

# ステンシル計算を例題とした MPI と MapReduce の実用性に関する研究

1130328 川上 高仁 【松崎研究室】

## 1 背景と目的

近年の高性能な PC の低価格化に伴い、複数台の PC をネットワークで接続して並列処理を行う PC クラスタの利用が一般化しつつある。この PC クラスタによって並列処理を行うためには、プログラム中でプロセス間の通信等の処理を必要とする。そのために、補助となる通信ライブラリやフレームワークが使用される。例えば、MPI と呼ばれる通信ライブラリを使用すると、プロセス間の通信や処理の分散はプログラマの実装に委ねられる。一方で、負荷分散等を自動で行うフレームワークの 1 つとして MapReduce フレームワークがある。このフレームワークを使用する場合、MapReduce プログラミングモデルに従ったプログラムにする必要がある。

本研究では、データ間に依存性のあるステンシル計算を例題として、MapReduce と MPI によって実装を行う。そして、実行速度と実装容易性の観点から実用性の比較を行う。

## 2 実験に使用する並列処理方式

### 2.1 MapReduce

MapReduce とは、Google によって提唱されたプログラミングモデルとフレームワークである [1]。MapReduce では map と reduce という 2 つの関数によって処理を行う。データの入出力には、key と value と呼ばれる要素で構成したセットを使用する。この 2 つの関数の並列実行をフレームワークが自動で行う。

### 2.2 MPI

MPI とは、メッセージパッシングを用いた通信を行うためのインタフェースを取り決めた標準である [2]。この標準に則った実装として、OpenMPI 等の通信ライブラリが存在する。MPI では、ランクと呼ばれる各プロセスに自動で割り当てられる整数値を利用して通信相手を決定する。プロセス間の通信には、オーバーヘッドの軽減が可能なノンブロッキング通信を主に使用して並列処理を行う。

## 3 ステンシル計算

ステンシル計算では、ある 1 点の処理を特定のパターンでアクセスすることで行う。図 1 に示した 5 点ステンシル計算というパターンの場合、点  $(x, y)$  を計算するためにその点と周囲の 4 点の計 5 点の値を必要とする。

ステンシル計算を並列処理する場合、処理対象のデータを特定の領域で分割する方法がある。その場合、分割した境界の計算を行うために他の領域の一部を必要となるため、データの依存関係を維持することが欠かせない。

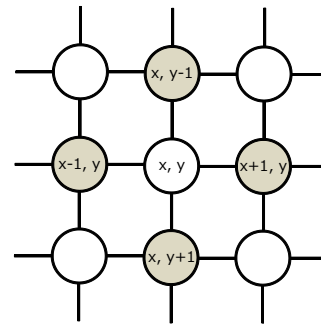


図 1 5 点ステンシル計算

表 1 5 点ステンシル計算の実行時間 (単位:秒)

PC の台数	4 台	8 台	12 台	16 台
MapReduce	364	208.2	184.8	166.8
MPI	46.2	15.6	13.59	10.5

## 4 評価実験と考察

1 から 9999 までの乱数で構成された  $48000 \times 48000$  の行列の 5 点ステンシル計算を行った結果を、表 1 に示す。PC の台数を増加させ、5 回連続で計測した時間の平均である。MapReduce と MPI 共に、台数の増加により実行時間の短縮ができています。MPI はほぼ線形な台数効果が出ていることに対して、MapReduce は 8 台以上でその効果が小さくなっています。

実装容易性に関しては、MapReduce の場合はデータ間の依存性を維持することが難しい。今回の実装では、計算するデータに予め行番号を割り振ることや、map 関数での取り出しの際にデータの位置を出力に付加することで依存性の維持を行った。つまり、フレームワークによる通信の自動化が可能な反面、その通信の中でいかにして依存性の維持するのかという点については結局自らの実装に頼る必要があった。MPI での依存性の維持に関しては、任意のタイミングで通信可能なため MapReduce 程制約を受けることはない。そのため、ステンシル計算の実装という点で考えれば、MapReduce よりも容易に実装することが可能である。

以上のことから、MapReduce の使用が一概に容易な並列処理を実現する方法であるとは言えず、MPI の柔軟な並列処理のほうが実用性に優れている場合もあるということがわかった。

## 参考文献

- [1] Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat, MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. In *OSDI*, pp. 137–150, 2004.
- [2] Message Passing Interface Forum, MPI:A Message-Passing Interface Standard. 1995.