、3 種類の復調方式(二乗検波、ヒルベルト変換、包絡線)とともに示す。図 2 より、トランペット、オーボエの正答率はいずれも 90~100 [%]を示しているが、ピアノについては 100 [%]に至っていない。また、3 種の復調方式の内ヒルベルト変換が最も楽器音の基本周波数推定の正答率が高いことがわかる。

ピアノの各音階の誤差率を図 3 に示すが、低音域を中心に正答率の低下が観察された。

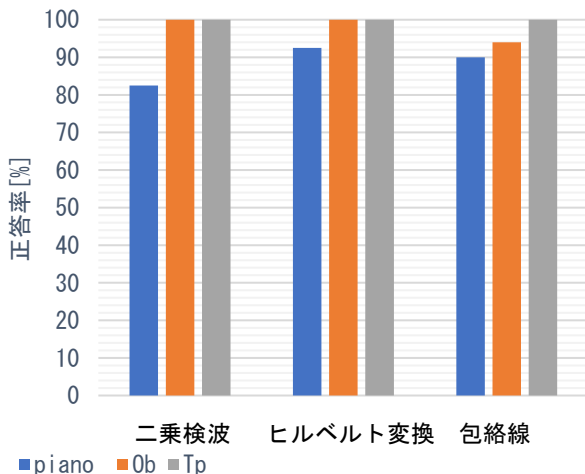


図 2 各楽器音に対する検波方式毎の F0 正答率

4. 結論

本研究では、AM 復調技術を用いた手法により実

際の楽器音を対象とした基本周波数推定を実施した。結果から、対象の楽器音や検波方式によってその正答率に差異が出ることが明らかとなった。

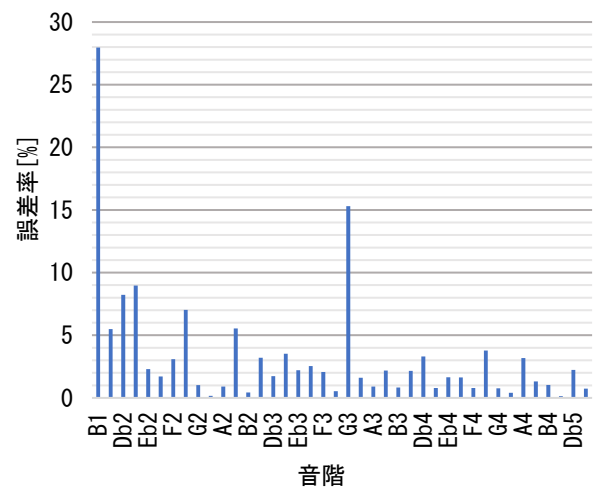


図 3 ピアノの各音階の F0 推定誤差 (二乗検波)

5. 今後の展望

引き続き正答率の向上に向けた検討を行い、併せて雑音や残響を伴う環境での検証を検討する。

6. 謝辞

本実験で使用した楽器音は、アイオワ大学で公開されている音源を使用しました。

(<https://theremin.music.uiowa.edu/MIS.html>)

参考文献

- [1] 三輪賢一郎, 鷓木祐史, "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, 三堀二知加, 三輪賢一郎, "非同期検波技術を用いた基本周波数推定法の研究," 大学コンソーシアム八王子 第 13 回学生発表会, Q231, Dec. 2021