

電磁機器の多目的最適化設計におけるゲーム理論に基づく解選択手法の検討

宮本 知幸
(広島大学)

金田 和文
(広島大学)

野口 聡
(北海道大学)

山下 英生
(広島工業大学)

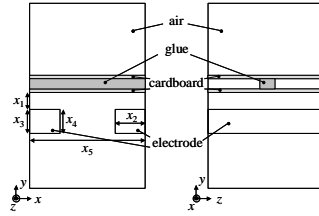
1. はじめに

近年、数値解析技術と最適化手法を併用した電磁機器の最適化設計に関する研究が頻繁に行われてきているが、実機設計への適用は期待されたほどではない。その理由としては、最適化問題において多くの目的を的確に考慮することや、その際の解の決定が非常に困難であることが挙げられる。そこで我々は、その対処方法として電磁機器の最適化設計問題を設計の立場と販売者の立場に立った社会における戦略的ゲームと捉え、最適化手法による解選択にゲーム理論[1]の適用を提案する。複数の観点からの最適化設計や、多目的最適化設計では複数の解候補(パレート最適解)が得られる。この解候補から一つの解を絞り込むために、ゲーム理論を適用している。本件では、2人ゼロ和ゲームおよび2人非ゼロ和ゲームの2通りにおいて定式化を行い検討する。適用モデルは糊の高効率な乾燥を目的とした高周波誘電加熱装置を用いた(図1参照)。

2. 2人ゼロ和ゲームによる最適化設計

2人ゼロ和ゲームでは、一方のプレイヤーの利得がそのまま他方のプレイヤーの損失となる。この場合、一方は自分の利益の最大化を図るためマックス-ミニ戦略を選択する最大化プレイヤーとなる。また、他方は相手の利益の最小化を図るためミニ-マックス戦略を選択する最小化プレイヤーとなる。

2人ゼロ和ゲームを電磁機器の最適化設計問題に適用するにあたり、プレイヤー P_1 を機器の高効率化を目指す設計者とし、プレイヤー P_2 を製品の価格や使用コストの削減を目指す販売者とする。ここでは仮に、プレイヤー P_1 は構造部材の寸法として電極ピッチ幅 x_5 を変更する戦略 s を有し、プレイヤー P_2 は投入エネルギー量 x_6 を変更する戦略 t を有することにする。各プレイヤーの戦略における目的関数 U は、有限要素解析(FEA)により特性評価を行い、遺伝的アルゴリズム(GA)により糊の発熱効率および糊の発熱分布の均一率の和の最大化を目指すものであり、設計変数 $x_1 \sim x_4$ の最適値を決定する。プレイヤー P_1 は目的関数 U の最大化を目指し、プレイヤー P_2 は目的関数 U の最小化を目指す。プレイヤー P_1 およびプレイヤー P_2 の戦略の選択確率を決定するため表1のように利得表を作成する。利得表の i 行 j 列成分 U_{ij} は、プレイヤー P_1 の戦略 s_i およびプレイヤー P_2 の戦略 t_j における目的関数 U の値である。この利得表からプレイヤー P_1 およびプレイヤー P_2 の戦略の選択確率 p および q は線形計画問題として解くことで決定される。適用結果より、プレイヤー P_1 では戦略 s_3 、プレイヤー P_2 では戦略 t_5 の選択が均衡解となった。利得表からも見て取れるように、この均衡解は各プレイヤーの妥協点であり、お互いが満足できる選択肢であると言える、本手法は適切な解選択の手段として得策であると言える。



<設計変数>	
x_1 [mm]	電極と紙の間隔
x_2 [mm]	電極の幅(1/2)
x_3 [mm]	電極の高さ(中央)
x_4 [mm]	電極の高さ(側面)
x_5 [mm]	電極ピッチ幅
x_6 [V]	投入エネルギー

図1. 適用モデル

表1. 2人ゼロ和ゲームにおける利得表

		P_2					
		投入エネルギー[V](戦略 t)					
		800	1000	1200	1400	1600	
P_1	電極ピッチ幅[mm](戦略 s)	50(4)	102.6195	104.1651	104.4151	104.2710	104.2876
	40(5)	118.1477	117.6950	117.5991	118.2875	118.2862	
	25(8)	133.3659	134.6776	137.5322	133.4478	133.4434	
	20(10)	138.3023	140.6685	136.4926	136.0046	132.8382	

$$p_1=0.0000 \quad p_2=0.0000 \quad p_3=0.9860 \quad p_4=0.0140$$

$$q_1=0.1092 \quad q_2=0.0000 \quad q_3=0.0000 \quad q_4=0.0000 \quad q_5=0.8908$$

3. 2人非ゼロ和ゲームによる最適化設計

2人非ゼロ和ゲームでは、一方のプレイヤーの利得がそのまま他方のプレイヤーの損失になるとは限らず、個別に利得が存在する。各プレイヤーが自分の利益の最大化を図る最大化プレイヤーとなる。しかし、均衡解は、2人ゼロ和ゲームの時のように各プレイヤーのマックス-ミニ戦略、つまり最適戦略のペアとは限らず、各プレイヤーが相手のとる戦略の最適反応戦略のペアとなる。

2人非ゼロ和ゲームを電磁機器の最適化設計問題に適用するにあたり、プレイヤー P_1 を機器の高効率化を目指す設計者とし、プレイヤー P_2 を製品のコンパクト化からコストの削減を目指す販売者とする。プレイヤー P_1 およびプレイヤー P_2 の各戦略およびプレイヤー P_1 における目的関数 U は2人ゼロ和ゲームの時と同様に設定する。また、その時の場のエネルギー密度をプレイヤー P_2 の目的関数 V とする。プレイヤー P_1 およびプレイヤー P_2 の戦略の選択確率を決定するために、2人ゼロ和ゲームの時と同様に利得表を作成する。この利得表からプレイヤー P_1 およびプレイヤー P_2 の戦略の選択確率は2次計画問題を解くことで決定される。尚、この適用結果は講演会にて報告予定である。

4. おわりに

本稿では、電磁機器の多目的最適化設計問題における解選択手法としてゲーム理論の適用を考え、2人ゼロ和ゲームおよび2人非ゼロ和ゲームの2通りにおいて定式化を行った。また、2人ゼロ和ゲームにおいて適用結果を示し手法の検証を行った。

<参考文献>

[1] 逢沢 明, ゲーム理論トレーニング, かんき出版, (2003)