

# 2J-8 データフローマシン "TOPSTAR" の データ駆動型制御方式

栗原 謙, 鈴木達郎, 田中英彦, 元岡 達  
(東京大学 工学部)

## §1 はじめに

プロシージャレブル・データフローマシン "TOPSTAR" には、データ駆動型、及び、要求駆動型の2種類の制御方式が実装されている。本稿では、そのうちの、データ駆動型制御方式のシステムプログラム (Version 2) について報告する。

## §2 プロシージャレブル・データフロー

本システムの処理対象は、プロシージャをノードとする、データフロープログラムである。図1(a)に例を示す。一方、これは、図1(b)のペトリネットと等価である。TOPSTARでは、このプログラムは図1(c)の様に実行される。ペトリネットの "place" は、CM (Communication / Control Module) 中のバッファに対応し、"transition" は、PM (Processing Module) が、"雇われて仕事を行なう" ことに対応する。

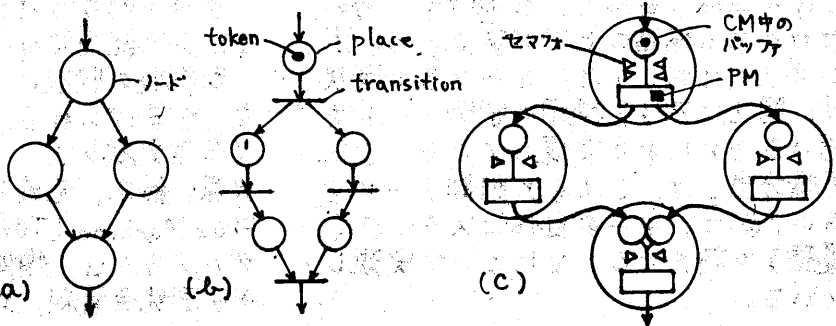
## §3 システムプログラム

本システムプログラム (Version 2) の特徴としては、

- 1) データ駆動による分散制御
- 2) PMの自由競争による負荷分散

図1

- (a) データフロープログラムの例
- (b) 対応するペトリネット
- (c) TOPSTARにおける処理



3) 追越しを許すパイプライン処理のサポート

4) プログラム構造 (ループ, 選択, 再帰呼出し) のサポート

等が挙げられる。以下、これらの特徴を中心にシステムプログラムの概説を行なう。

### 〈システムの動作の概要〉

各PMはCMに割込みをかけ、DEQコマンドを送ることにより、"仕事" を要求する。CMは、制御テーブルを調べ、実行可能 (必要な入力データがすべてそろっている) な "仕事" があれば、そのプロシージャ及びデータを送る。PMは "仕事" を実行し、結果の送り先のCMに割込みをかけ、ENQコマンドを送り、ひきつづいて結果のデータを送る。

各PMが "仕事" を求めて自由競争を行なうことにより、"忙しい" CMに自然に多くのPMが集まり、適切な負荷分散が行なわれる。

### 〈フロー制御〉

データ駆動型制御方式においては、実行可能な "仕事" は、次々とDEQしてよい訳であるが、実際には、CM中のデータバッファ数は有限であり、これがオーバーフローしない様に制御してやらなければならない。

本システムでは、各ノードに、次段ノードの空きバッファ数を示すセマフォを持たせることにより、フロー制御を行なっている。セマフォの値はDEQの際に1減じられ、PMからV-O Pコマンドを受けた時に1増される。

#### 〈パイプライン処理と追越し問題〉

一般に、パイプライン処理の制御方式としては、FIFOが用いられている。しかし、TOPSTARにおいては、CMとPMとに分かれていることにより、複数のPMに順次DEQを行なっても、その処理結果がDEQした順に次段のノードにENQされるとは限らない。データによって処理時間が大きく異なる様な場合には、むしろこの様な追越しを許すことにより、並列処理性の向上が図れると考えられる。

以上の理由から、本システムでは、追越しを許す制御方式を採用している。各トークンには、識別のため、Serial Number (SN) が付けられる。

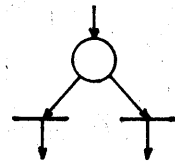
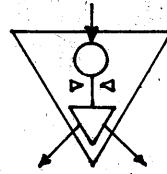
但し、バッファ数は有限であるので、無制限に追越しを許すと、FORK-JOINの際にデッドロックを生じる。この問題は、最も遅れているSNのトークンのためにバッファの1つを空けておく、"Reserve one Buffer for the Most Delayed serial number" (RBM D) 方式と称するフロー制御によって解決した。

#### 〈プログラム構造〉

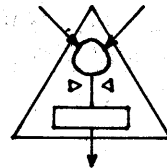
プロシージャレベル・データフロープログラムにおいても、ループ、選択 (if~then~else)、再帰呼出し等のプログラム構造の使用が望まれる。本システムにおいては、ループ及び選択は、図2に示す2種類の制御ノードを用いることにより実現している。また、再帰呼出しは、これらの制御ノードを用い、かつ、データ自体にスタック (履歴) を持たせることにより、実現している。

## 図2 制御ノード

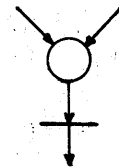
### (a) 条件分岐ノード



### (b) 合流ノード



(対応する  
ペトリネット)



### 〈実装〉

ノード間の接続関係は、テーブルの形で記述される。各CMには、いくつかのノードが割当てられ、各ノードはNode Control Block (NCB) と称するテーブルによって制御される。NCBは、トークンの到着管理用テーブル、データバッファへのポインタ、セマフォテーブル、PMに与えるデータのヘッダ、等から成る。

### §4 おわりに

プロシージャレベル・データフローマシンTOPSTARのデータ駆動型制御方式について述べた。今後の課題としては、

- 1) ノード間の接続関係を記述する言語、及び、それによって、各ノードのCMへの割当て、制御テーブルの生成を行なうコンパイラの開発
- 2) 共有記憶等の non-deterministic な問題の取扱い

などが挙げられる。

#### 〈参考文献〉

乗原, 鈴木, 元岡「High Level Data Flow Machine (TOPSTAR) のシステムプログラム」, 情報計算機アーキテクチャ研究会資料, 37-6, 1980年1月。