

VOS 3 /AS DB/DC機能拡張

—XDMを中心として—

Large Enhancement of DB/DC on VOS 3/AS
—Focussed on XDM—

DB(Data Base)を中心とした情報システムは、企業組織に対応した複数拠点化、トータルシステムとしての適用業務の多様化、高度化、Tバイトに及ぶDBの大容量化が進展している。このような広域複合システムの構築、維持拡張を実現するため、DB/DC(DB/Data Communication)製品XDM E 2(Extensible Data Manager E 2)を、トータル マネジメント サーバとしてのVOS 3(Virtual-storage Operating System 3)の中核に位置づけ、下記の特徴を持つ広域複合システム対応機能を拡充した。

- (1) 企業組織に対応した複数システム間で、従来の構造形DBに加え、RDB(Relational DB)についても、DB相互利用ができる。また、複数システム間でアプリケーションプログラム間通信により、業務の相互連携ができる。
- (2) 多様化、複合化するシステムを、業務グループに対応したDB群、端末群に分け、開発、運用の容易な複数の業務サブシステムとして構築できる。

山下邦明* Kuniaki Yamashita
山本章治* Shōji Yamamoto
住吉孝史* Takashi Sumiyoshi
正井一夫* Kazuo Masai

1 緒 言

近年、DB(Data Base)を中心とした情報システムは、企業の国際化、トータルシステム化などの動きの中で、大規模化、分散化の傾向がますます強くなってきている。

- (1) 企業組織に対応した複数拠点化、全世界的なネットワーク化の進展
- (2) 基幹業務に加えて、システムOA業務など、適用業務の多様化、高度化の進展
- (3) データ量的には、100 Gバイト(10^{11} バイト)から、1,000 Gバイト(10^{12} バイト)へのDB大容量化、100件/sから1,000件/sへのトラフィック増大

このような多様化、大規模化するシステムを構築、維持拡張していくため、従来、XDM E 2(Extensible Data Manager E 2)では下記の条件を満たすトータル マネジメント サーバの中核として、DB/DC(DB/Data Communication)システムインフラストラクチャの拡充を図ってきた。

- (1) 適用規模の拡大、複合化に対して従来の業務を生かしながら、新しい業務を段階的に追加可能な拡張性、柔軟性
- (2) データ処理量の増大に応じて、従来の業務ソフトウェア資産を生かしながら複数システムによる処理、データの分散

が可能な広域複合性

今回、さらに下記のねらいに沿って、特に広域複合システム対応機能の拡充、VOS 3/AS(Virtual-storage Operating System 3/Advanced System Product)新アーキテクチャ活用による性能向上を中心に、大幅な機能拡張を行っている。

- (1) システム複合化、大規模化への対応
 - (a) 複合サブシステム
 - (i) マルチDCサブシステム
 - (ii) マルチDBサブシステム
 - (b) ローカル複合プロセッサシステム
 - (i) CPU間DB共用
 - (c) 広域複合システム
 - (i) 分散リレーショナルDB
 - (ii) 分散アプリケーション
 - (iii) 分散マップ
- (2) システム多様化への対応
 - (a) リレーショナルDB強化
 - (b) 基幹業務対応リレーショナルDB
 - (c) エンドユーザー コンピューティング システム開発支援

* 日立製作所 ソフトウェア開発本部

- (d) 第4世代言語
- (3) 高性能DB/DCシステムの実現
 - (a) 多重プロセッサ対応並行処理
 - (b) 大容量メモリ活用高速DB
- (4) 高信頼DB/DCシステムの実現
 - (a) 多階層自動回復

本稿では、XDM E2の機能拡張内容について、そのねらいと考え方を解説する。

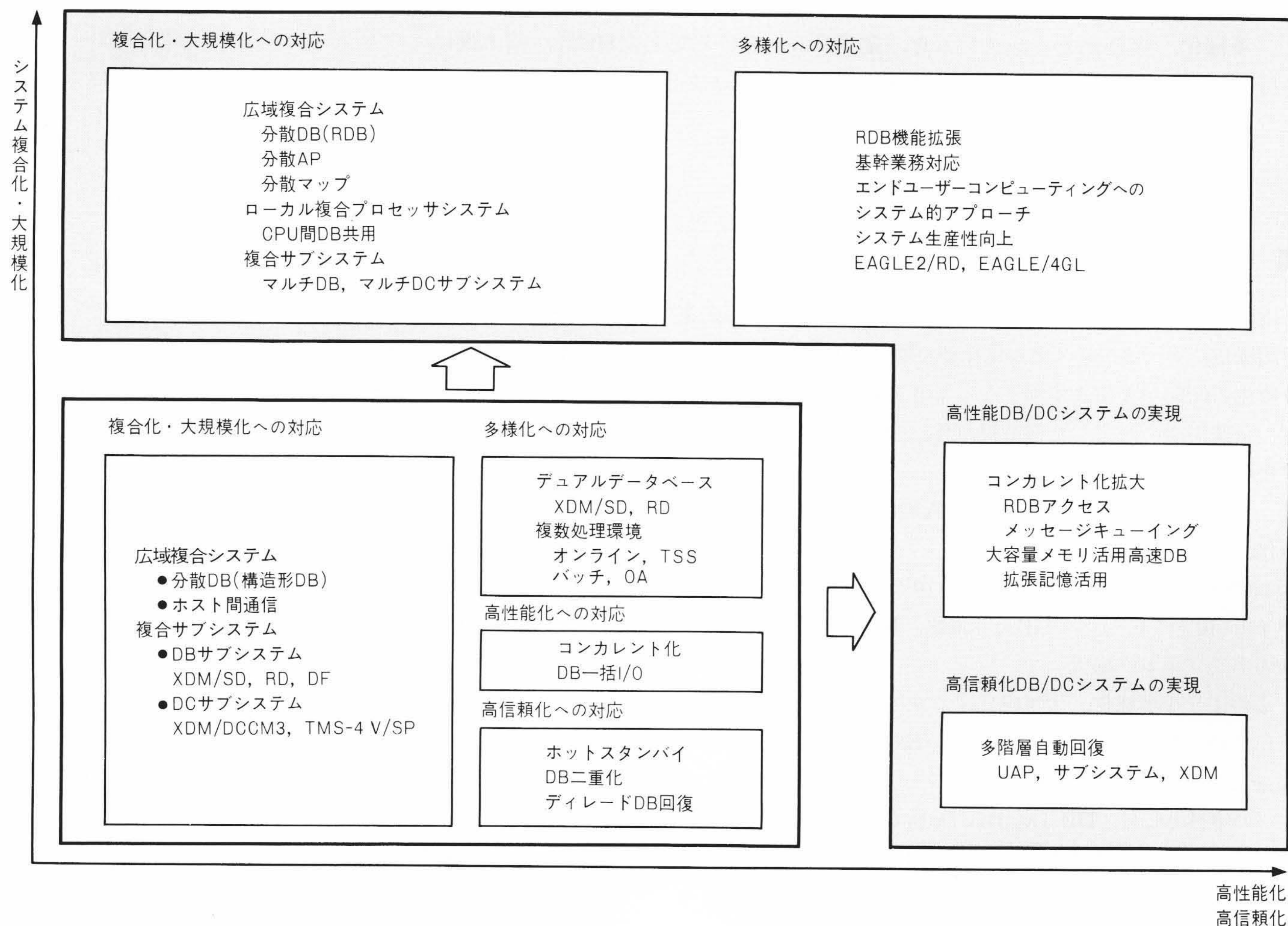
2 システム複合化、大規模化への対応

XDM E2では、図1のねらいのもとに、連続的なシステム拡張の実現を目指して、システム規模に対応して、複合サブシステム、ローカル複合プロセッサシステム、広域複合シス

テムの3層アーキテクチャを採用している(図2参照)。

(1) 複合サブシステム

システムの多様化に伴い、一つのシステム内に複数の業務を統合する複合化が進展しており、これらの各業務を開発、運用の容易な複数の業務サブシステムとして構築できるようにする必要がある。従来業務データの特徴に合わせて、XDM/SD E2 (XDM/Structured Database E2), XDM/RD (XDM/Relational Database), XDM/DCCM 3 (XDM/Data Communication and Control Manager 3)などのサブシステムを選択できたが、今回、さらに業務グループ対応のサブシステム設定を容易にするため、XDM/RD, XDM/DCCM 3について、おのおのDB群、端末群に対応した複数サブシステムへの分割を実現している。



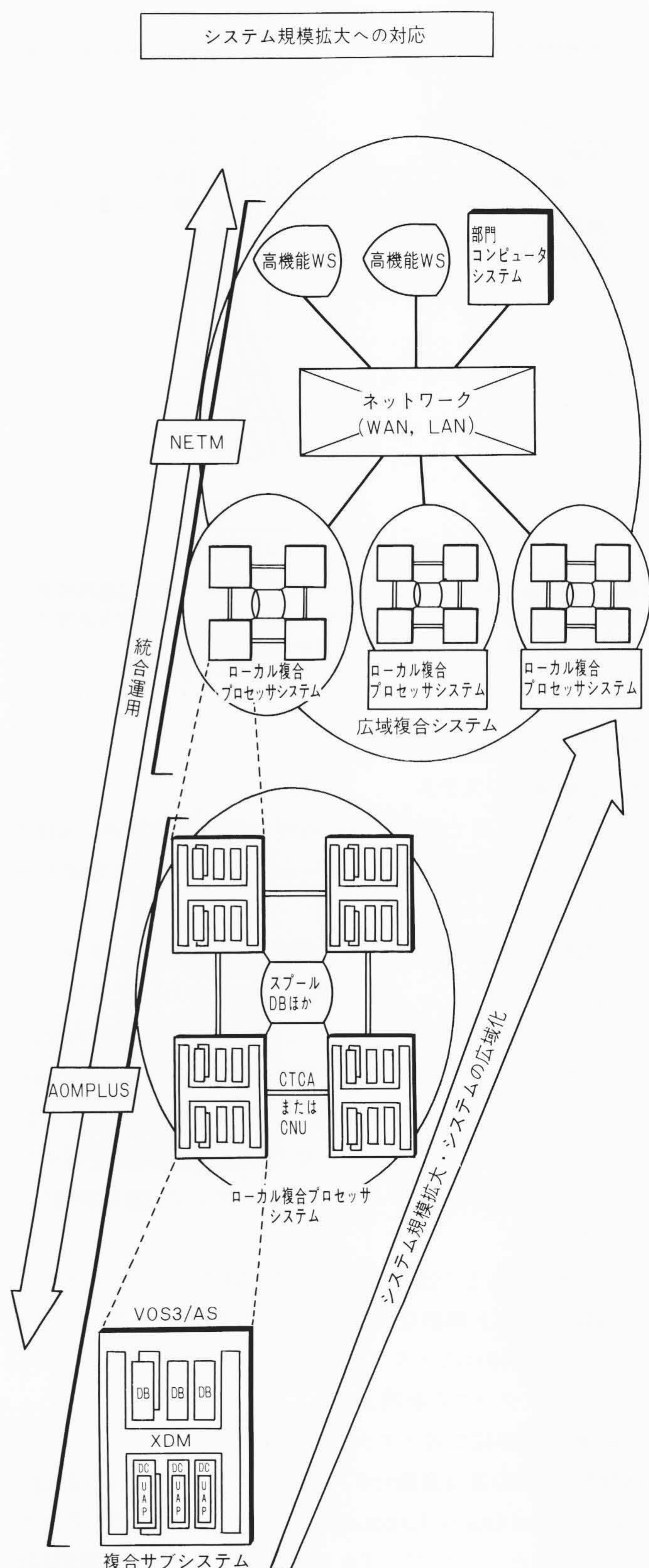
注：略語説明

RDB (Relational Database), EAGLE2/RD (Effective Approach to Achieving High Level Software Productivity 2/Relational Database)

EAGLE/4GL (Effective Approach to Achieving High Level Software Productivity 2/4th Generation Language)

XDM/SD, RD, DF (Extensible Data Manager/Structured Database, Relational Database, Distributing Facility), XDM/DCCM3 (XDM/Data Communication and Control Manager 3), TMS-4 V/SP (Transaction Management System-4 V/System Product), UAP (User Application Program)

図1 XDM E2のねらいと特徴 大規模、分散化の進む情報システムを容易に実現可能とするため、XDM E2はトータル マネジメント サーバの中核として、分散DB、分散APをはじめとした新機能を拡張している。



注：略語説明
 WS (Workstation)
 CNU (CPU to CPU Network Unit)
 CTCA (Channel to Channel Adapter)
 WAN (Wide Area Network)
 AOMPLUS (Auto Operation Monitor
 PLUS for Multiple Systems)
 NETM (Integrated Network Management)

図2 システム規模拡大への対応 XDM E2では、連続的なシステム拡張の実現を目指してシステム規模に対応した3層のアーキテクチャを採用している。

(2) ローカル複合プロセッサシステム

次に、1システムを複数CPUから構築したローカル複合プロセッサシステムで、CPU間のDB相互利用を目指し、今回、構造形DBのCPU間共用を実現している。

(3) 広域複合システム

さらに、広域に分散配置されたシステム間でDBの相互利用、UAP (User Application Program) の相互連携を可能にする。従来から、構造形DBについて、システム間のDB相互利用が可能であるが、今回、RDBについても実現している。

2.1 複合サブシステム

多様化、複合化の進む業務システムを容易に開発、運用できるようにするため、従来XDM E2では、下記のねらいのもとに複合サブシステム機能を提供してきた。

(1) サブシステム間の独立性

サブシステム単位での建設、サービス開始、終了時間帯の独立設定ができ、サブシステムの異常が発生しても当該サブシステムを除き、システム全体としては正常にサービスを行なうことができる。

(2) サブシステム間の連携

エンドユーザーからは、複数サブシステムを意識せずにサービスを受けられ、複数サブシステムを利用するトランザクションでも、同期点、排他管理はサブシステム間で一元的に扱える。また、システム障害回復をはじめとして、システム全体の一元的運用が必要な場合は、サブシステム間の連携をとり一体として運用できる。

今回は、この考え方をさらに推し進め、図3に示すサブシステム構成を実現している。

(1) フロント エンド サブシステム

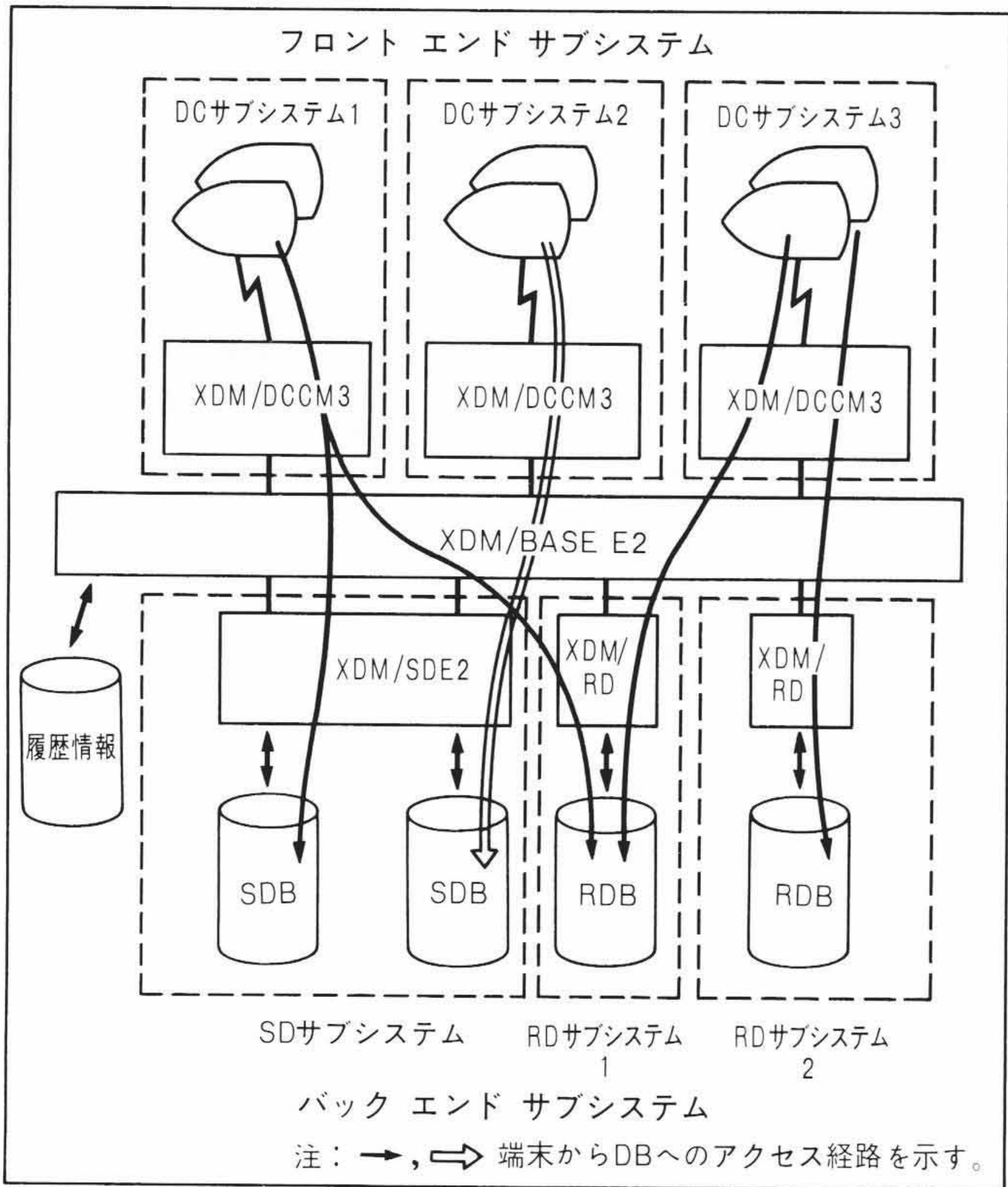
端末群に対応した複数のXDM/DCCM 3サブシステム(マルチDC)に分割し、運用できる。また、端末対応サブシステムとBMPP (Batched Message Processing Program)等、センタ運用サブシステムの分割なども可能となる。各XDM/DCCM 3サブシステムとDBサブシステムとの関係は自由に設定可能であり、DBはシステム全体で共用できる。

(2) バック エンド サブシステム

DB群に対応した複数のXDM/RDサブシステム(マルチDB)に分割し、運用できる。各XDM/RDサブシステムとDCサブシステムとの関係は自由に設定可能である。

以上の複合サブシステム構成で、サブシステム間の独立性と連携をともに実現するため、従来採用しているサブシステムごとの回復情報の分離、ディレード回復、運用管理統合、サブシステム間の同期合わせ(2フェーズコミット)方式をマルチDB、マルチDCサブシステム構成へ適用拡大した。

マルチDB、マルチDC構成の場合、回復に必要な情報を抽出格納するサブシステム回復用のデータセットは、分割されたサブシステムごとに設定し、サブシステム回復の独立性を保



注：略語説明 XDM/BASE E2 (Extensible Data Manager/BASE E2)

図3 複合サブシステム XDM E2では、多様化、複合化の進む業務システムを容易に開発、運用できるようにするため、複合サブシステム機能を提供している。

証している。

また、ディレード回復(システム稼動中回復)についても、分割されたサブシステムごとに、障害となったサブシステムだけの回復、およびそのサブシステムが使用中であったDBをレコード単位で回復可能としている。

2.2 ローカル複合プロセッサシステム

ープロセッサ間でのDB相互利用ー

複数プロセッサによって分散構成されるローカル複合プロセッサシステムで、XDM E2では下記のねらいのもとにプロセッサ間のDB相互利用機能を提供している。

- (1) プロセッサ間の共用DBであっても、非共用DBと同一のインタフェースでアクセスできる。
- (2) プロセッサ間の共用DBであっても、障害などの運用は主プロセッサで一元的に行える。

XDM E2のもとでは、構造形DBを最大8台のプロセッサ間で共用できる。

共用DBは各CPUに直接接続されており、DB検索については非共用DBと同様、要求元CPUから直接アクセスするため、非共用DBと同等の性能が達成できる(図4参照)。

また、DB更新については、各DBの主管理元CPUでローカル複合プロセッサシステム内の要求を一元的に処理するため、DB更新に伴うジャーナルも各DBの主管理元CPUで取得され、

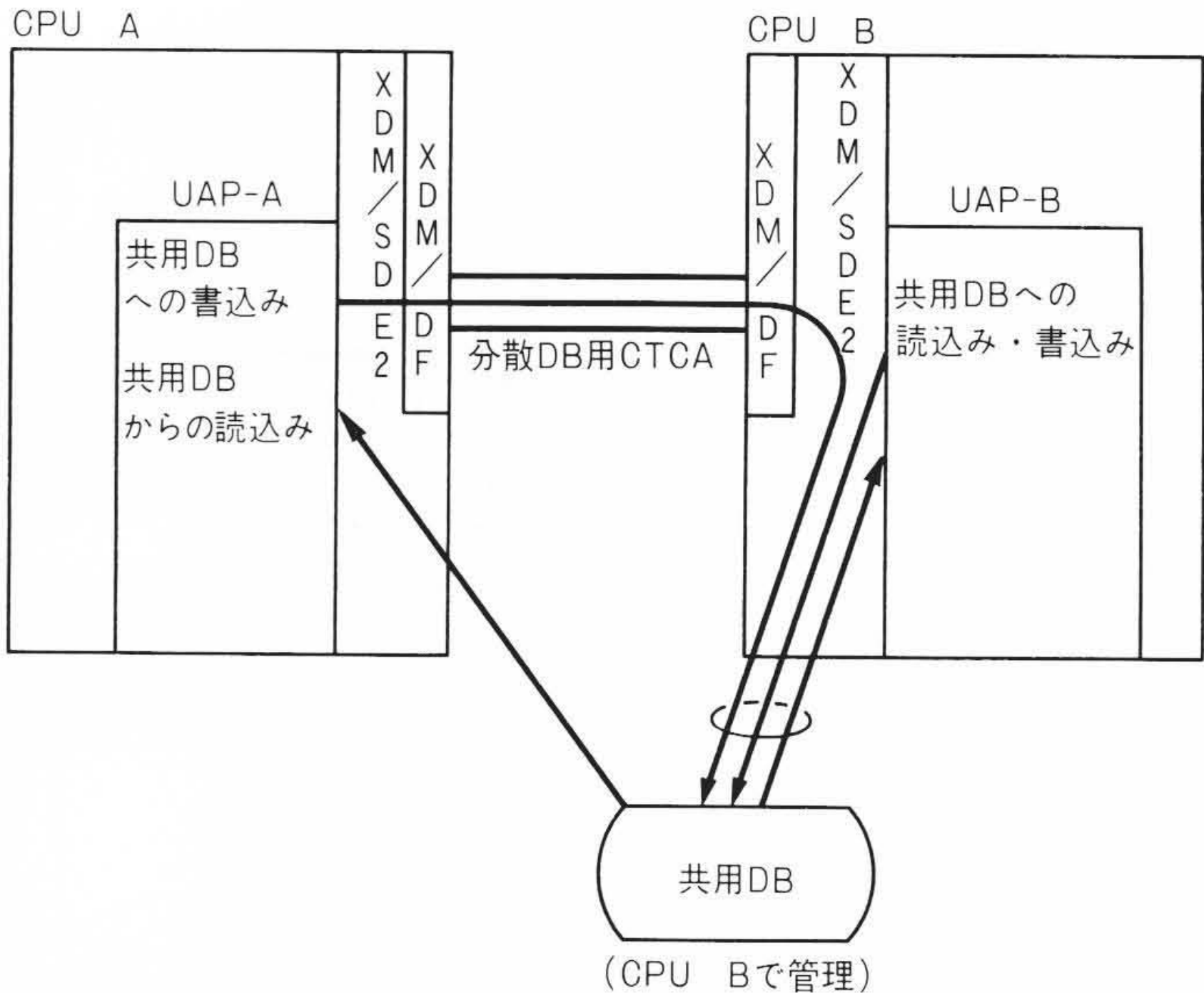


図4 プロセッサ間でのDB相互利用 共用DBは各CPUに直接接続されており、DB検索については非共用DBと同様、要求元CPUから直接アクセスするため、非共用DBと同等の性能が達成できる。

DB障害回復管理が一元化できる。

2.3 広域複合システム

複数システム間での連携分散処理を実現するため、XDM E2では分散DBと分散アプリケーション間通信の2方式を統合提供している。

分散DBは開発生産性向上に有利であるが、DBアクセスごとに通信が必要となり、定型処理性能向上のためにはアプリケーション間通信が有利である。この2形態を組み合わせたシステム構築を可能とするため、XDM/DF(Extensible Data Manager/Distributing Facility)が両機能を統合提供しており、2フェーズコミットによる同期点、DB更新同期管理を行うだけでなく、運用面の一元化をも図っている(図5参照)。

(1) 分散DB

XDM E2のもとでは、分散機能(XDM/DF)によって従来、構造形DBのホスト間相互利用が可能であるが、今回、RDBについても最大255台のホスト間での相互利用を実現している。

(a) 分散アクセスの範囲

RDBは表単位で各ホストに分散配置できるが、UAPからはDBの所在位置は意識せず、自ホスト内のRDBと同様SQL (Structured Query Language) インタフェースでアクセスできる。また、一つのUAPからRDBだけでなく、構造形DBについても分散アクセスできる。

(b) 分散DBの整合性保証

1トランザクションで複数ホストのDBを更新しても、1ホスト内と同様DBの整合性を保証しており、信頼性の高いトランザクション処理が実現できる。一つのUAPから構造形DB、RDBを使用した場合でも同様にDBの整合性は保証される。

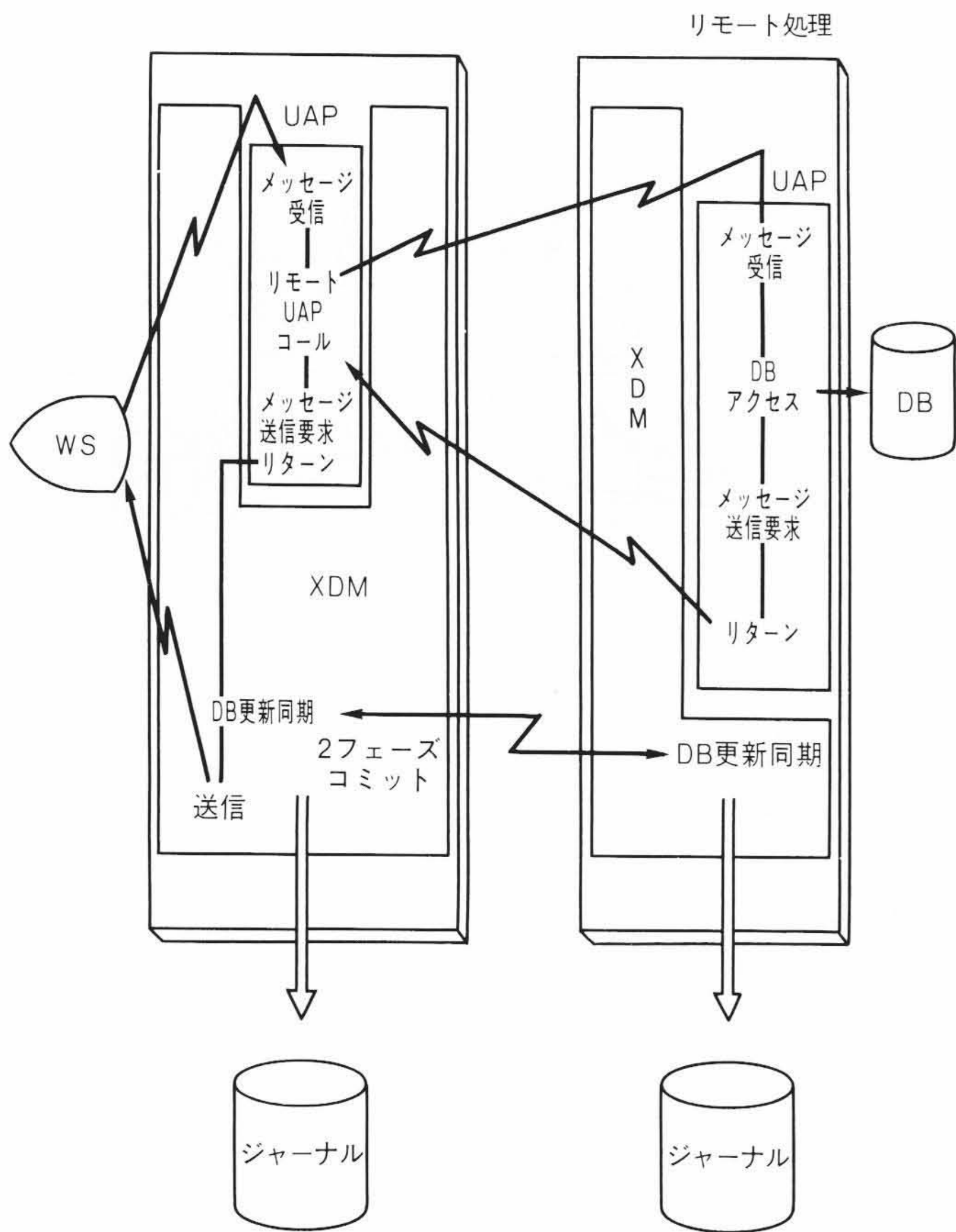


図7 分散AP(アプリケーション間通信) 他ホスト、プロセッサ上のUAPを同期的に呼び出し結果をもらうことができ、自ホスト、プロセッサ上での呼び出しと同等の容易さでプログラムを作成できる。

トとの連携をさらに強化し、基幹業務を含むすべての業務へと適用拡大を目指している。XDM/RDでは、次の2点でシステムの強化を図っている。

- (1) システムの多様化
 - (a) 基幹業務対応
 - (b) エンドユーザー コンピューティング対応
- (2) システム的生産性向上
 - (a) システム開発支援
 - (b) 第4世代言語
- (3) 基幹業務対応RDB

XDM/RDでは基幹業務に適応するため、特にDBのアクセス機構の以下の3点での強化を行ってきた。

- (a) 性能
 - (i) コンカレントアクセス、オブジェクト常駐化
 - (ii) 複数バッファプール、クラスタリング
 - (iii) 自由度の高いページサイズ
 - (iv) XDM/RD IDP(Integrated Data Processor) 支援
- (b) 規模(広域複合性)
 - (i) 12 TバイトのDB
 - (ii) RDエリアの追加削除、物理エリアの追加削除
 - (iii) キーレンジ分割

(c) 信頼性
さらに、XDM/RDではVOS 3 /ASに合わせて、以下の機能を強化している。

- (a) 行インタフェース
RDBのアクセス機構でのCPU負荷は、排他処理、バッファ制御、データ移動およびカラム単位の処理に費やされる。このうち、リレーショナルに特有なカラム単位処理のオーバーヘッドを削減するため、行インタフェースをサポートした。
カラム単位処理とは表へのデータアクセスが行中の要素(カラム)単位であり、構造形DBのレコード(RDBの行に相当)単位のアクセスに比べて要素数の増大が性能劣化となることにある。行を要素(カラム)に分けても大きく性能劣化させないために、各要素を固定長に扱う固定属性の表を用いて劣化を抑えた。さらに、図8に示すようにカラムに分解せず行単位にアクセスすれば、性能はカラム数に依存せず安定する。カラム単位インタフェースと行単位インタフェースとのCPU処理時間の比較を図9に示す。

- (b) 行排他
複数のユーザーで同時に実行する場合の同時実行性と排他のためのオーバーヘッドを最適にする必要がある。排他単位を大きくすると、排他処理オーバーヘッドは小さいが同時実行性は落ちる。逆に排他単位を小さくすると、同時実行性は上がる。

排他単位をきめ細かく行えるように、エリア、テーブル、ページに加え、検索と更新に対して行単位に排他する機能をサポートした。ページサイズを大きく設定しても行排他を用いればきめ細かく排他できるので、最適な排他制御を行える。

- (c) 複数ページ一括I/OとDB圧縮

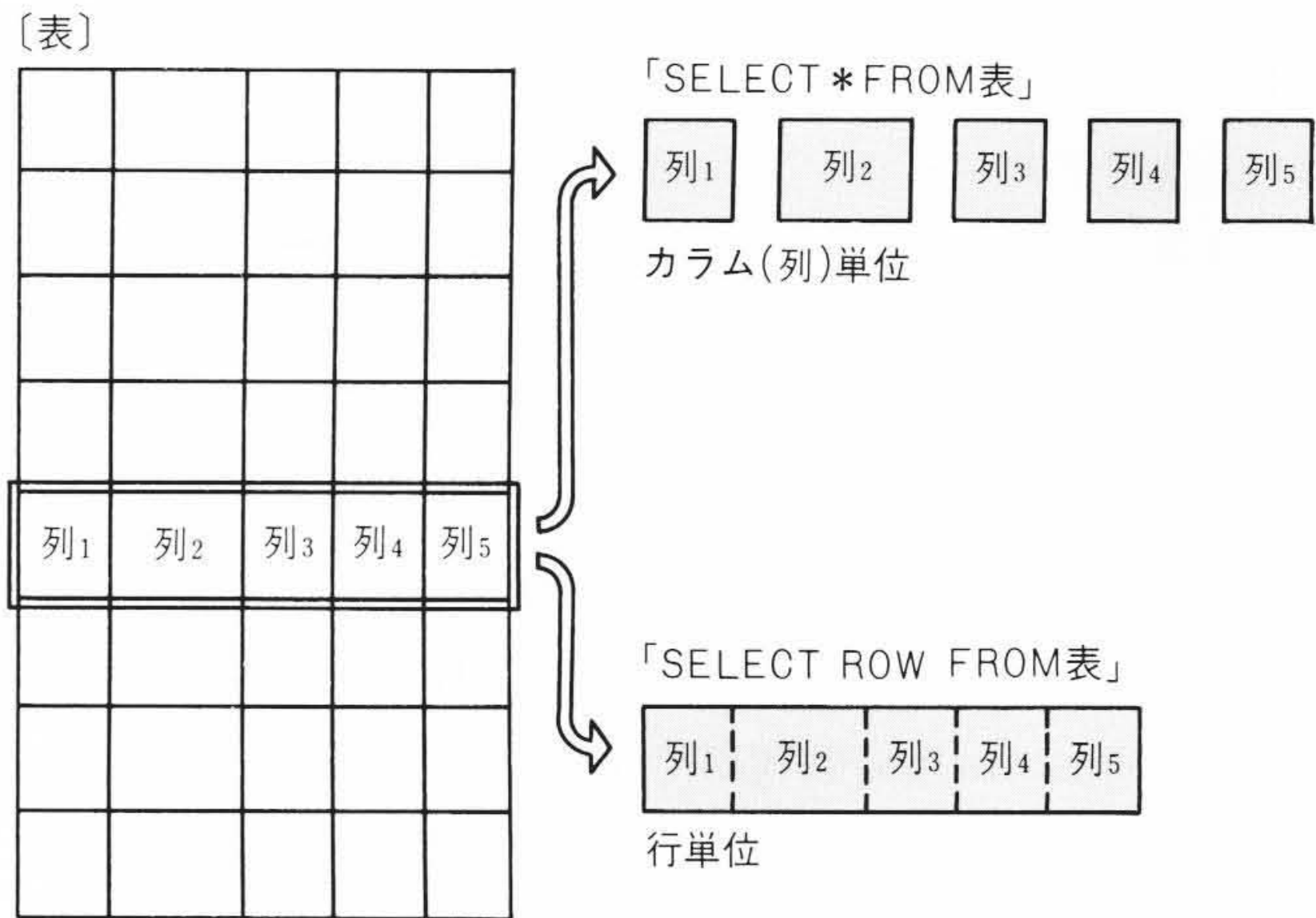


図8 カラム単位インタフェースと行単位インタフェース XDM/RDでは、カラム単位インタフェースに加えて、カラム数が増えても性能劣化のない行単位インタフェースを提供している。

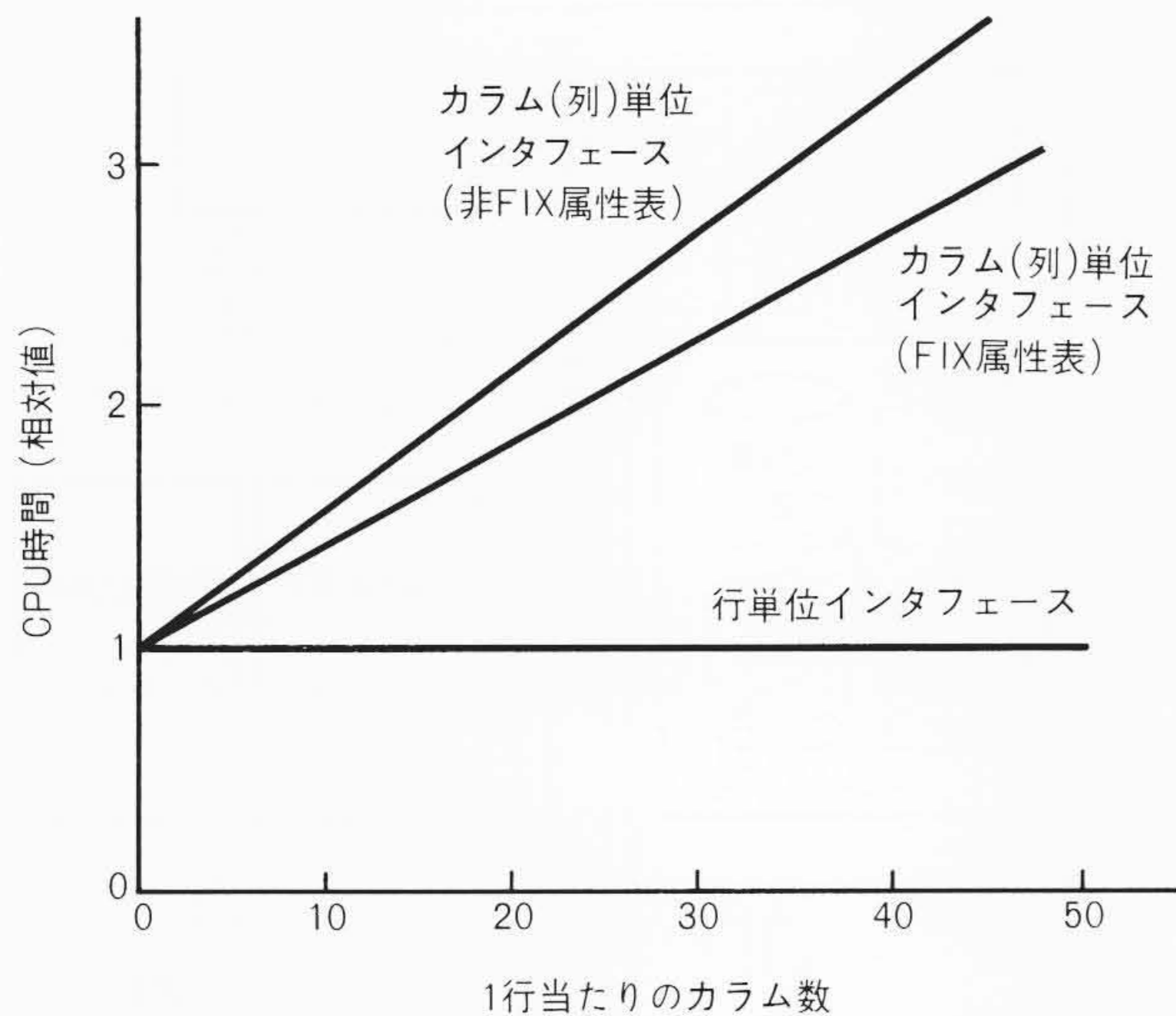


図9 行単位インタフェースのCPU性能 行単位インタフェースでは、カラム数が増大してもCPU時間は増大せず、安定した性能を得ることができる。

バッチジョブでは、大量のDB検索、更新を行う。DBに対して大量に検索、更新を行うときには、複数ページを一括して入力し、I/O削減を行う。また、DB中の連続文字を圧縮することで、I/O回数を削減することを可能とした。

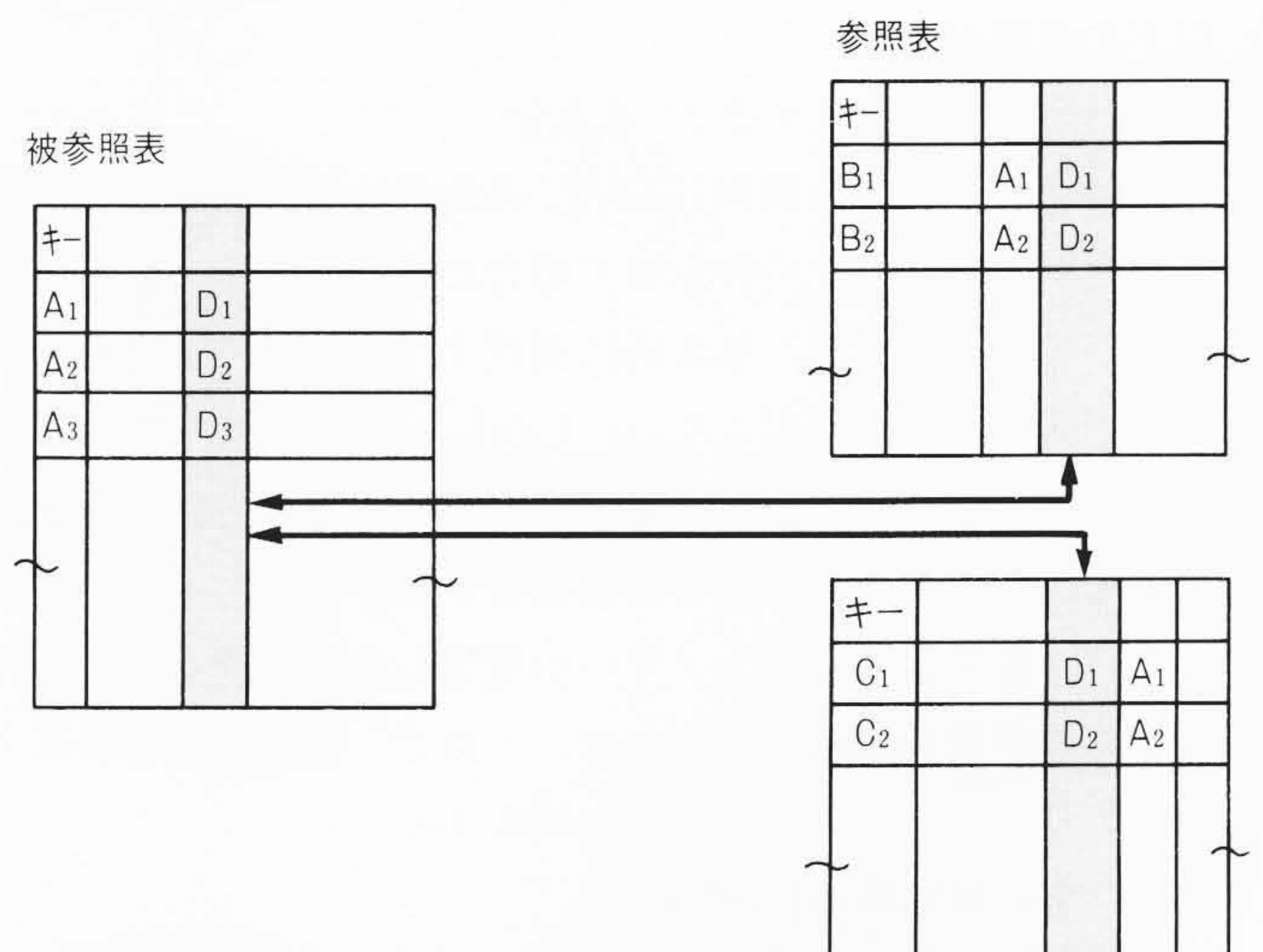
(d) 参照制約定義

JIS'90 SQLで取り込まれたリレーショナルに特有の機能に参照制約定義がある。参照制約定義を用いれば関連のあるテーブル間の正当な状態を保つことができる。これは図10に示すように、参照表中の参照制約定義を行った列(外部キー)は、必ず被参照表の定義で指定した列(主キー)中の値と同じとなるよう保証する機能である。参照表に被参照表の対応する列に存在しない値を持つ行を挿入または更新した結果、存在しない値となるような更新をチェックする。

(2) エンドユーザー コンピューティング

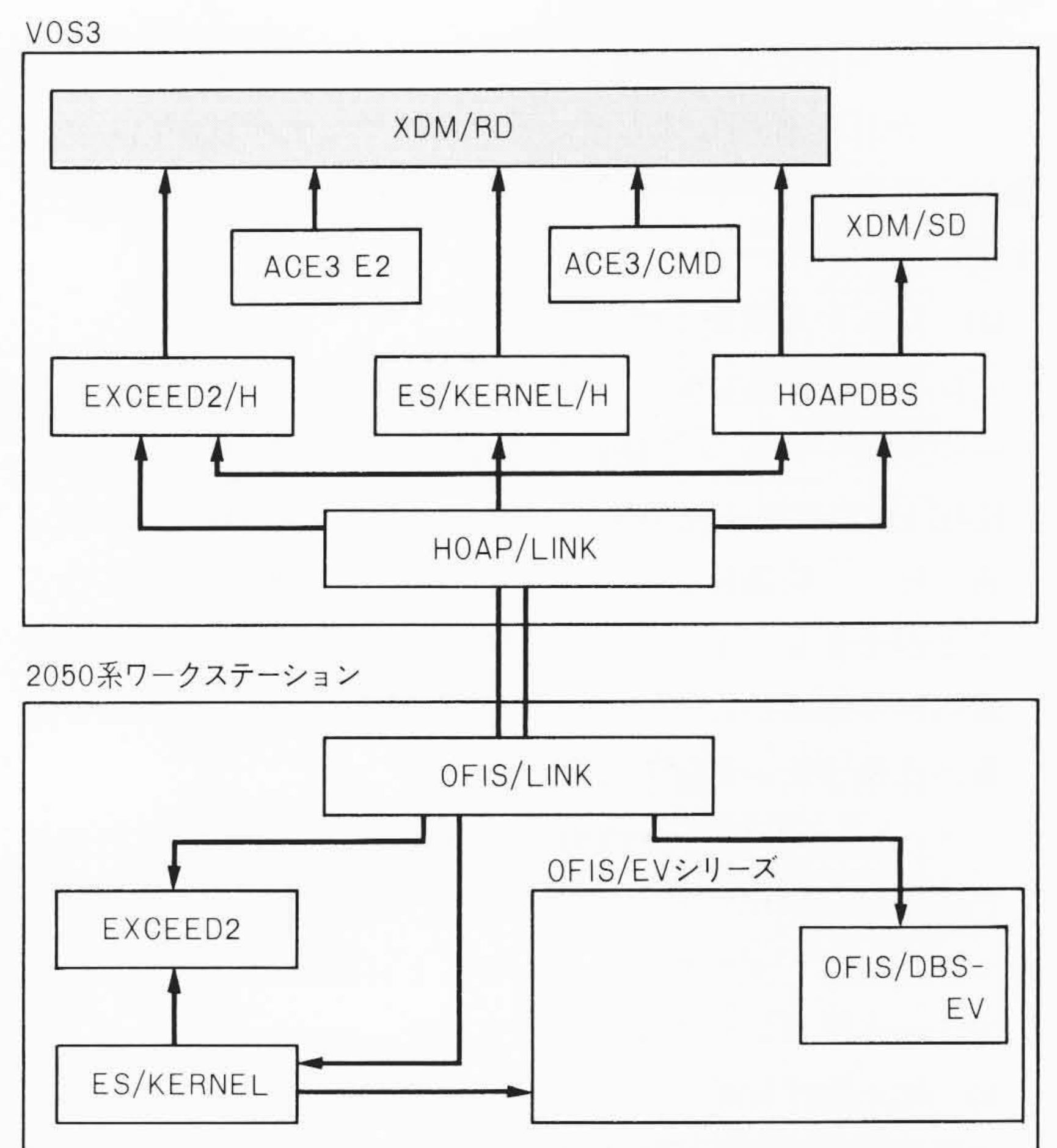
基幹業務への対応に加えて重要とされているのが、エンドユーザー コンピューティングという分野である。意思決定支援、ワークステーションとの連携のため、図11に示すようにエンドユーザー言語ACE 3 E2 (Available Command language for End user 3 Enhanced version 2)、意思決定支援EXCEED 2 (Executive Management Decision Support System 2)、エキスパートシステムES/KERNELおよびシステムOA用DBサーバHOAPDBS (High Level Object Management and Processing Database Service)を通してXDM/RD

にアクセスできる。これらの豊富な関連ソフトウェアサポートによって、システムトータルなRDB利用環境を実現している。これらのエンドユーザー コンピューティング環境では、基幹業務対応に要求される特性に加えて、インタラクティブなアクセスに対応する必要がある。これにはDBのアクセス機構



注: 同一の値を持つように設定されたカラム

図10 RDB参照制約機能 RDBの複数の表の間で、参照制約機能を用いて互いに同一の値でなければならないカラムについて、データの一致性を保証する。



注: 略語説明 EXCEED2 (Executive Management Decision Support System 2)
ES/KERNEL (Expert System/KERNEL)
OFIS/DBS-EV (Office Automation and Intelligence Support Software/Database Service-Excellent View)
HOAPDBS (High Level Object Management and Processing Database Service)
ACE3 E2 (Available Command Language for End Users 3 E2)
ACE3/CMD (ACE3/Command)
XDM/SD (XDM/Structured Database)

図11 エンドユーザー コンピューティングへのシステムのアプローチ エンドユーザー言語、意思決定支援、エキスパートシステム、システムOA用DBサーバなど豊富な関連ソフトウェアを提供している。

だけでなく、ユーザー要求をいかにアクセス機構に導くかで以下の課題がある。

(a) アクセスパスの選択(最適化)

アクセスパスの選択(最適化)の問題は特に検索の問い合わせが固定的でない非定型の場合に問題となる。定型のオンライン処理では、検索時に選択すべきアクセス方法は明確であり、問題とならない。しかし、エンドユーザー コンピューティングのように非定型性が強くなると、最適化の優劣がシステムの性能を直接左右するといっても過言ではない。最適化では、ユーザーが指定したSQLをいかに実現するのが最も効率がよいかという点で、複数考えられるインデックスやアクセス手順を選択する。

(b) 全件検索時のI/O削減

非定型な検索は常にインデックスを用いたアクセスとなるとは限らない。インデックスを用いないとDB全体を検索し、I/Oが多発する。全件検索でのI/O削減には複数ページを一括して入力する。また、I/O実行とDB処理を並行して行うことでターンアラウンド時間を削減できる。さらに、データ圧縮によるI/O回数削減効果も大きい。

(3) システム的生産性向上

RDBに期待される要件の一つとして生産性向上がある。RDBはSQLを採用しており、それだけでも生産性が高いが、**図12**に示す関連ソフトウェアと連携して、さらに高生産性を実現している。

(a) システム開発支援

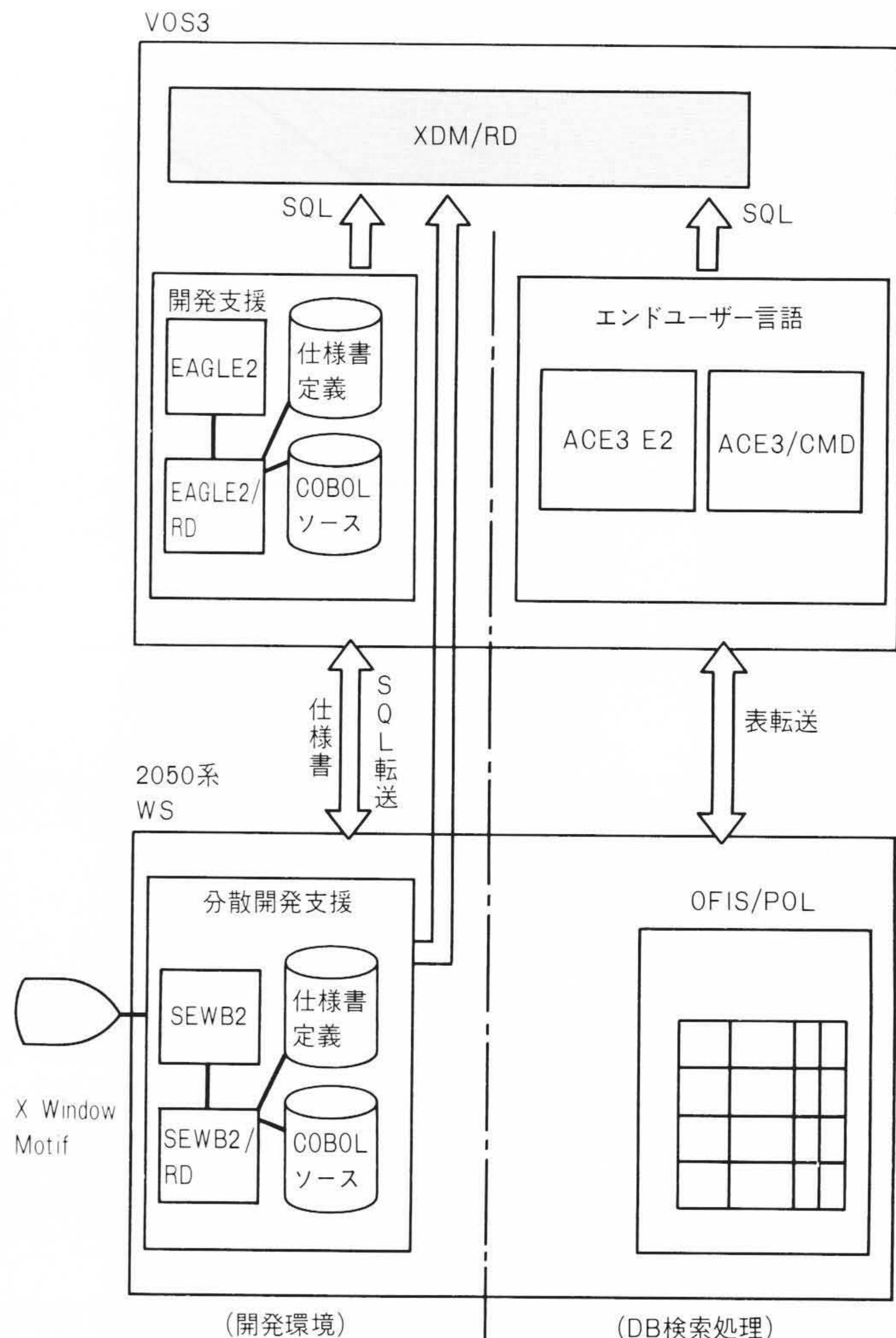
システム開発支援には、ホストで動作するEAGLE 2 とワークステーションで動作するSEWB 2 があり、その中でEAGLE 2 /RDやSEWB 2 /RDを使うと、XDM/RDの表定義、ビュー定義およびインデックス定義を仕様書から作ることができる。また、プログラム生成機能を用いるとDB定義用の仕様書からアプリケーションプログラムのデータ定義の自動生成が可能となる。

さらに、XDM/RDではCOBOL85およびPL/Iとの連携を強化しており、プリコンパイルとかSQL部分のコンパイルといった、SQLを埋め込んだことに起因した手続きが一切ない直接コンパイルが可能である。

(b) 第4世代言語

第4世代言語としては、2050/32E、2050/32Eプラスで動作するEAGLE/4 GLがXDM/RDと合わせて利用できる。EAGLE/4 GLは、SEWB 2 と連携して使用でき、プロトタイピング手法、対話形業務、簡易言語を用いて生産性を上げることができる。

EAGLE/4 GLを用いてDBをアクセスするには、SQL類似な構文(RDBアクセス文)を使い、RDB定義機能を用いれば、定義情報に基づく定義用のSQLソースを自動生成できる。



注：略語説明 EAGLE2(Effective Approach to Achieving High Level Software Productivity 2)
EAGLE2/RD(EAGLE2/Relational Database)
SEWB2(Software Engineering Work Bench 2)
SEWB2/RD(SEWB2/Relational Database)
ACE3 E2(Available Command Language for End Users 3 E2)
ACE3/CMD(ACE3/Command)

図12 生産性向上のためのXDM関連ソフトウェア システム開発支援、エンドユーザー言語など、ホスト上だけでなくWSとホストとの連携も含めて、生産性向上を図っている。

4 高性能DB/DCシステムの実現

Tバイトオーダの大容量DB、1,000件/sオーダの大量トランザクションに耐えるDB/DCシステムとするには、解決すべき課題としてDB保守時間の増大抑止、DBアクセス負荷増大への対処がある。

そのためには多重プロセッサを活用した、よりいっそうの並行処理化および大容量メモリを活用した入出力削減による高速データアクセス化が重要である(図13参照)。

4.1 多重プロセッサ指向DB/DCアーキテクチャ

高トラフィックオンラインでのスループットを確保するため、並行処理範囲を拡大し、多重プロセッサ環境を有効活用する。

(1) コンカレントDB/DCアクセス

UAPからの処理要求は、従来製品ではDB/DC空間内で実行していたが、XDM E2では、ユーザー空間内で直接実行し、DB/DC空間リソースへのプロセッサ間競合を削減している(図14参照)。

従来コンカレント化している構造形DBアクセス要求、ジャーナル取得要求、トランザクション同期点処理要求に加えて、今回下記要求もコンカレント化し、並行処理性をさらに向上

した。

(a) RDBアクセス要求

(b) 端末、ワークステーション、他ホストへのメッセージ送受信要求

(2) ロック改善

複数プロセッサ間のロック競合を削除するため、サブシステム内のロックおよびサブシステム共通処理のロックの細分化、ならびに高効率ロック方式の開発により、並行処理化を

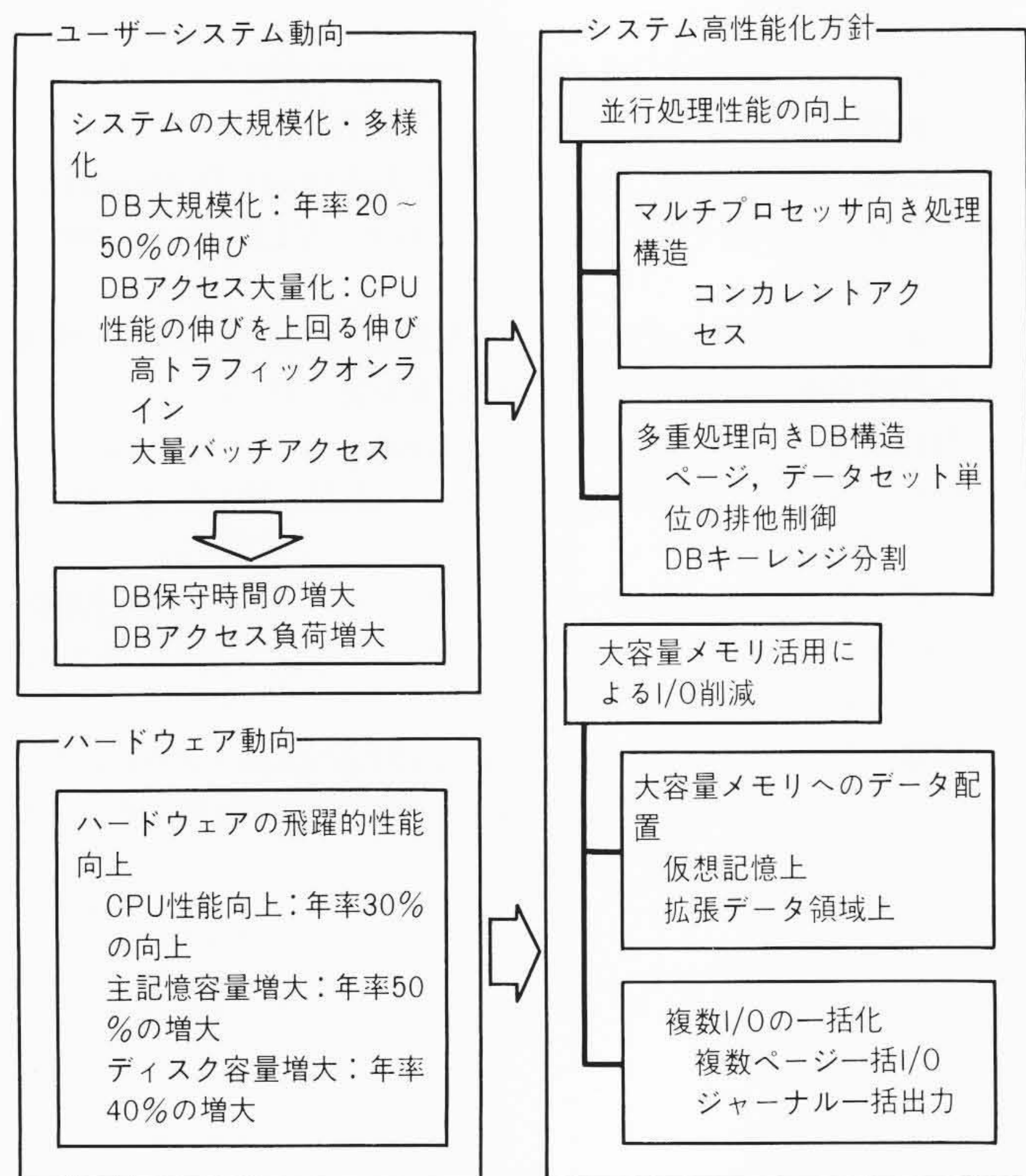
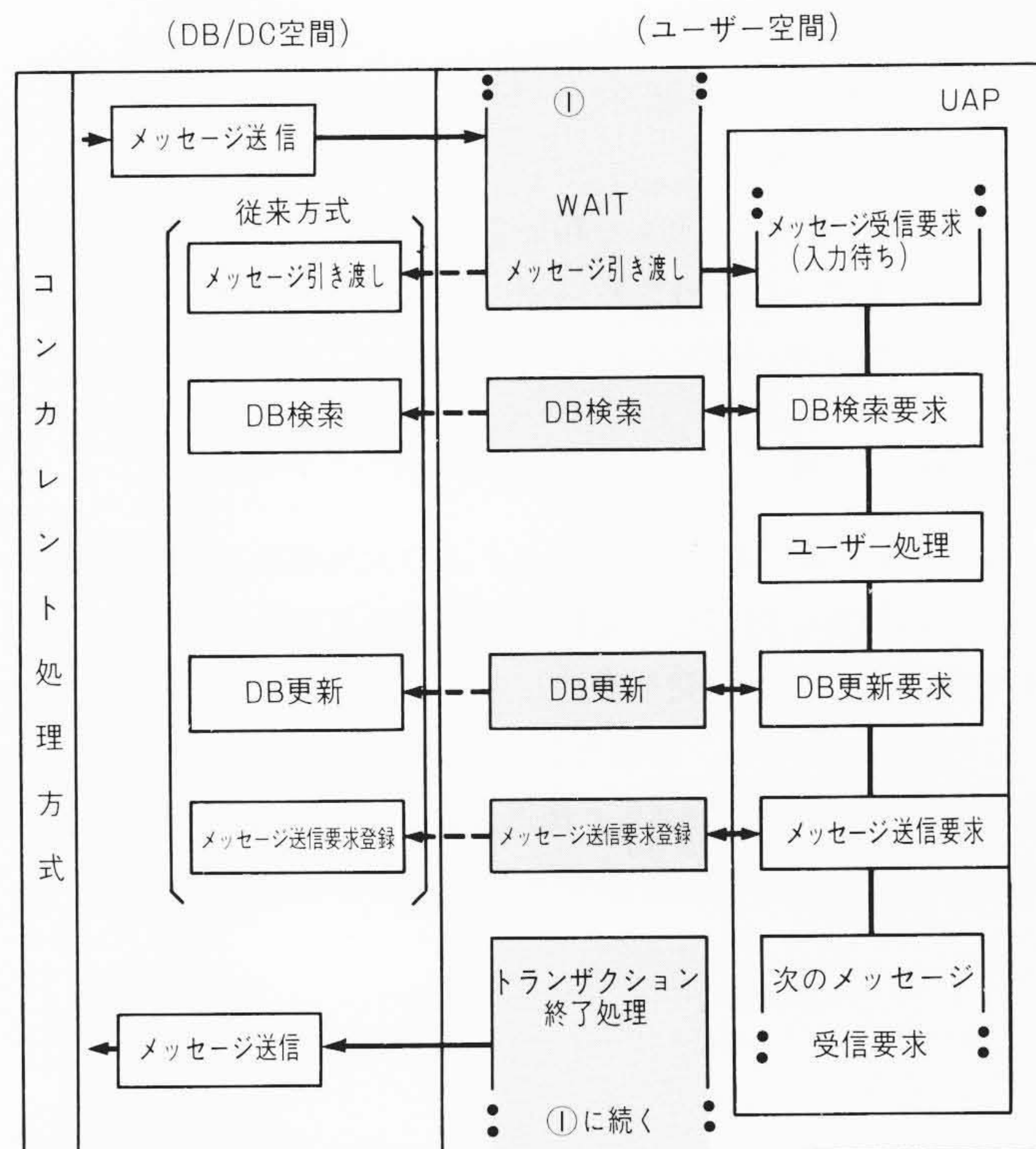


図13 DB/DCシステム性能向上の考え方 XDM E2では、並行処理性能の向上、大容量メモリ活用によるI/O削減に重点をおいてシステム性能の向上を図っている。



注：□ (コンカレント処理)

図14 コンカレントDB/DCアクセス XDM E2では、UAPからの処理要求をユーザー空間内で直接実行し、XDM空間リソースへのプロセッサ間競合を削減している。

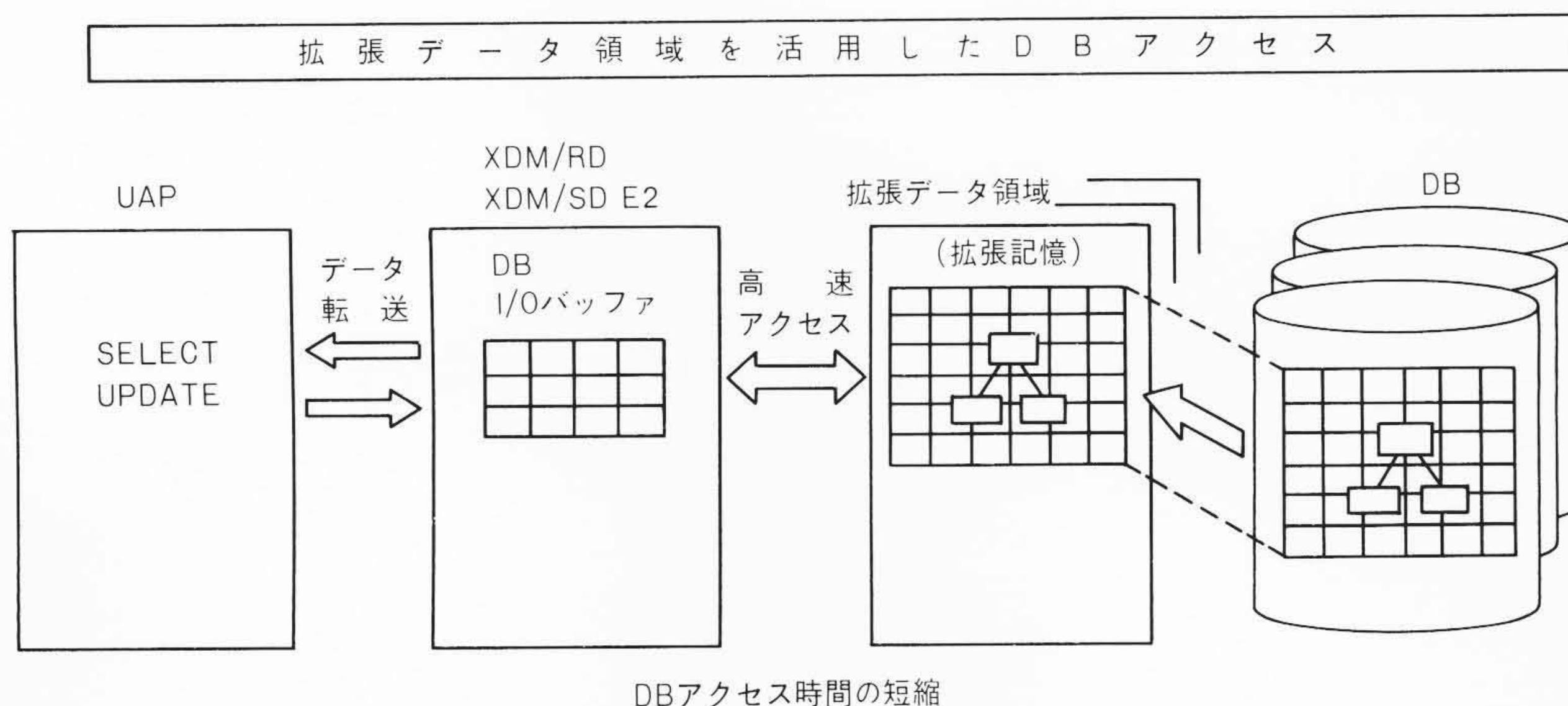


図15 拡張データ領域を活用したDBアクセス XDM E2では、アクセス頻度の高いDBインデックス、データを拡張記憶上に配置し、データアクセスの高速化を図っている。

図っている。

4.2 新アーキテクチャM/ASAを活用した高性能化

XDM E2では、従来DBアクセス高性能化のため、複数入出力の一括化、バッファ管理の高速化、仮想記憶上へのデータ常駐化などにより、入出力回数の削減を図ってきた。メモリの大容量化が進む中で、今回、新アーキテクチャM/ASA(M series/Advanced Systems Architecture)に対応して、DASD(Direct Access Storage Device)上に格納されている構造形DB、RDBについて、アクセス頻度の高い下記のデータを拡張記憶上に配置し、データアクセスの高速化を図っている(図15参照)。

- (a) DBインデックス
- (b) DBデータ

また、ユーティリティで用いるワークファイルに拡張記憶を適用することにより、ワークファイル入出力オーバーヘッドの削減を図っている。

5 結 言

XDM E2は、顧客のDBシステムの大規模化、利用範囲の拡大、広域化に対応して連続的な拡張を可能とすることを基本設計思想として開発を推進している。

この思想に基づき、構造形DB・RDBの統一した運用と統合利用を実現し、サブシステム構造によるマルチDC、マルチDB、さらに分散DB、分散AP機能をいち早く実現している。

今後とも複合システム間で整合性のとれたDB利用環境の整備・拡充と、さらに要求される大規模、高性能DB/DCシステムの実現を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 岩崎, 外: データマネジメントシステムXDM(1) - 複合システム高度利用形態の実現 -, 情報処理学会第36回(昭和63年前期)全国大会, 4E-1
- 2) 住吉, 外: 大規模データベースを実現するVOS 3 新統合型データベースデータ通信システム“XDM”, 日立評論, 68, 5, 421~426(昭61-5)
- 3) 日経コンピュータ: リレーショナルDBの扉開くデータベース言語標準SQL, (12月21日号)pp.50-66(1987)
- 4) Satoh, K., et al.: Local and Global Query Optimization for Relational Databases, Proc. VLDB, pp.405~417(1985)
- 5) 土田, 外: RDBにおける埋込み型問合せの最適化方式, 情報処理学会第36回(昭和63年前期)全国大会, 3F-3
- 6) Jarke, M., et al.: Query Optimization in Database Systems, ACM Computing Surveys, Vol.16, No.2, pp.111~152(1984)
- 7) 鳥居, 外: リレーショナル・データベースの処理速度向上を計るCPU内蔵型データベース・プロセサ, 日経エレクトロニクス, 2-9(No.414), pp.185~206(1987)
- 8) 武藤, 外: リレーショナルDBMSにおけるマルチ・オカレンス・フィールド・サポート言語の検討, 情報処理学会データベースシステム研究会, 53-4(1986-5)