



CAE私の履歴書では、産業界のCAE分野で自他共に認める貢献や経験をお持ちの方々にインタビューし、CAEに従事している方々へのメッセージをいただきます。今回は、汎用非線形有限要素解析プログラムABAQUSの開発者の一人でもありビジネスとしても成功しているHibbit博士にお願いして寄稿していただきました。尚、紙面の都合により2回に分けて掲載します。

## David Hibbit、工学博士 ABAQUS, Inc.会長



### 略歴

- 1965年 英国ケンブリッジ大学機械科学卒
- 1972年 米国ブラウン大学大学院工学博士
- 1972年 MARC社入社
- 1978年 Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc. (HKS、現在のABAQUS, Inc.) 設立  
2000年7月から、会長職に専念。
- 1993年 米国機械学会応用力学部門賞受賞。
- 1997年 ブラウン大学工学部卒業生メダル受賞。

### はじめに

日本計算工学会編集委員会からの依頼により寄稿する。編集委員会は、私にCAE活動の経験を紹介し、とりわけ六つの話題について言及するよう要望した。

1. ブラウン大学でのMarcプログラムの起源
2. MARC社の創設及び技術・ビジネス戦略
3. ABAQUS社の創設及び技術・ビジネス戦略
4. ABAQUSについての我々の将来計画
5. 我々がビジネス上で成功してきた理由
6. 若い技術者と研究者への助言

これらの話題のうち最初の三つは、単に私が良く知っている歴史を要約するだけなので、かなり簡単である。四つ目も、我々の計画がおもにABAQUSでの過去26年間でやってきた仕事を続けることに焦点を当てるので、かなり単純である。最後の二つの話題はより推測を必要とする。したがって、私にできることはいくつかの私見を提供することである。

### 1 ブラウン大学でのMarcプログラムの起源

私自身のブラウン大学での経験は、1966年に大学院生として入学した時から始まった。私はケンブリッジ大学工学部での勉強をその一年前に終えており、大型蒸気タービンの製造企業で働いていた。私はすぐにそのような企業で技術面の貢献ができるようになるためには、さらに勉強する必要があることを理解した。ケンブリッジ大学で私の指導教授であったK. L. Johnson教授(トライボロジーでの彼の多くの業績は有名である)は、私に工業力学で評価の高いブラウン大に行くことを勧めた。ブラウン大での最初の二年間は、私は主に固体力学の基礎を勉強した。James R. Rice教授による塑性の講座は、恐らく私が享受することのできた最も素晴らしい教育上の経験であった。Rice教授は当時ブラウン大で、若い教授陣の一人であった。Rice教授は、非弾性の延性挙動に力点を置きながら、非線形固

体力学の一般的な概要の講義を行なった。その授業は教育の偉大な価値を示すものであった。

私がブラウン大に入って18ヶ月経った後、Pedro Marçal博士が助教授として着任した。彼は、おもに塑性に着目した固体の非線形応答をモデル化する有限要素法(FEM)プログラムを開発はじめていた。彼は、そのプログラムを“Marc”と呼んだ。これは彼が提案したもので、“Matrix Analysis Research Code”的頭字語になっていた。Pedroの仕事は大学院生である我々の多くを興奮させた。我々は非線形力学の基礎を勉強していたのだが、その研究の実際的な応用は見出せないでいた。当時、ごく簡単な問題に対してさえも数学的複雑さに打ち勝つことは困難であった。そのようななかでFEMは汎用的な手法を提供した。それは原理的には、もし十分な計算機パワーがあるなら、固体力学のいかなる境界値問題にも適用することができた。もちろん、それが個別の事例に対する近似解を与えることしかできないことは認めなければならない。しかし、我々は、当時の固体力学において最も注目されていた汎用的な結果を研究することを断念し始めていた。そのなかで、Marcの仕事は刺激的で、応用分野は広かつた。私の最初のプロジェクトの一つは、非弾性で圧壊する薄肉シェルのモデル化に携わることだった。その当時、Marcには直接法(ガウスの消去法)ではなく、反復法を用いた。我々は、条件の悪い問題では、このような方法には限界があることをただちに理解し、速やかに直接法を導入することにした。Marçal教授は多くの大学院生と博士課程修了の研究者を引き付けた。彼は、延性破壊の重要な事例に対する計算結果を確立するためにFEMを用いていたRice教授と彼の教え子たちとも密接に仕事をした。彼らは計算機実験を実践していた：私見では近似手法の非常に適切な応用例であった。

## 2 Marc社の創設及び技術・ビジネス戦略

二つの要因によって、この刺激的な研究グループに、明らかな変化が起きた。一つは、我々の著作物を読み、我々の記述した機能を必要とする外部組織からの問い合わせが確実に増えていったことである。とりわけ原子力発電所の開発に携わる民間企業や政府の研究所からの問い合わせが多くあった。彼らはクリープが発生する高温下での圧力容器や配管の挙動を把握する必要があった。事故条件下では、それらは接触、塑性、そして大変位や大ひずみを含む、動的な現象であることが多かった。このような要求に答えるうちに、我々は“現実”への適用が、手法を説明するために用いている“学問”的問題よりもはるかに難しいことを学んだ。しばらくすると、ブラウン大の計算工学グループが成長し続けたために、比較的小規模な工学部にとって大きすぎるのではないかという懸念が生じた。これら二つの要因によって、Marçal教授は産業界における非線形有限要素機能の需要に取り組むために、民間企業を設立した。そして、その会社の最初の社員になるよう私を誘い、私は快く引き受けた。我々の技術戦略は簡単であった：Marcプログラムを、学問分野での研究道具（個別の問題に適用するために開発されている）から、我々が重要と理解している問題へ適用するための汎用非線形構造解析プログラムに拡張することであった。ビジネス戦略は、この基本方針をできるだけ早く展開することであった。この戦略は、非線形解析機能に対する継続的で強い要求と、ほかの多くの汎用FEMソフトウェアベンダーが非線形解析は難しすぎて設計においては利用できないと考えていた条件下において、適切であると思われた。



HKSでの主要メンバー 1979年当時  
(左から、Hibbett, Karlsson, Sorensen 及びLeungの各氏)

## 3 ABAQUS社の創設及び技術・ビジネス戦略

次の7年間の継続した開発の結果、私や少数の同僚には、Marcプログラムの大部分において再設計が必要であることが明らかとなってきた。根本的な問題は、このソフトウェアが、我々が提供しようと試みていた広範な機能をサポートするようには設計されていなかったことにあった。それは研究プログラムとしてスタートしていた：すなわち、サブルーチン群は特定の機能

のために拡張することができるが、汎用的に使える頑健な道具として、他の多くの機能と一緒にその機能を提供することができなかつた。しかしながら、この頃のMarc社は、ワープロソフトの開発や、日本でのPrime Computerの販売代理店など、活動が多様化していて、Marcプログラムの大幅な書き換えよりも、むしろこれらの分野で投資を続けようとしていた。

それゆえ、私は同僚のBengt Karlsson博士とともに1977年末にMarc社を辞めて新しい会社を始める決心をした。新しい会社では、非線形と先進的な線形問題（その後、予変形状態と負荷状態に関する挙動をモデル化することに焦点をあてた）へ適用するための一般的な機能を実装することができるような強力な設計に基づいたFEMプログラムを開発することに焦点を絞った。我々は、システムの全てを実用的なソフトウェア製品として解析機能を提供する目的で設計した。このように我々は、第一にデータ管理の視点からソフトウェアシステムを捉えた。そして主要な課題がつぎのようになると考へた。

- 1) 現場での大規模な解析モデルに対して高効率な工学計算を実現するときに必要となる膨大なデータの管理
- 2) 多くの実用的な用途に用いるための高い信頼性と品質を持つソフトウェアを提供すること

当時、“大規模”計算が可能な計算機(CDC 7600, Cray 1, Cyber 205, IBM 360/195など)は高価で、少ないコア・メモリしか装備されてなかつた。しかしながら我々は、ムーアの法則が成り立つことを確信していた。すなわち、ある程度広範囲の機能を我々が開発するのに要すると思われる5年程度で、計算機は著しく改良されると予想した。そのとき以来、計算機性能の継続的な進歩は、我々の成功の基本的な基盤であり、我々の将来の計画の成功のために必要な要素であり続けていることに疑いの余地はない。

我々はビジネス戦略を安全側にとつた。我々は野心的な計画を持っていたが、財政的リスクは可能な限り避けた。我々がリスクを最小限に抑えてきた方法は、全ての開発プロジェクトに正式な工学的設計規律を適用することであった。我々は詳細を理解し、文書化するまでは、いかなる機能の開発にも着手することはなかつた。この規律は、はかりしれないほどの価値があることを立証し、我々は開発やそのための環境を維持するための投資を着実に増やしてきた。二つ目の基盤は、我々が顧客の要求を確実に理解することであった。これによって、興味深い課題に出会うことがよくある。多くの顧客は、現在の環境のなかだけで要件を見ている。しかしながら、根本的な要件を注意深く分析することによって、しばしばより良い仕事をすることが可能となる。そのためには、顧客との間に率直な技術交流が必要である。なぜなら、顧客は工学上の問題や設計上の制約を理解している一方、我々には顧客の問題を解決し得る手段を用いた経験がある。幸運にも初期の顧客のうちの何社かは、そのような提案に寛

大で、我々はこれらの顧客や他の顧客へも有益となつた機能を急速に加えていくことができた。

最初、我々は、おもに静的および陰的な過渡問題(動的问题、熱伝導)を含む解析モデルのバッチ処理に焦点を絞った。我々は対話的なモデル化機能を開発するための人的資源や技術を持っておらず、また、その当時の形状モデル化技術は、我々の目的に対して十分な機能を提供するには余りにも未熟であった。

数年後、動的陽解法の計算に必要な計算機資源が、その手法が集中的に開発されてきた米国の国立研究所の外でも一般的に利用できるようになった。そこで我々は、計算速度のために計算精度を犠牲にすることなしに、陽解法の有効性を示すのに必要な計算性能とともに汎用的な機能を提供する新しいアーキテクチャーを用いて、動的陽解法機能(ABAQUS/Explicit)の開発に着手した。我々は単一モデルの解析過程の一つの段階として陽解法を適用できるように(たとえば、陽解法による動的応答解析の前段階として、我々の一般的なプログラムであるABAQUS/Standardで、構造物の静的な初期荷重を与えるように)陽解法のアーキテクチャーを用意した。

ABAQUS/Explicitの開発に着手して数年後、我々は対話形式でのモデリングと、結果の可視化に取り組むことにした。我々の計画は、基本設計データがCADやPLMシステム上に存在する設計環境内に、計算のモデル化を支える強力な機能を提供することであった。これは、重大な課題と向き合うことを要求した。なぜなら、有効な有限要素モデルを生成するのに必要なデータは、それらのシステムから、すぐには利用できないからである。例えば、CADのジオメトリはメッシュ分

割できるように整えなければならないし、多くの場合において、有限要素解析(FEA)にとって重要なないフィーチャを取り除かなければならない。更に設計は常に変化しているので、設計が進むとともにすぐに適用できるように、幾何学操作を取り込めるようでなければならない。この分野での我々の仕事は、ABAQUS/CAEにおける汎用機能の開発と、Dassault Systèmes' Catia V5のシミュレーション機能を非線形領域まで拡張するABAQUS for Catia V5の開発へと導かれた。このような重要な開発プロジェクトは、市場に受け入れられるまでに、多くの年月と沢山の工数(人年)を必要とする。このなかで我々は長期計画を立て、新しい機会が生じるにつれて、これらの計画を修正することが必要であることを学んだ。そのような状況においては、我々のビジネスへの保守的な取り組みは非常に有効であったと思う。我々には、オーナーが技術に強いこだわりを持つ未公開企業のメリットがある。四半期という短期間での財政的成功の圧力を受ける米国の公開企業にとっては、何年か先に有効な機能を提供すると期待できるプロジェクトに、コンスタントな投資を継続することは非常に困難である。このような経営上の忍耐と同時に、多大な活気をもって多くの開発計画を遂行したことが、我々のビジョンを時間の枠を超えて展開する上で大きな優位性を与えてくれたものと信じている。

(次号につづく)

(今回はインタビューではなく、本人からの寄稿を翻訳  
担当編集委員：長嶋利夫、石谷隆広)



前号に引き続いて、非線形構造解析コードABAQUS開発し、ビジネスとしても成功しているヒビット博士の履歴書の後半を掲載します。  
尚、略歴については、前号をご覧ください。

## David Hibbit、工学博士 ABAQUS, Inc. 会長

(前号から続く)

### 4 ABAQUSにおける我々の将来計画

我々の仕事の基本的な目標は変わっていない。すなわち、工学設計でシミュレーションの利用を可能にするためにソフトウェアを開発し、提供すること、関連するサービスを提供すること、そしてサードパーティの製品のために技術構成部品を提供することである。これらの目標を追求するための我々の計画は、開始して以来、著しく発展してきたし、さらに発展し続けている。我々が使うことのできる計算機資源は、30年前と比べて、また10年前と比べても飛躍的に強力になっている。さらに、我々が使うアルゴリズムの多くは、急速に改良されている。顕著な例としては、大規模な疎行列線形方程式の求解労力の激減、そのような系の実固有値および固有ベクトルの抽出、仮想ひずみ理論に基づく曲面シェルの大変形問題の定式化の改善などがある。(ABAQUSで通常用いられるシェル要素やソリッド要素のいくつかの定式化は、公開文献に記述されているものよりも、我々の目的に対しては優れていると思われることは興味深い。)補完的なソフトウェア環境もかなり変化してきた。我々は現在でも設計形状から良いFEMモデルを作成することに取り組んでいるが、前に触れた問題点は、それほど厳しいものではなくなってきている。それゆえ、我々は、これまでよりもFEMシミュレーションによる設計支援に関して、多くの期待することができる。

しかしながら計算力学の専門家が、試作品の試験—物理実験—をシミュレーションに置き換えることによって、工学設計の効率と品質が大幅に改善されると約束して来たなかで、多くの技術管理者が見たものがしばしば失望であったことは事実である。最悪の場合、シミュレーションが設計に欠陥を引き起こした場合さえある。もっと一般的には、シミュレーションが何の助けにもならず、時間がかかりすぎるうえに、熟練した人材を確保する面で余りにもコストが掛ることが示されてきた。これまで持続的に経済的効果をもたらした成功事例としては、民間航空機の機体の設計や自動車の衝突解析などの非常に限られたケースしか認めることができない。しかし、多くの顧客はABAQUSの利用を継続的に増やしており、その活用の価値を見いだしている。

そして、我々は未来に対して楽観的である。実験を

シミュレーションで置き換えようと考えるのは間違いである。工学において興味が持たれる物理的システムの挙動は、実験あるいは試験を必要とするのに充分なだけ常に複雑なものである。しかしながら、よく出来たシミュレーションは、必要となる試験を最小限にし、それによって短期間、低コストでより良い設計が行えることを約束してくれる。ここでは、“よく出来た(Done well)”がキーワードである。

設計においてシミュレーションを効果的に用いるためには、3つの基本的な必要条件が存在する。

- a. シミュレーションは、設計対象の挙動を十分に理解できるような適切な物理的記述に基づいていなければならない。

我々は、“適切な物理(relevant physics)”が、ほとんど常に非線形効果を含むといった見方をしてきた。例えば、ほとんどの工学構造物は、部品を組み立てたものになっており、それらが配置され維持されるとき、しばしば接触がその応答の限界的な局面を決定する。そして、それらの部品の中には、応答において本質的に非線形である材料でできているものもある。したがって純粋な線形解析は、非常に特別な場合を除いていかなる大規模構造物に関しても要件を満たすことはできない。例外としては、民間航空機の構成部材における一般的に保守的な設計の場合がある。この場合でさえ、複合材の製造技術(Boeing社の次期民間旅客機7E7に見られるような)は、将来的には非線形挙動を考慮することを必要とするであろう。対照的に、線形振動解析—代表的な例は予荷重下における振動の研究など—は、多くの設計で不可欠な機能になっている。

現在までの我々の焦点は、構造力学や固体力学において用いられている伝統的な物理的記述であった。しかしながら、二つの大きな流れが、これらの記述を拡張する必要があることを示唆している。まず第一に対象とするサイズがナノスケールまで小さくなるにつれて、大きなスケールでは重要ではない効果をモデル化する必要がてくる。連続体としての記述の基礎となる通常の仮定は、もはや十分に正確ではない。予備研究によれば、複雑度のレベルは、従来の連続体モデルにおけるよりも、ずっと高くなり、現実的なサイズの問題を表現するためには多くの計算や、境界条件のようなモデル化における問題を注意深く解釈することが

必要であることが示されている。物理現象の記述を拡張する必要のある二つ目の分野は、生物学上のシステムにおける柔らかな生体材料のモデル化である。ここでも我々は、極めて複雑な課題に直面する。

**b. シミュレーションは、設計サイクルの時間スケール内で情報を提供しなければならない。**

ほとんどの設計は、かなり反復的な過程である。それゆえここでは、どのように早く初期のシミュレーションモデルを構築し、解析し、設計のための結果の評価を行うかということではなく、その他の制約条件や要件の下で設計が進むなかで、どのように早くこの過程を繰り返すことができるかが重要となる。適切な時間スケール(設計サイクル時間)内に、それを行なうことができないのであれば、シミュレーションに基づいた設計は行なうことはできない—シミュレーション結果の出るのが遅すぎる。設計サイクル時間は多くの場合2~3日以上かかることはない(携帯電話の落下試験など)。エンジンのシール解析や衝突解析のような大きな設計検討でも1週間から3週間である。もっとも、深海の石油プラットホームや原子力発電プラントのような投資額の大きな重要構造物の設計に対しては、数ヶ月になることもある。

何度も繰り返される設計問題に対して注目されるひとつの方法は、特定の問題に限定した解析プロセスの自動化である。つまり、ソフトウェアを個別の設計事例に合うようにカスタマイズすることである。形状モデルの生成、荷重ケースの定義、材料の定義、結果の表示や解釈は、全て個別の事例に対して統合される。このような流れに対して、我々は高度な自動処理機能を我々のソフトウェアに埋め込んできた。現在までの経験は、このような方法が有効であることを証明している。

**c. 工学解析(すなわち、シミュレーションの目的)は設計過程に統合されなければならない。**

今日、全ての設計仕様はProduct Lifecycle Management(製品ライフサイクル管理、PLM)システムに保存されており、そのようなシステム内で全ての設計データを管理する方向にある。したがって工学解析は、そのようなシステムに統合されなければならない。しかし、そのインターフェースは、めったに適合していることがない: 経験によれば、インターフェースは遅れを生じさせるだけではなく、データを失う原因となるボトルネックとなっている。

残念ながら適切な解析機能をPLMシステムに統合することは、簡単ではない。一つの問題は、ビジネス上の競合から生ずる。多くのPLMシステムは何らかの解析機能を提供している。このようなシステムは、ABAQUSのような特化した解析システムと比較すると限定された解析機能しか持っていない。にも係わらず、PLMシステムのベンダーは、顧客が解析というものを充分に理解していて、我々から必要な機能を得ることができると要求する場合を除いて、外部ベンダー

に振り向くことはしない。

真の統合へのさらなる障害物は、PLMシステムがシミュレーションベース設計のためのサポート機能を欠いていることに起因する。その簡単な事例は、組み立て部品の場合に見ることができる。現代の全てのPLMシステムは、部品と組み立ての概念に基づき構成されていて、不十分ながらも基本的な運動拘束の機能を持っているものもある。にもかかわらず、ほとんどのシステムは、組み立てにおける部品間の相互作用を正確に定義する能力を持っていない(例えば、異材間の摩擦係数、軸受けや継ぎ目の剛性、もしくは異なる表面仕上げを持つ材料や、これらがどれだけ温度ともに変わるか、など)。

そのため新しいPLMシステムは、それらの制限を克服するため、“プラグイン”によるプログラミング機能を提供している。しかしながら、ABAQUSのような高機能シミュレーションソフトウェアをうまくPLMに統合させるには、つねにPLMシステムの基本構造とデータモデルのオープン性および拡張性が重要となる。そのような商用のPLMシステムは、そのPLMベンダーが、一般にシミュレーション、特にFEAに注目しているか否かにより、かなり異なっている。我々は、顧客がこの統合の価値を理解するにつれて、そのような制限が着実に消えていくであろうという確信を持っている。したがって、我々は、個別のワークフローへの対応を通して、設計システムへのABAQUSの継続的な統合に積極的な投資を続けて行く。

我々の計画に影響を与える一つの外的要因として、比較的複雑な問題にABAQUSを効果的に利用するときの個人的な能力が挙げられる。北米やヨーロッパにおいては、若い人々が、最小限の指導でABAQUSのような洗練されたソフトウェアを使えるようになるために必要な厳格な工学教育に耐えることに気乗りしないようになっている。産業界における我々の顧客は、これまで以上に難しい問題に取り組む必要がある一方で、優秀な人材を確保することが益々難くなっている。我々が知る限りでは、日本ではまだ、この変化が起こっていないようである(中国やインドも)。但し、この状況は明白な問題を提起している。それに対する一つの対応策は、我々のサービスビジネスをより積極的に展開することである。そこでは、我々は顧客の社内要員や契約による第三者が使用する顧客の社内向けの方法の開発と展開を助ける専門知識を提供する。この方向は、情報処理技術(IT)グループにおけるすべての基本ソフトウェアの開発や維持が、アクセセンチュア、EDS、IBMなどのサービス会社にアウトソースされているという現状と同様な状況をもたらすことになろう。我々は、数年間でサービスに対する大きな需要が起こると予想していないが、手法の開発がおもに顧客社内で行われているならば、我々の専門知識がシミュレーションを効果的に用いることを助けることになるだろう。それゆえ、我々はサービスの能力を増強していく予定である。

## 5 我々がビジネス上で成功してきた理由

疑いなく4つの基本的な事項が、これまでの成功の基礎となっていると考える。

### (1) 顧客のニーズを確実に理解すること、そしてそれらの要求に応えるソフトウェアやサービスを提供すること

ここで不可欠な要素は、顧客が取り組もうとしている課題を明確に理解するのに必要十分な情報を交換することができる、顧客との間の良好なコミュニケーションである。このため、我々は、顧客との緊密なパートナーシップをつねに探し求め続けている。結果として、我々のビジネス成長の大部分は、既存の顧客ベースの中から生じている。

### (2) 最高の品質を求めて努力すること

顧客は、我々が予想できないようなABAQUSの使用法を見つけることが多い。このことは、つねに重要な動機あるいは課題を与えてくれる。すなわち、注意深く選ばれた事例だけではなく、真の問題でABAQUSが機能するかどうかを知ることが必要である。

プログラムが広範囲のパラメータや機能の組み合せに対して動作するかどうかは、きわめて重要なことである。ABAQUSのサイズのプログラムでは、必然的にバグが含まれてくる。我々は、それらのバグが、正しいと解釈されうる可能性のある誤った結果を与えることがないようにしなければならない。この他に、バグによって有効な結果が得られない、あるいは結果を得るのが遅れることになった場合の、時間を最小限にすることを試みている（例えば、回避方法を提供することによって）。

この品質に関する責任を果たすため、開発グループと緊密に連携する大きな品質保証チーム、徹底的な設計レビューと厳格な開発プロセス、そして多数の自動試験を組み入れた洗練された開発環境を有することとなった。

### (3) 技術に集中すること

我々は、顧客に対して、常に技術上の価値を届けようと試みてきた。そのような中で、顧客は大規模で複雑な問題を解く必要があること、そして“大規模”と“複雑”的定義が急速に変化していることを理解してきた。

全ての技術が結果的にありふれたものとなるのは、明白である。高性能計算機(HPC)が、その良い例である。我々がABAQUSに着手した時、HPCは貴重で、高価であった。それが今日では、大容量メモリとかなり

高速のプロセッサを搭載したマルチCPUシステムが、手ごろな価格で手に入る。したがって、このような変革が我々の活動領域でも起こることをいつも意識していかなければならない。我々の取り組みは、次の5年間で提供できると信じる製品の戦略的な計画を持つことである。このような計画を作成するときに直面する問題は、すべての顧客の要望に答えるために開発を行おうとすると、我々が利用できる資源が常に不足してしまうことである。このことは逆に我々に自信を与えてくれる。即ち、顧客が安価なソフトウェアではなく、困難な問題への解法を必要としている市場においては、競合他社が製品を改良しつづけることを予期しながら、明らかな競争的優位性を維持していくべきことを示している。

### (4) スタッフの育成

我々のビジネスは、高度に知的である。社員のほとんどは、計算科学や工学あるいは数学における高度な学位を有している。最も優秀な新入社員でさえ、ABAQUSという大規模システムで成果を出せるまでには、かなりの学習時間が必要である。したがって、社員を選ぶときには注意深くなればならず、また社員がABAQUSにおいて長期間にわたる経験を積むことで報われ、また刺激を受け続けられるように、努力しなければならない。

## 6 若い技術者と研究者への助言

私は一般的な観察からはじめたい：宇宙論から微生物学に至るほとんどの物理科学は、ますます数学的に、また計算科学的になってきていている。全体的にはシミュレーションが重要な役割を演じている。したがって、すべての若い工学者や研究者には、魅惑的な応用を発見できることを期待して、数学や計算手法を勉強するように助言したい。

私は、FEMを開発し実問題に適用するという挑戦が非常に興味深いことではあるが、決して簡単ではないことを知っている。ABAQUSはこれまで成功していて、将来もさらなる成功の可能性があると信じている。しかし、成功は多大な努力の後に、徐々にゆっくりとした形で来るものである。我々が報われるのは、短距離ランナーとしてよりも成功した長距離ランナーとしてのものに類似している。劇的な技術的あるいは商業的な飛躍を求める人は、他の分野を探したほうがよいと私は思う。

我々がABAQUSに着手した時、その技術は成熟していて、市場は混み合っていると、ほとんどの“専門家たち”が言った。それでも我々は興味深いチャンスがあると考えたし、それらを追及することで事業を成功に導くことができた。我々は、今後の課題としてまだ多くのニーズを見出している。まだ多くの材料挙動に対して良い物理モデルが不足している。摩擦のような重要な表面相互作用に対しても、まだ限られたモデル化しか行うことができるない。我々が現在使用している非線形系の



解法では、勾配情報が欠けている問題(表面接触など)に対するアルゴリズムが、強く望まれたままである。誤差制御のためのアダプティブメッシュは、とくに高度な非線形性がある場合には大変価値があるものであるが、実際の計算で使われることはまれである。たとえば不適切な境界条件の設定や、極限破壊モードの考慮の見落としなどの回避を助けるような解析助言システムは、ほとんど存在していない。非常に特殊で一般には線形の問題を除けば、最適化手法の利用はきわめて限られる。そして、すでに述べたように、ナノスケール問題のモデル化や、生物システムのモデル化では、魅力的な仕事の機会が待ち受けている。

我々の活動の全てにおいて基礎をなすものは、利用できる計算機の発展である。30年以上前、私が計算をやり始めた時、顧客が日常的に1千万自由度、もしくはそれ以上のモデルを扱うよう予測することは、信じられないことに思えた。にもかかわらず、それは現在起こっていることであり、多くの重要な問題が、さらに詳細なモデル化を必要としている。計算機が、より大きくより複雑な問題を実行する手段を提供するようになっても、一確実にそうなると思われるが—我々は、最大限の計算パワーを必要とするような多くの重要な応用例に直面するであろう。顧客の計算への要求が満足されるまでには長い時間が必要である。このような環境は、設計上の決定を行うための膨大な結果の処理法など、多くの魅力的な計算工学的課題を提供する。我々と競合他社、我々が使用する多くの技術を供給する大学教育のプログラム、そして技術を活用する我々

の顧客は、すべて、若い技術者と研究者の数世代にわたって(私が得ることのできたものと同様の)充分な仕事の機会を提供するものと確信している。

#### 翻訳を終えて

担当編集委員から

『CAE私の履歴書』をヒビット博士にご執筆いただけたことになり感激していたところ、その原稿の最初の読者となる幸運にあづかりました。そして、それは予想に違わぬ素晴らしい内容でさらに心を動かされました。私事ながら91年秋に米国ロードアイランド州プロビデンスにある当時のHKS本社を訪問する機会があり、ABAQUSの創設者の一人であるソレンセン博士から、折りしもリリースされたばかりのABAQUS/Explicitの開発の話を拝聴したことを思い出しました。同博士は、一枚の白紙を取り出し、「ABAQUS/Explicitは、このような状態から開発をした」と例え、力説されていたことが印象的でした。この翻訳を通して、ABAQUSのユーザのみならず、計算工学関連の教育、研究、ビジネス従事者にとって貴重かつ有益な記事となったことを実感しています。

(長嶋 利夫)

このシリーズに登場して頂いた皆様に共通する点の一つは、数年後の計算機の速度向上を期待して行動した点である。ヒビット博士も同様であった。この2回目の原稿をまとめている最中に、ABAQUS社の株をフランス企業が取得するというニュースが伝わってきた。何事にも慎重に事を進めるヒビット博士が、あらゆる点を検討して出した結論と思われる。尚、ヒビット博士の原稿の誤出にあたっては、一部ABAQUS日本支社のご協力を頂きました。ヒビット博士の緻密な文章を、その意味を汲んでも大胆に翻訳するようご指導を頂いた。この場を借りて感謝したい。それでも、本文に不明な点があるとすれば、これは全て訳者の力量不足によるものとご理解頂きたい。

(石谷 隆広)

#### ちょっと一息

(P40より続く)

当時(1982年)の数値計算関連の業界では、今から見ると計算機の性能とのバランスで解析モデルの規模などにも制約があったわけですが、MRIのように計算機と解析ソフトにかなりの投資をして対応体制を組んでいた会社の数は、それほど多くなかったはずです。現在のように数万節点規模の線形静解析の結果が短時間で得られるという状況ではなく、数時間、場合によっては一晩かかりの計算も多発していましたはずです。解析ジョブをバッチ投入してから食事に出たり、ついつい雀荘にも足が伸びるなどということもしていました。作業のピーク時には徹夜も、結構あったと思います。スタッフも皆若く和気藹々と仕事をしており、残業や休日出勤もあまり苦痛ではなかったと記憶しています。MRIの場合は、広い意味での原子力関係の業務が中心でしたが、計算サービス業界全体に勢いのある時期だったのだと思います。MRIでのVAXとCrayの使用経験で、多くのことを身に着けることができたわけですが、その後のEWSの興隆、PCへの移行などは、どの組織に属していても、遅かれ早かれ辿る事になったのでしょうか。

#### 筆者紹介



しみず ふみや  
エム・アール・アイ システムズ(株) エンジニアリングソリューション部長。1954年9月生まれ。1982年東京大学大学院卒、理学博士。同年(株)三菱総合研究所に入社後、主として構造解析関係の業務に従事。2001年10月より現職。2000年から日本大学生産工学部講師も兼任。ブログのURL：<http://blog.livedoor.jp/caesolution>