

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」(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) (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 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」(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))² 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 (大規模超並列スーパーコンピュータシステム (Oakbridge-CX, OBCX)²) を使用した実習によって身につけることができる。

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」³
- 「有限要素法で学ぶ並列プログラミングの基礎」⁴
- 「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」⁵

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

¹ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/150>

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

³ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/145>

⁴ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/146/>

⁵ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/144/>

いている。そのような要望に答えるべく：

- 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。4日の講習会を4週間にわたって実施し、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」⁶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⁷、国立臺灣大學⁸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。

表1 スケジュール

3月2日（火）	項目	3月22日（月）	項目
09:00-10:30	有限要素法入門	08:30-09:30	（ハンズオン実習）
10:30-12:00	1D有限要素法（1/2）	09:30-12:00	MPI：1対1通信（1/2）
13:00-14:30	1D有限要素法（2/2）	13:00-14:30	MPI：1対1通信（2/2）
14:30-17:15	3D有限要素法	14:30-16:15	（ハンズオン実習）
		16:15-18:00	MPI演習 （並列1D有限要素法）
3月9日（火）	項目	3月26日（金）	項目
09:00-09:45	並列有限要素法への道	08:30-09:30	（ハンズオン実習）
09:45-10:30	OBCXシステム概要・ログイン	09:30-11:30	3D並列有限要素法 （データ構造）
10:30-12:00	MPI：集団通信（1/2）	11:30-13:00	3D並列有限要素法（本体）
13:00-15:30	MPI：集団通信（2/2）	14:00-15:00	（ハンズオン実習）
15:30-16:30	（ハンズオン実習）	15:00-16:30	3D並列有限要素法 （並列可視化）
16:30-18:00	MPI演習（集団通信）	16:30-18:00	（全体討論・ハンズオン）

事前登録者は28名、出席者は25名（学生：11名、大学教職員4名、研究機関：1名、企業・その他：9名）となった。各日の出席者は、3月2日：23名、9日：23名、22日：15名、26

⁶ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/20w/>

⁷ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/SNU2019Jan/>

⁸ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/NTU2020/>

日：13名で、全日程出席者は12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：16）。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4.25であった。**講義や教材の難易度については「3：普通」が多かったが、やや難しい程度のレベルであったようだ。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
- 4日間コースだと、演習の時間が長くとるのは受講側としては良かった。ごく簡単なプログラムでも手を動かさずと思わぬところで引っかかることがある。それらの気づきや修正をしていると、意外と演習に時間がかかり、設定していただいた時間がちょうどよかった。また、内容も盛りだくさんだったので、じっくり復習や理解をしながら進めることができたのが良かった。
- 有限要素法については初心者であったため、前半の講義はなかなかついていくのが大変でした。MPIによる通信や領域分割等は分かりやすくとてもよかったと思います。
- 実に丁寧に分かり易かった。分量が膨大なので、追い切れていない。但し、この分量は減らさなくて構わないと思います。これからさらに勉強をします。その点でも、1ヶ月先までアカウントが生きているのはありがたいです。参加してよかったです。これからもよろしくをお願いします。
- 時間がなくてなかなか出席できませんでしたが、動画を用意していただいておりますので助かりました。
- 実習において端末にタイプ入力する場面で、改ページの前に少し時間をとっていただければ、ありがたいです。（説明後30秒位）当方、画面の文字を見ながらタイプしていますが、タイプが苦手で遅いため。

本稿を執筆している2021年4月末の段階で、東京都等では3回目の緊急事態宣言が発出されている。今後も「オンライン講習会」を中心に考えていく必要がある、本センターとしても講習会、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く予定である。

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			10	5	1
(b) 講習会講義内容（プレゼン）	簡単⇔難			7	8	1
(c) 配布資料内容	簡単⇔難			8	7	1
(d) サンプルプログラム内容	簡単⇔難			9	6	1
(e) 満足度（平均4.25）	不満⇔満足			3	6	7