

科学技術計算 I / 計算科学アライアンス特別講義 I / スレッド並列コンピューティング 「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」 (オンライン)

中島 研吾

東京大学情報基盤センター

本稿では、2023 年度 S1・S2 学期に実施した、科学技術計算 I (大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻) / 計算科学アライアンス特別講義 I (同 コンピュータ科学専攻) / スレッド並列コンピューティング (大学院工学系研究科電気系工学専攻) 「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」¹ について紹介する。

近年マイクロプロセッサのマルチコア化が進み、様々なプログラミングモデルが提案されている。中でも OpenMP は指示行 (ディレクティブ) を挿入するだけで手軽に「並列化」ができるため、広く使用されており、様々な解説書も出版されている。メモリへの書き込みと参照が同時に起こるような「データ依存性 (data dependency)」が生じる場合に並列化を実施するには、適切なデータの並べ替えを施す必要があるが、このような対策は OpenMP 向けの解説書でも詳しく取り上げられることは余り無い。本講義では、「有限体積法から導かれる疎行列を対象とした ICCG 法」を題材として、科学技術計算のためのマルチコアプログラミングにおいて重要なデータ配置、reordering などのアルゴリズムについての講義、スパコンを使用した実習を実施した。本年度からは、Wisteria/BDEC-01 (Odyssey)² を使用している。

講義内容の詳細については、ウェブページから資料をダウンロードできるのでそちらを参照いただきたい。本講義では、受講者の多様なバックグラウンドを考慮して、ほぼ全講義内容について Fortran, C 両方による教材を準備している。

2020~2022 年度に引き続いて全ての講義を Zoom によるオンラインで実施した。2 回目の講義 (4 月 12 日) は休日であったが、1 時間だけ Q/A のセッションを設けた。

登録者は 97 名 (科学技術計算 I : 16 名, 計算科学アライアンス特別講義 I : 51 名, スレッド並列コンピューティング : 30 名) で、昨年 (56 名) を大幅に上回った。2019 年度以前は登録者 35 名程度、出席者は 20 名を切る程度なのであるが、オンライン下では、08:30 開始の 1 限にもかかわらず、7 月の最後の講義まで常時 35~40 名程度の出席者があった。毎回の講義は録画して、クラウド上の動画のありかを ITC-LMS 経由で受講者に連絡していた。これを使って (倍速で再生して) 復習している学生も少なからず居るらしく、連絡を忘れると催促が来たりした。このようにビデオ動画等を使ってオンデマンドで受講できるというのはオンライン講義の一つの利点と言える。国際会議でもオンデマンド (発表聴講) とリアルタイム (質疑・議論) とを組み合わせる方式は、定着している。更に Slack のようなツールを組み合わせることによって、効果的なコミュニケーションを効率良く実現できる。

単位取得者は 14 名であった (昨年は 19 名)。

2013 年度以降、資料は英語版のみ用意していたが、講義そのものは日本語で実施していた。

¹ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/23s/>

² <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria>

2017年度から英語で実施することとしたため、留学生の受講は増加しており、2020～2022年度は登録者の半数をやや上回っていた。2023年度は97名中35名と割合としては減少したが、普段の講義に出席していたのはほとんど留学生であったようだ。

A1・A2学期も基本的にはオンライン講義継続となった。様々な模索も継続すると考えられるが、より受講者の負担を減らすような方法が何よりも重要である。

Date	ID	Title
April-05 (W)	CS-01	Introduction-a
April-12 (W)	-	Q/A (Optional) (09:00-10:00)
April-19 (W)	CS-02	FVM (1/2)
April-26 (W)	CS-03	FVM (2/2)
May-03 (W)	(no class)	(National Holiday)
May-10 (W)	CS-04	OpenMP (1/3), Login to Odyssey
May-17 (W)	CS-05	OpenMP (2/3)
May-24 (W)	CS-06	OpenMP (3/3)
May-31 (W)	CS-07	FVM/ICCG(1/2)
June-07 (W)	CS-08	FVM/ICCG(2/2)
June-14 (W)	CS-09	Reordering (1/3)
June-21 (W)	CS-10	Reordering (2/3)
June-28 (W)	CS-11	Reordering (3/3)
July-05 (W)	CS-12	Parallel Code by OpenMP (1/3)
July-12 (W)	(no class)	(International Trip)
July-19 (W)	CS-13	Parallel Code by OpenMP (2/3)
July-26 (W)	CS-14	Parallel Code by OpenMP (3/3), Q/A

図1 講義スケジュール