



高速炉サイクル技術のためのシミュレーション コード開発に関するCEA JNCセミナー - 2003年5月28～30日開催 -

岩田 耕司 深野 義隆*

本社 社内公募型研究推進室
*大洗工学センター 開発調整室

1. はじめに

2003年5月28日から30日にかけて、大洗工学センターにおいて標記セミナーが開催された。

本セミナーは、昨年10月末に開催されたCEA JNC先進技術協力協定に基づく調整会議において、次世代のシミュレーションコード開発の考え方や方向性について共同で検討することが合意されたことを受け、仏国原子力庁(以下CEA)とサイクル機構(以下JNC)双方に編成された専門家グループによる共同検討作業の一環として開催されたものである。セミナーには、CEAからプロジェクトリーダーや専門家7名、JNCから専門家グループの12名のほか、日本原子力研究所(以下JAERI)からも10名の専門家が参加した。(写真1参照)

2. セミナー概要

セミナーでは、表1のプログラムに従い、CEAとJNCの双方よりシミュレーションコード開発の現状と将来計画、先進的なシステム構築、複雑現象のシミュレーションや統合システムへの取組みの経験や計画を紹介し合い、活発な議論が行われた。

以下、発表と議論の概要を紹介する。

[1] シミュレーションコード開発の総括報告

(1) CEA原子力エネルギー部におけるシミュレーションプロジェクト

CEAよりCEAと仏国電力公社(以下EdF)のシミュレーションコード開発プロジェクトの全体の枠組みが報告された。これに対して、ガス冷却炉の開発ステップ、この大きなプロジェクトを始めた理由、既存のコード群の改良ではなくまったく新しいアーキテクチャが必要となった理由、開発者と利用者それぞれにとってのSALOMEプラットフォームの有用性などについて議論があった。

(2) JNCにおけるシミュレーションコード開発の概要

JNCより高速炉と高レベル廃棄物処分研究の分野の解析コードの現況を紹介し、続いて、主として炉物理分野の次世代解析コードシステムを開発するために大洗に組織された作業チームの活動及びシミュレーションコードのCEA JNC協力を検討するために設置されたJNC専門家グループの検



写真1 セミナー出席者

表1 セミナープログラム

5月28日(水) 10:15 - 11:00 11:15 - 11:40 11:40 - 12:00	[1] シミュレーションコード開発の総括報告 (1) CEA原子力エネルギー部におけるシミュレーションプロジェクト (2) JNCにおけるシミュレーションコード開発の概要 (3) JAERIにおける数値シミュレーションの現況
13:15 - 13:45 13:45 - 14:15 14:15 - 14:45 14:45 - 15:15 15:30 - 16:00 16:00 - 16:20	[2] 基盤研究分野におけるシミュレーションコード：現況，必要性，将来計画 [2.1] 核，遮蔽，臨界安全コード (1) CEAの現況 (2) JNCの核計算コード [2.2] 熱流動コード (1) CEAの現況 (2) JNCの現状と将来計画 [2.3] 燃料要素及び燃料集合体コード (1) CEAの燃料要素コード (2) JNCにおける燃料シミュレーションコード開発
16:20 - 17:00	[3] 統合・結合シミュレーションコードシステム [3.1] ソフトウェア，コード構造，結合，GUIなど (1) ソフトウェア構造とSALOMEプロジェクト
5月29日(木) 9:00 - 9:45 9:45 - 10:30 10:45 - 11:40 11:40 - 12:00 13:15 - 13:45 13:45 - 14:05 14:05 - 14:25 14:25 - 14:45	[3] 統合・結合シミュレーションコードシステム (続き) [3.2] 統合シミュレーションコードシステム (1) DESCARTESプロジェクト (2) 炉物理分野におけるJNCの開発計画 (3) NEPTUNEプロジェクト (4) PLEIADESプロジェクト [3.3] 複雑現象に対するシミュレーションコードシステム (1) 高レベル廃棄物処分に対するシミュレーションの適用：ALLIANCES (2) 核-熱流動-構造結合解析システム (3) 熱過渡応力実時間シミュレーションコード (4) ナトリウム燃焼とエアロゾル挙動とカップリングしたCFDコードにおけるマルチスケールモデリング
15:00 - 17:00	[4] 次世代解析コードに関する必要性と概念，共通する研究分野，及び協力可能性についての議論 (1) 意見交換，提案，及び議論
5月30日(金) 9:00 - 10:30	[4] 次世代解析コードに関する必要性と概念，共通する研究分野，及び協力可能性についての議論 (前日からの続き) 続きの議論
10:45 - 12:00	[5] 今後の作業と予定に関する議論 (1) 共同報告書と次回会合に関する議論
13:15 - 13:30	[6] 議事録確認 (1) 議事録確認 (写真2)

討状況を紹介した。またCEAに対して、文科省により行われている類似のシミュレーションコード開発プロジェクト(ITプロジェクト)についても紹介した。

(3) JAERIにおける数値シミュレーションの現況

JAERIより、この分野のCEAとの協力の交渉経緯と現状が紹介された。炉物理コードの検証におけるFCA(高速炉臨界実験装置)の役割等について質疑応答がなされた。

[2] 基盤研究分野におけるシミュレーションコード：現況，必要性，将来計画

[2.1] 核，遮蔽，臨界安全コード

(1) CEAの現況

CEAより核計算コードシステム, ERANOS, SA-PHYR, CRISTAL, 及びモンテカルロコードTORIP-

OLIについて現況が説明された。現ERANOSシステムの改良の動機や今後の改良の予定等について



写真2 議事録の合意

議論があった。

(2) JNCの核計算コード

JNCよりJNCの核計算コードシステムの現況と、その実験解析精度を、種々の臨界実験装置、小型炉等に対して検証した結果を報告した。また、JNCシステムにおいて、炉物理的観点から今後改良が必要な項目についても紹介した。CEAから、超微細群エネルギーシステムの検証方法と、そのエネルギー群数について質問があった。

[2.2] 熱流動コード

(1) CEAの現況

CEAより熱流動解析コードの概要説明があった。PWR, BWR, 熱流動試験などに多くの適用実績がある二相流解析コードFLICA 4コードについて、解析例としてPWR主蒸気管破断事故, BWRタービントリップなどが示された。また、CASTEM, CATHARE, TRIO Uコード等の熱流動解析コードについて紹介があり、TRIO Uコードについてはエルボ内混合、バンドル内流れ、PTS(加圧熱衝撃)等の解析結果が示された。これらについて、解析の境界条件の取り扱い、メッシュサイズなどについて質疑応答がなされた。

(2) JNCの現状と将来計画

JNCより熱流動解析コードの現状と将来計画を概説した。開発目的として、解析による設計を行うこと、数値実験により詳細な情報を得て現象解明を行うこと、及び、解析の助けによってより良い実験計画を策定し有効な計測が可能になること等が述べられた。解析コードの検証方法、実験との比較などが議論された。

[2.3] 燃料要素及び燃料集合体コード

(1) CEAの燃料要素コード

CEAより、燃料要素挙動解析コードのMETEOR(軽水炉用)とGERMINAL(高速炉用)の開発状況が紹介された。また、有限要素法解析を適用したPWR燃料棒のPCMI(燃料被覆管機械的相互作用)詳細解析コードTOUTATISが紹介された。METEORコードとGERMINALコードの違い等について議論があった。

(2) JNCにおける燃料シミュレーションコード開発

JNCより、高速炉用の燃料ピン挙動解析コードCEDARとバンドル変形解析コードBAMBOOの開発状況、BAMBOOと熱流動解析コードASFREとの連成について説明した。BAMBOOとASFREの連成解析におけるコード間のデータの受け渡し方

法等について質疑応答があった。

[3] 統合・結合シミュレーションコードシステム

[3.1] ソフトウェア、コード構造、結合、GUIなど

(1) ソフトウェア構造とSALOMEプロジェクト

CEAよりSALOMEシステムについてパソコンの動画を用いたデモンストレーション、CEAのシミュレーションコードのシステム設計の最重要部である内部構造と全体構造の考え方の説明があった。

[3.2] 統合シミュレーションコードシステム

(1) DESCARTESプロジェクト

CEAより炉物理分野のプロジェクトであるDESCARTES計画の目的や経緯、目標、組織構成、今後の計画などについて総括的な紹介があった。

現状精度と目標精度の具体的な数値、データ構造とツールを共有化するための設計作業におけるCEAとEdFの体制等について議論があった。

(2) 炉物理分野におけるJNCの開発計画

JNCより炉物理解析コードのソフトウェア構造の現状と今後採用しようとしているソフトウェア構造の案について紹介した。

炉物理の次世代解析システムの開発体制、プラットフォーム等について質疑応答がなされた。

(3) NEPTUNEプロジェクト

CEAより二相流の次世代コードNEPTUNEの開発についての概要説明とともに、コード検証のためのベンチマーク解析のメニューが提示された。基礎的な実験体系と実際的で複雑な体系との関連性(外挿性)や、ベンチマーク解析を行う上での優先度付け、メニューの完全性(検証すべき項目が網羅されているか)過去の実験による検証と今後の検証計画との違い等が議論された。

(4) PLEIADESプロジェクト

CEAより燃料分野の解析コード開発プロジェクトPLEIADESの概要説明があった。PLEIADESには、燃料関係の解析コードをSALOMEプラットフォーム上に導入または新たに開発することにより、燃料と関係が深い分野(核物理、流体、構造、化学)の解析コードとの連成を合理的に行えるようにするものである。

燃料分野の高度なシミュレーション手法を開発していく上での実験データの系統的な取得の重要性等が議論された。

[3.3] 複雑現象に対するシミュレーションコードシステム

(1) 高レベル廃棄物処分に対するシミュレーションの適用: ALLIANCES

CEAより、高レベル廃棄物処分のシミュレーションコードALLIANCESの目的、内容、適用例、開発計画の説明があった。ALLIANCESは開発途上ではあるが、現在、SALOMEプラットフォーム上の完全な移行が終了し利用に供されている唯一のシミュレーションコードである。既存のコードをSALOMEプラットフォームに適合させるための改造方法等について質疑応答がなされた。

(2) 核 - 熱流動 - 構造結合解析システム

JNCが開発した核 - 熱流動 - 構造結合解析システムFANTASIについて、その開発目的、システム構成、サンプル解析結果を紹介した。FANTASIを構成するコード間の時間ステップや結合方法等について議論があった。

(3) 熱過渡応力実時間シミュレーションコード

JNCより、熱過渡応力実時間シミュレーションコードPARTSに関して、開発目的、プログラム手法、ユーザーインターフェースについて説明した。またPARTSコード開発を通して得た経験と、その経験に基づき開発を開始した次世代コードPARTS.NETの紹介を行った。

(4) ナトリウム燃焼及びエアロゾル挙動とのカップリングを組み込んだCFDコードにおけるマルチスケールモデリング

JNCより、ナトリウム燃焼の安全評価に対するアプローチの紹介があった。CEAより、このようなマルチスケール解析はCEAのアプローチとも類似しており、良い方法であること、有益な情報交換ができるとの期待が表明された。また、数値解析により相関式を求める部分について、求めた相関式の検証、相関式としてどのような変数を用いてどのようにモデル化するかについて質疑応答があった。

[4] 次世代シミュレーションコードに対するニーズと概念、共通の関心分野、及び協力可能性についての議論（意見交換、提案、及び議論）

JNCより、これまでのCEA JNC協力の枠組みを簡単にレビューしたのち、JNC専門家グループにおける次世代シミュレーションコードに対する検討状況を説明した。解析コード開発のニーズは、大部分が各研究分野のモデル開発、手法開発、コードの統合、実験検証であること、現時点ではJNC

には次世代解析コードを共通プラットフォーム上で統一的に開発していく強いニーズはないものの、炉物理の分野はコードの整理・統合のニーズが強く、先行的に開発を進める価値があること等のJNCの暫定的な方針を説明した。

この認識の下に、JNCは協力の第一ステップとして、まず核計算の分野から協力を開始するのが適当であるとの考えを提示した。CEAは、この提案に賛同し、JNCへの技術情報の提供を約束するとともに、ツールボックスの共同開発等も歓迎すると回答した。

一方、CEAからは、双方にとって有益であるマルチスケール熱流動解析分野で協力を進めたいとの提案があり、JNCは基本的に合意する旨の回答を行った。NEPTUNEの対象とする二相流解析と、JNCで取り組んでいる混相流解析は共通点が多く、JNCとしては、次世代解析コードに関する協力の枠組みでマルチスケールアプローチに関する協力の協議を継続したい旨をCEA側に伝えた。

CEAはまた、高レベル廃棄物処分の分野での協力の可能性とALLIANCESシステムの提供を申し出たのに対し、JNCは、可能性の検討を続けると回答した。

[5] 今後の作業と予定について

本年9月末までに作成予定のCEA JNC共同報告書について議論し、含めるべき内容と分担並びに作業工程を決定した。なお、CEA JNC共同報告書と今回合意された提案を、次回のCEA JNC協力コーディネーション会議に提出することを確認した。

3. おわりに

本セミナーでは、CEAとJNCのシミュレーションコード開発の現状と将来計画について議論するとともに、今後の開発の方向性や協力の可能性についても意見交換した。その結果、双方の開発の方向性が一致する部分や、共通の関心領域が見出され、協力の可能性に関しても一定の合意が得られたことは有意義であった。今後は、本年9月末頃に仏で専門家会合を持ち、CEA JNC共同報告書を取りまとめしていく予定である。

最後に、JNC専門家グループのメンバーを始めセミナー出席者並びに開催にご協力いただいた方々に深く感謝します。