

< 炉物理夏期セミナー若手研究会報告 3 >

第 34 回炉物理夏期セミナー「若手の会」報告概要 (2002/7/30)

工学系モデリング言語としての次世代解析システム開発の提案

核燃料サイクル開発機構 横山賢治

1. はじめに

現在、核燃料サイクル開発機構 (JNC) で開発を行っている高速炉核特性解析システム (以下、JNC システム) は機能の発展とともに複雑化し、このまま拡張し続けていくのは困難な状況となりつつある。ここでは、汎用性に優れ、解析手法やデータの組み合わせの自由度が高い欧州炉物理解析システム ERANOS の特徴を述べ、これらの結果をふまえて、現在、JNC で検討を行っている次世代解析システムについて紹介する。また、フランスにおける解析コード統合化計画についても簡単に紹介する。

2. ERANOS のソフトウェアとしての特徴

ERANOS⁽¹⁾は、フランス原子力庁 (CEA) がソフトウェア会社と共同で開発した ALOS (MASTER) と呼ばれるソフトウェア開発環境を用いて開発されている。この中で、LU (RULER)、ESOPE (FLOWER) と呼ばれる 2 つのプログラミング言語が独自に開発されており、ERANOS の開発ではこの 2 つのプログラミング言語が使われている。ソフトウェアとしてみた場合の大きな特徴としては、(1) スクリプト言語 (ユーザー言語) LU とシステム言語 ESOPE による「複合言語化」、(2) オブジェクト指向的なデータ構造中心の設計、の 2 点を挙げることができる。ERANOS では、基本的な開発言語として FORTRAN の拡張版である ESOPE を利用することで計算速度を犠牲にすることなく、LU と呼ばれる一種のプログラミング言語を採用することで、使いやすいユーザー環境と拡張性に優れた開発環境を提供している。また、内部で利用されるデータはすべて EDL と呼ばれるデータ形式で定義されており、このデータを中心としたオブジェクト指向的な設計を採用しているため、解析手法やデータの組み合わせの自由度が高く、拡張性や再利用性に優れた解析システムとなっている。なお、ERANOS の特徴に関しては、文献(2)でも紹介しているのでそちらも参照されたい。

3. JNC 高速炉核特性解析システムの現状

現在の JNC システムについて分析してみると、JNC システムも解析コードを機能の単位としており、これらの連携で解析スキームを構築しているが、ここでやりとりされるデータの構造は ERANOS ほど厳密に統一化できていない。また、解析スキームの制御方法も、ジョブ・コントロール (JCL) やデータ形式変換ツール、手作業などを必要に応じて利用しており、統一化できていない。このため、機能の発展とともにシステムが複雑化し、このまま拡張し続けていくのは困難な状況となりつつある。

4. 工学系モデリング言語としての次世代解析システムの開発

本年4月から、JNCでは、炉物理に限らず、構造解析、炉心設計、炉物理の各分野のグループが共同で、次世代型の解析システムについて検討を開始している。ここでは、まず、本節の表題にもなっている工学系モデリング言語の概念について簡単に紹介する。

4.1 工学系モデリング言語の概念

ERANOSのようなアプローチは、炉物理解析に限って有効というわけではなく、熱流動や構造解析等、他の分野の解析コードとの連携等にも応用可能である。実際、プログラミング言語をユーザーインターフェースとしている汎用的な科学技術関連のツールは多く存在する。例えば、数式処理で有名なMathematicaも同様である。Mathematicaは高度なプログラミング機能を備えており、数式処理を得意とするプログラミング言語であると捉えることができる。

このような考え方を推し進めていくと、工学上のモデルを構築するためのデータや解析手法・モデルはすべて抽象化して、プログラミング言語の変数や関数のように取り扱うことが可能になる。ここでいうプログラミング言語は、通常のテキストベースのものだけを指している訳ではなく、場合によっては、図やフローチャート等によるグラフィックベースのものの方が適しているかもしれない。とにかく、テキストであれ、図であれ、工学上の概念を表現する手段で、人間にとって分かりやすく、かつ、コンピュータにとっても解釈・実行可能であれば良い。このように、従来の解析コード・解析システムの概念を一般化し、工学上のモデルを構築するための言語・図等の概念を総称して、ここでは「工学系モデリング言語」と呼んでいる。

4.2 現在までの調査・検討結果

現在、次世代解析システムに求められる各分野に共通するニーズを洗いだし、ニーズを満たすための課題と、これらの課題を解決するために利用可能と考えられる技術情報等の調査を行っている。

次世代解析システムに求められるニーズ(A)としては、(A1)参照解としての利用、(A2)異なる専門分野での統合解析、(A3)自作コードの組み込み、を考えている。これらのニーズを満たすための機能面の課題(B)としては、(B1)物理的意味を伴った中小規模モジュールの集合体としてのシステム、(B2)システムの信頼性確保、管理・保守の容易さ、(B3)計算速度の確保、モジュールの結合関係の記述、等が挙げられる。(B1)～(B3)は相互に関連があると考えられるが、これらの課題を解決するための実装(プログラミング)上の課題(C)として、(C1)異なるプログラミング言語間での結合、(C2)自律したモジュール(オブジェクト指向設計/分析の適用)、(C3)高性能計算とネットワーク対応、(C4)自己記述的なデータ・システム、(C5)連成現象の記述性、等を解決すれば良い。

実装上の課題(C1)に対する解決案としては、現在、Microsoft.NET、Java開発環境、Ruby、

Python 等のスクリプト言語等の候補がある。また、それぞれ、(C2)をサポートする機能があることも確認している。(C3)については、MPI、CORBA、HORB 等、(C4)については XML 等の利用を考えている。(C5)については、テキストベースであればスクリプト言語を、グラフィックベースであれば SoftWIRE 等の市販のソフトウェア等を利用することが可能である。

4.3 次世代解析システム開発メーリングリスト

本検討に関して、専門分野や組織をこえて議論をするため、本年4月からメーリングリストを開設しており、現在、JNC 内外を含め、26名の方に参加していただいている。これまでのトピックスは、Java による数値計算、Microsoft .NET、UML、XML、並列計算 (MPI、HPF、HORB、Grid Computing 等)、可視化ツール等である。このメーリングリストは、技術的に興味を持って下さる方に公開しており、参加を希望される方は筆者 (kyoko@oec.jnc.go.jp) までご連絡いただきたい。

5. フランスにおける解析コード統合化計画

一方、フランスでは現在、炉物理に限らず広範囲の工学系の解析コードを統合するための研究が進行中である。筆者も先日知ったばかりであるが、この解析システムの基盤ソフトウェアは SALOME と呼ばれており、関連情報がホームページで公開されている⁽³⁾。このプロジェクトには、フランス原子力庁 (CEA)、電力公社 (EDF) をはじめとし、他の研究機関や大学等も参加している。

6. まとめ

現在、JNC で検討を行っている次世代解析システムや関連する情報等を紹介した。今後、JNC では、次世代解析システムは炉物理に限らず汎用性の高いシステムとなる可能性があることから、その実現可能性について、フランスの動向等も調査しつつ、プロトタイプ等を作成して検討を継続していく予定である。

参考文献

- (1) J. Y. Driath, et al., "ERANOS1: The Advanced European System of Codes for Reactor Physics Calculations," Proc. Int. on M&C + SNA' 93, Karlsruhe, Germany, pp.117 (1993)
- (2) 横山賢治、石川眞、「欧州炉物理解析システム ERANOS の特徴と次世代解析システムの提案」、炉物理の研究、第53号 (2002年4月)
- (3) Open Source framework for pre/post processing, SALOME, <http://www.open-cascade.org/SALOME/>