

# 教育利用報告：工学院大学 3 年次講義「並列・分散システム」

藤井 昭宏

工学院大学情報学部

教育利用制度により、Oakbridge-CX システム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、10 年目となった。2023 年度の講義と Oakbridge-CX システムを利用した効果について報告する。

今年度は本学の他学部からも受講したいという希望も複数あり、機械学習などのアプリケーションを中心として並列計算の重要性が学生にも認識されつつあるようであった。講義内容としては、昨年度同様に並列システムやプロセス、スレッドについてと OpenMP や MPI のプログラムの作成を中心とした。昨年度に引き続き、MPI や OpenMP を使ったプログラムのデバッグは Google Colaboratory 上にて C 言語で行わせた。この環境では実行結果がブラウザ上で確認でき、こちらが作成したコードも参照可能となるため、スムーズに学習させることができた。スパコンの利用は、デバッグが終わったあとに、ジョブを投入して計測をするようにさせた。

授業内容は 例年通り 1. CPU と並列性、2. 並列システム、3. 分散メモリと共有メモリでのプログラム、4. Oakbridge-CX での演習とした。1, 2 が主に並列システムの知識に関するもので、3, 4 が並列システム上でのプログラムに関する講義と演習としている。最終課題は昨年度と同様に、オイラー法による重力についての多体問題の逐次コードを渡し、その OpenMP, MPI を用いた並列化とした。

成績については、期末のプログラミングを伴うレポート課題と、対面で設定した期末試験により評価した。今年度の履修人数は 62 人であり、実際に単位を取得したのは 54 人だった。ま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 4 回の講義時間(表 1 の 4-1~4-4)のみ Oakbridge-CX 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、授業時間外にも自習させ、今年度の前期末である、7 月末まで授業用アカウントを利用して頂いた。

工学院大学では、卒業研究を含め、研究用に Oakbridge-CX を含む東京大学のスーパーコンピュータを利用できるようにトークンを購入している。今年度も過去のこの授業を受け、スパコンを使い卒論を進めている学生や学会発表を行う学生もいる。学部 3 年生のうちから本制度の支援を受け、スパコンの利用に関して認証手続きからジョブ投入の方法、さらに並列システ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、この後で学生が卒業研究を進める上でも有用なものになったと考えている。

表1：講義日程，内容

| 日付     | 時間          | 内容   |
|--------|-------------|--|
| 4月14日  | 15:50-17:20 | 1-1 CPUの仕組み，OSの機能<br>プロセス，キャッシュ，仮想メモリ空間  |
| 4月21日  | 15:50-17:20 | 1-2 並列性の分類<br>{命令，スレッド，プロセス} レベル並列性<br>2-1 並列システム<br>共有メモリや分散メモリでの相互結合網                                  |
| 4月28日  | 15:50-17:20 | キャッシュの一貫性，計算と通信のコスト，<br>$\alpha$ $\beta$ モデル<br>2-2 共有・分散メモリ型の並列処理<br>SPMD，共有・分散メモリ，性能計測，<br>アムダールの法則    |
| 5月12日  | 15:50-17:20 | 3-1 分散メモリ型の並列処理<br>MPI 基礎  |
| 5月19日  | 15:50-17:20 | 集団通信関数<br>プログラム例：数値積分，内積コード  |
| 5月26日  | 15:50-17:20 | 3-2 Google Colaboratory を利用した MPI のプログラム<br>演習   |
| 6月2日   | 15:50-17:20 | 3-3 マルチスレッドと排他制御<br>mutex_lock, デッドロックとその検知  |
| 6月16日  | 15:50-17:20 | 3-4 OpenMP の書き方と例題<br>False sharing 実行例等   |
| 6月23日  | 15:50-17:20 | 4-1 並列プログラムの実践 1<br>計算環境，認証，実行手順，<br>数値積分による円周率の計算の OMP 化  |
| 6月30日  | 15:50-17:20 | 4-2 並列プログラムの実践 2<br>数値積分による円周率の計算の MPI 化   |
| 7月7日   | 15:50-17:20 | 4-3 並列プログラムの実践 3<br>逐次の多体問題のプログラムの OMP 化にむけて<br>(依存関係のない for 文の説明)                                       |
| 7月14日  | 15:50-17:20 | 4-4 並列プログラムの実践 4<br>逐次の多体問題のプログラムの MPI 化にむけて<br>(データを全プロセスでコピーして持ち，自分の担当<br>データのみ更新し，allgather で共有するモデル) |
| 7月21日  | 15:50-17:20 | 総復習  |
| 7月28日  | 15:50-17:20 | 授業内 期末テスト  |
| オンデマンド |             | 試験問題の解説  |