

2H-3

# Short Time DFTを用いた スペクトラム操作形フィルタの提案

岸 政七 嶋津 孝次郎

愛知工業大学 情報通信工学科

## 1. はじめに

Short Time DFT (ST-DFT) は、Hilbert変換にみられるように周波数域上での操作性に優れていることは既に報告されている<sup>[1]</sup>。ここでは、ST-DFTで求められる瞬時スペクトラムに着目した新しいフィルタの合成法を検討したので報告する。さらに、例題として低域通過特性を有するフィルタを構成し、その特性について検討した。

## 2. 処理概要

従来のアナログ/デジタルフィルタは、時間域上でフィルタリングが行われていた。それに対し本フィルタは、時間域信号を瞬時スペクトラム解析し周波数域上で所与のフィルタ特性を得るためにスペクトラム操作を行うものであり、時間域→周波数域(T→F)変換、ならびにフィルタリングしたスペクトラムに対応する時間出力を得るために周波数域→時間域(F→T)変換を行う事が大きな特徴と言える。本フィルタ

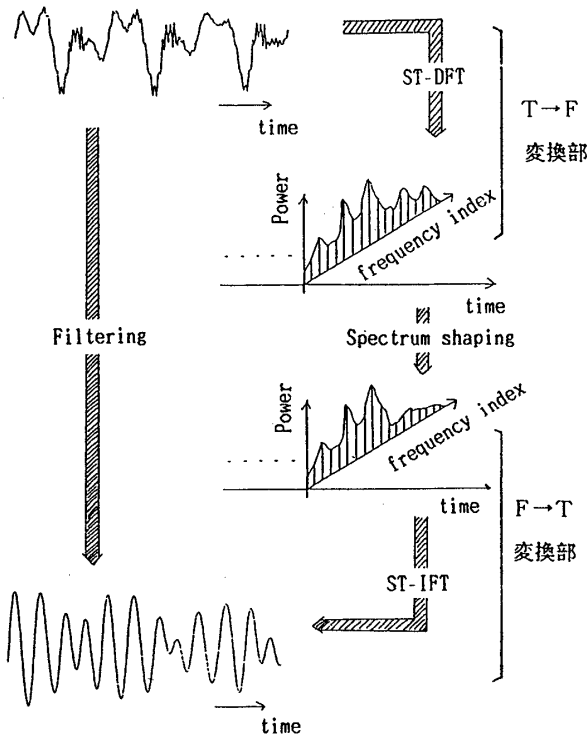


図1 処理概要

は、T→F変換部、スペクトラム操作部、F→T変換部の3部に大別され、図1に示される処理フローを有する。

## 3. フィルタ機能の概要

以下に大別された3機能を項目毎に説明する。

### 3.1 T→F変換部

一般的に周波数解析としては、離散フーリエ変換(DFT)又は高速離散フーリエ変換(FFT)が用いられる事が多い。しかし、DFTを用いて周波数解析を行う場合、フレームの取り方によって得られるスペクトラムが異なるフレーム端効果による影響を著しく受ける。一方、ST-DFTはこのフレーム端効果による影響の抑圧に優れている<sup>[2]</sup>。したがって、T→F変換にST-DFTを用いて、正確な瞬時スペクトラムを求めてゆく事とする。

### 3.2 スペクトラム操作部とF→T変換部

スペクトラム操作に使用する周波数域上(f域上)での写影子に要求される条件は、T→F変換で得られる瞬時スペクトラムにf域上でのスペクトラム操作したスペクトラムに対応する信号が物理的に存在することである。換言すれば、出力信号が純実数になる事が必要十分条件となる。以下に出力信号が実数となる写影子の条件を求める。

ただし、写影子Tは次のような初期条件があるとする。

$$T = [t_{ij}], \quad t_{ij} = t_i \delta_{ij}$$

$t_i$ : スカラー,  $\delta_{ij}$ : Kronecker's delta

T→F変換により入力信号のスペクトラム $\Phi(n)$ が与えられた時、スペクトラム操作を行って得たスペクトラム $\Phi'(n)$ は次のようになる。

$$\Phi'(n) = T \Phi(n) \quad (1)$$

ところで、出力信号 $y(n)$ は次に示すF→T変換で与えられる。

$$N \cdot y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} t_k \phi_k(n) W^{nk} \quad (2)$$

したがって、式2を変形し次式を得る。

$$N \cdot y(n) = t_0 \phi_0(n) - t_{N/2} \phi_{N/2}(n)$$

$$+ \sum_{k=1}^{(N/2)-1} (t_k \phi_k(n) W^{nk} + t_{N-k} \phi_{N-k}(n) W^{nk}) \quad (3)$$

A Proposal of Spectrum Shaping Filter

by Adopting the Short Time DFT

Masahichi KISHI, Kojiro SHIMAZU

Department of Information Network Engineering, Aichi Institute of Technology

式3において右辺第一項および第二項は明らかな様に実数成分のみで表現される。したがって、出力信号  $y(n)$  が実数成分のみで表現されるような写影子Tの条件は、第三項目以降の全項が複素共役な関係を有する事が必要十分条件となる。最終的に、写影子Tの条件は次のように求まる。

$$t_{N-i} = t_i, \quad 1 \leq i \leq N/2-1 \quad (4)$$

4. フィルタの合成例

低域通過フィルタが所与の  $f$  域特性を有するためには写影子Tの要素を次のように定めればよい。すなわち、目的の低域通過特性を決め、サブチャンネルの中心周波数で与えられる代表点を  $t_i$  ( $0 \leq i \leq N/2$ ) とする。さらに、インデックス  $i$  が  $N/2$  より大きな領域においては式4に示すような複素共役なる条件を満たすように設定する。

5. 実験結果

実験を通し、単位サンプル応答の時間域応答とそのパワースペクトラムおよび位相誤差を検証した。実験は、1フレーム内サンプル数  $N=32$ 、デシメーションフィルタのフレーム数  $m=8$  および  $m=128$  のナイキストフィルタ、写影子Tには、遮断周波数が2kHzである15次のバターワース特性となるような重みを設定に実施した。用いた重みを次に示す。また、サンプリング周波数は8kHzとした。

$$[t_i] = [1.0 \dots 1.0 \quad 0.7 \quad 0.1 \quad 0 \dots \dots 0 \quad 0.1 \quad 0.7 \quad 1.0 \dots 1.0] \quad (5)$$

図2に  $m=8$  の単位サンプル応答の時間域応答、図3(a), (b) にそれぞれ  $m=8, 128$  のパワースペクトラム特性を示す。図3より、2kHzを含むサブチャンネルにおいて約3dB減衰しており、設定した遮断周波数が正確に実現されている。そして、通過帯域においては最大平坦特性を示し、サブチャンネルの中心周波数において所与のバターワース特性が実現されている。また、 $N$ を一定に保った状態においても  $m=128$  の場合が、 $m=8$  に比較して近似度が改善されることが示される。これは、ナイキストフィルタの影響によるものであり、

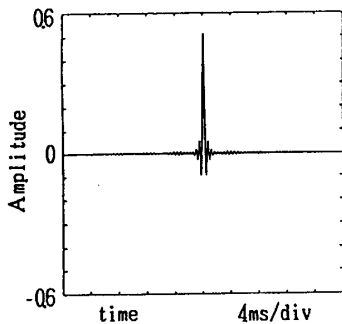


図2 単位サンプル応答の時間域特性 (  $m=8$  )

T→F変換のマルチチャンネルフィルタのフリンジ近傍の信号成分のもれ込みが十分抑圧される事が起因する。実験に用いたウィンド関数は、無限長のナイキスト関数をtruncationして用いているため、図3のような影響が  $m$  を少なくする時強く現れる。また、写影子Tが零にもかかわらずパワースペクトラムが零に減衰しないのは、T→F変換部の精度に因るものと考えられるが、50dB以上の抑圧能力があり、実用的な観点からは、 $m=8, N=32$  においても問題ないと考えられる。

図4は、本フィルタの位相誤差特性を示す。なお、同図は、遮断周波数以後の位相誤差特性を調べるため、式5の10番目から22番目までの値を0.1に変更して実験を行った。同図が示すように、位相誤差は  $-0.5 \sim 4.0 \times 10^{-4}$  度以内であり、位相誤差は皆無であると言えよう。今後、フィルタ特性に大きく関与するT→F変換精度の改善に主眼をおき研究を進めてゆく。

なお、本研究の一部は日本電信電話(株)の委託研究として実施されたものである。

【文献】 [1] M.Kishi, "A Proposal of Short Time DFT Hilbert Transformers and Its Configuration", Trans. IEICE, Vol. E71, No. 5, May 1988, pp. 466-468. [2] T.Saiki, M.Kishi, "Reduction the Effect of Frame Truncation Error Using the Short Time DFT", Trans. IEICE, Vol. E71, No. 5, May 1988, pp. 472-474.

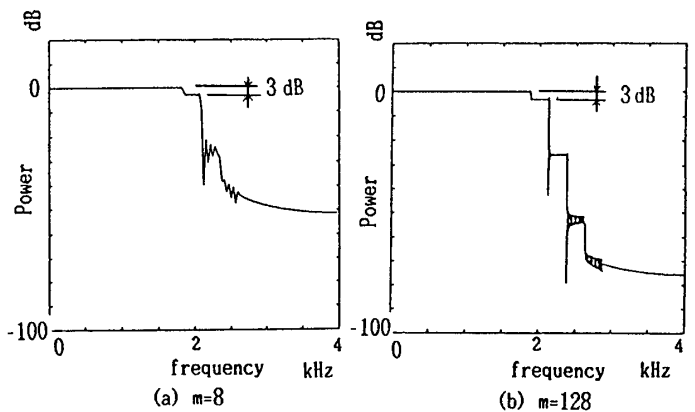


図3 単位サンプル応答のパワースペクトラム特性

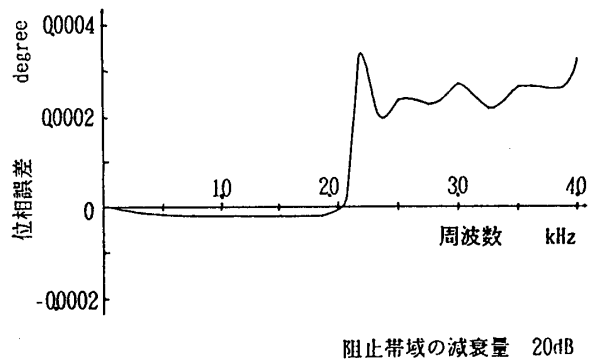


図4 位相誤差特性