

# 粒子群最適化アルゴリズムを用いた方形導波管誘導性窓付き共振器の設計

原 幸平<sup>†</sup>    山西 貴士<sup>†</sup>    平岡 隆晴<sup>‡</sup>    豊嶋 久道<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻

<sup>‡</sup> 神奈川大学工学部電気電子情報工学科

## 1 はじめに

図1に示す方形導波管誘導性窓付き共振器は、金属製の誘導性窓と空洞共振器から構成されており、誘導性窓の段数及び空洞共振器数を増やすと急峻な減衰量特性をもつため、マイクロ波回路の帯域通過フィルタとして広く用いられている [1]。この回路の従来の設計法は、空洞共振器および誘導性窓の回路寸法値を決定するものであるが、得られる寸法値によっては製造が困難となり、寸法値を実現可能な値に丸める必要がある。しかし、回路寸法値を丸めることで所望の特性を満たせなくなることがあるので、人の手による細かい修正が必要となり、多大なコストがかかってしまう。

本研究では、このような問題を解決するために丸めを考慮した寸法値の選択が可能である最適化アルゴリズムを用いた設計手法を提案する。

## 2 設計手法

方形導波管 (WRI-120) の中に誘導性窓を5段、空洞共振器を4つ配置した5段4共振構造の帯域通過フィルタの設計に最適化アルゴリズムを用いる。導波管幅  $W_1$  は  $19.05[mm]$ 、高さ  $D$  は  $9.525[mm]$  とし、誘導性窓の厚さ  $L_1$  は  $1.00[mm]$  と固定した。誘導性窓の幅  $W_2 \sim W_4$ 、共振器の長さ  $L_2 \sim L_4$  を変数として、最適化を行う。また、寸法値は小数点第2位までの値に限定した。所望特性は、中心周波数  $12.42[GHz]$ 、比帯域幅を  $5\%$ 、許容減衰量を  $0.01[dB]$  とした。

評価関数については以下の式を用いた [2]。

$$F = \frac{1}{1 + \bar{F}} \quad (1)$$

### Design of Rectangular Waveguide Resonators with Inductive Windows using PSO

Kouhei Hara<sup>†</sup>, Takashi Yamanishi<sup>†</sup>, Takaharu Hiraoka<sup>‡</sup> and Hisamichi Toyoshima<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

<sup>‡</sup>Department of Electronics and Informatics Frontiers, Kanagawa University

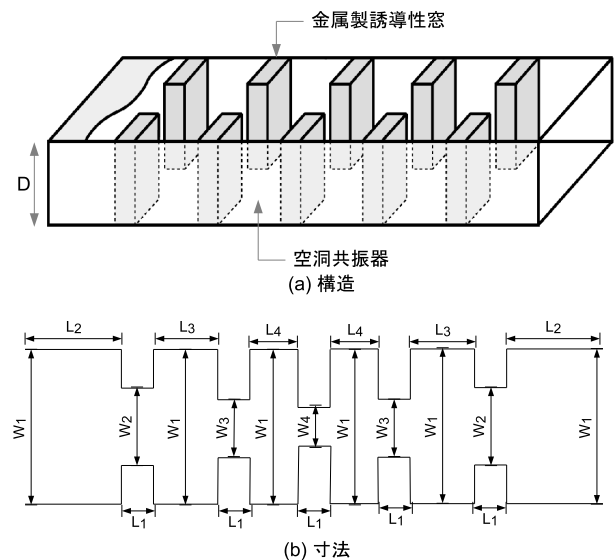


図1: 方形導波管誘導性窓付き共振器

$$\bar{F} = \frac{1}{N_p} \sum_{k=1}^{N_p} S_i(f) + \frac{1}{N_s} \sum_{k=1}^{N_s} S_r(f) \quad (2)$$

$N_s$ : 遷移域におけるサンプリング数

$N_p$ : 通過域におけるサンプリング数

$S_r(f)$ : 遷移域における周波数  $f$  での反射損

$S_i(f)$ : 通過域における周波数  $f$  での挿入損

## 3 最適化アルゴリズム

本研究では、初期値の最適化とそれを用いた最適化を通して共振器の最適化を行った。初期値の最適化では誘導性窓の幅  $W_2 \sim W_4$  を  $9[mm]$  と固定し、共振器の長さ  $L_2 \sim L_4$  の3つのパラメータで最適化を行った。その後、求めた初期値を用いて最適化を行った。また、遷移域内のサンプリング数は左右それぞれ20個の合計40個とし、通過域内のサンプリング数については50個とした。

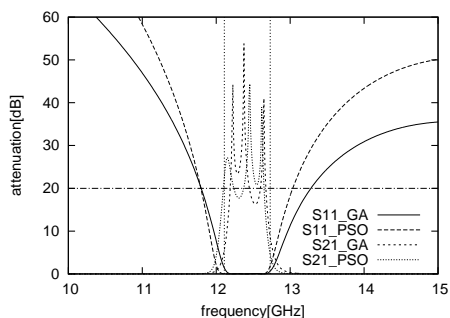


図 2: 各最適化の周波数全域での反射損と挿入損

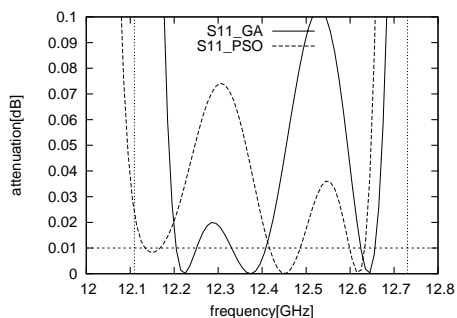


図 3: 各最適化の周波数通過域の挿入損

### 3.1 粒子群最適化アルゴリズム (PSO)

PSO は、1995 年に情報を群れ全体で共有しているという仮定に基づいて開発された最適化アルゴリズムである。特徴としては、計算量やメモリ占有量に優れ、収束性が高く準最適解が早期に発見できるといった特徴から、反復回数や評価以外の演算を他のアルゴリズムより抑えることができることなどがあげられる。また、最適化に用いる変数も連続量を扱うので、回路の最適化設計の計算にそのまま適用できる点といった利点がある。こうした理由から PSO を用いて回路設計を行う。

### 3.2 遺伝的アルゴリズム (GA)

GA は、1960 年代に提案された生物の進化過程を模擬する最適化アルゴリズムである。特徴としては、多種多様な問題に対応できる柔軟性があり、解探索が広いといったことなどがあげられる。また、PSO と比べ収束性は低いが局所解に陥りにくい。そのため、本研究では PSO の比較対象として用いる。

## 4 結果および考察

表 1 に最適化後の寸法値を示し、図 2 に全体の反射損と挿入損の周波数特性を、図 3 に通過域の挿入損の

表 1: 各最適化の寸法値

		寸法値			
GA	$W_1[mm]$	$W_2[mm]$	$W_3[mm]$	$W_4[mm]$	
	19.05	9.35	6.02	5.44	
	$L_1[mm]$	$L_2[mm]$	$L_3[mm]$	$L_4[mm]$	
	1.00	5.95	12.62	14.18	
PSO	$W_1[mm]$	$W_2[mm]$	$W_3[mm]$	$W_4[mm]$	
	19.05	8.59	11.30	7.27	
	$L_1[mm]$	$L_2[mm]$	$L_3[mm]$	$L_4[mm]$	
	1.00	7.57	11.10	2.17	

周波数特性を示す。

図 2 の全域の周波数特性から遷移域については PSOの方が GA より鋭くなっているが、どちらも問題ないほど上がっている。また、通過域についても PSO, GAともに満たしている。しかし、図 3 の通過域の周波数特性から許容減衰量はどちらも一部しか満たせておらず、特に通過域の端の減衰量は大きくなってしまっている。GA と PSO では PSO の方が全体的な減衰量は小さくなっている。

## 5 おわりに

GA, PSO を用いて寸法値を小数点第二位の値までに限定し共振器の設計を行った。急峻な特性と、一部の許容減衰量を満たした。今後の課題としては、通過域端の減衰量を小さくし、すべての減衰量が満たせるようにする。また、段数を増やした共振器についても最適化を行えるようにすること、どのような所望特性にも対応できるよう改良することなどが必要となる。

## 参考文献

- [1] Jui-Pang, H., Hiraoka, T. and Nakaya, M.: Derivation of equivalent network for H-plane rectangular waveguide circuit for calculation of frequency response and time dependent electromagnetic field distribution, *Proc.2002 China-Japan Joint Meeting on Microwave*, pp. 219–222 (2002).
- [2] 大平昌敬, 出口博之, 辻 幹男, 繁沢 宏: 任意形状の結合窓を有する方形導波管の解析, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 103, No. 534, pp. 25–30 (2003).