



CAE 特集

## ESPRi-CAE(PLATON) と解析系コンピュータシステム

ESPRi-CAE (PLATON) and an Analytical Computer System

土屋 光生 Mitsuo Tsuchiya 近藤 雅孝 Masataka Kondo

● ITセンター システムソリューション第2グループ / MC 事業本部 技術開発室 システム技術グループ

Yamaha Motor uses ESPRi (Engineering System for PRecise design and manufacturing), an integrated CAD/CAM/CAE system developed by the company, as the key system for all stages of product development, from design to production preparation. The CAE in this system was developed under the policy of making it possible for the designer to personally perform structural analysis in order to verify design viability. Here, we will introduce ESPRi-CAE (PLATON) and an analytical computer system.

### 1 はじめに

ヤマハ発動機(株) (以下、当社という)は、基幹システムとして自社開発の CAD/CAM/CAE 統合システムである ESPRi (Engineering System for PRecise design and manufacturing の略) を利用してデザインから生産準備までの商品開発 (以下、設計) を行っている。この中の CAE システムは設計者自らが構造解析を利用し設計検討をおこなうことができるというポリシーのもとシステム開発をおこなった。今回、ESPRi-CAE (以下、PLATON) と解析系コンピュータシステムについて紹介する。

### 2 ESPRi とは

当社の設計の品質向上、開発期間短縮、コンピュータハード・ソフトの外部支払い低減のためにサーフェイスモデラを基本として商品設計の企画デザインより生産準備まで業務を分断することなく一貫してサポートする管理集中、処理分散をコンセプトに開発した (図1)。

1990 年の開発当初はワークステーション (以下、EWS) でのリリースであったが 1998 年よりパーソナルコンピュータ (以下、PC) でも稼働させ (以下、pcESPRi) 現在では文書作成、設計検討シート、メールとの親和性の良い PC での利用が多く 95% が

PC にて利用されている。EWS と PC とではデータ形式が異なるが、自動的にデータ形式を変更してユーザーに意識させることなく互換性を確保している。PC での利用率が高まるに伴い、設計者一人に一台の ESPRi 端末が割りあてられるようになった。その結果、CAD 端末専用のエリアが廃止され、フロアの有効利用もさることながら設計メンバーが自分の席にいる時間が長くなり同僚に相談する時間が取れ、コンカレント設計を促進した。

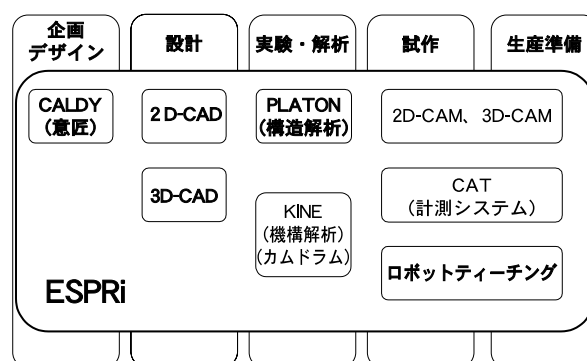


図1 ESPRi の機能と利用範囲

管理を集中することによりユーザーがどこの部署に行っても自部門端末と同一のアクセス権でのデータ参照・更新の実現や大型 CPU サーバを全社で共有する機能の実現、センター操作にて一括して全台にパッチを更新したり、プログラムを配布したりすることを実現している。

設計の基準変更や、新たな要求により ESPRi 内の機能拡張・変更が要請される。最近では中国での部品調達のために簡体字（大陸文字）に対応しリリースした。

### 3 PLATON とは

設計者が良く考えて（検討して）図面を描く、そのためのツールとして役立ちたいという意味をこめて古代ギリシャ哲学者プラトンから名前をとり、システムの愛称とした（起動画面を図2、解析モデルを図3に示す）。

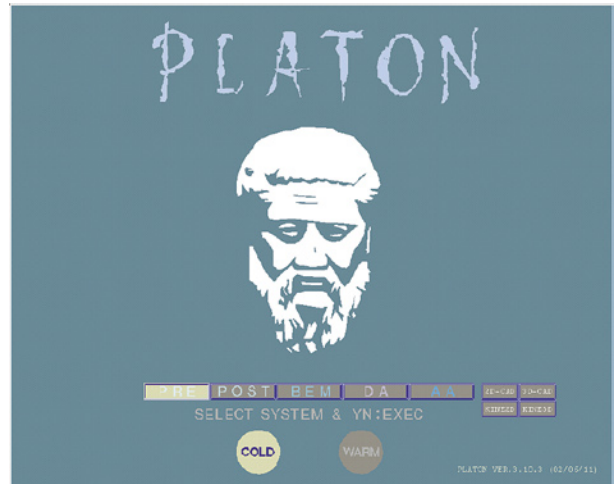


図2 PLATON 起動画面

#### 3.1 狙い

ESPRi 稼働環境があればどこでも作業できる。設計者から解析専任者までだれでも解析ができる。CAD と融合した使い易いシステムを提供し、短期間で解析ができる。自社開発システムのメリットを活かし、必要な機能をすばやく提供する。これら4項目を念頭に1991年4月に有限要素法（FEM）・境界要素法（BEM）による構造解析用プリ・ポストシステム（PLATON）の開発に着手した。

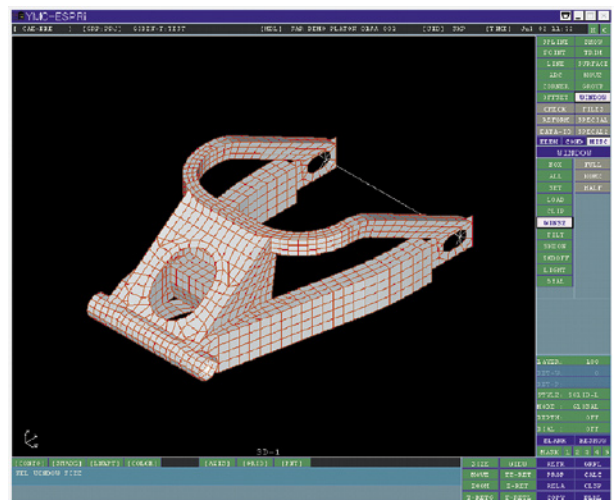


図3 PLATON の画面例  
（モータサイクルのリヤアームの解析モデル）

#### 3.2 構成

PLATON の概念図とデータの流れを図4に示す。PLATON は ESPRi-CAD で作成した 3D データを無変換で扱うことができる。CAD で作成した 3D 形状が不完全な場合でもシステムを切り換えることなく PLATON の CAD 機能を利用し形状作成・修正ができる。これは ESPRi-CAD の作図機能を全て包含しているためである。

メッシュ作成機能は、手切りの機能がメインとなっ

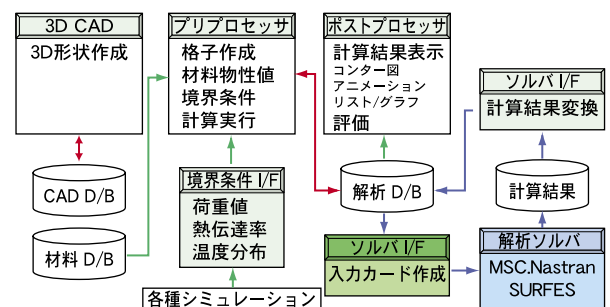



図4 PLATON の概念図とデータの流れ



ている。自動メッシュ分割は、2次元要素については自社開発し、3次元要素は1997年4月の導入に向けて調査を開始し、12月に三角錐要素自動作成プログラムを導入しPLATONに組み込んだ。最近では、車体の鋳造部品やエンジン部品の自動要素分割を利用した場合の解析基準書等も整備され利用件数は上昇している。

インターフェース (I/F) は、運動機構解析結果の加速度データや、市販の流体解析システムで計算される熱伝達率を取り込む**境界条件 I/F**を持つ。又、解析データからソルバ入力カードを作成したり、計算結果をポストプロセッサが読み取る**ソルバ I/F**を備える。その他、IGES や Nastran データの書き出し・読み込み機能を備えている。

ポストプロセッサは、変形図、等高線図、アニメーション等の計算結果を図化する機能、リスト・グラフ等の数値出力機能、部材毎に安全率を計算し解析結果を評価する機能がある。最近では pcESPRi の端末が増え、アニメーションを AVI ファイルに、リストデータをマイクロソフト Excel に渡すため、CSV 形式で書き出す機能を追加した。

### 3.3 サブシステム

PLATON は、現在5つのサブシステムから成り立っている。リリース当初は、解析モデル作成、境界条件設定、解析 JOB 投入をおこなう「**PRE**」と、計算結果を出力する「**POST**」の2つのシステムであった。解析ニーズに答える形で、境界要素法 (**BEM**) の解析モデルを作成する「**BEM**」、固有値解析の結果をもとにモーダル法による周波数応答計算をおこない、結果を表示する構造系の「**DA (Dynamic Analysis)**」、音響系の「**AA (Acoustic Analysis)**」を開発しリリースした。

### 3.4 解析機能

PLATON は MSC.Nastran をメインソルバとしたプリ・ポストシステムである。MSC.Nastran がリリースした機能は有効性を検証した上でプリ機能に組み込んでいる。リリース当初は線形静解析と実固有値解析しか対応していなかったが、現在はそれに加え、定常・非定常伝熱解析、材料非線形 (弾塑性) 解析、境界条件非線形 (接触) 解析、設計最適化解析、複素固有値解析に対応している。

上記以外の解析機能については、プリプロセッサに Nastran データエディット機能を用意しており解析者の責任においてデータを修正・編集し解析を実行することができる。

### 3.5 教育体制

モータサイクルの車体設計部門では、3年程度設計経験を積んだ設計者 (CAD を自由に扱える) を対象とし、1回2時間の操作教育と自主学習を12回おこなうというカリキュラムを組んでいる。その後は、実務で単品部品を中心に解析をおこない、スキルに沿って単品からアセンブリへとステップアップしていき、最終的に車輛全体モデルの強度解析・振動解析ができることが目標である。

### 3.6 解析報告書

解析データを蓄積するという意味を含め解析を行った場合は、報告書を作成することを義務づけている。解析報告書は全て OA ソフトで作成し、グループウェア（ロータスノート）のデータベースに登録し、簡単に検索・参照できる。

## 4 システム概要

### 4.1 運用基盤システム

データのアクセスコントロール、EWS と PC のクライアントを一括管理、プログラムの自動配布などをスムーズに行うために ESPRi の CAD/CAE 機能以外に管理運用機能を作成した。運用基盤は、当社の技術系システムのベースとなっており設計者には利用システムを選択してユーザー ID、パスワードを入力する部分や、クライアント端末を起動したときに表示されるメッセージでその一端を見ることができ。

運用基盤は、いわば縁の下の力持ちでネットワーク状況の監視、各種サーバ稼働確認、ESPRi データ管理、自動バックアップ、構造解析計算処理の自動運転、サーバ使用量実績収集、データアクセス記録などを受け持っている。

### 4.2 解析系システム構成

PLATON（+ソルバ I/F）、データサーバ、JOB サーバ、計算サーバ、JOB コントロール AP（アプリケーション）で構成されている。

データサーバは、CAD データ、解析データが格納されているデータベースにアクセスしクライアント（PLATON、JOB サーバ）からの要求に対してデータの保存や取り出しをおこなう。

JOB サーバは、計算サーバに対して解析 JOB を投入する、実行中の JOB の進行状況を監視・制御するリクエストを計算サーバに依頼する。

計算（CPU）サーバは、JOB サーバからソルバ入力データと計算実行用スクリプトを受け取り、解析計算を実行する。現在マシンは SGI の ORIGIN（R14000 500MHz × 16CPU、メモリ 16GB、ディスク 560GB）を利用している。

JOB コントロール AP は、実行中 JOB の進行状況の監視・制御や、計算のログファイルを見るリクエストを JOB サーバに依頼し表示する機能を持ったアプリケーションで ESPRi と同じ端末（EWS、PC）で稼働する。

### 4.3 解析 JOB の流れ

解析 JOB 投入から計算結果格納、計算 JOB の監視・制御まで、解析に必要な機能（図 5）を運用基盤システムの中に組み込むことにより、解析ソルバ入力データ、計算実行スクリプト等の専門知識を習得しなくてもおこなうことができ、設計者は、物理現象のモデル化、評価に専念できる。このことが、設計者自らが解析をおこなうためのハードルを低くしている一因となっている。

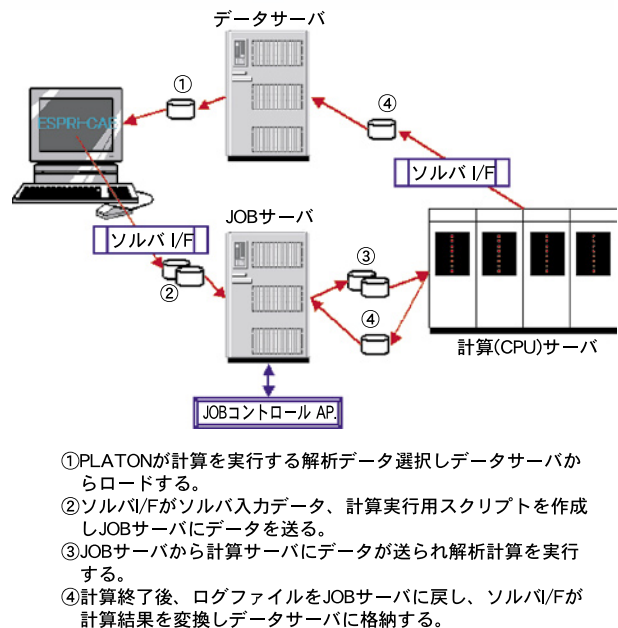


図 5 解析系システムと解析 JOB の流れ

## 5 今後の開発計画

今後の予定は 1. 接触解析、弾塑性解析のような非線形解析を得意としているソルバ（ABAQUS）に対応するための I/F 開発、 2. 直進安定性解析など、技術開発が終了した解析機能の作り込みを行う、 3. モータサイクルフレームのモデル作成は解析になれた設計者でも 1 週間程度かかっているが、このフレームをターゲットとした面作成機能と板要素作成を開発し、誰でも 1 日で作成できるようにする、 4. ESPRI-CAD のソリッド機能で作られたデータに対して効率良く格子作成ができる機能開発をおこなう、 5. 大規模モデルへの対応をおこなう、などを考えている。

## 6 おわりに

現在のところは、当初の狙い通りのシステムが提供できている。しかし、開発期間短縮、品質向上、コスト削減等の要因により CAE に対する要求は益々増大かつ高度化してくる。今後も、社内外の状況を注視しながらシステム開発及び、最適なコンピュータ環境を提供することを進めていきたい。

### ● 著者



土屋 光生



近藤 雅孝