

上智大学 様

経済学にGPUコンピューティングを応用 文理融合の柔軟な頭脳で“新しい利用法”を模索する

経済学にGPUを使う——。今回登場する上智大学大学院の鷺田豊明教授は、これまでの事例の中で最も異色の存在である。過去のケースでは有限要素法、波動情報工学、FDTD法、電磁環境工学、流体解析など“生粋の理系”における活用法を数多く取り上げてきたが、社会科学の分野では初めて。もちろん統計処理や計量経済モデルをはじめとして、経済学は数学と密接に関わる学問ではあるものの、ここで紹介するアプローチはそれら確立された経済学の数値計算とは明確に異なるものだ。

鷺田教授がGPUコンピューティングを用いて挑もうとするのは「並列現象の経済学」。同名タイトルで執筆された本人の研究ブログによれば、その骨子は次のようなものになる。

「経済学のモデルシミュレーションは、大概、並列処理ではなく、逐次処理である。しかし、社会経済の現実はおおくは並列的に事態は動く。個人や企業は独立に意思決定し行動している。現実には並列的に動いているのである。（中略）社会経済の並列状況を、そのままモデル化する理論的枠組みが必要である気がしてくる」（一部抜粋）

このような独自の思考に至ったのは、鷺田教授が理系出身者であることが大きい。名古屋大学工学部電気工学科でコンピューターを学んだ後、神戸大学大学院経済学研究科に進んで経済学に転身。1980年代半ば、大学に教職を得てしばらくして、当時はまだ目新しかった環境学に関心を持つようになり、現在の専攻である環境経済学のスペシャリストへ。その後、経済企画庁客員研究員、大蔵省財政金融研究所特別研究官を歴任し、同分野で数々の研究成果を上げている。

並行して、自らのバックグラウンドを活かして多様なプログラミング言語を習得。経済学の教授でありながらC、C++、Javaといった言語を自在に使いこなし、論文の発表にあわせて研究用プログラムを公開してきた。代表的なものとしてJavaベースの経済実験用ソフトウェア「sLex」、Cベースの環境政策評価応用一般均衡モデル用ソースコード「EPAM

（Environmental Policy Appraisal Model）」などがあり、多くの研究者に利用されているという。

鷺田教授が並列処理マシンとして導入したのは「MAS-i7WZ」。最新アーキテクチャーのKeplerを採用した「NVIDIA Tesla K20」を搭載しながらも、見た目はデスクトップPCそのもの。G-DEPが提供するGPUコンピューティングマシンの中でも安定性・静音性に秀でた人気モデルであり、「あまりに静かなので驚いた。熱もほとんど感じられない」と教授自身も満足の様子だ。以下、膨大なコア数（2496コア）による処理能力の高さ、CUDAのプログラミング、今後の並列計算の可能性について語ってもらった。

GPUコンピューティングを活かせる計算がきつと経済学でもあるだろうと考えました

——先生が並列処理というものに関して興味を持たれたのはいつ頃でしょうか。

鷺田氏：かれこれ20年以上も前、人工知能の並列分散処理に出会ったときですね。当時、自分でバックプロパゲーションモデル（ニューラルネットワーク<神経回路網>における“教師あり学習”のアルゴリズム）を作成して経済学への応用を考えました。今思えば、そこがスタート地点でした。

そしてここ数年、PCのCPU自体がマルチコアになってきたじゃないですか。数年前に導入した8コアのMac Proに、自分で組んだJavaのプログラムを走らせて複数スレッド処理を実行したら、処理速度がほとんど8倍になりました。つまり身を以て、コアが増えるに従って計算が速くなるという経験をしたわけです。

——GPUコンピューティングに関してはご存知でしたか。

鷺田氏：存在を知ったのは、昨年（2012年）の秋ぐらいです。最初は日本電計（G-DEPセールスパートナー）の担当者から教えてもらったんですよ。GPUが並列計算に強いということを知り、「へえ、そうなんだ」となったわけです。聞けば、何とコア数がおよそ2500コア（正確には2496コア）あると。今まで8コアでも速いと感じていたのに、一体どうなるんだろう、ぜひGPUを使ってシミュレーションしてみたいと思ったんですね。そして、GPUコンピューティングを活かせる計算がきつと経済学の分野でもあるだろうと考えたのです。

——導入が2012年末。GPUを知ってすぐのタイミングですね。

鷺田氏：はい。価格が安かったのも大きいです。2500コアなんて、自分の感覚ではスパコンの領域なのに、それが数10万円で買えるなんて。本当に世の中変わったなという印象がありました。

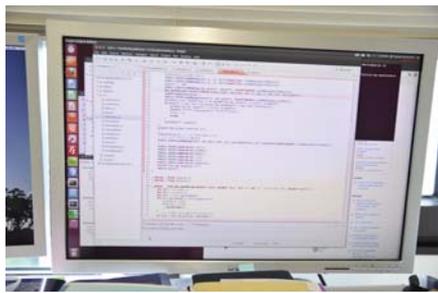
並列現象でコア1個に対して処理を与える——それを考えただけでドキドキします（笑）

——具体的に、どのようなシミュレーションに利用されているんでしょう。

鷺田氏：多数の財が並列的に交換されている市場経済のシミュレーションです。一見一人一人が平等にあつかわれているようでも、結果的に所得の不平等が生じてしまうメカニズムを並列シミュレーションで解明したいと思っています。

非常に分かりやすく言えば、まず物を交換しあう状態で、交換をすべて2人に分割します。そこで市場においてどういう交換が適切なのか、財の交換比率が一致するように何度も何度も繰り返すというシミュレーションですね。それを例えば50万人の単位で実行していきます。仮に50万人だとしたら、1回で25万ユニットの計算になる。その処理をコアに配分して計算させるのです。研究すればするほど面白いテーマですね。





CUDAによるプログラミング画面

今はシンプルに、50万人をランダムに2組に分けて計算して、またランダムに2組に分けて……というように、何千回、何万回というステップを並列に計算させていますが、フレームワークを変えるときにプログラミングを変える必要があるため、相当時間がかかります。ただし、市場の本質を理解するうえで非常に大事な研究だととらえています。

——単純に高速化の手段というよりは、社会的な分析を的確に行うために利用していると。

鷲田氏：そういうことです。現実の経済というのは企業、人間、物が複雑にいろいろと動いている並列現象なんです。それを経済学で数式にすると、並列現象ではなくなってしまいます。しかし、抽象的にモデル化するのではない形で経済現象を扱える可能性がGPUによってもたらされるのではないかと。従来とはまったく違う種類の……言うなれば並列現象の経済学、並列均衡の経済学、そういう新しい経済学が出てくるかもしれない。GPUをうまく使えばね。それがGPUコンピューティングの持つ可能性だと思っています。

——着眼点がとてもユニークですね。ほかに同様の研究をされている方は？

鷲田氏：少なくともこういったことに興味を持つ人間は、経済学分野では僕はまだ出会っていません。

やはり、自分が理系出身でコンピューターを知っていたからという背景も大きいと思います。研究というのは何でもそうですが、面白がらないとダメなんです。面白がるのが強い人間は、研究者としてパワフルですよ。僕は非常に面白と思っていますからね。並列現象でコア1個に対して処理を与えとか、考えただけでドキドキします（笑）。

自分でプログラミングしたほうが面白いので最初からCUDAで組んでいます

——当初からCUDAで動かしているそうですね。

鷲田氏：最初はMATLAB（米国MathWorks社による数値解析ソフトウェア、プログラミング言語）で運用しようかと考えたんですが、やはり自分でプログラミングしたほうが面白いだろうと考え直したのです。CUDAで並列計算をやるという前提でね。その時点で自分なりに、Macに搭載済みのGPU（NVIDIA Quadroシリーズ）を使ってCUDAプログラミングの勉強はしていましたから、ある意味予習済みだったんですね。

昨年末、G-DEP主催のNVIDIA Tesla K20のローンチセミナーに参加したときにCUDA 5.0の解説を聞いて、プログラミングもレベルアップできるなど感じました。このバージョンには（Eclipseをカスタマイズした）Nsight Eclipse Editionが付属しています。僕はJavaが好きで、以前はEclipseを使っていましたから。現状、Linuxベースでマシンを動かしているため、最初からNsight Eclipse Editionを使っています。

——経済学分野でここまで使いこなされているのは見事だと思います。

鷲田氏：現状ではまだ2500コアを使い切っているという自信はありません。あくまで感覚的なものですが、まだまだ性能を引き出せるかなと思っています。課題はメモリ管理での停滞をなくすこと。そこを突き詰めていけば、コアの利用効率はより高まる

はずなんです。今の状態でも、数100倍までならパフォーマンスを上げられるのですが、仮に使い切ったとしたら、恐らく1000倍ぐらいの速度が出るはずですから。

——最後に、これからGPUを導入しようという方にメッセージを。

鷲田氏：GPUコンピューティングで、並列の面白さを味わってほしい。コンピューターやプログラミングを勉強すると、計算が直列で動くという、シーケンシャルな手続きで物事を考えるようになってしまいます。しかし現実の現象は、同時にいろんなことが並列で起きている。もともとの並列現象をそのまま捉えるような頭の柔らかさがまず大事なのではないでしょうか。そのうえで、膨大なコアがあるGPUを存分に利用するという考え方に面白さを感じてほしいですね。



上智大学大学院
地球環境学研究所
環境経済学研究室

鷲田 豊明 教授

MAS-i7WZ

SandyBrige Corei7システムに2枚のGPUカードを搭載可能な拡張性と驚異的な静粛性能を兼ね備えたG-DEP一番人気モデル。マザーボードにはPCI-ExpressX16バスを2基とPCI-ExpressX8バスを1基装備しInfiniBandを利用したミニクラス構築にも最適なモデルです。電源は将来のGPUカード拡張を想定し大容量1300W高効率ユニットを搭載するなど細部に妥協の無い設計です。CPUファンを水冷化し更に静音性を向上。

✦ 主な特徴

- 安定性、静音性に寄与する高信頼性の水冷ユニットを搭載
- 2枚のTesla/Geforce GPU演算カード搭載可能
- 冷却性と拡張性を追求したクーリングストラクチャを採用
- 安定度抜群の高効率電源 80PLUS Silver



✦ 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

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 Mail : sales@gdep.jp

- NVIDIA、NVIDIA/TESLAは、NVIDIA Corporationの登録商標です。
- ELSA（エルザ）は、テクノロジー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2013年4月現在の情報です。

