

FIR フィルタ設計に対する再最適化効果の検証

A-8 Verification of Post-Optimization Effect for FIR Filter Design

吉崎 剛史
Takeshi YOSHIZAKI陶山 健仁
Kenji SUYAMA東京電機大学 工学部 電気電子工学科
School of Engineering, Tokyo Denki University

1 はじめに

FIR (Finite Impulse Response) フィルタのミニマックス近似設計問題は線形計画問題として定式化できる [1]. この問題を線形計画法で解く場合, フィルタ次数の増加に伴い, 演算量が増加する. 一方, 設計仕様が類似したフィルタ設計の場合, プロトタイプフィルタを基にした再設計が有効であると考えられる. 本研究では, 再設計法として線形計画問題に対する再最適化 [2] を適用し, その効果を定量的に評価する.

2 FIR フィルタのミニマックス近似設計問題

フィルタ次数 N が偶数, インパルス応答 h_n が偶対称の直線位相 FIR フィルタの振幅特性 $H(\omega)$ は次式で表される.

$$H(\omega) = \sum_{n=0}^M a_n \cos n\omega \quad (1)$$

ここで, $M = N/2$, $a_0 = h_M$, $a_n = 2h_{M-n}$ である. FIR フィルタのミニマックス近似設計問題は, 次式のように近似帯域 Ω 上で所望特性 $D(\omega)$ と $H(\omega)$ の最大誤差を最小化する a_n を決定する問題である.

$$\min_{\{a_n\}} \max_{\omega \in \Omega} |D(\omega) - H(\omega)| \quad (2)$$

3 再最適化による設計

再最適化は変動が付加された問題を, 変動前の問題の最適解 (最適タブロー) を利用して解き直す手法である. 線形計画問題では最適性の必要十分条件である実行可能基準と最適基準の 2 つの基準が重要となる.

例として, 図 1 のような遷移域を縮小するように通過域端周波数 f_p が変動する場合を考える. 変動後の通過域端周波数が \hat{f}_p であるとき, f_p と \hat{f}_p の間で分割した新たな周波数点に対応する双対変数を追加する. そして, 追加した双対変数に対する制約条件の係数と相対コスト係数をプロトタイプフィルタの最適タブローに追加する. このとき, 変動後のタブローは実行可能基準を満たしている, これを初期タブローとしてシプレックス法を適用する.

4 設計例

再最適化の効果を検証するために設計例を示す. 表 1 に設計条件を示す. なお, 線形計画問題の解法には 2 段階シプレックス法を用いた. 表 2 にシプレックス法の反復回数を示す.

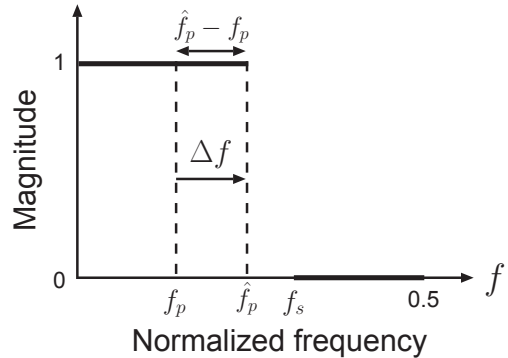


図 1 理想所望特性
表 1 設計条件

	N	f_p	f_s	K	\hat{f}_p
Ex.1	50	0.2	0.3	250	0.25
Ex.2	200	0.19	0.22	1000	0.21
Ex.3	400	0.1	0.12	2000	0.105
Ex.4	500	0.1	0.11	2500	0.102

表 2 シプレックス法の反復回数 (第 1 段階/第 2 段階)

	プロトタイプ	要求仕様	
		再最適化有	再最適化無
Ex.1	178/45	-/59	176/38
Ex.2	2642/166	-/290	2647/165
Ex.3	10350/510	-/380	10427/280
Ex.4	16196/469	-/473	16271/478

表 2 より, 再最適化により, シプレックス法の反復回数が低減していることが確認できる. これは, プロトタイプフィルタの最適タブローを用いたため, 初期実行可能解を計算するための第 1 段階の必要がなくなるためである. そのため, 再最適化はフィルタ次数の増加とともに, その効果が向上する.

5 まとめ

本研究では, FIR フィルタ設計に対する再最適化の効果の検証を行った. 設計例より, シプレックス法の演算量を低減し, 設計の高速化が可能であることを示した.

参考文献

- [1] 陶山健仁, 高田憲一, 平林隆一, 岩倉博, "線形半無限計画法による FIR フィルタの複素チェビシェフ近似," 信学論 (A), Vol.J86-A, No.1, pp.1-8, Jan 2003.
[2] 玉置 久, システム最適化, オーム社, 2005.