

トリスタン用大規模分散計算機制御システム

Computer Control System of TRISTAN

巨大加速器の運転には、膨大な物量の電磁石、電源、真空装置、高周波加速装置などを有機的に結合し、調和を保って制御する必要がある。このために、複数台の計算機を導入し、これらをネットワークにより結合し、全体を統合制御する大形LA(ラボラトリーオートメーション)用計算機システムを建設中である。

大規模な分散形システムとして、各計算機に、電磁石制御、ファイル処理、操作コントロールなど機能を割り付け、ネットワーク結合して全体制御を可能とすると同時に、被制御機器とのインタフェースとして、CAMACを統一的に採用し、システムの柔軟性、拡張性を確保した。更に複雑な分散システム構成を意識しなくても、ソフトウェア製作が容易となるようにネットワークサポート機能をもつ言語“NODAL”を開発した。

黒川真一* *Shin'ichi Kurokawa*篠本 学** *Manabu Shinomoto*栗原紀夫*** *Michio Kurihara*坂井 裕**** *Hiroshi Sakai*

1 緒 言

トリスタン計画での加速器は、電子線型加速器、及び6 GeVのAR(Accumulation Ring:蓄積リング)と、30GeVのMR(Main Ring:メインリング)から構成される。二つのリング形加速器は、一体となって同期運転する必要がある、一つの計算機システムにより制御される(一部建設済み)。

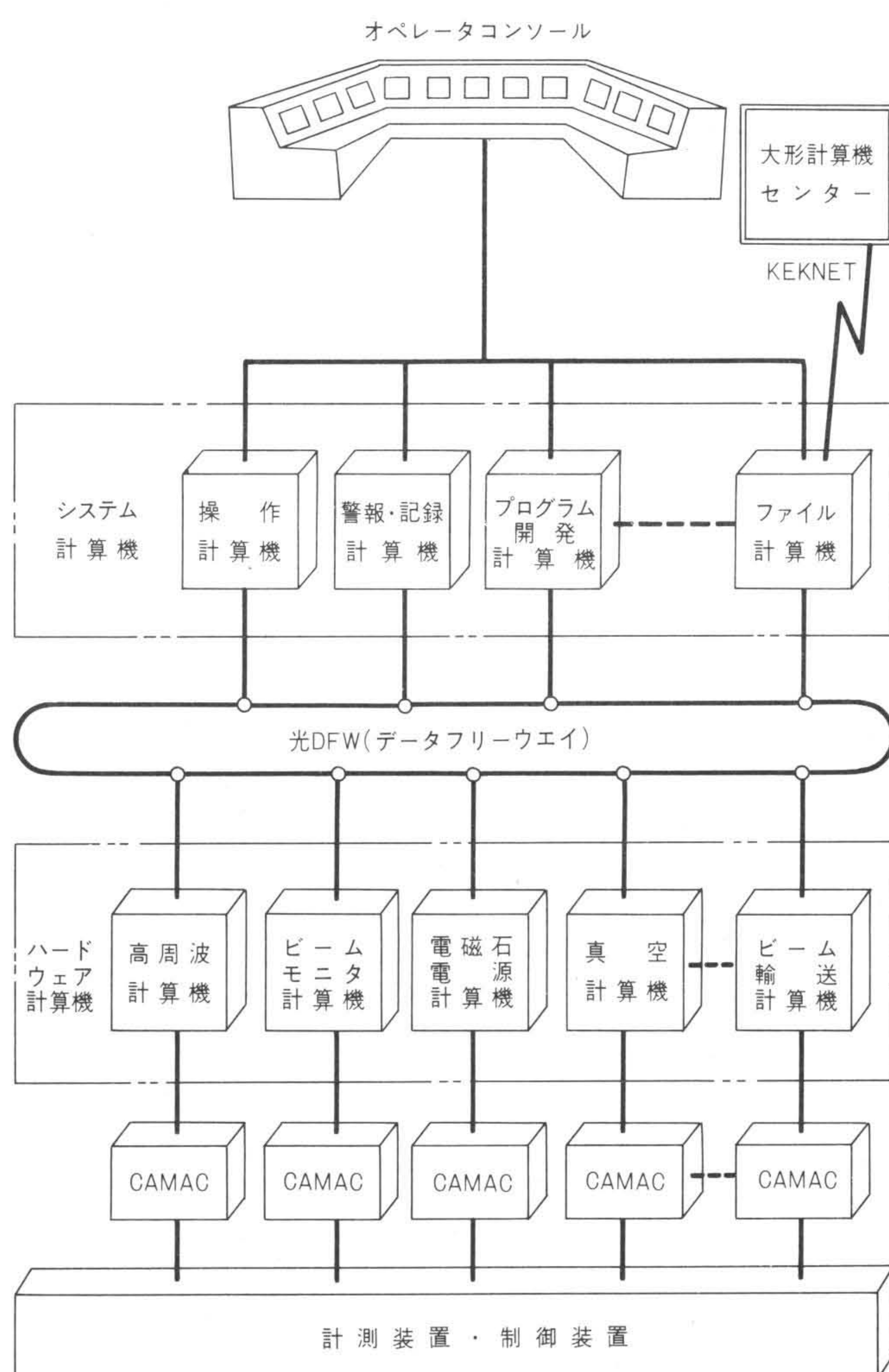
加速器を構成する制御装置としては、多数の電磁石、電磁石用電源装置、真空装置、高周波加速装置などがあり、これらを総合制御するためには、高度な計算機制御システムが必要となる。本システムでは、複数台の計算機を高速の光DFW(データフリーウェイ)により結合した大規模分散ネットワークシステムを採用した。

加速器は、その目的が研究であることから、常に成長改変されることが多く、制御システムとしても拡張性、柔軟性が重要な要素となる。運転制御、運転管理するためのソフトウェアは、常に更新され拡張され続けることとなるが、ソフトウェアの製作者は、研究者又は加速器オペレータであり、簡単にプログラミングでき、メンテナンスできる必要がある。このために、ネットワークサポートをベースとし、大形計算機との接続、CAMAC¹⁾[Computer Aided Measurement and Control:国際計測インタフェース規格]との入出力などをサポートするサブシステムを包含したNODALインタプリタ言語^{*1)}を開発した。

本システムのひな形は、CERN(欧州合同原子核研究所)のシステムにあるが²⁾、本システムでは、高速光DFWの採用、ネットワークファイルシステムの採用など優れた機能をもっていると同時に、NODALの実行時間を半減する高速性も実現した。

2 ハードウェアシステム

複数台の計算機を、一つのネットワークに結合し、大規模分散システムを構成するに際して、各計算機に個別の機能を



注：略語説明 CAMAC(Computer Aided Measurement and Control)

図1 計算機システム全体構成 すべての計算機が、光データフリーウェイにより結合され、大規模分散形ネットワークを形成する。計測装置、制御装置とのインタフェースは、CAMACインタフェースで統一されている。

*1) コンパイラ形のように、あらかじめ機械語まで翻訳せず、ソースまた中間語の形式で格納しておき、逐次解釈実行する言語形式である。

* 文部省高エネルギー物理学研究所 理学博士

** 日立製作所大みか工場

*** 株式会社日立コントロールシステムズ

**** 日立製作所システム事業部

割り当て、対等マルチプロセッサ形態とすることとした。計算機システムの全体構成を図1に示す。

計算機は大きく分けて、二つのグループに分類される。すなわち、計測装置、制御装置と直接リンケージして加速器を制御するハードウェア計算機と、全体のシステムを集中して操作、管理するシステム計算機である。

システム計算機は操作、警報記録などに機能分散され、オペレータコンソールによるマンマシン、大形計算機との情報交換などを行なう。ハードウェア計算機は、高周波、ビームモニタなど、個々の設備単位に計算機を割り当て分散化することとした。このようにシンプルに機能分散を図ることは、複雑な大規模システムでは拡張性、柔軟性、メンテナンス性を確保する上で重要なポイントとなる。本システムの特徴は、複数計算機を結合する場合に、階層構造とせず対等な形でのネットワーク構造とし、制御の分散化を図る一方で、操作監視などの情報に関して、中央で集中管理することを可能としたことにある。

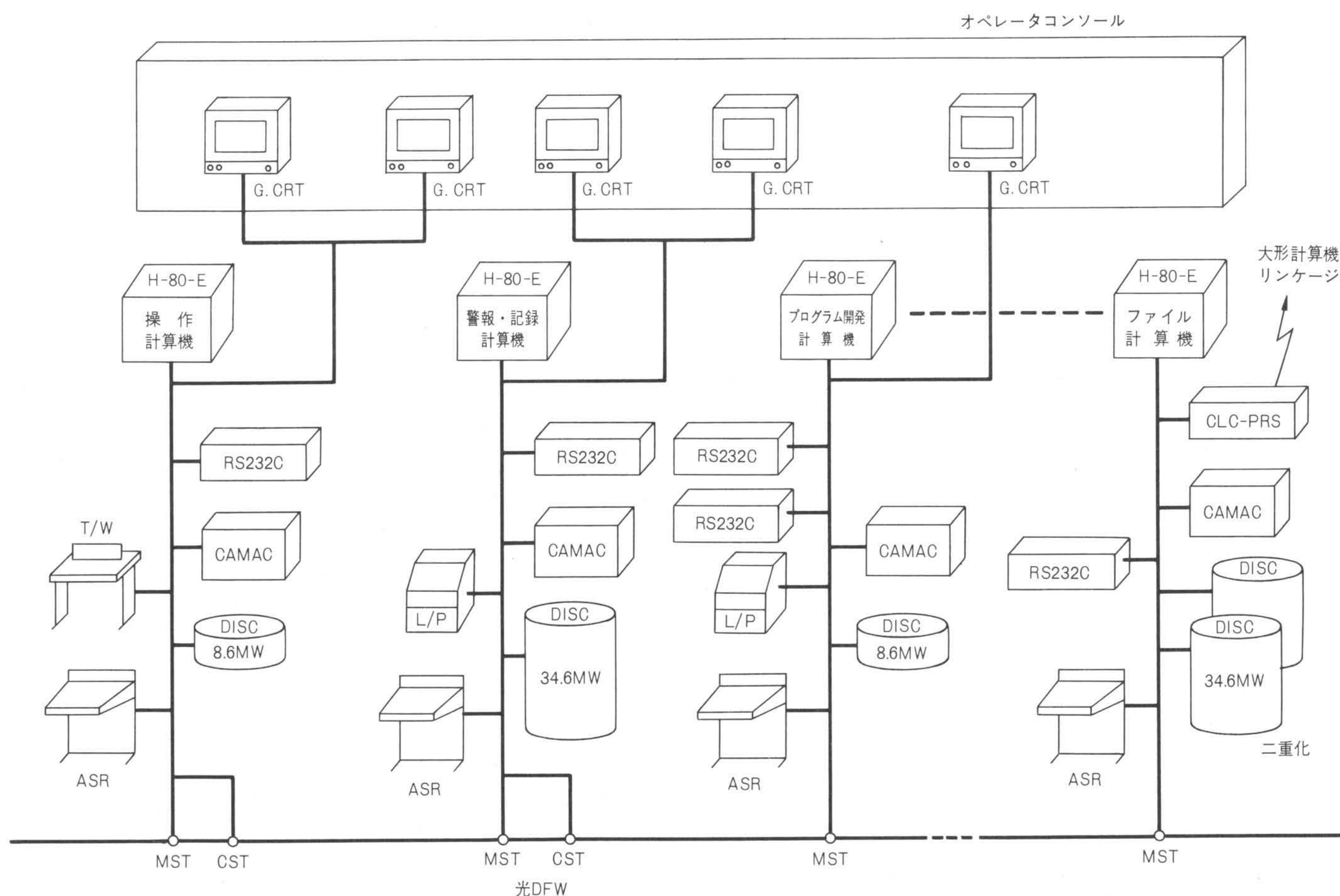
もう一つ大きな特徴としてCAMACの採用が挙げられる。CAMACは特に高エネルギー物理学研究の分野で多く用いられている国際的な計測インタフェースであり、ハードウェア計算機と、計測装置、制御装置のインタフェースとして統一した。拡張性、柔軟性は計測装置、制御装置にも要求される事

項である。装置の改造、新設は常に考慮する必要があり、その計算機システムとのインタフェースが容易にとれることは重要なポイントである。

2.1 計算機構成

システム計算機の構成を図2に示す。通常の加速器の運転は、すべてG. CRT (Graphic Cathode Ray Tube) により行なわれるが、これらは運転操作室に設置されたオペレータコンソールに内蔵されている。各計算機に付随したRS232Cは、プログラム作成、メンテナンス時に使用するCRTとのインタフェースである。警報記録、ファイル計算機は、全システムの警報などの記録、及び全システムのプログラム保存のために、大容量のDISC (補助記憶装置) をもっている。またファイル計算機には大形計算機で解析、計算するために、KEKNET^{※2)}を経由して通信する光シリアル通信制御装置 (CLC-PRS) が具備されている。

ハードウェア計算機の構成を図3に示す。すべてのハードウェア計算機がほぼ同一の構成となっている。補助記憶装置には当該計算機が必要とするプログラムが格納されており、ハードウェア計算機が自立して働くことを可能としている。更に、システム立上げ調整、メンテナンスなどのときに各計算機ごとの調整を可能としている。ハードウェア計算機から各装置へのインタフェースは、すべてCAMACインタフェースにより統一されている。



注：略語説明 G.CRT (Graphic Cathode Ray Tube), T/W (タイプライタ), ASR (入出力タイプライタ), MST (マスタステーション), CST (コントロールステーション), L/P (ラインプリンタ), DISC (補助記憶装置), CLC-PRS (光シリアル通信制御装置)

図2 システム計算機構成 システム計算機は、中央監視、集中管理するためのグラフィックCRT、大容量ディスクなどの入出力装置を具備している。

※2) KEKNETは、文部省高エネルギー物理学研究所で大形計算機と各実験用計算機の間を、高速に接続するネットワークシステムの略称である。

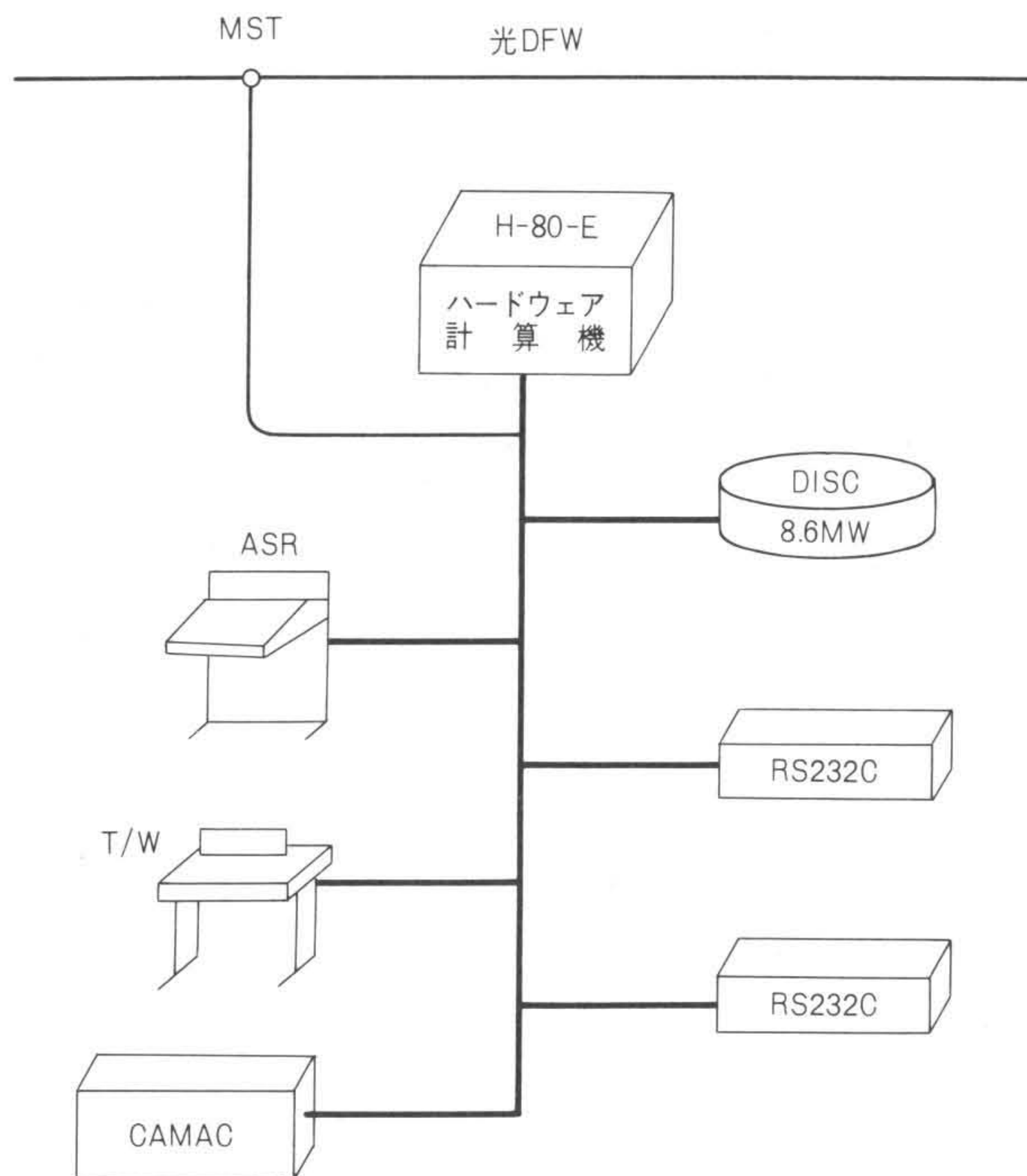


図3 ハードウェア計算機構成 各ハードウェア計算機は、自立して動作可能とするため補助記憶装置をもって、プログラム開発、メンテナンスのためのCRT用インタフェースRS232C及び機器制御のためのCAMACインタフェースから構成される。

2.2 ネットワーク

本システムのかなめとなるネットワークに関して、高速伝送能力をもつ光DFWを採用した。光DFWは高スループット、高レスポンスを実現すると同時に、任意の計算機間での通信を可能とするM対N転送形態をとっている。また回線上の誤りに関する統計情報、診断情報、各種トレース情報を得ることが可能であり、高度の保全機能を実現している。光DFWはトークン方式によるリングネットワークである。

本システムでは、システム計算機のように同一設置場所であっても、すべて光DFWにより結合する方式とし、計算機間の情報交換を同一の方式により統一し、全く対等な分散形ネットワークシステムとして構築した。

2.3 大形計算機との接続

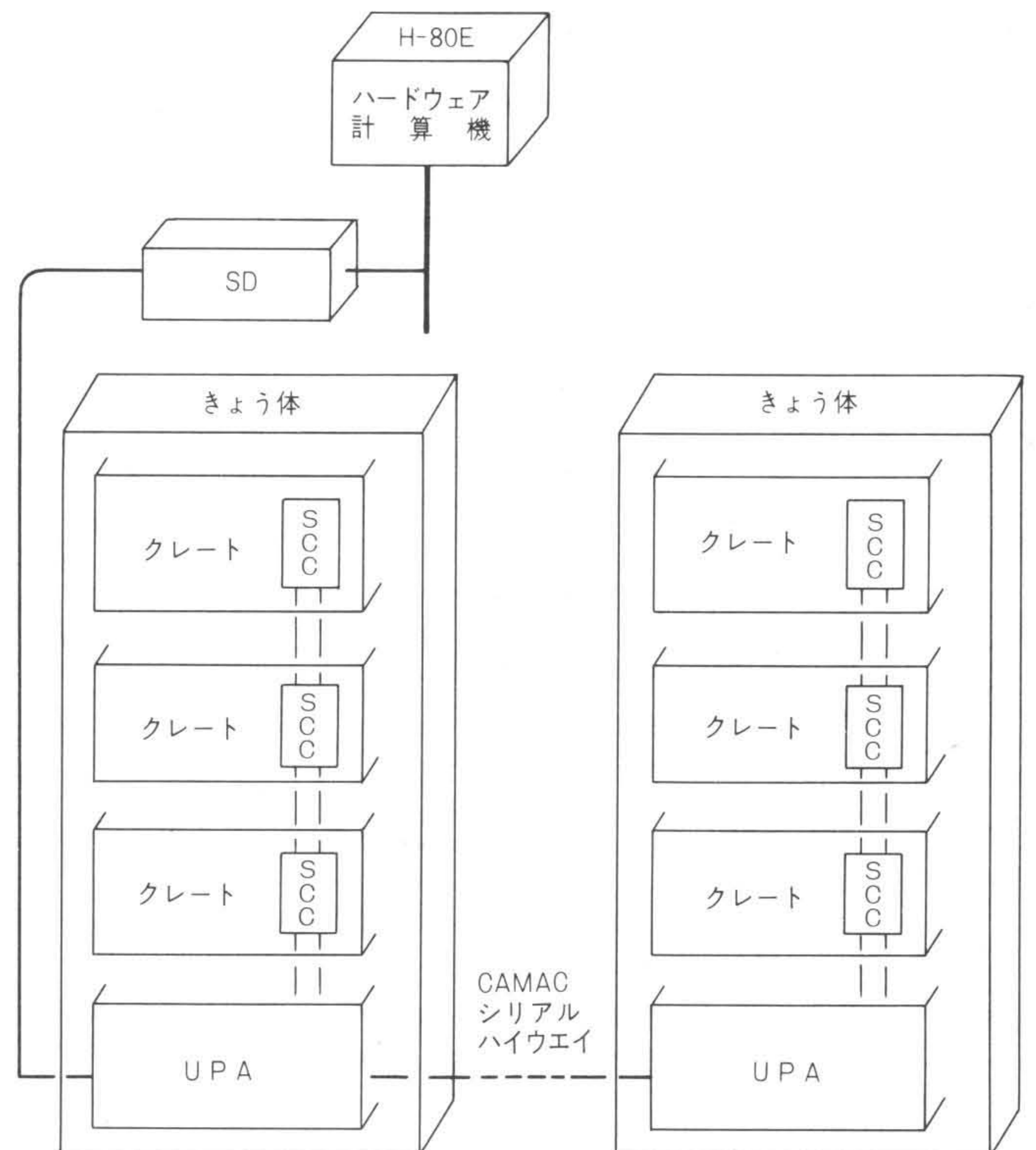
トリスタン計算機と、大形計算機センターはKEKNETにより結合されている。KEKNETは各実験エリアのミニコンピュータから大形計算機のリソースを利用するため計画された構内高速ネットワークである。KEKNET³⁾とトリスタン計算機は高速シリアル通信(CLC-PRS)により結合されている。CLC-PRSは、実行伝送速度400kバイト/秒を超える性能をもって、最大接続距離2kmまで可能である。

2.4 CAMAC

被制御機器と計算機とのインタフェースは、システムの拡張性、柔軟性を重視して国際的な標準規格CAMACを採用した。CAMACシステムの構成を図4に示す。本システムではすべて2.5Mビット/秒のシリアルハイウェイで統一した。シリアルハイウェイをドライブするSD(シリアルドライバ)は計算機バス直結タイプとし、伝送能率の向上を図った。CAMACきょう体には最大3台のクレーンを設置可能とし、UPA(Uポートアダプタ)を1台設置可能とした。UPAは最大800mまでの接続を可能とする高性能リピータを内蔵している。

3 ソフトウェアシステム

大規模で複雑な分散形システムを、研究者が間違いなく、



注：略語説明
SD(シリアルドライバ)
SCC(シリアルクレーンコントローラ)
UPA(Uポートアダプタ)

図4 CAMAC構成 すべてのハードウェア計算機からCAMACシリアルハイウェイによりUPA、SCCで複数クレーンが接続される。

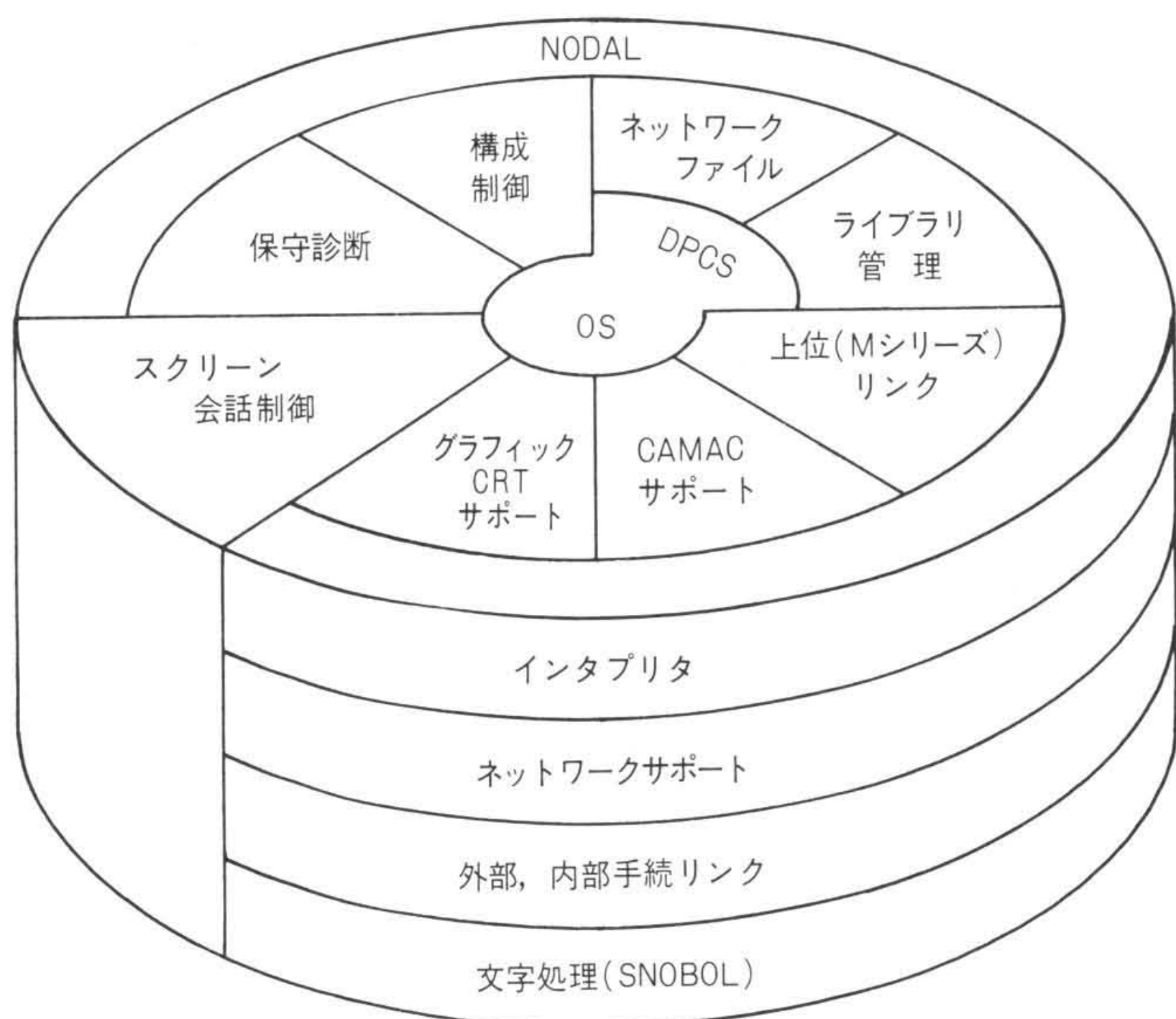
容易にシステム構築できるためには、高度に問題向き化されたサポートシステムが必要となる。この目的のために、本システムで採用したソフトウェアシステムの全体構成を図5に示す。システムの中核に位置するものは、OS(オペレーティングシステム)であり、DPCS(Distributed Process Control System)はネットワークサポートOSである。グラフィックCRT、CAMACなどの入出力サポートシステム、DPCSをベースとしたネットワークファイルサポートなどの各種ユーティリティがOSを核にサブシステムとして位置づけられている。これらサブシステムはNODAL言語に包含された形態となっており、NODALによりすべてプログラムすることが可能となっている。更にNODALのプログラミングは、CRTスクリーンエディタにより可能であり、操作をより易しいものとしている。

3.1 NODAL言語

NODALはCERNで開発されたインタプリタ言語⁴⁾であり、FOCAL (Formulating On-line Calculations in Algebraic Language) のプログラムをグルーピングする考え方と、SNOBOL (String Oriented Symbolic Language) の文字列の扱いやすさに、BASICのプログラミングのしやすさを加味した言語といえることができる。

本システムで開発したNODALは、種々のサブシステム機能を包含することにより、以下のような特徴をもっている。⁵⁾

- (1) プログラム作成が容易な会話型で、デバッグが容易に行なえるインタプリティブ実行型言語である。
- (2) マルチ計算機間で、リアルタイムにプログラムの転送、実行が可能であり、ネットワークシステムを1台の計算機のように扱える。



注：略語説明

NODAL(インタプリタ言語), OS(オペレーティングシステム)

DPCS(Distributed Process Control System: ネットワークOS)

図5 ソフトウェア全体構成 ソフトウェアとしては、OS(オペレーティングシステム)を核として、各種ユーティリティ及びNODAL言語が位置づけられ、ユーザーはNODALによってすべての処理を行なうことが可能となっている。

(3) 他言語(コンパイル語)の組込みが可能であり、システムの処理性を確保すると同時に、既存ソフトウェアの流用が可能である。

(4) ネットワーク内の入出力装置に対し、あたかも自計算機に接続された入出力装置のように扱うことが可能である。

3.2 ネットワークサポート

NODALの大きな特徴として、ネットワークサポートがある。概要を図6に示す。ネットワークサポートには大きく二つの機能がある。一つは、自プログラムの一部を他計算機へ転送して、そこで実行させ、答を返させる機能である(EXEC命令)。他の一つは、ネットワーク内の入出力機器を、自計算機接続機器と同様に扱える機能である(ネットワークファイル)。

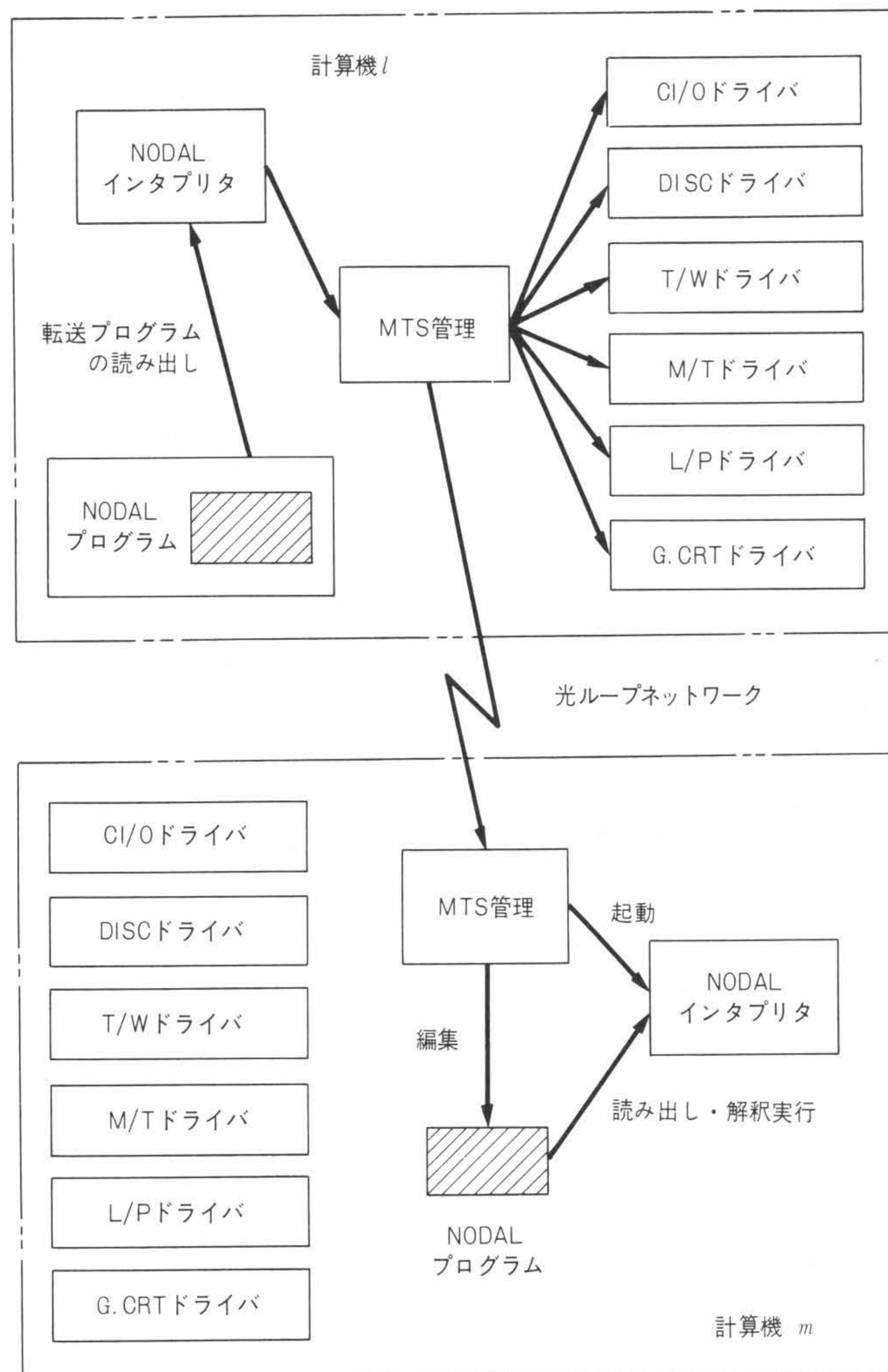
EXEC命令は、自プログラムの一部をネットワークを経由して他の計算機に転送し、その計算機でNODALインタプリタを起動し、解釈実行させる機能である。この機能により、一つのプログラムでありながら、分散された計算機で並列処理することが可能であり、強力なネットワーク言語となっている。

ネットワークファイルについても同様に、NODALインタプリタで解釈された入出力文は、自系又は他系の計算機に伝送され、各計算機の入出力ドライバが起動されて入出力処理を行なうことにより可能としている。

ネットワークサポートはMTS管理(メッセージトランスファシステム)サブシステムによりすべてが制御されている。

4 結 言

本システムを構築するに際して、最も大きな課題は、ネットワークサポート言語システムの開発であった。ネットワークとしては、光通信(光DFW)を採用することにより、高速、高処理性を確保した。言語システムとしては、数回のバージョンアップを実施し、機能の充実を図ると同時に、性能向上も図り、最終バージョンとしては、命令処理時間で現在のCERNのNODALに比べ、約2倍の高速性能を実現した。蓄積リングシステムは既に完成し順調に運用されているが、メインリングシステムは現在建設中である。今後システム規模の



注：略語説明 M/T(磁気テープ),

MTS(メッセージトランスファシステム), CI/O(コンソール入出力装置)

図6 ネットワークサポート NODALでは、計算機ネットワーク内で他系の計算機にNODALプログラムを転送し処理することが可能であると同時に、自系の入出力装置と同様、他系の入出力装置を動作させることが可能である。

増大に対し、更にいっそうの性能向上、機能充実の努力を重ねていく考えである。

終わりに、本システムの開発に関し、種々御助言及び御協力をいただいた関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) The Institute of Electrical and Electronics Engineers INC: CAMAC Instrumentation and Interface standards.
- 2) M. C. Crowley-Milling: The design of the Control System for the SPS, CERN 75-20(1975)
- 3) Y. Asano, et al.: KEKNET, A High Speed On-line Network for High Energy Physics, Nucl. Instrum. Methods 159(1979) 7
- 4) M. C. Crowley-Milling and G. C. Shering: The NODAL System for the SPS, CERN 78-07(1978)
- 5) 秋山, 外: KEK NODAL User's Guide, KEK Report 84-5 (1984)