

第 160 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

一日速習：有限要素法プログラミング徹底入門（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 7 月 26 日（月）にオンライン開催した第 160 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「一日速習：有限要素法プログラミング徹底入門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。

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。

本センターでは、本センターのスーパーコンピュータの利用促進と並列プログラミング技術の普及を目的として、様々な並列有限要素法の講習会² を実施してきた。

有限要素法の理論、手法は大学教養程度の数学、物理の知識があれば十分に理解できるものがあるが、並列化を実施するためには、単に個々の事項の理解に留まらず、数学的背景、数値アルゴリズムとプログラミングを結びつけて理解している必要がある。有限要素法そのものと並列化を 1 日で全て解説するのは、スケジュール的にも困難で、細かいところは省略せざるを得ないため、受講者にとっても消化不良となる傾向があった。

本センターでは、2020 年 6 月 12 日に第 134 回講習会³で、初めての試みとして、並列化には立ち入らず、**スパコンを使用したハンズオンも実施せず**、有限要素法を構成する基礎的な理論、数値アルゴリズムとその実装に主眼を置いた講習会を 1 日で実施したところ、比較的好評であり需要が高いことも確認できた。その後、2020 年 11 月 10 日に同様の内容で第 145 回講習会⁴を実施し、今回はそれらのフィードバックから得られた知見も踏まえ、更に改良した詳細な教材を提供した。

本講義の内容（表 1）は 2020 年度冬学期に講義として実施した、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」⁵ の導入部と同じ内容を日本語で実施したものであり、最初の「有限要素法入門⁶」については、時間の都合もあり、受講者に教材を予習してもらい、当日は簡単な説明に留めた。

今回は、前述のようにスパコンは利用せず、各自の PC に次元・三次元有限要素法プログラ

¹ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/160/>

² <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/116/>

³ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/134/>

⁴ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/145/>

⁵ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/20w>

⁶ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/FEM/01-FEMintro.pdf>

ム (Fortran・C) をダウンロードしてもらい、数学的・理論的な背景から、実問題（定常熱伝導）まで、実習も交え、大規模連立一次方程式の反復解法（前処理付き共役勾配法）も含めて解説した。詳細はホームページ (<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/160/>) を参照されたい。当日利用した資料、サンプルプログラムの他、録画したビデオを見ることもできる。

表 1 本講習会の概要

09 : 00-09 : 45	有限要素法入門
09 : 45-12 : 30	一次元有限要素法
13 : 30-16 : 00	三次元有限要素法
16 : 00-17 : 00	並列有限要素法への道
17 : 00-17 : 15	討論・質疑等

事前登録者は 16 名、出席者は 11 名（学生：3 名，大学・研究機関：2 名，企業：6 名）となった。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 4.44 と第 134 回（4.32）よりは高かったものの、第 145 回（4.57）と比較して低くなった。講義や教材の難易度については「4：やや難しい」が多かったことも関係しているようだ。アンケートの自由記述欄には：

- 1 日で実施する内容としては分量が多いかもしれないと感じた
- プログラミングの解説があり、実際に有限要素法がどのように使われているのか良くわかりました。ありがとうございました。
- 懇切丁寧な内容でした。ここまで親切な内容の講習会はなかなかないと思います。
- 全て満足です。特に実装・プログラミングの観点での講義。計算力学の基礎面はある程度ですが知識があったので、少なくとも私にはうってつけの講義でした。

というようなコメントが記載されていた。

今後も「オンライン講習会」を中心に考えていく必要があり、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			7	2	
(b) 講習会講義内容（プレゼン）	簡単⇔難		1	1	6	1
(c) 配布資料内容	簡単⇔難		1	3	5	
(d) サンプルプログラム内容	簡単⇔難		1	4	4	
(e) 満足度（平均 4.44）	不満⇔満足			1	3	5