

## 事例ベース推論に基づく燃料装荷パターン最適化

エネルギー量子制御工学グループ（山根研究室） 安達雅史

**背景と目的** 原子炉の炉心には数多くの燃料集合体が装荷されている。これらの燃料集合体は互いに異なる特性を持っており、炉心のさまざまな特性値は炉心内における燃料集合体の配置（燃料装荷パターン；LP）に大きな影響を受ける。原子力発電所の安全性や経済性は炉心の特性に大きな影響を受けるため、良質なLPの作成は原子力発電所の運転に欠かせない作業である。LPの作成は従来、技術者が自らの経験を元にして手作業で行ってきた。しかし近年、焼きなまし法（SA）や遺伝的アルゴリズム、タブーサーチ法（TS）などの最適化手法がLP作成に適用され、成果を挙げている。だがこれらの最適化手法ではランダムに新しいLPを作成するため、良質なLPに到達するまでに明らかに性能の低い無駄なLPが多数作成されるという問題点がある。

本研究では上記の問題の解決のために過去の経験に基づいて現在の問題を解決する事例ベース推論（CBR）に注目し、本研究の目的をLP作成にCBRを適用すること、および他の最適化手法との比較によりCBRの有効性を確認することとした。

**事例ベース推論（CBR）** CBRは人工知能の分野で開発された、比較的新しい問題解決手法である。CBRでは過去の問題解決の事例を集めたデータベース（事例ベースと呼ぶ）を作成、利用する。現在の問題の解決に取り組む際には、現在の問題に似た過去の事例を事例ベース内から探索し、過去の事例で試された解決策を現在の問題に適用することで効率的な問題解決を図る<sup>1)</sup>。CBRは

事例ベースの設計次第でさまざまな問題に対応可能

現在の問題を解いた事例を事例ベースに追加することで自動的に性能の向上を図ることが可能

という特徴を持つ。現在のところ、CBRがLP作成に適用された例は報告されていないが、上述のようなコンセプトで問題解決を図るCBRは、コンピュータ上で技術者が行うような経験に基づくLP作成プロセスを再現するために有効であることが期待できる。

**燃料装荷パターン最適化** 本研究におけるLP最適化では3ループPWRの炉心を最適化対象とした。問題の簡略化を目的として、炉心に装荷される燃料集合体の種類を6種類に限定し、各集合体の装荷体数が異なる5種類の炉心（Case-1からCase-5）を用意した。最適化の目的はサイクル初期における炉心の径方向出力ピーキング係数の最小化とし、最適化手法としてCBRのほかSA、TSを用いた。Case-1からCase-5までの各炉心について、各最適化手法で得られた最も良質なLP（以降では最良LPと呼ぶ）に関して以下の2項目を指標とし、最適化手法間の比較を行った。

最良LPが作成されるまでの燃料交換回数（すなわちLP作成数）

：結果を Fig.1 に示す

最良LPの径方向出力ピーキング係数

：結果を Fig.2 に示す

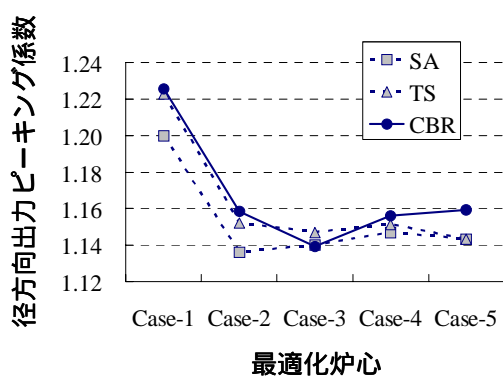


Fig.1 最良LP径方向出力ピーキング係数

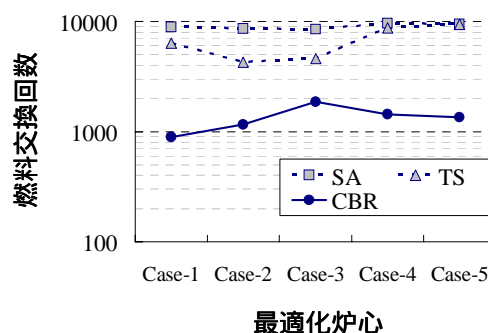


Fig.2 最良LP到達までの燃料交換回数

Fig.1、Fig.2より、CBRに基づくLPの最適化ではSAやTSとほぼ同等の性能を持つ最良LPに到達可能であること、およびCBRによって最良LPに到達するまでに必要となるLP作成数はSA、TSに比べて1/5程度であり、CBRによるLP最適化が有効であることがわかる。

**今後の課題** 本研究ではLP最適化を非常に簡略化した問題にCBRを適用したが、今後は実際のLP最適化に近い複雑な問題へのCBR適用を試行する必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) Claudio A. Policastro, *et al.*, "Automatic knowledge learning and case adaptation with a hybrid committee approach," *Journal of Applied Logic*, 4, pp.26-38 (2006).

## 公刊論文

安達雅史, 他, "事例ベース推論に基づく燃料装荷パターン最適化," 日本原子力学会 2006年秋の大会 (2006).