

インタビュー；産業界におけるCAEの課題

山岡 裕生*

Y・CAEテック 代表*（兼務 アドバンスソフト株式会社 非常勤顧問）

山岡裕生様は大手自動車において 1970 年代の後半から現在に至るまで、構造解析・振動解析を中心に CAE の実務への適用および技術開発に携わってこられ、日本の自動車業界の CAE 発展に貢献されてきました。また、2017 年 4 月からは顧問としてアドバンスソフト株式会社の技術指導をしていただいております。今回、山岡裕生様に、産業界における CAE の課題というテーマでヒアリングさせていただきました。

（聞き手；アドバンスソフト株式会社 代表 松原聖）

Key word: 製造業、設計、CAE、構造解析、振動解析、マルチフィジックス、プラットフォーム

1. はじめに

本原稿のもととなる山岡裕生様へのインタビューは、2017 年 9 月 25 日にアドバンスソフト本社において行いました。今回のインタビューは、アドバンスソフトが事業分野としているシミュレーションに対して、山岡様から大局的なご意見をいただきたいということで、インタビューを依頼しました。シミュレーションが世の中に役に立つためにどのような考え方で事業を進めていけばよいかという点を中心にお聞きしました。また、われわれはどうしてもソフトウェアを開発する企業としての視点から考えがちなので、産業界から本音の意見をいただきたいと考えました。



山岡 裕生

1977～2016 年大手自動車会社勤務 その間、日本の製造業における振動解析および CAE を牽引する。2017 年～Y・CAE テック代表、2017 年 4 月～アドバンスソフト株式会社非常勤顧問兼務

なお、本原稿はインタビューとは、若干の順序を入れ替えた部分もありますのでご了解ください。なお、本ヒアリングは、アドバンスソフト株式会社の松原が聞き手となりました。

2. CAE の発展過程

2.1. 黎明期から 2010 年まで

（聞き手）まず、CAE という言葉がない時代から本分野に関わられている山岡様から、CAE の発展過程について伺います。まずは、CAE の黎明期である 1980 年代の状況についてお聞きしたいと思います。

（山岡）そうですね、1970 年代終わりから 1980 年代初期のころの構造解析はとにかくモデルを小規模化し、処理時間を制限内に収めることにすごく傾注しました。計算モデルを対称・逆対称とか境界条件を考え、適切な荷重条件を与えるなどいろいろ組み合わせを考えました。このような形でモデル要素数を小規模にするということが必要でした。

そのころの計算機は FEM 以外の処理も兼用していたため、計算時間を実用的なものにするという制約から決まる有限要素法のモデルサイズというのは、かなり小さいもので、それは多くても数千要素程度でした。現実的には、梁要素を含め千要素とか二千要素とかそういう規模でした。

（聞き手）そのころから、構造解析では非線形の

解析もすでに実施されていたのでしょうか。

(山岡) そうです。非線形解析の対象としたのはパネルの張り剛性や耐デント特性の解析でした。張り剛性は幾何学的非線形計算で飛び移りが起きないか、耐デント特性解析ではパネルを押した時のへこみの塑性変形現象を検討していました。そのころは非線形解析を実施したとしても外板パネルに対する上記解析くらいで、本格的な塑性大変形を計算するには、計算機の力が足りないため、十分な解析ができませんでした。スパコンが導入されていない時代ですので、汎用機で解析を行っていました。そのころのメッシュで数千要素というのはかなり大規模で、汎用機でも数時間以上はかかりました。

(聞き手) 1980 年代の中頃になると国産のベクトル型のスーパーコンピュータが出現しましたが、そのインパクトはどうだったのでしょうか。

(山岡) そうですね、有限要素法でのメッシュの数もだいぶ大きくなってきて、やっと、数万メッシュから数十万メッシュくらいになってきたのでしょうか。このころから、FEM という言葉に替わり CAE という言葉が良く使われるようになってきました。構造解析から、統合されたエンジニアリングになっていく過程ですね。

(聞き手) そこでは、従来解析に利用していたソフトウェアも大きく変わっていったということでしょうか。

(山岡) いいえ、そうではありません。ソフトウェアは変わりませんが、機能が追加拡張され解析対象・現象が広がったため、使い方をそういう形に変えていきました。ソフトウェアを含めて、車両の製品開発に必要な手法という形になっていったといえると思います。単なるツールから移り変わり、さらにはプロセスの変化です。そのころは、CAE が製品開発のプロセスに組み込まれてくることが大胆に謳われていった時代でした。1980 年代後半です。有限要素法等の製品設計プロセス組み込みの提唱が実現に近づき始めてきたということです。そうしてそれが広く普及してきたのが 1990 年代です。また、機構解析もこのあたりの

年代で世の中に知られ、普及し始めました。

(聞き手) 1980 年代のはじめ頃から商用の並列計算機が出現しました。そのころは並列計算機はまだまだ CPU 間の通信速度が遅い時代でしたが、それらは役に立ったのでしょうか。

(山岡) いくつかの国産のメーカーから並列計算機が発売されてきた時期ですね。並列計算機も多いに役に立ちました。ただし、そのソフトウェアの並列計算機用のチューニングが不十分で計算速度が向上しない場合もあり、改善に非常に苦労しました。この時期は、そのソフトウェアの効果を計算機ハードメーカーの方にフィードバックしチューニングしてもらいました。衝突解析はもともとスーパーコンピュータで動いていたものを汎用機に移植して使用していました。基本的にソフトウェアが同じでも、ハードウェアが変わるごとにソフトウェアをチューニングするという手順が必要でした。

(聞き手) 2000 年代に入ってから、どのように進められたのでしょうか。

(山岡) 2000 年代に入る前から、ハードウェアメーカーさんが中心になって、大型のスーパーコンピュータ上で衝突や流体解析のソフトウェアの計算速度向上のチューニングを進めていました。その当時大規模モデルの規模は、構造解析で数十万から 100 万要素程度でした。ただし、振動解析の方は要素数の方は若干少なかったですね。

(聞き手) そのころの CAD についてはどのような状況だったのでしょうか？

(山岡) そうですね、2000 年代に入って CAD システムは、3D でも 2D 表現（線）の主体のものから市販の 3D 表現（面）の主体のソフトウェアに変わってきました。そのため、従来の既存プリシステムと新しい CAD システムを連結させることが非常に大変でした。当時製品開発で使用していた計算モデルを、3D の CAD システムに対応したプリプロセッサで同品質に仕上げなければいけない、ソルバーは変わらなくてどうやって 3 次元の面データから自分たちが今使用しているのとはほぼ同じ分割のデータを作り出すか、という結構困難な課題がありました。

(聞き手) 3D の CAD システム導入に対して、ソルバーはどのようにされたのでしょうか。

(山岡) ソルバーについては、解析結果の連続性を保持するため CAD が変わっても同じものを使用してきました。私が会社に入ったころにちょうど市販の NASTRAN に変わりました。それ以降は CAD システムが変更されてもずっと剛性、振動騒音に関しては同じソフトウェアを利用しています。ぜひ、アドバンスソフトさんもそういう息の長いソフトウェアを作ってください。

2.2. 2010 年以降の話題から

(聞き手) 最近の話になりますが 2010 年に入るとどんな動きがあったのでしょうか。

(山岡) マルチフィジックスが 1 つの話題でしょうか。ただし、実用化という面で考えると、まだ不十分ではないかと思いますが、現時点での、マルチフィジックスは部分的な機能間で、具体的には、それぞれのソフトウェアのインターフェイスがかなり用意されるようになってきました。流体解析と構造解析、機構解析等で制御系も含めいろいろ開発が進んでいるようです。

(聞き手) 現状ではマルチフィジックは実用展開段階ではないということですね。

(山岡) 今、世の中で使われているマルチフィジックスは一方向連成であったり、簡易な形での連成であったりします。本来のマルチフィジックスだったら、双方向連成が望ましいですね。

(聞き手) 双方向連成解析が実現したら完成でしょうか？

(山岡) いいえ、そういうわけではないと思います。ソフトウェアの完成とは、全く別の問題が残ります。それは、今後の CAE 展望にも関連します。つまり、人材の課題です。マルチフィジックスが一部使われ始めたとはいえ、それを十分に活かすことができる人材が少ないという本質的な問題が存在していると思います。

(聞き手) それはどのような人材でしょうか？

(山岡) 結局、マルチフィジックスが本当にできる人材とは、構造解析ができて、流体解析ができて、合わせて電気系が分かり、さらに採用が増え

ている制御システム内容が、できたら分かる必要があります。マルチフィジックスをやるためには、それぞれの内容を知っていることが必要だということです。さらに、各計算手法のこともよく知らなければなりません。特に制御系の考慮のため、時刻歴解析を用いると、処理時間やデータのハンドリングでいろいろな課題が発生します。CPU 自身の課題であったり、大量のアウトプット処理も課題になったりすると思います。また、整合する間違いのない全体モデル生成の課題もあります。とても大規模なモデルを作成する場合には、どこで個々の機能のモデルを結合するかだけでなく、信号を含めてきちんとつなぎ合わせられるかということがあります。これら計算モデル表現と実際の現象とを十分に理解して、「このモデルでおかしくない」という形で一貫して破綻がないモデルを作ることが必要です。さらには、モデルを作り上げるだけではなく、結果を理解し、内容を把握できるという、かなり大変です。これを全てこなすには、CAE 専任の人達でも大変な重荷だと思います。

(聞き手) これだけのことを理解する人はかなりベテランの方でしょうか？

(山岡) そう思います。しかし、選択肢としては、ベテランにするか、逆に 30 代の人に覚えていただくのが早いということもあるかもしれません。おそらく、モデル作成と計算実行を考慮すると、若い人を教育した方が早いということになるかもしれません。ただし、これを実行することは大変ですよ。

(聞き手) 今後、マルチフィジックスを進めていく上で、どのような取り組みが必要でしょうか？

(山岡) これまで私がいろんなところの講演でお話しさせていただいているのは、最終性能予測のためマルチフィジックスを行うということは「パンドラの箱を開ける」ということになるかもしれない。パンドラの箱を開ける労苦と悩みがいろんなものが出てくるが最後希望が出てくる。私としては、ぜひ苦しみだけでなく、希望が出て欲しい。

(聞き手) その希望とはなんなのでしょうか？

(山岡) 実際に、1 人が流体解析・構造解析から

あらゆる分野までが分かっているというのは大変なことになります。しかし、今後の可能性とすると、マルチフィジックス実現に対しては、システムの考え方の取り込みがキーワードになるかと思います。この状況は、これまでの人類の歴史の中での月に人を送ったアポロ計画と状況が似ていて、マルチフィジックスをやるためには、アポロ計画のようなシステムが必要かもしれません。他の領域を知らないで今のままマルチフィジックスをやることは許されない。全分野を理解して全貌が全部分かるというのは大変なことです。従って、新しい計算に関するシステム工学というものを確立して、そういう新しい視点を持ち込んで、若い人を含めてチームでいろいろできるように教育していくことが必要ですね。これをやっていかないと大変な道のりになると予想しています。

3. CAE を取り囲む環境

3.1. 実験と CAE

（聞き手）実験とシミュレーションについてはどうでしょうか。

（山岡）一般的にソフトウェアベンダーさんの立場では実験というのは手がけることが少ないと思います。大抵の場合、メーカーが実験して結果を提供し、ベンダーさんがソフトウェアを作成または所有のソフトウェアで検証するという分担が多いと思います。その中で、いろいろ協力しながら進めているというのが現状だと思います。しかし、現在の状況では、ソフトウェアベンダーさんも実験をやらないといけないという状態になってくるかもしれません。

（聞き手）なるほど、他の分野にも似たような話が多くあるのでしょうか？

（山岡）実験とソフトウェアメーカーのコラボレーションに類似した動きですが、計測器メーカーさんの方は、計測器だけを売るのみでなくシミュレーションというものを自社商品に取り入れて、シミュレーションと一緒に販売していくような方向に移っている傾向があります。だから、現状では計測計器メーカーさんではシミュレーションが当たり前となるつつあるように見受けられ

ます。CAE をやっているメーカー側の私たちが、計測計器メーカーさんの CAE 結果と一緒に検討したいと提案したことがあります。

計測器もシミュレーションもコラボレーションして、お互いの価値を高めることができるのだからどうにかして実現しませんかということです。そこで、もう今年ぐらいからは、計測機器の展示会を覗くと、そういう形でシミュレーションと計測計器のコラボレーションをかなり前面に出していらっしゃいました。さらに、計測器で CAE に必要な解像度（粒度）を出しますよと宣伝しているメーカーもあります。できなかったところを測る、今まで測れなかったところが CAE を援用することで測ることができる、という形で解像度を上げてこられていますね。

（聞き手）私たちにとって、実験は非常にハードルが高い状況です。

（山岡）私は計測機器メーカーさんと今まで一緒に仕事をしてきたこともあります。これも、ここまで説明した流れに沿った内容です。今後、計測機器メーカーさんと CAE 関係者が一緒になって顧客に売り込みに行くという。そうすればこういう実験の裏打ちのある計算ができますよという売り込みをする。計測機器とコラボレーションすることで、計算の可能性がさらに大きく広がると思います。

3.2. ソフトウェアのコスト

（聞き手）それからソフトウェアのコストについてはどうでしょうか。われわれは非常に安いと思っているのですが、いかがでしょうか？

（山岡）アドバンスソフトさんのソフト価格は知りませんが、現在では市販ソフトウェアのコストは非常に高いものになっています。自動車会社みたいなところだと百人単位の人が使います。そうするとライセンスの契約形態次第で開発プロセスで定常的に使用するソフトウェアとなると、ハードウェアよりもはるかに高い。いろいろな会社さんもソフトウェアのコストは非常に高いとおっしゃられています。

3.3. モデリングと結果評価

(山岡) ただ単に CAE を道具として用い結果を出すためではなくて、次のステップとして現象解析の段階まで活用したいとします。その場合には、本当に今使っているプログラムがその物理現象を表現できるモデルになっているのか？ひょっとしたら、現象に内在している物理則が未考慮ではないかというようなことを時々考えます。

それに気付いた時に、一早く、その未考慮な物理則モデルをソフトウェアに盛り込んでいくということが、今後のソフトウェア会社の課題になっていくのではないかと考えています。最近の CAE ではユーザーの要望の取り込みが当たり前になってきたと思います。

(聞き手) この辺はアドバンスソフトもやっていきたいところですし、当社の優位性を活かすところだと思います。その他に注意することがありますか？

(山岡) CAE が実際に設計工程で利用されるために重要なことがあります。これについてはシミュレーションソフトを作っている側は気付きにくいところだと思います。それは、CAE 実行に必要な入力データが CAD や図面に全てが明示されていない場合があるということです。さらに非常に説明しにくいですが、図面に明記されていても対象現象により、実際にどの値を入力データとして採用するかということが難しいし、ましてや明記されていないデータを推測することは大変に難しい。そのあたりを正しく取り扱わないと、解析対象の特性が変わってくるという場合が往々にしてあります。現実問題としては、そのデータをどうやって入手するかということです。例えば、実体モデルでなく集中質量要素やバネ要素で置き換えた場合には、主軸の方向をサプライヤさんからの測定データで定義します。しかし、計算で主軸の方向以外に変位した場合、その方向の特性は主軸データの合成でよいのか不明です。そのため、CAD から部品モデルを作成し、並行して特性計算を実行し代入するなどの従来のプログラムではできないところを可能にさせていただけるとありがたい。



インタビュー風景

(聞き手) われわれはメーカーさんから「合わせこみするからそれはやらなくていいよ」ということを聞くことがあります。この「合わせこみ」についてはどうですか。

(山岡) 「合わせこみ」というのは一般的にやられていると思います。先ほど述べましたように CAE に必要なデータが CAD で表示されていない場合でも、物はできます。その場合、「合わせこみ」というか、何らかのデータを用いて補完する必要があるということですね。通常は、外挿とか内挿で処理します。また、減衰や摩擦のようなデータは図面には全てが記載されていません。そうすると「合わせこみ」をせざるを得ないですが、その度合いを最小限にしていかなければいけないと思います。どこか特定の部分の特性が分かっているから、そこだけは予想した値を入れましたというようにします。その根拠として、振動の場合なら多数の加振結果より全体がバランスとれていますというような理屈が必要です。データが不足しているため、いろいろな応答を確認せずに、1つの応答を指標にして試行錯誤で値を決定するという「合わせこみ」はおかしいのではないかと考えています。そのような方法では、合わない原因が全然違う可能性があると思います。「合わせこみ」というのは、分からない部分をきちんと特定して進めていかないといけないと考えています。

もう1つ「合わせこみ」が不可欠と考えられる原因として、もともと構成しているモデルの幾つかが間違っているからということもあります。その違う部分の影響を繕うために特性を変えてやっているという場合や、データとして分かっている

るのにそれだとどうしても合わないから違う値を入れて合わせるような場合もあります。そのような場合には、原因は別にあるのではないかということで再調査し、「合わせこみ」はできるだけ少なくします。そのためには、いろいろ検討しなければなりません。モデルに関しても、それぞれの生産工程で組み付け方も違うし、釣り合いもとらないと正しいモデルにならないかもしれない。結合方式の影響もあります。精度を確保するには、これらの点をきちんとやってかないといけないと考えています。その上でもまだ足りなかったら、どの部分の予測した摩擦が違うとか、接触が違うとかの方向でも検討していく。そうしないと、極端に言えば、全部「合わせこみ」になってしまう。そうするといつまでも安定したモデルができない。安定していないモデルで予測および対策提案してよいのかという疑問があります。最初から分かっているわけないですから、手間がかかっても分かるようにしていかなければいけないと思います。

(聞き手) また、CAE の検証というのは、実際に車を走らせた時の計測結果と CAE の結果と合っているかどうかでしょうか。

(山岡) 実際の評価は、テストコースで走ったり、ドラムの上で走っていたりという条件で、音とか振動試験をやります。その時の特性を調べたり、加振したりすることはできないため、一旦止めて静止状態で行います。そうするとその状態と実際に稼働している状態とは違います。稼働状態ではないため、いろんな部品が稼働状態時と異なる特性を示します。

(聞き手) それら検証条件に十分注意した上で評価しなければならないですね。

(山岡) 例えば、ベアリングは対応する軸が静止に近い状態では膠着に近い状態として扱うことができますが、稼働状態では全く異なります。そのような事象の把握が重要なところです。静止に近い状態と稼働している状態の違いを理解しないと、丹念に試験結果と検証をやっても無駄なことになりかねません。部品、サブアッシ、アッシ、システム、完成車というステップを経て、V 字開発を進めても状況は同じです。条件が変われば特

性も変える必要があります。また、車速違いでも状態が変わり、特性が変化することも考えないといけないということです。

(聞き手) その次に、パラメータサーベイについてはどうでしょうか。

(山岡) メカニズムを理解していれば、パラメータサーベイを無駄にやらなくても済むかもしれません。ただし、パラメータサーベイを否定しているわけではなく、ある程度、原理を解明して理屈が分かっている、その方向でパラメータサーベイを実施する方が無駄が少ないと思います。もう 1 つ重要なことは、「合わせこみ」モデルでやっているとしたら、そのパラメーターが本当に正しいのでしょうか、違ってくる可能性が多いにあります。このことも気を付けなければなりません。

(聞き手) 研究分野だとどうでしょうか。

(山岡) 原理を解明する補助手段として、パラメータサーベイが必要な場合があります。研究分野でのパラメータサーベイと、設計でのパラメータサーベイは特性の振りが異なると思います。製品開発では無駄があつてはいけない。一方、研究の方ではいろいろ調べないといけないが、パラメータサーベイで当たりを付けないと長い時間を使ってしまうようなことがある。その辺の切り分けが必要で、切り分けられたいいいですが、制限のある資源の中でなかなか皆さん苦労されるところじゃないかなと思います。

(聞き手) モデルの精度についてはどうでしょうか。実施する人や開発段階で要求が変化しますか？

(山岡) モデルを組み立てる以前に、先ほど述べたように対象物の構成、材料特性、境界条件、入力条件とどの応答を求めるかの把握が必要です。さらに構成部品のどこまでの部位を精確に計算モデルに取り込むと精度が安定してくるのか、実際の解析をやる前のある程度検討しないといけないと思います。ですから、全く経験のない対象物の計算モデルの精度を云々することは難しいので、ここではある程度解析経験のある対象に話を限定します。会社規模によっては、CAE 専任者がいない場合があります。そうすると設計者が CAE を使う、実験者が CAE を使うという状況が

あります。そうすると、CAE 専任者がいるところだとある程度そのモデル化対象範囲とモデル化方法を見れば算出される計算結果の精度が分かるが、非専任者が行う CAE だと応答特性を支配している部品・部位が簡略・省略されていたり、逆に詳細すぎてなかなか要求されている精度が十分確保できるモデルができなかったりする場合があります。実験者の場合も同様です。その場合、CAE モデルをどう構築すると実施したい目標精度に到達できるか実証するということが課題になります。ただし、この目標精度は設計の段階によって違ってくることもあると思います。企画設計のステージか具体的な詳細設計のステージかで、目標達成に対して採用できる対象および対策が変化します。このような場合があるので、担当設計者が使えるシステムを用意して実施した方が役立つのか、専任者の方が実施した方がよいのかという課題がありますが、これは各社の状況により決まることだと思います。また、精度を厳しく問わず、広範囲に考える道具としての、CAE という概念もあると思います。一方で、専任者がこれらを緻密にやれば、具体的な精度のよい図面と直結可能な対策案を出すということも考えられますが、現時点ではある程度時間がかかってしまい、要求される納期に間に合わないことが多い。もう1つ考えておかなければいけないことは、それら使いやすい専用システムを構築した場合、そのシステムが扱う対象範囲外の影響を受け、範囲内の対策だけで目標を達成しても全体で検討すると対象範囲外の影響を受け未達成である場合です。この場合、もう一度、拡大した対象範囲から見直すことが必要になります。従って、精度といっても目的、システム等に対応していろいろ変化するため、注意する必要があります。また、フェーズごとに精度の要求レベルが違っていると述べました。企画の早い段階では整合性を考えるわけです。これを実施することで、かなり現状よりもいい方向に変わってくるのではないかなと思います。

(聞き手) 会社によっても違うし、どこの段階で適用するかによっても違うということですね。

(山岡) その通りです。アドバンスソフトさんもその状況を十分に理解した上でシステムを提案していただかないと希望と合致しないものになる可能性もあります。極端なことをいえば、物を作るのが早い会社だったら、CAE はある程度方向を定めるだけでいいということもありえます。その場合には、簡易的な CAE で自席のパソコンでどんどん使っていただけるようなツールがいいと思います。ただし、製品の値段によっては、CAE のコストと比較して判断する必要もあります。例えば高価な一品生産では話が違ってくると思います。また、慢性の難問題への対策を検討する場合には、専任者が CAE を緻密に実施することにも必要になると思います。このように状況ごとに異なり、対象によって一概にいえません。各社ごとに CAE の利用方法をいろいろ模索するようにしなければいけないと思います。

(聞き手) 計算コストも検討すべきということですね。

(山岡) そうです。ただし、その考えを単純に適用していくと、最終性能を予測するためのマルチフィジックスというのはコストがかかると予想できるため、実施に際し検討が必要になることも考えられます。この場合、計算コストというと、実際に製品の開発および生産の総経費と比較することになりがちですが、性能向上分をどう算定するかという悩ましい問題もあり、ただし、今後、試作品低減などいろいろな試みの中で必要性が明確になってくると思います。

3.4. 大規模計算

(聞き手) 大規模計算についてはどう思われますか？

(山岡) 大規模化というのに対して、もっとシンプルで簡単にできるのではないかなというような意見が昔からあります。特に理論が確立している振動騒音関係については根強いため、モデルを大きくするとよくそのような批評をされました。大規模計算というのは考えもせずに力づくでやっているような誤解があるのではないかと思います。確かに、要素数を増やして大規模化しても、

ホワイトボディの振動の場合低周波領域ではそれほど精度が上がらないし、求められる固有値の数も大幅に変化しない。では、なぜ詳細精密化しているかという、車両全体での特性を表現するためです。例えば、部品の取り付け部分、すなわち着力点としてその局部剛性をできる限り高周波まで保証するために細分化する。また取り付け部品の固有振動を高次モードまできちんと再現し車体や車内音への影響を精確に予測する、というような必要性があり、特性を局部から全体まで実際の対象と同等に表現するために、要素数が増えてしまうという状況です。だけど通常はそんな大規模にしていない、またはできないのは計算機能力やソルバーの問題があるからです。そのため、モデル規模を減らすため要素を変えて、例えばバネマスモデルに置き換える。しかし、そのモデルの高次振動モードまで当然ですが再現することは難しく、集中系に置き換えたために実在しない振動モードとかが出現してしまう。よって、これらを回避するため弾性体として扱う形で進めた結果、大規模モデルになり、計算方法も工夫せざるを得ない。単純に詳細分割しているわけではなく、逆に現象解析の結果から物理現象を CAE で再現するためにやっているけど、どうもそこが理解されにくく誤解される、CAE 専任者でもそういう形で全部詳細に切ればモデルはいいでしょうと発言することがありますが、そうではないのです。特性を表現するために必要なところを適切にモデル分割しないといけない、それに、ただ、細分化しても、逆に合わなくなるケースもあります。だからモデルの細分化が目的ではなくて、発生している物理特性を表現するため正確に粒度を考慮した部分モデルを全体モデルに取り込む必要がある。さきほど「合わせこみ」の話題で述べましたが、合わない理由がきちんとあるはずだから、それを分析しないと、設計に確実な提案ができない。これは専任者の場合です。さらに、結果をよく考察分析しないと、効率的なよい提案ができないと考えています。これらをきちんと踏まえ実施すると、よい製品を作れる第 1 歩になっていくと考えています。「合わせこみ」を行うということは、

分かっていない箇所や特性がモデルにあるということです。逆に考えればそこが重要なことで、一部の特性が大きく変わると、全体の応答に影響を及ぼす。しかし、残念ながら、今はそこまで車両全体で解像度が確保できる計算ソフトは少ないし、逆問題として不明な特性を同定することも難しい。そのために、アドバンスソフトさんで、そういう計算が対応できるソフトを開発して、そういう形にしていくべきと希望します。単に、大規模にしますではなくて、そういうところを積み重ねていくことが、日本の中で、ソフトウェア業界の中での価値ではないかなと思います。ただし、使いこなせるという条件付きになります。もう 1 つの問題が、精度が保証できるモデルができて、いい製品を作るための案というのは、制約を踏まえてまた CAE 実施者が考えなくてはならない。そうするとシステムとして、ソルバーが優秀なだけでは不足で、よい性能向上案の案出しを支援する機能がポストに組み込まれるように望みます。連成・制御の問題も出てくると、大変複雑になってくるので今後必須の課題となるのではないかと思います。

（聞き手） どうやって実際の物が分かってどの辺を細かくしなければいけないのかとか、なぜ大規模じゃないといけないのかを理解した上で、大規模計算を実施するということですね。

（山岡） そうです。どの特性が変化すると、その影響がある応答を引き起こしているのかというのをしっかり把握しないといけないと思います。現在では、解析対象があつて、その CAD から詳細モデルを作成し、同じソフト上で計算実行をクリックしたらすぐに結果が得られるように市販システムが多数出てきています。だけど、どういう物理現象が起こっているのかということをよく考えて、インプットアウトプットをより頭の中でシンプルに考えることが大事です。ただし、応答レベルを精確に予測しようと思うなら、現象に合った特性を用い、力やエネルギーがきちんと入力点から応答点まで伝わるのがうまく表現できるということになる。そのために、構成している多数の部品のメッシュをある程度細かくして

取り込み解析することで、モデルが大規模化になることは避けられないことだと思います。

3.5. プラットフォーム

(聞き手) 別の話になりますが、ソフトウェアについては、国内に生産元があった方がいろいろ連携してできるので、そちらの方が望ましいということがあるでしょうか。

(山岡) 国内・海外に限らずソフトウェアメーカーさんと連携することに関しては、まず考えなければならぬことがあります。海外でも同じ業界で広く使用されているソフトウェアメーカーの場合はロードマップがきちんとしていますので、日本の1社の要求だけではなかなかすぐにはプロジェクトとして進められず、時間がかかることがあります。また、改良の必要投資を要求されることもあります。また、一緒に開発したもので、ソフトウェア会社に権利がありますから、ある特定期限後、公開されることが普通のようなようです。そのような場合は、提案側の知財権の交渉は難しいようです。その点では国内でソフトウェアを作っているところだとやりやすい？かどうかは分かりませんが、今後どうしていくか検討すべき事項です。

(聞き手) ソフトウェアの可能性というところもそういうところから派生する問題でしょうか。

(山岡) 例えば、次のような状況を考えます。あるソフトでは全体の中の特定部位の現象が再現できず、他のプログラムだと異なる解析手法を有しており解析可能だとします。しかし、全体解析はできない。これではその部分の解析と、全体の解析が同時に必要な時にできない。そうするとプログラムが複数必要になります。このような課題を解決するために、FMI (Functional mockup Interface) 等各種方式が提案されています。そこはそれで進化し成果が出されていますが、NVH では、このままではまだ問題があると思います。その1つは、その相互に影響を出し合う強連成の場合には使いにくいという点です。こういう強連成が発生する状況では往々にして不都合な事象が起こりやすい。マルチフィジックスのことを考えると、新しい解析手法が出現してほしいという期待が

あります。逆に、市販汎用ソフトウェアでは今までに積み重ねてきたいろんな機能を沢山備えています、ある特定の分野に限るとそんなに機能は要らなくて、もっとシンプルに新たな解析ソフトを作ることもありえるのではないかと考えています。例えば、具体的にいいますと、過渡応答解析なんかは、もっと簡単で、機能は多くはなくてもいいから、弾性体と一部の非線形性と制御系も考慮可能なものが実現して欲しいのですが、ほとんどないです。そのため、特にマルチフィジックスを含むような要望に対しては、新しいプラットフォームを開発しないと今後の進展は難しいのではないかと思います。

今までは線形解析、非線形解析、流体解析、音響解析として個別に発展してきましたが、今後のそういうマルチフィジックス解析対応を考える時は、新しいプラットフォームのプログラムを起すベンダーさんが出てくる可能性もあると期待したいです。CAE のプラットフォームとはいろいろな意味があると思うのですが、新しい時代に新しいプラットフォームが必要だと思います。

3.6. CAE 技術者

(聞き手) CAE の専任者は企業の中でどのような存在なのでしょう。

(山岡) 先ほどの CAE の発展過程の中で位置づけると、2000 年代になってやっと CAE の専任者の存在基盤が確立してきたと思います。それまでは、いろいろな企画の中で、CAE の専任者が設計実験に価値を認めてもらえるだけのアウトプットを十分に出すことができなかったというのが1つの理由だと考えます。ただし、そのアウトプットが何かというのも各社によって変わってくるし、製品としての価値をどれだけ早く予測できてきちんといいものにしていけるかどうかというのも各社で要求が異なってきます。いずれにしても、そのような指針に沿って成果を出し続けないと価値を認めてもらうのは大変だと思います。そして、その指針に沿うとしても、CAE の専任者の存在はコストが必要となりますので、データ作成のようにルーティン化となっている業務は海外

に出して、解析だけは社内で実施するかが決まります。また、多くの会社で行っているように、CAE をグループ会社に発注する形もあります。今後、どのような形態になっていくのかということは CAE 全体にとって大きい話だと思います。また、CAE の人材が集合していた部署から設計や実験部署などに散らばったようなこともありました。それでは技術の伝承やノウハウが蓄積できにくいと思います。それゆえ、CAE 専任者のあり方に関しては、短期的な視点ではなく長期的な発展という展望から施策が必要だと思います。

4. CAE の課題

4.1. ソフトウェアについて

（聞き手）最後に日本の産業競争力を強くするためにといったら大げさかもしれませんが、そのための日本における CAE の課題をお聞きしたいと思います。

海外のソフトウェアとの競争でいうと、日本のソフトウェアは押されっぱなしです。しかし、これからも競争しなければならない。このようなことを十分に考えながら、できれば国の政策とか、そういうところにも働きかけて行かなくちゃいけないということでしょうか。

（山岡）そうかも知れませんが、少し違うと思います。最終的にどうやって CAE を商業的に成立させるかという話だと思います。日本ではソフトや情報という目に見えにくいところに対価を払う風土が十分醸成されていないと思います。ここに、国産ソフトにどれだけお金を払ってくれるかというところで、変えていかなくてははいけません。ただし、まだ日本ではハードの方が強いかなと感じています。この点で、欧米と違うと思います。ハードでは、コンセプトが明確にあって発展してきた信頼性のあるものには投資します。しかし、目に見えるハードウェアだけではなくて、それを作動させるソフトウェアに対しても十分な対価を払ってでも導入するという投資の評価方法が、日本ではまだ十分確立していないのではないかと考えています。

一方、ソフトを売っても、今日すぐにでも使い

こなす人が要りますよね、そういう人を育てるというのも一緒になってやらないといけないと思います。そこまで含めると日本は弱いと思います。さらに、よいソフト作成とよい教育、サービスができるのだと発想しても不足で、そのソフトウェアを使いこなして長期的に改善する人も内部で育成しなければならない。これらのことは日本では日常的に、最善のアウトプットを出せるような形にするような日頃の努力はハード面ではかなり行われているが、ソフト面では弱いのではないかと考えています。ハードウェアの生産ということに関すると皆さん長けていらっしゃると思いますが、これからは、すぐにそのハードを熟練の人以外でも使いこなせるソフトウェアが必要になってくるのではないかなと思う。ソフトウェアの必要性はさっきお話ししましたようにハードのでき具合に影響してくると思います。

4.2. 産業界から CAE 業界への要請

（聞き手）次に、産業界から CAE 業界へ要請することを伺います。

（山岡）まず、そのソフトでできることとできないことを把握してほしいということがあります。ソフトウェアベンダーさんは、できることはいくらでも宣伝するのですが、できないことを正しくいえないということがあります。こういうことは、実際にソフトウェアを使う際に重要になってきます。何故こう述べているかという、どこまでできるかということ、最初に実際に解析対象との対応で回答してほしいが営業の方ではソフトの内部の理論構成をご存知でないので十分な回答が得られないケースがあるということです。解析理論値があるものは必要なモデルと計算の検証ができますけど、実際の複雑な対象になった場合、プログラムのベンダーさんは、使い方も伝授しなければならないですね。その時に自社プログラムの癖？とか性能限界とか、そういう使いこなしの経験をユーザーにきちんと伝えないといけないのではないかと思います。プログラムの使いこなしのノウハウや性能限界を提供してもらえないと、ユーザーが苦労して何年もかけて覚える、

不可能なことを後で知るようでは、いけないと思います。もっと早く短期間に、このプログラムはこう使ってください、モデルはこう作成してください、この事例は内在している物理則から無理ですという説明までしてもらえると、すなわちベンダーさんが多数の事例で使いこなしている CAE のベテラン状態にならないといけないと思います。

(聞き手) 現状では海外のベンダーもそういうところは不足しているのでしょうか。

(山岡) 海外ベンダーの場合、日本の代理店でなく海外の開発元技術者と直接やりとりする場合は正確な上記情報が得られることが多いと思います。だから、今はその方向で進めている会社が多いと思います。課題を出して一緒にやります。従って、そういう形で専任の使いこなす人が開発元の社内において、使用したいメーカーさんと売りたいソフトウェアベンダーさんとで早く安価にアウトプットが出せればいいと思います。ただ、ベテランが常に対応してくれるかはベンダーさんに依存します。また、メーカーさんの数だけ解析対象があるので、全部準備できるかという点もまた別の話になることは理解できます。

4.3. 人材育成

(聞き手) 以上のことがらは、人材育成にも関連してきます。今大学で教育や研究されていることは山岡さんもお存知だと思のですが、CAE やシミュレーションに関する講義がかなりの時間をとって実施されているというのが現状です。例えば、ある国立大学だと、1 つの講義として商用のソフトウェアを使ってみるというのが主流となっています。もちろんそのような講義は必要です。しかし、私がさらに必要と考えているのは、なぜそういうシミュレーションができるのか、その理論やシミュレーションの手法については講義が実施されていないという状況です。そのあたりを含めて、もっともっとシミュレーションを大学で幅広く教育の機会を持つことが課題かなと思いますね。

(山岡) そうですね、使い方だけに偏ったらそれは非常に残念なことですね。シミュレーションを

やっていると、ある段階から理論の教育とは別に、必ず必要になってくるものがあります。それは実験の知識です。まず、実際の実験のことを知らないと計算結果の精度がどれくらいかという話にはできないのではないかと思います。もう 1 つは、ただ使う側の人だけでなく、新しい解析技術や関連した技術開発をしたり、今まで分からなかったことを分かるようにしたり、今までなかなかできなかった難問題を解くことを志す人達にとっても実験を考えることが重要となります。実験が理解できていないと、こういうデータが欲しい、そしてそのデータを測るにはこういう形でやらないといけないといえない。過去の経験でいうと、実験装置の影響が出てくるため、実験装置の形状および機構、試験室さえもデータとしてモデルに組み込み影響を計算で確認する、このようなことが特に基礎検討としてデータの精度確認時には重要です。先に話した計測器メーカーとのコラボレーションでは特にそういう形が必要になってきているといえます。実験結果を鵜呑みにしないで、実験そのものをシミュレーションと一緒に考えないと新しい技術は作り上げられないと思います。

(聞き手) この辺は難しい問題です。

(山岡) シミュレーションを実施する全員が必須でなくても、専任者になる人はやらないといけないと思います。少し話がそれるかもしれませんが、これまでは、設計工程の中でそういう実験と検証をたくさんやって理屈を積み重ねてきたわけです。今後、制御、新素材等の導入があると、構成も変わってきます。そうすると過去の知見だけでは対処できないから、残念ながら CAE を用いて変更が発生するごとに再計算しなければならないと思います。しかし、なかなかこの点が理解してもらえず、知見を確立し、その知見を設計に反映することができれば、CAE を毎回、コストをかけてやる必要はないのではないか、というようなことをおっしゃられる方もいらっしゃると思います。しかし、そうではない場合が多くなると思います。もちろん、不要な CAE 検討削減は必要ですが、構成する要素が変わっていったら、もうその知見の基準からはずれません。というようなところをきちん

と確認して説明しないといけないのかと思います。

(聞き手) そのような人材を育てるためにはどのようにすればいいのでしょうか。

(山岡) 逆にそういう人材を育てるというのは、私も分からない、どうやったらいいのか。これを若い人に要求するのは、どうやったらいいのだろうか未だに悩んでいます。

(聞き手) レベルは低いかもしれませんが、例えば、われわれの会社で一番役に立つエンジニアリング能力はお客さんと仕事した経験なのですね。お客さんとの実務を2年でも3年でも実施した経験があれば、すぐに使いものになるという実感があります。

(山岡) 私も賛成です。だから、ソフトウェア開発者とカスタマーとで一緒に考えて検討するというのは、素晴らしい経験だし、ソフトウェアを作っていくにはなくてはならないと思います。実物も見て、計算の理屈もちゃんと分かって、限界も分かってそれではじめてお客さまに提案できると思いますね。

(聞き手) しかし、ソフトのことばかり知っているだけでは浮ついた話になるだけで、われわれとして注意すべきところです。

(山岡) さっきシンプルに考えるといっていたのは、その対象・現象の中のエッセンスで大局的な把握・理解です。一方でそこに局所的な特性とかが求める応答に影響してくるため、いろいろ何が支配しているか把握するには、その現場にいないと分からないことがあります。そのため、一緒になって行うコラボレーションというのは、どうしても必要だと思います。

5. 山岡様のお話を聞いて

本インタビューにて、山岡様からいろいろお聞きしました。マルチフィジックスはパンドラの箱になる可能性があるということと、それに対して新しい計算のシステム工学が必要でないかという考え方は非常に役に立ちました。技術的には、マルチフィジックス、それに対応したプラットフォームの必要性も感じました。また、実験とシミュレーションのコラボレーションのことも頭に



入れておかななくてはなりません。

また、日本は今欧米に席卷されている状態ですけど、日本のソフトを育てていかなければいけない、ソフトを使うのは各メーカーの中で育ていかななくちゃいけない、その上で CAE の産業での地位を向上させていかななくてはいけないということをインタビュー全般につき強く感じたところです。

われわれ CAE 全体は新しい産業です。今後時間がかかるかもしれませんが、産業界での必須の技術となり、CAE の社会的な地位向上を含めて、日本の産業競争力強化のために少しでも貢献するように、われわれも事業を進めていきたいと思っています。

以上