GSIC年報 Annual Report 2023/2024

第22号(最終号)

東京工業大学 学術国際情報センター



2023/2024 年度 年報 目次

巻頭言	1
トピックス	5
トピック1 もっとみんなのスパコン TSUBAME4.0 の稼働開始	5
トピック2 大規模言語モデル、Fugaku-LLM プロジェクト、Swallow プロジェクト	7
トピック 3 野球の変化球「スイーパー」の解明	9
1. 組織・運営1	1
1-1 沿革	1
1-2 組織図1	12
1-3 教員一覧および人事異動1	13
1-4 事務組織1	4
1-5 各種委員会メンバー一覧1	16
1-6 運営委員会開催状況2	20
2. 情報基盤サービス	23
2-1 スーパーコンピュータシステム2	23
2-1-1 構成 2	23
2-1-2 運用2	25
2-1-3 実績2	26
2-2 教育用電子計算機システム3	30
2-2-1 概要3	30
2-2-2 構成3	30
2-2-3 運用3	31
2-2-4 実績3	32
2-3 ホスティングサービス3	37
2-4 ネットワークシステム3	39
2-4-1 有線ネットワーク(Titanet4)3	39
2-4-2 無線ネットワーク(Titanet4 wireless)4	10
2-4-3 サーバ代行サービス (DNS サーバ代行サービス、WWW サーバ代行サービス). 4	11
2-4-4 その他	13
2-5 情報セキュリティ(CERT)4	16
2-6 キャンパス共通認証・認可システム4	19
2-6-1 構成4	19
2-6-2 運用4	19
7_6_3 宝结	50

	2-7 ソフトウェア包括契約	53
	2-7-1 概要	53
	2-7-2 運用	54
	2-7-3 実績	56
	2-8 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究	58
	2-9 HPCI (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)の運用と資源
	提供	64
	2-10 TSUBAME 共同利用サービス 有償の学術利用と産業利用	68
	2-11 TSUBAME 公募型共同利用支援制度	72
	2-11-1 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度	72
	2-11-2 萌芽的研究課題支援制度	73
3.	3. イベント及びアウトリーチ活動	77
	3-1 国際会議 SC23 におけるブース出展	77
	3-2 第 29 回スーパーコンピューティングコンテスト	79
	3-3 講習会	80
4.	4. 広報活動	83
	4−1 マスコミ報道等	83
	4-2 見学者受入状況	90
5.	5. 外部との連携	93
	5-1 富士通次世代コンピューティング基盤協働研究拠点	93
	5-2 ADAC	93
	5–3 NII	93
6.	6. 予算概要 (法人運営費・外部資金)	
7.	7. 研究部門活動報告	97
	7-1 情報支援部門	97
	教授 杉野 暢彦 (認証・ネットワーク分野)	97
	教授 友石 正彦 (認証・ネットワーク分野)	98
	教授 西崎 真也 (情報基盤活用分野)	100
	教授 松浦 知史 (情報セキュリティ分野)	101
	マネジメント准教授 北口 善明 (認証・ネットワーク分野)	103
	マネジメント准教授 金 勇 (認証・ネットワーク分野)	106
	助教 石井 将大 (情報セキュリティ分野)	108
	7-2 先端研究分野	109
	教授 青木 尊之 (高性能計算先端応用分野)	
	教授 遠藤 敏夫 (高性能計算システム分野)	119
	教授 横田 理央 (高性能計算先端応用分野)	124

	孝	教授 大西 領 (大規模データ情報処理分野)	131
	-	マネジメント准教授 野村 哲弘 (高性能計算システム分野)	138
	牛	寺任教授 小林 宏充 (先端研究部門)	140
	华	寺任准教授 安田 勇輝 (大規模データ情報処理分野)	145
	牛	寺任講師 松本 安弘 (高性能計算先端応用分野)	149
	7–3	3 受賞学術賞	153
8.	当	業務貢献	155
	8-1	専門委員会所属・開催状況	155
	8-2	? 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況(招待講演含む)	156
	8-3	3 仕様策定・技術審査対応状況	157

学術国際情報センター(Global Scientific Information and Computing Center: GSIC)のセンター長を拝命してから、既に5年と数か月が経過しました。本当にあっと言う間の5年数か月でした。そして2024年10月には東京科学大学がスタートし、そのタイミングでGSICは情報基盤センターとスーパーコンピューティング研究センター(仮称)に改組されます。そこで、今回をGSICとしての最後の年報と位置付け、これまでのGSICの歩みの概要紹介と2023年度及び2024年度の第1四半期までの活動をまとめてご報告することと致します。

【GSIC のこれまでの歩み】

初めに GSIC の歩みを概観します (詳細に関しては、本文「1-1 沿革」を参照)。2001 年 に総合情報処理センターと理工学国際交流センターを統合し、学術国際情報センターが設置されました。

そして 2006 年に TSUBAME1.0 を導入し、その後 5~7 年のサイクルで更新を重ね、2024年には TSUBAME4.0 が稼働を開始しています。一方、情報基盤サービスに関しては、GSIC 発足時にはネットワークシステム、教育システム、情報蓄積システムの主要 3 機能からスタートし、その後はサービスレベルの向上を目指して、2006年には認証・認可基盤サービスの提供、2014年には東工大 CERT の立ち上げなどを経て、現在の情報基盤支援体制に至っています。

【TSUBAME4.0の稼働】

2023 年 3 月の開札、その後の様々な導入プロセスを経て、すずかけ台キャンパス G4-A 棟に新設されたデータセンターに TSUMABE4.0 が設置され、2024 年 4 月から稼働を開始しました。また、 2024 年 4 月 18 日には国内外の関係者を多数招いて TSUBAME4.0 稼働披露式典を開催しました(詳細に関しては、本文「トピック 1 もっとみんなのスパコン TSUBAME4.0 の稼働開始」を参照)。さらに、国立情報学研究所で進めている「日本語版の大規模言語モデルの構築に関する研究」において、国立情報学研究所と GSIC との間で協定を締結し TSUBAME4.0 の積極利用を開始しています(詳細に関しては、本文「5-4 大規模言語モデルの研究開発」を参照)。

【全学メールシステムの更新】

全学メールシステムを更新し2023年9月下旬に新メールシステムへの切り替えを行いました。今回のメールシステム更新では、事前のアナウンスや移行時の対応マニュアルの提供などもあり、幸い大きなトラブルや混乱もなくスムーズに移行が完了しました。大学統

合時には東京科学大の新メールシステムが稼働予定であり、大学統合以降の当分の期間は、今回更新し現在稼働している旧東工大の「titech.ac.jp」ドメインのメールシステムと東京科学大学の「isct.ac.jp」ドメインのメールシステムの双方が利用可能となります。

【Slack - Box の普及】

メールに代わる新しいコミュニケーション・ツールとして、Slack・Box を 2021 年に全 教職員に、2022 年度の第 4 四半期から全学生に導入しました。学生への導入当初はアカウント取得率が低調でしたが、その後、学院等事務部業務推進課とも連携し、学生に対してアカウント取得を継続的に促し 2023 年度内に概ね 80%程度のアカウント取得率が達成されました。また 2024 年度の入学者に関しては、新入生オリエンテーションでの広報や情報科目実施委員会の先生方のご尽力により、2024 年 4 月末時点で約 95%のアカウント取得率(学士:99%、修士:90%、博士:85%)が達成されています。東京科学大学においても、全学のコミュニケーション・ツールとして Slack・Box を活用する予定であり、一層の普及に取り組んでいく予定です。

【大学統合に向けての情報基盤整備】

東京医科歯科大学との統合発表後の 2022 年 11 月に、両大学の情報基盤整備に関係する主要メンバーで統合に向けての大方針に合意し、それを受けて約 20 カ月弱に渡り、より具体的な検討を概ね週一回のペースで進めてきております。この過程で、双方の大学で個別に運用している各種サービスを大学統合の後にどのように集約・整備するかの議論を進め

- 1. 双方の大学のキャンパスネットワークの速やかな統合
- 2. 双方の大学で個別に契約している各種ソフトウェアに関する統合後の包括契約への移 行
- 3. 双方の大学で個別に稼働している認証・認可システムの統合・集約
- 4. 双方の大学で個別に稼働している認証・認可システムと連携している情報サービスの 継続

など、多くの課題を整理しながら、東京科学大学における情報サービスとその提供体制の 準備を着実に進めています。特に、認証・認可システムに関しては、東京科学大学の組織 構造や職階などの構造に依存して、情報サービスの提供対象を制御する必要があるため、 東京科学大学の組織設計や規則制定の進捗を睨みながら 2024 年 10 月の大学統合に向け て、諸々の整備を進めています。

【東京科学大学スタート後の GSIC の姿】

最後に、統合後の GSIC の姿について紹介します。冒頭にも簡単に紹介しましたが、大学統合後に、これまでの GSIC は情報基盤整備をミッションとする支援部門と高性能計算に関する先端研究を実施する研究部門に分離されます。具体的には、共通支援組織に設置

される情報基盤センターは全学の情報基盤と情報サービスの運用と企画・立案を担います。一方、総合研究院に設置されるスーパーコンピューティング研究センター(仮称)は高性能計算に関連する最先端研究を推進するとともに、情報基盤センターと連携してTSUBAME4.0 の高度利用を推進します。

このように 21 世紀冒頭から約四半世紀にわたり、GSIC は東京工業大学の情報基盤整備に貢献してきたと自負しております。これも一重に GSIC の先生方、情報基盤課・OFC 情報基盤部門の皆様方の献身的な貢献によるところで、改めて心より深く深く感謝申し上げる次第です。 2024 年 10 月の東京科学大学スタート以降も、これまでと同様に継続的な情報基盤整備・情報サービス及び TSUBAME4.0 による高性能計算環境の提供に尽力してまいります。そして、東京科学大学の教育・研究環境と業務環境全般の改善に貢献できるよう情報基盤センターとスーパーコンピューティング研究センター(仮称)教職員一丸となって取り組んでいく所存ですので、今後とも皆様の一層のご支援を宜しくお願い申し上げる次第です。



トピックス トピック1

GPU

もっとみんなのスパコン TSUBAME4.0 の稼働開始

東京工業大学学術国際情報センター(GSIC)は、2024年4月にスーパーコンピュータ TSUBAME4.0 を稼働開始させた。これは 2006 年以来長年にわたり学内外の研究・開発・教 育を支えている TSUBAME スパコンシリーズの最新システムであり、TSUBAME3.0 までが 大岡山キャンパスに設置されたのに対し、TSUBAME4.0 はすずかけ台キャンパスで稼働し ている。





TSUBAME4.0 の外観 (左)と設置個所であるすずかけ台 G4-A 棟 (右)

TSUBAME4.0 の合計演算性能は、主にシミュレーション等に用いられる倍精度演算の尺 度では 66.8 ペタフロップス(1 秒間に 6 京 6800 兆回の計算・TSUBAME3.0 の約 5.5 倍)で ある。さらに近年社会的に急速に注目されている人工知能(AI)分野で用いられる半精度演 算では 952 ペタフロップス(1 秒間に 95 京 2000 兆回の計算・TSUBAME3.0 の約 20 倍)に のぼる。TSUBAME4.0 は 2024 年 5 月に発表されたスパコンランキング Top500 において、 国内2位、世界31位にランクされた。

システムの導入は日本ヒューレット・パッカード合同会社が担当しており、その主要部は 240 台の計算ノードである。システム構成の概要を下表に示す。

計算ノード・台数	HPE Cray XD665・240 台
以下、1台あたり	
プロセッサ	AMD EPYC 9654 (96 コア)×2 基
メインメモリ	DDR5-4800 768 GiB

TSUBAME4.0 構成の概要

TSUBAME 4.0 はこれまでの TSUBAME シリーズの特徴を受け継ぎつつ、最新の H100 GPU (Graphics Processing Unit)を計 960 枚採用するなどにより、特に AI 分野における大幅な性能向上を図っている。性能面だけでなく、TSUBAME シリーズの合言葉である「みんなのスパコン」を基に、学生を含む初学者にもさらに使いやすいスパコンとして、ウェブブラウザからの利用機能などを充実させている。

2024年4月18日には、稼働開始を記念したTSUBAME4.0披露式が開催された。式では 学内外の学術関係者・ベンダー関係者などが参加し、TSUBAME4.0 への期待が語られた。 なお式の様子は複数のメディアによって報道された。



披露式で挨拶する益一哉学長

TSUBAME4.0 は、学内の研究者・学生が即時に利用を開始できることに加え、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)、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)、GSIC が運営する TSUBAME 共同利用制度などを通じて、幅広いユーザから利用可能である。また稼働開始一か月でシステム利用率 90%超を記録するなど、その需要は大変高まっている。TSUBAME4.0 は本年 10 月の大学統合後の東京科学大学においても、引き続き重要な研究教育インフラとして、AI を含む学術・産業利用を通して国力向上に貢献していく。

TSUBAME4.0 計算サービス WEB: https://www.t4.gsic.titech.ac.jp/

トピック 2

大規模言語モデル、Fugaku-LLM プロジェクト、Swallow プロジェクト 高性能研究先端応用分野 教授 横田 理央

ChatGPT に代表される大規模深層学習モデル (基盤モデル) はインターネットやスマートフォンのように社会全体のあり方を変える革新的な技術であり、Society5.0 における研究開発、経済社会、安全保障などあらゆる側面の基盤技術となることが予想される。Google やOpenAI などはその重要性から、既に膨大な人的資源・計算資源を投入しているが、大量のデータを効率的に処理する高性能計算資源の活用が AI そのものの性能を大きく左右することから、我が国としても基盤モデルに関する研究のための計算環境を整備することが喫緊の課題となっている。「富岳」は創発性を有する大規模言語モデルを学習する可能性を秘めているものの、大規模分散深層学習を実施するための環境は整っていない。特に、大規模分散深層学習フレームワーク(Megatron-DeepSpeed)は GPU スパコン上での実行を前提としており、現時点では「富岳」の A64FX プロセッサや TofuD ネットワークの性能を十分に活かすことができず理論性能の 1/10 程度の性能となっていた。そこで、本課題では Megatron-DeepSpeed の「富岳」上での性能を演算性能に関しては 6 倍高速化、通信性能に関しては 3 倍の高速化を実現した。それをもとに、国内初となる 130 億パラメータ規模の大規模言語モデルの学習を行い、「富岳」における超並列学習の有用性の検証を行った。

Fugaku-LLM とは別に、Meta 社の開発した Llama-2 モデルから日本語能力を拡張した Swallow を東工大の岡崎研究室と産総研と共同で開発した。拡張前の大規模言語モデルの高い言語処理能力を維持しながら日本語能力を強化するため、研究チームは言語モデルに日本語の文字や単語などの語彙を追加した上で、新たに開発した日本語データを用いてモデルの構築を継続的に行う継続事前学習を行った。パラメータ数は 70 億、130 億、700 億のものを開発し公開した。700 億パラメータの Swallow モデルは、2024 年 5 月時点での LLM の日本語性能に関するベンチマークでは国内で最高の性能を達成している。世界的に大規模言語モデルの大規模化が進むなか、日本語を扱う能力が高いものが少なかったところ、今回のモデル公開によって、高度な日本語処理が求められる日常生活・産業現場のより多くの場面で、対話システムなどの AI 技術の利活用を推進できる。

出典: Nejumi Neo Leaderboard

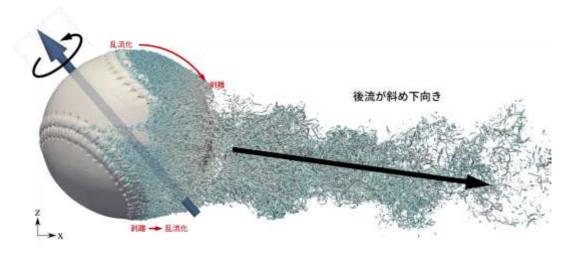
¥	run name A	vg ↓
20	gpt-4-0125-preview	0.7722
9	gpt-4-turbo-2024-04-09	0.769
2	anthropic.claude-3-opus-20240229-v1:0	0.7508
48	gpt-3.5-turbo	0.6701
6	Qwen/Qwen1.5-728-Chat	0.6605
16	mistral-large-2402	0.6549
28	gemini-pro	0.6402
4	CohereForAl/c4ai-command-r-plus	0.6338
10	meta-llama/Meta-Llama-3-70B-Instruct	0.5293
39	stabilityai/StableBeluga2	0.5283
43	mistralai/Mixtral-8x7B-Instruct-v0.1	0.5006
8	augmxnt/shisa-gamma-7b-v1	0.4911
5	01-ai/Yi-34B-Chat	0.4839
42	tokyotech-llm/Swallow-70b-instruct-hf	0.4712
13	Rakuten/RakutenAl-7B-chat	0.393
23	lightblue/qarasu-14B-chat-plus-	0.3846
46	stabilityai/japanese-stablelm-instruct-	0.3732
37	rinna/nekomata-14b-instruction	0.3644
33	elyza/ELYZA-japanese-Llama-2-13b-	0.3278
41	cyberagent/calm2-7b-chat	0.2716
44	matsuo-lab/weblab-10b-instruction-sft	0.234

2024 年 5 月時点での LLM の日本語性能に関するベンチマーク

野球の変化球「スイーパー」の解明

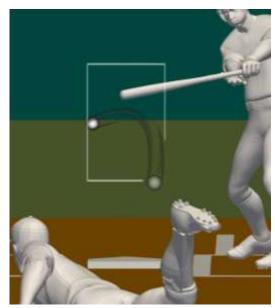
教授 青木 尊之

2023 年 3 月の WBC (World Baseball Classic) 決勝・日本対アメリカ戦は、大谷翔平投手が 投じた最後の一球がマイク・トラウト選手を三振に打ち取り優勝が決定した。その瞬間は日 本中を歓喜の渦に巻き込み、今でも強く記憶に残っている。最後の一球は、あまり落ちずに 横に大きく変化していて、メジャーリーグでは 2023 年のシーズンから「スイーパー」とい う球種の変化球として認定されている。その「あまり落ちずに横に大きく変化する」理由を 流体力学的に解明するため、理化学研究所の「富岳」、名古屋大学の「不老」、当センターの TSUBAME3.0 を駆使して数値流体シミュレーションを実施した。数値計算手法にはキュム ラント型の格子ボルツマン法を用い、AMR (Adaptive Mesh Refinement) 法も導入されている。 流れの境界層を解像する LES (Large-Eddy Simulation) の解析となっている。メジャーリーグ の公式球を高解像度で 3D スキャンし、縫い目まで解像する最細格子 47μm で計算した。そ の結果、「スイーパー」はボールが単純に横回転しているのではなく、回転軸がバッター側 に 50 度~60 度傾いていて、ボールは回転によるマグヌス効果で横方向の力を受けるだけで なく、浮き上がる力(揚力)も受けることが分かった。ボールの上面では縫い目がほぼ真上 にきていて、そこで層流境界層が剥離し乱流に遷移する。しかし、流れに対して角度が浅い ために、剥離した境界層がボールに再付着してしまう。その段階では乱流境界層になってお り内部の運動量交換が活発であり境界層は剥離し難くなっているため、剥離点は下流側に 大きく移動する。一方、ボールの下面にも縫い目がきているが、角度が深いため層流境界層 は縫い目で剥離した後は再付着せずに後流となる。この上下の違いから後流は下向きの角 度で流れ、その反作用としてボールは揚力を受けることが分かった。下図は球速 136.8 km/h, 回転数 2590 rpm で、回転軸がバッターの方向に 53 度傾いているときのボール周りの流れ (渦の強さ)を可視化したものである。



これまで、ボールがバックスピンなどの回転をすることでマグヌス効果により揚力が発生することは分かっていたが、縫い目の上下の非対称性によっても揚力が生じることが明らかになった。

ボールにかかる刻一刻の力を積分することでスイーパーのボール軌道を計算することができ、スパコンで計算した結果は、WBCの最後の一球を非常によく再現していることが分かる。





5月29日の NHK 地上波「ニュースウオッチ9」

スパコンで再現したスイーパーのボール軌道

この内容は、5 月 29 日の NHK 地上波「ニュースウオッチ 9 」をはじめ、多くのメディアで紹介された。

1. 組織•運営

1-1 沿革

1971年 情報処理センター設置

計算機システム HITAC8700 導入

1976年 総合情報処理センター設置

計算機システムを HITAC M-180 に更新

1977 年 一般的情報処理教育を開始(HITAC M-180)

1988 年 スーパーコンピュータ CDC ETA10 導入

▶1994 年 キャンパスネットワーク(Titanet)の運用開始

(Titanet 運用センター設置)

|1995 年 スーパーコンピュータを CRAY C916/12256 に更新 | 1986 年 フィリピン大学との拠点大学交流の開始

1997 年 Titanet 運用センターを統合

1998 年 - 一年次からの情報教育開始(SGI Origin2000)

|2000 年 スーパーコンピュータを SX-5、Origin2000 に更新 ∳1991 年 JSPS、拠点大学交流をプロジェクト方式に変更

2001 年 キャンパスネットワークを更新(SuperTitanet)

研究用計算機システムを COMPAQ GS320 に更新

1979年 理工学国際交流センター設置

インドネシア大学との拠点大学交流事業の開始

▶1980年 インドネシア科学院との拠点大学交流の開始

◆1984 年 バンドン工科大学との拠点大学交流の開始

タイ・キングモンクット工科大学との

拠点大学交流の開始

2001年 学術国際情報センターに改組

2002 年 グリッド PC NEC Express5800 導入 東京工業大学タイオフィス設立

2004年 光ファイバによる全キャンパス間ギガビット接続/対外線 10 ギガビット接続

2005年 キャンパス無線ネットワーク運用開始

2006年 TSUBAME Grid Cluster 運用開始

キャンパス共通認証・認可システム (PKI 認証) 導入

2008 年 SINET3 と 10 ギガビット接続

2009 年 TSUBAME 共同利用サービス開始

2010年 情報支援部門と先端研究部門の2部門制に改組

キャンパスネットワークを更新 (Titanet3)

キャンパス無線ネットワークを更新 (Titanet wireless2)

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点として活動開始

TSUBAME2.0 運用開始/SINET4 と接続

2012 年 SINET4 と 20 ギガビット接続

SINET4(横浜)とすずかけ台キャンパスが直接接続

2013 年 TSUBAME2.5 運用開始

2014年 東工大 CERT (コンピュータ緊急対応チーム) 設立

2016年 SINET5 と 100 ギガビット接続

2017年 TSUBAME3.0 運用開始

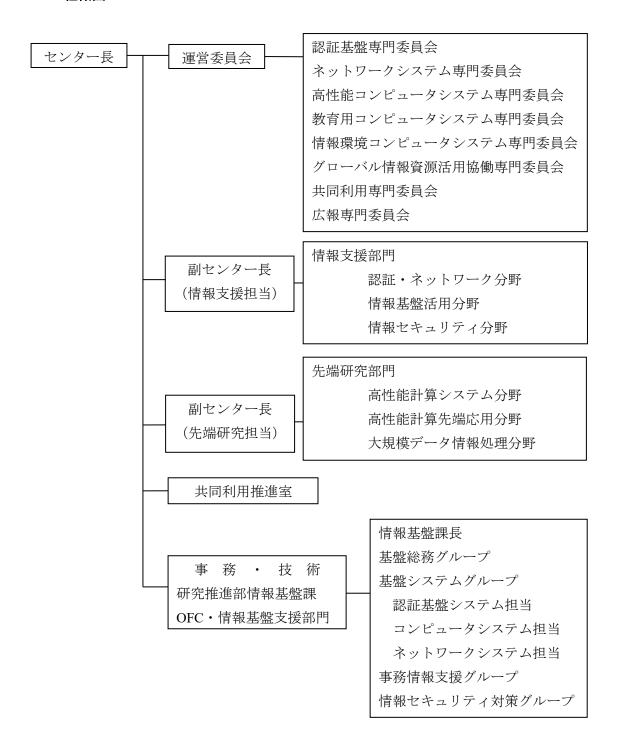
2020年 キャンパスネットワークを更新 (Titanet4)

2021年 大学 DX 運用開始 (Slack、Box、Zoom)

2022 年 SINET6 と 200 ギガビット接続

2024 年 TSUBAME4.0 運用開始 (すずかけ台キャンパス)

1-2 組織図



1-3 教員一覧および人事異動

センター長 (兼) 教授 伊東 利哉【情報理工学院】

副センター長(情報支援担当)(兼) 教授 髙橋 篤司【工学院】

副センター長(先端研究担当) (兼) 教授 青木 尊之(高性能計算先端応用分野)

情報支援部門(認証・ネットワーク分野/情報基盤活用分野/情報セキュリティ分野)

教 授 杉野 暢彦

教 授 友石 正彦

教 授 西崎 真也

 教
 授
 松浦 知史

 特 任 教 授
 森本 千佳子

マネジメント准教授 北口 善明 R5.4.1~

マネジメント准教授 金 勇

マネジメント准教授 永藤 直行 R6.4.1~

(特任准教授 R5.4.1~R6.3.31)

助 教 石井 将大

特定教授 中村豊

先端研究部門(高性能計算システム分野/高性能計算先端応用分野/大規模データ情報処理分野)

教 授 青木 尊之

教 授 遠藤 敏夫

教 授 横田 理央

教 授 大西 領 R5.10.1~

(准教授 ~R5.9.30)

マネジメント准教授 渡邊 寿雄

マネジメント准教授 野村 哲弘

特任准教授 安田 勇輝

特 任 講 師 松本 安弘

特 任 教 授 小林 宏充

研 究 員 幸 朋矢 ~R6.3.31

研 究 員 MARLON ARCE ACUNA

研 究 員 長﨑 孝夫

研究員 YOS SITOMPUL ~R5.10.31

研 究 員 加納 正俊

研 究 員 原 辰次

研 宪 員 SHAOSHUAI ZHANG ~R5.12.31

共同利用推進室

室長(兼務)教授 青木 尊之

> マネジメント准教授 渡邊 寿雄 技術支援員 松本 豊

1-4 事務組織

事務局参事 (DX·業務改革推進 担当)

研究推進部情報基盤課長【兼務】

風間 広幸

専門職

(情報基盤総括)

望月 健一 R5.4.1~

専門職

(ネットワークシステム及び DX 推進担当)

香月 稔

特任専門員 加覧 秀己

基盤総務グループ(学術国際情報センター・情報基盤部門・情報基盤課に係る事務等)

グループ長【兼務】 望月健一 R5.4.1~

主 任 村松 由香 伊藤 智子 事務限定職員

事務限定職員 木下 裕子

基盤システムグループ

グループ長 小寺 孝志

認証基盤システム担当(認証基盤システム運用管理,ソフトウェア包括契約に関する業務)

主 查 井上 進

主 任 昆野 長典 ~R6.3.31 スタッフ 石坂 佳樹 R6.4.1~

技術専門員 太刀川 博之 技術専門員 新里 卓史 技術専門員 一瀬光

技術専門員 伊藤 剛 \sim R6.3.31

技術限定職員 國島 理香子 コンピュータシステム担当(研究・教育用計算機システムの運用管理,ソフトウェア包括 契約に関する業務)

グループ	長	小寺	孝志
主	任	阿部	公一
主	任	鶴見	慶
技術専門	員	安良岡	由規
技 術 職	員	藤田	和宏
技 術 職	員	岩井	敦子

ネットワークシステム担当(基幹ネットワーク維持・管理,各種サーバ管理,申請手続き)

 専門職
 香月 稔

 部門長/主任技術専門員
 清水 良幸

 技術専門員
 後藤 洋子

 技術専門員
 大場 準也

 技術専門員
 岸本 幸一

 技術職員
 河野 晃明

R5.4.1~

事務限定職員 渋谷 優子

事務情報支援グループ (DX 推進事業に係る企画及びシステム運用管理、他機関との情報化 連絡協議、事務用ネットワーク・機器の維持管理、ヘルプデスク)

グループ長	池谷 圭太	~R6.3.31
グループ長	池谷 大輔	R6.4.1~
主 任	下條 清史	R5.4.1~
主 任	小野寺 愛	~R5.6.30
スタッフ	宮下 純一	R5.4.1~
スタッフ	鳥飼 大輝	R5.7.1~
スタッフ	橋本 奏	R5.4.1~
スタッフ	石坂 佳樹	~R6.3.31
事務限定職員	岩崎 敏則	
事務支援員	大谷 咲良	R5.10~

(派遣職員 R5.4.1~R5.9.30)

情報セキュリティ対策グループ (情報セキュリティ・情報倫理・情報セキュリティ監査に関する業務)

グループ長	増渕 長興	\sim R6.3.31
グループ長	今村 克也	R6.4.1~
主 任	森谷 寛	
スタッフ	安澤 奈央	
技術専門員	神野 文男	
技 術 職 員	森 健人	
技 術 職 員	桑名 亮一	

1-5 各種委員会メンバー一覧

■2023 年度

★委員長

所属	職名	氏 名	運営	認証	ネットワーク	高性能コンプ	教育用コンプ	情報環境	グローハ・ル	共同	広 報
センター長	教授	伊東 利哉	委員会 ★	基盤	9-9	0	0	377°	資源	利用	0
副センター長	4X1X	ア木 小成		0		0	0	0		0	
(情報支援担当)	教授	髙橋 篤司	0	0	0	0	0	0		0	*
副センター長	4212	Intiliat Web1		0							
(先端研究担当)	教授	青木 尊之	0			0			0	*	0
学術国際情報センター	教授	杉野 暢彦	0	*	0	0	0	0			
学術国際情報センター	教授	友石 正彦	0	0	*	0	0	0			
学術国際情報センター	教授	西崎 真也	0	0	0		*	*			0
学術国際情報センター	教授	遠藤 敏夫	0		0	*			0	0	0
学術国際情報センター	教授	松浦 知史	0	0	0						
学術国際情報センター	教授	横田 理央	0			0			*	0	
学術国際情報センター	教授	大西 領	0		0					0	0
学術国際情報センター	マネジメント准教授	北口 善明	0								
学術国際情報センター	マネジメント准教授	渡邊 寿雄	0			0				0	0
学術国際情報センター	マネジメント准教授	金 勇	0		0						
学術国際情報センター	マネジメント准教授	野村 哲弘	0			0	0	0		0	0
学術国際情報センター	特任講師	松本 安弘				0				0	
理学院	教授	二宮 祥一	0								
工学院	教授	市瀨 龍太郎	0								
物質理工学院	教授	吉本 護	0								
情報理工学院	教授	小林 隆志	0								
生命理工学院	教授	伊藤 武彦	0								
環境・社会理工学院	教授	Cross Jeffrey Scott	0								
リベラルアーツ研究教育院	准教授	山岸 侯彦	0								
科学技術創成研究院	准教授	船越 孝太郎	0								
科学技術創成研究院	教授	鎌田 慶吾	0								
企画本部	教授	森 雅生	0								
教育本部	教授	間中 孝彰	0						0		
研究・産学連携本部	副学長	伊東 利哉	0								
キャンパスマネジメント本部	副学長	湯浅 英哉	0								
附属図書館長	教授	森川 淳子	0								
附属科学技術高等学校長	教授	中川 茂樹	0								
国際教育推進機構	副学長	神田 学	0								
事務局長	事務局長	湊屋 治夫	0								
学術国際情報センター	助教	石井 将大			0						
理学院	教授	谷津 陽一		0							
理学院	准教授	植草 秀裕			0		0				
理学院	准教授	古賀 昌久				0					
理学院	講師	岡元 太郎				0					
工学院	教授	天谷 賢治					0				
工学院	教授	店橋 護								0	
工学院	教授	山口 雅浩		0	0						
工学院	教授	尾形 わかは			0		0				
工学院	教授	山岡 克式			0						

W 5-	#110	da mul	_			1				
工学院	教授	一色剛	0	0						
工学院	准教授	原精一郎				0				
工学院	准教授	渡辺 正裕	0	-					-	
工学院	准教授	篠﨑 隆宏			0					
物質理工学院	准教授	古屋 秀峰			0					
情報理工学院	教授	山村 雅幸		0						
情報理工学院	教授	徳永 健伸		0						
情報理工学院	教授	篠田 浩一			0					
情報理工学院	教授	権藤 克彦				0				
情報理工学院	教授	渡部 卓雄	0			0	0			
情報理工学院	准教授	石田 貴士			0					
情報理工学院	教授	小野 功			0					
情報理工学院	准教授	脇田 建		0						
情報理工学院	准教授	鹿島 亮	0			0				
情報理工学院	准教授	関嶋 政和				0		0		
情報理工学院	准教授	坂本 龍一			0					
生命理工学院	教授	伊藤 武彦		0						
生命理工学院	准教授	山田 拓司	0							
生命理工学院	助教	金森 功吏			0					
環境・社会理工学院	教授	高田 潤一						0		
環境・社会理工学院	教授	山下 幸彦		0						
環境・社会理工学院	教授	阿部 直也				0				
リベラルアーツ研究教育院	教授	室田 真男		0		0	0			
リベラルアーツ研究教育院	准教授	赤間 啓之				0				
科学技術創成研究院	教授	奥村 学		0						
科学技術創成研究院	准教授	今岡 享稔		0						
地球生命研究所	教授	玄田 英典			0					
附属科学技術高等学校	教諭	石川 幸治		0						
東京大学	教授	塙 敏博							0	
名古屋大学	教授	片桐 孝洋							0	
筑波大学	教授	建部 修見							0	
海洋研究開発機構	グループリーダー	上原 均							0	
総務部安全企画課	課長	有山 弘行	0							
教務課	課長	内田 康司	0	İ					İ	
教務課	グループ長	小野 忍					0			
施設整備課	グループ長	山本 英恭		0						
情報図書館課	課長	原竹 留美	0							
	事務局参事 兼									
情報基盤課	課長	風間 広幸	0							0
III INCESTICAN	WK 2	/24(P) /2-1-								$\overline{}$

■2024 年度

★委員長

所属	職名	氏 名	運営委員会	認証基盤	ネットワーク	高性能コンプ	教育用コンプ	情報環境コンプ	グローバル	共同利用	広報
センター長	教授	伊東 利哉	★	基监	9-9	0	0	0	資源		()
副センター長	4414	D.A. 114A									0
(情報支援担当)	教授	髙橋 篤司	0	0	0	0	0	0		0	*
副センター長											
(先端研究担当)	教授	青木 尊之	0			0			0	*	0
学術国際情報センター	教授	杉野 暢彦	0	*	0	0	0	0			
学術国際情報センター	教授	友石 正彦	0	0	*	0	0	0			
学術国際情報センター	教授	西崎 真也	0	0	0		*	*			0
学術国際情報センター	教授	遠藤 敏夫	0		0	*			0	0	0
学術国際情報センター	教授	松浦 知史	0	0	0						
学術国際情報センター	教授	横田 理央	0			0			*	0	
学術国際情報センター	教授	大西 領	0							0	0
学術国際情報センター	マネジメント准教授	北口 善明	0		0						
学術国際情報センター	マネジメント准教授	渡邊 寿雄	0			0				0	0
学術国際情報センター	マネジメント准教授	金 勇	0		0						
学術国際情報センター	マネジメント准教授	野村 哲弘	0			0	0	0		0	0
学術国際情報センター	マネジメント准教授	永藤 直行	0								
学術国際情報センター	特任講師	松本 安弘				0				0	
理学院	准教授	宗宮 健太郎	0								
工学院	教授	伊井 仁志	0								
物質理工学院	准教授	Manzhos Sergei	0								
情報理工学院	教授	小林 隆志	0								
生命理工学院	教授	伊藤 武彦	0								
環境・社会理工学院	教授	Cross Jeffrey Scott	0								
リベラルアーツ研究教育院	准教授	山岸 侯彦	0								
科学技術創成研究院	教授	鎌田 慶吾	0								
科学技術創成研究院	教授	館山 佳尚	0								
企画本部	教授	森 雅生	0								
教育本部	教授	間中 孝彰	0						0		
研究・産学連携本部	副学長	伊東 利哉	0								
キャンパスマネジメント本部	副学長	湯浅 英哉	0								
附属図書館長	教授	森川 淳子	0								
附属科学技術高等学校長	教授	中川 茂樹	0								
国際教育推進機構	副学長	神田 学	0								
事務局長	事務局長	石田 善顕	0								
学術国際情報センター	助教	石井 将大			0						
理学院	准教授	谷津 陽一		0							
理学院	准教授	植草 秀裕			0		0				
理学院	准教授	古賀 昌久				0					
理学院	講師	岡元 太郎				0					
工学院	教授	天谷 賢治					0				
工学院	教授	店橋 護								0	
工学院	教授	山口 雅浩		0	0						
工学院	教授	尾形 わかは			0		0				
工学院	教授	山岡 克式			0						
工学院	教授	一色 剛		0	0						
工学院	准教授	山北 昌毅					0				

工学院	校授 篠崎 隆宏 石川 敦之 世村 雅幸 徳永 健伸 養 篠田 浩一 養 篠田 浩一 養 渡部 卓雄	0	0	0					
環境・社会理工学院 准勢 情報理工学院 教授 情報理工学院 教授 情報理工学院 教授 情報理工学院 教授	校授 石川 敦之 日 山村 雅幸 き 徳永 健伸 後 篠田 浩一 を 権藤 克彦 皮 渡部 卓雄								
情報理工学院 教授 情報理工学院 教授 情報理工学院 教授 情報理工学院 教授	设 山村 雅幸 優永 健伸 後田 浩一 人 権藤 克彦 凌部 卓雄			0					
情報理工学院 教授 情報理工学院 教授 情報理工学院 教授	優 徳永 健伸 優 篠田 浩一 機藤 克彦 渡部 卓雄								
情報理工学院 教授 情報理工学院 教授	後 篠田 浩一 度 権藤 克彦 渡部 卓雄		0						
情報理工学院教授	接 権藤 克彦 渡部 卓雄								
	渡部 卓雄			0					
情報理工学院 教授					0				
	好 石田 貴士	0			0	0			
情報理工学院 准勢				0					
情報理工学院教授	小野 功			0					
情報理工学院 准教	始 勝田 建		0						
情報理工学院 准勢	姓 鹿島 亮	0			0				
情報理工学院 准勢	対授 関嶋 政和				0		0		
情報理工学院 准勢	好 坂本 龍一			0					
生命理工学院教授	伊藤 武彦		0						
生命理工学院 准教	対授 山田 拓司	0							
生命理工学院助教	金森 功吏			0					
環境・社会理工学院 教授	高田 潤一						0		
環境・社会理工学院 教授	山下 幸彦		0						
環境・社会理工学院 教授	受 阿部 直也				0				
リベラルアーツ研究教育院 教授	室田 真男		0		0	0			
科学技術創成研究院 教授	奥村 学		0						
科学技術創成研究院 准教	女授 今岡 享稔		0						
地球生命研究所 教授	玄田 英典			0					
附属科学技術高等学校 教爺	和 石川 幸治		0						
東京大学 教授	場 場博							0	
名古屋大学 教授	片桐 孝洋							0	
筑波大学 教授	建部 修見							0	
海洋研究開発機構グル	ープリーダー 上原 均							0	
安全企画課課長	長 有山 弘行	0							
教務課課長	長 内田 康司	0							
教務課グル	ノープ長 小野 忍					0			
施設整備課グル	ノープ長 山本 英恭		0						
情報図書館課 課長	原竹 留美	0							
事務	務局参事								
情報基盤課兼	課長 風間 広幸	0							0

1-6 運営委員会開催状況

■2023 年 4 月 20 日 (木) Zoom

<審議事項>

・ 学術国際情報センター各専門委員会の委員について

<報告事項>

- ・ 学院における担当 (解除) について
- ・ テニュア (本) 審査結果報告

■2023 年 6 月 26 日 (月) Slack

<報告事項>

- ・先端研究部門 大規模データ情報処理分野 教授 選考委員会設置報告 (R5-83)
- ・先端研究部門 高性能計算システム分野 准教授 選考委員会設置報告 (R5-84)
- ・情報支援部門 情報基盤活用分野 マネジメント准教授 選考委員会設置報告 (マ R5-2)
- ・専門委員会の委員追加について

■2023 年 8 月 16 日 (水) Zoom

<報告事項>

・ 先端研究部門 大規模データ情報処理分野 教授 選考結果報告 (R5-83)

■2023 年 11 月 8 日 (水) Slack

<審議事項>

・TSUBAME4.0 の利用課金規則について

■2023 年 12 月 15 日 (金) Zoom

<報告事項>

- ・情報支援部門 情報基盤活用分野 マネジメント准教授 選考結果報告(マ R5-2)
- ・学院における担当(追加)について

■2024年2月13日(火) Slack

<審議事項>

- ・オークリッジ国立研究所・スイス連邦工科大学チューリッヒ校を含む13組織との部局 間協定の更新について
- ・東京工業大学特別研究員の称号付与について

■2024年3月7日 (木) Slack

<審議事項>

・理化学研究所計算科学研究センターとの連携・協力に関する覚書の(再)締結について

■2024年3月29日(金) Slack

<審議事項>

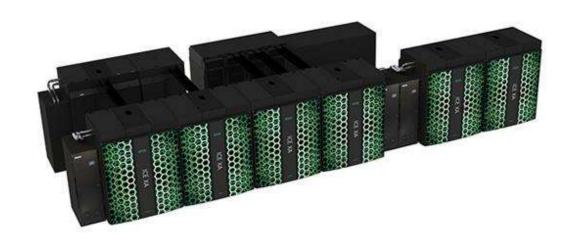
・情報・システム研究機構国立情報学研究所との連携・協力に関する協定等の締結について

■2024年4月24日 (水) Slack

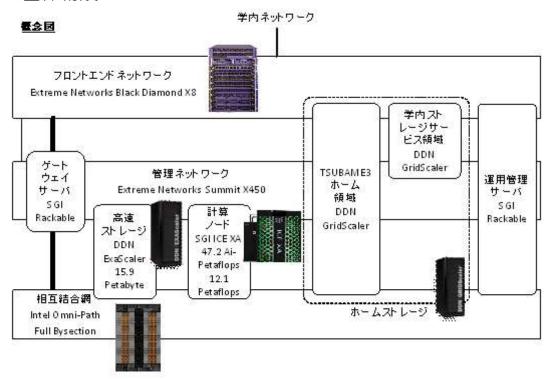
<審議事項>

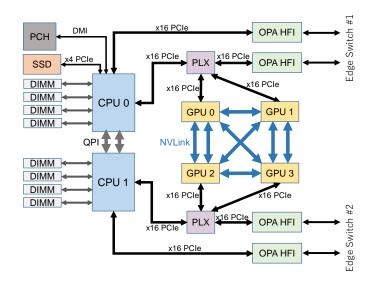
- ・令和6年度 学術国際情報センター各専門委員会の委員について
- ・東京工業大学特別研究員の称号付与について
- ・理化学研究所計算科学研究センターとの調査研究に関する協力覚書の締結について

1. 情報基盤サービス 2-1 スーパーコンピュータシステム 2-1-1 構成



全体構成





TSUBAME3.0 を 2017 年 8 月より稼働を開始した。TSUBAME3.0 は HPE SGI ICE XA を基にカスタマイズされ、540 台の計算ノードに搭載される CPU は 1,080 基、GPU は 2,160 基となり、理論最大性能は倍精度で 12.15 PFlops、半精度(以上)で 47.2PFlops になる。各計算ノードには容量 2TB の NVMe 対応 SSD を搭載し、合計で 1.08PB の容量を備え、ストレージも容量 15.9PB、データ転送速度 150GB/s と強化されている。

システムの冷却方式も TSUBAME2.0/2.5 の間接水冷および TSUBAME-KFC の液浸・温水冷却等で蓄積された経験により、冷却塔の使用による省電力性と、主要な熱源である CPU と GPU のみを直接水冷、他のコンポーネントを間接水冷とすることにより高い効率を実現している。理論的な年平均 PUE は TSUBAME2.0 の 1.28 から TSUBAME3.0 では 1.033 に改善し、TSUBAME2.0 で約 22%を占めた冷却電力が、3%程度へと大きく削減される見込みである。

TSUBAME3.0 では、TSUBAME2.5 で利用してきた VM 技術に代わり、Linux cgroup を用いた資源分割を導入した。分割された各資源からは GPU および Omni-Path HFI に直接アクセスすることが可能であり、それぞれから利用できるデバイスを制限する機能も有するため、TSUBAME2.5 よりも柔軟に資源の分割が可能となった。

TSUBAME3.0 は、Green 500 List の 2017 年 6 月版において電力 1W あたり 14.110 GFlops を記録し、運用スパコンとして日本で初めて世界 1 位となった。

TSUBAME3.0 は 2024 年 3 月末をもって運用を終了し、2024 年 4 月より TSUBAME4.0 が 稼働予定である。

〇演算ノード: HPE ICE XA

【ハードウェア構成】

	<u></u>
計算ノード	ICE XA 540 台
インターコネクト	Intel Omni-Path
ストレージ	DDN SFA14KXE 及び EXAScaler
CPU	Intel Xeon E5-2680 V4 Processor (Broadwell-EP, 14 コア, 2.4GHz)
	× 2 Scoket
GPU	Tesla P100 for NVLink-Optimized Servers (16GB HBM2@732GB/s,
	5.3TFLOPS@FP64, 10.6TFLOPS@FP32, 21.2TFLOPS@FP16) ×4
RAM	256GiB
ローカル ストレージ	Intel DC P3500 2TB (NVMe, PCI-E 3.0 x4, R2700/W1800)
ストレージ	
ネットワーク	Intel Omni-Path 100Gb/s × 4

【ソフトウェア構成】

OS	SUSE Linux Enterprise Server 12 SP4					
コンパイラ等	GCC, Intel Compiler, PGI Compiler, NVIDIA HPC SDK					
ライブラリ	Intel MPI, SGI MPI, OpenMPI, CUDA, CuDNN, NCCL 他					
アプリケーション	Arm FORGE, Mathematica, Maple, MATLAB, AVS/Express,					
	AVS/Express PCE, ANSYS, ABAQUS, ABAQUS CAE, MSC ONE,					
	Gaussian, GaussView, AMBER, Materials Studio, Discovery Studio,					
	LS-DYNA, COMSOL Multiphysics, Schrodinger Small-Molecule					
	Drug Discovery Suite					

2-1-2 運用

24 時間運転

計算機システムは定期点検を除き、1日24時間365日運転している。従って、利用者はキャンパスネットワークを介し、学内外から24時間計算機システムを利用することができる。

2-1-3 実績

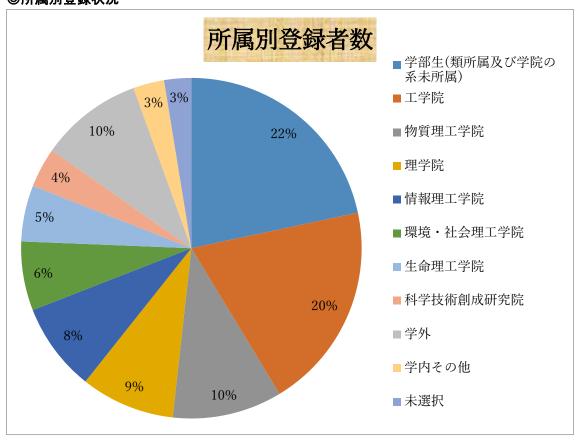
◎2023 年度計算機利用料収入内訳(単位:円)

総収入		211,645,670
学内		77,535,000
学外	国立大学/大学共同利用機関	6,710,000
	公立大学	4,620,000
	私立大学	1,540,000
	他省庁	220,000
	独立行政法人	6,930,000
	民間	114,090,670

◎利用者登録状況(単位:人)

2023 年							2024年				
4 月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11月	12 月	1月	2 月	3 月
4376	4409	4407	4440	4489	4607	4551	4670	4712	4741	4744	4745

◎所属別登録状況



◎システム利用状況 (ユニークユーザ数)

П	ログイン	Web サービス	Web サービス	Web サービス	何れかを利用
月	ノード	(Jupyter Lab)	(Code Server)	(noVNC)	刊れているを利用
2023/04	508	15	4	4	514
2023/05	527	19	5	3	538
2023/06	554	13	4	8	566
2023/07	470	14	9	6	482
2023/08	482	11	7	9	489
2023/09	468	11	5	6	477
2023/10	577	27	5	10	593
2023/11	547	17	9	14	561
2023/12	520	21	10	13	537
2024/01	480	18	13	7	494
2024/02	439	13	13	6	448
2024/03	455	7	7	3	465
2023 年度	1,267	97	35	32	1,300

月	f_	node	h_1	node	q_n	ode
	ジョブ件数	ノード 時間積 (hour)	ジョブ 件数	ノード 時間積 (hour)	ジョブ 件数	ノード 時間積 (hour)
2023/04	21,891	105,136	1,472	6,078	45,366	90,875
2023/05	43,035	193,947	3,644	10,688	86,625	88,938
2023/06	28,196	180,743	5,111	14,413	189,496	221,016
2023/07	22,071	200,490	17,985	54,486	126,883	138,192
2023/08	15,204	141,420	7,031	32,716	117,067	86,950
2023/09	18,530	209,142	3,683	12,955	228,340	156,041
2023/10	29,258	214,467	3,042	12,196	179,368	100,038
2023/11	55,495	201,633	2,755	10,331	226,834	97,619
2023/12	28,020	250,830	3,014	12,232	166,027	148,553
2024/01	32,724	264,936	1,906	10,110	134,200	121,145
2024/02	24,375	262,002	3,336	11,995	115,853	126,220
2024/03	35,565	257,482	4,211	11,690	99,369	90,516
合計	354,364	2,482,228	57,190	199,890	1,715,428	1,466,104

月	q_	core	S_0	core	S_	gpu
	ジョブ件数	ノード 時間積 (hour)	ジョブ 件数	ノード 時間積 (hour)	ジョブ 件数	ノード 時間積 (hour)
2023/04	2,608	15,181	3,488	6,342	12,480	19,044
2023/05	1,593	14,914	10,419	37,411	13,218	17,414
2023/06	1,704	10,416	14,399	33,917	20,776	28,215
2023/07	1,737	11,372	3,445	25,389	3,168	6,630
2023/08	2,028	19,144	3,290	9,207	1,049	7,027
2023/09	9,142	38,592	4,874	14,470	5,473	13,949
2023/10	20,508	21,950	27,872	23,256	6,417	12,410
2023/11	18,296	33,658	85,777	31,300	18,669	13,861
2023/12	5,210	20,451	18,957	10,823	3,414	9,872
2024/01	1,477	4,289	15,453	6,352	5,085	13,562
2024/02	894	4,548	13,025	6,750	1,989	5,867
2024/03	1,173	15,551	8,588	13,959	4,995	24,167
合計	66,370	210,066	209,587	219,176	96,733	172,018

◎予約キュー

П	圣 奶/此卷	利用グループ数	ノード・時間積
月	予約件数	(ユニーク)	(hour)
2023/04	26	12	3,380
2023/05	74	11	19,029
2023/06	112	15	20,125
2023/07	199	15	28,694
2023/08	52	9	9,540
2023/09	30	6	12,110
2023/10	63	9	7,545
2023/11	73	17	9,979
2023/12	155	22	27,697
2024/01	260	29	40,344
2024/02	204	20	30,627
2024/03	117	16	50,211
合計	1,365	57	259,281

◎システム障害件数

	2023	2023年								2024年			合計
	4月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11 月	12 月	1月	2月	3 月	口目
ソフトウェア	1	2	2	2	0	2	2	3	1	1	4	2	22
ハードウェア	7	3	2	2	4	1	5	5	8	10	4	6	57
月小計	8	5	4	4	4	3	7	8	9	11	8	8	79

◎運用実績

月/日	
2023/4/6	2023 年度運用開始
2023/8/9 9:00 – 8/17 13:00	全学停電のためサービス停止
2023/11/28 9:00 -12/1 16:00	冷却系のメンテナンスによるサービス停止
2024/12/28 17:00 - 2024/1/4 9:00	年末年始のため復旧・サポート業務停止
2024/3/29 9:00	2023 年度運用終了

◎資源タイプ構成

資源タイプ	資源タイプ名	CPU コア数	メモリ (GB)	GPU 数
F	f_node	28	240	4
Н	h_node	14	120	2
Q	q_node	7	60	1
C1	s_core	1	7.5	0
C4	q_core	4	30	0
G1	s_gpu	2	15	1

- ・「使用物理 CPU コア数」、「メモリ(GB)」、「GPU 数」は、各資源タイプ 1 つあたりの使用可能な量です。
- ・同じ資源タイプを最大72個まで指定できます。資源タイプの組み合わせはできません。
- ・実行可能時間の最大値は24時間です。
- ・一人当たりの同時に実行可能なジョブ数 150 です。
- ・一人当たりの同時に実行可能な総スロット数 2016 です。 (スロット=資源タイプ毎に設定されている物理 CPU コア数 x 利用ノード数 (qstat コマンドの slots と同等))
- ・予約実行で利用できる資源タイプは f_node,h_node,q_node になります。 q_core,s_core,s_gpu は利用できません。

2-2 教育用電子計算機システム

2-2-1 概要

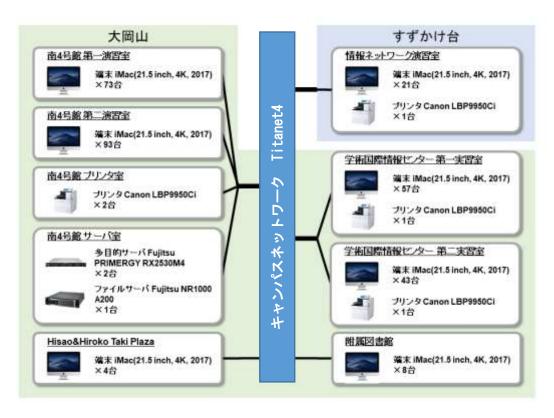
現在の教育用電子計算機システムは 2019 年度より運用開始した。教育用電子計算機システムは学部 1 年生を対象とする情報基礎科目教育(情報リテラシ・コンピュータサイエンス)と学部 2 年生以上を対象とする計算機を使用する専門科目教育のために利用されている。東工大 IC カード(学生証)を持つ者であれば誰でも利用でき、TSUBAME や履修システムといった学内リソースへアクセスするための端末としても利用されている。

なお、システム更新のため 2024 年 2 月をもって現在の教育用電子計算機システムの運用 は終了した。Windows 端末で構成される新システムの設置が 2024 年 3 月に完了し、4 月よ り本運用を開始する予定である。

2-2-2 構成

受講者数に応じた教育効率を考慮し、各教室(演習室、実習室)の収容人数は異なっている。すずかけ台演習室については学部授業の実施がなくなったため大幅に規模を縮小している。

教室にはそれぞれに Mac OS と Windows のデュアルブートで運用する iMac とカラーレーザプリンタを設置し、以下のシステム構成図のとおりキャンパスネットワークに接続されている。



システム構成図

【ハードウェア構成】

クライアント端末	学術国際情報センター3階実習室	100 台
iMac Retina 4K, 21.5 インチ, 2017	大岡山南4号館情報ネットワーク演習室	166 台
	すずかけ台情報ネットワーク演習室	21 台
	Taki Plaza	4 台
	大岡山図書館	8台

カラーレーザプリンタ	学術国際情報センター3階実習室	2 台
Canon LBP9950Ci	大岡山南4号館情報ネットワーク演習室	2 台
	すずかけ台情報ネットワーク演習室	1台

【ソフトウェア構成】

オペレーティングシステム	macOS Mojave 10.14.6、2022 年 9 月より Monterey 12.6 系
	Windows 10 Education
アプリケーション	Adobe Creative Cloud, ChemOffice Professional, Gaussian,
	GaussView, MATLAB, Mathematica, Microsoft Office, Spartan
プログラミング言語処理系	C, C++, Eclipse, Etoys, Fortran77, Fortran90/95, Java, Perl,
	Prolog, Python, Ruby, Squeak, Xcode

2-2-3 運用

(1) 利用者登録

全学認証システムからのデータ提供を受けており、連動してアカウントの作成・削除を行っている。利用者は東工大ポータルから教育用電子計算機システムの認証サーバにシングルサインオンし、認証サーバ上でパスワード設定をすることで利用可能となる。

(2) 利用時間

教室は平日 8:30 から 17:30 の間に利用することができる。授業で利用している時間については履修者以外の利用を認めないが、授業利用以外の時間については自由に利用することが可能である。

夜間利用について、17:30 以降は教室が施錠されるため、入室する場合は東工大 IC カードを使う。ただし、入室は次のとおり時間制限がある。

1) 学術国際情報センター3 階実習室:

平成 25 年度に監視カメラを設置したが防犯上の理由から夜間利用は行っていない。

2) 南 4 号館 3 階情報ネットワーク演習室:

平成25年度に監視カメラを設置し、20時までの夜間利用を行っている。

なお、上記の教室は土曜・日曜及び祝日は防犯上の理由から入室を禁止している。 すずかけ台情報ネットワーク演習室、大岡山図書館及び Taki Plaza に設置した端末 の利用時間は各施設の開館時間に準じる。

COVID-19 対応のため時間割が変更になったことから、利用時間を 17:30 までから 18:30 までに延長していたが、5 類への移行に伴い延長を終了した。

(3) 利用期限

東工大 IC カードの有効期間に準ずる。

(東工大ICカードの有効期限が延長された場合は、自動的に延長される)

2-2-4 実績

◎授業コマ数

大岡山 学術国際情報センター 3F 第1実習室

	授業コマ数						
	第1クォータ	第2クォータ	夏期授業	第3クォータ	第4クォータ		
情報リテラシ	6	6	0	0	0		
コンピュータサイエンス	0	0	0	6	1		
その他	3	2	0	2	2		

大岡山 学術国際情報センター 3F 第2実習室

	授業コマ数							
	第1 クォータ 第2 クォータ 夏期授業 第3 クォータ 第4 クォータ							
情報リテラシ	0	0	0	0	0			
コンピュータサイエンス	0	0	0	1	0			
その他	3	2	0	1	0			

大岡山 南 4 号館 3F 情報ネットワーク演習室 第 1 演習室

	授業コマ数							
	第1クオータ 第2クオータ 夏期授業 第3クオータ 第4クオータ							
情報リテラシ	6	6	0	0	0			
コンピュータサイエンス	0	0	0	6	6			
その他	2	3	0	3	7			

大岡山 南 4 号館 3F 情報ネットワーク演習室第 2 演習室

	授業コマ数							
	第1クォータ 第2クォータ 夏期授業 第3クォータ 第4クォータ							
情報リテラシ	6	6	0	0	0			
コンピュータサイエンス	0	0	0	6	6			
その他	3	2	0	4	4			

すずかけ台図書館 2F 情報ネットワーク演習室

	授業コマ数							
	第1クオータ 第2クオータ 夏期授業 第3クオータ 第4クオータ							
情報リテラシ	0	0	0	0	0			
コンピュータサイエンス	0	0	0	0	0			
その他	0	0	0	0	0			

◎ログイン回数

		大	すずか け台	学内	没置	学内 合計	ユニーク ユーザ数		
	GSIC 第 1 実習室	GSIC 第 2 実習室	南 4 号館 第 1 演習室	南 4 号館 第 2 演習室	演習室	大岡山図書館	Taki Plaza		
2023 年 4 月	1,618	177	2,222	2,636	45	69	77	6,844	1,639
2023年 5月	1,417	258	1,841	1,955	18	84	110	5,683	1,575
2023 年 6 月	929	117	1,065	1,422	42	82	131	3,788	1,333
2023 年 7 月	1,106	208	1,418	1,808	47	87	298	4,972	1,287
2023年 8月	124	46	121	209	37	2	99	638	338
2023 年 9 月	49	22	25	4	14	3	50	167	68
2023 年 10 月	351	75	1,435	1,924	27	69	223	4,104	1,266
2023年 11月	343	118	938	1,389	26	137	298	3,249	997
2023 年 12 月	237	86	969	1,267	13	72	163	2,807	907
2024 年 1 月	223	72	591	988	5	102	147	2,128	705
2024 年 2 月	30	34	66	148	2	28	52	360	255
2024年 3月	-	1	1	-	-	ı	1	ı	-
合計	6,427	1,213	10,691	13,750	276	735	1,648	34740	2,772

◎プリンタ利用状況

プリンタ毎の印刷枚数(単位:枚)

	· ^> F -1 1 1 -	南 4		GS	SIC	すずかけ台	3 1	A =1
月		pr1	pr2	pr3	pr4	pr5	計	合計
2023 年	モノクロ	322	205	301	265	91	1,184	
4月	カラー	41	288	45	112	19	505	1,689
2023 年	モノクロ	132	501	132	382	132	1,279	
5 月	カラー	81	205	199	98	2	585	1,864
2023年	モノクロ	311	411	75	218	27	1,042	
6 月	カラー	68	452	73	285	59	937	1,979
2023年	モノクロ	266	356	437	205	97	1,361	
7月	カラー	259	199	176	234	37	905	2,266
2023年	モノクロ	244	159	249	210	78	940	
8月	カラー	32	153	430	85	35	735	1,675
2023年	モノクロ	10	15	53	34	9	121	
9月	カラー	0	0	6	1	5	12	133
2023年	モノクロ	7	578	344	263	23	1,215	
10 月	カラー	21	1184	254	200	88	1,747	2,962
2023 年	モノクロ	109	711	506	290	9	1,625	
11月	カラー	435	221	192	238	12	1,098	2,723
2023 年	モノクロ	202	207	161	100	5	675	
12 月	カラー	220	74	250	86	14	644	1,319
2024 年	モノクロ	280	126	164	219	7	796	
1月	カラー	102	32	137	91	14	376	1,172
2024 年	モノクロ	402	51	261	142	32	888	
2 月	カラー	90	64	335	274	26	789	1,677
2024 年	モノクロ	-	-	-	-	-		
3 月	カラー	-	-	-	-	-	-	-
<u></u>	モノクロ	2,285	3,320	2,683	2,328	510	11,126	
合計	カラー	1,349	2,970	2,097	1,704	311	8,333	19,459

プリンタ利用者数(単位:人)

月	印刷ユーザ数
Д	日 川一 クダ
2023 年 4月	31
2023年 5月	231
2023年6月	116
2023 年 7月	148
2023 年 8月	68
2023年9月	18
2023年10月	128
2023年11月	129
2023年12月	86
2024年1月	77
2024年2月	57
2024年3月	-
合計	1089
年間ユニーク数	492

2-3 ホスティングサービス

令和5年2月より Xeon Gold 6342@2.80GHz 768GB を8台有する新システムへ移行した。

プロジェクト名 (☆は2023年度中に新規申請、★は廃止申請されたプロジェクト)

- 1. WEB サーバ代行サービス
- 2. 高性能計算コンピュータシステム
- 3. Tokyo Titech OCW
- 4. 東工大化学物質管理支援システム
- 5. 環境安全衛生教育システム
- 6. 研究·産学連携本部
- 7. フロンティア材料研究所 WEB サーバ
- 8. TAIST-Tokyo Tech
- 9. 東工大大学情報データベース
- 10. 生命理工学研究科 LAN 運営委員会
- 11. 国際開発工学専攻 web サーバ
- 12. 先導原子力研究所 Web システム
- 13. 施設運営部建物情報管理システム
- 14. STAR Search
- 15. 通時コーパスによる古代語話しことばの再現プロジェクト
- 16. 多言語対応日本語読解学習支援システムあすなろ
- 17. 東工大元素戦力拠点
- 18. 研究企画課グループウェア導入
- 19. 地球生命研究所 Web サーバ
- 20. 情報セキュリティ監査・危機管理専門委員会
- 21. 認証基盤システム担当
- 22. 教育システム
- 23. オンライン教育プロジェクト
- 24. 研究者情報管理システム
- 25. 情報活用 IR 室
- 26. 東京工業大学リサーチリポジトリ (T2R2)
- 27. 添付ファイルを抑制する次元的なファイル共有システム
- 28. イノベーション人材養成機構 (IIDP)教育院登録データベース
- 29. 機械系 SolidWorks ライセンス管理 【2023 年 3 月廃止】
- 30. 融合理工学系 Web サーバ

- 31. 日本語教育情報管理システム
- 32. TokyoTech CollaboMaker
- 33. T2Report
- 34. 広報・地域連携部門ウェブサイト管理システム
- 35. 研究専念日システム構築プロジェクト
- 36. 外部資金情報共有・配信システム「SHIORI」
- 37. OFC 統合システム委員会
- 38. ライフサイエンス研究管理システム
- 39. DX 推進事業
- 40. 附属科学技術高校外部サーバ化プロジェクト
- 41. DX 運用管理
- 42. 実験廃液・廃棄物処理申請システム
- 43. 集積 Green-niX 研究・人材育成拠点 文書管理システム
- ☆44. 大学統合へ向けたグループウェアのテスト環境
- ☆45. 科学大広報 Web サイト管理システム
- ☆46. DX 統合準備

2-4 ネットワークシステム

2-4-1 有線ネットワーク (Titanet4)

新旧ネットワークの並行稼働による移行期間を終了して1年以上経過し、キャンパスネットワーク(Titanet4/TN4)は、大きな問題なく安定稼働を続けている。

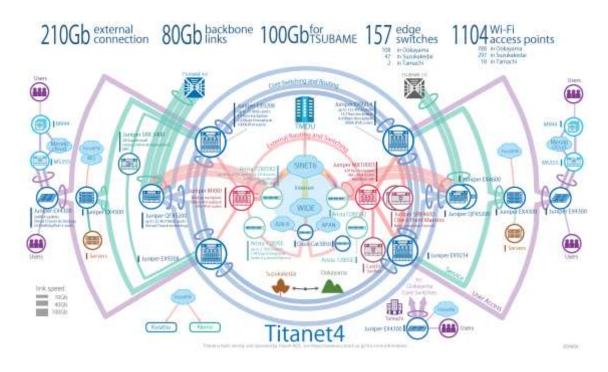
Titanet4では、冗長性と高帯域を両立するマルチシャーシリンクアグリゲーション(MC-LAG)仮想化技術を、コアスイッチ2台と建物スイッチ間、キャンパス間のコア間、コアと対外接続ルータ間等に採用している。この技術は、複数台のシャーシを、リンクアグリゲーション接続の端点として仮想的に1台に見せるものであり、例えば、各建物スイッチからの通信においては、平常時は上流コア2台それぞれへの2回線の帯域が1つの接続として利用可能であり、一方のコア機器の障害やメンテナンス時には、動作中のコアに通信が自動集約・維持される。

ネットワーク経路の冗長化制御技術としては、スパニングツリーがあるが、本学では、範囲が大規模になった場合、大規模停電復帰時等の機器の動作開始に時間差がある場合、また、異なる標準化を並用する場合等に通信が安定しなかった。このため、TN4では MC-LAGを採用したが、導入から半年ほどの間はパラメータの調整を繰り返す等の作業が必要となった。現在は、停電復帰時等も含めて安定稼働している。

各建物から幹線への通信は、上記 MC-LAG による 40 ギガ×2 であるが、より高速帯域を 占有して実験したい場合等には、予備ファイバとコア横に設置された高速スイッチにより 100 ギガでの接続も可能としている。すずかけ台に新たに配備された TSUBAME4.0 は、この サービスを利用し幹線とは 200+100 ギガで接続されている。大岡山、すずかけ台の SINET6 接続が 100 ギガに強化されているため、上記 100 ギガ帯域は学外のプロジェクト先まで延 長可能となっている。

すずかけ台キャンパスに導入された SINET 接続用のルータについては、引き続き旧キャンパスネットワーク機器を用いていたが、本年度調達が認められたため、インターネットへの接続についても高速化される予定となった。それらと大岡山の WIDE・APAN 用回線を合わせて、本学の対外接続は 210 ギガとなっている。

セキュリティ機器については、NAT接続、VPN接続の機器として導入したものと並用し、 対外接続における詳細な異常検知、外部からのDDoSなどの量による攻撃、複数の無線LAN 接続時の高帯域の実現を、異機種間での機能冗長も含めて再構成し、安定稼働している。 さらに、これらの機器・機能を活用し、全学の研究室粒度へのNAT, VPNのサービス構築を 行っている。 一昨年度から開始したネットワーク機器の運用管理の見える化、半自動化を継続して進めている。本年度は、管理用ネットワークの IPv4 の付け換え、IPv6 の割当について、このシステムを用いて半自動で実施し、また、全学レベルでのマルチキャストポリシの変更適用も半自動で実施した。



Titanet4 の構成

2-4-2 無線ネットワーク (Titanet4 wireless)

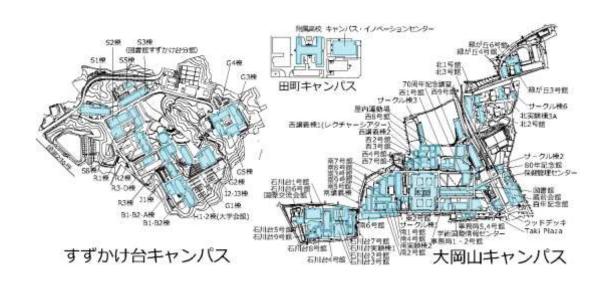
新キャンパス無線 LAN (Titanet4 Wireless/TN4W) についても安定稼働を続けている。アクセスポイントの増強施策再開により、現在 1104 台のアクセスポイントが全学に展開されている。

クラウドコンソールに移行しているため、ファームウェア更新等はスケジュール作業となっており、本年度も休日夜間に実施した。

TN4W上では、利用対象・利用方法が異なる複数の無線サービスを提供している。本学構成員を対象としたキャンパス無線 LAN TokyoTech に加え、ゲスト用無線 LAN である eduroam、 商用無線 LAN Wi2、 および、イベントネットワーク(有線も含む)をこれまで 提供してきた。本年度は大学統合に伴う IPアドレス衝突解消のためのキャンパス無線 LAN SciTokyo と、ネットワーク利用 ID(NOC ID)による 802.1X 認証に拡張した SciTokyoX の 展開を開始した。

NOC ID は、機械に覚えさせて使うことを前提に、別の場面で意味を持つ ID/パスワードではなく、ネットワーク利用のためだけの ID/パスワードを新規に、ほぼ乱数で発行するものである。今後 NOC ID による研究室向け無線、VPN のサービスの設計を行っている。統合後の IP アドレス衝突解消のため、TokyoTech の提供は夏前には終了する。

附属高校の大岡山キャンパス移転時に予定されている高校生向け無線 LAN のテストとして、Google Workspace (GWS) の OAuth2.0 連携による利用のテストも行った。 GWS アカウントでの利用については、ネットワークチームによるテスト GWS のアカウントによるログインに加え、附属高校が実際に利用している GWS のアカウントによるログインまで確認が終了している。



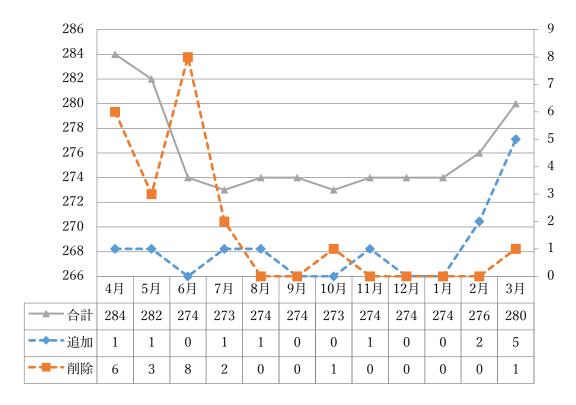
無線ネットワーク利用可能エリア

2-4-3 サーバ代行サービス (DNS サーバ代行サービス、WWW サーバ代行サービス)

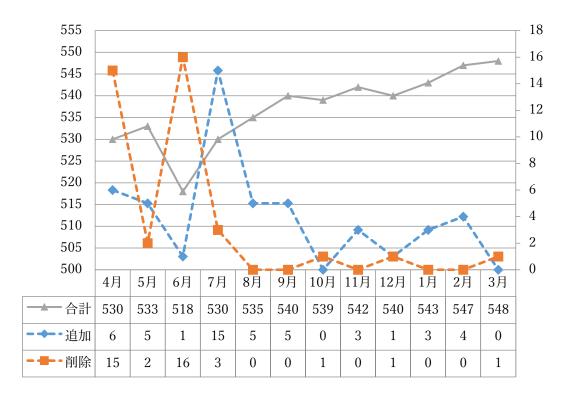
WWW サーバ代行サービスでは、各ドメイン向けのサーバ証明書の利用を可能としており、本年度も多くの利用があった。証明書は1年に1回更新する必要があり、本サービスでは、本センターがこれも代行している。

この1年はWWW サーバ更新の年度であり、ほとんどの利用者が新しいWeb ソフトウェアが安定動作する新サーバに移行したが、年度内に移行を終えられなかった利用者もあり、支援を継続している。

各代行サービスは、大学統合後の利用も予定されており、そのための新サービスの設計、新サーバの構築も開始している。



DNS サーバ代行サービス利用件数の状況



WWW サーバ代行サービス利用件数の状況

2-4-4 その他

上記で触れなかったものについて報告する。

大学統合準備

東京医科歯科大のネットワークチームと共同で、統合後のネットワーク提供の準備を進めている。

- IPアドレスの衝突解消

両大学で利用しているプライベートアドレスに重なりがあったため、利用者の移動等が少ない形でのアドレスの付け換えを継続して実施している。現在の残りは東工大の管理ネットワークと TSUBAME3.0 となっており、夏前にはすべて解消する予定である。

- 大学ドメインの取得、運用

新大学ドメインの取得を行い、トップドメインについて運用開始した。全体運用のポリシはネットワークに関してだけではなく、広報、ガバナンスにかかわるため、制定、調整を継続している。

旧大学ドメインについても、長期での維持が必要と判断されるため、関係組織と 調整し、手続きを続けている。

- キャンパス間接続

東工大キャンパスと東京医科歯科大キャンパス間の幹線接続を実現するため、 両校の SINET 接続に対して、100VLAN の追加を NII によるサービス: 仮想大 学 LAN により実現した。

IP アドレスの衝突解消まで経路交換は実施しないが、レイヤ2など経路に影響しない直接接続についてはすでに実施可能となっている。

- 申請、運用統合

両大学で、サービスの提供方法や、運用方法に大きな違いがあるが、統合後に できるだけ混乱等が生じないよう、現行の見え方と親和性の高い提供方法(申 請などの見え方)を継続して検討している。

また、両校の次回各システム更新時には、システムそのものの統合や、調達方 法の統合なども検討している。

- eduroam, UPKI 証明書

eduroam の認証は、本学の認証と連携する形で、NII/学認により行われることで、全世界の eduroam SP での利用が可能となっている。統合後は、現在の大学に紐づいた ID を一定期間維持した上で、新大学の認証と連携した eduroam認証 (ID) の供給が開始されることで、利用が維持・更新される予定である。UPKI 証明書は、NII によって各大学向けの証明書の供給が支援される仕組みであるが、統合時には、旧大学が消滅し、新大学となったことが証明されなければならないため、(証明という行為の性質からいって)長期での新旧大学分の証明書発行は困難である。現在、利用者にとって弊害が少なく、かつ、発行母体が許容できる方法について調節中である。

GSIC 情報棟移転準備

GSIC 情報棟の移転が計画されており、移転先建物の設計を進めている。2024 年度に入り、建物部分についての工事が開始された。

せっかくのスペース刷新の機会であったが、移転先では、大きなデータセンタースペースが確保できなかったため、いくつものチームがそれぞれ小部屋を利用するスタイルとなっており、それらの間の配線や電源、作業スペース分配なども設計に追加していく必要があり、調整に時間を要した。

また、各情報システムはサービスインした状態で、さらに、中途での調達・更新を行いながら移転する必要があり、ネットワークはそのためのベースとなるため、前倒しでの移行設計を行っているが、具材、工事などの全世界的な枯渇の問題もあり、時期が大学統合前後から後ろへずれることになっている。

全学光ファイバについても、コア間などの幹線部分について引き直し工事が行われる。

附属高校移転準備

かねてより、大岡山移転後のネットワークについて打合せを行っていたが、その内の GWS 認証よる無線利用について、本年度実験を行った。

組織レベルでのキャンパス NAT の利用について、今後提供を検討、試験する予定である。

具体的なネットワーク機器の調達が開始されるのに合わせて、仕様策定などの支援も予 定されている。

新規建物に伴う措置

ここ数年、新規工事に伴うネットワーク運用が続いている。高校移転に伴う学内組織の 移転、建物増加も続いており、特に西 5, 西 6 号館について、昨年度から今年度にかけて対 応を行った。正門、守衛所工事に伴う、光ファイバの措置や設計について計画当初から参 加していた。なぜか先祖返りなどもあったが、昨年度から今年度にかけて、スイッチ、ネットワークの配備などの最終対応を行った。

現在は、統合時の大岡山キャンパスへの事務集約などに伴う移動対応が増加中である。

ネットワーク機器、アプライアンス、サーバ群の稼働率

Core	
Barder Switch	
bosw-gsic	200
bouni-gsic2	300
bosin-gsic3	200
boses 67	90.00
boom s7s	99.99
bosm-s/m	200
bosu-kots	300
Border Routers	
border-gsic	300
border-sl_(s7#)	300
border-sT	300
CO10-ESIE	300
core-honkan	200
cone-s1	99,96
core-s7	100
WDM	
advo-osl.	380
adva-os2	100
artive sol	99.38
arbro-so2	99.99
ardina-ot 1	200
adva-ot2	300
adia-to1	90.94
adva-to2	99.99
wdm-os1	300
wdm-os2	200
wdm-so1	99.00
wdm-so2	90,00
wdm-kst.	300
wdm-skI	300
VPN Router	
VPN Router	99.99
VPN Router vpn-o vpn-s	99.99

Edge-o			
	100	-1-1-1-7	100
midoril.	. 100	ninhiko2	10
nidor2	100	nishi7	10
middeG	100	nishibw	-10
midoria	100	nishi8c	10
mitoib	99.99	nishi0	119
mitorio NIAZ	-	minemil	10
	-100	ninimi2	10
Nita 2	100	Dimenin	10
Шлее	100	minomif	_
gaic-eoc	100	minomi4-2	10
holi ekan	100	ninomii	10
111	190	minamis	10
100nes	100	rtinomi7	-10
traho	100	Bruinin	10
gaic	100	ninanii	10
gat-do/0	100	ninemiji	14
gsko-oc	100	rsinomi(i)	M
gsk-ocl	100	Ishik pura?	10
gsic-cert	100	Sewasida	10
gsk-imu	100	HARWIS .	14
hoskos	- 100	Ishin binesi	10
honkoniv	-100	ichikowa5	-10
honkista	100	Makings	1.0
hoskosc	100	Tamadida	14
test-1	. 100	Beautiful	10
honkons	100	Johikhwa9	10
tesekainko	100	koryaksikan	110
honkonn	100	romachi.	110
higoshii.	100	jimu1	110
higoshi2	100	hunkan-nac	1/0
cuclel	100	talikukan	10
taki	100	Jimuti.	1.0
kodo	99.98	MRI	-10
nishi1.	100	kitejida	110
nishi3	100	gsic-noc2	10
nishi#	100	gsic-dc10	10
circle3	100	knaji?	1.0
nishib:	100	krisjill.	10
nishi6	190	kitajii.	10
nishikol :	100	gaic-flots	1.0
200 mocBHUB	100	ninimiji3	-10
		himmii4	10
		ninomiko	1.0
		nsidor#co	99.9

Edge-s	
12	300
32-00	99.99
521	99.97
628	99.98
13	.99.99
45	100
17	-100
41	200
47	99.99
(8)	3.00
22	99.98
45	99,99
JI.	99,99
2	300
р	.99.99
16	99,99
.47-doc	300
12	300
42	300
13	300
(3d	99.99
a7-de	100
b1	99.90
12	100
hib2s	100
h1h2	100
giás	99.99
44	99.99

Server			
NTP		ipam	
etp0		netbox	- 100
etp1	99.89	ansible00	99.99
elp2	99.89	i.	
977		MOCID	
DHCP		nid-mongo-ol	100
dhop-arent	150	nid-mongo-s2	100
iftep)	99.96	Fa-egnem-bin	100
dhqp2		nid-mdius1	100
(2w-dhept	100	To-subst-bin	deer
12w-dhcp2	_	nid-radius-st	dear
dhop-off.	_	t2nid	99,88
rfhop-d2	100	signin	99.88
DAILY.		F DU DO LA	
DNS	40.00	EDURGAM	00.00
ns1	_	sites-dest	99,99
ns2	99.89	eden-dns2	99.58
RE:0	99.89		
rines deconomi	99.89		-
des-siret	99.87		_
District Solds.	10.01		-
Wireless			
outh of	140		
suth-ol	100		_
edu-redpis-o	99.87		
edu-radpra-s	99.87		
12w-redpis-o	99.77		
t2w-redpts s	99.87		
Fa			
New-Proxy			
proxy	99.89	Q S	
res-olan	100	l)	
res-ol	99,88		
res-oZm	150		
ma-oZ	99.88		_
109-03	99.88		-
ma-st_m	99.98		
res-sl	19.86		
101-12	59.88		_
mi-s3	99.87	_	-
pra-st.	99,86		-
pn-st.m	99.97	_	
pii +52	99,86		\vdash
pra-s2m	99.89		_
pn-s3	90.00	_	-
pre-edum	99.86	_	-
pra-oš pra-s4.m	99.99		_
t2aid	100	-	1
14072	100		\perp

2-5 情報セキュリティ (CERT)

東工大 CERT 活動の概要

情報セキュリティの重要性が高まる中で 2014 年 10 月に情報セキュリティの専門チームである東工大 CERT (Computer Emergency Response Team)を設置した。CERT は東工大における研究/教育/事務活動等を促進させるため、また、安全な計算機環境を提供する事が CERT の役割である。CERT ではセキュリティ事案発生時における緊急対応を行うほか、セキュリティ情報の発信、学内の脆弱性調査などの事前対応に重きを置いた情報セキュリティに関わる活動を行っている。2023 年度は上記の基本的な業務を継続および改善しながら、学内コミュニケーションの高度化に継続して取り組んだ。特に Slack を活用し普段からセキュリティ情報を学内構成員と共有し啓発活動を行うと同時に、インシデント対応時にも迅速かつ使い勝手の良いコミュニケーションを行う事で被害の最小化に努めた。

全学向けの注意喚起

特に危険度が高いと判断したセキュリティ情報については、全学の利用者向けに分かり易く伝えることを目的とした注意喚起をメールで配信している。また、教育研究評議会等におけるセキュリティ報告等と連動させ、大量のばらまき型のメール攻撃を受けるなど、インシデントの可能性が高まっている際に配信をして学内への周知効果を高めるよう努めている。また、日常的に発生するばらまき型のメール攻撃等に関しては X (旧 Twitter)でも情報配信を行っている。2023年現在は教職員に限定されるが Slack を利用して注意喚起や脅威情報等の提供を行っている。参加者からも自発的な情報共有が行われ、メール攻撃等のサイバー攻撃が素早く共有されており、被害を未然に防止する効果があると考えられる。

全学向けの情報セキュリティセミナー

新採用教員および職員向けや新部局長/評議員向けに年間合計で4回程度情報セキュリティセミナーを開催している。一部の学院に対してはオリエンテーション時に新入生向けの情報セキュリティセミナーを実施し、4月は日本語で10月には留学生が多いので英語でセミナーを行った。

学内向け脆弱性診断

Google や SHODAN また Censys といった検索エンジンを利用する事で公開情報から脆弱性を調査した。これは不正侵入等を試みる犯罪者も利用する情報で有るため、事前に脆弱性のある機器を調査して対策を講じることで、不正侵入等を防止する効果が期待出来る。 学内の WEB サーバやプリンタ複合機、テレビ会議システム等を定期的に調査し、担当者へ通知すると共に必要に応じて対応も行った。特に WordPress に代表される WEB コンテ ンツ管理システムの脆弱性を発見する事に対しては大きな効果を発揮した。加えて SSH や RDP などリモートアクセスに関する調査も重点的に行い、高い効果を上げた。また、脆弱性診断ツール(Nessus)を利用し、学内の主要な WEB サーバを中心に定期的な診断を実施し、脆弱性一覧をまとめて担当者と連携しながらアップデート等の対応を行った。また継続して ICS(Industrial Control System)など制御系のシステムにも注意し、調査および対策を行った。

WEB サイトの運用

最新の情報セキュリティに関する注意喚起、情報解説を目的としたホームページ (https://cert.titech.ac.jp) を運用しており、これまでに 300 件程度の記事を掲載した。最新のセキュリティニュースの中でも大学に関係する話題を中心に選択し、平易で短い解説を付けて紹介する事で情報セキュリティに関する興味の喚起を図っている。

T2BOX:ファイル共有システムの開発・運用

多様なメール攻撃が日常的に行われており、添付ファイルを不用意にクリックしてマルウェアに感染する事例が多く報告されている。メールの添付ファイルを抑制するために、2016年度に本学独自のファイル共有システム(名称:T2BOX)をNAPやNOCと協力して構築し運用を開始した。現在では学内で広く利用されている。昨年度に引き続き改修を行い、安定運用に向けての機能追加などを行った。

次世代型セキュリティ機器の運用等

攻撃手法が年々高度化および多様化しており、既存のファイアウォール等だけでは攻撃 の検知が非常に難しくなっている。NOC と共同して継続して次世代型セキュリティ機器の 検証等を重ねてきており、更新された次世代型ファイアウォールに関してもその機能を十 全に発揮させるべく共同で運用を行っている。

現在はファイアウォールおよびサンドボックス型の次世代型セキュリティ機器が稼働しており、その運用に加えてそれら機器が出力するログを十分に活用するためのログ分析基盤の強化も図っている。このログ分析基盤を安定運用しつつ、より機能を強化するためのデータ解析ツールの検証も併せて行った。

セキュリティインシデントへの対応

学内で起きたセキュリティを脅かす可能性の高い事象に対して該当マシンをネットワークから切断する等初動対応を行った。被害を最小化するために迅速な対応はもちろんのことだが、基本的には当該組織の担当者を含め積極的にコミュニケーションを取り、現状の環境の改善や今後の対策などを整理してリテラシー向上にも努めた。

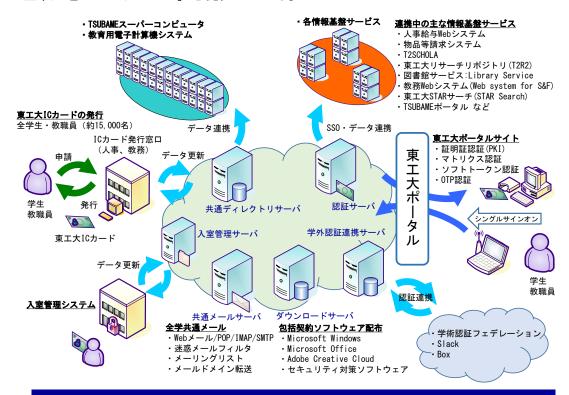
セキュリティ教育教材を用いた啓発活動

東工大内で作成したガイドブックや NISC が作成している情報セキュリティ関係のハンドブックを冊子にして学内セミナー等の機会に配布している。ガイドブックは日英版に加えて中国語版も用意し、ビデオ教材も日英版学内で共有している。また、チラシの形でも特定のトピックを取り上げ啓発活動を行っており、同時に WEB サイトやデジタルサイネージなどを併せて情報提供を行っている。一部のコンテンツは他機関に提供するなどし、学外組織との連携も深めている。

2-6 キャンパス共通認証・認可システム

2-6-1 構成

本学の研究・教育・事務処理における情報サービスに対する利用者情報を統合し、かつ利便性、安全性、安定性の向上を図るため設けられた全学キャンパス共通認証・認可基盤システム及び全学共通メールシステムの概念図を以下に示す。本学構成員全員に対して情報基盤を利用するための全学共通のアカウントを付与するとともに、PKI(公開鍵暗号方式を利用したセキュリティ基盤)を用いた認証サーバに基づき、「東工大 IC カード」、「全学共通メールサービス」を提供している。



東京工業大学キャンパス共通認証・認可基盤の概要

共通認証・認可システム及び全学共通メールシステムの概念図

2-6-2 運用

(1) 東工大ポータル

学内の情報基盤サービスや各種情報サービス(以下、情報基盤サービスという。)に対する統一的な利用の窓口として「東工大ポータル(Tokyo Tech Portal)」と呼ぶウェブページを用意している。この東工大ポータルに一度ログイン(シングルサインオン)することにより、情報基盤サービスを利用することができるようになっている。

- (2) 連携中の主な情報基盤サービス
 - 東工大ポータルから利用可能なサービスは以下のとおりである。
 - ・全学共通メール (Tokyo Tech Mail ウェブメール、管理者機能など)
 - ・学内ネットワーク環境への接続(SSL-VPN 接続)
 - ・包括契約ライセンスソフトウェアの提供
 - ・物品等請求システム
 - ・東工大リサーチリポジトリ (T2R2)
 - ・図書館サービス: Library Service
 - ・人事給与 Web システム
 - ・TOKYO TECH OCW/OCW-i 統合システム
 - ・教務 Web システム(Web system for S&F)
 - ・東工大 STAR サーチ (STAR Search)
 - ・TSUBAME4 ポータル
 - ・学外サービスとの認証連携(学認フェデレーション)
 - ・建物情報閲覧システム
 - ・教員自己点検システム(FIS)
 - ・東工大学修ポートフォリオ(TokyoTechPortfolio)
 - ·学生一般定期健康診断 予約·問診
 - ・教育用電子計算機システム
 - ・全学施設予約システム
 - ・財務会計システム
 - · Slack
 - Box
 - · T2SCHOLA
 - ・申請システム (T2APPs)
 - ・勤怠管理システム
 - ・人を対象とする研究倫理審査申請
 - ・大学院入学手続きシステム
 - ・大学院入学料及び授業料免除猶予システム

2-6-3 実績

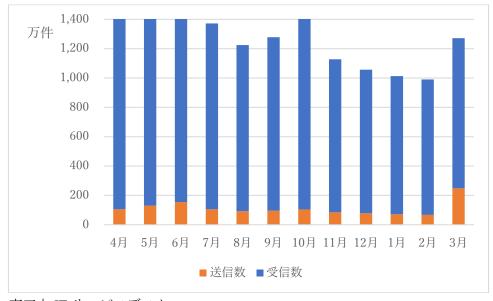
- (1) 本年度トピックス
 - 1) macOS 14 Sonoma に伴う各種動作確認(2023 年 10 月) macOS 14 Sonoma リリースに伴い、IC カード認証、SSL-VPN、TTInstaller の動作 確認を実施した。
 - 2) 全学共通メールシステム更新 (2023年10月)

ハードウェア保守契約が終了するためシステムの更新及び移行を実施した。

- (2) 全学共通メールの利用状況を以下に示す。
 - ・全学共通メールアドレス発行件数(2023年3月末時点)

全学共通メールアカウント	15,440
(内訳) 常勤職員	1,797
非常勤職員	1,947
アクセスカード	479
学士課程学生	4,708
大学院学生 (修士課程)	4,083
大学院学生(博士後期課程)	1,614
研究生等	536
非常勤講師	276

・共通メール送受信の推移(2023年4月1日~2024年3月31日)



(3) 東工大 IT サービスデスク

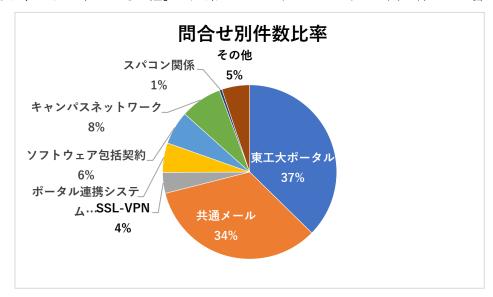
学術国際情報センターで提供する情報基盤サービス全般の問い合わせの対応と東工 大ポータルで利用可能な各種サービスの担当窓口へ誘導するサービスを提供している。

東工大 IT サービスデスク

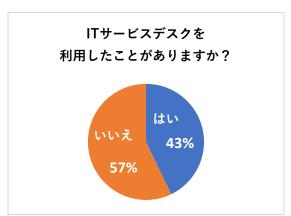
・電 話:03-5734-3654 9:00~12:15、13:15~17:00 (休日・祝祭日を除く)

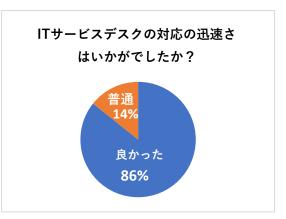
・メール: helpdesk@gsic.titech.ac.jp

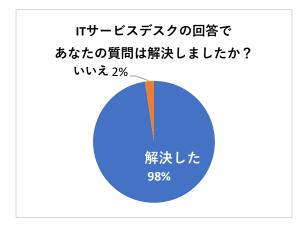
以下に本年度 IT サービスデスクに寄せられた問い合わせの集計比率を示す。 なお、グラフ中の「その他」は入館システムや eduroam などの問い合わせが含まれる。

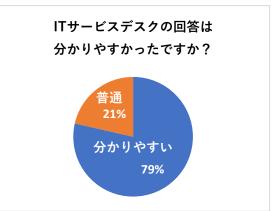


また東工大 IT サービスデスクでは、毎年(例年1月頃)全教職員を対象にアンケートを実施し、サービスのさらなる向上と改善に努めている。以下に集計結果の抜粋を示す。









アンケート回答者数 140名

2-7 ソフトウェア包括契約

2-7-1 概要

学内でも広く使われているソフトウェアの内、Microsoft Windows 及び Microsoft Office については平成 19 年 4 月から、Adobe 社 Adobe Creative Cloud については平成 26 年 11 月から、MathWorks 社 MATLAB については平成 27 年 3 月から、セキュリティ対策ソフトウェアについては Sophos 社製品を令和 2 年 4 月から包括ライセンス契約を締結した。これは、研究室等における上記ソフトウェアの購入経費の軽減(大学全体での経費削減)を目的として導入したものであり、不正ライセンス利用の抑止としての意味もある。

その結果、令和 5 年度の実績で約 3 億円の経費が削減されると試算され、加えて、本学学生および教職員がセキュリティ対策ソフトウェア及び Microsoft 365 Apps for Enterprise(旧称 Office 365 ProPlus)を個人所有の PC 用に導入することが可能となり、学生の学習・研究環境整備にも貢献している。

また、提供するソフトウェアに対する管理を厳密に行う手段として、全学認証システムと の連携による本人認証を行っている。

・令和6年1月: Office Standard 2019 for Mac の提供を停止

【包括契約で提供されるソフトウェア】

Microsoft Office	Windows 版	Office LTSC Professional 2021 Office Professional 2019
	Mac 版	Office LTSC 2021 for MAC
Microsoft 365 Apps for Enter-		個人所有 PC のみ
prise		
Mi C. Wi II I	Windows 11 Education Upgr	rade
Microsoft Windows Upgrade	Windows 10 Education Upgr	rade
Sophos 社製セキュリティ	Windows, Mac, Linux 版	Central Intercept X Advanced
対策ソフトウェア		
	Windows, Mac 版	Adobe Creative Cloud 個人向
A 1-1-		けのコンプリートプラン相
Adobe		当(クラウド関連サービスを
		除く)
MathWorks	Windows, Mac, Linux 版	Campus Wide license (full
MathWorks		Suite)

2-7-2 運用

- · Microsoft 社製品, Sophos 社製品, Adobe 社製品
- 1) 利用資格

アクセスカード、入館カードを除く東工大 IC カード身分証を保持する学生、教職員が利用できる。

2) インストール対象となるコンピュータ (PC)

以下の条件を満たすコンピュータにインストールすることができる。

・ 大学の経費で購入した大学所有のコンピュータ

大学の<u>物品及び</u>(大学の経費で購入したもの以外に, リース品など大学が管理するものを 含む)

- ・ 利用資格を有する者が所有する個人所有のコンピュータ(ただし、Sophos 社製セキュリティ対策ソフトウェアについては学内 LAN を利用する PC に限り 1 台分利用可能。Adobe 製品については個人所有のコンピュータでの利用は不可。)
- 3) 提供方法
- a) 大学所有コンピュータへの提供(Adobe ユーザ指定ライセンス以外)

Step1:【教室系】常勤講師以上が作業/【事務系】筆頭グループ長が作業

IC カード認証により東工大ポータルにログイン ⇒ 誓約書を提出

Step2:【教室系】常勤講師以上が作業/【事務系】筆頭グループ長が作業

東工大ポータルにログイン (マトリクス/OTP 認証 **→** パスコード取得 可)

Step3:【教室系】教職員・非常勤職員・学生が作業/【事務系】常勤職員が作業

東工大ポータルにログイン (マトリクス/OTP 認証 → インストーラをダウン ロード

*パスコード取得から24時間以内に作業する必要有り

b) 大学所有コンピュータへの提供(Adobe ユーザ指定ライセンス)

Step1: 東工大ポータルにログイン(マトリクス/OTP 認証可)

Step2: 「Adobe」を選択し、東工大 Adobe 認証 ID を入手

Step3: そのページから〔Adobe ログイン〕を選択し https://account.adobe.com/

ヘアクセスし、上述の ID でサインイン

(認証として東工大ポータルへのログインが求められた場合はログイン)

東工大ポータルから送信する属性情報の確認

Step4: 指示に従い、インストール/ライセンス認証

*ユーザ指定ライセンスは各個人 ID につき 2 ライセンスまで

*利用は常勤教職員、非常勤職員に限る

c) 個人所有コンピュータへの提供(Microsoft365 Apps for Enterprise (旧称 Office365ProPlus))

Step1: 東工大ポータルにログイン(マトリクス/OTP 認証可)

Step2: [Microsoft 365 アカウント] を選択し、東工大 Microsoft 365 アカウント

とパスワードを入手

Step3: https://www.office.com/ ヘアクセスし、上述のアカウントとパスワー

ドでサインイン

Step4: 指示に従い、インストール/ライセンス認証

d) 個人所有コンピュータへの提供 (Sophos 社製セキュリティ対策ソフトウェア)

東工大ポータルにログイン (マトリクス/OTP 認証 \Rightarrow 可)

→ インストーラをダウ ロード

- Mathworks 社製品(MATLAB)
- 1) 利用資格

教職員: 東京工業大学に勤務する教職員

学生:東京工業大学に在籍する学部生および大学院生

2) インストール対象となるコンピュータ

教職員: 教職員の個人の PC および大学予算で購入した研究室等の PC (大学の経費で購入したもの以外に、リース品など大学が管理するものを含む)

学生:学生個人のPC

- 3) 手続方法
 - 1. My MathWorks のサイトでアカウントを作成
 - 2. My MathWorks にアカウントが登録されると「メールアドレスの認証」という件名 のメールが mathworks.com から届くので、メール文中のリンクから「メールの確認」 をクリックし、メールアドレスを承認する。

詳しくは、http://tsubame.gsic.titech.ac.jp/MATLAB-TAH で確認。

2-7-3 実績

Microsoft Windows 配布数

	2023									2024			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10 月	11 月	12 月	1月	2 月	3 月	計
11/10	95	25	13	17	16	20	24	20	32	320	18	22	622

Microsoft Office 2021 配布数

	2023									2024			計
	4月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11 月	12 月	1月	2 月	3 月	日日
Win	281	119	70	67	59	69	89	100	86	92	101	134	1267
Mac	81	23	16	44	18	38	41	17	30	56	48	48	460
計	362	142	86	111	77	107	130	117	116	148	149	182	1727

Microsoft Office 2019 配布数

	2023									2024			計
	4月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11月	12 月	1月	2 月	3 月	日日
Win	102	48	33	30	25	17	31	18	327	23	23	16	693
Mac	48	14	6	15	8	12	10	11	6	6	-	-	136
計	150	62	39	45	33	29	41	29	333	29	23	16	829

Sophos Central Intercept X Advanced (Windows 版)配布数

	2023									2024			計
	4月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11月	12 月	1月	2 月	3 月	口
学内 PC	426	129	86	63	59	58	110	102	384	73	97	110	1697
個人 PC	229	57	44	15	8	21	46	36	24	21	16	17	534
計	655	186	130	78	67	79	156	138	408	94	113	127	2231

Sophos Central Intercept X Advanced(Mac 版)配布数

	2023									2024			計
	4月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11月	12 月	1月	2 月	3 月	日日
学内 PC	152	35	38	47	16	36	65	28	59	112	49	34	671
個人 PC	73	23	10	10	13	23	27	13	11	14	18	4	239
計	225	58	48	57	29	59	92	41	70	126	67	38	910

Sophos Central Intercept X Advanced (Linux 版)配布数

	2023									2024			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10 月	11 月	12 月	1月	2 月	3 月	司
学内 PC	0	0	3	13	0	0	0	9	0	15	0	0	40

Adobe 共有デバイスライセンス (SDL)配布数

	2023									2024			計
	4月	5 月	6月	7月	8月	9月	10 月	11 月	12 月	1月	2 月	3 月	日日
Win	368	99	80	69	59	64	104	78	399	83	85	86	1574
Mac	136	40	29	39	24	33	43	22	39	54	32	54	545
計	504	139	109	108	83	97	147	100	438	137	117	140	2119

· MATLAB 配布数

2024.02 の登録人数:4002、インストール台数:4238

・Microsoft 365 Apps for Enterprise (旧称 Office 365 ProPlus) 配布数 2024.03 末の登録数

Windows: 10163, Mac: 4461, Android: 408, iOS: 3532, Windows Mobile: 40

2-8 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究

副センター長 青木 尊之 マネジメント准教授 渡邊 寿雄 特任講師 松本 安弘 共同利用推進室 松本 豊 情報基盤課 基盤総務グループ 伊藤 智子

TSUBAME 共同利用サービスの概要

東京工業大学 学術国際情報センターが運用するTSUBAME3.0、および2024年4月より運用を開始したTSUBAME4.0は世界トップレベルのスパコンであると共に、「みんなのスパコン」TSUBAMEとして学内のみならず、TSUBAME共同利用サービスとして様々な制度の下でその膨大な計算資源を広く提供している(表1)。本章ではJHPCN(学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点)について説明し、HPCIについては2-9章にて、TSUBAME共同利用

表 1 TSUBAME3.0 における共同利用サービス一覧

			20 8 X 113 1 37 13 7		<u> </u>		
利用区分	利用者		制度	募集 時期	申請先	成果 公開	1Unit 料金 (税込) [1]
	他大学		НРСІ	年1回 10月頃	HPCI 運用事務局 (高度情報技術研究機構)	公開	無償
学術 利用	または 研究機		JHPCN	年1回 1月頃	JHPCN 拠点事務局 (東大情報基盤センター)	公開	無償
	関等	共同	TSUBAME 引利用(学術)	随時 募集	東京工業大学 学術国際情報センター	公開	110,000 円
		НРСІ	産業課題	年1回 10月頃	HPCI 運用事務局 (高度情報技術研究機構)	公開	無償
産業	民間	пРСІ	産業試行課題	随時 募集	HPCI 運用事務局 (高度情報技術研究機構)	公開	無償
利用	企業	1	JHPCN 企業共同研究	年1回 1月頃	JHPCN 拠点事務局 (東大情報基盤センター)	公開	無償
			TSUBAME	随時	東京工業大学	公開	110,000 円
		共同	司利用(産業)	募集	学術国際情報センター	非公開	330,000 円

^{[1] 1}Unit は 1,000 ノード時間相当。

(学術/産業) については2-10章で説明する。

ネットワーク型拠点の概要

「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)」は、東京工業大学 学術国際情報センターが、北海道大学情報基盤センター、東北大学サイバーサイエンスセンター、東京大学情報基盤センター(中核拠点)、名古屋大学情報基盤センター、京都大学学術情報メディアセンター、大阪大学サイバーメディアセンター、九州大学情報基盤研究開発センターと

ともに構成する「ネットワーク型」の共同利用・共同研究拠点である。平成 22 年の本拠点認定により、当センターは東京工業大学の学内共同利用施設から、個々の大学の枠を越えた全国の研究者のための共同利用・共同研究拠点となった。第1期、第2期の期末評価で本ネットワーク拠点はともに A 評価を受けており、令和4年度より第3期が開始している。

本ネットワーク拠点の目的は、大規模情報基盤を用いて、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や映像データのプロ



図1 JHPCN の構成拠点

グラム解析、大容量ネットワーク利用技術の開発、その他情報処理一般における、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る。本拠点の構成機関には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る。

ネットワーク型拠点としての活動:公募型共同研究

ネットワーク型拠点は、過半数を構成拠点以外の委員が占める運営委員会による審議・承認の下で運営されている。また年 1 回行われる共同研究課題公募とその共同利用課題の実施は本ネットワーク型拠点で最も重要な活動であり、その事務手続きの大部分(申請課題の受付、審査、採択結果の通知までの手続きなど)は、中核拠点である東京大学情報基盤センターにて行われている。採択後の利用開始手続きや利用サポート、施設利用負担金の経理処理については、採択課題が利用する共同利用拠点にてそれぞれ行われている。本ネットワーク型拠点活動の活性化のため、全構成拠点内外のメンバーによる運営委員会と構成拠点メンバーのワーキングループによるヒューマンネットワークも形成されている。

JHPCN 構成拠点の持つ計算資源の一部は HPCI の計算環境を構成しており、JHPCN では HPCI と協力して、これらの計算資源の一部を JHPCN の共同研究に提供している。これを HPCI 資源と呼ぶ。これに対して、HPCI を介して提供していない、各拠点が独自に運用する 計算資源を非 HPCI 資源と呼び、データ活用社会創成プラットフォーム mdx も非 HPCI 資源 に含まれる。HPCI 資源を利用する共同研究は課題申請時に HPCI 課題申請支援システムを 利用し、HPCI 資源を利用としない場合とで応募手順が異なる。令和 5 年度の共同研究課題 の公募は令和 4 年 12 月 7 日から令和 5 年 1 月 9 日まで行われ、共同研究課題審査委員会

表 2	JHPCN 共同研究課題公募における採択課題数の	推移

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	R02	R03	R04	R05
採択課題	44	34	35	39	46	52	58	52	49	63	68
うち東工大利用課題	11	10	10	12	11	16	14	8	7	6	7
応募課題	55	53	51	47	52	70	66	65	56	68	93
採択率(%)	80.0	64.2	68.6	83.0	88.5	74.3	87.9	80.0	87.5	92.6	73.1

(委員は非公開、各構成拠点教員とそれを上回る人数の外部委員で構成)による厳正なる審査の結果、応募93件中68件を採択した。表2に採択課題数や採択率の推移を示した。

令和5年度 共同研究日程

令和 4 年 12 月 7 日 (水) 課題応募受付開始 令和 5 年 1 月 6 日 (金) 課題応募受付締切

 3月中旬
 採択結果通知

 4月1日(土)
 共同研究開始

令和 5 年 7 月 6・7 日 JHPCN 第 15 回シンポジウム

令和6年3月31日(日) 共同研究期間終了

令和 6 年 7 月 11・12 日 JHPCN 第 16 回シンポジウム

国際共同研究、企業共同研究、2つの課題分野の設定、萌芽型共同研究

本ネットワーク型拠点は第一期の活動を終え、平成 28 年度より開始した第二期では新たな施策として、従来の一般共同研究課題に加えて国際共同研究、企業共同研究、そして萌芽型共同研究の課題公募を行っている。国際共同研究課題では国内の研究者のみでは解決や解明が困難な問題に取り組む研究を行い、企業共同研究課題では産業応用を重視した研究を行う。令和 5 年度公募では国際共同研究課題として 4 件の共同研究課題が採択・実施されたが、企業共同研究課題の採択はなかった。また令和 5 年度の共同研究課題公募より、

(1) 大規模計算科学分野および(2) データ科学・データ利活用分野の2つの課題分野に分けて募集した。

また各構成拠点で独自に募集する共同研究を、将来的な JHPCN 課題への進展を期待し、JHPCN 萌芽型共同研究として支援する制度を開始した。各センターにおける JHPCN 萌芽型 共同研究制度を表 3 に示した。当センターでは平成 28 年度より TSBUAME 若手・女性利用 者支援制度を新たに開始し、令和 5 年度は採択課題 3 件のうち 2 件を JHPCN 萌芽型共同研究として採択した。TSUBAME 若手・女性利用者支援制度については「2-9 TSUBAME 公募型共同利用支援制度」の章にて説明している。

表 3 令和 5 年度萌芽型共同研究課題一覧

センター	制度名
北海道大学情報基盤センター	北海道大学情報基盤センター共同研究
東北大学サイバーサイエンスセンター	東北大学サイバーサイエンスセンター共同研究
東京大学情報基盤センター	若手・女性利用者推薦制度
東京工業大学学術国際情報センター	TSUBAME 若手・女性利用者支援制度
名古屋大学情報基盤センター	名古屋大学 HPC 計算科学連携研究プロジェクト
京都大学学術情報メディアセンター	若手・女性研究者奨励枠
大阪大学サイバーメデイアセンター	大規模計算機システム公募利用制度
九州大学情報基盤研究開発センター	九州大学 JHPCN 萌芽研究(JHPCN-Q)

ネットワーク型拠点としての活動:シンポジウムの主催・共催・協賛

令和5年度は令和4年度に引き続きハイブリッド開催で、口頭発表は2パラレルセッションにて実施した。パラレルセッションに対応可能なように会場も変更となり、品川駅すぐの東京コンファレンスセンター・品川にて開催された。シンポジウムでは、令和3年度に実施された共同研究課題63件が2セッションに分かれて口頭発表にて研究成果を報告した。また、令和5年度採択課題68件、そして萌芽型共同研究課題によるポスター発表が行われた。また黒橋禎夫博士(NII 所長/京都大学教授)による基調講演と、武田征士博士(IBM Research)によるによる招待講演を行った。

ネットワーク型拠点としての活動:第4期中期中間評価への対応

共同利用・共同研究拠点の第 4 期中期目標期間における中間評価へ対応するために、 JHPCN として WG メンバーを選出し、対応を行った。当センターからは WG メンバーとして大西領教授、事務担当として松本安弘特任講師が対応を行った。

ネットワーク型拠点としての活動:データ活用社会創成プラットフォーム mdx の本格運用 $embed{embed}$ $embed{embed}$ $embed{embed}$ $embed{embed}$ $embed{embed}$ embed e

データ活用社会創成プラットフォーム mdx が令和 5 年 5 月 10 日に試験運用を終了し、5 月 11 日より有償での本番運用を開始した。また、JHPCN の令和 5 年度定期公募から mdx を利用する研究課題の公募も開始した。また、mdx の次世代機として概算要求していた mdx II の大阪大学への設置が認められ、仕様策定委員会の設置と調達が進められた。

構成拠点としての活動:提供する計算機資源と当センターの特色

当センターは本ネットワーク型拠点の構成拠点として、クラウド型ビックデータグリーンスパコン「TSUBAME3.0」の計算資源を提供した。令和 5 年度の公募型共同研究課題の採択課題の全 68 件は、公式 Web ページ(https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/)にて公開されてい

るが、当センターの TSUBAME3.0 を利用する研究課題として表 4 にまとめた 7 件が採択・ 実施され、当初配分予定 105 口に対して利用実績ベースで 110 口の資源提供を行った。課題 毎のより詳細な当初配分口数と利用実績口数は表 4 に示した。

本ネットワーク拠点が供出する計算資源のうち、当センターの TSUBAME3.0 は GPU 搭載スパコンであることを反映して、当センターを利用したすべての採択課題が GPU を活用した課題であった。これは本ネットワーク型拠点が持つスパコンの多様性が、公募型研究課題の多様性にも反映されていることを示している。令和 6 年 4 月から運用を開始する TSUBAME4.0 も最新の NVIDIA H100 GPU 搭載スパコンであり、多くの計算資源を深層学習/人工知能/大規模言語モデルの課題に提供する予定である。一方で当センター以外の本ネットワーク拠点にも多くの GPU 搭載スパコンが導入され、また今後も導入予定であり、今後は TSUBAME4.0 以外でも GPU を活用した課題が採択されていくことになるであろう。

構成拠点としての活動: 当センターの運用体制の強化

第 4 期の拠点認定によりネットワーク型拠点の機能強化が行われた結果、当センターへも JHPCN 予算が措置されることになった。その人件費を活用して令和 5 年 3 月に雇用した特任講師が令和 6 年度の JHPCN 運用において中心的役割を果たし、当センターの JHPCN 運用体制の強化が行われた。

表 4 令和 5 年度 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 課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 / 申請課題名	承認口数 利用口数
1	日本原子力研究開発機構 杉原健太 / 原子力気液二相流体解析における界面捕獲手法の 高度化	17 □ 6 □
2	東京工業大学理学院 岡元太郎 / 大規模地震波シミュレーションによる沈み込み帯の 波形トモグラ フィー: 2011 年東北地震震源域と南西諸島域	10 □ 12 □
3	京都工芸繊維大学機械工学系 高木知弘 / 3Dプリンタ積層造形のパウダーモデル構築と 大規模フェーズフィールド格子ボルツマン計算	18 □ 27 □
4	九州大学応用力学研究所 渡辺勢也 / 格子ボルツマン法による洋上ウィンドファームの大規模シミュレーション	13 □ 12 □
5	大阪公立大学 金田昌之 / モータ高出力化の課題解決に資する混相・乱流熱流動解析	25 口 29 口
6	日本原子力研究開発機構 朝比祐一 Developing AI-assisted high performance fluid simulation codes	4 □ 1 □
7	東京工業大学 バルケズアルビンクリスタファーガラン / Investigating the global effects of realistic spatio-temporally varying anthropogenic heat emissions using a high-resolution global climate model	10 🗆
	合計	105 □

構成拠点としての活動:採択課題への配分口数の再配分ルール

年度末時点での残余口数は失効する当センターの課金制度の下で、配分口数の有効活用のため、平成27年度より再配分ルールを定め、そのルールに従って実施している。令和5年度は平成31年度再配分ルールをベースとし各課題への配分資源を四半期毎に分け、毎月の利用実績通知や余剰資源の再配分を予定していたが、下記の再配分ルールのうち2.~4.を実施し、1.の第1~2四半期末の残資源の調整は実施しなかった。

令和5年度 計算資源の再配分ルール

1. 第 1~2 四半期末の残資源の調整(令和 5 年度は実施せず) 残資源の 50%を上限として次の四半期への移行を認める。ただし、残資源が 3 口未満の 場合は全口数の移行を認める。また 2.前倒し配分および 3.追加配分の残資源も全口数の 移行を認める。

2. 第3四半期末の残資源の調整 (1月に実施)

残資源の次の四半期への移行は行わず、全課題に第4四半期の当初配分口数を配分する。(第4四半期の配分資源を前倒し利用した場合は、不足分を追加することで当初口数を配分する。)

3. 第1~3 四半期の前倒し利用

第1~3 四半期に計算機資源の不足が生じた課題は、当該課題のそれ以降の割当より前倒し利用可能である。全配分口数は第1四半期の初めに配分し、利用申請なしに前倒し利用可能である。一方で、資源量の管理は四半期毎に行い、毎月の利用実績通知において当該四半期末に失効する資源量を通知する。

4. 第1~3 四半期の追加配分(11月に実施)

1.第 1~2 四半期末の残資源の調整 にて生じた残余口数を、各四半期の配分資源の 90% 以上を使い切った課題を対象に 5 口を上限として課題代表者からの申請により追加配分する。追加希望口数の合計が残余口数の合計を上回る場合は、追加希望口数に対するドント方式により配分する。

2-9 HPCI (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) の運用と資源提供

副センター長 青木 尊之 マネジメント准教授 渡邊 寿雄

HPCI の概要と東工大の役割

HPCI(革新的ハイパフォーマンス・コンピューテイング・インフラ)は、当初は「京」と、そして今後は「富岳」と全国の大学や研究機関に設置されたスパコンを高速ネットワークで結び、多様なユーザニーズに応える革新的な共用計算機環境を実現する基盤システムである。第一期 HPCI 事業(平成 24~28 年度)が終了し、平成 29 年 4 月からは第二期が開始した。HPCIの枠組みの中で、東京工業大学学術国際情報センターは以下の役割を負っている。

- システム構成機関としての役割
 - ・ HPCI 連携サービス委員会、および HPCI 連携サービス運営作業部会への参加
 - · スパコン「TSUBAME3.0/4.0」の計算資源の提供
 - ・ 本センターの計算資源を利用する課題へのローカルアカウント発行やサポート
- プライマリセンターとしての業務
 - ・ HPCI アカウントの発行・管理、および Shibboleth IdP サーバの運用
- 最寄りセンターとしての業務
 - 対面認証業務の実施

HPCI の運営と HPCI 連携サービス委員会および HPCI 連携サービス運営・作業部会

HPCIでは、国がその運営企画調整業務を一般財団法人高度情報科学技術研究機構 (RIST) に業務委託し、その下に「HPCI連携サービス委員会」及び「HPCI連携サービス運営・作業部会」を設置して HPCIの運営を行っている。システム構成機関である東工大では、定期的に開催される HPCI連携サービス委員会(4回開催)と HPCI連携サービス運営・作業部会(11回開催)に以下の委員/部会員が出席し HPCIの運営に協力した。HPCI連携サービス運営・作業部会で業論された議題が HPCI連携サービス委員会で円滑に議論されるように、HPCI連携サービス運営・作業部会員が HPCI連携サービス委員会へオブザーバ参加可能にするなど、両会議の連携の強化と会議進行の効率化が進められている。

HPCI 連携サービス委員会委員 遠藤敏夫

HPCI 連携サービス運営・作業部会員 野村哲弘、渡邊寿雄、藤田和宏

HPCI システム共用計算資源の利用研究課題募集と課題選定

HPCI システム共用計算資源の利用研究課題募集は、HPCI 運用事務局(一般財団法人高度情報科学技術研究機構、RIST)が窓口となり年1回公募が行われる。申請された利用研

究課題の審査は産学官の有識者から構成される利用研究課題審査委員会により実施され、 採択課題は1年間の利用が認められる。令和5年度の募集開始から採択までのスケジュールを表1に示した。

表 1 HPCI システム共用計算資源の利用研究課題募集と採択のスケジュール

電子申請受付開始	令和4年10月5日
電子申請受付締切	令和4年11月2日17時(JST)
オンラインでの所属機関承認期限	令和4年11月10日
利用研究課題審査委員会による課題選定	
選定結果の公表	令和5年2月17日

採択課題の利用開始手続き:対面認証と各種アカウント発行

採択された利用研究課題の代表者あるいは副代表者は最寄りセンターに出向き、対面による本人認証(対面認証)を受けることで、自動的に HPCI アカウントや各利用計算機のローカルアカウントが発行される。本センターでは、対面認証業務の実施、HPCI アカウントの発行、および本センターが提供する計算資源のローカルアカウントの発行を行う。今年度までに実施した最寄りセンター業務実績を表 2 に、プライマリセンター業務実績を表 3 に示す。

令和3年3月23日からは最寄りセンターへ出向く必要のないテレビ会議システムを用いた遠隔本人確認が正式に運用開始した。この遠隔本人確認では、RISTが設置した対面認証専用受付窓口にて一括受付を行った後に、各最寄りセンターへ実際の対応を割り振る運用となっている。またメールによる本人確認についても、RIST設置の対面認証専用受付窓口にて一括受付を令和5年度より行うことになったが、各最寄りセンターにて受け付けた申請はたらい回しせずに受理した最寄りセンターにて対応することになっている。

東工大としては、対面での本人確認手続きがほとんどなくなり、メールおよびテレビ会議システムによる本人確認手続きへ完全に移行した。テレビ会議システムによる遠隔本人確認手続きは申請者の居住地に対する「最寄り」の概念がなくなりどのセンターでも手続きが可能なため、基本的には RIST の遠隔本人確認用 専用受付窓口にて申請を受け付け、各センターへ割り振られるが、英語対応可能な最寄りセンターが当センターを含め 2 つしかなく(もう1つは RIST)、当センターにて集中的に対応せざるを得ない状況が発生している。また、スーパーコンピュータ「富岳」においてファーストタッチオプションと呼ばれる 3 ヶ月の試行課題の採択数増大により、3 ヶ月で課題終了となる時点で本人確認が無効となり、次回のファーストタッチオプション採択時に再度の本人確認が必要になるケースが増え、遠隔本人確認の件数が増えている。本人確認の有効期限に関する制度見直しが必要である。

東工大の計算資源を利用する採択課題とその実施

令和5年度は本センターではTSUBAME3.0の計算資源をHPCIへ提供し、定期公募として学術利用の一般課題と産業利用の実証利用課題、そして随時公募として産業試行課題(旧産業利用トライアル・ユース)の公募を行った。それぞれの公募にてTUSBAME3.0の計算資源を利用した採択課題一覧を表3~4に示した。一般課題は採択7課題に対し合計777口、若手人材育成課題は採択3課題に対し合計125口の計算資源を提供した。産業利用の実証利用と産業試行課題には採択が無かった。

HPCI および JHPCN での課題実施に際して計算資源の過不足が生じた場合、各計算資源提供センターの裁量によって各課題間の計算資源再配分を行うことが認められている。本センターでは公平かつ自動的な計算資源の再配分を行うため、平成27年度より再配分ルールを定め、それに従って実施している。令和5年度のルール詳細は2-8学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究にて説明している。

成果報告会の開催

「第 10 回 HPCI システム利用研究課題 成果報告会」が令和 5 年 10 月 25~26 日にハイブリッド開催された。本報告会は「第 6 回 HPCI コンソーシアムシンポジウム」との同時開催となった。成果報告会の初日午後に「第 6 回 HPCI コンソーシアムシンポジウム」の基調講演 2 件とパネルディスカッションが行われた。2 日目は特別基調講演 1 件と優秀成果賞受賞課題による成果発表として 8 件の口頭発表が行われた。ポスターセッションは現地にて対面で行われた。

表 2 東工大における最寄りセンター業務実績

	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	R02	R03	R04	R05
対面認証申請件数	16	25	21	20	23	25	28	25	47	38	37	46
来学で本人確認	13	13	7	7	6	9	7	7	6	1	2	3
メールで本人確認	3	12	14	13	17	16	21	18	27	26	24	25
簡易遠隔本人確認									12			
正式遠隔本人確認									2	11	11	18
対面認証のべ人数	83	46	52	53	75	54	88	48	98	96	78	99

[※] 簡易遠隔本人確認は新型コロナウィルス感染拡大に伴う R2 年度限りの緊急対応であり、 R3 年 3 月 23 日以降はテレビ会議システムを用いた遠隔本人確認が正式運用されている。

表 3 令和 5年度 TSUBAME3.0利用のHPCI 一般利用(学術)研究課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 申請課題名	承認口数 利用実績
1	兵庫県立大学大学院情報科学研究科 神谷成敏 癌細胞由来の抗原ペプチドと免疫関連タンパク質の結合機構に基づく分子デ ザイン	110 口 111 口
2	兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 肥後順一 カルテシアン空間分割による反応座標を組み込んだ VcMD 法	102 □ 118 □
3	立命館大学生命科学部 高橋卓也 新型コロナウイルスのパパイン様プロテアーゼとリガンドの結合自由エネル ギー地形の mD-VcMD による算出	77 口 76 口
4	理化学研究所生命機能科学研究センター 尾嶋拓 Elucidating the dynamics of Abl-kinase conformational states using advanced molecular dynamics simulation methods	130 □ 122 □
5	東京工業大学理学院物理学系 関澤一之 Superfluid Dynamics within Time- Dependent Density Functional Theory	141 □ 161 □
6	京都工芸繊維大学機械工学系 高木知弘 デンドライト成長の時間分解 X 線 CT におけるフェーズフィールド・フィル タリング	122 □ 138 □
7	医薬基盤・健康・栄養研究所 AI 健康・医薬研究センター 李秀栄 糖鎖シールド環境における糖鎖—抗体結合の自由エネルギー解析	68 □ 51 □
	合計	750 口 777 口

表 4 令和 5 年度 TSUBAME3.0 利用の HPCI 若手人材育成課題(学術)研究課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 申請課題名	承認口数 利用実績
1	大阪府立大学工学研究科 桑田祐丞 機械学習による粗面乱流熱伝達の理解と予測モデルの構築	41 □ 52 □
2	北里大学未来工学部 飯田慎仁 生成モデルと分子動力学シミュレーションを用いた、天然変性蛋白質の立体構 造集団予測	33 □ 27 □
3	大阪大学基礎工学研究科 笠原健人 膜透過現象に対する共溶媒添加効果の動力学解析	45 □ 46 □
	合計	119 □ 125 □

2-10 TSUBAME 共同利用サービス 有償の学術利用と産業利用

マネジメント准教授 渡邊 寿雄 共同利用推進室 松本 豊 情報基盤課 基盤総務グループ 伊藤 智子

TSUBAME 共同利用サービスの概要

学術国際情報センターでは、スパコン TSUBAME3.0/4.0 の計算資源を学内のみでなく、学外の利用者へも広く提供する TSUBAME 共同利用サービスを行っている。平成 27 年度に文部科学省の補助事業「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」が終了したため、TSUBAME 共同利用サービスは平成 28 年度からは自主事業として実施している。採択課題数の推移を図1 に示した通り、令和5 年度の採択課題数は合計 36 件(内訳は学術利用 26件、産業利用・成果公開 0 件、産業利用・成果非公開 10 件)であった。表 2~3 には TSUBAME共同利用の学術利用と産業利用における採択課題一覧を示した。また TSUBAME 共同利用の認知向上と広範な利用課題公募のために広報・渉外活動を継続して行っているが、令和5年度は新型コロナウイルス感染症の5類移行により、学会・イベントのハイブリッド開催が増え、表1に示した通り、令和4年度と比較すると増加傾向となった。また令和5年度後半は令和6年4月に稼働開始する TSUBAME4.0 のための広報・渉外活動として、公募説明会の複数回開催や東急電鉄大井町線電車への窓上広告の掲載、雑誌等への広告掲載など新規の広報・渉外活動を行った。



図1TSUBAME 共同利用サービスの採択課題数の推移

表 1 令和 5 年度 広報活動一覧

行事名	開催日	場所	形態	参加者
第 28 回計算工学講演会	5月31日 ~6月2日	つくば国際会議場	パンフレ ット配布	-
日本コンピュータ化学会 2023 年春季年会	6月1~3日	ハイブリッド開催	出展	-
第 15 回 JHPCN 拠点シンポジウ ム	7月7~8日	ハイブリッド開催	ポスター 展示	360名
江戸川大学サイエンスセミナー	8月6日	江戸川大学 駒木キャンパス	出展	-
HPCI 第 10 回成果報告会	10月27~28日	オンライン開催	ポスター 展示	-
日本コンピュータ化学会 2023 年秋季年会 in 高松	11月25~27日	ハイフレックス開催	出展	-
共同利用個別相談会	随時開催 3 回	オンライン開催	主催	12名
令和6年度共同利用公募説明会	2月2日、3月1日	オンライン開催	主催	16名
TSUBAME 利用講習会	随時開催、1回	オンライン開催	主催	計2名
「数理科学」	2023 年 9 月号 2024 年 2 月号 2024 年 4 月号	株式会社サイエンス 社	広告掲載	_
東急電鉄 電車広告 (窓上)	3月6日~6月5日	東急大井町線	広告掲載	_

表 2 令和 4 年度 TSUBAME 共同利用 学術利用 (有償利用) 採択課題一覧

課題	所属機関 利用課題責任者	購入
番号	申請課題名	口数
1	電気通信大学 三輪忍	3
	並列アプリケーションにおけるプロファイルおよびトレース予測手法の評価	
2	千葉大学大学院薬学研究院製剤工学研究室 東顕二郎	2
	計算科学による Eudragit E PO の薬物可溶化メカニズムの評価	
3	大阪公立大学工学研究科 須賀一彦	1
)	粘性の温度依存性を考慮した乱流熱輸送現象のモデル化	1
4	立命館大学理工学部 渡部弘達	1
4	固体酸化物電解セルにおける電極表面反応の第一原理計算	1
_	日本大学医学部生体機能医学系薬理学分野 浅井聰	10
5	臨床情報統合データベースの機械学習解析	10
	東北大学大学院薬学研究科 井上飛鳥	1
6	GPCR とシグナル分子の相互作用機構の分子動力学シミュレーション	1
7	大阪公立大学大学院理学研究科 湯井悟志	1
/	超流動へリウムにおける量子乱流の数値的研究	1
0	東京大学先端科学技術研究センター 山下雄史	_
8	MD シミュレーションと機械学習を用いた分子間相互作用の解析	5
9	大阪公立大学大学院工学研究科 三好英輔	_
	フェーズフィールド法と分子動力学法の連携による多結晶組織形成解析	5

10	東京理科大学理学部第一部化学科 吉越裕介	1
10	計算化学を利用した有機薄膜材料の構造解析	1
11	京都大学化学研究所 川口祥正	1
11	機能性ペプチド提示エクソソームの創製	1
12	東北大学大学院工学研究科 吉留崇	5
1,2	低温電子顕微鏡 4 次元イメージング法の高度化	3
13	東京医科歯科大学難治疾患研究所 林周斗	2
13	深層学習を用いた分子動力学シミュレーションの高速化	
14	国立感染症研究所病原体ゲノム解析研究センター 横山勝	12
17	分子動力学シミュレーションによる新興再興感染症に関する研究	12
15	産業技術総合研究所計量標準総合センター物質計測標準研究部門 志賀拓麿	8
13	ナノ構造体を含むバルク材料のマルチスケール構造・熱輸送解析	0
16	産業技術総合研究所 早坂太志	2
10	量子アニーリングにおける近似的断熱ショートカット	2
17	法政大学情報科学部 善甫康成	1
1,/	時空間並列アルゴリズムを用いた物理シミュレーション	1
18	東京医科歯科大学難治疾患研究所 島村徹平	15
10	深層生成モデルによる人工タンパク質設計	13
19	アストロバイオロジーセンター 小松勇	4
1)	量子化学計算による水を酸化可能な近赤外吸収分子の探索	'
20	東京農工大学 岩見健太郎	1
20	機能性メタレンズのマルチスケール解析	1
21	星薬科大学薬品物理化学研究室 山下雄史	1
21	MD シミュレーションと量子化学計算を用いた医薬品開発支援	1
22	大阪公立大学大学院工学研究科 金田昌之	33
	溝付き超高速テイラー・クエット乱流の大規模数値解析	33
23	九州大学応用力学研究所 胡長洪	20
23	集風レンズ付き風車の中型 200kw 機とそのマルチロータシステムの技術開発	20
24	情報通信研究機構 チャカロタイ ジェドヴィスノプ	14
	GPU クラスタを用いたミリ波帯大規模広帯域電波伝搬シミュレーション	
25	物質・材料研究機構 石井秋光	6
	超多粒子焼結シミュレーションによるミクロ組織変化の統計的データ解析	
26	理化学研究所革新知能統合研究センター モハマド エムティヤーズ カーン	13
	継続的ベイズ推論の改善	- 15
	合計	168

表 3 令和 5 年度 TSUBAME 共同利用 産業利用 (成果非公開) 採択課題一覧

課題番号	所属機関 申請課題名
1	大鵬薬品工業株式会社 (非公開)
2	モジュラス株式会社 (非公開)
3	株式会社リコー (非公開)
4	株式会社クレハ (非公開)
5	中外製薬株式会社 (非公開)
6	中外製薬株式会社 2 (非公開)
7	住鉱資源開発株式会社 (非公開)
8	株式会社アグロデザイン・スタジオ(非公開)
9	日東電工株式会社 (非公開)
10	協和キリン株式会社 (非公開)

2-11 TSUBAME 公募型共同利用支援制度

副センター長 青木 尊之 教授 横田 理央 マネジメント准教授 渡邊 寿雄

TSUBAME 公募型共同利用支援制度の概要

東京工業大学 学術国際情報センターが運用するTSUBAME3.0、および2024年4月より運用を開始したTSUBAME4.0は世界トップレベルのスパコンであると共に、「もっとみんなのスパコン」TSUBAMEとして学内のみならず、HPCIやJHPCNの採択課題や学術利用、産業利用にも広く計算資源を提供している。

多様なユーザ層への利用支援のために、TSUBAME3.0/4.0の占有/寡占利用による世界のトップクラスのスパコンでしか達成できない著しい成果を上げることを目的としたTSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度(2-11-1)を実施すると同時に、「みんなのスパコン」として若手・女性利用者、そしてより若い世代である大学生、高校生、高専生の利用を支援する萌芽的研究課題支援制度(2-11-2)として2つの制度(TSUBAME若手・女性利用者支援制度、TSUBAMEより若い世代の利用者支援制度)を実施し、スパコンユーザの裾野を広げる活動を行っている。

2-11-1 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

本制度の概要

TSUBAME は世界トップレベルのスパコンであると共に、「みんなのスパコン」
TSUBAME として東工大の内外に対して計算機資源を提供しているため、通常運用では 1 研究課題で全ノードを占有利用する機会はない。そこで TSUBAME のピーク性能を生かして初めて可能となるグランドチャレンジの学術分野の研究課題を広く公募し、TSUBAME の全ノード占有利用機会を提供することで、世界のトップクラスのスパコンでしか達成できない著しい成果を上げることを目的とした TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度を平成 23 年度に開始した。春期と秋期の年 2 回実施してきたが、秋期の実施時期には既に TSUBAME3.0 が混雑しているため、令和元年度からは秋期のカテゴリ A の公募を取りやめ、令和 2 年度からはカテゴリ B を含めた秋期の全実施は取りやめて、春期のみの年 1 回実施となった。

本制度で公募するカテゴリとしては、TSUBAME3.0 のピーク性能(計算速度)を目指して全ノードを利用するカテゴリAと、膨大な計算量が必要な課題のために TSUBAME3.0 の全ノードの 1/3 程度を一週間利用するカテゴリBの 2 つの区分があり、令和 5 年度は春期にカテゴリB1件を採択・実施した。

令和5年度の実施スケジュールと採択課題一覧

令和5年度のTSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度は、春期はカテゴリAの公募とカテゴリBの3回(4月、5月、6月実施分)の公募を行い、カテゴリBは6月実施に1件を採択/実施した。本制度の基本スケジュールは、カテゴリA/Bともに本実施が行われる2か月前より公募を開始し、1か月前に申請締切/審査/採択決定、その後の本実施までの間に全ノードの1/3を1日占有利用相当の予備実施などの準備が行われる。令和5年度の公募スケジュールは表1に、採択課題一覧を表2に掲載する。

表1 2023年度 TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度の公募スケジュール

実施時期カラ		カテゴリ	課題公募受付	採択課題決定
R05	4 月	A & B	1月16日(月)~2月6日(月)17:00	3月3日(金)
	5 月	В	2月27日(月)~4月3日(月)17:00	4月21日(金)
春期	6月	В	4月3日(月)~5月1日(月)17:00	5月19日(金)

表2 2023年度 TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度の採択課題一覧

実施時期	カテゴリ	所属機関 利用課題責任者	申請課題名
R05	B	東京工業大学	2次元レプリカ交換法を用いた大規模シミュレーションに基づく膜透過性予測困難ペプチドの膜透過メカニズムの詳細な解析
春期	6月	教授 秋山 泰	

2-11-2 萌芽的研究課題支援制度

本制度の概要

学術国際情報センターのスパコン TSUBAME 3.0/4.0 は、学内のみならず、HPCI や JHPCN の採択課題や学術利用、産業利用などの最先端の研究・開発に広く計算資源を提供している。一方でスパコン利用の裾野を広げるための萌芽的研究課題支援制度として、TSUBAME 若手・女性利用者支援制度と TSUBAME より若い世代の利用者支援制度の 2 つの制度を実施している。このうち TSUBAME 若手・女性利用者支援制度の採択課題の一部は JHPCN の萌芽型共同研究課題としても同時採択している。それぞれの利用支援制度は、以下の応募資格と公募スケジュールにて実施した。

● TSUBAME 若手·女性利用者支援制度(定期公募)

応募資格: 若手利用者(40歳未満、大学院生を含む)及び女性利用者(年齢は問わない) 公募スケジュール: 年1回、2月に公募を行い、3月に審査結果を発表する。4月から1年間利用可能。令和6年度より、4月以降に申請資格を得る大学院1年生が申請できるように5~6月に2回目の公募を実施することにした。

● TSUBAME より若い世代の利用者支援制度(随時公募)

応募資格:申請書受理時に、大学学部、高等学校、高等専門学校のいずれかに在学中であり、翌月以降も在学予定の者。

公募スケジュール: 4-12 月の間に随時で公募を受付け、速やかに審査結果を通知する。採 択課題は採択後より当該年度末まで利用可能。同一申請グループによる継続申請は最大3 回までとする。令和5年度の公募受付は12月11日(月)17時までとし、受付終了後から3 月までの間は申請を受け付けない。

令和5年度公募の採択・実施課題一覧

萌芽的研究課題支援制度のうち、TSUBAME より若い世代の利用者支援制度では令和5年度は表3に示した3件を採択・実施した。TSUBAME 若手・女性利用者支援制度の令和5年度公募は令和5年2~3月に行われ、表4に示した3課題が採択され、その3課題ともJHPCN萌芽型共同研究課題として同時採択された。TSUBAME 若手・女性利用者支援制度の令和6年度の第1回公募は令和6年2~3月に行われ、表5に示した6課題が採択され、そのうち5課題はJHPCN萌芽型共同研究課題として同時採択された。第2回公募は令和6年5~6月に行われ、現在審査中である。

表 3 令和 5 年度 TSUBAME より若い世代の利用者支援制度 採択課題一覧

採択日	所属機関 利用課題責任者 申請課題名
R05/08/09	東京工業大学 3年 駒場啄舞 人力飛行機のフェアリング周りの3次元流体解析
R05/08/09	東京工業大学 3 年 吉田晃太朗 不変リスク最小化による不確実性の較正
R05/08/09	東京工業大学附属科学技術高等学校 3 年 小森悠太 機械学習, 慣性航法, および信号強度からの予測最適化を用いた位置推定

表 4 令和 5 年度 TSUBAME 若手·女性利用者支援制度 課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 / 申請課題名	承認 口数
1 *	深層学習における次世代型最適化手法の分布外汎化能力への影響の網羅的検証 長沼大樹(モントリオール大学・モントリオール学習アルゴリズム研究所)	3
2 *	G67 アロステリック DHFR 変異体における触媒作用の低下に対する配座変動の役割を決定するための「拡張サンプリング MD シミュレーション」 Sandhya P. Tiwari (大阪大学蛋白質研究所)	3
3 *	深層強化学習における分布シフトの影響を緩和するモデル平均化手法の開発 高橋快成(北陸先端科学技術大学院大学)	3
	合計	9

※ JHPCN 萌芽型共同研究課題として同時採択

表 5 令和 6 年度 TSUBAME 若手・女性利用者支援制度 課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 / 申請課題名	承認 口数
1 *	石田茂樹(東京工業大学大学院) 多言語における音声認識モデル Distil-Whisper の学習	3
2 *	長沼大樹(モントリオール大学モントリオール学習アルゴリズム研究所) 下流タスクでの汎化を目的とした大規模言語モデル学習における曲率正則化	3
3 *	飯田慎仁(北里大学 未来工学部) / 拡散モデルと分子動力学法の融合によるペプチド立体構造集団の生成モデル開発	3
4 *	澤田茉伊(東京工業大学 環境・社会理工学院) 流体解析に基づく土のマクロ・ミクロな接触角の仕組みの解明	3
5	荒木貴絵(東京女子大学大学院) 分子動力学計算を用いた味覚受容体タンパク質とリガンドの相互作用の解析	1
6 ※	村松眞由(慶應義塾大学) 機械学習による高強度・高延性を示す DualPhase 鋼三次元材料組織の探索	3
	合計	9

※ JHPCN 萌芽型共同研究課題として同時採択

3. イベント及びアウトリーチ活動

3-1 国際会議 SC23 におけるブース出展

先端研究部門 高性能計算システム分野 マネジメント准教授 野村 哲弘 先端研究部門 高性能計算システム分野 教授 遠藤 敏夫

スーパーコンピュータ及び関連分野の世界最大の国際会議 SC は毎年米国で開催されているが、今年度の SC23 は、11 月 12 日から 11 月 17 日にかけてコロラド州デンバーの Colorado Convention Center にて開催された。同会議では例年多くの講演セッション等とともに広大な展示フロアを利用した大規模な展示が行われており、関連分野の企業や世界中の研究機関が最新の製品や技術、研究成果などを発信する同会議でも重要な部分を構成している。東工大 GSIC も 2008 年の SC08 から継続的にブースを出展し、TSUBAME シリーズの情報や研究成果などの展示を行っており、今年度は SC 全体で 438 機関の展示が行われた。また、主催者発表によれば SC23 の参加者は 14,000 名を超えており、COVID-19 禍以前の SC19 の参加者数 13,950 を超える記録となった。



SC23 東工大 GSIC 展示ブースの様子

今年は、2024年4月のTSUBAME4.0の稼働開始を控え、TSUBAME3からTSUBAME4への進化をテーマに、例年のブースの面影を残しつつも、新しさを前面に押し出したブースデ

ザインを行った。TSUBAME4の導入業者である日本ヒューレット・パッカードおよび米国HPE 社の協力のもと、3D プリントによる TSUBAME4 のラックモックアップおよび、計算ノードの展示を行った。また、東工大からの派遣人数が増えたことに伴い、会期中ブースを無人にすることなく展示を行うことができた。ブースのポスターは TSUBAME4 の構成の紹介にくわえ、これまで TSUBAME3 で行われてきた GSIC 内外の研究成果の展示も行った。加えて、GSIC から 1 件、学外からの招待で 3 件の計 4 件のブース内講演も 4 年ぶりに実施した。展示は 13 日から 16 日の 4 日間にわたり合計 23 時間行われ、のべ 372 名の来訪者があり、GSIC からの参加メンバー6 名で対応した。



東工大 GSIC ブースにて参加メンバーの集合写真



展示した TSUBAME4.0 ラックモックアップ・計算ノード

SC23 の時点では TSUBAME4 は導入のための付帯設備工事の最中であり、写真等の展示素材が少ない中、新しいシステムの魅力を伝えるべく手探りの展示を行う形となった。次回の SC24 においては、TSUBAME4 稼働後初の展示となることから、本体の写真・ビデオや初期の成果など、より TSUBAME4 を実感できる展示ができるよう、準備を進めていく所存である。

3-2 第29回スーパーコンピューティングコンテスト

情報基盤活動分野 西崎 真也

スーパーコンピューティングコンテストは、本センターと大阪大学サイバーメディアセンター、理化学研究所計算科学研究センターを共同主催として開催している。コロナ禍以降リモート開催が行われてきたが、参加する高校生・高専生の便宜を鑑みて、今回もリモート開催とすることとなった。また、本選では前回に引き続きスーパーコンピュータ「富岳」を使用することとした。

予選課題発表を 2023 年 5 月 31 日 (水) に行い、課題締め切りを 6 月 16 日 (金) 正午とし、実施された。6 月 22 日 (木) に本戦出場チームとして、18 チームを選出した。本選は、2023 年 8 月 21 日 (月) から 8 月 25 日 (金) まで開催された。21 日午前に開会式、25 日午後に閉会式が実施され、プログラム作成は、8 月 21 日午後から 24 日午後 1 時までの期間であった。本選課題を以下に記す。

【本選課題】2次元空間に分布した点の中で最も距離の近いペアを見つけよ。

最終日8月25日(金)の閉会式には参加チームの高校生・高専生、本学・理化学研究所・ 大阪大学の関係者をはじめとして、文部科学省、共催団体、協賛企業等からの参加者があった。本学 佐藤 勲 総括理事・副学長の開会挨拶に続き、理化学研究所 計算科学研究センター センター長 松岡 聡氏による主催挨拶、そして来賓の挨拶があった。

その後、SuperCon2023 実施委員会委員である本センター横田理央教授より、本選課題、審査方法の説明が行われた後、各参加校よりチーム紹介が行われ、その後、表彰発表と表彰、文部科学省からの挨拶と表彰、学会賞の表彰が行われた。

1位はチーム昨年に続き KMB76 (灘高等学校)、2位はチーム honyanya (開成高等学校)、3位はチーム prism (筑波大学附属駒場高等学校)であった。1位のチーム KMB76 に対しては、文部科学大臣賞、情報処理学会若手奨励賞、電子情報通信学会情報・システムソサイエティ スーパーコンピューティング奨励賞の各賞が授与された。

最後に、2023 年度末をもって定年となる大阪大学サイバーメディアセンター 菊池誠教 授から挨拶があった。菊池教授は、2006 年より長きにわたって問題作成・講評はもちろん のこと、運営を主力スタッフとしてご尽力いただいた。

大会詳細スーパーコンオフィシャルサイト: https://www.gsic.titech.ac.jp/supercon/

3-3 講習会

【TSUBAME 講習会】

2023 年度前期講習会【大岡山地区】

1	TSUBAME 利用法 入門編(Linux 基礎)(大岡山)*	4/17(月)
2	並列化プログラミング	4/18(火)
3	GPU プログラミング*	4/20 (木)
4	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	4/21 (金)
5	Schrodinger*	4/24(月)
6	TSUBAME3 利用法	4/26 (水)
7	MSC Nastran/Patran	4/28(金)
8	TSUBAME 利用法 入門編(Linux 基礎)(大岡山)	5/9(火)
9	Mathematica	5/10 (水)
10	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	5/11 (木)
11	LS-DYNA	5/12(金)
12	Gaussian / GaussView	5/15(月)
13	Materials Studio	5/16(火)
14	COMSOL	5/17 (水)
15	Maple	5/18(木)
16	Discovery Studio	5/19(金)
17	ANSYS 電磁界解析	5/23 (火)
18	AVS	5/25 (木)
19	ABAQUS/CAE 入門	5/26(金)
20	ANSYS 構造解析	5/29(月)
21	Amber	5/30 (火)
22	ANSYS 流体解析	5/31 (水)
23	ABAQUS/Standard & Explicit 入門	6/2(金)
24	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	6/7 (水)
25	TSUBAME 利用法 入門編(Linux 基礎)(大岡山)	6/9(金)

2023 年度前期講習会【すずかけ台地区】

i(Linux 基礎)(すずかけ台)* 4/19(水)

2023年度後期講習会【大岡山地区】

1	Gaussian / GaussView	10/16(月)
2	TSUBAME 利用法 入門編(Linux 基礎)(大岡山)	10/18 (水)
3	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	10/23(月)
4	Mathematica	10/25 (水)
5	Schrodinger	10/27(金)
6	ABAQUS/CAE 入門	10/31(火)
7	COMSOL	11/1 (水)
8	ABAQUS/Standard & Explicit 入門	11/7(火)
9	Amber	11/8 (水)
10	TSUBAME 利用法 入門編(Linux 基礎)(大岡山)	11/9(木)
11	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	11/14(火)
12	ANSYS 流体解析	11/17(金)
13	Materials Studio	11/21(火)
14	Discovery Studio	11/22(水)
15	ANSYS 構造解析	11/29(水)
16	ANSYS 電磁界解析	11/30(木)

2023 年度後期講習会【すずかけ台地区】

1	TSUBAME 利用法 入門編	(Linux 基礎)	(すずかけ台)*	10/20(金)
---	-----------------	------------	----------	----------

注) *のあるものはオンライン開催、それ以外は対面開催。

4. 広報活動

4-1 マスコミ報道等

- ■東工大、スパコン「TSUBAME4.0」が来春稼働開始 日本経済新聞 (2023 年 5 月 18 日)
- ■東工大のスパコン TSUBAME4.0 が来春稼働開始 日刊工業新聞 (2023 年 5 月 18 日)
- ■東工大が次世代スパコン「TSUBAME4.0」の構築を開始、理論 AI 演算性能は 952PFlops マイナビニュース (2023 年 5 月 18 日)
- ■東工大、次期スパコン「TSUBAME4.0」の運用を 2024 年 4 月より開始 ASCII.jp (2023 年 5 月 18 日)
- ■次世代スパコン TSUBAME4.0 来春稼働開始 ITmedia、YAHOO ニュース、IT Leaders (2023 年 5 月 18 日)
- ■次世代スパコン「TSUBAME4.0」始動へ富岳に次ぐ精度 電波新聞デジタル (2023 年 5 月 19 日)
- ■東工大、次世代スパコン「TSUBAME4.0」の来春稼働に向けて構築を開始 クラウド Watch(2023 年 5 月 19 日)
- ■東工大、最新スパコン「TSUBAME4.0」を構築開始 ZDNET (2023 年 5 月 19 日)

■「富岳」で和製生成 AI 東工大や富士通、23 年度中に 日本経済新聞 (2023 年 5 月 22 日)

■スーパーコンピュータ「富岳」政策対応枠における大規模言語モデル分散並列学習手法 の開発について

日経新聞、朝日新聞、読売新聞、毎日新聞、産経新聞、東京新聞、日刊工業新聞、 日経クロステック

(2023年5月22日)

■東工大、スパコン「TSUBAME4.0」が 2024 年春に稼働 EE Times Japan (2023 年 5 月 23 日)

■東工大の TSUBAME4.0 はスパコンの民主化を目指す マイナビニュース (2023 年 5 月 23 日)

■続々・魔球の正体 大谷翔平の「スイーパー」~落ちずに曲がる、その不思議~NHK/サイカルジャーナル (2023 年 5 月 25 日)

■大谷翔平の「スイーパー」に迫る|NHK(すべてのコメント) ナウティスニュース (2023 年 5 月 25 日)

- ■大谷翔平投手の「スイーパー」のスパコンによる解明 理化学研究所 計算科学研究センターWebページ (2023 年 5 月 26 日)
- ■大谷翔平、 **魔球、スイーパーをスパコンが解明 平均球速137キロで回転軸の傾き50~60度×1分間あたりの回転数2590回 =揚力生み浮きながら大きく曲がる サンスポ、サンスポ (Yahoo!) (2023年5月27日)

■軸の傾きで落ちずに曲がる 大谷の魔球「スイーパー」をスパコン「富岳」で解析 産経新聞

(2023年5月29日)

■大谷翔平選手の「スイーパー」、スパコンで解明 東工大 日本経済新聞 (2023 年 5 月 29 日)

■大谷の魔球「スイーパー」を解析 軸の傾きで落ちずに曲がる

47NEWS、東奥日報、デイリースポーツ、茨城新聞クロスアイ、下野新聞、岩手日報、 佐賀新聞、埼玉新聞、中國新聞、秋田魁新報、新潟日報、大阪日日新聞、中日新聞、 東京新聞、徳島新聞、奈良新聞、日本海新聞、北海道新聞、京都新聞、四国新聞社、 熊本日日新聞、神戸新聞、福島民報、山陽新聞、大分合同新聞、千葉日報、高知新聞、 共同通信 (Yahoo!)

(2023年5月29日)

- ■大谷の魔球「スイーパー」を解析
 DAILYSUN NEWYORK、神奈川新聞、山梨日日新聞
 (2023 年 5 月 29 日)
- ■大谷投手のスイーパーのスパコンによる解明NHK 地上波 (ニュースウオッチ 9)(2023 年 5 月 29 日)
- ■大谷の魔球「スイーパー」を解析 ロイター (2023 年 5 月 30 日)
- ■魔球「大谷スイーパー」解明 東工大、スパコン富岳で分析 産経新聞 (2023 年 5 月 30 日)
- ■大谷選手の変化球分析 東工大など、スパコン活用 日本経済新聞 (2023 年 5 月 30 日)

■落ちずに曲がる大谷翔平の魔球スイーパー スパコンで仕組み解析 毎日新聞

(2023年5月30日)

■大谷選手の魔球「スイーパー」スパコン富岳が仕組み解析 軸の傾きで落ちず曲がる 沖縄タイムス

(2023年5月30日)

■大谷の魔球スイーパー、「富岳」が謎解析 落ちずに曲がる、鍵は回転軸 西日本新聞

(2023年5月30日)

■大谷翔平選手の「スイーパー」なぜ横に大きく曲がる?スパコン「富岳」が解析 京都新聞

(2023年5月30日)

■軸の傾きで落ちずに曲がる 大谷の魔球「スイーパー」 スパコンで仕組み解析 山陰中央新報

(2023年5月30日)

■大谷の技見えた!落ちない魔球 スパコンで仕組み解析 東京新聞

(2023年5月31日)

■わかった! 大谷の魔球なぜ落ちない 毎日新聞

(2023年5月31日)

■エンゼルス・大谷翔平の"魔球"の秘密とは?研究チームが「スイーパー」を解析朝日新聞(Yahoo!)

(2023年5月31日)

■軸の傾きで落ちずに曲がる 大谷の魔球「スイーパー」をスパコン「富岳」で解析 JAPAN Forward

(2023年6月1日)

■スパコンが解明した大谷の魔球スイーパーの正体 カギは 53 度の傾き 毎日新聞

(2023年6月3日)

■大谷選手の変化球解析(有料記事) 日本経済新聞 (2023 年 6 月 5 日)

■大谷翔平のスイーパーは「浮き上がる」科学の目で証明 スポーツライター 丹羽政善 日本経済新聞

(2023年6月5日)

■球が落ちずに横へ…大谷翔平の魔球『スイーパー』をピッチングマシンが完全再現 プロ選手の評価は

石川テレビ

(2023年6月6日)

■水説:野球ボールを科学する=元村有希子さん 毎日新聞

(2023年6月7日)

- ■スイーパーはなぜ落ちない…大谷翔平選手が投げる魔球、要因を解析朝日新聞、朝日新聞(Yahoo!)、SPORTS BULL (2023 年 6 月 10 日)
- ■大谷翔平選手のスイーパーを完全再現!?石川の企業が製作した AI 搭載のピッチングマシン【石川発】

FNN プライムオンライン (Yahoo!) (2023 年 6 月 11 日)

■大谷翔平の「魔球」メカニズムが判明、曲がりながら浮いていた スーパーコンピューターで解析

千代田区民ニュース

(2023年6月11日)

■大谷の軌道 大きい揚力 東工大が「富岳」で解明 読売新聞 読売新聞 (Yahoo!) (2023 年 6 月 21 日)

■「富岳」コロナ対策などで成果続々、省エネ性能も世界最高峰【探訪 メガサイエンス】 Science Portal

(2023年8月9日)

■スーパーコンピュータ「富岳」で生成 AI の基盤となる技術を開発するプロジェクト を紹介

テレビ東京:ガイアの夜明け(AIは天使か悪魔か) (2023年8月11日)

■大谷翔平 祈る全快!がんばれ大谷!祝・ホームラン王 SP テレビ朝日:タモリステーション (2023 年 10 月 27 日)

■大谷翔平のスイーパーを東工大が解析 一般的な投手との違い一目瞭然に ポイントは 「揚力」

日刊スポーツ

(2023年10月27日)

■大谷/スイーパーの研究 テレビ朝日:サンデーLIVE!!) (2023 年 12 月 17 日)

- ■日本語に強い大規模言語モデル「Swallow」を公開 PC Watch, マイナビニュース, Itmedia, MIT テクノロジーレビュー, (2023 年 12 月 19 日)
- ■東工大スパコン「TSUBAME4.0」稼働開始! Web ブラウザから利用可、創薬から LLM まで幅広く活用

PC Watch

(2024年4月19日)

■東工大スパコン「TSUBAME4.0」稼働国内 2 位の演算性能 朝日新聞デジタル (2024 年 4 月 21 日)

■東工大の次世代スパコン「TSUBAME4.0」お披露目式 国内 2 位の計算性能で AI 研究を 強化

Ledge.ai

(2024年4月24日)

■演算性能国内 2 位、スパコン稼働 東工大「TSUBAME4.0」、幅広い活用期待 朝日新聞

(2024年4月30日)

■東工大の新型スパコン稼働、性能国内 2 位 生成 AI に強み 日本経済新聞 (2024 年 5 月 3 日)

- ■スーパーコンピュータ「富岳」で学習した大規模言語モデル「Fugaku-LLM」を公開 日経新聞、朝日新聞、読売新聞、産経新聞 (2024 年 5 月 10 日)
- ■TSUBAME4.0 運用開始 工業大学新聞 (2024 年 5 月 22 日)
- ■ナックル・ボールの空力解析 NHK-BS の番組「ワースポ×MLB」 (2024 年 6 月 9 日)

4-2 見学者受入状況

令和5年度学術国際情報センター見学者受入状況

月	目	見学者所属	人数	うち 学外者	うち 外国人
4	3	コートダジュール大学	5	5	5
	7	高校生・他大学生	2	2	
	7	伊東センター長 来客	12	12	
	12	デラサール大学			
	19	株式会社新日本コンピュータサービス、 株式会社野村総合研究所	9	9	
	21	モンクット王工科大学ラートクラバン校 (タイ)	31	30	30
	26/27	TC カレッジ	26	24	
5	20	ホームカミングディ	155	155	-
	26	テキサス大学・株式会社カネカ	30	27	17
	27	岡山大安寺中等教育学校	20	20	
6	1	アフリカ大学関係・行政官	27	25	25
	28	香港の学生・教員	35	35	35
	30	株式会社デンソー	4	4	
8	2	アイントホーフェン工科大学 (オランダ)	30	30	30
	10	オープンキャンパス	2378	2378	_
	29	本学学生 (関嶋研究室)	17		
	31	海上保安大学校長	2	2	
9	1	デンソーアイティラボラトリ共研講座	30	30	
	8	みなとみらい 21DHC	4	4	
	13	横浜サイエンスフロンティア高校	70	70	

9	15	科学技術創成研究院・フジキン	7	6	
	20	TAIST 海外交流学生	14	11	11
	29	本学情報理工学院学生・他大学研究室	38		
10	5	日本板硝子株式会社	3	3	
	11	1 チュニジア大使館		5	5
	20	厚木高校	20	20	
	28/29	工大祭	2018	2018	-
11	2	Hanyang 大学(韓国)	15	4	4
12	18	チュラロンコン大学 (タイ)	12	12	12
	22	室蘭市長	4	2	
1	16	国際情報学研究所	4	4	
	17	Department of Mathematics, BITS-Pilani, Hyderabad Campus	10	3	3
	19	AMED サイトビジット来客	5	5	
	22	日本学術振興会事務局関係者、 本学 物質・情報卓越教育院(TAC-MI)	15	6	
	26 本学 情報理工学院		10		
2	16	産業利用ユーザー	2	1	
3	4	東京医科歯科大学	10	6	
	5	財務省主計局、文科省	7	7	
		計 38 件	5082	4970	172

令和6年度学術国際情報センター見学者受入状況

月	日	見学者所属	人数	うち 学外者	うち 外国人
4	3	A*STAR メンバー	10	10	
	18	TSUBAME4.0 披露式	104	1	
	30	ZIB、広島大学、Quanmatic 社、ほか	10	8	
5	8	情報処理学会ハイパフォーマンスコンピ ューティング研究発表会参加者	50	50	
	11/12	すずかけサイエンスディ	199	199	
	14	NTT-COM	7	7	
	18	岡山県立岡山大安寺中等教育学校	40	40	
	24	テキサス大学、株式会社カネカ	22	19	
6	17	GMO インターネットグループ株式会社	10	10	
	18	日比谷総合設備株式会社・NTT データ	25	25	
	27/28	PC クラスターコンソーシアム WS 参加者	100	100	
7	23	釧路工業高等専門学校	23	23	
		計 12 件	600	491	0

※5 月時点の実績、予約状況

5. 外部との連携

5-1 富士通次世代コンピューティング基盤協働研究拠点

東京工業大学と富士通株式会社は、持続可能な社会へ貢献するコンピューティング基盤の確立へ向けた協働研究拠点を 2022 年 10 月 20 日に設立した。拠点ではスパコン・クラウドとセンサー・エッジデバイスなどの外界とのリアルタイム連携を実現する高性能デジタルツイン技術をはじめとする共同研究を推進している。拠点長は本学情報理工学院長の増原英彦教授がつとめる。学術国際情報センターからは遠藤敏夫教授(副拠点長)、横田理央教授、大西領教授、野村哲弘准教授らが参加し、リアルタイムスケジューリングや社会シミュレーションの改良の研究に取り組んでいる。またすずかけ台キャンパス G2 棟に遠藤・野村が中心となり本拠点のスペースを整備済である。

2023 年度には東工大・富士通間の定例研究打合せをベースに共同研究に取り組み、上記技術分野における査読論文の発表や開発技術の TSUBAME スパコン上での実証に取り組んだ。さらに高性能計算分野における世界最大の国際会議 SC23 において、東工大ブース・富士通ブースの双方において共同研究成果に関する展示を行うなど、拠点目的の実現に向けた連携の強化に取り組んだ。

5-2 ADAC

Accelerated Data Analytics and Computing Institute (ADAC)では 2016 年に東京工業大学 学術国際情報センター、オークリッジ国立研究所、スイス国立スパコンセンターの 3 者間の MOUをもとに年 2 回のワークショップを持ち回りで開催してきた。 2020 年には、新たに産業技術総合研究所、理化学研究所、東京大学、National Computational Infrastructure(オーストラリア)、Lawrence Livermore National Laboratory(アメリカ)、Argonne National Laboratory(アメリカ)、IT Center for Science(フィンランド)、Jülich Supercomputing Centre(ドイツ)の8つの組織が加わり 11 者間の MOU を締結した。 2023 年には、CEA French Alternative Energies and Atomic Energy Commission(フランス)、KTH Royal Institute of Technology(スウェーデン)、Sandia National Laboratories(アメリカ)も加わり 14 者間の MOU を締結した。また、2023年9月にはパリ、2024年2月にはシドニーでワークショップを開催し、共に各国から 100名以上が参加し各ワーキンググループの進捗報告と今後の計画に関する議論が行われた。

5-3 NII

2023 年 5 月から国立情報学研究所を中心に LLM 勉強会が発足し、我が国における LLM 開発の中心的な役割を果たしている。GSIC 横田研究室も設立当初からのメンバーとして主に大規模事前学習を担当している。2023 年 6 月からは東大のデータ活用社会創成プラットフォーム mdx を利用して LLM の事前学習に用いるフレームワークの調査や分散並列手法の検討などが行われた。2023 年 10 月からは産総研の ABCI を用いた大規模言語モデル構築支援プログラムに採択され、1750 億パラメータのモデルの学習が限定的なデータで行われ

た。2024年2月には経産省の生成 AI の開発力強化に向けたプロジェクト GENIAC に採択され、2024年度には1750億パラメータのモデルを2Tトークンのデータで学習することになっており、世界的に見ても最大級のLLM が構築されることになっている。GSIC 横田研究室のこれらの活動がベースとなり、2024年5月からNIIとGSICの間で大規模言語モデルの研究開発に係る連携・協力に関する協定が締結され、TSUBAME4.0を用いたLLMの開発が行われる予定である。

6. 予算概要 (法人運営費・外部資金)

1. 令和 5 年度法人運営費決算額

種別	金額(千円)
研究経費	24,721
教育研究支援経費	5,684,237
(うち電子計算機賃借料)	791,889
特別経費	56,565
合 計	5,765,523

2. 外部資金受入状況

種別			数	金額(千円)	
奨学寄附金		0		0	
受託研究	8		96,287		
受託事業)	0	
民間等の共同研究	民間等の共同研究			24,900	
		代表	分担		
科学研究補助金	基盤研究 S	1	0	29,400	
	基盤研究 A	0	3	3,400	
	基盤研究 B	3	3	11,250	
	基盤研究 C	0	0	0	
	若手研究	1	0	1,191	
	挑戦的研究 (萌芽)	0	1	158	
	挑戦的研究 (開拓)	0	0	0	
	国際共同研究強化(B)	0	1	270	
	研究活動スタート支援	1	0	1,300	
Î	2	7	166,856		

7. 研究部門活動報告

7-1 情報支援部門

教授 杉野 暢彦 (認証・ネットワーク分野)

【研究の概要と成果】

次世代認証連携に向けて

次世代の認証連携への動きが国内外で進んでいる。この中では、身元確認の補償度 (Identity Assurance Level(IAL)) と本人確認の補償度 (Authentication Assurance Level(AAL)) について新たな基準が策定されつつあり、それに合わせた運用が各機関に求められることになる。これについて、現状の情報収集と運用方法の検討を始めている。

低消費電力化を指向したウェイ選択可能キャッシュの制御方式

プロセッサの全体の消費電力・エネルギーの中でキャッシュのそれは多くを占めています。最近、スタンバイ時の消費電力・エネルギーが小さい SRAM が提案されており、これを用いて構成したウェイの選択と切替が可能なウェイ選択可能キャッシュはキャッシュの消費電力・エネルギーを非常に大きく削減することが期待できます。しかしながら、その効果を高めるためには適切なウェイ需要予測とウェイ可変制御が不可欠となります。そこでまず、専用のシミュレータを作成し、C言語ベンチマークプログラムのキャッシュアクセスの挙動を調べています。次に、メモリアクセスのアドレスの範囲を限定しやすいスタックポインタに着目し、その変化した時刻にウェイ切替を行うことで、高いヒット率を維持しつつ、消費電力・エネルギーを削減できることを確認しています。

GPGPU 向けコンパイラ

GPGPU向けにアプリケーションを開発するためには、アーキテクチャと CUDA を始めとする専用言語の知識が必要になる上に、プログラマは性能を引き出すために様々に試行錯誤を繰り返すことになり、あまり容易ではありません。そこで、C 言語から CUDA へとコードを再構成するコンパイラを提案しています。提案コンパイラでは、入力コードをタスクに分割した後、 各タスクの性質に応じて CPU/GPU への割り当てを行い、更に GPU アーキテクチャに合わせたチューニングを行い、実行効率を向上できます。また、自動チューニングにおいて、消費エネルギーの低減を目指すことも可能です。今年度は、C 言語プログラムから CUDA ソースコードへの自動変換時に、多面体表現を用いてコードの最適化を行うPoCC なるソフトウェアを用いたコンパイラを提案し、PoCC を用いず変換した場合との性能比較実験を行っている。

教授 友石 正彦 (認証・ネットワーク分野)

【研究の概要と成果】

はぐれパケットの分析に関する研究

通常、通信は送信元と相手先が固定で、また、実体がある状態で行われるが、設定ミスや、特に悪意のある無作為な通信においては、相手先が実在しないままで開始されることも多い。 通信経路を構成する機器では、到達可能なネットワークに関する経路情報が更新されながら、また、抽象化された状態保持されており、上記のような存在しない相手先への通信パケットについては、相手先がないことが明確となる時点において破棄される仕組みとなっている。 本研究では、この破棄されるパケットに注目し、その分析と活用を目的とする。これにより、設定ミスのある端末の発見や、悪意のある通信元の発見を、早期、かつ、より少ない観測によって実現することを目指す。

2023年度は、そのための設計を一部進めた。

端末におけるプライバシを保護したセキュリティの実現に関する研究

ネットワーク・セキュリティは、侵入防止、感染防止、データ保護など、優先度の高いミッションであるが、これまでは、主に組織ネットワークの境界点で機能してきた。しかし、実際のマルウェアの多くは端末において発生し、また、暗号化通信の普及により、端末でしか確認できない情報が増えているため、端末における情報を用いたセキュリティは再び注目を集めている。一方、情報通信は、ビジネスだけでなく生活の基盤となっており、端末における守るべき情報==プライバシは増える一方である。そこで本研究では、そのようなプライバシの外延的な定義、分類を起点とし、可能なかぎりプロイバシを保護した、しかし、スケーラビリティにも配慮した感染検知方法の実現を目的とする。

2023 年度は、その一部についての脅威モデルの定義とその発見の仕組み、プロトタイプの設計と動作シナリオについて発表を行った [2]。

【査読付き国際会議発表】

- 1) Yong Jin, Satoshi Matsuura, and Masahiko Tomoishi, "How to survive private data leak incidents in campus IT systems?", ACM SIGUCCS 2024 Annual Conference (SIGUCCS '24), Chicago, IL, USA
- Yong Jin, and Masahiko Tomoishi, "A Privacy-Preserved End Terminal Characterization Mechanism by Collaborative Traffic Analysis", 22nd International Symposium on Communications and Information Technologies ISCIT2023, Sydney, Australia
- Y. Jin and M. Tomoishi, "A Named-Entity-based TTP-free Authentication and Authorization Architecture for IoT Systems,", 2023 IEEE 47th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Torino, Italy, 2023, pp. 985-986

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

1) 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦: キャンパスネットワーク運用自動化に向けた構成管理システムの実装と評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-IOT-62, No.17, pp.1-6, July 2023.

教授 西崎 真也 (情報基盤活用分野)

【研究の概要と成果】

ラムダ計算におけるクロージャ間の環境の移植

プログラミング言語において、関数クロージャは、自由変数を含む可能性がある関数本体と、それらの変数の値との関連付けを伴う関数である。変数とその値の関連付けを環境と呼ぶ。プログラミング言語がレキシカルスコープを使用し、関数を第一級オブジェクトとして扱う場合、関数クロージャは必須となる。関数クロージャは、Common Lisp、Emacs Lisp、Scheme などの LISP 方言、Python、JavaScript、Ruby などの現代のスクリプト言語、C++ などの手続き型言語で提供されている。

我々の以前の論文では、関数クロージャから環境部分を抽出するメカニズムを提案した。 しかし、それによって環境を第一級オブジェクトとして扱わなければならない状況が生じ、 これは可能であれば避けるべき伝統的な理論の大幅な拡張となり、いくつかの望ましい特 性が失われる可能性がある。

本研究では、ラムダ計算における関数クロージャの環境を別の関数クロージャの環境と 置き換える方法を提示する。

このアプローチを取ることで、関数クロージャから環境を抽出して使用するのではなく、 環境を直接第一級オブジェクトとして扱うことを避けることができる。

我々は、このプロセスの理論的側面を探求するために、環境移植を伴うラムダ計算と呼ばれる新しい計算システムを導入する。我々のシステムは、その構文と簡約規則によって定義され、レコードを伴うラムダ計算への変換を通じてその意味論を提供する。簡約の健全性は、この変換意味論内で実証される。さらに、我々の計算体系に簡単な型システムを与え、その主題簡約システムを示す。

【査読付き国際会議・学術論文誌】

1) Shin-ya NISHIZAKI, Transplanting of Environments between Closures in the lambda calculus, Proceedings of ICSCA2023, ACM, pp 122—130, 2023.

教授 松浦 知史 (情報セキュリティ分野)

【研究の概要と成果】

インシデントレスポンスの高度化に向けた文章分類技術に関する研究

昨年度に引き続き、インシデント対応時における知見の蓄積に関して研究を行った。事案 発生時には、より良い判断を迅速に下し、組織の被害を最小化する事が重要である。そこで 事案対応時に適切な意思決定をサポートし、対応時間を大幅に短縮するシステムを構築す ることが本研究の最終的な目的である。緊急対応時の判断ミスや遅延は組織に多大な損害 を与えかねない。学術機関でも多くの情報セキュリティ事案が発生しており、教育/研究/ 事務活動等が著しく停滞する事件も起きている。緊急対応時の意思決定をミス無く迅速に 行うためには技術担当者の知見を共有し、再利用する事が効果的である。しかし、実際の緊 急対応時には組織の被害を最小化する事が第一義であり常に時間に追われながら対応を進 めるために、技術者が対応した複雑な手順や高度な判断を下した理由といった知見を蓄積 する余裕はほとんど存在しない。また、知見を蓄積出来た場合であっても多種多様な攻撃か ら過去と同様の類似性を判断し検索/再利用する事もまた困難である。

上記の問題を解決するために、インシデント対応フローをモデル化し、その対応フロー モデルに基づいて実際のデータを扱う運用システムに関する研究を行ってきた。加えてそ こで扱われるデータモデルに関する研究に取り組んだ。実際の環境では対応フローに沿っ てセキュリティ担当者達が必要なデータをまとめてインシデント対応を進めるが、その中 身は自然言語が多く含まれる。データの正規化を推し進めその内容を担当者に強いると、 緊急対応時に大きな負担となりセキュリティ現場から見ると許容できない。一方で正規化 されたデータが揃っていないとデータの利活用が進まないという側面がある。そこでイン シデント対応フローに沿ってデータモデルを構築し、正規化されたデータを蓄積する枠組 みを整えながら、そのデータモデルを担当者に意識させない全体のアーキテクチャを検討 した。具体的には担当者は自然言語を利用しながら特定の項目(インシデント対応で日常 的に記録しているタイムラインや連絡先情報など)を埋めていき、その文書を LLM など を活用して定義したデータモデルの情報を抜き出すことで、正規化されたデータが蓄積さ れるという構成を採った。また、実際のセキュリティ現場で記録されているデータをサン プルとして上記のデータモデルが動作し、正規化されたデータが再利用できる事を確認し た。今後は実際にデータを蓄積しながらより具体的に蓄積されたデータを活用し、対応の リコメンデーション等々に応用していく計画である。

不正な通信や端末に関する検知技術

サイバー攻撃に関する不正な通信は日常的にまた大量に発生しており、情報通信研究機 構(NICT)が 2022 年に観測した不正な通信は 5226 億パケットと公表されている。不正通 信を正確にまた迅速に検知する事は組織のセキュリティインシデントを未然に防ぎまた被 害最小化にも繋がるため、セキュリティを確保する上でも重要な要素であると考えられて いる。このような不正通信を検知する技術が数多く研究されており、様々な手法が提案さ れている。しかし、実際の通信量は相当な数に上り誤検知率も高く、運用現場では大きな 負担となっている。そこで、通信単位での検知では無く、通信を発生させる端末に焦点を 当てた研究を行った。端末の数の方が通信の数より桁違いに少なく、不正な端末を効率よ く発見する事で現場の負担を軽減できると考えたためである。具体的には手法として IP2Vec を活用し、異常検知に利用できるか検証を重ねた。通信内容が時間的に変化しない 端末(WEBやメールしか利用しない端末など)の分類には IP2Vec は有効であるものの、 現実的には特定の時間にマルウェア感染が発生し不正な通信がその時点から発生するな ど、端末の挙動は時間経過ともに変化するものである。端末の特徴が時間変化しない静的 な環境に向く IP2Vec を動的な環境でも利用できるように学習データを時系列に分割してモ デルに適応する事で、その適応範囲を明らかにした。分割した学習データ毎にモデルを構 築し続ける必要がありその部分の計算コストが大きく、リアルタイムに近い形で検知し活 用するには計算コストを大幅に下げる必要があり、今後の課題として取り組む予定であ る。

【国内学会・ワークショップ・講演会】

- 1) 韓治暎, 相楽洋, 松本義久, 林﨑規託, 塚原剛彦, 池上雅子, 片渕竜也, 木倉宏成, 鷹尾康一朗, 吉田克己, 髙須大輝, 松浦知史., "フィジカル・サイバー空間にまたがる原子力プラント 3S を俯瞰し実践・主導する規制人材育成 2023 年度実施状況" 第 44 回日本核物質管理学会年次大会, Nov, 2023.
- 2) 松本 義久, 相樂 洋, 韓 治暎, 林﨑 規託, 塚原剛彦, 池上 雅子, 片渕 竜也, 木倉 宏成, 鷹尾 康一朗, 髙須 大輝, 吉田 克己, 松浦 知史., "ADVANCED NUCLEAR 3S EDUCATION AND TRAINING IN CYBER-PHYSICAL SPACE (ANSET-CP) IN TOKYO TECH.", Proceedings of the INMM&ESARDA Annual Meeting, May, 2023.

マネジメント准教授 北口 善明 (認証・ネットワーク分野)

【研究の概要と成果】

ユーザ視点によるネットワーク状態評価手法の研究

ネットワーク障害点を的確に検出するために、ユーザ側から観測を元に状態を評価し、ネットワーク運用者が迅速に問題点を把握できる手法を提案している。本手法では、ネットワーク障害を複数のレイヤに整理し、「ネットワーク接続性記述の定義」を明確にすることで、的確にユーザ環境の情報伝達を可能にすることを目指している。

今年度は、これまでに開発した無線 LAN 環境を収集する端末を自立移動ロボットに搭載し、SLAM 技術による無線 LAN 環境自動収集化に取り組んだ。無線 LAN 環境情報の収集と通信環境のアクティブ計測を SLAM 技術による地図情報作成に合わせて実施し、対象フロアにおける無線 LAN 環境を可視化できることをプロトタイプ実装により確認できた。また、無人での環境計測における課題点も明確になり、検討結果をまとめ研究会にて報告した [国内学会・ワークショップ・講演会等での発表-10]

IPv4/IPv6 デュアルスタック環境を考慮したネットワーク通信品質計測に関する研究

IPv6 インターネットの展開を受け、IPv4/IPv6 デュアルスタック環境の差異を評価可能なネットワーク通信品質計測が求められている。そこで、デュアルスタックネットワークの状態を継続的に数値化・可視化することを目的とし、計測手法の検討および定常的な計測を行っている。

NTT 東日本との共同研究である通信のパケットキャプチャデータによる通信品質分析基盤の研究では、今年度、NTT 東日本と IPA による在宅勤務向けサービスである「シン・テレワークシステム」における通信データ収集基盤にて収集したデータの統計分析を進め、通信遅延とユーザ利用状況の関係性について分析した。その結果、通信遅延が増すことで、ユーザ入力が必要なアプリケーション処置の利用頻度が減少していることが示唆され、待ち時間の増加とユーザ行動レベルの低下に関連性があることを明らかにした〔国内学会・ワークショップ・講演会等での発表-2〕。

非常時により多くのユーザに安心を与える防災音声通信システム制御技術の研究

災害発生などの非常時において、携帯電話網を含む広義の IP 網上における VoIP (Voice over IP) 通話を対象とし、非常時の心理状態下で求められる通信品質を確保しつつ多くの通信を実現する新しい防災情報通信システムに向けた制御手法に関して研究している。

今年度は、ペイロードサイズを可変長にした場合の VoIP トラフィックモデルを導出する 手法の研究を進めた。本研究では、無音状態におけるパケット送出を実施しないことで利用 帯域削減を目的としているため、通信環境に最適な VoIP トラフィックを生成する必要があ り、様々なパラメータを変化可能なトラフィックモデルを評価することが求められる。今回 の提案モデルでは、有音状態(ON 状態)と無音状態(OFF 状態)の遷移モデルをこれまで検討していた幾何分布ベースモデルから、サンプリング間隔を評価可能に拡張するためにON-OFF マルコフモデルを用いた手法に改良している。ON-OFF マルコフモデルを用いたトラフィックモデルでは、VoIP のペイロードサイズを変更して評価可能となり、通信帯域を制限しかつ非常時における通信品質を確保するトラフィックモデルを検討可能とした〔国内学会・ワークショップ・講演会等での発表-7〕。また、心理学の観点から、音声通話における安心感の分析および被験者を用いた感情変化の評価実験を実施し、それぞれストレス学会、社会心理学会にて報告した〔国内学会・ワークショップ・講演会等での発表-5,6〕。

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 北口 善明: Distcloud の設計と実装の展望, 第53回産学協力研究コンソーシアム インターネット技術研究会 RIXX 分科会, May 2023.
- 2) Xuliang Deng, Keisuke Ishibashi, Yoshiaki Kitaguchi, Kenichi Nagami, Ichiro Mizukoshi: Examining the Relationship Between Delay and User Behavior Through Statistical Analysis of Traffic Data of the Thin Telework System,情報処理学会研究報告, Vol.2023-IOT-62, No.10, pp.1-7, July 2023.
- 3) 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦: キャンパスネットワーク運用自動化に向けた構成管理システムの実装と評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-IOT-62, No.17, pp.1-6, July 2023.
- 4) 大坪 正樹, 北口 善明, 山岡 克式: 送信内容の異なる受信者代弁型情報伝送プロトコルに おける多重化後スループットの検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.123, No.137, CS2023-45, pp.91-96, July 2023.
- 5) 飯干 諒祐, 松崎 圭佑, 大江 朋子, 望月 要, 山岡 克式, 馬場 健一, 宮田 純子, 大西 仁, 北口 善明: 震災時通話の特徴 (1): 通話による安心感と通話内容の分析, 日本ストレス学会 第39回日本ストレス学会・学術総会, Vol.38, No.1, pp.337-337, July 2023.
- 6) 松崎 圭佑, 飯干 諒祐, 大江 朋子, 望月 要, 山岡 克式, 馬場 健一, 宮田 純子, 大西 仁, 北口 善明: 震災時通話の特徴 (2): 通話を誘発する要因と通話による感情の変化 (ポスタ 一発表), 日本社会心理学会 第 64 回日本社会心理学会大会, September 2023.
- 7) 和氣 智慶, 宮田 純子, 北口 善明, 馬場 健一, 山岡 克式: 可変ペイロードサイズによる使用帯域削減に向けた VoIP トラヒックモデルの導出, 電子情報通信学会 2024 年総合大会講演論文集, Vol.2024, No.B-7-38, March 2024.
- 8) 在間 哲平, 北口 善明, 山岡 克式: 待機キューの導入による非リアルタイムジョブ応答時間短縮, 電子情報通信学会 2024 年総合大会講演論文集, Vol.2024, No.B-7-39, March 2024.
- 9) 大坪 正樹, 北口 善明, 山岡 克式: 受信者代弁型情報伝送プロトコルにおけるスレッド識別可能な多重化方式, 電子情報通信学会 2024 年総合大会講演論文集, Vol.2024, No.B-7-40, March 2024.
- 10) 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢: 自律移動ロボットと SLAM を用いた屋内無線 LAN 環境の測定, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.123, No.439, CS2023-120, pp.88-94, March 2024.

【出版・解説・報告等】

1) 松崎 圭佑, 飯干 諒祐, 大江 朋子, 望月 要, 山岡 克式, 馬場 健一, 宮田 純子, 大西 仁, 北口 善明: 大地震発生時の音声通話 — 通話前後の感情の変化と通話内容 —, 帝京大学紀 要, Novemver 2023.

マネジメント准教授 金 勇 (認証・ネットワーク分野)

【研究の概要と成果】

DoT ベースの名前解決における DNS 権威サーバの証明書種類による関連ドメインの正当性 評価に関する研究

近年、DNS による名前解決においてプライバシー保護が注目されており、通信路の暗号 化方式 DNS over TLS (DoT) や DNS over HTTPS (DoH) が IETF により標準化が進んでいる。一方、DNS を悪用したマルウェアや Command & Control (C&C) 通信も暗号化方式を使うことになり、検知・遮断が一層難しくなりつつある。特に、正当なドメインの関連ドメインの正当性判定は難しく、安心、安全なインターネットサービスの利用が懸念される可能性がある。本研究では、DoT ベースの名前解決過程で DNS 権威サーバの証明書種類の解析により関連ドメインの正当性を評価し、より早い段階で悪性の関連ドメインを検知可能の名前解決機構の構築を目的とする。本研究の提案手法について、国内研究会 2)、4)及び国際会議 2)、3)にて発表を行なった。

DNS 名前解決におけるプライバシー保護を考慮した Full-Doll アーキテクチャの構築に関する研究

近年、名前解決において DNS over TLS(DoT)や DNS over HTTPS(DoH)などプライバシー保護を目的とした通信路の暗号化方式が IETF により標準化されており、主な対象は端末と DNS フルサービスリゾルバ間の通信であり、DNS フルサービスリゾルバと DNS 権威サーバ間の通信は考慮されていない。しかし、名前解決において主なインターネット通信部分になる DNS フルサービスリゾルバと DNS 権威サーバ間の通信でインターネットユーザのアクセス先情報を含むプライバシー漏洩が懸念されている。本研究では、名前解決において端末から DNS 権威サーバまでの全ての通信路を DoH で暗号化する Full-DoH アーキテクチャの構築を目的とする。本研究の提案手法について、国際会議 7)にて発表を行なった。

DoT を活用したプライバシー重視型遠隔 IoT データ照会システムの構築に関する研究

近年、名前解決において DNS over TLS (DoT) や DNS over HTTPS (DoH) などプライバシー保護を目的とした通信路の暗号化方式が IETF により標準化されており、DoT や DoH は名前解決だけでなく様々なインターネットサービスにおいてプライバシー保護の目的で活用できるようになりつつある。本研究では、IETF の標準化動向に応じて、DoT を活用したプライバシー重視型遠隔 IoT データ照会システムの構築を目的とする。特にヘルスケアシステムに本提案システムを活用することにより、IoT データ自体の暗号化に加え、IoT データの登録、更新、同期、遠隔照会などの操作を行う際に、通信路の暗号化も可能となる。本研究の提案手法について、国内研究会 1)にて発表を行なった。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- Y. Jin and M. Tomoishi, "A Named-Entity-based TTP-free Authentication and Authorization Architecture for IoT Systems," 2023 IEEE 47th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Torino, Italy, 2023, pp. 985-986, doi: 10.1109/COMPSAC57700.2023.00139.
- N. Yamai, Y. Jin, T. Murakami and R. Nakagawa, "Verification Method of Associated Domain Names Using Certificates by Applying DNS over TLS to Authoritative Servers," 2023 IEEE 47th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Torino, Italy, 2023, pp. 1000-1001, doi: 10.1109/COMPSAC57700.2023.00146.
- T. Murakami, K. Shimabukuro, N. Sato, R. Nakagawa, Y. Jin and N. Yamai, "Trustworthy Name Resolution Using TLS Certificates with DoT-enabled Authoritative DNS Servers," 2023 IEEE 47th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Torino, Italy, 2023, pp. 1121-1126, doi: 10.1109/COMPSAC57700.2023.00169.
- 4) H. Ichise, Y. Jin and K. Iida, "Policy-based Detection and Blocking System against Abnormal Applications by Analyzing DNS Traffic," 2023 22nd International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT), Sydney, Australia, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISCIT57293.2023.10376042.
- 5) H. Ichise, Y. Jin, S. Sunahara, T. Kondo, K. Iida, "A Look Over on The Usages of Relatively Rare Types of DNS Resource Records," Proceedings of IEICE on 2023 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2023), 2023, 3-5, doi:10.34385/proc.79.p3-5
- 6) <u>Y. Jin</u> and M. Tomoishi, "A Privacy-Preserved End Terminal Characterization Mechanism by Collaborative Traffic Analysis," Proceedings in 2023 22nd International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT), Sydney, Australia, 2023.
- 7) Satoru Sunahara, Yong Jin, and Katsuyoshi Iida. 2023. Authoritative DNS Server Discovery Method to Enhance DNS Privacy Preservation. In Proceedings of the on CoNEXT Student Workshop 2023 (CoNEXT-SW '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 31–32. https://doi.org/10.1145/3630202.3630228

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 相良隼, <u>金勇</u>, 飯田勝吉, 高井昌彰, "DoT を用いたプライバシー配慮型 IoT データ照会システムの検討", 信学技法, vol. 123, no. 85, IA2023-10, pp. 56-61, 2023 年 6 月
- 2) 佐藤直, 島袋健大, 村上登志男, 山井成良, <u>金勇</u>, 中川令, "TLS 対応権威 DNS サーバにおける複数証明書導入によるドメイン名正当性検証方式", DICOMO2023, pp. 738-745
- 3) 北口善明, <u>金勇</u>, 友石正彦, "キャンパスネットワーク運用自動化に向けた構成管理システムの実装と評価", 情報処理学会研究報告, Vol. 2023-IOT-62, No. 17, pp. 1-6, 2023 年 7 月
- 4) 村上登志男, 山井成良, <u>金勇</u>, 中川令, 根木湧人, "DoT対応権威サーバを用いた関連ドメイン検証における追加証明書検証高速化の検討", 情報処理学会研究報告, Vol. 2024-IOT-64, No. 36, pp. 1-6, 2024年3月

助教 石井 将大 (情報セキュリティ分野)

【研究の概要と成果】

暗号化通信の分析と暗号通貨マイニング通信の検知に関する研究

現在多くの通信が暗号化されており、特にサイバーセキュリティの脅威となり得る攻撃・ 悪性通信の分析・検知は容易ではない。

本研究では暗号化された通信データに対し、複数の深層学習モデルを利用して正常なアプリケーションによる通信や、マルウェアなどの悪性な通信の分類を行い、特に暗号通貨マイニングに関する通信の検知を行った。暗号通貨の不正なマイニングは広くサイバー攻撃として行われており、ユーザの同意を得ないブラウザマイニングや、マルウェアの一つの機能としてマイニングスクリプトが埋め込まれている場合が非常に多く、その通信(特にマイニングプールに関連する通信)を検知することに意味がある。

本研究では暗号化された状態の通信データを学習し、高精度な検知ができることを示した [国内会議-1]。通信は TLS によって暗号化されている場合が大多数であるが、本研究では VPN によって暗号化されたデータに対しても検知できることを示した。

今後は観測された暗号化通信に対して同時に複数のアプリケーションを抽出可能なマルチラベル分類の高精度化を行い、実際のネットワーク環境において複数の攻撃通信の検知が行えるモデルの構築を行う。

アーベル曲面間の同種写像計算の実装最適化に関する研究

耐量子計算機暗号の一つの候補として注目を浴びている、楕円曲線を含むアーベル多様体とその同種写像を利用した同種写像暗号について継続して研究を遂行している。同種写像を利用した鍵共有方式に対する攻撃と、それを応用した特に高次元の多様体上の同種写像の活用に関連し、本研究では 2 次元の多様体であるアーベル曲面とその間の同種写像の効率化に取り組んでいる。

本研究ではこれまでに得られたアーベル曲面間の(3,3)-同種写像列計算の効率化と実装最適化の成果を〔学術論文-1〕においてまとめた。今後本研究で得られた(3,3)-同種写像列計算の効率化手法を利用し、上記の攻撃方式や対応する対抗策とその安全性、また、この関連技術を活用した新たな暗号方式のコスト分析を行っていく。

【査読付き学術論文】

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

1) 渋谷聡志, <u>石井将大</u>, 田中圭介:暗号化通信におけるマイニング検知, 2024 年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2024), Jan. 2024.

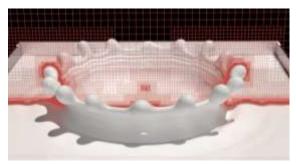
7-2 先端研究分野

教授 青木 尊之 (高性能計算先端応用分野)

【研究の概要と成果】

PLIC 法と Height Function 法の AMR コードへの実装

気液混相流シミュレーションにおいて、計算精度を決める最も重要な要素は界面捕獲手法と表面張力計算手法である。Height Function 法は高精度で気液界面の法線方向(曲率)を計算することができ、PLIC 法のような界面をシャープに捕らえることのできる手法と同時に用いることにより気液界面の高精度計算が可能になる。他の表面張力計算手法を用いた場合にしばしば発生する界面近傍の疑似流速(Spurious Current)を1/100 以下に抑えることができる。PLIC 法と HF(Height Function)法を AMR コードに実装し、より効率的に気液二相流シミュレーションを可能にした。Height Function 法のステンシルは1方向に7格子点もの値を参照するため、リーフの格子ブロックが小さいAMR 法への実装はオーバーヘッドが大きいが、それを上回る界面記述性能と格子収束性がある。図は Weber 数を変えたときのミルククラウンの成長過程のシミュレーションであり、実験とも非常によく一致する結果が得られた。



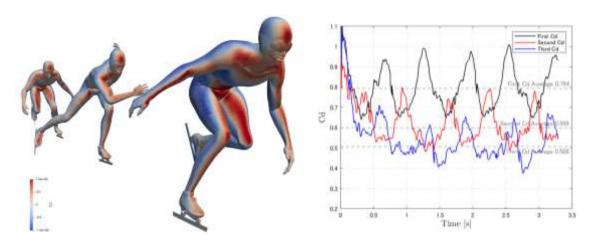
Weber 数 250 のミルククラウン

Weber 数 560 のミルククラウン

スピードスケートの空力シミュレーション

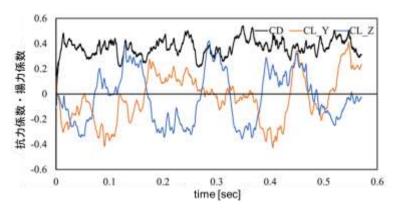
空力の影響を大きく受けるスポーツはいくつかあるが、スピードスケートはその代表的な競技である。特にパシュート種目などの複数滑走者で行う競技では、前方の滑走者からの後流をうまく利用して後続の滑走者への抗力を小さくするという作戦が多用される。抗力の解析や実験が数多く行われているが、ダイナミックなフォームに対してはこれまで十分な空力解析が行われていない。激しく動く物体と乱流の相互作用の解明と、定量的な解析による競技の戦略に貢献するため、実際のスケーターの動作をモーション・キャプチャしたモデルに対し、Cumulant型格子ボルツマン法にAMR法を導入したコードで空力シミュレーションを行った。特にパシュート競技では、先頭のスケーターは前面からの風を受けて抗力が最も大きく、2番目のスケーターは3番目のスケーターから背面に圧力を受けるため、最も抗力が小さいと思われていた。しかし、図のような隊列では3番目のスケー

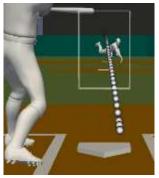
ターは先頭と2番目のスケーターの両方の後流を受けるため、抗力が最も小さいことが分かった。



ナックル・ボールの空力解析

野球のピッチャーが投じるナックル・ボールは無回転だと思われているが、実際は投手がボールをリリースしてからバッターの手元まで到達する間に 0.5~1 回転している。不規則な変化をするため非常に打たれ難いばかりでなく、キャッチャーもしばしばパスボールするほどである。キュムラント型衝突項の格子ボルツマン法に基づいた空力解析コードで解析した結果、回転数が少ないために大きな空気抵抗を受け、ボールがバッターの手元まで到達するまでに 10% 以上減速し、通常よりボールがかなり落ちる。加えてトップスピンのため、縫い目の影響でカーブと同じようにマグヌス効果が加わることが分かった。メジャーリーグのサンディエ・ゴパドレスの Matt Waldron 投手のナックル・ボールは「ワンシーム回転」であり、回転数の違いで左右に変化することが分かった。この内容は 6月9日の NHK-BS「ワースポ×MLB」の番組中でも紹介された。





多数の巨岩を含む土石流シミュレーション

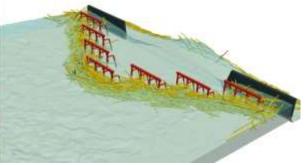
我が国の斜面災害の中でも土石流災害は被害が大きく、さらなる防災対策が必要である。土石流には多数の巨岩が含まれ、流下を促進している。最近では巨岩を捕捉するために透過型堰堤が設置されることが増えているが、鋼材(支柱)の間隔や強度・構造など、有効性が十分に明らかになっていない。そこで、ある粒径以上の岩石を固体として扱い、それ以下の岩石を泥流のモデルに組み込んだ土石流シミュレーションを行った。泥流はビンガム性の非ニュートン流体とし、内部摩擦角は実験データから数度に設定した。自由界面を含んだ泥流はキュムラント型衝突項の格子ボルツマン法で計算し、自由界面はフェーズフィールド・モデルの保存形 Allen-Cahn 方程式を用いている。岩石どうしや堰堤との衝突は個別要素法に基づいて計算している。自由界面近傍、岩石近傍、河床近傍には高解像度格子(約3cm)を動的に配置し、斜面の長さ120mに及ぶ範囲を計算している。今後は、河床の凹凸を考慮したさらなる大規模シミュレーションを行う。



大量の流木の捕捉シミュレーション

斜面崩壊に伴い多くの流木が河川に流出し、大量の流木が橋梁などで捕捉されることで河川氾濫につながるなどの災害が多発している。上流において流木を捕捉するために、透過型堰堤や不透過型堰堤に流木捕捉工を設置するなどの防災対策が行われている。透過型堰堤や流木捕捉工の有効性を明らかにするために、流体構造連成シミュレーションを行った。自由界面を含んだ流体は格子ボルツマン法で計算し、自由界面はフェーズフィールド・モデルの保存形 Allen-Cahn 方程式を用いている。気体側への外挿はレベルセット関数を用いた Velocity Extension 法を導入している。流木と流木の衝突および流木と捕捉工の衝突は個別要素法に基づいて計算している。模擬流木 1000 本を含んだ小規模実験に対してAMR 法を導入した格子ボルツマン法のコードを用いてシミュレーションを行った。最小格子で計算領域全域を計算する場合には 2816×1280×512 に相当する規模の計算であり、TSUBAME4.0 の NVIDIA H100 を 16 GPU 用いて 120 時間計算した。捕捉流木の本数割合および捕捉形態など実験と非常に良い一致が得られた。

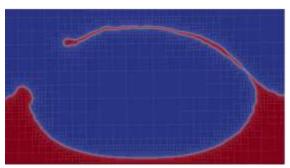


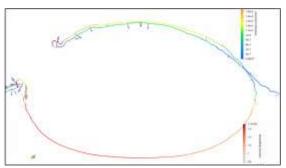


液膜ダイナミクスの気液二相流シミュレーション

液膜や泡沫は流体力学的に未解明な部分が多い。水面に浮いてきた気泡は液膜を形成し、内部に気体を閉じ込めたまま長時間安定である。液膜のダイナミクスにおいて界面活性剤の役割は大きく、非イオン性の界面活性剤の輸送を考慮した気液二相流シミュレーションを行った。界面活性剤の気液界面への吸着と脱離を解くことにより、液膜での濃度差マランゴニ効果による液膜の安定化を調べた。気泡の大きさに比較して液膜は非常に薄いため、AMR (Adaptive Mesh Refinement) により高解像度格子を動的に割り当てている。

また、液膜が破断する条件を明らかにするには、疑似流速(Spurious Current)を可能な限り抑制する必要がある。PLIC-VOF 法による気液界面の捕捉と、HF (Height Function)により表面張力を導入して計算している。初期の気泡直径は8mm、最小格子サイズは4.88 μ mであり、計算領域の全域を均一格子で計算すると8192×4096に相当する。液膜破断の前後で流速が大きく変化し、界面活性剤の脱離も生じることが分かった。





AMR コードへの実装 Tシャツと風の連成シミュレーション

ランニング動作の空力解析を行っていて、昨年度は衣服を考慮しない解析を行った。衣服を着けてランニングすると空気から受ける抗力が増加し、衣服と身体の隙間の空間を空気がどのように流れ、保温効果や湿度などを明らかにすることを目的としている。今年度は実際の衣服の形状データ、物性データに基づいた衣服と風の連成シミュレーションを行った。



布と流体の相互作用には Direct Forcing 型埋め込み境界法を用い、布に対しては引っ張り、せん断、屈曲バネを導入した「バネ・質点系」モデルを用いた。スポーツアパレルメーカーのゴールドウィン社と共同研究し、T シャツの形状を提供してもらい、ハンガーに掛かった状態に風速 5 m/sec の風を当て、妥当な T シャツの変形とはためきを確認した。

高熱流束の核沸騰シミュレーション

大気圧下での水の飽和プール核沸騰は、高熱流束時の壁面近くの微細構造が未解明である。接触線蒸発モデルとミクロ液膜モデルを用い、壁面過熱度を $\Delta T_{sat}=14\mathrm{K}$ から $\Delta T_{sat}=20\mathrm{K}$ まで変えて計算した。弱圧縮性流体計算手法を非圧縮性流体計算に適用し、界面追跡法として sharp interface 手法である PLIC 法を用いた。壁面過熱度が $\Delta T_{sat}=14\mathrm{K}$ の場合は孤立泡状態であるが、 $\Delta T_{sat}=17\mathrm{K}$ では 1 次気泡の合体により大きな気泡が生じる。 $\Delta T_{sat}=20\mathrm{K}$ になると壁面上に蒸気塊が形成され、その内部の壁面上に小さな島状の液体が見られる。格子点数 $256\times256\times256$ までの計算であるが、マクロ液膜形成の兆しが見られた。壁面過熱度の増加に伴う沸騰形態および壁面熱流束の変化について、実験結果とよく一致する結果が得られた。



(a) 接触線蒸発モデル

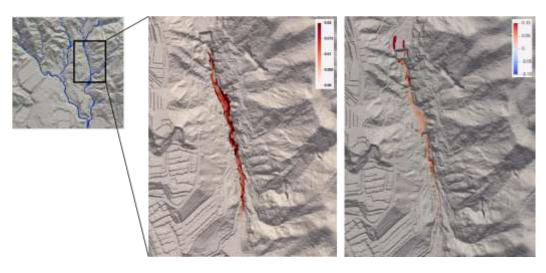


(b) ミクロ液膜蒸発モデル

サブグリッドスケール蒸発モデルによる計算結果の相違(壁面過熱度 17K)

神戸市住吉川の 1m 格子の河川氾濫・河床変動シミュレーション

近年、豪雨や台風などによる河川氾濫が急増しており、川幅の細い河川も危険度は高く、1m格子を用いて広範囲の河川の水の流れと土砂の輸送を時々刻々とシミュレーションすることにより、河川氾濫を予測するシステムを GPU スパコン上に構築することを目指している。本年度は単一粒径の土砂を仮定し、小規模実験を再現する検証計算と、細い河川を模擬した 500m の直線水路での掃流砂と浮遊砂の輸送を 1m格子で計算した。さらに、神戸市東灘区の住吉川流域を計算対象とし、掃流砂と浮遊砂の輸送のシミュレーションを実行した。計算には全域を覆う仮想な均一格子に対して、河道から数メートルの距離までの範囲に計算を行うメッシュを配置する Narrow Band 手法を実装した。計算を安定化させる sand-slide model の導入や、堰堤などの人工物の近傍は土砂が堆積するが浸食されない固定床のモデルを開発し実装した。上流の河道に斜面崩壊などで 3000 トンの土砂が流入したと仮定し、掃流砂(図の中央)と浮遊砂(右図)として下流への輸送を計算した。



【査読付き学術論文】

- Kai Yang, Takayuki Aoki: A Momentum-Conserving Weakly Compressible Navier-Stokes Solver for Simulation of Violent Two-Phase Flows with High Density Ratio, International Journal of Computational Fluid Dynamics, Volume 36, 2022 - Issue 9, PP.776-796, 2023/4/20
- Kai Yang, Takayuki Aoki: Multi-GPU scaling of a conservative weakly compressible solver for large-scale two-phase flow simulation, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 13798, pp. 16-27, 08 April 2023
- 3) Seiya Watanabe, Jun Kawahara, Takayuki Aoki, Kenta Sugihara, Shinsuke Takase, Shuji Moriguchi and Hirotada Hashimoto: Free-surface flow simulations with floating objects using lattice Boltzmann method, ENGINEERING APPLICATIONS OF COMPUTATIONAL FLUID MECHANICS, Vol.17, NO. 1, 2211143, 2023/5/1

- 4) Yusuke Majima, Hiro Wakimura, Takayuki Aoki, Feng Xiao: A new high-fidelity Total Variation Diminishing scheme based on the Boundary Variation Diminishing principle for compressible flows, Computers & Fluids, Volume 266, 106070, 2023/11/15
- 5) 尹 昱炜, 青木尊之, 渡辺勢也, 小林宏充: 野球のジャイロ・フォークボールの空力解析, 日本流体力学会誌「ながれ」原著論文, 42 (2023) 376-385, 2023/12/1

【査読あり国際会議発表】

 Tongda Lian, Shintaro Matsushita and Takayuki Aoki: The Implementation of Gas-liquid Two-phase Flow Simulations with Surfactant Transport Based on GPU Computing and Adaptive Mesh Refinement, Workshop "Multi-scale, Multi-physics and Coupled Problems on highly parallel systems (MMCP)", 2024/1/25

【査読なし国際会議発表】

- Seiya Watanabe, Changhong Hu and Takayuki Aoki: Coupled Lattice Boltzmann and Discrete Element Simulations of Ship-Ice Interactions, The 12th International Workshop on Ship and Marine Hydrodynamics (IWSH 2023), 2023/8/28-9/1
- 2) Dawei Shen, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Shuji Moriguchi, Shinsuke Takase, Masaaki Sakuraba: A 3D wide-area simulation for real river flood disaster including driftwood with high resolution mesh, The 11th International Conference on Multiphase Flow (ICMF 2023), April 2-7, 2023
- 3) Yos P Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki: A simulation of foam formation using multi-phase-field model and lattice Boltzmann method with adaptive mesh refinement, The 11th International Conference on Multiphase Flow (ICMF 2023), April 2-7, 2023
- 4) Tongda Lian, Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: A study on liquid film dynamics using two-phase flow simulation with AMR method, The 11th International Conference on Multiphase Flow (ICMF 2023), April 2-7, 2023
- Dawai Shen, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe: Interaction of Free-surface Flow with Driftwood for a Trap Device on a Disaster Prevention Dike, ADVANCES IN COMPUTATIONAL MECHANICS (ACM 2023), 2023/10/24

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 青木尊之, 嶋 大尚, 吉田真也, Marlon Arce Acuña: 1メートル格子を用いた広域の2次元 土砂・洪水氾濫シミュレーション, 砂防学会・令和5年度北海道大会, 2023/5/10
- 2) Arce-Acuna Marlon, 青木尊之, Shima Hirona、Maya Yoshida: Wide-area river simulation using 1-m mesh resolution for sediment and flood damage prediction, 日本計算工学会・第 28 回計算工学講演会, 2023/5/31
- 3) LIAN TONGDA, 松下真太郎, 青木尊之: A Liquid Film Simulation Using AMR-PLIC-HF method with Surfactant Transport, 日本計算工学会・第 28 回計算工学講演会, 2023/6/1

- 4) Sitompul Yos, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Sugihara Kenta, Takaki Tomohiro: Heat Transfer Study in Foam Formation using LBM with MPF model and AMR method, 日本計算工学会・第 28 回計算工学講演会, 2023/6/1
- 5) SHEN DAWEI, 青木尊之, 渡辺勢也, 嶋 丈示: A High-Resolution Simulation for Driftwood Capture by Using AMR-LBM, 日本計算工学会・第 28 回計算工学講演会, 2023/6/1
- 6) Yin Yuwei, 青木尊之, 渡辺勢也, 小林宏充, 丹羽政善: ジャイロ回転する野球ボールの AMR-LBM による空力解析, 日本計算工学会・第 28 回計算工学講演会, 2023/6/1
- 7) 瀧 優太, Tan Hong Guan, 渡辺勢也, 青木尊之: スピードスケート・パシュート競技の LBM シミュレーションによる空力解析, 日本計算工学会・第28回計算工学講演会, 2023/6/1
- 8) 青木尊之: 人と衣服と気流の連成相互作用シミュレーション・フレームワークの構築, 学際 大規模情報基盤共同利用共同研究拠点 2023 年度シンポジウム, 2023/7/7
- 9) 青木尊之: リアルタイム土砂洪水氾濫予測を目指した1メートル格子の広域河川シミュレーション, 学際大規模情報基盤共同利用共同研究拠点 2023 年度シンポジウム, 2023/7/6
- 10) 瀧 優太, Tan Hong Guan, 渡辺 勢也, 青木 尊之: スピードスケート・パシュート競技の LES による空力解析, 第 55 回流体力学講演会/第 41 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2023/7/12
- 11) TAN HONG GUAN, 青木尊之, 岩田真明, 渡辺勢也: 布が絡まった円柱の空力解析, 第 55 回 流体力学講演会/第 41 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2023/7/12
- 12) YIN YUWEI, 青木尊之, 渡辺勢也, 丹羽政善, 小林宏充: 縫い目のある野球ボールの空力解析, 第 55 回流体力学講演会/第 41 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2023/7/12
- 13) 三好健斗,長崎孝夫,青木尊之,杉原健太: PLIC-VOF 法と高さ関数法を用いた核沸騰の大 規模数値シミュレーション,日本混相流学会 混相流シンポジウム 2023, 2023/8/24
- 14) 脇村尋,青木尊之,肖鋒: 圧縮性気液二相流の拡散界面モデルにおける高解像度数値解法,日本混相流学会 混相流シンポジウム 2023, 2023/8/25
- 15) Lian Tongda, 松下真太郎,青木尊之: 界面活性剤輸送を伴う気液二相流シミュレーションによる液膜ダイナミクスの研究,日本混相流学会 混相流シンポジウム 2023, 2023/8/26
- 16) 内田遥己, 玉置優眞, 青木尊之, 松下真太郎: 自動車の冠水走行時の気液二相流シミュレーションによる水撥ねの液滴径統計分布解析, 日本混相流学会 混相流シンポジウム 2023, 2023/8/26
- 17) Tongda Lian, Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: Influence of Surfactant Transport on Liquid Film Dynamics in Two-Phase Flows,日本流体力学会・年会 2023, 2023/9/20
- 18) Yos Panagaman Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki: Foam Formation Simulation with Heat Transport using Cumulant LBM with MPF model and AMR,日本流体力学会・年会 2023, 2023/9/20

- 19) YIN YUWEI、青木尊之、渡辺勢也、小林宏充: ジャイロ回転する野球ボール周りの乱流構造, 日本流体力学会・年会 2023, 2023/9/21
- 20) 瀧 優太、Tan Hong Guan、渡辺勢也、青木尊之: スピードスケート競技の LES による空力解析, 日本流体力学会・年会 2023, 2023/9/21
- 21) Marlon Rodolfo Arce-Acuna, Takayuki Aoki, Shima Hironao, Maya Yoshida: A wide-area river simulation for flooding with 1-m mesh resolution and bed material transport, 日本流体力学会·年会 2023, 2023/9/22
- 22) Dawei Shen, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe: Study on the Effect of Driftwood Trap Device Installed on a Dike by Using a 3D Simulation,日本流体力学会·年会 2023, 2023/9/22
- 23) Lian Tongda, 松下真太郎,青木尊之:弱圧縮性流体計算と AMR 格子上実装された PLIC-HF 方法による液膜シミュレーション,日本機械学会 第 36 回計算力学講演会 (CMD2023), 2023/10/27
- 24) YIN YUWEI, 青木尊之, 渡辺勢也, 小林宏充: 大谷翔平投手のスイーパーの AMR-LBM による空力解析, 日本機械学会 第 36 回計算力学講演会 (CMD2023), 2023/10/27
- 25) 脇村 尋、青木 尊之、肖 鋒: 非構造格子における単相及び気液二相圧縮性流れの高解像度数 値解法,日本流体力学会・第37回数値流体シンポジウム(CFD37),2023/12/15
- 26) TAN HONG GUAN、青木 尊之、渡辺 勢也、岩田 真明: 物体に纏わる布周りの空力解析,日本流体力学会・第 37 回数値流体シンポジウム (CFD37), 2023/12/15
- 27) 玉木 幹太、青木 尊之、渡辺 勢也: 粒子間液架橋を気液二相流で計算する水分を含んだ粉体 シミュレーション, 第 37 回数値流体シンポジウム (CFD37), 2023/12/15
- 28) 長崎 孝夫、青木 尊之、杉原 健太、内田 遥己: PLIC-VOF 法を用いたプール核沸騰の数値シミュレーション, 第 37 回数値流体シンポジウム (CFD37), 2023/12/16

【基調講演・招待講演】

- Shinji Sakane, Takayuki Aoki, Tomohiro Takaki: High-accuracy prediction of dendritic solidification microstructure through GPUs and AMR-accelerated computation, The 11th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICM11), 2023/11/19-23
- 2) 青木尊之: GPU スパコンによる混相流シミュレーション・流体構造連成のシミュレーション, 第4回アドバンスソフトシミュレーションセミナー2023, 2023/7/21
- 3) 青木尊之: 野球ボールの LES 空力解析 大谷翔平のスイーパー再現 -, 第4回 スーパーコンピュータ「不老」 ユーザ会, 2023/9/6
- 4) 青木尊之: 回転する野球ボールの空力解析と変化球の軌道予測, 第9回オンラインサロン 「スパコンコロキウム」, 2023/9/7
- 5) 青木尊之: 混相流・流体構造連成シミュレーションの GPU 実装, 第3回「富岳」成果創出 加速プログラム研究交流会, 2023/9/7

【総説・書籍】

 青木尊之:「消える魔球」の正体をスパコンで解明!, HPCI マガジン富岳百景 Vol.12, 2023/7/28

教授 遠藤 敏夫 (高性能計算システム分野)

【研究の概要と成果】

AI・機械学習などの高性能化のためのソフトウェア基盤技術

機械学習モデルの大規模化は急速に進み、高性能計算技術による高速化は必須である。高性能アーキテクチャが複雑化・多様化する一方で、進展の速い機械学習分野において新規アルゴリズムが提案される場合などでも迅速に高速化を行うためのソフトウェア基盤技術として、以下のような研究を進めた。

- 前年度までに引き続き、マルチ GPU 環境において、パイプライン並列とデータ並列を併用するハイブリッド並列を行うフレームワークの改良を行った。PyTorch および PipeDream をベースに実装したフレームワーク上に対して、パイプライン並列の導入に 伴う学習精度の低下を抑制するためにデータ並列とハイブリッド並列を学習途中で切り替える手法などの詳細評価を行った。
- 学習処理のスケーラビリティをさらに向上させるために、データ並列・テンソル並列・パイプライン並列を組み合わせる 3D 並列化を改良する研究を行った。本研究では JAX および自動並列化探索を行う Alpa フレームワークの詳細調査を行った。その結果バックワード処理とパラメータ通信の部分にボトルネックがあることを指摘し、それらをオーバラップ可能とするための中間言語最適化パスを開発した。この改良の効果は当初利用していた TSUBAME3.0 スパコンよりも、計算と通信の性能比が変化するTSUBAME4.0 上のほうが大きいことを予測し、2024年の TSUBAME4 稼働後にそれを実証した。
- 機械学習に基づいたタンパク質構造推測ソフトウェア OmegaFold は GPU の利用により 推論処理を高速・高精度で行うことができる。しかし公開されているソフトウェアは 1GPU のみを利用している。そこで、既存のコードに対し比較的小さい変更で複数 GPU 利用を可能とする改良を行った。コード変更箇所を局所的とするために、ボトルネック 箇所である GeoFormer ブロックの各回において計算対象テンソルをマルチ GPU に分散 させ、計算後に結果を 0 番 GPU へまとめる方針とした。複数 GPU への通信順序や計算 分割の工夫により、3GPU 搭載計算機で最大 2.1 倍の性能向上を達成した。

以上のような研究を、科研費基盤研究「異種アーキテクチャ並列環境におけるスケーラブルな機械学習基盤ソフトウェア技術」の補助および、産総研デジタルアーキテクチャ研究センター・理研 R-CCS・フランス CEA などの研究者との共同で行った。

科学技術計算カーネルの高性能化技術

- 流体シミュレーション等の基盤となるステンシル演算カーネルについて、近年の GPU の特徴であるテンソルコア (固定サイズの小行列積演算に特化した回路) を活用した最適化の研究を行った。既存研究として、ステンシル演算の計算とデータ構造を工夫することによりテンソルコアを利用する TCStencil という手法が提案されている。これをさらにメモリアクセス局所性を向上させる時間ブロッキングと統合させる改良を行った。この際には、時間ブロッキングによる各ブロックの境界変動とテンソルコアの対応可能な行列サイズが固定であるという条件が相反するという問題が発生したが、テンソルコア外の計算量を削減する技法を提案した。これにより TCStencil の最大 1.25 倍の速度向上を A100 GPU 上で達成した。
- 時間ブロッキング技法はステンシル計算速度向上に有用なことが知られているが、そのコード実装は複雑になる。高性能と容易なソフトウェア開発の両立のために、C++ラムダ式を基盤としたフレームワークの設計・実装を行った。このフレームワークでは、各シミュレーションによって異なる各点の計算式をユーザコード上でラムダ式として記述する一方、時間ブロッキングの複雑さの原因である複雑なループ構造はフレームワーク側で対処する。TSUBAME3のマルチコア CPU 上で評価を行い、容易な記述と高性能化の両立を実証した。
- 大規模行列処理について、高性能と容易な記述の両立を目標として以下の研究を行った。半正定値計画問題にも現れる密行列コレスキー分解演算を題材として、アルゴリズムを Python で記述する研究を行った。この演算はタイリングにより、タイル毎のカーネル処理と、カーネル処理どうしの依存関係の記述に分けられることが知られている。この後者について、Python 用 dask. distributed モジュールを用いることにより、MPI などを使わずに記述可能であることを実証した。カーネル演算についてはまずマルチコア CPU 上の numpy モジュールを用いて実装し、次のステップとして GPU 利用のために cupy モジュールを用いた版を実装中である。

先進的インタラクティブ利用に向けたスケジューリングの基礎研究

近年クラウドやスーパーコンピュータにおいて機械学習を中心とするインタラクティブ利用が急増している。TSUBAME3.0/4.0 スパコンにおいても、このような動向への対応としてインタラクティブジョブ用キューを運用しているが、さらなる次世代システムを見据え、インタラクティブ性を大きく改良する計算資源スケジューリング手法の研究を進めている。その研究の基本技術として、複数ジョブが同一計算ノード・同一コアを共有しうる、オーバーサブスクライブスケジューリングの評価を進めている。シミュレーションに与えるデータセットとしては Parallel workload archive のジョブ履歴を利用している。シミュレ

ーションの精度を高めるために、インタラクティブジョブのプロセッサ利用率の変動を組み入れた。この条件において、インタラクティブジョブ・バッチジョブ双方へ与える影響について、応答時間の短さや資源共有に伴う速度低下の少なさの観点から評価した。

以上のような研究を含めた新しい計算基盤技術の研究を、富士通次世代コンピューティング基盤協働研究拠点を中心に推進している。

TSUBAME スパコンの運用・設計

当センターの TSUBAME スーパーコンピュータシリーズは、高性能シミュレーションの みならず高性能データ解析・AI 分野など学内外の幅広いユーザにより利用されている。2023 年度は TSUBAME 運用ワーキンググループとして、TSUBAME3 の運用と並行して最新の TSUBAME4.0 の 2024 年 4 月稼働に向けた準備を行った。そのシステムの詳細はトピック 1 「もっとみんなのスパコン TSUBAME4.0 の稼働開始」に譲る。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- Ivan Radanov Ivanov, Oleksandr Zinenko, Jens Domke, Toshio Endo, William S. Moses. Retargeting and Respecializing GPU Workloads for Performance Portability. In proceedings of the International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO 2024), pp. 119-132, Edinburgh, March 2-6, 2024.
- Ivan Radanov Ivanov, Jens Domke, Toshio Endo, Johannes Doerfert. Automatic Parallelization and OpenMP Offloading of Fortran. In proceedings of LLVM Performance Workshop, in conjuction with CGO 2024, Edinburgh, March 2, 2024.
- 3) Futa Kambe, Toshio Endo. Accelerating Stencil Computations on a GPU by Combining Using Tensor Cores and Temporal Blocking. In proceedings of the Workshop on General Purpose Processing using GPU (GPGPU 2024), in conjunction with PPoPP 2024, Edinburgh, March 2, 2024.
- 4) Ryubu Hosoki, Toshio Endo, Takahiro Hirofuchi and Tsutomu Ikegami. AshPipe: Asynchronous Hybrid Pipeline Parallel for DNN Training. In proceedings of The International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2024), pp. 117-126, Nagoya, January 25-27, 2024.
- 5) Shohei Minami, Toshio Endo, Akihiro Nomura. The Aggressive Oversubscribing Scheduling for Interactive Jobs on a Supercomputing System . In proceedings of IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC 2023), Virtual, September 23-27, 2023.
- 6) Chenyu Wang, Toshio Endo, Takahiro Hirofuchi and Tsutomu Ikegami. Pyramid Swin Transformer for Multi-Task: Expanding to More Computer Vision Tasks. In proceedings of Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS 2023), Springer, LNCS Vol. 14124, pp. 53-65, Kumamoto, August 21-22, 2023.

- Hayato Fujita, Akihiro Nomura, Toshio Endo, Masakazu Sekijima. Enhancing the Performance of AlphaFold Through Modified Storage Method and Optimization of HHblits on TSUBAME3.0 Supercomputer . 2023 Congress in Computer Science, Computer Engineering, & Applied Computing (CSCE), July 24, 2023.
- 8) Lingqi Zhang, Mohamed Wahib, Peng Chen, Jintao Meng, Xiao Wang, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. PERKS: a Locality-Optimized Execution Model for Iterative Memory-bound GPU Applications. In proceedings of ACM International Conference on Supercomputing (ICS 2023), pp. 167-179, Orlando, June 21-23, 2023.
- 9) Lingqi Zhang, Mohamed Wahib, Peng Chen, Jintao Meng, Xiao Wang, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. Revisiting Temporal Blocking Stencil Optimizations. In proceedings of ACM International Conference on Supercomputing (ICS 2023), pp. 251-263, Orlando, June 21-23, 2023.

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- Du Wu, Peng Chen, Takaaki Miyajima, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka, Mohamed Wahib. High Throughput 3D Image Reconstruction with GPUDirect and Tensor Core. IPSJ SIG Technical Report, 2024-HPC-193, No.25, 9 pages, March 18-19, 2024.
- 遠藤 敏夫. 「もっとみんなのスパコン」の実現 東工大 TSUBAME4.0 の狙い. HPE HPC
 & AI フォーラム 2023 オンライン, オンライン, 2023 年9月.
- 3) 遠藤 敏夫. TSUBAME4.0: AI 時代に向けた「もっとみんなのスパコン」. ATC Japan 2023, 東京, 2023 年 8 月
- 4) 岡本 洸琉, 遠藤 敏夫. 動的スケジューリングライブラリを用いた Python における分散コレスキー分解の実装と評価 . 並列/分散/協調処理に関するサマーワークショップ (SWoPP2023), 情報処理学会研究報告, 2023-HPC-190, No. 15, 函館, 2023 年 8 月.
- 5) 神戸 風太, 遠藤 敏夫. GPU 上の Tensor core を使ったステンシル計算の時間ブロッキング による高速化. 並列/分散/協調処理に関するサマーワークショップ(SWoPP2023), 情報処理学会研究報告, 2023-HPC-190, No. 29, 函館, 2023 年 8 月.
- 6) Chen Zhuang, Peng Chen, Xin Liu, Satoshi Matsuoka, Toshio Endo, Mohamed Wahib. Scalable Training of Graph Convolutional Networks on Supercomputers. Summer United Workshops on Parallel, Distributed and Cooperative Processing (SWoPP 2023), IPSJ SIG Technical Report, 2023-HPC-190, No.19, 10 pages, August 2-4, 2023.
- 7) Lingqi Zhang, Mohamed Wahib, Peng Chen, Yusuke Tanimura, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. High-performance Temporal Blocking Stencils at Low GPU Occupancy. Summer United Workshops on Parallel, Distributed and Cooperative Processing (SWoPP 2023), IPSJ SIG Technical Report, 2023-HPC-190, No.26, 10 pages, August 2-4, 2023.
- 8) 遠藤 敏夫. TSUBAME: Supercomputers for Everybody's AI/Machine Learning. PC クラスタコンソーシアム PCCC AI/機械学習技術部会 第4回ワークショップ, 2023 年4月.

【招待講演】

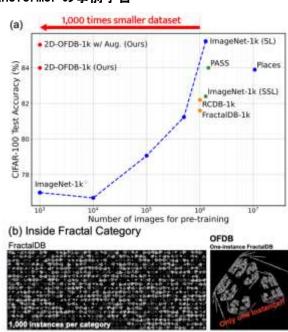
1) 遠藤 敏夫. TSUBAME スパコンシリーズのデータセンターとしての側面. 電子情報通信 学会集積回路研究専門委員会 LSI とシステムのワークショップ 2023, 東京, 2023 年 5 月.

教授 横田 理央 (高性能計算先端応用分野)

【研究の概要と成果】

非常に限られた合成画像による Vision Transformer の事前学習

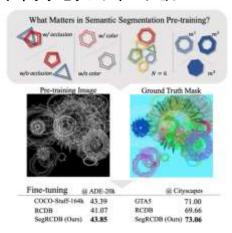
Formula Driven Supervised Learning (FDSL)は、フラクタルなどの数式から生成された合成画像に依存する事前学習法である。FDSL に関する先行研究では、このような合成データセットでVision Transformer を事前学習することで、下流の幅広いタスクで競争力のある精度が得られることが示されている。これらの合成画像は、それらを生成する数式のパラメータに従って分類される。本研究では、FDSL において同じカテゴリに対して異なるインスタンスを生成するプロセスは、データ拡張の一形態と見なすことができるという仮説を立てる。



インスタンスをデータ拡張に置き換えることで、この仮説を検証する。実験の結果、この One -instance Fractal DataBase(OFDB)は、インスタンスを明示的に生成した元のデータセットよりも性能が良いことがわかった。さらに OFDB を 21,000 カテゴリまでスケールアップし、ImageNet-1k の微調整において、ImageNet-21k で事前に訓練されたモデルに匹敵、あるいはそれを上回ることを示す。OFDB の画像数は 21k ですが、ImageNet-21k の画像数は 14M です。これは、より小さなデータセットで Vision Transformer を事前訓練するための新しい可能性を開くものである。

Formula-Driven Supervised Learning によるセマンティックセグメンテーション

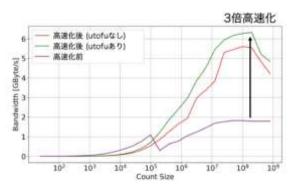
事前学習は、限られた数のラベル付き画像で効率的に学習するために、視覚モデルを強化するための強力な戦略である。セマンティックセグメンテーションでは、アノテーションマスクの作成に多大な労力と時間を要するため、セマンティックラベルを含む大規模な事前学習データセットの構築は非常に困難である。また、セマンティックセグメンテーションの事前学習において、何が重要であるかは十分に検討されていない。本論文では、セ



マンティックセグメンテーションに初めて数式駆動型教師あり学習を適用した Segmentation Radial Contour DataBase (SegRCDB)を提案する。SegRCDB は、実際の画像や手動による意味ラベルなしで、セマンティックセグメンテーションの事前学習を実現する。 SegRCDB は、セマンティックセグメンテーションの事前学習において何が重要かについての洞察に基づいており、効率的な事前学習を行うことができる。SegRCDB を用いた事前学習は、ADE-20k と Cityscapes において、同じ学習画像数で COCO-Stuff を用いた微調整の事前学習よりも高い mIoU を達成した。SegRCDB は、手作業によるアノテーションを必要としない大規模なデータセットの作成を可能にすることで、セマンティックセグメンテーションの事前学習や調査に貢献する可能性が高い。

「富岳」を用いた大規模言語モデル Fugaku-LLM

ChatGPT に代表される大規模深層学習モデル (基盤モデル) はインターネットやスマートフォンのように社会全体のあり方を変える革新的な技術であり、Society5.0 における研究開発、経済社会、安全保障などあらゆる側面の基盤技術となることが予想される。Google や OpenAI などはその重要性から、既に膨大な人的資源・計算資源を投入し



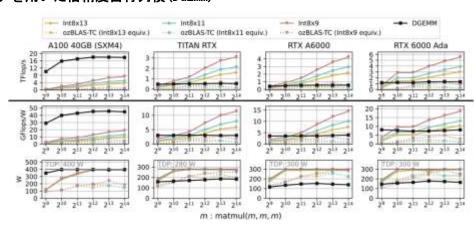
ているが、大量のデータを効率的に処理する高性能計算資源の活用が AI そのものの性能を大きく左右することから、我が国としても基盤モデルに関する研究のための計算環境を整備することが喫緊の課題となっている。「富岳」は創発性を有する大規模言語モデルを学習する可能性を秘めているものの、大規模分散深層学習を実施するための環境は整っていない。特に、大規模分散深層学習フレームワーク(Megatron-DeepSpeed)は GPU スパコン上での実行を前提としており、現時点では「富岳」の A64FX プロセッサや TofuD ネットワークの性能を十分に活かすことができず理論性能の 1/10 程度の性能となっていた。そこで、本課題では Megatron-DeepSpeed の「富岳」上での性能を演算性能に関しては 6 倍高速化、通信性能に関しては 3 倍の高速化を実現した。それをもとに、国内初となる 130 億パラメータ規模の大規模言語モデルの学習を行い、「富岳」における超並列学習の有用性の検証を行った。

東工大発の大規模言語モデル Swallow

Meta 社の開発した Llama-2 モデルから日 本語能力を拡張した Swallow を東工大の岡 崎研究室と産総研と共同で開発した。拡張前 の大規模言語モデルの高い言語処理能力を 維持しながら日本語能力を強化するため、研 究チームは言語モデルに日本語の文字や単 語などの語彙を追加した上で、新たに開発し た日本語データを用いてモデルの構築を継 続的に行う継続事前学習を行った。パラメー タ数は70億、130億、700億のものを開発し 公開した。700 億パラメータの Swallow モデ ルは、2024年5月時点でのLLMの日本語性 能に関するベンチマークでは国内で最高の 性能を達成している。世界的に大規模言語モ デルの大規模化が進むなか、日本語を扱う能 力が高いものが少なかったところ、今回のモ デル公開によって、高度な日本語処理が求め られる日常生活・産業現場のより多くの場面 で、対話システムなどの AI 技術の利活用を 推進できる。

	v	(Marian Marian)	****	1
	T.	run name	AVG	1
	20	gpt-4-0125-preview		0.7722
	9	gpt-4-turbo-2024-04-09		0.769
	2	anthropic.claude-3-opus-20240229-v1:0		0.7508
	48	gpt-3.5-turbo		0.6701
	6	Qwen/Qwen1.5-72B-Chat		0.6605
	16	mistral-large-2402		0.6549
	28	gemini-pro		0.6402
	4	CohereForAl/c4ai-command-r-plus		0.6338
	10	meta-llama/Meta-Llama-3-70B-Instruct		0.5293
	39	stabilityai/StableBeluga2		0.5283
	43	mistralai/Mixtral-8x7B-Instruct-v0.1		0.5006
	8	augmxnt/shisa-gamma-7b-v1		0.4911
	5	01-ai/Yi-34B-Chat		0.4839
•	42	tokyotech-llm/Swallow-70b-instruct-hf		0.4712
•	13	Rakuten/RakutenAl-7B-chat		0.393
•	23	lightblue/qarasu-14B-chat-plus-		0.3846
•	46	stabilityai/japanese-stablelm-instruct-		0.3732
•	37	rinna/nekomata-14b-instruction		0.3644
•	33	elyza/ELYZA-japanese-Llama-2-13b-		0.3278
•	41	cyberagent/calm2-7b-chat		0.2716
	44	matsuo-lab/weblab-10b-instruction-sft		0.234

Int8 テンソルコアを用いた倍精度密行列積(DGEMM)



習の推論では、固定小数点値の計算が一般的であり、入出力値やモデルパラメータが量子化される。そのため、現在では多くのプロセサに高速整数行列乗算ユニット(IMMU)が搭載されている。このような IMMU を利用して、精度を維持しながら HPC アプリケーションの性能を向上させる方法を見つけることは重要な関心事である。我々は、低精度の計算ユニッ

トを用いて高精度の行列乗算を計算する尾崎スキームに注目し、IMMU を使用する利点と 欠点を示す。整数テンソルコアを用いた実験では、NVIDIA コンシューマーGPU 上の FP16 テンソルコアにおいて、cuBLAS や既存の Ozaki スキームの実装よりも倍精度行列乗算を高 速に計算できることを示した。さらに、FP64 の精度を維持しながら、量子回路シミュレー ションを最大 4.33 倍高速化できることを実証しました。

【査読付き学術論文】

- Kenta Niwa, Hiro Ishii, Hiroshi Sawada, Akinori Fujino, Noboru Harada, Rio Yokota, ,Natural Gradient Primal-Dual Method for Decentralized Learning, Transactions on Signal and Information Processing over Networks, 2024.
- 2) Qianxiang Ma, Rio Yokota, An Inherently Parallel H^2-ULV Factorization for Solving Dense Linear Systems on GPUs, International Journal of High Performance Computing Applications, 2024.
- 3) Hiroyuki Ootomo, Katsuhisa Ozaki, Rio Yokota, DGEMM on Integer Matrix Multiplication Unit, International Journal of High Performance Computing Applications, 2024.
- 4) Erik Daxberger, Siddharth Swaroop, Kazuki Osawa, Rio Yokota, Richard E. Turner, Jose Miguel Hernandez-Lobato, Mohammad Emtiyaz Khan, Improving Continual Learning by Accurate Gradient Reconstructions of the Past, Transactions on Machine Learning Research, 2023.
- 5) Hiroki Naganuma, Kartik Ahuja, Shiro Takagi, Tetsuya Motokawa, Rio Yokota, Kohta Ishikawa, Ikuro Sato, Ioannis Mitliagkas, Empirical Study on Optimizer Selection for Out-of-Distribution Generalization, Transactions on Machine Learning Research, 2023.
- 6) Sameer Deshmukh, Rio Yokota, George Bosilca, Cache Optimization and Performance Modeling of Batched, Small, and Rectangular Matrix Multiplication on Intel, AMD, and Fujitsu Processors, ACM Transactions on Mathematical Software, 2023.

【査読付き国際会議発表】

- Ryo Nakamura, Sora Takashima, Edgar Josafat Martinez-Noriega, Nakamasa Inoue, Hirokatsu Kataoka, Rio Yokota, Pre-training Vision Transformers with Very Limited Synthesized Images, IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Oct. 2023.
- Risa Shinoda, Ryo Hayamizu, Kodai Nakashima, Nakamasa Inoue, Rio Yokota, Hirokatsu Kataoka, SegRCDB: Semantic Segmentation via Formula-Driven Supervised Learning, IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Oct. 2023.
- 3) Muhammad Ridwan Apriansyah, Rio Yokota, Computing the k-th Eigenvalue of Symmetric H2-Matrices, International Conference on Parallel Processing (ICPP), Aug. 2023.
- 4) Sameer Deshmukh, Rio Yokota, George Bosilca, O(N) Distributed Direct Factorization of Structured Dense Matrices Using Runtime Systems, International Conference on Parallel Processing (ICPP), Aug. 2023.

- Hiroyuki Ootomo, Rio Yokota, Mixed-Precision Random Projection for RandNLA on Tensor Cores, Platform for Advanced Scientific Computing (PASC), Jun. 2023.
- 6) Sora Takashima, Ryoh Hayamizu, Nakamasa Inoue, Hirokatsu Kataoka, Rio Yokota, Visual Atoms: Pre-training Vision Transformers with Sinusoidal Waves, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Jun. 2023.
- Hiroyuki Ootomo, Hidetaka Manabe, Kenji Harada, Rio Yokota, Quantum Circuit Simulation by SGEMM Emulation on Tensor Cores and Automatic Precision Selection, ISC High Performance, May 2023.

【査読なし国際会議発表】

 Satoshi Yui, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, Tomokazu Saito, Rio Yokota, Vortex-Filament Bundle Induced by Normal-Fluid Turbulence in Turbulent Superfluid Helium-4, International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS), Aug. 2023.

【招待講演】

- 横田理央, Top500 上位スパコンを用いた大規模深層学習の状況について, CloudWeek2023, 2023/08/30
- 横田理央, 国内外のスパコンを用いた大規模事前学習の状況について, 2023/9/22
- 3) 横田理央,「富岳」政策対応枠における大規模言語モデル分散並列学習手法の開発と AI for Science に向けた国際連携, 第 10 回「富岳」を中核とする HPCI システム利用研究課題 成果報告会(特別基調講演),2023/10/26
- 4) 横田理央, 国内外の大規模言語モデルに関する取り組みについて, PCCC23「HPC 基盤技術と 生成 AI」(第 23 回 PC クラスタシンポジウム), 2023/12/08
- 5) Rio Yokota, Training a Large Language Model on ABCI, Centra 7, 2024/2/8
- 6) 横田理央, 生成 AI を支える HPC 技術, 第 3 回「富岳」成果創出加速プログラム研究交流会, 2024/3/12
- 7) 横田理央, 国内における大規模言語モデルの開発状況について, スーパーコンピューティング・ジャパン, 2024/3/12

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 中村泰士、横田理央、継続学習を用いた効率の良いマルチリンガル・マルチエキスパートモデルの開発、情報処理学会全国大会, Mar. 2024.
- 2) 藤井一喜、横田理央、大規模言語モデルの分散並列学習、情報処理学会全国大会, Mar. 2024.
- 3) 岡本拓己、横田理央、大規模言語モデルの構造探索、情報処理学会全国大会, Mar. 2024.
- 4) 岡崎直観、服部翔、平井翔太、飯田大貴、大井聖也、藤井一喜、中村泰士、Mengsay Loem、 横田理央、水木栄、Swallow コーパス: 日本語大規模ウェブコーパス、言語処理学会第 30 回 年次大会, Mar. 2024.
- 5) 水木栄、飯田大貴、藤井一喜、中村泰士、Mengsay Loem、大井聖也、服部翔、平井翔太、横田理央、岡崎直観、大規模言語モデルの日本語能力の効率的な強化:継続事前学習における語彙拡張と対訳コーパスの活用、言語処理学会第 30 回年次大会, Mar. 2024.
- 6) 藤井一喜、中村泰士、Mengsay Loem、飯田大貴、大井聖也、服部翔、平井翔太、水木栄、横田理央、岡崎直観、継続事前学習による日本語に強い大規模言語モデルの構築,言語処理学会第30回年次大会,Mar. 2024.
- 7) 大川 快, 櫻田 健, 横田 理央, Visual SLAM を目的とした深度の一貫性を考慮した密なバンドル調整, CVIM 2024 年 1 月研究会, Jan. 2024.
- 8) 大谷 豪、田所 龍、片岡 裕雄、井上 中順、横田 理央、青木 義満、超解像事前学習における核心的要素の解明、ViEW2023, Dec. 2023.
- 9) 湯井悟志, 小林宏充, 坪田誠, 齋藤智和, 横田理央, 超流動へリウム4の量子乱流: 常流体乱流による渦糸バンドルの形成, Quantum turbulence of superfluid helium-4: formation of vortex-filament bundle by normal-fluid turbulence, 日本物理学会 第78回年次大会, Sep. 2023.
- 10) 高橋 秀弥, 井上 中順, 横田 理央, 片岡 裕雄, 前田 英作, 学習過程における形状・テクス チャ偏重度の推移と事前学習データセットとの関係について, 第 26 回画像の認識・理解シ ンポジウム (MIRU), ポスター, Jul. 2023.
- 11) 大川 快, 櫻田 健, 横田 理央, 単眼カメラを用いたリアルタイムな3次元マップの変化検 出を目的とした密なバンドル調整, 第26回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), ポスタ ー, Jul. 2023.
- 12) 山田 亮佑, 原 健翔, 片岡 裕雄, 牧原 昴志, 井上 中順, 横田 理央, 佐藤 雄隆, Formula-Supervised Visual-Geometric Pre-training, 第 26 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), ロングオーラル, Jul. 2023.
- 13) 篠田 理沙, 速水 亮, 中嶋 航大, 井上 中順, 横田 理央, 片岡 裕雄, 数式ドリブン教師あり学習によるセマンティックセグメンテーション, 第 26 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), ロングオーラル, Jul. 2023.
- 14) 浅倉 拓也, 井上 中順, 横田 理央, 篠田 浩一, 受容野の自動最適化によるモードに適応的な Transformer の開発, 人工知能学会全国大会, Jun. 2023.

15)	中村 祥大, 横田 理央, ラージバッチ学習における汎化性能の低下を抑制する正則化手法, 人工知能学会全国大会, Jun. 2023.

教授 大西 領 (大規模データ情報処理分野)

【研究の概要と成果】

高性能流体計算と深層学習の融合技術

(1) 物理超解像による都市街区内の熱・風環境予測

数m解像度で建物や樹冠を解像し、それらが熱・風環境に与える影響を詳細に考慮できる建物解像・街区"微気象"シミュレーション法を開発してきた。図1に、東京駅周辺2km 四方を対象とした結果例を示す。このような街区微気象シミュレーションは既に暑熱対策に活用された実績をもち、近年はドローンの安全運航への活用が模索されている。しかし、計算コストが甚大であるため、大型スーパーコンピュータを用いても現業予測には適用できないという課題を有している。

本研究分野では、街区微気象シミュレーションによる高解像度予測情報をリアルタイムに取得することを目指し、深層学習を用いた超解像(Super Resolution, SR)シミュレーション法を開発している(Onishi et al., 2019)。超解像とは、メッシュ情報の解像度を人工的に向上させるアップコンバージョン(=ダウンスケーリング)技術である。超解像シミュレーションを融合した技術である。高解像度の物理シミュレーションを東行するのは計算コストがかか

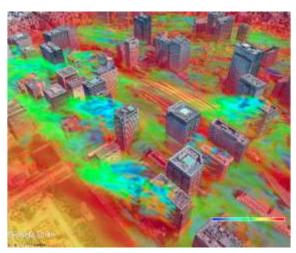


図 1: 微気象シミュレーションにより得られた東京駅 周辺風速の3次元分布。建物後流の風速が弱い様 子がわかる。

るが、低解像度シミュレーションなら高速に実行できる。得られた低解像度の予測情報を、 超解像ニューラルネットワークを通して高解像度情報に変換することで、必要な高解像度 予測情報をリアルタイムに得ることができる。

これまで、超解像ニューラルネットワークに物理を学習させるという基礎学術研究を展開してきた。今年度は、建物を考慮できない低解像度の気象シミュレーション結果から、建物を考慮した高解像度の微気象予測情報を得る 3 次元超解像ニューラルネットワークの開発に成功した。

図3に、東京駅周辺(300m四方)の1分平均気温の3次元分布を示す。100m解像度気象計算では、建物を考慮できず、気温分布は鉛直方向に若干の勾配を持つ程度である。一方、参照解とみなす5m解像度微気象シミュレーションの結果は、水平方向にも温度勾配(気温変化)が明瞭に見られる。その様子を3次元超解像結果が再現できることがわかる。

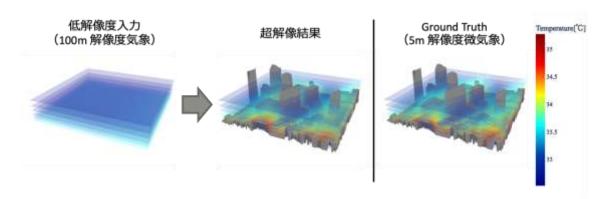


図 2:東京駅周辺の、2019 年 8 月 15 日 14 時 21 分における気温の 3 次元分布。 100m 解像度の気象シミュレーション結果 (左) から、3 次元超解像により 5m 解像度の分布 (中) を得た。本 3 次元超解像結果は、参照解である 5m 解像度の建物解像・微気象シミュレーション結果 (右) をよく再現できる。

(2) 深層生成モデル(拡散モデル)による流れの物理超解像

物流や点検作業などをドローンが担う未来社会では、ドローンの安全性確保のため、ビルの影響までを考慮した風速などの気象予測情報が必要である。しかし、大きな計算コストのために、そのような高解像度の予測情報を即時的に得ることは難しい。例えば、2km 四方の領域において 5m 解像度の 30 分先予測を得るのに必要な計算時間は、スパコンを使用した場合でも数時間となる。即時性を持った高解像度の気象予測の実現には、計算コストの低減が必要となる。そこで、超解像シミュレーション法が提案された。この方法では、時間発展を求める数値流体計算を低解像度で行い、その結果を深層学習技術の「超解像」により高解像度化する。高解像度の数値流体計算を必要としないため、計算時間の短縮が実現できる。このシミュレーション法による予測性能を向上させるために、超解像性能の向上が必要である。

近年の超解像の研究では、深層生成モデルの 1 つである「拡散モデル」の適用が提案されている。拡散モデルは近年注目を集める生成 AI の根幹技術であり、様々な画像生成タスクにおいて優れた結果を残している。流体現象の超解像に関する最新の研究においても、拡散モデルを適用した例が報告され始めている。しかし、拡散モデルは推論に時間がかかるという欠点を持ち、その高速化が求められている。特に気象予測のような即時性が求められるタスクに適用する場合には、高速化は重要である。

本研究は、拡散モデルの流体現象に対する超解像性能を明らかにするとともに、その高速化を目的とした。図3に、順圧不安定な海洋ジェット流の数値実験結果を用いて評価した結果を示す。拡散モデルによる超解像結果は参照解に見られる高解像度の構造をよく再現できることがわかる。また、高速化手法の適用により、高い推論精度を維持したまま推論速度を70倍以上も高速化できた。

本成果は第 37 回数値流体力学シンポジウム 若手発表表彰を受賞した (https://educ.titech.ac.jp/mech/news/2024_01/065463.html)。

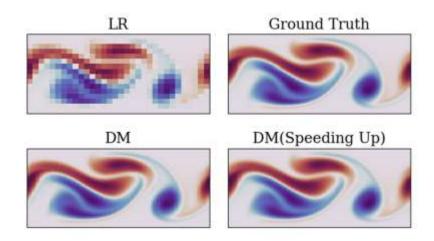


図3:ある時刻における海洋ジェット流の渦度分布。(LR) 低解像度物理シミュレーション結果、(Ground Truth) 参照解とする高解像度物理シミュレーション結果、(DM) 拡散モデル結果、(DM Speeding Up) 高速化手法を適用した拡散モデル結果。

(3) スリランカにおける斜面降雨予測モデルの開発と社会実装

東工大/JAMSTEC/早大が主となっ て開発を進めているマルチスケール大 気海洋結合モデル MSSG (Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment) に大気 乱流の影響を考慮できる最新雲微物理 パラメタリゼーション (Seifert & Onishi, 2016) を実装した。その最新雲微物理パ ラメタリゼーションを用いた降雨予測 シミュレーションを、スリランカ Aranayake に大雨をもたらした 2016/5/15 の事例、2017/5/23 の事例に関して適用 し、得られた数値予測降雨量をスリラン カ国家建築研究機構(NBRO)から提供 された雨量データと比較した。その結 果、大雨を再現できること、さらに大気 乱流の影響を考慮することにより斜面

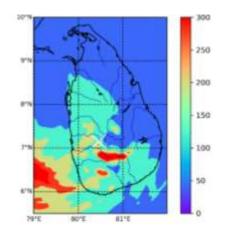


図4:2016 年 5 月 17 日にスリランカ Aranayake 地方 (白地の×) で発生した 地滑りを引き起こした降雨に対する MSSG 計算結果例。

降水量が増大されることを明らかにできた。

本年度は、斜面降水予測を対象とした超解像シミュレーションシステムを開発し、スリランカを対象に運用を開始した。この降水予測システムは、27 時間の高解像度(水平 500m 解像度)降水予測を 3 時間ごとに更新し、地滑り予測システムに配信している。この連携システムにより、24 時間の先行時間を持ったスリランカの個別斜面を対象とした土砂災害のリアルタイム早期警戒情報を発出できる。2024 年度にシステム全体の調整を行った後、2025年度から実運用に移行する予定である。

(4) 微気象とグリーンインフラ

森林において、太陽の光を直接受ける枝葉の部分は林冠(キャノピー)と呼ばれ、その下で多様な動植物が生きている。同様に、高層建物を木々に見立て、林立する高層建物を包含する領域は都市キャノピーと呼ばれる。その都市キャノピーの中で、多くの人間が多様な動植物と共存している。ミクロな視点では、自然キャノピーと都市キャノピーではその乱流状態は大きく異なる。木々は複雑な形状(フラクタル形状)を持ち、風に揺れ、風を和らげるため、自然キャノピー内では比較的穏やかな風環境になる。一方、都市建物は比較的単純な形状であり、基本的には風に動じない。マクロな視点では都市建物は風を弱めるが、ミクロにはビル風という形で突風を生じることもある。つまり、都市キャノピー内の風環境は穏やかとは言えない。このような風環境の違いが、個々の動植物、さらには生態系に及ぼす影響に興味を持って研究を行ってきた。具体的には、多様な風環境下における昆虫飛翔の数値解析、フラクタル形状を有する木と風の相互作用に関する数値解析を行ってきた。

本年度は、高効率な GPU 計算に適した格子ボルツマン法 (Latice Boltzman Method, LBM) に AMR (Adaptive Mesh Refinement) 法を組み合わせた AMR-LBM を用いた大規模 GPU 計算を開始した。樹形の影響を明らかにするために、L-system と呼ばれる、言語構造を記述するための表記法である生成文法を応用した樹形を記述する手法を用いる。この L-system を用いて、分岐パターンを操作することで樹形を変化させ、分岐生成世代数 n を操作することで複雑度(成長度、樹齢に相当)を変化させることができる。つまり、L-system によるフラクタル樹木生成と AMR-LBM による超大規模数値流体シミュレーションにより、樹木の流体力学的特性(Cd、C ϵ など)の樹形とレイノルズ数に対する依存性を明らかにできる。

図 5(a,b)は、L-system で生成したフラクタル樹木の例を示す。パラメータを変化させることで樹形を変化させられることできる。図 5(c)は、AMR-LBM を用いて得られた流れ場の様子を示す。Tsubame3.0上で達成された樹木高さ基準レイノルズ数 $Re_H=120,000$ は、3 次元の樹木周り流れの計算としては世界最大である。

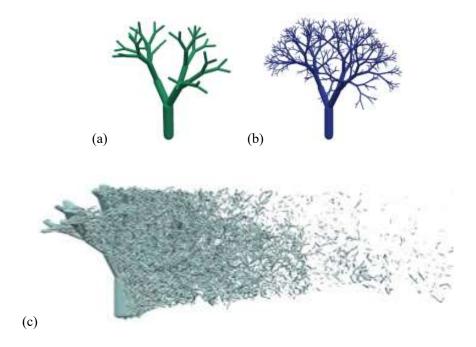


図 5: L-system を用いて生成したフラクタル樹木の例。(a)分岐生成世代数 n=6,フラクタル次元 d=1.77, (b) n=10, d=1.77。(c)分岐生成世代数 n=6 のフラクタル樹木に対する数値シミュレーションにより得られた Q 値のコンター図($Re_H=120,000$)。

【査読付き学術論文】

- Yuki Yasuda, Ryo Onishi, and Keigo Matsuda, "Super-resolution of three-dimensional temperature and velocity for building-resolving urban micrometeorology using physics-guided convolutional neural networks with image inpainting techniques," Building and Environment, 243, 110613 (2023)
- 2) Yuki Yasuda and Ryo Onishi, "Spatio-Temporal Super-Resolution Data Assimilation (SRDA) Utilizing Deep Neural Networks with Domain Generalization," Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 15, 11, e2023MS003658 (2023) (doi:10.1029/2023MS003658)
- Daisuke Sugiyama, Ryo Onishi, and Hidenori Fudeyasu, "SolaCam: A Deep Learning Model for Solar Radiation Estimation Using Consumer Cameras", SOLA, 19, 246-252 (2023) (doi:10.2151/sola.2023-032)
- 4) Bandara H.A.A.I.S. and Ryo Onishi, "High Resolution Numerical Weather Simulation for Orographic Precipitation as an Accurate Early Warning Tool for Landslide Vulnerable Terrains", Progress in Landslide Research and Technology, 2, 239-246 (2023) (doi:10.1007/978-3-031-44296-4 11)

【受賞等】

1) 第 37 回数値流体力学シンポジウム 若手発表表彰受賞: 宮下和也、安田勇輝、大西領、深層生成モデル(拡散モデル)による順圧ジェット流れの超解像(https://educ.titech.ac.jp/mech/news/2024 01/065463.html)

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- Anuththara Bandara, Ryo Onishi, Super-resolution simulation for real-time operational predictions of orographic precipitation in Sri Lanka, WLF6, Florence, 2023/11/15
- Yuki Yasuda, Ryo Onishi, "Unsupervised Super-Resolution Data Assimilation Using Conditional Variational Autoencoders," AGU Annual Meeting 2023, San Francisco, 2023/12/12

【査読なし国際会議発表】

- (invited) Ryo Onishi and Yuki Yasuda, AI-Simulation Integrated Technology: Super-Resolution Simulation for Real-Time Prediction of Urban Micro-Meteorology, ICDDPS-4 (4th International Conference on Data Driven Plasma Science), OIST, 20 April 2023
- (invited) Ryo Onishi, Keisuke Sumitomo, Keita Okabe, Masaya Iwashima, Keigo Matsuda, Microscopic simulations using Lagrangian Cloud Simulator (LCS) for investigation into inherent uncertainties in macroscopic cloud development, 3rd International workshop on Cloud Turbulence, NITECH, 15 March 2023
- Ryo Onishi, Anuththara Bandara, Koki Matsumoto, Yuki Yasuda, Super-resolution of rainfall prediction maps for realtime warning of local landslides, Landslide Technical Forum, Bandaranaike Memorial International Conference Hall, 25 August 2023 (Oral Presentation Date)
- 4) Anuththara Bandara, Ryo Onishi, Super-resolution simulation for real-time operational predictions of orographic precipitation in Sri Lanka, Landslide Technical Forum, Bandaranaike Memorial International Conference Hall, 26 August 2023 (Oral Presentation Date)
- 5) Yuki Yasuda, Ryo Onishi, A Theory of Variational Lower Bound for Data Assimilation and Its Application Using Variational Autoencoders, Japan Geoscience Union Meeting 2023, Chiba, Japan, 5/22 (Oral Presentation Date)

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 安田勇輝、大西領、変分下界によるデータ同化法の提案と変分自己符号化器による実装、日本気象学会 2023 年度春季大会、オンライン、2023/5/18
- 2) 安田勇輝、大西領、3次元超解像シミュレーションの微気象予測への応用、日本気象学会 2023 年度秋季大会、仙台、2023/10/26
- 3) 安田勇輝、大西領、変分自己符号化器による教師無し超解像データ同化、第 37 回数値流体 力学シンポジウム、名古屋、2023/12/16
- 4) Xidong Hu, Ryo Onishi、The role of upright wake vortex structure of a jet in crossflow in thermal transport, 第 37 回数値流体力学シンポジウム、名古屋、2023/12/17

- 5) H.A.A.I.S. Bandara, K. Matsumoto, Y. Yasuda and R. Onishi, Integrated technology of Numerical weather prediction and machine learning for Orographic rainfall prediction Sri Lanka, 第 37 回数値流体力学シンポジウム、名古屋、2023/12/17
- 6) 小野寺孔明、安田勇輝、大西領、気象予測情報の都市街路スケールへの深層超解像、第 37 回 数値流体力学シンポジウム、名古屋、2023/12/17
- 7) 宮下和也、安田勇輝、大西領、深層生成モデル(拡散モデル)による順圧ジェット流れの超解像、第37回数値流体力学シンポジウム、名古屋、2023/12/17(若手発表表彰受賞)
- 8) 岡部奎太、大西領、発熱慣性粒子群による自己組織化と非平衡乱流、第 37 回数値流体力学 シンポジウム、名古屋、12/17 (発表日)
- 9) 安田勇輝、大西領、深層生成モデルによる同化の理論と超解像データ同化への応用、第27回 データ同化夏の学校、オンライン、2023/8/9
- 10) 安田勇輝 、物理を考慮したニューラルネットによる乱流場の超解像、第 10 回「富岳」を中核とする HPCI システム利用研究課題 成果報告会、東京、2023/10/25, 26 (ポスター)
- 11) 小野寺孔明、安田勇輝、大西領、気象予測情報の都市街路スケールへの 3 次元深層超解像、TSFD39、東大生産研(駒場)、2024/3/11
- 12) 岡部 奎太、発熱粒子群に誘起される乱流と粒子クラスタリング、「乱流中の輸送現象を伴う 粒子群の集団挙動」研究集会、東工大大岡山、2024/3/12
- 13) 柳 康太、大西領、接近物体間に働く流体潤滑力の数値補正手法、「乱流中の輸送現象を伴う 粒子群の集団挙動」研究集会、東工大大岡山、2024/3/12
- 14) 岩島 昌也、ラグランジアン雲シミュレータによる降水粒子の生成と成長の追跡計算、「乱流 中の輸送現象を伴う粒子群の集団挙動」研究集会、東工大大岡山、2024/3/12

【書籍】

1) <u>大西領</u>、「気象・微気象情報インフラ」、テクノロジー・ロードマップ 2024-2033 全産業編、 17-1 節、日経 BP

【招待講演】

- 1) 安田勇輝、大西領、松田景吾、物理法則と対称性を考慮した深層学習による気象データの高 解像度化、WeSCoS Colloquium、東京大学、2023/4/19
- 2) 安田勇輝、深層学習を利用したリアルタイム微気象予測への挑戦、第 57 回夏季大学 新しい 気象学 2023、オンライン、2023/8/5
- 3) 安田勇輝、大西領、深層生成モデルによる超解像データ同化の実現、気象庁気象研究所、茨城県つくば市、2023/9/13
- 4) 大西領、深層学習と物理シミュレーションの融合による都市街区微気象のリアルタイム予測、2023 年度 産応協対話交流会セミナー「シミュレーションへの AI 技術の活用と ChatGPT の最前線」、政策研究大学院大学、2024/3/8

マネジメント准教授 野村 哲弘 (高性能計算システム分野)

【研究の概要と成果】

次世代計算基盤の運用技術に係る調査研究

GSIC を含む大学の情報基盤センターは計算科学の発展のため、利用者に対してスーパーコンピュータをはじめとする計算基盤を提供しているが、増大する計算需要に限られたリソース(資金・人員)で応え続けるために、提供するスーパーコンピュータを適宜更新し、ユーザが利用できる計算リソースを増やしていくことが肝要である。スーパーコンピュータの研究開発というと、ハードウェアの微細化やアーキテクチャの工夫により計算機を高速化し、提供できる計算リソースを増大させることや、ソフトウェアの最適化・並列化などにより、各ユーザに与えられた計算リソースの利用効率を向上させることで達成可能な計算の規模を増大する、もしくは応答時間を向上するといった研究が主流であるが、その中間における、計算機資源をいかに効率よくユーザに分配するかという「運用技術」が果たす役割も年々重要性を増してきているところである。2024年4月から運用を開始する東工大TSUBAME4.0においても、導入に際しての設備面の最適化や、ノードの論理分割・インタラクティブジョブ向けの資源共用の推進によって、限られたリソースにおいて計算を実行可能なユーザ数・ジョブ数の最大化に取り組んできたところである。

2022 年秋より、文部科学省が「次世代計算基盤に係る調査研究」として、ポスト「富岳」 世代のスーパーコンピューティング基盤における技術の調査研究を開始した。本基盤研究 において、運用技術を担当するグループが東京大学を中心に組織され、GSIC の教員・マネ ジメント教員も上記のような経験を生かすため参画しており、主に施設・設備関係技術や資 源管理技術を担当している。省電力運用のための施設・設備技術においては、計算機の消費 電力や計算機内外の温度、負荷状況などをリアルタイムに取得し、将来の需要に応じて計算 機本体や冷却設備の運転状態を調整していくことが求められ、それを実現にむけた環境情 報の取得のための設備要件について、実証実験を通して明らかにする必要がある。そのため、 TSUBAME4.0 においてネットワーク接続型の高精度・高頻度でデータが取得できる電力計 および気象観測装置の設置を行った。資源管理に関しては、TSUBAME4.0 における計算リ ソースの論理分割方式を導入ベンダーと共同で実装し、将来に向けてインタラクティブジ ョブの従来型バッチジョブとのコスケジューリングなどの先進的なスケジューリング手法 についても検討を続けている。加えて、TSUBAME4.0 のインタラクティブコンピューティ ング基盤として、「富岳」 などの国内外の他センターでも用いられている Open OnDemand を 導入することで、他センターと共通の使用感で対話型のスパコン利用が出来るよう整備し た。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- Shohei Minami, Toshio Endo, Akihiro Nomura. "The Aggressive Oversubscribing Scheduling for Interactive Jobs on a Supercomputing System", IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC 2023), proceedings of IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC 2023), Sept. 2023.
- 2) Hayato Fujita, Akihiro Nomura, Toshio Endo, Masakazu Sekijima. "Enhancing the Performance of AlphaFold Through Modified Storage Method and Optimization of HHblits on TSUBAME3.0 Supercomputer", 2023 Congress in Computer Science, Computer Engineering, & Applied Computing (CSCE), July 2023.

【査読なし国際会議発表】

 Akihiro Nomura, "Tokyo Tech Update", 14th European Workshops on HPC Infrastructure, May 2024.

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

1) 野村 哲弘,「TSUBAME シリーズを使いやすくするためのソフトウェア運用」PCCC AI/HPC OSS 活用ワークショップ, 2024 年 2 月.

特任教授 小林 宏充 (先端研究部門)

【研究の概要と成果】

適合細分化格子ボルツマン法を用いたスイーパー(ジャイロ回転するスライダー)の GPU 計算

青木尊之教授と共同で複数 GPU を用いた乱流計算への適用について、継続して研究を行っている。

これまで、投手が投げる野球ボールにおいて、落ちる球であるフォークボールへの低速バックスピンやジャイロ回転(進行方向に回転軸を持つ回転)の影響を検討してきた。一方で、WBC(World Baseball Classic)決勝戦での大谷翔平投手の最後の一球でも知られるスイーパーと呼ばれる浮きながら曲がる変化球に注目が集まった。スイーパーは横に曲がるスライダーと呼ばれる変化球の一種であるが、曲がり幅の大きさと落下幅の小ささが、通常のスライダーに対する特徴である。完全な横回転では浮き上がる力はボールに発生せず、重力で落下しながら横に曲がる変化球となる。完全な横回転では回転軸は上下方向にあるが、スイーパーでは、その回転軸が打者側に傾いていることが高速度カメラの映像などからもわかってきた。そこで、スイーパーの軌道に対する回転数と回転軸の傾き角の影響について、検討を行った。

これまで実施してきたとおり、ボールの縫い目まで解像する計算格子を用いた複数 GPU 計算を行った。計算手法は、GPU 並列化に適した格子ボルツマン法を用いた。ボール境界 近傍の境界層や縫い目を再現するために、ボール表面に近くなるにしたがい、格子を細分化する適合細分化手法を用いた。

ジャイロ回転においても、1回転する際の縫い目数の違いから、2シームジャイロと4シームジャイロがある。高速度カメラのスロー映像やボールの握りから、2シームジャイロ回転として検討をした。回転数が多ければ多いほど、マグヌス効果によって横方向への曲がり幅は大きくなることがわかった。この点は、ボールの握りや回転のかけ方によって、回転数の向上を目指すしかない。打者側への回転軸の角度については、上下に軸を持つ場合を0度、打者方向に水平に軸を持つ場合を90度とすると、50度から60度の間の角度の時に、重力のみによる落下に対して浮き上がる幅が一番大きくなることがわかった。このとき、ボールの上面では縫い目が少し前方にあり、その縫い目で乱流が発達し、後流で流れがボールから剥離する流れとなることが渦構造の可視化からわかった。ボールの下面では縫い目が少し後方にあり、縫い目で乱流が促進し、すぐに剥離をすることがわかった。結果としてボールの後流には斜め下向きの流れが誘起され、その反作用でボールは斜め上向きの力を受け、落下が抑制されることになる。その結果、重力のみ上下方向に力が作用する場合の落下に比べて、落下幅の小さい、あたかも浮いているように感じるスライダー、すなわちスイーパーの軌道が生まれることが判明した。この結果は、メジャーリーグで収集されている大谷投手の年間の軌道データとよく一致した。

高速多重極展開法 (FMM) を用いた超流体と常流体の2流体乱流計算

横田理央教授と共同で FMM の量子乱流計算への適用について、研究を行っている。

ヘリウムを 2.17K 以下に冷却すると、粘性が非常に低下する超流動へリウムとなる。その超流動へリウムは、粘性がゼロの超流動成分と粘性を有する常流体成分が混合した 2 流体モデルで良く記述されることが、実験、数値計算で実証されている。超流動成分は、速度の循環が量子化された状態にあり、太さが 10⁻¹⁰m 程度の渦糸(量子渦)として存在する。この渦糸を有限のフィラメントに分解し、全フィラメントから、あるフィラメントに誘導する速度をすべて積分することで、各フィラメントの速度が計算できる。しかしながら、この計算はフィラメント数 N に対して、N²の計算量となり、N が増加すると計算が困難となる。そこで、その計算量を N 程度にできる高速多重極展開法(FMM)を利用することで、その困難を解消した。その結果、超流体が乱流となった量子乱流と、常流体の乱流が混在する、2流体乱流の計算が可能となった。

全周周期境界条件のもと、2 流体乱流を実現するために、常流体に軸方向が揃った 4 つの大きな渦となる外力を与えた。そこに初期条件として複数の渦輪の量子渦を入れておくと、時間とともに量子渦は常流体の渦との相互摩擦力によって引き延ばされ、渦糸の長さが伸びていき、タングル状の量子乱流の状態となる。このとき、常流体の渦に巻き取られ、その中央に渦管と量子渦の向きが揃った状態が確認できた。このように量子渦が同じ方向を向いてまとまった状態をバンドル(束)と呼び、この状態ができるとエネルギースペクトルが-5/3 乗のコルモゴロフ則となることが予想されていた。実際に超流体のエネルギースペクトルを計算したところ、-5/3 乗則が現れることがわかった。これはいわゆる準古典乱流の状態である。一方で、流路の一端をヒーターで熱すると常流体は高温側から低温側へ輸送され、質量を保存するべく超流体は低温側から高温側へ移動する。これを熱対向流と呼ぶ。熱対向流を先程のバンドルができている状況に発生させると、渦管へのトラップから外れて量子渦は一方向へ輸送されながら乱れた状態を保つ。この時の超流体のエネルギースペクトルは・1 乗則となり、いわゆる極乱流状態となることがわかった。実験で現れる 2 流体の普遍的な 2 つの統計法則の状況(ヒーターが ON の状態と OFF の状態)を、数値計算によって明らかにできた。

上記の2つの状態は、超流体と常流体の相互摩擦力によって決まると考えられる。これまで実験結果から定式化した相互摩擦力のモデルに対して、理論的に導出した実験結果を必要としないモデルが最近提案された。実験において渦輪の伝搬の様子が可視化できるようになり、その渦輪半径の収縮の時間変化を再現するのはどちらのモデルか、検討した。その結果、最近のモデルがよりよく再現できることがわかった。この結果は、Nature Communications に掲載された。

テイラークエット MHD 流れの検討

テイラークエット流れは、回転する二重円筒間の流れである。内円筒を風力発電のシャフトに接続すると、内円筒は回転し、外円筒は停止している状況を作ることができる。円筒間に電気伝導性をもつ、例えば液体金属を用い、軸方向に磁場を印加するとローレンツ力が周方向流れと反対向きに作用し、風力発電の風車の回転トルクを制御することが可能となる。内円筒と外円筒間に負荷を接続すると、流路内で発生した起電力から電力を外に取り出すことも可能となる。そのような電磁流体(MHD)流れの検討を行っている。

風力発電でのシャフトの回転が内円筒に与えられると、流路内の流れは乱流となる。そこに磁場を印加するとローレンツ力によって乱れが抑制されることがわかった。その際、軸方向の上下壁から渦が楔形に現れる構造が見つかった。このような安定した構造が流路内に存在し続けると低周波の振動を誘起し、風力発電の構造物との共振を引き起こす可能性がある。そこで、そのような楔形の渦構造の発生条件を検討した。

その結果、乱れの指標であるレイノルズ数と乱れを抑制する磁場に比例する無次元数であるハルトマン数の比が、ある値くらいで楔形の構造が発生することがわかった。この条件を理解することで、構造物との共振を避けた設計や運転条件を設定することが可能とわかった。

【査読付き学術論文】

- Yuan Tang, Wei Guo, Hiromichi Kobayashi, Satoshi Yui, Makoto Tsubota, Toshiaki Kanai, "Imaging quantized vortex rings in superfluid helium to evaluate quantum dissipation", Nature Communications, Vol.14, 2941 (2023)
- 2) 尹昱炜、青木尊之、渡辺勢也、小林宏充、丹羽政善、「野球のジャイロ・フォークボールの空力解析」,流体力学会誌ながれ,42巻,6号,pp.376-385 (2023)
- 3) Kazuhiro Inagaki and Hiromichi Kobayashi, "Analysis of anisotropic subgrid-scale stress for coarse large-eddy simulation", Physical Review Fluids, Vol.8, 104603 (2023)
- 4) 長谷部喬大、佐々木亮、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「同軸二重円筒型 MHD エネルギー 変換装置の発電特性に関する実験と理論解析」,電気学会論文誌B,143巻,7号,pp.454-460 (2023)
 - Takahiro Hasebe, Ryo Sasaki, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, Hiromichi Kobayashi, "Experimental and theoretical analyses on power generation characteristics of co-axial MHD energy conversion device", Electrical Engineering in Japan, Volume 216, Issue 3, pp.1-8, e23446 (2023)
- 5) Kaishu Nitta, Hitoshi Muneoka, Yoshiki Shimizu, Hiromichi Kobayashi, Kazuo Terashima, Tsuyohito Ito, "Evaporation behavior of liquid microdroplets in atmospheric-pressure non-equilibrium plasma", Plasma Sources Science and Technology, Vol.32, 055008 (2023)
- 6) Kaishu Nitta, Tomoki Sakai, Hitoshi Muneoka, Yoshiki Shimizu, Hiromichi Kobayashi, Kazuo Terashima, Tsuyohito Ito, "Highly Reproducible Synthesis of Hollow Zirconia Particles via Atmospheric-Pressure Plasma Processing with Inkjet Droplets", Plasma Chemistry and Plasma Processing Vol.44, pp.289–303 (2024)

【査読付き国際会議発表】

- Hiromichi Kobayashi, Satoshi Yui, Makoto Tsubota, and Rio Yokota, "Two-phase flow of quantum turbulence and normal-fluid turbulence in superfluid helium-4", The 14th International ERCOFTAC symposium on engineering, turbulence, modelling and measurements (ETMM14), Barcelona, Spain (2023)
- Hiromichi Kobayashi, Satoshi Yui, Makoto Tsubota, Tomokazu Saito, Rio Yokota, "Two-way coupled simulation of quantum turbulence and normal-fluid turbulence in superfluid helium-4", The 76th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, Washington, DC, USA (2023)
- Satoshi Yui, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, Tomokazu Saito, Rio Yokota, "Vortex-filament bundle induced by normal-fluid turbulence in turbulent superfluid helium-4", The 2023 International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2023), Manchester, UK (2023)
- 4) Hiromichi Kobayashi, Satoshi Yui, and Makoto Tsubota, "Effect of different mutual friction models on velocity fluctuation of normal-fluid in superfluid helium-4", The 2023 International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2023), Manchester, UK (2023)
- 5) Hiromichi Kobayashi, Satoshi Yui, and Makoto Tsubota, "Normal-fluid fluctuations caused by quantum turbulence in superfluid helium", The 10th International Symposum on Turbulence, Heat and Mass Transfer (THMT'23), Rome, Italy (2023)
- 6) Kazuhiro Inagaki and Hiromichi Kobayashi, "Importance of anisotropic subgrid-scale stress in large-eddy simulation of turbulent channel flows", European Turbulence Conference 18 (ETC18), Valencia, Spain (2023)
- Takahiro Hasebe, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, Hiromichi Kobayashi, "MHD Coupled Simulation of Taylor-Couette Flow of Liquid Metal", The X International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED 2023), Creta, Greek (2023)
- 8) Hiromichi Kobayashi, Takahiro Hasebe, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, "MHD turbulent Taylor-Couette flow with end walls in axial magnetic field", The 22nd edition of the International Couette Taylor Workshop (ICTW23), Barcelona, Spain (2023)
- 9) Takahiro Hasebe, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, Hiromichi Kobayashi, "Study on Streaky Structure in the Vicinity of Rotating Inner Cylinder in Co-axial MHD Energy Conversion Device", Twentieth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2022), Sendai, Japan (2023)
- Kaishu Nitta, Hitoshi Muneoka, Yoshiki Shimizu, Hiromichi Kobayashi, Kazuo Terashima, Tsuyohito Ito, "Droplet Observation in Atmospheric-Pressure Nonequilibrium Ar Plasma", MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting, Kyoto, Japan (2023)
- Hiromichi Kobayashi, Toshiyuki Gotoh, "Statistical properties of supersaturation fluctuations in isotropic turbulence studied by LES.", 5th International Workshop on Cloud Turbulence, Nagoya, Japan (2024)

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) Yin Yuwei、青木尊之、渡辺勢也、小林宏充、「大谷翔平投手のスイーパーの AMR-LBM による空力解析」、日本機械学会 第 36 回計算力学講演会、豊橋 (2023)
- 2) 湯井悟志、小林宏充、坪田誠、齋藤智和、横田理央、「超流動ヘリウム 4 の量子乱流:常流体乱流による渦糸バンドルの形成」、日本物理学会 2023 年秋季大会 (2023 年)、講演要旨集、仙台 (2023)
- 3) 小林宏充、湯井悟志、坪田誠、齋藤智和、横田理央、「超流動へリウムの量子乱流と常流体乱流の2流体ダイナミクス」、複雑流動ダイナミクス研究会、京都 (2023)
- 4) 長谷部喬大、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「MHD 相互作用下の Taylor-Couette 乱流にお けるストリーク構造に及ぼす内円筒回転速度と外部印加磁場の影響」、複雑流動ダイナミク ス研究会、京都 (2023)
- 5) 長谷部喬大、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「同軸二重円筒型 MHD エネルギー変換装置に おける発電効率の負荷抵抗依存性に関する 3 次元数値解析」, 電気学会 新エネルギー・環 境研究会, 浜松, (2023)
- 6) 難波江佑介、稲垣和寛、小林宏充、後藤田浩、深潟康二、「進行波状壁面変形を施したチャネル乱流における SGS モデルの評価」、流体力学会年会 2023、講演要旨集、東京 (2023)

特任准教授 安田 勇輝 (大規模データ情報処理分野)

【研究の概要と成果】

リアルタイム微気象予測に向けた超解像シミュレーションの実現

都市における微気象は人間活動に強く影響し得るが、その小スケール性(数 m オーダー) から数値計算負荷は高く、リアルタイム予測は難しい。この計算負荷を下げる試みとして、深層学習技術「超解像」と数値流体計算を組み合わせる「超解像シミュレーション法」が提案された (Onishi et al. 2019)。この手法は、低解像度の数値流体計算の結果をニューラルネットにより高解像度化(超解像)することで、高解像度の推論を高速に出力する。先行研究では (Onishi et al. 2019, Yasuda et al. 2022)、都市微気象の予測に対し超解像シミュレーション法が有効である可能性が示唆されていた。

本研究では、都市の建物解像微気象シミュレーションにおける3次元温度・速度場の超解像手法を提案した。本手法では、畳み込みニューラルネットに、画像修復技術の1つであるゲート付き畳み込みを組み込むことで、低解像度と高解像度で異なる建物形状に起因する欠損値の復元精度を向上させた。東京駅周辺の微気象シミュレーション結果を用いた教師あり学習により、本手法の性能を検証した。その結果、ニューラルネットは高解像度の建物周りの温度・速度場を高精度に再構築できることが示された。特に、低解像度の建物形状に起因する低高度の欠損値にも関わらず、建物近傍の流れが復元されていた。この結果は、建物上空の流れから建物近傍の流れが推論可能であることを示唆する。さらに、入力における特定高度以下の値を全て欠損値とする数値実験を行うことで、上記仮説の妥当性を評価した。

本論文で提案された超解像手法は、計算時間を大幅に短縮できる可能性がある。超解像シミュレーションでは、低解像度の流体計算とニューラルネットによる推論を組み合わせるため、高解像度の流体計算のみを行う場合と比べて計算時間を大幅に低減できる。本論文の概算によれば、60分先予測の計算時間は高解像度計算の約8時間に対し、超解像シミュレーションでは約5.5分となり、1/87程度に短縮される見込みである。この結果は、超解像シミュレーションが都市微気象のリアルタイム予測に有用であることを示している。本成果は、査読付き国際学術誌Building and Environment に掲載された(査読付き学術論文1)。

気象予測に基づく微気象場の推論

本研究では、「気象」予測に対し、超解像シミュレーション法を適用する。気象予測は数km以上の大気現象を扱い、日々の天気予報の元となる。もし気象(数kmスケール)から微気象(数mスケール)への超解像が実現できれば、例えば東京全域の微気象予測が低コストで得られる可能性がある。その実現可能性を調べるため、本年度はMSSG (Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment) (Takahashi et al. 2013, Onishi and Takahashi 2012, Sasaki et al. 2016, Matsuda et al. 2018) による水平 100m 解像度の気象計算結果を 5m 解像度へと超解像した(倍

率 20 倍)。気象計算では地面付近の流れが表現されず欠損しているため、上空の流れのみを 入力とした。ニューラルネットにより、上空の流れから地表付近の流れが推論され、街路間 の細かい温度場が再現されていることがわかる。得られた成果は国内学会で発表した (国内 学会発表 5,7)。

教師あり学習による超解像データ同化法の開発

気象予測は、初期条件の不確実性や大気のカオス性などから、時間と共に現実から乖離する。そのため、現行の予報業務では観測データを予測に取り込む「データ同化」を行い、予測精度向上を図っている。本課題では、リアルタイム微気象予測への応用を見据え、データ同化と超解像を組み合わせる新たな枠組み「4次元超解像データ同化法(4D-SRDA)」を提案した。4D-SRDAでは、低解像度の数値計算により時間発展を計算しつつ、訓練済みニューラルネットが同化と超解像を同時に行う。アンサンブル計算が不要なため計算効率が高い。

本研究では、4D-SRDA の概念実証として、教師あり学習に基づく手法を開発した。教師あり学習の枠組みでは、高解像度の再解析データを教師データとして利用できるため、4D-SRDA は高解像度再解析の効率的な代替手法と位置づけられる。理想的な順圧不安定ジェット流の数値実験により手法の妥当性を示した。ニューラルネットの訓練には、高解像度流体計算の結果を用いた。推論例では、高解像度の流れを精度良く再現できていることがわかる。得られた成果は、査読付き国際学術誌 Journal of Advances in Modeling Earth Systems に出版した(査読付き学術論文 2)。

教師なし学習による超解像データ同化法の開発

本研究では、リアルタイム微気象予測への応用を見据え、データ同化と超解像を組み合わせる基礎研究を実施した。上の教師あり学習の超解像データ同化法と異なり、教師なし学習に基づく新たな手法を提案し、その妥当性を理論と数値実験の両面から示した。

具体的には、Bayes 推論の手法を用いることで、本提案手法が伝統的な同化方法「3 次元変分法」の拡張であることを理論的に明らかにした。この結果は、ニューラルネットによる同化の妥当性を示唆する。さらに、理想的な海洋ジェット流の数値実験を通し、超解像とデータ同化が同時に実現可能なことを示した。ニューラルネットの訓練に高解像度のデータは利用しないにも関わらず(教師なし学習)、高解像度の流れを推論できていた。得られた成果は国際学会で発表した(査読付き国際学会1)

深層生成モデルを利用した超解像

近年、深層生成モデル(生成 AI)の発展が著しい。深層生成モデルは限られたサンプルから 背後にあるデータの確率分布を推定し、得られた分布からサンプリングを行うことで未知 データを生成できる。データ同化は Bayes 推論の考え方に基づけば、真の状態の確率分布の 推定と見なせる。そこで最新の深層生成モデル (Croitoru et al. 2023) を超解像データ同化に利用する試みを実施している。本年度はその第一歩として、深層生成モデルを流れ場の超解像に利用し、その有効性を示した。得られた結果は国内学会で発表した (国内学会 6)。

【査読付き学術論文】

- Yuki Yasuda, Ryo Onishi, and Keigo Matsuda, "Super-resolution of three-dimensional temperature and velocity for building-resolving urban micrometeorology using physics-guided convolutional neural networks with image inpainting techniques," *Building and Environment*, 243, 110613 (2023)

【査読付き国際会議】

 Yuki Yasuda, Ryo Onishi, "Unsupervised Super-Resolution Data Assimilation Using Conditional Variational Autoencoders," AGU Annual Meeting 2023, San Francisco, 12 December 2023

【査読なし国際会議発表】

 Yuki Yasuda, Ryo Onishi, A Theory of Variational Lower Bound for Data Assimilation and Its Application Using Variational Autoencoders, Japan Geoscience Union Meeting 2023, Chiba, Japan, 22 May 2023

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) **安田勇輝**、大西領、変分下界によるデータ同化法の提案と変分自己符号化器による実装、日本気象学会 2023 年度春季大会、オンライン、2023/5/18
- 2) **安田勇輝**、大西領、深層生成モデルによる同化の理論と超解像データ同化への応用、第 27 回 データ同化夏の学校、オンライン、2023/8/9
- 3) **安田勇輝**、大西領、3 次元超解像シミュレーションの微気象予測への応用、日本気象学会 2023 年度秋季大会、仙台、2023/10/26
- 4) **安田勇輝、***大西領 (発表者)、変分自己符号化器による教師無し超解像データ同化、第 37 回 数値流体力学シンポジウム、名古屋、2023/12/16
- 5) 小野寺孔明、**安田勇輝**、大西領、気象予測情報の都市街路スケールへの深層超解像、第 37 回 数値流体力学シンポジウム、名古屋、12/17
- 6) 宮下和也、**安田勇輝**、大西領、深層生成モデル(拡散モデル)による順圧ジェット流れの超解像、第37回数値流体力学シンポジウム、名古屋、12/17
- 7) 小野寺孔明、**安田勇輝**、大西領、気象予測情報の都市街路スケールへの 3 次元深層超解像、TSFD39、東大生産研(駒場)、2024/3/11

【招待講演】

- 1) **安田勇輝**、大西領、松田景吾、物理法則と対称性を考慮した深層学習による気象データの高 解像度化、WeSCoS Colloquium、東京大学、2023/4/19 (招待講演)
- 2) **安田勇輝**、深層学習を利用したリアルタイム微気象予測への挑戦、第 57 回夏季大学 新しい 気象学 2023、オンライン、2023/8/5 (招待講演)
- 3) **安田勇輝**、大西領、 深層生成モデルによる超解像データ同化の実現、気象庁気象研究所 特別セミナー、茨城県つくば市、2023/9/13

特任講師 松本 安弘 (高性能計算先端応用分野)

【研究の概要と成果】

積分方程式の高速解法

物理学や工学で扱う種々の自然現象は偏微分方程式で記述可能なことが多い。しかしこの偏微分方程式を解析的に解くことができるのはごく限られた条件下のみである。そこで数値的に解を得る手法として差分法や有限要素法が広く使われている。これらの手法は領域型の解法であり、音響解析や電磁波解析などにおいて、無限遠を含むような解析領域を扱いたいときには十分遠方の空間まで離散化する、もしくは人工的な境界条件を用いる必要がある。一方、解析領域に無限遠を含む状況における解法として境界積分方程式の利用が考えられる。境界積分方程式はその名の通り境界上でのみ解析対象を離散化すればよい。本研究では、境界積分方程式の優れた利点を生かしつつ、その積分核が大域的であることを起因とする膨大な計算時間の短縮を目的としている。

2023 年度には、大きく 3 つの成果を得た。1 つは境界積分方程式を反復解法で解く際の

反復解法の低減法の開発である。有望な前処理法でりつも、これでは特定のでは特定のでは特定を関連では対する。 た Calderon の式を用がるを用いた解析の一意性が保証を解の一意性が保証を開かる。 Burton-Miller 法を提びを用法を提び替えての適用法を提び替えている。 ないさいさいました。 積分作用素の並び替え

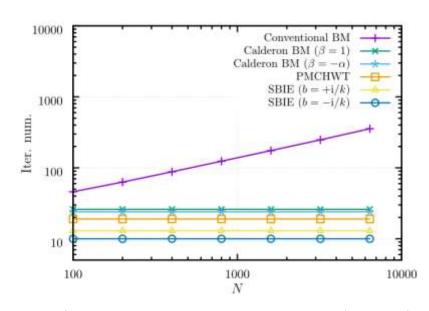
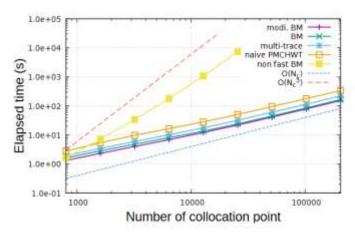


図 1 提案手法 (Calderon BM)による GMRES の反復解法の低減

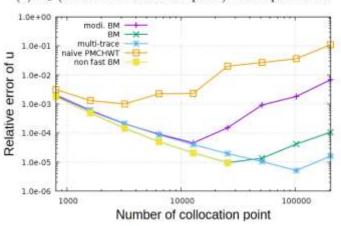
と定数倍等の簡単な式変形を行うだけで、Krylov 部分空間法の代表である GMRES の反復解法を減じることができることを数値的に示した。この成果は論文投稿中であり、プレプリントとして公開している。

2 つ目の成果は Burton-Miller 法を用いた場合の高速直接解 法の高度化である。Burton-Miller 法に基づく積分方程式の 内部領域に関する部分を直接 型から間接型の積分方程式へ 変更し、高速直接解法の一つで ある skeletonization の中核であ る proxy 法の実行を自然に行え るよう修正した積分方程式を 提案した。この積分方程式を用 いた高速直接解法を実装し、精 度に課題を残しつつも、計算速 度を向上させることができた。 本成果は査読付き論文誌(計算 数理工学論文集)に掲載され た。

3 つ目は内点計算法の高速化 である。1つ目、2つ目の成果は 境界上での解を求めるもので あり、その他の領域中の解は、 得られた境界上での解を使っ て構成する。これを内点計算と 呼ぶ。領域中での必要な解が1点 のみであれば特に問題はない が、多数の点での解の評価が必 要な場合、例えば場の平均的な 特性を評価したい場合や、結果 の可視化などでは、内点計算の 高速化もまた必要である。 skeletonization で用いた proxy 法 を内点計算用に修正し、精度劣 化をほとんど起こさずに高速化 を達成てきた。この成果は論文 投稿中であり、プレプリントと して公開している。



(a) N_c (number of collocation point) vs. Elapsed time.



(b) N_c (number of collocation point) vs. relative error of u.

Fig. 4: Elaplsed time and relative error with $\varepsilon^- = 40$.

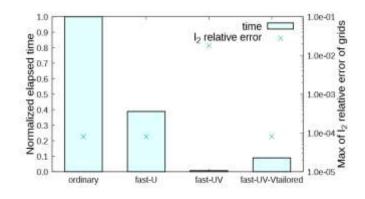


Fig. 3: Comparison of normalized elapsed time (s) and l_2 relative error of each method. The elapsed time of "ordinary" was 55.1 seconds. The l_2 relative errors are representing the maximum among those evaluated for each unit cell.

マルチノードを用いた通信処理のソフトウェア化

ネットワーク需要の増大かつ複雑化が進んでおり、従来方式での開発では需要増大には対応できても柔軟なネットワーク要件への対応は負担の大きさから困難である。そのため、従来型の専用 ASIC を搭載したネットワーク装置を汎用サーバで置き換え、開発期間の短縮、コスト低減を図りつつ、多様な需要に対応しようとする動きがある。それらは SDNenabled broadband access、cloud central office、DBA スケジューラなどのキーワードで研究開発が行われており、一部の成果はすでに実用化されている。一方で光ファイバにより多数のユーザへブロードバンド接続を低コストに提供する PON システムの中核である OLT の物理層機能に関しては、実用に耐えうる低遅延実装はほとんどない。そこで OLT の物理層機能のソフトウェア実装の高度化・サービス実現に向け、大規模汎用計算機クラスタ上で技術課題抽出や解消検討を始めた。本研究の肝は GPU による並列処理能力を生かした低遅延のデータ処理にあり、PON による通信サービスの提供を汎用サーバによるデータセンタで実現する技術開発を目的としている。

本研究の2023年度の成果として特許1件を出願準備中である(東工大整理番号23T180)。

【査読付き学術論文】

1) 松本安弘, 物質パラメータ比が比較的大きな transmission 問題における 2 次元 Helmholtz 方程式の高速直接解法に適する積分方程式の考察, 計算数理工学論文集, vol.23, pp.71-79, 2023.

【査読付き国際会議発表】

1) Y Matsumoto, I Wakui, J Tamamatsu, Structural analysis model of joints in steel segment shield tunnel for 3D FEM, Proceedings of WTC 2023, 12-18 May, Athens, Greece, 2023.

【特許】

1) 涌井一清, 篠崎聡, 松本安弘, 千葉繁, 水津知己, 情報管理装置、情報管理方法、及びプログラム, 特開 2023-076318.

【招待講演】

- 1) 松本安弘, 境界積分方程式に対する補間分解に基づく高速解法の頑強な Krylov 部分空間法 への応用, 土木学会応用力学委員会 北海道地区・応用力学フォーラム 〜振動・波動解析の 研究と動向, 将来へのホンネ〜, 札幌, 2024.3.
- 2) 松本安弘, 波動散乱問題に対する Burton-Miller 型境界積分方程式を用いた高速解法, 土木学 会応用力学委員会「境界要素法」講習会, オンライン開催, 2024.3.
- 3) 松本安弘, 波動 transmission 問題に対する高速直接境界要素法, 土木学会応用力学講演会「環境と計算力学」, 東京, 2023.12.

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

1) 松本安弘, Helmholtz 方程式の境界値問題に対する境界要素法を用いた内点の高速評価, 日本 応用数理学会第 20 回研究部会連合発表会, 長岡, 2024.3.

- 2) 松本安弘, 物質パラメータ比が比較的大きな transmission 問題における 2 次元 Helmholtz 方程式の高速直接解法に適する積分方程式の考察, 計算数理工学シンポジウム 2023, 沖縄, 2023
- 3) 松本安弘, 境界要素法に対する skeletonization に基づく階層的低ランク近似法の反復解法への応用, 日本機械学会第 36 回計算力学講演会論文集 (CMD2023), vol. xx, no. xx, pp. xx-xx, 2023.10.

【投稿中プレプリント】

- 1) Y Matsumoto, A fast wavefield evaluation method using a modified proxy-surface accelerated interpolative decomposition for scattering problems in two dimensions, arXiv preprint arXiv:2403.08290, 2024.
- 2) Y Matsumoto, A Yoshiki, H Isakari, Calderon-preconditioned boundary integral equations of the Burton-Miller type for transmission problems, arXiv preprint arXiv:2312.12787, 2023.

7-3 受賞学術賞

<青木研究室>

◆ 日本計算工学会 第 28 回計算工学講演会・優秀講演賞 「ジャイロ回転する野球ボールの AMR-LBM による空力解析」 Yin Yuwei

(2023年9月1日)

◆ 日本計算工学会 第 28 回計算工学講演会・若手優秀講演フェロー表彰 「スピードスケート・パシュート競技の LBM シミュレーションによる空力解析」 瀧 優太君

(2023年9月1日)

◆ 日本機械学会・若手優秀講演フェロー賞 「大谷翔平投手のスイーパーの AMR-LBM による空力解析」 Yin Yuwei (2023 年 12 月 14 日)

◆ 日本流体力学会・第 37 回数値流体力学シンポジウム ベスト CFD グラフィックス・アワード 1 位を受賞

PLIC-VOF 法を用いたプール核沸騰の数値シミュレーション 長﨑孝夫, 杉原健太(JAEA:元青木研),青木尊之,内田遥己 (2023年12月16日)

◆ 第37回数値流体力学シンポジウムでの発表が若手優秀講演発表賞「物体に纏わる布周りの空力解析」

TAN Hong Guan

(2024年1月5日)

<横田研究室>

◆ 言語処理学会第30回年次大会優秀賞 「継続事前学習による日本語に強い大規模言語モデルの構築」 藤井一喜、中村泰士、横田理央 (2024年3月) ◆ 情報処理学会 第86回全国大会 学生奨励賞 「大規模言語モデルの分散並列学習」 藤井一喜 (2024 年 3 月)

<大西研究室>

◆ 第 37 回数値流体力学シンポジウム若 手優秀講演表彰を受賞 「深層生成モデル(拡散モデル)による順圧ジェット流れの超解像」 宮下和也、安田勇輝、大西領 (2023 年 12 月 17 日)

8. 業務貢献

8-1 専門委員会所属·開催状況

氏 名	認証	ネットワーク	高性能	教育用	情報環境	グローバル	共同	広報
	基盤	システム	コンピュータ	コンピュータ	コンピュータ	資源	利用	
伊東 利哉	0		0	0	0		0	0
髙橋 篤司	\circ	\circ	\circ	\circ	0		\circ	0
青木 尊之			\circ			0	0	\circ
杉野 暢彦	0	0	0	0	0			
友石 正彦	0	0	0	0	0			
西崎 真也	0	0		0	0			\circ
松浦 知史	0	0						
遠藤 敏夫		0	0			0	0	0
横田 理央			0			0	0	
大西 領							0	0
北口 善明		0						
渡邊 寿雄			0				0	0
野村 哲弘			0	0	0		0	\circ
金 勇		0						
松本 安弘			0				0	
石井 将大		0						

	認証基盤システム	48 回
	ネットワークシステム	48 回
	コンピュータシステム	49 回
定期ミーティング開催数	TSUBAME	49 回
	教育システム	12 回
	共同利用・共用促進事業	48 回

	認証基盤専門委員会	2 回
	ネットワークシステム専門委員会	3 回
	高性能コンピュータシステム専門委員会	6 回
	教育用コンピュータシステム専門委員会	0 回
専門委員会開催数	情報環境コンピュータシステム専門委員会	0 回
(メール審議含む)	TSUBAME 運用 WG	49 回
	グローバル情報資源活用協働専門委員会	2 回
	共同利用専門委員会	14 回
	広報専門委員会	1 回
	SC ブース展示 WG	8 回

8-2 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況 (招待講演含む)

件名	企画・実施者氏名
WeSCoS Colloquium (4/14)	安田 勇輝
セキュリティ対策に関する学内セミナー (年度内6回)	松浦 知史
2023 年 TSUBAME 春の講習会(4/17~6/9)	情報基盤課
4th International Conference on Data Driven Plasma Science	大西 領
(4/20)	
PC クラスタコンソーシアム AI・機械学習技術部会	遠藤 敏夫
ワークショップ(第4回4/19、第5回10/23、	
第 6 回 R6.4/24)	
DFD セミナー (4/24) (8/2)	大西 領
電子情報通信学会集積回路研究専門委員会 LSI とシステム	遠藤 敏夫
のワークショップ 2023	
第 15 回 JHPCN シンポジウム(7/6~7/7)	松本 安弘
第 57 回夏季大学 新しい気象学 2023 (8/5~8/6)	安田 勇輝
第 29 回スーパーコンピューティングコンテスト	西崎 真也
リモート開催 (8/21~8/25)	情報基盤課
気象研究所 特別セミナー (9/13)	安田 勇輝
2023 年 TSUBAME 秋の講習会(10/16~11/30)	情報基盤課
第10回「富岳」を中核とする HPCI システム利用研究課題	横田 理央
成果報告会(10/25~10/26)	
SC23 出展(11/12~11/17)	遠藤 敏夫、野村 哲弘
Workshop on Computation: Theory and Practice2023	西崎 真也
$(12/4\sim12/6)$	
応用力学講演会 2023「環境と計算力学」(12/7)	松本 安弘
ADAC- Workshop (13th 9/26~9/29, 14th 2024/2/22~2/24)	遠藤敏夫、横田理央、
	野村哲弘
Centra 7 (Keynote Lecture) (2024/2/6~2/9)	横田 理央
2023 年度 産応協対話交流会セミナー「シミュレーションへ	大西 領
の AI 技術の活用と ChatGPT の最前線」(3/8)	
「境界要素法」講習会(3/11)	松本 安弘
東工大・阪大共同ワークショップ(3/12)	大西 領
3rd International workshop on Cloud Turbulence (3/15)	大西 領
2023 年度 北海道地区・応用力学フォーラム (3/18)	松本 安弘
~振動・波動解析の研究と動向、将来へのホンネ~	
	1

8-3 仕様策定・技術審査対応状況

件名	対応教職員 (★委員長)
	(仕様策定) ★渡邊 寿雄、杉野 暢彦、
数値解析ソフトウェア包括ライセンス一式	鶴見 慶、小寺 孝志
	(技術審査) 藤田 和宏、阿部 公一
キャンパス包括ソフトウェアライセンス	(仕様策定) ★渡邊 寿雄、杉野 暢彦
一式	小寺 孝志、鶴見 慶
1	(技術審査) 藤田 和宏、阿部 公一
PDF 作成及び編集、動画像編集、	(仕様策定) ★渡邊 寿雄、杉野 暢彦
DTP ソフトウェア包括ライセンス一式	小寺 孝、伊藤 剛、藤田 和宏
DIFファトリエテ己指フィビンス 式	(技術審査) 新里 卓史、一瀬 光
東京工業大学キャンパス共通認証・認可	(仕様策定) ★杉野 暢彦、井上 進
システム用 IC カード	(技術審査) 伊藤 剛、一瀬 光
	(仕様策定) ★杉野 暢彦、友石 正彦
東京工業大学共通メールシステム	西崎 真也、松浦 知史、井上 進
	(技術審査) 北口 善明、昆野 長典
キャンパスネットワークシステム	(仕様策定) ★友石 正彦、北口 善明
(すずかけ台キャンパス高速対外接続装置)	清水 良幸、香月 稔
(ケケルツ)ロヤイング・ハ同丞刈/門疾机表直)	(技術審査) 金 勇、岸本 幸一、河野 晃明
	(仕様策定) ★北口 善明、風間 広幸
学術国際情報センター	小寺 孝志、香月 稔
無停電電源装置 一式	(技術審査) 西崎 真也、望月 健一
	増渕 長興、下條 清史

東京工業大学学術国際情報センター 年報 2023/2024 年度 第 22 号(最終号)

編集 東京工業大学学術国際情報センター広報専門委員会

発行 東京工業大学学術国際情報センター

〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1

電話 03-5734-2087