

事例

# CAD/CAM/CAE を

## 中核としたデジタルエンジニアリング プロセス実現への取り組み

高田 良祐 山田 滋己

takata\_r@khi.co.jp

川重テクノサービス

### 川崎重工が目指すデジタル エンジニアリングプロセス

CALS時代に当社が製造業として生き残っていくには、あらゆるエンジニアリング情報がデジタル化され、客先やパートナー企業ともデータを交換・共有できることが重要である。当社が目標とするデジタルエンジニアリングプロセスとは、図-1の通り以下の3テーマを達成することであると考えている。

- 物造りの根幹をなす設計・製造情報を生成するCAD/CAM/CAEシステムの統合化と高度化により、すべてのエンジニアリング情報をデジタル化する(レベル1)。
- デジタル化されたエンジニアリング情報を一元管理し、あらゆる部門で共有可能とする(レベル2)。
- 企業の枠を越え、社外とのエンジニアリング情報の交換・共有を可能とする(レベル3)。

当社では、これらのテーマに対して各々、CAD/CAM/CAEシステム活用の高度化、技術情報管理システムの構築、CALS基盤構築として情報基盤の整備に取り組み、デジタルエンジニアリングプロセスの実現を図っている。この中でCAD/CAM/CAEはプロダクトデータを生成するものであり、デジタルエンジニアリングプロセスの根幹をなすものと考えている。

### これまでのCAD/CAM/CAE システム活用の取り組み

当社では船舶、鉄道車両、航空機、プラント、原動機などの多様な製品を設計・製造しており、CAD/CAM/CAEに関しては常に最新の情報技術を活用し、システム化を推進している。

CAD/CAMでは、船舶、鉄道車両などの業界におけるメジャーな3次元CADを中核とし、当社のCAMシステムや設計ノウハウを組み込むことに

より、当社の業務形態に適合したシステム化を図ってきた。CAEでは、構造解析、流体解析、衝突解析など、製品の高度化、品質向上につながる多様なソフト導入と、スーパーコンピュータや解析専用サーバなど、設計者向け解析ソフト利用環境の整備に努めてきた。

これらの施策により、当社のほとんどの製品で、CAD/CAMによる製品データのデジタル化や解析による製品の機能検証が実施されている。しかし、今後3次元CADや解析を業務に活用し、より一層の製品開発期間の短縮や設計・生産の効率化を図るうえで、いくつかの課題が顕在化してきた。これらの課題をまとめると、以下の2点に集約される。

- 3次元CADで生成されるデジタルデータが、可動性や組立性などの設計・生産の検討作業に十分活用されておらず、このため試作段階で後戻りが発生している。
- 解析や設計検証が専門家やベテラン設計者に依存しているため、設

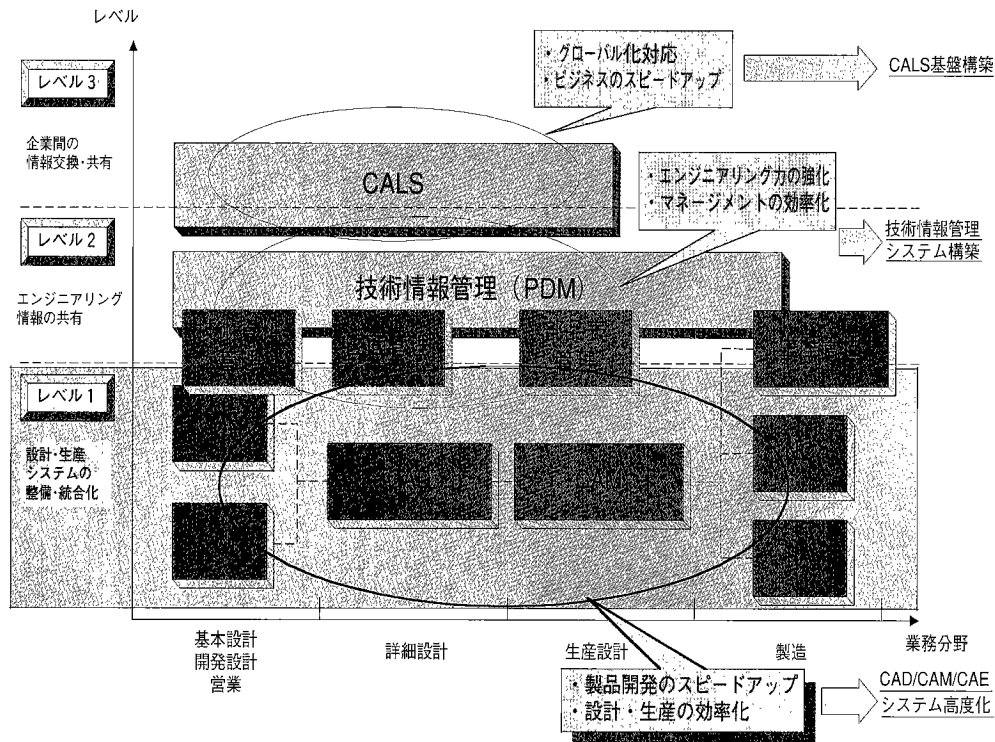


図-1 当社が目標とするデジタルエンジニアリングプロセスの考え方

計作業の手順化や活用ノウハウの伝承が難しい。

**CAD/CAM/CAEを中核としたデジタルエンジニアリングプロセス**

これらの状況を踏まえ、情報システム室では、CAD/CAM/CAE連携によるデジタルエンジニアリングプロセスを確立するための情報基盤の整備が不可欠と考えた。この概念を図-2に示す。この図は概念設計、基本設計、詳細設計、生産設計と進展する設計過程において、3次元CADによる製品モデルを中核に、構造解析や機構・組立・加工などのシミュレーションを実施し、この結果をモデルにフィードバックすることにより、製品モデルの最適化を図ることを示している。これにより、開発設計の期間短縮、品質向上を実現でき、さらに専門家やベテラン設計者でなくても十分な設計検討ができると思え

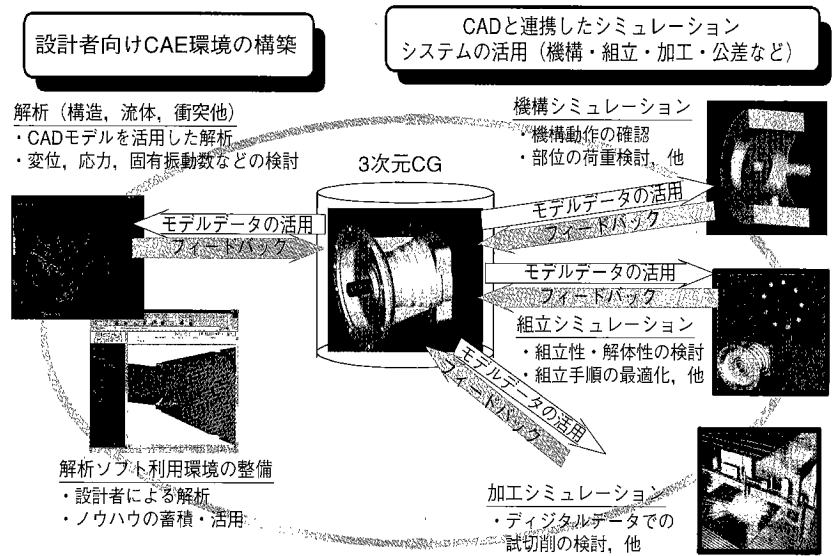


図-2 CADを中核としたCAD/CAM/CAE連携システムのイメージ

る。我々はこの概念のもと、1999年度よりデジタルエンジニアリングプロセスを確立するための情報基盤の整備に取り組んだ。具体的には、「設計者向けCAE環境の構築」「CADと連携したシミュレーションシステムの活用」を2大テーマとして実用

化を進めた。

**設計者向けCAE環境の構築への取り組み**

従来、CAEの活用には材料力学や有限要素法などの工学知識とコンピ

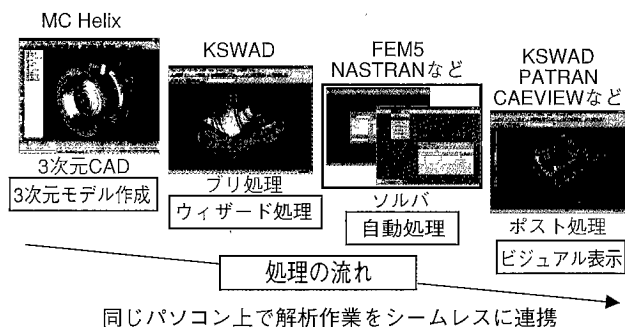


図-3 CAD/CAE連携システムによる解析業務フロー

ユーザソフトの利用スキルを必要としたため、解析業務は一部の専門家に任せざるを得なかった。当社では設計者が容易にCAEを活用できるようにするため、以下のような設計者向けCAE環境の構築に取り組んだ。

### CADとCAEの連携強化

設計者にも無理なく解析業務が行えるよう、CADと同じPCで稼働するCAEソフトを導入し、CADとCAEとの連携システムを整備することにした。これは3次元CADで作成した製品モデルを取り込んで、CAEで活用するという連携システムである。図-3に、3次元CAD (MC Helix) とCAEソフト (KSWADなど) を連携させた解析業務のフローを示す。

導入にあたっては、情報システム部門が中心となり事業部門とタイアップして実製品による実用性を評価した。これにより、実用化のためのノウハウが蓄積されスムーズな社内展開が可能となった。

MC HelixとKSWADの連携システムは、現在3事業部で合計12製品に適用されている。導入の効果として、ある事業部の例では解析業務を部門内で実施することにより解析期間の大幅な短縮を実現できた。

### 解析ソフト利用環境の整備

CADとCAEの連携強化により、通常の解析は設計者が自部門のPCやEWSで活用できるようになったが、非線形解析や衝突解析などコンピュータの高い処理能力が要求される解析は、全社共用サーバや事業部門サーバで稼働する各種ソルバを活用した方が効率的である。しかし、これらのサーバの利用には煩雑な操作手順を要するため、設計者から敬遠されることが多かった。そこで、設計者が簡易に各種ソルバを利用できる計算サーバ利用ソフト (EasyCal) を開発した。このソフトは計算サーバを利用するために必要であったUNIXのコマンドの知識や使用環境の設定ノウハウなどを不要とするものである。ウィザード方式の画面で必要事項を選択するだけで、各種解析ソルバが使用できる。すでに6事業部門で稼働しており実用に供している。

また、解析結果を設計者や審査・承認を行う管理者が自分のPC上で表示できることは効率上望ましいことである。しかし、解析結果を表示する市販のポスト処理プログラムは、高価であり操作も簡単ではないため、設計者と管理者の全員に配布することは得策とはいえない。そこで、安価であること、誰にでも簡単

に操作できることを目標に、簡易ビューア (CAEVIEW) を開発した。開発にあたっては設計部門のニーズを考慮し、機能を絞り込んだため、実用上十分な機能と簡単な操作の両面を満足することができた。しかも、OA用の比較的low機能のPCでも快適に動作するという利点がある。

現在、NASTRAN版とSTREAM版があり3事業部門で使用している。

### 解析ノウハウのデータベース化

CADとCAEの連携強化や解析ソフト利用環境の整備によって、設計者向けの解析環境が整ってきたが、解析業務は経験やノウハウが必要となることが多い。そこで過去の解析結果や解析ノウハウをデータベースとして蓄積・活用できる、全社の設計者や解析技術者向けの解析支援データベースシステムを構築した。このシステムはクライアントのWebブラウザから活用でき、解析結果だけでなく、解析履歴や解析作業上の注意点、解析結果に対する評価やコメントなども蓄積しており、シリーズ製品を開発する際の形状決定支援や類似解析を実施する際のナビゲータ的な役割を果たす。現在は設計者 (解析の初心者) によって試行している段階である。

また、簡易的な情報提供の手段としてNotesの掲示板 (CAEフォーラム) を開設している。これはソフトの新機能情報やセミナー案内などの情報発信のほかに、利用部門からの質問や問合せなども記載できるようになっており、IT技術面は情報システム室、専門技術面は技術総括本部や専門知識を持つ設計者が回答することで、全社の設計者や解析技術者が最新の情報を手軽に得ることができる。現

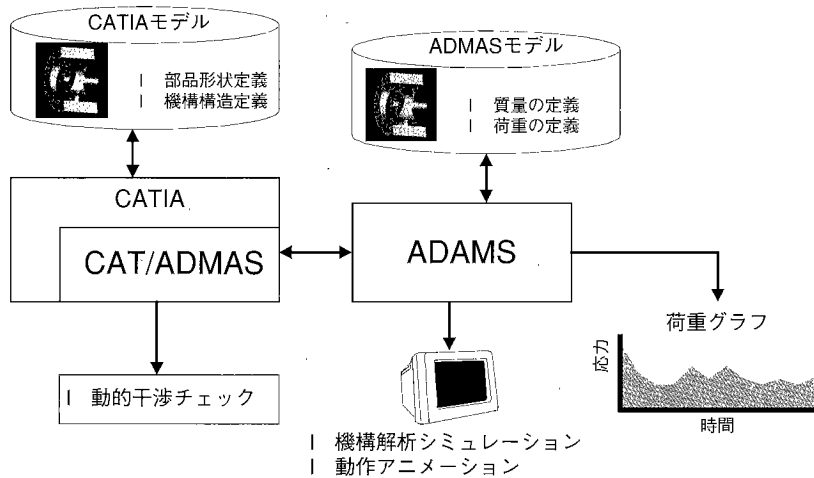


図-4 3次元CADと連携した機構シミュレーションシステムの構成

ははCAE利用部門への連絡や問合せはすべて、本掲示板で実施している。

### 解析専門家による支援体制の整備

これまでに述べた諸施策により、設計者が通常の解析を実施できる環境が整ったといえる。しかし、特殊なソフトとノウハウを必要とする機構・構造の連成解析や実験結果との整合性を追究するような高度な解析は専門家（技術研究所や解析専門部門）の手に委ねる必要がある。

このような解析の依頼にかかわるさまざまな資料を従来の紙ベースからデジタル化して交換／共有する仕組みを作り、運用している。

これにより、解析仕様、製品モデル、解析結果などが一元管理されるようになり、検索も容易となったため、専門性の高い解析を適材適所で実施できるようになった。また解析を依頼した場合、ブラックボックスとなりがちであった解析条件設定他のプロセスがノウハウとして蓄積できるといった効果も生んでいる。

### CADと連携したシミュレーションシステムへの取り組み

これまでは製品の開発設計において、試作や模型による実験は不可避であったが、シミュレーションシステムの活用により、試作や模型による実験を低減できる可能性が出てきた。そこで当社では、CADで作成した製品モデルを活用したシミュレーションシステムの実用性評価に取り組んだ。ここでは当社が全社共通的に活用できる機構・組立・加工シミュレーションシステム活用の取り組みについて述べる。

### 機構シミュレーション

当社製品には航空機、鉄道車両、二輪車をはじめ駆動機構を持つものが多い。機構の検討は従来、物理的なモックアップを用いた実験が主体であったが、機構シミュレーションにより設計初期段階での問題の洗い出しが可能となってきた。

機構シミュレーションは製品の挙

動、機構を構成する各部品の変位・速度、駆動部分の負荷などのデータを実時間単位で収集することができるため、実験に代わりバーチャルに製品の検証が可能である。我々は設計者が使用している3次元CAD（CATIA）と連携できる機構シミュレーション「ADAMS」の実用性について評価を進めている。図-4に3次元CADと連携した機構シミュレーションシステムの構成を示す。

「ADAMS」はCATIAにプラグインできる周辺ソフト「CAT/ADAMS」を備えており、CATIAと同環境、同じ操作画面で使用できるので、設計者は利用環境を意識せず、操作画面に違和感を覚えることなく利用できる。なお、CATIAモデルを取り込んでそのまま利用できるため、データ変換で苦勞することなく、シミュレーションを実施できることが特徴である。また、シミュレーション結果は、動作アニメーションとして出力でき、設計検証に用いるだけでなく、客先へのプレゼンテーションにも利用できる。

航空宇宙事業部とタイアップして実用性を評価した結果、駆動部の荷重把握、動的干渉チェックなどが可能であり、設計者でも比較的簡単に結果を得られることが分かった。

今後はより現実の解に近づけるために物理的諸条件の入力ノウハウの整理や実験値の蓄積が必要と考えている。

### 組立シミュレーション

当社では従来、製品の組立性・解體性の検討には図面や模型を用いることが多かったが、このような検討には経験やノウハウが必要であり、検討の精度を高めるためには多くの

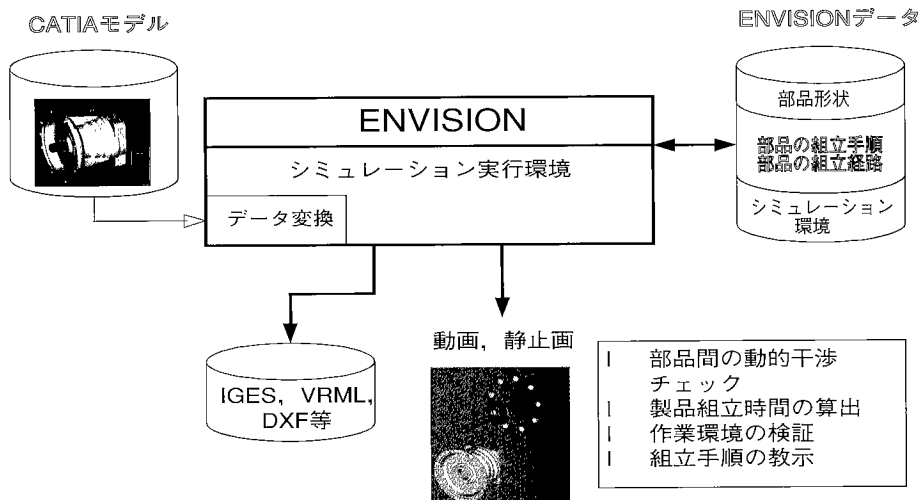


図-5 3次元CADと連携した組立シミュレーションの構成

時間を要していた。

組立シミュレーションを用いることにより、組立性・解体性はもとより組立・解体に従事する作業者の作業性、安全性も含めた精度の高い検討が短時間でできることが確認できた。

プロトタイプングは図-5に示すように組立シミュレーションソフト「ENVISION」を用いている。CATIAで定義した3次元モデルをENVISIONに取り込み、各部品の組立手順、経路を定義することにより、組立性の検討を行った。シミュレーションでは組立時の各部品の動きの検討だけでなく、部品間の動的干渉チェックや組立に要する時間の算出、作業者の姿勢や視野の検討も可能である。

組立・解体時の部品や作業者の動きをアニメーションとして容易に取り出すことができるため、整備マニュアルや訓練マニュアル、客先提出資料などへの流用も考えている。

組立シミュレーション環境の構築には約1~2週間を要するため、今後は実用化に向けて、工作機器、治具などをテンプレートとして作成し、容易に構築できるよう取り組ん

でいく。

### 加工シミュレーション

当社では切断機（ガス、プラズマ、レーザー）、旋盤、マシニングセンタといった多くのNC工作機械を製造に使用しているが、エンジン部品のように曲面を有する複雑な形状の部品加工においては試切削の工程が不可欠であった。

この試切削工程をデジタル化すべく図-6に示す「Virtual NC」のプロトタイプングをジェットエンジン事業部と共同で実施した。

図-6の通りNCデータ、加工部品の素材（3Dモデル）、工作機械および治具（3Dモデル）を入力とし、NC加工シミュレーションを行うことにより、加工状況のアニメーションや部品の仕上げ形状（3Dモデル）を得ることができる。なお、個々の工作機械の仕様（NCデータのフォーマット、機械の軸構成や稼働範囲など）はあらかじめMimic言語（Virtual NC固有の言語）で定義しておく。

プロトタイプングでは5軸マシニ

ングセンタによるガスタービンエンジンのインペラー加工を対象とした。これにより、従来の実機による試切削で行っていた以下の作業をデジタル化できることを確認した。

- 工具と工作機械や治具の干渉チェック
- 使用工具の検討、カッターパスストラジェジーの検討

現状、Mimic言語による工作機械の仕様の定義には1機種あたり2週間程度かかっているため、実用化に向けて、適用対象機種ごとのテンプレートやガイダンスを作成し、工作機械仕様の定義の負担を軽減していく。

### システムの適用状況

今回紹介した設計者向けCAE環境は、1999年9月から一部の事業部ですでに実用に入っている。またCADと連携したシミュレーションシステムについては、航空宇宙事業本部で活用が始まったばかりではあるが、我々情報システム部門に対し、新製品開発への適用支援依頼やソフト導

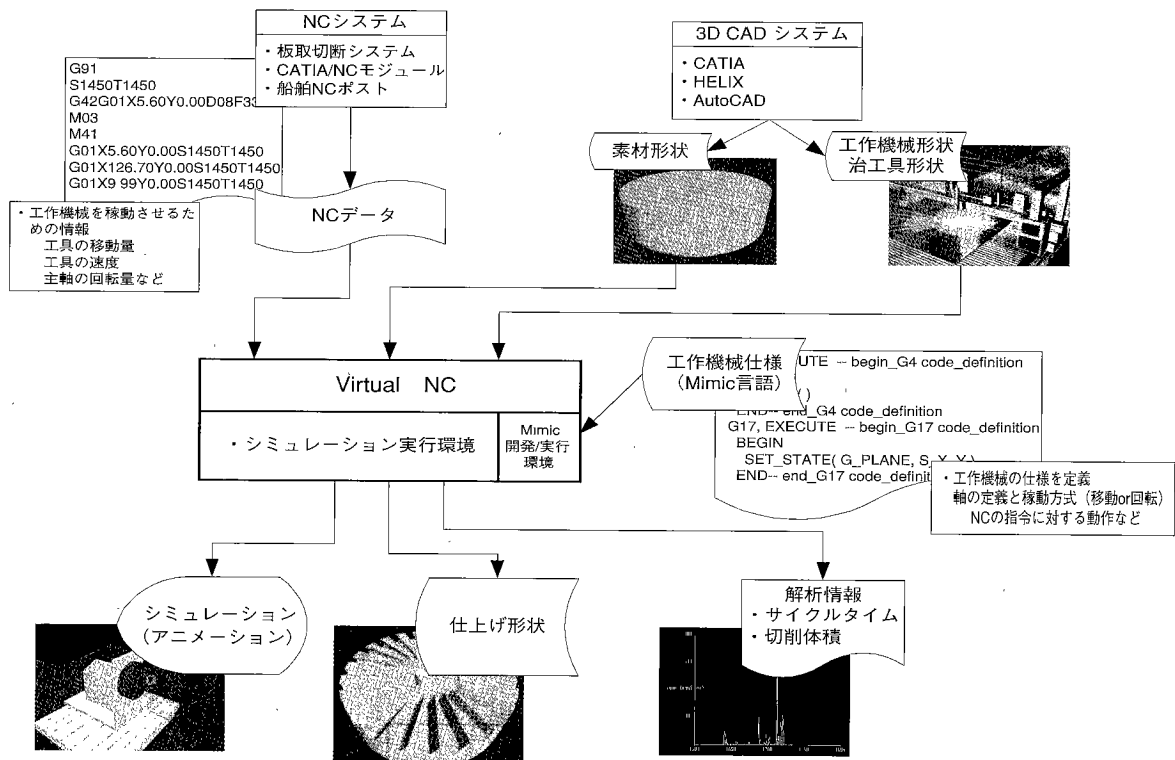


図-6 Virtual NCのシステム構成図

入希望が寄せられており、実用性が評価されている。今後は3次元CAD活用を推進中の事業部を中心に、これらの取り組みを展開していく計画である。

### 今後の展開

#### ■ CAD/CAM/CAEデータとプロセスの共有

CAD/CAM/CAEシステム活用の高度化により、1つの製品に対して、製品モデル・解析結果・シミュレーション結果などの多くのデジタル情報が作成されるようになり、またモデル定義・解析・シミュレーションなどのプロセスも複雑化してくることが予想される。これに対応するため、当社ですでに開発済みのNotesを活用した技術情報管理システムKDMS

(Kawasaki Document Management System)を活用し、デジタルデータの一元管理や設計プロセスの管理を実現していく計画である。

#### ■ 設計者向けデスクトップ環境の構築

当社ではこれまでCAD/CAM/CAEを活用するために、設計手順、成功事例/失敗事例、不具合の対処方法、ソフトの操作手順などのノウハウを蓄積してきた。これらのノウハウは、経験者のみが持つのではなく、同じ誤りを繰り返さないように、また過去の経験を組み合わせる新しい発想を生み出すため、蓄積・活用して後継者へ伝承することが、企業競争力の強化に結び付くであろう。情報システム室のセンタサーバに、これらの設計支援ナレッジを蓄積し、事業部での活用を推進する。

設計支援ナレッジだけではなく、CAD/CAM/CAEソフト、解析計算、社外とのデータ共有・交換環境がすべて、設計者自身のPCからいつでも・どこでも・簡単に使えれば、設計者の業務の大半をデジタルエンジニアリングプロセスとして実現できると考えている。このため設計者がインターネットブラウザをプラットフォームとした共通画面（設計者向けデスクトップ）からこれらのサービスを活用できる仕組みを提供したい。

(平成12年5月30日受付)

