英語論文輪講

Terada, T. et al., ”Nonstationary waveform analysis and synthesis using generalizedharmonic analysis,” Proceedings of IEEE-SP International Symposium on Time- Frequency and Time-Scale Analysis TFSA-94, pp.429-432, 1994

岩淵 勇樹

2008 年 1 月 7 日

ABSTRACT

非定常的な信号に対する新しいスペクトル解析として、**一般化調和解析 (GHA)** を用いた方法を提案する。**概周期関数**を用いた GHA により、短時間フーリエ変換で起こるような周波数分解能の劣化のない解析が可能である。GHA を非定常的な波形（ピアノ音および歌声）に適用したところ、周波数分解能の高い解析結果が得られた。

INTRODUCTION

短時間フーリエ解析 (STFT) は原理的に周期関数しか扱うことができず、不確定性原理による分解能のトレードオフが大きな問題である。

提案する一般化調和解析では、非定常的な信号を**概周期関数 (APF)** モデル上の信号と捉え、短時間で区切りながら **GHA** を適用する。

STFT における級数の各項が調和的（周波数が有理数比）であるのに対し、GHA は非調和的である。

ALMOST-PERIODIC FUNCTION

APF とは、複数の周波数（調和的とは限らない）をもつ指数関数の足し合わせとして表現される連続関数 $x(t)$ である。（式 (1)）

- A_k: 振幅および位相 (?)（複素数）
- λ_k: 周波数（実数）
- ϵ: 残差（非負実数）

解析においては、周波数成分 λ_k は有理数のみとなるため、APF は周期関数になる。信号全体を APF として表すと、周期が信号長と比べて非常に長くなるため、短時間に分割して扱う。

GHA ALGORITHM

GHA の基本 3 ステップ：

1. 任意の周期 T におけるフーリエ余弦級数の第 1 項 $C(T)$ およびフーリエ正弦級数の第 1 項 $S(T)$ を求める（式 (2)(3)）
2. 元信号 $x_0(t)$ と上式との残差 $\epsilon(t,T)$ を求める（式 (4)）
3. $\epsilon(t,T)$ のエネルギー $E(T)$ の最小値を求める（式 (5)）

この操作により、GHA における級数の第 1 項 $S_1(T_1)$、$C_1(T_1)$ が確定する。

続いて、式 (6) のように $x_1(t)$ を定め、これについて同様の操作を行う。

この操作を N 回繰り返すことにより、式 (7) のような近似級数が求められる。また、パワースペクトル $P(T_k)$ は式 (8) のように推定される。

SPECTRUM OF PIANO TONE

ピアノの A4 の音を GHA によって解析した。（Fig. 1: (a) 元波形 (b) 合成波形 (c) 残差）

短時間で区切られた区間毎に周期関数が対応している。

Fig. 2(a)-(c) は 1 つの短区間での波形である。基本周波数 (440Hz) と分数調波 (220Hz) が見て取れる。Fig. 3 は GHA による解析結果であるが、倍音成分や減衰の時間変化が確認できる。

Fig. 4 は Fig. 3 の拡大図であるが、隣接する 2 弦が振動する様子まで確認できる。

PITCH ANALYSIS OF A SINGING VOICE

男性の歌声（英語詞）を GHA によって解析した。（Fig. 1: (a) 元波形 (b) 合成波形 (c) 残差）

Fig. 6 は 12ms の窓を用いた GHA によるスペクトルである。メロディラインの変動が精細に見て取れる。なお、ピッチの微変動はビブラートによるものである。

CONCLUSION

GHA は STFT と比べて、時間分解能が高いまま周波数分解能も極めて高い解析方法である。