

**1. 緒言** 原子炉の設計にあたっては、原子炉の通常運転のみならず、これを超える異常状態においても、安全確保の観点から所定の機能を果たすべきことが「安全設計指針」において求められる。したがって、原子炉施設の安全設計の基本方針を確認するためには、様々な条件において、原子炉の解析・評価を行う必要がある。このため、原子炉の安全設計は多くの解析が必要となり、高精度・高速な計算手法が求められる。

修士研究では原子炉動特性の計算手法の研究に取組み、Krylov 部分空間法の適用、Contour Integrals 法の検討、周波数関数近似法の開発、Multigrid Amplitude Function(MAF)法の開発などを行った。本発表ではMAF法のみ言及する。

**2. Multigrid Amplitude Function 法** 原子炉の安全解析を行うためには、動特性方程式の数値時間積分をする必要がある。本研究で提案する数値時間積分法として、中性子束 $\phi(\mathbf{r}, t)$ を(1)式のように、時間に強く依存する項 $P_i(t)$ と時間に関して弱く依存する項 $\psi(\mathbf{r}, t)$ に分離する。(1)式を用いることで、中性子束の時間微分は(2)式のように記述することができる。なお、(1)-(3)式の*i*は領域を表すインデックスである。

$$\phi(\mathbf{r}, t) = P_i(t)\psi(\mathbf{r}, t) \quad (1) \quad \frac{\partial \phi_g(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = \omega_{i,g}(t)\phi_g(\mathbf{r}, t) + P_{i,g}(t)\frac{\partial \psi_g(\mathbf{r}, t)}{\partial t} \quad (2) \quad \omega_{i,g}(t) \equiv \frac{1}{P_{i,g}(t)} \frac{\partial P_{i,g}(t)}{\partial t} \quad (3)$$

制御棒の移動のように局所的に大きな摂動が加えられた時にも、粗いタイムステップで精度よく計算できることが計算時間の観点から望ましい。そのため Fig.1 に示すように、計算時間を抑えるために詳細メッシュ・粗タイムステップで $\phi(\mathbf{r}, t)$ の計算を行い、計算精度を向上させるために粗メッシュ・詳細タイムステップで $P_i(t)$ を計算を行う方法を新たに提案する。本研究では本手法を Multigrid Amplitude Function method(MAF 法)と呼称する。

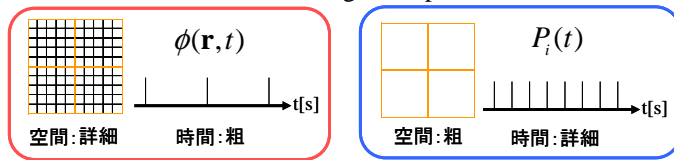


Fig. 1 MAF 法に用いる 2 種類の計算方法

Table 1 各手法の  $P_i(t)$  の依存性

従来法	$P_i(t)$ の依存性	
	時間依存性	空間依存性
差分法	×	×
IQS法	○	×
FT法	×	○
MAF法	○	○

従来の動特性解析で用いられている代表的な手法(差分法・IQS法・FT法)と、本研究で提案したMAF法における $P_i(t)$ の時間依存性及び空間依存性の比較を Table 1 に示す。Table 1 で示したように、従来法における $P_i(t)$ の取り扱いとして、差分法の場合には1として考慮しない、FT法の場合には時間依存性が指数関数状であると近似、IQS法の場合には空間依存性を考慮せず体系全体で同じであると近似することにより、従来法の計算理論がMAF法に帰着する。そのため、MAF法は従来法を統一化(一般化)した手法であるといえる。

本研究で開発したMAF法の計算精度・計算時間を検証するために種々のベンチマーク問題により検証を実施した。一例として、LMWベンチマーク問題の検証結果を Fig. 2 に示す。Fig.2 より、MAF法は従来法に比べ、高精度に計算が可能であり、参照解と比較して23.4倍高速に計算可能であった。

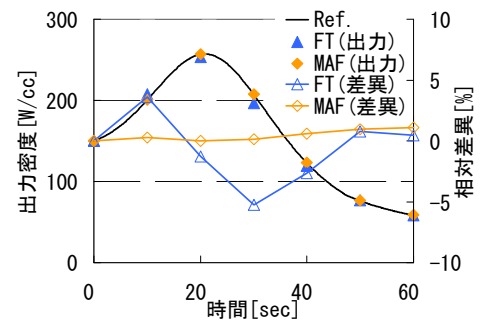


Fig. 2 LMW 問題の計算結果

**3. 結論** 従来法を統一的に扱うことができるMAF法を新たに開発した。

検証計算を行なった結果、従来法よりも高精度・高速に計算可能であった。

公刊論文

- 1) Y. Ban, T. Endo, A. Yamamoto, Y. Yamane, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **48**[2], 243-255 (2011).
- 2) Y. Ban, A. Yamamoto, Y. Yamane, T. Endo, *Proc. PHYSOR2010*, Pennsylvania, May. 9-14, 2010, (2010).
- 3) T. Endo, Y. Ban, A. Yamamoto, *Trans. Am. Nucl. Soc.*, Florida, June. 26-30, 2011, (2011). (submitted)
- 4) 伴雄一郎, 山本章夫, 山根義宏, 日本原子力学会 秋の大会, 東北大学, 9月 16-18 日, 2009, (2009).
- 5) 伴雄一郎, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 秋の大会, 北海道大学, 9月 15-17 日, 2010, (2010).
- 6) 伴雄一郎, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 春の年会, 福井大学, 3月 28-30 日, 2011, (2011). (to be presented)
- 7) 伴雄一郎, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 春の年会, 福井大学, 3月 28-30 日, 2011, (2011). (to be presented)