ISSN 2436-0066



東北大学 サイバーサイエンスセンター

大規模科学計算システム広報 SENAC

Vol.55 No.4 2022-10





Cyberscience Center Supercomputing System

Tohoku University

大規模科学計算システム関連案内

<大規模科学計算システム関連業務は、サイバーサイエンスセンター本館内の情報部情報基盤課が担当しています。> https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/

RHL	运 , 宝夕	電話番号(内線)*	土なサービス内容	サービス時間
白山	家 主力	e-mail		平日
		022-795-6153(6153)	計算機利用全般に関する相談	8:30~17:15
	利用相談室	cc-sodan@grp. tohoku. ac. jp 相談員不在時 022-795-3406(3406)	大判プリンタ、利用者端末等の 利用	9:00~16:00
階	利用者談話室	(3444)	自販機	8:30~21:00
	展示室*(分散 コンピュータ博物館)*	*見学希望の方は共同利用支援係まで ご連絡ください。	歴代の大型計算機等の展示	9:00~16:00
	総務係	022-795-3407(3407) cc-som@grp.tohoku.ac.jp	総務に関すること	8:30~17:15
	会計係	022-795-3405(3405) cc-kaikei@grp.tohoku.ac.jp	会計に関すること、負担金の 請求に関すること	8:30~17:15
三階	共同利用支援係 (受付)	022-795-3406(3406) 022-795-6251(6251) cc-uketuke@grp.tohoku.ac.jp	利用手続き、利用相談、講習 会、ライブラリ、見学、アプリケ ーションに関すること	8:30~17:15
	共同研究支援係	022-795-6252(6252) rs-sec@cc.tohoku.ac.jp	共同研究、計算機システムに 関すること	8:30~17:15
	ネットワーク係	022-795-6253(6253) i-network@grp.tohoku.ac.jp	ネットワークに関すること	8:30~17:15
四階	研究開発部	022-795-6095(6095)		
五 階	端末機室	(3445)	PC 端末機(X 端末)	

*()内は東北大学内のみの内線電話番号です。青葉山・川内地区以外からは頭に 92 を加えます。

本誌の名前「SENAC」の由来

昭和33年に東北地区の最初の電子計算機として、東北大学電気通信研究所において完成されたパラメトロン式計算機の名前でSENAC-1(SENdai Automatic Computer-1)からとって命名された。

[大規模科学計算システム]

クラウドサービス AOBA-C の運用開始について

サイバーサイエンスセンターはスーパーコンピュータ AOBA と連携した新しいサービス「クラウドサービス AOBA-C」の運用を、令和4年10月3日から開始します。(令和5年7月31日 運用終了予定)

クラウドサービス AOBA-C は、NEC データセンターに設置した理論演算性能 2. 3PFLOPS の SX-Aurora TSUBASA を計算リソースとして提供するものです。国立情報学研究所の SINET6 を経由 し、スーパーコンピュータ AOBA を 2 倍以上の性能に増強します。AOBA のサービス内容や利用方 法は従来どおりに、これまで実現不可能だった大規模な演算向けに使い勝手のよい計算サービス 環境を提供します。



○ クラウドサービス AOBA-C (増強システム)

·SX-Aurora TSUBASA (日本電気株式会社)

システム構成 : 106 ベクトルホスト (VH) + 848 ベクトルエンジン (VE)

— 1 —

総合演算性能	:	2.39 PFLOPS (DP)
総主記憶容量	:	66. 25 TB
総メモリバンド幅	:	1.34 PB/s
・ノード性能		
モデル名称	:	B302-8 (1VH+8VE)
演算性能	:	2.96 TFLOPS + 19.6 TFLOPS (DP)
主記憶容量	:	256 GB + 384 GB
ノード間接続	:	InfiniBand(HDR 200Gbps×2)
・プログラム開発環境	:	NEC Software Development Kit for Vector Engine
		(Fortran, C/C++, Numeric Library Collection, PROGINF/FTRACE)
		NEC MPI
・ストレージシステム	:	実効容量 1PB
大規模科学計算システム	:	https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/
クラウドサービス AOBA-C	:	https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/aoba-c/

-2 -

(スーパーコンピューティング研究部,共同利用支援係,共同研究支援係)

[大規模科学計算システム]

クラウドサービスAOBA-C用 鍵ペアの作成とログイン方法

情報部情報基盤課 共同研究支援係 共同利用支援係

1. はじめに

本稿は、以下資料「鍵作成とログイン方法」の付録として、クラウドサービス AOBA-C を利用する場合の事項をまとめたものです。以下と併せてご覧ください。

マニュアル一覧:<u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/manual/</u>

- → AOBA-A,AOBA-B 共通
- → 「鍵作成とログイン方法」

以降「既存システム」は、既存の AOBA システム(AOBA-A、AOBA-B)を指します。

2. ログイン認証方式

AOBA-C は、コンパイルやジョブ投入を行うフロントエンドサーバが既存システムと異なります。

サーバ名	用途	ログインホスト名	認証方式
AOBA-C フロン	計算機 AOBA-C の利用	cfront	公開鍵または
トエンドサーバ	(コンパイル、ジョブ実行、等)	(ポート番号 60101)	パスワード

表 1 各サーバのログイン認証方式

既存システムのログインサーバ (login.cc.tohoku.ac.jp) からポート番号を指定してログ インします。HPCI、HPCI-JHPCN ユーザは HPCI 用ログインノード (hpcif.cc.tohoku.ac.jp) からもログインできます。

ただし、既存システムのフロントエンドサーバ (front) からはログインできません。

既存システムを利用している方は、既存システムの鍵ペアをそのままご利用いただけま す。5章からお読みください。

3. 鍵ペアの作成からログインまでの流れ

既存システムと同じです。なお、利用者ポータルで作成された公開鍵は、AOBA-C のホ ームディレクトリ上にも自動で保存されます。既存システムと同じ鍵ペアで AOBA-C フロ ントエンドサーバにログインできます。

— 3 —

4. 公開鍵認証方式で使用する鍵ペアの作成 既存システムと同じです。

5. 各サーバのログイン方法

— 4 —

5.1. ターミナルソフトの設定(初回ログイン時)

手順(1)(2)は、既存システムと同じです。

手順(3)は、既存システムの設定に加えて、AOBA-C フロントエンドサーバの設定を記述 します。ポート番号の指定が必要です。忘れずに記述してください。

○AOBA-C フロントエンドサーバを login 経由で利用するための設定

#AOBA-Cフロントエンドサーバの設定	(ホスト名を" <u>cfront</u> "とする場合)
Host <u>cfront</u>	
HostName cfront	
User <u>利用者番号</u>	
ProxyCommand ssh -CW %h:%p <u>login</u>	# <u>login</u> 経由で多段 SSH する設定
IdentityFile <u>~/.ssh/id_rsa_cc</u>	
Port 60101	# ポート番号 60101 を指定

5.2. AOBA-C フロントエンドサーバのログイン方法

AOBA-C フロントエンドサーバのホスト名を「<u>cfront</u>」とした場合のコマンドは以下のと おりです。ホスト名を別の文字列で設定している場合は「<u>cfront</u>」の部分を読み替えてくだ さい。

\$ ssh <u>cfront</u>		

AOBA-C フロントエンドサーバは冗長構成になっており、自動的に frontend-server151 または frontend-server152 が選択されます。どちらにログインしても、動作は変わりません。

5.3. データ転送サーバの利用方法

AOBA-C はデータ転送方法が既存システムと異なります。詳しくは以下をご参照ください。

クラウドサービス AOBA-C: <u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/aoba-c/</u> → ストレージの利用方法

5.4. HPCI 用ログインノードのログイン方法

既存システムと同じです。

5.5. ログインシェルの確認と変更

既存システムと同じです。ログインシェルは、既存システムと AOBA-C フロントエンド サーバで共通の設定になります。

6. パスワードの変更

既存システムと同じです。

7. おわりに

本稿では、AOBA-C の鍵ペアの作成とログイン方法についてご紹介しました。センター のシステムを安全にご利用いただければ幸いです。ご不明な点、ご質問等ございましたら、 お気軽にセンター(利用相談)までお問い合わせください。

利用相談: <u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/consultation/</u>

また、センターからのお知らせは、ウェブサイトにてご確認ください。 センターウェブサイト:<u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/</u>

[大規模科学計算システム]

クラウドサービスAOBA-C用 バッチリクエストによるジョブの実行方法

情報部情報基盤課 共同研究支援係 共同利用支援係

1. はじめに

本稿は、以下資料「ジョブの実行方法」の付録として、クラウドサービス AOBA-C を利 用する場合の事項をまとめたものです。以下と併せてご覧ください。

マニュアル一覧:<u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/manual/</u>

→ AOBA-A,AOBA-B 共通

→「ジョブの実行方法」

以降「既存システム」は、既存の AOBA システム (AOBA-A、AOBA-B) を指します。

2. バッチリクエストの概要

AOBA-C のバッチリクエストの投入は、AOBA-C フロントエンドサーバで行います。実行に必要なプログラムとデータおよびジョブスクリプトは AOBA-C のストレージに準備する必要があります。既存システムからは投入できませんのでご注意ください。

バッチリクエストの実行の流れは既存システムと同じです。

3. キュー構成

AOBA-Cのリクエストの投入先(キュー)について説明します。

表 1 に、AOBA-C のキュー構成を示します。ジョブスクリプトで、投入キュー名、利用 VE 数/ノード数、最大経過時間を指定します。

利用	キュー名	VE 数	実行形態	最大経過時間	メモリサイズ
形態				既定値/最大値	
共有	SXC	1	1VE	72 時間/720 時間	48GB×VE 数
			(VH を共用する)		
		2~512	8VE 単位で確保		
			(VH を共用しない)		
占有	個別設定				

表 1 クラウドサービス AOBA-C のキュー構成

(VH:ベクトルホスト、VE:ベクトルエンジン)

既存システムと同様に、AOBA-C フロントエンドサーバ上での会話型での実行は、 AOBA-C フロントエンドサーバに高い負荷がかかります。他の利用者への影響だけでなく、 システム全体が正常に動作しなくなる恐れがあるため、行わないでください。負荷の高い プロセスは、管理者にて強制終了する場合があります。

4. バッチリクエストの作成

既存システムと同じです。

ただし AOBA-C に限り、qsub コマンドのオプション「-m」を指定する場合は、必ず「-M」 でメール送信先を指定してください。指定しない場合メールは送信されません。

5. バッチリクエストの投入

- 6. バッチリクエストの実行
- 7. バッチリクエストの状態確認
- 8. バッチリクエストのキャンセル
- バッチリクエストの終了
 既存システムと同じです。

10. マニュアル

既存システムと同じです。

11. おわりに

本稿では、AOBA-C のバッチリクエストの投入と確認方法についてご紹介しました。センターの計算資源を効率的にご活用いただければ幸いです。ご不明な点、ご質問等ございましたら、お気軽にセンター(利用相談)までお問い合わせください。

利用相談:<u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/consultation/</u>

[大規模科学計算システム]

クラウドサービス AOBA-C用 ストレージシステムの利用法

情報部情報基盤課 共同研究支援係 共同利用支援係

1 はじめに

本稿では、クラウドサービス AOBA-C のストレージシステムの利用法について紹介します. 既存の AOBA システム(AOBA-A、AOBA-B)(以降、既存システム)のストレージシステムとクラウドサー ビス AOBA-C のストレージシステムは別環境になります. クラウドサービス AOBA-C のストレージシ ステムにあるホームディレクトリと課題領域の容量確認方法と実行した結果ファイル等のデータ(スト レージ環境)をローカル PC へ転送する方法およびローカル PC からクラウドサービス AOBA-C のスト レージ環境へ転送する方法について説明します.

2 AOBA-C のストレージ環境

2.1 ホームディレクトリ (uhome)

ScaTeFS にマウントし, クラウドサービス AOBA-C を利用する際の自分専用のホームディレクトリ になります.

ディレクトリ名: /uhome/利用者番号クォータ(容量)制限: 5TB

クォータ制限を超過した場合,新規の書き込みができなくなりますのでご注意ください. クォータ制 限を下回るように容量を削減すれば再度書き込みが可能になります.

• ホームディレクトリの容量確認コマンド

\$ uquota

表示例		
Disk quotas for user 利	间用者番号	
Filesystem	used(KB)	quota(TB)
/uhome/利用者番号	4	5

ホームディレクトリの容量追加申請については、2.3 章をご参照ください.

2.2 AOBA-C の課題領域 (/short/プロジェクトコード)

課題領域は事前申請となり、同一プロジェクトコードの利用者間で大規模なデータ容量を利用され る領域になります.申請を希望される際は、ストレージ資源の兼ね合いもありますので、「利用相談」 (https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/consultation/)から事前にご連絡をお願いします.

容量については、申請されたディスク容量 (quota 値)になります.

— 8 —

課題領域の容量については、以下のコマンドの quota(TB) 部分をご確認お願いします.

- 課題領域の容量確認コマンド
 - \$ uquota -A プロジェクトコード 表示例
 Disk quotas for project プロジェクトコード
 Filesystem used(KB) quota(TB)
 /short/プロジェクトコード 10 20
- 利用方法
 - 同一プロジェクトコードの利用者間でデータを共有する.
 - 対象ディレクトリ内で利用者がそれぞれの専用サブディレクトリ (パーミッション:700)を 作成し使用する.

利用方法の一例

- プロジェクトコード:xx200001の場合
 - コマンド例①) プロジェクトコードの利用者間で share を作成しデータを共有 \$ cp ホームディレクトリデータ /short/xx200001/share/
 - コマンド例②) 利用者の専用サブディレクトリを作成し使用 \$ mkdir /short/xx200001/利用者番号 \$ chmod 700 /short/xx200001/利用者番号
 - \$ cp ホームディレクトリデータ /short/xx200001/利用者番号/

【留意事項】

- ファイル同期コマンド (rsync コマンド), コピーコマンド (cp コマンド)を使用する際は、グ ループ権限を保持するオプションは設定せずにご利用ください.オプションを付けた場合、 同一プロジェクトコード間のグループによる容量制限で正しく管理できなくなる恐れがあり ます.また、移動コマンド (mv コマンド)によるファイルの移動を行った場合、元のファ イルのグループ権限が保持されてしまいますので、rsync コマンド、cp コマンドを利用する ようにしてください.
- 課題領域を当年度までのご利用の際,翌年度はデータ保管を行っていません. 猶予期間後, 対象課題領域を削除しますので,ローカル PC のディスクへ移行を速やかに進めてください.

2.3 ストレージ申請

ファイル容量の追加は 1TB 単位から申請可能です.ホームディレクトリ,課題領域ともに利用負担金 が発生しますので,詳しくは「利用負担金」(https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/charge/)をご参照ください. 申請用紙は,「ストレージ容量申請書」(https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/application-form/)を使い申請 をお願いします.

3 AOBA-C のデータ転送方法

クラウドサービス AOBA-C のストレージ領域は,既存システムのサーバを経由し,SSH による暗号 化を行う scp(Secure CoPy),SFTP(Ssh File Transfer Protocol)を利用します.ただし,既存システムの フロントエンドサーバとのデータ転送は出来ませんのでご注意ください.接続方法については「利用申 請からログインまで」(https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/first-use/)をご参照ください.

3.1 Powershell(Windows) • MAC • Linux

標準で SSH クライアントがインストールされています. インストールされている各 Terminal ソフトで転送作業を行います.

config ファイルの設定例については, 3.1.1 章をご参照ください.

• scp コマンド SSH 利用し,ネットワーク・ホスト間でファイルを安全にコピーするためのコマンドです.

ローカル PC からクラウドサービス AOBA-C に転送 scp コマンド例 (<u>ローカル PC 上</u>) \$ scp ローカル PC のファイル名 利用者番号@cfront:AOBA-C の保存先パス

クラウドサービス AOBA-C からローカル PC に転送 scp コマンド例 (<u>ローカル PC 上</u>) \$ scp 利用者番号@cfront:AOBA-C ファイル名 ローカル PC の保存先パス

既存システムからクラウドサービス AOBA-C に転送

scp コマンド例 (既存システムのデータ転送サーバ上) \$ scp -P 60101 既存システムのファイル名 利用者番号@cfront:AOBA-C の保存先パス (-P オプション指定:60101 必要)

クラウドサービス AOBA-C から既存システムに転送

scp コマンド例 (<u>クラウドサービス AOBA-C 上</u>) \$ scp クラウドサービス AOBA-C のファイル名 利用者番号@file:既存システムの保存先パス

scp コマンドの詳しい用例については, man コマンド等のマニュアル閲覧をお願いします. \$ man scp

• sftp コマンド SSH 利用し,対話的なファイル転送を行うことができるコマンドです.

ローカル PC からクラウドサービス AOBA-C に転送 sftp コマンド例 (<u>ローカル PC 上</u>) \$ sftp 利用者番号@cfront

sftp> put ローカル PC のファイル名 クラウドサービス AOBA-C の保存先パス

クラウドサービス AOBA-C からローカル PC に転送

sftp コマンド例 (<u>ローカル PC 上</u>) \$ sftp 利用者番号@cfront

sftp> get クラウドサービス AOBA-C のファイル名 ローカル PC の保存先パス

既存システムからクラウドサービス AOBA-C に転送

sftp コマンド例 (既存システムのデータ転送サーバ上) \$ sftp -P 60101 利用者番号@cfront (-P オプション指定:60101 必要) sftp> put 既存システムのファイル名 クラウドサービス AOBA-C の保存先パス

クラウドサービス AOBA-C から既存システムに転送

sftp コマンド例 (<u>クラウドサービス AOBA-C 上</u>) \$ sftp 利用者番号@file

sftp> put クラウドサービス AOBA-C のファイル名 既存システムの保存先パス

sftp コマンドの詳しい用例については, man コマンド等のマニュアル閲覧をお願いします. \$ man sftp

3.1.1 config ファイルの設定内容例

ローカル PC 上に保存する config ファイルの設定例について既存システム・クラウドサービス AOBA-C の接続情報を紹介します.

既存システム (例)

データ転送サーバの設定(ホスト名を"file"とする場合) Host file HostName file.cc.tohoku.ac.jp User 利用者番号 IdentityFile /.ssh/id_rsa_cc

クラウドサービス AOBA-C(例)

フロントエンドサーバの設定 (ホスト名を"cfront"とする場合) Host cfront HostName cfront User 利用者番号 ProxyCommand ssh -CW %h:%p login IdentityFile /.ssh/id_rsa_cc Port 60101 #ポート番号 60101 を指定 -11 -

3.2 WinSCP(Windows $\forall 7 h$)

標準で scp, sftp に対応したソフトウェアがインストールされていないため, はじめに インストールする必要があります.

ここでは、代表的なソフトウェアである WinSCP を利用したファイル転送方法を説明 します.

🚅 新しいサイト	セッション				
		אעבאנ(E) ~			
	ホスト名	<u>(1)</u>		ポート番号(R)	(3)
	cfront			60101	•
	ユーザネ	_{S(U)} (2)	パスワード(2)		
	「利用	首番亏			
	(\$1	?(S) ▼ ++>セ)	V(C)	設定(2)	(4)
				設定(D)	
				生の設定値	直を編集(R)
				転送設定	i↓−J↓(R)
				ŧ	(通設定
				ログ(L)	

図1 WinSCP 設定画面

- 1. WinSCP を起動します.
- 2. ホスト名 (上図 (1)) に cfront と入力します.
- 3. ユーザ名 (上図 (2)) に利用者番号を入力します.
- 4. ポート番号 (上図 (3)) に 60101 を入力します.

5. 設定(上図(4))のプルダウンメニューから設定(上図(5))をクリックします.

高度なサイトの設定	? ×	高度なサイトの設定		?	Х
環境 (7) ○SSH トンネルを超出して接続する(C) -こみ箱 -ごみ箱 -ごみ箱 -ごみ指表 -ごみ着 -ごの方面 -ごみ石 -ごの方面 -SFTP (8) -Tak>: - -Dixlo (6) -SSH - -B222 - -/0791歳 - メモ シネルオブション -D21 - -シネルオブション - -D21 - -201 - -201 - -2.5 - -2.5 - -2.7 - -2.7 - -101 - -101 - -101 - -101 - -101 - -101 - -101 - -102 - -103 - -103 - -103 - -103 -	ホート番号(2) 22 (2) 合動選択 ~ (10)	1環境 「元心箱 「雪寺化」 「小村」 「小村」 「小村」 「一方本シ 「ショル 「ショー 「ショル 「ショー 「・ 「」 「ショー 「ショー 「ショー 「ショー 「ショー 「・ 「」 「・ 「・ 「」 「・ 「・ 「」 「・ 「・ 「」 「・ 「・ 「」 「・ 「・ 「」 「・ 「」 「」 「・ 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」	Sonz QU202を1/1/1/3る(0): Sonz QU202を1/1/1/3る(0): P/3ン ent での2020を乱かる(2) z でやーボードによる記録社社中する(2) (パワンーたも最新た信する(2) ド サントの転送を計中する(2) (公開課を表示(2)) ツール(2) ▼ Apr/SSP1 [2012を計中する(2) (SSAP/JSSP1 証明書の権利支援を計中する(2)	(1	13)
ÈC ▼	キャンセル ヘルプ(日)	色(C) ▼	OK キャンセル	ヘルプ	Ю



図 3 WinSCP 鍵認証設定画面

- 6. 左側ナビゲーションメニューのトンネル(上図(6))を選択します.
- 7. SSH トンネルを経由して接続する (上図(7)) にチェックを付けます.
- 8. ホスト名 (上図 (8)) に file.cc.tohoku.ac.jp と入力します.
- 9. ユーザ名 (上図 (9)) に利用者番号を入力します.
- 10. 秘密鍵のプルダウンメニュー (上図 (10)) をクリックし, ログインに使用する秘密鍵を指定し ます. 秘密鍵 (.ppk ファイル) を未生成の場合, 3.2.1 章をご参照ください.

- 11. 左側ナビゲーションメニューの認証(上図(11))を選択します.
- 12. エージェントの転送を許可する (上図 (12)) にチェックを付けます.
- 13. 秘密鍵のプルダウンメニュー(上図(13))をクリックし、ログインに使用する秘密鍵を指定し ます.
- 14. OK をクリックし, 鍵の設定を保存します.
- 15. 元の画面に遷移しますので、ログインをクリックしてください.

	パスフレーズの入力@cfront ×
バスフレーズの入力 - Cont X トンネルを開いています サーバを探索中・・・・ サーバに接続しています・・・・ 認証しています・・・・ 認証しています・・・・ マードの・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
公開鍵 "imported-openssh-key" で認証中	シアルにないひていなり 認証しています・・・ ユーザ名"mana" を使用中
file.cc.tohoku.ac.jp 経由でトンネルを認証	дние пороссорензискеу Свенит
秘密鍵 'mported-openssh-key'のパスフレーズ:	秘密鍵 'imported-openssh-key' のパスフレーズ:
OK キャンセル ヘルプ(出)	OK キャンセル ヘルプ仕

図 4 WinSCP データ転送サーバ 認証画面 図 5 WinSCP cfront 認証画面

16. 図 5 のパスフレーズの入力画面が表示され、認証後、図 6 の cfront へ接続するための入力画面が 表示されます. 接続に成功しますと WinSCP の画面が表示されファイル転送が可能になります.

3.2.1 WinSCP 用の鍵生成手順

- 1. WinSCP を起動した後、「ツール」をクリックし、「PuTTYgen を実行」を選択します.
- 2. PuTTYgen を起動すると、「PuTTY Key Generator」ダイアログボックスが表示されますので、 「Load」をクリックします.

🌆 ログイン	- 🗆 X		
■ 新しいサイト	セッション 転送プロトコル(P) 	😴 PuTTY Key Generator File Key Conversions Help	×
		Key Key No key	
ソール(1) マ アール(1) マ アイドのインボート(1) ジェのインボート/変元(C) ジェのクスポート/(ホワアップ(E) ジェのクスポート/パッフアップ(E) ジェのクスポート/パッファップ(E) ジェのクスポート/パッファップ(E) マ	・ ログイン ▼ 閉じる へルブやり た表示(S)	Actions Generate a public/private key pair Load an existing private key file	Generate Lood
WinSCP データの消去(C) Pageant を実行(P) PuTTYgen を実行(G) WinSCP の更新を確認 環境設定(P)		Save the Senerated key Down Putero key Parameters Type of Key to generate: (@ RSA ODSA OEDSA OEd2551: Number of bits in a generated key:	3 () SSH-1 (RSA) 2048

図6 WinSCP 初期設定画面

図7 PuTTY Key Generator 画面

3. ファイルの選択画面が表示されますので、ポータルサイトで作成した秘密鍵「id_rsa_cc」を選択

すると,パスフレーズの入力を求められます.

- 4. パスフレーズの内容が一致すると Notice(情報) メッセージが表示されるので, OK をクリックします.
- 5.「Save private key」をクリックし、ファイル名を設定します.
- 6. 設定が完了しましたら,「PuTTY Key Generator」の画面は閉じてください.

4 おわりに

本稿では、ストレージシステムの利用法を紹介しました.ご不明な点、ご質問等ございま したら、お気軽にセンターまでお問い合わせください.問い合わせ先については「利用相談」 (https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/consultation/)をご参照下さい.

[大規模科学計算システム]

利用申請と利用負担金について

情報部情報基盤課 共同利用支援係

1 はじめに

サイバーサイエンスセンター(以下「本センター」)は、研究、教育等に係る情報化を推進するための 実践的調査研究、基盤となる設備等の整備及び提供、その他必要な専門的業務を行う学際大規模情報基 盤共同利用・共同研究拠点です。

本センターは大規模科学計算システムを設置し、本センターの前身の一つである旧大型計算機セン ターの機能と知識の蓄積を継承して、最先端の大規模科学技術計算環境および高度利用環境の提供、並 びに利用者への技術的支援を行っています。

【サイバーサイエンスセンター 大規模科学計算システム】https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/

2 利用形態

本センターの大規模科学計算システムを利用するには以下の利用形態があります。利用形態について はそれぞれの項目を参照してください。

- 大学・学術利用 → 項目 4.2
- 民間企業利用 → 項目 4.3
- センターとの共同研究 → 項目 5.1
- 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点公募型共同研究(JHPCN) → 項目 5.2
- 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI) → 項目 5.3
- その他の利用方法 → 項目 6

3 利用負担金

3.1 利用負担金について

利用負担金には演算負担経費、ファイル負担経費および出力負担経費の3つがあります(表1、2、3)。 コンピュータを利用すると演算負担経費が発生します。

共有利用(従量)は利用する VE 数(AOBA-A, AOBA-C の場合)もしくはノード数(AOBA-B の場合)と経過時間によって負担額が決定します。

共有利用(定額)は負担額を先払いし、負担額相当分の課金対象時間までそれぞれのコンピュータの 利用が出来ます。コンピュータを利用した時間が、負担額相当分に満たない場合の返金はありません。 また、年度途中に負担額を追加することも可能です。

占有利用は VE またはノードを占有して確保しますので、他の利用者のジョブが終了するのを待つ必要がありません。

利用者が負担経費を直接センターに支払うのは、大学・学術利用(項目 4.2)、民間企業(項目 4.3)お よびセンターとの共同研究(項目 5.1)です。センターとの共同研究では、演算負担金の割引制度が適 用されます。請求書は半期(6ヶ月)ごとに、利用者を取りまとめている支払責任者に発行します。利 用期間と利用負担金の請求次期については項目 3.2 をご参照ください。

■大学・学術利用 表1が適用されます。利用者が学術利用に該当するかは共同利用支援係にお問合せ ください。

■民間企業利用 成果公開型の利用については表2が、成果非公開型の利用については表3が適用され ます。

区分	項目	利用形態	負担額及び課金対象時間		
演算	AOBA-A	共有	利用 VE 数 1(実行数、実行時間の制限有)		
負担経費		(無料)		無料	
		共有	課金対象時間		
		(従量)	=(利用 VE 数÷ 8 を切り上げた数)×経過	時間(秒)	
			課金対象時間1時間につき	125 円	
		共有	負担額 10 万円につき課金対象時間 800 時間	分使用可能	
		(定額)			
		占有	利用 VE 数 8 利用期間 3 ヶ月につき	270,000 円	
	AOBA-B	共有	課金対象時間=利用ノード数×経過時間(秒)	
		(従量)	課金対象時間1時間につき	22 円	
共有		共有	負担額 10 万円につき課金対象時間 4,600 時間分使用可能		
(定額)		(定額)			
		占有	利用ノード数1 利用期間3ヶ月につき	47,000 円	
	AOBA-C	共有	課金対象時間		
		(従量)	│ =(利用 VE 数÷ 8 を切り上げた数)×経過	時間(秒)	
			課金対象時間1時間につき	125 円	
		占有	利用 VE 数 8 利用期間 3 ヶ月につき	216,000 円	
ファイル		共有	5TB まで無料、追加容量 1TB につき年額	3,000 円	
負担経費		占有	10TB まで無料、追加容量 1TB につき年額	3,000 円	
出力	大判プリン	ノタによる	フォト光沢用紙1枚につき	600 円	
負担経費	カラーン	プリント	クロス紙1枚につき	1,200 円	

表1 基本利用負担金【大学・学術利用】

備考

- 1. 負担額が無料となるのは専用のキューで実行されたものとし、制限時間を超えた場合は強制終了する。
- 2. 演算負担経費の課金対象時間については半期毎 (4 月から 9 月及び 10 月から 3 月) に合計し、1 時間未満を 切上げて負担金を請求する。
- 3. 演算負担経費について定額制を選択した場合は AOBA-A 及び AOBA-B を課金対象時間の範囲内で共用で きる。
- 4. 占有利用期間は年度を超えないものとし、期間中に障害、メンテナンス作業が発生した場合においても、原 則利用期間の延長はしない。
- 5. ファイル負担経費については申請日から当該年度末までの料金とする。運用期間が1年に満たない場合は、 月割りをもって計算した額とする。

区分	項目	利用形態	負担額及び課金対象時間		
演算	AOBA-A	共有	利用 VE 数1(実行数、実行時間の制限有)		
負担経費		(無料)		無料	
		共有	課金対象時間		
		(従量)	=(利用 VE 数÷ 8 を切り上げた数)×経過	時間(秒)	
			課金対象時間1時間につき 250円		
		共有	負担額 20 万円につき課金対象時間 800 時間分使用可能		
		(定額)			
		占有	利用 VE 数 8 利用期間 3 ヶ月につき	540,000 円	
	AOBA-B	共有	課金対象時間=利用ノード数×経過時間(秒)	
		(従量)	課金対象時間1時間につき	44 円	
		共有	負担額 20 万円につき課金対象時間 4,600 時間	間分使用可能	
		(定額)			
		占有	利用ノード数1 利用期間3ヶ月につき	94,000 円	
	AOBA-C	共有	課金対象時間		
		(従量)	=(利用 VE 数÷ 8 を切り上げた数)×経過	時間(秒)	
			課金対象時間1時間につき	250 円	
		占有	利用 VE 数 8 利用期間 3 ヶ月につき	432,000 円	
ファイル 共有		共有	5TB まで無料、追加容量 1TB につき年額	6,000 円	
負担経費 占有		占有	10TB まで無料、追加容量 1TB につき年額	6,000 円	
出力 大判プリンタによる		ノタによる	フォト光沢用紙1枚につき	1,200 円	
負担経費	カラーン	プリント	クロス紙1枚につき	2,400 円	

表 2	基本利用負担金	【民間企業利用	(成果公開型)】

備考

- 1. 負担額が無料となるのは専用のキューで実行されたものとし、制限時間を超えた場合は強制終了する。
- 2. 演算負担経費の課金対象時間については半期毎 (4 月から 9 月及び 10 月から 3 月) に合計し、1 時間未満を 切上げて負担金を請求する。
- 3. 演算負担経費について定額制を選択した場合は AOBA-A 及び AOBA-B を課金対象時間の範囲内で共用で きる。
- 4. 占有利用期間は年度を超えないものとし、期間中に障害、メンテナンス作業が発生した場合においても、原 則利用期間の延長はしない。
- 5. ファイル負担経費については申請日から当該年度末までの料金とする。運用期間が1年に満たない場合は、 月割りをもって計算した額とする。

-17 -

区分	項目	利用形態	負担額及び課金対象時間		
演算	AOBA-A	共有	利用 VE 数 1(実行数、実行時間の制限有)		
負担経費		(無料)		無料	
		共有	課金対象時間		
		(従量)	=(利用 VE 数÷ 8 を切り上げた数)×経過時間(秒)		
			課金対象時間1時間につき 500円		
		共有	負担額 40 万円につき課金対象時間 800 時間分使用		
		(定額)			
		占有	利用 VE 数 8 利用期間 3 ヶ月につき 1,080,000		
	AOBA-B	共有	課金対象時間=利用ノード数×経過時間(秒)		
		(従量)	課金対象時間1時間につき	88 円	
		共有	負担額 40 万円につき課金対象時間 4,600 時間分使用可能		
		(定額)			
		占有	利用ノード数1 利用期間3ヶ月につき	188,000 円	
	AOBA-C 共有 (従量)		課金対象時間		
			=(利用 VE 数÷8 を切り上げた数)×経過時間(秒)		
			課金対象時間1時間につき	500 円	
		占有	利用 VE 数 8 利用期間 3 ヶ月につき	864,000 円	
ファイル		共有	5TB まで無料、追加容量 1TB につき年額	12,000 円	
負担経費		占有	10TB まで無料、追加容量 1TB につき年額	12,000 円	
出力	大判プリン	ノタによる	フォト光沢用紙 1 枚につき	2,400 円	
負担経費	負担経費 カラープリント		クロス紙1枚につき	4,800円	

備考

- 1. 負担額が無料となるのは専用のキューで実行されたものとし、制限時間を超えた場合は強制終了する。
- 2. 演算負担経費の課金対象時間については半期毎 (4 月から 9 月及び 10 月から 3 月) に合計し、1 時間未満を 切上げて負担金を請求する。
- 3. 演算負担経費について定額制を選択した場合は AOBA-A 及び AOBA-B を課金対象時間の範囲内で共用で きる。
- 4. 占有利用期間は年度を超えないものとし、期間中に障害、メンテナンス作業が発生した場合においても、原 則利用期間の延長はしない。
- 5. ファイル負担経費については申請日から当該年度末までの料金とする。運用期間が1年に満たない場合は、 月割りをもって計算した額とする。

3.2 利用負担金の請求

負担金の請求は半年ごとに行います(表 4)。前期の 5,000 円未満の請求は後期に繰り越します。後期の 1,000 円未満の請求は行いません。

学外の方については、特に支払費目名の入った利用負担金請求書を希望する場合や、請求書の適要欄等 について不明な点がある場合は、請求書発行前(9、3月末)までに会計係(cc-kaikei[at]grp.tohoku.ac.jp) へご連絡下さい。

また通常の請求時期以外に請求書の発行が必要な場合は、共同利用支援係(cc-uketuke[at]grp.tohoku.ac.jp) へご連絡下さい。

表 4	利用期間	と	請求時期
-----	------	---	------

	利用期間	請求書発行
前期	4月~9月	10月上旬
後期	10月~3月	4月上旬

4 利用申請

4.1 利用資格について

利用できるのは、次のいずれかに該当する方です。大規模科学計算システムの利用は、学術研究及び 教育等を目的とするものに限られます。(社会貢献の一環としての民間等外部機関の利用を含みます。)

- •大学、短期大学、高等専門学校及び大学共同利用機関の教員及び学生
- 文部科学省所轄機関及び文部科学大臣が主務大臣である独立行政法人の研究職員
- ・学術研究を目的とする研究機関で、東北大学サイバーサイエンスセンター長(以下「センター 長」)が認めた機関に所属し、専ら研究に従事する者
- 文部科学省及び独立行政法人日本学術振興会所管の科学研究費補助金で研究を行う者
- •国及び地方公共団体より委託(受託)を受けた研究を行う者
- 前に掲げる者のほか、特にセンター長が認めた者

■内規

- 東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システムの利用に関する内規 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/pdf/システムの利用に関する内規.pdf
- 東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム利用負担金内規 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/pdf/利用負担金内規.pdf
- 東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システムの民間機関等利用内規 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/pdf/民間機関等利用内規.pdf

4.2 大学·学術利用

4.2.1 利用の手続

大規模科学計算システムを利用するためには利用者登録が必要です。

-19 -

■利用申請 利用申請書に必要事項を記入の上、共同利用支援係に提出してください。後日、利用者 番号(ログイン ID)と初期パスワードを記載した「システム利用承認書」を送付します。

【利用申請書】https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/利用申請書.doc

■変更 申請内容に変更が生じた場合は、利用変更届に必要事項を記入の上、共同利用支援係に提出し てください。

【利用変更届】https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/利用変更届.doc

■取消 次年度以降も自動継続され利用できます。利用を取り止める場合は、利用取消届に必要事項を 記入の上、共同利用支援係に提出してください。

【利用取消届】https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/利用取り消し届.doc

利用変更届、利用取り消し届に関しては申請用紙を使わず、内容をメール本文に記載していただいて も構いません。

4.2.2 外国人利用者についてのお願い(指導教員、受入教員向け)

外国人がスーパーコンピューターシステムの利用申請を行う場合にあっては、下記のリンク先の説明 を踏まえ申込を行うようにして下さい。

 「東北大学における安全保障輸出管理(スーパーコンピュータ利用)」 http://www.bureau.tohoku.ac.jp/export/supakonriyou.html

また利用申請には以下の書類の提出が必要です。何れかをダウンロードしてご提出ください。

- 居住性チェックリスト(日本語版) https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/check_list.docx
- 居住性チェックリスト(英語版) https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/check_list_eng.docx

4.3 民間企業利用

本センターでは社会貢献の一環として、大学で開発された応用ソフトウェアとスーパーコンピュータ 利用の民間企業への提供を実施いたします。民間企業利用サービスについての詳細は、センターウェブ サイト「民間企業利用」(https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/business/)および「東北大学サイバーサイエン スセンター大規模計算システム民間企業利用サービス利用課題募集要項」をご覧ください。 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/pdf/民間企業利用サービス募集要項.pdf

4.3.1 利用申請

応募、利用、利用終了時には以下の書類の提出が必要となります。

- ・民間企業利用サービス課題申込書 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/民間企業利用サービス課題申込書.doc
- ・民間企業利用誓約書 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/民間企業利用サービス誓約書.doc
- ・ 民間企業利用サービス報告書 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/word/民間企業利用サービス報告書.doc

4.3.2 利用課題区分

募集を行う利用課題区分は以下の2つです。

■大規模計算利用 ライフサイエンス、もの作り技術、情報通信、環境エネルギー、社会基盤の課題分 野をはじめとして、様々な分野における特に優れた課題を募集します。大学で開発された先端的シミュ レーションソフトウェアとスーパーコンピュータの利用課題を民間企業から募り、企業によるイノベー ション創出を支援します。利用成果公開型と非公開型の利用があり、目標設定を行った上で、1年間を 一区切りとして利用期間を決定します。課題終了時に継続利用の申請を行うことが可能です。その場合 は有償での利用となり、民間企業用の負担金制度を適用します。

■トライアルユース 新しいニーズを掘り起こしイノベーション創出につながる利用課題を民間企業か ら募ります。分野は特定しません。産業界の潜在的高性能計算需要を掘り起こし、大学で開発された先 端的シミュレーションソフトウェアとスーパーコンピュータを有償で利用して頂く下地を作ることが目 的です。先端研究施設共用促進事業での利用など、これまでに本センターを利用したことがない民間企 業を募ります。利用成果は公開を原則とし、最大1カ月間を無料で利用することが可能です。

4.3.3 成果公開型/成果非公開型

成果公開型は利用成果を含めた利用サービス報告書を、利用終了から 30 日以内に提出することが必要です。また1年以内に SENAC に成果の記事を投稿することが必要です。成果公開型で利用している 企業名と研究内容およびその成果について、本センターが一般向けに公開することが出来ます。利用負 担額は大学・学術利用の2倍です。

成果非公開型は利用成果や利用内容についての報告は必要ありませんが、利用サービス報告書の提出 が必要です。成果非公開型で利用している企業名について、本センターはセンター内部の会議に報告す ることが出来ます。利用負担額は大学・学術利用の4倍です。

4.3.4 応募資格

以下の全ての項目を満たすことが必要です。

- 日本国内で利用がなされること
- 東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システムの利用に関する内規に従うこと
- 採択課題の目的にのみ利用すること
- 平和利用のみに限ること
- 人権および利益保護への配慮を行うこと
- 文部科学省「生命倫理・安全に対する取組」に適合すること
- 経済産業省「安全保障貿易管理について」に適合すること
- 課題終了後、利用報告書を速やかに報告すること

4.3.5 利用可能なソフトウェア

- TAS-code (Tohoku University Aerodynamic Simulation Code)
- 数値タービンシミュレーション
- 超臨界流体シミュレータ
- Gaussian16

5 センターとの共同研究・JHPCN・HPCI

5.1 センターとの共同研究

本センターでは、研究者のより良いスーパーコンピューティング環境を構築するために、スーパーコ ンピューティングに関する共同研究の募集を行っています。本共同研究では、[A] 若手・女性研究者支 援課題、[B] 萌芽型課題、[C] 一般課題を対象とします。利用者は、スーパーコンピュータ AOBA で処 理するプログラムのベクトル化や並列化に関する研究を本センターと共同で行います。

同一研究課題 (内容) による申請は 3 年を限度とします。また、同一研究課題 (内容) で他の拠点に応募している場合には、当該拠点の資源を使用する理由など研究計画の違いを説明してください。

5.1.1 応募者の資格

本センター大規模科学計算システムの利用有資格者

5.1.2 応募期間、応募方法

センターニュース記事を参照

5.1.3 共同研究の要件

- 1. 研究期間は採択年度の年度末までとします。
- 2. プログラムのベクトル化や並列化の研究を、本センターのスタッフと共同で行います。
- 3. 共同研究を行うためにプログラムコード等を本センターに提供していただきます。
- 4. 共同研究の研究成果、あるいは研究成果であるプログラムにより得られた結果を論文等で公表す る際、共同研究をふまえて本センターの貢献を明記してください(例えば、共著者、謝辞等)。
- 5. 年度末に共同研究実績報告書(所定の様式)を提出していただきます。この報告書にも本セン ターの貢献を必ず明記してください。
- 6. 共同研究終了から1年以内に本センター大規模科学計算システム広報誌 SENAC に共同研究の成果を投稿していただきます。この記事には、プログラムのベクトル化や並列化などの具体的な内容と効果、及び、本センターとの共同した取組みを記述していただく必要があります。
- 7. 研究成果を学会等へ報告した場合は、その別刷等を本センターに提出してください。
- 8. 課題 [A] および課題 [B] の採択課題の中から JHPCN 萌芽型共同研究課題が採択されます。 JHPCN 萌芽型共同研究課題の採択者には、JHPCN 主催のシンポジウムでの発表等を依頼する場 合があります。
- 9. 原則、翌年度以降の HPCI システム利用課題または JHPCN 利用課題に応募してください。
- 計算機システムは共有利用のため、利用状況によってはリクエストの実行待ちが発生します。待ち時間等も考慮し、計画的にご利用ください。

5.1.4 助成内容等

- 1. 課題 [A] および課題 [B] は、演算負担経費(全額)の 2/3 を本センターが負担します。
- 2. 課題 [C] は、演算負担経費の 20 万円を超えた分の、2/3 を本センターが負担します。
- 3. 本センターの負担金額の上限は、課題 [A][B][C] いずれも 500 万円とします。
- 4. 助成対象は共有利用による演算負担経費とし、占有利用は助成対象外とします。

助成内容についての詳細は、最新のニュース記事をご参照ください。

5.2 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点公募型共同研究(JHPCN)

本センターは「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」として文部科学大臣の認定を受け、活動を行っております。「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」は、北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学にそれぞれ附置するスーパーコン ピュータを持つ8つの共同利用の施設を構成拠点とし、各センターからなる「ネットワーク型」共同利用・共同研究拠点として、平成22年4月より本格的に活動を開始しました。

本ネットワーク型拠点の目的は、超大規模計算機と大容量のストレージおよびネットワークなどの情報基盤を用いて、地球環境、エネルギー、物質材料、ゲノム情報、Web データ、学術情報、センサーネットワークからの時系列データ、映像データ、プログラム解析、その他情報処理一般の分野における、これまでに解決や解明が極めて困難とされてきた、いわゆるグランドチャレンジ的な問題について、学際的な共同利用・共同研究を実施することにより、我が国の学術・研究基盤の更なる高度化と恒常的な発展に資することにあります。本ネットワーク型拠点には上記の分野における多数の先導的研究者が在籍しており、これらの研究者との共同研究によって、研究テーマの一層の発展が期待できます。

申し込み方法等詳細につきましては JHPCN のウェブサイトをご覧ください。

【JHPCN ウェブサイト】 https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/

5.2.1 サイバーサイエンスセンターの取組

本センターでは、ベクトル型とスカラ型二つのスーパーコンピュータを運用することで、多様化の進 むユーザ・アプリケーションの要求に柔軟に対応できる計算環境を提供しています。

また、教員と技術系職員が連携して、本センターを利用する共同研究を実施する体制を整備し、プロ グラムの高度化等で計算科学者と計算機科学者が密に連携し、計算機アーキテクチャ、高性能基盤ソフ トウェア、高性能計算技術に関する研究を遂行するなど、高性能計算機を用いた科学の進展、イノベー ションの創生に向け取り組んでいます。

5.3 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)

HPCIとは、「富岳」と全国の主要なスーパーコンピュータをネットワークでつなぎ、多様なニーズに 応える革新的な計算機環境を実現するための基盤システムです。本センターは HPCI システムの構成機 関として参画しています。

5.3.1 HPCI について(HPCI ウェブサイトより)

■HPCIの概要 HPCI は、「富岳」と全国の大学や研究機関に設置されたスーパーコンピュータやスト レージを高速ネットワーク(SINET6)で結び、多様なユーザニーズに応える革新的な共用計算環境基 盤です。

■HPCIとは 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)は、一般社団法人 HPCI コンソーシアムの前身である HPCI 準備段階コンソーシアムの提言を受けて構築された共用計算 環境基盤であり、平成 24 年 9 月 28 日から共用を開始しています。HPCI は、国内の大学や研究機関の 計算機システムやストレージを高速ネットワークで結ぶことにより、全国の HPC リソースを全国の幅 広い HPC ユーザー層が効率よく利用できる科学技術計算環境を実現するものです。HPCI の運用を通 じて多様なユーザーニーズに応えるとともに画期的な研究成果を創出し、科学技術の発展や産業競争力 強化に資するとともに、人材育成やスーパーコンピューティングの裾野の拡大にも貢献します。

5.3.2 課題の申請方法

「富岳」および「富岳」以外の HPCI システム共用計算資源の一般利用は、原則として年 1 回公募され ます。ただし、産業界からの利用を促進するため、産業利用のトライアル・ユースと成果を非公開とす る有償利用(個別利用)は年間を通じて随時受け付けられます。利用を希望される方は利用研究課題を 申請し、審査を経て利用が可能となります。

申し込み方法等詳細につきましては HPCI のウェブサイトをご覧ください。

【HPCI ウェブサイト】 https://www.hpci-office.jp/

6 その他の利用方法

本センターの大規模科学計算システムを利用するその他の利用方法です。申請方法については共同利 用支援係(cc-uketuke[at]grp.tohoku.ac.jp)までお問い合わせください。

6.1 機関(部局)単位での利用

大規模科学計算システムをご利用いただくにあたり、利用負担金を利用者単位のほか、機関(部局) 単位で年間定額をお支払いいただくことで利用できるサービスも提供しています。このサービスは、機 関(部局)単位でお申し込みいただくことにより、その構成員であれば、各研究室が個別に利用負担金 を支払うことなく、システムを利用できる仕組みです。

これまで計算機を利用する機会がなかった研究者による新たなニーズへの対応や、研究室の計算機で は実行できなかった大規模シミュレーションが実行可能であり、また自前で計算機を導入するためのコ ストや運用コストも削減可能です。

占有利用・共有利用については必要に応じて取り混ぜながら、ご予算に合わせて、年間定額により利 用することが可能となっています。

6.2 計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供制度

計算科学・計算機科学分野での教育貢献・人材育成を目的として、無料で大規模科学計算システムを 利用できる制度です。提供の対象は、大学院・学部での講義実習等の教育目的(卒業論文、修士論文、 博士論文での利用を除く)に限ります。

6.3 学部学生のためのスーパーコンピュータ無償提供制度

学部学生 (3 年生、4 年生) が、卒業論文等作成のために大規模科学計算システムを無料利用できる制度です。本センター教員が内容を審査の上、採択となった研究課題については、大規模科学計算システムを無料で利用する (利用ノード時間に上限あり) ことができます。

- 研究成果を学術論文誌等において発表する場合は、謝辞等で本センターの貢献を明記してください。
- 年度末に成果報告書を提出して頂きます。
- 申し込みには指導教員の承認が必要となります。
- 高等専門学校生については本科5年生および専攻科生を対象といたします。
- 指導教員1人につき最大2件までの応募となります。

-24 -

7 利用負担金の確認方法

利用負担金は利用者ポータルで確認が可能です。 【利用者ポータルサイト】https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/portal/

利用者ポータルでは、大規模科学計算システムの利用者番号をお持ちの方が以下を行うことが出来 ます。

- 利用可能なプロジェクトコードの確認
- プロジェクトコード毎/利用者番号毎の課金明細の確認
- プロジェクトコード毎/利用者番号毎のジャーナル CSV ファイルのダウンロード
- LDAP パスワードの変更
- SSH 公開鍵登録

「ログインページ」のリンクより、利用者ポータルサイトにログインします。ログインには、User ID (大規模科学計算システムの利用者番号)と、Password(LDAP パスワード。初期パスワードは利用承 認書に記載のもの)が必要です。

8 研究成果の提出

本センターでは、学術研究を支える世界最高水準の大規模科学計算システムの導入と利用環境の整 備・拡充を行い、研究の発展に資することを心掛けております。今後もシステムの整備を進めていくに は、大規模科学計算システムが多くの研究分野で必要不可欠であり、かつ研究成果が得られていること を広くアピールしていく必要があります。

このため利用者の皆様には、本センター大規模科学計算システムを利用して得られた研究成果の一覧 をご提出くださいますようお願いいたします。

研究成果一欄	:著者名、論文名、掲載誌(巻号頁)、発表年
提出方法	:電子メールでお願いします。seika[at]cc.tohoku.ac.jp
締切り日	:翌年度4月中旬
問合せ先	:共同利用支援係 cc-uketuke[at]grp.tohoku.ac.jp

また論文等を発表される際には、本センターを利用した旨を明記してくださるようお願いいたします。

■記入例 「本研究の実験結果の一部は、東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システ ムを利用して得られた。」

Example Part of the experimental results in this research were obtained using supercomputing resources at Cyberscience Center, Tohoku University.

9 問い合わせ先

利用申請と利用負担金についてのお問い合わせは共同利用支援係(cc-uketuke[at]grp.tohoku.ac.jp)ま でお願いいたします。その他ご不明な点、ご質問等ございましたら、お気軽にセンターまでお問い合わ せください。問い合わせについては【利用相談フォーム】https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/consultation/を ご利用下さい。

-25 -

[共同研究成果]

リアルタイム津波浸水被害予測の国際展開に向けた検討

越村俊一^{1,2)}, 阿部孝志¹⁾, ADRIANO Bruno³⁾, MAS Erick^{1,2)}, 撫佐昭裕^{2,4)} 1) 東北大学災害科学国際研究所

2) 株式会社 RTi-cast

3) 理化学研究所革新知能統合研究センター

4) 東北大学サイバーサイエンスセンター

筆者らのグループが開発した、リアルタイム津波浸水被害予測システムの国際展開に向けた検討 を行った.適用対象は南米ペルーの首都リマである.ペルーは、環太平洋火山帯に位置する地震・ 津波等の災害多発国であり、太平洋岸ではしばしば巨大地震による津波が発生してきた.記録上の 最大の被害をもたらした地震は 1746 年にリマ沖で発生し、地震の揺れと津波により首都リマは壊 滅的な被害を被った.本稿では、SX-Aurora TSUBASA によるリアルタイム津波浸水被害予測シス テムの機能を拡張し、ペルー・リマ沖の地震津波に対する浸水被害予測システムのプロトタイプを 構築するとともに、その性能評価とシステム運用に向けた展望について検討を行った.

1. はじめに

これまで筆者らのグループが開発してきたリアルタイム津波浸水被害予測システム[1,2]は,2018 年に運用を開始し現在日本の内閣府の津波対策・対応機能として地震発生から30分以内の浸水被 害予測結果を国に配信することとしている.運用開始後の2022年3月の福島県沖地震において初 めて実際に稼働し,設計どおりの性能を発揮して予測を完了した(結果は被害なし)[3].我が国の 防災技術でも特に津波の予測技術は世界各国から参考にされるものであり,技術移転も進んでいる. したがって,本システムを地震津波のリスクにさらされた国々で構築・運用することによって世界 の津波防災・減災への貢献が期待されている.

本稿では、リアルタイム津波浸水被害予測システムの国際展開に向けた検討を行う.適用対象は 南米ペルーの首都リマである.ペルーは、環太平洋火山帯に位置する地震・津波等の災害多発国で あり、太平洋岸ではしばしば巨大地震による津波が発生してきた.記録上の最大の被害をもたらし た地震は1746年にリマ沖で発生し、地震の揺れと津波により首都リマは壊滅的な被害を被った[4]. 本稿では、SX-Aurora TSUBASA によるリアルタイム津波浸水被害予測システムの機能を拡張し、 ペルー・リマ沖の地震津波に対する浸水被害予測システムのプロトタイプを構築するとともに、そ の性能評価とシステム運用に向けた展望について論ずる.

2.ペルーへの適用

津波浸水被害予測を行うために必要な地形・曝露データの整備状況の調査・情報収集を踏まえて、 津波浸水被害予測システムの適用のための地形モデル設計を行った.津波浸水シナリオの推定については、ペルー太平洋岸を対象に行われた既往の研究および研究論文を収集し、対象地域や津波想 定シナリオについての整理を行った.

リマ周辺海岸の海底地形・陸上地形データを統合して、津波浸水被害予測のための領域設定、および基盤データ(メッシュデータ)の構築を行った.構築したデータの配置を図1に示す.メッシュデータは、ネスティング配置とし、外海から沿岸部に向けて段階的に解像度を挙げていき、最終的には15mメッシュでの浸水・被害予測計算を行う.



図1 シミュレーションの対象領域と格子配置

表1 シミュレーションの条件

項目	内容
対象地域	ペルー・リマ沖
座標系	直角座標系
格子サイズ	405m, 135m, 45m, 15m
Δt	0.25 秒
再現時間	6 時間

表2 性能評価を行ったシステムの諸元

	ベクトルエンジン
型名	Type 20B
CPU 数(カード数)	1
全コア数	8
総理論性能	2.4 Tflop/s (DP)
メモリ容量	48 GB
コンパイラ	NEC nfort 3.5.0
MPI ライブラリ	NEC MPI/Scalar-Vector Hybrid (MPI Version 3.0.0)

津波浸水被害推計シミュレーションは、非線形長波理論式を Staggered Leap-frog 法と移流項の風 上差分を用いて差分化し、津波波源を求める Okada の式と建物等の被害推計を行うモデルを組み込 んでいる[5,6,]. 階層型格子では格子サイズ 405m の Domain1 から 15m の Domain4 までの4 階層の 格子からなり、多角形格子を採用している(図 1).

計算は、既報に基づく方法・プログラムを用いて実施した[7,8,9]. シミュレーションの実施環 境は、東北大学サイバーサイエンスセンターのシステム(AOBA-A)を用いた. AOBA-Aは、NEC 製の「SX-Aurora TSUBASA」のプロセッサ「Vector Engine」(ベクトルエンジン、VE)を搭載した スーパーコンピュータであり、このプロセッサは、デスクトップサイズのタワー型サーバから構築 可能で、使用ニーズに応じて拡張が可能であることが利点である.

3. 性能評価

津波浸水予測シミュレーションの性能評価として、Villegas-Lanza et al.(2016)によるペルー沖のプレート境界型地震 (Mw8.9) による浸水予測計算を行った[10]. その結果を図2に示す.本研究チームによるシミュレーション結果 (既報) [11,12,13,14]とも整合しており、十分な妥当性が得られていると判断した.

図3には、地震発生から30分後の津波の伝播・浸水状況を可視化したものである。リマ沖で発生した津波は約30分で海岸に到達しており、津波浸水予測を到達前に終了するための時間的目安は30分である。

図4に示すのは「SX-Aurora TSUBASA」システムを利用した場合の、6時間先までのシミュレーションの実行時間とコア数(並列数)の関係である.今回はサイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータ AOBA で実施したが、SX-Aurora TSUBASA の構成を考慮すると、研究室レベルで保有している計算機システムにおいても 30 分以内にシミュレーションを終了することが可能であることを実証することができた.これにより、巨大地震津波発生時の被害予測をリアルタイムで実施することが可能であり、本プロジェクトの目的である統合型エキスパートシステムの津波被害予測機能として導入可能であることが示された.



図2Mw8.9の地震シナリオによる津波浸水予測の検証(左:地震断層破壊による海底地盤の変動, 右:最大浸水深分布)

10*

12%





図4 SX-Aurora TSUBASA による津波浸水シミュレーションのパフォーマンス. 図中の数字は6時 間先の予測に必要な計算時間(分).

4. おわりに

筆者らのグループが開発したリアルタイム津波浸水被害予測システムの国際展開に向けた検討 を行った.ペルー・リマ沖で発生する地震津波を想定し、シミュレーションを実施する場合に必要 となる計算資源の検討を行った.津波の到達が想定される 20 分の予測に必要な並列数(コア数) はわずか16 であり、64 並列では5 分程度で予測可能であることが分かった.すなわち、実用上十 分な予測時間でのシステム構築が可能であることを明らかにした.

謝辞

研究にあたってサイバーサイエンスセンターの関係各位にご指導とご協力を頂いた.また,本研 究の一部は, SATREPS プロジェクト(グラントナンバーPMJSA2008)および JSPS 科研費(21H05001) の補助を受けた.

参考文献

- Akihiro Musa, Osamu Watanabe, Hiroshi Matsuoka, Hiroaki Hokari, Takuya Inoue, Yoichi Murashima, Yusaku Ohta, Ryota Hino, Shunichi Koshimura and Hiroaki Kobayashi, Real-time tsunami inundation forecast system for tsunami disaster prevention and mitigation, Journal of Supercomputing, 74, 3093–3113, 2018. doi:10.1007/s11227-018-2363-0
- [2] Akihiro Musa, Takashi Abe, Takuya Inoue, Hiroaki Hokari, Yoichi Murashima, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo, Shunichi Koshimura, and Hiroaki Kobayashi, A Real-Time Tsunami Inundation Forecast System Using Vector Supercomputer SX-ACE, Journal of Disaster Research, 13(2), 234-244, 2018. doi: 10.20965/jdr.2018.p0234
- [3] 日本経済新聞リーダーズビジョン、スパコンは激甚災害から国を救うインフラに~実稼働した 津波浸水被害推計システムの真価~、<u>https://ps.nikkei.com/leaders/interview/spctsunami2207/</u>(閲覧 日 2022.9.11)
- [4] Cesar Jimenez, Nabilt Moggiano, Erick Mas, Bruno Adriano, Shunichi Koshimura, Yushiro Fujii, and Hideaki Yanagisawa, Seismic Source of 1746 Callao Earthquake from Tsunami Numerical Modeling, Journal of Disaster Research, 8(2), 266-273, 2013. doi: 10.20965/jdr.2013.p0266
- [5] Koshimura, S., Oie, T., Yanagisawa, H., Imamura, F., "Developing fragility functions for tsunami damage estimation using numerical model and post-tsunami data from Banda Ache, Indonesia," Coastal Engineering Journal, JSCE, 51(3),243-273, 2009.
- [6] Y. Okada, "Internal Deformation due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space," Bulletin of the Seismological Society of America, 82(2), 1018-1040, 1992.
- [7] 越村 俊一, 阿部 孝志, 井上 拓也, 撫佐 昭裕, 村嶋 陽一, 鈴木 崇之, 太田 雄策, 日野 亮太, 佐藤 佳彦, 加地 正明, 小林 広明, リアルタイム津波浸水被害予測の全国展開に向けた検討, SENAC, 52(2), 2-8, 2019
- [8] 撫佐 昭裕, 岸谷 拓海, 阿部 孝志, 佐藤 佳彦, 田野 邊睦, 鈴木 崇之, 村嶋 陽一, 佐藤 雅之, 小松 一彦, 伊達 進, 越村 俊一, 小林 広明, リアルタイム津波浸水被害推計シミュレーション の性能評価, SENAC, 53(2), 10-18, 2020.
- [9] 撫佐昭裕, 阿部孝志, 佐藤雅之, 小松一彦, 小林広明, 越村俊一, 津波浸水被害推計シミュレー ションの ベクトル・スカラーハイブリッド MPI の評価, SENAC, 54(4), 1-8, 2021.
- [10] J. C. Villegas-Lanza, M. Chlich, O. Cavalié, H. Tavera, P. Baby, J. Chire-Chira, J.-M. Nocquet, Active tectonics of Peru: Heterogeneous interseismic coupling along the Nazca megathrust, rigid motion of the Peruvian Sliver, and Subandean shortening accommodation, Journal of Geophysical Research Solid Earth, 121(1), 7371-7394, 2016. doi:10.1002/2016JB013080

- [11] Bruno Adriano, Erick Mas, Shunichi Koshimura, Yushiro Fujii, Sheila Yauri, Cesar Jimenez, and Hideaki Yanagisawa, Tsunami Inundation Mapping in Lima, for Two Tsunami Source Scenarios, Journal of Disaster Research, 8(2), 274-284, 2013. doi: 10.20965/jdr.2013.p0274
- [12] Cesar Jimenez, Nabilt Moggiano, Erick Mas, Bruno Adriano, Yushiro Fujii, and Shunichi Koshimura, Tsunami Waveform Inversion of the 2007 Peru (Mw8.1) Earthquake, Journal of Disaster Research, 9(6), 954-960, 2014. doi: 10.20965/jdr.2014.p0954
- [13] Erick Mas, Bruno Adriano, Nelson Pulido, Cesar Jimenez, and Shunichi Koshimura, Simulation of Tsunami Inundation in Central Peru from Future Megathrust Earthquake Scenarios, Journal of Disaster Research, 9(6), 961-967, 2014. doi: 10.20965/jdr.2014.p0961
- [14] Bruno Adriano, Erick Mas, Shunichi Koshimura, Miguel Estrada, and Cesar Jimenez, Scenarios of Earthquake and Tsunami Damage Probability in Callao Region, Peru Using Tsunami Fragility Functions, Journal of Disaster Research, 9(6), 968-975, 2014. doi: 10.20965/jdr.2014.p0968

[共同研究成果]

直接数値解析を用いた複合剪断流における亜臨界遷移現象の研究

— 直交した流れが局在乱流パターンに与える非線形相互作用 —

松川 裕樹†・塚原 隆裕‡

[†]東京理科大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 [‡]東京理科大学 理工学部 機械工学科

円管内や平行平板間などの壁乱流における亜臨界遷移現象のメカニズム・普遍則の解明に対し ては理論的アプローチが困難で、従来は風洞や大規模な流路実験に頼ってきた.しかし近年の計 算機技術の急速な進歩により、流れ場を数値的に取り扱う数値流体力学が発展するようになった. 本研究は大型ベクトル並列計算機(東北大学サイバーサイエンスセンター所有のスーパーコンピ ュータ群 AOBA)を活用することで、同心二重円筒の内外円筒の周方向回転と軸方向圧力勾配駆 動が合わさった複合剪断流(Taylor-Couette-Poiseuille 流)に対して大規模な直接数値解析を実施 し、亜臨界遷移現象の解明を目指した研究である.また、双方の駆動の大きさが拮抗した際に、 従来観測されていた主流方向に対し傾斜した局在乱流構造とは異なる、輪状の局在乱流構造が現 れることを発見した.

1. 序論

我々は日常生活を通してさまざまな形で流体の恩恵を受けている.例えば炊事・洗濯に用いる 生活用水に始まり、ヒートパイプや油圧機器といった工業製品として生活に利用しているほか、 呼吸を通して空気を取り入れたり血液として酸素を体内に巡らせたりと、内的な利用も無意識の うちに行っている.そのため我々は古代から流体に親しみ生活に利用してきた.しかし、流体力 学として確立されてきたのはここ数百年のことで、流体研究は従来、風洞実験や水路実験を用い て行われてきた.近年計算機技術の急激な進歩により流れ場を数値的に取り扱う数値流体力学 (computational fluid dynamics, CFD)が発展し、流体現象の理解・予測・制御に大きく貢献してお り、特に複雑な流体現象を再現するには膨大な格子数を要するためスーパーコンピュータ等の高 性能な計算機が必要となる.流体流れは層流と乱流に大別することができ、層流では整った流れ を呈し、その挙動は予測が比較的容易であるが、乱流では非線形性により流れが複雑となり、摩 擦抵抗増大・伝熱特性向上といった特徴があるため工業的には乱流の促進・抑制が重要となる. したがって乱流制御をする上で、層流・乱流の切り替わりである遷移域の研究は理学・工学の両 側面から重要なものとなる.

壁面剪断流は線形安定性理論により求められる(これ以上では無限小撹乱に対して基本流が不 安定となる)層流維持限界の線形安定臨界(局所安定臨界)レイノルズ数 ReL 以下の亜臨界遷移 域でも乱流を維持することができ、時空間的な間欠性を持つ^{[1][2]}. この間欠的な乱流構造は大域的 安定臨界レイノルズ数 Reg まで維持することが可能であり、その形状から、乱流パフ(turbulent puff)、乱流稿(stripe)、乱流帯(band)などと呼ばれる. 例えばパイプ流は最も基本的な流路であ り、Reynolds^[3]の実験により層流・乱流・遷移状態のスケッチが行われたのは非常に有名である. パイプ流は線形安定性解析によると ReL=∞であり、非常に注意深く流体を流せば乱流へ遷移する ことはないはずである. しかし実際にはそのようなことは起きず、有限振幅撹乱に対して不安定 となるため、線形安定性だけではなく非線形安定性も考慮する必要がある. パイプ流の亜臨界遷 移域ではパフやスラグと呼ばれる局在的な乱流塊が現れることが知られており、パフはスラグに 比べて発生するための擾乱が大きくなければならないが低 Re で発生し、スラグと異なり乱流塊が 拡大することはない.パフを十分長い流路内に発生させ,長時間観察すると分裂を繰り返す.しかしレイノルズ数が小さいとパフが消滅し完全な層流状態に至り,そこから自発的に乱流域が発生することはない. Avila et al.^[4]はこのパフの分裂・消滅に着目し,生成されたパフが次の分裂までに要する時間とパフが消滅するまでの減衰時間を算出し,両者の観測結果を近似した二重指数関数が交わるレイノルズ数で統計的平衡状態が実現するとして Re = 2040 ± 10 を Reg と決定づけた.この発見は乱流遷移研究の大きなブレイクスルーとなり,Pomeau^[5]が提唱した局在乱流構造の時空間的間欠性と非平衡統計物理における有向浸透現象 (directed percolation, DP) との関連づけについて,改めて注目されるきっかけとなった.

このような亜臨界遷移の研究はパイプ流のような一次元系だけでなく二次元系でも報告されている. 平行平板間内流れでは平面 Couette 流^[6]や平面 Poiseuille 流^[7]において主流に対して傾いたストライプ状の局在乱流構造(乱流縞)が観測される. それぞれの系の *Reg*に近づくにつれて乱流縞はより断続的となり,局所的な乱流帯が不規則に分布した状態となる. この局在乱流の振る舞いの臨界現象はパイプ流と同様 DP 普遍性に紐づけられる^{[8][9]}. 以上のことから,局在乱流の振る舞いを調べることは *Reg* 近傍の臨界現象の知見を深めるほか, *Reg* を決定するという点において重要であると言える.

亜臨界遷移の帯状の局在乱流は Taylor-Couette 流 (Taylor-Couette flow, TCf) において Coles^[10]が 最初に発見した. TCf は同心二重円筒の内円筒と外円筒を周方向に回転させて流体を駆動する系 で,円筒の回転速度に応じてさまざまな構造が現れることが知られている[11]. TCf では,内円筒 と外円筒の半径の比(以降は円筒比η≡rin/routと呼称)が大きい高円筒比において、内円筒と外円 筒が対向回転すると亜臨界遷移となり, spiral turbulence (SPT) と呼ばれる乱流縞構造が現れる. Andereck *et al.*^[11]は η = 0.883 において実験により詳細な状態遷移図を作成し,以降の TCf 研究に おける重要な指標となっている. 高円筒比 TCf は幾何的に 2 枚の平行平板をスライドさせて流体 を駆動させる平面 Couette 流 (plane Couette flow, pCf) に形状が近いため Prigent et al.^[6]が実験によ って pCf でも同様のストライプ構造が現れることを発見した.また, Tsukahara et al.^[7]により平行 平板間に圧力勾配駆動を与える平面 Poiseuille 流 (plane Poiseuille flow, pPf) においてもストライプ 構造が現れることが直接数値解析 (direct numerical simulation, DNS) によって明らかになっている. さらに大規模な DNS により pPfの乱流縞が Rer≤44 においても半永久的に維持することが可能で あることを見出した^{[12][13]}. さらに, pCf や pPf で現れる縞状/帯状構造の周囲に, 大規模な二次 流れが生じることがわかっている^{[12][14]}. TCf のような環状流においても亜臨界遷移はよく研究さ れており、二重円筒の軸方向に圧力勾配を与えた環状 Poiseuille 流 (annular Poiseuille flow, aPf) で は $\eta \ge 0.5$ において helical turbulence (HLT) と呼ばれる螺旋状の局在乱流構造が現れる^[15]. SPT と HLT はどちらも内円筒に巻き付いた局在乱流という点では共通しているが, TCf と aPf では主流 方向が周方向と軸方向で異なるため、乱流域を構成する縦渦が伸長する方向も異なっている.こ れら環状流は高円筒比($\eta \rightarrow 1$)で形状が pCf と pPf に近づくことから同様の縞構造が現れている と考えられる.しかしながら、これら二つの剪断流 (Couette 流と Poiseuille 流) が直交する流れ場 において局在乱流パターンがどのように変化するかは不明である.

本研究対象のTaylor-Couette-Poiseuille 流(Taylor-Couette-Poiseuille flow, TCPf)は同心二重円筒間 内の内外円筒壁面周方向回転(TCf)と軸方向圧力勾配駆動(aPf)が組み合わさった複合剪断流で ある.このような複合剪断流では捩れた三次元境界層を形成している基本流となっており、壁面 からの高さにより流れの方向が異なるため乱流構造が単一剪断流に比べて複雑になる.TCPf は実 験・数値計算を通して数多の研究がなされているがその多くは内円筒回転のみの条件を対象とし ており^{[16][17]},内円筒と外円筒が対向回転する亜臨界遷移を対象とした研究は数少ない^[18].本研究 では軸方向に長い計算領域を持ったTCPf に対してDNS を実施し、複合剪断流の亜臨界遷移現象 を明らかにすることを目的としている.ちなみに DNS では、乱流に内在する主たる構造の全てを 解像しつつ全容を十分に捉える必要があるため、微細な格子幅および広大な計算領域を要する. 特に、局在乱流が形成する空間パターンは大規模であるため、低レイノルズ数条件下とは言え、 大負荷な計算実行を要するため、ベクトル型大型並列計算機の活用は不可欠である.



図 1 Taylor-Couette-Poiseuille 流の模式図.

2. 解析対象と支配方程式

本研究では作動流体を非圧縮性 Newton 流体とし、図1に示すような TCPf に対して DNS を実施した. 乱流現象を忠実に再現できるよう、乱流モデルを一切用いていない. $r_{in}, r_{out}, \Omega_{in}, \Omega_{out}$ はそれぞれ内円筒・外円筒半径、内円筒・外円筒回転角速度を表し、内円筒・外円筒回転速度はそれぞれ $u_{in} = r_{in}\Omega_{in}, u_{in} = r_{out}\Omega_{out}$ となる. 代表長さを両円筒間ギャップ幅 $h = r_{out} - r_{in}$,代表速度を両円筒の相対回転速度 $u_0 = u_{in} - u_{out}$ とすることにより、動粘性係数 v を用いて

$$Re_{\rm in} = \frac{u_{\rm in}h}{\nu}, \ Re_{\rm out} = \frac{u_{\rm out}h}{\nu}, \ Re = \frac{u_0h}{\nu}$$
(1)

と各レイノルズ数を定義する.支配方程式は、円筒座標系の連続の式と Navier-Stokes 方程式:

$$\frac{\partial u_z^*}{\partial z^*} + \frac{1}{r^*} \frac{\partial (r^* u_r^*)}{\partial r^*} + \frac{1}{r^*} \frac{\partial u_\theta^*}{\partial \theta} = 0,$$
⁽²⁾

$$\frac{\partial u_z^*}{\partial t^*} + (u^* \cdot \nabla^*) u_z^* = -\frac{\partial p^*}{\partial z^*} + \frac{1}{Re} \nabla^{*2} u_z^* + \frac{1}{Re} F(P),$$
(3)

$$\frac{\partial u_r^*}{\partial t^*} + (u^* \cdot \nabla^*) u_r^* - \frac{u_{\theta}^{*2}}{r^*} = -\frac{\partial p^*}{\partial r^*} + \frac{1}{Re} \left(\nabla^{*2} u_r^* - \frac{u_r^*}{r^{*2}} - \frac{2}{r^{*2}} \frac{\partial u_{\theta}^*}{\partial \theta} \right), \tag{4}$$

$$\frac{\partial u_{\theta}^*}{\partial t^*} + (u^* \cdot \nabla^*) u_{\theta}^* + \frac{u_r^* u_{\theta}^*}{r^*} = -\frac{1}{r^*} \frac{\partial p^*}{\partial \theta} + \frac{1}{Re} \left(\nabla^{*2} u_{\theta}^* - \frac{u_{\theta}^*}{r^{*2}} + \frac{2}{r^{*2}} \frac{\partial u_r^*}{\partial \theta} \right)$$
(5)

である.式(3)右辺の外力項,軸方向一定圧力勾配駆動力の大きさを表す圧力勾配関数(定数)で,

$$F(P) = -Re\frac{\mathrm{d}P^*}{\mathrm{d}z^*} \tag{6}$$

と定義する.ここで、上付き添え字()*はhまたは u_0 による無次元化を表す.本研究では各レイノルズ数と圧力勾配関数 F(P)をコントロールパラメータとして解析を行った.また、本研究ではAndereck *et al.*^[11]の研究に合わせ、円筒比を全て $\eta = 0.883$ で統一している.

式(2)–(5)のカップリングには Fractional-step 法を用いた.空間的離散化に有限差分法を用い, *z* 方向と θ 方向には四次精度中心差分, *r*方向は不等分割格子として二次精度中心差分を採用した.時間的離散化については*r*方向の粘性項に二次精度 Crank–Nicolson 法を,その他の項には二次精度 Adams–Bashforth 法を用いた.計算領域は全ての条件で $L_z \times L_r \times L_\theta = 256h \times h \times 2\pi r$ であり,格子数は条件に応じて $N_z \times N_r \times N_\theta = 2048 \times 64 \times 256, 2048 \times 64 \times 512, 4096 \times 64 \times 256$ としている.

実行時間 [hh:mm:ss]	8:44:41
CPU 時間 [hh:mm:ss]	69:48:13
実行時間 1 秒あたりの MFLOPS 値	189,260
平均ベクトル長	255.4
ベクトル演算率	98.9 %
MIPS [million instructions/sec]	4,127
CPU ポート競合時間 [sec]	6487

表1 プログラム性能 (SX-Aurora, 1ノード8コア並列時). 100,000 ステップ分の計算結果.



図 2 純粋な aPf のギャップ中央 *z*- θ 面における半径方向速度 $u_r/u_{\tau,z}$ の二次元可視化図: (a) $Re_{\tau,z} =$ 48, (b) $Re_{\tau,z} = 52$. [Matsukawa, Y. & Tsukahara, T., Phys. Fluids, 34, 074109 (2022); licensed under a CC-BY license. Copyright © 2022 The Authors. Published by AIP Publishing.]

数値計算には東北大学サイバーサイエンスセンター所有のスーパーコンピュータ群 AOBA を利用した.使用した計算機は NEC 製のベクトル型スーパーコンピュータ SX-Aurora TSUBASA で, ノード内 OpenMP 並列化を施したコードでの検証である.表1に本研究で実行した計算における 計算性能を示す.

3. 解析結果

3.1 Pure-aPf

TCPfの解析結果を示す前に、Couette 成分が存在しない純粋な aPf (pure-aPf) で実施した DNS の結果について議論する. DNS は軸方向摩擦レイノルズ数 $Re_{r,z} \equiv u_{r,z}h/2v = 48,52$ に対して、計算 領域 ($L_z = 256h$)を用いて亜臨界遷移現象を再現した. この計算領域は Ishida *et al.* ^[15]による aPf の DNS と比較しても十分大きく、大規模な間欠性を維持できる十分な格子解像度を使用している. また、初期条件を十分高いレイノルズ数の完全乱流場として、そこから目標のレイノルズ数 に向けて長い計算時間をかけて準静的に変化させることにより層流・乱流共存場を再現している. 図 2に pure-aPf の可視化結果を示す. $z-\theta$ 平面ギャップ中央で半径方向変動速度 $u_r'/u_{r,z}$ を可視化 した二次元図で、緑色の箇所は速度変動が小さい層流域、赤と青の箇所は変動速度の大きいスト リーク構造が入り乱れた乱流域を示している. 図 2(a)の可視化図では $Re_{r,z} = 48$, (b)の可視化図で



図 3 Set A (*Re*_{in} = 400, *Re*_{out} = -1000) のギャップ中央 *z*-θ 面における半径方向速度 *u*^{*} の二次元可 視化図: *F*(*P*) = (a) 5, (b) 10, (c) 15, (d) 20. [Y. Matsukawa & T. Tsukahara, Phys. Fluids, 34, 074109 (2022); licensed under a CC-BY license. Copyright © 2022 The Authors. Published by AIP Publishing.]

は $Re_{r,z} = 52$ を可視化しているがどちらにおいても局所的な乱流域(HLT)を確認できる. 先行研 究^[15]では一方向の乱流縞が確認されているが,これは本研究と比較して軸方向に短い領域($\eta \ge 0.5$ で $L_z \le 74h$)であったことが原因と考えられる. また,図 2(a)では乱流領域に端点を確認でき ($z^* \approx 100, 130$),これは有限長の縞であることがわかる.

3.2 Set A

Set A (*Re*_{in} = 400, *Re*_{out} = -1000) は軸方向圧力勾配が存在しない状態(pure-TCf)の状態で層流 状態を示し、特徴的な構造は現れないことが先行研究から明らかになっている[11]. 図3はF(P)の 増加に伴う流れ場の変化を示しており、ギャップ中央のz-θ面内における半径方向変動速度ur^{*}= ur/u0の二次元可視化である.図3(a)では特徴的な乱流構造は現れず,完全な層流場となっている. また, F(P)=0 でも同様の可視化図となっており, 先行研究^[11]とも矛盾しない. (b)は F(P)=5, (c) はF(P)=10の可視化図で、どちらも軸方向に長く伸びた局在乱流構造が現れていることが確認で きる. (b)の状態における軸方向摩擦レイノルズ数は内円筒で Re_{r.zin} = 42.3,外円筒で Re_{r.zout} = 41.4 であり、これらの値は pPfの大域的安定臨界レイノルズ数 Reg^{[12][13]}に近い値となっている. また、 (b)では端点を持った有限長の縞であるのに対して、(c)では少なくとも当計算領域(Lz = 256h)で は端点を確認できず無限長の縞となったことから, Reg 近傍においては縞が有限長となることが pure-aPfの結果と合わせて確認できた. さらに, 図 2(a), (b)と異なり, 図 3(b), (c)では乱流縞の方向 が一方向に揃っていることがわかる. Pure-aPf は軸方向の Poiseuille 成分のみを持ち, 周方向の Couette 成分を持たなかった一方で, Set A の図 3(b), (c)は Couette 成分と Poiseuille 成分の両方を持 っため、pure-aPfの持っていた対称性が Couette 成分によって破られたことで縞の向きが一方向に 揃ったものと解釈できる.また,(b),(c)の状態では Couette 成分よりも Poiseuille 成分の方が支配 的となっているため、これらの縞は HLT と見なせる.二点速度相関を基に算出した HLT の間隔 で, (c)の縞のz軸正方向に対する傾き (α) を求めるとα=7°であった. (d)の F(P) = 20 では流れ 場全体が完全乱流に近づいているものの、所々に間欠性が現れていることが確認できる.この構 造は環状 Couette 流 (annular Couette flow, aCf) や偏心 aPf でも確認されており, laminar patch と呼 ばれている[19][20].

3.3 Set B

Set B (Re_{in} = 800, Re_{out} = -2000) は Andereck *et al.*^[11]によると SPT が現れる領域に位置している. 図 4 は Set B のレイノルズ数に対して *F*(*P*)を大きくした際の流れ場の変化を示した可視化図で, 図 3 と同様, ギャップ中央 *z*- θ 面における半径方向変動速度を可視化している. 図 4(a)は *F*(*P*)=0 の pure-TCf の可視化図である.二方向を向いた乱流縞が流れ場全体に現れていることが確認でき,



図 4 Set B ($Re_{in} = 800, Re_{out} = -2000$) のギャップ中央 z- θ 面における半径方向速度 u_r *の二次元可 視化図 : F(P) = (a) 0, (b) 2, (c) 4, (d) 6, (e) 8, (f) 10. [Y. Matsukawa & T. Tsukahara, Phys. Fluids, 34, 074109 (2022); licensed under a CC-BY license. Copyright © 2022 The Authors. Published by AIP Publishing.]

先行研究^[11]からこの縞は SPT であることがわかる. (b)は F(P) = 2の可視化図で, (a)とは異なり, SPT の方向が一方向に揃っていることがわかる. これは pure-aPf の対称性を Couette 成分が破った のと同様, pure-TCf が持つ対称性を Poiseuille 成分が破ったことによるものであると解釈できる. (c)は F(P) = 4の可視化図で, (b)と同様一方向の SPT が現れたが縞の傾きが異なることがわかる. Set A で現れた HLT は F(P) = 10, 15 の両方の条件で z 軸正方向に対して正の傾き (a > 0)を持っ ていたのに対して, 図 4(b), (c)の SPT は負の方向 (a < 0) に傾いていることがわかる. 二点速度 相関を基に算出した SPT の間隔でこの角度を求めると, (b)では $a = -52^{\circ}$ であったのに対して(c)で は $a = -31^{\circ}$ であった. (d)は F(P) = 6の可視化図で, これまでの可視化図とは大きく異なり, 乱流 縞が z 軸に対して垂直 ($a = 90^{\circ}$) に現れている. また, 現れた乱流縞はそれぞれ独立しており, 等間隔で軸方向に整列している. TCPf は環状流であるからこれらの垂直な乱流縞は内円筒に輪状 に巻き付いているものであることがわかる. 以降, この輪状の局在乱流を ring-shaped turbulence (RST)と呼ぶことにする. RST は軸方向の Poiseuille 成分が周方向の Couette 成分と拮抗する大き さとなったことにより現れたものと考えられる. (e)の F(P) = 8ではまだ RST を確認できるもの の, 形状は(d)に比べて崩れている. しかし, この崩れた RST はこの形状を長時間保って下流に伝 播し続ける. さらに(f)の F(P) = 10では図 3(d)で見られたような laminar patch が現れた.

3.4 Set C

Set C ($Re_{in} = 1200$, $Re_{out} = -3000$) は Set B と同様, pure-TCf で SPT が現れるレイノルズ数域に 位置している^[11]. 図 5 の可視化図は Set C のもので,見方は図 4 と同様である. (a)の F(P) = 0 は 二方向の SPT が現れており,先行研究^[11]の結果と矛盾しない. (b)の F(P)=2 ではまだ SPT が二方 向で現れており, (c)の F(P) = 4 でようやく一方向に揃っている. これは Set B の結果と異なって おり,図 5(b)ではまだ Couette 成分の対称性を崩せるほど Poiseuille 成分が大きくないことが原因 だと考えられる. さらに F(P)を大きくすると Set B のときと同様, (d)の F(P)=6 で RST が現れた. Set B で現れた RST と縞の間隔が異なるほか,図 5(a)-(d)の局在乱流が現れていない層流域ではノ イズが入った流れ場となっていることも相違点として挙げられる. (e)の F(P)=8 と(f)の F(P)=10では軸方向に長く伸びた縞状構造が現れた.しかし,他の条件で観測された局所的な乱流構造と は異なり,層流領域と乱流領域の境界が不明瞭で,計算領域全体が乱れていることがわかる.



図 5 Set C ($Re_{in} = 1200, Re_{out} = -3000$) の z- θ 平面ギャップ中央における半径方向速度 u_r ^{*}の二次元 可視化図: F(P) = (a) 0, (b) 2, (c) 4, (d) 6, (e) 8, (f) 10. [Y. Matsukawa & T. Tsukahara, Phys. Fluids, 34, 074109 (2022); licensed under a CC-BY license. Copyright © 2022 The Authors. Published by AIP Publishing.]

3.5 Ring-shaped turbulence

Set B, C で見られた輪状の局在乱流構造, RST を二次元・三次元可視化したものを図 6 に示す. 図 6 で示したものは全て Rein = 800, Reout = -2000, F(P) = 6 で現れた RST である. (a)では RST を三 次元可視化しており、赤が軸方向変動速度 uz*の大きい領域、青が変動速度の小さいストリーク構 造を示している.このような輪状の形状をした局在乱流パターンは他の系では確認されていない. (b)-(d)は RST の z-θ 平面における軸方向変動速度を二次元可視化している (図 4(d)は半径方向変 動速度の可視化). (b)--(d)は可視化している位置が異なり,それぞれ(b)外円筒壁面付近(y*in≡r* $r_{in}^* = 0.9$), (c)ギャップ中央 ($y_{in}^* = 0.5$), (d)内円筒壁面付近 ($y_{in}^* = 0.1$) である. また, (b)外円筒 壁面付近と(d)内円筒壁面付近には壁面剪断応力の方向を矢印で併記している. TCPf は Couette 成 分と Poiseuille 成分が直交する複合剪断流であるため捩れた三次元的な速度分布を形成する. その ため壁面からの高さによって流れの方向が異なっている.また,図 6(b),(d)では軸方向変動速度を 可視化しているため壁面付近で筋状に伸びたストリーク構造を確認することができる.これらの ストリーク構造の向きは矢印で示した壁面剪断応力の方向と概ね一致している.したがって RST を構成する縦渦構造(可視化しているのはストリーク構造だが低速・高速ストリークが並んでい ることは縦渦構造がその場所に存在していることを示唆している)は高さによって向きが異なっ ているにもかかわらず、乱流縞としての大規模な構造自体は壁面からの高さによらず不変である ことがわかる.これまで単一剪断流で確認されてきた乱流縞構造は主流に対して傾いて発現して いたことを踏まえると、RST は円筒の軸に対して垂直ではあるものの、各高さにおける主流方向 に対しては同様に傾いていると考えることができる.

3.6 流れ状態遷移図

前節までに、各レイノルズ数において F(P)に対する局在乱流パターンの依存性を調査し、多様 なパターンが存在することが判明した.改めて整理すると、Set A では有限長・無限長の一方向の 乱流縞 (HLT) が出現した.縞の長さは Poiseuille 成分の大きさに依存し、縞の方向選択性は Couette 成分が pure-aPf の対称性を破ったことにより変化したものである.Set B では F(P)=0 の状態で L_z = 256h の軸方向に十分大きな計算領域を確保していれば二方向の SPT を捉えられ、軸方向圧力勾 配の増加に伴い、一方向 SPT、RST を経由して laminar patch に至ることがわかった.二方向 SPT が一方向 SPT へと切り替わるのは Poiseuille 成分が pure-TCf の持つ対称性を破ることによるもの



図 6 $Re_{in} = 800$, $Re_{out} = -2000$, F(P) = 6における輪状局在乱流構造(ring-shaped turbulence, RST)の 三次元可視化図と二次元可視化図. (a) 三次元可視化図(赤: u_z ^{**} ≥ 0.075 , 青: u_z ^{**} ≤ -0.075). $z-\theta$ 面の軸方向変動速度の二次元可視化: $y^*_{in} = (a) 0.9$, (b) 0.5, (c) 0.1. [Y. Matsukawa & T. Tsukahara, Phys. Fluids, 34, 074109 (2022); licensed under a CC-BY license. Copyright © 2022 The Authors. Published by AIP Publishing.]

である. RST は内円筒に輪状に巻き付いた局在乱流構造で,それぞれの縞は独立して存在し,軸 方向に等間隔に整列する. Set C は set B に似たパターン変化をするが,二方向 SPT から一方向に 切り替わる *F*(*P*)の閾値が異なり,*F*(*P*)=8,10 では軸方向に長い縞状構造が現れるという特徴があ る.これらの流れのパターンを,層流状態も含めて 8 種に分類し,図 7 の状態遷移図で整理した.

— 39 —



図 7 η = 0.883 の TCPf における流れの状態遷移図: (a) *F*(*P*) vs *Re*, (b) *Re*_{*t,z*} vs *Re*_{*t,θ*}. (a) と(b)はどち らも Poiseuille 成分と Couette 成分の比を表している. 下部に示したコンターは計算領域のギャッ プ中央面全体における速度変動の瞬時場である. [Y. Matsukawa & T. Tsukahara, Phys. Fluids, 34, 074109 (2022); licensed under a CC-BY license. Copyright © 2022 The Authors. Published by AIP Publishing.]

図 7 の(a), (b)はどちらも軸方向の Poiseuille 成分と周方向の Couette 成分の比を軸に取ったものだが、(a)では圧力勾配関数 F(P)と内外円筒の相対速度に基づくレイノルズ数 $Re = Re_{in} - Re_{out}$ を比較し、(b)では軸・周方向の摩擦レイノルズ数 $Re_{r,z}$, $Re_{r,\theta}$ を比較しているという点で異なる.状態遷移図の全容と詳細で不明確な領域もあり、引き続き系統的調査が必要である.

4. 結言

本研究では $\eta = 0.883$ の Taylor-Couette-Poiseuille 流に対して DNS を実施し, 亜臨界遷移現象を 調査した. コントロールパラメータは軸方向圧力勾配関数 F(P)と, 内円筒・外円筒の回転速度に 基づくレイノルズ数 Re_{in} , Re_{out} である. TCf で層流となるレイノルズ数 (set A: $Re_{in} = 400$, $Re_{out} = -1000$) と SPT が現れるレイノルズ数 (set B: $Re_{in} = 800$, $Re_{out} = -2000$, C: $Re_{in} = 1200$, $Re_{out} = -3000$) に対して軸方向圧力勾配を付加することによって TCPf の局在乱流パターンを調査した.

TCPf において, RST 等を含む様々な流れパターンの存在が明らかになったが,当該系にはパラ メータが多く存在しているため、本研究の結果はその一端を解明したものにすぎない. 今後,パ ラメータをさらに変化させ、亜臨界遷移現象のメカニズム解明を目指すには高解像度の大規模計 算を効率よく行う必要がある.引き続き東北大学サイバーサイエンスセンターとの共同研究を通 して大規模科学計算システム AOBA の高性能スーパーコンピュータ群を積極的に活用することで 本研究のさらなる発展が望まれる.

本研究結果の詳細については既報[21]を参照されたい.

謝辞

本研究は、東北大学サイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータを利用すること で実現することができた.また、研究にあたっては同センター関係各位に有益なご指導とご 協力をいただいた.本研究は JSPS 科研費(基盤研究(B) JP19H02071)の助成を受けて行われ たものである.記して、感謝の意を表する.

参考文献

- P. Manneville, "Transition to turbulence in wall-bounded flows: Where do we stand?," *Mech. Eng. Rev.* 3, 15-00684 (2016).
- [2] L. S. Tuckerman, M. Chantry, and D. Barkley, "Patterns in wall-bounded shear flows," Ann. Rev. Fluid Mech. 52, 343–367 (2020).
- [3] O. Reynolds, "An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels," *Philos. Trans. R. Soc.* 174, 935–982 (1883).
- [4] K. Avila, D. Moxey, A. De Lozar, M. Avila, D. Barkley, and B. Hof, "The onset of turbulence in pipe flow," *Science* 333, 192–196 (2011).
- [5] Y. Pomeau, "Front motion, metastability and subcritical bifurcations in hydrodynamics," *Phys. D* 23, 3–11 (1986).
- [6] A. Prigent, G. Grégoire, H. Chaté, O. Dauchot, and W. van Saarloos, "Large-scale finite-wavelength modulation within turbulent shear flows," *Phys. Rev. Lett.* 89, 014501 (2002).
- [7] T. Tsukahara, Y. Seki, H. Kawamura, and D. Tochio, "DNS of turbulent channel flow at very low Reynolds numbers," in Proceedings of 4th International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena, 935–940 (2005).
- [8] M. Sano and K. Tamai, "A universal transition to turbulence in channel flow," Nat. Phys. 12, 249–253 (2016).
- [9] G. Lemoult, L. Shi, K. Avila, S.V. Jalikop, M. Avila, & B. Hof, "Directed percolation phase transition to sustained turbulence in Couette flow," *Nat. Phys.*, 12, 254–258 (2016).
- [10] D. Coles, "Transition in circular Couette flow," J. Fluid Mech. 21, 385–425 (1965).
- [11] C. D. Andereck, S. S. Liu, and H. L. Swinney, "Flow regimes in a circular Couette system with independently rotating cylinders," J. Fluid Mech. 164, 155–183 (1986).
- [12] 塚原,石田,"平面 Poiseuille 流の亜臨界遷移における下臨界レイノルズ数",日本流体力学会 誌:ながれ 34,383–386 (2015).
- [13] M. Shimizu and P. Manneville, "Bifurcations to turbulence in transitional channel flow," *Phys. Rev. Fluids*, 4, 113903 (2019).
- [14] X. Xiao and B. Song, "Kinematics and dynamics of turbulent bands at low Reynolds numbers in channel flow," *Entropy* 22, 1167 (2020).
- [15] T. Ishida, Y. Duguet, and T. Tsukahara, "Transitional structures in annular Poiseuille flow depending on radius ratio," J. Fluid Mech. 794, R2 (2016).
- [16] J. M. Nouri and J. H. Whitelaw, "Flow of Newtonian and non-Newtonian fluids in a concentric annulus with rotation of the inner cylinder," *J. Fluids Eng.* **116**, 821–827 (1994).
- [17] M. Manna, A. Vacca, and R. Verzicco, "Reverse transition of a turbulent spiral Poiseuille flow at Ta = 1500," J. Fluid Mech. 941, A6 (2022).
- [18] J. Langenberg, M. Heise, G. Pfister, and J. Abshagen, "Convective and absolute instabilities in counterrotating spiral Poiseuille flow," *Theoret. Comput. Fluid Dynamics*, 18, 97–103 (2004).
- [19] K. Kunii, T. Ishida, Y. Duguet, and T. Tsukahara, "Laminar-turbulent coexistence in annular Couette flow," J. Fluid Mech. 879, 579–603 (2019).
- [20] K. Yatsushiro, Y. Horimoto, and T. Tsukahara, "Visualization of intermittent turbulent structure in eccentric annular pipe flow," *in Proc. the 13th Pacific Symp. on Flow Visualization and Image Processing*, 7 (2022).
- [21] Y. Matsukawa and T. Tsukahara, "Subcritical transition of Taylor–Couette–Poiseuille flow at high radius ratio", *Phys. Fluids* **34**, 074109 (2022).

[スーパーコンピュータ AOBA のお知らせより]

東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システムウェブサイトに掲載されたお知らせの一部を転載しています。 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/information/

コンパイラのバージョンアップについて

2022 年 9 月 5 日に AOBA のコンパイラをバージョンアップいたします。

システム	コンパイラ名	旧バージョン	新バージョン	ドキュメント
AOBA-A	Fortran	3.4	3.5	SX-ATマニュアル
	Compiler			
	C/C++ Compiler	3.4	3.5	
AOBA-B	Intel Compiler	oneAPI 2022.1	oneAPI 2022.2	oneAPIマニュアル関連
	₩1			

※1 Intel oneAPI 2022.2 の環境変数設定ファイルは、bash 向けのみの提供

(共同利用支援係,共同研究支援係)

商用アプリケーションのバージョンアップについて

数式処理システム「Mathematica」のバージョンアップを行いましたのでお知らせいたします。 新機能の概要、機能の詳細については開発元 Web サイトをご参照ください。

Mathematica

- バージョン:13.1
- ・バージョンアップ日:2022年9月5日
- ・サービスホスト:フロントエンドサーバ
- ・起動コマンド: (GUI版) mathematica (テキスト版) math
- ・開発元 Web サイト: https://www.wolfram.com/mathematica/new-in-13/

(共同利用支援係)

学部学生のためのスーパーコンピュータ無償提供制度について

東北大学サイバーサイエンスセンターでは、学部学生(3年生、4年生)が、卒業論文等作成のため に大規模科学計算システムを無料利用できる制度を実施いたします。希望者は以下を確認頂き申請書 に必要事項を記入の上、お申し込みください。

本センター教員が内容を審査の上、採択となった研究課題については、以下の期間大規模科学計算 システムを無料で利用する(利用ノード時間に上限あり)ことができます。 1. 応募期間

- ・<u>第一回 令和4年10月1日(土)~令和4年10月21日(金)</u>
- ・第二回 令和4年12月1日(木)~令和4年12月21日(水)

2. 利用期間

採択日~令和5年3月29日(水)

3. 応募詳細

- ・研究成果を学術論文誌等において発表する場合は、謝辞等で本センターの貢献を明記してください。
- ・年度末に成果報告書を提出して頂きます。
- ・申し込みには指導教員の承認が必要となります。
- ・高等専門学校生については本科5年生および専攻科生を対象といたします。

4. 応募方法

応募される方は、本センターのウェブサイト(<u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/</u>)の「各種申請用 紙」から「学部学生のためのスーパーコンピュータ無償提供制度申請書」をダウンロードし、必要事 項を記入して電子メールでお申し込みください。 (送り先)E-mail:edu-prog@cc.tohoku.ac.jp

5.問い合わせ先 共同利用支援係 TEL :(022)795-6251 E-mail:cc-uketuke@grp.tohoku.ac.jp

(共同利用支援係)

— SENAC 執筆要項 —

1. お寄せいただきたい投稿内容

サイバーサイエンスセンターでは、研究者・技術者・学生等の方々からの原稿を募集しております。 以下の内容で募集しておりますので、皆さまのご投稿をお待ちしております。なお、一般投稿いただ いた方には、謝礼として負担金の一部を免除いたします。

- 一般利用者の方々が関心をもたれる事項に関する論説
- ・センターの計算機を利用して行った研究論文の概要
- ・プログラミングの実例と解説
- ・センターに対する意見、要望
- ・利用者相互の情報交換

2. 執筆にあたってご注意いただく事項

- (1) 原稿は横書きです。
- (2)術語以外は、「常用漢字」を用い、かなは「現代かなづかい」を用いるものとします。
- (3)学術あるいは技術に関する原稿の場合、200字~400字程度のアブストラクトをつけてください。
- (4)参考文献は通し番号を付し末尾に一括記載し、本文中の該当箇所に引用番号を記入ください。
 - ・雑誌:著者,タイトル,雑誌名,巻,号,ページ,発行年
 - ・書籍:著者,書名,ページ,発行所,発行年

3. 原稿の提出方法

原稿のファイル形式はWordを標準としますが、PDFでの提出も可能です。サイズ*は以下を参照してください。ファイルは電子メールで提出してください。

- 用紙サイズ・文字サイズ等の目安-
 - ・<u>サイズ:A4</u>
 - ・余白:上=30mm 下=25mm 左右=25mm 綴じ代=0
 - ・標準の文字数(45 文字 47 行)
 - ・表題=ゴシック体 14pt 中央 ・副題=明朝体 12pt 中央
 - ・氏名=明朝体 10.5pt 中央
 - ・所属=明朝体 10.5pt 中央
 - ・本文=明朝体 10.5pt
 - ・章・見出し番号=ゴシック体 11pt~12pt *余白サイズ、文字数、文字サイズは目安とお考えください。

4. その他

- (1)一般投稿を頂いた方には謝礼として、負担金の一部を免除いたします。免除額は概ね1ページ 1万円を目安とします。詳細は共同利用支援係までお問い合わせください。
- (2) 投稿予定の原稿が15ページを超す場合は共同利用支援係まで前もってご連絡ください。
- (3)初回の校正は、執筆者が行って、誤植の防止をはかるものとします。
- (4) 原稿の提出先は次のとおりです。

東北大学サイバーサイエンスセンター内 情報部情報基盤課共同利用支援係

- e-mail cc-uketuke@grp.tohoku.ac.jp
- TEL 022-795-3406

スタッフ便り

With コロナの中、燧ヶ岳に登ってきました。燧ヶ岳は東北以北でもっとも高い山(標高 2,356m) で、百名山の一つです。場所が福島県の尾瀬国立公園になるので、尾瀬の散策も兼ねて登ってきまし た。初日はとてもいい天気で、湿原の黄色や緑、キラキラ光る尾瀬沼、抜けるような青空と燧ヶ岳の 風景を堪能しました。翌日は曇り空の中朝5時半に尾瀬沼の山小屋を出発し、沼尻平、ナデツ窪を経 由し、俎嵓(標高 2,346m)と柴安嵓(標高 2,356m)に登りました。柴安嵓からは尾瀬ヶ原と尾瀬沼が きれいに見え、関東の山々(赤城山、日光白根山、男体山、女峰山)も雲海の中に顔を出していまし

た。だんだんと雲行きが怪しくなってきたので長英新道 ヘ下山を開始すると、丁度 9 合目のところでうっすら と富士山を見ることができました。福島県から富士山が 見えることには驚きましたが、曇り空の中で見ることが できたのはとてもラッキーでした。長英新道の森の中で は雨も本降りになりましたが、木々がしっとりと濡れ、 尾瀬の雨も風情があるなと感じました。翌日の帰路で は、尾瀬散策中に登山家 YouTuber とも出会い、今回の 山行はめったに経験できないものになりました。(A. M)



4月からサイバーサイエンスセンターに異動になりました。既に半年が経過しましたが、その間、 定例のセンター会議や学外会議の開催準備と議事録作成に追われ、あっという間に時間が過ぎたよ うに感じます。私は、これまでに東北大学で学部、研究所で総務の業務を担当し、その後、他大学 に異動し主に学生への経済支援の業務を担当していました。この度、3年ぶりに東北大学に戻って きましたが、事務の環境も変わり、DXの推進などで新たに覚えることも多く大変さも感じますが、 前向きに取り組んでいます。現在、本センターでは、新たな研究部を設置するなど組織の拡充が行 われています。このような状況に対応するため、これまでの議論の経緯を踏まえて各種会議の準備 などをしています。本センターの発展に少しでも貢献できるよう努力したいと思いますので、よろ しくお願いいたします。(Y.K)



SENAC 編集部会

滝沢寛之	水木敬明	後藤英昭	高橋慧	素智
今野義則	早坂和勝	大泉健治	小野	敏
斉藤くみ子	•			

	令和4年10月発行
編集・発行	東北大学
	サイバーサイエンスセンター
	仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3
	郵便番号 980-8578
PDF 作成	株式会社 東誠社

スーパーコンピュータ AOBA システム一覧

計算機システム	機種
サブシステム AOBA-A	SX-Aurora TSUBASA
サブシステム AOBA-B	LX 406Rz-2
クラウドサービス AOBA-C	SX-Aurora TSUBASA

サーバとホスト名

ログインサーバ	login.cc.tohoku.ac.jp
データ転送サーバ	file.cc.tohoku.ac.jp

サービス時間

利用システム名等	利用時間帯
サブシステム AOBA-A	連続運転
サブシステム AOBA-B	連続運転
クラウドサービス AOBA-C	連続運転
各種サ ー バ	連続運転
大判プリンタ	平日 9:00~16:00

サブシステム AOBA-A の利用形態と制限値

利用形態	キュー名	VE 数※	実行形態	最大経過時間 既定値/最大値	メモリサイズ
無料	sxf	1	1VE (VH を共用する)	1 時間/1 時間	
土右	SX	1 2~256	1VE (VH を共用する) 8VE 単位で確保	79 時間 /790 時間	490D V VE ₩r
771	sxmix	2~8	(VH を共用しない) 1VE 単位で確保 (VH を共用する)	(2 时间)/(20 时间)	400D ^ VE
占有			個別設定		

※2VE以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

サブシステム AOBA-B の利用形態と制限値

利用形態	キュー名	ノード数※	最大経過時間 既定値/最大値	メモリサイズ
共有	lx	1~16	72 時間/720 時間	
占有	個別設定		23000人/一下数	

※2ノード以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

クラウドサービス AOBA-C の利用形態と制限値

利用形態	キュー名	VE 数※	実行形態	最大経過時間 既定値/最大値	メモリサイズ
		1	1VE (VH を共用する)		
共有	SXC	2~512	8VE 単位で確保 (VH を共用しない)	72 時間/720 時間	48GB×VE 数
占有			個別設定		

※2VE以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

東北大学サイバーサイエンスセンター 人人 大規模科学計算システム広報 Vol.55 No.4 2022-10

[大規模科学計算システム]

クラウドサービスAOBA-Cの運用開始について	1
クラウドサービスAOBA-C用鍵ペアの作成とログイン方法	3
クラウドサービスAOBA-C用バッチリクエストによるジョブの実行方法	6
クラウドサービスAOBA-C用ストレージシステムの利用法	8
利用申請と利用負担金について	15

[共同研究成果]

リアルタイム津波浸水被害予測の国際展開に向けた検討	•••••	越村 俊一	26
		阿部 孝志	
		ADRIANO Bru	ino
		MAS Erick	
		撫佐 昭裕	

直接数値解析を用いた複合剪断流における亜臨界遷移現象の研究 松川 裕樹 32 塚原 隆裕

[スーパーコンピュータAOBAのお知らせより]	
コンパイラのバージョンアップについて	42
商用アプリケーションのバージョンアップについて	42
学部学生のためのスーパーコンピュータ無償提供制度について	42
執筆要項	44
スタッフ便り	45