

Miyabi スーパーコンピュータシステムの運用

須貝 佳義¹⁾, 山本 和男¹⁾, 佐藤 孝明¹⁾, 前田 光教¹⁾, 昆野 長典¹⁾, 中張 遼太郎¹⁾,
中島 研吾²⁾, 埴 敏博²⁾, 住元 真司²⁾, 下川辺 隆史²⁾, 三木 洋平²⁾, 胡 曜²⁾, 山崎 一哉²⁾

¹⁾東京大学情報システム部情報基盤課

²⁾東京大学情報基盤センター

sugai@cc.u-tokyo.ac.jp

Operation of the Miyabi Supercomputer System

Yoshinori Sugai¹⁾, Kazuo Yamamoto¹⁾, Takaaki Satoh¹⁾, Mitsunori Maeda¹⁾, Takenori Konno¹⁾,
Ryotaro Nakahari¹⁾, Kengo Nakajima²⁾, Toshihiro Hanawa²⁾, Shinji Sumimoto²⁾,
Takashi Shimokawabe²⁾, Yohei Miki²⁾, Yao Hu²⁾, Kazuya Yamazaki²⁾

1) Information Technology Group, Information Systems Department, The University of Tokyo

2) Information Technology Center, The University of Tokyo

概要

東京大学情報基盤センター^[1]と筑波大学計算科学研究センター^[2]にて 2013 年 3 月より最先端共同 HPC 基盤施設^[3] (JCAHPC: Joint Center for Advanced High Performance Computing) を運営している。JCAHPC で運用を行うスーパーコンピュータの 2 代目である Miyabi スーパーコンピュータシステム^[4] (2025 年 1 月に運用を開始) の概要と運用状況について報告を行う。

1 はじめに

Miyabi スーパーコンピュータシステム (以下、Miyabi という) は、最先端共同 HPC 基盤施設 (以下、JCAHPC という) で運用されていた 1 代目のスーパーコンピュータシステムである Oakforest-PACS スーパーコンピュータシステムの後継として、東京大学柏キャンパス内の情報基盤センターに設置されている。Miyabi の外観を図 1 に示す。

「Miyabi」という名称は英語の「Elegance」に相当する意味を持ち、単に理論性能が高いだけでなく、持てる能力を難なく発揮することを期待して命名された。

また、演算加速装置として GPU を搭載した演算加速ノード群 (Miyabi-G) を主としたシステムで、一定数の汎用 CPU ノード群 (Miyabi-C) も有した構成となっている。

Miyabi は、東京大学情報基盤センターと筑波大学計算科学研究センターで共同運用を行っているが、ユーザの管理 (ユーザ登録、負担金請求、問合せ等の対応) は独立して実施している。また、その他の管理 (設置場所、電源、障害対応等) は、東京大学情報基盤センターおよび導入ベンダー (富士通株式会社) にて行っている。

本稿では東京大学情報基盤センターのユーザによる利用を主な対象として、Miyabi の運用状況について述べる。



図 1 Miyabi 外観

2 Miyabi システム概要

2.1 ハードウェア構成

図 2 は、Miyabi のハードウェア構成の概略図である。

NVIDIA 社の超高速 CPU-GPU 専用リンク NVLink C2C で接続した GH200 Grace Hopper Superchip を搭載した Miyabi-G (1,120 ノード / 総理論演算性能: 78.8 PFLOPS / 総主記憶容量: 241.9 TB) および Intel 社の Xeon Max 9480 を 1 ノードあたり 2 基搭載した Miyabi-C (190

ノード / 総理論演算性能:1.29 PFLOPS / 総主記憶容量:23.75 TiB) で構成されている。

Miyabi は、Miyabi-G と Miyabi-C を InfiniBand NDR200 で結合した、倍精度演算性能 80.1 PFLOPS を有する超並列クラスター型スーパーコンピュータであり GH200 を搭載した国内初の汎用大規模システムとなる。さらに全ドライブに NVMe SSD を採用した 11.3 PB の並列ファイルシステムを備えている。

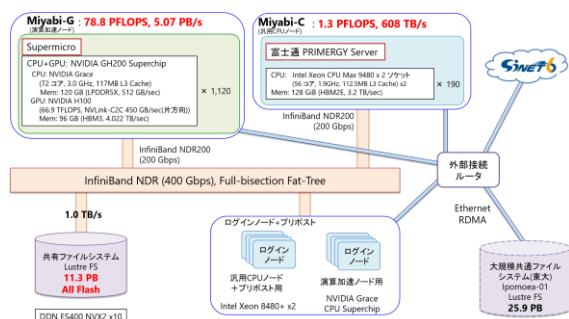


図 2 Miyabi ハードウェア構成

2.2 ソフトウェア構成

導入されているソフトウェアを表 1 に示す。

OS には Rocky Linux 9 (ログインノードは Red Hat Enterprise Linux 9) を搭載し、GNU コンパイラをはじめとした各種コンパイラ、メッセージ通信ライブラリが導入されている。また、各分野などにおける計算で有用となるライブラリ群、有償アプリケーションソフトウェア、フリーソフトウェアなどを豊富にインストール済みである。

表 1 ソフトウェア一覧

項目	Miyabi-G	Miyabi-C
OS	Rocky Linux 9 (ログインノードは Red Hat Enterprise Linux 9)	
コンパイラ	GNU コンパイラ	
	NVIDIA HPC SDK (Fortran, C, C++, OpenMP, OpenACC) NVIDIA CUDA Toolkit (CUDA C, CUDA C++)	Intel コンパイラ (Fortran, C, C++)
メッセージ通信ライブラリ	Open MPI, NVIDIA HPC-X	Intel MPI
ライブラリ	cuBLAS, cuSPARSE, cuFFT, MAGMA, cuDNN, NCCL	—
	BLAS, CBLAS, LAPACK, ScaLAPACK, SuperLU, SuperLU MT, SuperLU DIST, METIS, MT-METIS, ParMETIS, Scotch, PT-Scotch, PETSc, Trilinos, FFTW, GNU Scientific Library, NetCDF, Parallel netCDF, HDF5, Parallel HDF5, OpenCV, Xabclib, ppOpen-HPC, MassiveThreads, Standard Template Library (STL), Boost C++	

アプリケーション	OpenFOAM, ABINIT-MP, PHASE, FrontFlow/blue, FrontISTR, REVOCAP-Coupler, REVOCAP-Refiner, OpenMX, MODYLAS, GROMACS, BLAST, R packages, bioconductor, BioPerl, BioRuby, BWA-GATK, SAMtools, Quantum ESPRESSO, Xcrypt, ROOT, Geant4, LAMMPS, CP2K, NWChem, DeepVariant, Paraview, VisIt, POV-Ray, TensorFlow, PyTorch, JAX, Keras, Horovod, MXNet, Miniforge, Kokkos
	—
フリーソフトウェア	MATLAB autoconf, automake, bash, bzip2, cvs, emacs, findutils, gawk, gdb, make, grep, gnuplot, gzip, less, m4, python, perl, ruby, screen, sed, subversion, tar, tcsh, tcl, vim, zsh, git, Julia, CMake, Ninja, Java JDK, Grid Community Toolkit, Gfarm, FUSE など
デバッグプロファイラ	Apptainer, Singularity Community Edition

2.3 MIG

Miyabi-G では、MIG (Multi-Instance GPU) と呼ばれる、GPU リソース (SM (演算コア)、メモリ) を 4 つのインスタンス (MIG #0, #1, #2, #3) に分割する機能を一部のキューにおいて有効としている。4分割することにより 1 つの MIG 利用では、トークンの消費係数も 1/4 となる。分割時の各リソースについて表 2 に示す。表 2 に示す通り MIG #3 のみ GPU リソースが少なくなっている。ジョブ投入時に MIG #3 の利用を回避するオプションは無い。

表 2 分割時の各リソース

	MIG #0	MIG #1	MIG #2	MIG #3
GPU リソース	32 SMs, 24GB			26 SMs, 24GB
CPU リソース	18 コア, 25GiB			

3 Miyabi システム利用制度

東京大学情報基盤センターにおける Miyabi の利用制度を表 3 に示す。

利用ユーザは、一般利用が主で、企業利用は僅かである。企業利用は審査が必要で、利用負担金が一般利用より高額となっている。ただし、一般利用で利用可能なユーザが代表者となり、企業のユーザが一般利用のユーザグループに加わる事で、企業のユーザも一般利用として研究に参画することは可能である。その際は、共同研究を行っている等の証明が必要となる。

表 3 利用制度

区分	利用負担金
一般利用	対象は大学・公共機関等 Miyabi-G、Miyabi-C 共に利用可 1 セット 30 万円/年 トークン量 8,640 トークン / 1 セット トークン消費係数 Miyabi-G : 1.00 / 1 ノード 0.25 / 1 MIG Miyabi-C : 0.80 / 1 ノード ディスク容量 1 グループ 1 セットあたり 5 TB ユーザ ID 登録数 : 制限なし
企業利用 (成果公開型 要 審査)	Miyabi-G 1 セット 36 万円/年 トークン量 8,640 トークン / 1 セット トークン消費係数 Miyabi-G : 1.00 / 1 ノード 0.25 / 1 MIG ディスク容量 1 グループ 1 セットあたり 5 TB ユーザ ID 登録数 : 制限なし Miyabi-C 1 セット 28.8 万円/年 トークン量 6,912 トークン / 1 セット トークン消費係数 Miyabi-C : 0.80 / 1 ノード ディスク容量 1 グループ 1 セットあたり 4 TB ユーザ ID 登録数 : 制限なし
企業利用 (成果非公開型 要審査)	Miyabi-G 上記企業利用(成果公開型)と同様の内 容で、差分は利用負担金のみ 利用負担金は 1 セット 120 万円/年 Miyabi-C 上記企業利用(成果公開型)と同様の内 容で、差分は利用負担金のみ 利用負担金は 1 セット 96 万円/年

上記表 3 の各区分では、複数セット申込可能で、利用期間は 1 ヶ月単位で設定可能となっている。

上記以外に、公募型利用制度として「若手・女性利用者推薦」や「萌芽共同研究公募課題」、Miyabi のほぼ全ノードを占有して使用可能な「大規模 HPC チャレンジ」などの利用制度がある。

4 システム運用について

4.1 ジョブキュー

表 4、表 5、表 6 に Miyabi のジョブキューを示す。

バッチジョブのジョブキューには、debug、short、regular があり、Miyabi-G と Miyabi-C では割り当てノードや制限時間等が異なる。Miyabi-G、Miyabi-C の regular キューは、ルーティングキューとなり、ジョブ投入時に指定したノード数に従って、適切なキュー (small、large 等) に割り当てられる。また、講習会等で利用する場合は、debug キューへの割り当てノードの一部からノードを切り出して専用キューに割り当てる。

表 4 Miyabi-G ジョブキュー

キュー名	ノード数	制限時間	
debug-g	1~16	30 分	
short-g	1~8	8 時間	
regular-g	small-g	1~16	48 時間
	medium-g	17~64	48 時間
	large-g	65~128	48 時間
	x-large-g	129~256	24 時間

表 5 Miyabi-C ジョブキュー

キュー名	ノード数	制限時間	
debug-c	1~4	30 分	
short-c	1~2	8 時間	
regular-c	small-c	1~16	48 時間
	medium-c	17~32	48 時間
	large-c	33~64	24 時間

表 6 MIG ジョブキュー

キュー名	MIG 数	制限時間
debug-mig	1, 2, 4	30 分
short-mig	1, 2, 4	8 時間
regular-mig	1, 2, 4	48 時間

4.2 利用分野

Miyabi-G および Miyabi-C の 2025 年 4 月から 8 月までの利用分野の利用率を図 3 に示す。

Miyabi-G では、「情報科学:AI」分野が、Miyabi-C では、「材料科学」分野の利用が多い。Miyabi-G では、各利用分野の利用率の差が少なく、全体的に様々な分野で利用されているのが分かる。現在

は「情報科学:AI」分野の利用が多いが、今後は量子コンピュータとの接続も予定されており（詳細は後述）量子コンピュータとの接続により、利用分野がどの様に変化していくかを注視していきたい。

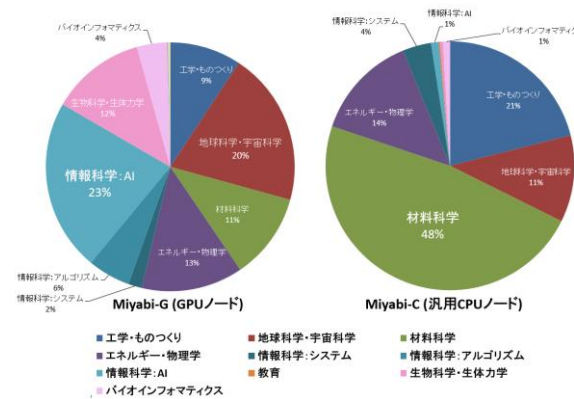


図3 Miyabi の利用分野

東京大学情報基盤センターでは、単独で Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム [5]（以下、Wisteria/BDEC-01 という）を 2021 年 5 月から運用を行っている。Wisteria/BDEC-01 も Miyabi 同様、GPU ノードと汎用 CPU ノードを有するシステムである。Wisteria/BDEC-01 の GPU ノード群を「Wisteria/BDEC-01 Aquarius」、汎用 CPU ノード群を「Wisteria/BDEC-01 Odyssey」と命名されている（以下、それぞれ Aquarius および Odyssey という）。2024 年度における Wisteria/BDEC-01 の利用分野を図 4 に示す。Wisteria/BDEC-01 で多く利用されている分野は、「情報科学:AI」（Aquarius）と「地球科学・宇宙科学」（Odyssey）であった。Aquarius と、Miyabi-G（どちらも GPU ノード群）の利用分野を比較すると、いずれも多く利用されている分野は「情報科学:AI」であった。一方、Odyssey と、Miyabi-C（どちらも汎用 CPU ノード群）の利用分野を比較すると、1 位と 2 位は逆ではあるが、「地球科学・宇宙科学」と、「材料科学」の利用率が多いという点において共通している。Miyabi と Wisteria/BDEC-01 という違いはあるが、GPU ノード群と汎用 CPU ノード群で多く利用されている

分野は、ほぼ同様である。

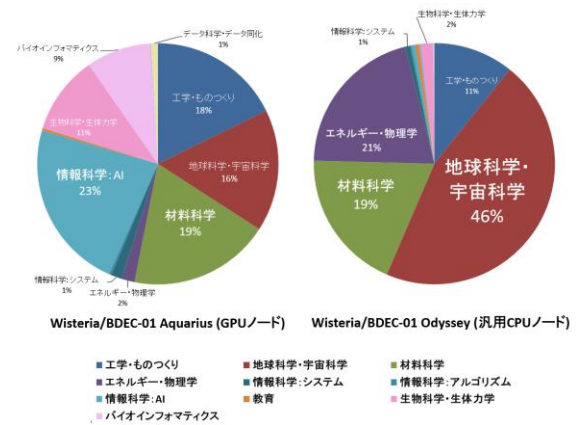


図4 Wisteria/BDEC-01 の利用分野

4.3 月別利用率

Miyabi-G および Miyabi-C の 2025 年 8 月までの利用率（ノード時間積により算出）を、図 5 に示す。Miyabi-C の 4 月の利用率が、3 月と比べて大幅に落ちている。原因は、利用上位のユーザの利用が、3 月と比べて減ったためである。上位のユーザの利用をノード時間積で比較すると、4 月は 3 月の半分以下となっている。なお、4 月は 3 月と比べて利用ユーザ数については多くなっている。その他の月の利用率は順調に推移している。

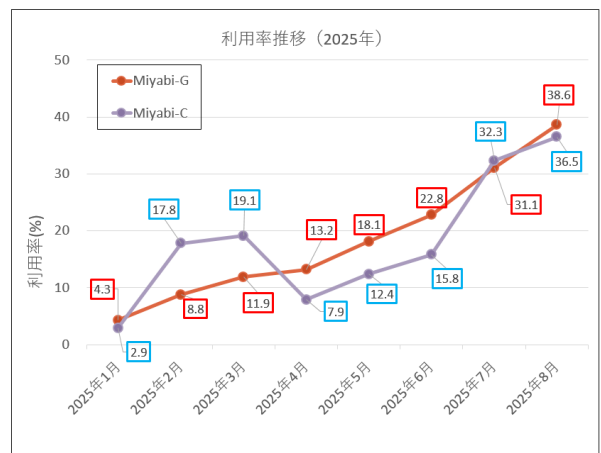


図5 Miyabi の月別利用率

4.4 MIG 利用

JCAHPC および東京大学情報基盤センターが導入したスーパーコンピュータとして、初めて MIG の機能を有効とした。MIG を使用することで、1GPU の性能を必要としないジョブにおいて消費トークン量の削減が可能となり、多数のジョブ実行が可能となることからデバッグ・動作確認や教育利用等の場面においても有用である。MIG を活用し、より多くのユーザに Miyabi を利用して頂きたい。

図 6 に運用開始（2025 年 1 月 14 日）から 7 月までのノード時間積にて算出した MIG の利用率を示す。なお、GPU を 4 分割しているため、割当ノードに 0.25 を掛けて算出している。4 月と 6 月においては、前月より MIG 利用率は減少したが、概ね順調に利用を伸ばしている。

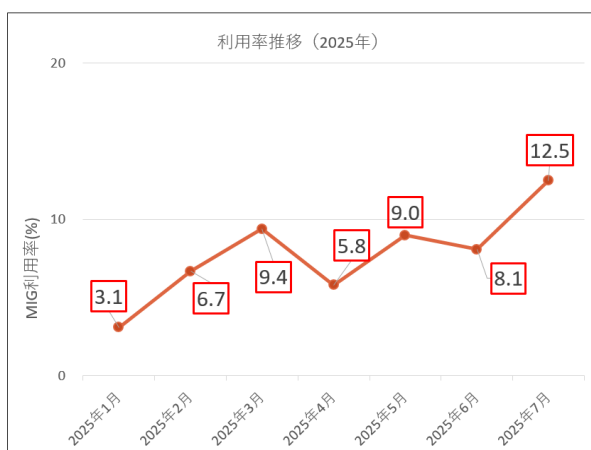


図 6 MIG 利用率

4.5 GPU 移行

Miyabi 導入前の JCAHPC および東京大学情報基盤センターにて運用してきたスーパーコンピュータシステムは、前述の Wisteria/BDEC-01 を含め、全て汎用 CPU ノードを主としたシステムとなっている。一方、Miyabi は GPU ノードを主としたシステムのため、Miyabi 導入前の既存のユーザが Miyabi の GPU ノード への円滑なプログラム移行ができるよう支援する取り組みを行った。

以下に主な取り組みを示す。

・GPU ミニキャンプ

2025 年 7 月時点で計 13 回実施。

東京大学情報基盤センターの教員に加え GPU のスペシャリストがメンターとして参

加している。通常の講習会と異なり、チームでの参加が可能である。各自のペースでコードの GPU 化作業や GPU 利用効率向上の作業を行う。現地開催、Zoom 開催、ハイブリッド開催にて実施している。

・GPU 移行相談会

2022 年 12 月から 30 回以上実施

GPU 移行に関する様々な疑問を直接質問できる相談会。幅広く相談を受け付けており、様子や雰囲気を知るのみでも参加可能。Zoom 開催にて実施している。

・GPU 移行ポータルサイト

GPU 移行に関する情報を集約した GPU 移行ポータルサイト^[6]を公開している。

・GPU 移行を支援する講習会

東京大学情報基盤センターでは様々な講習会を定期的に開催しており、前述の「GPU ミニキャンプ」以外にも「MPI + OpenMP で並列化された Fortran プログラムの GPU への移行手法」や「MPI + OpenMP で並列化された Fortran プログラムの GPU への移行手法」など GPU 移行を支援する講習会を開催している。Zoom で開催された講習会の内容は YouTube^[7]にて配信されているので、講習会後に再度内容の確認が可能となっている。

また、多くのユーザを有するコミュニティコード等を対象に、GPU 移植を支援した。19 本のアプリケーションを対象とし、内 4 本のアプリケーション（MUTSU/iHallMHD3D、NICAM、SCALE、FrontISTR）は移植をベンダーに外部委託した。表 7 にベンダーに移植を外部委託したアプリケーション一覧を示す。

表 7 ベンダー移植アプリケーション

ソフトウェア名	管理機関	主な利用分野
MUTSU/iHallMHD3D	核融合科学研究所	エネルギー・物理学
NICAM	東京大学、 理化学研究所、 国立環境研究所	地球科学・宇宙科学
SCALE	理化学研究所	地球科学・宇宙科学
FrontISTR	東京大学	工学・ものづくり

4.5 お問い合わせ対応

2025年1月14日の運用開始以降、8月上旬時点で、各ライブラリの利用方法や障害情報等様々なお問い合わせを約350件頂いている。

4.5.1 お問い合わせ内容

JCAHPC および東京大学情報基盤センターのスーパーコンピュータシステムとして初めて導入した Google Authenticator 等認証アプリを用いた二段階認証に関する内容と、保存可能なファイル数制限オーバーによる ssh ログイン不可に関する内容のお問い合わせが多く、8月上旬時点でそれぞれ約40件であった。

二段階認証のお問い合わせについては、ユーザの不注意により認証アプリへの登録が完了していない場合や、スマートフォンの機種変更の際の移行忘れが多かった。その他、ユーザの不注意ではなく、Miyabi側のシステム上の不具合の可能性も考えられるが、検証は出来ていない。本お問い合わせには、管理者側にて認証情報を削除し、ユーザ側で認証アプリへの再登録作業を行う事で対応している。今後は、管理者側での操作を必要とせず、ユーザ側にて対応可能な仕組みの導入を検討している。ただし、ユーザ側に権限を与え過ぎるとセキュリティ上のリスクが増大するため、管理者側の運用負担と、セキュリティの確保との間で、適切なバランスが大切となる。

ファイル数制限オーバーによるログイン不可については、プログラムの実行やコピーにより、制限を超えたファイル数やファイルサイズとなった際に ssh にてログイン不可となる。本お問い合わせには、管理者側にて一時的にファイル数やファイルサイズの制限を緩和し、ユーザ側にてファイルの整理を行い、管理者側にて再度制限を設定することで対応していた。現在は、Open OnDemandにてログインし、ユーザ自身でファイルの整理を行えるようにしている。

4.5.2 お問い合わせ管理

お問い合わせの管理は、Re:lation というサービスを利用している。Re:lation は、お問い合わせを一元的に管理可能で、回答（返信）文面を作成し、他のメンバーへの承認依頼や、お問い合わせのステータス（保留、完了等）のタグ付けが可能である。また、現在のステータス等をメンバーで共有

できる。ステータス等を共有することにより、回答漏れや二重回答を防ぐことができる。Re:lation の画面を図7に示す。



図7 Re:relation の画面

また、Re:relation に設定したメールアドレスでユーザとのやり取りが可能のため、お問い合わせに限らず、他の事案でのユーザとのやり取りも、各自の端末にメールアドレスの設定を行わずに Re:relation を介してユーザとやり取りが可能となる。

5 今後の Miyabi の展望

量子コンピュータとの接続

東京大学は、量子イノベーションイニシアティブ協議会¹⁸⁾ (以下、QII という) のメンバーに対し、IBM の量子コンピューティングシステムである IBM Quantum System One (ibm_kawasaki) のアクセスを提供している。今後 IBM と協力し、Miyabi に IBM Quantum System One (ibm_kawasaki) を接続¹⁹⁾し、量子・HPC ハブリッド連携を実現する計画である。前述の通り、本計画により Miyabi の利用分野がどの様に変化していくかを確認していく。Miyabi には、従来のスーパーコンピュータの枠を超えて Elegance に持てる能力を発揮してもらいたい。

6 おわりに

JCAHPC の発足により、2 大学が共同でスーパーコンピュータを導入することが可能となった。これにより、大規模な計算資源を提供できるようになるだけでなく、全体性能の向上や様々な環境・サービスを投入できる運用の自由度などメリットは大きい。両大学の教員のみならず、技術職員が協力して日々の運用に当たるという体制も新鮮である。これらの利点を活かして今後も利用者にとって使い勝手の良いスーパーコンピュータを提

供することに尽力していきたい。

また、Miyabi は Top500 で 2025 年 6 月に世界 37 位、国内 7 位であった。想定していたより若干低い順位ではあったが、前述の通り、IBM Quantum System One (ibm_kawasaki) への接続も予定されており、性能のみに拘らず、Miyabi には様々な研究分野で活躍してもらいたい。

参考文献

- [1] 東京大学情報基盤センター
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/>
- [2] 筑波大学計算科学研究センター
<https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/>
- [3] 最先端共同 HPC 基盤施設 (JCAHPC)
<https://jcahpc.jp/>
- [4] Miyabi スーパーコンピュータシステム
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/miyabi/service/>
- [5] Wisteria/BDEC-01 スーパーコンピュータシステム
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/>
- [6] GPU 移行ポータルサイト
https://jcahpc.github.io/gpu_porting/
- [7] 講習会の YouTube
https://www.youtube.com/@UTokyo_ITC
- [8] 量子イノベーションイニシアティブ協議会
<https://qii.jp/>
- [9] 「Miyabi」と IBM Quantum System One を接続
https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/press/z1701_00062.html