



# 首都大学東京 様

## ライブラリの利用で超高速化、適材適所のGPU演算方法とは？

首都大学東京で「生体電磁環境工学」を専門とする鈴木敬久准教授。聞き慣れない学問だが、実は我々の生活に密接に関わる題材を取り扱う。そのテーマをかみ砕いて言えば、「日常に欠かせない携帯電話やパソコンなどの電子機器が発する電磁波が、生体にどのような影響を及ぼすのか」というものだ。電磁波が体に与える影響については、ICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）という団体によって国際的なガイドラインが定められている。電磁環境工学の研究分野は非常に幅広く、工学系から、生物学系、医学系までと多岐にわたる。

鈴木准教授は、次世代の通信手段として期待される「ミリ波」の安全性の研究に従事する。ミリ波とは30～300GHz 未満の周波数帯のことで、現在の携帯電話（2GHz）の15倍以上高い。動物実験にウサギを用いて医師とともに研究を行い、目にミリ波を当てた時どの程度の強さで障害が出るのか、どの程度であれば大丈夫なのかという「曝露量（ばくろ量。曝される電磁界の量）」のしきい値を調査する。

一方、ミリ波の周波数帯は非常に幅広いことから、それぞれの周波数をすべて調べるには限界がある。そこで3ポイント程度の周波数で実験を実施し、その間の周波数を補間するシミュレーションを実行。このシミュレーションに16基のTeslaを採用し、強力な演算をバックアップする。シミュレーション・システムは電磁界と熱輸送に分かれた複

雑な構成（図1参照）となっているが、熱輸送の部分には、G-DEPが提供する「AMG ソルバ」を適用して高速化を図った。

もともと鈴木准教授は、早い段階からGPU コンピューティングに着目し、CUDA プログラミングを独学で使いこなしてきた研究者。現在ではG-DEP主催のセミナーにゲストとして登壇するなど、GPUの科学計算分野では一歩先を行く。経験豊富な研究者がGPU、CUDA、ライブラリの現在、そして可能性を語る。

### 電磁界の計算ではおよそ12時間かかっていたものが30分ぐらいになりました

—現在従事されている研究において、GPUの効果はどのようなものですか。

鈴木氏：私が用いる数値計算手法はFDTD法（電磁場解析の一手法）と呼ばれるもので、この手法は非常にGPUと相性が良いのです。端的に言うと“ハマる”感覚ですね。電磁界の計算だけを見れば、1CPUでおよそ12時間かかっていた計算が、GPUを適用することによって30分ぐらいになりました。シミュレーション規模が大きくメモリーを多く消費するため、こちらの計算にはTeslaを4基使用しています。CUDAでプログラミングを組んで、オリジナルでチューニングをかけています。

一方で、現在取り組んでいる研究には熱輸送の解析もあります（図1参照）。その規模を大きくすると非常に遅くなってしまいますので、今は少し規模を小さくして、メッシュを粗くして解いています。今回はエルザジャパンの営業の方に紹介を受けて、G-DEPの「AMG ソルバ」をその計算に適用したんです。その結果、劇的に速くなりました。

—GPUとライブラリの適用で、どの程度の高速化が実現したのでしょうか。

鈴木氏：CPUでSOR法（逐次加速緩和法。n元連立一次方程式を反復法で解く手法の一つ）を用いた

場合との比較になりますが、熱輸送の計算コード全体でおよそ30倍程度の高速化を達成しました。正確には仮速度と温度計算にSOR法を用いて、圧力修正に「AMG ソルバ」を適用した結果です。6分間の時間追跡に掛かる時間を、10日から8時間に短縮できました。

—それはまさしく“劇的”ですね。

鈴木氏：SOR法をCUDAを用いてGPUに適用する手法も考えたのですが、これは移植にとても時間がかかるんですね。ですから、今回の計算に合致する手法を探していた結果、このライブラリが見つかったわけです。現在はすべてを「AMG ソルバ」の適用に移行して、今後はより細かい計算に対応できるようにチューニングを施しているところです。

### 我々のような科学計算をする研究者の間では、CUDAの戦略が成功しています

—CUDAを習得されるまではどれぐらいの時間がかかりましたか。

鈴木氏：集中して取り掛かれる時間がなかったものから、合間を見つければ、1年ほどかけてじっくりと習得しました。すべて独学でした。まずGPUコンピューティングを手探りで始めた人たちがいて、電磁界をCUDAに適用した人たちが出

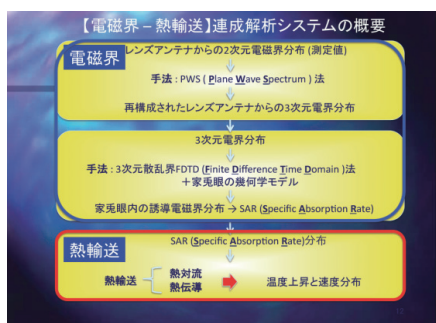


図1 鈴木准教授が確立した「電磁界-熱輸送」連成解析システムの概要（G-DEPセミナー発表資料より抜粋）

みずほ情報総研AMGライブラリの構成

■ 32種類のソルバーで構成  
・目的に合ったソルバーを選択

		GPU		CPU	
		GPU	マルチGPU	MP1	OpenMP
Fortran	構造格子	●	●	●	●
	非構造格子	●	●	●	●
	非構造格子	●	●	●	●
C, C++	構造格子	●	●	●	●
	非構造格子	●	●	●	●
	非構造格子	●	●	●	●

図2 G-DEP「AMGソルバ」の構成（G-DEPセミナー発表資料より抜粋）

てきた。私は別の仕事もありましたので、その人たちを横目で見ながら、ゆっくりゆっくり進めて来た。どちらかというと先発組の方はテクニック的な利用法を発表することが多いのですが、私の場合は完全に「研究に利用できる」という形で発表を重ねています。

——現在、GPU コンピューティングは電磁界、FDTD 法に限らず熱い注目を浴びていますが、研究者同士、お互いに情報交換したりは？

**鈴木氏：** イベントや専門委員会などでは積極的に情報収集しています。「ISC」(スーパーコンピュータの世界最大のイベント)の会議に出て、他の分野の方が集まって GPU コンピューティングの話をしているところに参加させてもらったりとか、「エレクトロニクスシミュレーション研究会」(電子情報通信学会の研究会)の中で、GPU コンピューティングをやっている方々と意見交換や議論をしたりしています。我々のような科学計算をする研究者の間では、CUDA の戦略が成功しています。完全に CUDA の戦略が上手く行ったケースなのではないでしょうか。



Teslaは拡張ボックスに収納

——研究室の学生も GPU に興味を示していますか？

**鈴木氏：** 現在、私の研究室には GPU コンピューティングに携わっている学生が 2 名います。彼らにも CUDA の指導をしています。「ここまでは CPU でできた。次は CUDA でプログラムを書いてみよう」と教えて、その都度、どれだけの効率化・高速化が実現されているかをテストしてもらいます。そうした結果を見ると、学生たちも GPU の効果を実感できて「すごいな」と感じるようになる。そこから徐々に複雑な問題へ進んでいく形ですね。

### GPU コンピューティングの裾野を広げるには、学生に興味を持ってもらうことが最適

——今後 GPU コンピューティングの裾野を広げていくためには、そうした“若い力”を取り込んでいくことが大事なのでしょうか。

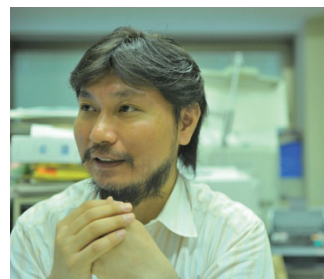
**鈴木氏：** それは大事だと思います。裾野を広げるには、学生に興味を持ってもらうことが一番いいと思いますね。結果的にその学生たちが企業に就職した時に、GPU を推薦することにつながるでしょうから。例えば私が参加したようなセミナーなどでも、先進的な話題とやさしいチュートリアルのような話を組み合わせたりすれば、学生も参加しやすくなるのではないのでしょうか。

プログラミングの点から言えば、ピンポイントで利用できるライブラリでまずは GPU の可能性・高速性を体感してもらいたいのではないかと思います。GPU コンピューティングは最初の一步が大事なんです。今は高速にチューニングされた GPU 用ライブラリが沢山ありますから、積極的に利用する事をお勧めします。その先に、「もっと頑張

ればここまで速くなる」ということで CUDA があるイメージですね。我々の最大の目的はアルゴリズムの開発ではなく、現象の解析ですから。

また、ディレクティブ・ベースのプログラミング手法が発展すれば、より垣根が低くなると思います。分かっただけで 1 日程度で自分の持っているコードにチューニングできてしまいます。ライブラリに関してもそうですが、手軽に利用できるツールでまずは GPU の可能性・高速性を体感するのが手取り早いと思います。現状では、GPU コンピューティングの“ハマリどころ”がわからない人たちがたくさんいるのでは？と感じていて……ライブラリやディレクティブを利用して GPU を簡単に試していただければ、裾野は自ずと広がると思います。

#### Profile



鈴木 敬久 氏

首都大学東京  
理工学研究所 電気電子工学専攻  
准教授 博士 (工学)

## MAS-XE5-Silent

MAS-XE5-Silentは、GPU 専業メーカー G-DEP が GPU のヘビーユーザーであるアプリケーション ISV 様と共同開発したフラッグシップモデルです。intel SandyBridge Xeon 最大 2 基まで、NVIDIA Tesla は最大 4 枚まで搭載可能なこのモンスターマシンは、CPU 冷却を水冷化し、遮音とエアフローのバランスを考えた静音アルミシャーシを採用することで、パフォーマンスだけでなく抜群の安定性と静粛性を実現しました。開発者の隣で使える、まさに究極のデスクサイド GPU ワークステーションと呼べる 1 台です。

#### 主な特徴

- 水冷冷却ユニット(CPU)と静音アルミシャーシで抜群の静粛性。  
居室(デスクサイド)での使用を可能にする低ノイズを実現。
- NVIDIA Tesla を最大 4 枚まで装着可能。国内唯一 4 枚のマルチ GPU 環境を実現できる水冷モデル ※
- 16 コア/24 スレッドを実現する Xeon SandyBridge-EP (Romley チップセット) を搭載。  
CPU でも GPU でも納得のパフォーマンスを実現最大搭載メモリ 51.2GB、最大 HDD/SSD 搭載台数 6 基、  
infiniband オプションなど抜群の拡張性オンサイトサポート(出張修理)オプションも選べる G-DEP の安心サポート体制

※ 2012 年 10 月現在



詳しい製品情報やカタログはこちら  
<http://www.gdep.jp/>

NVIDIA 認定 Tesla 販売パートナー NVIDIA Tesla Preferred Partner

## 日本 GPU コンピューティングパートナーシップ

<http://www.gdep.jp>

東京/〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学アントレプレナープラザ 3 階  
仙台/〒981-3133 仙台市泉区泉中央 3-26-1 泉セレクトビル 4 階 TEL 022-375-4050 sales@gdep.jp

- NVIDIA、NVIDIA/TESLA は、NVIDIA Corporation の登録商標です
- ELSA (エルサ) は、テクノロジーズジョイント株式会社の登録商標です
- G-DEP (ジーデップ) は日本 GPU コンピューティングパートナーシップの登録商標です
- その他の商品名は各社の商標または登録商標です
- 仕様などは改良のため予告なしに変更されます
- 本カタログの掲載内容は 2012 年 10 月現在の情報です



2012.10