

第 131 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 「OpenMP によるマルチコア・メニィコア並列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、2020 年 4 月 27 日に開催した第 131 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「OpenMP によるマルチコア・メニィコア並列プログラミング入門¹⁾」(共催：東京大学情報基盤センター、PC クラスタコンソーシアム(実用アプリケーション部会・HPC オープンソースソフトウェア普及部会))について紹介する。

東京大学情報基盤センター(以下、本センター)では 2007 年からスーパーコンピュータを使用した「お試しアカウント付き並列プログラミング講習会」を開催しているが、新型コロナウイルス感染症対策のため、2020 年 4 月からは全ての講習会を Zoom 使用による「オンライン」講習会として実施している。本稿で紹介する第 131 回は「第 1 回オンライン講習会」となる。

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。本講習会では、「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(Oakbridge-CX(OBCX)²⁾を使用した実習を実施した。本講習会は筆者が本学大学院工学系研究科・情報理工学系研究科の講義として実施している「計算科学アライアンス特別講義 I」、「科学技術計算 I」、「スレッド並列コンピューティング」の内容に準拠している³⁾。

ハンズオン付きの講習会で最も手間取るのが、スパコンへのログインまでで、その部分をオンラインにすることについては非常に困難が予想されたが、PC へのソフトウェアのインストール SSH 鍵認証の原理も含め、できるだけ詳細な資料⁴⁾を準備し、前以て受講者には利用者 ID、初期パスワード等を送付することによって、可能な限り予めログインまでを済ませて講習会に臨んでもらうこととした。問題がある場合には、事前に Zoom による個別相談を受け付けていたが、結局事前相談もなく、無事にログインまで済ませた状況で参加された模様である。本学では、4 月初頭から既に全学的にオンライン講義が開始されているが、最初の 1-2 回の経験でわかったことは、画面にスライドを投影してのオンライン講義で重要なのは、**可能な限り詳細な情報を予め資料に書き込んでおく**、ということである(当たり前のことではあるが)。対面の講義では、受講者の表情を見ながら、説明不足と思われる点を更に詳しく、というようなこ

¹⁾ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/131/>

²⁾ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/obcx/service/>

³⁾ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/20s/>

⁴⁾ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/seminars/multicore/OnlineClass.pdf>

とを臨機応変にできるのだが、オンラインではそれができない。今回も、可能な限り詳細な手引き書を準備することによって、最大の難関を通過することができた。

本来であれば 105 分×10 回程度の講義の内容（表 1）を 1 日（正味 7.5 時間（450 分）程度）に圧縮しての内容となった（表 2）。題材とする有限体積法コードの説明に従来は 3 コマ、3 時間程度をかけるのであるが、教材⁵を予め提供することにより予習してもらい、90 分程度で済ませることができた。また、表 2 にある「Oakbridge-CX へのログイン」時間も、上述の事前準備により大幅に短縮することができた。

表 1 計算科学アライアンス特別講義 I・科学技術計算 I・スレッド並列コンピューティング講義内容（2020 年度 S1/S2 学期）、当局のお達しにより本格的なオンライン講義開始は 4 月第 3 週ということになったため、最初の 2 回は講義紹介を繰り返し実施した

Date	ID	Title
Apr-08 (W)	CS-01a	Introduction-a
Apr-15 (W)	CS-01b	Introduction-b (Introduction-a and -b are same)
Apr-22 (W)	CS-02	FVM (1/3)
Apr-29 (W)	(no class)	(National Holiday)
May-06 (W)	(no class)	(National Holiday)
May-13 (W)	CS-03	FVM (2/3)
May-20 (W)	CS-04	FVM (3/3), OpenMP (1/3)
May-27 (W)	CS-05	OpenMP (2/3), Login to OBCX
Jun-03 (W)	CS-06	OpenMP (3/3)
Jun-10 (W)	CS-07	Reordering (1/2)
Jun-17 (W)	CS-08	Reordering (2/2)
Jun-24 (W)	-	Exercise, Q/A (Optional)
Jul-01 (W)	CS-09	Tuning
Jul-08 (W)	CS-10	Parallel Code by OpenMP (1/2)
Jul-15 (W)	CS-11	Parallel Code by OpenMP (2/2)
Jul-22 (W)	CS-12	Advanced Topics, Q/A

表 2 本講習会の概要

09 : 00-10 : 30	有限体積法
10 : 30-11 : 00	Oakbridge-CX へのログイン
11 : 00-12 : 30	OpenMP 入門
13 : 30-16 : 00	オーダリング
16 : 00-17 : 30	OpenMP 並列化
17 : 30-18 : 00	質疑

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、全講義内容につい

⁵ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/seminars/multicore/>

て Fortran, C 両方による教材を準備している。受講者は Oakbridge-CX の最大 8 ノード (最大 448 コア, 実行時間上限 15 分) を利用できる (実際に使用したのは 1 ノード)。アカウントは講習会終了後 1 ヶ月間有効であり, 復習に利用することができる。

事前登録者は 26 名, 出席者は 18 名 (学生: 5 名, 大学教員 5 名, 研究機関: 1 名, 企業: 7 名) と普段と比較して 5 割ほど多かった。講習会終了後にアンケートを実施した (回収本数: 15)。表 3 は質問項目と回答 (5 段階評価) の人数分布である。全体的な満足度は高かった (平均値は 4.00)。アンケートの自由記述欄には, 多くの参加者が:

- 現地に行かなくて良い分, 気軽にまた感染も気にせずに受講できる
- 他の参加者も含めた周囲の人とコミュニケーションをとりづらいのが難点
- 実習時間が少ない, 1 日で済ませるには内容が多い

というようなコメントを記載していた。従来は地方からは出張して (ときには泊まりがけで) 参加しなければならなかったのであるが, オンライン講習会ではそのようなことは当然不要であり, 移動の時間や出張費も節約できて効率的と言えるのかも知れない。一方で, 質問をしにくいなど, コミュニケーションが一方通行になりがちなオンライン講義特有の問題の解決は中々困難である。今回は, 質問事項がある場合などは, 事後に Zoom で相談に応じることも予定していたが, 実際はやや長文の質問メールが普段の講習会より多めにあった程度である。

従来は, 本講習会は OpenACC を合わせてまる 2 日間で実施していたのであるが⁶, 今回はオンラインということもあって 1 日間に圧縮して実施した。次回以降は, 実習時間を長めにとって 2 日間で実施することも検討している。

表 3 アンケート集計結果

	評点	1	2	3	4	5
(a) 講習会時間	短い⇔長い		3	6	3	3
(b) 講習会講義内容 (プレゼン)	簡単⇔難			5	6	4
(c) 配布資料内容	簡単⇔難		1	8	3	3
(d) サンプルプログラム内容	簡単⇔難			9	3	3
(e) 満足度 (平均 4.00)	不満⇔満足		1	3	6	5

オンラインでの講習会の復活は, 新型コロナウイルス感染症が終息し, 少なくとも本学における活動制限指針⁷が「レベル 0.5 (2020 年 7 月 6 日現在では「レベル 1」)」になるまでは難しいであろう。ただ, 今回の一連の経験を通してオンラインならではの良さも体験することができた。特に地方からの参加者のことを考慮すると, オンライン+オンサイト併用による形式も検討する必要がある。また, オンラインを併用すれば, 2 日間にわたる講習会では, 必ずしも連続した 2 日間に設定する必要もなくなる。

「After コロナ」, 「With コロナ」を見据え, 本センターとしてもお試しアカウント付き講習会, プログラミング教育の今後のあり方を継続して検討していきたいと考えている。

⁶ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/118/>

⁷ <https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400137691.pdf>