

開発イノベーションとCAE

Innovation in Product Development and CAE

吉田 浩俊

近藤 泰昌

吉田 有一郎

■ YOSHIDA Hirotooshi

■ KONDO Yasumasa

■ YOSHIDA Yuichiro

設計上流におけるCAE (Computer Aided Engineering) の利用は、試作や実験を削減し、短時間かつ低コストで高品質の製品を生み出すために効果大きい。開発でのCAEへの依存度が高まればCAEの品質確保は重要事項となり、CAEに基づく製品認定プロセスも提案されている。

東芝グループのCAE担当部門は、CAE業務の品質確保のためISO9001 (国際標準化機構規格 9001)の認証を取得している。また、東芝グループ内へCAE技術を展開する活動として、CAEユーザー会を通じたCAE利用者の情報共有を推進するとともに、設計上流でCAEを適用するための支援活動にも注力している。

The utilization of computer-aided engineering (CAE) at the first stage of product design contributes to improvement of product quality and shortening of the development period and costs, while also reducing the need for trial manufacturing and experimentation. As product development has become largely dependent on CAE, the quality of the CAE process has become increasingly significant.

The CAE department of the Toshiba Group has acquired ISO 9001 certification for the CAE process. We have been promoting communication between CAE users through regular meetings to disseminate CAE throughout the group. We are also making strong efforts to assist Toshiba engineers to use CAE at the early stage of product development.

1 まえがき

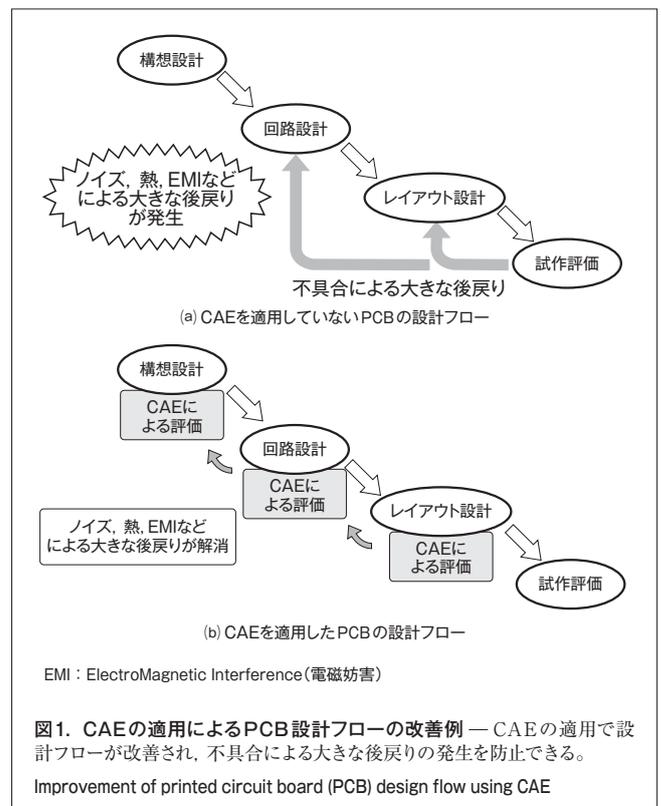
パソコンの処理能力の飛躍的な向上と価格の低下、及び使いやすいGUI (Graphical User Interface) を備えたソフトウェアの出現により、計算時間、精度ともに十分実用的なCAE (Computer Aided Engineering) を手軽に実施できる環境にある。製品開発において、CAEの利用は必須事項となっている。

東芝のISセンター (以下、ISCと略記) と東芝インフォメーションシステムズ (株) (以下、TSISと略記) は、東芝グループのCAE担当部門として、各種CAEサービスを企画し提供することにより、東芝グループの製品開発を支援している。

ここでは、設計上流でのCAE利用の有効性と定量的な効果、及びCAEに基づく製品認定プロセスについて述べる。また、東芝グループのCAE担当部門としてISO9001の認証を取得したCAE業務プロセス、及び東芝グループ内へのCAE技術の展開活動について述べるとともに、活動の一例として、設計上流でのCAE適用による差動プリント基板の製造歩留り向上の事例も紹介する。

2 製品開発におけるCAE利用のポイント

プリント基板 (PCB: Printed Circuit Board) の設計フローを図1に示す。図1(a)はCAEを適用する前のPCB設計フローであり、構想設計 (システム設計)、回路設計 (機能設



計)、レイアウト設計 (実装設計)、試作評価の順でフローが進む。設計上の不具合が発生した場合は、試作評価から設計の

各段階へ後戻りが生じ、開発期間の延長や開発費の増加が発生する。これに対し、図1(b)に示すCAEを適用した場合は、設計の各段階でCAEを用いた検証を実施する。不具合があった場合、直前の工程へ戻ることはあっても、大きな後戻りは生じない。更に、検証の精度を高めれば、小さな後戻りもなくすることが期待できる。図1(b)では、CAEの適用で設計フローが改善されている点が重要であり、また、CAEの効果を十分に生かすためにはプロセス改善（プロセスイノベーション）が必要である。

設計上流では設計の自由度が高く、下流を見通したCAEの適用により機能及び品質の向上が期待できるのに対して、設計下流では改善できる余地も少なく、CAEの効果は限られる。そのため、CAEを設計上流で利用することは重要なポイントである。

製品開発における成功要因を分析するため、製造業の256事業所に対しアンケートを実施した日本能率協会の調査⁽¹⁾からも、設計上流でCAEを利用することが、設計下流からの後戻りによる開発費の増加や開発期間の延長を防ぐために有効であることが読み取れる。

CAEの効果の具体的な事例⁽²⁾としては、1990年代後半に日本の自動車メーカーがあいついでCAEを導入し、外観デザイン決定から発売まで約30か月だった日本企業の平均的開発リードタイム（欧米は当時平均40か月）が、1990年代末には約20か月あるいはそれ以下に短縮されるようになったことが知られている。この事例においても、CAEの導入と同時にプロセス改善が実施されたことが報告されている。

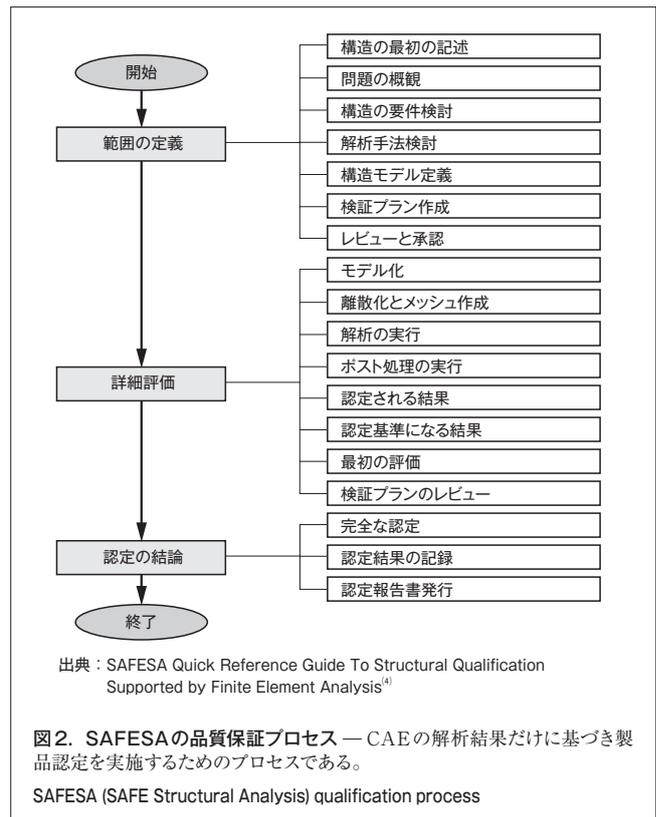
また、270社以上の製造業に対する米国アバディーン社の調査⁽³⁾では、試作削減による開発期間短縮と試作費用低減の効果が定量化されている。設計上流でのCAEの利用方法も分析されており、製品開発で良好なビジネス成績を上げている優秀企業グループは、いずれも設計上流でCAEを利用している。

設計でCAEを利用する場合、計算結果と実験の相関がとれる程度の精度は要求される。また、CAEは理学や工学の理論に基づいており、理論から外れた使い方をした場合はまちがった結果が導かれることにも注意が必要である。仮想実験としてのCAEへの依存度が高くなればなるほど、CAEの品質保証の重要性が増すと予想される。

3 CAEに基づく製品認定プロセス

製品開発のなかでCAEの解析結果だけに基づいて製品認定を実施するためのプロセスを、英国の非営利団体NAFEMSがSAFESA (SAFE Structural Analysis)^{(4)(注1)}として提案している（図2）。SAFESAの作成にはISO審査機関が参画

(注1) SAFESAは、NAFEMSの商標。



し、ISO9001 認証取得が可能なプロセスとして開発されている。図2の品質保証プロセスの手順を次に示す。

- (1) 範囲の定義 解決する問題を定義する（解析要求定義）。次に、解析する対象、条件、評価量などを明確化する（解析要件定義）。
- (2) 詳細評価 解析要件定義を満たす解析が実施できる解析ソフトを選定し、入力データ（解析モデル）を作成、チェックし、解析を実施する。次に、解析結果を吟味し、所定の評価量に関するポスト処理を実施する。また、場合によって、所定の評価量を希望値にするための問題設定の変更（設計変更）と再解析を実施し、解析結果をまとめる。
- (3) 認定の結論 解析結果の内容を検討し、採用可否を判定する。結果報告を作成し、製品認定の可否を判断する。

文献(4)によれば、前記のプロセスが正しく実施されることを保証するためには、次の(1)～(3)を実施することが必要である。更に、(1)のレビューでは(4)、(5)の確認を含む必要がある。

- (1) 図2のプロセスの適切な段階でのレビュー
 - (2) 解析ソフトが正しい解を与えることの検証
 - (3) 解析担当技術者の教育と能力管理
 - (4) 解析モデルの解析結果が妥当と考えられることの確認
 - (5) 解析の目的を満足する結果となっていることの確認
- 以上の(1)～(5)のプロセスでは実施記録を残すことが必要で

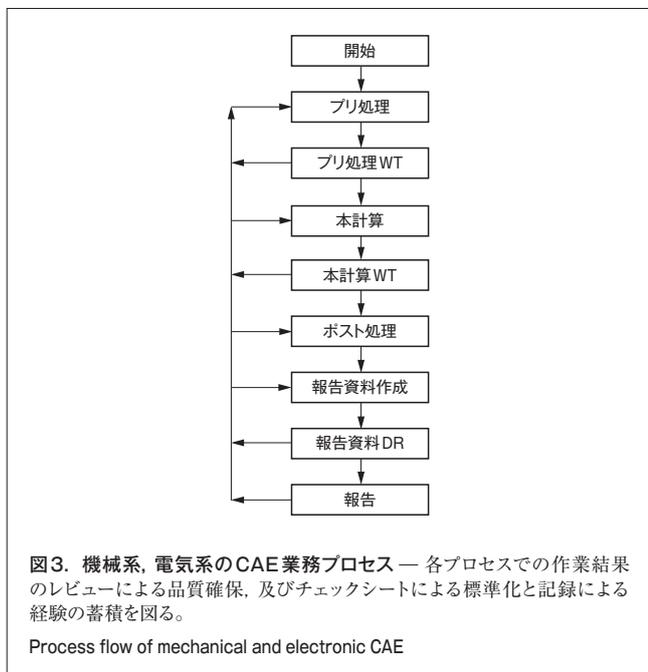
ある。(4)で要求されている妥当性の確認では、過去に解析対象や解析条件がよく似ている類似解析の結果(実験結果により検証済み)があれば、過去の類似解析と現在の解析を比較し、妥当性が検証できる。すなわち、妥当性の判断基準として実験結果との比較が求められている。

4 ISO9001 認証を取得した解析業務プロセス

TSISのCAE担当部門は、PDCA(Plan-Do-Check-Action)サイクルの確立した組織と受託した解析の品質保証を実現するため、2006年4月にISO9001認証を取得した。

認証された業務の一部である、機械系と電気系のCAE業務プロセスを図3に示す。図3は、図2の詳細評価の部分に対応しており、各プロセスで作業結果のレビューを実施することにより品質確保を図っている。ウォークスルー(WT)及びデザインレビュー(DR)で使用するチェックシートは業務ごとに標準化し、業務プロセスの標準化と記録による経験の蓄積を図っている。また、デバイスや電子機器の実験とライブラリ作成業務についても認証を受けている。

解析担当技術者の能力確保のために、社内の資格認定制度として、経済産業省ITスキル標準⁽⁵⁾に準拠したプロフェSSIONAL制度⁽⁶⁾を設けている。また、社外の資格として、機械学会の計算力学認定⁽⁷⁾の取得を進めている。



5 東芝グループ各社へのCAE技術の展開

ISCとTSISは、東芝グループ間のCAE技術の情報交換と共有を図るため、表1に示す各種のCAEユーザー会を半期に

表1. 東芝グループ内のCAEユーザー会

User meetings of Toshiba Group for specific category of CAE

ユーザー会	主なテーマ
構造解析ユーザー会	構造解析の利用技術
熱設計CAEユーザー会	電子機器を対象とする熱設計CAEの利用技術
設計最適化ユーザー会	設計最適化手法の利用技術
ノイズシミュレーションユーザー会	伝送線路解析及びEMI解析の利用技術
SPICEモデルユーザー会	SPICEモデルの利用技術

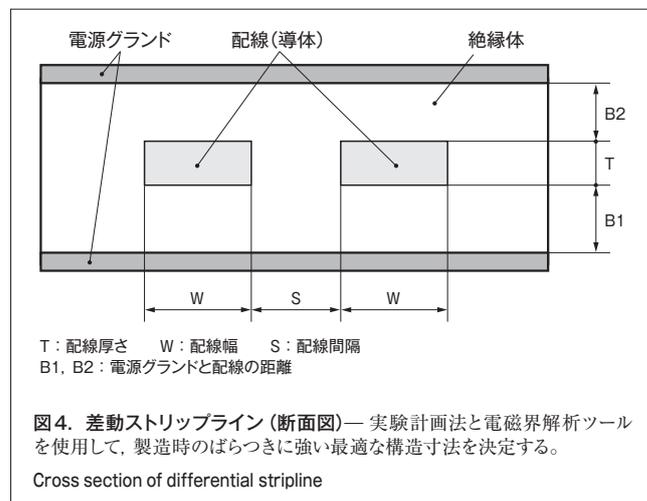
SPICE : Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

1回実施している。また、各ユーザー会の総括として、東芝CAEセミナーを年に1回実施している。参加者は年々増加しており、CAE利用技術の共有化が進んでいる。

6 電子機器の物理設計におけるCAE適用事例

電子機器の機能はソフトウェアと電子回路で実現されるが、機能を製品の形に落とし込むための設計は物理設計と呼ばれる。近年の電子機器の小型・高性能化に伴い、回路上の電気信号の伝達、素子やPCBの冷却、及び構造信頼性などを扱う物理設計のCAEは重要性を増している。ここでは、差動伝送線路を搭載したPCBの製造歩留りを上げるための、実験計画法とCAEの利用例を紹介する。

扱った電子機器のPCBは、高速データ伝送を実現するうえで、 $60 \pm 6 \Omega$ (精度10%以内)の特性インピーダンスの差動ストリップラインを必要としていた(図4)。しかし、開発当時は、高精度設計のための公式が公表されていない、及びPCBの製造業者は要求仕様を満たすPCBの製造技術を保有していない、という理由から、製造歩留りが向上しないという問題に直面していた。そこで、PCBの設計技術に立ち戻り、実験計画法とCAEを利用してPCBの製造ばらつきに強い設計技術⁽⁸⁾の開発を提案した。この手法の手順は次のとおりである。



(1) 実験計画法と電磁界解析ツールを使用し、伝送線路構造寸法と材料定数(比誘電率)を設計パラメータとした3水準の実験計画($L_{27}(3^{13})$)による解析を実施し、特性インピーダンス Z_0 を応答曲面で表現する。

(2) 過去の実験結果に基づいて応答曲面のキャリブレーションを実施した後、応答曲面を設計公式として、図4に示す構造寸法のばらつき($\Delta W, \Delta S, \Delta B1, \Delta B2, \Delta T$)による特性インピーダンス Z_0 のばらつき ΔZ_0 が最小となる設計点を探し出す。

この設計手法で得られた結果を基にPCBを製造したところ、歩留り100%の結果が得られ、問題を解決することができた。それ以降、実験計画法とCAEを使用して応答曲面を作成する手法を電子機器の各種物理設計に適用し、成果を得ている。

7 あとがき

設計上流におけるCAE利用の有効性と定量的な効果、CAEに基づく製品認定プロセス、及び、東芝グループのCAE担当部門がグループ内に提供している各種CAEサービスの一端を紹介した。CAE担当部門として、グループ内へのCAEの更なる展開を通して社会に貢献できるよう、研鑽(けんさん)を重ねたい。

文 献

- (1) 日本能率協会コンサルティング編. 第7回開発設計技術革新に関する実態調査報告書. 東京, 日本能率協会, 2004, 90p.
- (2) 経済産業省. 平成13年度ものづくり基盤技術振興基本法第8条に基づく年次報告書. <<http://www.meti.go.jp/report/data/g20611aj.html>>, (参照2007-07-11).

- (3) Jackson, C. Simulation Driven Design Benchmark Report: Getting It Right the First Time. <http://www.aberdeen.com/summary/report/benchmark/BM_Simulation_driven_Design_3591.asp>, (参照2007-07-11).
- (4) The SAFESA Consortium. SAFESA Quick Reference Guide To Structural Qualification Supported by Finite Element Analysis, Ref. R0039.U.K., NAFEMS, 1995, 19p.
- (5) 経済産業省. ITスキル標準. <<http://meti.go.jp/report/data/g21226aj.html>>, (参照2007-07-11).
- (6) 東芝インフォメーションシステムズ, プロフェッショナル制度. <<http://www.toshiba-tsis.co.jp/tsis/req/req.html#req03>>, (参照2007-07-11).
- (7) 日本機械学会. 計算力学技術者認定事業. <<http://www.jsme.or.jp/cee/cmnintei.htm>>, (参照2007-07-11).
- (8) 柏村孝義, ほか. 実験計画法による非線形問題の最適化. 東京, 朝倉書店, 1998, 156p.



吉田 浩俊 YOSHIDA Hiroto

ISセンター エンジニアリングシステム部長。
エンジニアリングシステムの企画業務に従事。
電子情報通信学会, 情報処理学会会員。
Information Systems Center



近藤 泰昌 KONDO Yasumasa

ISセンター エンジニアリングシステム部主務。
電気系解析業務に従事。
電子情報通信学会, エレクトロニクス実装学会会員。
Information Systems Center



吉田 有一郎 YOSHIDA Yuichiro, D.Eng.

東芝インフォメーションシステムズ(株) エンジニアリングシステム・サービスオフィス プロフェッショナルエグゼクティブ, 工博. 電気系・機械系のCAE業務に従事. 日本機械学会会員(フェロー)。
Toshiba I.S. Corp.