

## Cellスピードチャレンジ2007は 楽しめましたか？

吉瀬 謙二 (東京工業大学)



### Cellスピードチャレンジ 2007 の目指すところ

Cell Broadband Engine (Cell BE) は、SONY、東芝、IBM の3社が共同開発した次世代の高性能プロセッサであり、PlayStation3 (PS3) に搭載されたことで話題となっている。また、Cell BE の仕様やプログラミング開発のためのソフトウェアが一般に公開されており、学術研究のプラットフォームとして適することに加えて、高いピーク性能、特徴的なアーキテクチャ、将来性などから高い注目を集めている。図-1 に示すように、Cell BE は PPE (PowerPC Processor Element) と呼ばれる PowerPC アーキテクチャの CPU コアを1個と、SPE (Synergistic Processor Element) と呼ばれる SIMD (Single Instruction Multiple Data, 1つの命令で複数のデータに対する処理を行う方式) 型の独特な8個のコアをリング型のバスで接続する。その高い性能を引き出す鍵となる SPE は、動的な分岐予測を排除している点やキャッシュを排除して効率的な DMA 転送を必要とする点などにおいてプログラマにとって挑戦的なアーキテクチャとなっている。また、ピーク性能に近い実効性能を得るためには SIMD 化や並列化の工夫が必要となる。

このような挑戦的なアーキテクチャを対象とするプログラミングコンテストを開催することで、チップマルチプロセッサの並列プログラミングに対するノウハウの蓄積と課題を明確にすることを実施意義の1つとして、情報処理学会 計算機アーキテクチャ研究会、組込みシステム研究会、ハイパフォーマンスコンピューティング研究会の主催で2006年12月からの約4カ月にわたってマルチコアプログラミングコンテスト「Cellスピードチャレンジ2007」を開催した。

### 自由課題部門と規定課題部門でチャレンジ

Cell BE に興味を持つ人々が結果を共有できる興味深い実験や既存のアプリケーションの移植といった参加チームが自由に課題を設定して取り組む自由課題部門と、要素を並び替えるためのキーの計算処理を追加した「ちょっと複雑なソーティング」の実行速度を競う規定課題部門という2つの部門を設け、次に示す日程に従っ

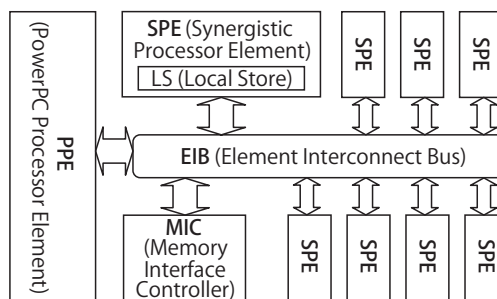


図-1 ヘテロニアスなチップマルチプロセッサ Cell BE

てコンテストを開催した。

2006/12/08：参加受付の開始

2006/12/19：Cell オンラインの利用開始

2007/02/02：参加受付の締切

2007/02/09：規定課題部門の詳細公開、予選ラウンド開始

2007/03/09：規定課題部門の予選ラウンド終了、プログラム等の提出

2007/03/09：自由課題部門の終了

2007/03/14：規定課題部門の決勝ラウンド開始

2007/03/28：規定課題部門の決勝ラウンド終了、プログラム等の提出

2007/05/24：SACIS2007にて入賞者の表彰

自由課題部門には21チームが参加し、提出された4ページ程度のドキュメントを20名の実行委員が採点することで上位入賞チームを選出した。1位は、「Cell BEにおける計算機合成ホログラムのソフトウェア開発」(千葉大学 柘植宗範)が受賞した。SACIS2007における受賞講演ではこのシステムを用いて計算した恐竜が動くホログラムのムービーが再生され会場を大いに盛り上げた。2位は、「Cell Broadband Engine™による神経回路網」(九州工業大学 五十嵐潤)が受賞した。計算論的神経科学におけるCell BEの有効性を検証するもので、その注目の高さを反映して、講演では活発な質疑応答となった。

規定課題部門では、チームの全メンバが学生であることを参加資格の1つとしたが、全国から44チームという多くの参加を受け付けた。参加チームはCellオンラ

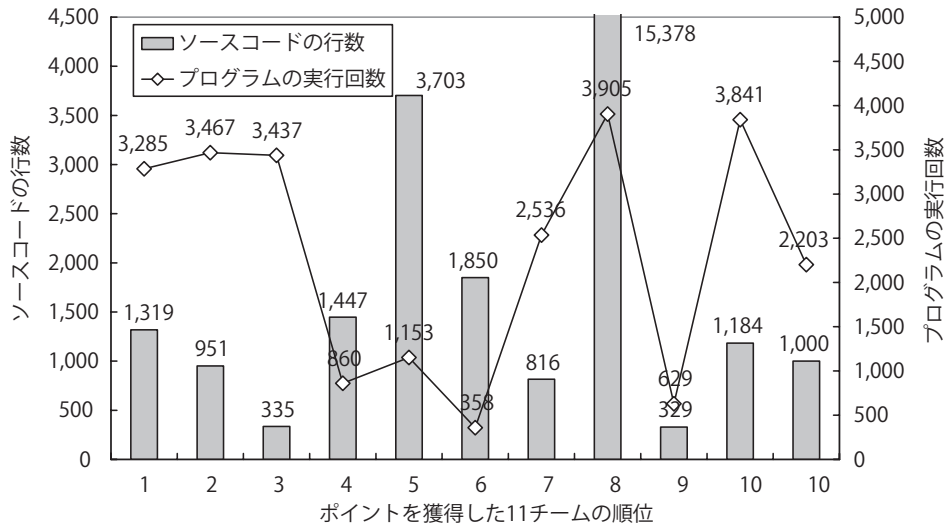


図-2 規定課題部門でポイントを獲得したチームのソースコードの行数とプログラムの実行回数

イン<sup>1)</sup>にて正しく動作するプログラムを提出しなければならない(利用できるSPEの数やライブラリの違いによりPS3とのプログラム互換性はない)。練習問題と呼ばれる数種類の入力データを正しく処理できたチームが予選ラウンドを通過して決勝ラウンドに進出できるシステムとした。予選ラウンドと決勝ラウンドの各問題で実行速度を評価基準とする獲得ポイントを与え、それらの合計で上位入賞チームを選出した。1位は、予選ラウンドと決勝ラウンドで最高得点を獲得したチーム ylab (京都大学 花岡俊行) が受賞した。バイトニックソートをベースにして高速化のためにDMAダブルバッファリング(計算のためのバッファと通信のためのバッファという2つのバッファを用いた並列処理により処理時間の短縮を目指す技術)やSIMD命令による最適化を施している。2位は、チーム europa (東京大学 Luong D. Hung) が受賞した。基数ソートをベースとしてCell BEに適したDMAバッファリングなどの最適化を施している。3位は、チームフツーにはえー★(大阪府立工業高等専門学校 藤原賢二ら)が受賞した。こちらも基数ソートをベースとしてSIMD命令の利用やデータ局所性の向上といった最適化を施している。

入賞チームにはPS3や47VのTOSHIBAハイビジョン液晶テレビなどの豪華な賞品が贈られた。また、各部門の最優秀チームにはコンピュータサイエンス領域奨励賞が授与された。

### 規定課題部門のデータから見るマルチコアプログラミングの傾向

規定課題部門でポイントを獲得したチームのソースコードの行数とプログラムの実行回数などを参考にしながらマルチコアプログラミングの難しさを指摘したい。

規定課題部門でポイントを獲得したチームのソースコードの行数を図-2に示す。1位、2位、3位の3チームの獲得ポイントが拮抗したが、コード量では1位の1,319行と3位の335行との間に約4倍の差が生じている点は興味深い。8位のチームのコード量が15,378行と著しく多いが、これは、SPEのそれぞれについて異なるソースコードを用いてプログラムを記述しているためである。他のチームは、1種類のソースコードによってすべてのSPEのための実行ファイルを生成している。

プログラムの実行回数を図-2の折れ線に示す。実行回数はコンテストのすべての期間中にCellオンラインにログインして、Cell BEにてプログラムを実行させた総実行回数である。実行回数とプログラミングに要した時間が比例するというわけではないが、ある程度の相関があると考えられる。コード量が最も多い8位のチームが最も実行回数が多い。やはり、コード量が多いことでデバッグに苦労したのではないだろうか。入賞した上位3チームの実行回数が3,000~3,500回の部分に密集している点は興味深い。この実行回数は、1日に100回の実行を行ったとして30日を超える期間を要することになる。このことから、プログラミングに多くの時間を費やしたことが推測できる。

予選ラウンドを突破して決勝ラウンドに進んだ25チームのプログラムについて、決勝ラウンドで出題した10個の入力データを用いて採点を行ったところ、意外にも、時間切れや正しい結果が得られないケースが多かった。特に、すべての入力データを正しく処理できたチームはわずか6チームと少なかった。この結果は、想像以上にマルチコアプログラミングの敷居が高いことを示唆しているのではないだろうか。

## プログラミングコンテスト 2007 から 2008 へ

コンテストの成果として、優秀チームのドキュメントとSACIS2007における講演スライドを公開している<sup>1)</sup>。加えて、規定課題部門の決勝ラウンドに提出されたソースコードがCellスピードチャレンジのWebページ<sup>2)</sup>などからダウンロードできる。教育や研究などの目的で活用していただきたい。紙面の都合から省略した項目はWebページおよび実施報告<sup>3)</sup>をご覧ください。

幸いなことに、Cellスピードチャレンジ2007を開催してよかったという多くの意見をもらっている。このことを受けて、マルチコアプログラミングコンテスト2008の開催に向けて準備を進めている。次回のコンテストにご期待いただきたい。

### 参考文献

- 1) Cell Users' Group Web ページ, <https://www.cellusersgroup.com/>
- 2) Cell スピードチャレンジ 2007 Web ページ, <http://www.hpcc.jp/sacsis/2007/cell-challenge/>
- 3) 吉瀬謙二, 吉見真聡, 片桐孝洋, 中村 宏: マルチコアプログラミングコンテスト「Cell スピードチャレンジ 2007」実施報告, 情報処理学会研究報告 2007-ARC-174 (2007).

(平成 19 年 9 月 3 日受付)

吉瀬謙二 (正会員)  
kise@cs.titech.ac.jp

2000 年東京大学大学院情報工学専攻博士課程修了, 博士(工学), 同年電気通信大学大学院情報システム学研究科助手, 2006 年東京工業大学大学院情報理工学研究科講師, Cell スピードチャレンジ 2007 実行委員会副委員長, 計算機アーキテクチャ, 並列処理に関する研究に従事。