

Mシリーズ電子計算機システム

オペレーティング システム VOS シリーズ

The Operating System VOS Series

最近、世界の汎用コンピュータ メーカーは、一般に3.5世代機と言われる新機種を次々に発表している。HITAC Mシリーズは、この3.5世代機を代表する最新鋭システムであり、そのオペレーティング システムとしてVOS 1, VOS 2 及びVOS 3を開発した。本稿は、これらVOSのねらいと特長について述べた。

今日のコンピュータ システムに対する依存度の増大から、システムの拡張性、移行性、安全性及び安定性が要望されている。VOS 1, VOS 2 及びVOS 3では、統一の目標を定めてその要望実現に各種機能追加を行ない、VOSシリーズとして一貫した概念を形成した。

永井雄二* Yuji Nagai

高須昭輔* Akisuke Takasu

服部陽一* Yôichi Hattori

池田俊明* Toshiakira Ikeda

1 緒 言

HITAC Mシリーズ(以下、Mシリーズと略す)用オペレーティング システムとして、VOS (Virtual Storage Operating System) 1, VOS 2 及びVOS 3を開発した。これらのシステムは、統一した設計目標として、(1)新業務への適用性、移行性及び互換性を重視し、(2)システムの開発、運用のコストを最小にするとともに、(3)システムの安全性、安定性を高めることを掲げた。本稿は、VOSの構成と各VOSのねらいと特長について述べる。

2 Mシリーズ用オペレーティング システム(VOS)の構成

2.1 VOSに要求される基本機能

今日の企業を取り巻く環境の変化の早さ、企業組織規模の拡大化・複雑化に伴い、企業組織のコンピュータへの依存度はますます高まり、その需要は組織内において分散化し、いわゆるコンピュータ ユーティリティの出現が要求されてきている。

コンピュータ システムの利用者も、システム管理者とエンド ユーザーとで希望が幅広く存在している。システム管理者からは経済性の問題として、ハードウェア、ソフトウェアの導入費用だけでなく、ハードウェア運用コストの増大によりハードウェア資源の効率的稼働やシステム維持コストの増大から省力化が要求されている。また、コンピュータ システム全体に占めるソフトウェア比重の増加から、システム開発コスト、コンバージョン コストなどを含めたシステムの全般的な開発、運用コストの低減問題が強く叫ばれている。

一方、コンピュータ システムのエンドユーザーからは、各種のアプリケーションを効率よくシステムが処理することを要求され、コンピュータ システムを簡単に、しかも自由に使いこなすことが求められている。このため、リモートバッチ処理やTSS (Time Sharing System) 処理などの端末入・出力による遠隔情報処理に対する関心が高い。

このような情報処理システムに対するニーズのもとで、VOSシリーズの開発の課題は次のようなものであると考え、設計目標として定めた。

(1) 設計目標(その1)

新業務への適用性に富み、HITAC 8000シリーズ用システムからの移行性、VOSシリーズ間の互換性が高いこと。

すなわち、

オンライン リアルタイム処理、リモートバッチ処理、TSS処理などが、同時にしかも混在した形でサービスできるようにし、適用分野の拡張を図る。また、データベース/データコミュニケーション(DB/DC)システムの構築、オンラインリアルタイム システムの建設を容易にするソフトウェアを完備する。HITAC 8000シリーズからの移行は、高級言語のソース プログラムでの互換性を基本とし、トランスレータ/コンバータで完全を図る。ロード モジュールについては、エミュレータでHITAC 8000シリーズのプログラムがそのまま実行可能とする。VOSシリーズ内の互換性は、同一の高級言語をシリーズ内で採用し、高級言語ユーザーがオペレーティング システム(以下、OSと略す)を意識する必要をなくす。特にVOS 3は、VOS 2からの完全上方向互換性を保つよう

設計目標(その1)

新業務への適用性に富み、HITAC 8000シリーズ用OSからの移行性、VOSシリーズ間の互換性が高いこと。

設計目標(その2)

システムの開発・移行コスト、運用・維持コストが低いこと。

設計目標(その3)

システムの安全性、安定性を高めること。

図1 Mシリーズ ソフトウェア システムの設計目標 VOS 1, VOS 2 及びVOS 3 から成るMシリーズソフトウェア システムは、ユーザー ニーズに基づいて統一した設計目標を掲げている。

* 日立製作所ソフトウェア工場

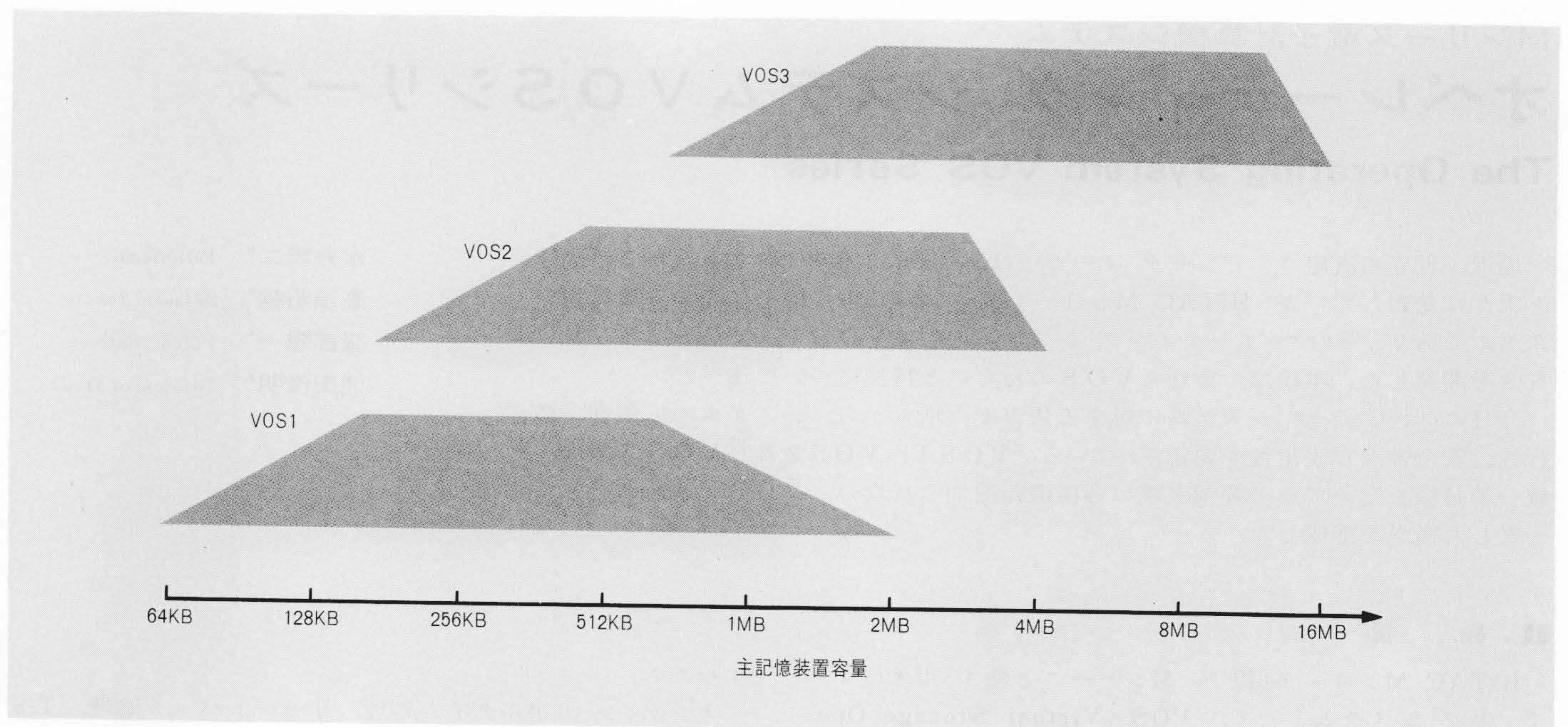


図2 VOS1, VOS2及びVOS3と主記憶装置容量の関係 VOSシリーズシステム間での主記憶装置容量のサポート範囲を示す。

にする。

(2) 設計目標(その2)

システムの開発・移行コスト、運用・維持コストが低いこと。すなわち、

ユーザー システムの開発には、高級言語が広く用いられることを考え、言語プロセッサ体系の充実を図り、高水準言語仕様をサポートする。また、デバッグ機能を豊富にし、開発効率の高いTSS処理用言語プロセッサも使用可能とする。各種アプリケーション プログラム、サービス プログラムを充実させ、ユーザー プログラムの生産性向上を図る。

システム運用の省力化機能を拡充し、オペレータ コストの低減とシステム操作性の向上を図る。スケジューリング機能の強化により、中央処理装置(以下、CPUと略す)、主記憶装置、入・出力装置などの稼働率を上げ、システム資源の効率を向上させる。その結果、単位時間当たりの全体ジョブ処理量を増加し、単一ジョブ当たりの処理コストを低減する。また、ハードウェア モニタとソフトウェア モニタを完備し、システム評価を通じ適正システムを建設する。

(3) 設計目標(その3)

システムの安全性、安定性を高めること。すなわち、

コンピュータ システムのユーザーにとって、そのシステムが情報の機密漏れや破壊から安全であること、常に安定したサービスが受けられることが重要である。このため、ハードウェアの障害に対するフェイルソフト機能、制御プログラムの障害に対するソフトウェアRAS (Reliability, Availability, Serviceability)機能を充実する。また、高トラフィック システム用の機能強化や特定のジョブによるシステム全体の混乱を防ぐ対策を図る。

2.2 VOSの基本構成

VOSには、VOS1, VOS2及びVOS3の3種のシステムがある。これらのシステムは、すべて仮想記憶システムで、プログラム アドレス空間と実記憶装置のアドレス空間の分離によるユーザー プログラムの作成の容易さ、拡張の容易さなどの特長は、3種のVOSに共通である。また、各V

OSで必要な実記憶容量が満たされれば、MシリーズのどのCPUでも動作することが可能である。更に、言語プロセッサのFORTRAN, COBOL, PL/1, アプリケーション プログラムのほとんどが共通であるので、性能とコストとのバランスによってハードウェア システムとOSを選択することができる。

VOS1は、主に中形・小形ハードウェア システムを、VOS2は、主に大形・中形ハードウェア システムを、VOS3は、主に超大形・大形ハードウェア システムをそれぞれ想定して、それらのシステムの特長上必要な機能を備えている。VOS1, VOS2及びVOS3と主記憶装置容量との関係を図2に示す。

2.3 VOSシリーズの構成

VOS1を構成するプログラムを図3に、VOS2, VOS3を構成するプログラムを図4に示す。

3 VOS1

3.1 VOS1のねらいと特長

VOS1は、上位システムであるVOS2よりも相対的に小規模な中形・小形コンピュータ システムを主な対象とし、センタ運用のトータル コスト低減の要求にこたえるために開発したシステムである。

VOS1は、センタの運用・維持機能、処理形態の豊富さ及びユーザー プログラムの生産性向上手段の充実にその特長をもっている。

3.2 センタ運用・維持機能の拡充

コンピュータ システムを運用していくときには、そのランニング コストの低減、拡張性の余地及びシステムの信頼性が重要である。

(1) ランニング コストの低減

センタのランニング コストのうちでオペレータの人件費の比重は高い。そのため、オペレーションにおける操作性の向上と省力化が要求されている。VOS1では、仮想記憶方式や再配置ロードの採用、装置やファイルの標準割当て、装置

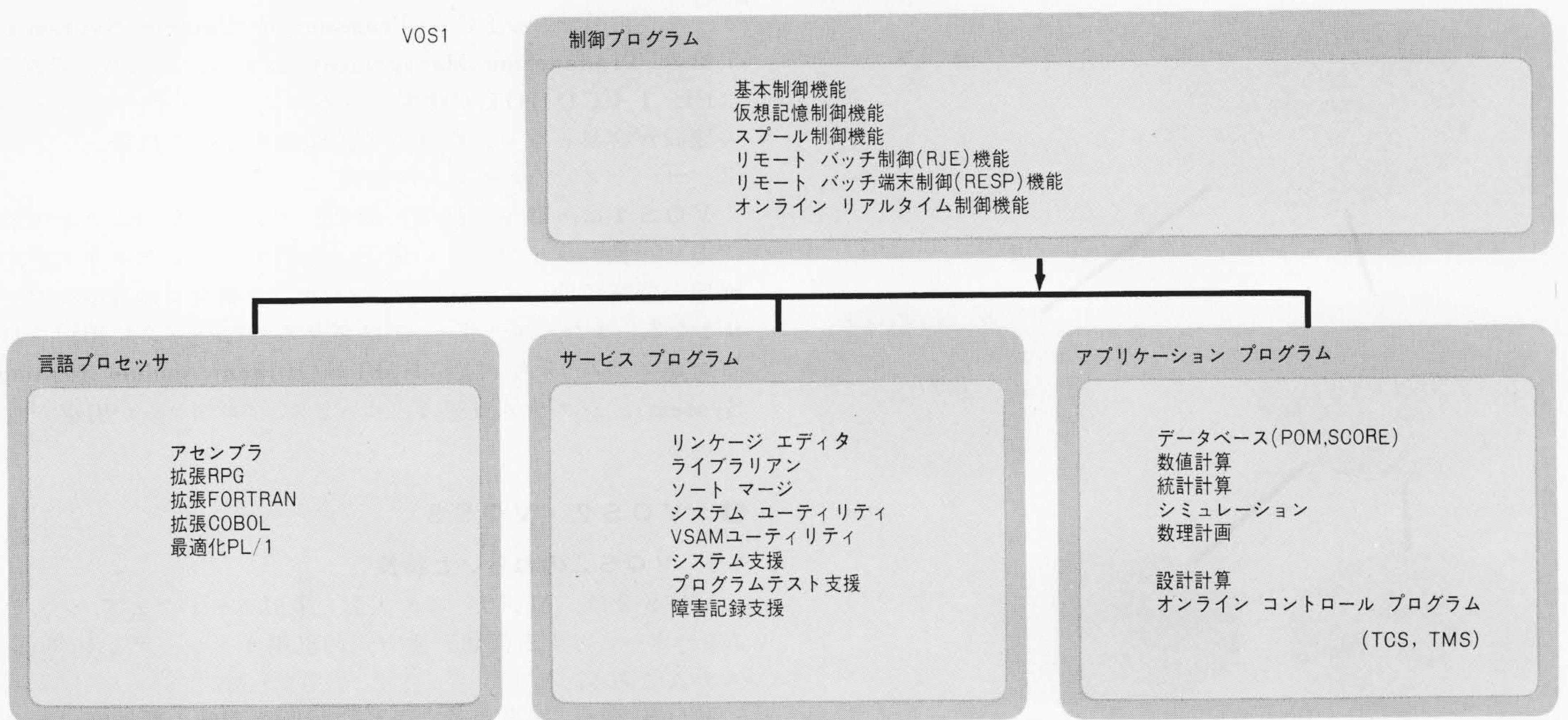
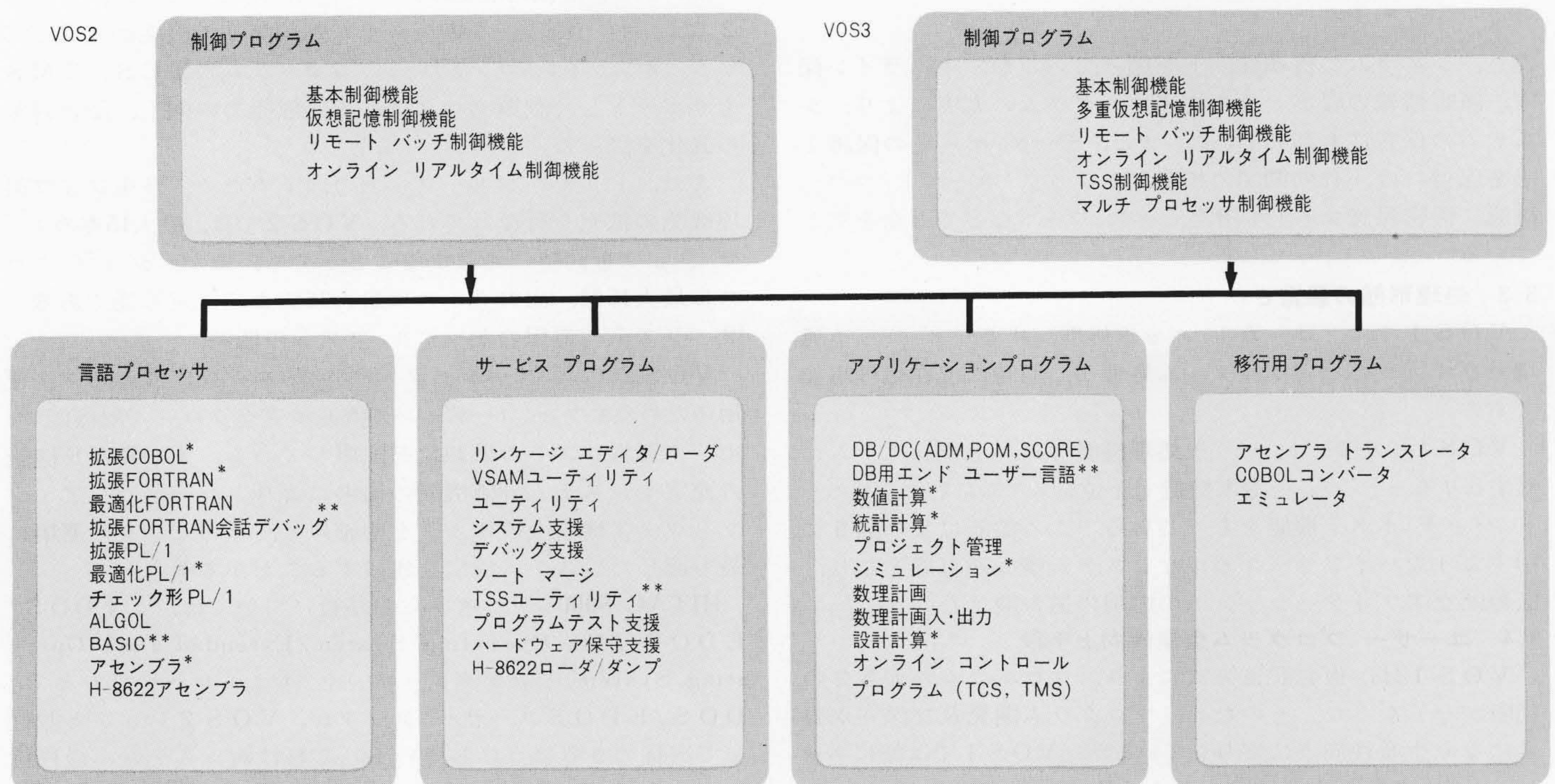


図3 VOS1構成図 VOS1システムは、制御プログラムの管理のもとで言語プロセッサ、サービスプログラム及びアプリケーションプログラムから成っている。



注: * TSSオプション付 ** VOS3専用プログラム

図4 VOS2, VOS3構成図 VOS2システムの制御プログラムとVOS3システムの制御プログラムは個別であるが、言語プロセッサ、サービスプログラム、アプリケーションプログラム、移行用プログラムは共通に使用できることを示す。

の属性による割当て機能などにより、ジョブのパーティションからの独立性が増し、ジョブ スケジューリングが非常に容易になっている。また、プログラム ファンクション キーによる複数コマンドの代行、省略形によるコマンド入力などにより操作性が向上した。

(2) システムの拡張性

仮想記憶方式の採用により、実記憶装置の使用効率が向上

し、その結果、マルチ プログラミング効率が改善された。VOS1では、最大5本のマルチ プログラミングが可能であり、また、入力リーダー、出力ライターによる内部演算処理とジョブの入・出力処理との並行処理が行なえる。これらの機能により、処理能力の向上に対する拡張性が增大している。

(3) システムの信頼性

ハードウェア、ソフトウェアの両面から障害回復機能を充

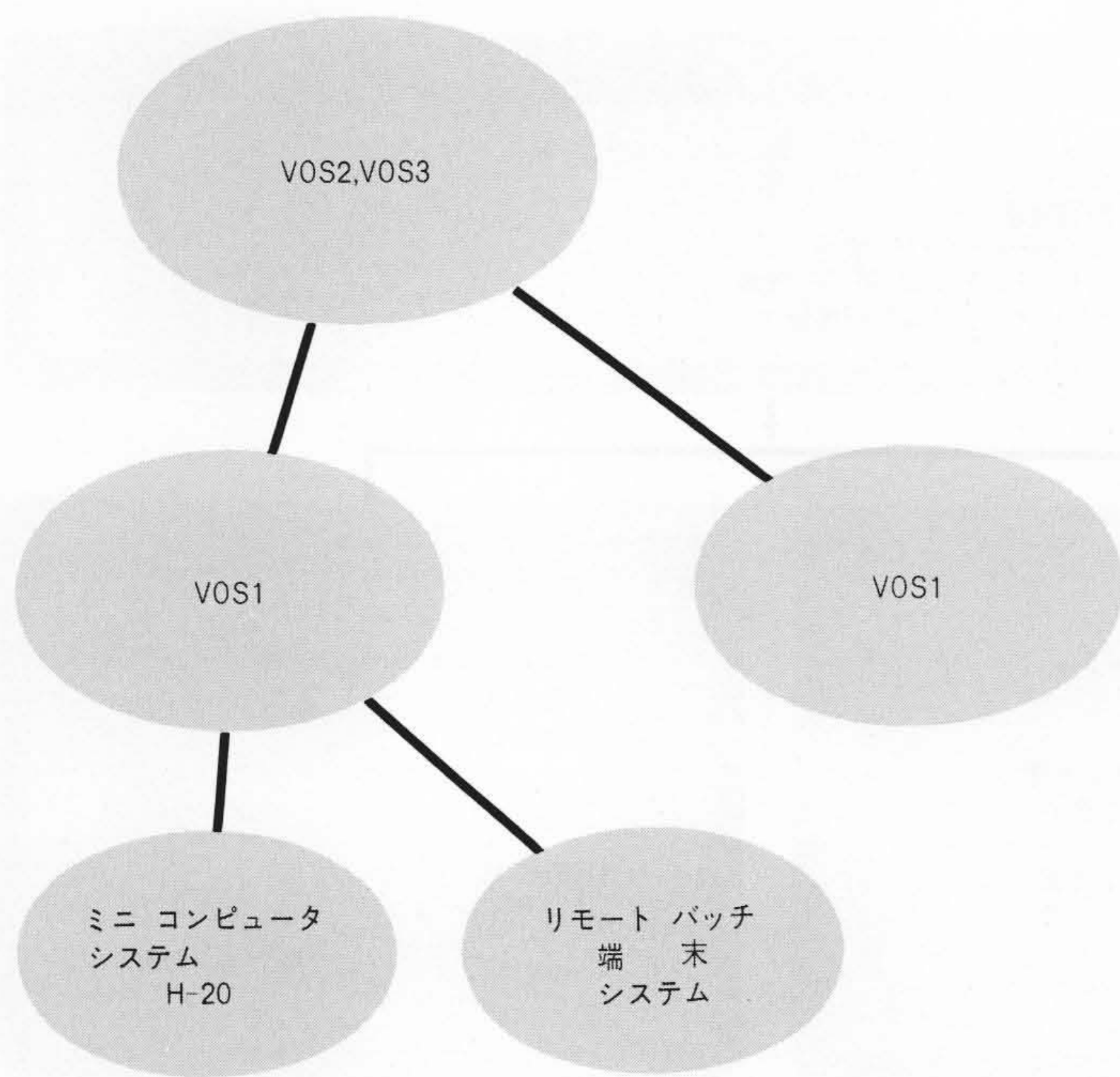


図5 VOSシリーズのリモート バッチ処理構成例 ジョブのターンアラウンドタイム縮減を目的とするリモート バッチ処理を用いて、上位システムの豊富な機能を下位システムから直接利用できる。

実し、システムの信頼性向上を図っているが、オンライン保守、障害情報の収集とその編集プログラムの充実により、システムの保守性も高めている。また、データセットの保護と機密保持には、有効期間の指定、トラック ホールド/フリー機能、機密保護ファイル指定、パスワードなどで万全を期している。

3.3 処理形態の豊富さ

VOS1では、ローカル バッチ処理、リモート バッチ処理及びオンライン リアルタイム処理が、同時に混在処理可能である。

VOS1のリモート バッチ処理機能には、上位システムに対するリモート バッチ端末機能と下位システムに対するリモート バッチ ホスト機能をもっている。この機能により図5に示すようなハイアラキカルなシステム構成が可能となり、広範囲なアプリケーションへの応用の道が開けた。

3.4 ユーザー プログラム生産性向上手段

VOS1は、仮想記憶方式により、プログラムの大きさの制限がなくなった。そのため、プログラム開発及び保守が容易になり生産性向上に寄与しているが、VOS1では特にユーザー プログラム生産性向上のため次の手段をとっている。

(1) 言語プロセッサの充実

上位システムであるVOS2、VOS3と共通の言語仕様をもつFORTRAN、COBOL、PL/1をサポートし、VOSシリーズ間での互換性を重視している。また、HITAC 8000シリーズOSであるNDOS(New Disk Operating System)の言語プロセッサとの互換性も考慮されている。

(2) アプリケーション プログラムの充実

VOS2、VOS3と互換性をもった各種アプリケーション プログラムがあるが、特に、簡易言語としてのSCORE(Select Copy and Report)は入力言語からCOBOLステートメントが出力されるものである。SCOREを用いれば容易にデータベースの検索、複写及び編集出力が行なえる。

また、オンライン リアルタイム システム用には、VOSシ

リーズで共通であるTCS(Transaction Control System) TMS(Transaction Management System)があり、それらにPL/1やCOBOLが使用できるので、ユーザー システムの建設が容易となり、保守性や拡張性も改善される。

(3) サービス プログラムの充実

VOS1は、共用、私用の両ライブラリをもつことが可能であり、且つライブラリの保守に使用するライブラリアンの種類が豊富で使いやすいため、プログラム開発には有用なツールとなる。また、ユーザー プログラムのデバッグに用いられるプログラム テスト支援HMTS(Hitachi Module Testing System)、システム支援などサービス プログラムが用意されている。

4 VOS2・VOS3

4.1 VOS2のねらいと特長

VOS2は、Mシリーズの大形・中形ハードウェア システムをサポートとする仮想記憶方式の汎用オペレーティング システムである。

VOS2は、従来の確立された技術と各種の新技术の組合せによる高性能システムへの追求とシステム運用トータル コストの低減を目的とし実現したものである。

(1) 高性能システムの実現

オンライン情報処理システムの増大に対処するため、VOS2では、オンライン リアルタイム処理向けの機能が完備している。オンライン コントロール プログラムのTCS、TMSをサポートし、制御プログラムの処理能力の向上、障害対策の強化を図った。

また、トータル スループットの向上のため、多重ジョブ処理機能の拡充を行なっている。VOS2では、最大15本のユーザー ジョブを同時に処理することができ、また、ジョブ クラスは最大15個、出力クラスは最大36個まで設定可能である。

(2) システム運用のトータル コストの低減

VOS2では、オペレータ コンソールの操作性、センタ運用のためのOWN コーディング機能や完全クローズ用機能で、センタ運営コストの低減化を配慮している。またRAS機能の充実やシステム評価機能の提供により、ハードウェア・ソフトウェア構成上のネックを明確にし、そのセンタの運用に最も適したシステム構成を建設することができる。

HITAC 8000シリーズからの移行については、まずDOS/EDOS(Disk Operating System/Extended Disk Operating System)インテグレートッド エミュレータのもとで、DOS/EDOSユーザー ジョブが、VOS2ジョブと並行して実行できるようにしている。これは新システムへの移行に伴う作業を平準化することを目的として開発したものである。また、トランスレータ、コンバータでソース プログラムレベルでの変換を容易にした。これらの変換プログラムは、変換率はプログラム本数で90%以上であり、移行コストの低減に寄与している。

4.2 VOS3のねらいと特長

VOS3は、HITAC Mシリーズの超大形・大形ハードウェア システムをサポートする仮想記憶方式の汎用オペレーティング システムである。

VOS3は、VOS2の特長に加えて、複雑で大規模なユーザー アプリケーションに応じ得るような機能と構造をもっている。

(1) 新業務への適用性を高める。

大形システムのアプリケーションは、バッチ処理、デマン

ド処理などの各種処理形態の同時・混在サービスの要求、遠隔ジョブ入・出力の増大などの傾向にある。そのためVOS 3では、TSS処理をはじめとする各種処理形態をサポートするための機能、構造の強化、多重仮想記憶空間方式による同時・混在サービスの容易化及び動的資源管理やジョブ入・出力サブシステムの強化によるシステムの効率化を図っている。また新アプリケーションの追加によるシステム処理能力の増大に対処するため、マルチプロセッサのサポートも可能とした。

(2) システムの安全性と安定性を追求する。

大規模システムになればなるほど、コンピュータシステムに果たす役割の重要性が増し、同時にコンピュータシステムに関係する人が増すため、システムが安全、且つ安定して動作することが要求される。VOS 3では、ハードウェア及びソフトウェアの障害に対する回復機能(ハードウェアRAS機能、ソフトウェアRAS機能)の強化による信頼性の向上と、マルチプロセッサのサポートによる可用性の向上を図っている。また、故意によるエラー処理にも対策し保全性を完全にするとともに、パスワード、認可機能で機密保護を配慮した。

また、処理能力の増大を目的に、システム資源の集中管理による資源の利用効率を向上させ、且つ、各種アプリケーションの同時・混在サービスのもとで、ジョブのターンアラウンドタイム及び応答時間の保証のための制御を行ない、システムの安定性を図っている。

(3) 互換性と移行を容易にする。

VOS 3は、大形・中形システムをサポートするVOS 2との上方向の互換性を保っている。プログラム、データ及びジョブ制御文は、VOS 2のものがそのままVOS 3のもので使用できる。言語プロセッサ、サービスプログラム及びアプリケーションプログラムは共用し、VOS 2からVOS 3への移行を容易にした。また、HITAC 8000シリーズのシステム〔DOS, EDOS, EDOS-MSO(Extended Disk Operating System-Multi-Stage Operations), OS 7〕からVOS 3への移行についても、各種コンバータ、エミュレータ、互換オプションなどの移行用プログラムを備えている。

4.3 リモート情報処理の強化

従来のコンピュータセンタにおけるローカルバッチ処理から、最近では通信回線を経由してコンピュータシステムに処理を依頼するリモート処理が増大している。VOS 2, VOS 3では、各種のリモート処理を完備し、システム建設の融通性を高めている。

(1) オンラインリアルタイム処理機能の拡充

ユーザーのオンラインシステム構築を容易にするオンラインコントロールプログラムTCS, TMSを開発した。これらは、多重処理機能、機密保護機能及び会話処理機能を充実し、フェイルソフトの対策、システム回復処理に万全を期した。また、オンラインユーザープログラムは、PL/1, COBOLなどの高級言語で記述できるため、オンラインシステムの構築・維持が容易になっている。

次にオンラインリアルタイム処理用のアクセス法SVSAM(Special Virtual Storage Access Method)、拡張されたBTAM(Basic Telecommunication Access Method)を開発するとともに、制御プログラムの核部分を機能エンハンスし、高性能オンラインリアルタイム処理を実現している。

(2) DB/DC機能の充実

DB/DCシステムの拡充が要求されているうちで、VOS 2, VOS 3では、ADM(Adaptable Data Manager)とP

DM(Practical Data Manager)-TCSを提供する。従来のHITAC 8000シリーズでの実績をベースにして、新アクセス法VSAM(Virtual Storage Access Method)、VTAM(Virtual Telecommunication Access Method)のサポートにより性能向上を行なった。また、DB用エンドユーザー言語やシステム管理者サポート機能を整備し、DB/DCシステムの開発、運用の環境を完備した。これらにより分散データベース、広域リソースシェアなど高度のDB/DCシステムが実現可能である。

(3) TSS処理機能の充実

TSS処理は、利用者が端末から直接コンピュータシステムに接近することにより、プログラムの作成、編集及びテストが行なわれ、問題解決のための時間を短縮し、且つそれらに柔軟性を与えるものである。VOS 3 TSSでは、プログラムの作成、編集やシンタックスチェックが可能で、ロードモジュールの実行を通じて端末との会話処理が可能である。更に、会話形言語としてBASIC、チェック形PL/1及び拡張FORTRAN会話デバッグが用意されている。また、アセンブラ、拡張FORTRAN、拡張COBOL及び最適化PL/1は、TSSオプションをもち、TSS端末から起動できる。TSS用アプリケーションプログラムも用意されている。

VOS 3のTSSでは独立した仮想空間で機密保護を完全にし、操作性の良い豊富なTSSコマンドを備え、速い応答時間を達成している。

(4) リモートバッチ処理機能の拡充

通信回線を経由して、リモートバッチ端末から中央のコンピュータシステムにジョブを入力し、バッチ処理を行ない、処理結果をリモートバッチ端末に出力する処理形態である。リモートバッチ端末利用者は、ジョブ処理のターンアラウンド時間が減少し、中央のコンピュータシステムの資源が共同利用できる利点がある。中形・小形コンピュータをリモートバッチ端末として利用した場合は、中央のコンピュータで処理するジョブの前処理、後処理を端末で行なうことにより、中央システムの負荷を軽減させることができる。VOSシステムでは、ミニコンピュータをリモートバッチ端末として、図5に示すようなコンピュータハイアラキ構成が可能である。

4.4 RASIS機能の拡充

コンピュータシステムが大形化、高性能化し、多様なアプリケーションが実行されるにつれて、システムの信頼性、機密保護がますます要求される。この要求にこたえるため、VOS 2, VOS 3では、新しい概念としてRASIS(Reliability Availability Serviceability Integrity and Security)機能を採り入れている。RASIS機能は、信頼性、可用性、保守性、保全性及び機密保護機能を意味する。機密保護が「データ、プログラムの使用やアクセスを権限のないものに実施させない機能」であるに対し、保全性は、「データあるいはプログラムを、その意図された用途に対して保存し、システムの機能が常に正しく働く状態を保つ機能」であり、VOS 3で特に機能追加したものである。

(1) 信頼性及び可用性の向上

ハードウェア部品の信頼性向上、ハードウェアによる命令の再試行機能、メモリの誤り訂正機能、入・出力の再実行機能などに加えて、ハードウェアで回復できなかった障害に対して、ソフトウェアで回復処理を行ない信頼性を向上させている。すなわち、チャネル障害に対しては、交替入・出力パスによる再実行ができ、装置障害に対しては動的装置再構成機能で、媒体の移動を行ない再実行する。また、実記憶装置

の障害に対しては、ページ単位で閉塞し、別ページに内容を再生する。これらの機能は、一部の障害がシステム全体に影響するのを防ぐため、障害箇所を切り離すことによりシステムとして使用可能な状態を保つ努力を行なっている。

VOS 3では、上記の機能に加えてマルチ プロセッサ構成で運転中の中央演算処理装置回復不能障害に対し、交替CPU回復機能をもつ。またソフトウェアRAS機能として、制御プログラムの機能ごとに独立した機能回復ルーチンをもっていて、障害発生時のシステムの回復処理を行なっている。更にこれらの機能回復ルーチンは、ハイアラキ構造をもち、障害発生場所に応じたきめ細かい回復処理を行なっている。

(2) 保守性の向上

的確な保守情報を提供することを目的とし、障害記録情報の編集出力結果に基づいて予防保守を図っている。またオンライン保守プログラムを通して、システムの運転を停止させることなく保守作業を実施する。

(3) 保全性の向上

VOS 3における保全性は、ユーザーが誤ってシステムの機密保護を犯したり、システムを混乱させることを防ぐことはもとより、更に一歩進んで、ユーザーが故意にこれらのことを行なおうとした場合に対しても十分な対策を施している。例えば、制御プログラムとユーザープログラムの記憶保護キーを完全に分け、且つ制御プログラム内でも記憶保護キーを分けている。このことは、各プログラム間で独立性をもたせ、記憶域保護を完全にするためである。制御プログラムが、ユーザー領域のデータをアクセスする場合や、ユーザー指定の制御ブロックを使用して処理する場合など、ユーザーの誤り又は故意によるシステム破壊に対してチェックを強化し、

保全性の向上を図っている。

(4) 機密保護の向上

機密保護の目的は、権限のないユーザーに対して、データやプログラムへの侵害を防ぐことである。最近、企業秘密や個人の秘密に関する情報をコンピュータシステムが扱うようになって特に重要視されるようになってきた。

VOS 3は、多重仮想記憶空間方式を採用しているため、ユーザージョブごとに独立した仮想記憶空間が与えられる。そのため、ジョブの実行に際して他の空間をアドレスすることが本質的に不可能であり、機密保護は完全である。また、データセットのパスワード機能によりデータセット上の情報の機密保護を行ない、実記憶装置割当て時のゼロクリアによって実記憶装置上の情報への侵害を防いでいる。

5 結 言

最近、汎用コンピュータシステムに対するユーザーの要求は多様化してきているが、基本的には、過去に集積されたソフトウェア財産を極力活用することで、新規開発ソフトウェアは最小のコストで実現できるシステム、ハードウェア資源を効率的に動作させ、且つ能率的に処理を行なえるシステム、センタの運用・維持には人手を煩わさないシステムの追求にある。

VOS 1、VOS 2及びVOS 3は、これらの目標の実現化に努め、各種の機能を完備したものであると考えている。ただ、ソフトウェアシステムは、特にユーザーとともに発展し、ユーザーニーズによって変化していくものである。我々は今後もユーザーの要望に合った、より良いVOSシリーズとして生長していくため、機能の追加、信頼性の向上など、不断の改良、改善に努力していく考えである。

論文抄録

画像信号予測符号化方式の効率化

— 視覚解像度の方向性の利用による —

日立製作所 吹抜敬彦

電子通信学会論文誌 58—A, 165 (昭50-3)

テレビ信号は音声と比べると帯域幅が非常に広い。しかし、自己相関性が高いため、信号のもつ冗長性を除去して能率的に伝送しようとする多くの試みが行われてきた。その一つが20年ほど前に盛んであった「帯域圧縮」であったが、一、二の例外を除いてうまくゆかなかった。

一方、最近デジタル技術の発展によりテレビ機器の向上のため、テレビ信号をデジタル化することが盛んになった。しかし、例えば標準方式の場合、帯域幅が約4 MHzであるから、このままではビット速度は100Mbit/s近くになる(約10MHzで標本化し、これを7～9ビットに変換する)。

これを上記の自己相関性(ある点から次の点がほぼ予測できる)と視覚特性(予測のうまくゆかない信号が大きく変化するところでは、視覚上多少荒っぽい符号化が許される)を利用し、予測との差信号(予測誤差信号)を符号化〔予測符号化、差動符号化(DPCM)〕すると、標本値当たり4

ビット程度に減らすことができる。しかし、4ビットが一つの壁になっている。

ここで、更にもう一つの視覚特性を利用して効率化するのが本論文の目的である。すなわち、人間の視覚解像度には、水平、垂直方向に解像度が高いのに、斜め方向は弱い性質がある。そこで、もともとのテレビ信号の中から、この斜め方向の空間周波数成分を低減する二次元修正フィルタ(くし形フィルタで実現できる)を挿入する。

一方、テレビ信号における相関係数と予測誤差信号電力の関係を、各種の予測方法について統一的に検討すると、いわゆる平面予測がかなり良好な特性を示すことが分かる。ここに平面予測とは、1走査線前における相隣る画素間の差と、いま問題にしている対応する画素間の差の、この両者の更に差を求める予測である。

そして、前記の二次元修正フィルタと、上記の平面予測の予測符号器の特性が、空間周波数領域で相互に相補的であること、

すなわち、二次元修正フィルタを通過したテレビ信号を平面予測符号器で符号化すると、予測誤差信号の空間周波数スペクトルが空間周波数の全領域で極めて小さくなることを新たに提案した。

そして、実際のテレビ信号について計算機シミュレーションを行ない、二次元修正フィルタによって画質がほとんど劣化しないことを確認し、また、平面予測を行なったときの予測誤差信号が極めて小さくなることを確認した。後者は、電力で約 $\frac{1}{2}$ 、予測誤差信号の大きなところでの発生頻度が約 $\frac{1}{10}$ になる程度であった。

次いで、標本値当たり3ビットの平面予測符号化の計算機シミュレーションを行ない、前記の二次元修正フィルタにより再生画質が向上することを確認した。

なお、本方式はアナロジーによりフレーム間フレーム内複合差分符号化方式において効果的であることを示唆している。