

第 182 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

「並列有限要素法で学ぶ並列プログラミング徹底入門」(MPI の基礎から三次元並列有限要素法まで, 4 日間/3 週間コース) (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, 2022 年 6 月 28 日 (火), 30 日 (木), 7 月 5 日 (火), 15 日 (金) にオンライン開催した第 182 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「並列有限要素法で学ぶ並列プログラミング徹底入門」(MPI の基礎から三次元並列有限要素法まで, 4 日間/4 週間コース)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))¹ について紹介する。

有限要素法 (Finite Element Method, FEM) は偏微分方程式の数値解法として, 様々な科学技術計算に使用されている。基礎的な研究開発の他, NASTRAN に代表される有限要素法による商用コードも既に半世紀近く産業利用も含む様々な分野で設計・安全評価などに使用されている。有限要素法は要素単位のローカルな演算から構成されているところから, 並列化が比較的容易であることが知られている。本講習会では:

- 有限要素法のプログラミング
- MPI による並列プログラミングの基礎
- 前処理付き反復法による連立一次方程式解法のアルゴリズム

など, 大規模シミュレーションに必須の数値アルゴリズムから, 並列プログラミングまで幅広い知識と経験を, 講義及びスパコン (Wisteria/BDEC-01 (Odyssey)²) を使用した実習によって身につけることができる。本講習会は, 2021 年 3 月 2 日 (火), 9 日 (火), 22 日 (月), 26 日 (金) にオンライン開催した第 150 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「並列有限要素法で学ぶ並列プログラミング徹底入門」³ の内容に基づき, 使用するスパコンを Oakbridge-CX (OBCX)⁴ から Odyssey としたものである。また, 第 150 回では実施しなかった「OpenMP+MPI ハイブリッド並列プログラミングモデル」についても講義, 演習を追加している。

当センターでは, 並列有限要素法に関する様々な講習会を開催して来た。2020 年 4 月以降は, オンラインで:

- 「一日速習: 有限要素法プログラミング徹底入門」⁵
- 「有限要素法で学ぶ並列プログラミングの基礎」⁶

¹ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/182>

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

³ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/150>

⁴ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/en/supercomputer/obcx/system.php>

⁵ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/145>

- 「一日速習：三次元並列有限要素法とハイブリッド並列プログラミング」⁷

をそれぞれ1日で実施している。全般的に好評であるものの、1日に詰め込むためにハンズオンの時間が制限されたり、細かい説明を省略するなどの事情もあり、特に遠方の受講者からは「東京へ出張する必要もなくなったので、もっと時間をかけてやって欲しい」という要望を頂いている。そのような要望に答えるべく、第182回講習会では：

- 一次元・三次元有限要素法のプログラミング
- MPIによるプログラミング
- 並列有限要素法（一次元・三次元）

を全て学べる、4日間、フルスペックのZoomによるオンライン講習会を企画した。

表1 スケジュール

6月28日（火）	
09:00-12:00	はじめに，1D有限要素法入門
13:00-15:30	3D有限要素法（1/2）
15:45-18:00	3D有限要素法（2/2），並列有限要素法への道
6月30日（木）	
09:00-12:00	Odysseyへのログイン，MPI入門（1/2）
13:00-15:30	演習，MPI課題 I
15:45-18:00	MPI入門（2/2）
7月5日（火）	
09:00-12:00	演習，MPI課題 II
13:00-15:30	並列有限要素法（1/2）
15:45-18:00	並列有限要素法（2/2）
7月15日（金）	
09:00-12:00	演習，並列可視化
13:00-15:30	OpenMP/MPIハイブリッド（1/2）
15:45-18:00	OpenMP/MPIハイブリッド（2/2）

4日の講習会を3週間にわたって分散して実施し、興味がある部分だけ参加できるようにした。また、ビデオ録画を翌日には公開し、都合の悪い日があれば、適宜録画を観てもらうことも可能とした。内容は、筆者が大学院生の向け講義として実施している、科学技術計算Ⅱ（大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻）／コンピュータ科学アライアンス特別講義Ⅱ（同 コンピ

⁶ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/146/>

⁷ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/144/>

ュータ科学専攻) / ハイブリッド分散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)「並列有限要素法入門」⁸の内容として実施しているものと同じである。講義における合計時間は 105 分×14 コマ (=1,470 分) に対して、本講習会は合計 1,875 分と演習を含めても十分に時間の余裕がある。また、ソウル国立大学⁹、国立臺灣大學¹⁰等で 4 日間の集中講義として実施してきた実績もある。表 1 にスケジュールを示す。休憩を適宜とり、ほぼこの通りの時間で実施した。

事前登録者は 19 名、出席者は 14 名 (学生 : 5 名、大学・研究機関教職員 4 名、企業・その他 : 5 名) となった。全日程出席者は 4 名であった。講習会終了後にアンケートを実施した (回収本数 : 9)。表 2 は質問項目と回答 (5 段階評価) の人数分布である。**全体的な満足度の平均値は 5 点満点で 3.56 であった。**アンケートの自由記述欄には、以下のような記述があった :

- 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
- 有限要素法について、基礎的な理論からプログラム実装、連立一次方程式の反復解法も含めてコンパクトにまとまっていて有用であった
- 教材が詳細でわかりやすい
- 質問がしにくい (2 件)
- 9 時から参加するのが難しかった。時間があまるが多かったので 10 時 30 分スタートでも良いのではないか? (注 : 時間が余ったのではなく「演習時間」なのであるが)
- 動画を用意していただいたので、復習しやすかった。

アンケート回答者 9 名のうち、5 名は Fortran, C/C++ は普段使用せず、Python, Matlab 等を使用しているということであった。

表 2 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			6	3	
(b) 講習会講義内容 (プレゼン)	簡単⇔難		2	4	3	
(c) 配布資料内容	簡単⇔難		2	5	2	
(d) サンプルプログラム内容	簡単⇔難		1	5	3	
(e) 満足度 (平均 4.25)	不満⇔満足		1	3	4	1

⁸ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/21w/>

⁹ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/SNU2019Jan/>

¹⁰ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/NTU2022online/>