

# DCNA データベースアクセスプロトコルの主要機能

河津誠一, 柴崎泰三, 大沼幸平 (電電公社横須賀通研), 阿折義三 (日本電気)  
鈴木康文 (日立製作所), 三浦寿男 (富士通), 吉田 勇 (沖電気工業)

## 1. はじめに

データ通信網アーキテクチャ (DCNA) は、異機種を含む各種の計算機や多様な端末等を接続する様々な形態のデータ通信網に対して、標準的に適用できるネットワークアーキテクチャであり、その基本概念、メッセージ転送、ファイル転送/アクセス、ジョブ転送等のプロトコルについては既に報告した。(1),(2),(3),(4),(5)

本稿は、DCNA の基本概念に立脚して、データ通信網上の種々のデータベースの利用を可能にするために必要なプロトコルとその主要な機能に関する報告である。

まず、章2及び章3でデータベースの利用の考え方及びプロトコル設計の基本方針を述べ、次に、章4以降でプロトコル設計に必要な概念及びプロトコルとして規定する主要な機能等規定上の問題と対処方法について述べる。

## 2. データ通信網におけるデータベースアクセスの考え方

### 2.1 共通なデータベースモデル

データ通信網には、一般に種々のタイプのデータベースモデルに基づいたデータベースが存在する。これらのデータベースをデータ通信網内の各ノードの利用者(データベース管理システム)間で利用するためには、データベースモデルの異種性を解決する必要がある。

異種性を解決する方法としては、データ通信網内の各ノードの利用者が共通に認識できるデータベースの構成とそのデータベースの操作法を対とした共通なデータベースモデルを設定することが有効である。

すなわち、各ノードでは、自データ

ベースモデルをこの共通なデータベースモデルに変換することで、他ノードからのデータベースの利用を可能にすることができる。

本稿では、この共通なデータベースモデルとして統合形データベースモデルを提案している。

### 2.2 データベースアクセスの形態

DCNAデータベースアクセスプロトコルでは、他ノードのデータベースをアクセスする形態を3つに分類した。

#### (1) 遠隔形

遠隔地の単一ノードに集中配置された一つのデータベースをアクセスする形態である。

#### (2) 統合形

遠隔地の複数のノードに集中配置された複数のデータベースを同時にアクセスする形態である。

#### (3) 分解形

一つのデータベースを複数のノードに分解配置し、これらにアクセスする形態である。

図1に3つの形態の概念を示す。

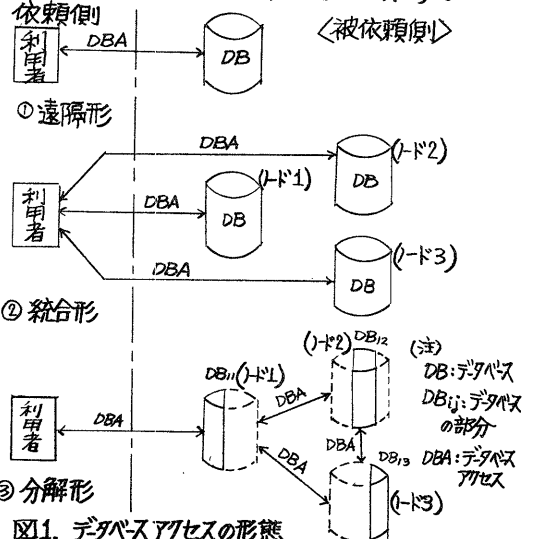


図1. データベースアクセスの形態

### 3. 基本方針

DCNAデータベースアクセスプロトコル設計にあたって、前述の考え方を前提として次の方針を設定した。

- (1) データベースアクセスの形態は、単一又は複数のノードに集中配置されたデータベースへのアクセスすなわち遠隔形と統合形とする。分解形については、今後の検討課題とする。
- (2) 異種データベースモデルとして、階層モデル、ネットワークモデル及びリレーショナルモデルを対象とする。
- (3) 複数ノード上の複数データベースの同時更新を可能とする。
- (4) データベースアクセスプロトコルは、機能制御レベル<sup>(2)</sup>に位置づけ、システム機能層<sup>(2)</sup>及び応用機能層<sup>(2)</sup>のプロトコルとして設定する。

### 4. 基本概念

#### 4.1 仮想データベース

DCNAにおけるネットワークは、実システムが保有する物理装置等からネットワーク資源としてモデル化を行った論理ネットワーク(LN)と、LNからサービス対応に切り出した仮想ネットワーク(VN)とによって階層化されたネットワーク構成をなしている。<sup>(2)</sup>

データベース資源についても上述のネットワーク構成に対応したモデル化を行う。

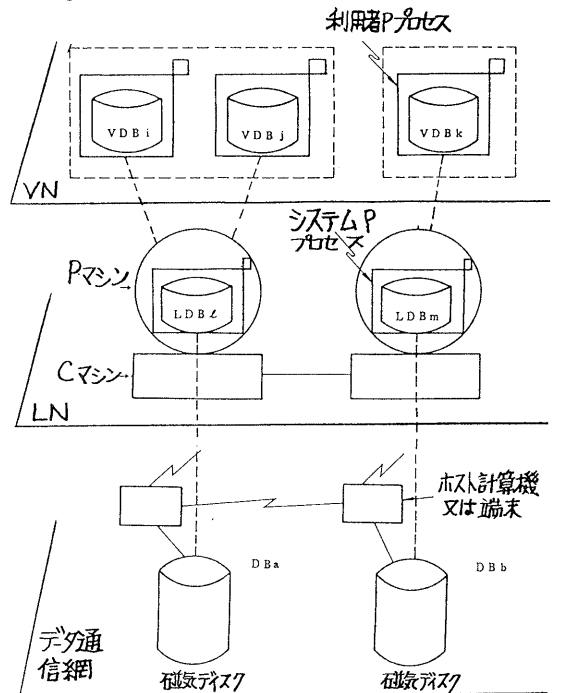
各ノードの実システムが保有するデータベースを論理データベース(LDB)としてLN上にモデル化する。更に、LDBからサービス対応にVN上に仮想データベース(VDB)として切り出す。これらの関係を図2に示す。

VDBは、依頼側の利用者処理プロセス(UPP)<sup>(2)</sup>が通信上で共通に認識できる構成となっている。

すなわち、各ノードにおける種々の既存データベースをDCNAの世界で利用するために、前述の共通なデータ

ベースとしてモデル化したものがVDBである。

VDBの構成については、章5で述べる。



(注) --- 対応関係  
□ □ 同一ノード

図2. ネットワークとデータベース

#### 4.2 仮想データベースシステム

(1) 仮想データベースシステムの構成  
依頼側のUPPに対して、VN上に定義されたVDB及びVDBを操作する機能を提供する主体として仮想データベースシステム(VDBS)を設定する。

すなわち、VDBSは被依頼側(VDB存在側)のUPP、そのUPPが管理するVDB及び利用者通信プロセス(UCP)<sup>(2)</sup>から構成される。(図3)

#### (2) VDBSの機能

VDBSの機能として、次の機能を設定した。

##### (A) VDBアクセス

VDBをアクセスするために必要な機能であり、VDBの検索及び更新を

可能にしている。

(B) VDB制御

VDBの同時更新を可能とするために必要であり、排他制御及び救済制御を可能にしている。

(C) VDB管理

(A)及び(B)の操作に先きがけが必要となるVDBの構成及び状態情報の参照を可能にしている。

(D) 機能重畳

通信回数の削減のため有効な機能であり、上記(A)及び(B)の機能を同時に複数使用可能にしている。

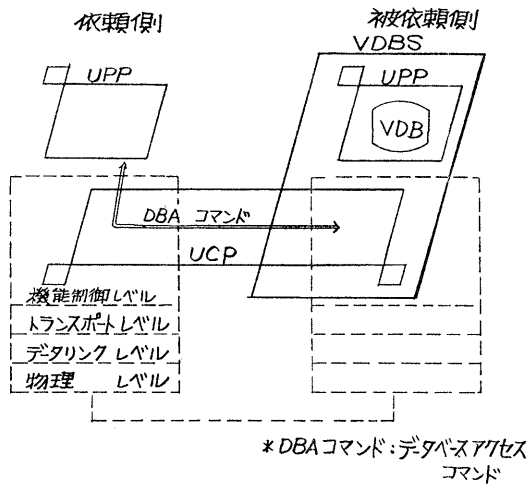


図3 仮根データベースシステム(VDBS)

5. 統合形データベースモデル

データベースアクセスプロトコル(DBAP)を規定するためには、アクセスの対象となるデータベースの構成と操作機能を対としたデータベースモデルを規定する必要がある。

本章では、階層モデル、ネットワークモデル及びリレーショナルモデルと整合性が高く、通信回数・通信量の極小化を可能とするために創案した統合形データベースモデルについて述べる。

データベースモデルは、現実世界の情報をデータベース中で、意味ある実体として表現したもの(CODASYL仕様の場合はレコードに相当する)相

互間の関係に着目すると、構造形及び内容形の二つのモデルに大別することができる。(表1)

表1 既存データベースモデルの概要

項目	構造形データベースモデル	内容形データベースモデル
概念	レコード間の関係を構造で表現する。	レコード間の関係を構造では陽に表現せず属性の具体的な値により表現する
データ構造	・順構造 ・木構造 ・ネットワーク構造	なし(表構造)
検索方法	構造検索が主体	内容検索
操作単位	単一データが主体	集合データ
代表的モデル	・ネットワークモデル ・階層モデル	リレーショナルモデル
DBMS例	・CODASYL型DBMS (ADBS, AIM, DEIMS) ・IMS, ADM	・SYSTEM-R ・INGRES

また、情報の表現に必要な主要な要素と既存の階層モデル、ネットワークモデル及びリレーショナルモデルの各要素を対応づけると表2に整理できる。

表2 情報の表現要素と既存データベースモデルとの対応

要素	データベースモデル	ネットワークモデル	階層モデル	リレーショナルモデル
要素A: 意味のある実体の静的に関係づけられた集合を表現する要素	—	—	1次データベース 2次データベース	—
要素B: 意味のある実体間の関係を静的に表現する要素	—	セット	—	—
要素C: 意味のある実体を表現する要素	レコード	セグメント	リレシオン	—
要素D: 実世界の情報の属性の繰返し等を表現する要素	データ集合体	—	—	—
要素E: 実世界の情報の属性を表現する要素(データの最小単位)	データ項目	フィールド	アトリビュート	—

\* ネットワークモデルの用語はCODASYL仕様の用語を用いている。

したがって、一般的には表2の要素Aから要素Eの全ての要素を持つデータベースモデルを設定すれば、基本方針で述べた3つのデータベースモデルを包含し、且つこれらと整合性の高いデータベースモデルを実現することが可能である。

統合形データベースモデルのデータベースは、上記の考えと次のような各要素の不可欠性または、有用性に基づいて決定した要素A～Eによって実現される。

(1) データの最小単位である要素E(データ項目、フィールド、アトリビュート)及び既存のデータベース管理システムでの操作時の基本単位である要素C(レコード、セグメント、ソリューション)は、データベースの表現及び操作に不可欠であり、統合形データベースモデルには必須である。

(2) 要素D(データ集合体)はCOBOLやPL/I等の高級言語にも導入されており、その概念は汎用的であること、複数の要素Eを一括して表現できるため、DBAPの操作機能の高水準化の目的に適合することから、統合形データベースモデルとして有用である。

(3) 要素Bはネットワーク構造や木構造等のデータ構造を陽に且つ静的に表現するために不可欠な要素であり、統合形データベースモデルには必須である。

(4) 要素Aは複数の意味ある実体を静的に木構造として関係づけた集合であり、機能的には要素B及び要素Cを用いることにより代替表現が可能である。

しかし、一般にデータベースの操作では多段にわたるセットを用いることが多いため、木構造全体をアクセス単位にできる本要素を導入すれば、操作機能の高水準化が可能となり通信回数・通信量の削減が図れる。したがって統合形データベースモデルには有用な

機能である。

## 5.2 統合形データベースモデルに基づいた仮想データベースの構成

本節では、5.1節で設定した統合形データベースモデルに基づく仮想データベース(VDB)の構成について述べる。VDBの構成要素を表3に示す。

構成要素の用語は表2の中で、表現力の最も充実しているネットワークモデルに主として準拠することとした。

VDBの具体例を図4に示す。

表3 VDBの構成要素

構成要素	説	明
データ項目	DBAPで扱う最小単位であり、次の3種類がある。 ①文字列、②ビット列、③数字	
データ集合体	データ項目又はデータ集合体自身の2回以上の繰返しの集合であり、次の3種類がある。 ①バツリ、②グループ、③繰返しグループ	
レコード	データ項目又はデータ集合体の集合であり、依頼側UPPがVDBを処理する場合の基本的な単位である。レコードには、概念上のタイプを示すレコードタイプ及び個々の実体を示すレコードオカレンスがある。	
セット	論理的に関係のあるレコード間に静的に設定された親子関係である。親子に該当するレコードをそれぞれオナレコード、メンバレコードと呼ぶ。セットにはセットタイプとセットオカレンスがある	
セットグループ	一つ又は静的に木構造の関係にあるレコードの集りである。セットグループにはセットグループタイプとセットグループオカレンスがある。	

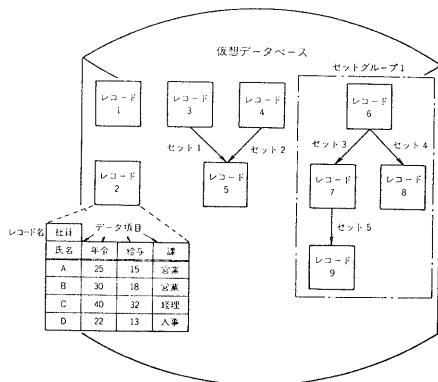


図4 VDBの具体例

## 6. 仮想データベースの操作

本章では、章5で規定した仮想データベース（VDB）に対する操作機能について述べる。

### 6.1 VDBアクセス

#### (1) アクセス機能の設定

次に示す考えに基づいてアクセス機能を設定した。（表4）

##### ① 高水準集合アクセス機能

既存の各種データベースシステムの機能差を吸収し、通信回数・通信量の削減をはかる必要性から、複数レコードオカレンス及び複数セットオカレンスを一括して扱う高水準アクセス機能を導入する。

##### ② レコード間操作の統一化

VDBに対し、構造の有無に依存しない統一的なレコード間操作を可能とすれば、プロトコル仕様を簡潔にすることができる。このため、セットに基づくレコードオカレンスの選択やレコードオカレンス間の動的な関係づけの操作を統一的に指定できる機能を規定する。

表4. アクセス機能項目

分類	機能項目	
検索機能	① レコードオカレンスの検索 ② データ項目の抽出 ③ レコード数のみの検索 ④ 転送レコード数の限定 ⑤ アクセスレコード数の限定 ⑥ ソーティング処理 ⑦ レコード選択条件式の指定	
更新機能	レコードの追加	① 対象レコード
	レコードの削除	① 対象レコードの削除 ② レコード選択条件式の指定
	データ内容の変更	① データ内容の加工 ② 多項式による加工条件の指定 ③ レコード選択条件式の指定
レコード選択機能	データ内容に基づく選択	① 定数指定 ② 算術式指定 ③ 論理式指定 ④ 動的結合指定
	セットに基づく選択	

#### (2) データ操作の高水準化と統一化の実現法

##### (A) レコード選択条件式

処理の対象とすべき複数のレコードオカレンスを一括して選択（集合アクセス）するレコード選択条件式を設定した。本条件式で選択された全てのレコードオカレンスが検索又は更新の対象となるため構造形データベースモデルにおける低水準DML機能に比べ通信回数・通信量が少なくなると共に処理手順が極めて簡潔になる。

##### (B) セット条件式

処理の対象とすべき複数のセットオカレンスを一括して選択するセット条件式を設定した。

本モデルでは、セットオカレンスの選択を「オーナレコードオカレンス及びメンバレコードオカレンス間に親子関係があるという条件を満足するレコードオカレンスの組を選択すること」と定義する。この定義により、複数セットオカレンスの選択操作を、①指定された一つ以上のレコードタイプから直積によってレコードオカレンスの組の集合を生成し、②その中から親子関係にある組を選択することで実現できると共に、動的関係づけによる選択操作との整合を図ることができる。

この考えに基づいたセット条件式及びこれを包含したレコード選択条件式全体のシンタックスを図5に示す。また、その適用例を図6に示す。

シンタックス及び適用例からわかるようにDBAPではレコードオカレンス及びセットオカレンスを同一の論理水準で並列に指定することが可能であり、操作の統一化を実現している。

### 6.2 VDB制御

統合形のアクセス形態においては、複数ノードの複数データベースの同時更新が可能であるため、個々のVDBの完全性の保証だけでなく、VDB相

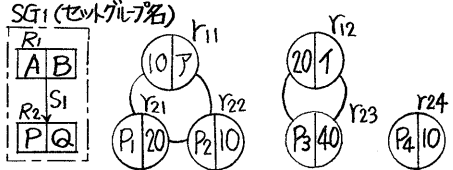
```

<レコード選択条件式> ::= <式> | NOT <式> | <式> {AND|OR} <式>
<式> ::= <単位レコード選択条件式> | <レコード選択条件式>
<単位レコード選択条件式> ::= <比較条件式> | <セット条件式>
<比較条件式> ::= <項> <比較演算子> <項>
<セット条件式> ::= セット名 ( [レコード名 | レコード変数名 ] -> {レコード名 | レコード変数名} )
<項> ::= <算術式> | データベース - 名 | 定数
<比較演算子> ::= = | < | > | <= | >= | #=

```

(注) 算術式の詳細は省略

図5 レコード選択条件式、セット条件式のシンタックス



指定法	対象	レコード選択条件式	条件合致の組
セット条件のみ	R1, R2	SI (R1 -> R2)	(r11 r21), (r11 r22) (r12 r23)
比較条件 (動的結合)	"	R1.A = R2.Q	(r11 r22) (r11 r24)
比較条件とセット条件の両方	"	R1.A = R2.Q AND SI (R1 -> R2)	(r11 r22)
比較条件 (単純比較)	"	R2.Q >= 40	(r11 r23) (r12 r23)
対象が1つ	R2	R2.Q >= 40	(r23)
セットグループを対象	SG1	R1.A = R2.Q	(r11 r22)

図6 レコード選択条件式の適用例

互の完全性の保証も必要になる。  
本節では、このため設定した排他制御及び救済制御について述べる。

6.2.1 排他制御

複数の実行主体がVDBを同時に更新するとVDBの内容に矛盾が生じる可能性がある。これを防止するため排他制御機能としてVDB資源の占有/解除機能を設定する。

\*一つの依頼側UPPより複数の独立した処理を一つの被依頼側UPPに依頼する場合、二つの独立した処理を被依頼側で区別するために導入した。  
\*\* VDBを通して見えるLDB

排他制御機能設定にあたっては、① 実行主体の同時走行数(多重度)を極力多くすること、② 異種データベース管理システムに適用可能なこと、③ 複数のノードにまたがって発生するデッドロック(

グローバルデッドロック)等を考慮する必要がある。

(1) 占有単位

実行主体が占有するVDBの範囲を占有単位として設定した。

占有単位としては、VDB全体と表3に示すVDB構成要素であるデータ項目、データ集合体、レコード、セット、セットグループのすべてが考えられる。セットとセットグループはレコードで代替可能であること及びデータ集合体、データ項目については二つを包含するレコード単位であっても一般には実行主体の同時走行数に問題がないことから占有単位としては、VDBとレコード(レコードに属する全てのレコードオカレンス、ある条件を満足するレコードオカレンス)とした。

(2) 占有モード

ある処理を行うにあたり、その処理に必要なVDB中のデータのうち真に占有する必要な部分は多くない場合もある。そこで、同時走行する他の実行主体に対してそのVDB資源をどの程度まで共用させるかを指定可能にするため、占有モード(表6)を設定した。

表6に示すようなきめ細かい占有モードの指定を可能とすることにより、実行主体の同時走行可能な組合せを増大することができる。

(3) 2層化排他制御

排他制御には、依頼側から占有機能

表6 占有モード

占有モード		機能	記号
共用許可モード	利用モード		
	RETRIEVAL	VDBを検索目的で利用し、他同時利用者との共用意志がある。	R
	UPDATE	VDBを更新目的で利用し、他同時利用者との共用意志がある。	U
PROTECTED	RETRIEVAL	VDBを検索目的で利用し、同一利用モードの他同時利用者との共用意志がある。	PR
PROTECTED	UPDATE	VDBを更新目的で利用し、利用モードがRETRIEVALの他同時利用者との共用意志がある。	PU
EXCLUSIVE	RETRIEVAL	VDBを検索目的で利用し、他同時利用者との共用意志がない。	ER
EXCLUSIVE	UPDATE	VDBを更新目的で利用し、他同時利用者との共用意志がない。	EU

占有しておき、このうち実際にアクセスした範囲のみ暗示排他制御を使って明示排他制御と同一かそれより強い占有モードで占有することにより、両排他制御の欠点を補完す

を用いてVDB資源の占有(占有単位、占有モード等を陽に指定する明示排他制御と陽に指定しないでVDBのアクセス機能や後述の救済制御機能にあらかじめ特定の意味を持たせておく暗示排他制御がある。

明示排他制御では、実行主体はあらかじめ選択対象となる可能性のある範囲を指定占有モードで占有することができる。

この結果、同時走行の実行主体とのVDB資源の競合による走行中断をとまなうことなく、アクセスを完遂することができる。しかし、実際にアクセスするVDB資源よりも一般に広い範囲を占有することになり、同時走行可能な実行主体数の減少をまねくという欠点がある。

一方、暗示排他制御では実際にアクセス対象となるVDB中のデータのみを指定占有モードで占有するため、一般に明示排他制御より同時走行可能な実行主体数を多くすることができる。しかし、実行主体が多数のレコードを一括して選択する場合、競合によるレコード選択の中断が生じ、レコード選択完了までの時間が長くなるという欠点がある。

そこで、明示排他制御を使ってアクセスに必要な範囲を弱く占有モードで

\*表6の占有モードの強弱関係は次のとおり。

$$\{ER\} > PU > \{U\} > R$$

る2層化排他制御を導入した。

CODASYL系のデータベース管理システム(DBMS)に代表される性能を重視したDBMSでは、2層化排他制御を使用可能にしているものが大部分である。また、リレーショナルモデル指向のDBMSに代表される使い易さを重視したDBMSでは暗示排他制御を中心とし、一部に2層化排他制御を使用可能としている。二水らのことから、2層化排他制御は既存のDBMSとも高い整合性をもっているといえる。

#### (4) グローバルデッドロック対策

依頼側がVDB資源を占有するコマンドを発行したが、そのVDB資源を占有できない場合、そのコマンドを無効にする方式(エラー方式)と占有できないまで待ち制御を行う方式(ウェイト方式)がある。またウェイト方式には、①占有コマンド発行後一定時間経過しても待ちが解けない場合、複数ノードにまたがってデッドロックが発生したとみなし、それまでの処理を無効にする時間監視方式、②デッドロックが複数ノードにまたがって発生していないかどうかを検出するグローバルデッドロック検出方式の2方式が考えられる。

グローバルデッドロック検出方式は、現在研究段階にあることから、今後の課題とし、今回はエラー方式及び時間監視方式を導入し、両方式の選択を可能とした。

## 6.2.2 救済制御

VDBへのアクセス中に発生する各種の障害からVDBの完全性を保証するため救済制御機能を設定した。

### (1) 論理処理単位

依頼側の一つの意味ある処理の進捗と複数の被依頼側のVDB処理（更新及び復元）の同期がとれないと、VDB相互の完全性の保証ができない。このため、実行主体対応に各被依頼側でVDBの更新及び復元を保証する期間として論理処理単位という概念を導入する。論理処理単位内で更新対象となったすべてのVDBの実更新を保証することが可能なとき、この論理処理単位に関するVDB処理間の同期がとれることになり、VDB相互の完全性が保証される。

### (2) 2層コミットメント

複数のVDBの同時更新を行う時、あるVDBは論理処理単位内の実更新を保証しうるが、他のVDBでは何らかの障害により実更新を保証し得ず、論理処理単位の開始時の状態にしかもどすことができない場合が発生しうる。これは、VDB相互の実更新の同期がとれず矛盾が生じている状態である。このような状態を回避するため、論理処理単位内で更新対象となったVDBの実更新が保証されたかを問合せる機能（SAVEMARKコマンド）を導入する。本コマンドを発行することにより、論理処理単位内で更新対象となった全てのVDBの実更新を完遂させる（SAVEENDコマンド）か論理処理単位の開始時の状態にVDBをもどす（ROLLBACKコマンド）かを依頼側で選択可能となり、複数VDBの完全性を保証することができる。本方式を2層コミットメント（図7）といい、データベースアクセスプロトコルとして導入した。

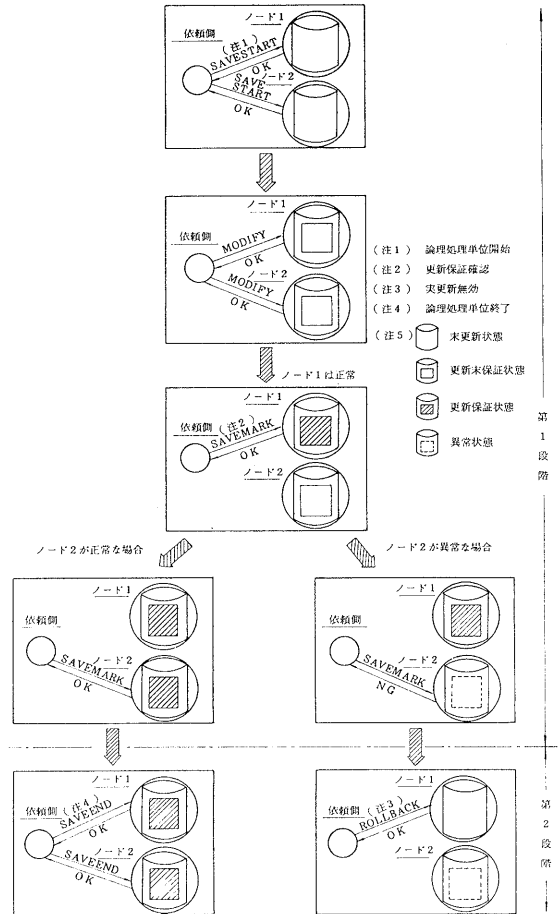


図7 2層コミットメントによる救済制御

## 7. データベースアクセスコマンド

データベースアクセスプロトコルとして規定したコマンド一覧を表7に示す。

また、データベースアクセスコマンドの発行例を図8に示す。

## 8. おわりに

DCNAデータベースアクセスプロトコルについて規定の考え方及びプロトコルの主要機能について述べた。その主な特徴は以下のように整理できる。

① 既存のデータベースモデル（ネットワークモデル、階層モデル及びリレーショナルモデル）との整合性の高い仮想データベースの構成及びその操作を実現した統合形データベースモデル



表.8 データベース アクセスコマンド

種別	コマンド名	機能概要	
アクセス	開始終了	OPEN	仮想データベースを活性化する
		CLOSE	仮想データベースを非活性化する
	データアクセス	RETRIEVE	条件を満足するレコードオカレンスのデータ項目値を取り出す
		MODIFY	条件を満足するレコードオカレンスのデータ項目値を変更する
		INSERT	新たなレコードオカレンスを仮想データベースに追加する
		DELETE	条件を満足するレコードオカレンスを仮想データベースから削除する
		CONNECT	レコードオカレンスをセットオカレンスに紐付ける
	DISCONNECT	レコードオカレンスをセットオカレンスから切断する	
	制御	排他制御	LOCK
UNLOCK			占有したVDB資源を解放する
救済制御		SAVSTART	論理処理単位の開始を宣言する
		SAVEMARK	仮想データベースの更新を保護する
		SAVEEND	論理処理単位の終了を宣言する
ROLLBACK	仮想データベースの更新を無効にする		
管理	DISPLAY	VDB属性情報を通知する	
機能変置	SUPERPOSE	同時に複数の処理を行なう	
結果通知	Rxxxx <sup>(注)</sup>	コマンドの処理結果を通知する	

(注) xxxは番号1~16のコマンド名に対応する

[依頼例]

[被依頼例]

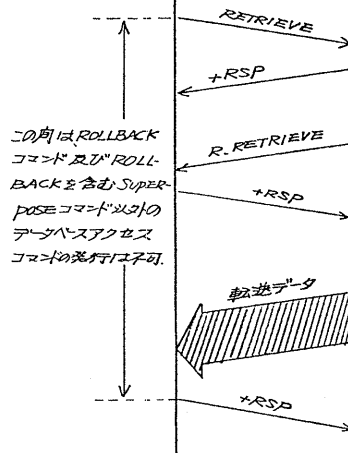


図8 コマンド発行例

研究会資料, 16-4, 1978

- (2) 伊東他: DCNAの論理構造, 通研実報, Vol.27, No.11, 2291 1978
- (3) 真汐他: DCNAの機能制御シリアル及び仮想端末仕様, 通研実報, Vol.27, No.11, 2235, 1978
- (4) 宮澤他: DCNAのファイル転送/アクセスプロトコル, 分散処理システム研究会資料25 1979
- (5) 宮澤他: DCNAのジョブ転送プロトコル, 分散処理システム研究会資料6-2, 1980
- (6) 河津他: 統合形データベースモデルを用いたデータベースアクセスプロトコル, 55年度情報全国大会 4F-1, 1980
- (7) 南 他: 異種データベース管理システム間制御プロトコルの一提案, 55年度情報全国大会, 4F-2, 1980

② 通信回数・通信量の極小化を実現した高水準アクセス機能  
 ③ 複数データベースの同時更新時におけるデータベースの無矛盾性の保証を実現した排他・救済制御  
 今後は、今回規定したプロトコルの評価とプロトコルの適用範囲の拡大を図るため分解形の規定を行う予定である。

謝辞

本検討にあたって御協力いただいた関係各位に深く感謝します。

参考文献

- (1) 苗村他: DCNAの基本方針と基本概念, コンピュータネットワーク