

アドバンスト監視制御システム—21世紀に向けての情報制御技術の展開

Advanced Control and Monitoring System—Development of Information and Control Technologies toward the 21st Century

河井 研介
K. Kawai

瀧澤 洋二
Y. Takizawa

渡辺 慎二
S. Watanabe

火力発電を巡る環境は、プラント形態の多様化や設置後、長期間経過した経年設備への対応に加え、特に経済合理性の追求が急務となっている。これらを踏まえ、当社は先進技術を適用し、コストパフォーマンスに優れた火力情報制御システム GSXP_{TM} (Global System for neXt Power Plant) シリーズを開発し発表している。一方、21世紀に向かってコンピュータはより高速化、ダウンサイジング化するとともに、オープン分散化がますます進むと考えられる。そこで、人間とコンピュータ間のコミュニケーションをさらに向上し、アドバンスト制御技術を取り入れたより安全で運転しやすい監視制御システムの計画を行っている。同時に、トータルデザインに基づき、運転員と監視制御システムが一体となって最大限の能力を発揮できる中央制御室の検討も進めている。

In the fossil-fuel power plant environment, economic rationality is strongly required in addition to measures to cope with the diversity of plant types and aging plants. To meet this demand, Toshiba has developed the highly cost-effective GSXP_{TM} series information and control system incorporating state-of-the-art technologies.

Toward the 21st century, we plan to develop advanced control and monitoring systems by improving communication between humans and computers through advanced control technologies. Based on our total design concept, we will also develop control rooms in which the operators and the control and monitoring systems are harmonized to maximize their efficiency.

1 まえがき

火力発電を巡る環境は、プラント形態の多様化や経年設備の安定運転が求められており、特に経済合理性の追求が急務である。これらを踏まえて、情報制御システムには、プラント運転の合理化、設備管理の高度化をはじめとして、近年は計画の初期段階からシステムの簡素化が求められている。同時に、従来からの強いニーズである信頼性向上に加え、運転のしやすさ、保守のしやすさに配慮したシステムが求められている。

当社では、上記のニーズにこたえ、さらに21世紀にもつながる火力情報制御システムとしてGSXP_{TM}シリーズを開発し、新設あるいは改良保全をはじめとしたあらゆる形態の火力発電プラントに適用している⁽¹⁾。

ここでは、プラント運転にかかわる監視制御システムのニーズを整理したうえで、当社の考えている21世紀のアドバンスト監視制御システムの計画および開発コンセプトを紹介する。

2 監視制御システムのニーズ

監視制御システムは、火力プラントの運転に関する重要なシステムであり、これまで自動監視制御盤の導入による全自動化プラントの実現やマンマシンの高度化が図られ

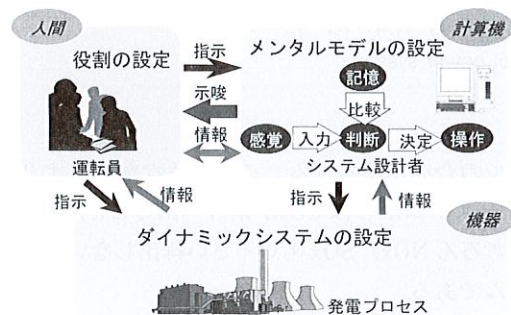


図1. 人間・計算機・機器間のインタラクション 指示・示唆・情報交換の各レベルを区別したインタラクションが必要である。

Interaction among human, computer and machine

てきている。このような監視制御システムの発展過程を踏まえて、21世紀のあるべき姿を考える場合、次の観点を明確にすることが重要である(図1)。

- (1) ダイナミックシステムの設定 監視制御の対象である発電プロセスの形式が、どのように構成されるようになるのか。
- (2) メンタルモデルの設定 運転員のプラントに対するメンタルモデルを、どのように設定した上で監視制御システム自身を構成するのか。
- (3) 役割の設定 運転員にはどのような役割を期待するのか。

さらに、21世紀におけるコンピュータはどのように進化発展していくのかを想定する必要がある。

これらを総合的に検討すると、運転および環境保全性をより向上させるアドバンス制御技術と最終的な意思決定者である運転員の判断を支援するために、さまざまな示唆を与える機能が必要と考えられる。このことは、従来からある監視、判断、操作を高度化するだけでなく、対話性にも優れた監視制御システムが求められることを意味している(表1)。

さらに、このニーズを最終的に一つの監視制御システムとしてまとめるため、運転員と一体となって監視制御システムの機能が最大限に発揮できる中央制御室のトータルデザインが要求される。

表1. 21世紀の監視制御システムに求められるもの
Requirements for control and monitoring systems toward the 21st century

| | |
|----|----------------------------|
| 制御 | アドバンス制御により運転・環境保全性を向上 |
| 監視 | ダイナミックプラントの運転状態を迅速に把握 |
| 操作 | 高信頼・高効率のオートメーションを実現 |
| 判断 | プラント情報に基づき運転員をタイムリーに支援 |
| 対話 | 運転員とコンピュータとの高度なインタラクションを実現 |

3 アドバンス監視制御システムの計画

ここでは、当社の取り組んでいるアドバンスシステム技術の適用例として、“制御”、“操作”、“対話”の各サブシステムに対応した三つの事例を紹介する。

3.1 運転・環境保全性を向上するアドバンス制御技術

事業用コンバインドサイクル発電プラントの排煙脱硝制御系に、火力発電分野では初めてモデル予測制御技術と多変数制御技術を試験的に適用したものである⁽²⁾。これは、NOx周りの制御ループに、モデル予測制御と多変数制御を適用することによってむだ時間と干渉を補償し、NOx値の変動が従来の約1/5となった例である。

3.2 起動時間を短縮するスケジューリング技術

この技術は、タービンロータの制限熱応力を守りながら、点火から定格負荷までの起動時間を短縮することを目的としたもので、シミュレーション結果からは、ウォームモードで243分の設計値に対し、約30分の短縮が可能であることが示され、オンライン計算化のめども立っているものである⁽³⁾。

起動スケジューリングとは、タービン加速率、発電機増負荷率などのパラメータを計算し、ボイラ点火から発電機

定格負荷到達までの時間の最短化を図ると同時に、起動過程に発生するタービンロータの最大熱応力を制限熱応力内に抑えることである。起動スケジューリング問題はこのような制約条件付き最適化問題として表現でき、目的関数には起動時間が、制約条件には起動スケジュールパラメータと最大熱応力の制約がそれぞれ対応している。最大熱応力は、タービンダイナミックモデルを用いて、起動過程のシミュレーション計算によって求めることができる。

ここで採用した最適化のアルゴリズムは、GA (Genetic Algorithms: 遺伝的アルゴリズム) と呼ばれるものである。GAは自然界の進化過程を模擬し、交差、突然変異、選択という三つの操作を繰り返しながら、最適解の探索を行う手法で、ここでは、探索の効率化を図るため、強制操作という手法も導入している。図2に示すように、円内を制限熱応力以下の起動スケジュール空間、円外は制限熱応力以上の起動スケジュール空間とすると、最適起動スケジュールはこの境界上に存在することが知られている。ここで、境界に沿った探索は、最適解を見逃すことなく、効率的であると考えられる。強制操作はこのような考えかたに基づいて導入されたものであり、GAにより生成された起動スケジュールを境界近傍に強制移動させる。

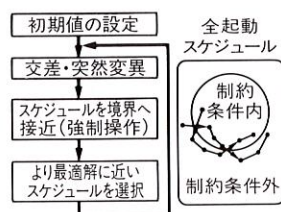


図2. GAを適用した起動スケジューリング 制約条件を満足させる、最適解に近いスケジュールを迅速に作成する。

Application of genetic algorithms (GA) to planning of startup schedule

3.3 高度なインタラクションを実現するマルチエージェント技術

システムが分散化するに従い、21世紀には、マルチエージェント技術がますます発展するものと期待されている。ここでは、エージェント技術を適用したプロセス情報ナビゲータの事例について述べる⁽⁴⁾。

図3では、給水ヒータの状況説明を求めた運転員に対し、擬人化したナビゲータは、まず関連パラメータのトレンドのほか、プラント全体のヒートバランスを監視するための運転状況(抽象レベル)画面(ランキンサイクルと呼ぶ)を提供している。次に2系列ある給水ヒータの一方が異常のとき、この系列を隔離して正常な片系列で運転しようとする運転員に対し、操作手順と事前に対応を予測するためのシミュレーション用画面を提供する。このように、このプロセス情報ナビゲーションでは、対話における主導権が、運転員の理解状況に応じて、人間とコンピュータ間でダイ

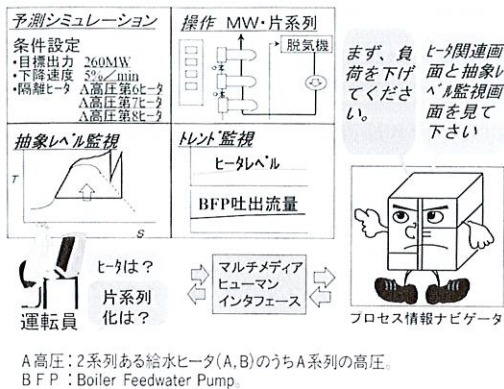


図3. プロセス情報ナビゲータとCRT表示例 給水ヒータ異常時の対話例であり、対話の主導権が移行する。

Example of CRT display and dialog between operator and process information navigator

ナミックに移行することができる。

したがって、このようなシステムがステップバイステップで実用化されると、最終的には、設計時点で想定されていなかった事態が発生したとしても、それへの対応が可能となるシステムの実現が期待できる。

4 次世代中央制御室のトータルデザイン

これまで述べてきた監視制御システムが、運転員と一体となって最大限に機能するためには、人間と、発電所の運用、中央制御室の環境、プラント機器との関係における課題を、システム計画の初期段階から総合的に検討していく必要がある⁽⁵⁾。

一方、中央制御室のコンパクト化やCRT (Cathode Ray Tube) 化は今後ともさらに進展すると思われるが、従来 BTG

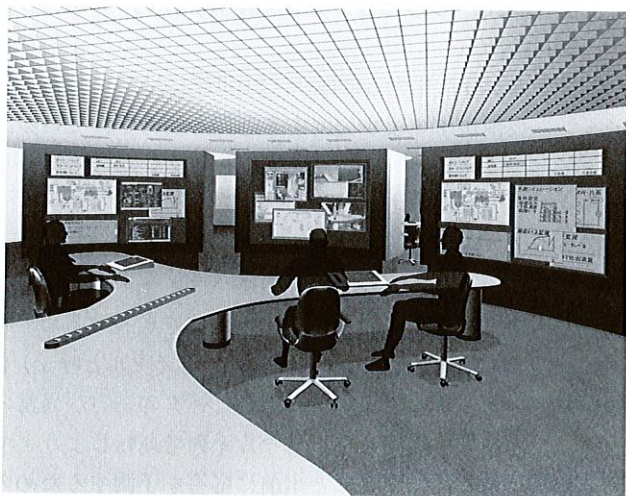


図4. 次世代中央制御室のイメージ 人と監視制御システムが一体となり、最大能力を発揮する。

Conceptual illustration of next-generation control room

(Boiler Turbine Generator) 盤がもっていた利点は継続していく必要があると考える。例えば、大型表示盤にはプラントの運転状況に応じて最適な情報提供を行う可変表示に加えて、全体状況が常時同じ場所に表示される固定表示エリアを設ける必要がある。また、プロセス情報は、パターン認識など人間の得意とする能力を活用すると同時に、人間の情報処理能力の限界に配慮して提供することも重要である。さらに、人と人とのコミュニケーションをよりいっそう高めるため、運転員とサポート要員を大型表示盤を挟んで近接配置することも効果的であると考えられる。

以上、述べたコンセプトに基づきデザインした将来の中央制御室のイメージを図4に示す。

5 あとがき

今後、当社では、最新のアドバンスドシステム技術を駆使したシステム構築を行い、運転スキル(技術)が容易に習得でき、それらがメンタルモデルとして運転員の内面に構築され、その結果として、意思決定力がより向上することで、より安心して安定運転できるプラントの実現に注力していく。具体的には、プラント情報ナビゲーションなどの実用化を通じて、運転員のパートナーとなれるコンピュータシステムの実現を目指していきたい。

文献

- (1) 火力発電所情報制御システム特集, 東芝レビュー, 52, 7, pp.3-30 (1997)
- (2) 清水佳子, 他: 一般化予測制御によるコンバインドサイクル発電プラントの脱硝制御, 計測自動制御学会論文集, 32, 6, pp.912-920 (1996)
- (3) A. Kamiya, et al: Reward Strategies for Adaptive Start-up Scheduling of Power Plant, Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.3417-3424 (1997).
- (4) K. Kawai: Knowledge Engineering in Power-Plant Control and Operation, Control Eng. Practice, 4, 9, pp.1199-1208 (1996)
- (5) 伏屋信宏: ひろがる工業デザインの世界, Human with Technology, No.4, pp.92-104 (1997)



河井 研介 Kensuke Kawai

火力事業部 火力制御システム技術部部长。
 火力プラント情報制御システムのエンジニアリング業務に従事。IEEE, 計測自動制御学会, 日本人間工学会会員。
 Thermal Power Plant Div.



瀧澤 洋二 Yoji Takizawa

火力事業部 火力制御システム技術部主査。
 監視制御システムのエンジニアリング業務に従事。日本原子力学会会員。
 Thermal Power Plant Div.



渡辺 慎二 Shinji Watanabe

デザインセンター 産業情報システム担当参事。
 情報・通信・電力・産業システム関連事業のデザイン開発に従事。
 Design Center