

# 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。昨年度も本制度を利用させていただいたため、2年目となるが、2015年度の講義について報告する。

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昨年度と同様に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。4の演習では、昨年度は台形則により積分値を求める簡単なプログラムを題材としていたが、プログラムの構造が単純過ぎること、総実行時間がそもそも短いこと、など改善すべき点があった。そこで今年度は演習の題材として、Pacheco氏の書籍を参考に多体問題のプログラムを学生に提示し、FX10上でのOpenMP化、MPI化、ハイブリッド並列化とその計測結果を考察させる課題とした。このプログラムは複数の星の質量、位置と初速を与え、時間ステップで位置をプロットしていくもので、入力パラメタによっては実行時間が1時間以上かかる場合もあることや、星の位置を描画することで出力結果も簡単に可視化できる。また、マルチプロセスでの並列化にあつては、どのデータを分散させて持たせるかについて、考える要素が適度にある構造をもっているため、演習課題の題材としては良かったと考えている。なるべくプログラムの理解に支障がでないように、題材となるプログラムをスレッド並列や、プロセス並列の講義の中でも取りあげ、逐次プログラムの理解に支障が出ないように配慮した。

講義の簡単な内容のリストを表1に示す。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3回の講義時間(表1の4-1~4-3)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あり、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させて頂いた。今年度の履修人数は80人であり、実際に単位を取得したのは43人だった。昨年に比べ、単位取得者の割合が減っているのは、レポート課題のプログラムが難しくなったことが原因の一つになっていると思われる、課題のプログラムの提示の方法や、説明のための時間の確保については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 (火曜日)	時間 (4 限)	内容
4 月 7 日	1440-1610	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 14 日	1440-1610	1-2 並列性の分類 {命令, スレッド, プロセス} レベル並列性
4 月 21 日	1440-1610	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
4 月 28 日	1440-1610	2-2 共有メモリ型の並列処理 UMA, NUMA, NUMA 最適化
5 月 12 日	1440-1610	2-5 マルチスレッドと排他制御 mutex_lock, semaphore, デッドロック
5 月 19 日	1440-1610	2-6 OpenMP の書き方と例題
5 月 26 日	1440-1610	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
6 月 2 日	1440-1610	3-2 MPI の書き方と利用法
6 月 9 日	1440-1610	3-3 MPI に関する例題
6 月 16 日	1440-1610	4-0 並列プログラムの実践 0 多体問題のプログラムと計算環境の説明
6 月 30 日	1440-1610	4-1 並列プログラムの実践 1 認証に関連する設定, ジョブスクリプトと投入
7 月 7 日	1440-1610	4-2 並列プログラムの実践 2 マルチスレッドプログラム演習
7 月 14 日	1440-1610	4-3 並列プログラムの実践 3 MPI プログラム演習
7 月 28 日	1500-1630	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/2015/1J13/2D08.html>

“An Introduction to PARALLEL PROGRAMING”, Peter S.Pacheco, ISBN-10: 0071232656