

自己増殖型モデルのシミュレーション専用 LSC の性能評価

4 Z B - 0 3

成田明子 水田智史 吉岡良雄¹弘前大学理工学部電子情報システム工学科²

1 はじめに

LSC (Loop Structured Computer) は、PE (Processing Element) を単方向性蓄積型回線で結合したマルチプロセッサシステムである。この構成では複雑な経路制御処理を必要としないため、単純な方法で負荷を動的に分散させることができる。この構成に適したアプリケーションとして、ある個体が他の個体とは独立に分裂して増殖し、さらに個体がそれらを囲む環境に及ぼす変化が無視できるモデル (ここで自己増殖型モデルと呼ぶ) のシミュレーションを考え、専用のシステムを開発した [1]。ここではモデルの例に、宇宙線などの高エネルギー電子が物質中に入射したときに引き起こされる粒子 (電子/陽電子、光子) の増殖過程であるカスケードシャワー現象を取り上げ、そのシミュレーションを通して行った LSC の性能評価の結果について報告する。

2 基本構成と処理の流れ

LSC の基本構成は図 1 のようになっており、PE 数は 128 までの範囲で変更可能である。蓄積型単方向回線はシフトレジスタによって実現され、PE はシフトレジスタと同じサイズの packets を介して通信する。PE0 (通信用 PE) はホストコンピュータとの通信のみを行い、それ以外の PE (演算用 PE) がアプリケーションプログラムを実行する。演算用 PE は packet 転送用シフトレジスタ、入出力 packet バッファ、アプリケーションプログラム領域を持ち、浮動小数点演算が可能である。プロトタイプではこれをマイクロプロセッサ MPU MC68B09 でエミュレートしている [1]。

アプリケーションの実行はホストコンピュータか

らの 1 次個体を表すデータ packet の投入によって開始する。データ packet には負荷分散に使用する計数領域が設けられており、各演算用 PE はその領域の値 n と自分自身がすでに抱えている待ち packet 数 m を比較し、設定されたしきい値 Δ に対して $m - n \leq \Delta$ であればそのデータ packet を取り込む。 Δ を小さくすることによって、データ packet はそれを生成した PE よりも負荷の軽い PE に取り込まれることが期待される。

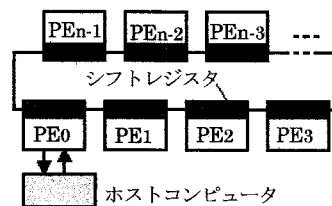


図 1 LSC の基本構成

3 結果

図 2 に 128-PE でカスケードシャワー現象のシミュレーションを実行した場合のスピードアップを示す。横軸の E_i はシャワーの 1 次粒子のエネルギーである。粒子生成過程の実行回数は E_i に比例する

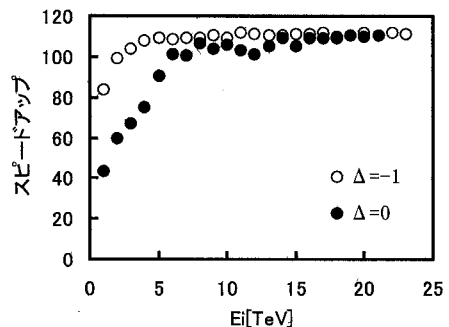


図 2 128-PE でのスピードアップ

¹ Akiko NARITA, Satoshi MIZUTA, Yoshio YOSHIOKA

² Department of Electronic and Information System Engineering, Faculty of Science and Technology, Hirosaki University

ことが経験的にわかっているため、 E_i はシミュレーションの規模を表す指標となる。なお、LSC はふたつ以上の PE がなければ構築できないため、スピードアップの算出に必要となる 1-PE システムでの実行時間には予測値を使用した。図 2 に見られるように、シミュレーションの規模が小さい場合には十分なスピードアップが得られず、特に $\Delta=0$ でその傾向が顕著であった。PE 数が 32、64、96 の場合にも同じ傾向が見られた[2]。

図 3 はホストコンピュータに到着する結果パケットの情報から算出された演算用 PE の 1000 秒ごとの稼働率の平均 R である。図に示していない時間帯では、開始後 1000~2000 秒とよく似た分布が得られた。また、 E_i を変化させた場合も開始直後と終了直前の 1000 秒間のみ R の均一性が低かった。つまり、 E_i が大きいほど R が不均一な時間帯の占める割合が低くなり、図 2 に見られるようなスピードアップの E_i 依存性が現れることになる。

アプリケーションの性質上、実行開始直後には処理対象となるデータパケットが多くないため、すべての PE を稼働させることはできない。データパケットの増加とともに、それらを多くの PE にわたって速やかに分散させることが、実行初期段階での効率を上げる鍵である。 $\Delta=-1$ の場合、 $\Delta=0$ の場合よりも速やかにデータパケットが分配されたことがわかる。また、実行終了が近くなると、パケットの消滅率が生成率を圧倒的に上回るため、負荷を均一化するための処理が行われる機会はほとんどなくなる。したがって、この段階ではそれまでの負荷分散の均一性が反映されることになり、 $\Delta=-1$ のほうがこの点でも勝っていると考えられる。

$\Delta=0$ という PE のデータパケット受け入れ条件は $\Delta=-1$ を包含しており、後者のほうがより厳しいものとなっている。その場合、生成されたパケットが受け入れ先を見つけるまでに転送される回数がより多く、その分だけ PE のパケット転送オーバーヘッドは大きくなる。 $\Delta=0$ と $\Delta=-1$ での比較では、そのオーバーヘッド以上に負荷を均等に分散させる方が有利に働いたことになる。

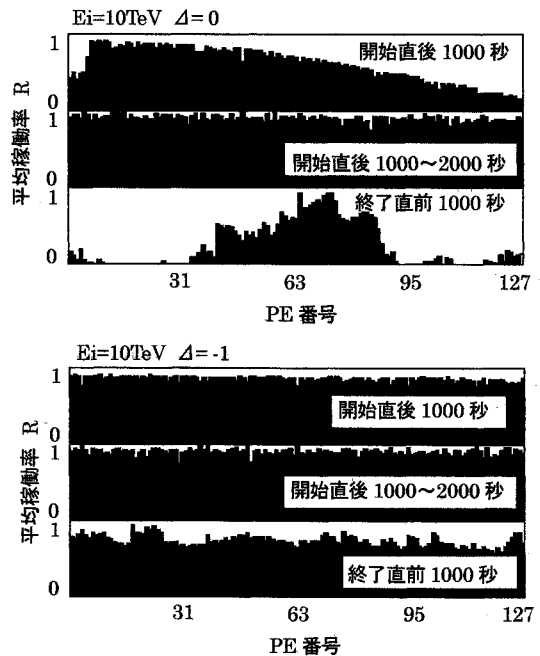


図 3 演算用 PE の稼働率

4 まとめ

自己増殖型モデルのシミュレーション専用 LSC の適用例として宇宙線のカスケードシャワー現象を取り上げ、性能評価を行った。データパケットの持っている情報と PE 内の負荷との簡単な比較のみで負荷分散が実現され、その際のしきい値に適当な値を選んだ場合、演算用 PE が有効に稼働し、比較的幅広いシミュレーション適用規模で高いスピードアップが得られた。

参考文献

- [1] Yoshio Yoshioka and Akiko NARITA, The LSC for simulation of self-production model, The Science Reports of the Hirotsaki University, 44-1, 151-159, 1997
- [2] Akiko Narita, Xinchun Zhao, Satoshi Mizuta, and Yoshio Yoshioka, Scalability of the LSC for Simulation of Self-Reproduction Model, Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, 25-28, 2001