

原子力発電所の放射線管理システム

Computerized Radiation Monitoring Systems for Nuclear Power Plants

原子力発電所の放射線管理業務は、作業員の被ばく管理から発電所内外の放射線レベル管理、保安用計器(測定器など)、保護具の管理に至るまで種々の管理が密接に関連した業務である。近年、発電所の規模拡張により業務規模も増大し、省力化が強く求められるとともに、多様化する管理業務のニーズに柔軟に対応できるシステムが要請されている。このたび、こうした管理業務を「人、環境、物の管理」に体系づけ、発電所の運用形態、業務規模に応じて柔軟に対応ができる放射線管理システムを開発した。本システムは、はん(汎)用計算機 HITAC M-220を中核に、長期間のデータ保存管理を可能とする大規模データベースの構築、使いやすい対話処理機能などにより管理業務の省力化と管理精度の向上を実現している。

村尾光男* *Mitsuo Murao*
吉川真一** *Shinichi Yoshikawa*
永倉正洋*** *Masahiro Nagakura*

1 緒言

原子力発電所では、発電所の運用に当たり所内の作業員及び発電所周辺の一般公衆の放射線被ばくを「合理的に達成し得る限り低く」抑えるという国際放射線防護委員会の勧告や、国内の各種関係法令に基づき、厳重な放射線管理を実施している。

従来、こうした管理業務の機械化は、発電所現場にミニコンピュータを設置し、業務別にシステム化が図られてきた。しかし近年、原子力発電所の規模は増大し、かつ一つのサイトに設置されるユニット数も複数化の傾向を示している。こうした規模の拡大に伴い、放射線管理の業務量も増大し、加えて蓄積される一方の放射線被ばく実績データの保守管理、多様化する管理データの集計、解析評価のニーズに柔軟に対応できる新たなシステムの開発が要請されていた。このたび、原子力発電所での放射線管理業務を「人(個人被ばく)の管理」、「環境(所内・環境放射線)の管理」、「物(保護具、管理用資材)の管理」に体系づけ、発電所の運用形態、業務規模に応じて柔軟に対応ができる放射線管理システムを開発し、中国電力株式会社島根原子力発電所、日本原子力発電株式会社敦賀発電所にそれぞれ適用した。これらのシステムは、日立製作所のはん用計算機 HITAC M-220シリーズをシステムの中核に適用し、はん用データベース・データコミュニケーション、はん用高級プログラム言語 COBOL、各種ユーティリティによりはん用データベースの構築、柔軟なソフト構造を実現し、機能の拡張性、保守性、使いやすさに優れたシステムである。

2 放射線管理システムの概要

原子力発電所の放射線管理業務は、発電所内及び周辺の被

ばく低減を目的とし、「人の管理」を中心に「環境の管理」、「物の管理」が密接に関連した業務である。

これらの管理業務では、種々の放射線モニタ装置、被ばく線量計及びプラント運転情報のデータ処理、解析、評価が必要とされ、取り扱う情報量も膨大なものとなっている。放射線管理システムは、こうした管理業務にコンピュータシステムを導入し、複雑かつ膨大な量の情報を総合的に効率よく処理することにより、管理業務の省力化と管理密度及び精度の向上を実現するものである。図1に放射線管理システムの概要例を示す。

3 放射線管理システムの構成

3.1 システム構成と特徴

3.1.1 中国電力株式会社島根原子力発電所の放射線管理システム

図2にシステム構成を示す。このシステムは、原子力発電所放射線管理区域で作業に従事する人々の作業従事履歴、被ばく線量、健康診断、教育受講などを管理し、管理区域への入退域を制御、被ばくデータの収集をオンライン化したもので、はん用計算機 HITAC M-220Dを中核として、管理区域入口に設置した入退域管理装置、この装置とはん用計算機間の入退域制御データ伝送の中継を行うデータ収集装置、各種計算機周辺装置などから構成され、次のような特徴を持っている。

- (1) 特殊なデータ伝送手順を要求される入退域管理装置との結合は、データ収集装置によりインタフェースの特殊性を吸収し、はん用計算機によるリアルタイムでの入退域制御、被ばくデータ収集によりきめ細かな被ばく管理を実現した。
- (2) 大容量ディスク装置とはん用データベースシステムを用

* 日立製作所大みか工場 ** 日立エンジニアリング株式会社 *** 日立製作所システム事業部

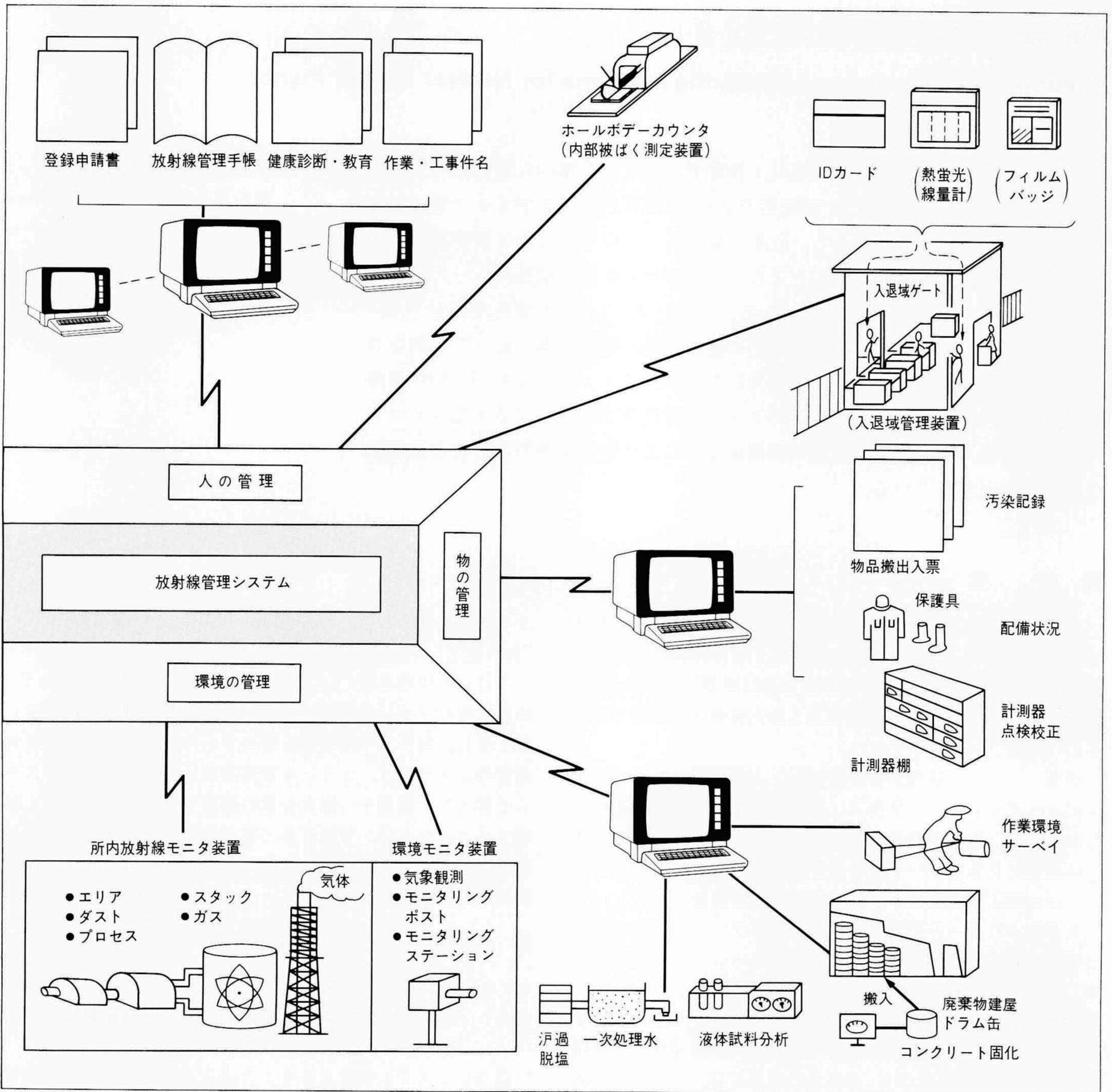


図1 放射線管理システムの概要例 原子力発電所で行われている放射線管理業務の概念を示す。

いて、発電所運転開始から現在までの被ばく実績情報を、信頼性の高いデータベースとして構築し、従来管理の継続化を図り突発的に発生する種々の照会にも対応可能とした。

(3) はん用データベース・データコミュニケーション、はん用高級言語COBOLなどにより柔軟なソフト構造を実現し、管理の多様化に伴う機能の拡張がユーザー自身で開発できるシステム環境を提供している。

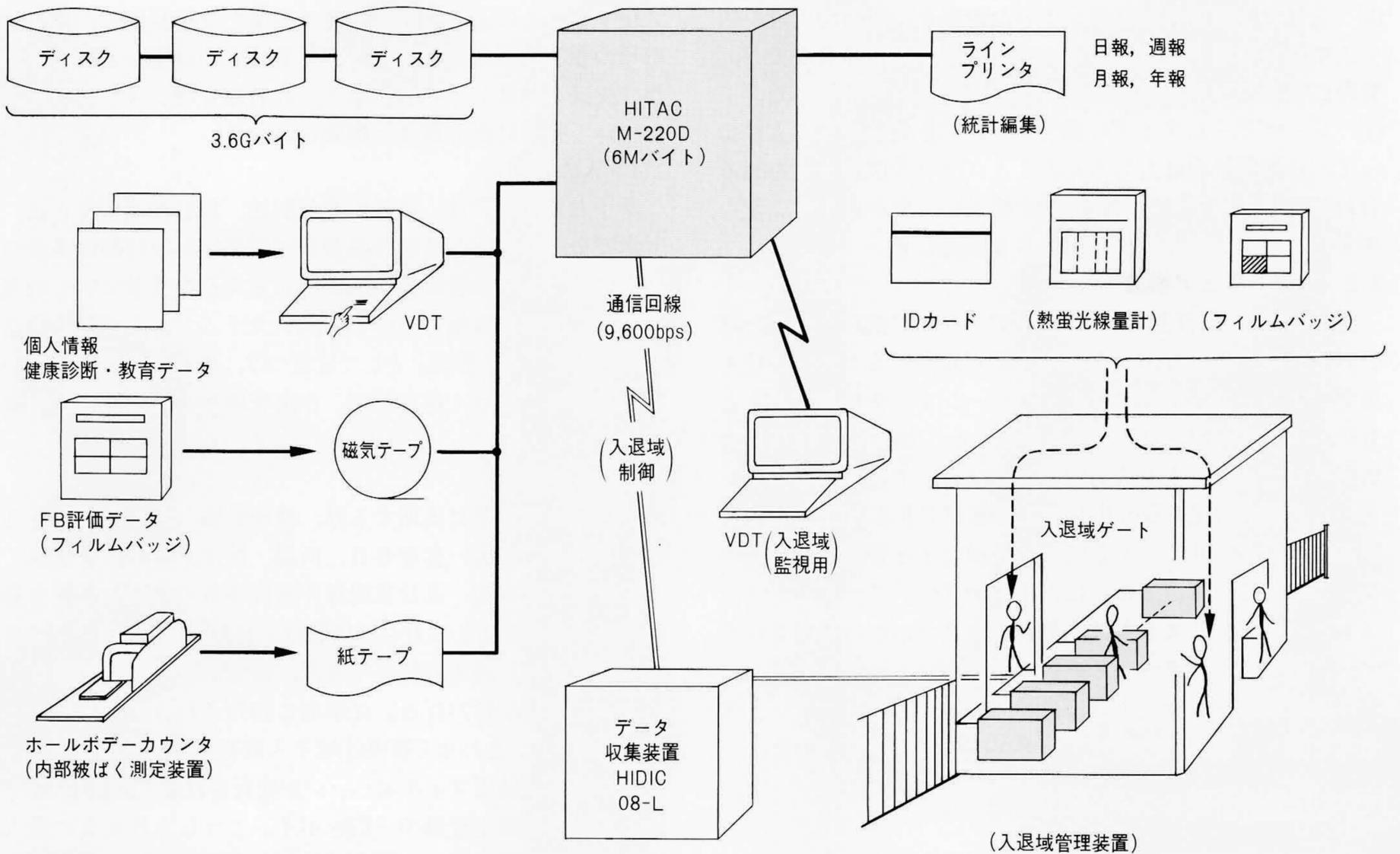
3.1.2 日本原子力発電株式会社敦賀発電所の放射線管理システム

図3にシステム構成を示す。このシステムは、既存のミニコンピュータシステム及び他の関連設備の有効活用を図り、機能の分散化、情報管理の統合化を指向したもので、はん用

計算機HITAC M-220Hを中核に関連するミニコンピュータ(ホールボデーカウンタ、立入被ばく、放射線モニタなど)と、本店はん用計算機及び漢字プリンタ(レーザビームプリンタ)などの計算機周辺装置から構成され、次のような特徴を持っている。

(1) 管理業務で共通的に使用する情報(例えば作業者の個人登録情報)は、放射線管理システムで一元管理し関連システムに分配する。これにより情報の重複を防止し、登録業務の効率化を図った。

(2) 放射線管理業務を複数のシステムに分散し、業務に最適な規模のコンピュータを割り当てることによってシステムの最適化を図り、信頼性と応答性に優れたシステムを実現した。



注：略語説明 VDT(ビデオデータ・ターミナル)

図2 放射線管理システムの構成例(その1)

放射線管理システムは、はん(汎)用計算機を中核とし、入退域管理装置、データ伝送の中継を行うデータ収集装置などから構成されている。

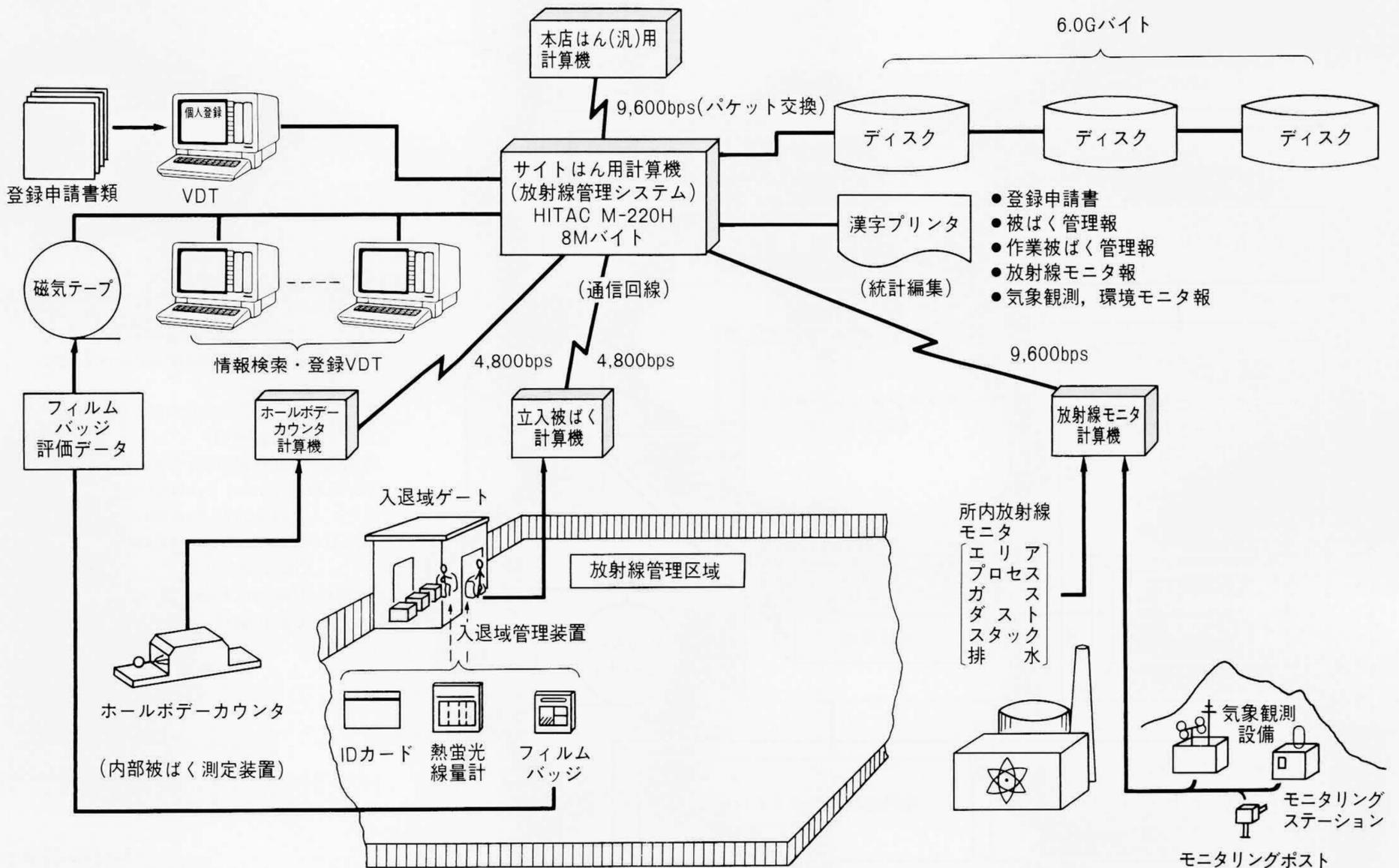


図3 放射線管理システムの構成例(その2)

放射線管理システムは複数の関連システムを統合管理し、システム全体として優れた信頼性、応答性を実現している。

(3) これまで業務別に独立していた情報を、放射線管理システムで統合管理することによって業務間の情報結合ができ、管理に密着した利用価値の高い情報の提供を可能とした。

(4) レーザビームタイプの漢字プリンタを使用することによって、日本語処理はもちろんのことグラフや図形などを組み合わせ、より見やすい形で情報を提供し、分かりやすく使いやすいマンマシンインタフェースを実現した。

3.2 ソフトウェア構成

図4に放射線管理システムのソフトウェア構成を示す。本システムは、膨大なデータを効率よく処理するために、はん用データベース・データコミュニケーションを適用するとともに、ユーザーがプログラムを作成することなく、VDTから対話形式でコマンドを入力することによって直接データベースから必要な情報を取り出し加工編集ができるACEIIなど、豊富なユーティリティを完備し、多様化する管理業務のニーズにこたえている。また、はん用データベース・データコミュニケーションシステムは、業務プログラムから発行されるデータ授受、データベース更新の履歴をジャーナル情報として自動取得し、異常検出時は自動回復処理によってデータの復元を図り、信頼性の高いデータベースを構築している。

4 放射線管理システムの機能

図5に放射線管理システムの機能構成を示す。本システムは、原子力発電所の放射線管理業務を人、環境、物の管理に体系づけ総合的に処理することによってきめ細かな放射線管理を可能としている。更に、放射線管理の実績をデータベー

ス化することによって作業現場の環境を分析評価し、被ばく線量の予測、放射線防護措置、人員計画の決定など、計画業務の支援も計画している。以下、放射線管理システムの機能について将来計画も踏まえ概要を述べる。

4.1 人の管理

原子力発電所では、原子炉等規制法、放射線障害防止法、労働安全衛生法など各種の法令及び国際放射線防護委員会の勧告に基づき、放射線管理区域に立ち入る作業員に対し確実な被ばく管理を実施している。本システムでは、このような管理業務を「人の管理」として位置づけ、作業員の登録管理、入退域管理、被ばく線量管理、作業管理などの機能により実現している。

4.1.1 登録管理

作業員は発電所に入所する際、健康診断、入所時教育を受け、作業員の氏名、生年月日、所属、被ばく歴などを記載した放射線管理手帳、及び放射線作業従事者の指定に必要な登録情報を提出する。これらの情報は、VDT端末を使って計算機に入力され、過去の被ばく状況、健康診断実施の有無などについて確認が行われる。従事者に指定されるとコンピュータに登録され、合わせて管理区域立入許可のためのIDカード、被ばく線量評価用フィルムバッジが発行される。図6にVDTによる従事者指定登録の一例を示す。こうした作業員の個人情報履歴管理を行い、再入所時には自動的に同一の個人ID番号を割り当て、管理の継続化を図っている。

4.1.2 入退域管理

作業員は管理区域へ入域するとき、IDカードや被ばく線量

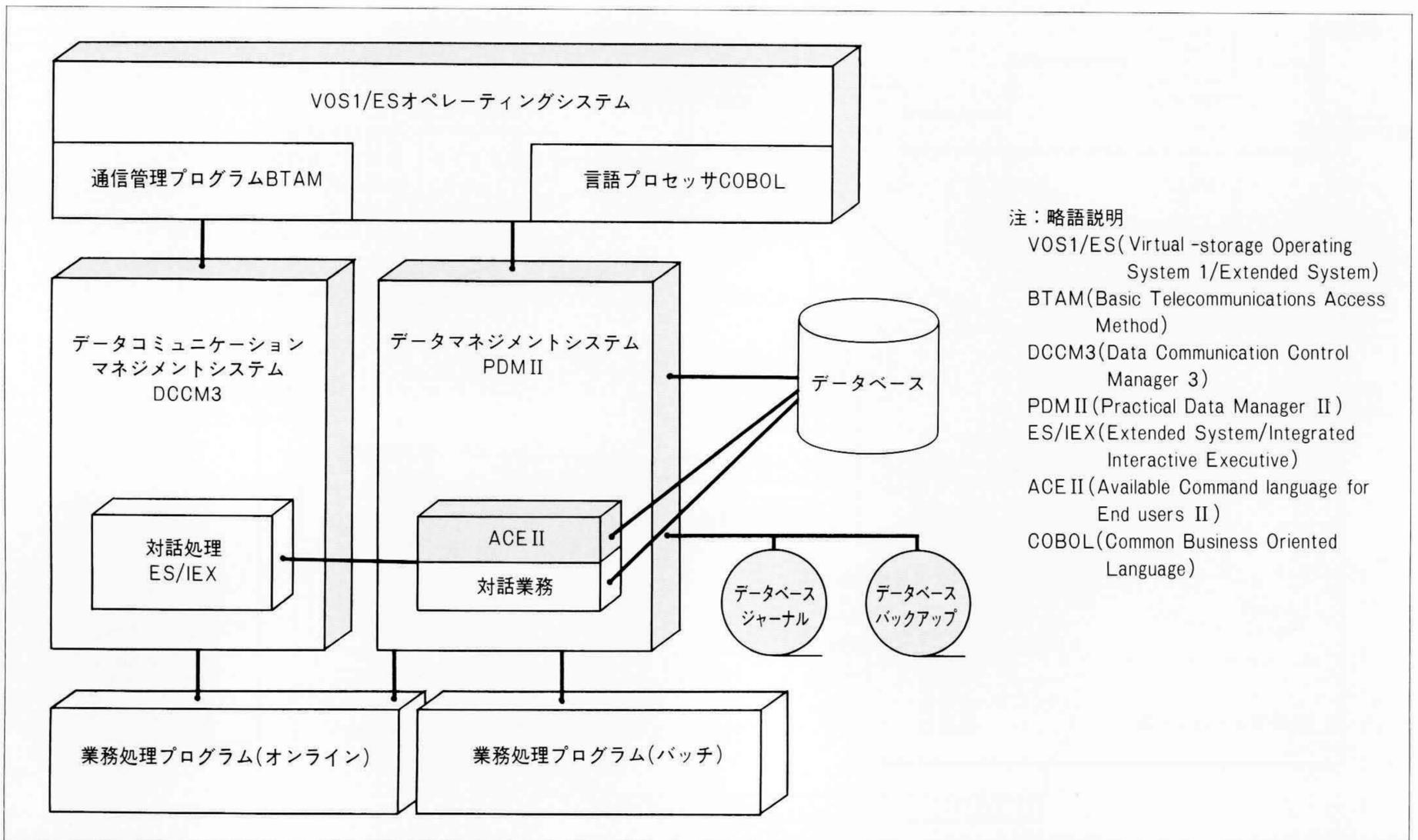
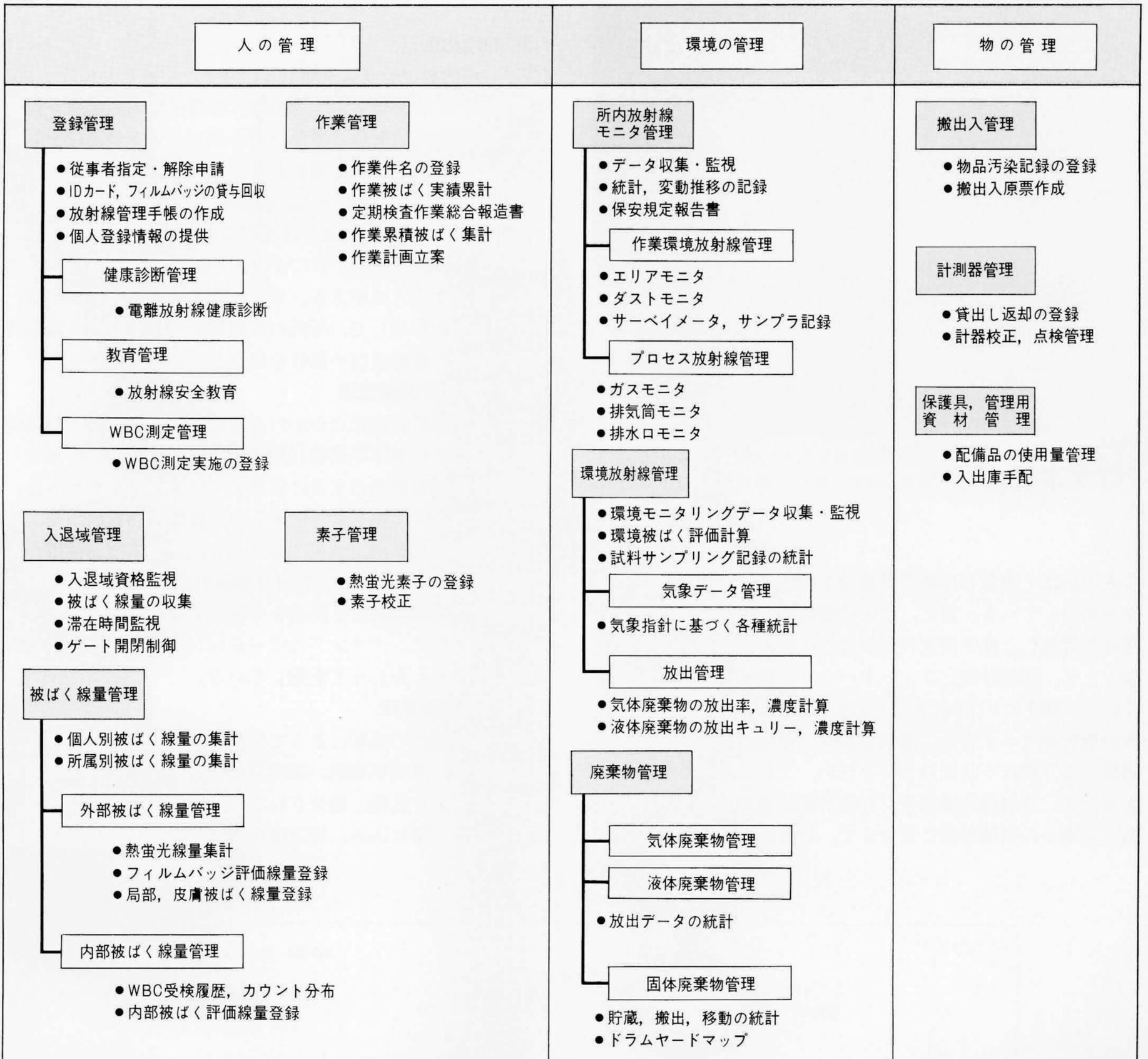


図4 ソフトウェア構成 データ送受信及びデータベースの管理は、DCCM 3/PDMII で一元管理し、業務プログラムの負担を低減している。



注：略語説明 WBC〔ホールボデーカウンタ(内部被ばく測定装置)〕

図5 放射線管理システムの機能図 原子力発電所で行われている放射線管理についてまとめたもので、各機能は相互に連携を図り、きめ細かな管理を実現している。

を測定する熱蛍光線量計及びフィルムバッジなどを携帯し、管理区域入口に設置されている入退域管理装置に個人のIDカードを読ませて入域する。このとき、入退域管理では作業者の入域情報から健康診断、教育などの有効期限をチェックし、被ばく線量と管理値(日、週、3箇月、年間、定期検査期間線量)の比較を行い不適合者は入域を禁止する。また、退域時は熱蛍光線量計の線量を入退域管理装置で読み取り、管理値と比較して、入退域ゲートの開閉を制御する。

4.1.3 被ばく線量管理

作業者の被ばく線量の管理は、熱蛍光線量計やフィルムバッジに基づき外部被ばく線量を全身及び部分(手、足、皮膚)について、また、ホールボデーカウンタなどによる内部被ば

く線量について管理している。これらの線量データは、個人別や作業別、あるいは期間別に分類集計し、自動又はオペレータの要求によって種々の帳票に出力できる。また、VDTにより種々の検索、照会が可能で、管理業務の効率化、操作性の向上を図っている。

4.1.4 作業管理

原子力発電所の定期検査作業は、作業ごとに作業許可申請書を提出し、作業許可を受けて作業が行われる。本システムでは、作業ごとの被ばくを管理するため、あらかじめ作業に対し作業管理番号及び作業に従事可能な所属、作業期間などを登録しておき、作業者が入域時に入退域管理装置から作業管理番号をキー入力する方式によりデータを収集し、作業者

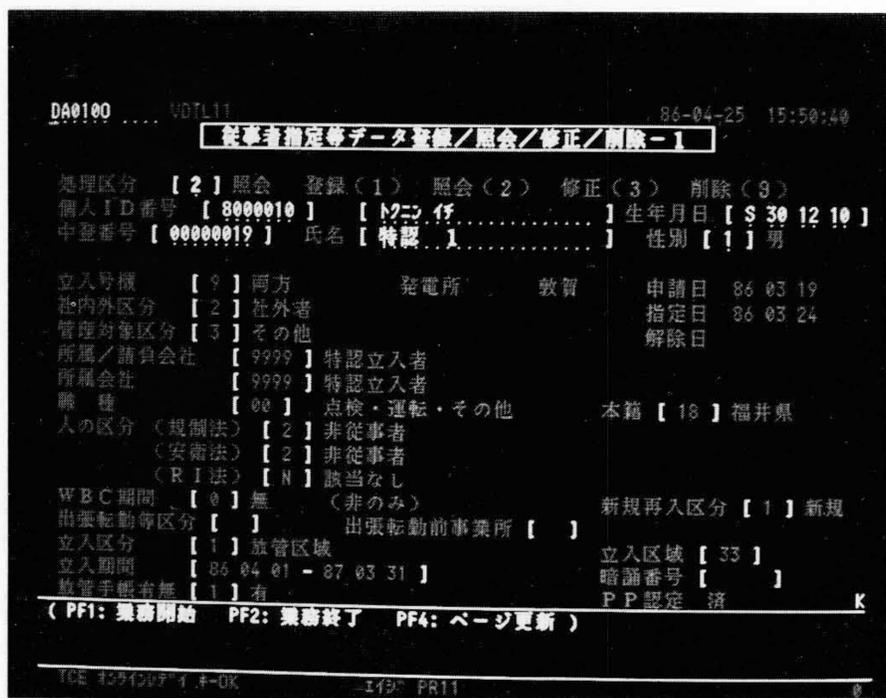


図6 VDT表示例 従事者指定登録を示すもので、氏名やコード入力項目に対しては対応する名称を漢字で表示し、親和性を向上させている。

各人の被ばく線量と作業管理番号を照合させ、作業被ばく実績を集計している。更に、この作業被ばく実績は年度ごとに履歴を管理し、経年変化の評価及び次回作業時での過年度実績として、作業計画にフィードバックし被ばく低減化を図っている。図7にVDT表示例を示す。次のステップとしては、所内放射線モニタ管理と連携を図り、作業現場の放射線環境情報により被ばく状況の予測を行い、これに基づく作業者の人員計画、放射線防護措置、作業計画線量の決定など作業計画の立案から実績評価に至るまで、総合的な作業管理の実現

を計画している。

4.2 環境の管理

4.2.1 所内放射線モニタ管理

発電所内の放射線モニタ管理は、管理区域内各場所を対象とした作業環境放射線管理及び原子炉プラントの系統を対象としたプロセス放射線管理があり、監視箇所での放射線レベルを測定、監視している。この放射線レベルの測定、監視には、固定形モニタ装置により連続的に測定、監視する方式と、サーベイメータやサンブラにより定期的、又は必要に応じて測定、監視する方式がある。本システムは、これらの測定、監視の方式を併用して、所内の放射線レベルを把握し各種報告書の作成、変動状況の推移を提供している。

4.2.2 環境放射線管理

原子力発電所の運転にかかわる放射性物質のうち、気体廃棄物(排気)及び液体廃棄物(排水)については、その一部を一般環境に厳重な管理のもとに放出している。本システムは、排気筒モニタの情報をもとに排気中の放射性物質放出率、放出放射能濃度を算出、監視するとともに、気象観測装置からの気象情報を統計処理し、放射性物質の大気拡散状況を求め、評価地点での環境被ばく評価を可能とする。更に、モニタリングポストやモニタリングステーション、排水モニタの情報収集、監視をも合わせて実施している。

4.2.3 廃棄物管理

原子力発電所の運転によって発生する放射性廃棄物には、気体廃棄物、液体廃棄物、固体廃棄物があり、それぞれ廃棄物処理系により処理、処分される。放射性廃棄物は、濃縮、固形化により閉じ込め、周辺環境から隔離された場所に貯蔵

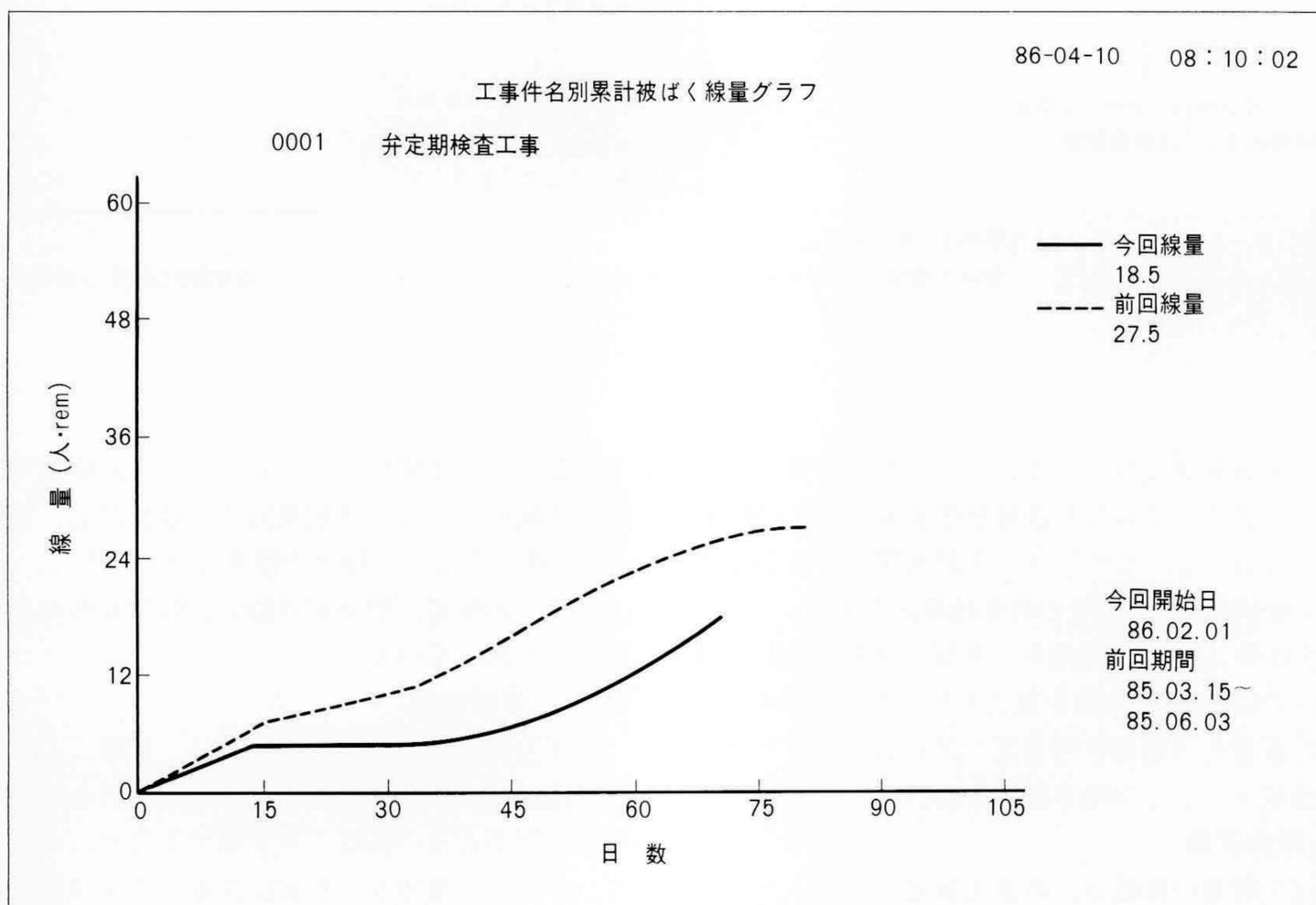


図7 VDT表示例 過去の同一作業に対する被ばく実績と現行作業の被ばく推移を対比することによって、きめ細かな被ばく評価、作業計画ができる。

しており、廃棄物の種類ごとに発生量、放出量、保管量の管理を行っている。

4.3 物の管理

物の管理としては、管理区域への物品搬出入、放射線計測器の点検校正状況、放射線防護具資材の在庫管理などが考えられる。これらはいずれも人手による記録業務を機械化し、業務の効率化を図るとともに、的確な管理状況の把握を実現するものである。

5 結 言

以上、はん用計算機を適用した原子力発電所の放射線管理システムの概要について述べた。本稿で述べたシステムは、いずれも各々のサイトで実運用に入り、リアルタイムでのきめ細かな放射線管理及び評価情報の早期フィードバックによ

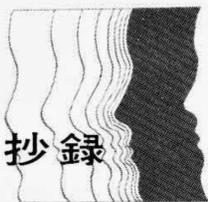
る作業計画の立案、被ばく低減化に大きく寄与している。更に、これまで分析評価に時間を要していたプラント定期検査期間中での作業員数、総被ばく線量なども、実績データのデータベース化により種々の角度から短時間に分析評価でき、管理業務の省力化に貢献している。

最後に、本システムに対して御指導、御協力をいただいた中国電力株式会社及び日本原子力発電株式会社の関係各位に対し厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 石森, 外: 原子炉工学講座 2 (放射線防護), 培風館 (昭48-9)
- 2) 山本, 外: 原子炉工学概論上, 培風館 (昭48-9)
- 3) 原子力委員会: 「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」, 昭51-9

論文抄録



要求定義技術の最近の動向

日立製作所 野木兼六

情報処理学会誌 27-1, 21~30 (昭61-1)

要求定義技術の重要性が最初に認識されたのは1970年代の半ばごろであり、1970年代の後半には数多くの要求定義手法が提案されたが、どの手法も当初期待されたほどの効果を挙げることはできなかった。このため、1980年代になると従来のソフトウェアライフサイクルモデルに対する反省が起こり、いわゆるライフサイクル論争が展開された。

従来のライフサイクルモデルの問題点は、(1) 利用者の要求は本来あいまいなものであり、初期段階で正確な要求仕様書を作成するのは極めて困難であること、(2) 各工程で正確な仕様書を作成することはシステムへの変更要求に対する柔軟な対応を阻害すること、であると言えよう。このような問題点を解決するための一つの有効な方法として、最近プロトタイピングが注目されている。ソフトウェアのプロトタイピング方式としては、(1) 逐次改良方式、(2) 使い捨て方式、(3) 仕様実行方式などが考えられる。

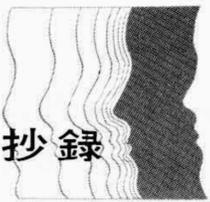
開発・保守コストの面から見ると、仕様実行方式が最も優れているが、これを実現するためにはまだ多くの技術的課題を解決しなければならない。

ライフサイクル論争の結論は、その後新しいソフトウェアパラダイムという形で具体的に定式化された。このパラダイムの特徴は、(1) 利用者のあいまいな要求から形式的な要求仕様を作成する、(2) 形式的な要求仕様をプロトタイプとして実行することにより初期段階での妥当性の検証を可能にする、(3) 機械的な最適化により形式的な要求仕様を効率の良いプログラムに変換することでテストは不要になる、(4) 保守は形式的な要求仕様に対して行なうので、仕様とプログラムの解離は生じない、などである。

1980年代になると、従来のライフサイクルモデルに対する見直しと並行して、要求定義のための新しい方法が次々に提案された。これらは総称して操作的アプローチと呼ばれる。その基本的な考え方は、(1) 要求

定義と設計の違いを、従来のように外部仕様と内部仕様と考えるのではなく、問題領域でのシステム仕様と計算機領域でのシステム仕様と解釈する、(2) 従来のトップダウン機能分割法に代わり、実世界(環境)の構造を重視したボトムアップ(あるいはアウトサイドイン)モデリング法を採用する、(3) 要求仕様の実行可能性を保証することなどである。操作的アプローチの代表的な例としては、PAISLey法、JSD、フローネット法などが知られている。

操作的アプローチは1980年代の新しい方向であり、現在も活発に研究が進められている。今後の技術的課題としては、(1) 記述量を減少させるための非手続き的な仕様記述言語の開発、(2) 実世界のモデル化のための体系的な方法の確立、(3) 要求仕様からプログラムへの機械的な変換方法の確立、などが重要であろう。



ラスタ走査とテーブル参照による画像回転の高速処理

日立製作所 田畑邦晃・武田晴夫・他1名

電子通信学会論文誌 J69-D, 1, 80~90 (昭61-1)

近年、コンピュータによる画像処理へのニーズが急増し、オフィスでの文書作成業務をはじめ、さまざまな応用分野でシステムの開発が進められている。デジタル画像の回転は、これらの画像処理システムで多用される基本的な座標変換機能であり、その高速処理技術の開発が重要な課題となっている。

既に知られているように、回転角を特定角度に限定する場合には、問題の特殊性を利用して高速に処理することができる。例えば、スキャナ入力画像を傾き補正する場合などにみられる微小角回転は、画素の単純な平行移動やブロック転送で近似できる。また、90度回転は直並列変換回路や2次元メモリを用いる方法などが報告されている。これらの特定角度を対象とする手法とは異なり、本論文は任意角 θ の画像回転方式を提案するものである。

さて、原画像を回転画像に変換する際、通常、水平又は垂直の直交座標軸方向に走査して回転画像の画素(変換画素)を順次生

成するが、このとき、変換画素に対応した原画像上の点は、座標軸との交差角が θ の直線を描く。したがって、従来方式のように、原画像を直接、回転画像に変換するためには、この配 θ の直線に沿ってメモリ上の原画像を読み出す必要がある。しかし、2次元配列をもつ画像データのなかから、任意方向に隣接した複数の画素を一括して読み出す手法は知られていないので、従来方式では、画素単位にメモリ読出しを繰り返すことになる。このため、メモリアクセスがあい路となって、画像回転の高速処理を困難にしていた。

これに対して、筆者らが開発した方式は、「ラスタ走査」と「テーブル参照」を基本原理とし、これによって上記の問題点を解決したものである。その概要は次の2点に要約できる。

(1) 水平と垂直方向のラスタ走査が可能な二つの斜交軸変換を組み合わせて画像の回転を実現する。これによって、水平又は垂直方向の隣接画素を一括したメモリアクセ

スを可能とし、1画素当たりのメモリ読出し、書込み時間を短縮する。

(2) 各斜交軸変換では拡大縮小処理を伴うが、その倍率を有理数で近似し、その結果得られる座標変換の周期性を利用して、単純なテーブル参照の操作で高速に処理する。

本方式による処理時間(理論値)の一例を示すと、転送速度が $1\mu\text{s}/\text{語}$ (1語=16ビット)の2次元メモリを用い、画素シフトの基本クロックを 125ns (8MHz)とすると、1画素当たりの処理時間は $250\sim 375\text{ns}$ となる。なお、有理数近似による拡大・縮小倍率の誤差は、座標変換用テーブルの容量に依存するが、例えば、テーブル容量を32けた、あるいは16けたとすると、誤差は各々約0.3%、0.8%である。文書画像編集などの応用では、16~32けた程度のテーブルを用いれば、実用上十分な精度が得られるので、小規模なハードウェアで高速処理が実現できる。これらの数値例によって、本方式の有効性を示した。

1.3 μm 帯LEDを用いた100Mb/s系IC化光送信器

日立製作所 山下喜市・高崎喜孝・他2名

電子通信学会論文誌 J69-B, 1, 46~53 (昭61-1)

近年、光ファイバ通信の適用分野は長距離・大容量伝送を主体とする公衆通信網からLANや計算機ネットワークなど比較的短距離(2~3km)の構内通信網へと急速に拡大しつつある。このようなシステムでは、光インタフェースとして用いられる光送受信器の小形化、信頼性の向上、消費電力及び価格の低減に対する要求が公衆通信網の場合以上に強い。これらの要求を満たすためには、送受信回路のモノリシックIC化とLEDの光源への適用が必要となる。特に、100Mビット/秒以上の高速伝送用には、送受信回路の高速化及び高速変調が可能な長波長LEDの採用が不可欠である。このような状況を背景に、筆者らはLED駆動電流の高速スイッチングと高安定化が可能なモノリシックIC、及び長波長LEDの応答速度を改善するための速度補償方式を開発し、300Mビット/秒まで動作するLAN用光送信器を実現した。本論文では、光源に $1.3\mu\text{m}$

LEDを用いた100Mビット/秒系光送信器の設計及び試作結果について述べている。

光送信器の主な技術課題としては、高速化のほかに光出力の安定化がある。前者については、LED駆動電流の高速・大電流スイッチング技術及び長波長LEDの高速変調技術の開発が必要である。また、後者についてはLEDの温度特性の補償と電源電圧変動に対する駆動電流の安定化技術の開発がかぎとなる。以上の考察を基に、駆動用ICは2段波形整形回路、電流スイッチ及び光出力安定化回路で構成された。波形整形回路と電流スイッチによりLEDを高速・大電流駆動する。また、光出力安定化回路はLED温度補償及び電源電圧変動を抑圧して光出力を安定化する。IC化には $3\mu\text{m}$ Siバイポーラプロセス($f_T=4\text{GHz}$)を用いた。電流スイッチには電圧リミッタ機能による高速化が可能なトランジスタ差動対を用いた。また、スイッチング速度を劣化させる要因と

なるコレクタ~基板間及びコレクタ~ベース間接合容量を低減するため、トランジスタはシングルベース構造(エミッタ寸法は $3\times 350\mu\text{m}^2$)とした。その結果、駆動電流100mA、温度 $-30\sim 70^\circ\text{C}$ 、電源電圧 $5\text{V}\pm 5\%$ で 0.6ns 以下の立上り/立下り時間を実現した。このときの駆動電流の変動は $\pm 4\text{mA}$ で、温度係数は $0.2\sim 0.3\text{mA}/^\circ\text{C}$ であった。一方、光送信器の高速化のかぎとなる長波長LEDの立下り特性を改善するため、抵抗と容量(外付け)から成る簡易な構成の速度補償回路を提案し、約3倍の高速化($4\rightarrow 1.5\text{ns}$)を実現し300Mビット/秒で動作することを確認した。

光送信器の光出力は -15.6dBm で、その変動量は電源電圧 $5\text{V}\pm 5\%$ 、温度 $0\sim 50^\circ\text{C}$ で $\pm 0.4\text{dB}$ 以下であった。また、このときの消費電力は $640\pm 35\text{mW}$ であり、 5V 単一電源で動作する。なお、光送信器は24ピンDILパッケージに実装されている。