発 行 所 日本機械学会 計算力学部門
お問合せ 03-3560-3501

ISSN 1340-6582

日本機械学会 計算力学部門

CMD Newsletter

COMPUTATIONAL MECHANICS

計算力学部門ニュースレター No.57 May, 2017

目次

・部門長の就任・退任の挨拶

部門長就任にあたって……青木尊之 ……2

部門長退任にあたって……岡田　裕 ……4

・部門賞

2016年度計算力学部門賞贈賞報告 ……大島伸行 ……5

功績賞を受賞して……小石正隆 ……7

功績賞を受賞して……仲町英治 ……9

業績賞を受賞して……大橋鉄也 ……10

業績賞を受賞して……山田貴博 ……12

・特集「ポスト京」

重点課題8　近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発

……加藤千幸 ……14

サブ課題B　リアルタイム・リアルワールド自動車統合設計システムの研究開発

……坪倉　誠 ……18

サブ課題D　航空機の設計・運用革新を実現するコア技術の研究開発 ……高木亮治 ……21

サブ課題E　新材料に対応した高度成形・溶接シミュレータの研究開発 ……奥田洋司、橋本　学 ……24

・書評

矢川元基・酒井譲共著「粒子法＜基礎と応用＞」（岩波書店）……一宮正和 ……26

・部門からのお知らせ

第29回計算力学講演会(CMD2016)開催報告 ……松本敏郎、高橋　徹、奥村　大 ……27

第29回計算力学講演会(CMD2016)優秀講演表彰報告 ……岡田　裕 ……31

第30回計算力学講演会(CMD2017)開催案内 ……和田義孝 ……32

2017年度年次大会の部門企画について ……中林　靖 ……34

部門長の就任・退任の挨拶

部門長就任にあたって

第95期部門長
青木尊之
東京工業大学

この度、岡田裕前部門長（東京理科大学）の後を引き継ぎ、第95期計算力学部門長を務めさせていただきます。越塚誠一副部門長（東京大学）、奥村大幹事（大阪大学）、高橋昭如副幹事（東京理科大学）、部門運営委員会委員、各種委員会や研究会の皆様をはじめ、部門に関係する全ての皆様とともに、部門の円滑な運営とさらなる発展に努めてまいりたいと思います。

計算力学部門は日本機械学会会員の部門登録の第1位から第3位までの合計が5,000名を超え、23部門の中ではかなり大きい部門と言えます（平成28年11月末集計）。第1位、第2位、第3位の登録者数が余り変わらないというのが特徴です。つまり、計算力学がさまざまな分野に浸透してきたことが分かります。

学会とは、会員にとってどのようなメリットがあるのでしょうか。言うまでもなく会員の学術的活動を推進する観点からです。学会の企画する講演会などを通して自分の研究成果を発表したり、他の人の発表を聞き、議論や情報交換を通して自身の研究を発展させることだと思います。毎年秋には、部門講演会としての計算力学講演会と日本機械学会の年次大会が開催されます。計算力学講演会ではオーガナイズドセッションを中心に特別講演、一般セッション、フォーラム、ポスターセッションがあります。年次大会では他部門とのジョイントセッション、市民フォーラム，先端技術フォーラム、ワークショップ等が企画されます。また、計算力学部門には、現在７つの研究会（逆問題解析手法研究会、九州地区計算力学研究会、マルチスケール計算固体力学研究会、癒し工学研究会、電磁流体解析関連技術研究会、設計情報駆動研究会(新設)，設計に活かすデータ同化研究会）が設置されおり、研究会の中の活動だけでなくオーガナイズドセッションの提案企画や国際シンポジウムを開催しています。

学会のもう一方の重要な役割として、学術論文誌の発行があります。和文の日本機械学会論文集と英文レビュー誌（Mechanical Engineering Reviews）、英文誌（Mechanical Engineering Journal）、および英文速報誌（Mechanical Engineering Letters）があり、カテゴリとして計算力学およびComputational Mechanicsが入っています。多くの人から投稿される研究論文が査読を経てこれらの論文誌に掲載され、それらが蓄積されることで学術研究の発展を中心的に支える役割をしています。投稿した論文が掲載されれば、研究者の研究業績となることは言うまでもありません。

計算力学部門登録会員への情報伝達としては、毎月発行される日本機械誌とは別にwebベースの本ニュースレターがあり、部門独自の有用な情報が掲載されています。また、部門のメーリングリストを開設しており、部門活動に限らない計算力学分野に関する情報の交換を積極的に行っています。

一方、計算力学技術者の養成のため、計算力学技術者認定試験対策講習会を毎年、企画・実施しています。講習会では，会員外の参加者も多く、社会的なこの分野に対するニーズに応えるものとなっています。2016年度には計算力学技術者2級標準問題集の大幅改訂も行っています。

また、計算力学部門への功績、業績を称えるために部門賞として功績賞、業績賞の表彰を行っています。計算力学講演会での講演に対して、優秀講演賞、優秀技術講演賞、若手優秀講演フェロー賞の表彰も行っています。学会本部へ日本機械学会フェローの推薦、学会賞（論文）候補の推薦を行っています。また、文部科学大臣表彰「若手科学者賞」についても、計算力学部門から候補者を推薦しています。

計算力学部門にご登録頂きました皆様には、是非、このような学会活動に積極的に参加して頂き、有効にご活用いただけますようお願いいたします。学会を発展させるのも、盛り上げるのも全て会員次第です。計算力学部門の運営委員会はその手助けとなるべく新しい企画や改善に努めて行きたいと思いますので、是非忌憚なきご意見をいただけますと幸いです。

ここで少し自分と計算力学部門のかかわりについて書かせていただきます。私は理学部出身で、助手の頃までは核融合・プラズマの理論・シミュレーション研究を行っており、主に日本物理学会で発表していました。1994年頃から流体の数値計算手法の研究も始めるようになり、第80期計算力学部門長も務められた矢部孝先生（東京工業大学名誉教授）に連れられて1995年頃から計算力学講演会に出るようになりました。初めて発表した会場は満員で、少し違う分野からの発表にも関わらず、皆真剣に自分の発表を聞いてくれて、「よそ者扱いしない、なんて温かい学会なんだ。」と感銘を受けました。その後、PlayStation 2 でクラスターを組んで流体計算を行ったり（その頃から、その気があった）、2007年頃からはGPUコンピューティングで大規模な流体計算を行う研究に取り組んでいます。GPUで初めて姫野ベンチを解いたときには、CPUの計算に対して50倍以上高速に計算でき、驚きと同時にすぐに虜になってしまいました。そこからは止まらなくなり、2ヵ月の間にマルチグリッド法でポアソン方程式を解く非圧縮性流体計算コードを完成させるハマりようです。その後、計算力学講演会では数年間GPUコンピューティングのオーガナイズドセッションを企画してきました。沖縄で開催された第21回計算力学講演会（2008年）

では、かなり大きい会場が聴講者で溢れ、GPU計算の注目の高さを強く感じました。今となっては、CPUの方も全コアで計算し、公平な実行性能比較をすれば、メモリ律速の計算はメモリ帯域の性能比になり、演算律速の計算はピーク浮動小数点演算性能の比になるという当たり前のことだと分かりましたが、当時はGPUの高い計算性能が十分認識されておらず、「GPUとは何者か？」という感じだったのでしょう。今やTop500スパコンの中の100システム近くがGPUを採用しています。

計算力学分野は機械系の他の分野と比較し、研究のトレンドが比較的早く変化する分野と言えます。計算機を利用しますので、その性能向上にも影響されますし、ITの発展にも影響されます。最近ではビックデータ、深層学習、人工知能という言葉がしばしばニュースを賑わせていますが、計算力学分野の研究にも入り始めています。人工知能が人間の判断に追いつき始めていると言われていますが、これまで計算力学分野で行ってきた計算は人間にはできない内容ですし、計算力学の最適化で得られた結果（判断）は既に人間を超えています。そのような中で、ニューラルネットワーク自体は決して新しくないのに、何が本質的に今までと違うのか、自分の研究に本当に役立つのか、それを見出すためにも学会を利用していただければと思います。

部門長退任にあたって

第94期部門長
岡田　裕
東京理科大学 理工学部 機械工学科

つい先日、「部門長就任にあたって」をニュースレターNo.56書いたばかりで、今度は「部門長退任にあたって」になってしまいました。大した事はしていないのに時間だけが経過してしまったというのが実感です。「部門長就任にあたって」でも書きましたが、およそ30年前に計算力学の勉強を始めたころ、現在のように有限要素法解析が産業界で多用されておらず、何やら凄く新しいことを勉強しているつもりでした。それから30年、機械設計・開発において、有限要素法解析やその他の計算力学解析は無くてはならないものになりました。自動車の衝突解析に代表されるような非線形解析技術は相当な進歩を遂げたと思います。また、当時のスーパーコンピュータよりも目の前にあるデスクトップPCの方が使用できる記憶容量が大きく、計算も速いと思います。コンピュータハードウエアも大変な進歩を遂げました。

既に計算力学は設計・開発ツールとして産業界で無くてはならないものになっています。さらなる高度化のためには、筆者も継続的に行ってきましたが、「大学・企業の連携」が重要ではないかと思います。平成28年9月に名古屋で開催されました計算力学講演会では関連のOSが企画され大変な成功を収めています。学会というと大学人が多いのですが、企業の方々に是非、継続的に参加頂きたく思うところです。企業の方々の問題を掘り下げ、基礎的研究に繋げ、基礎的研究成果を広く論文等で発信することにより、機械設計・開発のための計算力学ツールの高度化への寄与を目指すことが、大学研究者の在り方の一つではないかと考えています。より多くの企業の方々に講演会に来て頂き、「大学・企業の連携」がより推進されることを望みます。このように、部門長を拝命することで計算力学について改めて考える機会に恵まれましたこと、大変幸せに感じています。

私自身、計算力学部門、計算力学、そしてそれらに係る多くの人々に育てて頂きましたこと大変感謝しております。また、部門長という大役を仰せつかりながら、歴代部門長のされてきたことをこなすことだけに終始してしまいました。反省すべきことばかりですが、部門幹事の大山先生（JAXA）はじめ、支えて下さった多くの方々に感謝とともに退任のあいさつとさせて頂きます。

部門賞

2016年度計算力学部門賞贈賞報告

大島伸行
北海道大学 工学研究院

計算力学部門賞は1990年度より功績賞、業績賞の2賞を設けています。功績賞は、学術・技術・教育・学会活動・出版・国際交流など計算力学の発展と進歩に幅広く顕著な貢献のあった個人を、また、業績賞は、計算力学の分野で顕著な研究もしくは技術開発の業績を挙げた個人をそれぞれ対象とするものです。歴代受賞者の一覧は部門ホームページhttp://www.jsme.or.jp/cmd/に掲載されています。

2016年度（第94期）は、6月に部門登録会員へ部門賞候補の推薦お願いを機械学会インフォメーション・メールにて発信するとともに部門ホームページにて掲載案内し、7月8日までに推薦のあった候補について選考委員にて慎重厳正な審査を行い、10月開催の拡大運営委員会での承認を経て、以下4名の受賞者が決定されました。

功績賞　小石正隆氏（横浜ゴム株式会社）
功績賞　仲町英治氏（同志社大学）
業績賞　大橋鉄也氏（北見工業大学）
業績賞　山田貴博氏（横浜国立大学）

各氏には計算力学講演会にて表彰と記念品贈呈が行われました。本報レター読者の皆様にも、ご受賞4氏のご業績をご紹介しその栄誉を広くご周知いただきますとともに、改めて各氏へのお祝いを申し上げます。

小石正隆氏は、ゴム材料やタイヤを対象とした不確かさや粘弾性を対象としたマルチスケール解析、タイヤ設計のための逆解析、多目的設計探査などの多様な計算力学の成果のみならず、フィン付きタイヤなど革新的な「ものづくり」への応用面においても顕著な研究業績を挙げておられ、また、部門講演会ではオーガナイズドセッション「ゴムの計算力学と関連話題」の継続的主催など、部門の発展に多大な貢献をされました。

また、計算力学部門運営では広報委員会幹事（2011～2012年度）、副部門長（2013年度）、部門長（2014年度）を、日本ゴム協会ではゴムの力学研究分科会主査（2009年度～現在）を、さらに、NPO関東CAE懇話会では幹事（2003年度～現在）を務めるなど重責を多く担っておられ、2011年には日本機械学会フェローに認定され、2015年度にはJACM（日本計算力学連合）フェロー賞を授与されています。

1985年　信州大学理学部物理学科卒業
1985年　横浜ゴム株式会社入社
(1998年　横浜国立大学大学院博士課程修了博士（工学）)
2007年　横浜ゴム株式会社CAE研究室研究室長
2011年　同社小石研究室研究室長
2014年　同社理事、小石研究室研究室長

仲町英治氏は、計算固体力学および生体力学に関する部門の教育、研究を担当し広範多岐な分野の数多くの先進的な卓越した研究を推進され、多数の国内外の学術誌論文および、学術書、さらに、塑性加工、結晶集合組織設計および生体・細胞力学解析の最先端研究動向に関して数多くの解説執筆をされ、これら同氏の研究業績と研究を通した社会貢献は自動車、素材、バイオテクノロジーなどの産業部門にわたっています。

また、永年にわたって板成形数値解析手法に関する国際会議（NUMISHEET）に参画し、日本における本会議の共同主催者(1993)として尽力されるとともに、複数の国際学術誌の編集を担当するなど、当該分野の発展および関連素材・自動車・機械加工・コンピュータに関連する産業界の技術発展に大きく貢献されてきました。

これらの同氏成果業績には、日本機械学会計算力学業績賞、日本塑性加工学会技術奨励賞、同学会論文賞、韓国塑性加工学会賞などが授与されています。

1975年　大阪大学大学院修士課程修了
1975年　八代工業高等専門学校助手
1979年　同　講師
(1979年　大阪大学工学博士)
1983年　同　助教授
1989年　大阪大学工学部機械工学科助教授
1993年　大阪工業大学工学部機械工学科助教授
1995年　同　教授
2007年同志社大学生命医科学部設置準備室教授

大橋鉄也氏は、金属材料の巨視的な力学特性を材料の微視組織に生ずる変形現象から予測することを研究の中心テーマとし、結晶塑性有限要素解析の分野で卓越した研究成果をあげてこられました。主な業績には、金属結晶中の格子欠陥(転位)の挙動を基礎においた変形素過程モデル群の構築、単結晶および多結晶金属材料の力学特性予測理論とその妥当性の検証、介在物やマイクロボイド近傍の格子欠陥群構造発達の解析や組織安定性に関する検討、半導体素子中の欠陥蓄積

抑制など多岐にわたります。現在これら分野では多くの固体力学研究者が研究を進め、また一部では材料工学分野の研究者もその成果を使い始めるなど、固体力学研究の一つの潮流となっています。同氏は1980年代初頭からこれら分野における先駆的研究を行い固体力学と材料工学の中間領域において基礎と応用両面でオリジナリティーの高い世界に先駆ける多様な研究実績を挙げておられ、日本機械学会材料力学部門より業績賞(2012)を受けるなど国内外で極めて高く評価されています。また、2010年度日本機械学会計算力学講演会の実行委員長を務めてもおられます。

1980年　北海道大学工学研究科博士課程修了
1981年　同　　工学博士
1981年　日立製作所日立研究所
1999年　北見工業大学工学部教授
（1997-2000年　科学技術庁金属材料技術研究所(併任)）

山田貴博氏は、大変形問題の有限要素解析手法およびその特性評価に関する研究分野において世界的に卓越した研究業績を上げてこられました。特に、同氏がシェル構造、超弾性体等に対する大変形問題における要素のゆがみの緩和手法として提案したALE有限要素法は、物質の移動とメッシュの変形の差を移流方程式により評価する過去の手法とは異なり、均質な超弾性体を仮定することで、変形前のメッシュを移動させる新しい定式化を提案したものとして、さらに、有限要素法による釣り合い方程式の数値計算と固体の大変形を記述するマーカ粒子を組み合わせたマーカ積分有限要素法の提案は新しい大変形解析手法として、いずれも国内外に高く評価され、それぞれ日本計算工学会論文賞、土木学会応用力学論文賞を受賞、また、日本計算工学会からは2012年に川井メダルを受賞されています。

同氏は大変形問題に代表される非線形有限要素法の第一人者であるとともに、本部門主催の第28回計算力学講演会実行委員長をつとめるなど、本部門ならびに広く計算力学分野の発展、産業界における数値解析の信頼性向上にも幅広く貢献されています。

1988年　東京工業大学理工学研究科建築学専攻修士課程
1991年　東京大学総合文化研究科　学術博士
1993年　東京工業大学応用セラミックス研究所　助手
1997年　東京理科大学工学部建築学科　助教授
2001年　横浜国立大学環境情報研究院人工環境と情報部門　助教授
2006年　同　教授

功績賞を受賞して

小石正隆
横浜ゴム株式会社 小石研究室

この度は、計算力学部門功績賞をいただき、誠に光栄に存じます。この場を借りて、これまでご指導とご支援を賜りました皆様に深くお礼申し上げます。

1985年に横浜ゴム株式会社に入社して以来、タイヤとその材料（フィラー充填ゴム、補強材）の数値シミュレーションに関する研究開発に従事してきました。現在は、数値シミュレーションと、遺伝的アルゴリズムによる進化計算と、自己組織化マップや機械学習によるデータマイニングを組み合わせた多目的設計探査を利用した、タイヤ設計と材料設計に関する研究開発に携わっています。今回の受賞に際し、これまでお世話になった先生方について振り返りたいと思います。

入社後に配属された職場の上司は故加部和幸氏でした。数値シミュレーションと初めて出会い、その面白さを体験できたのは加部氏のおかげでした。1990年には弊社にもスパコンが導入されました。当時、東京大学の三好俊郎先生の下でスパコン向け高速ソルバーを開発されていた高野直樹先生（慶應義塾大学）には、FEMプログラムのスパコン向けチューニングでお世話になりました。東大のマシンでは再現できないトラブルがあり、平塚の弊社まで何度もご足労頂きチューニングしていただきました。その結果、計算時間が大幅に短縮され、タイヤの3次元非線形解析が身近になりました。

1995年からの3年間は社会人ドクターとして横浜国立大学大学院博士課程に在籍しました。その際にも加部氏には色々配慮して頂きました。また、快く受け入れてくださった白鳥正樹先生（横浜国立大学）をはじめ白鳥研究室の皆様には大変お世話になりました。ゴム系複合材料のための均質化法について研究し、不均質材料の不確かさを考慮した確率均質化法や、動的粘弾性解析の均質化法を提案しました。会社での業務と並行した3年間でしたが、頭も冴え大変楽しい期間でした。博士課程修了後も、白鳥研の先輩に当たる于強先生（横浜国立大学）には応答局面法を利用した研究などでお世話になりました。

寺田賢二郎先生（東北大学災害科学国際研究所）には非連成の非線形均質化法に関する研究開発でお世話になりました。当時、寺田研究室の学生だった小島隆嗣さんは、現在は粗視化分子動力学シミュレーションを用いフィラー充填ゴムの力学特性発現メカニズムを解明すべく小石研究室で活躍しています。また、メッシュフリー法を用いた均質化法や繊維補強材の構成方程式などの研究開発では故野口裕久先生（慶應義塾大学）にもお世話になりました。1987年だったと記憶していますが、三菱総合研究所主催の確率有限要素法研究会において、三菱総研に在籍されていた野口先生に初めてお目にかかりました。ここで知った摂動法ベースの確率有限要素法と、漸近展開法ベースの均質化法を組み合わせることを思いつき、横浜国大大学院在籍時に確率均質化法を提案しました。

一方、大林茂先生（東北大学流体科学研究所）には、多目的設計探査に関する研究開発でお世話になりました。大林先生が提案された多目的設計探査（特に自己組織化マップによるデータマイニング）との出会いはその後の私の方向性を決定しました。データマイニングに機械学習（決定木）も採り入れながら多目的設計探査をタイヤ新商品の形状設計に適用しています。現在、タイヤ用ゴム材料のフィラー（カーボンブラックやシリカの充填材）のモルフォロジーを対象にした材料設計にも適用しています。フィラー充填ゴムのモルフォロジーに関しては決定論的なアプローチは現実的ではないため、ポアソン過程に従って分布するフィラーのモルフォロジーをパラメトリックに変更できるシミュレーションモデル作成方法をDominique Jeulin教授（MINES ParisTech/CMM）らと開発しました。これによって、モルフォロジーを定めるパラメータを設計変数とし、等価力学特性を目的関数とするフィラー充填ゴムの多目的設計探査が可能となりました。

フィラー充填ゴムの非線形粘弾性挙動に関する研究では、山辺純一郎先生（九州大学水素エネルギー国際研究センター）と藤川正毅先生（琉球大学）にお世話になっています。お二人は、私が主査を務めるゴムの力学研究分科会（日本ゴム協会）のメンバーです。ゴム協会では数値シミュレーションの話題について幅広く意見交換できる場が少ないことから、お二人と共に計算力学講演会において「ゴムの計算力学と関連話題」というオーガナイズドセッションを毎年提案しています。

また、タイヤ周りの流体解析に関しては、山本誠先生（東京理科大学）と藤井孝藏先生（東京理科大学）にお世話になりました。山本先生には、フィンタイヤの空力解析の研究でお世話になりました。車両全体の空力性能を改善するための空力タイヤの研究はこれが発端となりました。一方、藤井先生には回転するタイヤ周りの流体音響解析に関する研究で現在もお世話になっています。NECのSP研究会で藤井先生と意気投合した（と思い込んだ）私は、難題を携えてJAXA宇宙科学研究所（当時の宇宙科学研究本部）を尋ねました。駄目元で取組み始めた研究は5年を経て成果が出始めました（REIFEN2014 Innovation Award (2014)、HPCIシステム利用課題優秀成果賞(2016)を受賞）。

さらに、広報担当委員、副部門長、部門長、表彰委員長として在籍した計算力学部門委員会では、当時の部門長の辰岡正樹氏（アルゴグラフィックス）、梶島岳夫先生（大阪大

学）、吉村忍先生（東京大学）、山本誠先生（東京理科大学）、大島伸行先生（北海道大学）にお世話になりました。また、私が部門長と表彰委員長を務めた際には補佐役の岩本薫先生（東京農工大学）に大変お世話になりました。

振り返ってみると、人と時が織り成すネットワークに支えられてきたことが分かります。最後に、横浜ゴムの小石研究室のメンバー並びに関係者に改めて謝意を表し功績賞受賞の挨拶に代えさせて頂きます。

功績賞を受賞して

仲町英治
同志社大学 生命医科学部 医工学科

この度、計算力学部門より功績賞をいただいたことを光栄に思うとともに、これまで多くの先生、先輩、同僚そして後輩の皆様方、さらに学生諸君に支援いただきましたことにこの場を借りて深く御礼申し上げます。

私は、40年以上、計算力学の中でも、非線形連続体力学と弾塑性・結晶塑性学および生体力学に基礎を置く有限要素法などの数値解析手法の開発に取組んできました。マクロとミクロおよび固相と液相というマルチスケールおよびマルチフィジックス解析手法の開発も課題としました。工学が自然と人間との共生を目指すと考え、塑性加工という“ものつくり”と医療に関連する医用工学を対象とし、自分たちで開発した数値解析手法を主に使って解析し、現象の発現原理に迫り、その数値計算の道具を使って材料・加工プロセスの設計や医用デバイスの設計・製作へと応用の場を広げました。

私の有限要素解析とのつきあいは、1972年に卒業研究で竹園茂男先生に紹介されたZienkiewiczのThe FiniteElement Methodに始まり、北川浩先生に非線形有限要素法の手ほどきを受け、MalvernのIntroduction to the Mechanics of a Continuous Medium、OdenのFinite Element of Nonlinear Continua、 K. J. BatheのFinite Element Procedures と続きました。この非線形問題を相手にすることがやがて塑性加工に入るきっかけとなりました。先輩であり、長期に渡って支援を受けています冨田佳宏先生に紹介されて留学したマクマスター大学のSowerby教授の下で、塑性加工の面白みを学びました。1980年代は日本の産業界の絶頂期でした。“Japan as No.1”ともてはやされた時期でした。1987年に滞在した米国オハイオ州立大学ではWagoner教授と共に、板材成形の解析ソフトの開発に取組みました。その後、バブル崩壊、長期デフレ不況時代を経て経済としての安定（停滞）期を迎えていますが、私の研究課題も重厚長大の塑性加工からバイオ・ミクロの軽薄短小の課題としての人間・医工学へと推移しました。

私は、90年代に板成形シミュレーションプログラムの開発で自動車、鉄鋼、コンピュータ関連企業約３０社参加のコンソーシアムを理研の牧野内昭博士と一緒に作って、若手技術者の皆様と理論からプログラム開発まで取り組みました。その研究で得た経験を基にヴァーチャルファクトリーという本を共著で書きましたが、ヴァーチャルというコンセプトは経験に基づく“カンピュータ”を信じるものつくりのベテランの皆様には受け入れてもらえず、加工の世界にシミュレーションが浸透するのか不安に感じたものでした。リアルとヴァーチャルは違うということだったのでしょう。20年近く経った今、スマホの中にいるポケモンGoを捕獲するために実際に現地に足を運ぶという世界が広がっています。若い世代の皆さんには、ヴァーチャルという言葉に違和感がないでしょう。今、金型設計では実加工の前にまずシミュレーションを行っています。感慨深いものがあります。正しい計算力学に基づくコンピュータが作る世界は仮想ではなく現実なのだということでしょう。

21世紀に入り、研究の分野は広がり、現在、私は医用工学の世界で研究三昧やっています。これも計算力学が作るヴァーチャルな世界が人の病気診断と治療を予測することに役立つと考えたことから始まりました。実際、簡単ではありませんが、コンピュータによる病気発生と治療の仮想実現という課題になるでしょう。生体の学問の世界では集合組織論と要素還元論との論争がありますが、集合組織論が実験観察に基づくもの、つまりリアルの世界であり、要素還元論は分子力学解析から始まるコンピュータシミュレーションを基礎とするもの、つまりヴァーチャルの世界と言え、リアルな世界とヴァーチャルな世界との拮抗という図式が浮かび上がってきます。これも計算力学の進歩の結果と捉えることができるでしょう。計算力学が病気診断と治療の世界を切り開くと考えると楽しくなってきます。今、私は、細胞から組織への再生を課題にした計算力学手法の開発を目指しています。もちろん、未経験な細胞実験も手掛けています。

私の半世紀に近い研究は、節目、節目で新たな研究課題と出会うことで発展してきたと考えます。計算力学を基礎とする構造解析、材料、加工、新規材料の設計と製作、そして診断・治療用デバイスの開発へと進んできました。後数年で研究を収束させるつもりですが、生体の研究は奥が深い、いつ終わるか分からないのが本音です。後輩の皆様が計算力学の持つ無限の可能性を実感し、研究三昧の日々を過ごすことができますよう祈っています。“落ちの無い話”に終始しましたが、計算力学研究に携わる皆様の御健勝を祈り、功績賞受賞の御礼の言葉とします。

業績賞を受賞して

大橋鉄也
北見工業大学 工学部 機械工学科

この度は機械学会計算力学部門業績賞をいただき、誠にありがとうございました。本賞をこれまで受賞されている方々はまさに日本と世界の計算力学研究を牽引されてきたものと思います。それに比べ、私の行ってきたことが果たしてこの賞に値するものなのかどうか定かではありませんが、私の場合は私企業の研究所と大学がほぼ18年ずつで、この点が多くの方とは異なっているように思います。少し昔を振り返って見ることにいたします。

企業の研究所におけるテーマ選定

北大大学院の材料力学研究室で、鉄鋼材料に見られるリューダース帯の問題と材料微視組織における変形の問題を勉強しました。大学院博士課程を終えて日立製作所に就職を希望したところ茨城県にある総合研究所を紹介され、企業においても研究に関わることになったのです。1981年のことでした。

配属された研究室の室長さんは下のような図を描いていました。

図1

『会社で使う金属材料の特性（右端）はその微視組織（中央）に由来する。矢印はこの因果関係を表している。微視組織は材料の原子組成（左端）が根本にあり、それに熱処理などのプロセス（組成と組織をつなぐ矢印）が関与して微視組織が出来上がっている。これらの矢印がどうなっているかを知るために膨大な実験が繰り返されているが、これを、計算機を利用して繋ぐことができれば、材料開発の大幅な高速化、効率化が実現できるはずだ。だからこれをテーマに長期的な視野で研究を進めなさい』という趣旨のお話でした。その頃の日本はいわゆるバブル経済の絶頂に上り詰める一歩手前で、企業研究所のテーマ設定にも高揚した気分が溢れていたようです。

「組織」と「特性」をつなぐ矢印は数値シミュレーションだとの思いを定め（研究所内では実はデータベースが本命視されていましたが）、大学でやりたかったテーマを一からやり直しました。宮本博先生のテキスト[1]などを下敷きにして3次元の結晶塑性有限要素解析コードが2年ほどで出来あがりました。しかしその後知ったことですが、Peirceらがすでに同様の研究を完成させ、1983年には今も引用される著名な論文[2]が出版されておりました。出遅れたわけですが、学位取得後の最初の研究にしてはまあまあの成果と思いました、同じようなことをやっている人たちがいることを却って心強く思ったりしたものでした。

機械工学と材料工学

図1は材料工学の専門家から見れば極めて当然であると同時に、何の役にも立たないものとも映るはずです。しかしこの3つの要素の間にある因果関係を、解析やシミュレーション（＋データベース）で表現することは可能だと想像した前述の室長には先見の明があったと思っています。彼の専門はoperations researchでしたが、物事を大局的に見て布石を打つのは研究戦略を立案する上でも極めて重要なことに思われます。

1997年につくばの金属材料技術研究所（現NIMSの前身）に出向しましたが、その1年ほど前に、塑性せん断ひずみの空間勾配から幾何学的に必要な転位（GN転位）を計算することに成功し、小さな論文を出版しました。つくばでの2年間は企業に居た時とは比べ物にならないくらい多くの方々と接触し、同僚も得て多くのインスピレーションもいただきましたが、一方でGN転位のことばかり考えていたような気もします。

GN転位の密度は微視組織の寸法に依存します。1990年代の中頃から金属材料の巨視的力学特性が微視組織の寸法に依存する現象を再現/予測する理論の構築が試みられていました。Fleckらは1994年にTaylor型加工硬化項にGN転位密度の項を取り入れる理論を発表し[3]、我々はその10年後にようやくFleckらの理論とは異なるモデルを提案しました。しかしFleckらのものにしても、我々のものにしても寸法依存性が現れるのは加工硬化率だけで、降伏応力の寸法依存性が再現できないという重大な欠点がありました。

Washington州立大のZbib先生は私の古い知人の一人です。ある国際会議で彼と会い、彼とProf. JP Hirthらが作った転位動力学シミュレーションコードをもらうことになりました。これを使って有限寸法の結晶粒中で転位ループが放出されるシミュレーションを様々な条件で行ってみたところ、ループ放出に要する応力に非常に明瞭な寸法依存性があることがわかり、その依存性をもたらす「物理」も転位の線張力に由来することが明らかになりました。この結果を結晶塑性有限要素解析のコードに組み込んだところ、降伏応力とその加工硬化特性が結晶粒寸法に依存するという解析結果を得ることができました。またこの結果について考えている中で、転位の平均自由行程も結晶粒径などの微視組織寸法因子に依存

することに気づきました。気づいてみれば当然です。最近私の研究室で学位を取得した奥山君はこの平均自由行程のモデルを大きく発展させてくれました。

「組織」と「特性」をつなぐ矢印の幾つかの試作品はできたようです。しかしあとどのくらいの矢印が必要なのか、どのように発展させれば良いのか、考えるべきことは多くあります。「日暮れて道遠し」です。

恩師、上司、同僚、友人、学生

今年度（2016年度）でリタイアになります。したがって尚更に「日暮れて道遠し」なのです。後ろを振り返りいろいろと思い出していたところですが、極めて自由に研究をさせてもらった企業の研究所と上司、何かと助言などを頂いた大学の恩師や学会で接点ができた著名な先生方、機械工学および材料工学分野の同僚の先生方、研究上の同僚であると同時に友人でもあった仲間たち、これら全てにおいて大変幸運に恵まれたことを実感しています。学生さんたちも大きな力を発揮してくれました。今回の受賞はこのような恵まれた環境があってのことでした。感謝の気持ちを表します。

文献

[1] 宮本　博,1982, 破壊の力学, Corona pub., Tokyo.
[2] Peirce D., Asaro R. J., and Needleman A., 1983, “Material rate dependence and localized deformation in crystalline solids,” Acta Metall., 31(12), pp. 1951–1976.
[3] Fleck N., Muller G., Ashby M., and Hutchinson J., 1994, “Strain gradient plasticity: Theory and experiment,” Acta Metall. Mater., 42(2), pp. 475–487.

業績賞を受賞して

山田貴博
横浜国立大学大学院 環境情報研究院

このたびは、計算力学部門の業績賞を受賞させていただき、誠に光栄に存じます。恩師であります菊地文雄先生、和田章先生をはじめ、多くの先生、先輩方に御指導や温かい励ましのお言葉を頂き、これまで研究を続けることができ、栄誉ある賞をいただけたことに深く感謝いたします。

私の計算力学への第1歩は学部の３年生の時に、偶然図書館で手に取ったY. C. Fungの「固体の力学／理論」との出会いでした。その後、当時コンピュータによる建築構造の応力解析が専門であった和田章先生の研究室を希望し、運良く配属されました。卒業研究では、数値解析でなく、薄い鋼板を使った床構造の実大実験に取り組みました。この構造は、板の幾何学的非線形問題として扱うものとなっていたことから、修士課程に進学後は、シェルの幾何学的非線形問題の有限要素解析を研究テーマとすることになりました。これが私の最初に取り組んだ計算力学の研究となりました。しかしながら、この当時はシェル要素のせん断ロッキング現象という概念はごく一部の専門家にしか知られておらず、論文どおりに作ったはずプログラムで単純な板曲げ問題を解いても、不合理な面外せん断応力が計算結果として出力され、途方に暮れていました。このような状況を和田先生が見かねて、この分野に詳しい菊地文雄先生に教えを乞うこととなりました。その後、シェル要素の研究を菊地先生に教えていただきながら進め、修士論文にまとめました。この研究を進める中で、有限要素法に関する研究者の道に進みたいと考え、そのためには数学理論の勉強が必須であるとの強い思いから、菊地文雄先生を師事し、東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻の博士課程に進学しました。

博士課程では、菊地先生から非圧縮超弾性体の大変形問題の有限要素法をやってみないかとアドバイスをもらいました。この問題は、ゴムの応力解析に対応するものであり、実用上は重要であるが、よく分かっていない点も多いということで、Bathe先生の論文等を読みながら、研究を進め、定式化や要素の特性の比較評価を行いました。そのなかで、大変形時には局所的に要素のつぶれが発生し、計算が停止してしまう問題に遭遇し、それを解決するための方法として、当時論文が出始めていた固体の問題に対するALE(arbitrary Lagrangian Eulerian)法を、超弾性体の問題に適用することを考えました。しかしながら、当時出版されていた論文では、速度型の構成則に基づく定式化を基礎としており、そのまま適用したのでは超弾性体の材料構成則の特徴が失われてしまうことに気付きました。菊地先生に教えていただいた数値計算に対する理念のひとつとして、数値計算手法は対象とする問題が持つ基本的な性質を受け継ぐ形になっていなければならないということがありました。そこで、初期形状を可変なものとして定式化する超弾性体のためのALE法を開発しました。

大学院を終了後は、九州工業大学情報工学部機械システム工学科の中垣道彦先生のところで助手をさせていただきました。1年間という短い期間でしたが、それまではあまり縁のなかった破壊力学を勉強させていただきました。

その後、東京工業大学工業材料研究所の和田章先生の研究室で助手をさせていただき、均質化法を適用することでコンクリート材料の非線形性を説明するマルチスケール解析の研究を始めました。また、和田先生から機会をいただき、米国スタンフォード大学のJ.C.Simo先生の下で10ヶ月間客員研究員をさせていただきました。

Simo先生は弾塑性有限要素法で有名な先生ですが、私は当時流体の研究を始めていたことから、1次要素に気泡関数を加えた要素が移流拡散方程式で安定化有限要素法として機能するというScaled Bubble Elementの研究を行いました。Simo先生の研究グループでは、動力学問題の時間積分において全エネルギと運動量を保存するEnergy-Momentum法の研究が行われており、対象とする問題が持つ基本的な性質を受け継ぐ数値計算手法という菊地先生の教えは普遍的なものであることをあらためて実感しました。非常に残念なことに、Simo先生は私が帰国してからおよそ半年後に亡くなられてしまいました。

帰国後は、勤務先を東京工業大学から東京理科大学、横浜国立大学と変えながら、マルチスケール解析やスタンフォード大学で学んできた時間積分、ALE有限要素法の棒への適用等の研究に取り組みました。博士課程時代から模索していた大変形問題における要素ゆがみの問題も、マーカ粒子を使ったEuler型有限要素法という形で一つの解決策を提示することができました。

実験を伴わない数値計算の研究に対しては、計算結果の妥当性についての疑問がしばしば投げ掛けられます。これに対して、数値計算手法の特性を問題が持つ性質の観点から評価する研究を行うことで、このような疑問に答えようとしてきました。このような研究を進める中で、V&V (Verification and Validation、 数値計算の検証と妥当性確認)という考え方があることを知り、V&Vに関する情報収集を進め、研究にも取り組みました。最近では、創成解の方法(Method of Manufactured Solutions)や近傍問題法(Method of Nearby Problems)を固体の有限要素解析に適用できることを明らかにし、計算手法の検証技術となるよう研究を進めています。

さらに５年ほど前からはコンピュータによって支援された

外科手術(Computer Aided Surgery)の実現を目指し、横浜市立大学医学部泌尿器科の先生方と共同研究を行っています。この研究では、内臓の大変形解析が中心となるもので、技術的な難易度が非常に高く、既往の手法の適用では解決が困難な問題が山積しています。このような状況に対応すべく、私たちのグループでは、幾何学的なモデル化の方法から再検討し、新たな計算手法の開発にも取り組んでいます。固体の有限要素法の分野では、計算手法の研究については、もう取り組むべき課題はあまり無いように考えられていると思いますが、それは対象を既往の工学分野などに限定しているからであって、人体のように全く別の対象を扱う場合には、未解決の問題が次々と現れてきます。この研究を進めながら、対象が限定されていない計算力学という学問分野においては、シーズベースよりはニーズベースの研究アプローチの方が、実は豊かな発想で自由な研究に取り組むことができるということを実感しています。

最後になりますが、2016年は、私が本格的に計算力学の研究を開始した修士課程１年の年から数えてちょうど30年の節目の年に当たります。このような節目の年に賞をいただけたと言うことは、これからの20年あるいは30年についても計算力学分野に貢献することを運命づけられたように感じております。今後も社会に貢献できる技術の開発とともには後進の育成に力を尽していきたいと存じます。

特集「ポスト京」

重点課題8～近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発～について

加藤千幸
東京大学 生産技術研究所 革新的シミュレーション研究センター

「京」からポスト「京」へ

システムとアプリケーションのCo-designにより、社会的・科学的課題の解決に貢献できるシステムの実現を目指したフラッグシップ2020プロジェクト、いわゆるポスト「京」のプロジェクトが2014年4月に着手されました。ポスト「京」のプロジェクトの具体的な目標は、上記のような課題を解決できる代表的なアプリケーションにおいて「京」の100倍の高速化を達成することです。これに関連して、表1に示すように、ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題として9つの課題（ポスト京重点課題）が2014年8月に選定されました。同年12月に各課題の実施機関が決定し、1年余りの準備研究期間を経て、昨年度（2016年度）から本格的な研究開発に着手されています。また、重点課題に加えて、ポスト「京」で新たに取り組むチャレンジングな課題として、表2に示すとおり4つ萌芽的課題が選定され、2016年6月に合計8つの実施テーマが決定され、課題の解決に向けてアプリケーションの開発に着手されています。ポスト京重点課題、ならびに、ポスト京萌芽的課題はいずれも2019年度末までですから、本格実施期間は4年間となります。ポスト「京」は当初、2019年度内の共用開始を予定していましたが、半導体技術ならびにメモリー技術の変更により、共用の開始は計画よりも1年から2年遅れることが発表されています。

表1　ポスト京重点課題一覧

カテゴリー1：健康長寿社会の実現	
重点課題 ①	生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築
重点課題 ②	個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学
カテゴリー2：防災・環境問題	
重点課題 ③	地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築
重点課題 ④	観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化
カテゴリー3：エネルギー問題	
重点課題 ⑤	エネルギーの高効率な創出、変換・貯蔵、利用の新規基盤技術の開発
重点課題 ⑥	革新的クリーンエネルギーシステムの実用化
カテゴリー4：産業競争力の強化	
重点課題 ⑦	次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成
重点課題 ⑧	近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発
カテゴリー5：基礎科学の発展	
重点課題 ⑨	宇宙の基本法則と進化の解明

表2　ポスト京萌芽的課題一覧

萌芽的課題 ①	基礎科学のフロンティア　―　極限への挑戦
萌芽的課題 ②	複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究
萌芽的課題 ③	太陽系外惑星（第二の地球）の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明
萌芽的課題 ④	思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用

本ニュースレターは表1の中の重点課題 ⑧「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」の特集です。東京大学生産技術研究所 革新的シミュレーション研究センター（CISS）は国立研究開発法人日本原子力研究機構、ならびに、同宇宙航空研究開発機構と連携し、京の実証研究プロジェクト、HPCI戦略プログラム分野4「次世代ものづくり」を推進し、5つの「研究開発課題」を実施するとともに、実証されたHPC（High Performance Computing）技術を広く普及させることを目的とした、「計算科学技術推進体制の構築」事業に取り組んできました。その成果として、「京」を駆使することにより、従来は不可能であったさまざまなことが実現できることを実証しました。

図1は長さ約5 mの模型船の曳航水槽試験をLES（Large Eddy Simulation）により再現した結果です1), 2)。模型船の船長と曳航速度（約1 m/s）を基準にしたレイノルズ数は4.6×10^6ですが、乱流の生成に対して支配的な渦を計算格子により直接計算すれば（同図上）、推進抵抗を1%以内の誤差で予測できることを確認しました（同図下）。この解析には約320億要素を用いました。RANS（Reynolds-Averaged Navier Stokes）による解析でもモデル係数をチューニングすれば同程度の誤差で推進抵抗を予測できますが、チューニングをしない場合、誤差は10%を超えることもあり、曳航水槽試験の代替えとして用いることはできません。これに対して、このようなLES解析により1%以内の誤差で推進抵抗を予測できることを他の船型に対するベンチマークテストにより確認しており、数値曳航水槽の実現が期待されていています。ちなみに、このようなLES解析において実験との差が大きくなる唯一原因は遷移の違いであることも確認しました。

図2は流体解析、構造振動解析、ならびに、音響解析を組み合わせることにより自動車の車内騒音を予測した結果3), 4)です。車両表面の圧力変動、車体の振動加速度、ならび

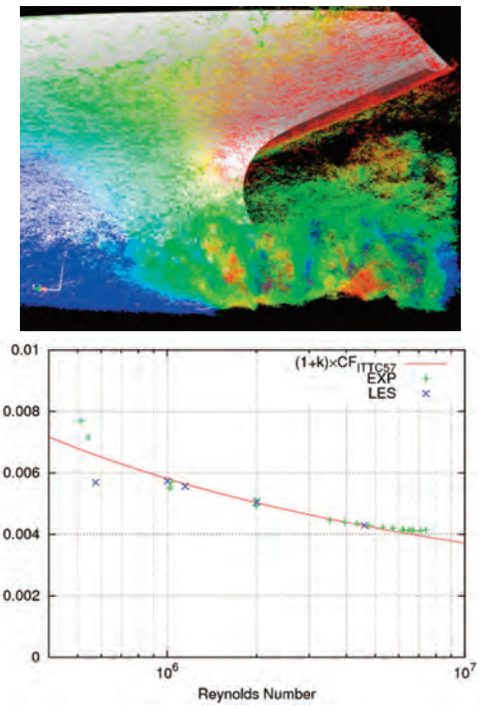


図1 模型船周りの乱流境界層のLES解析結果（上：船尾付近の流れの様子、下：推進抵抗の実験値との比較）

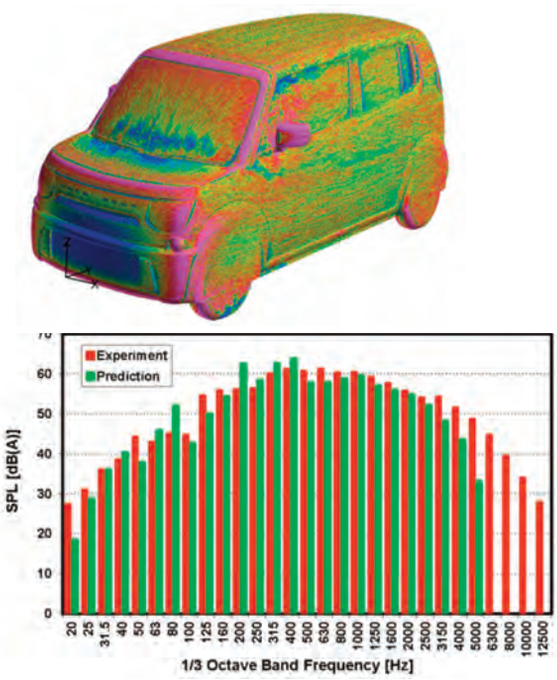


図2 自動車の車内騒音の解析結果（上：車両表面の境界層の解析、下：音圧スペクトルの実験値との比較）

に、車内音の周波数スペクトルに関して、いずれも風洞実験値と良好に一致する結果が得られています。このような解析も将来的には風洞実験の代替えとしての役目を果たすことが期待されています。

誌面の制約により説明は割愛しますが、戦略分野4では、これ以外にも、マイクロ流体デバイスが効果を発現する詳細なメカニズムを解明し、風車への適用可能性を検証したり、HPCを適用した多目的最適設計探査の効果を自動車メーカーとの共同研究により実証したりすることができました。

しかしながら、これらの実証研究の成果を実際の製品開発に応用するためには解決すべきいくつかの課題があることも見えてきました。たとえば、多目的最適設計探査に関して言えば、最適設計解を得るまでのターンアラウンド時間が1ヵ月間と長大であったり、制約条件が強い場合は最適設計解が得られなかったりする問題があることが明らかになりました。また、流体解析に関しては、必要なリソースが数万CPU（数10万コア）と膨大であったり、計算格子の生成に1ヶ月という長い時間を要したり、場合によっては格子生成ができない場合があったりする問題が明らかになりました。ポスト京重点課題⑧はこれらの課題を解決し、「京」で実証したHPC技術の実用化を加速すると同時に、HPCの適用範囲を拡大することを目標に掲げて推進しています。

重点課題⑧の推進体制

図3に重点課題⑧の推進体制を示します。重点課題⑧では合計6つのサブ課題を設定し、サブ課題毎にアプリケーションの開発を進めていますが、サブ課題間の連携や他の重点課題、特に、重点課題⑥との連携も強化しています。また、各サブ課題は開発するアプリケーションの将来的なユーザに諮問委員としてプロジェクトに加わってもらい、出口目標の設定や開発するアプリケーションの仕様などに関して常にご助言をいただきながら開発を進めています。たとえば、サブ課題C「準直接計算技術を活用したターボ機械設計システムの研究開発」では一般社団法人ターボ機械協会に内に、2016年10月「ターボ機械HPC実用化分科会」を設置し、この分科会と協調して、アプリケーションの開発とその実用化を進めています。この分科会には研究機関に加えて、主要なターボ機械メーカーを中心として31社（2017年4月現在、参加見込みも含む）が参画しており、分科会幹事の一人であり、かつ、ターボ機械協会の会長（2017年度～2018年度）でもある（株）荏原製作所の後藤彰氏に諮問委員にもなっていただいています。

図3 重点課題⑧のサブ課題と推進体制

サブ課題の概要

サブ課題B、サブ課題D、ならびにサブ課題Eに関しては、本ニュースレターに紹介記事が掲載されていますから、ここ

ではそれ以外のサブ課題の概要を紹介します。

サブ課題Aは最適設計探査とアプリケーションの高速化を目的としたサブ課題です。前者に関しては、パレート解を得るまでに必要な世代数を従来の10分の1程度に削減できる設計探査アルゴリズムの研究開発により、最適設計探査に必要なターンアラウンドタイムの飛躍的な短縮を図ることを狙っています。また、アプリケーションの高速化に関しては、代表的な高速化手法である、フロップス・パー・バイト（Flops per byte：1バイトのデータのロードあるいはストア当たりに実行される浮動小数点演算の数）の向上のための汎用的なアルゴリズム開発を進めていますが、 それだけではなく、時間方向並列化によるさらなる高速化を目指して研究開発をしています。時間方向並列化はその名のとおり、たとえば、時刻t =0~Tまでの計算を行う場合、τ=T/nとして、t=0~τ、t=τ~2τ、、、t=(n−1)τ~Tのそれぞれの区間の計算を同時に実行するというものです。当然のことながら、t=τ～2τの計算を行うためには、時刻t=τにおける解（初期値）が必要であり、したがって、最低でも2回以上の繰り返し計算が必要ですが（並列化効率は最高でも50%）、並列計算するそれぞれの区間の初期値の与え方を工夫することにより、繰り返し計算の回数を最小にします。逐次計算よりも多くの計算リソースが必要になりますが、長時間計算を短時間に実行したい場合に有効な手法です。

サブ課題Cはターボ機械や船を主たる対象そしてHPCの実用化を加速することと適用範囲の拡大を狙っています。具体的には、流体解析ソルバーFrontFlow/blue（FFB）の100倍の高速化と圧縮性流れ解析・流体音の直接計算などに対する解析機能の拡大を実現します。また、Lattice Boltzmann法に基づくターボ機械用大規模直接計算プログラム（仮称FFX）の研究開発、ならびに、壁面近傍の乱流構造に基づいた新たな壁モデルの研究開発を進めています。前述の船の解析には京の約2万ノード（2万CPU）を用いました。計算時間は24時間程度であり、計算時間は実用化する上での大きな障害にはなりませんが、産業界で実用化するには計算リソースが大き過ぎます。そこで、CPUの性能向上分と合わせてFFBを100倍高速化することができれば必要なリソース（CPUの数）は現状の1/100、つまり200程度にすることが可能になり、このような解析の実用化が見えてきます。現状、アルゴリズムの工夫とコードの最適化により、同一のCPUで7倍程度の高速化が達成できる見通しが得られています。

サブ課題B（自動車）、サブ課題C（ターボ機械）、ならびにサブ課題D（航空機）は、対象は異なりますが大規模な流体解析アプリケーションの開発に係る課題であり、いずれのサブ課題でも乱流の解析手法としては、HPCによる実用化に大きな期待が寄せられているLESを用いています。大規模なLES計算を産業応用する上での課題は二つあり、一つは実際の製品の複雑な形状を表現できる良質な計算格子を短時間に生成することであり、他の一つは、壁面近傍の微細な渦を計算するために必要となる計算リソースを削減することです。たとえば、最新鋭の航空機であるBoeing 787-8全機まわりの流れをLESにより解析する場合、主翼の代表的な翼弦長は約7mであるのに対して、解像すべき渦スケールは50μm程度であり、少なく見積もっても、数10兆以上の計算格子が必要となります。そこで、壁面近傍の微細な渦の効果を表現できる壁面モデル（壁面境界条件）の開発がこのようなLES解析の実用化の鍵を握っています。LESの壁面モデルに関して、重点課題⑧では二つのアプローチから研究開発を進めていますが、ここではその内の一つである乱流構造に基づいた新たな壁面モデルの開発に関して紹介します。

LES用の壁面モデルは従来からも研究されており、多くの方法が提案されていますが、いずれの方法も壁面近傍の流れに対する時間平均流速分布の解に基づくものでした。たとえば、壁法則による方法は、圧力勾配がない乱流境界層の速度分布（平行流れを仮定）に基づき、壁面せん断応力を与えるというものです。また、圧力勾配がある境界層の場合には、壁面近傍の領域においてRANS計算を行い、RANS計算により得られた壁面せん断応力をLESの境界条件に与える方法が提案されています。しかしながら、我々が事前に調査した結果、このようにして予測される壁面せん断応力と実際の壁面せん断応力の相関は（驚くほど）低いということがわかりました。そこで、サブ課題Cでは、図4に示すように、乱流の生成スケールの渦を完全に解像できる格子と解像度が不十分な格子の二つの格子により同一の乱流境界層を計算し、境界層の渦構造や運動量の輸送過程がどのように異なるかということを調査しています。この調査により、解像度が足りない場合に本質的に何をしないといけないかということを探っています。

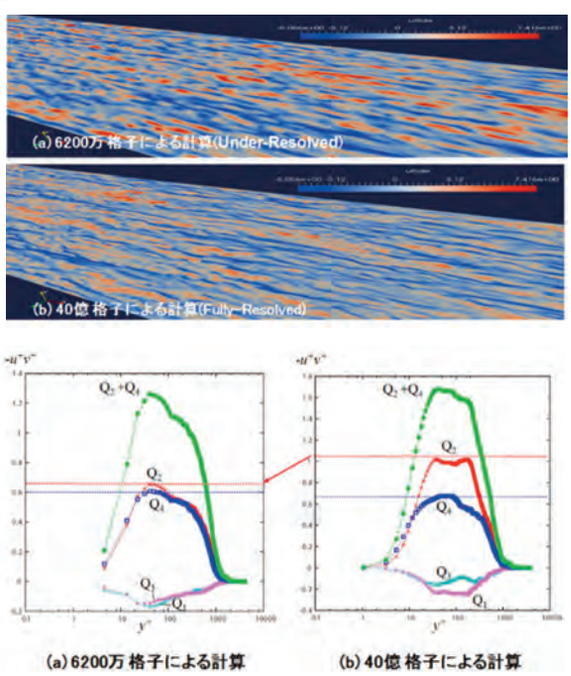


図4　Rex=2.3×10^{6}の平板境界層の解析結果（上：壁面近傍の渦構造、下：レイノルズ応力の4象限解析結果）

LESのもう一つの課題である格子生成に関してはサブ課題Bならびにサブ課題Dで階層型直交格子用の格子生成プログラムを開発していますが、誌面の制約により説明は割愛します。

サブ課題Fは熱可塑性CFRP成形シミュレータの研究開発を

実施しています。CFRP（Carbon-Fiber Reinforced Plastic、炭素繊維強化プラスティック）は軽量・高強度な材料として幅広い分野で実用化が期待されていますが、その設計・製造技術は確立されておらず、異方性材料として経験的にモデル化することにより強度評価が行われています。ここでは、炭素繊維束を考慮したメゾスコピックな解析と全体のマクロスコピックな解析を組み合わせることにより、科学的合理性がある設計・製造プロセスを確立することを目指しています。具体的には、まず、炭素繊維束一本一本を忠実にモデル化した試験片の解析を多数実施し、炭素繊維束の影響を正確に反映できる構成方程式（計算モデル）を構築します。そのようにして得られた構成方程式を用いてマクロレベル（製品レベル）の全体解析を実施します。直近の対象は航空機用ファンブレードですが、将来的には自動車のボディの解析もスコープに入れています。図5に示すように、昨年度までで試験片レベルのシミュレータの作成は完了し、今年度は本格的な検証を実施することになっています。

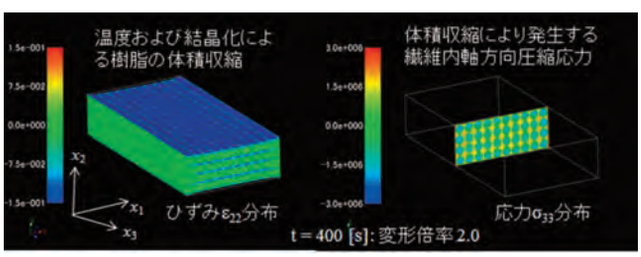


図5 熱可塑性CFRPの試験片レベルの解析結果

各サブ課題間の連携強化とCo-designの推進

サブ課題B（自動車）、サブ課題C（ターボ機械）、サブ課題D（航空機）は対象は異なりますが、それぞれ特長的な流体解析ソルバーの開発を目的としています。また、サブ課題E（プレス・溶接解析）とサブ課題F（熱可塑性CFRP）は構造解析ソルバーの開発に係るものであり、いずれも東大の奥田洋司先生が開発された大規模並列構造解析ソルバーFrontISTRをベースソルバーとして用います。重点課題⑧では重複開発を避け、開発効率の向上を図るために、サブ課題間の連携強化に力をいれています。たとえば、サブ課題Bで開発した階層型直交格子用の高速自動格子生成ソフトはサブ課題Cでも使用します。一方、サブ課題Bとサブ課題Dで開発しているLES用壁面モデルは全ての流体解析ソルバーに実装していく予定です。また、サブ課題Eで開発している、高収束性並列マトリクスソルバーはサブ課題Fでも使用しますし、逆にサブ課題Fで開発している熱弾塑性解析モデルはサブ課題Eでも用います。

ポスト京はARM社がSIMD（Single Instruction Multiple Data）用に拡張した命令セット（Instruction Set Architecture, ISA）であるSVE（Scalable Vector Extension）を使用することが既に発表されています。SIMDのビット幅は512ビットですから1つの命令で8つのデータに対して同一の浮動小数点演算が実行されます。ポスト京の高い性能を引き出すためにはSIMD演算器を有効活用することが必須ですが、このためには1命令による8つのデータのロード（SIMD Load）やソフトウェアパイプライン（Software Pipeline, SWP）を有効に機能させなければなりません。

フラグシップ2020プロジェクトではCo-designとよばれるハードウエアとソフトウエアの協調設計により開発を進めています。各重点課題から代表的なアプリケーション（ターゲットアプリケーション）1本を選定し、合計9本のターゲットアプリケーションの性能を最大限に引き出せるように、動作周波数などの各種のシステムパラメータの値を決定したり、コンパイラーの最適化に反映させたりしています。一方、そのようにして詳細設計したシステムにおいて、各重点課題のアプリケーションが最大性能を発揮できるようにチューニングを進めています。重点課題⑧では、FFBがターゲットアプリケーションに選定され、課題の代表的なアプリケーションである、Cube（サブ課題B）、UPACS-Lite（サブ課題D）、FrontISTR（サブ課題E、サブ課題F）にCo-designの成果を適宜展開しながらアプリケーションの開発を進めています。

参考文献

1）"Application of Fully-resolved Large Eddy Simulation to KVLCC2－Bare Hull Double Model at Model Ship Reynolds Number－", Tatsuo Nishikawa, Yoshinobu Yamade, Masaru Sakuma, Chisachi Kato, 日本船舶海洋工学会論文集，Vol. 16 (2012), pp. 1-9.

2）“Fully Resolved Large Eddy Simulation as Alternative to Towing Tank Resistance Tests - 32 Billion Cells Computation on K computer”, Tatsuo Nishikawa, Yoshinobu Yamade, Masaru Sakuma, Chisachi Kato, 16th Numerical Towing Tank Symposium (NuTTS'13), Duisburg, Germany.

3）“Prediction of Aeroacoustical Interior Noise of a Car, Part-1 Prediction of Pressure Fluctuations on External Surfaces of a Car”, Yoshinobu Yamade, Chisachi Kato, Shinobu Yoshimura, Akiyoshi Iida, Keiichiro Iida, Kunizo Onda, Yoshimitsu Hashizume, Yang Gou, SAE 2016 World Congress and Exhibition, April 12-14, 2016, Cobo Center, Detroit, Michigan, USA.

4）“Prediction of Aeroacoustical Interior Noise of a Car, Part-2 Structural and Acoustical Analyses”, Keiichiro Iida, Kunizo Onda, Akiyoshi Iida, Chisachi Kato, Shinobu Yoshimura, Yoshinobu Yamade, Yoshimitsu Hashizume, Yang Guo, SAE 2016 World Congress and Exhibition, April 12-14, 2016, Cobo Center, Detroit, Michigan, USA.

5）「準第一原理計算に基づく壁モデル構築への試み」，鵜沢憲，加藤千幸，小野謙二，第32回TSFDシンポジウム，2017年3月，東京.

6）吉川暢宏，第2回ポスト「京」重点課題8「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」シンポジウム，2017年3月，東京.

特集「ポスト京」

サブ課題B　リアルタイム・リアルワールド自動車統合設計システムの研究開発

坪倉　誠
神戸大学 大学院システム情報学研究科 / 理化学研究所計算科学研究機構

1. 研究開発の概要

自動車の開発において、コンピュータ支援による設計（Computer Aided Engineering,）、即ちCAEは今やなくてはならないツールとなっている。現在では、衝突安全、構造・強度、空力・熱害、振動・騒音といった各性能評価プロセスにおいて、それぞれの目的に特化した市販ソフトウェアが活用されている。これらのシミュレーションは、今までの試作車等を用いた実験評価の工数とコストを削減すべく、実験の代替技術として導入された。しかしながら自動車設計・開発のプロセス全体を俯瞰した場合、CAE導入によるコストと工数削減は実現したものの、そのプロセス自体がCAEにより大幅に変革されたとは言い難い。即ち、設計初期におけるデザイナーと空力エンジニアとの衝突は今も存在するし、各種性能評価は個別の設計部署で行われるため、部署間での折衝や衝突は常に起こりうる（図1上参照）。これらの衝突は開発工数を増大化させる要因になると共に、実験やCAE評価では想定できなかった問題の発生により、設計終盤の試作車が完成した段階で、設計変更を余儀なくされることも多々ある。これに対して、新素材や新たな動力を用いた次世代自動車を早急に、かつ高い品質で実現するためには、実験代替を目的とした既存のCAEによる設計手法に対して、より高い次元でCAEを活用した設計プロセスの革新が必要である。

以上のような背景から本研究では、階層直交格子に基づく統一的なデータ構造による流体・構造統一解法を開発し、HPC環境を活用することで、メッシュ作成を含む解析ランタイムを現状の非構造格子に対して数十倍に抜本的に加速する（リアルタイムシミュレーション）。これにより、デザイナーとエンジニアが連携したコンセプトデザインやエンジニア間での各種性能評価を統合的に行うことが可能となり、設計の上流側で多目的最適化による全体俯瞰設計が可能となると期待される（図1下）。さらに解析精度を損なうことなく、統一的に流体や構造解析を行えるフレームワークを構築し、現状の実験では評価が難しい自動車の実運転条件を考慮した

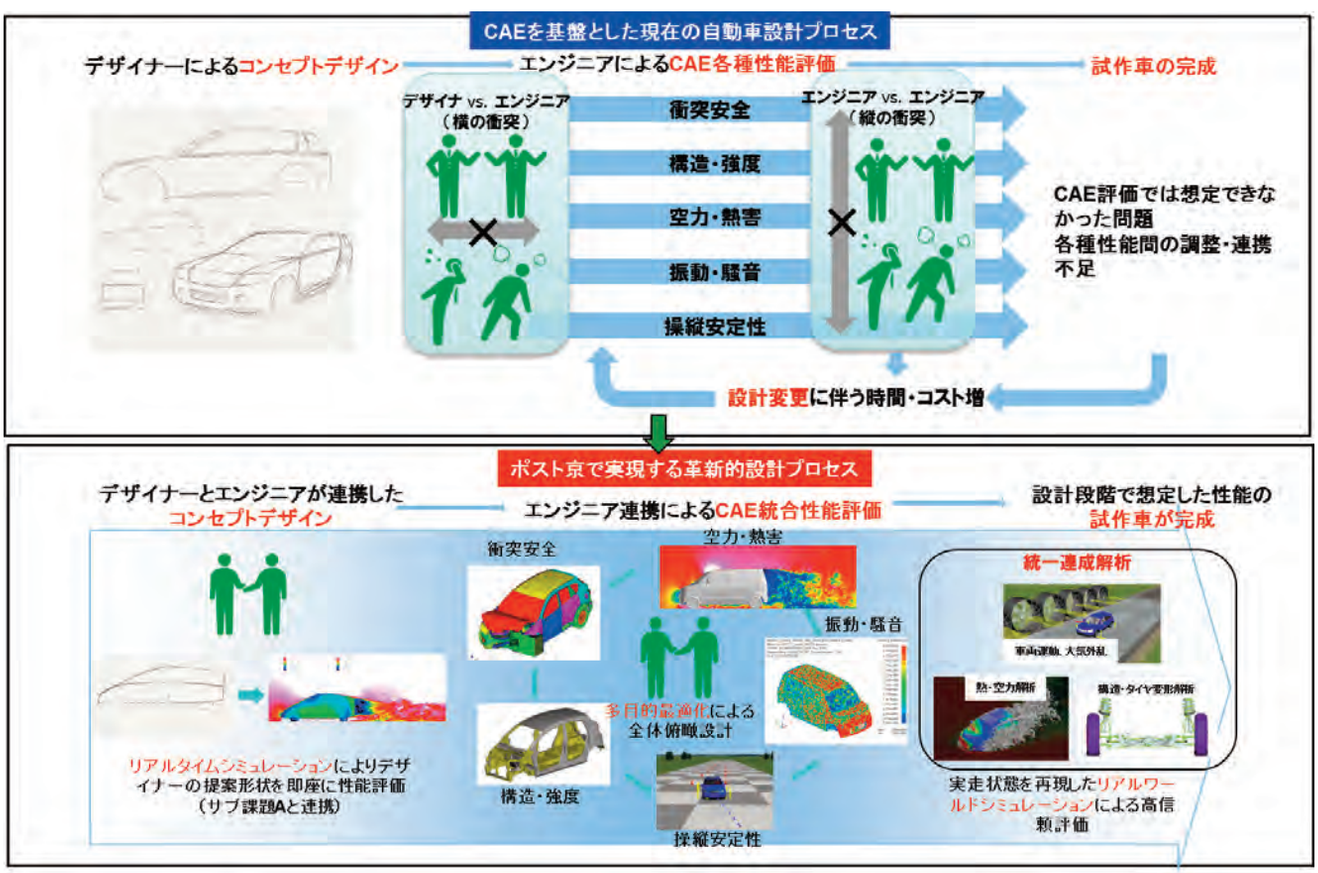


図1：自動車CAEの現状とポスト京が実現する新たな設計プロセス

リアルワールドシミュレーションを実現することで、試作車完成時に遭遇する品質問題とそれに伴う設計の大幅修正のリスクを回避するCAEシステムの構築を目指す。

2. リアルタイムシミュレーション技術の開発

我々のグループでは、非構造格子系有限体積法に基づく流体解析を京コンピュータに対してチューニングし、格子の自動細分化技術等を併用することで（ソフトウェア名、Front-Flow/red-HPC）、詳細自動車形状に対して数十億要素の空間格子を用いた世界最大規模のLES乱流解析を実現した（本ニュースレターNo.54）。この結果、複数の自動車形状に対して風洞実験値の大よそ誤差1～2%程度で、空気抵抗の予測に成功した。この結果は、予測精度の観点からは、近い将来、大規模LESが風洞実験の代替技術となりうることを期待させるものである。しかしながら、格子の作成から結果の可視化までを一つの解析プロセスと考えた場合、二週間程度を要しており、設計開発現場での実用化には程遠いのが現状である。この中で特にネックとなるのは、格子作成を含む計算モデル作成にかかる時間であり、風洞実験に匹敵する精度で解を得るためには、解析時間そのものと同程度の百数十時間、あるいはそれ以上の時間を必要とする（図2）。スパコンの性能が向上して解析時間が短縮されたとしてもこの計算モデル作成時間は短縮できるわけではなく、産業界での実用化にあたっては、この部分を抜本的に短縮できない限り、実用化はおぼつかない。

非構造格子を用いた場合のメッシュ作成時間の問題は、数万点に及ぶ部品から構成さる自動車の部品間の隙間や重なり等、主に形状CADデータの欠陥とその修正に起因する。即ち、計算格子が物体表面に置かれていることを前提とする非構造格子では、CADデータのクリーニングが必須となる。これに対して本研究開発では、埋め込み境界法（Immersed Boundary Method）、即ちIBMを採用し、この問題を回避する。さらに超並列計算環境で並列効率を確保し、より高いCPU単体性能を引き出すために、非構造格子に対してデータ構造がより単純な、階層型直交格子を採用する（ソフトウェア名、CUBE）。現在までに、実際の自動車開発に用いられている詳細CADデータに対して、250億セル規模の詳細メッシュを作成するのに、人為的なCADデータの修正無しに1時間以内でのメッシュ作成が可能であることを確認している。計算そのものにはまだ2日程度を要しているが、ポスト京上でソフトウェアをさらにチューニングすることで、最終的には京で実現した精度のシミュレーションを、現状の非構造格子の二週間から、数時間まで短縮する予定である。これによりポスト京上では、一晩で数千～数万ケースの高精度空力シミュレーションを平行して解析することが可能となり、空力形状最適化等への応用が期待できる。

3. リアルワールドシミュレーション技術の開発

我々のグループでは、2節で紹介した高精度自動車空力解析に対して、自動車6軸自由度運動を空力解析と双方向カップリングさせることで、レーンチェンジ時の操縦安定性や突風時の自動車運動予測の解析を、京コンピュータで実現した。自動車の運動を再現するために、車両運動に応じて格子を変形させるALE法と、流体運動方程式を自動車の運動に合わせて解く非慣性系運動方程式を併用した。これにより自動車の6軸自由運動の再現が可能となり、今までの風洞解析では難しかった実走行状態での自動車空力性能の予測に目途がたった。しかしピッチやロール運動に伴うメッシュの変形を、複雑形状を有する自動車周りのメッシュで再現するには格子品質の限界があり、LES解析に対してロバストなメッシュを作成するのは至難の業であった。また、タイヤホイールの回転等を再現するために導入したスライディングメッシュ法を用いて高精度かつ安定に解析を進めるためには、スライディングメッシュを用いないケースに対してさらに数分の一まで時間ステップを細かくする必要があり、設計開発現場での実用化の観点で問題があった。

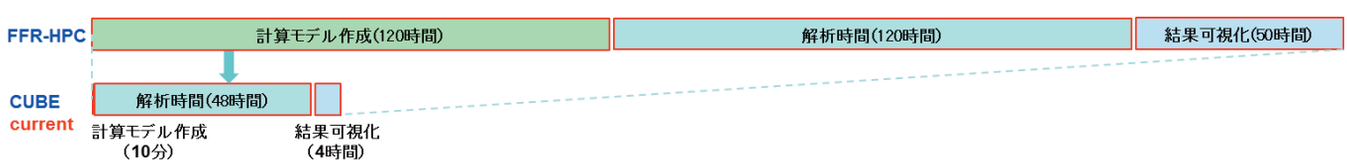


図2：自動車空力を対象とした大規模LES（数十億セル）にかかる時間の非構造格子（上）と階層直交格子（下）の比較

図3：設計CADデータからの階層直交格子の作成と空力解析の実例（250億セル規模のLES解析）

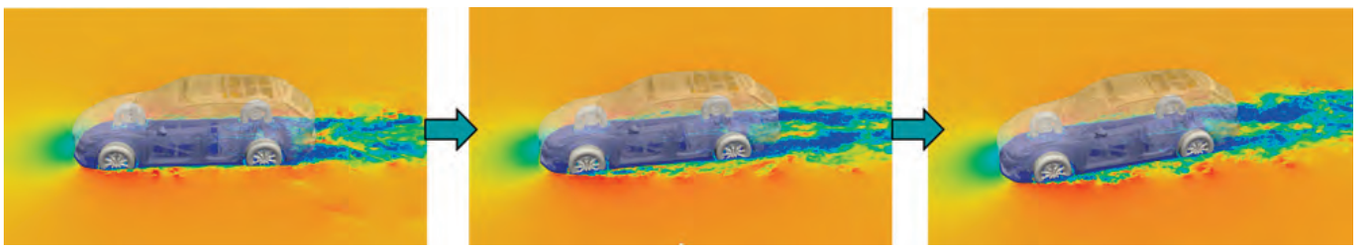


図4：ホイール回転と前輪舵角変化を考慮したターン運動する6自由度自動車運動・空力連成解析

そこで本研究では、ALE法やスライディングメッシュといった移動境界法に対して、格子の変形や格子点の移動を必要としないIBMによる移動境界法を採用する。これに加えて、流体解析のみならず、構造解析に対しても格子を変形させないオイラー型構造解析を導入し、流体解析と構造解析を統一的な方程式で解析するフレームワークを構築した。これにより、空力解析のみならず、自動車ボディの強度解析や振動解析への展開が可能となる。

図4はこのフレームワークを用いて、ターン運動する自動車のリアルワールドシミュレーションを行った例である。詳細形状を有する実車CADデータに対して、車体6軸自由運動を再現することはもちろん、タイヤホイールの回転や、ハンドル操作に伴う前輪舵角変化も考慮されている。

4. まとめ

以上、ポスト京重点課題8「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」で進めている、自動車CAEを対象とした自動車統合設計システムの研究開発について紹介した。現状、流体解析に対するフレームワークはほぼ完成しており、ソルバーの高速化性能については、プリ処理を含み目標値はほぼ達成できる見込みである。またリアルワールドシミュレーションについても、移動境界法を含み手法は完成しており、ポスト京に向けたチューニングを進めている。一方、構造解析については、自動車特有のシェル構造をオイラー型構造解析でどのように扱うか等の課題がまだ残されている。いずれも、自動車OEMを中心とした産学連携によるコンソーシアムで、システム設計の詳細やポスト京を用いた実証課題の選定を今後進めていく予定である。

特集「ポスト京」

課題D「航空機の設計・運用革新を実現するコア技術の研究開発

高木亮治
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

現在開発が進められているポスト「京」プロジェクトでは、「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」（重点課題ならびに萌芽的課題）が実施されている。重点課題は5つのカテゴリーで9課題が、萌芽的課題では4つの課題が設定されている。これらのうち、特に機械工学系に関連する重点課題としては、重点課題⑥「革新的クリーンエネルギーシステムの実用化」ならびに重点課題⑧「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」がある。ここでは、重点課題⑧内に設定されたサブ課題D「航空機の設計・運用革新を実現するコア技術の研究開発」について紹介する。

本サブ課題では、「設計・開発段階のみならず開発対象の運用・運航段階も含めて考えるのが「ものづくり」である」という観点に立ち、航空機の設計・開発および運用・運航における重大な課題を解決し、格段の効率化、高性能化、安全性向上、さらには利用者サービスとしての質の向上を実現するコア技術を確立することを目指している。現状の様々な課題を解決するためには様々な技術が必要となるが、ここでは空力解析技術を対象としている。そのため後程詳細を説明するが、ここで言うコア技術とは、ポスト「京」上で大規模な流体数値シミュレーションを実現する技術であり、具体的には高速・高精度乱流解析プログラムのことである。ちなみに、本サブ課題では航空機を対象としているが、ここでの成果は航空分野に閉じるものではなく、広くものづくり、特に流体機器関連の産業界に展開可能と考えている。

設計・開発における大きな課題は、従来から言われているように開発における手戻りをなくすことである。特に、開発の後期で手戻りが発生するとコスト・開発期間に与える影響が非常に大きく、如何に手戻りを削減するかが大きな課題である。手戻りが発生する主な原因は、実機飛行試験など開発の下流段階でしか評価できない設計課題のためであり、これらの設計課題を設計の初期段階で評価可能とするコア技術を開発することで課題の解決を目指している。そのため、実機実飛行条件を高忠実度に再現でき、かつ高速に解析可能な革新的解析プログラムを、「京」での成果をベースとして研究開発している。これにより単なる飛行試験を代替するだけでなく、設計の初期段階から、例えば離着陸時などを含めた運用全体を俯瞰したこれまでにない新たな設計プロセスの提案を目指している。

運用・運航における課題である、より安全な航空機の実現、増大する物流要求への対応についても取り組んでいる。危険な状況下での航空機の安定性・安全性の向上を可能とするため、失速特性の高精度予測技術の研究開発を行っている。失速なども含めた非線形な飛行特性を正確に予測できるようにすることで、非線形飛行力学モデルの構築、更にそのモデルを用いて新たな非線形制御の導入など航空機の飛行制御技術の抜本的な改善を目指している。また、航空管制情報、空港内での人・貨物の物流情報と数値シミュレーションを融合することで革新的な広域運用・運航プロセス技術の実現を目指している萌芽的研究課題②「堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現」と連携して、広域運用・運行プロセスの要素技術のうち空力関連要素技術の研究開発を行っている。

上記の目的を実現するためのコア技術として研究開発を進めているのが実機詳細形状および実飛行条件に対応した高速・高精度乱流解析プログラムである。飛行試験や実機試験など、実機がないと評価できない設計課題を、ものができる前の設計初期段階で、限られた設計期間内に正確に評価できることが必要なため、実機飛行環境を忠実に再現できる手法として、流体現象の本質をとらえる準第一原理的手法を用いると同時にこの解析をポスト「京」上で高速に実施する技術を研究開発している。図1に本サブ課題Dの概要を示す。

図 1. サブ課題Dの概要

各種課題を解決するためのコア技術として高速・高精度乱流解析プログラム（基盤ソルバー）が位置づけられ、このプログラムを開発することが、本プロジェクトの目標となる

（このプロジェクトではポスト「京」上で大規模解析が実現可能なアプリケーションプログラムを開発することが目的であり、本プロジェクトの終了時点ではポスト「京」は稼働していない）。ポスト「京」が稼働した後に、開発したプログラムを用いて、具体的な課題解決に向けた解析が可能となる。設計・開発では、これまで解析できなかった実飛行条件での解析、具体的には遷音速バフェットや低速失速の解析、離着陸時騒音、高揚力装置の空力特性の解析など離着陸時の設計評価を実現する。将来的には航空機の運用全体（離陸、巡行、着陸を含むフライトエンベロープ全体）を俯瞰した新たな設計プロセスが見えてくる。運用・運行では、気象条件の急変時（乱気流、横風など）における空力特性の評価、失速などの非線形性を考慮した非線形飛行力学モデルの開発や非線形制御の導入などより安全な飛行制御技術の実現、ダウンウオッシュの高精度予測による離着陸制限の緩和などが可能となる。

コア技術である高速・高精度乱流解析プログラムは、具体的には階層型等間隔直交構造格子法と目的別壁モデルによる複雑形状の高解像度LES解析技術である。航空機の全機まわりやランディングギアなど非常に複雑な形状でも短期間に解析可能とするため階層型等間隔直交構造格子法を採用した。この手法は複雑な形状に対しても計算格子の自動生成が可能という大きなメリットの他にも、ポスト「京」に代表される昨今のスーパーコンピュータの超大規模並列性や低B/F（Byte/FLOP）問題、メモリ・演算器の階層性など複雑なハードウェア構成での最適化などに対して優位性を有している。直交格子にすることで、一般座標系に変換した場合と比べて、メトリックを削除することが可能であり、その分メモリアクセスを削減することができる。また全てのブロック（もしくはキューブ）が同一の大きさの三次元構造格子となり、大規模並列やMPI/OpenMPを用いたハイブリッド並列に適するだけでなく、ループ長をプログラムで陽に記載できるため、コンパイラの最適化（SIMDやソフトウェアパイプライン）が促進されやすい。階層型等間隔直交構造格子法は「京」プロジェクト（HPCI戦略プロジェクト）において自動車周りの流れなどに適用され大きな成果を挙げてきた。そのためここで開発するプログラムは「京」プロジェクトの際に理化学研究所および東京大学生産技術研究所で開発されてきたFFV-HCをベースに、JAXAおよび東北大学で開発されてきた圧縮性流体解析技術を導入する形で開発している。図2に階層型等間隔直交構造格子ベース基盤ソルバーを用いて試験的に作成した航空機形状まわりの階層型等間隔直交構造格子を示す。

階層型等間隔直交構造格子法の課題は物体表面の取り扱いである。ここでは高効率・高精度・高形状再現性を追求するために目的別壁モデルを採用している。ランディングギアなどの様に複雑な形状を高速に解析する場合と、翼などの様に比較的単純な形状を高精度に解析する場合とで、物体形状の取り扱いを切り替えることを考えている。複雑形状に対しては高速性を優先して境界埋め込み法（IB法）による形状表現を採用し、より高精度な解析では物体表面に沿った形でレイヤー格子を用いることを考えている。ランディングギアの騒音解析などでは、形状は非常に複雑だが、流れ場の特徴、特に剥離などが求めた物理現象に比較的影響を与えない場合に有効と考えている。非常にチャレンジングではあるが、境界埋め込み法による形状再現性を向上させることで、レイヤー格子なしでも高精度解析を実現することにも挑戦したいと考えている。

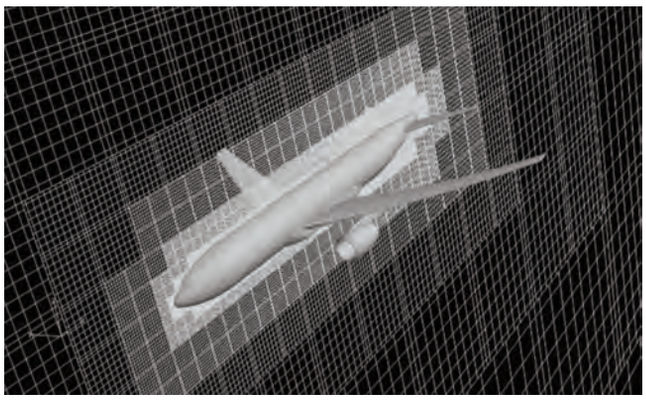


図 2. 階層型等間隔直交構造格子ベース基盤ソルバーを用いて作成した航空機形状（NASA CRM形状）まわりの階層型等間隔直交構造格子。航空機形状データとしてSTL形式のデータを与えることで、自動的に階層型等間隔直交構造格子が作成される。

一方、壁の取り扱いに関しては単なる形状の取り扱いだけではなく乱流の取り扱いにも考慮が必要である。何故なら、「京」プロジェクトでは自動車やターボ機械を対象とした高精度LES解析は大きな成果を挙げてきたが、自動車周りの流れに対して、航空機の実飛行条件での流れはレイノルズ数が1-2桁高くなるため、ポスト「京」を持ってしても、現実的な計算コストで高精度LES解析を実現することは困難である。そのため、レイノルズ数依存性の少ない境界層の90%以上を占める外層域の乱流構造を直接LESで解像し、レイノルズ数依存性の大きい境界層の内層域（壁面近傍10%程度）をモデル化するLES壁面モデルの開発が不可欠である。ここではLES壁面モデルとして直交格子に適した境界埋め込み法LES壁面モデルの開発を行っている。現在は「京」コンピュータ上でチューニングされた既存プログラをベースにLES壁面モデルの開発・検証を行っているが、現在開発している階層型等間隔直交構造格子ベース基盤ソルバーの開発進展に伴い、確立したLES壁面モデルを順次基盤ソルバーに実装する。図3に、開発しているLES壁面モデルの解析例として、高レイノルズ数遷音速バフェット（翼型OAT15Aまわりの遷音速流れ、一様流マッハ数0.73、レイノルズ数3.0×106）の解析を示す。

4.4億点の計算格子で京の165万ノード時間（特性時間で4周期分）を使った計算である。LES壁面モデルを用いた本解析はレイノルズ数依存性の強い乱流境界層内層域をモデル化し、外層域の乱流のみをLESで解像する。そのため特別なチューニング無しに高レイノルズ数遷音速バフェット現象の再現に成功している。同時に通常のLESと比べ格段に少ない格子点数、大きな時間刻み幅を利用することが可能となり現実

的な計算コスト（壁までLESで解像した解析と比較すると約20分の1の計算コスト）で高レイノルズ数流れの解析を実現できている。

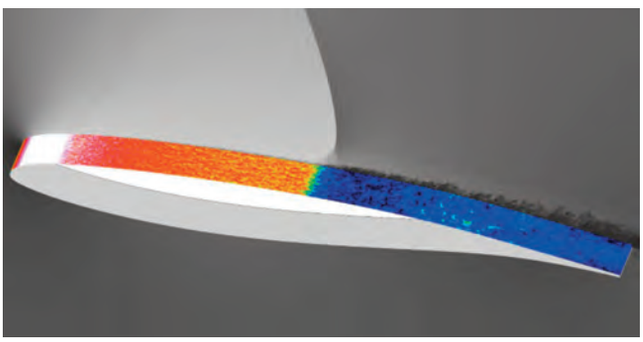


図 3. ES壁面モデルを用いた遷音速バフェットの解析例。高レイノルズ数流れの解析が現実的な計算コストで可能となり、遷音速バフェットの発生・維持メカニズムの解明が期待される。

本サブ課題ではポスト「京」重点課題⑧「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」のサブ課題D「航空機の設計・運用革新を実現するコア技術の研究開発」として航空機の離着陸時および実機詳細形状対応の高速・高精度乱流解析プログラムの開発、特に要素技術である階層型等間隔直交構造格子法と目的別壁モデルの研究開発を行っている。プログラム開発における技術的な課題以外にも、実機実飛行条件の解析や開発したプログラムの検証など、解決しなくてはならない問題がある。本重点課題はものづくりに関連した課題であり、産業界との連携は必須であるが、その際には産業界が有するデータのセキュリティへの配慮が必要となる。実機解析をする場合の形状データ、解析結果の検証を行うための設計データや実験データなどは企業にとっては非常に重要であり、その取り扱いには議論が必要となっている。セキュリティの扱いは産業分野によって異なっていることが判明している。特に航空機では形状データはそのまま競争力の源泉になるため、自動車などと異なり取り扱いに注意が必要となっている。こういった問題を解決してポスト「京」が稼働した際には、実機実飛行条件での高精度解析を実現したいと考えている。

特集「ポスト京」

サブ課題E 新材料に対応した高度成形・溶接シミュレータの研究開発

奥田洋司　東京大学大学院 新領域創成科学研究科（写真左）
橋本　学　東京大学大学院 新領域創成科学研究科（写真右）

1、研究開発の目的

サブ課題Eで解決する社会的な課題は、製造現場での生産時間短縮・コストダウンに貢献する加工法「成形法・溶接法」の高度化である。

ドイツでは、製造シミュレータによって架空の工場「デジタル工場」を作成し、作業工程やり直しの回避を目指す動きがある。例えば、BMW社が挙げられる。一方、日本では、工場の同じラインで同じ製品を大量生産するための自動化やロボット化を進めてきた経緯があり、すり合わせや作り込みなどのアナログな部分が大きい工程がある。特に、溶接工程では、熟練工によるトライアル&エラーに頼る部分が多く、CAEを十分に適用できていない傾向がある。

サブ課題Eでは、溶接工程における溶接順序探索／逆ひずみ量推定の高速化と高精度化を行うため、構造解析システム「FrontISTR (フロント・アイスター) 」をベースとした高度成形・溶接シミュレータを研究開発している。ポスト「京」で本シミュレータを利用すれば、溶接時に起こる溶融部の接触状態を詳細に計算できるようになる。詳細な接触状態を再現して、溶接の隙間量や応力解放・分配量を高精度に予測する。現場では、熟練者に代わり、本シミュレータから母材に何が起こるのかを知ることができる。そして、新材料に対応した溶接法の開発のように「ものづくり基盤」の高度化につなげる。

2、構造解析システム「FrontISTR」

「FrontISTR」は、「京」などの超並列スパコン、PCクラスタからパソコンまで、様々な環境で稼働するオープンソースの並列有限要素解析ソフトである。これまで、文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクト (平成20年～25年) や、ポスト「京」重点課題⑧「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」プロジェクト (平成26年～) などのサポートを受けて、開発および改良が行われている。平成25年4月から、大学・企業・研究機関の研究者を中心としたユーザ会「FrontISTR研究会」(http://www.multi.k.u-tokyo.ac.jp/FrontISTR) が活動している。「FrontISTR研究会」の目的は、FrontISTRシステム (プリ・ポストを含む) の利用促進、産業応用、ソフトウェア資産や解析データの維持管理、機能改良、などである。

「FrontISTR」の特徴は、シンプルな手続きで優れた並列計算性能を発揮できること、および、豊富な非線形解析機能を有する実用性である (表 1 参照)。図1にプリント配線基板の熱反りシミュレーションの例を示す。微細な配線パターンと非線形材料特性を考慮した高精細な予測により、リフロー工程で加熱された際の基板反りに起因する半田未着やショートなどの実装不良を防ぐことが解析の目的である。リファイナ利用によるメッシュ細分化によって解の収束傾向が明らかとなる、などの成果が得られている。

表 1 「FrontISTR」の先進性と実用性

先進性 ＜並列演算機能＞	
並列線形ソルバー	反復法・直接法，MPI-OpenMP ハイブリッド並列，接触やアセンブリ構造解析に対応した前処理
リファイナ	解析メッシュ細分化機能
実用性 ＜非線形解析機能＞	
解析種別	幾何学的非線形・材料非線形・境界非線形問題の静解析・動解析，固有値解析，熱伝導解析，流体-構造連成解析インターフェース
材料特性	線形弾性，超弾性，熱弾塑性，粘弾性，クリープ
要素ライブラリ	三角形・四角形平面要素 (1 次・2 次)，四面体・五面体・六面体ソリッド要素 (1 次・2 次，非適合，選択的次数低減，直交異方性，非圧縮)，三角形・四角形シェル要素 (1 次・2 次，積層)，梁，トラス要素

3、開発するシミュレータ

サブ課題Eのターゲット問題は、(1) ジブクライミングクレーンのマスト全体規模の永久変形予測、(2) ラダーフレーム／サスペンションメンバ全体規模の永久変形予測である。ジブクライミングクレーンの溶接では、本溶接を行うときの「熱反りによって生じる溶接隙間量を小さくできる溶接順序」 を高速かつ高精度に探し出すことが重要となる。また、ラダーフレームの溶接では、「溶接解析ソフトを使用して逆ひずみ量を検討するのに要する時間 (1ヶ月以上)」を短縮化 (数十分) することが重要となる。

開発する高度成形・溶接シミュレータの特徴は、(1) これまで利用されてきた「固有ひずみ法」ではなく、熱弾塑性解析によって解析領域全体を計算できること、(2) 自動車／重機械フレーム全体規模 (数m) の解析領域に対して、溶融部での高解像度 (数 μm) の接触状態が計算可能であること、(3) 温度場 (熱伝導) と変位場 (弾塑性クリープ変形) の強連成解析が可能であることである。数m規模の解析領域に対して、

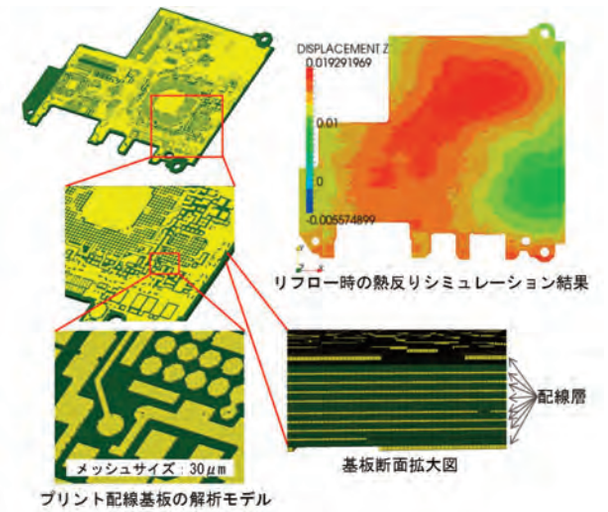


図１　プリント配線基板の熱反りシミュレーション：25億節点 (最小メッシュサイズ7.5μm) モデル、計算時間は「京」の65,536コアを用いて13.7時間。

数μmの解像に必要な要素数は、数千億～数兆要素 (メッシュの粗密あり) になると考えられる。

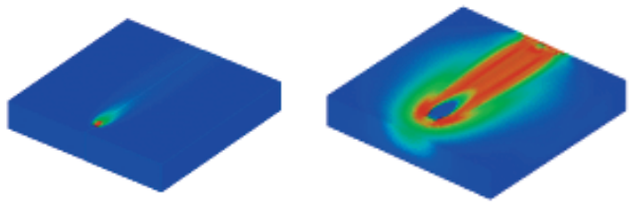
高度成形・溶接シミュレータの開発項目は、(1) アセンブリ構造の大規模接触問題が解析可能な並列反復法 (図2参照)、(2) 大規模熱構造強連成解析手法 (熱伝導・弾塑性クリープ変形) (図3と図4参照)、(3) プレス成形のスプリングバックを考慮した溶接解析である。高度成形・溶接シミュレータ専用のプリ・ポストを利用して、一つのシステムでプレス成形と溶接の一連の工程を解析可能にする。上記 (1) ～ (3) の溶接シミュレータの要素技術開発とともに、溶接を取り巻く一連の製作工程 (単材加工、鉄構組立、仮付け溶接、本溶接) を計算できるようにして、製作工程の総合的な予測に対する高精度化と高速化を実現する。

図2　アセンブリ構造の大規模接触問題が解析可能な並列反復法

４、達成目標と成果の展開

平成28年度までに、アセンブリ構造接触問題に対する並列線形ソルバー (並列反復法と並列直接法) と並列領域分割法の並列性能評価、熱弾塑性クリープの強連成解析手法の基本アルゴリズムの開発、プリ・ポストの基本機能の実装などを実施した。また、サブ課題Fとサブ課題間の連携として。熱可塑樹脂の接触大変形/温度連成解析手法の検証も実施した。平成29年度の達成目標として、入熱による熱弾塑性解析の計算精度を検証し、数mの母材の溶融部を数μmオーダーまで解像できるように並列計算性能を向上させる。

平成31年度までの達成目標として、ターゲット問題における部品規模の溶接解析の計算精度を従来のアプリケーションと比較し、開発するアプリケーションの優位性を示す。そして、全体規模の溶接解析結果を実験値と比較し、開発するアプリケーションの予測精度を検証する。プレス成形後の変形や残留応力を考慮し、数百パス必要な重機器の溶接の指針を高速に探し出すことができるようにする。



(a) 温度の分布　　(b) von Mises応力の分布

図3　試験片の溶接シミュレーション (熱構造連成解析の例)

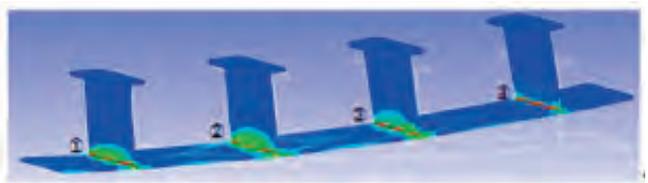


図4　溶接順序②→③→①→④に対するvon Mises応力の分布 (熱構造連成解析の例)

「FrontISTR研究会」において、東京大学を中核機関として、自動車・重機・造船部門、素材部門、エネルギー・インフラ部門、電機・精密部門、運輸部門、建設部門のユーザと一緒に、成形・溶接ワーキンググループ (WG) を立ち上げる (図5参照)。「FrontISTR研究会」成形・溶接WGは大学・研究機関や学協会と協力関係を構築し、現場での普及を促進していく予定である。

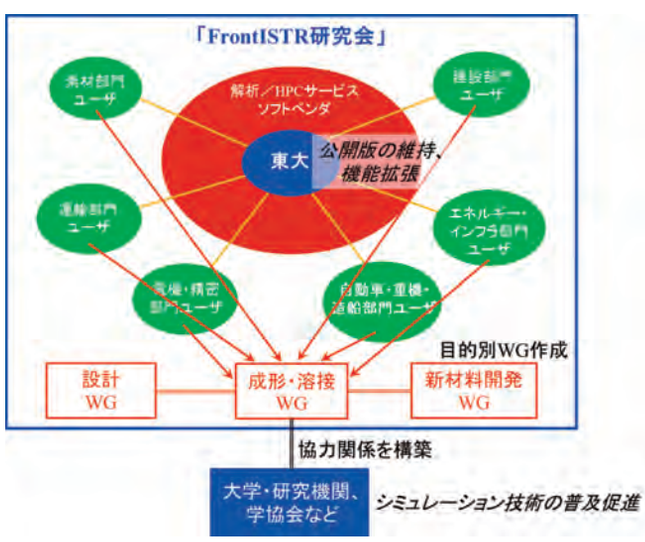


図5　開発した高度成形・溶接シミュレータの展開

書評

書評：矢川元基・酒井譲共著「粒子法＜基礎と応用＞」（岩波書店）

一宮正和
福井大学 工学部 工学研究科

粒子法は超大変形や境界移動等のダイナミックな形状変化の解析に適している解析手法として今注目を浴びている。これは、従来の有限要素法や差分法にない特長である。

粒子法に限らず新しい手法をマスターするには苦労が伴い挫折すらあるが、その原因は誤解や勘違いであることが実に多い。したがって、粒子法の初心者には、その全体像や理論を丁寧にかみ砕いて解説することが望ましい。本書はそのコンセプトを徹底しており、筆者にはそれが本書の最大の特長と思える。実は、筆者も５年前に粒子法を志した者だが、かつて有限要素法で構造解析した経験から見ると粒子モデル等が異質で特異な印象があり取っ付きにくかった。そのとき本書があれば粒子法を理解する時間も短くなったであろうと悔しい思いである。

本書は８章から成り立っている。「第１章　粒子法とは」、「第２章　差分法と粒子法」、「第３章　粒子法の理論（その１）」及び「第４章　粒子法の理論（その２）」が粒子法理論を徹底的にかみ砕いた解説である。

「第５章　固体解析の実際」、「第６章　流体解析の実際」及び「第７章　粒子法の展開」は、粒子法を使用する解析の実際が解析データや例題とともに記載されており、粒子法のプログラムを実際に作成しようとするときに多くのヒントが得られるであろう。中でも第５章は固体力学への展開のノーハウが書かれており、多くの粒子法図書が流体力学を主として記述されている中でユニークな存在である。これらの章は、粒子法の特長を活かして超大変形を伴う構造解析や相変化を取り込んだ流体から固体までの一気通貫の解析などを行おうとする研究者や技術者に良いガイドとなるであろう。

第８章は結びである。

本書はSPH法について書かれた我が国で初めての解説書であり、粒子法を使ってみようと志す学生や実務家に薦めたいものである。

部門からのお知らせ

29回計算力学講演会（CMD2016）の開催報告

実行委員長　松本敏郎　名古屋大学 工学研究科（機械理工学専攻）（左）
幹事　高橋　徹　名古屋大学 工学研究科（機械理工学専攻）（中）
幹事　奥村　大　大阪大学工 学研究科（機械学専攻）（右）

2016年9月22日（木）から24日（土）の3日間、名古屋大学東山キャンパスにおいて第29回計算力学講演会が開催されました（写真1、2）。一昨年の秋ごろ、部門の総務委員会より、次の計算力学講演会を名古屋で開催してもらえないかとの相談を受け、学内で会場を押さえるとともに実行委員会を組織し、2015年12月に第1回実行委員会を開催しました。会場として大学を利用する場合には、一般的に土日と連続する祝日を利用して3日間の講演会を企画しますが、今年度は、他部門との調整の結果、大学の秋休みを利用し平日を含んだ木曜から土曜で計画することになりました。名古屋市を含む中京圏は日本のモノづくりの一大集積地であり、日本全国からのアクセスも良好であるため、普通に開催すれば成功は間違いないとのプレッシャーの下、実行委員一同本講演会の開催に向けて準備を進めました。

開催時期が近づくにつれて、9月の開催ですので、台風の影響を心配するようになりました。開催日の1週間前頃には、日本の南に3つの台風が移動しており、毎日、天気予報で情報収集するとともに、ハラハラしながら最終準備を進めました。もしものことを想定するとともに、近くの神社に足を運んだりもしました。私たちにとって幸運なことに、台風16号は、20日に東海地方に再上陸した後、急速に勢力を弱め、21日には温帯低気圧となりました（蛇足になりますが、昨年は当たり年だったようで、6つの台風が上陸しました）。無事、予定通りに開催できる運びとなりました。結果として、発表件数305件、参加登録者数558名という大変盛況な講演会となりました。ここに改めて御礼申し上げます。

第1日（9月22日13：00～14：00）には、二宮芳樹教授（名古屋大学・未来社会創造機構）より「高齢化社会のための自動運転技術」と題する特別講演が行われました。名古屋大学未来社会創造機構では高齢化社会のモビリティの確保に向け、自動運転技術やそれを用いた運転支援システムを研究しており、生活道路での自動運転実現のポイントや高齢者の受容性の高い運転支援のあり方について解説がありました（写真3）。また、第2日（9月23日13：00～14：00）には、福和伸夫教授（名古屋大学・減災連携研究センター）より「巨大地震を前にしたレジリエンス社会構築のための減災研究の社会実装」と題する講演が行われ、2016年4月に発生した熊本地震から間もないこともあり、熊本地震の調査結果を交えた解説は興味深いものでした（写真4）。いずれの講演も地域性があり、参加する多くの方々が興味を持つような話題性のある内容であったため、大きな会場がほとんど満員になるほどに大盛況でした。

特別講演の他にも、フォーラムとして、「オープンソース構造解析システムFrontISTRの様々な活用～企業実践報告と活用支援開発～」、「企業における革新的設計のためのCAE活用」、「固体・構造体に生じる不安定変形」と題する3件が企画されました。さらに、チュートリアルとして、「企業研究者向けスパコンチュートリアル」が名古屋大学情報基盤センターにて開催され、名大スパコンへのログインやサンプルプログラムの実行、MPIプログラムの演習、自由演習などが行われました。一般講演は、25件のオーガナイズドセッションと1件の一般セッションが8つの講義室でパラレルセッションとして行われたほか、ポスターセッションでは21件の発表が行われました（写真5）。

第2日の特別講演後には、部門表彰式が開催されました。今年度（94期、2016年度）は、小石正隆様（横浜ゴム株式会社）、仲町英治教授（同志社大学）が功績賞を、大橋鉄也教授（北見工業大学）、山田貴博教授（横浜国立大学）が業績賞を受賞されました（写真6、7、8、9）。本講演会における、優秀講演賞、優秀技術講演賞、若手優秀講演フェロー賞については、現在、審査が進んでおり、春先に発表される予定です。

第2日の夜には、懇親会が学内の南部食堂で開かれました。大勢の参加者にお集まり頂き、大いに盛り上がる会となりました（写真10）。懇親会では、参加者の皆様に楽しんで頂けるようにと、特段の準備を整えました。名古屋にはナゴヤメシと言われる独特な食文化があります。ひつまぶし、手羽先、味噌カツ、きしめんなど代表的なナゴヤメシをメニューに加え、好評でした。また、あまり知られていないかもしれませんが、県内には多くの有名な酒蔵があります。地酒を用意させて頂き、味比べをして頂きました（写真11）。また、名古屋の銘菓も取り揃えました。余ってはもったいないと思い、それでも十分な量を準備させて頂いたつもりでしたが、今となっては、もっと数をそろえておくべきだったと反省しております。余興として、名古屋大学OB関係のプロのジャズトリオDear Bluesに生演奏を披露して頂きました（写真12）。現在、名古屋の栄周辺で演奏をしていますので、またお聴きいただく機会があるかもしれません。

本講演会では、関係する企業等の皆様からご協力を頂き、9件の機器展示（株式会社インサイト、株式会社HPCテック、一般財団法人高度情報科学技術研究機構（RIST）、サイバネットシステム株式会社、名古屋大学情報基盤センター、日本ニューメリカルアルゴリズムズグループ株式会社、プログレス・テクノロジーズ株式会社、プロメテック・ソフトウェア株式会社、リアルコンピューティング株式会社）と1件のカタログ展示（東京工業大学学術国際情報センター）を企画させて頂きました。講演会場の廊下には各ブース（写真13）が立ち並び、参加者が熱心に情報収集する様子がいたるところで見つけられ、講演会の彩りを華やかにして頂きました。また、2件のプログラム広告（東京工業大学学術国際情報センター、富士通株式会社）にもご協力を頂きました。特定非営利活動法人CAE懇話会には協賛学会としてご協力頂きました。この場をお借りして、厚く御礼申し上げます。

簡単ながら第29回計算力学講演会の開催後報告をさせていただきました。講演会実行委員、学会事務局、部門関係の方々、機器展示等に出展頂いた皆様、多数の参加者の皆様のご協力により、盛況のうちに講演会を終えることができました。ここに厚く御礼申し上げます。また、至らぬところがありましたこと、心よりお詫び申し上げます。

なお、本記事をまとめるにあたり、名古屋大学高橋徹准教授、大阪大学奥村大准教授のご協力を得ました。

写真1　講演会会場入口

写真2　受付風景

写真3　二宮芳樹名古屋大学教授による特別講演

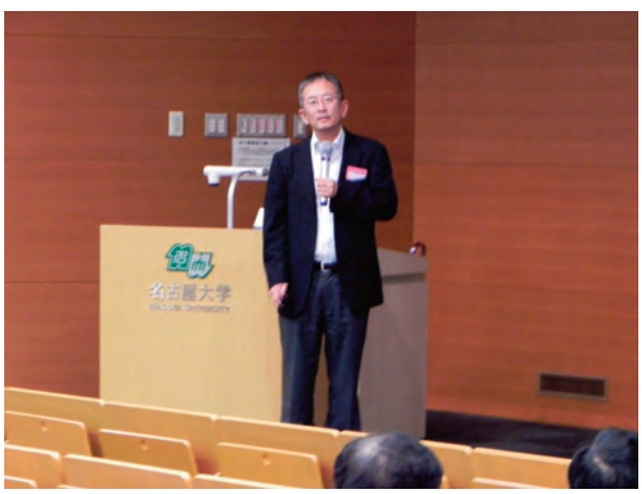


写真4　福和伸夫名古屋大学教授による特別講演

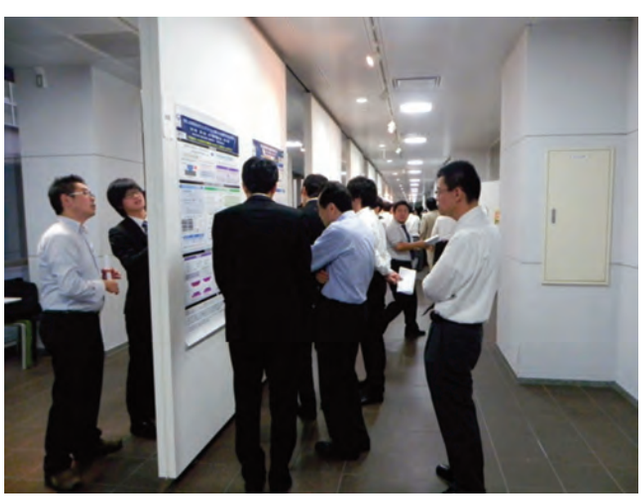


写真5　ポスターセッション

写真6　部門表彰式（岡田部門長（左）と小石正隆様（右））

写真7　部門表彰式（仲町英治教授（右））

写真8　部門表彰式（大橋鉄也教授（右））

写真9　部門表彰式（山田貴博教授（右））

写真10　懇親会

写真11　懇親会会場の地酒コーナー

写真12　懇親会での地元ジャズトリオによる生演奏

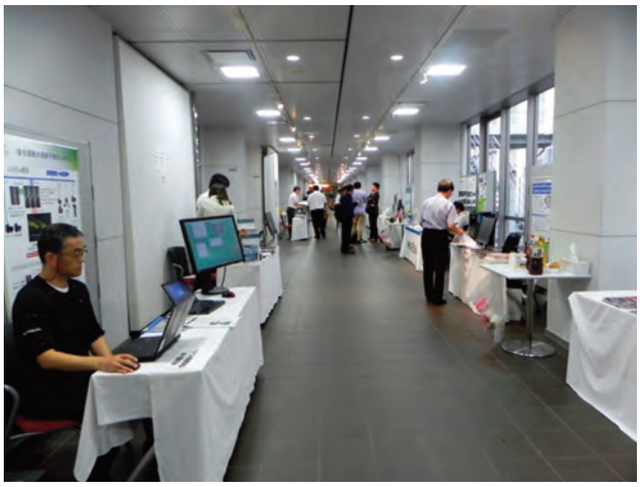


写真13　機器展示コーナーの配置

第29回計算力学講演会(CMD2016)優秀講演表彰報告

岡田　裕
東京理科大学

●優秀講演表彰

譯田真人君

鈴木　康君

渡辺勢也君

●日本機械学会若手優秀講演フェロー賞

三津島浩平君

宮田康平君

高橋正幸君

●優秀技術講演表彰

小石正隆君

野本祐春君

門脇 弘君

2016年9月22日(木)～24日(土)に名古屋大学で開催された第29回計算力学講演会における講演等について、座長および参加者に評価をお願いした結果に基づき表彰選考委員会において選考を行い、優秀講演賞3名、優秀技術講演表彰3名、日本機械学会若手優秀講演フェロー賞3名を表彰することとなりました。表彰状を受賞者にお送りするとともに、本誌上に公開してお祝い申し上げます。

●優秀講演賞

（大阪大学）
　第一原理計算に基づく鉄中のらせん転位運動に対する炭素原子の影響解析

鈴木　康（信州大学）
　応力テンソルの不連続性を用いた新しい埋め込み境界－格子ボルツマン法

渡辺 勢也（東京工業大学）
　LBM-DEM の直接相互作用計算による流動層の大規模シミュレーション

●優秀技術講演表彰

小石 正隆（横浜ゴム(株)）
　多目的設計探査によるフィラー充填ゴムのモルフォロジー設計

野本 祐春（伊藤忠テクノソリューションズ(株) ）
　５元系ステンレス鋼２相凝固に対する熱力学データベース連携フェーズフィールドモデルのMPI並列プログラム開発

門脇 弘（(株)ブリヂストン）
　分子動力学と有限要素法を用いた充填ゴム粘弾性特性のマルチスケール解析

●若手優秀講演フェロー賞

　三津島 浩平（金沢大学）
　同じマクロ自由度の粒界群から転位が放出する現象におけるミクロ自由度の影響：原子シミュレーションによる検討

宮田康平（京都大学 ）
　Zwicker のラウドネスモデルに基づく音響構造連成メタサーフェスのトポロジー最適化

高橋 正幸（信州大学）
　CMA-ES を用いたトポロジー最適化と光デバイス応用

第30回計算力学講演会（CMD2017）開催案内

和田義孝
近畿大学 理工学部 機械工学科

第30回計算力学講演会は、近畿大学 東大阪キャンパス（大阪府東大阪市小若江3-4-1）にて、2017年9月16日（土）～18日（月・祝日）の3日間の会期で開催されます。関西地区では前回の2012年以来の開催ということになります。

近畿大学には６つのキャンパスがあり、それぞれ東大阪キャンパス（本部）、大阪狭山キャンパス（医学部）、奈良キャンパス（農学部）、和歌山キャンパス（生物理工学部）、広島キャンパス（工学部）、福岡キャンパス（産業理工学部）と呼ばれています。第30回計算力学講演会を開催いたします東大阪キャンパスは10の学部を擁しています。東大阪市は大阪府内では大阪市および堺市の両政令指定都市に次ぐ第3位（50万人）の人口を有し、技術力の高い企業が立地する「ものづくり」のまちとして知られています。歴史的には、東大阪市域の歴史は古く旧石器時代から人類が生活していることが確認されています。河川による土砂の運搬により縄文から古墳時代には、東大阪市の多くの場所は海から湖・湿地帯へと移りかわりました。生駒山麓を中心として100以上の集落や古墳が発見され、生活の場所が生駒山麓であったことが伺えます。生駒山の麓の入江は草香江と呼ばれており、万葉集にも歌われています。室町時代には、河内国守護畠山氏の築いた若江城は、応仁の乱やその後も続いた家督争いによって衰え、後には三好義継の居城となりました。徳川家康が豊臣家を攻めた大坂冬・夏の陣では、若江が激戦の地となり、豊臣方の武将・木村重成の終焉の地であることで知られています。現在の東大阪市は機械金属関係を中心とした多種多様な業種・業態の工場集積が形成されております。工場数は全国5位、工場密度は全国1位というものづくりの街ですが、従業員が20人未満の小さな工場が全体の9割を占めています。これらの工場はそれぞれ高度な技術を持ち、多種多様な製品がつくられています。「なんでもつくれる東大阪」・「なんでもそろう東大阪」と、国内外から定評があります。余談ではありますが、1958年に日本で初めての回転寿司店である「廻る元禄寿司1号店」が開店した街（近鉄布施駅付近）でもあります。

観光客の多くが訪れるミナミと呼ばれる地域は、島之内・道頓堀・難波・千日前などの繁華街を含み、東大阪キャンパスからのアクセスは電車にのれば15分程度です。また、多くの駅が点在するため、大阪市内および近辺の宿泊施設からもアクセスは容易です。ミナミは多くの飲食店および商業施設があり大阪らしさを体験できる地域となっています。この機会に大阪の食文化を是非ご堪能ください。

会場となる近畿大学東大阪キャンパスは、新大阪駅、大阪国際空港（伊丹）や関西国際空港から最寄り駅である長瀬駅および八戸ノ里駅まで約1時間から1時間15分以内に到着できます。講演会開催期間中は学会のみならず大阪を楽しんでいただけるよう準備しております。実行委員会一同、皆様のお越しを心よりお待ちしております。

近畿大学　西門　長瀬駅から続き最も人通りがある
（写真提供：近畿大学）

第30回計算力学講演会に関する今後のスケジュールや情報は、講演会ホームページや計算力学部門のメーリングリスト、日本機械学会のインフォメーションメールを通じて発信する予定です。講演会ホームページは下記のURLをご覧ください。

講演会
HP　URL:　http://www.jsme.or.jp/cmd/conference/cmd-conf17/

開催概要
開催日：2017年9月16日（土）～18日（月・祝）
会　場：近畿大学 東大阪キャンパス
（東大阪市小若江3-4-1）
主　催：（社）日本機械学会

主なスケジュール
講演発表申込受付開始 3月3日（金）
講演発表申込締切 6月1日（木）
講演原稿提出締切 8月1日（火）

セッションはオーガナイズドセッション、一般セッション、ポスターセッションを予定しております。講演申し込みは講演会HPから受け付けます。オーガナイズドセッション

のテーマなどは、確定し次第、ホームページ等を通じてアナウンスします。

問合せ先
坂田 誠一郎（幹事）
近畿大学理工学部（機械工学科）
Tel: 06-4307－3490 / Fax: 06-6727-2024
E-mail: sakata@mech.kindai.ac.jp
上辻 靖智（幹事）
大阪工業大学工学部（機械工学科）
Tel: 06-6954-4259 / FAX 06-6957-2134
E-mail: yasutomo.uetsuji＠oit.ac.jp

2017年度年次大会の部門企画について

中林　靖
東洋大学 総合情報学部

日本機会学会2017年度年次大会は，2017年9月3日（日）から9月6日（水）までの日程で、埼玉大学（〒338-8570埼玉県さいたま市桜区下大久保255）で開催される予定です。

日本機械学会創立120周年の大きな節目の年にあたる本年度の年次大会では、「120年の伝統と革新の調和～より広く、より深く、より豊かに」をキャッチフレーズに、「エネルギー・環境」、「超高齢社会を支える技術」、「オープンイノベーション」を３つの主要テーマとして実施します。機械工学に関わる全ての研究者・技術者の皆様にとって、最先端の研究の発表・活発な討論の場とすることは勿論のこと、これまで以上に活発な情報交換・交流の場とすることを目指しております。 また、企業の研究者・技術者の皆様や大学院・学部の学生諸君を対象とした企画も数多く予定しております。皆様の奮ってのご参加を心からお待ちしております。詳細は2017年度年次大会webページをご覧下さい。

https://www.jsme.or.jp/conference/nenji2017/

計算力学部門では、次の特別企画・オーガナイズドセッションを実施予定です。皆様の奮ってのご参加を心からお待ちしております。

特別企画

先端技術フォーラム

・「Industry4.0、 IoT時代の日本のものづくりとＣＡＥ」
(計算力学部門／生産システム部門／ＣＡＥ懇話会)
岡田裕(東京理科大)、日比野浩典(東京理科大)、平野徹(ダイキン情報システム(株))

市民フォーラム

「オープンCAEの普及活動」
(計算力学部門)
藤岡照高(東洋大)、柴田良一(岐阜高専)、辰岡正樹((株)アルゴグラフィックス)

オーガナイズドセッション

「安全安心な水素社会を創る流体解析と計測技術」
Flow analysis and measurement technique for creating a safe and secure hydrogen society
(計算力学部門／流体工学部門)
松浦一雄(愛媛大)、月川久義、錦慎之助(鹿児島大)、井上雅弘(九州大)、鈴木健吾(新コスモス電機(株))、寺田敦彦(日本原子力研究開発機構)、丸祐介(宇宙航空研究開発機構)、朝原誠(岐阜大)

「診療技術と臨床バイオメカニクス」
Technology of Medical Treatment and Clinical Biomechanics
(バイオエンジニアリング部門／計算力学部門／材料力学部門／流体工学部門／医工学テクノロジー推進会議)
佐久間淳(京都工芸繊維大)、佐伯壮一(大阪市立大)、坂本信(新潟大)、小池卓二(電気通信大)、東藤正浩(北海道大)

「計算力学とバイオエンジニアリング」
Computational mechanics and bioengineering
(バイオエンジニアリング部門／計算力学部門)
今井陽介(東北大)、滝沢研二(早稲田大)

「電子情報機器、電子デバイスの強度・信頼性評価と熱制御」
Reliability and thermal contorol of electronic devices and information equipments
(材料力学部門／熱工学部門／計算力学部門)
木下貴博(富山県立大)、畠山友行(富山県立大)、池田徹(鹿児島大)

「工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化」
Deformation properties and strength of engineering materials and these modeling
(機械材料／材料加工部門／ 材料力学部門／ 計算力学部門)
佐々木克彦(北海道大)、金子堅司(東京理科大)

「分散型エネルギーとシステムの最適化」
Distributed Energy and Optimization of System
(熱工学部門／動力エネルギーシステム部門／計算力学部門／環境工学部門)
小原伸哉(北見工業大)、天野嘉春(早稲田大)、西村顕(三重大)、君島真仁(芝浦工業大)、千田二郎(同志社大)、田部豊(北海道大)、佐々木正信(東京電力エナジーパートナー(株))

「解析・設計の高度化・最適化」
Innovation and Optimization of CAE and Design
(設計工学／システム部門／計算力学部門)
西脇眞二(京都大)、下田昌利(豊田工業大)、長谷川浩志(芝浦工業大)、山本崇史(工学院大)

「交通機関の安全安心シミュレーション」
Simulation for Safety of Automobile and Traffic
(設計工学／システム部門／計算力学部門)

吉村忍(東京大)、藤井秀樹(東京大),伊藤大輔(名古屋大),北栄輔(名古屋大)

「医工学テクノロジーによる医療福祉機器開発」
Medical machine development via medicine-engineering collaboration
(医工学テクノロジー推進会議／機械力学・計測制御部門／流体工学部門／計算力学部門／バイオエンジニアリング部門／ロボティクス・メカトロニクス部門／情報・知能・精密機器部門／材料力学部門／熱工学部門／マイクロ・ナノ工学部門／機素潤滑設計部門)
高木周(東京大),陳献(山口大),葭仲潔(産総研),白石俊彦(横浜国大)

お問合せ先：
中林靖(東洋大学 総合情報学部)
nakabayashi@toyo.jp

《各行事の問い合わせ、申込先》
日本機械学会計算力学部門担当　大黒　卓　E-mail:daikoku@jsme.or.jp
〒160-0016　東京都新宿区信濃町35番地　信濃町煉瓦館5F　TEL 03-5360-3503　FAX 03-5360-3508

計算力学部門ニュースレター No. 57 : 2017年5月25日発行
編集責任者：広報委員会委員長　佐々木大輔
ニュースレターへのご投稿やお問い合わせは下記の広報委員会副委員長までご連絡ください。
なお、各記事の文責は著者にあります。
広報委員会副委員長　工藤淑文
アルテアエンジニアリング株式会社
〒170-6043　東京都豊島区東池袋3-1-1 サンシャイン60 43階
TEL: 03-5396-1341 FAX: 03-5396-1851 E-Mail: kudo@altairjp.co.jp

印刷：生々文献サービス／〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-36-6／TEL.03-3375-8446／FAX 03-3375-8447／E-mail: seiseibunken@nifty.com