技術レター

シミュレーション援用による知的生産プロセスに関する調査研究

斉藤　博[*]　片山　聡[**]　馬場　大輔[***]　小林　豊[****]　森田　渉[*****]　小林　泰則[****]　本田　崇[**]

A Research Report of Intellectual Production Process by Simulation Aiding

SAITOH Hiroshi[*], KATAYAMA Satoshi[**], BABA Daisuke[***], KOBAYASHI Yutaka[****]
MORITA Wataru[*****], KOBAYASHI Yasunori[****] and HONDA Takashi[**]

1. 緒　　言

近年の産業界においては，製品およびその製造プロセスに短納期・低コスト・高品質・安全性が求められている。これらを実現する手段のひとつとして強い関心を寄せられているのがシミュレーション技術である。シミュレーション技術はコンピュータ上で仮想実験を行い，製品構造や加工条件を最適化するものである。特に選択肢が多い場合や，通常の実験では確認ができない内部構造の可視化などに効果がある。最近ではハードウェア性能の飛躍的な進歩により，ワークステーションではなくパーソナルコンピュータ上でもシミュレーションを実行できるようになり，大手企業だけではなく中小企業においても積極的な導入が図られている。本県においてもシミュレーションを用いたものづくり体制の確立は急務な課題であるが，人材や情報の不足から導入が遅れているのが現状である。

そこで本調査研究では各技術分野におけるシミュレーション技術の概要や最新動向を調査し，本県産業界へのシミュレーション技術普及について検討した。

*	下越技術支援センター
**	研究開発センター
***	上越技術支援センター
****	中越技術支援センター
*****	素材応用技術支援センター

2. 機械系シミュレーション技術の現状

2.1 構造シミュレーション

構造シミュレーションは主に構造物の強度計算に用いられる。例えば，架台のフレーム本数や配置の最適化は，構造シミュレーションを用いることで，実際に試作を繰り返すよりも効率的に行うことができる。計算手法としては有限要素法が用いられることが多い。

最近では操作面や表示機能において 3 次元 CAD との親和性を高めた製品も多く開発されており，シミュレーション専任者だけではなく設計担当者による強度計算も可能となってきている。また複数の選択肢の中から最適解を得る品質工学の導入も積極的に進められており，自動最適化を実行する製品も多く開発されている。中小企業にとって身近な技術領域であり，また製品価格も比較的安価であることから，構造シミュレーションは急速な広がりをみせている。

2.2 塑性加工シミュレーション

塑性加工シミュレーションは，プレス加工や鍛造加工を対象に，金型の構造最適化や寿命予測，加工条件の最適化に使用される。加工分野それぞれに専用の製品が開発されているが，全体として構造シミュレーション関連製品ほど数は多くない。

プレス加工シミュレーションは特に自動車業

界に多く導入されている。現在では特に加工後のスプリングバック挙動が注目され，材料モデルの提案 [1]や金型形状の自動最適化 [2]など積極的に開発が進められている。

鍛造シミュレーションはモデルの変形度合いが大きく，計算中の要素再分割技術が重要な技術となる。現在は材料の移流を考慮できる ALE（Arbitrary Lagrangian Eulerian）要素の採用や要素分割を行わない EFG（Element Free Garlerkin）法を用いた計算などが試みられている [3]。

塑性加工シミュレーションは構造シミュレーションに比べ大規模計算となる場合が多く，ハードウェアを含めた導入コストは大きくなる。現状でのシミュレーション精度は定量的に一致するレベルに達しているとは言い難く，費用対効果の面で中小企業では導入を見送っている例もある。

3． 電気電子系シミュレーション技術の現状

3.1 電磁場シミュレーション

電磁場シミュレーションはモータや磁気ヘッドといった電気電子部品の設計において，電磁的特性の予測・評価に用いられる。また近年，演算素子のクロック速度が急激に速くなり，デジタル回路設計においてもクロストークやノイズ放射などの電磁気現象による影響を考慮する必要性に迫られている。

電磁場シミュレーションを大別すると，入力したパルス波の過渡応答をフーリエ変換することで周波数領域のデータを得る時間領域解析と，特定の周波数ごとに正弦波を入力して定常応答を求める周波数領域解析とに分けられる。計算法として前者には有限差分時間領域法（FDTD 法）や伝送線路法（TLM 法）があり，後者には有限要素法（FEM 法）やモーメント法（MoM 法）がある。様々な案件が持ち込まれる公設試においては，汎用性のある FDTD 法や FEM 法による製品を導入している例が多い [4)-5)]。

3.2 電子回路シミュレーション

電子回路シミュレーションは, 半導体の設計, 製造および実装するプリント基板設計の自動化ツール群（EDA）のなかで動作検証を行う部分に用いられる。例えば，デジタル回路設計シミュレーションは，ASIC や FPGA などの LSI 設計において書き込んだ論理回路の動作を検証するために用いられる [6)]。FPGA は機器メーカが自由に回路構成を書き換えることができるため, 開発コストおよび納期を抑える目的から最近では多く利用されており，デジタル回路設計シミュレーションはその検証工程の迅速化に大きく貢献している。

4． 化学系シミュレーション技術の現状

化学系分野で用いられているシミュレーション技術は，分子動力学法，モンテカルロ法，分子力学法などの分子シミュレーション手法のほか，材料の化学反応活性や電気・磁気的物性を計算できる量子化学計算手法（QC）が広く用いられている。例えば，分子動力学法ではニュートン方程式を用いて，バルク，表面，界面およびクラスタといった多様な系を扱うことができる。しかし化学系シミュレーションの多くは学術性の高さから汎用的な製品として開発された例が少なく，企業への普及は進んでいない。

5． 新潟県内におけるシミュレーション技術の現状と課題

シミュレーション技術は特に自動車業界を中心に大手企業が積極的に導入を進めているが，県内企業においてシミュレーション技術を導入している企業はきわめて少ない。その背景には人材不足やシミュレーション技術によって製造プロセスがどのように変わるのかといった情報が不足していることが影響していると考えられる。

現在，人材育成については（財）にいがた産業創造機構において『長岡モノづくりアカデミー』が開催され，その中で CAD や CAE に関する講義が行われている。参加企業は数十社に及

んでおり，県内企業の関心の高さを窺うことができる。

今後，県内企業へのシミュレーション技術普及拡大を図るためには，上記のようなセミナー開催のほか，基礎技術や応用事例を掲載したポータルの開設など，広く情報を発信する必要がある。

6． シミュレーション技術の高度化

シミュレーション技術の高度化には，実際の現象とのすり合わせが必須である。また結果を正しく評価し，修正指針を作成するためには，材料や加工プロセスに対する高度な知識が必要となる。県内産業においては，県央地区における金属加工など高い技術力を有する地場があり，これらとシミュレーション技術を効果的に融合させることで，高い競争力を持った産業群を形成できると考えられる。そのためには加工技術とシミュレーション両面において継続的な研究開発が必要であるといえる。

7． 結　　言

(1) 各分野のシミュレーション技術について，現状と技術動向を調査した。シミュレーション技術は，ハードウェア性能の向上に伴い，大手企業を中心に積極的に導入されており，製品開発における短納期化･低コスト化に貢献している。県内企業においては導入が遅れている。

(2) 機械系，電気電子系シミュレーションは，各技術分野に対してシミュレーション製品が開発されている。特に近年では CAD やシミュレーション製品間の親和性が向上した製品が多く開発されている。

(3) シミュレーション技術の普及および高度化のためには, 地場産業が保有する高い技術力との融合が必須である。そのためには人材育成や情報発信, 継続的な研究開発を行う必要がある。

参考文献

1) 山本茂雄，後藤良孝，酒井岳人，吉田総仁，“ 鋼の降伏点現象のモデル化とその塑性加工シミュレーションへの応用 ”, 日本機械学会中国四国支部第 43 期総会・講演会講演論文集，2005，p.13-14.

2) 日本イーエスアイ,“ PAM-STAMP バージョンアップセミナー資料 ”，2005

3) 富士通株式会社，“ LS-DYNA セミナー2007 資料 ”，2007

4) 東京都立産業技術研究所,“ 電波ノイズの防止に役立つ電磁界シミュレーション ”, テクノ東京 21，117，2002，p.2.

5) 宮城県産業技術総合センター,“ 施設機器紹介　高周波電磁材料解析システム ”, ミヤギ産業技術情報，11，2002

6) 内藤竜治ほか,“ 付録基板で始めるディジタル回路設計 ”, トランジスタ技術, 4, 2006, p.116-197.