解	説
---	---

自動化放射線モニタリングシステムの現状

熊 原 忠 士*¹

(1980 年 10 月 6 日受理)

Current Status of Automated Radiation Monitoring Systems

Tadashi KUMAHARA*¹

KEY WORDS: computer systems, radiation monitor, automation, radiation measurement, instruments, microprocessors, digital systems, communication networks, distributed processing, standardization, man-machine interaction

1. はじめに

近年の半導体集積回路技術の急速な進歩の結果として、低価格のマイクロプロセッサやパーソナルコンピュータが出現するようになり、広い範囲に自動化計測システムが導入されるようになってきている。さらに、計算機の利用形態も、少数の計算機で集中処理するものから多数の計算機を使って分散処理を行なうものが増加している。

原子力施設の放射線管理用のモニタリングシステムについては、従来警報接点付きの指示計や記録計などを中心とするアナログ計器が主体であり、データの収集や解析、報告書の作成など、すべて人手に頼っていた。ところが最近になって、省力化や測定精度の向上のために、従来モニタを計算機システムに接続する、いわゆるオンライン型のモニタリングシステムや、さらには、マイクロプロセッサを内蔵して工学値変換や補正計算されたデータを出力する形のモニタを使用してネットワークシステムを構成する、いわゆるデジタルモニタリングシステムが出現するようになってきている。

ここでは、このような新しい施設管理用の自動化放射線モニタリングシステムの現状について、エレクトロニ

クス技術の立場から述べるものとする。したがって、一般的な放射線モニタリングシステムの要求仕様については、山本氏の解説¹⁾を参照されたい。

2. 施設管理用放射線モニタの概要

原子力施設では、一般にエリアモニタ、ダストモニタ、ガスモニタ、水モニタなどの放射線モニタを使用して、施設内の放射能濃度を連続監視している。これらの各種モニタ装置は、測定対象の放射線の種類や強度に応じて電離箱、GM 管、比例計数管、シンチレーション検出器などの放射線検出器が使用され、目的に応じて各種サンブラが使用される。このような検出部の差異を除くと、各種放射線モニタ装置の機能はほぼ同様であり、測定値の指示と連続記録、警報のレベル設定と発生、表示がおもな機能である。

原子力施設の放射線モニタリングシステムは、一般に 30~100 系統の放射線モニタ装置で構成され、集中監視ができるように、各放射線モニタの操作、監視部は制御室に集中して設置される。

第 1 図は、施設管理用の放射線モニタの基本構成を示したもので、検出部と操作、監視部で構成される。この操作、監視部には、一般に、検出器が電離箱以外の場合には、警報レベルが設定できる方式の計数率計が用いられ、警報出力信号や記録計出力信号を備えている。この場合に検出部と計数率計間でアナログパルス信号を伝送する方式と、ロジックパルスを送信する方式がある。こ

*1 日本原子力研究所技術部；茨城県那珂郡東海村
(〒319-11)

Division of Engineering Services, Japan Atomic
Energy Research Institute; Tokai-mura, Naka-
gun, Ibaraki-ken.

第1図 施設管理用放射線モニターの基本構成

第2図 放射線モニタモジュールの具体例

こで、検出器が電離箱の場合には、一般的に直流増幅器が用いられる。このほかに、高圧電源、アラームユニット、サンプラコントローラなどのモニタモジュールが使用される。

昭和46年に日本原子力研究所と動力炉核燃料開発事業団の協同作業により、それまで各社各様であった放射線モニタモジュールの規格が制定された。この規格は、当時一般化されていたNIM規格を基本としたもので、構造寸法、コネクタ、電源、信号仕様などがきめられている²⁾。この規格は、放射線モニタに適した一般的構造であることなどから、広く放射線モニタ装置メーカーに受け入れられるようになり、原子力施設だけでなく、研究施設、医療施設、地方自治体など、広い範囲の放射線モニタリングシステムに、この規格に準拠したモニタモジュールが適用されるようになってきている。第2図に、この放射線モニタモジュールの具体例を示す³⁾。

3. 放射線モニタリングにおける計算機利用

放射線モニタは、施設放射能濃度の異常検出を行なうだけでなく、作業環境の放射線管理上の基礎データの測

定や、施設から放出される放射性物質の濃度や放出量に関する基礎データの測定などに使用されている。従来の放射線モニタの指示計や記録用紙から読み取られたデータは、校正定数、バックグランド、原子炉出力、排気風量、排水流量などの測定データとともに、作業環境や放出物質の放射能濃度の計算に使用され、平均値、最大値、標準偏差値などが求められて日報や月報の作成が行なわれる。現状ではこのようなデータの収集や処理に、多くのマンパワーを消費しており、計算機利用により、効果的な省力化が可能になる。

放射線モニタリングに計算機を利用することによって、データ収集と作表の自動化が可能になるとともに、CRTによる多数の測定値の一括表示やオペレータガイダンス表示など監視業務の効率化が可能になる。とくにカラーCRTによるマップ表示、トレンド表示、プロフィール表示などは効果的なマンマシンインターフェースを提供するものといえる。最近になって、カラーグラフィックCRTの低価格化が進んでおり、今後の計算機システムのマンマシンインターフェースの主流をなすものと考えられる。

トレンド表示、日報、月報の作成などにはなんらかの補助記憶装置を必要とする。大容量ディスクや大容量MTを備えることにより、任意に過去のデータを参照し比較評価ができ、簡単なデータベースシステムが構成できる。

第3図は、計算機を利用した放射線モニタリングシステムの構成例を示したもので、2台の計算機で、リアルタイムデータ収集機能とバッチ処理機能を分散して構成し、リアルタイムデータ収集機能を他の計算機でバックアップして、2分～10分周期の連続データ収集が損なわれることのないよう考慮される。

放射線モニタリングに計算機を導入する傾向が強まっているが、新しい問題も生じてきている。とくに多くの放射線管理施設をもつ事業所では、導入する計算機の統一、ハードウェアやソフトウェアの標準化、資源の効率的運用などが問題となっている。とくに、モニタ装置と計算機の間を疎結合にすると、重複投資部分が避けられず、密結合にして一体化すると、監視、保守体制の変更や、メーカー間の責任分担の問題などが生じる。

第4図は、放射線モニタ装置と計算機間の接続方法の具体例を分類して示したもので、(a)は従来のモニタ装置をそのままにして、計算機との間を多数のアナログラインで接続するもので、計算機側にはアナログマルチプレクサやADCなどを含むプロセス入出力装置を必要とする。また、各チャンネルごとの工学値変換や補正計算な

第3図 計算機化放射線モニタリングシステムの構成例

第4図 放射線モニタのインターフェイス構成

どすべて計算機側で行なう必要があり、計算機の負担が大きくなる。このように多くの機能を計算機に集中して処理する方法が、東海2号炉のモニタリングシステムに見られる⁴⁾。

第4図で、(b)はデータ収集機能の一部を放射線モニタ装置側に分散させ、計算機との接続を合理化、標準化した例を示したもので、ここでは、各モニタモジュールはデジタル信号を出力するようになっている。第4図で(b₁)は、放射線計測器でスケアラのデータ読出しに利用されている方法を適用したもので、10~20チャンネルのモニタ出力がリードアウトコントローラでマルチプレクスされ、GPIB (汎用計測器用標準化バス)¹⁰⁾に変換される。このような方法によるモニタリングシステムが動燃再処理施設で建設中であると聞いている。

(b₂)は、原研で計画されているものを示したもので、各モニタモジュールはマイクロプロセッサを内蔵し、工学値変換や補正計算を行ない、この出力がGPIBコントローラを介して計算機に接続される。この場合には、標準化されたデジタルインターフェースをもつモニタモジュールを採用している点が(b₁)と異なる。

(b₃)は、英国ニュークリアエントプライズ社の製品に見られる方法で、各種モニタモジュールがCAMAC規格⁵⁾に従って製作されているため、容易に計算機と接続できるようになっている。

第4図で(c)は、多量のアナログラインを少数のデジタルラインに置き換えるために、検出部に計数率計などのアナログ処理部とマイクロプロセッサを内蔵するもので、ディスプレイ/コントローラをマスタステーションとする例(c₁)⁶⁾や、ディスプレイ/コントローラも検出部と同様にループの一部を構成する例(c₂)⁷⁾が見られる。

このようにシリアルラインで各モニタ装置間を接続する場合に星状構成とするか環状構成とするかは議論の分かれるところであり、経済性の点では環状構成が望まれる信頼性の点では星状構成が望まれる⁸⁾。いずれにしても、これらのデジタルモニタシステムは、従来のモニタ装置の概念を根本的に変えてしまうものである⁹⁾。

4. 知能型データ収集モジュール

1970年代初頭にマイクロプロセッサやPROM(プログラム可能読出し専用メモリ)が出現して以来、新しい需要が新しい高密度素子を生み出し、エレクトロニクス機器のLSI化やマイクロコンピュータ化が急速に進んだ。

一方、デジタル電圧計や周波数カウンタなどの汎用計測器の分野では、プリンタやパーソナルコンピュータに接続して自動化計測システムが構成できるように、デジタルデータ用のバスの標準化が進み、1975年に米国電気

電子学会でGPIB (General Purpose Interface Bus)規格¹⁰⁾が制定され、汎用計測器、パーソナルコンピュータ、汎用周辺機器メーカなどで広く採用されるようになり、各半導体素子メーカからもGPIB用のLSIが供給されるようになっていく。

前に述べた放射線管理用モニタモジュールの規格²⁾は、主要素子がトランジスタやIC化演算増幅器である頃に制定されたものであり、デジタルデータバスに対する考慮がなされていない。各種放射線モニタモジュールを計算機に接続して自動化モニタリングシステムを構成するには、データフォーマットや伝送制御手順を含むデジタルインターフェースに一般的な規格を適用して標準化しておく必要がある。また、各モニタモジュールの出力データの内容は一般的な形に変換しておく必要がある。このような点から、放射線モニタモジュールにマイクロプロセッサを内蔵して、知能形モニタモジュールとする傾向がある^{6~9)}。

マイクロプロセッサを内蔵したデジタルモニタモジュールでは、アナログ処理部分をできるだけ簡略化してデジタル処理機能部分を増加させることが望まれ、新規に導入されるシステムでは、検出部からデジタル化することが行なわれる。

第5図は新しいデジタルレートメータの回路構成の例を示したもので、デジタルデータバスとしてGPIBを採用し、データの変換や転送制御のためにシングルコンポネントコンピュータを内蔵している。ここでは従来モニタの機能はすべて残し、表示を指示計から数字表示体に変え、設定をデジタルスイッチで行なうようにしている。このデジタルレートメータでは入力情報のデジタル化はタイマとカウンタで行なっており、平均計数率が高い場合に応答速度を上げるように計数率に応じてタイマの設定を自動的に切換えるような工夫がなされている。さらに、手動または自動で試験ができるように、テストパルスジェネレータを備えている。

放射線モニタリングの自動化にともない、モニタモジュールも、原子炉出力、スタック風量、排水量、などのプロセス系のデータ入力が必要となり、このためにアナログ入力モジュールが用意されている。このモジュールでは、個別の入力信号を積分型ADCでデジタル化し、要求される単位系に変換した後、GPIBにデータ出力するようになっており、レートメータと同様にマイクロコンピュータを内蔵している。さらに、サンブラやポンプの稼動状態や実験孔の開閉状態などを計算機に入力するために、デジタル入力モジュールが用意されている。このモジュールは特別な演算処理は必要でない ので、GPIB

第5図 デジタルレートメータの回路構成例

専用の I/F を用いて、データをシリアルに GPIB に出力するようになっている。

第6図は、放射線モニタリングの自動化にともない必要になってきた新しいモニタモジュールの具体例を示したもので、右側の2個がデジタルレートメータ、中央の2個がアナログ入力、その左側がデジタル入力、の各モジュールであり、背面上部に取付けられた GPIB ユニタリーボードにより、モジュールを挿入するだけでデータの入出力ができるようになっている。

5. 放射線モニタのネットワーク化

事業所内に多数の放射線管理施設が設置されている場合に、施設単位での放射線モニタの計算機化だけでは省力化の効果も少なく、効果的な方法とはいえない。このため、多数の施設の放射線モニタリングシステムをネットワーク化して、ホスト計算機による総合的な集中監視を行なう必要が生じている。このような場合には、ホスト計算機が持つ高性能の周辺機器や処理プログラム等の資源は、極力各端末で共用するようにし、計算機間の負荷配分の適正化をはかり、重複投資を避けるようにすることが望まれる。

このような場合には、システム構成とネットワークシステムの標準化が重要になってくる。

このような事業所内のローカルネットワークとして、

第6図 各種デジタルモニタモジュールの例

計算機メーカーやプロセス計装メーカーから各種のものが発表されているが、各社各様であり、標準化がなされているとはいえない。一般に、事業所内のネットワークは全長が数 km におよび、ケーブルコストの点から、シリアルハイウェイが採用される。

第7図は、現在考えられる標準化ネットワークシステムの構成案を示したもので、分散処理システムの例を示している。ここでは、施設内の計算機はリアルタイムデータ収集を主な目的とし、回線閉塞時やホスト計算機停止時の一時記憶のためのフロッピーディスクや、状態表

第7図 標準化ネットワークシステムの構成例

示や試験操作のためのキーボード、CRTを備える程度に周辺装置を簡略化し、データの解析、日報、月報の作成、記録等はホスト計算機の豊富な資源を活用するように考慮している。

第7図で(a)は、施設内計算機とホスト計算機間の接続をモデムを介したシリアルライン (EIA RS232C 規格) で行なうもので、最高速度が 9600 ボーに制限されることや、星状構成によるケーブルコストの増加などが問題となる。また、この場合には回線制御手順などについても適用基準を明確にする必要がある。

第7図(b)は、CAMAC のシリアルハイウェイ規格¹¹⁾の適用例を示したもので、端末コントローラは CAMAC クレートで構成される。この場合には、すでに光ファイバを含む各種アダプタ (UPA) が製品化されており、最高速度が 5M バイト/秒で、最大 62 個の端末が接続でき、端末コントローラ部はモジュール化され、拡張性や保守性にすぐれており、ローカルネットワークに適しているものと考えられる。

第7図(c)は、工業用データハイウェイ規格 (PROWAY) を適用するローカルネットワークシステムの構成例を示

したもので、端末コントローラとホスト計算機間は、データリンクコントローラと環状のデータハイウェイを介して接続される。この工業用データハイウェイ規格は、メーカーの異なる端末装置を共通ハイウェイで接続してネットワークシステムが構成できるように、IEC (国際電気標準会議) に標準化案として提案されているもので、現在基本仕様について審議中であり、詳細仕様は未定であり今後のネットワーク構成であると言える¹²⁾。

第8図は、施設間の放射線モニタリングシステムに CAMAC シリアルハイウェイを適用する場合の、端末コントローラの構成案を示したもので、すべて既製の CAMAC モジュールで構成できる。この端末コントローラの動作を簡単に説明すると、まずリアルタイムクロックからの定周期の割込信号によってマイクロプロセッサ補助コントローラが起動され、GPIB 用インターフェースを介してデータ収集を行なう。この収集データは補助コントローラ内で処理され、ブロックごとにメールボックスおよびフロッピーディスクに一時記憶される。

この補助コントローラはメールボックスに転送データのあることを表示する LAM フラグを立て、キーボード

第8図 CAMAC 型端末コントローラの構成例

CRT に対するサービスを行なう。LAM フラグの存在を知ったホスト計算機は、Uポートアダプタを介して、L2 型クレートコントローラを制御して、メールボックス内のブロックデータを読み出し、LAM フラグをクリアする。このメールボックスは、ホスト計算機の読み出し中にも補助コントローラからの書き込みができるように、独立したブロックを備え交互に使用するようにになっている。また端末のマイクロプロセッサがダウンした時には、ホスト計算機によるバックアップも可能である。

ここに示されたUポートアダプタは、電源断の際やオフラインスイッチによって、シリアルハイウェイをバイパスする機能を備えており、さらに、回線障害を検出した場合には、障害のある回線をループから切り離して予備線に切り換えることにより、回線機能を維持するような機能を備えている。

6. あとがき

ここでは、放射線モニタリングシステムについて、エレクトロニクス技術の立場から、計画中のものを含む現状の動向を述べた。この結果では、放射線モニタリングの分野においても計算機利用による省力化、自動化が進んでおり、さらに、経済性や信頼性向上などの点から、多数のマイクロプロセッサを使用したデジタル放射線モニタの導入が行われている¹³⁾。また、多数の放射線管理施設をもつ事業所では、事業所単位の総合的な放射線モニタリング用ネットワークシステムが必要になり、この標

準化が問題となってきている。

アナログ計器主体の局所的な放射線モニタリングから、多数の計算機による総合的なネットワークシステムへの移行の動向は、施設放射線管理における広い意味でのマンマシンインタフェースの見直しの必要な時期が来たことを示唆している。

本稿をまとめるにあたって種々指導いただいた日本原子力研究所保健物理部の関係者諸氏、および種々ご協力いただいた日本原子力研究所エレクトロニクス課の関係諸氏に対して深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 山本峯澄; 放射線管理の立場からみた放射線モニタ, 保健物理, **15**, 295 (1980).
- 2) 動燃, 原研; “放射線管理用モニタ規格”, 昭和46年12月.
- 3) 金原節朗ほか, “原研型放射線管理用モニタ”, JA-ERI-M 4964, 1972年9月.
- 4) 射場大造ほか; 原子力発電所の放射線管理システム, 日立評論, **50** (2), 45 (1978).
- 5) IEEE Std 583-1975; Modular Instrumentation and Digital Interface System (CAMAC), 1975.
- 6) D.P. EICHENLAUB; “A Microcomputer Based Radiation Monitoring System for Nuclear

- Power Plant," IEEE IECI, IECI-25, No. 2, p. 112 (May 1978).
- 7) D.C. UNION, *et al.*; "Microprocessor-Based Radiation Monitoring Systems," IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-24, No. 1, p. 771 (Feb. 1979).
- 8) C.W. EINOLF, Jr., *et al.*; "Communication Techniques for A Microprocessor Based Digital Radiation Monitoring System," IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-26, No. 1, p. 661 (Feb. 1979).
- 9) D.W. MILLER, *et al.*; "Design Alternative for Plant-Wide Digital Radiation Monitoring Systems," IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-26, No. 1, p. 831 (Feb. 1979).
- 10) IEEE Std 488-1975; IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation, 1975.
- 11) IEEE Std 595-1976; "IEEE Standard Serial Highway Interface System (CAMAC)," 1976.
- 12) 54-A-147; "工業用計算機システムの標準化に関する調査報告書", 電子協, 54 年 3 月.
- 13) W.C. MCARTHUR, *et al.*; "Radiation Monitoring System : Current Status and Future Prospects," IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-25, No. 1, p. 17 (Feb. 1978).