核言語ＫＬ１分散処理系
＝ ソフトウェアシミュレータによる評価 ＝

鳥居　悟　　大原　有理　　小野　越夫

富　士　通　株　式　会　社

はじめに

核言語ＫＬ１は，５Ｇプロジェクト中期において開発される並列推論マシン(PIM) の機械語である．ＫＬ１の並列推論機能のベースとしては，ＧＨＣ（Guarded Horn Clauses）（上田85）が採用されており，現在，分散環境下でのＧＨＣの実現方式の検討が行われている（村上86）（宮崎86）．

分散処理系の構築にあたっては，ＧＨＣプログラムの実行イメージの明確化，効率的なゴール分散方式の確立が重要な研究課題である．そこで我々は，どのゴールをどのプロセッサに割付けるかをプログラム中に陽に指定する，プラグマ方式（Shapiro 84）と呼ばれるゴール分散方式の検討から始めることにした．

我々は，まず，ＧＨＣを簡単化したＦＧＨＣを対象に，その分散実行をシミュレートするソフトウェアシミュレータを試作し，予備的な調査を行った．その結果，台数効果と言われる分散の効果を確認した．しかし，対象プログラムやプラグマの与え方によって，分散の効果が変化することがわかった（大原86）．

今回，プラグマ方式の検討をさらに進めるため，１つのプログラムを対象に，入力データによって分散の効果がどのように変化するのか，を中心に調査を行った．

ソフトウェアシミュレータの詳細については（大原86）を参照していただきたい．

1.　対象プログラム

対象プログラムは，差分リストを用いた"quick-sort"プログラムである．"quick-sort"プログラムの定義を以下に示す．

```
quick-sort(XS,YS) :-   true | qsort(XS,YS,  0 ).
qsort( (X|XS),YS0,YS2) :-  true |
  part(XS,X,S,L), qsort(S,YS0, (X|YS1) ),
  qsort(L,YS1,YS2).
qsort( 0 ,YS0, YS1) :-   true |
  YS0 = YS1.
part( (X|XS),A,S,L) :-      A < X  |
  L = (X|L1) , part(XS,A,S,L1).
part( (X|XS),A,S0,L) :-     A >= X |
  S0 = (X|S1) , part(XS,A,S1,L).
part( 0 ,B,S,L) :-  true |
  S = 0 , L = 0 .
```

このプログラムにおいて，ソーティング対象のリストは，partによって２つの部分リストに分割され，各部分リストに対してqsort が再帰的に実行される．ソーティングの結果は，差分リストで表される．このpartとqsortとをプロセスとして並列に実行することによって，プログラム全体の並列度を高めることができる（図１）．

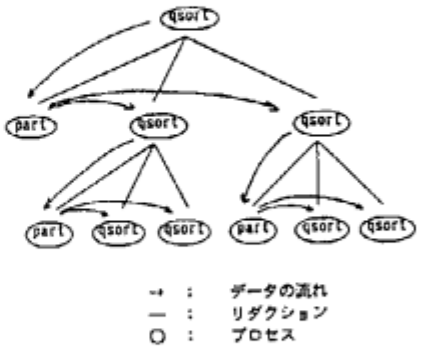

図１　"quick-sort"プログラムの木

2.　シミュレーション

ゴール分散の方法として，プラグマを付加するゴールにより，以下の３通りを考えた．

(1)　２つのqsort の分散．
(2)　partだけの分散．
(3)　１つのqsort だけの分散．

また，PE(Processing Element)台数によらない分散効果の変化を見るために，無限個のPEを想定し，各PEに複数個のゴールが割付けられないように分散した．

なお以下において，分散効果とは，１台のPEによる逐次実行と複数台のPEによる分散実行との総単位時間の比を表す．通信量とは，ネットワークを流れたメッセージの数を表す．

3.　入力データの長さと分散効果

まず，ランダムなリストを対象に，その長さを５要素刻みで２０要素まで変化させ，シミュレーションを行った．この結果を図２に示す．

この図からは，入力データの長さによって，分散効果が変化することがわかる．また，分散方法によって分散効果に変化が見られる．さらに，②，③との比較から，分散効果は分散されたゴールの数ではなく，その分散されたゴール自身に依存して変化することがわかる．

4.　入力データの性質と分散効果

７要素のリストに対し，境界値としていつも中央値を取れるリスト（最良），ランダムなリスト（ランダム），既に正順になっているリスト（正順）という性質の異なる３つのデータを対象として，シミュレーションを行った．この結果を図３に示す．

この図より，分散効果がデータに依存して変化することがわかる．この結果は，各入力データに対して作られるプログラム木が異なることからも明らかである．

Distributed Impremantation of the KL1 - Evaluation with the Software Simulator -

Satoru TORII, Yuri OHARA, Etsuo ONO

FUJITSU Ltd.

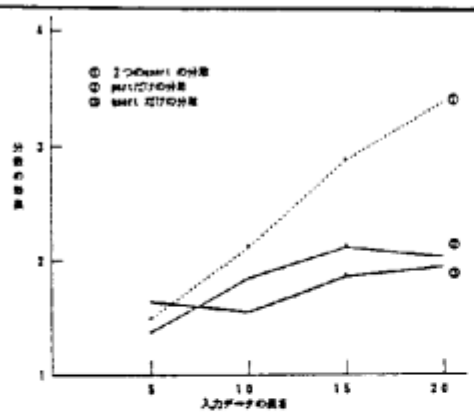

図2 入力データの長さと分散効果との関係
（ランダムなリスト）

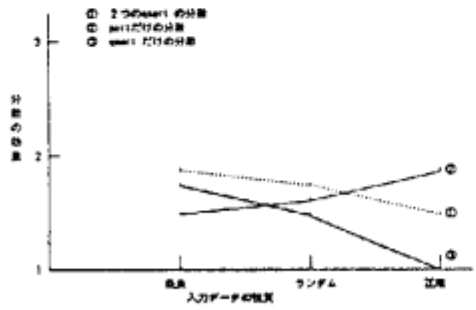

図3 入力データの性質と分散効果との関係
（7要素のリスト）

5. プラグマ方式の改良

シミュレーション結果から明らかなように，どのような分散方式をとっても，期待したほどの分散効果は得られていない．この理由の1つとして，分散したゴール間での変数の共用，そして，それに伴う通信の問題が考えられる．ゴール分散により，ゴール間で共用される変数のユニフィケーションが発生すると，その値の問い合せとその返答の通信処理のため，ゴールの実行に遅れが生じ，全体の実行効率が低下する．また，参照するデータが決まる前にゴールを分散させることは，却って逆効果になることがある（大原86）．すなわち，ゴール分散のタイミングが，分散効果に影響を与えるものと考えられる．

シミュレーションで用いたプラグマ方式では，どのゴールをどこへ分散させるかということだけが指定出来る．そこで，これらの指定に加え，分散のタイミングを指定できるような新しいプラグマ方式を提案する．

今回は，参照するデータが全て揃った時に，ゴールを分散させる単純な方式を採用した．図4にこの方式によるシミュレーション結果を，比較のために図3の結果と共に示す．また，この時の通信量の変化を図5に示す．

今回は，データが全て揃うまで，ゴールの分散のタイミングを遅らせているため，新しいプラグマ方式による分散効果の向上は認められない．しかし，通信量は，以前のプラグマ方式と比べ，1／5～1／10程度であり，通信量の軽減には非常に効果があることがわかる．

今後，通信量が少なく，分散効果が向上するような分散のタイミングに関しての検討を行い，効率のよいプラグマ方式を見出して行きたい．

おわりに

今回，ソフトウェアシミュレータを使用してプラグマ方式を中心にゴール分散実行方式の評価を行った．

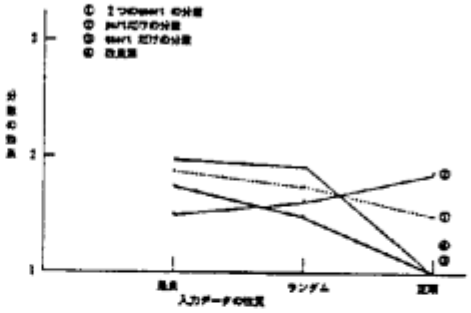

図4 入力データの性質と分散効果との関係
（7要素のリスト）

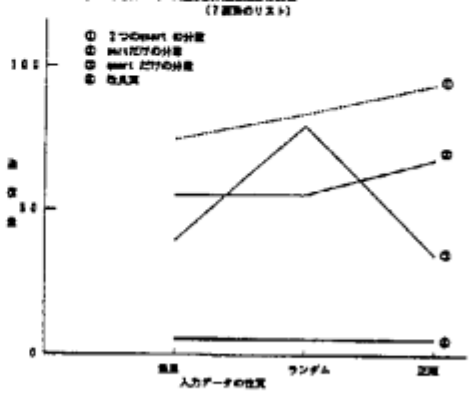

図5 入力データの性質と通信量との関係
（7要素のリスト）

ゴール分散のタイミングを指定可能とした新しいプラグマ分散方式は，"quick-sort"プログラムに限らず，一般のプログラムに対する最適な分散実行方式の構築への足掛かりとなるであろう．

プログラムの分散実行を評価する時に問題となるのは，プログラムの動作が分かりにくいことである．プログラム実行の可視性を高めることが大切である．現在，分散実行向きのソフトウェアシミュレーション環境の試作を進めている．

謝辞

本研究は，第5世代コンピュータプロジェクトの一環として富士通国際研と共同で行われたものである．本研究にあたり，御協力していただいた岸下　誠氏，神田陽治氏，及びICOT第1研究室の方々に感謝の意を表します．

参考文献

(上田85)　上田，"Guarded Horn Clauses"，ICOT Technical Report TR-103.

(村上86)　村上，"並列推論マシンにおける分散型ユニファイヤ構成方法の検討"，通信学会コンピュータシステム研究会

(富崎86)　富崎他，"Multi-PSIにおけるFlat GHCの実現方式"，The Logic Programming Conference 86.

(Shapiro 84) Shapiro E.Y. SYSTORIC PROGRAMMING: A Paradigm of Parallel Processing, Procs. of the International Conference on Fifth Generate on Computer Systems '84 pp. 458-470(1984)

(大原86)　大原他，"PGHC ソフトウェアシミュレータの試作"，The Logic Programming Conference 86.