

# 講義紹介：並列計算プログラミング，先端計算機演習（大学院理学系研究科地球惑星科学専攻）

中島研吾

東京大学情報基盤センター

本稿では、2016年度夏季集中講義として実施した、「並列計算プログラミング」，「先端計算機演習」について紹介する。詳細については本講義のホームページ<sup>1</sup>を参照されたい。講義資料等を入手することができる。本講義・演習は、21世紀COEプログラム「多圏地球システムの進化と変動の予測可能性（観測地球科学と計算地球科学の融合拠点の形成）」（2003年度～2007年度）において2004年度より開講されたもので〔1〕，2008年度からは「理学系研究科大学院教育高度化プログラム」に認定され、夏季集中講義として開講された。

表1に講義日程と内容を示す。講義・演習は1日4コマ実施するが、できるだけ自由参加の演習時間を増やして、予習・復習、課題の質問などを受けられるような時間を設けた。担当教員が必ず演習室に待機し、質問への対応を実施した。

本講義・演習は有限体積法等を題材として、2008年度からはHitachi HA8000 クラスタシステム（T2K 東大）による並列プログラミング実習を行って来たが、2012年度からはFujitsu PRIMEHPC FX10 システム（Oakleaf-FX）を使用し、講義内容も一新した。まず、様々な分野で広く利用されている有限要素法を題材とし、一次元・三次元定常熱伝導方程式を扱った。2016年度は、一次元・三次元有限要素法、MPI（Message Passing Interface）による並列プログラミング、並列要素法の順番で講義・演習を実施した（表1）。

また、ハイブリッド並列プログラミングモデルの重要性を考慮して、2014年度から実施しているMPI+OpenMP ハイブリッド並列プログラミングに関する講義・演習を引き続いて実施した。MPIによる並列有限要素法のプログラムの各プロセスにOpenMPを適用して並列化を実施した。

2012年度までは日本語、英語の教材を併用していたが、2013年度からは留学生の受講、国際化に配慮して英語版教材のみを提供しており、2016年度もその方針を引き継いだ。受講者の多様なバックグラウンドを考慮して、ほぼ全講義内容についてFortran、C両方による教材を準備した。登録者は38名（うち地球惑星科学専攻が22名）であったが、実際に出席していたのは15名程度、単位を取得したのは10名程度であった。

## 参 考 文 献

- [1] 中島研吾，東京大学における「学際計算科学・工学人材育成プログラム」，ハイパフォーマンスコンピューティング技術の進展と計算科学への展開，応用物理第80巻7号，585-589，2011.

<sup>1</sup> <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/16e/>

表 1：講義日程，内容

| 日付       | 時間        | 番号   | 内容                         |
|----------|-----------|------|----------------------------|
| 9月5日(月)  | 0900-1030 | CE01 | イントロダクション                  |
|          | 1045-1215 | CE02 | 有限要素法入門                    |
|          | 1330-1500 | CE03 | 一次元有限要素法 (1/2)             |
|          | 1515-1645 | CE04 | 一次元有限要素法 (2/2)             |
| 9月6日(火)  | 0900-1030 | CE05 | 三次元有限要素法 (1/2)             |
|          | 1045-1215 | CE06 | 三次元有限要素法 (2/2)             |
|          | 1330-1645 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1515-1645 | 演習   | 並列有限要素法入門                  |
| 9月8日(木)  | 0900-1030 | CE07 | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1045-1215 | CE08 | Oakleaf-FX へのログイン          |
|          | 1330-1500 | CE09 | MPIによるプログラミング概要 (I) (1/2)  |
|          | 1515-1645 | CE10 | MPIによるプログラミング概要 (I) (2/2)  |
| 9月9日(金)  | 0900-1030 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1045-1215 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1330-1500 | CE11 | 課題 S1 解説                   |
|          | 1515-1645 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
| 9月12日(月) | 0900-1030 | CE12 | MPIによるプログラミング概要 (II) (1/2) |
|          | 1045-1215 | CE13 | MPIによるプログラミング概要 (II) (1/2) |
|          | 1330-1500 | CE14 | チューニング入門                   |
|          | 1515-1645 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
| 9月13日(火) | 0900-1030 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1045-1215 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1330-1500 | CE15 | 課題 S2 解説                   |
|          | 1515-1645 | CE16 | 並列有限要素法 (1/3)              |
| 9月14日(水) | 0900-1030 | CE17 | 並列有限要素法 (2/3)              |
|          | 1045-1215 | CE18 | 並列有限要素法 (3/3)              |
|          | 1330-1500 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1515-1645 | CE19 | ハイブリッド並列有限要素法              |
| 9月15日(木) | 0900-1030 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1045-1215 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |
|          | 1330-1500 | CE20 | 最近の話題                      |
|          | 1515-1645 | 演習   | 演習 (自由参加)                  |