

教育利用報告：工学院大学 3 年次講義「並列計算システム」

藤井 昭宏

工学院大学情報学部

教育利用制度により、FX10 スーパーコンピュータシステム (Oakleaf-FX) を工学院大学の情報学部 3 年生の講義で利用させていただいた。今年度で本制度を利用させていただいて、3 年目となった。2016 年度の講義と FX10 を利用した効果について報告する。

基礎から理解を深められるように、講義の構成については例年通り 4 段階に分け、1 並列計算一般の基礎知識、2 共有メモリとスレッド並列、3 分散メモリとプロセス並列、4 FX10 での演習とした。また、4 の演習に 5 コマを割り当て、昨年度より長い時間、演習ができるようにした。1 から 3 については次ページの表 1 に記述し、まず 4 の演習内容について記述する。演習のはじめの二コマはジョブの投入や実行結果の確認の手続きを学習してもらうため、台形則により積分値を計算し円周率を求める簡単なプログラムを題材とした。後半の三コマは CRS 形式の疎行列ベクトル積を題材とした。これは数値計算でもよく出てくる計算であることと、データ構造の重要性を知る上で良い題材となると考えたためである。この疎行列ベクトル積をブロック行分割してマルチプロセスで処理するためには、通信テーブルを使ってプロセス間通信を行う必要があり、計算と通信の関係を学ぶことができる。さらに、プロセスごとに未知数番号が 0 から始まるため全体の行列の中で各プロセスがどのブロック行を担当しているのか、把握する必要があることも理解でき、総合的に学べることが多い演習課題であった。

この演習のための準備としては、100 万行程度の疎行列を複数のプロセスに分散させたデータファイルとそれを CRS (Compressed Row Storage) 形式に読みこむコードを準備し、学生には逐次の疎行列ベクトル積のコードを渡し、分散疎行列の疎行列ベクトル積を計算するプログラムを考えさせた。その上で、FX10 上での OpenMP 化、MPI 化、ハイブリッド並列化とその計測と性能を考察させる課題とした。

講義の日程と簡単な内容のリストは表 1 のようになっている。本講義は並列計算の導入として位置づけており、はじめに基礎知識を講義し、最後の 5 回の講義時間 (表 1 の 4-1~4-5) のみ FX10 を利用してプログラム演習を行った。上に述べたようなレポート課題もだしており、授業時間外にも各自に FX10 上で自習させ、本学の前期末である、8 月の第一週までアカウントを利用して頂いた。今年度の履修人数は 93 人であり、実際に単位を取得したのは 63 人だった。レポートの内容からは、ハイブリッド並列までできて正しく分析できているのは数名であり、課題内容や考察のポイントの伝え方にもう少し改善の余地があるかもしれない。

工学院大学では、卒業研究を含め、研究用に FX10 を利用できるようにトークンを購入している。学部 3 年生のうちから本制度の支援を受け、この環境の認証に関する手続きやジョブ投入の方法、さらに並列プログラムの基礎知識と合わせて簡単な並列プログラムの実装まで経験させておけたことはこれまでと同様に非常に有意義なものになったと考えている。今後 学生達が様々な研究室に配属され、それぞれの研究テーマで自主的に FX10 などのスパコンを利用し研究を進めてくれることを期待している。

表 1 : 講義日程, 内容

日付	時間	内容
4月19日	1535-1720	1-1 並列処理の必要性、評価指標 アムダールの法則, 速度向上率, ルーフラインモデル
4月26日	1535-1720	1-2 並列性の分類 {命令, スレッド, プロセス}レベル並列性
5月10日	1535-1720	1-3 計算環境 キャッシュ, 共有メモリ, 分散メモリ, 相互結合網
5月17日	1535-1720	2-1 共有メモリ型の並列処理 UMA, NUMA, NUMA 最適化
5月24日	1535-1720	2-2 マルチスレッドと排他制御 mutex_lock, semaphore, デッドロック
6月7日	1535-1720	2-3 OpenMP の書き方と例題
6月14日	1535-1720	3-1 分散メモリ型の並列処理 $\alpha\beta$ モデル, 計算と通信のコスト, MPI
6月21日	1535-1720	4-1 並列プログラムの実践 0 計算環境の説明, 数値積分による円周率の計算
7月5日	1535-1720	4-2 並列プログラムの実践 1 数値積分による円周率の計算の MPI 化
7月12日	1535-1720	4-3 並列プログラムの実践 2 疎行列ベクトル積のプログラムの OpenMP 化
7月18日	1340-1525	4-4 並列プログラムの実践 3 疎行列ベクトル積のプログラムの MPI 化
7月18日	1535-1720	4-5 並列プログラムの実践 4 疎行列ベクトル積のハイブリッド化と性能計測
7月19日	1535-1720	期末試験

参 考 文 献

工学院大学情報学部コンピュータ科学科 3 年次科目シラバス : 並列計算システム :
<http://syllabus.sc.kogakuin.ac.jp/syllabus/daigaku/2016/1J13/2L07.html>