

楽音の調波構造を用いた逆ノッチフィルタ音高推定

学籍番号：90108142 飯國研究室 水野元貴

1 はじめに

音高推定法として逆ノッチフィルタ (INF:Inverse Notch Filter) 法 [1] がある。この方法は、リアルタイムで処理が可能で、また和音の推定においても構成変更を必要としないという利点を持つ。ただし、基本周波数のパワーが倍音よりも大きい楽音にしか対応出来ないという制約がある。管楽器などでは、倍音のパワーが基本周波数よりも大きくなる場合があるため、INF 法 [1] では推定精度が劣化する。この問題を解決するために、本論文では、楽音の調波構造を用いた音高推定法を提案する。

2 逆ノッチフィルタを用いた音高推定

広帯域信号に含まれる狭帯域信号を抽出するフィルタとして INF がある。INF の伝達関数は次式のようになる [1]。

$$I(z) = \frac{1-r}{2} \frac{1-z^{-2}}{1+\alpha z^{-1}+rz^{-2}} \quad (1)$$

ここで、 r は通過帯域幅 K により決まる定数、 α は中心周波数 F [Hz] を決めるフィルタ係数で次式により与えられる。

$$\alpha = -(1+r) \cos\left(\frac{2\pi F}{F_s}\right), \quad r = \frac{1+\cos K - \sin K}{1+\cos K + \sin K} \quad (2)$$

ここで、 F_s [Hz] はサンプリング周波数である。INF 法では、複数の INF を並列接続する。ただし、それぞれの中心周波数 F は各音高に対応するように設計する。

INF 法では、低域側から順にしきい値よりも出力パワーが大きい INF を探す。検出した INF が他の音高推定値の倍音に対応していなければ、その中心周波数を音高とする。この操作を高域側の最後の INF まで続ければ、単音および多重音に対する音高推定が実現できる。ただし INF 法では、基本周波数のパワーが最大であると仮定しているため、倍音のパワーが基本周波数よりも大きくなる場合、基本周波数とともに倍音も推定する問題がある。

3 調波構造を利用した音高推定

楽音は基本周波数と倍音により構成される。そのため倍音に対応する INF の出力パワーも増大する。このとき、基本周波数を推定した場合と、倍音を推定した場合では、出力パワーが増大するフィルタ番号の関係が異なる。例えば、基本周波数に対応するフィルタ番号を 0 とすると、出力パワーが大きくなるフィルタ番号は表 1 のようになる。一方、2 倍音に対応するフィルタ番号を 0 とすると、表 2 のようになる。提案法では、出力パワーが増大するフィルタ番号が、表 1、表 2 どちらに対応するか調べることで、基本周波数を推定する。従来法と提案法によるピアノの音高推定結果をそれぞれ図 1 と図 2 に示す。観測信号は、ピアノの演奏可能な音域 88 音を低域側から順に演奏した。ピアノは低音域で倍音が基本周波数よりも大きくなる傾向がある。従来法では、基本周波数とともに倍音も推定しているが、提案法では倍音の誤推定をなくすことができた。

4 ピアノの和音対策

前節の方法では、和音の場合、倍音関係が複雑になるため、誤推定が起こることがある。そこで、ピアノの高調波の出力パワーの比率を利用して、誤推定が起こらないように改善した。3 節の方法と提案法の音高推定結果をそれぞれ図 3 と図 4 示す。観測信号は、ピアノの 3 和音を用いた。3 節の方法は和音のときに 1 オクターブ下を誤推定しているが、提案法では和音を正しく推定することができた。

5 まとめ

本論文では、INF 法を改善するために、楽音の調波構造を用いた方法を提案した。この方法により、楽音の倍音が基本周波数よりも大きいパワーをもつ場合でも、正確な音高推定ができることを確認した。また出力比を用いることで、ピアノに関して和音が推定できるように改善した。今後は他の楽器の和音への対応を行う予定である。

表 1: 出力パワーが増大するフィルタ番号 (基準:f)

調波	f	2f	3f	4f	5f	6f
フィルタ番号	0	12	19	24	28	31

表 2: 出力パワーが増大するフィルタ番号 (基準:2f)

調波	2f	3f	4f	5f	6f
フィルタ番号	0	7	12	16	19

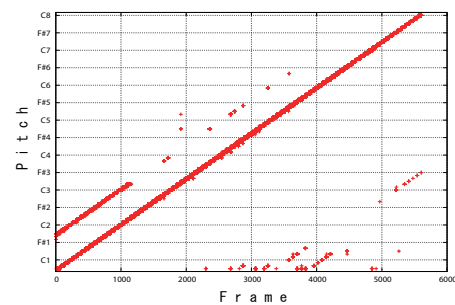


図 1: 従来法の音高推定結果

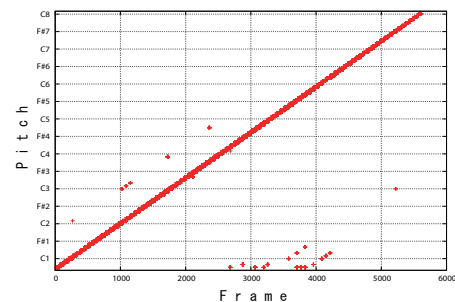


図 2: 倍音関係を用いた音高推定結果

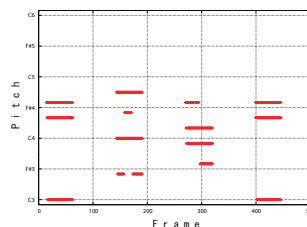


図 3: 3 節の方法の結果

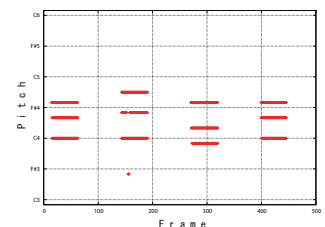


図 4: 提案法の結果

参考文献

- [1] 干場圭太郎, 川村新, 飯國洋二: “ノッチフィルタを用いた多重音音高推定の検討”, 第 22 回信号処理シンポジウム講演論文集 CD-R, P3-1, p.610-615 (Nov. 2007).