

一般化調和解析を利用した和音解析

1090321 岡崎理奈 【福本研究室】

1 はじめに

楽譜が無い音楽の音高を知るには、ドレミ…のどの音かを聴覚で判別するしか方法がなく、誰でもできるわけではない。しかし、信号に含まれている周波数を解析することである程度の音高を知ることが可能である。周波数解析をする一般的な方法として、フーリエ変換が知られている。フーリエ変換を用いる場合も短時間フーリエ変換を用いるなどすれば、音の時間的な変化に対応することができる。しかし、短時間の場合には周波数分解能が悪くなり、音階上で隣接する音同士が混じってしまうため和音の解析が困難になる。さらにフーリエ変換では窓関数を掛けなくてはならず、その影響で元の信号自体が変わってしまう。本研究ではフーリエ変換より解析精度が高いと言われる一般化調和解析 [1] を用いて、和音を対象にした周波数解析を行い、フーリエ変換との比較を行う。

2 一般化調和解析による周波数解析

一般化調和解析 (GHA) は解析対象とする信号 x を任意の解析区間長にフレームを分解し、

$$x(n) = \sum_{k=1}^K A_k \sin(\omega_{kn} + \phi_k) \quad (1)$$

のように、各フレームを正弦波の線形和で表現するものとする。ここで、 A_k , ω_{kn} , ϕ_k はそれぞれ k 番目の正弦波の振幅、周波数、位相を表し、 K は抽出する正弦波の数を表す。GHA では被解析信号から減算を行った結果が最小となる振幅・周波数・位相を有する正弦波の探索を行い、得られた正弦波を $x(n)$ から減算し残差信号を得る。次にこの残差信号から同様に正弦波の探索を行い再度残差信号を得る。この一連の処理を K 回、もしくは残差信号が十分小さくなるまで繰り返すことにより $x(n)$ に含まれる正弦波を推定する。GHA は上記の手順をくり返すため任意の周波数分解能を設定でき、窓関数を必要としないので短時間フーリエ変換と比べ、同一サンプル数で高い精度での周波数解析が行える。しかし計算量はフーリエ変換に対して多い。

3 音高の判別

和音で構成される信号に対して、高速フーリエ変換 (FFT) と GHA を用いた周波数解析の結果を比較するため、実際の楽音に対して解析を行う。ピアノでファ (349.2Hz)・ラ (440Hz)・ド (523.2Hz), ミ (329.2Hz)・ソ (391.9Hz)・ド (523.2Hz) の 2 種類の和音をそれぞれ 25ms 鳴らしたものをサンプリング周波数 48kHz で録音し、長さ 12000 サンプルとしたものを信号 x とした。ただし括弧内の値を規定の周波数とする。なお、フレー

表 1 解析結果 (単位:Hz)

	ファ(349.2)	ラ (440)	ド (523.2)
FFT	348	352	344
GHA	349	440	523
	ミ (329.2)	ソ (391.9)	ド (523.2)
FFT	328	392	332
GHA	329	391	523

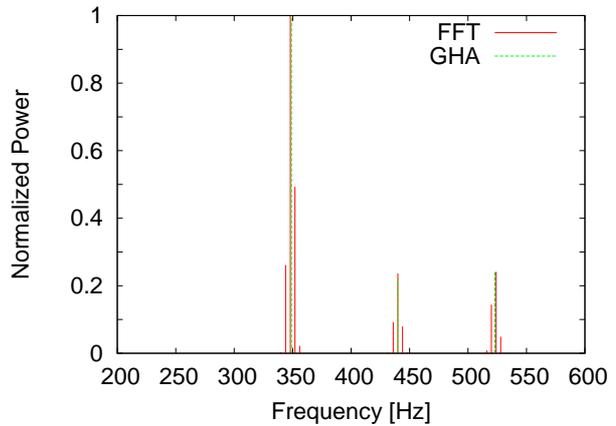


図 1 ファ・ラ・ドの和音 (FFT、GHA)

ムの分解については 1 種類ずつ解析するのでそのまま $x(n)$ とする。フーリエ変換・GHA を行い、共に周波数成分の大きいものを上から 3 つ ($K = 3$) 抽出した。これらの周波数成分の周波数が ω_{kn} である。その結果を表 1 に示す。表 1 から、GHA は規定の周波数の値とほぼ同じになっていることが分かるがフーリエ変換では誤った解析結果もある。これは、ピアノの音にある倍音の影響で複雑な周波数成分になるためである。そこで、抽出する個数を 1000 個に増やしてスペクトル表示を行ったところ、ドやラの周波数も判別することができた。図 1 は、その結果を表したものである。この方法の自動化はドレミ…の各周波数の前後の値の周波数に注目することで、可能であると考えられる。

4 まとめ

本研究では、和音を対象にした周波数解析を行うことによって一般化調和解析とフーリエ変換との比較を行った。その結果、一般化調和解析では自動化せずに音高を抽出することができたが、フーリエ変換では信号によっては自動化する必要があることが分かった。

参考文献

- [1] 山崎芳男, 金田豊, “量子化雑音の一般化調和解析による分析”, 音・音場のデジタル処理, p.35, 2000.