

東京大学工学部・工学系研究科共通科目「スパコンプログラミング(1)および(I)」

埴 敏博

東京大学情報基盤センター

1. はじめに

工学部および工学系研究科の共通科目「スパコンプログラミング(1)および(I)」を通年科目(Sセメスター、Aセメスター共通)として開講している。2015年度までの担当であった片桐准教授から引き継いで実施しているものであり、2016年度Aセメスターで連続20回の開講を数える。後期教養教育科目にも登録されており[3]、後で述べるように、工学部や工学系研究科以外の学生も数多く受講している。また、2017年度より計算科学アライアンスの認定講義にもなっている[2]。

2016年度Sセメスターでは、本講義の受講生に対してFujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX, 2012年4月運用開始)を用いた演習を行なった。さらに、2016年7月に導入されたばかりのReedbush-Uスーパーコンピュータシステムも早速講義で利用できるようにした。Aセメスターからは、全面的にReedbush-Uスーパーコンピュータシステムでの演習に移行した。受講生にとって、最新、最先端のスパコン環境を使用できることで、より高い動機付けになると考える。

Oakleaf-FXでは12ノード(16コア×12ノード=192コア)、Reedbush-Uでは8ノード(36コア×8ノード=288コア)が利用可能であり、教育利用であっても十分に高い並列数を扱うことができている。

2. 講義内容

本講義で行った講義内容を表1に示す。内容については、前年度からの大きな変更は行っていない。用いたアプリケーションは、行列-ベクトル積、べき乗法(行列-ベクトル積を応用した固有値・固有ベクトルの初等的な数値計算法)、行列-行列積、LU分解法の4種類である。

加えて、講義の一環として、受講生が参加できる「プログラミングコンテスト」を開催した。すべての出題を解答できるプログラムを提出したコンテストの参加者には、成績に加点した。さらに、コンテストにおける入賞者(1位~3位)においては、無条件で「優」以上を与えた。

演習には、表2に示す9本のサンプルプログラムを教材として用いている。受講者はこれらをダウンロードした上で、動作確認した上で演習を実施する。それぞれ、C言語版とFortran版を用意している。

表1 講義内容

講義回数	講義内容
ガイダンス	初回ガイダンス、高性能計算の基礎
第1回	並列数値処理の基本演算
第2回	スパコンを利用しよう：スパコン(Sセメスター:FX10, Aセメスター:Reedbush-U)

	を用いた実習
第 3 回	高性能プログラミング技法の基礎 (1): 階層メモリ、パイプライン処理、ループアンローリング、キャッシュヒット率
第 4 回	高性能プログラミング技法の基礎 (2): キャッシュブロック化、OpenMP 超入門
第 5 回	行列-ベクトル積
第 6 回	ベキ乗法
第 7 回	行列-行列積 (1): ループ交換法、ブロック化 (タイリング) 法、Cannon のアルゴリズム、Fox のアルゴリズム、簡単な並列化
第 8 回	行列-行列積 (2): 完全な並列化
第 9 回	LU 分解法 (1): LU 分解法 (ガウス・ジョルダン法、ガウス消去法、枢軸選択、LU 分解法 (外積形式、内積形式、クラウト法、ブロック形式ガウス法、縦ブロックガウス法、前進・後退代入))、コンテスト課題発表
第 10 回	LU 分解法 (2): LU 分解のアルゴリズム詳細
第 11 回	LU 分解法 (3): LU 分解の並列化
第 12 回	非同期通信、発展的課題 (S セメスターでは Reedbush-U の利用、性能比較)

表 2 サンプルプログラム一覧
(-fx: Oakleaf-FX 用、-rb: Reedbush-U 用)

	サンプルプログラム内容
Samples-{fx, rb}.tar (第 2 回)	並列版 Hello プログラム、並列円周率計算プログラム、逐次転送方式による並列総和演算プログラム、二分木通信方式による並列総和演算プログラム、時間計測方法の並列プログラム
Mat-Mat-noopt-{fx, rb}.tar (第 3 回)	行列-行列積の逐次プログラム (逐次チューニング用)
Mat-Mat-openmp-{fx, rb}.tar (第 4 回)	行列-行列積の逐次プログラム (OpenMP 並列化用)
Mat-vec-{fx, rb}.tar (第 5 回)	行列-ベクトル積の逐次プログラム
PowM-{fx, rb}.tar (第 6 回)	ベキ乗法の逐次プログラム
Mat-Mat-{fx, rb}.tar (第 7 回)	行列-行列積の逐次プログラム (お手軽並列用)
Mat-Mat-d-{fx, rb}.tar (第 8 回)	行列-行列積の逐次プログラム (完全分散並列用)
LU-{fx, rb}.tar (第 9~11 回)	LU 分解法による連立一次方程式の求解の逐次プログラム
Isend-{fx, rb}.tar (第 12 回)	非同期通信の並列プログラム

3. 受講者についての統計データ

(1) 受講者数

本講義は、2015年度までに履修登録者数累計 561名、単位取得者数は 195名に達している[1]。

2016年度のS Semesterの履修登録者は 44名（学部：23名、大学院：21名）、A Semesterの履修登録者は 9名（学部：5名、大学院：4名）であった。そのうち、単位取得者は、21名（学部：10名、大学院：11名）であった。今年度は、前年度とほぼ同水準の人数であった。

(2) 受講者の所属

今年度の履修登録者について、以下の通りである。

- 工学部：25名
 - 工学部建築学科：1
 - 工学部機械工学科：2
 - 工学部機械情報工学科：3
 - 工学部航空宇宙工学科：2
 - 工学部精密工学科：1
 - 工学部電子情報工学科：4
 - 工学部計数工学科：6
 - 工学部マテリアル工学科：1
 - 工学部システム創成学科：5
- 理学部：1名
 - 理学部天文学科：1
- 農学部：1名
 - 農学部応用生命科学課程：1
- 経済学部：1名
 - 経済学部経営学科：1
- 工学系研究科：21名
 - 工学系研究科社会基盤学専攻：6
 - 工学系研究科都市工学専攻：1
 - 工学系研究科機械工学専攻：4
 - 工学系研究科物理工学専攻：1
 - 工学系研究科航空宇宙工学専攻：1
 - 工学系研究科システム創成学専攻：4
 - 工学系研究科化学システム工学専攻：1
 - 工学系研究科原子力国際専攻：3
- 新領域創成科学研究科：1名
 - 新領域創成科学研究科人間環境学専攻：1
- 情報理工学系研究科：3名
 - 情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻：1
 - 情報理工学系研究科電子情報学専攻：1

▶ 情報理工学系研究科知能機械情報学専攻：1

以上から、学内の多様な学部・学科から受講生が集まっていることがわかる。

本講義を通じて、本センターのスーパーコンピュータシステムの利用者を育成するだけでなく、スーパーコンピュータの活用を通じて学際領域分野に貢献できる人材を輩出していると考えられる。また、スパコン利用の経験が多くの学生に広がることにより、学界のみならず、産業界においてスパコンを利活用できる人材育成につなげていけるものと考えている。

参 考 文 献

- [1] 片桐 孝洋、東京大学のスーパーコンピュータを用いた並列プログラミング教育— 工学部・工学系研究科共通科目「スパコンプログラミング(1)および(I)」(2015年度夏・冬学期)、および、全学ゼミ「スパコンプログラミング研究ゼミ」(2015年度冬学期)を通じて —、スーパーコンピューティングニュース、Vol. 18, No. 3, pp. 26-32, 2016年5月
- [2] 東京大学 計算科学アライアンス <http://www.compsci-alliance.jp/>
- [3] 東京大学 後期教養教育科目について
<http://www.u-tokyo.ac.jp/stu04/koukikyoyou.html>