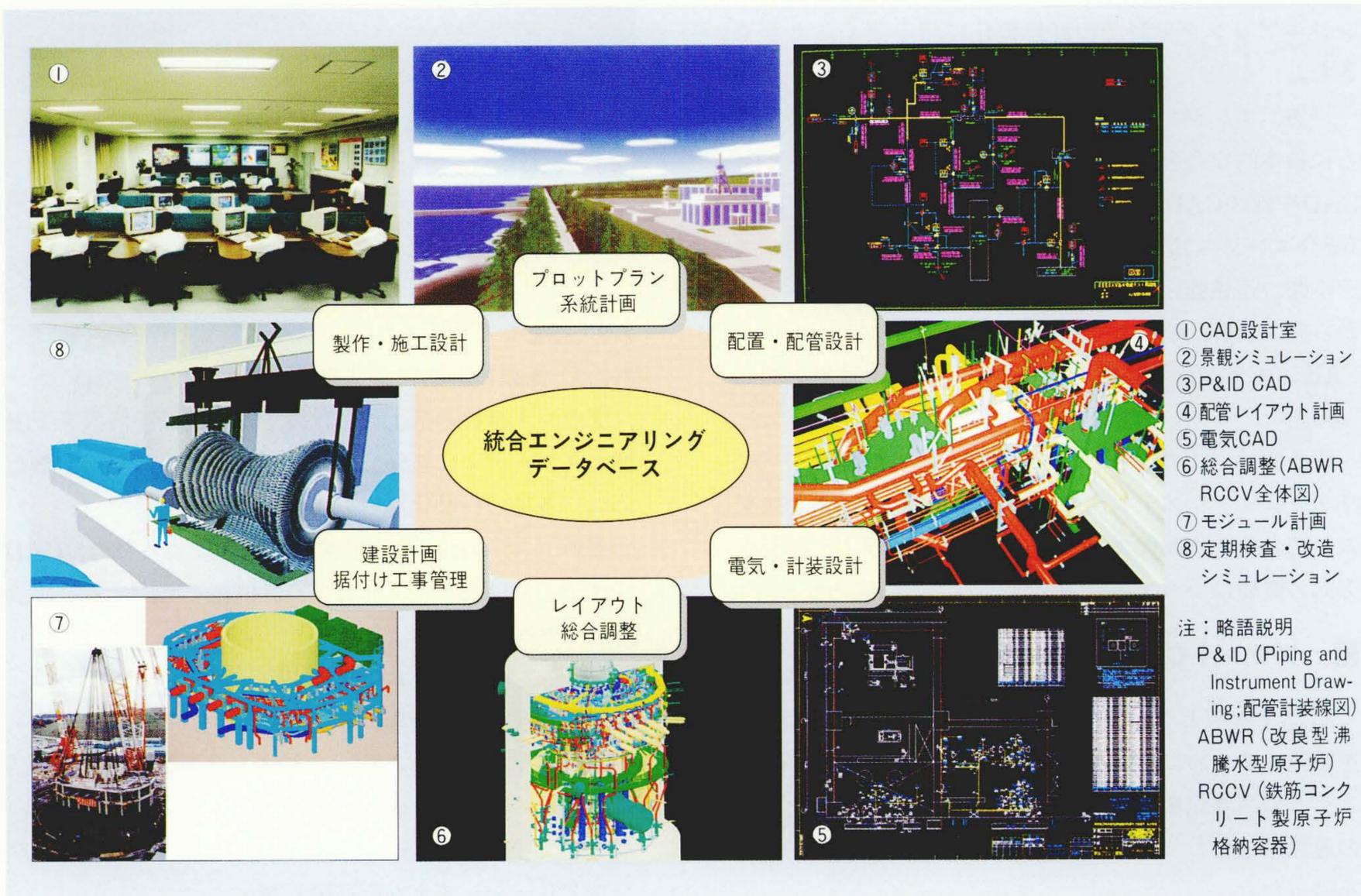


プラントエンジニアリングCAD・CAEシステムの高度化と統合化

Sophistication and Integration of Plant Engineering CAD-CAE Systems

好永俊昭* Toshiaki Yoshinaga 小林康弘*** Yasuhiro Kobayashi
 太田吉美** Yoshimi Ôta 羽生正治* Masaharu Hanyû



原子力プラント統合CAEシステム

CAD・CAEシステムの高度化と統合化を図り、プラント設計の上流から下流までを一貫して支援する統合エンジニアリングシステムを開発した。

原子力発電プラントの基本計画・設計・製作・検査・建設を担当する各部門では、CAD・CAEシステムの積極的活用によって業務の効率化が進められてきた。今回これらの個々のシステムの機能を向上させ、かつ一元化・統合化によっていっそうの業務の効率化・高度化を図ることができるプラント統合CAEシステムを開発した。

このシステムは、三次元プラントレイアウト計画CADシステムのほか、新規に開発したアプリケーシ

ョンシステム、およびエンジニアリングデータの一元化管理とデータ変換の高速化を可能にしたデータベースシステムで構成している。三次元プラントレイアウト計画CADシステムの実機適用による設計者の豊富な経験と改善提案をベースに、各アプリケーションの処理の自動化・高速化、およびGUI (Graphical User Interface) による入出力の可視化を可能にした。

* 日立製作所 日立工場 ** 日立製作所 日立研究所 *** 日立製作所 日立研究所 工学博士

1 はじめに

日立製作所が、原子力発電プラントのエンジニアリングに対して、他社に先駆けて配管などのレイアウト設計から製作図の作成までを一貫処理できる「三次元プラントレイアウト計画CADシステム」¹⁾(以下、3D-CADと略す。)を実機プラントに適用したことにより、プラントエンジニアリング分野での計算機化に緒を開くことができた。

一方、エンジニアリングを取り巻く環境は厳しく、さらに抜本的な合理化を図る必要があった。そこで、3D-CADや他のCAD・CAEシステムの高度化およびEDB(統合エンジニアリングデータベース)を中核としたシステム間の関係強化により、対象範囲をプラント基本計画から施工設計、建設まで拡大した「原子力プラント統合CAEシステム」を開発し、実機プラントに適用を開始した。

ここでは、このシステムの全体構成および個々のアプリケーションシステム高度化の技術的特徴、このシステムの統合化と次世代エンジニアリングシステムへの将来方向の概要について述べる。

2 プラントCAEシステムの高度化

EDBを中核とした原子力プラント統合CAEシステムを開発するために、すでに使用実績のあるCAD・CAEシステムの高度化を図り、かつEDBを介して各システム間の関係を強化し、データの精度向上および処理の高速化を図った。

2.1 景観エンジニアリングシステム

プラントの基本計画フェーズでの敷地計画図をビジュアルにわかりやすく表現するための手段としてCG(Computer Graphics)による景観エンジニアリングシステムを開発した。

このシステムでは、プラントモデルとしてEDBの三次元コンピュータモデルを利用し、航空測量による地形表現機能、地形特徴表現機能、および簡易地形操作機能などを設けてシステム全体の性能を向上させた。また、地形上に配置する樹木、道路、民家、および海面などのモデルについては、簡易配置あるいは簡易生成の機能を設けて、操作の容易化を図った。画像生成では、航空写真や各種模様のマッピングが可能なマルチ・パス・レンダラ²⁾と呼ぶ高速表示レンダラを使用して、処理速度を向上させた。景観シミュレーションの例を図1に示す。



図1 景観エンジニアリングシステム画面表示例
建物、空、海、樹木、道路などの人工物や自然物のリアルな表現が可能である。

2.2 総合レイアウトCAEシステム

2.2.1 系統設計CAEシステム

プラント設計の最上流に位置する系統設計情報を下流側にスピーディに連携し、コンカレント的に利用するために、各種の自動化処理を実現した。

このシステムは、配管計装線図を作成するためのCADシステム、温度、圧力などの設計情報を格納する系統設計データベース、およびデータリスト作成などのアプリケーションプログラムで構成する。

2.2.2 3D-CADシステム

3D-CADシステムでは、自動ルーティング機能、対話設計機能、レビュー機能、シミュレーション機能などの高度化、高速化を図るとともに、GUIによってユーザーフレンドリーなシステムを実現した。

(1) 自動ルーティング機能

この機能は、配管・トレイ・ダクトのルートの始点から終点までを最短距離で結び、しかも知識工学的手法を用いて設計クライテリアをルーティングに反映することにより、熟練者と同等のレイアウト計画を可能とするものである。

(2) 対話設計機能

このシステムでは、プルダウンメニュー、アイコンメニュー、ショートカットキー、オンラインマニュアルなどを採用し、GUIの改善を図った(図2参照)。

(3) レビュー機能

設計レビューで使用するプラントの三次元表示機能に関して、ライティング、シェーディング、半透明表示などのCG技術を取り入れ、リアルな表現を実現した。さらにテキスチャマッピングなどの技法によってリアリティ

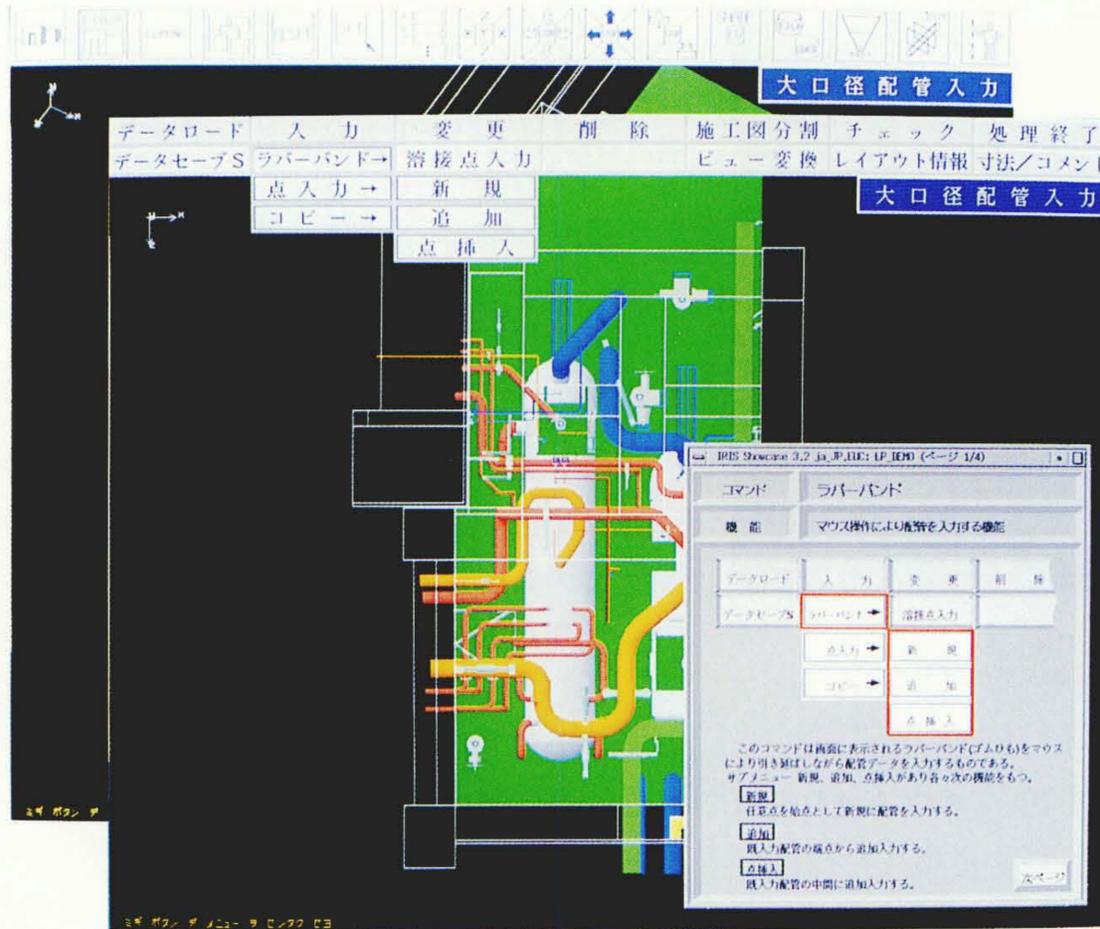


図2 3D-CADシステムの操作画面

従来のシステムに対して、プルダウンメニュー、アイコン、オンラインマニュアルなどを追加し、操作性の大幅な向上を図った。

を高め、三次元表示の高速化を図り、よりスムーズなリアルタイム操作を実現した(図3参照)。

(4) シミュレーション機能

このシステムでは、従来のCG技術を応用した建屋内の歩行(ウォークアラウンド)、機器の搬出入・分解点検などの機能に対し、操作性の改善、表示の高速化を図るとともに、自動ビデオ録音機能を追加し、設計シミュレーションの内容充実およびプレゼンテーションの効率化を図った(図4参照)。

2.2.3 デザイン ルール チェック

デザイン ルール チェックは、計算機を利用した設計

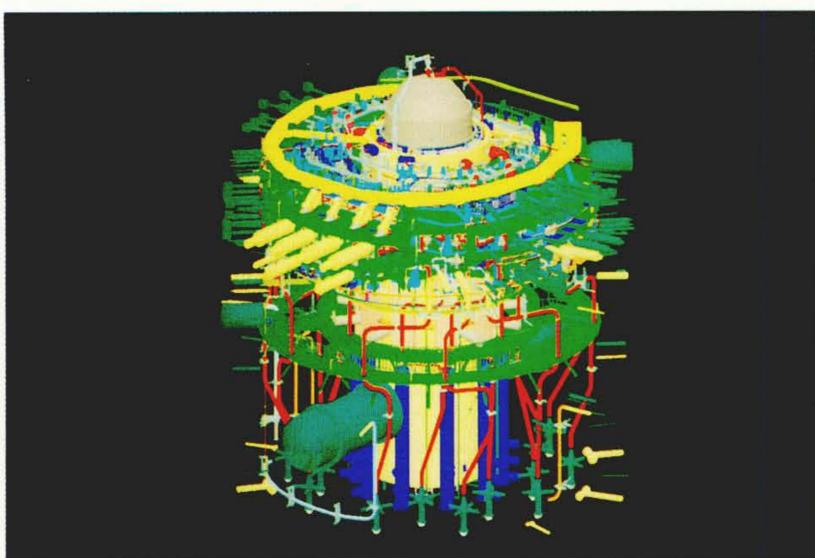


図3 ABWR原子炉格納容器内の3D-CADモデル
CG技術を縦横に駆使したリアルな表現の三次元モデルを用いることにより、総合調整、レビューを効率的に行うことができる。

者によるデザインレビューで、EDBを介して三次元空間に配置されている物体間の干渉チェック³⁾、および系統情報とCADモデルとの整合チェックを高速に処理する。その結果をビジュアルに表示することにより、レビューでの検討漏れを防ぎ、プラントエンジニアリングの信頼性および設計効率の向上を実現した。干渉チェック、整合チェックの結果を図5に示す。

2.3 電気計装設計CAEシステム

このシステムは、電気設計の単線結線図計画、段積み

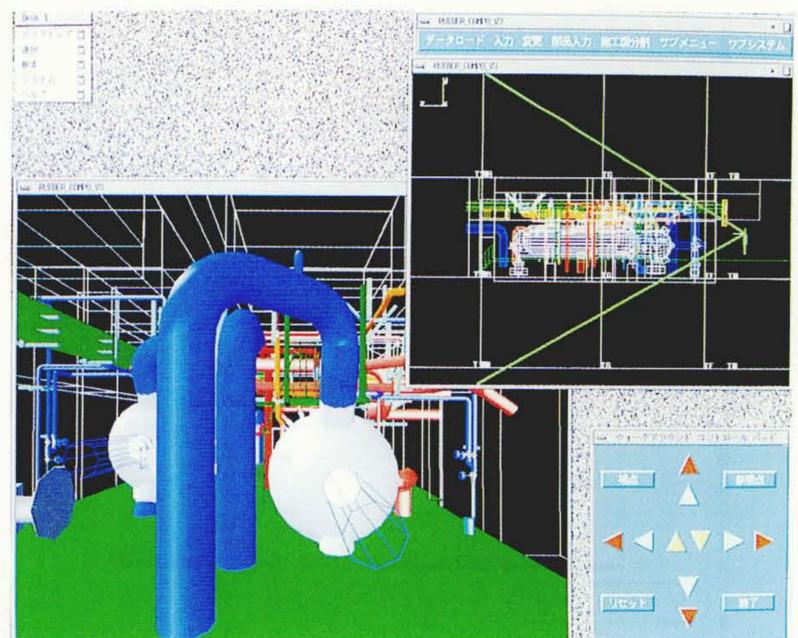


図4 ウォークアラウンドシミュレーション
人間モデルが建屋内から見た情景をダイナミックに表現する。人間モデルの視点の制御は、右下のコントロールパネルを通して行われる。

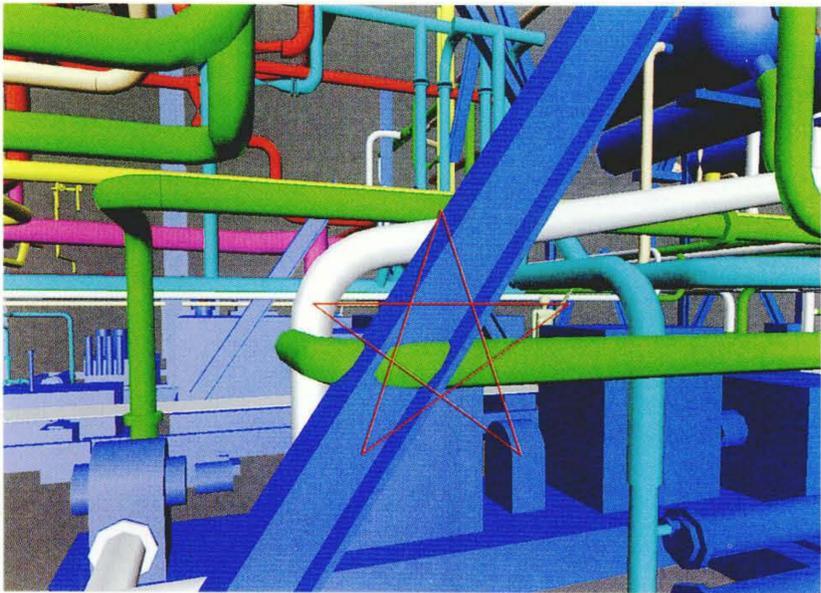


図5 干渉チェック結果の画面表示例
干渉が発生している部分には「☆」マークが表示される。

計画、シーケンス計画、ケーブルトレイなどの電路計画
施工設計や、計装設計の検出配管計画、計器リスト作成、
計装アレンジメント図作成などの各業務を分散処理環境
下で統合化した。

2.4 建設計画CAEシステム

建設計画CAEシステムは⁴⁾は、EDBに格納された設計
データ、物量データに基づいてエリア別詳細工程、全体
工程を立案する。このシステムは、自動山積み標準化ア
ルゴリズムに基づいて、建設工事が円滑に進むように工
程計画を最適化する機能を向上した。

今回実現した自動平準化機能では、独自に開発した平
準化アルゴリズムをベースとして、数千工程にも及ぶ大

規模計画で求められる資源山積みの平準化を数十分とい
う短時間で処理し、最適解が効率よく探索できる。また、
探索する過程に制約条件が反映されるため、作業順序な
ど、計画段階で考慮すべき条件をすべて満たす計画を求
めることができる。作業人員のピーク平準化の例を図6
に示す。

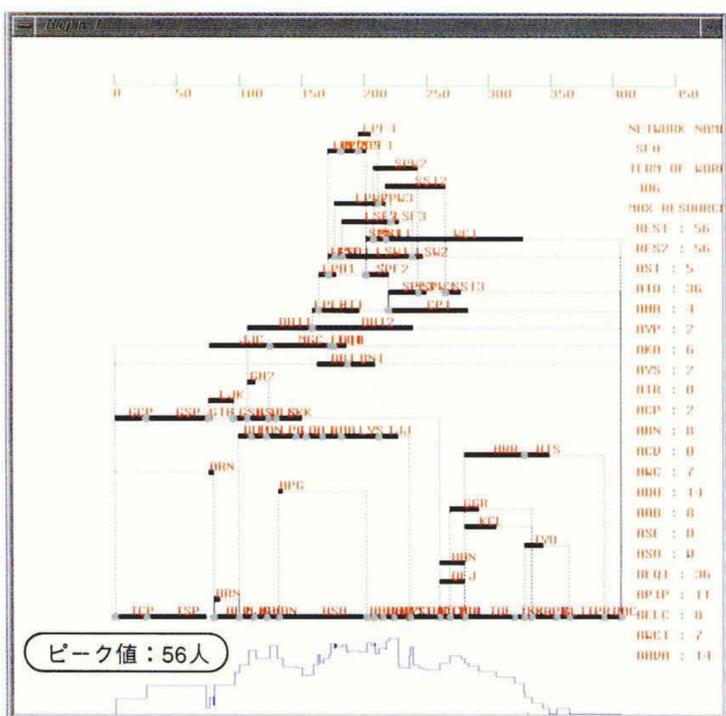
3 プラントCAEシステムの統合化

従来、原子力発電プラントのエンジニアリングプロセ
スでは、共通データの管理、各CAD・CAEシステムごと
での入出力データの作成・管理、重複データ入力などの
問題があり、それを解決するための図面・図書類の受け
渡し、技術会議による相互調整などに多大なマンパワー
を要していた。

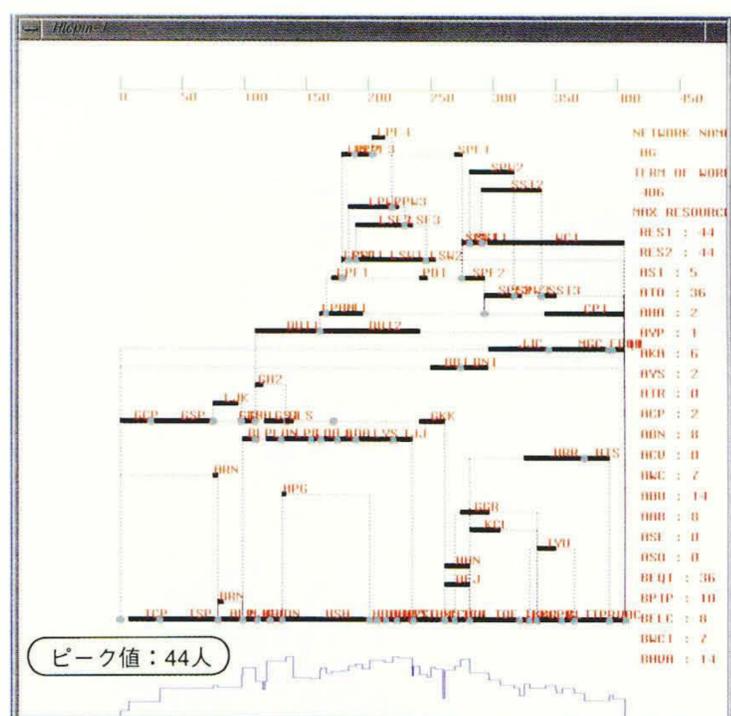
今回開発したプラント統合CAEシステムでは、EDBを
中心に電子データを有機的に連係させることによって諸
問題を解決し、エンジニアリングの品質・情報正確度、
および生産効率を大幅に向上させた。

3.1 統合エンジニアリングデータベース

統合エンジニアリングデータベースは、プラント基本
計画から施工設計、建設に至るすべてのデータの一元管
理により、コンカレントエンジニアリングを実現するも
のである。特に、上流での設計変更は下流設計の広い範
囲に影響を与えるため、図面やデータの改訂管理機能の
ほか、設計進捗情報の管理機能、管理情報のビジュアル表
示機能、きめ細かなデータチェック機能などを持っている。



(a) 平準化前



(b) 平準化後

図6 設計計画CAEシステムの出力例
エリア工程の山積み自動平準化により、ピーク値が20%減少したエリア工程計画を作成できた。

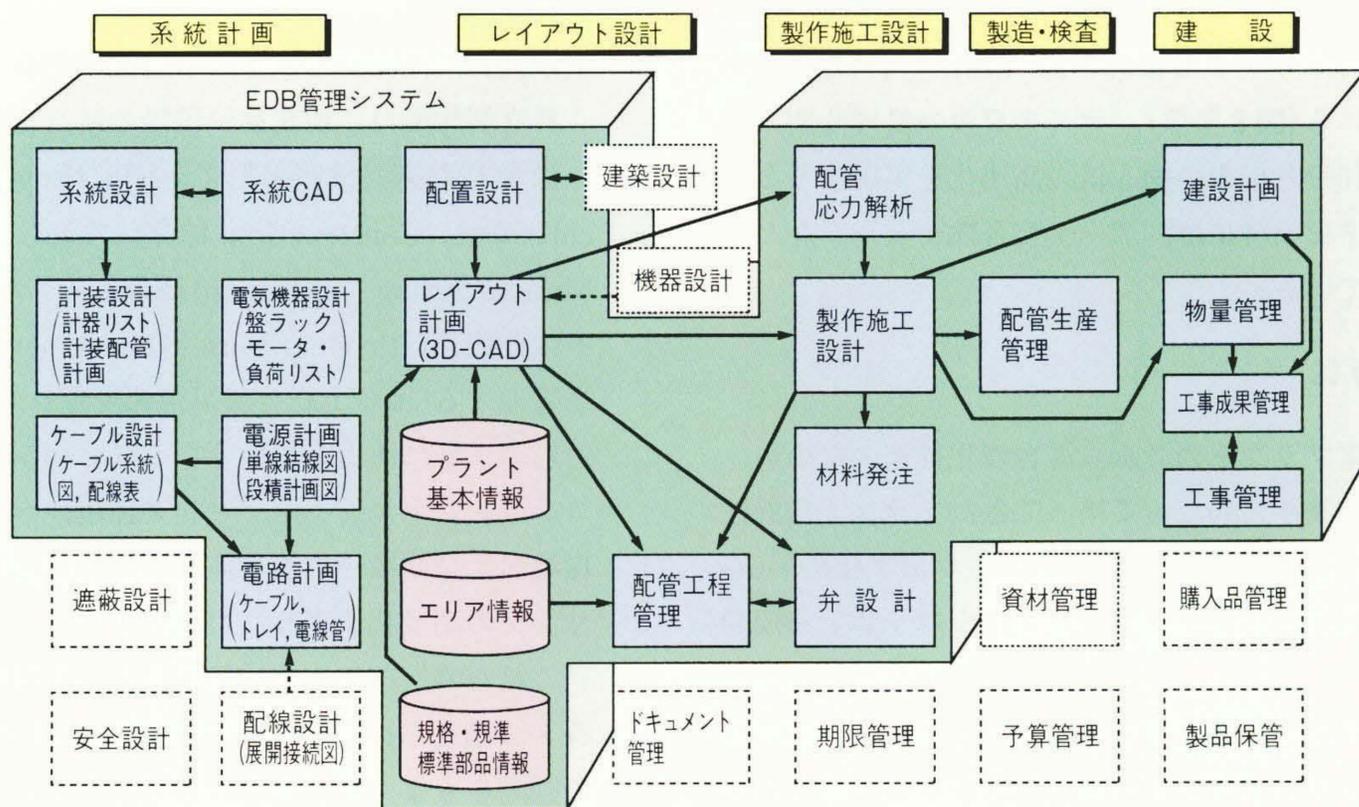


図7 プラントCAEシステムの統合化
 プラントCAEシステムは、系統設計から建設までの各CAD・CAEシステムを、EDBを介して統合化している。

3.2 プラントCAEシステムの結合

このシステムは、図7に示すようにプラントエンジニアリングの系統設計、レイアウト設計から建設に至る各エンジニアリングを統合化の範囲とし、各CAD・CAEシステムとデータを一元管理するシステムで構成する。

従来、各システムは独立したシステムとして運用されてきたが、EDBを中心に物理統合、論理統合、データ伝送による統合化を実施した。

これらの統合化により、データの重複入力作業自体を無くすとともに、データ不整合に起因する設計トラブルを低減し、エンジニアリングの品質および効率の向上を図った。

3.3 ネットワーク分散環境における運用管理

原子力発電プラントのエンジニアリングは、工場、関連会社、建設所などの分散環境下で同時併進的に実施されている。関連会社などの分散データベースは工場の中

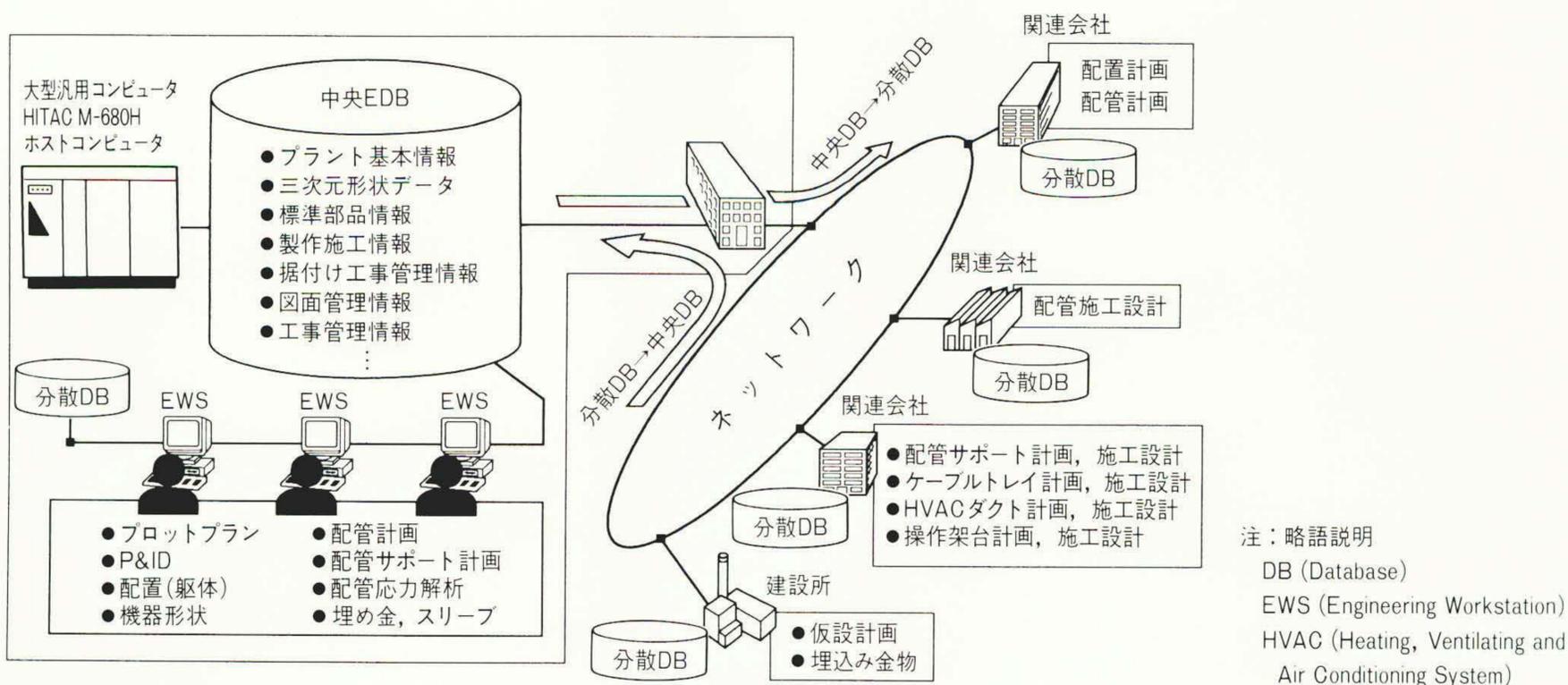


図8 EDBを中心としたネットワーク構成
 工場、関連会社、建設所での設計データは、ネットワークを介して中央EDBで一元管理している。

注：略語説明
 DB (Database)
 EWS (Engineering Workstation)
 HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning System)

央EDBとネットワークで接続され、設計データの自動交換を行っている(図8参照)。データ交換の処理時間は建屋当たり約10分と従来の約5倍の高速化を実現するとともに、データ交換時には、データ整合性チェックなども自動実行している。

4 おわりに

原子力発電プラントの計画設計合理化推進のために、日立製作所が長年にわたって培ってきたプラント設計技術と、EDBを中核とした最新のソフトウェア技術・CG技術を取り入れた「プラント統合CAEシステム」を開発した。

このシステムを実機プラントの計画・設計に適用することで、エンジニアリングの効率およびデータ精度の向

上が図れ、高品質なプラント建設が期待できる。

日立製作所は、現在第一段階の統合化からさらに範囲を拡大した第二段階として、EPC(Engineering, Procurement, Construction)総合システム、DMI(Design, Manufacturing, Inspection)総合システム、総合データベースとPDM(Product Data Management)によって情報を管理する「原子力総合製品情報管理システム(HIPDM-21)」の構築に注力している。これらのシステムによってコンカレントエンジニアリング環境、ペーパーレス業務環境および建設一貫管理体系の実現を図り、エンジニアリングの高度化に寄与したい。

これらのシステムの構築にあたっては電力各社のご指導・ご協力を得ながら、世界標準システムCALS, STEPの動向をもよく見て参考にしていきたい。

参考文献

- 1) 好永, 外: 3次元プラントレイアウト計画CADシステム, 日立評論, 68, 4, 325~330(昭61-4)
- 2) 川端, 外: マルチ・パス・レンダリング法を用いた高速画像生成手法, 情報処理学会研究会資料, グラフィックスとCAD, 57-6, 39~46(1992)
- 3) 角田, 外: 原子力発電プラントの配置・配管設計システムの改良, 日立評論, 62, 9, 679~684(昭55-9)
- 4) 好永, 外: 原子力発電プラントコンストラクションCAEシステム, 日立評論, 72, 10, 991~1002(平2-10)