

## 3W-1

## 意味記憶システム I X M

-意味ネットワークマシン I X M プロトタイプでの処理実験-

樋口哲也、古谷立美、半田剣一、楠本博之、国分明男  
(電総研)

## 1. はじめに

意味ネットワークは自然言語処理、知識ベースをはじめ A I の種々の分野で広く利用されてきたが、実用の大規模な意味ネットワークが開発された例はほとんどない。これは、意味ネットワークの増大に伴って計算量が爆発的に増加し、既存の計算機では処理しきれないためである。計算量の増加を抑制し、より大きな意味ネットワークを扱えるようにするには、処理アルゴリズムのオーダを低減することがポイントであり、そのためには超並列計算機の導入が必須である。

このような観点から電総研では意味ネットワーク処理向き並列マシン I X M の開発を進めている。I X M は、大容量連想メモリを備えたマルチプロセッサシステムである。現在稼働中のプロトタイプは、連想メモリをすべて実装すると、P E と連想メモリの並列性をあわせて 100000 以上の並列性を有する高並列計算機である。

本稿では I X M プロトタイプの概要とこれを用いた意味ネットワークの処理実験を報告する。

## 2. 意味ネットワーク言語 I X L

I X L は Prolog のスーパーセットであり、I X M マシンのプログラミング言語である。実体は、意味ネットワーク処理用の述語(これを I X L コマンドと呼ぶ)を Prolog に付加したもので、意味ネットワークに対する全解探索を Prolog プログラムの中から行える(勿論 Prolog もそのまま使える)。例えば次の節が入力されたとする。

```
?-isa(canary,X),write(X),fail.
```

ここで `isa(canary,X)` は、カナリアの上位概念を求めるための、意味ネットワーク処理用の述語である。これがホスト計算機上で解釈されると、I X M マシンに I X L コマンドとして渡され、その解が一斉に求められる。Prolog が苦手とする集合演算も、I X M マシンでは連想メモリの利用により効率的に処理できる。

## 3. I X M マシンの全体構成

I X M マシンは、ホスト計算機の制御下で M I M D 的に動作するマルチプロセッサであり、図 1 に示すように連想メモリを備えた P E と、これらを接続し、かつ意味ネットワーク処理の一部も担

う連想ネットワークから構成される。

各 P E には連想メモリがあり、全体を分割した“部分”意味ネットワークを格納する。P E の実行はプログラムカウンタに基づく制御でなく、意味ネットワーク内を流れるマーカによって起動される非同期型制御に基づいており、並列性を生かす目的を持つ。連想ネットワークはプロセッサ間交信を行うほかに、連想メモリを用いてマーカ伝搬の並列化処理を行う。そのネットワークの各接点にはネットワークプロセッサ(NP)を置く。

I X M マシンの実行は、一つの I X L コマンドを単位としている。たとえば、カナリアは何の下位概念かを調べるのに、`isa(canary,X)` という I X L コマンドを発するが、この処理が終わるまで I X M マシンは他のコマンドを受け付けない。但しその一つのコマンドの実行中に I X M マシン内の各 P E は M I M D で動作する。

## 4. プロトタイプシステムの概要

3 に述べたアーキテクチャの検証を行うために、32台の P E、1台のブロードキャストプロセッサ、および大容量連想メモリから成る意味ネットワークマシン I X M のプロトタイプを製作した。

プロトタイプは図 2 に示すように、1)ホスト計算機の SUN3、2)任意の接続形態を実現するための 5 枚のスイッチ基板、3)PE または NP の機能を実現する 32 枚の P E 基板、4)ブロードキャストプロセッサ、の四つの部分から成っている。I X M の一般ユーザは SUN3 上の Prolog プログラムから I X M を利用する。またデバッグ用のホストとして IBM PC も用意している。

・ホスト計算機

SUN3/260 上では、Quintus Prolog が走り、ここから I X L コマンドが呼び出され、I X M マシン

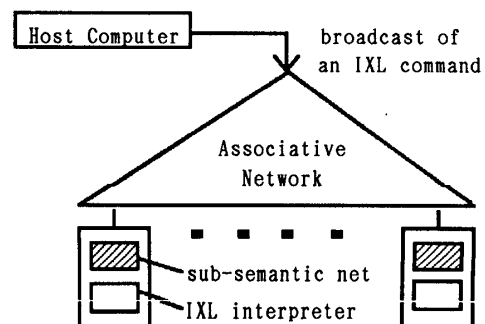


図1 I X M の全体構成

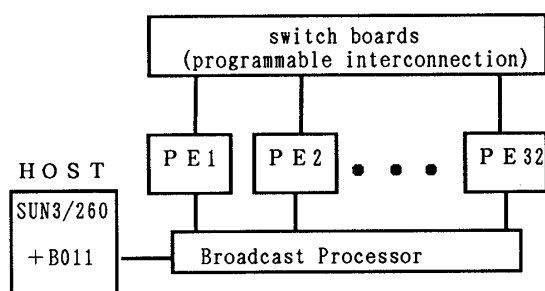


図2 プロトタイプ概要

にわたされる。実際にはPrologからUNIX上のCの通信プロセスが呼び出され、これがVMEバス上にあるデュアルポートメモリの8KbyteをIXMマシンとのデータ通信領域として使用する。

このデュアルポートメモリはVMEバスに接続したトランスピュータボードB011内にあり、UNIX上のプロセスと、B011内のトランスピュータの両方からアクセスできる。Quintus PrologへのIXLの組み込み、IXMマシンとの通信ソフトウェアはすでに完成している。

#### ・PE基板

PE基板は、T800トランスピュータ、連想メモリ、SRAM、リンクアダプタ、および周辺回路から成る。連想メモリはSRAMと共にoccamのアドレス空間に割り付けられており、T800からはRAMと同じようにアクセスできる。アクセス時間の実測平均は約450nsである。連想メモリはPE基板当

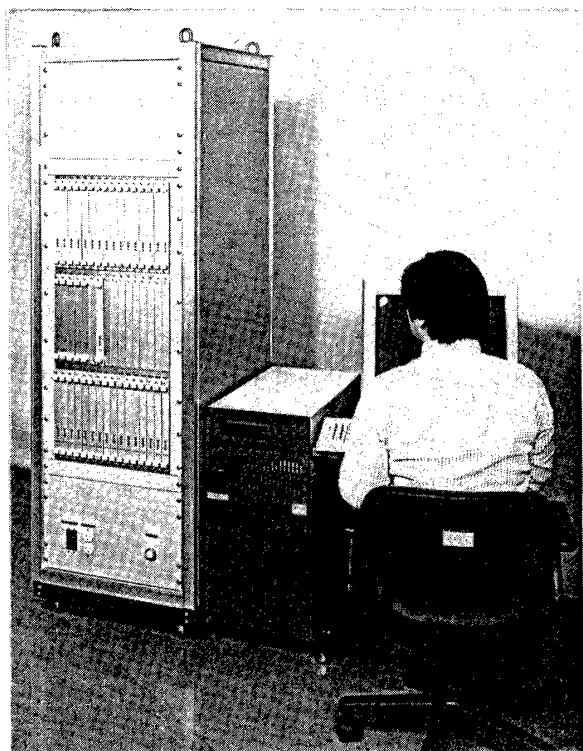


図3 IXMプロトタイプ (中央はSUN)

たり4k語を実装する予定であり、IXMマシン全体で128k語となる。連想メモリには意味ネットワークをリンク単位で格納し、最大64Kリンクまでの並列処理が可能である。またノード数では、最大32K個まで扱える。

#### ・スイッチ基板

32台のトランスピュータの持つシリアルリンク128本を5枚のスイッチ基板に分けて接続し、32PE基板間の任意の接続形態をプログラム制御する。但しクロスバスイッチLSI数の制限から完全に任意とはいかず、これを補うため各PEには予備の接続リンク8本を用意してある。

#### 5. 性能の予備的評価

意味ネットの基本処理は連想処理、集合演算、マーカ伝搬の3つである。IXMでは連想メモリの使用により前者2つをデータ数に拘わらず一定時間で行える。またマーカ伝搬は複数のPEにより並列処理する。このため計算量が爆発するような大規模な意味ネットワークを多数のPEで扱わないとIXMの真価は出にくい。しかし執筆時点では複数PEでの意味ネットワーク処理プログラムを開発中のため、十分な評価はまだ行えない。このためここではPE基板1枚上で走らせたプログラムの結果について述べる。

約3000リンクの小規模ネットをPEボード1枚で走らすとSUN-4/280Sの約2倍の時間がかかる(SUN-4用のCプログラムはハッシュでできる限り高速化した)。IXMの処理時間の97%がマーカ伝搬であるが、この部分は複数のPEで並列処理可能であるため、10枚以下のIXMPEボードでSUN-4クラスの性能は得られるものと考えられる。しかし同じネットをFACOM M780(37MIPS, キャッシュ3.2ns)で走らすとIXMのPE1台より30倍近く速い。この場合はネットが小さいためIXMのPE台数を増やしても効果は期待できず、大規模ネットの場合での比較でないとあまり意味がない。

#### 6. おわりに

IXMマシンのプロトタイプは図3のようにハードウェアは完成し、今ソフト、応用の開発と実験を行っている。末筆ながら連想メモリでご援助を頂くNTT・LSI研究所の小倉武氏、SUN3用TDSをご提供頂いた新日鉄第一技研の福島氏、徳永氏、田内氏、相良氏、ご指導頂く柏木電総研所長、棟上情報アーキテクチャ部長に感謝する。

1) 小倉、他: "20Kb CAM(Content Addressable Memory) LSI", 信学技報、CPSY87-23, pp. 31-37, 1987.