東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

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

第217回 お試しアカウント付き 並列プログラミング講習会

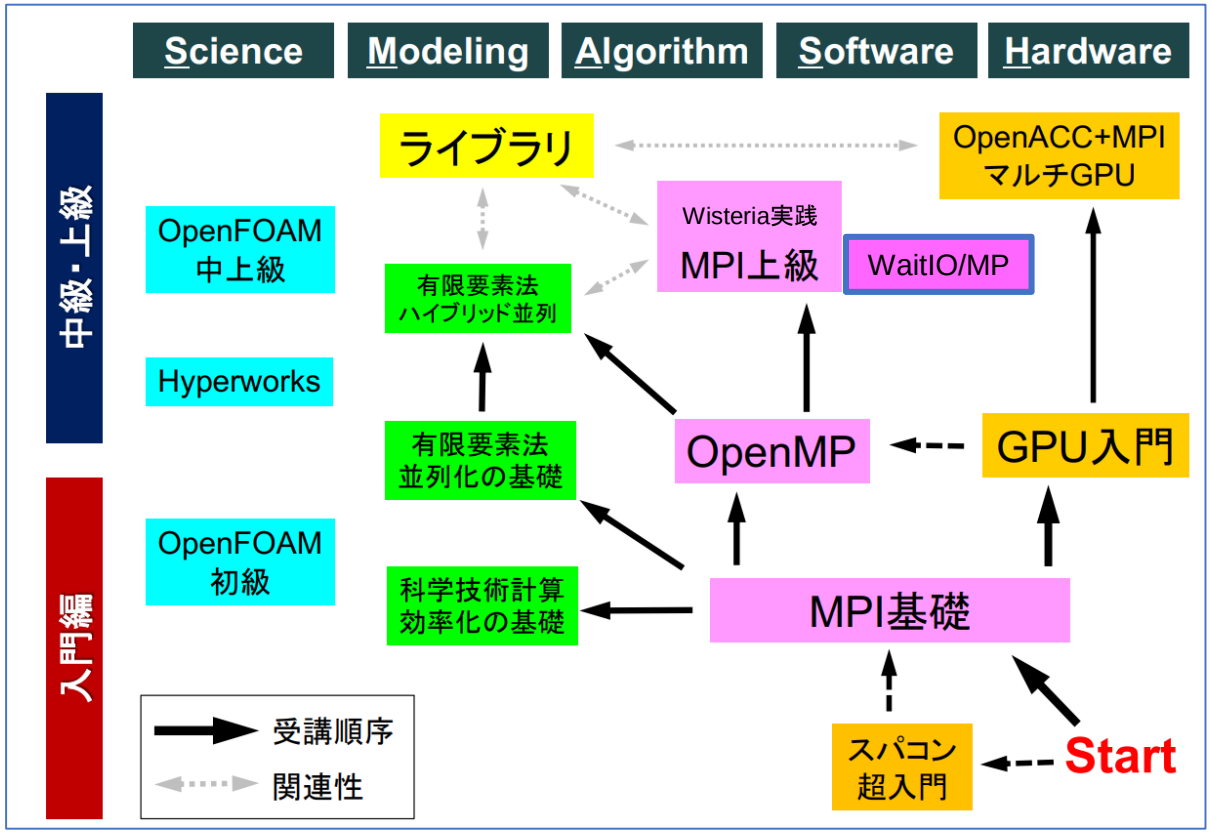
「異種システム間連成アプリケーション開発を学ぶ:WaitIO/MP - シミュレーションと機械学習融合編 - 」

東京大学情報基盤センター
住元　真司、荒川　隆

講習会概略

- **開催日：**
  2023年10月19日（木）　13：00 - 17：30
- **形態**：Zoomを用いたオンライン講習会
- **講習会プログラム**： 講師：住元、荒川
  - 13:00 – 13:10　受講イントロダクション：10分
    - 全体の位置づけ、Zoom, 注意事項
  - 13:10 – 13:30　Wisteria/BDEC-01の概要：20分
  - 13:30 – 13:40　システム利用制度案内, h3-Open-BDECソフトウェア紹介
  - 13:50 – 15:10　h3-Open-SYS/WaitIO,h3-Open-UTIL/MPの概要とプログラミング
  - 15:20 – 17:30　h3-Open-SYS/WaitIOとh3-Open-UTIL/MPを使ってみよう

当基盤センター主催・講習会概要: ご活用ください



受講イントロダクション

お願い・Zoom利用について

お願い等

- ハンズオンのためのPC，Zoom及びスパコンへ接続するためのネットワーク環境は各受講者でご準備ください。
- PCは Windows/Microsoft Update，Apple Security Updateなどで最新のセキュリティアップデートを行ってください。
- 必ずウィルス対策ソフトウェアをインストールし，ウィルス検索を実行して問題がないことを事前に確認してから受講してください。
  - セキュリティ対策未実施の場合はオンライン講習会受講を認めません。
- OSは、Windows、Macどちらでも構いませんが、SSHを用いてセンターのスーパーコンピューターへ接続ができることが必要です（後述）。
- 演習の実施に当たり，受講生にセンターのスーパーコンピューターを1月間利用できる無料アカウント（お試しアカウント）を発行します。

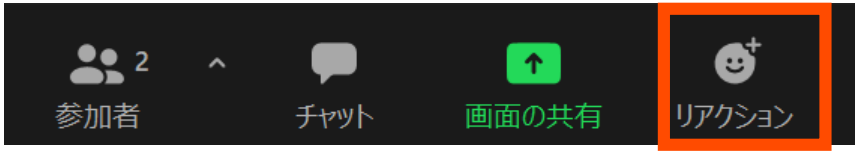
Zoom関連

- 「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で対応する予定）

- https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/zoom/how_to_use

「手を挙げる」方法

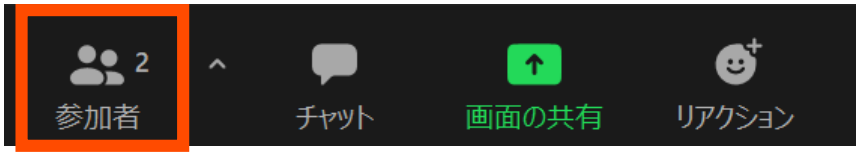
1．Zoomメニュー中の「リアクション」をクリック



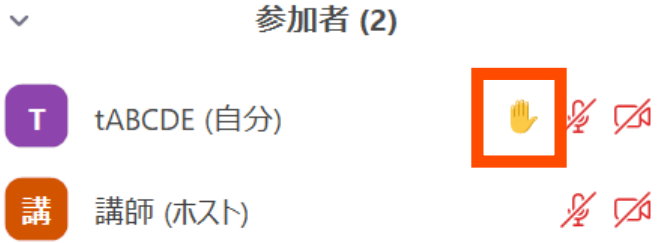
2．ポップアップで表示された「手を挙げる」をクリック

手が挙がっていることの確認方法

1. Zoomメニュー中の「参加者」をクリックして，参加者一覧を表示

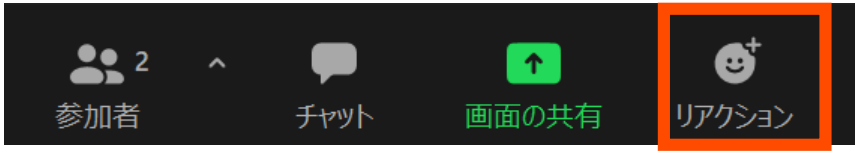


2. 表示された参加者一覧の，自分のところを見ると手が挙がっている



「手を降ろす」方法

1．Zoomメニュー中の「リアクション」をクリック



2．ポップアップで表示された「手を降ろす」をクリック

ブレイクアウトルーム（1/6）

- 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

- Zoomメニュー中の「ブレイクアウトルーム」をクリック

ブレイクアウトルーム（2/6）

- 進行中のブレイクアウトルームのリストが表示されるので，空いている部屋に「参加」してください
  - 左の例では5部屋がすべて空室，右の例ではルーム1のみ参加者がいる

ブレイクアウトルーム（3/6）

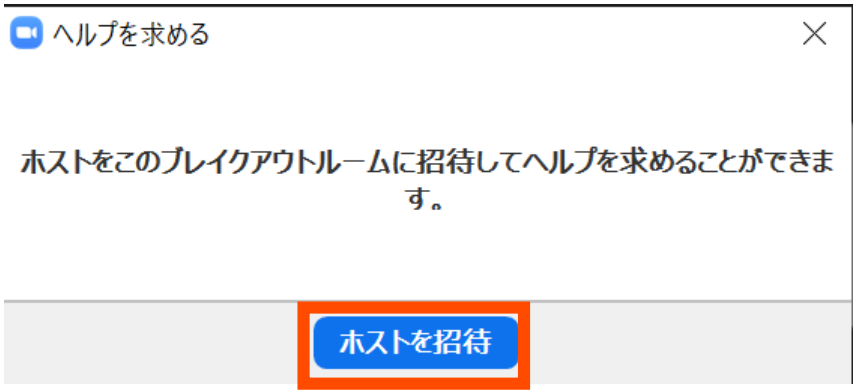
- 「参加」をクリックすると確認画面が出てくるので，「はい」を選択すると入室できます

ブレイクアウトルーム（4/6）

- 再度メニュー中の「ブレイクアウトルーム」をクリックすると，「ヘルプを求める」が増えているのでクリックしてください

ブレイクアウトルーム（5/6）

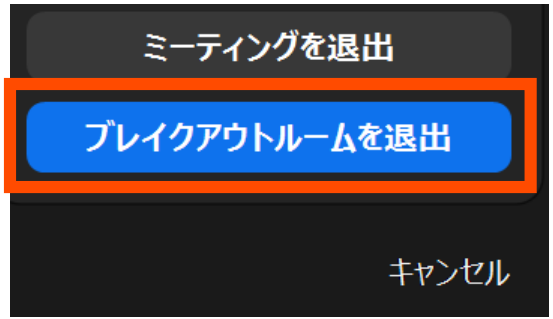
- ポップアップで出てきた「ホストを招待」をクリック
- ホスト（講師）の参加待ちに移行します（画面はそのまま）
  - 他の受講者のヘルプ中など，直ちに対応できない場合もあります



ブレイクアウトルーム（6/6）

- 問題解決後は，Zoomメニュー中の「ルームを退出する」

- 「ブレイクアウトルームを退出」が表示されるのでクリックして，元の講習会会場にお戻りください
  - 間違えて「ミーティングを退出」すると講習会から退出します



Wisteria/BDEC-01システム・システム利用制度の紹介

13:10 – 13:20　Wisteria/BDEC-01の概要
13:20 – 13:30　システム利用制度案内：10分
13:30 – 13:40　h3-Open-BDECソフトウェア概要

別資料参照

休憩 10分

Next

h3-Open-BDECソフトウェア: WaitIO/MP

13:50 –

講習会の概要: 4.5時間コース

- 13:00 – 13:10　受講イントロダクション
  - 全体の位置づけ、Zoom, 注意事項
- 13:10 – 13:20　Wisteria/BDEC-01の概要
- 13:20 – 13:30　システム利用制度案内：10分
- 13:30 – 13:40　h3-Open-BDECソフトウェア概要
- 13:50 – 15:10　h3-Open-BDECソフトウェア: WaitIO/MP
  - h3-Open-UTIL/MPの概要とプログラミング: 50分
  - h3-Open-SYS/WaitIOの概要とプログラミング: 30分
- 15:20 – 17:30　h3-Open-SYS/WaitIOとh3-Open-UTIL/MPを使ってみよう
  - Wisteria/BDEC-01システム利用イントロダクション：20分
  - サンプルプログラムの実行WaitIO: 30分
  - サンプルプログラムの実行MP: 50分
  - 自由に動かしてみよう・Q&A: 10分

h3-Open-BDECソフトウェア: WaitIO/MP

h3-Open-UTIL/MPの概要とプログラミング

h3-Open-BDECソフトウェア: WaitIO/MP

h3-Open-UTIL/MPの概要とプログラミング

講習の内容

- 連成計算とは
- h3-Open-UTIL/MPの概要
- UTIL/MPの連成方法
  - 連成方法
  - データの流れ
- 具体的な利用手順
  - APIの組み込み
  - 補間計算と補間テーブル
  - 格子番号
  - 設定ファイルの準備
- 異機種間連成
  - コンパイルと実行
  - Python使用時の注意

講習の内容

- 連成計算とは
- h3-Open-UTIL/MPの概要
- UTIL/MPの連成方法
  - 連成方法
  - データの流れ
- 具体的な利用手順
  - APIの組み込み
  - 補間計算と補間テーブル
  - 格子番号
  - 設定ファイルの準備
- 異機種間連成
  - コンパイルと実行
  - Python使用時の注意

連成計算とは？

そして「現実」とは、大小無数の、振幅も展開速度もちがう「現象系」が、相互に影響しあいながら、もやもやしたパターンを描いている巨大複雑な「複合系」であり、まだ今のところ、コンピューターにすべての「現実」がはいっているわけでもない。

小松左京「日本沈没」より

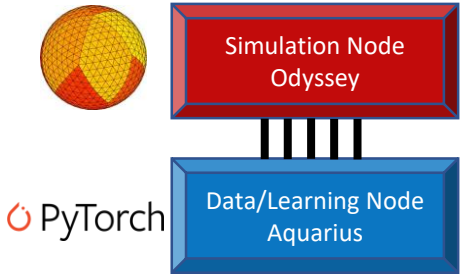
- 連成計算
  - 振幅も展開速度もちがう複数の「現象系」を「複合」させて「現実」を再現する試み
- 強連成と弱連成
  - 強連成：異なる現象系をひとつの方程式系にまとめて計算する
  - 弱連成：個々の現象を個別に計算する
- 弱連成
  - 振幅も展開速度もちがう「現象系」どうしを橋渡しする必要

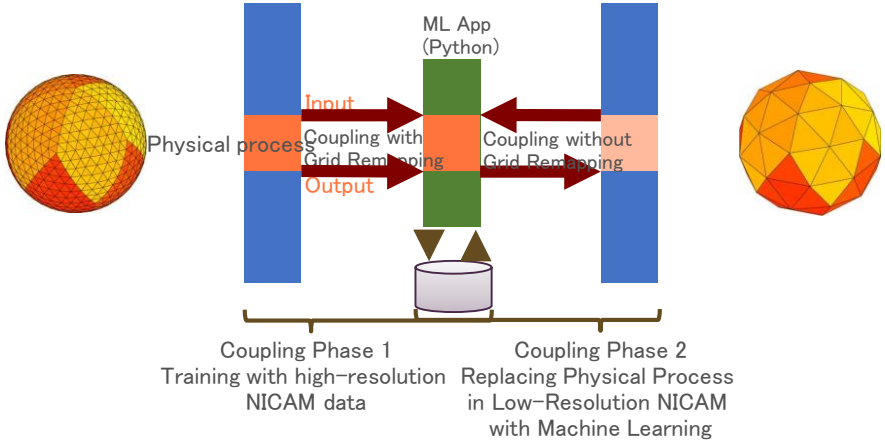
空間構造　時間構造

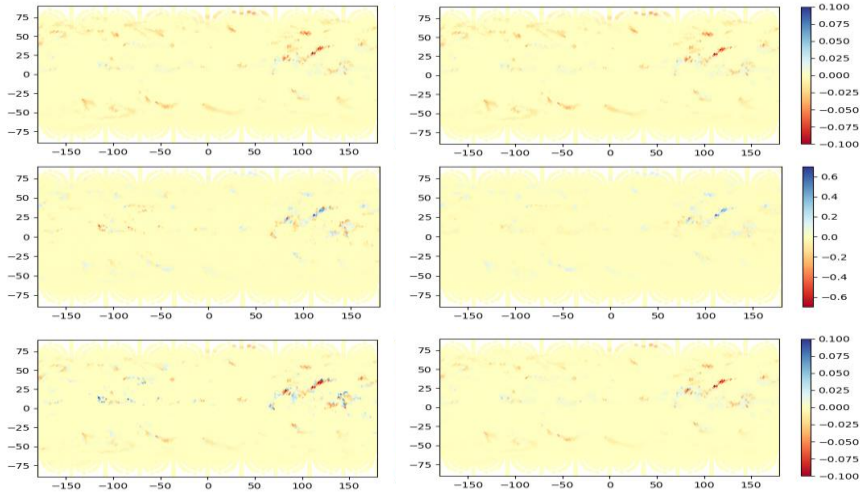
そのためのソフトウェア　＝　カプラ

シミュレーションとAI

- 一部のプロセスをAIで代替：サロゲートモデル
  - より高速高精度なシミュレーション
  - 例：大気モデルの雲計算をAIで代替







講習の内容

- 連成計算とは
- h3-Open-UTIL/MPの概要
- UTIL/MPの連成方法
  - 連成方法
  - データの流れ
- 具体的な利用手順
  - APIの組み込み
  - 補間計算と補間テーブル
  - 格子番号
  - 設定ファイルの準備
- 異機種間連成
  - コンパイルと実行
  - Python使用時の注意

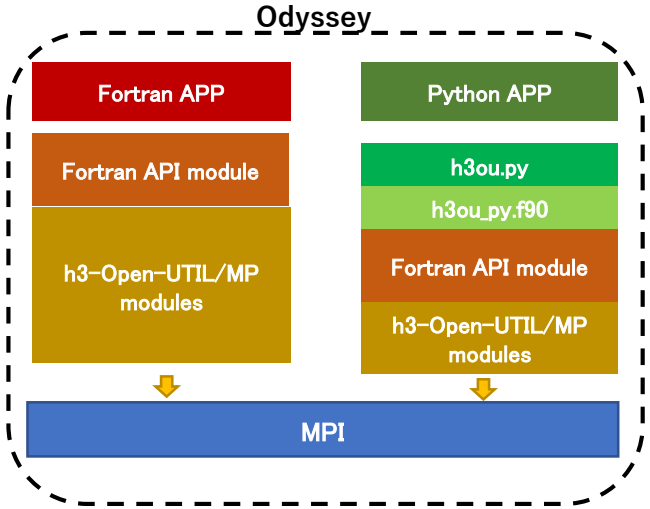
h3-Open-UTIL/MPの概要

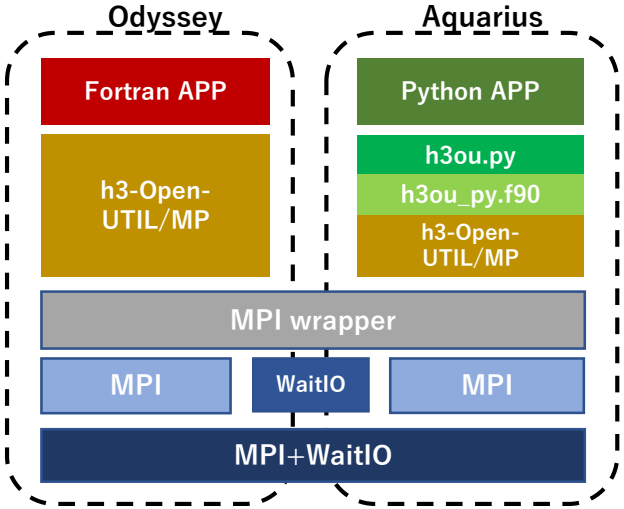
- 連成計算のための汎用ライブラリ
  - 弱連成計算を対象
  - 異なる時空間スケールを持つ複数のシミュレーションモデル間で情報（データ）を交換しながら計算を実行
- 特徴
  - 格子形状に依存しない→任意の格子のモデルに適用可能
  - 空間補間方法を利用者が定義できる
  - アンサンブル連成可能
  - h3-Open-SYS/WaitIOと連携し異機種間で連成計算できる
  - Pythonインターフェースを持つ→機械学習ライブラリとの「連携」

UTIL/MPの構造

- モデル間通信はカプラが実行
  - 利用者はモデル間通信について気にする必要がない
  - モデル内のMPI通信はカプラから取得したコミュニケータを使う
- 同機種内連成と異機種間連成
  - リンクするライブラリが異なる
  - ジョブの実行方法が異なる

→それ以外は同じ→同一モデルのコードを同機種内・異機種間で連成できる



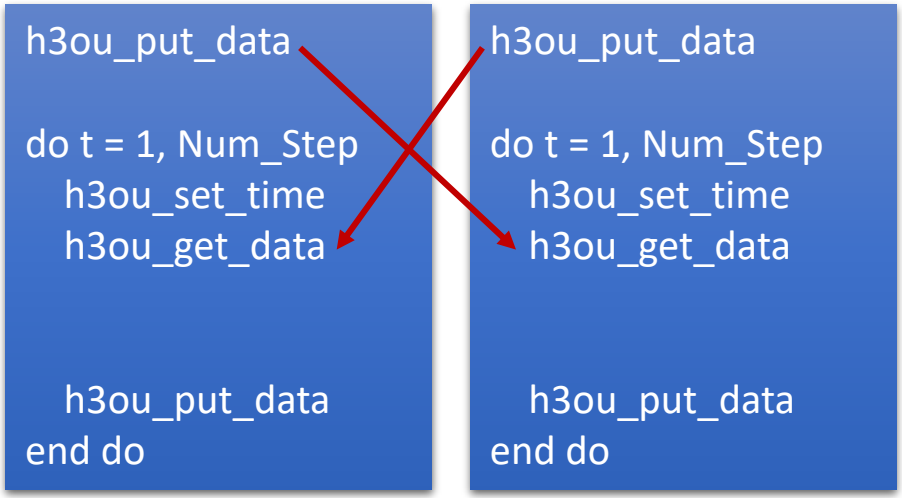


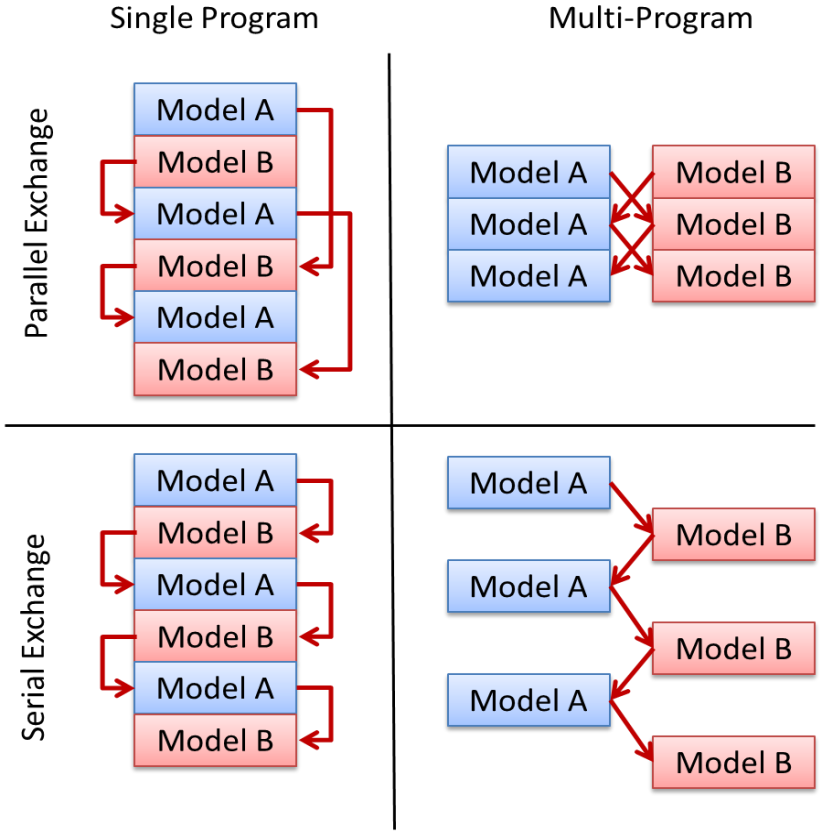
講習の内容

- 連成計算とは
- h3-Open-UTIL/MPの概要
- UTIL/MPの連成方法
  - 連成方法
  - データの流れ
- 具体的な利用手順
  - APIの組み込み
  - 補間計算と補間テーブル
  - 格子番号
  - 設定ファイルの準備
- 異機種間連成
  - コンパイルと実行
  - Python使用時の注意

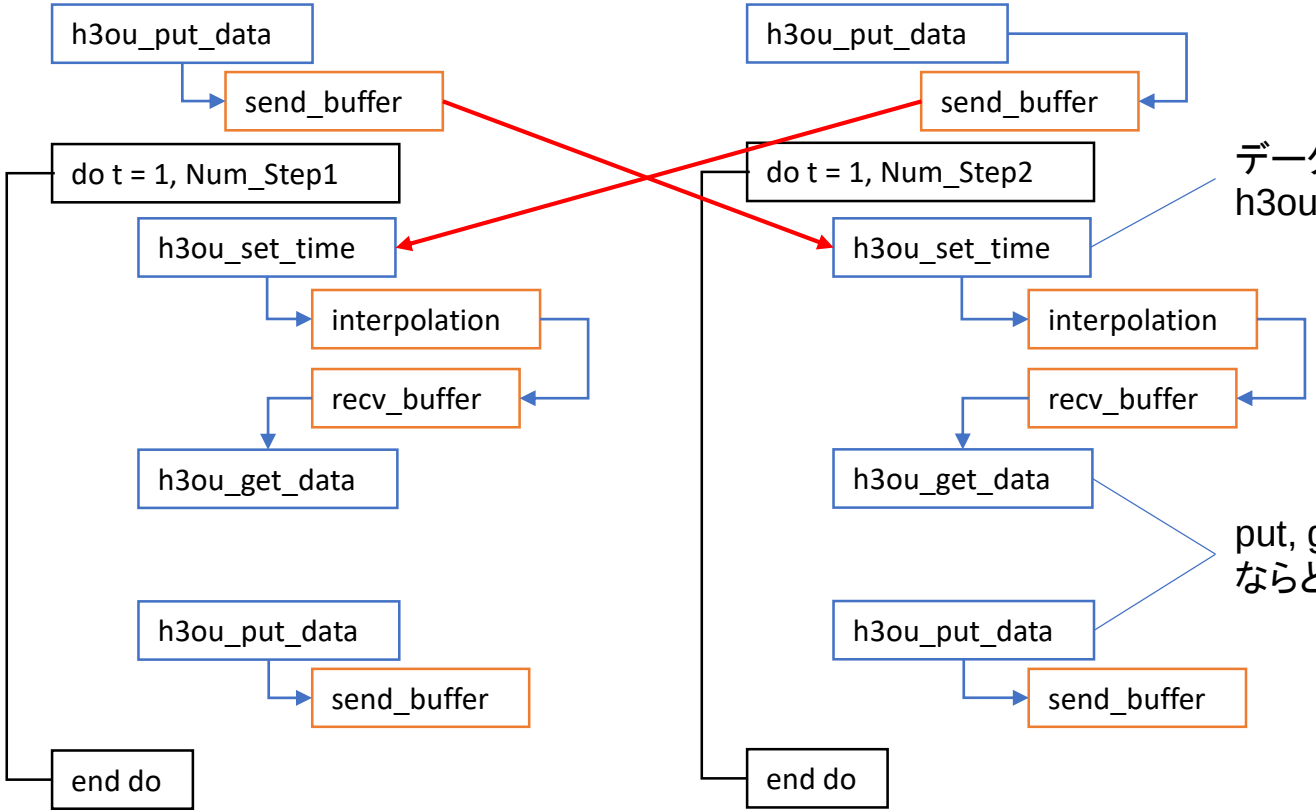
h3-Open-UTIL/MPの連成方式

- プログラムの実行とデータ交換
  - マルチプログラム：2モデルが並列に実行される
  - 並列データ交換：相互に1ステップ前のデータを受信





もう少し詳しいデータの流れ



データ通信、補間計算は
h3ou_set_time内部で実行される

put, getはh3ou_set_timeの後
ならどこで呼んでもよい

講習の内容

- 連成計算とは
- h3-Open-UTIL/MPの概要
- UTIL/MPの連成方法
  - 連成方法
  - データの流れ
- 具体的な利用手順
  - APIの組み込み
  - 補間計算と補間テーブル
  - 格子番号
  - 設定ファイルの準備
- 異機種間連成
  - コンパイルと実行
  - Python使用時の注意

APIの組み込み：初期化プロセス

h3ou_init(comp_name, config_file_name)

カプラの初期化

h3ou_get_mpi_parameter(comp_name, my_comm, my_group, my_size, my_rank)

カプラからMPI情報を取得

h3ou_def_grid(grid_index, comp_name, grid_name, num_of_layer)

格子点番号を与える〔後述〕

h3ou_end_grid_def()

格子設定の終了

```
h3ou_set_interpolation_table(my_name,
                             send_comp_name, send_grid_name, &
                             recv_comp_name, recv_grid_name, &
                             map_tag, &
                             send_data_index, recv_data_index, coef)
```

マッピングテーブルの設定〔後述〕

h3ou_init_time(time_array)

初期時刻の設定

APIの組み込み：時間積分プロセスから終了

```
h3ou_put_data(data_name, data)
```

第1ステップ送信データのput

```
do t = 1, Num_Step
    h3ou_set_time(comp_name, time_array, delta_t)
```

積分時刻の設定

```
    h3ou_get_data(data_name, data, is_recv_ok)
```

受信データのget

```
    h3ou_put_data(data_name, data)
end do
```

送信データのput

```
h3ou_coupling_end(time_array, is_call_finalize)
```

カプラの終了

格子点番号

- 格子点は一意に番号付けできる
  - 任意の自然数
  - 連続していなくてもOK
  - 重複はNG
- 領域分割されているモデル
  - 各プロセスが担当する領域の**グローバルな**番号を与える
- 補間テーブルの格子点番号と対応づけられる
  - 補間テーブルの格子点番号集合はモデルの格子点番号集合の部分集合
  - 補間計算に関係する次元だけを与えるex.水平補間＋鉛直層

```
h3ou_def_grid(grid_index,
              comp_name,
              grid_name,
              num_of_layer)
  integer, intent(IN) :: grid_index(:)
  character(len=*), intent(IN) :: comp_name
  character(len=*), intent(IN) :: grid_name
  integer, intent(IN)          :: num_of_layer
```

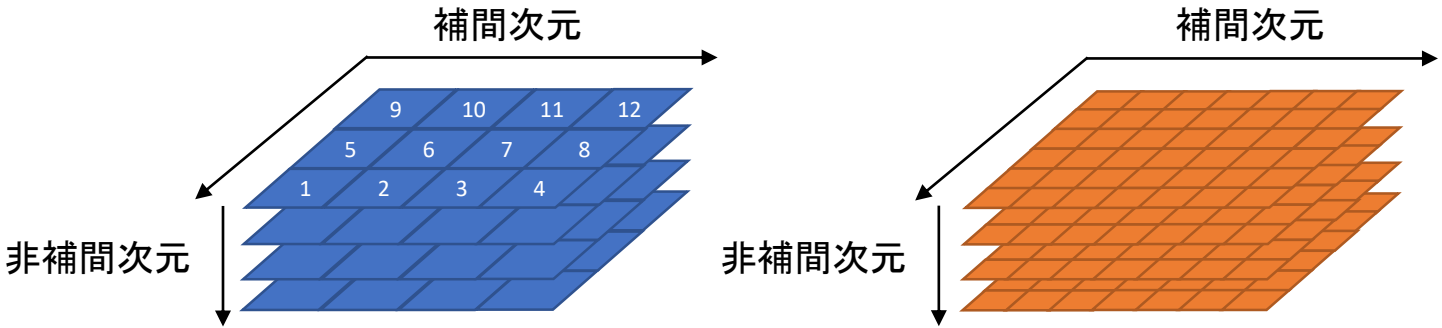
データの次元について

- h3_out_put_data, h3ou_get_dataの引数であるdataは1次元もしくは2次元になる
  - 1次元目は補間計算対象格子
  - 2次元目は補間計算に関与しない

1次元目の大きさはgrid_index(:)の大きさと同じである必要

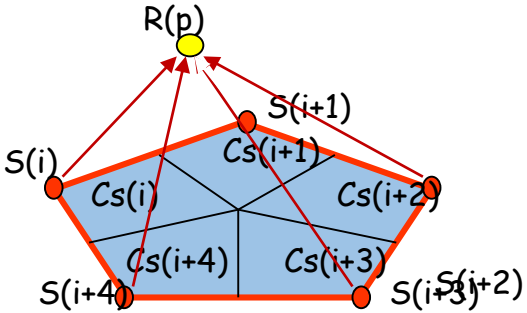
real(8) :: data(12, 4)
h3ou_put_data(“put_data”, data)

real(8) :: data(42, 4)
h3ou_get_data(“get_data”, data)



補間計算と補間テーブル

- 補間計算
  - 受信側の格子点値は送信側の複数の格子点値と係数から計算される
- 補間アルゴリズム
  - 距離重み法
  - 面積重み法
  - バイリニア
  - トリリニア

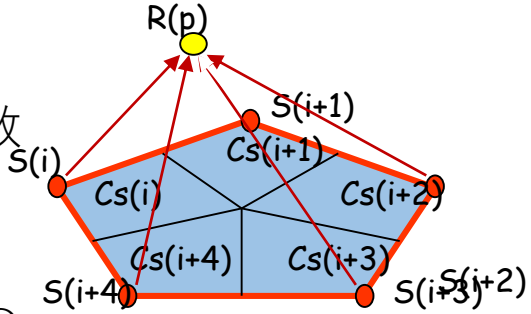


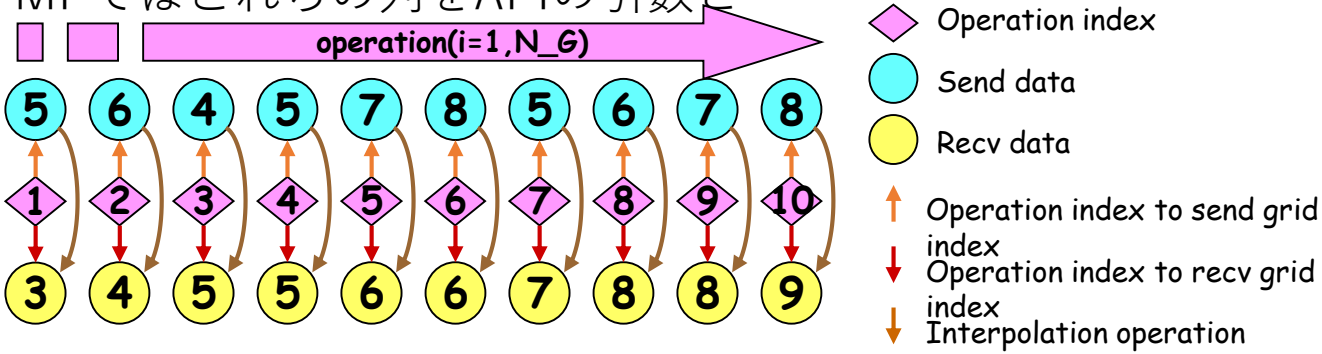
補間元（送信側）格子点の選択方法も係数の計算方法も異なる

必要と思われるすべてのアルゴリズムをカプラ内に実装するのは現実的ではない

補間計算と補間テーブル

- 補間計算
  - 受信側の格子点値は送信側の複数の格子点値と係数から計算される
- 補間テーブル
  - 受信側格子点番号・送信側格子点番号・補間係数の列
  - h3-Open-UTIL/MPではこれらの列をAPIの引数として与える





補間テーブルの与え方

```
h3ou_set_interpolation_table(my_name,
                             send_comp_name, send_grid_name, &
                             recv_comp_name, recv_grid_name, &
                             map_tag, &
                             send_data_index, recv_data_index, coef)
 character(len=*), intent(IN) :: my_name
 character(len=*), intent(IN) :: send_comp_name, send_grid_name
 character(len=*), intent(IN) :: recv_comp_name, recv_grid_name
 integer, intent(IN)          :: map_tag
 integer, optional, intent(IN) :: send_data_index(:)
 integer, optional, intent(IN) :: recv_data_index(:)
 real(8), optional, intent(IN)  :: coef(:)
```

map_tag : テーブル識別タグ（1を与える）
send_data_index : 送信側格子点番号
recv_data_index ：受信側格子点番号
coef　　：補間係数

```
h3ou_set_interpolation_table("Model_A",
                             "Model_A", "A_grid", &
                             "Model_B", "B_grid", &
                              1, &
                             send_data_index, recv_data_index, coef)
```

```
h3ou_set_interpolation_table("Model_B",
                             "Model_A", "A_grid", &
                             "Model_B", "B_grid", &
                              1)
```

テーブルは送信側受信側どちらか片方だけ与える。
ルートプロセス（0番プロセス）が与える。

設定ファイルの準備

```
# log_level : "SILENT" or "WHISPER" or "LOUD", default = "SILENT"
# debug_mode : .true. or .false., default = .false.
&h3ou_coupling
 log_level = "LOUD"
 debug_mode  = .false.
&end

&h3ou_var  comp_put = "PAPP"     ,  comp_get = “FAPP",
       grid_put = “papp_grid" ,  grid_get = “fapp_grid", /
&h3ou_var  var_put  = "r_rho"    ,  var_get  = "r_rho"    , grid_intpl_tag = 1, intvl=720,  lag=-1, layer=40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "r_ein"    ,  var_get  = "r_ein"    , grid_intpl_tag = 1, intvl=720,  lag=-1, layer=40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "r_rhoq"   ,  var_get  = "r_rhoq"   , grid_intpl_tag = 2, intvl=720,  lag=-1,layer = 40,  flag='AVR' /

&h3ou_var  comp_put = "AGCM"     ,  comp_get = "PADA",
       grid_put = "agcm_grid" ,  grid_get = "ada_grid", /
&h3ou_var  var_put  = "rho"    ,  var_get  = "rho"    , grid_intpl_tag = 1, intvl=720,  lag=-1,  layer = 40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "ein"    ,  var_get  = "ein"    , grid_intpl_tag = 1, intvl=720,  lag=-1,  layer = 40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "rhoq"   ,  var_get  = "rhoq"   , grid_intpl_tag = 2, intvl=720,  lag=-1,  layer = 40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "d_rho"  ,  var_get  = "d_rho"  , grid_intpl_tag = 1, intvl=720,  lag=-1,  layer = 40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "d_ein"  ,  var_get  = "d_ein"  , grid_intpl_tag = 1, intvl=720,  lag=-1,  layer = 40, flag='AVR' /
&h3ou_var  var_put  = "d_rhoq" ,  var_get  = "d_rhoq" , grid_intpl_tag = 2, intvl=720,  lag=-1,  layer = 40, flag='AVR' /
```

カプラ動作の規定と送受信コンポーネントの設定

```
&h3ou_coupling
  log_level = "LOUD"
  debug_mode  = .false.
&end
```

log_level : “LOUD”, “WHISPER”, “SILENT”のいずれか

debug_mode : .true.から.false.のいずれか
.true.にするとJcupのログが出力される

```
&h3ou_var  comp_put = "PAPP"      ,  comp_get = “FAPP",
        grid_put = “papp_grid" ,  grid_get = “fapp_grid", /
```

comp_put : 送信モデル名

comp_get : 受信モデル名

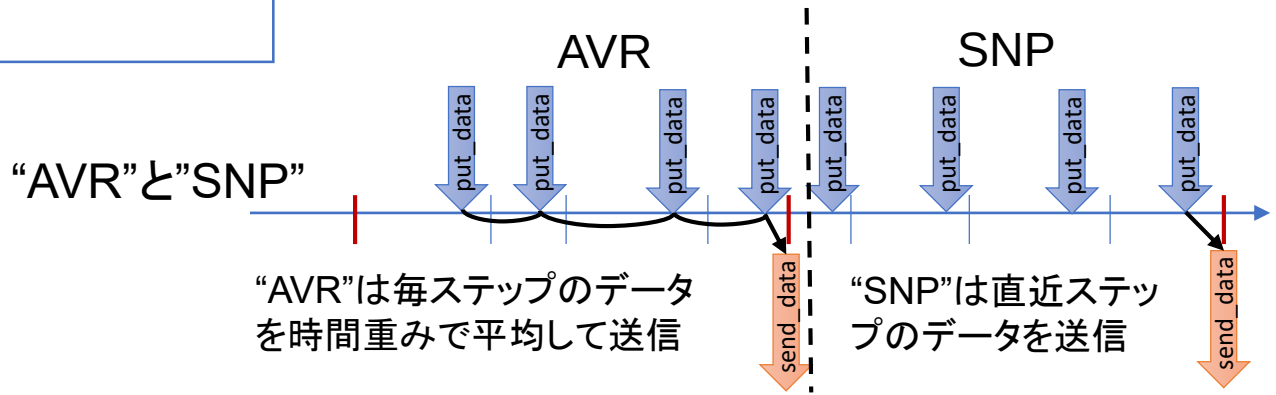
grid_put　: 送信格子名

grid_get　: 受信格子名

送受信データの設定

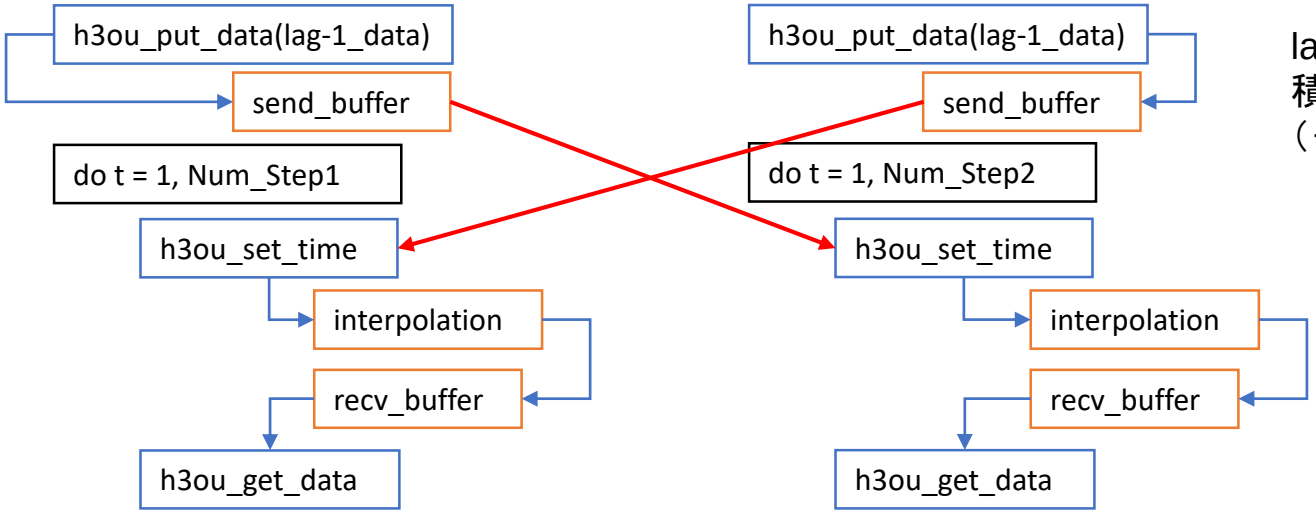
```
&h3ou_var
  var_put  = "r_rho",
  var_get  = "r_rho",
  grid_intpl_tag = 1,
  intvl=3600,
  lag=-1,
  layer=40,
  flag='AVR',
 /
```

var_put : 送信データ名
var_get : 受信データ名
grid_intpl_tag : データ識別タグ
intvl : データ交換間隔（秒単位の整数）
lag : データ交換方法指定タグ(0か-1, 通常は-1) : 次で説明
layer : 鉛直層数(デフォルトは1)
flag : データ平均フラグ(“AVR”または”SNP”)



lagによる送受信方法の違い

lag=0のデータはプログラムのその場所で送受信（＋補間計算）が行われる



lag=-1のデータはバッファに蓄積されh3ou_set_timeで送受信（＋補間計算）が行われる

講習の内容

- 連成計算とは
- h3-Open-UTIL/MPの概要
- UTIL/MPの連成方法
  - 連成方法
  - データの流れ
- 具体的な利用手順
  - APIの組み込み
  - 補間計算と補間テーブル
  - 格子番号
  - 設定ファイルの準備
- 異機種間連成
  - コンパイルと実行
  - Python使用時の注意

コンパイルと実行

- 具体的な手順は実践編で
  - WaitIOの利用有無でコンパイル・実行方法は異なる

```
$ module load odyssey
$ mpifrtpx    -L/work/share/h3ou/lib/odyssey –lh3ou –ljcup4
$ pjsub go.sh

$ export SYSTEM=odyseey
$ module load odyssey
$ module load waitio
$ mpifrtpx    -L/work/share/h3ou/lib/odyssey –lh3ou –ljcup4 –L*** -lwatio-a64fx
$ pjsub go_fapp.sh
$ pjsub go_papp.sh
```

実行結果

- 設定ファイルでlog_level = “LOUD”の場合
  - h3ou.モデル名.pe?????というログファイルが出力される

```
================================================================
========================
 ===============      h3-Open-UTIL/MP coupling log
====================

================================================================
========================
 >>>>>>>>>>>>>>>> h3ou_init IN
 <<<<<<<<<<<<<<<< h3ou_init OUT

 >>>>>>>>>>>>>>>> h3ou_init_time IN
 --------------- initial time information
  initial_time = 2000/ 1/ 1- 0: 0: 0
 <<<<<<<<<<<<<<<< h3ou_init_time OUT

 >>>>>>>>>>>>>>>> h3ou_def_grid IN
 --------------- grid information
  grid_name = ada_grid, grid_array_size = 10240, grid_min = 1, grid_max = 10240, nz
 = 40
                    中略
 <<<<<<<<<<<<<<<< h3ou_def_grid OUT
```

ここまで出ていたらOK

Python環境の構築

- Pythonのライブラリを個別にインストールして使用
  - システム利用手引き書の201ページ（Version 1.1.22）

Environment Modulesを使用してシステムにインストール済の環境を使用する場合、システム環境には追加パッケージをインストールすることはできません。そのため、共有ファイルシステム領域(/work/groupname/username)にご自身でpython環境を構築し、必要なパッケージをインストールしてください。
以下に追加パッケージとしてPillow 8.2.0をインストールする例を記載しています。
Aquariusにてインタラクティブジョブを実行し、python(バージョン3.6.8)の仮想環境(test)を作成後、仮想環境にTensorflow 2.4.1、Horovod 0.22.0、Pillow8.2.0をインストールする手順となります。

Python環境の構築：続き

```
[username@wisteria01 work]$ pjsub --interact -L rscgrp=interactive-a,node=1 -g group1
[username@wa01 work]$ module load cuda/11.0
[username@wa01 work]$ module load cudnn/8.1.0
[username@wa01 work]$ module load nccl/2.8.4
[username@wa01 work]$ module load gcc/8.3.1
[username@wa01 work]$ module load ompi/4.1.1
[username@wa01 work]$ python3 -mvenv test
[username@wa01 work]$ source test/bin/activate
(test)[username@wa01 work]$ pip3 install --upgrade pip setuptools
(test)[username@wa01 work]$ pip3 install tensorflow==2.4.1
(test)[username@wa01 work]$ HOROVOD_WITH_TENSORFLOW=1 ¥
HOROVOD_GPU_OPERATIONS=NCCL HOROVOD_NCCL_HOME=$NCCL_HOME ¥
pip3 install --no-cache-dir horovod==0.22.0
(test)[username@wa01 work]$ pip install Pillow
(test)[username@wa01 work]$ exit
```

Python環境の構築（例）

```
Package         Version
--------------- -----------
cycler          0.11.0
dataclasses      0.8
joblib          1.1.0
kiwisolver       1.3.1
matplotlib       3.3.4
mpi4py          3.1.3
numpy            1.19.5
Pillow          8.4.0
pip             21.3.1
```

```
pyparsing        3.0.7
python-dateutil   2.8.2
scikit-learn      0.24.2
scipy            1.5.4
setuptools        59.6.0
six             1.16.0
sklearn          0.0
threadpoolctl     3.1.0
torch           1.10.2+cu113
torchaudio        0.10.2+cu113
torchvision       0.11.3+cu113
typing_extensions 4.1.1
```

Pythonアプリケーションの実行

- ジョブスクリプトの書き方
  - スクリプトの中で各自のPython環境をactivateする
  - mpiexecの引数にpythonを与える

```
module unload intel
module unload impi
module load gcc ompi cuda/11.1 nccl pytorch-horovod
source /ユーザ毎のPythonディレクトリ/bin/activate

export UCX_IB_FORK_INIT=yes
export IBV_FORK_SAFE=1

mpiexec -n 1 python3 ada.py
```

API リファレンス

h3ou_init	カプラの初期化		
	character(len=*), intent(IN)	comp_name	モデルコンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	config_file_name	設定ファイル名
	integer, intent(IN), optional	num_of_ensemble	アンサンブル数
h3ou_get_mpi_parameter	カプラが生成したMPI情報の取得		
	character(len=*), intent(IN)	comp_name	モデルコンポーネント名
	integer, intent(OUT)	local_comm	Localなコミュニケータ
	integer, intent(OUT)	local_group	LocalなMPIグループ
	integer, intent(OUT)	local_size	LocalなMPIプロセス数
	integer, intent(OUT)	local_rank	LocalなMPIランク番号
h3ou_def_grid	格子点番号の設定		
	integer, intent(IN)	grid_index(:)	各プロセスの格子点番号
	character(len=*), intent(IN)	comp_name	モデルコンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	grid_name	格子名
	integer, intent(IN)	num_of_layer	鉛直格子数

API リファレンス

h3ou_end_grid_def	格子点番号設定終了		
h3ou_set_interpolation_table	補間テーブル設定		
	character(len=*), intent(IN)	my_name	自コンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	send_comp	送信コンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	send_grid	送信格子
	character(len=*), intent(IN)	recv_comp	受信コンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	recv_grid	受信格子名
	integer, intent(IN)	mapping_tag	テーブル識別タグ（1を与える）
	integer, optional, intent(IN)	send_index(:)	送信側格子点番号（ルートプロセスのみ）
	integer, optional, intent(IN)	recv_index(:)	受信側格子点番号（ルートプロセスのみ）
	real(8), optional, intent(IN)	coef(:)	補間係数（ルートプロセスのみ）
h3ou_init_time	初期時刻設定		
	integer, intent(IN)	time_array(6)	初期時刻（年月日時分秒）

API リファレンス

h3ou_set_time	現在時刻とΔT設定		
	integer, intent(IN)	time_array(:)	現在時刻（年月日時分秒）
	integer, intent(IN)	delta_t	ΔT（秒）
h3ou_put_data	データをカプラに渡す		
	character(len=*), intent(IN)	data_name	送信データ名
	real(8), intent(IN)	data(:) or data(:,:)	送信データ
h3ou_get_data	カプラからデータを取得		
	character(len=*), intent(IN)	data_name	受信データ名
	real(8), intent(INOUT)	data(:) or data(:,:)	受信データ
	logical, intent(OUT)	is_recv_OK	データ受信フラグ
h3ou_coupling_end	連成の終了		
	integer, optional, intent(IN)	time_array(6)	終了時刻（年月日時分秒）
	logical, optional, intent(IN)	is_call_finalize	MPI_Finalizeコールフラグ

API リファレンス

h3ou_send_array	データ（配列）を相手コンポーネントに送る		
	character(len=*), intent(IN)	my_name	自コンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	recv_comp	受信コンポーネント名
	character(len=*) or integer or real(4) or real(8), intent(IN)	send_array(:)	送信データ
h3ou_recv_array	データ（配列）を相手コンポーネントから得る		
	character(len=*), intent(IN)	my_name	自コンポーネント名
	character(len=*), intent(IN)	send_comp	送信コンポーネント名
	character(len=*) or integer or real(4) or real(8), intent(OUT)	recv_array(:)	受信データ

integer	h3ou_get_num_of_put_data	設定ファイルに記述された送信データ数を返す	
character(len=64)	h3ou_get_put_data_name	送信データ名を返す	
	integer, intent(IN)	data_num	データ番号
integer	h3ou_get_num_of_get_data	設定ファイルに記述された受信データ数を返す	
character(len=64)	h3ou_get_get_data_name	受信データ名を返す	
	integer, intent(IN)	data_num	データ番号

API リファレンス

- PythonのAPIについては/work/share/h3-Open-UTIL-MP/h3ou_waitio/include/aquarius/h3ou.pyを参照して下さい
- Fotran APIとの相違
  - h3ou_set_interpolation_table_no_index
    - 補間テーブルを引数として与えない場合にはこちらのルーチンをコール
  - h3ou_put_data_1d, h3ou_put_data_25d
    - データの次元(1次元、2次元)に応じて使用ルーチンを分ける
  - h3ou_get_data_1d, h3out_get_data_25d
    - データの次元(1次元、2次元)に応じて使用ルーチンを分ける
    - 第三引数is_get_okは関数の返値になる

h3-Open-BDECソフトウェア: WaitIO/MP

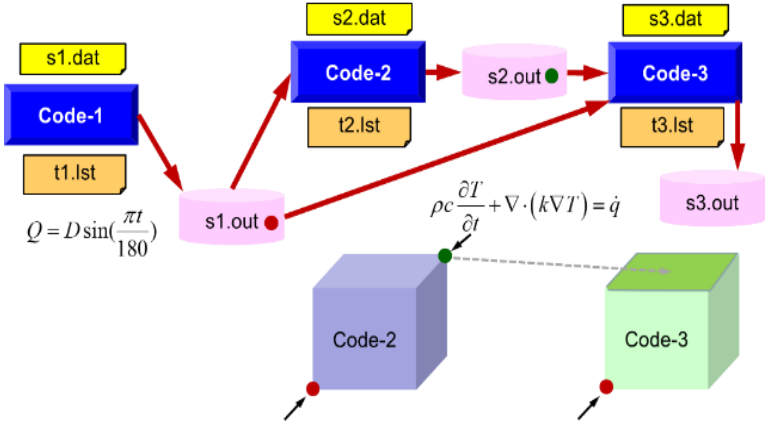
h3-Open-SYS/WaitIOの概要とプログラミング

h3-Open-SYS/WaitIO(WaitIO)

- 異種システム間でのデータ通信を可能にする通信ライブラリ
  - 既存アプリケーションコードに後付けで追加・修正可能
- WaitIOの活用方法：
  1. 異種アプリケーション間のデータ通信手法:
     - WaitIO API or WaitIO-MPI Conversion Library
     - データ共有をWaitIO-Socketで実現
  2. 複数の異種システム上で既存アプリケーション協調実行:
     - WaitIO-MPI Conversion Library
     - より密な協調計算の実現
  3. 上位のカップラーライブラリ利用:
     - h3-Open-UTIL/MPを用いた高度な連成計算機能の利用(既説明済)

WaitIO:異種アプリケーション間のデータ通信手法

- 既存の連成アプリケーションではファイルによるデータ連携が多い
  - ファイル共有によるデータ連携をWaitIO通信によるデータ連携に変換
- 有限要素法による三次元非定常熱伝導解析Toyプログラムによる実例
  - 3つのプログラムから構成される連成アプリケーション



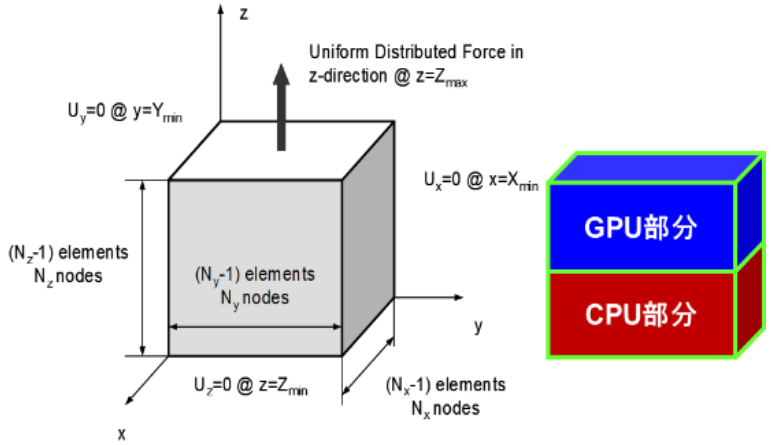
	Code-1	Code-2	Code-3
概要	発熱量(点源)計算	FEMによる非定常三次元熱伝導方程式，MPI並列化	FEMによる非定常三次元熱伝導方程式，MPI並列化
入力	s1.dat	s2.dat s1.out	s3.dat s1.out, s2.out
出力	s1.out, t1.lst	s2.out, t2.lst	s3.out, t3.lst

Code-3: Code-2の出力を読み、Z=Zmaxの面に強制温度固定条件

WaitIO:既存アプリケーションの協調実行

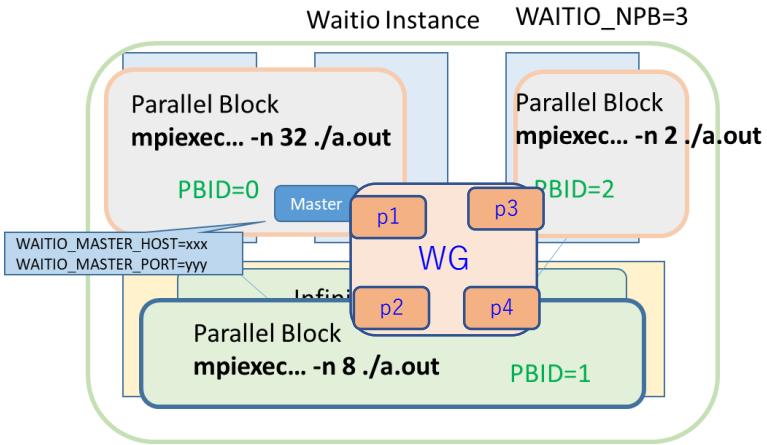
- 適したシステムで適した処理を協調実行
  - 複数システムを融合、より大きな問題を解く
  - システム毎の欠点を補完したアプリケーション実行
  - 特性の異なる場合(例：線形問題と非線形問題)が混在するコードを適したシステムで分散実行

- 応用例
  - GeoFEM/CubeのToyプログラム
    - 領域分割して、GPUとCPUで協調処理
  - メモリ量の違い、CPUコア数の違いで負荷分散



h3-Open-SYS/WaitIO(WaitIO)のAPI概要

- WaitIOは複数MPIアプリケーション間を融合する通信ライブラリ
- WaitIO Instance
  - WaitIOシステム全体を示す
- Parallel Block(PB)
  - 各アプリケーションが実行されるプロセスグループ
    - PBID識別子：数値
    - 環境変数WAITIO_PBIDで指定
  - PB数は環境変数WAITIO_NPBで指定
  - PB MASTER：PBID=0
    - 全体のデータ同期を実行
    - 環境変数WAITIO_MASTER_HOSTとWAITIO_MASTER_PORTで指定
- WaitIO Group(WG)
  - WaitIO Instanceを構成するPB内の任意プロセスから構成される相互に通信可能グループ



WaitIO API

- APIは通信実現の最小限に限定
  - グループ作成、isend(), irecv(), wait()とmisc関数を提供
    - TAGサポート(64bit), ANY_SOURCE, ANY_TAGサポートなし

WatiIO API	概要
waitio_isend	Non-Blocking送信
waitio_irecv	Non-Blocking受信
waitio_wait	送受信完了待ち合わせ
waitio_init	WaitIO初期化
waitio_finalize	WaitIO終了
waitio_get_nprocs	PB毎の参加プロセス数獲得
waitio_create_group waitio_create_group_wranks	PB間通信グループ生成（メンバ配列指定、関数指定）
waitio_group_rank	グループ内Rankの獲得
waitio_group_size	グループサイズの獲得
waitio_pb_size	全PBのサイズ獲得
waitio_pb_rank	全PB内Rankの獲得

WaitIO API: 常用API概要

- 初期化API: int waitio_init(int timeout);
  - 初期化を実施する。MPIにおけるMPI_Init()と同様に全プロセスが必ず最初に呼ぶ必要がある。
    本関数の実行によりマスタープロセスが立ち上がり，全員が参加するまでtimeout秒待つ。
- 各PBを構成するプロセス数獲得API：int waitio_get_nprocs(int ary[]);
  - 返り値は WAITIO Instanceに含まれる並列プロセス数(環境変数WAITIO_NPBで設定した数)
  - aryに各PBに含まれるプロセス数が返る
- 終了API ：int waitio_finalize();
  - 終了処理を実施する。実行完了後，再びwaitio_init()を呼び出すことはできない。
- グループ作成API：
  waitio_group_t waitio_create_group(ing gid, waitio_filter_func_t[], int order[]);
  - 本関数は構成される各PBに対してPB内プロセスを選別する関数(waitio_filter_func_t)を与え選別した結果をorderの順に並べてWGを作成する
- グループ作成API：
  waitio_group_t waitio_create_group_wranks(int gid, int *rankap[], int order[]);
  - 本関数は構成される各PBに対してPB内のMPIプロセス毎に選別するMPI rank番号の配列（終端は-1）を与えた結果をorderの順に並べてWGを作成する

WaitIO API: 常用API概要2

- 通信API：int waitio_isend(waitio_group_t group, int dst, char *buf,
  size_t len, unsigned long tag, waitio_req_t *req);
  - group内のランクdstに送信する。
- 通信API：int waitio_irecv(waitio_group_t group, int src, char *buf,
  size_t len, unsigned long tag, waitio_req_t *req);
  - group内のランクsrcから受信する。ただしMPIのMPI_ANY_SOURCE, MPI_ANY_TAGの概念はない。
- 通信API：int waitio_wait(waitio_req_t *req);
  - reqで指定したisend, irecv処理の完了を待つ

MPIによる簡単なPingPongプログラム

```
/* -*- Mode: C; c-basic-offset:4 ; indent-tabs-mode:nil -*- */
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <mpi.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  int  data[2], *buf = data;
  MPI_Status status;
  int ret;
  int rank;

  if((ret = MPI_Init( &argc, &argv)) != MPI_SUCCESS) {
      fprintf(stderr, "MPI_Init failed code %d¥n", ret);
      exit(ret);
  }

  MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &rank);
  if((rank%2) == 1) {
      if((ret = MPI_Recv(buf, 4,MPI_CHAR, rank-1, 0, MPI_COMM_WORLD, &status)) != 0) {
          fprintf(stderr, "%d MPI_Recv error %d¥n", rank, ret);
      }
      else {
          fprintf(stderr, "rank%d: MPI_Recv from rank%d¥n", rank,  rank-1);
      }
      if((ret = MPI_Send(buf, 4, MPI_CHAR, rank-1, 0, MPI_COMM_WORLD)) != 0) {
          fprintf(stderr, "%d MPI_Send error %d¥n", rank, ret);
      }
      else {
          fprintf(stderr, "rank%d: MPI_Send to rank%d¥n", rank,  rank-1);
      }
  }
```

```
  else {
      if((ret = MPI_Send(buf, 4, MPI_CHAR, rank+1, 0, MPI_COMM_WORLD)) != 0) {
          fprintf(stderr, "%d MPI_Send error %d¥n", rank, ret);
      }
      else {
          fprintf(stderr, "rank%d: MPI_Send to rank%d¥n", rank,  rank+1);
      }
      if((ret = MPI_Recv(buf, 4, MPI_CHAR, rank+1, 0, MPI_COMM_WORLD, &status)) != 0) {
          fprintf(stderr, "%d MPI_Recv error %d¥n", rank, ret);
      }
      else {
          fprintf(stderr, "rank%d: MPI_Recv from rank%d¥n", rank,  rank+1);
      }
  }
  MPI_Finalize();
}
```

- 偶数rankのプロセスから奇数rankプロセスにPing-Pongするプログラム

WaitIOによる簡単なPingPongプログラム

```
/* -*- Mode: C; c-basic-offset:4 ; indent-tabs-mode:nil -*- */#include <mpi.h>
#include "waitio.h"

int truef(int pbid, int n) { return 1; }

int main (int argc, char *argv[]) {
    int ret, wrank;
    waitio_filter_func_t func[4]= {truef, truef, NULL, NULL};
    int  array[4] = {1, 2, 0, 0};
    int  data[2], *buf = data;
    waitio_req_t req;
    waitio_group_t grp1;

    if((ret = MPI_Init( &argc, &argv)) != MPI_SUCCESS) {
        fprintf(stderr, "MPI_Init failed code %d¥n", ret);
        exit(ret);
    }
    if((ret = waitio_init(10)) != 0) {
        fprintf(stderr, "waitio_init failed code %d¥n", ret);
        MPI_Abort(MPI_COMM_WORLD, ret);
        exit(ret);
    }

    grp1 = waitio_create_group(0, func, array);
    if(grp1 == NULL) {
        fprintf(stderr, "waitio_create_group failed code %d¥n", ret);
        MPI_Finalize();
        exit(ret);
    }
  waitio_group_rank(grp1, &wrank);
```

```
if((wrank%2) == 1) {
        waitio_irecv(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
        if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
            fprintf(stderr, "%d waitio_irecv error %d¥n", wrank, ret);
        }
        else {
            fprintf(stderr, "rank%d: waitio_irecv from rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
        }
        waitio_isend(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
        if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
            fprintf(stderr, "%d waitio_isend error %d¥n", wrank, ret);
        }
        else {
            fprintf(stderr, "rank%d: waitio_isend to rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
        }
    }
    else {
        waitio_isend(grp1, wrank+1, (char *)buf, 4, 0, &req);
        if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
            fprintf(stderr, "%d waitio_isend error %d¥n", wrank, ret);
        }
        else {
            fprintf(stderr, "rank%d: waitio_isend to rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
        }
        waitio_irecv(grp1, wrank+1, (char *)&buf, 4, 0, &req);
        if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
            fprintf(stderr, "%d waitio_irecv error %d¥n", wrank, ret);
        }
        else {
            fprintf(stderr, "rank%d: waitio_irecv from rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
        }
    }
    waitio_finalize();
    MPI_Finalize();
}
```

- 初期化以外はNon-Blocking MPIプログラムと同等

WaitIO初期化/終了

```
if((ret = waitio_init(10)) != 0) {
        fprintf(stderr, "waitio_init failed code %d¥n", ret);
        MPI_Abort(MPI_COMM_WORLD, ret);
        exit(ret);
    }
```

```
int truef(int pbid, int n) { return 1; }
```

```
int  array[4] = {1, 2, 0, 0};
waitio_group_t grp1;

grp1 = waitio_create_group(0, func, array);
```

```
waitio_group_rank(grp1, &wrank);
```

```
waitio_finalize();
```

- waitio_init(10)
  - 10 secのタイムアウト指定でWaitIO初期化
- waitio_create_group(0, func, array);
  - それぞれのPBIDを持つMPIプロセスに対してfunc関数の実行結果がtrue==1となるプロセスの集合のGroupを生成する
  - truef関数はすべてのMPIプロセスをWaitIO Groupとして定義
  - array[]はPB毎の順序を数値の小さな順に指定。WAITIO_NPB分準備必要、要素はPBIDがindex、数値が同じ場合はPBID順
- waitio_group_rank(grp1, &wrank);
  - WaitIOのPB GROUP内のランク番号
- waitio_finalize();
  - WaitIOの終了

WaitIOによるPingPongプログラム本体

```
if((wrank%2) == 1) {
      waitio_irecv(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
      if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
         fprintf(stderr, "%d waitio_irecv error %d¥n", wrank, ret);
      }
      else {
         fprintf(stderr, "rank%d: waitio_irecv from rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
      }
      waitio_isend(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
      if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
         fprintf(stderr, "%d waitio_isend error %d¥n", wrank, ret);
      }
      else {
         fprintf(stderr, "rank%d: waitio_isend to rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
      }
   }
```

```
else {
      waitio_isend(grp1, wrank+1, (char *)buf, 4, 0, &req);
      if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
         fprintf(stderr, "%d waitio_isend error %d¥n", wrank, ret);
      }
      else {
         fprintf(stderr, "rank%d: waitio_isend to rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
      }
      waitio_irecv(grp1, wrank+1, (char *)&buf, 4, 0, &req);
      if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
         fprintf(stderr, "%d waitio_irecv error %d¥n", wrank, ret);
      }
      else {
         fprintf(stderr, "rank%d: waitio_irecv from rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
      }
   }
```

- waitio_irecv(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
  - Non Blocking受信関数
  - 引数: Group, 相手先, バッファへのポインタ, バイト数, tag, Request構造体へのポインタ
- waitio_wait(&req)
  - 指定Requestの完了待ち
  - WaitIOの送受信処理はこのwaitio_wait関数内で開始・実行される。
- waitio_isend(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
  - Non Blocking送信関数
  - 引数: Group, 相手先, バッファへのポインタ, バイト数, tag, Request構造体へのポインタ

WaitIO-MPI Conversionライブラリ

- WaitIOはMPIのDatatypeの概念を持たない
  - MPIプログラムの移植が煩雑
- 機械的書き換えが可能なWaitIO-MPI Conversionライブラリ準備

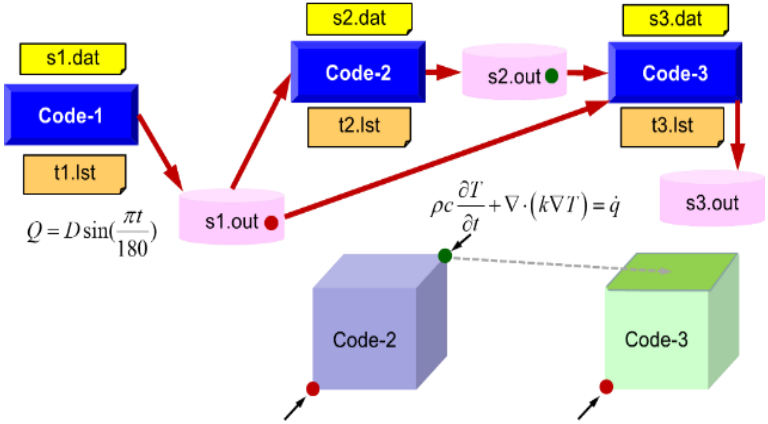
WaitIO-MPI API (2022/9/1現在)	概要
waitio_mpi_isend	WaitIO版 MPI_Isend
waitio_mpi_irecv	WaitIO版 MPI_Irecv
waitio_mpi_reduce	WaitIO版 MPI_Reduce
waitio_mpi_bcast	WaitIO版 MPI_Bcast
waitio_mpi_allreduce	WaitIO版 MPI_Allreduce
waitio_mpi_waitall	WaitIO版 MPI_Waitall
waitio_create_universe	WaitIO 初期化関数(全ランク)
waitio_create_universe_pbhead	WaitIO 初期化関数(各PBランク0)
waitio_mpi_gather	WaitIO版 MPI_Gather
waitio_mpi_algather	WaitIO版 MPI_Algather
waitio_mpi_scatter	WaitIO版 MPI_Scatter
waitio_mpi_scatterv	WaitIO版 MPI_Scatterv
waitio_mpi_gatherv	WaitIO版 MPI_Gatherv
waitio_mpi_barrier	WaitIO版 MPI_Barrier
waitio_mpi_type_size	WaitIO版 MPI_Tyep_size

WaitIO-MPI Conversion API: 常用API概要

- 初期化API: int waitio_create_universe (WAITIO_MPI_Comm *commp) ;
  - 初期化を実施する。MPIにおけるMPI_Init()と同様に全プロセスが必ず最初に呼ぶ必要がある。
  - すべてのプロセスが参加するWGが生成される。 WAITIO_MPI_Comm は waitio_group_t と同定義
- 初期化API: int waitio_create_universe_pbhead (WAITIO_MPI_Comm *commp) ;
  - 初期化を実施する。MPIにおけるMPI_Init()と同様に全プロセスが必ず最初に呼ぶ必要がある。
  - 各PBのランク0番プロセスが参加するWGが生成される
- 通信API： int waitio_mpi_isend (const void *buf, int count, WAITIO_MPI_Datatype datatype, int dest, int tag, WAITIO_MPI_Comm comm, WAITIO_MPI_Request *request);
  - #pragma weak WAITIO_MPI_Isend = waitio_mpi_isend, WAITIO_MPI_Request は　waitio_req_tと同定義
- 通信API： int waitio_mpi_irecv (void *buf, int count, WAITIO_MPI_Datatype datatype, int source, int tag, WAITIO_MPI_Comm comm, WAITIO_MPI_Request *request);
  - #pragma weak WAITIO_MPI_Irecv = waitio_mpi_irecv, WAITIO_MPI_Request は　waitio_req_tと同定義
  - MPI_Irecvと異なりMPI_Status引数無し
- 通信API：int waitio_wait(waitio_req_t *req);
  - reqで指定した処理の完了を待つ. WAITIO_MPI_Comm は waitio_group_t と同定義
- 他、集団通信関数はMPI関数の定義に準ずる。

WaitIO:異種アプリケーション間のデータ通信手法

- 既存の連成アプリケーションではファイルによるデータ連携が多い
  - ファイル共有によるデータ連携をWaitIO通信によるデータ連携に変換
- 有限要素法による三次元非定常熱伝導解析Toyプログラムによる実例
  - 3つのプログラムから構成される連成アプリケーション



	Code-1	Code-2	Code-3
概要	発熱量(点源)計算	FEMによる非定常三次元熱伝導方程式，MPI並列化	FEMによる非定常三次元熱伝導方程式，MPI並列化
入力	s1.dat	s2.dat s1.out	s3.dat s1.out, s2.out
出力	s1.out, t1.lst	s2.out, t2.lst	s3.out, t3.lst

Code-3: Code-2の出力を読み、Z=Zmaxの面に強制温度固定条件

WaitIO: Toyプログラムの書き換え

- コード例： Code-1のWaitIO修正

```
001     implicit REAL*8(A-H,O-Z)
002     real(kind=8) :: Interval
003     include 'mpif.h'

004     call MPI_Init(ierr)
005     open (11,file='s1.dat',status='unknown')
006     read (11,*) ITERmax, Period, Interval, Val
007     write (*,'(a,i8)')     '##ITERmax ', ITERmax
008     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Period  ',  Period
009     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Interval',  Interval
010     write (*,'(a,1pe16.6//)') '##Val     ',  Val
011     close (11)

012     open (12,file='s1.out',status='unknown')

013     pi  = 4.d0*datan(1.d0)
014     coef= pi/180.d0
015     time= 0.d0
016     S0time= mpi_wtime  ()
```

```
017     do
018       S1time= mpi_wtime  ()

019       do
020         do iter= 1, ITERmax
021           a= 1.d0
022         enddo
023         E0time= mpi_wtime  (ierr)
024         if ((E0time-S1time).gt.Interval)  exit
025       enddo

026       ttt= E0time - S0time
027       Source= Val * dsin(ttt*coef)
028 !     rewind  (12)
029       write  (12,'(2(1pe16.6))') ttt, Source
030     enddo

031     call MPI_Finalize()
032     stop
033     end
```

Code-1: オリジナル

WaitIO: Toyプログラムの書き換え:2

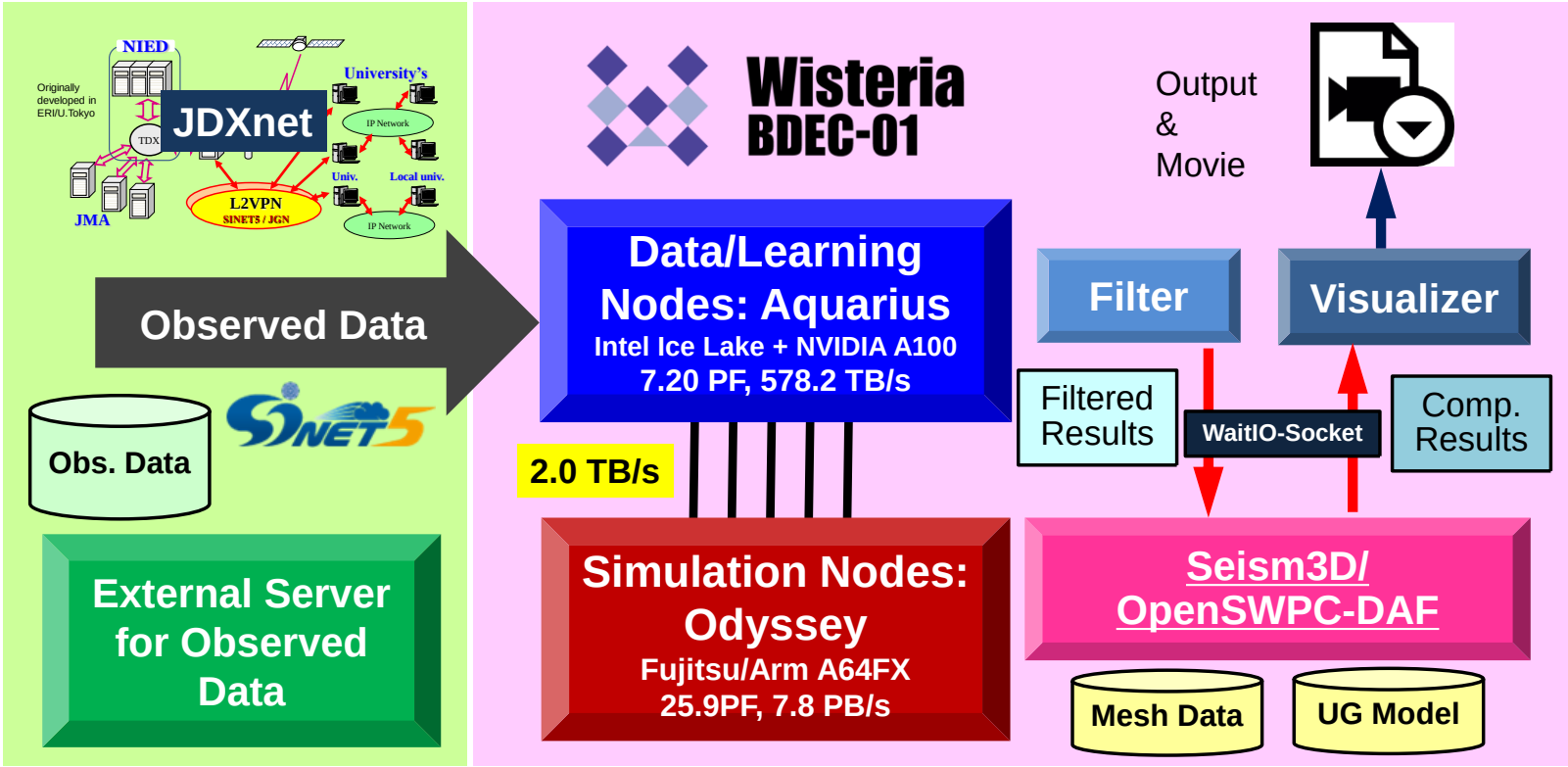
- Open/Read-Writeを isend-irecv/waitに書き換え
  - MPI Non-blocking送受信関数と同様

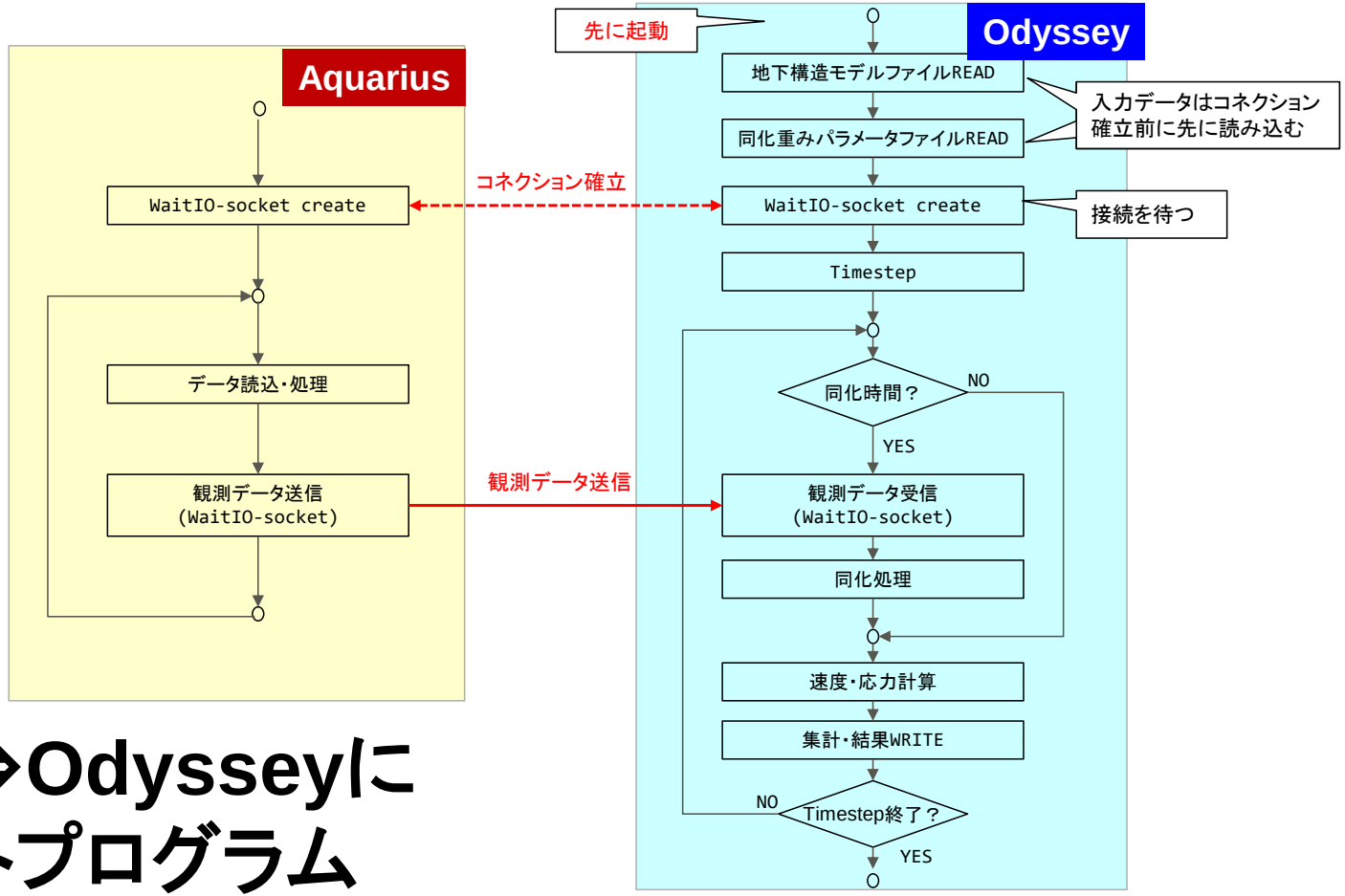
Code-1: WaitIO修正

```
001     implicit REAL*8(A-H,O-Z)
002     real(kind=8) :: Interval
003     integer :: dest
004     integer(kind=4 ), dimension(:,:), save,allocatable :: sta1
005     integer(kind=4 ), dimension(:,:), save,allocatable :: req1

006     include 'mpif.h'
007     include 'waitio_mpif.h'

008     call MPI_Init(ierr)
009     open (11,file='s1.dat',status='unknown')
010     read (11,*) ITERmax, Period, Interval, Val
011     write (*,'(a,i8)')      '##ITERmax ', ITERmax
012     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Period  ',  Period
013     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Interval',  Interval
014     write (*,'(a,1pe16.6//)') '##Val     ',  Val
015     close (11)

016     allocate (sta1(WAITIO_STATUS_SIZE,2*2))
017     allocate (req1(WAITIO_REQUEST_SIZE,2*2))
018     call WAITIO_CREATE_UNIVERSE_PBHEAD (WAITIO_SOLVER_COMM, ierr)

019     open (12,file='s1.out',status='unknown')
```

```
037       write (*,'(2(1pe16.6))') ttt, Source
038       do dest=1, 2
039         call WAITIO_MPI_Isend (ttt, 1,
040     &         WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
041     &         dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2*(dest-1)+1), ierr)
042         if(ierr.ne.0) goto 100
043         call WAITIO_MPI_Isend (Source, 1,
044     &         WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
045     &         dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2*(dest-1)+2), ierr)
046         if(ierr.ne.0) goto 100
047       enddo
048       call WAITIO_MPI_Waitall (4, req1, sta1, ierr)
049       if(ierr.ne.0) goto 100
050     enddo
051 100  continue
```

観測データ同化による長周期地震動リアルタイム予測
2021年度成果：Wisteria/BDEC-01への実装



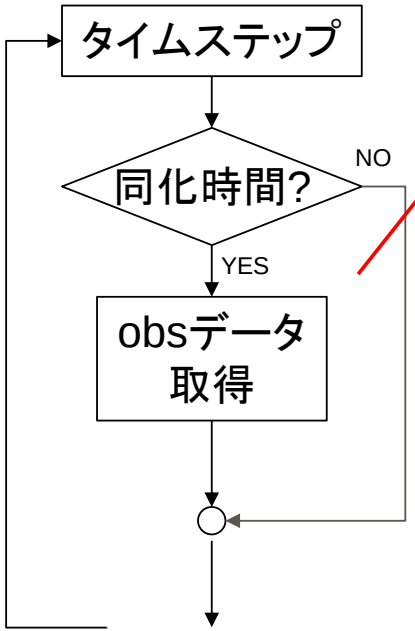


Aquarius⇒Odysseyにおけるテストプログラム WaitIO-Socket通信

WaitIO-Socketによる通信（Aquarius側）

```
program dmy_filter
<省略: 型宣言等>
call mpi_init (ierr)
call mpi_comm_size (MPI_COMM_WORLD, nprocs, ierr)
call mpi_comm_rank (MPI_COMM_WORLD, myrank,  ierr)
call WAITIO_CREATE_UNIVERSE (WAITIO_COMM_UNIVERSE, ierr)

if (myrank==0) then
  open(100,file='./obsfile_list.txt', form='formatted', status='old', iostat=ierr)
  do i=1,300
    <省略: obsデータ読み込み処理>
    print *,"Send obs data ...... "
    call WAITIO_MPI_ISEND (NTMAX1_o, 1,           WAITIO_MPI_INTEGER,  2,1, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,1), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (DT_o,     1,           WAITIO_MPI_FLOAT,    2,2, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,2), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (NST_o,    1,           WAITIO_MPI_INTEGER,  2,3, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,3), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (AT_o,     1,           WAITIO_MPI_FLOAT,    2,4, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,4), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (T0_o,     1,           WAITIO_MPI_FLOAT,    2,5, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,5), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (ISO_X_o,  NSMAX,       WAITIO_MPI_INTEGER,  2,6, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,6), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (ISO_Y_o,  NSMAX,       WAITIO_MPI_INTEGER,  2,7, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,7), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (ISO_Z_o,  NSMAX,       WAITIO_MPI_INTEGER,  2,8, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,8), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (ISTX_o,   NST,         WAITIO_MPI_INTEGER,  2,9, WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,9), ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (ISTY_o,   NST,         WAITIO_MPI_INTEGER,  2,10,WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,10),ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (ISTZ_o,   NST,         WAITIO_MPI_INTEGER,  2,11,WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,11),ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (STC_o,    6*NST,       WAITIO_MPI_CHAR,     2,12,WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,12),ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (VxAll_obs,NST*NOBS_LEN,WAITIO_MPI_FLOAT,    2,13,WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,13),ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (VyAll_obs,NST*NOBS_LEN,WAITIO_MPI_FLOAT,    2,14,WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,14),ierr)
    call WAITIO_MPI_ISEND (VzAll_obs,NST*NOBS_LEN,WAITIO_MPI_FLOAT,    2,15,WAITIO_COMM_UNIVERSE,req(1,15),ierr)
    call WAITIO_MPI_WAITALL (15,req, status, ierr)
    call sleep(1)
  enddo
  close (100)
endif
call WAITIO_FINALIZE (ierr)
call mpi_finalize (ierr)
end
```

WaitIO-Socketによる通信（Odyssey側）




```
OPEN(40, FILE=trim(IN_OBS),FORM='UNFORMATTED',
     STATUS='OLD', IOSTAT=IER)
<略>
READ (40) NTMAX1_o, DT_o, NST_o
READ (40) AT_o, T0_o
READ (40) ISO_X_o,ISO_Y_o,ISO_Z_o,
          ISTX_o,ISTY_o,ISTZ_o,STC_o
READ (40) VxAll_obs
READ (40) VyAll_obs
READ (40) VzAll_obs
```

WaitIO-socketに変更

```
call WAITIO_MPI_IRECV (NTMAX1_o, 1,          WAITIO_MPI_INTEGER, 0,1, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (DT_o,     1,          WAITIO_MPI_FLOAT,   0,2, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (NST_o,    1,          WAITIO_MPI_INTEGER, 0,3, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (AT_o,     1,          WAITIO_MPI_FLOAT,   0,4, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (T0_o,     1,          WAITIO_MPI_FLOAT,   0,5, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (ISO_X_o,  NSMAX,      WAITIO_MPI_INTEGER, 0,6, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (ISO_Y_o,  NSMAX,      WAITIO_MPI_INTEGER, 0,7, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (ISO_Z_o,  NSMAX,      WAITIO_MPI_INTEGER, 0,8, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (ISTX_o,   NST,        WAITIO_MPI_INTEGER, 0,9, WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (ISTY_o,   NST,        WAITIO_MPI_INTEGER, 0,10,WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (ISTZ_o,   NST,        WAITIO_MPI_INTEGER, 0,11,WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (STC_o,    6*NST,      WAITIO_MPI_CHAR,    0,12,WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (VxAll_obs,NST*NOBS_LEN,WAITIO_MPI_FLOAT,  0,13,WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (VyAll_obs,NST*NOBS_LEN,WAITIO_MPI_FLOAT,  0,14,WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
call WAITIO_MPI_IRECV (VzAll_obs,NST*NOBS_LEN,WAITIO_MPI_FLOAT,  0,15,WAITIO_COMM_UNIVERSE,...)
```

pHEAT-3Dアプリケーションへの適用例

- pHEAT-3Dアプリケーション(Fortran+MPI)をWaitIO-MPI Conversionライブラリを用いて移植(solver部分のみ変換)
  - WaitIO-MPI Conversionコード変換は機械的に変換可能：数分で変換

```
      include  'mpif.h'
      include 'waitio_mpif.h'
      integer(kind=kint ), dimension(:,:), save,allocatable :: req1
      integer, save :: NFLAG
      data NFLAG/0/

!C
!C-- INIT.
      if (allocated(sta1)) deallocate (sta1)
      if (allocated(req1)) deallocate (req1)
      allocate (sta1(WAITIO_STATUS_SIZE,2*NEIBPETOT+4))
      allocate (req1(WAITIO_REQUEST_SIZE,2*(NEIBPETOT+4)))
!C
!C-- SEND
      do neib= 1, NEIBPETOT
        istart= STACK_EXPORT(neib-1)
        inum  = STACK_EXPORT(neib  ) - istart
!$omp parallel do private (k,ii)
        do k= istart+1, istart+inum
          ii= NOD_EXPORT(k)
          WS(k)= X(ii)
        enddo
        call WAITIO_MPI_Isend (WS(istart+1), inum,
     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
     &       NEIBPE(neib), 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,neib), ierr)
      enddo
```

```
!C-- RECV
      do neib= 1, NEIBPETOT
        istart= STACK_IMPORT(neib-1)
        inum  = STACK_IMPORT(neib  ) - istart
        call WAITIO_MPI_Irecv (X(istart+N0+1),inum,
     &                         WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
     &                NEIBPE(neib), 0, WAITIO_SOLVER_COMM,
     &                req1(1,neib+NEIBPETOT), ierr)
      enddo
!C
      call WAITIO_MPI_Waitall (2*NEIBPETOT, req1, sta1, ierr)

      end subroutine SOLVER_SEND_RECV
      end module     solver_SR
```

```
!$omp parallel do private(i) reduction(+: RHO0)
      do i= 1, N
        RHO0= RHO0 + WW(i,R)*WW(i,Z)
      enddo

      call WAITIO_MPI_Allreduce (RHO0, RHO, 1,
     &                           WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
     &                WAITIO_MPI_SUM, WAITIO_SOLVER_COMM, ierr)
```

休憩 10分

Next
h3-Open-SYS/WaitIOと
h3-Open-UTIL/MPを使ってみよう
15:15 – 17:30

h3-Open-SYS/WaitIOと h3-Open-UTIL/MPを使ってみよう

15:15 – 17:30

Wisteria/BDEC-01システム利用イントロダクション:20分
サンプルプログラムの実行WaitIO:20分
サンプルプログラムの実行MP: 50分
自由に動かしてみよう・Q&A: 10分

Wisteria/BDEC-01システム利用イントロダクション

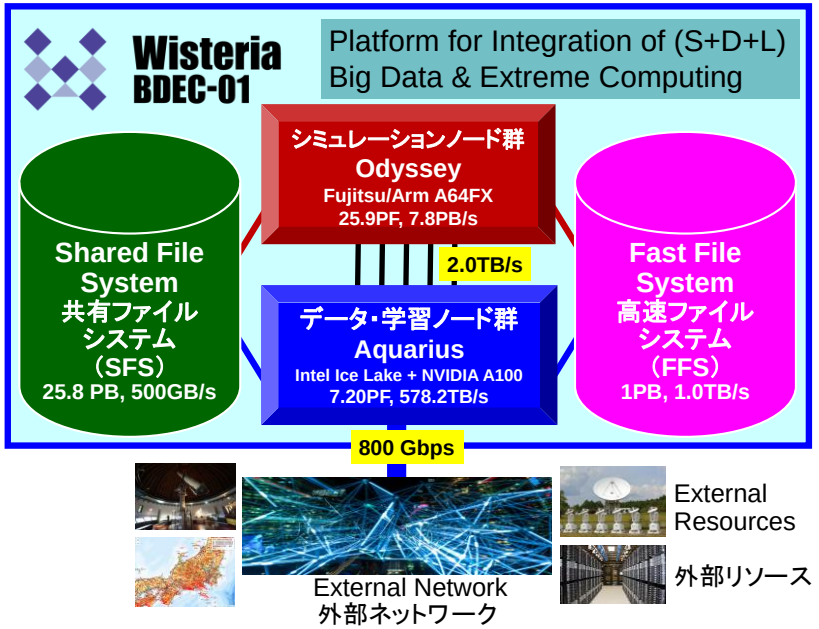
Wisteria/BDEC-01システム利用 イントロダクション

- システム構成再び
- バッチ用途インタラクティブ利用
- バッチ処理システム利用の基本
  - 基本コマンド
- 連成計算用異種連携システム＜今回利用＞

Wisteria/BDEC-01

BDEC:「計算・データ・学習（S+D+L）」融合のためのプラットフォーム（Big Data & Extreme Computing）

- 2021年5月14日運用開始
  - 東京大学柏Ⅱキャンパス
- 33.1 PF, 8.38 PB/sec.，**富士通製**
  - ~4.5 MVA（空調込み），~360m^2
- Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous (h3)
- **2種類のノード群**
  - **シミュレーションノード群（S, SIM）：Odyssey**
    - **従来のスパコン**
    - **Fujitsu PRIMEHPC FX1000 (A64FX), 25.9 PF**
      - **7,680ノード（368,640 コア），20ラック，Tofu-D**
  - **データ・学習ノード群（D/L, DL）：Aquarius**
    - **データ解析，機械学習**
    - **Intel Xeon Ice Lake + NVIDIA A100, 7.2 PF**
      - **45ノード（Ice Lake：90基，A100：360基），IB-HDR**
    - **一部は外部リソース（ストレージ，サーバー，センサーネットワーク他）に直接接続**
  - ファイルシステム：共有（大容量）＋高速



Wisteria
BDEC-01

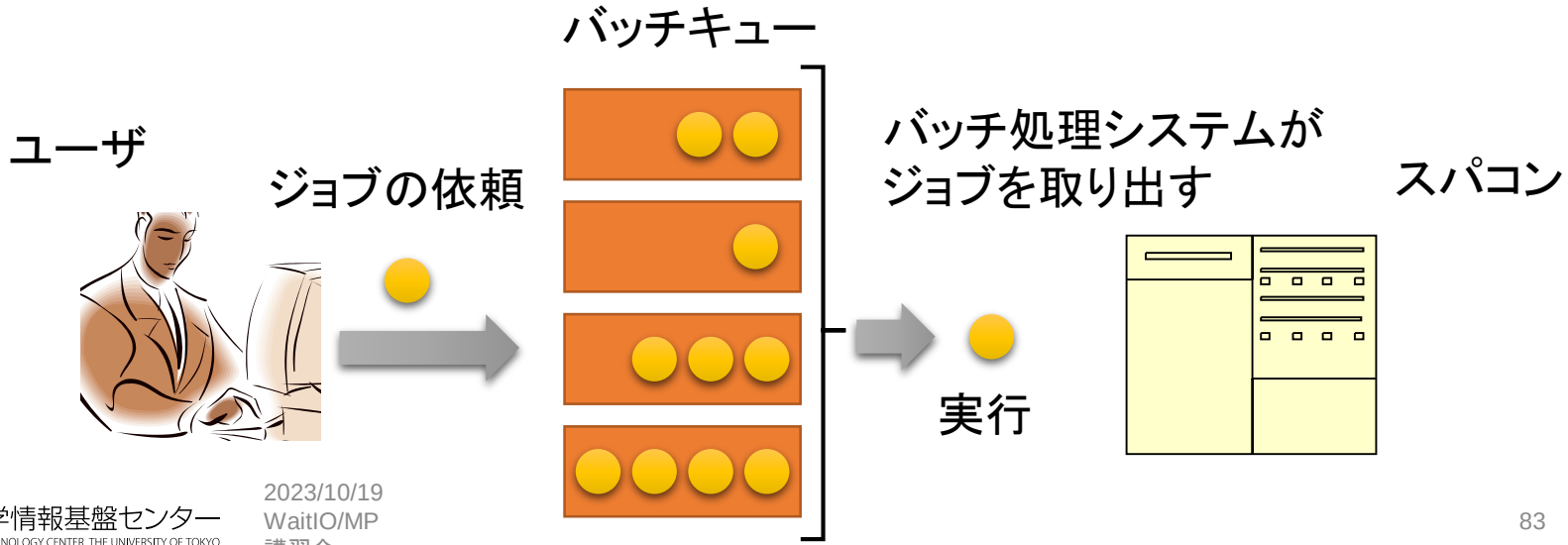
Wisteria/BDEC-01スーパーコンピュータシステムでのジョブ実行形態

- 以下の2通りがあります
- 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する方法
  - スパコン環境では、あまり一般的でない
  - デバック用、大規模実行はできない
- 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する方法
  - 実行させたい処理をファイル（ジョブスクリプト）で指示する
  - スパコン環境で一般的
  - 大規模実行用

※講義アカウントでは
バッチジョブ実行のみ、
最大12ノード15分まで

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。
  - キュー: 待ち行列



バッチ処理：リソースグループと利用グループ

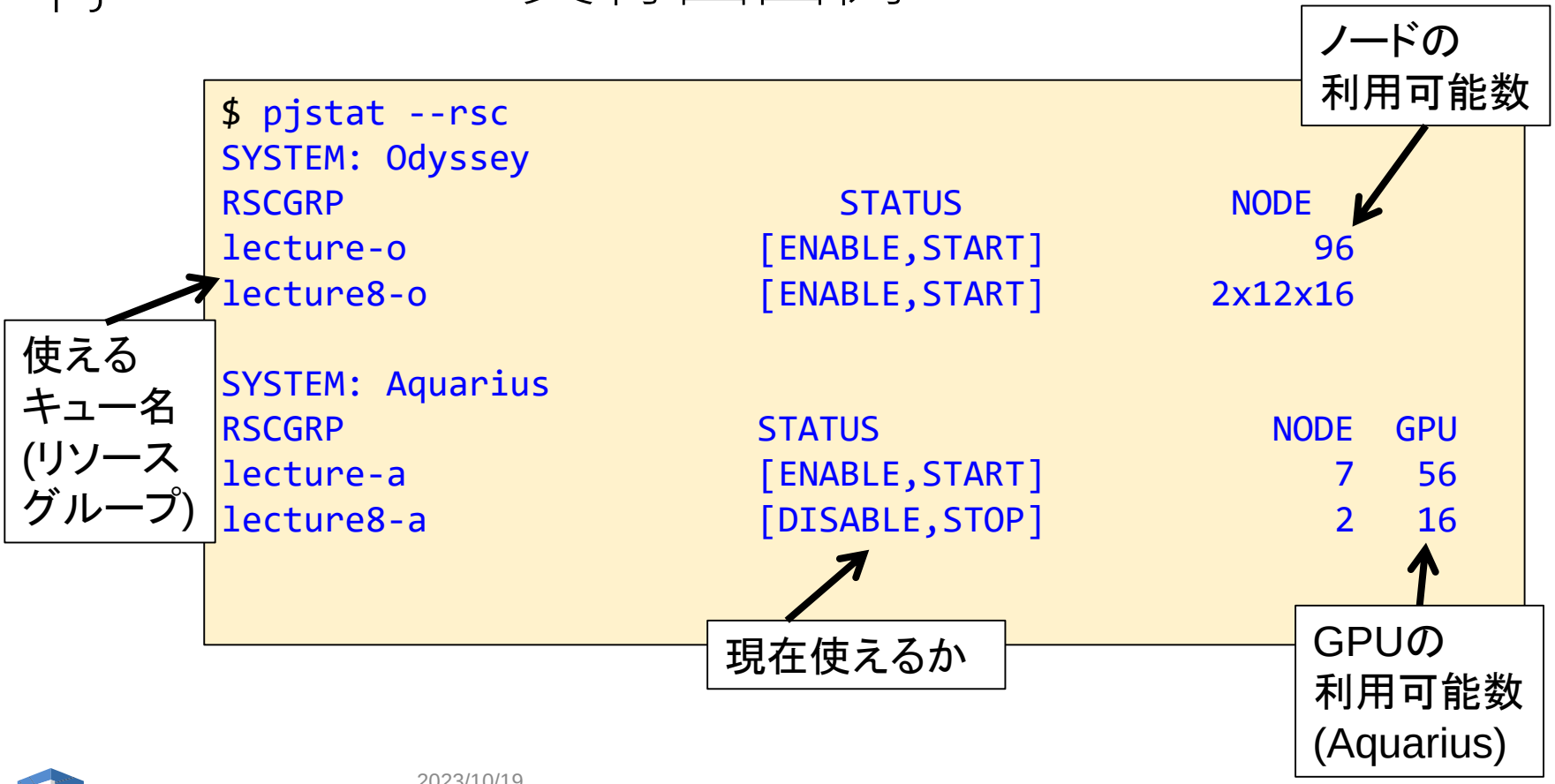
- リソースグループ： 使用する計算機リソースの指定
  - 用途・規模指定: debug, short, regular, coupler, share, lecture, tutorial
  - Odyssey指定: 用途・規模指定に-oを付与: debug-o
  - Aquarius指定: 用途・規模指定に-aを付与: debug-a

- 利用グループ：参加プロジェクトを指定、
  - トークン、総利用リソース資源量(時間)、ノード数制限

バッチキューの設定のしかた

- Wisteriaでのバッチ処理は、富士通のバッチシステムで管理されています。
- 以下、主要コマンドを説明します。
  - 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>`
  - 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 -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`

pjstat --rsc の実行画面例



pjstat --rsc -x の実行画面例

```
$ pjstat --rsc -x
SYSTEM: Odyssey
RSCGRP              STATUS           MIN_NODE MAX_NODE MAX_ELAPSE REMAIN_ELAPSE MEM(GiB) PROJECT
lecture-o           [ENABLE,START]          1       12   00:15:00      00:15:00       28 gt68
lecture8-o          [DISABLE,STOP]          1       12   00:15:00      --:--:--       28 gt68

SYSTEM: Aquarius
RSCGRP              STATUS           MIN_NODE MAX_NODE AVAIL_GPU MAX_ELAPSE REMAIN_ELAPSE MEM(GiB) PROJECT
lecture-a           [ENABLE,START]          1        1     1,2,4   00:15:00      00:15:00      448 gt68
lecture8-a          [DISABLE,STOP]          1        1     1,2,4   00:15:00      --:--:--      448 gt68
```

使える
キュー名
(リソース
グループ)

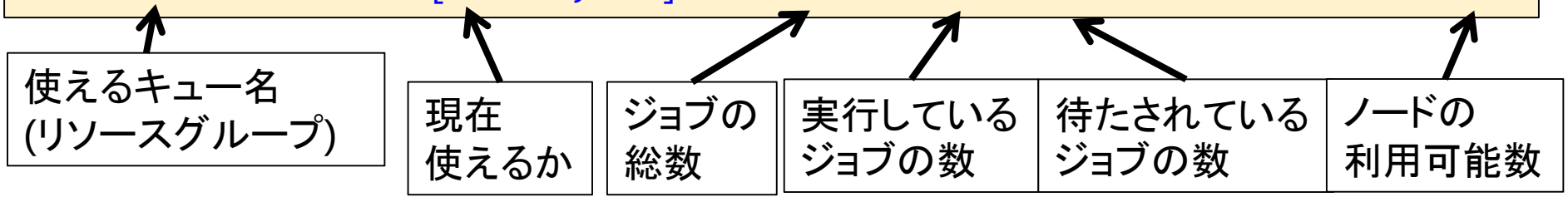
現在
使えるか

ノードの
実行情報

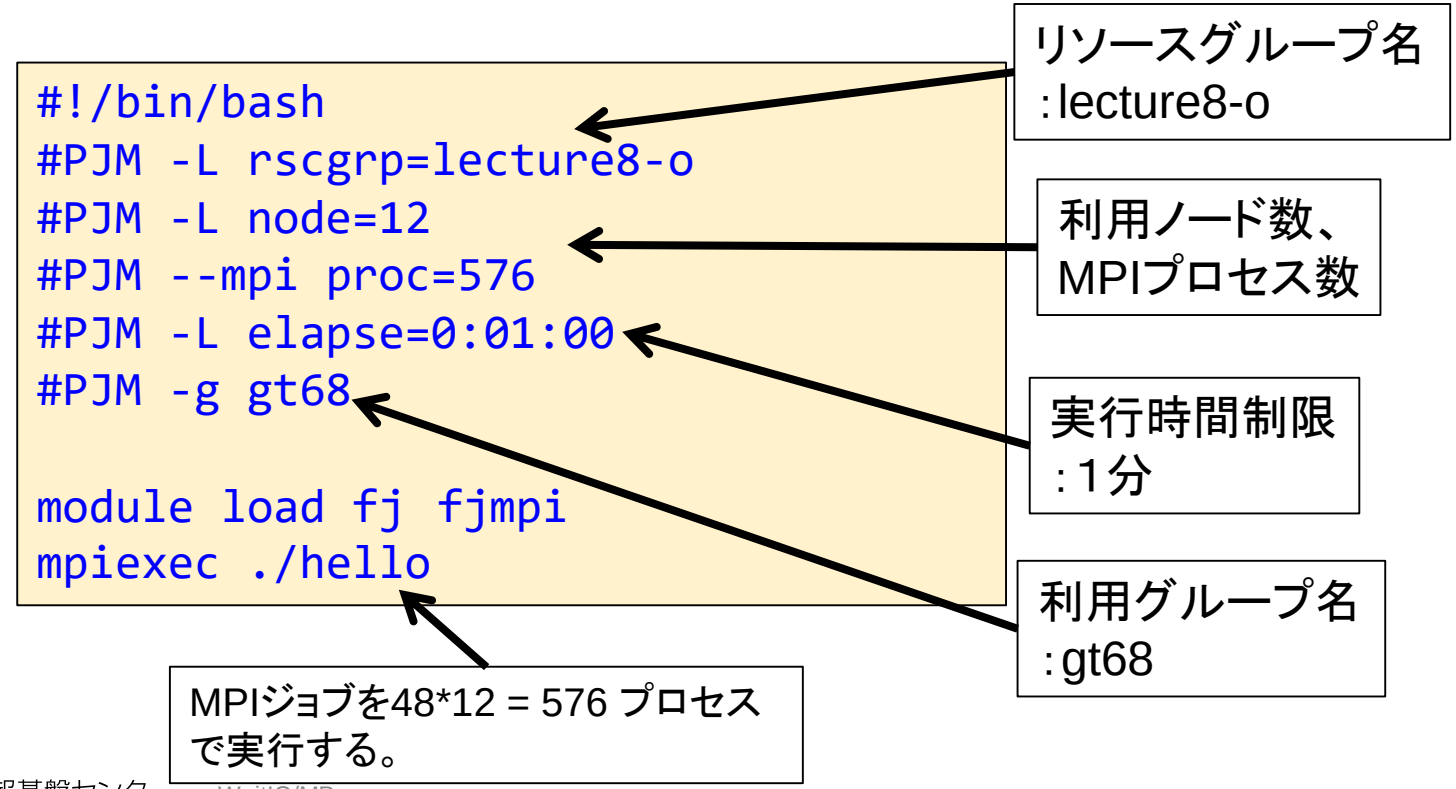
課金情報(財布)
実習では1つのみ

pjstat --rsc -b の実行画面例

```
$ pjstat --rsc -b
SYSTEM: Odyssey
RSCGRP                  STATUS           TOTAL RUNNING QUEUED  HOLD OTHER       NODE
lecture-o               [ENABLE,START]       0       0      0     0     0         96
lecture8-o              [DISABLE,STOP]       0       0      0     0     0     2x12x16

SYSTEM: Aquarius
RSCGRP                  STATUS           TOTAL RUNNING QUEUED  HOLD OTHER       NODE
lecture-a               [ENABLE,START]       0       0      0     0     0          7
lecture8-a              [DISABLE,STOP]       0       0      0     0     0          2
```



JOBスクリプトサンプルの説明（ピュアMPI） （hello-pure.bash, C言語、Fortran言語共通）



教育利用のジョブクラス：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！

教育利用のジョブクラス：バッチジョブ（Aquarius）

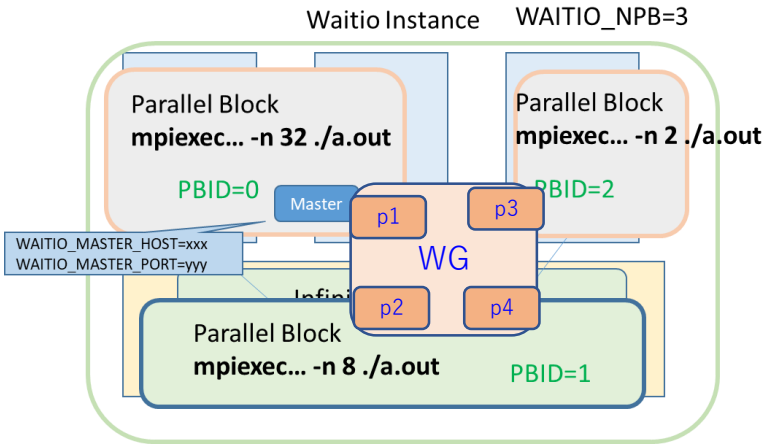
キュー名	GPU数	制限時間（Elapsed）	メモリ容量（GB）
lecture-a （教育利用全体で共有）	1,2,4	15 分	56/GPU
tutorial-a （この講習会の時間中のみ使用可能）	1,2,4	15 分	56/GPU

share-aと同様の使い方

Wisteria/BDEC-01における連成ジョブ実行環境

h3-Open-SYS/WaitIO(WaitIO)の概要

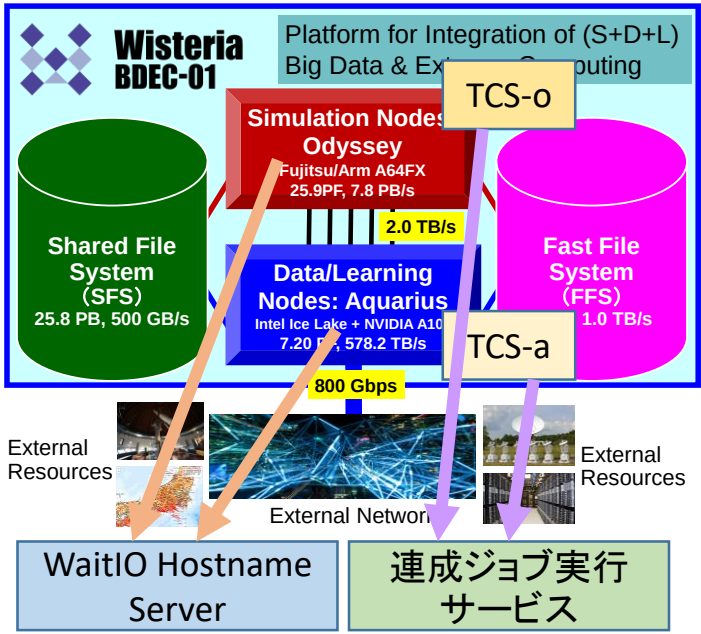
- WaitIOは複数MPIアプリケーション間を融合する通信ライブラリ
- WaitIO Instance
  - WaitIOシステム全体を示す
- Parallel Block(PB)
  - 各アプリケーションが実行されるプロセスグループ
    - PBID識別子：数値
    - 環境変数WAITIO_PBIDで指定
  - PB数は環境変数WAITIO_NPBで指定
  - PB MASTER：WAITIO_PBID=0
    - 全体のデータ同期を実行
    - 環境変数WAITIO_MASTER_HOSTとWAITIO_MASTER_PORTで指定
- WaitIO Group(WG)
  - WaitIO Instanceを構成するPB内の任意プロセスから構成される相互に通信可能グループ



異種バッチ処理システム間ジョブ実行連携機構

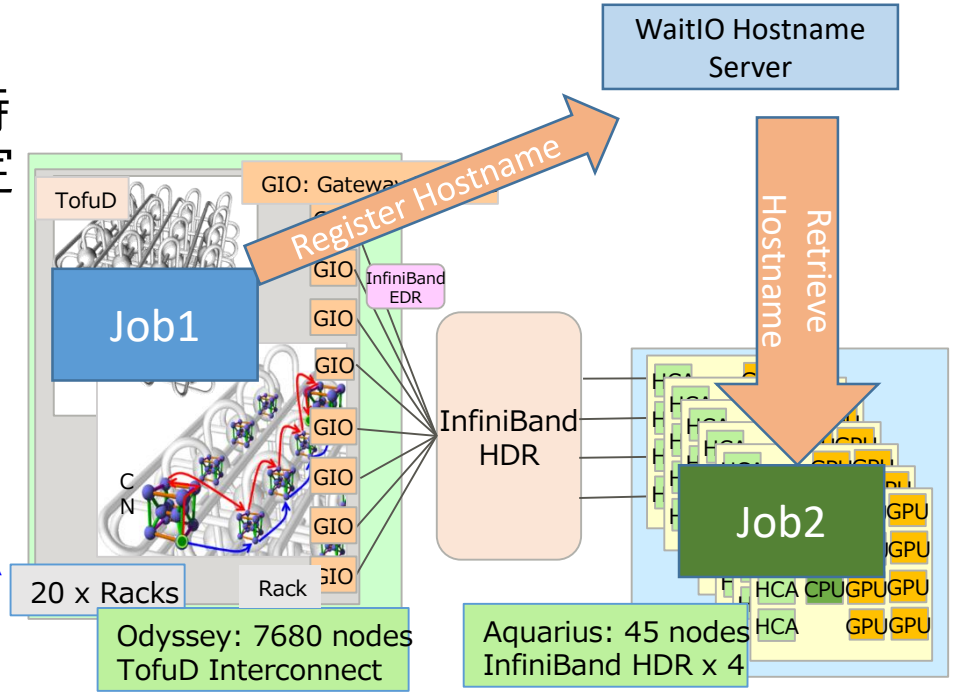
- OdysseyとAquarius上での連成ジョブ実行仕組み
  - 通常実行ジョブと、連成実行ジョブの区別
  - 複数システムのリソース空き時に同時実行
  - WaitIO-Socket実行環境設定

- 連成ジョブ実行サービスとWaitIO Hostname Serverで実現
  - waitio モジュールで環境設定
    - module load waitio@バッチスクリプト
    - WaitIO利用に必要な設定を実施



WaitIO Hostname Server

- バッチ実行は実行時にホスト名決定
  - 複数ジョブ間で実行ホスト情報交換要
- waitio-serv:固定ホスト上で実行、特定のSocket Portに接続して各種設定
  - waitio moduleで環境設定
- waitio-servコマンド
  - Odyssey用: waitio-serv-a64fx
  - Aquarius用: waitio-serv(-intel)
- waitio-servオプション
  - 設定: waitiio-serv –m `hostname`
  - 獲得: waitio-serv -c



教育利用のジョブクラス：バッチジョブ（Odyssey+Aquarius）

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
coupler-lec-o （この講習会関連のみ使用可能）	1 ～ 12	15 分	28
lecture-a （教育利用全体で共有）	1	15 分	508
coupler-lec-a （この講習会関連のみ使用可能）	1	15 分	508

連成プログラムの実行

- バッチスクリプトでの設定
  - 同一ユーザ名での実行：　違うユーザの実行は区別されます

```
#PJM -N “SYStest-waitio”  # Job名を一致
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-[ao] #リソースグループは coupler-xxx
#PJM -g jh21xxxxo         # group名も一致(最後のoaは無視される)
```

  - WaitIO ModuleとPB(Parallel Block)の設定

PBID=0

```
module load waitio
export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100 # Socket Port
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=2
waitio-serv-<arch> -m $WAITIO_MASTER_HOST
```

`hostname`: IPアドレス取得に利用、
Aquariusでは `hostname`-ib0 がOdysseyと通信可能なホスト名

PBID> 0

```
module load waitio
export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv-<arch> -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100 # Socket Port
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=2
```

<arch>: Odyssey向けスクリプト= a64fx
Aquarius向けスクリプト= intel

サンプルプログラムの実行
WaitIO

WaitIOサンプルプログラム実行概要

- サンプルプログラムの実行前準備
  1. ポータルサイトへのssh公開鍵登録（事前送付済）
  2. Wisteriaへのログイン（事前送付済）
  3. Linux操作の基本（ディレクトリ変更、エディター、適宜）
- サンプルプログラム実行
  1. サンプルプログラムの/workディレクトリへの展開
  2. コンパイル
  3. バッチスクリプト準備・修正
  4. バッチ処理実行

事前準備：問題なくできましたでしょうか？

-問題ありましたらBreakout roomにて個別に対応いたします-

- SSH環境の準備
- Wisteria/BDEC-01システムへのログイン
  - 公開鍵の生成
  - スパコンポータルサイトにログイン・公開鍵登録
  - sshコマンドでWisteria/BDEC-01システムへのログイン
- ログインしたら
  - Homeと/workディレクトリの確認（ジョブ実行は/work利用）
  - 手元のPCとの間のファイル転送
  - マニュアル情報の参照
- Zoom利用

WaitIOサンプルプログラム実行:PingPong

- サンプルプログラムの/workディレクトリへの展開
  - `tar -zxf /work/share/waitio/src/examples/PingPong.tgz`
- コンパイル
  - `module load intel impi`
  - `make clean all`
- 実行
  - バッチスクリプトの修正
  - バッチ処理実行
    - `pjsub xxx.sh`
      - 単体: odyssey, aquarius, 複数: odyssey+aquarius(odyssey+odyssey)

WaitIOを用いたPingPongプログラム例

```
001 /* waitio-test.c */
002 #include <mpi.h>
003 #include "waitio.h"

004 int truef(int pbid, int n) { return 1; }

006 int main (int argc, char *argv[]) {
007    int ret, wrank;
008    waitio_filter_func_t func[4]= {truef, truef, NULL, NULL};
009    int  array[4] = {1, 2, 0, 0};
010    int  data[2], *buf = data;
011    waitio_req_t req;
012    waitio_group_t grp1;

013    if((ret = MPI_Init( &argc, &argv)) != MPI_SUCCESS) {
014       fprintf(stderr, "MPI_Init failed code %d¥n", ret);
015       exit(ret);
016    }
017    if((ret = waitio_init(-1)) != 0) {
018       fprintf(stderr, "waitio_init failed code %d¥n", ret);
019        MPI_Abort(MPI_COMM_WORLD, ret);
020       exit(ret);
021    }

022    grp1 = waitio_create_group(0, func, array);
023    if(grp1 == NULL) {
024       fprintf(stderr, "waitio_create_group failed code %d¥n", ret);
025       MPI_Finalize();
026    exit(ret);
027     }
028    waitio_group_rank(grp1, &wrank);
```

```
029    if((wrank%2) == 1) {
030       waitio_irecv(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
031       if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
032          fprintf(stderr, "%d waitio_irecv error %d¥n", wrank, ret);
033       }
034       else {
035          fprintf(stderr, "rank%d: waitio_irecv from rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
036       }
037       waitio_isend(grp1, wrank-1, (char *)buf, 4, 0, &req);
038       if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
039          fprintf(stderr, "%d waitio_isend error %d¥n", wrank, ret);
040       }
041       else {
042          fprintf(stderr, "rank%d: waitio_isend to rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
043       }
044    }
045    else {
046       waitio_isend(grp1, wrank+1, (char *)buf, 4, 0, &req);
047       if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
048          fprintf(stderr, "%d waitio_isend error %d¥n", wrank, ret);
048       }
050       else {
051          fprintf(stderr, "rank%d: waitio_isend to rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
052       }
053       waitio_irecv(grp1, wrank+1, (char *)&buf, 4, 0, &req);
054       if((ret = waitio_wait(&req)) != 0) {
055          fprintf(stderr, "%d waitio_irecv error %d¥n", wrank, ret);
056       }
057       else {
058          fprintf(stderr, "rank%d: waitio_irecv from rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
059       }
060    }
061    waitio_finalize();
062    MPI_Finalize();
063 }
```

WaitIO-MPI Conversion APIを用いたPingPongプログラム例

```
000 /* test-mpi.c*/
001 #include <mpi.h>
002 #include "waitio.h"
003 #include "waitio_mpi.h"

004 int main (int argc, char *argv[]) {
005   int  data[2], *buf = data;
006   waitio_group_t grp1;
007   int ret;
008   int wrank;

009   if((ret = MPI_Init( &argc, &argv)) != MPI_SUCCESS) {
010     fprintf(stderr, "MPI_Init failed code %d¥n", ret);
011     exit(ret);
012   }
013
014   waitio_create_universe (&grp1);
015   if(grp1 == NULL) {
016     fprintf(stderr, "waitio_create_universe failed code %d¥n", ret);
017     MPI_Finalize();
018     exit(ret);
019   }
```

waitio_mpi_recv はWAITIO_MPI_Recv
waitio_mpi_send はWAITIO_MPI_Send
としても定義されているため、MPIプログラムの機械的な置き換えも可能である。

```
020   waitio_group_rank(grp1, &wrank);
021   if((wrank%2) == 1) {
022     if((ret = waitio_mpi_recv(buf, 4, WAITIO_MPI_CHAR, wrank-1, 0, grp1)) != 0) {
023       fprintf(stderr, "%d waitio_mpi_recv error %d¥n", wrank, ret);
024     }
025     else {
026       fprintf(stderr, "rank%d: waitio_mpi_recv from rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
027     }
028     if((ret = waitio_mpi_send(buf, 4, WAITIO_MPI_CHAR, wrank-1, 0, grp1)) != 0) {
029       fprintf(stderr, "%d waitio_send error %d¥n", wrank, ret);
030     }
031     else {
032       fprintf(stderr, "rank%d: waitio_mpi_send to rank%d¥n", wrank,  wrank-1);
033     }
034   }
035   else {
036     if((ret = waitio_mpi_send(buf, 4, WAITIO_MPI_CHAR, wrank+1, 0, grp1)) != 0) {
037       fprintf(stderr, "%d waitio_send error %d¥n", wrank, ret);
038     }
039     else {
040       fprintf(stderr, "rank%d: waitio_mpi_send to rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
041     }
042     if((ret = waitio_mpi_recv(buf, 4, WAITIO_MPI_CHAR, wrank+1, 0, grp1)) != 0) {
043       fprintf(stderr, "%d waitio_recv error %d¥n", wrank, ret);
044     }
045     else {
046       fprintf(stderr, "rank%d: waitio_mpi_recv from rank%d¥n", wrank,  wrank+1);
047     }
048   }

049   waitio_finalize();
050   MPI_Finalize();
051 }
```

プログラムのコンパイル

- サンプルプログラムのworkディレクトリへのコピーと展開

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ realpath .
/work/jh21yyyya/z30xxx/sample
[z30xxx@wisteria01 sample]$ tar -zxf /work/share/waitio/src/examples/PingPong.tgz
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

- コンパイル

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ cd PingPong/
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ make clean
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ls
Makefile     test-a64fx-1.sh  test.c              test-mpi.c
mpi-Itest.c  test-a64fx-2.sh  test-intel-2.sh     test-mpi-intel-2.sh
mpi-test.c   test-a64fx.sh    test-mpi-a64fx-1.sh
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ module purge
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ module load intel impi
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ make all –k
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ module purge
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ module load fj fjmpi
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ make all -k
..
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ls
impi-a64fx  mpi-intel    test-a64fx-1.sh  test-intel          test-mpi.c
impi-intel  mpi-Itest.c  test-a64fx-2.sh  test-intel-2.sh     test-mpi-intel
Makefile    mpi-test.c   test-a64fx.sh    test-mpi-a64fx      test-mpi-intel-2.sh
mpi-a64fx   test-a64fx   test.c           test-mpi-a64fx-1.sh
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$
```

プログラムの実行準備: PB数=1

- バッチスクリプトの修正: test-a64fx.sh

```
#!/bin/sh
#------ pjsub option --------#
#PJM -L rscgrp=lecture-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=2
#PJM -L elapse=00:02:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#------- Program execution -------#

module purge
module load waitio
module load fj
module load fjmpi
export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=1

mpiexec  ./test-a64fx
exit
```

プログラムの実行: PB数=1

- バッチスクリプトの起動

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ pjsub test-a64fx.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 636562 submitted.
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

- 出力: pjstatコマンドでジョブ完了確認後

```
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ cat test-a64fx.sh.636562.out
Unloading odyssey
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/core
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/util
Loading fj/1.2.35
  Loading requirement: fjmpi/1.2.35
wo0017:0:0:sock_create master_port 7100
wo0017:0:0: WAITIO_MASTER socket bind port 7100
rank0: waitio_isend to rank1
rank1: waitio_irecv from rank0
rank1: waitio_isend to rank0
rank0: waitio_irecv from rank1
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$
```

プログラムの実行準備: PB数=2(a64fx+a64fx)

- バッチスクリプトの修正: test-a64fx-1.sh, test-a64fx-2.sh

```
#!/bin/sh
#------ pjsub option --------#
#PJM -N "test1"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=2
#PJM -L elapse=00:02:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#------- Program execution -------#

hostname
module purge
module load fj
module load fjmpi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=2
waitio-serv-a64fx -d -m $WAITIO_MASTER_HOST
echo  "serv host set ${WAITIO_MASTER_HOST} "

mpiexec  ./test-a64fx
exit
```

```
#!/bin/sh
#------ pjsub option --------#
#PJM -N "test1"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=2
#PJM -L elapse=00:02:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#------- Program execution -------#

hostname
module purge
module load fj
module load fjmpi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=2
export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv-a64fx -c`

echo  "serv host is ${WAITIO_MASTER_HOST} "
mpiexec  ./test-a64fx
exit
```

プログラムの実行: PB数=2(a64fx+a64fx)

- バッチスクリプトの起動

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ pjsub test-a64fx-1.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 636574 submitted.
[z30xxx@wisteria01 PingPong]$ pjsub test-a64fx-2.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 636575 submitted.
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

- 出力

```
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ cat test1.636574.out
wo5575
Unloading odyssey
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/core
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/util
Loading fj/1.2.35
  Loading requirement: fjmpi/1.2.35
wo5575:-1::waitio_setargs user=z30455, jobn=test1!
waitio-server host wo5575:6500 started
wo5575:0/2(103):waitio_connect_serv_sock:trying connect host 10.1.0.1,port 25625
wo5575:0/2(103):waitio_connect_serv_sock: connected to host 10.1.0.1,port 25625
wo5575
wo5575
serv host set wo5575
wo5575:0:0:sock_create master_port 7100
wo5575:0:0: WAITIO_MASTER socket bind port 7100
 wo5575:0/2(112):PBserver: waitio_fetch_PBdata set timeout 10
wo5575:0:0 waitio_init Procs:
   PB No.0 rank=0 IP-addr:port#=10.11.135.7:8000 nprocs=2, nGIO=0
   PB No.1 rank=0 IP-addr:port#=10.11.135.15:8000 nprocs=2, nGIO=0
wo5575:0/2(112): Multiple WaitIO Connecter now ready NPB=2!
 wo5575:0/2(112):PBserver: waitio_fetch_PBdata accepted from 10.11.135.15 port=40648 fd=32
rank0: waitio_isend to rank1
rank1: waitio_irecv from rank0
rank1: waitio_isend to rank0
rank0: waitio_irecv from rank1
```

```
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ cat test1.636575.out
wo5583
Unloading odyssey
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/core
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/util
Loading fj/1.2.35
  Loading requirement: fjmpi/1.2.35
waitio-server host wo5583:6500 started
serv host is wo5575
wo5583:1:0 waitio_init Procs:
   PB No.0 rank=0 IP-addr:port#=10.11.135.7:8000 nprocs=2, nGIO=0
   PB No.1 rank=0 IP-addr:port#=10.11.135.15:8000 nprocs=2, nGIO=0
wo5583:1/2(110): Multiple WaitIO Connecter now ready NPB=2!
wo5583:1:0/2(110):PBclient:trying connect host 10.11.135.7,port 48155
wo5583:1/2(110):PBclient: connected to host 10.11.135.7,port 48155
wo5583:1/2(110):PBclient: upstream to WaitIO master Nproc=2 done!
rank2: waitio_isend to rank3
rank3: waitio_irecv from rank2
rank3: waitio_isend to rank2
rank2: waitio_irecv from rank3
```

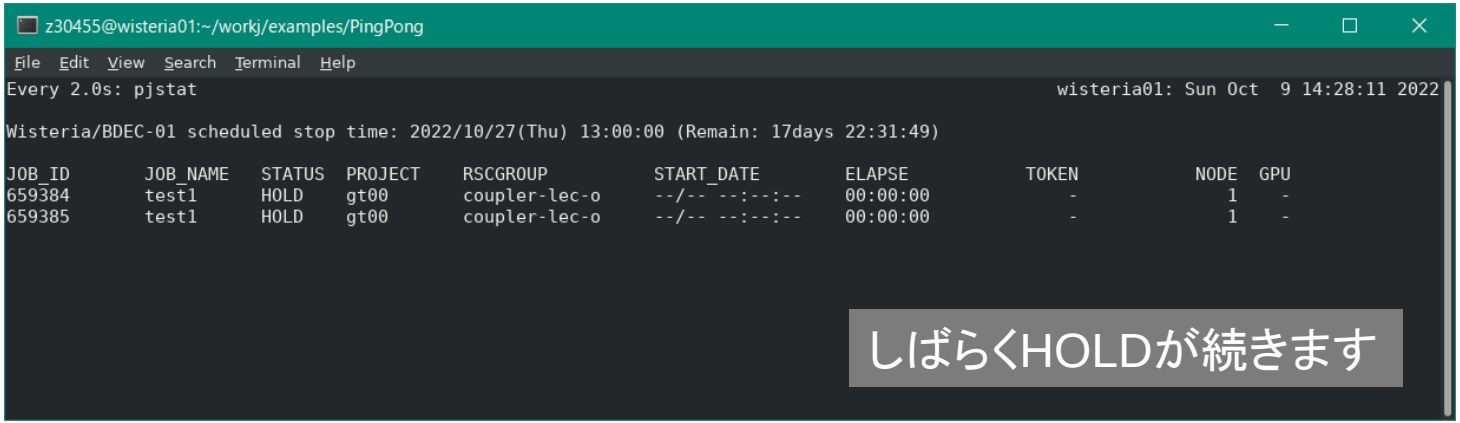
便利なプログラムの実行状態確認: PB数=2

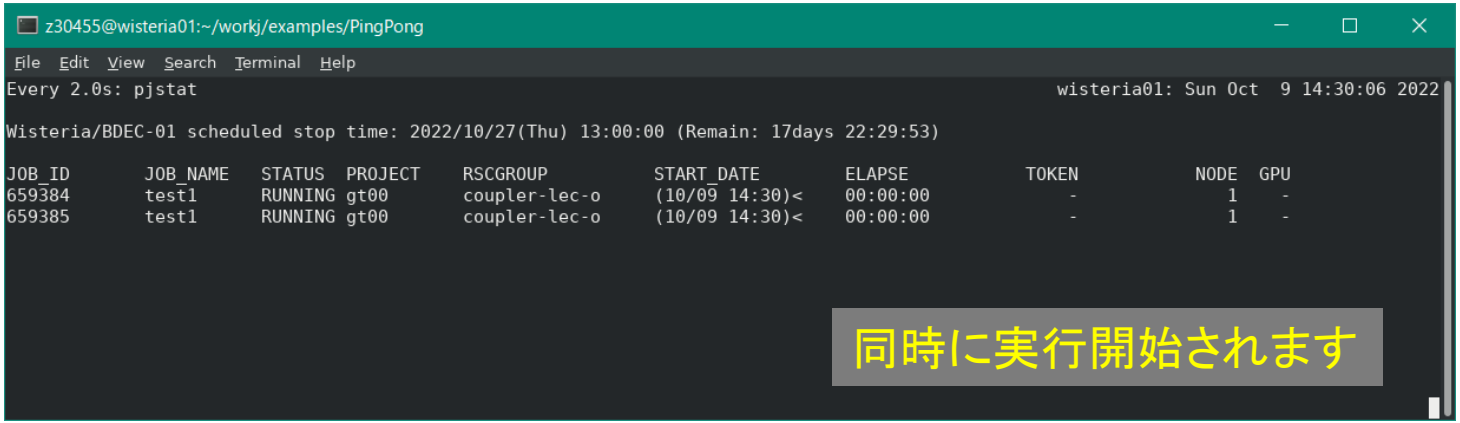
- 出力: watch コマンドは一定間隔でコマンドを実行：終了はctrl-C

- % watch pjstat コマンドで一定間隔でpjstatコマンド実行

```
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$  watch pjstat
```

Watch command: watich pjstat





プログラムの実行準備: PB数=2(a64fx+intel)

- バッチスクリプトの修正: test-a64fx-1.sh, test-intel-2.sh

```
#!/bin/sh
#------ pjsub option --------#
#PJM -N "test1"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=2
#PJM -L elapse=00:02:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#------- Program execution -------#

hostname
module purge
module load fj
module load fjmpi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=2
waitio-serv-a64fx -d -m $WAITIO_MASTER_HOST
echo  "serv host set ${WAITIO_MASTER_HOST} "

mpiexec  ./test-a64fx
exit
```

```
#!/bin/sh
#------ pjsub option --------#
#PJM -N "test1"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-a
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=2
#PJM -L elapse=00:05:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#------- Program execution -------#

module purge
module load intel
module load impi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=2
export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv -c`

mpiexec -n 2  ./test-intel

exit
```

プログラムの実行: PB数=2(a64fx+intel)

- バッチスクリプトの起動

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ pjsub test-a64fx-1.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 636569 submitted.
[z30xxx@wisteria01 PingPong]$ pjsub test-intel-2.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 636570 submitted.
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

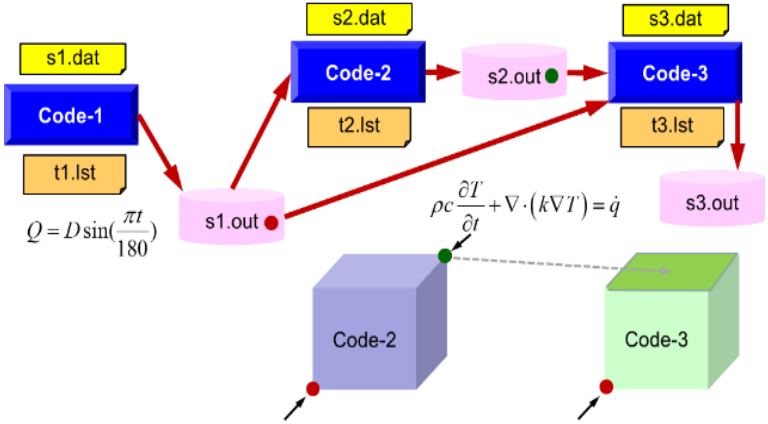
- 出力

```
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ cat test1.636569.out
wo5575
Unloading odyssey
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/core
  WARNING: Did not unuse /work/opt/local/modules/modulefiles/WO/odyssey/util
Loading fj/1.2.35
  Loading requirement: fjmpi/1.2.35
wo5575:-1::waitio_setargs user=z30455, jobn=test1!
waitio-server host wo5575:6500 started
wo5575:0/2(103):waitio_connect_serv_sock:trying connect host 10.1.0.1,port 25625
wo5575:0/2(103):waitio_connect_serv_sock: connected to host 10.1.0.1,port 25625
wo5575
wo5575
serv host set wo5575
wo5575:0:0:sock_create master_port 7100
wo5575:0:0: WAITIO_MASTER socket bind port 7100
 wo5575:0/2(111):PBserver: waitio_fetch_PBdata set timeout 10
wo5575:0:0 waitio_init Procs:
   PB No.0 rank=0 IP-addr:port#=10.11.135.7:8000 nprocs=2, nGIO=0
   PB No.1 rank=0 IP-addr:port#=10.0.6.21:8000 nprocs=2, nGIO=0
wo5575:0/2(111): Multiple WaitIO Connecter now ready NPB=2!
 wo5575:0/2(111):PBserver: waitio_fetch_PBdata accepted from 10.0.6.21 port=13966 fd=32
rank0: waitio_isend to rank1
rank1: waitio_irecv from rank0
rank1: waitio_isend to rank0
rank0: waitio_irecv from rank1
```

```
[z30xxx@wisteria01 PingPong/]$ cat test1.636570.out
waitio-server host wa21:6500 started
wa21:1:0/2(94):PBclient:trying connect host 10.11.135.7,port 48155
wa21:1/2(94):PBclient: connected to host 10.11.135.7,port 48155
wa21:1/2(94):PBclient: upstream to WaitIO master Nproc=2 done!
wa21:1:0 waitio_init Procs:
   PB No.0 rank=0 IP-addr:port#=10.11.135.7:8000 nprocs=2, nGIO=0
   PB No.1 rank=0 IP-addr:port#=10.0.6.21:8000 nprocs=2, nGIO=0
wa21:1/2(94): Multiple WaitIO Connecter now ready NPB=2!
rank2: waitio_isend to rank3
rank2: waitio_irecv from rank3
rank3: waitio_irecv from rank2
rank3: waitio_isend to rank2
```

WaitIO:異種アプリケーション間のデータ通信手法

- 既存の連成アプリケーションではファイルによるデータ連携が多い
  - ファイル共有によるデータ連携をWaitIO通信によるデータ連携に変換
- 有限要素法による三次元非定常熱伝導解析Toyプログラムによる実例
  - 3つのプログラムから構成される連成アプリケーション



	Code-1	Code-2	Code-3
概要	発熱量(点源)計算	FEMによる非定常三次元熱伝導方程式，MPI並列化	FEMによる非定常三次元熱伝導方程式，MPI並列化
入力	s1.dat	s2.dat s1.out	s3.dat s1.out, s2.out
出力	s1.out, t1.lst	s2.out, t2.lst	s3.out, t3.lst

Code-3: Code-2の出力を読み、Z=Zmaxの面に強制温度固定条件

WaitIO: Toyプログラムの書き換え

- コード例： Code-1のWaitIO修正: src1/test1.f

```
001     implicit REAL*8(A-H,O-Z)
002     real(kind=8) :: Interval
003     include 'mpif.h'

004     call MPI_Init(ierr)
005     open (11,file='s1.dat',status='unknown')
006     read (11,*) ITERmax, Period, Interval, Val
007     write (*,'(a,i8)')     '##ITERmax ', ITERmax
008     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Period  ',  Period
009     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Interval',  Interval
010     write (*,'(a,1pe16.6//)') '##Val     ',  Val
011     close (11)

012     open (12,file='s1.out',status='unknown')

013     pi  = 4.d0*datan(1.d0)
014     coef= pi/180.d0
015     time= 0.d0
016     S0time= mpi_wtime  ()
```

```
017     do
018       S1time= mpi_wtime  ()

019       do
020         do iter= 1, ITERmax
021           a= 1.d0
022         enddo
023         E0time= mpi_wtime  (ierr)
024         if ((E0time-S1time).gt.Interval)  exit
025       enddo

026       ttt= E0time - S0time
027       Source= Val * dsin(ttt*coef)
028 !     rewind  (12)
029       write  (12,'(2(1pe16.6))') ttt, Source
030     enddo

031     call MPI_Finalize()
032     stop
033     end
```

Code-1: オリジナル

WaitIO: Toyプログラムの書き換え:2

- Open/Read-Writeを isend-irecv/waitに書き換え:src1/test1_waitio.f
  - MPI Non-blocking送受信関数と同様

```
001     implicit REAL*8(A-H,O-Z)
002     real(kind=8) :: Interval
003     integer :: dest
004     integer(kind=4 ), dimension(:,:), save,allocatable :: sta1
005     integer(kind=4 ), dimension(:,:), save,allocatable :: req1

006     include 'mpif.h'
007     include 'waitio_mpif.h'

008     call MPI_Init(ierr)
009     open (11,file='s1.dat',status='unknown')
010     read (11,*) ITERmax, Period, Interval, Val
011     write (*,'(a,i8)')      '##ITERmax ', ITERmax
012     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Period  ',  Period
013     write (*,'(a,1pe16.6)') '##Interval',  Interval
014     write (*,'(a,1pe16.6//)') '##Val     ',  Val
015     close (11)

016     allocate (sta1(WAITIO_STATUS_SIZE,2*2))
017     allocate (req1(WAITIO_REQUEST_SIZE,2*2))
018     call WAITIO_CREATE_UNIVERSE_PBHEAD (WAITIO_SOLVER_COMM, ierr)

019     open (12,file='s1.out',status='unknown')
```

Code-1: WaitIO修正

```
037       write (*,'(2(1pe16.6))') ttt, Source
038       do dest=1, 2
039         call WAITIO_MPI_Isend (ttt, 1,
040     &         WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
041     &         dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2*(dest-1)+1), ierr)
042         if(ierr.ne.0) goto 100
043         call WAITIO_MPI_Isend (Source, 1,
044     &         WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
045     &         dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2*(dest-1)+2), ierr)
046         if(ierr.ne.0) goto 100
047       enddo
048       call WAITIO_MPI_Waitall (4, req1, sta1, ierr)
049       if(ierr.ne.0) goto 100
050     enddo
051 100  continue
```

WaitIO: Toyプログラムの書き換え:3

src2/test1_waitio.f

```
007     integer ::  dest
008     integer(kind=kint ), dimension(:,:), save,allocatable :: sta1
009     integer(kind=kint ), dimension(:,:), save,allocatable :: req1

010     allocate (sta1(WAITIO_STATUS_SIZE,1*6))
011     allocate (req1(WAITIO_REQUEST_SIZE,1*6))

!===  SNIP SNIP ===

053!c          read (12,*,end=100) ttt, Source
054           dest=0
055           call WAITIO_MPI_Irecv (ttt, 1,
056     &           WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
057     &           dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,1), ierr)
058           call WAITIO_MPI_Irecv (Source, 1,
059     &           WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
060     &           dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2), ierr)

061           call WAITIO_MPI_Waitall (2, req1, sta1, ierr)
```

Code-2: WaitIO修正

```
100         write (22,'(6(1pe16.6))') TIME, ttt, Source, X(ii1),
101     &                             X(ii2), VAL
102         dest= 2
103         call WAITIO_MPI_Isend (TIME, 1,
104     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
105     &       dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,1), ierr)
106         call WAITIO_MPI_Isend (ttt, 1,
107     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
108     &       dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2), ierr)
109         call WAITIO_MPI_Isend (Source, 1,
110     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
111     &       dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,3), ierr)
112         call WAITIO_MPI_Isend (X(ii1), 1,
113     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
114     &       dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,4), ierr)
115         call WAITIO_MPI_Isend (X(ii2), 1,
116     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
117     &       dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,5), ierr)
118         call WAITIO_MPI_Isend (VAL, 1,
119     &       WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
120     &       dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,6), ierr)

121         call WAITIO_MPI_Waitall (6, req1, sta1, ierr)
```

WaitIO: Toyプログラムの書き換え:4

src3/test1_waitio.f

```
007     integer ::  dest
008     integer(kind=kint ), dimension(:,:), save,allocatable :: sta1
009     integer(kind=kint ), dimension(:,:), save,allocatable :: req1

010     allocate (sta1(WAITIO_STATUS_SIZE,1*6))
011     allocate (req1(WAITIO_REQUEST_SIZE,1*6))

!===  SNIP SNIP ===

054!C         read (12,*,end=200) ttx, Source
055           dest=0
056           call WAITIO_MPI_Irecv (ttx, 1,
057     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
058     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,1), ierr)
059           call WAITIO_MPI_Irecv (Source, 1,
060     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
061     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2), ierr)

062           call WAITIO_MPI_Waitall (2, req1, sta1, ierr)
063           if (ttx.ge.TIME) goto 200
```

Code-3: WaitIO修正

```
071!C         read (13,*,end=100) ttt, tt1, s0, s1, s2, TBOU
072           dest= 1
073           call WAITIO_MPI_Irecv (ttt, 1,
074     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
075     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,1), ierr)
076           call WAITIO_MPI_Irecv (tt1, 1,
077     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
078     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,2), ierr)
079           call WAITIO_MPI_Irecv (s0, 1,
080     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
081     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,3), ierr)
082           call WAITIO_MPI_Irecv (s1, 1,
083     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
084     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,4), ierr)
085           call WAITIO_MPI_Irecv (s2, 1,
086     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
087     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,5), ierr)
088           call WAITIO_MPI_Irecv (TBOU, 1,
089     &          WAITIO_MPI_DOUBLE_PRECISION,
090     &          dest, 0, WAITIO_SOLVER_COMM, req1(1,6), ierr)

091           call WAITIO_MPI_Waitall (6, req1, sta1, ierr)
092           if (ttt.ge.TIME) goto 100
```

WaitIOサンプルプログラム実行: SYStest-waitio-socket

- サンプルプログラムの/work/xxx ディレクトリへの展開
  - `tar -zxf /work/share/waitio/src/examples/SYStest-waitio-socket.tgz`
- コンパイル
  - `module load intel impi`
  - `cd SYStest-waitio-socket; make`
- 実行
  - バッチスクリプトの修正 `cd run; edit s[123]-xxx.sh`
  - バッチ処理実行
    - `pjsub s1-xxx.sh; pjsub s2-yyy.sh; pjsub s3-zzz.sh`
      - 複数: odyssey+odyssey+odyssey, odyssey+odyssey+aquarius

プログラムのコンパイル

- サンプルプログラムのworkディレクトリへのコピーと展開

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ realpath .
/work/jh21yyyya/z30xxx/sample
[z30xxx@wisteria01 sample]$ tar -zxf /work/share/waitio/src/examples/SYStest-waitio-socket.tgz
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

- コンパイル

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ cd SYStest-waitio-socket/
[z30xxx@wisteria01 SYStest-waitio-socket]$ module load intel impi
[z30xxx@wisteria01 SYStest-waitio-socket]$ make
(cd src1 ; make )
….
make[1]: Leaving directory '/work/01/jh210xxxx/z30xxx/sample/SYStest-waitio-socket/src3'
[z30xxx@wisteria01 SYStest-waitio-socket]$
[z30xxx@wisteria01 SYStest-waitio-socket]$ ls -t run/
sol3-a64fx  sol2        sol1    s3-intel.sh  s1-a64fx.sh  s2.dat  OrgResults
sol3-intel  sol2-intel  s3.out  s2-intel.sh  s3-a64fx.sh  s3.sh
sol3        sol1-a64fx  s2.out  s2-a64fx.sh  s1.dat       s2.sh
sol2-a64fx  sol1-intel  s1.out  s1-intel.sh  s3.dat       s1.sh
[z30xxx@wisteria01 SYStest-waitio-socket]$
```

連成プログラムの実行条件

- バッチスクリプトでの設定
  - 同一ユーザ名での実行：　違うユーザの実行は区別されます

```
#PJM -N “SYStest-waitio”  # Job名を一致
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o #リソースグループは coupler-xxx
#PJM -g gt00          # group名も一致(最後のoaは無視される)
```

WaitIO: Toyプログラム向けバッチスクリプト

```
#!/bin/sh
# = s1-a64fx.sh===
#PJM -N "SYStest-waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=1
#PJM -L elapse=00:30:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load fj
module load fjmpi
module load waitio

hostname
export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=3
waitio-serv-a64fx -d -m $WAITIO_MASTER_HOST

mpiexec -n ${PJM_MPI_PROC} ./sol1-a64fx
```

Code-1 for a64fx

```
#!/bin/sh
# = s2-a64fx.sh===
#PJM -N "SYStest-waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=32
#PJM -L elapse=00:30:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load fj
module load fjmpi
module load waitio

hostname
export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv-a64fx -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=3

mpiexec -n ${PJM_MPI_PROC} ./sol2-a64fx
```

Code-2 for a64fx

```
#!/bin/sh
# = s3-a64fx.sh===
#PJM -N "SYStest-waitio“
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=32
#PJM -L elapse=00:30:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load fj
module load fjmpi
module load waitio

hostname
export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv-a64fx -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=2
export WAITIO_NPB=3

mpiexec -n ${PJM_MPI_PROC} ./sol3-a64fx
rm wk.*
```

Code-3 for a64fx

WaitIO: Toyプログラム向けバッチスクリプト 2

```
#!/bin/sh
# = s1-intel.sh===
#PJM -N "SYStest-waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-a
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=1
#PJM -L elapse=00:30:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load intel
module load impi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`-ib0
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=3

hostname
waitio-serv -d -m ${WAITIO_MASTER_HOST}
mpiexec -n ${PJM_MPI_PROC} ./sol1-intel
```

Code-1 for intel

```
#!/bin/sh
# = s2-intel.sh===
#PJM -N "SYStest-waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-a
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=16
#PJM -L elapse=00:30:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load intel
module load impi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=3

hostname
mpiexec -n ${PJM_MPI_PROC} ./sol2-intel
```

Code-2 for intel

```
#!/bin/sh
# = s3-intel.sh===
#PJM -N "SYStest-waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-a
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=16
#PJM -L elapse=00:30:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load intel
module load impi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=2
export WAITIO_NPB=3

hostname
mpiexec -n ${PJM_MPI_PROC} ./sol3-intel
rm wk.*
```

Code-3 for intel

WaitIOサンプルプログラム実行: SYStest-waitio-socket

- 実行
  - バッチスクリプトの修正
  - バッチ処理実行: 3つのスクリプトを選択実行
    - `pjsub s1-xxx.sh; pjsub s2-yyy.sh; pjsub s3-zzz.sh`
      - 複数: odyssey+odyssey+odyssey, odyssey+odyssey+aquarius
  - Aquariusはノード数が少ないので複数ジョブ実行が制限
  - Odysseyの方がノード数に余裕があります

```
•  cd run
•   pjsub s1-a64fx.sh; pjsub s2-a64fx.sh; pjsub s3-a64fx.sh
or
•   pjsub s1-a64fx.sh; pjsub s2-a64fx.sh; pjsub s3-intel.sh
or
•   pjsub s1-a64fx.sh; pjsub s2-intel.sh; pjsub s3-a64fx.sh
```

Watch pjstatの結果

z30455@wisteria01:~/workj/examples/PingPong

File Edit View Search Terminal Help

```
Every 2.0s: pjstat                                                wisteria01: Sun Oct  9 15:38:55 2022

Wisteria/BDEC-01 scheduled stop time: 2022/10/27(Thu) 13:00:00 (Remain: 17days 21:21:05)

JOB_ID       JOB_NAME   STATUS  PROJECT    RSCGROUP          START_DATE        ELAPSE          TOKEN          NODE  GPU
659543       SYStest-wa RUNNING gt00       coupler-lec-o     10/09 15:36:09<   00:02:47            -             1    -
659544       SYStest-wa RUNNING gt00       coupler-lec-o     10/09 15:36:09<   00:02:47            -             1    -
659545       SYStest-wa RUNNING gt00       coupler-lec-o     10/09 15:36:09<   00:02:47            -             1    -
```

s1-a64fx.sh+s2-a64fx.sh+s3-a64fx.sh

z30455@wisteria01:~/workj/examples/PingPong

File Edit View Search Terminal Help

```
Every 2.0s: pjstat                                                wisteria01: Sun Oct  9 15:40:00 2022

Wisteria/BDEC-01 scheduled stop time: 2022/10/27(Thu) 13:00:00 (Remain: 17days 21:20:00)

JOB_ID       JOB_NAME   STATUS  PROJECT    RSCGROUP          START_DATE        ELAPSE          TOKEN          NODE  GPU
659549       SYStest-wa HOLD    gt00       coupler-lec-o     --/-- --:--:--    00:00:00            -             1    -
659550       SYStest-wa HOLD    gt00       coupler-lec-o     --/-- --:--:--    00:00:00            -             1    -
659551       SYStest-wa HOLD    gt00       coupler-lec-a     --/-- --:--:--    00:00:00            -             1    8
```

s1-a64fx.sh+s2-a64fx.sh+s3-intel.sh

s3.outの出力

# 時間	s2.out時間	●発熱量	●結果	●の隣結果	●結果	●結果
1.000000E-01	1.000000E-01	1.745347E-03	5.602511E-02	3.225460E-03	0.000000E+00	0.000000E+00
2.000000E-01	2.000000E-01	1.663485E-02	5.372070E-01	3.184216E-02	0.000000E+00	0.000000E+00
3.000000E-01	3.000000E-01	1.838060E-02	6.213567E-01	4.488534E-02	1.749074E-64	1.749074E-64
4.000000E-01	4.000000E-01	2.012594E-02	6.853573E-01	5.309708E-02	1.931968E-35	1.931968E-35
5.000000E-01	5.000000E-01	2.187122E-02	7.472359E-01	5.987997E-02	7.930161E-32	7.930161E-32

<Snip><Snip><Snip>

2.920000E+01	2.920000E+01	4.993690E-01	1.739279E+01	1.646121E+00	9.098841E-05	9.098841E-05
2.930000E+01	2.930000E+01	5.008806E-01	1.744550E+01	1.651154E+00	9.284215E-05	9.284215E-05
2.940000E+01	2.940000E+01	5.023908E-01	1.749815E+01	1.656181E+00	9.472301E-05	9.472301E-05
2.950000E+01	2.950000E+01	5.038994E-01	1.755075E+01	1.661204E+00	9.663123E-05	9.663123E-05
2.960000E+01	2.960000E+01	5.054064E-01	1.760330E+01	1.666221E+00	9.856701E-05	9.856701E-05
2.970000E+01	2.970000E+01	5.069119E-01	1.765580E+01	1.671233E+00	1.005306E-04	1.005306E-04
2.980000E+01	2.980000E+01	5.084159E-01	1.770824E+01	1.676241E+00	1.025222E-04	1.025222E-04
2.990000E+01	2.990000E+01	5.099183E-01	1.776062E+01	1.681243E+00	1.045420E-04	1.045420E-04
3.000000E+01	3.000000E+01	5.114191E-01	1.781295E+01	1.686240E+00	1.065902E-04	1.065902E-04

h3-Open-SYS/WaitIOと h3-Open-UTIL/MPを使ってみよう

15:50 – 17:30

Wisteria/BDEC-01システム利用イントロダクション:20分
サンプルプログラムの実行WaitIO:20分
サンプルプログラムの実行MP: 50分
自由に動かしてみよう・Q&A: 10分

サンプルプログラムの実行
UTIL/MP

WaitIOサンプルプログラム実行概要

- サンプルプログラムの実行前準備
  1. ポータルサイトへのssh公開鍵登録（事前送付済）
  2. Wisteriaへのログイン（事前送付済）
  3. Linux操作の基本（ディレクトリ変更、エディター、適宜）
- サンプルプログラム実行
  1. サンプルプログラムの/workディレクトリへの展開
  2. コンパイル
  3. バッチスクリプト準備・修正
  4. バッチ処理実行

UTIL/MPサンプルプログラム実行:Odyssey - Aquarius連成:Fortran-AI(Python)

- サンプルプログラムの概要
  - Fortranの疑似シミュレーションモデルからPythonアプリにデータを送り、Python側のAI(Pytorch)で学習する
  - 学習内容：サブルーチンの入力変数3種類と出力変数3種類をPythonアプリに送り、入力変数から出力変数3種類を生成するように学習させる
  - AIのライブラリ：Pytorch
  - 学習アルゴリズム：3層のMLP

サンプルプログラムの動作

```
program fapp

  カプラの初期化

 call put_data_1d("rho")
                :
  call put_data_1d("d_rhoq")

 do i = 1, NICAM_STEP
  call set_time(NICAM_NAME, time_array,
                        NICAM_DELTA_T)
  call get_data_1d("dummy")

  call put_data_1d("rho")
                :
    call put_data_1d("d_rhoq")
 end do

 call finalize_common()

end program fapp
```

```
import h3ou as h3opp
import h3ou_ai as hai

カプラの初期化

for t  in range(5):
   h3opp.h3ou_set_time(comp_name, time_array, delta_t)
   for gd in gdata:
            h3opp.h3ou_get_data_1d(gd.name, gd.data)

   if (t == 3):
      in_all = np.empty((data_len, num_of_in_data))
      out_all = np.empty((data_len, num_of_out_data))

      for i in range(num_of_in_data):
         in_all[:,i] = gdata[i].data[:]
      for i in range(num_of_out_data):
         out_all[:,i] = gdata[i+num_of_in_data].data[:]

      h3oai = hai.H3oAI(num_of_in_data, 100, num_of_out_data, 100)
      h3oai.analyze(in_all, out_all)
      h3oai.save_model("fapp.ai")

h3opp.h3ou_coupling_end(time_array, True)
```

4ステップ目に学習計算

サンプルプログラムの設定ファイル

```
# log_level : "SILENT" or "WHISPER" or "LOUD", default = "SILENT"
# debug_mode : .true. or .false., default = .false.
&h3ou_coupling
  log_level = "LOUD"
  debug_mode  = .false.
&end

&h3ou_var  comp_put = "PADA"      ,  comp_get = "AGCM",
        grid_put = "ada_grid" ,  grid_get = "agcm_grid", /
&h3ou_var  var_put = "dummy" ,  var_get = "dummy“,  grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1, layer=1, flag='SNP' /

&h3ou_var  comp_put = "AGCM"      ,  comp_get = "PADA",
        grid_put = "agcm_grid" ,  grid_get = "ada_grid", /
&h3ou_var  var_put = "rho" ,  var_get = "rho" , grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1,  layer = 1, flag='SNP' /
&h3ou_var  var_put = "ein" ,  var_get = "ein" , grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1,  layer = 1, flag='SNP' /
&h3ou_var  var_put = "rhoq" ,  var_get = "rhoq" , grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1,  layer = 1, flag='SNP' /
&h3ou_var  var_put = "d_rho" ,  var_get = "d_rho" , grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1,  layer = 1, flag='SNP' /
&h3ou_var  var_put = "d_ein" ,  var_get = "d_ein" , grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1,  layer = 1, flag='SNP' /
&h3ou_var  var_put = "d_rhoq" ,  var_get = "d_rhoq" , grid_intpl_tag = 1, intvl=3600,  lag=-1,  layer = 1, flag='SNP' /
```

入力変数：rho, ein, rhoqの3種類、出力変数：d_rho, d_ein, d_rhoqの3種類

事前準備

- 利用手引き書の手順に従って必要なライブラリをインストール

```
[username@wisteria01 work]$ pjsub --interact -L rscgrp=interactive-a,node=1 -g group1
[username@wa01 work]$ module load cuda/11.0
[username@wa01 work]$ module load cudnn/8.1.0
[username@wa01 work]$ module load nccl/2.8.4
[username@wa01 work]$ module load gcc/8.3.1
[username@wa01 work]$ module load ompi/4.1.1
[username@wa01 work]$ python3 -mvenv test
[username@wa01 work]$ source test/bin/activate
(test)[username@wa01 work]$ pip3 install --upgrade pip setuptools
(test)[username@wa01 work]$ pip3 install tensorflow==2.4.1
(test)[username@wa01 work]$ HOROVOD_WITH_TENSORFLOW=1 ¥
HOROVOD_GPU_OPERATIONS=NCCL HOROVOD_NCCL_HOME=$NCCL_HOME ¥
pip3 install --no-cache-dir horovod==0.22.0
(test)[username@wa01 work]$ pip install Pillow
(test)[username@wa01 work]$ exit
```

インストールするライブラリ

- 多分↓くらいで大丈夫なはず
  - 足りなかったらエラーメッセージに出力されるので都度インストールする

```
Package         Version
--------------- ------------
cycler          0.11.0
dataclasses      0.8
joblib          1.1.0
kiwisolver       1.3.1
matplotlib       3.3.4
mpi4py          3.1.3
numpy            1.19.5
Pillow          8.4.0
pip             21.3.1
```

```
pyparsing        3.0.7
python-dateutil   2.8.2
scikit-learn      0.24.2
scipy            1.5.4
setuptools        59.6.0
six             1.16.0
sklearn           0.0
threadpoolctl     3.1.0
torch           1.10.2+cu113
torchaudio        0.10.2+cu113
torchvision       0.11.3+cu113
typing_extensions 4.1.1
```

コンパイルと実行

- サンプルプログラムの/workディレクトリへの展開
  - tar -zxf /work/share/h3-Open-UTIL-MP/src/examples/test_waitio.tar.gz
- コンパイル
  - cd h3ou_waitio/test_ai/src
  - export SYSTEM=odyssey
  - module load odyssey
  - module load waitio
  - make clean ; make
- 実行
  - cd ../run
  - バッチスクリプトの修正
  - バッチ処理実行
    - pjsub go_fapp.sh
    - pjsub go_papp.sh

プログラムのコンパイル

- サンプルプログラムのworkディレクトリへのコピーと展開

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ realpath .
/work/jh21yyyya/z30xxx/sample
[z30xxx@wisteria01 sample]$ tar -zxf /work/share/h3-Open-UTIL-MP/src/examples/test_waitio.tar.gz
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

- コンパイル

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ cd h3ou_waitio/test_ai/src
[z30xxx@wisteria01 src]$ ls
common.f90  common.f90~  fapp.f90  Makefile  papp.py
[z30xxx@wisteria01 src]$ export SYSTEM=odyssey
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load odyssey
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load waitio
[z30xxx@wisteria01 src]$ make
..
[z30483@wisteria01 src]$ ls
common.f90  common.f90~  common.mod  common.o  fapp  fapp.f90  fapp.o  Makefile  papp.py
[z30xxx@wisteria01 src]$cd ../run/
```

プログラムの実行

- バッチスクリプトの修正: go_fapp.sh, go_papp.sh

```
#!/bin/bash
#PJM -N "test_python"
#PJM -L rscgrp=lecture-o
#PJM -L node=1:noncont
#PJM --mpi proc=1
#PJM -L elapse=00:10:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module load fj
module load fjmpi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=2

waitio-serv-a64fx -d -m $WAITIO_MASTER_HOST

export FORT90L='-Wl,-T'

mpiexec -np 1 ./fapp
```

```
#!/bin/bash
#PJM -N "test_python"
#PJM -L rscgrp=lecture-a
#PJM --mpi proc=1
#PJM -L elapse=00:15:00
#PJM -L node=1
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module purge
module load intel impi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv-intel -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=2

module unload intel impi
module load gcc ompi cuda/11.1 nccl pytorch-horovod
source /work/jh210022a/c26011/h3opp/bin/activate
export UCX_IB_FORK_INIT=yes
export IBV_FORK_SAFE=1

mpiexec -n 1 python3 papp.py
```

プログラムの実行

- ジョブ投入

```
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjsub go_fapp.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 664779 submitted.
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjsub go_papp.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 664780 submitted.
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjstat
Wisteria/BDEC-01 scheduled stop time: 2022/10/27(Thu) 13:00:00 (Remain: 16days 1:27:52)

JOB_ID      JOB_NAME   STATUS  PROJECT    RSCGROUP        START_DATE       ELAPSE          TOKEN         NODE  GPU
664779      test_pytho RUNNING gt00       lecture-o       10/11 11:32:07<   00:00:01          -           4    -
664780      test_pytho RUNNING gt00       lecture-a       (10/11 11:32)<    00:00:00          -           -    1
[z30xxx@wisteria01 run]$
```

プログラムの実行完了

- pjstatコマンドでジョブ完了確認
- 出力ファイル

```
[z30xxx@wisteria01 run]$ ls
coupling.conf
coupling.conf~
fapp
fapp.ai
go_fapp.sh
go_papp.sh
h3ou.AGCM.log.PE00000
h3ou.PADA.log.PE00000
jcup.AGCM.conf.log
jcup.coupling.conf.log
jcup.PADA.conf.log
ls.txt
Makefile
model_data
papp.py
test_python.2993808.out
test_python.2993809.out
```

```
rho 0.36210219663951576 0.6181364683451861
ein 143202.0750320551 192459.13876883656
rhoq 1.464541086852639e-06 0.0025624852943004098
d_rho -1.8426733550439927e-07 9.826563669869856e-08
d_ein -0.7298538833219209 0.8324130195280789
d_rhoq -1.6741936579557744e-07 1.506587234084725e-07
Device: cuda
data  size = 30720
label size = 10240

 [5.99776237e-01 1.73810798e+05 2.73156860e-04]]
test_data size: (2048, 3)
batch data size: torch.Size([20, 3])
batch label size: torch.Size([20, 3])
---------------------------------
Epock] 1/100
Train_Loss: 122465.3113 Train_MAE: 58.5295
Test_Loss: 0.0016 Test_MAE: 0.0307
---------------------------------
Epock] 2/100
Train_Loss: 0.0017 Train_MAE: 0.0308
Test_Loss: 0.0016 Test_MAE: 0.0306
---------------------------------
Epock] 3/100
Train_Loss: 0.0017 Train_MAE: 0.0306
Test_Loss: 0.0016 Test_MAE: 0.0304
```

UTIL/MPサンプルプログラム実行:Odyssey-Aquarius連成:Fortran-Fortran

- サンプルプログラムの/workディレクトリへの展開
  - tar -zxf /work/share/h3-Open-UTIL-MP/src/examples/test_waitio.tar.gz
- コンパイル
  - cd h3ou_waitio/test_waitio/src
  - export SYSTEM=odyssey
  - module load odyssey
  - make clean
  - make nicam
  - module purge
  - export SYSTEM=aquarius
  - module load intel impi
  - module load waitio
  - module unload intel impi
  - module load gcc ompi
- 実行
  - cd ../run
  - バッチスクリプトの修正
  - バッチ処理実行
    - pjsub go_fapp.sh
    - pjsub go_papp.sh

プログラムのコンパイル

- サンプルプログラムのworkディレクトリへのコピーと展開

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ realpath .
/work/jh21yyyya/z30xxx/sample
[z30xxx@wisteria01 sample]$ tar -zxf /work/share/h3-Open-UTIL-MP/src/examples/test_waitio.tar.gz
[z30xxx@wisteria01 sample]$
```

- コンパイル

```
[z30xxx@wisteria01 sample]$ cd h3ou_waitio/test_waitio/src
[z30xxx@wisteria01 src]$ export SYSTEM=odyssey
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load odyssey
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load waitio
[z30xxx@wisteria01 src]$ make clean
[z30xxx@wisteria01 src]$ make nicam
[z30xxx@wisteria01 src]$ export SYSTEM=aquarius
[z30xxx@wisteria01 src]$ module purge
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load intel impi
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load waitio
[z30xxx@wisteria01 src]$ module unload intel impi
[z30xxx@wisteria01 src]$ module load gcc ompi
[z30xxx@wisteria01 src]$ make clean
[z30xxx@wisteria01 src]$ make ada
[z30xxx@wisteria01 src]$cd ../run/
```

プログラムの実行

- バッチスクリプトの修正: go_nicam.sh, go_ada_aquarius.sh

```
#!/bin/bash
#PJM -N "test_waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-o
#PJM -L node=10:noncont
#PJM --mpi proc=80
#PJM -L elapse=00:10:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module load fj
module load fjmpi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`hostname`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=0
export WAITIO_NPB=2

hostname
waitio-serv-a64fx -d -m $WAITIO_MASTER_HOST

#mpiexec -oferr-proc errnicam -np 160 ./nicam
mpiexec -np 80 ./nicam
```

```
#!/bin/bash
#PJM -N "test_waitio"
#PJM -L rscgrp=coupler-lec-a
#PJM -L node=1
#PJM --mpi proc=10
#PJM -L elapse=00:10:00
#PJM -g gt00
#PJM -j
#PJM -e err

module unload aquarius
module unload gcc ompi
module load intel
module load impi
module load waitio

export WAITIO_MASTER_HOST=`waitio-serv -c`
export WAITIO_MASTER_PORT=7100
export WAITIO_PBID=1
export WAITIO_NPB=2

module unload intel
module unload impi
module load gcc ompi

mpiexec -n 10 ./ada
```

プログラムの実行

- ジョブ投入

```
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjsub go_nicam.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 665211 submitted.
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjsub go_ada_aquarius.sh
[INFO] PJM 0000 pjsub Job 665214 submitted.
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjstat
Wisteria/BDEC-01 scheduled stop time: 2022/10/27(Thu) 13:00:00 (Remain: 15days 22:53:09)

JOB_ID      JOB_NAME   STATUS  PROJECT    RSCGROUP        START_DATE      ELAPSE        TOKEN        NODE  GPU
665211      test_waiti HOLD    gt00       coupler-lec-o    --/-- --:--:--   00:00:00          -          10    -
665214      test_waiti HOLD    gt00       coupler-lec-a    --/-- --:--:--   00:00:00          -           1    8
[z30xxx@wisteria01 run]$ pjstat
Wisteria/BDEC-01 scheduled stop time: 2022/10/27(Thu) 13:00:00 (Remain: 15days 22:50:55)

JOB_ID      JOB_NAME   STATUS  PROJECT    RSCGROUP        START_DATE      ELAPSE        TOKEN        NODE  GPU
665211      test_waiti RUNNING gt00       coupler-lec-o    (10/11 14:09)    00:00:00          -          10    -
665214      test_waiti RUNNING gt00       coupler-lec-a    (10/11 14:09)    00:00:00          -           1    8
```

プログラムの実行完了

- pjstatコマンドでジョブ完了確認後
- 出力ファイル

```
[z30483@wisteria01 run]$ ls
ada                   h3ou.AGCM.log.PE00024  h3ou.AGCM.log.PE00052  h3ou.PADA.log.PE00000   TM.AGCM.pe00011  TM.AGCM.pe00039  TM.AGCM.pe00067
coupling.conf         h3ou.AGCM.log.PE00025  h3ou.AGCM.log.PE00053  h3ou.PADA.log.PE00001   TM.AGCM.pe00012  TM.AGCM.pe00040  TM.AGCM.pe00068
go_ada_aquarius.sh    h3ou.AGCM.log.PE00026  h3ou.AGCM.log.PE00054  h3ou.PADA.log.PE00002   TM.AGCM.pe00013  TM.AGCM.pe00041  TM.AGCM.pe00069
go_nicam.sh           h3ou.AGCM.log.PE00027  h3ou.AGCM.log.PE00055  h3ou.PADA.log.PE00003   TM.AGCM.pe00014  TM.AGCM.pe00042  TM.AGCM.pe00070
h3ou.AGCM.log.PE00000  h3ou.AGCM.log.PE00028  h3ou.AGCM.log.PE00056  h3ou.PADA.log.PE00004   TM.AGCM.pe00015  TM.AGCM.pe00043  TM.AGCM.pe00071
h3ou.AGCM.log.PE00001  h3ou.AGCM.log.PE00029  h3ou.AGCM.log.PE00057  h3ou.PADA.log.PE00005   TM.AGCM.pe00016  TM.AGCM.pe00044  TM.AGCM.pe00072
h3ou.AGCM.log.PE00002  h3ou.AGCM.log.PE00030  h3ou.AGCM.log.PE00058  h3ou.PADA.log.PE00006   TM.AGCM.pe00017  TM.AGCM.pe00045  TM.AGCM.pe00073
h3ou.AGCM.log.PE00003  h3ou.AGCM.log.PE00031  h3ou.AGCM.log.PE00059  h3ou.PADA.log.PE00007   TM.AGCM.pe00018  TM.AGCM.pe00046  TM.AGCM.pe00074
h3ou.AGCM.log.PE00004  h3ou.AGCM.log.PE00032  h3ou.AGCM.log.PE00060  h3ou.PADA.log.PE00008   TM.AGCM.pe00019  TM.AGCM.pe00047  TM.AGCM.pe00075
h3ou.AGCM.log.PE00005  h3ou.AGCM.log.PE00033  h3ou.AGCM.log.PE00061  h3ou.PADA.log.PE00009   TM.AGCM.pe00020  TM.AGCM.pe00048  TM.AGCM.pe00076
h3ou.AGCM.log.PE00006  h3ou.AGCM.log.PE00034  h3ou.AGCM.log.PE00062  jcup.AGCM.conf.log      TM.AGCM.pe00021  TM.AGCM.pe00049  TM.AGCM.pe00077
h3ou.AGCM.log.PE00007  h3ou.AGCM.log.PE00035  h3ou.AGCM.log.PE00063  jcup.coupling.conf.log  TM.AGCM.pe00022  TM.AGCM.pe00050  TM.AGCM.pe00078
h3ou.AGCM.log.PE00008  h3ou.AGCM.log.PE00036  h3ou.AGCM.log.PE00064  jcup.PADA.conf.log      TM.AGCM.pe00023  TM.AGCM.pe00051  TM.AGCM.pe00079
h3ou.AGCM.log.PE00009  h3ou.AGCM.log.PE00037  h3ou.AGCM.log.PE00065  nicam                   TM.AGCM.pe00024  TM.AGCM.pe00052  TM.PADA
h3ou.AGCM.log.PE00010  h3ou.AGCM.log.PE00038  h3ou.AGCM.log.PE00066  test_waitio.665211.out  TM.AGCM.pe00025  TM.AGCM.pe00053  TM.PADA.pe00000
h3ou.AGCM.log.PE00011  h3ou.AGCM.log.PE00039  h3ou.AGCM.log.PE00067  test_waitio.665214.out  TM.AGCM.pe00026  TM.AGCM.pe00054  TM.PADA.pe00001
h3ou.AGCM.log.PE00012  h3ou.AGCM.log.PE00040  h3ou.AGCM.log.PE00068  TM.AGCM                 TM.AGCM.pe00027  TM.AGCM.pe00055  TM.PADA.pe00002
h3ou.AGCM.log.PE00013  h3ou.AGCM.log.PE00041  h3ou.AGCM.log.PE00069  TM.AGCM.pe00000         TM.AGCM.pe00028  TM.AGCM.pe00056  TM.PADA.pe00003
h3ou.AGCM.log.PE00014  h3ou.AGCM.log.PE00042  h3ou.AGCM.log.PE00070  TM.AGCM.pe00001         TM.AGCM.pe00029  TM.AGCM.pe00057  TM.PADA.pe00004
h3ou.AGCM.log.PE00015  h3ou.AGCM.log.PE00043  h3ou.AGCM.log.PE00071  TM.AGCM.pe00002         TM.AGCM.pe00030  TM.AGCM.pe00058  TM.PADA.pe00005
h3ou.AGCM.log.PE00016  h3ou.AGCM.log.PE00044  h3ou.AGCM.log.PE00072  TM.AGCM.pe00003         TM.AGCM.pe00031  TM.AGCM.pe00059  TM.PADA.pe00006
h3ou.AGCM.log.PE00017  h3ou.AGCM.log.PE00045  h3ou.AGCM.log.PE00073  TM.AGCM.pe00004         TM.AGCM.pe00032  TM.AGCM.pe00060  TM.PADA.pe00007
h3ou.AGCM.log.PE00018  h3ou.AGCM.log.PE00046  h3ou.AGCM.log.PE00074  TM.AGCM.pe00005         TM.AGCM.pe00033  TM.AGCM.pe00061  TM.PADA.pe00008
h3ou.AGCM.log.PE00019  h3ou.AGCM.log.PE00047  h3ou.AGCM.log.PE00075  TM.AGCM.pe00006         TM.AGCM.pe00034  TM.AGCM.pe00062  TM.PADA.pe00009
h3ou.AGCM.log.PE00020  h3ou.AGCM.log.PE00048  h3ou.AGCM.log.PE00076  TM.AGCM.pe00007         TM.AGCM.pe00035  TM.AGCM.pe00063
h3ou.AGCM.log.PE00021  h3ou.AGCM.log.PE00049  h3ou.AGCM.log.PE00077  TM.AGCM.pe00008         TM.AGCM.pe00036  TM.AGCM.pe00064
h3ou.AGCM.log.PE00022  h3ou.AGCM.log.PE00050  h3ou.AGCM.log.PE00078  TM.AGCM.pe00009         TM.AGCM.pe00037  TM.AGCM.pe00065
h3ou.AGCM.log.PE00023  h3ou.AGCM.log.PE00051  h3ou.AGCM.log.PE00079  TM.AGCM.pe00010         TM.AGCM.pe00038  TM.AGCM.pe00066
```

h3-Open-SYS/WaitIOと h3-Open-UTIL/MPを使ってみよう

15:50 – 17:30

Wisteria/BDEC-01システム利用イントロダクション:20分
サンプルプログラムの実行WaitIO:30分
サンプルプログラムの実行MP: 50分
自由に動かしてみよう・Q&A: 10分

自由に動かしてみよう・Q&A: 10分

- 質問などあれば口頭・zoom chat,
  他でお知らせ下さい

- アカウントは1ヶ月有効です。
- 資料のPDF版はWEBページに掲載します。
  - https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/217/
  - アンケートへの協力をお願いします。

ご清聴ありがとうございました。

第217回 お試しアカウント付き
並列プログラミング講習会
「異種システム間連成アプリケーション
開発を学ぶ:WaitIO/MP」