

# 大規模クラスタにおける並列アプリケーションの性能評価

The performance evaluation of the parallel application about the large-scale cluster system

下坂 久司, 片浦 哲平

Hisashi Shimosaka, Teppei Kataura

**Abstract:** This time, I used large-scale cluster system (Cambria System) and evaluated the efficiency of the parallel application and the parallel library. As the evaluation of the efficiency, in the parallel application, it did GA and an SA and the parallel library compared between PVM and MPI. As a result, GA and LAM showed good efficiency in the large-scale cluster system.

## 1 はじめに

昨今, 大規模クラスタシステムに大きな注目が集まっている. 大規模な数値計算を行う際, 並列処理は必要不可欠なものであるが, 並列処理を行うコンピュータには, 大きく分けて共有メモリ型と分散メモリ型のものがある. 従来, 並列処理で多く使われてきたのは共有メモリ型の SMP マシンであった. しかしながら近年の PC の高性能化と低価格化から, PC レベルのコンピュータを高速ネットワークで結合し, 大規模なクラスタシステムを構築することで, 安価で高性能な分散メモリ型のシステムを造ることができる. 今回使用した大規模クラスタは 256PE の Cambria System である. Cambria System の概要を Table 1 に示す.

今回行った大規模クラスタシステムでの性能評価は, SA と GA の比較である. また, この Cambria で使用できる, メッセージパッシングライブラリである PVM と LAM についての比較も行った.

## 2 SA の並列性能評価

### 2.1 SA のアルゴリズム

大規模クラスタシステムを使用するには, 使用するアプリケーションに並列性がなくてはならない. SA 自体のアルゴリズムには, 並列性はない. それは SA の特徴である「焼きなまし」に順序関係が必要なためである. また SA では, 結果が初期値に大きく依存することや温度スケジュールが難しいため, 並列化にはパラメータの値を変えて, 同時に同じプログラムを実行し, 良い結果がでるパラメータを見つけるというような方法が用いられる.

### 2.2 TPSA のアルゴリズム

SA のアルゴリズムでは, 高度な並列化を行うことが難しいため, 「焼きなまし」を違う形で実装するアルゴリズムとして, TPSA がある. TPSA では, 異なる温度で各プロセスがクーリングを行わない形で SA を実行

Table 1 Cambria System

CPU	Pentium 800MHz (計 256PE)
Memory	128MB (計 32GB)
Network	Fast Ethernet
OS	Debian GNU/LINUX 2.2
Peak 性能	204.8GFLOPS

し, 近隣温度のプロセスと解交換を行うことで「焼きなまし」を実装している. この方法の良い点は,

- 並列処理を前提に考えられたアルゴリズム
- 温度スケジュールを自動化

という点が挙げられる.

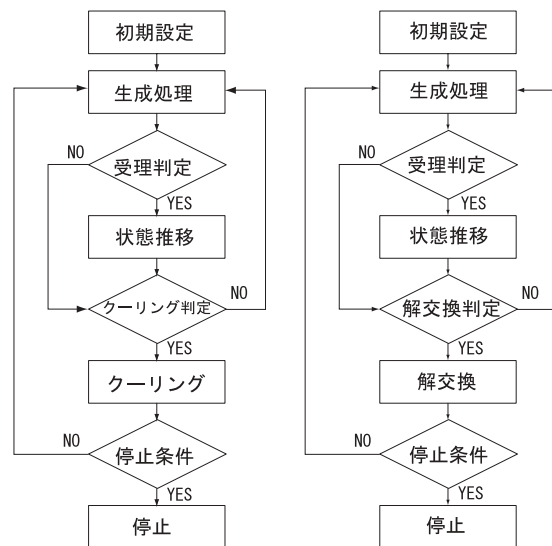


Fig. 1 SA 流れ図

Fig. 2 TPSA 流れ図

温度スケジュールの自動化とは, Fig. 7 のように, 良い解が温度間を移動し, 最も良い温度スケジュールを決定するというものである.

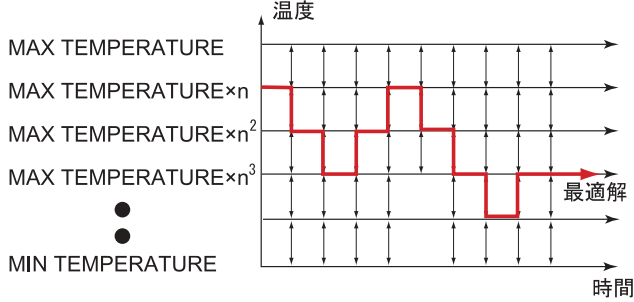


Fig. 3 温度スケジュールの自動化

Table 2 TPSA の実行環境

対象問題	Rastrijin
アニーリング数 (/プロセス)	10240
受率率	0.5
解交換	160 回

つまり、SA の欠点を補ったアルゴリズムであるといえる。

### 2.3 TPSA の並列効果

TPSA を用い、プロセス数 (温度分割数) を変化させて解及び実行時間がどのように変化するかを調べた。対象問題及びパラメータは Table 2 の通りである。解の精度について Fig. 4 に、実行時間については Fig. 5 に結果を示す。各値は 20 回試行を行い、解についてはその中央値を、実行時間に関しては平均を採った。

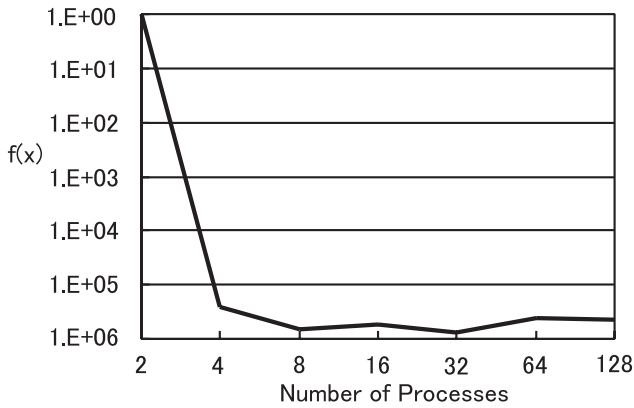


Fig. 4 TPSA の性能 1

この結果から、次のことが言えると考えられる。

- TPSA には最適な温度分割数 (32 温度程度) があり、それ以上の温度数では解は良くならない
- 対象問題の実行時間が長い場合、プロセス数を増やしても実行時間は変わらない

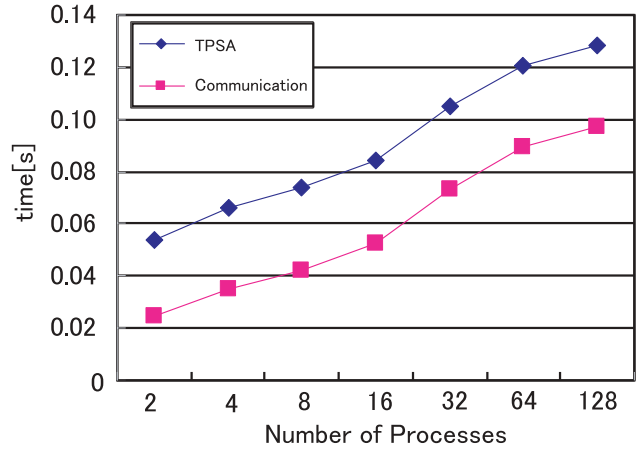


Fig. 5 TPSA の性能 2

よって、大規模クラスタにおける TPSA の並列効果は低いと言える。

## 3 GA の並列性能評価

### 3.1 GA のアルゴリズム

GA は SA と異なり、複数の個体を発生させ、選択や交叉、突然変異の各オペレーターを実行するため、GA のままでも並列実装は比較的容易である。また GA のアルゴリズムを改良し、より並列性を高めたアルゴリズムとして DGA などのアルゴリズムがある。

### 3.2 DGA のアルゴリズム

DGA では、各個体を島に分け島ごとに選択や交叉、突然変異を行う。また一定期間ごとに個体が島間を移住する。このアルゴリズムの良い点は、島ごとに GA のオペレーターが実行されるので、個体の多様性が維持でき、局所解に陥らずに、最も良い解を見つけやすくなることである。

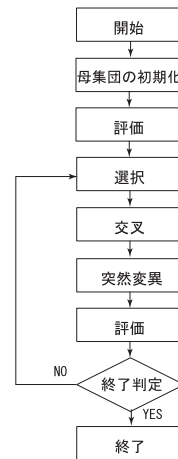


Fig. 6 GA 流れ図

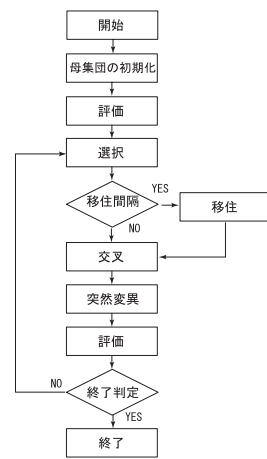


Fig. 7 DGA 流れ図

対象問題	時間計測用の関数
個体数	4096
世代数	1000
選択	ルーレット選択

### 3.3 DGA の並列効果

DGA を用い、プロセス数を変化させて実行時間がどのように変化するかを調べた。今回は解についての精度は計測していない。対象問題及びパラメータは Table 3 の通りである。実行時間については Fig. 8 に結果を示す。各値は 10 回試行平均である。

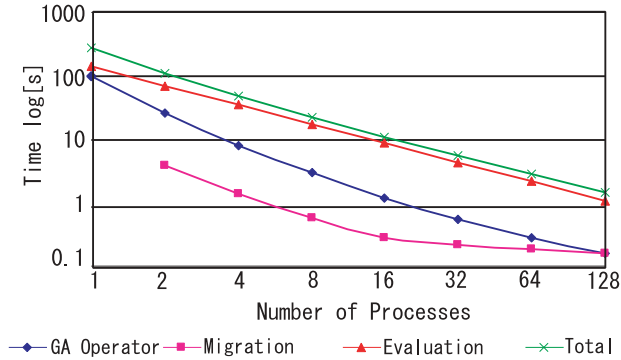


Fig. 8 プロセス数と DGA の性能

このような結果ができた根拠として、DGA では島数が増えるに従い、一つの島辺りの個体数が減ることが挙げられる。島辺りの個体数が減ることによって、特に選択(ルーレット選択)では、ソートにかかる時間が劇的に減る。また通信に関しても、個体数に関わらず移住率が一定なことから、島辺りの移住する個体が減り、通信回数が減る。このような理由から、プロセス数を二倍にすると実質二倍以上の速度向上が見られる。解についての精度を考慮しないという前提に立てば、DGA は大規模クラスタシステムとの親和性が非常に高いと言える。

## 4 メッセージパッシングライブラリの評価

### 4.1 メッセージパッシングライブラリ

大規模クラスタシステムでは、各プロセス間での通信が重要な要素となる。各プロセス間で通信を行うためのライブラリとして、代表的なものに PVM と LAM がある。PVM は規格であり実装であるが、LAM は MPI の規格に基づいたライブラリである。

### 4.2 PVM と LAM の比較

PVM と LAM の比較では TPSA のプログラムを用いた。この TPSA のプログラムで二次元の Rastrijin 関数を

解く場合、一回の通信につき Int 型の変数一つ、Double 型の変数を五つの送信と Int 型の変数一つ、Double 型の変数を四つの受信を行い、この通信を 320 回行う。PVM と LAM の両方に関して、通信の実装にはパック機能を用いたため、送受信の回数は実装によって変わらない。

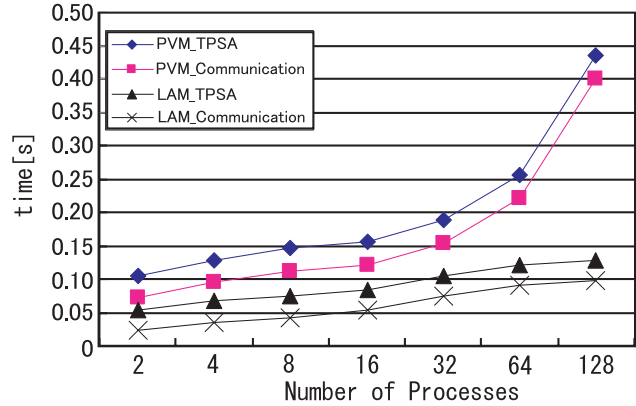


Fig. 9 TPSA における PVM と LAM の比較

この結果は通信に関するみの結果であり、その性能の違いが如実に現れている。今回は 128 プロセスまでしか測定していないが、PVM では 128 プロセスの時点で通信能力の飽和量に達しており、128 プロセス以上では大きく通信時間が長くなりそうである。LAM は PVM の通信性能より、優れており 128 プロセスを超えても、通信時間が大きく長くなりそうな気配はでない。

この結果から、PVM と LAM を比較した場合、通信性能に関して考えると、大規模クラスタシステムにより適応したメッセージパッシングライブラリは LAM であると言える。

## 5 まとめ

大規模クラスタシステムという環境を考えた場合、次のことが言える。

- TPSA と DGA を比較した場合、DGA の方が並列親和性が高い
- PVM と LAM を比較した場合、LAM の方が高い通信性能を示す

## 参考文献

- 1) 小西健三 瀧 和男 木村宏一  
『温度並列シミュレーテッド・アニーリング法とその評価』  
(情報処理学会論文誌, Vol36, No.4)