

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.69 No.9

特集 “原子力電気計装技術”

'95 **9**



特集“原子力電気計装技術”

目次

特集論文

エックス線発見100年と原子炉	1
中沢正治	
電気計装設備の信頼性向上への取組	2
松宮正幸	
中央計装システムの信頼性向上	6
湯上邦夫・伊藤 徹・今瀬正博・北村雅司・大井 忠	
デジタル制御装置の信頼性向上	11
田中浩一・小倉啓七・北村 久・山脇雅彦・福光裕之	
放射線計装設備の信頼性向上	16
津高良和・片岡秀郎・榎田義一・犬島 浩・早川利文・星 純一	
電気設備の信頼性向上	22
木崎秀介・山川 勝・浦川仲夫・中島義博	
原子力プラント運転保安全管理システム	28
池田郁夫・山野八郎・津谷定廣	
プラント保守保全技術	33
宮原正敏・金沢昌史	
高温工学試験研究炉(HTTR)向け電気・計測制御設備	37
川路 結・川崎幸三・岩田 東・石田隆司・大槻隆一	
粒子加速器の制御システム	42
津村嘉彦・松尾慶一・丸山孝幸	
位置検出型放射線モニタ	47
岡 徹・池上和律・宇佐美照夫・津高良和・早川利文	

普通論文

知識ベース応用 デザインレビューシステム	51
長江雅史・滝 寛和・芹川一郎・稲田昭子・加藤之敏	
受配電設備の保全支援システム	55
佐々木文夫・酒井道雄・安部克茂・篠原秀雄・宇野正嘉	
42GHz 帯ハイビジョン番組中継装置用 MODEM	62
斉藤和夫・山本好彦・後藤哲雄	
ビジネスアプリケーション ソフトウェア開発環境“HYPERPRODUCE”	68
小山明伸・菅野幹人・藤原聡子・森山令子・杉本直也	

特許と新案

「短絡移行アーク溶接機」「低温液化ガス液面検出センサ」	73
「光ファイバ応用センサ」	74

スポットライト

プリントカード診断装置	75
三菱温湯暖房システム暖房用ボイラ“VKH-110KTシリーズ”	76
カーアクセサリ	77
FIFOメモリ M66256FP/M66257FPシリーズ	78
画像処理コントローラ M66335FP	79
統合情報制御システム“MELTAS-SP”	80
新形ハンドドライヤ“ジェットタオル”	(表3)

表紙

四国電力伊方3号機と計装制御監視設備

四国電力(株)伊方発電所第3号機(平成6年12月運転開始)は、これまでのPWRプラントの運転経験を踏まえ、様々な改良や先端技術を取り入れ、運転・保守面で使いやすく、かつ、より高度な安全性・信頼性の実現を図っている。

中央制御室には、改良形中央制御盤を適用し、計12台のCRTを設置して運転操作性の向上を図っている。また、補機制御室では補助系統設備の集中監視制御が行えるようになっている。

デジタル計装制御監視設備には、最新の32ビットマイクロプロセッサを適用し、信頼性の向上に加え高機能化を図っている。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”(SI第2段階(換算値方式)を基本)を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

アブストラクト

電気計装設備の信頼性向上への取組

松宮正幸

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.2～5 (1995)

当社は、1970年代の原子力発電技術導入以来一貫して、原子力発電所の運転信頼性向上、運転制御性向上に努めてきた。最近では、発電所全体の運用効率化と信頼性向上を目指し、中央計装設備、制御設備等の運転に直結した計装制御設備と、運転中・定期検査時の保守保全システムとを統合した発電所総合デジタル化システムの構築を進めている。

本稿では、APWR プラント、運転中プラントの電気計装設備の信頼性向上、予防保全への取組について述べる。

原子力プラント運転保全管理システム

池田郁夫・山野八郎・津谷定廣

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.28～32 (1995)

原子力発電所では、プラント運転保全管理業務の省力化・効率化を目的として業務支援する各種の運転保全管理システムの導入を図ってきている。

この論文では、運転保全管理システムの全体構想と運転保全システムの構成として実機納入した、運転情報を提供するプロセス監視用情報システム、プラント情報を伝送する発電所情報通信網、巡視目視点検の省力を図る移動式 ITV カメラによる監視システム、の機能概要を報告する。

中央計装システムの信頼性向上

湯上邦夫・伊藤 徹・今瀬正博・北村雅司・大井 忠

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.6～10 (1995)

原子力発電所中央計装システムにおける運転信頼性向上への取組として、最新プラントの CRT 主体監視中央制御盤、運転要領書提示による判断・意志決定支援、及び次期プラントにおける監視操作一体化・知識工学応用運転支援について紹介する。

また、既設プラントでの設備高度化についても述べる。

プラント保守保全技術

宮原正敏・金沢昌史

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.33～36 (1995)

原子力発電プラントの安全運転、設備稼働率の向上のための定期検査及び各種の予防保全活動を支えている各種管理システムやツール (MEL RAP-N、品質情報水平展開管理、定期取替部品管理、生産中止品・モデルチェンジ品管理、定検案件管理、定検作業所運営管理) について紹介する。

さらに、現在構築中の総合予防保全管理システムについても紹介する。

デジタル制御装置の信頼性向上

田中浩一・小倉啓七・北村 久・山脇雅彦・福光裕之

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.11～15 (1995)

実機プラントでの運用経験を踏まえ、先端技術を導入して信頼性・保守性・運用性を向上させ、原子力周辺計装に適用する汎用デジタル制御装置、新型 MELTAC-C を開発した。このシステムでは、汎用ソフトウェア技術やマルチメディア技術を用いて操作性向上を図った。

また、エンジニアリング機能の強化、I/O の無調整化によって保守性を向上させ、自己診断範囲の拡大、ソフトウェア変更の自動管理など信頼性を向上させた。

高温工学試験研究炉 (HTTR) 向け電気・計測制御設備

川路 喆・川崎幸三・岩田 東・石田隆司・大槻隆一

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.37～41 (1995)

日本原子力研究所が大洗研究所構内に建設中の国内で初めての高温ガス炉 (高温工学試験研究炉 (High Temperature Engineering Test Reactor: HTTR): 黒鉛減速ヘリウムガス冷却型原子炉で、熱出力は30MW) の電気・計測制御設備の仕様、及びその特長を述べる。

放射線計装設備の信頼性向上

津高良和・片岡秀郎・楳田義一・犬島 浩・早川利文・星 純一

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.16～21 (1995)

プラント監視強化のニーズが高まるなかで、放射線計装設備の信頼性向上開発を行っている。

プラントの監視性能を向上するため信号処理装置のデジタル化開発を行い、アナログ設備をリプレイスした。また、安定性が向上するドリフト補償式放射線検出器、及び信頼性が高く長寿命の半導体検出器の開発を行った。さらに、白色性検定、異常信号分別、音響診断等の診断技術の高度化と異常診断支援システムの開発を行っている。

粒子加速器の制御システム

津村嘉彦・松尾慶一・丸山孝幸

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.42～46 (1995)

粒子加速器の制御系には、CPU 等ハードウェアの性能向上に柔軟に対応できるオープン性に加えて、高速のデータ転送と高速演算処理が要求される。当社はリアルタイム UNIX、FDDI、共有メモリネットワーク、リモート入出力システム等を適用し、これらの要求に対応した制御システムを構築した。また、大規模のシーケンス制御が必要な真空系制御に関しては、汎用 PLC を適用し、ソフトウェアに関しては、API をライブラリ形式で提供し、ユーザフレンドリなシステムを構築した。

電気設備の信頼性向上

木崎秀介・山川 勝・浦川伸夫・中畠義博

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.22～27 (1995)

原子力発電所の電気設備の信頼性向上の考え方を概説するとともに、現在までの信頼性向上への取組の例として、屋内開閉設備の信頼性向上を目的とした種々の改良内容と、使用年数を重ねた高圧電動機の絶縁の健全性を診断する技術を紹介する。

また、発電機負荷開閉器を適用した発電主回路システムの改善についても述べる。

位置検出型放射線モニタ

岡 徹・池上和律・宇佐美照夫・津高良和・早川利文

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.47～50 (1995)

原子力発電所内の線量率分布が測定可能となれば、保守性・安全性をより高めることができる。このようなことから、位置検出型放射線モニタの開発が要求されている。この要望にこたえるため、シンチレーションファイバを用いた位置検出型放射線モニタを開発した。

本稿では、開発した放射線モニタの諸特性と、新しく考案した遅延用ファイバを用いたモニタの基礎特性について述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 28~32 (1995)

An Operation and Maintenance Management System for Nuclear Power Plants

by Ikuo Ikeda, Hachiro Yamano & Sadahiro Tsutani

Many nuclear power plants are introducing operation and maintenance management systems to improve efficiency and reduce the labor costs associated with plant operation and maintenance activities. The article reports on the overall system concept and delivered equipment including a process monitoring information system that provides operational data, power plant network equipment for sharing plant information and an ITV monitoring system that reduces inspection requirements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 2~5 (1995)

Steps Toward Reliability Improvement in Electrical Instrumentation Equipment

by Masayuki Matsumiya

Mitsubishi Electric has been working to simplify the operation and improve the reliability of control systems for nuclear power plants since Japan's first plants came on line in the 1970s. Recent development efforts are directed at total integrated digital instrumentation and control (I&C) systems for nuclear power plants that raise the efficiency and reliability of plant operations. These systems feature integration of plant operation with main control board/control systems and on/off power maintenance. The article reports on recent efforts toward raising the reliability of electrical and I&C systems in APWR plants, and operating plants and improving preventive maintenance technology.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 33~36 (1995)

Plant Inspection and Maintenance Technology

by Masatoshi Miyahara & Masafumi Kanazawa

The article reports on information systems and related tools that support routine inspection and preventive maintenance activities, which contribute to safer plant operation and increase plant operating duty. Tools include the Mitsubishi Electric Reliability and Availability Upgrade Program-Nuclear (MELRAP-N), which supports the general evolution of industry operating experiences, periodic component replacement management, management of discontinued and modified components, periodic inspection item management, and periodic inspection workplace management. The article also introduces a comprehensive preventive maintenance management system currently under development.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 6~10 (1995)

Reliability Improvement in Central Instrumentation Systems

by Kunio Yugami, Tohru Itoh, Masahiro Imase, Masashi Kitamura & Tadashi Ohi

Mitsubishi Electric is working to improve the reliability of central instrumentation systems for nuclear power plants by introducing CRT-based central control boards and operator decision assistance based on visual operation manuals in new plants, and by developing integrated monitoring and control systems with artificial intelligence based operator guidance for the next generation of nuclear power plants. The article also discusses retrofitting existing plants for higher reliability.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 37~41 (1995)

Electrical and Instrumentation Control Equipment for HTTR

by Satoshi Kawaji, Kozo Kawasaki, Azuma Iwata, Takashi Ishida & Takaichi Otsuki

The high-temperature engineering test reactor (HTTR), Japan's first high-temperature gas reactor, is being constructed at the Oarai Research Establishment of the Japan Atomic Energy Research Institute. The article reports on the electrical and instrumentation control equipment for the 30MW helium-gas-cooled reactor, which is decelerated by graphite.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 11~15 (1995)

Higher Reliability in Digital Control Equipment

by Koichi Tanaka, Keishichi Ogura, Hisashi Kitamura, Masahiko Yamawaki & Hiroyuki Fukumitsu

Mitsubishi Electric has newly developed MELTAC-C general-purpose digital control equipment for the peripheral instrumentation of nuclear power plants. Drawing from plant operation experience and incorporating the latest technologies, MELTAC-C boosts plant reliability while simplifying operation and maintenance. Its general-purpose software combined with multimedia technology simplifies plant operation, while providing support for more sophisticated engineering functions. Manual I/O adjustments are eliminated, simplifying maintenance. A larger range of diagnostic functions are provided along with automatic management of software modifications for further reliability improvement.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 42~46 (1995)

Control System Technology for Particle Accelerators

by Yoshihiko Tsumura, Keiichi Matsuo & Takayuki Maruyama

Control systems for particle accelerators are being designed around open-architecture systems, which allows easy upgrading, high-speed networks and high-speed processors. Mitsubishi Electric is applying realtime Unix operating systems, fiber-distributed data interface (FDDI), shared memory networks and remote I/O systems to achieve these objectives. In the area of vacuum control systems, which requires large-scale sequence control, the corporation is employing general-purpose programmable logic controllers (PLCs) to achieve cost-effective design. Software for these applications is designed around a library of application program interfaces (APIs) that give users direct access to key system functions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 16~21 (1995)

Reliability Improvements in Dosimeter Equipment

by Yoshikazu Tsutaka, Hidero Kataoka, Yoshikazu Umeda, Hiroshi Inujima, Toshifumi Hayakawa & Jun'ichi Hoshi

Mitsubishi Electric has been developing high-reliability dosimeter equipment for improved radiation monitoring at nuclear power plants. The new digital signal processing equipment is designed to replace existing analog equipment. The corporation has also developed highly stable drift-compensated radiation detectors and highly reliable longlife semiconductor radiation detectors. It is also developing diagnostic technologies for the whiteness test method, abnormal signal classification and acoustic diagnosis, as well as an abnormality diagnostic support system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 47~50 (1995)

Development of a Radiation Monitor for Incident Position Detection

by Toru Oka, Kazunori Ikegami, Teruo Usami, Yoshikazu Tsutaka & Toshifumi Hayakawa

The article describes a radiation monitor using scintillation fiber developed to perform radiation distribution mapping within nuclear power plants. Capable of locating the position of radiation, this detector has obvious advantages for maintenance and safety. The article also describes the basic characteristics and performance specifications of the monitor using the newly conceived delay fiber.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 22~27 (1995)

Improved Reliability in Electrical Equipment

by Shusuke Kizaki, Masaru Yamakawa, Nobuo Urakawa & Yoshihiro Nakajima

The article explains the basic concepts involved in improving the reliability of electrical equipment used in nuclear power plants, giving examples of the way such improvements have been achieved until now. Also introduced are various improvements made to indoor switchgear in terms of reliability and the technology used to diagnose whether the insulation of high-voltage equipment is still satisfactory after many years of use, as well as improvements to main generator circuits for on-load circuit breaker operation.

アブストラクト

知識ベース応用 デザインレビューシステム

長江雅史・滝 寛和・芹川一郎・稲田昭子・加藤之敏

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.51～54 (1995)

設計者が保有する大量の設計ノウハウ、レビュー知識、不適合事例を知識データベース化することで、設計業務の一部であるデザインレビュー(DR)業務を支援できる DR エキスパートシステムを開発した。これにより、DR 業務の効率化、設計品質の向上、設計技術の蓄積や伝承を図ることができる。この論文では、DR システムの必要性とシステム化のための技術を中心に述べる。また、知識データベースの構築手法、“DR 専用シェル”、及び適用事例について述べる。

受配電設備の保全支援システム

佐々木文夫・酒井道雄・安部克茂・篠原秀雄・宇野正嘉

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.55～61 (1995)

受配電設備の保全計画作成、点検の省力化と事故の未然防止、事故時の早期復旧を支援するためのシステムを開発し、製品化した。

このシステムは、保全支援コントローラと保全支援機能を持った盤用電子機器、劣化診断センサで構成され、常時監視によって点検の効率化と点検周期の延長化、データに基づいた合理的な保全計画の作成が可能である。また、新設・既設の設備に適用が可能である。

42GHz 帯ハイビジョン番組中継装置用 MODEM

斉藤和夫・山本好彦・後藤哲雄

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.62～67 (1995)

ハイビジョン用番組中継装置(Field Pickup Unit:FPU)を日本放送協会と共同で開発し、当社は変復調器及び制御部を担当した。

このシステムは、ハイビジョン撮影装置で撮影した画像を符号化し、120.832Mbpsのデータに変換した後畳み込み符号化を行い、4 相位相変調された42GHz帯の搬送波で無線伝送し、受信側では復調の後、誤り訂正を行い復号しハイビジョン画像を再生する。

ビジネスアプリケーション ソフトウェア開発環境 “HYPERPRODUCE”

小山明伸・菅野幹人・藤原聡子・森山令子・杉本直也

三菱電機技報 Vol.69・No.9・p.68～72 (1995)

当社ビジネスコンピュータ用アプリケーションソフトウェア開発環境“HYPERPRODUCE”を開発した。この開発環境はパソコン上に構築されており、従来からのホスト主導型からクライアント・サーバ型までのアプリケーションの開発及び実行環境を提供している。当社のソリューションサーバ RX7000シリーズにおける主要ソフトウェア製品として好評を博して出荷中である。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 62~67 (1995)

A Modem for an HDTV Field Pickup Unit in the 42GHz Band

by Kazuo Saitoh, Yoshihiko Yamamoto & Tetsuo Goto

Mitsubishi Electric has developed a modem and control equipment for an HDTV field pickup unit (FPU) system, under the guidance of NHK, Japan's public television network. The system's transmitter encodes the signal from an HDTV camera in a 120.832Mbps data stream and performs convolutional encoding and quadrature phase shift key (QPSK) modulation for 42GHz band wireless transmission. The receiver demodulates the data stream and performs error correction and decoding to recover the original HDTV signal.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 51~54 (1995)

A Design Review System Employing a Knowledge Base

by Masashi Nagae, Hirokazu Taki, Ichiro Serikawa, Akiko Inada & Kunitoshi Kato

Mitsubishi Electric has developed an expert system to support design review operations. The system uses a knowledge base incorporating the vast know-how of experienced designers, review-related knowledge and data on equipment incompatibilities. The system promises to speed up the design review process, improve design quality and provide a medium to accumulate and transmit knowledge of design technology. The article establishes the need for a design review system, presents the system's main technologies, describes how the knowledge base was assembled, introduces the system's specialized shell and presents application examples.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 68~72 (1995)

HYPERPRODUCE: A Business Application Software Development Environment

by Akinobu Koyama, Mikihiro Kanno, Satoko Fujiwara, Ryoko Moriyama & Naoya Sugimoto

Mitsubishi Electric has developed HYPERPRODUCE, an application software development environment for the corporation's business computers. HYPERPRODUCE operates on a personal computer and provides a development and operation environment suitable for both host and client server applications. It is a major software product for the corporation's Solution Server RX7000 Series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No. 9, pp. 55~61 (1995)

A Routine Maintenance Support System for Power Distribution Facilities

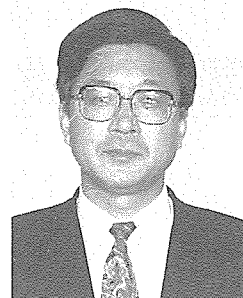
by Fumio Sasaki, Michio Sakai, Katsushige Abe, Hideo Shinohara & Masayoshi Uno

Mitsubishi Electric has developed a commercial system that generates routine maintenance plans for power distribution facilities, helps reduce labor costs of inspection and forestall accidents, and assists rapid system recovery when faults occur. The system consists of a preventive maintenance support controller, distribution board equipment with electronic maintenance-support functions and labor-saving sensors that detect equipment abnormalities. Continuous monitoring permits more economical inspections with longer periods between them, and maintenance plans based on actual facility data. The system is suitable for new installations, and can also be retrofitted to existing installations.

エックス線発見100年と原子炉

東京大学工学系研究科
システム量子工学専攻

教授 中沢 正治



今年の11月8日は、レントゲン博士がエックス線を発見してから100年目に当たります。この発見はプランクの量子仮説とともに、20世紀という科学技術大革命の時代を開始させました。物質の構成に関する知識は、電子、陽子、中性子という三要素説からクォークという素粒子レベルに到達しつつあり、これらの知識を中核とした技術は、原子力エネルギー、レーザ、コンピュータを生み出してきました。20世紀は量子の時代、量子工学技術が始まった時代として歴史上位置付けられると思います。レントゲン博士の切り開いた分野で生きている末裔^{えい}の一人として、今年はじっくりと次の100年のことを考えてみようと思っています。

また、今年は第二次大戦後50年目でもあり、原子力技術と社会との関係を考える上でも重要な年です。戦争中という異常な社会状況の中で、原子力が兵器という形で世に現れたのは大変不幸な事でした。仮に、核分裂の発見が数年でも遅れていたら、戦争終結の形態もその後の原子力の発展状況も、今とはかなり違ったものになっていたと考えられます。

最近、東大に人工物工学研究センターができ、当専攻も設立に関与しています。そこでは、人間の作る物すべてについて、設計・製作・保守・評価という開発サイクルをコンピュータ上でシミュレーションし、人間にとって望ましい物のみを実際に作るための研究を行っています。20世紀技術の生み出した原子炉を巨大な人工物と考え、社会的・

技術的に評価してみることは、次の開発サイクルのためにも重要です。

今、日本の軽水炉が危険と思っている専門家はほとんどおりません。しかしながら、技術的な信頼性の改良・向上はやむことがありません。この50年間、100年間を考えても分かるように、新しい技術が次々と起こり、社会の環境が変わり、同時に人間自身もどんどん変わっていくからです。現在、原子炉を開発した先達は第一線を去りつつあり、量子技術を学んだ世代が引き継いでいます。今回、量子技術の代表であるコンピュータ技術、特にデジタル化による原子力電気計装技術の革新が進められている様子を特集されることは、新世代の考える原子炉として誠に興味のあるところ です。

一方、量子技術は、コンピュータのみではなく、レーザや光ファイバなどの光技術、微細加工技術や超伝導も生み出しています。現在の若い学生さんを見ていると、コンピュータは十分飽きる程やっていて、もう一度ハードに戻りたいというポストコンピュータ世代も出ています。コンピュータやレーザ、マイクロマシンなどの量子技術は、量子現象の代表である核分裂には、本来適合しやすいはずだと私は考えております。量子技術の結晶のような原子炉が、どのような社会環境にも普及していくことが筆者のエックス線発見100年目の夢であり、今後の更なる展開を期待している次第です。

電気計装設備の信頼性向上への取組

松宮正幸*

1. ま え が き

日本の原子力発電設備は、平成6年末において合計49基、設備容量で約40,531,000 kW、平成6年の発電電力量は約2,538億 kWhに達し、高稼働率を堅持し、電力の安定供給に大きく貢献している。

三菱加圧水型原子力発電設備については、九州電力(株)玄海原子力発電所3号機(118万kW)、四国電力(株)伊方発電所3号機(89万kW)が各々平成6年3月、12月に営業運転を開始し、順調に稼働しており、合計22基が運転中である。

当社は、三菱重工業(株)とともに通産省、各電力会社の御指導の下、1970年代の原子力発電技術導入以来一貫して、運転信頼性向上、運転制御性改善、さらには保守安全性向上に向けて、各種の研究開発活動を進め、また、それらの成果を運転中プラント、建設プラントへ具体的に反映するように努めてきた。

最近では、発電所全体の運用の効率化と信頼性向上を目指し、中央計装設備、制御設備等の運転に直結した計装制御設備と、運転中・定期検査時の保守保全システムとを統合した発電所総合デジタル化システムの構築を進めている。すなわち、運転と保守データベースを統合化して一元化管理し、リアルタイムに発電所の運転保守に活用することによって総合的な信頼性向上を図っている。

以下、次期加圧水型原子力発電設備(APWR)プラントに向けての最新のマイクロプロセッサ応用技術と高速データ伝送技術、マルチメディア技術を適用した計装制御設備信頼性向上と、電気設備大容量化に対する信頼性向上への取組、及び運転中プラントの設備・運転信頼性向上のための最新設備導入と工法検討、並びに、長期運転プラントの設備に対する診断・予防保全活動について述べる。

2. APWRプラント電気計装設備の信頼性向上

最新の運転プラントでは、人間工学、計算機技術を活用したCRT主体監視と運転モードに対応した分割構成を特長とする改良型中央制御盤、及び自己故障診断機能を備えた分散構成のデジタル制御システムを全面適用し、運転監視制御性・信頼性向上を図っている。

APWRプラントでは、一層の安全性確保、信頼性/稼働率向上、異常/事故の未然防止をねらい、総合デジタル化システムを適用する。

総合デジタル化システムを構成するサブシステムは、下記を基本方針としている。

(1) 運転監視制御システム

人間と機械の役割分担を最適化した中央制御盤(室)を適用し、運転員の能力を最大限に引き出し、運転信頼性を向上させる。

(2) デジタル計装制御保護システム

最新プラントでのデジタル制御システムの高信頼運転適用実績を反映したプラント信頼性/稼働率向上、及び原子力発電技術機構における信頼性検証試験を反映したデジタル原子炉保護システムの適用による一層の安全性の確保を行う。

(3) 運転保守管理システム

発電所全域の通信ネットワークによってプラントの運転データ・保全データを収集し、情報を一元管理化するとともに設備の異常診断と予防保全に供し、異常/事故の未然防止を図るとともに、配線物量の低減、稼働率向上による経済性向上を図る。

このシステムの全体構成を図1に示す。

また、発電所単機容量の1,400 MW級への大容量化に伴って、電気設備については、タービン発電機、一次冷却材ポンプモータ、ガス絶縁開閉設備(GIS)等の大型化・高信頼化を図る。

2.1 運転監視制御システム

APWRプラント向け新型中央制御盤では、運転員がチームとしての能力を最大限に発揮できるよう、監視・判断を支援する大型表示装置、計算機とCRT/フラットディスプレイとタッチパネルの組合せによるタッチオペレーションを導入した新型中央制御盤を開発し、プロトタイプによる検証を実施した。

新型中央制御盤は、

- 運転信頼性の更なる向上
- 運転員の監視操作にかかる負担の更なる低減
- 運転品質の向上

を目的に、下記を実施した。

(1) 監視操作機能の統合化と大型表示装置による総合監視情報の共有化

- プラント運転における監視・判断・操作・確認の一連のタスクをスムーズに行えるタッチオペレーションと、CRTに操作器と関連する監視情報を集約した監視操作の一体化

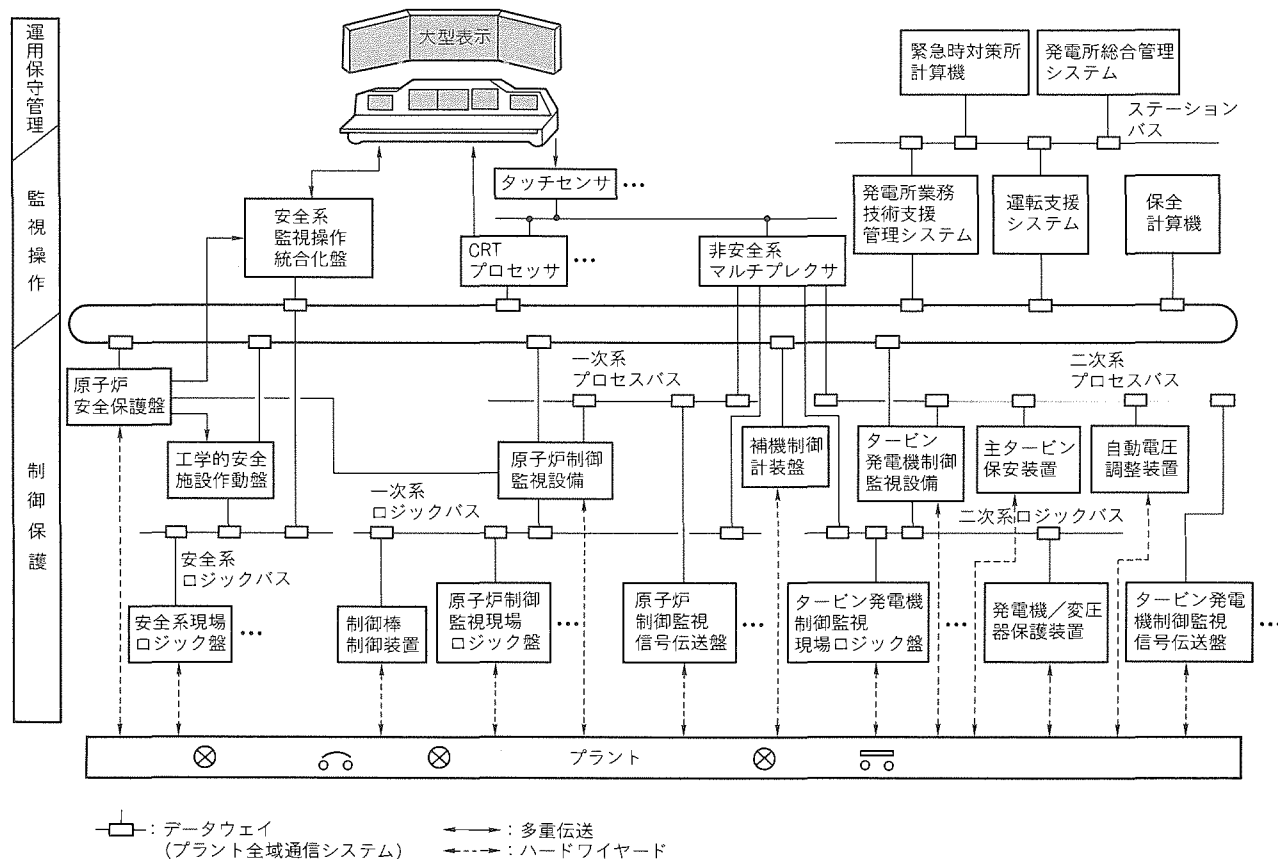


図1. APWRプラント向け監視制御システムの全体構成

- 運転員全員で共有するためのプラント情報の大型表示装置による提供
- (2) 監視機能の計算機化、運転支援システムの導入による提供情報のインテリジェント化
 - プラント状態、特に、運転員の負担が大きいタスクの監視の計算機による自動化
 - 万一の異常発生時には、知識工学の手法に基づき異常事象を同定し、適切な運転ガイダンスを提供
- (3) 中央制御盤の統合と運転自動化範囲の拡大
 - 通常時/事故時の全運転モードにわたるシットダウンオペレーション化と運転員負担の大きいプラント起動・停止時の更なる自動化範囲の拡大

今後、実機検証に向けて、

- 補機員を含めての現場・中央での監視・操作・点検・確認業務分析に基づく運転クルーの役割分担の検討
 - タッチオペレーションと総合デジタル化システムの特長を生かした定期検査対応要領の検討
 - 警報発信時の警報検知から対応操作実施に至る処置プロセスの容易化・確実化の検討
 - 運転支援情報の運用管理ルールの設定とシステムへの具体的導入の検討
 - 中央制御室での視覚・聴覚等の住環境最適化の検討
- を進めるとともに、実物大モックアップ設備等による運用部門からの知見の総合反映などを図る。

2.2 デジタル計装制御保護システム

最新プラントでのデジタル制御は運転実績から高信頼性であることを示しているが、運用性向上及び、更なる信頼性向上のため、分散構成を見直し、制御処理の適正化（連続制御とシーケンス制御の統合化）、情報伝送路の適正化（監視信号：データウェイ、操作信号マルチプレクサ）を図るとともに、各装置を光多重伝送でデータリンクすることにより、プラントの運転・保守情報を一元集中管理するプラント全域通信システムの構築を目指している。

また、原子炉保護系については、従来ソリッドステートで構成されていたシステムをデジタル化し、自己診断機能を活用することで以下の改善をしている。

- 故障発生時の故障箇所同定の自動化と、常時健全性確認による保守項目の簡素化
- 自動試験装置との組合せによる試験性の向上
- 多重伝送による配線物量低減、デジタル化による設備物量の低減

一方、ソフトウェアの健全性確保を図るため、下記を行っている。

- ソフトウェアの構造化・モジュール化とシンボル化言語（POL）により、第三者による検証を容易化
- 割込み処理・マルチタスク処理を行わない簡素なソフトウェア構成とすることで、検証時の再現性を確保
- 汎用基本ソフトウェアを適用せず、ホワイトボックス

化検証を可能な簡素な基本ソフトウェアを適用する構成

また、設計・製作面では、設計・製作工程の各段階での検証、設計者以外の第三者による確認、検証結果の詳細な図書化等の厳しい検証計画に従って設計・製作を進める。これらの検証手法に基づいたプロトタイプを製作し、原子力発電技術機構での信頼性実証試験で健全性を確認するとともに、電気協会での設計・製作に対する基準として確立している。

さらに、適用を計画している保護系設備の構成要素は運転プラントのデジタル制御系に適用し、順調な稼働実績を得ているが、次期プラントへの適用に向けては、より一層の安全性向上策として多様性のある原子炉停止系の検討を行っている。

2.3 運転保守管理システム

プラントの保守保全面での信頼性向上には、プラントの日常点検データの蓄積と分析、設備管理データの活用、定期検査作業の信頼性確保と管理の効率化等が重要であり、特に、保守保全のデータベースの統一的管理が望まれている。

プラントの運転状態に関するデータを、収集データベース化する運転パラメータ監視システム、水質管理業務を支援する水質管理システム、定期検査時の系統隔離管理業務を支援

する系統隔離支援システム等の個別の保守保全システムと多重伝送ネットワークで結ぶとともに、運転に直結するリアルタイムの監視操作データとも一体管理することで、プラントの運転・保守保全を、統合化データベースの下で行うことを目指している。

2.4 大容量電気設備

電気設備についても高い信頼性を維持しつつ、1,400MW級の大容量化に対応する開発を行っている。特に、74インチロータ採用のタービン発電機、8,000 HP 級軸馬力を持つ一次冷却材ポンプモータの実現等、先行プラントでの製作実績とこれまでの国産化以降の大容量化技術に基づいて、更に高い信頼性を目指している。

3. 運転中プラント電気計装設備の信頼性向上

運転中プラントでは、これまでも最新知見、定期安全レビュー等によって適宜、個別設備ごとに最新技術の反映による改善を行ってきたが、デジタル制御設備・改良型中央制御盤での運転信頼性向上効果、及び運転監視制御性改善効果は大きく、それ以前の運転中プラントへの体系的反映が望まれている。

これまでの電気計装システム信頼性向上の技術変遷を図2

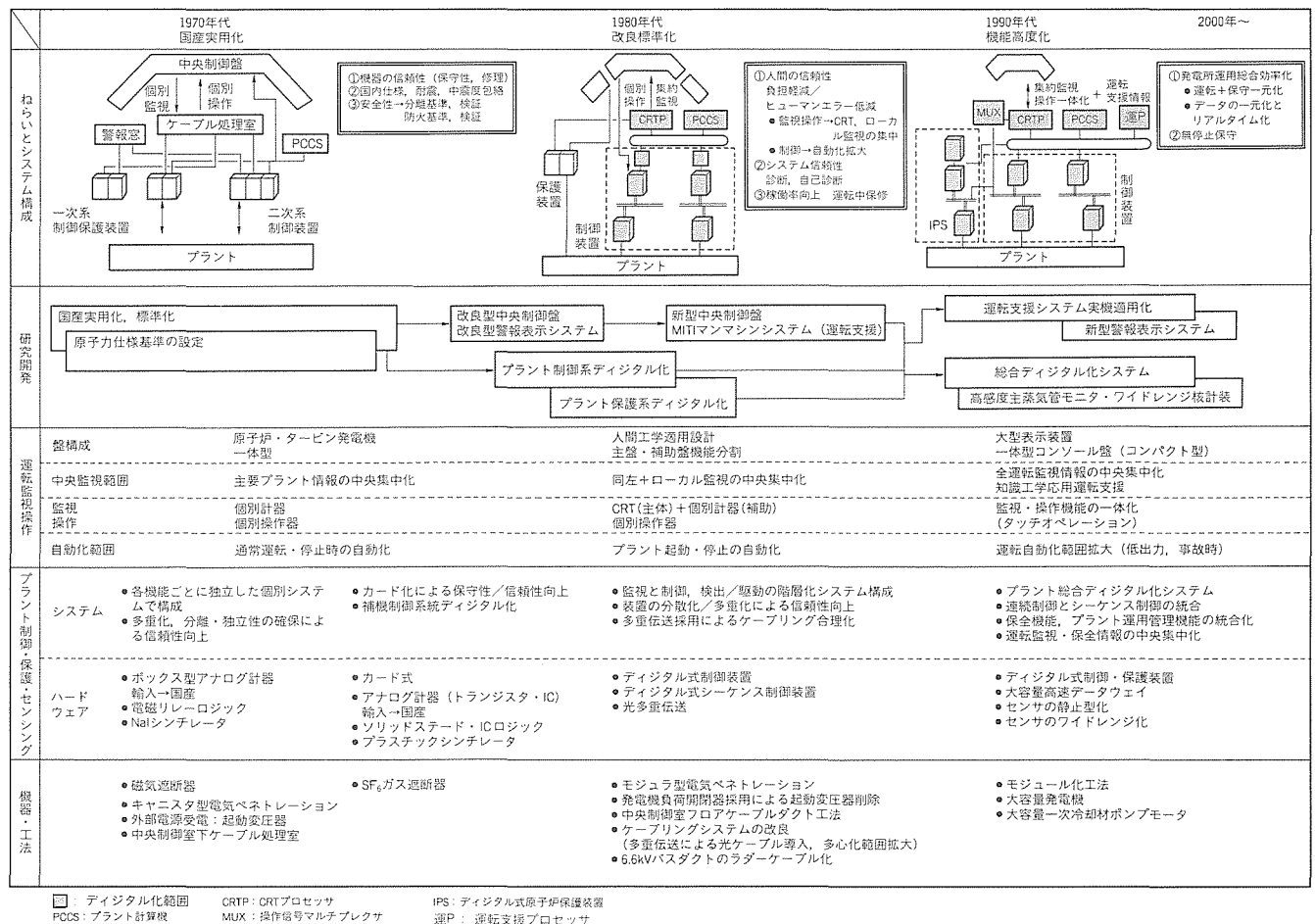


図2. 電気計装設備の技術変遷

に示す。

運転中プラントへの具体的最新システム適用計画策定に際しては、定期検査期間への影響防止と計画的な順次増強（ステップ展開）を容易とするために、以下のシステムに機能分割し、インタフェースの共通化を原則として進めている。

(1) 運転監視システム

中央制御盤、警報表示装置、CRT によるプラント監視、及びプラント運転記録を行うプラント計算機のサブシステムに分割し、トータルとしてのマンマシンインタフェース改善目標に向けて、各サブシステムの順次増強に取り組んでいる。

(2) 制御保護システム

原子炉保護装置、原子炉制御装置、タービン／発電機制御装置から構成される。従来のアナログ式、リレー式からデジタル化することにより、制御性・信頼性・試験性・保守性などの機能向上を図る。特に、制御系のデジタル化に際しては、タービン／発電機系、給水系等の分散単位での更新に取り組んでいる。

(3) 設備保全管理システム

発電所の保全業務は多種多様な業務から構成されており、電力会社の指導の下で業務分析に基づき、業務目的別の機械化・情報処理化に取り組んでる。これらの設備を運営管理バスネットワークで接続し、保全情報とプラントリアルタイム情報の一元的運用システム確立を図っている。また、発電所の巡視点検の省力化のため、目 (ITV、赤外線カメラの画像処理)、耳 (異常音の識別)、鼻 (においセンサ) を備えたモノレール走行小型巡視装置の製品化を行った。

さらに、運転中プラントについても最新建設プラントと同レベルまで運転員の負担を軽減し、運転信頼性の向上実現を目指して、改良型中央制御盤への更新工事、制御設備のデジタル化工事の適合性を電力会社指導の下に検討している。

特に、運転中プラントでの大幅な改善を目指す案件においては、配置場所・スペース、定期検査と整合した実施期間と工程、他の設備改善との協調等の前提・制約条件は個別プラントごとに異なるため、個別プラント対応での具体的改善ビジョン策定と改善形態とともに経済性を含めた工事実施要領

の検討、に取り組んでいる。

4. 予 防 保 全

PWR 型原子力発電プラントでは、初号機が運転開始して以来 20 年を超え、また、現在 22 基が稼働していることから、的確な予防保全活動を進めるには、膨大な予防保全情報を確実かつ効率的に管理する必要がある。このために、納入製品の予防保全項目、国内外の品質情報、生産中止部品情報などを目的別にデータベース化し、プラントの定期検査ごとに推奨工事として提案するとともに、定期検査実施に際しては、運営管理支援システムを適用することで、業務の確実化と効率化を図っている。

また、機器が故障に至る前に異常の兆候信号を分別し、機器の異常診断を行う手法として、自動車のエンジン異常に適用し実用化した白色性検定法を小型ポンプの診断へ適用を図るとともに、最大放電電荷量をベースとした絶縁寿命推定法による電動機の診断を実用化している。

さらに、これらの情報を一元データベース化し、統合的に運用を図ることを目的とした総合予防保全管理システムの構築を進めている。

5. む す び

APWR プラント、運転中プラントの信頼性向上への取組について述べた。電気計装設備は、計算機とその利用技術の目覚ましい進展成果の活用により、原子力発電所の運転・管理の信頼性向上に大きく貢献できると考えている。

また、二酸化炭素の排出抑制による地球温暖化防止行動計画や増大するエネルギーの安全で、安定な供給といった地球規模での課題には、原子力発電の安定稼働が不可欠であり、当社は、より一層安全で信頼性の高い製品の開発と供給を維持強化していく所存である。

最後に、発電所の建設や運転中の発電所の改善、共同研究等により御指導、御助言をいただいた電力会社など関係各位に対して深く謝意を表するとともに、今後とも一層の御指導・御協力をお願いする次第である。

中央計装システムの信頼性向上

湯上邦夫* 北村雅司*
伊藤 徹* 大井 忠**
今瀬正博*

1. ま え が き

原子力発電所の中央制御室には多数のプラントプロセス及び機器の情報が集中・集約されており、運転員は、プラント情報を監視し、判断・意志決定・操作・確認の一連の運転行為を行っている。原子力発電所中央計装システムにおいては、各世代のプラントにわたって、それぞれの設計開発時点での計算機技術・人間工学・知識工学等の最新技術を積極的に取り込み、人間の不得手とする領域の機械によるカバー、過度の緊張からの解放などのヒューマンファクタの改善を重ねてきた。

これまでの加圧水型原子力発電装置 (PWR) 中央計装システムの技術変遷を図1に示す。

PWR 最新プラントに適用されている改良型中央制御盤 (第三世代) では、関連する監視情報を運転員が見やすい形に整理集約化して提供する CRT を監視の主体とするとともに、起動停止・通常運転などの運用モードによって盤を機能分割することで、監視範囲・移動距離ともに低減している。

第三世代中央制御盤においても建設時期により、タッチパネルによる関連画面リクエスト、マルチウィンドウ技術などの最新技術を反映し、運転信頼性の向上を図ってきている。

また、従来、紙ベースの運転要領書で提供されてきた運転要領についても、計算機上にデータベース化して監視確認パラメータとともに表示することで、発生事象への対応処置の確実性向上を図っている。

一方、第一世代既設プラント中央計装システムについても、これらの最新マンマシンインタフェース技術を適用し、抜本的改善を図るため、改善に取り組んでいる。

次期プラントに向けては、監視パラメータと操作器を CRT 上に一体表示化し、知識工学に基づく運転要領書ベースの運転ガイダンスにより、監視・判断・操作・確認にかかわる物理的スペース削減、運転員の情報処理負担低減、運転信頼性の向上を図っている。

以下に、最近の中央計装改善の取組として、最新プラントの四国電力 (株) 伊方3号機中央制御盤、及び九州電力 (株) 玄海原子力3号機警報処置支援システム、次期プラントに向けての新型中央制御盤と運転支援システム、さらに、既設プラント中央計装システム改善状況について述べる。

2. 伊方3号機中央計装システム

2.1 システムのねらい

伊方3号機中央計装システムは、改良型中央制御盤、改良型警報表示システム等による第三世代プラントでの運転信頼性向上に加え、

- シングルユニットである点を踏まえた、機能性・居住性に優れた中央制御室
- 計算機システムの活用による運転監視情報へのアクセス性向上

をねらいとしている。

2.2 システムの特長

(1) 改良型中央制御盤のU字型レイアウト

伊方3号機では、改良型中央制御盤設置を前提に中央制御室トータルデザインを実施し、シングルユニットであることを踏まえて各制御盤をU字型に配置している。これにより、制御盤が一望でき、かつ盤間移動距離が少ない中央制御室レイアウトを実現している。

伊方3号機中央制御盤を図2に示す。

(2) 電気盤へのCRT設置

伊方3号機では電気盤 (所内電源設備・送電設備、送電系統補助設備の監視操作を行う。) は、比較的低頻度操作であることから、設計当初は在来のハード計器による監視盤としていた。電気盤をU字型配置に組み込むことにより、電気盤と他のCRT設置盤との監視操作の連携が強化されたので、他の盤との監視形態の統一を図り、電気盤にもCRTを設置することとした。これにより、電気盤でもCRTによる情報の集約監視を実現する一方で、在来のハード計器を削減して盤の小型化を行い、運転員の監視面積を大幅に縮小化できた。

(3) CRT表示計算機のマイクロプロセッサ化

計算機システムの小型化・高機能化に取り組み、その成果としてCRT表示計算機のハードウェアにマイクロプロセッサ機種を採用し、プロセッサバックアップ方式を従来方式から改良するとともに、表示機能面では明朝体表示文字の採用、表示色の追加や後述のマルチウィンドウ表示を実現した。

(4) 運転監視情報へのアクセス性向上

(a) タッチパネルによるCRT関連画面リクエスト

運転のタスク分析を基にCRT画面間で関連性のある部分を抽出し、CRT画面相互間のリクエスト機能を実現した。具体的には、CRT画面内に表示中画面に関連のある画面メニューエリアを設け、このエリアへのタッチ操作によって画面リクエストを可能とした。

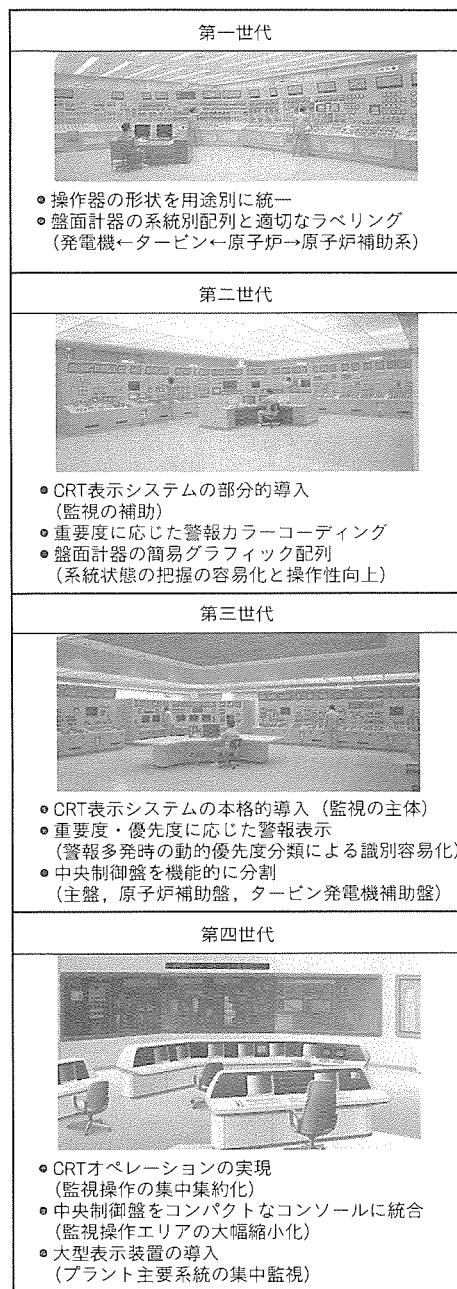


図 1. PWR中央計装システムの技術変遷

(b) マルチウィンドウ表示

監視パラメータのうち、監視時期が一過性のものについて CRT 画面上にマルチウィンドウ表示する。この機能によって系統図画面上でのトレンド監視など、背景となる CRT 画面にプラント状況に応じて監視パラメータを付加でき、必要情報を画面切換えなしに連続監視を可能とした。

図3に CRT 画面の出力例を示す。

(c) 記録計の計算機化

中央盤設置の記録計パラメータのうち、迅速なアクセスを要しないものについて、データの収集・表示・記録を計算機化した。これら及び中央制御室外に記録計盤を設けることにより、記録計台数を削減して中央制御盤の裏面設置器具を全廃し、運転員の裏面への移動を不要とした。また、

中央計装システムの信頼性向上・湯上・伊藤・今瀬・北村・大井

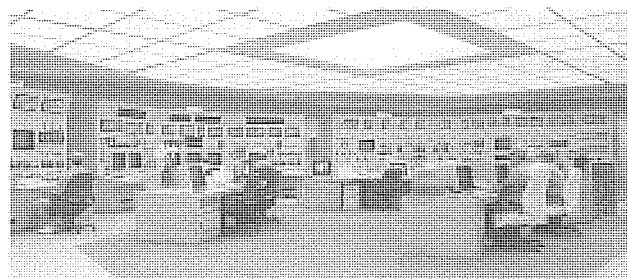


図 2. 伊方 3 号機中央制御盤

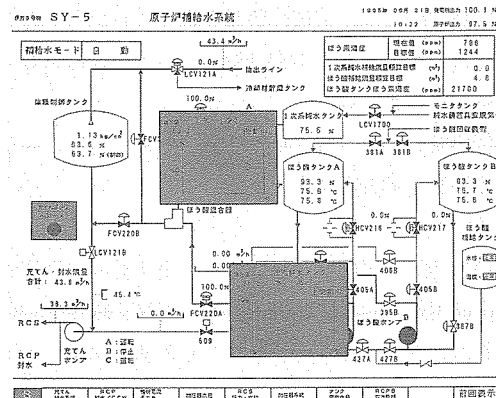


図 3. 伊方 3 号機中央CRT画面の出力例

記録保存を磁気媒体で行って保守性を向上させた。

3. 警報処置支援システム

このシステムは、発電所図書のうち運転要領書に着目し、警報発信時などの必要ときに、必要な要領書を的確に検索表示することで運用性の向上を図るための支援システムであり、九州電力(株)の委託研究により、玄海3号機への適用に向けた開発を実施した。

3.1 開発目標

原子力プラントの運転要領書は、重要度が高く、大容量でかつ改訂管理の必要な文書であるため、高信頼度で管理することが要求される。一方、警報発信などプラント状況と合わせた情報表示を行うためには、プラント情報と文書データとの最適なリンクを行う必要がある。これらを共に満足するものとして、このシステムを開発した。

具体的には、以下の開発目標を設定して開発を行った。

(1) 警報発信時の処置の確実化

警報発信時の処置を迅速化し、かつ、運転要領書に対して確実な処置を可能とするために必要な情報を提示する。

(2) 発電所図書の運用高度化

警報発信時、文書の運転要領書を検索する際、直接プラント監視と関連しない運転要領書の検索にかかる負担が発生するため、これを低減するための運用高度化を図る。

(3) 運転要領書の一元管理

支援システムを実現するに当たって、文書管理にかかわる負担増加を招いたのでは支援効果も相殺されてしまう。この

ため、各種支援情報を一元化するための管理機能を実現する。

3.2 基本機能

このシステムは、以下の機能を備えたシステムとして、玄海原子力3号機に適用した。

3.2.1 支援機能

(1) 警報の発信状況に合わせた運転要領書検索・自動表示機能

プラントの警報情報を運転要領書とリンクし、プラント状態に応じて必要となる部分を容易にリクエストする機能を実現した。具体的には、各種の警報発信パターンとそのときの運転要領書にかかわる運用を分析し、以下の仕様を設定した。

(a) 単一警報発信時

運転要領書リクエスト負担低減のため、警報に対する運転要領書を自動表示する。

(b) 後続警報発信時

後続の警報が発信した場合はこれをテロップ形式で表示し、後続警報に対しては警報時系列 CRT 画面からのタッチリクエストとすることでワンプッシュリクエストを可能とした。

(c) 警報多発時

中央盤の警報とイメージを統一してパターン認識的な効果が活用でき、かつ警報多発時にも、常に同一の検索ステップ数(タッチリクエスト回数)で要領書へのアクセスが可能な警報窓イメージの CRT 画面を採用し、検索負担低減を図った。

(d) ファーストアウト警報発信時

警報多発時の中でも特にプラントトリップ時は確認項目が多岐にわたり、かつ優先して確認すべき項目は固定的であると考えられるため、対応する運転要領書を自動的に表示する機能を採用し、一層の検索負担の低減を図った。

(2) 要領書間インタフェースの検索機能

警報発信時の処置に対し、一連の運転タスクに応じて複数箇所に記述された要項を適宜提供するため、運転要領書記述内容の相互参照に伴う関連部分をワンプッシュリクエストする機能を実現した。

例えば、ある警報に対する処置を“警報処置”の運転要領書に基づいて実行中に、事象が収束して“通常処置”の要領書に移行する場合には、次に適用する要領書をワンプッシュリクエストするものである。

また、運転要領書の表示形態については、文書の運転要領書との対応性の維持、文書の運転要領書との運用管理二重化の回避の観点から、文書の運転要領書と同一フォーマットで表示することとした。

(3) データベース一元管理機能

処理性能要求から、オンラインで利用する表示系とオフラインの文書管理系を別途設けることとし、オフライン系のワークステーションによって必要なデータベースを一元管理可

能なものとした。

3.2.2 検証評価

開発したシステムを玄海原子力3号機に適用するに当たり、九州電力(株)各発電所の当直長/運転員による評価を実施し、機能・性能の妥当性を確認し、実機適用仕様を確立した。

システムの動作画面例を図4に示す。

4. 新型中央制御盤

4.1 開発目標

新型中央制御盤は、第三世代プラントの改良型中央制御盤から次の内容の改善をすることを目標として、関西電力(株)、北海道電力(株)、四国電力(株)、九州電力(株)、日本原子力発電(株)と共同で開発した。

●プラント監視操作性向上

●運転員の負担軽減

●次期プラントの総合デジタル化計装制御システムと整合のとれた中央制御盤

4.2 基本技術

中央制御室運転業務のタスク分析によって抽出した改善項目に対し、以下の手法を選定して改善仕様の妥当性確認を行った。

(1) 改善手法の選定

(a) 監視・操作の一体化と画面リクエストの容易化

操作器のソフト化(タッチオペレーション化)と監視・操作一体化画面の導入、関連画面リクエストの導入(CRT画面を図5に示す。)

(b) プラントトリップ時などの監視・確認行為の計算機化

(c) 運転タスク分析に基づく自動化項目の抽出

(d) 中央制御盤のコンソール化(全運転モードシットダウンオペレーション)

(e) 運転クルー共通認識の容易化(大型表示装置の採用)

(2) 改善仕様の妥当性確認

(a) タッチオペレーション

●プラント制御性に関するデバイス比較を実施の上、タ

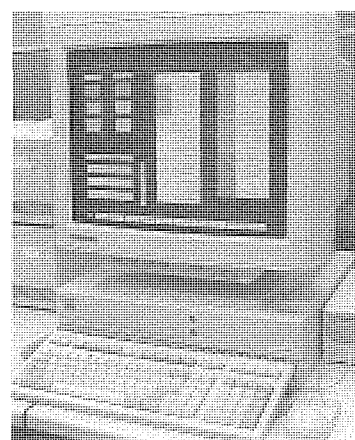


図4. 警報処置支援システムの動作画面例

タッチパネルを採用した。

- タッチエリアサイズを実験によって評価し、ルール化した。

(b) 中央制御盤形状と配置

- 人間工学設計基準などによって評価し、最適化を図った。

(c) 大型表示装置

- プラント運転にかかわる視認性確保のため文字サイズ等を検証評価し、画面構成上のルールを策定した。

4.3 新型中央制御盤の構成

新型中央制御盤の各構成要素を以下に示す。

(1) 運転員コンソール

集約的な監視操作を可能とするため、従来の中央制御盤各盤を統合したコンパクトなコンソールとし、非安全系監視操作用 CRT、安全系監視操作用 FDP (フラットディスプレイ)、及びシステムレベル ハードウェアスイッチを搭載する。

(2) 当直長コンソール

当直長業務である運転クルーの指揮・監督を行うため、運転員と同一の情報を監視できるように運転員コンソールと同一の CRT 画面を表示する。ただし、当直長は操作を行わないため CRT は監視専用とする。

(3) 大型表示装置

CRT オペレーションに必要な情報が常時表示されないことへの不安要素解消、及びプラント全体の状態を運転員の共通認識情報として提供するため、グラフィック系統画面上に常時監視すべき監視パラメータ・代表警報を配置する(図6)。また、異常時の監視強化パラメータ等の任意情報のクルー間共通認識強化・容易化のため、選択画面エリアを設置する。

4.4 検証・評価

机上検討及びプロトタイプ運転員検証結果により、表1のような運転信頼性評価結果が得られている。改良型中央制御盤に比べ、監視操作の一体化、計算機による監視の自動化などにより、各評価項目とも大幅な負担低減効果が得られる。

5. 運転支援システム

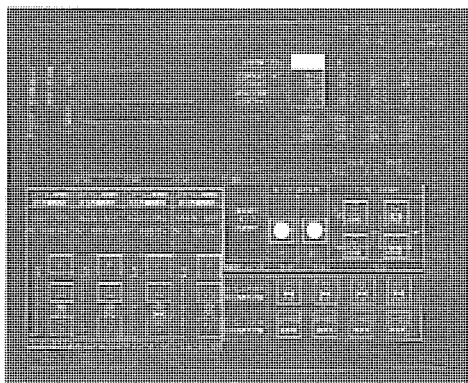


図5. 監視・操作一体化画面

運転支援システムは、運転要領書に定められた運転行為(特にプラント事象に応じた監視強化パラメータ選択と判断)を容易化し、重要な操作についてはその実行を計算機でチェックすることで運転信頼性向上を図るもので、5電力会社共同研究“異常時・事故時の運転ガイダンスシステムに関する研究”の成果を取り入れ、通産省補助事業“原子力プラントマンマシンシステムの開発”によって開発した。

5.1 開発目標

運転員の一連の運転行為にかかわる肉体的・精神的負担を軽減し、的確な運転を図るために、次の開発目標を設定した。

- プラント運転監視操作性の向上
- 運転員の負担軽減
- 運転品質の向上

5.2 基本技術

運転支援が有効なプラント事象とその情報提供方法について判断プロセスの観点から分析を行い、支援対象を選定した。支援機能を実現するために必要な基本技術として以下の項目を抽出し、開発を実施した。

- プラント異常診断／ガイド技術
- プラント状態予測シミュレーション技術
- 運転員の認知判断モデル化技術
- マンマシン対話技術
- 知識ベース管理／検証技術

5.3 機能

運転員に対して以下の支援を行う。

(1) 通常時運転支援

運転員の介入を必要とするプラント起動・停止過程や負荷追従運転時における予測計算と、確認・操作に関する支援情報を提供する。

(2) 保守支援

隔離判断支援機能・隔離操作支援機能により、プラント運転中の故障機器隔離保守における運転員の判断・確認の確実

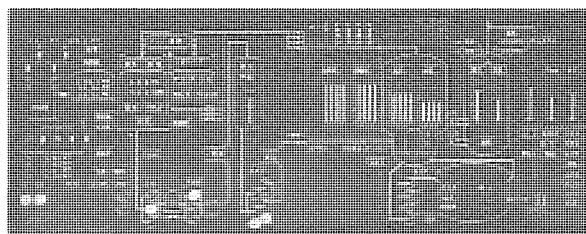


図6. 大型表示装置画面

表1. 新型中央制御盤の運転信頼性評価結果

設計目標 (評価手法)		定量指標	効果 (改良型盤との比較)
ワークロード低減	肉体的ワークロード (運転員行動分析)	監視操作回数	約1/3の低減
	精神的ワークロード (人間情報処理モデル)	情報処理時間	約1/3の低減
人間過誤率低減 (THERP)		人間過誤率	約1/2の低減

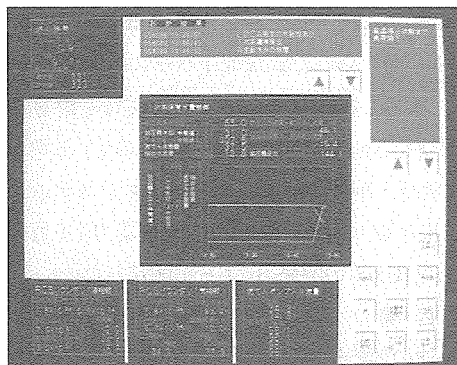


図7. 運転支援システムCRT画面例

化を図る。

(3) 異常時・事故時の運転支援

異常診断／操作ガイド機能に加えて複合事象検知機能・誤操作検知機能を設けることで、一層の運転信頼性向上を図った。CRT画面例を図7に示す。

5.4 検証・評価

運転員検証を実施し、ワークロードの低減、人間過誤率の低減を定量評価した。表2に評価結果を示す。

6. 既設プラント中央計装システム改善への取組

第一世代既設プラントに対しては、中央計装システム設備の増強・高度化により、運転監視操作性の抜本的改善に取り組んでいる。

6.1 計算機システムの増強

最近の実施例として、関西電力(株)・九州電力(株)合わせて9プラントのプラント計算機システムの処理能力向上を行い、新設プラントで適用した機能を大幅に取り入れている。

主な改善ポイントを以下に示す。

(1) 事故時の記録機能強化

最新の安全機能を持つ計測制御装置の設計指針(JEAG 4611-1991)で記録が推奨されているパラメータについて、必要信号を入力し、計算機で記録を行う。記録媒体は磁気ディスク装置のほかに、恒久記録のため光ディスクを採用した。

(2) 最新プラント並みの機能向上

改良型中央制御盤CRT表示システムのCRT画面構成基準と画面体系との統一、入力走査・画面更新の短周期化、タッチパネルの採用、レーザビームプリンタによる印字の高速化・高精細化などの機能強化により、運転監視性向上、マンマシンインタフェース向上を実現した。

6.2 中央制御盤の高度化

既設プラント中央計装システムの運転信頼性向上のみならず、設備信頼性向上・保守性向上・耐震性向上・盤内の分離、拡張に伴うスペース不足解消等をねらいとして、中央制御盤の高度化の技術検討を実施してきている。

(1) 基本技術検討

関西電力(株)、四国電力(株)との共同研究・委託調査により、

表2. 運転支援システムの運転信頼性評価結果

設計目標(評価手法)		定量指標	効果(改良型盤との比較)
ワークロードの低減	肉体的ワークロード(運転員行動分析)	監視操作回数	約1/4の低減
	精神的ワークロード(人間情報処理モデル)	情報処理時間	約1/5の低減
人間過誤率の低減(THERP)		人間過誤率	約1/4の低減

対象プラント(美浜1/2号機、伊方1/2号機)について、以下の検討を実施した。

(a) 改善項目の抽出と実現手段の検討

改善項目の実現手段として、改良型中央制御盤への高度化更新を設定した。高度化後のシステムの特長は次のとおりである。

- 一体型の改良型中央制御盤
- 改良型警報表示システムの採用
- 計算機システムの二重化・分散化による信頼性向上

(b) 中央制御盤基本仕様の具体化

既設中央制御室のスペース制約と工事性検討から、盤形態をベンチボード一体型とし、盤面器具配列図を作成した。

(c) 工事仕様の具体化

中央制御盤の搬出入、盤内設計、ケーブル処理、仮設盤、計算機システム・警報表示システム設備仕様、電源・空調、盤配置、工程等について具体的に検討実施し、工事実現性を示した。

(2) 運転信頼性向上の評価

大飯3/4号機、伊方3号機改良型中央制御盤の評価結果をベースとした机上での比較評価において、運転員の潜在的ヒューマンエラー率・移動距離ともに既設中央制御盤の1/5に低減可能との見込みが得られた。

7. む す び

以上、中央計装システムにおける運転信頼性向上について述べた。今後は次期のPWRプラントの実機設計に向けて、新型警報システム等、更に開発を進めていく。また、警報処置支援システムは、現在建設中の玄海原子力4号機に向けて、これまでの実機運用経験の反映と、一層の機能充実を図ったシステムを計画している。今後とも、より一層の運転信頼性向上に努めていく所存である。

最後に、数々の御指導・御助言を賜ったPWR各電力会社と中央計装システムの共同開発設計者である三菱重工(株)の関係各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 谷 衛, 小橋秀一, 伊藤 徹, 今瀬正博, 小笠原 誠: 新型中央計装システム, 三菱電機技報, 66, No.12, 1143~1148 (1992)

デジタル制御装置の信頼性向上

田中浩一* 山脇雅彦*
小倉啓七* 福光裕之*
北村 久*

1. ま え が き

マイクロプロセッサの高性能化やメモリ素子の大容量化などの技術の進歩は、コンピュータの高性能化・ダウンサイジング化を可能とした。特に、エンジニアリングワークステーション (EWS) は性能が著しく向上しており、優れたコストパフォーマンス、高速リアルタイム演算処理、汎用ソフトウェアのラインアップ等によって、オフィスオートメーション (OA) 分野のみでなく、計装制御分野でも適用されるようになってきた。また、マイクロプロセッサ等の LSI 製造技術や装置の二重化技術の進歩により、システムの信頼性は一層向上している。

これらの技術動向を背景として、原子力向けデジタル制御装置で培った高信頼度技術と CRT 画像処理やエレクトロニクスの最新技術を組み合わせ、原子力発電所の周辺設備や原子力関連施設での計装に適した汎用デジタル制御装置“新型 MELTAC-C” (MELTAC-600C) を開発した。

新型 MELTAC-C は、汎用計装として必要とされるプラント運転・操作用 CRT 標準画面やエンジニアリング機能を持つことはもちろん、原子力計装として要求されるソフトウェアの検証性、多重化・自己診断等の信頼性、及びハードウェア無調整化等の保守性を兼ね備えたシステムである。

本稿では、その概要について紹介する。

2. 新型 MELTAC-C の開発コンセプト

新型 MELTAC-C は、次の点を基本設計方針として開発した。

(1) 最新マンマシンインタフェース技術の導入

汎用計装で必要となる系統図や制御器・指示計等の CRT 画面を、汎用ソフトウェア技術を用いた動画や立体画像で表現する。また、マルチメディア技術を適用することにより、オペレータの運転操作を容易にし、使いやすく、かつ誤操作が防止できるシステムとする。

(2) エンジニアリング機能の統合

運転・監視機能とエンジニアリング機能を統合し、1 台のオペレータステーション (OPS) に内蔵する。これにより、従来、ネットワークに接続していた専用のエンジニアリングステーションを不要とする。また、オンラインヘルプ機能の採用により、システムの改造・拡張をユーザサイドでも可能とする。

(3) 保守性の向上

前述のエンジニアリング機能を用いて、制御ロジックや制御パラメータがオンラインで容易に変更でき、このようなソフトウェア変更時、その履歴管理が容易に行えるものとする。

また、入出力部については、アナログ入出力部の無調整化を実現し、カード 1 枚当たりの入出力点数を極小化することにより、カード交換時のプラントの隔離養生作業を簡素化する。

(4) 高信頼性の確保

従来から、原子力計装制御システムの基本設計方針としてきた監視・制御レベルの階層化分割と自律分散制御、及びソフトウェアの検証性と可視化の思想を踏襲する。すなわち、割込みのない定周期制御のソフトウェア構成とし、応用ソフトウェアはグラフィック POL (Problem Oriented Language) によってビジブル化する。

入出力部については、従来の汎用デジタル制御装置では実現していなかった入力端から出力端までの自己診断を実施するとともに、システムの重要度に応じてフレキシブルな二重化構成を可能とする。

3. 新型 MELTAC-C の特長

3.1 システムの概要

新型 MELTAC-C は、プラントの運転・監視を行うオペレータステーションとプラントの制御を行うフィールドコントローラ (FCS) を、計装用高速ネットワーク (OPS バス) で結合したシステムである (図 1)。

オペレータステーションは、系統図、制御器・指示計等の計器、記録計、警報窓を CRT 画面上に構築し、プラントの状態を情報集約して確認しながら運転・操作するものである。CRT での画面展開や制御器・補機の操作は、タッチオペレーションによって行うものとしている。

一方、プラントの制御を行うフィールドコントローラでは、割込みを用いない定周期処理のソフトウェア構成とすることでソフトウェアの検証性を確保し、グラフィック POL によってビジブル化された制御ロジックで高速制御演算を実現している。

3.2 オペレータステーション

新型 MELTAC-C のオペレータステーションは、経済性や最先端技術適用の観点からハードウェアとして EWS を適用した。また、従来のパネル計装と同様の感覚で制御器や

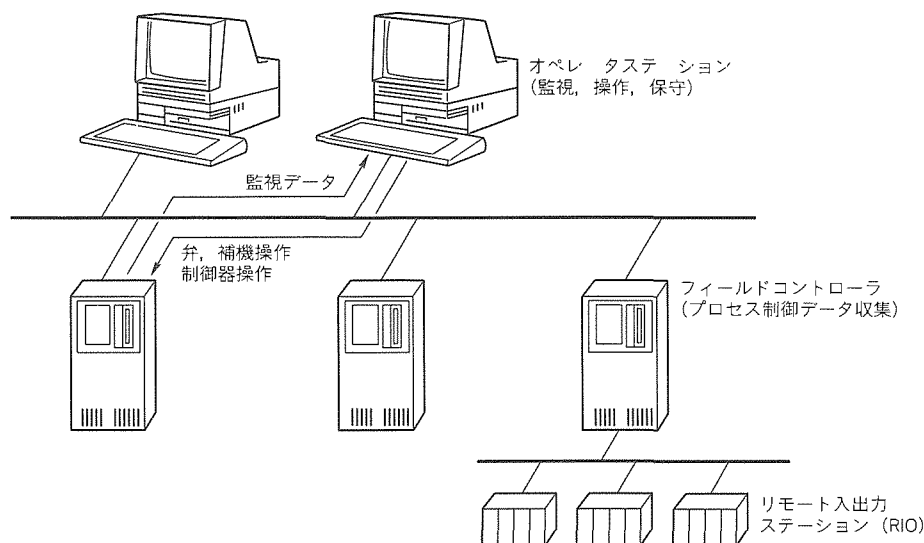


図1. システム構成

補機の操作が容易に行えるよう、最新の GUI (Graphical User Interface) 技術を用いるものとした。

オペレータは、CRT 上で立体イメージの計器や操作ボタンをタッチ操作してプラントの運転をするが、ハードウェアのスイッチや計器に近いリアル感を持つ設計とすることで、画面の視認性・操作性の向上を図った。

また、このオペレータステーション上に、オペレータコンソールやフィールドコントローラのエンジニアリング機能（オペレータステーション画面変更、パラメータチューニング、制御ロジック変更、制御状態のモニタ等）を統合した。保守作業時のソフトウェア変更が容易になることは、逆に変更の履歴管理が必要となる。これを自動的に実施するため、パスワードを用いての操作許可と合わせて、ソフトウェア変更の履歴管理機能を強化し、オペレータステーションで集中して管理できるものとした。

また、エンジニアリング機能をオペレータステーションに内蔵したことにより、設備スペースの有効活用ができる。さらに、プラント監視・操作・保守情報は TagNo で一元化しており、札掛け、隔離等の情報を運転側と保守側で共用できる効果がある。

このほか、現場の汎用ワンループコントローラをオペレータステーションから遠隔操作することができ、また、ITV 画像をウィンドウに取り込んだことにより、オペレータステーションの画面上で現場の様子を監視することが可能となった。

以上、新型オペレータステーションは、高度な GUI 技術、エンジニアリング機能の統合、汎用ワンループコントローラの接続、ITV 画像表示等のマルチメディア技術を駆使することにより、運転・操作性と保守性の向上を図ったものである（図2、図3、表1）。

3.3 フィールドコントローラ

新型 MELTAC-C のフィールドコントローラは、次の特長を持っている。

(1) フラッシュメモリの適用

従来、原子力向けデジタル制御装置では、ソフトウェアの高信頼性の確保や変更管理の明確化の観点から制御ロジックも ROM に格納するものとしていたが、汎用計装装置ではソフトウェア変更の工期や経済性の観点から、現地で迅速に制御ロジックの変更や制御パラメータのチューニングを行えるようにする必要がある。

これらを踏まえて、従来の信頼度設計の思想を継承しつつ、制御ロジックの変更作業の合理化を図るため、主メモリにフラッシュメモリ（電源が OFF してもメモリの内容が保持されるという ROM の性質と、メモリ内容の書換え可能という RAM の性質を合わせ持つメモリ）を採用し、メモリ部の高信頼性確保とソフトウェア変更の容易化の両立を実現した。このフラッシュメモリとオペレータステーションでのエンジニアリング機能を組み合わせて、現地での制御ロジックの変更、制御パラメータ調整作業等の保守作業を簡素化した。

制御ロジックの変更値及び制御パラメータの調整値は、オペレータステーションからネットワークを介してフィールドコントローラにダウンロードが可能であり、オペレータステーションからフィールドコントローラの入出力停止／実行、CPU の系切換え及びフラッシュメモリ転送は、遠隔操作で自動的に行えるようにすることで、保守作業者が現場に出向く必要がないものとした。

(2) インテリジェント I/O

制御装置に必要とされるのは、高い信頼性と保守性である。新型 MELTAC-C では、入出力部の信頼性と保守性を向上させるために、インテリジェント I/O カードを開発した。これは、従来のプロセス入出力カードと信号変換や耐ノイズ／サージ機能を持つシグナルコンディショナカードを統合

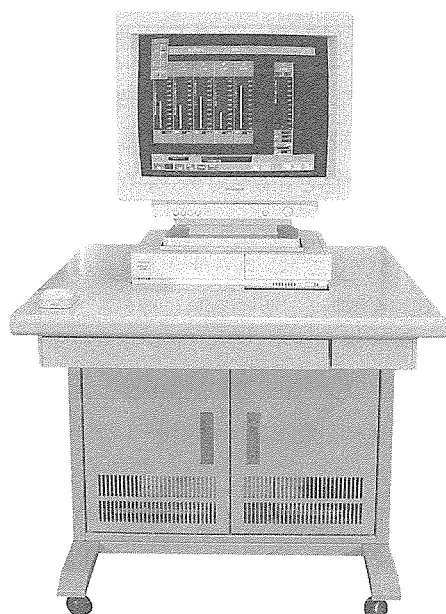


図 2. オペレータステーション外観

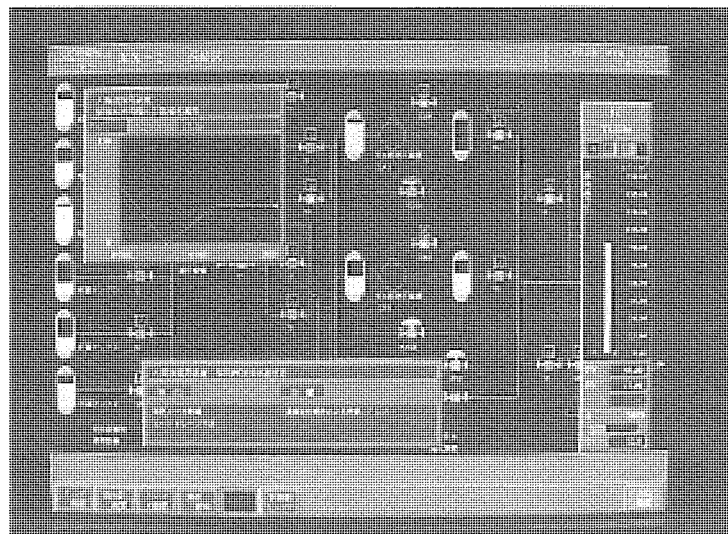


図 3. オペレータステーション画面例

表 1. オペレータステーション機能一覧

画 面 名	画面の用途
オペレーショントップ	制御・監視モードの最上位画面。系統全体の総括監視、システム選択を行う。
制御器・指示計表示	制御器と指示計のPV値等をリアルタイムに監視し、必要に応じて制御を行う。
制御器チューニング	制御器・指示計のパラメータをチューニング(調整)する。
制御器チューニングサマリ	制御器チューニング画面に登録されている制御器・指示計を一覧表示する。
トレンドサマリ	システムに登録されているトレンドグラフを一覧表示する。
トレンドグラフ	タグのトレンドグラフを表示する(360サンプル)。
拡張トレンドグラフ	タグの拡張トレンドグラフを表示する(1,080サンプル)。
トレンドグラフ点登録	トレンドグラフの収集方法の変更、グラフ表示させるタグの登録等を行う。
トレンド一覧	自OPS内のすべてのトレンド収集状態・登録状態を一覧表示する。
集合警報表示	プロセス警報、システム異常警報を集合窓のイメージで表示する。
最新警報表示	自OPS内で発生中のプロセス警報を一覧表示する。
警報ヒストリカル表示	OPSプログラムを起動してから現在までの、すべてのプロセス警報、システム警報の発生・復帰を一覧表示する。
機器運転記録表示	機器(弁、ポンプ等)の運転記録(起動・停止等)を一覧表示する。
系 統 図	系統図作成ツールVIEW Builderで作成した系統図を表示する。
タグ情報一覧	タグ情報(補機のON/OFF等)を一覧表示する。
システム機器モニタ	システム機器(OPS, FCS, データウェイ)の稼働状態を監視する。
FCSカードモニタ	FCSの異常発生箇所、ユニット構成、カード配置図等を表示する。
保守モード	システム構築や環境設定を行う。

したものである。

アナログ入出力カードについては信号処理専用プロセッサとして、音声変換やデジタルフィルタなどの分野で適用範囲を拡大している DSP (Digital Signal Processor) を搭載した。これにより、オンラインでのキャリブレーションが可能となり、カードの無調整化が実現できた。キャリブレーションとは、カードに内蔵した基準電源の読み込み値を用いて、プロセス入力の読み込み値を自動的に補正する方法である。

従来、キャリブレーションは、定期検査時のみオフライ

ンで行っていたが、I/O カードを DSP を用いてインテリジェント化し、短時間 (0.1 ms) での切換えによってアナログ信号の自動補正を行うことで、オンライン処理としたものである。これにより、カードはメンテナンスフリーとなり、保守性を大幅に向上させた。

(3) 自己診断の強化

新型 MELTAC-C では、入力端から出力端までの自己診断を行い、従来、人手によるチェックでのみ故障の確認が可能であった箇所まで、自己診断可能とした。以下に自己診断

の強化内容について説明する。

(a) 基準入力によるチェック (アナログ入力)

従来、検出困難であったアナログ入力信号のレンジ内固着故障を検出可能とするため、内部基準入力信号を定期的に読み込み、この読み込み値の妥当性を確認することにより、アナログ入力部の自己診断を可能とした。

(b) ダイビット診断 (デジタル入力)

接点印加電源や信号入力部の故障を検知するため、入力1点に対して2ビットで処理する、ダイビット比較によってデジタル入力部の自己診断を行う。

(c) リードバックチェック (アナログ出力、デジタル出力)

出力部の末端まで健全性を確認するため、出力信号を再度入力し、CPUからの出力値とCPUへのリードバック値を照合することにより、アナログ/デジタル出力部の自己診断を行う。

(4) カード交換時の隔離養生作業の容易化

入出力カードについては、カード1枚当たりの入出力点数をアナログカードは1点/1枚、デジタルカードは4点/1枚とした。これにより、カード交換時の隔離養生作業(プラントへの影響をなくすために実施する端子台でのリフト、ジャンパ作業)の範囲を限定することができる。

デジタル出力カード交換に対しては、ターミナルモジュールに出力をON/OFF状態に設定できるスイッチを設けており、このスイッチ設定で1点ごとに隔離養生が可能である。

入力カードの交換時には、制御ロジックへの影響がオペレータステーションのエンジニアリング機能で特定化でき、カード交換前の検討準備の労力を軽減できる。

(5) 多重化対応

システム全体としての信頼性を向上させるため、インテリジェント I/O は、入出力部の末端まで二重化することができる設計としている。システムでの重要計装ループのみの二重化も可能であり、故障発生時には、故障箇所のみ切換えを行い、バックアップを可能としている。

(6) 定期交換部品の削減

有限寿命部品の削減は、装置の信頼性と保守費用削減の点で有効である。新型 MELTAC-C では、電源のファンレス化を行い、電解コンデンサの長寿命化を実現した。これにより、定期交換部品の削減、又は交換周期を延長させ、保守費用の削減を図った。

(7) リモート入出力ステーション

フィールドコントローラの入出力部は、発電所現場等に設置し、入出力カードのみでリモート入出力ステーション(RIO)が構成できる設計とした。これにより、フィールドケーブルの削減や制御盤のコンパクト化が図れる(図4)。

4. ソフトウェアの保守性向上

制御装置は、プラントのパラメータの調整や機能向上のため、適切に変更・拡張していく必要があるが、このために、ハードウェアの保守性と合わせてソフトウェア面での保守性が重要である。

新型 MELTAC-C では、ユーザサイドでのソフトウェア保守が、信頼性を維持し、かつ容易に行えるようにした。すなわち、従来からのグラフィック POL プログラミングを強化し、フィールドコントローラの制御ロジック及びパラメータ変更がネットワーク接続したオペレータコンソールで集中して行えるようにした。

このほか、新型 MELTAC-C において信頼性確保の観点から実施した制御ロジックの TagNo による一元管理と、ソフトウェア変更履歴管理について説明する。

(1) 制御ロジックの TagNo による一元管理

制御ロジックの入出力信号は、フィールドコントローラの I/O カードの入出力信号と対応しており、ハードウェアの信号アサインに関連した表記で扱われる場合がほとんどである。

一方、制御ロジックの上流図書となる計装ブロック図等には、TagNo で信号が表記されており、この表記との対応付けが必要であるため、フィールドコントローラの制御ロジックの表記を TagNo で統一することにより、計装ブロック図との対応が容易となる。

そこで、制御ロジックの入出力点をプラントで使用する TagNo で表記することとし、入出力データのモニタリング、制御ロジックの状態のモニタリングの容易化を図った。制御ロジックの呼出しは TagNo で検索することとし、さらに

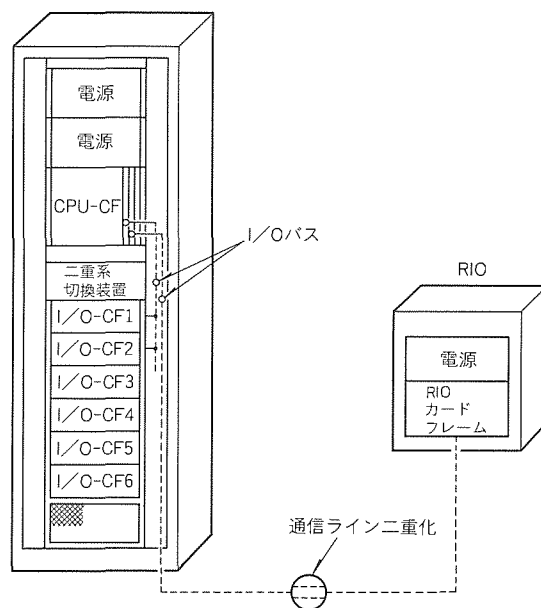


図4. フィールドコントローラ ラックアップ図

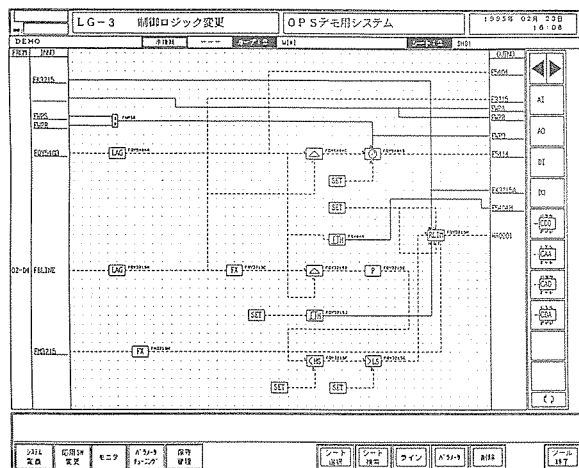


図 5. TagNoを用いた制御ロジック画面

入出力定義も TagNo で実施できることとした (図 5)。

これらにより、制御ロジックの保守性を大幅に改善できたものとする。

(2) ソフトウェア変更履歴管理

ユーザが、制御ロジック等のソフトウェアの変更を容易に行えることとしたことから、その変更履歴管理をどのようにするかが逆に重要な問題となる。このシステムでは、オペレータステーションのエンジニアリング機能の一つにソフトウェア変更管理機能を設け、制御ロジック及びパラメータを変更した際には、自動的に変更日時、変更作業者、変更内容(例：いつ、だれが、何の TagNo の値を何から何に変更したか)を記録していくことにより、保守作業者の変更点管理作業を支援することとした。



图 6. 變更履歷管理画面

また、この変更管理機能は制御ロジックのバージョン管理、変更差分管理も行え、後に検索条件（日時範囲指定、Tag No 指定、作業項目指定など）によって内容を絞り込むこともできる。変更履歴管理画面を図6に示す。

5. む す び

以上，“新型 MELTAC-C” (MELTAC-600 C) について機能と特長について紹介した。原子力計装分野では，運転員の負担軽減，機能の高度化，またシステムの高信頼性に対する要求がますます強まっている。

今後も、実機プラントでの運用を踏まえ、先進技術を導入して、ユーザフレンドリなシステムを提供していく所存である。

放射線計装設備の信頼性向上

津高良和* 犬島 浩+
片岡秀郎** 早川利文*
楳田義一*** 星 純一*

1. ま え が き

放射線計装設備（以下“放射線モニタ”という。）では、高感度型主蒸気管モニタの開発・納入を始めとして、プラントの信頼性向上、保守性改善の観点から放射線モニタシステムの高信頼化、放射線検出器の信頼性、安定性向上、診断技術の導入など放射線モニタシステムの高度化開発を進めている。この稿では、その開発状況の概要を紹介する。

2. システム信頼性向上

蒸気発生器細管漏えい監視強化として放射線モニタの検知性能改善に取り組んだ。改善内容は、統計変動によって揺らいている放射線モニタの指示値をより一層把握しやすくするため、その指示値の揺らぎを少なくする開発である。

最近の建設プラントではデジタル式放射線監視盤を納入しているが、前述の課題を解決するために改善型デジタル式レートメータ（放射線強度の変換器）を開発した。

改善型レートメータの開発により、以下の性能、信頼性の向上を実現している。改善型レートメータと従来品との比較を表1に示す。

(1) 揺らぎの低減

指示値の揺らぎは、レートメータのレート変換回路の時定数に反比例する。抵抗、コンデンサ及びダイオードで構成するアナログ式レートメータのレート変換回路では、揺らぎは13%程度（標準偏差）であるが、デジタル式レートメータではレート変換回路をカウンタとパルス発生器で構成することによって長時間の時定数を安定して実現でき、揺らぎを1/10に低減した。

また、従来式デジタルレートメータでは低い指示値の領域で揺らぎが大きいという特性があったので、低い指示値の領域まで揺らぎを少なくするようにレート変換回路のダイナ

ミックレンジを拡大して、従来に比べて通常時の指示値が低い放射線モニタに適用できるようにした。

(2) 指示値の安定性向上

レート変換回路をデジタル素子で構成することにより、温度変化・経年変化がなく指示値の信頼性が向上した。

(3) 実装計測チャネル数の拡大

1面当たりの実装数は、5ch（チャネル）から16chに拡大した。

(4) 計測チャネルの独立性と保守性の確保

計測チャネルの独立性・保守性からレートメータは1ch当たり1枚とし、1枚のボードに高密度実装でき、将来の機能拡張性を考慮して性能に余裕のある、高機能で周辺回路をも集積した集積度の高いマイクロプロセッサを採用した。

(5) 診断機能の付加

ハードウェア（H/W）とソフトウェア（S/W）の豊富な自己診断機能を搭載して異常の検出を強化し、異常発生時に直ちに再試行を行う機能を設けることによって一過性の異常では影響を受けず、故障時にも誤動作を防止するシステムを実現している。

(6) 異常診断支援システムとの接続性

プリント基板など、取替機器単位で放射線モニタシステムの異常診断を支援する異常診断支援システムを開発している。その異常診断支援システムへ診断のためのデータをリアルタイムで1本の回線で伝送するために、レートメータカードにシリアル通信回線を設置した。通信方式は汎用性があり、実績が豊富であるRS-232Cとし、接続先からの干渉を避けるために送信モードだけとしている。

送信データは、異常診断支援に必要な指示値（計数率）、検出器印加高圧電源電圧値、検出器パルス信号波高弁別レベル、測定モード（テストモードとの識別）である。

3. 検出器信頼性向上

現在、PWRプラントの放射線モニタに使われている検出器は、GM管、シンチレーション検出器及び電離箱である。このうち、主に重要なモニタに使われているシンチレーション検出器のドリフト補償方式による安定性向上とGM管に替わる半導体検出器の開発を行った。

3.1 ドリフト補償型検出器

SG（蒸気発生器）漏えい検知モニタ、排気筒モニタな

表1. レートメータの比較

	アナログ式	デジタル式	改善型デジタル式
揺らぎ（標準偏差）	13%	2.6%	1.3%
揺らぎ（低計数率時）	13%	2.6%以上	1.3%
指示値安定性	×	○	○
実装数（1面当たり）	5ch	16ch	16ch
異常診断出力	なし	なし	○
自己診断機能	なし	○	◎

注 ◎：特に優れている。 ○：優れている。

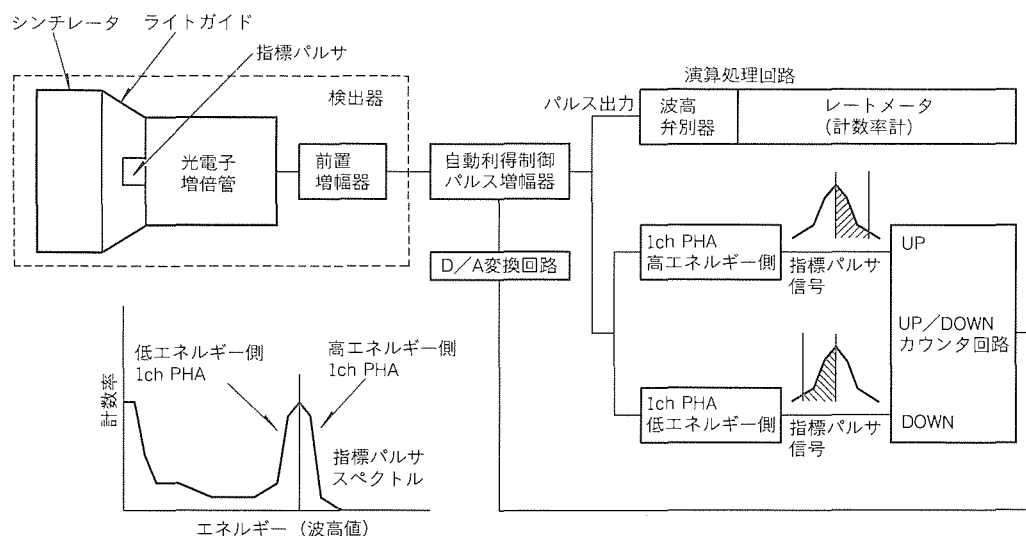


図1. ドリフト補償システム構成

どの重要なモニタでは、わずかな指示変動による異常の検知・評価が求められている。検出器の経年劣化による長期ドリフト及び温度特性による変動を改善して検知性能を向上した。

具体的には、ドリフト抑制対策として検出器に基準となる指標パルサを内蔵し、ドリフト補償する方式を開発した。対象の検出器は、重要なモニタで使われている NaI シンチレーション検出器及びプラスチックシンチレーション検出器とした。ドリフトを補償する方式について、以下に記述する。

システム構成を図1に示す。シンチレーション式放射線検出器の出力信号は、波高値が放射線のエネルギーに比例するパルス信号である。出力パルスの波高値は、検出器に内蔵している光電子増倍管の利得が温度特性及び経年劣化で変動することによって変動する。よって、所定のエネルギー以上の放射線を計測するグロス計測又は所定のエネルギー範囲のみ計測するディスクリット計測では、出力パルスの波高値の変動によって指示値が変動する。したがって、光電子増倍管の利得の変動を補償し、指示値を安定させることが必要となる。光電子増倍管は、放射線が入射すると発光するシンチレータからの光を電気信号に変換するものであり、光電子増倍管の光入射面に出力パルス波高値が基準となる光源の指標パルサを設けることで変動を補償する。

指標パルサは以下を満たす構造とした。

- (1) パルス性で光量が一定であること。
- (2) 測定対象エネルギーに影響を与えない波高値とする。
- (3) 制御性のために適切な分解能、計数率を得られること。

指標パルサの出力波高値分布は図2のようになる。指標パルサの信号を含む検出器出力信号は前置増幅器で増幅され、パルス信号の増幅度を制御できる自動利得制御パルス増幅器で増幅され、後段の波高弁別器で測定対象のエネルギー領域のパルスを弁別し、レートメータで計数率に変換して指示する。

一方、自動利得制御パルス増幅器の出力パルスは、指標パ

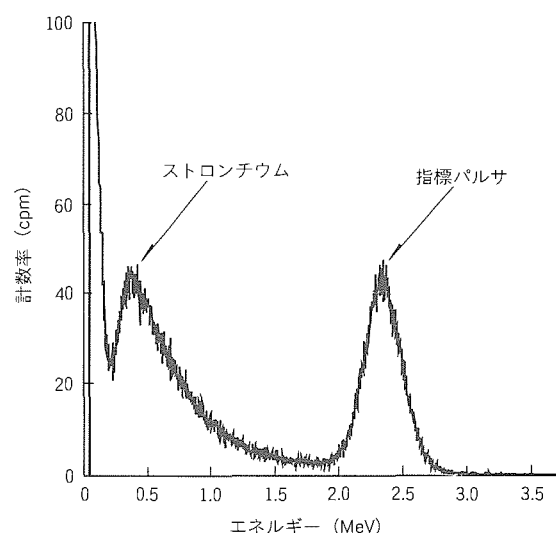


図2. パルス波高分布

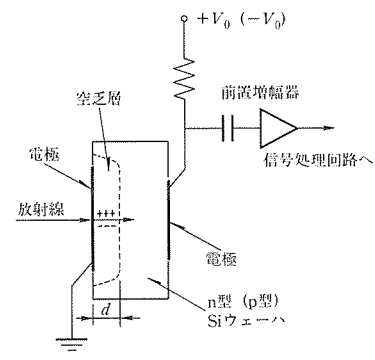
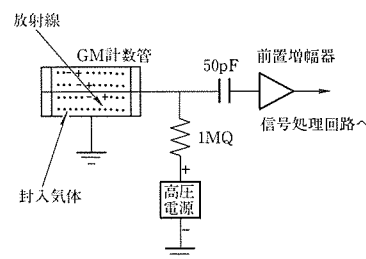
ルサの信号のエネルギー中心から高エネルギー側のパルスを弁別する1ch 波高弁別器（以下“PHA”という。）と低エネルギー側の1ch PHA に入力され、それぞれの出力パルスはUP/DOWN カウンタで計数される。

計数値は、D/A 変換器でアナログ量に変換され自動利得制御パルス増幅器の利得を変え、指標パルサのエネルギー中心が常に一定の値に保つよう制御する。検出器の光電子増倍管及び前置増幅器の利得が低下又は上昇しても指標パルサの出力信号の波高値を常に一定値に保つことで利得の低下及び上昇を補償できる。

指標パルサは、経年変化がなく電源なしで動作する安定性と信頼性のある線源とシンチレータの組合せで構成した。線源として Am-241 を選定した。NaI シンチレーション検出器では指標パルサのシンチレータは NaI とした。プラスチックシンチレーション検出器では CaF₂ とし、さらに光量調整フィルタを設けた。

以上のドリフト補償方式により、プラスチックシンチレー

表 2. 半導体検出器とGM管の原理と特徴

	半導体センサ	G M 管
原 理	半導体センサに入射した放射線によって空乏層に電荷が生成され、電流パルスとなる。	GM管内に入射した放射線によって管内の気体が電離し、電流パルスが生成される。
特 徴	一般の半導体製品と同様に安定性が高く長寿命である。また、高圧電源を必要としない。	GM管は管球品であり、本質的に気密劣化、封入気体の変質等が起こり、寿命が短い。
概 念		

ション検出器の場合、変動をドリフト補償をしない従来品と比べて約3/10以下に低減することができた。

また、NaI シンチレーション検出器も変動をドリフト補償をしない従来品と比べて約3/10以下に低減することができた。

3.2 半導体型検出器

エリアモニタの検出器として現在 GM 管を使用しているが、GM 管は管球品であり本質的にばらつきが大きく、気密劣化、封入気体の変質等が起こり、他の検出器に比べて寿命が短い。最近では半導体技術の進歩で安価な放射線検出器の製作が可能となり、GM 管に替わりつつある。半導体検出器の原理と特徴を表2に示す。半導体検出器では、高信頼化・安定性向上・長寿命化が得られ、さらに GM 管で必要な高圧電源が不要になり、かつ定期的な点検項目も少なくなることによって保守性も向上する。

測定範囲が $1 \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$ のエリアモニタの標準仕様品について、半導体と GM 管の主要性能の比較を表3に示す。直線性、エネルギー特性、方向特性、温度特性、湿度特性、ドリフト、自然バックグラウンド及び耐震性が、エリアモニタとしての要求仕様を満たすことを確認した。さらに、温度サイクル、高温エージング及び耐放射線試験の信頼性試験で目標寿命5年を確保し、1年間の連続運転を実施して十分な信頼性と安定性があることを実証した。

4. 異 常 診 断

一般に放射線モニタは監視系であるため、測定箇所に対して1系統設置されている。したがって、放射線モニタの指示値が異常を示した場合に、放射線モニタの健全性の確認を行

表 3. エリアモニタ検出器の比較

	半導体センサ	G M 管
測 定 範 囲	$1 \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$	$1 \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$
感 度	$0.37\text{cps}/\mu\text{Sv/h}$	$0.13\text{cps}/\mu\text{Sv/h}$
推奨取替周期	5年以上 ($5 \times 10^3\text{Gy}$ 以上)	2年又は 5×10^9 カウント (10Gy相当)の短い方
検出器印加電圧	$\pm 15\text{V}$	575V
健全性確認	チェックソース	チェックソース プラトー特性

っている。

プラントの監視強化の要求から、放射線モニタの指示値が上昇した場合、直ちにプラント側の異常によるものか、放射線モニタの異常かを早期に判断して適切な処置をとらなければならない。このため、指示値異常時に放射線モニタの健全性を容易に早く確認できる異常診断システムが望まれている。このような背景の中で、指示値異常時の放射線モニタの点検に加えて定期的に行っている点検、試験の保守性を向上する通常点検機能及び警報設定等の運転支援機能をも充実した放射線モニタの異常診断支援システムの開発を進めている。

異常診断支援システムの機能を検討し、システム構成を決めた。また、診断に有効な要素技術として、プラントの異常の早期検出に有効な白色性検定手法及び外来ノイズとの識別に有効な異常信号分別手法を開発した。さらに、サンプリングポンプの劣化診断等の診断の高度化研究も着手した。

4.1 異常診断支援システム

異常診断支援システムのブロック図を図3に示す。異常診断支援システムは次の機能を持つ。

- (1) 重要モニタの健全性確認

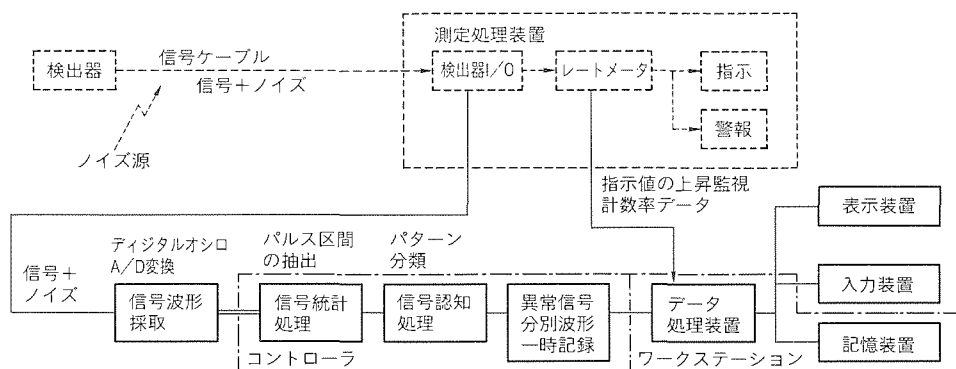


図5. 異常信号分別システム構成

代表的な条件でのシミュレーションで、白色性検定法は一般的な手法の移動平均法に比べて検出時間が約半分に短縮できた。目で見えて異常と判別される以前の微候を検知することができ、その有効性を確認できた。

また、放射線の変化のほか、検出器の温度特性による指示値の変動が考えられるが、白色性検定には温度変動は影響しないことが分かった。ただし、外来ノイズ、高圧電源電圧異常による指示値上昇と放射線の変化とを識別することはできなかった。これらの異常は後述する別の手段によって診断することができる。

4.3 異常信号分別

検出器の出力信号レベルは、微小なアナログパルス信号であり、各種のノイズに対する誤動作対策が施されているが、例えば溶接機ノイズのような特定のケースではノイズレベルが信号レベルを上回り、ノイズ信号による指示値の上昇が発生することがある。このような現状を考慮して、検出器の出力信号を正常波形と正常以外の波形（異常波形）をリアルタイムで分別するシステムを開発した。異常信号分別のシステム構成を図5に示す。

検出器出力信号波形を1波形ごとに連続してデジタルオシロで採取し、信号波形の形状の特徴量を演算して正常信号と6種の異常信号のパターンに自動で分類し、異常信号はその波形を記録するシステムとした。分別された正常信号の一例を図6に、異常信号の一例を図7に示す。

4.4 サンプリングポンプ診断

放射線モニタは、被測定流体を放射線検出器まで移送して放射能濃度を計測する。

被測定流体の移送に使われるポンプは他の機器に比べて劣化が早く、故障するまでに異常を事前に検知することは設備保全上有用である。異音の発生の有無を確認することでポンプの点検を行うが、専門家でないで識別が難しく、安定して診断できる手法の研究に着手した。

試料採取装置用コンプレッサについて、複数台数の新品

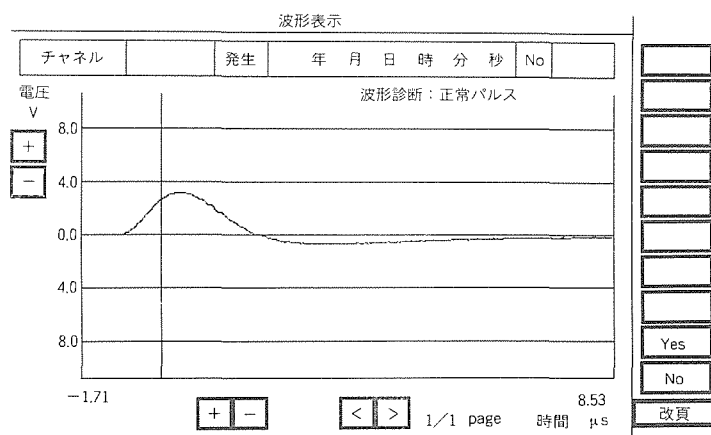


図6. 正常信号波形診断結果

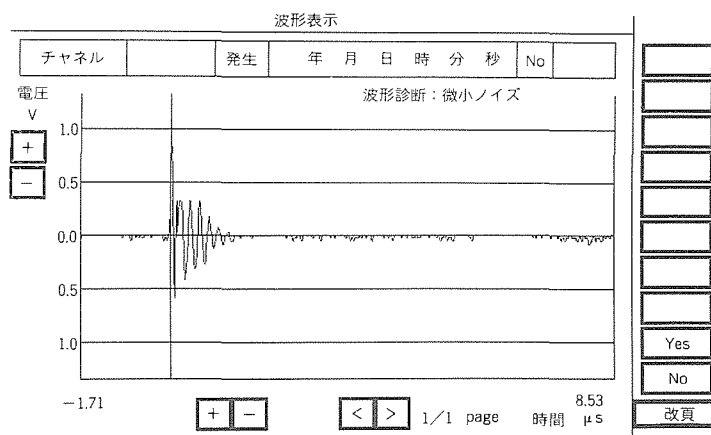
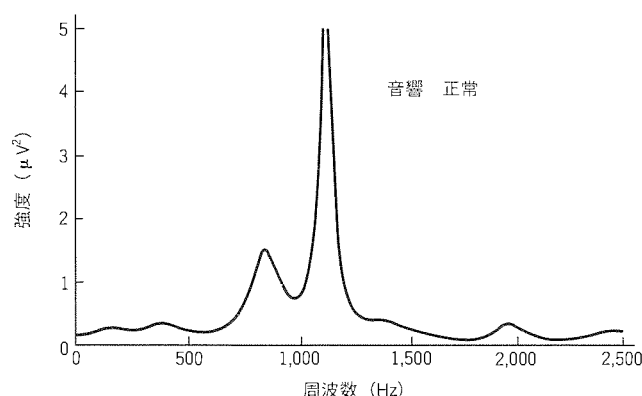


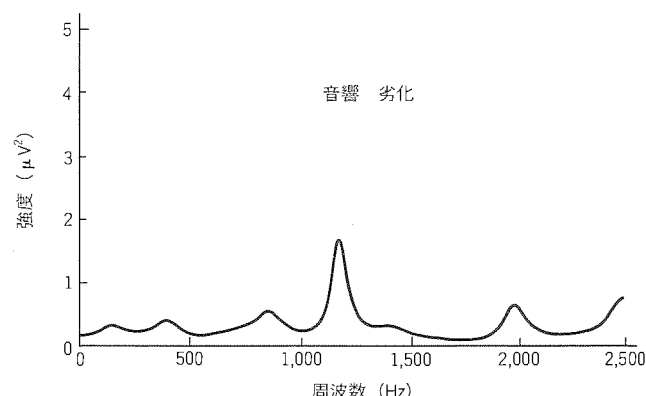
図7. 異常信号波形診断結果

（基準データ）と長時間運転品（比較データ）について音を採取し、周波数解析をした。解析の結果、図8に示すように特定の周波数で長時間運転品ではピーク値が低いことが確認できた。

今後、異常識別のために適正なしきい値を調べ、さらに異常の事例を蓄積することにより、自動で判別できる手法の研究を進める。



(a) 基準データのスペクトル推定の表示



(b) 比較データのスペクトル推定の表示

図 8. ポンプ音響診断結果

5. む す び

放射線モニタのプラント監視性向上として、指示値の揺らぎを少なく抑えることで微小な指示上昇を検知でき、かつ信頼性・安定性を向上させた改善型レートメータを開発した。

また、放射線モニタの構成部品で信頼性・安定性を向上する上でかなめ(要)となる検出器の改善に取り組み、重要なモニタに使われているシンチレーション検出器のドリフト補償方式による安定性向上と GM 管に替わる半導体検出器の開発を行った。

さらに、各部位の信頼性向上に加えて、放射線モニタの指示値が上昇した場合、直ちにプラント側の異常によるものか、放射線モニタの異常かを判断し、早期に適切な処置をとれる異常診断支援システムを開発中である。診断に有効な要素技術である白色性検定手法及び異常信号分別手法を開発し、実機適用に向けて全体システムの開発を継続している。

また、ポンプの音響診断技術の研究や、別稿で紹介する電磁ノイズの影響を受けない電気信号を全く使わず光信号を出力する放射線検出器の開発を行っている。

電気設備の信頼性向上

木崎秀介* 中島義博***
 山川 勝**
 浦川伸夫**

1. ま え が き

加圧水型 (PWR) 原子力発電所で使われている電気設備の構成は図1のとおりであり、また、当社が原子力発電所に納入している主要な電気設備には表1に示す各種の機器がある。

ここでは、これら原子力発電所の電気設備の信頼性向上として、機器固有の信頼性向上と電源システムとしての信頼性向上についての考え方を概説するとともに、特に、屋内開閉装置の設備改善、高圧電動機の絶縁診断、発電機負荷開閉器を用いたシステム改善を、信頼性向上への取組の例として紹介する。

2. 概 要

2.1 機器固有の信頼性向上

表1に示す電気設備が原子力発電所においてその基本機能を果たすために共通して求められる特性は、“絶縁”“構造”及び“耐環境性”である。

2.1.1 絶縁の健全性

絶縁が健全であることは、すべての電気設備が基本的な機

能を果たす上で最も重要な点であり、温度、湿度、振動や回転に伴う機械力などの外的・内的要因に対して絶縁性能保持能力の高い良質の絶縁を提供できるよう、材料及び製造方法に関する改善を行ってきた。例えば、高圧電動機においては、循環水ポンプのような大型の電動機を含め、ダイヤモンドエポキシ絶縁全含浸方式ですべてのものを提供できるようになっている。

また、良質の絶縁といえども材料として有機物を用いる以上、使用年数の経過に伴う材質劣化によって性能が低下することは避けられず、原子力発電所で使用中の電気設備の絶縁の健全性を診断し、取替えを含めた適切な予防保全処置を提言していくことも、信頼性の維持向上におけるメーカの重要な使命の一つと考え、既設プラント向け改善提案活動である MELRAP (MELCO Reliability & Availability Upgrading Program) の実践や、個別の提案活動を行っている。

2.1.2 構造の適正化

電気設備の構造の面からは、静的及び動的な構造の適正化を考える必要がある。

重力や電磁力による静的荷重、電界集中、漏れ磁束への対応、及び保守・点検のしやすさを考慮した構造も、信頼性を考える上で重要な要素である。

動的な構造としては、電動機など回転体の振動、遮断器投入・引外しのメカニズム、地震荷重に対する検討などが必要であり、回転機器に関する振動解析、550 kV 一点切り遮断器の開発に重要な役割を果たした熱ガス流動解析などの解析技術に裏付けられた設計改善を実施している。

2.1.3 耐 環 境 性

考慮すべき環境条件のうち、原子力発電所特有の条件が課せられるものとして、格納容器内の機器が挙げられる。特に電気ペネトレーションは、事故時の放射能放出を防ぐための

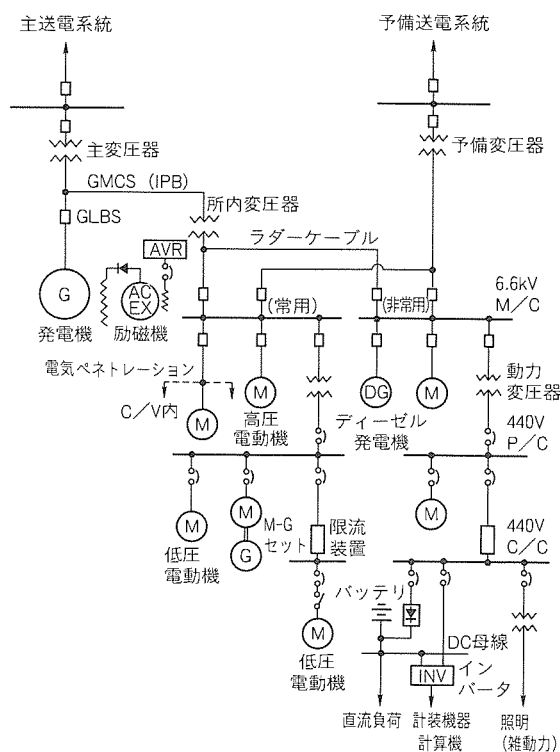


図1. 電気設備の構成概念

表1. 原子力発電所の電気設備

基本機能	当社納入の電気設備
電気エネルギーの生成	タービン発電機、励磁機、非常用ディーゼル発電機
電気エネルギーの変換	主変圧器、所内変圧器、予備変圧器、動力変圧器、インバータ、M-Gセット
電気エネルギーの移送	相分離母線、バスダクト、電気ペネトレーション、ラダーケーブル
電気エネルギーの制御	屋外開閉装置、屋内開閉装置、発電機負荷開閉器
電気エネルギーの消費	補機電動機、加圧器ヒータ

圧力バウンダリとして、温度・圧力の厳しい環境条件に耐え得る設計とし、環境試験装置を使った実証も行っている。そのほか、耐震性、防火・分離性なども原子力発電所特有の条件として設計に反映すべきものであり、該当する電気設備に対する設計手法を確立し、必要な実証を行ってきている。

これら原子力発電所に特有な要求事項は、国内外の指針・基準・規制の動向によって見直される可能性もあり、今後ともこれらの要求事項を踏まえた対応を継続していく。

2.2 電源システムの信頼性向上

上記に、電気設備の機器固有の信頼性向上について述べたが、さらに原子力発電所の電源系統を構成するシステムとしての信頼性向上にも取り組んでいる。

電源システムとしての信頼性向上のポイントは“回路の簡素化”と“バックアップシステムの充実”と考えており、前者は、システムを構成する機器の種類・数を適正化することによる故障モードの低減と、操作の単純化によるヒューマンエラー防止をねらい、後者は、例えば無瞬断バックアップ方式の導入で機器固有の信頼度への依存を緩和し、システムとしての信頼性を確保することをねらっている。

これらは、機器・設備の能力と性能の向上、新しい機能を付加したハードウェアの開発など、技術の進歩に依存する面もあり、今後も最新技術動向を踏まえた改善を検討していく。

2.3 新設計管理

このように、機器固有の信頼性向上、電源システムとしての信頼性向上を目的とした改善を行ってきているが、改善に際して実績のない新しい設計を採用するときには、従来設計との相違点をすべて洗い出し、妥当性の検証を計画的に行う“新設計管理システム”の運用に細心の注意を払っている。

以上、原子力発電所電気設備の信頼性向上について概要を述べたが、以下に、個別機器及びシステムに対する信頼性向上への具体的取組の例を紹介する。

3. 屋内開閉装置の設備改善

屋内開閉装置は、メタルクラッド開閉装置（以下“M/C”という。）、パワーセンター（以下“P/C”という。）、コントロールセンター（以下“C/C”という。）がその代表的なものである。

屋内開閉装置は、1970年の国内における最初のPWRプラントである関西電力（株）美浜1号機の運転開始から既に25年に及ぶ歴史を経ており、その間、適用規格・基準や指針の改訂、不適合の水平展開や予防保全的要素も加味した技術の変遷に伴って、種々の設備改善を行っており、その内容を紹介する。

3.1 屋内開閉装置技術の変遷

年	70	75	80	85	90
M/C 技術の変遷	形名 盤内蔵C/B	WN (MBB内蔵) 6-DHE-50 (40), 同50M (40M)	MX-M (MBB内蔵) 同左	MX-G (GCB内蔵) 6-SFG-40S	NH (GCB内蔵) 6-SFG-63NU
	1. 耐震性	固有振動数20Hz以下	固有振動数20Hz以上（剛構造）		
	2. 収納C/B	磁気遮断器 (MBB)	ガス遮断器 (GCB)		
	3. 絶縁方式	絶縁支持板で支持、母線絶縁体は紙基材フェノールエポキシ樹脂	磚子で支持、母線絶縁体はエポキシ樹脂コーティング		
	4. 分離基準	トレンごと非分離	トレン分離、回路別分離		
	5. M/Cのサイズ	従来サイズ			縮小サイズ
P/C 技術の変遷	形名 盤内蔵C/B	ED (DB形ACB内蔵) DB-50, 同75	MZ (DS形ACB内蔵) DS416, 同630, 同840		
	1. 耐震性	固有振動数20Hz以下	固有振動数20Hz以上（剛構造）		
	2. 収納C/B	気中遮断器 (DB形ACB) : ライブフロント	気中遮断器 (DS形ACB) : デッドフロント		
	3. 導体絶縁	テーピング	エポキシ樹脂コーティング		
	4. 分離基準	トレンごと非分離	トレン分離、回路別分離		
	5. 盤構造	主回路と制御回路は非分離	主回路と制御回路は分離		
C/C 技術の変遷	形名	NC	E	G	V
	1. 耐震性	固有振動数20Hz以下	GZ (固有振動数20Hz以上（剛構造）)		
	2. 限流装置	限流リアクトル			CLN限流装置
	3. インタロック*	“1” インタロック			“2” インタロック
	4. NFB	Bシリーズ	Eシリーズ	Sシリーズ	SSシリーズ
	5. コンタクタ	EMOシリーズ	MSシリーズ	MS-Aシリーズ	MS-Kシリーズ

* “1” インタロック：NFB “ON” 状態で扉開放不可
“2” インタロック：NFB “ON” 状態で扉開放不可、扉開放状態でNFB “ON” 不可

図2. 屋内開閉装置技術の変遷

原子力発電所に納入した M/C, P/C, C/C の主要な技術変遷を図 2 に示す。

3.1.1 M/C

原子力発電所には、WN 形、MX-M 形、MX-G 形、N H 形の 4 種類の M/C を納入している。これら機種の変遷とともに、内蔵する遮断器も磁気遮断器 (MBB) から SF₆ ガス遮断器 (GCB) に変えている。GCB の遮断部は完全密閉のデッドタンク方式を採用し、高圧配電盤としてほとんど充電露出部のない絶縁方式とすることで、安全性、事故防止の点で改善を図っている。この設計思想により、GCB 本体のフェースプレート前面隔壁として盤の扉を省略することが可能となり、高度なモールド技術に裏付けられたエポキシモールド部品の採用とあいまって、奥行き寸法的大幅な縮小化をも図ることができた (NH 形 M/C)。

また、母線絶縁材も、紙基材フェノールから流動浸せき (漬) 塗装法 (FBC) によるエポキシ樹脂絶縁として信頼性を向上し、支持方式も絶縁板支持からがい (碍) 子支持に変え、相間の大部分を完全な空気絶縁とすることで、トラッキングなどの絶縁劣化に起因する絶縁破壊の可能性を極端に少なくすることができた。なお、MX 形以降の M/C では、必要な個所に制御回路のトレン分離構造を設け、火災防護上の信頼性強化も図っている。

3.1.2 P/C

P/C は ED 形と MZ 形の 2 種類を納入しており、それぞれ、DB 形気中遮断器、DS 形気中遮断器を多段積みで収納している。DB 形は、電磁操作式、ライブフロントであるため、扉を開くと主回路充電部があるが、DS 形は電動ばね蓄勢方式、デッドフロントとしているため、扉は遮断器の ON/OFF 状態にかかわらず自由に開閉でき、しかも主回路充電部に触れることがないように安全性を高めている。

また、制御機器も盤後部に主回路と混在して取り付けていたものを、MZ 形では遮断器前部に制御回路室を設け、主回路との分離性を強化している。さらに、母線絶縁も MZ 形ではエポキシ化 (FBC) することで信頼性向上を図っている。

3.1.3 C/C

C/C は NC 形、E 形、G 形、V 形の 4 種類を納入しており、内蔵主要コンポーネントもそれぞれ異なるシリーズを採用している。NC 形は日本初の C/C とも言われる画期的なものであったが、その後の機種変遷に伴って、種々改善を加えてきた。G 形の垂直母線には従来の平形に変えて Z 形母線を採用し、短絡強度増強を図るとともに、三次元フローティンググリップを使って、自動連結部における三次元方向接触信頼度の向上も図っている。さらに V 形では、垂直母線の絶縁母線化、水平母線の配置変更による短絡電磁力への機械的強度向上、及び投入インタロック機能追加などの設備改善を図っている。

3.2 既納設備の改善

原子力発電所に納入し既に使用されている電気設備の改善の主な例として、M/C 及びバスダクト (以下“B/D”という) の絶縁方式の改善 (碍子化) と、C/C のユニットリプレースを以下に紹介する。

3.2.1 母線支持の碍子化

母線支持の碍子化は、支持板による母線支持方式を採用した WN 形 M/C や当時の B/D を対象に進めている。母線支持の方法を無機質の磁器碍子及び碍子スペーサを使用した支持方式に改善することで、部分放電などによる絶縁劣化を予防し、絶縁信頼性向上を図ることができる。

一方、碍子化によって点検周期を 2 年から 4 年にすることができ、保守の省力化にもつながっている。

3.2.2 C/C ユニットリプレース

NC 形、E 形の既納品のサンプリング調査結果に基づいた収納品 (配線用遮断器など) の推定寿命から、推奨更新時期を 15 年と設定し、ユニットごとのリプレースを推進している。NC 形、E 形では、現在既に約 2,700 台程度の更新実績を持っているが、E 形に続く G 形についても推奨更新時期に基づいた更新を順次提案していく計画である。

4. 高圧電動機絶縁の信頼性向上

次に、高圧電動機の信頼性向上について、特に、原子力発電所で稼働しているものの健全性維持への取組を紹介する。なお、この章の記載に関しては、関西電力 (株) 美浜発電所 松本茂氏のご協力をいただいた。

高圧電動機の経年劣化部位としては、固定子・回転子・軸受・冷却器などが考えられるが、電気学会における電動機故障に関するアンケート調査分析の結果、運転年数が長くなるにつれて絶縁劣化による故障の割合が多くなる傾向が見られている⁽¹⁾。したがって、原子力発電所で稼働している電動機の信頼性確保に当たっては、巻線の絶縁劣化状態を的確に把握し、適切な時期に必要な処置を行うことが重要となる。

ここでは、高圧電動機で多く使用されているエポキシ絶縁方式の巻線の予防保全として、どのような方法で絶縁劣化診断と予防保全管理を行っているかについて述べる。

4.1 絶縁劣化の形態

絶縁の劣化形態は多種多様であり、幾つかの劣化要因を挙げることができるが、この劣化要因となるストレスを大別すると、以下のように分けられる。

- 熱的
- 電氣的
- 機械的
- 環境的

これらの要因は単独で作用するのではなく、多くの場合複合的に作用し、絶縁劣化が進展する。長年にわたる予防保全の経験と絶縁に関する研究で、長期間運転された高圧電動機の絶縁劣化メカニズムを把握することができるようになった。

絶縁劣化は外層部と内層部で劣化要因及び劣化そのものの進展の仕方が異なることが分かっており、外層部の劣化は打傷などの異常劣化や吸湿・汚損等の環境要因による劣化が主となり、内層部の劣化はボイド・はく(剥)離の進展が主となる。

これら絶縁の劣化状態は、有効な非破壊試験方法を適用することによって、的確に把握することができるようになってきた。以下に、その方法を説明する。

4.2 最新の絶縁診断法

原子力発電所で実際に稼働している高压電動機を含む64台を供試機として、非破壊絶縁試験・絶縁破壊試験を実施し、寿命の解析と劣化診断に有効な絶縁特性項目を把握した。

4.2.1 有効な絶縁診断項目

数種類の非破壊試験結果と絶縁破壊値について分析を行い、それらの相関性を調べた結果から、劣化状態の把握には下記の特性が有効であることが分かった。

- (a) 絶縁抵抗(通常1分値)
- (b) PI: 直流試験の成極指数
- (c) $\tan \delta_0$: ペースの誘電正接
- (d) Q_{\max} : 部分放電試験の最大放電電荷量

(a)~(c)は絶縁外層部の吸湿・汚損・変質・異常劣化などを把握するために有効であり、(d)は絶縁内層部のボイド・剥離の状態等を把握するために有効である。

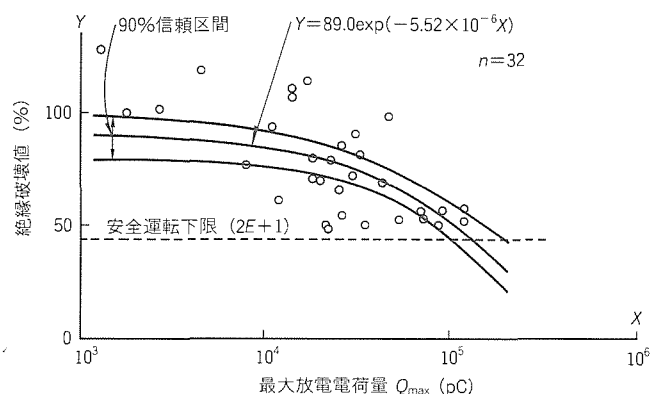


図3. 最大放電電荷量と絶縁破壊値の関係

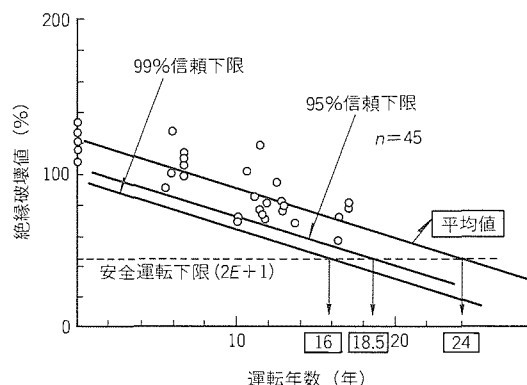


図4. 絶縁破壊値の経年特性

図3に示すとおり、 Q_{\max} (最大放電電荷量) は絶縁破壊電圧とある程度の相関性が見られ、残存絶縁破壊電圧の推定に使用することが可能である。

4.2.2 絶縁寿命の推定

供試電動機の絶縁破壊値と運転時間から絶縁破壊値の経年的な劣化傾向を求めた。その結果を図4に示す。

縦軸は絶縁破壊値(新品の保証値を100%)を示し、横軸は運転年数(=実運転時間+休止時間/3)を示している。

図から、運転年数と残存絶縁破壊値には強い相関関係が認められ、絶縁破壊値が安全運転下限値($2E+1$ kV: E =定格電圧)に達する点を寿命とすると、95%信頼下限では18.5年、99%信頼下限では16年となる。寿命として設定した安全運転下限値は、電動機の電源系統に発生する異常電圧(開閉サージ電圧、又は電源系統の1線地絡時の異常電圧など)のために電動機に印加される可能性のある電圧レベルから決定した。また、信頼下限を95%とするか99%とするかについては、電動機の機能喪失によるプラントへの影響度合を考慮して判断するものとした。

4.3 絶縁管理と予防保全対策

絶縁の管理は、運転年数に基づく寿命推定をベースとし、電動機の使用条件・環境条件などによる影響を非破壊絶縁特性及びその変化傾向(トレンド)によって補正したものを加味して総合的に判断する。その絶縁管理フローを図5に示す。

4.3.1 運転年数による管理

プラントにおける電動機の重要度によって絶縁更新時期を決定する。管理の実施例を表2に示す。

4.3.2 非破壊絶縁特性による管理

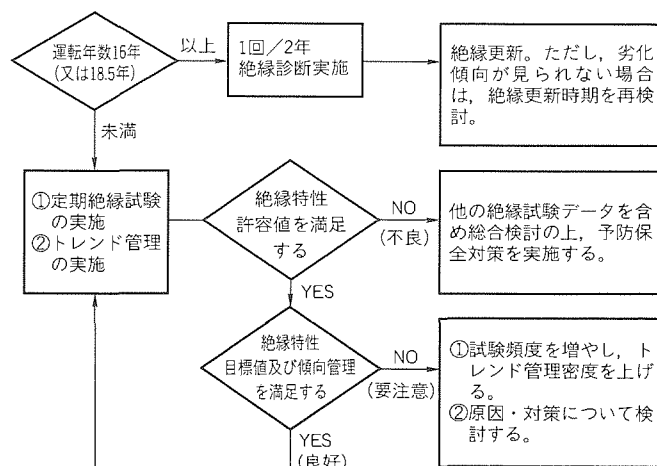


図5. 絶縁管理フロー

表2. 絶縁更新時期

電動機の重要度	絶縁更新時期の基準ベース
1台の故障によってプラント停止に至るモータ	99%信頼下限 (16年)
上記以外のモータ	95%信頼下限 (18.5年)

非破壊絶縁特性の管理では、特性値の経年変化を管理（トレンド管理）することが異常の兆候を早期に把握する上で有効である。

非破壊絶縁特性の判定基準には、“許容値”“目標値”及び“特性値の傾向管理”を設定している。

- (a) 許容値：運転に必要な最低レベルで、早急な予防保全対策が必要
- (b) 目標値：劣化が進展していることを把握できるレベルで、予防保全対策の計画が必要
- (c) 傾向管理：異常な特性変化から、異常劣化を早期に検出する

絶縁試験頻度は、電動機の分解点検周期に合わせ、外観点検と絶縁試験を同時に実施する。ただし、運転年数が絶縁更新時期を越えた場合と非破壊絶縁特性値が目標値及び傾向管理を満足しない場合は、試験頻度を増やしてトレンド管理密度を上げることが必要である。

トレンド管理の例を図6に示す。

4.3.3 予防保全対策

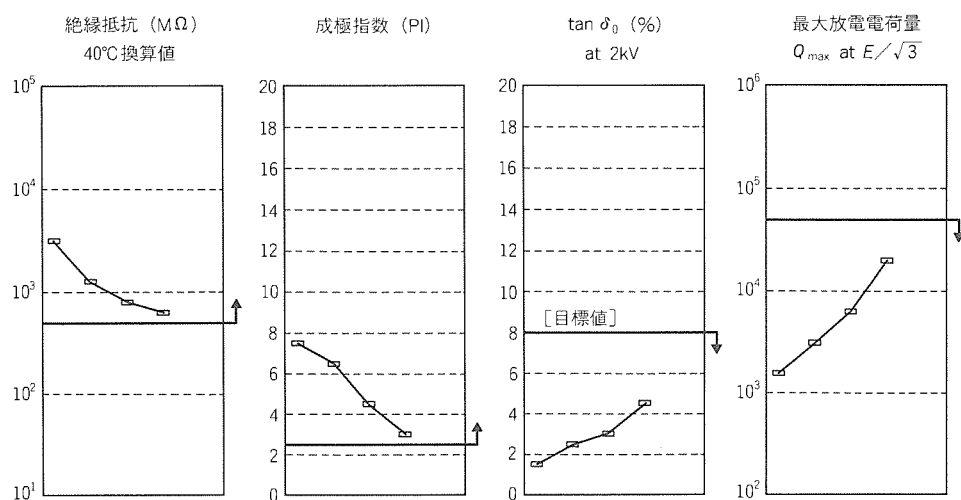


図6. 絶縁トレンド管理例

絶縁劣化に対する予防保全対策として、以下の2項目を適用する。

- (a) 絶縁更新：巻線の巻替え又は固定子新製
- (b) 絶縁補強：洗浄乾燥、ワニス処理

絶縁内層部のボイド・剥離が進行した場合は、絶縁更新を実施する。具体的には、定期点検日程の関係から巻替え又は固定子新製を選択する。絶縁外層部の吸湿・汚損の改善としては、絶縁補強を選択し、洗浄乾燥、ワニス処理を実施する。

4.4 その他の予防保全

ここでは、電動機巻線の絶縁診断について述べたが、電動機は回転機械でもあり、振動・騒音、機械疲労などの診断も行っている。原子力発電所で稼働している電動機の健全性を維持していくために、これらの診断を定期的に継続して行い、個々の電動機の状態に合わせた適切な予知保全を進めていく。

5. 発電機負荷開閉器を使ったシステム改善

発電機負荷開閉器（以下“GLBS”という。）は発電機の出力側に設置する遮断器のことであるが、事故電流ではなく負荷

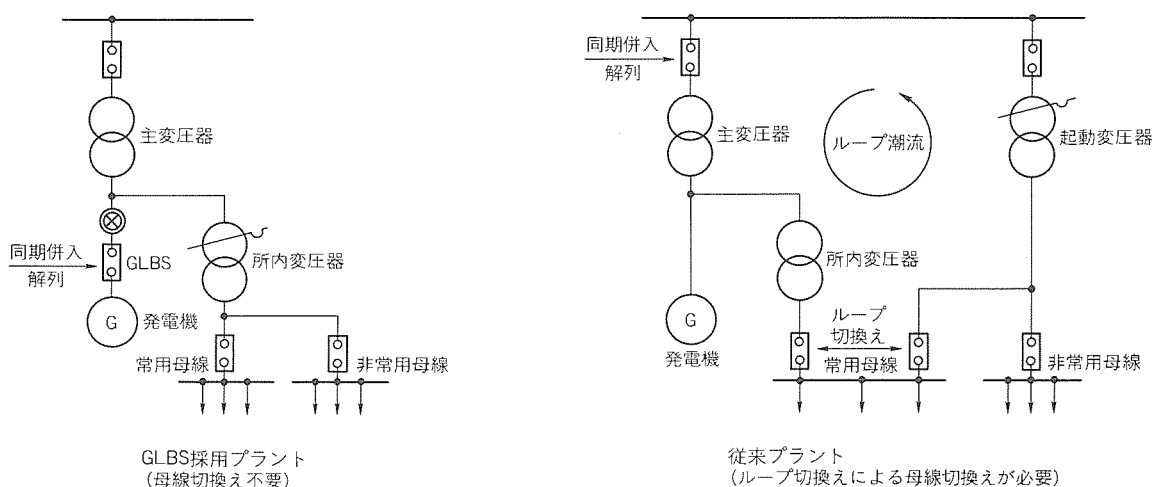


図7. 起動・停止時の母線切換操作比較

電流のみを開閉する用途に用いるため“負荷開閉器”と呼ばれる。GLBS (又は発電機遮断器: GMCB) は、昭和50年代から経済性、信頼性向上を目的として水力・火力発電所に順次導入されてきたが³⁾、当初は容量的な制限から原子力発電所への適用は困難であった。その後、原子力発電所への適用を実現するために最大定格電流42kAのSFWB形GLBSを開発し、関西電力 大飯3号機以降の国内PWRプラントに適用してきている。

このGLBSの採用により、発電機の運転・停止にかかわらず所内動力を所内変圧器から受電することができるようになり、結果として起動変圧器及び関連設備を削除することが可能となった。さらに、発電機の併入及び解列をGLBSの開閉で行うことから、図7に示すように、従来プラントでは起動・停止時に必要であったループ潮流を伴う所内母線切換操作が不要となって操作を簡素化でき、また、原子炉又はタービンに起因するプラントトリップ時に、起動変圧器への瞬時自動切換えという過渡的な変動を伴うことなく、連続して常用母線の電源を確保することにより、電源システムとしての信頼性を高めることができた。

このように、大容量のGLBSを開発し、これを原子力発電所に適用することで、起動変圧器及び関連設備の削除による経済性向上と、運用面で所内電源切換えの機会を少なくす

ることによる信頼性向上を図っている。

6. む す び

以上、“屋内開閉設備”については、原子力発電所への適用技術の変遷をたどりながら、信頼性向上を目指した設備改善の内容を、“高圧電動機”については、絶縁の劣化の状況を把握し、適切な予防保全を行うための絶縁診断と管理の方法を説明した。

屋内開閉設備及び高圧電動機は原子力発電所で使用される電気設備の一部であるが、これらを含む原子力発電所の安全及び稼働性に重要な役割を果たす電気設備に対して、今後も、信頼性の高い製品の供給と、稼働しながら寿命を消費していく機器の信頼性の維持・向上という二つの観点から、技術の向上と改善に努めていくとともに、ここでGLBSの採用を例として紹介したように、システム面での信頼性向上にも取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 電気学会 (固体絶縁物絶縁劣化判定試験法調査専門委員会)：絶縁劣化診断試験方法，電気学会技術報告，II部，第182号 (1984)

原子力プラント運転保全管理システム

池田郁夫*
山野八郎**
津谷定廣**

1. ま え が き

近年、原子力発電所ではプラント運転保全管理業務の高速化・省力化・効率化を目的として業務支援する各種の運転保全管理システムの導入が図られている。運転保全管理業務は、プラントの円滑な運転と信頼性を確保するための運転制御機能を支援する業務であり、その一環としてプラント状態監視技術の強化が要望されている。

この論文では、運転保全管理システムの構想と実機納入した各種システムの機能概要を報告する。

2. 保全システム構想

保全システムに求められる機能は、プラント状態監視と情報提供の強化であり、運転状態、補修作業状況、設備運転状態等の管理支援及び関連設備情報管理機能が要求される。運転状態としてはプラントプロセスパラメータや放射線データの収集・保存・変化傾向の情報提供、補修作業情報としてはプロセス隔離作業の支援や設備保全管理など、設備運転状態としては各種の設備試験装置、巡視点検業務の支援、設備データからの異常診断支援や定期点検データの長期的な経年変化管理などがある。関連設備情報としては、設備保全内容、設計情報等の管理がある。

各々の機能は、対象設備に対応した設備固有のデータの収集・保存、関連情報の処理・提供からなっているが、複数シ

ステムで各々が管理するデータの相互活用を図ることで、より有効な支援が可能である。例えば、設備運転状態管理のために設備試験装置の固有データの統計処理情報とともに、プラントの時間的变化データを関連処理情報として提供することにより、設備の状態変化とプラントプロセス量の相関関係を明確にすることで、より詳細な状態把握が可能になる。また、データの相互活用のためには複数のシステム間を接続する情報通信網が必要とされる。

以上の観点を踏まえたシステム構想を図1に示す。個別に導入され、分散処理されている機能を統合してシステム間の有機的結合を図ることにより、プラント運転保全管理の総合的機能の向上を図ることを目的としている。この構想は、運転パラメータ、設備データ、設備点検データの結合による状態監視支援機能の実現と設備保全管理の最適化を図ろうとするものである。

3. プラントデータ収集管理システム

この章では四国電力(株)伊方発電所に納入したプラントコンピュータからプロセスデータを周期的に収集し、運転監視用の情報提供を行うプラントプロセス監視用情報システムと、プロセスパラメータ、放射線監視データなどの運転情報を発電所内で双方向伝送する発電所情報通信網の概要を紹介する。

3.1 プロセス監視用情報システム

このシステムは、運転員のプラント監視の支援を行うため

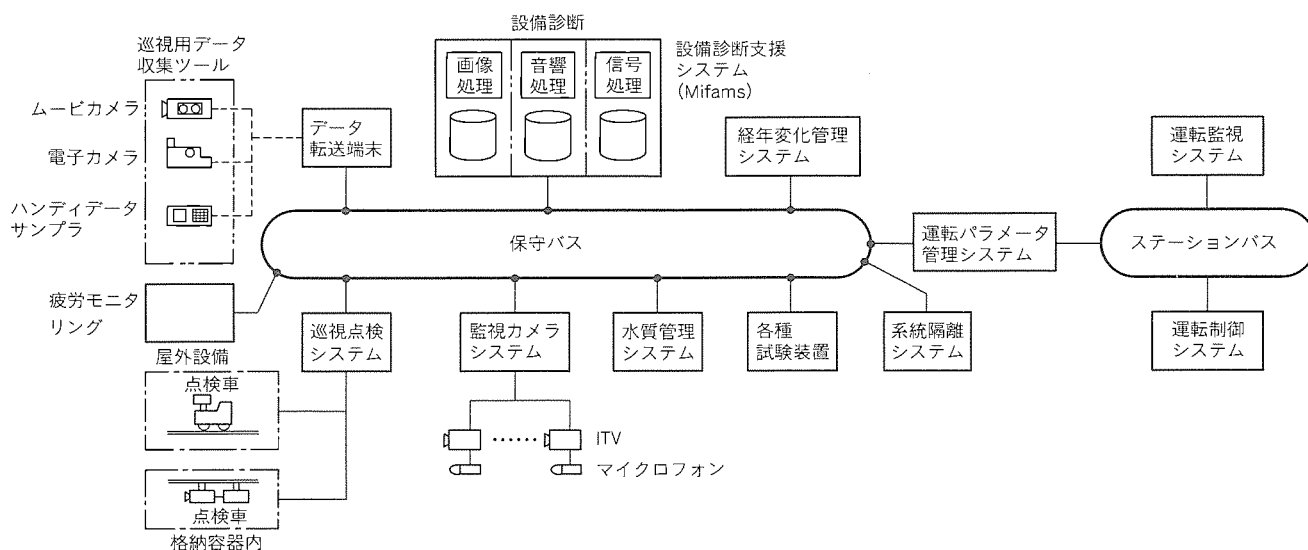


図1. プラント運転・保全管理システムの全体構成

に、プラントコンピュータが収集しているプロセスパラメータを中／長期にわたって収集保存し、データの変化傾向からプラントの異常早期発見に寄与するシステムである。クライアント・サーバ型の分散型ネットワークシステム構成とし、サーバには大規模データベース管理システムを採用している。

納入したデータ収集装置、データ保存装置、表示端末から構成されるシステム構成を図2に、システム全体のデータの流れを図3に示す。

(1) データ収集装置

プラントのステーションバスに接続し、プラントプロセスデータ(約5,500種類)をプラントコンピュータから周期的に収集し、最大値、平均値などの加工計算を実行する。収集したデータ及び加工計算値は、データ収集装置(FAサーバ)に仮保存すると同時に、発電所情報通信網を介してデータ保存装置に伝送する。データ収集装置は同一のコンピュータで構成する二重系で、両系とも常時稼働し、主系によるデータ伝送が中断すると従系によるバックアップが行われる。

(2) データ保存装置

2台の独立した部門サーバ(ASサーバ)で構成され、両者とも主系のデータ収集装置から伝送される。伝送されたデータを基に1時間、1日ごとのデータ及び各種性能評価を自動で加工計算の上、データベースに登録する。登録データは中期的なデータとして磁気ディスクに保存すると同時に、長期保存データとして必要なデータは光磁気ディスクに保存する。1日に登録保存されるデータ数は、約800万点である。

(3) 表示端末

運転監視支援を行うユーザインタフェースである。必要な情報、表示期間、データの種類を設定することにより、発電

所情報通信網を介してASサーバから情報を受信し、収集データ及び各種技術計算結果を表形式、グラフ形式で表示出力する。表示出力は、表示端末に接続されたレーザビームプリンタ、又はカラープリンタによって帳票印刷、グラフ印刷を行う。

また、表示端末ではプロセスデータ以外に運転員の巡回データを手入力する機能を持っており、ハンディターミナルによる現場データ入力及び表示端末からの手入力が可能で、自動収集されプロセスパラメータとともに処理保存加工が可能である。図4に表示端末のグラフCRT画面事例を示す。以下に表示端末の機能を示す。

- リアルタイム監視：収集データをリアルタイムでグラフ化して傾向監視・相關監視
- 日常管理：プラント管理上重要なパラメータの日々の変動状況を監視
- 特定出力サイクル管理：プラントライフにおけるサイクル間のデータ変化傾向を管理
- 性能管理：技術計算結果からプラント性能変化を管理
- 分析管理：任意データの統計解析／分析
- 運転実績管理：各種補助設備の運転時間、処理量などの実績を管理
- データ編集：任意のデータを外部で活用できるように編集
- 運転状況記録：運転状況のメモを保存
- データ手入力：巡視点検による現場データをハンディターミナル入力又は表示端末でキーボード手入力

3.2 発電所情報通信網

原子力発電所の安全管理、及び運転・保守管理の業務を支

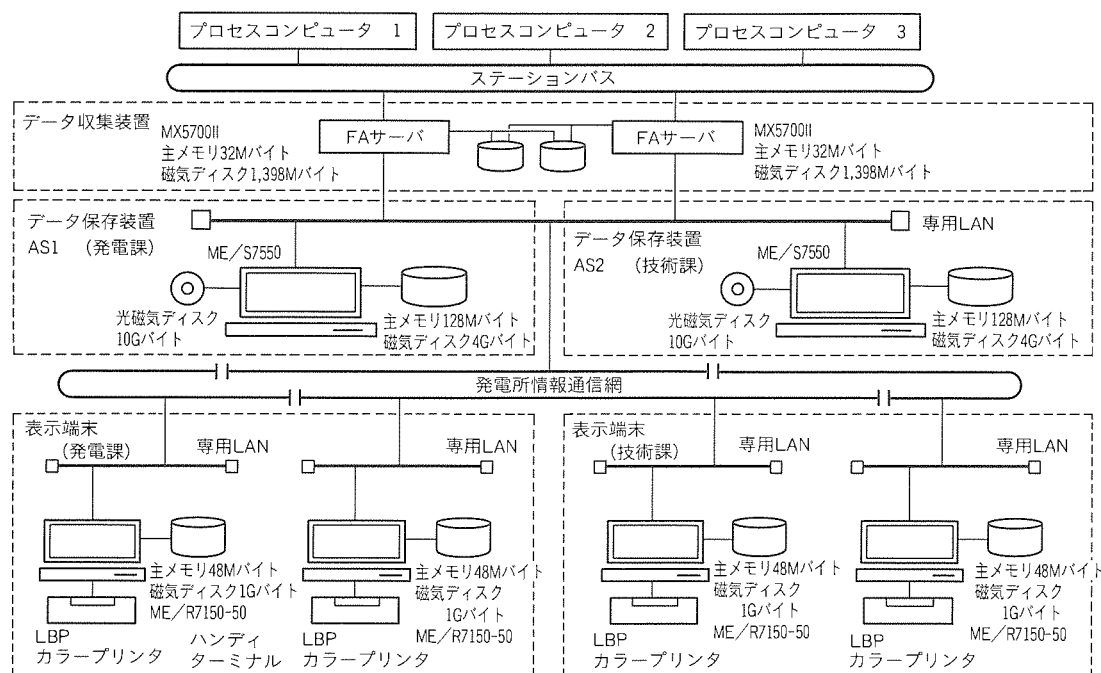


図2. プラントプロセスデータ収集監視システムの構成

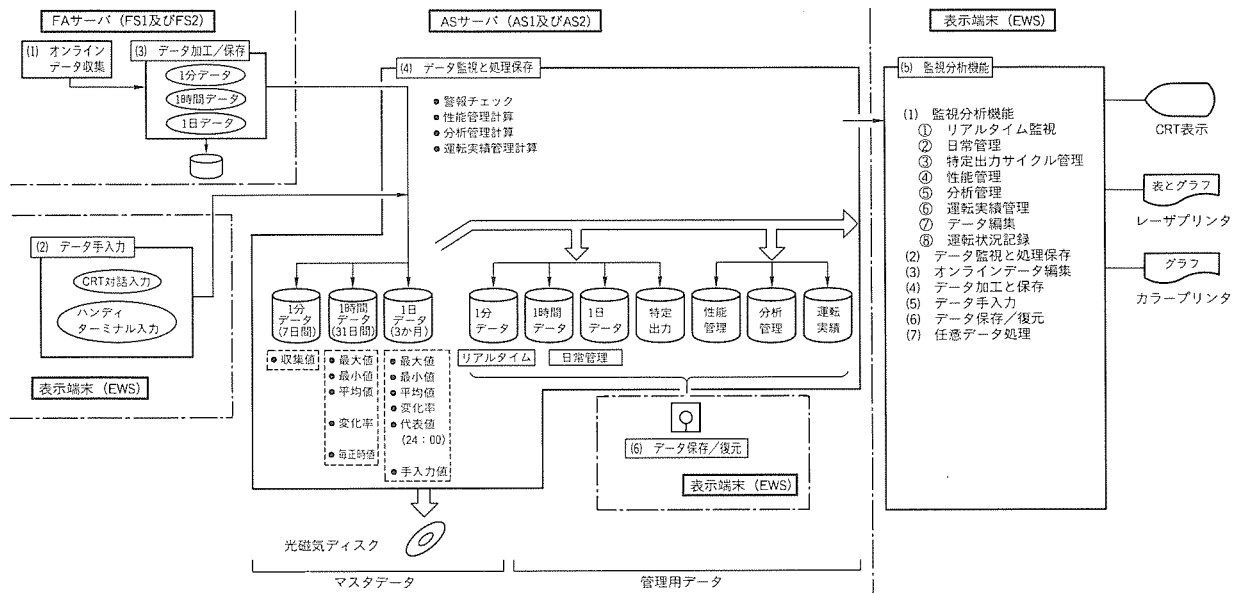


図3. プラントプロセスデータ収集監視システムのデータフロー

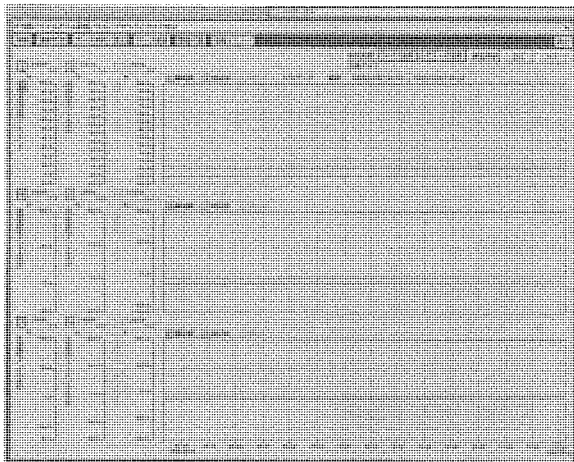


図4. 表示端末のグラフCRT画面例

援するため多くの計算機システムが利用されているが、これらの高度化に加え、設備の追設に伴って計算機システム間の通信量がますます増大する傾向にある。この対応として、各システムに共用のLANを導入し、各々が持つ情報を相互交換して情報資源、設備の有効利用を図ることが要求されており、以下で具体的に実機として導入したシステム例を紹介する。

3.2.1 基本構成

発電所情報通信網の導入例を図5に示す。基本構成として、

- 発電所施設内にリング型高速幹線LANを敷設
- 各利用箇所においてバス型支線LANを敷設し、リングノード装置を介して高速幹線LANと接続
- LANの監視のためネットワーク管理装置を設置

また、適用した通信インタフェースを表1に示す。

3.2.2 接続システム

支線LANは用途により、次のように分類して各システムに接続される。各用途によって複数の支線LANを持つ。

(1) 放管支線

放射線管理業務にかかわる計算機システムをこの支線LANに接続する。主なシステムとして、放射線総合管理システム、放射線個人管理システム、廃棄物管理システム、核種分析装置、ホールボディカウンタ装置があり、各システム間で必要なデータは幹線LAN、支線LANを経由してデータ交換される。

(2) 技術支線

発電所設備の保守のための技術支援業務にかかわる計算機システムをこの支線LANに接続する。主なシステムとしてプロセス監視用情報システム、水質管理システム、炉心管理システム、系統図管理システム、予備品管理システムがある。

(3) 発電支線

発電所の運転支援業務に関する計算機システムをこの支線LANに接続する。主なシステムとしてプロセス監視用情報システム、系統隔離管理システムがある。

(4) 共通支線

このシステムの共通ファイルサーバ用と本店へのデータ伝送用としてこの支線を設けている。他支線からのデータアクセス、本店伝送要求は幹線LANを介してこの支線のシステムで処理される。プラント運転データは、プラント計算機からステーションバス経由でこのファイルサーバに蓄積され、他システムに利用される。

4. 監視システム

監視用のセンサとして、通常のITVカメラのほか、当社としては高解像度の赤外線カメラを製品化しており、監視システム用の移動機構として、モノレール走行式、床面走行式の移動機構を実用化している。

また、監視の自動化のために、ITV画像による蒸気漏れ、

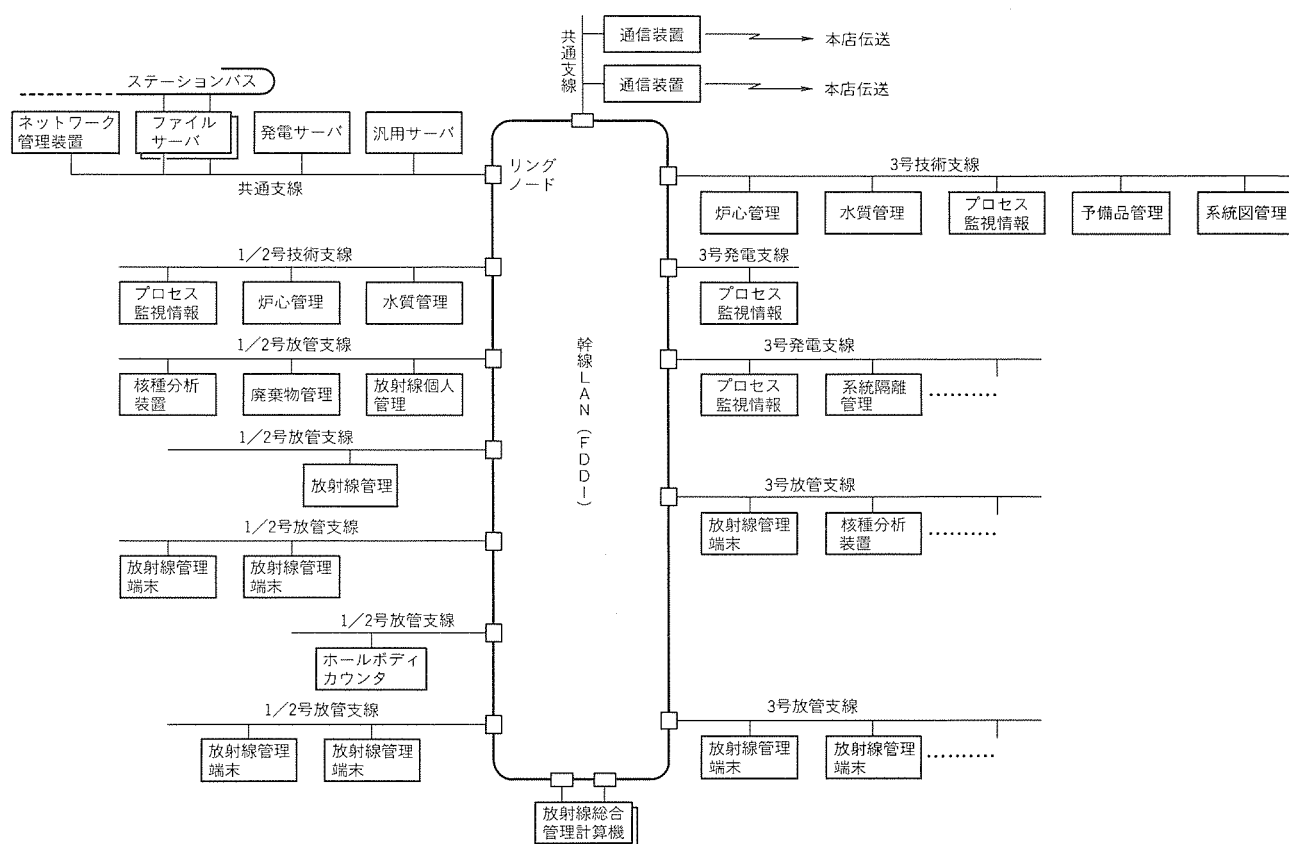


図5. 発電所情報通信網

表1. 通信インタフェース

項 目	幹線LAN	支線LAN
通 信 方 式	FDDI	CSMA/CD
伝 送 媒 体	GI型光ファイバ	同軸ケーブル
通 信 速 度	100Mbps	10Mbps
通 信 手 順	FDDI-I	TCP/IP

滴下などの自動検知、赤外線画像による異常過熱の自動検知を行う画像処理システムを保有しており、これらを選択し最適なシステムを構築している。この章では、システムの実例としてモノレール走行式小型監視装置について紹介する。

4.1 モノレール走行式小型監視装置

PWRプラントのループ室内には、蒸気発生器や冷却材ポンプが据え付けられているが、運転中は高線量のため立ち入ることができず、固定式ITVカメラによる特定範囲の監視を実施している。

点検範囲を拡大し、ループ室内の状況を的確に把握するため、小型モノレール走行式監視装置を開発し、四国電力(株)伊方発電所1/2号機に納入した。

4.2 システム構成及び仕様

システム構成は、図6、図7に示すように、監視装置本体、走行レール(モノレール)及びループ室入口に設置される制御ユニットから構成される。本体、制御ユニットとも、持ち運びが容易なように構成機器ごとに分割可能である。

通信装置、搭載センサ、給電方式を改良して、本体を、通

過断面積200mm×300mm(モノレールを含めてほぼA4サイズ)の2両構成へと小型化した。1両目はカメラユニット及び通信ユニット、2両目は駆動ユニットである。

また、モノレール方式の装置の実用化において、設置した監視装置が定期検査時に作業の妨げにならないようにモノレール工事の簡易化が不可欠であるが、この装置ではトロリ、通信ケーブル及びモノレールは一体ユニットであり、ユニットごとに分解して容易に設置や撤去することができる。表2に主な仕様を示す。

4.3 特 長

- (1) 点検用センサとして、CCDカラーカメラモジュールを採用することで、小型軽量化を図り、本体の持ち運び、モノレールへの着脱を容易にした。
- (2) 通信方式として、信頼性の確立されている近接結合方式を採用し、プラント機器に影響を与えることなく、走行中でも安定した映像が得られる。
- (3) 電源供給は、バッテリー給電、トロリ給電を併用し、走行時はバッテリー給電、点検時はトロリ給電とすることにより、ノイズ発生防止と監視時間の長時間化を実現した。

5. む す び

以上、原子力発電所における運転保全管理システムの構想と、事例として実機に納入したシステムについて紹介した。

プラントの円滑な運転と信頼性を確保する運転制御機能の

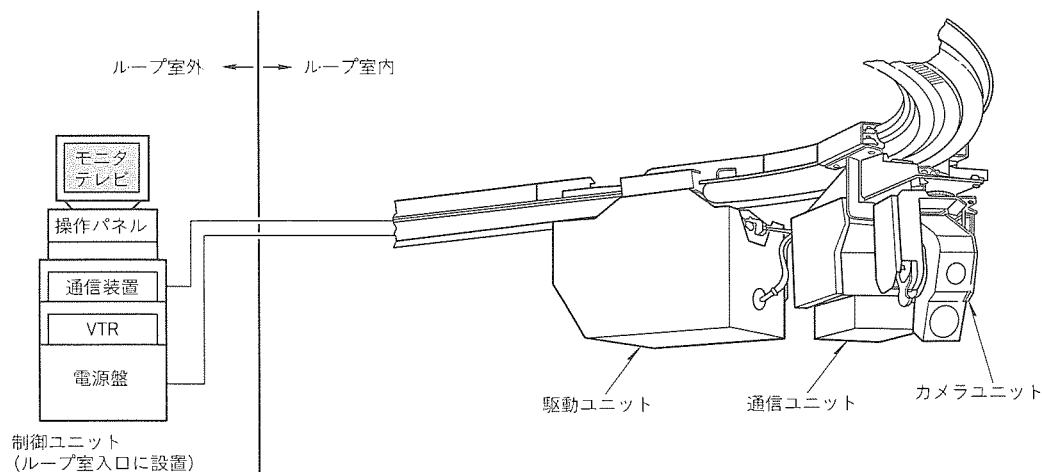


図6. モノレール走行式小型監視装置の構成

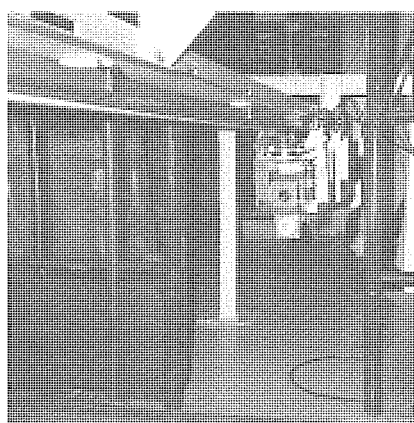


図7. 監視装置本体

支援のためには、個々のプラントプロセスデータ管理や巡視点検データ管理システムだけでなく、互いにシステム間の有機的結合が実現された統合機能による情報提供支援が必要である。保安全管理をより充実したものとするため、個別システム供給とともに、全体統合システム構築へ向けての展開を図っていく所存である。

最後に実機システムの設計において貴重なご指導を賜った四国電力(株)、四電エンジニアリング(株)を始め、関係各位に深く感謝の意を表する。なお、モノレール走行式小型監視装置は、四電エンジニアリングが受注し、搭載センサと通信装置を三菱電機(株)が担当したものである。

参考文献

- (1) 片山俊彦, 池田郁夫: 原子力発電プラント保全技術, 三菱電機技報, 66, No.12, 1153~1158 (1992)
- (2) 野上たけき, 池田郁夫: 日常巡視点検データによる設備

表2. モノレール走行式小型監視装置の仕様

項目	仕様
運 転 方 式	可搬式操作卓による遠隔手動操作式 ●走行及び雲台操作はジョイスティック式
搭載センサ	ITVカラーカメラのみ ●8倍ズームレンズ付きCCDカラーカメラ 画角範囲 43.2°×32.4°~5.7°×4.3° (広角) (望遠) 最低照度 7 lx フォーカス オートフォーカス 解像度 総合250本以上 ●照明は100Wハロゲンランプ1灯 照度 5m先で100 lx以上
通 信 方 式	近接結合方式 ●レールに沿って布設した通信ケーブルと点検車側のアンテナと誘導結合によって通信する。 電波漏えい 500 μV/m以下 (微弱電波) ●通信ケーブルはレール設置後、ケーブルケースにはめ込みカバーをして固定する。 ●アンテナはパンタグラフ式 (可動範囲20~50mm)
環 境 仕 様	温度 50℃以下 (短時間なら70℃可) (試作機で70℃, 1時間動作することを確認済み) 湿度 95%以下 放射線 線量率 100R/h以下 (γ線) 集積線量 2×10 ³ R以下 (2年分に相当)

点検支援装置の開発, 火力原子力発電 四国支部平成4年度調査研究発表会, No.7

- (3) 池田郁夫: 微候解釈機能を強化した設備診断支援システムの開発, 火力原子力発電, 44, No.11, 1313 (1993)
- (4) 多々良浩司, 佐藤浩之, 馬場義昌, 森木嘉宏, 坂垣寛二: 三菱高速光 LAN “MELNET R100” システム技術, 三菱電機技報, 66, No.8, 834~839 (1992)
- (5) 竹中俊夫, 大屋 正: 巡視点検ロボット, 三菱電機技報, 64, No.3, 242~247 (1990)

プラント保守保全技術

宮原正敏*
金沢昌史*

1. ま え が き

電力供給における原子力発電の比率が今後ますます増加するとともに、最近の厳しい社会情勢及び運転の長サイクル化にかんがみ、原子力発電プラントに対しては、より一層の信頼性確保が重大な課題である。

運転プラント機器に対する信頼性の向上を図るには、定期検査において機器の健全性を確認することも大切であるが、さらには経年劣化対策、国内外の他のプラントとの品質情報水平展開、定期検査品質の向上、及び最新技術や新設プラント適用技術の採用等の設備改善により、プラントの信頼性を積極的に向上させる予防保全活動が必要である。

この論文では、プラントの安全運転、設備稼働率向上のための各種予防保全活動を支えている管理ツールを紹介するとともに、この膨大な量の信頼性情報、プラント設備情報などを電算処理し、予防保全総合計画・管理の支援を可能とする総合的な予防保全システム MELRAP-DBS (Mitsubishi Electric Corporation Reliability & Availability Up-Grading Program-Data Base System) への展開についても紹介する。

2. 予防保全の位置付け

既設プラントに関しては、運転開始以来20年を超えるプラントが多数現れてきているとともにプラントの長寿命化の検討が本格的に行われるようになってきた。

予防保全を円滑に進めていくためには、膨大な量のプラント情報を整理し、その中から必要な情報を迅速に取り出し、ユーザに対して有効な情報をタイムリに提供していく必要があり、今後プラント設備の保全情報の整備と拡充が重要な課題といえる。予防保全の位置付けを図1に示す。

3. 各種管理ツール

プラントの信頼性を維持するためには、千差万別の改善案件の中から当該のプラント状況を見極めて優先順位を付け、当該定期検査時にどういった工事を実施すべきかユーザへ提案する必要がある。

我々は、MELRAP-N (-Nuclear)、品質情報水平展開、定期取替部品生産中止品、前回定期検査工事实施記録等のデータソースから、次回定期検査で実施すべき推奨工事を一覧表の形にまとめてユーザに対し提案を行っている。

現在、運用されている管理ツールの体系は、図2に示すとおりで、上記目的のため9種類のツールを駆使して活動を展開している。以下にそれぞれのツールの概要を紹介する。

3.1 MELRAP-N

運転プラントの予防保全活動を展開するに当たり、納入電気計装品の仕様・数量、提案概要、改善修履履歴等の情報を電算化した MELRAP-N システムによる活動を行っている。

MELRAP-N システムは、納入電気計装品を機種分類し、機種に必要な予防保全項目を定めて、発電ユニットごとの納入品リストをキーとして、ユニット別、納入機器別の予防保全項目をアウトプットすることで1回/年の頻度でユーザに対する提案を行っている。

提案は、①提案実施状況表、②予防保全項目一覧、③提案書で構成している。提案実施状況表は提案項目の各ユニットでの実施状況を示したもので、予防保全項目一覧はユニット

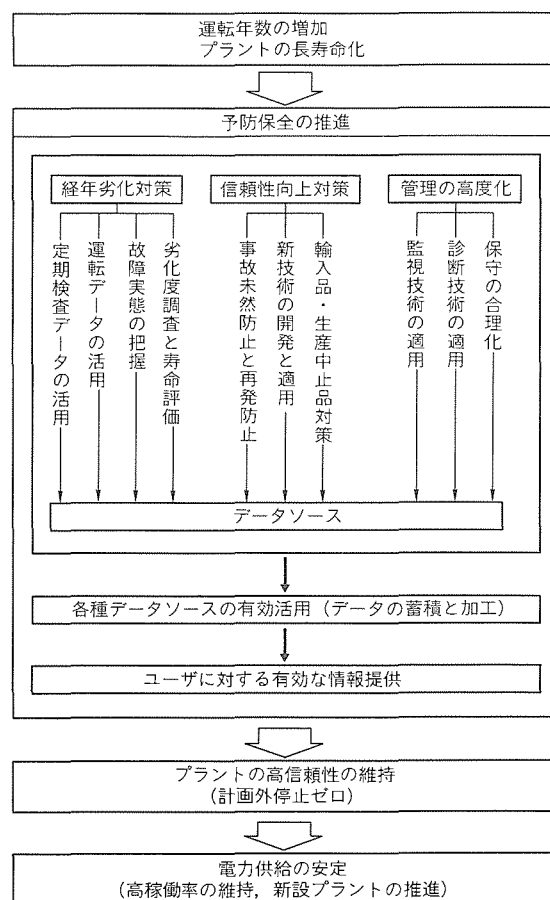


図1. 予防保全の位置付け

*原子力統括室

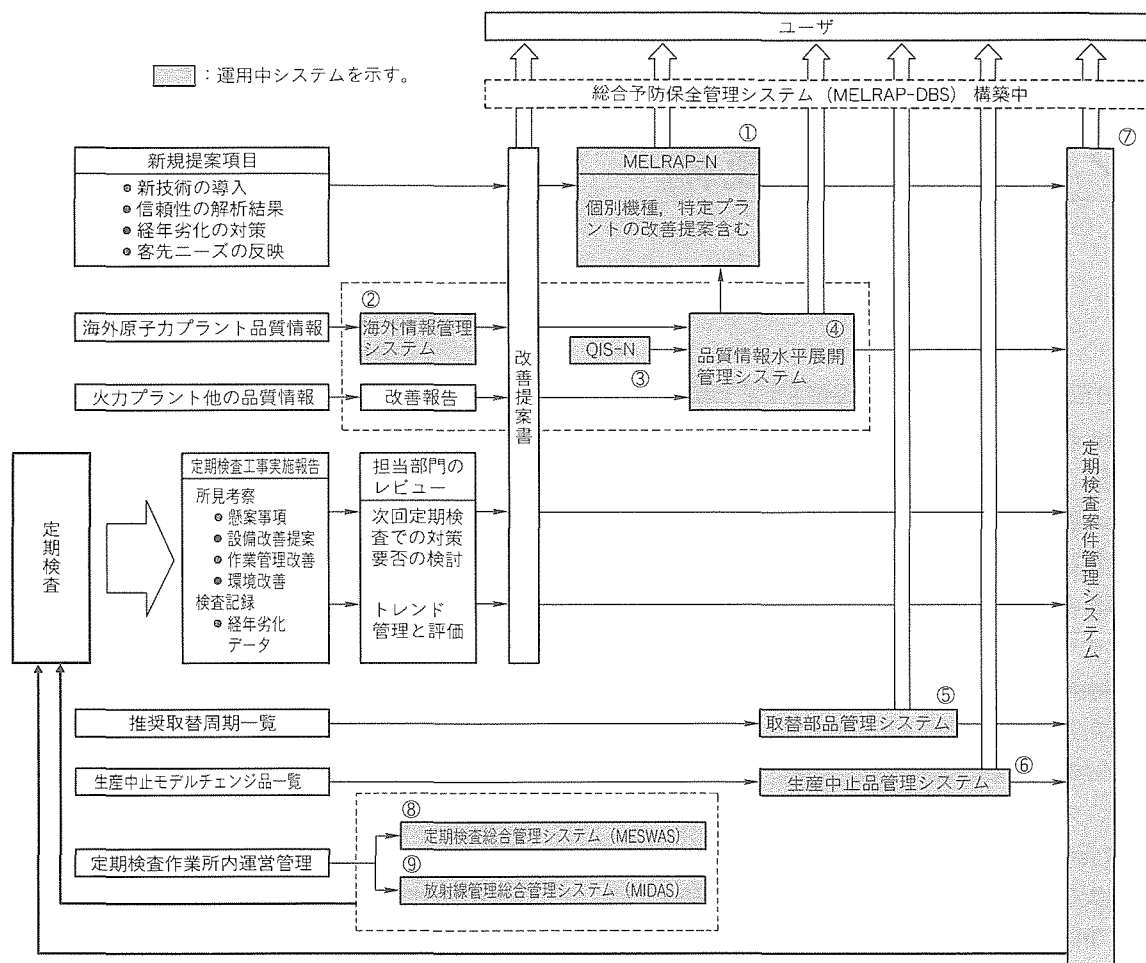


図 2. 管理ツールの体系

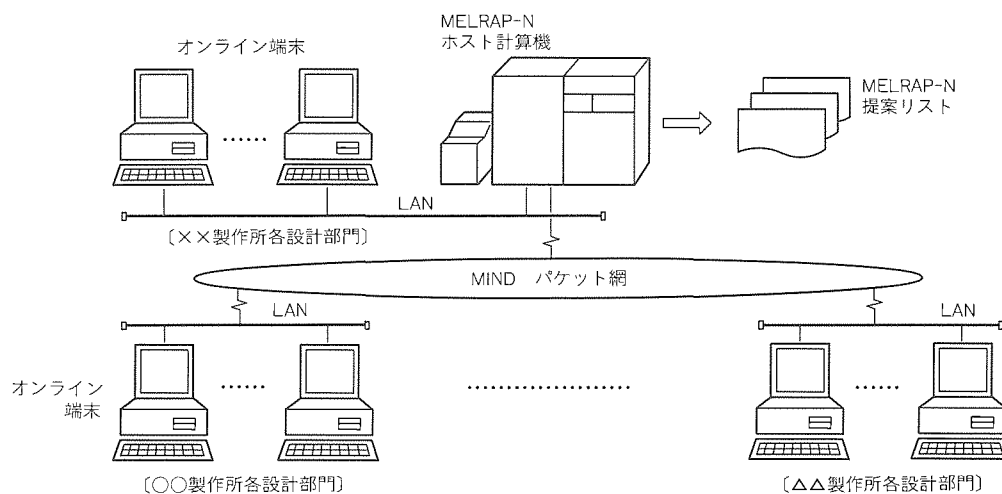


図 3. MELRAP-Nシステム構成

別にまとめて提案項目の実施履歴と実施予定を示したもの、提案書は提案項目の具体的な内容を示したものである。原子力発電プラントに納入している機器は、当社の各製作所にまたがっており、提案内容や実施履歴のきめ細かいフォローアップと活動の迅速化を図るために、各製作所のオンライン端末とホストコンピュータを接続して運用している。システム構成を図3に、アウトプットの例を図4に示す。

3.2 品質情報の水平展開

国内外で発生した品質情報を、運転プラントに水平展開するに当たり、品質情報水平展開管理ツール、海外情報管理ツール及びQIS-N (Quality Information System-Nuclear) システムによって活動を行っている。

品質情報水平展開管理ツールは、国内原子力・火力・変電プラントで発生した品質情報、海外情報管理ツールで処理し

た海外品質情報及び QIS-N システムからの品質情報から、発生プラント、不具合概要、水平展開対象プラント、実施履歴等の情報を入力し、計算機処理後に各種帳票をアウトプットすることで、4回/年の頻度で客先報告と改善提案を行っている。

海外情報管理ツールは、INPO (Institute of Nuclear Power Operation) 情報を通信衛星経由で受信後、日本語に翻訳するものである。また、QIS-N システムは当社内での再発防止を目的としたものであり、QA/QC 活動の改善に活用している。図5に品質情報水平展開管理システムの構成を示す。

3.3 定期取替部品管理

原子力プラントの運転時又は設備リプレース時には、設備

の推奨取替部品一覧表を基に定期取替部品を決定し、定期検査ごとに取り替えている。運転プラントの各設備で使用している取替部品は多種・多量にわたり、その取替計画、取替実績管理は複雑であるが、このたび関西電力(株)高浜発電所第一電気保修課の指導を受けて定期取替部品管理ツールを開発、導入した。

定期取替部品管理ツールは、各設備ごとの取替部品の部品名称、型式、メーカー名、数量、取替周期、取替実績、仕様、単価等を入力し、計算機処理後、各定期検査での実績と取替予定を含む各種管理票をアウトプットすることで定期検査予算の計画、次回定期検査開始前の手配品の確認、定期検査反省会での取替実績の確認を行う。アウトプットの例を図6に示す。

3.4 生産中止品・モデルチェンジ品管理

機器や部品の生産中止、モデルチェンジ等により、既設機器の修繕や更新、更には運転プラントへの影響を防止して事前に対応策を講じるために、生産中止品やモデルチェンジ品の管理活動を行っている。生産中止品・モデルチェンジ品管理ツールは、生産中止・モデルチェンジ情報から、各設備ごとの生産中止品・モデルチェンジ品の名称・型式・仕様、代替品の型式・仕様、対象プラント等を入力し、計算機処理後に各種帳票をアウトプットすることで、2回/年の頻度でユーザに対する報告を行っている。

3.5 定期検査案件管理システム

次回定期検査で実施推奨する案件を MELRAP-N、品質情報水平展開、定期検査所見考察、推奨取替部品、生産中止品等のデータベースから吸い上げ、一覧表の形で客先へ提案を実施している。

図4. MELRAP-N提案出力例

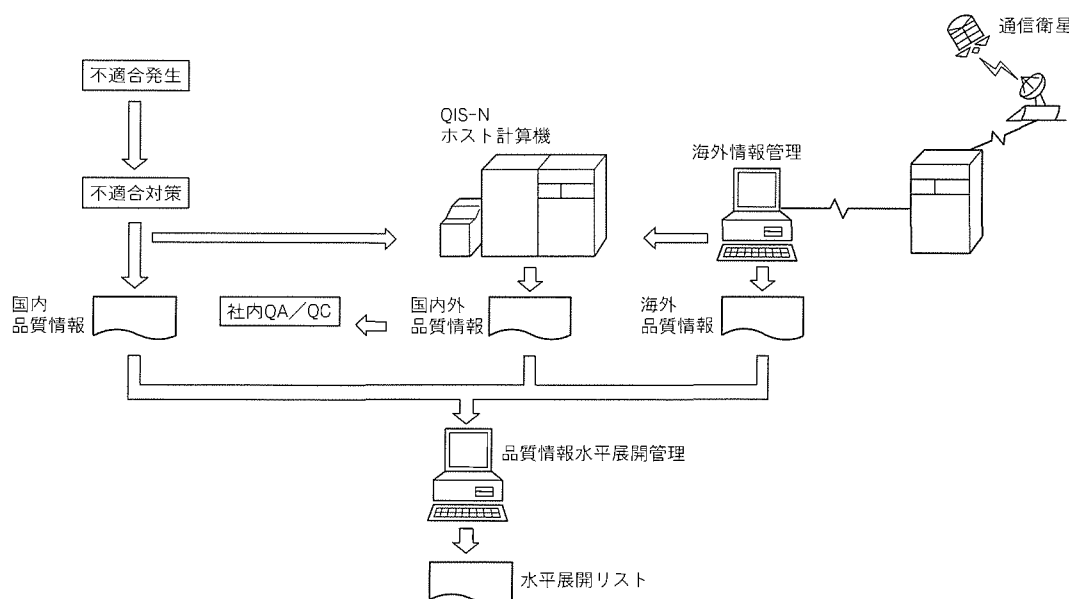


図5. 品質情報水平展開管理システムの構成

```

graph TD
    WS[ワークステーション]
    EIMS[設備情報管理システム]
    TIMS[技術情報管理システム]
    RIMS[定期検査情報管理システム]
    OIS[情報のオンライン検索]
    FOS[帳票の出力]
    DWM[図面・文書管理]

    WS <-.-> EIMS
    WS <-.-> TIMS
    WS <-.-> RIMS
    WS <-.-> OIS
    WS <-.-> FOS
    WS <-.-> DWM
  
```

設備情報管理システム

- 機器仕様DB
- 納入部品DB
- 点検履歴DB
- 生産中止品DB

技術情報管理システム

- MELRAP-N
- 技術資料DB

定期検査情報管理システム

- 定期検査案件DB
- 懸案事項DB
- MESWAS
- MIDAS
- 工事見積DB

ワークステーション

情報のオンライン検索

定期検査作業所，各事業所問とのオンライン検索

帳票の出力

- 盤，装置一覧
- 納入部品一覧
- 取替実績一覧
- 改善提案一覧
- 水平展開一覧

図面・文書管理

光ファイリングシステムからの抽出

図6. 定期取替部品管理ツール出力例

図7. 案件リストの出力例

3.6 定期檢查作業所運營管理

4. MELRAP-DBSへの展開

考慮した場合、統合されたシステム作りが必要となる。そのため、予防保全計画・管理を支援することが可能な MELRAP-DBS の構築を開始した。

図8に示すとおり MELRAP-DBS の全体構成は、機器仕様、構成部品データから成る設備情報管理システム、不具合情報から成る品質情報管理システム、MELRAP-N 技術資料データからなる技術情報管理システム、定期検査業務を計画・運営・管理するデータからなる定期検査情報管理システムの四つのシステムをワークステーションで統合させたものであり、特長を以下に示す。

- (1) 各定期検査作業所、製作所間は、オンラインでの入出力を可能とする。将来は客先側にも端末を設置し、出力を可能とする。
- (2) 図書情報は、光ファイリングシステムとリンクした展開接続図、技術資料を即座に取り出し可能とする。

このシステムは、現在詳細仕様について検討、構築中である。

5. む す び

以上、プラントの安全運転，設備稼働率の向上のための定期検査及び各種の予防保全活動を支えている管理システム，ツールについて紹介した。今後はこれらのシステム，ツールを，各種データの共用化も含めて更に使いやすく改善するとともに，運営面でも充実していくことが，プラントの予防保全活動推進にとって重要である。それらを実現するため，今後一層，取組強化を図っていく所存である。

最後に定期取替部品管理ツールにつき、助言をいただいた
関西電力(株)高浜発電所第一電気保修課及び各種システム、
ツールの開発や運営面で助言をいただいた関係各位に感謝の
意を表する。

高温工学試験研究炉(HTTR)向け 電気・計測制御設備

川路 詰* 石田隆司**
川崎幸三* 大槻隆一***
岩田 東**

1. ま え が き

高温ガス炉は、発生した高温の熱(約950℃)を発電・製鉄・地域暖房など多目的に利用できる利点があるため、将来のエネルギー源として期待されている。

この高温ガス炉の実用化に向け、日本原子力研究所が大洗研究所構内に試験研究炉として、高温工学試験研究炉(High Temperature Engineering Test Reactor: HTTR)を建設中(工程を表1に、概略仕様を表2に示す。)である。

HTTRは国家プロジェクトとして、国内メーカーが設備の設計・製作を協調・分担し、現在、据付け後の機器(盤)単体機能試験を順調に実施中である。

以下に、電気・計測制御設備のシステムについて述べる。

2. システム概要

このプラントの電気・計測制御設備のシステムは、原子炉の通常運転時、異常時、試験時、保守時のいかなる状態でも、原子炉の安定した運転及び保護動作に必要な操作・制御・監視を行うため、原子炉計装・プロセス計装・原子炉制御設備、安全保護設備、電気設備(常用、非常用)から構成している。

電気・計測制御設備のシステム構成を図1に示す。

原子炉計装は、原子炉の運転制御及び保護制御動作に必要な炉心に関する情報を得るもので、中性子計装・高温プレナム部温度計装・燃料破損検出装置等からなっている。

プロセス計装は、一次冷却設備・二次ヘリウム冷却設備・

加圧水冷却設備などのプロセス情報の収集を行う。

原子炉制御装置は、原子炉出力・原子炉出口冷却材温度・一次冷却材流量などを制御するもので、運転モード選択装置・原子炉出力制御装置及びプラント制御装置からなる。

安全保護設備は、原子炉の安全性を損なうおそれのある異常状態時、又は、このような事態の発生が予測される場合に、それらの状態を速やかに検知し、防止又は抑制するための設備を起動させるもので、原子炉保護設備及び工学的安全施設作動設備で構成されている。

電気設備は、これらの設備及びプラントのユーティリティ設備などの電源確保のためのもので、常用系のメタルクラッドスイッチギヤ、パワーセンター、コントロールセンター並びに非常系のガスタービン発電装置、無停電電源装置、パワーセンター、コントロールセンターからなっている。

これらの設備、装置等は、中央制御室設置の主盤・副盤・運転指令卓などで集中運転監視をする。

図2に中央制御室のイラストを示す。

3. 計測制御設備及び電気設備の特徴と仕様

納入した計測制御システムとそれぞれの設備の特徴と仕様を述べる。

3.1 計測制御システムの特徴

計測制御システムの主な特徴は、プラント制御方式、運転モード選択装置、及び燃料領域スクラム遅延回路などの設置にある。

表1. HTTRの設計・建設工程

項目	年度	平成1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
設計・建設 (原子炉建家) (原子炉) (燃料)	敷地等整備															
	設計															
	設計															
	設計															
試験・運転	炉本体・機器製作															
	初装荷燃料製作															
	系統別機能試験															
	単体機能試験															
許 認 可	安全審査															
	設計及び工事の方法の認可・使用前検査															
	総合機能試験															
	出力上昇試験															

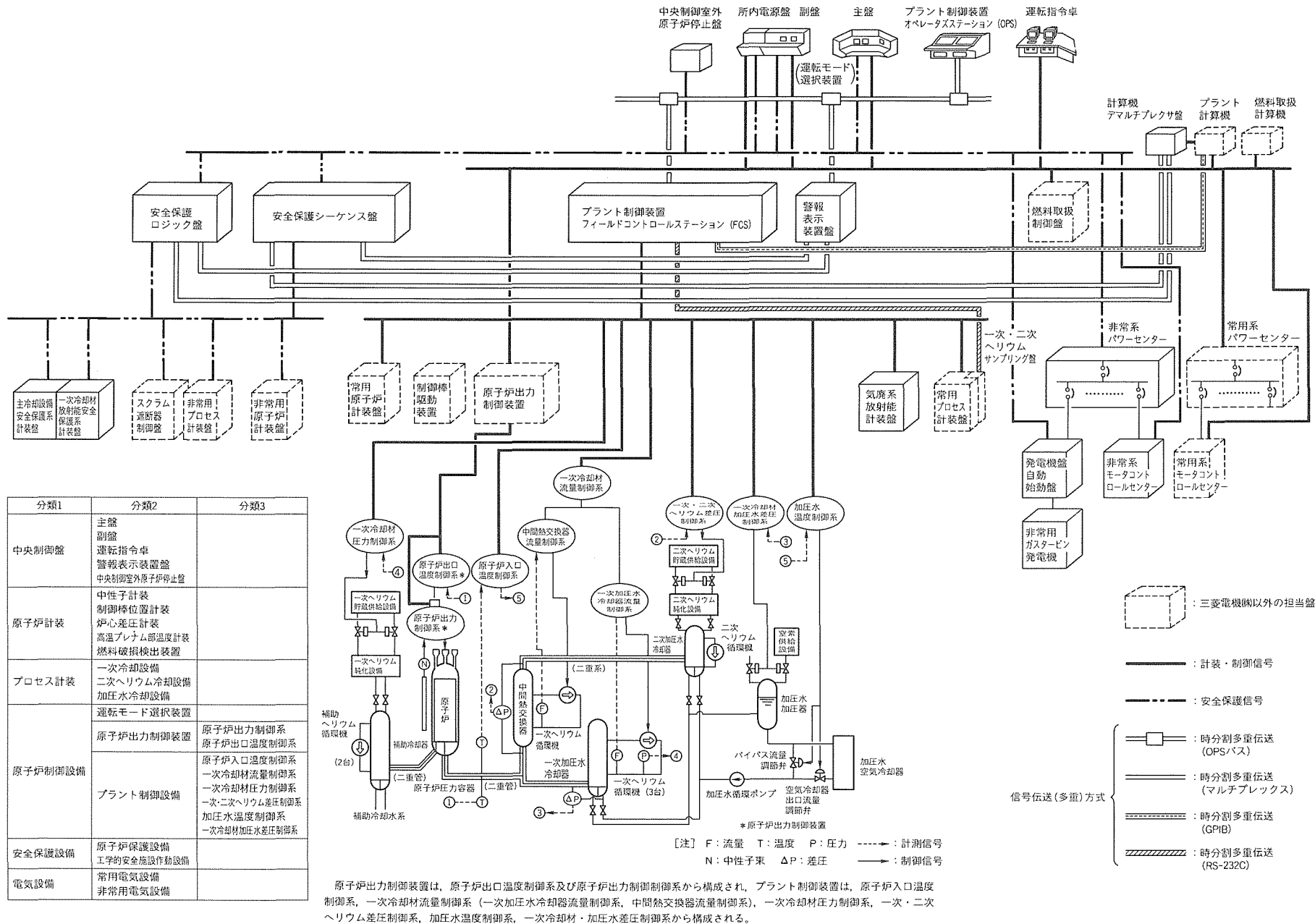


図1. 電気・計装制御設備のシステム構成

表 2. HTTRの概要

項 目	仕 様
原子炉熱出力	30MW
一次冷却材	ヘリウムガス
原子炉入口／出口冷却材温度	395／850(定格運転), 950(高温試験運転)(℃)
一次冷却材圧力	4MPa
炉心構造材	黒鉛
燃 料	二酸化ウラン, 被覆粒子: 黒鉛分散型
主冷却回路数	1ループ

(1) プラント制御方式

HTTR は、炉心の熱容量が大きく、炉心の温度応答が他の形式の原子炉に比較して非常に緩慢であるとともに、主要な機器が非常な高温下で使用されるという特徴を持ち、かつ、試験研究炉であるため種々の運転モードを備えている。これらを考慮して、プラント制御は運転モード選択装置を選択することにより、一次加圧水冷却器流量制御系、中間熱交換器流量制御系等を制御する方式を採用している。

なお、この制御は出力 30 % 以上で使用し、30 % 以下の出力は手動での操作運転としている。

制御方式の妥当性は三菱が開発した動特性解析コード“ASURA”を用いて確認した。

(2) 運転モード選択装置の設置

このプラントが試験研究炉であることから、原子炉出口温度、冷却系の構成を異にする種々の運転モード、すなわち定格運転(出口温度: 850℃)、高温試験運転(出口温度: 950℃)、特殊運転の三つのモードを持っている。プラントをこの種々の運転モードに安全、確実、かつ容易に対応させることを目的として、次のような運転モード切換え機能を具備している。

コントロールマスターとして位置付けられる運転モード切換えスイッチを副盤に設け、手動選択することにより、自動的に各運転モードに対応したプラント制御装置及び原子炉出力制御装置の各制御ユニットの制御目標値への切換え、原子炉保護設備の原子炉スクラム設定値への切換え、運転ガイドの表示を行う。

(3) 燃料領域スクラム遅延回路の設置

炉心温度が高く、またスクラム時の炉心(燃料)領域の制御棒を保護する観点から、まず反射体領域の制御棒を落下させ、その 40 分後に燃料領域の制御棒を落下させる回路を設けている。

3.2 原子炉計装用中性子検出器

中性子検出器は、原子炉の停止状態から定格出力の 30 % までを計測する広領域中性子検出器と、原子炉出力 0.1 % から定格出力の 120 % までを計測する出力領域中性子検出器からなっている。

この検出器は高温使用で、かつ高感度検出器として開発したものである。

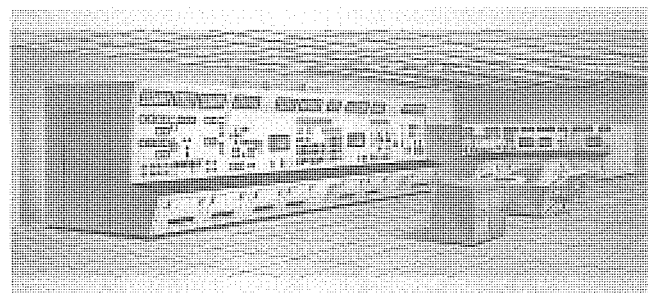


図 2. 中央制御室のイラスト

(1) 広領域中性子検出器

原子炉容器上部のスタンドパイプを経由して炉内(固定反射体ブロック)に設置される高温用核分裂計数管であり、原子炉の停止状態から定格出力の 30 % までの中性子束を測定し、原子炉保護信号を発生する検出器である。

設置位置が定格運転時約 450℃、事故時約 550℃ という高温下においても長時間安定動作をすることができる。

中性子感度は $0.1 \text{ cps}/(\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 以上である。この検出器は、炉内の三角対象位置に 3 台設置される(図 3)。

検出器の概略仕様を表 3 に示す。

(2) 出力領域中性子検出器

原子炉圧力容器の外周にある一次遮へい(蔽)体内に設置される高感度中性子検出器であり、原子炉出力の 0.1 % から 120 % までの中性子束を測定するとともに、原子炉出力制御等にも用いられる検出器である。

この検出器は、検出器の有感部に中性子に対して高い感度を持つ He^3 ガスを充てん(填)した電離箱形の中性子検出器であり、従来型(N_2 ガス使用)に比べて約 5 倍の感度を持っている。

また、長尺型として、制御棒による中性子束分布の変化に影響されないような構造としている。

中性子感度は、約 $1 \times 10^{-12} \text{ A}/(\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 以上と高感度である。

この検出器は炉外の三角対象位置に 3 台設置される(図 3)。

検出器の概略仕様を表 3 に示す。

3.3 プロセス計装設備(放射能計装設備)

プロセス放射能計装設備のうち、重要な設備である一次冷却材放射能、加圧水放射能、加圧水加圧器排気放射能及び気体廃棄物放射能計装設備を納入した。

このプラント向け放射能計装設備のうち、一次冷却材放射能計装は、3 チャンネルの安全保護系として、放射能高信号をプラントトリップに用いている。

このため、耐震性が実証され、また軽水炉(PWR)で豊富な実績のある電離箱式検出器と信号処理装置で構成した。

これらの放射能計装の測定流体は圧力・温度ともに PWR に比べて条件が厳しいため、一次冷却材放射能計装は計装品であるにもかかわらず、第 4 種容器の機器区分に指定され、

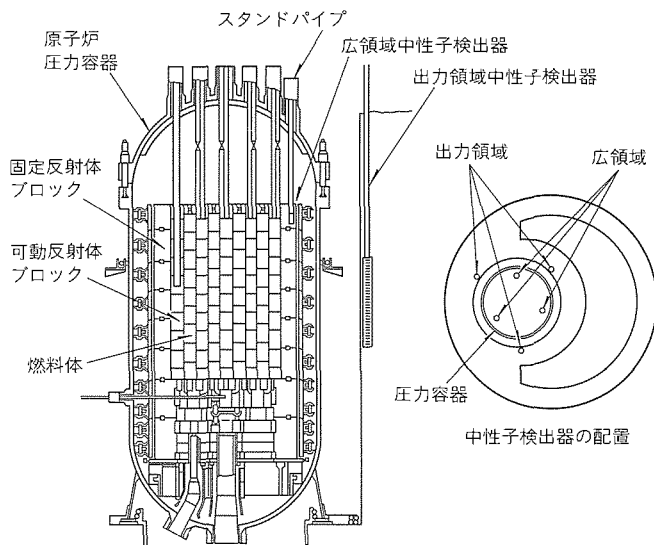


図 3. 中性子検出器の配置図

表 3. 中性子検出器の概略仕様

	広領域中性子検出器	出力領域中性子検出器
形 式	核分裂計数管	He ³ 電離箱
寸法(直径×長さ)	約38×352 (mm)	約100×3,000 (mm) (絶縁部含まず。)
主 要 材 料	インコネル600	アルミニウム
有 感 物 質	酸化ウラニウム (U ₃ O ₈)	気体ヘリウム (He ³)
中性子感度	0.1cps/(n/cm ² ・s)	1×10 ⁻¹² A/(n/cm ² ・s)以上
動 作 温 度	max. 650°C	max. 80°C
最大熱中性子束	1×10 ¹¹ n/cm ² ・s	1×10 ⁸ n/cm ² ・s
最大ガンマ線束	1×10 ⁶ Gy/h	1×10 ³ Gy/h

構造設計・製作設計・検査段階で綿密な管理を行い、適用される法令・規格・基準に適合させた。

また、測定対象核種が特殊な核種 Kr-88であり、線源入手が困難であるため、Kr-88のエネルギーに対する感度校正試験はシミュレーション計算法を採用した。

シミュレーションの妥当性については、密封線源を多数個配置することにより、体積線源相当とした試験を実施することで、エネルギー特性の妥当性を確認した。

3.4 プラント制御装置

プラント制御装置は、FCS(フィールドコントロールステーション)7分散と、CRT2台のOPS(オペレータズステーション)で構成している。

(1) プラント制御装置の特長

- マイクロプロセッサ応用のデジタル制御装置を適用した。
- CRT タッチオペレーションによる運転操作とした。
- 万一の故障時に影響の及ぶ範囲を限定するために、複数のFCSに制御機能を分散し、それぞれのFCSを待機冗長方式の二重化構成とした。
- OPSに監視情報をデータウェイ(OPSバス)で送信するとともに、GPIB、RS-232C規格による伝送方式に

よって他社機器とのインタフェースを実現した。

(e) CRT と対話しながら制御ロジックを構築できるPOL(問題向き言語)により、プログラムレスで制御ロジックを作成した。

(2) 伝送確認試験

プラント制御装置において、他社との伝送インタフェースの整合を確認するため、工場で次の試験を行った。

(a) GPIB 規格での伝送

GPIB アナライザや模擬装置を使用し、通信規格を満足していること、伝送のアサインが仕様書どおりであること、FCSでの系の切換えによる受信側のデータの変化のないこと、異常診断機能が正常に動作すること、FCS復旧動作によって通信が再開されることを確認した。

(b) RS-232C 規格での伝送

RS-232C インタフェースが規格を満足し、伝送のアサインが仕様書どおりであること、FCSの系の切換えがあってもOPSのCRT表示データに変化のないこと、装置やケーブルに異常が発生した場合に受信データが現状維持されること、装置復旧動作時にデータが正常に伝送されることを確認した。

3.5 安全保護設備

安全保護設備は、二重化された原子炉保護設備と工学的安全施設作動設備から構成され、原子炉施設の異常状態の検知信号を受けて、原子炉停止系、工学的安全施設の作動を直接行わせるもので、ソリッドステート化した保護装置である。プラント計算機への監視情報は、プロセス量を除いて多重伝送し、ケーブル量の削減を図った。

(1) 安全保護ロジック盤

原子炉保護設備の安全保護ロジック盤は、安全保護系のプロセス計装からの信号を受け、2 out of 3の論理処理を行い、次の信号を発生するものである。

- 原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを保護するため、制御棒を挿入し、原子炉を自動停止させる信号
- 一次冷却設備の二重管破断事故又は二次冷却材喪失事故等に際し、炉心、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを保護し、原子炉施設外への放射性物質の放散を防止するための信号

(2) 安全保護シーケンス盤

工学的安全施設作動設備の安全保護シーケンス盤は、安全保護ロジック盤、中央制御盤操作スイッチ等からの信号を受け、安全機能を果たす系統及び機器(原子炉格納容器隔離弁閉止、非常用空気浄化設備起動、補助冷却設備起動、補助冷却水系隔離)の操作のためのシーケンス処理を行い、工学的安全施設の動力装置への信号を発生させるものである。

3.6 中央制御盤

中央制御室に設置される各種制御盤のうち、①主盤は、

通常運転時の原子炉出力上昇及び下降に関する監視・操作を、②副盤は、工学的安全施設の作動信号又は原子炉スクラム信号発生時に作動が要求される設備の監視・操作を、③所内電源盤は、非常用発電機を含む非常系、常用系の所内動力電源系統及び計測制御電源設備の監視・操作を、④運転指令卓は、当直長がプラントの運転状況の監視を、⑤OPSは、プラント制御装置が制御する設備の監視・操作をするものである。

また、中央制御室外原子炉停止盤は、中央制御室にとどまれない場合に、原子炉を安全な状態に維持するための残留熱除去に必要な設備の監視・操作をするものである。

これらの中央制御盤の主な特長は次のとおりである。

- (1) 主盤、副盤の機能分担や指示計等の器具配置の適切性(操作・監視性の適切)を、モックアップ盤を製作して事前検証した。
- (2) 監視情報をCRTに集約表示し、監視性の向上を図った。
- (3) 起動、出力運転、停止、一次/二次ヘリウム充填・排出に関するシーケンス制御において、ブレイクポイント方式を採用した。
- (4) 原子炉補助設備に対しても、プラント制御設備のOPSからCRTのタッチオペレーションで制御を行う方式を採用した。

3.7 非常用電気設備

非常用電気設備は、原子炉の安全停止にかかわる電源を確保するための発電設備と変電設備で構成され、発電設備はメンテナンス性の優位性からガスタービン発電装置(2,500 kV A, 460 V, 1,500 r/min(ガスタービン22,000 r/min))を採用している。

この装置は、安全系機器(耐震Asクラス、水平震度0.72 G、垂直震度0.29 G)としての信頼性・耐震性の確認をするため、先行プラント(燃料サイクル安全工学研究施設:NUCEF)で実施した信頼性データ及び耐震実証試験(掃引試験、動的機能維持確認試験)データを基に解析評価を行った。

変電設備は、軽水炉(PWR)プラントでの耐震仕様の確認がされているパワーセンター、コントロールセンターを採用している。

4. む す び

高温工学試験研究炉(HTTR)プラント向けに、三菱電機(株)が納入した電気・計測制御設備の特徴と仕様を述べた。

この設備の設計・製作に当たっては、日本原子力研究所、三菱重工業(株)の各位から種々の御指導、御鞭撻をいただいたことに対し、深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 日本原子力研究所: 高温工学試験研究の現状 (1994)

粒子加速器の制御システム

津村嘉彦*
松尾慶一*
丸山孝幸**

1. ま え が き

粒子加速器(加速器)の利用目的を大きく分けると、素粒子物理や原子核物理などの基礎物理実験用、がん治療装置などの医療用、放射光を用いた実験施設用の三つがある。近年、これらの新しい加速器応用技術による現状技術のブレークスルーを目的として、数多くの加速器建設計画又は改造計画が出てきている。こうした状況の中で、制御システムに対しても、ビーム強度や質(エミッタンス)を上げる目的で、新しい考え方や新しい技術が適用されている。

本稿では、このような技術に対応した制御システムの全体構成、及び各機器ごとの制御系の考え方と特長について記述する。

2章ではまず加速器制御システムの設計方針を記述する。3章では(三菱電機㈱(以下“当社”という。))の加速器制御システムの特長であるリアルタイムUNIXや高速ネットワーク、リモート入出力(RIO)システム、パターン制御等について記述する。

2. 加速器制御システムの設計方針

加速器システムにおいて加速器制御系は、装置が完成した後ユーザが接することが最も多い部分であり、装置の使い勝手を決定づける場所である。また、制御技術は、ハードウ

ェア(H/W)、ソフトウェア(S/W)とも日進月歩の技術であり、常に先端のテクノロジーを取り入れてビームを安定して取り出すことが必要である。特に、研究用の加速器では、従来技術から更に改善した制御方式や機能を実現することが要求されている。一方、限られた予算で加速器を建設するために、コストに対する要求も厳しい。

加速器制御系に対するこれらの要求を考慮した当社の設計方針について、以下に記述する。

(1) H/Wに依存しない制御システムの構築

現在、H/W(特にCPU)の性能は目覚ましい勢いで向上しており、このH/Wの進歩による機種変更に容易に対応できる構成としている。

(2) 汎用性・移植性・拡張性に優れたシステムの構築

加速器のユーザは制御用機器を据え付けた後、ユーザ側で機能拡張、改善を実施していく可能性が考えられる。したがって、現場コントローラから Man Machine Interface(MMI)部、ネットワーク及びその通信プロトコルに至るまで、業界標準のH/WとS/Wを適用し、移植性・拡張性に優れたシステムとしている。

(3) 光ファイバケーブルを原則としたデータ通信

被制御機器が設置される場所はノイズ/サージ環境が良くないことが多い。したがって、データ入出力装置とMMI間のネットワークには光ケーブルによるデータ通信を適用す

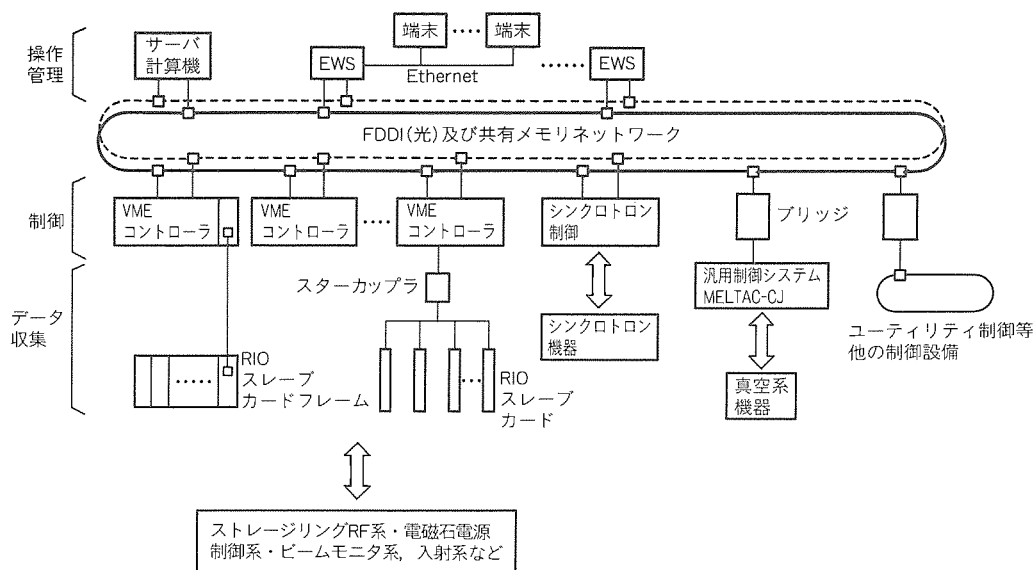


図1. 加速器制御システムの構成例

ることにより、ノイズによるトラブルを未然に防止している。

(4) 最適なネットワーク環境

加速器の目的と規模に応じた最適な制御系を構築できるように、操作・制御データ通信用のネットワークと実験用のデータを伝送するネットワークを分離し、実験データの負荷による制御の操作性が影響を受けないように配慮している。

3. 当社加速器制御システムの特長

3.1 全体制御系

図1に当社加速器制御システムの構成を示す。設計方針に従い、最新技術に容易に対応できる制御システムとした。当社の加速器制御システムは、加速器業界ではデファクトスタンダードとなっている VME (Versa Module Europe) コントローラと、近年高性能化が著しい EWS (Engineering Work Station) を適用し、これらを高速のネットワークで接続した分散制御システムである。さらに OS としては、P OSIX 規格に準拠したリアルタイム UNIX を適用することにより、UNIX の標準 S/W が適用できるため、制御 S/W の移植性に優れたシステムを構築した。

ネットワークについても、通常の通信プロトコルはオープン性を重視して業界標準の TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) で統一し、適用 H/W についても Ethernet^(注1)、FDDI (Fiber Distributed Data Interface) が伝送データ量に応じて使い分けできる構成とした。なお、数 ms の高速通信レスポンスが要求される電磁石電源間の同期設定データ伝送には、プロトコルの負荷がない共有メモリネットワークを並行して使用できるようにしている。

また MMI としては、価格帯・性能面で多数のメニューが準備されている EWS (例えば、ME/R、ME/S) をベースとし、オブジェクト指向の GUI (Graphical User Interface) を採用することで画面の構成要素をパーツという概念で登録・再利用できるため、特別な技術を持たなくても画面を作成できるようにしている。

さらに、加速器制御のようなノイズ/サージ環境下でのデータ伝送の信頼性を確保し、かつ布設ケーブル量の削減を行うために、当社が業界で初めて開発した VME 規格準拠の RIO システムを適用した。

3.2 機器制御系

加速器制御システムは以下の四つの系に分かれ、相互にステータス情報などを授受することで、協調制御を実現している。

- (1) 電磁石制御系
- (2) ビームモニタ制御系
- (3) 真管制御系

(注1) “Ethernet”は、米国Xerox Corp. の商標である。

(4) 高周波制御系

以下では、上記(1)～(3)について当社における各制御系の特長を記述する。

3.2.1 電磁石制御系

電磁石の制御方法は、加速器の用途によって異なる。以下に、代表的な加速用シンクロトロンと蓄積リングの場合について記述する。

(1) 加速用シンクロトロンの制御

加速用シンクロトロンは、粒子を入射エネルギーから目標エネルギーまで加速する装置である。粒子のエネルギーが変化しても同じ軌道を描いて周回させるために、エネルギーの変化に同期して磁場の強さを変化させる。

当社の電磁石制御システムは、図2に示すようなパターン発生器と励磁パターンの学習制御により、異種電磁石間のパターン整合精度が 10^{-4} 以下であることを特長とする。以下に、パターン制御システムの概略動作を示す。

(a) パターン発生

オペレータは上位計算機から、電磁石の励磁パターンに対して、折れ線パターンのポイントデータを与える。このデータをネットワーク経由でパターン発生器へ転送し、内部で補間して約15,000点の時系列データとする。パター

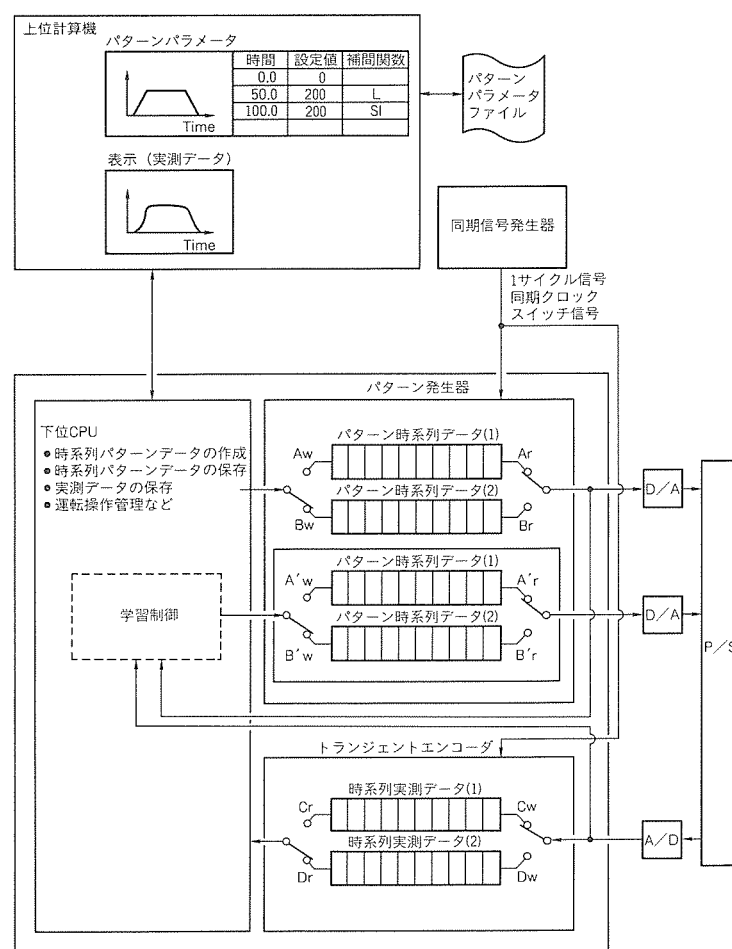


図2. パターン制御機器の構成例

ン発生器はタイミング信号と同期クロックに従って、生成したパターンデータを出力している。

またトランジェントエンコーダでは、タイミング信号と同期クロックに従って、電磁石電源の電流・電圧測定値を取り込み、電源の出力値を補正する目的で、出力したデータと取り込んだデータを比較している。

(b) 学習制御

電磁石電源の出力値は、温度変化に伴い、設定値とは必ずしも一致しない。この誤差を補正して異種電磁石間の磁場の整合精度を得るために、励磁パターンの学習制御を行っている。これは、パターン発生器から出力されたデータと電磁石電源から出された電流・電圧値のデータを比較して学習することにより、目標とする励磁値が得られるように出力電流パターンを補正するものである。このとき、出力電流値と実際に電磁石が発生する励磁量の対応テーブルを参照して、目標とする励磁量が得られるように電流値を決める。

(3) 蓄積リングの制御

蓄積リングの場合、粒子エネルギーは一定であるので電磁石の励磁量は一定値である。ただし、環境変化による周期の長い電磁石アライメント変化に対応するために、上位計算機からのフィードバック制御を行っている。

当社では、蓄積リング制御に適用できる業界初の VME 規格準拠の RIO システムを開発している。RIO システムはマスタ/スレーブ方式の I/O カードで、マスタカードは VME 規格に準拠している。マスタとスレーブの間は光ケーブルで通信を行うため、耐ノイズ性に優れたデータ転送が可能となる。

RIO カードの特長を以下に示す。

(a) ホスト計算機は、マスタカードと 2 ポートメモリを介したデータ授受のみを行うだけで、特別な手順は不要な

め、ホスト計算機の負荷がなく高速の通信レスポンスが実現できる。

(b) 通信形態は、1:N マスタポーリング/セレクトイング方式で、1 枚のマスタカードで最大 62 個のスレーブを制御できるため、1 台のマスタカードで多数の電磁石電源の制御が可能となる。

(c) 伝送制御は専用の LSI (ASIC) で処理しているため、高速伝送を実現している (送受信各 6 バイトのスレーブの場合、伝送時間は 0.2ms となる)。

(d) 伝送路としてツイストペア又は光ファイバケーブルをサポートしているため、伝送距離や配線ルート環境により、最適な伝送媒体を選択することができる。

30m 以下: ツィストペア線

1km 以下: 光ファイバケーブル

(e) マスタカードの二重化が可能のため、高信頼性が必要な要求にも対応できる。

RIO システムの構成例を図 3 に、RIO カードの製品例を図 4 に示す。

3.2.2 ビームモニタ制御系

ビームモニタは、粒子ビームの位置計測を行うもので、フィードバック制御によるビーム軌道補正を目的とする。ビームモニタのアナログ信号処理回路は通常モニタピックアップの近傍に設置され、ノイズ/サージ環境が必ずしも良くない。したがって、ビームモニタのデータ入力に対しても 3.2.1 項で記述した RIO システムを適用する。

RIO システムは、ビーム位置データに関してビームが多数回通過する際の平均位置を測定するか、バンチごとの位置を測定するかによって 2 種類のメニューを用意している。前者に対しては、12 台のモニタ (4ch/台×12 台分) の入力を 2s 以内に取り込む要求に対応できるように、AD 変換時間 32ms、分解能 16 ビットの積分型アナログ入力カードを用

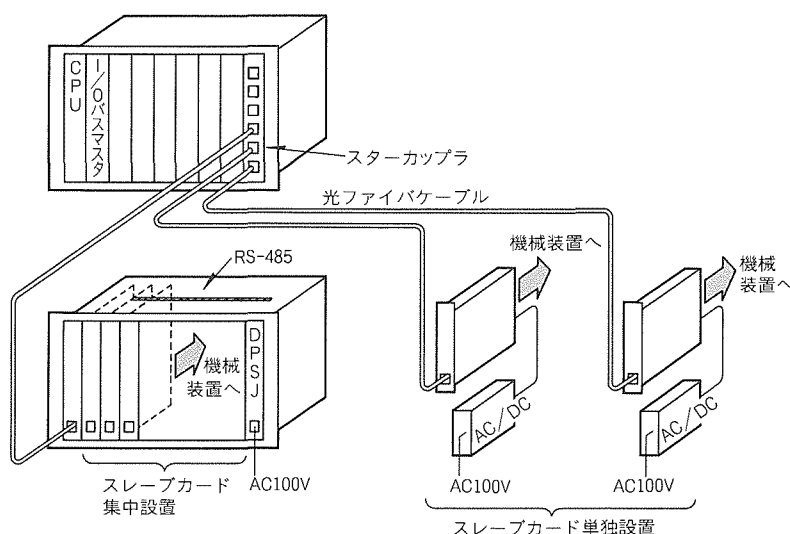


図 3. RIO システムの構成例

意している。後者に対しては、 $1.2\mu\text{s}$ 周期のバンチを一つ置きに読み込む要求に対応できるように、サンプリング周期 $2.4\mu\text{s}$ 、分解能 12 ビットの逐次変換型アナログ入力カードを用意している。

3.2.3 真空制御系

加速器において、粒子ビームが通過するダクトを高真空 ($10^{-6} \sim 10^{-8} \text{Pa}$) に保つことは、ビーム損失を減らすために重要な機能の一つである。真空制御系は、この真空状態を保つため、排気ポンプ・真空計・ゲートバルブなどの真空機器の起動/停止、開/閉を円滑に行うための操作・監視を行っている。

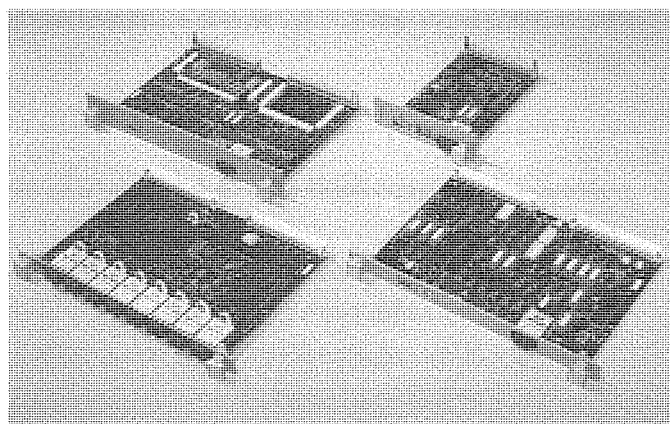


図 4. RIOカードの製品例

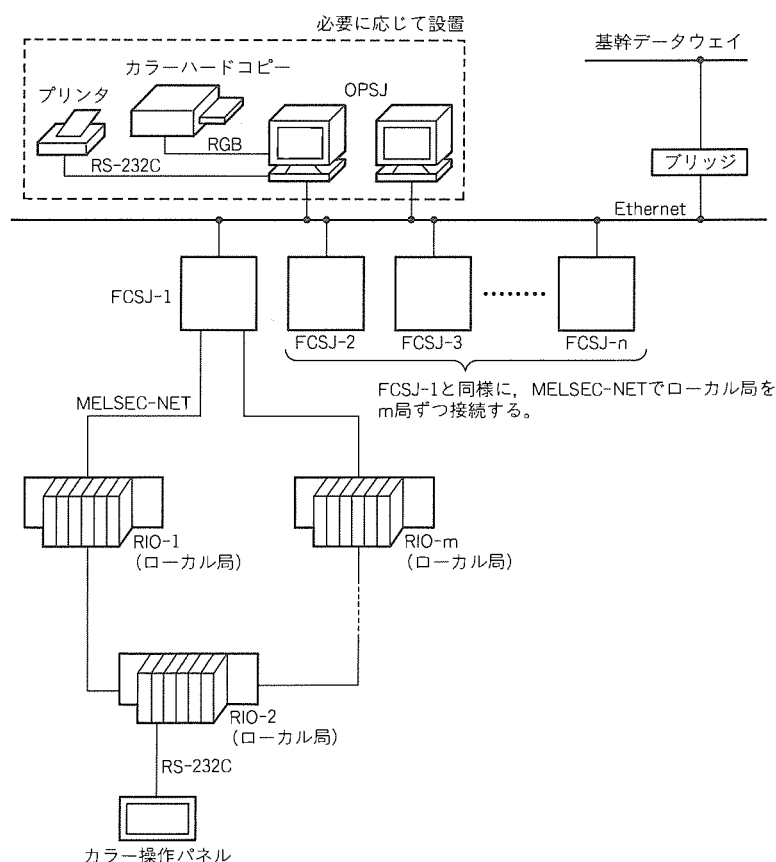


図 5. 真空制御系のシステム構成例

真空制御系の遠隔監視及び操作を行う場合、制御系への入出力点数は大きな規模となる (例えば大型の蓄積リングの真空系では、アナログ 1,300 点、デジタル 6,000 点程度の監視が要求される)。ただし、真空制御系の監視・操作では、高速のレスポンスが必要なインタロックについては現場機器で対応するため、現場のデータが変化して中央の CRT にそのデータが表示されるまでの数秒程度のレスポンスであれば十分である。

したがって当社では、真空制御系にコストパフォーマンスに優れた汎用制御システム“MELTAC”を適用した。MELTAC は、システムで要求される規模及び性能に応じ、適用するコントローラ及び MMI の台数を自由に選択できる分散制御システムである。

また、真空系機器は広範囲に分散しているため、RIO 装置を設置し、RIO 装置とコントローラ間を光通信で接続することによってケーブル布設量の削減を行っている。図 5 に真空制御系のシステム構成例を示す。

3.3 ネットワーク

分散制御システムの性能と使い勝手は、ユーザに対してネットワークの存在を意識させずに分散間を密結合させるネットワーク性能に左右される。

当社の加速器制御システムでは、異なった特長を持つ 2 種類のネットワークを並行して適用し、大量の実験データ授受

からレスポンスが要求される電磁石間の同期データ伝送を、相互に干渉し合うことなく伝送する構成としている。

(1) FDDI ネットワーク

実験データのような大量データの送信要求が発生したときだけ通信するために、FDDI ネットワークを適用している。

したがって、VME コントローラ、EWS、サーバ計算機等すべてのノードは FDDI のインタフェースをサポートしている。

以下に、FDDI の概略仕様を示す。

- バンド幅：100M バイト/秒
- 最大ステーション数：500 台
- ステーション間最大距離：2km
- トポロジ：二重リング
- アクセス方式：タイムドトークンリング

最大データフレーム長：4,500 バイト

(2) 共有メモリネットワーク

加速器システムにおいて、同種の電磁石を励磁するための電源が複数ある場合は、ビーム軌道を安定させるために、その電流設定に同時性が要求される。

このようなニーズに対しては、TCP/IP プ

ロトコルを使用する Ethernet, FDDI ネットワークでは通信レスポンスに対する要求を満足することが難しい。したがって、加速器制御系ではこのような高速 (S/W オーバヘッドの少ない) 通信の要求にこたえるため、高速の同報通信が可能な共有メモリネットワークを適用した。

共有メモリネットワークは、TCP/IP 等のプロトコルを介さず、直接メモリに書き込んだデータがそのまま通信相手に渡されるため、高速の通信が可能となっている。

さらにデータ送信時、受信相手に対して割込みを掛けることが可能な構成としているため、共有メモリネットワークで各分散コントローラ間の同期をとることも可能である。以下に、共有メモリネットワークの概略仕様を示す。

バンド幅: 150MHz

最大ステーション数: 256台

ステーション間最大距離: 2km (光)

実効伝送スピード: 6.5M バイト/秒

トポロジ: リング又はスター

メモリ容量: 128K ~ 2M バイト

3.4 プログラム

原子力発電プラントのようにフルターンキーでメーカーが建設するシステムとは異なり、加速器制御系では、ユーザが自由に機能の変更・追加を行い、場合によってはプログラムの開発も実施する可能性がある。

このため、OS, ドライバ等の基本 S/W 及び GUI, データベースアクセス等のミドルウェアと呼ばれる S/W を標準 S/W として搭載し、加速器の制御又は監視プログラムをユーザでも容易に構築できるシステムとしている。

このような構成の場合、標準 S/W 部分とアプリケーション部分の切り分けが重要な項目となり、また、アプリケーションと標準 S/W 間のインタフェースの機能・性能でシステムの評価が決まってしまう。

今回開発した制御システムでは、このインタフェース部について特に使いやすさを考慮して API (Application Program Interface) をライブラリ形式で提供し、データベースをアクセスする要領で加速器の機器アクセスを行うことができ、ユーザにおいても容易に S/W システム構築が可能な構成としている。

5. む す び

以上のように、当社の加速器制御システムについてその考え方、特長を記述した。

制御系として汎用的に使われているオープンシステムを組み合わせてシステム構築を行ったため、今後、CPU, ネットワークなど汎用品の進歩に対応して制御システムを進歩させていくことが可能である。至近のターゲットとして次世代の CPU や ATM ネットワーク等の導入を検討する。

位置検出型放射線モニタ

岡 徹* 津高良和***
池上和律** 早川利文***
宇佐美照夫*

1. ま え が き

原子力発電所内などの放射線管理区域における放射線量率分布が連続的に測定可能となれば、線量評価が高精度に行え、放射線作業従事者の保護と被ばく（曝）量の低減化を図ることができる。また、1システムで広範囲な線量率分布が分かれば、従来のように何箇所にも放射線モニタを設置する必要がなくなり、コスト低減にもつながる。このため、放射線量率分布が測定可能な位置検出型放射線モニタの開発を行っている。

近年、シンチレーションファイバを用いた飛跡検出器、シンチレーション検出器などが研究されており⁽¹⁾⁽²⁾、放射線検出器への適用が期待されている。このシンチレーションファイバはコア材にシンチレーション材料をドープした光ファイバであり、荷電粒子や電磁波がこのファイバを通過すると蛍光が起り、発生した光がファイバ内を伝搬する。そして、この光をフォトディテクタで電気信号に変換して処理することで、放射線の情報が得られる。

この中でも、位置検出ができるモニタが注目されており、その測定方法として飛行時間法（Time of Flight：TOF）が有効であることが報告されている⁽³⁾⁽⁴⁾。この方法は、二つの出力信号の検出器への到達時間差を検出する方法である。しかし、これらには広域監視を目的とした検出器は少なく、まだ達成されていない。

今回は、試作したシンチレーションファイバを用いた位置検出型放射線モニタの諸特性評価を行い、その有効性を検討した。また、広域監視型のモニタを目標として遅延用ファイバを用いた新しいシステムを考案し、その基礎特性を調べた。

2. 位置検出型放射線モニタの概要

2.1 測定原理

試作した位置検出型放射線検出器の測定方法に TOF 法を用いた。図 1 に位置検出型放射線検出器の概要を示す。放射線がシンチレーションファイバを通過するとファイバ内で蛍光が起り、光パルスが発生する。このうちファイバ内にトラップされた光パルスがファイバ両端へ伝搬していくが、放射線の入射位置によって、この二つの光パルスがファイバ両端に接続された光電子増倍管（PMT）に到達する時間が異なる。これら二つの信号は、波形整形を行うコン

スタントフラクシオン ディスクリミネータ（CFD）を通過後、時間波高変換器（TAC）に入力され、TAC は到達時間差に比例した波高値を持った信号を出力する。TAC からの出力信号をマルチチャネル波高分析器（MCA）で波高弁別することにより、シンチレーションファイバに沿った場所での放射線量率分布を知ることができる。図に示す遅延手段は、TAC のストップ信号が必ずスタート信号より遅れて入力されるように設けている。

今、放射線が PMT1 から距離 S の位置に入射したとすると、二つの光パルスがそれぞれ PMT へ到達する時間差 T は次式で表される。

$$T = (2S - S_{\text{PSF}}) / v \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 S_{PSF} ：シンチレーションファイバ長

v ：シンチレーションファイバ内を伝搬する光の速度

また、遅延手段における遅延時間が t_d の場合、TAC で検出される時間差 T' は次式で示することができる。

$$T' = \{ (2S - S_{\text{PSF}}) / v \} + t_d \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、ストップ信号が必ずスタート信号よりも遅れて入力されるように、

$$t_d \geq (S_{\text{PSF}} / v) + t_{\text{dead}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 t_{dead} ：TAC の不感時間

でなければいけない。

2.2 シンチレーションファイバ

使用するシンチレーションファイバにはシリコンチューブの被覆を施し、両端に FC コネクタを取り付け、PMT に接続する。

2.3 実プラントへの適用

シンチレーションファイバを用いた検出器の特長を生かすことで、以下のような適用が考えられる。

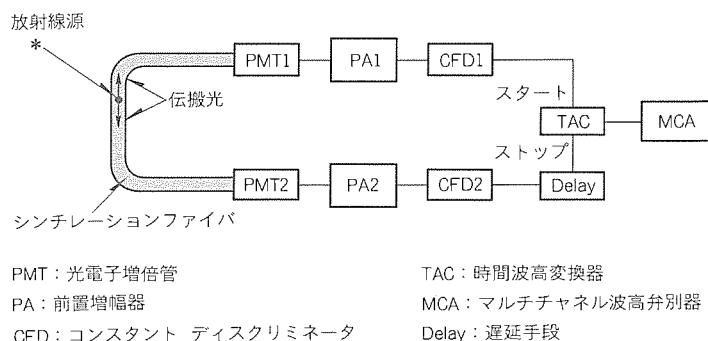


図 1. 位置検出型放射線検出器の概要

(1) エリアモニタへの適用

図2に、原子炉建屋に従来型エリアモニタが配置されている様子を示す。図のように、従来のエリアモニタは原子炉建屋内に数箇所しか設置されておらず、また、検出部の直径は20～30cmで局所監視型である。このため、広範囲監視を行うには多数の検出器が必要となる。

図3に、位置検出型放射線モニタの配置構想図を示す。従来と異なって広域な監視が可能となり、電気信号ではなく光信号を用いるため、電磁ノイズにも強い。また、1システムでの広域監視が可能であるので、多数のエリアモニタを使用せずに済み、コスト低減につながる。

(2) 配管等の漏洩検知

シンチレーションファイバを配管に沿って配置することにより、配管破断等による放射線の漏えい(洩)を位置情報とともに検知することができる。位置情報が得られるので、早急な対処が可能となる。また、前記(1)で述べた効果も同様に得られる。

(3) 燃料廃棄物の監視

例えば、廃棄物保管建屋にシンチレーションファイバを用いた検出器を設置すれば、建屋全体の監視が可能となり、より安全性を高めることができる。また、前記(1)で述べた効果も同様に得られる。

3. 特性試験

シンチレーションファイバを用いた検出器の特性評価に際

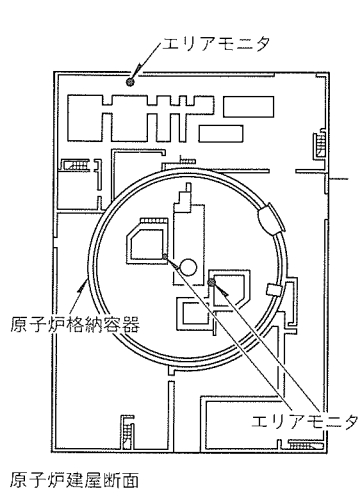


図2. 従来型エリアモニタの配置図

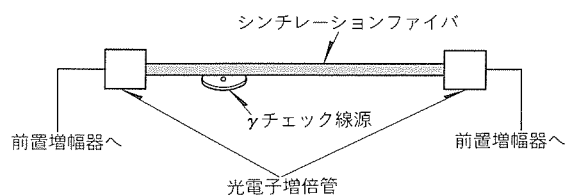


図4. 位置分解能測定方法

し、位置分解能・感度直線性・方向依存性・温度特性・湿度特性に対する評価実験を行った。

3.1 位置分解能

今回試作した放射線モニタの第一の特長は放射線の連続分布を測定できることであるが、測定にはパルス信号のタイミング情報を用いるため、パルスの立上り部分の揺らぎによるタイムウォークやジッタなどが誤差を生じさせる。この誤差の大小によって、このモニタの位置分解能が決まる。

位置分解能を調べるため、図4のようにガンマチェック線源をファイバに密着させるように配置し、実験を行った。その位置は一つのPMTからの距離で定義する。使用したチェック線源はCo-60 (1.1MeV, 1.3MeV)で、放射能は3.7 MBqである。

測定結果を図5に示す。これはチェック線源を20cmの位置に配置したときの結果であるが、その位置にピークが存在し、その半値幅は約26cmであった。この半値幅を位置分解能として定義する。例えば、原子力発電所内に設置することを考えれば、その広さから得られた位置分解能は十分であると考えられる。

3.2 感度直線性

ここではシンチレーションファイバに放射線を照射し、その線量率を変化させ、感度の直線性を調べた。使用した線源はCs-137で、放射能は370 MBqである。この線源とシンチレーションファイバとの距離を変化させ、照射線量率を $1 \sim 10^4 \mu\text{Sv/h}$ の間で変化させた。

評価実験の結果、 $1 \sim 10^4 \mu\text{Sv/h}$ において、感度の変動は0.1デカード以内であり、エリアモニタに対する要求仕様を満たしている。今後、 $10^5 \mu\text{Sv/h}$ に対しても照射実験を行う予定である。

3.3 方向依存性

方向依存性を調べる実験では、シンチレーションファイバを直線状に配置し、ファイバに対して垂

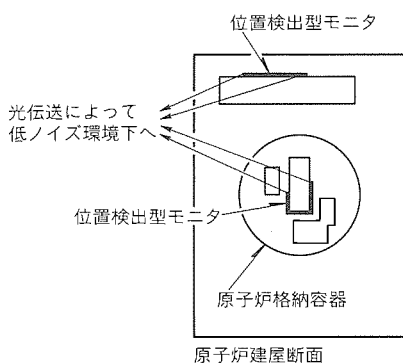


図3. 位置検出型の配置構想図

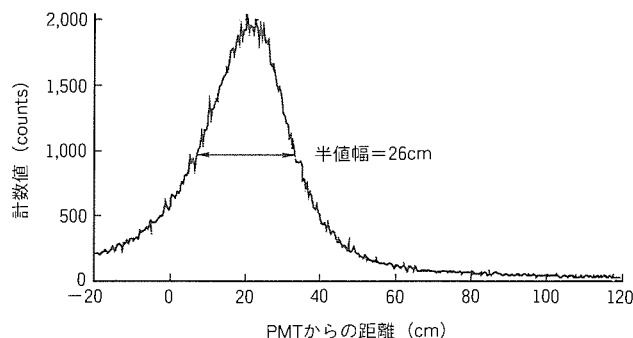


図5. 位置分解能

直方向から放射線を照射する。次にファイバを軸として回転させ、放射線の照射方向に対する感度を測定した。ここで使用した線源は、感度直線性を調べた実験と同様、放射能が370M BqのCs-137である。

測定結果を図6に示す。また、エリアモニタに対しJIS Z 4324で規定されている方向特性表を表1に示す。図の結果から分かるように、すべての角度範囲に対し、感度のばらつきは表に示した要求仕様以内である。

3.4 温度特性

この特性評価実験では、実プラント内の熱源や室温の変動を考慮し、0～65℃の範囲で温度特性実験を2サイクル行った。また、1サイクルの各温度において2回の測定を行った。その結果を図7に示す。

温度が高くなるほど感度が若干低下しているものの、これら感度相対率の値はエリアモニタの要求規格(±10%)を逸脱するものではなく、安定した結果を示した。

3.5 湿度特性

ここでは温度35℃の環境下において、湿度を65%から95%に上げたときの特性評価を行った。この実験においても測定は2サイクル行い、各湿度での測定点は2点である。測定結果を図8に示す。

湿度が上がると感度が落ちているが、これらの値も温度特性と同様、エリアモニタの要求規格を逸脱するものではなく、要求仕様(±0.5デカード)以内である。

3.6 特性試験結果

以上、5種類の特性試験の結果として、このモニタの現状

性能を表2にまとめて示す。

これらの結果から、このモニタは放射線モニタとしての適用が可能であると考ええる。

4. 遅延用ファイバを用いたシステム

4.1 システムの概要

2.1節で述べたように、通常、TACにはスタート信号入力端子とストップ信号入力端子が区別されており、ストップ側に入力される信号は、必ずスタート信号の後に到着しなければならない。このようなTACを用いたシステムでは、遅延手段となる遅延回路又は遅延ケーブルによる遅延時間はシンチレーションファイバ長に依存し、シンチレーションファイバ長を長くすると遅延時間も長くしなければならない。このようなシステムに対し、遅延用ファイバをシンチレーションファイバ中央に挿入し、スタート、ストップ端子を区別しないTACを使用した。この遅延用ファイバの長さはシンチレーションファイバ長には依存せず、光の伝搬時間がTACの不感時間以上になるように長さを決定するだけでよい。遅延用ファイバを挿入したシステムの概要を図9に示す。遅延用ファイバの両側に、長さの等しいシンチレーションファイバを接続する。

図のように放射線が入射すると、蛍光によって発生した光パルスは両端に伝搬するが、その一方は必ず遅延用ファイバを伝搬する。遅延用ファイバを光パルスが伝搬することで、TACに入力される二つの信号は、光パルスが遅延用ファイバを伝搬する時

表1. JIS規定性能

角度範囲 (°)	性 能
0～±45	±10%以内
±(45～60)	±30%以内
±90	規定なし

表2. 現状性能

項 目	現 状 性 能
測 定 線 種	γ線
位置分解能	26cm
測 定 範 囲	1～10 ⁴ μSv/h (10 ⁵ μSv/hは未確認)
直 線 性	0.1デカード以内 (10～10 ⁴ μSv/h)
方 向 性	0～±45°: +3.6% ±(45～60°): +10.8%
耐ノイズ性	電磁ノイズに影響しない
温 度 特 性	±5%以内
湿 度 特 性	±0.02デカード以内

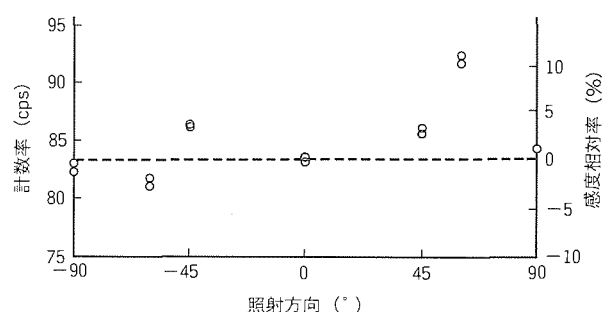


図6. 方向依存性

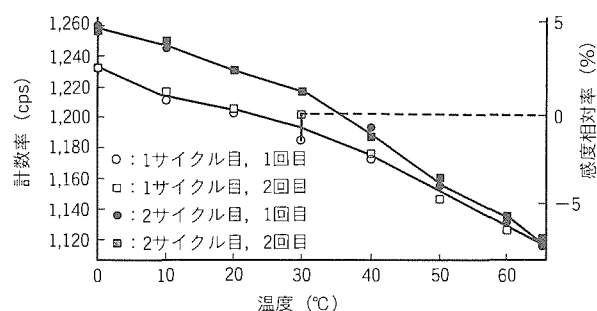


図7. 温度特性

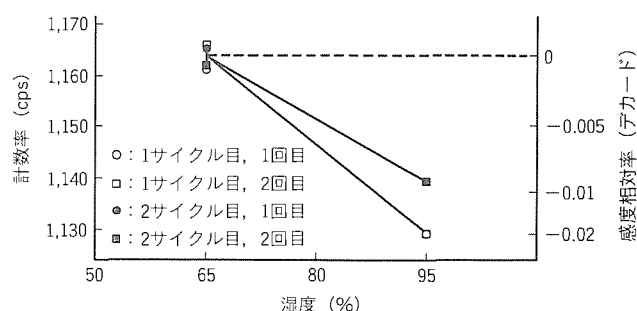


図8. 湿度特性

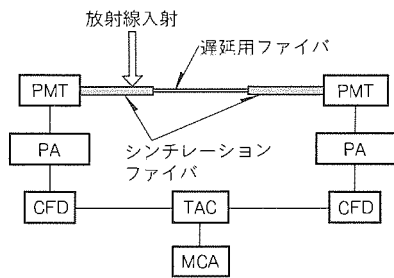


図9. 遅延用ファイバを用いたシステム

間以上の間隔で入力される。TACで検出される最小時間差は、放射線が遅延用ファイバとシンチレーションファイバの接続点に入射したときであり、その値は光パルスが遅延用ファイバを伝搬する時間に等しい。

4.2 原理

従来方式での必要な遅延時間 T_d は、次式のように表される。

$$T_d = (S_{PSF}/v) + t_{dead} \quad \dots\dots\dots (4)$$

これに対し、遅延用ファイバを用いたシステムで必要な遅延時間は、

$$T_d = t_{dead} \quad \dots\dots\dots (5)$$

である。通常この時間は5ns程度なので、遅延用ファイバは1~2mでよい。

つまり、遅延回路や遅延ケーブルを用いたシステムでは、シンチレーションファイバが長くなると遅延時間が長くなるので、CFDからの出力パルスがタイミング誤差を持ちやすくなる。これに対し、提案した遅延用ファイバを用いたシステムは遅延時間を長くする必要がなく、遅延によるタイミング誤差は一定である。

4.3 実験結果

遅延用ファイバを用いたシステムでの放射線位置検出結果を図10に示す。また、遅延回路、遅延ケーブルを用いたシステムでの結果を図11に示す。このときのシンチレーションファイバ全長は両者とも3m、放射線源の強度、位置は両者とも同一である。また、遅延用ファイバには、シンチレーションファイバの開口数に近い値を持つ、長さ1mのプラスチックファイバを用いた。

三つの結果とも、半値幅、ピーク値はほぼ同じ値になった。この実験ではシンチレーションファイバ長は3mであるが、更に長尺になると、遅延時間を長くしなければならない従来型に対し、遅延用ファイバを用いたシステムの方が位置分解能の点で有利になると考える。

5. むすび

シンチレーションファイバを用いた位置検出型放射線モニタの位置分解能・感度直線性・方向依存性・温度特性・湿度特性について調べた。その結果、放射線モニタとしての適用に目途を得た。また、遅延用ファイバを用いた新方式の位置

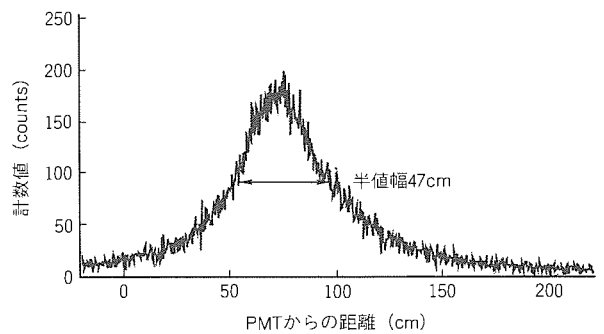


図10. 遅延用ファイバを用いたときの結果

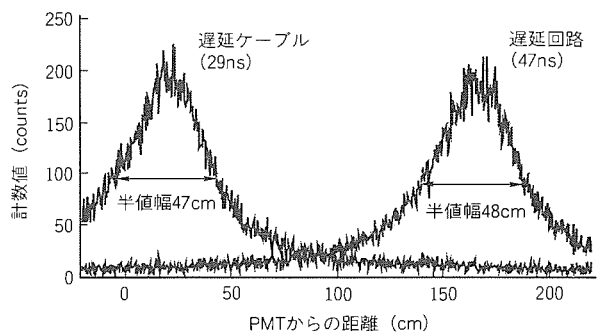


図11. 遅延回路、遅延ケーブルを用いたときの結果

検出型放射線モニタのシステムを提案し、その有効性を確認することができた。

今後、更なる特性評価と改良を施し、シンチレーションファイバを用いた位置検出型放射線モニタの広い適用分野を目指した応用システムの開発と実用化検討を行っていく。

参考文献

- (1) Leblanc, M., Raymond, C., Tricoire, H., Valentin, L.: SOFI: A Scintillating Optical Fiber Imager, Nucl. Instrum. and Meth., A273, 583~587 (1988)
- (2) Singkarat, S., Garis, N. S., Grosshag, G.: The Feasibility of using Plastic Scintillation Fibers for Fast Neutron Spectrometry, Nucl. Instrum. and Meth., A335, 248~254 (1993)
- (3) Soramoto, S., Notani, M., Fukano, Y., Imai, S., Iguchi, T., Nakazawa, M.: A Study of Distributed Radiation Sensing Method using Plastic Scintillation Fiber, Proc. 7th W. S. on Radiation Detectors and Their Uses, KEK, 171~173 (1992)
- (4) Emoto, T., Torii, T., Nozaki, H., Ando, H.: Measurement of Spatial Dose-rate Distribution using a Position Sensitive Detector, Proc. 8th W. S. on Radiation Detectors and Their Uses, KEK, 119~125 (1992)

知識ベース応用 デザインレビューシステム

長江雅史* 滝 寛和** 芹川一郎*** 稲田昭子*** 加藤之敏***

1. ま え が き

デザインレビュー（以下“DR”という。）とは、設計内容に対して様々な観点から問題の有無を判定し、設計後の製造・試験に関しての留意点や方法を策定する業務である。DRに必要な知識には、数式で詳細にモデル化されているもの（物理法則、計算式など）と、数学的なモデルになっていないノウハウ（因果関係、選択、組合せに関する経験的知識）がある。このモデル化されていないノウハウは、個人の業務経験に依存するところが多く、知識の共有化・伝承を難しくする要因となっており、経験豊かな専門家が必要とされる理由の一つである。

このようなDR業務を支援するため、経験的知識を効率的に利用できるDRエキスパートシステム（以下“DRシステム”という。）を開発し、実設計業務に適用した。DRシステムにより、従来大きく人に依存していた経験的知識のビジュアル化・共有化が可能となり、設計の効率化、品質の向上、知識・技術の伝承などの効果を得ることができた。ここでは、DRシステムの概要・機能・開発方法・適用例（大型誘導電動機DRシステム）などについて紹介する。

2. 設計プロセスとDR

DR業務は、基本的には設計結果に対して設計の質を審査する業務であり、図1のように、設計工程と製造工程の間に位置する。レビュー結果が満足いくものでない場合は再設計が行われる。

設計を行う場合、図2に示すように、①製造上の制約（加工性・組立性・試験設備）、②仕様上の物理的制約（熱・騒音・振動特性等の対策）、③ユーザの制約（操作性・メンテナンス性）、④その他（過去の問題点、環境への配慮）、などを考慮しなければならない。しかし、熟練設計者でなければ、設計の初期段階でユーザの仕様書に表れてこない過去の問題点や、ユーザごとの経験的な制約をすべて知ることは事実上難しい。このため、設計の終了時点で熟練設計者がDR

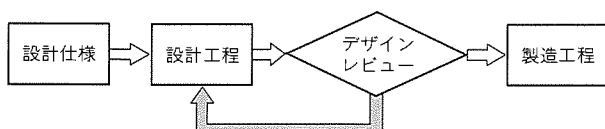


図1. 設計プロセス

業務を行い、すべての制約について設計結果が条件を満たしているかを判定している。

つまりDRには、この熟練設計者が所有する経験的な知識が不可欠であり、この知識を有効に利用でき、ノウハウを伝承できる枠組みが必要である。その意味で、エキスパートシステム化によって経験的知識をビジュアル化し、設計者間で共有化することは大きな価値がある。

3. DRシステムの概要

3.1 開発の経緯

受注設計におけるDR業務の支援を目的に、DRシステムを開発した。DRシステムとは、入力された項目（設計仕様や設計結果）に対し、設計者が考慮すべき項目を表記するシステムである。

このDRシステムは、図3に示すように、専用AIマシン（PSI-II：第五世代コンピュータプロジェクトで開発され、三菱電機（株）が製品化した逐次推論マシン）や専用AIツールを利用した開発を経て、今回、ワークステーションやパーソナルコンピュータでの開発に至った。システムのベースとしてスプレッドシートを利用することで、設計者が簡便に利

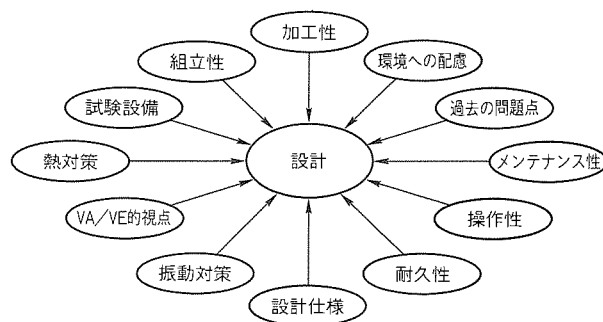


図2. 設計上考慮すべき内容

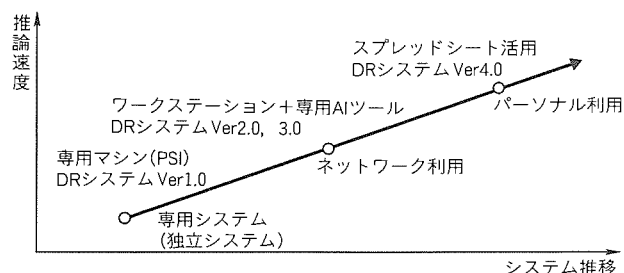


図3. 開発の経緯

用できるシステムとなった。

3.2 開発方法

DR システムの開発に当たり、様々な製品の DR に対応できる汎用的なシステムとするため、まず中核となる“DR 専用シェル”(DR 専用ドメイン スペシフィック エキスパート シェル)を開発した。この DR 専用シェルに個々の製品特有な DR に特化した情報を付加して、各製品専用の DR システムを構築できる。専用 DR システムの構築の際、ラピッドプロトタイピング手法による段階的な開発を行い、ユーザーである設計者のニーズに合うシステムを構築することができた。

3.3 DR専用シェルの基本構成

設計者が持っている大量のレビュー知識や設計ノウハウ、過去の不適合事例といった DR 業務に必要な知識を効率良く抽出し利用することを主眼として、知識獲得機能を中心に DR 専用シェルを構築した。

DR 専用シェルは、図4に示すように、専門家の設計審査知識を獲得する知識獲得機構と、設計の審査対象となる項目(マスタデータ)を管理するマスタデータ管理機構、設計仕様と獲得された知識を基に必要な設計審査項目を選定する推論機構で構成されている。また、データベースとして、マ

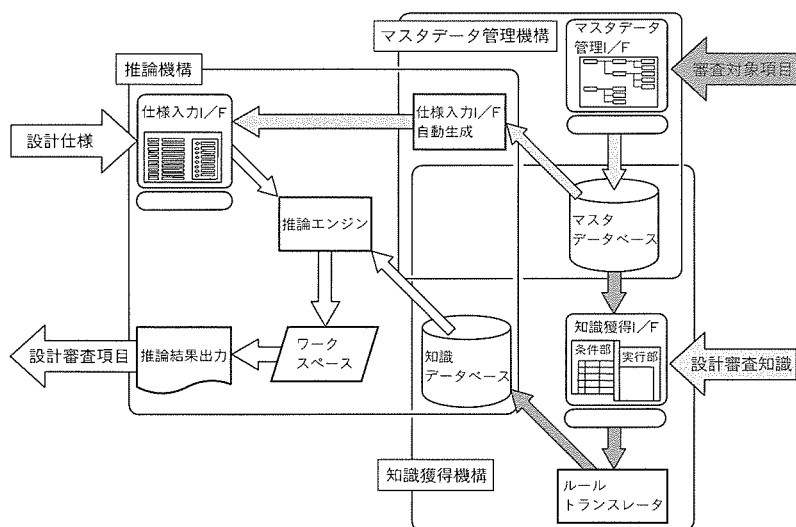


図4. システム構成

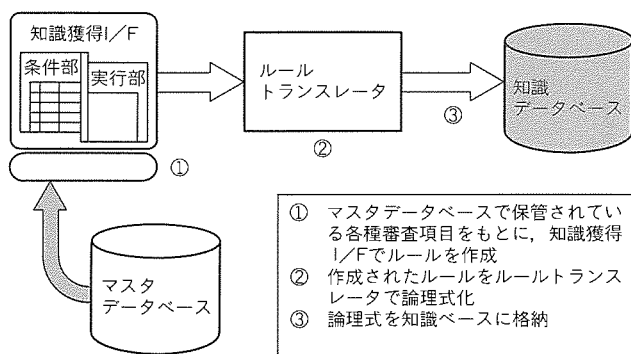


図5. 知識獲得機構

スタデータベースと DR のノウハウをルール化した知識データベースを持っている。

なお、各機能の詳細を以下に述べる。

3.4 DR専用シェルの機能

3.4.1 知識獲得機構

この機構は、レビューの元となる法規・基準・規則の変更や、新たな不適合事例などの追加に対応した知識をメンテナンスするものであり、作成された各種知識を知識データベースで管理している。

この機構は、図5に示すように、知識を表形式で入力する知識獲得インタフェース(以下“I/F”という)と、表を知識データベースに変換するルールトランスレータで構成されている。

(1) 知識獲得I/F

知識獲得I/Fは、表入力形式のGUIとなっており、専門家の設計審査知識を効率良く知識データベース化するための入力を容易に行える。図6に示すように、このI/Fは、条件部と実行部とからなるルール形式の入力となっている。まず条件部で、ルールの分類番号、データの所在、レビューすべき内容の入力を行う。条件部では、マスタデータベースに格納されている審査対象項目から、論理和・論理積・否定などの複雑な論理式を作成することができ、

数式変数(設計仕様対数値、設計仕様対設計仕様)も扱える。

次に、実行部では、条件部で入力されたルールが満たされた場合に表示される内容を入力する。ここで入力する内容は実際に設計者が評価すべき内容となるため、具体的に各種制約を表記する。

(2) ルールトランスレータ

ルールトランスレータは、演えき(繹)推論の効率化や高速推論を実現するために、知識獲得I/Fで入力されたデータを、内部表現に変換(コンパイル)し、知識データベースに格納する。

3.4.2 マスタデータ管理機構

この機能は、ルールや審査項目など、内部データの整合性をとるマスタデータベースをメンテナンスするものである。

図7に示すように、設計審査に適応する項目

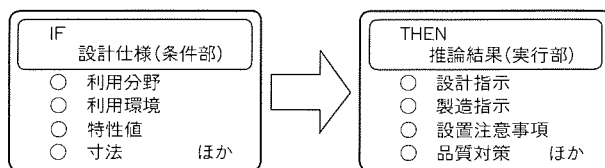


図6. ルール形式

をツリー形式で編集するマスターデータ管理 I/F と、仕様入力 I/F (3.4.3 項(1)) を自動変更する仕様入力 I/F 自動生成機能で構成されている。

(1) マスターデータ管理 I/F

この I/F は、審査項目とその補助項目、それらに入力可能なリスト項目の簡易な編集と、仕様入力 I/F で扱う項目の入力形態を定義することができる。

各項目は、ツリー上で編集が行え、容易に追加・変更・削除することができる。また、入力形態の定義は、① 選択式 (選択ウィンドウメニュー) / キーボード入力、② 補助項目を所有する / 所有しない、③ 有 / 無の選択 (例: 仕様上、ある部品が必要であるか否かの選択)、を選択することができる。

この I/F で編集・定義された項目は、マスターデータベースに登録される。

(2) 仕様入力 I/F 自動生成機能

この機能は、仕様入力 I/F を個別の製品の設計仕様に向う GUI とするため、マスターデータベースに登録された項目から自動的に生成する。

3.4.3 推論機構

この機構は、入力された設計仕様に対し、レビューすべき箇所を発見し、設計の修正すべき項目を指摘するものである。

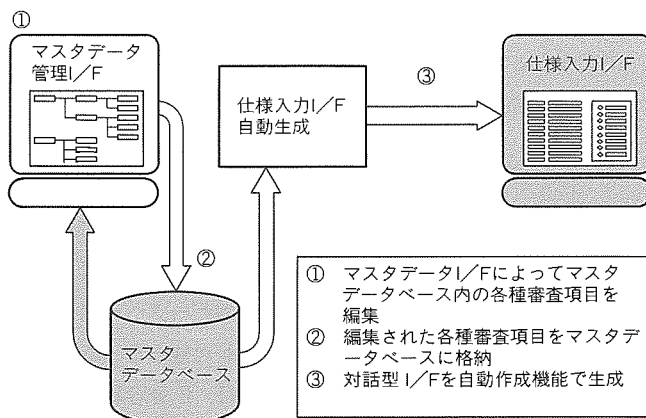


図7. マスターデータ管理機構

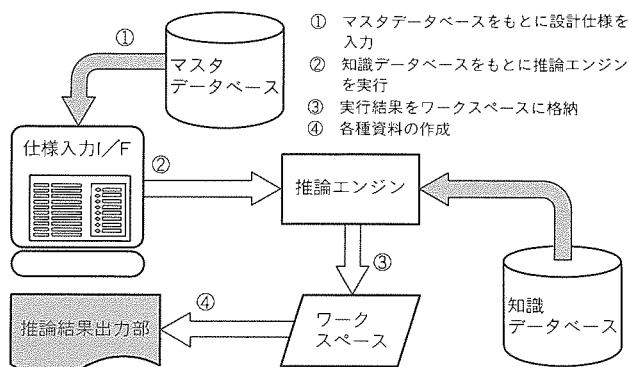


図8. 推論機構

図8に示すように、設計仕様を入力する仕様入力 I/F、推論を行う推論エンジン、推論結果を表示する推論結果出力部で構成されている。

(1) 仕様入力 I/F

この I/F は、設計仕様の入力を簡単に行うための GUI であり、文字列入力、数値入力、仕様の“有・無”選択の三つの入力形式を提供している。文字列入力は、選択式 (選択ウィンドウメニュー) 又はキーボード入力のいずれかの入力となり、数値入力は、選択式とキーボード入力のいずれからでも行える。また、仕様の“有・無”選択は、マウスクリックで簡単に行うことができる。必要に応じて、この I/F から他のシステムとのリンク及び起動も可能である。

(2) 推論エンジン

この推論エンジンは、仕様入力 I/F で入力されたデータをキーに、ルールトランスレータによって作成された知識ベースから、必要な評価項目だけを効率良く決定する機能である。推論結果は一時的にワークスペースに確保され、後述の推論結果出力部で印字される。

(3) 推論結果出力部

この出力部は、ワークスペースに確保されている推論結果を、整理された形式で表示・印刷する。この推論結果は、内部表現の状態なので、これを人が理解できる形式へ変換することもこの出力部で行っている。また、推論過程を出力することも可能となっている。

3.5 スプレッドシートの活用

DR システムの開発用ソフトウェアツールを選択するに当たり、以下の理由によってスプレッドシートを利用することとした。

(1) I/F 構築の容易性

従来、システムを開発するに当たり、ユーザの要望する I/F を作成することに多大な労力と時間が必要であった。これに対し、スプレッドシートを利用すると、GUI レイアウトなどを対話的に行うことができるため、簡易に構築することができる。

(2) データベース操作の容易性

ユーザにとってデータベースの編集 (追加、変更など) には複雑な種々の手続きや操作が必要であるが、スプレッドシートで、シートそのものをデータベースとして利用することにより、ユーザでも簡易に編集することができる。

(3) OS やハードウェアに依存しないシステムの構築

通常、専用のソフトウェアを開発すると、OS の変更やハードウェアの変更に従い、改良や移植が必要となるケースが多い。スプレッドシートをミドルウェアとすることで、OS やハードウェアに依存しないシステムを構築できる。

4. 適用事例—誘導電動機 DR システム—

DR システムの構築例として、大型誘導電動機の DR 業務

への応用事例を紹介する。

この大型誘導電動機的设计業務は、顧客対応のオーダー設計(受注設計)であり、据付け環境・特性値(騒音・効率等)などの客先仕様で、設計仕様が大幅に異なっている。そのため、1オーダーごとのDR業務が必要であり、DRシステムが効果的に働く事例である。

誘導電動機用のDRシステムの入出力例を図9に、知識例を図10に示す。入力例の入力値が文字列のもの(向け先・オーダー等)は、選択式となっている。また、数列(出力・電圧等)のものは、主にキーボードからの入力となる。知識は、基本的に“もし～ならば～である”(IF～THEN～)で表現されている。

例えば、ルール1は“もし、オーダーが原子力向けならば、オーダータイプはタイプ2とします”という記述であるが、この場合、設計仕様が“オーダー=原子力向け”であればこのルールが起動され、“オーダータイプ=タイプ2とします”となる。

5. 開発の効果

5.1 DR業務の省力化

DRシステムの適用により、DR業務の省力化、業務フローの改善をすることができた。結果としてDR業務時間の短縮を実現し、誘導電動機の場合では、DR業務の約30%を低減することができた。

さらに、別の効果として、再設計回数の低減が挙げられる。これまで、DRに人数や時間がかかるため、設計がほぼ終了した時点でDRを行ってきた。このシステムを導入することで、DR結果すなわち設計を行う上での注意事項を踏まえて、設計を行うことができる。このため、設計のやり直しが低減でき、設計業務全般の短縮を行うことが可能となった。

5.2 設計品質の向上

このシステムは、人間の経験的知識に頼っていた考慮しなくてはならないすべての制約を、経験の浅い設計者でも、簡単かつ、漏れなく抽出することができる。このため、品質の向上に大きく貢献することができた。

5.3 設計技術の体系化と共有化

このシステムを開発するに当たり、知識データベース構築のため、熟練設計者が持っている設計ノウハウや設計知識等

入力	出力
審査項目: 入力値	◇ 始動、母線切換え時の過渡現象(軸、コイルエンド)を検討してください。
向け先: ○○電力	◇ ○○ポンプは、始動電流は○○%以下としてください。
オーダー: 原子力向け	◇ ○○電力向け高圧機は端子箱内絶縁ゴム内張りをしてください。
用途: ○○ポンプ	
出力: 1400 kW	
極数: 2 p	
電圧: 6.6 kV	
周波数: 60 Hz	
外被形式: 内冷	
回転形式: カゴ	
トルク指定: (指定なし)	

図9. 入出力例

知識		
ルール1 IF オーダー=原子力向け THEN オーダータイプ=タイプ2とします。	ルール3 IF 向け先 = ○○電力 電圧 >= 3kV THEN ○○電力向け高圧機は端子箱内絶縁ゴム内張りをしてください。	ルール5 IF トルク指定=指定なし THEN トルクは基準の160%を満たしているかを確認してください。
ルール2 IF オーダー=原子力向け 用途 = ○○ポンプ THEN ○○ポンプは、始動電流は○○%以下としてください。	ルール4 IF オーダータイプ=タイプ2 THEN 始動、母線切換え時の過渡現象(軸、コイルエンド)を検討してください。	

図10. 知識例

の膨大なDR知識の整理、体系化を行った。これにより、DR知識を詳細に体系化することができた。誘導電動機では、導入時に約1,000件のルールがあり、実運用でルールの洗練や、追加を行っている。

また、個人に分散していたDR知識を簡単に蓄積し、抽出することが可能なため、設計技術の共有化や、若手設計者の教育を含めた技術の伝承に大きく貢献することができた。

6. む す び

DR業務に必要とされる経験的知識をシステム化することで、DR業務の効率化はもちろん、設計品質の向上にも大きく貢献した。さらに、経験的知識の知識データベース化により、設計技術の体系化・共有化・伝承が可能となった。

また、知識データベースや仕様入力I/Fを容易に構築できる、汎用性のあるDR専用シェルは、広い製品分野に適用可能であるため、今後、このシステムを種々製品のDR業務に展開する予定である。

参 考 文 献

- (1) 滝 寛和：デザインレビューエキスパートシステムの枠組、情報処理学会第45回全国大会予稿集、2H-02、情報処理学会 (1992)
- (2) 澤田武郎、勝山恒吉、滝 寛和：回転機デザインレビューシステムの開発、情報処理学会第45回全国大会予稿集、2H-03、情報処理学会 (1992)

受配電設備の保全支援システム

佐々木文夫* 酒井道雄* 安部克茂* 篠原秀雄** 宇野正嘉***

1. ま え が き

近年、電力安定供給の重要性が高まり、受配電設備維持管理の高度化のニーズが増大している。また、製造業では、生産性向上のため操業度の向上が図られているが、一方では、日常保全業務の省力化が急務となっている。さらに、老朽化しつつある設備の更新時期の見極めも重要な課題である。

本稿はこれらの課題に対する解決策として、①データベース情報による効果的な保全計画作成、②常時監視と点検作業自動化による事故の未然防止と巡視・定期点検の省力化、③故障時の早期復旧、を目的とした受配電設備の保全支援システムを紹介し、保全の動向について考察する。また、長期間の使用を経た設備の診断技術についても述べる。

2. 受配電設備の保全

2.1 受配電設備保全の動向

受配電設備の保全業務は、一般的に図1に示すようになる。

保全の内容は年々事後保全から予防保全に重点が移り、その方法も自動化・遠方集中管理方式化の方向にあり、設備診断用センサの研究開発に関しても多くの事例が発表されている。

設備の劣化パターンは図2に示すバスタブカーブになるが、負荷の多様化から設備、機器・部品ごとに使用頻度や環境の差が大きく、偶発故障期でも単純な時間計画保全では対応できない場合が多くなってきている。また、偶発故障期及び摩耗故障期の保全の効率化、信頼性向上が重要になってきており、予防保全の中でも状態監視保全が注目されている。

2.2 受配電設備保全の課題

受変電設備の障害のうち97%以上が設備不全が原因であり、設備不全の中でも、保守不備が50%以上を占めているといわれている(図3)。

一方、受配電設備の運転・保守・管理に従事する人員は、平均で、6kV級まで3.8人/件、20kV級で9.0人/件となっている。こうした状況において、設備の稼働率の向上が要求されるのに対し、一方では、省人化・高齢化・技術者減少という傾向が今後ますます強くなっていくものと思われる。

受配電設備保全の業務を作業形態別に分類し、実体と問題点をまとめたものを表1に示す。これらユーザにおける保全業務での課題に対し、保全業務改善の支援を行っていくシステムのニーズが高まっている。

3. 受配電設備の保全支援システム

3.1 保全支援システムのねらい

受配電設備の保全支援システムは、上記問題点に対して、各項目の作業の支援をするものである。具体的支援項目とシステム分類を表2に示す。

“保全計画支援”とは、まず保全データ収集の自動化を図るものである。これには、ネットワークを通じてパソコンで

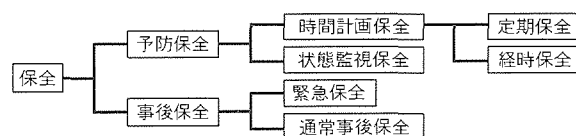


図1. 保全の業務形態⁽¹⁾

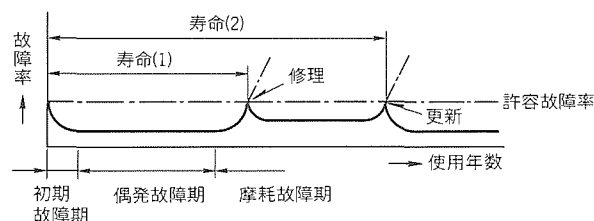
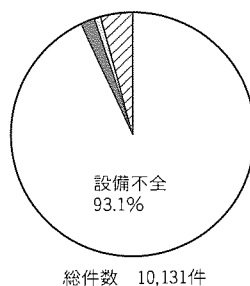
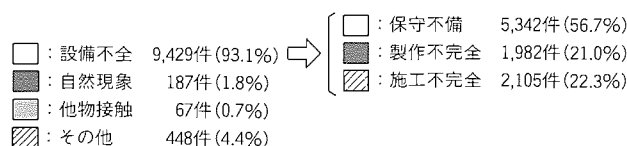
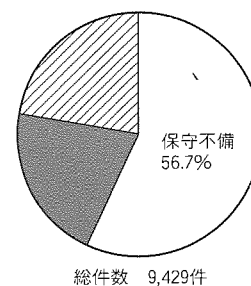


図2. 機器の劣化故障パターン(バスタブカーブ)⁽¹⁾



(a) 障害件数の分析



(b) 設備不全に関する障害の分析

図3. 受変電機器の障害件数の内訳⁽²⁾

行う方法と、ノート形パソコンで現場を巡回する方法がある。収集したデータはそのまま自動的にデータベース化する。必要により、人手によるインプットでデータを補足する。これ

により、実績管理を行い、さらに保全計画資料の作成を自動的に行う。

“巡視点検支援”とは、設備に取り付けられたセンサや計測器からの状態データ、警報情報を自動的に収集し、監視を行い、作業の効率化を図るものである。

“予測保全”とは、異常・劣化の徴候を常時監視によって早期検出し、事故の未然防止を図るものである。

“定期点検支援”とは、保護継電器の特性試験、絶縁抵抗値測定等を一か所から集中して操作する自動化システムとし、時間の短縮、省力化を図るものである。

“事故時支援”とは、原因の早期把握により、復旧の迅速化を図るもので、故障点標定、復旧ガイダンス等を行うものである。

3.2 保全支援システムの概要

保全支援システムは図4に示すように、設備規模と

表1. 受配電設備保全の実体、問題点

項 目	実体、問題点
保全計画	<ul style="list-style-type: none"> ●老朽設備が多くなり、全設備の定期点検が一巡する間に事故が発生する心配がある。 ●パソコンなど機械化管理が進んでいない場合がある。このため、事故未然防止のため定量的バックデータに基づいた合理的な保全計画が立てにくい。
巡視点検保全	<ul style="list-style-type: none"> ●巡視点検は設備と点検項目の増加にもかかわらず、作業者の高齢化と技術者不足の傾向にある。
定期点検保全	<ul style="list-style-type: none"> ●設備の老朽化、設備の転用と改善等で点検業務に熟練が必要であるが、技術の伝承が困難な状態にある。 ●設備量に対して作業者の確保が難しく、省力化の必要性がある。 ●設備の停止、停電の機会、期間がとりにくくなっている。
事故時保全	<ul style="list-style-type: none"> ●設備が高度化・複雑化し、事故の原因、種類の把握と復旧に時間がかかる。また、事故時の負荷、プラント等への影響が大きい。
運転管理	<ul style="list-style-type: none"> ●運転管理データの収集と管理用パソコンへのインプット作業、ソフトウェア開発、データの整理に人手がかかる。

表2. 保全支援システムの主な支援項目とシステム分類

項 目			機 能	ね ら い	システム構成タイプ			
					M	P	D	T
受配電保全支援	保全計画支援	保全データ収集	保全データ遠隔収集(ネットワーク)	●保全データベースによる効果的な保全計画の策定 ●各種資料の自動作成による保全計画業務の削減			●	●
			保全データ巡回収集(ノートパソコン)			●		
		保全データベース構築	運転故障実績管理				●	●
			保護リレー設定値管理				●	●
			点検結果データ管理、予備品管理				●	●
		保全計画資料作成	日報・月報作成				●	●
			帳票出力、保全計画作成				●	●
	巡視点検支援 予測保全支援	絶縁常時監視、警報	盤(部分放電)	●自動データ収集による巡視点検業務の削減 ●機器異常徴候の早期発見による事故の未然防止 ●アラーム自動通報による定期業務間隔の延長化	●	●	●	●
			ケーブル		●	●	●	●
			電動機		●	●	●	●
			変圧器		●	●	●	●
		温度常時監視、警報 ガス圧常時監視、警報 異臭常時監視、警報 画像常時監視、警報 高調波常時監視、警報			●	●	●	●
					●	●	●	●
					●	●	●	●
					●	●	●	●
					●	●	●	●
	定期点検支援	保護特性自動試験 遮断器開閉時間自動測定 絶縁抵抗自動測定		●自動化による定期点検業務の削減	●	●	●	●
					●	●	●	●
					●	●	●	●
	事故時支援	故障点標定、表示 事故時データ自動メモリ 自動遠隔通報 事故復旧ガイダンス		●故障内容と規模の早期把握 ●故障処理ガイダンスによる復旧の迅速化	●	●	●	●
					●	●	●	●
					●	●	●	●
					●	●	●	●
	運転支援	遠隔状態監視、警報		●集中遠隔監視による運転業務の効率化			●	●
受配電監視制御			遠隔状態監視、遠方開閉、デマンド監視 受電日報・月報					●
管理点数			max.		200	200	200	1,500

システム構成 M:CDL MASTER(M)形保全支援コントローラ
P:CDL MASTER(P)形保全支援コントローラ
D:CDL MASTER(D)形保全支援コントローラ
T:MELSAS-S(T)形受配電総合監視制御システム

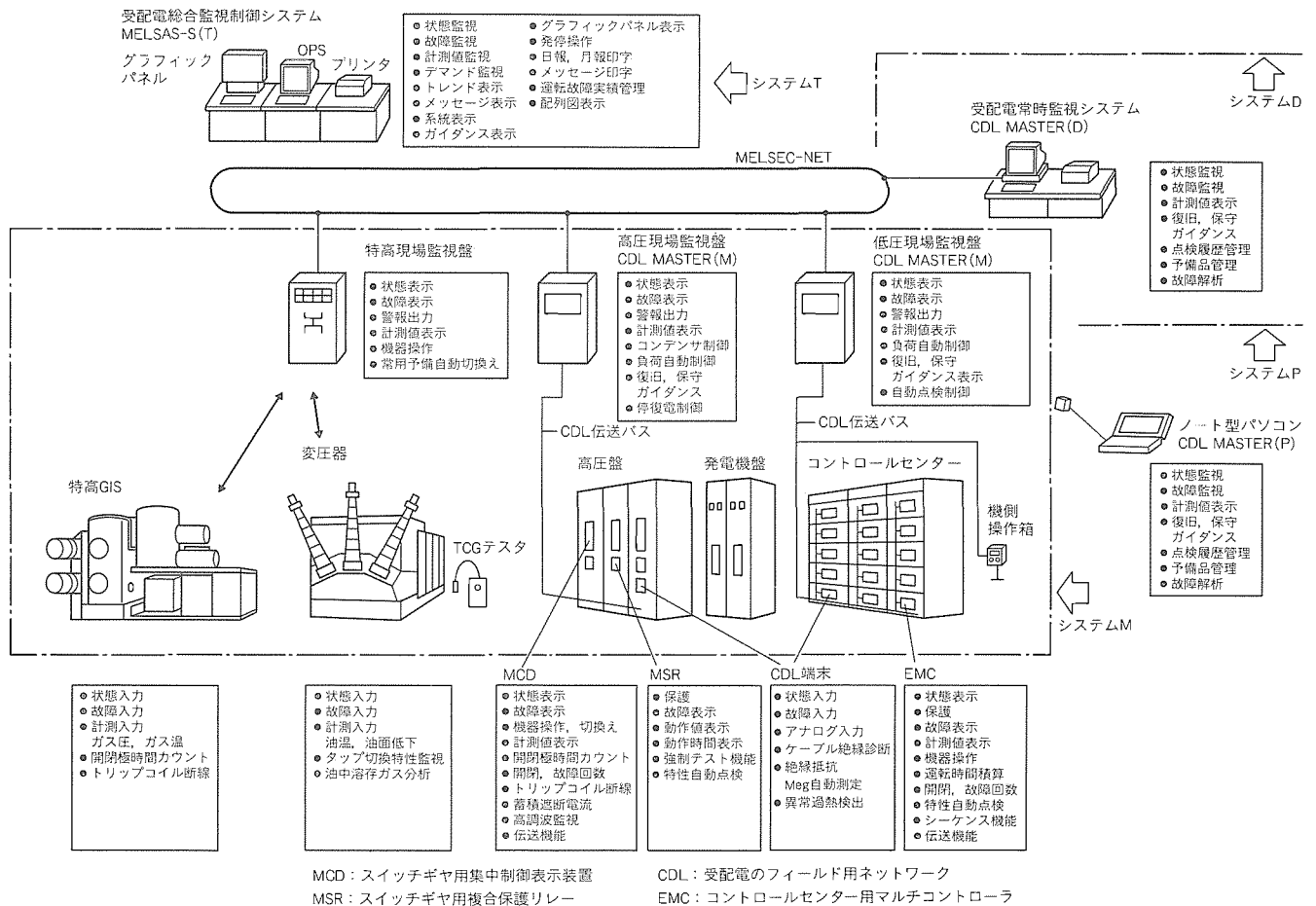


図4. 受配電設備の保全支援システムの構成

支援内容によって各種の形態で構築できる。以下に概要を説明する。

(1) システム M (現場における点検支援と事故時支援)

システム M は、保全支援機能付き機器を搭載した受配電盤と、それに列盤で据え付けた CDL MASTER (M) 形保全支援コントローラから構成され、点検時と事故時の現場業務を効率化する経済的なシステムである。保全支援機能付き機器は、コントロールセンター用としてマルチコントローラ (EMC-ZM)、スイッチギヤ用として集中制御表示装置 (MCD-3A) がある。CDL MASTER (M) は、タッチパネル付き液晶表示器とシーケンサ、及び絶縁抵抗値測定装置からなり、受配電盤内機器とは伝送 (CDL) でつながれている。常時監視によって異常の徴候をつかむと、ポケットベルで通報を行う。また、タッチパネルからの操作指令で、複数のファイダに対して順次連続試験を行うことができる。事故時には、故障要因、トリップ電流値、故障ガイダンス等が表示される。シーケンサ用ネットワーク (MELSEC-NET) を介して、上位システムへの接続も容易である。

(2) システム P (データ収集支援)

システム P は、CDL MASTER (M) に可搬形ノートパソコンである CDL MASTER (P) を付加した構成であり、コントローラは受配電盤に収納されているため、新たな盤を

表3. 自動試験内容

1	主回路電流計測特性
2	漏洩電流計測特性
3	過電流保護特性
4	地絡保護特性
5	欠相保護特性
6	伝送機能チェック
7	ROM/RAMチェック

設置する必要はない。巡回によるデータ収集と点検、事故時の対応を支援する経済的なシステムである。現場の業務を効率化することに加え、市販ソフトを利用してオフラインで収集したデータの解析を行うことで保全計画を支援する。

(3) システム D (遠隔常時監視と保全計画支援)

システム D は、汎用の据置き形パソコンである CDL MASTER (D) 形保全支援コントローラで遠隔常時監視するのである。CDL MASTER (M) と MELSEC-NET を介して通信を行う。さらに、点検・事故時の対応を支援することに加え、市販ソフトによって自動収集データのデータベース化を行い、保全計画を支援する。

(4) システム T (受配電監視制御と保全支援機能)

システム T は、受配電設備を総合的に集中管理し、業務の効率化と省エネルギー化を行うものである。このシステム

は、OPS、プリンタ、系統グラフィックパネルで構成される。システムDの機能に加え、デマンド監視、受電日報・月報の作成、遮断器の開閉制御などを行うことができる。

3.3 保全支援システムの機能

保全支援システムについて、表2の各項目ごとに内容を説明する。

(1) 保全計画支援

システムPでは、パソコンによってデータ収集(図5)を行い、システムD及びTではネットワークを通じて自動データ収集を行うが、いずれも市販ソフト(Lotus1-2-3^(注1)、Excel^(注2)等)を使用して解析ができ、トレンドグラフ、パレート図、実績計画表等を作成する手間が大幅に削減される。保護リレーの設定値をEMC、MCDからCDL伝送を通じて収集し、負荷との整合性を確認することも容易である。

また、システムTでは、訓練シミュレータとして、ビデオサーチを利用した点検・取扱い支援を追加機能として用意している(図6)。運転時間はモータの精密点検時期、開閉回

(注1) “Lotus1-2-3”は、米国Lotus Development Cop.の商標である。

(注2) “Excel”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

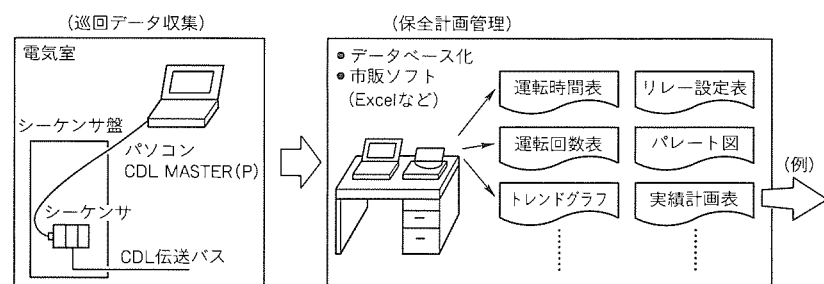


図5. パソコンによる保全支援

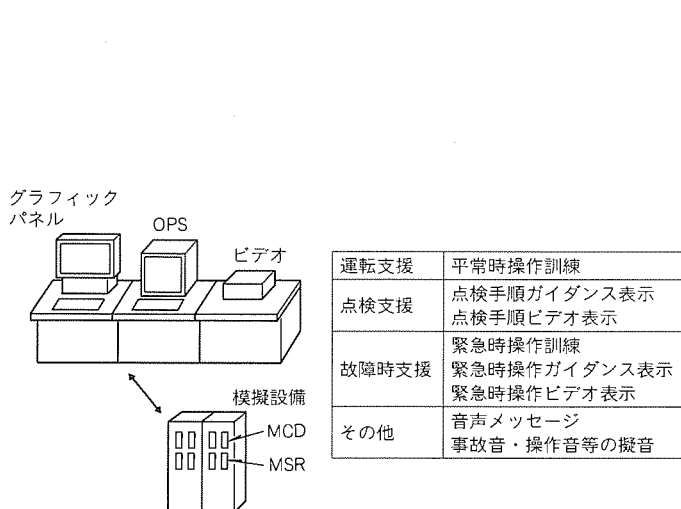


図6. 訓練シミュレータ機能

数はコンタクタの交換時期等の計画支援として生かすことができる。

(2) 巡視点検支援と予測保全

巡視点検支援は、常時監視によって設備の各部の状態を把握し、異常・劣化の徴候を早期にとらえて、余裕を持った処置を行うことをねらいとしている。方法として、五感による点検業務を自動化するものと、分析データを監視するものがある。

前者としては、電流、漏えい(洩)電流、温度、臭気、高調波、ガス圧等のデータの遠隔常時監視がある。このうち、C-GISのガス圧監視の例を図7に示す。

後者としては、部分放電、遮断器のトリップコイル断線検出、油中ガス分析等のデータの遠隔常時監視がある。このうち、変圧器のセンサによる各部監視の例を図8に、また、センサ処理ユニットのブロック図を図9に示す。油中溶存ガス、油面、油温、負荷時タップ切換器動作特性等を常時監視するものである。

なお、システムTではマルチメディア機能を付加することができ、カメラからの遠隔画像監視による変色・火災等の検出、また、異音検出のため遠隔操作によるスピーカからの

機器名称	タグNo.	年度										備考
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
タンク排水ポンプ	P-103	▲			●			▲			▲	
C5供給ポンプ	P-102B	▲			●			▲			▲	
PEBリサイクルポンプ	P-209A	▲			●			▲			▲	
トリップスポンプ	P-104	▲			●			▲			▲	
コンデンサ送油ポンプ	P-106	▲			●			▲			▲	
排水ポンプ	P-107A	▲			●			▲			▲	
排水ポンプ	P-107B	▲			●			▲			▲	
PEBリサイクルポンプ	P-209B	▲			●			▲			▲	
EB-HE送油ポンプ	P-206A	▲			●			▲			▲	
EB-HE送油ポンプ	P-206B	▲			●			▲			▲	
PEB増速流ポンプ	P-208A		▲				○			▲		
PEB増速流ポンプ	P-208B		▲				○			▲		
アルキレータボトムポンプ	P-201A	▲					○			▲		
廃油回収ポンプ	P-108	▲					○			▲		
水注水ポンプ	P-210	▲					○			▲		

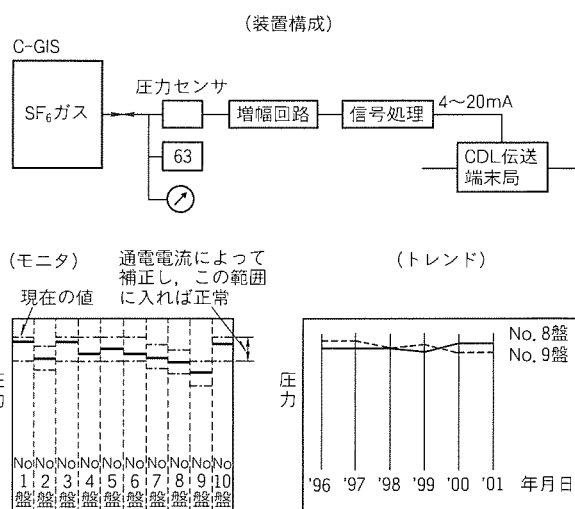


図7. C-GISガス圧監視

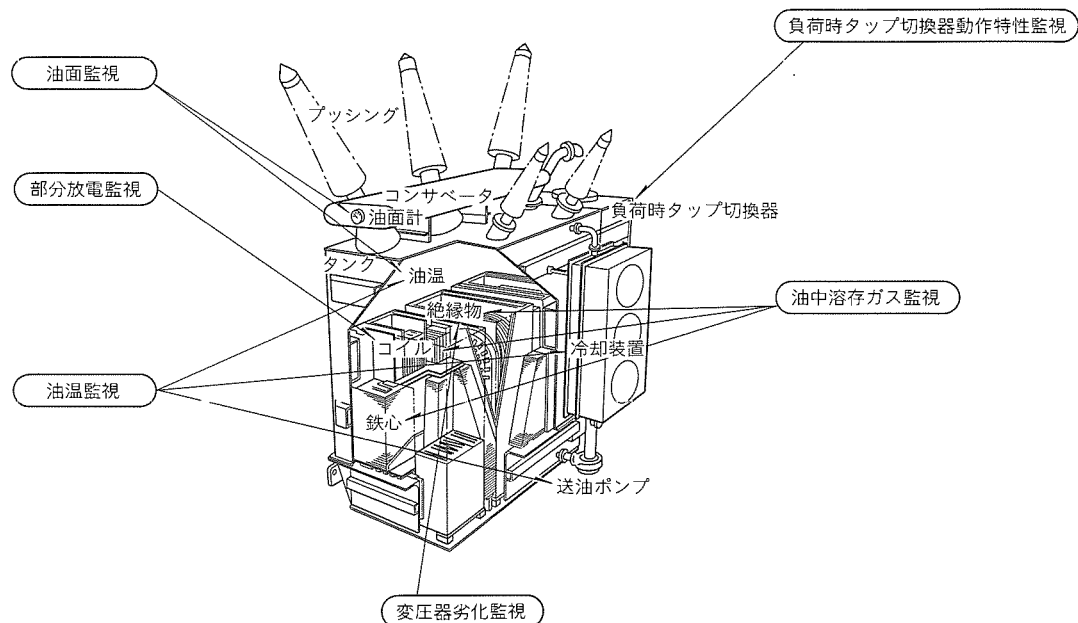


図 8. 変圧器の各部監視項目

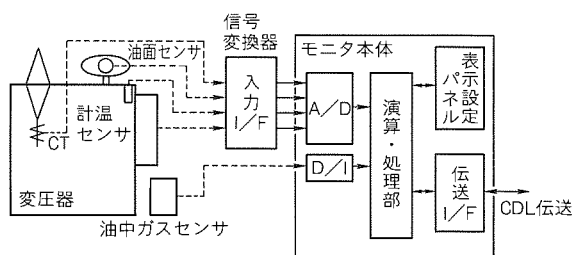


図 9. 変圧器センサ処理ユニット

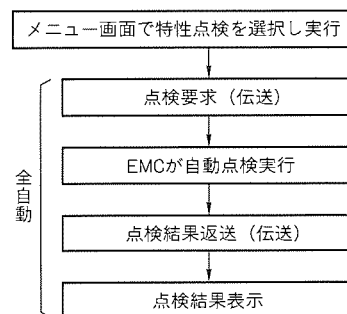


図11. 保護特性自動試験フロー

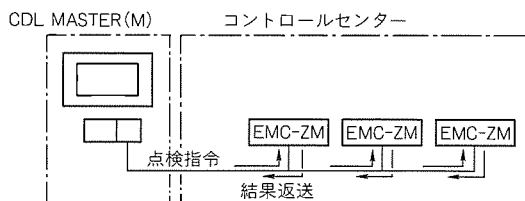


図10. 保護特性自動試験

出力も可能である。

(3) 定期点検支援

定期点検は時間を要し、安全性の注意も必要であるので、集中操作，自動化による効率化を行う。点検項目としては，保護継電器の特性，絶縁抵抗値，遮断器の開閉極時間等がある。

低圧コントロールセンターではモータの台数が多く，絶縁抵抗の測定，保護継電器の点検には時間を要する。CDL MASTER (M) による，現場で行う自動点検方法を紹介する。

EMC-ZM の保護特性試験では，CDL MASTER (M) のタッチパネルで試験指示を行うだけで図 10 のように EMC-ZM に対して図 11 の手順で実行し，結果が CDL 伝送によ

って返送され，試験の省力化が図れる。試験内容を表 3 に示す。

コントロールセンターの絶縁抵抗試験は，図 12 に示すような構成で行う。試験時には，絶縁計を収納したユニットを母線接続位置まで挿入する。その後，測定する対象フィードの EMC-ZM の制御電源をテスト用電源に切り換え，伝送を通じてコンタクタを ON にする。次に，CDL MASTER (M) 収納の絶縁計で絶縁抵抗値を測定し，測定値がシーケンサを介してタッチパネルに表示される。コンタクタは OFF になり，次のフィードの試験に移っていく。この一連の試験をタッチパネルからの指令で順次自動で行っていくため，試験時間の大幅短縮を図ることができる。

(4) 事故時支援

復旧の迅速化を図るものであり，原因・故障点の通報と復旧ガイダンス表示を行う。EMC-ZM，MCD-3A では，トリップ電流値，トリップ要因を CDL 伝送で通報することができる。また，小型波形記録装置により，故障時波形を記録し，分析を行う。

3.4 既設設備への適用

保全支援システムは、新設設備だけでなく、既設設備への適用も可能である。既設設備への適用例を図13に示す。既設コントロールセンターを改造して温度センサ及び伝送端末局を収納する。これによって母線室の温度を計測し、CDL伝送でコントロールセンターに増設した保全支援コントローラ (CDL MASTER (M)) にデータが送られる。また、専用零相変流器と伝送端末局を取り付けることにより、微小漏

洩電流のモニタを行い、モータ、ケーブルの絶縁劣化の徴候を監視することができる。

4. 劣化診断と設備更新時期の見極め

以上、保全支援システムによる事故の未然防止と業務の省力化を中心に述べたが、保全業務のもう一つの課題に、設備更新時期の見極めがある。三菱電機(株)では、15～25年経過

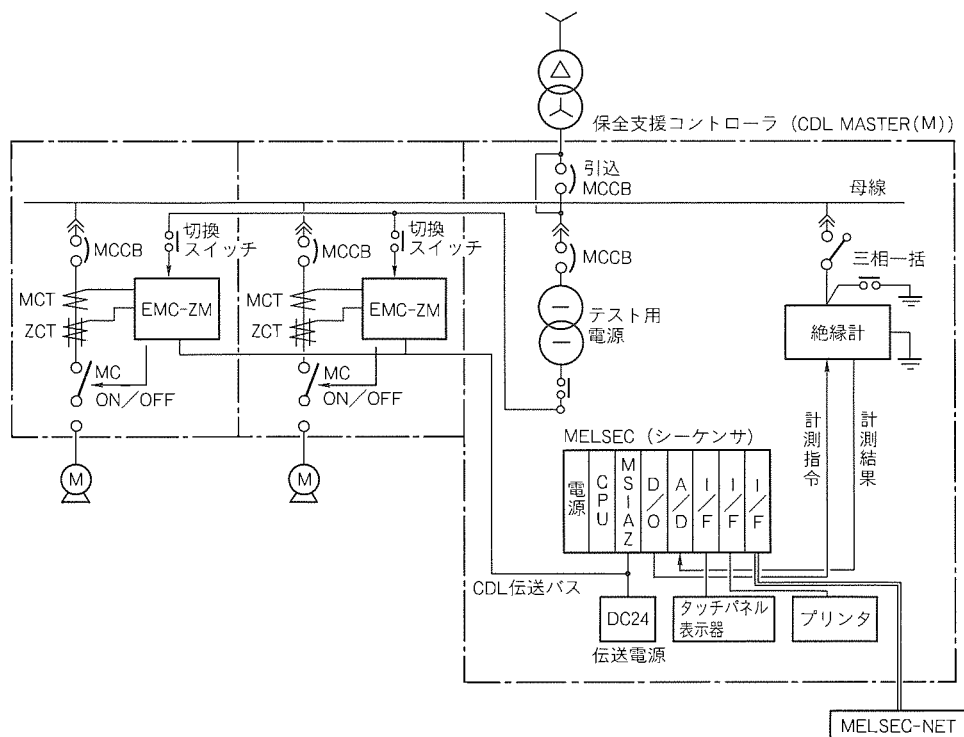


図12. 絶縁抵抗値自動測定

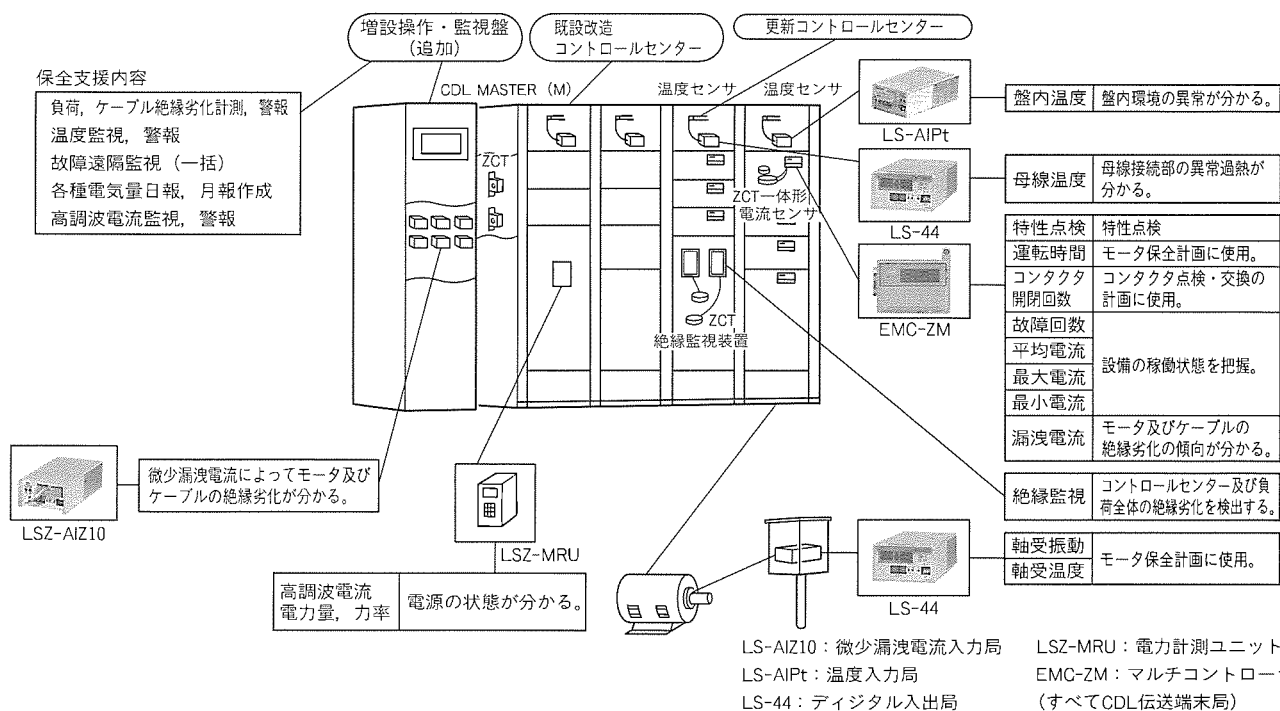


図13. 既設設備への保全支援システムの適用例

表 4. コントロールセンター劣化診断結果の一例

診断結果の一例 ●診断期間：'88/12～'93/8 ●診断件数：12件(10ユーザ) ●使用年数：10年以下(1件), 10～20年(1件), 20年以上(10件)					
	NFB：熱動引外し試験	電磁接触器：コイル劣化試験	サーマルリレー：動作試験	電源グリップ：接触抵抗測定	母線支え：付着じんあい(塵埃)分析試験
調査方法	100%電流による不動作の確認及び125%・200%過電流による引外し時間を測定する。	巻線のBDV値(絶縁破壊電圧)をコイルの巻始め、中間、終わり部分を各々サンプリングし、それぞれを比較して余寿命を推定する。	常温において設定電流の200%電流を通電し、動作時間を測定することによって動作特性をチェックして余寿命を推定する。	直流電圧降下法によって母線に挿入された状態で接触抵抗を測定する。返却時及び清掃手入れ後と比較する。	等価塩分付着量を測定し、新品と比較して劣化傾向を判定する。
基準	管理基準値を満足すること(定格によって基準値は変化)。	BDVが200V以上のこと。	100%通電時：不動作 125%通電時：動作 200%通電時：2分以内で動作	100 $\mu\Omega$ 以下	0.01mg/cm ² 以下
診断結果					

□○：劣化は認められない。 □△：劣化が認められる(基準値内)。 ■×：劣化が認められる(基準値外)。

表 5. 遮断器の劣化診断⁽³⁾

検査・試験・項目	診断方法又は評価基準
1 絶縁抵抗測定	●絶縁物に直流電圧を印加したときの (1) 絶縁抵抗(1分間値)。 (2) 絶縁抵抗の時間特性(1分間値と10分間値の比較)。 (3) 絶縁抵抗の電圧特性を測定する。
2 開閉動作特性試験	●時間測定器又はオシログラフによる投入時間、開局時間の測定。
3 接触抵抗測定	●ダブルブリッジによる抵抗測定(異常があれば分解点検)。
4 接触部の温度監視	●サーモテープ、サーミスタ、赤外線温度計などによって通電部の温度を活線状態で監視する。
5 分解点検	●細密点検と事故電流遮断時に可能な範囲で分解点検。 ●接触子など消耗部品の手入れ又は交換、パッキン交換、グリスアップなど。
6 消弧媒体の特性調査(SF ₆ ガス、絶縁油など)	●SF ₆ ガスの水分測定、純度測定(必要によって吸着材の交換など)。 ●絶縁油の破壊電圧測定(必要によって絶縁油の交換など)。
7 制御回路試験	●制御電源を生かして入-切制御、自動遮断トリップフリー動作の確認。
8 漏れ電流測定	●直流電圧を印加したときの漏れ電流を測定し、絶縁物の吸湿状態をチェックする。

した受配電設備に対し、内部精密検査で設備診断を行い、必要によって設備の更新を推奨している。表4にコントロールセンターの診断結果の一例を示す。また、表5に遮断器の検

査項目と診断方法、評価基準を示す。

5. む す び

受配電設備の保全の動向とその支援システムについて紹介し、また、設備更新の見極めについて言及した。設備の稼働率向上と保全業務の省力化の両面が求められている実状において、本稿の内容が参考になれば幸いである。

今後は、ユーザ各位の協力の下で、より実体に即したシステム開発を行うとともに、センサ開発や診断技術の向上などに努力していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 早丸秀吉：受配電設備維持管理の要点、電設工業、19～30 (1995-5)
- (2) 工場電気設備近代化技術調査専門委員会：工場電気設備近代化技術の実態と最新技術動向、電気学会技術報告、第537号 (1995-1)
- (3) 早丸秀吉、酒井道雄：受変電用開閉機器の診断技術、三菱電機技報、66, No.12, 1189～1195 (1992)

42GHz帯ハイビジョン番組中継装置用MODEM

齊藤和夫* 山本好彦* 後藤哲雄*

1. ま え が き

日本におけるハイビジョンの開発は、実験放送の段階を経た後、現在では実用化の段階を迎えている。番組中継装置(Field Pickup Unit: FPU)は、取材現場で撮影した番組素材を配信局へ伝送するために高周波の信号を用いて無線伝送する装置であり、現行方式のテレビ放送にも多く利用されている。

ハイビジョン用 FPU として従来から FM 変調方式を用いたものが使用されているが⁽¹⁾、42GHz のミリ波帯を用いて伝送しており、波長が短いことから、アンテナの小型化・高利得化ができる反面、空気中の水蒸気や降雨による減衰が大きいという性質がある。また、信号レベルの低下は受信信号の搬送波電力対雑音電力比 (C/N) 劣化を招くため、低い C/N でも動作可能な変調方式としてディジタル位相変調(Phase Shift Keying: PSK)方式を用いた FPU の導入が期待されている。

また周波数の有効利用の観点からも、ハイビジョンコーデックによる帯域圧縮と PSK 方式を用いることで FM 方式よりも伝送帯域の狭帯域化が可能となり、ハイビジョンコーデックによる符号化・復号及びディジタル変復調器による伝送が必要になってきた。

筆者らは衛星通信の分野で培ってきた高速変復調技術を生かし、日本放送協会の指導の下、今回の FPU システムのうち、送信制御部及び受信制御部の開発を行った。ディジタル変復調が主な機能であるため、これらの装置を総称して“ハイビジョン FPU 用 MODEM”と呼んでいる。

この論文では、送・受信制御部の特長と構成、用いられている技術、得られた特性の評価・検討について述べる。

2. 概要と構成

図1にハイビジョン FPU デジタル伝送システムの構成図を示す。このうち当社が担当したのは、送信制御部及び受信制御部である。

ハイビジョン撮影装置で撮影されたハイビジョン画像信号は、ハイビジョンエンコーダで帯域圧縮され、120.832 Mbps の符号化された信号になる。

送信制御部は、この信号に対して符号化率 $7/8$ の畳込み符号化を行い、138.0937 Mbps の信号として送信高周波部へ送出する。

送信高周波部は通常伝送距離を稼ぐために見晴らしの良い高い場所に設置されるため、送信制御部と送信高周波部とは離れた場所で運用される。この間的高速データ伝送には、光ファイバを用いて伝送している。送信高周波部では制御部からの信号を受け、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)変調を行い、42GHz 帯の信号をアンテナから放射する。受信高周波部は42GHz の変調波を受け、AGC 回路による受信レベル補償を行い、1GHz に周波数変換した後、光強度変調による電気-光変換を行う。受信高周波部と受信制御部間は、この光変調波を光ファイバで伝送する。

受信制御部は、光変調波を1GHz の電気信号に変換し、復調することによって138.0937 Mbps の信号を得る。その後ビット復号を行い、120.832 Mbps の信号を出力する。

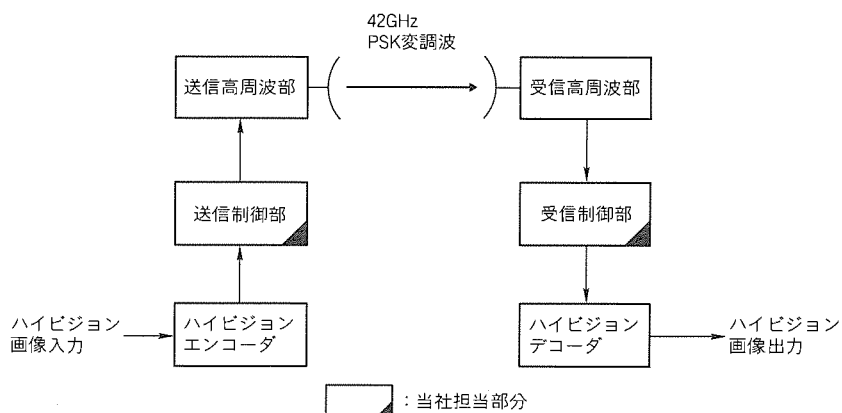


図1. ハイビジョンFPUデジタル伝送システム

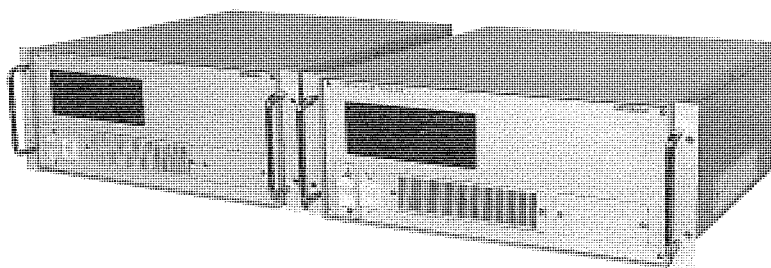


図2. FPU用MODEMの外観

最後にハイビジョンデコーダは、エンコーダで圧縮されたデータを復号して、ハイビジョン画像を出力する。

図2に FPU 用 MODEM の外観を、表1に主要性能を示す。

2.1 特 長

表1. FPU用MODEMの主要性能

送信制御部主要性能

1. 変調方式	QPSK
2. 伝送速度	120.832Mbps
3. 畳込み符号化器	7/8
4. 搬送波周波数	1,000MHz
5. 周波数許容偏差	$\pm 1 \times 10^{-6}$ /月以下
6. 出力レベル	0.0dBm以上
7. 帯域外スプリアス	-50dBm/4kHz以下(ただし高調波は除く)
8. ロールオフ率	ルート30%(送受とも)
9. エンコーダインタフェース	75Ω 不平衡

受信制御部主要性能

1. 復調方式	位相同期ループによるコスタス復調方式
2. 搬送波引込み範囲	$\pm 100\text{kHz}$ 以上
3. 入力レベル	0dBmノミナル
4. AGC範囲	0~-20dB
5. クロック周波数範囲	$\pm 1 \times 10^{-6}$ 以上
6. ビット誤り率	$E_b/N_o = 6.5\text{dB}$ で 1×10^{-4} 以上
7. デコーダインタフェース	75Ω 不平衡

送信制御部、受信制御部の共通な特長として、以下の点が挙げられる。

(1) 並列処理による高速動作

高ビットレートの信号処理には並列処理回路を採用し、高速かつ安定に動作する。120Mbpsの信号を時間的に3分割して40Mbpsの信号とした後、処理を行い、再度合成して出力する構成とした。

(2) 高能率な誤り訂正

衛星通信で一般的なビタビ復号による誤り訂正で、優れた誤り率特性が得られる。

(3) 小型で屋外でも使用可能

中継放送用の装置であり移動・運搬が予想されるため外形は小型(483mm×177mm×450mm)とし、キャリングケースにも実装可能であり、質量は各20kgである。

(4) デジタル処理による安定動作

位相検波回路のデジタル化により、温度変化・経年変化の影響を受けにくく、安定に動作する。

(5) 標準的なインタフェースによる拡張性

高周波部とのインタフェースにはVSAT(小型衛星通信端末)等の中間周波数として用いられる汎用的な1GHz帯の周波数を用い、FPU以外のアプリケー

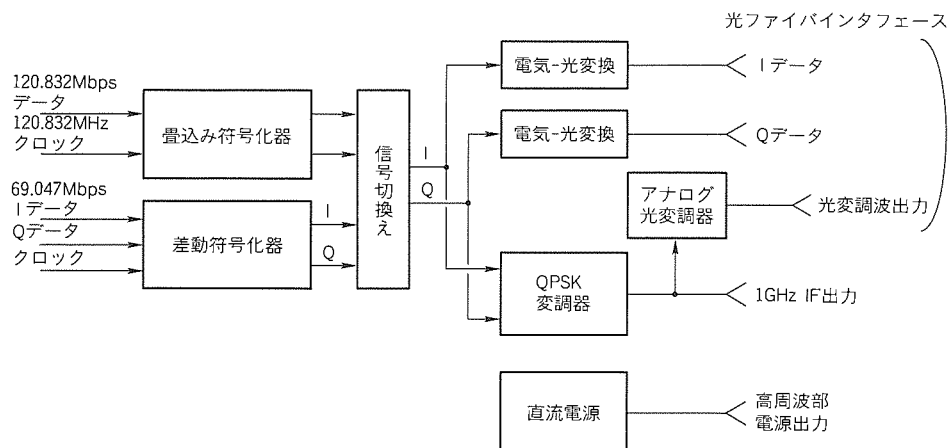


図3. 送信制御部系統図

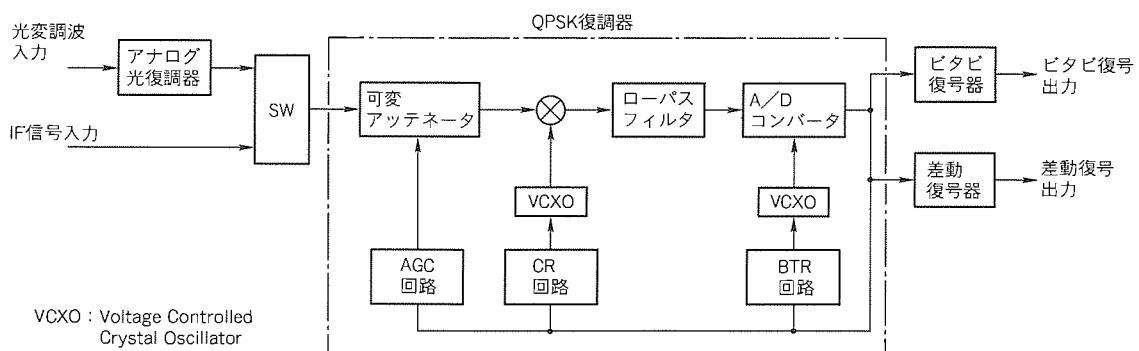


図4. 受信制御部系統図

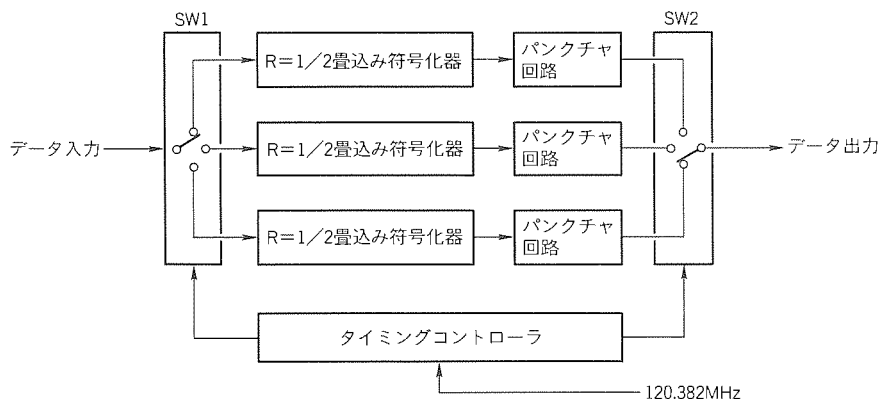


図 5 . 畳込み符号化器の構成

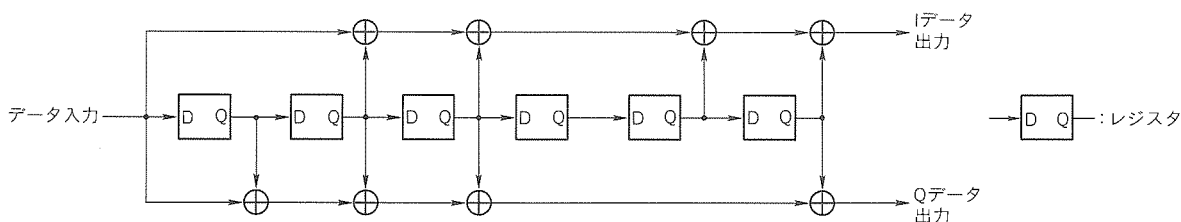


図 6 . $R=1/2$ 畳込み符号化器

ションにも利用が可能である。

2.2 機 能

次に送信制御部と受信制御部の機能について述べる。

送信制御部の主な機能は、

- ハイビジョンコーデックからの入力データの畳込み符号化 ($R = 7/8$)
- 光強度変調による送信データの電気-光変換及び光伝送
- 送信高周波部への電源供給

である。また、送信制御部-受信制御部間の折返し試験用に、1GHz の PSK 変調信号又は1GHzPSK 変調信号の光強度変調信号も出力可能である。高周波部との接続は、畳込み符号化された I チャンネル (Ich) と Q チャンネル (Qch) の信号を伝送するシングルモード光ファイバ2本と、電源供給用の電源線とが複合されたマルチケーブル1本のみで接続される。

図3に送信制御部の系統図を示す。

受信制御部の主な機能は、

- 1GHz 光変調波の光-電気変換
- 自動利得制御回路 (Auto Gain Control : AGC) による受信レベル補償
- 搬送波再生及びクロック再生
- ビタビ復号器による誤り訂正
- 受信高周波部への電源供給

である。

図4に受信制御部の系統図を示す。

システム全体としての誤り訂正はリードソロモン符号を外部符号とし、畳込み符号とビタビ復号を内部符号とする連

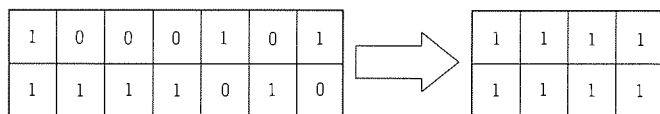


図 7 . パンクチャコード

接符号を用いている。送信制御部、受信制御部では、そのうち畳込み符号、ビタビ復号を行い、リードソロモン符号はハイビジョンエンコーダ/デコーダで行う。

光ファイバを用いないときの高周波部とのインタフェースとして1GHzの変調波入力も持っており、光変調波入力と切り換えて使用できる。受信高周波部との接続は、送信と同様に1本の光ファイバマルチケーブルで行う。

以下に、各部の詳細な動作を示す。

3. 畳込み符号化器

図5に畳込み符号化器の構成を示す。120.832 Mbps の信号に対して FEC (Forward Error Correction) Rate = $7/8$ の畳込み符号化を行い、138.094 Mbps の出力が得られる。このような高速な畳込み符号化器を実現するために、図に示したような並列処理による畳込み符号化器を採用した。SW1は1クロックごとに切り換わり120.832 Mbps の信号を3分割する。3分割されて40.277 Mbps になったデータは、それぞれ図6に示した FEC Rate = $1/2$ の畳込み符号化器で符号化される。その後、FEC Rate を $7/8$ にするために、パンクチャ回路と呼ばれる回路を用いて、決められた位置のデータだけを抜き出す。図7に今回用いたパンクチャコードを示す (コードが1のデータだけを抜き出す)。

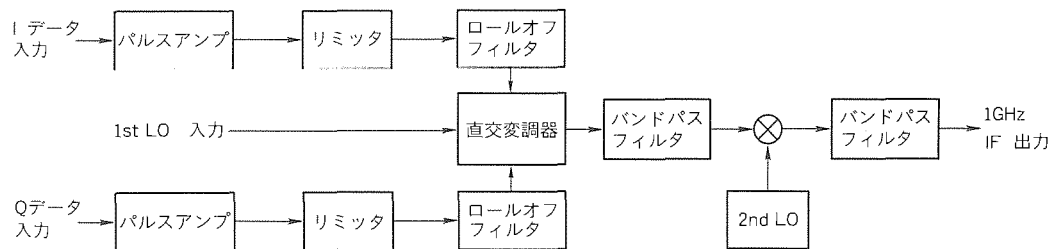


図8. QPSK変調器系統図

4. QPSK変調器

図8にQPSK変調器(直交変調器)の系統図を示す。ロールオフフィルタは、波形整形用のルートコサインロールオフフィルタとNRZ信号をインパルス信号に変換するためのアパーチャイコライザとを従属接続した特性を持っている。図9に周波数特性を示す。ロールオフ率は30%で送信側と受信側でルート配分している。この特性によって送信出力の99%エネルギー帯域は80MHz以下となる。図10に送信出力のスペクトラムを示す。

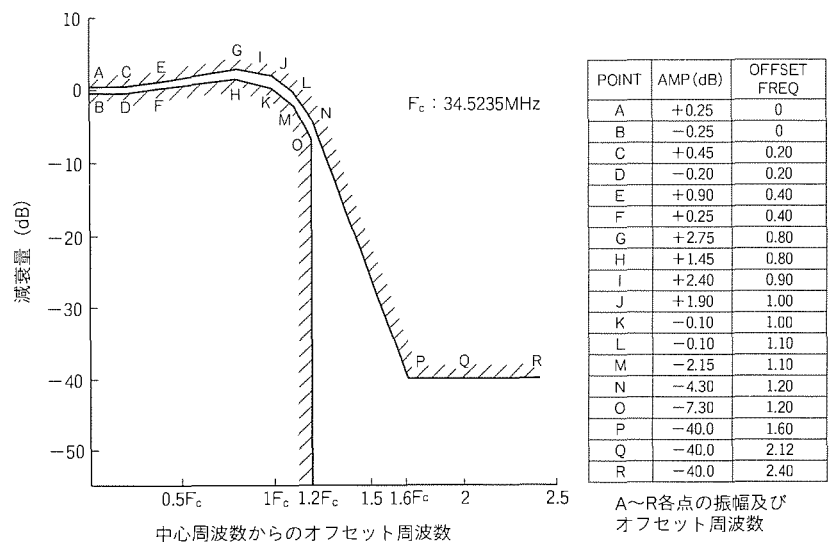


図9. 送信ロールオフフィルタの周波数特性

5. 光ファイバインタフェース

送信制御部は、デジタル及びアナログの2種類の光ファイバインタフェースを持っている。デジタルインタフェースは、畳込み符号化されたIch, Qchのデータを、電気-光変換モジュールを介して光ファイバで送信高周波部に伝送する。送信高周波部では、受信した光変調波からクロックを再生し、データを受け取る。光信号伝送に関する諸元を表2に、系統図を図11に示す。

アナログインタフェースは、1GHzのPSK変調波で光強度変調を行い、受信制御部の光入力部に入力する。同様の回路が受信高周波部にもあり、受信PSK変調波を受信制御部へ出力する。受信制御部では、光-電気変換器で1GHzのIF信号に変換した後、データを再生する。

6. QPSK復調器

QPSK復調器の系統図を図12に示す。

入力は1GHzのIF信号又は光変調波信号のいずれかであり、光-電気変換の後で両者を切り換えて選択できる。ロールオフフィルタは、ルート30%コサインロールオフ特性を

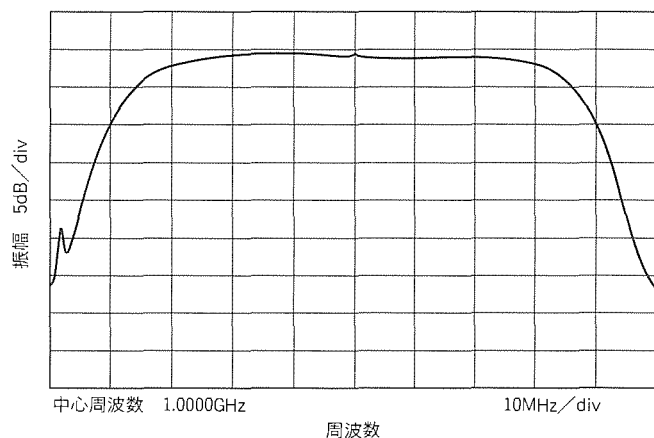


図10. 送信出力スペクトラム

持っている。図13に受信ロールオフフィルタの周波数特性を示す。

2個のA/Dコンバータは、いずれもシンボルレートのクロックでサンプリングしている(69.0469MHz)。Ich及びQchはアイパターンの最も開いた点をサンプリングする。サンプリングされたデータは、それぞれCR(キャリア再生)回路、BTR(クロック再生)回路、AGC回路、ビタビ復号回路に入力される。

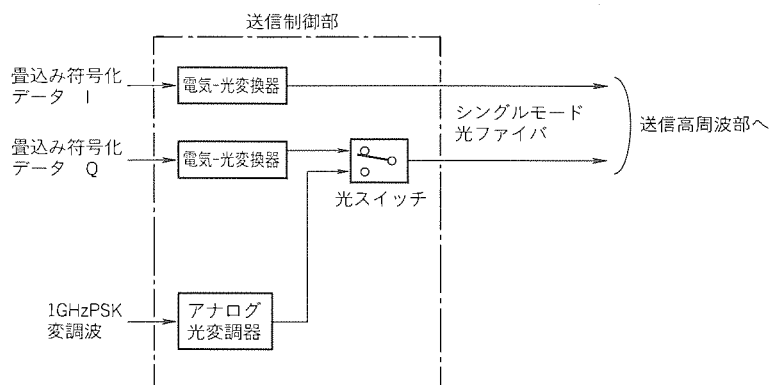


図11. 送信制御部光信号系統図

表2. 光ファイバ性能

1	光ファイバモード	シングルモード
2	波長	1,310±30nm (アナログ) 1,310±50nm (デジタル)
3	ファイバ径	10/125 μm

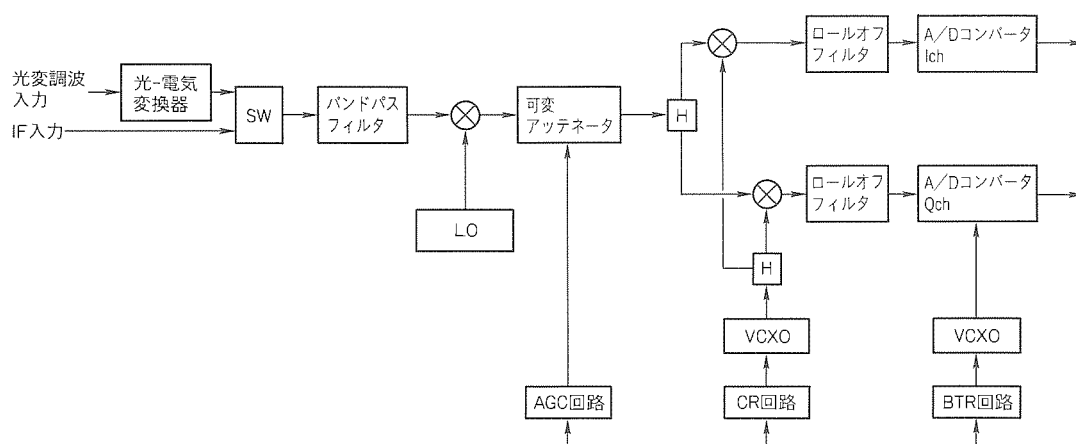


図12. QPSK復調器系統図

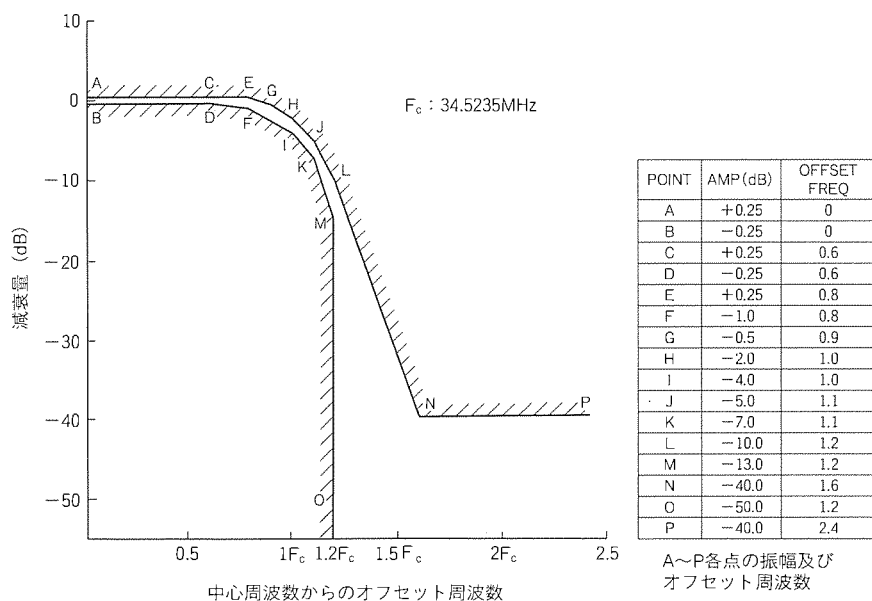


図13. 受信ロールオフフィルタの周波数特性

CR回路は、同期検波コスタスループ方式を用いている。Ich及びQchのサンプリングデータの位相を4通倍し、前回の通倍した結果と比較して位相の時間変動すなわち周波数誤差を検出し、また、通倍した結果と基準位相との差から位相

誤差を検出する。この周波数誤差及び位相誤差に従ってVCXOの周波数と位相を制御して搬送波を再生している。ロックオフ発生時にはスイープ回路を動作させる。

シンボリックロック 69.0469 MHz に対して1シンボルごとに位相比較を行うためには、高速に動作する位相比較回路が必要になり、回路規模が大きくなる、消費電力が増えるなどの問題が起きる。今回のシステムでは、受信制御部の入力は連続波であるから、引込み時間の制約は少ない。そのため、PLLの帯域を狭くすることが可能である。すなわちシンボル間の位相変動は小さく、1シンボルごとに位相比較しなくても位相制御が可能であるため、今回は間欠的に動作する位相比較器を用いた。

BTR回路も同様に、デジタル位相検波器を用いたPLL回路で構成している。

AGC回路は、受信高周波部と受信制御部の間での伝送損失を補うために設ける。Ich及びQchサンプルに対して、

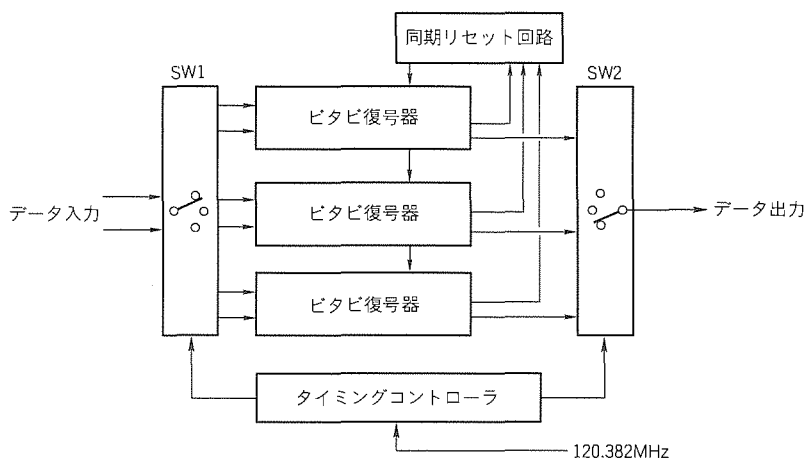


図14. ビタビ復号器の構成

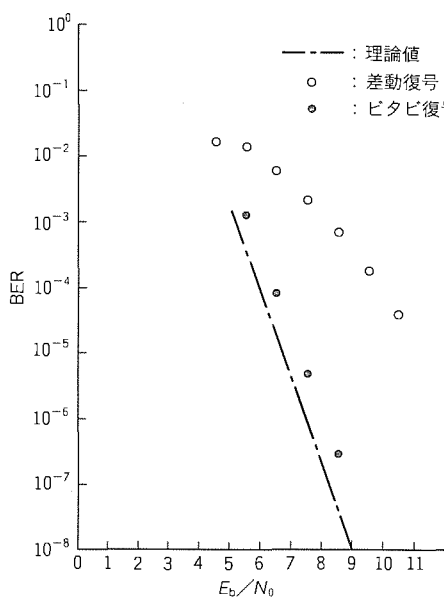


図15. IF折返しBER特性

振幅の絶対値が一定値になるように、IF帯の可変減衰器を制御する。CR回路と同様に、間欠処理によって回路の小型化と消費電力の削減を行っている。

7. ビタビ復号器

Ich及びQchサンプリングの上位3ビットは、軟判定データとしてビタビ復号器に入力される。畳込み符号化を3系統パラレルに行っているために、ビタビ復号も同様に3シンボルごとにパラレルの信号に分割し、それぞれビタビ復号した後合成して出力する。

各ビタビ復号器は各々独立に動作するが、復号後のデータを送信側と同じ順序でシリアル信号に変換することで並列処

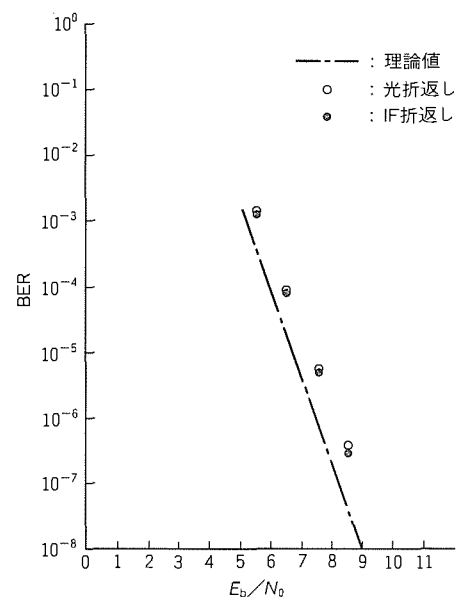


図16. IF折返し、光折返しBER特性

理が可能となる。

図14に並列処理によるビタビ復号器の構成を示す。

8. 伝送特性

送信制御部、受信制御部間の折返し試験として、1GHz IF信号折返し試験及び光変調波での折返し試験を行った。

図15に、IF折返しで誤り訂正なし差動復号を行った場合のBER特性と、ビタビ復号による誤り訂正を行った場合のBER特性を示す。誤り率 1.0×10^{-4} の点での符号化利得は約3.5dBであり、理論値での符号化利得2.9dBに対して0.6dB劣化している。図16に、IF折返し及び光折返しでのビタビ復号時のBER特性を示す。両者の間で変化はほとんどなく、同じ特性を示している。このときの理論値からの劣化は0.5dBである。

9. むすび

ハイビジョン素材伝送用FPU装置として、送信制御部及び受信制御部を開発した。今後は装置の小型化・軽量化に取り組んでいきたい。

最後に、今回の開発に当たり多大なご協力をいただいた日本放送協会を始め、関係各位に深く感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 日本放送協会：ハイビジョン，日本放送出版協会（1987）

ビジネスアプリケーション ソフトウェア開発環境 “HYPERPRODUCE”

小山明伸* 菅野幹人* 藤原聡子* 森山令子* 杉本直也*

1. ま え が き

“HYPERPRODUCE”は、当社のビジネスコンピュータであるソリューションサーバをサーバとし、パソコンをクライアントとする、クライアント・サーバ型の業務アプリケーションを効率良く開発するための開発環境である。

本稿では、HYPERPRODUCEのねらいと位置付け及び機能について述べ、これを用いた業務アプリケーションの開発手順と例を紹介する。

2. ねらいと位置付け

2.1 ね ら い

従来のビジネス業務アプリケーションの開発環境は、サーバ上で動作し、文字ベースの業務アプリケーション開発環境のみが提供されていた。しかし、最近ではGUI (Graphical User Interface) 操作のできる高性能パソコンがビジネスコンピュータのクライアントとして急激に普及し、その高性能やマルチメディアの機能をフルに活用したクライアント・サーバ型業務アプリケーションの開発に対応するためのアプリケーション開発環境が求められている。

HYPERPRODUCEは、これらのニーズにこたえるために開発したものであり、パソコンの持つGUIに代表される操作性の良さと、サーバの持つデータベースや各種ユーティリティなどのビジネス業務処理機能を融合させた開発及び実行環境を提供する。したがって、クライアント・サーバ型業務アプリケーションの開発が可能になり、その開発効率も飛躍的に向上させることができる。

2.2 位 置 付 け

図1に、通常のソフトウェアのライフサイクルとの対応を

示す。この中でHYPERPRODUCEがサポートするのは、下流工程と呼ばれる、プログラムを作成し試験及び保守をする工程である。

3. HYPERPRODUCEの機能

HYPERPRODUCEは、クライアント・サーバ型アプリケーション^(注1)の開発が可能であるとともに、従来からのサーバによるバッチ処理アプリケーションの開発も可能である。

上記処理分担に合わせて、HYPERPRODUCEは、クライアント側のプログラム開発実行環境を提供しているHYPERPRODUCE for Client (以下“HYPERPRODUCE/CL”という。)と、サーバ側のプログラム開発を支援するHYPERPRODUCE for Server (以下“HYPERPRODUCE/SV”という。)から構成される(図2)。

以下にそれぞれの特長、機能及びその効果について述べる。

3.1 HYPERPRODUCE/CL

3.1.1 HYPERPRODUCE/CLの特長

パソコン側のプログラムの設計はVisual Basic^(注2) (以下“VB”という。)を用いて行うが、VBに拡張部品を提供することで設計及び実行支援を行っている(図3)。設計及び実行支援に加えて、プログラムのデバッグ支援及びシステムの運用支援機能を提供している。

(注1) クライアント・サーバ型アプリケーションは、一般的には、サーバはデータベースサーバのケースが多い。しかし、HYPERPRODUCEは、クライアント側とサーバ側の両方に、プログラムを作成して相互に通信を行う処理形態の開発を支援する。こうすることにより、データベースの場合と比べて、ネットワーク上のトラフィックをチューニングできるため、性能面では有利である。

(注2) “Visual Basic”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

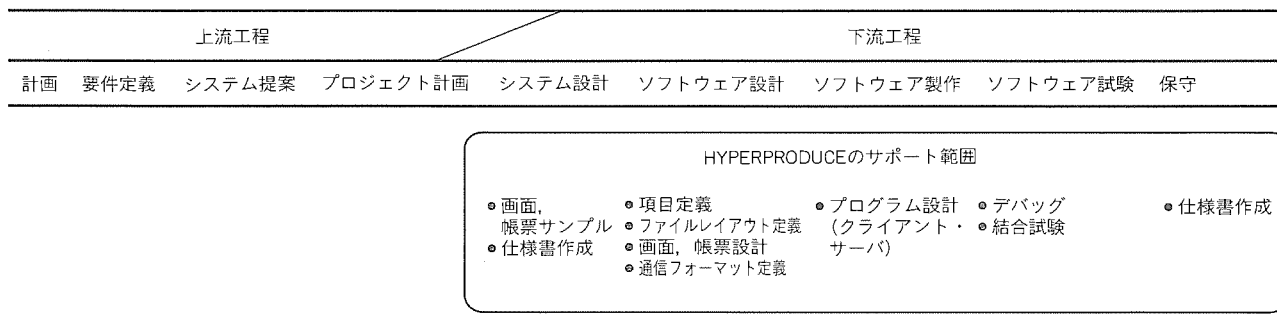


図1. ソフトウェアのライフサイクルとの対応

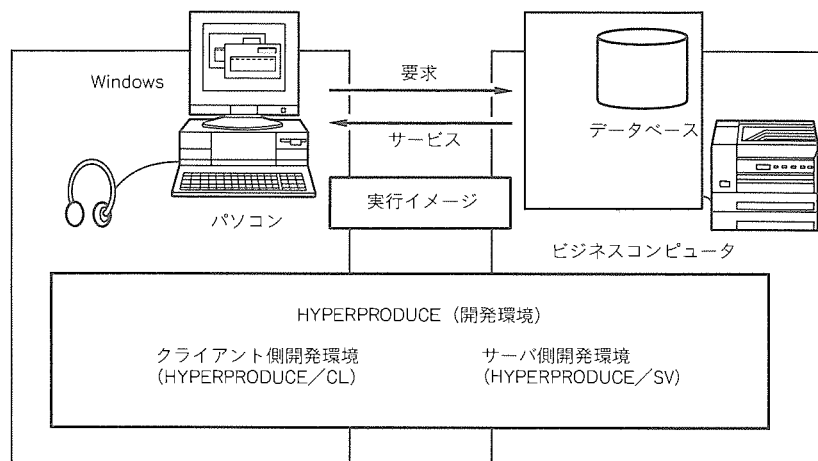


図2. クライアント・サーバ型業務アプリケーション
実行イメージとHYPERPRODUCEの機能

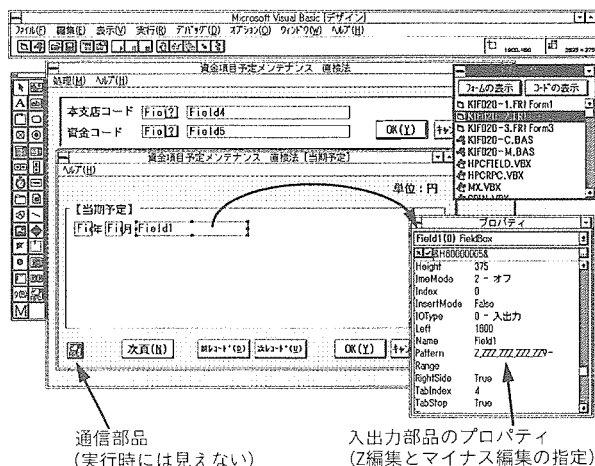


図3. HYPERPRODUCE/CLを使った
クライアントプログラム設計例

その特長は以下のとおりである。

(1) 入出力部品

業務アプリケーションに最適化した入出力データのチェック及び編集機能の拡張部品を提供している。

(2) 通信部品

複雑なサーバ通信機能手順を内蔵することで、クライアントプログラムのソースコード量を大幅に削減できる。

(3) クライアント側のみでのデバッグ機能

サーバと接続せずに、クライアントプログラムのデバッグが可能である。

(4) ローカルファイルアクセス機能

サーバ上のマスタファイルのコピーをクライアント側に持つことにより、クライアントプログラムはローカルなファイルを参照することで、サーバとの通信実行性能を向上できる（図4）。

HYPERPRODUCE/CL は、以上のような特長を持った開発環境であるが、中でも(1)と(2)の拡張部品を提供

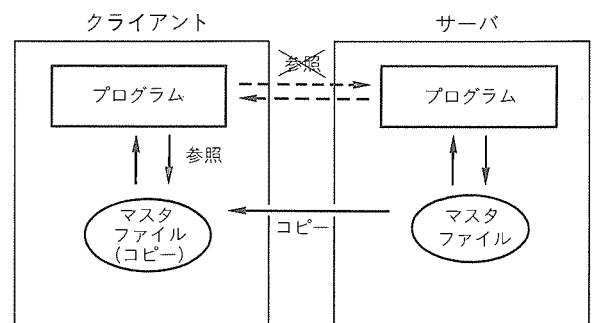


図4. ローカルファイルアクセス機能

したこと及び(3)のデバッグ機能によって、クライアントプログラムの開発効率が大きく向上している。

以下に拡張部品とデバッグ機能について述べる。

3.1.2 拡張部品

(1) 入出力部品

VB標準の入出力部品を使うと、入出力データに対して、チェック及び編集表示を行うロジックを記述しなければならない。そこで、業務アプリケーションに必要な、入出力データのチェック及び編集機能を備えた入出力用の拡張部品を開発した。この拡張部品でのチェック及び編集機能を表1に、編集例を図5に示す。

(2) 通信部品

クライアント・サーバ型アプリケーションを作成する場合、通信部分の設計が大きな負荷となる。そこで、通信部品を提供することでビジネスコンピュータにおける通信の標準化と通信ロジックの削減を目的として、通信部品の開発を行った。

通信部品は、サーバと通信を行うための通信タイプとしてRPC (Remote Procedure Call) とTP (Transaction Processing) の二つの通信タイプを用意した。RPCは中小規模の業務アプリケーションの構築を、TPは大規模なシステム構築をそれぞれ想定している。

表 1. チェック機能と編集表示機能

データ型チェック	数字データ
	全角データ
	半角データ
データチェック (数字データのみ)	データ値
	データ範囲
編集表示機能 (数字データのみ)	日付, 時間,
	Ｚ, ｳ, コンマ, ピリオド, ＊, マイナス

なお、通信データのフォーマットやデータ長は、HYPERPRODUCE/SV のトランザクション設計を用いて設計する。これによって作成された情報を基に、クライアントとサーバプログラムの双方で通信を行う。このトランザクション設計により、通信部分のプログラムをそのフォーマットやデータ長を余り意識せずに作成できることが、HYPERPRODUCE の大きな特長になっている。

これらの設計方法は、設計時にクライアント画面に張り付けて、ネットワーク上のサーバ名やサーバ上で起動されるプログラム名などの、通信に必要なプロパティ^(注3)のみ指定すればよい。

したがって、プログラマは、通信 (TCP/IP LAN) の専門知識を持たなくても、簡単にクライアント・サーバ型のアプリケーションの開発が可能である。

3.1.3 デバッグ機能

デバッガは、サーバとの通信機能をシミュレーションすることで、クライアント側のみでのプログラムの実行を検証できる (図 6)。

さらに、通信部品内部にデバッグモードかどうかを自動的に判断する機構を取り入れているため、プログラムを変更しなくてもシミュレーションが可能となっている。

3.2 HYPERPRODUCE/SV

3.2.1 HYPERPRODUCE/SVの特長

HYPERPRODUCE/SV の機能は、サーバ上のプログラムの設計をする設計機能と、開発環境の設定やドキュメント出力などの支援機能からなる (図 7)。

その特長は以下のとおりである。

(1) 分散開発環境

設計機能のほとんどすべてがパソコン上だけで行えるため、サーバの負荷が減る。サーバは、設計した業務プログラムソースの転送やドキュメント印刷などの機能を使用するときのみアクセスされる。

(2) GUI 操作によるプログラムの部品設計

(注 3) “プロパティ”とは、VBでの部品の属性の集合で、これによって部品の特性や状態が決まる。

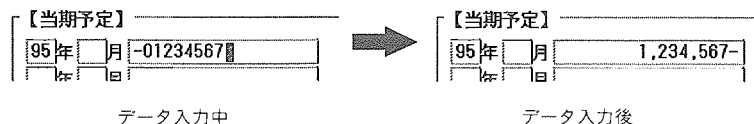


図 5. 入出力部品による編集例

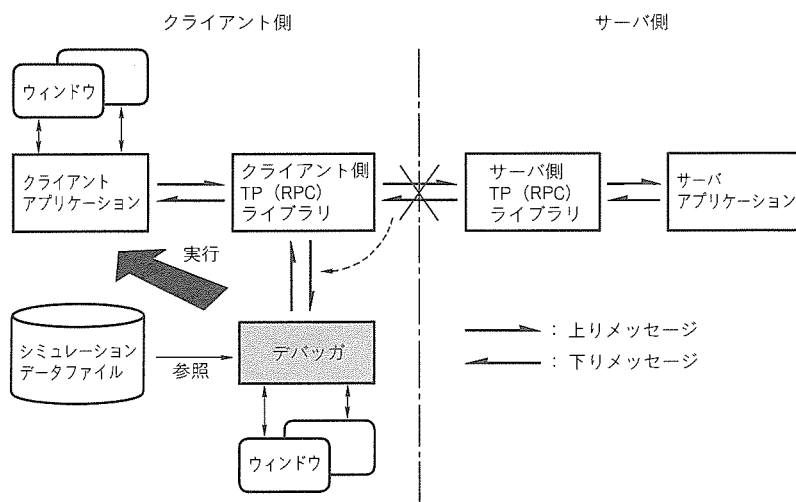


図 6. デバッガの動作概念

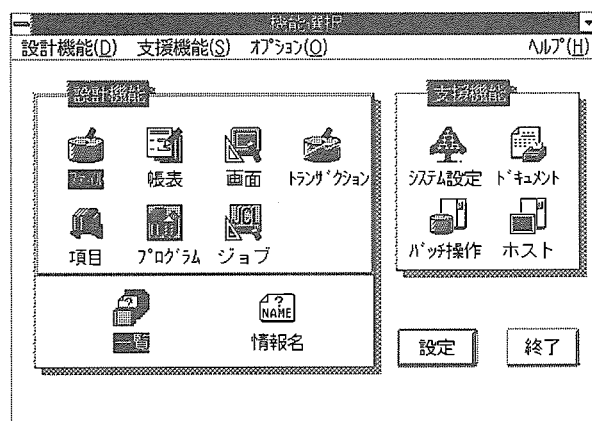


図 7. HYPERPRODUCE/SVの機能

業務アプリケーションで使用するプログラム部品 (ファイルレイアウトなど) の設計作業を、実イメージや分かりやすい帯状表現といった GUI 操作で効率良くできる。

(3) プログラム設計のサポート

仕様書を作成する感覚で業務アプリケーションのロジック開発支援を行うプログラム設計を開発した。プログラム設計結果からドキュメントと完全なソースコードを自動生成することで、コーディング作業の省力化及びドキュメントとソースコードの内容が一体化することが可能である。以下に、この特長(3)のプログラム設計について詳しく述べる。

3.2.2 プログラム設計

プログラム設計の設計ウィンドウは、以下の五つで構成されている (図 8)。

(1) プログラム階層

プログラムの親子関係と参照関係の定義を行う。さらに、

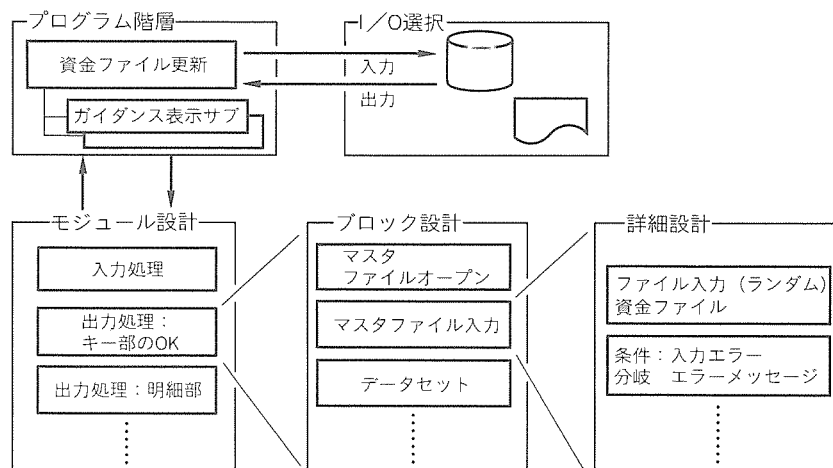


図 8. プログラム設計の構造

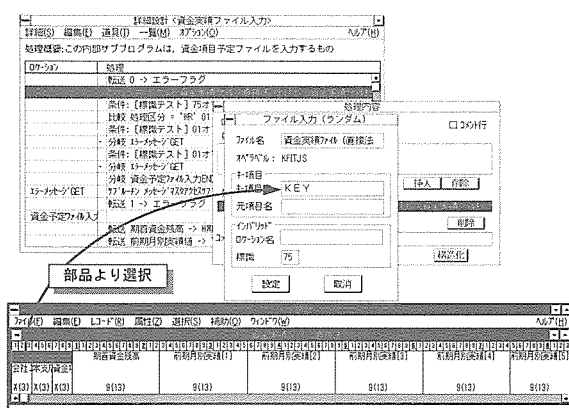


図 9. プログラム設計

設計対象のプログラムの仕様と概要の定義も行う。

(2) I/O 選択

プログラム階層ウィンドウで定義したプログラムで使うファイルや帳票などの部品を選択する。ここで選択した部品をプログラムで使用することができる。選択した後、部品の仕様を変更することも可能である。

(3) モジュール設計

あらかじめ用意してある業務テンプレートに当てはめながら、設計したいプログラムを大きな処理の塊 (ブロック) に分ける。例えば、クライアント・サーバ型のプログラムの設計の場合は、クライアントとの通信処理種類ごとに分ける。

(4) ブロック設計

モジュール設計によって設計された各ブロックに対して、実際の処理手続きを日本語で記述する。

(5) 詳細設計

一つ一つの処理手続きの内容を、命令レベルの記述に展開する。ここでは、各命令ごとに用意された処理命令指定ダイアログの穴埋め作業を行う (図 9)。

以上のように、プログラムの処理の流れを設計し、その処理を更に細かく設計していくことにより、ドキュメントとソースコードを生成する。

したがって、プログラム仕様書の作成とコーディングの作業での時間のロスがなくなり、作業効率の向上が図れる。

3.3 開発効率の評価

ここでは開発効率の評価結果の一部を紹介する。

3.3.1 HYPERPRODUCE/CL

HYPERPRODUCE/CL では、入出力部品に対して、以下のような評価を行った。

(1) 評価内容

チェック及び編集の機能評価として、VB 標準の入出力部品を使って Basic でコーディングしたプログラムと、今回提供している入出力部品を使い、ロジックの削減量と実行性能を測定した。

(2) 結果

コーディングステップでは、入出力部分で 60% のロジックが削減された。実行性能に関しては、10 ~ 20% 向上した。

3.3.2 HYPERPRODUCE/SV

アプリケーションの作成工数の測定を、実アプリケーション開発者に依頼して行った。

(1) 評価内容

新規プログラム作成 (約 3,600 ステップ) に対し、今までどおりの見積りで工数を設定し、一方、HYPERPRODUCE/SV で業務アプリケーションを作成して、その差を調べた。

(2) 結果

全体では、当初の見積りの約 3/4 の工数で設計できた。その内訳を見ると、部品の設計及び試験ではそれまでとはほぼ同等、プログラム設計では約 60% の工数で作成できた。

その他の機能についても、HYPERPRODUCE は開発効率の向上が見られ、総合的な生産性向上が見込まれる。

4. 業務アプリケーションの開発

4.1 手 順

HYPERPRODUCE によるクライアント・サーバ型業務

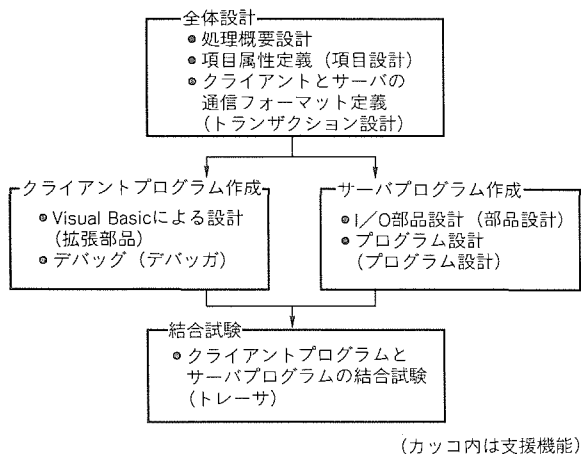


図10. 開発の流れと支援機能

アプリケーションの代表的な開発手順を図10に示す。特長としては、クライアントプログラムとサーバプログラムの作成を並行して行うことができることである。この開発手順を用いることにより、クライアント・サーバ型プログラムを効果的に作成できる。

現在、ここで示した手順を用いて当社の業務向けパッケージソフトウェアの開発を推進している。

4.2 業務アプリケーションの例

以上のような手順によって開発された一例として、会計業務アプリケーションでのクライアントの画面例を図11に示す。図の業務アプリケーションでは、データを画面に入力してサーバ上にあるマスタファイルのデータの更新、参照又は削除を行う。

5. む す び

今回紹介した HYPERPRODUCE は、1995年3月現在、

【当期予定】	単位: 円
95年 4月	4,322,600
95年 5月	2,346,000
95年 6月	1,198,200
95年 7月	23,459,000
95年 8月	2,368,900
95年 9月	11,256,700
95年 10月	11,542,340
95年 11月	654,900
95年 12月	568,900
96年 1月	43,345,000
96年 2月	56,547,900
96年 3月	7,658,000

図11. 業務アプリケーションの例

プログラム設計については性能及びその効果等の評価作業を継続中であり、その他の設計機能は実際のアプリケーション開発に使われている。

今後改良を行い、業務アプリケーションの開発効率を更に向上させる所存である。

参 考 文 献

- (1) 安田 智, 藤原聡子, 中村 敏, 萱野重実, 高山茂伸, 伊藤正裕, 杉本直也, 鈴木寿明: ビジネスコンピュータにおけるアプリケーション開発支援ツールの開発, 情報処理学会第50回全国大会講演論文集(5), 85～86 (1995)
- (2) 菅野幹人, 森山令子, 吉村礼子, 大江信宏: ビジネスコンピュータにおける新開発環境の開発, 情報処理学会第50回全国大会講演論文集(5), 185～186 (1995)



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
総合グループ Tel(03)3218-2137

短絡移行アーク溶接機 (特許 第1666992号, 特公平3-31551号)

発明者 田畑要一郎, 殖栗成夫

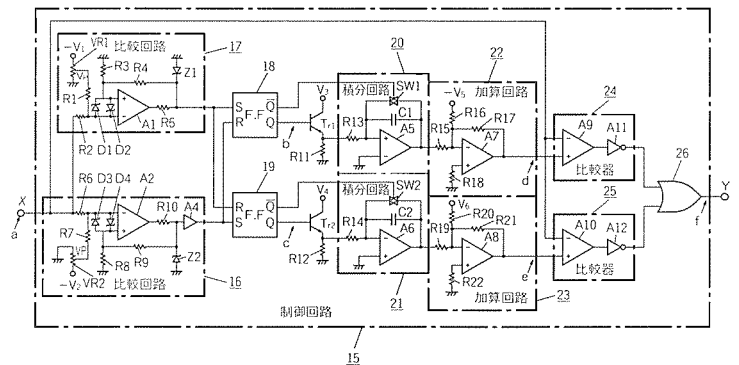
この発明はワイヤ電極と被溶接物間で、短絡とアークを繰り返して溶接を行う短絡移行アーク溶接機に関するものである。

従来の短絡移行アーク溶接法は、溶接物の板厚などの溶接条件によってワイヤ送給速度を変えても、短絡電流の立ち上りの傾きが一定である。ワイヤ送給速度が速すぎると溶融池に突っ込み過ぎ、大きなスパッタが発生するなどの欠点があった。

この発明は上記のような欠点を除去するためになされた。図に示すように、アーク再生を判断する比較回路(16)、短絡を判断する比較回路(17)、フリップフロップ(18)(19)、積分回路(20)(21)、加算回路(22)(23)、比較器(24)(25)で構成した。短絡の場合とアークの場合でそれぞれ目標信号 V_{ao} を作り、この二つの信号と検出した溶接電圧 V と比較して ON-OFF 制御をさせるようにした。

以上の構成により、自動的にワイヤ送給速度に対

応した短絡電流の立ち上り、アーク電流波形に設定でき、常に適性な短絡移行、アーク長変化で溶接が行える効果がある。



低温液化ガス液面検出センサ (特許 第1746371, 特公平4-31339号)

発明者 天野俊之

この発明は液体窒素などの低温液化ガスの貯槽の液面検出センサの改良に関するものである。

従来の低温液化ガス液面検出センサは、発熱抵抗体と、この発熱抵抗体の温度を測定する熱電対接点と、熱電対の出力を表示する電圧計とで構成される。熱電対の基準接点は液相部の最下位に設けることから固定式であり、任意の液面有無の判定には不都合であった。

この発明は上記の欠点を除去するためになされたもので、実施例を図1に示す。一つの支持部材(6)上で低温液化ガスの液面の変位方向に第1の発熱体(2a)、第2の発熱体(2b)を離れて併設し、それぞれの温度を熱電対接点(3a)(3b)で計測し、第1、第2発熱体間の温度差を読むことによって低温液化ガスの液面位置(12)の検知を行う。図2は液面高さに対するセンサの発生電圧特性で、凸部が液面に相当する。支持材(6)は上下に移動が可能であり、任意の液面が検出できる。

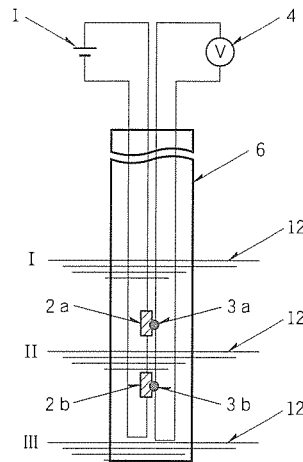


図1

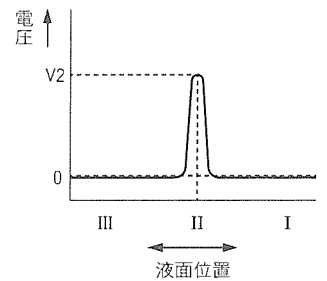


図2



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
総合グループ Tel(03)3218-2137

光ファイバ応用センサ

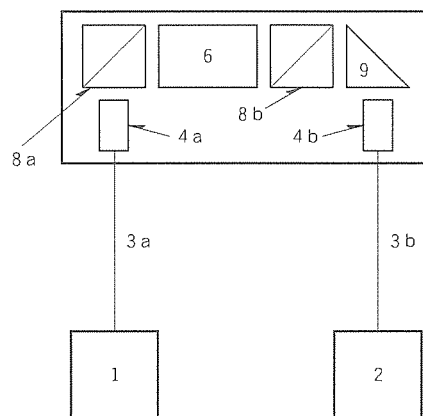
(特許 第1777473号, 特公平1-56387号)

この発明は電圧、電流などを測定するための光ファイバ応用センサに関するものである。

従来の光ファイバ応用センサにおいては、光源の発光スペクトルが温度上昇とともに長波長側へシフトすることから、偏光子や検光子として使用されているグラントムソンプリズムや偏光子スプリッタの消光比が波長変動によってわずかではあるが変化する。これが光センサの出力誤差となるもので、極めて高い精度が要求される電圧・電流センサとして用いる場合は問題があった。

この発明は上記の欠点を除去するためになされたものである。図の実施例に示すようにこのセンサは、光送信機(1)、光受信機(2)、光ファイバ(3a)(3b)、屈折率分布型レンズ(4a)(4b)、ファラデー素子(6)、偏光ビームスプリッタからなる偏光子(8a)、検光子(8b)、プリズム(9)から構成される。実験から、偏光子及び検光子として透過光のみを使用した場合、光源の温度が0～70℃まで上昇したとき、センサ出力は数パーセント増加し、反射光のみを使用した場合には数パー

セント減少する結果が得られた。この性質を利用して、一方の偏光ビームスプリッタには透過光のみ、他方の偏光ビームスプリッタには反射光のみを使用することにより、全体として光源の温度変化によるセンサ出力の変化を相殺する構成にした。この発明により、測定精度が大幅に向上し、信頼性の高い光ファイバ応用センサが得られる。



〈次号予定〉三菱電機技報 Vol. 69 No.10 特集 “1,000kV 変電機器及び技術”

特集論文

- UHV 送電の実現と電力技術
- 1,000kV 送電の展望と技術開発
- 1,000kV 避雷器
- 1,000kV 変圧器
- 1,000kV ガス遮断器
- 1,000kV ガス絶縁開閉装置
- 1,000kV 保護・制御システム
- 1,000kV 機器監視システム

- 1,000kV 系統用シミュレーション技術

- 1,000kV 開発試験設備及び試験技術

普通論文

- 大規模 ASIC のテスト設計手法とバウンダリスキャンテスト支援システム
- 第三世代16M ビット DRAM
- 第二世代 4 M ビット低消費電力 SRAM
- ソリューションサーバ用ディスクアレー

三菱電機技報編集委員

委員長 黒田 紀典
委員 永田 譲蔵 鈴木 幹雄
都 築 鎮 河内 浩明
上 杉 豪 内 藤 明彦
磯 田 悟 手 島 章
畑 谷 正雄 才 田 敏和
中 井 良雄 鳥 取 浩
幹 事 小林 保雄
9月号特集担当 山中 芳宣

三菱電機技報69巻9号

(無断転載を禁ず)

1995年9月22日 印刷

1995年9月25日 発行

編集兼発行人 小林 保雄
印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01)
菱電印刷株式会社
発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号
北海ビル新橋 (〒105)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」Tel.(03) 3437局2692
発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101)
株式会社 オーム社
Tel.(03) 3233局0641代、振替口座東京6-20018
定 価 1部721円(本体700円) 送料別

スポットライト プリントカード診断装置

プリントカード診断装置は、原子力発電所で使われている電子部品(IC)の異常を早期に発見し、故障を事前に防ぐため定期検査に使用する装置である。この装置はカードの入出力特性試験以外に、アナログICについては雑音解析法(熱雑音による微小電圧が劣化の状況に応じて大きくなる現象)を、デジタルICについてはマージナルボルテージ法(劣化したICは正常なICよりも限界動作電圧が高くなる現象)を利用した診断装置であり、静電気サージ等による絶縁劣化に伴うICの異常やP/N接合部の異常等の微細な異常兆候の診断に有効である。これにより従来手法では機能的には全く健全であると判定されるカードにおいても、IC内部の微細な異常があればこれを顕在化することが可能となる。

また、本装置には毎定期検査で採取したデータのトレンド解析機能のほか、オートハンドラによりカードを診断装置に自動装着することにより連続動作試験を可能とするオプション機能を持つ。また、拡張性に優れ、アダプタの交換により各種カードサイズ、コネクタ形状に対処可能であり、デジタル入出力特性試験は画面との対話形式で容易にプログラムの追加・修正が可能である。

■主な特徴・機能

(1) カード入出力特性試験

カード単体の入出力特性試験。カードアダプタを交換すれば、コネクタ、サイズの異なるカードも汎用的に試験可能。

(2) 雑音解析法(アナログICの診断)

アナログICの入力を短絡し、出力の微小雑音レベルを計測し、ICによって決まる雑音電圧の実効値が規定値を超えると異常と診断する(図1参照)。

(3) マージナルボルテージ法(デジタルICの診断)

デジタルICの電源電圧を下げICが動作する最小動作電圧を測定し、最小動作電圧の初期値からの変化が規定値を超えると異常と診断する(図2参照)。

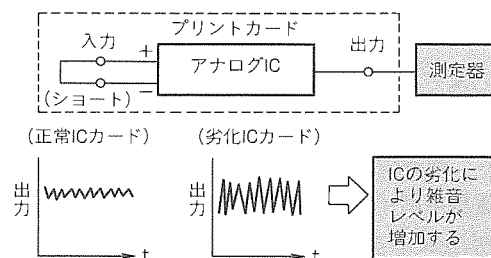


図1. 雑音解析法

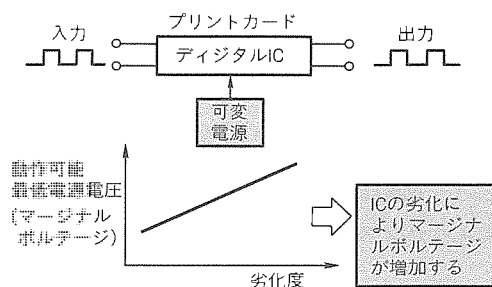
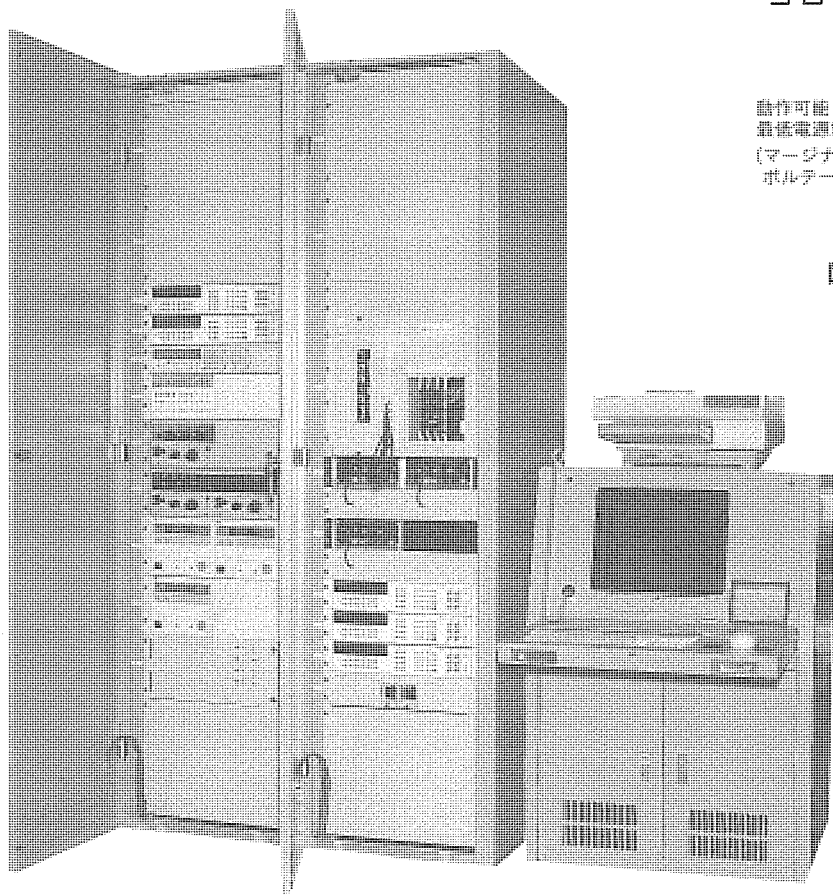


図2. マージナルボルテージ法



プリントカード診断装置

三菱温水暖房システム

スポットライト 暖房ボイラ“VKH-110KTシリーズ”

1. 三菱温水暖房システムの紹介

三菱温水暖房システムは、図1のように放熱器（床暖房パネル、パネルヒータなど）とボイラを接続し、快適な暖房をするシステムです。

特に床暖房システムは、次のような優れた特長を持っています。

- (1) 頭寒足熱の暖かさ……足元はポカポカ、頭はすっきり。床暖房の部屋は快適です。
- (2) インテリアが自在……床そのものが暖かく、場所を一切取りません。
- (3) 空気が汚れない、においが……屋内据付けのボイラは強制給排気式で、外の空気を使って排気ガスを外へ出すので部屋の空気は汚れず、いやな臭い也没有せん。
- (4) システムアップも選べて便利……一つのボイラで、パネルヒータやリビングヒータ、浴室用換気・暖房・乾燥システムと組み合わせたシステムアップが可能です。

2. 暖房用ボイラ“VKH-110KTシリーズ”の開発

暖房用ボイラ“VKH-110KTシリーズ”は、三菱温水暖房システムの熱源となるもので、温水（防錆循環液）を加熱・循環するものです。

この暖房用ボイラには

- (1) 暖房システム設計がしやすい……（システム設計者のメリット）
- (2) 据付け工事がしやすい……（据付け工事店のメリット）
- (3) 長く、快適に使用できる……（お客様のメリット）
- (4) メンテナンスがしやすい……（サービスマンのメリット）

などが要求されます。

表1. VKH-110KTシリーズの特長

ステージ	特長	内 容
システム設計時	選定しやすい機種系列	●ほとんどの住宅の暖房負荷に対応する機種系列 ●配管システム…開放式／密閉式両タイプ設定
	大容量循環ポンプ内蔵	●機外揚程、開放流量とも従来品に比べアップ（図3）
	省スペース	●高さ×幅×奥行き：790×490×260（mm）
	選べるリモコン	●プログラムタイマリモコンと温調リモコン2種類設定
据付時	循環ポンプ据付工事不要	●従来“現地ではポンプ据付け”を“工場出荷時循環ポンプ内蔵”とした。
	縦引き延長給排気工事	●従来品に比べ、縦引き延長給排気工事をしやすく、見映え良くした。
使用時	リモコン操作性	●大型液晶（アナログ式リングタイマ付き）と大型タッチボタン採用
	循環ポンプ騒音振動	●従来33.5dB(A)→25dB(A)に低減 ●従来10μm→1.5μmに低減
メンテ時	循環液確認	●フロントパネルに確認窓を設けて点検性向上
	故障診断機能	●リモコン表示部に故障モード表示
	部品交換性	●主要機能部品の交換性改善

今回、これらのニーズに対応した“VKH-110KTシリーズ”を発売しました。

3. VKH-110KTシリーズの特長

温水暖房のすべてのステージに高い性能を発揮できる特長を備えています。

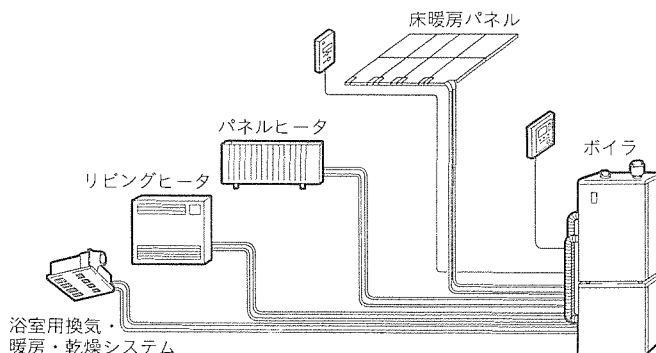


図1. 三菱温水暖房システム

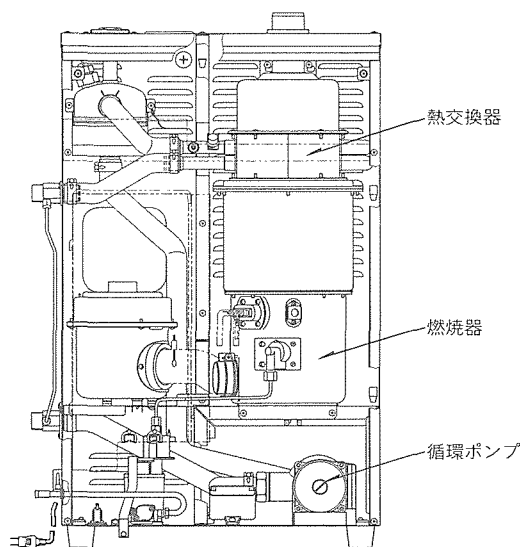


図2. 構造

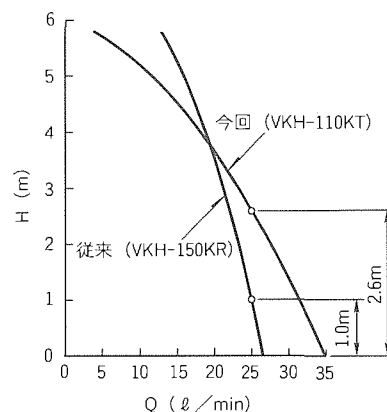


図3. 機外揚程

スポットライト カーアクセサリ

三菱電機では、これまでカーアクセサリ商品として空気清浄器、パワーウィンドウ、バッテリー充電器等を開発・製品化した中で、今回は新たにリヤトレイに設置する電動ロールブラインド、車載用としては業界初の一酸化炭素警報機能を搭載した盗難警報器、及び一酸化炭素警報機能と盗難警報機能の両者を備えた天つ(吊)り形空気清浄器を開発・製品化しました。

1. 電動ロールブラインドの特長

●後方視界を妨げずに日差しをカット

厚さ0.3mmのポリエステル素材を採用し、ブラインド使用時でも後方視界を妨げずに日差しをカットし、車室内温度の上昇を抑えます。

●開閉の静粛化を実現

遊星ギヤ減速モータを採用し、ブラインド開閉の静粛化を実現しました。

●選べるブラインド色

シルバー、ブラックの2種類を用意し、いずれも車室内をおしゃれに、高級感のあるリヤビューを演出します。

●取付簡単

ほとんどのセダン系車種にリヤトレイボードを取り外すことなく取付けることができます。

2. 盗難警報器の特長

●高感度振動検知タイプ

振動セラミック素子が車体の振動を検知し、内蔵ブザーで警報します。

●取付け、配線の簡略化

電池で動作、内蔵ブザーで警報するため煩わしい配線は不要です。

●一酸化炭素警報機能

排気ガスの車室内への侵入を半導体ガスセンサにより検出し、内蔵ブザーで一酸化炭素濃度100/200ppmの二段階で警報を発します。

3. 天吊り形空気清浄器の特長

●盗難警報機能

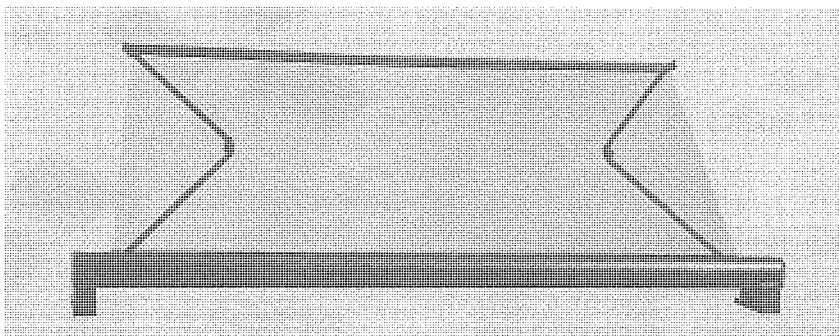
不法侵入者がドアを開けたことを検知し、ルームランプの点滅と内蔵ブザーで警報を発します。

●一酸化炭素警報機能

半導体ガスセンサが車室内に侵入した一酸化炭素を検出して内蔵ブザーで警報を発します。

●集塵・脱臭性能大幅アップ

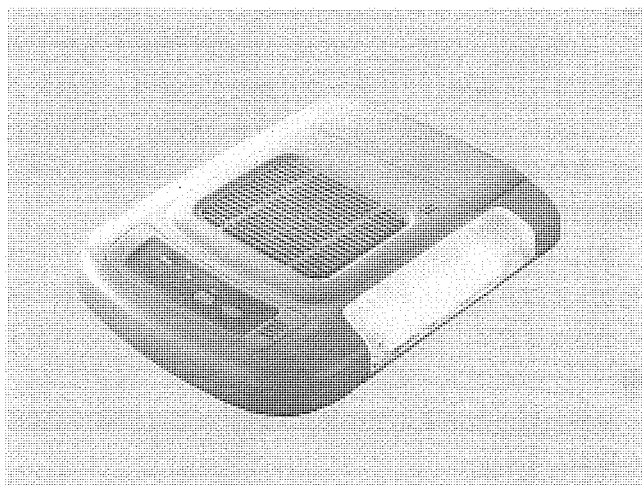
高効率静電フィルタ・活性炭フィルタの採用により、従来比1.5倍を達成しました。



電動ロールブラインド(BL-B001)外観



盗難警報器(TK-B001)外観



天吊り形空気清浄器(FC-M001)外観

FIFOメモリ M66256FP / スポットライト M66257FPシリーズ

三菱電機では、デジタル画像処理に最適なFIFO^(注1)メモリシリーズを開発・量産中ですが、今回新たにM66256FP及びM66257FPをラインアップに加えました。

近年デジタルPPC^(注2)に代表されるように、OA機器のデジタル化が進み、より高度な画像処理機能が求められています。そこで注目を集めているのが、画像情報を高速で記憶・出力するFIFOメモリです。以下にM66256FP及びM66257FPの特長を示します。

1. M66256FPの特長

●高速動作

当社従来品であるM66251AFPと比較して1.6倍高速化し、サイクルタイム25nsを実現しました。これにより、例えばデジタルPPCでは、従来品と比べて同じ時間で1.6倍の枚数のコピーが可能です。

●A 3 短辺 1 ライン分のメモリ容量

400dpiというCCD^(注3)イメージセンサの解像度とA 3 サイズ短辺 1 ライン297mmという長さからメモリ容量を5120ワード×8ビットに設定しています。

●書込み、読出し機能の独立

書込み端子と読出し端子が独立しており、またアドレスを与えることなくメモリ内のデータが書き込まれた順に読み出されるため、画像処理に適した仕様となっております。

●パッケージ

基盤実装の高密度化を考慮し、パッケージボディサイズ375mil幅の24ピンSSOP^(注4)を採用しました。

2. M66257FPの特長

●高速動作

当社従来品であるM66253FPと比較し、1.6倍高速化しサイクルタイム25nsを実現しました。これにより、例えばデジタルPPCでは、従来品と比べて同じ時間で1.6倍の枚数のコピーが可能です。

●A 3 短辺 2 ライン分のメモリ容量

この製品は5120ワード×8ビットのFIFOメモリを2回路カスケード接続して1チップに納めています。これにより、5120ワード×8ビットのFIFOを2個用いた場合に比べ、部品点数は1/2に、基盤面積は約40%に削減されます。

●書込み、読出し機能の独立

書込み端子と読出し端子が独立しており、またアドレスを与えることなくメモリ内のデータが書き込まれた順に読み出されるため、画像処理に適した仕様となっております。

●パッケージ

基盤実装の高密度化を考慮し、36ピン450mil幅のSSOPを採用しました。

3. デジタルフィルタへの応用

FIFOメモリは、デジタルPPCなどのOA機器で、CCDイメージセンサが原稿から読み取ったデータを記憶し、画像処理の必要に応じてデータを出力するメモリです。また、FIFOメモリは読み取りデータの記憶用としてだけでなく画像処理技術の一つであるデジタルフィルタへの適用が可能です。

デジタルフィルタとは、当該ラインとその前後1ラインずつのデータを比較し、読み取りデータを加工する画像処理技術です。M66256FPを用いたデジタルフィルタの応用回路例を図に示します。この例ではM66256FPが2個使われていますが、M66257FPを用いて同じ回路を構成すれば1個で済みます。

4. 今後の展開

今後の当社の展開としましては、OA機器分野の高速化・高機能化・低電圧化の要求にこたえるべく、FIFOメモリの更なる高速化・大容量化・低電圧化を推進していきます。

(注1) FIFO : First-In First-Out

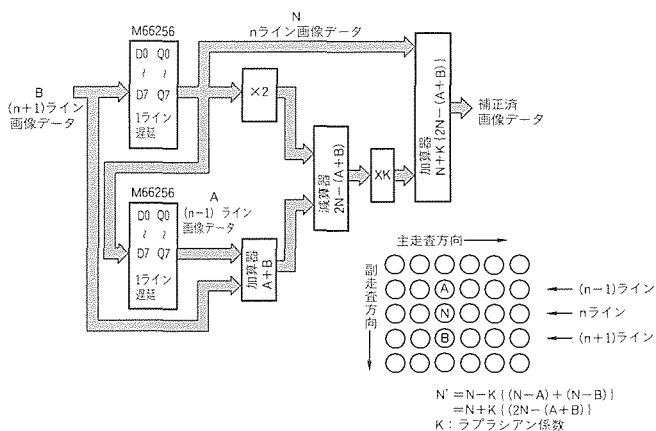
(注2) PPC : Plain Paper Copier

(注3) CCD : Charge-Coupled Device

(注4) SSOP : Shrink Small Outline Package

5Kワード×8ビット×2
高速ラインメモリ
M66257FP

5Kワード×8ビット
高速ラインメモリ
M66256FP



応用回路例 (ラプラシアンフィルタによる副走査解像度補償回路)

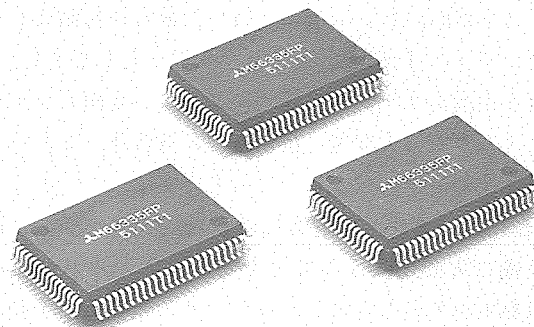
画像処理コントローラ

スポットライト M66335FP

情報化時代を迎え、ファクシミリは、国内市場を始め欧州や北米市場でも急速な成長を続けており、用途も業務用中心からパーソナルユースへと拡大しています。ファクシミリに要求される性能は、高速化・高画質化・メモリ機能等の高機能化、コストを優先した低価格化の二極化が進んでいます。

三菱電機では、このようなニーズにこたえ、G3ファクシミリの低・中級機に最適な画像処理コントローラM66335FPを開発しました。M66335FPの基本機能は、イメージセンサで光電変換された画像信号の二値化です。

このコントローラ内部には、アナログ処理回路（サンプル&ホールド回路、ゲインコントロール回路、黒レベルクランプ回路、A-Dコンバータ用基準内部電源）、7ビットのフラッシュタイプA-Dコンバータ、画像処理用メモリ（不均一補正用メモリ、ラインメモリ、 γ 補正メモリ、ディザメモリ、誤差メモリ）を完全1チップで内蔵するとともに、イメージセンサ、CODEC（Coder & Decoder）へ



画像処理コントローラ M66335FP

のインタフェース回路を内蔵しています。このため、従来製品に比べ、全く外付け部品なしで、画像処理を行うことができます。

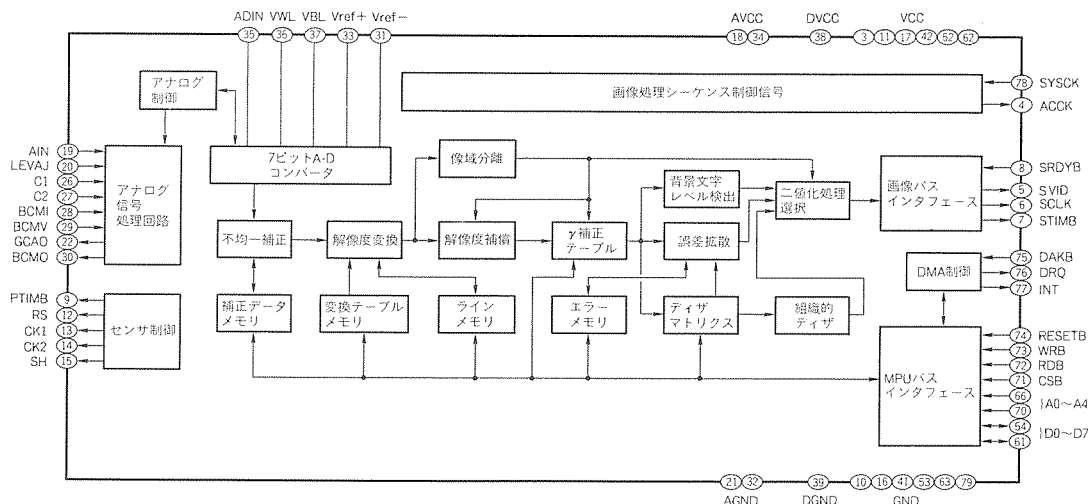
画像処理としては、ピーク値検出、白／黒の不均一補正、解像度変換（50%から200%までの拡大・縮小、1%刻み）、 γ 補正、MTF補正、単純2値化（背景・文字レベル検出）、像域分離、誤差拡散、領域指定機能があります。

上記以外にも、多値データの外部出力I/Fや16画素/mmのセンサにも対応しているため、将来の高画質化にも対応が可能です。

M66335FPは、画像処理コントローラM66334FPをベースとした低価格指向のLSIで、使いやすさ、画像処理設定のきめ細かさなどの点で向上が図られています。

画像処理機能

画像処理機能	仕 理	備 考
送受信編	標準4, B4	
解 像 度	標準画像 / 1mm、解像度 / 1mm (1/16画素)	
送受信モード	標準標準2mm / 1mm、標準標準2mm / 1mm	標準標準2mm / 1mmで動作
不均一補正	不均一補正、黒補正	不均一補正メモリ内蔵 黒補正メモリから読み出し可能
γ 補 正	標準 γ 補正	標準 γ 補正メモリ内蔵 標準 γ 補正メモリから読み出し可能
解像度補正	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
像域分離	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
誤差拡散	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
領域指定	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
背景文字レベル検出	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
単純2値化	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
MTF補正	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
不均一補正	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
ラインメモリ	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
γ 補正メモリ	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
ディザメモリ	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
誤差メモリ	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
イメージセンサ	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能
CODEC	標準 γ 補正メモリ内蔵	標準 γ 補正メモリから読み出し可能



M66335FP 内部 ブロック図

統合情報制御システム

スポットライト

“MELTAS-SR”

このたび三菱電機㈱では、オープンシステムアーキテクチャ上に本格的計装システムを築いた統合情報制御システムの新シリーズ“MELTAS-SR”を開発いたしました。

最近の生産システムでは、オープン化、規模にマッチしたシステム構成の柔軟性、情報管理の統合化、ヒューマンフレンドリ等のニーズが多くなっています。

MELTAS-SRは、製造業における数々の実績と、計装制御技術にWindowsを採用したことによる優れたオープン環境を生かすとともに、シーケンサの親和性を実現して製品化しました。

次のような特長を持っています。

特 長

(1) 優れたコストパフォーマンスのコンパクトシステム

システムのベースは、DOS/Vパソコンとシーケンサの汎用技術です。その上に本格的な計装制御機能を埋め込みました。

(2) ディスクリット制御と計装制御の融合

連続運転だけでなく、バッチプロセス制御にも対応でき、さらに、原料系・製品系という上流・下流部門に存在する機械制御を主とするディスクリット制御領域も、シーケンサの接続によって容易に統合して監視操作ができます。

(3) 高信頼性・高速性を実現

基幹業務に使用していただけるように、オペレーションの冗長化、コントローラではネットワークの冗長化、CPU、電源の二重化が可能です。また、24時間連続使用を前提に、温度・

ノイズ・振動・瞬停保護などに対し、OPSやCNSのハードウェアの強化を行っています。

“MELSECNET/10”の採用により、データの高速伝送を実現しています。

(4) 拡張性・操作性に優れたOPS

Windows環境で作られていますので、市販のソフトウェアとのリンクや、マルチメディア機能への拡張性を持っています。

上位システムや製造部門をサポートする管理セクションに対してクライアント/サーバシステムが構築でき、データの有効利用が図れます。

(5) インテリジェントエンジニアリング

機能仕様記述言語による効率的なエンジニアリング環境を実現しました。

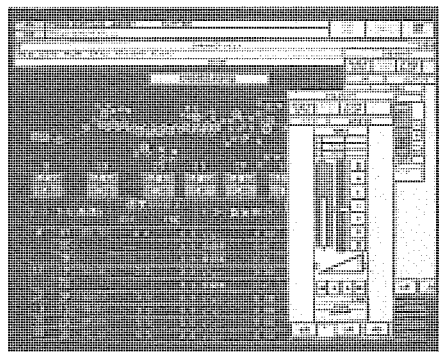
強力なオンラインデバッグ、シミュレーション機能を搭載しています。

パソコンで並行生産エンジニアリングを実現でき、エンジニアリング時間の短縮が図れます。

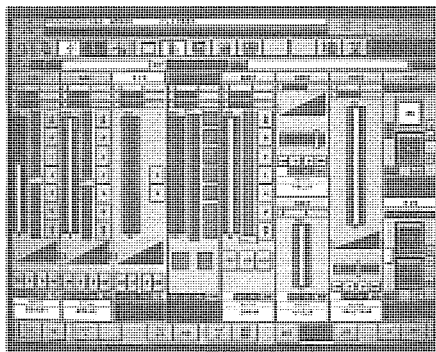
オープンエンジニアリングの実現でエンジニアリング情報の一元管理や、市販ツールを利用して情報編集が可能です。

(6) リモートメンテナンス

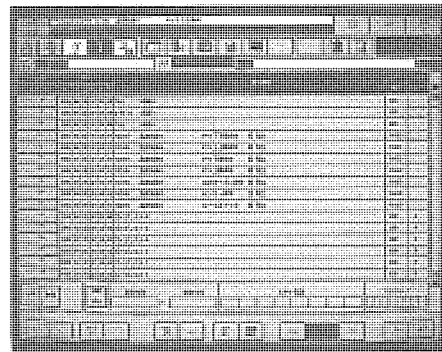
オープン化により、システムメンテナンス情報の工場全体集中管理が可能になり、保全業務の集中監視を推進します。また、その情報を広域ネットワークを介して遠方で管理することができます。



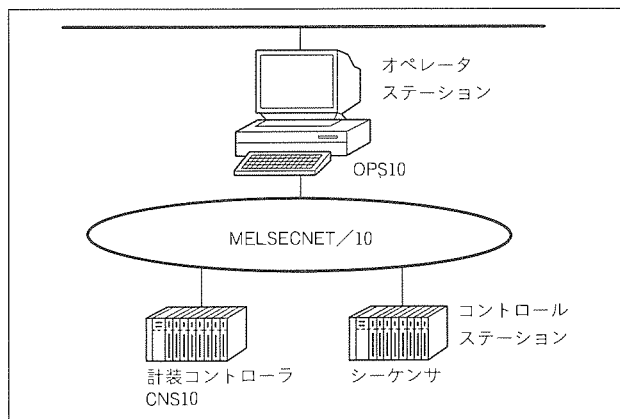
グラフィック画面



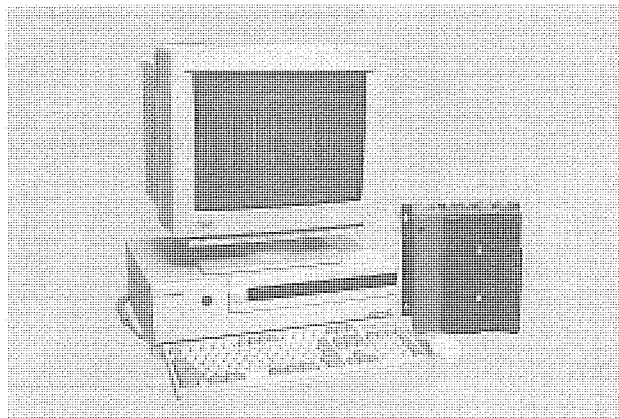
コントロールパネル画面



イベント履歴画面



システム構成



MELTAS-SRの外観

新形ハンドドライヤ スポットライト “ジェットタオル”

ジェットタオルがより美しく、コンパクトになりました。ジェットタオルは、独自の乾燥方式による短時間乾燥を特長としております。発売以来、100Vスタンダードタイプと200Vハイパワータイプにより、業務用途に多く採用されております。しかし一方で、ジェットタオルは購入したいが、設置スペースがないなどの市場の声も多く、今回、横幅・厚み寸法をコンパクト化したジェットタオルJT-16C形を開発いたしました。

JT-16C形は、従来の100Vスタンダードタイプと同じ乾燥性能を持ち、大きさを従来の約70%と小型化しました。コンパクト化を実現するために、大風量・高静圧・低騒音を特長としたブロワを新たに開発し、従来2個使用しておりましたブローと同等の性能を、1個のブロワで実現しました。

また、外観は高級感のある洗練されたデザインとし、カラーバリエーションも石目調を含む3色を用意しました。

特 長

● コンパクト・軽量化

従来品と比較して、大きさ(体積)は約70%。質量は約75%とコンパクト化・軽量化を実現しました。

● スピード乾燥

従来品と同様、高速のジェット風による水滴吹き飛ばし方式により5～10秒の短時間乾燥を実現しております。さらに、ノズルの改善によって、水滴の顔への飛散量を従来品より大幅に改善しました。

● 優れたコストパフォーマンス

照明を高輝度LEDに変更するなどにより、待機時の消費電力を14Wから1.3Wに改善、ランニングコストが更に安くなりました。また、照明灯の交換も不要となりました。

● 衛生的な非接触、全自動運転

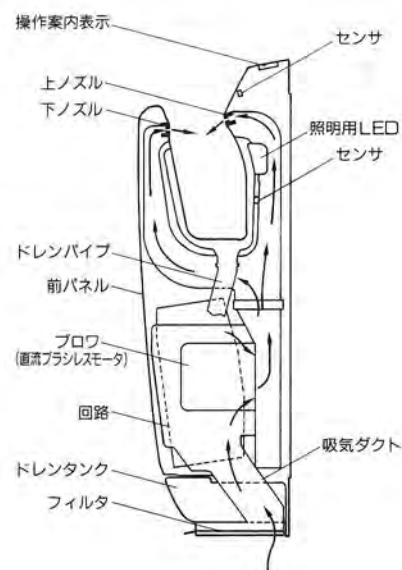
従来品と同様、非接触・全自動運転のため、衛生的です。また新たに、水が触れる部品(手挿入部、ドレインパイプ、ドレインタンク)については抗菌プラスチックを使用しました。

● ブロワモータの改良

大風量・高静圧・低騒音のブロワを新たに開発し、小型化を実現しました。モータ部は従来品と同様、長寿命・高信頼性を特長とした直流ブラシレスモータで、制御方式には今回新たに開発したセンサレス駆動方式を採用しました。



外観



構造図

JT-16C形とJT-16B形(従来品)の維持費比較

(1か月のランニングコスト)

1日の使用者	JT-16C形	JT-16B形
100人	175円	392円
300人	480円	692円
500人	785円	992円

* 算出条件

- 1か月25日使用
- 10秒運転/1回
- 待機時は常時通電
- 電気料金24円/kWh

仕 様

定格電圧 (V)	定格周波数 (Hz)	ノッチ	定格電流 (A)	定格入力 (W)	風速* (m/s)	外形寸法 (mm)	質量 (kg)	ドレインタンク容量 (ℓ)
100	50	強	11.4	920	60	高さ 幅 奥行き 687×300×217	13	1.3
		弱	6.8	570				
	60	強	11.5	920	60			
		弱	7.0	580				

* 風速はピトー管により測定した静圧から算出