

マイクロ波フィルタ設計の基礎と関連技術

Basic Design of Microwave Filters and the Related Technologies

野本俊裕

Tohihiro Nomoto

東北工業大学

Tohoku Institute of Technology

〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1
35-1, Yagi Yamakasumi-cho, Taihaku-ku, Sendai, Miyagi, 982-8577

Abstract: It is presented how to design microwave bandpass filters and embody them. First, filters are classified according to geometries, RF characteristics, etc. Next, it is discussed how to design resonators and coupling elements. Finally, filters and multiplexers designed for the satellite and terrestrial broadcasting equipment will be shown.

1. はじめに

高速・大容量化する情報通信に対応するため、限られた電波資源の一層の有効利用が必要となる。特に同一周波数帯に割り当てられているチャンネル間の干渉を防ぎ、クリーンな電波を確保するためにはフィルタの性能が鍵となる。携帯電話や移動通信にはマイクロ波が多用されており、ますますマイクロ波フィルタの役割は重要となってくる。

さてマイクロ波帯（1GHz 以上）の周波数になると、それ以下の周波数帯で使われるような通常のコイル（インダクタ）やコンデンサ（キャパシタ）などの集中定数型の素子を用いて所望のフィルタ特性を実現することは難しい。これは、マイクロ波帯の周波数になると集中定数型の素子であるコイルの巻線間の浮遊容量やコンデンサのリード線のインダクタンスが無視できなくなり、これら素子のインダクタンスやキャパシタンスが単純な形で表現できなくなってしまうからである。しかし、コイルやコンデンサに相当するインダクタンスやキャパシタンスを他の回路技術によってマイクロ波帯で実現できるならば、集中定数回路で表現される一般的なフィルタ理論や設計法がそのまま適用できる。すなわちマイクロ波フィルタの設計は、同軸線路やマイクロストリップ線路、導波管などの回路でフィルタを構成するのに必要なインダクタンスやキャパシタンスを実現できるかどうかにかかっている。

著者は、遡ること 19 年前の MWE'95 の基礎講座「マイクロ波フィルタの設計とその応用」[1]のなかでも述べているが、改めてプロトタイプの集中定数型低域通過フィルタ理論から出発し、周波数変換に

よって帯域通過フィルタを得る方法やインピーダンス反転回路について簡単に述べる。つぎにコイルやコンデンサなどの代わりに共振器と共振器間の結合によってマイクロ波帯のフィルタが実現できること、共振器間の結合量測定方法などについて説明する（重複した内容が多々あるが、この点ご容赦願いたい）。今回、新たにフィルタ全体の導体損を最小化するため、共振器への無負荷 Q 値 (Q_0) 配分の最適化手法についても追記する。最後に具体的な例として、地上デジタル放送用に適合するフィルタおよびアンテナ共用器について紹介する。

2. フィルタ概論

2.1 フィルタの分類 [1]

フィルタは、一般に①機能、②動作原理および③共振器の種類によって分類され、さらに①の機能の観点からは、低域通過、高域通過、帯域通一過と帯域阻止フィルタの 4 つに、また②の動作原理の観点からは周波数領域で設計する方法と時間領域で設計する方法、さらに③の観点からは使用する共振器の種類によって分類される。

特に②の観点からは、周波数領域で設計する場合には、振幅特性と位相特性のいずれを重視するかによって分けられる。振幅特性が規定される場合には、バターワース (Butterworth) フィルタ、チェビシェフ (Chebyshev) フィルタや連立チェビシェフ (楕円関数型とも呼ばれる) フィルタなどが用いられる。また、位相特性に線形性 (遅延時間が平坦) が要求される場合には、ベッセル (Bessel) あるいははトムソン (Thomson) フィルタや TBT (Transitional