

第190回 お試しアカウント付き 並列プログラミング講習会 「MPI上級編」受講ガイド

東京大学 情報基盤センター
埜 敏博

内容に関するご質問は
hanawa @ cc.u-tokyo.ac.jp
まで、お願いします。

講習会概略

- 開催日： 2022年10月12日（水） 10:00 - 17:30
- 形態： ZoomおよびSlackを用いたオンライン講習会
- 使用システム：Wisteria/BDEC-01 (Odyssey, Aquarius)
- 講習会プログラム：
 - 10:00 - 11:20 MPI概要、Wisteria/BDEC-01で使えるMPI実装
 - 11:30 - 12:30 ノンブロッキング通信、演習
 - (12:30 - 13:30 お昼休憩)
 - 13:30 - 14:30 派生データ型、MPI-IO、演習
 - 14:40 - 16:10 コミュニケータ、マルチスレッド、演習
 - 16:20 - 17:30 片側通信、演習

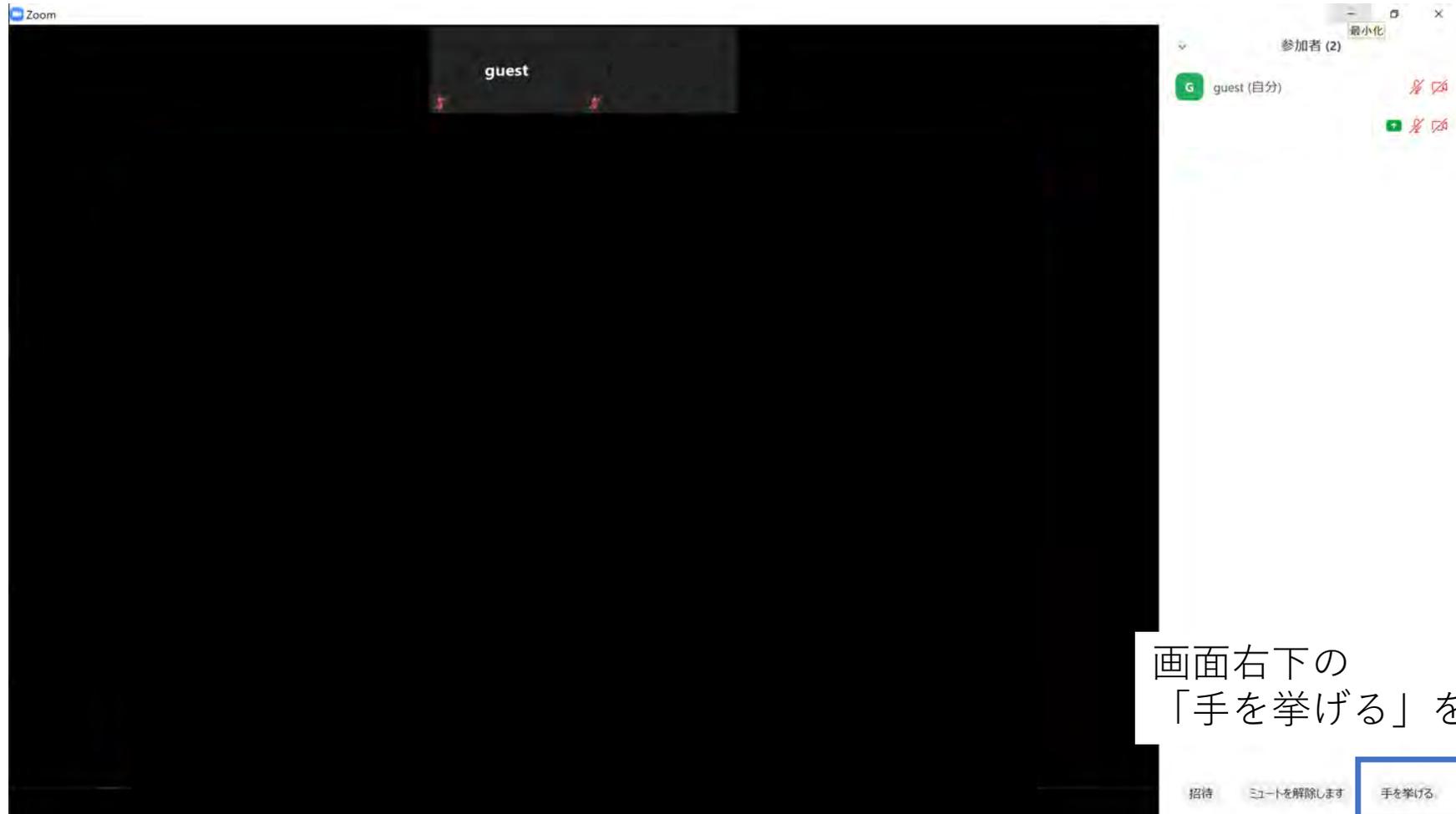
Zoom関連

- 「手をあげる」機能
 - 質問がある際，全体の状況を確認するため使用
- ブレークアウトセッション
 - 画面を共有しながらエラー対応する際に使用
 - （なるべく口頭でのやりとりやSlackで対応する予定）
- https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/zoom/how_to_use

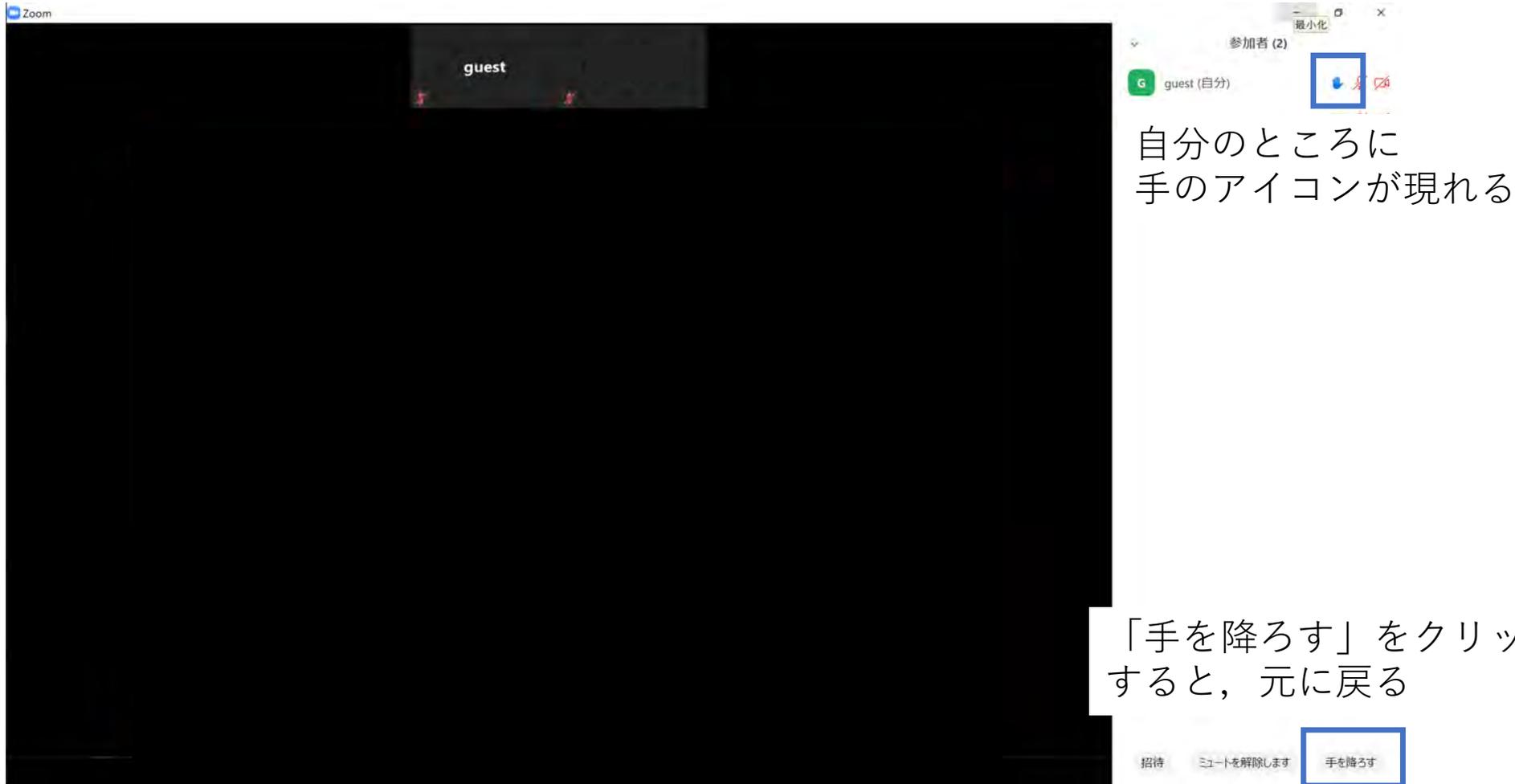
「手を挙げる」機能の使い方 (1/3)



「手を挙げる」機能の使い方 (2/3)



「手を挙げる」機能の使い方 (3/3)



自分のところに
手のアイコンが現れる

「手を降ろす」をクリック
すると、元に戻る

ブレイクアウトセッション (1/4)

- 演習時に使用するかもしれません
- 演習中に「ヘルプを求める」ことができます
 - ホストを招待した後に「画面を共有」することで、皆さんの記述したプログラムを一緒に見ながら問題解決にあたります



ブレイクアウトセッション (2/4)

- この表示が出たら、「ホストを招待」をクリック
- ホストの承認待ちに移行
 - 他の受講者のヘルプ中など、直ちに対応できない場合もあります



ブレイクアウトセッション (3/4)

- この状態になると、ホスト（講師）と会話可能
 - マイクの有効化，画面の共有などをしながら相談



ブレイクアウトセッション (4/4)

セッションを退出

このブレイクアウトセッションから退出して、メインセッションに戻りますか?

← ミーティングを退出 **メインセッションに戻る** キャンセル

2. 「メインセッションに戻る」
をクリック
注：「ミーティングを退出」は、講習会からの退出になってしまいます

1. 「ブレイクアウトセッションを退出」
をクリック

参加者 1 チャット 画面を共有 レコーディング ヘルプを求める 反応

ブレイクアウトセッションを退出

Slack関連

- ブラウザ上で使う場合には：
 - <https://w1590055008-bgo338004.slack.com/archives/C044X1G3XV5>
 - 注：ログインには、事前にお配りしたリンクからの登録が必要です
 - 質問対応に使用
 - コードの貼り付け方
 - スレッドの確認方法
-
- 以下，ブラウザ版で説明しますがアプリ版でも操作は同じです

質疑応答チャンネルへの移動

#第166回-mpi上級編

10月4日、あなたがこのチャンネルを作成しました。**#第166回-mpi上級編** チャンネルをどんどん活用していきましょう！ 説明：第166回 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI上級編」の質疑応答(編集)

左側の「チャンネル」の中に
「#第190回-mpi上級編」があるので、クリック

「#第190回-mpi上級編」が見つからない場合は、「チャンネル」の
右側の「+」をクリックし、さらに「チャンネル一覧」をクリック。
チャンネル一覧の中に「#第190回-mpi上級編」があるので、「参加
する」をクリック

#第166回-mpi上級編 へのメッセージ

講習会：MPI上級

12

メッセージの入力方法

第166回-mpi上級編

10月4日、あなたがこのチャンネルを作成しました。#第166回-mpi上級編 チャンネルをどんどん活用していきましょう！ 説明：第166回 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI上級編」の質疑応答 (編集)

メンバーを追加する

10月4日 (月)



埴 敏博 16:48

Ryotaro Nakahari (技術職員)さんと一緒に、#第166回-mpi上級編に参加しました。

最下部に入力欄があるので、質問内容を記載して Ctrl+Enter する (右下の「メッセージを送信する」でも同じ)

#第166回-mpi上級編 へのメッセージ



東大

Slack

: そ

▼ チャンネル

general

random

第133回-gpuプログラミン...

第135回-oakforest-pacs実践

第141回-mpi基礎

第142回-mpi上級編

第153回-mpi基礎

第154回-openmpによるマ...

第156回-wisteria実践

第157回-gpuプログラミン...

第161回-wisteria実践

第162回-openfoam初級

第164回-gpuフ

第165回-mpi基

第166回-mpi上

+ チャンネルを

▶ ダイレクトメッセージ

2022/10/12

コードの貼り付け方

第166回-mpi上級編

10月4日、あなたがこのチャンネルを作成しました。#第166回-mpi上級編 チャンネルをどんどん活用していきましょう！説明：第166回 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI上級編」の質疑応答(編集)

👤 メンバーを追加する

10月4日(月) ▼



埴 敏博 16:48

Ryotaro Nakahari (技術職員)さんと一緒に、#第166回-mpi上級編に参加しました。



埴 敏博 16:54

「コードブロック」とあるものをクリックすると枠が生成されるので、この中にコピーするのがやりやすい
Ctrl+Alt+Shift+C でも良いが、これはやりづらい
... (日本語配列ではShift+@を3連打) しても良い





スレッドの確認方法



🔍 スレッド

🗉 すべての DM

@ メンション & リアクション

⋮ その他

▼ チャンネル +

general

random

第133回-gpuプログラミ...

第135回-oakforest-pacs実...

第141回-mpi基礎

第142回-mpi上級編

第142回-mpi上級編

10月20日(火) 21:24
左上の「スレッド」をクリックすると、自分が参加しているスレッドの一覧が表示されます

上級編 チャンネルをどんどん活用していきましょう！
説明：説明：第142回 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI上級編」の質疑応答 (編集)

🔌 アプリを追加する 👤 メンバーを追加する

10月20日(火) ▼



埴敏博 21:24

他 10 人のメンバーと一緒に、#第142回-mpi上級編 に参加しました。

今日 ▼



埴敏博 16:49

チャンネルの説明を設定しました：説明：第142回 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI上級編」の質疑応答

#第142回-mpi上級編 へのメッセージ



ユーザアカウント

- 使用システム： Wisteria/BDEC-01 (Wisteria)
 - `$ ssh USERNAME@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp`
- 本講習会でのユーザ名
 - 利用者番号： `tABCDE` (ABCDEは, 適宜書き換えてください)
 - 利用グループ： `gt00`
- 利用期限
 - `11/12 9:00`まで有効
- 注:本講習会関連の質問はhanawa[at]cc.u-tokyo.ac.jpまで
 - Slackで質問していただいて結構です
 - (講習会アカウントでは) 公式の相談対応システムは使わないでください

テストプログラムの概要

- C言語版・Fortran版共通ファイル：
[MPI-advanced.tar.gz](#)
- tarで展開後，物によってはそれぞれの言語用のディレクトリが作られる
 - [C/](#) : C言語用
 - [F/](#) : Fortran 90用
- 上記ファイルの置き場所：
[/work/gt00/share](#)

サンプルプログラムの取得 (1/2)

- 実行してもらおうコマンドは \$ 以降に青字で記載しています
 - ターミナルへの入力が終わったら 「Enter」 キーを押してください
- 1. Lustreファイルシステムに移動
 - \$ cd /work/gt00/tABCDE # 下線部は自分のIDに変更
- 2. /work/gt00/share/ にあるサンプルファイルをコピー
 - \$ cp /work/gt00/share/MPI-advanced.tar.gz .
 - MPI-advanced.tar.gz と . (ドット) の間に半角スペース
- 3. サンプルファイルを展開
 - \$ tar xvfz MPI-advanced.tar.gz

サンプルプログラムの取得 (2/2)

4. MPI-advanced ディレクトリに入る

```
$ cd MPI-advanced
```

5. サンプルプログラムのディレクトリがあることを確認

```
$ ls
```

Wisteria/BDEC-01でのジョブ実行

- 以下の2通りの実行形態があります

1. バッチジョブ実行

- バッチジョブシステムに処理を依頼して実行
- 実行したい処理をファイル（ジョブスクリプト）で指示
- スパコン環境で一般的
- 大規模実行用
 - Wisteria-Odysseyでは、最大2,304ノード（139264コア）、24時間まで

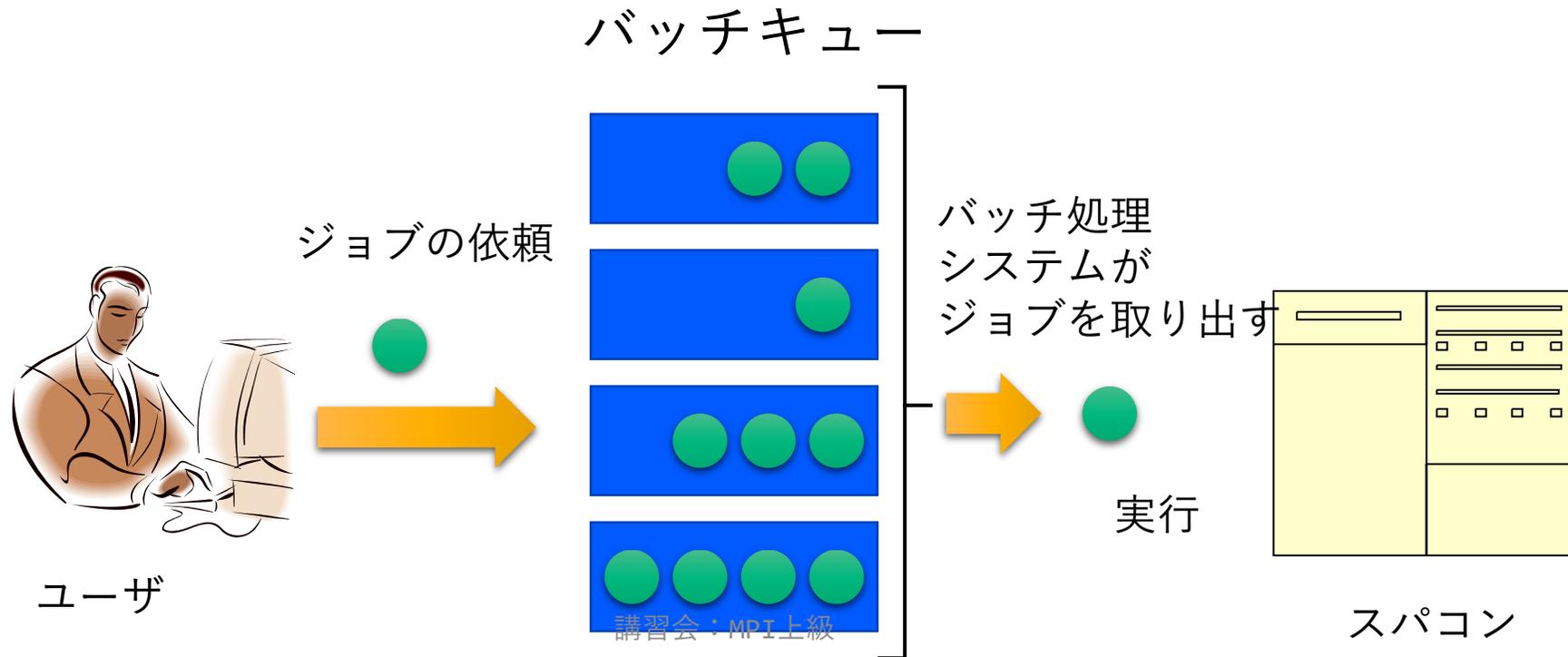
※講習会アカウントでは
バッチジョブ実行のみ、
最大12ノード15分まで

2. インタラクティブジョブ実行

- PCでの実行のように、コマンドを入力して実行
- スパコン環境では一般的ではない
- デバッグ用、大規模実行はできない
 - 1ノード（68コア）：2時間まで
 - 16ノード（1088コア）：10分まで

バッチ処理とは

- スパコン環境では，通常は，インタラクティブ実行（コマンドラインで実行すること）はできません
- ジョブはバッチ処理で実行します



バッチキューの設定方法

- Wisteriaでのバッチ処理は、富士通のバッチシステムで管理
- 主要コマンド：
 - ジョブの投入：`pjsub <ジョブスクリプトファイル名>`
 - 自分が投入したジョブの状況確認：`pjstat`
 - 投入ジョブの削除：`pjdel <ジョブID>`
 - 計算ノードの込み具合を見る：`pjstat --rscuse`
 - バッチキューの状態を見る：`pjstat --rsc`
 - バッチキューの詳細構成を見る：`pjstat --rsc -x`
 - 投げられているジョブ数を見る：`pjstat --rsc -b`
 - 過去の投入履歴を見る：`pjstat -H`
 - 同時に投入できる数／実行できる数を見る：`pjstat --limit`

本お試し講習会でのキュー・グループ名

- 本講習会中のキュー名
 - tutorial-o (Odyssey)
 - 最大15分まで
 - 最大ノード数は12ノード (576コア) まで
 - tutorial-a (Aquarius)
 - 最大15分まで
 - 最大GPU数は4GPUまで
- 本講習会終了後のキュー名
 - lecture-o, lecture-a
 - 利用条件tutorial-o, tutorial-aと同様
- グループ名: gt00

お試し講習会のジョブクラス: バッチジョブ (Odyssey)

| キュー名 | ノード数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|---------------------------------|--------|-------------------|---------------|
| lecture-o (教育利用全体で共有) | 1 ~ 12 | 15 分 | 28 |
| tutorial-o (この講習会の時間中のみ使用可能) | 1 ~ 12 | 15 分 | 28 |

ノード当たり 48コア => 最大576コアまで使用可能！

お試し講習会のジョブクラス: バッチジョブ (Aquarius)

| キュー名 | GPU数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|---------------------------------|-------|-------------------|---------------|
| lecture-a (教育利用全体で共有) | 1,2,4 | 15 分 | 56/GPU |
| tutorial-a (この講習会の時間中のみ使用可能) | 1,2,4 | 15 分 | 56/GPU |

share-aと同様の使い方

ジョブスクリプトの説明 (OpenMP/MPIハイブリッド版, Odyssey)

- 内容はC言語, Fortranで共通

```
#!/bin/bash
#PJM -L rscgrp=lecture-o
#PJM -L node=12
#PJM --mpi proc=48
#PJM --omp thread=12
#PJM -L elapse=00:01:00
#PJM -g gt00

module load fj fjmpi
mpiexec ./hello_omp
```

リソースグループ名: lecture-o

利用ノード数: 12ノード使用

MPIプロセス数: 48

OpenMPスレッド数: 12

実行時間制限: 1分

利用グループ名: gt00

MPIジョブを48プロセスで実行

ジョブスクリプトの説明 (MPI+OpenACCハイブリッド版, Aquarius)

- 内容はC言語, Fortranで共通

```
#!/bin/bash
#PJM -L rscgrp=lecture-a
#PJM -L gpu=4
#PJM --mpi proc=4
#PJM -L elapse=00:01:00
#PJM -g gt00

module purge
module load nvidia nvmpi

mpiexec -machinefile $PJM_O_NODEINF ¥
-n ${PJM_NUM_PROC} -npernode=4 ¥
./hello_omp
```

リソースグループ名: lecture-a

利用GPU数: 4GPU使用

MPIプロセス数: 4

実行時間制限: 1分

利用グループ名: gt00

MPIジョブを4プロセスで実行

参考: ジョブクラス: インタラクティブジョブ (トークン消費無し)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/job.php>

• Wisteria-O (Odyssey): シミュレーションノード群

| キュー名 | ノード数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|---------------------|--------|-------------------|---------------|
| interactive-o | | | |
| (interactive-o_n1) | 1 | 30 分 | 28 |
| (interactive-o_n12) | 2 ~ 12 | 10 分 | 28 |

• Wisteria-A (Aquarius): データ・学習ノード群

| キュー名 | ノード数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|-------------------|------|-------------------|---------------|
| interactive-a | 1ノード | 10 分 | 448 |
| share-interactive | 1GPU | 10 分 | 56 |

参考：インタラクティブ実行のやり方 (本講習会では使えません)

Odyssey

- 1ノード実行

```
$ pjsub --interact -g グループ名 -L rg=interactive-o,elapse=01:00
```

- 12ノード実行

```
$ pjsub --interact -g グループ名 -L rg=interactive-o,node=12,elapse=01:00
```

Aquarius

- 1GPU実行

```
$ pjsub --interact -g グループ名 -L rg=share-interactive,elapse=01:00
```

- 1ノード(8GPU)実行

```
$ pjsub --interact -g グループ名 -L rg=interactive-a,elapse=01:00
```

※インタラクティブ用のノードがすべて使われている場合、資源が空くまでログインできません。
※このアカウントでは使えません。

参考：ジョブクラス：バッチジョブ (Odyssey)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/job.php>

| キュー名 | ノード数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|---------------------------------|-------------|-------------------|---------------|
| debug-o | 1 ~ 144 | 30 分 | 28 |
| short-o | 1 ~ 72 | 8 時間 | 28 |
| regular-o | | | |
| (small-o) | 1 ~ 144 | 48 時間 | 28 |
| (medium-o) | 145 ~ 576 | // | // |
| (large-o) | 577 ~ 1152 | // | // |
| (x-large-o) | 1153 ~ 2304 | 24 時間 | // |
| priority-o (優先実行, トークン消費量 1.5倍) | 1 ~ 288 | 48 時間 | 28 |

参考：ジョブクラス：バッチジョブ (Aquarius)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/job.php>

| キュー名 | ノード数 GPU数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|-------------|--------------|-------------------|---------------|
| debug-a | 1 ノード | 30 分 | 448 |
| short-a | 1 ~ 2 ノード | 2 時間 | 448 |
| regular-a | 1 ~ 2 ノード | 48 時間 | 448 |
| (small-a) | 3 ~ 4 ノード | // | // |
| (medium-a) | 5 ~ 8 ノード | 24 時間 | // |
| (large-a) | | | |
| 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 | // |

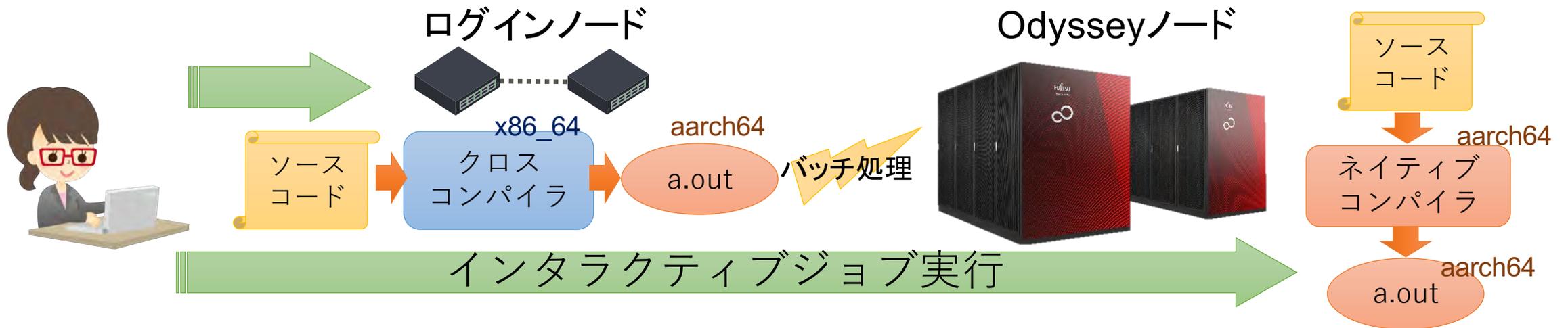
参考: ジョブクラス: プリポストサービス ログインノードと同じアーキテクチャのノードを使用

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/job.php>

| キュー名 | ノード数 | 制限時間 (Elapsed) | メモリ容量 (GB) |
|---------------------------------|-------|-------------------|---------------|
| prepost (予約無し) | 1 | 6 時間 | 340 |
| prepost1_n1 ~ prepost4_n1 | 1 | 1 ~ 6 時間 | 340 |
| prepost1_n4 | 1 ~ 4 | 1 ~ 6 時間 | 340 |
| prepost1_n8 | 1 ~ 8 | 1 ~ 6 時間 | 340 |

コンパイラの種類と実行(Odyssey)

- ログインノードとOdysseyの計算ノードとで、CPUの命令セットが大きく異なる
 - ログインノード：命令セットアーキテクチャ Intel CascadeLake + AVX512, **x86_64**
 - Odyssey計算ノード：Fujitsu A64FX, 命令セットアーキテクチャ ARM v8.2 + SVE, **aarch64**



- 富士通製コンパイラ
 - module load odyssey** で使用可能になる
 - ネイティブコンパイラ：<コンパイラの種類名>
 - クロスコンパイラ：<コンパイラの種類名>px
 - MPI: mpi+コンパイラ名 (例：mpifccpx)

| 言語 | ネイティブコンパイラ | クロスコンパイラ |
|---------|------------|----------|
| C | fcc | fccpx |
| C++ | FCC | FCCpx |
| Fortran | frt | frtpx |

プログラムの実行

- ここでジョブスクリプト名は `run.sh` とします
- 配布したサンプルではキュー名が“`lecture-o`”になっているので、これを“`tutorial-o`”に変更してください

```
$ emacs -nw run.sh    # emacs で編集する場合  
$ vim run.sh          # vim で編集する場合  
$ nano run.sh         # nano で編集する場合
```

- ジョブを投入
\$ `pjsub run.sh`