



COMPUTATIONAL MECHANICS

計算力学部門ニューズレター No.28

April, 2002



部門長就任にあたって

矢部孝

東京工業大学 大学院理工学研究科 機械物理工学専攻

この度、第80期部門長を仰せつかりましたが、小規模な学会をはるかに超す5300名という登録者を抱えた本部門を運営することの難しさを実感し始めております。過去の部門長および運営委員会の皆様のご努力により、充実した部門運営がなされてきておりますので、この上に今期の運営委員会が劇的な改良を加えるということは望むべくもありませんが、多少なりともユニークで有意義な企画を加えてゆければ幸いです。

計算力学部門として、部門登録者の方々に何を提供できるかということが最も重要な課題ですが、皆様が計算力学部門登録者であることを認識するのは、ニューズレターと部門講演会くらいではないでしょうか。これ以外にも、ホームページや講習会、研究会等多彩な企画が出されております。折角、立派なホームページを作っていただきましたが、残念ながら大多数の方には、せいぜい講演会の申し込み等の機会でしか見ていただいていないような気がします。これから新運営委員の方々とともに、皆様を訪れたいようなホームページを企画してゆく所存ですが、その準備として今期よりホームページを充実させるため、専門業者に補助を依頼することに決定いたしました。体裁は綺麗になるとは思いますが、それだけではなく皆様方がアクセスしやすいホームページで、かつそこに行けば計算力学に関係するあらゆる情報源へとつなげることができ

るようにしてゆくことも考えております。また、大学・官庁・企業等のホームページともリンクを張り、計算力学部門に属している方々がどのような研究をなさっているのかを検索できるようなシステムも有益ではないかと存じます。これにより、計算力学部門が大学と企業とを結ぶための大きな役割を担えるような場を作り上げてゆくことができるのではないのでしょうか。

計算力学部門の果たす役割にはいくつかあると思いますが、そのいくつかは1) 情報交換・交流の場を提供する。2) 日本で芽生えた新しい技術を支援する。3) 学会員が悩む困難な問題を解決する研究を紹介する。4) 大学で行われた研究の技術移転等々。言葉で言うのは簡単ですが、これを有効に機能させるのは困難です。いくら名講義をやっても学生が寝ていては何も意味がないのと同じです。起きている学生を感動させることはできても、寝ている学生を起こして感動させるのは大変です。部門の活動でも、上記の重要性を理解している人たちには、ただその場を提供するだけでいいのですが、そうでない人には、部門の活動が強要としか思えないかもしれません。

一番難しいのは、部門講演会等の公開の場に現れない問題にこそ重要なテーマが潜んでいることです。企業の中には、「このような計算は当分できないだろう」と思って、計算には興味のないところも多いのです。計

算力学部門に登録している方たちは、すでに計算に理解を示している方たちばかりですが、登録していない方たちに、「できる」計算の情報を如何に伝えるかも考えて行く必要があります。すでに、計算をやっている方でも、一步、分野が異なれば同様です。最近の計算技術は、これらの人々の常識を打ち破るところまでできていますが、それでも実際の利用にはちょっと遠いこともあります。これらの萌芽的な技術を（金銭的には無理ですが）精神的に助ける役目を本部門が果たすべきであると信じております。こうした新しい技術をホームページやニュースレター、部門講演会等を通じて、少しでも多くの方々の目につく場を提供できればと思います。

世の中には、市販のコードで十分であるという方も多いでしょう。ある部分ではそういうところも増えてきています。しかし、巨大な市場はまだ眠っていると思っただ方がいいでしょう。私は非常に多くの企業の方と接しております関係で、市販のソフトが対応しているのは氷山の一角であると確信しています。残念ながら、こうした水面下の巨大な氷の塊は、大多数の方の目には触れていないことが多いのです。一番問題なことは、市販のコードがあるが故に、その分野はすでに終わったと公言する方がいらっしゃることです。この言葉で、貴重な研究が少しずつ消えて忘れ去られて行くことも多いのです。ノーベル賞受賞者の朝永博士は、「バカ会」というゼミでは、絶対にアイデアに文句をつけないという規則をつけていたそうです。ノーベル賞学者を多数育てたラザフォード卿も、アイデアのユニークさに重きをおき、間違っているかどうかは問わなかったそうです。こうした雰囲気は計算力学部門に根付かせたい気がします。

これと似たようなことですが、計算アルゴリズムの開発は終わったと公言する人がよくいます。私は、逆にまだ始まったばかりだと断言します。ただ、結果はどうであれ計算が動くということだけであれば、流体でいうところの一次精度の風上差分でアルゴリズムは終わったのです。確かに1960年代で終わっています。では、その後なぜそれ以上の手法を追い求めて多数の研究者が時間を費やしたのでしょうか？ それは計算機の能力が常に有限であるからです。例えば、従来の計算法では1万倍のメッシュを使えば計算できるでしょうが、同じ計算を新しい手法を用いて1台のパソコンでやれる人と従来法で超並列スーパーコンピュータでやらなければならない人とではどちらが得かは明らかです。うそみたいな話ですが、こうしたことが現実に起こっています。

パソコン1台での結果が、数10テラフロップスという速度のアメリカの巨大計算プロジェクトASCIIの計算機で行われたものと同じ結果を出した例もあります。

このような金さえ積みばできるのはまだいい方で、現実にはどんなコンピュータを使っても無理だろうと思えることが多数あります。原子まで含めてこの世の中全部を計算すれば原理的には何でも計算できるでしょうが、そうすると計算をしている計算機までこの計算に入ってしまうという笑い(?)話があります。どこかで何かを近似しなくてはならないのは間違いありません。例えば、分子動力学でも、一つ一つの分子内の電子軌道を内殻軌道まで含めて、正確に解くことができるかという問題があります。信じられないかもしれませんが、一つの原子でさえも、未だに正確に解けていないのです。ある軌道から別の軌道に遷移する確率を行き先の軌道全体について足すと、1にならなければなりません。これを「sum rule」と呼んでいます。現在、これを満たすシュレディンガー方程式の解法はありません。遷移確率は軌道同士の裾野の重ね合わせですから、遷移確率の桁が違うようなこともめずらしくありません。そんな状況で、分子動力学のレベルまでこれを完全につなぐなどということは21世紀で実現するかどうかもわかりません。そこで、色々な工夫が生まれてくるのです。こうした、不可能に挑戦する中に色々な知恵が生まれてきます。これに類する難問は固体から流体等色々な分野に共通して存在します。そういう意味で、計算力学部門は、部門が改めて支援する必要のないほど活気あるバラ色の部門であると思います。むしろ、この楽しさを若い人たちのやる気をそぐことなく知らせることが部門に課せられた役割でしょう。

また、大学に身をおくものとして、自分の研究を現実に役に立つレベルまで完成させて技術移転を行うという意識が希薄であったと反省しております。これからは、こうした技術移転と産業界との交流が重要となり、本部門の果たす役割も問われてくることと存じます。

以上、色々書いてきましたが、計算力学部門に入って良かったと思えるような、他部門が協力したくなるような魅力ある部門を目指して、短いですが今年一年努力してゆく所存ですので、皆様のご協力をよろしくお願いいたします。



部門長退任に際して

田中正隆
信州大学 工学部 機械システム工学科

日本経済の低迷が長期にわたって続き、デフレヘッジで事態が進行しているように見受けられます。このような状況下では、日本機械学会のみならずその一部門である計算力学部門の運営にも困難が伴い、学会組織・運営に変革が迫られているといえます。このような厳しい時期にありながら、大過なく部門長の任期を終えることが出来ますのは、ひとえに皆様方のご支援のお陰であり、まずもって厚くお礼申し上げます。

本年度は、日本機械学会の財政制度が大きく変わった最初の年度なので、運営には多少の不安を感じておりました。財政制度変更の要点は、〔1〕部門への直接交付金の増額と交付金への部門活動の反映、〔2〕学会事務局の部門への無償事務代行サービスの大幅削減、ということになるでしょう。〔1〕は、本年度の部門運営にはまだ影響を与えることはなかったのですが、本年度の部門活動が評価されて次年度の部門交付金に影響を与えるはずですが、また、〔2〕については部門協議会での審議により、とりあえず暫定的に部門交付金の13%を学会事務局に事務代行経費として支払うことになりました。より合理的な財政制度が必要ですので、そのための施策が次年度も引き続き議論されるはずですが、

計算力学部門では、上記の財政制度の変更を考慮しつつ、本年度は部門活動の評価をより高めるという基本方針で活動してきました。部門主催の計算力学講演会への企業関係者の参加を増やすという願いを込めて、部門一般表彰規定をこのたび改定し今年度の第14回計算力学講演会（北大・札幌）から、企業の優れた技術発表を部門で表彰する「最優秀技術講演表彰」を新設することになりました。このことはまだ周知されていないのでその効果は分かりませんが、我々の願いが受け入れられ次年度から徐々に効果が現れるものと確信しております。また、部門の技術委員会を可能なかぎり研究会に移行する措置を講じました。これにより、研究会活動を通じて、最新研究情報の交換や講演会でのトピカルな話題に関する種々の企画がより積極的に推進されるように願っています。さらに、ポテンシャルの高いいくつかのグループにご協力いただき、講習会やミ

ニ・シンポジウムなどの企画を積極的に行ってもらいました。

さて、本部門は力学と情報（計算）を融合した学際分野にあり、この分野で活躍する計算力学エンジニアの重要性が増しているにも係わらず、必ずしも社会的に十分に認知されているとは言えない状況にあります。本部門が中心になって「計算力学教育」の整備を推進し、「計算力学専門技術者（技術士）」の教育・認定作業に協力してゆくべきです。すでにご報告した通り、本部門では「計算力学教育認定検討委員会」（吉村忍・委員長）を発足させ、社会的なニーズの把握と認定すべき知識・技能の範囲の明確化、その認定方式などについて検討をしてきました。そして、この結果をふまえて、学会全体の認定作業にかかわる動きの中でのすり合わせをしてきました。この流れのなかから、次年度辺りから部門のさらなる進展に寄与する新しい動きが生ずるものと確信しています。

計算力学部門は技術変革の激しい学際分野に位置し、つねに時代の先端を駆け抜ける必要に迫られています。そのためには、明確な理念を持って将来構想を立てて運営をしなければなりません。幸いにして、次年度は矢部先生と宮崎先生を中心にした強力な運営体制が取られることになっています。引き続き、ご支援とご協力をお願い申し上げます。



2001 年度計算力学部門賞贈賞報告

宮内敏雄

表彰担当委員会委員長／東京工業大学 大学院理工学研究科 機械宇宙システム専攻

計算力学部門では、1990年度より部門賞として功績賞、業績賞を設けています。功績賞は、学術、技術、学会活動、出版、国際交流などで計算力学の発展と進歩に幅広くまた顕著な貢献のあった個人を、業績賞は、計算力学の分野で顕著な研究また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、2000年度までに功績賞19名、業績賞20名の方々がそれぞれ受賞なさっています。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。

2001年度の部門賞については、当ニューズレターNo.26に推薦依頼のご案内を掲載し、2001年6月29日までに推薦のあった候補者の方々に選考委員による慎重かつ厳正な審査を行った結果、8月28日の部門拡大運営委員会において次の方々が受賞者に決定されました。

功績賞 北川浩教授（大阪大学大学院工学研究科）

功績賞 Francis H. HARLOW 博士

（米国 Los Alamos National Laboratory）

業績賞 仲町英治教授（大阪工業大学工学部）

業績賞 西岡俊久教授（神戸商船大学商船学部）

業績賞 宮崎則幸教授（九州大学大学院工学研究院）

これを受けて、第14回計算力学講演会（北海道大学）の会期中の11月29日に部門賞授賞式を開催し、これらの方々に英文表記された記念の楯をお贈りしました。

以下に、受賞者の方々をご紹介します。

北川浩先生は、計算固体力学の分野において顕著な研究業績を挙げられるとともに、計算力学部門の発展に大きく貢献なさいました。先生は、弾塑性体の大変形解析のための基礎理論、それに基づく有限要素解析手法を確立され、これらに関連する数々の業績を挙げられました。また、分子動力学法による原子・分子スケールからの材料強度評価法を確立され、計算固体力学の新たな分野を切り開くとともに現在もこの分野をリードしておられます。一方で、計算固体力学分野の研究者の育成にも尽力され、当部門においても先生の指導を受けた多くの研究者が活躍しています。また、当部門においては、研究会・分科会の主査、各種委員会の委員長を歴任され、講習会・シンポジウムの開催にも尽力なさいました。そして平成11年度には部門長を務められ、部門の発展に大きく貢献なさいました。先生のご略歴は次の通りです。

1963年 大阪大学工学部卒業

1968年 同大学院工学研究科博士課程修了（工学博士）

1968年 大阪大学工学部助手

1968年 同助教授

1987年 同教授

1997年 同大学院工学研究科教授 現在に至る

Francis H. HARLOW 博士は、数値流体力学の分野において、

世界的に重要な多数の業績を挙げられました。博士の提案された非圧縮性流体の計算法であるMAC法は、現存する全ての非圧縮性流体解析コードに応用されています。このMAC法を用いて世界で初めてミルククラウンのシミュレーションに成功され、これは雑誌サイエンスの表紙を飾りました。また、水などの非圧縮性流体と空気などの圧縮性流体を同時に扱うICEと呼ばれる手法を提案されましたが、この手法はエンジンのガソリン燃焼解析などに現在でも使われており、最近注目されている固体・液体・気体の統一解法の基礎にもなっています。さらに、乱流の効果を流体に含めるためのモデルとして最初に実用化されたk-ε乱流モデルを提案されました。以上のように、現在の数値流体力学の基礎はほとんどHarlow博士によって提案されたと言っても過言ではなく、その業績は数十年の時を超えて影響を与え続けています。博士のご略歴は次の通りです。

1949年 University of Washington（理論物理学）卒業

1953年 University of Washington（理論物理学）Ph.D.

1953年 Los Alamos National Laboratory 研究員

1959年 同Fluid Dynamics Group リーダー（～1973年）

1981年 同フェロー 現在に至る

仲町英治先生は、計算固体力学の分野において、主に材料創製・成形加工・構造強度に関する多くの重要な業績を挙げられました。先生は、静的陽解法弾塑性有限要素法、および、弾／結晶粘塑性有限要素法に関する基礎的研究を行われ、これらに基づいて開発された板材成形加工などの解析コードは国際的にも高く評価されています。また、応用としての材料・加工・構造の統合的解析・設計システム構築に関しては、世界をリードする独創的研究を行われ、産業界で広く利用されている有限要素解析や最適設計の技術の確立に大きく貢献されています。先生のご略歴は次の通りです。

1973年 熊本大学工学部卒業

1975年 大阪大学大学院工学研究科修士課程修了

1975年 八代工業高等専門学校助手

1979年 工学博士（大阪大学）

1979年 八代工業高等専門学校講師

1983年 同助教授

1989年 大阪大学工学部助教授

1995年 大阪工業大学工学部教授 現在に至る

西岡俊久先生は、計算固体力学の分野において、特に動的破壊力学に関する多くの重要な業績を挙げられました。先生は、動的破壊力学パラメータである動的J積分、T*積分を提案し動的破壊力学の基礎を築かれるとともに、高速度裂進展

や動的破壊に関する高度な有限要素シミュレーションを行い、き裂分岐や界面き裂などの動的破壊現象の解明に対して世界的に重要な研究を行われました。また、実験と数値解析を巧みに組み合わせたハイブリッド解析法に関して高度かつ独自の手法を提案され、高い評価を受けておられます。先生のご略歴は次の通りです。

1970年 神戸商船大学商船学部卒業
 1972年 運輸省航海訓練所助手
 1973年 東京大学工学部研究生
 1974年 同受託研究員
 1974年 横浜国立大学工学部助手
 1977年 工学博士（東京大学）
 1978年 米国ジョージア工科大学研究員
 1982年 同客員助教授
 1984年 神戸商船大学商船学部助教授
 1991年 同教授 現在に至る

実用性の高い多数の業績を挙げられました。先生は、有限要素法や境界要素法を用いて、シェルクリープ不安定現象の解明、異材界面き裂の応力拡大係数の高精度解析法の開発、電子デバイスの破壊力学的解析、さらには単結晶育成過程における熱応力・転位密度の解析など、多くの先駆的な研究を行われました。また、エレメントフリーガラーキン法や分子動力学法による破壊力学解析も研究され、これらの研究成果に基づいて多くの解析コードを開発されて来ました。さらに最近では、電子デバイスの強度に関連する国内の研究をリードされています。先生のご略歴は次の通りです。

1972年 東京大学工学部卒業
 1977年 同大学院工学系研究科博士課程修了（工学博士）
 1977年 日本原子力研究所研究員
 1983年 九州大学工学部助教授
 1996年 同教授
 1997年 同大学院工学研究科教授
 2000年 同大学院工学研究院教授 現在に至る

宮崎則幸先生は、計算固体力学の分野において、先駆的で



計算力学部門功績賞をいただいて

北川浩
 大阪大学 大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻

このたびは大変に名誉ある賞をいただき光栄に存じます。2001年という新しい世紀の最初の年、それに、私事で恐縮ですが、昨年に華甲を迎え今年生まれ変わって満1歳の年ということが重なりました。ということで、計算力学をめぐる、いわば前世での経験からお話しさせていただきます。

先日、本部門主催で開催された「計算力学の歴史を語る」と題した集まりに参加させていただきました。講師の先生方のお話を伺いながら、学生時代から今に至る計算機との格闘ともいえる対峙の経験が一度に脳裏を駆け抜け、懐かしくも甘酸っぱい想いと共に、懺悔にも似た苦く辛い思いを経験致しました。

私達の世代のもの誰もが言うことですが、学生時代には手回し計算機—いわゆるタイガー計算機—を使って数値計算をやっていました。手でハンドルを1回廻すと16桁だったかの数の足し算が1回出来るという代物で、定格速度300rpm、仲間で競争をして一定時間内であれば1秒間に5回程度廻せたことを覚えています。数値解析は肉体と頭脳の共同作業、格闘技の雰囲気でした。‘力学’とはまさに‘力の学’で、研究の稼ぎ時の真夏は体温の上昇との戦い、今日では発熱しているのはマシンの方で、CPUの発熱のために真冬でも冷房運転を行っているのを見るにつけ、隔世の感を覚えます。計算力学に携わっている人達の体力は確実に落ちています。それでは頭脳の方は？

どんどん高機能化しやたらと低廉化するコンピューターの

前に座っている昨今の学生諸君を見るにつけ、次々と表示されてくるバーチャル・リアリティの世界が想像力を超えてしまっているためか、渾身の力をふりしぼって未知の世界に挑んでいる迫力がなくなっていることが気になります。

機械工学、というより、およそ技術と関わってきた力学は、本来、身体感覚としての力・筋肉の活動を制御するための知覚—によって意味づけられていたはずであると思われま。破壊は不快感や恐怖感を伴って記憶され、同じ材料の分離を伴う現象でも切削は快感を伴って蘇ってくるはずで。す。

幾分唐突ですが、直接的な感覚的印象でもって自然理解すべきであると考えたゲーテは、“原現象とは、そこから多様な結果が生じる原則と同一視されるべきではなく、その内部に多様なものが観察される基本現象だと見なされるべきものである。”と言っています。「原現象 (Urphaenomen)」は説明の難しい概念ですが、計算力学における「モデル」と考えれば、この指摘は実に厳しい箴言であります。別のところでゲーテは、「……計算できない多くのもの、また決定的な実験にまでもたらしえない非常に多くのものも真実なのであります」と言っています。計算力学に関わる者は、計算機に魂を売り渡してはならない、自然に身体感覚でもって対峙しましょう、ということでしょうか。

計算力学の分野のますますの発展を祈念してご挨拶とさせていただきます。



Harlow 博士からのメッセージ

Francis H. Harlow
Los Alamos National Laboratory

To the 50,000 members of the Japanese Society of Mechanical Engineers and the 5,000 members in the sub-group for Computational Mechanics, and to the selection committee for the "Computational Mechanics Award", I wish to express my sincere thanks to you for the honor that you have bestowed on me.

Please be assured that the plate will be among my most valued possessions, and that I shall treasure it for the rest of my life. Equally important to me is its expression of friendship and interests that we share in this exciting field of computational mechanics.

It has been my privilege to be associated with the use of computers to

solve material-dynamics problems for 48 years. During that time my close association with many students, associates, and collaborators has been of crucial importance in the pursuit of our investigations into numerical techniques, turbulence, multi-field flow problems, and the behavior of metals and polymers during high-strain-rate deformations. International collaborations have also furnished great inspiration, including some important interactions with engineers and scientists from Japan.

To all of you and to the people of Japan I am very grateful for the recognition that is expressed by this distinguished award.



業績賞を受賞して思うこと

仲町英治
大阪工業大学 工学部 機械工学科

この度、計算力学部門より業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この場を借りて深く御礼を申し上げます。

私は、30年近く、計算力学の中でも非線形連続体力学に基礎を置く有限要素法の開発とその工学分野への応用をテーマとして研究に取り組んできました。工学が、自然と人間との共生を課題とするものと考えて、“もの作り”と“人間”を対象にした研究課題を選んできました。生産現場に近い塑性加工の問題や人間に関連するバイオエンジニアリングの問題を研究対象としてきました。

私の有限要素法との出会いは、1972年に卒業研究で竹園茂男先生に、Zienkiewiczの有限要素法の本を参考にして書かれたFORTRANプログラムを渡された時でした。その時の課題が“楕円筒殻の動的衝撃応答解析”でした。全国7拠点に設置された大型計算機の計算能力は、当時としては驚異的であり、100×100の剛性マトリクスを解いて、固有値まで求めることができることに驚嘆したものでした。今考えると隔世の感があります。その後、修士課程では北川浩先生に非線形有限要素法の手ほどきを受けました。Malvernの本を読解するために毎週鍛えられたことを思い出します。テンソルやらクリストッフェルシンボルなどという厄介な量を理解することに苦勞しました。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富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の下で、非線形殻理論に基づく有限要素法の定式化とその応用としての板材成形加工解析を行いました。Sowerbyからは研究の姿勢を学びました。“Encourage by yourself.”は今でも私の心の支えとなっています。1982年にはSowerbyと共に第1回のNUMIFORM国際会議に参加しました。そこで、主催者であるZienkiewiczに会い、白髪の老人でしたが、その毅然とした態度に圧倒され、有限要素法が新たな応用の時代に入ったことを実感したものでした。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。再度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り組みましたが、日本の下請けとなった米国鉄鋼会社の研究者が自嘲気味に“Nippon Steel”と“Nippon Kokan”の違いが分からず、日本への出張で行き違いを起こしたことを話していたことを今でも思い出します。1990年から9年間は、私自身、日本の産業の勢いを実感できた期間でした。理研の牧野内昭武博士と鉄鋼、アルミ、自動車、コンピュータ関連会社30社以上を集めた民間コンソーシウムを主催し、日本発の板成形シミュレーションプログラムの開発に取り組みました。その成果がベンチャー設立につながったことは、現在ベンチャーブームの先駆けであったと自負するものです。しかし、現在は不況の真っ只中です。重厚長大から軽薄短小へ、そして、さらに、ナノの世界が産業界では展開されようとしています。

計算力学というキーワードで技術の進歩を捉え、将来を切り開くことが必要と強く感じています。

1970年代に研究を始めた私の世代は、有限要素法プログラム、あるいは差分法、境界要素法もそうですが、理論と数値解析手法・ソフトウェアを開発することがコンピュータの進歩と連動していて、楽しさや苦しさを味わうことができた世代です。しかし、最近ではコンピュータ・ハードウェアの進歩と計算力学の進歩が交わり、技術者が感動を覚えるという機会がどうも少なくなったように感じます。つまり、技術者としての“感性”、“エンジニアリングセンス”を磨く機会がどんどん減っているように感じるのです。これは、計算力学ソ

フトウェアが“工作機械”のように利用されるようになったということで、“工作機械”メーカーの提供する“NCマシン”を企業や大学が使うのと同じように、計算力学プログラムを利用して工学問題を解く時代になったということでしょう。新たな技術開発の理念が求められている“時”なのでしょう。

そこで、最後に最近5年ほど主張している言葉でこの拙文を閉じることにします。

“人が技術の進歩からスポイルされるのではなく、人は技術の進歩と共に幸せを享受できる権利がある、つまり技術者ルネサンスを認識する時なのだ。”



計算力学部門業績賞の受賞にあたって

西岡俊久
神戸商船大学 商船学部

日本機械学会では、2000年度の材料力学部門業績賞を頂き、引き続きこの度は、2001年度の計算力学部門業績賞を授与して頂きました。このように縦糸と横糸とされる両部門からの業績賞の受賞に対しまして、大変な光栄を感じています。

私が計算力学関係の研究に入るようになりしたのは、東京大学の当時の原子力工学科安藤良夫先生及び矢川元基先生のお陰です。とくに、当時、助教授になられたばかりの矢川先生に熱心に指導して頂きましたことは、私の人生で最も大きな幸運の一つと、深く感謝しています。

矢川先生に頂きました研究テーマは、変分原理を利用した重ね合わせ法の開発でした。有限要素法の解と数学的解析解を重ね合わせて同時に解くというもので、当時のコンピュータでも、極めて高精度の応力拡大係数等を得ることが可能になりました。この研究テーマのお陰で、計算力学的方法のみならず数学的方法にも興味を持つことができるようになりました。その当時、矢川先生の研究室には大学院生として、現IHI大矢弘史さん、現九州大学宮崎則幸先生、現横浜国大酒井讓先生などがおられ、大変お世話になりました。その後、横浜国立大学の助手になり、小倉信和、安藤柱両先生に大変お世話になりました。ここで実験的研究の手ほどきを受けることができました。

東大で博士号を頂いたすぐ後に、矢川先生のご紹介で、当時Georgia TechのS.N. Atluri教授の率いる計算力学進展センターのポスドクになりました。結局、Georgia Techでは、研究員、客員助教授を6年3カ月の間務めました。この時代は、破壊力学の理論・計算力学的研究を中心に行いましたが、それらが今でも比較的によく引用されているようです。Atluri教授の研究室では、中垣通彦先生や菊池正紀先生等多くの人と知己を得ました。また、客員教授で来られていました鷺津久一郎先生には、変分原理のみならずバーボンWild Turkeyの味

も教えて頂きました。後年、ご尊名を冠したICES K. Washizuメダルを頂き、奇縁を感じています。

“材料力学部門業績賞の受賞にあつて”にも記しましたが、渡米後、暫くしての30歳の誕生日は大きなショックと共に迎えました。と言いますのは、その当時既に活躍されていたJ.R. Rice教授やAtluri教授はもちろん私よりも年上ですが、Rice教授は23歳で、Atluri教授は24歳でPh.D.を取られ、その当時の私の年齢の時には大きな業績を挙げられていました。それに比べ、自分は英語もよく話せず、しかも、もう30歳を迎えてしまったかという思いでした。しかし、陽明学者頼山陽が子供時代に作り、自らを励ました文章「汝、草木と同じく朽ちんと欲するか」に出会い、大きく勇気付けられ、私も頑張ってみようという意欲を取り戻したことを、今もう一度思い出しています。

私は、年齢的にはいわゆる団塊の世代です。神戸商船大学は神戸大学と来年10月に統合になります。定年は残念ながら神戸大学の方も63才のようです。定年まで、10年をきってしまいましたが、時々頼山陽の言葉を思い起こしながら、私のライフワークとして、各種破壊現象の解明および数値シミュレーション手法の開発、とりわけ動的破壊シミュレータの開発に力を注ぎたいと思っています。

未筆ながら、ご推薦して頂きました先生、またご選考して頂きました関連委員の皆様には厚く御礼申し上げます。



部門業績賞をいただいて

宮崎則幸
九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門

このたびは、計算力学部門より業績賞をいただき、大変光栄に存じます。大学院入学以来の約30年間の研究生活においてご指導を賜った方々、および研究にご協力いただいた方々に感謝いたします。そのような方々に感謝の意味を含めてこの30年を振り返ってみたいと思います。

計算力学というものに最初に触れたのは、1972年大学院修士課程に入学後に培風館から出版されていたZienkiewicz教授の"The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics"の邦訳本を勉強したのが最初でした。修士2年のはじめに矢川元基先生が米国アラバマ大学の留学先(Oden教授)から戻られて先生のご指導を受けるようになりました。そのとき研究室には酒井謙氏(現・横浜国立大学教授)、および今回の部門業績賞受賞者の一人である西岡俊久氏(現・神戸商船大学教授)が在籍していて矢川先生の直接の研究指導を受けました。当時、矢川先生は30才前後の新進気鋭の助教授であり、我々三人が矢川先生から研究指導を受けた最初の学生でした。私は有限要素法による非線形解析(クリープ座屈解析)で学位をとりました。

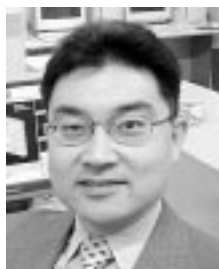
その後、1977年から1983年までの6年間、日本原子力研究所の構造強度研究室(宮園昭八郎・室長)に籍を置き軽水炉の安全性研究に携わりました。この研究室では原子炉配管の疲労強度および配管破断事故時の熱流体噴射に伴う配管の挙動(パイプホイップ)の研究を行っており、前者に関連して三次元破壊力学解析、後者に関連しては配管の動的挙動解析を有限要素法を用いて行いました。また、流体噴射力を熱流体解析コードから推算することも行いました。

その後、1983年に縁あって九州大学工学部化学機械工学科

に移りました。大学に移ってからは研究の方向を計算固体力学に定めて現在に至っています。化学機械工学科は他の大学では化学工学科と呼ばれる場合が多く、メインの学会として化学工学会があるのですが、このような分野では固体力学を研究対象とする場合はほとんどなく、研究発表等の学会活動の主体は機械学会の計算力学部門にしているようです。大学に移ってからは、計算力学手法としては有限要素法だけでなく、境界要素法、分子動力学法、メッシュレス法にも手を出しています。分子動力学法に関しては、社会人博士課程に在籍した九州工業技術研究所の西村憲治氏(現・産業技術総合研究所計算科学研究部門)と、またメッシュレス法に関しては佐賀大学助教授の萩原世也氏とともに研究を進めています。さらに、計算固体力学を単結晶材料製造過程、あるいは電子デバイスといった機械工学と他分野(応用物理、化学工学、電子工学など)の境界領域に適用する研究を現在の研究活動の中心に置いています。このうち前者については東北大学金属材料研究所の福田承生先生に大きな示唆を受けました。また、後者については横浜国立大学の白鳥正樹先生、于強先生、および九州大学の池田徹先生のご協力を得ております。

このように、これまでの30年間を振り返ると何か一つの課題を追求してきたというよりは、いろいろな手法に手を出し、また適用分野もその時々で変わってきていますが、ただ一貫していることはずっと計算力学の分野に携わって来たということです。今後は30年間お世話になった計算力学の発展に、計算力学部門の運営の方からも微力ながら寄与していきたいと考えております。

トピックス



デジタルイメージベース・エンジニアリング

高野直樹(写真左)
大阪大学 大学院 工学研究科 生産科学専攻
安達泰治(写真右)
神戸大学 工学部 機械工学科

1. はじめに

デジタルエンジニアリングが広範なものづくり産業に浸透し、有限要素法(FEM)を用いたCAEも止まることなく技術革新が行われている。従来CAEが使われていなかった分野でも、産官学の連携体制のもとでCAE導入の試みがなされている。本稿では、それらの一例として、人工材料開発を目指す材料科学分野と、生体組織の力学挙動の解明や生体インフラ

ント開発を目指す生体力学分野における試みを紹介する。

デジタルエンジニアリングあるいはデジタルマニュファクチャリングは、たとえばネットワークを利用して図面や加工命令などの情報を遠隔地間でやり取りするように、情報のデジタル化が根元にある。外表面からの観察には各種の顕微鏡が使われ、内部の組織・構造や欠陥などを知るために超音波やX線などの非破壊的観察手段が用いられているが、3次元物

体を画像データをベースにデジタル化してコンピュータ内に取り込み、CAEとリンクして様々なデータ処理をするという新しいアプローチを「デジタルイメージベース・エンジニアリング」と称することにしている。実は、生体骨のCTスキャン画像をデジタル化してボクセル要素を自動生成するデジタルイメージベース・モデリング技法は、ミシガン大学のスコット・ホリスター教授と菊池昇教授により1994年頃に紹介された(1)。本稿ではまず、現在医療の現場で活用されつつあるデジタルイメージベースの市販可視化工具を2例紹介し、さらにFEMモデリングから応力解析まで行えるデジタルイメージベース・モデリングとアナリシスツールも紹介する。その後、材料科学とバイオメカニクスの分野における新しい試みを紹介したい。

2. デジタルイメージベースの市販ツールの現状

ここでは、医療の現場で活用されつつあるデジタルイメージベースの市販ツールとして、Intage[®] (株) ケイ・ジー・ティー製)とTri/3D-Bon[®] (ラトックシステムエンジニアリング(株)製)の2つを紹介する。

まず、図1は、心臓部にある腫瘍の3次元表示例である。半透明表示など高度なグラフィックス機能を駆使して、動脈の陰に隠れている腫瘍の形状、位置、大きさなどを確認することができ、術前のカンファレンスや患者説明に役立てられる。



図1 心臓部にある腫瘍の確認 (Intage[®]による表示例)

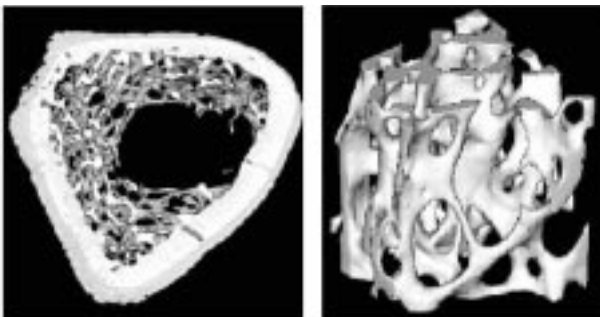


図2 海綿骨の骨梁構造 (Tri/3D Bon[®]による表示例)

次に、図2は、X線CTスライス画像データから作成したラット大腿骨の海綿骨骨梁構造の3次元表示例である。この手

法により、リモデリングによる適応的な骨梁構造変化を定量的にとらえることができ、骨密度などの量的な変化だけでなく、構造形態の変化を定量的に評価することができる。

さらに、上記のようなデジタルイメージに基づき、ボクセル要素を用いてFEMモデリングを自動的に行い、応力解析を行うこともできる。ここでは、(株)くいんと製の市販ソフトVOXELCON[®]を用いた解析例を紹介する。図3は4気筒エンジンプロックのCADデータからVOXELCON[®]を用いて380万個のボクセル要素に自動分割した要素分割図であるが、ボクセル要素分割図とは思えぬ画像であることに驚く上に、要素分割に要する時間はわずか20秒程度(ただしPentium3マシン)である。応力分布図を見てもボクセル要素を悪影響はまったく見受けられない。このような大規模解析は、ボクセル要素の特徴を活かした解析手法により、通常のパソコンで日常的に解析が可能となっており、CAEのボトルネックとなる解析モデル作成と要素分割の手間が省けることから実用性の高いシステムとなっている。本例の他にも、実製品からデジタルイメージベース・アナリシスすることも現在では頻繁に行われている。

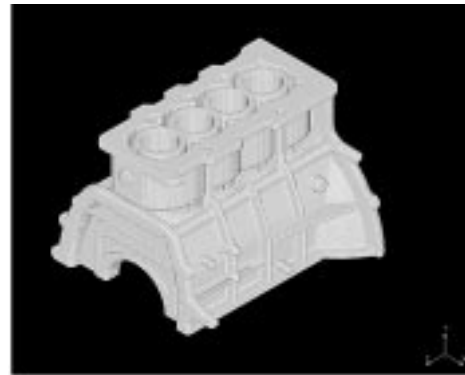


図3 デジタルイメージベース・モデリングの例 (VOXELCON[®]による、提供：(株)富士通長野システムエンジニアリング)

3. 先端材料開発へのデジタルイメージベース・エンジニアリング・アプローチ

一例として、経済産業省が平成6年より進めている「シナジーセラミックスの研究開発」プロジェクトにおける試みを紹介する。エネルギー・環境問題への対応材料として期待されるセラミックスは、原子・分子レベルからナノ・マイクロ・マクロレベルに至る結晶粒、繊維、空孔、層などの構造要素よりなる。シナジーセラミックスは、複数の寸法階層にまたがって構造要素を同時に制御する高次構造制御の概念のもとに、複数の構造要素の相乗作用(シナジー作用)により相反する特性の調和や多機能化を目指すものである。高次構造制御を基とする本材料開発において、計算力学の潮流の一つであるマルチスケール法に関心と期待が持たれたのは自然であり、平成11年からのプロジェクト第2期では均質化法(2)と重合メッシュ法(3)によるマイクロ・マクロ応力解析と破壊予測技術開発が行われている。現在までに基本的な解析システム開発とその精度検証が終わり(4)、実材を用いた実証段階と解析システムの公開に向けた準備段階へと進みつつある。

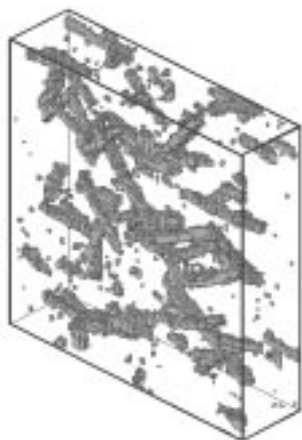


図4 針状気孔を有するアルミナ多孔体のデジタルイメージベース・モデリングの例

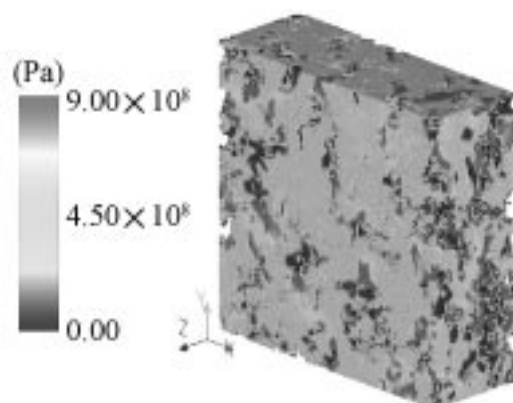


図5 多孔体中のマイクロ応力解析結果の例

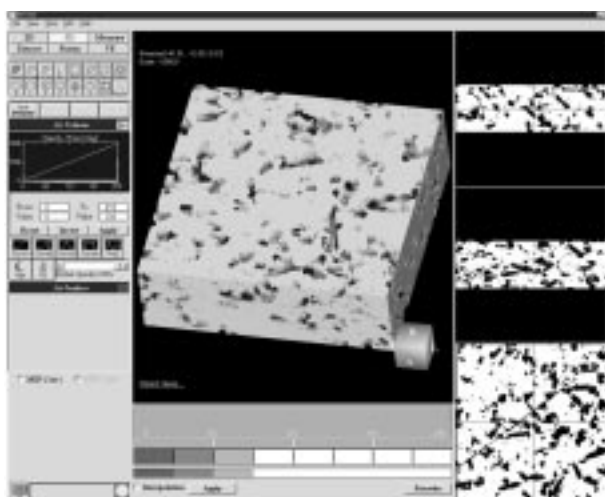


図6 医用画像処理ソフトIntage[®]による多孔体の内部構造の可視化例

解析システムの構成は、上記の市販のデジタルイメージベース・モデリングソフト VOXELCON[®] ((株)くいんと製)と自作の均質化法と重合メッシュ法による解析プログラムをリンクし、既存のポストプロセッサでは不十分な機能を補う専用のマイクロ応力評価ツールを統合したものである。図4には、針状気孔を有するアルミナ多孔体(気孔率3.1%)に対し、精密研磨とCCDカメラの撮像による断面写真から作成したマイクロ構造モデルの一例を示す。400×400×100 μm^3 の微小領域を2 μm 角のボクセル要素で200万要素に分割してある。ミ

クロ構造モデルから得られたマクロな弾性定数の数値予測精度は、測定値と比較して誤差1%程度であった。また、より高气孔率の材料の曲げ負荷時に発生するマイクロ応力分布の解析結果を図5に示す。複雑な3次元マイクロ応力分布を定性的にも定量的にも効率的に評価するためのツールが必要不可欠であり、ここから材料科学者達、破壊力学や信頼性工学の専門家達との対話が始まる。応力値と近接孔からの距離の情報を付けてマイクロ応力のヒストグラムを描いたり、高応力発生部位だけをフォーカスして表示したり、と材料開発のための視点でCAEに対する様々な要求が出てくる。応力ヒストグラムから高応力部位を抽出して表示しようという作業は、2章で紹介した生体内の表示をする医用画像処理ソフトで輝度ヒストグラムを扱う作業と類似であることから、今後、図6のように医用ソフトの工学分野への流用も興味深い。モデリング→アナリシス→評価と設計へのフィードバック、という一連の流れを具備してこそ、現場で求められるデジタルイメージベース・エンジニアリングが完成する。

シナジーセラミックスプロジェクトでは、メンバー内で使えるCAEのための要件について議論しつつ、先端材料開発のためのデジタルイメージベース・エンジニアリングシステムの公開に向けて企画を練っている。プロジェクトの成果は、年1回開かれるシナジーセラミックスシンポジウムにおいて発表されているので参照頂ければ幸いである。

4. 骨のバイオメカニクスにおけるデジタルイメージベース・モデリングとシミュレーション

生体内において機能するインプラントや医療用デバイスなど、生体と相互に影響を及ぼしあう人工物の形状設計におけるデジタルモデリングとシミュレーション技術の活用について考える。

近年、医療用画像技術の進歩により、生体の詳細な三次元構造や機能情報が、デジタル化されるようになってきた。一方、生体に取り付けられる医療用デバイスの設計も、CAD技術やCAE技術の進歩により、益々、デジタル化が盛んである。そのため、生体に対する人工物、医療用デバイス等の設計や製造を考える際、これら2つのデジタル情報をコンピュータ内で融合することが可能となり、それらを元に行われる様々な現象のシミュレーションにより、有用な医療用デバイスやインプラント等の設計指針が得られるものと考えられる。

一つの例として、平成13年度に情報処理振興事業協会(IPA)の支援により進められた「人工股関節インプラントの3次元適合性評価システムの開発」プロジェクトの試みを紹介する。人工股関節の適合性は、形状的な適合性と力学的な適合性に大きく分けられる。従来は、設計段階において、シミュレーションや実験を駆使して、人工股関節用システムの形状設計が行われ、臨床における成績や臨床医の経験をもとに、新しいシステムの開発が進められてきた。また、手術計画においては、患者のX線画像とインプラント図面を2次元的に重ね合わせるにより、適合システムの選択が行われてきた。これらの作業を3次元のデジタル空間の中で行うためのシステム(図8)を開発するのが、本プロジェクトの目的であった。



図8 デジタルモデルを用いた適合インプラント評価システム

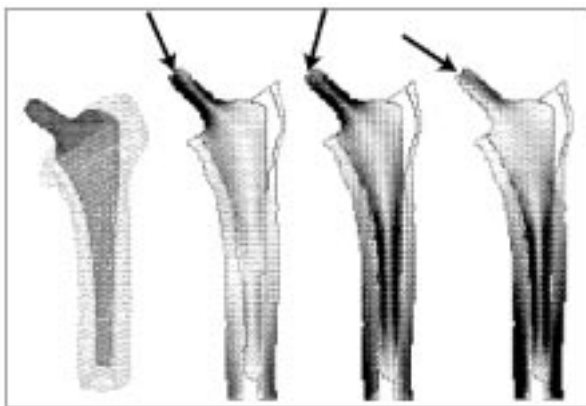


図9 大腿骨と人工股関節ステムのデジタルモデルと力学解析

このシステムでは、まず、3次元CADから作成される STL データをもとに、様々なステムの形状モデリングを行うと同時に、患者の X 線 CT スライス像をもとに、大腿骨の形状モデリングを行う。次に、それらのデータをコンピュータの中で重ね合わせ、3次元的な位置情報や寸法情報をもとに、ステムの選択を行う。次に、選択されたステムに対して、骨髓占拠率や骨除去体積などを計測し、形状適合性の定量的評価を行う。さらに、組み合わされた大腿骨とステムに対して、材料特性を設定し、図9に示すように、FEM を用いて応力やひずみの状態を求め、力学的な適合性評価を行う。これらの形状適合性と力学的適合性の評価値をもとに、いくつかの候補ステムの中から、最も適合したステムの選択を行うための支援システムである。このシステムは、臨床医に対して、有用な情報を与えるだけでなく、設計者に対してフィードバックすることで、より良いステム形状の設計指針を与えることができると期待される。

3次元的に複雑な形状を有する生体と人工物が相互に影響を及ぼしあう場合、両者の間に生じる現象も複雑さを増すため、生体の現象を十分に理解した上で、それぞれに見合った人工物を設計することが不可欠となる。平成14年度から、日本機械学会部門協議会直属の分科会 (P-SCC) 「イメージベースト連成バイオメカニクス解析とその応用に関する研究分科会」(主査: 東北大学山口隆美教授) が発足する。単なる計算力学とバイオメカニクスの融合ではなく、生体内における固体と流

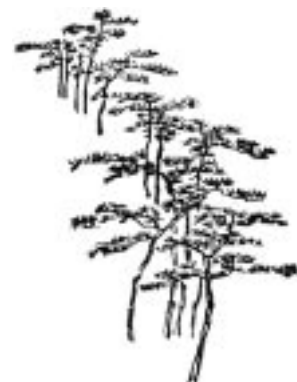
体の連成、生体现象と人工物の力学的相互作用など、デジタルイメージモデリングとシミュレーション技術が不可欠な問題に対して、様々な新しいアプローチが議論されるものと期待している。

5. おわりに

人工股関節の材料としてジルコニアといったセラミックスが使われることがある。本稿では、2つのプロジェクトにおける試みを紹介したが、両者は材料と人工物という接点もあるし、デジタルイメージベース・エンジニアリングのアプローチを試みているという接点もある。ボクセル要素とえばすぐに精度が悪いと言われるが、欠点を克服するだけの大きなアドバンテージに目を向けて頂きたい。イメージベースのボクセルモデリング以外にはモデルが作れない問題がたくさんある。それにもまして、難しい解析がいつも簡単にできるので、計算力学の非専門家達がデジタルイメージベース・モデリングを自ら試してくれるから、同じ土俵でディスカッションをするためのツールとして期待している。本会においても、上述の分科会を足がかりに、多くの研究者・技術者がデジタルイメージベースの世界に参画し、さらに広範な分野へと展開されていくことを願っている。

参考文献

- (1) Hollister, S.J. and Kikuchi, N., *Biotech. Bioeng.*, 43-7 (1994), 586-596.
- (2) Guedes, J.M. and Kikuchi, N., *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, 83 (1990), 143-198.
- (3) Takano, N., Uetsuji, Y., Kashiwagi, Y. and Zako, M, *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.*, 7 (1999), 207-231.
- (4) 日刊工業新聞, 「マイクロでマクロ性能解析・マルチスケールソフト・セラ多孔体用開発」2001年8月3日, p.6.





第14回計算力学講演会

[日本機械学会計算力学部門、北海道支部 合同企画]

工藤一彦

北海道大学 大学院 工学研究科 機械科学専攻

第14回計算力学講演会を、昨年11月28日(水) - 30日(金)の3日間にわたり、北海道大学の学術交流会館とクラーク会館にて開催させていただきました。北海道という遠隔寒冷地での開催でしたので、参加者数の減少が懸念されましたが、おかげさまで講演数389件、参加者数527名と盛会のうちに会を終了することができました。皆様の御協力の賜物と、実行委員一同感謝しております。会期中にはあいにく雪も降り、ご参加の皆様には驚かれたことと思いますが、かえって北国らしくてよかったとお言葉もいただきました。

今回の講演会は、特別講演2件、基調講演2件、オーガナイズドセッション(OS)26件、チュートリアルセッション1件、フォーラム9件、また、機器展示1社、カタログ展示5社という内容でした。学術講演は、一般セッションを設けず、全てOSとしました。

特別講演は、講演会第1日目に英国ポーツマス大学のC. A. Brebbia教授にFEM計算の効率化について専門性の高い講演をしていただきました。また3日目には、日立製作所フェローの外村彰氏に「電子波で見るミクロの世界」と題して、世界

の先端に行く日本の電子顕微鏡技術を基礎とした、量子の世界の可視化について、非常に興味ある講演をしていただきました。

基調講演2件とオーガナイズドセッション26件の詳細は省略いたしますが、いずれも最先端の熱のこもったものでした。展示に関しては、これらに参加され、財政面でご貢献いただいた各社に対し厚く御礼申し上げます。

講演会の開催中に、例年通り部門賞の表彰式と懇親会を行いました。部門賞については、表彰担当技術委員会の宮内敏雄委員長から別に報告がありますので、省略させていただきます。本講演会は北海道支部との合同企画ということで、特別講演へのご援助を賜りました。厚く御礼申し上げます。2日目の夜の懇親会には148名の参加を得、和気あいあいの中に懇親の実を上げることができました。

最後に、皆々様の御協力によって、この度の札幌での講演会が極めて成功裏に終了したことに感謝し、御報告とさせていただきます。

.....

第14回計算力学講演会優秀講演表彰

田中正隆

第79期計算力学部門長

2001年11月28日(水)~30日(金)の間、北海道大学学術交流会館で開催された第14回計算力学講演会において、優秀な講演を行った一般講演者および学生講演者に対して、座長および参加者の意見を尊重し、表彰選考委員会において選考を行った結果、以下に示すように、優秀講演表彰2名、優秀技術講演表彰3名、学生優秀講演表彰2名の方々を表彰致しました。

表彰状を本人に送付するとともに、本誌上に公開してお祝い申し上げます。

優秀講演表彰

長谷部忠司君(同志社大学)

題目「場の理論に基づく転位セル組織形成機構に関する一考察」

松本充弘君(京都大学)

題目「固体熱伝導の分子機構：ウェーブレット変換による格子振動解析」

優秀技術講演表彰

内山学君(清水建設)

題目「混合型有限要素法による扁平球殻の座屈実験シミュレーション」

松田博和君(川崎重工業)

題目「BEMによる効率的な接触解析法および実機への適用」

向井稔君(東芝)

題目「鉛フリーはんだ用非弾性構成式に基づく表面実装接合部の応力解析」

学生優秀講演表彰

佐々木智江君(長岡技術科学大学)

題目「CSP電子デバイスパッケージの粘弾性解析」

真島さやか君(東京工業大学)

題目「光CTにおける有限要素逆解析」

●優秀講演表彰



長谷部忠司君



松本充弘君

●優秀技術講演表彰



内山学君



松田博和君



向井稔君

●学生優秀講演表彰



佐々木智江君



真島さやか君

特集 生体モデリング

骨体の個別モデリング



伊能教夫

東京工業大学 大学院理工学研究科 機械制御システム専攻

平成13年度4月より、バイオエンジニアリング部門の中で、個別別モデリング研究会を発足した。研究会の主旨は以下の通りである。

生体組織、器官さらには個体全体の挙動を数値シミュレーションで探る研究は、バイオメカニクス分野の大きな柱となっている。最近では、X線CTやMRIなどの三次元画像データを活用して、対象物体を個別別にモデル化してシミュレーションを行う研究が始まっている。しかしながら、個別別モデリング手法はまだ著についた段階であり、検討しなければならない課題が多く残されている。たとえば、画像データの取り扱い、各種モデリング手法の性能評価、材料定数（ヤング率、ポアソン比など）の設定法などである。これらの課題を本研究会で議論し、解決すべき問題点を整理していきたい。

また、平成14年度からは計算力学、材料力学、流体力学と協同し、イメージベースト連成バイオメカニクス解析とその応用に関する研究分科会が発足する。この分野の発展には、多面的な見方による層の厚い研究と産学連携の横断的な研究体制が必要であり、この分科会での活動が期待されている。

ここでは、個別別モデリングに基づくシミュレーションの研究例として、トピック的に三種類の研究テーマを紹介させていただく。一つ目は骨体の力学解析であり、二つ目は、血液の流れに関する研究、そして三つ目は、人体全体の運動シミュレーションである。筆者の担当は、骨体の力学解析であり、特に個別別モデリング手法について以下に紹介する。

骨体の力学的特徴を把握するには、有限要素モデルを作成し、応力解析を行うことになるが、骨体は形状が不定形で外側と内側では材料物性も異なるため、精密なモデリングが必要である。これには、通常、多大な労力と時間がかかる驕これを軽減するためにいくつかの個別別モデリング手法が提案されている。筆者らもこれまでにいくつかの手法を提案してきたが、自動化に焦点をあてた手法について以下に紹介したい。

この方法は、X線CTあるいはMRIから撮影されたマルチスライス画像から自動的に有限要素法を生成する手法である。図1に示すように4つのプロセスから成る。

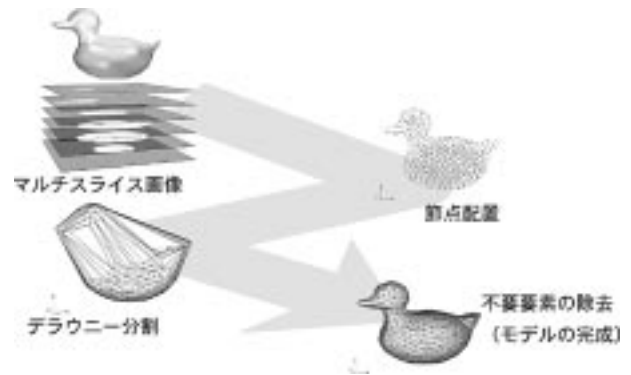


図1：個別別モデリングの流れ

1. CT画像から対象となる領域を抽出する。
2. 対象領域内に節点を配置する。
3. デローニー分割を行う。
4. 対象領域外の要素を取り除く。

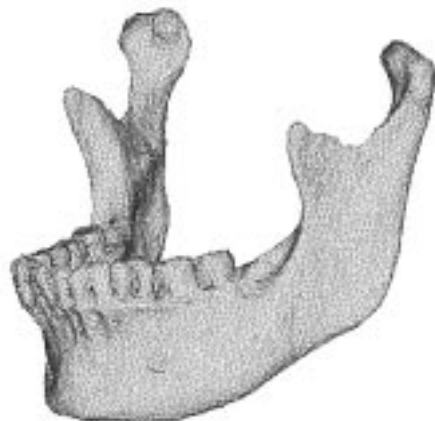


図2：顎骨の有限要素モデル

この方法をヒトの下顎骨に適用して得られた有限要素モデルを図2に示す。4面体の要素数201,709（節点数37,379）で正確なモデルが生成されている。これとは、別の手法として立

方体ボクセルの集まりで有限要素モデルを作成する方法がJ.H.Keyakによって提案されている。この方法は、上記の方法よりもさらに簡単なアルゴリズムでモデル生成が可能である。ただし、曲面を滑らかに表現するには膨大な要素数が必要である。また、形状を考慮しながら6面体有限要素で分割する方法もあるが、こちらは要素数が少ない代わりにアルゴリズムが複雑になる。いずれにしてもモデリング手法には、一長一短があるので、用途に応じて適切なモデリング手法を選択する必要がある。

応力解析の手順については詳しく解説するスペースがないので、ごく簡単に紹介する。まず各要素毎にヤング率を設定する作業を行う。この作業を自動的に行うために、筆者らは、骨密度がCT画像を構成する画素の値（CT値）と比例関係にあることと、ヤング率が骨密度の3乗に比例するという実験式を利用して決定している。次に境界条件を設定する作業を行う。すなわち、筋肉の力と方向、骨体の拘束条件を設定する作業である。

以上の手順に従って応力解析を実行するまでに、解決すべき課題がいくつも横たわっている。信頼性の高い計算結果を得るには、一つ一つの課題を丁寧に検討していく必要があるというのが実感である。



生体モデリング

三木一生
株式会社豊田中央研究所 第16研究領域

1. はじめに

人体腹部には、循環器系、消化器系、泌尿器系等、生命を維持するために重要な複数の臓器が入っている。外部より衝撃が加わった時、内部臓器の受ける傷害は、外部からの判別が困難であるため、治療に多くの時間を費やし、社会生活に影響を及ぼすことになる。

現在、自動車の衝突安全性評価は、ダミー人形を用いて、マクロ的な腹部のたわみ、たわみ速度、粘性基準などで軟組織傷害の評価を行っているが、個々の臓器の傷害予測を精度良く行うことは難しい。それに反して、人体FEMモデルによる評価では、各臓器のモデル化を適正に行えば、個々の臓器の傷害を予測することが可能である。

筆者らは、人体FEMモデル「THUMS*」開発の一環として、軟組織のモデル化に取り組んでいる。

*Total Human Model for Safety

2. 胸腹部内臓モデルの概要

図1は、人体FEMモデル「THUMS」の外観と内部構造を示している。形状作成にあたっては、解剖学的な人体構造を重視し、皮質骨と海面骨からなる骨格、靭帯結合された関節構

造等を再現している。ただし、実用に際して合理的な計算時間となるように、要素サイズ等には注意をはらっている。

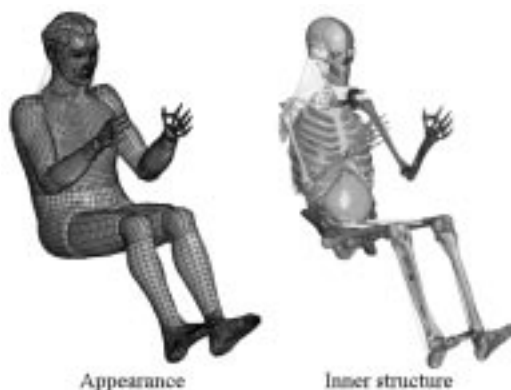


図1 人体FEMモデル「THUMS」

胸腹部の内部構造は、図2に示すように、代表的な器官をモデル化している。小腸・大腸・直腸・膀胱は、形状が定まらない複雑な中空臓器であるため、一体構造とし、内部はソリッド要素で埋めている。また、血管系は、大動脈・大静脈、

各臓器を支持するために必要なものにとどめ、小さな血管はモデル化していない。ただし、肝臓・腎臓については、パー要素を用いて内部の毛細血管網のモデル化を行っている。胸腹部内の臓器は、胸膜、腹膜により被われており、お互いに分離されている。このような構造は、各臓器を支持するうえで重要と考えられるが、モデル化が非常に複雑になるため、省略している。その代わりに、種々の接触定義を活用して、その構造を模擬している。

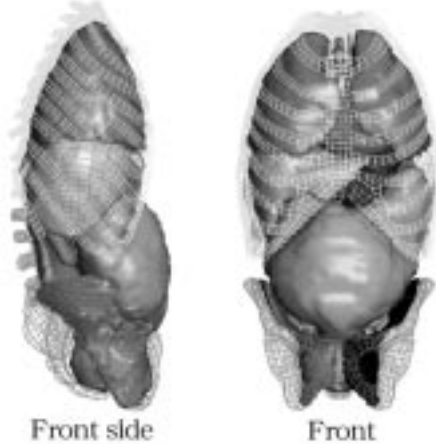


図2 胸腹部内臓FEMモデル

肺モデルについて詳細に見ると、図3に示すように、両肺は気管によって支持され、表面は胸部内面と接触定義により結合されている。内部には、気管支（シェル要素）、細気管支（パー要素）があり、その間隙を肺実質（ソリッド要素）が満たしている。

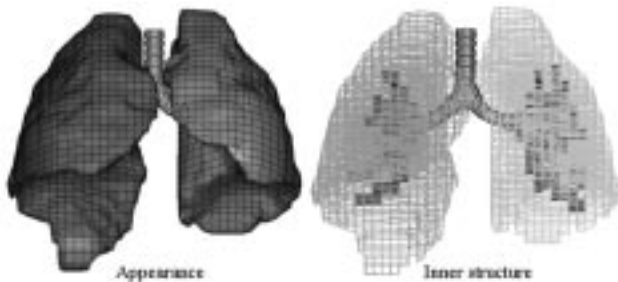


図3 肺FEMモデルの詳細

3. 静的力学特性

人体の各種臓器の力学特性は、過去に、京都府立医科大学の研究者たちにより幅広く計測されている[1]。それらの研究成果をまとめた書籍として、すでに絶版となっているが、山田の著書[2]がある。この中で行われている試験は、交通事故等における臓器の変形速度から見ると、準静的な強度試験と見ることができる。今回開発したモデルの静的な力学特性として、これらの研究成果を用いた。ただし、前記研究が、人体のすべての器官・組織の力学特性を網羅しているわけではなく、力学特性の不明な器官・組織が残る。今回の胸・腹部モデルに関係するところでは、肺、肝臓、脾臓、膵臓、横隔膜、筋肉、靭帯の力学特性が不明である。これらに関しては、ブタ、ウシ等の代替動物の器官・組織（食肉センターで入手

可能な器官・組織）で代用することにした。現状、ブタの脾臓・肝臓・肺を用いた準静的な強度試験を実施し、その特性を得ている。

図4は、脾臓実質の圧縮・引張特性をs-s曲線で示している[3]。s-s曲線は、生体材料特有の下に凸の非線型特性を示している。

その他の器官・組織については可能な限り計測を実施する予定であるが、現状は力学特性が既知の類似器官・組織の特性を用いている。

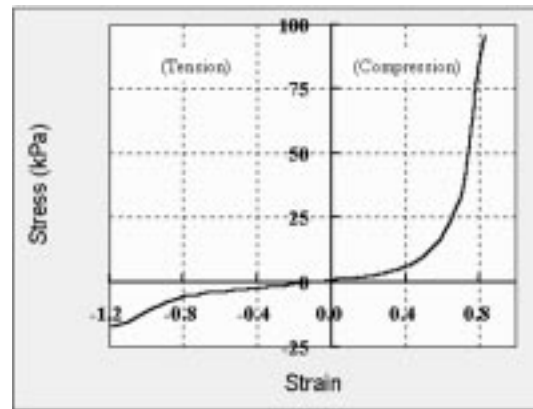


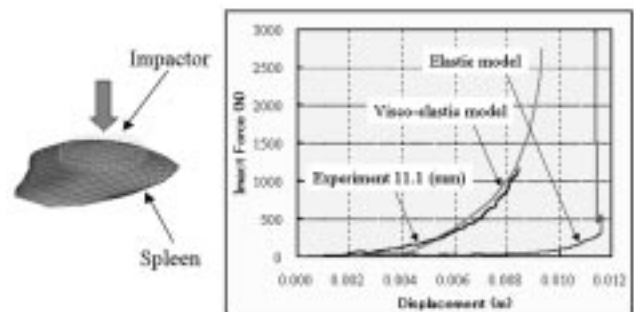
図4 脾臓実質の準静的な力学特性[3]

4. 動的力学特性

準静的な力学特性は、前述の通り、比較的に情報が豊富である。しかし、器官・組織別の動的力学特性に関しては、過去の研究も少ない。人体の組織は、速度依存性があることが知られており、その動的力学特性を把握することは重要である。

骨格は、生体と屍体で状態が大きく変わらないため、比較的試験が行い易い。一方、軟組織は、形状が不安定で、しかも血流等の循環系が関わってくるので、生体と屍体で状態が異なり、試験も容易ではない。これにより、軟組織の動的力学特性に関する情報は、非常に少なくなっている。

そこで、ブタ、ウシ等の代替動物の器官・組織（食肉センターで入手可能な器官・組織）による、衝撃耐性試験結果を用いることにした。具体的には、肝臓モデル・脾臓モデルに対して、それぞれブタの肝臓衝撃耐性試験、脾臓衝撃耐性試験の結果[4,5]を用いた。



a) 計算モデル b) 衝撃力とたわみの関係
図5 脾臓FEMモデル単体による衝撃計算

図5は、脾臓モデル単体の衝撃計算を示している。動特性、すなわち粘性効果を考慮するか否かにより、力学特性に大きな違いが生じている。また、粘性パラメータを適切に設定すれば、ブタ脾臓の動的力学特性がよくモデル化されていることがわかる。

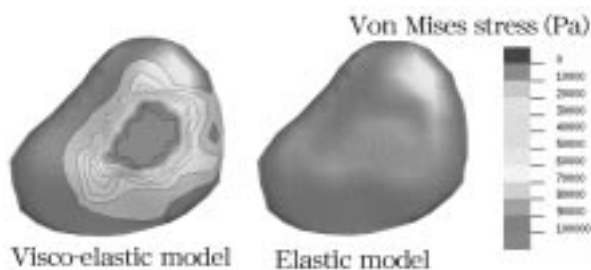


図6 Von Mises 応力分布による比較

図6は、上記衝撃計算における、脾臓実質の Von Mises 応力分布を示している。粘性効果を考慮しない場合、たわみ量が100%近くにしないと内部応力の上昇が見られない。

なお、肺については、肝臓・脾臓と同様の方法で動的力学特性の設定を行う予定であるが、血流・空気流を伴う肺の実験は難しく、空気流のみの衝撃耐性試験結果の利用を予定している。

その他の器官・組織については、動的力学特性が不明であるため、静的力学特性の設定のみとなっている。

5. おわりに

衝突傷害を評価する上で、器官・組織の動的力学特性を把握することは非常に重要である。しかし、胸腹部軟組織のほとんどのものについて、動的力学特性が不明である。試験が

難しい面もあるが、代替動物の器官等を用いて特性の把握を行うことが必要である。

また、各臓器の耐性基準も明確ではない。耐性値として、どのような物理量を着目し、閾値をいくりに設定すればよいかについて、今後、議論されなければならない。

さらに、衝突解析に用いるソフトウェア、たとえば、Pam-crash や LS-Dyna3D 等に標準で組込まれている力学モデルは、生体組織の力学特性を記述する上で十分ではない。ただし、前記ソフトウェアには、オリジナルの力学モデルを組み込む機能があるので、独自の内臓力学モデルの開発は可能である。

人体モデルの実用化に向けては、解決しなければならない課題が山積みされている。しかし、生体による実験ができない分野では、シミュレーションが唯一の手段と考えられる。人体モデルは、この分野のシミュレーションには不可欠である技術の1つとなるであろう。

最後に、本稿により読者が人体モデルに興味を持ち、今後の研究・開発に役立てるきっかけとなれば幸いである。

弊社ホームページ：

www.tytlabs.co.jp/office/whatsnew/news/news000523thumbs.htm

参考文献

- 1) 京都府立医科大学雑誌
- 2) Hiroshi Yamada : Strength of Biological Materials, F.G.Evans, editor, The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1970
- 3) 石原 他：ブタ肝臓・脾臓の材料特性の測定、日本機械学会2000年度年次大会講演論文集、Vol. II、p.209-210、2000
- 4) 石原 他：ブタ肝臓・脾臓の衝撃傷害特性の測定、日本機械学会2002年度年次大会にて講演予定
- 5) 渡辺 他：衝突解析用脾臓FEMモデルの基礎的検討、日本機械学会2001年度年次大会講演論文集、Vol.VI、p.115-116、2001



拡張時における左心室内の流れ — 臨床診断支援のためのCFD解析 —

和田成生 (写真)、中村匡徳
北海道大学 電子科学研究所

1. はじめに

心疾患の診断には超音波による計測が広く利用されている(1)。全身に血液を駆出する心機能の評価には、心壁や弁の構造以外に血流計測が不可欠であり、超音波ドップラを利用した計測が威力を発揮する。しかしながら、超音波計測により得られる情報にはノイズが多く含まれ、空間的な分解能も限られていることから、心臓内の複雑な血流動態が完全に把握できるわけではなく、代表的な部位の流速波形やグローバルな流れの特徴量が診断指標として用いられている。より高度な診断装置を駆使すれば詳細な心臓内の流速分布を計測することも可能であるが、計算力学的アプローチを導入し、超音波計測のように簡便な方法で測定された情報から心壁の運動や心臓内の流れ場を再現できれば、より高度な診断情報を提

供することができる。従来、こうした診断情報の高度化を計測技術の進歩に頼ってきたが、装置が高額となり、特定の施設でないと検査が受けられないという弊害が生じている。そこで、我々の研究グループでは、比較的安価で普及率の高い超音波診断装置による計測と心室内の血流動態のCFD解析とを組み合わせた心疾患の診断手法の確立を目指して研究を行っている(2)-(4)。

2. 拡張時の左心室内流れのCFD解析

2.1 カラーMモード・ドップラ法 心機能に関しては、これまで心臓の収縮機能が低下する病態が心不全と考えられてきたが、近年、収縮機能は正常でありながら拡張機能に異常が見られる拡張機能障害型心不全という病態が明らかにな

り、これが全心不全患者の4割近くを占めることがわかってきた。そこで臨床において、左心室の拡張機能を評価するための様々な方法が提案されている。

カラーMモード・ドップラ(CMD)法は、左心室長軸上の血流速度分布の時間的変化を計測し、横軸に時間、縦軸に左心室流入部からの距離をとり、速度の大きさを色の違いで表示する方法である。これにより心室内長軸上の最大流速点の移動速度(血流伝播速度)を求めることができる。この移動速度と拡張機能との間に相関関係が認められたことから、左心室拡張機能の診断にCMD法がよく用いられるようになってきた(5)。しかしながら、CMD法では超音波を入射した方向の速度分布しか計測されず、心室内の流れと計測される流速分布との関係が不明であり、心室内で最大流速点が移動する現象のメカニズムもよく分かっていない。以下では、拡張時における左心室内の血流計算を行い、左心室内の流れの構造とCMD法で得られる結果との関係について調べた我々の研究について紹介する(3)(4)。

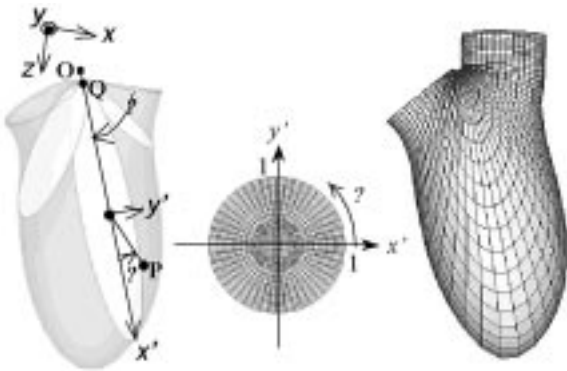


図1

2.2 左心室の形状モデル ヒトの左心室の標準的な形状を参考に、最大拡張時の左心室の内腔形状を決定した(図1)。ここでは僧帽弁と大動脈弁の共通直径面に対して左心室は対称であると仮定し、乳頭筋などによる心壁の凹凸は無視した。流体解析領域を効率的に六面体要素に分割するために、左心室を僧帽弁から大動脈弁に向かって湾曲した一本の管とみなし、各断面に予め要素分割した基本面を変形させて配置することによりメッシュモデルを作成した。

2.3 心壁の運動 左心室の拡張は収縮した心筋が弛緩することにより始まる。拡張早期における心室内圧力は最大でも十数mmHg程度であることから、心筋を押し広げるほど強くは無と考えられる。そこで、強制的に壁面を移動させることにより、左心室拡張時の流れの計算を行った。実際の心臓の変形はねじりを伴うが、ここではその影響を無視し、壁面上の各点は、それと各断面の中心とを結ぶ方向に移動すると仮定した。また、心壁の移動速度が両弁部でゼロ、心尖部で最大になるように空間的に重み関数を設定した。これにより、左心室の体積変化に対応して、各時刻の壁の移動速度を定めることができる。

2.4 計算方法 まず、図1に示した左心室を収縮させて拡張初期の形状を求め、血液が静止している状態から計算を開始した。解析は拡張が開始して0.24秒間の早期拡張時を対

象とし、僧帽弁が開閉する拡張初期と末期に流入部が同心円状に開閉すると仮定し、開口部で圧力がゼロ、閉口部で速度がゼロの境界条件を与えた。その他の壁面では前節で求めた壁面の移動速度を与えた。移動境界条件の下で流体の数値計算を行う優れた方法が幾つか提案されているが(6)-(8)、ここでは壁面が移動する各時間ステップ毎にメッシュを切り直し、各節点における物理量を補間した。血流計算にはANSYS-FLOTRAN ver5.6(サイバネット(株))を用いた。

2.5 結果 正常心と拡張不全心に対して臨床で得られた経僧帽弁血流波形から、左心室の容積変化(55.6 cm³および30.9 cm³)を算出し、それぞれの場合についての計算を行った。いずれの場合も拡張加速期に、血液は心室全体に広がりながら心尖部方向に向かって流入した。その後、拡張減速期に大動脈弁下側に渦が発生し、その渦は拡張の進行とともに側壁に沿って発達し、最終的に環状の渦が形成された。このときの流線を図2に示す。正常心の場合は、大きく成長した渦が左心室全体を占め、渦の中心が心尖部方向へと移動している。一方、拡張不全の場合、渦は大動脈弁下側に留まっていることがわかる。

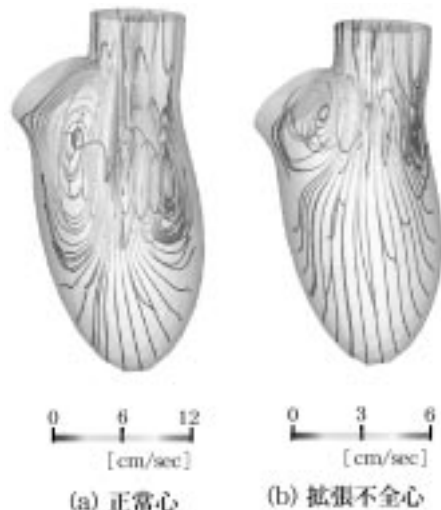


図2

計算によって得られた結果から左心室の流入口部と心尖部を結ぶ直線上の速度分布を求め、カラーMモード画像で表示した結果を図3に示す。各ピクセルの色は速度の大きさを表しているが、流速の速い部分を抽出するために、臨床で行われるエリアシングという方法に従って、最大流速の70%以上の速度の色を反転させて表示している。反転された部分を折返し領域と呼んでおり、この図では中央に黒く牙状に映し出された部分(実際は青色)がそれに対応している。拡張機能が正常な場合は折返し領域が細長く、その先端が左心室の中央付近まで達しているのに対し、拡張不全の場合はあまり伸びていないことがわかる。折返し領域の勾配は診断指標に使われる血流伝播速度を表しており、それぞれの場合で62.6 cm/sおよび39.8 cm/sとなった。このような拡張機能の違いによる折返し領域の形状や伝播速度の差異は、臨床で得られる結果とほぼ一致している。

CMD画像に見られる折返し領域の形状や血流伝播速度の違

いは、左心室内全体の血流動態を反映したものと考えられる。図2に示したように、拡張機能に応じて左心室内部に生じる渦の成長に違いがあった。環状になった渦は心室内の広い領域を占有するため、流体の流路が狭められ、その部位の流速が増加する。この渦が成長することにより最大流速点は心尖部方向へ移動する。こうした渦による縮流効果がCMD画像の折返し領域の形状を特徴づけており、血流伝播速度は左心室拡張時に発生する渦の成長の度合いを表していると考えられる。

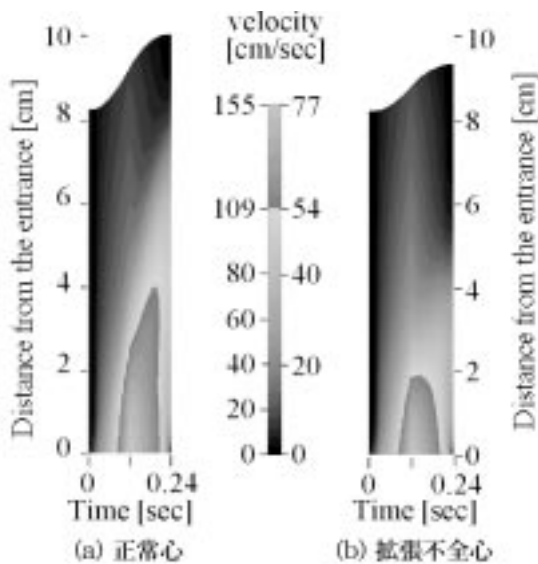


図3

3. おわりに

近年、心臓内の流れをより厳密に再現する数値流体解析の研究が盛んに行われている。TaylorとYamaguchi(9)はイヌ心臓の実形状に基づいた拡張及び収縮時の左心室内の血流計算を移動境界条件のもとで世界に先駆けて行った。PeskinとMcQueen(7)(10)は、心筋の繊維方向を考慮した心臓モデルを構築し、Immersed Boundary法により左心室内の血流と心壁運動の連成シミュレーションを行った。LemmonとYoganathan(8)は同様の方法で左心房コンプライアンスの左心室拡張機能への影響について検討した。Saberら(11)はMRIにより得られたヒト左心室の断層像から実形状モデルを作成して血流計算を行った。劉らは移動境界条件下で運動量が保存される有限体積法による解析コードを開発し(6)、リアリスティックな心臓の運動と流れの連成解析に取り組んでいる(12)。久田らのグループは心筋レベルから心壁の運動を表し、それに伴う心臓内の流れの解析を試みている(13)。これらの詳細な計算結果は、心臓内の複雑な流れと心壁の運動との関係を理解していく上で極めて有益な情報を提供している。しかし、それが現在の臨床診断装置において、どのように観察され、どういった現象として捉えられるのかについては、ほとんど示されていない。そのため、こうした解析により得られた有益な知見が、臨床診断に有効に活用されていないのが現状である。計算によって得られる情報は、量的にも精度的にも実測されるものを上回っているが、計測結果を拠所にしてきた臨床診断に役立てていくためには、両者の整合性も考えなければなら

ない。計算精度を追求することと、計算された結果と実際の現象との対応を考えていくことが、計算力学的アプローチを活用した医療診断装置を開発していく上で重要である。

参考文献

- (1)日本医師会編、心エコーのABC、1995、中山書店。
- (2)Nakamura, M., et al., Relationship between intraventricular flow patterns and the shapes of the aliasing area in color M-mode Doppler echocardiograms - A CFD study with an axisymmetric model of the LV -, JSME Int. J., Series C, 44, 1013-1020, 2001.
- (3)Nakamura, M., et al., Theoretical study on the evolution of a vortical flow in a human left ventricle during early diastole, Submitted to Biomech. & Modeling in Mechanobiol.
- (4)Nakamura, M., et al., A CFD study on the development of a vortical flow in the human left ventricle during early diastole, Proc. 5th Int. Symp. on Comp. Meth. in Biomech. & Biomed. Eng., in Press.
- (5)Nishihara, K., et al., Usefulness of early diastolic flow propagation velocity measured by color M-mode Doppler technique for the assessment of left ventricular diastolic function in patients with hypertrophic cardiomyopathy, J. Am. Soc. Echocardiogr., 13, 801-808, 2000.
- (6)Liu, H., and Kawachi, K., A numerical study of insect flight, J. Comp. Phys., 146, 124-156, 1998.
- (7)McQueen, D. M. and Peskin, C. S., Heart simulation by an immersed boundary method with formal second-order accuracy and reduced numerical viscosity. In: Mechanics for a New Millennium (Aref, H. and Philips, J. W., eds), 429-444, 2000, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- (8)Lemmon, J. D. and Yoganathan, A. P., Computational modeling of left heart diastolic function: Examination of ventricular dysfunction, J. Biomech. Eng., 122, 297-303, 2000.
- (9)Taylor, T. W. and Yamaguchi, T., Realistic three-dimensional left ventricular ejection determined from computational fluid dynamics, Med. Eng. Phys., 17, 602-608, 1995.
- (10)Peskin, C. S. and McQueen, D. M., A general method for the computer simulation of biological systems interacting with fluids, Symp. Soc. Exp. Biol., 49, 265-276, 1995.
- (11)Saber, N. R., et al., Computational flow modeling of the left ventricle based on in vivo MRI data: initial experience, Ann. Biomed. Eng., 29, 275-283, 2001.
- (12)岩瀬、他、2チャンバーモデルを用いた左心室内の血流解析、機講論、No. 01-1, Vol. IV, 29-30, 2001.
- (13) http://www.sml.k.u-tokyo.ac.jp/studythema_heart.html



第15回計算力学講演会のご案内

宮崎則幸
九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門

開催日 2002年11月2日(土)～4日(月)
会場 鹿児島大学工学部(鹿児島市)

前回の計算力学部門ニュースレター(No. 27)でもご案内いたしましたように、計算力学部門の一大イベントである計算力学講演会が上記のような日程で、南国の鹿児島大学で開催されます。鹿児島大学の岡田裕先生を中心として現地の準備を進めるとともに、佐賀大学の萩原世也先生が講演会プログラムを担当して講演会の準備を進めております。計算力学に関連した広範な分野から合計27テーマのオーガナイズドセッションが提案されています。また、オーガナイズドセッション以外にもこれまで通り一般セッションも設けます。会誌の3月号に講演発表申し込みのための会告を掲載いたしましたのでご覧下さい。開催までの大まかなスケジュールは下記の通りです。

- ・発表申込締切 2002年6月21日(金)
- ・プログラム編成 2002年7月
- ・採否通知 2002年8月

・開催案内：会誌9月号

会誌3月号の会告ご覧になり、6月21日までに多数の方々が講演発表の申し込みされますよう、実行委員を代表して皆様方をお願い申し上げます。また、今回は優秀講演表彰 優秀技術講演表彰 学生優秀講演表彰に加え、ピジュアリゼーション優秀賞を新たに設ける予定です。企業の方々、若い学生の方々からの多数の講演申し込みも期待しております。

なお、本講演会の最新情報は下記講演会ホームページ

<http://www.mech.kyutech.ac.jp/comp/15th-keisan/index.htm>

に掲載いたしますのでご覧下さい。なお、このホームページは機械学会のホームページ(<http://www.jsme.or.jp/>)からもアクセスできます。

連絡先：宮崎則幸

九州大学大学院工学研究院化学工学部門

〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1

Tel. 092-642-3526, Fax. 092-642-3531

E-mail: miyazaki@chem-eng.kyushu-u.ac.jp



2002年度年次大会部門関連特別行事の企画

吉村忍
東京大学 大学院新領域創成科学研究科 環境学専攻

2002年度年次大会が東京大学本郷キャンパス(東京都文京区)において2002年9月25日(水)から27日(金)の日程で開催されます。計算力学部門が関連しますオーガナイズド・セッションについてはニュースレターの前号で既に報告した通りです。詳細は、

<http://www.jsme.or.jp/0209250c.htm> をご覧ください。また計算力学部門が関連した基調講演が1件、先端技術フォーラムが2件、ワークショップが1件、企画されております。会員諸兄の積極的なご参加を期待しております。

○基調講演

題目：メッシュレス法の最新動向(計算力学部門企画)

- ・企画者：吉村忍(東京大学)
- ・講師：野口裕久(慶應義塾大学)

○先端技術フォーラム1

題目：IT時代の計算力学(計算力学部門企画)

・企画者：萩原一郎(東京工業大学)

・講師：企画中

○先端技術フォーラム2

題目：複雑形状解析と立体的可視化技術(計算力学部門企画)

- ・企画者：矢部孝(東京工業大学)
- 青木尊之(東京工業大学)

・講師：企画中

○ワークショップ

題目：材料強度に関する階層構造のブリッジ—マルチスケールアナリシスの現状と今後—

(材料力学部門・計算力学部門共同企画)

- ・企画者：志澤一之(慶應義塾大学)

・講師：企画中

2002年度日本機械学会計算力学部門賞（功績賞・業績賞）募集要項

本部門では、計算力学分野の進展を図るため、平成2年度より2種類の部門賞を設置しております。

本年度も下記の要領で受賞候補者を募集しますので、数多くのご応募をお願いします。

1. 対象となる業績

A. 功績賞

学術、技術、教育、学会活動、出版、国際交流などで計算力学の発展と進歩に幅広くまた顕著な貢献のあった個人。

B. 業績賞

計算力学の分野で顕著な研究または技術開発の業績を挙げた個人。

2. 受賞者数

部門賞通則第5項に従う。本部門は5名以内(但し、2002年8月末日の部門登録者数が5000名以上、6000名未満の場合)。

3. 表彰の方法、時期

時期審査の上、2002年11月2日～4日に予定されている第15回計算力学講演会において、楯の贈与をもって行う。

4. 募集の方法

公募によるものとし、他薦とする。

5. 提出書類

推薦には、A4サイズ用紙1～2枚に(1)推薦者氏名、(2)推薦者所属・連絡先、(3)被推薦者氏名、(4)被推薦者所属・連絡先、(5)AかBを明記し、(6)推薦理由を記入の上、提出するものとする。なお、提出された書類は返却しない。

6. 提出締切日：2002年6月28日（金）

7. 提出先

〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館5階
日本機械学会計算力学部門 [担当職員：野口明生]
電話 03-5360-3500 FAX03-5360-3508
E-mail: noguchi@jsme.or.jp

本部門では、部門ホームページのトップに掲載するグラフィックスの公募・審査のうへ、『ビジュアライゼーション優秀賞』を贈賞する予定です。詳細は部門ホームページにてご確認下さい。

研究会報告



科学技術計算用ミドルウェア研究会（A-TS01-12）活動報告

奥田洋司：主査（東京大学 大学院工学系研究科 システム量子工学専攻）（写真）
中島研吾：幹事（(財)高度情報科学技術研究機構）

平成12年4月より計算力学部門に標記研究会が約20名の委員構成で発足しました。産業基盤分野、ナノテクをはじめとするフロンティア分野におけるシミュレーションへの多様かつ危急なニーズと、地球シミュレータや種々のスーパークラスタをはじめとするハイエンド機、GridやITBLなど日進月歩のネットワーク計算環境のもと、科学技術計算ソフトウェアのパフォーマンス、信頼性、開発効率、可搬性の向上がますます必要とされております。本研究会は、これらの要求を満足するための方策の一つとして科学技術計算用ミドルウェアに注目し、その概念設計からプロトタイプ版の開発までを目的とするものです。

本研究会では、今年度は「高性能数値計算プログラム開発のための言語処理システムの設計と構築に関する研究会」（代表：金田康正東京大学教授）と合同開催も含め、以下のようなテーマについて話題紹介や討論がなされました。

・地球物理学の現場での数値計算コーディングの工夫

- ・PCOMPで考えたこと
- ・CCSR大循環モデルのコーディング
- ・ADEOS-II GLI衛星搭載センサーのためのレベル2処理プログラム作成の経験
- ・並列有限要素法プラットフォーム「GeoFEM」について
- ・GeoFEM用Documentationシステム「GeoSPEC」について
- ・複数言語で記述されたアプリケーション連成に関する経験
- ・分子積分計算プログラム開発とその性能評価
- ・分子配座探索プログラムConflexの開発
- ・JAVAを用いた分子設計支援システムMolWorksの開発

今後は、内容も事例紹介に加えて開発的な側面の話題、ワークへとシフトしてゆく予定です。当研究会に関するご質問や、参加希望などございましたら、主査もしくは幹事までご連絡願います。

奥田：okuda@garlic.q.t.u-tokyo.ac.jp

中島：nakajima@tokyo.rist.or.jp



CGの手法を活用した計算力学の可視化研究会 (A-TS 01-16) 活動報告

青木尊之：主査（東京工業大学 学術国際情報センター）（写真）

尾形陽一：幹事（東京工業大学 大学院理工学研究科 機械物理工学専攻）

本研究会は計算力学部門所属の研究会として昨年10月に発足し3年間の活動が認められています。計算力学の計算規模はますます大きくなり、リアリスティックな可視化による計算結果の評価は非常に重要になっています。一方、CG (Computer Graphics) の分野は家庭用ゲーム機の普及とともに目覚しく進歩しており、フルCGの映画も珍しくなくなってきました。計算力学においてCGの手法を取り入れた可視化は、この部門の新たな展開につながる可能性を持っていると感じています。また、CGの分野では「物理シミュレーション」という言葉が良く使われ、自然現象を忠実に再現しようという方向に動いています。そこで、双方の分野の人たちにメンバーに入って頂き、技術交流や意見交換することで有意義な研究会になることを期待しています。

第1回目の研究会を本年1月17日の午後、東京工業大学・学術国際情報センター会議室において下記のような内容で実施しました。これまで計算量が多いために大規模なデータの可視化には向かないと思われていたボリュームレンダリング

ですが、現在は等値面表示よりも早く表示できる場合があります。ソフトウェア・レンダリングとハードウェア・レンダリングの観点から2件の講演を行い、参加者は研究会委員他30名ほどでした。

- (1) 流体の可視化におけるボリュームレンダリング法の活用：
小野謙二（東京大学 インテリジェントモデリングラボラトリー）
(2) PC環境でのリアルタイム・ボリュームビジュアライゼーションを可能にするボリュームレンダリングエンジン：
楠木順一（三菱プレジジョン）

(1)の講演ではたくさんの動画が表示され、改めてボリュームレンダリングの有効性を感じました。(2)の講演ではボリュームレンダリング・ボードを使っての実演が行われ、リアルタイム表示を実感しました。課題とされる“定量的な評価にいかにつなげるか”に関して議論が盛り上がりました。

本研究会の活動にご興味のある方は、青木(taoki@gsic.titech.ac.jp)、または尾形(yogata@mech.titech.ac.jp)までご連絡下さい。



流体と構造の複合問題研究会 (A-TS01-17) 活動報告

大林茂：主査（東北大学 流体化学研究所）（写真）

轟 章：幹事（東京工業大学 大学院理工学研究科 機械物理工学専攻）

本研究会は平成12年度に技術委員会としてスタートしたが、平成13年9月に研究会に移行した。本研究会では、それぞれの分野の専門家が他分野の専門家に入門的な講義を行い、一緒に基礎的な問題を問い直すミニ企画「Multidisciplinary Lecture Series」を中心に活動を行っている。企画の詳細や、講演資料は研究会のwebサイト <http://www.ifs.tohoku.ac.jp/cmd/> で閲覧できる。平成13年度は、3回のミニ企画と1回の特別講演会を行った。

まず、6月19日に独立行政法人化が行われたばかりの航空宇宙技術研究所のご協力で、Multidisciplinary Lecture Series 3として、「海上技術安全研究所におけるCFD研究」（独法）海上技術安全研究所・日野孝則氏、「再突入飛行実験における流体と熱構造の連成数値解析とその比較検証について」（独法）航空宇宙技術研究所・山本行光氏の2講演と航空宇宙技術研究所の見学会を実施させていただいた。

また、11月14日には韓国科学技術院 (KAIST) In Lee 教授のご来日にあわせて、「Transonic Flutter Computations Using CFD and CSD with Parallel Computing Technology」を東京工業大学でご講演いただき、韓国のハイレベルな研究に感銘を受けた。

さらに11月30日から12月1日にかけて計算力学部門講演会にあわせて、美しい雪景色の中、北海道工業大学付属ニセコ

山荘にて、Multidisciplinary Lecture Series 4を実施、石川島播磨重工業・大矢弘史氏「殻構造の座屈の実際的な問題」、川崎重工業・嶋英志氏「ウィンドアクリション流の数値計算」の2講演をいただいた。

本稿執筆時にはこれからであるが、3月25日に東北大学流体科学研究所と日本機械学会バイオエンジニアリング部門「制御と情報－生体への応用研究会」の共同企画 Multidisciplinary Lecture Series 5として、イタリア・トリエステ大学・カルロ・ポローニ教授「Status and trend on multidisciplinary design optimisation」、東北大学・白井敦助手「微小血管における血漿流動と血球変形の連成問題」、大橋俊朗助手、清尾慎司氏、松本健郎助教授、佐藤正明教授「構造最適化手法を用いた流れ負荷内皮細胞の連成解析」、山口隆美教授「生体内の流れ－構造連成問題」の4講演が予定されている。

本研究会では、異分野の刺激による活性化を求めてA委員や話題提供者を随時募集中である。流体と構造に限定せず、流体または構造を含む複合問題について広く経験や問題を学んでいきたいと思うので、興味深い問題を抱えている研究者・技術者の方には是非ご参加いただきたい。ご連絡はこちらまで、Email: cmd@ifs.tohoku.ac.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 野口明生

〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館5F TEL 03-5360-3500 FAX 03-5360-3508

計算力学部門ニュースレター No.28:2002年4月18日発行

編集責任者:第79期広報委員会委員長 田中正隆

第79期広報委員会 幹事 川上崇

〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1番地/株式会社東芝 機械・システム ラボラトリー

TEL: 044-549-2375、FAX: 044-549-2383、E-mail:takashil.kawakami@toshiba.co.jp

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。

第80期広報委員会 幹事 大平竜也

〒676-8686 高砂市荒井町2-1-1/三菱重工業株式会社 高砂研究所 燃焼伝熱研究室

TEL: 0794-45-9728、FAX: 0794-45-6089、E-mail: tatsuya_ohira@n.trdc.mhi.co.jp