

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、2014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¹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。また、本講義・演習は情報基盤センターが関連部局との協力のもと2009年度から始動している「学際計算科学・工学人材育成プログラム²」の一環として実施されたものである。

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。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。2014年度はOakleaf-FXの運用スケジュールを考慮して、一次元有限要素法、MPI（Message Passing Interface）による並列プログラミング、三次元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年度から初めて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、2014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41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20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.

¹ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/14e/>

² <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/CSEdu/>

表 1 : 講義日程, 内容

日付	時間	番号	内容
8月25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)
8月26日(火)	0900-1030	CE05	並列有限要素法入門
	1045-1215	CE06	FX10 へのログイン
	1330-1500	CE07	MPIによるプログラミング概要 (I) (1/2)
	1515-1645	CE08	MPIによるプログラミング概要 (I) (2/2)
8月27日(水)	0900-1030	演習	演習 (自由参加)
	1045-1215	演習	演習 (自由参加)
	1330-1500	CE09	課題 S1 解説
	1515-1645	演習	演習 (自由参加)
8月29日(金)	0900-1030	CE10	三次元有限要素法 (1/3)
	1045-1215	演習	演習 (自由参加)
	1330-1645	CE11	三次元有限要素法 (2/3)
	1515-1645	CE12	三次元有限要素法 (3/3)
9月01日(月)	0900-1030	CE13	MPIによるプログラミング概要 (II) (1/2)
	1045-1215	CE14	MPIによるプログラミング概要 (II) (1/2)
	1330-1500	CE15	チューニング入門
	1515-1645	演習	演習 (自由参加)
9月02日(火)	0900-1030	演習	演習 (自由参加)
	1045-1215	演習	演習 (自由参加)
	1330-1500	CE16	課題 S1 解説
	1515-1645	CE17	並列有限要素法 (1/3)
9月03日(水)	0900-1030	CE18	並列有限要素法 (2/3)
	1045-1215	CE19	並列有限要素法 (3/3)
	1330-1500	演習	演習 (自由参加)
	1515-1645	CE20	ハイブリッド並列有限要素法 (1/2)
9月04日(木)	0900-1215	CE21	ハイブリッド並列有限要素法 (2/2)
	1330-1500	演習	演習 (自由参加)
	1515-1645	演習	演習 (自由参加)
9月05日(金)	0900-1030	CE23	最近の話題
	1045-1215	演習	演習 (自由参加)