

EPICS における 計算機システムの複合方式

真子ユリ子 (電子技術総合研究所)

1. はじめに EPICS (Experimental Pattern Informatics Community Service または Experimental Pattern Informatics Computer Support の略) は電子技術総合研究所がパターン情報処理研究のために用意した計算機システム群を主体とする体系である。はじめに EPICS の目的と EPICS において計算機システム群を複合化するとはどのような意味を持っているかについて説明する。

電子技術総合研究所は、パターン情報処理研究プロジェクトにあたり、研究の基礎手段として強力な計算機システムを設備して計画を進めなければならないと考えた。この場合の計算機システムとは、パターン情報処理の個別的な実験研究のための専用プロセッサやオンライン共同利用可能な大形システム、互いの異なる TSS 機能、バッチ・スレーションなどの広範なイメージを両立するものであり、目的に応じて多様なシステムを自由に活用することが望まれた。

この計画以前にも電子技術総合研究所では個別的なパターン情報処理研究——たとえば図形情報、文字情報、音声情報、物体情報などのパターン情報を入力、識別、処理する研究——が行われて来ており、それぞれ個々の目的に応じた実験システムを持っていたが、それらの中には新しい計算機システムの導入を必要としている場合が多かった。これらは比較的小規模で、多くの場合目的別の各種観測装置等を組込んだ、個性的なシステムを想定していた。一方、パタンの認識アルゴリズムの研究には大形の汎用機を必要とし、個別というよりはむしろ共通の機能——たとえば、プログラムやデータのための大規模なデータ・ベース、いくつかの研究に共通に用いられるようなパターン処理のためのプログラミング言語に対するプロセッサ・ベースなど——を集中化し、さらに独立に連繫なく存在している前述の実験システム群と、その大規模なシステムとを複合化することが研究を進める上で有効であると考えられた。複合化により各個別処理が有機的な関連を深め、研究の進展に応じて融合化することを促すであろうと期待がもたれ、豊かな中央システムを中心に各個別システムを結合すればそれが研究成果の媒体ともなり得るからである。そこで、大規模なシステムを中心にしていくつかの個別システムを星形に結合する構成をとることにした。(図1)

以下、星の中心となるシステムを中央(サブ)システム、その他のシステムを単にサブシステムと呼ぶことにする。

そしてこのような計算機システムを主体とした研究手段の体系を EPICS と呼び、常に成長して行くシステムとしてとらえて行くことにした。

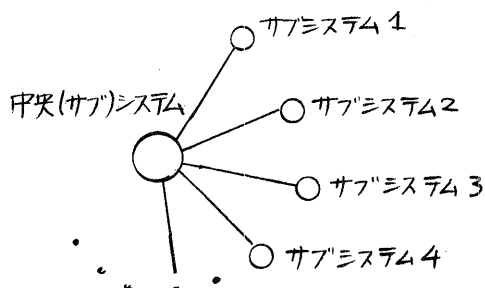


図1 EPICS における計算機複合構成

前述のように、このシステムはパターン研究の道具であり、新しい計算機のアーキテクチャへの興味を満ちることが目的ではなく、また計算機複合化自体の研究が目的でもなかった。既成の商用機の中でハードウェア的にもソフトウェア的にも安定した信頼性のある計算機システムを集めてそれらを複合化することにした。特に星の中心となる大形システムはオンライン・バッチシステムATSSの機能を通して全体的な研究の中心になるばかりではなく、複合に伴うネットワークの制御機能を付加しなければならなかった。オペレーティング・システムに信頼性があり、かつ複合化のために新規に開発する部分を最小にするにのぞけるものが要求された。そして昭和46年に、その時最もこれらの条件に最も近かったTOSBAC5600を中央サブシステムとして選定し、47年に社内を設置した。サブシステムについては、研究グループによって既に手持ちであったものを使うとしても新機もあったが、大部分はこの計画に際し新規に導入した。これは各個別システムごとに目的に応じて商用機の中から選定され、5つの全部異種の(メーカー異なる)計算機がサブシステムとして選ばれる結果となった。(付録を参照)

このシステムが技術的には特に新奇な趣向をとり入れるつもりがなかったにもかかわらず、計画の当初に各方面から楽観されなかったのはこのように取立て異なったアーキテクチャの計算機システムを結合しなければならなかった事情によると思われる。中央サブシステム選定後しばらくはハードウェアおよびソフトウェアの接合は様々の検討が開始され、昭和48年にハードウェア接合が終了し、昭和49年に中央サブシステムのオペレーティング・システムが一応完成し、サブシステムの別のオペレーティング・システムもそれぞれほぼ開発が終了した。

アーキテクチャが異なり、各々がオペレーティング・システムを既成している計算機群をハードウェア的にもソフトウェア的にも整合性のある形式で複合していることは、EPLICSの特徴のひとつである。本稿ではこのシステムにおける複合方式の考え方と構造を述べる。

2. 複合形成の基本方針

2.1. ノーマライズされたサブシステムの概念

前述のように、このシステムは1個の中央システムを中心にして、それらサブシステム群を結合する構成をとる。したがってこの場合の複合は、中央システム対サブシステムの接合をサブシステムの数だけくり返しただけなのである。そしてこれらのサブシステムは計画の当初より既にアーキテクチャもOSもそれぞれ異なることがわかっており、また計画の進展に伴い次々に新しいサブシステムが増設されて行く可能性が十分あるという状況であった。

このことは何らかの方式で(中央システムとの接合関係という意味で)サブシステムのノーマライズが必要であることを明らかに示唆していた。サブシステムをノーマライズして扱えばシステム全体の複合構造が単純になり見通しが良いし、サブシステムの制御のかなりの部分が共通化できる。サブシステム1の接合作業の経験をサブシステム2の接合の場合に活かす、これをまたサブシステム3の場合に活かすという風に順次経験を蓄積して作業を加速することも期待できるし、あるサブシステムの接合作業の状況をとらえるのにノーマライゼーションの進行の度合として統一的にとらえることもできる。逆にEPLICSの場合サブシステムのノーマライズを企及すれば接合作業は収拾のつかないものになり

かねなかった。以上はシステム作成者側の立場から見た利点であるが、EPICS
 ユーザの立場からも中央対サブシステムのインターフェースがノーマライズされ
 ていることは望ましいことに思われた。サブシステムのユーザは各サブシス
 テムに固定してあるわけではなく目的に応じて流動することも考えられる。サ
 ブシステム対サブシステムの結合はハードウェアでは行わず中央システムを仲介
 として見かけ上の結合をつける等の条件を考慮するという意味においてである。
 サブシステムをノーマライズするという点だけでは抽象的であり、具体化の
 方法も不明であるが、EPICSの場合はサブシステムのノーマライズとは次のよ
 うな点とであると考えた。

- 二つのシステムを結合するときにはインターフェースが存在するが、E
 PICSの中央システムとサブシステムとの間には、各サブシステム毎に
 個別の仕様を決めるのではなく、すべてのサブシステムに渡って統一
 的なインターフェースの仕様を決める。このインターフェースの幕を通
 して互いに他をながめれば、中央システム側から見ればどのサブシス
 テムも同じに見え、逆にどのサブシステム側から見ても中央システムは同
 一に見える。したがって、インターフェース仕様をどのように定める
 かというところが複合化作業の土台となる。(図2)
- このインターフェースは単にハードウェア・インターフェースを指すわ
 けではなくソフトウェアのインターフェースも含め、これは何層かにわ
 れる多層構造を成す。可能な限りインターフェースの仕様を決めると共に
 この構造を決めなければならない。(図3)
- インターフェースとは概念的なものであり、イメージである。これを
 成立させるためにはハードウェア接合装置やプログラムをイミュリメン
 トせねばならない。インターフェース仕様がプロセスで実現された
 ときに、「ノーマライズされたサブシステムが実現された」と見なす。

(この場合のノーマライズとはあくまでも中央システムとのインターフェース
 に関係した部分に限られ、各々のサブシステムの実験システムとしての個性には
 影響を与えない)

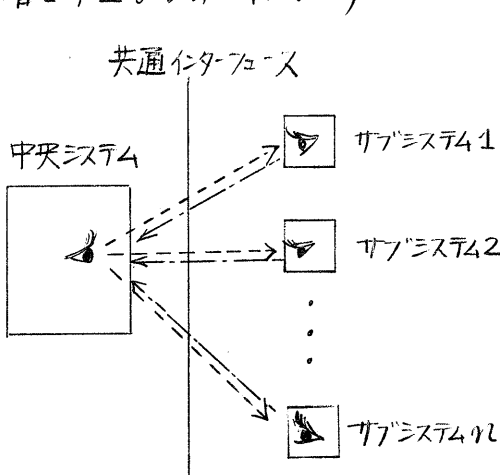


図2. 共通インターフェースの幕を
 通して見た各システム

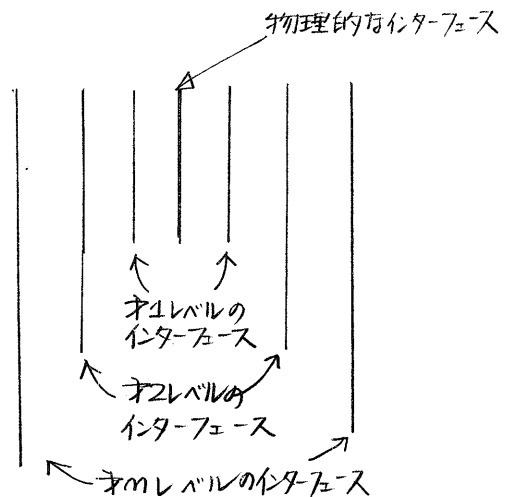


図3 多層構造のインターフェース

2.2. ノーマライズされたサブシステムを実現する基本方針

2.1に述べたような意味でのノーマライズされたサブシステムを実現するために2つの基本方針を決めた。(この方針に従ってくれるメーカーを募った。)

基本方針1. サブシステムをノーマライズするためにサブシステム側のハードウェアを変更することは行わない。

基本方針2. サブシステムをノーマライズするために、中央システム側のソフトウェアとして、各々のサブシステムのための個別インターフェース・プログラムを用意することは行わない。

基本方針の1と2は独立である。

1は中央システムとサブシステムのハードウェアの結合方式の方針で、アーキテクチャの異なるサブシステム群のそれぞれについて、中央システム側から見て手前に個別に接続装置を置き、それに各々の制御信号の意味と形式やデータの形式の個性を吸収させてしまおうというものがある。中央システム側からこの個別装置を見た場合に、どの装置も同じ装置として取扱うことが出来るし、サブシステム側からこの装置を見るとサブシステムの他の周辺装置と全く同様に扱うことが出来る。(この個別接続装置のイマプリメントをサブ

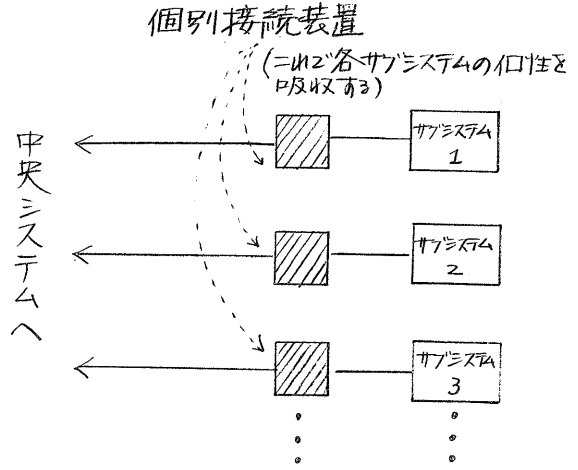


図5 中央システムとサブシステムの結合における個別接続装置の役割

システムの担当メーカーに委せるのではなく中央システムの担当メーカーに委せるという点も重要な基本方針であった。(これは中央システム公募のときに、電統研側から、中央システム担当立候補の条件のひとつとして明示された。)

2は中央システムとサブシステムのソフトウェア結合方式の方針で、図に示すと、図6のようにはせずに、図7のようになるという意味がある。1の方針には異論がなかったが、2の方針には所因でも異論があり、図6のようではあるとの強い主張もあったのである。それは、計画の当初ではサブシステムには中規模より小規模のシステムが想定されてきて(実際にはかなり大きなサブシステムになった所もあるが) EPICS 結合パッケージを付加するのは負担であること、それに対して中央システムはコアも大きくプログラム作成力も強いという理由によるものであった。これは中央システム側のソフトウェア負担が大きくなり、サブシステムが増設される度に中央システム側にも対応のインターフェースプログラムを増設しなければならぬのが図7の方針が実行してしまつたわけであるが、顧みればこれは適当であったと思われる。中央システム側のオペレーティング・システムの改造は最小にとどめようという方針のもとに作業が進められたにもかかわらず、実際には中央システムメーカーへの重い負担となりデバッグが長びいたので、それ以上の負担を避けるのは賢明であったと思われる。またサブシステムの側で、サブシステムのプログラマが仕様の中で必要な部分をサブセットとしてイマプリメントしている実情を見ても無理のない方針であったと見なされる。

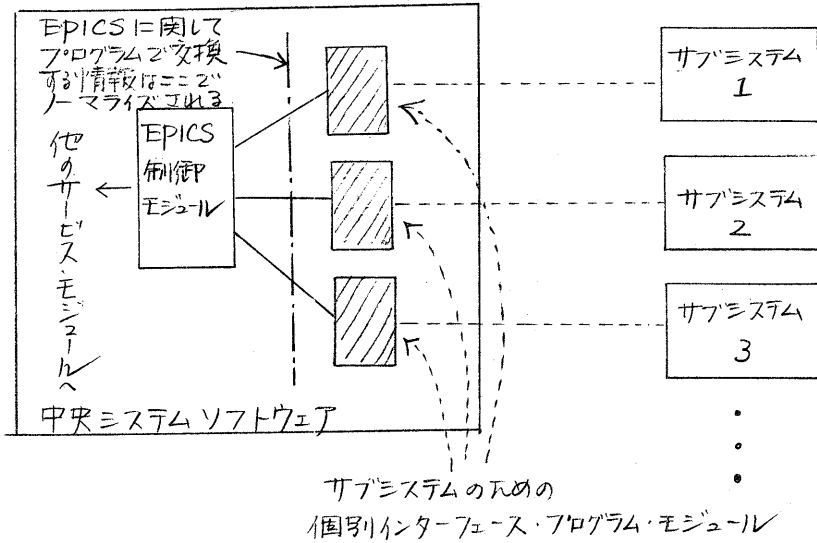


図6 サブシステム・ノーマライズのために中央システム側にプロセッサを備える方式 (EPICSではこの方式を採用していない)

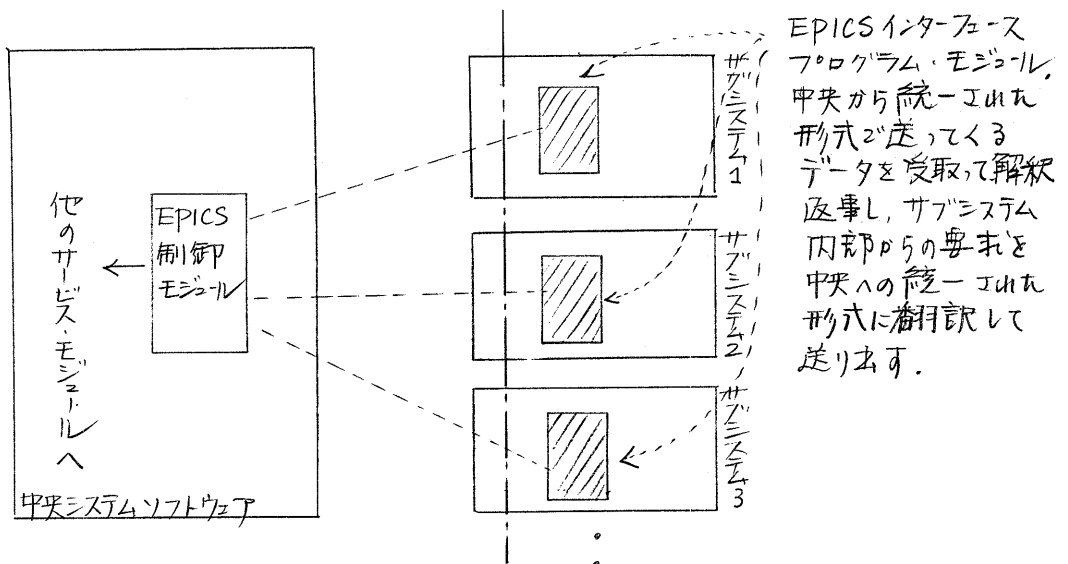


図7 サブシステムのノーマライズのためにサブシステム側にプロセッサを備える方式 (EPICSではこの方式を採用した。)

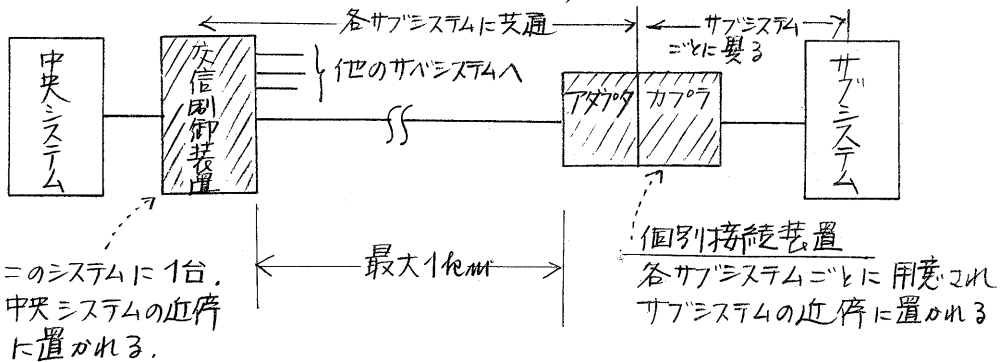
* 図6も図7もプログラムが交換する情報に関するインターフェースのみに着目して単純化して示した図である。ハードウェア・インターフェースや、いわゆるIO制御モジュールは省略した。また実際には多重構造になっているインターフェースも一重線が示した。

3. 複合形成の実際 前節までにEPICSにおける、中央システムとサブシステムの接続の目的や基本方針を述べたが、これを実現する方法はいろいろ考えられる。現実のEPICSの実際には多少欠点もあり、必らずしも基本構想のイムプリメントの善本となるものではないが、実証的な例があり具体性に豊むのこの姿を記述したい。(細部にわたる個別的な事項については各々の仕様書が印刷物になっているのでそれらを参照していただくたい。)

3.1 ハードウェア接続方式

中央システムとサブシステムのハードウェア接続は、図3に示したような多層のインターフェースの核となる部分で、これが実現されなければこれより外層になるインターフェースを実現しても実際のデータ交換を行なうことができない。

ユー2に述べたように、接続にあたり、サブシステムごとに個別の接続装置を作成してこれに各々のハードウェア的特性を吸収させ、論理的にも電氣的にもノーマライズし互い合うものを中央システムに接続するという基本方針があった。これらの個別接続装置は実際には中央システムの手前21台の交信制御装置に集結され、中央システムへと接続された。また、個別接続装置自体も(同一匡体の中にあるものは異なるが)各装置ごとに個性の異なるコアと呼ばれる部分と、アダプタと呼ばれる各装置に共通な部分とから成り立っている。(図8)



このシステムに1台、中央システムの直前に置かれる。

図8 中央システムとサブシステムのハードウェア接続における交信制御装置と個別接続装置の関係

個別接続装置の役割 一般的に、2つのシステムの間のデータ交換を果す接続装置は次のような機能を果す。①一方からの入力制御信号を契機に制御情報を入力する。これは入力信号と共にパラメータとして入力されることもあるし、引続き2データとして入力される情報に先見的に意味付けがなされている場合もある。②これを解釈し実際のデータ転送に先立、て何らかの動作を行、たり状態を変えたり、他方へ出力制御信号を送、たりする。これを終了してし、たりすることもある。③多くの場合これを双方の同期をと、り、それを確かめる。④実際のデータ転送を行、たり。⑤終了処理を行、たり。

この間に接続装置は、制御情報の翻訳とデータ情報の編集をして仲介する。(図9)

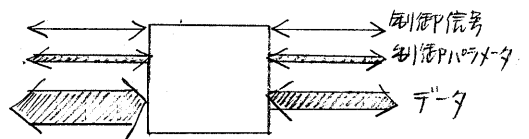


図9 データ交換における接続装置の役割

EPICSの場合には中央集権的な星形結合があるから中央システムとサブシステムの間の対等ではなく、データ通信に先立つ制御パラメータは中央システムの側が決定して接続装置に伝送することを基本パターンとする。すなわち目的データの通信の契機は、データ転送方向がかかり、中央システム側からの制御語(36bit)の書き出しにあり、これを接続装置が受信解釈してサブシステム側へ警告割込をかけて同期をとった上でサブシステム側のI/O形式に合わせて送り込む。そしてサブシステム側でその制御パラメータが解釈され、目的データに対するI/O命令が出されると、中央システム側に連絡して目的データをサブシステムのI/O形式に合わせて送信したり受信したりして仲介する。(図10)

サブシステムはチャンネルを備えているものでも備えていない場合でも個別接続装置の論理的な機能には変更がない。

まずサブシステムが起動要求を出すとは中央への割込信号に相当する制御信号の送付を行い、これにより中央システム側からの制御語の送付を促し、それ以後の手順は中央システムからの起動があった場合に帰着される。したがって、サブシステム側からは中央システムが出すような36bitの制御語を出すことはできない。

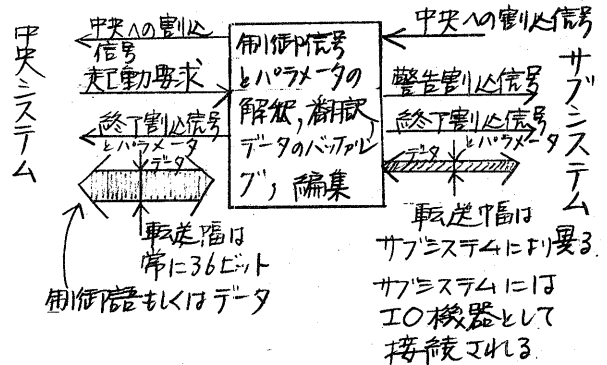
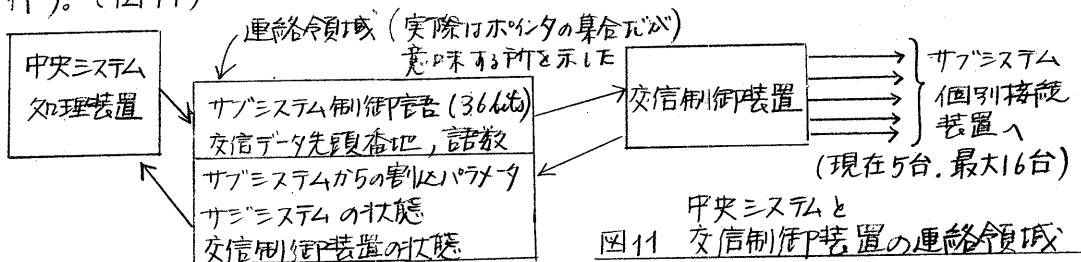


図10 EPICSの個別接続装置

交信制御装置 個別接続装置はそれぞれが中央システムに直接接続されているのではなく、交信制御装置に接続されている。交信制御装置は、これに接続されたサブシステムの制御を、中央システムの処理装置が介入しなくてもかなり自立的に行うための装置である。たとえば、中央システムからサブシステムに対する制御語と交信データについての情報とを与えられ交信開始命令を受けると、それ以後は中央処理装置の介入なしに、まずサブシステム個別接続装置に制御語だけを送り、個別接続装置がそれに依りてサブシステムとの連絡を行ってそれ以後のデータ通信を受理したことを確かめてそれを交信制御装置に知らせて乗ると、いまサブシステムデータ転送のフェーズに入り、それが終了したと次に中央処理装置に割込を起す。交信制御装置はプログラム制御ではないが、中央処理装置との連絡領域(中央システム・コア)をハードウェア上のセットで絶対的に与えられており、これを参照しながら交信手順と踏み、また中央への連絡情報のセットも行う。(図11)



3.2 ソフトウェア接合方式 ソフトウェア接合の実際を述べる前に EPICS でのハードウェア及びソフトウェア接合が完成したと仮定するとユーザはどのような機能を使うことが出来るのか、複合形成に期待するものは(プログラマレベルでは)何であったかを項目のみ列挙してみると次のようになる。

- 中央システムとサブシステム、またはサブシステム同士のデータ交換. 他のシステムのプログラムに対して受動的な周辺機器に対するかのように Read 命令や Write 命令を出すことができ、ON condition も指定できる。
- 中央システムのファイル・システム使用 (ディレクトリの管理を含む。)
- セマフォによる同期の管理。
- リモートバッチ。(サブシステムや中央システムのプログラムがリモート・バッチスレーションをシミュレートする。)
- ファイルではなく中央システムのコア内の共通領域の使用。 etc.

ユーザ・プログラムのインターフェースとは、これらの要求を出すとそれが順次交換されて相手システム側に伝えられ目的が果たされるレベルである。たとえ図12に示すように、サブシステムのユーザ・プログラムが中央システムのファイル・システムを OPEN しようとしたときには、OPEN 指令とそれに伴うパラメータを何らかの形で中央システムの方に送り出し、それが中央システムのファイル・システムまで伝達されて果てれば、OPEN に成功したか失敗したかという応答(理由)がサブ・システム・ユーザ・プログラムに返されれば、その過程で行われる交換の詳細は無視して考えればわかりやすい。この場合必要なのはユーザ・プログラムとファイル・システムのインターフェースであり要求手順とパラメータの形式と内容を規定することに尽きる。このユーザプログラムはサブシステムのものでなく、中央システムのもので良いし、ファイル・システムは必ずしも中央システムのものでなくとも良い。

サブシステムと中央システムとの関係ではファイル使用のよう高いレベルの要求は順次翻訳され接合装置を介して相手システムに伝えられるが、その過程で何層かかわるインターフェースを通過する。これらのインターフェースの様子は次の事項を規定する。

- 動作指令とパラメータの送り方、およびその手順
- 転送すべきデータについての情報の送り方。およびデータの形式
- 割込の起し方 (ON condition への入り方)
- 動作結果の示し方

これを実現するプロセッサ(この場合はプログラム)をイムプリメントするとインターフェースが成立する。このソフトウェアの接合面はハードウェアのチャンネルと相似なので、リフト・チャンネルとカロジカル・チャンネルとが叫ばれる。この考え方は複合計算機系に特有のものではなくすべての入出力系に適用される。○ オフ図に示したように、中央システムのチャンネルは一本にしか存在してないので、サブシステム側の仕様もノーマライズド・インターフェースが与えられればソフトウェア的にもノーマライズされたサブシステム群となり得る。EPICS の場合、▼ subsystem programmer's guide ▼ はどのシステムにも共通に1通り与えられている。これをどのようにイムプリメントするかはサブシステム・

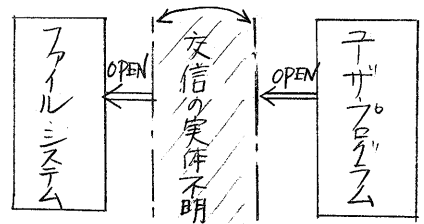


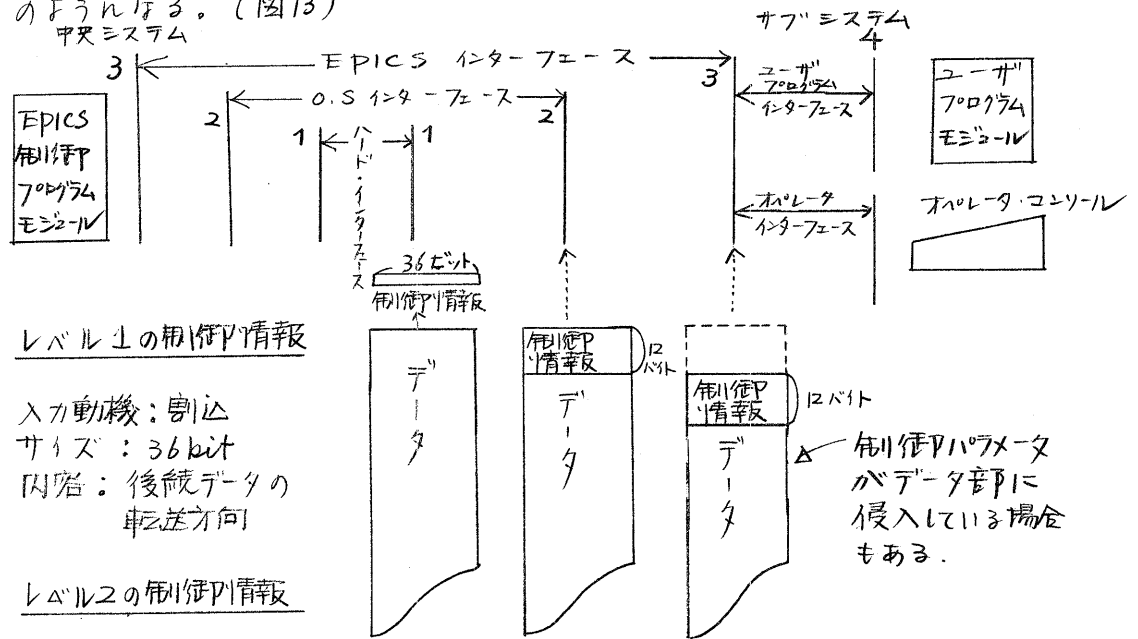
図12. ソフトウェアインターフェースの例

プログラマの自由がある。(仕様のすべてを実現しなくてもかまわない。)

多層チャンネルなどのように形成するかという問題、111か3とユーザ・プログラムのレベルから物理的な入出力レベルまでとのように区切るかということとはシステム設計のオーサである。

多層チャンネルとデータの構造と対応付けて考えれば、ハードウェア接合面を通過したデータは、次の一段深いレベルに入るとするの一部が制御情報であり残りがデータであると見なされる。制御情報とは、そのレベルで解釈されて動作や状態に影響を及ぼす情報で、そのレベルでは全く内容を参照されないのがデータである。そしてもし次のレベルがあるならば、データのみを1分だけ次のレベルに伝えられ、そこでも同様の分離が行われて、以下これをくり返す。

このようにEPICSで中央システムとサブシステムのソフトウェア接続を多層の仮想チャンネルとそれに対する制御情報とデータという形で行うと次のようになる。(図13)



レベル1の制御情報

入力動機: 割込
 サイズ: 36ビット
 内容: 後続データの転送方向

レベル2の制御情報

入出力動機: レベル1の入出力
 サイズ: 12バイト
 内容: 後続データの受信要求, 受信の開始/中停止, 再送要求等の受信手順に関する指令などを示す op. code. (6種)
 サブシステムの物理的なid. と論理的なid.
 送信系列のid (1つのサブシステムがいくつかの送信系列を開くことができる)

レベル3の制御情報

入力動機: レベル2の入出力. サイズ: 12バイト
 内容: EPICSの機能使用を直接的に示す op. code. (約80種)
 データ形式. データ長 ect.

図13 EPICS向けのソフトウェア接続の概観

4. 代わりに EPICS における計算機複合については各種の仕様書等も当初計画した体系に沿って作成されたためにかなり完全で、ユーザ・マニュアルも印刷されているが、基本となる考えについては、マニュアルの前者などに散らばっている他には ETL 印刷資料しかなかったので、▼ Introduction to... ▼ という形が要約しさらに実際のシステムを大局的に見直してみた。大規模にも小規模にも、いろいろなレベルで検討されるべきはあるが、それらが十分に行われているとはいい難い。また検討した結果を現実のシステムにフィードバックするのは大変難しいというのがいつかである。特にそれはソフトウェアに於いて難しい。筆者の印象では、ハードウェアの手直しというのはソフトウェアの手直しに比べてかなり敏感である。▼ ソフトウェアの硬直 ▼ 加減はいろいろな話題になっているので、これは EPICS 独自の話題ではないと考える。

検討事項として、なるべく低レベルで具体的なものを、ひとつだけ挙げておく。交信のはじめに中央システムは割込と共に 36 ビットの制御語とサブシステムに転送して来る。この 36 ビットの中で、実際に用いられているのは 1 ビットである。(!) これは残りの 35 ビットがもたれないという意味ではなく、(これもあるが) ニニで伝送すべき制御情報を伝えていないために、その後の交信回数が増える原因となっていることと、さらに良くないのは制御情報とデータの分離が不適当に行われるので、後段のシステム構成の美観を損ねていることである。

5. 謝辞 EPICS の複合系については電総研が構想と仕様の大要を示し、ハードウェア接合装置の設計製作のすべてと中央システムの EPICS 制御モジュールの設計製作と、中央システムのハードウェアの担当メーカーである東京芝浦電気が成し遂げた。このシステムが現実のものとなったのは同社の技術陣と営業陣のチーム・ワークのとれた活躍によるところが大きい。そして、異なったメーカー同志のハードウェア結合がスムーズに成功したのは、接合に先立ってサブシステム側の会社がこのシステムの目的を良く理解され快く内外不問であつたインターフェース仕様とノウハウまで明示され、復旧に応じ、忠告を惜しまれなかった功績を銘記しなくてはならない。筆者は昭和 46 年から 47 年にかけてこの仕事に参加しこれらの実情を良く知りながら、その後の仕事にとりまされ、これを記す機会を持たなかった。この機会に、東芝、日立、富士通の関係者に厚く感謝すると共に、このよき協力が今後も実現することを願う。

最後に EPICS に参加する機会を与えられた電子技術総合研究所の皆様にも感謝する。

6. 付録

EPICS の個別実験システム (ABC Ⅲ直) と目的

FACOM 230/35

HITAC 8350

NEAC 3200/50

PDP 11/45

TOSBAC 3400/41

音声認識

物体認識

図形認識

同

文字認識