



COMPUTATIONAL MECHANICS

計算力学部門ニュースレター No.37

November, 2006



企業における計算科学の適用

-産業機械設計におけるフロントローディングのすすめ-

小林 淳一

(株)日立製作所 研究開発本部 ソリューションセンタ

まず自己紹介をします。私は、1976年10月に(株)日立製作所 機械研究所に中途採用で入社しました。本人はあまり意識はなかったのですが、この年はオイルショックの余波があり極端に新入社員が少なく(通常の1/6程度)、周りの人からよく入社できたものだと言われました。後から考えると、確かに入社は厳しく、面接も多く最後の本社面接では、研究所から質問の回答まで用意してもらいました。周りの人達のおかげとずっと感謝しながら仕事をしています。もともと大学の博士課程で流体力学や数値解析をやってきましたので、入社してからは当社の機械系事業部門のターボ機械の性能向上や、半導体製造における生産性向上のための製造装置内の反応を伴う希薄流挙動解析を行いました。あまり多くの研究をしたわけではありませんが、多くの人達と交わり貴重な経験をしたことをもとに企業における計算科学(ここではCAE: Computer Aided Engineeringと呼ぶ)の適用状況と製品開発におけるフロントローディング設計の必要性を以下に述べたいと思います。

どの企業でも同じだと思いますが、製品開発のスピードアップ、コスト低減の流れの中でCAEが取り入れられてきています。この傾向はますます強まるものと思いますが、企業間にはCAE導入に対する温度差がありすべて順調というわけではありません。CAEの導入は従来の設計のやり方を変える要素を持っていますので、導入効果が明確になる、あるいはなる目処が立たないと進まないという側面があります。単にCAEによって解析を行うだけであれば特に問題はありませんが、より戦力化しようとするならば設計プロセス改革に深くかわり、トップの方針や改革の目的を従業員全員が共有することが必要となり、大改革という意識を持つことが

大事です。そこを乗り越えて初めてCAEが一人前となるのではないのでしょうか。

また最近ではCAEを用いたフロントローディング設計の必要性が叫ばれています。この背景には扱う製品が極限設計に近づいていることが挙げられます。かつての設計は与えられた仕様に対して多くの実績データを下に内挿して設計してきました。これは最も効率的で確実なものでした。しかし製品競争力の激化に伴い性能、大きさ、重さ、コストに対してチャレンジングな仕様を与えられ設計することが多くなってきました。従来法の欠点は設計マージンがどのくらいあるかははっきり分からないことです。極限設計になると設計マージンの適正化が求められます。従って従来法の設計は使えなくなり、CAEを用いたフロントローディング設計が必要になるわけです。フロントローディング設計の一番の目的は、新たな仕様によってどんな開発リスクが発生するか事前に予測すると共にそこを如何に克服するかをしっかりと見極めることです。しかし、「言うは易し」であり、まだまだこれからの課題であると思います。

今から25年前筆者は、ガスタービン用多段軸流圧縮機の開発に携わり、当時はフロントローディングという言葉はありませんでしたが、結果的にフロントローディング設計をすることで高い目標仕様の機械を開発することができましたのでその例を紹介します。

当時、コンバインド発電プラントが世界的に注目され始めていました。このプラントは蒸気タービン発電システムにガスタービンによる発電を加えたもので、トータルの発電効率を高めることができる特徴を持っていました。このためにはガスタービン燃焼温度を上げ、圧縮機の圧力比を上げること

が要求され、新しい仕様の圧縮機開発が必要となりました。このような機械は一人では設計できるものではなく、強度信頼性、ローターダイナミクス、空力性能それぞれに担当者を決め、仕事を進めました。筆者は、空力性能を担当しました。入社後あまり時間が経っていませんでしたので、このような圧縮機を開発した経験はなく、どうすればよいか悩みました。いろいろな文献から圧縮機空力性能設計を学び、さらに世の中のレベルを調べました。設計のポイントは、各段への仕事配分、それを実現するための翼列形状設計、そしてそれらを配置した時の空力性能評価です。今回は動翼が17段あり仕事配分に応じた翼列形状を決めるのは大変な仕事でした。当然コンピュータを使うわけですが、当時私のいた研究所のコンピュータでは無理で、最新鋭のコンピュータのある場所に行き設計しました。そこにはまだ一般には普及していないTSS端末が揃っていてそれを必死に使いこなしました。

各段の動翼、静翼の翼形状をきちんと格納できるようにフォーマットを決めたり、形状を修正したとき自動的にデータが入れ替わるようにするなどの設計のための支援ツールを数多く整備しました。また、空力性能を評価するための性能予測についてはソフトウェアを開発し、実験的に検証しました。これら設計のためのツールを使い、大型計算機で設計し、性能評価を行いました。約6ヶ月かけパラメータサーベイを行い全体の翼列形状を決定しました。その後モデル試作機を製作し、性能、信頼性の実証試験を行いました(図1)。しかし、実証試験は困難を極めました。ターボ型流体機械は、100%回転に達したとき、本来の圧縮を行うことができる機械です。従って、回転数を上げていく過程では、空気を圧縮することができないため各段で理論的には非設計点を通ることになります。そのため動翼の前にある静翼を可変にしたり、途中の段で抽気したりするのですが、ここをどうクリアすればよいか苦労しました。翼の根元の非正常応力を測定している振動の専門家からは、翼の振動が大きいと脅かされ、また近くで聞く騒音の大きさにびっくりしたりして大変なプレッシャーでした。しかし、研究者、事業部の開発者と協力しな

がらなんとか開発を成功に導くことが出来ました。この開発が成功したのは、設計ツールを揃え、コンピュータによりパラメータサーベイをしっかりとやったことだと思います。結果的には予測性能とほぼ等しい性能が得られましたので、やはりここがポイントです。コンピュータもなく手計算で設計していた時代ではこのような性能を短期間で得るのは難しかったと思います。パラメータをふりながら空力性能を眺めると設計点での目標効率が実現できそうなのか、非設計点での裕度が見えてきて、試作する前にある程度見極めることができるようになりました。また途中の計算結果をたたき台にして皆さんの知恵を借りることもでき、これがまさにフロントローディングでした。

設計開発に携わっている皆さん、フロントローディングを実践してください。ひょっとするとこのような設計プロセスの確立が、日本のモノづくりの大きな強みになると感じています。



図1 試作した多段軸流圧縮機

国際会議報告



第7回計算力学国際会議 (WCCM) 報告

山田知典

東京大学21世紀COEプログラム「機械システム・イノベーション」

2006年7月16～22日に米国ロサンゼルスにある Hyatt Regency Century Plaza Hotel において第7回計算力学国際会議 (7th World Congress on Computational Mechanics) が開催された。本会議は IACM (International Association for Computational Mechanics) が主催する国際会議であり、1994年には日本で第3回会議が開催されている。2002年にウィーンで開催された第5回会議以降、近年の急速な計算力学研究の発展に対応するため4年に一度から2年に一度の開催へと変更さ

れ、前回は2年前に北京で APCOM04 (2nd Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics) との共催として行われた。IACMは地域ごとに北米 USACM、欧州 ECCOMAS、アジア APACM の3組織に分かれており、それぞれが USNCCM (U.S. National Congress on Computational Mechanics)、ECCOMAS (European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering)、APCOM といった会議を開催している。

今回の会議のChairはノースウェスタン大学のWing Kam Liu教授とカリフォルニア大学ロサンゼルス校のJ.S. Chen教授であった。Wing Kam Liu教授は昨年筑波大学で行われた第18回計算力学講演会で特別講演をされたことから御存知の方も多であろう。会場となったHyatt Regency Century Plaza Hotelはビバリーヒルズにほど近く、同ホテルを訪れた多くの著名人の写真が飾られていた。また、一本通りを渡ったところにショッピングモールがあり、会議中の昼食をこのショッピングモールのフードコートで取られる参加者が多かったようだ。観光地ではチャイニーズシアターのあるハリウッド中心部、サンタモニカなどが30分程度のドライブ圏内であり、同伴者にとっても良い開催地であっただろう。ただし、車社会であるアメリカらしく会議場への交通手段は、ほぼタクシーに限られていたようである。

会議はHyatt Regency Century Plaza Hotelの3フロア(地下2フロア、地上1フロア)約30室を使って行われた。総発表件数は前回会議より500件近く増え、1954件であった。国別では発表件数の多かった順にアメリカ813件、日本149件、中国139件、ドイツ125件、フランス111件であり、以下、韓国、イギリス、イタリアが続いた。このように非常に大きな会議であるため、一般セッションはなく、166件あったMinisymposiumがそれぞれオーガナイズを行ったようである。

会議初日にはBallroomでオープニングセレモニー、T. J. R. Hughes教授、C. Peskin教授、E. Oñate教授、S. Chen教授による4件のプレナリー講演が行われ、その後、各講演会場に分かれて29パラレルセッションが行われた。各講演会場は60名程度が入ることのできる広さのものが多く、討論も活発に行われていた。二日目、三日目、四日目は始めにBallroomで2件のプレナリー講演、3部屋に分かれてそれぞれの部屋で2件(計6件)のセミプレナリー講演が行われ、その後、パラレルセッションに移るという形式で行われた。日本人では松本洋一郎教授(東京大学工学系研究科長)がMultiscale Modeling and Simulation of Phase Interface and its Applicationについて二日目にプレナリー講演を、海外を中心に活躍されている古川知成 Senior Lecturer(オーストラリアニューサウスウェールズ大学)がAutomatic Material

Characterization for Inelastic Finite Element Analysisについて四日目にセミプレナリー講演が行われた。五日目は終日パラレルセッションで行われた。

筆者は流体構造連成問題に関するMinisymposiumを中心に聴講した。タイトルに流体構造連成と入っているMinisymposiumだけでも"Computational Methods for Fluid-Structure Interaction"をはじめ4つがあり、同じ時間帯にセッションが設定されていることもあった。大きな会議では内容が発散してしまう傾向があるが、Minisymposiumを中心とした運営により本会議では多くのテーマに対してそれぞれ適切な研究発表が行われていた印象である。筆者の場合、もちろんすべての流体構造連成解析に関する講演を聴くことは出来なかったが、単純互い違い法の高精度化に関する研究をはじめ、刺激を受ける多くの研究発表を聞くことができ、個人的には非常に満足な会議であった。

以上、筆者が参加した第7回計算力学国際会議について簡単に紹介させていただいた。筆者としては世界での流体構造連成解析に関する研究動向を知ることができ、非常に有意義な会議であったが、全体としては非常に大きな国際会議であり、報告内容が十分でなかった点をお詫びする。次回のWCCMは2008年6月30日~7月5日にECCOMASと共催でイタリア、ベネチアで開催予定である。また、USACMが主催するNSNCCM8は2007年7月23~26日に米国サンフランシスコで、APACMが主催するAPCOM07はEPMESCXI(11th International Conference on Enhancement and Promotion of Computational Methods in Engineering and Science)と共催で2007年12月3~6日に京都で開催される予定である。特にAPCOM07は国内での開催であり、本部門から多くの方が参加されることを期待したい。

WCCM8 ホームページ

<http://www.iacm-eccomascongress2008.org/>

USNCCM9 ホームページ

<http://www.me.berkeley.edu/compmat/USACM/main.html>

APCOM07- EPMESCXI ホームページ

<http://www.apacm.org/apcom07-epmescXI/>





池田 徹
京都大学 工学研究科 機械理工学専攻

第16回破壊力学に関する欧州会議（ECF16）報告

2006年7月3日～7日にかけて、ギリシアのアレキサンドロポリスで開催された第16回破壊力学に関する欧州会議（16th European Conference of Fracture: ECF16）に参加した。本会議は、破壊力学に関する国際会議としては、最も大きなものの一つで2年おきに欧州各地において開催されている。

会議が開催されたアレキサンドロポリスは、ギリシア北部のトルコとの国境に近いリゾート地で、美しい海岸線に沿ってホテルが点在している。会場となったのも、これらの中の二つのホテル、Alexander Beach HotelとThaki Palace Hotelであった。12のセッションが平行して行われる大きな学会を一会場でまかなうことができなかつたために会場が二カ所に分割されたようである。このため、参加者は二つの会場間をバスで頻りに往復しなければならず、いささか不便であった。しかし、風光明媚な落ち着いた環境の中で開催されたことは不便さを補って余りあり、参加者は十分に会議を楽しむことができた。

この町で印象的だったのは、ダウンタウンの海岸通りに多くのレストランが並んでいて美味しいシーフードなどを食べることができるのだが、夕方7時頃に行くといつもほとんど客がおらず、9時頃からぞろぞろと人が集まってきて、毎晩12時過ぎまで賑わいが絶えないことである。シエスタの習慣がまだ残っており、昼食後に昼寝をして夜は遅くまで楽しむらしい。経済的には、我が国の方がギリシアよりもかなり豊かであるが、どちらの国民の人生が本当に豊かかと考えさせられた。

今回の会議には、728の論文がアクセプトされており、国別では、米国82、フランス75、日本54、イタリア49、英国49、ドイツ47、ギリシア46、セルビア31、ロシア30、以下省略、となっている。国別の論文数を見ても1位が米国、3位が日本となっており、ASTM、日本材料学会、日本実験力学会なども協賛しているなど、欧州会議という名前にもかかわらず、世界的な広がりをもつ国際会議であることがわかる。また、同会議と同時開催のSpecial SymposiumとしてMeasuring, Monitoring and Modeling Concrete Properties (MMMCP) が行われ、98の論文がアクセプトされていた。

ECF16は、36のMini-symposiaと25の一般セッションで構成されていたが、比較的オーソドックスな破壊力学のテーマが大多数を占めていたのが特徴的である。多くの論文を集めていたMini-symposiaとしては、"Deformation and Fracture at the Nano Scale", "Fracture and Fatigue of Elastomers, Micromechanisms in Fracture and Fatigue", "Structural Integrity Assessment in Theory and Practice"などが揚げられる。次々に新しいテーマに移っていくのではなく、伝統的なテーマにも

じっくりと取り組むという欧州らしい傾向が見て取れる。

また、ユニークなMini-symposiumとして、"Fracture and Failure of Natural Building Stones Applications in the Restoration of Ancient Monuments"という、古代遺跡の修復に関するテーマが設定され、Mini-symposiaの中でも最も多くの論文を集めていた。ギリシアという古代文明で有名な国で開かれた国際会議らしく興味深かった。

次回のECF17は、2008年9月2日から5日までチェコのブルノで開かれる予定である。すでに京都大学の北村隆行先生と九州大学の村上敬宜先生が招待講演者として登録されており、日本からも多くの研究者が参加するものと予想される。詳しくは、大会ホームページ (<http://ecf17.fme.vutbr.cz/>) をご覧いただきたい。



会場となった Alexander Beach Hotel



特集 計算力学を加速するハードウェアとその周辺



専用計算機 GRAPE について

牧野淳一郎
国立天文台

1. はじめに

本稿では、我々が開発してきた多体問題専用計算機 GRAPE (GRAVity PipE) について、その歴史に沿って概要を紹介した後、現在開発中の GRAPE-DR (Greatly Reduced Array of Processor Element with Data Reduction) について、その目指すところと開発の現状を紹介します。

2. 重力N体シミュレーション

私は1985年に大学院に進学して、東大駒場の杉本の下で球状星団のN体計算による進化の研究をテーマとすることになりました。球状星団というのは、典型的には色々な銀河の中に100個程度から、大きな銀河では数千個あるもので、一つの球状星団は典型的には100万個程度の星が集まってできています。

N体計算では、この星団の星の運動を実際にニュートンの重力法則とニュートンの運動方程式に従ってシミュレーションします。何故そのような力任せな方法を取りたかったか、というのはここでは省略しますが、要するに他の、より近似的に分布関数の進化を扱うような方法が本当に信頼してよいのかどうかかわからないところの研究をしたかったからです。

単純な計算法では時間ステップ毎に全部の粒子の間の重力を計算してそれぞれ合計するので計算量が粒子数の2乗に比例して増えます。実際にはもうちょっと大変で、星団では中心部で星の密度があがるとか、あるいは2つの粒子(星)が近接遭遇した時には短い時間刻みが必要になるとかいろいろなことがあり、安直な計算法では最悪粒子数の4乗くらいで計算時間が増えることになります。

実際には必要な計算法や計算精度も扱いたい問題によって全然違うのですが、一つ共通なことは、どんな方法を使うにしても、星同士の重力を計算する必要があるので、ということになります。GRAPEの考え方は、粒子同士の重力計算だけを高速に行うハードウェアを作る、ということです。これは、最初のベクトル計算機のアイデアと同じように、なるべく簡単なハードウェアで演算器を有効に使うことを目指したものです。ベクトル計算機との違いは、ベクトル計算機の考え方は多数のICを使うと浮動小数点演算器1つができる、という時期のものだったのに対して、GRAPEは1つの演算器が1つのLSIに集積できるようになった時期のもので、ということです。

3. GRAPEの歴史

演算器LSIを多数使って高い性能を出すために重要なこと

は演算器LSI以外の余計なものを可能な限り減らす、ということです。当時の技術で普通に並列計算機を作ると、大きなプリント基板1枚に演算器1つくらいしかのりません。そういうのではなくて、基板1枚で演算器を何十個も使って、さらにそれらの演算器が全部なるべく高い効率で動いて欲しい、というのが一つの要求です。

もうひとつのもっと実際的な要求は、GRAPEプロジェクトの関係者に計算機ハードウェアやアーキテクチャの専門家は誰もいなくて、デジタル回路の知識は学部での学生実験程度のしかなかったので、そういう程度で作れるものでないといけなかった、ということです。

実は、最大の要因は、こういうのができますよ、という提案を1988年にしてきた国立天文台(当時は野辺山)の近田の書いた絵がそういうものだった、ということです。近田はその数年前に野辺山のミリ波電波干渉計のための専用計算機FXを作った中心人物で、FXは100 GOPS (giga operations per second) と、ビット長が短いとはいえ完成当時のスーパーコンピュータをはるかに超える演算能力をもっていました。同じようなことを理論シミュレーションでもすれば?というのが近田提案で、それにのったのが杉本であった、ということです。

近田は具体例として粒子間の重力計算をする専用パイプラインハードウェアブロック図を書いていました。これはまさに我々欲しいものだったわけです。専用パイプラインハードウェアとは、ある演算の順番通りに演算器を配線して、クロック毎に結果が1つでてくるものです。メモリユニット自体を1サイクルで1粒子データがでてくるように作っておけば、非常に簡単な回路でメモリ制御ができます。連続アドレスでのアクセスしなく、キャッシュとか面倒なことを考える必要は一切ありません。また、座標と質量の4語の読み出しに対して数十演算するので、演算性能を上げるのに大きなメモリバンド幅も必要ありません。

1989年に大学院に進学してきた伊藤君(現在千葉大学教授)が1989/90年に語長が短くて演算をROMテーブルでやるGRAPE-1と、浮動小数点演算を使ったGRAPE-2を作りました。これらが結構色々研究にも使えるので、もっと速いものを専用LSIで作ったものがGRAPE-3と4、それらをさらに新しい半導体技術を使うことで高速化したものが現在使っているGRAPE-5,6ということになります。

GRAPE-6では大体60演算する演算パイプラインを6本1チップにいれて、クロック毎に360演算、90MHzクロックで動作することで30Gflops以上のピーク性能を出しています。

メモリバンド幅は720 MB/sです。パイプライン6本がメモリから受け取る粒子データは共通であり、さらに各パイプラインが8個の粒子への力を計算することで必要なメモリバンド幅を減らしています。同じピーク性能のベクトルプロセッサに比べて1/200程度のメモリバンド幅です。全体システムは2048チップを並列動作させ、2002年に64 Tflopsのピーク性能を実現しました。地球シミュレータより若干速いことはご存知の方も多いと思います。

4 GRAPE-DR

GRAPE-6では、シミュレーション結果の論文がNatureにも掲載されたり、また世界中の数十の研究機関でコピーを導入して使っている等、なかなか成功した、と著者は思っています。が、半導体技術はどんどん進歩するので、より新しい半導体技術で作ればもっと高速なシステムができ、今までできなかった問題が扱えるようになります。

なので、次を開発したいわけですが、そうは簡単にいかなかった、というのが問題です。その理由は、LSIチップを開発するのにかかる人手とコストがどんどん上がっている、ということです。

1992年に開発を始めたGRAPE-4では2チップを開発し(全機能が1チップでは入らなかったため)それぞれ2000万円程度の費用でした。回路図入力に泰地君(現在理研チームリーダー)と牧野で、テストベクタも我々が作成しました。基本的には配置配線以降がLSI Logicの仕事でした。その次のGRAPE-6は1997年に開発を始めましたが、チップ開発に1億円以上かかりました。2003年くらいに次を始めようとした時は、半導体メーカーからは数億円と言われました。

高くなっている理由ですが、トランジスタの数は数百倍になっているのだから設計が大変なのはやむをえない、という面もありますが、割合いろんな本なら計算機ができそうなことを人間がする羽目になっているから、という面のほうが実は多いように思われます。この辺は研究開発の余地があります。が、とりあえず、現状はそうなっています。このため、天文専用の計算機開発に使えそうな研究費では、次のGRAPEの開発をするのは困難になりました。

現在、我々はGRAPE-DRというプロジェクトを進めています。GRAPEはGravity Pipeの略であり、DRは東大情報理工の平木さんが中心になって進めてきたData Reservoirプロジェクトをさすわけですが、現在公式にはGRAPE-DRはGreatly Reduced Array of Processor Elements with Data Reductionというものの略語、ということになっています。

GRAPE-DRの基本的な考え方は、

従来のGRAPEと同様、可能な限り1チップに演算器を詰め込む。メモリバンド幅はあまり増やさず、それでも効率がでるような計算だけを対象にする。

従来のGRAPEとは違い、プログラム可能にする。これによって応用範囲を飛躍的に広げる。このために、全部の演算器をSIMD動作させる。

プログラム可能にすることと演算器を増やすことの2つはもちろん完全には両立しないわけで、どの辺で手を打つか、また、実際にどんなことに使えるか、が問題になります。

今回開発したSINGチップでは、512個のプロセッサエレメントを集積します。それぞれのプロセッサはサイクル毎に単精度乗算と倍精度加減算を実行でき、また2サイクル使うことで倍精度乗算も実行できます。動作クロックは500 MHzで、このクロックで動作すれば単精度ピーク512 Gflops、倍精度でもピーク256 Gflopsとなります。消費電力は実測で60 W前後です。

現在、チップのサンプルが完成し、それが1チップのったボードでチップの検証とソフトウェアの開発、評価を行っています。単純なアプリケーションプログラムは動作するところまでできており、今年度中には複数チップがのった、量産用のボードの設計を終える予定です。来年度と再来年度の2年間で大規模並列システムを作り、倍精度1 Pflops程度のピーク性能を実現するのが目標です。従来のGRAPEでやっていた多体計算の他、SPH法等の粒子法による流体計算、密行列演算、量子化学計算での2電子積分など、データ量に対して計算量が多いアプリケーションで高い価格性能比を実現できる見込みです。

とはいえ、同じテクノロジーで完全に専用化した従来型のGRAPEプロセッサを作った場合にはさらに5倍程度の性能は容易に達成できたはずで、やはり、プログラム可能にすることのオーバーヘッドは大きいものです。

SIMDで多数のプロセッサを集積する、というアイディアは我々が最初ではありません。最近のGPUはそういうものになっていますし、数値計算専用でもClearSpeed社のCSX600があります。これは、250 MHz動作のプロセッサを96個集積しています。但し、ピーク性能では50 GflopsとGRAPE-DRチップのほぼ1/10となっています。また、行列演算ではピーク性能の1/2しか出ないようです。

GRAPE-DRでは、かなり大きなチップを、ある程度大きな消費電力になっても我慢して作る、という方針をとったのですが、CSX600は消費電力やチップサイズを小さくすることを優先したようにみえます。ピーク性能が全てではありませんが、ピーク性能以上のことはできないのでシステムの価格当りのピーク性能は重要です。

最近、CELLに見られるように汎用プロセッサでも多コア、多演算器の方向に向かっていますが、GRAPE-DRのように実際に1024演算も行うものはまだ遠い将来と考えられているようです。従来のGRAPEと比較すると、GRAPE-DRは演算器の数が少なく性能も低いものに留まっているので、汎用プロセッサのトランジスタ効率ももっと悪いわけです。GRAPE-DRの後継ではみんなが低いから僕も低くていい、という考え方ではなく、理想である100%のトランジスタ利用効率にどこまで近づけられるか、という方向で検討していると思っています。



計算力学の世界を加速する Cell Broadband Engine プロセッサ

中野宏毅 (左) 森由美 (右)

日本アイ・ビー・エム エンジニアリング&テクノロジーサービス事業部

1. はじめに

計算力学の分野では、固体の変形、流体の流れなどの力学現象を定量的に評価することを目的として、計算力学システムが多数開発されており[1]、その計算規模や用途の拡大に伴って、高精度化・高速化がますます求められるようになってきた。また、CG (Computer Graphics) の手法を取り入れた可視化は、近年計算力学において重要視されており、動きの自然な滑らかさや実写に近いリアリティ、および画像の高精細化が要求されている。これらの演算には既存のマイクロプロセッサの能力をはるかに超える処理能力が必要である場合も多く、並列コンピューティングシステムが導入されることも多くなってきた。

このような状況の中で、大容量データの高速並列演算やマルチメディア・アプリケーションに適した次世代プロセッサ CELL Broadband Engine が、SONY グループ、東芝および IBM により共同開発された[2]。CELL Broadband Engine は高速演算に特化した8個の Synergistic Processor Element (SPE) がその中心となり、クロック周波数 3.2GHz の動作時に 200GFlops を超える浮動小数点演算性能を持つ。このプロセッサを用いることにより、多くの演算アプリケーションで汎用のプロセッサの10倍程度以上の処理速度を実現できることが実証されている。ここでは、CELL Broadband Engine のアーキテクチャおよびアプリケーション開発環境を解説し、さらに機械分野のヘルスマニタリングやボリュームレンダリング技術[3]など広い分野で利用されるウェブレット変換への応用例を紹介する。

2. CELL Broadband Engine のアーキテクチャ

CELL Broadband Engine は、PowerPC Processor Element (PPE) と呼ばれる 64-bit PowerPC 互換のプロセッサと8個の Synergistic Processor Element (SPE) と呼ばれる 128bit SIMD (Single Instruction Multiple Data) エンジンで構成されるマルチコアプロセッサである (図1、図2参照)。

PPE は汎用プロセッサであり 32KB の L1 キャッシュ、512KB の L2 キャッシュを持ち、仮想メモリをサポートしている。PPE では OS が動作し、SPE の動作を管理する役割を持つ。また、PPE には VMX (Vector Multimedia Extension) と呼ばれる SIMD 命令ユニットを実装している。

SPE は汎用 SIMD 演算ユニットである SPU (Synergistic Processor Unit)、256kB の LS (Local Store) と呼ばれるローカルメモリ、DMA コントローラーである MFC (Memory Flow Controller) から構成され、メインメモリと SPE 間、SPE-SPE 間は DMA により 16Byte/cycle のデータ転送を行う。

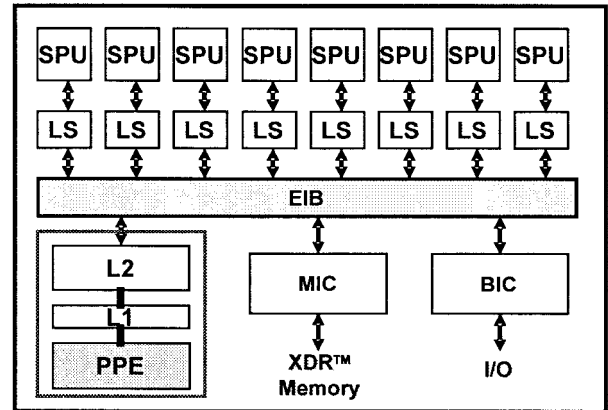


図1. Cell Broadband Engine Block Diagram

また SPE は独自の 128-bit SIMD (Single Instruction Multiple Data) 命令セットを持っている。

PPE、各 SPE、メモリーインターフェース、および IO インターフェース間は最大 96 Byte/cycle のデータ転送能力を持つ Element Interconnect Bus (EIB) と呼ばれる 4 系統のリングバスにより接続されている。メモリーインターフェースコントローラー (MIC) は RAMBUS 規格のメインメモリに接続され、25.6GB/sec のバンド幅をもちます。バスインターフェースコントローラー (BIC) は対称型マルチプロセッサ (SMP: Symmetric Multiple Processor) 接続および I/O デバイスへのインターフェースであり、75GB/sec のバンド幅を有する。また、Internal Interrupt Controller (IIC) と呼ばれる割り込みコントローラーも実装されている。

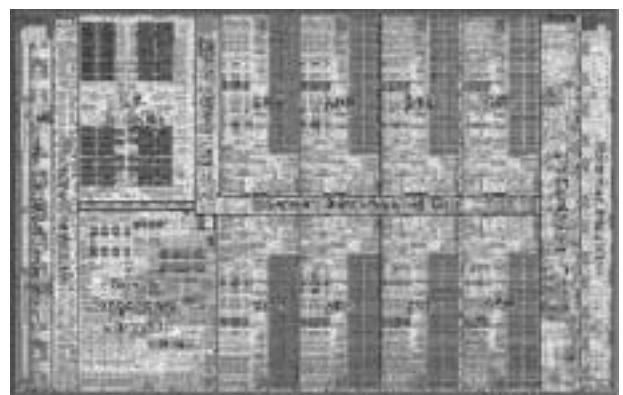


図2. CELL Broadband Engine チップレイアウト

アプリケーションの開発および実行環境のひとつとして、2-way SMP 構成の CELL Broadband Engine および 1GB のメインメモリを搭載したブレード・サーバーがある。CELL

Broadband Engine用に拡張されたLinuxをWebサイトからダウンロードすることが可能であり、PPE上で稼動する。コンパイラはGNU C/C++と、IBM XLCを使用することができ、PPEおよびSPEのコードを生成する[4]。

3. ウェーブレット変換への応用

CELL Broadband Engineを使用した並列演算処理の例として、ウェーブレット変換への応用結果を紹介する。

局所的な時間-周波数解析または空間-周波数解析に適しているウェーブレット変換は、現象の特徴抽出に優れており、非定常現象の解析など、機械分野におけるヘルスマonitoringによく利用されている[5]。また、CGなどグラフィックス分野においてもウェーブレット変換は画像圧縮や多重解像度解析などに広く応用されている。

このウェーブレット変換を画像に施すアプリケーション - 2次元ウェーブレット変換 - をCELL Broadband Engineに実装し、汎用プロセッサで演算処理した場合との比較を試みた。ここでは16タップのドベシーのウェーブレット変換を用いている。CELL Broadband Engineでは、SPEでの演算処理にあたり、メインメモリからSPEのローカルストアに画像データをDMA転送する必要があるため、画像をDMA転送に効率の良いサイズに分割し、プロセッサ内の8個のSPEを用いて並列演算処理を実行できるようにする。SPEではさらにSIMD命令を用いて並列データ演算を実行する。このようにプログラミングして実際に画像をウェーブレット変換し、汎用プロセッサを用いてプログラミング・実行した場合の処理速度と比較した[6]。使用した汎用プロセッサおよびCell Broadband Engineの仕様を表1に、また処理速度の比較結果を図3に示す。ここでは1024 × 1024、1920 × 1920、3840 × 3840の3種類の画像サイズを用い、汎用プロセッサでの処理速度をそれぞれの画像サイズにおいて1と考えCell Broadband Engineでの処理速度をその倍数で表している。また、このとき2種類のプロセッサはクロック周波数が異なるが、同じ周波数での場合の結果となるよう換算している。

表1. 実験に使用したプロセッサの仕様

	Commercially available processor	Cell BE
System	Desktop PC	Blade Server (prototype)
Processor	Xeon 3.2 GHz	CBE 2.4 GHz - PPEx1, SPEx8
Memory	3 GB	Main Memory: 512 MBx1
		Local Store: 256 KBx8
OS	Linux (kernel 2.6.11)	Linux (kernel 2.6.14)

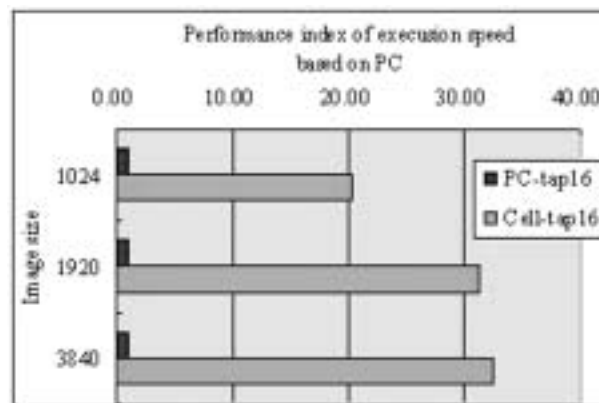


図3. 演算処理速度の比較

この比較のグラフから、Cell Broadband Engineは汎用プロセッサに比べて20倍から30倍以上処理速度が速いことがわかる。画像サイズが1024 × 1024の場合はそれ以上の画像サイズの場合に比べて倍率が小さくなっているが、これは演算処理時間以外のオーバーヘッド分が処理時間に対して他の場合よりも大きくなっているためと考えられる。

この結果から、ウェーブレット変換のようなデータの分割が可能で局所的な処理が可能な演算処理をCell Broadband Engineは得意とし、非常に高い処理能力を示すことがわかる。

4. まとめ

物理現象を忠実に再現し、リアリティの高い可視化を実現する要求が高まるにつれて、計算力学の計算規模はますます大きくなり、その計算結果の精度の高さや処理速度は非常に重要になってくると考えられる。適切なプログラミングモデルを適用することによってCell Broadband Engineは非常に有効に利用でき、大容量データのリアルタイム処理や今まで実現できなかった並列処理などこの分野で新たな展開につながる可能性があることが期待される。

参考文献

- [1] 吉村忍, "設計用大規模計算力学システムの開発", <http://www.jsps.go.jp/j-rftf/projectpdf/p/97p01104.pdf>
- [2] J. A. Kahle et al., "Introduction to the Cell multiprocessor," IBM J. Res. & Dev. Vol. 49 No. 4/5 July/September 2005
- [3] L. Lippert, M. H. Gross, "Fast Wavelet Based Volume Rendering by Accumulation of Transparent Texture Maps," Eurographics Association, 1995
- [4] <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/cells/w>
- [5] 山本鎮男 編著: ヘルスマonitoring, 共立出版 pp139, 1999
- [6] A. Asahara, M. Doi, Y. Mori, H. Nishiyama, and H. Nakano: "CELL BROADBAND ENGINE BASED REALTIME WAVELET DECOMPOSITION FOR HDTV VIDEO IMAGES AND BEYOND," ICME06



最新 SCore の機能

西克也

代表取締役 社長株式会社ベストシステムズ

1. はじめに

PC クラスタ用のミドルウェアである SCore は Beowulf 型クラスタに比べて高い性能およびスケラビリティを実現し、さらに、チェックポイント・リスタート機能を実用化した世界で最初のソフトウェアである。通商産業省（現 経済産業省）が 1992 年より 10 年間にわたり推進した国家プロジェクト「リアルワールドコンピューティング」において開発された。プロジェクト終了後も、PC クラスタコンソーシアム¹が設立され、オープンソースとして普及、維持が行なわれ、日本のみならずヨーロッパ、特に、英国、ドイツ、フランスなどを中心に使われている。

しかしながら機能的に他のクラスタ用ミドルウェアより優れているにも関わらずユーザ数が伸び悩んでいる。これは SCore インストールにおける煩雑性やポータビリティに問題があるためにユーザが敬遠していると考えられている。

今回、このような問題を解決するために独立行政法人 情報処理推進機構の助成金をいただき、「PC クラスタコンソーシアム」の有志である弊社、株式会社アックス、株式会社 NEC 情報システムズ、英国企業コンカレントシンキング社と東京大学石川研究室により、ユーザビリティ向上のための開発を行った。このニュースレターをお借りして新機能の概要を紹介する。

2. SCore クラスタソフトウェア

SCore は次の特徴を有したクラスタソフトウェアである。

・高性能通信機構

ネットワークドライバ等の低レベルでの通信制御を行うことにより、ネットワーク通信における性能劣化を最小に抑制する。

・チェックポイント/リスタート機能

アプリケーションプログラムを実行途上で停止させ、その時点から再開させる機能。他のアプリケーションにコンピュータを明け渡したり、コンピュータ障害時に他のコンピュータに移行してプログラムを再開させることができる。

・ギャングスケジューリング機能

クラスタ用の TSS（時分割）機能。複数のアプリケーションプログラムを時分割で同時に実行させることができる。

図 1 に SCore のアーキテクチャを示す。SCore はイーサネットや Myrinet 等のネットワークハードウェアの上に独自の PM と呼ばれるネットワークドライバを搭載している。この PM により低遅延、高性能な通信を実現することが可能とな

っている。SCore はこれまで RedHat ベースで開発されていたが、今回の開発より CentOS を利用することとした。このベースとなる Linux の上に SCore-D と呼ばれるグローバルオペレーティングシステムを展開することにより各コンピュータは SCore クラスタとして機能することとなる。SCore 用のコンパイラは通常 GNU コンパイラが利用されているが、Intel コンパイラおよび PGI コンパイラも利用可能である。またバッチサブシステムとしては OpenPBS が利用されている。

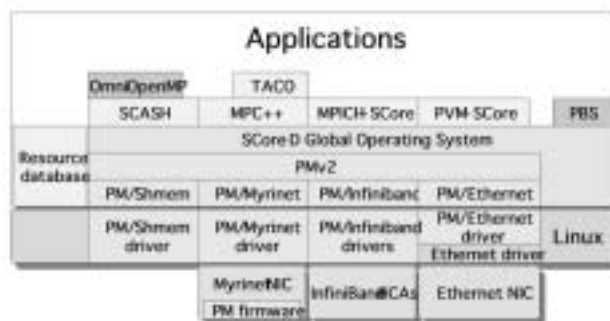


図 1 SCore アーキテクチャ

3. 開発の目的

今回の新規開発では、SCore をより普及させることを目的として、SCore を容易に導入できる枠組みや、SCore の設定を自動的に行う仕組みを開発した。さらに連続運用中に構成管理を実施できるような機能を実現し、SCore に対する信頼性を向上させる。これにより、これまで 1,000 CPU 以上の大規模クラスタシステムにしか適用されなかった SCore を 8 CPU から 16 CPU 程度の小規模クラスタシステムにも適用範囲を広げることができた。

今回の開発により次のような応用が可能となる。

- ・教育用計算用 PC 等の日中他の用途に使用されている PC を夜間や休日のみ SCore を起動させ計算資源として活用できる。
- ・定期的に行っているアプリケーションのチェックポイントを取ることで、システム障害時に自動的に実行ノードを移動させリスタートする無停止型クラスタシステムを構築できる。
- ・16 ノードクラスタシステムに対する SCore インストールが 1 時間以内に終了できる。

以上のように柔軟な構築運用が今回の開発で可能となった。

4. 開発の概要

今回の開発の概念図を図 2 に示す。先に述べたように今回

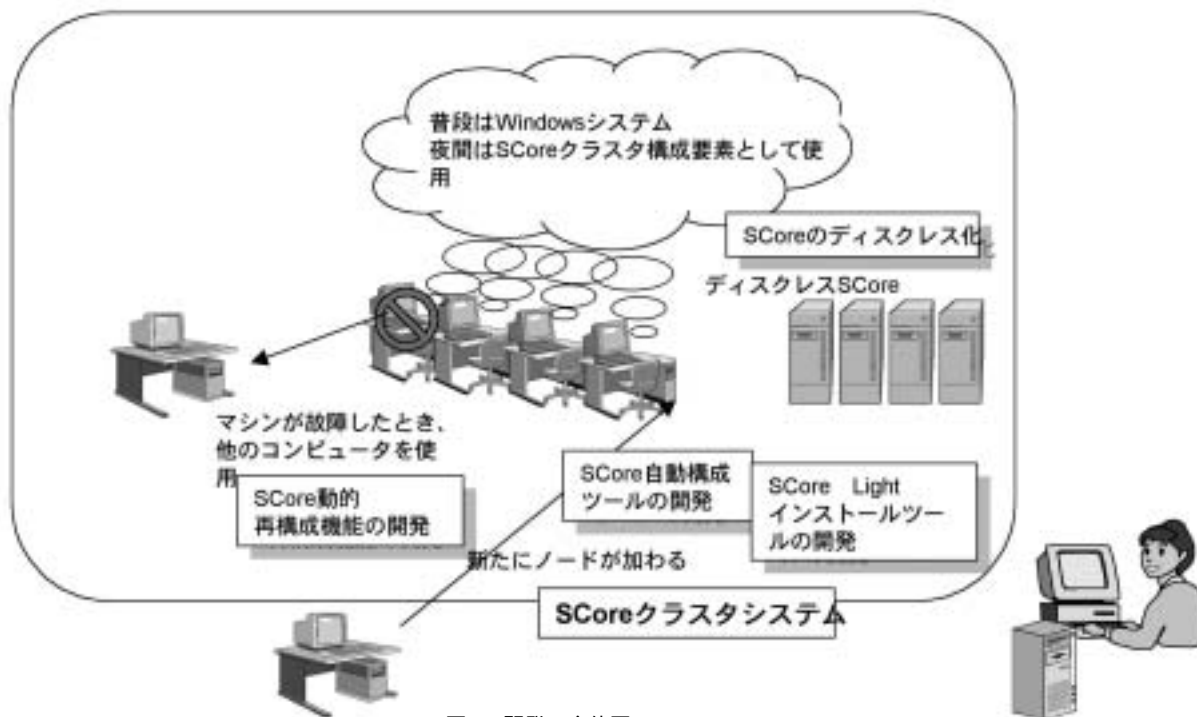


図2 開発の全体図

の開発では主にインストールの簡易化、システム設定の自動化および運用の柔軟性に重点を置いた。

今回開発した項目は、次のとおり。

4.1. SCore ディスクレス機能

現状のネットワーク運用をくずすことなく、SCoreを稼働させる仕組みである。後述するSCore Light インストールツールと連携させることにより、より簡易にディスクレス・システムのインストールを実施できる。システムの起動はPXEブートを使ったネットワークブート方式とDVDを使ったDVD起動方式を選択可能である。

4.2. SCore 自動構成機能

SCoreの設定を自動的にを行う機能である。これまでSCoreの設定を行うには相当のSCoreに対する知識が必要であったが、今回の自動設定機能を利用することによりシステム側で自動的にシステム設定を行う。今回の開発では管理ノード上に自動構成を司るデーモンが起動しており、計算ノードはこの管理デーモンと通信することにより自分が持つハードウェア情報を提供し、その後適切なSCore構成情報を取得する。これにより、ハードウェアが障害等で交換された場合でも自動的にSCore設定を構築することが可能となる。

4.3. SCore 動的再構成機能

連続運用中に構成管理を実施できる機能である。グローバルオペレーティングシステムであるSCore-Dの改良により本機能を実現した。今回の開発でSCore-Dをデーモン化することとなった。これによりSCore-Dは常にシステムプロセスとして常駐しシステムの動的再構成が可能となった。これにより、並列実行中のアプリケーションの計算ノードが何らかの理由により除外された場合、システムはアプリケーションの

チェックポイントを取り、他の正常な計算ノードへジョブをマイグレーションさせ再開させるという一連の動作が自動化された。

4.4. SCore Light インストールツール

SCoreを容易に導入できる枠組みである。以前EIT (Easy Installation Tool)と呼ばれていた機能であり、今回はこの第二版であるETI2となる。計算ノードはディスク付でもディスクレスでも対応可能である。またインストール方式もDVDもしくはPXEブートを選択できる。インストールするCentOSのLinuxメディアはサーバ側に置いてあるため、サーバやネットワークの性能によって同時にインストールできる台数に制限がある。今回我々が利用したサーバでは同時に3台ずつインストールを行い16ノードへのインストールが1時間以内に完了した。SCoreの設定は主にインストールのポストプロセスとして実行される。そのため独自に何らかの処理を入れたい利用者は、そのポストプロセスを改良することにより実現可能である。

5. おわりに

今回開発した新機能はさらなる試験、検査を行った後、SCore 6.0として年内にPCクラスタコンソーシアムより配布される予定である。今回実質6ヶ月という短い期間での開発に携わった株式会社アックス、株式会社NEC情報システムズ、コンカレントシンキング社の開発者の皆さんに敬意を表す。そして今回の開発の総指揮を取り自らの私的な時間をプロジェクトのために費やした東京大学 石川裕教授に心より感謝したい。

¹ PCクラスタコンソーシアム <http://www.pccluster.org>

部門からのお知らせ



第19回計算力学講演会のご案内

畔上秀幸

2006年計算力学講演会担当委員会委員長 / 名古屋大学

開催日 2006年11月3日(金)～5日(日)
会場 名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市千種区不老町)

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.ipl.cs.is.nagoya-u.ac.jp/~cmd2006/>

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

講演題目 Multidisciplinary Topology Optimization

講師 Prof. M. P. Bendsoe
(Technical University of Denmark)

日時 11月3日(金)13:00～14:00

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

特別講演II

講演題目 水のマイクロレベルでのダイナミクス;揺らぎ、相転移、反応

講師 大峯巖(名古屋大学)

日時 11月4日(土)13:00～14:00

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

部門特別講演

講演題目 Ageing Degradation of Mechanical Structures

講師 Prof. Somasundaram Valliappan
(Vice-President of IACM)

日時 11月4日(土)17:00～18:00

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

オープン・レクチャー

講演題目 通じる英語論文にするために

講師 マーク・ピーターセン(明治大)

企画 松本敏郎(名大)

日時 11月4日(土)14:00-15:30

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

チュートリアル

T1 Windows HPC クラスターの導入と運用について
(講演3件)

企画 廣安知之(同志社大学)

日時 11月3日(金)14:00-15:30

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

T2 計算力学における効果的なコンピュータグラフィックス応用(講演3件)

企画 鈴木克幸(東大)、越塚誠一(東大)

日時 11月5日(日)11:00-12:30

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

フォーラム

F3 電磁流体解析関連技術(講演5件)

企画 金山寛(九大)

日時 11月5日(日)9:00-11:00

場所 名古屋大学IB電子情報館大講義室

オーガナイズドセッション

(講演件数、オーガナイザ、日時、場所)

OS-01 電子デバイス・電子材料と計算力学(16件)

宮崎則幸(京大)、于強(横国大)

11月3日(金)11:00-18:10、第6室

OS-02 CGと計算力学(11件)

青木尊之(東工大)、白山晋(東大)、鈴木克幸(東大)

11月5日(日)13:30-16:25、第4室

OS-03 MEMSの計測・モデリング・マルチフィジックスシミュレーション(11件)

高野直樹(立命館大)、手塚明(産総研)、越塚誠一(東大)

11月3日(金)9:05-12:00、第3室

OS-05 材料の組織・強度に関するマルチスケールアナリシス(24件)

大橋鉄也(北見工大)、中曽根祐司(東理大)、志澤一之(慶大)、奥村大(名大)

11月3日(金)8:50-17:10、第2室

OS-06 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)

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

11月4日(土)14:00-17:55、第2室

OS-07 電子・原子・マルチシミュレーションに基づく材料特性評価(27件)

渋谷陽二(阪大)、北村隆行(京大)、東健司(阪府大)

11月5日(日)8:50-16:55、第2室

OS-08 多様なスケールにおける相変態および形態形成

- 析 (17件)
岩本剛 (広島大) 上原拓也 (名古屋大) 高木知弘 (神戸大) 西村文仁 (岩手大)
11月3日 (金) 17:15-18:30、11月4日 (土) 8:50-12:00、第2室
- OS-09 メッシュフリー / 粒子法と関連技術 (34件)
野口裕久 (慶大) 越塚誠一 (東大) 萩原世也 (佐賀大)
11月4日 (土) 15:00-18:10、11月5日 (日) 8:50-15:55、第1室
- OS-10 界面と接着・接合の力学 (13件)
池田徹 (京都大) 古口日出男 (長岡技科大)
11月5日 (日) 13:30-16:55、第3室
- OS-11 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) 北栄輔 (名古屋大)
11月5日 (日) 9:00-12:10、第3室
- OS-12 社会・環境・防災シミュレーション (15件)
吉村忍 (東京大) 酒井譲 (横浜国大) 北栄輔 (名古屋大)
11月4日 (土) 8:55-16:45、第4室
- OS-13 衝撃・崩壊問題 (13件)
磯部大吾郎 (筑波大) 小笠原永久 (防衛大)
11月3日 (金) 14:45-18:25、第5室
- OS-14 ロボットと計算力学 (6件)
磯部大吾郎 (筑波大) 昆陽雅司 (東北大) 野口裕久 (慶大)
11月3日 (金) 10:00-11:55、第5室
- OS-15 逆問題解析手法の開発と最新応用 (12件)
田中正隆 (信州大) 久保司郎 (阪大) 井上裕嗣 (東工大)
11月4日 (土) 9:00-12:10、第3室
- OS-16 進化的計算とその応用 (11件)
三木光範 (同志社大) 廣安知之 (同志社大) 北栄輔 (名古屋大)
11月3日 (金) 9:00-11:50、第4室
- OS-17 流体構造連成解析 (11件)
久田俊明 (東大)
11月4日 (土) 8:50-12:00、第1室
- OS-18 RBFと選点法の新展開 (8件)
松本敏郎 (名大) 北栄輔 (名古屋大)
11月5日 (日) 13:30-15:35、第6室
- OS-19 計算力学と最適化 (29件)
北栄輔 (名大) 山崎光悦 (金沢大) 畔上秀幸 (名大) 多田幸生 (神戸大)
11月3日 (金) 9:00-18:25、第1室
- OS-20 大規模連成解析と関連話題 (9件)
金山寛 (九大) 塩谷隆二 (九大)
11月4日 (土) 15:30-17:55、第6室
- OS-21 計算破壊力学の最新展開 (計算力学手法とその基礎理論と応用、実験 / 計算ハイブリッドテクニック、き裂先端変形場) (15件)
岡田裕 (鹿児島大) 藤本岳洋 (神戸大)
11月3日 (金) 14:00-18:10、第3室
- OS-22 次世代CAD/CAM/CAE/CG/CSCW/CAT/C-Control (12件)
萩原一郎 (東工大) 吉田康彦 (サイテック) 秋葉博 (アライドエンジニアリング) 田辺誠 (神奈川工科大) 遠藤正司 (富士テクニカルリサーチ)
11月4日 (土) 14:00-17:25、第3室
- OS-23 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 (9件)
森西晃嗣 (京都工芸繊維大) 里深信行 (滋賀県大)
11月5日 (日) 13:30-15:55、第5室
- OS-24 混相流のモデリングとシミュレーション (6件)
内山知実 (名大) 辻本公一 (三重大)
11月3日 (金) 9:20-10:50、第6室
- OS-25 計算バイオメカニクス (17件)
田中英一 (名大) 大島まり (東大) 坂本二郎 (金沢大) 山田宏 (九工大) 和田成生 (東北大) 山本創太 (名大)
11月4日 (土) 9:00-17:00、第5室
- OS-26 乱流の数値シミュレーション (4件)
森西洋平 (名工大)
11月4日 (土) 9:15-10:15、第6室
- OS-27 格子ボルツマン・ガス法 (6件)
林秀光 (豊田中研) 山本和弘 (名大) 高田尚樹 (産総研)
11月4日 (土) 10:30-12:00、第6室
- OS-28 インパクトバイオメカニクス (9件)
水野幸治 (名大) 西本哲也 (日大) 江島晋 (日本自動車研究所)
11月3日 (金) 15:00-18:10、第4室

ビジュアルゼーションコンテスト

展示会場 IB 電子情報館

来場者による投票審査を実施します。投票は4日 15:00まで。

部門賞授賞式および懇親会

日時 2006年11月4日 (土) 講演終了後

場所 メルパルク名古屋 (名古屋市中区葵3-16-16)

(講演会場からシャトルバス運行予定)

会費 登録者無料

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 (正・准員) 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



2007 年度年次大会の部門企画について

中谷彰宏

大阪大学 大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻

2007 年 9 月 9 日（日）～ 12 日（水）の 4 日間（9 日（日）は市民開放行事、10 日（月）から 12 日（水）は講演会）にわたり関西大学千里山キャンパス（大阪府吹田市）において、2007 年度年次大会が開催されます。大会では、1. 人材育成とものづくり力強化、2. バイオ・医療、3. エネルギー・環境・経済の調和の 3 つのテーマを柱に社会・地域連携を意識した企画が進められています。当部門に関連したオーガナイズドセッションは以下の 9 件です。いくつかの企画は年次大会ならではの部門横断型になっています。部門同好会も他部門との連携の形で開催する予定です。新しい技術・学术交流の創生が期待されます。

オーガナイズドセッションとオーガナイザー一覧

（ は筆頭オーガナイザー）

・ FEM/メッシュフリー法 / 粒子法と関連技術（計算力学部門）

萩原世也（佐賀大、電話：0952-28-8800 / FAX:0952-28-8587、hagihara@me.saga-u.ac.jp）野口裕久（慶應義塾大）越塚誠一（東京大）長嶋利夫（上智大）

・ 逆問題解析手法の開発と最新応用（計算力学部門/材料力学部門）

久保司郎（大阪大、電話：06-6879-7304 / FAX: 06-6879-4491、kubo@mech.eng.osaka-u.ac.jp）田中正隆（信州大）井上裕嗣（東京工業大）

・ 流体情報学と知的可視化（計算力学部門/流体工学部門）

白山晋（東京大、電話：04-7136-4263、sirayama@race.u-tokyo.ac.jp）藤代一成（東北大）渡辺崇（名古屋大）大林茂（東北大）

・ 解析・設計の高度化・最適化（計算力学部門/設計工学・システム部門）

山崎光悦（金沢大、電話：076-234-4666 / FAX: 075-753-5857、yamazak@it.kanazawa-u.ac.jp）西脇眞二（京都大）轟章（東京工業大）多田幸生（神戸大）荒川雅生（香川大）北山哲士（金沢大）

・ 血液循環系のバイオエンジニアリング：医療技術への展開（バイオエンジニアリング部門/流体工学部門/計算力学部門）

石川拓司（東北大、電話：022-795-4009 / FAX: 022-795-6959、ishikawa@pfsl.mech.tohoku.ac.jp）渡部正夫（九州大）

古川克子（東京大）田地川勉（関西大）白井敦（東北大）福成洋（東京大）中村匡徳（大阪大）

・ 生体・環境適合材料の創製・強度評価技術開発（材料力学部門/計算力学部門）

上辻靖智（大阪工業大、電話：06-6954-4259 / FAX: 06-6957-2134、uetsuji@med.oit.ac.jp）仲町英治（大阪工業大）片山傳生（同志社大）井上望（同志社大）田中和人（同志社大）

・ 締結・接合部の力学・プロセスと信頼性評価（材料力学部門/機械材料・材料加工部門/計算力学部門）

服部敏雄（岐阜大、電話：058-293-2503 / FAX: 058-230-1892、hattori@cc.gifu-u.ac.jp）泉聡志（東京大）佐藤千明（東京工業大）久保田祐信（九州大学）宮下幸雄（長岡高専）

・ 流体機械に関連した流体解析と数値最適化技術（流体工学部門/計算力学部門）

後藤彰（荏原総合研究所、電話：0466-83-7606 / FAX: 0466-82-2630、goto.akira@er.ebara.com）古川雅人（九州大）加藤千幸（東京大）山本悟（東北大）

・ 電子情報機器、電子デバイスの熱制御と強度・信頼性評価（熱工学部門/材料力学部門/計算力学部門/情報・知能・精密機器部門）

石塚勝（富山県立大、電話：0766-56-7500 / FAX: 0766-56-6131、ishizuka@pu-toyama.ac.jp）三浦英生（東北大）干強（横浜国立大）吉田和司（日立製作所）

なお、特別行事企画として、「基調講演」、「先端技術フォーラム」、「ワークショップ」、「新技術開発レポート」、「新企画行事（部門企画の市民フォーラムや若手向けの行事など）」を募集しています。12 月 19 日（火）までに下記宛にご連絡をお願いいたします。皆様の積極的なご協力を何卒よろしくお願いたします。

問い合わせ・申し込み先

中谷彰宏（大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻）

電話：06-6879-7244 / FAX: 06-6879-7246

nakatani@ams.eng.osaka-u.ac.jp

書評



メカニカルシミュレーション入門

高野 直樹、浅井 光輝 共著

コロナ社 2006年10月発行 157頁 定価(本体2,300円+税)(ISBN4-339-04580-2)

小村政則

ローム株式会社 ディスクリート・モジュール生産システム開発部

本書は、有限要素法入門のみならず、線形、弾性変形のFEMシミュレーションを適切に実施するために必要な知識・注意点をコンパクトに集約している。更に、結果評価に関しては、有限要素法の理論に関する書籍にはない重要な記述も多くある。有限要素法の理論を初めて学ばれる方、すでに学習された方であっても実務でFEMシミュレーションを使用される方は、読むことをお勧めする。また、本書のまえがきにもあるように、「CAEソフトウェアのプログラマにも、是非読んでいただきたいと思っている。」

本書の章構成は、次のとおりである。

1. メカニカルシミュレーションの学び方
2. 線形代数入門
3. 連続体力学入門
4. 数値解析入門
5. 有限要素法の理論概要
6. メカニカルシミュレーションの実践
7. 軽量化設計事例

近年、コンピュータの性能向上とともに、有限要素法を用いたシミュレーションが広く使われるようになってきている。3D-CADと連携したFEMシミュレーションソフトウェアを使用すると、簡単に“それらしい”応力分布などが表示される。しかし、“それらしい”分布表示を鵜呑みにして、設計・開発を進めて良いのであろうか。信頼できるFEMシミュレーションには、有限要素法の理論を理解することが必要である。更に、使用しているFEMソルバーの特徴を理解することが必要である。

有限要素法は、偏微分方程式を解くための数値解析法のひとつでしかなく、仮定した偏微分方程式の近似解以上の結果は、出力されない。実現象を入念に観察し、様々な仮定・省略により、実現象を数値解析モデルに置き換える「モデル化」(1章)で出力される結果が大きく左右される。FEMシミュレーションソフトウェアを使う前からシミュレーションは、始まっている。説得力のあるシミュレーションを行うには、「モデリングのフィロソフィー」(1章)を持ち、各ステップで注意深い検討が必要である。1章は、8ページのみであるが、シミュレーションの全体像を把握し、重要なポイントを理解するために繰り返し読むことをお勧めする。

FEMシミュレーションで物理量の分布を適切に表現するには、要素サイズが重要であり、要素サイズの決定には、「近似・補間・離散化」(4章)を理解する必要がある。また、

「要素種類」(5章)の選択、モデリングや計算コストなどで利点がある「構造要素」(6章)についても検討する必要がある。6章で「要素分割と精度」(6章)について記述があり、「要素種類」、要素サイズを選択するときの参考になる。

FEMシミュレーションソフトウェアに対して、全てのデータを入力し、ソルバーに計算を委ねる。線形、弾性変形みのシミュレーションでは、ソルバーに対するオプション設定も殆どなく、「連立1次方程式の解法」(4章)を計算規模、計算機の環境を考慮して直接法・反復法から選択する程度である。

FEMソルバーから出力される項目は、多数あるが、FEMソルバーが最初に求めているのは、節点変位(ベクトル)である。FEMソルバーが出力するひずみや応力は、ガウス積分点の値なので、注意が必要である。更に、可視化ソフトウェアでは、有限要素法の理論に関係なく加工された分布を表示していることもある。FEMシミュレーションの結果評価は、力学の知識、有限要素法に関する知識を総合的に動員して対処すべき最も重要なプロセスである。結果を適切に評価するには、6章の「ビジュアライゼーションと定量的評価」(6章)が参考になる。

有限要素法の理論を理解するには、「ベクトル」(2章)、「マトリックス」(2章)、「テンソル」(3章)に関する知識が必要であるが、本書で必要な範囲は、2章、3章に記述があり、初めての方でも十分理解できる。更に、線形、弾性変形のFEMシミュレーションでは、3章に記述がある「ひずみ」(3章)、「応力」(3章)などの力学の基礎知識が必要なのは、言うまでもない。



書評



「明日のものづくり」～CAEによる新しい文化の創造～

サイバネットシステム株式会社著、日経BP社 2005年10月発行
208頁 / 定価2000円 + 税 (ISBN4-8222-1876-7)

徳田明彦
三ツ星ベルト株式会社

これから企業や大学でCAEに取り組んでいく人、いわゆる「CAE入門者」にとって、有限要素法などの「道具そのもの」の知識を仕入れるに当たっては、良い書籍・教科書も多いので、さほど手段に苦勞はしないと思われる。

では、「CAEをものづくりへ活用していくための知識」はどこから仕入れたら良いのであろうか。実際、これについて書かれた書籍は、CAEが普及したといわれる現在においてもまだ少ない。それは、道具は共通でも、それを扱う環境・対象・目的は企業・大学等によって千差万別であり、なかなか一般論として書きにくいからではないだろうか。しかしそれでも、多くのケースにおいて共通に役立つ手法・考え方というものがあるはずである。これらは教科書的な書籍には出てこないため、自社のものづくりに取り入れ活用していくためには、数多くの事例を読み・聞き、学んでいくことが必要である。その手段としては、各学会、NPO団体、CAEソフトウェアベンダーが開催する事例紹介セミナー・事例発表会等へ参加し、実際にものづくりに携わっている方々の生の声をお聞きするのが有効である（これは入門者に限らず、ベテランでも同様である）。

さて、前置きが長くなったが、本書を一読してまず思ったのは、これは「書籍による事例紹介セミナーである」ということである。それは以下にご紹介する本書の構成を見て頂けたらお分かり頂けると思う。本書は「特別寄稿 + 6章」の構成になっている。まず、ミシガン大学・菊池昇教授による特別寄稿「ものづくり日本の将来とCAEの役割」では、CAEを巡る日米間の違いや、CAEの使命である「見える化」において日本の果たせる役割などについて述べられている。

第1章は「CAEによる新しいものづくり文化の創造」として、東京工業大学・松澤昭教授への特別インタビューとなっており、大学と企業の共通点や、大学で出来る社会貢献（工学系の大学病院という考え方）などの内容となっている。

第2章は「CAEとは？」として、簡単なCAEの説明（歴史やCADとの違い、適用分野、課題など）を行っている。

第3章は「CAEを活用する人たち」として、著者であるサイバネットシステム株式会社による各社へのインタビューを元にした形式となっている。本章では9社のCAE活用事例が紹介されており、その分野も構造、振動、機構、磁場、回路、光学など幅広い。

第4章は「CAEを支援する人たち」として、企業や大学においてCAEの推進、人材教育に携わっている方々へのインタビューで、各社それぞれの状況に応じた様々なCAE推進・教育方法の紹介となっている。

第5章は「CAEを支援するツール」として、個人ではナレッジ（知識）を深め、組織ではナレッジを広める（共有）が重要であることを説明し、そのためのツールを紹介している。

第6章は「CAEの将来」として、CAEの現在の課題や将来への期待について、製造業5社とサイバネット社の方々による座談会を開催し、その記録を会話形式で記載している。

そして、章間の3カ所ほどには「コーヒープレイク」として短いコラム（リラックスできる内容）もはさまれている。

以上のように本書は、基調講演（特別寄稿）、特別講演（第1章）、CAE活用入門（第2章）、ユーザー活用事例紹介（第3章）、教育事例紹介（第4章）、ツール・ソフト紹介（第5章）、そして、休憩時間（コーヒープレイク）や、最後の懇親会・パネルディスカッション（座談会）という、実際の事例紹介セミナー等によく見られる構成と同様となっている。これによって読み手はセミナーに参加している感覚で各企業・大学の事例を学ぶことが出来る。

そして本書で特に評価できる点として、各企業・大学名、および各担当者の氏名、部署名、役職名が全て実名で記されていることである（顔写真もある）。これによって本書の内容は読み手にとってよりリアリティを感じさせ、また強い説得力をもつものとなった。本書で紹介されている各企業の製品は、自動車や機械など私たちの身近にあるものが多いが、その「普段なじみ深いモノ」の開発でCAEを効果的に活用するために、その企業にどのような部署があって、どのような立場の方が、どのように苦勞を重ねてCAEを用いて来たのか、忙しい中で人材をどのように育成しているのかを実感を伴って理解できる。また、1、3、4章はインタビューを元にした形式ということで、「話し言葉」が多く含まれるが、これも書籍でありながら「生の声」を実際に聞いているような効果をもたらしている（ただし書籍化する以上、あまりにも「泥臭い」話は載せられないだろうし、「アク」はある程度薄められていると思われる）。

これらの話を読んでいくと、やはり共通したキーワードが出てくることに気づく。例えば「CAEをブラックボックス化してはいけない」、「人材育成の大切さ」、「モノ（現実・本質）を知ろう」などである。しかしまた、ブラックボックス化については場合によっては有効（必要）との意見もあり（座談会）最後にはっきりと言い切った形式での「まとめ」が無いのも、事例紹介的な本書の特徴かもしれない。これについては、読み手自身が自分の置かれている状況に応じて判断していけば良いことだと思う。

部門役員名簿

部門長	三木光範	同志社大学	計算力学講演会担当委員会 (2006)
副部門長	姫野龍太郎	(独)理化学研究所	[委員長] 畔上秀幸 名古屋大学
幹事	高木周	東京大学	[幹事] 北英輔 名古屋大学
運営委員	佐々木一彰	北海道大学	計算力学講演会担当委員会(2007)
	大林茂	東北大学	[委員長] 三木光範 同志社大学
	坂本二郎	金沢大学	[幹事]
	森西洋平	名古屋工業大学	表彰担当委員会
	関東康祐	茨城大学	[委員長] 富田佳宏 (独)神戸大学
	稲垣昌英	(株)豊田中央研究所	[幹事] 長嶋利夫 上智大学
	松本敏郎	名古屋大学	計算力学企画・普及委員会
	芝原正彦	大阪大学	[委員長] 矢川元基 東洋大学
	中谷彰宏	大阪大学	[幹事] 白鳥正樹 横浜国立大学
	石原広一郎	住友金属工業(株)	将来問題検討委員会
	小島史男	神戸大学	[委員長] 姫野龍太郎 (独)理化学研究所
	有光隆	愛媛大学	[幹事] 山田貴博 横浜国立大学
	上西研	山口大学	計算力学技術者認定支援委員会
	塩谷隆二	九州大学	[委員長] 三木光範 同志社大学
	鳥居修一	熊本大学	[幹事] 長嶋利夫 上智大学
	磯部大吾郎	筑波大学	電子材料・電子・情報機器関連技術委員会
	斉藤直人	(株)日立製作所	[委員長] 宮崎則幸 京都大学
	向井稔	(株)東芝	[幹事] 于強 横浜国立大学
	太田有	早稲田大学	最適設計技術委員会
	天谷賢治	東京工業大学	[委員長] 山崎光悦 金沢大学
	長嶋利夫	上智大学	[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
	江沢良孝	東洋大学	[委員長] 山田貴博 横浜国立大学
	山田貴博	横浜国立大学	[幹事] 澁谷忠弘 横浜国立大学
	笠俊司	石川島播磨重工業(株)	計算力学の歴史年表編纂技術委員会
	石井恵三	(株)くいんと	[委員長] 矢部孝 東京工業大学
	中村俊哉	(独)宇宙航空研究開発機構	[幹事] 萩原一郎 東京工業大学
	辰岡正樹	日本アイ・ピー・エム(株)	熱流体関連技術委員会
	松田哲也	筑波大学	[委員長] 大島伸行 北海道大学
	志澤一之	慶應義塾大学	[幹事] 小尾晋之介 慶應義塾大学
総務委員会			設計工学関連技術委員会
[委員長]	三木光範	同志社大学	[委員長] 萩原一郎 東京工業大学
[幹事]	高木周	東京大学	[幹事] 松岡由幸 慶應義塾大学
広報委員会			社会・環境シミュレーション技術委員会
[委員長]	三木光範	同志社大学	[委員長] 吉村忍 東京大学
[幹事]	松田哲也	筑波大学	[幹事] 北英輔 名古屋大学
[幹事]	辰岡正樹	日本アイ・ピー・エム(株)	英文誌発行準備委員会
事業企画委員会			[委員長] 姫野龍太郎 (独)理化学研究所
[委員長]	姫野龍太郎	(独)理化学研究所	[幹事] 山田貴博 横浜国立大学
[幹事]	山田貴博	横浜国立大学	
年次大会担当委員会 (2006)			各行事の問合せ、申込先
[委員長]	岡田裕	鹿児島大学	日本機械学会計算力学部門担当 曾根原雅代
[幹事]	萩原世也	佐賀大学	〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館5階
年次大会担当委員会 (2007)			TEL: 03-5360-3502 / FAX: 03-5360-3508
[委員長]	中谷彰宏	大阪大学	E-mail: sonehara@jsme.or.jp
[幹事]			

計算力学部門ニュースレター No.37: 2006年11月1日発行
 編集責任者: 広報委員会委員長 三木光範
 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 辰岡正樹
 日本アイ・ピー・エム株式会社 公共事業研究情報システム
 〒〒550-0004 大阪市西区靱本町1-10-10
 Tel: 06-6449-2944 Fax: 06-6445-0469 / E-mail: tatsuoka@jp.ibm.com