

## 「Cellチャレンジ2009」実施報告

中田 尚<sup>†1</sup> 吉見 真聡<sup>†2</sup> 片桐 孝洋<sup>†3</sup>  
吉瀬 謙二<sup>†4</sup> 岡本 吉央<sup>†4</sup> 津 邑 公 暁<sup>†5</sup>

先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2009 併設企画として、マルチコアプログラミングコンテスト「Cellチャレンジ2009」を開催した。文字列の編集距離を求める規定課題部門、および各チームが自由に課題を設定できる自由課題部門の2部門で行ったところ、のべ77チームの参加を集め、盛況に終えることができた。本稿では、Cellチャレンジ2009の実施報告を行う。

### The Report on “Cell Challenge 2009”

TAKASHI NAKADA,<sup>†1</sup> MASATO YOSHIMI,<sup>†2</sup>  
TAKAHIRO KATAGIRI,<sup>†3</sup> KENJI KISE,<sup>†4</sup>  
YOSHIO OKAMOTO<sup>†4</sup> and TOMOAKI TSUMURA<sup>†5</sup>

This is the report on multicore programming contest “Cell Challenge 2009”. It was held by three IPSJ special interest groups, Special Interest Group on Computer Architecture (SIGARC), Special Interest Group on Embedded Systems (SIGEMB), Special Interest Group on High Performance Computing (SIGHPC). We provide two categories for the contest. One is a free theme category and the other is specific theme (solution of levenshtein distance) category. It became a prosperous programming contest in which 77 teams are participated.

<sup>†1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学  
Nara Institute of Science and Technology

<sup>†2</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

<sup>†3</sup> 東京大学  
The University of Tokyo

<sup>†4</sup> 東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology

<sup>†5</sup> 名古屋工業大学  
Nagoya Institute of Technology

### 1. はじめに

先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2008 併設企画として、情報処理学会の計算機アーキテクチャ研究会 (ARC), 組込みシステム研究会 (EMB), ハイパフォーマンスコンピューティング研究会 (HPC) の3研究会の主催によりマルチコアプログラミングコンテスト「Cellチャレンジ2009」(以下、Cellチャレ2009)を開催した。文字列の編集距離を求める規定課題部門と、参加者が自由に課題を設定することができる自由課題部門の2部門で実施した結果、のべ77チームという多数のエントリーを頂き、コンテストは盛況に終わった。本稿では Cellチャレ2009 の設計および実装について述べ、コンテストの実施報告とする。

### 2. 背景

本節では、コンテストを開催するに至った背景について述べる。

#### 2.1 マルチコアプログラミング

近年、マルチコアプロセッサが広く市場に出回り、個人で所有するPCにおいてもマルチコアプロセッサが標準的になり、株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメントのPLAYSTATION<sup>®</sup>3 (以下、PS3)<sup>\*1</sup> にもヘテロジニアスなマルチコアプロセッサ Cell Broadband Engine<sup>™</sup> (以下、Cell/B.E.)<sup>\*2</sup> が搭載されていることは周知の事実であり、マルチコア環境はめずらしいものではなくなってきた。

一方で、このようなマルチコア環境を効率的に利用するための並列化プログラミングには、スケラビリティや並行タスクの発見、生成、スレッド化をいかに行うかが課題であり、マルチコア/マルチスレッド環境におけるアプリケーション開発は今まで以上に重要視されると考えられる。

そこで、チップマルチプロセッサのための並列プログラミングに対するノウハウを蓄積すること、並列プログラミングにおける課題を浮き彫りにすること、またこれらノウハウや課題を広く共有することが必要と考え、一昨年度よりこのようなマルチコアプログラミングコンテストを構想し、実施している。

<sup>\*1</sup> “PLAYSTATION”, “PS3” は株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメントの登録商標である。

<sup>\*2</sup> “Cell Broadband Engine” は株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメントの商標である。

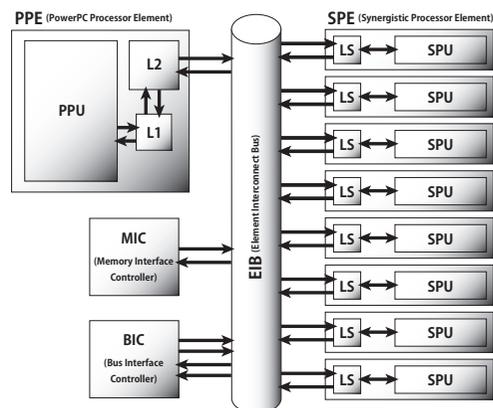


図 1 Cell/B.E. のブロック図

## 2.2 Cell/B.E.

コンテストのプラットフォームとしては、Cell/B.E. を採用した。Cell/B.E. は非常に挑戦的なアーキテクチャと高いピーク性能を持つが、倍精度浮動小数点演算の能力が低いことなどから当初は一部でその性能を引き出すのが困難という見方もあったため、コンテストに用いるには最適であると判断した。Cell/B.E. の構成を図 1 に示す。

Cell/B.E. は、PPE (PowerPC Processor Element) と呼ばれる 64bit POWER アーキテクチャの汎用コア 1 個、および SPE (Synergistic Processor Element) と呼ばれる SIMD 系アーキテクチャのコア 8 個 から成るヘテロジニアスマルチコアプロセッサである。SPE はキャッシュを持たず、代わりにローカルストア (図中 LS) と呼ばれる SRAM を持っている。また主記憶と LS の間では DMA 転送を行う必要がある。この DMA 転送を効率的に行うことや、SIMD 化、並列化を行うことが性能向上の鍵となる。

## 3. 設 計

昨年度実施された「Cell スピードチャレンジ 2008」<sup>2)</sup>(以下、Cell チャレ 2008) を基本的に踏襲する形でコンテスト設計を行った。各詳細について以下に述べる。

### 3.1 体 制

Cell チャレ 2008 に倣い、コンテストの運営組織として実行委員会を組織した。Cell チャレ 2008 で実行委員をお引きうけくださった方を中心に声をかけ、ご承諾いただいた方 21

名で構成した。委員には各協賛団体からもご参加いただいた。また、実行委員会に適切なアドバイスを与えるための上部組織として、4 名からなるアドバイザリ委員会を組織した。

実行委員会では 2008 年 10 月 14 日にキックオフミーティングを行い、次項で述べる規定課題の概要をはじめとするコンテストの概要を決定した。その後の議論は基本的に電子メールで行われたが、コンテストの進行等に関するさまざまな方向づけは Cell チャレ 2008 を踏襲できるものが多かった。重要な決定事項の多くは、電子メールで委員会に諮り決定することとした。また、実行委員は自動的に自由課題の評価委員となることとした。

### 3.2 規 定 課 題

実行委員会で議論した結果、Cell チャレ 2009 の規定課題は文字列の編集距離に決定した。これは、Cell チャレ 2008 では連立一次方程式の解法であったことを受け、数値系および非数値系の課題のバランスをとるべきだとの意見が多かったためである。

実行委員会では、組み合わせ最適化問題のような厳密解を求めることが困難な問題も検討されたが、解の精度と実行時間を公平に評価することが困難であることや、出題問題とアルゴリズムの相性のような運の要素が大きくなることが予想されたため、正答を求めるだけであれば比較的容易な文字列の編集距離を規定課題として採用した。これにより、参加者にはマルチコアプログラミング自体に注力できることが考えられる。

### 3.3 コンテスト日程

Cell チャレ 2008 を踏襲する形で設計を行った。規定課題部門においては問題作成のための期間が必要となるため、これを考慮する必要がある。また、前項で述べたように規定課題を予選、本選に分けるため、予選ラウンドの集計期間も確保する必要がある。これらの制約と、参加者のためのプログラミング時間を十分確保することを考慮し、日程は以下のように決定した。

- 2008/12/01 規定課題概要公開，参加受付開始，ツールキット (試用版) 公開
- 2009/01/05 規定課題詳細，ツールキット公開
- 2009/01/28 参加受付〆切，予選ラウンド開始
- 2009/02/27 規定課題 予選ラウンド終了，自由課題終了
- 2009/03/06 規定課題 決勝ラウンド開始
- 2009/03/21 規定課題 決勝ラウンド終了
- 2009/05/28 SACSIS2008 にて表彰

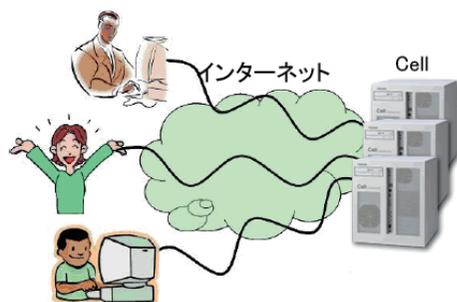


図 2 Cell Open Cafe の利用イメージ

## 4. 実 装

本章ではコンテストの実施方法について述べる。

### 4.1 実施環境

コンテストの実施環境としては、昨年に引き続き財団法人北九州産業学術推進機構半導体技術センターの Cell Open Cafe を提供いただいた。Cell Open Cafe では、Cell/B.E. 搭載ボードが収められたハードウェアにファームウェアや基本ソフトウェアを予め組み込んだシステムである Cell リファレンスセット<sup>3)</sup> を、ネットワーク経由で使用することができる(図 2)。なお、Cell/B.E. が集積する SPE は 8 個であるが、Cell リファレンスセットにおいて利用できる SPE は 7 個 となっている。

また、今回から搭載ソフトウェアのバージョンアップにより、PS3 上の開発環境とほぼ共通のソースコードが利用できるようになった。これにより、開発の大部分を手元の PS3 で行い、最後のチューニングのみを Cell Open Cafe で行ったチームもあったようである。

コンテスト参加は、1 名以上で構成されるチーム単位とし、1 チームあたり Cell Open Cafe のアカウントを 1 つ発行した。Cell Open Cafe では 5 台の Cell リファレンスセットが用意されている。Cell Open Cafe にログイン後は、ユーザは cellexec というコマンドで Cell/B.E. で実行させたいプログラムを指定する。cellexec は指定されたプログラムを自動的に 1 台の Cell リファレンスセットに割り当て実行する。なお、各ユーザは同時に複数の cellexec を実行できないようになっており、単一ユーザによる Cell リファレンスセットの占有を防いでいる。

## 4.2 部 門

前述のとおり、規定課題部門および自由課題部門の 2 部門でコンテストを実施した。

### 規 定 課 題

規定課題部門では Cell/B.E. を用いて共通の課題を解く速さを競う。参加資格として、チームの全メンバが高校、高専、大学、大学院あるいはそれに準ずる学校の学生であることを条件とした。前章で述べたように、規定課題としては文字列の編集距離を採用した。

ここで 2 つの文字列の近さを計るために片方に次の操作を繰り返し適用して、もう一方の文字列を得るための操作回数の最小値が、その 2 つの文字列の編集距離と定義する。使用可能な操作は以下の 3 種類である。

削除 1 つの文字を取り除く

挿入 1 つの文字を新たに付け加える

置換 1 つの文字を別の文字で置き換える

例えば「weight」と「write」の編集距離を考えると、次のように操作を繰り返し適用すると、この 2 つの編集距離が 4 以下 であることが分かる。

- (1) weighte (挿入：e)
- (2) wrighte (置換：e → r)
- (3) wrihte (削除：g)
- (4) write (削除：h)

また、3 回以下の操作の適用では「weight」を「write」にすることが実はできないので、「weight」と「write」の編集距離は 4 になる。削除、挿入、置換は文字列の中のどの位置で行ってもよい。

この基本的なルールに加えて、Cell/B.E. でのプログラミングを容易にするために文字列長を 128 の倍数に限定したり、文字列の最大長をあらかじめ指定した。

参加者が作成するプログラムのベースとなるツールキットを、問題作成ワーキンググループで作成し配布した。前回までは、参加者は SPE 用プログラムのみの改変が許可されていたが、今回は PPE 用プログラムの改変も許可することとした。これによりより自由度の高いプログラムの作成が可能となった。ツールキットは Cell チャレ 2009 ウェブページ<sup>\*1</sup> で公開しているので、興味のある方は参照されたい。

規定課題は予選と決勝で構成した。まず予選では 5 問の予選ラウンド用問題(予選ラウン

\*1 <http://www.hpcc.jp/sacsis/2009/cell/>

表 1 規定課題における 1 問あたりの配点

	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位	6 位	7 位	誤答
予選ラウンド	6 点	4 点	3 点	2 点	1 点	—	—	失格
決勝ラウンド	10 点	7 点	5 点	4 点	3 点	2 点	1 点	-25 点

ド問題)を用いて提出されたプログラムを評価した。予選ラウンド問題は、予選締切前には参加者に公開していない。正しい出力を得るプログラムのうち、各問題において速度の高い上位 5 チームに対し順位に応じた得点を与えた(表 1)。今回の課題は正解を得ること自体は容易であるため、予選ラウンド問題に対して 1 問でも正しい出力が得られなかった場合は予選失格と規定した。しかしながら、一部の参加チームが最適化によりバグを混入させ正しい結果を出力しなかったため、残念ながら予選失格となった。

決勝ラウンドでは新たに 10 問(決勝ラウンド問題)を用意し、各問題に対して速度の高い上位 7 チームに順位に応じた得点を与え、予選ラウンドの得点とあわせて合計得点の高いチームから並べたものを最終順位とした。決勝ラウンド問題については、正しい出力が得られなくとも失格とはせず、そのような問題 1 問あたり一定の点数を減点することとした。

#### 自由課題

自由課題部門では、参加チームが自由に設定した課題を Cell/B.E. を利用して実装してもらい、アイデアや有用性などを基準に委員で優秀作品を選定する。こちらは規定課題と異なり参加資格は学生に限定せず、教員や企業の開発者も参加可能とした。

各チームには実装したプログラムのドキュメントを提出してもらい、このドキュメントをもとに実行委員の投票で入賞チームを決定した。実行委員は各 2 票を持ち、優秀と考える 2 チームに投票できることとし、得票数の多いチームから並べて順位とした。

#### 4.3 賞品

Cell チャレ 2008 同様、協賛各団体から豪華な賞品をご提供いただき、参加者の増加に少なからぬ影響を与えたと考えられる。お礼申し上げたい。

規定課題上位 3 チーム、自由課題上位 3 チームの計 6 チームを上位入賞者とした。株式会社東芝セミコンダクター社より、各課題 1 位の 2 チームには TOSHIBA 地上・BS・110 度 CS デジタルハイビジョン液晶テレビ REGZA 42Z8000 が、2 位の 2 チームには TOSHIBA AV ノート PC Qosmio G50/96J が、3 位の 2 チームには TOSHIBA ハイビジョンレコーダー VARDIA RD-G503 が贈られた。

また、規定課題から、上位 3 チームには漏れたものの優秀であったチームが 2 チーム選

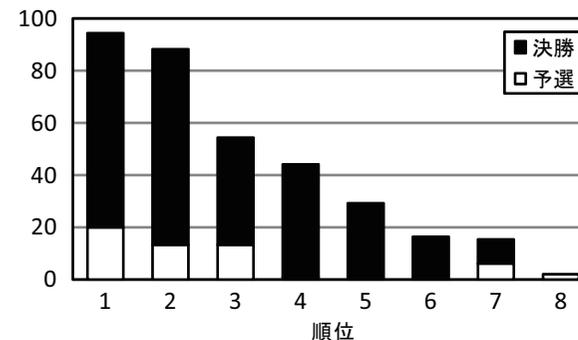


図 3 規定課題における総獲得得点

ばれ、財団法人北九州産業学術推進機構から賞品券が「ひびきの賞」として贈られた。これらに加えて、株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメントより PS3 が、上位入賞 6 チームおよびひびきの賞受賞 2 チームの全 8 チームに 1 台ずつ贈られた。

去る 5 月 28 日、SACSYS2009 において Cell チャレ 2009 表彰式が行われ、これら副賞とともに賞状が授与された。

#### 5. 評価と考察

本章ではコンテストにおけるさまざまなデータ、およびコンテストの成果について述べる。

##### 5.1 上位入賞チーム

###### 規定課題部門

4.2 節で述べたように、規定課題部門は予選・決勝ラウンドの合計得点で順位を決定した。1 点以上の得点を獲得した上位 8 位までの各チームの得点状況を図 3、図 4 に示す。

この結果から問題によって上位 3 チームの成績が異なっていることがわかる。これは、それぞれのチームの最適化方針が異なっていることが原因と考えられる。予選の Q1、Q4 と決勝の Q9 で 1 位のチームが表中に存在しないが、これは予選で失格になったチームや誤答による減点で最終成績がマイナスになったチームが獲得したためである。

規定課題部門第 1 位は、チーム「( )」(代表 東京大学 桜庭俊 氏)が受賞した。ビット並列化とデータ転送回数削減のためのブロック化、スケジューリングの最適化により高い性能を実現した。また、一方の文字列が他方の部分文字列であった場合や、文字列を構成する文字が全く異なる場合について最適化し、このような問題では非常に高速な求解を実現し

問題No.	予選					決勝									
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1位	0	6	6	2	6	7	10	10	5	10	5	5	10	7	5
2位	0	4	4	1	4	7	10	3	10	4	7	7	10	7	10
3位	1	3	3	3	3	10	5	5	7	7	10	10	5	-25	7
4位	0	0	1	0	0	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5
5位	0	0	0	0	0	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
6位	0	0	0	0	0	2	0	1	2	2	2	2	2	2	1
7位	0	2	2	0	2	1	2	0	1	1	1	1	1	1	0
8位	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図 4 規定課題における問題毎の得点状況

た。決勝ラウンドでは2位のチームに追い上げられるものの、予選ラウンドの段階で完成度の高いプログラムを完成させていたためリードを守りきることができた。

規定課題部門第2位は、チーム「RunSeptet」(代表 東北大学 須藤郁弥氏)が受賞した。ビット並列化などの最適化手法に加え、あらかじめハミング距離を用いて編集距離の上界を求めることにより、特に編集距離が小さい問題に対して、明らかに不要な計算を大幅に削減することに成功した。

規定課題部門第3位は、チーム「konagayalab」(代表 東京工業大学 里城晴紀氏)が受賞した。上位2チームに匹敵する性能を実現していたが、最適化でバグを混入し問題9で不正解となり、最終成績は3位となってしまった。最適化の効果の少ない問題で1位を獲得しており、基本性能の高さを示している。

規定課題部門からのひびきの賞は、第4位のチーム「Genie」(代表 東京工業大学 田原慎也氏)および、第8位のチーム「snowdrop」(代表 一関高専 奥田遼介氏)が受賞した。チーム「Genie」は予選ではわずか1点しか獲得できなかったが、本選では4位まで浮上しており、予選での不振が悔やまれるところである。チーム「snowdrop」は高専チームの中で最も優秀な成績を収めたことが評価され、ひびきの賞に選ばれた。

Cell/B.E. プログラミングにおいてもはや定石となった SIMD 演算や、ループアンローリング、ブロック化は必須の最適化手法であったようだが、その一方で演算量に対して通信料が少なかったために DMA ダブルバッファリングの重要度は低かったようである。

#### 自由課題部門

自由課題部門1位は、チーム「仙台電波高専 園田研究室」(代表 仙台電波高専 遠藤翔氏)による「Cell プロセッサにおける時空間パイプラインによる FDTD 法の高速度化」が受

賞した。電磁解析のための時空間パイプラインと呼ぶ手法を Cell/B.E. に実装したもので、Cell/B.E. の特徴を良く理解し、高い性能を実現している点が委員から高く評価された。

自由課題部門2位は、チーム「電気通信大学 今村研究室」(代表 電気通信大学 赤木正慶氏)による「Cell/B.E. による倍精度粒子法の高速度化」が受賞した。実用度の高い応用問題の高速度化に挑戦しており、その設計から考察まで非常に興味深い内容となっている。また、Cell/B.E. に倍精度演算器が実装された場合の性能予測に関する点についても述べられている点についても委員から高く評価された。

自由課題部門3位は、チーム「itotlabo」(代表 千葉大学 中村哲平氏)による「Cell Broadband Engine を用いた輪郭抽出処理の高速度化」が受賞した。医療分野という Cell/B.E. にとって応用範囲を広げる研究であるという点が評価された。また、実装や評価・考察といった点もしっかりとなされており、論文の完成度についても評価が高かった。

#### 5.2 成果公開

上位入賞の全チームには、4ページ程度の開発記録をまとめたドキュメントを提出いただいた。また、SACSYS2009 Cell チャレセッションでの発表をお願いした。セッションおよび直後に行われたポスターセッションでは多数お集まりいただき、活発な議論が交わされた。規定課題部門の参加チームには、作成したコードを GPLv2 に基づいて公開資料としてご提供いただいた。これらドキュメントおよびソースコードは現在、Cell チャレ 2009 ウェブページからダウンロード可能である。

#### 5.3 高専チームの参加

Cell チャレ 2008 では、高校・高専への PR が今後の課題とされたので、今回はより積極的に高専への広報を行った。具体的には、Cell チャレ 2009 のリーフレットを全国の全ての高専に送付した。また、インターネット上で高専生が集まるであろう掲示板への書き込みを行った。その結果、のべ11チームもの参加申し込みを頂き、5.1節で述べたように、自由課題1位、およびひびきの賞に入賞という素晴らしい成績を達成し、コンテストを大いに盛り上げて頂いた。参加者には今後の大学・大学院においてもマルチコアプロセッサを用いた研究に携わって頂き、さらなる飛躍を期待したい。

#### 5.4 実行回数

4.1節で述べたように Cell Open Cafe 上ではコマンド cellexec を使ってプログラムを実行するため、cellexec の実行回数を調べることでプログラムの実行回数分かる。図5に、コンテスト期間中の、1日あたりの cellexec 実行回数の推移を示す。コンテスト開始前は1日あたり数回であった実行回数が、予選ラウンド前から徐々に増加しはじめ、予選ラウンド

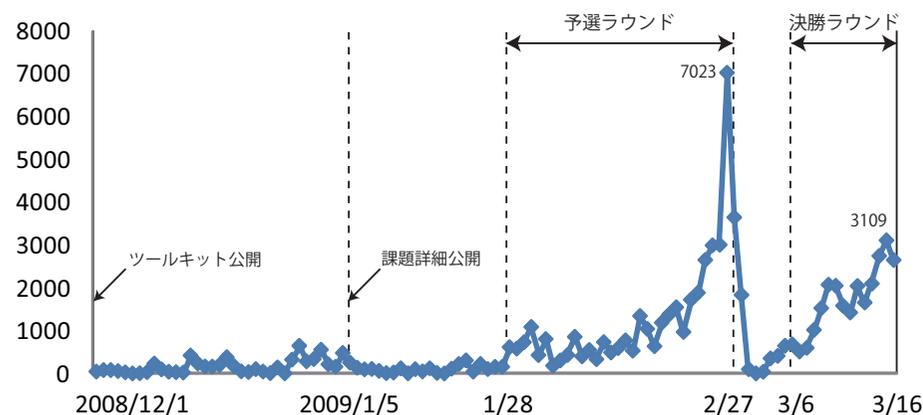


図 5 実行回数の推移

締切日前日でピークを迎えている。非常に高い稼働率を実現していることが分かる。また、予選ラウンド期間、決勝ラウンド期間における平均実行回数は、それぞれ 1316 回、1650 回となった。決勝ラウンド期間では、予選結果の芳しくなかった多くのチームが開発を諦めているにもかかわらず 1 日あたりの平均実行回数は予選期間より増加しており、予選上位チームによる活発な改良が行われたことが伺える。また 4.1 節で述べたように、PS3 を用いた開発も容易に行えたため、この実行回数以外にも多くの実行が行われたと考えられる。

### 5.5 実施側の負荷

3 章で述べたとおり Cell チャレ 2008 を踏襲できる部分が多く、実行委員会に流れた電子メールは 54 通という少量であった。また、問題作成ワーキンググループでやりとりされた電子メールは 116 通となり、前回の半数以下となった。また、コンテスト実施環境の不具合対応を含むその他のメールは約 690 通となり、前回とほぼ同数であった。

しかし、コンテスト実施の負荷はそう高くなかったと感じる。昨年度同様、Makefile 等を含め提出形式を比較的厳密に規定しておいたことに加えて、バッチ実行用スクリプト (参加者へのメール送信等も含む) についても昨年度のものを流用したこと、高機能な集計用スプレッドシートを作成したこと、などによりかなり負荷は軽減された。

## 6. おわりに

情報処理学会の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 3 研究会主催でマルチコアプログラミングコンテスト「Cell

チャレンジ 2009」を開催し、本稿ではその実施報告を行った。

コンテストは多数の参加チームを集めることができ、課題であった高専生参加者の増加も達成することができたため、成功に終わったと言える。

この 3 年間の Cell チャレを通じ、様々な分野のプログラムにおける Cell/B.E. の有効性、および Cell/B.E. の効率的な活用方法を探ることができ、多くの成果を生んだ。例えば、5.1 節で述べたように、規定課題の優秀チームは SIMD、ループアンローリング、DMA ダブルバッファリングなどの共通した手法を用いており、3 回のコンテストを通じて Cell/B.E. プログラミングで必要となる「定石」が固まりつつあると感じる。これにより当初の目標であった「マルチコアプログラミングの知見を得、これを共有すること」が、一定レベル実現できたと考え、Cell チャレは今回でその役目を終えさせていただく。

今後はプラットフォームの再考も含めて、今後のコンテストの方向性を考えていく必要があるであろう。また近いうちに新たなプログラミングコンテストを無事開催できる運びとなった場合には、ぜひご参加をお願いしたい。

謝辞 Cell チャレンジ 2009 にご協賛いただきました株式会社東芝 セミコンダクター社、ソニー株式会社、株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント、財団法人北九州産業学術推進機構、日本アイ・ピー・エム株式会社に深く感謝いたします。

随所でアドバイスを頂き、コンテストを強力にバックアップして頂きましたアドバイザー委員の中村宏、中島浩、平山雅之、朴泰佑各先生に感謝いたします。

コンテストの実現のご尽力いただきました有松修一、井上弘士、井上忠宣、大津金光、木村啓二、光来健一、近藤正章、阪本正治、菅原豊、鈴木謙二、高橋大介、瀧塚博志、富山宏之、中田秀基、平澤 将一、山崎剛の実行委員各氏に感謝いたします。

Cell Open Cafe をコンテスト実施環境としてご提供くださいました財団法人北九州産業学術推進機構に深く感謝いたします。特に、有松修一氏にはコンテスト実施環境のメンテナンスや不具合対応にご尽力いただきました。深く感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Sony Computer Entertainment: *Cell Broadband Engine Architecture*, 1.01 edition (2006).
- 2) 津邑公暁, 吉見真聡, 中田 尚, 片桐孝洋, 吉瀬謙二: 「Cell スピードチャレンジ 2008」実施報告, 情処研報 2008-ARC-179 (SWoPP 2008), pp.103-108 (2008).
- 3) 上村 剛, 大溝 孝, 粟津浩一: Cell リファレンスセット概要, 東芝レビュー, Vol.61, No.6, pp.25-29 (2006).