

設計固有技術でのプロセス・手法改善

1. 本章の位置づけ

本章では設計の固有技術の領域におけるプロセスと手法改善について述べる。

とはいえ、一言に“設計固有技術”と言っても様々な業種においてそれぞれ違うため本章において読者の業務にそのまま結びつけることは難しいかもしれない。

設計固有技術に関わるプロセスと手法は、業種や製品により広範囲にわたるが、ここでは特に、「まえがき」のフレーム図にある「CAE」と「品質工学」に着目して、約50年の歴史の中で比較的近年に関西EACで発表された事例を中心に紹介したい。

ここで紹介する「CAE (Computer Aided Engineering)」とはコンピュータを活用して製品強度や性能を仮想モデルで解析・評価する技術であり、「品質工学」はタグチメソッドとして知られている技術開発・新製品開発を効率的に行う開発技法であるが、その個別の解説は各種のテキストにゆずり、本章では製造業での活用・取り組みに触れる。また、設計データベースの利用や設計ナレッジの活用・標準化については7章「設計生産性の基本原理と実際」によるが、一部、本章に関連した視点から章末で補強する。

2. CAE 活用への取り組み

CAEは、近年の設計における飛躍的な3次元CADの普及につれ、設計部門に浸透していき、従来の材料力学系の基礎公式のみを利用した設計・評価計算の補助的な機能から、設計アイデアの視覚的なわかりやすさと多面的な評価のしやすさ、また後工程での設計意図の見える化とレビューに貢献することも相まって、設計効率を大幅に向上させた。

CAE関連の発表は年8回程度の本会例会の中でも、毎年テーマアップされ、参加者も際立って多い。また解析の分野も様々なジャンルに分かれる。表2.1に設計手順に関わるCAEでの発表のうち主なものをあげる。

表 2.1 設計手順に関わる CAE 活用事例

年度	例会	テーマ	発表社(者)
1997	第 328 回	流動解析に基づく設計期間の短縮	西菱エンジニアリング(株)
2000	第 352 回	家電製品設計プロセスにおける CAE 普及の鍵	松下電器産業(株)
2003	第 374 回	解析を設計の中核にするための活動	日本電池(株)
2003	第 375 回	CAE の活用と事例	(株)鶴見製作所
2003	第 376 回	公差解析の実用化	富士通テン(株)
2003	第 376 回	ミッドレンジ CAE の活用法について	松下電器産業(株)
2004	第 379 回	「設計者が自ら扱う CAE」への第一歩	松下冷機(株)
2005	第 386 回	CAE を有効に使うための提案	オムロン(株)
2007	第 403 回	設計者自身が解析し、工数短縮を実現する解析システム	積水化学工業(株)

2.1 設計者による CAE 活用について

製造業では 1990 年代から 3 次元 CAD の普及が始まったが、3 次元 CAD と連携した CAE ソフトは少し遅れて 1990 年代後半から導入が進められた。この段階ではマシンの制約から CAE 解析規模は小さかったが、その後ハード・ソフトの飛躍的な進歩により、構造体全部あるいは構成される部品を組み立てた状態でも解析できるようになった。

CAE は従来、航空機の翼の事故が多発したことにより、コンピュータによる翼の強度解析の必要性が指摘され広まっていった。このように、CAE は不具合事例に対する原因の究明とその対策に利用されるところから始まったが、今日では新製品の試作試験をコンピュータの仮想モデルでシミュレート（模擬）できるまでに利用が広がってきた。それとともに CAE は、これまでの専門家による利用から、設計者が日常の開発・設計業務の中で、3 次元 CAD の活用に合わせて、設計手法のひとつとして CAE を用いることが望まれるようになった。現在 3 次元 CAD と連携して、操作はある程度簡単になったものの、それでも多くの課題を抱えている。

関西 EAC の事例においても M 社の発表のほか数社から、「CAE をいかに設計者が有効に活用するか」について発表され、また議論された。結論から言えば、ソフトの操作性と使用する人の問題がある。ソフトの操作性については、M 社から解析ソフトの評価検証に値しないものとして、**図 2.1** のようにそのポイントが挙げられている。少々、理想を求めすぎているきらいはあるが、「基本的な操作は半日くらいで習得できるソフトが欲しい。ベンダーのサポートにも設計のセンスが欲しい」というのは、設計ツールとしてみれば当然の要求であろう。

<u>評価検証に値しないソフト</u>
・導入教育が半日以上かかる
・マニュアルが無いと使い始められない
・2ヶ月経つと操作が思い出せない
・ベンダーサポートに設計経験が無い

図 2.1 設計者用ソフトのポイント (M 社「関西 EAC 例会」)

また、通常、設計者用 CAE は操作性を容易にするために、高度な解析機能はないことが多い。したがって、設計者から機能がないから当然使えないという声が上がってくる。このことについて、M 社の発表事例では、次のように述べられた。

「どんな解析ソフトにも得意・不得意とする領域がある。使いやすいと称する解析ツールは、非線形解析ができないとか、接触問題が扱えないとか、いろいろ制限が付与されるが、その適用限界を熟知した上で使い込めば、十分な働きをする」。

つまり、CAE ソフトにある機能の範囲内でも十分有効に使えるということである。たとえば、非線形問題だからといって諦めるのではなく、A 案 B 案を線形解析で比較すれば、改良になるか否かの判断はつくであろうということである。

G 社の発表（図 2.2）にもあるが、CAE を設計者の設計手法として定着させるためには検討したい時に自分の考えを検証できる CAE で無ければならないと共に、簡単に操作でき、すぐに結果が出せるものでなければならない。じっくり結果を待って検討するほど設計者に与えられた時間に余裕は無い。

操作は易しく

第一次技術情報センタープロジェクトの反省

CAE はむづかしい（と頭から思いこんでいる）。
 役立ちそう、むづかしくてもやってみたい。
 時間をとらせてもらえない。（上司の理解）
 そばに使える装置、ソフトがない。

操作のやさしいソフトが出た。GS デファクトに

線形解析（応力、伝熱、固有値、熱応力）に絞った、
 簡単設定・自動メッシュ・素人向きアニメ機能。
 COSMOS/M → DesignSTAR

よそ見しながら動かせる。（私）
 どこに使うねん。（化学系）

図 2.2 設計者用ソフト（G 社「関西 EAC 例会」）

2.2 設計者による CAE 活用への教育体制

CAE に関する設計者教育については、6 章「設計者教育とアウトソーシング」にも記述されているが、ここでは設計者が CAE を使うという側面で述べる。

G 社では、設計者にいかに普及させるかを考え、教育体制を整えている（図 2.3）。例会発表の中で G 社は前述の M 社同様に「いずれも使いやすいツールをベースに教育し、解析を行うことでのメリットを実感してもらうことに重点をおいている」と発表している。こうした教育に力を入れている企業は専用の教育サポート部門を持っている。CAE を設計部門全体に普及させるためには、CAE を有効に活用してもらうためにはどうすればよいかを考え、設計ユーザ部門を支援してくれる部隊の存在が欠かせない。

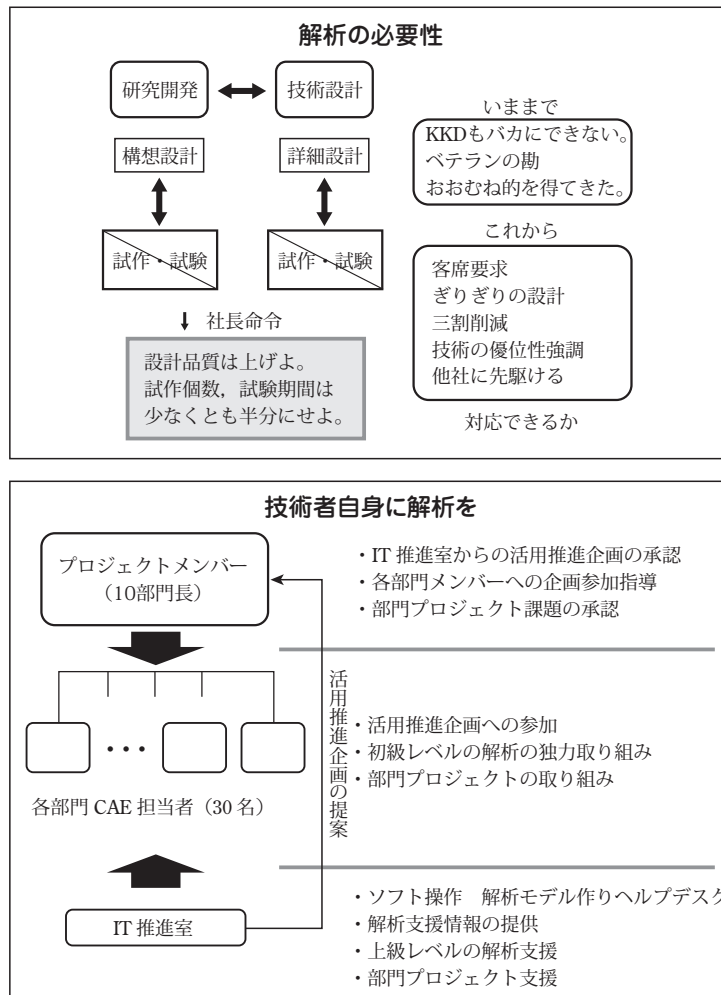


図2.3 CAE教育方針例（G社「関西EAC例会」）

〇社においてはIT設計工房という推進体制を運営して、設計者にCAEの強みを理解させながら、CAEを設計に有効に活用するための取り組み方針を設計者と共に立てて設計業務そのものまで支援している。このような社内サポートをしっかりさせることが設計者のCAE活用をさらに加速している。

IT設計工房の中でIT推進室は何を担うのか？

・ITの活用を分析・想定し、テーマに最適な業務プロセスの提案・構築を行う。
 ・IT環境を整備した上、ITを駆使した“設計知識、基礎工学知識”の強化のためのサポートを実施する。

- ◎ 開発プロセスについて
 - 1) 商品コンセプト・仕様の再確認
 - 2) 設計・開発の業務計画のアドバイス
 - 3) 設計・開発の進捗管理
- ◎ CAEについて
 - 1) CAEで何ができるか？の検討
 - 2) 解析の雛形の作成
 - 3) CAE、測定の指導。
 - 4) CAEデータの蓄積（ノウハウ）

現場の設計者とともに活動を行う!!（密着型支援）

IT推進室のもつ強み（基礎工学知識、CAE解析技術など）を生かし、開発テーマに入り込む。

↓
 IT推進室が入り込むことで、従来よりも課題の深掘りができ、設計者に、効率的・効果的だと思ってもらおう。

CAEを有効に使うには…
 以下のことができるかどうかにかかっている。
 ・現状の課題を性格に整理、分析できるか？
 ・課題に対する対応策を持っているか？
 ・上記のことをCAEでどのように表現・計算すれば良いかを判断できるか？
 上記を踏まえてCAEによる取り組み方針を立てられれば、CAEは有効に活用できる!!

ITの力を使って、設計知識や基礎工学知識などの強化を図る取り組みを、業務を通して設計者とともに行う。
 このことにより、設計品質を向上させ、開発期間の短縮を図る。
 また、これらの活動により、潜在している課題を技術化し、蓄積を行う。

われわれ支援部隊は、現場密着型活動の中で基礎工学知識、CAE解析技術などの強みを磨き、設計者に喜ばれるサポートを行わなければならない。

図2.4 推進体制（IT設計工房）の例（O社「関西EAC例会」）

2.3 CAE活用のリスクと対策

CAEの活用が進み、設計者の誰もがCAEを扱えるようになると、その反面で様々な問題が起きてくる。

そのひとつがあたかも設計根底の技術理論までわかったかのように、CAEツールを活用して設計の検討をし、それなりの結論を出したように「見える」ところである。しかし、仮定条件の設定ミスや、入力条件自体を間違えたままで検討し、『正しい答えを出したように錯覚している場合が多い』というのが長年CAEを専門に扱っている人間からみた、設計者のCAE利用に対する共通した認識ではなからうか？

ただし、ここがCAE専門家の共通の悩みであると同時に、設計者にCAEを普及させるための分岐点となる。ここであきらめずに前述のような企業として腰のすわったCAE教育やサポートを行うことで、CAEの利用推進を図る。そのことにより今後の進め方も変わってくるのではないだろうか？

第 352 回の M 社の発表における、CAE は「対象商品を最もよく理解し、自ら創作活動を行う現場設計者が活用することにより、初めて CAE の効果が発揮される」という意見は共感できるものである。

解析を行う設計者にお願いしたいことがある。それは是非「身に覚えの無い（今までの経験上明らかにおかしいと思われる）CAE の計算結果を切り捨てる（利用しない）」勇気を持って欲しい。CAE はあくまでも設計に利用するツールであって、仕様を決めるのは最終的に設計者の判断であるべきである。

表 2.2 CAE 活用のリスクに関する事例

年度	例会	テーマ	発表社（者）
2000	第 352 回	家電製品設計プロセスにおける CAE 普及の鍵	松下電器産業（株）
2003	第 371 回	CAE の欠点をいかに克服するか	オムロン（株）
2003	第 373 回	3D-FEM を利用した開発プロセスの革新について	住金デザインエンジ（株）

また、前述したように、いかにも CAE をブラックボックスのツールとして扱うことで、基礎の技術知識が空洞化する傾向に対しては、教育・サポート体制以外に、O 社の発表（図 2.5）にあるように「設計者も CAE を行う際は紙と鉛筆でできるだけ手計算し、ある程度の見通しを立てる」という設計現場でのマネージャによる教育・指導が不可欠である。

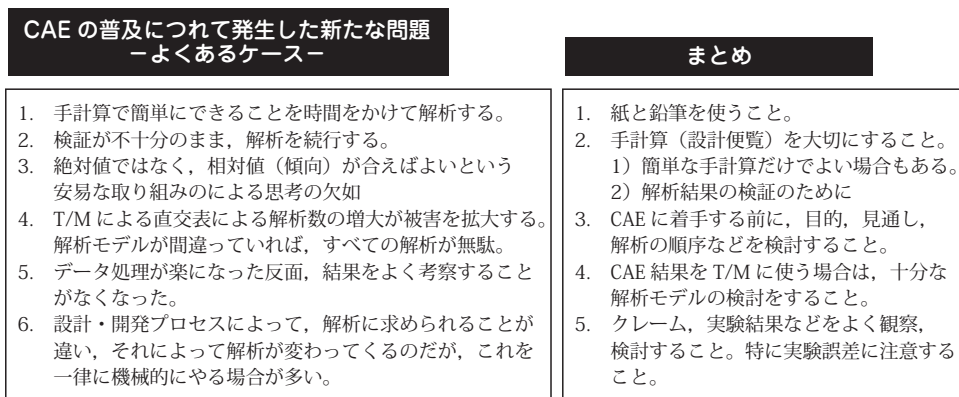


図 2.5 O 社の事例（O 社「関西 EAC 例会」）

この O 社の発表事例の中では設計者の CAE 活用における多くのミスの事例や指摘をしている。とはいえ、設計者の CAE 活用をことさら技術難易度の高いものに押し上げているわけではない。ある程度決まった製品における流用設計や流用解析（線形応力解析）においては、CAE を高度に精通していなくても十分、精度の高い設計を支援するものとなる。例えば、図 2.6 にあるように、実体のベンチ試験で測るべき（応力をもっとも高くなる）部位が、CAE による事前解析でタイムリかつ容易に精度よく特定されるという使い方などがあげられる。これは、経験や勘によってランダムに数多くの歪みゲージを貼って測定しなくても、CAE の結果を見ただけで最適な測定箇所を

特定できるということであり、最大値の測定漏れ防止や実験前での形状修正が可能となる。こうしたプロセスを通じて CAE の活用は単なる不具合の未然防止に止まらず、製品の設計期間短縮や製造コストの削減にまでつながっていく。

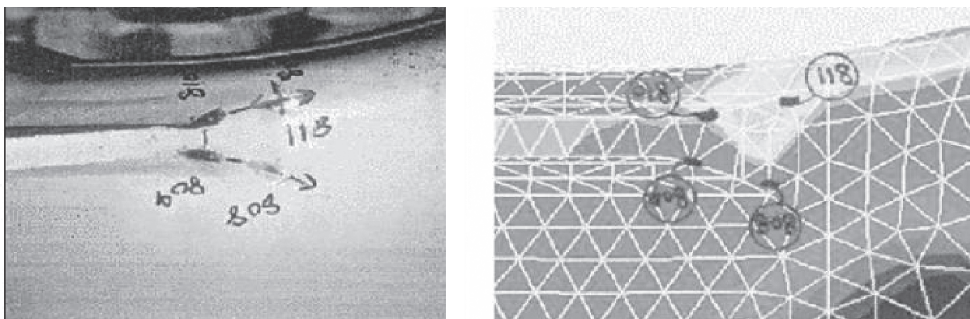


図2.6 試験とFEMの対比例(S社例)

2.4 専門家による CAE は重要

設計者による CAE は、本当の意味で設計固有の技術と言えるかと考えると疑問である。

CAE は、設計目的を達成するためのひとつの設計手法ではあっても、設計固有技術そのものではない。

各企業の差別化要因となる独自の設計固有技術は、いわゆる研究部門や開発部門の中で日々、革新や高度化が追求されているが、そのプロセスの中では専従者による、より高度な CAE が行われていることを書き加えておきたい。ただし、こうした専門家による高度な CAE 解析の内容の事例発表は各企業の最先端の開発であり、企業秘の領域にあるため発表という形になるのは数年後になるが、それでもそういった事例の泥臭い部分の内情を聞けることは重要なことであり、本会の存在意義を高めるものである。

図 2.7 に、2003 年に当時としては聞きなれない公差解析について発表してくれた F 社の事例がある。ここではある種の不具合を分析し対策する中で、組立時における複雑な公差の問題を解決する必要性が問われた。その結果、当時まだ世の中に普及していない公差解析に CAE 専門家が果敢にチャレンジし、不具合の解決に成功している。公差解析は、その後、ますます設計者の有効なツールとして浸透しつつあるのは周知のとおりである。

この例のように新規性が高く高度な技術が要求される CAE も、最初は専門部隊による解析からスタートするものの、その後の解析例を蓄積しそれをナレッジにし、標準化したマニュアルまで整備して設計者の手元ツール化することで設計者が使える CAE へと普遍化していく。こうしたプロセスが設計部門の技術力向上ということになるのではないだろうか。

つまり、専門部隊による高度な解析成果を、設計部門に標準化しブレークダウンしていくことで、企業全体の技術力が底上げされ、世界で戦える設計の技術力をつけることになる。

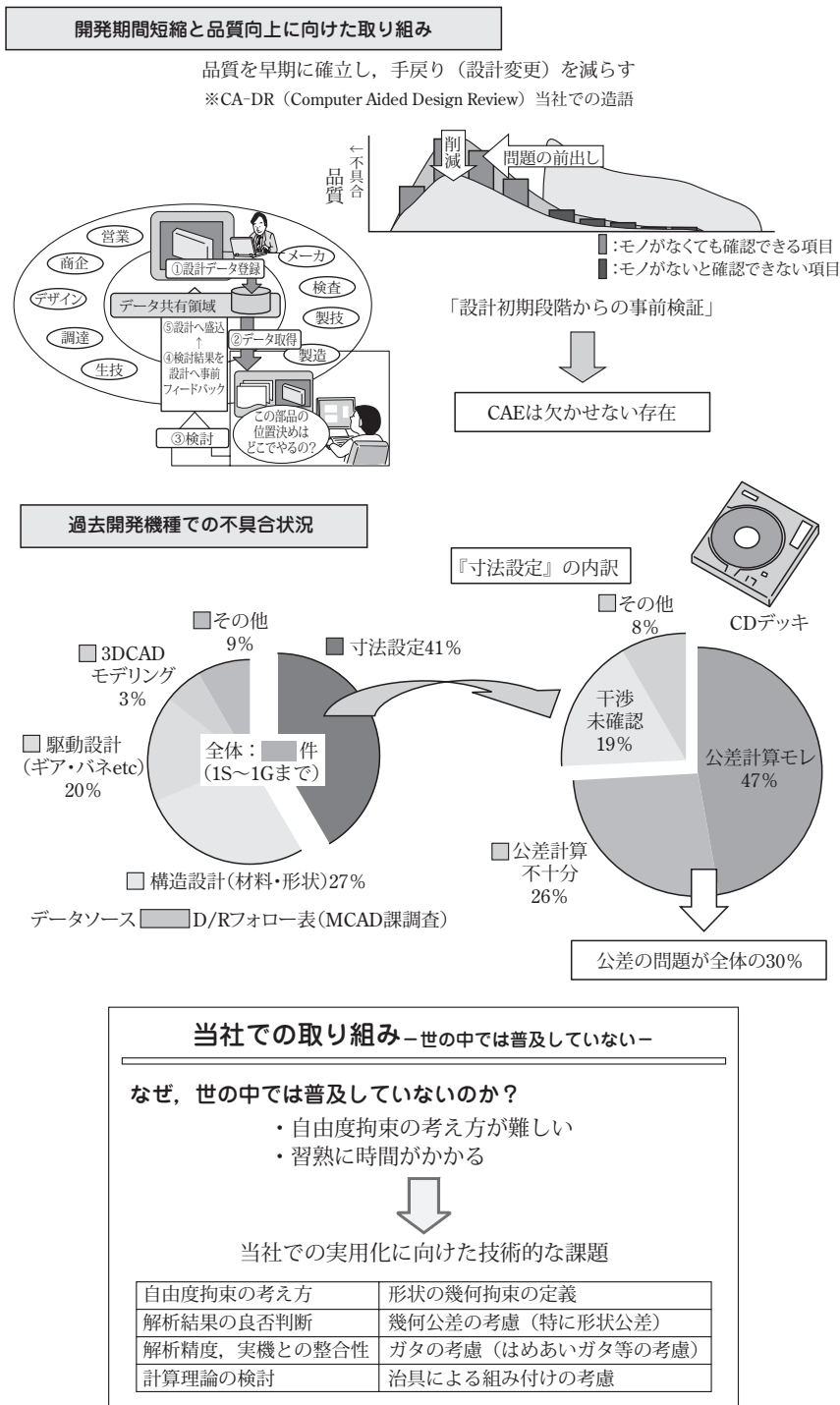


図2.7 公差解析の事例（F社「関西EAC例会」）

2.5 CAEと効果

CAEの導入効果について少し触れておく。図2.8に示すS社の事例を見ると、解析システムを駆使して、システム導入前後でしっかりと効果が提示されている。CAEを導入するにあたっては、この費用対効果をしっかり出さなければ上層部は費用を出してくれないはずである。効果の見せられる活用をすることこそが、ユーザである設計部門とCAE導入推進部門には求められると思う。前出のM社においても効果を見せることに関しては、努力を惜しまないと近年の発表でも述べられており、CAEを行うことで効果を出すことを、社内の人間に示すことの大切さを教えていただいた。

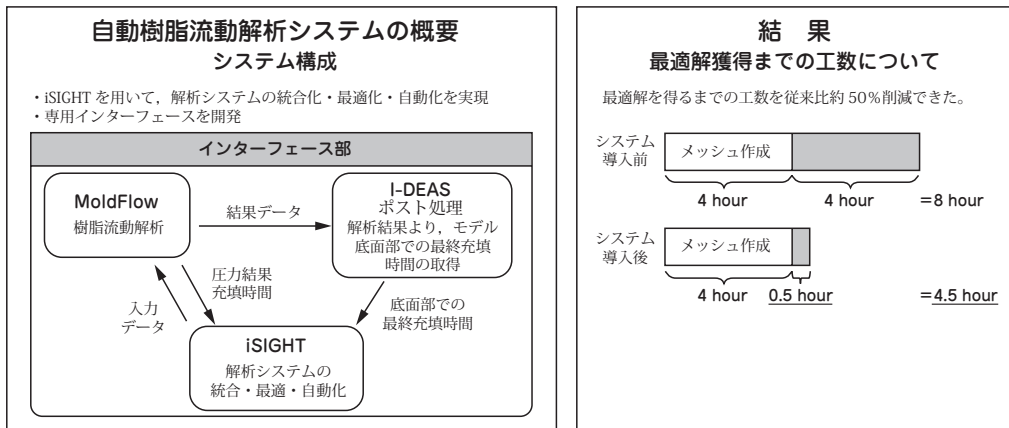


図2.8 システム構成と工期短縮の事例（S社「関西EAC例会」）

CAEの効果については、時間や費用だけではない設計にとっての固有技術となる創り込みの部分に大きく関わっている。先に述べたにわかCAE技術者であっても、にわか設計者であってもこの技術を使うことで一定レベルの検討ができることは確かである。つまりこれらCAEツールを使うことで設計レベルを上げられることが本当の効果であるかもしれない。この目に見えない効果は製造業にとって将来的に競合他社や海外企業と戦っていく上で欠くことのできないツールとなっている。

あくまでも企業の上層部にはしっかりした金額での提示をするとともに、CS（顧客満足度）の根拠となるレベルの技術基盤を作っておくことも重要になると思う。

3. 品質工学への取り組み

これまでに述べてきたCAEの普及・活用と同様に、今後さらに適用の拡大を期待されるのが、複雑な事象をパラメータ化して、最適な組み合わせで設計を行っていく品質工学（タグチメソッド）である。

本会の例会の中でもこれを活用した貴重な事例が見受けられる（表2.3）。

表 2.3 品質工学（タグチメソッド）の最適活用事例

年度	例会	テーマ	発表社（者）
2003	第 372 回	最適化設計に関する IT の活用と効果	三洋電機（株）
2004	第 384 回	タグチメソッドと開発プロセス革新	富士ゼロックス（株）
2007	第 402 回	直行表を活用したソフトウェアテストの効率化	富士ゼロックス（株）
2009	第 419 回	開発プロセス改革とタグチメソッド（手法と適用）	富士ゼロックス（株）

アメリカでは、このタグチメソッドが日本以上に普及しているとのことであるが、日本的技術風土といえる阿吽の呼吸であるとか、勘や経験に裏付けられる KKD（勘と経験と度胸）の世界よりも、より論理的な思考風土が根付くアメリカの方が早く浸透するのかもしれない。長い期間を経ても国内で、なかなかそれが普及しづらい理由は、日本的技術風土以外に、設計に必要なパラメータを決定づけることが非常に難しく、数理統計的にこれを組み合わせ・評価するところのパラメータ処理に多くの時間を擁するからであろう。

もしくは、各企業には普及しているがあまりにも、製品ごとの機能・性能のロバスト設計で使用されているパラメータが重要なために公開できないので、普及しているかどうかわかりにくいのではないかとさえ思えるところがある。

ただ、欧米で普及していることは脅威ではあり、各社の活用努力の片鱗を事例からくみ取ることができる。

3.1 オフライン（開発・設計）における品質工学

開発で具体的にパラメータ設計を行う前に、時代の潮流を考えて技術テーマを選択し、顧客の立場に立って、製品企画と実現技術選択を行うという開発最上流の段階では、さすがに品質工学を利用した事例発表が本会でも見当たらない。

開発をキックオフし目標性能・機能が設計要件として具体化した段階から、パラメータ設計（厳密にはロバスト設計と呼ぶ方が適切）を行う事例について最適化設計に品質工学を活用した S 社と F 社の事例を図 2.9 と図 2.10 に示す。

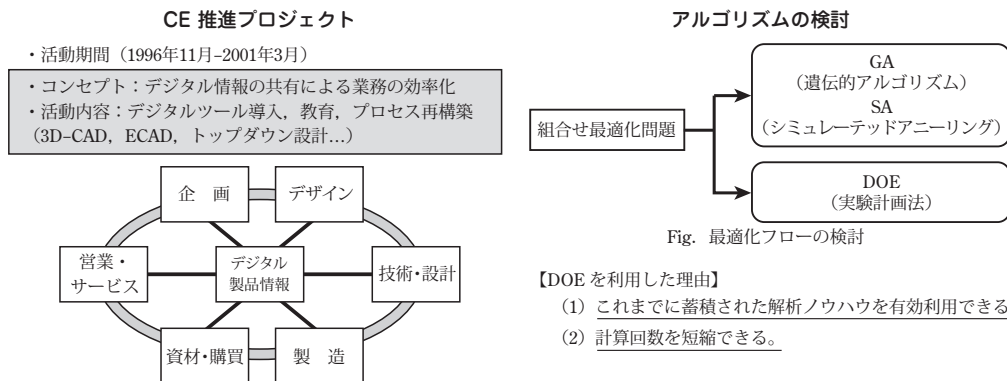
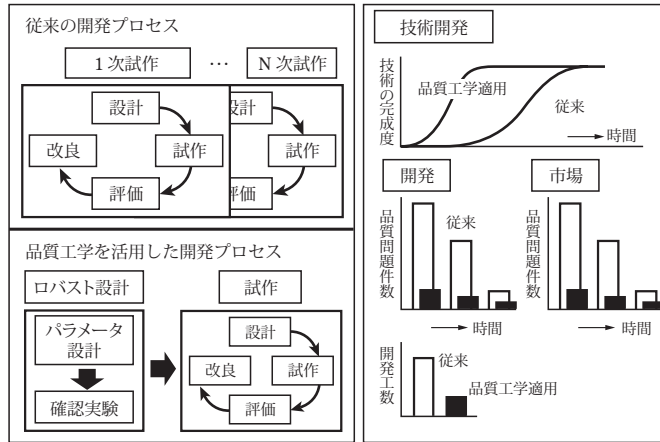


図2.9 全社的な取り組み方法の例（S社「関西EAC例会」）

当社の新製品開発プロセス改革



商品-A での品質工学の組織的展開の結果

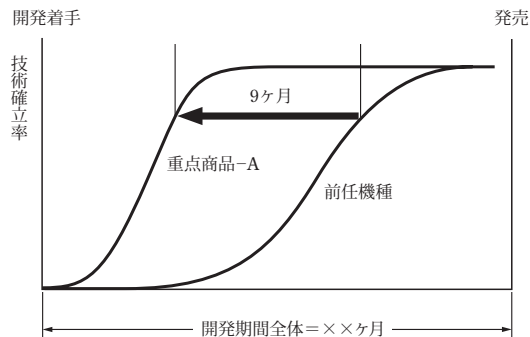


図2.10 開発期間短縮の例 (F社「関西EAC例会」)

S社においてもF社においても会社を上げての取り組みとしている。つまり品質工学は、全社レベルでの取り組みを必要とする、ある意味、即現場で吸収されるには現時点でも手強い手法なのかもしれない。

開発・設計でのオフラインの品質工学に対し、製造工程において少ない経費で高品質の製品を作り込むための品質工学はオンラインの品質工学と呼ばれる。本会では製造に踏み込んだ品質工学の例は見受けられない。

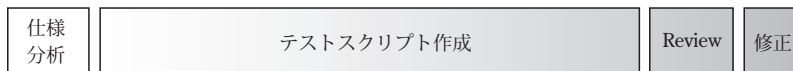
オンライン品質工学の適用例ではないが、F社からはソフトウェアテストへの品質工学の適用事例の発表があった(図2.11)。事例は、実際の現場におけるテスト工数削減と品質向上とに留まらず効果金額まで比較した貴重な発表であった。こうした事例発表の中では効果金額はなかなか開示されないがCAEの効果という視点で前述したとおり、改善へのチャレンジは常に効果と対照した取り組みが必要であることを再認識するとともに、ここまで立ち入った泥臭い発表を聞ける点が本会の魅力であることを強調したい。

・従来の経験型（蓄積された情報を元にしたスクリプト作成）と比較し、「テスト設計」に時間がかけられるようになった。

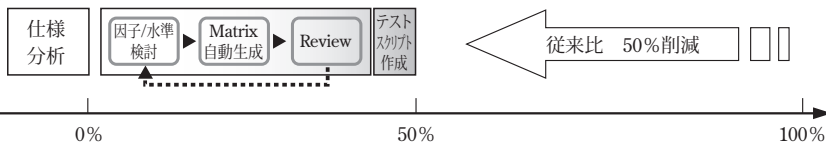
・担当者によるテストスクリプトの質のバラツキが抑えられるようになった。



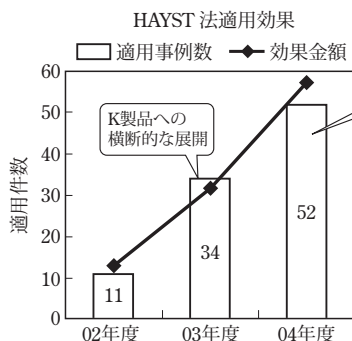
従来：



HAYST：



- HAYST法の適用件数は年々増加
- テスト工数削減と製品品質向上効果金額も年々増加



現在はHAYST法無しではテスト設計ができないほど依存度が高くなっている
—開発部 Mgr

適用効果集計用の標準フォーム



- 効果金額は
 1. 工数削減効果
 2. バグ検出件数増加による手戻り低減効果から構成される。市場でのサービスコスト低減は未計上
- 効果金額は、適用先のマネージャによる実測値である

図2.11 ソフトウェア開発プロセスの例（F社「関西EAC例会」）

4. 設計固有技術を生かす標準化と設計データベース

設計ナレッジは設計部門の固有技術を示すノウハウ・資産であり、技術力の源泉である。これらをいかに技術伝承し、常に設計部門の技術ポテンシャルを高度に維持し、製品信頼度を高めていくかという側面では、ナレッジの活用を含めその考え方や現実の課題を7章「設計生産性の基本原理と実際」で述べているので参照されたい。

特に本項では、関西 EAC 例会の中の事例から、設計固有技術を生かすという視点での設計データベースや、その前段となる標準化のフローなどに関する具体例を示す。

4.1 設計標準化への取り組み

最終的に設計のナレッジを蓄積して活用するというステップに到達する前に、まず今までの企業内の設計文化と歴史の中で培われた設計技術資料や設計手順・設計要領書などから、現在と今後の設計に必要な情報を整理し、これらを体系化・標準化していくことが必要となる。ここに関する事例を表2.4に示す。

表 2.4 設計標準化に関する事例

年度	例会	テーマ	発表社(者)
1997	第326回	技術標準化活用事例	(株)クボタ
1999	第343回	全社設計標準の進め方	オムロン(株)
1999	第343回	設計技術標準のデータ化について	ダイハツ工業(株)
2006	第394回	インライン標準化への取り組み	三菱電機情報システム(株)

M社における標準化の事例では、ナレッジ活用を前提とし、1950年代以前から取り組みを開始しているものを整理し、これらの取り組みを第1・第2・第3・第4世代と分類し、それぞれにおける取り組みを網羅しており(図2.12)、非常に参考になるものである。また、標準化の役割を次のように明記している

- (1) 新人でもベテランのアウトプットが出力できる仕事の環境
- (2) 企業活動にとって、最も信頼できる生産性追求の基本原則
- (3) 既存技術の最大活用の下で、新しいものを創造する活動

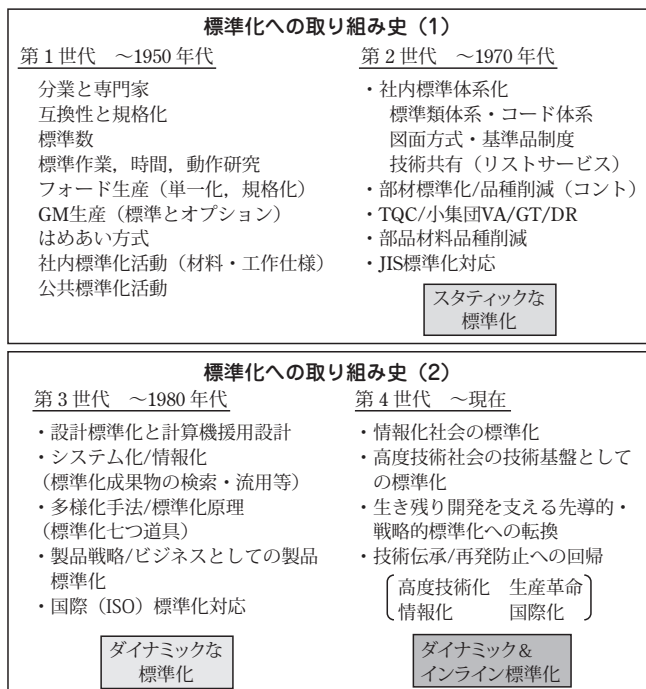


図2.12 標準化への取り組み史(M社「関西EAC例会」)

K社の事例では社内における標準化の基本フローが提示されている（図 2.13）が参考となるところが多い。また標準化成果は，社内の技術規定体系の中で設計のルール・基準として位置づけられる。O社の事例ではその規格が示されている（図 2.14）。

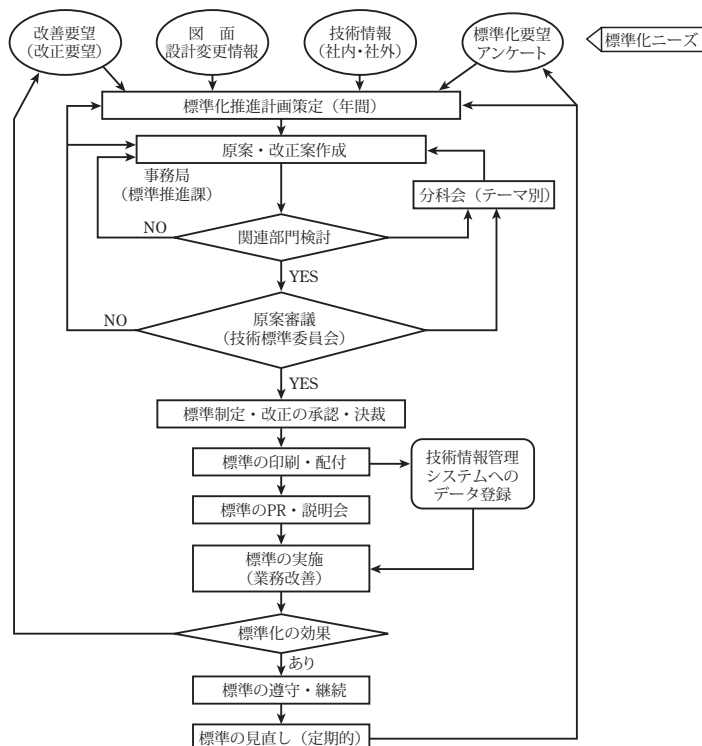
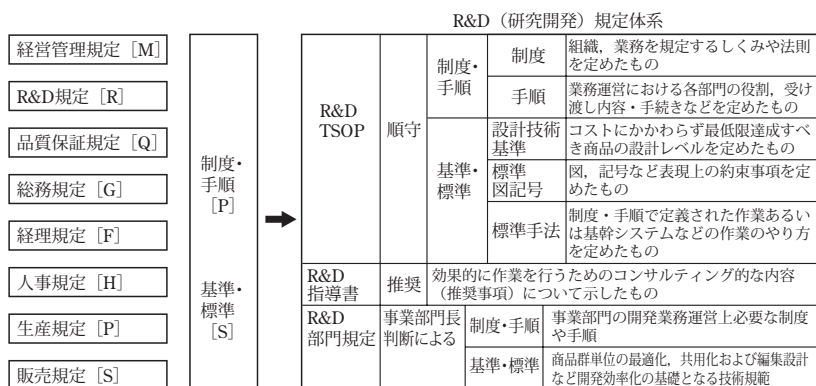


図2.13 標準化の基本フロー（K社「関西EAC例会」）

全社の規定体系ルール（会社規定管理規定）に基づき，R&D（研究開発）の規定体系を構築している。



TSOP：O社 全社横断的な制度、手法、基準を標準化し，規定化したもの。
 [TATEISHI STANDARD OPERATION & PROCEDURE の略]

図2.14 標準化の規定体系（O社「関西EAC例会」）

4.2 設計情報のデータベース化

標準化した成果や整理した個別の設計技術資料・情報は、これらを電子化して設計者の手元でタイムリに検索を可能にするデータベースの構築が必要となる。

これについては下表に示すような事例が発表されている。ただこれらの運用に関しては技術情報管理やプロジェクト管理の面で別の章で詳しく述べられている。

表 2.5 設計データベース活用 / 電子化に関する事例

年度	例会	テーマ	発表社(者)
2003	第 377 回	技術規格の電子データ化について	阪神内燃機工業(株)
2006	第 401 回	製造設計経験知の活用方法とその電子化について	コマツ
2008	第 410 回	紙ベースでの標準部品検索・選択からの脱皮と課題	三菱電機情報システム(株)
2008	第 411 回	CAE の設計活用ー規格 (ISO) を先取りした製品開発	コマツ

従来の継承すべき価値ある設計情報は「紙」にあるケースが多く、これをいかにデータベースに取り込むかが課題となる。

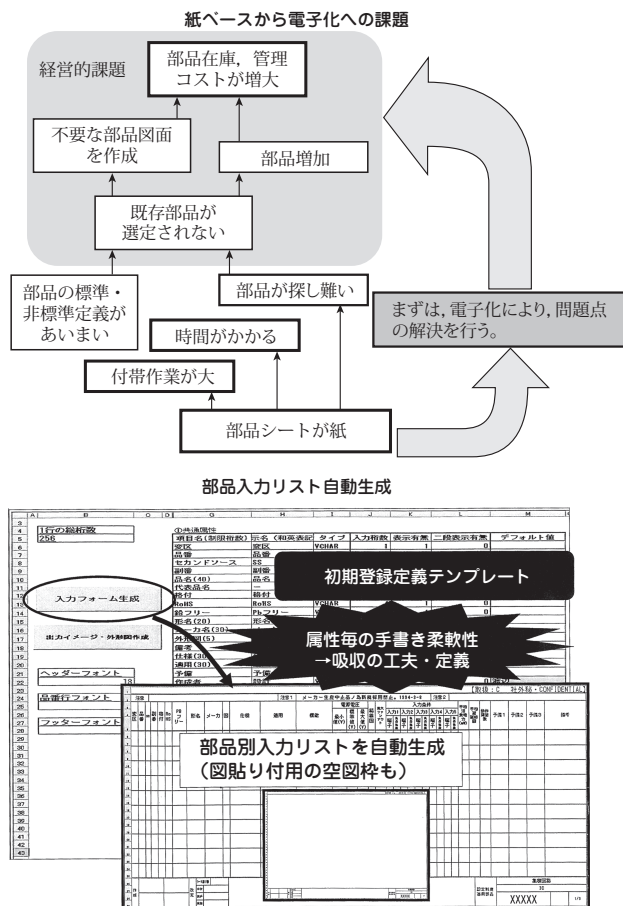


図2.15 紙データの部品情報から部品データベースの構築 (M社「関西EAC例会」)

M社の事例は、設計者が最適な部品を検索・選択するための部品データベースを従来の膨大な「紙情報」の部品一覧表群から、どのように構築したか、その苦勞と工夫を「標準化設計環境構築への地道なトライ」として発表している。紙のフリーハンド記述を構造化してその柔軟性を極力制限しない手法で、データベースへの登録・入力シートを自動生成するところなどを含め、現在もなお、多くの紙による技術資産を抱える設計部門には参考となる事例である。

H社の事例ではデータベースの構築をあるタイミングから全社的に行き、なるべく費用をかけないで元々あるデータベースを活用する方法で行っている。これにより増えた仕事もあるというが、将来的には必ず必要になるという強い意識のもとにすすめられたものとする。H社もM社も事例のポイントはハイレベルなことをしたというよりは、地道な作業をいかに効率よく行うかに焦点を絞って、目標を達成したことにある。

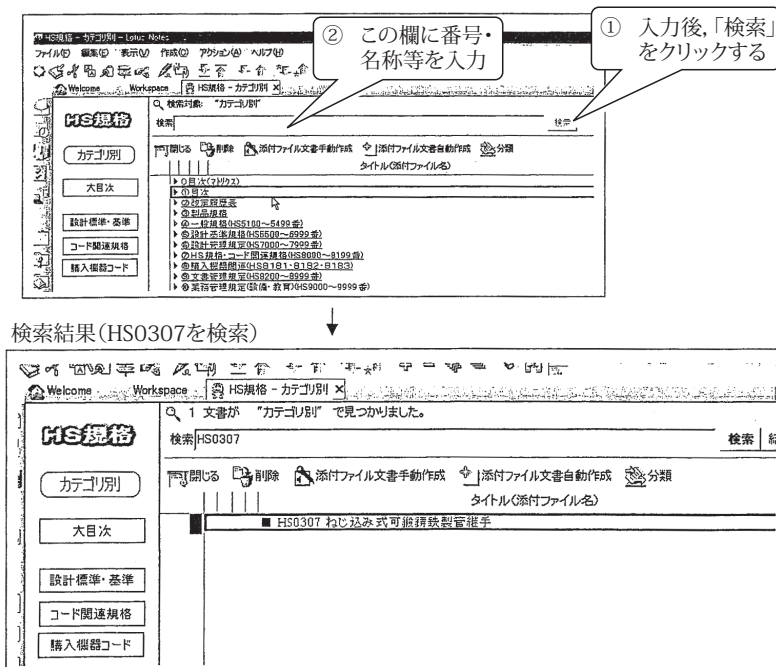


図2.16 電子データ化の事例(H社「関西EAC例会」)

5. まとめ

本章ではCAE活用・品質工学といった「設計する」という本来的な領域での技術面と、これを支えるナレッジベースの基本となる設計標準化やデータベースといった基盤の側面で、設計固有技術をオペレートするプロセスや手法について紹介した。

今まで以上に競争力のある日本固有の設計技術のポテンシャルを継続的に高め、それを使いこなせる国民性を活かしたプロセス・手法のあくなき改善を追求し、「設計立国・技術立国」を目指すことが、グローバルに勝ち残るために、今後の日本国内の製造業に期待されることであろう。