

# ハイパフォーマンス・ コンピューティング教育と研究

インテル® Parallel Studio Cluster Edition、インテル® Software Development Suite Student Edition

ハイパフォーマンス・コンピューティング



### ウラル連邦大学はインテル® 開発ツールとオンライン・コースウェアで ハイパフォーマンス・コンピューティング・カリキュラムを強化

2012年に世界は、インテルの最初のメニーコア商用製品、インテル® Xeon Phi™ コプロセッサが搭載されたシステムを目にしました。2015年の時点で、インテル® Xeon® プロセッサとこれらの第1世代インテル® Xeon Phi™ コプロセッサは、ほかの計算プラットフォームよりもTOP500のFLOPS値に貢献しています。

2013年6月のTOP500リストで世界1位を獲得したTianhe-2は、インテル® Xeon® プロセッサとインテル® Xeon Phi™ コプロセッサを使用しています。

第1世代インテル® Xeon Phi™ コプロセッサは、シングルスレッド・パフォーマンスで1TFLOPSを達成しました。第2世代インテル® Xeon Phi™ コプロセッサは、パフォーマンスが大きく向上し、1ソケットノードあたりの倍精度ピーク理論パフォーマンスは3TFLOPSになりました。

自国の著名な工科大学における、ハイパフォーマンス・コンピューティングの教育、ビッグデータの研究と開発を想像してみてください。この規模の並列計算能力が必要になります。教授と学生が、最先端の計算環境にアクセスし、それらのテクノロジーを最も効率良く利用する専門知識を備えて欲しいと思うでしょう。

### 課題

これがAndrey Sozykin博士に与えられた課題でした。Sozykin博士は、ロシアのエカテリンブルグにあるウラル連邦大学(UrFU)の数学・コンピューター・サイエンス研究所のハイパフォーマンス・コンピューティング委員会の会長で、ロシア科学アカデミーのウラル分館で数学・力学研究所のコンピューター・サイエンス部門の部門長も務めています。

Sozykin博士の同僚のElena Akimova教授は、物理科学と数理科学の博士で、ロシア科学アカデミーのウラル分館の数学・力学研究所の指導的研究者であり、UrFUの無線電子・情報技術研究所の数理物理学数値計算法・方程式委員会の教授でもあります。

彼らの主な科学的関心は、インバース地球物理学問題、数値計算法、並列アルゴリズム、マルチプロセッサ・コンピューティング・システムです。彼らの主な研究プロジェクトは、並列計算システムを使用して、非線形が多層媒体における反重力/磁気問題を解く理論およびアルゴリズムを求めることです。



「インテルの協力により、当大学では、広い理論的な知識だけでなく、実践的なソフトウェア開発スキルを備えた専門家を育成しています。学生は、優れたソフトウェア開発ツールを効率良く利用して、現実の科学的な問題を解くことができます。」

– ウラル連邦大学  
数学・コンピューター・サイエンス研究所  
ハイパフォーマンス・コンピューティング  
委員会会長  
Andrey Sozykin 博士

## 高度な技能を持つ専門家を訓練する

UrFU は、自然科学、技術科学、社会科学、人文、経済学における研究を行う、ロシアで有数の科学センターです。2008 年からは、(前身のウラル工科大学の) 1955 年の卒業生であるロシアの初代大統領、ボリス・エリツィン氏の名前を冠しています。

UrFU は、QS 世界大学ランキング 2014/2015 で 551 位、5 大新興経済国 (ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ共和国) の BRICS 大学ランキングで 80 位にランクインしています。

大学の管理者は、さらに高い地位を視野に入れています。2013 年に、UrFU は、国際競争力を高め、国際的なランキングを上昇させることを目的とした特別な補助金が支給されるロシアの 15 の大学の 1 つに選ばれました。2013 年 10 月には、2020 年までに世界の大学の上位 100 位に入ることを目指した計画表が承認されました。

### 遠く離れた場所から教育と研究のミッションを支える

UrFU のステータスを上げることは、高度な技能を持つ専門家を訓練することを意味します。また、一般的な理論的コースに加えて、現代の計算テクノロジーの特別な訓練を大学が提供する必要があることも意味します。

Sozykin 博士のハイパフォーマンス・コンピューティング委員会は、並列計算およびシステム・ソフトウェア開発に特化した、コンピューター・サイエンスの大学院レベルのプログラムを提供しています。どちらのトラックのカリキュラムにも、ハイパフォーマンス・コンピューティング、スーパーコンピューター・テクノロジー、ビッグデータ、数値計算法、データ解析、その他のコースが含まれています。

学生は、インテルの多くの開発ツールに加えて、OpenMP\*、OpenACC\*、CUDA\*、Apache Hadoop\* MapReduce、その他のテクノロジーを使用し、大学の計算クラスターで実践的な演習に取り組みます。また、ロシア科学アカデミーのウラル分館のいくつかの研究所の協力の下で、科学プロジェクトに参加することもできます。

「当大学の学生は、マルチコアおよびメモリーコア・プロセッサを含む、現代の計算アーキテクチャーでソフトウェア開発ツールを効率良く利用する方法を知る必要があるのです。」(Sozykin 博士)

大学の計算クラスターには、インテル® Xeon® プロセッサ E5-2620 とインテル® Xeon Phi™ コプロセッサ 5110P が含まれています。

教職員と研究者は、どうすれば急速に変化する並列計算とビッグデータ環境の最新の知識を保てるのでしょうか? どうすればカリフォルニアのインテル本社から 20 時間のフライトと 24 時間のドライブが必要な場所でサポートを受けられるのでしょうか?

### ソリューション

教育と研究で優れた実績を上げるため、ハイパフォーマンス・コンピューティング委員会は、インテルの 2 種類の非常に異なるリソース (高度なソフトウェア開発ツールおよび技術と教育のサポート) を活用しました。

#### 高度なソフトウェア開発ツール

UrFU は、生物系ソリューションと地球物理学問題のモデリング、大規模なグラフの制御、その他のアプリケーションに、インテル® Parallel Studio XE Cluster Edition (旧製品名インテル® Cluster Studio XE) に含まれる次のツールを利用しました。

- C++/Fortran コンパイラー
- 高速な並列コード向けに最適化されたパフォーマンス・ライブラリー/並列モデル
- パフォーマンス・プロファイラー、スレッド化設計/プロトタイプ生成ツール、メモリー/スレッドのデバッガー
- MPI (メッセージ・パッシング・インターフェイス) クラスター通信ライブラリーおよび MPI エラーチェック/チューニング

これらのツールにより、教授と学生は、並列処理を使用するコードの設計、開発、デバッグ、チューニングを簡単に行い、少ない労力で、互換性のあるインテル® プロセッサおよびコプロセッサ上でアプリケーション・パフォーマンスを大幅に向上できました。

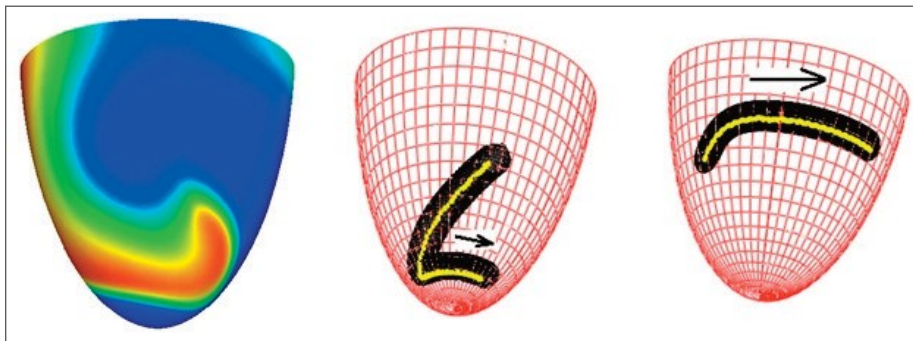


図 1. 左心室の異方性モデルにおける渦巻波伝播のモデリング

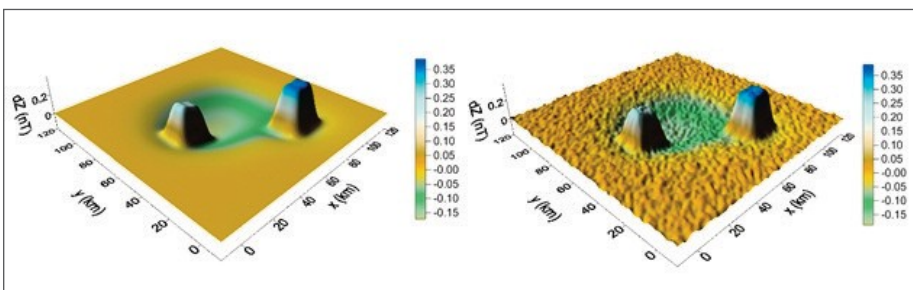


図 2. 磁力測定の逆問題を解く

「インテル® ソフトウェアは、UrFU の計算クラスターでプログラムの計算時間を大幅に短縮するのに役立ちました。」(Akimova 教授)

**技術と教育のサポート**

「教員は、これらのツールの実践的な知識を持ち、技術的な詳細を深く理解していなければなりません、大学教授にはほとんど不可能です。彼らは自分たちでそういったトレーニングを提供できないのです。そこで我々は、最先端の企業と業界の専門家に頼ることにしました。」(Sozykin 博士)

インテルは、さまざまな方法で支援を行いました。

- インテル・ロシアは、教授のインテル® ソフトウェアとハードウェアに対する専門知識を高めるため、特別に講習会を開催しました。
- インテルと UrFU は共同で、ハイパフォーマンス・コンピューティング能力センターを設立しました。インテルのエンジニアは、このセンターに対し永続的なテクニカルサポートを行っています。

インテルは、[Intuit.ru](http://Intuit.ru) ポータルと協力して、大学のカリキュラムを拡張するため、次のようなインテル® アカデミー (モバイル・アプリケーションと並列コンピューティング向けのインテル® ソフトウェア開発ツールに関する無料のオンラインコースのトラック) を提供しています。

- インテル® Parallel Programming Professional
- インテル® コンパイラーを使用したアプリケーション・パフォーマンスの最適化入門
- インテル® コンパイラーを使用したアプリケーション・パフォーマンスの最適化
- インテル® マス・カーネル・ライブラリーを使用したアプリケーション・パフォーマンスの最適化
- インテル® Cilk™ Plus プログラミング入門

上記に加えて、次のインテル® アカデミーのコースの教材も UrFU のコースで使用されています。

**ウラル連邦大学について**

ウラル連邦大学は、公立の政府所有の機関で、50,000 人を超える学生に対し、17 の研究室による、350 の学位プログラムを開発しています。ウラル地域最古の 2 つの大学、ウラル連邦大学とウラル工科大学が 2011 年に統合したことで、大学の国際的な評価と世界ランキングの順位が大きく上昇しました。

ウラル連邦大学は、実験室とハイテク事業に特化した、ロシア科学アカデミーのウラル分館の科学研究所を含む研究クラスターの中核です。

ロシア、欧州連合、米国の政府および非政府組織による資金援助を受けた、多くの国際プロジェクトに従事しています。

ウラル連邦大学は、上海協力機構 (SCO) 大学ネットワーク、独立国家共同体 (CIS) 大学ネットワーク、北極圏大学ネットワークの一員です。

- 並列コンピューティング
- アプリケーション・パフォーマンスの最適化
- ハイパフォーマンス・コンピューティング・システムのアーキテクチャー

学生は、任意の場所からインテルが提供したビデオ講義をオンラインで視聴した後、UrFU 計算クラスターで実践的な演習を実行して、結果とオンラインの講義から何を学んだか議論します。

オンライン、実践、教室での学習の組み合わせは、豊かで包括的な教育経験を提供します。



UrFU は、インテル® アカデミーにより提供されている、アプリケーション・パフォーマンスの最適化の検証試験も利用しています。学生は、彼らの経歴の出発点となる実績を得ることができるのです。

## 結果

### 高速コンピューティング

インテル® ソフトウェアは、UrFU の計算クラスターでプログラムの計算時間の大幅な短縮に役立ちました。

学生と研究者は、より短い時間でより多くの作業を行ったり、より多くの反復を実行したり、より多くの仮定を試したり、より優れた結果を生成できるようになりました。

### 質の高い教育

「インテルの協力により、我々は、インテル® ツールを最も効率的に利用して、科学的アプリケーションを開発し、現代のマルチコアおよびメニーコア・プロセッサ向けにアプリケーション・パフォーマンスを最適化する、質の高い、大学レベルの教育を提供しています。学生は、必要な理論的知識をオンライン講座ですでに習得しているため、大学でより実践的なクラスを受講することができます。」(Sozykin 博士)

オンラインと教室での学習を組み合わせ、地球の裏側の専門知識を活用することは、ハイパフォーマンス・ラーニングのために並列処理のクラウド計算モデルを実装することに似ています。また、この手法は UrFU にとって、国際舞台での優れた役割につながる重要な鍵でもあります。

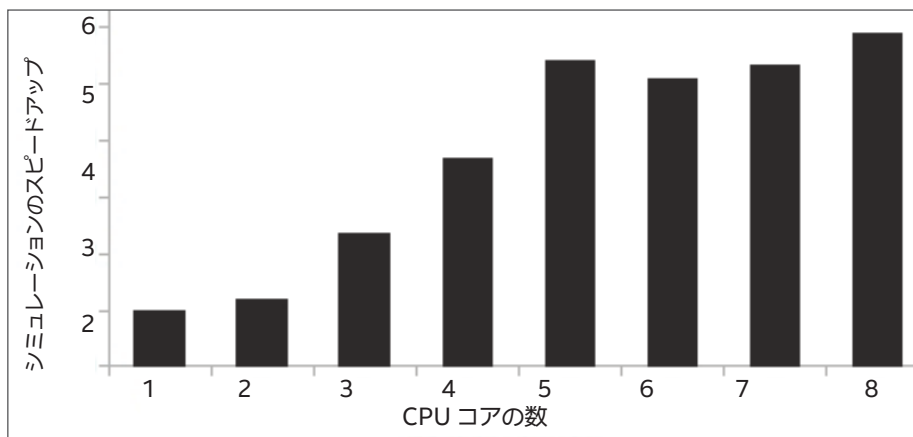


図 3. 平均心室シミュレーション時間の比較: シリアルと並列

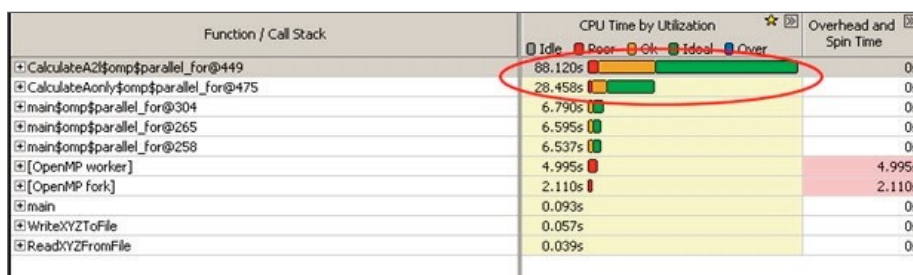


図 4. インテル® VTune™ Amplifier で地球物理学シミュレーション・ソフトウェアの hotspot を特定

## ASC 15 学生スーパーコンピューター・チャレンジ

数理論理学数値計算法・方程式委員会の学生と研究者のチームは、Elena Akimova 博士の監督の下、ASC 15 学生スーパーコンピューター・チャレンジで銀杯優勝を飾り、名誉学位状を授与されました。ASC15 は、アジア・スーパーコンピューター・コミュニティー、Inspur グループ、太原理工大学により共同開催されました。当大学のチームは、6 大陸の 135 の大学から参加した 152 チームの中から決勝戦に出場した 16 チームの 1 つでした。

## 関連資料

ウラル連邦大学:

<http://urfu.ru/en/> (英語)

インテル® ソフトウェア開発ツール:

<https://www.isus.jp/products-list/>

インテル® Parallel Studio XE:

<https://www.isus.jp/intel-parallel-studio-xe/>



インテル® テクノロジーの機能と利点はシステム構成によって異なり、対応するハードウェアやソフトウェア、またはサービスの有効化が必要となる場合があります。

実際の性能はシステム構成によって異なります。絶対的なセキュリティを提供できるコンピューター・システムはありません。詳細については、各システムメーカーまたは販売店にお問い合わせいただくか、<http://www.intel.com.jp/> を参照してください。

性能に関するテストに使用されるソフトウェアとワークロードは、性能がインテル® マイクロプロセッサ用に最適化されていることがあります。SYSmark® や MobileMark® などの性能テストは、特定のコンピューター・システム、コンポーネント、ソフトウェア、操作、機能に基づいて行ったものです。結果はこれらの要因によって異なります。製品の購入を検討される場合は、他の製品と組み合わせた場合の本製品の性能など、ほかの情報や性能テストも参考にして、パフォーマンスを総合的に評価することをお勧めします。詳細については、<http://www.intel.com/performance/> (英語) を参照してください。

インテルは、本資料で参照しているサードパーティーのベンチマーク・データまたは Web サイトの設計や実装について管理や監査を行っていません。本資料で参照している Web サイトまたは類似の性能ベンチマーク・データが報告されているほかの Web サイトも参照して、本資料で参照しているベンチマーク・データが購入可能なシステムの性能を正確に表しているかを確認されるようお勧めします。

この文書および情報は、インテルのお客様向けの参考情報として記載されているものであり、現状のまま提供され、明示されているか否かにかかわらず、いかなる保証もいたしません。ここにいう保証には、商品適格性、特定目的への適合性、知的財産権の非侵害性への保証を含みますが、これらに限定されるものではありません。本資料は、本資料に記述、表示、または記載されたいかなる知的財産権のライセンスも許諾するものではありません。インテル製品は、医療、救命、延命措置、重要な制御または安全システム、核施設などの目的に使用することを前提としたものではありません。

© 2017 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Xeon、Intel Xeon Phi、Cilk、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。

\* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

JPN/1707/PDF/XL/SSG/TT