

日本初の電子計算機はその用途がレンズ設計であったように<sup>1)</sup>、光学分野においてコンピューター援用は必要不可欠なものであることはいうまでもありません。近年では、ナノデバイスの設計・解析や高速現象のシミュレーションなど、光学解析で要求される処理量とデータ量は増大し続けています。

一方で、電子計算機においてもその処理速度やメモリー容量も進展を続けており、光学分野における貢献度はますます高まっています。電子計算の発展に関する最近の特徴のひとつとして、並列処理や分散処理の実用化が進んでいることが挙げられます。このことは、スーパーコンピューターや PC クラスターといった高性能な計算環境において顕著であるといえます。しかし、市販の PC においても、プロセッサがマルチコア化されており、PC 1 台で並列処理を実装することが可能な状況になりつつあります。

本稿では、研究室で個人がそれぞれの PC で並列計算を利用することを前提に、マルチコアプロセッサを有効に使うための分散計算について紹介したいと思います。まず、筆者が所属する研究室で、大学院生が作成したプログラムを一部拝借し、並列計算の効果を提示します。次に、PC 1 台で利用できる並列計算の手段をいくつか例示します。

### 1. MPI を用いた計算事例

今回、並列コンピューティングを行うための標準規格のひとつである Message Passing Interface (MPI) を利用しました。MPI は本来、複数の PC を協調的に利用する分散計算において威力を発揮します。しかし、今回は簡便に並列処理を実行させる手段を紹介することが趣旨ですので、1 台の計算機での利用を前提にさせていただきます。

使用した PC は Apple Mac Pro で、プロセッサの仕様は  $2 \times 2.8$  GHz Quad-Core Intel Xeon です。また、この PC には 2 GB の RAM が搭載されています。まず、MPI の無償実装ツールである mpich2 をダウンロードし、インストールします。次に、SSH リモート通信の設定を行います。この設定は、1 台の計算機で分散計算を行う場合、不要に思われます。しかし、設定しない場合はコンパイルが行えなかったため、準備しました。

処理内容として、Fresnel-Kirchhoff 回折積分を動作させました。誌面の都合上、詳細な計算条件やソースコード（ここでは test.c とします）の説明は省略させていただきます。mpich2 において、コンパイルのコマンドは mpicc であり、

```
mpicc -o test test.c
```

のように入力すれば、実行ファイルが作成されます。実行のための入力は

```
mpirun -np m test
```

です。ここで、'm' は実行させるプロセスの数になります。

上述した回折計算を  $m=1, 2, 3, 4$  として、それぞれ実行させました。実行結果より、すべて等価な計算結果が得られました。表 1 に計算時間をまとめます。表 1 より、 $m=2$  において最も計算時間が短くなっており、並列計算の効果が示されています。 $m \geq 3$  において計算時間が増大しています。このことは、計算における解析領域が広くないため、処理の分散が効率的でないことが理由であると考えられます。

MPI では、単一の実行ファイルにより、さまざまなプロセス数でプログラムを動作させることができます。例で示したように、プロセス数が多ければ多いほど、高速であるとは限りません。したがっ

表1 実行プロセス数と計算時間の関係.

$m$	計算時間 [s]
1	8533.26
2	4263.49
3	4267.26
4	4267.78

て、簡単な操作で並列度を試行できる MPI の特性は、並列処理を開発するうえで有用であるといえます。また、(1 台の計算機上での並列計算」という今回の趣旨に反してしまいますが) ネットワーク内に同様の仕様の PC を複数台用意し、SSH リモート通信を適切に設定することで、ソースコードを書き換えることなく利用する CPU を増やすこともできます。

## 2. 他の並列処理の方法

市販の計算機環境で並列処理を実行する方法としては、マルチスレッドプログラムが挙げられます。マルチスレッドプログラムでは、スレッドシステムが実装されたライブラリーを設定することで、既存の C 言語のコンパイラを用いて並列処理を設計できます。マルチスレッドプログラムについては文献 2) で詳説されています。

さらに文献 2) では、OpenMP や、Cell (Cell Broadband Engine) 上のプログラミングなどが紹介されています。OpenMP は、MPI と同様に並列処理環境を利用するためのインターフェースですが、非並列処理環境でのソースコードをほぼ変更せずに並列処理を実現できる利点を有しています。Cell は、ゲーム機や映像処理用途に開発されたプロセッサで、異なる 2 種類のプロセッサエレメントで構成されています。したがって、このアーキ

テクチャーが考慮された並列処理を設計する必要があります。

また、「光学」第 38 巻第 4 号の光学工房で紹介されている GPU (graphic processing unit) も、グラフィックボードを多少高性能にしなければならないことや、データ転送速度に制限があるものの、用途によっては市販の PC 環境で実現できる並列処理環境として非常に有用であると考えられます。

市販の PC 環境で並列処理について紹介しました。中身の詳細にはほとんど触れることができずに、簡単な手順やツールの羅列になってしまいました。しかし、MPI についてはさまざまな解説書が出版されています。また、インターネットにより解説や利用方法に関する情報を得ることができます。

現在販売されている PC は、マルチコアプロセッサを搭載しているものが主流といえます。このような状況から考えると、スーパーコンピュータや、PC クラスタ、グリッドコンピュータを用いることが想定されていた並列計算技術の一部が、身近な PC 環境で利用できつつあるといえます。光学分野において、大規模計算が必要とされる研究は数多くあるかと思えます。光学解析に従事されている研究グループにおいて、本稿が何らかの参考になれば幸いです。(神戸大学 仁田功一)

## 文 献

- 1) C&C 振興財団編：コンピュータが計算機と呼ばれた時代 (アスキー, 2005).
- 2) 安田絹子, 飯塚博道, 青柳信吾, 小林林広, 阿部貴之：マルチコア CPU のための並列プログラミング (秀和システム, 2006).