

新燃料全数探索及び燃焼燃料局所探索を組み合わせた燃料装荷パターン最適化の性能比較

Comparison of Fuel Loading Pattern Optimization Results using Exhaustive Search for Fresh Fuels and Local Search for Burned Fuels

*石黒 諭美¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

新燃料配置については全数探索を実施し、燃焼燃料に対しては直接探索を用いた多点局所探索または総当り2体交換を実施する手法をPWR炉心燃料配置の最適化に適用し、その最適化結果を比較した。

キーワード：最適化、燃料装荷パターン、全数探索、総当り2体交換

1. 緒言

燃料装荷パターンの探索は通常、エンジニアの広範囲にわたる試行錯誤にて行われることが多い。燃料装荷パターン最適化は、組み合わせ最適化問題の範疇に所属する問題である¹⁾。しかしながら燃料集合体の組み合わせ総数が膨大であり探索空間が広いことから、全数探索は非現実的である。したがって、これまでに焼きなまし法を初めとする確率的探索法など、さまざまな手法が試みられてきた。しかしながらこれらのいずれの方法も、解空間を網羅的にカバーすることは難しいという問題が残っていた。そこで、本研究では分割統治法に基づき、全数探索の網羅性をできるだけ活かした最適化手法を提案する。本発表では燃焼計算を含んだPWR炉心に対して最適化手法を2種類提案し、提案手法を実施した結果を比較し報告する。

2. 計算手法

提案手法2種に共通して以下の手順①、②を行う。

- ① Gd 新燃料配置について全てのパターンに通し番号 (No.1~No.N) をつける。ここで、NはGd新燃料配置の全組み合わせ数である。ここで通常新燃料は炉心外周部に固定するものとする。
- ② Gd 配置 No.i を Gd 新燃料配置としてセットする。その後、燃焼燃料をランダムに配置し、局所探索のための初期配置とする。

Gd 新燃料全数探索+直接探索を用いた多点局所探索は①②に加え、以下の③~⑥にて最適化を進める。

- ③ ②で得た初期配置からランダムに燃焼燃料を2体交換する。
- ④ ③で得た配置の炉心特性を評価する。③で得た配置が優れていたなら③で得た配置を採用する。③で得た配置が以前の配置より悪化していたら③で燃焼燃料を交換する前の配置に戻す。③④をくり返し、反復回数の上限に至るまで局所反復探索を行う。
- ⑤ ②~④を複数の初期配置から実施し、最も良かった解をGd配置iの最適化結果とする。

- ⑥ Gd 配置 i=1~N までに対し、②~④の手順を繰り返す。

Gd 新燃料全数探索+燃焼燃料総当り2体交換は①②に加え、以下の③~⑥にて最適化を進める。

- ③ ②で得た初期配置について考える燃焼燃料同士の2体交換を行い各々の炉心特性を評価する。
- ④ ③にて最もよい炉心特性を示した交換を実行する。
- ⑤ ④で得た配置を基に③④を繰り返す、改善される2体交換がなくなるまで繰り返す。改善される2体交換がなくなった時点の配置をGd配置iの最適化結果とする。
- ⑥ Gd 配置 i=1~N までに対し、②~⑤の手順を繰り返す。

3. 検証計算

3ループPWR炉心を対象に提案手法2種を実施し、結果を比較した。2群拡散計算を用いて燃焼計算を実施し炉心特性を評価した。目的関数は燃焼を通じた出力ピーキング係数の最大値とし目的関数が小さくなる燃料配置を探索した。

4. 計算結果

Gd 新燃料配置ごとに実施した局所探索の結果得られた炉心の出力ピーキング係数のヒストグラム(全数 1815)を図1に示す。図1より、両手法において出力ピーキング係数が小さくなるGd配置は全Gd配置の中の少数であることが分かる。また、Gd配置ごとに探索空間を分割した場合には総当り2体交換のほうがよりよい配置を探索できたGd配置の数が多いことが分かる。

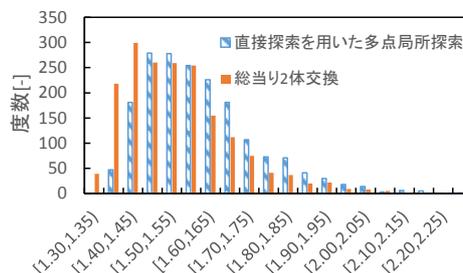


図1 Gd 新燃料配置ごとの出力ピーキング係数

参考文献

- [1] K. ISHITANI, M. ADACHI, J. UENO, A. YAMAMOTO, "Development of Multi-Stage Stochastic PWR Loading Pattern Search Code SAMPLS," Advances in Nuclear Fuel Management IV (ANFM 2009) Hilton Head Island, South Carolina, USA, April 12-15, 2009, (2009) [CD-ROM]
- [2] Y. A. CHAO, et al., "Loading Pattern Search by Branching and Bounding Batch Patterns Enumerated Under Constraints," Proc. PHYSOR2002, Seoul, Korea, October 7-10, 2002 (2002) (CD-ROM).

*Satomi Ishiguro¹, Tomohiro Endo¹ and Akio Yamamoto¹

¹Nagoya Univ.