

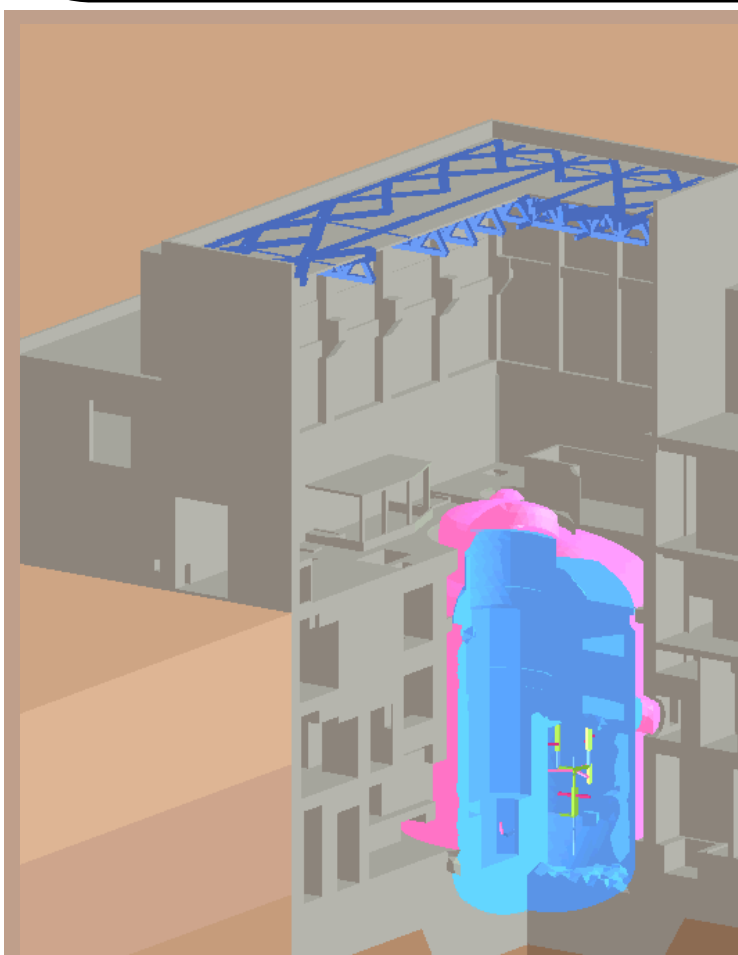
Computational Science & Engineering

計算科学技術部会 ニュースレター 第13号

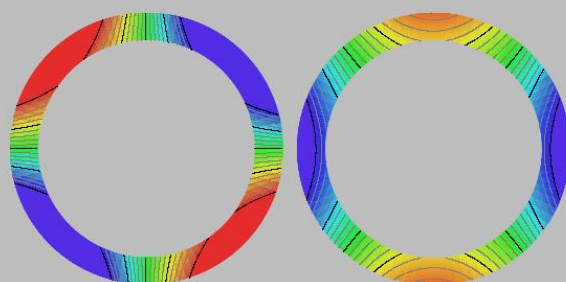
AESJ-CSED

NEWSLETTER (No.13)

August 2009



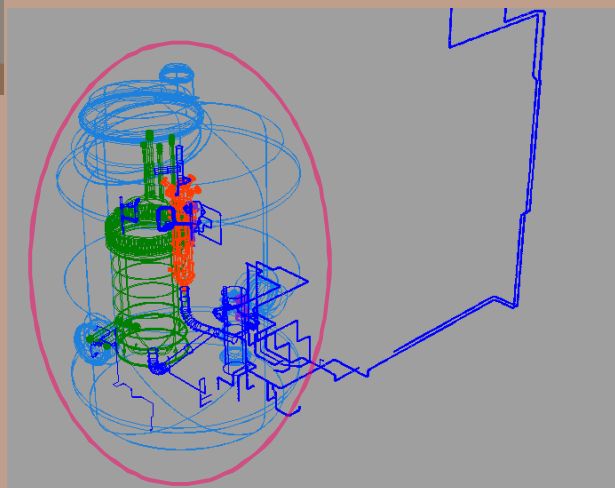
配管系構造の衝撃応答解析への
SEM (スペクトル要素法) の適用



配管断面の応力分布



配管系構造の波動伝播の様子



目 次

- 巻頭言「計算科学技術部会長挨拶」 1
- 特別記事（初代部会長矢川先生 2009 年度日本学士院賞受賞） 3
- 行事案内
 - 秋季セミナー「Dr.フォーラム」および参加者募集のご案内 5
 - 2009 年秋の大会「計算科学技術部会の企画セッション」のご案内 7
- 一言一語 「信頼できるシミュレーションの未来」 9
- 編集後記 14

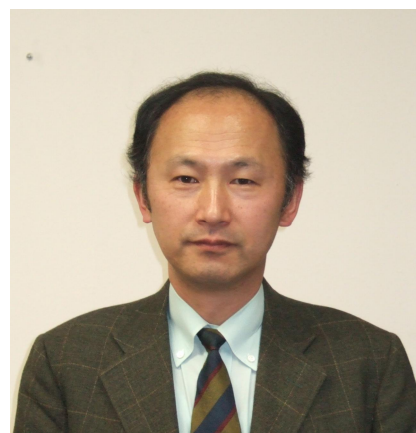
表紙図提供： 日本原子力研究開発機構 西田様 新谷様
(平成 20 年度計算科学技術部会 C G 賞受賞)

「配管系構造の衝撃応答解析へのSEM（スペクトル要素法）の適用」

SEM(スペクトル要素法)を用いて配管系構造の衝撃応答解析を行いました。その結果、せん断変形が支配的で高振動数成分が重要となる配管系では、Timoshenko 理論の導入が有効であることがわかりました。SEM はマイクロ秒レベルで作用する衝撃力等による力学現象をシミュレーション可能な手法のひとつであり、今後の応用が期待されています。

～ 巻頭言 ～

計算科学技術部会長挨拶



東京大学大学院工学系研究科

吉村 忍

この度、日本原子力学会計算科学技術部会（Computational Science and Engineering Division, CSED）の部会長を務めさせていただくことになりました。本部会は2002年度に発足以来、矢川元基 初代部会長、竹田敏一 第二代部会長、岡芳明 第三代部会長、二ノ方壽 第四代部会長、内藤正則 第五代部会長、功刀資彰 第六代部会長、高木敏行 第七代部会長のリーダーシップにより運営されてきております。今年度の部会長としての責任を強く感じている次第です。

本部会の特徴は、計算科学という横断的性質を有する学術分野を基盤とするところであり、そのため、同一部会の中で、様々な対象・現象を扱う技術者・研究者が幅広い交流を行える点です。

ここ数年の本部会の活動を振り返ってみますと、学会誌に「計算科学手法と原子力分野における応用」が掲載されました。その後、部会編集として小冊子になり、一昨年度は部会員に配布されるとともに、春の年会や秋の大会等で配布され部会員の増加に向けて働きかけをしています。計算科学技術部会企画セッション等を開催しています。発表用の分類として313番が設定され、春の年会や秋の大会で一般の発表がなされています。また、すぐれた業績をあげられた会員、すぐれた発表を行った会員に対する部会表彰を進めてきました。さらに、2012年に神戸で稼働が予定されている次世代スーパーコンピュータに向けて、意見が集約され、部会員の意見が反映されています。

また、今年、初代部会長を務められた矢川元基東洋大学教授が、「超並列計算力学を創出、スーパーコンピュータを超高速化して大規模で複雑な構造体に対する解析法を確立した」業績により、2009年度日本学士院賞を受ける、という計算科学・計算力学分野にとっても大変うれしいできごとがありました。

今年度はこれまでの活動をより発展させ、部会員相互の交流を盛んにすることにより、よりいっそう見える **CSED** を目指して活動を進めていきたいと思いをます。

～ 特別記事 ～

日本学士院賞を受賞して

矢川元基

東洋大学計算力学研究センター長、教授

このたび、誠に光栄なことに、日本学士院賞を受賞いたしました。これもひとえに、日本原子力学会はじめ関連の学会などの皆様からの日頃のご指導や励ましのお言葉によるものと、この場をお借りして心よりお礼申し上げます。また、今回の受賞は、計算科学技術に携わる多くの研究者、技術者の日頃の努力が認められ、たまたま、私が皆様を代表していただくことになったものと思っております。特に、私の近くで研究を続けてこられ、あるいは、学位を取られた方々の貢献は極めて大きいと考えております。私が計算科学を研究テーマに選んだきっかけは、大学院時代の指導教官であられた安藤良夫先生（故人）からの、建設中の東海1号炉（ガス炉）の冷却系配管と圧力容器をつなぐノズルの溶接部に変形が出て困っているらしいので計算でなんとか推定できないか、とのお言葉でした。それ以来、この種のテーマに40年つきあってきました。原子力はこのような材料や構造関係を含めて計算科学技術のテーマの宝庫です。

さて、明治時代にその制度が始まった日本学士院賞は、今回で99回になります。この間、我が国が混とんの中にあつた太平洋戦争中を含めて一度も中止されることなく続けられたとのこと。6月1日の授賞式には天皇皇后両陛下、首相、参議院議長、文部科学大臣も出席され、大変おごそかな式典でした。歴代の受賞者には野口英世、湯川秀樹などそうそうたる学者や研究者が名を連ねております。日本学士院賞は、毎年、人文系、理系あわせて10名程度が受賞するならわしのようです。明治以来の伝統でしょうか、理系では、理学と医学分野の学者、研究者の受賞者が多く、工学関係と農学関係はやや少なめです。現在の大学などでの研究者数とはかならずしも比例していないようです。

今回の受賞理由は「大規模高精度計算科学に関する研究」に対する業績ということで、「地球シミュレータ」開発者の渡辺 貞博士（元 NEC、現在は理研）と共同で受賞しました。渡辺氏がハードで私がソフトという関係です。御承知のように、計算科学は、スーパ

ーコンピュータなど高速のコンピュータを用いて行う科学として知られており、実験と理論に続く「第3の科学」と言われています。わが国は、2002年に「地球シミュレータ」とよばれるスーパーコンピュータを開発しましたが、現在、「地球シミュレータ」より100倍から1000倍高速の次世代スーパーコンピュータの開発が進んでおり、数年後に神戸に設置されることになっています。次世代スーパーコンピュータが完成したあかつきには、バイオサイエンス、ナノサイエンス、地球温暖化、災害予測、ものづくり、原子力、宇宙、素粒子など多くの分野において大規模計算科学が展開され、我が国や世界の基礎科学や製造技術を大きく発展させることが期待されます。これからも、計算科学は、自然科学、工学など様々な科学・技術の領域における問題解決の有力な方法です。計算科学技術に関わっておられる皆様方の前途は極めて洋々たるものがあります。皆様方の今後のますますのご健闘、ご活躍お祈りいたします。

～ 行事案内 ～

○秋季セミナー「Dr.フォーラム」および参加者募集のご案内

秋季セミナー「Dr.フォーラム」参加のご案内
秋季セミナー「Dr.フォーラム」は、学位取得後数年の方々を講師に迎えて学位論文での研究成果を講演いただき、次代を担う研究者を会員各位に紹介するとともに、参加者の方々が今後広い視野で研究を進めていく機会も担っています。今回で9回目となる秋季セミナー「Dr.フォーラム」は、最先端かつ完成度の高い研究成果についてまとまった内容がじっくりと聴けることから、毎年、参加者の皆様から大変好評を頂いております。

今回は伊達政宗ゆかりの仙台にある奥州三名湯の一つ、秋保温泉郷の老舗旅館、岩沼屋（創業寛永2年、1625年）で、3名の講師の方々が知的興奮に満ちた研究成果を発表いただけます。また今回は学位論文研究成果に加え、原子力ベンダー企業の最先端技術・研究内容も紹介頂き、昨今の原子力リネッサンスにおける国内企業の海外戦略の一端も伺えます。

なお、今回のDr.フォーラムでは、若手研究者支援として、学生参加者について旅費の一部を補助致します。奮ってご応募頂きたく思います。

【プログラム】

1日目 9月18日（金） Dr.フォーラム・その1（16:00～）

○原子力プラントベンダーの先端技術・研究紹介

ご講演：株式会社 日立製作所殿

○学位取得者による研究紹介1

(1) ダイナミックPIVによる流体関連振動の評価

(株式会社 フォトロン) 桑原 譲二氏

○シニア・若手交流会（親睦会、18:30～）

2日目 9月19日（土） Dr.フォーラム・その2（9:00～11:00）

○学位取得者による研究紹介2

(2) 高速炉蒸気発生器伝熱管におけるナトリウム-水反応時の伝熱特性

(JAEA) 栗原 成計氏

(3) 差分格子ボルツマン法による空力音の数値解析に関する研究

(株式会社 日立製作所) 田村 明紀氏

【開催場所】

仙台 秋保温泉 岩沼屋 (<http://www.iwanumaya.co.jp/>)

(宮城県仙台市太白区秋保町湯元字薬師 107)

「秋の大会」会場・東北大学から車で約 30 分

なお学会会場からは送迎バスでの移動となります。

【参加費】

一般：15,000 円，学生：3,000 円

(運営費，テキスト代，宿泊費，懇親会費を含む。なお一般参加費の目安は
宿泊費 11,000 円，懇親会費 3,000 円，その他 1,000 円とお考え下さい。)

【申込締め切り】

平成 21 年 8 月 18 日 (火) (ただし，定員(30 名)になり次第，締め切ります)

【申し込み方法】

以下の内容を記入の上、問合せ先（高田）までメールまたは FAX 願います。

----- 「Dr.フォーラム参加」 参加申込 -----

ご氏名：

ご所属：

ご連絡先：TEL, E-mail

ご宿泊の要否：

会員種別：(正、学生等)

所属部会：(熱流動、計算科学部会等)

【問合せ先】

大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

高田 孝 (たかた たかし)

TEL 06-6879-7891, FAX 06-6879-7889

E-mail: takata_t@see.eng.osaka-u.ac.jp

○2009 年秋の大会「計算科学技術部会の企画セッション」のご案内

計算科学技術部会では、秋の大会で下記の二つの企画を致しました。奮ってご参加下さい。

I 招待講演

9月16日(水) 13:00-14:30 D会場 (座長 東京大学 吉村 忍)

講演名：「計算力学と計算科学の発展」

講演者：(東洋大学) 矢川元基

(概要)

当会計算科学技術部会の初代部会長を務めた本講演者は、「超並列計算力学を創出、スーパーコンピュータを超高速化して大規模で複雑な構造体に対する解析法を確立した」業績により、2009年度日本学士院賞を受ける。現在は、国家プロジェクトとして、次世代スーパーコンピュータの研究開発が急ピッチで進められており、それに併せて計算力学・計算科学が次の発展段階に移ろうとしている。本招待講演では、原子力分野にも造詣が深く、かつ日本の計算力学・計算科学分野を牽引し、次世代スーパーコンピュータプロジェクトでも中心的に活躍されている矢川元基教授に、これまでの研究開発の流れを踏まえて、計算力学・計算科学の近未来の発展方向について講演いただく。

II 材料部会合同企画セッション

9月17日(木) 13:00-14:30 B会場 (座長 北海道大学 橋本 直幸)

セッション名：「計算材料科学の炉材料へのアプローチ」

- (1)構造材及び燃料に対する計算科学によるアプローチ (原子力機構) 町田 昌彦
- (2)軽水炉材料評価(高経年化)への計算科学の応用 (電力中央研究所) 曾根田 直樹
- (3)新型炉材料開発への計算科学の応用 (京都大学) 森下 和功

*上記のうち、(1)が計算科学技術部会からの発表、(2)、(3)は材料部会からの発表です。

(概要)

材料における損傷挙動のモデル化が困難な原因の一つは、現象の空間スケールに応

じて原子、原子集団、連続体などとして材料が異なる取り扱いを受け、また、その中に不均一性の問題を常にはらんでいることにある。さらに、原子力材料では、照射損傷に伴う現象が、空間のみならず、時間・エネルギー的にもマルチスケールな要素を含んでおり、このような非平衡過程のモデル化による統合的な解析の重要性は以前から指摘されている。本セッションでは、構造材料や燃料、軽水炉および新型炉材料開発への計算科学からのアプローチについて、その手法の問題点と将来動向について明らかにすることに主眼を置き、上記の三つの課題に焦点を絞った講演を企画する。

信頼できるシミュレーションの未来

「シミュレーションの信頼性検討タスク」の設置

株式会社 テプコシステムズ
堀田亮年

計算機性能の飛躍的向上は、計算科学に対する明確な目的に支えられてきました。初めてのデジタル計算機といわれる ENIAC、現在のデジタル計算機の原型である「プログラム内蔵方式」の EDVAC は、当初米陸軍の砲弾弾道計算という軍事上の予測計算を目的として開発されました。計算機やシミュレーション技術の高度化の目的が兵器開発や航空宇宙開発など軍事的色彩の濃いものである限りは、シミュレーション技術の速度や精度は重視されても、その品質という側面は特には重視されなかったことと思います。

現在では、地球シミュレータなどの超並列コンピュータ開発を推進する目的は、地球温暖化や地殻変動などの地球規模での問題に対処し、人類共通の未来のために計算機科学を役立てようということです。このように、最先端シミュレーション技術が、我々とかわりりの深い気象予測などの分野において導入されるにつれ、その信頼性、別の見方をすれば予測の“不確かさ”が生活に少なからぬ影響を与えることを意識せざるを得ません。天気予報の分野では、数値予報技術の信頼性向上と共に確率予報が提供されて久しく、降水確率10%と70%という数字が自然体に受け止められ、日々の営みに活かされています。

前置きが長くなりましたが、原子力技術が開発当初より軍事技術と同様に計算機シミュレーション技術を強力な道具として前進してきたことはご承知の通りです。その後、商業的に拡大した後も、原子力設計に携わるエンジニアは、その時々利用可能な最高性能の計算機パワーをフルに活用する先進的なプログラムを開発し、安全解析、苛酷事故の研究、プラントの性能向上、運転、保守などに関する諸問題の解決に取り組んできました[1]。

一方で、これまでの安全評価におけるシミュレーション技術では、基本的な物理プロセスを維持しつつも保守的な解を得ることが重視されてきました。近年になって、機器設計の高いレベルでの最適化を達成することや、プラント運転方法の改良による経済性向上を

目的として、過渡事象や事故事象を評価するプラントシステム最適評価コードが開発されるようになりました。さらには、これらの最適評価コードに組み込まれた物理モデル及びコードシステム全体としての“不確かさ”を実験結果との比較などを通じてランダムネスとバイアスとして定量化し、これらを考慮した統計的安全評価法が提案されています[2]。これらの手法では、最適評価コードに組み込まれる多数のモデルに対して、モデル化の充足性確認や不確かさ評価をする際に、実現象を階層化されたシステムに分解し、PIRT (Phenomena Identification and Ranking Table) などの工学的手法を用いた重要プロセスの同定法が用いられます。

一方、広範囲の製造業において、構造解析や流体解析などの CAE 技術や最適設計技術などが“モノ作り”の道具として活用されるようになりました。その背景としては、計算機の高性能化と小型化の同時進行と商用 CAE コードの機能向上が相俟って、高度なシミュレーション技術の裾野が拡大したこともありますが、例えば自動車産業においては、研究、基本設計、設計評価、トラブル対策のような各フェイズにおいて求められる信頼性レベルに対して、現在のシミュレーション技術が道具として応えうるレベルになったことも挙げられます[3]。これらの商用コードの多くは、その性能が評価され原子力分野においても“モノ作り”の道具として利用されています。しかし、これらの汎用商用コードの多くはソースコードが非公開であり、特定の分野に対する適用性や不確かさに関するエビデンスが必ずしも提供されておらず、それを使用した製品が及ぼす影響の結果については、ユーザーの責任に帰するものと考えられます。

シミュレーション技術の進歩においては、今までに扱うことができなかった物理プロセスに対する数値的アプローチを見出すこと、そして、同じ問題をより大規模、高精度かつ高速に解くことができること、この両輪によって必然的に現実世界を計算空間に再現しようという方向性が追及されます。このような技術の追求に対するゴールは当分の間見えず、両者の乖離は常に存在します。一方で、基本式の非線形や不適切性、数値化の過程で不可避免的に内包する非線形性、空間・時間離散化、数値拡散、数値粘性などの不確かさ要因の影響について考察することは、シミュレーション結果の解釈において避けて通れません。独自開発コードであれ、商用コードであれ、シミュレーションコードを設計の道具として利用するからには、対象とする現象を適切にモデル化しており、必要な信頼性を確保しつつ現象を解析することが可能であることを評価した後、これを設計に導入してよいとする判断基準が必要です。

品質管理の国際規格である ISO9001 では、Verification (検証) と Validation (妥当性確認) が設計・開発の重要な要素となっています。シミュレーション技術においても、こ

の二つのアプローチがコード開発やこれを用いた解析の品質確保において有効とされ、これらを併せて一般的にはV&Vと称しています。V&Vの定義は、ISO9001のものをシミュレーション技術にカスタマイズしたもので、例えば有限要素法固体力学解析の精度及び信頼性を評価するためのガイドであるASME (American Society of Mechanical Engineers) が作成した“Guide for Verification and Validation in Computational Solid Mechanics”では、

- ◆ Verification : 計算が数学モデルを正しく表現しているかどうかを決める過程
- ◆ Validation : 使用に対して、実世界の物理現象を正しく表現しているかどうかを決める過程

のように定義され、図1に示すような流れでV&Vを実施していきます[4].

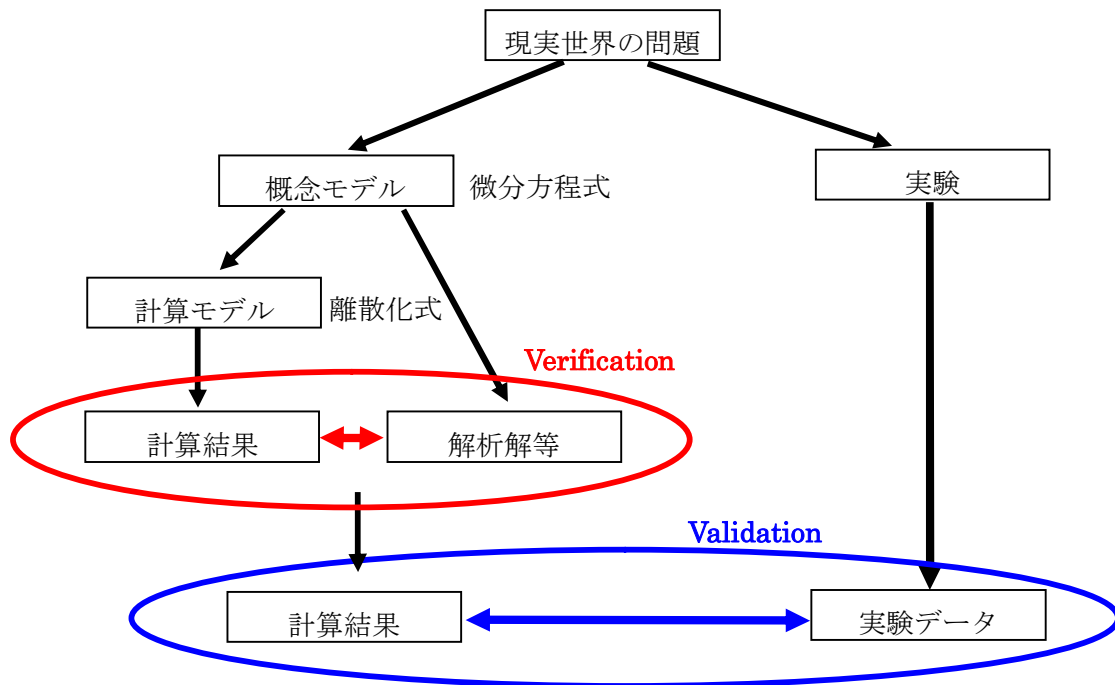


図1 V&Vの構図[1]

欧米では、主要なシミュレーションの分野においてV&Vスタンダードやガイドが発行されています。米国では、ASMEのほかに、AIAA (AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) が設計の効率と生産性向上を目的としたCFDの使用に関するガイド[5]を、ANS (AMERICAN NUCLEAR SOCIETY) はV&Vの各フ

エイズにおけるチェックリストを特徴としたスタンダード[6]を作成しています。また、欧州では EUROFAC (EUROPEAN RESEARCH COMMUNITY ON FLOW, TURBULENCE AND COMBUSTION) が、CFD を適用する場合の品質と信頼性に関するベストプラクティスをスタンダードとして作成しているほか、NAFMES では、基本的には ISO9001 に沿った構造解析の品質管理システムを作成しています。

高度なシミュレーション技術が設計現場に深く浸透しており、製品の品質に少なからぬ影響を与えることから、日本においても計算工学会などを中心にシミュレーションの信頼性に関心を持つ研究者・技術者が増えています[7]。さらには、原子力において品質確保というものが安全性実現の重要な要素であることから、当学会がシミュレーション技術の V&V に関する民間基準の作成に向けてリードすることが望ましいと考えます。

すでに計算科学技術部会では、計算結果評価法研究専門委員会(2002～2005)において活動を行い、核、熱流動、構造の分野の専門家が集まって計算機シミュレーションの精度と信頼性に関する報告書をまとめています。また、2008 年春の年会で、企画セッション「計算結果の信頼性」を開催し、統計的安全評価手法など関連する学会活動の報告と、V&V に関する欧米の潮流について紹介されました。その流れを引き継いで、標準委員会 基盤・応用技術専門部会の下に「シミュレーションの信頼性検討タスク (主査：東京大学 越塚誠一教授、産官学より 11 名の委員)」が設置されました。

タスクを構成する委員の専門分野は、材料・構造解析、流体解析、炉心・燃料解析、臨界・遮蔽解析、気象解析など、原子力で必要される基本的なシミュレーション分野をカバーしており、広い視点から活発な議論が交わされています。これまでに実施された 2 回の会合では、国内外での V&V の動向に関する紹介、各委員の周囲におけるシミュレーション技術の信頼性確保に関する現状などが報告されました。さらに、議論の中では、原子力における V&V ガイドラインのニーズ、例えばどのような動機を持ってガイドラインを作成するのか、出来上がったガイドラインをどのような場面で活用するのか、といった率直な問いかけもありました。

一般的には規格の統一によるユーザー側の利益確保と生産者のコストダウンと言ったメリットがなければ、作成した規格がスムーズに受け入れられることはありません。これは V&V ガイドラインについても同様であり、シミュレーション技術の専門的観点だけではなく、ユーザーの利益や設計現場の業務遂行の観点に立った意見の反映も重要です。一方で、原子力プラントの品質確保及び安全設計において、生産者とユーザーが安全基準や品質に対して共通の言葉や基準を持つことで、良好なコミュニケーションや安全文化の実現に通じることも認識されるべきでしょう[8]。

当タスクでは、半年から1年を目処として V&V ガイドラインを作成するかどうかについて、同専門部会に答申することを目標としています。

- [1] 越塚誠一、Verification と Validation、日本原子力学会 2008 春の年会、(2008).
- [2] AESJ 学会標準 あるいは NUREG5249
- [3] 沢田龍作、日本計算工学会イブニングセミナー、(2007).
- [4] ASME V&V 10-2006, Guide for Verification and Validation in Computational Solid Mechanics, (2006).
- [5] AIAA G-077-1998, Guide for the Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations, (2002).
- [6] ANSI/ANS-10.4-2008, verification and validation of non-safety-related scientific and engineering computer programs for the nuclear industry, (2008).
- [7] 「シミュレーションの品質保証と現実問題への適用」、計算工学会講演会、(2009).
- [8] Schwer, L., Codes, Standards, Recommended Practices, and Guides of Engineering & Scientific Professional Societies: Application to Verification & Validation in Computational Engineering,(2002).

～ 編集後記 ～

日本原子力学会 計算科学技術部会 ニュースレター 第 13 号

2009年8月

編集・発行責任： 計算科学技術部会 出版・編集小委員会
越塚 誠一 (委員長)
(東京大学、koshizuka@sys.t.u-tokyo.ac.jp)
石田 直行
(日立製作所、naoyuki.ishida.sx@hitachi.com)
田中 正暁
(原子力機構、tanaka.masaaki@jaea.go.jp)
町田 昌彦
(原子力機構、machida.masahiko@jaea.go.jp)
山本 義暢
(京都大学、yyama@nucleng.kyoto-u.ac.jp)

ニュースレター第 13 号をお届けいたします。皆様のお手元に届くころには、編集後記を書いている盛夏から、残暑の候如何という頃になりつつあるのではないのでしょうか。ここに無事お届けできますこと、何はともあれ「ほっ」と胸を撫で下ろす次第です。また、本ニュースレターが、ご多忙な折、皆様の束の間の一息となりましたら幸いです。

第 13 号では、日本学士院賞ご受賞に際しまして初代部会長を勤められました東洋大学教授 矢川先生にご執筆をお願い致しました。矢川先生には、ご多忙の中、ご快諾頂きましたこと、ここに改めて感謝申し上げます。表紙絵は、昨年度の部会賞を受賞された日本原子力研究開発機構 西田様、新谷様よりご提供頂きました。巻頭言では、新部会長 東京大学教授 吉村先生よりご挨拶を頂き、一言一語としまして株式会社 テプコシステムズ 堀田様より、計算科学では避けては通れない V&V の最近の動向に関しまして大変興味深い話題を提供して頂きました。さらに、原子力安全基盤機構 笠原様より 2009 年原子力学会秋の大会での Dr フォーラムおよび部会企画の情報を頂きました。多くの方々のご協力により、このように無事発行の運びとなりました。ここに深く感謝を申し上げます。また、原稿執筆以外に関しましても部会員各位には、多大なるご協力を頂きました。出版・編集小委員会メンバー一同、この場を借りて心よりお礼申し上げます。尚、ニュースレターの内容や当部会の出版・編集一般に係わる活動について、部会員の皆様のご意見、ご要望を常時歓迎いたしますので、どうぞよろしくお願ひ申し上げます。

(田中 正暁)