

PC クラスタによる時間領域差分法の高速度化

Acceleration of FDTD simulation using a PC cluster

○内田一也¹ 市川智章² 大貫進一郎³*Kazuya Uchida¹ Tomoaki Ichikawa² Shinichiro Ohnuki³

Abstract: Large scale computation of electromagnetic field is important to study real world problems. In this report, we perform Finite Difference Time Domain (FDTD) simulation using a PC cluster and verify that high speed computation can be achieved.

1. まえがき

大規模の電磁界解析を行うために、PC クラスタの利用が検討されている。本報告では、近年注目されている時間領域差分(Finite Difference Time Domain: FDTD)法を PC クラスタで分散コンピューティングする手法を検討し、FDTD 法の高速度化を図る。

2. 解析法

本報告では 2 次元の x - y 平面にガウスパルスが入射した際の伝搬問題を FDTD 法で解析する。計算の高速度化を図るために以下で説明する PC クラスタを構築し、解析を行う PC の台数変化に対する計算時間、および解析可能な領域サイズの比較検討を行う。

2.1. PC クラスタ

PC クラスタはコンピュータをネットワーク接続し、仮想的に 1 台の並列コンピュータとして利用可能にしたシステムである。今回使用した PC クラスタの構成を Figure 1 に示す。9 台ある PC のうち 1 台をマスターノード、8 台を計算ノードとして使用する。また OS は Centos-5 64bit を選択した。

2.2. MPI

PC クラスタを使用して計算を行う場合、MPI (Message Passing Interface)を利用する。MPI はメモリ分散型の並列計算をサポートするためのライブラリであり、あるプロセスからほかのプロセスへのデータを明示的に送る方法の一つである。

PC クラスタに FDTD 法を適応するために、解析領域を計算ノード分だけ等分割し、各計算ノードに割り振る (Figure 2)。分割した境界部分の計算データが他の計算ノードでの計算に必要なため、そのデータの送受信を行うために MPI を用いる。

3. 解析結果

Figure 3 に x - y 平面の刻み幅を $\Delta x = \Delta y = 0.01$ [m]とし、入射点より Δx 離れた点を観測点とした場合の計算精

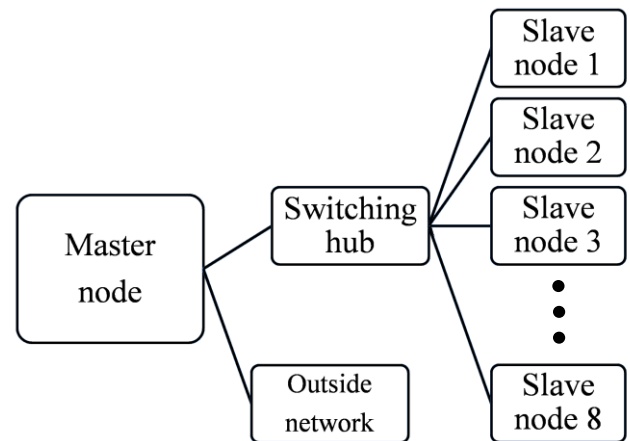


Figure 1. PC cluster system

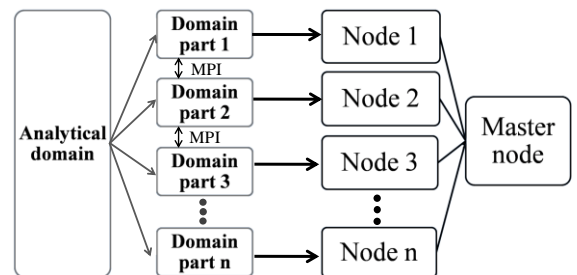


Figure 2. Distributed computation by MPI

度の比較を示す。時間の刻み幅は $\Delta t = 11.7$ [ps] とし、100 ステップまで計算させた。図より PC クラスタで使用する計算ノードの台数を変化させても計算結果は完全に一致している。

Figure 4 に計算ノードを 1 台から 8 台まで変化させた場合の計算時間を示す。計算ノード 1 台の結果と比較すると、複数の計算ノードを利用した場合は計算時間の短縮が可能であり、計算時間と計算ノードの台数はほぼ反比例の関係にあることが分かる。また、計算ノード 1 台で計算できる解析領域の最大値が $9500 \Delta x * 9500 \Delta y$ に対して、計算ノード 2 台では 2.02 倍の $13500 \Delta x * 13500 \Delta y$ 、計算ノード 4 台では 4.00 倍の $19000 \Delta x$

*19000 Δy , 計算ノード 8 台では 8.08 倍の 27000 Δx *27000 Δy となり, 解析可能な領域サイズは計算ノード数にほぼ比例することを確認した.

Figure 5 に計算ノードを変化させた場合の高速化比を示す. 高速化比 S_n (n :PC クラスタに用いた計算ノードの数) は, T を計算ノード 1 台の計算時間, T_n を計算ノードを n 台用いた場合の計算時間として, 次式のように定義する.

$$S_n = \frac{T}{T_n} \quad (1)$$

図より, PC クラスタで使用する計算ノードの台数を増やすことによって高速化比は大きくなる. また, 解析領域が大きくなるにつれて, 計算ノードの使用数 2 台, 4 台, 8 台とどの場合でも高速化比は大きくなっている. これは, 複数台で計算した場合の計算ノード 1 台で使っているメモリに対するキャッシュメモリの割合が, 計算ノード 1 台のみで計算しているときの割合と比べて大きくなっているためと考えられる. 一方, 解析領域が小さい場合は, 台数を増やしても高速化比は最大で 2.48 倍程度である. これは 1 台あたりの計算時間が短くなるため, クラスタ間で発生している通信時間が影響しているためだと考えられる.

4. まとめ

本報告では FDTD 法を PC クラスタで計算し, 計算ノードの台数を 1 台から 8 台まで変化させた. 計算ノードの台数と計算時間はほぼ反比例の関係にあり, 解析領域のサイズとはほぼ比例していることを確認した.

参考文献

- [1] Dennis M.Sullivan : "Electromagnetic Simulation Using The FDTD Method", Electrical Engineering Department University of Idaho, 1999.
- [2] 佐々木誠:「並列計算プログラミング超入門」, 炉物理の研究 第 55 号, (株)日本総合研究所, 2003 年 3 月.
- [3] 大宮学:「PC クラスタを用いた並列プログラミング講義実施報告」, 大型計算機センターニュース, vol.35, no.1, pp. 7-30, 2003 年.
- [4] 坪口裕, 坂田尚隆, 北岡優弥, 岸本誠也, 平野正樹, 大貫進一郎:「分散コンピューティングによる電磁波過渡散乱解析の高速化」, 日本大学理工学部 学術講演会予稿集, 2009 年.

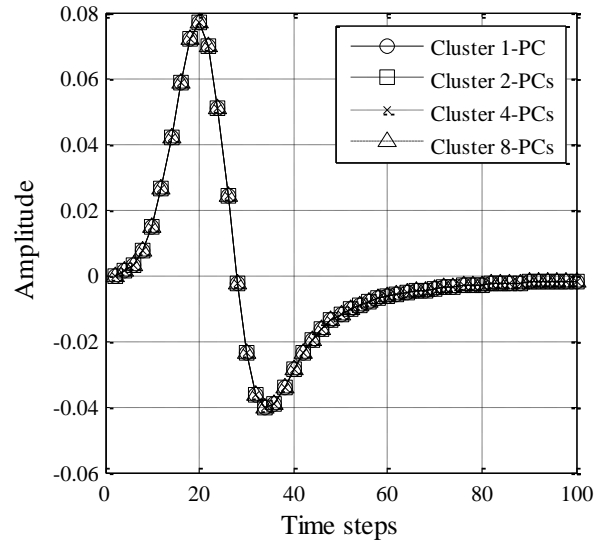


Figure 3. Time domain response

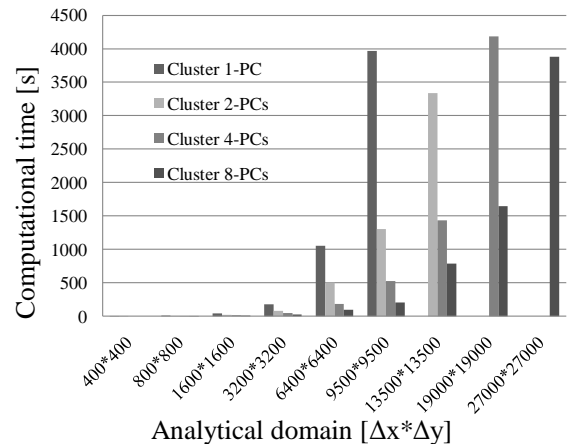


Figure 4. Computational time for the field size

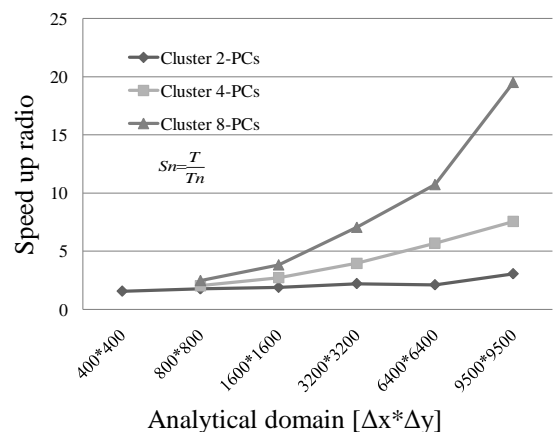


Figure 5. Speed-up rate of the PC cluster