

# 講義紹介：並列計算プログラミング，先端計算機演習（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している。

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。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ている。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 MPI+OpenMP ハイブリッド並列プログラミングに関する講義・演習を実施している。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。本年度は更にループスケジューリングの導入による高速化など、最新の研究事例についても紹介した。

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 34 名（うち地球惑星科学専攻が 20 名（これまでで最も少ない））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	CE07	並列有限要素法入門
9月8日(木)	0900-1030	演習	演習 (自由参加)
	1045-1215	CE08	FX10 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)
	1330-1645	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)