

第 46 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習

「MPI 応用編：並列有限要素法とハイブリッド並列プログラミング」

中島 研吾

東京大学情報基盤センター

本稿は、2015 年 5 月 26 日（火）・27 日（水）に東京大学情報基盤センター遠隔会議室（本郷）において開催された「第 46 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 MPI 応用編：並列有限要素法とハイブリッド並列プログラミング¹」の開催報告である。

本センターでは様々な並列プログラミング講習会を実施しており²、本センターの利用者に限定せず、また大学教職員、学部・大学院学生、研究機関研究者のみならず、企業の技術者・研究者にも門戸を開き、本センターのスパコンを使用した実習も実施して、並列プログラミング技術の普及に貢献して来た。

本講習会はもともと、「MPI 応用編：並列有限要素法入門」として、2013 年 3 月に実施した第 28 回から、第 30 回、36 回、40 回（2014 年 10 月）まで、有限要素法による熱伝導解析プログラムを、MPI を使用して並列化するための手順、特に並列分散データ構造に関する考え方を中心に説明することを中心として実施してきた。Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX) によるプログラミング実習も実施した。受講者からの意見も取り入れて、2 日間の日程で、1 日目：有限要素法、2 日目：並列有限要素法として、有限要素法に関する予備知識のあるものは 2 日目だけ出席すればよいということにして、時間を確保することの困難な企業からの参加者へも対応してきた³。

今回は、プロセッサのマルチコア化と MPI（ノード間）+OpenMP（ノード内）のハイブリッド並列プログラミングの普及と受講者からの要求に応え、以下の変更を実施した：

- 従来 1 日間実施していた有限要素法に関する講義・実習を半日に減らした
- OpenMP、ハイブリッド並列プログラミングモデルに関する講義・実習を半日追加した

スケジュールを表 1 に示す。講義内容の詳細については、ウェブページ⁴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。

従来の講義では、一次元・三次元有限要素法による熱伝導解析プログラムについては、並列化が容易な点やコピ前処理付き共役勾配法を適用していた。そこで、今回は共役勾配法の部分を OpenMP によってノード内並列化することによってハイブリッド並列化を実現するための最低限の内容を追加することとどめたため、受講者は効率的にハイブリッド並列プログラミングモデルについて実感することができた。MPI については「応用編」ということである程度予備知

¹ <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/kosyu/46/>

² <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/kosyu/>

³ <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/kosyu/32/>

⁴ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/pFEM/>

識があることを前提としており、自習用教材を提供しているが、並列有限要素法に必要な機能については講義の中で適宜解説を加えている。

受講者は Oakleaf-FX の 12 ノードまで（実行時間上限 15 分）を利用できる。アカウントは講習会終了後 1 週間有効であり、復習に利用することができる。

合計 15 名の事前登録者があり、14 名（学部学生：4 名、大学院生：3 名、大学・研究機関：1 名、企業：5 名、その他：1 名）が受講した。並列プログラミング経験者は 9 名であったが、1 年未満の初心者がほとんどで、最長で 3 年（2 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：14）。表 2 は質問項目と回答（5 段階評価）の人数分布である。全体的な満足度は高かった（平均値は 4.29）。コメントとしても「理論から実践まで短期間で通して学べて良かった」というようなものが多かったが、「（本講習会ではあまり深く扱わなかった）METIS を使った領域分割について学びたい」というものもあった。

前述のように、本講習会では MPI に関する講義は最低限しか実施していない。しかし、今回のように並列プログラミング経験がほとんど無い受講者が多い場合でも、特に問題はなく、全体像を理解するには十分であったと考えられる。時間が限られた中で効率的に講義、実習を実現するための教材作成には、アンケートによるフィードバックは非常に重要である。

講習会終了後、5 名に対して企業利用者向けトライアルユース（パーソナルコース相当）応募資格を認定した。

表 1 MPI 応用編：並列有限要素法入門ハイブリッド並列プログラミング スケジュール
講師：中島研吾（東京大学情報基盤センター）

5 月 26 日（火）	10:00～12:30	有限要素法プログラムの概要
	13:30～14:30	FX10 スーパーコンピュータシステム（Oakleaf-FX）
	14:30～16:00	並列有限要素法への道
	16:15～18:00	一次元並列有限要素法・質疑・実習
5 月 27 日（水）	09:30～11:00	三次元並列有限要素法（1/3）
	11:15～12:40	三次元並列有限要素法（2/3）
	13:45～15:00	三次元並列有限要素法（3/3），ppOpen-HPC 概要
	15:15～17:00	OpenMP 入門，ハイブリッド並列プログラミング
	17:00～18:00	質疑，実習

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		3	9	2	
(b) 講習会講義内容（プレゼン）	簡単⇔難			8	3	3
(c) 配布資料内容	簡単⇔難		1	9	4	
(d) サンプルプログラム内容	簡単⇔難			11	3	
(e) 満足度（平均 4.29）	不満⇔満足			2	6	6