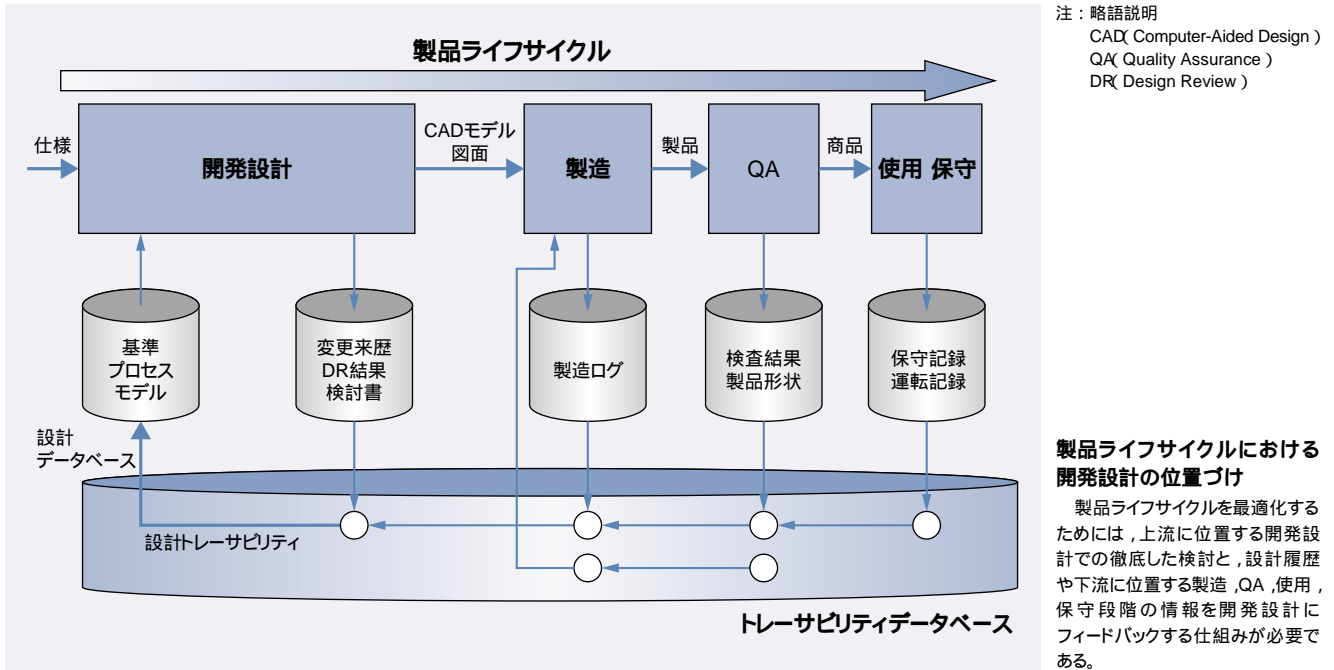


# 高度CAE環境による 開発設計フロントローディングの実現

## Realization of Front-Loading in Product Design by Advanced CAE Environment

針谷 昌幸 Masayuki Hariya 原島 一郎 Ichirō Harashima 廣 喜充 Yoshimitsu Hiro



顧客のニーズが多様化するにつれ、製品サイクルはますます短期化している。一方、グローバルな競争社会が到来し、製品の機能や性能に加え、価格の競争も激化している。

このような環境下で問題解決のかぎとなるのが、製品ライフサイクルの上流に位置する開発設計プロセスで製品性能や製造性を徹底的に評価する「開発設計

フロントローディング」である。開発設計フロントローディングの実現により、製造やQA、市場投入後の保守段階からの手戻りをなくし、製品ライフサイクル全体での最適化を図ることができる。

日立製作所は、製造業として、ITを活用して製品の作り込みを実施する開発設計支援システムを開発し、日立グループの製品への適用を進めている。

## 1 はじめに

製品のライフサイクルが短縮化される中で、製造業が利益を上げていくためには、市場ニーズに合った製品を短期間で開発し、タイムリーに市場に投入していく必要がある。そのためには、製品開発の初期段階において短期間で徹底した製品の作り込みを行い、製品開発の手戻りをなくす「開発設計のフロントローディング」が必須である。

フロントローディングを実現するためには、開発設計段階で、製品の正確な性能や挙動の予測を迅速に行う必要がある。日立製作所は、CAD( Computer-Aided Design )やCAE ( Computer-Aided Engineering )に代表されるDE

( Digital Engineering )ツールを活用し、開発設計支援システムの構築と活用を進めている<sup>1)</sup>。

ここでは、開発設計のフロントローディングに対する日立製作所の取り組みについて述べる。

## 2 DE活用による開発設計支援

### 2.1 現状の認識と課題

開発設計の目的は、与えられた製品仕様を満足する製品の形状や構成を、短時間で確実に得ることである。そのために、開発設計プロセスでは、製造された製品の挙動をできるだけ精密にシミュレートし、機能・性能が発揮できることを確認

する。このとき、設計者の個人スキルに依存することなく安定的に開発設計作業ができ、製品に不具合が生じた場合には、該当製品の原因究明と対策を行い、同様の不具合の発生を防止することが重要である。

日立製作所は、CAEなどのDEツールの高度化を進めるほか、その活用推進を目的としたデータベースや関連ツールを開発し、これらを統合した開発設計支援システムの構築を進めている。特にツールやデータベースの活用に関しては、開発設計の業務フローに着目し、業務フローに基づいて各種ツールを結合させることにより、設計品質の安定化を実現する仕組みとしている。また、不具合の原因究明、対策、再発防止を確実にかつ効率的に行うため、製品自体のトレース(追跡調査)に加え、設計などの意思決定プロセスのトレースを支援する仕組みを構築中である。

## 2.2 システムの特徴

この開発設計システムの概要を図1に示す。ここでかぎとなるのが、以下の三つの技術である。

### (1) CAEによる仮想試作

開発設計プロセスでは、設計案の検討、評価、判断を繰り返し実施する。このプロセスで、時間とコストのかかる試作による設計案の評価を、コンピュータ上でのシミュレーションに置き換えるのが仮想試作である。これにより、性能予測期間を短縮することができる。

### (2) 設計プロセスの標準化による業務誘導

最適化された標準設計プロセスを定義し、これに基づき業務を誘導する。各業務の遂行に必要な設計基準などの参照情報とツールを提示し、設計品質の安定化を図るとともに、検討の抜けに起因する手戻りを防止する。

### (3) 設計トレーサビリティ

製品をトレースする仕組みに加え、開発設計での意思決

定プロセスをトレースする仕組みを構築し、それを活用するツールにより、設計プロセスや設計基準、解析ノウハウなどの設計情報の適正化を支援する。

これらの三つの技術の融合により、検討、評価、および判断から成る開発設計プロセスを円滑に実行し、設計の高品質化を図ることができる。

上述した開発設計支援システムに関する日立製作所の取り組みの事例について以下に述べる。

## 3 特徴と適用事例

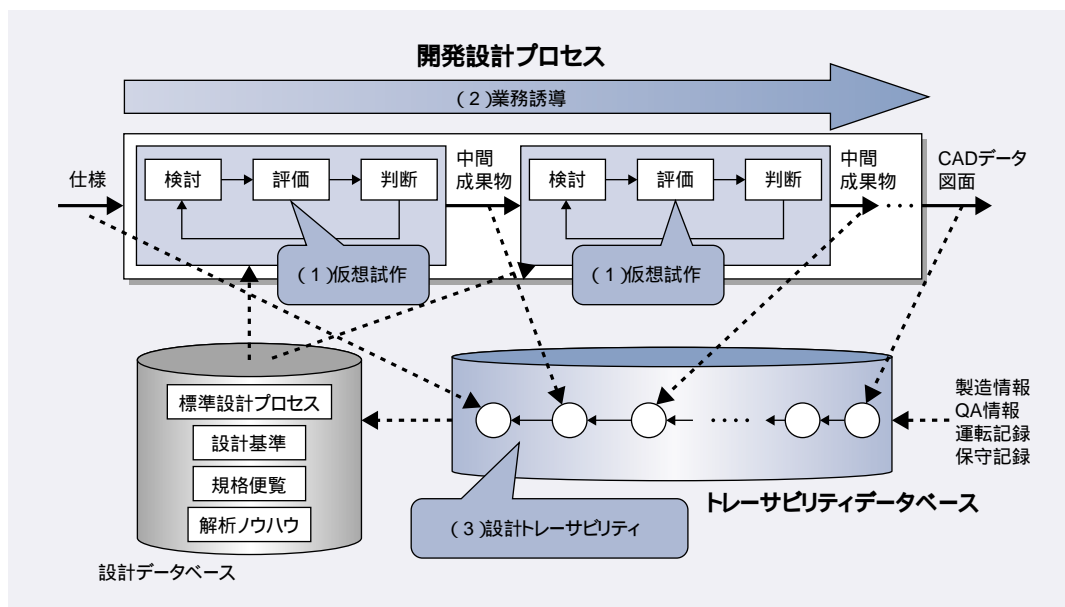
### 3.1 高度CAE技術による仮想試作支援

CAEによる仮想試作は、コンピュータシミュレーションにより、設計案に基づく製品性能予測の期間短縮を図るものである。CAEによる性能予測と評価を繰り返し行うことにより、短期間で設計完成度を向上させ、下流工程からの手戻りを防止することができる。CAEでは、解析モデルの作成、解析計算、および結果の評価という手順をとる。仮想試作を実現するためには、応力分布や流れ、伝熱などの物理現象を詳細に再現できるシミュレーションソフトウェア(解析ソルバ)と、その入力データを容易に作成できる支援ツールの開発が必須である。

日立製作所は、CAE入力データ作成の自動化技術を開発し、社内およびグループ会社での適用を進めてきた。この開発技術と適用で得たノウハウを組み込んだCAEシステム“HICAD/CADAS”シリーズを製品化し、いっそうの機能拡張を進めている<sup>2)</sup>。その特徴は以下のとおりである(図2参照)。

#### (1) フレキシブルなシステム構成

開発する製品に応じて、使用するCADや解析すべき物理現象は異なる。“HICAD/CADAS”は、利用環境に応じたシステム構築が可能となるように、一般に流通している主な

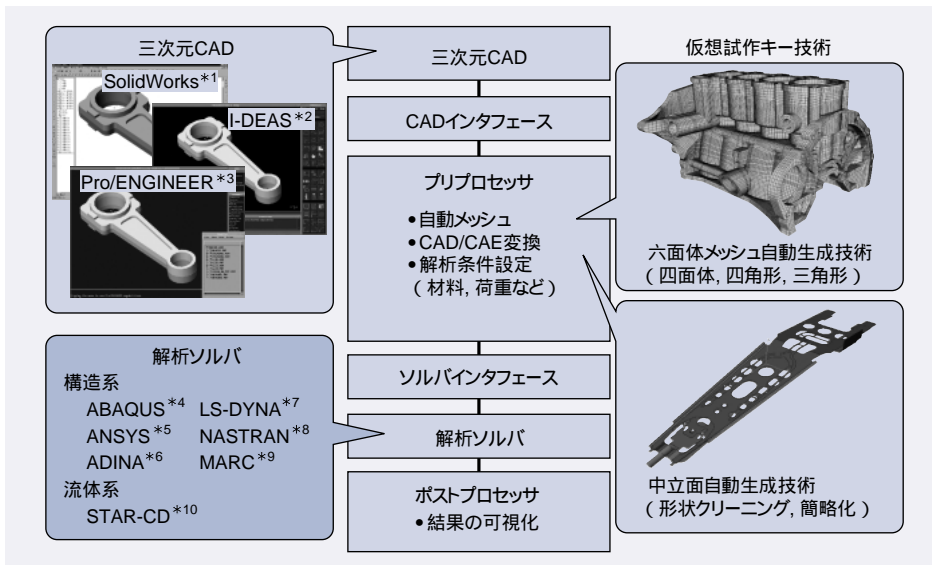


注：略語説明

CAD(Computer-Aided Design)  
QA(Quality Assurance)

図1 開発設計プロセスの概要

仮想試作を用いて迅速に設計を完了させるとともに、製品設計の蓄積と再利用によって設計データベースの更新を行い、プロセスを適正化する。



注：略語説明ほか  
 CAE (Computer-Aided Engineering)  
 \*1 SolidWorksは、SolidWorks Corporationの登録商標である。  
 \*2 I-DEASは、UGS PLM SOLUTIONS INC.の登録商標である。  
 \*3 Pro/ENGINEERは、米国およびその他の国におけるParametric Technology Corporationおよびその子会社の商標または登録商標である。  
 \*4 ABAQUSは、Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc.の登録商標である。  
 \*5 ANSYSは、SAS IP, INC.の登録商標である。  
 \*6 ADINAは、米国Adina R&D, Inc.の商品名称である。  
 \*7 LS-DYNAは、Livermore Software Corporationの商標である。  
 \*8 NASTRANは、米国National Aeronautics and Space Administrationの登録商標である。  
 \*9 MARCは、Marc Analysis Research Corporationの登録商標である。  
 \*10 STAR-CDは、COMPUTATIONAL DYNAMICS LTD.の登録商標である。

図2 CAEシステム“ HICAD/CADAS ”  
 各種三次元CADとシミュレーションソフトウェアを結び、仮想試作を実現する。

三次元CADのデータを取り込み、CAEの入力データを自動生成する機能や、一般に流通している主な解析ソルバを用いて計算を実行する機能を備えている。

(2) 解析メッシュ生成の自動化

有限要素法によるシミュレーションを実施するためには、CADモデルを「メッシュ」と呼ばれる細かい格子の集合に分割する必要がある。“HICAD/CADAS”では、これまで困難であった六面体から成る格子への自動分割が可能であり、高精度な性能予測を短時間で行うことができる。

(3) 解析モデル化の自動化

CADモデルをそのままCAEに用いようとすると、計算規模が膨大となり計算時間がかかるという問題がある。そのため、計算精度を保ったままでCADモデルをCAE用に簡略化することが求められる。これを「解析モデル化」という。“HICAD/CADAS”では、薄板から成るCADモデルを、厚さのない「シェル」と呼ばれる板構造に自動変換でき、計算規模を低減

することができる。

3.2 CAEナビゲータによる業務誘導

CAE業務には、作業手順やメッシュの生成、解析モデル化、結果の評価方法など、多くのノウハウを必要とする作業が含まれる。例えば、メッシュ生成や解析モデル化のノウハウを活用しないと、必要以上の計算時間がかかり、意味のある予測結果が得られない。また、結果の評価方法を誤ると、製品設計に正しく予測結果を反映できないことになる。CAEナビゲータは、作業プロセスの最適モデルに従い、各プロセスで活用すべき情報とツールを設計者に提供するツールである<sup>3)</sup>。エレベーターの強度解析シミュレーションを実施するためのナビゲータの概要を図3に示す。CAEナビゲータでは、CADモデルの変換から、解析モデルの作成、解析計算、および結果の評価に至る一連の作業を支援する。設計者は、同図中央のCAEナビゲータに記載されている解析専門家の最適手順に沿って、上から順に作業を進めるだけでよい。作

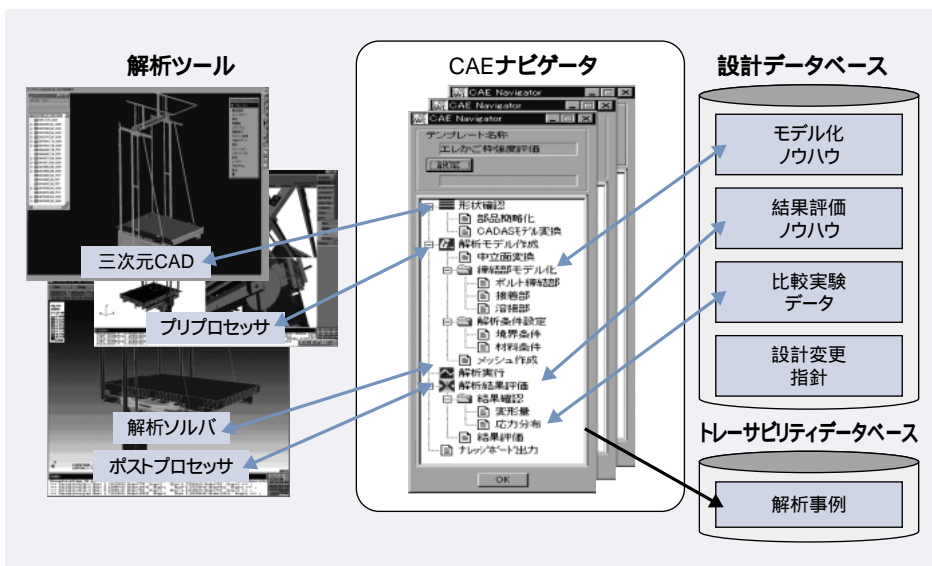


図3 CAEナビゲータの概要  
 プロセスの最適モデルに従ってCAE業務を誘導し、設計データベースと連携してプロセスで活用すべき情報とツールを設計者に提供する。

業の各プロセスで、設計データベースに登録された解析モデル化の方法や結果評価方法を参照しながら、CAD、CAEプリ・ポストプロセッサ、解析ソルバなどのツールを用いて業務を行う。正しい手順で誘導されるので、作業抜け、チェック抜けを防止することができる。また、入力データやメッシュ、解析結果などの途中成果物を最終設計結果に関連づけて蓄積するので、設計根拠を明らかにし、設計結果の再利用性を向上させることができる。

### 3.3 トレーサビリティによる設計プロセス適正化

ISO(国際標準化機構)の品質管理と品質保証に関する国際規格であるISO9000「識別およびトレーサビリティ」に記述されているとおり、製造業の場合のトレーサビリティは、製品から部品製造ロットなどの製造プロセス、部品や材料などの調達先をたどる追跡可能性、あるいはそれを実現するための仕組みとして知られている。日立製作所は、これに加えて、開発設計における設計根拠を明確化し、設計を再現するために、製品の設計手順や参照情報、成果物をトレースできる設計トレーサビリティシステムの開発を進めている(図4参照)。

これを実現するためのかがみ、製品個体の設計、製造からQA(Quality Assurance)、保守運用にわたるPLM(Product Lifecycle Management)全体での製品情報を蓄積し、管理できるトレーサビリティデータベースである。同図中央の製品設計履歴ツリーは、トレーサビリティデータベースに登録された開発設計の参照情報や成果物を時系列で並べて可視化するものである。これにより、製造者に課せられるアカウントビリティ(説明責任)という観点に加えて、製品ライフサ

イクル全般にわたる問題点を開発設計にフィードバックすることができる。

さらに、日立製作所は、同図右下に示す産業用のX線CT(Computed Tomography)装置とあわせて、その撮像データからCAE用の高品質メッシュを自動生成する技術を開発している。この技術により、製造段階でのばらつきを含む製品形状をそのまま用いて性能および現象確認を行うことができるので、不具合発生時の原因を究明する際に、これまでよりも詳細な検討ができるようになる。

## 4 おわりに

ここでは、日立製作所が推進している、CAEによる仮想試作を中心とした開発設計支援と、その事例について述べた。

製品を短期間で開発し、市場投入するためには、製品開発の手戻りをなくす開発設計のフロントローディングの実現が欠かせない。そのため、日立製作所は、DEツールを活用した開発設計支援システムを構築し、活用を進めてきた。今後もCAE技術開発や開発設計のソリューションを通じて、開発設計業務の効率向上に取り組んでいく考えである。

### 参考文献など

- 1) 佐藤：日立グループの「モノづくり技術革新」への取り組み，日立評論，84，12，723～724(2002.12)
- 2) HICAD/CADASホームページ，  
[http://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/app1/cds/cds\\_titl.htm](http://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/app1/cds/cds_titl.htm)
- 3) 野中，外：解析支援のためのナレッジ活用型CAEシステムの開発，日本機械学会第12回設計工学・システム部門講演会論文集，285～286(2002)

### 執筆者紹介



針谷 昌幸

1996年日立製作所入社，機械研究所 ナレッジエンジニアリング推進プロジェクト 所属  
現在，デジタルエンジニアリング分野の研究開発に従事  
日本応用数理学会会員，日本機械学会会員，日本計算工学会会員  
E-mail: hariya @ merl.hitachi.co.jp



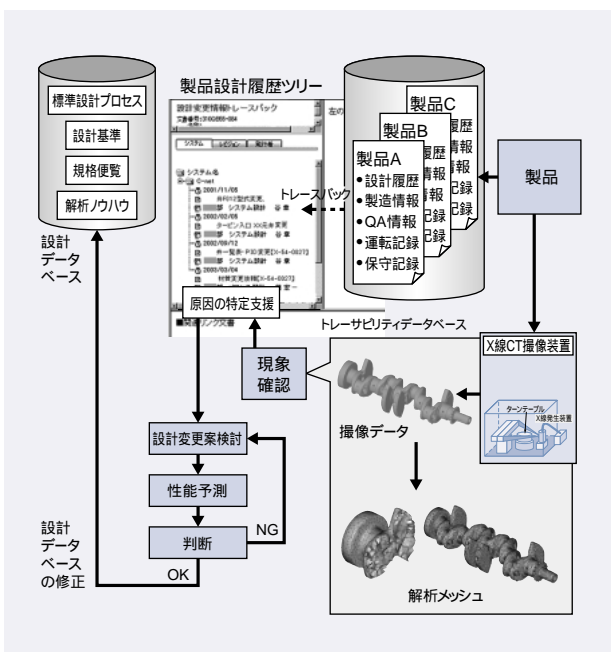
原島 一郎

1988年日立製作所入社，日立研究所 情報制御第六研究部 所属  
現在，エンジニアリング分野の企業情報管理，知識管理の研究開発に従事  
精密工学会会員，電子情報通信学会会員，人工知能学会会員，IEEE会員  
E-mail: harasima @ hrl.hitachi.co.jp



廣 喜充

1989年日立製作所入社，情報・通信グループ 産業システム事業部 Eco&PLMビジネスセンタ 所属  
現在，デジタルエンジニアリング分野のシステムエンジニアリング業務に従事  
日本計算工学会会員  
E-mail: y-hiro @ itg.hitachi.co.jp



注：略語説明 CT(Computed Tomography)

図4 設計トレーサビリティシステムの概要

製品個体ごとに管理された、設計根拠、製造などの製品データに基づき、不具合発生時の原因解明と設計の修正を支援する。