

多方向性と無作為性をもつパーティショニングアルゴリズムと  
それを利用した時分割処理

2H-8

須崎 有康 田沼 均 平野 聡 一杉 裕志 塚本 亨治

電子技術総合研究所

1 はじめに

筆者らは文献[1]においてメッシュ結合並列計算機のパーティショニングアルゴリズム 2D Buddy(2DB) [2] または Adaptive Scan(AS)[3] を使った時分割処理 (TSS/2DB と TSS/AS) を提案した。文献[1]ではシミュレーションから、時分割処理化することにより従来の2DB、ASよりも全タスクの処理時間、応答性、プロセッサ利用率のすべてが向上することを示した。しかし、プロセッサの位置によりタスク割り当ての不均衡が生ずることが問題であった。本論文では、パーティショニングアルゴリズムでタスクを割り当てる際に多方向から検索し、かつ方向の決定を無作為に行なうことでプロセッサ間のタスクの不均衡を回避する手法を提案し、その効果をシミュレーションで示す。

2 多方向性と無作為性

文献[1]で採用したパーティショニングアルゴリズム [2],[3] は、図1の左のようにメッシュ結合の一隅からタスクの割り当て領域を探していく。図2は TSS/2DB を使った場合に各プロセッサに割り当てられたタスクの延べ数の一例を表している。この図では X と Y 軸がプロセッサの位置を表し、Z 軸がそのプロセッサの受け持った総タスク数を表している。これから単純に時分割処理化した方式では、プロセッサ毎に受け持つタスクの数に不均衡が生ずることがわかる。

時分割処理では一つのプロセッサに複数のタスクを割り当て、これらを交互に実行する。各プロセッサのメモリ容量を考慮するとプロセッサ間に受け持つタスクの数に不均衡が生ずる場合、あるプロセッサではメモリが足りなくなり、あるプロセッサでは余る状況となり、有効に資源を利用できないことが予想される。

本論文ではプロセッサ位置によるタスク割り当ての不均衡を解消するため、空きプロセッサ領域の検索を図1の右のように、プロセッサ空間のすべての隅(四方向)から

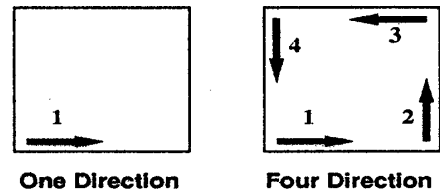


図1: パーティショニングの多方向性

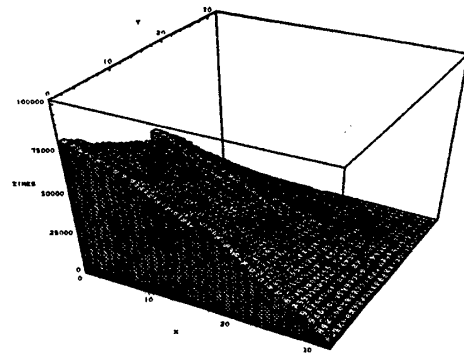


図2: タスク割り当ての偏り (TSS/2DB)

行なうように改良する。さらに、タスクが投入されタスクの割り当て方向を決める際に四隅のいずれかを無作為に選ぶ。無作為に選ぶことで四隅いずれからも偏りが起こらないようにする。

3 シミュレーションによる評価

多方向性と無作為性を備えた2DB、ASおよびそれらを用いた時分割処理の性能をシミュレーションにより測定した。ここでは対象とするメッシュ結合並列計算機を 32x32 プロセッサとし、タスクのモデルを M/M/1 とした。すなわち、タスクの投入間隔は指数分布、タスクの CPU 時間は指数分布、タスクを受け付ける窓口が一つというモデルである。

すべてのタスクの CPU 時間をシミュレーションの時間で 100、投入するタスクの数は 1000 個とし、シミュレーションでは投入間隔を 100 から 10 まで変えた場合の全タスクの総実行時間、各プロセッサの受け持つタスクの延べ数、プロセッサの受け持つ最大タスク数とその時の他のプロセッサの最小タスク数を調べた。タスクが要求する矩形領域は、一辺を 1 から 32 までの乱数とした。

TSS using partition algorithms with multi-dimension and random-dimension for mesh-connected parallel computers  
Kuniyasu SUZAKI Hitoshi TANUMA Satoshi HIRANO  
Yuuji ICHISUGI Michiharu TUKAMOTO  
Electrotechnical Laboratory

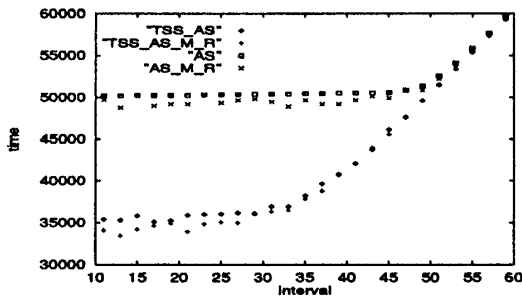


図 3: 全タスクの総実行時間 (AS base)

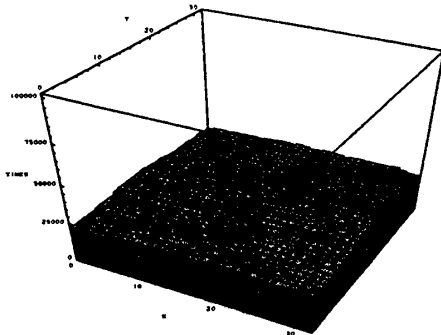


図 4: 多方向性と無作為性のタスク割り当て (TSS/2DB)

図3に AS、多方向性と無作為性を備えた AS(AS-M&R)、およびそれらを用いた時分割処理 (TSS/AS, TSS/AS-M&R) の全タスクの総実行時間を示す。この図は横軸が投入間隔、縦軸がタスクの総実行時間を示す。この図より多方向性と無作為性を備えた方が、パーティショニングアルゴリズム単独および時分割処理いずれでもタスクの投入間隔に関わらず、わずかに総実行時間が短いことがわかる。この結果は2DBを基にした方式でも同様であった。

図4は、プロセッサ位置によるタスクの割り当て状況を示す。この図は、図2と同じ条件のもとで多方向性と無作為性を備えた TSS/2DB(TSS/2DB-M&R) のタスク割り当ての結果を示している。二つの図を比較するとあきらかに TSS/2DB-M&R ではタスクをプロセッサ間に均等に分散したことがわかる。

図5は、プロセッサで受け持つ最大タスク数(帯グラフの上縁) および、そのときの他のプロセッサでの最小タスク数(帯グラフの下縁) を示す。ここでは、紙面の関係で TSS/2DB(上) と TSS/2DB-M&R (下) の状況を示す。この二つのグラフを比較すると、多方向性と無作為性に拡張することで最大タスク数を小さくし、またそのときの最小タスク数を大きくしていることがわかる。このことは、TSS/2DB-M&R がタスクをプロセッサ間に均等に割り当てていることを示している。

#### 4 おわりに

本論文では、メッシュ結合並列計算機のパーティショニングアルゴリズム 2D Buddy と Adaptive Scan それぞ

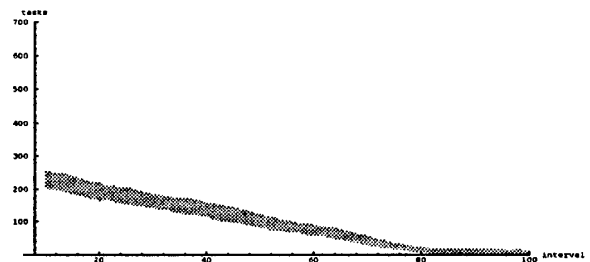
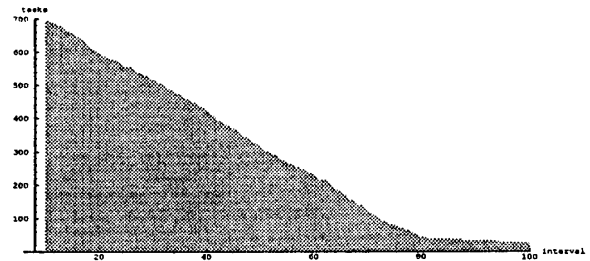


図 5: プロセッサ上の最大タスク (上が従来の TSS/2BD、下が多方向性と無作為性の TSS/2DB)

れを、プロセッサ空間の一隅からのタスク割り当てではなく、多方向(四隅)からのタスク割り当てに拡張し、さらにタスク開始位置を無作為に選ぶ方式を提案した。この新しいパーティショニングアルゴリズムを時分割処理に拡張し、その有効性について確かめた。

シミュレーションの結果より、多方向性と無作為性を備えたパーティショニングアルゴリズムおよびそれを用いた時分割処理で、タスクの総実行時間について若干の効率向上が確かめられた。また、従来の方式ではプロセッサの位置によりタスクの割り当てに偏りがあったが、多方向性と無作為性を備えることで偏りが減少することが確かめられた。このことは、限られた記憶容量を使う際にプロセッサ間での記憶容量の過不足を緩和することに有効である。

#### 謝辞

本研究の一部は RWC 計画の一環として「超並列システムアーキテクチャに関する研究」で行なわれたものである。関係各位に感謝する。

#### 参考文献

- [1] 須崎, 田沼, 平野, 一杉, 塚本: メッシュ結合並列計算機のパーティショニングアルゴリズム 2D-Buddy または Adaptive Scan を使った次分割処理, 情報処理研究会 OS-65(1994)
- [2] K. Li, K. Cheng: A Two Dimensional Buddy System for Dynamic Resource Allocation in a Partitionable Mesh Connected System, Journal of Parallel and Distributed Computing, vol.12(1991)
- [3] J. Ding, L. N. Bhuyan: An Adaptive Submesh Allocation Strategy for Two-Dimensional Mesh Connected Systems, Proceedings of ICPP(1993)