

シミュレーション技術の有効活用

— 研究・開発・設計における実践ツールとして —

The Effective Use of Simulation Technology: A Practical Tool for Research, Development, and Design

高田 久*

Takata, Hisashi

要旨

最近、研究・開発・設計の各ステージで、開発効率向上／設計品質確保の重要性は益々高まってきている。これらを解決する一手法として、コンピュータ上に構築したモデルを用いて仮想試作／仮想実験を行う「シミュレーション技術」がある。本稿では、シミュレーション技術とはどのようなものか、またシミュレーション技術を有効活用するにはどうすべきか、さらには使用時の注意点等について、適用事例を紹介しながら説明する。

Abstract

Today in the field of research, development, and design, improving development efficiency and ensuring high-quality design are of increasing importance. As one of the methods to serve these goals, simulation technology provides virtual trial production and virtual experimentation via computer simulation models. Explained here, with examples, are what simulation technology is, how it can be used most effectively, and what should be kept in mind when using it.

1 はじめに

当室では、コンピュータ上に構築したモデルを用いて仮想試作／仮想実験を行う「シミュレーション技術」を先行開発／導入するとともに、シミュレーション技術が必要とする部署への技術支援／適用を実施している。

本稿では、当室でのこれまでの実施内容を紹介するとともに、シミュレーション技術の概要、有効活用方法について説明する。

2 シミュレーション技術の概要

シミュレーション技術の目的は、以下の3つに大別できると考えている。

- 1) 新規構成／デバイスの駆動原理等の理論背景把握：過去に取り扱ったことのない方式や複数の原理を融合させた場合、系として成立できるかどうかをシミュレーション技術で判断／予測する。

- 2) 試作の方向性を事前予測：試作および実験前にシミュレーションを行って、試作する価値があるかあるいは、どうすれば目的（仕様）を満足する試作にできるかを事前に予測する。
- 3) 測定困難な実験の補足：一般的に実験で測定できる回数、部位は時間的コスト的制約によって、限られる場合が多い。また、マイクロデバイスの過渡現象、化学反応等、現実問題として直接測定できないものもある。測定できた現象とシミュレーションの計算結果を突き合わせて相関をとることで、より有用な情報を得ることができる。

上記1)～3)を実行するには、高価なシミュレーションツールが必須と思われるかもしれない。先に「シミュレーション技術とは、コンピュータ上で仮想試作／仮想実験を行うこと」と定義した。しかし広義の意味では、Fig. 1に示すように理論式による手計算、電卓での計算あるいは表計算ソフトを用いた簡易計算による手法もシミュレーションにおける「モデル化」と言える。

すなわち精密モデル、詳細モデルになるほど、より現

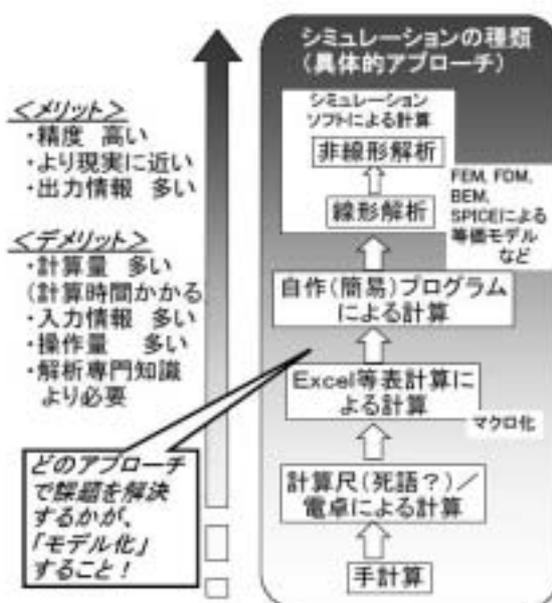


Fig.1 Various approaches of Simulation

* コニカミノルタテクノロジーセンター(株) システム技術研究所 シミュレーション技術室

実に近く精度も向上するが、その反面、入力すべき情報は増加し、計算時間も増加してくるという傾向がある。したがって、シミュレーション技術を有効活用するには、各ステージで考慮すべき設計変数、パラメータを過不足無く盛り込んだ、できる限りシンプルなモデル化を行うことが重要である。

3 保有しているシミュレーション技術

現在、当室では以下のシミュレーション技術を保有している。

- 1) 構造解析：構造物の変形、応力状態の計算。
静的線形計算および大変形、非線形、過渡応答、振動・騒音。圧電素子専用解析。
- 2) 熱流体解析：自由表面を伴う流体解析および流れを考慮した伝熱解析
- 3) 電磁場解析：電界解析、磁場解析およびそれらの連成解析。
- 4) 等価回路解析：電気特性、機械特性、音響特性を等価な回路に置き換え、これらの現象を複合的に扱うシステムシミュレーション。
- 5) 化学解析：分子力学法、分子動力学法、分子軌道法、モンテカルロ法。
- 6) プロセス解析：単結晶Siの異方性エッチング。

さらにこれらは、独立したシステムで存在するだけでなく、3DCADの3次元モデル形状を取り込んだり、品質工学（タグチメソッド、以下TM）における実験に活用したり、他の設計手法との融合を図っている。

4 適用事例

最近当室が関わったテーマで、シミュレーション技術を有効活用した事例を紹介する。

4.1 落下／衝撃解析

カメラ、携帯に代表される容易に持ち運びが可能な製品では、落下／衝撃を考慮した設計が必要となる。コニカミノルタセンシング株式会社では、次期オキシメータの設計にあたり、バラック出図前に落下／衝撃解析を実施し、耐衝撃設計に活用した。

当初から、計算値の絶対値を評価するのは困難であり、また設計側からみてもリスクも大きいことから、あらかじめ現行機種で同様のシミュレーションを実施し、既存製品との相関関係を把握した後、

- 1) 初期設計案にてシミュレーションを実施し、衝突後の変形量／最大応力を計算／評価する。
- 2) 許容値を越えた箇所の構成変更、厚み変更、リブ追加等の設計変更を実施する。

3) 再びシミュレーションを実施する。

というサイクルを2回実施し、初期の設計よりも最大応力値を低下させることができた。Fig.2に計算モデル全体、Fig.3に結果の1例(変形+応力コンター)を示す。

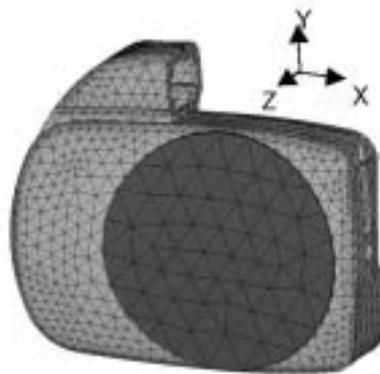
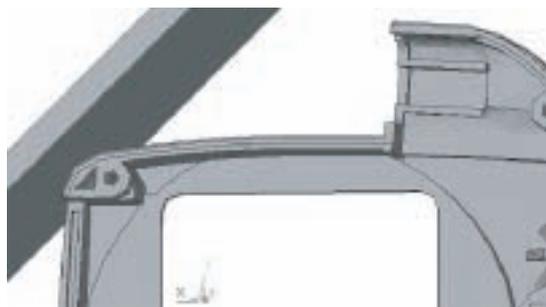


Fig.2 Whole model of simulation



(a) 衝突前 (初期形状)



(b) 衝突後

Fig.3 Examples of calculated results

本稿執筆時には、バラック組立てのステージであり、実物での評価は残念ながら別の機会に譲ることとする。

4.2 流体解析

現在、コニカミノルタビジネステクノロジーズ株式会社では、感光体塗布液製造工程（分散）において、更なる効率向上／処理量向上が望まれている。分散のメカニズムおよび各パラメータの影響を流体解析の観点から明

らかにし、改良案を提示する。

Fig. 4 にバッチ型分散機外観を示す。左図が中で回転するローターおよびディスクであり、右図が容器である。この容器中に溶剤、顔料およびビーズを入れて攪拌することにより、所望の塗布液を作製する。



Fig.4 Appearance of dispersing machine

まず現状の形状／条件でシミュレーションを実行し、容器内の流れの様子（旋回流、上下流、流れの滞留箇所等）を明らかにした。Fig. 5 に計算結果の1例（速度ベクトル+塗布液の液面形状）を示す。

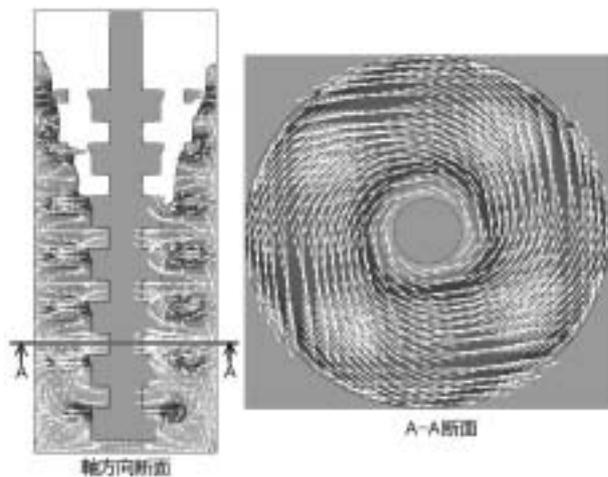


Fig.5 Examples of calculated results

その後、実験結果も参考にしながら、シミュレーションの計算範囲を限定してモデルの簡略化を行った。さらにTMと組み合わせて、各パラメータ（ディスク径、ディスク厚み、ディスク間距離、回転数等）の影響度を明らかにした。その結果、

- 1) 上下流を大きくする構成とする。
- 2) 滞留しがちなビーズに運動エネルギーを与える構成とする。

という知見が得られた。

ビーズの動き／衝突を考慮したシミュレーションが困

難、分散効率を何で評価すべきか等の課題はあるが、今後は「循環式」等により処理効率が向上する方式へも適用し、活用していく。

4. 3 化学解析

高分子材料の開発／設計は実験が主体であり、多大な時間と労力がかかっている。実験の効率化、試作精度の向上を目的として、化学解析に取り組んでいる。ポリマーの基本特性の1つであるガラス転移温度（Tg）を分子力学計算、分子動力学計算にて予測した。

Fig. 6 にポリスチレン（PS）の初期構造を示す。高温から一定温度（15K）ごとに降温させ、安定した状態の体積をプロットする。

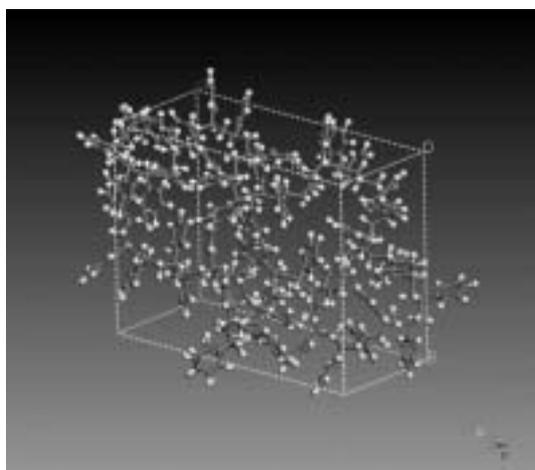


Fig.6 Initial structure of PS

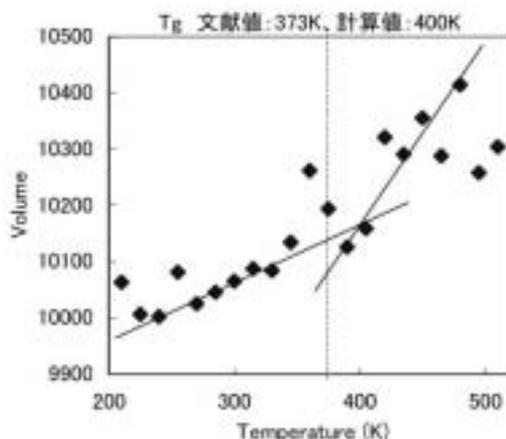


Fig.7 Volume-Temperature relation of PS

Fig. 7 にPSの温度と体積の関係を示す。破線がTgの文献値である¹⁾。若干のばらつきが見られるが、Tgを境に体積が大きく変化している傾向が見られる。同様にFig. 8 にポリメチルメタクリレート（PMMA）の場合を示す。こちらは、明確な変曲点が生じ、Tgが予測できる。

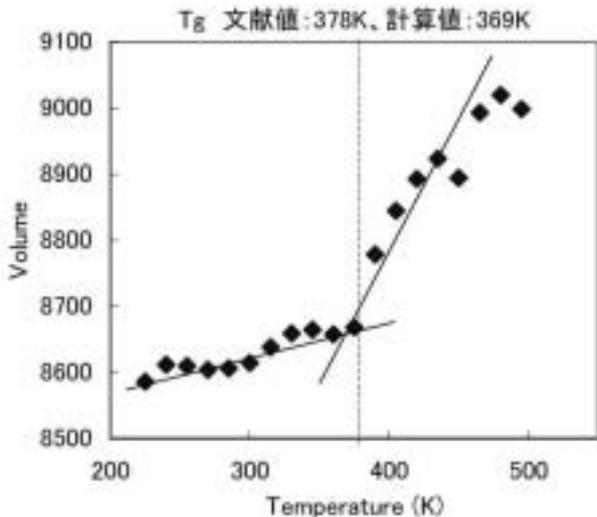


Fig.8 Volume - Temperature relation of PMMA

シミュレーション対象により、誤差が大きい場合があったり計算時間がかかるといった課題はあるが、今後は精度を向上させるモデル化、複合材料のモデル化等に取り組む予定である。

4. 4 シミュレーション技術ポータルサイト

当室では、シミュレーション技術が必要な技術者向けのポータルサイトを構築／運用している。シミュレーション技術全般、適用事例の紹介、関連部署／ベンダーへのリンク等をコニカミノルタグループ内向けにウェブで公開しているので、是非ご参照いただきたい。(Fig. 9)

今後さらに有用な「シミュレーションデータベース」にレベルアップして行きますので、気軽に質問ご要望をいただきたく思います。

URL <http://cse.ite.konicaminolta.jp>

注) 申し訳ありませんが、上記URL はコニカミノルタグループ内のみ閲覧可能です。



Fig.9 Homepage of Simulation Technology Division

5 今後

シミュレーション技術の大きな流れは、

- ① 新たな現象のモデル化／計算精度の向上
- ② 使い勝手の向上

に大別される。①については、既存の保有技術のさらなる向上、異なる分野のシミュレーションの連成解析（構造-流体、電磁場-熱等）に取り組んでいく。さらにマクロ（連続体力学）とマイクロ（分子、原子レベル）の中間に位置する領域であるメゾスケールのシミュレーションに取り組む予定である。これらのシミュレーション技術を獲得することにより、超微粒子／超薄膜のモデル化や、新材料／物質の開発に活用できる有効なツールにしていきたい。

②については、「自動化」に取り組んでいく。これは、類似の手順による一連のシミュレーションプロセス、T Mとの融合におけるパラメータの割り付け等について、モデル構築の煩雑さの解消／入力ミスの防止を目的としている。さらに、目標とする仕様（変形、応力、温度等）を、指定した制約条件の中でベストの解を出す「最適化」にも取り組む予定である。

また、①②両方に関わるが、計算精度の向上、計算時間の短縮化を目的として、計算ハードウェア環境の向上にも取り組んでいく。一昔前であればスーパーコンピュータでしか計算できなかった大規模／複雑モデルでも、近年はPCでも可能となってきた。さらに、複数のPCをネットワークで繋いで計算速度を向上させる「PCクラスター」も実用的になりつつあり、こちらの構築にも取り組む予定である。

6 まとめ

本稿では当室が保有しているシミュレーション技術および適用事例の一部を紹介した。しかし、テーマや製品特有のシミュレーション技術も存在し、当室だけでは無く、他テーマおよび各事業会社でも活用されている。

今後も社内／社外を問わず、シミュレーション技術に関わる部署、人との技術交流を通じて、お互いのレベルアップを図り、コニカミノルタグループ内での新たなシミュレーション技術開発およびさらなる有効活用のきっかけになれば幸いである。

最後に、事例紹介に際し、本稿掲載をご了承いただいた関係部署の皆様へ厚く御礼を申し上げます。

●参考文献

- 1) J.Brandrup, E.H.Immergut, E.A.Grulke, "Polymer Handbook", 4th ed. A Wiley-Interscience Publication, USA, 1999, p. VI /193 .