

システムの分散，複合化に対応する 統合形DB/DCシステム“XDM”の拡張

Extension of Integrated DB/DC System “XDM”
for a Distribution and Composition of System Components

DB/DCシステムの適用範囲は，最近の銀行，証券などの第3次オンラインシステム建設をはじめとして拡大の一途をたどっており，システムの大規模化，高度化が進み，今やシステムの分散，複合化が基本要件になってきている。DB/DC製品XDMでは，分散，複合化技術を駆使して，DBを地理的に離れた複数のシステムに分散配置できる分散DB機能，複数のDB/DC環境が併存した複合サブシステム形態の運用管理機能などを開発した。今回の機能拡張によって，大規模分散DBシステムが実現できるようになるとともに，拡張性の高い高性能，高信頼化DB/DCシステムの実現が更に容易となった。

山本章治* Shōji Yamamoto
米田 茂** Shigeru Yoneda
石川博道* Hiromichi Ishikawa
宮崎光夫* Mitsuo Miyazaki
住吉孝史* Takashi Sumiyoshi

1 緒 言

近年，銀行，証券などの第3次オンラインシステムに代表されるように，DB(Data Base)を中心とした情報システム¹⁾は，企業の国際化，企業間の連携強化などの動向の中で，下記の傾向が強くなってきている。

- (1) 地理的には，国内でのVAN(Value Added Network)接続をはじめとしたシステム拡張だけでなく，全世界的なネットワーク化が進展
- (2) 時間的には，運用サービス時間が拡大し，24時間連続運転化が進展
- (3) 業務的には，従来の基幹業務に加えて，ホストとワークステーション間の連携したシステムOA(Office Automation)業務など，適用業務の多様化，高度化が進展
- (4) データ量的には，100 Gバイト(10¹¹バイト)から1,000 Gバイト(10¹²バイト)へのDB大容量化，100件/秒から500件/秒へのトラフィック増大

このような動きに対して，DB/DC(DB/Data Communication)システムとしては，下記の要件を満たす必要がある。

- (1) システムリソースの地理的分散を可能とする分散DBシステム形態の実現
- (2) 複数のDB/DC環境の併存が可能な複合サブシステム形態の実現
- (3) RDB(Relational Data Base)の国際標準への対応，及びHAA(Hitachi Application Architecture)への対応
- (4) トランザクション処理性能の向上

本稿では，以上の要件を満たすため，XDM(Extensible Data Manager)²⁾拡張版(総称名としてXDM E2を用いる)で開発した機能，方式の特長及びユーザーへのメリットについて述

べる。

2 XDM拡張のねらいと特長

本章では，1章で述べたDB/DCシステムの要件を満たすための技術課題，及びXDMでの対処方針，特長について説明する(詳細は，4章～6章参照)。

2.1 複合DB/DC環境の実現

- (1) すべての処理環境でのDBの共用

XDMが提供するDBをすべての処理環境から共用できるようにするため，はん(汎)用DC(DCCM3: Data Communication and Control Manager 3)環境及び対話，バッチ環境に加え，金融証券システム向けDB/DC(TMS-4V/SP: Transaction Management System-4V/System Product)環境，システムOA環境HOAPDBS(High-level Object Management and Processing Data Base Server)からもXDM DBにアクセスできるようにした(図1参照)。

- (2) 管理の統合と運転の独立性

複数のDB/DC環境の併存した中で，システム運用を容易かつ柔軟に行えるようにするため，システム ジャーナル，排他制御などの管理機能を統合するとともに，DC機能(XDM/DCCM3)の非同期運転(開始，回復，終了)をできるようにした。

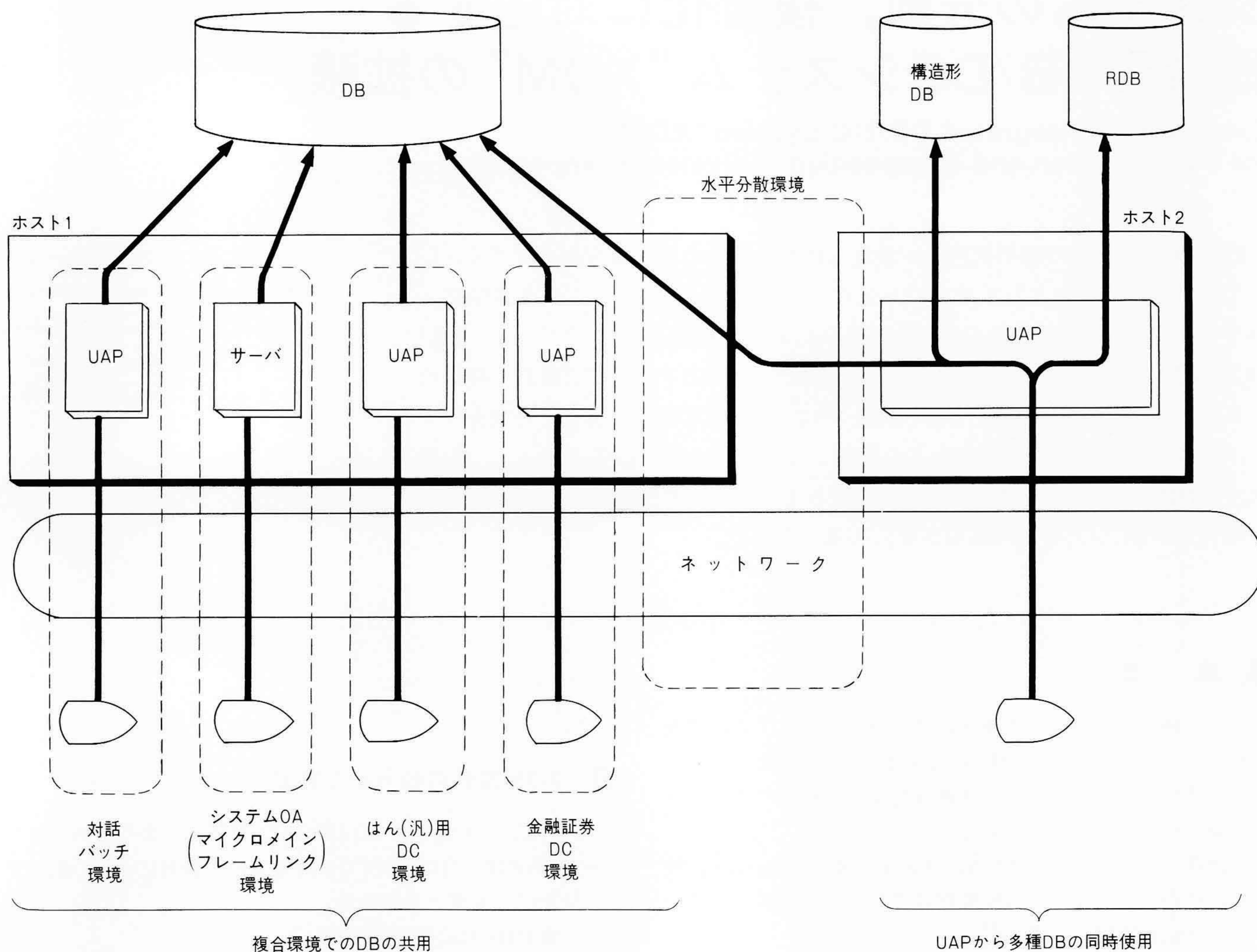
上記の特長を実現するXDM E2の構成制御を「複合サブシステム制御」と呼ぶ。

2.2 ネットワーク環境への対応強化

複数のDB/DCシステムによる機能分散，負荷分散及び危険分散を行うため，システム間通信機能に加え，次の強化を行った。

- (1) 分散DB(水平分散)

* 日立製作所ソフトウェア工場 ** 日立製作所システム開発研究所



注：略語説明

UAP (User Application Program), OA (Office Automation), DB (Data Base), DC (Data Communication), RDB (Relational Data Base)

図1 複合環境でのDBの共用 複数の業務処理形態、環境でDBを共用するとともに、一つのアプリケーションから多種DBを同時使用できる。

DBシステムの地理的分散を容易に実現できるようにするため、UAP (User Application Program) から目的のデータがどのホストのDBであるか意識することなく、自ホスト、他ホストの構造形DBに同一インタフェースでアクセスできるようにした。

(2) システムOA (垂直分散)

ワークステーションからもホストにあるDBを利用可能とするため、HOAPDBSにより、ワークステーション上でホストDBの検索、更新などのデータ操作ができるようにした。

2.3 アプリケーションインタフェースの標準化

大規模システムからワークステーションに至る広い範囲での使い勝手を共通化するため、リレーショナルDBアクセスインタフェースを、ISO (国際標準化機構) 及びJIS (日本工業規格) の標準規格に準拠し、HAAを包含したものとした。

2.4 性能強化

(1) 並行処理性能

M-682Hダイアディックプロセッサなどのハードウェア性能

を引き出すため、DB/DC処理の並行処理化 (コンカレント化) を行った。並行処理化の対象は次のとおりである。

- (a) 構造形DBアクセス
- (b) RDBアクセス
- (c) ジャーナル取得
- (d) 送受信メッセージ用キューアクセス

(2) XDM/RDのIDP支援

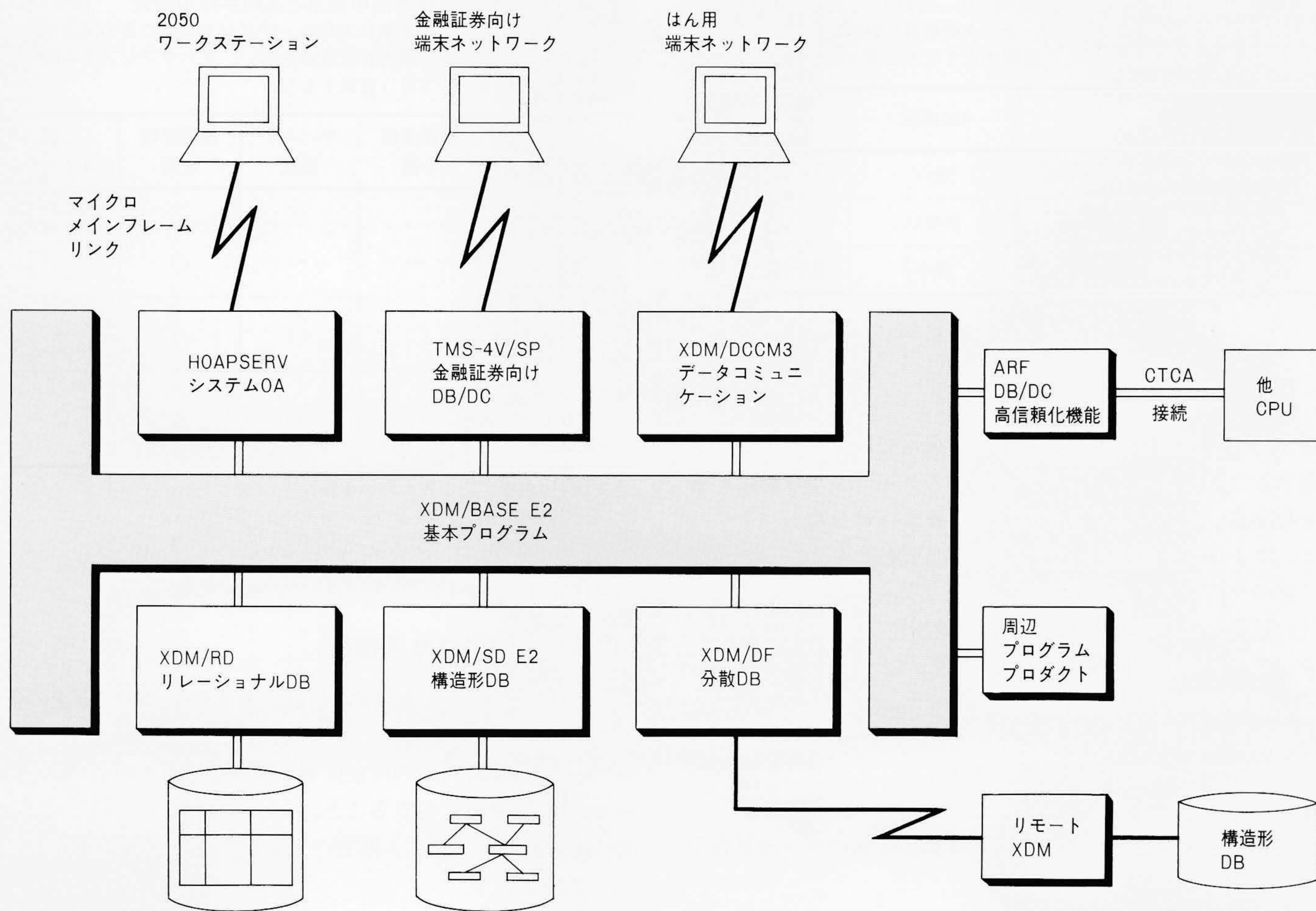
RDB支援内蔵形DBプロセッサ (IDP: Integrated Database Processor) を多重プロセッサ下で複数個動作できるようにした。コンカレントDBアクセスとあいまって、RDBアクセスの性能向上を実現した。

(3) ジャーナル取得性能向上

高トラフィック時に複数ジャーナルを一括取得することによって、ジャーナル入出力回数を削減した。

3 XDM拡張版の構成

XDM拡張版 (XDM E2) は複数のDB/DCサブシステムの複



注：略語説明

ARF (Advanced Reliability Feature)
TMS-4V/SP (Transaction Management System-4V/System Product)
HOAPSERV (High-level Object Management and Processing Server)
XDM/BASE E2 (XDM/Base E2)
XDM/DCCM3 (XDM/Data Communication and Control Manager 3)
XDM/SD E2 (XDM/Structured Data Base E2)

XDM/RD (XDM/Relational Data Base)
XDM/DF (XDM/Distributing Facility)
CPU (Central Processing Unit)
CTCA (Channel to Channel Adapter)

図2 XDM E2のシステム構成 XDMは複数のDB/DCサブシステムから構成されており、システムの使用形態に合わせて柔軟に組み合わせて使用できる。

合構成となっており、その概要構成を図2に示す。

4 複合サブシステム制御

複合DB/DC環境では、運用面で単一環境とは異質の下記の要件を満たす必要がある。

(1) サブシステムの併存と運転の独立性

複数処理環境(サブシステム)でDBを共用しながら並存処理する形態ではサブシステムごとに処理する業務内容が異なり、各々独立に各サブシステムの開始、終了運転ができることが望ましい。また、DBメンテナンスのためにはXDM/DCCM3などのオンライン終了後も、継続してバッチ形態でのDB処理ができるDB/DCの非同期運転が強く求められている。

(2) 運用・操作性の維持、向上

「複数サブシステムの並存」はシステム運用の複雑化を招く。運用負担軽減のための統合運用支援が、より重要となってきた。

(3) 処理環境のニーズの相違吸収

処理環境ごとに動作特性、運用ニーズが異なるため、各々のニーズをバランスをとって吸収することが必要となる。例えば、システム回復(リラン)時間に関する特性はDCと対話の両環境では相違しており、その解決が必要である。その例を表1に示す。

(4) サブシステム固有DBとの更新同期保証

TMS-4V/SPのように、固有のDBを持つサブシステムがXDMの提供するDBを使用するとき、両者のDB同期保証が必要となってくる。

これらの要求を整合性をもって実現するため、XDM E2では次の機能強化を行った。

要求と対応する機能を表2に示す。

(1) サブシステムごとの回復情報分離

サブシステム障害発生時、システム全体で一元的に取得されているジャーナル情報から、当該サブシステムの回復に必

表1 処理環境ごとの特性相違例(DC_vs対話) DC環境と対話環境は、トランザクション処理時間、データ更新量、許容リラン時間の面で差異があり、各環境に適合した処理方式をとる必要がある。

	DC環境	対話環境
トランザクション処理時間	短い	長い
データ更新量	少ない	多い
許容リラン時間	極小	若干長くてよい

要な情報を抽出し、サブシステム回復用のデータセットに回避することによって、システム全体のジャーナル取得に影響を与えず、サブシステムを回復できるようにした。

(2) ディレード回復(システム稼動中回復)

他のサブシステム運転中に、障害となったサブシステムだけの回復、及びそのサブシステムが使用中であったXDM DBをレコード単位で回復できるようにした。

(3) 運用管理の統合

従来から提供しているジャーナル、同期点、排他制御、コマンドなどの一括管理を継続、強化する。

(4) 二相コミット

二相コミットにより、サブシステム相互間のデータ更新同

表2 複合DB/DC環境運用の要求と実現手段の関係 複合DB/DC環境の運用に対する要求を満たすため、サブシステムごとの回復情報の分離、ディレード回復、運用管理統合を行い、またサブシステム間の同期合せを二相コミットで行う方式とした。

実現手段 要求	回復情報 分離	ディレード 回復	運用管理 統合	二相 コミット
運転の独立性	○	○	—	○
運用・操作性 維持、向上	—	—	○	—
処理環境の相 違吸収	○	○	—	—
サブシステム 固有DBとの 同期保証	—	—	—	○

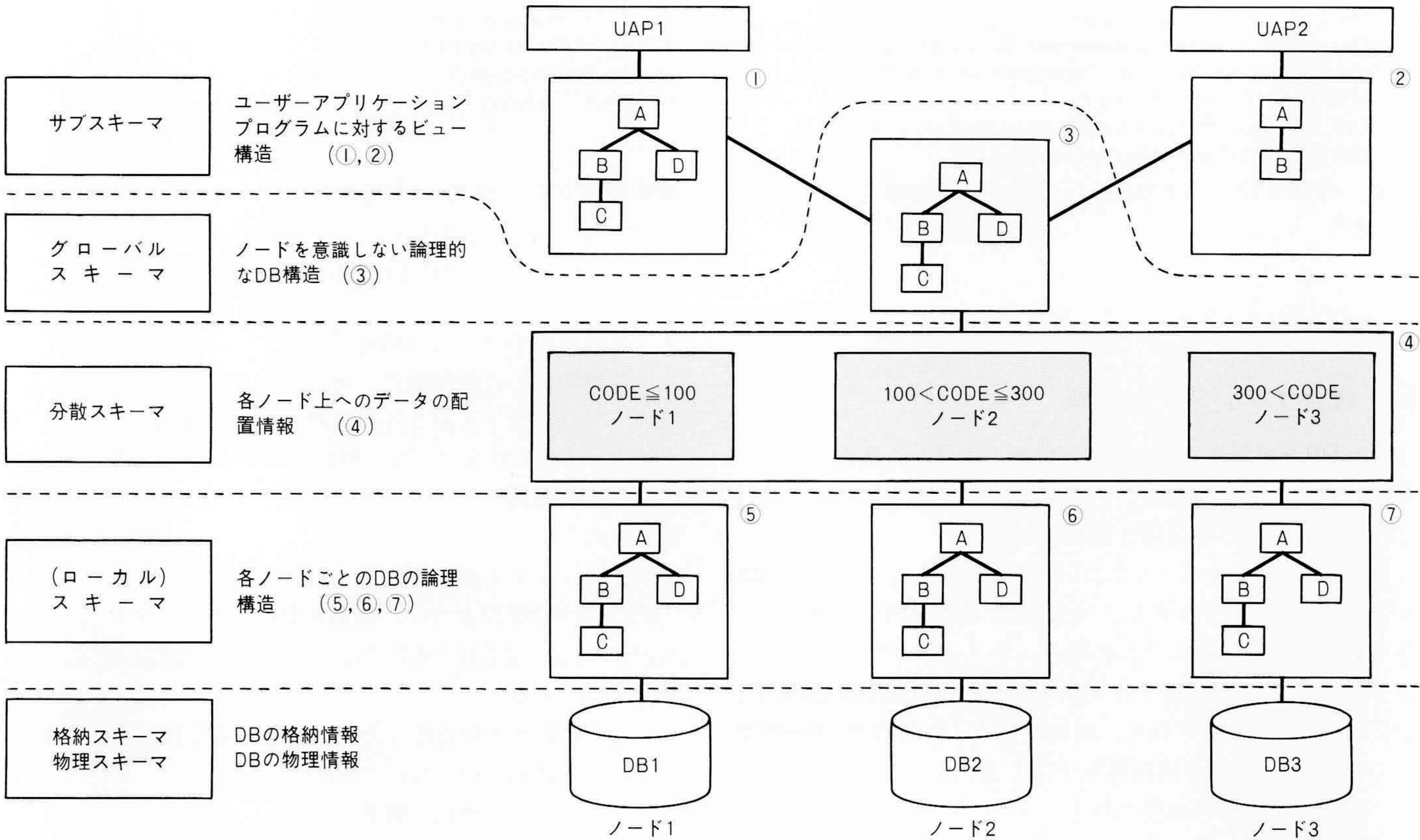
注：○(要求を実現するための手段)
—(該当せず)

期を保証する。

5 分散DBアクセス機能

分散DBアクセスを実現するには、基本要件として下記の条件を満たす必要がある。

- (1) UAPからは、DBの所在位置に関係なく同一のインタフェースでDBアクセスできること。
- (2) UAP異常、システム障害が発生しても、関連する分散DB



注：CODE (Aレコード内のコンポーネントビュー名称)

図3 分散データベース定義の概要 グローバルスキーマと分散スキーマを導入することによって、UAPは分散したDBを自ノードに接続したDBのようにアクセスできる。

システム間で、DB内容の一貫性を保証すること。

この要件を満たすため、XDM/DF (XDM/Distributing Facility)では、下記の機能を提供し、分散DBシステムを実現した。

(1) UAPの作成、保守が容易

グローバルスキーマと分散スキーマの導入によって、分散DBとUAPを独立化し、分散したDBの所在位置を意識することなく、UAPを作成できる(図3参照)。

分散DBとUAPが独立しているため、分散DBの所在位置に変更が生じた場合でも、UAPを変更する必要がない。

DML(Data Manipulation Language: データ操作言語)単位に、処理するノード(DBシステム)を決定しているため、柔軟で多種多様なUAPを作成できる。

(2) 高信頼システムの実現

XDM/DFは、下記機能により高信頼システム化を図った。

(a) トランザクション同期点処理を、「すべてのノードでジャーナルの取得などを行い、該当トランザクションの処理結果の反映が可能か判定するコミット保証フェーズ」と、「トランザクションの反映又は取消しを行うコミット・ロールバックフェーズ」の二つのフェーズで行う二相コミット方式とした(図4参照)。

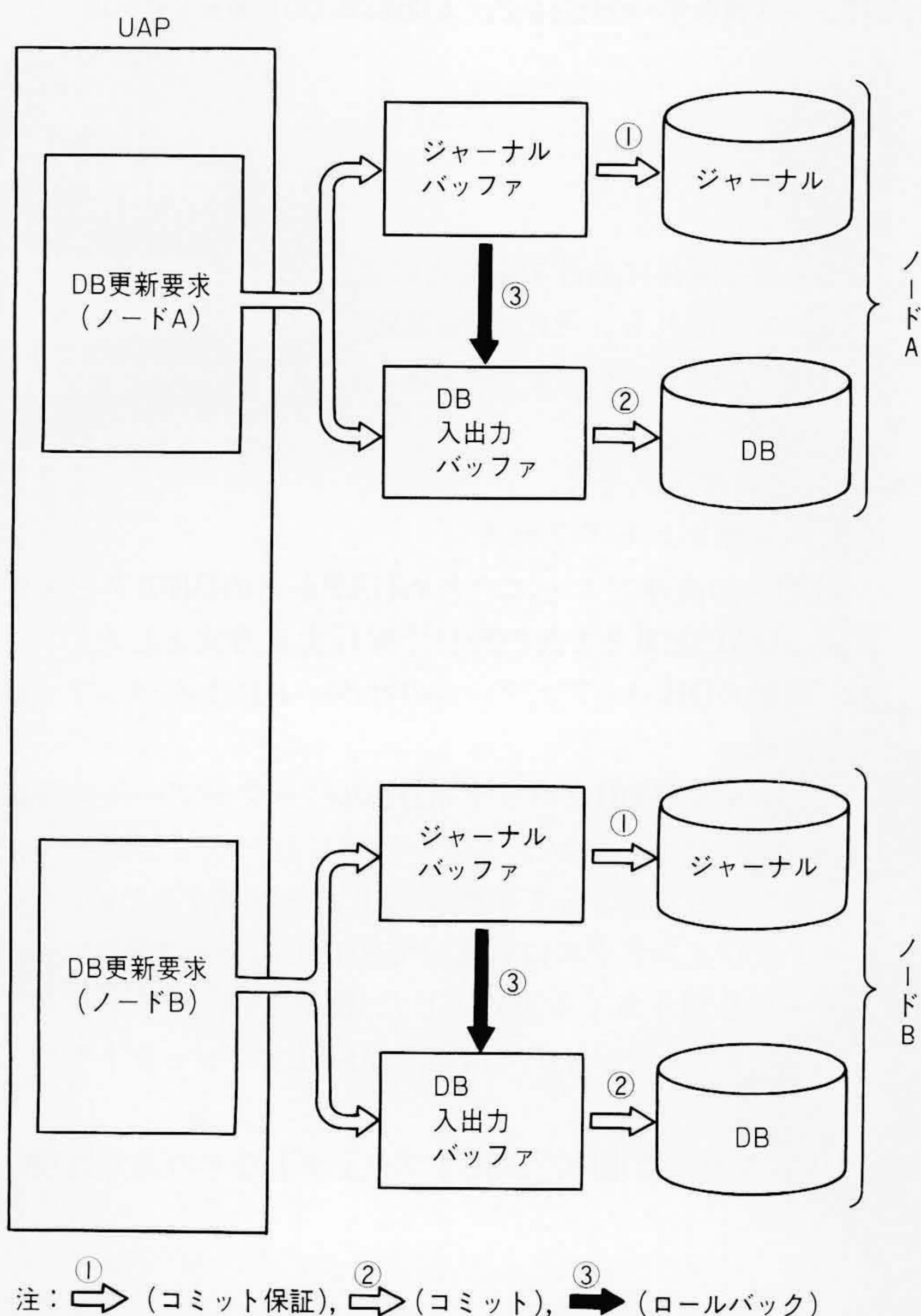


図4 二相コミットの概要 同期点処理で、全ノードのコミット保証①を行い、全ノード正常に完了後コミット②を行う。一つのノードでも異常が発生した場合、該当トランザクションのロールバック③を行う。

二相コミットにより、すべてのノードで処理結果を反映できる場合にだけコミットを行うため、ノード間でDBの整合性を保証できる。一部のノードのDBを更新したトランザクションが途中で異常終了した場合でも、当該トランザクションの処理に関連したすべてのノードでロールバックを行い、更新済みのDBをトランザクションの開始状態に回復する。このため、更新を行ったDBが所在するノードで、更新を取り消すためのUAPを作成する必要がない。

(b) XDM/DFに障害が発生した場合には、他ノードのDBをアクセスするUAPは実行できないが、自ノードのDBだけをアクセスするUAPは継続して実行できる。

(c) 分散DBアクセスの資源管理をトランザクション単位で行っているため、一つのノードがダウンした場合でも、当該ノードに関係しないトランザクションは分散DBアクセスを続行できる。

ダウンしたノードに関係しているトランザクションは、当該ノードのXDM/DF再立上げ時、当該トランザクションを処理した他ノードとトランザクション状態を連絡し、回復を行う。

(d) ホットスタンバイ機能を使用し、他ノードがトラブルにより待機システムに切り換わった場合、XDM/DFはオペレータの介入なく、相手待機システムと接続し、分散DBアクセスサービスを継続する。

(3) 高性能システムの実現

大量のデータに対し、各データの発生ノードごとに処理を行うことによって負荷の分散を図り、システムトータルとしての高性能なシステムが実現できる。

また、XDM/DFで使用するディレクトリを、XDM/BASE E2と同様システム開始時にプリロードすることによって、トランザクション実行時の性能向上を図っている。

(4) DBの大規模化への対応

大規模、多様なDBの利用形態に適用するため通信リンク(回線、チャンネル間結合装置など)で接続した最大255のホスト間で、分散DBシステムを構築できるようにした。

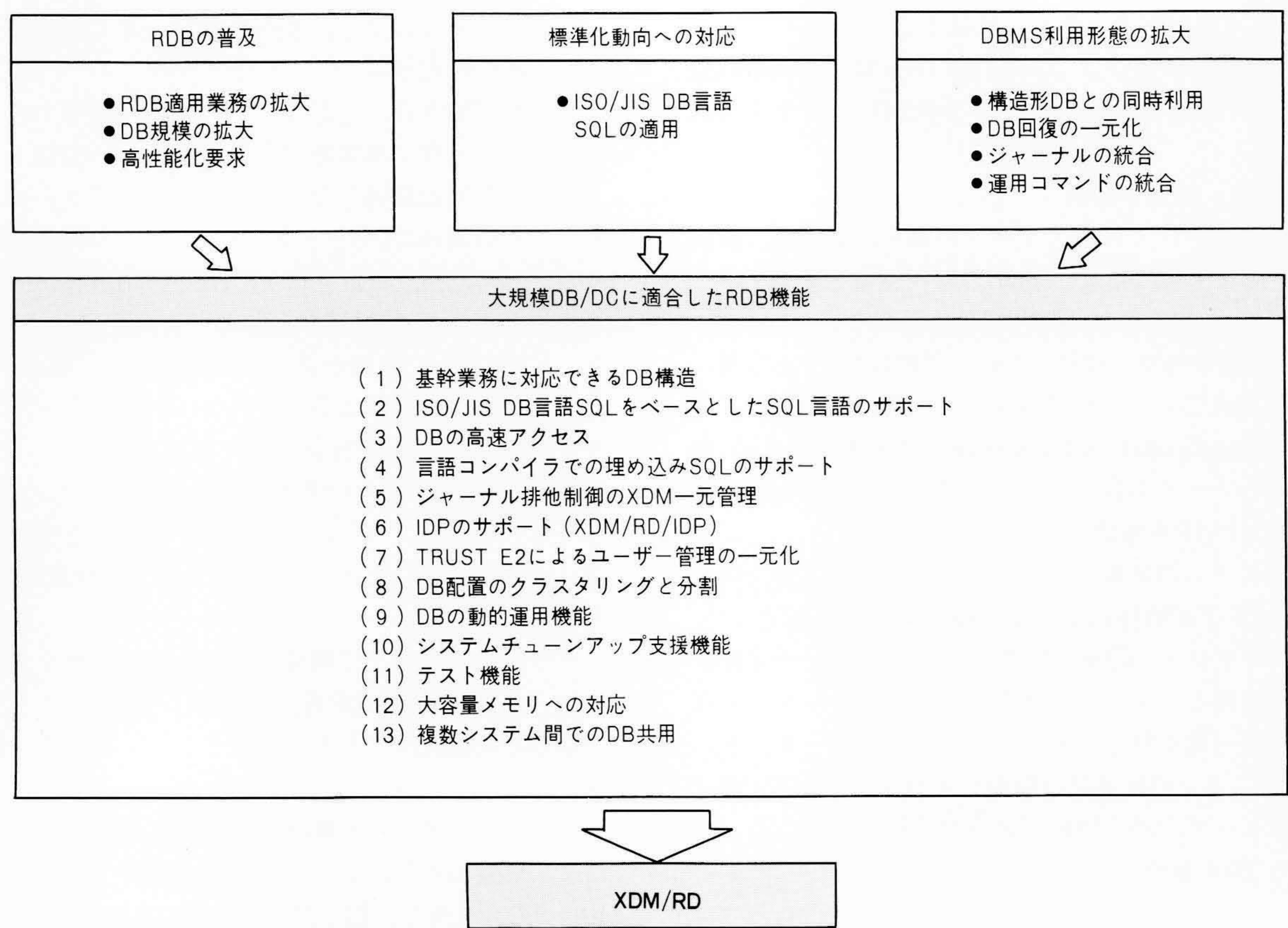
6 RDB機能

RDB機能を実現するXDM/RDは、国際・国内標準化動向に対応してDBアクセス用言語として、ISO/JIS DB言語であるSQLを採用した。また、HAAを採用したRDB管理プログラムである。

従来、RDBは、データモデルの平明性、データ操作の簡易性・柔軟性から非定型業務への適用性に優れていると言われていた³⁾が、XDM/RDは、更にRDBの特長を損うことなく基幹業務への適用力を強化し、バランスのとれた製品として開発した。XDM/RDに対する技術的要件及び開発の考え方を図5に示す。これに対応して、XDM/RDでは、RDBシステムの適用範囲の拡大のため下記の機能を提供する。

(1) 基幹業務に対応したDB構造

XDM/RDの物理DBは、RDエリアの集合から成る。RDエリアは、ユーザーが認識する表、及びインデックスを格納する単位であり、1～16個の物理エリア(VSAM: Virtual



注：略語説明 ISO/JIS (国際標準化機構・日本工業規格), DBMS (Data Base Management System), IDP (Integrated Data Base Processor)
図5 XDM/RDの特長 RDB適用業務の拡大, DBアクセスインタフェース標準化への対応など, 大規模DB/DCに適したRDBとしてXDM/RDを開発した。

Storage Access MethodのESDS (Entry Sequenced Data Setに対応)により構成する。RDエリアは、最大1,600個まで作ることができる。これらの関係を図6に示す。

- (a) 業務の拡大・縮小への対応
- 適用業務の変化によるDB容量の増減に伴い、RDエリアの追加・削除、及びRDエリアを構成する物理エリアの追加・削除が、業務を止めることなく自由に行える。
- 物理エリアの追加は、DB容量増加への対応に効果がある。
- (b) 大容量DBへの対応
- (i) 表一つの最大容量は、64 Gバイト (6.4×10^{10} バイト)
 - (ii) システムの最大容量は、6,400 Gバイト (6.4×10^{12} バイト)
- (c) 行配置のクラスタリング及びキーレンジ分割
- 基幹業務処理は、一般に定型化されており、DBのアクセス方法に一定の規則がある。この規則に合わせて行(レコード)を配置することにより高効率なアクセスが期待できる。これをクラスタリングと呼ぶ。また、キーレンジ分割によりDBアクセスを分散させ、チャネル・デバイスの利用率の平準化、及びデータの障害からの危険分散を図ることができる。
- (d) 多様な業務への対応
- 適用する業務により個々の列の長さ、及び行の長さは様々である。行の長さとその行を格納する単位であるページ長

が、最適な関係に設計することによって、より高性能なDBアクセスが図れる。そのため、XDM/RDは、ページ長を4 kバイトから30 kバイトまで、2 kバイトピッチで任意の長さが選択できる。

- (2) DBの高速アクセス
- (a) コンカレントアクセス
- RDBへの高速アクセスのためUAPからのDBアクセス要求は、UAP空間タスクの延長で実行する方式とした。
- (b) 複数のDBバッファプールのサポートによるバッファ競合の削減
- オンライン系DBとバッチ系DBのバッファプールを分割して利用したり、インデックスを独立したバッファプールに割り当てることによって不要な入出力を削減するため、RDエリア及びインデックスに対応して任意の組合せでDBバッファプールを割り当てる方式とした(図7参照)。
- (c) データディクショナリ情報及びSQLオブジェクト*)のメモリ常駐

DBアクセス要求時、SQLオブジェクトなどの入力処理が

※) SQLオブジェクト：SQL文をコンパイルすることによって、実行形式に変換された最適化したDBアクセス手順である。

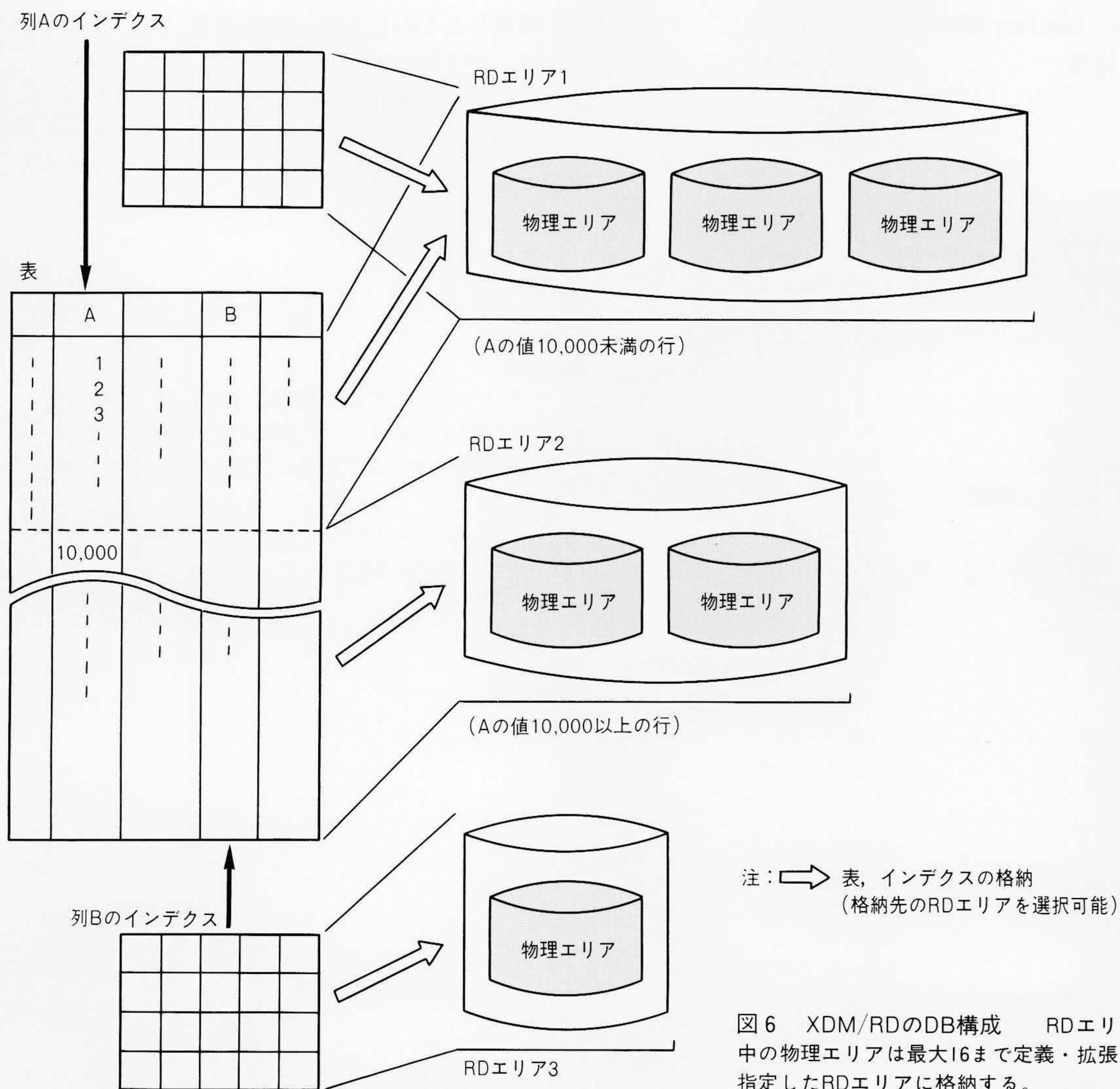
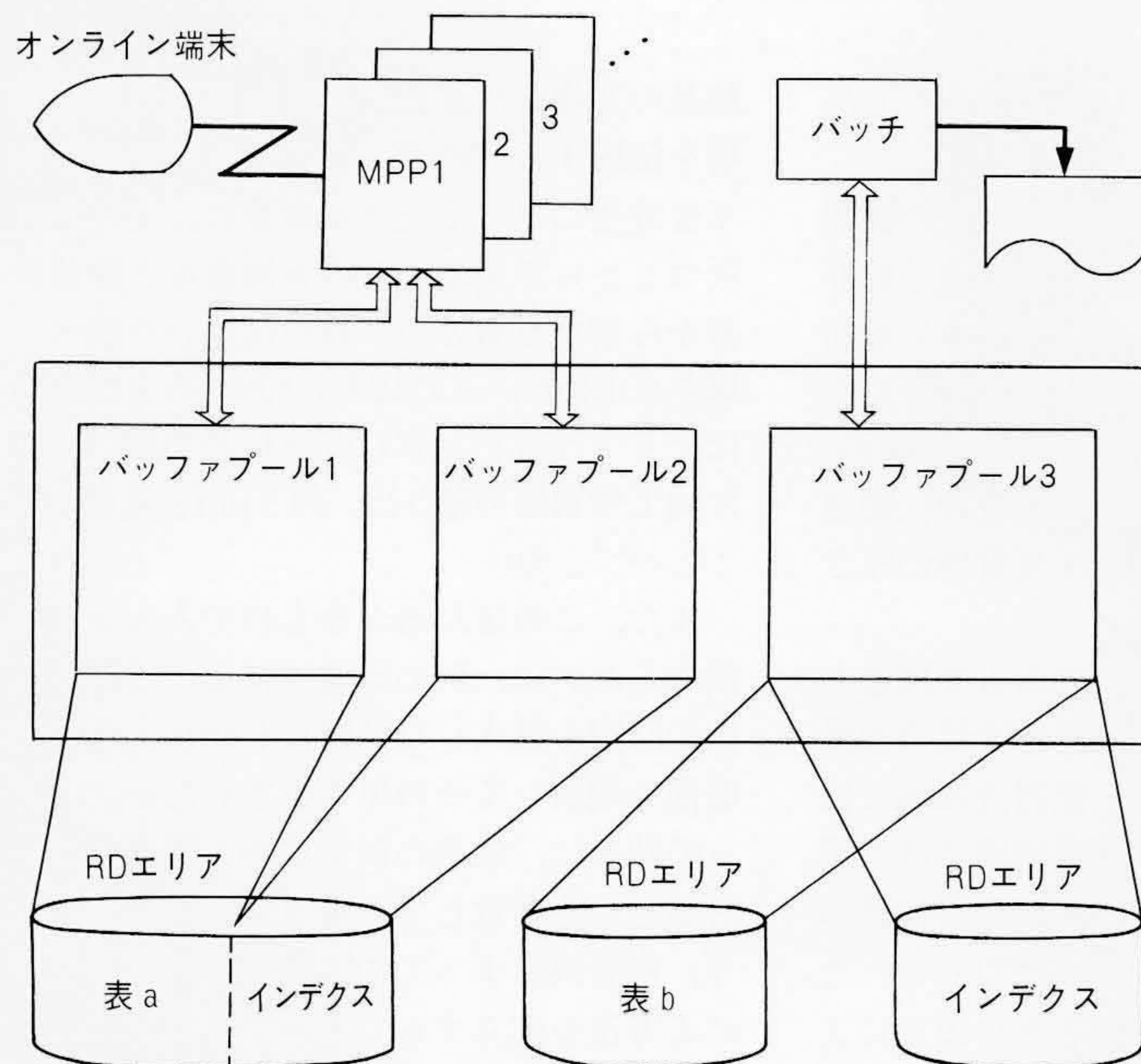


図6 XDM/RDのDB構成 RDエリア数は最大1,600、1 RDエリア中の物理エリアは最大16まで定義・拡張できる。表及びインデックスは、指定したRDエリアに格納する。



注：略語説明 MPP (Message Processing Program)

図7 RDエリアとDBバッファプールの関連 一つあるいは複数のRDエリア・インデックス対応にバッファプールを割り当てるができる。バッファプールは最大1,600作成できる。

不要となり性能向上が図れる。

- (3) ISO/JIS SQLをベースとしたHAAインタフェースを包含したDB言語のサポート

SQLは、ISOで“ISO 9075-1987 Database Language SQL”として規格化され、JISでも「JIS X 3005-1987 データベース言語 SQL」として規格化されている。XDM/RDは、国際標準のサポートとRDB1から引き継ぐ独自機能の調和を保った開発を進める。

- (4) 言語コンパイラでの埋め込みSQLのサポート

COBOL 85, OPLI E2 (Optimizing PL/I Extended Version 2) 言語コンパイラが直接SQLをコンパイルするため、UAPのコンパイル手続きが簡単であり、コンパイルリストが見やすい。

- (5) モジュール言語形の標準サポート

本機能を用いることによって、SQLを用いたDBアクセス処理部分と業務処理部分を独立して設計、プログラミングができる。

- (6) XDM/RD IDP支援

ハードウェア支援により、次のDB検索を高速化した。

- (a) 情報検索向け拡張SQL文を利用した検索
(b) 複数インデックス条件間演算

- (c) Order by, Group by, Distinct句指定時のソート処理
- (d) 結合検索(ジョイン)処理
- (e) インデクス生成

7 結 言

DB/DCシステムの大規模化・高度化に伴い、システムの分散、複合化が基本要件となっている。本稿では、これに対応してDB/DCシステムとして必要となる下記の機能について、XDMでの拡張方針、ユーザーへのメリット及び設計思想を中心に述べた。

- (1) 分散DB機能
- (2) 国際標準仕様準拠RDB機能
- (3) トランザクション処理性能向上機能
- (4) 複合サブシステム管理機能

この中で、分散DB機能は、日本のメインフレームメーカー

として初めて開発したものであり、RDB機能には、世界で初めてのハードウェア支援オプションを開発した。

今後、システムの大規模化・高度化はますます進展するものと想定され、DB容量、端末台数の一けたアップに対応できる技術の開発が必要と考える。

参考文献

- 1) 植村：データベースシステムの基礎，オーム社(昭54-5)
- 2) 住吉，外：大規模データベースを実現するVOS3新統合形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) 福嶋，外：リレーショナルデータベースシステムの動向，日立評論，64，5，335～338(昭57-5)

論文抄録

超音波顕微鏡による加工変質層の厚さ計測

日立製作所 石川 潔・神田 浩・他1名

日本非破壊検査協会誌 36-3, 195～200 (昭62-3)

超音波顕微鏡は、ギガヘルツにも及ぶ高い周波数の超音波を試料に照射し、物質のミクロ領域での力学的性質の変化を検出して画像表示する装置であり、光や電子線の到達できない表面下の欠陥や組織観察が可能であることから、微小領域非破壊検査装置として利用されている。また、表面弾性波の伝搬速度を測定できるので、材料の表面性状を評価する装置としての利用も進められている。

特に、セラミックス材料分野で、セラミックスを機械構造部品として使用する場合には、焼結体であるために必要とする形状寸法精度が得られないので、必ず二次加工を行い、所定の寸法に仕上げているのが現状である。この加工時に試料表面に導入される切削条こん(痕)や微小クラックは、材料の強度に影響を与える。このために、加工表面性状を的確に評価することのできる方法の確立が強く望まれている。本研究は、

この課題を解決するために始めたものである。

本論文では、初めに超音波顕微鏡の概要及び表面弾性波の伝搬速度の測定法を紹介し、次に、第一段階として、シリコン単結晶の表面にいろいろの条件で加工をした試験片に対して、表面弾性波伝搬速度を求め、検討を加えた。更に、表面弾性波の伝搬速度の周波数依存性から、加工変質層の厚さを算出することを試みた。

結晶の表面に加工変質層のある層構造を持った試料から得られる表面弾性波の伝搬速度の周波数分散曲線は、低周波領域では結晶の音速に、また、高周波領域では加工変質層の音速に近づくような変曲点を持つ曲線の得られることが明らかになった。これは表面弾性波が伝搬するときの波長によって左右されるためである。すなわち、低周波領域では波長が長いために深部までの領域を伝搬するために、このときの速度は

結晶の音速に、また、高周波領域では表面層を伝搬するために、このときの速度は加工変質層によって定まる音速に、それぞれ近づくからである。この実測曲線と数値計算から求めた値との一致の度合いを調べ、厚さを求めた。この結果、#2000のと(砥)粒によってラッピングした試料の表面に生じた加工変質層の厚さは、約5μmと見積もることができた。

また、この値が確かなものであるかを確認するために、斜め研磨法によって深さ方向の状態を拡大した試験片を作り、この研磨面を観察してその厚さを求めたが、これらの結果は、従来の測定法から得られている値とよく一致していることが明らかとなり、超音波によって加工変質層の厚さを求める方法を確立することができた。

この方法による加工変質層の測定法は非破壊であり、結晶性・導電性など、材料に対する制約のない特長を持っている。