



オンライン講習会の手引き OpenMPによるマルチコア・メニィコア 並列プログラミング入門

東京大学情報基盤センター

質問は中島まで: nakajima(at)cc.u-tokyo.ac.jp (相談窓口にはメールしないでください)

概要

- 講習会ホームページ
 - https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/192/
- 本講習会では、理解を深めるため、Wisteria/BDEC-01スーパーコンピューターシステム(Odyssey)を利用した実習を実施する予定である。
- ・ 本講習会はZoomによるオンライン講習会として実施される予定である。
- 本資料は、オンライン講習会受講のための準備について記載したものである。

お願い等

- 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータシステム利用 規程を熟読し、遵守してください。
- 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 スーパーコンピューターへ接続ができることが必須です(後述)。
- 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。

準備について

- FortranまたはC言語によるプログラミング経験のあることが望ましい(必須ではありません)
- UNIXの経験があることが望ましい
 - 最低限emacsまたはvi等によりファイルの編集をできる必要があります
 - emacs, vi等未経験の場合は、各自予め自習しておいてください
- 以下に示す「PC上でのソフトウェアの準備」について受講日までに完了していることを前提として、講習会を実施いたしますので、よろしくお願いいたします。
 - 「ログイン」以降は当日実施します
- 「Wisteria/BDEC-01『計算・データ・学習』融合スーパーコンピュータシステム」(別冊資料)も予め目を通してください

- PC上のソフトウェア類の準備
- Wisteria/BDEC-01概要
- ・スパコンへのログイン
- ・ログインしたら・・・

インストールするべきソフトウェア

	C	Fortran
Windows	Cygwin/WSL Paraview FVM-in-C, FVMpcg	Cygwin/WSL Paraview FVM-in-F, FVMpcg
Mac Linux	Paraview FVM-in-C, FVMpcg	Paraview FVM-in-F, FVMpcg

- Cygwin https://www.cygwin.com/
- Paraview http://www.paraview.org
- 有限体積法(Finite Volume Method, FVM)によるプログラム
 - FVMpcg (Fortran & C) http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/files/fvm.tar
 - FVM-in-F (Fortran) http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/files/multicore-f.tar
 - FVM-in-C (C) http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/files/multicore-c.tar
 - Makefileにおけるデフォルトコンパイル名は「cc (FVM-in-C, C)」,
 「gfortran(FVM-in-F, Fortran)」となっております。各自のPC上のコンパイラに応じてMakefileを変更願います。

Windows向け環境

- WSL(Windows Subsystem for Linux)
 - 簡単・お勧め
 - Windows 10以降
 - 「管理者権限」が必要

Cygwin

- 以前はお勧めしていたが、インストールがやや煩雑、時間もかかる
- メモリ・ディスクスペースもそれなりに必要
- 管理者権限不要
- SSHログインのみであれば、Windows PowerShellもしくは Windowsコマンドプロンプトからも可能
 - 管理者権限不要
 - OpenSSH Clientがインストールされていることを確認
 - 下記に従って確認、インストール(OpenSSH Serverは不要)
 - https://docs.microsoft.com/ja-jp/windowsserver/administration/openssh/openssh install firstuse

WSL(1/2)

Windows-Subsystem-for-Linux

- Windows 10 Ver.2004 (build 19041) or later, Widows 11
 - Win+r > type [winver] > click [OK]
- 「管理者権限で」PowershellまたはWindowsコマンドプロンプトを立ち上げ、下記を入力すれば一通りインストールしてくれる
 - ssh-keygen, cc, gcc, nanoなどはデフォルトでインストール

\$ wsl --install

WSL (2/2)

Windows-Subsystem-for-Linux

- Linux環境では・・・もしインストールされていないツール等 (e.g. gfortran)があったら、インストール法も指示してくれる(下記のようにmakeもインストールできる)
- \$> sudo apt install gfortran
- \$> sudo apt install make
- emacs
- \$> sudo add-apt-repository ppa:kelleyk/emacs
- \$> sudo apt update
- \$> sudo apt install emacs26
- 頻繁にupdate/upgradeしてください
- \$> sudo apt update
- \$> sudo apt upgrade

その他

- List of Unix/Linux Commands (Wikipedia)
- Online Manual for Emacs (Screen Editor for Linux/Unix)

- PC上のソフトウェア類の準備
- Wisteria/BDEC-01概要(別資料)
- ・スパコンへのログイン
- ・ログインしたら・・・

- PC上のソフトウェア類の準備
- Wisteria/BDEC-01概要
- ・スパコンへのログイン
- ・ログインしたら・・・

スパコンへのログイン

- SSH公開鍵認証(SSH Public Key Authentication, SSH=Secure Shell)に基づく
 - ECDSA, Ed25519でも可能ですが・・・
- 手順(PC上に既存の鍵があれば①は省略)
 - Windows: Cygwinを立ち上げる, Mac·Unix: Terminal起動
 - ①PC上で鍵(秘密鍵, 公開鍵)を生成する
 - 秘密鍵, 公開鍵
 - パスフレーズ(Passphrase):鍵認証のためのパスワード
 - •「空のパスフレーズ(empty passphrase)」は禁止!
 - 2スパコンポータルサイトにログインする
 - センターから供給された利用者ID(t00XYZ)と「初期パスワード」を使用
 - ポータルサイトにログイン後、パスワード(Password)変更を求められる、字数、 使用文字等に色々規則があるので注意すること
 - ③スパコンポータルサイトに「公開鍵」を登録する
 - ④PCからsshによってスパコンにログインする

①PC上で鍵(秘密鍵, 公開鍵)を生成(1/3)

\$ ssh-keygen -t rsa

Generating public/private rsa key pair.

Enter file in which to save the key (/home/user/.ssh/id_rsa): Return

Enter passphrase (empty for no passphrase): Your Favorite Passphrase

Return

Enter same passphrase again: Same Passphrase

Return

Your identification has been saved in /home/user/.ssh/id_rsa. Your public key has been saved in /home/user/.ssh/id_rsa.pub.

The key fingerprint is:

SHA256; vt880+PTcscHkOyabvxGjeRsMWLAWds+ENsDcReNwKo nakajima@KNs-NEW-VAIO The key's randomart image is:

+---[RŚA 2048]----+
. o=oo. o+
+ 0...
. +o+.
. +oB.
So *o*
. E B. o
. = o
. =oB o +
. +o+*0

操作手順

- ssh-keygen –t rsa <Return>
- <Return>
- お好きなPassphrase <Return>
- 同じPassphrase <Return>
- ・「空のPassphrase」は厳禁

①PC上で鍵(秘密鍵, 公開鍵)を生成(1/3)

\$ ssh-keygen -t rsa

Generating public/private rsa key pair.

Enter file in which to save the key (/home/user/.ssh/id_rsa): Return

Enter passphrase (empty for no passphrase): Your Favorite Passphrase Return

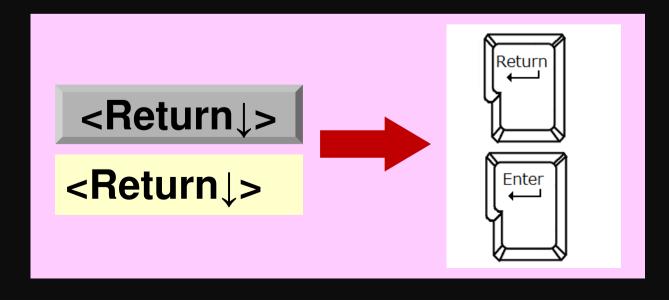
Enter same passphrase again: Same Passphrase Return

Your identification has been saved in /home/user/.ssh/id_rsa.

Your public key has been saved in /home/user/.ssh/id_rsa.pub.

The key fingerprint is:

SHA256;vt880+PTcscHkOyabvxGjeRsMWLAWds+ENsDcReNwKo nakajima@KNs-NEW-VAIO The key's randomart image is:



①PC上で鍵(秘密鍵, 公開鍵)を生成(1/3)

\$ ssh-keygen -t rsa

```
Generating public/private rsa key pair.
```

Enter file in which to save the key (/home/user/.ssh/id_rsa): Return

Enter passphrase (empty for no passphrase): Your Favorite Passphrase

Return

Enter same passphrase again: Same Passphrase

Passphrase Return

Your identification has been saved in /home/user/.ssh/id_rsa. Your public key has been saved in /home/user/.ssh/id_rsa.pub.

The key fingerprint is:

SHA256; vt880+PTcscHkOyabvxGjeRsMWLAWds+ENsDcReNwKo nakajima@KNs-NEW-VAIO The key's randomart image is:

```
+---[RŚA 2048]----+

. o=oo. o+
+ 0...
. +o+.
. +oB.
So *o*
. E B. o
. = . o
. =oB o +
. +o+*0...
```

操作手順

- ssh-keygen –t rsa <Return>
- <Return>
- お好きなPassphrase <Return>
- 同じPassphrase <Return>
- ・「空のPassphrase」は厳禁

①PC上で鍵(秘密鍵, 公開鍵)を確認(2/3)

```
$ cd . ssh

$ ls

id_rsa
id_rsa. pub

$ cat id_rsa. pub
```

ssh-rsa

AAAAB3NzaC1yc2EAAAADAQABAAABAQDa6InmOYYaCrWjQDukjiNEfdW8veUwJyZtEI3oDuOA28 eey6pOwbtI7JB09xnI1707HG4yYvOM81+/nIAHy5tAfJIyOdsPzjTgdTBLdgi3cSf5pWEY6U96 yaEr0Ei8Wge1HkXrhcwUjGDVTzvTORefe6zLdRziL/KNmmesSQfR5IsZ/ihsjMgFxGaKsHHq/IErCtHIIIf9V/Ds2yj6vkAaWH6asBn+ZsRiRFvwHPhkYAnp/j3LY6b8QfqgOp4WZRenh/HgySWTYIGi8x67VzMaUIm9qIKOQFMCaK2rivX1fmbwyWJ/vrWDqiek6YXoxLDu+GPeQ4CPvxJcZnqF9gf3 nakajima@KNs-NEW-VAIO

①公開鍵をコピー(3/3)

```
$ cd .ssh
```

\$ Is

id_rsa id_rsa.pub

\$ cat id_rsa.pub

操作手順

- cat id_rsa.pub <Return>
- "ssh-rsa"にカーソルを合わせ
- 最後の行の"f3"までを選択して「Copy」によって記憶
- 最後の「nakaima@KNs-NEW-VAIO」まで含んでも良いが、ここに漢字が含まれていると登録に失敗する

ssh-rsa

AAAAB3NzaC1yc2EAAAADAQABAAABAQDa6InmOYYaCrWjQDukjiNEfdW8veUwJyZtEI3oDuOA28 eey6pOwbtI7JB09xnI1707HG4yYvOM81+/n|AHy5tAfJ|y0dsPzjTgdTBLdgi3cSf5pWEY6U96 yaEr0Ei8Wge1HkXrhcwUjGDVTzvTORefe6zLdRziL/KNmmesSQfR5|sZ/ihsjMgFxGaKsHHq/IErCtHIIIf9V/Ds2yj6vkAaWH6asBn+ZsRiRFvwHPhkYAnp/j3LY6b8QfqgOp4WZRenh/HgySWTYIGi8x67VzMaUlm9q|KOQFMCaK2rivX1fmbwyWJ/vrWDqiek6YXoxLDu+GPeQ4CPvxJcZnqF9g

f3 nakajima@KNs-NEW-VAIO

②スパコンポータルサイトにログイン(1/3)

情報基盤センターから送付されたファイル

(教育利用)

Wisteria/BDEC-01 利用登録のお知らせ

Notification of Your Account of Supercomputer System (Wisteria/BDEC-01)

开吾 様

ID(t00XYZ)

利

一記のとおり登録しましたのでお知らせします。

2021年5月14日 東京大学情報基盤センター長

公印省略

Information Technology Center, The University of Tokyo

お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 プロジェクトコード プロジェクト名称 gt00 Project code 利用期間 2021年5月 ~ 2021年6月 初期パスワード※ 利用者番号 t00XYZ **PASSWORD** User ID Password 情報基盤センターか 情報基盤センターか ら送付された利用者 ら送付された初期パ

スワード(8桁)





















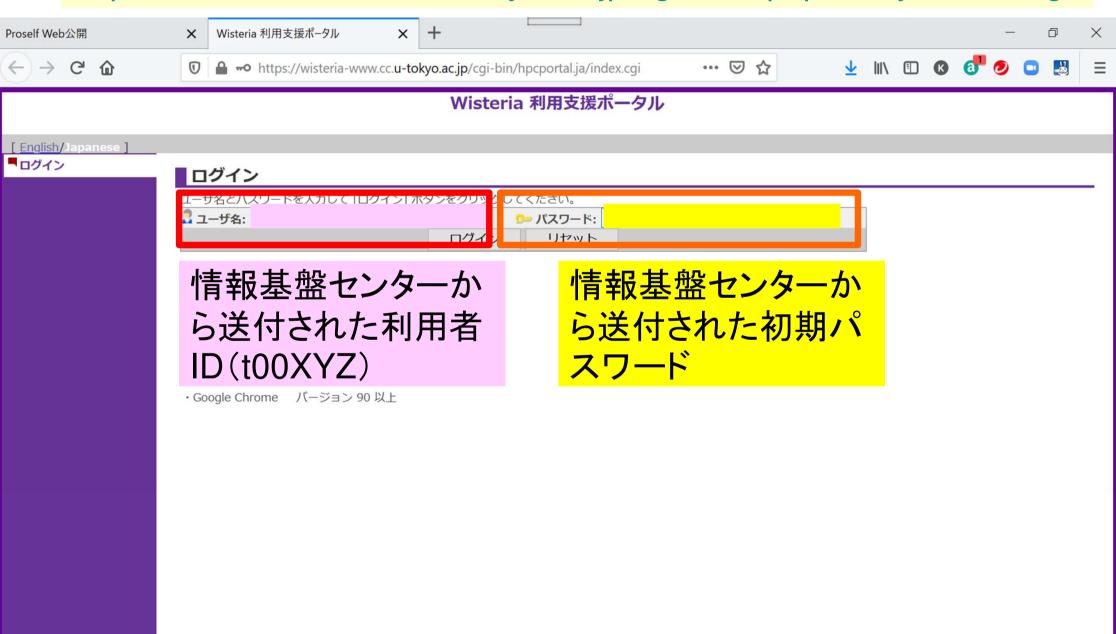
I

利用支援ポータルサイト

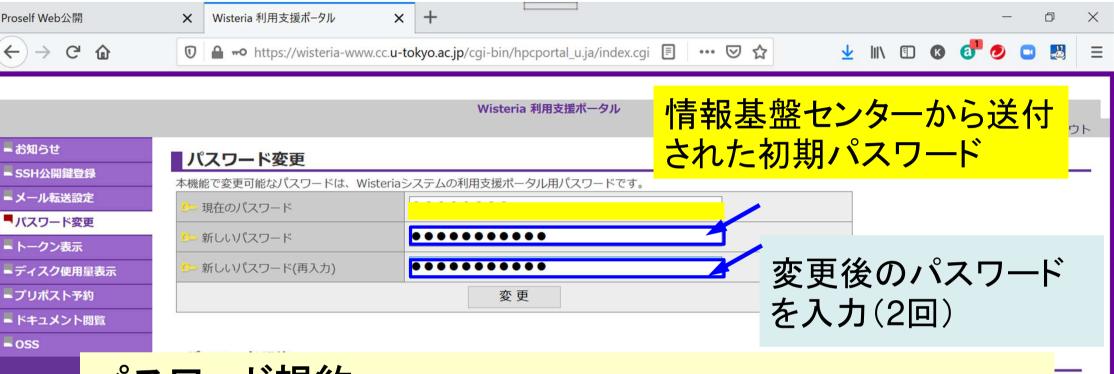
- 日本語
 - https://wisteria-www.cc.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/hpcportal.ja/index.cgi
 - https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/
- English
 - https://wisteria-www.cc.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/hpcportal.en/index.cgi

②スパコンポータルサイトにログイン(2/3)

https://wisteria-www.cc.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/hpcportal.ja/index.cgi



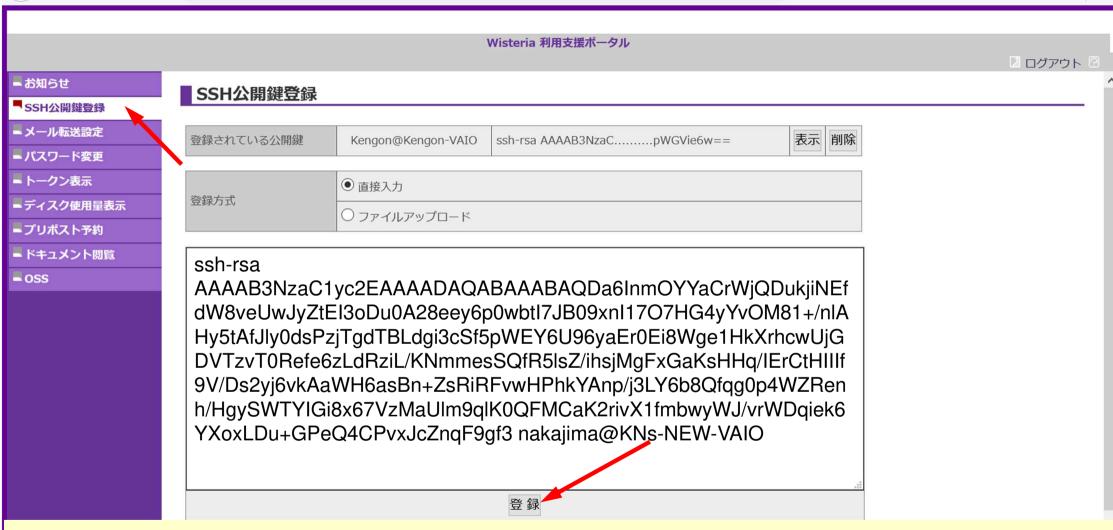
②初期パスワードの変更(3/3)



パスワード規約

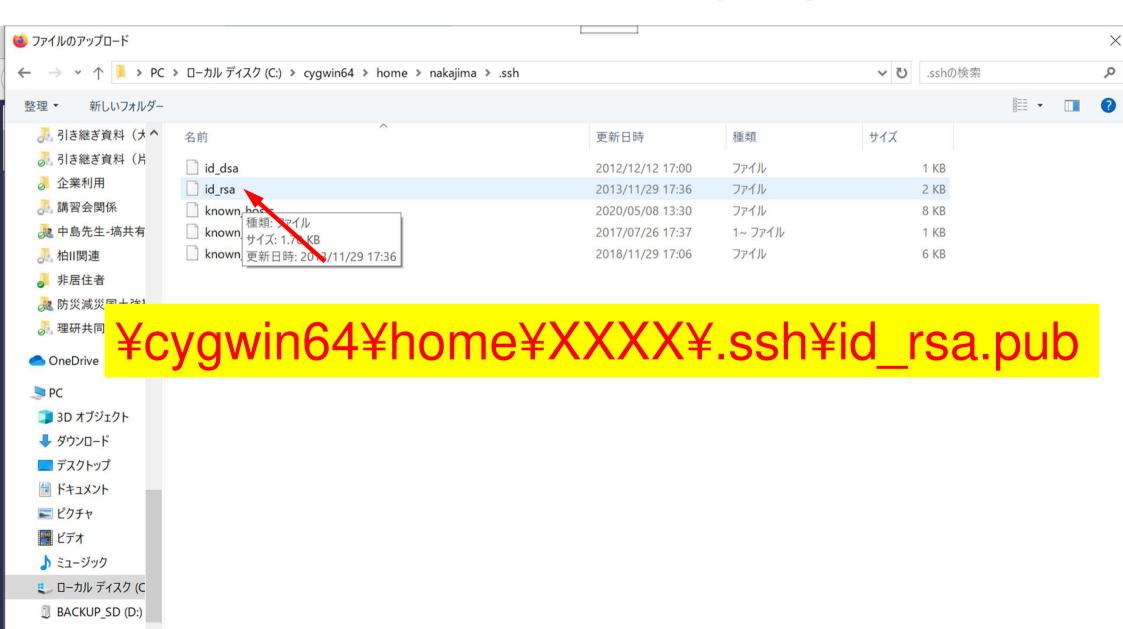
- ・ 8文字以上, 現在と3文字以上異なる
- ・ 2世代前までと異なる
- 英字(小文字, 大文字), 数字, 特殊文字各1字以上
- Linux辞書に登録されている語は不可
- 全角文字不可

③公開鍵登録(id_rsa.pub)

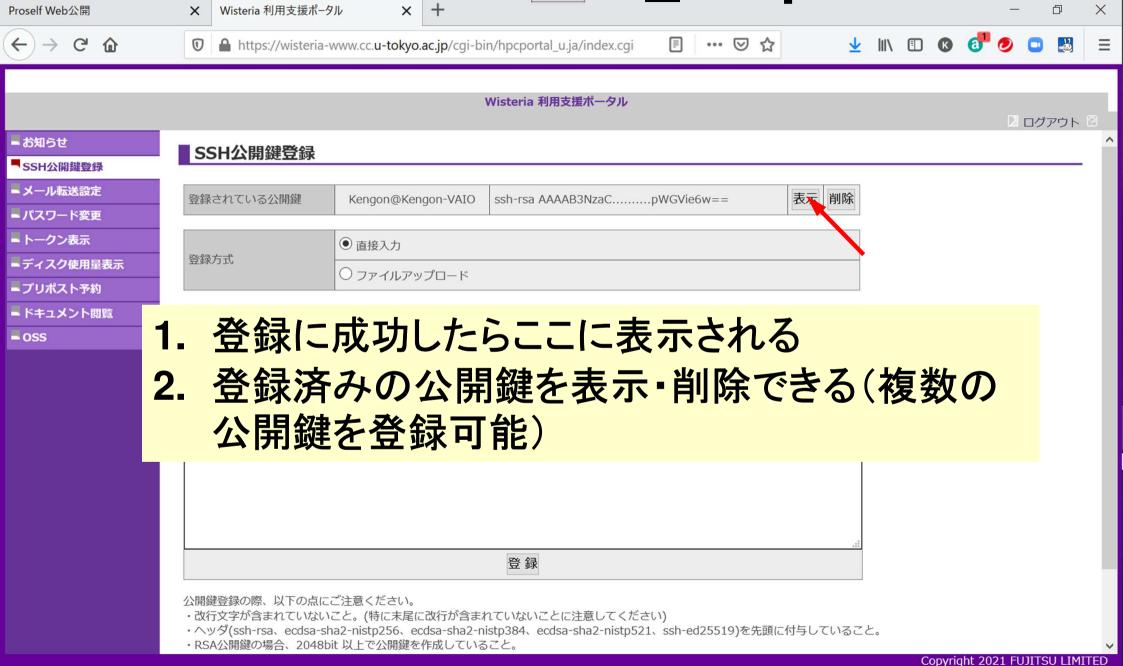


- 1. 「SSH公開鍵登録」を選択
- 2. 先ほどCopyした「id_rsa.pub」を貼り付ける(改行に注意:最終行に入っていることがある)
- 3. 「登録」をクリック

③ うまく行かない場合は(id_rsa.pub)を 直接アップロード(3/4)



③ 公開鍵登録(id_rsa.pub)



④PCからログイン(1/2)

```
$ ssh t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp Return

The authenticity of host 'wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp' can't be established.

ECDSA key fingerprint is SHA256:/XXXXX ...

Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes Return

Warning: Permanently added 'wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp' to the list of known hosts.

Enter passphrase for key '/home/nakajima/.ssh/id_rsa': Your Passphrase Return
```

- 1. ssh t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp <Return>
- 2. yes <Return>
- 3. 鍵生成時に打ち込んだPassphrase <Return>

④PCからログイン(1/2)(2回目以降)

\$ ssh t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp Return

Enter passphrase for key '/home/nakajima/.ssh/id_rsa': Your Passphrase Return

- 1. ssh t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp <Return>
- 2. 鍵生成時に打ち込んだPassphrase <Return>

4PCからログイン(2/2)

Wisteria/BDEC-01 Information

Date: May. 14, 2021

Welcome to Wisteria/BDEC-01 system

* Operation Schedule 10:00 - 05/28(Fri) 09:00 Normal Operation 05/24(Mon) 09:00 - 05/24(Mon) 17:00 05/28(Fri) 09:00 - 05/28(Fri) 22:00 05/28(Fri) 22:00 -HPC Challenge (Odyssey System Maintenance Normal Operation

ログインに成功した ら、今後のメインテ ナンスのスケジュー ルなどが表示される

For more information about this service, see https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/schedule.php

* How to use Users Guide can be found at the User Portal (https://wisteria-www.cc.u-tokyo . ac. jp/).

If you have any questions, please refer to the following URL and contact us:

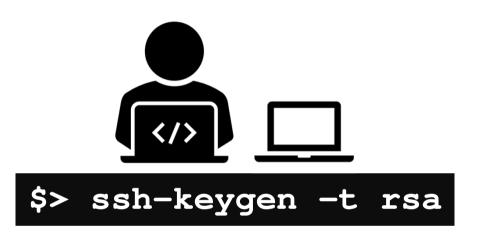
https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supports/contact/

Last login: Mon May 17 10:04:54 2021 from 133.11.59.131

このURL(質問)には アクセスしないこと

[t00XYZ@wisteria06 ~]\$

SSH公開鍵認証の手順(1/4) ①PC上での秘密鍵・公開鍵作成



id_rsa

秘密鍵/Private Key

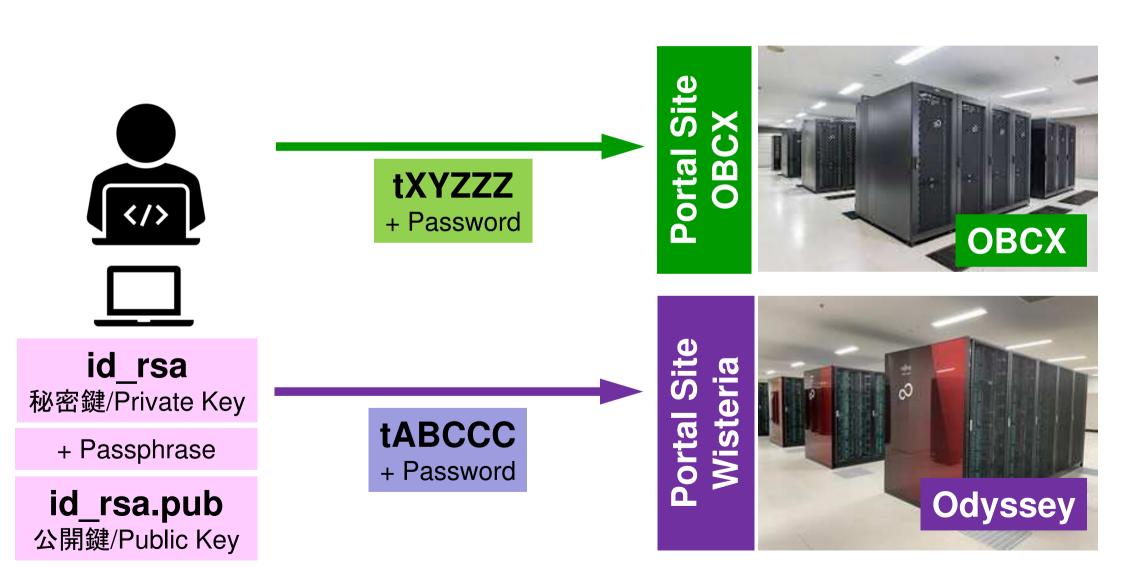
+ Passphrase

id_rsa.pub 公開鍵/Public Key





SSH公開鍵認証の手順(2/4) ②スパコンポータルサイトへのログイン

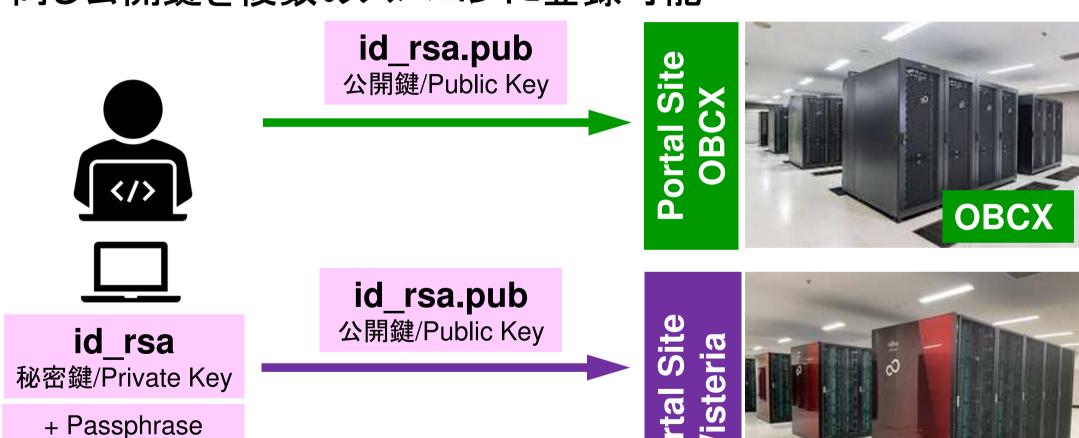


Odyssey

SSH公開鍵認証の手順(3/4)

③公開鍵(id_rsa.pub)の登録

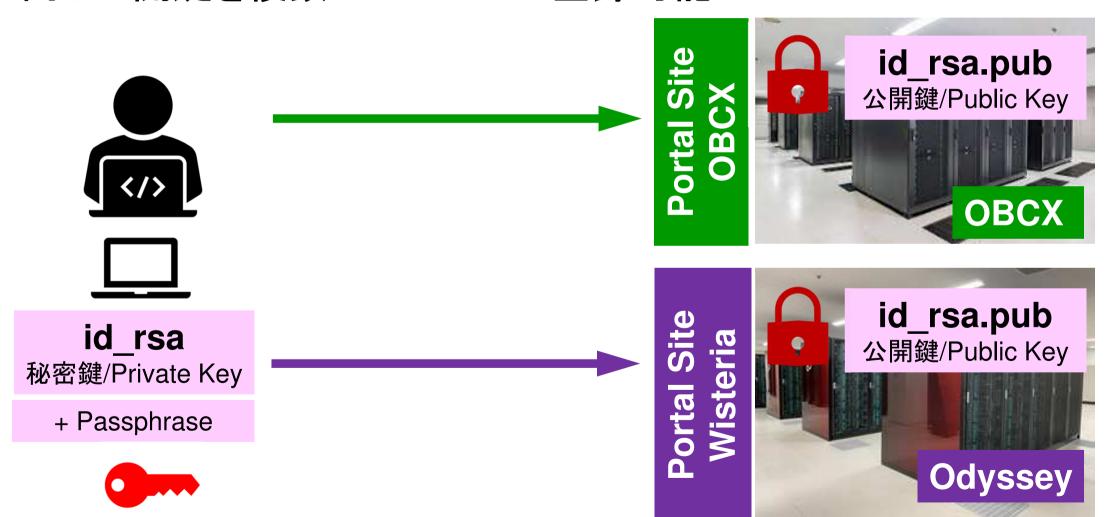
同じ公開鍵を複数のスパコンに登録可能



SSH公開鍵認証の手順(3/4)

③公開鍵(id_rsa.pub)の登録

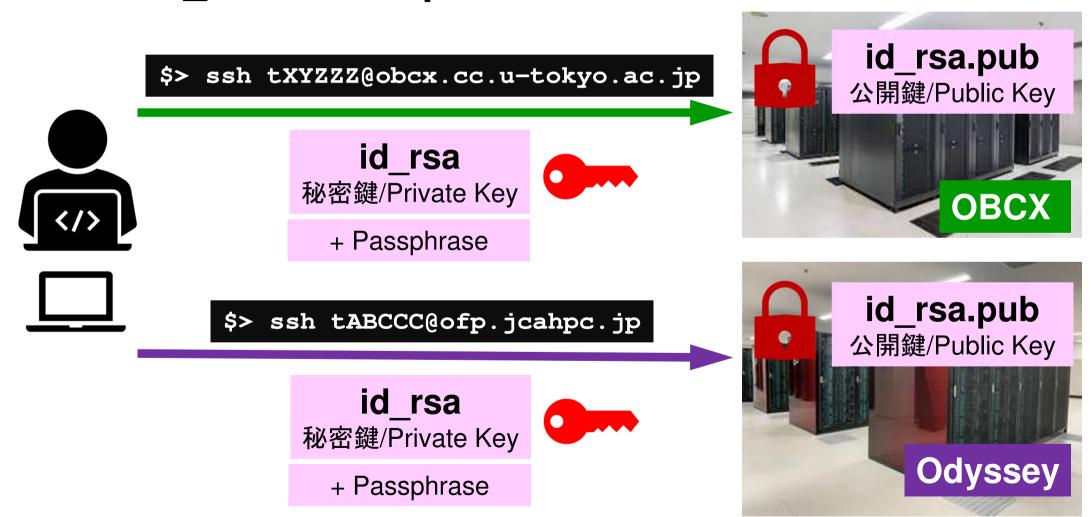
同じ公開鍵を複数のスパコンに登録可能



SSH公開鍵認証の手順(4/4)

④PCからスパコンへのログイン

秘密鍵(id_rsa)+Passphrase



SSH Public Key Authentication SSH公開鍵認証

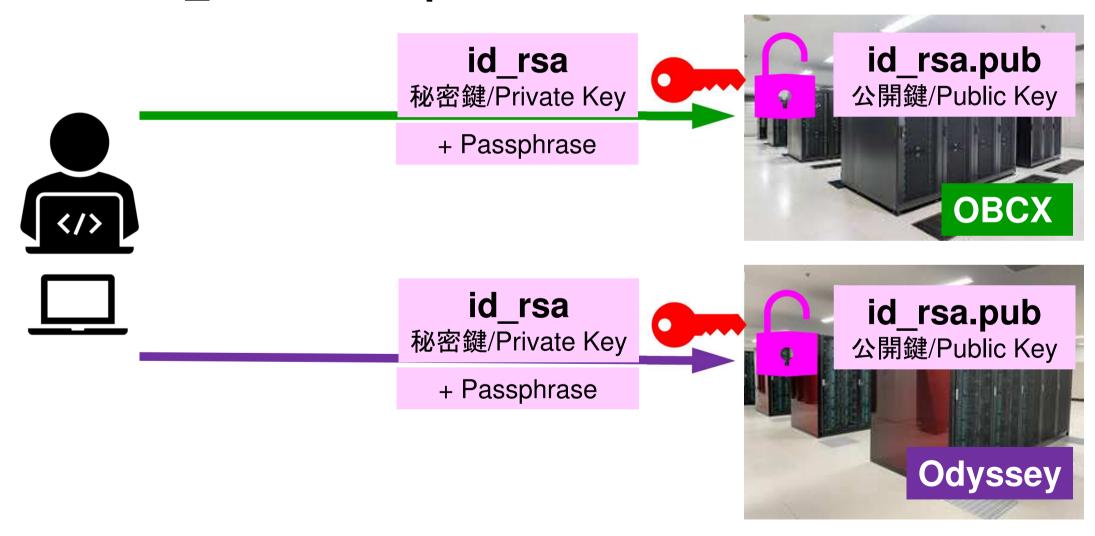
SSH= Secure Shell

- id_rsa
 - Private Key(秘密鍵):PC上
 - 文字通り「秘密」にしておくこと
 - ・ 他の人に送ってはいけない
 - 基本的には作成した場所からコピーしたり移動することもしないこと
- id_rsa.pub
 - Public Key(公開鍵):スパコン上
 - コピー可能, 他の人にe-mailで送ることも可能
- ・ もし複数のPCからスパコンにログインする場合は、各PCごとに「公開鍵・秘密鍵」のペアをssh-keygenによって作成
 - 各スパコンに複数の公開鍵を登録することは可能
 - スパコン上の公開鍵のうちの一つがPC上の「秘密鍵+ Passphrase」とマッチすると確認されるとログインできる

SSH公開鍵認証の手順(4/4)

④PCからスパコンへのログイン

秘密鍵(id_rsa)+Passphrase



複数のPCからスパコンへログインする場合には各PCで「公開鍵・秘密鍵」のペア作成

\$> ssh-keygen -t rsa







id rsa

秘密鍵/Private Key

+ Passphrase

id_rsa.pub 公開鍵/Public Key id_rsa

秘密鍵/Private Key

+ Passphrase

id_rsa.pub 公開鍵/Public Key

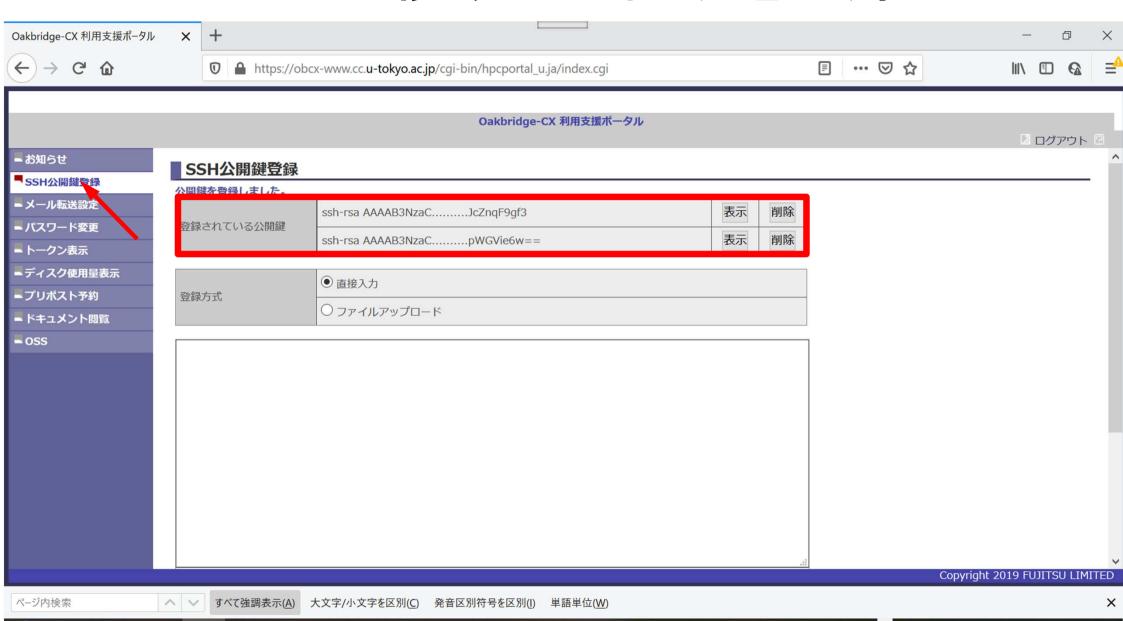




Portal Site Wisteria



スパコンには複数の公開鍵を登録できる



スパコンには複数の公開鍵を登録できる

```
$ cd . ssh
$ ls authorized_keys
```

authorized_keys

.ssh/authorized_keysには登録された公開鍵が格納されている。このファイルの後ろに新たな公開鍵(new_public.key)を付け加えることができる。

\$ cat authorized_keys

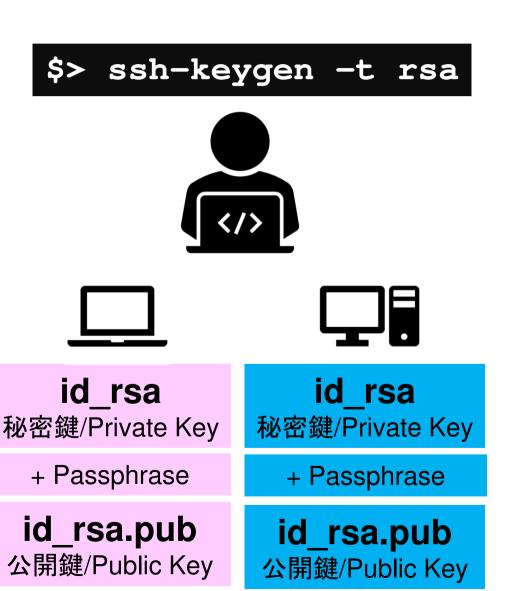
ssh-rsa

HGCAB3NzaC1yc2EAAAABIwAAAQEA1rOHr8M1JIJB02n9S0GQm0xzGCwh3PpcJo7Z8oDr6HCAXhbKzHAOibRMJFCwDJCRGNJIYiHEYHWzouuXGNa9teso7aXYkq2Pxb076C60ZCPoLqf/jQRqnUSnjHJ4UgmDdIQWaAks+q/2ExOwjBB6GZmaHGijTximOFGiM1DI78OHkHC8pFzjvP2kT9yRvykvOVvIG10VYi+5CawYfuR0iRBjfUS47RS0ICzjNP2OpY057DUCf0v+/8B1+I1wiIbjKQHjuNp5XucIFfFdGaxfJchD/sB5sRxtYfz80xzwGmN8pVecpUjd//xAqdYYHmLAKUE2oH8MnBIRybpWGVie6w64ssh-rsa

AAAAB3NzaC1yc2EAAAADAQABAAABAQDa6InmOYYaCrWjQDukjiNEfdW8veUwJyZtEI3oDu0A28ee y6pOwbtI7JB09xnI1707HG4yYvOM81+/nIAHy5tAfJIyOdsPzjTgdTBLdgi3cSf5pWEY6U96yaEr OEi8Wge1HkXrhcwUjGDVTzvTORefe6zLdRziL/KNmmesSQfR5IsZ/ihsjMgFxGaKsHHq/IErCtHIIIf9V/Ds2yj6vkAaWH6asBn+ZsRiRFvwHPhkYAnp/j3LY6b8QfqgOp4WZRenh/HgySWTYIGi8x67VzMaUIm9qIKOQFMCaK2rivX1fmbwyWJ/vrWDqiek6YXoxLDu+GPeQ4CPvxJcZnqF9gf3

```
$ cp authorized_keys tmp
$ cat tmp new_public.key > authorized_keys
```

各スパコンに複数の鍵を登録する







- PC上のソフトウェア類の準備
- Wisteria/BDEC-01概要
- ・スパコンへのログイン
- ・ログインしたら・・・

PCからログイン

```
$ ssh t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp Return Enter passphrase for key '/home/nakajima/.ssh/id_rsa: Your Passphrase Return
```

- 1. ssh t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp <Return>
- 2. 鍵生成時に打ち込んだPassphrase <Return>

ログインしたら

```
pwd
/home/t00XYZ
  cd /work/gt00/t00XYZ
/work/gt00/t00XYZ
/home/t00XYZ
```

- 1. ログインしたら「/home/t00XYZ」 に入る
- 2. /homeは容量が少ないので「 /work/gt00/t00XYZ」に移動する こと
- 3. 「cd」でホームに戻れます

Copy: PC to Wisteria/BDEC-01

```
$ scp ./a. dat t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:
PC上のCurrent Directoryにある「a. dat」をWisteria/BDEC-01のホームディレクトリ (/home/t00XYZ) の下にコピーする
$ scp ./a. dat t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:/work/gt00/t00XYZ/test/PC上のCurrent Directoryにある「a. dat」をWisteria/BDEC-01上のディレクトリ「/work/gt00/t00XYZ/test」の下にコピーする
```

\$ scp -r ./testL t00xyz@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:
PC上のCurrent Directory下にあるディレクトリ「testL」及びその中身をWisteria/BDEC-01のホームディレクトリ(/home/t00XYZ)の下にコピーする

\$ scp -r ./testL t00xyz@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:/work/gt00/t00XYZ/test PC上のCurrent Directory下にあるディレクトリ「testL」及びその中身を Wisteria/BDEC-01上のディレクトリ「/work/gt00/t00XYZ/test」の下にコピーする

Copy: Wisteria/BDEC-01 to PC

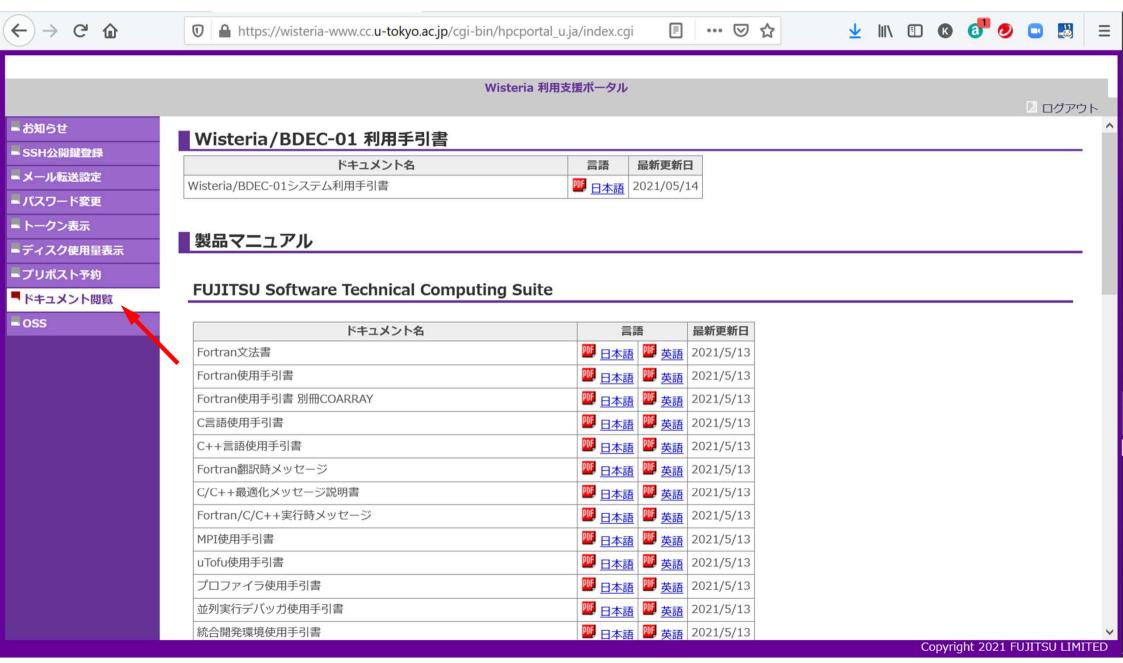
```
$ scp t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:~/a.dat ./
Wisteria/BDEC-01のホームディレクトリ(/home/t00XYZ)下にある「a. dat」を,PC
上のCurrent Directory下にコピーする
$ scp t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:/work/gt00/t00XYZ/test/a.dat ./
Wisteria/BDEC-01上のディレクトリ「/work/gt00/t00XYZ/test/」下にある「a.dat
」をPC上のCurrent Directoryにコピーする
$ scp -r t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:~/L1 ./
Wisteria/BDEC-01のホームディレクトリ(/home/t00XYZ)下にあるディレクトリ「
/home/t00XYZ/L1」とその中身を、PC上のCurrent Directoryにあるディレクトリ「
L1」にコピーする
```

\$ scp -r t00XYZ@wisteria.cc.u-tokyo.ac.jp:/work/gt00/t00XYZ/test/L1 ./ Wisteria/BDEC-01上のディレクトリ「/work/gt00/t00XYZ/test/L1」とその中身をPC 上のCurrent Directory下にあるディレクトリ「L1」にコピーする

ポータルサイトでのマニュアル等閲覧(1/2)



ポータルサイトでのマニュアル等閲覧(2/2)



質問等は中島まで 相談窓口には連絡しないでください!

nakajima(at)cc.u-tokyo.ac.jp