U.D.C. 681.326:〔681.323:62-52〕

HIDIC用オペレーティングシステム
The Operating System of HIDIC

桑原　洋*　*Hiroshi Kuwahara*
桜川正三郎*　*Shôsaburô Sakuragawa*
片岡秀雄**　*Hideo Kataoka*
神内俊郎***　*Toshirô Kamiuchi*

Computer control is being applied at an increasing rate in such fields as transportation, distribution of merchandise, environmental control and manufacturing industries. The article describes how the Hitachi control computer HIDIC series (HIDIC 150/350/500/700) is answering the control requirements in these application fields by its new operating system for on-line control, with a full description of the same system.

1 緒　言

制御用計算機の需要は急速に伸びており，これは従来からあったシーケンス制御，最適化制御，ＤＤＣ(直接計数制御)などの適用分野での需要の伸びのほかに，新しい適用分野として交通制御，物流，生産管理，環境制御などの需要が伸びていることによる。この新しい適用分野での計算機の使われ方をみると，従来の「制御対象と直結した処理」から，「より高い立場からの制御目標，管理目標のための処理」をも含めた処理のために使われる傾向にあり，この傾向は制御用計算機システムに対する「処理情報量の増大，制御対象の広域化，より高い信頼度」の要求となって現われてきている。

HIDIC用オペレーティングシステム（以下，OSと略す）ではこれらの要求にこたえるため，基本モジュールのほか各種の機能モジュール，複合計算機システム用の専用ＯＳを用意している。

本稿ではこれらの各種ＯＳ，機能モジュールについてその機能と特徴について述べる。

2 HIDIC用OSの構成

2.1 制御用OSに要求される基本機能

制御用ＯＳは**図1**に示すように，制御対象に働きかける処理プログラム(以下タスクと略す)と制御対象との中間に位置しており，タスクの要求処理内容を制御対象へ伝える機能と，制御対象の状態をタスクへ伝える機能を果たしている。したがって，制御用ＯＳに要求される機能としては[1]，

(1) いかに迅速に制御対象の状態変化を検出し，その変化に対処するタスクを起動するか……リアルタイム性

(2) いかに効率よくタスクを動かし，制御対象への働きかけ，入出力装置に対する駆動を多くするか……処理性

(3) プログラム，機器の異常を早期に検出，処理し，制御対象に対して誤った働きかけを行なわない……信頼性

(4) 一部機器の異常，タスクにおける不定義命令の使用などによって発生する障害がシステム全体へ波及することを防ぎ異常部分の代替機能の使用，または正常な機能のみを用いてできるかぎりシステムとしての機能を保持する……可用性

(5) システム設計が容易，あるいはまたタスクよりの制御対象への働きかけ，タスク間の制御の指定を容易とするための機能……サービス性

などがあげられる。

2.2 制御用ＯＳの基本構成要素とその機能[3]

前項にあげた制御用ＯＳに要求される機能を満たすためには，基本構成として**図2**に示す構成要素が必要である。

以下，**図2**に従って各要素の機能を説明する。

(1) 割込制御

割込みには大別して下記がある。

(a) 停電，復電
(b) CPU(中央処理装置)エラー
(c) タイマ
(d) I/O機器よりの終了信号，タスク起動要求
(e) プロセスからの割込み

これらの割込みはその重要度からおのおの特定の割込みレベルを与えられる。割込みが発生すると，レジスタ類の退避，割込みレベルの判定，これに応じてのタスクのスケジューリングが行なわれるが，高速処理が要求される制御関係では，これら機能の一部またはほとんどをハードウェアで処理することが多い。

(2) タイマ

タイマとしては，一般に次のものが必要である。

(a) 実時間タイマ
(b) 相対時間タイマ

これらはおのおの指定された時刻になるか，あるいは指定

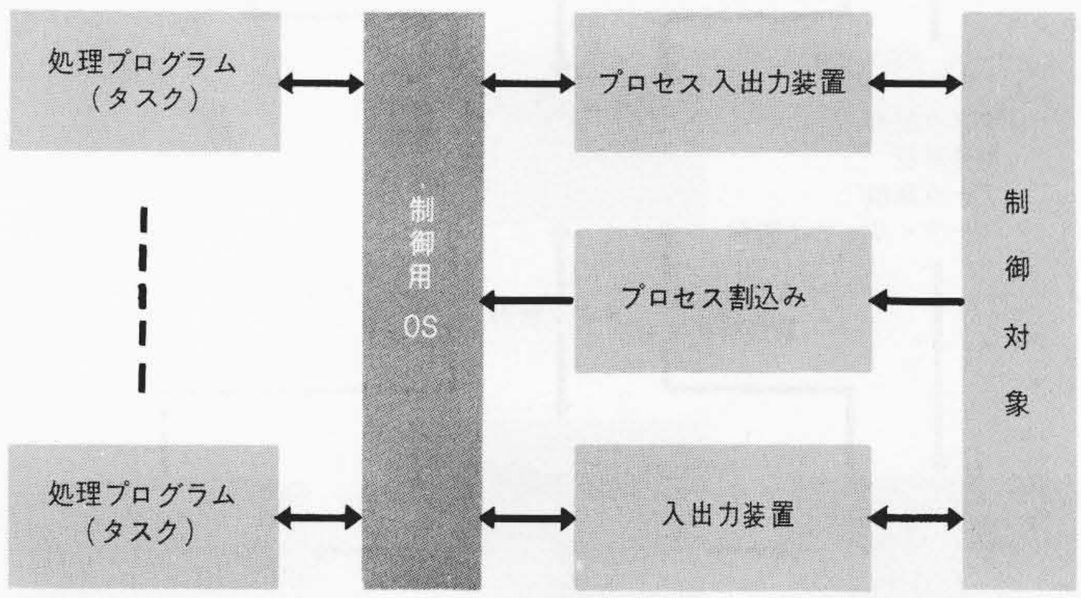


図1　制御用OSの役割　制御OSは処理プログラムと制御対象の中間に位置し，処理プログラムの要求する処理を効率よく制御対象へ伝える役割を果たしている。

Fig. 1 Part of Control Computer Operating System

* 日立製作所大みか工場　** 日立製作所日立研究所　*** 日立製作所中央研究所

された時間が経過すると特定のタスクを動かす機能を持っている。

(3)　システム制御（SC：System Control）

ここではタスクの中で扱われるコントロールステートメントの中で，タスク制御，入出力制御関係以外のものの処理が行なわれる。おもなものは次のとおりである。

(a)　タイマへの情報（時刻，タスクＮＯ）のセット

(b)　入出力装置の接続，切離し，開放など

(c)　割込用マスクレジスタのセット，退避，演算など

(4)　タスク制御（TC：Task Control）

多数のタスクの起動，終了，ドラムへの退避あるいはドラムからの回復などを，タスクの優先順位に従って制御する。

(5)　コアの分割制御（CSP：Core Sharing Program）

コアの分割制御を行なうプログラムである。

(6)　I/O制御（IOC：Input Output Device Control）

I/O制御はすべての入出力制御を行なうもので，下記の二つの機能を持っている。

(a)　I/Oに対する動作要求指令を受けて指令されたI/Oの状態を調べ，使用可能であればただちにI/O命令を送出し，また，指定されたI/Oが動作中であるとかその他の理由でI/O命令を実行することができない場合は，要求してきたタスクをI/O命令の実行が可能となるまで待ち状態にする。

(b)　I/O命令実行後，I/O命令の終了を待ち，終了するとエラーの有無を調べ，エラーがなければ要求元のタスクにもどり，エラーがあれば，エラー処理を行なう。

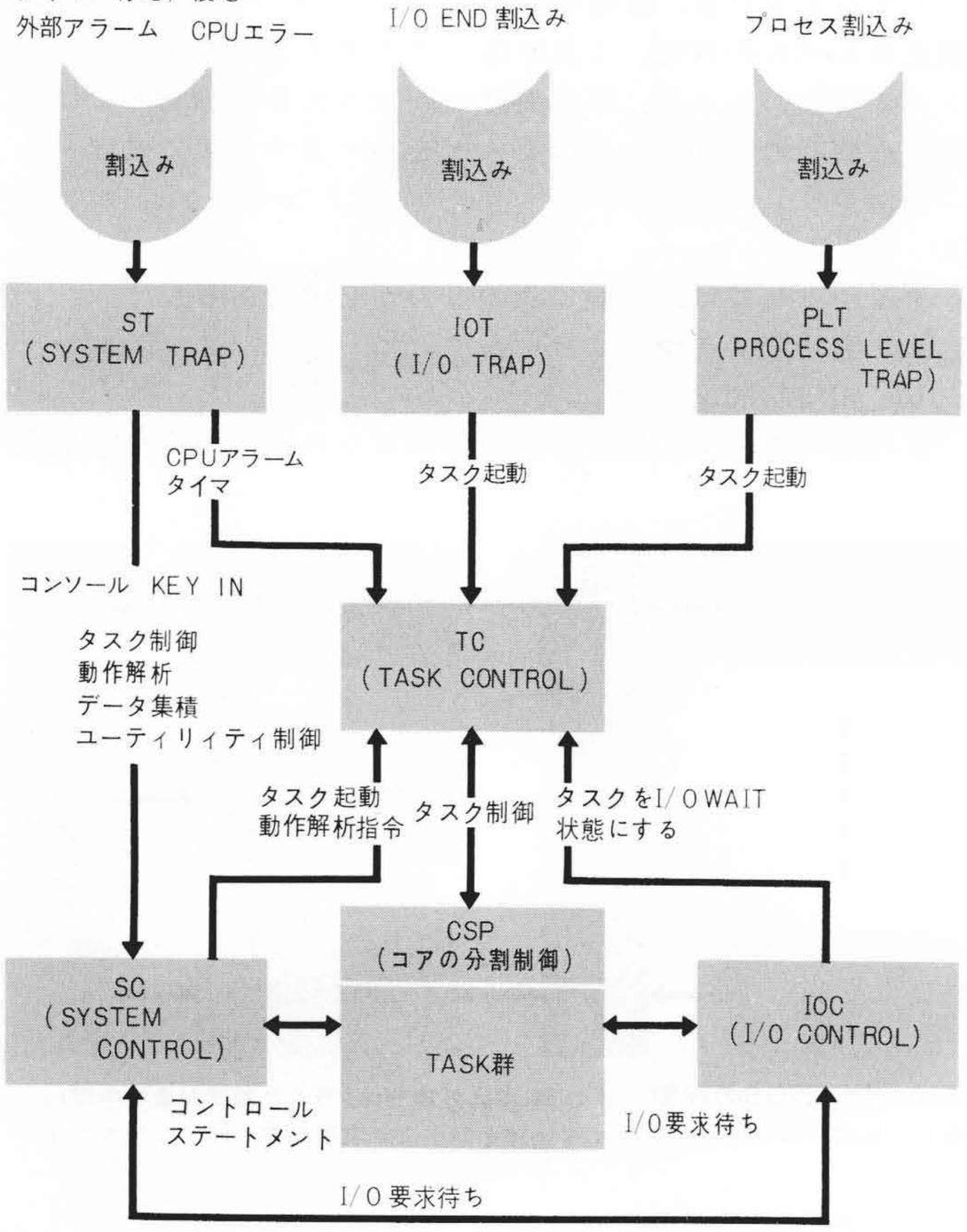


図2　制御用OSの基本構成と機能　制御用OSの構成要素とその機能および各要素の有機的な結合を概念的に示す。

Fig. 2　Configuration and Function of Control Computer Operating System

(7)　エラー処理

制御用ＯＳでのエラー処理は，エラー解析にとどめ，エラー発生後の処理は各ユーザーの判断に任せるのが普通である。これは制御関係では，エラー発生時の処理が制御対象によって異なるものが多いためである。また，ドラムのリードミスなど回復性のあるエラーについては，ＯＳ内で何回か再試行を行なっている。

(8)　異常の早期検出と修復

部分的な異常にとどまり，システムダウンなどに結びつかない異常については，一般的な処理で特別な考慮は不要である。しかし，システムダウンにつながる可能性のあるエラーについては，漏れなく早期に検出し，警告，修復する必要があり，これに対処するため制御用ＯＳでは，「診断プログラムによるハード機能監視」「Watch Dog Timerによるタスクインループ監視」「入出力装置からの終了割込の有無監視」など特殊な異常検出機能を備えており，検出後のあと処理についても，警告メッセージの出力，異常発生タスクの処理スキップなど，システムダウンをできるだけ避ける機能を備えている。

また，いったんシステムダウンになったときは，システムダウン時の各種レジスタの内容，ＯＳの入出力装置の管理テーブル，タスクの管理テーブルなどを凍結して異常修復のために使えるようにするとともに，異常原因発生から検出可能な現象の発生までには，すでに数段階の処理が行なわれていることが普通であることから，その原因追求にはそれまでの処理経過の記録をとっておくことが重要となる(HIDIC-OSではこの機能をDHPと呼ぶ)。

以上の機能により，ソフトウェア，ハードウェアを含めた異常の早期検出を行なうとともに，修復に必要な十分なデータを残しておき，それを用いて修復期間の短縮を図っている。

2.3　HIDIC用OSの構成

制御用ＯＳの基本的な構成と機能を**2.2**で述べたが，各種の適用システムをカバーするには，この構成では不十分である。HIDIC-OSでは，幅広い制御用計算機システムの適用範囲をささえるため，**図3**に示すような各種のＯＳと，各種のシステムモジュールとを用意している。

(1)　ＯＳ

次の4種のＯＳが用意されている。

(a)　基本ＯＳ

基本的な機能を備えたＯＳで，最も多く用いられており，他の3種のＯＳの基本部となっている。

(b)　高信頼度システム用ＯＳ

より高い信頼度を目ざすシステムに適用されるＯＳであり，高稼(か)動率を目的とするデュプレックスシステム用のＯＳと，出力の高信頼度を目的とするデュアルシステム用のＯＳがある。

(c)　大処理能力を要求するシステム用ＯＳ

2台の計算機を用いて，互いに情報の連絡を行ないながら負荷を分担するシステムで，高処理性を要求されるシステムに用いられる。

(d)　自己増殖形システム用ＯＳ

制御用のオンライン処理のあき時間を利用して，プログラムの作成，デバッグ，科学技術計算などのオフライン処理が可能なＯＳである。

(2)　システムモジュール

システムモジュールとしては次の2種が用意されており，これらは上記4種の各ＯＳに必要に応じて結合され用いられる。

(a)　ファイル制御用モジュール(DMS：Data Management System)

大容量情報を扱うシステムに用いられ，ディスク，磁気テープ，カードリーダその他の入出力機器で用いられるデータを統一的に扱う手段を提供している。

(b)　データ伝送制御用モジュール

通信回線制御用のプログラムで，制御対象あるいは端末が遠隔地にあるときに用いられる。

3　高信頼度システム

制御用計算機が，制御対象と直結して使用される場合，計算機の故障は直接生産の低下，停止あるいは事故につながる場合が多く，システム全体に及ぼす影響も大きい。このため，高い信頼性を持つ計算機システムを構成することが非常に重要になってくる。

計算機システムの信頼性を上げる方法としては，

(1)　単体としての信頼性を向上させる。

(2)　冗長構成をとる。

という二つの方向がある。HIDIC-OSでは，同一のハードウェア生産技術で比較的容易に高信頼性を達成することができる各種二重系システムのサポートを行なっている。

3.1　二重系システム

待機予備系を持つデュプレックスシステムと，並列運転を行なうデュアルシステムに分けられる。

(1)　デュプレックスシステム

デュプレックスシステムとは，いずれかの系が主系となってオンライン処理を行ない，もう一方の系は，主系障害時に備えて待機する方式の二重系システムである。**図4**はその基本構成を示すものである。

待機予備系は単に予備となる場合と，プログラム作成などのオフライン処理を行なう場合がある。主として稼動率（アベイラビリティ）向上をねらいとしたシステムである。

(2)　デュアルシステム

デュアルシステムとは，同一の処理内容について並列運転を行なうシステムである。**図5**はその基本構成を示すものである。

両系で行なわれる処理内容を，比較し突き合わせることにより，出力情報の正確さ（フェイルセーフ性）が保証され，いずれかの系に障害が発生した場合でも，オンライン処理の連続性は確保される。

(3)　デュプレックス，デュアル両システムの評価

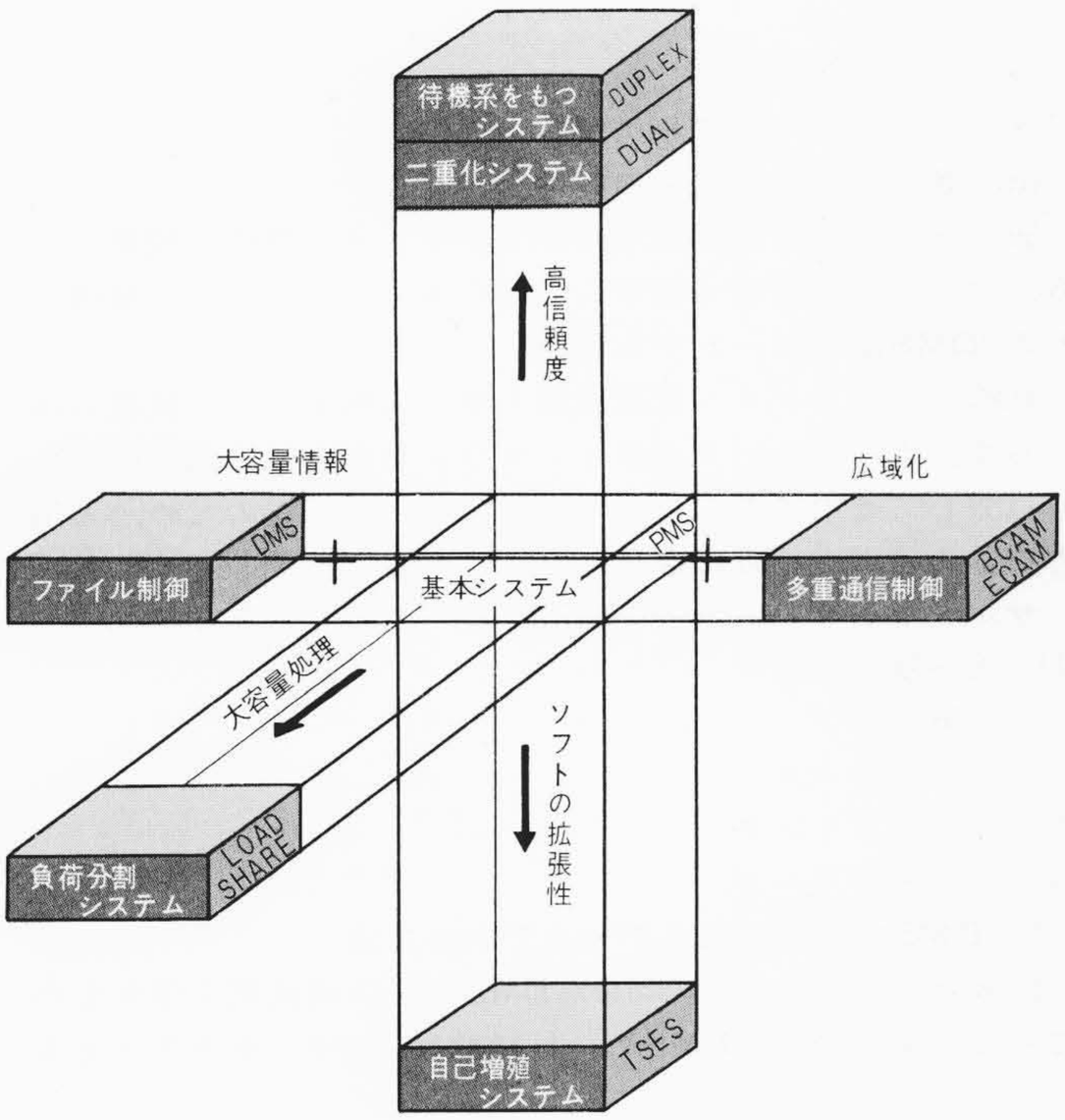
表1はデュプレックス，デュアル両システムの信頼性に関連のある各要素についての評価比較を示すものである。

3.2　二重系システムのサポート

二重系システムのサポートを行なう場合，高信頼性を達成することはもちろんのことであるが，このためにシステム設計，プログラム作成の手順が複雑になることは避けねばならない。HIDIC-OSではこの点，使いやすさ，コンパクト性に重点をおいた設計がなされている。

(1)　デュプレックスシステムのサポート

デュプレックスシステムにおいては，障害発生時の系切換えに備えて主系の処理進渉状況を残しておくことが重要なポ



注：PMS　=Process Monitor System
DMS　=Data Management System
BCAM=Basic Communication Access Method
ECAM=Extended Communication Access Method
TSES　=Time Sharing Executive System

図3　HIDIC-OSの構成　　基本OSであるPMSを中心に，各OSと各システムモジュールの関係を示す。

Fig. 3　Configuration of HIDIC-OS

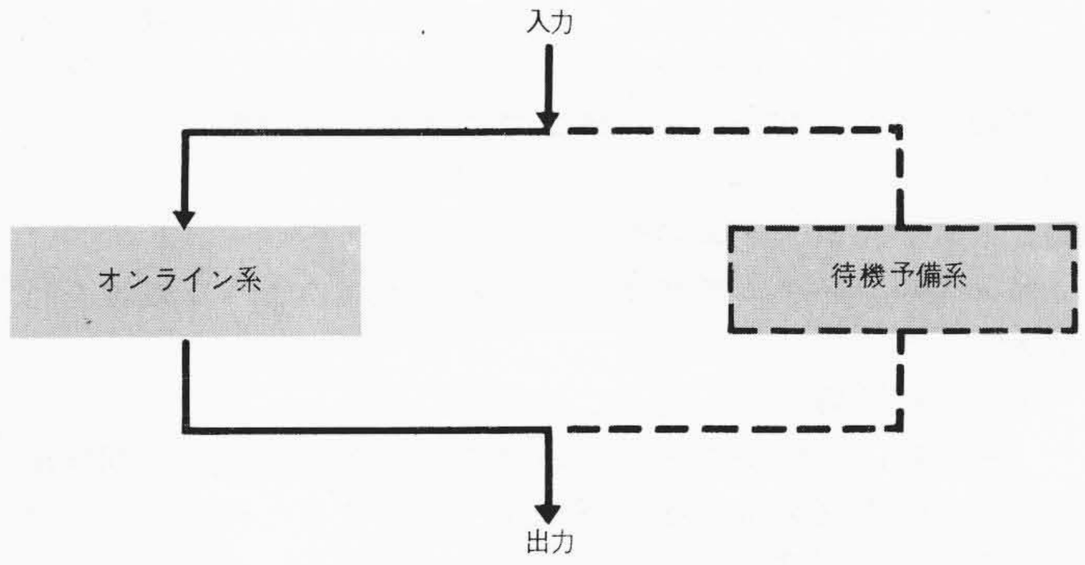


図4　デュプレックスシステムの構成　　デュプレックスシステムを構成する二つの系の処理の流れを示す。

Fig. 4　Configuration and Data Flow of DUPLEX System

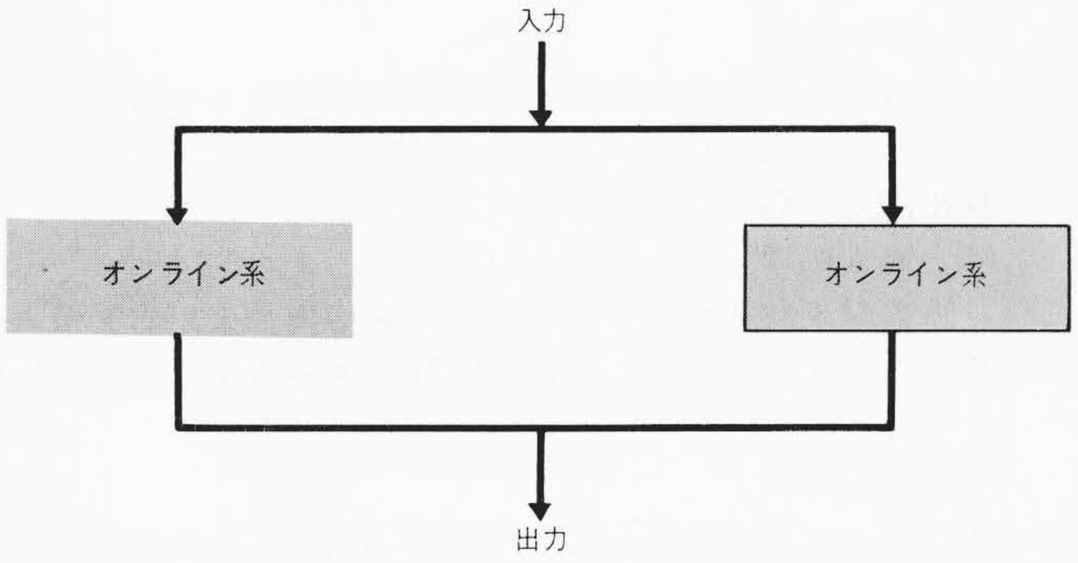


図5　デュアルシステムの構成　　デュアルシステムを構成する二つの系の処理の流れを示す。

Fig. 5　Configuration and Data Flow of DUAL System

表Ⅰ　デュプレックスシステムとデュアルシステムの比較評価
デュプレックス，デュアル両システムの信頼性に関する各要素についての比較評価を示す。

Table Ⅰ Performance Evaluation between Duplex System and Dual System

評　　価	デュプレックスシステム	デュアルシステム
稼　動　率	$\frac{2\mu^2+2\lambda\mu}{2\mu^2+2\lambda\mu+\mu^2}$	$\frac{\mu^2+2\lambda\mu}{\mu^2+2\lambda\mu+\lambda^2}$
M　T　B　F	$\frac{2\lambda+\mu}{\lambda^2}$	$\frac{3\lambda+\mu}{2\lambda^2}$
フェイルセーフ性	情報の正確さについては，一重系と同じである。	比較照合を行なうため，情報に高い信頼性が得られる。
処理の連続性	ある程度の処理中断は避けられない。	並列運転を行なうため，ほぼ完全な処理の連続性が確保される。
処　理　性	待機系を有効に使用することにより，処理性の低下は避けられる。	2台の計算機で同一の処理を行なうため，処理性は落ちる。

注：$\frac{1}{\lambda}$＝MTBF，$\frac{1}{\mu}$＝MTTR

イントとなる。ＯＳでは次のような処理を行なう。

(a)　運転制御

正常運転状態，待機系運転状態および切換運転状態に対する管理を行なう。

(b)　バックアップ制御

デュプレックスシステムを構成する各装置が故障した場合，システム構成を変更してバックアップを行なうための処理を行なう。

(c)　系切換制御

障害発生時の系切換および定期点検時の計画切換のための処理であり，待機系のスタートアップ処理，入出力装置の切換えおよび系切換に備えての情報復写処理などを行なう。

(2)　デュアルシステムのサポート

デュアルシステムをサポートするため次のような処理を行なう。

(a)　同期制御

両系に同一の処理を行なわせることと，障害の早期検出および障害発生時処理の連続性を確保するため，両系のタスク処理の同期がとられる。

(b)　比較照合

フェイルセーフ性の確保のために行なわれる。エラーを検出した場合，再試行を行なうことによって間けつエラー時のシステムダウンを防止している。

(c)　診断処理

比較照合結果において両系に差異が生じた場合，障害系を確定するために行なわれる。診断ハードウェアによって検出能力の高い診断を行なっている。

(d)　異常処理

障害発生時その内容を分析し，系切換，入出力装置の切換えなどを行なって，処理の連続性を確保するための処理を行なう。

(e)　運転制御

運転モードの管理を行ない，同期運転への復帰時は，コアコピー機能によって両系状態の一致化を行なう。

(f)　コミュニケーション制御

両系で行なわれる各種交信の制御を行なう。

4　データマネジメントシステム（DMS：Data Management System）

4.1　DMSの機能上の特長

ファイル管理でねらっている機能上の特長は，倉庫管理，生産管理などで必要とされる多種，多量のデータ管理に適するよう下記の機能が用意されていることである。

(1)　多種のキーワードによるアクセス(リード，ライト)機能

(2)　目的に応じた各種のアクセス法の用意

(a)　SAM(Sequential Access Method)：順序的に並んだデータを能率よく管理する。

(b)　SCAM(Scheduled Access Method)：あらかじめ決まった種類のデータを記録密度高く，かつ能率よく管理する。

(c)　RAM(Randamizing Access Method)：データの種類が一定していない場合に各データ均等にサービス，管理する。

(d)　PAM(Partitioned Access Method)：主としてライブラリを扱う。

(3)　制御用に適するよう特にファイル管理の処理時間の短縮

(4)　ファイルの定義や保守に必要な各種ユーティリティの提供

(5)　データベースを指向した各種の機能

(a)　信　頼　性

(i)　パスワードによる機密保持

(ii)　ファイルの排他的制御による二重更新の防止

(iii)　二重系ファイル

(iv)　ジャーナル用マクロの提供

(v)　リングプロテクトによるファイルアクセス権のチェック

(b)　操　作　性

(i)　ファイルのカタログ機能の提供

(ii)　世代ファイル機能の提供

(iii)　デバッグを容易にするダミーファイル機能の提供

(6)　ファイルの定義や保守に必要なユーティリティの提供

4.2　DMSがサポートする機器

DMSでは，ファイル管理機能を単に大形ディスク装置のみならず，カードリーダ，ラインプリンタなどの入出力機器へも拡張して適用できるよう考慮されている。このため，入出力機器の管理が格段に容易になっている。

サポートしているおもな機器は次のとおりである。

(1)　大容量ディスク

(2)　磁気テープ

(3)　カードリーダ

(4)　ラインプリンタ

(5)　紙テープリーダ

4.3　DMSの全体構成とデータアクセス法

図6はディスクを対象にしたDMSの全体構成例を示すものである。本図によりDMSの全体構成およびデータのアクセス法について説明する。

MAMはデータの論理アドレスを物理アドレスに写像(Mapping)し，あわせてHeadの位置づけを行なうための管理ルーチンで，SAM，RAM，SCAM，PAMはこれらの写像方式の大分類を示すものである。BAMは，MAMで物理アドレスに変換されたエリアのデータを実際に読み書きし，あわせてデータの処理属性をチェックする機能を持っている。この機能はすべてのアクセスメソッドで共通に用いられる。BAMのうち管理マ

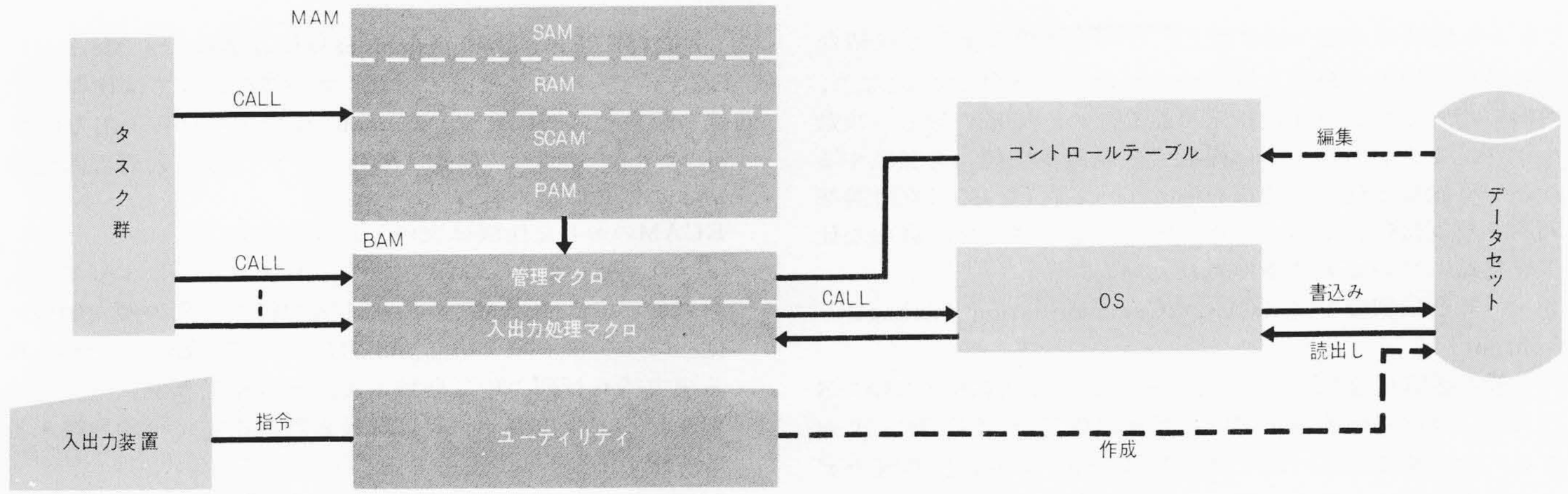


図6　DMSの全体構成図　DMSを構成する各要素の有機的なつながりとタスク群との関係を示す。

Fig. 6　Configuration of Data Management System

クロは主としてDCB(Data Control Block)やFDB(File Define Block)などのコントロールテーブルの処理を行なうもので，入出力処理マクロは主としてデータの入出力処理を行なうものである。

4.4　DMSのユーティリティ

図6に示すユーティリティには次の3種のものが用意されている。

(1)　基本ユーティリティ

DMSが使用する各種テーブルを初期化するユーティリティ

(2)　保守ユーティリティ

データセット，ボリュームの保守を円滑に進めるためのユーティリティ

(3)　ローディングユーティリティ

タスクやサブルーチンをデータセットとして登録するためのユーティリティで，動的なタスクの生成，消滅に用いられる。

5　データ伝送管理

データ伝送には，伝送する対象，データ伝送の速度，距離などの要素により各種の方式が必要となる。HIDIC用のデータ伝送管理にはこれらの要求を満たすため，**図7**に示すような3種の伝送方式が用意されている。各方式の概略機能とその特徴を次にあげる。

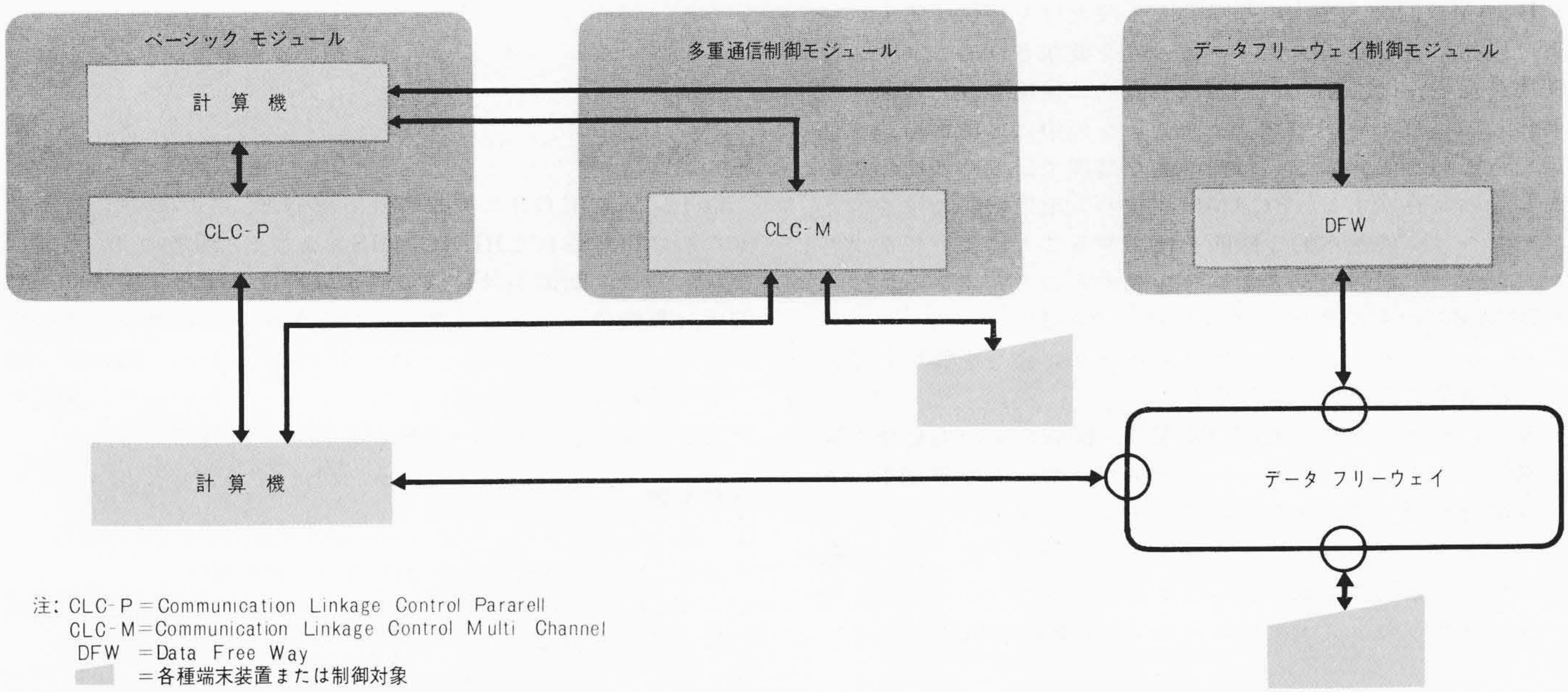
(1)　パラレル転送方式（CLC-P）

計算機間のデータ伝送に用いられる。伝送距離は短いが，高速伝送が可能である。OSでは一般入出力装置と同一処理を行なっている。

(2)　データフリーウエイ方式（DFW）[2]

計算機間あるいは各種端末，プロセス入出力装置のデータ伝送に用いられる。伝送距離は比較的短いが，高速伝送が可能である。

アクティブリソースである処理装置とパッシーブリソース



注：CLC-P＝Communication Linkage Control Pararell
CLC-M＝Communication Linkage Control Multi Channel
DFW ＝Data Free Way
＝各種端末装置または制御対象

図7　データ伝送管理プログラムがサポートする伝送形態　HIDIC用データ伝送機器と，それをサポートしている制御プログラムの関係を示す。

Fig. 7　Various Data Communication Method

である各種端末が統一的に扱え，しかも処理装置に直接結合されている機器の駆動と同じマクロ命令が使用できる。また，機器の指定をロジカルに指定可能なため，接続の形態（複数ループ，1ステーションに複数台の機器が接続）を意識することが可能など種々の特長を備えている。（なお，日立評論第55巻6号(昭48-2)にハードウェア，ソフトウェアの詳細な仕様を掲載しているので参照されたい）。

(3)　一般通信制御方式（CLC：Communication Linkage Control）

一般の通信回線を使用する伝送方式で，単独回線用のCLC-S方式と，専用処理装置を用いた多重回線用のCLC-M方式がある。計算機間あるいは計算機と端末間でおもに長距離のデータ伝送に用いられる。データ伝送速度は遅い。

これらの伝送方式は，ベーシックモジュールと二つのシステムモジュールによってサポートされているが，その特長は次のとおりである。

(a)　制御用システムに要求されるリアルタイム性をささえるため，高速処理性を追求した設計となっている。

(b)　多様性のある各種の端末に対して，ユーザーからはできるだけ統一した手段でデータの伝送が行えるようにしている。

(c)　異常処理の標準化，信頼性，拡張性に対して重点をおいた設計となっている。

これら4種のデータ伝送方式のうち最も多く用いられている一般通信制御方式について5.1でより詳細な説明を行なう。

5.1　一般通信制御方式

一般的には，単に「通信制御」と呼ばれる方式である。5.で述べたように，本方式には単独回線の制御と多重回線の制御があるが，ここでは後者を中心に述べる。

多重通信制御モジュールは，データの送受信を行なうための命令を中心とした一群のマクロ命令の集合であり，その送受信処理に対するサービス性のレベルによって二つのアクセス法を用意している。それらは〝BCAM〟〝ECAM〟と呼ばれ，**表2**はその特長と提供される機能を示すものである。

(1)　BCAM（Basic Communication Access Method）

BCAMは回線入出力の基本的な手段だけを提供するものであり，特にきびしいリアルタイム性を要求されるシステムに使用される。後述(2)のECAMは一般的に使用される機能を標準化しているため，アプリケーションの中には標準機能を使用できないもの，あるいは標準的な処理では効率的に損失のあるものが存在する。BCAMは回線の入出力機能だけを備え，ユーザーはこの基本的な機能を使用することによってアプリケーションに最適のシステムを作成することができる。

BCAMのおもな仕様は次のとおりである。

(a)　ユーザーはBCAMが提供するマクロ命令を使用して，回線単位に入出力を実行する。

(b)　ユーザーからの入出力要求は，回線の入出力動作と同期している。したがってユーザープログラムでWAITマクロ命令を用いて入出力の終了をチェックする。

(c)　ユーザーの取り扱うデータフォーマットは，全く一般のデータと同様に取り扱ってよい。制御コードの付加・削除，ブロッキング・デブロッキングはBCAMで行なっている。

(d)　バッファリング管理は行なわない。

(2)　ECAM（Extended Communication Access Method）

ECAMは入出力の単位として，プログラム上では物理的な回線，端末には関係せず，ECAMの中で作られる入出力待ち行列に対してアクセス要求するという，待ち行列管理機能を持ったアクセス法である。

ECAMのおもな仕様は次のとおりである。

(a)　ユーザーはECAMが提供するマクロ命令によって，入力においてはECAMで作られる入力待ち行列の優先順位に従ってデータを取り出し，出力においてはECAMで作られる出力待ち行列の中に登録され，その優先順位に従って処理される。入出力マクロにおける回線指定には論理端末番号を用いる。

(b)　ユーザーからの入出力マクロ命令発行と実際のデータ入出力とは一般に非同期である。

(c)　ユーザーが取り扱うデータフォーマットは，全く一般のデータと同様に取り扱ってよい。

(d)　ECAMは，コア上で待ち行列管理を行なっている。また，ダイナミックバッファリング方式を採用しているためコアの使用効率が高い。

表2　アクセス法の比較　BCAMとECAMについてアクセス法のおもな仕様について比較を行なう。

Table 2 Evaluation of Access Method

項目＼アクセス・メソッド	BCAM	ECAM
適用	実時間	実時間
特徴	回線単位に入出力マクロを発行する。	キューイング機能を有し，ロジカルレベルでのアクセス・メソッド使用可。
アクセス・マクロ	CREAD, CWRT	CGET, CPUT
バッファリング	な し	ダイナミック・バッファリング
キューイング	な し	コア上でのキューイング
おもな機能	(1) 回線単位の入出力および再試行 (2) エラー処理 (3) 資源管理	(1) 論理端末単位の入出力および再試行 (2) バッファリング (3) キューイング

6　結　言

以上，制御用OSに要求される機能と，その要求にこたえるために用意されたHIDIC用OSおよびその機能について述べたが，今後，制御用計算機の適用分野はますます広まり，制御用計算機のハードウェアおよびOSに対する要求も多様化してくるものと思われる。これに対処するため，HIDIC-OSの柔軟性および拡張性をベースにして，よりいっそう機能の充実を図り，使いやすいOSとしていく所存である。

参考文献

(1)　林，桑原：「オペレーティングシステム」オートメーション第16巻　第13号　p.99（昭47-12）日刊工業新聞社

(2)　大沢，桜川ほか：「データフリーウェイ装置の開発」日立評論55，127（昭48-2）

(3)　桑原：「制御用計算機におけるソフトウェア」オペレーティング・システムズシンポジウム報告集1970　情報処理学会