

大規模DB/DCシステムを実現する VOS3 DB/DC高信頼化機能“ARF”

VOS3 DB/DC Advanced Reliability Feature ARF for Large Scale DB/DC Systems

情報化社会の発展に伴い、オンラインデータベースシステムの情報処理量が増大し、処理能力の向上と信頼性向上のニーズが高まっている。このニーズにこたえるため、複数のCPUにDB/DCシステムを分散させる複合システム形態が構築されるようになってきた。これに対応して、複数のDB/DCからデータベースを共用するデータベース共用機能、及びDB/DCシステムの障害時の高速復旧機能を持つDB/DC高信頼化機能ARFを開発した。

データベース共用機能及び高速復旧機能を組み合わせることによって、今まで以上にオンラインシステムの大規模化、信頼性の向上を図ることができる。

村川哲夫* Tetsuo Murakawa
米田 茂** Shigeru Yoneda
太田克美* Katsumi Ôta
原田博昭* Hiroaki Harada

1 緒 言

近年、オンラインデータベースシステムの情報処理量は増大しており、複数CPU(Central Processing Unit)での業務処理の必要性が高まり、複数CPUでのシステム構築とシステム信頼性の向上が求められてきている¹⁾。

業務処理の増大に対応するにはCPU台数を増加させることが考えられるが、データベースとCPUの結合が強い従来方式では、データベースのアクセスに制約が強く、処理方式上も運用管理上も複雑になるという欠点があった。

更に、オンラインシステム障害発生時には回復処理が必要となるが、あるCPUが回復処理している間はそのCPUに割り当てられたデータベースへのアクセスはできず、関連した業務の部分的停止状態を招くことになってしまう。

そこで、どのCPUにある業務処理プログラムからでも自由にデータをアクセスでき、しかもシステム障害時に短時間で業務再開始を実現できるARF(Advanced Reliability Feature)を開発した。以下、ARFの特長及び機能について紹介する。

2 開発のねらい

ARFはCTCA(チャネル間結合装置)を介して相互に接続された複数のCPUから成るシステムで、大規模なDB/DC(Data Base/Data Communication)システムの構築を可能とし、稼働率を上げシステムの信頼性を向上させることを目的としている。

(1) システムの大規模化への対応

相互に接続された複数のCPU間で共用データベースへのアクセスを可能にしたことによって、データベースを各CPUの

各業務プログラムから自由にアクセスできるようになり、データベースとCPUの接続構成が柔軟に行えるため、大規模なデータベース利用環境を容易に実現することができる。

(2) システムの信頼性向上

ホットスタンバイ構成による高速システム回復機能を使うことによって、システム回復時間を短縮させ、システムの稼働率を向上させている。

また、1台のCPUで障害が発生しても、データベースが接続されているほかのCPUで業務を代行できるため、システム全体の稼働率を向上することができる。

(3) システムの高性能化への対応

データベース共用機能を用いることによって、トランザクション処理のCPUへの分散が簡単にできる。これにより、システムリソースの負荷の分散が図れ、その結果としてシステム全体としての処理能力を向上できる。

3 データベース共用機能

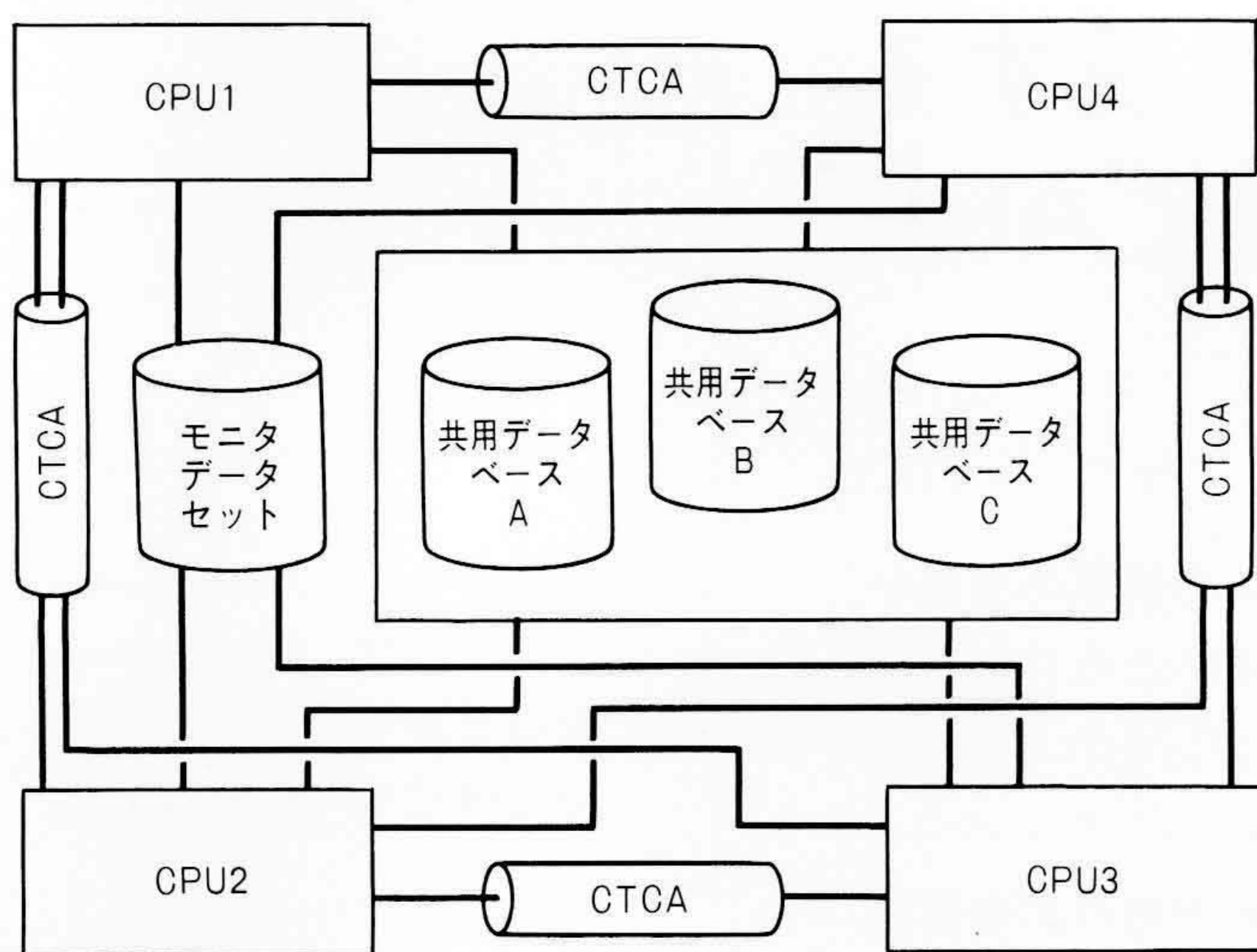
CTCAにより疎結合されたCPU間で、データベースを共用するための排他制御機能を開発した。これによりDB/DCと一体となってデータベース共用機能を実現している。本機能により、あるDB/DCで障害が発生しても、他のDB/DCでの運転を可能にすることによって、高い可用性・稼働率を実現でき、合わせてCPU間での処理の分散も可能となる。

データベース共用時の構成例を図1に示す。

(1) マスタスレーブ方式による高性能化

共用データベースを論理的にグルーピングし、グループ対応に排他制御を管理するマスタCPUを決める。

* 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 CPU (Central Processing Unit)
CTCA (チャンネル間結合装置)

図1 データベース共用システムの構成 データベースを共用する計算機システム間をCTCAで結合し、データベースアクセスの排他制御を行う。

マスタCPU下のDB/DCがマスタCPU管理のデータベースにアクセスする場合、同一CPUで排他制御する。

一方、他のCPUが管理しているデータベースにアクセスする場合、マスタCPUに排他情報を通信してアクセス許可を求める（これをスレーブアクセスと言う）。このため、業務処理対応にマスタCPUを決めるなど、マスタCPUからのアクセス比率を高めることによって、高性能なシステム間データベース共用システムを実現することができる。

共用データベース環境下の排他制御の概念を図2に示す。

(2) オンラインバックアップ機能による障害対策

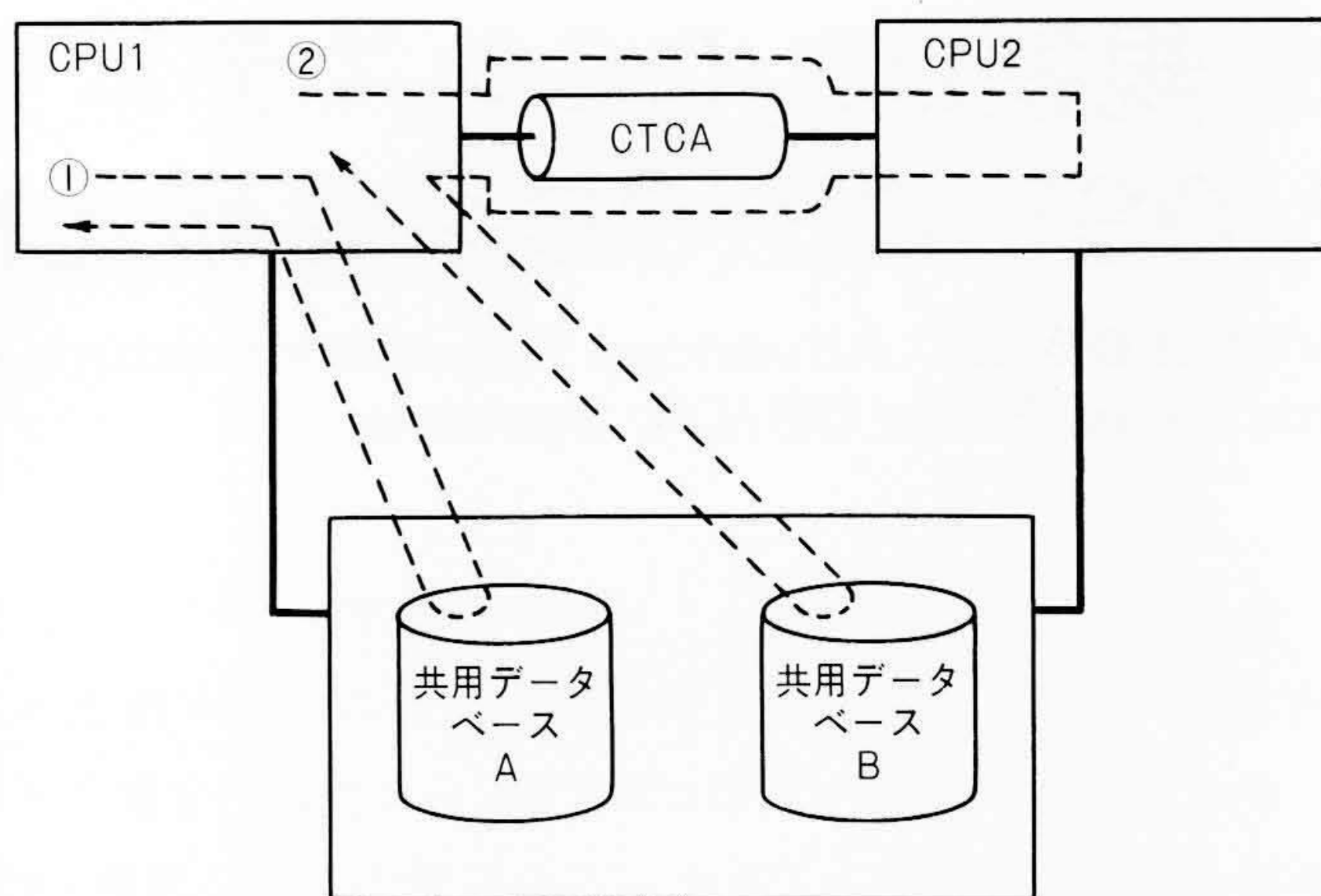
CPU障害時には、動作しているDB/DCシステムとともにARF自体も動作できないため、マスタCPUで管理しているすべてのデータベースがアクセスできなくなる。

このためARFでは、バックアップCPUをあらかじめ設定しておくことができるようにしている。これにより排他情報をバックアップCPUへ通信するので、CPU障害時にマスタCPUを直ちに交代できる。バックアップCPUへの排他情報の通信は、データベースの一括更新直前にまとめて行うことでCPU間連絡のオーバーヘッド増分の削減を図っている。

オンラインバックアップ機能によって、図3のようにデータベースへのアクセス不可期間が短縮できる。

4 ホットスタンバイ再開機能

実行系のDB/DCのバックアップとして、予備機にオンライン再開処理の事前準備を完了したホットな状態でDB/DCを待機（スタンバイ）させておく。CPU・OS (Operating System)・実行DB/DCなどの主要システム構成要素に障害が発生したとき、スタンバイしているDB/DCに瞬時に切り替え、サービスを続行させる。この機能をホットスタンバイ再開機能と言う。



注：1. 共用データベースを論理的に複数のグループに分割
2. CPU間をCTCAで結合
3. CPU1は、共用データベースAをマスタとして管理
4. CPU2は、共用データベースBをマスタとして管理

凡例 ①：マスタデータ資源にアクセスする場合
②：スレーブデータ資源にアクセスする場合

図2 マスタスレーブ方式による排他制御の概念 共用データベースグループに対しマスタCPUを決め、排他制御を行う。

ホットスタンバイ再開機能の概要を図4に示す。

ARFのホットスタンバイ再開機能を使用すると、図5に示すようにDB/DC起動完了状態から再開処理を始めることができるため、システム回復時間を短縮できる。

ARFのホットスタンバイ再開機能には、自動的なシステム運用を可能とするため、更に以下の機能を備えている。

(1) システムコンソールによるデバイス自動切替機能

磁気テープ装置などのCPU間で共用できないデバイスを、システムコンソールを用いホットスタンバイ再開時に自動切替ができ、オペレーションの軽減を図ることができる。

(2) テストオンラインキャンセル機能

予備機では、テストオンラインジョブなどが実行されることが想定される。ホットスタンバイ再開後に、テストオンラインとホットスタンバイ対象オンラインが共存すると性能劣化が予想される。そこで、ホットスタンバイ再開時にテストオンラインを自動キャンセルする機能を用意している。

(3) オペレータコマンド実行機能

DB/DCの起動及びホットスタンバイ再開に際して、機器の状態変更やコマンドの投入を行いたい場合がある。このとき投入するコマンドが多いとオペレータ負荷が大で、特にホットスタンバイ再開時には回復時間にも影響する。そこで、必要な情報を事前にARF管理のデータセットに登録することによって、ARFがこの情報をオペレータの介入なしに自動実行し、オペレーションの軽減、時間短縮を図ることができる。

(4) 強制ホットスタンバイ再開機能

オンラインジョブが障害となっても、デバイス変更などによってホットスタンバイが自動的に行えない場合がある。この場合、オペレータ操作によってホットスタンバイを実行する強制ホットスタンバイ再開機能を行うことができる。

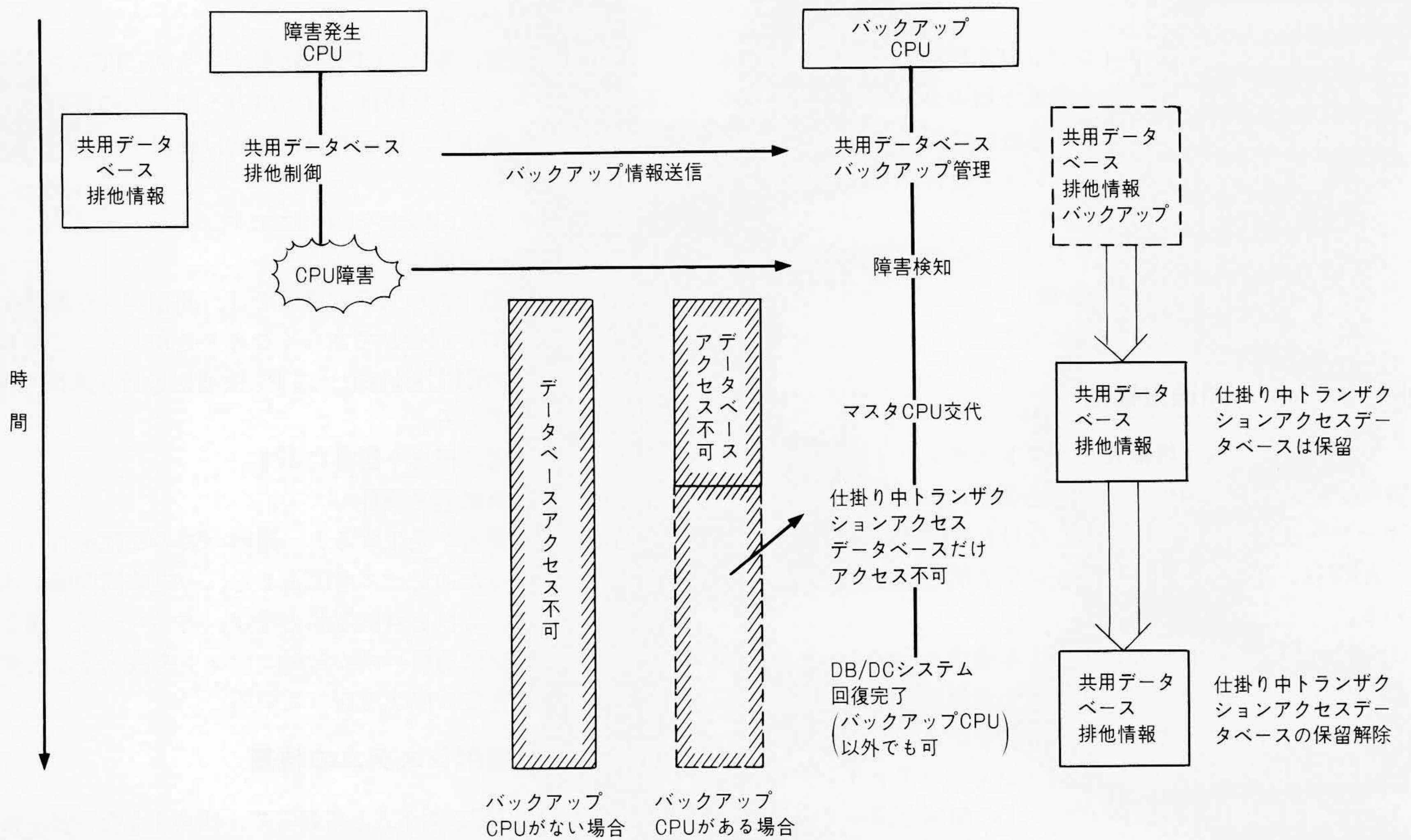
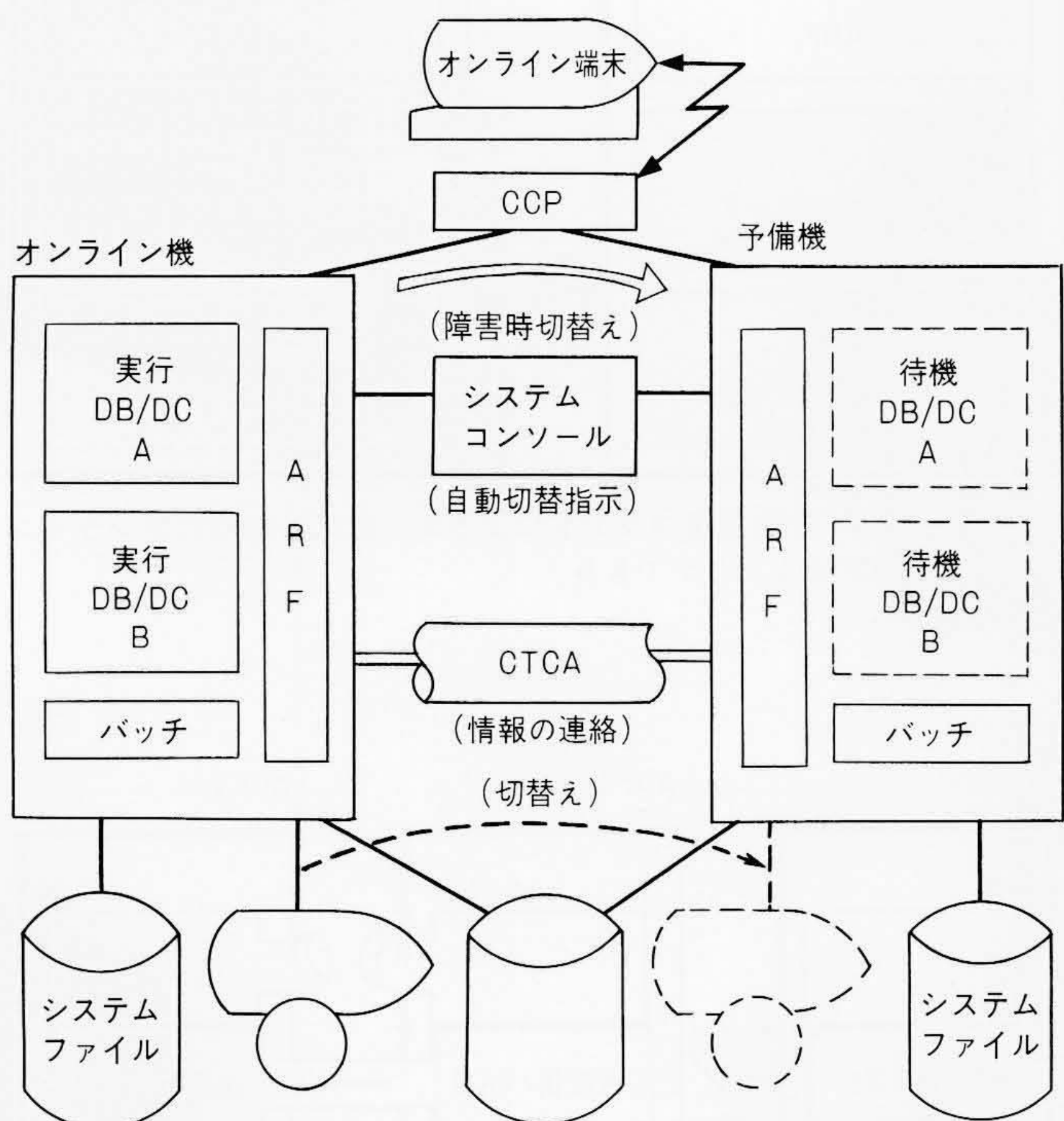


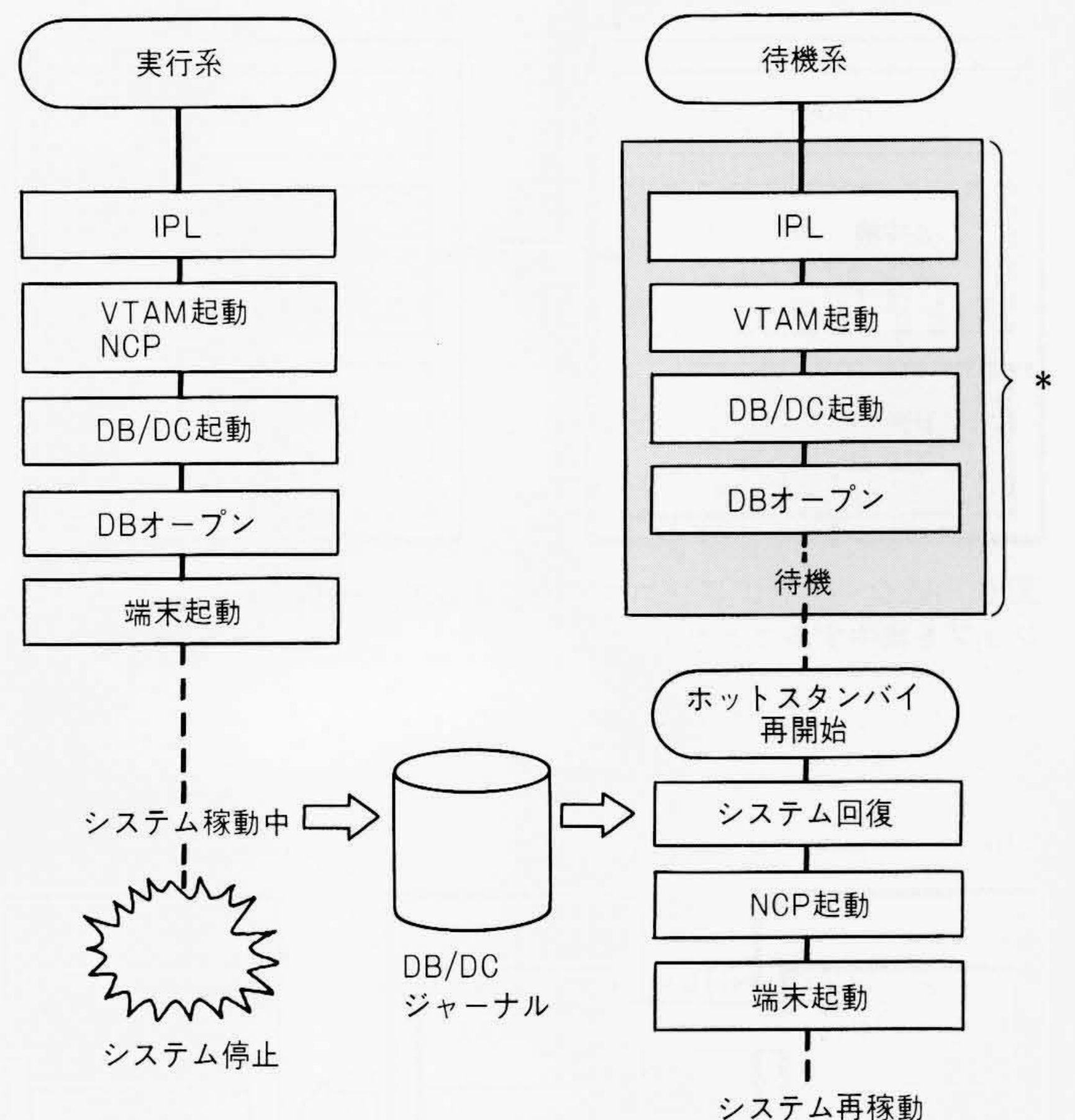
図3 データベースアクセス不可期間の短縮 バックアップ情報をバックアップCPUに送信しておくことによって、CPU障害時に備えることができる。



(非切替装置) (切替装置) (共用デバイス) (切替装置) (非切替装置)

注：略語説明 CCP (Communication Control Processor)

図4 ホットスタンバイ再開始機能の概要 実行系のDB/DCのバックアップとして、予備機にオンライン再開始処理の事前準備を完了したホットな状態でDB/DCを待機させておく。



注：略語説明など IPL (Initial Program Loader)
VTAM (Virtual Telecommunication Access Method)
NCP (Network Control Program)
* ホットスタンバイ再開始時処理済み状態

図5 システム回復時間の短縮 ホットスタンバイ再開始時に、DB/DC起動などをあらかじめ行っておくことで、システム回復時間が短縮できる。

(5) 計画切替機能

同一CPUで複数オンラインジョブを実行している場合、オンラインシステムの計画停止機能と組み合わせて、次のように計画的にホットスタンバイ再開始をできるようにしている。

- (a) 他CPUの実行オンラインジョブを自CPUの待機オンラインジョブに切り替える(統合)。
 - (b) 自CPUの実行オンラインジョブを他CPUの待機オンラインジョブに切り替える(分離)。
- それぞれの流れを図6、7に示す。

5 システム間通信機能

データベース共用機能及びホットスタンバイ再開始機能を実現するためにはCPU間連絡が必要であり、性能確保のためオーバーヘッド増分を極力削減しなければならない。

ARFは、以下のようにしてシステム間通信機能を実現している。

- (1) メッセージブロッキングによる通信オーバーヘッドの削減
CPU間連絡用の送信メッセージを送信要求ごとに送信すると、通信処理によるオーバーヘッド増分が大きなものとなる。このためARFでは、送信メッセージをバッファリングすることで、通信処理によるオーバーヘッドの削減を図っている。

(2) 通信パス交代機能

CTCAの障害に備えてCPU間に最大3台のCTCAを接続することができる。定常時は入力・出力・交代用の属性を持たせて効率よく使用し、障害時には交代、縮退を行うことで信頼性を高めている。

通信パスの交代の概念を図8に示す。

(3) 通信パスう回機能

CPUが3台以上のシステム構成では、通信パスが障害になると特定のCPUと通信ができなくなることがある。このためARFは、第3のCPUを経由してCPU間通信を行う通信パスう回機能を持っている。

通信パスう回の概念を図9に示す。

(4) 通信パス自動起動機能

通信パスに障害が発生すると、通信パスの交代を行う。一方、障害となった通信パスを閉そくし、一定時間間隔で再起動を繰り返す。これを自動起動と呼び、オペレータが通信パスの障害のたびに通信パスの起動コマンドを投入する必要がなくなり、操作性の向上を図っている。

6 ARFの適用システムの特長

ARFはDB/DCシステムと連動して、次のような特長を持つ

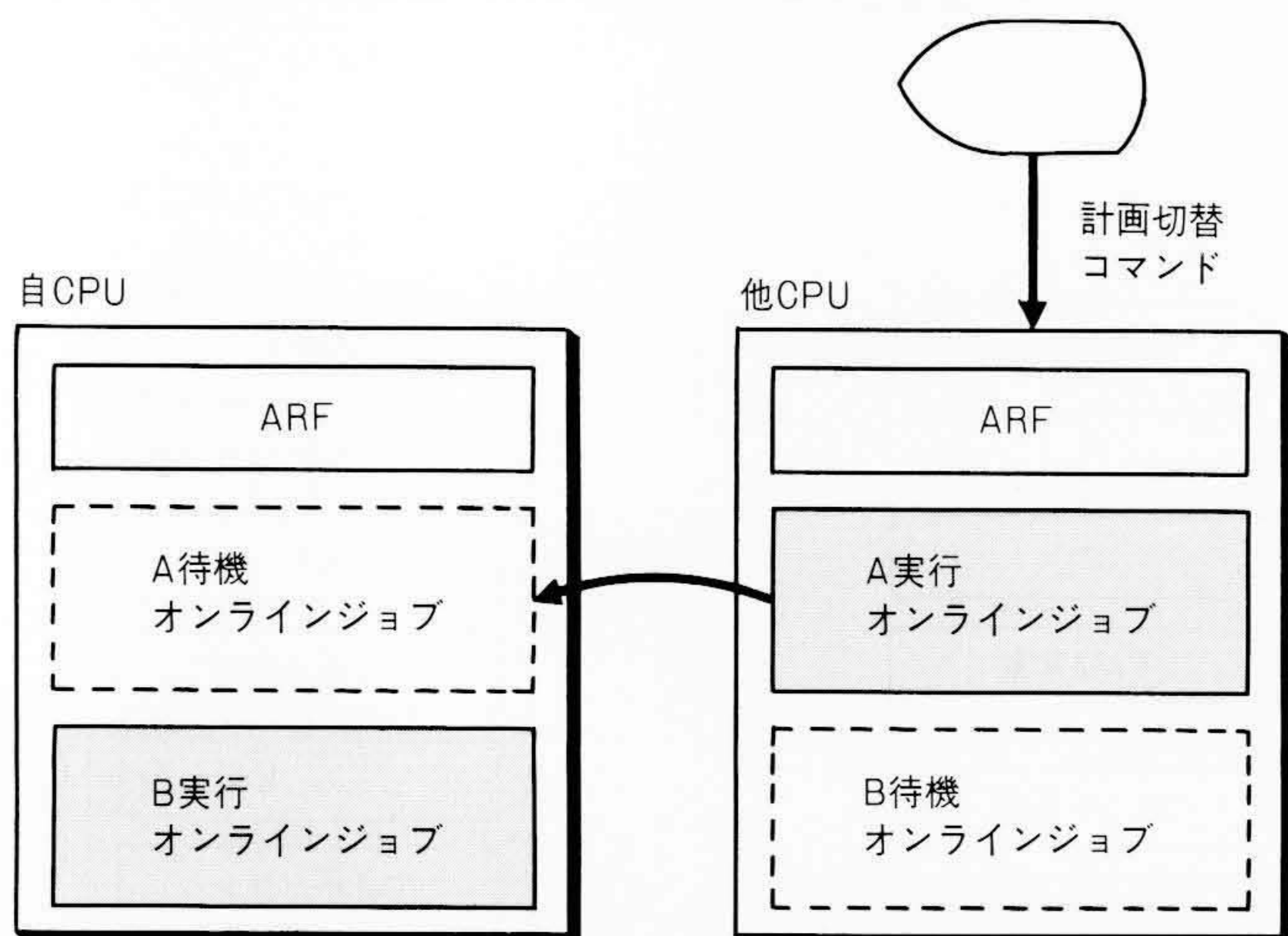


図6 統合 計画切替コマンドによって、一つのCPUにオンラインジョブを集中することができる。

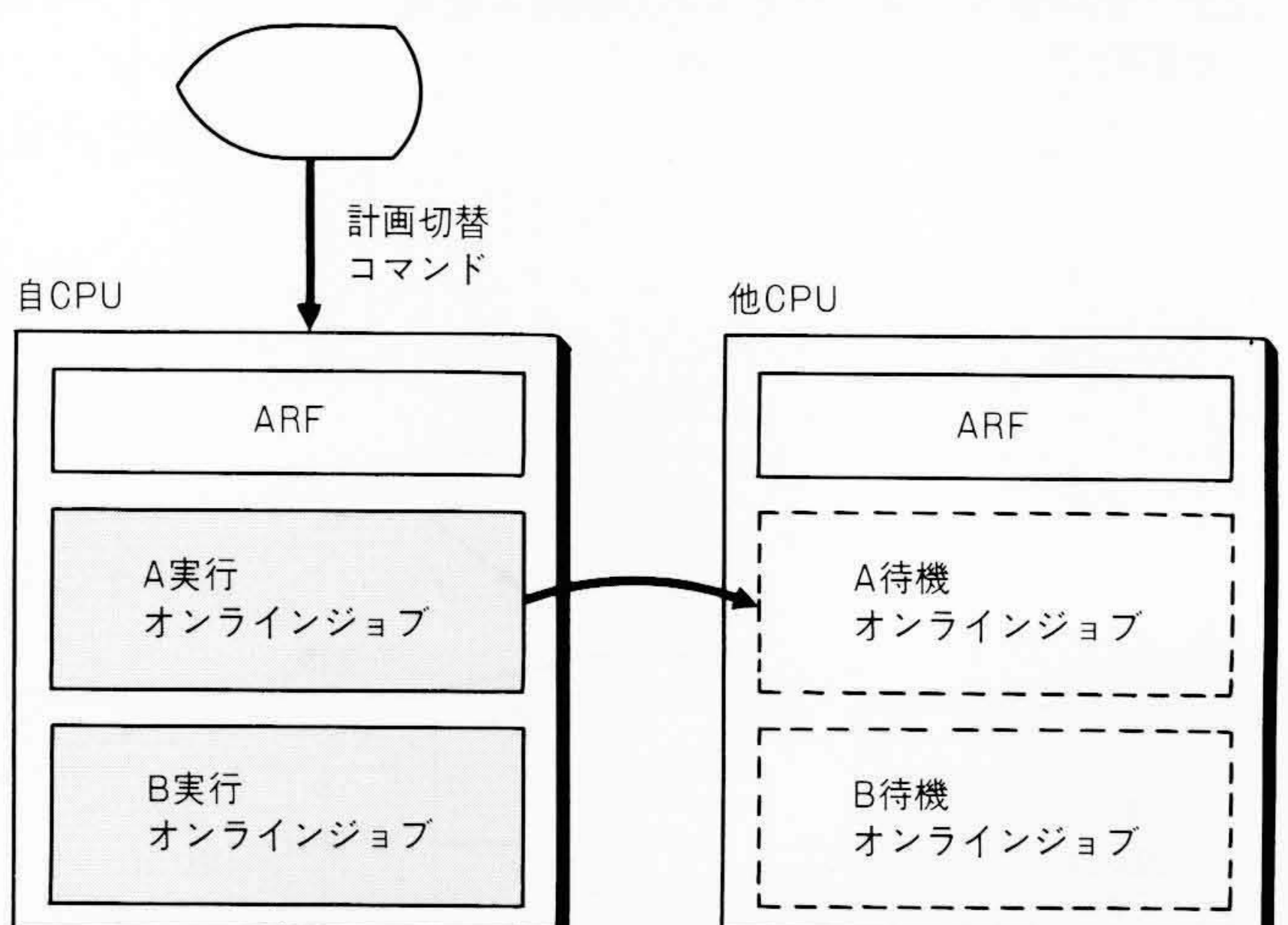


図7 分離 計画切替コマンドによって、複数のCPUにオンラインジョブを分散させることができる。

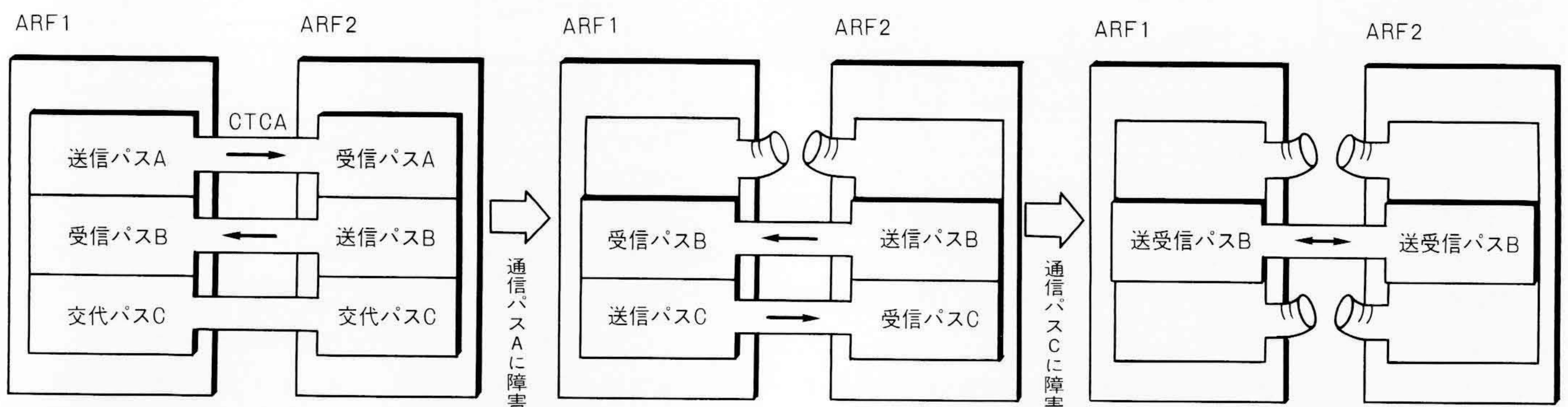


図8 通信パス交代の概要 通信パス障害時、パスの交代縮退を行う。

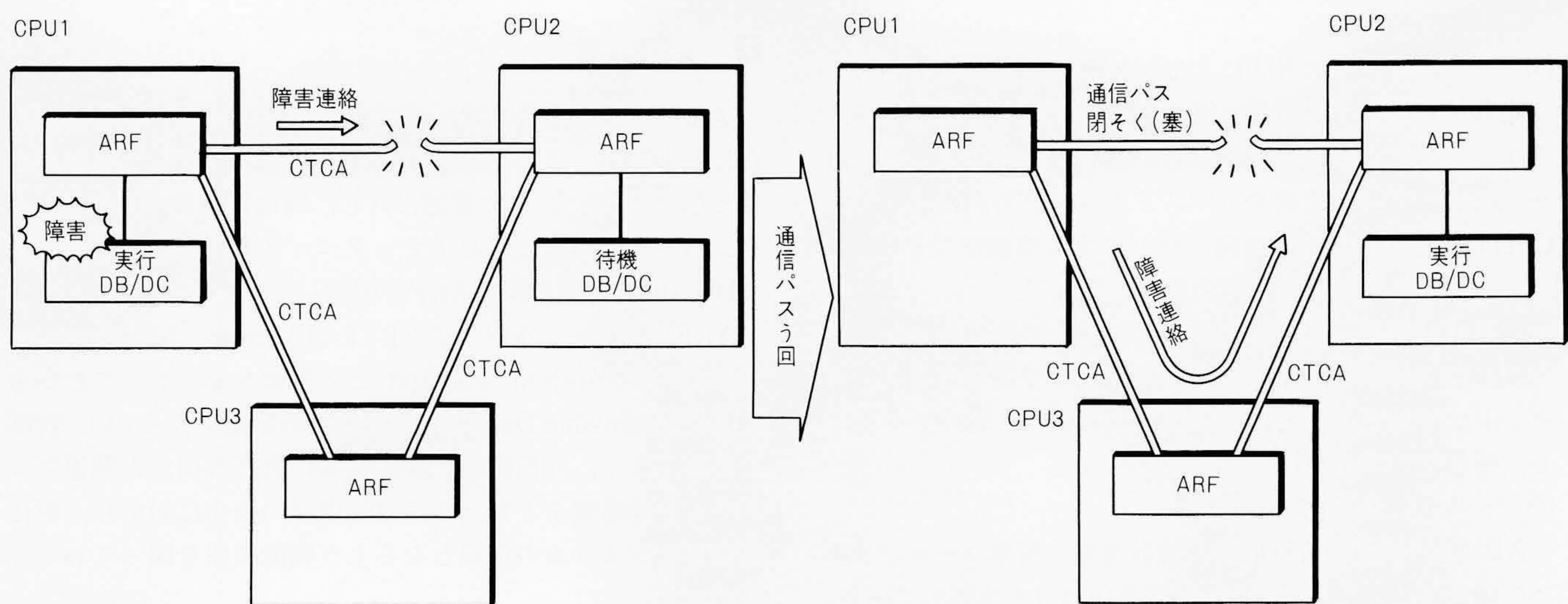


図 9 通信パスう回の概要 通信パスのう回を行い、第3のCPUを経由してCPU間通信を行う。

大規模DB/DCシステムを実現することができる。

(1) 大規模システムの実現

(a) 大規模データベース利用環境の実現

CPU間データベース共用機能によって、最大8 CPUまでの大規模データベース利用環境を実現できる。

(b) 処理分散による高性能化

CPU間データベース共用機能によって、最大8 CPUによる処理分散、並行処理をすることができる。CPU負荷の分散によって高性能なシステム構築ができる。

(c) 柔軟なシステム構成の実現

CPU間データベース共用機能によって、データベースを各CPUからアクセスでき、トランザクションを実行するCPUとアクセスするデータベースとを柔軟に接続することができる。共用データベースに関する制御はARFが定義情報に従って一括管理するので、データベースのCPU間共用化を行ってもユーザープログラムへの影響を抑えることができる。このようにして、ユーザーの必要機能に応じたシステム構成を可能にするため、ARFはその機能の柔軟な組合せによって表1のように様々な使用形態を実現できる。

(2) 高信頼性システムの実現

(a) 高速システム回復(ホットスタンバイ)によるシステム

回復時間短縮

システム異常時の回復時間短縮のため、オンライン機(実行系)のバックアップとして予備機(待機系)を設置し、オンライン機障害(OS、DB/DC障害を含む。)時に瞬時にCPUを切り替え、予備機でオンラインを続行することができ、システム回復時間が短縮されシステムの稼働率が向上する。

(b) CPU間データベース共用によるデータベースシステム稼働率向上

CPU間データベース共用機能によって、相互に接続された複数のCPU間でデータベースの共用を可能にして、データベースがより自由にアクセスできる。ARFは、データベースの排他情報を一括管理して、各CPU間のデータベースの排他制御を行っている。これによって、1台のCPUで障害が発生してもデータベースが接続されている他のCPUでデータベースをアクセスする処理を代替できるので、データベースシステムの稼働率及び可用性が向上する。

(3) 高性能化への対応

(a) CPU負荷の分散

データベース共用機能によって、業務プログラムを変更することなくCPUを増加させることができ、CPUへの負荷の分散が容易にでき、高トラフィックシステムに対応す

表1 ARFの使用形態 機能の組合せによって、様々な使用形態を実現できる。

項番	使用形態	プロセッサ	システム コンソール	CTCA	CPU間 共用磁気 ディスク	備考
1	マルチDB/DCでのデータベース共用システム	シングル プロセッサ	—	—	—	主として テスト用
2	ホットスタンバイなしのCPU間データベース共用	マルチ プロセッサ	—	○	○	
3	ホットスタンバイシステム(CPU間データベース共用なし)		○	△	—	
4	ホットスタンバイシステムCPU間データベース共用		○	○	○	

注：○(必要なデバイス), —(不要なデバイス), △(なくてもよいデバイス)

ることができる。

(b) マスタスレーブ方式によるシステム最適構成の実現

定義情報により共用データベースをグループ分けして、グループ対応に排他制御を管理するマスタCPUと、それ以外のスレーブCPUを決めるマスタスレーブ方式によって、CPU間連絡回数の削減を図ったシステム構築ができる。

(4) オンライン運用・操作性の向上

(a) 運用支援データセットの導入による操作性の向上

DB/DC起動前などに投入するコマンドを運用支援データセットに登録することによって、オペレータ操作を不要とし、操作性の向上を図っている。

(b) システム最適化設計支援

ARF統計情報の自動取得、統計情報の編集ユーティリティの提供によって、システムの最適化設計を支援している。

(c) モニタデータセットの導入によるオンライン運用・操作性の向上

モニタデータセットの導入によって、オペレータがARFの開始モードを意識しなくてもよいように状態管理するなど、オンライン運用・操作性の向上を図っている。

7 結 言

金融業界での第3次オンラインシステム構築の本格化にみられるように、より信頼性の高い大規模システムの実現が必要となっている²⁾。この課題に対し、既に開発済みのホットスタンバイ機能を基に新たにデータベース共用機能を合わせ持つDB/DC高信頼化機能ARFを開発した。

ARFは現在、TMS-4V/SP (Transaction Management System-4V/System Product)との連動を完了し、これからXDM (Extensible Data Manager)との連動を行っていく計画である。また、通信機器、周辺機器の管理の面から関連プログラムとの連携を取り、ユーザー環境の変化に対応し、更に高信頼化システムの中核となるよう機能拡張を図っていく計画である。

参考文献

- 1) 日経コンピュータ, 高信頼性に期待高まるフォールトトレラントコンピュータ, p.87~95(1985.6.10)
- 2) 日経コンピュータ, 金融機関に革命もたらす第3次オンラインいよいよ本番, p.40~76(1987.10.12)

論文抄録

スリップキャストニング成形における脱水速度の解析

日立製作所 祖父江昌久・酒井淳次・他1名
窯業協会誌 95-3, 309~315 (昭62-3)

セラミックスのスリップキャストニング法は、古くから陶磁器などの成形法として用いられ、複雑形状品を比較的容易に成形できる特徴があるが、一方では成形に長時間を要し、また厚肉品では着肉層内に粒子の充てん密度差が生じやすいなどの問題がある。これらの点を解決し、精密成形法としてスリップキャストニング法を利用するには、本プロセスの脱水着肉過程での脱水速度制御が重要で、このためにはまず第一に、プロセスを支配する脱水速度理論の検討が必要である。

本論文では、スリップキャストニング成形の原理が、多孔質体である着肉層によるスラリー中の水分の滲過プロセスであると仮定して、簡単なスラリー脱水実験を行い、脱水機構を検討した。

多孔質体中の流体の流れについては、Darcyの法則が知られている。長さ L の多孔質体中を透過する流体の流速 Q は、次の式で表される。

$$Q = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{L} \dots\dots\dots(1)$$

スリップキャストニング成形に当てはめると、 Q は脱水速度、 μ はスラリー媒体の水の粘度、 L は着肉層の厚さ、 ΔP はセッコウ型の毛管吸引圧に等しい。 k は透過度と呼ばれ、着肉層の性状により決まる材料定数である。スリップキャストニング成形では、時間の経過とともに着肉層の厚さ L が増加するため、脱水速度 Q は時間の経過とともに小さくなる。

透過度 k は脱水速度を規定する重要なパラメータで、Carman及びKozenyは、多孔質体の透過度 k の式として次式を提案している。

$$k = \frac{(1-f)^3}{f^2 S_o^2 k'} \dots\dots\dots(2)$$

スリップキャストニング成形では、 f は着肉層の粒子体積率、 S_o はスラリーに用いるセラミック粒子の比表面積である。 k' は圧粉体を用いたCarmanの実験によれば多くの場合5程度の値となり、これをKozeny定数と呼んでいる。

実際のスリップキャストニングでは、着

肉層の粒子充てん率 f が時間の経過とともに小さくなることが実験的に分かり、この点を考慮して脱水速度 Q の計算式を、(1)式及び(2)式を用いて導いた結果、スリップキャストニング成形での脱水速度 Q の計算式として、次の(3)式を得た。

$$Q = \frac{1}{\mu S_o^2 k'} \cdot \Delta P \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{L f^2}{(1-f)^3} \right]_i} \dots\dots(3)$$

この式は着肉層を脱水方向に n 個の要素に分割して、 Q を求める式である。実際に Si_3N_4 スラリーを脱水着肉させる実験で、 Q 、 L 及び f を実験的に求め、また別途 μ 、 S_o 及び ΔP を実測した。これらの数値を(3)式に代入してKozeny定数 k' を求めた結果、 $k'=6.2$ の値を得た。また、逆に $k'=6.2$ として(3)式で求めた Q の時間変化は実測とよく一致し、このことから、スリップキャストニングの成形原理は、着肉層をフィルタとするスラリーの滲過プロセスで、脱水速度はDarcyの法則に従うことが示された。