

國家理論科學研究中心 2017 年春季課程：「高性能計算與深度學習」(NCTS 2017 Courses on High-Performance Computing and Deep Learning)

Introduction to Parallel Programming for Multicore/Manycore Clusters

中島 研吾

東京大学情報基盤センター

1. 背景

本稿は、2017年2月21日(火)～24日(金)に國立臺灣大學(National Taiwan University, NTU)¹で開催された「國家理論科學研究中心 2017 年春季課程：「高性能計算與深度學習」(NCTS 2017 Courses on High-Performance Computing and Deep Learning)」²(共催：國家理論科學研究中心(National Center for Theoretical Sciences)³、東京大学情報基盤センター他)について紹介したものである。

國立臺灣大學(台湾 台北市)は1945年11月に設置された台湾を代表する高等研究・教育機関であり、1928年に設立された臺北帝國大學にその源を発している。

東京大学情報基盤センターと臺大理論科學研究中心(Taida Center for Advanced Study in Theoretical Sciences (CASTS))⁴は2014年2月にハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)及び計算科学・工学分野における基礎的、学術的な共同研究の促進を目的とした研究交流協定覚書(Memorandum of Understanding, MOU)を取り交わしている⁵。更に2017年1月には更に3年間期限を延長して協定の継続に合意している。

2015・2016年に実施したSC4SC 2015・2016はそのMOUに基づき、臺大理論科學研究中心の王偉仲教授⁶(Professor Weichung Wang, CASTSの下部組織である臺大數學科學中心(Taida Institute for Mathematical Sciences, TIMS))⁷に所属)の以下の2点に関する強い要望によって実現したものである⁸：

- 台湾の大学には並列プログラミングを系統的に教える講義体系が存在しないため、是非、MPI, OpenMP等の並列プログラミング教育を受けさせたい
- 台湾の研究者、学生は最先端の大規模並列計算機に触れる機会がないため、東大情報基盤センターのスーパーコンピュータで実習をさせてやりたい

我が国のスパコンの外国人及び海外在住者による利用には外国為替及び外国貿易法による制限があり、例えば本学に学籍を有する留学生も入国後6ヶ月を経過していない「非居住者」の場合には法令上の規制対象となっている⁹。関係法令を踏まえ、東大情報基盤センターでは東大

¹ <http://www.ntu.edu.tw/>

² <https://sites.google.com/site/school4scicomp/>

³ <http://www.cts.nthu.edu.tw/main.php>

⁴ <http://www.castst.ntu.edu.tw/>

⁵ http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/press/news/VOL16/No2/11_MOU201403.pdf

⁶ <http://www.math.ntu.edu.tw/~wwang/>

⁷ <http://www.tims.ntu.edu.tw/>

⁸ http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/press/news/VOL17/No2/09_201503lec-1.pdf

⁹ <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/application/qualification/non-resident.html>

本部安全保障輸出管理支援室¹⁰との緊密な連携の下に、必要な確認を行った上で、非居住者のスーパーコンピュータシステム（Oakleaf-FX, Oakbridge-FX, Reedbush, Oakforest-PACS グループコース）の利用を認めている。

利用資格の判定基準は、ケース・バイ・ケースであるが、基本的には以下の3条件を満たすことが最低条件である：

- 利用資格を有する居住者と共同研究協約等を結んでいる（今回の場合は、2014年2月に締結し、2017年1月に更新したMOUがこれに相当する）
- 平和目的の利用である
- 東大情報基盤センタースパコンシステムの利用規程を遵守し、本来の利用目的以外には使用しない旨記載した誓約書に署名し、グループ利用代表者も確認の署名をする

場合によってマニュアルのアクセス制限を設けることがある。スパコンのオンラインマニュアルへのアクセスは利用者ごとに制限を加えることができるようになっており、例えば留学生がスパコンを使用する講義を受講する場合には個別に事前に資格審査・確認が行われ、非居住者の場合にはマニュアルにアクセスできない場合もある。

東大情報基盤センターでは2014年度から上記のような条件の下での非居住者の利用を認めているが、今回のように海外で講習会を実施するのは2015・2016年に実施したSC4SC 2015・2016に続いて3回目の試みである。これまで2回は台湾の旧正月休み中に実施していたため「講習会」という扱いであったが、今回は国立臺灣大学の正式な講義となり、國家理論科學研究中心2017年春季課程：「高性能計算與深度學習」として開講された。単位数の関係で、これとは別にDeep Learningに関する講義・実習も国立臺灣大学、國家理論科學研究中心の教員によって実施される予定である。

東京大学情報基盤センターは2015年8月に国立中央大學理學院 (College of Science, National Central University, Taiwan, NCU) (台湾)¹¹とも同様のMOUを締結しており¹²、今回は国立臺灣大学 (NTU) の講義を受講する学生、国立中央大學 (NCU) に所属する学生、研究者に限定して受講者を募り、受講者全員にOakleaf-FX (Fujitsu PRIMEHPC FX10) アカウントを付与し、プログラミング実習を行った。また、外国為替及び外国貿易法を考慮し、本学安全保障輸出管理支援室とも協議して、受講者にはOakleaf-FXのマニュアルの閲覧はできないように制限を適用した。通常、東大情報基盤センターのお試しアカウント付き講習会では、講習会終了後1週間継続してOakleaf-FXの使用が可能であるが、今回は講義科目となっている関係もあり、3月末まで継続して使用可能とした。

学期中の開催ということで、受講者が集まるのかやや懸念されたが、最終的には52名の申込があり（うちNTU：43名、NCU：9名）、52名のうち51名が学生（学部：21名、大学院（修士）：30名）であった。

¹⁰ <http://www.u-tokyo.ac.jp/ja/administration/export-control/>

¹¹ <http://science.ncu.edu.tw/>

¹² <http://www.itc.u-tokyo.ac.jp/blog/2015/08/19/post-934/>

2. 実施内容

実施した講義内容と資料は東大側で準備した HP^{13,14}で見ることができる。講義は前年に引き続き片桐孝洋教授(現:名古屋大学情報基盤センター)とともに実施し、ほぼ SC4SC2016と同じ内容である。片桐教授の都合でやや変則的な講義構成となったが、前半は当センターで実施している「MPI 基礎:並列プログラミング初級入門」¹⁵の内容に基づいている。後半は有限体積法によるポアソン方程式ソルバーの並列化に関する教材であり、MPI, OpenMP, OpenMP/MPI ハイブリッド並列に加えて、密行列・疎行列計算アルゴリズム, 前処理付き共役勾配法, 並列分散データ構造等も含めて学習することができる。4 日間のスケジュールの概要を以下に示す:

1 日目 (2 月 21 日 (火))

- スーパーコンピューティングへの招待 (中島)
- 有限体積法による三次元ポアソン方程式ソルバー (中島)
 - クリロフ部分空間法, 共役勾配法 (Conjugate Gradient, CG) のアルゴリズム
 - CRS (Compressed Row Storage) による疎行列格納法
- OpenMP 並列プログラミング (片桐)

2 日目 (2 月 22 日 (水))

- FX10 システム (Oakleaf-FX) へのログイン (片桐)
- MPI 並列プログラミング (片桐)
 - 並列プログラミングの基礎
 - 基本的な MPI 関数

3 日目 (2 月 23 日 (木))

- MPI/OpenMP ハイブリッド並列プログラミング (片桐)
 - ノン・ブロッキング MPI 関数と通信隠蔽手法
 - 並列化演習
 - ◇ 行列-ベクトル積
 - ◇ 固有値問題におけるべき乗法
 - ◇ 行列-行列積
 - ◇ 完全分散版の行列-行列積
- 有限体積法アプリケーションの MPI による並列化 (中島)
 - 並列分散データ構造
 - 共役勾配法の並列化

4 日目 (2 月 24 日 (金))

- 有限体積法アプリケーションの OpenMP による並列化 (中島)
- 有限体積法アプリケーションへの OpenMP/MPI ハイブリッド並列プログラミングモデルの適用 (中島)

¹³ <http://www.abc-lib.org/MyHTML/Lectures/NU/class-matrNTU2017.htm>

¹⁴ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/NTU2017/>

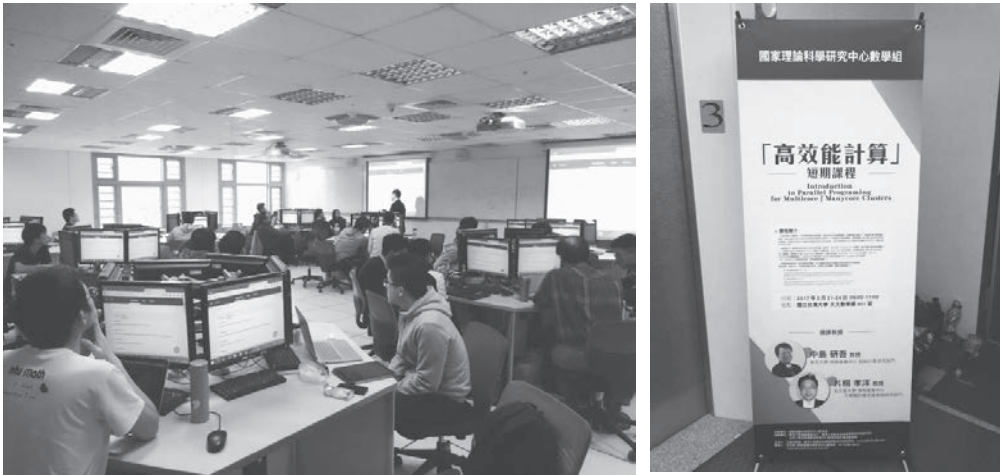
¹⁵ <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/kosyu/53/>

3. 感想等

今回は当初は2016年7月から稼働を開始した最新のReedbushを使用する予定であったが、GPU(Nvidia Tesla P100)装着のためこの週は運用停止となった。また最終日(24日)はOakleaf-FXは定期メンテナンスに当たっており、実習を行わず、座学による講義のみとなった。

また今回は、Sli.do¹⁶というシステムを導入し、講義を聴きながら受講者が質問を入力できるようになった。20分ほど進めればSli.doのサイトをチェックし、その間に出た質問に答える、という方式で進めた。王教授は「質問は中国語で書いても良い」と指示してあったそうだが、全員が英語であった。お互い母国でない言語でのコミュニケーションなので、これは非常に便利だった。自分の講義でも使ってみようと思う。

毎回のことではあるが、SC4SC 2017は筆者にとっても貴重な体験であり、教材、教え方等について色々とアイデアを考えつくとともに、教育の重要性について改めて考える機会も与えてくれた。このような貴重な機会を与えてくれた王偉仲教授とスタッフに対してこの場を借りて深甚なる謝意を表したい。



写真：講義風景 (左)，集中講義のポスター (右)

¹⁶ <https://www.sli.do/>