

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.57 No.2

照明特集

照明特集

目次

特集論文

高効率3波長域発光形蛍光灯ランプ.....	1
村上勝男・山崎 均・田中紀彦・明道 成・狩野雅夫	
屋内照明におけるHIDランプの活用.....	5
田中民雄・馬場景一・土橋理博	
最近の住宅照明.....	9
藤田敏春	
照明器具反射板のCADシステム.....	13
明道 成・狩野雅夫・山ノ下真理・深川雅敏・関 哲明	
照明自動制御システム.....	17
大塚洋俣・石井重行・小泉登夫・水原博久・河野教人	
マイクロ波放電光源装置とその応用.....	23
児玉仁史・吉沢憲治・正田 勲・大貫一志・伴 和生	

普通論文

大規模燃料基地の電気設備.....	29
戸田 忠・戸川隆司・谷口政弘・植田 哲	
新日本製鐵(株)八幡製鐵所納め.....	34
新熱延設備用電機品	
小森俊昭・小笠原昭宣・三原 誠・志田邦明・川崎宗男・今道周男	
赤熱鋼板クロップ形状認識装置.....	40
三宮静悦・白石 彊・植木勝也・高嶋和夫・田中 実	
石炭ヤード自動化システム.....	44
小沢史郎・真篠幸雄・山口克樹・片桐正夫	
新宿NSビル向けエレベーター監視システム.....	50
橋浦良介・岩地康正・安倍 勉・深沢 豊・鈴木 修	
パトカー動態表示システム.....	53
桜山 享・阿部 悟・林 信喜・永田良茂・田辺一郎	
16KビットCMOSスタティックRAM.....	58
有田 豊・河野芳雄・浅井外寿・茅野晋平・舟越也寿宏	

特許と新案..... 27, 64

蛍光放電灯
高圧水銀ランプ用電極体の製造方法
蛍光ランプ
金属ハロゲン化物入り水銀ランプ

スポットライト

核融合実験用高性能トカマク開発試験装置.....	63
CMOSワンチップマイクロコンピュータシリーズ.....	(表3)

表紙

たまプラーザ東急ショッピングセンター
東急百貨店たまプラーザ店1階売場の照明
東急電鉄田園都市線たまプラーザ駅と歩道橋で結ばれた東急ショッピングセンターは、東急百貨店たまプラーザ店を中心に、有名店舗70店と地下大駐車場を備えた地上5階、地下3階延べ面積約62,000㎡の大ショッピングビルで、昭和57年10月にオープンした。

表紙写真は東急百貨店1階売場で、照明はFLR40SW×6灯埋込み鏡面アルミ大形ルーバ付き器具を主に、100W電球下面開放形ダウンライトを併用した全般照明である。蛍光灯器具は、店舗照明に理想的な配光が得られるように設計した高純度アルミ材使用のルーバと本体からなっている。このため、あらゆる方向へのまぶ(眩)しさを防ぐとともに、効率よく水平面照度と鉛直面照度が得られ、商品や人の顔を明るく照明し、しかも器具が目立たず落ち着いた高級感ある優れた店舗照明になっている。蛍光灯器具は1スパン(8.5m×8.5m)に4台、電球器具は16台配置し、設計照度は450lxである。なお蛍光ランプ及び安定器は、すべて省電力形を使用し一般形に比べて約15%の省電力が図られている。



アブストラクト

高効率3波長域発光形蛍光ランプ《ルピカエース》

村上勝男・山崎 均・田中紀彦・明道 成・狩野雅夫

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P1～4

新しく製品化した3波長域発光形蛍光ランプ《ルピカエース》の設計内容とその性能について紹介する。青、緑、赤の狭帯域発光希土類蛍光体の開発改良、新しい水性塗布方法によるランプ製造中の蛍光体の劣化防止、官能試験に基づく新光色設定などの検討によって、従来の白色蛍光ランプ比で17%の発光効率の向上と平均演色評価数84が得られた。このランプ1本に対し白色蛍光ランプを約1.7本点灯したとき同じ明るさに感じられることが確認された。

照明自動制御システム

大塚洋俣・石井重行・小泉登夫・水原博久・河野教人

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P17～22

照明の省エネルギー化が進むにつれて、照明自動制御システムが事務所、店舗、体育館などを中心に急速に採用されるようになってきた。このシステムはあらかじめ設定したプログラムに従って自動的に照明の制御を行う制御装置、制御装置からの信号によって照明の点滅、及び調光を行う負荷制御盤、端末器及び昼光センサ、点灯装置などの周辺機器の組合せによって構成している。

ここでは、主として中形及び大形のシステムについて述べる。

屋内照明におけるHIDランプの活用

田中民雄・馬場景一・土橋理博

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P5～8

HIDランプの性能向上は近年著しいものがあり、特に効率、光色並びに演色性の改善は屋内照明における活用を急速化させる勢いが見られる。屋内照明におけるHIDランプの利点は、電球(点光源)と蛍光ランプ(拡散光源)の特長を併せもつ点にあり、今後の照明の質的改善と省エネルギー化に大きな期待がもたれている。

ここではHIDランプの性能改善の動向と、それによる屋内照明の事例について紹介する。

マイクロ波放電光源装置とその応用

児玉仁史・吉沢憲治・正田 勲・大貫一志・伴 和生

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P23～26

マイクロ波の共振空洞の中で球形の無電極放電ランプを放電、発送させるマイクロ波放電光源装置を開発し、製品化した。

この装置は、始動所要時間、再始動時間が短い、寿命、特に点滅寿命が長い、寿命中の光出力の低下が少ない、所望の発光スペクトルが得やすいなどの優れた特長を有している。

本稿ではこの光源装置の動作原理、基本構成、ランプ特性などについて述べる。

最近の住宅照明

藤田敏春

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P9～12

最近の住宅用照明器具は、人々の住生活、住環境に対する関心の高まりが背景となって、多種多様なタイプが市場に現れている。しかし、住生活、住環境の質的向上に即し、需要者が満足する器具は非常に少ない。

本稿では、最近の住宅照明の傾向と背景を概説し、現在かかえている問題点と解決策について述べ、それに基づいて開発した当社照明器具《ルミテリアシリーズ》を紹介する。

大規模燃料基地の電気設備

戸田 忠・戸川隆司・谷口政弘・植田 哲

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P29～33

政府のエネルギー政策により、例えば火力発電プラントでは使用燃料が従来の重油からLNG、石炭、COMなどへと多様化され、また発電プラントの大容量化に伴って発電所の近くに大規模な燃料基地が数多く計画されてきている。ここでは、上記大規模燃料基地の所内電源回路構成及び事故時の所内電源切換方式の信頼性設計について、日本海エル・エヌ・ジー(株)新潟基地を例にとり紹介する。

照明器具反射板のCADシステム

明道 成・狩野雅夫・山ノ下真理・深川雅敏・関 哲明

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P13～16

照明器具反射板をCADにより設計することは既に行われているが、いずれも設計者が反射板形状を入力し、照明器具の配光予測により最適化を図る方法がとられている。

このたび開発したCADシステムは反射板形状の自動設計を行う機能をもち、反射板形状設計プログラム(LURD-2)及び配光予測プログラム(LIP-2)から成り立っている。これにより、照明器具の高効率化及び開発期間の大幅な短縮が可能になった。

新日本製鐵(株)八幡製鐵所納め新熱延設備用電機品

小藪俊昭・小笠原昭宣・三原 誠・志田邦明・川崎宗男・今道周男

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P34～39

世界最新鋭の新日本製鐵(株)八幡製鐵所向け新ホットストリップミル用電機品は、省エネルギー、省保守を指向した電気設備各ハードウェアや光データウェイ、センサベース方式を採用した大規模分散形制御システムなど、設備機器、制御監視システムの多面にわたって、まさしく時代を画する設備となっている。

本稿では、この新ホットにおける主駆動装置、及び制御監視システムの特長、設計思想、実績などについて概要を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 17~22 (1983)

An Automatic Lighting-Control System

by Hiroshi Otsuka, Shigeyuki Ishii, Nobuo Koizumi,
Hirohisa Mizuhara & Norito Kono

To reduce the energy consumed for illumination, automatic lighting-control systems are rapidly being installed in offices, stores, gymnasiums, and similar locations. In the medium- and large-scale systems described in the article, a master controller automatically sends control signals to a load-control panel and terminal-control device in accordance with a predetermined program. These units, together with a daylight sensor, then provide on/off and dimming control of lighting equipment and other external devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 1~4 (1983)

LUPICA-ACE: Three-Band Fluorescent Lamps with a Very High Luminous Efficacy

by Katsuo Murakami, Hitoshi Yamazaki, Norihiko Tanaka,
Osamu Myodo & Masao Karino

The article reports on the new internal design and performance characteristics of our redesigned three-band LUPICA-ACE fluorescent lamps. Improved blue, green, and red narrow-band rare-earth phosphors are used in a new production process that employs a water-lacquer coating method to prevent phosphor degradation. These advances, together with organic testing of the light-source color and other factors, have enabled the development of a fluorescent tube with a general color-rendering index value of 84 that is 17% more efficient than our existing Cool-White fluorescent lamps. One of the new tubes was found to produce a subjective illumination level approximately 1.7 times that of comparable Cool-White tubes.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 23~26 (1983)

A Microwave-Discharge Light-Source Apparatus and Its Application

by Hitoshi Kodama, Kenji Yoshizawa, Isao Shoda, Kazushi Onuki & Kazuo Ban

A microwave-discharge light-source apparatus has been developed and commercialized, in which a round electrodeless discharge lamp produces light by electrical discharge in a microwave-resonance cavity. Along with ease in emission-frequency selection, this apparatus offers the advantages of short warm-up and restriking times and an extended on/off cycle life during which luminosity decreases only slightly. The article describes the construction, basic operating principles, and lamp characteristics of this light source.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 5~8 (1983)

Practical Uses of HID Lamps for Indoor Lighting

by Tamio Tanaka, Keiichi Baba & Michihiro Tsuchihashi

Remarkable improvement in the efficiency, lamp color, and color-rendering properties of HID lamps over the past few years has led to rapid growth in their use for indoor lighting applications. HID lamps combine the best features of incandescent and fluorescent lamps, and improvements are expected in both their illumination quality and energy efficiency. The article introduces performance improvements in Mitsubishi HID lamps and describes some of the indoor lighting applications that have become possible.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 29~33 (1983)

An Electrical System for a Large-Scale LNG Receiving Terminal

by Tadashi Toda, Takashi Togawa, Masahiro Taniguchi & Akira Ueda

In accordance with the Japanese government's energy policies, thermal-power plants have been shifting from heavy fuel-oil to LNG, coal, coal-oil mixtures, and other fuels. In addition, power-plant capacity is being increased, and plans have been made for the construction of many large-scale fuel depots in the vicinity of power plants. The article discusses the optimal configuration of the electrical-supply circuitry and 6.6kV switchgear bus-transfer system for these depots, introducing the electrical system built for the Nihonkai L.N.G. Company's Niigata receiving terminal as an example.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 9~12 (1983)

A New Concept of Home Lighting

by Toshiharu Fujita

Rising popular concern about lifestyles and the living environment has found expression in the diversity of types and forms of home lighting fixtures now available. Of these, however, only a few truly satisfy consumers' demands. The article describes recent trends in the home lighting field in the general context, discusses current problems and solutions, and introduces the Lumiterior series of lighting fixtures designed by Mitsubishi Electric on the basis of these considerations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 34~39 (1983)

Electrical Equipment for the New Hot-Strip Mill at Nippon Steel's Yawata Works

by Toshiaki Koyabu, Akinori Ogasawara, Makoto Mihara,
Kuniaki Shida, Munee Kawasaki & Chikao Imamichi

Designed to save energy and reduce maintenance, Nippon Steel's Yawata Works new hot-strip mill employs the world's most advanced electrical equipment. Ranging from all types of electrical hardware and machinery to a large-scale, distributed supervisory-control system incorporating a fiber-optics transmission dataway and sensor database, the new equipment affects all aspects of plant operation, clearly marking the beginning of a new era. The article describes the distinctive features of the main drive equipment and supervisory-control system and includes a discussion of design theory and practical results.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 13~16 (1983)

A CAD System for Luminaire Reflectors

by Osamu Myodo, Masao Karino, Makoto Yamanoshita,
Masatoshi Fukagawa & Tetsuaki Seki

Mitsubishi CAD-based luminaire reflectors have already been developed, but until now, it was necessary for the designer to suggest an initial reflector configuration after which the luminaire's overall performance could be maximized using luminosity distribution studies. In the newly developed CAD system discussed in the article, the luminaire-reflector design program (LURD-2) and the luminous intensity predicting program (LIP-2) enable reflector design to be performed automatically. As a result, luminaire efficiency can be improved and development times reduced.

アブストラクト

赤熱鋼板クロップ形状認識装置

三宮 静悦・白石 彊・植木勝也・高嶋和夫・田中 実

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P40～43

製鉄所のホットストリップミルにおいては、クロップロスを最小にするために、クロップシャヤーの高性能化とクロップ形状認識装置の採用が必要となる。三菱電機(株)は、クロップの二次元形状認識と低温検出ができ、最近のミル条件に適した新形クロップ形状認識装置を開発したので紹介する。この装置は、リニアアレーカメラの採用と画像処理技術の適用による高性能の実現と、補助光源不要による既設ラインへの設置と保守が容易であるなどの特長を持っている。

パトカー動態表示システム

桜山 享・阿部 悟・林 信喜・永田良茂・田辺一郎

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P53～57

警察の通信指令業務の近代化の一環として、このたび経費的にも周波数利用面でも経済的なパトカー動態表示システムを開発した。このシステムは、パトカーの現在の位置と任務の情報を自動的に通信指令センターの計算機に集めて処理し、指令台にパトカーの動態情報として表示する。これにより、パトカーへの指示が迅速正確となり通信指令業務が効率的に運用、管理できる。昭和57年3月千葉県警察本部に導入し順調に稼働中である。

石炭ヤード自動化システム

小沢史郎・真篠幸雄・山口克樹・片桐正夫

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P44～49

石油代替エネルギーとして注目されている石炭を受入れ、貯蔵し、出荷する石炭ヤード自動化の現状と最新のシステムについて述べる。最新のシステムは中央にヤード計算機を配し、これを中核として全自動運転を行う。全自動システムを実施する上での問題点などにふれるとともに、全体のシステム構成及び各作業機械の最新の制御方式について紹介する。

16KビットCMOSスタティックRAM

有田 豊・河野芳雄・浅井外寿・茅野晋平・舟越也寿宏

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P58～62

3 μ m系の設計基準、アルミの二層配線技術など最新のCMOSプロセス技術を用いて、2,048語 $\times$ 8ビット構成の16,384ビット完全CMOSスタティックRAMの開発を行った。微細化プロセスの採用と回路設計の工夫により、チップサイズは4.80 $\times$ 6.49mm²となり、消費電流とアクセス時間は、標準値でそれぞれ25mA、100nsと低消費電力で、高速の16KCMOS RAMを実現した。

新宿NSビル向けエレベーター監視システム

橋浦良介・岩地康正・安倍 勉・深沢 豊・鈴木 修

三菱電機技報 Vol.57・No.2・P50～52

近年ビルが大形化するにつれ、エレベーター監視システムに対し、監視の信頼性・オペレータの誤操作による2次災害防止、システムの信頼性などが強く要請されるようになった。この要請にこたえるよう開発されたエレベーター監視システムを新宿NSビルに納入した。本稿では要請の背景、エレベーター監視システムの動向、システムの構成、機能、特長などにつきその概要を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 53~57 (1983)

A Patrol-Car Monitoring System

by Kyo Sakurayama, Satoru Abe, Nobuki Hayashi, Yoshishige Nagata
& Ichiro Tanabe

As one link in the modernization of police communications, a patrol-car monitoring system, economical in both cost and frequency-band utilization, has been developed. In this system, patrol car location and assignment information is held in the communications center computer and is displayed at the instruction desk as patrol-car movement information. This enables directions to be given swiftly and accurately, allowing the communications center to be used to its fullest extent. This system has been working smoothly since its installation at the Chiba Prefecture Police Headquarters in March 1982.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 40~43 (1983)

A Crop-Profile Gauge for Hot-Strip Mills

by Seietsu Sanmiya, Tsuyoshi Shiraishi, Katsuya Ueki
Kazuo Takashima & Minoru Tanaka

To minimize cropping losses in hot-strip steel mills, improved crop-shear performance and the use of a profile gauge have become necessary. Designed to meet the requirements of the new generation of hot-strip mills, a new crop-profile gauge developed by Mitsubishi Electric provides two-dimensional crop-profile measurement and low-temperature strip detection. A high level of performance is achieved by using a linear-array camera in conjunction with image processing. This has also eliminated the need for an auxiliary light source, simplifying both maintenance and installation in existing lines.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 58~62 (1983)

A 16,384-Bit CMOS Static RAM

by Yutaka Arita, Yoshio Kono, Sotoju Asai, Shimpei Kayano
& Yasuhiro Funakoshi

Using the newest two-level aluminum metalization CMOS processes, a 16,384-bit (2,048 word $\times$ 8 bit) full CMOS static RAM based entirely on $3\mu\text{m}$ CMOS technology has been developed. Circuit-design improvements and fine-pattern processes have enabled chip size to be reduced to $4.80 \times 6.49\text{mm}^2$, while typical values of power dissipation and access time have fallen to 25mA and 100ns. This circuit demonstrates the achievement of a fast, low-power-dissipation, 16K CMOS RAM.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 44~49 (1983)

Automation of Coal-Handling Yards

by Shiro Ozawa, Yukio Mashino, Katsuki Yamaguchi & Masao Katagiri

Coal has received much attention as an alternative to oil. The article discusses the current level of receiving, stocking, and delivering automation in coal-handling yards and describes the newest coal-handling system available. This system uses a yard computer placed in the central control room as a nucleus for fully automatic operation. Along with a description of the system configuration, conveyer belts, and hoists, the article also touches on problems arising in the construction of this type of system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 57, No. 2, pp. 50~52 (1983)

An Elevator-Monitoring System for the Shinjuku NS Building

by Ryosuke Hashiura, Yasumasa Iwachi, Tsutomu Abe,
Yutaka Fukazawa & Osamu Suzuki

Following the growth of building sizes in recent years, demand has arisen for elevator-monitoring systems possessing a level of reliability that insures monitoring accuracy and prevents secondary disasters caused by operator errors. An elevator-monitoring system designed to meet this need has been installed in the Shinjuku NS Building. The article discusses how the demand for elevator-monitoring systems developed, describes current design trends, and summarizes the configuration, functions, and features of this newly developed system.

高効率3波長域発光形蛍光ランプ《ルピカエース》

村上勝男*・山崎 均*・田中紀彦*・明道 成**・狩野雅夫**

1. ま え が き

照明の経済性及び質の観点から、照明用光源に求められる基本的性能として、明るさと演色性がある。このため実用光源、特に蛍光ランプにおいては、ランプ入力当たりの光出力を増加させる、いわゆる高効率化の技術と演色性の改善技術が盛んに研究され、製品性能の向上が図られてきた。

蛍光ランプの高効率化に関する主要な技術開発として、蛍光体の開発改良があり、それが果たす役割は大きなものがあった。特に、1942年 A. H. Mackeag と P. W. Ranby によって発明されたハロリン酸カルシウム蛍光体は、飛躍的な効率向上をもたらし、その後の効率向上の基礎となった。この蛍光体は、効率が高いこと、その原材料が資源的に豊富なことなどから急速に蛍光ランプ用蛍光体の主体を占めるようになり、現在最も多く使用されている白色や昼光色の蛍光ランプもこれを用いている。しかしながら、このハロリン酸カルシウム蛍光体には唯一ともいえる欠点がある。それは、その発光スペクトルにおいて赤色部のエネルギーが不足していることであり、このために演色性が十分ではなく、これを使用した白色や昼光色の蛍光ランプで照明された人の顔色が悪く見えたり、物の色が自然光で照らされた場合と比べて大きく違って見えたりする。

このような欠点を改善するため、赤色に発光する蛍光体をハロリン酸カルシウム蛍光体と混合し、演色性を改善しようとするが行われてきた。しかし、赤色の発光は視感効率が低く、赤色蛍光体の添加は必然的に効率の低下を招く。このことから、従来の演色性を改善した蛍光ランプの効率は、白色蛍光ランプより約10～30%（当社比）低く、明るさと演色性の両立は困難であるとされていた。

近時、蛍光ランプの分光分布を電子計算機を用いてシミュレートし、効率と演色性を予測する方法で、ある水準の演色性を保ちながら効率を高める手法が研究された。そして Thornton により 450nm(青)、540nm(緑)、610nm(赤)だけに発光エネルギーを持つランプが高演色性を示すことが明らかにされ⁽¹⁾、この波長に合致した発光ピーク波長を有する狭帯域発光希土類蛍光体の開発が推進された。その結果、これらの3波長域に発光を集中した3波長域発光形蛍光ランプが発表され⁽²⁾⁽³⁾、白色蛍光ランプと同等の高効率を持ちながら高演色性を両立して得られることが明らかとなった。

当社においても、昭和53年に3波長域発光形蛍光ランプを開発し、白色蛍光ランプと同等の高効率と平均演色評価数86の高演色性を有する蛍光ランプ《ルピカ》を製品化した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。その後、当社では引き続き3波長域発光形蛍光ランプの高効率化について検討を重ねてきたが、3波長域発光形蛍光ランプ用希土類蛍光体の開発とその製造技術開発、蛍光膜の形成技術開発及び好ましい光色の検討を加えた総合的开发成果として、3波長域発光形蛍光ランプの効率を大幅（17%）に向上させることに成功し、昭和57年9月から《ルピカエース》として製品化したのでここに紹介する。

2. 《ルピカエース》の設計

2.1 光色の検討

好ましい光色を、照明された物体の色や照明環境の評価によって求めた研究がいくつか報告されている⁽⁶⁾。ところが、照明器具をインテリアの一部としてとらえるような場所（住宅や店舗など）では、照明器具自身の見え方の好ましさも必要条件と考えられている。一般に、物体色の評価は分光分布によって強く影響され、また同一の光色を得る分光分布は無数に存在するという観点から、分光分布の詳細な設計を行う前に、照明器具が好ましく見える光色について、主観評価実験によってこれを求めることとした。

実験の対象とする光色の範囲を、一般の照明に使用されている光源と一致させることとしたが、色温度2,800Kの白熱電球から6,500Kの昼光色蛍光ランプに至る、光色としては橙色から青白色までの広い範囲のため、試料数が増加し実験が複雑となることが予想された。このため主観評価実験は、およその光色範囲を把握する予備的性格の第1実験と、その結果から目的とする好ましい光色を定める第2実験の2段階の手順によって行った。

第1実験は、3,000Kから6,500Kの色温度範囲で5種類、その色温度それぞれにつき色度図上の黒体あるいは合成昼光軌跡からの変位で2種類、計10種類の蛍光ランプを用いて、乳白アクリル板の透過光に対し一対比較によって計45回の主観評価を行った。この第1実験の結果、好ましい光色のおよその範囲は、色温度4,900～5,400K、黒体（合成昼光）軌跡からの変位 $\pm 0 \sim +0.01 \Delta uv$ の光色であった（ Δuv は黒体又は合成昼光からのずれの度合を表したもので、 $\Delta uv = \sqrt{\Delta u^2 + \Delta v^2}$ ）。

実際の照明器具にランプを取付けた状態での評価が必要なことから、第2実験は色温度4,950～5,480K、黒体軌跡からの変位が $0 \sim +0.011 \Delta uv$ の8種類の円形ランプ30形28Wの試作ランプを、各2本ずつ乳白アクリルカバー付コードペンダント器具に取付けて実施した。

第2実験の評価項目は7種類であり、一対比較によって照明器具を見た感じで項目ごとに評価し、実験回数は28回であった。なお、照明器具は幅約0.9m×奥行約0.9m×高さ約1.8mの内面がN8つや消塗装されたブースに、1台ずつ吊り下げた状態とした。

図1.に観察者の評価結果を各項目ごとに示す。図1.の縦軸評価点は1人の観察者が2種類の光色の比較対について評価した時、評価項目に一致するとした光色に評価点1点を加える方法で、すべての比較対の観察者全員の評価を累計し、その累計点のある光色について全員が他の光色よりも評価項目に一致していると答えた場合の累計点で除した相対値である。

この主観評価実験により好ましい光色は、5,200Kから5,450Kの黒体軌跡と、5,050Kの等色温度線上においては $+0.0075 \Delta uv$ 、また5,400Kの等色温度線上においては $+0.01 \Delta uv$ の点を結ぶ図2.の斜線で示す範囲内であって、明るく、さわやかで、新鮮に感じる光色であるとの結論が得られた。

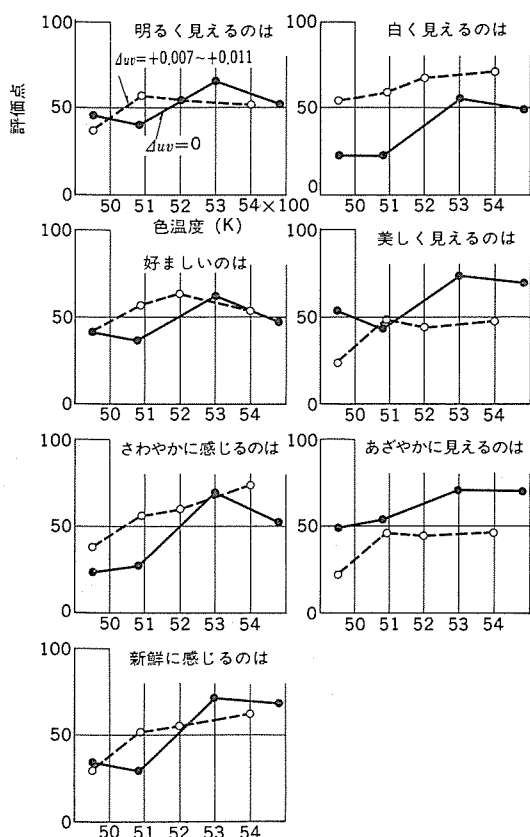


図 1. 第2実験による光色の評価結果

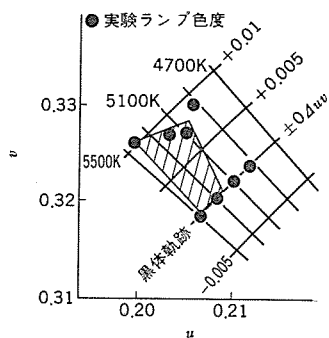


図 2. 好ましい光色の色度範囲

2.2 高効率化の検討

蛍光ランプは、低圧水銀蒸気放電によって発生する紫外線放射を、ガラス管内壁に形成した蛍光膜（蛍光体の層）によって、可視光線に変換して外部に放射するようにしたものである。したがって、蛍光ランプの効率を向上させるためには、①電力を効率よく紫外線に変換し蛍光膜に到達させること、②蛍光膜で紫外線を効率よく可視光線に変換し外部に出すこと、③発生した可視光線の分光分布を演色性が損なわれることなく視感効率の高い形状とすること、などが考えられる。①については、明るさを保ってランプ消費電力の低下を図る、いわゆる省電力タイプの蛍光ランプの設計として管径の縮小や封入ガスの変更などの形で既に主要機種においては実施されており、今回の開発にあたっては、主として②及び③に関する検討を行った。②及び③の検討に際してその内容は蛍光膜の性能改善に帰着するところとなり、必然的にその検討課題の中心となることは、蛍光体の開発改良及びランプ製造時の蛍光膜の性能劣化防止を目的とする蛍光膜形成方法となった。

2.2.1 蛍光体の開発、改良

3波長域発光形蛍光ランプを高効率化するため、450 nm、540 nm、及び 610 nm の各波長付近に発光ピークを有し、かつ幅の狭い発光スペクトルを持つ青、緑、赤の高輝度希土類蛍光体を開発した。

青色蛍光体としては、安定した性能が得られるユーロピウム付活クロロリン酸ストロンチウム蛍光体を基礎とし、蛍光体の母体組成を変更することで発光スペクトルと紫外線の可視光変換効率の改善を検討した。ユーロピウム付活クロロリン酸ストロンチウム蛍光体は、発光ピーク波長が 445 nm、発光スペクトルの半値幅が狭い蛍光体であるため、490 nm 付近の青緑色波長域ではほとんど発光しない。3波長域発光形蛍光ランプの演色性を、平均演色評価数がおよそ 80 以上の水準とするためには、490 nm 付近の発光がある程度必要とされているが⁽⁷⁾、ユーロピウム付活クロロリン酸ストロンチウムを青色蛍光体として単独で用いると、高効率化には有効であるが演色性は十分でなく、2.1 節で求めた好ましい光色の色度範囲では平均演色評価数が 80 を下回るようになり、何らかの対策が必要とされた。

この対策として、既に報告した⁽⁶⁾と同様に、青緑色蛍光体を付加することが考えられたが、使用蛍光体の種類を増やすことは製造上得策ではなく、ユーロピウム付活クロロリン酸ストロンチウム蛍光体の母体結晶中のストロンチウムをバリウムをはじめとする他の元素で置換し、発光スペクトルを変化させることを検討した。その結果、図 3. に示すような長波長側の発光が増大した非対称性の強い発光スペクトルを有する蛍光体が得られ、これにより演色性の向上に有効な 490 nm 付近の発光を付加することが可能となった。

以上の検討とあわせて、蛍光体の製造法の改良を進めることにより、紫外線の可視光変換効率が向上した青色蛍光体が最終的に得られた。

緑色蛍光体としては、従来当社が使用していたテルビウム付活けい酸イットリウム蛍光体に代え、新たにセリウム、テルビウム共付活けい酸ランタン蛍光体を使用した。国内において3波長域発光形蛍光ランプが製品化される以前から、当社ではセリウム、テルビウム共付活けい酸ランタン蛍光体の開発研究を行っていたが⁽⁸⁾、蛍光ランプに適用する上で最適な蛍光体組成及び実用性を考慮した新しい製造法の開発を行うことにより、上記テルビウム付活けい酸イットリウム蛍光体を上回る発光効率を、量産レベルで得ることに成功した。セリウム、テルビウム共付活けい酸ランタン蛍光体の発光スペクトルを図 3. に示す。

当社が開発したセリウム、テルビウム共付活けい酸ランタン蛍光体は、比較的低いセリウム濃度を採用している特徴がある。セリウム濃度を高くした方が高輝度となるという報告もあるが⁽⁹⁾、図 4. に示すように当社が行なった実験によれば、それは 253.7 nm 紫外線励起輝度の場合であって、253.7 nm 紫外線とともに蛍光ランプの水銀蒸気放

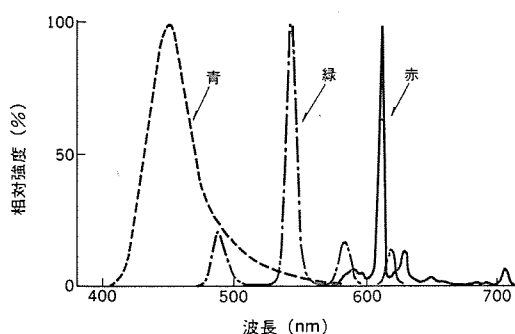


図 3. 蛍光体の発光スペクトル

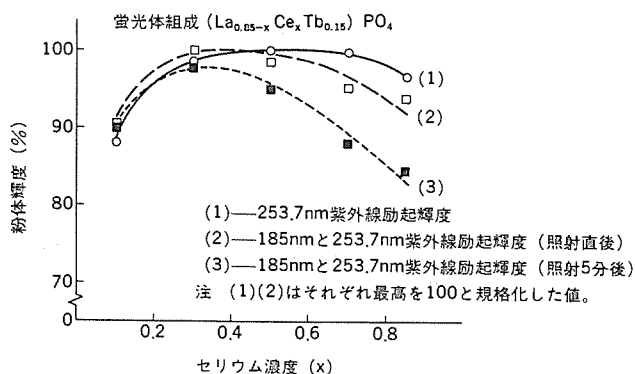


図 4. リン酸ランタン蛍光体のセリウム濃度と輝度の関係

電によって発生する 185 nm の紫外線を照射した場合、セリウム濃度の高い蛍光体は、より大きな輝度劣化を起こすため、最終的な蛍光ランプ適用時の明るさはセリウム濃度の比較的低い蛍光体の方が高くなる。

また、従来のテルビウム付活けい酸イットリウム蛍光体は、比較的 253.7 nm 紫外線反射率が高く、大きな粒子径とすることで紫外線の吸収を高めていたが、セリウム、テルビウム共付活けい酸ランタン蛍光体は粒子径を小さくしても十分に紫外線を吸収する性質を有しているので、小さな粒子径の高輝度蛍光体を製造する方法について検討を加え、成果を得た。

赤色蛍光体としては、ユーロピウム付活酸化イットリウム蛍光体を採用し、その製造法に検討を加え、発光効率を改善したものを使用した。図 3. にユーロピウム付活酸化イットリウム蛍光体の発光スペクトルを示す。

2. 2. 2 蛍光膜形成方法の開発

蛍光ランプの製造工程において、ガラス管内壁に塗布された蛍光体は、熱や種々の影響によって性能劣化（輝度劣化）を起こす。当社では以前より、蛍光体をガラス管内壁に塗布する際に使用する蛍光体を含んだスラリーを調合するための溶剤として、一般的に用いられている有機溶剤ではなく、水を使用していたが、今回はこの方法について更に詳細な検討を加え、蛍光ランプ製造工程中に起こる輝度劣化率を従来の約 4 % から約 2 % に改善することに成功した。

3. 《ルピカエース》の特性

以上の検討により得られた新しい 3 波長域発光形蛍光ランプ《ルピカエース》の演色性は、平均演色評価数 (Ra) が 84 と優れており、図 5. に示すような約 450 nm、約 540 nm 及び約 610 nm の 3 波長域にピークを有する分光分布を有している。

明るさは、円形ランプ 30 形 28 W で 1,950 lm の全光束であり、

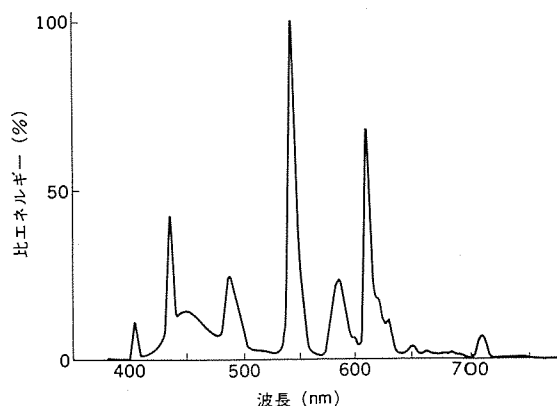


図 5. 《ルピカエース》の分光分布

同形の白色蛍光ランプの 1,670 lm と比べて 17 % の向上がなされた（効率も 17 % の向上となる）。表 1. に定格を示す。

4. 《ルピカエース》の主観評価

4. 1 実験概要

2 章のランプ設計で述べた仕様に基づき製作した蛍光ランプ（以下、供試ランプと称する）の物体色の見え方を把握するため、表 2. に示す供試ランプと白色蛍光ランプとを比較した主観評価実験を行った。

実験には供試ランプ 4 本を取付けたブースと、白色蛍光ランプの点灯ランプ数を 3～9 本まで 7 段階に変化させられるようにしたブースを用い、それぞれの内部には 10 種類の評価対象物を置いた。評価対象物は、主な色相を網羅（羅）するように選定した花や果物（実験中の変化をなくすため、造花とプラスチック製果物）と、人の肌色評価用の女性モデルのポスターである。

観察者の評価は、白色蛍光ランプの点灯ランプ数を変化させるとともに、併置した 2 台のブース内の評価対象物を同時に観察し、各々の見え方について、「明るく見えるのは」、「美しく見えるのは」、「色があざやかなのは」などの評価項目に関し、該当するブース番号を選択させる方法で行った。

表 2. 物体色評価実験に用いたランプ（円形ランプ 30 形 28 W）の特性

項 目	供 試 ランプ	白色蛍光ランプ
ランプ全光束 (lm)	1,946.5	1,686.1
色 温 度 (K)	5,122	4,325
A_{uv}	0.0065	0.0074
平均演色評価数	84	63

表 1. 《ルピカエース》の定格

種 別			形 名	定 格 ランプ 電 力 (W)	全 光 束 100 時 間 後 (lm)	寸 法		ランプ電流 (A)	平 均 寿 命 (h)
						ランプ長さ (mm)	ランプ 径 (mmφ)		
PS 形*	円 形	ス タ ー タ 形	FCL 20 EX／18	18	1,300	204 (外径)	29.5	0.365	5,000
			FCL 30 EX／28	28	1,950	227 (外径)	29.5	0.600	5,000
			FCL 32 EX／30	30	2,390	300 (外径)	29.5	0.425	5,000
			FCL 40 EX／38	38	3,270	374 (外径)	29.5	0.425	5,000
	直 管		FL 20 SSEX／18	18	1,440	580	28	0.350	7,500

注 *印省電力タイプ

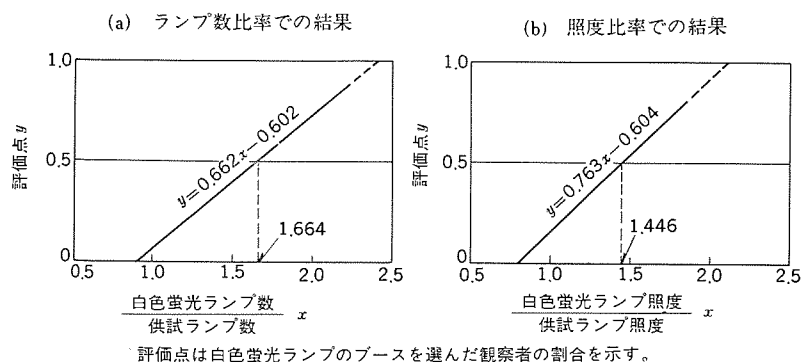


図 6. 明るさに関する主観評価結果

なお、各評価対象物の位置における単位光束当たりの照度は、両ブースともほぼ同じであり、また白色蛍光ランプの点灯ランプ数を変化させた場合でも、この照度が一定となるよう配慮した。

4. 2 解析結果

解析には、白色蛍光ランプの点灯ランプ数を変化させるたびに、各評価項目及び各評価対象物との組合せについて白色蛍光ランプのブースを選んだ観察者数を累計し、全員が白色蛍光ランプのブースを選んだ場合の累計値が1となるように基準化した評価点を用いた。

4. 2. 1 明るさに関する評価

「明るく見えるのは」の評価項目に関して、目的変数 y に評価点を、説明変数 x に供試ランプに対する白色蛍光ランプのランプ数の比率をとった $y = ax + b$ の回帰分析モデル式について、 a 及び b を求めたところ、

$$y = 0.662x - 0.602$$

の式が得られた(図6.)。

ここで供試ランプが白色蛍光ランプと同じ明るさに感じるという評価は、観察者の意見が二分される点、つまり目的変数 $y = 0.5$ となる x の値(ランプ数の比率)をとることにより求められるので、上記回帰式に $y = 0.5$ を代入すると、

$$x = 1.664$$

が得られる。よって、観察者は供試ランプ1本で白色蛍光ランプ1.664本と同じ明るさに感じられたと結論できる。

一方、 $y = ax + b$ の回帰分析モデル式について、説明変数 x に供試ランプに対する白色蛍光ランプの照度の比率、すなわち各評価対象物の位置における照度の比率をとって、 a 及び b を求めたところ、

$$y = 0.763x - 0.604$$

の式が得られた(図6.)。上記と同様に $y = 0.5$ を代入すると、

$$x = 1.446$$

が得られる。よって、観察者が供試ランプと白色蛍光ランプとを同じ明るさに感じたのは、白色蛍光ランプの照度が供試ランプの照度の1.446倍のときであった。

ここで、この照度の比率1.446は、ランプから放射される光の量(測光量)とは関係なく、分光分布、言い換えれば物体色の見え方によって一義的に決定されるものであり、供試ランプと白色蛍光ランプの光の性質の違いを表すものと考えることができる。これに対しラ

ンプ数の比率1.664は、ランプから放射される光の量と光の性質の両方が関係しているもので、その内容は、全光束比あるいは効率比に上記の光の性質の違いを表す照度の比率を一種の補正係数として乗じて求められる値、すなわち金谷等の報告した「演色性の効果を補正した実効効率」⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾と同じ概念のものである。ちなみに、表2.に示すランプの全光束比(効率比も同じ)に照度の比率1.446を乗じてみると1.669が得られ、実験によって直接的に求めたランプ数の比率1.664とよく一致する。

4. 2. 2 その他の評価

「美しく見えるのは」、「色があざやかなのは」などの評価項目に関し、供試ランプが白色蛍光ランプよりすべての評価項目で高い評価を受けることが確認された。解析結果全体からみた供試ランプの印象は、「あざやかで、美しく、健康的に見える」ということであった。

5. む す び

3波長域発光形蛍光ランプの出現は、演色性と明るさを両立させたランプとして、高演色性蛍光ランプの普及に大きく貢献しつつある。

今回の《ルビカエース》は、ランプ効率を白色蛍光ランプ比で17%向上させた高効率で、かつ高演色性の蛍光ランプであり、また有彩色物体を照明した場合、このランプ1本で白色蛍光ランプ約1.7本分と同じ明るさに感じられるという効果を有している。実際の照明施設の場合、ほとんど有彩色の物体や人間が存在するので、このランプを白色蛍光ランプに換えて使用すれば、照度が向上するばかりでなく、それ以上に明るく感じられるようになる。したがって、非常に多くの用途の要求に答えられるものであり、照明の質と量の両面から寄与できることが期待される。

最後に、この蛍光ランプの開発、製品化にあたり、多くの御協力をいただいた関係者各位に深謝の意を表する次第である。

(昭和57-11-16受付)

参 考 文 献

- (1) W. A. Thornton: J. Opt. Soc. Am., 61, p. 1,155 (1971)
- (2) H. H. Haft and W. A. Thornton: J. I. E. S. Oct p. 29 (1972)
- (3) J. M. P. J. Verstegen et al.: J. Electrochem. Soc. 121, p. 1,627 (1974)
- (4) 村上ほか: 昭和54年照明学会全国大会論文集 No. 5
- (5) 村上ほか: 光源関連装置研究会資料, LS-79-7 (電気学会) (昭54)
- (6) 例えば 延々ほか: 照明学会誌, 63, No. 5, p. 260 (昭54)
J. E. Flynn et al.: J. I. E. S. 6, No. 3, p. 167
- (7) 淵田ほか: 照明学会誌, 63, No. 5, p. 247 (昭54)
- (8) 特開昭54-56086
- (9) 中島ほか: 第186回蛍光体同学会講演予稿, p. 1 (昭56)
- (10) 金谷, 吉瀬: National tech. Rep. 23, No. 4, p. 584 (昭52)
- (11) 金谷ほか: 昭和53年照明学会全国大会論文集 No. 53

屋内照明におけるHIDランプの活用

田中 民雄*・馬場 景一*・土橋 理博**

1. ま え が き

昭和50年、東京の渋谷に竣工した超高層ビルには、玄関ホール、廊下並びに地下商店街の通路部分に、600灯を超える大量の蛍光水銀ランプが一挙に採用され非常に注目を浴びた。この蛍光水銀ランプは当時新製品として発売間もない当社の《ニューデラックスソフト》で、従来のものに比べて色温度は3,300 Kと、かなり低く、白熱電球に近い光色をもっている。100 W、200 Wの小形ランプを電球と混光によるダウンライト照明としたもので、快適で格調の高い照明環境をつくり上げている(図1)。照明の歴史の中で、光源性能の向上がその発展に果たしてきた力は非常に大きいとされているが、この施設例も同様に評価できると思われる。

当時は、特に光色の点でHIDランプ(High Intensity Discharge Lamp)が屋内照明には不適とされ、採用例は極めて限られたものであっただけに、この施設例はその後のHIDランプの屋内利用に先鞭をつけたものと考えられる。HIDランプには、高圧水銀ランプ(蛍光水銀ランプを含む)、メタルハイドランプ及び高圧ナトリウムランプがあるが、それぞれ最近の性能向上は著しく、したがって屋内照明用として用途は拡大されてきており、更に今後の展開に大きな期待がかけられている。HIDランプが屋内照明用として活用する積極的な理由としては、視環境改善と省エネルギー、保守省力化が大きく挙げられる。それは次のように考えることができる。

- (1) ダウンライトは効率面から省エネルギー上、電球をHIDランプへの切換えが非常に有効となること。
- (2) 蛍光ランプによる照明に比べ、特に高天井(天井高あるいは

照明器具の取付高さが5 mを超える場合)においては照明率の向上が期待できること。

(3) 点光源として、配光制御が比較的容易で、視環境の適度な輝度分布の設計が可能なこと。

(4) 1灯当たりの光出力が大きいことから、使用灯数が少なく、かつ長寿命で保守管理上有利なこと。

(5) 室内の視環境づくりの上で、電球(輝きのある点光源)と蛍光ランプ(やわらかい拡散光)の特長を併せもつという点で照明計画上的自由度が高いこと。

またとりわけメタルハイドランプは、これからの性能向上の可能性が高いと目されているだけに、利用面の拡大に大きな期待がもたれている。以下にHIDランプの発展動向と、屋内照明の利用例について紹介する。

2. 最近の HID ランプ

HIDランプの省電力化、高性能化が強力に推進されている。特に、メタルハイドランプ及び高圧ナトリウムランプにおいては進展が著しく、高効率化、高演色化及び水銀灯互換形化に成功し、水銀ランプとの置き換えが進むと同時に、これらの新しいHIDランプは、適用分野を拡大している。

高効率メタルハイドランプ《マルチスター》及び《マルチスターL》、高演色高効率メタルハイドランプ《BOCランプ》、演色性改善形高圧ナトリウムランプ《ハイルックスDL》及び《ハイルックスHDL》、省電力形水銀ランプ《ワットカッター》などの新しいHIDランプを次々に開発し、省電力を追求しながらも多様化する要求に対応できる機種の実装を図っている。

図2に、HIDランプの効率と演色性の関係及びランプの色温度を示す。以下、新しいHIDランプの技術内容、特長などについて述べ



図1. 東京・東邦生命本社ビルの照明
(蛍光水銀ランプ《ニューデラックスソフト》と電球の混光ダウンライト照明)

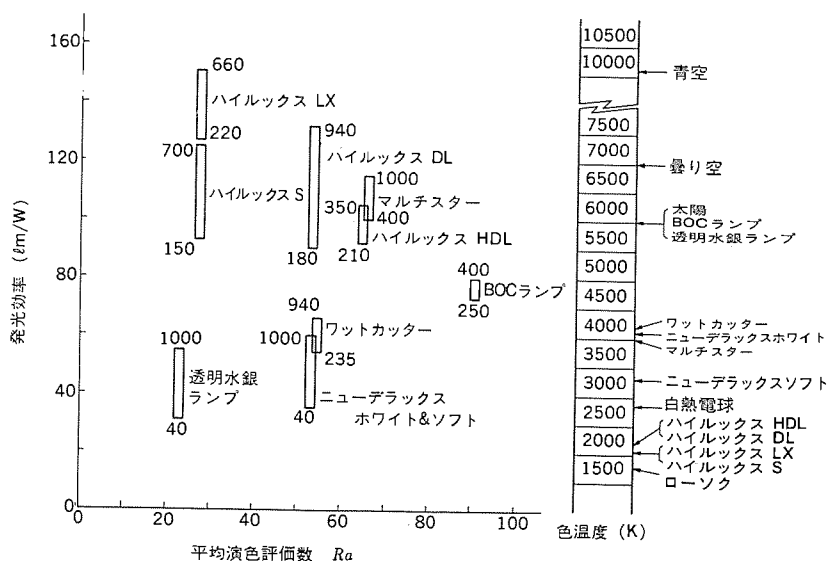


図2. HIDランプの効率と演色性

る。

2.1 高効率メタルハライドランプ《マルチスター》及び《マルチスター L》

メタルハライドランプの高効率化を図るために、最も好ましいメタルハライド(金属ハロゲン化物)の組合せはスカンジウム(Sc)とナトリウム(Na)である。《マルチスター》は、ScとNaのハロゲン化物を用いたメタルハライドランプで、メタルハライドの封入組成、アークの対流現象を積極的に利用して発光の均一化を可能にする発光管構造⁽¹⁾⁽²⁾、長時間安定動作を可能にする電極、高純度石英製発光管、高純度メタルハライドなどの検討及び発光管内を高純度に保つ製造方法などの確立により、白色蛍光ランプなみの良好な演色性と暖か味のあるやわらかな白色光を示しながら、従来のメタルハライドランプの約1.2~1.5倍(当社比)の高効率と安定した寿命特性を有する。

《マルチスター L》は、発光管内の主電極と隣接する補助電極の間に発生させた補助放電を、外管内に設置したバイメタルスイッチの動作により、主電極間の主放電に移行させるといふ、当社独自の新しい始動方式⁽³⁾⁽⁴⁾の採用により、始動電圧を著しく低下せしめて、安価な水銀灯安定器(一般形)で点灯可能にした水銀灯互換形メタルハライドランプである。バイメタルスイッチの万一の溶着に対しても、外管内に設置したセーフティ機構が動作し、回路の安全を確保する。従来の水銀ランプの約1.8倍(当社比)の高効率を有し、水銀ランプとそのまま代替可能である。

2.2 高演色高効率メタルハライドランプ《BOC ランプ》

BOC(Best Output & Color)ランプは、ジスプロシウム(Dy)とタリウム(Tl)のハロゲン化物を用い、Dyによる可視域全体に広がる強力な連続スペクトルとTlによる535nmの輝線スペクトルの適切な組合せにより、演色性と効率を追求して完成した高演色高効率メタルハライドランプである。高演色性を有しながら、比較的高い効率を実現するためのメタルハライドの封入組成、発光管の構造、メタルハライド蒸気中で安定に動作する特殊構造の電極、などの検討及び高純度発光管製造方法の確立などにより⁽⁵⁾、太陽光に近い光色と平均演色評価数Ra 90という優れた演色性を有しながら、従来の水銀ランプの約1.5倍(当社比)の高効率を有する。表1.に《BOCランプ》の演色性を示す。どの演色評価数も優れているが、特に日本人の膚色に対する演色性は98という理想に近い値を示す。

2.3 演色性改善形高圧ナトリウムランプ《ハイルックス DL》及び《ハイルックス HDL》

高圧ナトリウムランプは、多結晶アルミナ製発光管内にNa-Hgアマルガムを封入し、高圧状態でNaの発光を利用した高圧放電ランプである。このランプはHIDランプの中で最も効率が高く、優れた省電力性を示し、かつ外管内にバイメタル始動器を内蔵しているために、安価な水銀灯安定器(一般形)で点灯可能であるが、従来のものは演色性が低く(Ra 27)、用途が限定されていた。《ハイルックス DL》は、アマルガムの封入組成、封入Xeガスの圧力、発光管径、発光管最冷部温度、電極などの検討及び信頼性の高い封着技術の確立などにより⁽⁶⁾⁽⁷⁾、効率の低下を最小限にとどめ、演色性を大幅に向上(Ra

表 1. 《BOC ランプ》の演色性

Ra	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15
平均演色評価数	赤	黄	緑	青	外人の膚色	木の葉	日本人の膚色
90	86	76	88	85	93	87	98

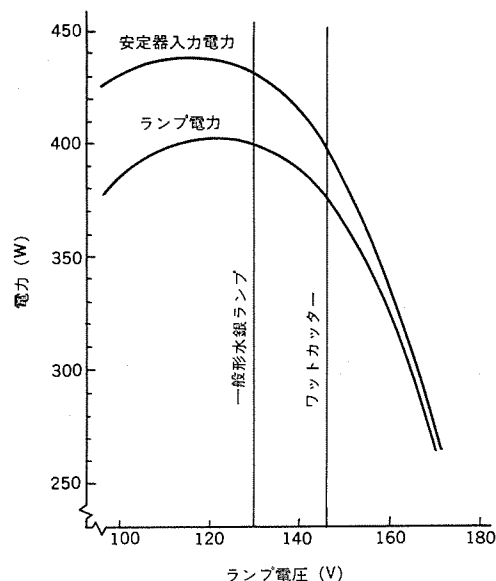


図 3. ランプ電圧と電力の関係

表 2. HID ランプの定格

種 類	形 名	ランプ 電 力 (W)	ランプ 電 流 (A)	ランプ 電 圧 (V)	全 光 束 (lm)	効 率 (lm/W)
マルチスター	M 400-U	400	3.3	130	38,000	95
	M 700-U	700	3.1	250	73,500	105
	M 1000-U	1,000	4.5	250	115,000	115
マルチスター L	M 400・L-J/BU	400	3.3	130	40,000	100
BOC ランプ	MLBOC 250 C-U	250	2.45	120	18,200	73
	MLBOC 250 C-H	250	2.45	120	16,200	65
	MLBOC 400 C-U	400	3.85	120	32,000	80
	MLBOC 400 C-H	400	3.85	120	28,800	72
ハイルックス DL	NH 180・LX/DL	180	1.9	120	16,200	90
	NH 220・LX/DL-210	210	2.1	130	22,500	107
	NH 360・LX/DL-350	350	3.3	130	42,000	120
	NH 660・LX/DL-640	640	5.9	130	83,500	130
	NH 940・LX/DL-910	910	8.3	130	120,000	132
ハイルックス HDL	NH 220・LX/HDL-210	210	2.1	130	19,300	92
	NH 360・LX/HDL-350	350	3.3	130	36,800	105
ワットカッター	HF 250 X・W-EW/235	235	1.8	146	12,600	54
	HF 300 X・W-EW/280	280	2.1	146	15,800	56
	HF 400 X・W-EW/375	375	2.8	146	22,000	59
	HF 700 X・W-EW/660	660	4.9	146	42,000	64
	HF 1000 X・W-EW/940	940	7.0	146	62,000	66

注 (1) 上記定格は標準値を示し、全光束、効率は100時間値を示す。

(2) 上記は透明形(ワットカッターは拡散形)について示したが、このほか拡散形(マルチスター、マルチスター L、BOC ランプ、ハイルックス DL、ハイルックス HDL)及び反射形(ハイルックス DL、ワットカッター)がある。

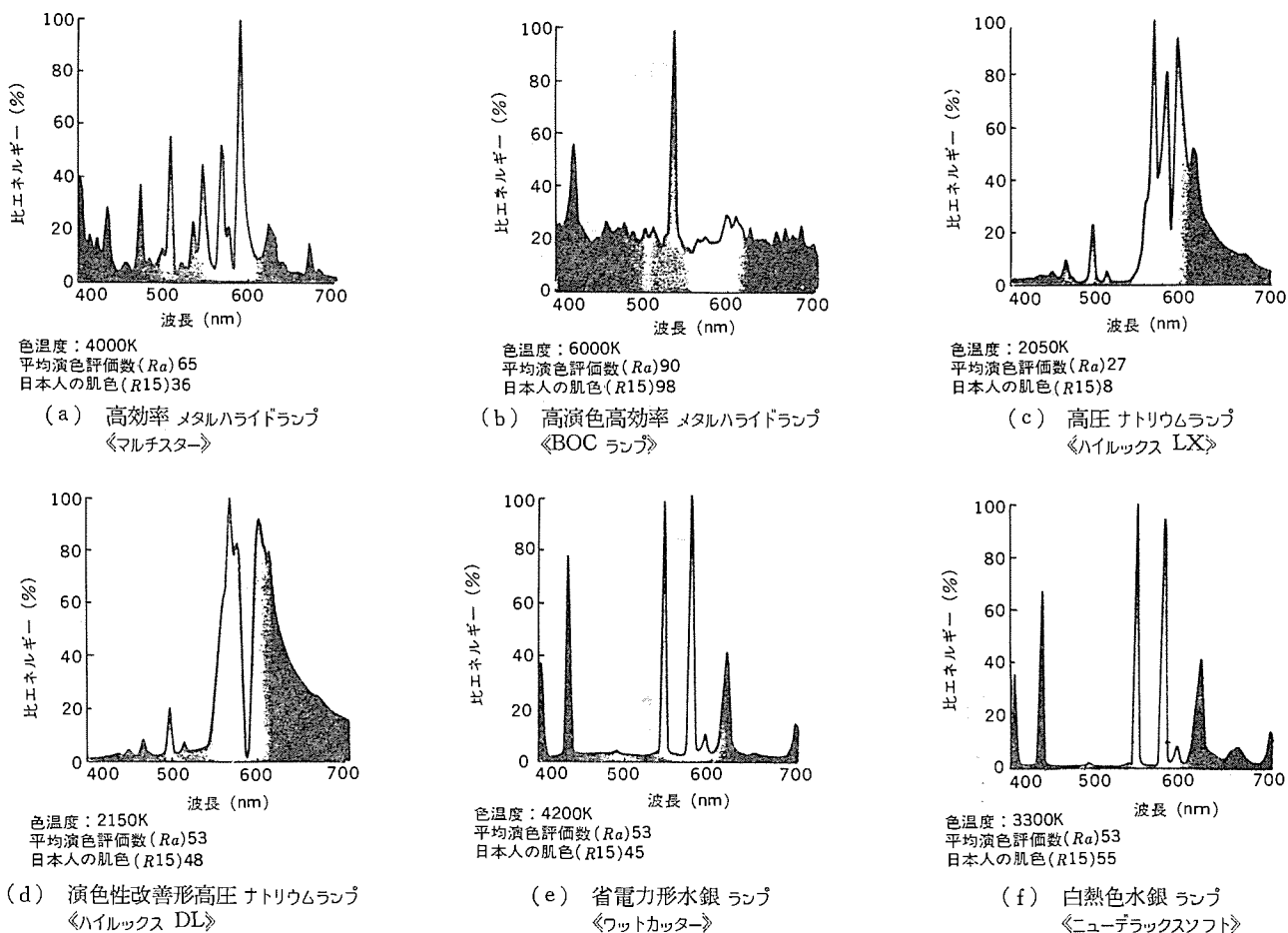


図 4. HID ランプの分光エネルギー分布

53) したランプで、従来の水銀ランプの約2倍（当社比）の高効率と安定した寿命特性を有する演色性改善形高圧ナトリウムランプである。

《ハイルックス HDL》は、アマルガム封入組成、発光管径、封着技術などに更に改良を加え、従来の水銀ランプの約1.8倍の効率を得ながら演色性を更に高め、Ra 65という優れた演色性を有する演色性改善形高圧ナトリウムランプで、《ハイルックス DL》と同様に、水銀灯用安定器（一般形）で点灯することができる。

2.4 省電力形水銀ランプ《ワットカッター》

異なるランプ電圧を有する水銀ランプを、一般形安定器（200V用）で点灯すると図3.に示す特性が得られ、ランプ電圧が120V付近を中心に、低くても高くてもランプ電力及び安定器入力電力が低下する。《ワットカッター》はこの原理を利用して、ランプ電圧を従来の130Vから146Vに上げて、安定器入力電力を約8%低下せしめ、外管に塗布する蛍光体の組成を改善することにより、ランプ電力の約6%の低下を補償して、全光束は従来と同じ水準に保ち、総合効率を9~13%向上させた省電力形水銀ランプである⁽⁸⁾⁽⁹⁾。安定した特性を得るために、発光管構造、外管内の封入ガスの圧力などに工夫が凝らされている。このランプは従来の水銀灯施設に、そのまま利用して省電力ができるので、一般に広く採用されている。

図4.に上述のHIDランプの分光エネルギー分布を、表2.にそれぞれのランプの定格を示す。

3. HIDランプの屋内照明施設例

過去HIDランプが、どのように屋内照明用として採用されてきたかについて、照明学会誌の年報号⁽¹⁰⁾（毎年7月号又は8月号）から概

観してみたい。まず公共建築では、小規模な採用例は昭和40年代の後半から散見されるが、急速な普及としては昭和54年頃からといえる。使用ランプは主としてメタルハライドランプである。

次に大形店舗では、若干遅れて昭和55年から本格的に採用されてきたと判断できる。一方比較的古くから利用度が高かったのは産業施設と屋内スポーツ施設で、いずれも建屋構造が高天井という条件から、採用度が高いことはうなづける。しかし内容的な変化が見られ、前者は昭和53年頃からの傾向として、それまでの高圧水銀ランプ又は蛍光ランプによる照明から高圧ナトリウムランプへの切換えが急速に進められている。その理由は高圧ナトリウムランプが実用光源中もっとも高効率で、省エネルギー面で有効とされたこと、更には昭和55年に発売された演色性改善形ランプの出現が拍車をかけたものと考えられる。

屋内スポーツ施設では蛍光ランプと電球あるいは高圧ナトリウムランプと高圧水銀ランプの混光照明が採用されてきたが、昭和54年を境にして、メタルハライドランプ使用が主流を占めてきているのが注目される。以上いずれの施設でも、時代的にランプ性能の向上、変せんが大きな影響を与えているように感じられる。次にHIDランプの特長を生かして、優れた照明をつくり上げている事例を紹介する。

3.1 大形店舗の例

図5.は東京の新宿のデパートで、都心という立地条件から、より洗練されたイメージをねらいとして照明計画が進められた。結局、メタルハライドランプ《BOCランプ》と電球の混光照明が採用され、色温度6,000Kの《BOCランプ》と2,900Kの電球の混光により、店内は約4,100Kの光で照明されている。屋間の自然光の下で来店する顧客



図 5. 東京・小田急百貨店別館「ハルク」1階売場の照明 (250 W 《BOC ランプ》, 200 W 電球の混光照明で、初期平均照度 650 lx)



図 6. 愛知・三菱重工業(株)名古屋精機製作所鍛造工場の照明 (360 W 演色性改善形高圧ナトリウムランプと 400 W 高圧水銀ランプの混光照明で初期照度 150~300 lx)

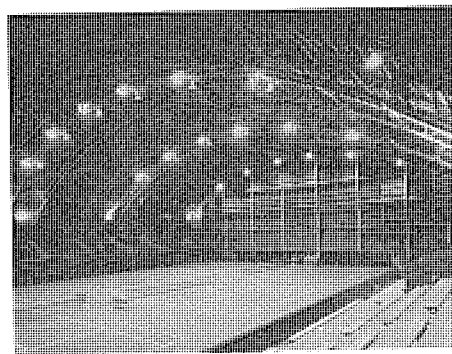


図 7. 福岡・九州国際テニスクラブ屋内コートの照明 (1,000 W 《マルチスターランプ》により初期平均照度中央コートで 1,200 lx)

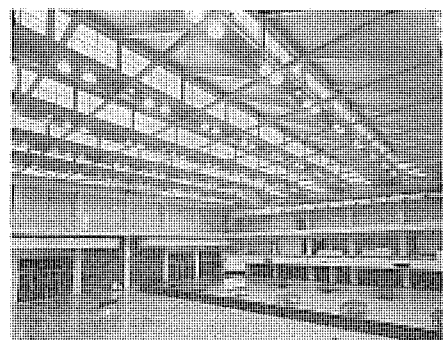


図 8. 神戸市立王子スポーツセンターのアリーナ照明 (700 W 《BOC ランプ》94 灯, 200 W 電球 24 灯)

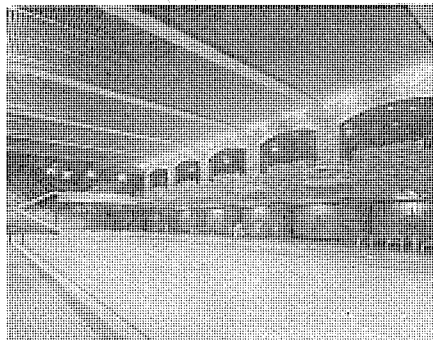


図 9. 神奈川・横浜アスレチッククラブ「アヴァンティ」温水プール (400 W 《BOC ランプ》により 770 lx)

に対して、この人工光はほとんど異和感を与えず、商品も効果的に照明されている。一方店内全体は暖かい雰囲気を感じさせる努力が払われ、暖色系の壁面構成とともに照明器具には金色ルーバを付けて、6,000 K の光源色を感じさせないようにしたもので、その意図は十分に果たされている。暖かい雰囲気の中で、日中の昼光に近い光で商品を照明、点光源の特性による活気のある視環境の演出を図ったという点は高く評価されるものとなっている。

3.2 産業施設の例

図 6. は鍛造工場で、高圧水銀ランプから演色性改善形高圧ナトリウムランプへ切換えられた施設例である。旧施設の高圧水銀ランプを半数残して混光の形としているので、省電力率は特に高いとは言えないが、照度は約 40 % 向上した。海外の施設例でも高圧ナトリウムランプへの切換え例が多いが、その照明データの一例によれば、46~75 % の省電力率が示され、照度は 2~2.7 倍に上昇していることが報告されている⁽¹¹⁾。いずれも省電力化と同時に作業環境の改善を図った例である。

3.3 スポーツ施設の例

図 7. は屋内テニスコートで、高効率メタルハライドランプ《マルチスター》1,000 W を採用、中央部で 1,200 lx を得ている。特に大きな容量をもつランプを利用して、最大限に照明効率を高めた好例である。なお、この Sc-Na 系のランプは今後の屋内スポーツ施設用光源としては主流を占めていくものと考えられる。また、図 8. はスポーツセンターのアリーナで、特に高演色性をねらいとして設計されたもので、700 W の《B

OC ランプ》が用いられている。さわやかな雰囲気をつくり、プレーヤーの肌色を美しく見せて好評を得ている。また、図 9. は温水プールで《BOC ランプ》を用い、グレアの低減と保守の容易化のために、投光器により建屋の両側壁上部から照明している。すっきりとした天井構造となり、側壁下方の電球によるブラケット照明とともに快適な視環境をつくり上げている。

4. む す び

上記のとおり、HID ランプの屋内照明への利用度は高まりつつあるが、新しい照明技

術とともに、ますます重要な役割をもつものと考えられる。照明に関係する一員として照明の質的向上及び省エネルギー化のために、このランプの性能の向上、その利用技術の開発に今後ともできる限りの努力を傾注していくつもりである。

参 考 文 献

- (1) M. Saito, M. Tsuchihashi, K. Watanabe and K. Baba : Preprint of Annual IES Technical Conference No. 80 (1979)
- (2) 馬場, 斉藤, 渡部, 土橋 : 電気学会光源・関連装置研究会資料 LS-79-10 (昭 54)
- (3) M. Tsuchihashi, K. Watanabe, M. Saito and R. Suzuki : ECS Extended Abstract 80-2 (1980)
- (4) 斉藤, 馬場, 渡部, 土橋 : 照明学会全国大会 20 (昭 54)
- (5) M. Tsuchihashi, K. Watanabe, K. Baba and M. Saito : E CS Proceedings 78-1 (1978)
- (6) K. Otani, K. Kawahara, K. Watanabe and M. Tsuchihashi : Preprint of Annual IES Technical Conference No. 15 (1981)
- (7) 大谷, 渡部, 土橋 : 照明学会誌 65-10 (昭 56)
- (8) M. Tsuchihashi : Presented at TC-21, CIE Kyoto (1979)
- (9) 馬場, 児玉, 村上, 土橋 : 照明学会全国大会 No. 14 (昭 55)
- (10) 例えば照明学会誌 66-8 (昭 57)
- (11) BUILDING SERVICES (1979-5)

1. ま え が き

我が国の住宅事情は年々改善され、量から質の時代へ移行し、人々の関心は住生活、住環境の質的向上へと一層高まっている。そのことは住宅用設備機器、インテリア商品など住生活、住環境と密接な関係のある分野の製品に質的内容の変化をもたらした。照明分野においても、従来と比較にならないほどの早いテンポで技術、機能、素材などの面で大きな変化があった。しかし、照明と人、照明と環境、人と環境のかかわりという観点から現状の照明市場をみつめると、まだ多くの問題点が残されている。

ここでは最近の住宅照明の傾向と背景を概説し、その問題点と解決策について述べる。そしてその方策に基づいて開発した当社照明器具《ルミテリアシリーズ》を一例として紹介する。

2. 最近の住宅用照明器具

これまで順調に伸びてきた新築住宅着工戸数もここ数年伸び悩み、かわって増改築が活発になってきている。しかし建設される住宅は毎年大形化の傾向をみせ、工法・外観デザイン・内外装・設備機器など設計仕様面において多様化され、住環境に対する著しい関心の高まりによって需要者はシビアな選択眼を持つようになった。豊富な情報のなかから、自分たちのイメージに合った住環境の創造を目的として、仕様はもちろん、素材、色、仕上げなど細かなチェックがなされだしたことは最近の需要者側の大きな変化の一つである。また、社会全体に人々の住宅内で過ごす時間が増えたことにより、住生活自体にも内容変化が現われ多様化が進んだ。これによって住生活に基づいた空間の役割が見直され、間取りのレイアウト、部屋の広さ配分など、従来やや画一的であった部分にも変化がでてきた。特に顕著な変化は、リビングルームを中心とするパブリックスペースに現われている。この空間は、時には客を含めた家族全員が集まって使用する多目的空間で、住宅の核としてとらえられるが、新築住宅の統計では年々そのスペースは拡大される傾向にあり、家具、調度品にも多くの費用がかけられている。

このような背景のなかで、住生活、住環境の質的向上に大きな役割を持つ照明が見直されてきている。ここ数年の住宅用照明器具市場の変化をみると、まず需要者の多種多様な要求に応じ、他の住宅関連分野の製品と同様に膨大なバリエーションの照明器具が送り出されている。このほか、技術的な面では社会背景を反映した省エネルギー器具の出現、演色性と発光効率の両方を満足させた3波長域蛍光ランプ——当社では《ルピカエース》、白さを追求した昼白色の蛍光ランプ——当社では《ルミクリスタル》、ねじ込み口金の蛍光ランプなど新しいランプの出現、新しい機能としてIC利用のすぐつく蛍光灯——当社の《ルミクイック》、手で器具を上下させる機構の器具、光量を器具内でコントロールする調光器付器具、壁スイッチで光源の切換えや光量変化が出来る器具の出現などが挙げられる。また、製造技術的な面では少量多機種生産を余儀なくされたことによって、プラスチック射出

成形による大量生産製品が少なくなり、かわって陶器・金属・木・竹・紙・布・ガラス・貝・プラスチック板材など少量生産向きの素材を使用した、いわばクラフト的な製品が増加した。更に、形状的にはシンプルで軽快なタイプの製品が増加しつつあるが、様々な伝統、様式に沿った形状のイメージの製品開発も活発である。

以上最近の傾向について述べてきたが、残された大きな問題点として次の2点が挙げられる。一つは住生活の多様化に照明が対応しきれていないことであり、もう一つは住宅自体の多様化に照明が対応しきれていないことである。需要者にとって器具選択の幅が非常に広がったにもかかわらず、購入後の使用満足度が決して高くないという調査結果があり、これは需要者が住空間で行われる多様な生活行為を想定して器具選択を行っていないこともあるが、メーカー側の製品開発が売れ筋志向、単なる形のバリエーション志向に片寄り過ぎたため、照明本来の姿を見失い実生活での満足を与える器具の供給を怠ったことにも起因している。

これらの問題の解決策は、我々が「照明」の原点に戻り、照明の果たさなければならない役割を明確にし、照明のあり方を追求した開発を行うことである。

3. 住宅照明のあり方

この項では照明のあり方を求めるため、照明の要件を明確にするとともに、その具体的な内容を述べる。そしてこれに基づいて当社が最近開発した照明器具《ルミテリアシリーズ》を一例として紹介する。

3.1 照明の要件

照明の要件は、表1.のように基本的要件と付帯的要件に分けて考

表 1. 照明の要件

	照 明 の 役 割		手 段	照 明 対 応
基本的要件	良い視環境を作り、生活行為の快適性を向上させる	その時々々の行為に応じた適切な照明	・生活行為の分析、考察 ・行為想定による照明実験 (詳細は3.2節で示す)	・照 度 ・配 光 ・光 源 ・照明手法 ・取付位置 ・器具レイアウト
	住空間の環境を形成する	空間のイメージアップ空間の演出	・住宅調査分析、考察 (詳細は3.2節で示す)	・照 度 ・光 色 ・器具レイアウト ・取付状態 ・素材・表面処理 ・器具色調 ・器具イメージ ・器具形状 ・器具様式
付帯的要件	器具価格、維持費、器具バリエーション、安全性、製造性、操作性、取付性、清掃性			

* デザインセンター

えることができる。照明の果たす役割からみれば付帯的要件に比べ基本的要件の方がはるかにウェイトが高く、基本的要件抜きにしている原因は、これまでメーカーは付帯的要件に傾注して開発を行ったことにあるとも言える。

3.2 要件の明確化

ここでは、最も重要な基本的要件を明確化する手段について述べる。

表 1. のように照明の役割は、生活行為、住空間に対するものの二つに大別できる。前者には生活行為の分析など、後者には住宅調査分析などが必要であり、これらに関連づけながら明確化する。

(1) 生活行為の分析

照明には、視環境を良くして生活行為の快適性を向上させるという重要な役割があり、この分析は人間が住空間でどのような生活行為を行っているのか、その行為のためにはどんな照明が適切なのかを探るために行う。生活行為は歩く、話すなど用途空間（部屋）によって変わらない共通の行為もあるが、多くは用途空間によって大きく変わり、特定の行為が行われている。このことから表 2. には住宅空間を用途別に分類し、それぞれに対応する主な生活行為を挙げた。表 2. でみるとおり、同一空間内でも様々な生活行為が行われており、それぞれの行為に適切な照度、配光など照明条件の設定が必要である。そして、同一空間内で行われる全く異質の生活行為にどう対応するかが一つのポイントと言える。例えば、リビングルームでは団らん、憩う、思索など情緒的な行為と、手芸、読書など機能的な行為があり、当然それぞれの行為に対する適切な照度、配光など照明条件は異なるはずである。また同一行為でも居住者の年齢、男女の別、空間の広さなどによってもこの条件が変わってくることも考慮する必要がある。現在の住宅照明のあり方をみると、多様化した生活行為の快適性を向上させるという照明の最も基本的な役割の充足が欠けており、この生活行為の分析による照明としての対応が

非常に重要である。

(2) 住宅調査

これは住空間の全容を知り、生活行為との関連とともに、どのような照明器具がインテリアの一要素として住空間の環境を高めるのに適切なのかを探るための調査である。このために必要な調査項目として、住宅規模、外観、用途空間別の広さ構成など住宅全体に関する事項と、空間形式、空間の内部色調、空間のイメージ、空間の様式、空間を構成しているインテリア用品など個々の空間に関する事項が挙げられる。それぞれの項目について、一定年月おきに継続的な調査を行い、時系列的な変化を知るとともに、地域別調査により地域特性を知るのも重要なことである。次に、住宅全体に関する事項について、当社が実施した調査結果の一部を紹介する。

表 3. は住宅の平均規模、外観に関する事項を、図 1. は用途空間別の広さ構成を示したものである。これらから住宅の全体像が把握でき、大局的な見方で照明をとらえることが可能になる。

3.3 開発具体例

照明のあり方から照明の要件を明確にするための手段を述べてきたが、これに基づいて当社が最近開発した《ルミテリアシリーズ》を主な調査内容を示しながら、仕様とデザインの生まれた背景を紹介する。

《ルミテリアシリーズ》は、パブリックスペースとして、また住生活の中心的な空間として存在する L (リビングルーム)、D (ダイニングルーム)、K (キッチンルーム) を対象に開発したものであり、「需要者の住生活、住環境の質的向上に貢献する」ことを目的として開発した。

表 4. は生活行為に適切な照明を探るために行った分析で、表中の主な行為に対する照明のポイントは、実際の L、D、K 空間に種々のタイプの照明を幾通りか組合わせて設置し、設定した行為を行いながら照明の効果を体験してまとめたものである。《ルミテリアシリーズ》では、多様な生活行為に対応するためシーリング（蛍光灯）で空間の全般的な照度を確保し、ペンダント（白熱灯）とスタンド（白熱灯）で部分的な照度を確保することにした。同じ位置でも同じ行為ばかり

表 2. 住空間の分類と主な生活行為

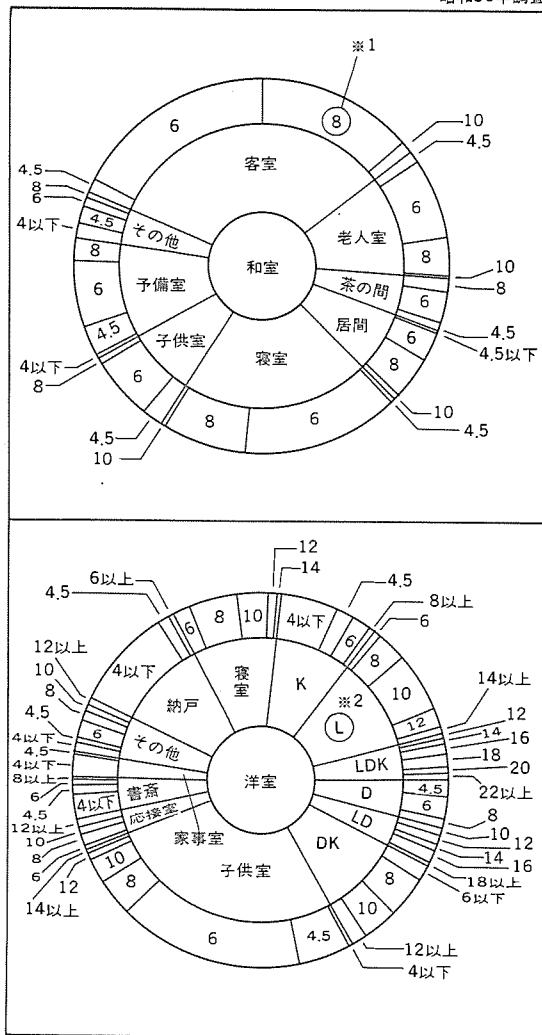
空 間		主 な 生 活 行 為
生 活 空 間	ブライズベール	子供部屋、個室 手芸、工作、勉強、身支度、娯楽、対談、読書、趣味、思索、音楽、やすむ
	寝室（洋室）	就寝、更衣、身支度、読書、化粧
	和室（寝室、老人室）	就寝、喫茶、喫煙、趣味、娯楽、やすむ、手芸
	書 斎	読書、書籍整理、喫茶、喫煙、学習
	パブリック	リビング だんらん、憩う、趣味、娯楽、飲食、手芸、対談、読書、思索、音楽、パーティ、喫茶、喫煙、招客、TV
	和室（茶の間、客間）	招客、雑談、喫茶、喫煙、憩う
	ダイニング	食事、雑談、招客、喫茶、喫煙
	キッチン	調理、炊事、配膳、運搬、収納
	作業生理想空間	家事室 洗濯、アイロン、裁縫、家計記帳、雑務
	浴室	脱衣、入浴、シャワー、洗体
補 助 空 間	洗面所	洗面、脱衣、化粧
	便 所	手洗、用便
	連絡空間	玄関 接客、靴、コート、かさ、身支度
	廊 下	通 行
	階 段	昇 降
	収納空間	押 入 れ 収納、整理
		据 付 家 具 収納、整理
		物 置 収納、整理、雑務
	エクステリア	庭 通行、雑務、趣味、娯楽、飲食、工作、雑談、思索
		ベランダ、バルコニー ものほし、趣味、娯楽、雑談、飲食、読書
屋外空間	門 ～ 玄関	通行、趣味

表 3. 住宅の平均規模、外観 昭和 56 年調査

項 目		結 果 内 容	
平 均 規 模	平 均 延 床 面 積	134 m ²	
	平 均 工 事 費	40.8 万円／3.3 m ² あたり	
	平 均 施 主 年 齢	37.4 歳	
	同 居 率	32.7 %	
	平 均 家 族 人 数	4.1 人	
外 観	様 式	和 風	52.0 %
		洋 風	45.0
		折 衷	3.0
	外 壁	リ シ ン	79.7 %
		モ ル タ ル	3.3
		し っ く い	1.3
		そ の 他	15.7
	屋 根	カ ラ ー 鉄 板	12.7 %
		カ ラ ー コ ロ ニ ア ル	42.0
		日 本 瓦	33.7
		そ の 他	11.7
	構 造	木 造 平 屋	5.7 %
		木 造 2 階	83.3
		鉄 骨	6.3
		鉄 筋 コ ン ク リ ー ト	4.7
	玄 関 ドア	開 き ド ア ー	65.8 %
		引 き 違 い 戸	34.3

表 4. L, D, K における生活行為と照明のポイント

生活行為	L空間の主な行為に対する照明のポイント (例)
L TVを見る お茶, お酒を飲む 雑誌を読む 本, 新聞を読む 接客 団らん 手芸, 工作 思索 ゲーム, 遊びをする パーティー さいほう ……	TVを見る ・落ち着いた雰囲気にする ・やや照度を低くし、周囲とのコントラストを少なくする ・テレビに反射、グレアがないこと ・目にグレアを感じない、視野内 60° 以内に光源が見えないこと ・画面とテレビの周囲のコントラストが強くないこと ・光源は蛍光灯の方が見やすい ・静かで均一的な光、まぶしくない光 お茶, お酒を飲む ・中心になる光が必要 (集中するための光) ・人の顔を明るくし、演出性の良い光 ・蛍光灯の場合は全体が明るくなる方が快適 ・白熱灯の場合は光のコントラストがあると快適 ・複数の器具による組合せは光色が同一の方が好ましい ・天井方向へと下方向への配光を持ち、応接セット全体が明るくなる光 ・一人でお酒を飲む時はほのぼのとした光 ・極端なグレアがないこと ・光のアクセントがほしい 雑誌を読む ・陽気で楽しい場合の明るさ→220~250 lx ・落ち着いたゆったりした場合→170 lx 前後 ・直接目に光源が入らないこと ・他はお茶, お酒を飲む場合とほぼ同じ 本, 新聞を読む ・明るい光(目によい光)→300 lx 以上 ・中心となる光か、白熱灯の場合は手元を明るくする補助光が必要 ・グレアがないこと
D 食事をする 雑誌を読む お茶, お酒を飲む 接客 本, 新聞を読む TVを見る ラジオを聞く パーティー 書き物をする ……	
K 料理をつくる (洗う, 切る, 焼く……) 書き物をする ラジオを聞く 後片付けをする ……	



注 ※1 数字は畳(洋室は畳相当)を示す。

※2 Lはリビングルーム、Dはダイニングルーム
Kはキッチンルームを示す。

図 1. 住宅の用途空間別広さ構成

行われていないことから、特にスタンドには光源の移動ができる機能とともに無段階に調光できる機能をもたせることにした。

表 5. はL, D, Kの関連を明確にするために行った調査であり、空間形式はL+DKが最も多い。また今までの推移を調べるとL, D, Kそれぞれが分離し、独立する傾向にある。表 6. は空間の広さを知るために行った調査である。それぞれの空間に広さのばらつきはあるが、ほとんどはある範囲の広さに集中している。表 7. は室内環境をイメージづけるためその大きな要素となっている空間内部の色調とインテリア用品について行った調査である。

これらのことから《ルミテリアシリーズ》では、LとDとKだけの組合せによる空間を対象とし、広さをLは8~12畳大、LDは12~16畳大、LDKは16~18畳大、Dは4.5~6畳大、DKは8~10畳大、Kは3~6畳大と設定した。広さの異なる空間への対応としては、器具の大きさと明るさの違いタイプ(蛍光灯シーリングで150W, 120W, 70Wの3種)を用意し、器具レアウトで対応することとした。また、現状の空間イメージに幅広く対応するねらいでモダン、クリア、エレガント、ナチュラルを器具イメージとして設定した。これらのイメ

表 5. L, D, Kの空間形式

昭和56年調査

空間形式	構成比
LDK	21.9%
LD+K	15.4
茶の間+K	5.2
L+DK	32.5
和室+DK	10.2
寝室+DK	0.2
応接室+DK	0.2
L+D+K	10.9
和室+D+K	2.8
L+茶の間+K	0.2
子供室+K	0.5

表 6. L, D, Kの広さ

昭和56年調査 (単位: %)

面積 (畳数)	4.5未満	4.5	6	8	10	12	14	16	18	20	21以上
L		0.4	2.9	23.9	48.7	17.3	4.3	1.4	0.4	0.7	
LD				1.0	14.7	16.8	21.1	25.3	12.6	4.2	4.2
LDK					0.7	6.7	10.4	24.4	26.7	19.3	11.9
D	2.4	30.1	55.4	9.6	2.4						
DK	0.4	0.8	13.2	30.6	40.4	10.9	2.6	0.8	0.4		
K	51.9	22.0	22.4	2.8	0.9						

表 7. L, D, K の内部色調, インテリア, 空間イメージ

昭和 56 年調査

	内部色調 (代表色アンダーライン)	主 な イ ン テ リ ア 用 品	空 間 イ メ ー ジ
L	天井—白, ベージュ, 木目, 濃茶 壁 —白, ベージュ, 木目, 濃茶 床 —濃茶, 木目, <u>グレー</u> , ベージュ	応接セット, リビングボード, サイドボード, 飾り棚, ジュウタン, カーペット, カーテン, アコーデオンカーテン, ルームアクセサリ, 絵画, 植物, 時計, 照明器具, ピアノ, クーラー, ヒーター, TV, ステレオセット, ラジオ	空間イメージとして多かった順 1. モダン 2. クリアー 3. ナチュラル 4. エレガント 5. ダンディー 6. ゴージャス 7. ロマンチック 8. カジュアル 9. ダイナミック
D	天井—白, ベージュ, 木目, 薄茶 壁 —白, ベージュ, 薄茶, クリーム 床 —濃茶, 木目, <u>グレー</u> , <u>ベージュ</u>	食卓セット, サイドボード, 飾り棚, 照明器具, ワゴン, ルームアクセサリ, 時計, 絵画, 植物, ジュウタン, カーペット, カーテン, アコーデオンカーテン, クーラー, ヒーター, TV, ラジオ, ハッチ	
K	天井—白, ベージュ, 緑 壁 —白, 多色柄, 薄茶 床 —濃茶, 木目, <u>黄土</u> , <u>ベージュ</u>	キッチンセット, レンジフード, 水切棚, 冷蔵庫, 調理器具, 電子レンジ, オープン, 照明器具ワゴン, 食器棚, 調味料棚, 配せん棚	

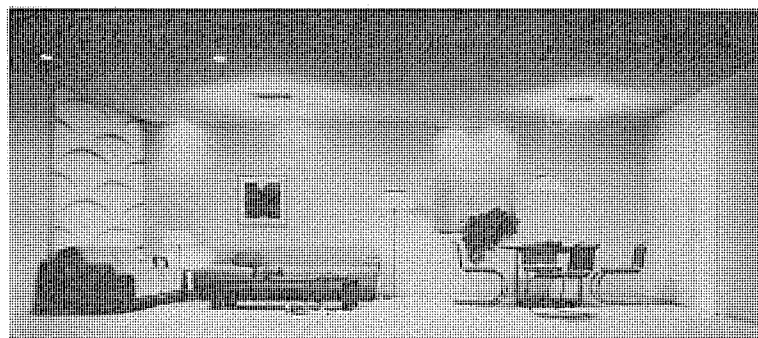


図 2. 《ルミテリア・モダンシリーズ》LD 空間で団らんを想定した場合

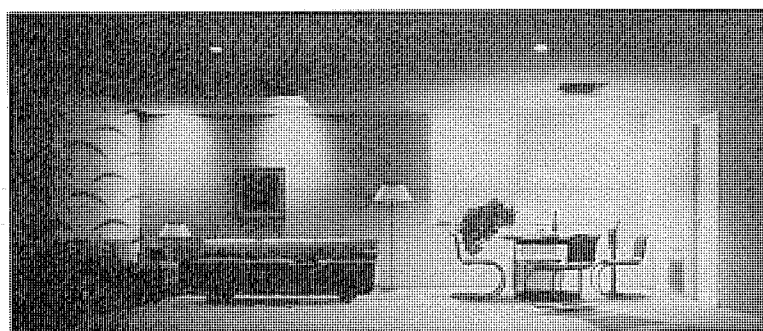


図 3. 《ルミテリア・モダンシリーズ》LD 空間で食事を想定した場合

ーを表現するとともに、空間内部の多様なインテリアに調和する手段として、メイン素材となる透光部には乳白アクリル樹脂を主として使用し、あとは他の素材、パターンの組合せによって器具イメージをつく(創)りだすこととした。

図 2., 図 3. は以上に示した分析に基づいて開発した《ルミテリア・モダンシリーズ》の実施例写真である。このシリーズでは他に、都会的ですがすがしいイメージをもつ《ルミテリア・クリアーシリーズ》, 優雅でしなやかなイメージをもつ《ルミテリア・エレガントシリーズ》, プレーンでなじみやすいイメージをもつ《ルミテリア・ナチュラルシリーズ》を同時に開発した。

4. む す び

現状の住宅用照明器具をみつめ、その問題点と照明のあり方に基づいた対応策についてこれまで述べてきたが、住宅に関連するあらゆる面での多様化が進むなかで、照明が快適な生活を営むための重要な要素であることを再認識し、使用満足度の高い住宅用照明を創り出す必要を感じる。

今後も照明のあり方に基づいて、住生活、住環境の質的向上に貢献し得る照明を開発していきたいと考える。

照明器具反射板のCADシステム

明 道 成*・狩野 雅 夫*・山ノ下真理*・深川 雅 敏**・関 哲 明**

1. ま え が き

照明器具反射板のCADシステムについては、既に多く発表されているが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾、いずれも照明器具の配光予測に関するものである。その場合、照明器具の反射板形状は二次曲線、二次曲面などを主体として、人手により設計されるのが通例であった。しかし、このような設計方法では、照明器具で実現すべき配光（以下、所要配光と呼ぶ）が高効率となるように、当初与えた反射板形状の修正、及びそれに続く配光予測計算を、満足できる結果が得られるまで繰返す必要があった。このため、設計に多大な時間を要するとともに、設計過程においてランプの寸法・輝度分布を考慮して反射板形状の修正を行うためには、多くの経験が必要としていた。

我々は既に、蛍光灯器具のような直線状光源照明器具の反射板形状を自動的に設計し、配光予測計算及び反射板形状の修正により、反射板の最適化を進めるCADシステムについて報告している⁽⁵⁾⁽⁶⁾。しかし、このCADシステムをHIDランプを使用した投光器や屋内用反射笠のような回転体形状の反射板設計にそのまま適用することは、次に示す理由から困難であり、HIDランプ用照明器具反射板のCADシステムの開発が必要となってきた。

- (1) 光源の形状が大きく、複雑であり、ランプ輝度分布も考慮する必要がある。
- (2) 反射板が回転体形状であり、直線状光源用反射板の形状設計及び配光予測理論をそのまま使用できない。
- (3) HIDランプ用照明器具では、グレア防止などの理由により、ランプが反射板開口部より比較的奥の方に置かれる場合が多く、反射板設計上の寸法的制約が大きい。

本稿では、新しく開発した回転体形状のHIDランプ用照明器具鏡面反射板のCADシステムについて、その内容及び設計例について述べる。

2. CADシステムの概要

図1.にこのたび開発したCADシステムによる反射板設計手順の概略を、従来の方法による設計手順と比較して示す。このCADシステムは反射板形状自動設計プログラム(LURD-2)、及び配光予測プログラム(LIP-2)の二つのプログラムから成り立っている。

反射板設計においては、一般に次に示す事項（要求仕様）があらかじめ明らかにされている必要があり、このCADシステムでも必要な情報である。

(1) 対象ランプ

HIDランプは図2.に示すように数多くの種類があり、それぞれランプの定格消費電力・寸法・形状・光色・演色性・輝度分布などが異なるが、対象ランプはこの中から使用目的、所要配光、反射板寸法などを考慮して選定する。更に、LURD-2による反射板形状設計のために、対象ランプの中から設計用ランプを特定する必要がある。

(2) 所要配光

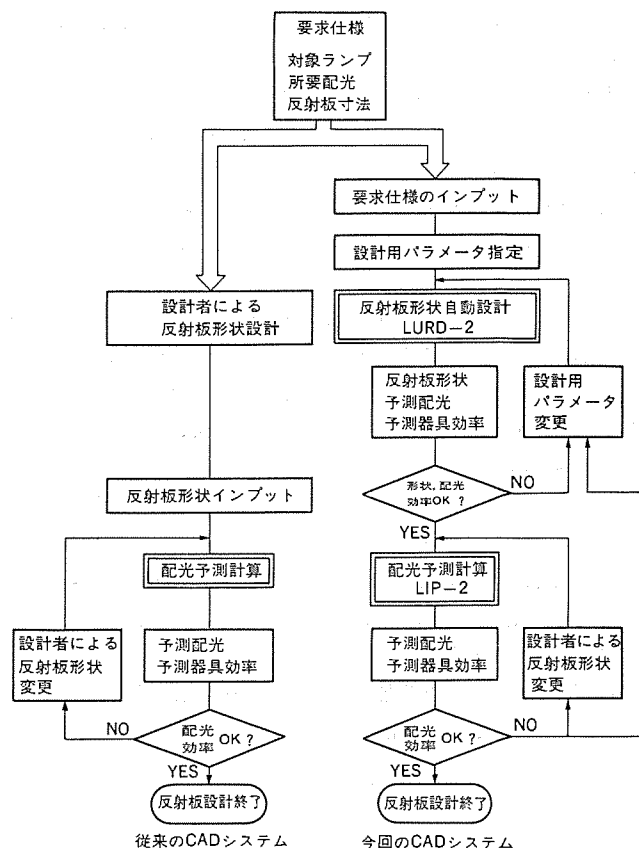


図 1. 反射板設計手順の概略

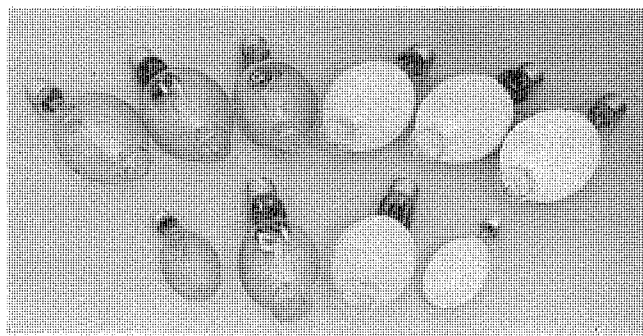


図 2. HIDランプの例

照明器具の使用目的や配光を規定した規格類（屋内用反射笠ではJIS C 8111⁽⁷⁾）を考慮して決定する。

(3) 反射板寸法

対象ランプや寸法を規定した規格類（屋内用反射笠ではJIS C 8111）、及び意匠面を考慮して、反射板開口部直径、高さを決定する。

従来の反射板設計では、これらの要求仕様から設計者が経験により、放物面、だ円面などの二次曲面を主にして、所要配光を実現すると思われる反射板形状を設計していた。このたびのCADシステムでは、この段階を電算機による自動設計により行う。このとき、反

射板形状設計プログラム (LURD-2) に対し、設計における指針及び情報を与えるものが設計用パラメータであり、このパラメータの与え方により、要求仕様を満足した、異なった形状の反射板が何種類も設計可能である。

反射板形状設計後、設計された反射板形状、予測配光及び予測器具効率が出力される。器具効率は照明器具から発する光束のランプ光束に対する比を示し、値が大きければ大きいほど、ランプからの光が有効に器具外に発することを意味するが、その配光形状も併せて評価する必要がある。

しかし、この段階での主な計算処理は反射板形状設計であり、使用した設計用ランプの形状、輝度分布は簡略化されたものであるため、出力された配光、器具効率の精度には問題がある。したがって、設計反射板による配光、器具効率の精密な予測及び設計用ランプ以外のランプでの配光予測は、配光予測プログラム (LIP-2) により行われる。

LIP-2 による配光予測計算は、LURD-2 により設計した反射板の中から、配光、器具効率及び反射板の生産性まで考慮した反射板形状において、満足できるものについて行う。この段階での主な計算処理は、配光、器具効率の精密な予測であり、照明器具の光学特性の検証を行う。

配光予測は基本的には三次元的な光路追跡により、対象ランプの形状、輝度分布、透過率分布を考慮して行う。ランプ輝度分布、透過率分布は、それによりランプの空間的な発光特性を表すとともに、ランプ形状も認識できるようになっているため、回転体形状のランプであればどのような形状も適用可能である。なお、反射板による反射は正反射成分のみを考慮している。設計者は配光予測プログラム (LIP-2) による予測配光、予測器具効率を検討し、反射板形状の修正を行ったり、あるいは設計用パラメータの変更を行ったりして反射板の最適化を図る。

3. 反射板形状自動設計

図 3. を使用して反射板形状自動設計の基本的な考え方を説明する。反射板はその回転軸を含む平面における断面形状が直線である小反射面（以下、反射要素と呼ぶ）が連続した形で構成され、1 個の反射要素は円すい台形状をしている。反射要素は設計者により指定した反射板の開口端から、奥の方に向かって逐次形成する。ランプは円

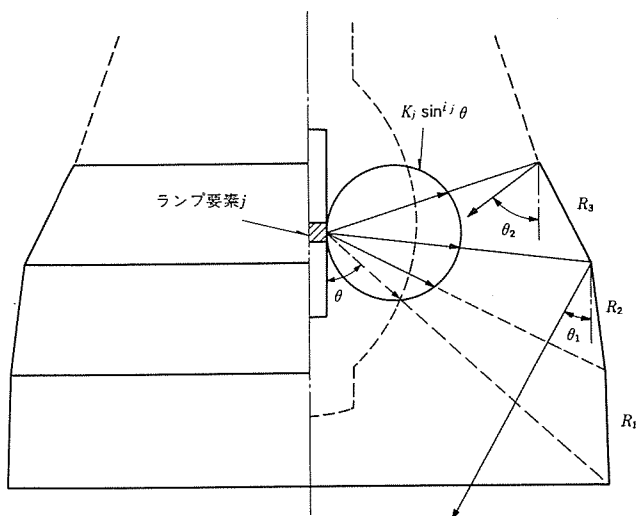


図 3. LURD-2 における反射板形状設計

柱形であり、ランプ要素と呼ばれる小発光体がランプ軸（反射板の回転軸）に沿って構成していると考え、ランプ要素は図のように $K_j \sin^i j \theta$ の配光をもつとして取扱う。ランプ要素 j から発する光は直接器具外に出る部分と、各反射要素 (R_1, R_2, R_3) に入射する部分に分けられる。反射要素 R_3 に入射した光は図のように鉛直角 $\theta_1 \sim \theta_2$ の範囲の方向に反射する。ここで、反射要素 R_3 の傾きを変化させた場合、反射要素 R_3 に入射する光束は変化し、反射光の方向 $\theta_1 \sim \theta_2$ も変化する。場合によっては全反射光がランプに再入射したり、既に設計した反射要素 R_1, R_2 に再入射することもある。反射要素 R_3 による配光はすべてのランプ要素について積分したものとなる。

反射要素 R_3 は、反射要素 R_3 による配光、ランプから直接器具外に発する配光及び反射要素 R_1, R_2 による配光の和が所要配光に近く、かつ器具効率が高くなるように、設計用パラメータに基づいて決定する。

4. 配光予測

配光予測プログラム (LIP-2) では三次元的な光路追跡を行っているため、ランプ、反射板も三次元的に取扱う必要がある。反射板は回転体であり、反射面の反射率を一樣と仮定すれば容易に取扱うことができる。しかし、ランプは球形で完全拡散、輝度一樣といったものは存在せず、図 2. に示すように形状は複雑で、輝度分布も考慮する必要がある。LIP-2 でのランプの取扱いはいくつかの必要に応じてなされたものである。

図 4. (a) において、ランプを①～④の方向から観測したとき、それぞれの視線に垂直な面 $A_1B_1 \sim A_4B_4$ に射影したランプ形状は、図 4. (b) に示すようになる。ここで、これらの面 $A_1B_1 \sim A_4B_4$ (以下、格子面と呼ぶ) を図のように格子分割し、各格子からその格子面に垂直な方向（視線と逆方向）のみに光を発すると考える。いま、これら格子の輝度を測定すると、ランプ形状に対応した輝度分布が格子面上に得られ、各鉛直角方向の格子面での輝度測定条件を同一にとると、格子面での平均輝度はランプ配光に比例する値となる。し

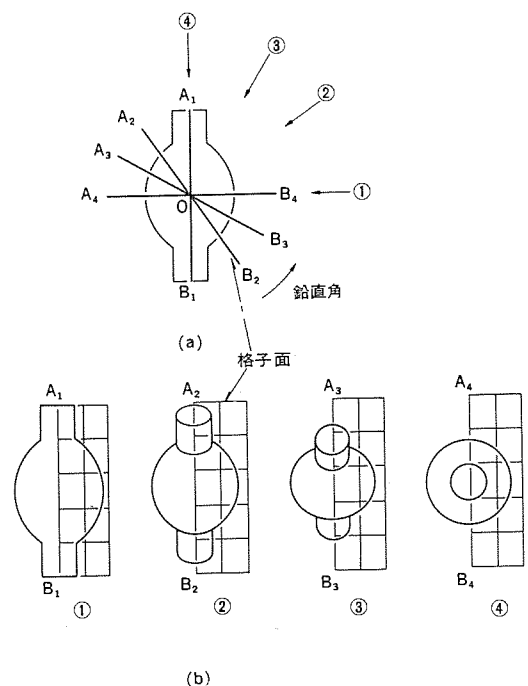


図 4. LIP-2 におけるランプの取扱い

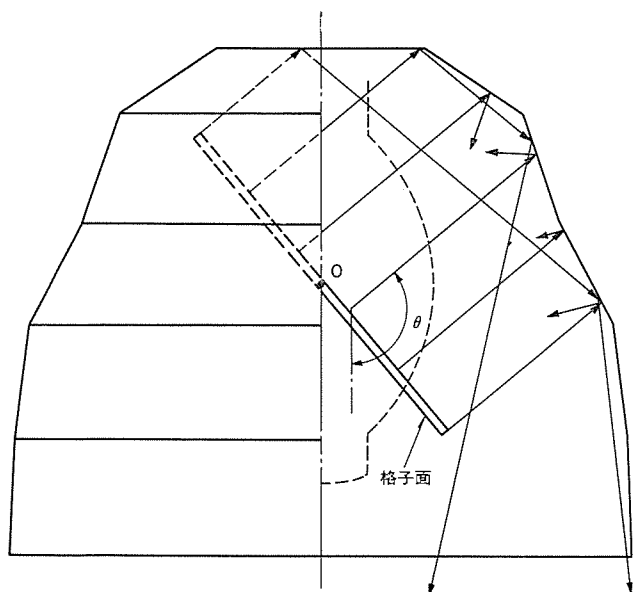


図 5. LIP-2 における光路追跡

たがって、各格子からその輝度値に比例した光束が、格子面の法線方向のみに発せられる、と考えることができる。更に、格子での透過率も測定することにより、ランプに再入射した光路の光束減衰も求めることができる。ランプは図 4. (a) のランプ光中心 O を通る、紙面に垂直な軸のまわりに格子面を回転した形になる。

図 5. はランプから鉛直角 θ 方向に発せられた光路追跡例を示す。図は単純化するため断面形状で示し、光路もランプ軸を含む平面に含まれるものだけを示しているが、実際には格子面は紙面に垂直な方向に伸び、光路追跡も格子面全体から発せられる光路すべてについて行う。

5. 設計例

本稿の CAD システムにより設計し、試作した反射板について述べる。

5.1 屋内用 HID ランプ反射笠

5.1.1 要求仕様

(1) 対象 ランプ

400 W タイプの HID ランプとし、反射板形状設計用ランプは透明形高圧ナトリウムランプ (NH 360・LX/DL) を使用する。

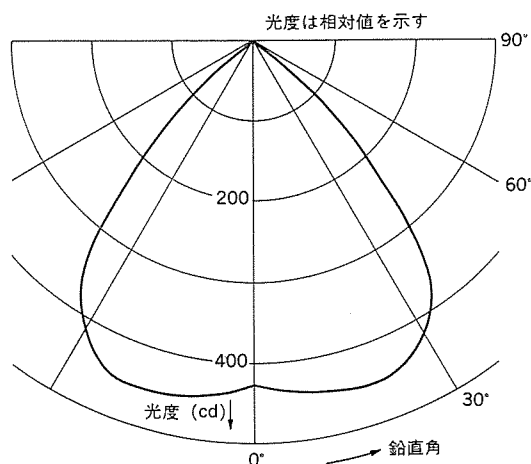


図 6. 所要配光

(2) 所要配光

図 6. に示す配光であり、JIS C 8111 4 形 (広照形) に準拠している。

(3) 反射板寸法

開口部直径 358 mm、高さ 299 mm (いずれも内側寸法) とし、対象ランプからランプ光中心位置は開口部より 132 mm の位置となる。

5.1.2 設計結果

図 7. に設計反射板の断面形状を示し、試作した反射板を図 8. に示す。反射板形状設計プログラム (LURD-2) では、図 7. の点 S から点 E までの反射要素を設計し、その他の反射要素はランプ取付けなどを考慮し、配光予測プログラム (LIP-2) 実行時に追加したものである。この反射板にアルミ蒸着を施し、拡散形高圧ナトリウムランプ (NH 360 F・LX/DL) を取付けたときの実測配光、及び LIP-2 による予測配光を図 9. に示す。図より予測配光及び予測器具効率は実測値に、きわめて良好に近似しており、精度の高い配光予測が行われたことがわかる。

図 10. は透明形高圧ナトリウムランプ (NH 360・LX/DL)、及び蛍

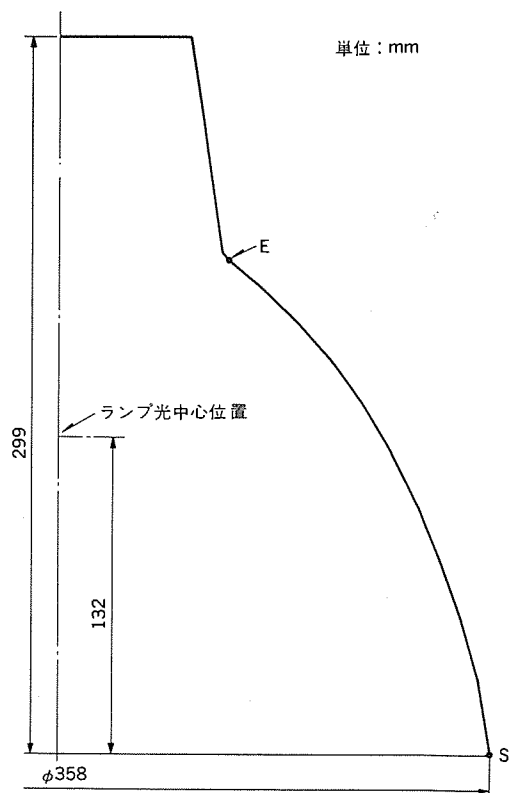


図 7. 屋内用 HID ランプ反射笠断面形状

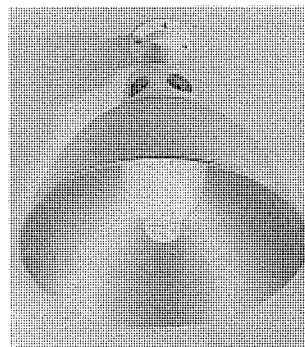


図 8. 試作屋内用 HID ランプ反射笠

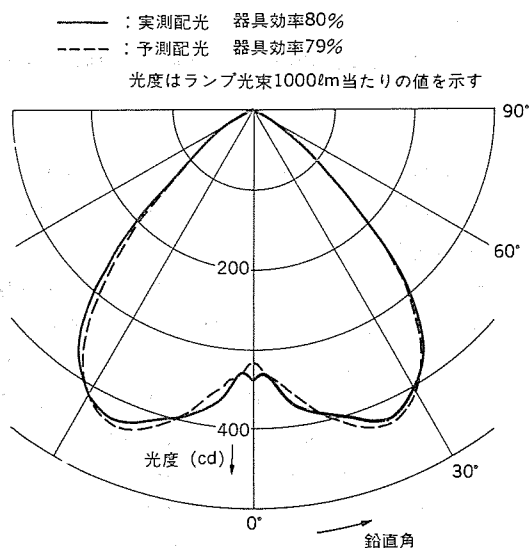


図 9. NH 360 F・LX/DL での予測配光・実測配光

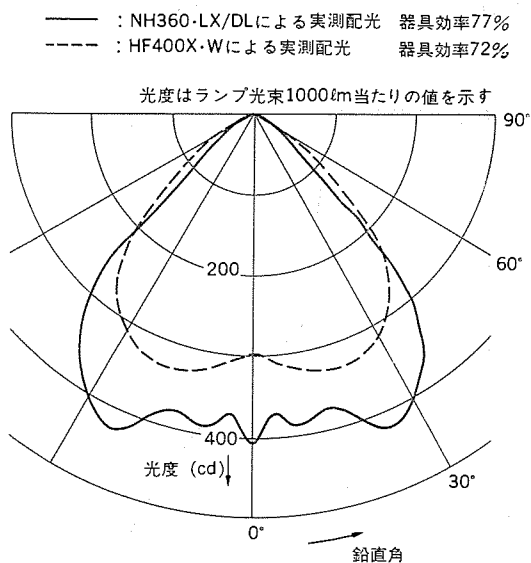


図 10. NH 360・LX/DL, HF 400 X・W での実測配光

表 1. その他の反射板設計例

名 称	対 象 ラ ン プ	反射板寸法 (直径×高さ) (mm)	参 照 図
HID ランプダウン ライト	100 W HID ランプ	φ 180×100	図 11.
非 常 灯	6 V 10 W ミニハロ ゲン電球	φ 55×30	図 12.
投 光 器 用 反 射 板	400 W タイプ HID ランプ	φ 460×230	図 13.

光水銀ランプ (HF 400 X・W) をバフ研磨・アルマイト処理を施した反射板に取付けた場合の、実測配光及び器具効率を示す。両配光とも JIS C 8111 4 形 (広照形) 配光に準拠しており、特に透明形 HID ランプを使用した場合も満足できる配光が実現されていることは、注目すべきことと考えられる。

5. 2 その他の反射板設計例

上記の反射板のほかに、表 1. の要求仕様に基づいて設計、試作し

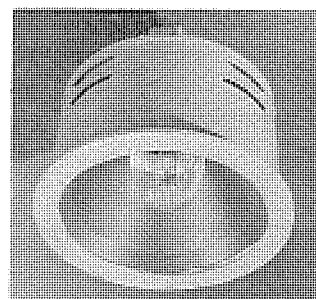


図 11. HID ランプダウンライト

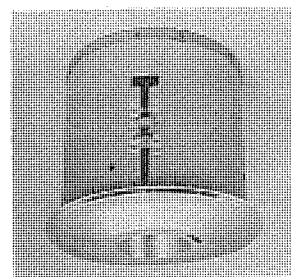


図 12. ミニハロゲン 非常灯

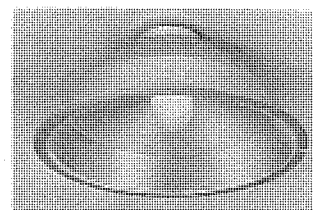


図 13. 投光器用反射板

た反射板を図 11., 図 12., 図 13. に示す。

6. む す び

このたび開発した CAD システムは以上述べたように、あらゆる種類の回転対称形鏡面反射板に適用可能である。

近年の省エネルギー意識の高まりの中で、照明器具の高効率化への要請はますます大きくなっていくものと考えられる。そこで、HID ランプの中でも効率の高い透明形ランプは、今後さまざまな方面で使用されることが予想されるが、発光部が小さいため、光を適正に制御することは比較的困難とされてきた。その中にあって、反射板形状設計を自動化し、光の適正制御を容易にしたことは、反射板の高効率化、設計の高速度化に大きく貢献できるものと期待される。

参 考 文 献

- (1) 堀, 松下, 高橋: 照明学会雑誌 61, 259 (昭 52)
- (2) 堀, 松下, 高橋: 照明学会雑誌 61, 721 (昭 52)
- (3) 阪口, 大八木, 田淵: 光源関連装置研究会資料 LS-78-18
- (4) 松下, 堀, 高橋: 光源関連装置研究会資料 LS-78-16
- (5) O. Myodo, M. Karino: J. Illum, Ergng, Soc. 11, 98 (1982)
- (6) 明道, 山ノ下, 狩野: 昭 55 照明学会全国大会 48
- (7) JIS C 8111-1971 照明用反射板
- (8) 明道, 狩野, 山ノ下, 深川: 昭 56 照明学会全国大会 52
- (9) 明道, 狩野, 山ノ下: 昭 57 照明学会全国大会 53

照明自動制御システム

大塚 洋 俣*・石井 重 行**・小泉 登 夫**・水原 博 久***・河 野 教 人***

1. ま え が き

照明分野における省エネルギー化は、光源、点灯装置、照明器具などの高効率化のほかに、これらの各機器を有効に組合せ、更に昼光制御、タイムスケジュール制御などの制御技術を導入した照明自動制御システムの採用により積極的に進められている。このたび、当社では事務所、店舗、体育館、工場などを対象として、建物の規模、目的、使用方法などに応じて適切に設置することにより総合的に省電力を図る“照明自動制御システム”の製品化、シリーズ化を行った。これらのシステムは、照明負荷を集中的に昼光制御、タイムスケジュール制御して点滅、調光させて照明環境を損なうことなく省電力化を実現するものである。

また、システムの端末となり照明負荷を点灯・消灯するリモコンレールも電子化によって、小形化、省電力化された構造のものを開発した。蛍光ランプの点灯装置では、電源配線2線式で20～100%の調光が可能な調光用半導体安定器、及び電源配線3線式で50%調光が可能な段調光安定器を製品化した。

2. 照明自動制御システムの概要

2.1 照明自動制御システムの機能

2.1.1 点滅制御と調光制御

点滅制御は、蛍光ランプ、白熱電球、HIDランプ(High Intensity Discharge Lamp)といずれの光源でも可能である。しかし、HIDランプは一度消灯すると再点灯するまでに数分かかるため昼光制御における動作レベルの設定、タイムスケジュール制御における時間設定に注意する必要がある。調光制御は、蛍光ランプ、白熱電球が対象となり、負荷制御盤、端末器、と点灯装置の組合せによって、4段階制御及び3段階制御ができる。例えば、光源が蛍光ランプのとき、負荷制御盤を位相制御段調光制御盤とし、点灯装置に調光用半導体安定器を使用すれば、全光-調光1レベル-調光2レベル-消灯の4段階制御が可能となる。

調光1レベル、調光2レベルはこの安定器の調光範囲20～100%における任意の明るさである。

また、インピーダンス段調光制御盤と段調光安定器の組合せでは全光-調光(50%)-消灯の3段階制御ができる。

2.1.2 パターン制御と個別回路制御

パターン制御は全回路を対象として、各回路ごとに異なった照明制御状態(点滅又は調光)を記憶させておき、使用状況に応じてこれらを変更させるものである。すなわち店舗では、開店前、閉店後の作業、開店中の入場者数に対応して照明レベルを変化させ、また体育館では、競技内容、使用スペースに応じて照明制御を自動的に行うことができる機能である。また個別回路制御は各回路ごとに点滅、調光を行うもので、パターン制御と組合せることもできる。

2.1.3 タイムスケジュール制御とマニュアル制御

一般的に照明を必要とする場所は、その照度を時間的なサイクルで繰返して変化させる場合が多い。この変化をあらかじめプログラムで必要な照度を得られるようにしておけば、自動的に繰返し制御が行える。マニュアル制御は、タイムスケジュール制御されている照明状態を即時的に希望の照明状態に手動で切換制御するものであるが、タイムスケジュール制御に追加して一時点に一部の回路を手動制御することもできる。

2.1.4 昼光利用制御

外部センサとして昼光センサを接続すれば、昼光量に応じてあらかじめ設定した窓際の照明を自動的に制御できる。この昼光利用制御も点滅だけでなく、全光、調光、消灯という制御も可能である。その結果、照度の急激な変化が無く、かつ照度むらも減少するので居住者には不快感を与えることが少なくなる。

2.2 照明自動制御システムの構成

システムの種類を表1に示す。小形、中形、大形の3種類があり、小形は小規模の店舗、工場などを対象としたシステムであるが、これについては既に発表したもので説明を省略する。中形は中規模の店舗、

表 1. 照明自動制御システムの種類

種 類	制 御 回 路	機 能 仕 様	構 成 機 器	備 考
小 形	4	・マニュアル制御 ・タイムスケジュール制御 ・昼光利用制御	・制御装置 ・負荷制御盤 ・昼光センサ	・4ビットマイコン ・停電バックアップ 12時間
中 形	16 (調光制御は8回路)	・マニュアル制御(パターン8) ・タイムスケジュール制御 ・調光制御 ・外部センサ入力制御(昼光センサなど) ・副操作盤による制御(2台) ・回路状態表示、ほか	・主操作盤 ・副操作盤 ・負荷制御盤 ・昼光センサ	・8ビットマイコン ・停電バックアップ 100時間
大 形	256 (調光制御は128回路)	・マニュアル制御(パターン10) ・タイムスケジュール制御 ・調光制御 ・外部センサ入力制御(昼光センサなど) ・副操作盤による制御(2台) ・各種リコール表示 ・ほか	・主操作盤 ・副操作盤 ・端末器(点滅) ・ (調光) ・負荷表示盤	・8ビットマイコン ・停電バックアップ 200時間

事務所、体育館などを対象としたシステムで、照明負荷 16 回路を多様な機能により柔軟性に富んだ制御ができるので、質の高い照明が得られる。すなわち調光ユニット内蔵の負荷制御盤との組合せで 4 段制御、パターン制御などの機能の充実と操作性の向上を図っている。大形は大規模の店舗、事務所、体育館などに対応できるように構成している。照明負荷制御は、端末器を用いる分散方式で端末器を最大 64 台接続でき、1 端末器で 4 回路の制御ができるので制御回路数は 256 回路となる。主操作盤とは 2 心の信号線で接続し、信号は時分割多重伝送で送・受信する。主操作盤と端末器の間は最大 2 km までの延長が可能である。

3. 中形照明自動制御システム

3.1 システム構成

システムの構成を図 1. に示す。このシステムは、主操作盤、これと 2 心の信号線で接続した遠隔操作で照明負荷を制御する副操作盤、及び直接に照明負荷を点滅、調光する負荷制御盤で構成している。このシステムの操作盤及び制御盤の外観を図 2. に示す。

外部センサ（屋光センサなど）の出力は直接主操作盤入力端子に接続されている。主操作盤では、各照明負荷回路の点灯状態の表示、全光・調光 1 レベル、調光 2 レベル、消灯を組合わせたパターン設定、各パターンをタイムスケジュールに従って組合せし、3 種類のプログラムを作成する設定、外部センサ入力による制御指定などの各種設定を行い、かつこれらの設定を実行して 16 回路分の出力を発生し負荷制御盤に与える。外部センサ入力があると、これに応じた照明負荷回路の制御を行い、非常信号入力があると特定のパターンを選択して非

常時の照明を確保する。

主操作盤は、また副操作盤に、制御内容及びタイムスケジュール制御、マニュアル制御、いずれの制御状態であるかをシリアルなデジタル信号に変換して送信する。副操作盤ではこの信号を受信し、16 回路の点灯状態などを表示する。また副操作盤で操作したときは、その設定内容をシリアルなデジタル信号に変換して主操作盤へ送信する。主操作盤と副操作盤は、3 路構成でいずれからでも同様の照明制御ができる。負荷制御盤には、点滅用リレー、調光ユニットを内蔵し主操作盤からの出力により照明負荷を制御する。

以上の構成により、①照明負荷の点滅・調光制御、②個別回路・パターン制御、③3 種類のプログラムによるタイムスケジュール制御、④外部センサ入力による制御などができる。このシステムの負荷制御は、負荷制御盤による集中方式のため負荷配線は既設のものを利用できる特長がある。

3.2 主操作盤

主操作盤は、システムを中心となるもので各種のデータ処理を受け持つ 8 ビットマイクロコンピュータ（以下、8 ビットマイコンと称す）、データメモリ、プログラムメモリ、設定のためのキースイッチ、各表示のための発光ダイオード、時計用パルス発生器、カウンタ回路、送・受信回路で構成している。表示は 16 回路すべてに全光・調光表示発光ダイオードを設けているため、特に出力表示盤を必要としない。パターン制御時でもこれに関連する制御状態を一目で把握でき、照明負荷の一部を変更したい場合この表示を見ながら個別制御の設定ができる。タイムスケジュール制御時、消灯設定時刻の 3 分前から表示を点滅させる消灯予告も行う。副操作盤への信号送信は、制御操作があるごとに、またタイムスケ

ジュール制御中は 1 分ごとに制御内容を送る。停電時には、バッテリーにより各種設定データ、時計データを保護する。復電時にはもとの制御状態に戻る。また時計は経過時間をカウンタから読み停電時間を補償している。

3.3 副操作盤

この副操作盤も、8 ビットマイコンを使用している。データメモリ、プログラムメモリは、主操作盤に比べ少なく全体の構成も簡単である。マイコンを中心として、パターン設定、個別回路設定のキースイッチ、16 回路の表示などの発光ダイオード及び送・受信回路で構成している。主操作盤からの信号を受け、パターン制御、各回路状態の表示、タイムスケジュール制御、マニュアル制御の表示を行う。スイッチ操作によるパターンの切換え、個別回路の制御設定、タイムスケジュール制御、マニュアル制御の切換えをシリアルなデジタル信号に変換して主操作盤へ送信する。この副操作盤でも、タイムスケジュール制御時の消灯予告表示を行っている。

3.4 負荷制御盤

負荷制御盤は、サイリスタ位相制御回路を収納した調光ユニット、電磁開閉器を収納した MS ユニットの組合せにより表 2. に示す 4 種類が構成できる。調光ユニットは主操作盤からの点滅・調光信号によってサイリスタの導通角を制御し、照明負荷を全光、調光 1 レベル、調光 2 レベル、消灯の 4 段制御するものである。調光 1、調光

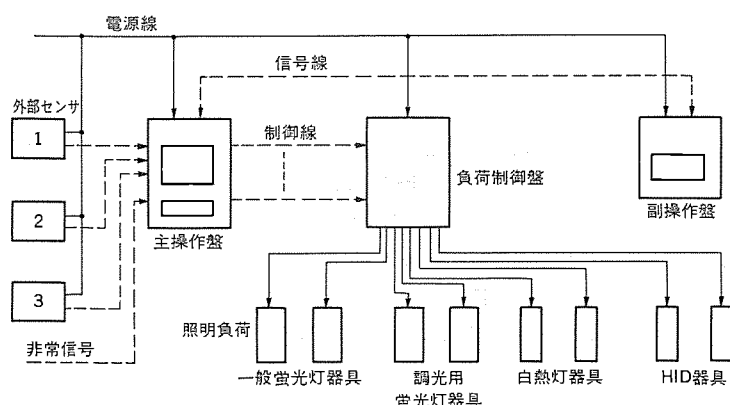


図 1. 中形照明自動制御システムの構成

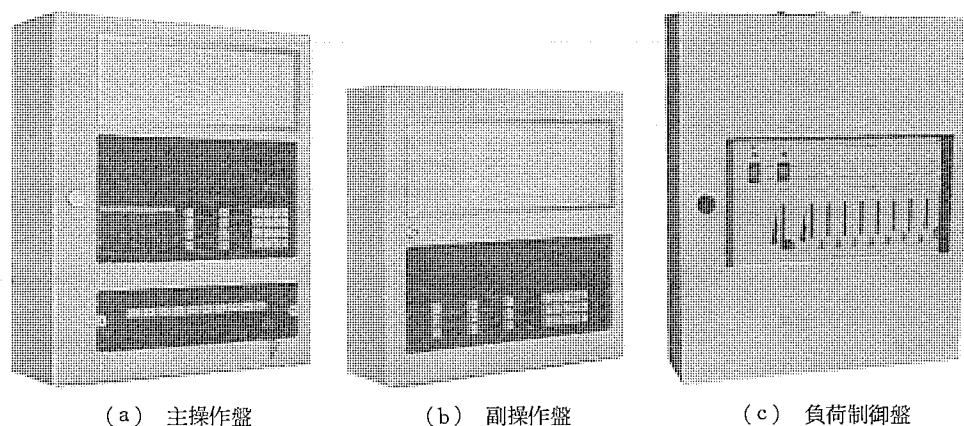


図 2. 中形照明自動制御システム

表 2. 負荷制御盤の種類

仕 様	種 類	点 減 制 御 盤	インピーダンス段調光制御盤	位相制御段調光制御盤	混 用 制 御 盤
制 御		2 段 制 御 (点 灯)	3 段 制 御 (全 光 100 % 調 光 50 % 消 灯)	4 段 制 御 (全 光 100 % 調 光 1 レベル 調 光 2 レベル 消 灯)	2 段 制 御 3 段 制 御 4 段 制 御 混 用
ユ ニ ッ ト の 定 格 電 流		MS ユニット 負荷容量に合わせて電磁開 閉器を選択する。	MS ユニット 負荷容量に合わせて電磁開 閉器を選択する。	調光ユニット 20 A 30 A 60 A	MS ユニット 調光ユニットの組合せ
ユ ニ ッ ト 収 納 数		任 意	任 意	任 意	任 意
制 御 回 路 電 圧		AC 100 V	AC 100 V	DC 10 V	AC 100 V DC 10 V
負 荷 回 路 電 圧		AC 100 V AC 200 V 特殊電圧 50 Hz/60 Hz	AC 100 V AC 200 V 50 Hz/60 Hz	AC 100 V AC 200 V 50 Hz/60 Hz	AC 100 V AC 200 V 50 Hz/60 Hz
適 用 器 具		蛍 光 灯 器 具 H I D 器 具 白 熱 灯 器 具	段調光専用器具 (3線式)	「調光用半導体安定器」 内蔵器具 (2線式)	左記器具の組合せ

2 のレベル設定は負荷制御盤に取付けられた設定ツマミで行う。

また、複数の調光ユニットで構成する制御盤には、これらの調光ユニットを一括して制御できる主調光設定器もついているため、まとめて全調光ユニットの調光レベルを変化させることもできる。負荷制御盤には配線用遮断器も組込めるので分電盤を兼ねることもできる。また操作は主操作盤からの自動制御のほかに、スイッチ操作により手動で点滅及び調光制御ができる。

4. 大形照明自動制御システム

4.1 システム構成

システムの構成を図 3. に、主な仕様を表 3. に示す。このシステムは、主操作盤にあらかじめプログラムを設定し、これに基づき制御信号を 2 心の信号線に乗せて伝送し、端末器によって照明負荷を制御するタイムスケジュール制御、及び主操作盤、副操作盤 (図 4.) で操作スイッチを手動操作し、この信号を伝送して照明負荷を制御するマニュアル制御を行うことができる。主操作盤からの制御信号を伝送する信号線は、端末器及び出力表示盤に、また副操作盤及び外部センサ (屋光センサなど) は直接主操作盤に接続している。

端末器は主操作盤から送信されるタイムスケジュール制御信号、又はマニュアル制御信号に基づき、これに接続された照明負荷回路を制御する。出力表示盤は、端末器の制御状態を監視するために全回路の状態を表示することができる。この表示は双方向伝送方式により、主操作盤、副操作盤及び壁スイッチのいずれで制御しても、その制御状態を示すように構成している。副操作盤は最大 2 台まで接続可能である。照明負荷回路の制御操作を行うと信号を主操作盤に伝送し、主操作盤からあらためて該当する端末器に信号を送信してこれを制御する。

壁スイッチは端末器に接続されており、現場側で端末器を制御するようになっている。壁

表 3. 大形照明自動制御システムの主な仕様

主 操 作 盤	主操作盤 ↔ 端 末 器 ↔ 出力表示盤	伝 送 方 式 伝 送 距 離 信 号 線 信 号 方 式 制 御 回 路 数	サイクリック双方向伝送 最 大 2 km 2 心 1 対 シールド線 AM 変調 256 回路
	主操作盤 ↔ 副 操 作 盤	伝 送 方 式 伝 送 距 離 信 号 線 信 号 方 式 最大接続台数	サイクリック双方向伝送 最 大 200 m 4 心 1 対 シールド線 (各副操作盤ごと) ベースバンド 2 台
	タイムスケジュール 制 御	制御パターン 制 御 回 数 プログラム数 段 調 光 制 御	10 パターン 128 回/10 パターン 3 全光、調光 1 レベル、調光 2 レベル、消灯
	マニ ュ ア ル 制 御	パターン制御 個別制御	
	停 電 補 償	200 時間	
作 副 操 作 盤	マニ ュ ア ル 制 御	パターン制御 個別制御	
示 出 盤 力 表	表 示 内 容 表 示 回 路 数	点滅制御状態又は段調光制御状態 256 回路以下	

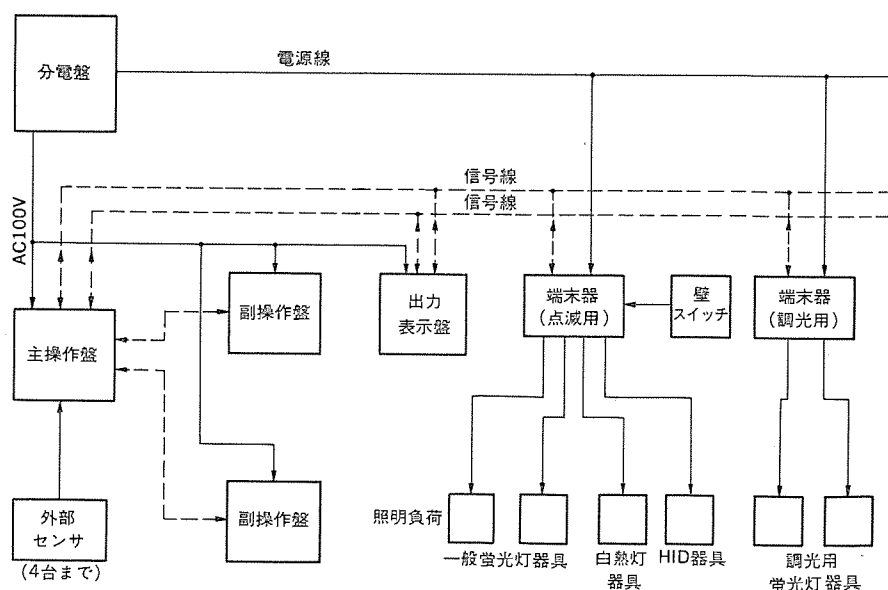
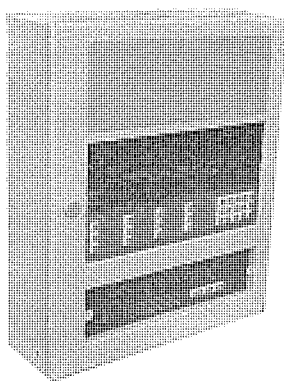
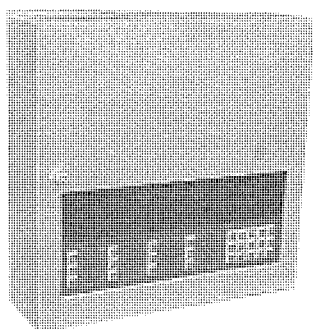


図 3. 大形照明自動制御システムの構成



(a) 主操作盤



(b) 副操作盤

図 4. 大形照明自動制御 システム

スイッチによる制御状態は信号線を介して主操作盤に伝送する。外部センサ(昼光センサなど)は、主操作盤と最大4台まで接続することができる。昼光センサを使用した場合、照度の制御レベルをあらかじめ設定しておけば、照度がこのレベルに達すると、窓側の照明を消灯、調光する信号を主操作盤から該当する端末器に送信し、照明負荷を制御することができる。

4.2 主操作盤

主操作盤の処理は、8ビットマイコンで行っている。パターン設定、タイムスケジュール設定、個別回路制御、パターン制御などを指定するキースイッチの操作及び外部センサ、壁スイッチ、副操作盤からの指定などを讀込んで内部プログラム処理により照明回路の制御信号を作り端末器へ送信する。主操作盤には、制御停止端子を設けており、この入力により、システムの制御を停止し外部のホストコンピュータなどの上位コントローラによる制御モードに対応できるようにしている。制御の優先順位は、①制御停止、②外部センサ制御、③マニュアル制御、④タイムスケジュール制御である。一時的な外部センサ制御の停止用として専用のスイッチを操作パネルに設けている。表示系は、発光ダイオードで構成し時計及びパターンなどの制御状態を表示する。また、設定された各種メモリ、個別回路の状態も呼び出し表示できるなど、豊富な表示機能をもち操作をしやすくしている。

4.3 副操作盤

副操作盤は、通常主操作盤とは別の場所に設置し使用されるもので、これもマイコンを使用している。操作パネルは、パターン、個別回路設定のキースイッチ、パターン、回路表示の発光ダイオードで構成している。副操作盤ではマニュアル制御だけが可能で操作スイッチにより希望する回路の点滅、段調光及びパターン制御が行える。この制御指定は、ベースバンド伝送信号に変換され主操作盤に送られる。操作した内容は、一定時間表示し、その設定内容を示し、またパターン制御状態は常時

表示している。

4.4 信号伝送

4.4.1 主操作盤と端末器及び出力表示盤

主操作盤と端末器及び出力表示盤とは、AM変調信号によって双方向伝送を行っている。すなわち主操作盤から制御信号を出力し端末器が動作すると、端末器からアンサバック信号を主操作盤に向け送信する。これを主操作盤が受信して動作の確認を行う。同様に、壁スイッチにより端末器を直接制御した場合も、端末器から信号を主操作盤に送信し確認を行っている。出力表示盤に対しては端末器の制御状態の信号を伝送し、それを受信して表示を行い、またアンサバック信号を送信する。以上の信号伝送を主操作盤から各端末器及び出力表示盤に対してサイクリックに行っているが、特定端末器を優先的に制御したい場合は、割込み伝送処理ができるようになっている。

4.4.2 主操作盤と副操作盤

主操作盤と副操作盤とは、ベースバンドによる双方向伝送を行っている。すなわち副操作盤で制御操作をすると、主操作盤に向け信号を送信し、主操作盤からはアンサバック信号の送信がある。副操作盤ではこれを受信し、確認して受信完了ブザーを鳴らす。主操作盤では、副操作盤からの信号に基づき端末器に制御信号を送信する。

4.5 出力表示盤

照明回路の制御状態信号を受信して、これを発光ダイオードによりまとめて表示するようになっている。

4.6 端末器

端末器は2心信号線の信号を受けて照明の制御を行うもので、点滅用、段調光用の2種類があり、各々4回路及び2回路の制御が可能である。これらの端末器は天井裏などに設置されるが、この端末器とは別に過電流遮断器を収納した分電盤を設ける必要がある。

5. 周辺機器

5.1 昼光センサ

屋内形で窓際の天井に受光部を天空へ向けて設置する。昼光センサ(図5.)は各制御システムに共通して使用でき、電源は交流100Vである。昼光センサの出力は低輝度、高輝度の2出力があり、主操作盤に接続する。受光素子は視感度補正したシリコンフォトダイオードを使用し、光電流を電圧変換して昼光量に比例したアナログ信号とした後、輝度設定をする比較回路に供給する。この信号は比較回路でデジタル信号に変換し、遅延回路を介して主操作盤に信号を送る。各動作

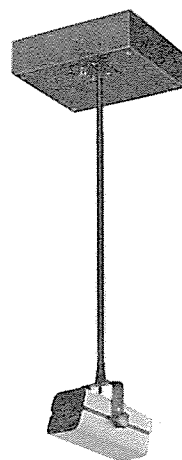


図 5. 昼光センサ

レベル及び、遅延動作時間の設定は本体に取付けたつまみで行う。遅延回路は、昼光量の変化が頻繁でも照明負荷を制御（点滅、調光）する回数を減らし居住者に不快感が少なくなるように設けたものである。

5.2 新形リモコンリレー

照明回路の開閉を標準分電盤の施設場所から離れた任意の場所で、

表 4. 新形リモコンリレー 定格

機 種 名		リ モ コ ン リ レ ー	
形 名		BR-12 A	BR-22 A
極 数 (主回路側)		1	2
定 格		負 荷 開 閉 容 量 20 A 300 V AC 操 作 回 路 AC 24 V 0.9 A	
重 量 (kg)		0.15	0.3
外 形 (mm)	幅	25	50
	高	57.5	
	長	95	

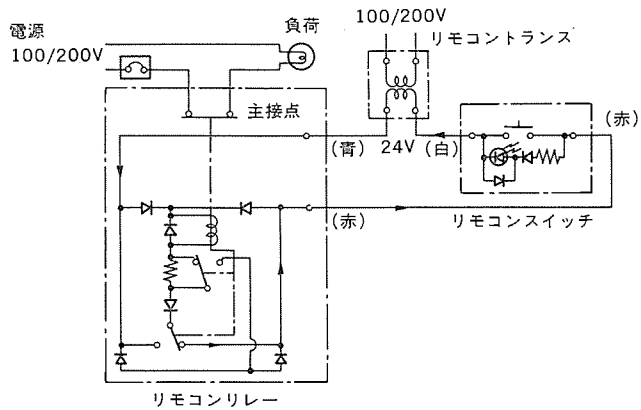
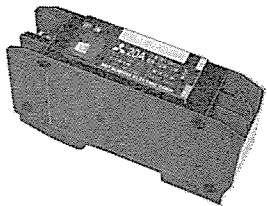
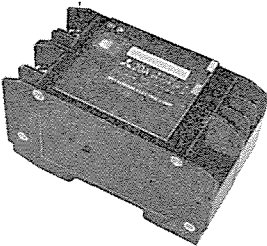


図 6. 新形リモコンリレー 接続図



(a) BR-12 A 形



(b) BR-22 A 形

図 7. リモコンリレー

遠隔操作、集中操作ができる リモコンリレー は、省 エネルギー の ニーズ にこたえて、これからの新しい配線 システム に最適である。この リモコンリレー の定格を表 4 に示す。

5.2.1 接続方法

一般に リモコンリレー は、リモコントランス、リモコンスイッチ と組合せて使用する (図 6., 図 7.)。リモコンスイッチ はリレー の動作状態を表示できるように、表示灯 (LED) を内蔵している。

5.2.2 性 能

- (1) 抵抗、誘導の各種負荷で 3 万回以上の開閉ができる。
- (2) 動作電圧 AC 18~30 V, 1/2~2 サイクル で開閉動作をする。
- (3) 内蔵の補助接点により操作電流は瞬時しか流れず、動作後は自己保持する構造である。
- (4) 過電流遮断器と組合せた短絡電流強度は 5 kA 以上である。

5.2.3 特 長

- (1) ツンパルス 動作方式で、方向性なく a 接点による単純な操作信号を送ることにより、リレー の主接点が交互に ON-OFF を繰返す方式である。また操作スイッチ にダイオードを組合せ方向性をもたせた制御もできる。
- (2) テストハンドル 付表示装置を備えており、保守点検時の機械的操作もできる。
- (3) 主回路定格 30 A, 3 極, DC 電圧用も揃え、ワイドバリエーションを図っている。

5.3 蛍光灯調光用半導体安定器

蛍光灯調光用半導体安定器は、定電流 プッシュプル 形 トランジスタインバータを使用した電子回路形安定器で、蛍光 ランプ を約 40 kHz の高周波で点灯するとともに、明るさを 20~100 % まで連続して変化できるようにしたものである。調光用安定器では、調光したときにランプを安定、確実に点灯させ、かつ ランプ 寿命を短縮させないことが要求される。このため、ランプ のフィラメントを常時適正に加熱する必要がある。この安定器は、位相制御段調光制御盤、端末器などから位相制御された電圧が供給されても常に適正な電圧がランプ のフィラメントに印加されるような特殊な回路方式を採用しており、また電源側の配線は在来の調光用安定器が 3 線必要であるのに対し、2 線で済むようになっている。この結果、調光特性、ランプ 寿命などの性能確保と既設の建物への適用が可能となった。この半導体安定器の外観を図 8., 定格を表 5. に示す。

この安定器は在来の調光用安定器と比較し次の特長を有している。

- (1) 省電力率が大きい。
- 高周波点灯方式の採用により ランプ 発光効率が増加し、安定器損失が減少した。定格点灯時の入力電力は在来の調光用安定器 (40 W 1 灯用) に比べ約 30 % 減少した。

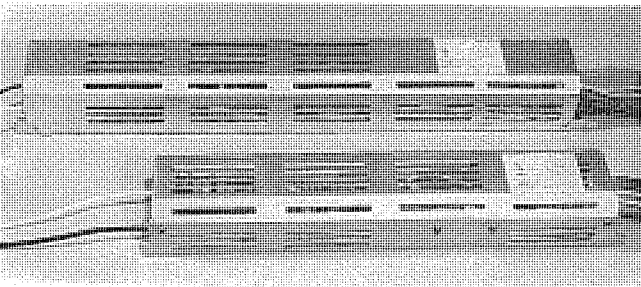


図 8. 蛍光灯調光用半導体安定器

表 5. 蛍光灯調光用半導体安定器定格

W 数	電源電圧 (V)	入力電流 (A)	入力電力 (W)	力 率	外 形 寸 法 (mm) H×W×L	重 量 (kg)
40 W 1 灯用	200	0.21	40	高力率	38×58×255	0.5
40 W 2 灯用	〃	0.41	78	〃	46×68×345	0.8
110 W 1 灯用	〃	0.52	98	〃	46×68×345	0.8
110 W 2 灯用	〃	1.04	196	〃	52×71×450	1.1

(2) 電子回路形安定器であるため大幅に軽量化した。

在来の調光用安定器と比較し、重量は約 20 % に減少した。

(3) 一般のラピッドスタート形ランプが使用できる。

在来の 40 W 調光用器具には、調光を円滑に行うため特殊な調光用ランプを必要としていたが、この安定器では一般のラピッドスタート形ランプが使用できる。

(4) 1 分岐回路に接続できる灯数が多くできる。

安定器が高力率で入力電流も少ないため、1 分岐回路に接続できる灯数が在来の調光用器具 (40 W 1 灯) に比較し、約 27 % 増加する。

(5) 電源周波数 50 Hz, 60 Hz 共用である。

(6) ランプのちらつきがない。

5. 4 段調光安定器

段調光安定器は蛍光ランプの明るさを全光 - 調光 (50 %) - 消灯の 3 段階に制御する安定器で、主安定器部と段調光アダプタで構成している。主安定器部には調光したときにもランプのフィラメントを適正な電圧で加熱する巻線を設けている。また段調光アダプタにはリレーと段調光インピーダンスを収納している。そして制御線への信号でリレーを動作させ、段調光インピーダンスを直列接続又は短絡してランプ電流を制御するようになっている。したがって、段調光安定器への配線は 3 線が必要となる。

6. 中形照明自動制御システムによる省電力率の計算例

照明制御システムによる省電力効果は、屋光利用制御及びタイムスケジ

ュール制御の両面によって行われる。中形システムでは制御も単なる点滅だけでなく、調光用半導体安定器との組合せにより、全光 - 調光 1 レベル - 調光 2 レベル - 消灯の 4 段階制御が可能になるから、よりきめ細かな制御ができる。

事務所照明における屋光利用制御の場合、単なる点滅制御方式であれば窓際の 3 列の器具を消灯対象とするのが精一杯であるが、中形のシステムでは調光対象は更に 4 列目 5 列目に及ぶこともあり、また 3 列目までについても点灯と消灯との間に調光状態が設けられるので一層省電力効果が高まる。

タイムスケジュール制御も就業前後を調光、昼休み時間帯を蛍光灯にすなど、実情に応じた省電力照明が可能になる。更に、蛍光灯調光用半導体安定器と組合わせた場合、全光時の光出力自体を変化させることが可能であり、これを利用して設備当初など、設計照度に合わせた調光を行うことによっても省電力が得られる。床面積 1,000 m², 20 m×50 m で長辺が南北にあり、北側に窓を設けた事務所で、設計照度 700 lx (照明器具: FLR 40 W 2 灯用 180 台を南北に 12 連として 15 列配置) の場合について中形のシステムを導入したときの省電力率を計算してみると、

- ・屋光利用制御による省電力率 16 %
- ・タイムスケジュール制御による省電力率 17 %
- ・設計照度への制御による省電力率 11 %

となる。システム全体の省電力率はこれらを単純に加算したものにはならないが、約 36 % となる。これに調光用半導体安定器自体の省電力率 12 % を加味すると全体で 44 % の省電力率が得られる。なお設定条件としては始業前 30 分、終業後 1 時間の 50 % 調光点灯、昼休み 1 時間全消灯とし、ランプ、照明器具の清掃回数は年 1 回、ランプ交換は個別交換方式、保守率は 0.7 とした。

7. む す び

照明自動制御システムは、省エネルギーと快適な照明環境を得るため各施設に設置されていくであろう。また市場の要求は多様であり、将来機能的、仕様の細分化されていくことも予想される。今後とも機能の向上、操作性の向上、設置工事の簡単化などの検討を行い、より適切なシステム作りを目指していく必要がある。

マイクロ波放電光源装置とその応用

児玉 仁 史*・吉 沢 憲 治**・正 田 勲*・大 貫 一 志*・伴 和 生*

1. ま え が き

HID ランプ（高圧放電灯）は、コンパクトでしかも高効率大出力ランプであることから、道路、広場、高天井の工場などの一般照明分野及びランプから放射される紫外線を主として利用する産業応用分野などで広く利用されている。

しかしながら特に産業応用分野においては、ランプは頻繁な点滅を要求されるにもかかわらず、一般の HID ランプではランプ点灯後その光出力が安定状態に達するまでの時間（始動所要時間）、及び一度消灯したランプが再点灯可能になるまでの時間（再始動時間）に数分から十数分を要し、頻繁な点滅という要求には応じきれないのが実状であった。このため従来の光源装置では、ランプは連続点灯状態としたまま、ランプ前面に設けたシャッターを開閉することで、ランプそのものの点滅に代えるという方法が用いられてきた。しかしながらこのような方法では、光の照射を必要としない時にもランプは点灯状態にあるため、実際にランプを必要とする時だけ点灯できる光源装置に比較し、消費電力が多くなり、省エネルギーの要請に反するという欠点があった。

この欠点を解消するため、近年水冷式超高圧水銀ランプを用い、始動所要時間及び再始動時間を2～3秒とした光源装置が実用化されている。しかしこの種のランプでは、内部に封入する金属は水銀に限定されるため、発光スペクトルの選択範囲が極めて狭い上に電極の蒸発、飛散によって発生するランプ管壁の黒化による寿命中の光出力の劣化が大きいという問題があり、また点滅寿命も十分とは言えなかった。

当社では、マイクロ波エネルギーにより球形の無電極放電ランプを発光させることにより、始動所要時間及び再始動時間を短縮すると同時に、点滅寿命が長く、所望の発光スペクトルを得やすいマイクロ波放電光源装置を開発し、この装置をUV塗料及びUVインクの硬化、写真製版など特殊照明用途に用いる産業用紫外線光源装置として製品化した。

本稿ではその基本構成と動作原理、この装置に用いられるランプ及びランプの特性、この装置の動作を確実にするための制御方式及び装置の安全性を確保するために設けられている安全対策並びにこの装置を産業用紫外線光源装置として用いた場合の従来装置との性能の比較について述べる。

2. マイクロ波放電光源装置の構成と動作原理

2.1 基本構成と動作原理

マイクロ波放電光源装置とは、マイクロ波電磁界を用いて球形の無電極放電ランプ内の蒸気を放電、発光させ、光源として利用する装置である。基本的には、マイクロ波共振空洞内に球形のランプを配置し、マグネトロンにより発生されたマイクロ波を給電して、放電、発光させ、この光を空洞外に取出して被照射面に照射するように構成している。図1.がこの装置の動作を示す基本構成断面図である。装置はこの

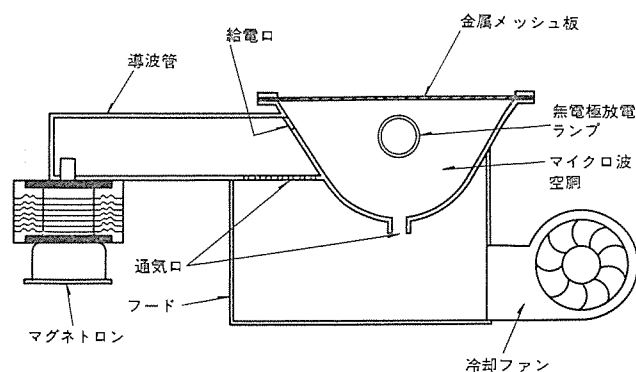


図 1. 基本構成断面図

ほか、マグネトロンを動作させるための電源部、装置の動作を制限するための制御部で構成している。この装置の動作を次に示す。

- (1) マグネトロンで発生したマイクロ波が導波管を伝搬し、給電口から回転対称形の空洞壁と金属メッシュ板とで構成したマイクロ波空洞中に放射する。
- (2) このマイクロ波によってランプ中の希ガスを放電させ、ランプ中にマイクロ波エネルギーを吸収させる。
- (3) この希ガスの放電により、ランプ管壁が熱せられる。ランプ中には放電によって励起、発光する金属とこれらの金属の蒸気圧を高めるためのハロゲン及び水銀が封入されている。管壁が低温状態にある時には、これらの封入物は管壁に付着しており、管壁温度の上昇とともに蒸発していく。
- (4) 金属の蒸発につれて放電は希ガス主体の放電から、水銀を主体とする金属蒸気の放電に移行し、封入金属に応じたスペクトルで発光する。
- (5) ランプから放射した光は、光反射面を兼用する空洞壁面で反射し、ランプからの直接光とともに金属メッシュ板から外部に放射する。産業用紫外線光源装置として設計したこの装置の場合、前面に補助配光手段を設けて最適配光を実現している。

ランプ及び空洞壁は、ランプの点灯中、放電によって加熱されるため冷却を行う必要がある。この冷却は図1.に示した冷却ファンで行う。ファンの冷却能力は、特にランプ消灯後ランプ壁の温度を下げ、ランプ内の蒸気圧が再び放電開始可能となるまでに下がる時間に影響し、冷却能力が大きいほどこの時間は短くなる。

一方、空洞外には空洞内のランプに紫外線を照射するように、始動補助用紫外線ランプが設けてある。これはランプの放電開始前にランプ中に光電離によって自由電子を生じさせ、放電開始を容易にするためのものである。

2.2 マイクロ波共振空洞

マイクロ波共振空洞は、空洞壁と金属メッシュ板で構成し、空洞壁は光

反射面を兼ねている。したがってその形状は、被照射面の照度分布が所望の照度分布となるように設計する必要がある。この装置の場合、補助配光手段を併用することによって、所望の照射距離における所望の被照射面の照度分布がほぼ均一となるように設計している。また共振空洞の寸法は、マイクロ波からの要請をも十分考慮する必要がある。このとき、ランプの放電状態は放電開始から定常放電状態まで変化し空洞のインピーダンスも変化するが、空洞の寸法はマイクロ波的にみた場合、定常放電状態で空洞が共振器となり、整合が良好となり、マイクロ波吸収が最大となるようになっている。

金属メッシュ板は、マイクロ波空洞壁の一部であるため、マイクロ波を反射し、外部へのマイクロ波の漏えいを防止するようできるだけ細かいピッチのメッシュにする必要がある。一方、光を効率良く空洞外に取出すため、光透過率を良くする必要がある。この装置では0.1 mm厚のステンレス薄板をエッチングによりメッシュ状にしたものを用いており、マイクロ波漏えいは装置外部で電子レンジの場合の規制値として適用されている1 mW/cm²以下で、光透過率は約90%となっている。

2.3 マイクロ波特性と始動所要時間

この装置の大きな特長の一つに始動所要時間の短いことが上げられる。図2.にこの装置でのマイクロ波電力反射係数とマイクロ波透過電力（ほぼランプに吸収される電力に相当する）及び光出力の放電開始からの時間変化を示す。ここで初期5秒間はマイクロ波電力は定常時の約1.5倍（ハイパワー）にしている。これは始動所要時間をより短くするためである。図からわかるように、定常放電状態で整合がとれるように設計しているため、点灯後1～2秒の時点で電力反射係数は0.4以上あり、整合は良好とは言えない。しかし透過電力はハイパワー時の最大透過電力の90%以上となっており、ランプの点灯初期よりランプに大きなマイクロ波エネルギーが吸収されていることがわかる。このため、ランプ内に封入された封入金属の蒸発も急速に進み、光出力も急速に増加する。実際の光出力の増加の状況は図に示すように点灯後5秒間はほぼ直線的に増加し、定常電力に切換えた後安定している。ランプ点灯後、光出力がこの安定光出力の90%に到達するまでの時間を始動所要時間とすれば、この場合約3秒である。

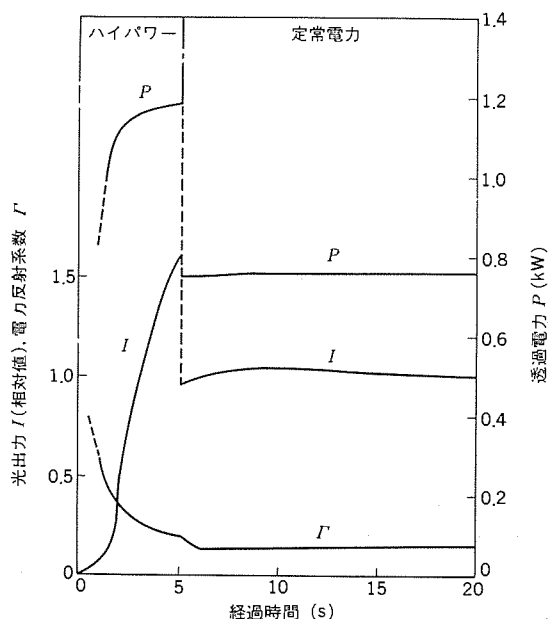


図2. 光出力、透過電力、光出力の点灯直後からの時間変化

在来の電極を有するランプは、点灯回路に用いられる安定器のインピーダンスを始動初期のみ減少させ、ランプに流れる電流を増加させることによって、始動所要時間を短縮する方法もあるが、この場合、通常の点灯回路でランプを始動させる方法に比べ、電極の消耗が激しくなり特に頻繁に点滅を行ったとき、ランプの寿命が短くなる。これに比べてこの装置ではランプは無電極であるため、始動所要時間が短いにもかかわらずランプの点滅寿命が長いという特長もある。

3. 無電極放電ランプ

この装置に用いるランプは図3.に示すように、管壁が透明石英ガラスの内径30 mmの球形ランプで、内部には始動用希ガス、水銀及び所望の発光スペクトルを得るための金属などが封入されている。ここではこのランプの特長について述べる。

3.1 無電極放電ランプのマイクロ波特性に及ぼす影響

ランプはそれが点灯状態にあるとき、マイクロ波空洞内に放電空間を生じさせることになり、この放電空間の存在によって空洞のマイクロ波特性に影響を及ぼす。このようなランプのマイクロ波特性にあたる影響は次の3点によって決まる。①ランプの形状、②空洞内でのランプの位置、③ランプの放電状態、このため同一のマイクロ波空洞内で、あらかじめ決められた形状以外のランプを点灯させたり、異なった位置でランプを点灯させることはマイクロ波空洞のインピーダンス整合を変化させ、マイクロ波吸収を少なくする方向に作用する。

一方、図2.に示すように、マイクロ波空洞の整合状態はランプの放電状態によっても変化する。このようなマイクロ波特性への影響という面から見た場合、放電状態を決定する主なる因子は、放電に寄与する水銀の量である。しかしながら、封入水銀量が少ないとき、このような整合状態への影響は大きくなるものの、封入水銀量が多くなると、封入水銀量の変化による整合状態の変化はほとんど認められなくなる。したがって水銀封入量が多いときは、所望のスペクトルを得るため封入する金属の種類及び量を変化させても整合状態の変化はほとんど認められず、整合状態への影響が所望のスペクトルを得る上での障害となることはない。

3.2 ランプ重量の安定時間に及ぼす影響

始動所要時間は、ランプ管壁温度が点灯時の定常温度に達するまでの時間である。したがってランプ管壁の熱容量が小さいほど安定時間は短くなり、ランプ形状及び管壁材料が同一のとき、この熱容量は管壁の肉厚で決定され、ほぼランプ重量で代表できる。図4.はこのランプ重量と安定時間の関係を示す図である。図で明らかなように、ランプ重量の減少とともに始動所要時間は短くなる。しかし、ランプ管壁肉厚を薄くしすぎた場合、ランプの破損が生じやすく、極端に薄くすることは出来ない。この装置では、ランプ重量を約4 gとし、始

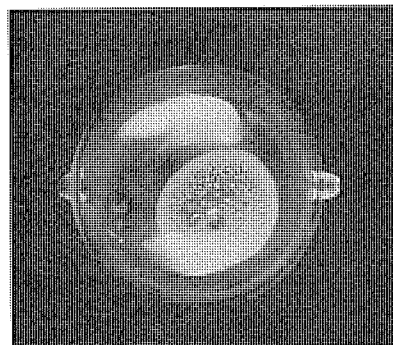


図3. 球形無電極放電ランプ

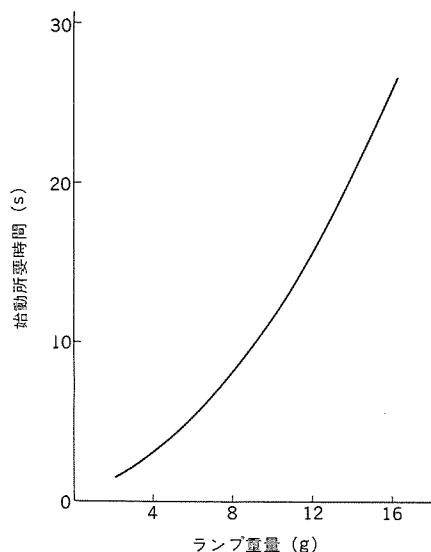


図 4. ランプ重量と始動所要時間特性

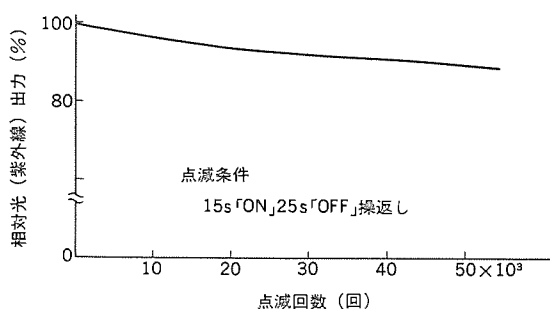


図 5. ランプ点滅回数と光出力劣化特性

動所要時間 3 秒を実現している。一方、ランプ管壁の熱容量を減少させることは消灯後、ランプの冷却を急速に行い、短時間の内にランプ内の蒸気圧を再始動可能な値まで引き下げることが出来ることを意味し、再始動時間を短縮する方向にも働く。

3.3 ランプ寿命中の光出力の劣化と寿命

一般に電極を有する放電ランプは、光出力の劣化は電極の蒸発、飛散によるランプ管壁の黒化が主たる原因となっている。これに対し、この装置では、ランプは電極を必要としないため、このような現象は起こり得ず、ランプ管壁材料である石英ガラスの一部が結晶化することによって生ずる管壁の白濁による光出力の劣化のみで、管壁黒化による劣化に比べその程度は極めて少ない。図 5. にこの装置の標準的点滅条件における点滅回数に対するランプ光出力の劣化特性を示す。図で明らかなようにこの装置では、点滅 5 万回でランプ光出力は初期値の 90 % までしか劣化しないが、石英ガラスの再結晶による強度低下を防止するため、標準的点滅条件での点滅回数を 5 万回に制限している。

3.4 ランプの発光スペクトル

電極の有する放電ランプにおいては、ランプ内に電極と強い反応性をもつ物質を封入すると、電極の急速な劣化による早期不点及び急激な光出力の劣化が発生し、この種の物質は実用上所望の発光スペクトルを得るための封入物としては使用できない。これに対し、無電極放電ランプは、ランプ内に封入する物質にはこのような制限はなく、かつ所望の発生スペクトルを得るために封入される封入物によるランプのマイクロ波特性への影響は認められない。したがってランプ内に封

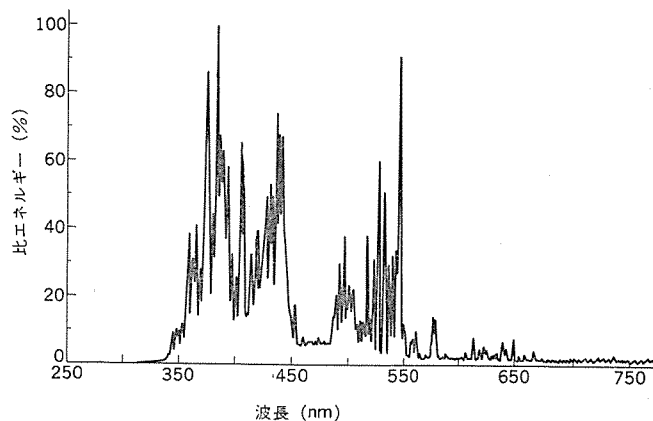


図 6. 球形無電極ランプのスペクトル分布

入する封入物は比較的自由に選択でき、所望の発光スペクトルも得やすいという特長がある。

図 6. はこの装置に用いたランプの発光スペクトルを示す。一般に紫外線応用産業分野において用いられる紫外線感光剤の最高露光感度は、350~450 nm の波長域にあるものが多い。この装置に用いられるランプは内部に水銀及び鉄を主体とした物質を封入し、上記波長域にその発光を集中させていることがわかる。

4. 制御装置

この装置は、特に産業用分野の紫外線光源装置に必要とされる仕様の実現と安全性の確保のために、マイクロコンピュータ（以下、マイコンと称す）を用いた制御回路を備えている。

4.1 制御装置の構成

制御装置の構成を示すブロック図を図 7. に示す。装置は、1K バイトの PROM を有するワンチップマイコンであるインテル 8748 を中心に回路を構成している。制御のために参照する入力信号と光源装置の動作を操作するための出力信号は次のとおりである。

(1) 入力信号

- (a) 点灯操作スイッチの接点信号
- (b) ランプの光出力信号
- (c) 漏えいマイクロ波信号
- (d) 交流電源の位相信号

(2) 出力信号

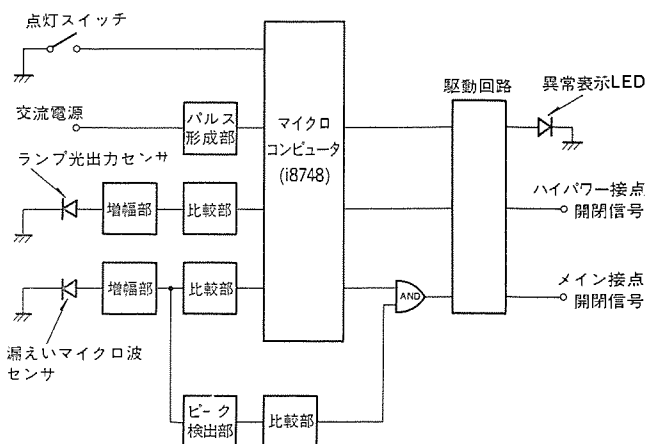


図 7. 制御装置ブロック図

- (a) メイン 接点開閉信号
- (b) ハイパワー 接点開閉信号
- (c) 異常表示灯 LED 点滅

上記の入力信号と内蔵されたタイマー信号から装置の動作状態を判断し、制御を行っている。なお、高レベルのマイクロ波漏えいに対しては、マイコンを介さず、個別 IC で構成した検出回路が制御出力を形成しており、万一マイコンがプログラム暴走などの異常状態となってもマイクロ波漏えいに対する処理をし、安全が確保できる回路構成となっている。

4.2 制御機能の概要

制御は点灯制御と安全機構に大別できる。

(1) 点灯制御

- (a) ハイパワー 動作の制御

始動時の接点閉路順序、ハイパワー 時間、ハイパワー 終了時の接点開路位相の管理を行う。

- (b) 再始動阻止時間帯（ロック 時間）の設定、制御

点灯時間に応じて再始動 ロック 時間を設定し、この時間帯中は再点灯を阻止する。

(2) 安全機構

- (a) マイクロ波漏えい インタロック
- (b) ランプ 不点 インタロック
- (c) 異常表示 LED 点滅

上記異常発生時に点滅 パターン で異常の種類を表示する。

5. マイクロ波放電光源装置の諸特性

この装置は、従来の電極を有する放電 ランプ を用いた光源装置と異なり、マイクロ波電磁界から直接 エネルギー を吸収し、放電、発光を行うため、ランプは各種の特長があるが、その特長は次のように無電極であることによる特長と マイクロ波による放電であることによる特長に大別できる。

(1) 無電極放電 ランプ であることによる特長

- (a) 電極劣化によって生ずるランプ管壁の黒化による光出力劣化や不点灯が無く、寿命、特に点滅寿命が長い（5 万回）ため、ランプ 交換費用が少なくてすむ。
- (b) 封入物の選択範囲が広く、所望の発光 スペクトル が得やすい

表 1. マイクロ波放電光源装置仕様例

項 目	仕 様
電 源 電 圧 (V)	AC 200~240
入 力 電 力 (kW)	1.4
電 源 周 波 数 (Hz)	50, 60 兼用
紫 外 線 出 力 (安定時)	メッシュより 700 mm の距離で 4.6 mm/cm ² 以上
始 動 所 要 時 間 (s)	3
再 始 動 時 間 (s)	20
ラ ン プ 寿 命 (回)	点滅 50,000
冷 却 方 式	強制空冷

ため、高効率のランプが得られる。

- (c) ランプ 構造が極めて簡単である。

(2) マイクロ波放電であることによる特長

- (a) 点灯直後からランプに大きなエネルギーを供給でき、始動所要時間が短い（3 秒）。

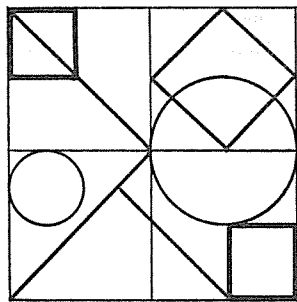
- (b) 強いマイクロ波電磁界で始動でき、再始動時間を短縮できる（20 秒）。

- (c) ランプからの放射赤外線が少なく、被照射物の加熱が少ない。

以上がこの装置の基本的特長であるが表 1. にその仕様を示す。

6. む す び

マイクロ波放電光源装置は、始動所要時間、再始動時間が短い、寿命、特に点滅寿命が長い、スペクトルの選択範囲が広いなどの優れた特長を有する光源装置である。したがって今回製品化した分野に限られることなく、今後、従来の HID ランプ が最も不得意とした激しい点滅の要求される分野に更に広く利用されることが期待できる。



特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

蛍光放電灯 (特許 第 893078 号)

発明者 竹田 俊幸・伊藤 弘・野田 昭吉・馬込 一男

この発明は、蛍光放電灯、特に雑音を防止するとともに、長寿命化を目的とした放電灯用電極の改良に関するものである。

すなわち、図に示すようにタングステンヒーター線(1)を芯線としてこれにタングステン細線(3)をらせん状に巻き付けて1次コイルとし、更にこれをらせん状に巻いて2次コイルを構成し、この2次コイルに電子放射物質(5)を隙間なく充填するとともに、2次コイルの最大径(d)を0.2~1.0 mmとし、かつ2次コイルのターン間隔(p)を0.25 mm以下とした電極を蛍光放電灯に設けたものである。

このような蛍光放電灯は、電極の輻射損失が最大とする構造を有

し、しかも2次コイル内に全く空隙を作らないように電子放射物質が充填されているので、点灯中陰極輝点はコイル外表面にしか存在することができない。そのため従来の電極のようにコイル間の相互輻射はほとんどなく、冷却効果を高め過剰な熱電子放出を効果的に抑制する。そしてこの効果は電極の構造上、点灯期間中維持される。

このようにこの発明の特長は、点灯初期から寿命末期までほとんど一定に低雑音を維持し、更に2次コイル内部に空隙を作らずに電子放射物質を充填するので、従来の電極コイルに比して電子放射物質充填量は50~80%増加し、長寿命化が図れる。

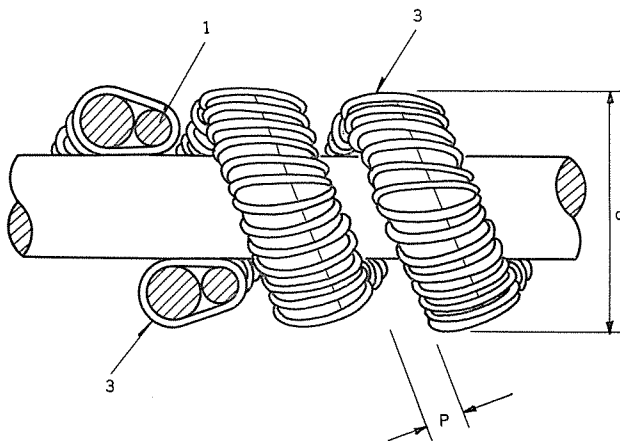


図 1

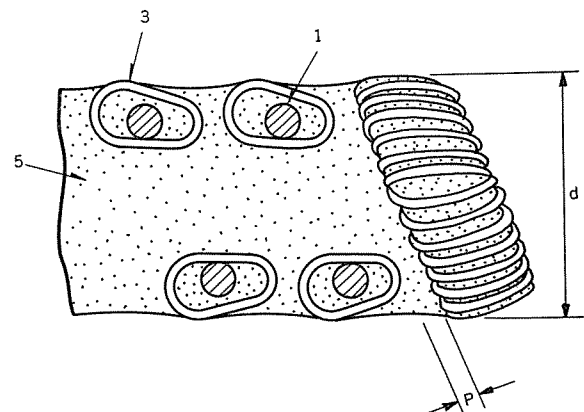


図 2

高圧水銀ランプ用電極体の製造方法 (特許 第 914017 号)

発明者 伊藤 弘・今井 純・菅野 文夫

この発明は、高圧水銀ランプの発光管端部に封着される電極体の製造方法に関するものである。

従来、この種の電極体の製造方法は、タングステン製の電極棒とモリブデン製の金属箔との接続部に、白金箔又はタンタル、パラジウム、ニオブ、ジルコニウム及びこれらの合金の粉末をスラリーにし、これを鉄材として介在させ、電気溶接していた。

この発明は、これら従来鉄材のそれぞれの利点のみを兼ね備えた難融性金属用の鉄材として、クロム金属が最も適していることをつきとめ、図に示すようにクロム金属粉末(14)を溶剤に混合してスラリーとなし、これをタングステン金属棒(5)とモリブデン箔(7)の接続部に

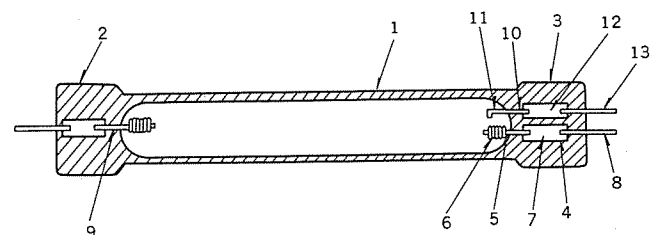


図 1

介在させ、電気溶接したものである。

したがって、この発明は従来方法に比べて次のような特長がある。

- ①白金箔の場合のように高価にならない。
- ②溶接作業の機械化が容易で自動的かつ連続的に行え得る。
- ③タantal、パラジウム、ニオブ及びジルコニウムなどの場合より低い温度で溶接が行えるため、鉄材の酸化による体積膨脹のおそれなくなり、電極体封止部の破壊が防止され信頼性を高めることができる。

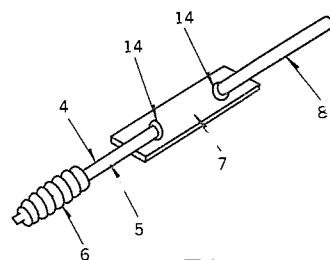


図 2

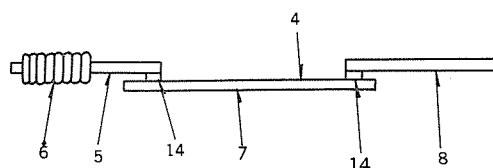


図 3

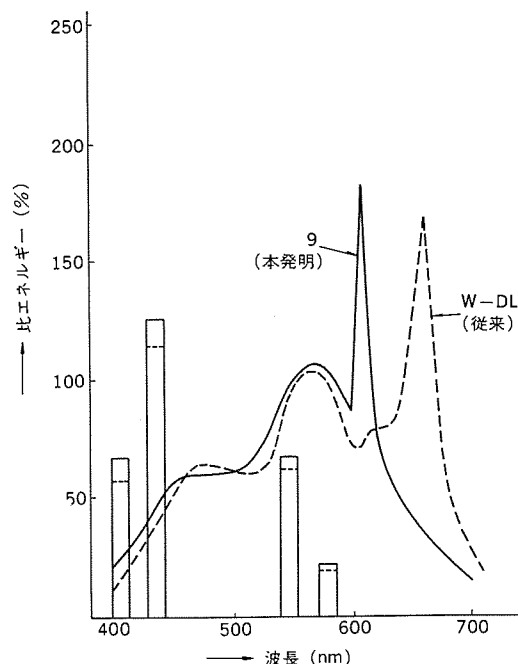
蛍 光 ラ ン プ (特許 第 921304 号)

発 明 者 村 上 勝 男・大 谷 光 興・平 田 東 洋 夫・梅 田 三 郎

この発明は、発光効率を低下させることなく演色性を改善した蛍光ランプに関するものである。

すなわち、この発明の特長は、蛍光ランプに塗布する蛍光体として、ユーロピウム付活酸化イットリウム蛍光体 45~0.5 重量% と、錫付活アルシノリン酸ストロンチウム・マグネシウム蛍光体 62~1 重量% と、マンガン付活けい酸亜鉛蛍光体又はマンガン付活けいゲルマニウム酸亜鉛・マグネシウム蛍光体の少なくとも 1 種の蛍光体 37~0.5 重量% と、アンチモン・マンガン付活ハロリン酸カルシウム蛍光体又はアンチモン付活ハロリン酸カルシウム蛍光体との混合ハロリン酸カルシウム蛍光体 85~10 重量% とを混合したものを使用するか、又はこの混合蛍光体にマンガン付活フロゲルマニウム酸マグネシウム蛍光体又はマンガン付活けい酸マグネシウム蛍光体の少なくとも 1 種の蛍光体 5 重量% とを混合し用いたものである。

このような蛍光体層を有する蛍光ランプは、深赤色の発光が減り図に示すような分光分布を得、例えば色温度が 4,500 K の白色光を発光する従来品と比較すると、Ra(平均演色評価数)が 82 で従来と同等であるが、効率は 72 lm/W で約 20% 向上し、良好な演色性と高効率を同時に達成できる。



大規模燃料基地の電気設備

戸田 忠*・戸川隆司**・谷口政弘***・植田 哲+

1. ま え が き

最近の火力発電プラントは世界的なエネルギー情勢を反映し、使用燃料が従来の石油からLNG、LPG、石炭又はCOMなどへと多様化されつつあり、また単機大容量化の傾向にあるが、これに伴い燃料の受入基地も大規模なものが計画されてきている。

これら燃料受入基地は、発電プラント用、都市ガス用などその供給先の公共性が高いうえ、更にLNG、LPGなどの液化ガス燃料は受入基地にて気化し、直接、発電プラントに供給されるため、受入基地側のトラブルが発電プラントの停止につながることも考えられ、基地運用の信頼性は特に高いものが要求されている。

ここでは、上記燃料のうち脱石油化の柱として近年特に伸びの著しいLNGをとりあげ、現在建設が進められている日本海エル・エヌ・ジー(株)新潟基地を例にとり、電気設備の信頼性設計について、特に所内電源回路構成及び事故時の所内電源切換方式を中心に、その概要を次に紹介する。

なお、LNGとはLiquefied Natural Gasすなわち液化天然ガスの略称であり、天然ガスを -162°C という超低温で液化したもので、クリーンエネルギーとして我が国の燃料転換政策の一翼をになうものである。

2. LNG基地の概要

図1.にLNG受入基地の受入、貯蔵、気化系統の概略を示す。

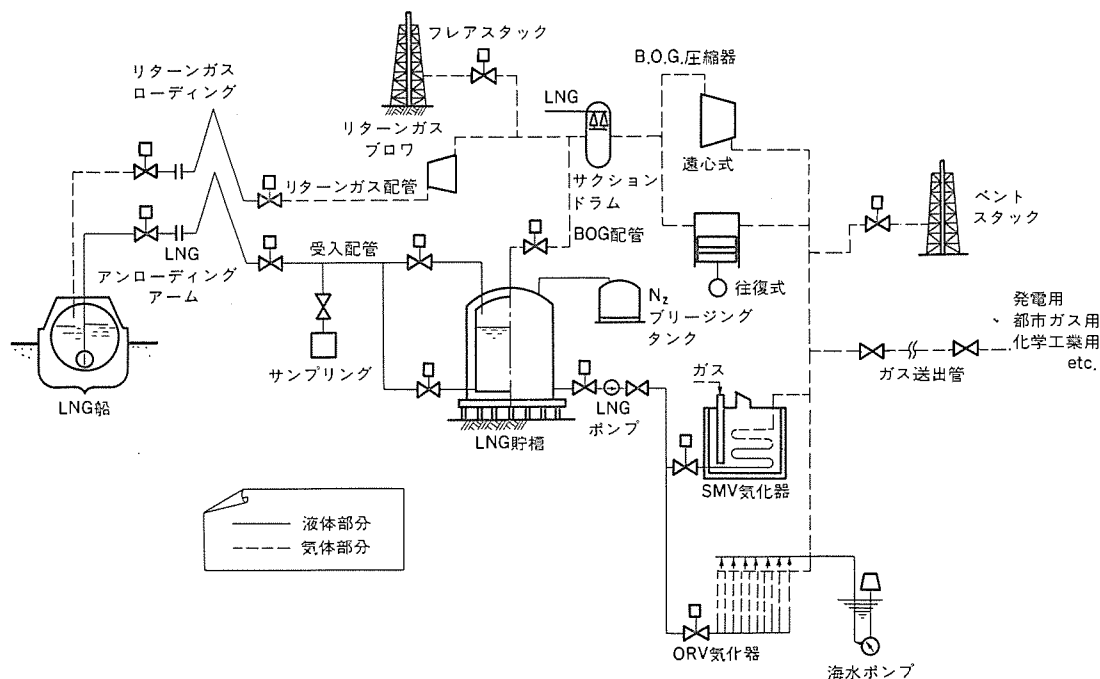


図1. LNG受入、貯蔵、気化系統概念

* 日本海エル・エヌ・ジー(株) ** 三菱重工業(株)
*** 三菱電機(株)制御製作所 + 同本社

LNG 貯槽は BOG 圧縮機により内圧をコントロールされるが、それらのトラブルによる貯槽内圧の異常上昇に備え安全弁が設けられている。しかし低温可燃性ガスを大気にそのまま放出するのは好ましくないため、燃焼処理し大気放出する設備としてフレアスタックが設けられ、またガス送出管などの常温ガスを安全に大気に放出する設備としてベントスタックが設けられる。

また、オープンラック式気化器に熱源としての海水を供給する気化器海水ポンプが設けられる。更に保安、防災設備としてガス漏えい検知警報設備、粉末消火設備、散水設備などが設けられる。

上記は一般的な LNG 基地のプロセスを説明したものであるが、これらの所内動力を賄うために設けられる電源設備について、日本海エール・エヌ・ジー(株)新潟基地の場合を例にとり、信頼性設計を中心に概要を紹介してゆく。当基地は製造ガスの供給先が、現在隣接して計画されている東北電力(株)東新潟火力3号109万kWコンバインドプラントなどの新潟地区火力発電プラントをはじめとし、非常に公共性が高いことから、製造ガスの安定供給はこのプラントの絶対条件と言える。

特に、ガスた(焚)き火力発電所はその特徴として、燃料受入れ基地からガス送出管を経由し直接燃料の供給を受け、液体及び固体燃料の場合のように発電所側に油タンクや貯炭場といった貯蔵設備を持たないことから、LNG 受入基地側のトラブルがすぐさま発電プラントの停止を招く事態となりうる。このため受入基地の諸設備は、発電プラントと同等以上の高度な信頼性が要求される。

また、受入基地の性格上、発電プラントの場合と異なり、定期的なプラントを全停させ、点検、整備作業を行うことが困難なため、電気設備においてもプラント運転を継続しつつ、部分的に順次点検、整備が行えるよう配慮する必要がある。

3. 所内電源回路構成

図2. に所内回路の単線図を示し、以下に概要を説明する。

3.1 特高開閉設備

特高開閉設備は基地の重要性、環境などを考慮し、信頼性、省スペース性、運転・保守の省力化及び耐環境性に優れた 77 kV 全三相一括形開閉設備 (GIS) とした。

受電は東北電力(株)の系統から2回線(常用、予備)を受け、常用回線事故時には速やかに予備回線側に切り換えを行う。また、特高母線の事故あるいは点検時においても、受入基地が全停とならないように健全母線単独で、運転継続が可能とした。

3.2 受電用変圧器

変圧器は、1台が事故あるいは点検時にもプラントの最大運転である LNG 年間 290 万 t の受入に要する所内動力を供給でき、その上将来のプラント増設分も考慮に入れたものとし、30 MVA×2台を設置した。

3.3 高圧母線

高圧回路は3母線構成をとり、電源として受電用変圧器2台と非常用発電機1台を接続する。また、別に冷熱発電機1台を接続するよう計画している。

そして、1母線が事故あるいは点検中に残りの2母線に2プラントの最大負荷運転が継続できるように各母線間は母線連絡遮断器で連絡可能とした。上記の非常用ディーゼル発電機 6,500 kVA は受電回線が2回線とも停電時に、プラントが安全停止できるよう防災、保安電源を供給し、また冷熱発電設備は発生電力にて所内動力の一部を供給できるように計画している。更に、省エネルギーに対する配慮として、力率改善用コンデンサ、3,000 kVA 2群を設置し、運転負荷の無効電力によりコンデンサ容量を自動選択切換えして変圧器及び電線路

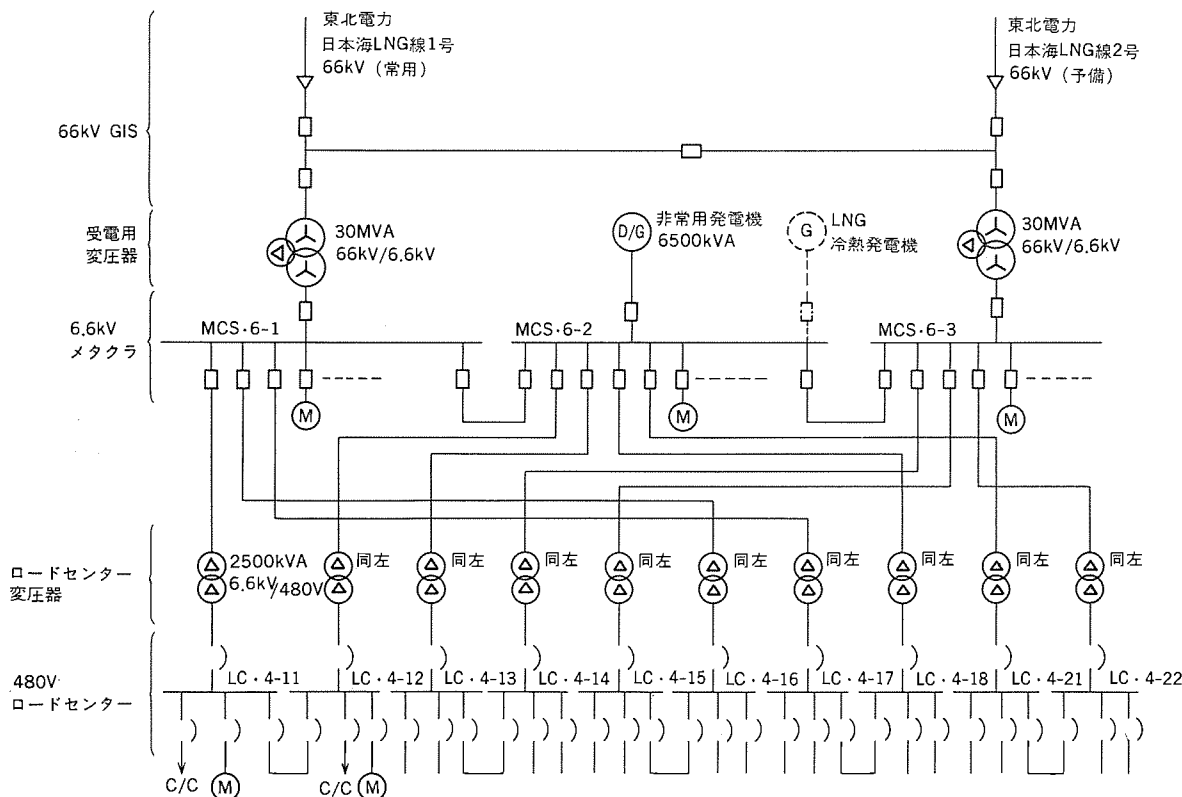


図2. 所内系統構成図

における電力損失の低減を図った。

3.4 高圧補機電動機

主要な高圧電動機は次のとおりである。

気化器海水 ポンプ	1,750 kW × 5 台
BOG 遠心式圧縮機	1,300 kW × 4 台
BOG 往復動式圧縮機	530 kW × 2 台
高中圧 サーマージド 気化器空気 ブLOW	270 kW × 1 台
中圧 サーマージド 気化器空気 ブLOW	530 kW × 1 台
防消火海水 ポンプ	2,000 kW × 2 台

以上の電動機を 1 母線停止時もプラントの最大運転が継続できるように各母線に分散した。

3.5 高圧メタクラ

2 段積 VCB (真空遮断器) を採用し、3 群の総面数は 31 面である。

3.6 ロードセンター変圧器

2,500 kVA × 10 台を各ロードセンターに設置した。受電変圧器と同様、1 台が事故又は点検時にもプラントの継続運転ができるようロードセンター 2 群ごとに母線連絡遮断器を設け、1 台にて 2 群のロードセンターの動力を供給できるものとした。そして母線遮断器を介して対となる 2 群のロードセンター変圧器の一次側はそれぞれ別の高圧母線に接続し、一つの高圧母線が停電時もロードセンター全群が受電可能とした。

3.7 低圧補機電動機

主要な低圧電動機は次のとおりである。

低圧 LNG ポンプ	217 kW × 12 台
中圧 LNG ポンプ	243 kW × 6 台
高圧 LNG ポンプ	180 kW × 4 台

表 1. 各事故点に対する電源切換方法

事故点		切 換 前	切 換 後
送電線 66kV GIS	(A)		
	(B)		
	(B')		
受電用変圧器	(C)		
	(C')		
メタクラ母線	(D)		

(注) ○ : シャ断器開放状態
● : シャ断器投入状態

リターンガスブLOW	160 kW × 2 台
計装用空気圧縮機	120 kW × 3 台

3.8 ロードセンター

10 群構成で総面数は ACB (気中遮断器) 3 段積で 56 面である。

以上述べたように所内電源設備としては大規模なものであり、各設備の事故時には必ずプラントの継続運転が可能ないように回路構成について十分な配慮が払われている。表 1. は上記電源系統における各設備において事故が生じた場合に速に事故点を切り離し、電源切換後に所内動力を給電できることを示したものであるが電源切換方式についても次に述べるような検討を行った。

4. 電源切換方式

一般に誘導電動機が多数接続された母線の電源が開放されると、その母線には誘導電動機の回転子側の残留磁束の影響で残留電圧があらわれることが知られている。所内電源の切換方式の選定にあたっては、この母線残留電圧の特性に着目し、電源切換時に各機器に与える影響を考慮しなければならない。

(1) 電動機に対する影響

電源電圧と母線残留電圧のベクトル差電圧が大きい状態で電源が再投入された場合には、電動機に生じる過渡トルクは非常に大きく、最悪の場合は電動機軸端部や固定子コイルエンド部の損傷につながることもある。

一例として図 3. に 1,450 kW の電動機を 残留電圧が 100% で位相差が 180° の点、すなわち全く逆位相の時点で電源を再投入した場合の電動機発生トルクと軸トルクのシミュレーション結果を示している。この結果から、電動機の発生トルクが約 9.0 PU と非常に過酷な条件となっていることがわかる。この LNG 基地の大形電動機は電源再投入時における電源電圧と母線残留電圧のベクトル差電圧が 1.6 PU 以下であれば頻度の少ない切換えに対し、寿命に大きな影響を受けないとしている。

(2) 変圧器に対する影響

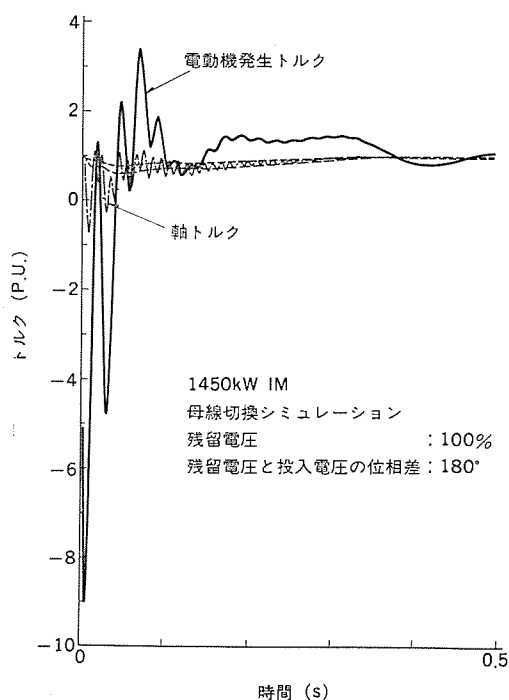


図 3. 母線切換時の過渡トルク

表 2. 所内母線の電源切換方式

切 換 方 式	説 明
瞬時停電切換方式	一方の電源側遮断器トリップの条件で他の電源側遮断器を投入する方式
停電切換方式	
不足電圧リレー方式	切換時の母線残留電圧の大きさが一定値に低下したことを電圧リレーで検出し切換える方式
限時リレー方式	切換時における残留電圧が一定値以下になる時間に限時リレーを整定し切換える方式
位相検出方式	電源電圧と残留電圧の位相差が一定範囲内になったとき投入するように位相差を検出し切換える方式

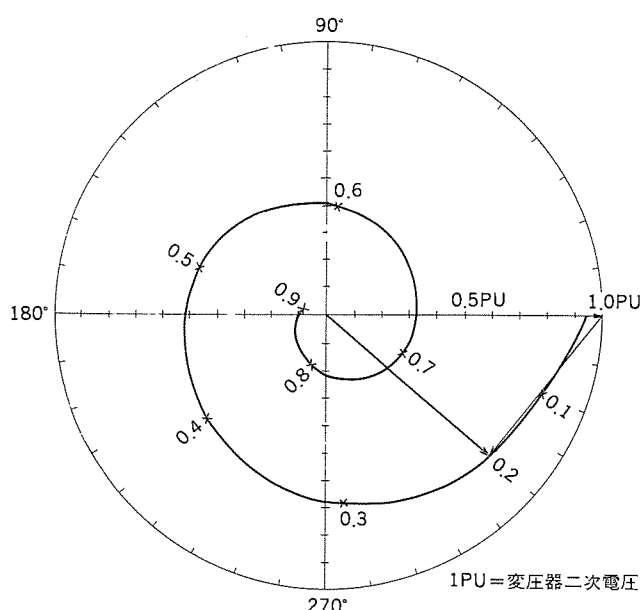


図 4. 火力発電所での 6 kV 母線残留電圧

電源再投入時に差電圧が大きい場合は、電源から流れ込むインラッシュ電流が大きくなり、特にこのインラッシュ電流の変圧器に及ぼす影響が問題となる。この設備の場合、定格電流の 3 倍のインラッシュ電流が年に数回程度流れることは寿命に大きな影響を受けないとしている。

(3) 電圧降下の影響

上記のようなインラッシュ電流により、所内母線の電圧の降下の影響も考慮しておく必要がある。これらの制約条件をふまえ、表 2. に示す瞬時停電切換方式か停電切換方式を選択することになる。

瞬時停電切換方式は、最も短時間に切換える方式で一方の電源側遮断器トリップの条件で瞬時に他の健全電源側遮断器を投入するもので、所内高圧系統の遮断器 (VCB, GCB, MBB) の場合では定格遮断時間が 3 ~ 5 Hz, 定格投入時間が 0.1 s (高速度投入遮断器の場合) 程度であり、切換えに約 0.2 s 程度の時間を要することになる。これに対し停電切換方式は再投入時に電動機に生じる過渡トルクを抑えるために、残留電圧が一定値以下になってから切換えるもので、その具体的方式として表 2. に示す 3 種類があげられる。停電切換方式においては一般的に再投入時のインラッシュ電流が大きくなるので、切換時に所内補機を選択停止が行われる。

図 4. は火力発電プラントでの所内高圧回路における電源開放時の母線残留電圧実測データの一例であり、電源電圧のベクトルを 1.0 PU

とし、母線残留電圧の絶対値と位相を電源開放後の時間変化に対し円グラフ上にプロットしたものである。これによれば、電源開放後、次第に母線電圧の絶対値は減少し、位相も徐々に遅れながら渦巻状の軌跡をつくる。

火力発電プラントの場合は、既設プラントの所内系統の母線残留電圧の実測データが多数集積されており、それによると、瞬時停電切換えに要する切換時間 (約 0.2 s) において位相差は一般的に多くとも 60° 程度であり (図 4. の例では約 40°), 電源再投入時の各機器に対する影響が問題ない範囲となることから、瞬時停電切換方式が採用される場合が多い。しかし、前述のように LNG 基地の給電対象補機には GD² の大きな大容量の通風機が少なく、ポンプ類の補機が大多数を占めるという点では火力発電プラントの場合と大きく異なっており、残留電圧の減衰速度及び位相変化速度が異なることが想定され、瞬時切換えが採れるか否かについては別途検討の必要がある。

検討の結果、停電切換えを行わざるを得ない場合には、切換時に必要な停電時間を求め、受入基地プロセスに対する影響及び需要家に対する影響を検討しなければならない。よって、電源切換方式の選定にあたり、切換時の電気的な過渡現象を定量的に把握するためシミュレーション計算を実施した。

5. 電源切換シミュレーション

5.1 シミュレーションプログラム

シミュレーション計算に使用したプログラムは、三菱電機(株)の「誘導電

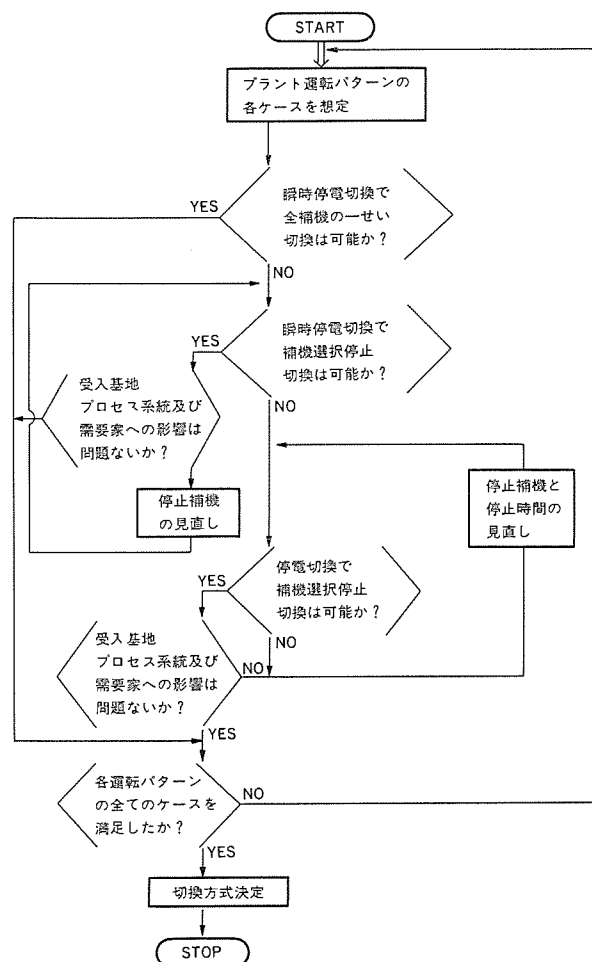


図 5. 電源切換方式選定のフローチャート

動機を含む系統の安定度計算プログラム」で、所要データとして系統の各インピーダンス、誘導電動機の諸定数（定格容量、拘束リアクタンス、励磁リアクタンス、回転子開路時定数）、電動機及び負荷の慣性定数、負荷トルクの特性定数、事故条件及び切換条件などを入力し、誘導電動機を含む系統の動的な現象をシミュレーションできるものである。

5.2 シミュレーション計算内容と結果

将来のプラント増設分をも考慮に入れ、図5.に示す手順で各種運転パターン及び事故時電源切換の各ケースについて計算を繰返し実施した。

図6.に計算結果の一例として、LNG最大量受入れ時において送電線の事故により電源が開放された場合の母線残留電圧の軌跡を示す。図6.の計算結果を前述の図4.に示す火力プラントの例と比較すると、残留電圧の絶対値の減衰は若干遅くなっているが、位相の変化は非常に速くなっている。これは他のケースのシミュレーション計算結果についても同様であり、LNG基地の場合は残留電圧の位相変化速度は、火力発電プラントとは大きく異なることが明らかとなった。

6. LNG基地における所内電源切換方式

(1) 瞬時停電切換方式

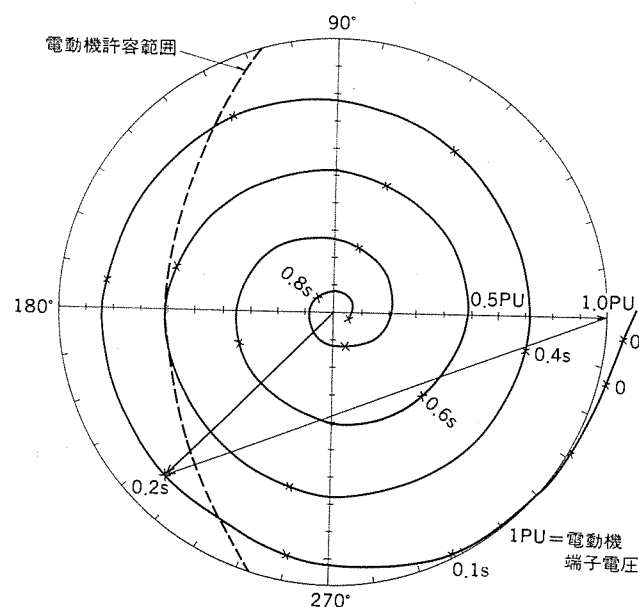


図 6. LNG基地の6kV母線
残留電圧

図6.の例でも瞬時停電切換時間約0.2s後には135°の位相差となっている。これは、電動機の許容差電圧値1.6PUを越えることになりこの方式の採用は難しい。

(2) 位相検出方式

残留電圧の位相変化は、各シミュレーションケースとも非常に速いので、位相リレーの動作時間（約40ms）と遮断器の動作時間を考慮すると、電動機の許容電圧範囲内にタイミングよく電源を再投入することは極めて困難であり、この方式は採用できない。

(3) 不足電圧リレー方式

電動機の許容電圧範囲内での電源投入は可能であり、この方式は採用できるが切換回路が限時リレー方式に比べやや複雑となる。

(4) 限時リレー方式

シミュレーション計算によりすべての事故ケースに対し、母線残留電圧の減衰特性を定量的に把握することができたため、この方式の採用は可能となり、また切換回路構成も比較的簡素である。

以上から、このプラントでは限時リレー方式を採用することとした。切換時間については電動機の許容電圧内とする、すなわち残留電圧と電源電圧とが逆位相時でも1.6PUを下回るように残留電圧の絶対値がいかなる場合においても0.6PU以下となる時間をシミュレーション計算結果に基づき選定した。

また、電源再投入時のインラッシュ電流を変圧器の制限内に抑え、かつそのインラッシュ電流による所内母線の電圧降下が、許容範囲となるよう電源切換時にプラントの継続運転に比較的影響の少ない一部の補機を停止し、電源再投入時に再起動する補機の総合容量の低減を図った。そして、停止した補機は電源切換後に順次再投入させるようにした。

以上の切換方式の採用にあたっては、LNG受入基地のプロセスの系統及び需要家への影響をも十分に検討を重ねた。

7. む す び

以上、LNG受入基地の信頼性設計について、特に所内電源回路構成上の留意点と電源切換方式の選定にあたっての検討事項を中心に述べた。今後、更に大規模な燃料受入基地が各地に計画されてゆくものと考えるが、顧客及び関係各社の要望にこたえるべく一層の努力を図る所存である。

なお、本稿をまとめるに当たり、御指導、御協力をいただいた関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。

新日本製鐵(株)八幡製鐵所納め新熱延設備用電機品

小 藪 俊 昭*・小笠原昭宣*・三 原 誠*・志 田 邦 明*・川 崎 宗 男**・今 道 周 男***

1. ま え が き

新日本製鐵(株)八幡製鐵所納め新熱延設備用電機品は、1980年春の計画開始から1982年春の営業運転開始まで、その高度なエンジニアリング内容を消化して、短期間の建設をなしとげ、以後、順調に稼働している。この設備は、新日本製鐵(株)におけるホットストリップミル技術の集大成として建設されたものであり、工程合理化、省エネルギーなどのための、新操業技術の大幅採用と省力化、製品高品質化のための制御機能の飛躍的な高度化が図られている。このため、この電機設備も駆動系、制御監視システムのあらゆる面について、従来に比べ革新的変化を遂げており、名実とも世界最新鋭の Hot Strip Mill 設備と称すべきものである。

以下、新熱延設備電機品における主駆動設備、制御監視システムについて、その構成、特長などを紹介する。

2. 電機設備の特長

省エネルギー、省メンテナンス、高信頼性をメインテーマとした新熱延設備電機品を、主機駆動設備(電動機、電力変換装置)を中心に紹介する。

2.1 主電動機

——省エネルギー——

- (1) 全損失中、電機子銅損の占める割合が非常に大きいこと。
 - (2) 負荷パターンを考慮すると、負荷頻度の高い過負荷領域での効率向上が、省エネルギーに対し非常に有効であること。
- の2点に着目し、電気装荷と電流密度を低く抑えることによる銅損

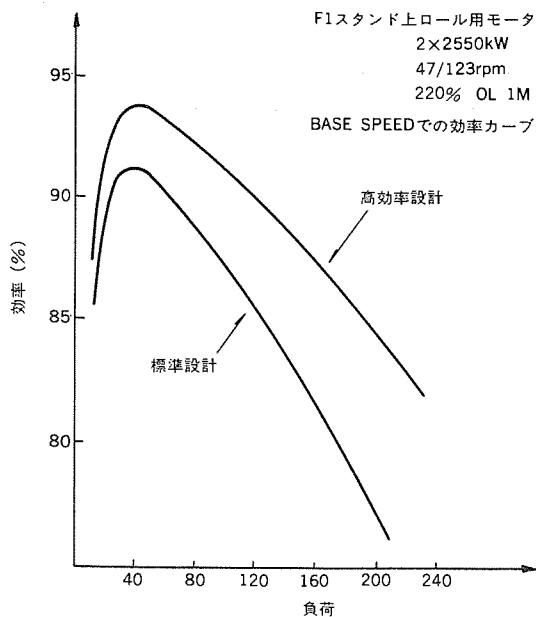


図 1. F1 スタンド上 ロールモータ 効率曲線 (定格に対する %)

の低減化を中心とした高効率化を図った。一例として、図 1. に F1 スタンド の場合の高効率設計、標準設計の効率比較を示す。高効率設計の場合、標準設計に比べ基底速度で、100% 負荷の場合、約 4.0%、220% 過負荷の場合、約 7.3% の効率向上を実現した。

——省メンテナンス——

従来、直流機の保守は習熟を要したが、この設備では保守を容易にするために、軸トルク監視装置、温度監視装置(電機子温度)、ブラシ摩耗検出装置、スラスト荷重/変位検出装置を新規開発し納入した。従来の整流火花監視装置も含め、これらセンサ信号の計算機処理による設備自動診断、監視を行い、省メンテナンスを図っている。

——高信頼性——

(1)ねじ(振)り振動、トルク増幅、応力解析、(2)整流解析、(3)熱等価回路及び風速分布計算、などの各種解析技術に基づいた最適設計及び、(1)真空加圧含浸、(2)H種 プリプレグ 絶縁、(3)裸導電部静电粉体塗装、などの新絶縁技術の採用により、高効率化の実現とともに主電動機の小形軽量化、高信頼性化を実現した。

2.2 主機サイリスタ

——省エネルギー、省メンテナンス——

(1) フロン 沸騰冷却の採用

サイリスタ素子冷却方式として、フロン 沸騰冷却方式を採用した。この方式は風冷方式に比べて、冷却効率が高いこと、電気室設置が可能(従来は空調を必要とした)なこと、また水冷方式に比べて構造が簡略であることなどの特長を有し、省エネルギー、省資源、省メンテナンスに寄与している。

(2) 主回路構成の簡素化

従来、信頼性の面から、サイリスタは 1S で製作していたが、直列化技術の進歩により、このプラントでは図 2. に示すように 2 台のサイリスタを直列に接続する方式を採用した。

この方式では、HSCB、平滑リアクトルが 1 台ですみ、かつ 2 台の

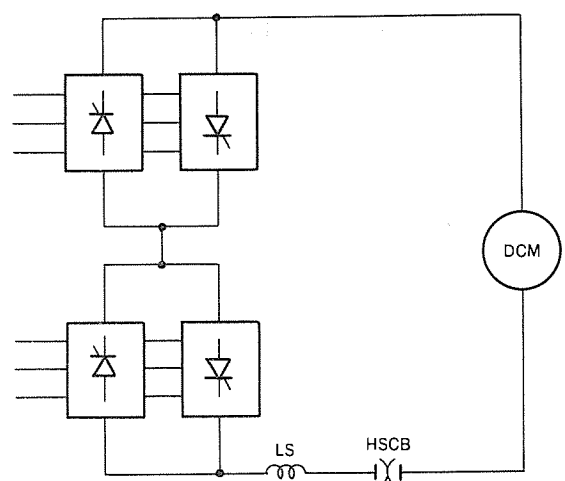


図 2. 仕上主機主回路構成

D

——高信賴性——

シリコンウェーハ 85φ の大容量素子 (2,500 V, 2,400 A) の採用により、サイリスタ素子及びその周辺部品が大幅に減少し信頼性が向上した。

以上、主機駆動設備の省エネルギーにより、省電力量だけでも年間約 15 GW・h の低減を実現した。

2.3 主機驅動設備以外の電機品

以上のほかに,

- (1) ホットランテーブル (511 台) の交流可変速化による省メンテナンス、
(2) 電気室押込ファンの交流可変速化及びトラッキングセンサのパーゼス
化(従来はパーゼ用エアを必要としていた)などによる省エネルギー、
(3) 主機駆動設備(トランス、サイリスタ、電動機)をスケルトン状に配置
するスケルトンレイアウトによる電気室スペースなどの有効利用、工事費
の削減などが特記される。

3. 制御システム

3.1 制御システム構成

今回の設備は、1980年代をリードする最新鋭のホットストリップミルとして、ハードウェア的にもソフトウェア的にも最新の制御システムを適用し、またシステム構成上も、ハイアラキ形の分散形制御システムを有機的に結合した最適システムを構築した。図3、表1に全体のシステム構

成を示し、主な特長を以下に紹介する。

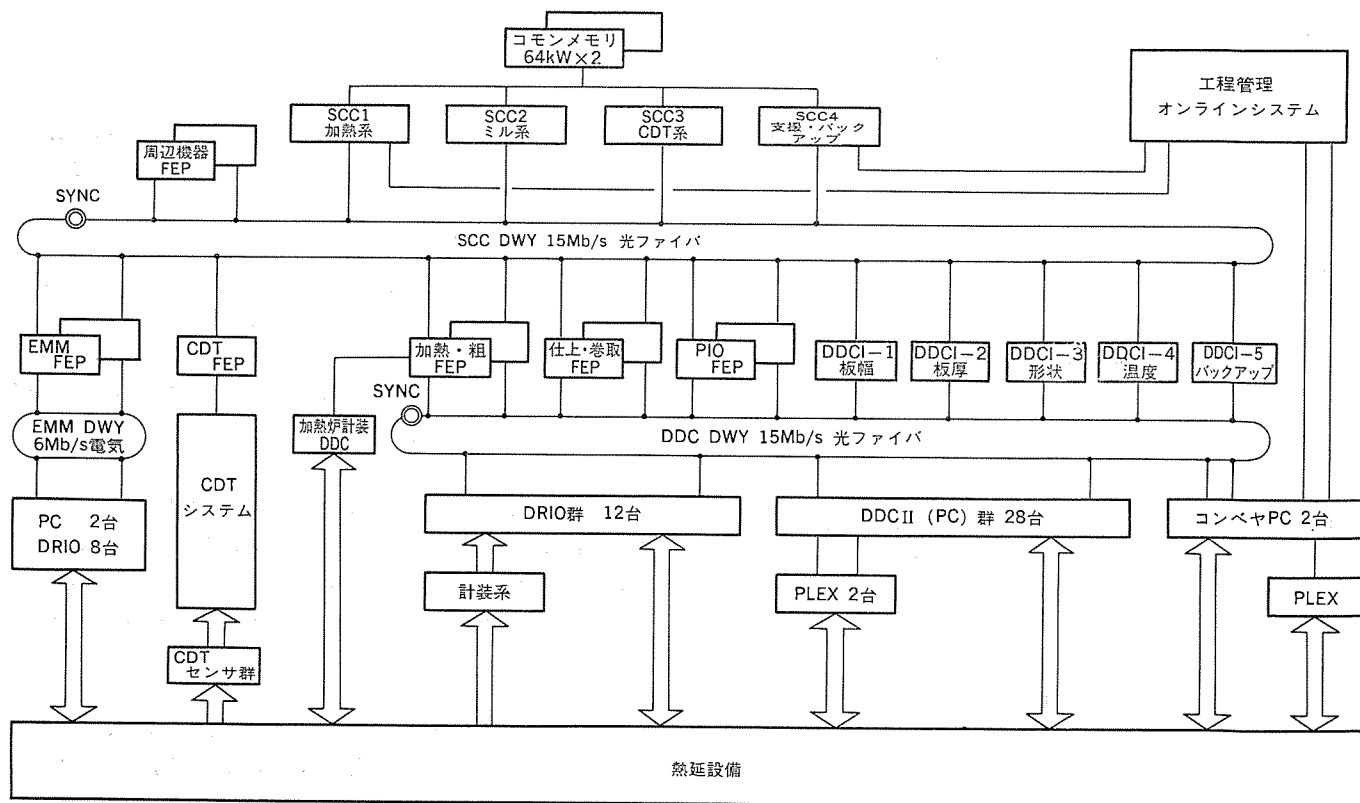
(1) SCC の分散形 システム

最近のホストトリップルにおいては、SCC (Supervisory Control Computer) の制御機能は大規模、高級かつ複雑化の一途をたどっているが、今回の設備ではこの傾向が一段と顕著である。このため、処理速度の高速化の要求と相まって SCC の分散化は必ず(須)である。

今回の設備においては、PIOの入出力処理、実績データの採取と加工、及びCRT、タイプライタなどの末端処理はFEP (Front End Processor) に任せることにより、SCCとFEPとの機能分散化を図った。更にSCC総括機能は、加熱系、ミル系などの負荷分散化により、負荷分担を図るとともに、SCC間情報交換量がミニマムとなる分散方式とした。

表 1. 制御システム構成機器

分 類	機 種	台 数
SCC	MELCOM 350-50, A 2500	4 台
FEP	MELCOM 350-50, A 2100	11 台
SCC データウェイ	MDWS-30, 15 Mb/s 光ファイバ	1 セット
DDC I	MELCOM 350-50, A 2500	5 台
DDC II (PC)	MELPLAC-550	32 台
リモートPIO	—	36 台
DDC データウェイ	MDWS-500, 15 Mb/s 光ファイバ	1 セット
EMM データウェイ	MDWS-500, 6 Mb/s 電気	1 セット



DWY : データウェイ
 SYNC : データウェイ 中央同期装置
 SCC : Supervisory Control Computer
 FEP : Front End Processor
 EMM : 電機監視系統

CDT : 設備診断系統
PC : Plant Controller
DRIO : リモート PIO
PLEX : 《MELPLEX》

図 3. 制御システム構成

(2) DDC 構成の特長

DDC システムとして、高級、大規模かつ複雑な演算機能を含む製品品質向上のための制御機能(例えば仕上圧延機群における形状制御)に対しては、DDC I 《MELCOM 350-50, A 2500》を適用し、機能の不必要な分割化を抑制した。一方基本的な制御機能(例えば仕上圧延機群の速度主幹制御)に対しては DDC II (Plant Controller : PC) 《MELPLAC-550》を適用することにより、機能の分散化と高速処理を指向した。このように、制御機能の規模、複雑度及び設備としての最低限度の必要度に応じて DDC を 2 レベルに分け、最適な DDC システムを構成した。

なお、《MELPLAC-550》は、三菱電機(株)の従来機種《MEL-PLAC-50》の豊富な実績を踏まえて、更に機能の充実と高速化を実現したもので、その主特長を図 4. に示す。

(3) 高速 データウェイ の適用

分散形システムにおいては大容量の情報伝送系が不可欠であり、耐ノイズ性及び情報伝送性に優れた光 データウェイ を適用した。更に SCC 間の情報伝送系には、多量データ一括伝送が容易な SCC 系 データウェイ 《MDWS-30 S》を適用し、DDC 間の情報伝送系には、データ的高速伝送を主目的とする DDC 系 データウェイ 《MDWS-500》を適用し、情報伝送の形態に応じたデータウェイ の最適化と、スタートアップ、保守の容易性を図った。

特に《MDWS-500》は、多量の制御情報を高速に伝送すると同時に、少量のデータは超高速にて伝送可能であり、油圧圧下 AGC などの高速応答が必要なものにも適用した。その主特長を表 2. に示す。

(4) リモート PIO の適用

制御システムに必要なプロセス信号は地域的に分散しているが、一方、制御装置は保守性向上のため地域的に集中化し、例えば SCC 及び DDC I はすべて一つの計算機室において集中管理されている。ま

表 2. 《MDWS-500》の主な特長

ステーション数	MAX 127 台		
ステーション間距離	MAX 2 km (バイパス時 4 km)		
総 延 長	MAX 256 km		
通信形態	方 式	N : N 通信	サイクリック通信
	用 途	各 CPU 間	CPU ↔ リモート PIO 間 CPU ↔ CPU 間
	容 量	MAX 512 ワード/ブロック	MAX 2 K ワード
伝 送 速 度	15.36 Mb/s		
伝 送 路	光ファイバケーブル		
伝 送 路 構 成	リープ状		
多 重 化 方 式	時分割チャネル多重化方式		
誤 り 制 御	CRC 検定による再送/2 通送、反転照合		
バ イ パ ス 機 能	自動、リモート、手動		
診 断 機 能	各ステーションにおける自己診断 中央同期装置による集中診断		

表 3. リモート PIO の適用による PIO 点数の節減

	直 結 PIO	CPU ごと のリモート PIO	リモート PIO	PIO の節減率
SCC	0	28	100	
DDC I	0	45		
DDC II	72	88		
合 計	72	161	100	26%

注 リモート PIO を 100 としたときの比率を示す。

た SCC, DDC の分散化に伴い、各 CPU が共用するプロセス信号量も加速的に増大している。

これらのニーズを効率的に実現する装置として第一に、データウェイリモート PIO (DRIO) を適用した。DRIO を信号の分散度に応じて設置することにより、プロセス入出力用信号ケーブル量を大幅に節減するとともに、その PIO 信号をすべての SCC/DDC にとってアクセス可能な共通データとしたことにより、プロセス入出力の一元化を図り、PIO 点数の節減を実現した(表 3.)。

また、加熱炉入側搬送テーブルやコイルコンベヤ設備においては、少量のプロセス信号が広地域に散在しており、またそのプロセス信号はローカル CPU 専用の信号であるため、《MELPLAC-550》に対する専用リモート I/O として《MELPLEX-510》を適用し、ケーブル長の節減によるコストパフォーマンスの向上を図った。

(5) バックアップシステムの特長

制御システムは、いずれも非常に高度な信頼性を有したもので構成しており、トータルシステムとしての信頼性も非常に高いものとしているが、更に製鉄所内の熱延設備としての重要性及び熱延設備内の制御装置としての重要度とコストパフォーマンスとに鑑み、バックアップシステムを次のとおり構成した。

——SCC システム——

最近の熱延設備においては、制御機能が高級かつ複雑で、下位制御システムに対する設定項目も膨大なものとなっており、SCC 無しでの正常操業は有り得ないものとなっているため、全 SCC に対し 1 台のバックアップを設け、N : 1 のバックアップ構成とした。なお、バックアップ機は通常は支援機能を実行しており、バックアップ時にはその支援機能を縮退してバックアップを行わせることにより、コストパフォーマンスの向上を図った。

また FEP に関しては、その設置場所が計算機室、粗運転室、仕

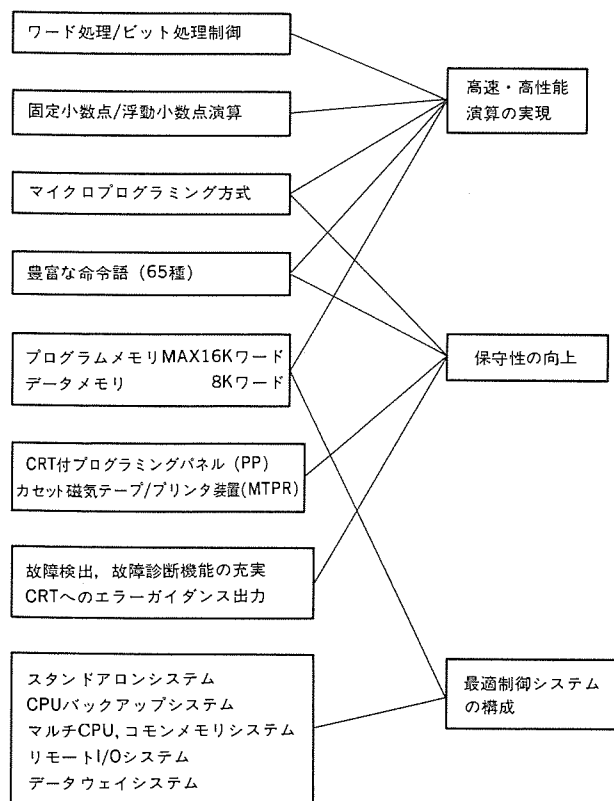


図 4. 《MELPLAC-550》の主な特長

上運転室などに散在しているため、1:1のバックアップ構成とした。

—DDC I システム—

DDC I は製品の品質制御をつかさどる機能を有し、今日の省エネルギー、高品質指向の時代においては不可欠なものとなっており、全 DDC I に対し1台のバックアップを設け、N:1 のバックアップ構成とした。なおバックアップ機は通常は DDC I のシミュレーション機能を有し、改修プログラムのチェックなどに寄与させている。

—データウェイシステム—

データウェイは、すべての制御システム及びプロセス入出力を一元的に結合するものであり、そのシステムダウンは、すなわち全体システムダウンであり、非常に重要度が高い。このため中央同期装置は完全に二重化し、制御システムに対しては一切影響を与えないショックレス切替方式とした。更に光ファイバケーブルにも、予備心線を設け（光コネクタ付き）、短時間での接続替えを可能とした。

—DDC II, リモート PIO システム—

下位の制御システムにおいては、装置台数が多いこと、装置が地域的に分散していること、及び故障の波及範囲が局所的であるため、コストパフォーマンスの観点よりシングル構成としているが、各装置として非常に高信頼性なものを適用しており、下位トータルシステムとしての稼働率も99.9%以上を十分確保している。

3.2 マンマシンインタフェース

今回の設備においては、完全自動運転を前提として徹底的な合理化を図り、各工程別運転室においてはすべてワンマン操作を前提とした設計を行った。ここでは操業上のマンマシンインタフェースについて、基本的な考え方と特長を以下に紹介する。

(1) 設定操作の集約化

操業モードとして、(a)自動モード、(b)半自動モード、(c)手動モード、の3種類を基本としたが、すべての設定操作は CRT・キーボードに集約し、従来のディジスイッチなどによる設定は一掃して、操作性を向上させた(図5.)。

(2) 操作・表示機能の集約化

設備及び制御機能の高級化かつ複雑化に伴う操作・監視項目の増大とともに、操作員のワンマン化に伴い、操作員の操作・監視項目は膨

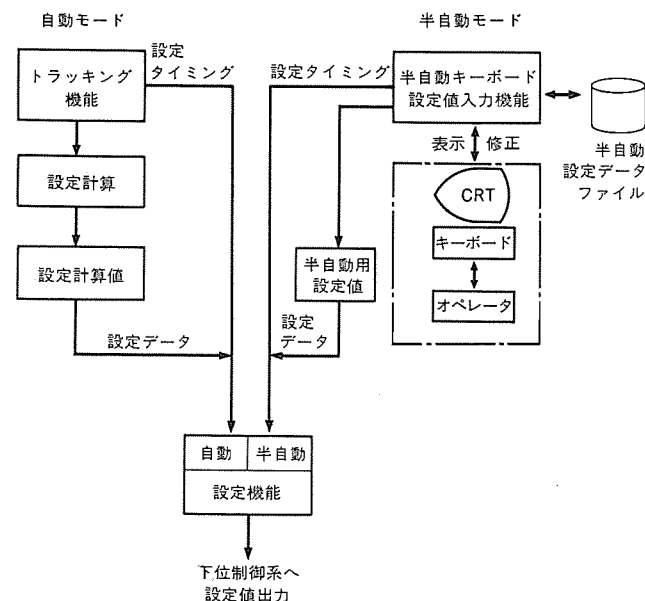


図5. 設定機能

大なものとなっており、従来の操作・表示方法では操作員の能力限界を越えることは必至であるため、CRTの高度利用と操作器具の集約化により操作員の負担軽減と操作の容易さを図り、ワンマン操作を実現した。

(a) LED表示器、アナログメータによる表示は、最小必要限なものに厳選し、大半の表示をCRTに集約することにより監視性を向上した。

(b) 主要設備のインタロック状態をCRTに表示し、監視機能を充実するとともに、異常時の故障箇所の発見を容易にした。

(c) ボイスアナンシエータシステム(VAS)の適用により、監視用ランプ類の大幅な削減と監視性の向上を実現した。

(d) ロール組替えのステップ表示、シーケンス表示、インタロック表示をCRTに集約して自動組替えの進行状態の監視性を向上し、また不具合発生時の異常箇所の発見を極めて容易にした。更にCRTのステップ表示は手動組替え時においても機能するものとし、複雑な手順が必要な組替操作のガイダンス機能を強化し、また操作器具類は全自動組替えを前提とし、CRTの高度利用と併せて思い切った簡素化を図った。これらの配慮により、運転室からの安定した組替全自動運転が実現され、操業率向上に寄与している。

(e) その他トラッキング状態のグラフィックCRT表示などCRTの高度利用、及び自動運転の信頼性向上に伴う操作機器類の集約化と削減により、操作盤をコンパクトなものとし、オペレータの負担を軽減している。

3.3 コールドランシミュレータの活用(特許申請中)

特に今回の設備においては、制御システムが大規模かつ有機的に結合していると同時に、短期間での立上げ調整が要望され、効率的な調整武器の一つとしてコールドランシミュレータを最大限に活用した。三菱電機(株)のコールドランシミュレータは既に韓国POSCO No.2ホットにおいてその効果を実証済みであるが、更に機能の充実を図り、工場内組合せ試験時より現地総合試運転に至るまで、すべての調整段階において効率的に活用可能な機能を具備し、短期間の調整工程の達成とともに、ホットラン1本目よりの計算機自動運転を実現した。

また営業運転開始以降も、定修明けやトラブル復旧後は必ずコールドランシミュレータによる機能確認が実施され、もはや操業形態の一つとして不可欠なものとなっている。コールドランシミュレータの主な特長を表4.に示す。

4. 電気設備監視, サポートシステム

前項までに述べたように、このプラントの制御システムは非常に複雑、

表4. コールドランシミュレータの主な特長

適用形態	適 用 形 態	
	- 工場内組合せ試験 (DDC組合せ, SCC/DDC組合せ) - 現地機電総合試運転 (機械/DDC組合せ) - 現地総合試運転 (機械/DDC/SCC組合せ) - 営業運転開始以降の試運転 (定修明け, トラブル復旧時, 機能改修時など)	
シミュレーション方式	正 延 スケジュール	- 固定スケジュール方式 - フリースケジュール方式
	スラブ移動	- 固定パターン方式 - ミルテーブル追従方式
シミュレーション範囲		- 全設備一貫方式 - 工程別個別方式

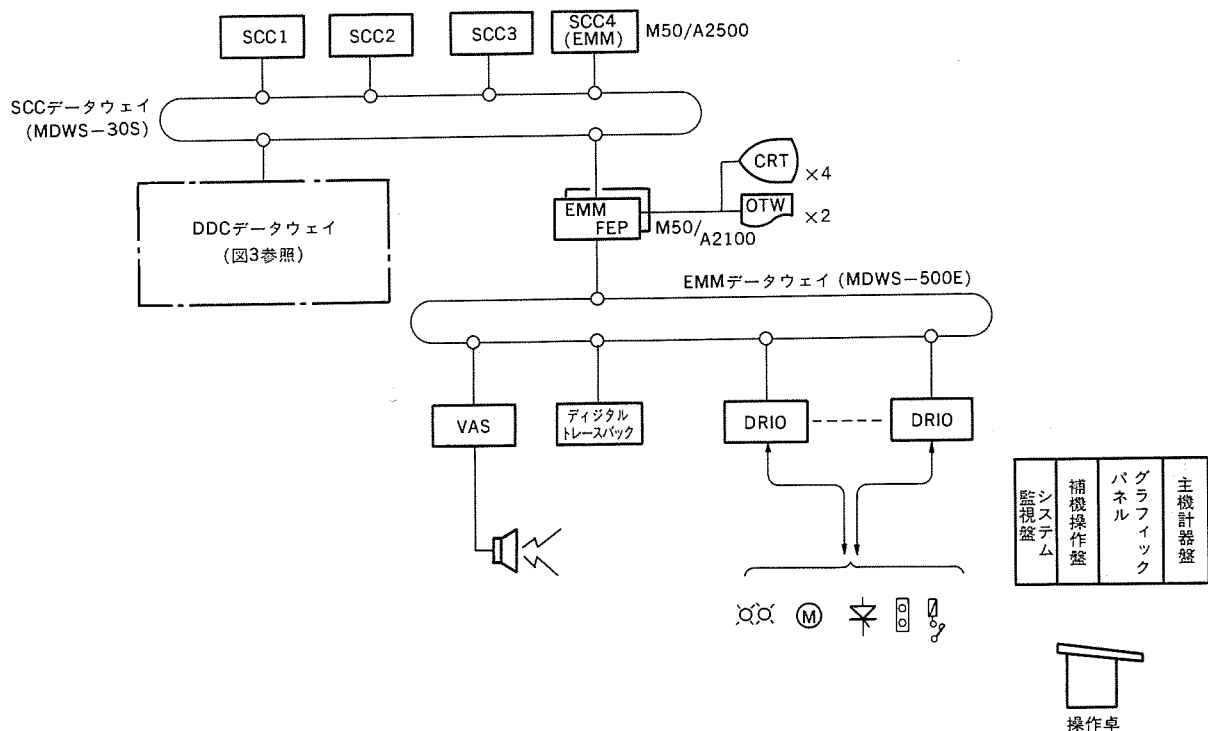


図 6. EMM システム 構成 図

高度で、かつ相互に密接に関連したものとなっている。このため、一部の機器の変調もその上位及び下位工程に与える作業上の影響は非常に大きく、システムの信頼性の維持が必要不可欠となっている。更には、この変調に対しても高度な判断と処置が必要であり、保全要員のレベルアップとこれに対する適確な情報サービスが要求されている。

このプラントの設備監視機能としては、特に、

- (1) 設備の信頼性維持の容易化
- (2) 設備の故障復旧時間の短縮
- (3) 予知保全
- (4) 保守要員への情報 サービス

などに重点をおき、またシステム構成としては、

- (1) ハードウェアのコンパクト化
- (2) 監視設備の集中化
- (3) ルーチンワークの機械化
- (4) 情報の機動化

などに重点をおいて設計を行った。また通常の EMM 機能 (Electrical Maintenance Monitor) に加え、制御システムの RAS 機能 (Reliability Availability and Serviceability) をも充実させている。以下、順を追って説明する。

4. 1 EMM システム構成

このシステムには、制御システムとは独立した EMM 専用データウェイシステムを採用し、SCC レベルで制御システムと接続されている (図 6. 参照)。このため、制御システムのダウンにても状態監視は可能であり、かつ多量な監視用信号の及ぼす制御系伝送周期への悪影響を防止している。

更に、通常の監視機能は CRT 及びタイプライタにて行い、最も重要な電源系統監視及び制御系監視のみハードウェアにて実現している。

4. 2 監視機能

設備の異常及び故障を検知した場合、その発生時刻、内容、機器名称などを CRT 表示及びタイプライタに印字記録するとともに、VAS

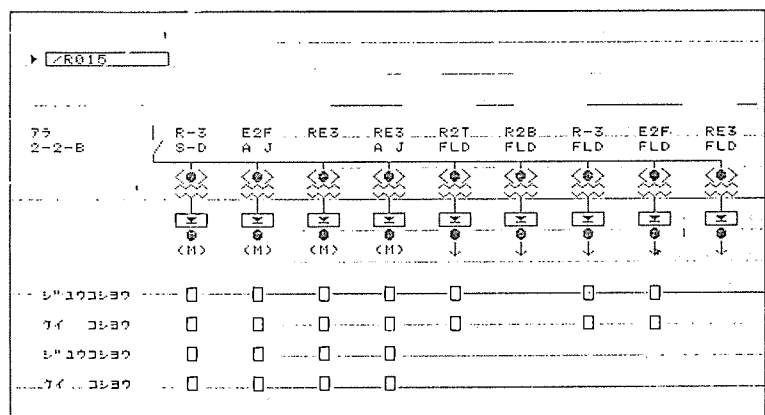


図 7. CRT によるスケルトン表示例

によるライン全体へ音声警報を行っている。

(1) 監視対象

- (a) 66 kV 系, 11 kV 系, 3 kV 系, 440 V 系の受配電機器
- (b) 主機駆動機器 (レオナード, モータ)
- (c) 主機冷却・潤滑設備機器
- (d) 主機立上げ条件
- (e) DC 補機駆動機器 (レオナード, モータ)
- (f) AC 補機駆動機器
- (g) その他 (機械設備, 空調機, 排水ポンプ など)

である。

(2) 機能

このシステムの処理機能は次のとおりである。

- (a) 各設備の故障記録及び表示
故障信号により故障発生時刻、機器名称、内容を印字記録し、CRT 表示及び VAS による音声警報を行う。
- (b) 機器操作

3kV 高圧盤の開閉操作及び表示を計算機により行う。CRT への表示例を図 7. に示す。

(c) 温度監視・警報

主機モータ温度の上限チェック及び電流による予測警報を行う。

(d) 主機の RMS 監視・警報

主機モータ電流の RMS 計算及び上限チェック警報を行う。

(e) デジタルトレスバック機能

主機レオナードの故障究明を容易にするため、故障前後の信号変化をメモリし計算機にて処理する。

(f) 主機立上げ条件表示

定修後の主機の立上げを容易にするため、付帯補機の状態及び遮断器の投入条件の成立状態を CRT にシンボル表示し、作業の迅速化を可能とする。

(g) 主機故障究明ガイダンス

主機レオナードの故障究明を容易にするため、質問選択肢方式でガイドを行う。

(h) 日報・月報の作成

4.3 RAS 機能とサポートシステム

システムの信頼性の向上、MTTR 短縮・保守性の向上及びシステムの変更・拡張性を向上させるため、次の機能が用意されている。

(1) オンラインアンサバック診断

制御系 (SCC, FEP, データウェイ、《MELPLAC》) の状態をオンラインで診断し、状態の表示及び異常の集計・記録を行う。

(2) 《MELPLAC》プログラムの一元管理

30 数台の《MELPLAC》のプログラムを SCC により一元的に管理し、

《MELPLAC》への IPL 機能、《MELPLAC》からの逆ロード機能、カセット MT ユーティリティ及びソースイメージへの逆コンパイル機能などを有している。

(3) 《MELPLAC》シーケンスモニタ

《MELPLAC》のシーケンスを総監室 CRT によりモニタする機能で、シーケンスをシンボル表示し、オンライン状態でのシーケンス制御の動作状況を監視することができる。

4.4 階層システム

このシステムを構成するハードウェアに対して、その担当機能を十分に考慮した階層システムを構成している。すなわち、必要不可欠の機能はハードウェア、通常機能は FEP、更にサービス機能は SCC という階層化された機能分担を行うことにより信頼性の向上を図っている。

5. む す び

新日本製鐵(株)八幡製鐵所納め新熱延設備用電機品について、その設備、システム構成上の特長の概要を紹介した。

今後の鉄鋼圧延設備においては、工程合理化、省エネルギー、製品高品質化など、設備設計思想の継続的変化が続く一方、今後の技術革新、特に電子化、光通信関係技術の急速な展開に伴い、各設備機器、及び制御システムは、更に着実なあるいは急速な進歩を遂げてゆくものと考えられるが、今回の新熱延設備での実績を糧としつつ今後とも、世の動向に注目し、新技術の開拓、実現に努力を傾注する所存である。

最後に、新熱延設備の設計、施工、調整に際し貴重な御指導、御助言を賜った関係者各位に深く感謝申し上げる次第である。

赤熱鋼板クロップ形状認識装置

三宮 静悦*・白石 彊**・植木 勝也**・高嶋 和夫***・田中 実***

1. ま え が き

製鉄所のホットストリップミル（以下、ホットミルと称す）において、粗ミルで圧延された粗パー（鋼板）の先・後端には、凹形・凸形などの異形状部分が発生する。この先・後端（クロップ）を、仕上げミル入り側において、仕上げミルへの通板性の確保、コイルへの巻き付け性の確保、幅不足部の除去などの理由から切断機（クロップシヤ）で切断している。

このクロップロス は、ホットミル 歩留り ロスの内で、スケールロスに次ぐ大きなロス要因となっており、異形状部分を短かくする圧延方法など、種々のクロップロス低減策が実施されている。「クロップ形状認識装置」の導入によるクロップの自動最適切断は、有効なクロップロス低減策となる。

三菱電機(株)においても、10年来「クロップ形状認識装置」を製作し、内外の製鉄所に納入してきたが、近年の粗パーの低温化、クロップシヤ高性能化に伴う形状認識機能の性能向上の要求にこたえて、多数のフィールドデータ解析と形状認識シミュレーションに基づき、低温検出と二次元形状認識可能な「新形クロップ形状認識装置」を開発した。

製品1号機は、昭和57年4月に納入し順調に稼働している。

2. 特 長

三菱新形クロップ形状認識装置は、次の特長を持っている。

(1) クロップの二次元形状検出を行っている。

鋼板温度分布画像（温度8ビット）を記憶する画像メモリを持っており、画像処理による二次元形状検出と表示を行う。CRTによるクロップ形状表示は、ミル操業に対する圧延結果を示す有効な情報となる。

(2) 形状に応じた最適切断位置検出が可能である。

クロップの凹・凸形状に応じた、又は操業条件に応じた切断位置検出が可能。特に形状良好時の切断不要検出は歩留り向上に有効である。

(3) 既設ミルへの設置及び保守が容易である。

検出器は小形で、かつラインの上側に設置する構成となっており、既設ラインへの設置と保守が容易である。

(4) 600°Cからの低温検出が可能。

センサとして、受光面の大きなSi-フォトダイオードリニアレーを採用しており、600°Cからの低温検出ができる。この温度はホットミル粗パーの全温度範囲をカバーする。

(5) 鋼板上のスケール・水などの雑音除去を行っている。

画像処理の過程で、鋼板上のスケール・水などによる雑音信号は完全に除去される。従来の一次元処理によっては、これらの雑音信号除去は困難であった。

3. クロップ形状認識方式

図1.にクロップ形状認識装置の原理を示す。Si-フォトダイオードリニアレー（256素子）を使用した検出器により、鋼板の板幅方向温度分布

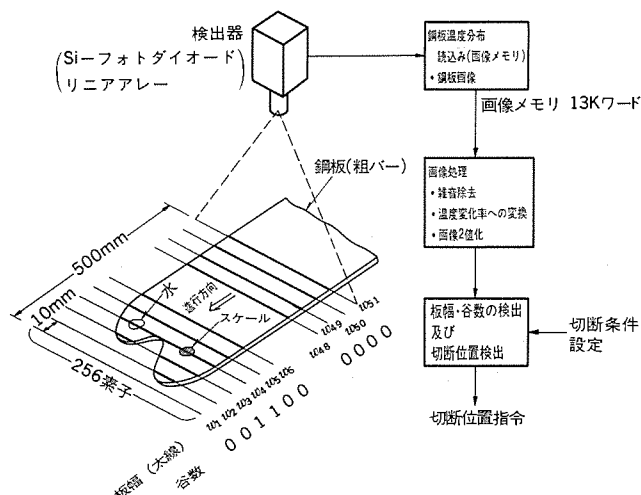


図1. クロップ形状認識装置の原理

を検出する。鋼板（粗パー）の進行10mmごとに温度分布を画像メモリに記憶してゆくと、鋼板が500mm進行すると、走査線51本からなる鋼板画像が画像メモリ（13Kワード）に形成される。

鋼板画像読み込み後、一連の画像処理を実行して鋼板の2値化像を抽出する。2値化像より各走査線ごとの板幅 w_i （図1.の太線で示す）と谷数（凹形状の場合の谷の数）を算出する。鋼板上のスケール・水などの雑音信号は、画像処理において鋼板温度は、中央部に向かって上昇する規則を用いて除去され、鋼板の外形は、鋼板境界の温度変化率が最大となることから正確に検出される。

クロップ切断位置は、各走査線の板幅・谷数データから計算される。クロップ形状に応じた切断位置の例を図2.に示す。凹形状の場合は、谷位置又は低い山位置から距離“L”で切断する場合であり、凸形状の場合は、板幅（ w_r ）に対するクロップ幅比率（ $\alpha\%$ ）での切断と、形状が良好で切断しない場合を示す。

切断位置計算はプログラムで実行しており、ミル条件に応じた変更が可能である。また画像処理は専用の処理回路を製作し、オンラインにおけるリアルタイム処理（0.8s）を可能としている。

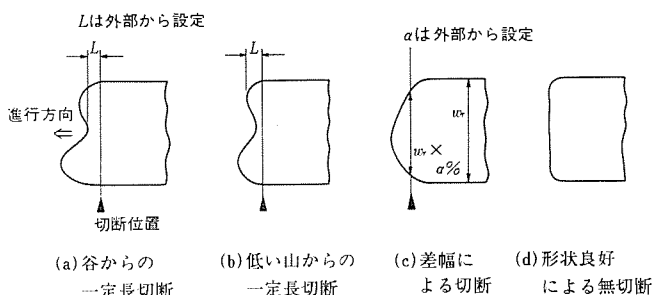


図2. 切断条件の例

4. 方式検討

4.1 検出方式

検出方式として、一般的に次の3方式が考えられる。

- (a) 輻射光方式：鋼板からの輻射光を直接検出する。
- (b) 反射光方式：光源により鋼板面を照明し、その反射光を検出する。
- (c) 透過光方式：検出器と反対側に線状の光源を設置し、鋼板のシルエットを検出する。

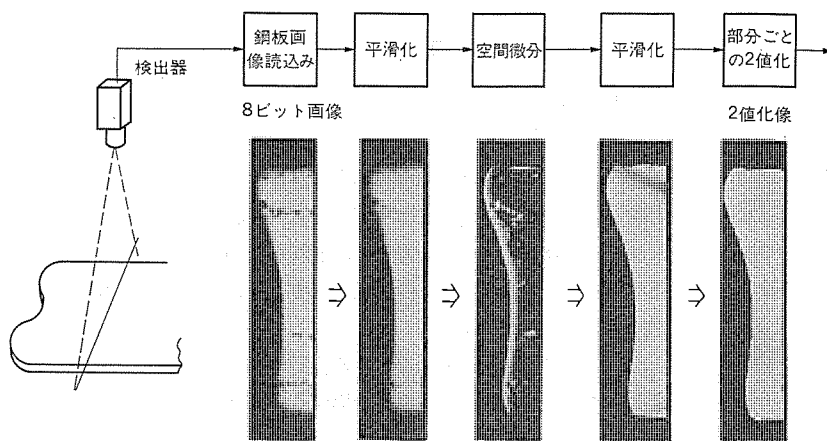


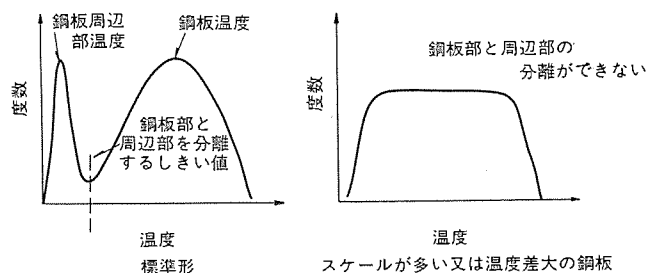
図 5. 温度変化率による画像処理

表 1. に 3 方式の比較を示す。保守及び既設ミルへの設置の容易さで優る輻射光方式を採用した。輻射光方式であるこの装置では、鋼板温度による信号強度変化を、検出器レンズ系に設けた電動絞り機構で補正し、信号の飽和状態を避け、広い温度

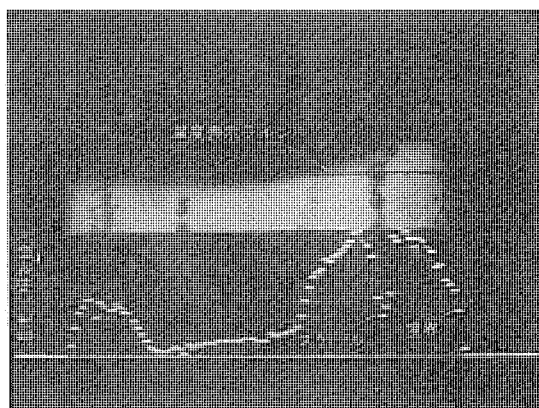
表 1. 検出方式の比較

検出方式 評価項目	輻射光	反射光	透過光
検出信号変化の大きさ	△	○	○
鋼板表面状態の影響	△	△	○
鋼板反りの影響	○	△	○
既設ミルへの設置の容易さ	○	△	×
保守の容易さ	○	△	×
総合評価	○	△	×

注 相対評価による ○ 良
△ ↓
× 悪



(a) 温度濃度 ヒストグラム

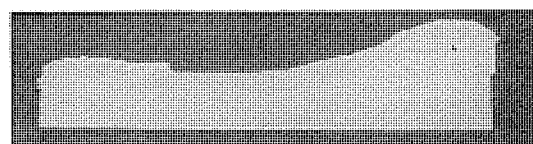


(b) 温度分布

図 3. 鋼板 クロップ の温度濃度 ヒストグラム と温度分布例



(a) 低いしきい値による 2 値化



(b) 温度濃度 ヒストグラム より求めた最適しきい値による 2 値化

図 4. 精度の悪い温度しきい値による 2 値化例

範囲にわたって精度よく検出できるようにしている。

4.2 フィールドデータによる画像処理シミュレーション

この装置の特長である画像処理方式確立のため、多数のフィールドデータの採取と、温度分布解析及び画像処理シミュレーションを実施した。採取データによると、クロップの温度分布は先端の 40 %、後端の 80 %は図 3. (a) で示す標準形温度濃度ヒストグラムとなる。すなわち、鋼板とその周辺部との温度分布には明らかに温度差があり、温度しきい値による分離が可能である。残りの鋼板はスケールが多いか、又はクロップ内での温度差が大きいため、鋼板温度と周辺部温度に重なりが生じ、温度しきい値による分離ができないことを示している。また標準形温度分布を示す鋼板について、最適温度しきい値による 2 値化例を図 4. (b) に示すが、この場合にも誤差の発生することが判明した。

図 3. (b) 温度分布例（一走査線分）に示すように、クロップの温度分布を詳細に検討すると、最大 200°C の温度差と約 100°C のスケールによる温度降下があるが、鋼板端面（境界）は常に最大温度変化率を示すことが判明し、温度変化率による正しい形状抽出に成功した。

図 5. にこの装置に採用した画像処理方式による 2 値化結果を示す。鋼板画像に対して、平滑化・空間微分・平滑化・部分ごとの 2 値化の一連の画像処理を実施する。鋼板画像と 2 値化像の一致が、画像処理の高精度を示しており、鋼板カラー写真との対応例において、±10 mm（長さ方向）の精度が確認された。

5. 画像処理

図5. に示した画像処理の内容は次のとおりである。

5.1 平滑化処理

図6. に平滑化処理内容を示す。画像メモリを左右両方向から中央下方向に向かって個別に走査し、各画素の温度（又は空間微分値）を調べ、前回までの温度（又は空間微分値）より低い場合は、前回までの値の中の最大値を書込んでゆくと、図6. (b) の点線で示すようにスケールなどによる温度低下が補正される。

この平滑化処理は、鋼板画像のスケール・水などの雑音信号の除去及び空間微分の結果として得られる線画を面画へ変換するのに使用する。

5.2 空間微分処理

図7. に空間微分処理内容を示す。鋼板端面（境界）を強調するために、温度分布を温度変化率（微分）分布に変換する。E点の空間微分値は次式で求められ、全画素（13,000画素）について矢印の方向で実行する。

$$E = \{(A+2B+C) \sim (G+2H+I)\} \\ + \{(A+2D+G) \sim (C+2F+I)\}$$

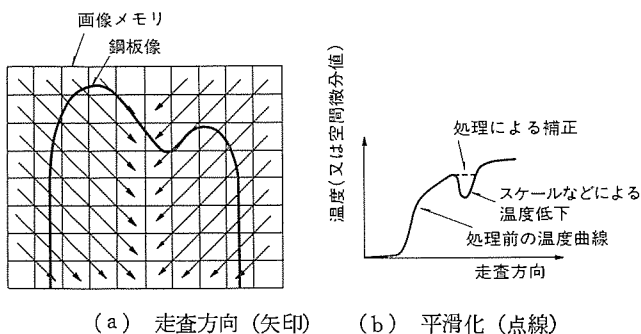


図6. 平滑化処理

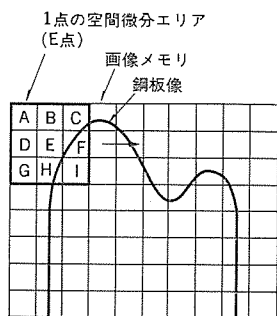


図7. 空間微分処理

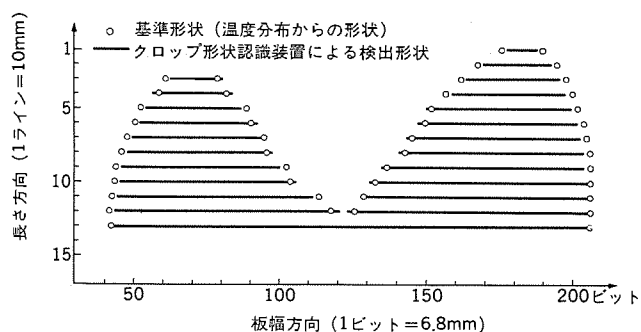


図8. 形状認識精度 (先端部)

空間微分後の画像は、図5. 中央に示すように鋼板の輪郭を示す線画となる。

5.3 部分ごとの2値化処理

2値化処理は空間微分後平滑化処理した画像を、鋼板温度の高低に対応する複数領域に分割し、各領域ごとに2値化を実行する。2値化のしきい値は各領域ごとに温度濃度ヒストグラムを作成し、最適値を求めている。

5.4 形状認識精度

図8. に鋼板先端部の形状認識精度検証例を示す。鋼板の温度分布を示す8ビット鋼板画像データより、鋼板形状を直接読出して基準形状とし、基準形状とクロップ形状認識装置検出結果を重ね合わせた図で、形状認識精度は長さ・幅方向±1ビット（ライン）内に入っている。基準形状が鋼板先端部のカラー写真と一致することは確認している。

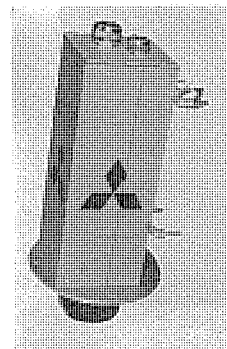
5.5 画像処理時間

一連の画像処理の実行時間は次のとおりである。

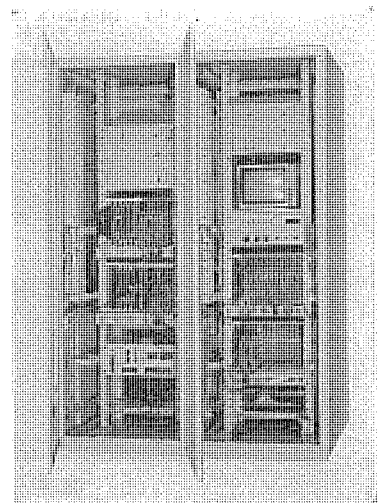
平滑化処理	: 70 ms
空間微分処理	: 42 ms
部分ごとの2値化処理	: 260 ms

6. 装置の構成

クロップ形状認識装置は、図9. に示すように検出器と制御盤で構成する。検出器は、リニアレーカメラと電動絞リ機構を水冷ケースに収納し、エアレス防じん(塵)フードを装備した鉄鋼用構造となっている。制



(a) 検出器



(b) 制御盤

図9. 装置の外観

表2. 主要性能

項 目	仕 様
鋼板温度範囲 (°C)	600~1,200
鋼板最大板幅 (mm)	2,400
鋼板最大速度 (m/min)	200
検出器設置高さ (mm)	3,500
幅方向検出感度 (mm)	9.4
検出精度(長さ方向) (mm)	±20
画 像 メ モ リ	51ライン分 13Kワード×2

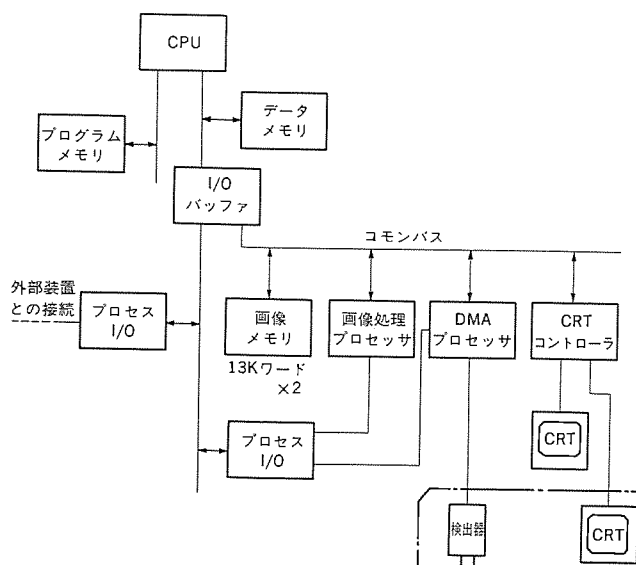


図 10. 制御盤機能ブロック

御盤の機能ブロックを図 10. に示す。画像処理プロセッサ、DMA（ダイレクトメモリアクセス）プロセッサ、CRT コントローラ及び CPU が、コモンバス経由で画像メモリをアクセスできる構成になっており、他プロセッサが実行していない空き時間に CRT コントローラが 2 値化画像を表示する。CPU は画像処理順序の制御、外部センサ、外部コントローラとの信号授受を行う。表 2. にこの装置の主要性能を示す。

7. ホットミルへの適用例

図 11. にホットミルへの適用例を示す。形状認識装置の検出結果はクロップシャ制御盤へ送られ、クロップシャにて最適切断される。

ホットメタル検出器 HMD 1 が鋼板先端を検出すると、装置は作動状態となる。鋼板進行とともに先端部温度を温度計で測定し、あらかじめ検出器の絞りを鋼板温度に合わせておく。鋼板が検出器視野に入ってくると、先端用 PLG（パルス発信機）信号を基準に、10 mm 進行ごとに鋼板の温度分布を測定する。先端部 500 mm の測定が完了すると自動的に画像処理を実行し、0.8 秒後の A 点までに最適切断位置をクロップシャ制御盤へ指令する。後端においても、後端用 PLG を使用する以外は先端と同様に作動する。

HMD 1, HMD 2 は装置の作動範囲を制限し、装置が鋼板の先・後端部以外で誤作動するのを防止し、装置の信頼性を高めている。すなわち、HMD 1 が ON で HMD 2 が OFF の条件のみが鋼板先

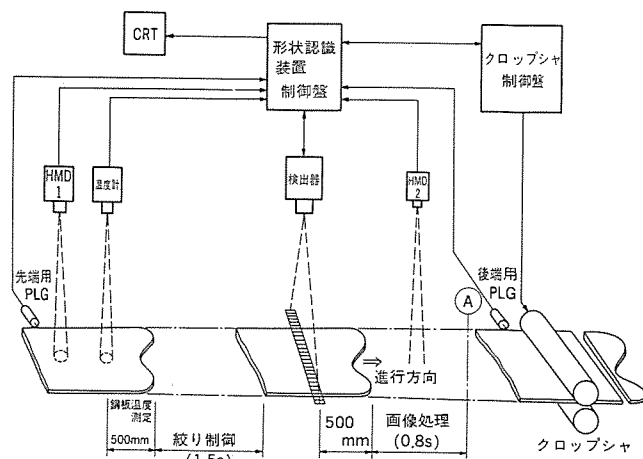


図 11. 設置例

端を示し、HMD 1 が OFF で HMD 2 が ON の条件のみが後端を示す。したがって HMD 1 と HMD 2 の状態によって、形状認識装置の作動範囲が決定できる。

8. むすび

この装置は長年の旧形装置の製作経験と、多くのフィールドデータによるシミュレーション結果を盛込んで開発した画像処理技術を適用した装置である。

この装置適用可能なホットミルは、圧延工場の中で最も生産能力のあるミルであり、クロップシャ性能向上とともにこの装置の導入は大きな歩留り向上が期待できる。

昭和 57 年 4 月に納入した 1 号機は順調に稼働しており、多くの製鉄所での導入が期待される。

(昭和 57-11-24 受付)

参考文献

- (1) 松谷ほか：鉄鋼プラントにおける検出器および計測装置，三菱電機技報，48，No. 2（昭 49）
- (2) 松田：熱間帯鋼圧延の歩留りの現状，鉄と鋼，67，No. 15（昭 56）
- (3) 三宅ほか：ホットストリップミルにおけるクロップロス低減法，鉄と鋼，67，No. 15（昭 56）
- (4) 高嶋ほか：新形熱延鋼板形状認識装置の開発，鉄と鋼（講演概要集 II），68，No. 5（昭 57）

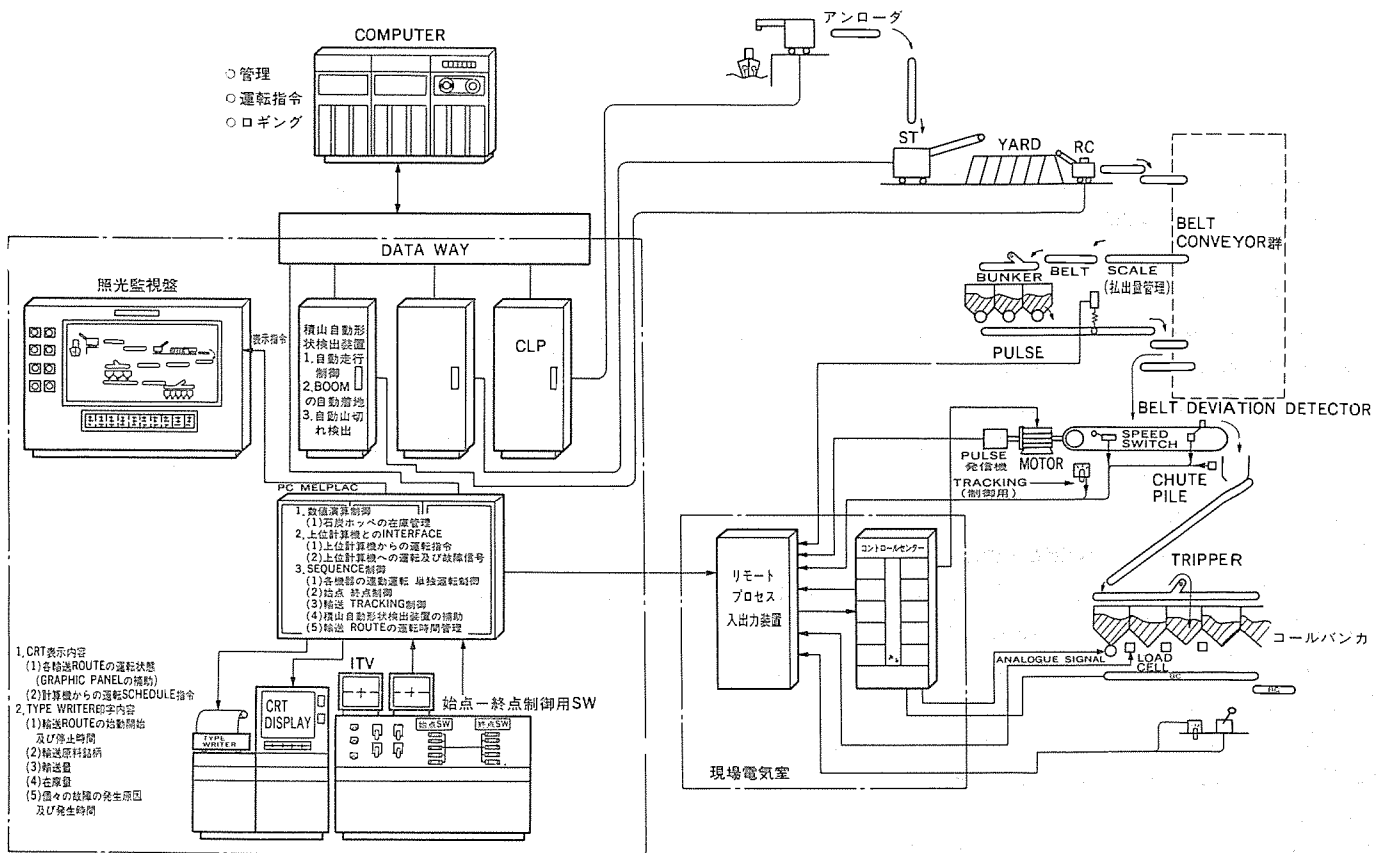


図 2. システム 構成図

おり、また現に稼働中のヤードがあるため、ここでは簡単にふれることとし主に後者について述べる。

2. 1 小規模自動化システム

コントローラによる作業機械の自動化システムで、計算機の管理データとリンクしていないシステムである。スタッカ、リクレマなどの単体作業機械に搭載するか、又は地上に電気室を設け、ここに設置するコントローラで実行する各機械単位の自動化をいう。

2. 2 大規模自動化システム

ヤード全体を包括する自動化システムで、計算機の管理データとリンクしているシステムである。ヤード全体の管理、監視、制御などを行う中央制御室を設け、ここにヤード計算機を置くことにより実現させる全自動システムである。図 2. にシステム構成を、図 3. に中央制御室の例をそれぞれ示す。

2. 2. 1 問題点及び計算機システム

現状のヤードの自動化は、まだ不完全である。現在、スタッカは完全無人運転が実施されており、リクレマもコントローラによる自動運転が行われている。しかし、ヤード全体にわたる管理データに基づいたオンライン制御はまだ実施されていない。ここで紹介するシステムは、ヤード計算機がより高度な管理データを収集し、コントローラはその指令を受けて自動運転を行う方式の全自動システムである。

自動化が困難であったリクレマの自動運転について必要な動きを考えてみる。まず、リクレマをある搬出点まで自動で移動し、その地点でバケットホイルを積山の払出し位置に自動着床させる必要がある。このためには次の二つの問題点を解決しなければならない。

(1) 搬出点まで他の作業機械及び積山に衝突しないように無人・自動運転で動かすにはいかにすればよいか。

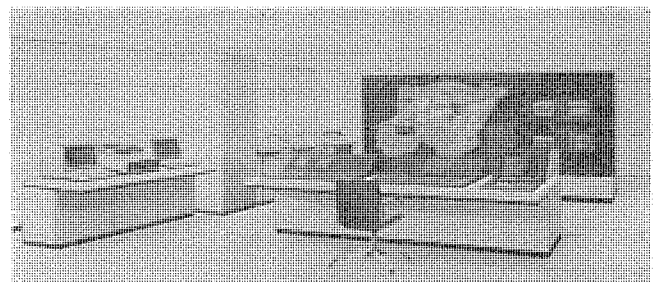


図 3. 中央制御室

(2) 搬出点での石炭積山の形状認識をどうするか。その積山のどこから払出すかを如何に決定するか。

これらの問題を解決しなければ、スタッカ・リクレマの完全無人自動化はできない。これを解決するために計算機を使用し、自動的に積山の在庫を空間形状的に把握することが必要になる。更に、数時間の全作業機械のスケジュールが把握でき、一定時間後の機械の位置と操業移動範囲が推定できると同時に、一定範囲以外の行為に出ないよう動きを制御する必要がある。

一方、これらを把握、制御している計算機が万が一ダウンした場合は、各機械をコントローラのレベルで自動運転する。各機械のコントローラは、わずかの手動設定により自動運転を行う。しかし、計算機からの指示なしで運転することになりヤード全体における制御情報は入力されない。したがって、このような事態が起こらぬよう 2. 2. 2 節で述べるような信頼性に対する検討が重要になる。

以上、問題点の方からあげたが、ヤードの自動化システムを端的に述べると次のようになる。

(a) 完全に近いヤード全体の自動化を実施し、バックアップとしてわずかの設定により個々の自動運転が行えるコントローラレベルの自動モードを設ける。

(b) 完全に近い自動化ヤード全体の実現のため、在庫管理、スケジュールまで把握して指示を出す必要がある。

(c) 人間が介在する範囲も上記(a), (b)のレベルになり、旧来の手動、自動のレベルからは異なってくる。したがって、人と計算機とのインタフェース(マンマシンインタフェース)は、これにふさわしい機能をつけなければ扱いにくい。すなわち、操作の大部分は運転から管理機能に関するものに移り、監視や計画の指示変更が主なものとなる。マンマシンインタフェースは、CRT(Cathode Ray Tube)による対話形のものとなる。人間にとっては、常時は計算機からの計画の指示がそのとおり進行しているかどうかの監視が主な作業となる。このほかには異常時の対応が主たるものとなる。

2. 2. 2 計算機システムの使い方と信頼性

全自動化システムにおいては、計算機がシステムの中核になることから、そのダウンはヤード全体の操業に影響を及ぼす。場合によっては危険な、また連鎖した故障事故を誘発する可能性をもつ。したがって高い信頼性を要求される。

一方、計算機システム全体のダウンはまれな事象であり、これに対処するために多大の主装備をすることは経済的ではない。また、一見、見落としがちなことであるが、最も大事なものはデータである。これが消えてしまうようなことがあると、運転の立上げ時、非常な混乱を生ずることになる。したがって、データは二重に保護しておく必要がある。同様にマンマシンインタフェース、伝送系の順で重要なものをあげることができる。

装置について言えば、個々の部分、例えばモータなどは故障すると安全に停止するようにし、個々の故障が他に波及してより大きな部分のダウンにならないようにする必要がある。更に、できれば別な代わりの方法でバックアップするとよい。すなわち、システム全体を小さな独立性のあるもの、つまりルーズなカップリングとし、故障があればその小さな独立した部分を切離して動かせるようにすることである。すなわちルーズなカップリングで個々独立した分散形とすることを意味する。

一方、計算機の機能を大きく二つに分けてみると、

- (1) 制御部分は完成されると変更、更新が少ない。
 - (2) 管理部分は変更が多く、また重要な部分でもある。
- と言える。これらから、計算機のシステムは二重系とし、第1系は制御、第2系は管理として、相互にバックアップ機能をもたせデータは二重書きとしておく。

3. システム構成

3. 1 構成概要

石炭ヤードにおける石炭処理設備としては、①揚炭設備、②貯炭設備、③選炭設備、④混炭設備、⑤積卸設備などがある。現在、ヤードではこれら諸設備の運転及び管理の合理化、異常時の適確な処置、操作性の向上などの要求を実現するため、計算機やプラントコントローラ(以下、PCと称す)などの導入が積極的に図られている。また、これに伴いマンマシンインタフェースもますます充実されてきた。しかしながら、計算機は管理用として設置されているが、そのデータが各作業機械のコントローラとリンクされておらず、主にヤードの監視とオフラインのデータ管理として使われている状態である。



図 4. 制御管理システム

当社では、図4.に示すような3レベルからなる制御・管理システムを開発した。ここで制御、計測は上層から下層方向へ分散化され、監視、操作は下層から上層方向へ集中化する。各レベルの機能は次のようになっている。

(1) 管理レベル

このレベルには、在庫管理を含めた管理データをもつ計算機をおく。計算機は、各作業機械のコントローラとオンラインで結ばれておりヤード全体の管理と運用を総合的にまとめる。

(2) 自動制御レベル

自動制御レベルは、各作業機械を自動制御するプラントコントローラやマイクロプロセッサからなる。このレベルは、通常全自動運転される場合、管理レベルの制御下にあるが、管理レベルから切離される場合は、このレベルでの個別自動運転が行われる。

(3) 機側レベル

モータコントロールセンターや現場盤から単独操作を行う場合は、機側レベルが対応する。

3. 2 制御装置の機能とシステム

3. 2. 1 計算機

(1) 機能

計算機システムは、計算機の分担する機能と要求される信頼性によって規模と構成が変わる。したがって、いかなる機能を持ちその重要性がいかなるものであるかが決まって初めて決定することができる。要求される機能を分類すると表1.のようになる。これらのうち最低限必要な機能としては、表中1-c, 2-c, 3-c, 4-b.があげられる。

(2) システム

計算機には三菱工業用計算機《MELCOM 350-50 シリーズ》を適用する。計算機システムの中心部は二重系とし、1系は制御、2系は管理を主として担当し、1系ダウン時には他系でバックアップする。ただしこの場合、システムの経済性を考え重要性の高い機能だけをバックアップするシステムとする。図5.に計算機システム構成を示す。記憶装置には、主記憶装置の記憶容量を補うために固定ヘッド磁気ディスクを設ける。また、主として計算機設備の調整、保守のためにフレキシブルデ

表 1. ヤード用計算機に要求される機能

項 目	機 能	内 容
1	ロギング機能	a. 装置の稼働状況 b. 操業状況 c. 在庫管理の記録 d. その他、電力量などの記録
2	制 御 機 能	a. 各装置への指示値の出力 b. 指示通り動いているかのチェック c. 衝突防止チェック
3	マンマシン インタフェース機能	a. 衝突防止の確認 b. スケジュール変更認識 c. ヤード全体の積山形状認識
4	管 理 機 能	a. 積山認識と在庫管理 b. スケジュール情報 c. ヤード管理と入荷計画 d. 入船計画と需要予測

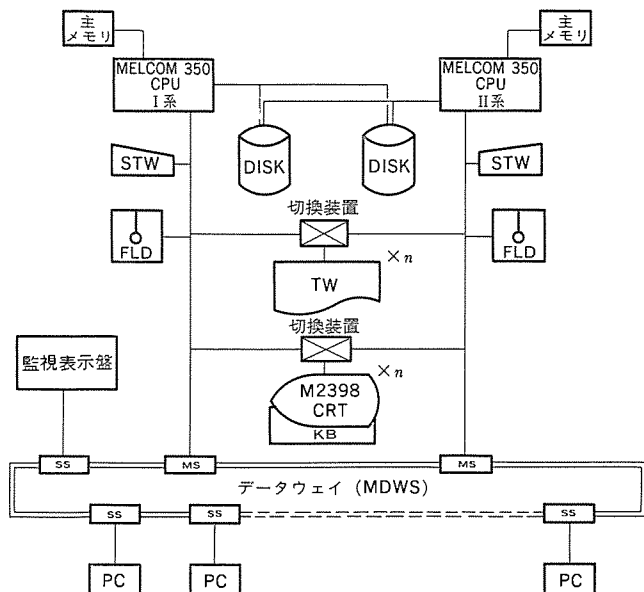


図 5. 計算機システム構成

ディスクをおく。

3. 2. 2 伝送装置

(1) 機能

計算機とコントローラやマイクロプロセッサなどの装置間の情報の伝達を、小数の信号線で伝送可能とするデータ伝送システムである。この技術の進歩により、階層制御システムを構成し管理機能を各々分担することが可能となった。一般にこの伝送システムをいかに組むかが全体のシステムの機能を定めることになり、単に信号伝送のみとするか、機能分散形のシステムにするかによって変わってくる。これは単に規模だけの問題でなく、応答性、故障危険に対する考え方による。伝送装置は、順次中心的機能を果たすものとなりつつあり、分散形を作るデータウェイ方式のものとなっていくであろう。

(2) システム

データウェイシステムは親局を中央管理室に設置し、子局をヤード内のプロセス側に設置する。そして、親局・子局間には同軸ケーブルを用いて接続する。図 5. は、データウェイ (MDWS) を用いた例で、計算機 1 系、2 系にそれぞれ親局 (MS) を接続し、子局 (SS) にはヤード内の各作業機械を自動制御するコントローラを接続する。

3. 2. 3 コントローラ

(1) 機能

ヤード内コントローラは、計算機とリンクされて各作業機械の自動制御を行う。ヤード内のシステムによっては、振動のある機械の上に搭載する場合があります。耐震設計されたものが必要となる。また、シーケンス制御のみならず演算機能をもつ必要がある。これに対する当社のコントローラの特長機能を紹介する。

(a) プラントコントローラ《MELPLAC》

- ・シーケンス制御・数値演算制御・パルスカウント制御・アナログ処理が可能。
- ・プログラミングと保守が容易な POL 言語 (プラント制御向高級言語) の採用。
- ・CRT 付プログラミングパネルを採用し、オンライン、オフラインのいずれでもソフトウェア処理が可能、かつ故障追跡が CRT で可能。
- ・CPU (中央演算処理装置) 及びメモリの各ハード対応のバックアップが可能。

・CRT ディスプレイ装置・キーボード・フレキシブルディスク・プリンタなどの豊富な周辺機器をつけることができる。

・リモート入出力機能がある。

・故障診断機能が充実している。

(b) ローカルプロセッサ CLP

・機上搭載、悪環境、ノイズに対して頑丈である。

・デバック、シミュレーション機能が充実している。

・自動運転シーケンス制御、位置決め制御機能がある。

・故障診断機能が充実している。

(2) システム

コントローラは、ヤード内のプロセス側、又は中央管理室内の電気室に設置される。制御盤内には伝送装置の子局も収納できる構造とする。各作業機械対応で 1 台ずつ設け、ベルトコンベヤ用コントローラは、ヤード全体で 1 台か、又は受入系統、払出系統の 2 系統分散方式で 1 台ずつ設けるかのいずれかとする。

4. 各設備の最新の制御方式

ここではヤード内の各設備について、その最新の制御方式について説明する。設備としては、揚炭設備のアンローダ、積付け・払出しを行うスタッカとリクレーマ、運炭設備のベルトコンベヤなどをとりあげる。

4. 1 アンローダ制御

石炭の陸揚を効率よく行うほか、アンローダの運転員の作業負担の軽減を図るため、次のような制御システムを採用する。

(1) バケット経路設定 (プレイバック運転)

アンローダの高効率運転を行うために、安全かつ最短となるような走行経路設定を行う。

(2) 振れ止め制御

バケットの振れ上めは、横行移動中、ホップ上、ハッチ内への振込み、振出し位置のそれぞれにおいて荷振れが最小になるように、コントローラが制御する。

(3) 衝突防止制御

複数アンローダの相互位置を監視して衝突防止をする。

アンローダ機上と地上のコントローラ間は、誘導無線式信号伝送装置で接続し、上位システムからのオペレーションガイダンス、アンローダの稼働状態、現在位置、陸揚重量などのデータの交信を行う。

4. 2 スタッカ、リクレーマ

スタッカ、リクレーマの自動運転システムは、前述のようにヤードの規模によって二つに分けて考えられる。作業機械単独の運転の場合は、自動運転モード及び手動運転モードの二つの運転モードを設ける。これは小規模自動化システムの場合、及び大規模自動化システムにおける計算機を切離した運転を行う場合である。自動運転モードは運転員が諸条件を考慮し、地上の監視操作盤から自動運転用コントローラに設定データを与える。手動運転モードは機体側又は地上からの運転員の操作により、全自動運転モードをバックアップする。

大規模自動化システムにおけるヤード全体の全自動モード運転の場合には、ヤード計算機からの設定データに基づき、スタッカ、リクレーマ対応の自動運転用コントローラが所定の作業を自動的に行う。また、ヤード計算機がスタッカ、リクレーマの走行位置、旋回位置測距データを受取ることにより、ヤード全体のレイアウトや積山の形状を認識して対向機体間及び石炭積山との衝突防止チェックを行う。

4. 2. 1 スタッカ

スタッカの自動運転作業としては、積付準備作業と積付作業があり、

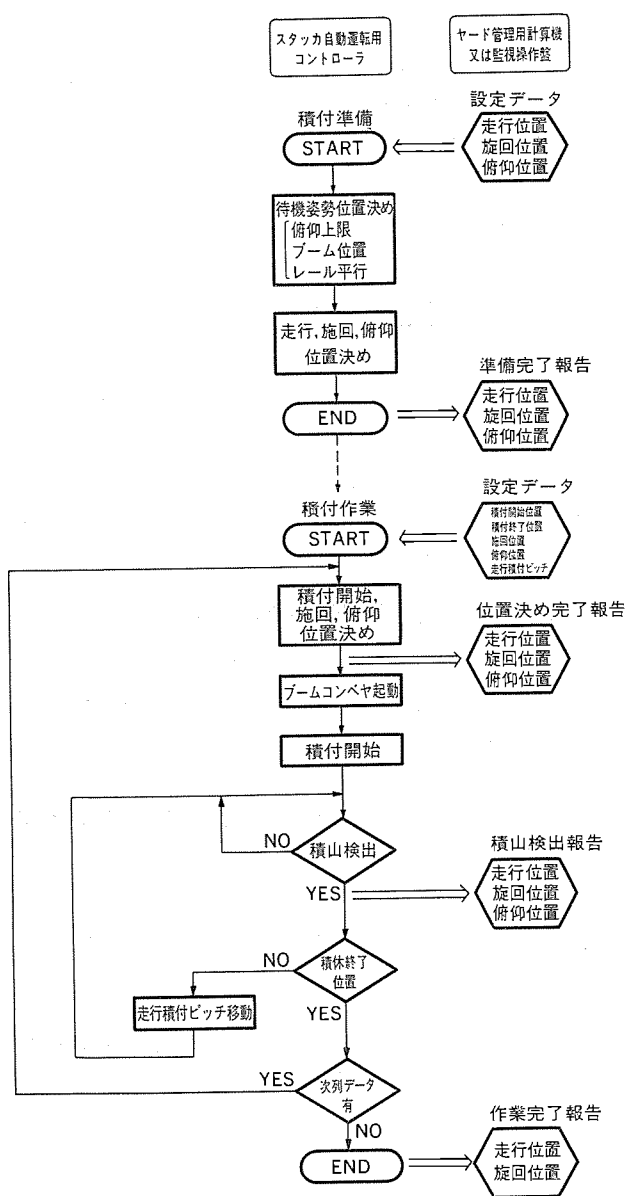


図 6. スタッカ 自動運転 フローチャート

各作業は地上又はスタッカ搭載のコントローラが設定データをヤード計算機又は監視操作盤から受取ることによって開始し、所定の作業を実行し、完了報告を行い終了する。積付準備作業は、所定の移動姿勢で機体を指令された走行、旋回、ふ(俯)仰位置に位置決めする作業である。スタッカの積付パターンは種々あるが、ヤードの使用効率が高く制御に融通性のある走行主体方式を採用している。この方式は積付開始位置、終了位置、積付ピッチ、旋回位置、俯仰位置を指令として、積付ピッチごとに所定の高さの積山を形成し積付作業を実行する。図 6. にスタッカ自動運転フローチャートを示す。

4. 2. 2 リクレーマ

リクレーマの自動運転作業としては、払出準備作業、払出開始位置への初期着床作業及び払出作業がある。払出準備作業は所定の移動姿勢で機体を指令された走行、旋回、俯仰位置に位置決めする作業である。このための測定装置として、当社は超音波測距装置(後述)を用意している。この装置が石炭積山との相対距離を測定しながら、払出開始位置へバケットホイールを自動的に着床させる。着床完了にて走行払出寸動量、払出回数、払出量の設定データを受け、払出作業に移るが、旋回端での山切れ検出及び段替制御にも超音波測距装置

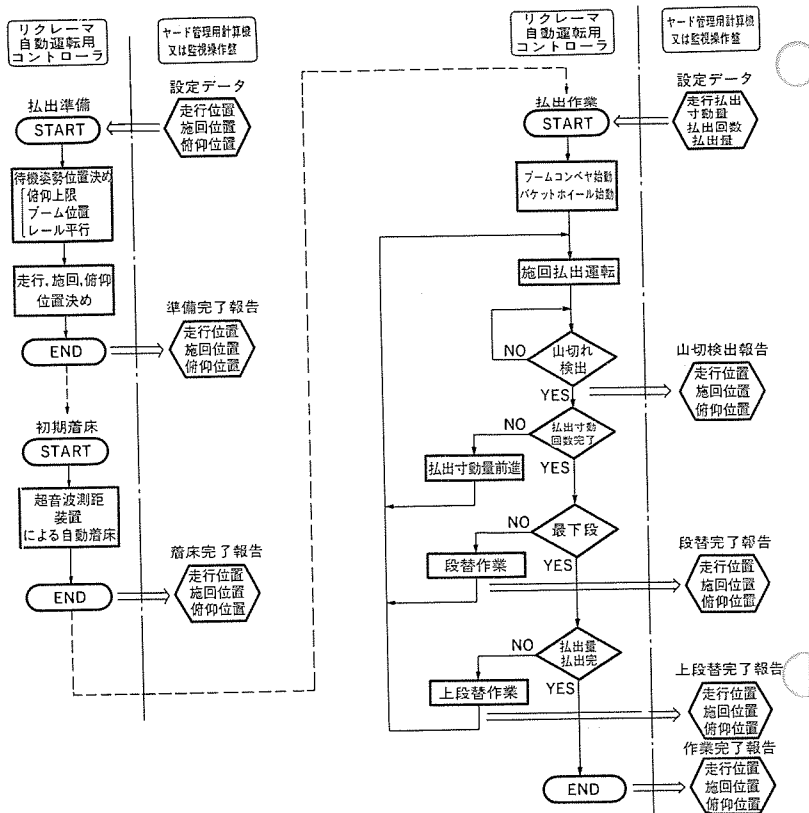


図 7. リクレーマ 自動運転 フローチャート

を用い、安全、迅速かつ確実な払出作業を実現している。

(1) 山切れ検出

超音波測距装置は、自動運転用コントローラにて設定されるパラメータ(石炭の種類、払出段数、払出方向など)により、超音波パルス信号の発射方向を割出し石炭積山との相対距離を連続測距して測距データを自動運転用コントローラに送る。自動運転用コントローラは測距データを検定し、所定の距離を越えたところで山切れを判断し旋回を反転制御する。

(2) 段替制御

払出寸動回数完了にて、リクレーマを走行後退させながら、超音波パルス信号を鉛直下方に発射させ現在ある段の段端を検知し、次いで次段を検知したことで走行を停止させ、ブームを下げ、その段の払出開始位置まで微速前進し、バケットホイールを石炭積山に着床させ完了する。

(3) 定量払出制御

バケットホイールの切込量が、着床からの旋回角度 θ に対して $\cos \theta$ に比例して変化するので、払出量が一定となるように旋回速度を可変とし定量払出を実現できる。図 7. にリクレーマ自動運転フローチャートを示す。

4. 2. 3 超音波測距装置

超音波測距装置(図 8.)は、超音波を検出媒体として 10 m 以内の位置から石炭積山の形状を検出するため、超音波ビームを旋回、俯仰軸について各々 120 度の範囲内で動かし、任意の方向の測距を可能としたものである。この装置は図 9. に示すようにアンテナ部、駆動制御部、処理装置部で構成しており、特にアンテナ部はリクレーマブーム先端のバケットホイール近くに設置されるため、振動、粉じん、雨などの過酷な条件に耐えるように設計している。

(1) 測距原理

駆動制御部のタイマにより設定した周期で、超音波パルス信号がアンテナ部から石炭積山に向けて発射する。石炭積山で反射された超音波パルス信号は、再びアンテナ部で受信し駆動制御部で増幅して処理装置部に送る。処理装置部では受信信号の波形処理を行い、送信受信タイミングを見出し、その時間差（伝搬時間）を求め、石炭積山までの距離を計算する。超音波信号の伝搬速度は周囲温度により変化するので、サーミスタを屋外に設置し、周囲温度を計測することにより温度補正を行う。超音波送受信素子を旋回、俯仰の何点かに位置決めし、測距を行うことにより石炭積山の三次元的形状を認識する。

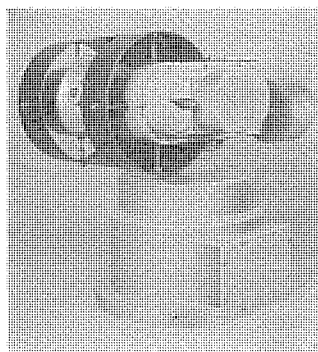


図 8. 超音波測距装置

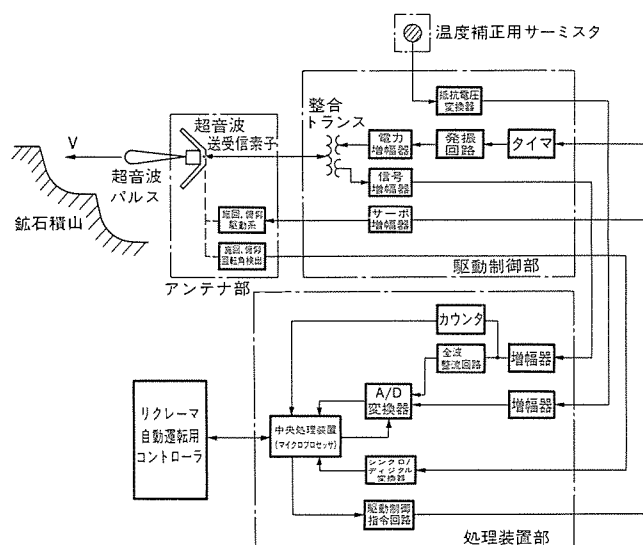


図 9. 超音波測距装置ブロック図

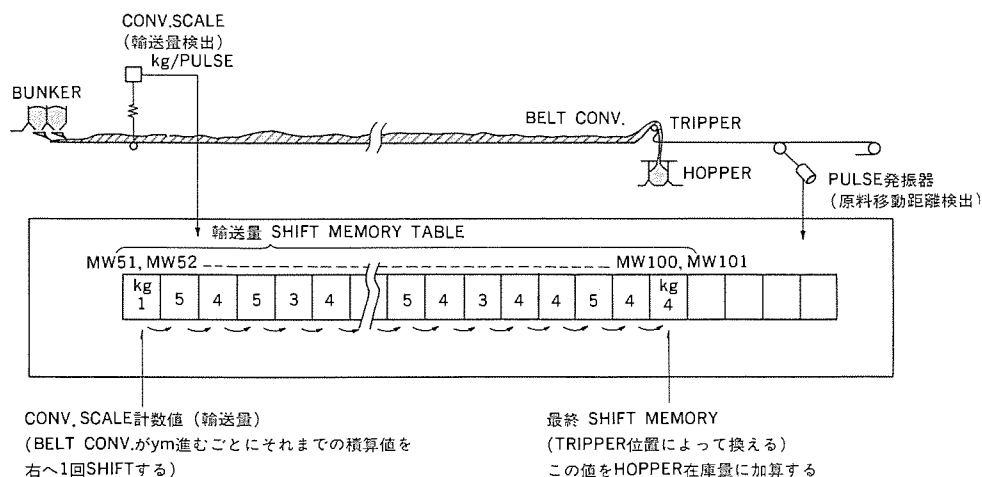


図 10. 輸送トラッキング制御概念図

超音波測距装置のブロック図を図 9. に示す。

(2) 位置決め

アンテナ部は旋回、俯仰動作とも別々の駆動系で駆動し、任意 0 点への位置決めが可能である。処理装置部では、リクレマ自動運転用コントローラからの指令に従って駆動指令を出す。この駆動指令が駆動制御部の駆動用サーボ増幅器に送られ、サーボモータゼネレータが動作する。また、処理装置部ではアンテナ部の旋回、俯仰回転角検出器の出力をシンクロ/デジタル変換し、中央処理装置に読み込み、各軸の現在位置を把握し上記駆動指令により駆動系を制御する。

(3) 外部インタフェース

処理装置部は外部インタフェース機能を有し、リクレマ自動運転用コントローラとのデータ通信を行う。これにより、測距データはリクレマ自動運転用コントローラを経由し、計算機の記憶装置（大規模自動化システムの場合）に送られて形状認識が成される。反対に、リクレマ自動運転用コントローラから指令を受取り測距を実行する。

4.3 ベルトコンベヤ制御

(1) 始点-終点設定によるシーケンシャル制御

最上流切出機、最下流払出機を選択するだけで、シュート切換え・コンベヤ・フィーダ・クラッシャ・トリッパなどのシーケンシャル制御を行う。

(2) トラッキング制御

コンベヤ上の石炭の所在点を、ある輸送距離単位ごとに常時追跡監視する方式で、①コンベヤ上の異種炭混載防止、②輸送時間の短縮（コンベヤ上の原料払出後に次の原料を輸送する従来方式に比べ原料払出時間がなくなる）、③秤量装置と組合せて高精度在庫管理が可能などの長所がある（図 10. 参照）。

(3) ホッパ、在庫量管理と補正

ホッパに投入する量と切出す量を監視しておき、切出量が多くなり在庫量が空量予報値以下となれば、上流系統に対し輸送指令を出し常にホッパ内には予定量を確保し、空量検出スイッチを不要としている。なお、この制御を利用して投入トリッパの完全自動運転も実現している。

このほかに秤量制御、サンプリング制御などがある。

5. む す び

以上、石炭ヤードの自動化システムについて述べてきたが、紙面の都合で詳細な説明ははぶいた。単体作業機械の自動運転を越えたヤードの全自動化システムにおいては、優れたセンサとマイクロプロセッサや計算機及びこれらの信号を伝達する

高速の信号伝送装置が主たる働きを担い、これらがヤードの全自動運転を可能にした。しかし、気象条件による積山形状のくずれ、炭じん、騒音などの環境対策などについてどう処理してゆくかは、まだ今後の課題として残されている。これらについての研究を続けると同時に、今後とも省力化、安全性向上、経済性などの面で、より優れたシステムの開発を目指して努力してゆく所存である。

新宿NSビル向けエレベーター監視システム

橋 浦 良 介*・岩 地 康 正**・安 倍 勉***・深 沢 豊+・鈴 木 修+

1. ま え が き

大形ビルの設備機器は規模・量ともに大きく、それに伴う監視、制御も高度なものが要求される。一方、省エネルギー、省力に対する要求は近年一層強まっており、ビル管理における重要な課題となっている。従来のビル管理システムの多くは、すべてのビル設備機器を中央の監視装置で制御する集中形ビル管理方式がとられてきたが、この集中形ビル管理方式では、複雑で高度な監視、制御と徹底した省エネルギー化、省力化及び高いシステム信頼性の要求にこたえることが難しくなっている。

この問題に対して、次のような分散形ビル管理方式が提案されている。この方式は、空調機器、エレベーター機器などまとまった機能を持つ設備機器群を一つの設備モジュールとし、この設備機器モジュールごとに監視・制御装置を設け、更にこれらの設備機器モジュールの上位に設けたマンマシンインタフェースとしての中央監視装置でビル設備機器全体の総括的な操作及び監視を行う方式である。

新宿NSビル（仮称）に納めたエレベーター監視システムは、他の設備機器との情報の授受が比較的少ないこともあり、上記の分散形ビル管理方式の一つの設備モジュールとして計画された。設備モジュールとしたことによってエレベーター30台、エスカレーター10台の操作、監視をより効果的なものとすることが可能となった。

このエレベーター監視システムは、マイコン・CRT表示装置・バックアップ表示灯・操作キーボード・インターホンなどで構成している。CRT画面では、エレベーター、エスカレーターの運行表示を行うとともに、災害が発生した時の対応として、該当する災害に対してオペレータが操作すべき内容と手順を表示している。このことは表示内容の分かりやすさを向上させるだけでなく、未習熟オペレータによる誤操作を防止し、ひいてはビル防災システムの信頼性を高めるという主目的に対して、より実効あるものと考えている。

以下このエレベーター監視システムの概要について述べる。

2. エレベーター監視システムの現状と動向

2.1 従来のエレベーター監視システム

大形高層ビルに従来から導入されているエレベーター監視システムの代表的機能を表1に示す。従来のエレベーター監視システムは、エレベーターの運行状態を監視するために必要な、かご位置・走行方向・運転中・休止中・故障中などの各状態を表示パネル上にランプ表示する。また、災害が発生した時に、エレベーターを避難させる災害時管制運転を行うためにオペレータが操作するキースイッチ及び異常時にかご内と連絡をとるためのインターホンを操作卓上に配置している。

通常これらの装置は、エレベーター以外のビル設備を管理する中央監視盤と並設されることが多い。

2.2 エレベーター監視システムの新しい展開

前述した分散形ビル管理方式において、エレベーター監視システムは、ビル管理システムのなかの設備機器モジュールの一つとして、次のよう

表 1. エレベーター監視システムの機能と構成要素

機	能	構成要素, 設置場所
エレベーター 状態表示	かご位置 走行方向 運 転 休 止 故 障 災害時管制運転完了 地震運転 火災運転 停電運転 群管理故障 非常運転	表示パネル上にランプ表示
オペレータ による操作	地震管制 火災管制 停電管制（自動／手動） 停電運転 救出運転	操作卓上にキースイッチ
通 話	かご内と監視盤	操作卓上にインターホン

な新しい要請にこたえることが重要となる。

●エレベーター監視の省力

●エレベーター監視における信頼性の向上

これらの要請を実現するために、次のような基本的な考え方に立ってシステム設計を行った。

(1) 従来の表示パネル上に分散されているエレベーターの状態情報を1箇所にとまとめて、分かりやすい形にモデル化して表示する。これにより、みやすさ、分かりやすさの向上を図った。

(2) 故障時、災害時に、オペレータが中央の操作卓で操作する内容及び手順を示す操作がガイダンスが発生した現象に合わせて自動的に表示し、オペレータの誤操作防止を図った。

上記(1)、(2)の配慮は、操作に不慣れな人の監視盤操作を確実にし、エレベーター監視における新しい方向付けをするものである。

(3) エレベーターの故障、システム機器の故障、災害などに関する記録を残すことで、故障原因の究明を容易にするとともに、正常に復帰するまでの時間を短くした。

(4) エレベーター監視システムが故障しても、最小限の情報を提供できるバックアップシステムを持ち、システムの信頼性を確保した。

3. 新宿NSビル向けエレベーター監視システム

2. 節では、大形ビルに適用される分散形ビル管理と、設備機器モジュールを構成するエレベーター監視システムのあり方、更にシステム的设计に関する基本的な考え方について述べた。ここでは実際にこの思想に沿って開発した新宿NSビル向けエレベーター監視システムについて説明する。

3.1 システムの構成

新宿NSビルは、一部店舗を含む貸事務所ビルとして計画され、地上30階、地下3階、延床面積166,860 m²の超高層ビルで、昇降機設備としてエレベーター30台、エスカレーター10台が設置されている(表2.)。

表 2. NSビル 昇降機設備概要

昇 降 機	仕 様
エ レ ベ ー タ ー	高層エレベーター : 速度 300 m/min 8 台
	中層エレベーター : 速度 240 m/min 8 台
	低層エレベーター : 速度 180 m/min 8 台
	非常用エレベーター : 速度 150 m/min 2 台
	駐車場用エレベーター : 速度 45 m/min 2 台
エ ス カ レ ー タ ー	地下1階—1階サービス : 2 台
	1階—2階サービス : 4 台
	2階—3階サービス : 2 台
	29階—30階サービス : 2 台

表 3. 使用機器一覧

項 目	仕 様
計 算 機	MELCOM 350/50 A 2100 1 台
主 メ モ リ	128 K ワード
デ ー タ 伝 送	リモートパネル
	デジタル入力
	デジタル出力
	データウェイ
表 示 装 置	M 2398-10 CRT 1 台 モニタ TV 1 台
記 録 装 置	M 2214 タイプライタ 1 台
I P L 装 置	M 2788-12 フレキシブルディスク 1 台

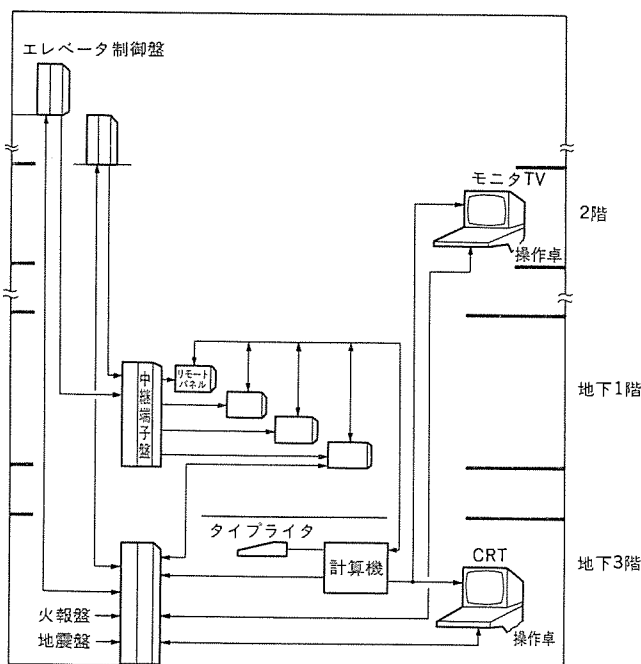


図 1. システム構成

エレベータ監視システムは、これらの昇降機設備を中央監視室と防災センターの2箇所で監視する。このシステムは運行状態監視機能、災害時管制運転及び故障時の操作ガイダンス表示機能、異常記録機能、バックアップ機能を備えている。表 3. 及び図 1. にその構成を示す。

次にシステム構成上、前記設計思想を満たすために配慮した点について述べる。

(1) 最高速 300 m/min で走行するエレベータのかご位置を、遅れなく正しく表示できるだけの計算機の処理速度を確保するためと、処理するプログラム容量から、

計算機は《MELCOM 350/50, A 2100》を採用した。

(2) 中央監視室と防災センターの2箇所で連携して、運行状態監視と操作を行うため、中央監視室にCRT表示装置、防災室にモニタTVを設置し、2箇所に同一画面を表示することで情報の一元化を図った。

(3) 運行状態と操作ガイダンスを同一画面内に表示できるように、CRTの表示装置は、4,800字、20インチの大形カラーディスプレイを採用した。

(4) ビル内に点在するエレベータ制御盤からの信号を、ケーブル及び工事費用などの削減を図り効率良く正確に計算機と接続するため、いったんリモートパネルに入力し、リモートパネルと計算機の間は信号を直列伝送するデータウェイ方式を採用して1本のケーブルで結んだ。

(5) エレベータ・エスカレータ故障信号は、制御盤からリモートパネルを介さずに、直接中央監視室・防災室に並列配線することで、計算機とは独立させ、計算機が故障しても操作卓上のランプを表示可能にすることによりバックアップを構成した。

3.2 エレベータ監視におけるマンマシンインタフェース

3.2.1 運行状態監視

エレベータ運行状態監視は、災害、故障などが起きていない平常時における監視はもとより、地震時などの災害時管制運転時にオペレータが運行状態を見ながら操作を行うために必要である。したがって運行状態が見やすいことは、オペレータの正しい監視と判断を確保するために有効であり、また操作に不慣れな人の判断も可能にするので、緊急事態の発生時に大きな威力を発揮する。

図 2. に運行状態監視用の画面を示す。画面はビル内でのエレベータ設置場所がオペレータに分かりやすいように、ビル平面図内に実際の位置に合わせてエレベータのモデルを配置した。エレベータの運行状態は、数字・マーク・色の変化・点滅を組合せ、モデル内に集約して表示している。その内容を次に示す。

- (1) かご位置はモデル内にデジタル表示する。
- (2) 運転方向はモデル内に矢印で表示する。
- (3) かごに付けられている号機番号は、モデル内に数字で表示する。
- (4) 運転・休止・故障・災害時管制運転完了の各状態は、モデルの枠の色の変化と点滅で次のように表す。

運転 — かご枠みどり
 休止 — かご枠みずいろ
 故障 — かご枠あかいろで点滅
 管制運転完了 — かご枠きいろ

- (5) 災害時管制運転中のかごは、モデル内にマークで表示する。

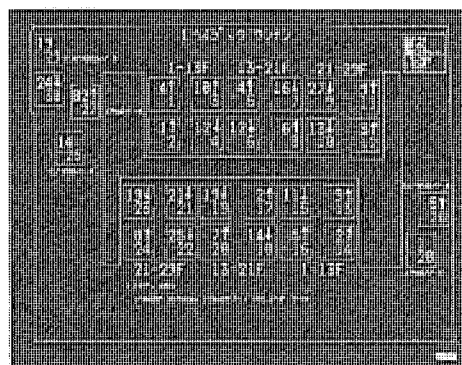


図 2. 運行状態監視画面

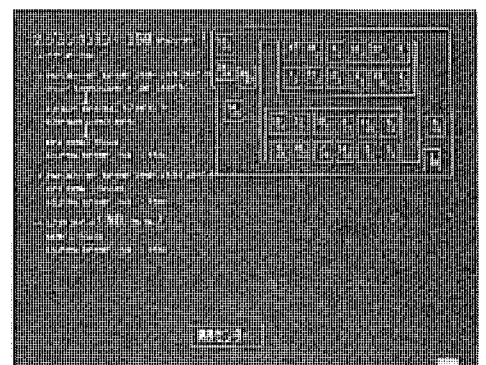


図 3. 地震時管制運転 (150 ガル以上) 操作ガイダンス画面

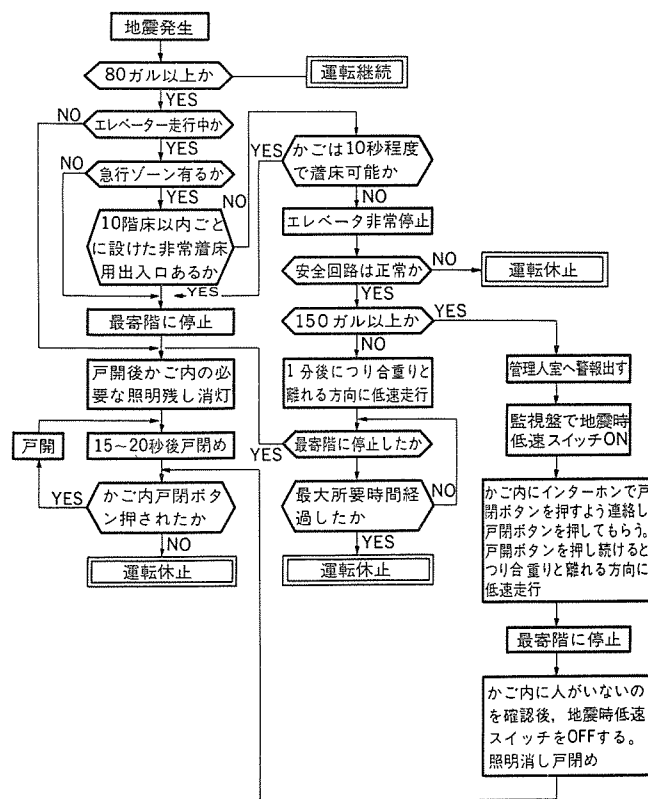


図 4. 地震時管制運転動作フロー

更に、災害時にはオペレーターはエレベーターの運行状態を監視しながら操作を行うので操作ガイダンスと運行状態とを同一画面に表示できるように図 2. の画面の縮小画面を準備した。

3. 2. 2 操作ガイダンス

下記に示す運転に対して操作ガイダンスが準備される。その一例として図 3. に地震時運転の動作フローを示し、図 4. にはその操作ガイダンスを示した。

- (a) 地震時管制運転 (150 ガル 以上)
- (b) 地震時管制運転 (80 ガル 以上)
- (c) 火災時管制運転
- (d) 停電時運転 (自動式)
- (e) 停電時運転 (手動式)
- (f) 自動救出運転
- (g) 手動救出運転
- (h) エレベーター 故障
- (i) エスカレーター 故障

これらの災害時運転は、災害訓練時のほかには実際に災害が発生しない限り必要のないものであるが、オペレーターがこの操作に習熟していることは必ず(須)である。しかし緊急事態においては習熟したオペレーターでもミスのおそれが多分に予想されるものである。したがってこれらの運転に操作ガイダンスを設けることは、操作信頼性の向上と未習熟オペレーターの操作をも比較的容易にするという点から非常に有効と考えられる。

3. 2. 3 操作ガイダンス画面の表示方式

操作ガイダンス画面の表示方式は、条件によりシステムが自動的に画面を出力する自動選択方式、オペレーターが画面メニューを出力させ、その中の一つを指定して画面を決めるメニュー選択方式などいくつかある

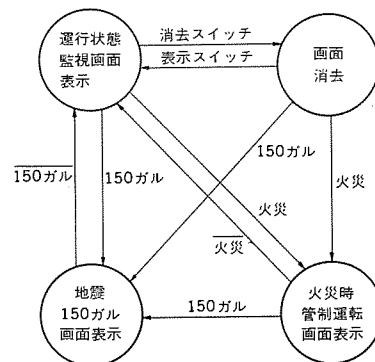


図 5. 画面遷移図

が、今回は次に示す理由から自動選択方式を採用した。

- (1) 緊急時に人の判断で、画面選択することによる誤操作を防止する。
- (2) 災害が重複した場合のエレベーターの運転は決められており、したがって操作ガイダンスも規定できる。
- (3) 中央監視盤と防災盤の2箇所でも同一ガイダンスに従って操作を行うため、片方の都合で画面を変えてはならない。

ただし、平常時にはオペレーターが操作に関する学習ができるよう、手動で画面選択できるようにしてある。自動選択の方法では、まず発生した災害の内容に応じて表示したい画面が自動的に選択する。エレベーターの管制運転では、複数の管制運転が重複して発生した時は、災害の緊急度に応じ所定の優先順位に従って行われるように配慮されているので、画面もこの優先順位に従って最上位の画面からCRT表示装置に表示するようにしている。画面遷移の一例を図 5. に示す。平常時で画面消去状態の時に火災が発生すると、火災時管制運転画面を表示する。その後 150 ガル 以上の地震が発生すると、火災より地震の方が優先順位が高いので、地震時管制運転画面に切替わる。

4. む す び

大形ビルに分散形ビル管理方式の適用が開始されたことで、エレベーター監視システムに省力・信頼度向上とが強く要求されるようになっていく。本稿ではこの要求にこたえる新宿 NSビル向けエレベーター監視システムについて述べた。このシステムは従来に比較して、一層見やすく、分かりやすいものとなっており、監視の信頼性を高めるとともに、災害時緊急事態発生に合わせ操作ガイダンスを表示することによりオペレーターの誤操作による2次災害を防止するなど大幅な改善が図られている。

今後、大形ビル以外にも、このシステムのような監視システムが徐々に普及するとともに、エレクトロニクス技術の進展を背景に、一層費用効果の高いユーザーニーズにこたえる監視システムが実現されることが期待されている。

我々もこの期待にこたえる努力を続けていくつもりであり、ユーザー並びに関係者各位からの御批判、御示唆をいただければ幸いである。

参 考 文 献

- (1) 湯川隆夫：三菱電機技報，55，No. 11，P. 24 (昭 56)

パトカー動態表示システム

桜山 享*・阿部 悟**・林 信喜***・永田良茂***・田辺 一郎***

1. ま え が き

警察の通信指令業務の近代化の一環として、コンピュータを利用した各種システムが検討され具体化されてきている。パトカー動態表示システムは、パトカーへの迅速的確な指示など通信指令業務の効率運用を目的とした処理システムである。昭和57年度千葉県警察本部へ導入したシステムを中心に実施例を紹介する。

2. パトカー動態表示システムの目的とシステム導入

2.1 パトカー動態表示システムのモデル

パトカー動態表示システムの全体システムを図1に示す。パトカーは無線回線を通して通信指令センターから集中運用される。主な機能別区分と装置構成は次のとおりである。

(1) 車載設備

警察の移動無線機を装備するパトカー(数百台)へ動態設定端末機を搭載する。

(2) 移動無線回線

既設の音声通話用回線、地域別に分割使用され、系統ごと往復路各単一周波数による無線回線構成である。

(3) 中央データ収集設備

既設の無線基地局から音声とデータとを分離し、動態情報のみをデータ収集する。

(4) 中央処理設備

収集されたデータを入力し、処理記憶し、要求に応じて複数の指令台、プリンタへ出力する。

(5) 通信指令センター設備(県警本部内)

他のシステム(110番、通信指令、ITV)からの情報をもとに操作台とCRT漢字ディスプレイ、データ表示・検索・登録を行う。

2.2 方式比較

電波を利用して、運行中の車両の位置や活動状況のデータ収集し、中央にて集中管理、データ処理する方式には各種あり、①分散送信方式、②分散受信方式、③半自動方式、に大別できる。その方式の

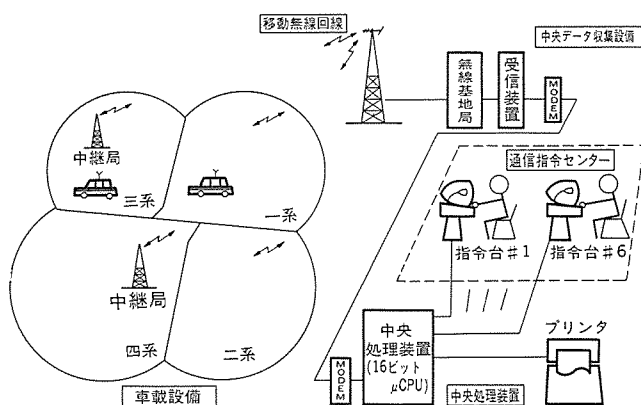


図1. パトカー動態表示システムシステム

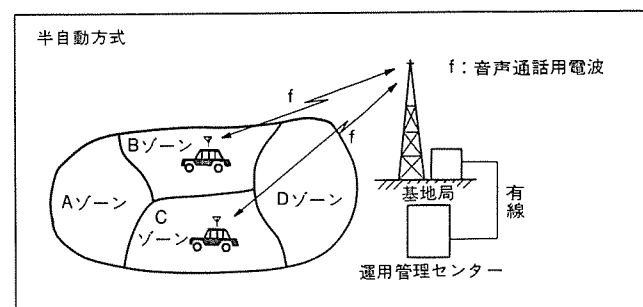
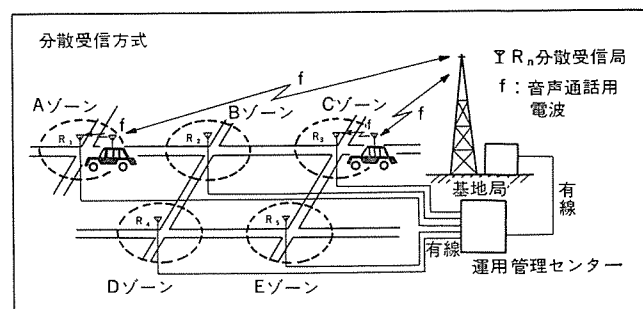
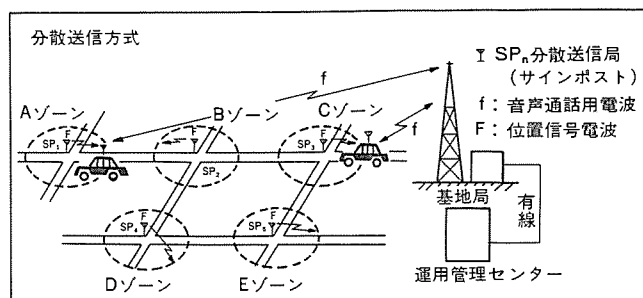


図2. 方式比較図

表1. 方式比較表

	設 備	電 波	通話との混信	車上情報 設定操作	位置情報 管理区分	使用地域
分散送信方式	地上設備（サインポスト）が必要、多数の共同利用可能	音声通話用電波と位置信号電波とが必要	有り	位置：自動 活動状況：手動	サインポスト単位	サインポスト設置地域
分散受信方式	地上設備（サインポスト）と有線伝送回線が必要	音声通話用電波利用	有り	位置：自動 活動状況：手動	サインポスト単位	サインポスト設置地域
半自動方式	地上設備が不要 経済的	音声通話用電波利用 経済的	有り	位置：手動 活動状況：手動	自由に設定可能と情報伝達の確認	通話可能地域

概要を図2. 方式比較図、表1. 方式比較表に示す。これらは一長一短があるが、経済性と既設装置とのマッチングの点で、③半自動方式が有利である。また将来、①分散送信方式との併用も考えられる。

2.3 運用

このシステムは、通信指令センターにおいて他システムとの組合せによ

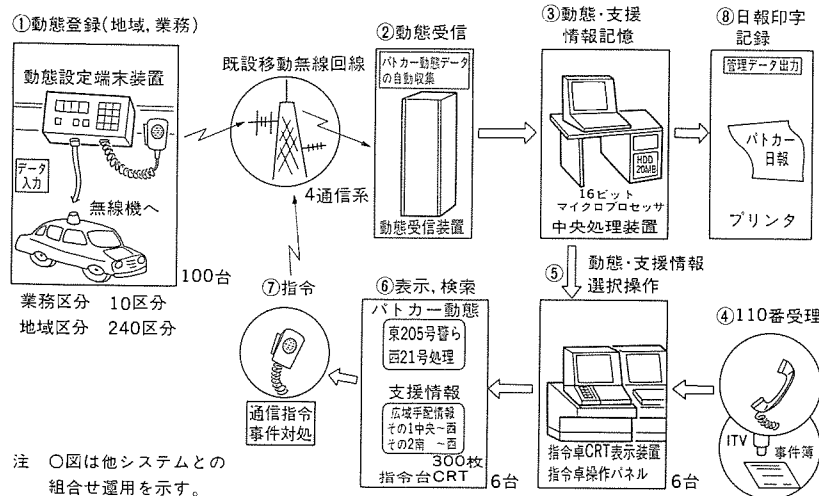


図 3. 機能と運用例 (千葉県警察本部納入例)

り次のように運用される。図 3. に機能と運用例を示す。

(1) データ入力系統 (数百台の パトカー のデータ 収集)

(a) 動態登録 (図 3. ①)

パトカー に搭載の端末設定装置のスイッチ 設定と半自動 データの送 出。

(b) 動態受信 (図 3. ②)

既設移動無線回線による自動 データ 収集、回線は音声と共用。

(c) 動態・支援情報 (図 3. ③)

動態受信 データ 及び時刻 データ から CPU データ 処理を行い記憶す る。

(2) 事件発生と対処

(a) 110 番受理 (図 3. ④)

電話による事件データは、表又は文書により ITV 画像又は音声にて 指令台へ伝えられる。

(b) 動態・支援情報選択操作 (表示、検索) (図 3. ⑤)

指令卓上の操作 パネル、CRT 表示にて選択操作を行い、必要 データ を選択する。

(c) 通信指令 (図 3. ⑦)

音声通話により パトカー 乗務員へ指令を発し、事件対処へと導かれ る。

(3) 管理 データ 作成

(d) 日報印字記録 (図 3. ⑧)

収集されたデータ又は登録し動態データを日報印字する。

2. 4 特長とこのシステムの導入効果

このシステムは 16 ビットマイコン による処理装置と伝送装置との組合せ により、

(1) 大容量・多機能処理

(2) 操作性

: 漢字表示と専用操作卓

(3) 経済的な システム 構成

: 多数の端末からの オンラインリアル タイム なデータ 自動収集、経済的 な端末装置

(4) 安定した移動無線利用技術: 既設通話用移動無線に適用可能な MODEM と 5 ビットバス誤り 訂正符号の採用による高信頼度 回線設計

を可能とした。

このシステム 導入効果としては次のとおりである。

(1) 自動化、能率向上

- ・多数の パトカー のデータ 収集の自動化
- ・車両管理の合理化
- ・通信指令業務の能率化

(2) 効率化 (他 システム との連繋により)

- ・パトカー の効率運用
- ・緊急事態対処

(3) 高度利用

- ・正確・敏速な データ による状況の把握
- ・各種支援情報の利用
- ・パトカー のシステム 運用

3. システム構成例 (千葉県警察本部納入システム)

このシステム は中央設備系統と車載設備系統とに大 別でき、中央設備は中央処理装置と動態受信装置で構成する。図 4. に中央設備系統を、図 5. に車載設備系統を示す。主な容量、構成、仕様は次のとおりである。

3. 1 システム容量

項 目	千 葉 県 警
取 扱 車 両	200 台 (100 台分納入)
在 車 位 置 区 分	240 区分 40 管轄×6 地区
業 務 区 分	10 区分
通 信 系	4 系統
CTR 表示装置	6
支 援 情 報 種 別	10 種
〃 画 面	300 枚

3. 2 構成と主な仕様

このシステム の構成と設備の主な仕様を表 2. に示す。

3. 3 個別仕様、機能

3. 3. 1 動態設定端末装置

(1) 構 造 (図 6. 参照)

(2) 無線機 インタフェース

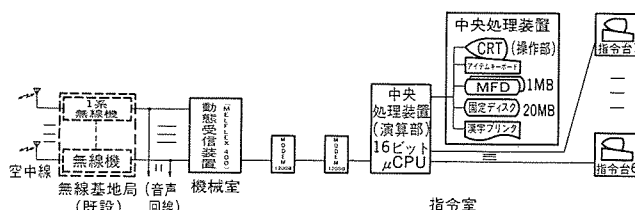


図 4. 中央設備系統

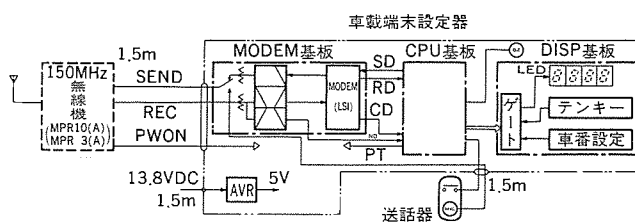


図 5. 車載設備系統

- (a) 適用無線機 : MRP・3 又は MPR・10(A) 形
 (b) 接続方法 : 送話器と無線機の間はこの装置を接続す

表 2. 構成と主な仕様

主要設備	装置名	主な容量・機能	数量
中央処理装置 (処理部)	CPM-4 D	(16ビット μ CPU) ミニコン	1 式
	主メモリ容量	512K バイト	
	補助メモリ	フロッピディスク (1 MB) 固定ディスク (20 MB)	
	(操作部)	シート・カートリッジ 20 ページ アイテム キー 160 個	
	テンキー	15 個 ファンクションキー 10 個	
(操作部)	漢字プリンタ	最大印字数 136 字/行 (漢字 90 字/行) 印字速度 120 字/秒 (・ 55 字/行)	1 式
	CRT	画 面 12 インチモノクロ 80 字×20 行 (漢字 40 字×20 行)	
	字 種	256 種+漢字 4,000 種 (16×16 ドット)	
	(指令台)	キーボード	
		操 作 内 容 登録, 表示, 呼出, 日報, 支援 情報	
(指令台)		呼称/管轄指定 50 区分 (25×2 個)	5 式
		業態/支援 10 区分	
		番 号 設 定 テンキーによる車番, 地区支援 ページ設定	
		通信系切換 最大 4 系統	
	CRT	(操作部) の CRT に同じ	
動態受信装置	構 成	MELFLEX 500 (データ伝送装置)	1 式
	回線容量	4 回線 (ZOFZ 基板枚数による)	
	車両 〃	200 台 (最大 500 台)	
動態設定端末 装置	対 CPU 伝送	30 秒ごとデータ伝送 1,200 BPS	198 式
	設定項目	位 置 情 報 (管轄 00~79, 地区 0~9)	
	表示項目	業 務 内 容 (業態 0~9)	
	伝送項目	車 両 番 号 (0000~9999 半固定) (設定項目に同じ)	
		(〃)	

る。

- (c) 信号入出力規格: 入力 ・ 3 形 -5 dBm (600 Ω)
 ・ 10 形 -15 dBm (600 Ω)
 出力 ・ 3 形 -9 dBm (600 Ω)
 ・ 10 形 -15 dBm (600 Ω)

(3) データ設定方法

- (a) 位置情報: 管轄 (BCD 2 桁), 地区 (BCD 1 桁) のテンキ
 ースイッチ設定, LED 数値表示有り。
 (b) 業態情報: 業態 (BCD 1 桁) のテンキースイッチ設定, LED
 数値表示有り。

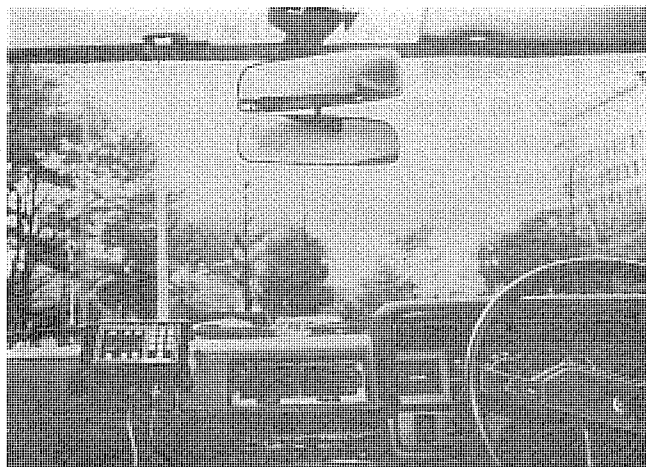
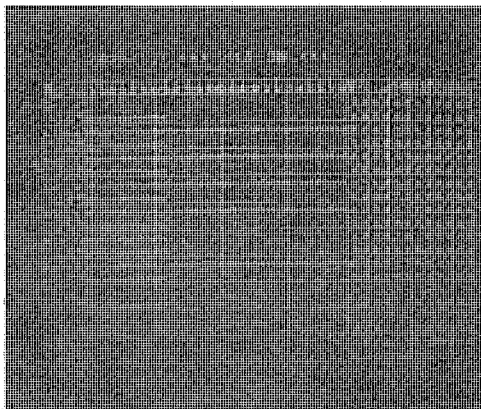
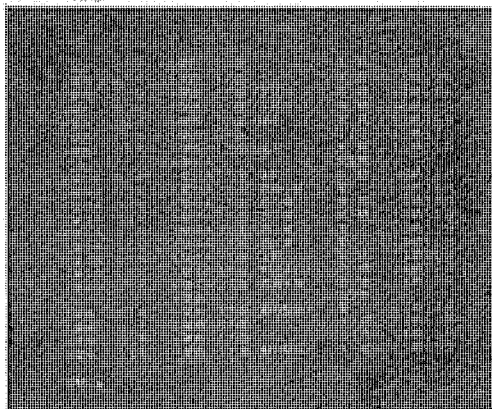


図 6. 動態設定端末装置

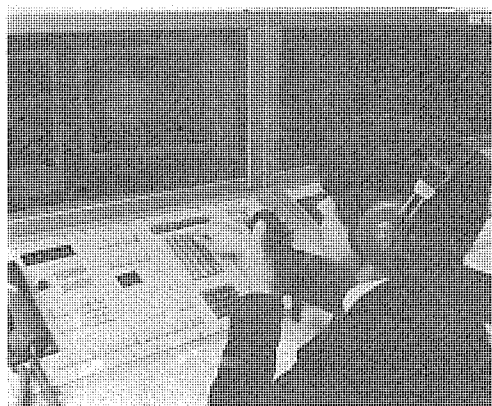
パトカー活動結果



パトカー動態



中央処理装置



動態表示

図 7. 中央処理装置と指令台

- (c) 送信条件：①設定変更を行ったとき、②同一設定内容が30分以上経過したとき、①及び②の条件にてプレス動作完了時送信する。

3.3.2 動態受信装置

(1) 構造 600 mm(W)×450 mm(D)×2,000 mm(H)

(2) 通信制御方式

(a) 常時 動態設定端末装置からの受信待ち。

(b) ボーリング

起動条件：CRT表示装置からの信号指示。

再呼方式：1巡回後不受信車をまとめて再呼する。

対象局：全局又は個別。

(3) 無線機とのインタフェース 3.3.1節(2)に同じ。

3.3.3 中央処理装置、指令卓

(1) 構造(図7.参照)

(2) 動態表示内容

(a) 管理対象

在車位置：警察署の管轄区域が基本単位(表3.区域分割例参照)

業態：遂行中の業務内容(表4.業態区分例参照)

その他：上記データにデータ発生時刻を付加

(b) 利用形態

表示：車ごとの現状動態、時刻を該当条件にて表示

・管轄区域区分

・管轄区域と地区区分

・管轄区域、地区と業態区分

呼出し：該当条件の車を無線を通して呼出し、直接端末設定装置からデータ収集する。

表3.区域分割例

通 信 系	管 轄		地 区					
	コード	区域名	第1地区	第2地区	第3地区	第4地区	第5地区	第6地区
千葉1系	11	中 央	西	東	中 央	駅 前		
	12	西						
	13	南						
	14	北						
	15	市 原						
	16	木 更 津						
	17	富 津						
	18							
	19							
	20							
千葉2系	21	柏						
	22	我 孫 子						
	23	流 山						
	24	松 戸						

表4.業態区分例

コ ー ド	業 態	表 示 用 略 号	備 考
1	警 ら	ラ	
2	110番処理	ヒ	
3	旭 理	シ	
4	検 問	ケ	
5	待 機	タ	
6	休 憩	ヤ	
7	緊 活	キ	
8	特 活	ト	
9	そ の 他	ソ	
0	休 務	ム	入庫、休車、故障、無指定等
一	点 検	テ	登録前の初期設定(勤務開始時刻)

(ボーリング呼出し)

- ・全車対象
- ・同一地域対象
- ・特定の一車対象

予定登録：当日の勤務予定をあらかじめ入力し、次の日勤務予定と実績とを勤務例一覧表として日報作成する。業態実績は30分単位。また業態実績登録もできる。

(3) 支援情報表示内容

(a) 情報の種別

情報の種別	区分方法	情報量	備 考
緊 配 管 轄 単 位	6ページ/管轄	徒歩、車-15分経過、車-30分経過	各2ページ

広域手配 全県を7区分 3ページ/区分

乗物情報 管轄単位 2ページ/管轄

支 揮 事 案 単 位 4ページ/事案

(b) 利用形態

CRT表示装置を利用して大目次から小目次まで、順次選択表示して必要情報を取出せる。

4. 回線・符号伝送方式

このシステムのデータ収集の自動化の主要テーマとして、

- ①経済的な端末の開発
- ②高信頼度・安定した無線回線利用技術
- ③高信頼度符号伝送方式の開発

があった。主に次のとおり対処した。

- ①μCPUによるボードの開発(小形・軽量・低消費電力化)
- ②新開発のLSI MODEM(M54930P)の利用
- ③回線監視の実施、そのためのBPF、BEFの自動設計回路の利用
- ④5ビットバースト誤り訂正符号(擬巡回符号)の採用
- ⑤高信頼度伝送方式の開発とシミュレーション実施

詳細内容は次のとおりである。

(1) 回線設計

無線機入出力レベルの型式差異による切換えは、内部切換スイッチにより切換えるとし無調整にて設計した。余裕は、

送信レベル変動	±2 dB	
無線機による変動	±6 dB	
受信レベル変動	±2 dB	計 ±10 dB

とした。

(2) 回線監視レベル

信号検知レベル：標準 -15 dB 以上

雑音 " : " -10 dB 以上

(3) バンドパス、バンドエリミネータ特性

各々30 dBゲインのアクティブフィルタ使用

(4) 符号方式

(a) 前提条件

S/N	: 12 dB 以上(無線出力レベル)
符号誤り発生率	: 5×10^{-3} 以下 ($= \alpha \cdot Pe$)
受信率	: 90 % 以上
見逃し誤り率(誤受信率)	: 10^{-4} 以下

(b) 符号伝送方式

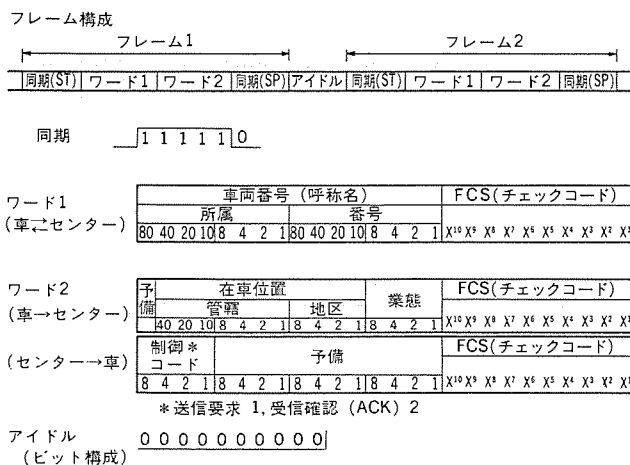


図 8. 伝送符号フォーマット

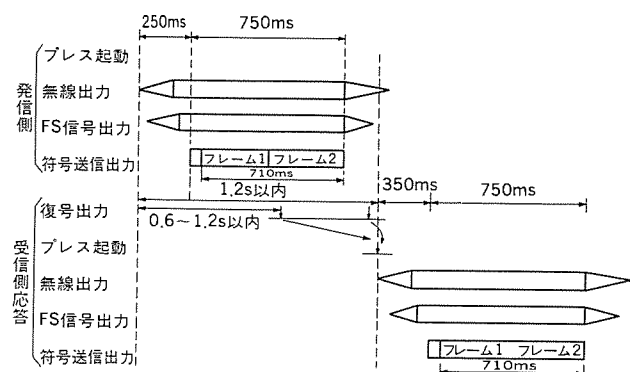


図 9. 通信所要時間図

表 5. 回線品質と MODEM 特性 (仮定)

No.	無線機出力の (S/N)	MODEM BPF 改善 (S/N)	ビットエラーレート (Pe)	符号エラー発生率 ($\alpha \cdot Pe$)	備考
1	7 dB	15	3.16×10^{-2}	6.32×10^{-3}	①バースト発生率 $\alpha=0.2$ とした (平均 5 ビット長) ②すべて 11 ビット以下とした。 12 ビット以上があっても見逃し誤り率を無視できるほど小さいとした。
2	10 dB	18	1.58×10^{-2}	3.17×10^{-3}	
3	12	20	10^{-2}	2.0×10^{-3}	
4	17	25	3.16×10^{-3}	6.32×10^{-4}	
5	22	30	10^{-3}	2.0×10^{-4}	

符号化形式: NRZ 等長符号

符号方式: 符号長, データ長, 訂正可能なバースト長に対して (27, 16, 5) の擬巡回符号。生成多項式として,

$$G(X) = (X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^3 + 1)$$

$(X+1)$ を使用

(c) 誤り訂正能力

5 ビット以下の単一バーストエラーをすべて訂正可。

(d) 誤り検知能力

①11 ビット以下の単一バーストエラー, ②27 ビット中 3 ビット以下の重なりビットエラー, ③27 ビット中奇数の重なりエラー, ④2 ビット以下の二重バーストエラー。

なお 27 ビット中 4 ビット重なりエラーに対しては 99.982% 誤り

表 6. バーストエラーに対する見逃しエラーと修正率 (5 ビット以下バースト発生率 $\alpha \cdot Pe$ に対してのみ計算)

重なりバースト発生数	見逃しエラーの場合の数 γ	修正率		
		正 β_1	誤 β_2	計 β
1	0	1.0	0	1.0
2	$\frac{27 C 2}{210} = 0.343$	0.008	0.348	0.356
3	$\frac{27 C 3}{210} = 2.85$	0.04	0.34	0.38

注 (1) 1,000 回の試行により算出した。

(2) すべてバーストエラーによる発生と考え, 平均バースト長 6, ただし, バースト発生率 0.2 とし, 重なりバースト発生数 2 の諸元を採用した。

表 7. ランダムエラーに対する見逃しエラーと修正率

重なりエラービット数	見逃しエラーの場合の数 γ	修正率		
		正 β_1	誤 β_2	計 β
1	0	$n=27$ 1.0	0	1.0
2	0	0.320	0.115	0.435
3	0 (パリティなし時総数 7)	0.058	0.340	0.398
4	$\frac{3}{27 C 4}$ (=0.000171)	0.011	0.403	0.414
5	0 (パリティなし時総数 45)	0.002	0.384	0.386

表 8. 伝送方式のシミュレーション結果

S/N	ビットエラー率 Pe	受信率 PR	正受信率 PRR	誤り受信率 PRE	
7 (dB)	3.16×10^{-2}	0.8453	0.8446	6.25×10^{-4}	不受信率 $PNR = 1 - PRR - PRE$ S/N は無線機出力バースト発生率 $\alpha=0.2$ を採用
10	1.58×10^{-2}	0.9347	0.9345	1.56×10^{-4}	
12	1.0×10^{-2}	0.9621	0.9620	6.26×10^{-5}	
17	3.16×10^{-3}	0.9894	0.9894	6.25×10^{-6}	
22	1.0×10^{-3}	0.9968	0.9968	6.26×10^{-7}	

検知可能である。

(e) 同期方式 ± 10 ビット以内の誤同期のバックアップ。

(f) 符号構成 図 8. による。

(g) 通信所要時間 図 9. による。

(h) シミュレーション結果 表 5.~表 8.

(i) 実測結果 符号の受信過程から表 5.~表 8. に回線設計例を示す。

大部分の通話可能地域においてデータ伝送可能であることを確認できた。

5. む す び

以上 パトカー動態表示システムの概要と, 千葉県警察本部導入システムの概要について述べた。まだ実施例においてデータ収集の自動化を含めたものは少ないが, 今後順次導入されるものと思われる。今後も経験の積重ねにより更によいシステムへと発展させたい。

終わりに上記システムの設計, 施工に御指導いただいた。警察庁通信局及び関東管区警察局通信部の関係者各位に深く感謝する次第である。

(昭和 57-11-24 受付)

16KビットCMOSスタティクRAM

有田 豊*・河野 芳雄**・浅井 外寿**・茅野 晋平**・舟越也寿宏*

1. ま え が き

スタティクRAMは、ダイナミックRAMに比べてタイミングが簡単であるため、マイクロコンピュータ用のメモリとして広く利用されている。この中で、CMOSスタティクRAMは動作時の電流が小さく、またスタンバイ時の電源電流が極めて少ないため、電池駆動あるいは電池バックアップによる不揮発性メモリ装置などに応用されている。

従来、CMOSスタティクRAMは、集積度に関しNMOSスタティクRAMに比べると不利なため、価格的に有利なNMOSスタティクRAMが市場の大半を占めていた。しかし微細化技術の進歩により、CMOSRAMの大容量化が可能になると、消費電力の点で有利なCMOSRAMが脚光を浴び始めた。メモリICは常に大容量、高速化への道を歩んでいる。CMOSRAMも例外ではなく、マイクロコンピュータの高性能化、またその応用システムの高級化に伴い、大容量、高速CMOSRAMが要求されるようになった。

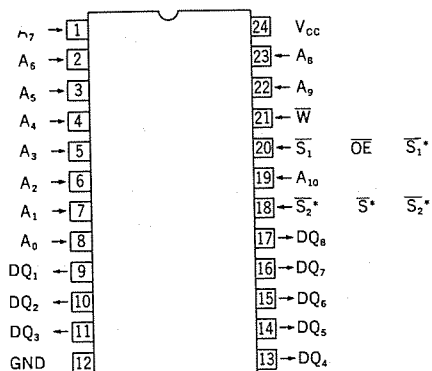
当社でも、既に4KCMOSRAMを量産しているが、このような市場要求を満たすため、その後継機種として16KCMOSRAM(M5M5116Pシリーズ)の開発を行った。

2. 製 品 概 要

M5M5116Pシリーズは、シリコンゲートCMOSプロセスで作られた2,048語×8ビット構成の16,384ビット完全CMOSスタティクRAMである。このシリーズの主な特長を表1.に示す。図1.にピン配置図を示す。

表 1. M5M5116Pシリーズの主な特長

●+5V単一電源	
●高速アクセス	120 ns, 150 ns, 200 ns
●低消費電力	動作時 30 mA (typ.) スタンバイ時 20 nA (typ.)
●クロック不要	
●+2Vの電源電圧でデータ保持可能	
●入出力ともTTL直結可能	
●豊富なシリーズ	
	M5M5116P, M5M5117P, M5M5118P
●24ピンプラスチックDILパッケージ	



注・パワーカット機能有り 5116 5117 5118

図 1. ピン配置図

表 2. 機能表

$\overline{S_2}$ (S)	$\overline{S_1}$ ($\overline{OE}$)	$\overline{W}$	M5M5116P/5118			M5M5117P		
			モード	DQ	I_{cc}	モード	DQ	I_{cc}
H	X	X	準選択	高イン ピーダ ンス	スタン ド バイ	非選択	高イン ピーダ ンス	スタン ド バイ
L	H	H		動作/ スタン ドバイ				
L	H	L						
L	L	L	ライト	D _{IN}	動 作	ライト	D _{IN}	動 作
L	L	H	リード	D _{out}		リード	D _{out}	

注 () は 5117 に対応

* は 5118 に対応

このシリーズは、20番ピンの機能の違いにより、表2.に示すように3品種に分類される。5116と5118は二つのチップセレクト信号入力 $\overline{S_1}$ 、 $\overline{S_2}$ を持っている。5118は $\overline{S_1}$ 、 $\overline{S_2}$ ともパワーダウンの機能が与えられている。5116は、 $\overline{S_2}$ にパワーダウンの機能が与えられているが、 $\overline{S_1}$ にはその機能が与えられていない。その代わりに、 $\overline{S_1}$ からのアクセス時間が、 $\overline{S_2}$ あるいは、アドレスからのアクセス時間の約1/2と非常に速くなっている。したがって低消費電力が要求されるような応用システムには、5118が便利であり、チップセレクトからのアクセスが高速を要するような応用システムには5116が適している。一方、5117は20番ピンがOE端子となっているため、これにより入出力パス上でデータの競合を防止できる。

3. 製 品 仕 様

図2.にタイミング図を示す。書込み時にはアドレス信号 $A_0 \sim A_{10}$ で番地を指定し、チップセレクト信号を“L”にして、チップ選択状態にし、ライトイネーブル信号 $\overline{W}$ を“L”にすると、そのときのDQ端子のデータが書込まれる。M5M5117Pでは、このときOE信号を“H”レベルにすると、データ出力端子は高インピーダンス状態になりデータの競合が避けられる。

読出し時には、 $\overline{W}$ 信号を“H”、チップセレクト信号及びOE信号を“L”にして、データ入出力端子DQを出力モードにし、 $A_0 \sim A_{10}$ でアドレス番地を指定すると、指定された番地のデータがDQ端子に出力される。

チップセレクト信号を“H”レベルにすると、チップは読出しも、書込みもできない非選択状態になる。このとき、出力は高インピーダンス状態になるので、他のチップの出力端子とワイヤードORが可能である。またこのとき、5116/5118では $\overline{S_2}$ 、5117では $\overline{S_1}$ をVccレベルにした場合、電源電流が極めて小さいスタンバイ状態になる。このとき電源電流は20 nA (typ.)と極めて少ない状態となり、電源電圧を最小2Vに下げても記憶データは保持されるので、停電時のバッテリーバックアップ、あるいは非動作時のパワーダウンが可能である。表3.、表4.に電気的特性の規格値を一覧表にして示す。

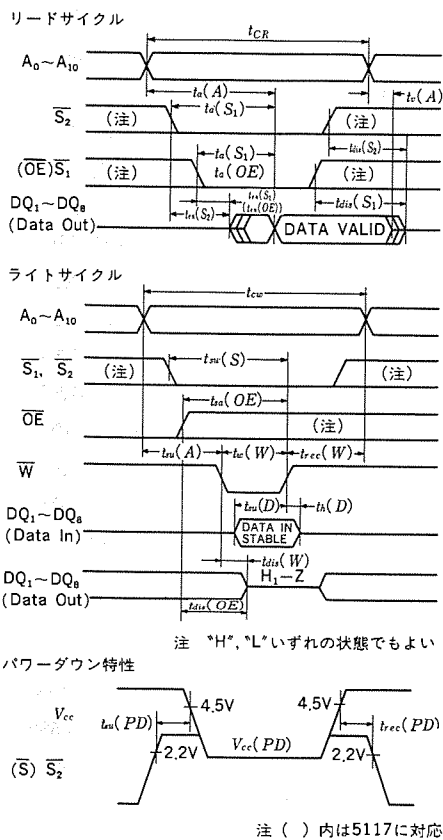


図 2. タイミング図

4. 回路設計

4.1 回路構成

図 3. に M5M5116P のブロック図を示す。5117 及び 5118 はモード選択回路のロジックが異なるほかは、すべて 5116 と同じである。各ビットは 128 行×16 列のメモリセルで構成され、全体で 128 行×128 列のメモリセルマトリクスとなる。行アドレスには $A_3 \sim A_9$ 信号が割り当てられている。また列アドレスには、 $A_0 \sim A_2$ 及び A_{10} 信号が割り当てられている。スタンバイ時には電源電流が流れないように、すべての電流経路はチップセレクト信号によって遮断されるようになっている。また使いやすくするため、すべての回路は、クロック信号の不要な非同期回路で構成されている。

4.2 低電力化と高速化

非同期式の CMOS スタティック RAM は、入力バッファ回路の初段のインバータ回路、センスアンプ及びビット線の負荷トランジスタを通じた DC 電流の経路がある。低電力化の方法として、M5M5116P シリーズでは、図 4. に示すように 2,048 語からなる各ビットを、二つの 128 行×8 列のブロックに分け、行デコーダの左右にそれぞれを配置するよう工夫した。左右のブロックは、列アドレスの最上位ビットである A_{10} 信号により、そのいずれかが任意に選択でき

表 3. DC 特性の規格一覧

絶対最大定格

記号	項目	条件	定格値
V_{CC}	電源電圧 (V)	GND 端子を基準とした場合 $T_a = 25^\circ\text{C}$	-0.3~7
V_I	入力電圧 (V)		-0.3~ $V_{CC}+0.3$
V_O	出力電圧 (V)		0~ V_{CC}
P_O	最大消費電力 (mW)		700
T_{Opr}	動作周囲温度 ($^\circ\text{C}$)		0~70
T_{stg}	保存温度 ($^\circ\text{C}$)		-65~150

推奨動作条件 (指定のない場合は、 $T_a = 0 \sim 70^\circ\text{C}$)

記号	項目	規格値		
		最小	標準	最大
V_{CC}	電源電圧 (V)	4.5	5	5.5
GND	電源電圧 (V)		0	
V_{IL}	“L” 入力電圧 (V)	-0.3		0.8
V_{IH}	“H” 入力電圧 (V)	2.2		$V_{CC}+0.3$

電気的特性 (指定のない場合は、 $T_a = 0 \sim 70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$)

記号	項目	測定条件	規格値		
			最小	標準	最大
V_{IH}	“H” 入力電圧 (V)		2.2		$V_{CC}+0.3$
V_{IL}	“L” 入力電圧 (V)		-0.3		0.8
V_{OH}	“H” 出力電圧 (V)	$I_{OH} = -1\text{mA}$	2.4		
V_{OL}	“L” 出力電圧 (V)	$I_{OL} = 2.1\text{mA}$			0.4
I_I	入力電流 (μA)	$V_I = 0 \sim V_{CC}$			± 1
I_{OZH}	オフ状態 “H” レベル出力電流 (μA)	$\bar{S}_1$ or $\bar{S}_2 = V_{IH}^*$, $V_O = 2.4\text{V} \sim V_{CC}$			1
I_{OZL}	オフ状態 “L” レベル出力電流 (μA)	$\bar{S}_1$ or $\bar{S}_2 = V_{IH}^*$, $V_O = 0\text{V}$			-1
I_{CC1}	電源電流 (mA)	$V_1(\bar{S}_1) = V_1(S_2) = 0\text{V}^*$ 出力端子開放 他入力 = V_{CC} or 0V			45
					45
			30		45
I_{CC2}	電源電流 (mA)	$V_1(\bar{S}_1) = V_1(S_2) = V_{IL}^*$ 出力端子開放 他入力 = V_{IH}			50
					50
			35		50
I_{CC3}	スタンバイ電源電流 (μA)	$\bar{S}_2 = V_{CC} - 0.2\text{V}^*$, 他入力 = $0 \sim V_{CC}$			15
I_{CC4}	スタンバイ電源電流 (mA)	$\bar{S}_2 = V_{IH}^*$, 他入力 = $0 \sim V_{CC}$			2
C_I	入力容量 ($T_a = 25^\circ\text{C}$) (pF)	$V_1 = \text{GND}$, $V_1 = 25\text{mVrms}$, $f = 1\text{MHz}$			6
C_O	出力容量 ($T_a = 25^\circ\text{C}$) (pF)	$V_O = \text{GND}$, $V_O = 25\text{mVrms}$, $f = 1\text{MHz}$			8

注 (1) 電流は、IC に流れ込む向きを正 (無符号) とす。

(2) 標準値は $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$

(3) * は 5117 の場合 $\bar{S}_2$ である。

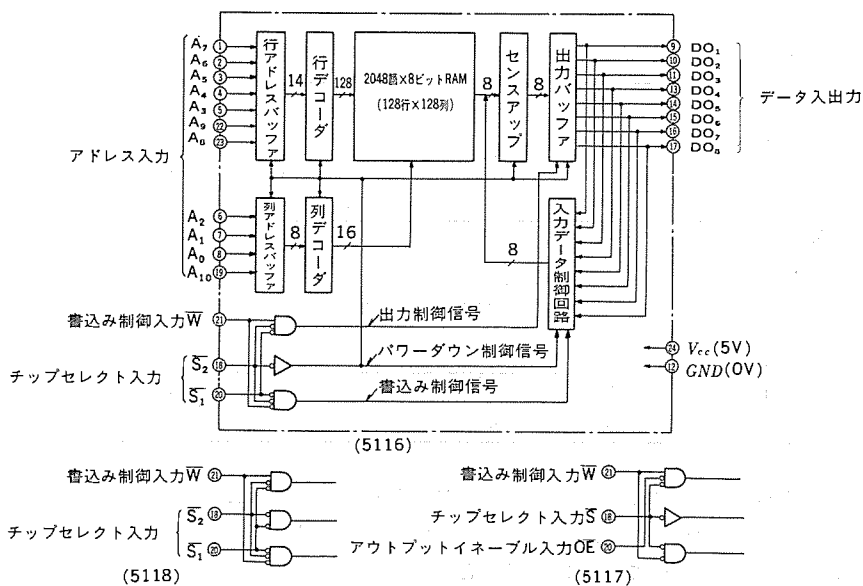


図 3. ブロック図

表 4. AC 特性の規格一覧

スイッチング 特性 (指定のない場合は, $T_a=0\sim 70^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=5\text{V}\pm 10\%$)

リードサイクル

記 号	項 目	M 5 M 5116 P			M 5 M 5117 P			M 5 M 5118 P		
		規 格 値			規 格 値			規 格 値		
		最小	標準	最大	最小	標準	最大	最小	標準	最大
t_{CR}	リードサイクル時間 (ns)	200			200			200		
$t_{a(A)}$	アドレスアクセス時間 (ns)			200			200			200
$t_{a(S1)}$	チップセレクト 1 アクセス時間 (ns)			100			—			200
$t_{a(S2)}$	チップセレクト 2 アクセス時間* (ns)			200			200			200
$t_{dis(S1)}$	チップセレクト 1 後出力ディセーブル時間 (ns)			60			—			60
$t_{dis(S2)}$	チップセレクト 2 後出力ディセーブル時間* (ns)			60			60			60
$t_{en(S1)}$	チップセレクト 1 後出力イネーブル時間 (ns)	15			15			15		
$t_{en(S2)}$	チップセレクト 2 後出力イネーブル時間* (ns)	15			15			15		
$t_{v(A)}$	アドレス後データ有効期間 (ns)	20			20			20		
$t_{a(OE)}$	出力イネーブルアクセス時間 (ns)			—			200			—
$t_{dis(OE)}$	出力イネーブル後出力ディセーブル時間 (ns)			—			60			—
$t_{en(OE)}$	出力イネーブル後出力イネーブル時間 (ns)	—			15			—		

注 5117 の場合 *印の項目は $\overline{S}$ からのタイミングとなる。タイミング 必要条件 (指定のない場合は, $T_a=0\sim 70^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=5\text{V}\pm 10\%$)

ライトサイクル

記 号	項 目	M 5 M 5116 P			M 5 M 5117 P			M 5 M 5118 P		
		規 格 値			規 格 値			規 格 値		
		最小	標準	最大	最小	標準	最大	最小	標準	最大
t_{cw}	ライトサイクル時間 (ns)	200			200			200		
$t_{w(W)}$	ライトパルス幅 (ns)	120			120			120		
$t_{su(A)}$	アドレスセットアップ時間 (ns)	0			0			0		
$t_{su(S)}$	チップセレクトセットアップ時間 (ns)	120			120			120		
$t_{su(D)}$	データセットアップ時間 (ns)	60			60			60		
$t_h(D)$	データホールド時間 (ns)	0			0			0		
$t_{rec(W)}$	ライトリカバリー時間 (ns)	10			10			10		
$t_{su(OE)}$	出力イネーブルセットアップ時間 (ns)	—			40			—		
$t_{dis(OE)}$	出力イネーブル後出力ディセーブル時間 (ns)			—			60			—
$t_{dis(W)}$	ライト後出力ディセーブル時間 (ns)			60			60			60
$t_{en(W)}$	ライト後出力イネーブル時間 (ns)	15			15			15		

パワーダウン 特性

電気的特性 (指定のない場合は, $T_a=0\sim 70^{\circ}\text{C}$)

記 号	項 目	測 定 条 件	規 格 値		
			最 小	標 準	最 大
$V_{CC(PD)}$	パワーダウン電源電圧 (V)		2		
$V_{I(S)}$	チップセレクト入力電圧 (V)	$2.2\text{V}\leq V_{CC(PD)}$	2.2		
		$2\text{V}\leq V_{CC(PD)}\leq 2.2\text{V}$		$V_{CC(PD)}$	
$I_{CC(PD)}$	パワーダウン電源電流 (μA)	$V_{CC}=3\text{V}$, 他入力=3V			10

注 $\overline{S}$ を 2.2V ($V_{IH\min}$) で動作させた場合, $V_{CC(PD)}$ が 4.5V から 2.4V の間の電源電流は I_{CC4} で規定される。タイミング 必要条件 (指定のない場合は, $T_a=0\sim 75^{\circ}\text{C}$)

記 号	項 目	測 定 条 件	規 格 値		
			最 小	標 準	最 大
$t_{su(PD)}$	パワーダウンセットアップ時間 (ns)		0		
$t_{rec(PD)}$	パワーダウンリカバリー時間 (ns)		t_{CR}		

る。その結果, ワード線は左右どちらか一方しか選択されないで、ビット線の負荷トランジスタと選択されたメモセルを通じて流れる電流は、通常の回路と比べて 1/2 に減らすことが可能になる。

高速化の方法としては、ゲート長 3 μm の高性能トランジスタ, アルミ

の二層配線技術など、最新の CMOS プロセス技術を用いるとともに、回路的には 128 行 $\times$ 8 列の各ブロックに、一つのセンス増幅器を設けることにより、1 ビット当たりの浮遊容量を減らし高速化を図っている。センス増幅器は、高速化を図るうえで重要な回路である。M 5 M 5116 P シリーズでは、図 5. に示す高感度センス増幅器を使用している。これは、カレントミラー回路と呼ばれる差動増幅回路であり、CMOS IC では、電圧の比較回路としてよく利用されている。2.5 $\sim$ 3.0 V の入力信号に対し、感度と動作速度が最適となるため、メモセルから読出された微小なビット線の電位変化を高速に検出することができる。

5. 製造プロセス

M 5 M 5116 P シリーズに使用されているメモセルは、4 KCMOS RAM (M 58981 P) と同様、6 個のトランジスタで構成された完全 CMOS 形のメモセルである。このセル方式は、負荷に高抵抗ポリ Si を用いた、いわゆる NMOS 形のメモセル⁽¹⁾と比較して集積度は劣る。しかし M 5 M 5116 P シリーズでは、電池バックアップ時の性能を良くするため、スタンバイ電流の少ない完全 CMOS 形のメモセルを採用している。図 6. にメモセルの回路図を示す。

16 KCMOS RAM では、このメモセルを 4 KCMOS RAM の 4 倍搭載し、スピードも速くする必要がある。そのため、新たに 3 μm のデザインルールを基調とした高性能 CMOS プロセスの開発を行った。

表 5. に M 5 M 5116 P のプロセスパラメータと従来の 4 KCMOS RAM のプロセスパラメータを比較して示す。このような微細化されたプロセスを採用することにより、メモセルの面積は 30.5 $\times$ 41.0 μm^2 となり、4 KCMOS RAM の約 1/2 に縮小できた。またチップサイズは、4.80 $\times$ 6.49 mm² となり 4 KCMOS RAM の 1.6 倍のチップ面積の中に 4 倍のメモリ容量を搭載することが可能になった。

高集積、高速化を図るためには、チャネル長を短くする必要があり、16 KCMOS RAM では、表 5. に示すように従来の

5 μm から 3 μm (PMOS は 3.5 μm) へと縮小化している。そのためには浅い拡散接合層と薄いゲート酸化膜が必要であり、拡散層の形成方法を従来のりん(燐)の熱拡散から、ひ(砒)素のイオン注入に変えることにより、接合の深さ x_j は 1.2 μm から 0.3 μm (p^+ の x_j

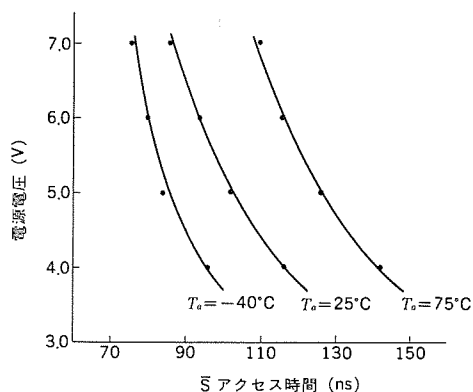


図 10. アクセス時間の電源電圧依存性

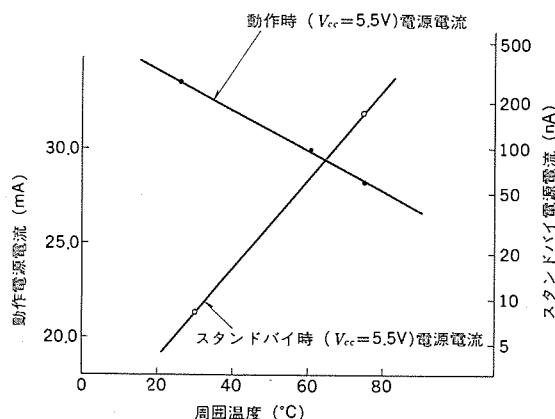


図 11. 電源電流の温度依存性

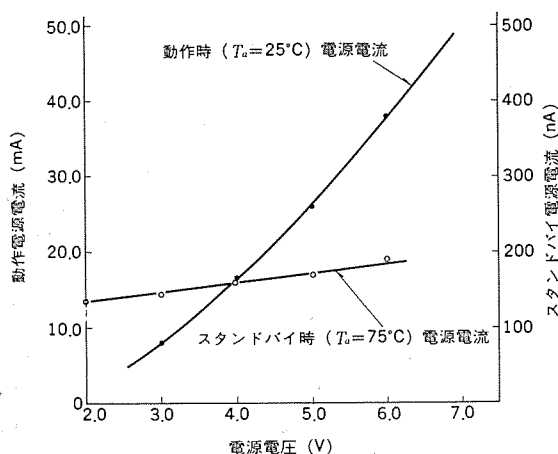


図 12. 電源電流の電源電圧依存性

CMOS RAM にはラッチアップ⁽³⁾ という CMOS 特有の問題がある。これは、基板の比抵抗、ウェルの不純物濃度、ウェルの深さなどのプロセスパラメータに依存し、プロセスが微細化するとラッチアップはより起こりやすくなる。しかし M5M5116P シリーズでは、パターンレイアウトに細心の注意を払って設計を行ったため、入出力端子でのラッチアップ

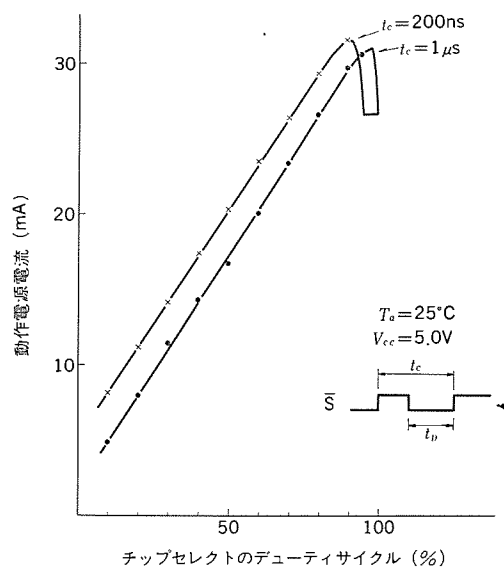


図 13. 動作電源電流 デューティサイクル 依存性

耐量は 200 pF のコンデンサチャージで ± 400 V 以上となり、実使用上、十分な特性にすることができた。

7. む す び

CMOS RAM は、低消費電力という特長があるため、電池駆動あるいは電池バックアップによる不揮発性メモリ装置に応用されている。CMOS RAM も他の IC メモリ同様、大容量、高速化への強い市場要求がある。現在 4 KCMOS RAM が量産されているが、その後継機種として、2,048 語 $\times$ 8 ビット構成の 16,384 ビット CMOS RAM の開発を行った。当社は 16 KCMOS RAM の開発に際し、低消費電力、高速アクセス、集積密度の向上に主眼をおき、回路設計の工夫と 3 μ m 系 CMOS プロセス技術の確立を図り、非同期式の完全 CMOS 形の 16 KCMOS RAM を完成させた。

今後、パターンの微細化が進むにつれ、NMOS より電源電圧マージン、消費電力の面で優れている CMOS がますます重要になってくると思われる。そのためにも今後更に、製造技術、特に微細加工技術の革新と回路設計技術の向上を図り、大容量メモリの開発を推進したい。

参 考 文 献

- (1) 例えば増原ほか：16 K ビット CMOS スタチック RAM，電子材料，P. 61 (昭 55-6)
- (2) 番山ほか：VLSI における CMOS 技術，電子材料，P. 45 (昭 57-1)
- (3) 京増ほか：CMOS IC のラッチアップ現象の解析，Trans. IECE '78/2, Vol. 61-C No. 2, P. 106

核融合実験用高性能トカマク 開発試験装置〈JFT-2M〉

三菱グループ(三菱電機<株>、三菱重工業<株>、三菱原子力工業<株>)が日本原子力研究所(以下原研)殿より核融合実験装置として受注した、高性能トカマク開発実験装置《JFT-2M》を、このほど三菱電機<株>神戸製作所で装置本体の工場組立を終え昭和57年12月に出荷しました。

写真は本体主要部のトロイダルコイル、ポロイダルコイル、真空容器、架台の工場組立写真です。

引き続き原研東海サイトにて据付・調整を行っており、昭和58年3月に組立完了の予定です。

(1)
この装置で計画されている研究課題は、

●プラズマの閉じ込め効率を高める(高ベータ化)のため、非円形断面(D形や楕円形)形状のプラズマの実現とその制御方式の簡素化。

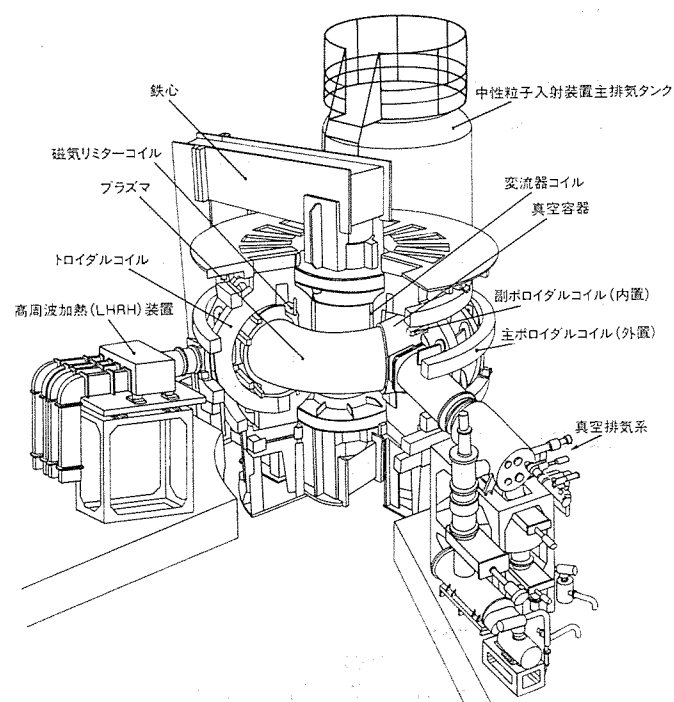
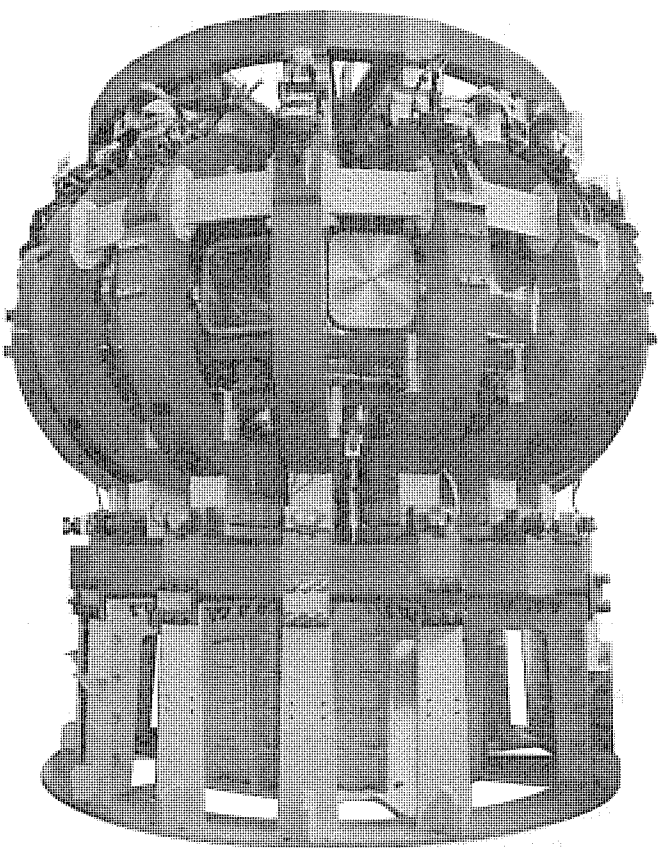
●ICRF(イオンサイクロトロン周波数帯)によるプラズマ加熱(3~4keV)、LHRH(低域ハイブリット共鳴加熱)によるプラズマ電流駆動の実証を行ない、核融合出力の定常化に関する技術の確立。

●燃料(水素)以外の不純物の低減や排出に関する対策とその確認。
となっており、核融合の研究・開発に主要な役割を果すことが期待されています。

左図はJFT-2Mの鳥かんと、下表は装置の主要パラメータです。
本装置は、トロイダルおよびポロイダルコイル・鉄心・コイル励磁用等の電源・制御設備を三菱電機<株>が、真空容器(内部品を含む)・架台を三菱重工業<株>が製作を担当しました。

(1)、図及び表は下記から引用しました。

日本原子力研究所：「核融合研究開発の現状」PP14-15. 1982



JFT-2Mの主要パラメータ

項	目	数	値
主 半 径	R(m)	1.25	
断 面 積	2a(m)	0.60	
断 面 高 さ	2b(m)	1.00	
非 円 形 度		1.7	
トロイダル磁場	Br(T)	1.5(*)	
変 流 器 磁 束	(V·s)	2	
第 二 段 加 熱 (MW)	ICRF	4	
	NBI	2	
	LHRH	1	
プラズマ電流	(MA)	0.5	
Brフラットトップ	(s)	0.5~1	
プラズマ温度	(keV)	3~4	
プラズマ密度	(cm ⁻³)	10 ²¹	
エネルギー閉込め時間	(s)	~0.05	
ベ ー タ 値		~5%	

(*)4.5まで可

特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

金属ハロゲン化物入り水銀ランプ (特許 第1053753号)

発明者 竹田 俊幸・土橋 理博・馬場 景一

この発明は、発光効率、演色性の向上及び光色を改善した金属ハロゲン化物入り水銀ランプに関するものである。

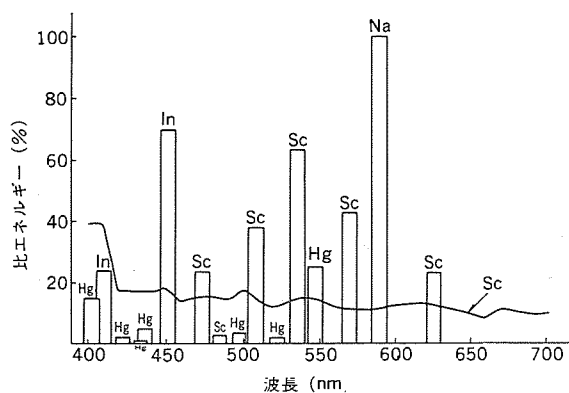
従来、金属ハロゲン化物入り水銀ランプは、発光管内にタリウム-ナトリウム-インジウム、タリウム-ジスプロシウム-インジウムあるいはナトリウム-スカンジウム-トリウム等に組合せられた金属のハロゲン化物を添加していた。

この発明は、この従来の添加金属の組合せに代えて、発光管内添加封入物として、スカンジウム、ナトリウム、インジウムのハロゲン化物を用い、かつ発光管内容積1cc当たり、ハロゲン化スカンジウムを0.2~4mg、ハロゲン化ナトリウムを0.4~6mg、ハロゲン化インジウムを0.03~0.65mg及び水銀を0.7~6mg封入したことを特長とするものである。

発光管内容積1cc当たり水銀3.8mg、ハロゲン化スカンジウム1.4mg、ハロゲン化ナトリウム2mg、ハロゲン化インジウム0.15mgが封入された発光管を有する400W形の実施例のものにおいては、発光効率85lm/W、かつ光源色は6,000Kの白で平均演色評価数Raは76であり、図に示す分光分布を呈していた。

したがって、この金属ハロゲン化物入り水銀ランプは、従来のもの

に比べ、演色性を犠牲にすることなく発光効率を1.6倍に向上させ、しかも光源色をほぼ白色にする効果を有する。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 57 No. 3 ファクトリーオートメーション(FA)特集

特集論文

- ファクトリーオートメーション(FA)の現状と今後の動向
- FA, FMS 専用の新しいコンピュータシステム《FACTORY LAND シリーズ》
- 三菱電機ロボット《MELFA》組立マテハンロボットRH・RLシリーズ
- 三菱電機ロボット《MELFA》溶接ロボットシリーズ
- 炭酸ガスレーザ加工機
- 金型加工における電気加工機
- 新形数値制御装置《MELDAS-M2》

●ファクトリーオートメーション(FA)応用システム

普通論文

- 高速大容量二重重ね巻直流機の試作
- キュービクル形ガス絶縁変電所
- キュービクル形ガス絶縁変電所用ガスシャ断器
- 陸上掘削リグ用電機品
- MRT形負荷時タップ切換器
- 南極昭和基地設置計測処理システム
- 衛星搭載フェーズドアレーアンテナ用小形ダイオード移相器

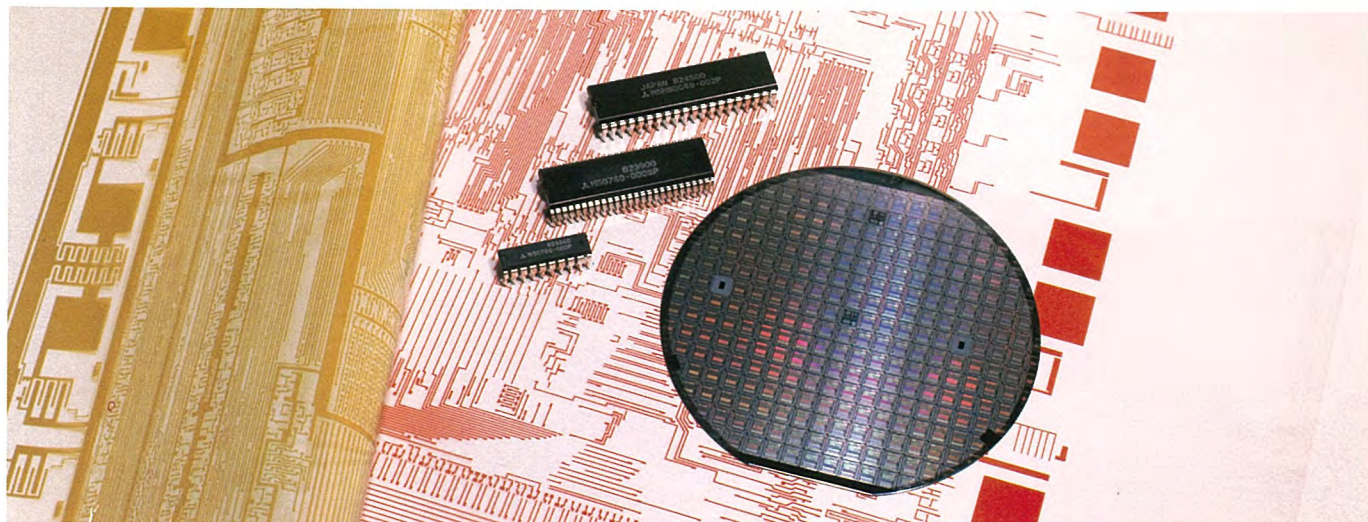
三菱電機技報編集委員

委員長	志岐守哉	委員	野村兼八郎
副委員長	岸本駿二	"	山内敦
"	三浦宏	"	柳下昌平
委員	佐藤文彦	"	立川清兵衛
"	峯松雅登	"	徳山長
"	田中克介	"	柴山恭一
"	葛野信一	"	町野康男
"	井上通	"	荒野喆也
"	阿部修	"	瀬辺国昭
"	吉田太郎	"	倉橋浩一郎
"	野畑昭夫	"	小原英一
"	的場徹	幹事	諸住康平
"	尾形善弘	"	翠川祐
		2号特集担当	松島勇作

三菱電機技報 57 巻 2 号

(無断転載を禁ず) 昭和58年2月22日印刷
昭和58年2月25日発行

編集兼発行人 諸住康平
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地
大日本印刷株式会社
発行所 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号 (〒100)
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) 218 局 2045
発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)
株式会社 オーム社
Tel.(03) 233 局 0643(代), 振替口座東京 6-20018
定価 1部500円送料別(年間予約は送料共6,700円)



「低消費電力で、しかも、使い易いワンチップマイクロコンピュータ」という声にこたえて、このたび三菱電機では、C-MOS ワンチップマイクロコンピュータシリーズの大幅な拡充を図りました。

ポケットに入るような装置から、家電製品、事務用機器に至るまで、省エネルギー化の時代に適したC-MOS ワンチップマイクロコンピュータの幅広い応用に対応できるように準備しております。製品の省電力化、高機能化にお役立ていただけます。

特長

●M50760-×××P

20ピンのDILパッケージに入った小形マイクロコンピュータです。外付け抵抗による発振回路や12mAの電流を流し込むことができる出口ポートなど、システムのコスト削減が期待できます。コントローラとしても、ロジックICの置き換えにも利用できます。

●M5M80C49-×××P

実績のある8048シリーズ、N-MOSワンチップマイクロコンピュータのC-MOS版です。このM5M80C49-XXXXPでは、消費電力を更に削減するための機能（ホールド機能、スタンバイ機能）が追加されていますので、電池使用システムにも最適。

●M50740-×××SP

多機能化・高機能化の進む応用製品に対応すべく、3KBのROMを内蔵させました。タイマ3本を含む5本の割り込み機能に加え32

本の入出力ポートは、専用入出力拡張IC《M50790SP》によって、更に40本増設できます。豊富なアドレッシング機能やビット処理機能に加えて、メモリ間演算や10進演算の機能も持っており、プログラム開発の効率化に備えています。

仕様

M50760-XXXXP

データ処理方式		4ビット並列演算方式
内蔵メモリ	ROM	1,024語×8ビット
	RAM	48語×4ビット
入出力ポート	入出力	4ビット×2
	出力	5ビット
	センス入力	1ビット
基本命令実行時間		10 μ S (400kHzクロック時)
消費電力		0.9mA (5VV _{cc} 時)
パッケージ		20ピンDILパッケージ

M5M80C49-XXXXP

データ処理方式		8ビット並列演算方式
内蔵メモリ	ROM	2,048語×8ビット
	RAM	128語×8ビット
入出力ポート	入出力	8ビット×3
	入力	2ビット(T ₀ , T ₁)
割り込み		2レベル(外部、タイマ)
基本命令実行時間		2.5 μ S (6MHzクロック時)
消費電力	動作時	50mW
	HALT時	15mW
	スタンバイ時	50 μ W
パッケージ		40ピンDILパッケージ

M50740-XXXXSP

データ処理方式		8ビット並列演算方式
内蔵メモリ	ROM	3,072語×8ビット
	RAM	96語×8ビット
入出力ポート	入出力	8ビット×4
	拡張用	4ビット×1(M50790SP用)
割り込み		5レベル(外部2本、タイマ3本)
基本命令実行時間		2 μ S最小(4MHzクロック時)
消費電力	動作時	20mW (4MHzクロック時)
	スタンバイ時	20 μ W (保持電圧2V)
パッケージ		52ピンシュリンクDILパッケージ

