

杉尾隆行 田中巧 服部永雄 及川靖広 村上輝生 山崎芳男 (早大理工)

1. まえがき

人間は微妙な楽器同士の違いを聞き分けることができる。また奏者が異なる場合でも音色の個性を聞き分けることができる。本稿では正確な周波数成分抽出が可能な一般化調和解析を用いて解析的に抽出する手法について検討を加えた。

2. 一般化調和解析

一般化調和解析は1958年にウィナーにより提案された周波数解析手法の1つである。観測区間内で原波形から残差が最少となる純音を引き、その残差成分に対して同様の処理を施すことにより周波数成分を1成分ずつ逐次抽出していくという単純明解な解析手法である。FFTに比べ桁違いに計算量が多いが窓の影響を受けることなく非周期的信号の解析を行うことが可能であるなどの特徴がある。近年のコンピュータの性能の向上によりパーソナル・コンピュータでも解析が可能となり非常信号の解析、高能率符号化、シグナルエンハンスメントなどの処理に導入されつつある。

3. 抽出方法

6月6日にシカゴのThe Fine Arts Buildingの10階にあるstradivari societyにおいてハンガリーの若手バイオリニスト、Kristof Baratiと田中が5種類の名器と言われる楽器の引き比べを行った。使用した楽器は以下の通りである。

1. G.Guarneri del Gesu 1742 'Wieniawski'
2. G.Guarneri del Gesu 1734 'Haddock'
3. G.Guarneri del Gesu 1735 'Sennhauser'
4. A.Stradivari 1730 (composit)
5. J.B.Guadanini 1742

KristofはTchaikovskyのMelody(伴奏なし)、田中はBruchのviolin concertoを演奏した。また田中の所有しているヴァイオリンG.Gadda 1940で同じbruch violin concertoを演奏した。これらは標本化周波数2.8224MHz、高速1bit量子化の信号である。

3.1 GHA ソナグラム

解析した時間波形を図-1, 図-2に示す。原

波形を約33.3ms(1470点)の方形波窓で切り出し約3.3ms(147点)でオーバーラップしながら各窓から周波数成分100本を一般化調和解析を用いて抽出しGHAソナグラムで表示した。GHAソナグラムとは一般化調和解析した後、時間と周波数の軸でパワーの強弱を色の濃さで表現したものである。GHAソナグラムを図-3, 図-4に示す。

またパワースペクトルを5つのバイオリン楽器について求めそれらを平均化してそれぞれの楽器との相対的な周波数成分の違いをバイオリンの特徴がよく表れる1.5kHzから3kHzに注目して抽出を行った。その結果を図-7に示す。

3.2 GHA ケプストラム

次にそれぞれバイオリンの箱の構造には違いがあることに注目して各々の箱のスペクトル包絡を求めた。この手法にGHAケプストラムを用いた。GHAケプストラムとは高速フーリエ変換した後にパワーの対数をとってGHAで解析したものである。解析した音はバイオリンのG線の開放弦(196Hz)である。GHAケプストラムを図-9に示す。ピックアップを用いてバイオリンの駒から得られる信号をとりだした。GHAケプストラムを図-8に示す。

またスペクトル包絡の波形を図-10に示す。

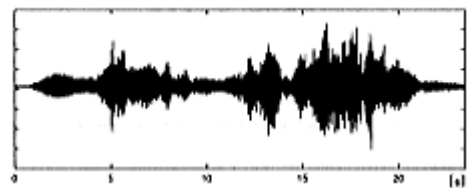


図-1 Bruch violin concerto (Stradivari)

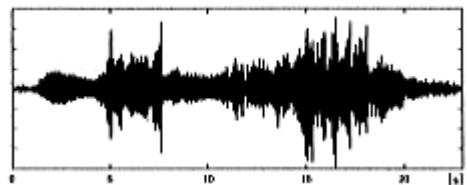


図-2 Bruch violin concerto (Gadda)

*Macro analysis of musical instruments using general harmonic analysis.

By Takayuki Sugio, Takumi Tanaka, Hisao Htori, Yasuhiro Oikawa, Teruo Murakami and Yoshio Yamasaki (Waseda University).

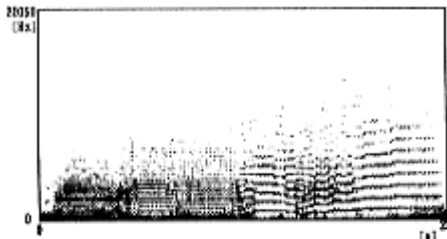


図-3 Stradivariのソナグラム(Bruch violin concerto)

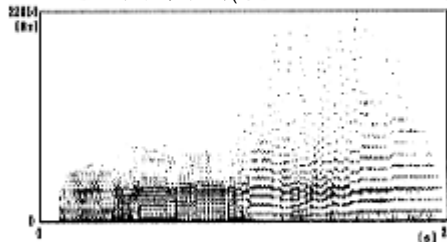


図-4 Gaddaのソナグラム(Bruch violin concerto)

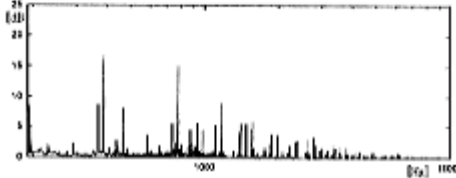


図-5 pianoで弾いた同じ曲のパワースペクトル

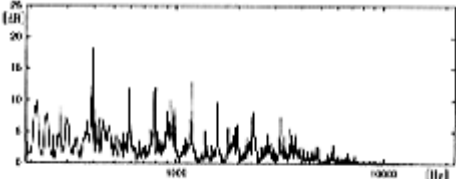


図-6 Gaddaを除く5つのヴァイオリンの平均パワースペクトル

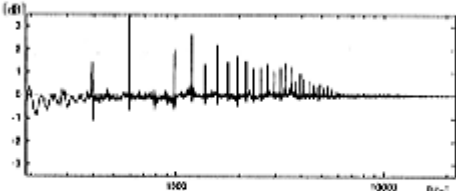


図-7 Gaddaのパワースペクトルから図-6の周波数成分を抜いた波形

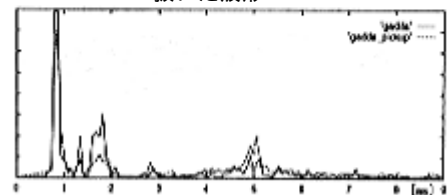


図-8 G線の開放弦の音(196Hz)のGHAケプストラムの波形(普通に録音した音とピックアップで録音した音)

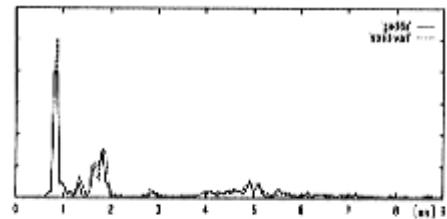


図-9 G線の開放弦の音(196Hz)のGHAケプストラムの波形(Stradivari, Gadda)

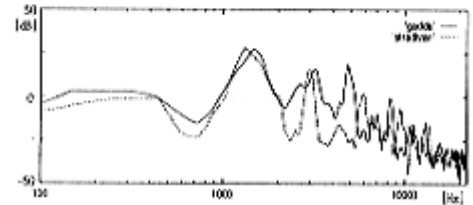


図-10 G線の開放弦(196Hz)のスペクトル包絡(Stradivari, Gadda)

4. むすび

異なる2つの楽器であるピアノとバイオリンでパワースペクトルを比べると形の違いがはっきりわかる。

次に構造の異なるバイオリンの特徴抽出を試みた。マイネ(Hermann F.Meinel)やその他の研究者の報告によると周波数1.5kHz付近で共振振幅が減少していること、3kHzから3kHzのところで著しく振幅が増加していることが、イタリアの著名な古楽器に見られる特徴であると言われている。図-7の結果からgaddaの特性が古代の楽器より多少ではあるが2kHzから3kHzにかけての山が低いことがわかる。しかし同じ楽器で明らかな違いを今回のスペクトル情報から抽出するまでは至らなかった。故にバイオリンの箱の特性について検討することにした。

GHAケプストラムにおいては低ケフレンシー部分に倍音成分が入りこむためうまくスペクトル包絡を抽出することができなかった。しかしピックアップによってバイオリンの箱の特性は低ケフレンシー部分にあることが分かったので今後は倍音成分の分離の方法を検討していく。

【参考文献】

- 1) 日経BP デジタル大辞典 2000-2001 年版(p601) 日系BP社(2000)
- 2) C.M.ハッチンスバイオリンの音響学,(楽器の科p5p20) 日系サイエンス社 (1987)