

ユーザーニーズに対応する情報制御システム技術

Control and Information Systems Fulfilling Various Needs of Thermal Power Stations

大熊 栄一
OHKUMA Eiichi

有井 達夫
ARII Michio

独立系発電事業者(IPP)参入と電力小売自由化とに代表される、電力業界を取り巻く環境の変化は、火力発電所の運転・監視・管理を行う情報制御システムにも大きな影響を及ぼしており、従来のように、高信頼・高機能だけを追求・実現していたのでは、変わりゆくユーザーニーズを満たすことは不可能になってきている。

このような環境の下、当社は、発電所の高効率・低コスト運用を実現するために、汎用システム技術や、無線情報技術、更には高度制御技術など広範なIT(情報技術)を取り入れながら、時代のニーズに適したシステムの提供を目指している。

Deregulation of the electric power industry in Japan is exerting a major effect on information and control systems for power plant operation, monitoring, and management. This is resulting in various needs and difficulties in obtaining customer satisfaction by conventional methodologies for achieving high reliability and high performance.

As a leading supplier of information and control systems for power plants, Toshiba is continuously making efforts to provide solutions and realize high-efficiency and low-cost operation by introducing the latest information technologies including mobile and Internet technologies.

1 まえがき

IPPの参入や電力小売自由化などにより、発電事業を取り巻く環境は急速に変化している。このような環境のなか、発電電力の大部分を担う火力発電は、ピーク負荷対応、負荷追従性の確保など、その重要性をますます増していくと予想される。

更に最近では、建設後20年を超える経年火力も増加する一方、年々性能向上が図られるコンバインドサイクル火力の建設が増えており、効率や出力などの特性が異なる発電ユニットが混在する発電所が多くなっている。

火力発電プラントの発電効率はユニットごとに異なり、また、各ユニット効率も運転負荷に応じて変動する特性を持っており、全体としての効率を高めるために運用コストの安いユニットを優先的に運転することが基本となっている。この結果、プラントごとに運用パターンが分化してきている。すなわち、新鋭の高効率の石炭火力ユニットは高負荷の連続運転が多くなり、起動/停止の容易な液化天然ガスLNG)火力ユニットでは、頻繁な起動/停止、負荷変化が行われる。建設から年数の経過した石油火力ユニットは効率も低く、夏のピーク時だけ運転されるケースが増えている。

2 プラントの分化に対応したシステムソリューション

上述のようなプラントの性質の分化や統合化の動きに対

応して、情報制御システムに求められる特徴も分化してくる。新鋭火力ユニットや石炭火力ユニット向けのシステムでは、連続運転のためにシステムの信頼性が最重要となる。一方、頻繁に起動/停止が行われる経年火力ユニットでは、必要ときに確実に、しかも短時間で起動できるシステムが運用効率向上に寄与することになる。

このように、対象となるユニットの稼働率/利用率などの推移を反映した提案とメリットの定量的な提示が重要である。単に情報制御技術だけでなく、プラントの構成・特性・運用などを総合的に評価することが必要となり、メーカーとしての総合的なシステムソリューションが求められる(図1)。



図1. プラント分化に対応したシステムソリューション 対象プラントの分化に応じ、様々な観点からのソリューションが求められる。
System solutions fulfilling various plant needs

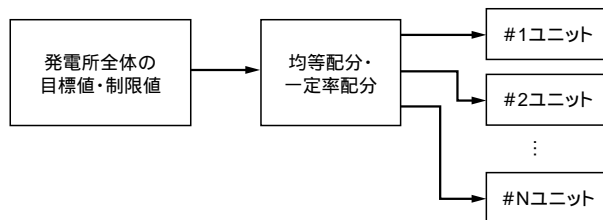
これらのシステムソリューションの中では、最新のITを効果的に活用している。ITの代表は、最近ではインターネット技術、モバイル技術、マルチメディア技術などが一般的である。当社では、このようないわば使い慣れた技術から、データマイニング技術やナレッジマネジメント技術といった、今後のIT戦略の中で差別化のキーとなる技術、更には最新のプラント制御理論を実プラントに応用する技術まで、効果的に組み合わせてシステム化を実現している。以下に、いくつかのシステム例について述べる。

3 火力発電所の経済運用システム

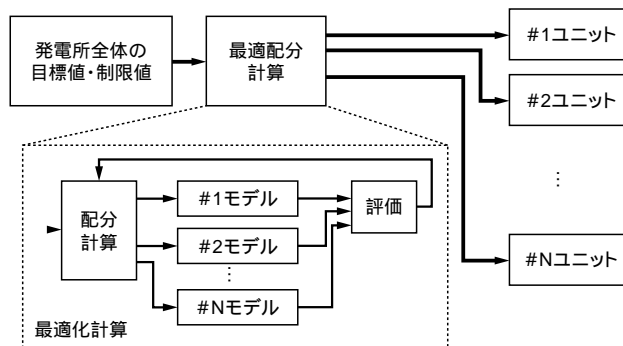
当社では、個々の発電ユニットの運用や経済特性に見合ったコストの削減・改善システムや、それらを踏まえたくえで複数の発電ユニットの運用や性能特性に着目して、トータルコストの低減を行う経済運用システムを提案している。前者の例としてはアドバンス脱硝制御システムや補機VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) システムが、後者の例としてはグループ最適制御システムや運用集中化システムがあるが、ここではグループ最適制御手法を負荷制御に応用したシステムについて述べる。

グループ最適負荷制御システムでは、これまでの手法とは異なり、各ユニットの効率特性の差異や制約を積極的に考慮して、グループ全体の発電効率が最高になる最適制御を実現している(図2)。ユニットごとに異なる熱効率曲線を基に、総発電目標値と各ユニットの出力制限を制約条件として、総燃料消費量が最小となるような各ユニット出力制御の最適解を求めている。

4ユニットから成る発電所にグループ負荷制御で最適化を図った例を図3に示す。各ユニットが900・1,000 MW近辺



(a)従来のグループ制御



(b)グループ最適制御

図2. グループ最適制御システム 従来は均等配分していた制御をユニットごとに最適配分する。
Concept of group control system

で図3(a)に示すような効率特性を持つ場合、3,600・4,000 MWの出力指令値に対応する各ユニットの出力は図3(b)のようになり、燃料消費量が図3(c)のように最大で約0.7%低減できている。この例では、定格負荷近辺だけに最適化の範囲を限定しているが、効率低下の度合いが大きくなる部分負荷領域にまで最適化の範囲を広げれば、その効果は更に拡大されることが期待できる。

将来的に発電所運用の独立性が強まり、各ユニットに対す

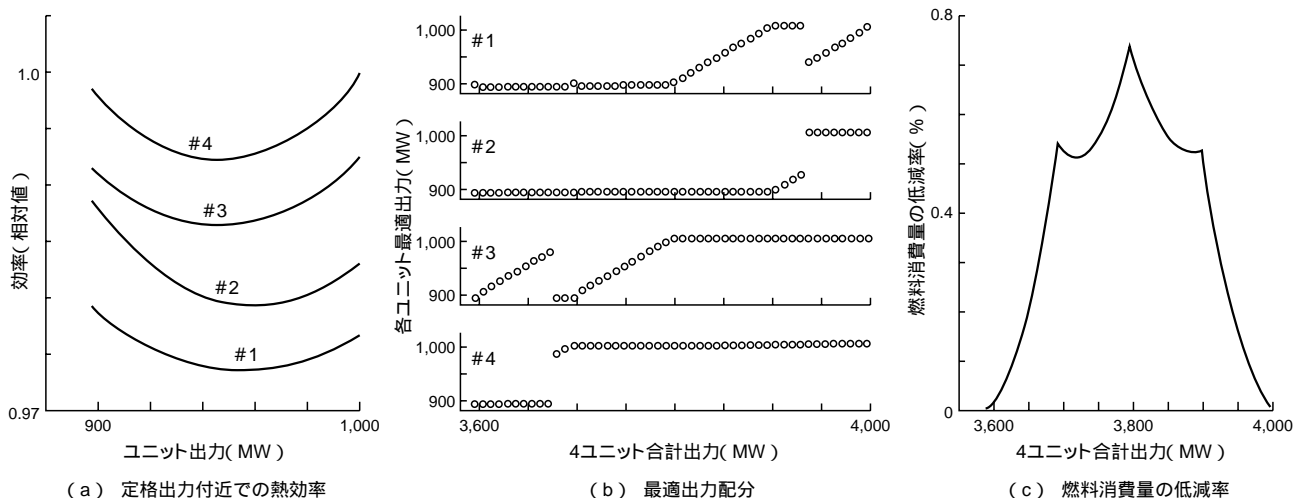


図3. グループ最適負荷制御 異なる効率特性を持つ4ユニットにグループ最適制御を適用することで、燃料消費を削減できる。
Optimized group load control applied to 4 units of power plant

る負荷指令値が系統運用側から直接与えられる現行方式から、発電所の全ユニットータルとして、あるいは複数の発電所グループに対する負荷指令が与えられる方式に移行されるようになると、グループ最適負荷制御方式は即効性のある経済運用手段と言える。

4 事業用火力発電設備の監視制御システム

公益事業という性格上、電力供給信頼度の維持は最重要課題であるが、発電設備の信頼度に監視制御システムの果たす役割は極めて大きく、制御装置や計算機の信頼性は高いものでなければならない。

当社は、1997年に電気事業の新時代にこたえる火力監視制御システムとしてGSXP™シリーズを開発し、以降もユーザーの合理化ニーズにこたえる拡張開発を進めてきている。

4.1 火力発電設備の監視制御システム

火力監視制御システムとしてGSXP™シリーズの最大の特長は、最新のデジタル技術を採用した計算機、制御装置を用い、分散システムを実現したことである。これにより、火

力発電プラントの運用パターンに合わせた最適な監視システム構成を実現している。

大容量石炭火力プラントの監視制御システムのシステム構成例を図4に示す。このプラントは、ベース運用を基本としているために、従来は二重化していた計算機システムのうち、プラントの起動/停止を制御する自動化サーバをシングルとした。また、制御装置においても、専用基板を用いた制御装置本体と各制御装置が接続されるタービンネットワーク間の伝送コントローラのハードウェアをシングルとした。使用頻度に応じた信頼性が確保できれば、費用対効果を考えるとシングル構成で十分という考え方による。いずれも、システム全体の費用と信頼性が最適になるよう考慮したシステムである。

近年のソフトウェア技術の発展に伴い、マンマシンシステムにはポップアップウィンドウを採用している。これにより警報監視やトレンド監視が迅速かつ効率的に行えるようになった。そのため、従来の操作監視盤(BTG(Boiler, Turbine and Generator)盤)に比し盤幅を大幅に縮小する、あるいはBTG盤を廃止し大型スクリーンだけの監視とするプラ

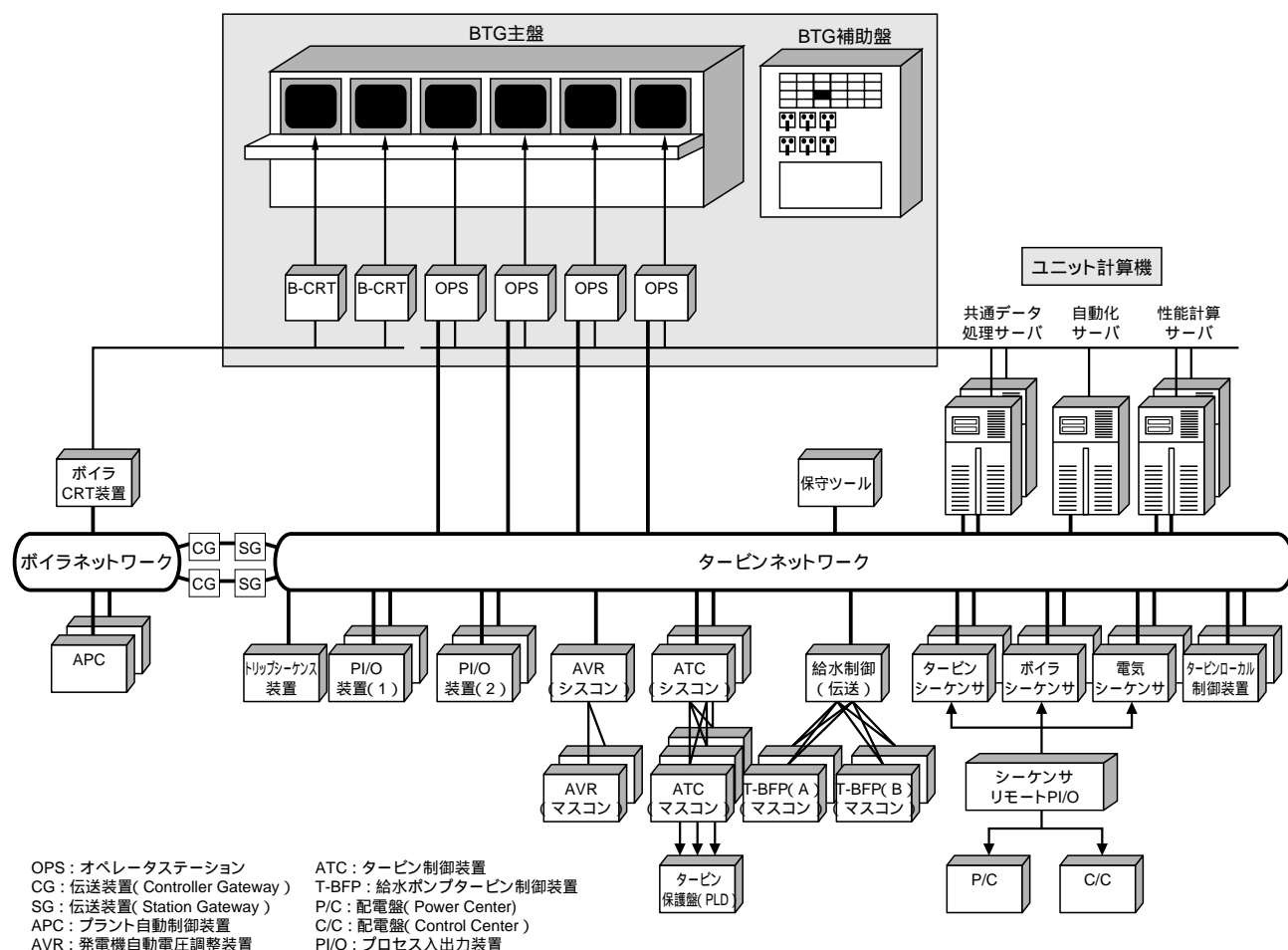


図4 . 新鋭火力発電所の監視制御システム 石炭焚(だき)ベース負荷ユニットの例を示す。

Example of control system configuration applied to latest coal-fired power plant

ントもある。これにより、中央操作室の面積も小さくなる。既設ユニットの中央操作室に、増設機の中央操作室の機能を追加するケースもある。

更に、従来のCRT(画像表示装置)タッチオペレーションに加え、マウスによるオペレーションを採用するユニットが増え始めた。近年、インターネットをはじめとしているいろいろな場面でパソコンを操作する機会が増したため、マウス操作を採用することで、監視制御システムは使いやすさと親しみやすさを増したシステムとなっている。最新鋭コンバインドサイクル発電プラントの中央操作室の写真を図5に示す。



図5.最新鋭コンバインドサイクル発電プラントの中央操作室 CRTタッチオペレーションに加え、マウス操作を採用し使いやすさを増している。

Central control room of latest combined cycle power system

4.2 既設監視制御システムの更新技術

既設監視制御システムの更新においては、従来の“信頼性と経済性”という観点に加え、最近では“設備投資削減と工期短縮”という観点が特に重要視されるようになった。このようなユーザーニーズにこたえるため、当社では様々な工夫と技術開発を進めている。実際に適用した場合の効果を交えて以下に述べる。

- (1) 全自動化制御用計算機システム更新 計算機システム更新にあたっての従来の方法は、入出力ケーブルを接続する中継筐体(きょうたい)も含めて、システム一括更新が主流であった。システムとしての規模がいちばん大きい全自動化計算機の場合では、そのための工事期間は4～5か月を要していた。これは、スペースの限られた中継筐体の内部で行われる、入出力ケーブルの解線作業とその事前準備、及び盤更新後のケーブル再接続作業が、人員投入では解決できない工程上のネックとなること、また、再接続後のケーブル接続確認が引続き1点1点行われ、次のクリティカルパスとなることが大きな原因である。

当社ではこの点に着目し、最近ではシステム更新時に既設の中継筐体を流用する方式を提案している。その効果は劇的で、ケーブル解線・再接続がなくなるだけでなく、その後の接続確認までが不要となり、その他の手法と組み合わせることで、品質レベルを維持したまま工事期間を標準で3～3.5か月まで短縮可能としている。

- (2) フルレプリカ型運転訓練シミュレータの更新 運転訓練シミュレータの更新は、発電ユニットの定期点検に相当するまとまった工事期間が与えられないことから、できるかぎり短期間で終了することが必須条件となる。この観点からは、工事絶対量そのものの削減がもっとも有効である。そのためには、上記で述べたようなケーブルを解線せず流用する手法も当然採用される。また、シミュレータ計算機の性能向上に伴い、従来2台のCPUで処理していた機能(動特性モデル計算、ロジックモデル計算、監視盤インタフェース)を1台のCPUで実現することも、低コスト化だけでなく工事量削減の観点から採用されている。

このほか、シミュレータの場合に不可欠なチューニング作業も、既設で実証されたモデルをソースコードレベルで移植することにより、最小限にとどめている。これは、コスト圧縮と工期短縮につながるだけでなく、リードタイムの大幅削減にも寄与しており、CS(顧客満足度)向上につながっている。

5 火力発電所の業務支援システム

ここ数年の情報処理分野では、パソコン(PC)やLANを中心に高速・高性能なハードウェアがより身近になり、インターネット技術や無線技術などの新しい技術が広く普及している。また、それらをツールとして活用するITの日常業務活動への適用が、官民挙げての目標となっている。発電所の技術業務を支援するシステムは、これらの新しいITを活用して業務を効率化し、設備保守費の低減を図るための情報支援を行うものである。

業務支援システムは、プラントの効率や運転履歴データを扱う管理用計算機システムと、設備の保守データを扱う設備管理システムとを中心に、発電所の技術業務に応じた各種支援システムに分類される。以下に、代表的な業務支援システムの構築事例について述べる。

5.1 管理用計算機システム

管理用計算機システムは、火力発電プラントの運転状況把握を目的として、ユニット計算機や共通設備計算機などからリアルタイムで送信される運転データを、履歴データベースとして長期保存する。このデータを用いたプラントの運転状態把握や性能値分析などにより、経済的・効率的な運転を支援する情報を提供する(図6)。

標準機能(Web)
履歴データ検索 現在値トレンド 帳票作成
専用機能
起動停止損失計算 性能試験記録 発電実績管理 運転データチェック, など

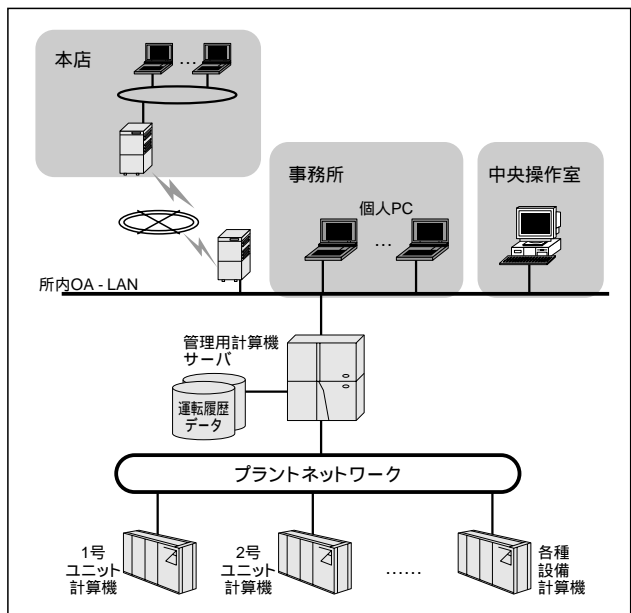


図6. 管理用計算機システムの構成例 ユニット計算機から収集・収録したデータを事務所端末で活用できる。

Typical system configuration of historical data management system

- (1) プラント運転状況把握のための支援機能
 - (a) ユニット計算機からリアルタイムで送られる運転データを用い, その時点でのプラント効率の変動要因を解析し結果を提供する。
 - (b) 長期間収録された運転データから, 分析に必要なデータ, 異常兆候を示すデータなどを迅速に抽出し, その情報を活用して設備の傾向管理を行う。
 - (c) ヒートバランス・効率計算によるプラント性能解析及び統計処理によるプラント特性解析を行う。
- (2) フレキシブルなシステム構築
 - (a) 所内ネットワークやそれに接続されている個人OA端末を共用するなど, 発電所の資産を有効活用する。
 - (b) 運転履歴データ検索, トレンド表示など, 発電所内で一般的に頻度多く利用される機能については, インtranet技術を適用してブラウザによる情報提供を可能とし, 機能プログラムの個々の端末へのインストール作業をなくすなど, システム運用面でのTCO (Total Cost of Ownership) 削減に配慮している。
 - (c) PCサーバによるコンパクトな構成や, EWS (Engineering WorkStation) サーバを複数台設置した分散型構成など, ユーザー規模に合わせて最適なシステム

ムを構築する。

- (d) 分散オブジェクト技術を適用し, ネットワーク全体を一つのコンピュータシステムとみなす仕組みを活用することで, 経済性と新しい技術を効果的に適用する。

5.2 日常補修作業管理システム

発電所設備の保守についての日常作業全般を支援している。携帯端末を現場の巡視に携行して機器の状態や計器データを採取し, 結果の取込みと処置を行う機能を提供する。一方で, 日常発生する補修作業の業者への依頼から検収までの一連の手続きを, ワークフローにより電子化している。

5.3 点検作業支援システム

点検作業や巡視時のデータ採取を支援するものとして, 89年に東芝パトロールシステム (PATSYS™) を開発して以来, 発電設備のほか, 産業プラント設備などに広く使用されている。現在は, 小型軽量PDA (Personal Digital Assistants) 機器による, 作業着ポケットサイズを実現したバージョン3.3をリリースしている。

6 あとがき

今後も, 火力発電所での発電コスト低減のため, 最新の情報制御システム技術を積極的に取り入れた総合的な改善を提案していくことが, われわれにとってますます重要になってくると考えられる。

今後とも, ユーザーの立場に立って, プラントメーカーとしての経験・知見を生かし, 時代のニーズにマッチしたシステムを提供していく所存である。

文 献

- (1) 福田 浩. 火力発電をめぐる事業環境と情報制御システム. 東芝レビュー. 55, 6, 2000, p.30 - 32.
- (2) 田中俊彦, ほか. 火力発電所の経済運用システム. 東芝レビュー. 55, 6, 2000, p.33 - 36.
- (3) 成田寛行, ほか. 事業用火力発電設備の監視制御システム. 東芝レビュー. 55, 6, 2000, p.37 - 40.
- (4) 大谷圭子, ほか. 火力発電所の業務支援システム. 東芝レビュー. 55, 6, 2000, p.45 - 48.



大熊 栄一 OHKUMA Eiichi

電力システム社 火力事業部 改良保全技術部グループ長。
火力発電プラントの情報制御システムエンジニアリング業務に従事。

Thermal Power Systems & Services Div.



有井 達夫 ARII Michio

電力システム社 火力事業部 火力プラント技術部グループ長。
火力発電プラントの情報制御システムエンジニアリング業務に従事。

Thermal Power Systems & Services Div.