

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、2017 年度 A セメスターで連続 22 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]。

2017 年度は、本講義の受講生に対して Reedbush-U (2016 年 7 月運用開始)を用いた演習を行った。さらに、2017 年 3 月に導入されたばかりの Reedbush-H 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。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。

Reedbush-U では 8 ノード(36 コア×8 ノード=288 コア)、Reedbush-H では 2 ノード計 4 GPU 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 10 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(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、GPU プログラミング (OpenACC による Reebush-H の利用、性能比較)

表 2 サンプルプログラム一覧

	サンプルプログラム内容
Samples-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-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-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-rb.tar (第 5 回)	行列-ベクトル積の逐次プログラム
PowM-rb.tar (第 6 回)	ベキ乗法の逐次プログラム
Mat-Mat-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-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-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-rb.tar (第 12 回)	非同期通信の並列プログラム
Mat-mat-acc.tar (第 12 回)	行列-行列積の逐次プログラム (OpenACC 並列化用)

3. 受講者についての統計データ

(1) 受講者数

2017年度のS Semesterの履修登録者は60名(学部:34名、大学院:26名)、A Semesterの履修登録者は21名(学部:10名、大学院:11名)であった。そのうち、単位取得者は、47名(学部:22名、大学院:25名)であった。今年度は、水曜日開講になったためか、特にS Semesterの登録者数が非常に増加した。

(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: 43名
 - 工学部社会基盤学科: 1
 - 工学部機械工学科: 1
 - 工学部機械情報工学科: 11
 - 工学部精密工学科: 1
 - 工学部電子情報工学科: 13
 - 工学部電気電子工学科: 1
 - 工学部物理工学科: 1
 - 工学部計数工学科: 3
 - 工学部マテリアル工学科: 1
 - 工学部化学システム工学科: 1
 - 工学部システム創成学科: 9
- 総合文化研究科: 1名
 - 総合文化研究科広域科学専攻: 1名
- 教養学部: 1名
 - 教養学部学際科学科: 1
- 理学系研究科: 2名
 - 理学系研究科化学専攻: 2
- 工学系研究科: 28名
 - 工学系研究科社会基盤学専攻: 2
 - 工学系研究科機械工学専攻: 2
 - 工学系研究科精密工学専攻: 1
 - 工学系研究科航空宇宙工学専攻: 4
 - 工学系研究科電気系工学専攻: 3
 - 工学系研究科システム創成学専攻: 12
 - 工学系研究科化学生命工学専攻: 1
 - 工学系研究科原子力国際専攻: 3
- 情報理工学系研究科: 3名
 - 情報理工学系研究科電子情報学専攻: 2
 - 情報理工学系研究科知能機械情報学専攻: 1
- 学際情報学府: 2名
 - 学際情報学府学際情報学専攻: 2

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>