

# 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、2021 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」<sup>1</sup>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 (大規模超並列スーパーコンピュータシステム (Oakbridge-CX, OBCX)<sup>2</sup>) を使用した実習を実施した。

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。

本年度は昨年に引き続き「新型コロナウイルス感染症」のため、全ての講義を Zoom によるオンラインで実施した。本講義は 4 月 7 日に開講したが、受講者の環境準備状況等を考慮して、4 月 7 日と 14 日は同じ講義を実施した (図 1)。

登録者は 56 名 (科学技術計算 I : 14 名, 計算科学アライアンス特別講義 I : 18 名, スレッド並列コンピューティング : 24 名) で、昨年度 (54 名) よりやや増加した。出席者は 35 名~40 名程度である。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おり、これを利用して復習している学生もいた様子である。

2018~2020 年度はやや難しいプログラミング (Sequential Reordering の実装と評価) をレポート課題としていたが、本年度は First Touch Data Placement に関するやや容易な課題としたため、単位取得者は 13 名から 21 名に増加した (参考 : 7 名 (2018 年), 10 名 (2019 年))

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。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、2021 年度は登録者の半数をやや上回る 56 名中 31 名であった。

<sup>1</sup> <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/21s/>

<sup>2</sup> <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/en/supercomputer/obcx/system.php>

Date	ID	Title
Apr-07 (W)	CS-01a	Introduction-a
Apr-14 (W)	CS-01b	Introduction-b (Introduction-a and -b are same)
Apr-21 (W)	CS-02	FVM (1/3)
Apr-28 (W)	CS-03	FVM (2/3)
<b>May-05 (W)</b>	<b>(no class)</b>	<b>(National Holiday)</b>
May-12 (W)	CS-04	FVM (3/3) , OpenMP (1/3)
May-19 (W)	CS-05	OpenMP (2/3), Login to OBCX
May-26 (W)	CS-06	OpenMP (3/3)
Jun-02 (W)	CS-07	Reordering (1/3)
Jun-09 (W)	CS-08	Reordering (2/3)
Jun-16 (W)	CS-09	Reordering (3/3)
Jun-23 (W)	CS-10	Tuning
Jun-30 (W)	CS-11	Parallel Code by OpenMP (1/3)
Jul-07 (W)	CS-12	Parallel Code by OpenMP (2/3)
Jul-14 (W)	CS-13	Parallel Code by OpenMP (3/3), Q/A

図 1 講義スケジュール