

スーパーコンピューティング ニュース

Vol.25 No.5, 2023.9



東京大学情報基盤センター
INFORMATION TECHNOLOGY CENTER, THE UNIVERSITY OF TOKYO

スーパーコンピュータシステム 利用負担金表

Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム 利用負担金表(2023 年 4 月 1 日)

区分	負担金額(税込)		ディスク容量	備考
	大学・公共機関等	企業		
一般申込 (基本セット) Wisteria-O/A	申込 1 セット当り 90,000 円 (8,640 トークン)		申込 1 セット当り /work 2TB 利用者当り /home 50GB	利用期間 12 ヶ月の金額・トークン量 (利用期間は1ヶ月単位で設定可)
公募制度による申込 Wisteria-O	申込 1 セット当り 90,000 円 (8,640 トークン)	申込 1 セット当り 108,000 円 (8,640 トークン)	申込 1 セット当り /work 2TB 利用者当り /home 50GB	
公募制度による申込 Wisteria-A	申込 1 セット当り 270,000 円 (25,920 トークン)	申込 1 セット当り 324,000 円 (25,920 トークン)	申込 1 セット当り /work 6TB 利用者当り /home 50GB	
GPU 専有申込 (公募制度の申込可) Wisteria-A	申込 1GPU セット当り 364,500 円 (25,920 トークン)	申込 1GPU セット当り 437,400 円 (25,920 トークン)	申込 1GPU セット当り /work 6TB 利用者当り /home 50GB	利用期間 12 か月の金額・トークン量 (利用期間は 1 ヶ月単位で設定可) 1, 2, 4GPU のみ申込可, 申込単位は下表参照
ノード固定 (公募制度の申込可) Wisteria-A	2,916,000 円 (207,360 トークン)	3,499,200 円 (207,360 トークン)	/work 48TB 利用者当り /home 50GB	利用期間 12 か月の金額・トークン量 (利用期間は 1 ヶ月単位で設定可) 1 セットのみ申込可
一般申込 (最小セット) Wisteria-O/A	7,500 円 (720 トークン)		/work 2 TB 利用者当り /home 50 GB	利用期間は当該年度末まで
トークン量追加	7,500 円 (720 トークン)	9,000 円 (720 トークン)		
ディスク容量追加	6,480 円／(1TB*年)			1TB 単位で申込可 (/work のみ)

※Wisteria/BDEC-01 においてはパーソナルコースとグループコースの区分を廃止し、これまでのパーソナルコースは一般申込に統合した。

※Wisteria-O のトークン消費係数は 1.00 (1 ノード当り) , Wisteria-A のトークン消費係数は 3.00 (1GPU 当り)である。

Wisteria-O にトークン消費係数 1.50 のノード群(優先利用向け)を全体の 15%程度設ける。

※Wisteria-O の 1 ジョブで利用可能な最大ノード数は 2,304 ノード, Wisteria-A の 1 ジョブで利用可能な最大 GPU 数は 64GPU

※括弧()内は付与するトークン量。実行したジョブのノード時間積または GPU 時間積と消費係数に応じてトークンが消費される。

付与したトークンは、利用期間内に全量が使用できることを保証するものではない。

トークンは利用期間内に限り有効とし、利用終了後に残量がある場合でも繰越や利用負担金の返還は行わない。

トークンの他のシステムへの移行については、「トークン移行におけるトークン量の換算表」を参照。

※公募制度による申し込み、ノード固定の申し込みには審査を要する。

※/home のディスク容量は複数のグループに所属している場合でも利用者当り 50GB 固定。

※GPU 専有申込の申込単位

GPU 数	トークン量	大学・公共機関等	企業
1	25,920	364,500 円	437,400 円
2	51,840	729,000 円	874,800 円
4	103,680	1,458,000 円	1,749,600 円

Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム 利用負担金表(2023 年 4 月 1 日)

区分	負担金額(税込)		ディスク容量	備考
	大学・公共機関等	企業		
一般申込	申込 1 セット当り 75,000 円 (4,320 トークン)	申込 1 セット当り 90,000 円 (4,320 トークン)	グループ 1 セット当り /work 4TB 利用者当り /home 50GB	利用期間 6 ヶ月の金額・トークン量 (利用期間は 1 ヶ月単位で設定可)
ノード固定	申込 1 セット当り 112,500 円 (4,320 トークン)	申込 1 セット当り 135,000 円 (4,320 トークン)		
一般申込 (最小セット)	12,500 円 (720 トークン)		/work 4 TB 利用者当り /home 50 GB	利用期間は 2023 年 9 月末まで
トークン量追加	12,500 円 (720 トークン)	15,000 円 (720 トークン)		
ディスク容量追加	3,240 円/(1TB*6 ヶ月)			1TB 単位で申込可 (/work のみ)

※Oakbridge-CX は 2023 年 9 月 29 日 17:00 をもってすべてのサービスを終了。

※Oakbridge-CX においてもパーソナルコースとグループコースの区分を廃止し、これまでのパーソナルコースは一般申込に統合した。

※トークン消費係数は 1.00、ただしトークン消費係数 1.50 のノード群(優先利用向け)を全体の 15%程度設ける。

※1 ジョブで利用可能な最大ノード数は 256 ノード。

※括弧()内は付与するトークン量。実行したジョブのノード時間積と消費係数に応じてトークンが消費される。

付与したトークンは、利用期間内に全量が使用できることを保証するものではない。

トークンは利用期間内に限り有効とし、利用終了後に残量がある場合でも繰越や利用負担金の返還は行わない。

トークンの他のシステムへの移行については、「トークン移行におけるトークン量の換算表」を参照。

※ノード固定の申し込みには審査を要する。

※/home のディスク容量は複数のグループに所属している場合でも利用者当り 50GB 固定。

トークン移行におけるトークン量の換算表

移行元 \ 移行先	Oakbridge-CX システム	Wisteria/BDEC-01 システム
Oakbridge-CX システム	—	1.6
Wisteria/BDEC-01 システム	0.6	—

移行先に追加されるトークン量 = 移行トークン量 × 係数

注意事項(Wisteria/BDEC-01, Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム 共通)

- ・「大学・公共機関等」は大学、高等専門学校及び大学共同利用機関、文部科学省所管の独立行政法人、学術研究及び学術振興を目的とする国又は地方公共団体が所管する機関、並びに文部科学省科学研究費補助金の交付を受けて学術研究を行う者に適用する。
- ・「企業」の申し込みには、企業利用申込書添付書類の提出および審査を要する。
- ・利用期間は、利用開始月から終了月の末日またはサービス休止前までとする。利用期間内に計算機利用を中止した場合であっても利用負担金額の変更は行わない。年度の途中で利用開始または終了する場合の負担金額は月数別利用負担金表(Web ページ)を参照すること。
- ・前掲の利用負担金表は基本セットの内容であり、最小セットについては Web ページを参照すること。
- ・利用負担金は、原則として利用開始月に応じ、以下の月に一括して請求する。
 - － 利用開始月が 4 月から 9 月までは 12 月、10 月から 12 月までは 3 月、1 月から 3 月までは 3 月末。
 - － 前年度内に事前申込をした分については、利用開始月に関わらず、11 月の請求となる。
- ・利用負担金額が減額となる変更はできない。
- ・ディスク量は、グループ全体の上限值である。

スーパーコンピュータシステム ジョブクラス制限値

Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム (Wisteria-O) ジョブクラス制限値(2022 年 8 月 2 日)

キュー名※1	ノード数※2 (最大コア数)	制限時間 (経過時間)	メモリー容量 (GiB)※3	一般申込	公募制度 による申込
debug-o	1 ~ 144 (6,912)	30 分	28	○	○
short-o	1 ~ 72 (3,456)	8 時間	28	○	○
(regular-o)					
small-o	1 ~ 144 (6,912)	48 時間	28	○	○
medium-o	145 ~ 576 (27,648)	"	"	○	○
large-o	577 ~ 1,152 (55,296)	"	"	○	○
x-large-o	1,153 ~ 2,304 (110,592)	24 時間	"	○	○
priority-o	1 ~ 288 (13,824)	48 時間	28	○	○
challenge-o	1 ~ 7,680 (368,640)	24 時間	28	★	★
(interactive-o) ※4					
interactive-o_n1	1 (48)	2 時間	28	○	○
interactive-o_n12	2 ~ 12 (576)	10 分	"	○	○
prepost	1 (56)	6 時間	340	○	○
prepost1_n1 ~ prepost4_n1	1 (56)	1~6 時間	340	○	○
prepost1_n4	1 ~ 4 (224)	1~6 時間	340	○	○
prepost1_n8	1 ~ 8 (448)	1~6 時間	340	○	○

★ 審査による課題選定の上、月1回の一定期間のみ利用可能(原則として月末処理日前日の朝～翌日朝)

※1 キューの指定("#PJM -L "rscgrp=キュー名" ") は, regular-o, debug-o, short-o を小文字で指定する
regular-o キューはノード数の指定("#PJM -L "node=ノード数" ") でノード数別のキューに投入される

※2 トークンの消費係数は1ノード当り1.00。ただし priority-o は優先利用ノード群のためトークン消費係数は1.50

※3 1ノード当りの利用者が利用可能なメモリー容量

※4 インタラクティブジョブの起動は次のとおり (トークン消費なし)

pjsub --interact -g グループ名 -L "rscgrp=interactive-o,node=ノード数"

Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム (Wisteria-A) ジョブクラス制限値(2021 年 5 月 14 日)

キュー名※1	ノード数・GPU 数※2 (最大 GPU 数)	制限時間 (経過時間)	メモリー 容量 (GiB) ※3	一般申込	公募制度 による申込	GPU 専有申込	ノード固定
debug-a	1 ノード (8)	30 分	448	○	○	○	○
short-a	1 ~ 2 ノード (16)	2 時間	448	○	○	○	○
(regular-a)							
small-a	1 ~ 2 ノード (16)	48 時間	448	○	○	○	○
medium-a	3 ~ 4 ノード (32)	"	"	○	○	○	○
large-a	5 ~ 8 ノード (64)	24 時間	"	○	○	○	○
share-debug	1, 2, 4 GPU	30 分	56	○	○	○	○
share-short	1, 2, 4 GPU	2 時間	56	○	○	○	○
(share)							
share-1	1 GPU	48 時間	56	○	○	○	○
share-2	2 GPU	"	"	○	○	○	○
share-4	4 GPU	24 時間	"	○	○	○	○
challenge-a	1 ~ 39 ノード (312)	24 時間	448	★	★	★	★
任意	1 ノード (8)	任意 ※4	448	×	×	○	○
interactive-a ※5	1 ノード (8)	10 分	56	○	○	○	○
share-interactive	1 GPU	"	"	○	○	○	○

★ 審査による課題選定の上、月1回の一定期間のみ利用可能(原則として月末処理日前日の朝～翌日朝)

※1 キューの指定("#PJM -L "rscgrp=キュー名" ") は, regular-a, debug-a, short-a を小文字で指定する
regular-a キューはノード数の指定("#PJM -L "node=ノード数" ") でノード数別のキューに投入される

※2 トークンの消費係数は1GPU 当り3.00

※3 1ノード当りの利用者が利用可能なメモリー容量

※4 申込ノード数の合計以内ならば、キュー名・制限時間(原則 48 時間以内)は相談の上、任意に設定可能

※5 インタラクティブジョブの起動は次のとおり (トークン消費なし)

pjsub --interact -g グループ名 -L "rscgrp=interactive-a,node=ノード数"

キュー名※1	ノード数※2 (最大コア数)	制限時間 (経過時間)	メモリー 容量 (GB) ※3	一般 申込	ノード 固定
debug	1 ~ 16 (896)	30 分	168	○	○
short	1 ~ 8 (448)	8 時間	168	○	○
shm ※4	1 ~ 8 (448)	24 時間	168	○	○
(regular)					
small	1 ~ 16 (896)	48 時間	168	○	○
medium	17 ~ 64 (3584)	"	"	○	○
large	65 ~ 128 (7168)	"	"	○	○
x-large	129 ~ 256 (14336)	24 時間	"	○	○
challenge	1 ~ 1368 (76608)	24 時間	168	★	★
任意	申込数	任意 ※5	168	×	○
(interactive) ※6					
interactive_n1	1 (56)	2 時間	168	○	○
interactive_n8	2 ~ 8 (448)	10 分	"	○	○

★ 審査による課題選定の上、月1回の一定期間のみ利用可能(原則として月末処理日前日の朝～翌日朝)

※1 キューの指定(“#PJM -L “rscgrp=キュー名””)は、regular, debug, short を小文字で指定する
regular キューはノード数の指定(“#PJM -L “node=ノード数””)でノード数別のキューに投入される

※2 トークンの消費係数は 1.00

※3 1ノード当りの利用者が利用可能なメモリー容量

※4 shared memory (/dev/shm)の利用上限値は、通常は各計算ノードに搭載される物理メモリ(192 GiB)の 50%、
shm キューを構成する計算ノードのみ 90%

※5 申込ノード数の合計以内ならば、キュー名・制限時間(原則 48 時間以内)は相談の上、任意に設定可能

※6 インタラクティブジョブの起動は次のとおり(トークン消費なし)

pjsub --interact -g グループ名 -L “rscgrp=interactive,node=ノード数”

大規模共通ストレージシステム 利用負担金表

大規模共通ストレージシステム(第1世代、Ipomoea-01) 利用負担金表(2022 年 6 月 1 日)

区分	負担金額(税込)
一般申込	【大学・公共機関等 7,200 円、企業 8,640 円】(1TB の場合、年額) (ディスク容量ごとの負担金額は下表参照、利用期間は 1 ヶ月単位で設定可) 利用者番号登録数 制限なし
	並列ファイルシステム ディスク容量
	1 TB
	[10 TB まで 1 TB 追加当たり]
	10 TB
	[100 TB まで 1 TB 追加当たり]
	100 TB
	[1,000 TB まで 1 TB 追加当たり]
	1,000 TB
	[以降 1 TB 追加当たり]
ディスク容量追加	大学・公共機関等
	企業
	7,200 円/年
	8,640 円/年
	[4,200 円/年]
	[5,040 円/年]
	45,000 円/年
	54,000 円/年
	[3,000 円/年]
	[3,600 円/年]
	315,000 円/年
	378,000 円/年
	[2,400 円/年]
	[2,880 円/年]
	2,475,000 円/年
	2,970,000 円/年
	[2,100 円/年]
	[2,520 円/年]
	※ 東京大学情報基盤センターのスーパーコンピュータシステムのいずれかに利用者番号(教育利用、講習会を除く)を有する場合、利用者ごとにディスク容量 5 TB を無償で付与し、グループごとに登録されているシステム(トークン移行先のシステムを除く)で付与されているディスク容量の 15%を無償で付与する。いずれも申込不要。
	申込時点のディスク容量に応じて、1 TB 追加当たりの負担金額は下表参照 (無償で付与されたディスク容量は「申込時点のディスク容量」に含めない)
	申込時点のディスク容量
	1 TB 未満
	1 TB 以上 10 TB 未満
	10 TB 以上 100 TB 未満
	100 TB 以上 1,000 TB 未満
	1,000 TB 以上
	大学・公共機関等
	企業
	7,200 円/年
	8,640 円/年
	4,200 円/年
	5,040 円/年
	3,000 円/年
	3,600 円/年
	2,400 円/年
	2,880 円/年
	2,100 円/年
	2,520 円/年

※利用期間については利用開始月から当該年度のサービス終了月までとし、年度を超えないものとする。利用期間の指定がある場合は利用終了月までとする。

※ディスク容量は利用期間内に限り有効とし、利用終了後に残存しているデータは削除するものとする。

※ディスク容量追加の負担金額は追加単位額に追加する資源量および利用期間を乗じたものとする。

※ファイル、ディレクトリの総数制限についてはディスク容量に比例した値を別途定めるものとする。

センターから

サービス休止等のお知らせ

2023 年 9 月下旬からの計算機及びストレージシステムのサービス予定は以下のとおりです。

Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム

○ Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム サービス休止のお知らせ

日 付	利用者サービス	センター内作業
9 月 22 日 (金)	9:00 ～ 22:00 までサービス休止	月末処理
10 月 27 日 (金)	9:00 ～ 22:00 までサービス休止	月末処理
11 月 22 日 (水)	9:00 ～ 22:00 までサービス休止	月末処理

- ・ Wisteria/BDEC-01 システムは、原則 24 時間サービスを行っています。
ただし、月末処理日（原則として毎月最終金曜日）はサービスを停止します。

○ Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム 大規模 HPC チャレンジのお知らせ (*)

大規模 HPC チャレンジ 実施期間
9 月 21 日 (木) 8:30 ～ 9 月 22 日 (金) 9:00 まで 10 月 26 日 (木) 8:30 ～ 10 月 27 日 (金) 9:00 まで 11 月 21 日 (火) 8:30 ～ 11 月 22 日 (水) 9:00 まで

- ・ 上記期間中、Wisteria/BDEC-01 の debug-o/a, short-o/a, regular-o/a, priority-o, interactive-o/a, prepost, share, share-debug, share-short, share-interactive, ノード固定及び講義用キューのサービスを休止します。
ログインノードは通常どおり利用できます。

Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム 【9月29日 17:00 サービス終了】

○ Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム サービス休止のお知らせ

日 付	利用者サービス	センター内作業
9 月 15 日 (金)～ 9 月 19 日 (火)	9/15(金)9:00 ～ 9/19(火)17:00 までサービス休止	月末処理、空調機メンテナンス、柏キャンパスにおける特別高圧受変電設備点検・二次変電設備点検
9 月 29 日 (金)	17:00 すべてのサービスを終了	サービス終了

- ・ Oakbridge-CX システムは、原則 24 時間サービスを行っています。
ただし、月末処理日（原則として毎月最終水曜日）はサービスを停止します。

○ Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム 大規模 HPC チャレンジのお知らせ (*)

大規模 HPC チャレンジ 実施期間
9 月 28 日 (木) 8:30 ～ 9 月 29 日 (金) 9:00 まで

- ・ 上記期間中、Oakbridge-CX の debug, short, shm, regular, interactive, prepost, ノード固定 及び 講義用キューのサービスを休止します。ログインノードは通常どおり利用できます。

大規模共通ストレージシステム (Ipomoea-01)

○ Ipomoea-01 サービス休止のお知らせ

日 付	利用者サービス	センター内作業
9 月 15 日 (金)～ 9 月 19 日 (火)	9/15(金)9:00 ～ 9/19(火)17:00 までサービス休止	月末処理、空調機メンテナンス、柏キャンパスにおける特別高圧受変電設備点検・二次変電設備点検

- Ipomoea-01 は、原則 24 時間サービスを行っています。
ただし、月末処理等実施のためサービスを停止する場合があります。
- Ipomoea-01 サービス休止期間中においては、他システムからの Ipomoea-01 ストレージへのアクセスも行うことはできません。

【注意事項】

- サービス休止等の計画は原稿作成時の予定です。やむを得ずサービスを変更したり、休止したりする場合がありますので、最新の情報は login 時のメッセージ及びスーパーコンピューティング部門の Web ページの運用スケジュール (<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/schedule.php>) をご確認ください。
- 平日の9:00～17:00以外、休日（土・日・祝日等）は、システム障害等でサービスが停止した場合、運転を継続できない場合があります。その場合は、その時間をもってサービスを中止しますのでご了承ください。
- * Wisteria/BDEC-01 及びOakbridge-CX における大規模 HPC チャレンジについて、新型コロナウイルス感染症の状況次第で実施時間・実施条件の変更や、中止となる可能性があります。詳細はWeb ページ(<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/hpc/>)をご覧ください。

システム変更等のお知らせ

(2023.7.1 - 2023.8.31 変更)

1. ハードウェア

1.1 Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム

2023 年 7 月 28 日から運用復帰 (2023 年 4 月 1 日から縮退運転)

※電気料金の状況により再度縮退する可能性があります。

debug-o: 384 ノード -> 768 ノード (384 ノード運用復帰)

priority-o: 384 ノード -> 1,152 ノード (768 ノード運用復帰)

regular-o: 4,608 ノード -> 5,376 ノード (768 ノード運用復帰)

1.2 Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム … 2023 年 9 月 29 日 サービス終了

1.3 Ipomoea-01 大規模共通ストレージシステム … なし

2. ソフトウェア

2.1 Red Hat Enterprise Linux 8 (Wisteria/BDEC-01)

➤ Odyssey

LAMMPS	23Jun2022	(2023.7.28)
--------	-----------	-------------

➤ Aquarius

MATLAB	R2023a	(2023.7.28)
--------	--------	-------------

➤ Guacamole サーバ

Apache Tomcat	v9.0.78	(2023.7.28)
---------------	---------	-------------

インストールを実施しました。利用方法については、利用支援ポータルのお知らせ、またはドキュメント閲覧より利用手引書をご覧ください。

2.2 Red Hat Enterprise Linux 7, CentOS 7 (Oakbridge-CX) … 2023 年 9 月 29 日 サービス終了

2.3 Red Hat Enterprise Linux 8 (Ipomoea-01) … なし

3. その他

3.1 2023 年度 Wisteria/BDEC-01 の運用について

昨今の電気料金高騰に伴い、2023 年度利用負担金について値上げを実施させていただくとともに、値上げ幅を緩和するため、消費エネルギーの多い Wisteria/BDEC-01 Odyssey の計算ノードについて 2023 年度当初から一部を稼働停止とさせていただいておりました。しかしながら、電気料金の最近の状況を勘案し、停止していた Odyssey の計算ノードを 2023 年 7 月 28 日に運用復帰いたしました。

今後、電気料金の状況に応じて再度縮退する可能性は引き続きありえます。利用者皆様にはご負担をおかけすることになりますが、何卒ご理解賜りますようお願い申し上げます。

運転復帰 (2023 年 8 月 1 日時点) ※電気料金の状況により再度縮退する可能性があります。

debug-o: 384 ノード -> 768 ノード (384 ノード運用復帰)

priority-o: 384 ノード -> 1,152 ノード (768 ノード運用復帰)

regular-o: 4,608 ノード -> 5,376 ノード (768 ノード運用復帰)

3.2 Oakbridge-CX サービス終了について

Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステムは 2023 年 9 月 29 日 17:00 をもってシステムを停止し、すべてのサービスを終了致します。

Oakbridge-CX サービス終了にあたっては以下の点にご注意ください。

- サービス終了後のスーパーコンピュータのご利用につきましては Wisteria/BDEC-01 をご検討ください。
- トークン移行をお申しいただく場合は、9 月 26 日 9:00 までにお申込ください。期限後の申込はお受けいたしかねます。また、サービス終了時点で残トークンがあったとしても他システムへの移行や返金等はできません。
- ファイルの移行先については、前述の Wisteria/BDEC-01 以外に 「大規模共通ストレージシステム (Ipomoea-01)」 もご利用頂けます。「Ipomoea-01」についての詳細は Web ページ(<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/ipomoea01/service/application.php>)をご参照ください。なお、ファイルの移行作業は利用者様ご自身で実施願います。

スーパーコンピュータシステム「大規模 HPC チャレンジ」課題募集のお知らせ

Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステムでは、「大規模 HPC チャレンジ」を実施しています。「大規模 HPC チャレンジ」は、スーパーコンピュータシステムがもつ最大規模のノード数を、最大 24 時間・1 研究グループで計算資源の専有利用ができる公募型プロジェクトです。採択条件等については、以下をご覧ください。皆様からの課題応募をお待ちしております。

1. 提供資源

以下のスーパーコンピュータシステムのノードを最大 24 時間専有利用することができます。
(今後の状況次第で変更となる可能性があります)

- Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステムのシミュレーションノード群 (Odyssey) 6,144 ノード (294,912 コア)、データ・学習ノード群 (Aquarius) 36 ノード (GPU 288 基)

2. 利用案内

- 1 ヶ月に 1 回、原則として月末処理前日の 9:00～翌 9:00 までの最大 24 時間、提供資源を専有利用することが可能です。
- 課題は公募制とし、現ユーザーに限定せず、広く課題を募集します。個人、及びグループによる応募が可能です。各月に 1 グループの採用 (*) を原則とします。
- **本制度により得られた成果については公開して頂きます。**成果公開には東京大学情報基盤センターのスーパーコンピュータシステムを利用し、「大規模 HPC チャレンジ」制度によって実施した旨を明記していただきます。また、「スーパーコンピューティングニュース」や広報誌等への成果報告記事の執筆などを行っていただきます。
- センターの主催、共催するセミナー、ワークショップ等でご発表いただく場合があります。
- 利用料金は無料です。

*Wisteria/BDEC-01 においては各月 Odyssey で 1 件、Aquarius で 1 件、最大 2 件まで受入可能、ただし 1 グループで Odyssey、Aquarius 両方利用することも可能

3. 実施日程

2023 年度の今後の「大規模 HPC チャレンジ」実施日程は表 1 のとおりです。

※ 新型コロナウイルス感染症の状況次第で、実施時間や実施条件の変更、中止となる可能性もあります。

表 1. 2023 年度 Wisteria/BDEC-01 大規模 HPC チャレンジ実施日程

実施日時		募集締切	審査	採択通知
第 3 回	2023 年 12 月 21 日(木) 9:00 ~ 12 月 22 日(金) 9:00	2023 年 10 月 30 日 (月) 17:00 【締切】	11 月上旬	11 月中旬
	2024 年 1 月 25 日(木) 9:00 ~ 1 月 26 日(金) 9:00			
	2024 年 2 月 21 日(水) 9:00 ~ 2 月 22 日(木) 9:00			
	2024 年 3 月 28 日(木) 9:00 ~ 3 月 29 日(金) 9:00			

- メンテナンス等の都合により募集スケジュールが変更となることがあります。最新情報は Web Page¹をご覧ください。
- 年複数回を申し込むことも可能ですが、申込状況によりご希望に添えない場合もありますのであらかじめご了承ください。また、一回の申し込みで利用可能なのは一回のみです。
- 表に掲載されている以外の日程でも募集を行うことがあります。最新情報は Web Page¹をご覧ください。

4. 研究対象

「大規模 HPC チャレンジ」では、提供する最大ノードを使用する大規模計算を実施する研究に限定します。申込者及び研究グループのメンバーは、国内外の並列計算機を利用した大規模計算の実績があることを前提とし、以下のような「High-Performance Computing」に関連した幅広い分野の研究を対象としています。

- 大規模シミュレーション
- 大規模データ処理
- 大規模ベンチマーク、演算・通信システム性能評価
- その他、大規模計算に関係するソフトウェア実行

5. 利用資格

利用資格は、申込書を基に、東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング研究部門の教職員、及び、外部委員により構成される審査委員会において審査されます。現ユーザーである必要はありません。

なお、申込者は「国内の大学、公共機関に所属する研究者、及び民間企業に所属する者」とします。

¹ 「大規模 HPC チャレンジ」

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/hpc/>

6. 採択基準、審査方法

応募課題は、以下の基準により、東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング研究部門の教職員、及び外部委員より構成される審査委員会により採択課題を選考し、できるだけ速やかに公表を行う予定です。

主な採択基準

- A) 計算・結果の詳細を論文等も含めて公表できること。
- B) 計算結果が科学的に有用、あるいは社会的なインパクトがあると考えられること。
- C) システムごとに決められたノード数（Odyssey：4,096 ノード、Aquarius：36 ノード）以上の利用を目標としていること。
- D) 計画に実現性があり、短期間で効果を示すことが可能であること（一回の使用時間は最大 24 時間です）。
- E) 本システムの運用、ユーザーにとって有用な情報を提供すること。

※ 項目 A) ～ D)は、必須となります。項目 E)は必須ではありませんが、申込書に該当する記述がある場合、加點評価される場合があります。

※ 最大利用可能ノード数：Odyssey：6,144 ノード、Aquarius：36 ノード

7. 利用申込

募集要項、スーパーコンピュータシステム利用規程等をよくお読みの上、申込書及び研究グループメンバー情報に必要事項をご記入ください。ご記入頂いた申込書及び研究グループメンバー情報、論文は以下の提出先まで、電子メールにてお送りください。書類のご提出は PDF 形式（研究グループメンバーの情報はエクセル）にてお願いいたします。

申込書に必要な項目・提出書類は以下の通りです。

1. 申込年月日
2. 利用希望時期
3. 申込者情報（氏名、所属、職名、連絡先住所、E-mail、電話）
4. 研究課題名（和文、英文）、概要
5. 研究課題の内容、目標
6. 申込者、研究グループメンバーの当該分野における研究業績のうち、大規模計算機利用の実績として代表的な論文 1 編の別刷り
7. プログラム情報、利用スケジュール等
8. 要望事項、特記事項
9. 研究グループメンバーの情報

8. 問い合わせ先

申込等ご不明な点は、電子メールでお問い合わせください。
（電話でのお問い合わせはご遠慮ください。なお、詳細は本センター Web Page¹でもご案内しておりますので、あわせてご覧ください。）

【 提出先 】

E-Mail：koubo@cc.u-tokyo.ac.jp
東京大学 情報システム部 情報戦略課 研究支援チーム

【 問い合わせ先 】

E-Mail：uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp
東京大学 情報システム部 情報戦略課 研究支援チーム

スーパーコンピュータシステム「大規模 HPC チャレンジ」採択課題のお知らせ

1. はじめに

Wisteria/BDEC-01、Oakbridge-CX では「大規模 HPC チャレンジ」を実施しています。「大規模 HPC チャレンジ」は、スーパーコンピュータシステムがもつ最大規模のノード数を、最大 24 時間・1 研究グループで計算資源の専有利用ができる公募型プロジェクトです¹。

課題審査委員会による厳正な審査の結果、以下の課題を採択しましたのでお知らせいたします。

2. 採択課題

システム：Oakbridge-CX

募集期間：2023 年度 第 2 回募集 2023 年 5 月 30 日～6 月 26 日

1 件の応募があり、以下の課題を採択しました。

採択課題一覧

課題名	コレスキーQR型アルゴリズムによる縦長行列の列ピボット付き QR 分解の性能評価：アルゴリズム改良の効果の検証および既存アルゴリズムとの性能比較
代表者名(所属)	深谷 猛 (北海道大学 情報基盤センター)
行列の列ピボット付き QR 分解 (QRCP) は、特異値分解と比べて少ないコストで行列のランクに関する情報を取り扱うことができ、行列の低ランク近似等の応用を持つ。これまでには、我々は、縦長行列の QRCP に対して、コレスキーQR型のアルゴリズムを開発し、前回の大規模 HPC チャレンジなどを通して、その有効性を確認している。今回の大規模 HPC チャレンジでは、まず、前回の結果を踏まえた上で新たに取り組んだアルゴリズムの改良の効果を検証する。数学的な考察から、アルゴリズム中の一部の計算を省略可能であることを見出し、これによりアルゴリズムの効率化を行ったので、その効果を調査する。次に、前回の実施では対象としなかった既存手法との性能比較を行う。縦長行列の QRCP に対しては、通常の QR 分解を行い、次に、得られた上三角行列に対して QRCP を行う手順が有効であることが関連文献の調査により分かった。そこで、今回の実施では、この手法との性能比較を行う。これらの二点に着目して、開発中のアルゴリズムの評価を実施し、その有効性を示すことを目指す。	

¹ 「大規模 HPC チャレンジ」

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/hpc/>

システム：Wisteria/BDEC-01

募集期間：2023 年度 第 1 回再募集 2023 年 4 月 26 日～6 月 12 日

第 2 回募集 2023 年 5 月 30 日～6 月 26 日

2 件の応募があり、以下の課題を採択しました。

採択課題一覧

課題名	Wisteria-O における CPU の電力性能ばらつきと縮退運転への応用に関する研究
代表者名(所属)	三輪 忍 (電気通信大学 大学院情報理工学研究科)
本研究課題では、Wisteria-O における CPU の電力性能ばらつきの調査、ならびに、上記の電力性能ばらつきを縮退運転に応用する方法を検討する。我々は、これまでに、Wisteria-O 内の 2,000 ノード程度を対象に A64FX の電力性能ばらつきの調査、ならびに、電力性能ばらつきを縮退運転に応用する方法の検討を行い、その詳細を第 188 回 HPC 研究会にて報告した。本研究課題はこれを全ノードに拡張する。具体的には、全ノードにて同一のベンチマークアプリケーションを実行し、アプリケーションを実行中の CPU の消費電力と実行時間を計測する。そして、各 CPU で計測した消費電力と実行時間を比較することにより、CPU によってアプリケーションの消費電力と実行時間にどの程度のばらつきが存在するかを評価・分析する。また、上記の計測結果をもとに、電力ばらつきを考慮してシャットダウンするノードを選択した場合の消費電力削減効果、ならびに、一定の電力制約下において削減可能なノード数の見積もりを行う。	

課題名	コレスキーQR 型アルゴリズムによる縦長行列の列ピボット付き QR 分解の性能評価：アルゴリズム改良の効果の検証および既存アルゴリズムとの性能比較
代表者名(所属)	深谷 猛 (北海道大学 情報基盤センター)
行列の列ピボット付き QR 分解 (QRCP) は、特異値分解と比べて少ないコストで行列のランクに関する情報を取り扱うことができ、行列の低ランク近似等の応用を持つ。これまでには、我々は、縦長行列の QRCP に対して、コレスキーQR 型のアルゴリズムを開発し、前回の大規模 HPC チャレンジなどを通して、その有効性を確認している。今回の大規模 HPC チャレンジでは、まず、前回の結果を踏まえた上で新たに取り組んだアルゴリズムの改良の効果を検証する。数学的な考察から、アルゴリズム中の一部の計算を省略可能であることを見出し、これによりアルゴリズムの効率化を行ったので、その効果を調査する。次に、前回の実施では対象としなかった既存手法との性能比較を行う。縦長行列の QRCP に対しては、通常の QR 分解を行い、次に、得られた上三角行列に対して QRCP を行う手順が有効であることが関連文献の調査により分かった。そこで、今回の実施では、この手法との性能比較を行う。これらの二点に着目して、開発中のアルゴリズムの評価を実施し、その有効性を示すことを目指す。	

国際数学オリンピックの選手らが情報基盤センターを見学

大 林 由 尚

東京大学情報基盤センター 広報担当

7月2日から13日にかけて千葉県幕張で開催された国際数学オリンピックの選手らが7月11日、東京大学柏地区キャンパスの情報基盤センターとカブリ数物連携宇宙研究機構を訪問しました。

20年ぶりの日本での開催となった国際数学オリンピック2023では、7月8日、9日の2日間にわたる試験を終えた各国代表の選手たちは、採点、審議が行われている間、開催国の文化にも触れる様々な交流イベントに参加しました。その一環で、東京大学柏キャンパスのツアーを選んだフランス、イタリア、チェコの選手らが東京大学柏 II キャンパスの情報基盤センターと柏キャンパスのカブリ数物連携宇宙研究機構を訪問しました。

大型バスで情報基盤センターに到着した選手らは、短いガイダンスの後、3班に分かれてそれぞれ情報基盤センター スーパーコンピューティング研究部門の教員の案内でスパコン室を見学しました。スパコンの見学の後は、スパコンを使った研究についての講義や質疑応答、雑談のち、再びバスで柏キャンパスのカブリ数物連携宇宙研究機構へと移動しました。



情報基盤センターを訪れた数学オリンピック選手らの様子

関 連 リ ン ク

数学オリンピックホームページの報告記事 <https://imo2023.jp/ja/news/detail.php?id=75>

研究成果の登録のお願い

情報戦略課研究支援チーム
情報基盤センタースーパーコンピューティング部門

研究成果の登録は、本センターのスーパーコンピュータシステムを利用して得られた研究成果のうち、論文、口頭発表、著書、受賞情報についてご報告いただくものです。研究成果の登録は、本センタースーパーコンピューティング部門の Web サイト (<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/>) から「研究成果登録」に進んでください。なお、ご報告いただいた内容は、研究成果データベースへの登録、本センター発行の広報誌及び Web ページに掲載させていただきますので、ご了承ください。

研究成果は、東京大学におけるスーパーコンピュータシステムの整備・拡充につながるものとなりますので、利用者の皆様には何卒ご協力くださいますようお願い申し上げます。

The screenshot shows the website of the Supercomputing Division, Information Technology Center, The University of Tokyo. The navigation bar includes links for Home, System, Utilization, Support, FAQ, Research Events, Publications, Research Results, Research Department, Research Activities, and Wisteria/BDEC-01. The 'Research Results' link is circled in green and labeled ①. Below the navigation bar, the 'Research Results' section is highlighted, and the 'Research Results Registration' link is circled in green and labeled ②. The 'Research Results Registration' page is shown, with the 'Research Results Registration' link circled in green and labeled ③. The 'Research Results Registration' page includes a form for account name (user number) and email address, and a dropdown menu for selecting the type of research result. The 'Research Results Registration' page is labeled ④.

① 「研究成果」
→「研究成果の取扱い」
をクリック

② 「研究成果の取扱い」ページ下部の「研究成果の登録について」→「研究成果登録のページ」をクリック

③ 「アカウント名(利用者番号)」及び「メールアドレス」を入力し、登録したい業績を選択

④ 「ログイン」をクリックし、成果登録ページで研究成果の登録をお願いいたします

6・7月のジョブ統計

1. Wisteria/BDEC-01スーパーコンピュータシステム (Odyssey) ジョブ処理状況 (RedHat Enterprise Linux 8)

年月	登録者数	実利用者数	処理件数				接続時間 [時間]	ファイル使用量 [GiB]		ログイン (実CPU)	演算時間 [ノード時間] (経過時間)			平均ノード 利用数 (ノード)	ノード 利用率 (%)
			ログイン	プリポスト	インタラクティブ ジョブ	バッチジョブ		/home	/lustre		プリポスト	インタラクティブ ジョブ	バッチジョブ		
2023年4月	2,490	609	10,918	199	1,015	126,222	52,135	2,287	3,249,272	2,972.28	374	590	1,362,467	3,059.4	39.8
5月	2,120	642	13,766	417	1,129	116,362	81,229	2,501	2,896,836	3,647.63	1,078	710	1,944,613	3,548.2	46.2
6月	2,214	697	14,341	482	1,018	99,350	67,039	2,712	3,115,214	7,363.70	1,016	519	2,338,442	4,361.7	56.8
7月	2,260	663	13,306	292	817	237,419	60,686	2,975	3,279,405	6,165.45	688	459	2,692,586	4,701.7	61.2
2022年7月	1,749	489	8,578	222	586	60,294	64,200	1,693	2,447,243	7,460.21	431	124	2,588,672	3,540.3	46.1
8月	1,777	473	12,780	232	536	51,990	30,848	1,757	2,652,316	4,662.02	504	291	2,312,530	3,906.6	50.9
9月	1,869	451	23,670	276	920	43,593	46,290	1,905	3,123,150	8,952.28	689	757	2,531,647	3,581.7	46.6
10月	1,979	603	15,652	581	707	95,094	87,929	1,947	3,365,263	7,017.55	1,251	453	2,389,834	3,299.9	43.0
11月	1,941	585	25,443	455	975	90,678	80,522	2,154	3,515,919	13,344.25	1,038	603	2,530,095	3,579.2	46.6
12月	1,962	626	14,321	500	632	77,350	80,043	2,323	3,774,096	5,404.18	964	316	3,164,631	4,335.5	56.5
2023年1月	2,021	609	14,159	471	535	163,311	99,128	2,421	3,932,926	3,854.64	1,103	257	3,814,549	5,217.6	67.9
2月	2,038	581	11,857	359	754	202,793	76,333	2,483	3,693,712	5,734.78	826	363	3,593,710	5,453.6	71.0
3月	1,984	542	12,085	344	575	356,988	66,373	2,668	3,696,232	4,037.06	1,113	358	3,875,012	5,316.0	69.2
合計			182,298	4,608	9,613	1,661,150	828,555			73,156	10,644	5,676	32,550,116		

・試運転は、2021年5月14日より開始。正式サービスは、2021年8月2日より開始

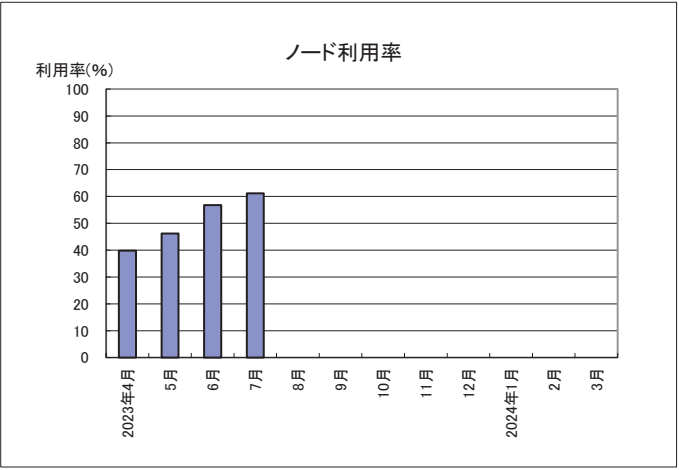
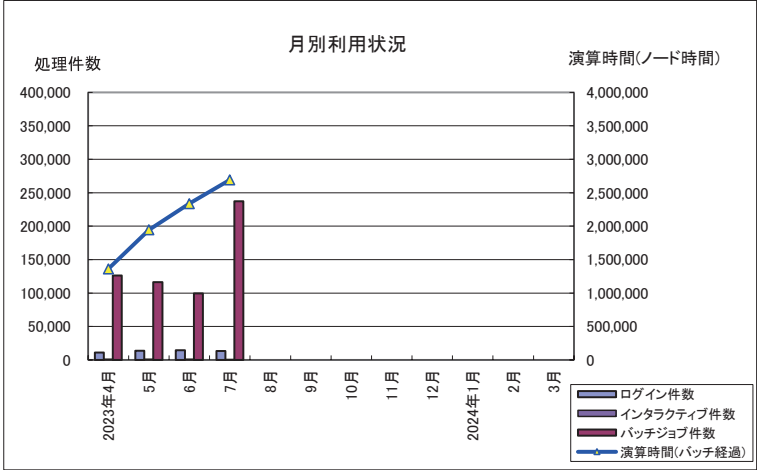
・接続時間： ログイン時間の累計

・ログイン(実CPU)： コア時間単位

・2022年7月分は合計に含まない

・ノード利用数： インタラクティブおよびバッチジョブの経過時間を1ノードが100%動作したと仮定した場合の利用ノード数。
計算式＝1ヶ月のインタラクティブおよびバッチジョブ経過時間合計÷1ヶ月の稼動時間

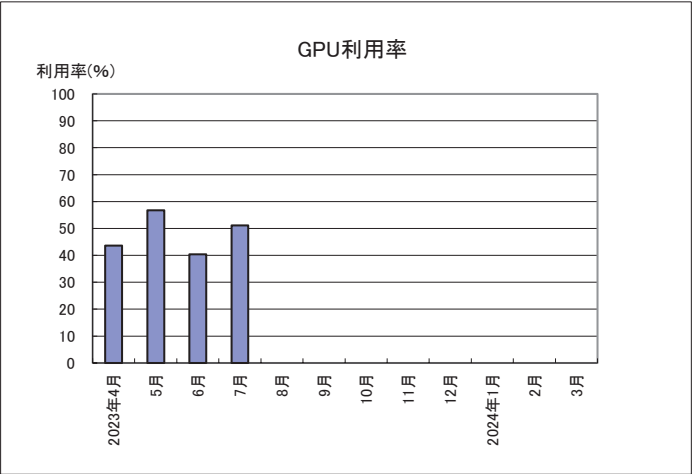
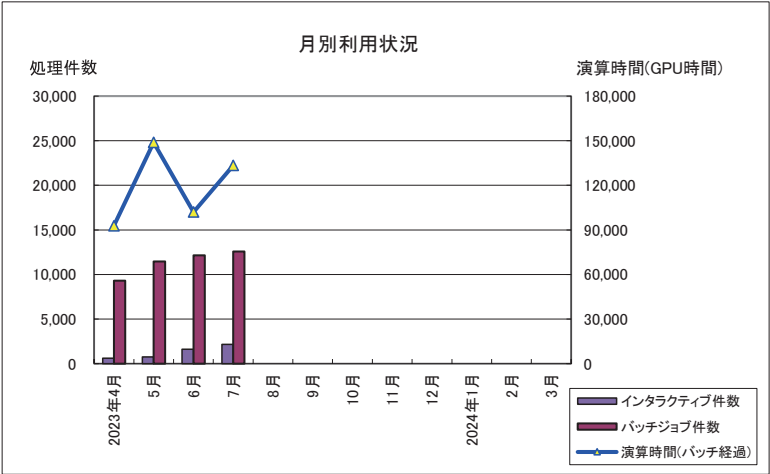
・ノード利用率： サービスノードに対する利用率。 計算式＝ノード利用数÷サービスノード数×100



2. Wisteria/BDEC-01スーパーコンピュータシステム(Aquarius) ジョブ処理状況 (RedHat Enterprise Linux 8)

年月	処理件数		演算時間 [GPU時間](経過時間)		平均GPU 利用数 (GPU)	GPU 利用率 (%)
	インタラクティブ ジョブ	バッチジョブ	インタラクティブ ジョブ	バッチジョブ		
2023年4月	604	9,295	378	92,830	156.9	43.6
5月	757	11,461	453	148,834	204.2	56.7
6月	1,605	12,148	847	101,998	145.5	40.4
7月	2,165	12,566	1,181	133,352	184.0	51.1
2022年7月	659	18,181	883	89,355	123.4	34.3
8月	740	21,165	651	52,512	89.8	24.9
9月	711	29,980	633	71,306	101.7	28.3
10月	965	6,389	865	102,722	141.7	39.4
11月	2,224	11,601	1,878	130,383	187.1	52.0
12月	3,271	15,738	3,041	148,889	207.8	57.7
2023年1月	971	18,776	953	167,789	230.8	64.1
2月	713	11,134	428	120,574	183.6	51.0
3月	952	8,630	660	158,282	218.0	60.6
合計	15,678	168,883	11,968	1,429,471		

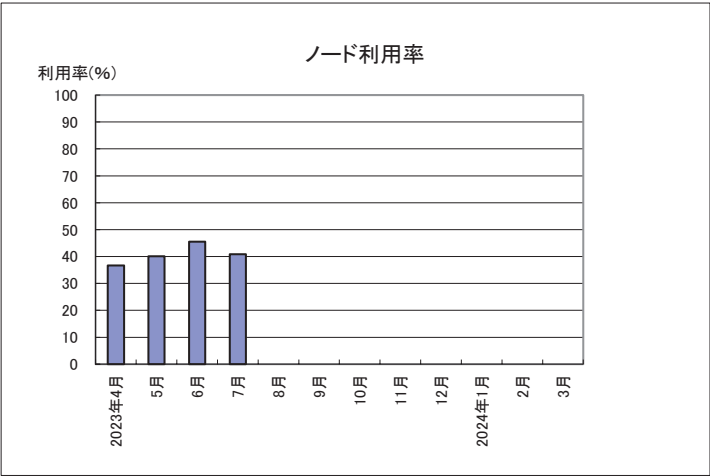
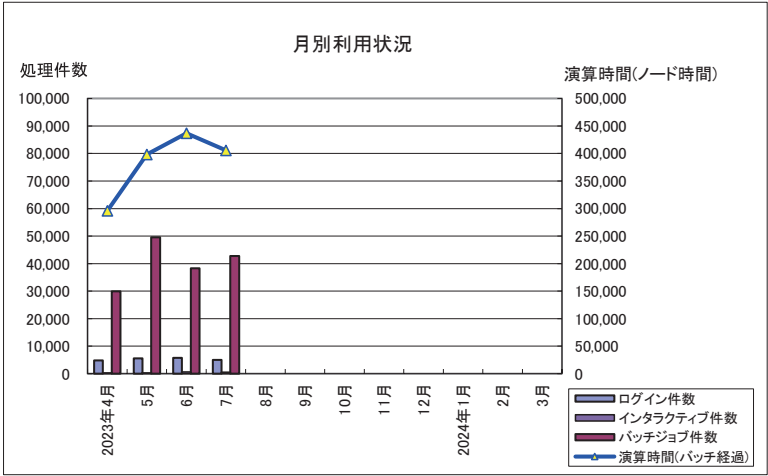
- ・試運転は、2021年5月14日より開始。正式サービスは、2021年8月2日より開始
 - ・登録者数、実利用者数、ログイン件数、接続時間、ファイル使用量、ログイン(実CPU)はWisteira/BDEC-01(Odyssey)と共通。
 - ・2022年7月分は合計に含まない
- ・GPU利用数： インタラクティブおよびバッチジョブの経過時間を1GPUが100%動作したと仮定した場合の利用GPU数。
計算式＝1ヶ月のインタラクティブおよびバッチジョブ経過時間合計÷1ヶ月の稼働時間
 - ・GPU利用率： サービスGPUに対する利用率。 計算式＝GPU利用数÷サービスGPU数×100



3. Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステムジョブ処理状況 (Red Hat Enterprise Linux 7、CentOS 7)

年月	登録者数	実利用者数	処理件数				接続時間 [時間]	ファイル使用量 [GiB]		ログイン (実CPU)	演算時間 [ノード時間] (経過時間)			平均ノード 利用数 (ノード)	ノード 利用率 (%)
			ログイン	プリポスト	インタラクティブ ジョブ	バッチジョブ		/home	/work		プリポスト	インタラクティブ ジョブ	バッチジョブ		
2023年4月	1,502	302	4,832	109	287	29,917	19,902	1,463	1,128,574	14,732.31	3,445	177	295,842	502.3	36.7
5月	1,163	261	5,516	37	245	49,563	29,742	1,494	1,126,349	4,033.16	1,447	108	398,187	548.5	40.1
6月	1,132	323	5,731	111	585	38,282	25,079	1,562	1,204,025	1,576.83	4,452	369	436,805	622.5	45.5
7月	1,122	308	5,045	63	536	42,789	30,778	1,549	1,270,789	4,398.18	2,574	365	405,606	559.1	40.9
2022年7月	1,258	397	8,977	0	621	65,475	48,152	1,587	1,615,433	2,141.06	0	433	733,409	1,004.2	73.4
8月	1,257	321	6,430	10	618	45,434	26,764	1,581	1,726,576	1,838.84	27	425	549,014	992.0	72.5
9月	1,272	341	7,722	0	801	51,870	39,136	1,708	1,792,729	1,968.39	0	562	638,117	1,042.9	76.2
10月	1,296	385	11,115	0	755	74,026	54,840	1,765	1,947,947	11,911.11	0	424	800,362	1,098.9	80.3
11月	1,345	390	12,505	0	1,064	77,586	49,303	1,933	2,141,452	2,616.03	0	582	820,444	1,161.4	84.9
12月	1,385	417	13,241	137	1,069	60,117	52,149	2,008	2,285,229	5,469.01	313	668	843,667	1,155.4	84.5
2023年1月	1,400	396	12,568	207	1,196	53,663	62,502	2,078	2,267,070	8,192.62	674	606	851,952	1,165.9	85.2
2月	1,446	402	10,235	242	557	38,386	44,910	2,125	2,175,157	4,861.32	3,501	344	787,522	1,195.2	87.4
3月	1,405	381	9,446	217	428	54,554	41,165	2,032	1,659,862	29,978.80	3,851	272	851,618	1,175.4	85.9
合計			104,386	1,133	8,141	616,187	476,270			91,577	20,284	4,902	7,679,136		

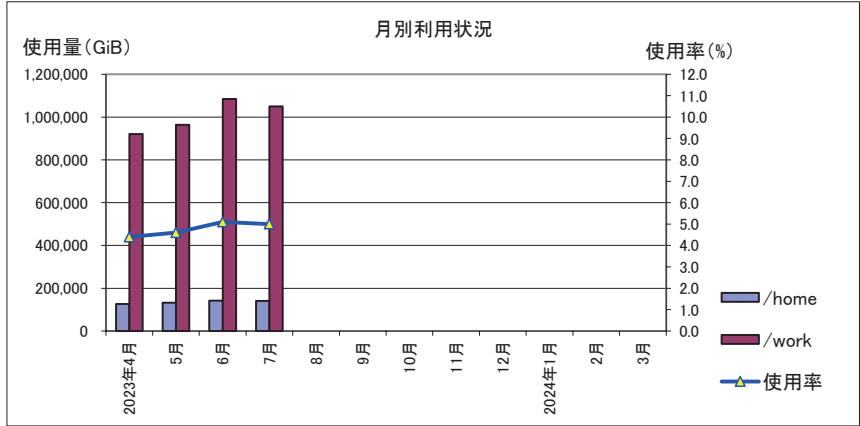
- ・接続時間： ログイン時間の累計
・ログイン(実CPU)： コア時間単位
・2022年7月分は合計に含まない
- ・ノード利用率： インタラクティブおよびバッチジョブの経過時間を1ノードが100%動作したと仮定した場合の利用ノード数。
計算式＝1ヶ月のインタラクティブおよびバッチジョブ経過時間合計÷1ヶ月の稼動時間
・ノード利用率： サービスノードに対する利用比率。 計算式＝ノード利用数÷サービスノード数×100



4. Ipomoea-01大規模共通ストレージシステム使用状況

年月	登録者数	実利用者数	ログイン数	接続時間 [時間]	ログイン (実CPU)	ファイル使用量 [GiB]		使用率 (%)	実効容量 (GiB)
						/home	/work		
2023年4月	2,074	52	176	1,339	17.7	126,821	920,839	4.4	23,657,187.6
5月	2,066	36	155	660	17.5	132,266	963,614	4.6	23,657,187.6
6月	2,063	31	106	621	6.7	142,578	1,084,425	5.1	23,657,187.6
7月	2,118	32	229	570	35.3	140,976	1,049,941	5.0	23,657,187.6
2022年7月	2,117	45	152	4,258	19.4	962,711	207,333	4.9	23,657,187.6
8月	2,166	30	120	338	10.5	959,300	213,839	4.9	23,657,187.6
9月	2,241	36	140	452	262.5	960,684	213,876	4.9	23,657,187.6
10月	2,332	46	155	947	95.5	891,698	223,457	4.7	23,657,187.6
11月	2,403	58	194	618	63.8	671,496	489,011	4.9	23,657,187.6
12月	2,295	25	68	246	0.3	108,139	370,835	2.0	23,657,187.6
2023年1月	2,353	31	101	385	5.1	114,720	359,196	2.0	23,657,187.6
2月	2,371	35	178	618	272.5	118,832	609,324	3.0	23,657,187.6
3月	2,352	29	212	591	57.1	122,422	807,757	3.9	23,657,187.6
合計			1,834	7,383	845				

- ・接続時間：ログイン時間の累計
- ・ログイン(実CPU)：コア時間単位
- ・使用率：実効容量に対する使用比率。計算式=ファイル使用量÷実効容量×100
- ・2022年7月分は合計に含まない



学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）

公募型共同研究 2023 年度採択課題一覧

飯 野 孝 浩

東京大学情報基盤センター

1. 公募概要

2023 年度の国際・一般研究課題公募には 79 課題の応募があり、2023 年 2 月に行われた課題審査委員会での厳正な審査を経て、68 課題が採択された。当センターと共同研究を行う採択課題のうち、当センターの計算機資源を利用する課題（mdx の併用を含む）を表 1 に、mdx のみを利用する課題を表 2 に、当センターの計算機資源を利用せず、研究者が共同研究者として参加する課題を表 3 に示す。

表 1. 2023 年度 JHPCN 採択課題（当センターの計算機資源を利用する課題（mdx の併用を含む））

国際共同研究課題

研究課題名	研究課題代表者 (所属)
Hierarchical low-rank approximation methods on distributed memory and GPUs	横田理央 (東京工業大学)
High resolution simulation of cardiac electrophysiology on realistic whole-heart geometries	中島研吾 (東京大学)
Developing AI-assisted high performance fluid simulation codes	朝比祐一 (日本原子力研究開発機構)
Innovative Multigrid Methods III	藤井昭宏 (工学院大学)

一般共同研究課題

研究課題名	研究課題代表者 (所属)
極端気象現象予測における不確実性の起源の解明	澤田洋平 (東京大学)
電磁流体力学乱流の高精度・高並列 LES シミュレーションコード開発研究	三浦英昭 (核融合科学研究所)
ソフトウェア工学による自動チューニング技術の新展開	片桐孝洋 (名古屋大学)
都市街区の風況デジタルツインの実現に向けたデータ同化手法および観測システムの開発	小野寺直幸 (日本原子力研究開発機構)

都市街区の風況デジタルツインの実現に向けたデータ同化手法および観測システムの開発	小野寺直幸 (日本原子力研究開発機構)
ハイブリッドクラウドを用いたゲノム情報に基づく構造多型パネルの構築とアノテーション	長崎正朗 (九州大学)
ヘテロジニアス環境における「計算・データ・学習」融合による新しい計算科学	中島研吾 (東京大学)
数値シミュレーションと機械学習との融合による水圏生態系予測	菊地淳 (理化学研究所)
バックグラウンドセル前処理付きマルチ解像度粒子法ソルバーの開発	浅井光輝 (九州大学)
GPU 並列計算による高分子材料系シミュレーションの高速化技法の検討	萩田克美 (防衛大学校)
次世代演算加速装置とそのファイル IO に関する研究	塙敏博 (東京大学)
大規模アプリケーションの高性能な実用的アクセラレータ対応手法	下川辺隆史 (東京大学)
大規模拡散モデルを用いたテキスト生成	Li Zihui (東京大学)
時間発展する流体シミュレーションを予測する代理モデルの開発	下川辺隆史 (東京大学)
高性能かつ高信頼な数値計算手法とその応用	萩田武史 (早稲田大学)
近代的メニーコアシステムにおける性能モデリング手法	星野哲也 (名古屋大学)
HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験	村田健史 (情報通信研究機構)
メニーコア CPU, GPU の最適リソース割り当てに関する研究	河合直聡 (名古屋大学)
Machine Learning for Soft-Matter Flows	John Molina (京都大学)
グラフニューラルネットワークと生成モデルを用いた非晶質系動力学予測システム開発	芝隼人 (兵庫県立大学)
統合機械学習分子動力学システムの構築	奥村雅彦 (日本原子力研究開発機構)
MPM と FEM による未解明な大規模土砂災害の数値シミュレーション	寺田賢二郎 (東北大学)

表 2. 2023 年度 JHPCN 採択課題（mdx のみを利用する課題）

一般共同研究課題

研究課題名	研究課題代表者 (所属)
Society 5.0 の実現に向けた大規模地理空間データの表現学習	鈴木 豊太郎 (東京大学)
大規模な日本語モデル構築・共有のためのプラットフォームの形成	相澤彰子 (国立情報学研究所)
物性予測のためのグラフニューラルネットワークベース汎用 Pre-trained モデルの構築	華井雅俊 (東京大学)

表 3. 2023 年度 JHPCN 採択課題（当センターの研究者が共同研究者として参加する課題）

一般共同研究課題

研究課題名	研究課題代表者 (所属)
合成人口プロジェクト:2020 年度国勢調査に基づく合成人口データの合成	村田忠彦 (大阪大学)
原子力気液二相流体解析における界面捕獲手法の高度化	杉原健太 (日本原子力研究開発機構)
環境循環型社会の実現に向けたポリマーインフォマティクスデータの基盤構築	佐藤正寛 (東京大学)
次世代学術情報基盤に向けた基盤ソフトウェアの実践的な研究・開発・評価	空閑洋平 (東京大学)

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）

第 15 回シンポジウム開催報告

飯 野 孝 浩

東京大学情報基盤センター

1. 概要

7月6日・7日の2日間に渡って、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）の第15回シンポジウムをハイブリッド形式で開催した。今年度も品川の東京コンファレンスセンターを会場とし、2セッションパラレルかつハイブリッド形式での実施となった。

基調講演には国立情報学研究所の黒橋 禎夫博士をお招きし、「データ基盤から知識基盤へ」と題して講演をいただいた。招待講演も併せて実施し、IBM Research の武田 征士博士より「AI 基盤モデルおよび Accelerated Discovery が切り拓くサイエンスのフロンティア」と題してのご講演をいただいた。研究者と拠点のネットワーキングを促進するため、ポスターセッションでは5つの拠点から取り組みや資源の紹介をいただいた。参加登録者は約360名であり、前年度（330名）から微増となった。現地での参加者は230名であった。

当日のプログラムを2. に示す。詳細はシンポジウムのウェブサイト（<https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/ja/sympo/15th>）を参照されたい。

最後に、ご協力いただいた発表者・参加者の皆様、各拠点のみなさま、また運営に当たってくれた当センターの皆様に感謝申し上げます。

2. プログラム

7月6日（木）

9:40 - 9:50 主催者挨拶 田浦 健次朗（総括拠点長・東京大学 情報基盤センター長）

9:50 - 10:00 来賓挨拶 藤澤 亘様（文部科学省 学術基盤整備室長）

10:00 - 11:50 2022年度課題 口頭発表（現地、オンライン）

12:50 - 13:30 ポスター紹介動画投影

13:30 - 16:30 2022年度課題 口頭発表（現地、オンライン）

16:30 - 17:30 基調講演 黒橋 禎夫博士（NII 所長/京都大学教授）（現地）

17:30 - 18:30 ポスターセッション（現地）

7月7日（金）

9:40 - 11:50 2022年度課題 口頭発表（現地、オンライン）

12:50 - 13:30 招待講演 武田 征士博士（IBM Research）（現地）

13:40 - 18:20 2022年度課題 口頭発表（現地、オンライン）

18:20 - 18:30 閉会挨拶：共同研究課題審査委員長 滝沢 寛之（東北大学 サイバーサイエンスセンター 教授）

3 次元 Kitaev 磁性体の汎関数繰り込み群による研究

福井 毅 勇

東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻

1. はじめに

本研究では、磁性体における**量子スピン液体**状態の実現可能性の検証を行う。磁性体では、熱力学第 3 法則に従い絶対零度でエントロピーをゼロにするために、通常は低温で磁気秩序状態への相転移が起こる。ところが、**フラストレーション**の大きな量子スピン系では、量子スピン液体と呼ばれる非自明な非磁性状態をとることでエントロピーの解放を実現する場合がある。量子スピン液体とは、強いフラストレーションと量子力学的な揺らぎによって磁気秩序相への相転移が妨げられた、従来型の対称性の自発的破れが存在しない特殊な基底状態である。一部の量子スピン液体では、トポロジカル秩序と呼ばれる非従来型の秩序が存在し、それに付随する分数量子化を用いることにより外乱に対して強固な**トポロジカル量子計算**を実現できるため、純粋科学だけでなく応用面からも注目を集めている。

2006 年に提案された **Kitaev 模型** [1]は、2 次元ハニカム格子上で定義された量子スピン模型であり、ボンドに依存する異方的な相互作用（Kitaev 型相互作用）による強いフラストレーションを持つにもかかわらず、基底状態が厳密に求まり、さらに、その基底状態が量子スピン液体状態となる。2 次元以上の模型で、基底状態が量子スピン液体状態であることを厳密に示すことができる模型は非常に稀である。2009 年に、この模型に現れる特徴的な Kitaev 型相互作用が一部のスピン軌道 Mott 絶縁体と呼ばれる物質群において実現することが指摘されてから [2]、理論と実験の双方からの精力的な研究により候補物質が多く発見され、その物性が解明されてきた。

Kitaev 模型は、元々 2 次元ハニカム格子上で定義された量子スピン模型であるが、任意の tricoordinate 格子（配位数が 3 である格子）に拡張可能である。実際、3 次元**ハイパーハニカム格子**への拡張が考えられ [3]、その候補物質として $\beta\text{-Li}_2\text{IrO}_3$ [4]などが調べられてきた。最近になって、 $\beta\text{-ZnIrO}_3$ という新たな候補物質が見出され [5, 6]、2K 程度の低温まで磁気秩序が現れないことから新たな興味を集めている。これらの候補物質における Kitaev 量子スピン液体の実現可能性の議論や、さらなる候補物質の探索や物質設計において、候補物質の模型について広いパラメータ領域について相図を理論的に明らかにし、現実の物質に不可避免的に存在する Kitaev 型以外の相互作用の効果を解明することは重要である。しかしながら、3 次元格子上のフラストレーションの強い量子スピン系の数値計算には困難が多く、多くの場合には平均場近似や古典スピン模型による計算にとどまっている。候補物質のミニマルな模型の一つであるハイパーハニカム格子上の **Kitaev-Heisenberg 模型**については、テンソルネットワークに基づいた gPEPS (graph-based projected entangled-pair state) 法による研究結果が報告されているが [7]、相図における 2 つの Kitaev 点が量子スピン液体相と磁気秩序相の境界に位置していること (2 次元ハニカム格子上の模型の厳密対角化による先行研究では Kitaev 点は量子スピン液体相の中心付近に位置している [8])、相図が模型の持つ 4 副格子対称性と呼ばれる対称性を満たしていないこと、といった問題点が見られる。これは、先行研究においては十分な精度で相図が得られていないことを意味している。

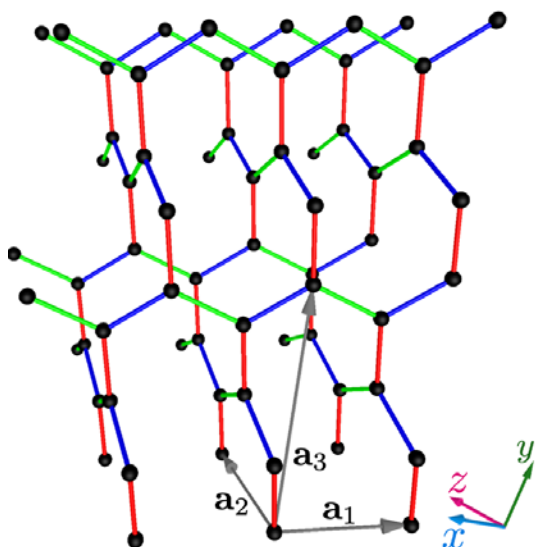
そこで我々は、汎関数繰り込み群の量子スピン系への応用である擬フェルミ粒子汎関数繰り込み群 (pseudofermion functional renormalization group、以下、PFFRG) 法 [9] を用いて、3次元ハイパーハニカム格子上の Kitaev-Heisenberg 模型の基底状態相図を調べる [10]。

2. 模型と手法

本研究ではハイパーハニカム格子上の Kitaev-Heisenberg 模型、

$$\mathcal{H} = \sum_{\mu=x,y,z} \sum_{\langle i,j \rangle_{\mu}} J_{\mu} [2 \sin \varphi S_i^{\mu} S_j^{\mu} + \cos \varphi \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j]$$

の基底状態を考える。 $S_i^{\mu} (\mu = x, y, z)$ は、 $S = 1/2$ の量子スピンの μ 成分、 φ は Heisenberg 相互作用と Kitaev 相互作用の強さの比を決めるパラメータであり、和 $\sum_{\langle i,j \rangle_{\mu}}$ は、 $\mu = x, y, z$ ボンド上の最



第 1 図： ハニカム格子上に定義された模型の模式図。青色、緑色、赤色のボンドはそれぞれ、 x 、 y 、 z ボンドを表す。

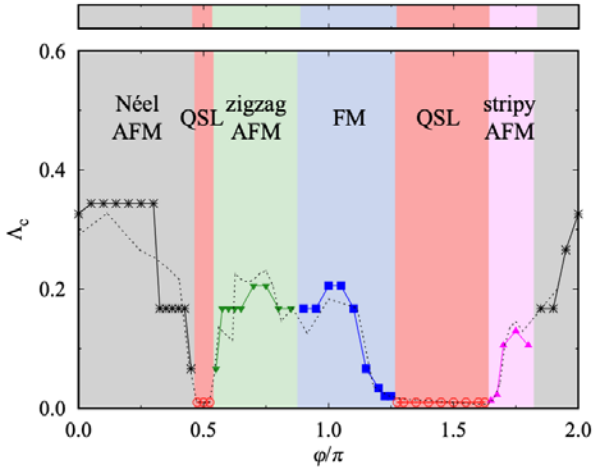
隣接スピン間の和を表している。この模型が定義されているハイパーハニカム格子を図 1 に示す。また、ここで $J_{\mu} (\mu = x, y, z)$ は、相互作用の異方性を表すパラメータである。

上述の通り、強いフラストレーションを有する 3 次元量子スピン系の計算を十分大きなシステムサイズで実行できる手法は限られており、本研究では、PFFRG 法と呼ばれる手法 [9] を用いてこれを可能にする。この手法は、2010 年に提案された量子スピン模型のための数値計算手法であり、量子スピンを Fermi 粒子で書き換えることで、相互作用している Fermi 粒子系の汎関数繰り込み群法を適用するものである。この手法は、磁場の効果や 3 体以上の相互作用の効果を取り扱うのが困難であるという制限を

持つ一方、系のサイズを大きく取れ、かつ、フラストレーションのある場合も含む多彩なスピン間相互作用を持つ模型を取り扱うことができる。3 次元量子スピン系の計算への応用例も多い。これは、本研究の問題に適しており、ここでは、上述のハミルトニアンで記述される系のスピン感受率を PFFRG 法により数値的に計算し、基底状態を明らかにした。計算は、自作の PFFRG 法のプログラムを利用し、MPI と openMP によりハイブリッド並列にて実行した。

3. 研究結果

まずは、相互作用が等方的な場合 ($J_x = J_y = J_z = 1$) について、前節で述べたように、Kitaev 型相互作用と Heisenberg 型相互作用の比と符号を決めるパラメータ φ を変化させながら PFFRG 法によりスピン感受率を計算することで Kitaev-Heisenberg 模型の基底状態相図を明らかにした。得られた基底状態相図を図 2 に示す。磁気秩序相への相転移は、常磁性状態で計算したスピン感受率の繰り込み群のカットオフエネルギースケールである Λ 依存性から判断している。 Λ を小さくしながら各 Λ でのスピン感受率を計算し、感受率が最大となる波数 $\mathbf{k}_{\max}$ におけるスピン



第2図: PFFRG法を用いて得られた基底状態相図と Λ_c の φ 依存性。

示さない場合は量子スピン液体状態と判定した。gPEPS法による先行研究[7]で示されているように、基底状態相図にはNéel反強磁性(AFM)、zigzag反強磁性、強磁性(FM)、stripy反強磁性の4つの磁気秩序相に加えて、 $\varphi/\pi = 0.5, 1.5$ の2つのKitaev点の周りに量子スピン液体相が存在する。 $\varphi/\pi = 0.5$ の反強磁性Kitaev点の周りの量子スピン液体相は、 $\varphi/\pi = 1.5$ の強磁性Kitaev点周りの量子スピン液体相よりも狭い。また、gPEPS法による先行研究と異なり、2つのKitaev点はそれぞれの周りの量子スピン液体相の中心付近に位置している。

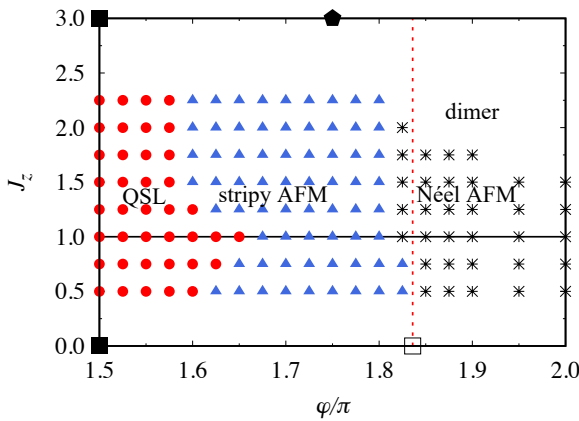
また、図2の基底状態相図の上に2次元ハニカム格子の場合のPFFRGによる基底状態相図[11]を帯状に示している。これを見ると分かるように、3次元ハイパーハニカム格子上のモデルの基底状態相図と2次元ハニカム格子上のモデルの基底状態相図が非常によく似ている事が分かる。これは、2次元でも3次元でも格子はtricoordinateであるため配位数が3であること、Kitaev量子スピン液体ではスピン相関が短距離であること、特に、Kitaev点ではスピン相関は厳密に最隣接サイト間のみであること、さらには、相図に現れる磁気秩序相が全てcommensurateな秩序であること、から理解できる。実際に、古典スピンの場合にLuttinger-Tisza法により計算した2つのモデルの基底状態エネルギーは相図の全てのパラメータ領域で一致する。よって、3次元の場合と2次元の場合とで基底状態相図が類似するのは最も面白いと考えられる。両者の違いが顕著になるのは付加的な相互作用によりincommensurateな磁気秩序が現れる場合や、有限温度の場合であると考えられる。

さらに、図2において4副格子変換を施した Λ_c を破線で示している。4副格子変換においては、 $\varphi \rightarrow \varphi' = \arctan[-\tan\varphi - 1]$ と変換され、 φ における Λ_c は、 $\Lambda_c(\varphi) \rightarrow \Lambda_c'(\varphi') = \Lambda_c(\varphi) / \sqrt{[\sin\varphi + \cos\varphi]^2 + \cos^2\varphi}$ と φ' における Λ_c' として変換される。分母はエネルギースケールを揃えるための因子である。図2を見ると、 $\varphi < 0.5$ においては Λ_c が離散的であることによる多少のずれはあるものの、全ての φ において $\Lambda_c(\varphi)$ と $\Lambda_c'(\varphi')$ がよく一致している。これは、本研究の結果がモデルの持っている4副格子対称性を反映していることを示しており、gPEPS法による先行研究よりも精度良く基底状態相図が得られていることを示している。

次に、相互作用が異方的な場合を考える。ここでは、2次元ハニカム格子の場合の先行研究

感受率(の x 成分と z 成分) $\chi^{xx}, \chi^{zz}, \chi^{\Lambda}(\mathbf{k})$ がある臨界エネルギースケール Λ_c で発散した場合は、その波数 $\mathbf{k}_{\max}$ に対応する秩序ベクトルの磁気秩序が実現したと判断している。実際の数値計算においては、有限サイズ効果や周波数について離散的なメッシュを用いているために、感受率の発散は Λ_c 以下の Λ における感受率の数値的な不安定化となって現れるため、この不安定化によって秩序化の判定を行なっている。逆に、量子スピン液体状態では $\Lambda = 0$ までスピン感受率は発散しないため、計算で用いた Λ の最小値である $\Lambda_{\min}$ までスピン感受率が不安定な振る舞いを

[12] を踏襲して、 φ の範囲として $1.5 \leq \varphi/\pi \leq 2.0$ の範囲を考える。このパラメータ領域では、Kitaev 相互作用が強磁性的で Heisenberg 相互作用が反強磁性的である。異方性を考えるにあたって、相互作用定数を $J_x = J_y = (3 - J_z)/2$ とパラメトライズし、 $J_z \in [0, 3]$ をパラメータとして変化させながら計算を行う。 $J_z = 1$ の時には $J_x = J_y = J_z = 1$ となり上述の等方的な相互作用の



第 3 図： 相互作用に異方性がある場合について PFFRG 法を用いて得られた基底状態相図。 J_z は異方性パラメータ。

それぞれの極限では Kitaev 量子スピン液体が無限小の Heisenberg 相互作用に対して不安定であることを示しており、これは 2 次元ハニカム格子の場合に解析的および数値的に示されている（この 2 つの極限では 3 次元ハイパーハニカム格子も 2 次元ハニカム格子も同様の結果を示すはずである）[12]。また、黒い五角形はダイマー極限の計算から厳密に示す事ができる相境界である。残る白抜き正方形は、2 次元ハニカム格子の場合において厳密対角化法と密度行列繰り込み群 (DMRG) 法を組み合わせ得られた先行研究 [12] の相境界を示している。赤い破線は Luttinger-Tisza 法による古典スピンモデルにおける相境界を示している。結果を見ると、Néel 反強磁性相と stripy 反強磁性相の相境界は異方性に対して緩やかに変化するのみであるのに対して、量子スピン液体相は異方性に対して鋭敏であり、異方性を大きくしていくとその領域が狭くなっていくため、等方的な場合に最も安定となる事が分かる。また、Néel 反強磁性相は J_z を大きくしていくとダイマー相に相転移する事が分かる。本研究の結果は 2 次元ハニカム格子上の模型に対する先行研究 [12] と定性的に類似しており、また、 $J_z \rightarrow 0$ と $J_z \rightarrow 3$ の 2 つの極限において、シンボルで示した相境界とコンシステントであるように見える。

4. まとめ

本研究では、スーパーコンピュータを用いた並列計算により、3 次元ハイパーハニカム格子上に定義された Kitaev-Heisenberg 模型の基底状態相図を、相互作用が等方的な場合と異方性のある場合それぞれに対して PFFRG 法を用いて解明した。結果として、等方的な場合では、2 次元ハニカム格子の場合の PFFRG 法による基底状態相図と非常に類似した結果を得た。これは、格子の配位数が 3 であることや、量子スピン液体が短距離のみの相関を持つこと、そして、秩序相が全て commensurate であることから理解できた。また、ここで得られた相図では 2 つの Kitaev 点は量子スピン液体相の中心付近に位置しており、さらに、模型の持つ 4 副格子対称性を反映

した結果となっているため、gPEPS 法による先行研究よりも精度良く基底状態相図を解明できたと言える。また、相互作用に異方性がある場合は、エネルギースケールの問題からアクセスできるパラメータ領域に制限はあるものの、等方的な場合と同じく基底状態相図が 2 次元ハニカム格子のものと定性的によく似ていることが分かった。量子スピン液体相と秩序相の相境界は異方性に対して鋭敏に変化し、相互作用が等方的な場合に量子スピン液体相が最も安定であることが示された。3 次元格子上のフラストレーションの大きな量子スピン模型に対する計算を大きなシステムサイズについて実行できる数値的手法は非常に限られており、本研究の結果は他の手法では得難いものであり、また、3 次元 Kitaev 模型候補物質の物質設計や探索において重要な示唆を与え得る。展望としては対称なスピン非対角相互作用である Γ 相互作用を取り入れた計算が挙げられる。代表的なハイパーハニカム格子をもつ候補物質である β -Li₂IrO₃ に対する実験結果は低温において incommensurate で非共面的な磁気秩序を示しているが、この秩序は図 2 や図 3 には現れていない。 Γ 相互作用を取り入れた古典スピンに対する理論研究においては、スパイラル秩序や多重 Q 秩序などの磁気秩序の実現が議論されており、 Γ 相互作用により実験で得られた磁気秩序を再現する事が期待される。実際に、近年の実験結果は Γ 相互作用が大きく、無視できないことを示しており、 Γ 相互作用を取り入れた量子スピン系における計算が必要である。本研究は、日本物理学会の発行する国際誌である Journal of Physical Society of Japan に掲載された [10]。手法についてのより専門的な説明や詳細な計算結果はそちらをご参照いただきたい。

参 考 文 献

- [1] A. Kitaev, Ann. Phys. **321**, 2 (2006).
- [2] G. Jackeli and G. Khaliullin, Phys. Rev. Lett. **102**, 017205 (2009).
- [3] S. Mandal and N. Surendran, Phys. Rev. B **79**, 024426 (2009).
- [4] T. Takayama *et al.*, Phys. Rev. Lett. **114**, 077202 (2015).
- [5] Y. Haraguchi *et al.*, Phys. Rev. Mater. **6**, L021401 (2022).
- [6] Y. Haraguchi and H. A. Katori, Chem. Lett. **52**, 404 (2023).
- [7] S. S. Jahromi and R. Orús, Phys. Rev. B **99**, 195105 (2019).
- [8] J. Chaloupka, G. Jackeli, and G. Khaliullin, Phys. Rev. Lett. **110**, 097204 (2013).
- [9] J. Reuther and P. Wölfle, Phys. Rev. B **81**, 144410 (2010).
- [10] K. Fukui, Y. Kato, and Y. Motome, J. Phys. Soc. Jpn. **92**, 064708 (2023).
- [11] K. Fukui, Y. Kato, J. Nasu, and Y. Motome, Phys. Rev. B **106**, 174416 (2022).
- [12] E. Sela *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 035113 (2014).

教育利用報告

「実践的シミュレーションソフトウェア開発演習」

居 駒 幹 夫

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻非常勤講師

1. はじめに

大学院工学系研究科機械工学専攻向けの演習科目「実践的シミュレーションソフトウェア開発演習」の今年度実施内容の報告および本科目実施の 15 年間をふりかえってみたい。

本科目の目標は計算流体力学(CFD)、分子動力学(MD)の国際的な競争力を持つシミュレーションソフトウェアを、信頼性、保守性、移植性などのソフトウェア工学の知識も考慮して開発できるスキルを身に付けることである。この目標達成のため、複数人の受講生がチームを組み、情報基盤センターの Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステムを活用してシミュレーションソフトウェアを開発する。2009 年に科目開始以来 15 年間継続、改善しており、受講者が保守性の高いシミュレーションソフトウェアを開発することを可能にしている。演習の内容、スケジュール等は本科目の教科書[1]、学会報告[2]およびスーパーコンピューティングニュースでの過去の報告[3]を参照いただきたい。

2. 今年度の実施報告

今年度の講義、演習は、新型コロナウイルス感染症の 5 類感染症移行に伴い対面で実施した。本年度の科目履修登録者は 10 名で、このうち 8 名が修了した。演習の成果物となるシミュレーションソフトウェアは、これまでの最高レベルであった。受講生自身の評価としては、成果物としての満足度は過去 2 番目に高く、科目としての有益度も高い結果であった。Oakbridge-CX の活用時間も過去最長だったと思われる。

3. 2009 年からの受講者評価および情報系のスキルレベル変遷

本科目は、2009 年のスタートから今年度で 15 年目となる。2021 年の報告[4]で開発環境の変更・改善を報告した。本稿では、本科目自体および、演習成果物に対する受講生の評価と、受講生の情報分野におけるスキルレベルの変遷について述べる。元になるデータは、本科目で採取している受講者アンケートのうち、(現在行っている講義内容になった) 2012 年以降の 12 年分の受講者アンケートで、このデータを 4 年ごとに前期・中期・後期に分けて集計した結果を報告する。各期のアンケート回答者数を表 1 に示す。アンケートは科目開始日と終了日に 2 回行っており、それぞれの回答者は、(一部例外を除き)ほぼ履修登録者と修了者である。

表 1 受講前後のアンケート回答人数

期間	初日 アンケート	終了日 アンケート
前期(2012 年～2015 年)	44	32
中期(2016 年～2019 年)	37	37
後期(2020 年～2023 年)	42	37

3.1 本科目の受講生評価の変遷

受講生による、本科目の有益度評価、演習の成果物（受講生コーディング部分で 1000 行程度のプログラム）の満足度、研究室後輩への推薦度の変化を、表 2～表 4 と図 1～図 3 にまとめた。これらの結果を見ての通り、科目としての有益度、成果物の満足度ともに、後期で良い結果が得られている。2020 年度以降の後期は、コロナ禍の時期と重なっており、当初は演習の講義および成果物の品質の確保が懸念されていたが、結果としてはそれ以前よりも高い評価が得られている。この理由として、次の 3 点が考えられる。

- 従来から本科目では、コミュニケーションを活性化する電子的仕掛けを活用していたこと
- 受講生のグループでも Slack、Zoom 等の電子的な手段でのグループ内のコミュニケーションが従来よりも活性化し、さらに 2023 年度コロナ感染症 5 類移行後も活用が継続していること
- 受講生の情報科学的なリテラシが向上してきていること (3.2 項で詳述)

表 2 本科目の有益度

期	大変役立つ	<--->			役に立たない	科目有益度
前期	21	11	0	0		4.66
中期	26	10	1	0		4.68
後期	30	6	1	0		4.78

図 1 有益度の変化



表 3 演習成果物の満足度

期	非常に高い	<--->			非常に低い	成果満足度
前期	3	9	13	8	4	1.97
中期	2	10	12	12	1	2.00
後期	11	15	7	4	0	2.89

図 2 成果満足度の変化



表 4 来年の M1 学生に勧めたいか

期	ぜひ勧めたい	<-->			やめさせる	科目推薦度
前期	6	10	16	0		3.69
中期	10	18	9	0		4.03
後期	19	11	6	1		4.30

図 3 科目推薦度の変化



3.2 受講生の情報分野におけるスキルレベルの変遷

15 年前の本科目立ち上げ時、受講者の機械系の大学院生は情報系の知識は限定的だったが、その後、非情報系学科卒業者の情報系知識、スキルは向上している。今回、本科目の事前アンケートで検証してみた。

受講生の C 言語経験を図 4 に示す。後期になり、「学部教育のみで C 言語を経験」という学生が増え、過去にいた「C 言語で数万行コーディング経験」という受講生が消えている。

図 4 受講生の C 言語経験

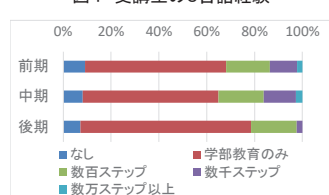


図 5 受講生のスクリプト言語経験

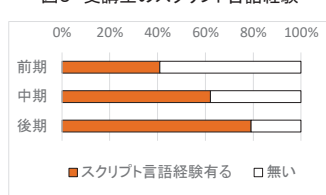
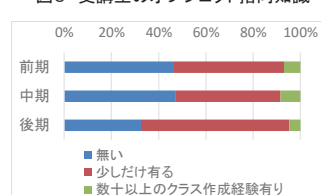


図 6 受講生のオブジェクト指向知識

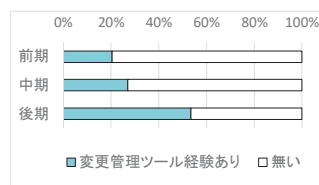


一方、図5に示す通り、Pythonをはじめとした（オブジェクト指向型の）スクリプト言語経験者が増えている。図6に示す通り、「オブジェクト指向をかじりました」レベルの学生は増えているが、本科目受講時点でのソフトウェア工学的な知識・スキルはほとんどないというのが現状（本科目の最初の演習プログラムでは、ほぼすべての受講者が main 関数にすべての処理を書く状況）である。

また、最近の大きな変化は、変更管理ツール特に Git が普及していることである（図7）。科目開始時は全体で1名知っていたら良い程度だったが、現在では、受講生の半分以上の学生が使用経験済みの状況となってきた。

一般的に、学部卒業生の情報リテラシは向上しており、さらに本科目のソフトウェア工学的な指導により、良い演習成果物ができていると言える。ただし、保守性の高い良いプログラムを書くための知識、スキルは非情報系学科の学生すべてに重要であり、今後の学部カリキュラム標準等でも検討が必要だと考える。

図7 受講生の変更管理ツール経験



4. おわりに

筆者は2009年に本科目立ち上げ時から15年間本科目の講師を担当してきた。ここまで述べてきたように（他講師の活躍により）評価の高い科目にはなっているが、当初の目標である世界的に競争力のあるソフトウェアの創出という段階にはほど遠い状況である。

本科目開始時、筆者は企業の技術者としてソフトウェア性能の専門家でもあった。その目で数値シミュレーションソフトウェアを初めて見たとき、その膨大な計算量に驚いた。しかし、本質的にボトルネックになるのは計算量ではなく、時系列での MapReduce 的な処理の繰り返し部分の直列性にある。ここ15年で急速な進化を遂げている人工知能(AI)の世界でも、時系列予測においてのリカレントニューラルネットワーク(RNN)で同様の問題があったが、アテンション機構の導入/移行による並列化で、より良い実世界へのシミュレーションが可能になっている。もちろん、解く問題が異なるため、AIでの解がそのまま他の分野に使えるわけではないが、数値シミュレーションでも良いブレイクスルーは無いかと思いつつ退任の時を迎えてしまった。

来年度からはソフトウェア工学の一線で活躍している研究者が本科目に加わる。これまでの科目の維持ではなく、CFD、MDの専門家と情報系の専門家の化学反応により、新たな科目による国際的な競争力のある人材育成およびソフトウェア創出につながる成果を期待したい。

参 考 文 献

- [1] 佐藤文俊, 加藤千幸編, “ソフトウェア開発入門: シミュレーションソフト設計理論からプロジェクト管理まで”, 東大出版, 2014年4月, ISBN-4130624547
- [2] 居駒幹夫, 高橋英男, 他, “非情報系の学生を対象としたソフトウェア開発演習の設計と改善”, 情報処理学会研究報告, 2016年8月, Vol. 2016-IS-137 No. 2
- [3] 居駒幹夫, “講義紹介: 「実践的シミュレーションソフトウェア開発演習」”, スーパーコンピューティングニュース, https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/public/VOL14/No6/10_201211education-2.pdf
- [4] 居駒幹夫, “教育利用報告: 「実践的シミュレーションソフトウェア開発演習」”, スーパーコンピューティングニュース, https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/public/VOL23/No5/14_Lec202109-S1S2_ikoma.pdf

科学技術計算 I / 計算科学アライアンス特別講義 I / スレッド並列コンピューティング 「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」 (オンライン)

中 島 研 吾

東京大学情報基盤センター

本稿では、2023 年度 S1・S2 学期に実施した、科学技術計算 I (大学院情報理工学系研究科数理解情報学専攻) / 計算科学アライアンス特別講義 I (同 コンピュータ科学専攻) / スレッド並列コンピューティング (大学院工学系研究科電気系工学専攻) 「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」¹について紹介する。

近年マイクロプロセッサのマルチコア化が進み、様々なプログラミングモデルが提案されている。中でも OpenMP は指示行 (ディレクティブ) を挿入するだけで手軽に「並列化」ができるため、広く使用されており、様々な解説書も出版されている。メモリへの書き込みと参照が同時に起こるような「データ依存性 (data dependency)」が生じる場合に並列化を実施するには、適切なデータの並べ替えを施す必要があるが、このような対策は OpenMP 向けの解説書でも詳しく取り上げられることは余り無い。本講義では、「有限体積法から導かれる疎行列を対象とした ICCG 法」を題材として、科学技術計算のためのマルチコアプログラミングにおいて重要なデータ配置、reordering などのアルゴリズムについての講義、スパコンを使用した実習を実施した。本年度からは、Wisteria/BDEC-01 (Odyssey)²を使用している。

講義内容の詳細については、ウェブページから資料をダウンロードできるのでそちらを参照いただきたい。本講義では、受講者の多様なバックグラウンドを考慮して、ほぼ全講義内容について Fortran, C 両方による教材を準備している。

2020~2022 年度に引き続いて全ての講義を Zoom によるオンラインで実施した。2 回目の講義 (4 月 12 日) は休日であったが、1 時間だけ Q/A のセッションを設けた。

登録者は 97 名 (科学技術計算 I : 16 名, 計算科学アライアンス特別講義 I : 51 名, スレッド並列コンピューティング : 30 名) で、昨年 (56 名) を大幅に上回った。2019 年度以前は登録者 35 名程度、出席者は 20 名を切る程度なのであるが、オンライン下では、08:30 開始の 1 限にもかかわらず、7 月の最後の講義まで常時 35~40 名程度の出席者があった。毎回の講義は録画して、クラウド上の動画のありかを ITC-LMS 経由で受講者に連絡していた。これを使って (倍速で再生して) 復習している学生も少なからず居るらしく、連絡を忘れると催促が来たりした。このようにビデオ動画等を使ってオンデマンドで受講できるというのはオンライン講義の一つの利点と言える。国際会議でもオンデマンド (発表聴講) とリアルタイム (質疑・議論) とを組み合わせる方式は、定着している。更に Slack のようなツールを組み合わせることによって、効果的なコミュニケーションを効率良く実現できる。

単位取得者は 14 名であった (昨年は 19 名)。

2013 年度以降、資料は英語版のみ用意していたが、講義そのものは日本語で実施していた。

¹ <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/23s/>

² <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria>

2017 年度から英語で実施することとしたため、留学生の受講は増加しており、2020～2022 年度は登録者の半数をやや上回っていた。2023 年度は 97 名中 35 名と割合としては減少したが、普段の講義に出席していたのはほとんど留学生であったようだ。

A1・A2 学期も基本的にはオンライン講義継続となった。様々な模索も継続すると考えられるが、より受講者の負担を減らすような方法が何よりも重要である。

Date	ID	Title
April-05 (W)	CS-01	Introduction-a
April-12 (W)	-	Q/A (Optional) (09:00-10:00)
April-19 (W)	CS-02	FVM (1/2)
April-26 (W)	CS-03	FVM (2/2)
May-03 (W)	(no class)	(National Holiday)
May-10 (W)	CS-04	OpenMP (1/3), Login to Odyssey
May-17 (W)	CS-05	OpenMP (2/3)
May-24 (W)	CS-06	OpenMP (3/3)
May-31 (W)	CS-07	FVM/ICCG(1/2)
June-07 (W)	CS-08	FVM/ICCG(2/2)
June-14 (W)	CS-09	Reordering (1/3)
June-21 (W)	CS-10	Reordering (2/3)
June-28 (W)	CS-11	Reordering (3/3)
July-05 (W)	CS-12	Parallel Code by OpenMP (1/3)
July-12 (W)	(no class)	(International Trip)
July-19 (W)	CS-13	Parallel Code by OpenMP (2/3)
July-26 (W)	CS-14	Parallel Code by OpenMP (3/3), Q/A

図 1 講義スケジュール

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 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させて頂いた。

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 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 {命令，スレッド，プロセス} レベル並列性 2-1 並列システム 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， α β モデル 2-2 共有・分散メモリ型の並列処理 SPMD，共有・分散メモリ，性能計測， 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 MPI 基礎
5 月 19 日	15:50-17:20	集団通信関数 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 演習
6 月 2 日	15:50-17:20	3-3 マルチスレッドと排他制御 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 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 計算環境，認証，実行手順， 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 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 逐次の多体問題のプログラムの OMP 化にむけて (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 逐次の多体問題のプログラムの MPI 化にむけて (データを全プロセスでコピーして持ち，自分の担当 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

東京大学情報基盤センター

解法として広く知られている有限要素法 (Finite Element Method) とその並列化について下記項目について講義を実施した：

- 有限要素法の概要とそのプログラミング (一次元・三次元熱伝導)
- MPI による並列プログラミング
- MPI/OpenMP ハイブリッドによる並列有限要素法
- 並列前処理付き反復法による大規模連立一次方程式求解

受講者全員に Wisteria/BDEC-01 (Odyssey) のアカウントを発行し、実習を行った。スケジュールは表 1 を参照されたい。

本集中講義実施に当たって、多大なご協力を頂いた、王偉仲教授 (國立臺灣大學) と NCTS の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。

表 1 講義スケジュール

Data	Hour	Content	Date	Hour	Content
July 10 (M)	09:10-10:00	Introduction (1/2)	July 13 (Th)	09:10-10:00	Exercise (Optional)
	10:10-11:00	Introduction (2/2)		10:10-11:00	Exercise (Optional)
	11:10-12:00	FEM (1/7)		11:10-12:00	MPI Practice (2/4)
	13:10-14:00	FEM (2/7)		13:10-14:00	MPI Practice (3/4)
	14:10-15:00	FEM (3/7)		14:10-15:00	MPI Practice (4/4)
	15:10-16:00	FEM (4/7)		15:10-16:00	Parallel FEM (1/4)
	16:10-17:00	Exercise (Optional)		16:10-17:00	Parallel FEM (2/4)
July 11 (T)	09:10-10:00	FEM (5/7)	July 14 (F)	09:10-10:00	Parallel FEM (3/4)
	10:10-11:00	FEM (6/7)		10:10-11:00	Parallel FEM (4/4)
	11:10-12:00	FEM (7/7)		11:10-12:00	Exercise
	13:10-14:00	Parallel FEM		13:10-14:00	OpenMP/MPI Hybrid (1/3)
	14:10-15:00	Login to Odyssey		14:10-15:00	OpenMP/MPI Hybrid (2/3)
	15:10-16:00	MPI (1/6)		15:10-16:00	OpenMP/MPI Hybrid (3/3)
	16:10-17:00	Exercise (Optional)		16:10-17:00	Exercise (Optional)
July 12 (W)	09:10-10:00	MPI (2/6)			
	10:10-11:00	MPI (3/6)			
	11:10-12:00	Exercise			
	13:10-14:00	MPI Practice (1/4)			
	14:10-15:00	MPI (4/6)			
	15:10-16:00	MPI (5/6)			
	16:10-17:00	MPI (6/6)			

2023年度 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 開催状況

	開催日	内容	区分	人数	満足度※
第207回	2023年6月21日	「UTokyo N-Ways to GPU Programming Bootcamp」 ¹ Wisteria/BDEC-01 (Aquarius) 下川 隆史	事前登録者	20	4.10
			参加者	大学・研究機関教職員	4
				企業の方	2
				学部学生	2
				大学院生	7
				その他	0
				合計	15
第208回	2023年6月29日	「OpenMPで並列化されたC++プログラムのGPU移植手法」 ² Wisteria/BDEC-01 (Aquarius) 三木 洋平	事前登録者	8	4.25
			参加者	大学・研究機関教職員	3
				企業の方	0
				学部学生	0
				大学院生	1
				その他	0
				合計	4
第209回	2023年6月30日	「OpenACCとMPIによるマルチGPUプログラミング入門」 ³ Wisteria/BDEC-01(Aquarius) 星野 哲也	事前登録者	13	3.86
			参加者	大学・研究機関教職員	4
				企業の方	4
				学部学生	0
				大学院生	1
				その他	0
				合計	9
第210回	2023年7月3日 10日	「第8回 GPUミニキャンプ」 ⁴ Wisteria/BDEC-01(Aquarius) 下川 隆史	事前登録者	14	4.33
			参加者	大学・研究機関教職員	6
				企業の方	4
				学部学生	0
				大学院生	3
				その他	0
				合計	13
第211回	2023年7月24日	「MPI+OpenMPで並列化されたFortranプログラムのGPU への移行手法」 ⁵ Wisteria/BDEC-01(Aquarius) 星野 哲也	事前登録者	16	4.00
			参加者	大学・研究機関教職員	2
				企業の方	5
				学部学生	1
				大学院生	4
				その他	0
				合計	12

※「満足度」は講習会参加後に提出されたアンケート（「参加した満足度」の項目）から、その平均値を算出している。1 不満 ←→ 満足 5 の5段階評価。

¹ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/207/>

² <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/208/>

³ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/209/>

⁴ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/210/>

⁵ <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/211/>

第 207 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

「UTokyo N-Ways to GPU Programming Bootcamp」

下川辺 隆史

東京大学情報基盤センター

2023 年 6 月 21 日 (水) に、第 207 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「UTokyo N-Ways to GPU Programming Bootcamp」が開催されました。本講習会では、GPU 向けの並列化プログラミング手法の選択肢である、ISO 標準言語、OpenACC (指示文)、CUDA (GPU 専用言語) について実習を行いながら幅広く学びます。資料は GitHub で公開されている「HPC Bootcamp¹」を使用します。本講習会では、チャレンジ問題が出題され、この解説と質疑を 2023 年 7 月 5 日 (水) に行いました。

本講習会は、東京大学情報基盤センター、エヌビディア合同会社、PC クラスタコンソーシアム (実用アプリケーション部会) の共催で開催され、エヌビディア合同会社 HPC ソリューションアーキテクトの丹 愛彦氏に講師を務めていただきました。本講習会は Zoom によるオンライン講習会として実施され、情報提供や質問対応など、コミュニケーションツールとして Slack を利用しました。実習には、東京大学情報基盤センターに設置されたスーパーコンピュータ Wisteria/BDEC-01 を利用しました。本講習会のスケジュールは表 1 の通りです。受講者には実習で使用した Wisteria/BDEC-01 を受講後も利用できるお試しアカウントが与えられます。

表 1 スケジュール

日付	時間	内容
6 月 21 日	10:00 - 10:05	事務連絡
	10:05 - 10:30	Wisteria/BDEC-01 使い方講座
	10:30 - 11:00	GPU コンピューティング入門
	11:00 - 12:00	C++ および Fortran 標準言語プログラミング
	12:00 - 13:00	昼食
	13:00 - 14:30	OpenACC プログラミング
	14:30 - 16:30	CUDA C/Fortran プログラミング
	16:30 - 16:45	コードチャレンジの説明
	16:45 - 17:00	質疑応答、事務連絡
7 月 5 日	10:00 - 11:00	コードチャレンジの解説と質疑 (参加任意)

¹ https://github.com/openhackathons-org/nways_accelerated_programming

今回の講習会では、合計 20 名の事前申込があり、15 名が参加しました。参加者の内訳は、大学・研究機関教職員：4 名、大学院学生：7 名、学部学生：2 名、企業の方：2 名でした。講習会終了後に実施したアンケートの質問項目と回答の人数分布は表 2 の通りです。自由回答では、下記の回答をいただきました。

- Zoom, Slack, PDF & 端末はよいが、Slack 中の PDF ファイルから Git に行ったり、実行時の詳細を知るために別 PDF ファイルを漁ったりは結構たいへんである。「あっち行ったりこっち行ったり」の少ない資料にしてくれるとうれしい
- 英語に慣れていないため、ドキュメントを読むのに時間がかかった。GPU や並列計算についての知識が全くなく、用語を調べながら聞くのが大変だった。
- 並列化・高速化には「基準」が必要。もとのプログラムに変更を加えて、結果は変えず（無理だろうけど）、性能を上げるというのが標準的だろう。そうすると、基準のオプションで数値はこれこれとか、おすすめオプションはこれこれといった情報の提供が望まれる（ないと悩むね）。
- Git で提供される資料の抜粋を説明というのは、時間短縮のつもりなのかもしれないが、丁寧な説明 1 回で、あとはスィスイのほうがモチベーションはあがると思う。解答コードがあるなら、終了時間はオープンエンドでよい。

アンケート集計結果を見ると、多くの方に概ね満足してもらえたようで、改善点を踏まえて、次回以降の開催を検討したいと考えております。初学者を対象とした講習会であってもオンライン開催を望む声が多いことがわかりましたので、オンラインまたはハイブリッド開催を進めていこうと思います。

表 2 アンケート集計結果の人数分布と平均

	あり			なし			
並列プログラミング経験	6			4			
GPU プログラミング経験	3			7			
	オンラインが良い		現地開催が良い		どちらでもよい		
オンラインと現地開催	4		0		6		
	評点	1	2	3	4	5	平均
講習会時間	短い <-> 長い		1	6	3		3.2
講習会講義内容（プレゼン）	簡単 <-> 難			8	2		3.2
配布資料内容	簡単 <-> 難		1	7	2		3.1
サンプルプログラム内容	簡単 <-> 難			9	1		3.1
満足度	不満 <-> 満足			1	7	2	4.1

第 208 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

「OpenMP で並列化された C++プログラムの GPU 移植手法」

実施報告

三木 洋平

東京大学情報基盤センター

2023 年 6 月 29 日（木）、第 208 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「OpenMP で並列化された C++プログラムの GPU 移植手法」が開催されました。東京大学情報基盤センターでは、NVIDIA 社の最新 GPU をメインとする OFP-II を 2025 年 1 月に運用開始予定です。本講習会では OFP-II へのプログラム移植に向け、マルチコア CPU 向けに OpenMP で並列化された C++プログラムの GPU 環境への移植手法を学びました。また、本講習会は Zoom および Slack を用いたオンライン講習会として実施されました。

GPU 向けのプログラミング手法としては、NVIDIA 製 GPU 向け専用言語の CUDA C++を用いた実装、OpenACC や OpenMP などの指示文ベースの手法、C++17 で導入された標準言語規格を利用しての GPU 化などと複数の選択肢があり、それぞれに長所・短所があります。Fortran 言語を対象として GPU 移植手法を学ぶ講習会はすでに複数回開催されていましたが、C/C++言語ユーザを対象とした講習会は未開催であったので、今回新たに講習会を企画・開催することとしました。

本講習会は、東京大学内および学外における当センターのスーパーコンピュータの利用を考えているユーザに加え、社会貢献の一環として、高性能計算や並列処理の技術習得を目的にした企業に所属する研究者、技術者の方が参加可能になっております。受講者の内訳は、大学院学生：1 名、大学・研究機関教職員：3 名で、合計 4 名でした。

1 ヶ月間有効となるお試しアカウントが与えられ、Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステムの利用方法、GPU プログラミングに関する基礎演習が、半日間の日程で行われました。当日のプログラムを、以下に載せます。

- 6 月 29 日（木）
 - 13：00 - 13：30 GPU 向けプログラミング手法の紹介（座学）
 - 13：40 - 14：20 OpenACC を用いた GPU 化（座学＋演習）
 - 14：30 - 15：10 OpenMP を用いた GPU 化（座学＋演習）
 - 15：20 - 15：50 C++17 を用いた GPU 化（座学＋演習）
 - 16：00 - 17：00 CUDA C++を用いた GPU 化（座学＋演習）

また、Zoom 講習会を録画したものを東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティ

ング部門の YouTube チャンネル (<https://www.youtube.com/channel/UC2CHaGp1A0-vqRlV7wmU0-w/videos>) にアップロードしてあるのでいつでも視聴できます。

4名の参加者について、講習会に関するアンケートをご提出いただきました。主要な項目の集計結果は表 1 に示したとおりです。普段使用しているプログラミング言語については、C/C++、Fortran は 3 名、Python が 2 名と Julia が 1 名でした。講習会の時間については、適切が 2 名、やや短いとやや長いが 1 名ずつと割れていました。本講習会は、過去に国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト主催の GPU 講習会において 90 分間で紹介した内容のうち演習パートを拡充したものです。さらに実習の時間を設けてほしいという回答もありましたが、講習会の時間を伸ばして実習時間を拡充させる方針は好意的に受け止められているようです。また、講習会に参加した満足度は平均 4.25 であり、おおむね満足度が高かったようです。

表 1 アンケート集計結果

項目	評価	1	2	3	4	5
講習会時間	短い ⇄ 長い		1	2	1	
講義内容（プレゼン）	易 ⇄ 難			1	3	
配布資料内容	易 ⇄ 難			3	1	
サンプルプログラム	易 ⇄ 難			3	1	
満足度	不満 ⇄ 満足				3	1

自由記述欄においては

- GPU 用の様々な実装方法を知ることができた。
 - もう少し実習の時間を設けてほしかった。
 - かなり初歩的な部分から説明してもらえてよかった。実際に動くサンプルコードを提供してもらいそれを動かせたのがよかった。ごく簡単なものでよいので GPU 計算によってどれぐらい高速化できたかが実感できるサンプルコードも用意してもらえるとすごく楽しくなると思った。有意義な時間になりました。ありがとうございました。
- という感想をいただきました。

同様の講習会があれば、「また受けたい」という回答が 3 名、「どちらともいえない」が 1 名であり、その他の講習会にも期待されていることが伺えます。

以上

第 210 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

「第 8 回 GPU ミニキャンプ」

下川辺 隆史

東京大学情報基盤センター

2023 年 7 月 3 日（月）、10 日（月）の 2 週にわたり、第 210 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「第 8 回 GPU ミニキャンプ」が開催されました。本イベントは、東京大学柏 II キャンパス情報基盤センターの現地会場とオンラインで、初のハイブリッドとして開催されました。現地会場およびオンラインにて各自の Slack と Zoom を立ち上げて参加しました。

本講習会では、既存の CPU シミュレーションコードを GPU 化する方や、既存の単体 GPU コードを複数 GPU コードにする方などを対象に、東京大学情報基盤センターに設置されたスーパーコンピュータ Wisteria/BDEC-01 を活用した実践を行いました。ミニキャンプは参加者がコードやデータセットを持ち込み、各自のペースで GPU 化や GPU 利用効率向上などを実践する形で進めます。情報基盤センター教員に加えて、GPU のスペシャリストがメンターとして参加し、受講者はコードの GPU 化や利用率向上の作業を進めるにあたり随時相談することができます。

東京大学情報基盤センターと筑波大学計算科学研究センターが共同で運営する最先端共同 HPC 基盤施設（JCAHPC）では、Oakforest-PACS システム（OFP）の後継機種 OFP-II を 2025 年 1 月に運用開始予定です。スパコンへの性能要求とともに省電力、脱炭素化という昨今の状況を考慮すると、GPU 等の演算加速装置の導入は不可避と考え、OFP-II は GPU 搭載ノードを中心としたシステムとする予定です。本講習会は、GPU を搭載した OFP-II への移植に向けた GPU ミニキャンプ第 3 弾で、今後同じような GPU ミニキャンプを OFP-II 運用開始まで数ヶ月に一度の頻度で開催予定です。

本講習会は、東京大学情報基盤センター、エヌビディア合同会社、PC クラスタコンソーシアム（実用アプリケーション部会）の共催、プロメテック・ソフトウェア株式会社の後援で開催され、下記の皆様にメンターとしてご協力いただきました（敬称略）。

- ・ 丹 愛彦：エヌビディア合同会社 HPC ソリューションアーキテクト
- ・ 佐々木邦暢：エヌビディア合同会社 シニアソリューションアーキテクト
- ・ Kazuaki Matsumura：NVIDIA Corporation, HPC Compiler Engineer
- ・ 廣川祐太：株式会社 Preferred Networks エンジニア
- ・ 星屋隆之：プロメテック・ソフトウェア株式会社 SVP 兼 技術グループ長
- ・ 南 将平：プロメテック・ソフトウェア株式会社 HPC システムエンジニア
- ・ 額田 彰：筑波大学 計算科学研究センター 教授
- ・ 小林諒平：筑波大学 計算科学研究センター 助教
- ・ 大島聡史：九州大学 情報基盤研究開発センター 准教授
- ・ 三木洋平：東京大学 情報基盤センター 助教

本講習会のスケジュールは表 1 の通りです。本講習会では、まず座学を行い、その後はメンターと相談をしながら各チームで作業を進めていきました。本ミニキャンプでは、各チームで

の実践時間を多く取るため、講習会 1 日目と 2 日目を 1 週間空けて開催しました。講習会開催日に挟まれた中日は原則各チームで実践し、ベストエフォートで Slack を用いてメンターによる対応を行いました。講習会 2 日目には、せっかくの現地開催ということで、現地参加限定とはなりましたが、急遽 Wisteria/BDEC-01 の見学会を開催しました。

図 1 は講習会最後に撮影した集合写真です。受講者には実習で使用した Wisteria/BDEC-01 を受講後も利用できるお試しアカウントが与えられます。

表 1 スケジュール

日付	時間	内容
7 月 3 日	10:00 - 10:30	Wisteria/BDEC-01 使い方講座
	10:30 - 11:00	自己紹介と目標設定など
	11:00 - 16:50	実践（適宜自由に休憩）
	16:50 - 17:00	事務連絡・終了
7 月 4 日-9 日		各チームで実践
7 月 10 日	10:00 - 10:30	事務連絡・情報交換
	10:30 - 16:00	実施（適宜自由に休憩）、途中で Wisteria/BDEC-01 見学
	16:00 - 16:50	実施内容の紹介
	16:50 - 17:00	事務連絡・終了



図 1 講習会の集合写真

今回の講習会では、合計7チーム14名の事前申込があり、6チーム13名が参加しました。参加者の内訳は、大学・研究機関教職員：6名、大学院学生：3名、企業の方：4名でした。講習会終了後に実施したアンケートの質問項目と回答の人数分布は表2の通りです。

アンケートの自由回答を見ると、現地開催は直接話ができることがよいという意見がありました。一方で、オンラインは参加ハードルがさがる、遠方でも参加できてありがたいという意見がありました。その両方を満足するということで、ハイブリッドを期待する声が多数あり、これはアンケート集計結果からも窺えます。運営側としてもハイブリッド開催のメリットはよくわかりましたが、一方でイベント準備やメンターを現地に集めることにそれなりにコストがかかることもわかりました。今後は、年のうち数回はハイブリッド開催、それ以外はオンラインのみという形態で開催していくのが良いように思っています。

Slack の活用について、オンラインのみの開催の場合は Slack での議論が活発になりますが、ハイブリッドになると現地参加者は Slack を使わず対面で議論をすることも多くありました。これによって、オンラインのみの開催と比べてハイブリッド開催は Slack での議論が活発になりにくいという課題が見えてきました。どう解決していくか今後検討していきたいと思います。

表2 アンケート集計結果の人数分布と平均

	あり			なし			
並列プログラミング経験	8			2			
GPU プログラミング経験	8			2			
	オンライン が良い	現地開催が 良い		ハイブリッド 開催がよい	どの開催形 式でもよい		
オンラインと現地開催	0	0		9	1		
	評点	1	2	3	4	5	平均
講習会時間	短い <-> 長い		1	8			2.8
講習会講義内容（プレゼン）	簡単 <-> 難	1	1	7			2.7
配布資料内容	簡単 <-> 難			9			3.0
サンプルプログラム内容	簡単 <-> 難	1		8			2.8
満足度	不満 <-> 満足			1	4	4	4.3

原稿募集

本誌では利用者の皆様からの原稿を募集しています。以下の執筆要項に基づいて投稿してください。

執筆要項

- 1 内容は、本センターのスーパーコンピュータシステムの利用者にとって有意義な情報の提供となる原稿とします。
- 2 掲載可否については当編集委員会で決定させていただきます。
- 3 掲載可とした投稿原稿に対して、加除訂正を行うことがあります。
- 4 原稿枚数には特に指定はありませんが、シリーズに分割することもあります。
- 5 プログラムの実例が大量になる場合（概ね 1 頁を超える）は、本文には一部のみを記述し、投稿者の Web ページ等に全体を掲載し、その URL を引用するようにしてください。
- 6 原稿は横書きにしてください。
- 7 原稿は、A4 サイズで、ページの余白は上下 20mm、左右 26mm、ヘッダー15mm、フッター10mm に設定してください。詳しくは原稿様式をご参照ください。PDF 形式（フォント埋め込み）の完全原稿を電子メールにて uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp までご提出願います。
- 8 採用された原稿は、本センターの Web ページに掲載いたします。
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/public/news.php>

【スーパーコンピュータシステム・ストレージシステム利用案内】

お知らせ	Web ページ
サービス案内、運転状況など	https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/
公開鍵登録、マニュアル閲覧など	https://wisteria-www.cc.u-tokyo.ac.jp/ (Wisteria/BDEC-01) https://obcx-www.cc.u-tokyo.ac.jp/ (Oakbridge-CX) https://ipomoea-www.cc.u-tokyo.ac.jp/ (Ipomoea-01)

お問い合わせ内容	お問い合わせ先
利用申込関係	スーパーコンピュータシステム・ストレージシステム 利用申込書提出先 uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp 東京大学情報システム部 情報戦略課研究支援チーム
プログラム相談・システム利用に関する質問	https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supports/contact/#SOUDAN

【IP ネットワーク経由時のホスト名】

シ ス テ ム	ホ ス ト 名
Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム (Odyssey/Aquarius)	wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp 以下のホストの何れかに接続します※ wisteria0{1-6}.cc.u-tokyo.ac.jp
Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステム	obcx.cc.u-tokyo.ac.jp 以下のホストの何れかに接続します※ obcx0{1-6}.cc.u-tokyo.ac.jp
Ipomoea-01 システム (大規模共通ストレージシステム(第1世代))	ipomoea01.cc.u-tokyo.ac.jp 以下のホストの何れかに接続します※ i01login{1-2}.cc.u-tokyo.ac.jp

※どのホストに接続しても同じです。

【編集】

東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング研究部門
 東京大学情報システム部情報基盤課スーパーコンピューティングチーム
 〃 情報戦略課研究支援チーム

【発行】

東京大学情報基盤センター
 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-2-3
 (電話) 04-7133-4663 (ダイヤルイン)

目 次

センターから

サービス休止等のお知らせ	1
システム変更等のお知らせ	3
スーパーコンピュータシステム	
「大規模HPCチャレンジ」課題募集のお知らせ	5
スーパーコンピュータシステム	
「大規模HPCチャレンジ」採択課題のお知らせ	8
国際数学オリンピックの選手らが情報基盤センターを見学	10
研究成果の登録のお願い	11
6月・7月のジョブ統計	12

研究報告

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）	
公募型共同研究2023年度採択課題一覧	16
学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）	
第15回シンポジウム開催報告	19

ユーザーから

3次元Kitaev磁性体の汎関数繰り込み群による研究	20
----------------------------	----

教育活動報告

教育利用報告「実践的シミュレーションソフトウェア開発演習」	25
科学技術計算Ⅰ／計算科学アライアンス特別講義Ⅰ／	
スレッド並列コンピューティング	
「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」(オンライン)	28
教育利用報告：工学院大学3年次講義「並列・分散システム」	30
国家理論中心数学組『高效能計算』短期課程	
Parallel Finite Element Method Using Supercomputer	32
2023年度 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 開催状況	34
第207回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会	
「UTokyo N-Ways to GPU Programming Bootcamp」	35
第208回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会	
「OpenMPで並列化されたC++プログラムのGPU移植手法」	37
第210回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会	
「第8回GPUミニキャンプ」	39

原稿募集	42
------	----