



COMPUTATIONAL MECHANICS

計算力学部門ニュースレター No.33

November, 2004

トピックス



第6回計算力学国際会議 (WCCM) 報告

江澤 良孝
東洋大学工学部コンピューターショナル情報工学科

9月6日から9月10日まで、北京の北京飯店 (Beijing Hotel) にて第6回計算力学国際会議 The Sixth World Congress on Computational Mechanics (WCCM VI) が行われた。今回は第2回計算力学アジア太平洋会議 The Second Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM '04) との共催であった。WCCMは、以前は不定期にかなりの間隔をおいて開催されていたが、2001年のウィーンでの会議以降、主催者であるIACM (The International Association for Computational Mechanics) は2年に一回開催することを決定した。一方、APACM (The Asian-Pacific Association for Computational Mechanics) は、2001年のシドニーでの会議以降、3年間隔で開催することを決定した。今回の会議は、両者が合同で行った最初の会議である。



図1 北京飯店

会場となった北京飯店は、有名な王府井商業街に位置しているホテルで、紫禁城、天安門にも近く交通の便もよい。1917年に北京最初のホテルとして開業し、著名な人が訪れることで有名で、ニクソン大統領の夫人が訪れた時のビデオを盛んに流していた。改修、拡張が盛んに行われ、現在は5つの建物で構成されている。

会議はその中のA棟、C棟、E棟の3つの建物の一部を使って行われた。

参加者の正確な数は把握できなかったが、なんとといっても多かったのは当然ながら中国で、発表論文の数は398件であった。次に多かったのは、日本とアメリカで227件の同数。その次は、ドイツの60件、韓国の55件、フランスの48件、オーストラリアの37件、イギリスの36件が続く。それ以外は372件で、中近東、中南米、東欧など世界中からの参加者があった。発表件数は、総計1460件にもなった。特に、イランから22件も発表があったのは意外であった。

会議初日は、バンケットホールでオープニングセレモニーと特別講演会が行われた。このバンケットホールは国際会議がよく開催される場所として有名である。前回のウィーンでの会議に参加され特別講演を行われたZienkiwicz教授は今回出席されず、メッセージだけが紹介された。その後、プレナリー講演会が行われた。講演者は、T. Belytschko教授、W. X. Zhong教授、R. Ohayon教授の3人であった。この他、準プレナリー講演会も行われ、初日には8人、4日目には13人の準プレナリー講演が行われた。



図2 オープニングセレモニー



図3 レセプション

一部紹介すると、アメリカNorthwestern UniversityのBelytschko教授はマルチスケール解析の破壊への応用について講演された。個人的に興味深かったのは、アルゼンチンCIMECのIdelsohn教授によるメッシュレス法に関する講演で、メッシュレス法とメッシュ法とのどちらがよいかという議論に疑問を投げかけたものであった。夜は同じバンケットホールで立食形式によるレセプションが行われた。

二日目からは一般講演が行われた。部屋は24室あり、こういった大きな会議にはつきものだが、ほんの一部の講演しか聴くことができなかつた。各会場は30名ほど入ることのできる広さで、ディスカッションにはちょうどよい大きさであった。聴講したセッションに限って言えば、討論もかなり活発であった。

三日目も引き続き一般講演が行われ、熱心な討議が行われた。

四日目は準プレナリー講演会で、先にも述べたように全部で13件の講演が行われた。印象的だったのは、中国のZhang教授による講演で、中国におけるダム建設についての現状を説明するものであった。中国の水力発電の資源は世界一であることが盛んに強調されていた。ただし、現状は3/4が火力発電、1/4が水力発電で、原子力発電は数パーセントとのことであった。現在、大規模なダムがいくつも建設中だそうで、日本のダム建設が問題を抱えていることを思うと状況の違いに複雑な思いにならざるをえない。

夜は、北京郊外のGolden palaceという場所でバンケットが行われた。Golden palaceは観光旅行者用に作られたと思われる場所で、中国の手工芸の実演を見学の後、夜空の下、中華料理を食べながら、中国の曲芸、演奏などを鑑賞することができた。バンケットの最後には、授賞式などが行なわれた。日本からは矢川元基教授（東大名誉教授、東洋大学教授）が参加、日本人として初のComputational mechanics awardを受賞された。氏は同時にAsian-Pacific association for computational mechanics Awardも受賞された。バンケットの最後は、盛大な花火で締めくくられた。



図4 Golden palaceでのバンケット

五日目の最終日も一般講演が行われた。私はこの最終日に発表があったので、聴講者が減るのではと危惧していたが、発表した要素分割に関するセッションに関していえば、会場は満杯に近く、議論も活発であった。

今回の会議は、中国の主催者の意気込みが感じられるものであった。大会運営に小さなトラブルはあったようだが、概ね順調であった。発表内容を見ると、非常に多岐にわたっていた。しいていえば、大規模解析は当たり前で、マルチスケール解析のような、ナノスケールからマクロスケールまでを含む詳細な解析の研究が目立ってきたように思う。また、メッシュフリー、メッシュレス、X-FEMのような有限要素法を拡張した解析の研究発表も依然盛んであった。また、中国からの発表には実用に供した例が多く、中国が計算力学を経済発展の重要技術とみなし、使いこなしていることが感じられた。例えば、ダム、高速道路、橋、宇宙開発などの分野での適用例が、多数、中国の研究者から発表された。



図5 地下鉄（北京飯店の前の王府井駅）



図6 北京飯店のそばの王府井商業街（デパートや、屋台がたくさんある）



図7 WCCM VIのポスターに使われた天壇

なお、前回のウィーンでの会議では、論文をウェブサイトから自分でダウンロードしなければならず、すべてをダウンロードし

ようとする大変な手間がかかったが、今回はフルペーパーの発表論文が入ったCD-ROMの配布があった。

個人的には今回が中国への初めての旅行であったので、中国の印象を述べて報告の終わりにしたい。予想されたことではあったが、北京はたいへん近代化されており、高速道路も予想以上に整備されているのに驚いた。中国の高速道路網は総延長が20,000kmを突破したそうだから驚く方がおかしいのかもしれない。なお、2004年には、中国全土の主要都市を高速道路ネットワークで結ぶ「7918構想」がスタートしている。これは、総延長80,000kmにもなる計画である。また、北京の郊外にいくと超高層のマンションが群立している。しかし、そのマンションの脇には、小さな古い家もかなりあり、複雑な経済事情を伺わせる。地下鉄も整備されつつあるが、まだ数は3線だけでタクシーに頼ることが多い。ただし、タクシーはかなり安い。繁華街では日本のメーカーの宣伝

がかなりあり、中国語ではこう書くのかと変なところで感心させられた。また、中国の若者の元気のよいのにも感心させられた。中国の政府首脳ほとんどが工学部出身であることを考えると、もの作りに対する中国の熱意を改めて感じさせられる。北京オリンピックまでには、また一変していることを予想させた。とにかく町人も活気にあふれていて、21世紀は中国とインドの世紀という予測もなるほどという印象をもって帰郷した。

なお、今回のWCCMは、2006年7月、アメリカ、カリフォルニアCentury CityのThe Century Plaza Hotel & Spaにて、開催予定である。(<http://www.wccm6-apcom04.org.cn/wccmvii.htm>)

また、今回のAPCOMは、2007年12月、京都にて開催予定である。

なお、本稿作成にあたり矢川元基教授にご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。



ECCOMAS2004 報告

池田 徹

京都大学大学院工学研究科機械工学専攻

2004年7月24～28日にフィンランドのユバスキュラにあるユバスキュラ工科大学で開催された4th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2004) に参加したので、その概要を報告する。

この会議は、1996年より4年に一回開催されているもので、ブリュッセル(1992年)、パリ(1996年)、パルセロナ(2000年)に続き今回が4回目である。今回の会議のChairは、ユバスキュラ大学のP. Neittanmäki教授、Co-Chairは、現在ECCOMASの会長であるカタロニア工科大学のE. Oñate教授、フランスのDassault Aviation社のJ. Péiaux博士、ハノーバー大学のE. Stein教授であった。

ユバスキュラという地名は、ご存じ無い方がほとんどかと思うが、フィンランド中央部、首都ヘルシンキから西へ270kmの位置にある森と湖に囲まれた人口約8万人の地方都市である。ここには、ユバスキュラ大学、ユバスキュラ工科大学をはじめとする教育機関が集まっており、人口の約半分が学生という学術都市でもあるらしい。また、世界的に有名な建築家・デザイナーで、日本でも家具や花瓶で有名なartek社を設立したAlvar Aaltoが少年時代を過ごした町で、ユバスキュラ大学や町の主要な建物の多くが彼の設計によるものだそうである。それでは、開催地の紹介はこのくらいにして、会議の報告に移りたい。

会場となったのは、ユバスキュラの市中心部近くにある国際会議場(Jyväskylä Paviljonki International Congress Centre)と、そこから徒歩15分ほどの町はずれにあるユバスキュラ大学の独立学際研究コンソーシアム(Agora Centre)で、午前中の基調講演等を国際会議場で、午後の一般セッションとMinisymposiaをAgora Centreとその周辺の校舎で行うというやや不便な運営となっていた。同国際会議場で行われたバンケットも簡単なピュッフェ形式の食事だけという簡素なもので、非常に物価が高い北欧での開催だけに、主催者側は費用の儉約に相当苦労したのであろう。しかし、会場の周りは、美しい湖と落ち着いた北欧の町並みで、国際会議が行われるには相応しい雰囲気であり、参加者は、

皆大いに会議を楽しむことができた。

ただ、Minisymposiaと一般講演は、全て午後の部で行われたため、両者を合わせて、約30室の平行セッションとなっていた。このような大きな国際学会では、仕方の無いことであるが、類似のMinisymposiaがいくつも平行して行われてしまったのは、やや改善の余地があると思われた。

主催者側の発表によれば、今回の会議の事前登録者数は1029名となっており、ドイツ(145名)が最も多く、以下、フランス(126名)、フィンランド(108名)、イタリア(79名)、日本(71名)の順となっている。当日登録を含めた総参加者数は、前回のパルセロナの1200名を上回り、これまでで最多となったと思われる。発表者数で見ると総数1036件で、やはり、ドイツ(149件)が最多で、以下、フランス(141件)、米国(74件)、日本(67件)、フィンランド(66件)、イタリア(65件)、ロシア(62件)、スペイン(62件)、英国(57件)の順であった。参加者・発表件数共に、WCCMや米国計算力学学会と並び、計算力学の世界を代表する国際会議である。ただ、発表件数と参加者数がほぼ同じ



ユバスキュラ大学キャンパスの、
Alvar Aalto設計の校舎の前に立つ筆者

というのは、企業等からの情報収集のための参加がほとんど無いということでもあり、参加者が教育研究機関の学者に偏りすぎている傾向があるのも事実である。

発表件数1036件の分野別内訳は、Computational Solid and Structural Mechanicsが286件とトップで、以下、Computational Fluid Mechanics (208件)、Computational Mathematics and Numerical Method (168件)、Optimization and Control (100件)、Industrial Applications (63件)、Computational Methods in Life Sciences (45件)、Inverse Problems (19件)、Computational Electromagnetics (18件)、Computational Acoustics (16件)、Computational Chemistry (15件)、その他 (98件)となっている。このなかで、Computational Mathematics and Numerical Methodの中身は、かなりの部分が、Solid MechanicsとFluid Mechanicsであるので、この二つの分野が全体の過半数を占めていることになる。また、これらの発表の約半分は、Minisymposiaとして、オーガナイザーによって企画されたセッションで行われた。

計算力学の会議ということで、分野は多岐に渡っているが、筆



Jyväskylä Paviljonki International Congress Centre



Agora Centre (2002年に設立されたばかりの、ユバスキュラ大学、独立学際研究コンソーシアム。情報科学とコンピュータ技術を中心とした、人間と技術の関わり合いを研究することを目的としている)

者には残念ながらSolid Mechanicsの分野しか理解できないため、この部分を中心に発表の動向について述べたい。

ECCOMASの発表の特徴としては、かなり伝統的なテーマが多いことが上げられる。特に有限要素法のかなり伝統的なテーマである、接触問題とAdaptive Meshingに関する発表がいずれも40件以上も行われていた。また、塑性、クリープなどの非線形構成則とその計算手法に関する発表も多くみられた。これは、流行のテーマを追うよりも、個人的なテーマをこつこつと研究している研究者が多い、ヨーロッパ諸国の特徴であろう。

一方、近年大いに話題を集めたMeshless関連の発表は、かなり減少していた。この中で、Extended Finite Element Methodや多角形要素 (Polygonal finite elements) を用いて要素の自動分割を行う方法などの、有限要素法の改良によってMesh作成の負荷を低減する実用的なアプローチが目立った。この10年間で、実にさまざまなMeshless手法が発案されてきたが、有限要素法という実に汎用性の高い手法の壁は厚いようである。今後、有限要素法が、Meshless手法を取り込みながら発展して行くのか、独立した広い分野を確立するMeshless手法が現れるのか興味深いところである。

この様な比較的保守的なECCOMAS2004の発表動向の中で、Multi-Scale Modelingだけが、Solid Mechanicsの新しい分野として30件以上の発表を数えた。Multi-Scale Modelingの分野において、Meso-Macro連成計算の部分は、均質化法の発展に代表されるように大きな成功を収めているが、Micro-Meso-Macro連成問題の解析は、まだこれからの課題である。しかし、今回の会議でも分子計算をマクロ解析に結びつけようとする研究も多く見られ、今後、この分野は、大いに発展するものと思われた。

最後に私の専門としている、破壊力学の分野についても少し述べたい。計算力学の会議であるので、破壊力学の分野では、き裂進展シミュレーションに関する発表が圧倒的に多かった。このなかでも、特にMeshless手法を使ったき裂進展解析とCohesive Modelを使ったものがかなりの部分を占めていた。まず、Extended Finite Element Methodのような有限要素法を改良したMeshless手法のき裂進展解析への適用性は、非常に良いようであった。き裂進展方法としては、今後さらに広く使用されるものと考えられる。一方、Cohesive Modelの方は、初期のシンプルなモデルがむやみに複雑化されているものが多く、個人的には、違和感を覚えた。パラメーターが数多く介在するような複雑なモデルは、一見、様々な影響を考慮でき、実際のき裂進展を精度良く予測できるように見えるが、実際には役に立たないことが多い。あまり、良くない傾向だと感じた。

以上、筆者の目から見た、ECCOMAS2004について紹介させていただいた。大きな国際会議であることと、筆者の勉強不足のために、会議のごく一部に偏った報告になったことをお詫びしたい。次回のECCOMASは、2008年にイタリアのベネチアにて開催される。美しい歴史の町ベネチアでの会議に皆さんも参加されてはいかがでしょうか。



第3回計算流体力学国際会議 (ICCFD3) 参戦(?) 記

西田 秀利

京都工芸繊維大学工芸学部機械システム工学科

7月16日のことであった。標記国際会議Coffee Breakの際に部門長の中橋先生が私の側にやって来て、「この会議のレポートを計算力学部門のニュースレターに書いてくれない?」と仰った。そこでナンダカンダやり取りがあって、とうとう首を縦に振ることになってしまった。ということで、この報告を書いている次第である。

この会議 (International Conference on Computational Fluid Dynamics: ICCFD) は以前藤井先生もこのニュースレターに書いておられたが、1969年に創設されたICNMFD (International Conference on Numerical Method in Fluid Dynamics) と1985年に創設されたISCFD (International Symposium on Computational Fluid Dynamics) が2000年を機に統合されたものであり、第1回がKyoto (2000, Japan)、第2回がSydney (2002, Australia) で開催され、今回が第3回となる現在世界で最も注目されるCFDに関する国際会議である。今回はToronto (Canada) のThe Westin Harbour CastleにおいてToronto大学のZingg教授を議長として7月12日から16日までの5日間開催された。参加者は172名で、国別で見るとUSA (43名)、Canada・Japan (26名)、France (14名)、Germany (7名) これがTop5で、以下、Italy・South Korea (6)、Australia・Belgium・China (5)、Czech Republic・Sweden・Netherlands・UK (3)、Saudi Arabia・Iran・India・Russia (2)、Taiwan・Portugal・Spain・Switzerland (1) の22カ国からあり、多種多様な顔ぶれが揃った会議となった。我が国からの参加者数がTop3に入っていることから我が国のCFDに関する底辺の広さがうかがえる。会議は午前最初のセッションが招待講演、引き続いて3部屋でのパラレルセッションが昼食を挟んで行われ、午後最後がポスターセッションという構成である。

パラレルセッションは18テーマ36セッションで行われたが、セッション数の多いテーマを挙げてみるとModelling & Simulation of Turbulence・Multifluid & Multiphase Flows・Applicationsがそれぞれ4セッション、Upwind Schemes・High Order Schemes・Algorithmsが3セッション等である。ICNMFDの流れを継承していることもあり、スキーム関係で6テーマ (13セッション) 設けられている点特徴的である。また、マイクロスケール流れや生体流れといった最近のトレンドに関しても精力的に発表がなされていた。今回の会議で私の目を引いたのは圧縮性方程式で全てのマッハ数領域 (当然、非圧縮性領域をも含む) をカバーする試みが幾つか見られたことであろうか。Preconditioningアプローチは

以前から行われていたがMach-uniformアプローチはこれから広く行われることになるのかもしれない。その他、最近盛んになってきたCartesian格子アプローチに関する発表も幾つか見られたが、これもより複雑な流れ場を解析する手法として定着する方向に向かうと思われる。一方、一時代を築いたJameson教授・Hafez教授・Roe教授・van Leer教授・Satofuka教授ら大御所の発表もあり、老いて(?) 益々盛んなどころを見せていただいた。皆さんお元気で何よりである。

この会議に出席して (他の国際会議においても同様であるが) 強く感じたこととしては、プレゼンテーションの重要性が挙げられる。我が国の特に若手の研究者のプレゼンテーションを拝見していると「むちゃくちゃもったいないな」という感想を禁じえなかった。結果それ自体は非常に素晴らしいのであるが、その素晴らしい結果を如何に他の研究者 (特に外国の研究者) に理解してもらうかという点、特に見せ方とプレゼンテーションの構成、に関して工夫が少ないように思えてならない。これは従来言われ続けて来たことではあるが、今回非常に強く感じられた。同じような感想は我が国の研究者ばかりではなく外国の研究者からも聞こえてきた。今後益々国際舞台における我が国のCFD研究の重要性が高まることが予想されることを鑑みると、私を筆頭に研究者一人一人がもう一度考えてみる必要があるのではないかなと思われる。

次回の会議は2006年にBelgiumのGhentで開催予定である。またその時に皆さんとお会いできることを楽しみにこの稿を終えることとしよう。



TorontoのシンボルCNタワー



特集「流体解析」



非定常乱流解析の工学的応用

谷口 伸行
東京大学生産技術研究所

1. はじめに

エネルギーや環境資源の有限性を前提とすることが21世紀を迎えて必須の条件となりつつある。工学のパラダイムにも大きな転換が求められており、新しい評価基準の下で、新しいタイプの技術開発が進むであろう。そこで起こりうる様々な事象に対しては、従来にもまして、的確で、総合的、かつ、迅速な予測と対策が重要になると考えられる。特に、CO₂対策などにおいて既に見られるように、エネルギーと環境の関わる課題ではシミュレーションのもつ役割がますます高いと考える。

最近、流体シミュレーション研究の一つの大きな壁であった乱流予測モデリングに関して大きなブレイクスルーが為されつつある。すなわち、膨大な演算量を必要とする原理方程式に基づく乱流の直接数値シミュレーション (DNS: Direct Navier-Stokes Simulation) が実際に実行され、乱流研究に多くの知見を与えたことで、数値実験としてDNSの有用性が広く認識されてきた。また、その近似解析モデルといえるラージ・エディ・シミュレーション (LES: Large Eddy Simulation) が開発されたことで、乱流数値シミュレーションを本格的に工学問題に適用していくことが可能となってきた。

そこで、文部科学省ITプログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト (<http://www.fsis.iis.u-tokyo.ac.jp/theme/dynamics/>) では、その1テーマ「次世代流体解析システム」として、乱流現象の予測と制御が重要な課題であることの多いエネルギー流動 (流れ、熱、音など) の予測シミュレーションを主な対象にLESを基礎とする数値解析法を実用化レベルのソフトウェアとして開発し、実際の工学設計への展開普及と関連するシミュレーション技術の発展を図る試みがなされている。ここでは、次世代流体解析システムFrontFlowの開発と同時に、その工学応用の事例解析を系統的に実施し、実際の解析方法の確立と検証データベースの構築を行うとともに、これらのソフトウェアやデータベースを公開資料とすることにより、工学設計におけるLES流体解析予測の信頼性と実用性を与えることを目指す。本プロジェクトの成果の適用が期待される工学問題の代表的なものとして、1) 熱エネルギー流動、2) 流体騒音 / 流体振動、3) 複雑な流体現象 (ex. 混相流、反応流など) が挙げられる。LESに基づく非定常乱流解析は、これらの最近の工学設計における共通の課題に対して、より普遍的、汎用的な予測法を提供し、新しい課題に対しての先行的な技術開発を可能にすることが期待される。

本稿では、次世代流体解析システムFrontFlowの開発を例にLESに基づく非定常乱流解析の工学的応用について紹介する。

2. LESによる非定常乱流解析の考え方

工学流れは、多くの場合に乱流、燃焼流や流体騒音に典型的にみられるような非線形、非定常なマルチスケール現象であることが予測解析を困難にしている。それらの複雑な現象全てを一括して取り扱うことは、予測精度からも、計算負荷の観点からも非現

実的である。そこで、乱流をスケール分離して取り扱う解析法として有望視されているLESを基本的手法とし、様々な連成現象をスケール分離、モデル化して連成することで複雑現象を合理的に数値シミュレーションすることができると考えられる。すなわち、乱流予測においてはマクロスケールの現象 (= 乱流拡散の効果) と、乱流の内部構造に関わるマイクロスケールの現象 (= エネルギー散逸の効果) をスケール分離することで、工学設計で主に対象となる前者については直接的な数値計算により解が与えられる。しかしながら、LESでは一般に、従来の市販CFDコードの多くが採用している時間平均乱流モデル (RANS: Reynolds Averaged Navier-Stokes) と比較して当然ながら多くの計算時間コストを要する。それに代わるものはなにか? 予測の普遍性と一貫性、言い換えれば、「信頼性の高い予測」が期待できる。

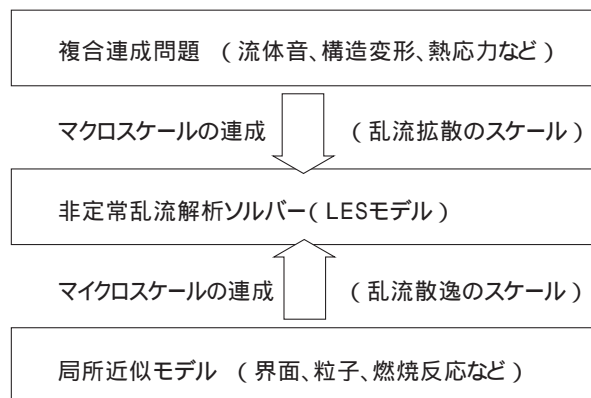


図1 LESによる非定常乱流解析の基本コンセプト

3. LES実用化の対象と研究課題

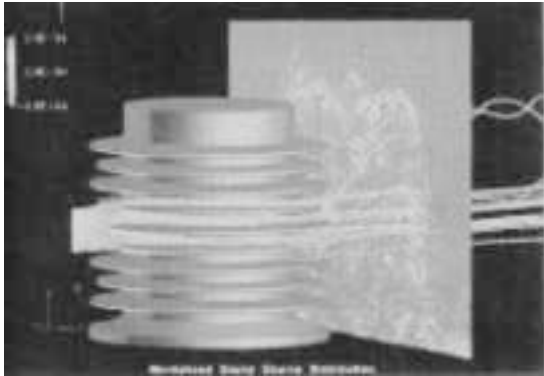
次世代流体解析システムFrontFlowで実証を行っている代表的な非定常乱流問題の解析例を中心に、そこでの研究課題を以下に簡単に紹介する。

3.1 流体音の解析

流れから発生する空力音の低減は、航空機や流体機械、高速鉄道車両などにおける主要な開発課題の一つとなっている。近年の計算機性能の向上と流れの数値解析手法の高度化に伴って、空力音の数値予測が可能となりつつあり、低騒音設計の重要なツールとして実用化が期待されている。

空力音の数値予測手法は、圧縮性Navier-Stokes方程式の直接計算に基づく直接解法と、Lighthill13により導かれた音響学的類推に基づいた分離解法の二種類に分けることができる。直接解法は流れ場と音場の解を同時に求めることができ、実用化されれば工学的な意義は大きい。しかし、変動および空間スケールが大きく異なる流れ場と音場の解析を同時に行うために、極めて高精度・大規模な計算を必要とすることから、現状では適用範囲が限られている。その一方で、分離解法では、音源 (流れ場) と音場を分

離して解析するため、流れ場と音場が干渉する場合には適用できないものの、直接解法に比べて計算負荷を大幅に軽減することが可能である。



(加藤他、生産研究52-1 2000)

図2 LESによる高速車両パンタグラフの碍子周り流れと流体音源の解析(瞬時流線と後流断面の音源分布)

分離解法の基礎式は、圧縮性Navier-Stokes方程式から導かれたLighthillの式である。これに対して流れ中に境界面(物体)が存在する場合の一般解がCurleの式およびFfowcs Williams-Hawkingsの式として求められている。両式は基本的に等価な式であり、音の観測点に対して物体が静止している場合には前者、運動(移動)している場合には後者の式となる。さらに、この両式において、実用的には多くの場合に成立する、i) 音に対する物体近傍の圧力場の影響が無視できる遠方場(acoustic far field)である、ii) 音源領域(物体)が音の波長に対して十分小さいコンパクト(acoustically compact)な音源である、という二つの仮定をおくことによって式を簡略化することができ、流れの解析で求めた物体表面の静圧変動を音源として与えることによって空力音を求めることができる。

空力音は、低レイノルズ数の層流渦放出(vortex shedding)によるピーク性の音と、高レイノルズ数の乱流現象による広帯域の音に分けることができるが、低マッハ数の流れにおける層流渦放出による音、および、比較的大規模な流れの剥離により発生する音に対しては、非圧縮性Navier-Stokes方程式のLarge Eddy Simulation(LES)により物体表面の静圧変動を求め、これを音源として、前述の二つの仮定をおいたCurleの式あるいはFfowcs Williams-Hawkingsの式に与えることで、発生する空力音のスペクトルを数値的に予測することが可能となっている。

しかし、例えば流れの乱流現象に起因する広帯域音の高周波成分に対しては、前述したコンパクト音源の仮定が成り立たなくなる。音源の非コンパクト性が無視できなくなる場合には、分離解法でも音源(流れ場)の解析あるいは音場の解析どちらかの段階で、物体近傍における流体の圧縮性が音に及ぼす影響を考慮した解析を行う必要がある。音源の非コンパクト性が問題となる典型的な例は、平板や翼などの後縁から発生する音(trailing edge noise)であるが、このような、高周波の広帯域音に対する汎用的な数値解析手法はまだ確立されていないため、今後、有効な手法を開発していく必要がある。

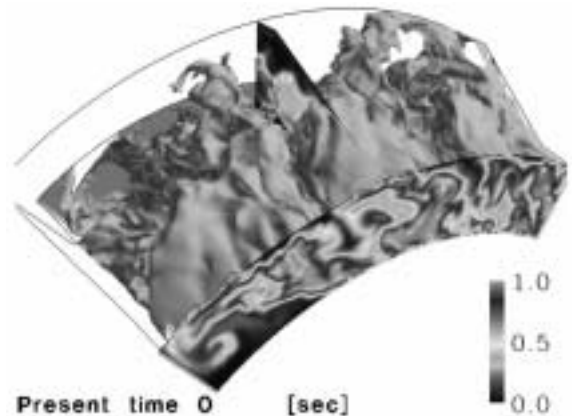
3.2 燃焼流れの解析

多くの工学的な燃焼流れでは、流れの変動に対して化学反応素過程の時間スケールが数桁小さく、燃焼反応に関しては準平衡として一段階の簡略化した反応モデルが有効とされる。さらに、レイノルズ数が大きいときには乱流中でも層流火炎がしわ状に変形するとみなすflamelet(層流火炎片)モデルが成り立ち、燃焼状

態は主に乱流変動によって支配されると考えられる。ここで、flameletモデルは燃焼反応が火炎面のみで生じると仮定しているため、このモデルに従えば火炎面の移動を追跡することで燃焼場が予測できる。予混合火炎の場合には、火炎面の追跡に反応進行率を変数とした微分方程式を解く計算法を適用して層流や乱流DNSがいくつかの基本的な燃焼場で検証されている。たとえば、保存スカラー式と予測PDFモデルを用いた乱流拡散火炎LESに関する研究では同軸噴流バーナなどの拡散火炎に対してその有用性が示されている。一方、予混合火炎に対しては火炎面の反応進行率を表すG方程式flameletモデルを用いて良好な結果が報告されている。

しかし、実際の大型燃焼器などに見られるように複合火炎場に対してはモデルの拡張が必要になる。たとえば、吹き上がり火炎などに対しては拡散火炎と予混合火炎に対応する2つの火炎方程式を同時に解く手法が提案されている。また、このアプローチは燃空費が空間分布する多段階の燃焼流れなど様々な複合火炎へも適用可能である。

これらのflameletモデルの利点は、燃焼反応の詳細に関わらず乱流燃焼速度の評価が正確であれば火炎状態の基本的形状(たとえば、浮き上がり距離)の予測が可能であることで、LESと組み合わせれば比較的簡便な解析モデルによって乱れと火炎の干渉による動的な保炎状態の再現や火炎振動の直接的な予測も期待できる。一方、燃焼反応の詳細スケールは予測された火炎内部構造として局所的に準平衡を仮定して解析することができ、理想化された実験や直接シミュレーションの結果をデータベースとして用いてflameletモデルの改良が図られる。



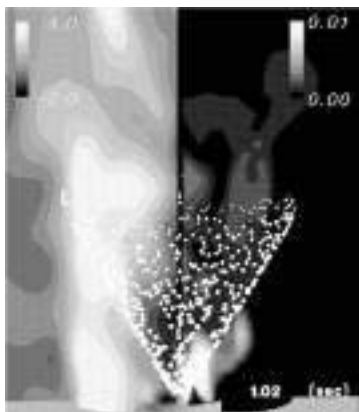
(Taniguchiら、5th ACFD 2003)

図3 ガスタービン燃焼器流れのLES解析例(出口断面の混合分率と火炎面の瞬時分布)

3.3 粒子混相流の解析

スプレー流れ、固気混相流、気泡流などの小さく多数の分散系粒子が混相する流れに対しては、粒子運動をLagrange的に取り扱う手法が有効である。LESとの連成モデルとしては、粒子-流体カップリングにおいて異なるスケールや粒子間干渉なども考慮した固気混相流解析モデルなどが提案されている。また、このアプローチは分裂、蒸発、燃焼などの局所モデルを取り入れることで液滴燃焼流(スプレー流れ)の予測モデルとしても適用可能である。LES解析の一例として、燃料噴霧にしばしば用いられるホローコーン型噴霧と旋回を持つ流れにおける噴霧液滴の挙動の様子を示す。ここでは粒子の運動には抗力のみ考慮し、蒸発は準定常的に起こるとして D^2 則に従うと仮定している。雰囲気より速い速度で噴射された液滴は最初は液滴自身の速度によって運動しているが、下流において速度と粒径が減少するに従い雰囲気の影響

を強く受けて旋回しながら蒸発していく様子が捉えられている。



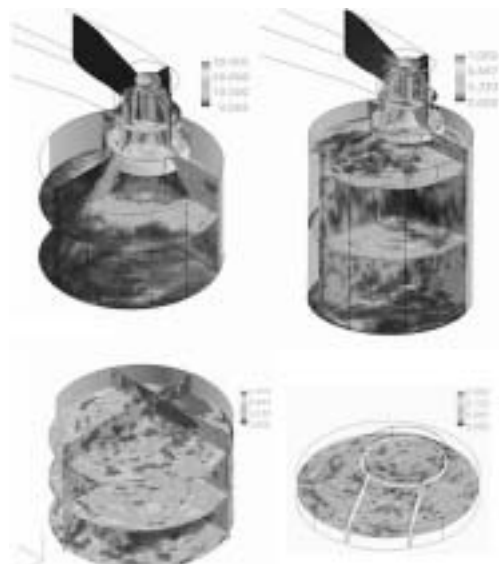
(伊藤他、計算力学講演会2004)

図4 LESによる旋回流中の噴霧液滴の挙動の予測
(主流速度(左)と燃料蒸気(右)の断面分布も表示)

3.4 エンジン内流れの非定常解析

自動車の心臓部であるエンジン設計において従来からCFD応用が積極的に行われてきたのは当然のことといえる。現在では、エンジンの諸要素を含む実機形状を再現した解析モデルが計算可能となり、噴霧や燃焼の解析モデルも導入が試みられつつあるが、他のCFD応用例と同様、これらのエンジン流れの解析においても現在の主流はRANSモデルに基づくものである。

最近、エンジン内の流動分布と燃料混合状況を制御して、燃費向上と有害排気ガスの低減を両立する技術開発が行われている。一方で、PIV(粒子画像流速計測)やLIF(レーザー誘起蛍光法)などの可視化的手法によってシリンダ内の流れや燃焼・噴霧の分布を直接観察する技術が開発されてきた。これらの状況で、LESによる非定常流れ解析は、新技術開発のニーズと、比較すべき計測データの高度化の両面から支持されていると考える。



(Zhangら、FISTA 2000)

図5 エンジン内流れのLES解析
(吸気、圧縮行程の変動速度分布)

特に、エンジン流れにLESを適用する利点としては、1) エンジン内流れをサイクル平均ではない非定常流れとして直接解析できる。2) 乱流中の噴霧、燃焼過程を普遍性のある物理モデルで表すことができる。3) NOx、すすなどの微量有害物質の生成予

測に対しては、瞬時、局所の温度(濃度)分布の予測が比較的精度よく可能となる。4) 吸排気系との連成解析やアクセル急加減時の過渡応答解析などのより高度なエンジン性能設計への展開が容易となる。などが挙げられる。エンジン流れ解析では、従来のRANSモデルに基づく手法においても、移動変形する複雑な流路形状と、燃焼にともなう複雑な物理現象を再現するために大きな計算負荷を要している。LESではこれらの複雑現象のモデリングは単純化できることから、非定常計算のために計算負荷が大きいという欠点は、エンジン流れへ適用するにはむしろ緩和すると期待される。

3.5 ターボ機械流れの非定常解析

近年の流体機械、特に多段遠心ポンプの高速・高圧化に伴い、動静翼干渉に起因した圧力脈動により発生する騒音の低減が、ポンプの水力性能の向上と並んで重要な技術課題となっている。多段遠心ポンプから発生する騒音の起源と伝播の経路を定量的に把握するために、大規模な流体構造連成解析を試みられている。

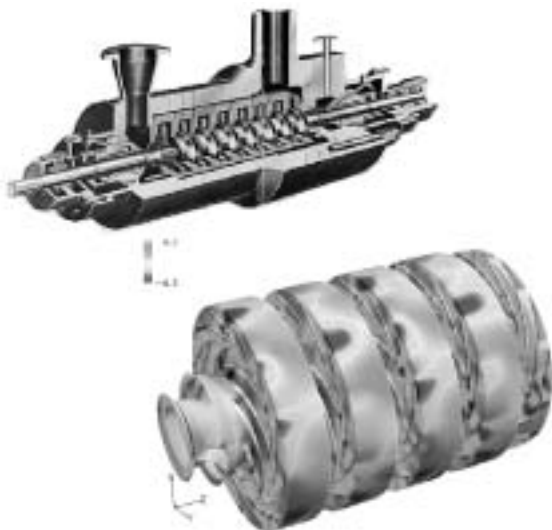
圧力変動により発生する構造物の振動は元の流れに影響を与えることはないものと仮定すると、以下に示すような手順で多段遠心ポンプから発生する騒音を解析することができる。1) LES解析によりポンプの動翼、静翼、及びケーシング表面の圧力変動を解析し、2) 圧力変動を入力データとして陽的有限要素法解析によりポンプ構造物内を伝播する固体伝播音を解析して、構造物表面の振動加速度を求め、3) この振動加速度を入力データとして周囲への放射音を解析する。上記解析のうち、ポンプ内部流れについて本稿で述べるLESモデルに基づく非定常乱流解析が適用される。

ここに示す例では、大規模解析に対応でき、移動境界を含む任意形状の流れ場に適用可能な有限要素法コードFrontFlow/blueを用いてLES解析が行われた。まず、単段ポンプの検証解析では、ポンプの定常特性曲線に対して全揚程を約8%の誤差で予測可能であることが示されている。ここで、全揚程の予測偏差の原因は、主にオ일러ヘッドの過大評価によるものと考えられ、具体的にはインペラ出口のシュラウド付近の境界層厚さの過小評価のためにインペラ内の相対速度が低く予測されることが原因であると確かめられている。この問題の根本的な原因は壁面近傍のメッシュ解像度が不十分であることにある。翼周り流れのLESの従来研究では、翼面近傍のメッシュ解像度が解析の結果に大きく影響することが分かっている。本来、壁面近傍において解像度が不足しているようなデータにLESを適用することは適当ではないと考えられるが、実際の工学問題に生じる高レイノルズ数の流れにおいて境界層を正しく解像しようとした場合、計算の規模が現状では扱えないほど大きくなってしまい、現実的ではない。これはLES解析の工学的応用の一つ課題であると思われる。

LES非定常流れ解析の結果からポンプ内の圧力脈動が直接的に算出される。ディフューザ流路における設計点及び流量比20%の変動圧力の周波数スペクトル分布では動静翼干渉により回転数とインペラの羽根枚数の積 NZ_i 及びその高調波数が卓越しており、本研究のLESによる予測は実験結果と一致することが確認されている。一方、卓越波数以外の成分は低周波数から高波数へ向って従い減衰するが、これは粘性拡散により流れの大きな渦が小さな渦へエネルギーを輸送することと関係していると考えられる。

これらの手法を多段ポンプ内の非定常流れの全流路解析に適用した例を図5に示す。計算領域は入口部分、出口部分、五段のインペラ、ディフューザ及び戻り流路など計17部分から構成され、総格子点数は約3620万である。各部分の間にはオーバーセットメッシュが設定されている。ポンプ壁面における動静翼干渉による変動圧力場は各段の位置によって変化し、設計点での流れ条件

において、圧力の最大変動幅は一段分の全揚程実験値 H_1 の60%程度になっていることがわかる。ここでも、圧力変動の周波数分布の計算値は実験値と良い一致が得られている。また、非設計点では設計点に比べ圧力変動の全体のレベルがあがることについても、LES解析は実験値を良く再現する。



(日立インダストリ社との共同研究 2004)

図6 多段ポンプ内流れの非定常解析
(設計流量におけるポンプ壁面の瞬時変動圧力分布)

本研究の次の段階として、ここで得られた変動流れ場を入力データとする構造解析を行うことによってポンプの振動及び騒音の定量的な予測が可能といえる。しかし、予測されたポンプの全揚程は実験値より10%程度大きい。これは、羽根壁面付近におけるメッシュ解像度不足のために、乱流境界層の厚さが定量的に予測できないことによって、ポンプのオイラーヘッドが過大評価されたことが原因であると考えられる。今後、乱流境界層を定量的に捉えるため、乱流境界層に対する適当な壁面モデルの導入が必要であると考えている。

4 おわりに

本稿で紹介した流体解析ソフトウェアFrontFlowの開発では、高度な流体シミュレーション・ソフトウェアが実際の工学設計や教育研究の現場において普及、実施されることを最大の目的と考えている。本プロジェクトで開発されるプログラムや技術資料などは公開を前提とし、それらを活用した民間企業・大学・研究所などによる実用化、商業化についても強くこれを期待している。そのために、本プロジェクトでは、次世代流体解析ソフトウェア研究会を発足し、多様な分野、世代、立場から本プロジェクトへの参加を広く求めてLES実用化に関するの情報交換、データ蓄積を進めている。これらの趣旨に、多くの賛同をいただけることを切望する。

汎用3次元流体解析プログラムSTAR-CDの開発計画のご紹介



中嶋 達也
株式会社シーディー・アダプコ・ジャパン技術コンサルティング部
カスタマーサービスグループ

はじめに

STAR-CDが非構造格子対応の3次元汎用熱流体解析プログラムとして日本に紹介されてから今年で14年目になろうとしています。現在のSTAR-CDの最新バージョンはこの夏に国内リリースされたSTAR-CD v3.2となりますが、2005年はSTAR-CDにとってその歴史の中でも非常に大きな飛躍をお見せする事ができる年となりそうです。

STAR-CDの開発元であるCD-adapcoグループでは現在、STAR-CCMおよびSTAR-CCM+と呼ばれているSTAR-CDの将来バージョンの開発を平行しておこなっております。3次元汎用熱流体解析ソフトウェアSTAR-CDは次期バージョンより3次元汎用“連続体”解析ソフトウェアSTAR-CCM/ STAR-CCM+として生まれ変わります。これらのプログラムは流体のみならず“連続体”の考えで解く事が出来る多くの解析対象に対して、その解析フィールドを広げていきます。

ここでは、正式なリリースのご案内に先立ちましてSTAR-CCMおよびSTAR-CCM+で予定されているコンセプトやその新機能に関して簡単にご紹介いたします。

2つのCCMプログラム

STARは今後、CFD (Computational Fluid Dynamics) プログラムからCCM (Computational Continuum Mechanics) プログラムへ

と進化してまいります。その具体的なプロダクト名がSTAR-CCMおよびSTAR-CCM+です。

この両プログラムともCCMのコンセプトで開発されているプログラムで、サブモデルのモジュール化/共通化、解析手法の共通化など共通のプログラミングポリシーで開発され、最終的には両プログラムの解析機能は同等になる予定です。ただし、それぞれのプログラムはそれぞれ特徴をもっており、両プログラムの開発途上においては、解析目的やユーザーのタイプによって使い分けていただく事になると思われます。

STAR-CCM

STAR-CCMはSTAR-CDと使い勝手を同じくプリポストプロセッサpro-STARが完全にサポートし、STAR-CD v3.2が持っている解析機能に加えて、自由表面解析機能の大幅機能拡張、任意の多面体メッシュ (Hexahedral, Tetrahedral, Trimmed, Polyhedralメッシュなど) 対応、構造体の応力/変形解析機能、流体/構造連成解析機能、固化モデル、オーバーラップメッシュ、フローティングボディ挙動解析などCCMプログラムとしての多くの新しい機能を順次ご提供する予定でございます。また、FORTRAN90によりプログラミングされ、既存のサブルーチンの流用を容易するほか、内部変数へのアクセス強化により独自のサブモデルの組み込みなどに関して、大幅に自由度が向上する予定です。



図1：Polyhedral（多面体）メッシュ

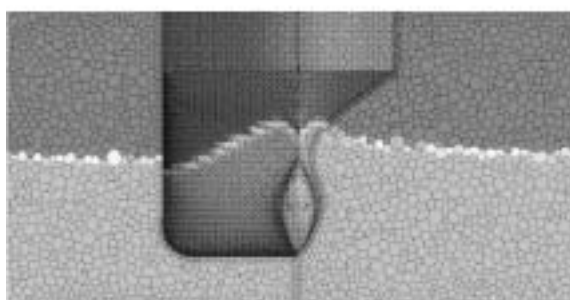


図2：Polyhedralメッシュによる船体まわり解析

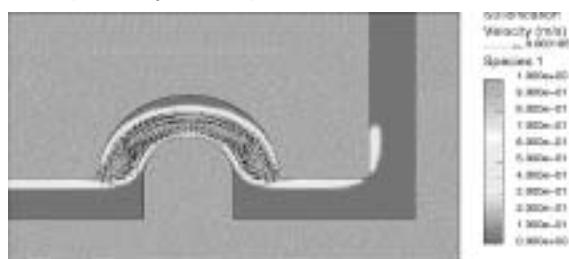


図3：固化モデルによる解析例

STAR-CCM+

STAR-CCMに対し、STAR-CCM+は現在の最新のプログラミング技術を駆使して、ゼロから開発されているまったく新しいCCMプログラムです。

STAR-CCM+はC++とJAVAによりクライアント/サーバーの概念を用いて開発され、計算実行はもとよりモデル操作や結果処理までの完全マルチCPU処理に対応します。しかも、ユーザーには使用するサーバー（マシン）の設定を始めにしておく以外にSTAR-CCM+が完全にバックグラウンドですべてを処理するため、複数CPUを使用している事を全く気にすることなくご利用いただけます。

また、ソルバーはカップルドソルバー（この機能はSTAR-CCM+にのみ搭載予定）も利用する事が可能なため、高圧縮性流体の解析に対してアドバンテージが期待されます。

さらにSTAR-CCM+のGUIはユーザーにわかり易いツリー構造を用いて設定し易いだけでなく、設定ミス/漏れのしにくい優れた利用環境をご提供します。このため、解析専任者の方だけでなく、初めてCFDに取り組むエンジニアの方にとってもSTAR-CCM+は非常に良いツールになると考えます。

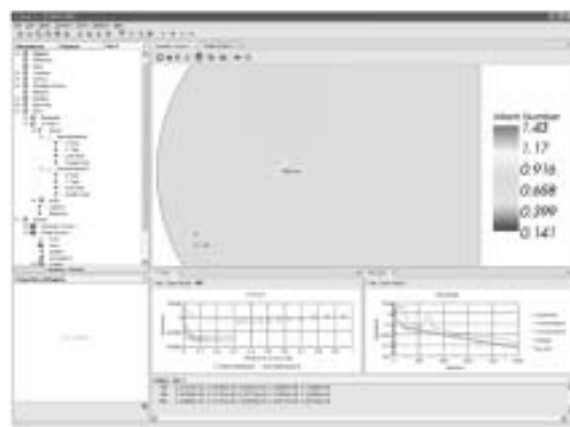


図4：STAR-CCM+の画面イメージ

ユーザーのための共通環境

CD-adapcoグループはSTAR-CD, STAR-CCM, STAR-CCM+とユーザーに負担をかけずに移行できるように3つの共通環境をお約束いたします。

- ・ライセンスの共通化：STAR-CD, STAR-CCM, STAR-CCM+はまったく共通のライセンスを利用します。つまりSTAR-CDのライセンスをお持ちであればソフトウェアのインストールをおこなっていただくだけでSTAR-CCMやSTAR-CCM+をお使いいただけます。
- ・形状ファイルの共通化：共通の形状ファイルフォーマットを利用する事により各プログラム間で形状データを共有いただけます。
- ・結果ファイルの共通化：共通の結果ファイルフォーマットを利用する事により各プログラム間で結果ファイルを共有いただけます。

この3つの共通環境により、状況により3つのプログラムを任意にお使い分けいただけます。例えば、継続しているプロジェクトはSTAR-CDで、新規プロジェクトや次世代機能の検討のためにはSTAR-CCM, STAR-CCM+といった感じで、スムーズに次世代プログラムへの移行をサポートいたします。

おわりに

以上、簡単ではございますがCCMコンセプトにより開発がおこなわれている次世代汎用流体解析プログラムSTAR-CCMおよびSTAR-CCM+についてご紹介させていただきました。

両プログラムともCD-adapcoグループの開発チームでは引き続き各機能の組み込みおよび検証/改良がおこなわれており、STAR-

CCMは来年度上旬のリリースを目指して作業が進められています。またSTAR-CCM+は最新の環境をできるだけ早い段階でみなさまに体験していただくために、まずは高速/高圧縮性流体および回転機器に関する機能が十分検証された時点での先行リリースを検討しております。その後、順次STAR-CCMより混相流解析機能や化学反応/燃焼解析機能などを移植していく予定となっております。

詳細のリリース予定は決まり次第広報させていただきますので、もうしばらくお待ちください。

最後に、弊社といたしましては日本のユーザーにより優れたCFD/CCM環境をご提供し続けられるようにユーザーの声に耳を傾け、開発にフィードバックしていきたいと考えております。どんな些細なご要望でも結構ですので、遠慮なくお聞かせ願えますようよろしくお願い致します。



CFD設計の自動化とエキスパートノウハウのシステム化とは？ ～ターボ機械設計を中心に～

澤 芳幸
株式会社ヴァイナス CFD技術部

1. はじめに

CAEというと、従来は専門のエンジニアの方が大型コンピュータで何日もかけて計算を実行し、長年の経験とノウハウから問題箇所を探し出して改良設計に反映するというプロセスが踏まれていました。しかし、数年前のコンピュータの能力を持った10万円程度のパソコンがそれぞれのエンジニアのデスクに設置されるようになった今、CAE、特に複雑なモデリングが必要で長時間の計算が必要とされてきたCFD（流体解析）は、非常に身近な設計ツールになったと言えます。しかしながら、CAEでは速く計算を実行するだけでなく、シミュレーションの結果をどう引き出すか、どう評価するかがポイントであり、各現場で長年培われたエキスパートの頭脳をどう共有化して活用するかがこれからの課題となっています。

ここでは、ターボ機械を中心に流体解析・構造解析用メッシュジェネレータGridgenと流体解析用インテリジェントポストプロセッサFIELDVIEWを利用した、CFDエンジニアリングの自動化・エキスパートノウハウのシステム化とヴァイナスでのアドオンプログラムの開発事例についてご紹介します。

2. CFDメッシュ生成における自動化とエキスパートノウハウのシステム化

近年のCFDでは、計算精度を重視するために従来はヘキサメッシュのみを使用していたNASAや防衛関係の最先端のエンジニアも、コンピュータの高速化と解析技術の進歩により、テトラメッシュによる非構造メッシュや、ヘキサメッシュとテトラメッシュを両方使用したハイブリッドメッシュを積極的に使用するようになってきました。ただし、このような場合には例えば境界層メッシュを何層、どこへ挿入するかなどまだまだ経験が必要なポイントが多くあります。

また、設計現場では製品性能の向上とコストダウンのため、日々改良設計が行われています。この中でもCFDでの改良設計では、部材の配置や寸法を0.1mm、0.01mmと少しずつ変更しては、メッシュを再生成して計算を繰り返すという作業が必要となります。

このような、メッシュ生成の繰り返し作業を、エキスパートのノウハウを導入して自動化できないものでしょうか？

流体解析・構造解析用メッシュジェネレータGridgenは、ジェット戦闘機の研究開発用としてアメリカ・General Dynamics社やNASAなどの費用により開発され、CFDのプロフェッショナルツールとして長年にわたって全世界で使用されてきました。その理



図1：Blade Master

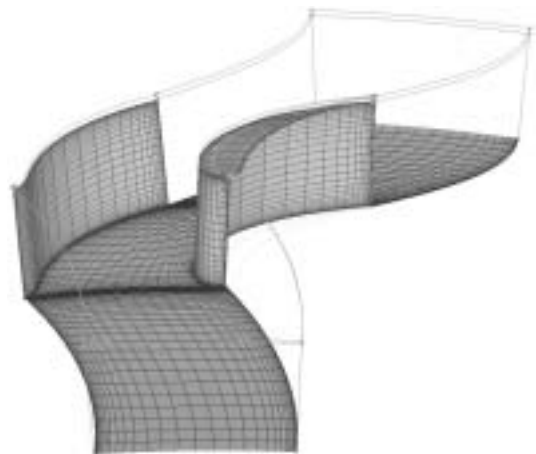


図2：Blade Masterによるメッシュ生成例（軸流タービン）

由は、CFDに必要な不可欠な機能をすべて兼ね備えたメッシュジェネレータであるからです。日本国内でも、自動車、重工業、電気、環境などの様々な分野で活躍しています。そのGridgenが2002年リリースのV14から新たに、自動システム構築機能を搭載しました。この機能によって、メッシュ生成の繰り返しを自動化し、製品に特化したノウハウや経験、コツ、さらにはそれぞれの技術者がもつ癖までもそのなかへ凝縮することが可能となったのです。

ガスタービンや蒸気タービン、ポンプ、コンプレッサなどのターボ機械は、細かなパーツを除けばすべてジオメトリを相似形で表現できます。つまり、1組の軸対象回転面（ハブ面とシュラウド面）と回転面の間に存在する翼で構成されています。したがって、CFDへのモデル化には、

- ・ハブ・シュラウド面の半径-軸方向座標内の2次元形状
- ・翼の3次元座標
- ・翼枚数

が最低限揃った3次元形状を表現することができます。これに、

- ・メッシュタイプ（ヘキサメッシュ・テトラメッシュなど）
- ・各部位でのメッシュ分割数
- ・メッシュトポロジ
- ・境界層格子幅とメッシュ分布

などのメッシュ生成パラメータを加えることで、計算に必要なメッシュを自動生成することができます。

Blade MasterはGridgenアドオンプログラムとして、以上のような基本概念の元でヴァイナスにより開発されたターボ機械専用自動メッシュ生成システムです。Gridgen内のメニューはすべて英語ですが、Blade Masterでは独自のGUIを搭載することで図1に示すようにすべて日本語での操作を可能としました。また、ターボ機械の設計検討では不可欠なハブ・チップクリアランスの設定や境界層メッシュ幅を自動で決定するためのy+入力、周期境界の自動設定など、Gridgen自体の操作習熟やCFDでの経験が必要とされる点がシステムに組み込まれています。これによって、CFD設計の初心者でも、図2のようなエキスパートクラスのCFDメッシュを生成することができます。しかも自動化によって、作業にかかる時間はエキスパートよりもはるかに短時間となります。

3. CFD結果評価における自動化とエキスパートノウハウのシステム化

先にも述べましたが、コンピュータの高速化はCFD設計の可能性を広げ、計算時間の短縮を実現しています。これに伴って、設計現場では計算結果の評価も短時間に行わなくてはなりません。計算結果を短時間で的確に評価するためには、やはりメッシュ生成と同様に、評価の自動化、エキスパートノウハウのシステム化という課題があります。

流体解析用インテリジェントポストプロセッサFIELDVIEWは、1990年にアメリカ・Pratt & Whitney社でのジェットエンジン開発におけるCFDポストプロセッサとして開発されました。FIELDVIEWでは、任意の評価断面での圧力・温度・速度ベクトルの表示やストリームライン、グラフプロット、関数定義などの一般的なポスト処理機能だけでなく、プレゼンテーションに効果を発揮するアニメーション機能や自動評価機能を標準で備え、数千万要素レベルの解析モデルに対応する大規模データ処理も可能です。

FIELDVIEWの自動評価機能にFeature Detectorがあります。これは、渦中心やはく離、再付着線など、設計評価には最も重要となるにもかかわらず、従来ではベクトル図やストリームラインから目視観察で抽出する必要があった現象を、ボタンひとつで自動抽出してくれる機能です。これによって、評価者の個人差や体調によって基準にばらつきが生じやすかった評価結果を標準化し、常に一定かつ冷静な評価が可能になります。

次に、改良設計ではメッシュ生成と同様に、同一の評価手順をわずかに異なる形状や異なる運転条件に対して、数十ケースも繰り返しかえさなくてはなりません。そのうち重要なケースについては報告書にまとめたり、社内ネットワークで共有・閲覧できることが必要不可欠です。

Turbo Reporter V1		
レポート作成日	14年 07月 26日	
データファイル形式	plot3d	
データファイル	C:/vinas/turboreporter/sample_data/rotor37h.e	
Functionファイル	C:/vinas/turboreporter/sample_data/rotor37h.f	
	流入境界	流出境界
絶対速度		
半径方向速度	-225.9918	79.5807
ピッチ方向速度	-331.9628	-254.4598
軸方向速度	177.9352	325.7015
絶対速度		
絶対速度	428.0745	394.6598
流入・流出角度	-0.8687	-0.6070
絶対マッハ数	1.293	1.163
相対速度		
ピッチ方向速度	315.1306	202.4639
絶対速度	428.0745	394.6598
相対マッハ数	1.293	1.163
静圧	83182.39	89429.86
絶対全圧	181350.22	174124.88
相対全圧	181350.22	174124.88
静温	272.4013	286.4408
絶対全温	364.2169	363.9149
相対全温	364.2169	363.9149
流量	96.7205	96.8911
静圧比		1.075
全圧比		0.960

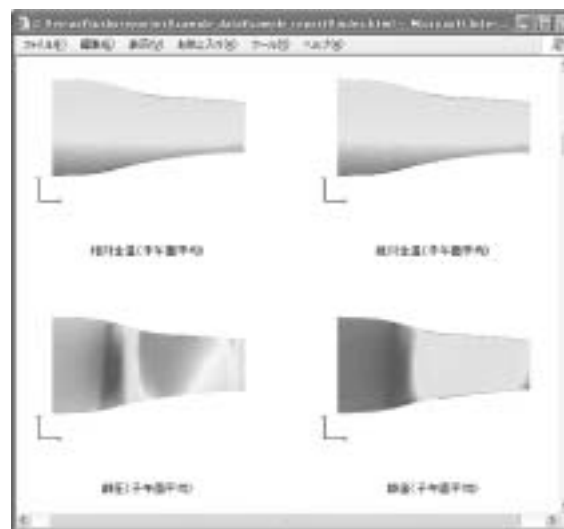


図3: Turbo Reporterによるレポート作成例(軸流コンプレッサ)

ターボ機械設計で、このような繰り返し作業を自動化し、評価レポートをHTML形式で自動出力させるものが、FIELDVIEWアドオンプログラムのTurbo Reporterです。

ヴァイナスで開発したTurbo Reporterは、FIELDVIEWの自動処理機能FVXをベースとし、円筒座標系展開や子午面平均機能など、FIELDVIEWの標準機能では搭載されていない評価手法までも実現しています。操作はデータの読み込みから評価位置の指定、評価指標の設定まで日本語GUI上で行い、HTMLレポートへは圧力・流量・温度・マッハ数などの数値情報やグラフ、画像が日本語キャプション入りで出力されます。(図3) Windowsの共有フォルダでレポートを保存することによって、CFD設計結果をインターネットブラウザで簡単に共有・閲覧することが可能です。

4. おわりに

以上のように、CFD設計ではメッシュ生成と結果評価をいかに省力化・効率化し、そこへ経験豊富なエキスパートの知識を導入して共有するかが大きな課題になっています。今回はターボ機械を中心に紹介しましたが、同様の事例はこのほかにも自動車・航空機の空力設計、車室内の空調設計、環境アセスメントなどへも広がるでしょう。



自動格子生成機能搭載 SCRYU/Tetra

吉川 淳一郎
株式会社ソフトウェアクレイドル

SCRYU/Tetraの開発コンセプト

近年のパーソナルコンピュータの進歩により、CFDが研究開発のみならず、設計初期段階で利用されることが多くなり、利用者も流体解析を専門とする専任者から設計者へと広がっている。

SCRYU/Tetraは、専門知識を持たない設計者でも、簡単な導入教育を受けることにより、大規模ならびに複雑形状の熱流体解析を日常の設計業務のなかで利用できるように開発した製品である。

特に、知識や経験が必要であるメッシュ生成を自動化したことと、最低限必要な設定はウィザードを用いた対話式にすることで、時間的な負荷が大幅に軽減できると考えた。

次に、計算機能に関しては、設計者が計算専用の大型コンピュータを利用するのは稀であると考え、CADが運用されているレベルのパーソナルコンピュータで、設計に必要な規模の解析が行えるように、少メモリおよび高速演算ができるように、計算部分を新規に開発を行った。その結果、SCRYU/Tetraは、パーソナルコンピュータでも800万から1000万要素程度の計算が可能となっている。

SCRYU/Tetraのメッシュ作成

計算対象の形状データは三次元CADまたは応力解析ソフトウェアの形状データやメッシュデータからインポートする。インポートした形状データに対して八分木を作成し、おおよそのメッシュサイズを指定するが、部分指定や特定の面など、細かくしたい部分を任意に指定できる。このメッシュ生成は自動ではあるものの、細かさの指定は計算結果に影響するため、あえてSCRYU/Tetraでは、任意に指定できるようにしてある。

指定した細かさにメッシュ分割（要素分割）するのは、ソフトウェア側が自動で行うため、解析者が操作することは何も無い。また、計算精度を向上させるために、壁面近傍に境界要素を配置するが、これも、配置する面と層厚さ、層数を指定するだけで自動で配置が可能である。

SCRYU/Tetraで自動作成される要素の形状は、四面体と五面体（プリズム、ピラミッド）で、一般に四面体要素での計算は六面体のもより精度が落ちると言われているが、SCRYU/Tetraでは、境界要素を利用することにより、六面体と遜色ない精度を確保している。

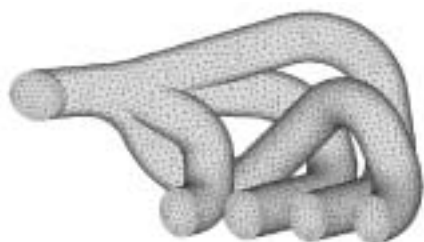


図-1 メッシュ作成例

通常メッシュ作成方法の他に、計算結果や途中経過を参考に、ソフトウェア内でメッシュを調整していく、解適合格子機能

が利用できる。

この機能では、メッシュ作成時に、温度や流速の変化が大きいところは、あらかじめ細かく設定する必要があるが、計算途中でその変化をソフトウェア側が判断し、メッシュを再作成することが可能である。あくまでも計算結果に対して調整を行うため、実測値と比較して正確な解が得られるとは限らないが、メッシュをどのような細かさにするか見当がつかない場合や、流れが複雑で局部的に細かくする必要がある場合などに大変有効であり、少なくとも、メッシュの大きさや配置が不適切であることによる精度低下を防止する効果がある。

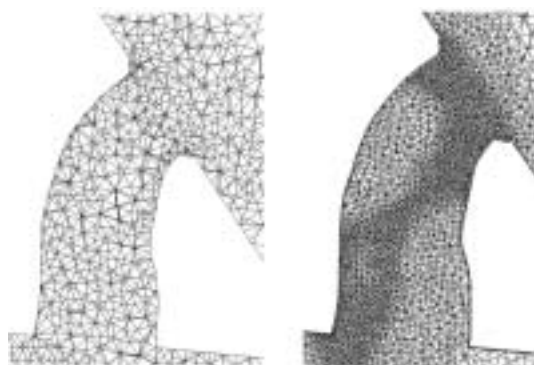


図-2 解適合機能で作成したメッシュ(右)

条件ウィザード

条件設定は、ウィザードにより、ファイル名や物性値、境界条件、計算条件などを指定していく。対話形式で入力することで、熱と流れに関する基本的な設定を完了することができる。

ウィザードは全部で10枚あり、ファイル名、流れ、熱、拡散（ガス濃度）、計算方法、物性値、初期条件、境界条件（流入出の流速など）、発生条件（発熱量など）を設定することができる。



図-3 設定ウィザード例

計算ソルバー

現在、多くの市販CFDソフトには有限体積法が用いられており、SCRYU/Tetraも同様である。ただし、通常は要素中心である物理量定義点を接点で持つことにより、同じ要素数の計算をより少ないメモリで実行できるように工夫している。

また、高速演算と安定性を両立したマトリックスソルバ3種を採用し、簡単な計算であれば数分、実用十分の規模であっても、数時間程度で結果を得ることができる。1000万要素を超える大規模計算の場合には、メモリおよび計算時間の制約から、大型のコンピュータが必要となるため、各種UNIXやLinuxのパラレル計

算版も用意している。また、64bitCPUを搭載したパーソナルコンピュータはメモリの問題を解決する手段として期待が大きく、弊社では複数のCPUに対してテストを終え、OSのリリースを待っている状態である。

乱流モデルは、k - 系モデルを9種類利用できるようになっている。k - モデルは乱れを時間平均で取り扱うため、定常計算ができることと、計算安定性が高いことなどから広く用いられ、流れや熱の状況により適したモデルがある。近年では、LESに代表される高度な乱流モデルもあるが、k - モデルと比較して不安定なことや運用が難しいため、弊社では、これら高度な乱流モデルが安定的にかつ正確に運用できるよう開発を進めている。

結果表示

一般的に、設計段階での評価では数値そのものを用いることが多い。そのため、CFDの結果表示に関しても方向や分布だけではなく、結果を数値として取り出す機能が不可欠である。また、形状が複雑になるほど表現が難しいため、SCRYU/Tetraでは任意断面でのカットや数種類の半透明表示機能、グラフ作成機能などを持っている。

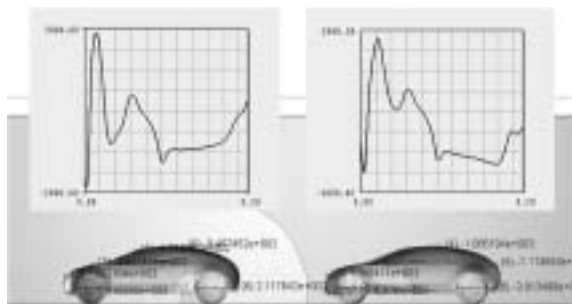


図-4 車体表面の圧力値グラフ

結果表示にはもう1つ重要な役割がある。元々は設計のための計算であったとしても、目に見えない流れや熱の分布を第三者に

伝える手段としてCFDは最適であるため、設計者のみならず、一般の人でも計算した物体の形状や質感、流れの様子を客観的に捉えられる豊富な表現が必要だと考えている。なかでもアニメーション機能は、流れているものを表現するのに最適な方法の1つであり、SCRYU/Tetraでは、あらかじめ視点や移動の軌跡、流れる様子の表現などを指定しておき、自動的に作成することが可能である。

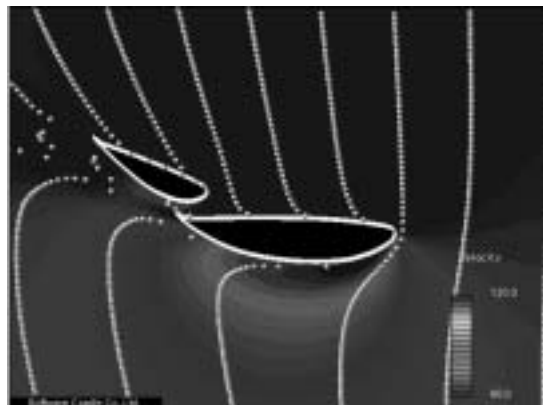


図-5 粒子表現による流れのアニメーション

CFDの今後と課題

これまで、数値解析では「どんな解析ができるか」ということが注目されてきたが、今後は「いかに利用するか」が重要になってくると考えている。現実的な問題として、計算結果をどのように開発や設計に生かしていくのか、または実務に生かせる結果を得るためにはどのような計算をすれば良いのか、という部分で行き詰っている利用者も少なくないはずである。

今後弊社では国産の自社開発という強みを生かし、SCRYU/Tetraをはじめとする、使いやすいソフトウェアを開発してゆくと同時に、利用するためのノウハウの提供など、利用者を技術的、理論的にサポートする体制を強化することで、より多くの研究開発や製品設計にCFDが利用されるよう努力してゆく所存である。

部門からのお知らせ



第17回計算力学講演会のご案内
(計算力学部門 企画)

澤田 恵介
2004年計算力学講演会担当委員長
東北大学

開催日 2004年11月18日(木)~20日(土)

会場 仙台市民会館
(仙台市青葉区桜ヶ岡公園4番1号)

講演プログラム、会場へのアクセス方法、宿泊等の最新情報は下記のホームページで公開しています。定期的にご確認をお願いいたします。

講演会ホームページ

<http://www.cfd.mech.tohoku.ac.jp/cmd2004/>

講演・討論時間

一般講演：15分(講演10分、討論5分)

特別講演I

日時	11月18日(木) 13:30~14:30
場所	仙台市民会館 小ホール(A室)
講演題目	超並列PCクラスタの構築と進化的最適化計算
講師	三木光範(同志社大学工学部教授)

特別講演II

日時	11月19日(金) 13:30~14:30
場所	仙台市民会館 小ホール(A室)
講演題目	ロボットにおける視覚と制御
講師	橋本浩一(東北大学情報科学研究科教授)

フォーラム（話題提供件数、企画者、日時、場所）

f1 電磁流体解析関連技術（4件）

金山寛（九大）

11月18日（木）14：45～17：30 F室

f2 マルチスケール塑性論の数理構造（4件）

長谷部忠司（神戸大）

11月19日（金）14：45～17：30 I室

f3 CAD/CAE/CGの現状と課題（5件）

萩原一郎（東工大）

11月19日（金）16：15～17：30 G室

オーガナイズドセッション（講演件数、オーガナイザー、日時、場所）

os1 電子デバイス実装・電子材料と計算力学（15件）

宮崎則幸（京大） 于強（横国大）

11月20日（土）11：00～16：15 E室

os2 CIP法とその周辺（10件）

矢部孝（東工大） 肖鋒（東工大）

11月20日（土）11：00～16：15 H室

os3 衝撃・爆発に対する防護問題のシミュレーション（6件）

磯部大吾郎（筑波大） 大野友則（防衛大） 藤掛一典（防衛大） 別府万寿博（防衛大）

11月19日（金）14：45～17：30 F室

os4 逆問題解析手法の開発と最新応用（16件）

田中正隆（信州大） 久保司郎（阪大） 井上裕嗣（東工大）

11月20日（土）9：30～16：15 C室

os5 境界要素法の最新応用とその周辺技術（11件）

田中正隆（信州大） 松本敏郎（名古屋大） 天谷賢治（東工大）

11月19日（金）9：30～16：00 C室

os6 相変態解析の新展開（22件）

岩本剛（広島大） 上原拓也（京大） 高木知弘（神戸大） 西村文仁（岩手大）

11月18日（木）10：00～17：30 D室

11月19日（金）9：30～10：45 D室

os7 界面と接着・接合の力学（12件）

古口日出男（長岡技大） 池田徹（京大）

11月18日（木）11：15～17：30 H室

os8 メッシュフリー／粒子法（35件）

矢川元基（東洋大） 野口裕久（慶大） 越塚誠一（東大） 萩原世也（佐賀大）

11月19日（金）11：00～17：30 D室

11月20日（土）9：30～16：15 D室

os9 先端材料の機能性評価と材料設計に関する数理解析（17件）

小沢喜仁（福島大） 菅野良弘（岩手大） 須見尚文（静岡大）

11月20日（土）9：30～16：15 I室

os10 大規模連成解析と関連話題（10件）

金山寛（九大） 塩谷隆二（九大）

11月20日（土）13：30～16：15 G室

os11 材料の組織・強度に関するマルチスケールアナリシス（34件）

仲町英治（阪工大） 大橋鉄也（北見工大） 中曾根祐司（東理大） 志澤一之（慶大）

11月19日（金）9：30～17：30 A室

11月20日（土）9：30～16：15 A室

os12 ポリマの変形と破壊に関するモデリングとシミュレーション（15件）

富田佳宏（神戸大） 志澤一之（慶大） 黒田充紀（山形大） 佐野村幸夫（玉川大）

11月18日（木）10：00～17：30 A室

os13 電子・原子シミュレーションに基づく材料特性評価（24件）

渋谷陽二（阪大） 北村隆行（京大） 東健司（阪府大）

11月18日（木）10：00～17：30 B室

11月19日（金）9：30～12：15 B室

os14 計算力学と最適化（25件）

大林茂（東北大） 山崎光悦（金沢大） 福永久雄（東北大） 轟章（東工大）

11月18日（木）10：00～17：30 I室

11月19日（金）9：30～12：15 I室

os15 熱流体の分子シミュレーション（10件）

井上剛良（東工大） 小原拓（東北大）

11月19日（金）14：45～17：30 H室

os16 生体力学における新しい計算解析手法（27件）

和田成生（東北大） 青木尊之（東工大） 坪田健一（東北大） 小関道彦（東工大）

11月18日（木）10：00～17：30 E室

11月19日（金）9：30～12：15 E室

os17 次世代CAD/CAE（18件）

萩原一郎（東工大） 秋葉博（アライドエンジニアリング） 吉田康彦（サイテック）

11月18日（木）14：45～17：30 G室

11月19日（金）9：30～12：15 G室

os18 流体の数値計算法の新しい展開（8件）

登坂宣好（日大） 近藤典夫（日大）

11月19日（金）9：30～12：15 H室

os19 マイクロスケール流れに対するシミュレーション技術とその応用（5件）

森西晃嗣（京工繊大） 里深信行（滋賀県大）

11月18日（木）10：00～12：15 F室

os20 流体構造連成解析（12件）

久田俊明（東大）

11月19日（金）14：45～17：30 E室

11月20日（土）9：30～10：45 E室

os21 材料の塑性挙動の構成式のモデル化とシミュレーション（9件）

今谷勝次（京大） 長岐滋（東農工大） 渡部修（筑波大） 山田貴博（横国大）

11月19日（金）9：30～12：15 F室

os22 CGと計算力学（10件）

青木尊之（東工大） 白山晋（東大） 鈴木克幸（東大）

11月19日（金）14：45～17：30 B室

11月20日（土）9：30～10：45 B室

os23 相変化・超臨界流体の計算力学（9件）

山本悟（東北大） 阿尻雅文（東北大） 田沼唯士（東芝）

11月18日（木）11：15～17：30 C室

os24 ナノ・マイクロ構造の強度信頼性解析（8件）

笹川和彦（弘前大） 三浦英生（東北大） 坂真澄（東北大）

11月20日（土）13：30～16：15 F室

os25 自然エネルギー利用・環境問題と計算力学（10件）

齋藤武雄（東北大）、伊藤定祐（神奈川工大）、阪田升（環境シミュレーション）

11月20日（土）9：30～12：15 F室

os26 乱流、反応流、混相流などの解析モデルと数値手法（13件）

谷口伸行（東大）、小尾晋之介（慶応大）

11月20日（土）11：00～16：15 B室

os27 社会・環境シミュレーション（9件）

吉村忍（東大）

11月20日（土）9：30～12：15 G室

一般セッション（講演件数、日時、場所）

gs1 振動解析（5件）

11月19日（金）16：15～17：30C室

gs2 車両と航空宇宙機（5件）

11月20日（土）9：30～10：45H室

gs3 有限要素法関連技術（4件）

11月19日（金）14：45～16：00G室

gs4 き裂解析（6件）

11月18日（木）10：00～12：15 G室

部門賞授賞式および懇親会

日時：11月19日（金）18:00～20:30

場所：仙台市民会館展示室

参加登録

参加登録の手続きは当日受付で行います。下記の登録料を現金でお支払いください。

会員 10,000円、学生員 2,000円

会員外 15,000円、会員外学生 3,000円

ただし、会員・会員外の登録者には講演論文集をお配りいたしますが、学生員・会員外学生の登録者には別売りとなります。

講演論文集

複数冊の講演論文集をご入用の方および学生員・会員外学生の登録者で希望される方には受付で販売いたします。

登録者特価 5,000円

講演会に参加されない方で講演論文集をご希望の方は、申込書を<http://www.jsme.or.jp/gyosan0.htm>からダウンロードし、必要事項を記入して、代金を添えてお申し込み下さい。講演会終了後に発送いたします。

会員特価 5,000円、会員外 8,000円

なお、本講演会終了後は講演論文集の販売はいたしません。入手ご希望の方は講演会にご参加いただくか、または開催前に予約申込みをして下さい。

講演会に関する問い合わせ先

日本機械学会計算力学部門担当 曾根原雅代

Tel：03-5360-3502 / Fax：03-5360-3508

Email：sonehara@jsme.or.jp



第18回計算力学講演会のご案内

阿部 豊

2005年度計算力学講演会担当委員長

筑波大学大学院システム情報工学研究科構造エネルギー専攻

開催日：2005年11月19日(土)-21日(月)

会場：筑波大学春日地区

これまでつくば市は、新たに作られた研究学園都市として、筑波大学や工業技術院の研究所を始めとする国や企業の教育研究機関が多数集中する教育と研究の都市として発展してまいりました。

数年前からは、国立研究所の独立行政法人化が行われ、産業技術総合研究所を始めとする新たな研究所ができております。昨年10月には、旧宇宙開発事業団を始めとする宇宙関係の3研究所が統合されJAXAとなっております。

筑波大学も、昨年10月、全国に先駆けて、国立大学の統合を、図書館情報大学との合併により実現いたしております。また、本年4月からは、他の国立大学と同様、国立大学法人として新たな出発をいたしております。

現在、つくば市では、つくば新線（TX）と呼ばれる第三セクターの電車路線が、来年11月の開業を目指して建設されております。来年11月の開業後には、つくば市中心地区と東京秋葉原を、最速45分で接続することになる予定です。この新線の建設に伴って、現在のつくば市内の町並みも、大きく変貌しつつあります。

このような、つくば市内の産官の研究所や筑波大学にとってだけでなく、日本の産業にとっても大きな転換の時期に、機械学会の主要な部門の一つである計算力学部門の主力講演会を、つくば市で開催することになりましたことには、大変意義があるものと考えております。

今回の開催にあたりましては、筑波大学ならびに産業技術総合研究所を始めとするほぼ全ての研究所から実行委員のご就任を御願ひし、「オールつくば」を結集して、計算力学講演会の実施に当たりたいと考えております。また、新たなつくば新線開業とそれに伴う新しいつくば市、ならびに図書館情報大学と統合された新しい筑波大学を知っていただくという意味からも、旧図書館情報大学のキャンパスである筑波大学春日地区にて、第18回計算力学講演会を開催させて頂くことといたしました。

計算力学部門は、計算力学というキーワードを軸に、理論的な研究から計算機を用いた数値シミュレーションまで、さらには流体や熱的な物理から構造や材料などの物性的なものなどまで、極めて広い範囲の分野を網羅いたしております。今回の計算力学講演会での出会いから、様々な分野の方々の交流を通して、新しい研究分野への新たな展開などに貢献することができればと期待いたしております。

現在講演会の開催日ならびに会場を決定することができ、実行

委員会も立ち上げることができましたが、今後、研究発表の募集につきましては、会員各位からの多数のお申し込みを頂戴したいと存じます。また、オーガナイズドセッション、フォーラム、ワークショップ等の様々な企画をご提案をお待ちいたしております。計算力学に関係する分野の方々の活発な交流や討論が行われるよう、現地として準備をすすめて行く所存です。会員の皆様方のご支援とご協力を賜りますよう紙面をお借りして御願い申し上げます。

連絡先：
(委員長) 阿部豊

国立大学法人筑波大学大学院システム情報工学研究科
構造エネルギー工学専攻
〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL&FAX: 0298-53-5266
E-mail: abe@kz.tsukuba.ac.jp
(幹事) 手塚明
産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
製造プロセス数理解析研究グループ
〒305-8564 茨城県つくば市並木1-2-1つくば東
TEL: 029-861-7111, FAX: 029-861-7148
E-mail: tezuka.akira@aist.go.jp



2005年度年次大会の部門企画について

青木 尊之
2005年度年次大会担当委員長
東京工業大学 学術国際情報センター

メーリング・リスト等でお知らせしておりますとおり、2005年9月9日(月)～22日(木)の4日間(ただし、9月19日は市民開放行事)にわたり電気通信大学(東京都調布市)を主会場として2005年度年次大会が開催されます。計算力学部門が関連するオーガナイズド・セッションは、既に以下の19件が決まっております。

1. 大規模連成解析と関連話題
金山寛(九大)、塩谷隆二(九大)
2. 解析・設計の高度化・最適化(合同企画: 設計工学・システム部門)
山崎光悦(金沢大)、他5名
3. 流体情報学と可視化(合同企画: 流体工学部門)
大林茂(東北大)、藤代一成(お茶の水女子大)、早瀬敏幸(東北大)
4. 締結・接合部の力学とプロセス(合同企画: 機械材料・材料加工部門、材料力学部門)
服部敏雄(岐阜大)、宮下幸雄(長岡技科大)、荒居善雄(埼玉大)
5. 粒子法による先端シミュレーション
越塚誠一(東大)
6. 有限要素法の最近の動向/メッシュフリー法
野口裕久(慶大)
7. ここまで来たCIP法とその将来
矢部孝(東工大)、肖鋒(東工大)
8. 次世代CAD / CAE
萩原一郎(東工大)、他3名
9. メッシュ生成
萩原一郎(東工大)、田辺誠(神奈川工大)
10. 計算マイクロ・ナノメカニクス(合同企画: 材料力学部門)
中谷彰宏(阪学)、泉聡志(東大)、屋代如月(神戸大)
11. 社会・環境シミュレーション
吉村忍(東大)
12. 電子情報機器、電子デバイスの熱制御と強度・信頼性評価(合同企画: 材料力学部門、熱工学部門、情報・知能・精密・機器部門)

13. 複雑流れ現象への計算手法
登坂宣好(日大)、近藤典夫(日大)
14. 乱流、反応流、混相流などの解析モデルと数値手法(合同企画: 流体工学部門、熱力学部門)
谷口伸行(東京大学)、他3名
15. 計算生体力学におけるマルチスケール・マルチフィジックス問題(合同企画: バイオエンジニアリング部門)
和田成生(東北大)、他3名
16. 直交適合格子による計算手法
青木尊之(東工大)、小川隆申(成蹊大)
17. 量子・分子熱流体工学(合同企画: 熱工学部門、流体工学部門)
井上剛良(東工大)、新美智秀(名大)、芝原正彦(阪大)
18. マルチボディダイナミクスの新展開(合同企画: 機械力学・計測制御部門)
清水信行(いわき明星大)、萩原一郎(東工大)他
19. 細胞の構造と流れのメカニクス(合同企画: バイオエンジニアリング部門、流体工学部門、材料力学部門)
大島まり(東大)、他3名

また、1. 基調講演、2. 先端技術フォーラム、3. ワークショップ、4. 新技術開発リポート、5. 新企画行事などの特別行事につきましては現在、企画を募集中です。ご提案を2004年12月24日(金)までに下記あて(e-mailあるいはFax)お送りいただきたくお願いいたします。詳細は、年次大会のホームページ<http://www.jsme.or.jp/2005am/>をご覧ください。年次大会と部門活動の活性化のために、是非、積極的なご協力をよろしくお願いいたします。

<問い合わせ・申込み先>
青木尊之(東京工業大学・学術国際情報センター)
Tel: 03-5734-3667 / Fax: 03-5734-3276
taoki@gsic.titech.ac.jp



書評

構造工学ハンドブック

矢川元基、都井裕、萩原一郎、
奥田洋司、神田順 共編

丸善 2004年3月 1006頁 税込 37,800円
(ISBN: 4-621-07380-X)

菊池 正紀

東京理科大学理工学部機械工学科

20世紀の後半、有限要素法を始めとする数値解析技術が、工学の各部門の問題解決に多大な貢献をしたことは記憶に新しい。さらにそれと密接に結びついた情報技術の進歩は数値シミュレーションの適用範囲を医学、理学、農学などの他分野へもひろげることで、新しい学際的分野が多数生まれることとなった。本書はこうした動向を、「構造工学」という切り口から体系化しようとする試みである。

確かに人類の文明は、古くはピラミッドに始まり近年の超微細機器に至るまで、構造工学の知識が支えてきたものであることは間違いない。従来、機械学会において実験力学、計算力学などと部門別に分類してきたものも、「構造工学」の視点に立

てばひとつの体系とみなすことができる。

例えば筆者が大学で講義している材料力学にしても、従来の伝統的講義法のみでは21世紀に必要とされる技術者を養成するには不十分であり、本書のような幅広い視点に立った教育が必要なことは明らかである。本書のように従来の枠にとられない斬新な切り口で工学をもう一度整理することは、今後の工学教育の展開にとっても誠に意義深いことである。

本書の内容は、材料全般の基礎から始まり、力学、強度と破損、連成力学、動的現象、数値解析、実験、逆解析、リスクベース、最適化、構造設計法、ナノ・マイクロ構造、バイオ構造、応用事例の紹介、と全14章から成っている。各章は、基礎的な定義、基礎式、用語の解説など、入門書としても役立つ内容から始まり、それぞれの分野での研究の最前線の成果を紹介している。執筆者はそれぞれの分野での日本の第一線の研究者たちであり、本書を概観すれば日本と世界のこれらの分野の最前線の状況が理解できるであろう。

筆者の世代にとって「有限要素法ハンドブック」(培風館)が工学問題の数値解析全般への一種の辞書としての役割を果たしてくれたのと同様、この本は「構造工学」全般に対する辞書の役割も果たすことが期待できるであろう。残念ながら値段は安いとはいえないので、個人で買うよりは研究室に是非一冊、とお勧めしたい(出版社に怒られるであろうか)。



書評

並列有限要素解析[1] クラスタコンピューティング

奥田洋司(東京大学助教授 工博)
中島研吾(東京大学助教授 工博)共編
培風館 2004年7月 205頁 本体6,600円
(ISBN: 4-563-06738-5)

白崎 実

理化学研究所

ものづくり情報技術統合化研究プログラム

本書は、通称「GeoFEM」と呼ばれる、「並列有限要素法固体地球シミュレーションプラットフォーム」を具体的な並列有限要素法コードとして取り上げ、解説を行ったものである。GeoFEMは、科学技術庁(当時)の科学技術振興調整費「高精度の地球変動予測のための並列ソフトウェア開発に関する研究(平成10~14年度)」における1プロジェクトとして開発されたものである。「並列有限要素法 [1] クラスタコンピューティング」というタイトルがついているが、必ずしも並列有限要素法一般について記述されたものではない。それは、後述する構成からも見て取れるとおりである。

実際、私も本書を最初に手に取ったときに、タイトルと目次内容との間に隔たりがあるような印象を持った。しかし、本書を読み進めて、(著者には大変失礼な話ではあるが)「このタイトルも妥当だな...」という思いに変わったのもまた事実である。というのは、ひとりで「並列有限要素法」といっても、利用される技術や考慮すべき課題は、ターゲットやアプローチによって大きく異なる。このため、一般的なトピックを網羅しようとするれば、抽象的な概論に終始してしまうことにもなりかねない。対して、本書では、対象をGeoFEMに限定しており、かなり踏み込んだ内容にまで触れることができる。GeoFEMのターゲットは並列計算機を有効利用しての大規模解析であることが

ら、細部に違いがあったとしても、同様のテーマを扱う学生、研究者、技術者にとって得るものは多いと思われる。

本書の構成を大まかに記す。第1部(1、2章)は「GeoFEMの背景と概要」となっており、GeoFEMの概要と戦略、代表的な成果について述べられている。第2部(3~6章)の「GeoFEMプラットフォーム」では、GeoFEMの例を中心に並列有限要素法の広い範囲にわたる記述がある。有限要素法についての基本的な知識は必要であると思われるが、並列有限要素法入門として一読の価値があるだろう。第3部(7~12章)は「GeoFEMによる大規模シミュレーション」となっており、大規模シミュレーションの実施例(7、9、11、12章)と実装・評価に関するトピック(8、10章)を紹介している。最後の第4部(13~22章)は「GeoFEM Version 6.0 使用法」であり、GeoFEMのいわば利用マニュアルになっている。

並列有限要素法入門書としてみた場合、特に第2部が興味深かった。3章では、節点ベースの領域分割と領域間通信、線形ソルバの並列環境における前処理などについて丁寧な説明がされている。また、5章では、線形ソルバに対して、MPIのみを用いた並列プログラミングモデルとノード内OpenMP・ノード間MPIを用いたハイブリッド並列プログラミングモデルについて、オーダリング手法を含めての比較検討がされている。これには、もちろんベクトルプロセッサを有効に利用することも含まれる。対象としている計算機は地球シミュレータであるが、議論されている内容には、分散メモリ型アーキテクチャ・SMP・ベクトルプロセッサのすべてに対する配慮が含まれており、計算機の性能を「搾り出す」ためのアプローチが多く記載されている。

ただ、種々の制約があったためと考えられるが、多くの項目を詰め込み過ぎた感があるのも否めない。本書を並列有限要素法入門書と位置づけるのであれば、第2部の内容がもう少し詳しくければ、なおよかったのではないかと思われる。とはいえ、これから並列有限要素法を学ぼうとする学生、研究者、技術者にとって、本書はわかりやすくまとめられた一冊と言えるだろう。

部門役員名簿

部門長	中橋 和博	東北大学	年次大会担当委員会 (2004)
副部門長	富田 佳宏	神戸大学	[委員長] 成田 吉弘 北海道大学
幹事	磯部 大吾郎	筑波大学	[幹事] 加藤 博之 北海道大学
運営委員会委員			年次大会担当委員会 (2005)
	藤川 重雄	北海道大学	[委員長] 青木 尊之 東京工業大学
	澤田 恵介	東北大学	[幹事] 姫野 武洋 東京大学
	田中 正隆	信州大学	計算力学講演会担当委員会 (2004)
	畔上 秀幸	名古屋大学	[委員長] 澤田 恵介 東北大学
	須賀 一彦	(株)豊田中央研究所	[幹事] 上野 和之 東北大学
	山下 博史	名古屋大学	計算力学講演会担当委員会 (2005)
	関東 康祐	豊橋技術科学大学	[委員長] 阿部 豊 筑波大学
	梶島 岳夫	大阪大学	[幹事] 手塚 明 産業技術総合研究所
	松本 充弘	京都大学	表彰担当委員会
	多田 幸生	神戸大学	[委員長] 宮崎 則幸 京都大学
	熊本 秀喜	川崎重工業(株)	[幹事] 野口 裕久 慶應義塾大学
	西田 秀利	京都工芸繊維大学	計算力学企画・普及委員会
	多田 直哉	岡山大学	[委員長] 矢川 元基 東京大学
	平田 英之	香川大学	[幹事] 白鳥 正樹 横浜国立大学
	岡田 裕	鹿児島大学	将来問題検討委員会
	鶴田 隆治	九州工業大学	[委員長] 富田 佳宏 神戸大学
	野口 裕久	慶應義塾大学	[幹事] 長嶋 利夫 上智大学
	武正 文夫	石川島播磨重工業(株)	計算力学教育認定検討委員会
	山口 誉夫	群馬大学	[委員長] 吉村 忍 東京大学
	鳥垣 俊和	日産自動車(株)	[幹事] 長嶋 利夫 上智大学
	榎本 俊治	(独)宇宙航空研究開発機構	電子材料、電子・情報機器関連技術委員会
	佐竹 信一	東京理科大学	[委員長] 宮崎 則幸 京都大学
	海保 真行	(株)日立製作所	[幹事] 于 強 横浜国立大学
	川上 崇	(株)東芝	熱工学関連技術委員会
	宮内 敏雄	東京工業大学	[委員長] 小尾 晋之介 慶應義塾大学
	斉藤 直人	(株)日立製作所	[幹事] 店橋 護 東京工業大学
	向井 稔	(株)東芝	最適設計技術委員会
	太田 有	早稲田大学	[委員長] 山崎 光悦 金沢大学
	天谷 賢治	東京工業大学	[幹事] 多田 幸生 神戸大学
	青木 尊之	東京工業大学	計算力学教育技術委員会
総務委員会			[委員長] 白鳥 正樹 横浜国立大学
[委員長]	中橋 和博	東北大学	[幹事] 三好 俊郎 東海大学
[幹事]	磯部 大吾郎	筑波大学	計算力学の歴史年表編纂技術委員会
広報委員会			[委員長] 矢部 孝 東京工業大学
[委員長]	中橋 和博	東北大学	[幹事] 萩原 一郎 東京工業大学
[幹事]	荒井 政大	信州大学	流体関連技術委員会
[幹事]	西浦 光一	積水化学工業(株)	[委員長] 谷口 伸行 東京大学
事業企画委員会			[幹事] 小野 謙二 東京大学
[委員長]	富田 佳宏	神戸大学	設計工学関連技術委員会
[幹事]	長嶋 利夫	上智大学	[委員長] 萩原 一郎 東京工業大学
			[幹事] 松岡 由幸 慶應義塾大学

《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 曾根原雅代 E-mail: sonehara@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.33 : 2004年11月5日発行

編集責任者 : 広報委員会委員長 中橋和博

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幹事までご連絡ください。

広報委員会 幹事 西浦光一

積水化学工業株式会社 環境・ライフラインカンパニー 京都研究所 ESSプロジェクト

〒601-8105 京都市南区上鳥羽上調子町2番地の2

Tel.075 (662) 8531 Fax 075 (662) 8586 / E-mail: nishiura001@sekisui.jp