

21世紀型設計開発プロセスに向けた実践的CAE

エムエスシーソフトウェア 渡邊 浩志*

*わたなべ ひろし：シニアアプリケーションエンジニア，博士（工学），一般社団法人日本計算工学会理事，一般社団法人日本機械学会認定計算力学技術者上級アナリスト

はじめに

21世紀に入ってから，構造解析，流体解析だけでなくさまざまな分野のCAEが急激に普及し，機械設計におけるCAEはかつての解析専任者が使用するものから，設計技術者も本格的に活用する時代になったといえる。この変化は単に「CAEで解析する」という領域を超えて大きな社会構造の変化の一部を見ていると考えることができる。ここでは21世紀型設計開発プロセスに向けた実践的CAEのために必要な，設計/開発，生産，計測を統合するDigital Thread，実現象の解析に必須である連成解析の概念と，そのような環境下でCAEを活用するために必要となる実践的知識や教育手法について述べる。

20世紀型社会から21世紀型社会へ

インダストリー4.0やソサエティ5.0が提唱されて久しいが，そのような社会構造の変化を実感できないという人も少なくないと思う。ただ，社会構造の変化は政治家が提唱するようなものではなく，静かにしかし着実に進む生産性の向上によって引き起こされる。たとえばベートーベンの交響曲第9番は，それまで宮廷など比較的狭い空間で演奏されていた交響曲が，産業革命で貴族が没落し市民社会が成熟したことにより，大きなホールで多数の市民が聞くものに変化することが社会的に要請されたことから誕生した。大規模なオーケ

ストラに合唱団を追加してさらに大規模にすることで大きなコンサートホールに対応した。ここで注意してほしいのは，オーケストラも合唱も大きなコンサートホールも交響曲第9番が作曲されたときにはすでに存在していたのである。ただそれらを組み合わせることができなかった。

これは現在進行しているモノづくりの変化においても同様である。当初Jason Lemonが本来の意味のCAE〔注：試験，解析，データベースを統合して，製品開発プロセス全体すなわち，概念設計，詳細設計，設計の検証，量産試作，量産を計算機によって統一的に管理すること¹⁾〕を提唱しても，それを実現できるだけの計算機環境も計測技術もそれをつなぐネットワークも，理解を助ける人工知能(AI)もなかった。しかし21世紀も1/6が経過し，それらの要素技術をわれわれはすでに日常的に使いこなしている。ただ，交響曲第9番のような，それらを統合する明快なソリューションが登場していないというのが状況だと考えられる。

第4次産業革命における課題とソリューション

第4次産業革命が掲げるテーマはSmart Factory, Mass Customizationである。具体的には20世紀型の大量生産から，多品種少量生産，多品種一品生産，さらには個人が生産する時代へと変化していく。このような生産手段の変化のために注目を集めているのが，積層造形(3Dプリンター)であり，高速化，大規模化，システムおよび材料の低価格

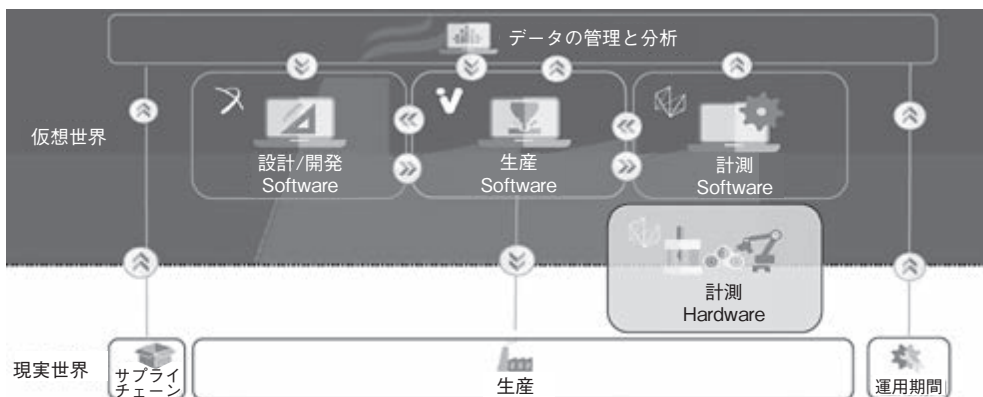


図1 Digital Thread 概念図

化、多様化が進んでいる。しかし一方で、大量生産の時代に提供されていたサービスの速度、価格、性能、品質、安全性の維持および向上が、このような個人生産においても可能か、性能、品質、安全性の責任の所在はどこにあるのかなどが問題になる。

インダストリー4.0は生産管理に重点が置かれているが、いうまでもなく設計/開発もこれに対応したものに進化しなければ、品質や安全性を確保できない。つまり、多品種設計のための手法 Smart Design, Smart Qualityが必要になる。品質を設計し、生産プロセス、運用段階で連続的に計測管理し、設計にフィードバックする。これはシミュレーション、センサ、計測技術のシームレスな連携により実現可能になる。ただ、ここで注意したいのは、これらの要素技術はそれぞれ現時点でほぼ完成の域に到達していることである。つまりそれらを組み合わせる交響曲第9番のような明確なソリューションが必要なのである。この観点から、当社が属するHEXAGONグループはDigital Threadを提案している。計算機環境で行われる設計/開発から始まり、製品の運用期間を通じて計測されたデータからメンテナンスを含めた品質の維持管理を行うことをめざしている。概念図を図1に示す。

このDigital Threadは自動車の自動運転の技術と共通する部分が多い。時々刻々変化する現実世界の交通状況を計測するためのハードウェアとソフトウェアは、エッジやクラウド上のAIを通じて、

仮想世界の経路選択や車体運動を解析するソフトウェアと連携する。Digital Threadは自動運転技術とともに今後急速に発展していくと考えられる。

このDigital Threadの恩恵は、積極的な活用を考えるとより大きなものが得られるであろう。たとえば、これまで企業の成長に不可欠なものとして、現場・現物・現実の三現主義が知られてきた。これは言うは易く行うは難しの代表であることもまた事実である。一般的に「計測」で計測されるものとは解析においては「解析結果」であり、解析に必要な入力値ではない。従来これが解析の信頼性において問題となってきたことは、V&Vが盛んに議論されていることからわかるだろう。つまり、計測と解析が一体化するとは、従来計測が困難であった、解析に必要な現物のリアルな初期形状や材料特性などの入力値を、計測と逆解析により同定し、現象の本質を捉えた解析により現実に何が起きているかを把握することを意味する。

Co-Simulationによる シミュレーションのリアリティの向上

CAEが登場した1970年代から、基礎理論や計算機環境の発展に伴って、エンジニアリングシミュレーションは進化を遂げてきた。最初はMSC Nastranに代表される構造の線形静解析、動解析が主流だったが、1990年代には非線形構造解析、熱流体解析のソフトウェアが一般的になってきて

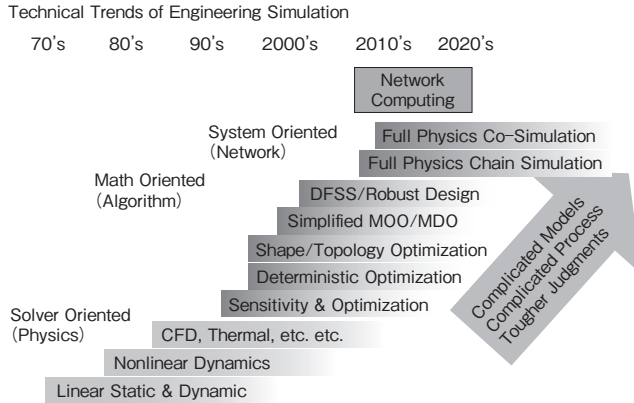


図2 エンジニアリングシミュレーションのトレンド

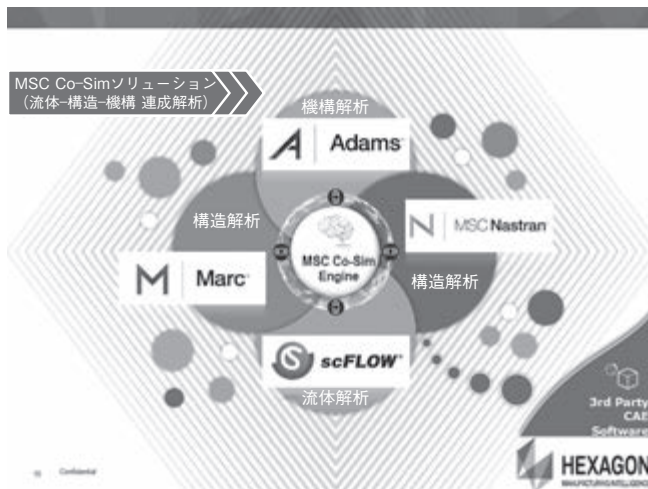


図3 Co-Simulationの概念図

いる。これらは現在も進化を遂げているが、2000年代には分子動力学や最適化のソフトウェアも登場している。図2にエンジニアリングシミュレーションのトレンドを示す。

しかしながら、実現象は流体と構造などさまざまな現象が複雑に絡み合っており、これを正面から解析するには連成解析が必要になる。学術研究分野では2000年ごろから、専用に開発された解析コード(ピークコード)を用いて流体構造連成解析が行われてきた。たとえば心臓の拍動は、最もミクロレベルではATPの分解反応から始まり、力学的には分子モータ、筋繊維レベル、組織レベル、臓器レベルと寸法のオーダーにして10桁以上の

マルチレベル解析である。さらに流体構造連成のみならず生化学反応とも連成するマルチフィジックス解析でもある。このような複雑なシステムは、もはや新たな化学物質すなわち新薬により、血圧が上がるのか、あるいは下がるのかすら直感的に予測することが不可能であり、シミュレーションに対する期待が大きい²⁾。

このような要請から汎用の構造解析、機構解析、熱流体解析の汎用コードを連成させる試みが2010年ごろから本格化し、一部はすでに実用化されて成果を上げている。今後はより複雑な現象に対応できるように、個別の解析コードの進化と連成手法の進化が両輪となって進んでいくと考えら