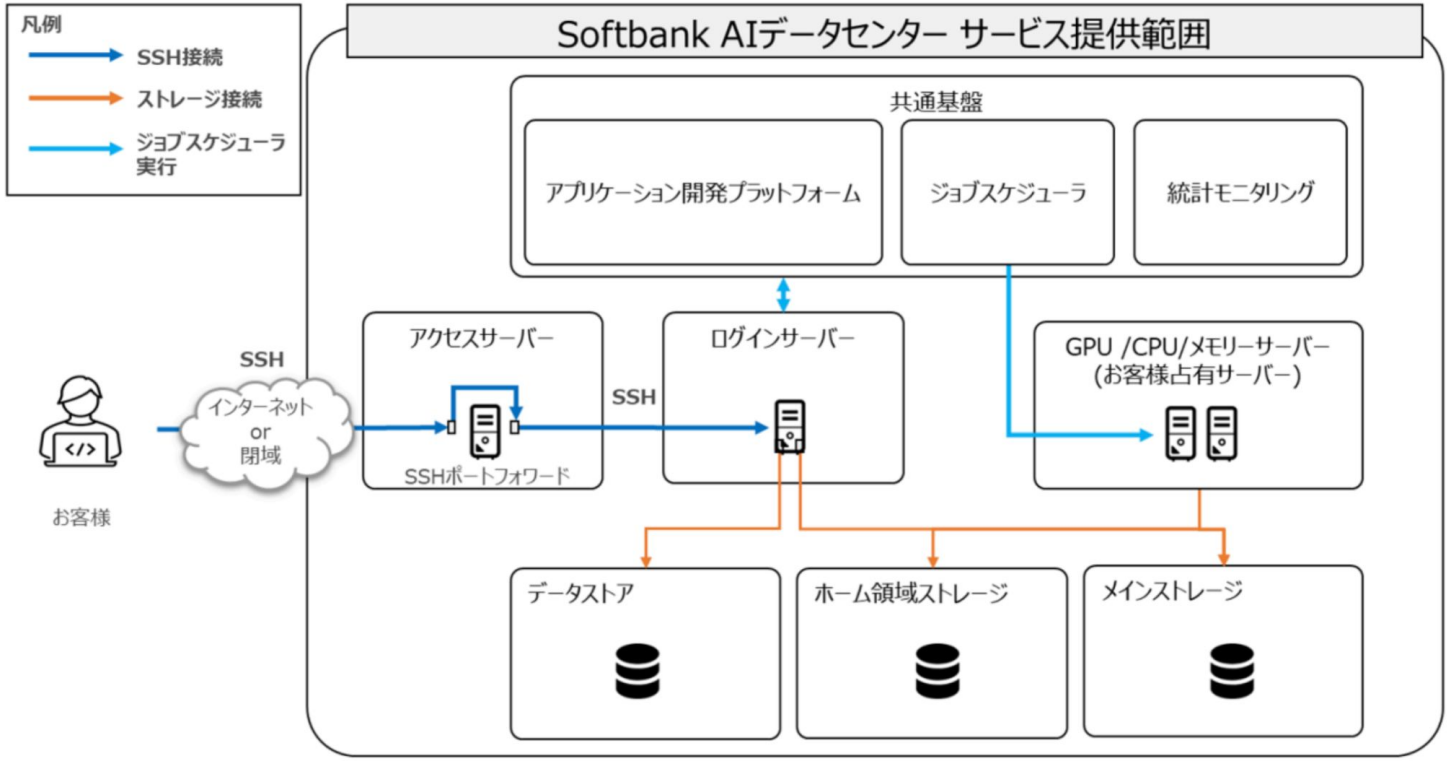
第16回LLMコンソーシアム勉強会
SuperPod活用事例の紹介

BeyondAI推進課 竹田康亮

はじめに

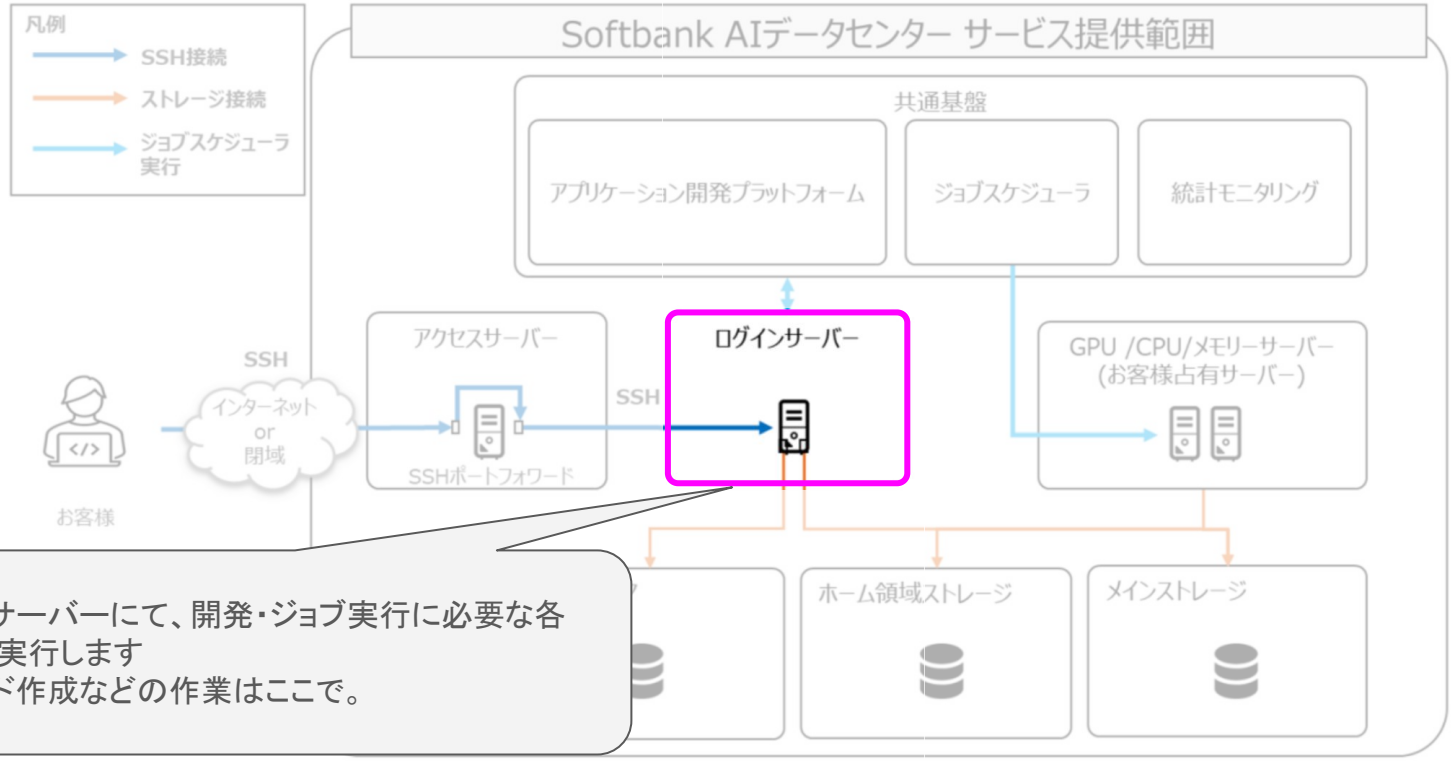
- SuperPOD 上での計算方法の概要について
  - アクセス方法
  - Docker コンテナの利用方法
  - Slurm の利用方法
  - 計算実行の概要

SuperPOD 構成の概要



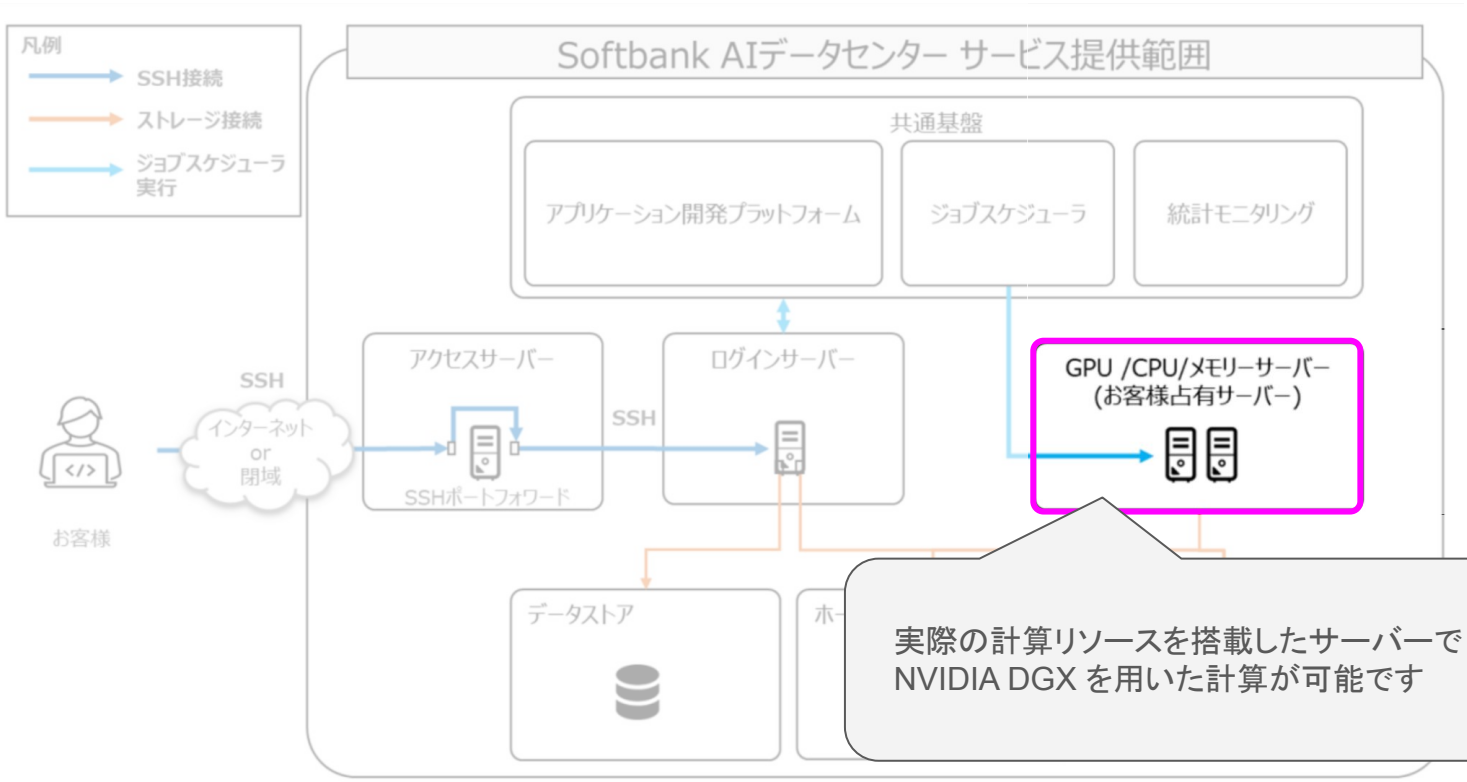
SoftBank AI データセンターご利用ガイド v1.2 より

SuperPOD 構成の概要



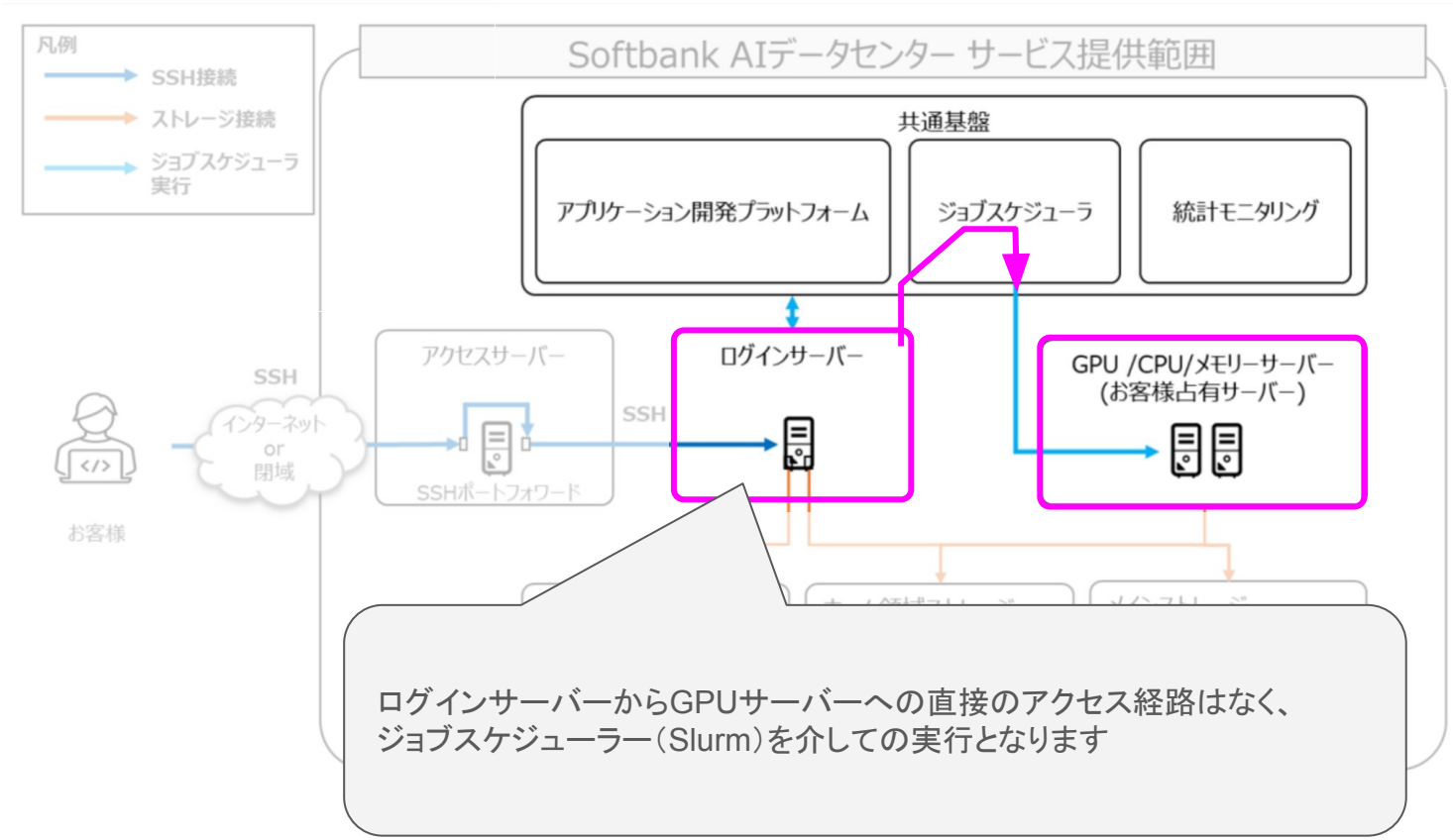
SoftBank AI データセンターご利用ガイド v1.2 より

SuperPOD 構成の概要



SoftBank AI データセンターご利用ガイド v1.2 より

SuperPOD 構成の概要



本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
3. Slurm 利用について

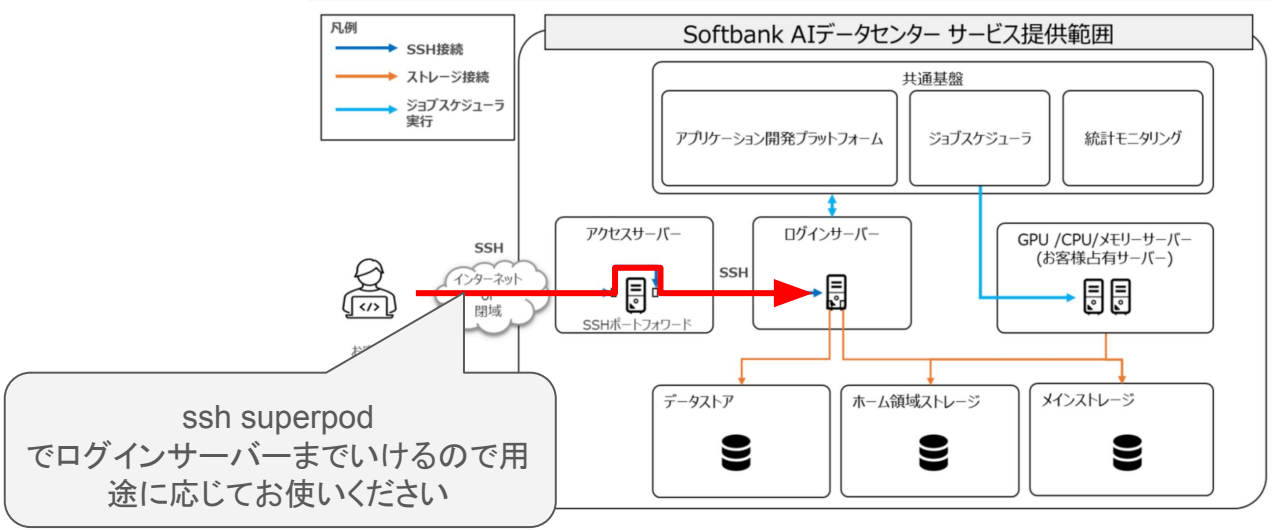
本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
3. Slurm 利用について

SuperPOD への ssh 接続について

- .ssh/config の設定について
  - アクセスサーバー（踏み台）を介してログインサーバーにアクセスするための設定

```
Host superpod
 HostName 10.XXX.YY.ZZ          ←――― ログインサーバーのIPアドレス
 User user330XX                 ←――― ログインサーバーのユーザー名
 IdentityFile ~/.ssh/superpod_ssh_key
 ProxyCommand ssh -i ~/.ssh/superpod_ssh_key -p 50024 -W %h:%p user330XX@210.AAA.BB.CC  ←――― アクセスサーバーの情報
```

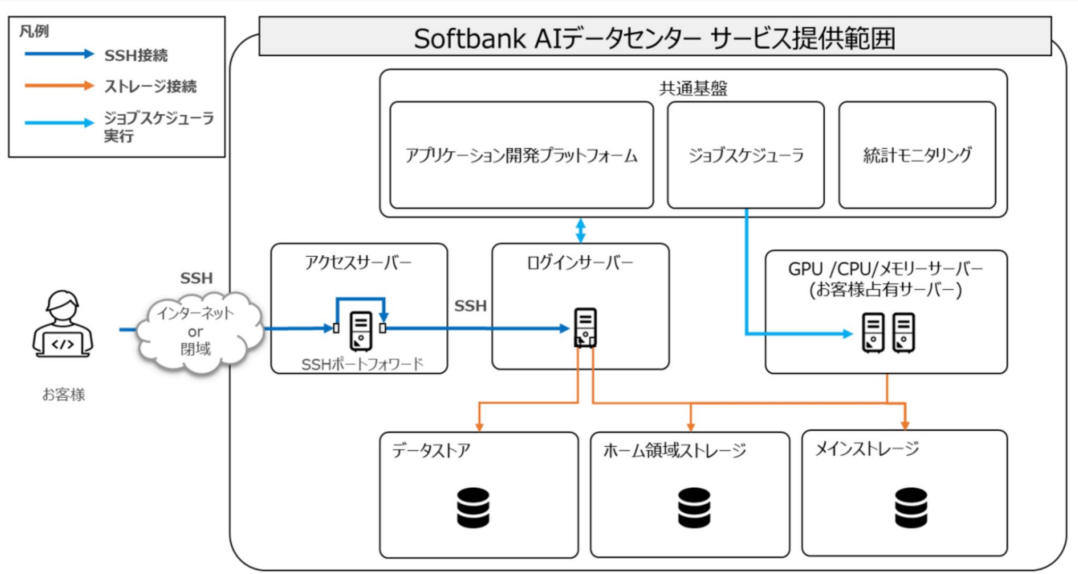


本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
3. Slurm 利用について

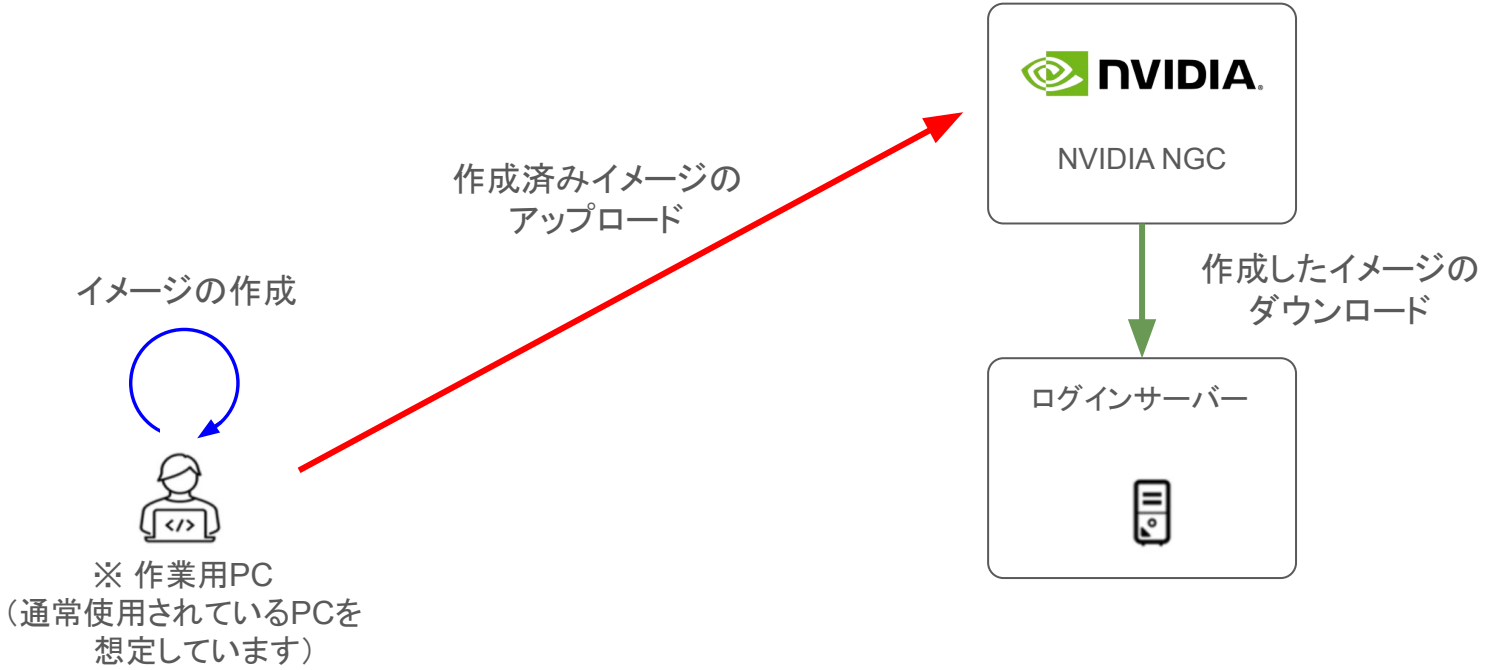
Docker 利用について

- 開発環境の構築には Docker を利用する必要があります
  - apt, pip 等のコマンドはサーバー上で直接実行できないため、
    Docker コンテナの仮想環境を使用する必要があります



コンテナ利用時の構成

- SuperPOD でDocker利用のための前準備について、本手順で説明します
  - →：イメージの作成
  - →：イメージのアップロード
  - →：イメージのダウンロード



本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
   a. イメージの作成
   b. イメージのアップロード
   c. イメージのダウンロード
   d. コンテナの利用
3. Slurm 利用について

コンテナの作成（Dockerfileの作成）

@ 作業用PC

- 任意のディレクトリに Dockerfile （=設定用テキストファイル）を作成
  - このDockerfile 内に、どういった仮想環境を作成するかを指定します
  - 下記の内容を Dockerfile というファイル名で保存して下さい
    - GPUを用いた解析を想定したサンプルです

```
FROM nvidia/cuda:12.9.1-cudnn-devel-ubuntu20.04

RUN apt-get update && \
    apt-get install -y python3 python3-pip git && \
    apt-get clean && \
    rm -rf /var/lib/apt/lists/*

RUN python3 -m pip install --upgrade pip

RUN pip install torch torchvision torchaudio

RUN pip install numpy matplotlib scikit-learn

WORKDIR /workspace

CMD ["bash"]
```

今回は nvidia/cuda からベースとするイメージを選択しました

解析ニーズに合わせて、python用ライブラリは適宜修正してお使い下さい

コンテナを実行すると /workspace というディレクトリに自動的に移動します。こちらも適宜修正・削除してお使い下さい

コンテナの作成（ビルド）

@ 作業用PC

- 実行コマンド

```
$ docker build --platform=linux/amd64 -f Dockerfile -t superpod_hello_world .
```

※ 注意点

作業用PCのアーキテクチャが arm64 の場合にはこのオプションを付けて下さい

作成したファイル名（任意）

作成するイメージ名（任意）

◯ 実行例

```
$ docker build --platform=linux/amd64 -f Dockerfile -t superpod_hello_world .
[+] Building 5.1s (5/5) FINISHED                                                                                docker
 => [internal] load build definition from Dockerfile
 => => transferring dockerfile: 82B
 => [internal] load metadata for docker.io/library/ubuntu:latest
 => [internal] load .dockerignore
 => => transferring context: 2B
 => [1/1] FROM docker.io/library/ubuntu:latest@sha256:440dcf6a5640b2ae5c77724e68787a906afb8ddee98bf86db94eea8528c2c076
 => => resolve docker.io/library/ubuntu:latest@sha256:440dcf6a5640b2ae5c77724e68787a906afb8ddee98bf86db94eea8528c2c076
 => => sha256:b08e2ff4391ef70ca747960a731d1f21a75febbd86edc403cd1514a099615808 29.72MB / 29.72MB
 => exporting to image
 => => exporting layers
 => => exporting manifest sha256:986bae76105d693e4bb6c6b176a55d7bb23ec21b7aa1797156dc8e9bb39b3fc8
 => => exporting config sha256:d9c53e5d00c2058f164b63e05b40e3cfe9821e41b5b644179ad21509799ea84b
 => => exporting attestation manifest sha256:99b7c26ccd48bc3c2ebe6345399e482eaa8288d77c89b93056a315dc3e62c323
 => => exporting manifest list sha256:7268b6c8c52dc249aa49fb44fe71f099024e12f4038d29fb8767d11d30cf5dcb
 => => naming to docker.io/library/superpod_hello_world:latest

 1 warning found (use docker --debug to expand):
 - JSONArgsRecommended: JSON arguments recommended for CMD to prevent unintended behavior related to OS signals (line 3)
```

コンテナの作成（ビルド）

- --platform=linux/amd64 を使用しない場合の実行例

  ◯ 実行例

```
$ docker build -f Dockerfile -t superpod_hello_world .
[+] Building 0.8s (5/5) FINISHED                                                   docker:desktop-linux
 => [internal] load build definition from Dockerfile                                               0.0s
 => => transferring dockerfile: 82B                                                                0.0s
 => [internal] load metadata for docker.io/library/ubuntu:latest                                   0.7s
 => [internal] load .dockerignore                                                                  0.0s
 => => transferring context: 2B                                                                    0.0s
 => CACHED [1/1] FROM docker.io/library/ubuntu:latest@sha256:440dcf6a5640b2ae5c77724e68787a906afb8ddee98bf86db94eea8528c2c076  0.0s
 => => resolve docker.io/library/ubuntu:latest@sha256:440dcf6a5640b2ae5c77724e68787a906afb8ddee98bf86db94eea8528c2c076  0.0s
 => exporting to image                                                                             0.0s
 => => exporting layers                                                                            0.0s
 => => exporting manifest sha256:447eb1391c150d9322c3227cb550df422e01af619b75cd3037056bc58dd1080e  0.0s
 => => exporting config sha256:edacb68c70e7a83bbf7426d7a29ba83430342146a2d9532a7b3a4b4cadbb89f6    0.0s
 => => exporting attestation manifest sha256:0a5e509f0fae51e2fe275c9c65267a40bd52dcd3878b00995ffa7b2cecd53e0d  0.0s
 => => exporting manifest list sha256:6ad8758d5c2290d0b04afb04c97e08234a1ecaa9d319e3ad9e8328c90252d65b  0.0s
 => => naming to docker.io/library/superpod_hello_world:latest                                     0.0s
 => => unpacking to docker.io/library/superpod_hello_world:latest                                  0.0s

 1 warning found (use docker --debug to expand):
 - JSONArgsRecommended: JSON arguments recommended for CMD to prevent unintended behavior related to OS signals (line 3)
```

- 作成したコンテナが amd64 に対応していれば ok

```
$ docker image inspect superpod_hello_world --format ‘{{.Architecture}}’
amd64
```


コンテナの作成（タグ付け）

@ 作業用PC

- アップロードのために作成したイメージ名を変更します

```
$ docker tag superpod_hello_world nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sbXXXXXXXX-X/superpod_hello_world:v0.0.0
```

先ほど作成したイメージ名

NVIDIA GPU Cloud (NGC) チーム名

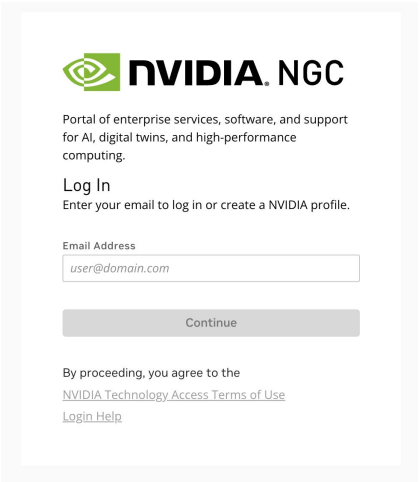
設定したいイメージ名とバージョン番号

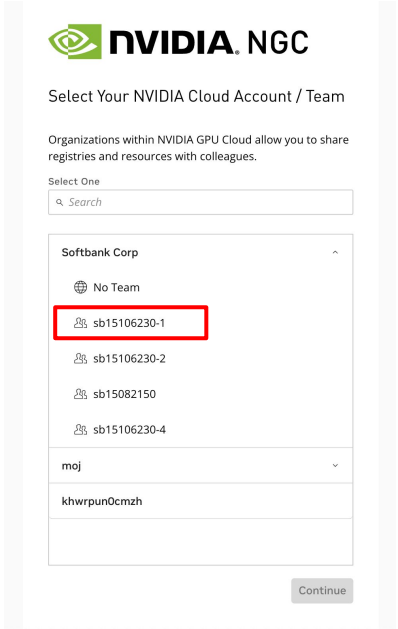
本資料の構成

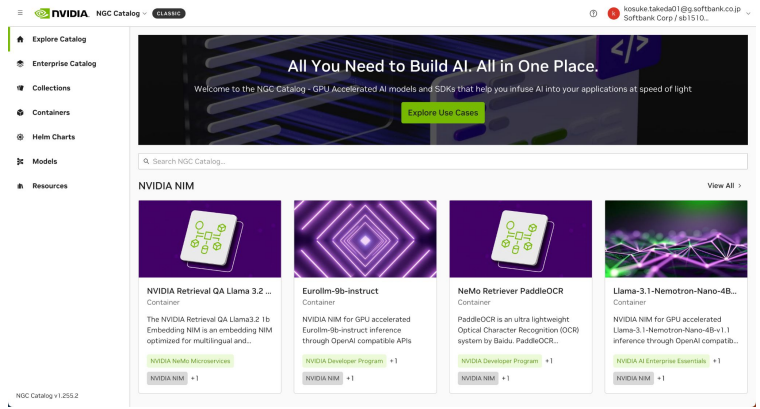
1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
    a. イメージの作成
    b. イメージのアップロード
    c. イメージのダウンロード
    d. コンテナの利用
3. Slurm 利用について

前準備：NGC アカウントについて

- NVIDIA NGC へ sing in
  - ※ ご利用ガイドv1.1 p.41～



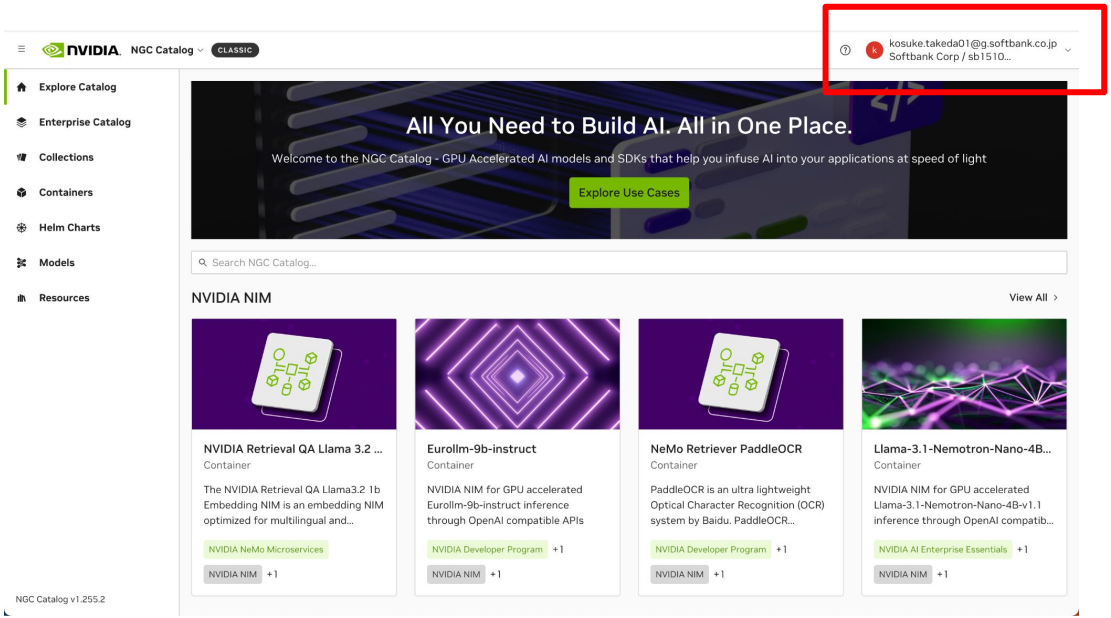


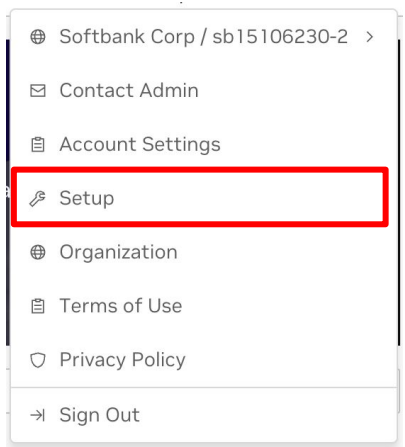


ログイン画面

各 NVIDIA NGC チーム名の選択
※ 実際の表示とは異なる場合があります

前準備：API キーの取得

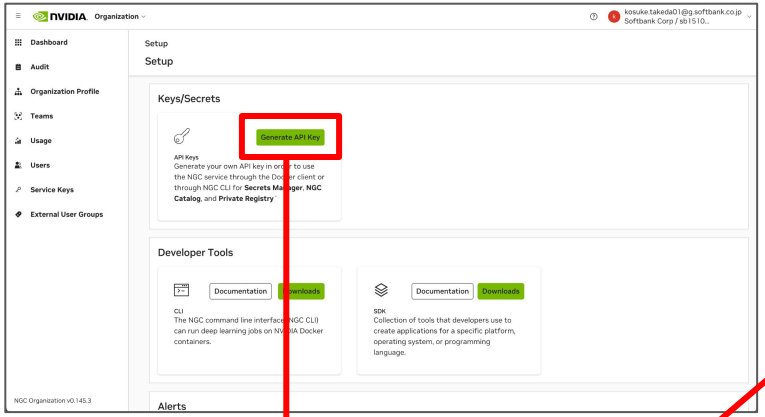


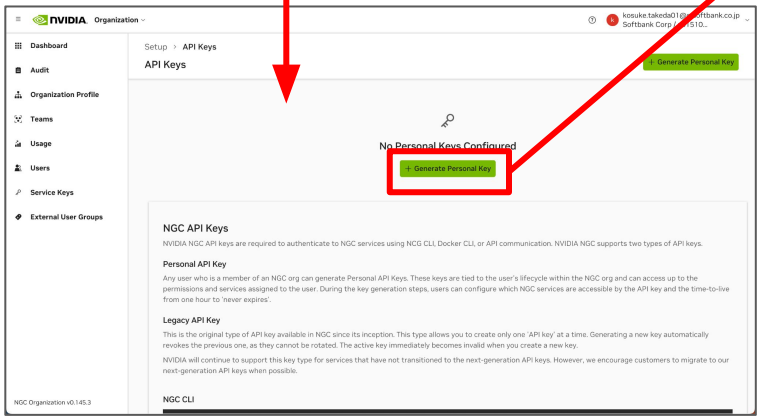


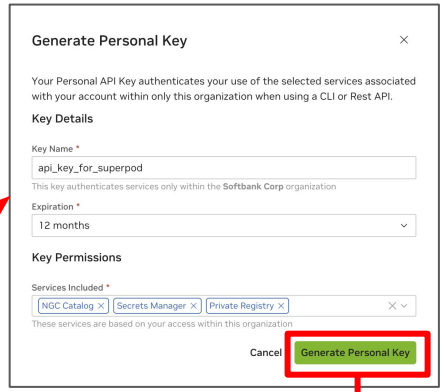
前準備：API キーの取得

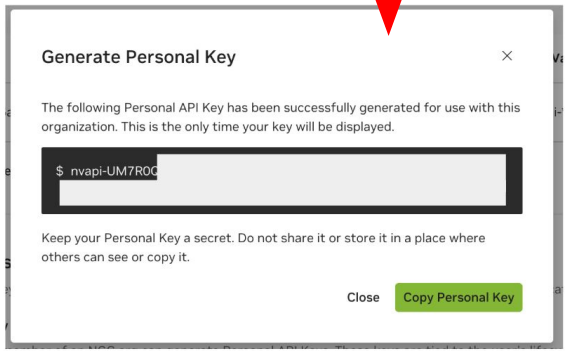
@ 作業用PC

- キーの作成、コピーして控えておいて下さい









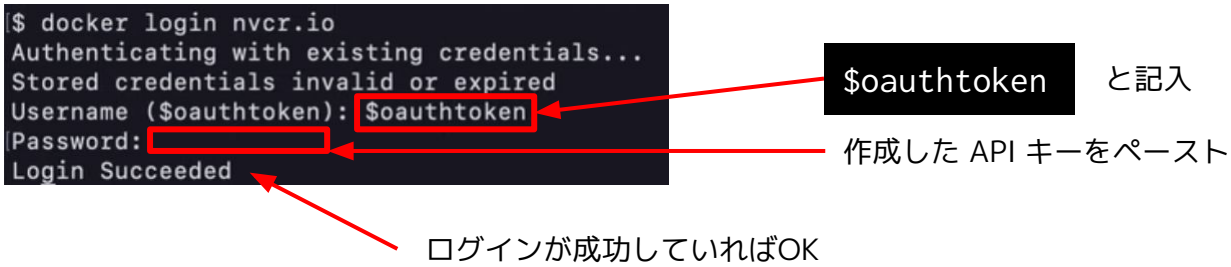
前準備：NGCへのログイン

@ 作業用PC

- NVIDIA コンテナレジストリへログイン
  - アップロードのための認証を実施しておく必要があります

```
$ docker login nvcr.io
```

◯ 実行例



コンテナのアップロード

@ 作業用PC

- アップロード

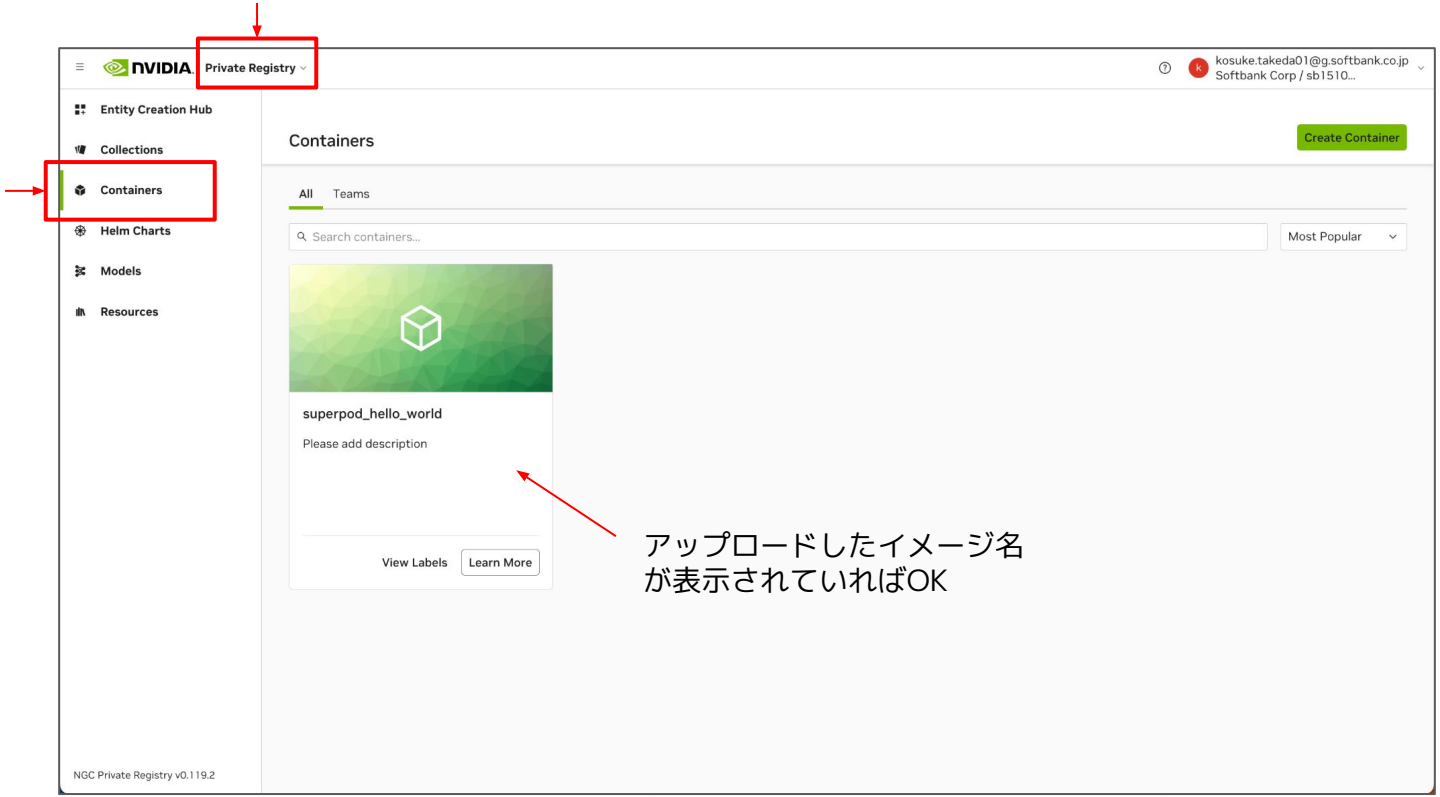
```
$ docker push nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sbXXXXXXXX-X/superpod_hello_world:v0.0.0
```

◯ 実行例

```
$ docker push nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/superpod_hello_world:v0.0.0
The push refers to repository [nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/superpod_hello_world]
207225a435ce: Pushed
3eff7d219313: Pushed
v0.0.0: digest: sha256:6ad8758d5c2290d0b04afb04c97e08234a1ecaa9d319e3ad9e8328c90252d65b size: 855
```

アップロード結果確認

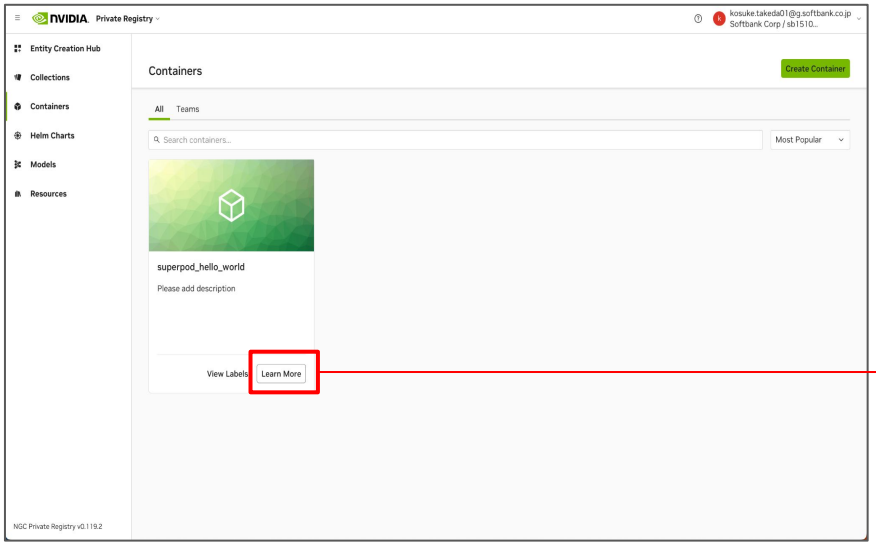
- NGCのページから確認できればアップロード成功です

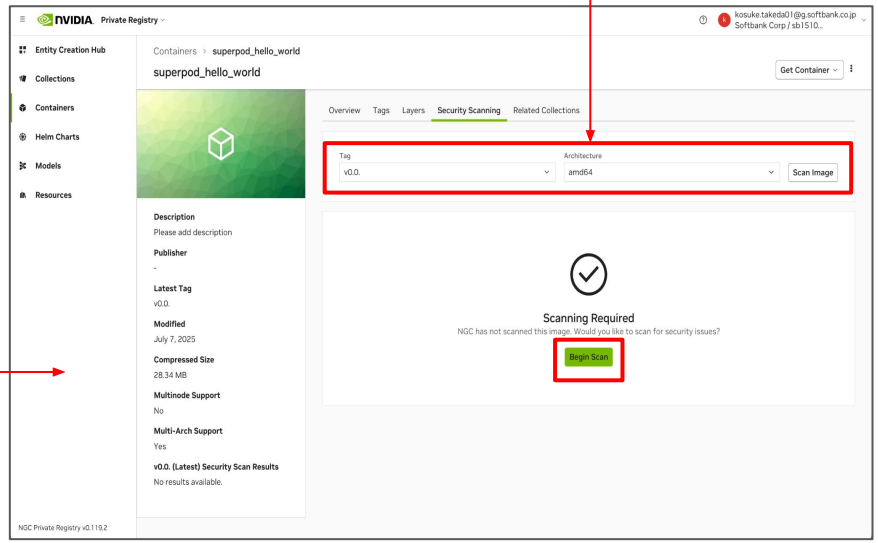


セキュリティスキャンの実行

- 該当のコンテナのセキュリティスキャンを実行して下さい

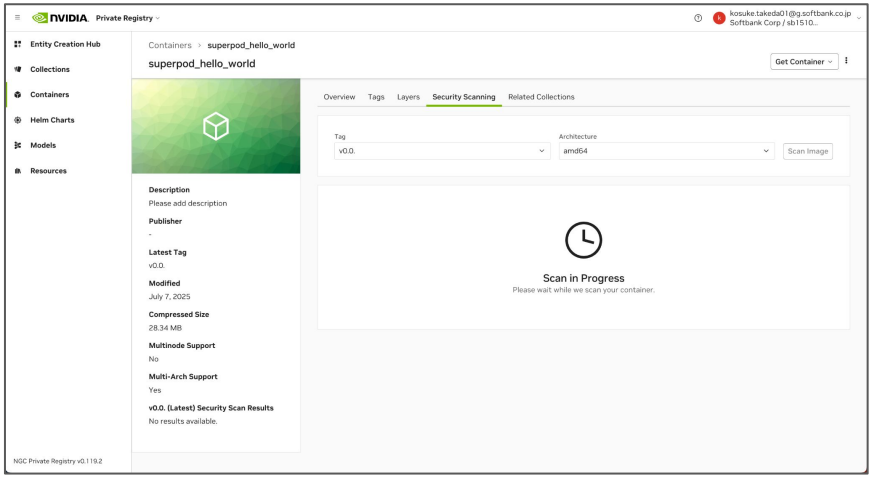
スキャン実行対象としたい
タグを選択して下さい



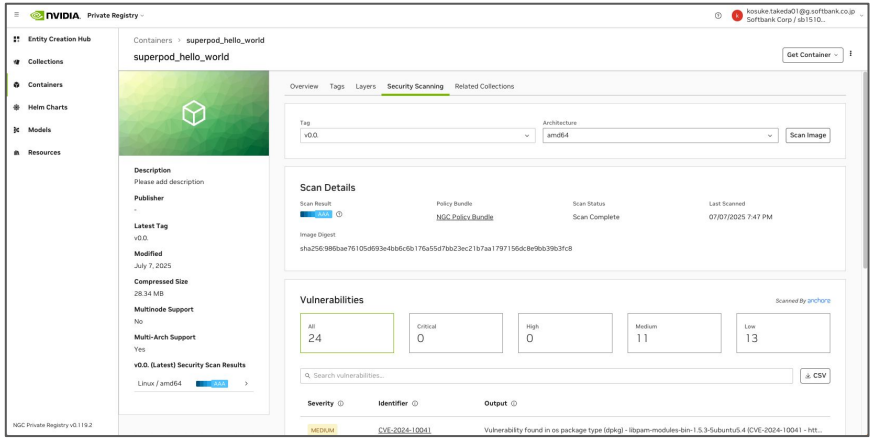


セキュリティスキャンの実行

- スキャンが自動実行・完了となるまでしばらくお待ち下さい



スキャン待ちの画面

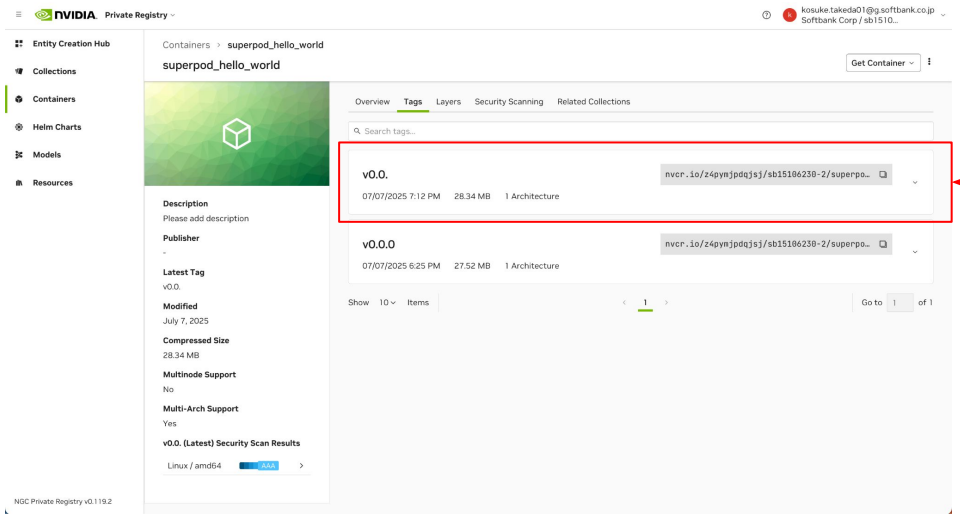


スキャン完了後の画面

補足）タグの削除

@ 作業用PC

- ex. 間違ってタグを登録してしまった場合



これを削除したい場合

- ngc コマンドで該当タグを削除できます

```
$ ngc registry image remove nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/superpod_hello_world:v0.0.
Are you sure you would like to remove z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/superpod_hello_world:v0.0.? [y/n]y
Successfully removed image 'z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/superpod_hello_world:v0.0.'.
```

本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
   a. イメージの作成
   b. イメージのアップロード
   c. イメージのダウンロード
   d. コンテナの利用
3. Slurm 利用について

コンテナのダウンロード

- SuperPOD 上では enroot コマンド を介して Docker を使用します
  - （※ docker コマンドは直接使用できません）

- 設定ファイルの作成
  - フォルダの作成

```
user32002@fcpv00166:~$ mkdir -p ~/.config/enroot
```

  - 設定ファイルの作成

```
user32002@fcpv00166:~$ vim ~/.config/enroot/.credentials
```

エディタでファイルを
新規作成して下さい

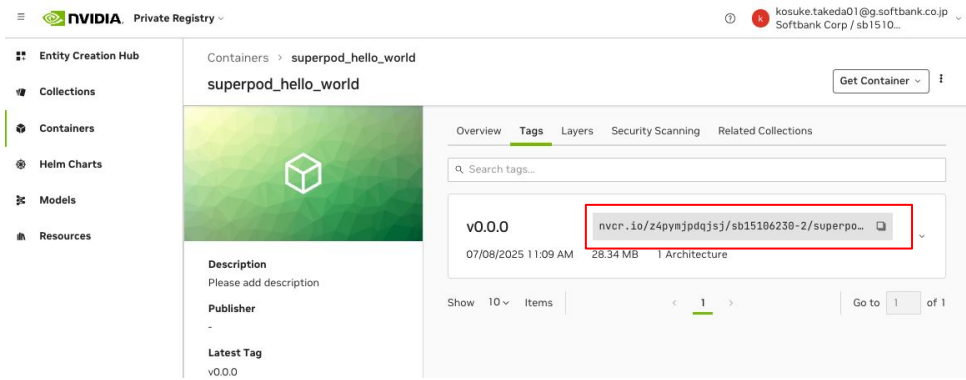
    - .credentials ファイル内容

```
machine nvcr.io login $oauthtoken password <API Key>
machine authn.nvidia.com login $oauthtoken password <API Key>
```

作成したAPIキーを書き込
んで下さい

コンテナのダウンロード

- 実行コマンド
  - NVIDIA Private Registry から該当のイメージ名を下記のように転記して下さい



ダウンロードしたいイメージ名を記入

```
user32002@fcpv00166:~$ enroot import "docker://nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/superpod_hello_world:v0.0.0"
```

コンテナのダウンロード実行例

@ SuperPod


```
user32002@fcpv00166:~$ enroot import "docker://nvcr.io/z4pymjpdqjsj/sb15106230-2/pytorch-cuda12.9.1:v0.0.0"
[INFO] Querying registry for permission grant
[INFO] Authenticating with user: $oauthtoken
[INFO] Using credentials from file: /home/user32002/.config/enroot/.credentials
[INFO] Authentication succeeded
[INFO] Fetching image manifest list
[INFO] Fetching image manifest
[INFO] Downloading 18 missing layers...

100% 18:0=0s 13b7e930469f6d3575a320709035c6acf6f5485a76abcf03d1b92a64c09c2476

[INFO] Extracting image layers...

100% 17:0=0s 13b7e930469f6d3575a320709035c6acf6f5485a76abcf03d1b92a64c09c2476

[INFO] Converting whiteouts...

100% 17:0=0s 13b7e930469f6d3575a320709035c6acf6f5485a76abcf03d1b92a64c09c2476

[INFO] Creating squashfs filesystem...

Parallel mksquashfs: Using 8 processors
Creating 4.0 filesystem on /home/user32002/z4pymjpdqjsj+sb15106230-2+pytorch-cuda12.9.1+v0.0.0.sqsh, block size 131072.
[==========================================================================================================================================================/] 187552/187552 100%

Exportable Squashfs 4.0 filesystem, gzip compressed, data block size 131072
        uncompressed data, uncompressed metadata, uncompressed fragments,
        uncompressed xattrs, uncompressed ids
        duplicates are not removed
Filesystem size 19296890.54 Kbytes (18844.62 Mbytes)
        99.97% of uncompressed filesystem size (19302938.39 Kbytes)
Inode table size 2129473 bytes (2079.56 Kbytes)
        100.00% of uncompressed inode table size (2129473 bytes)
Directory table size 1283662 bytes (1253.58 Kbytes)
        100.00% of uncompressed directory table size (1283662 bytes)
No duplicate files removed
Number of inodes 46552
Number of files 40788
Number of fragments 3540
Number of symbolic links 1085
Number of device nodes 0
Number of fifo nodes 0
Number of socket nodes 0
Number of directories 4679
Number of ids (unique uids + gids) 1
Number of uids 1
        root (0)
Number of gids 1
        root (0)
```

正しく設定した credentials が読めているか確認する

ダウンロード後の確認

- ダウンロード後、該当のイメージは sqsh ファイルとして確認できます

※ フォルダ構成は各開発環境によって異なります

```
user32002@fcpv00166:~$ ls -lh
total 19G
-rw-rw---- 1 user32002 group032 1.8K Jul  3 12:29 how_to.md
-rw-rw---- 1 user32002 group032  533 Jul  3 15:24 pyenv_install_verbose_log_final.txt
-rw-rw---- 1 user32002 group032   68 Jun 27 10:43 README.md
drwxr----- 2 user32002 group032    0 Jun  4  2024 sbai-env-script
drwxrwx--- 5 user32002 group032    0 Jul  3 09:57 venv
drwxrwx--- 4 user32002 group032    0 Jul  9 09:42 work
-rw-r----- 1 user32002 group032  19G Jul  9 09:27 z4pymjpdqjsj+sb15106230-2+pytorch-cuda12.9.1+v0.0.0.sqsh
-rw-r----- 1 user32002 group032  75M Jul  8 14:20 z4pymjpdqjsj+sb15106230-2+superpod_hello_world+v0.0.0.sqsh
```


本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
    a. イメージの作成
    b. イメージのアップロード
    c. イメージのダウンロード
    d. コンテナの利用
3. Slurm 利用について

コンテナ利用について

- (再掲) SuperPOD 上では enroot コマンド を介して Docker を使用します
  - （※ docker コマンドは直接使用できません）

- コンテナの作成

```
user32002@fcpv00166:~$ enroot create --name pytorch-cuda12.9.1 z4pymjpdqjsj+sb15106230-2+pytorch-cuda12.9.1+v0.0.0.sqsh
```

コンテナ名
= 仮想環境名

使用するイメージファイル

```
user32002@fcpv00166:~$ enroot create --name pytorch-cuda12.9.1 z4pymjpdqjsj+sb15106230-2+pytorch-cuda12.9.1+v0.0.0.sqsh
[INFO] Extracting squashfs filesystem...

Parallel unsquashfs: Using 8 processors
41982 inodes (188637 blocks) to write

[==========================================================================================================================================================/] 188637/188637 100%

created 40788 files
created 4679 directories
created 1085 symlinks
created 0 devices
created 0 fifos
created 0 sockets
```

本資料の構成

1. SuperPOD へのアクセス
2. Docker 利用について
3. **Slurm 利用について**

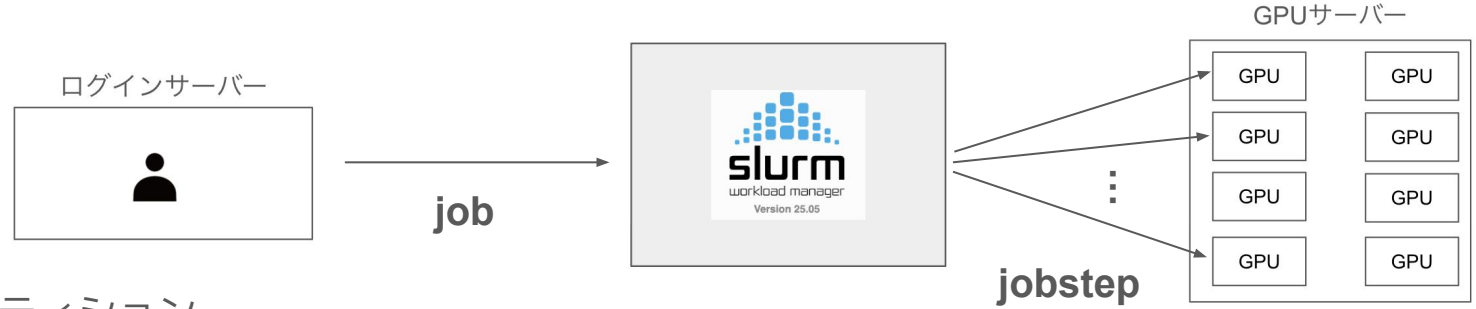
Slurm について

- SuperPOD では slurm を介することで GPU 資源を使用できます
  - slurm … ジョブスケジューラの一種で、マルチユーザー環境での計算資源管理を担います

- slurm では2種類のジョブ（計算作業の単位）があります
  - インタラクティブジョブ：対話的に実行されるもの
    - 対話型に計算ノード上でコマンドを実行する方式
  - バッチジョブ
    - あらかじめスクリプトに記述されたジョブをでキューに投入し、Slurm が計算リソースの空き状況に応じて自動的に実行する方式

Slurm についての予備知識

- ジョブ／ジョブステップ
  - ジョブ：計算ノードへの投入単位
  - ジョブステップ：ジョブ内での実行単位



- パーティション
  - 計算ノード群を論理的にまとめた単位
    - 各ジョブを投入するときに指定する必要があります

```
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial$ sinfo
PARTITION     AVAIL  TIMELIMIT  NODES  STATE NODELIST
033-partition    up   infinite      1    mix fcdgx00085
```

パーティション名
※環境によって変わります

パーティションに所属している
ノードのホスト名
※環境によって変わります

想定のタスク

- MNIST での学習を実施することを想定

data_download.sh

```bash
#!/bin/bash
set -euo pipefail

DATA_DIR="mnist_data"
RAW_DIR="${DATA_DIR}/MNIST/raw"

# 必要なディレクトリを作成
mkdir -p "${RAW_DIR}"

echo "Downloading MNIST dataset..."
curl -fLo "${RAW_DIR}/train-images-idx3-ubyte.gz" https://ossci-datasets.s3.amazonaws.com/mnist/train-images-idx3-ubyte.gz
curl -fLo "${RAW_DIR}/train-labels-idx1-ubyte.gz" https://ossci-datasets.s3.amazonaws.com/mnist/train-labels-idx1-ubyte.gz
curl -fLo "${RAW_DIR}/t10k-images-idx3-ubyte.gz" https://ossci-datasets.s3.amazonaws.com/mnist/t10k-images-idx3-ubyte.gz
curl -fLo "${RAW_DIR}/t10k-labels-idx1-ubyte.gz" https://ossci-datasets.s3.amazonaws.com/mnist/t10k-labels-idx1-ubyte.gz
```

preprocess.py

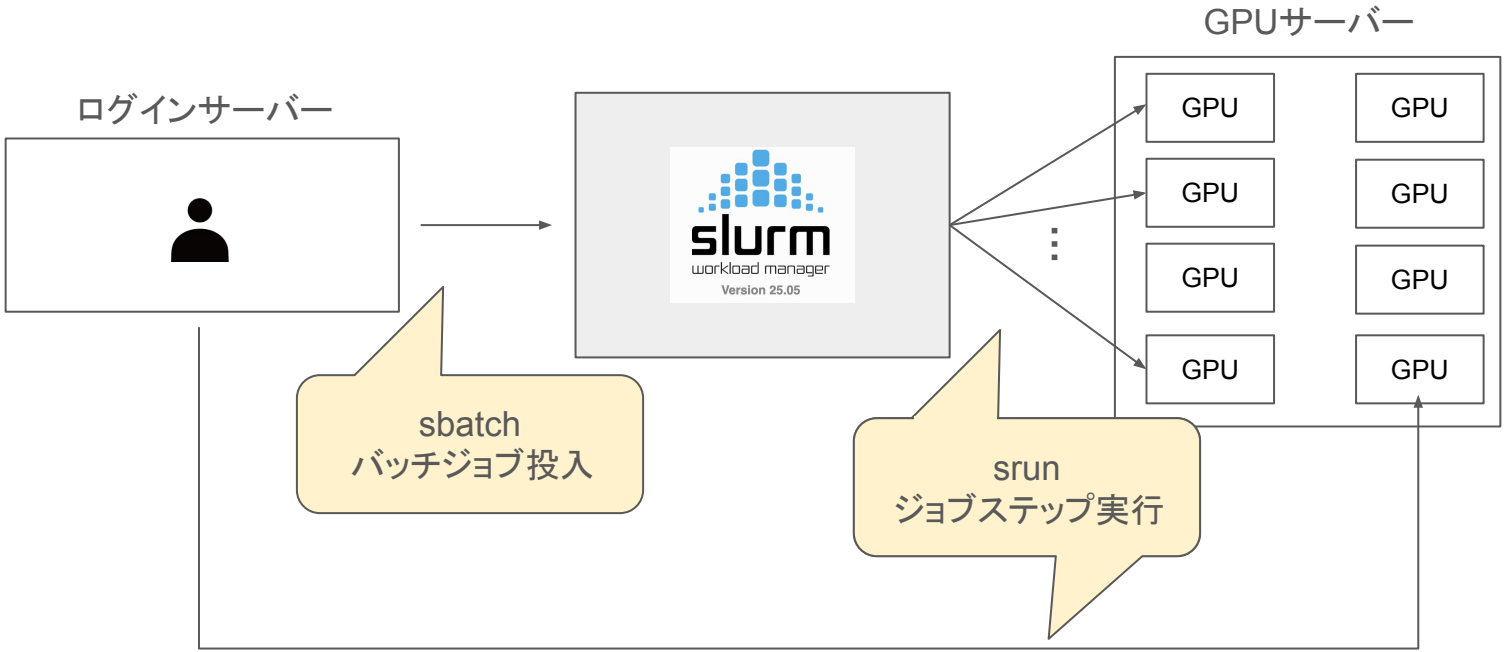
```python
# prepare_mnist_offline.py
import gzip
import os
import struct

import torch

DATA_DIR = "./data"  # 例: "/work/sec001/data"
raw = os.path.join(DATA_DIR, "MNIST", "raw")
pro = os.path.join(DATA_DIR, "MNIST", "processed")
os.makedirs(pro, exist_ok=True)


def read_images(path):
    with gzip.open(path, "rb") as f:
        assert struct.unpack(">I", f.read(4))[0] == 2051
        n, r, c = struct.unpack(">III", f.read(12))
        buf = f.read(n * r * c)
    return torch.frombuffer(memoryview(buf), dtype=torch.uint8).reshape(n, r, c)


def read_labels(path):
    with gzip.open(path, "rb") as f:
        assert struct.unpack(">I", f.read(4))[0] == 2049
        n = struct.unpack(">I", f.read(4))[0]
        buf = f.read(n)
    return torch.frombuffer(memoryview(buf), dtype=torch.uint8).to(torch.long)


train_x = read_images(os.path.join(raw, "train-images-idx3-ubyte.gz"))
train_y = read_labels(os.path.join(raw, "train-labels-idx1-ubyte.gz"))
test_x = read_images(os.path.join(raw, "t10k-images-idx3-ubyte.gz"))
test_y = read_labels(os.path.join(raw, "t10k-labels-idx1-ubyte.gz"))

torch.save((train_x, train_y), os.path.join(pro, "training.pt"))
torch.save((test_x, test_y), os.path.join(pro, "test.pt"))
print("OK: processed/training.pt, processed/test.pt を生成しました")
```

main.py

```python
import torch
from torch import nn, optim
from torch.utils.data import DataLoader
from torchvision import datasets, transforms

# ===== Parameters =====
DATA_DIR = "./data"
BATCH_SIZE = 128
EPOCHS = 5
LR = 1e-3
DEVICE = "cuda" if torch.cuda.is_available() else "cpu"

# ===== GPU 情報を表示 =====
print(f"Using device: {DEVICE}")
if DEVICE == "cuda":
    print(f"GPU: {torch.cuda.get_device_name(0)}")
    print(f"CUDA version: {torch.version.cuda}")
    print(f"Available GPU count: {torch.cuda.device_count()}")

# ===== Dataset =====
transform = transforms.Compose([transforms.ToTensor()])
train_ds = datasets.MNIST(DATA_DIR, train=True, transform=transform, download=False)
test_ds = datasets.MNIST(DATA_DIR, train=False, transform=transform, download=False)
train_loader = DataLoader(train_ds, batch_size=BATCH_SIZE, shuffle=True)
test_loader = DataLoader(test_ds, batch_size=BATCH_SIZE)

# ===== Model =====
model = nn.Sequential(
    nn.Flatten(), nn.Linear(28 * 28, 256), nn.ReLU(), nn.Linear(256, 10)
).to(DEVICE)
criterion = nn.CrossEntropyLoss()
optimizer = optim.Adam(model.parameters(), lr=LR)

# ===== Train =====
for epoch in range(1, EPOCHS + 1):
    model.train()
    total_loss = 0.0
    for x, y in train_loader:
        x, y = x.to(DEVICE), y.to(DEVICE)
        optimizer.zero_grad()
        loss = criterion(model(x), y)
        loss.backward()
        optimizer.step()
        total_loss += loss.item() * x.size(0)
    print(f"Epoch {epoch}/{EPOCHS} - loss: {total_loss/len(train_ds):.4f}")

# ===== Validation =====
model.eval()
correct = total = 0
with torch.no_grad():
    for x, y in test_loader:
        x, y = x.to(DEVICE), y.to(DEVICE)
        pred = model(x).argmax(1)
        correct += (pred == y).sum().item()
        total += y.size(0)
print(f"Test accuracy: {correct/total*100:.2f}%")
```

ジョブの実行について

- バッチジョブとインタラクティブジョブの概要
  - `sbatch` ：「バッチジョブ投入～ジョブステップ実行」まで一括で実行
  - `srun` ：「ジョブステップ実行」



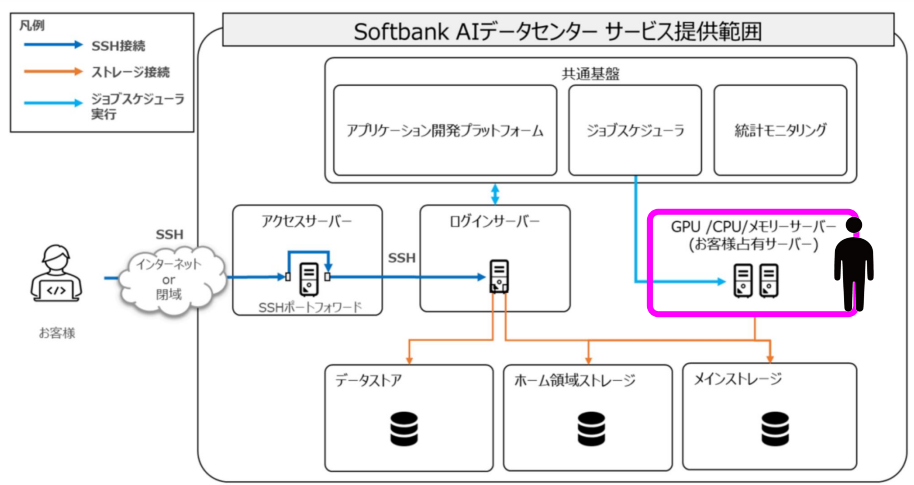
Slurm インタラクティブジョブについて

- インタラクティブジョブの起動（srun コマンド）

```
srun --partition=033-partition --gres=gpu:1 --time=3:00:00 --pty bash
```

作業場所がDGX上に
移動しました
（fcpv → fcdgx）

```
user33005@fcpv00086:~$ srun --partition=033-partition --gres=gpu:1 --time=3:00:00 --pty bash
srun: job 1039500 queued and waiting for resources
srun: job 1039500 has been allocated resources
user33005@fcdgx00085:~$
```




```
user33005@fcdgx00085:~$ nvidia-smi
Fri Aug 29 17:31:29 2025
+-----------------------------------------------------------------------------+
| NVIDIA-SMI 535.161.08             Driver Version: 535.161.08   CUDA Version: 12.2     |
|-------------------------------+----------------------+----------------------+
| GPU  Name                 Persistence-M | Bus-Id        Disp.A | Volatile Uncorr. ECC |
| Fan  Temp   Perf          Pwr:Usage/Cap |         Memory-Usage | GPU-Util  Compute M. |
|                                         |                      |               MIG M. |
|=================================+======================+======================|
|   0  NVIDIA A100-SXM4-80GB           On | 00000000:47:00.0 Off |                    0 |
| N/A   30C    P0              63W / 400W |      0MiB / 81920MiB |      0%      Default |
|                                         |                      |             Disabled |
+-----------------------------------------+----------------------+----------------------+

+-----------------------------------------------------------------------------+
| Processes:                                                                  |
|  GPU   GI   CI        PID   Type   Process name                  GPU Memory |
|        ID   ID                                                   Usage      |
|=============================================================================|
|  No running processes found                                                 |
+-----------------------------------------------------------------------------+
```

nvidia-smi から GPU が認識できていることも
確認できます

Slurm インタラクティブジョブについて（実行の流れ）

- 学習スクリプトの実行
  - ログインノードとGPUノードはホームを共有しているので、
    準備した ~/superpod_tutorial/ 以下のファイルがそのまま使えます

```
user33005@fcpv00086:~$ srun --partition=033-partition --gres=gpu:1 --time=3:00:00 --pty bash
srun: job 1039500 queued and waiting for resources
srun: job 1039500 has been allocated resources
user33005@fcdgx00085:~$
```

インタラクティブジョブの実行

```
user33005@fcdgx00085:~/superpod_tutorial$ enroot start --mount /home/user33005/superpod_tutorial/:/work cudaenv

==========
== CUDA ==
==========

CUDA Version 12.9.1

Container image Copyright (c) 2016-2023, NVIDIA CORPORATION & AFFILIATES. All rights reserved.

This container image and its contents are governed by the NVIDIA Deep Learning Container License.
By pulling and using the container, you accept the terms and conditions of this license:
https://developer.nvidia.com/ngc/nvidia-deep-learning-container-license

A copy of this license is made available in this container at /NGC-DL-CONTAINER-LICENSE for your convenience.

bash: module: command not found
user33005@fcdgx00085:/work$ python3 main.py
Using device: cuda
GPU: NVIDIA A100-SXM4-80GB
CUDA version: 12.6
Available GPU count: 1
Epoch 1/5 - loss: 0.3591
Epoch 2/5 - loss: 0.1589
Epoch 3/5 - loss: 0.1074
Epoch 4/5 - loss: 0.0805
Epoch 5/5 - loss: 0.0628
Test accuracy: 97.41%
user33005@fcdgx00085:/work$
```

← GPU 認識できています

← 学習が回っています

Docker コンテナを起動

学習スクリプトの実行

Slurm バッチジョブについて

- バッチジョブ（sbatch）
  - 大量のジョブを自動実行して欲しい場合などに使用すると便利です
    - ex. パラメーターを変えて同じ計算用スクリプトを実行したい

- 実行方法
  - 下記のようなファイルを用意してジョブを投入します

```
$ sbatch sample.sbatch
```

```
#!/bin/bash
#SBATCH --partition=033-partition
#SBATCH --job-name=echo-test
#SBATCH --output=echo_%j.out
#SBATCH --time=00:01:00
#SBATCH --ntasks=1

echo "Hello from SLURM job $SLURM_JOB_ID"
```

ジョブの設定ファイル
（ここではファイル名を sample.sbatch としました）

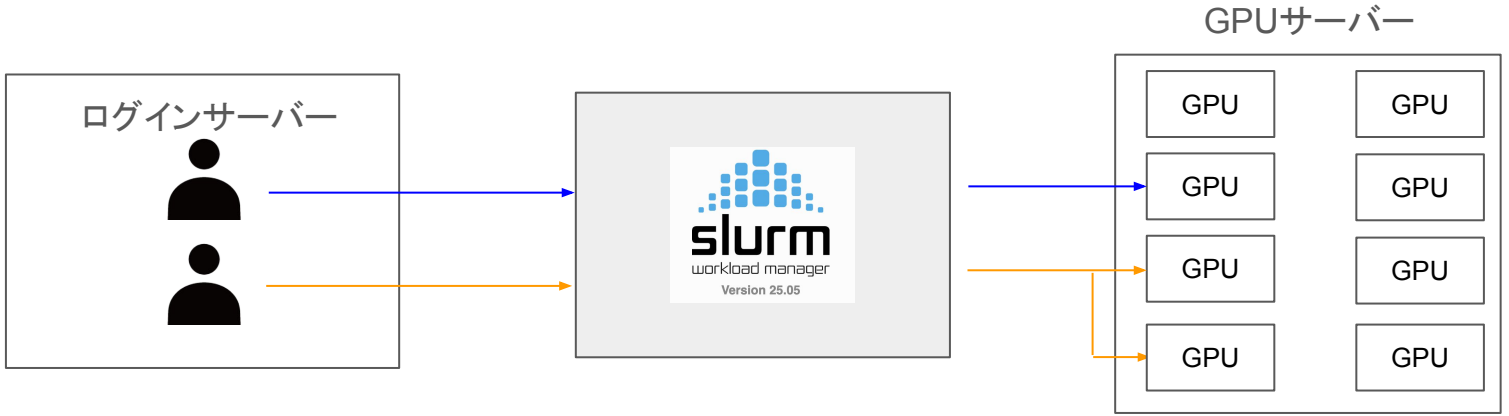
```
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial$ sbatch sample.sbatch
Submitted batch job 1039726
```

```
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial$ ls -lhtr
total 21G
-rw-r----- 1 user33005 group033  21G Aug 26 11:39 z4pymjpdqjsj+sb15106230-2+cuda12.9.1-cudnn-devel-ubuntu24.04+v0.0.0.sqsh
drwxrwx--- 3 user33005 group033    0 Aug 26 13:27 data
-rw-rw---- 1 user33005 group033  849 Aug 26 13:53 README.md
drwxrwx--- 2 user33005 group033    0 Aug 26 13:59 sec002
drwxrwx--- 2 user33005 group033    0 Aug 29 17:13 sec001
-rw-rw---- 1 user33005 group033 1.9K Aug 29 17:17 main.py
-rw-rw---- 1 user33005 group033   29 Aug 29 17:49 echo_1039726.out
-rw-rw---- 1 user33005 group033  191 Aug 29 17:50 sample.sbatch
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial$ cat echo_1039726.out
Hello from SLURM job 1039726
```

ジョブの投入、
出力ログが生成されていることが分かります

Slurm バッチジョブについて（ジョブ実行までの流れ）

- `sbatch`：バッチスクリプト（設定ファイル）を Slurm に投入する
  - ジョブIDの発行～実行までを Slurm が管理してくれる



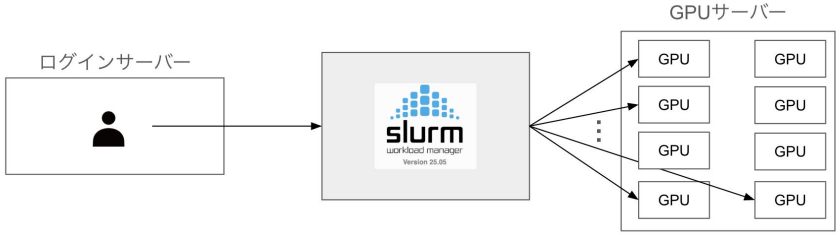
- `squeue`：投入したジョブのステータスを確認する

```
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial$ squeue
             JOBID         PARTITION                 NAME             USER ST       TIME  NODES NODELIST(REASON)
  1040149_[9-10%8]      033-partition      train_job.sbatch      user33005 PD       0:00      1 (JobArrayTaskLimit)
         1040149_1      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_2      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_3      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_4      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_5      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_6      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_7      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
         1040149_8      033-partition      train_job.sbatch      user33005  R       0:02      1 fcdgx00085
```

Slurm バッチジョブについて（投入例①）

- バッチジョブを大量投入する例

```
#!/bin/bash
#SBATCH --job-name=param-scan
#SBATCH --partition=033-partition
#SBATCH --output=logs/scan_%A_%a.out
#SBATCH --error=logs/scan_%A_%a.err
#SBATCH --time=00:10:00
#SBATCH --gres=gpu:1
#SBATCH --array=0-23%8

# ======== 探索パラメータ ========
BATCH_SIZES=(16 32 128 256)
LRS=(0.001 0.0001 0.00001)
SEEDS=(0 1)

# 配列IDを使って組み合わせを展開
TASK_ID=${SLURM_ARRAY_TASK_ID}
BATCH_SIZE=${BATCH_SIZES[$((TASK_ID % ${#BATCH_SIZES[@]}))]}
LR=${LRS[$(((TASK_ID / ${#BATCH_SIZES[@]}) % ${#LRS[@]}))]}
SEED=${SEEDS[$(((TASK_ID / (${#BATCH_SIZES[@]} * ${#LRS[@]})) % ${#SEEDS[@]}))]}

echo "Node=$(hostname)"
echo "JobID=$SLURM_JOB_ID  TaskID=$SLURM_ARRAY_TASK_ID"
echo "Params: batch_size=$BATCH_SIZE, lr=$LR, seed=$SEED"

# enroot 内で main.py 実行
srun enroot start \
   --mount /home/user33005/superpod_tutorial:/work \
   cudaenv \
   bash -lc "cd /work && python3 main02.py --data_dir /work/data --batch_size ${BATCH_SIZE}
--seed ${SEED} --lr ${LR}"
```



- 例) パラメータースキャン
  - 学習スクリプト固定で
    パラメーターごとにジョブを投入する

```
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial$ squeue
             JOBID      PARTITION               NAME         USER ST       TIME  NODES NODELIST(REASON)
     1040210_[8-23]  033-partition         param-scan  user33005 PD       0:00      1 (Resources)
          1040210_0  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_1  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_2  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_3  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_4  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_5  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_6  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
          1040210_7  033-partition         param-scan  user33005  R       0:00      1 fcdgx00085
```

Slurm バッチジョブについて（投入例②）

- パイプラインとして実行
  - 前処理（preprocess）→ 学習（train）→ 評価（evaluate）
  - `--depebency=afterok` を利用

```
#!/bin/bash

# 前処理ジョブを投げる
jid1=$(sbatch preprocess.sh | awk '{print $4}')
echo "Submitted preprocess.sh as JobID=$jid1"

# 前処理成功後に学習ジョブを投げる
jid2=$(sbatch --dependency=afterok:$jid1 train.sh | awk '{print $4}')
echo "Submitted train.sh as JobID=$jid2 (after preprocess)"

# 学習成功後に評価ジョブを投げる
jid3=$(sbatch --dependency=afterok:$jid2 evaluate.sh | awk '{print $4}')
echo "Submitted evaluate.sh as JobID=$jid3 (after train)"
```

① 前処理のジョブを投入
ジョブIDをスクリプトで取得

② 学習のジョブを投入
ジョブ投入①で取得するIDと紐づける

③ 評価のジョブを投入
ジョブ投入②で取得するIDと紐づける

```
user33005@fcpv00086:~/superpod_tutorial/sec003$ squeue
             JOBID          PARTITION                NAME          USER ST       TIME  NODES NODELIST(REASON)
           1040235      033-partition               train   user33005 PD       0:00      1 (Dependency)
           1040236      033-partition            evaluate   user33005 PD       0:00      1 (Dependency)
           1040234      033-partition          preprocess   user33005  R       0:01      1 fcdgx00085
```

Slurm について

- Slurm 公式ドキュメント（link）

EOF