

# GSIC年報 Annual Report 2022

---

第 21 号

---

東京工業大学 学術国際情報センター



# 2022年度 年報 目次

巻頭言	1
トピックス	3
トピック1 人工画像を用いたVision Transformerの超大規模事前学習	3
トピック2 次世代スーパーコンピュータTSUBAME4.0が2024年春稼働開始	4
トピック3 都会の「微気象」を数メートル単位で予測し、安全で快適な生活を	6
1. 組織・運営	11
1-1 組織図	11
1-2 教員一覧および人事異動	12
1-3 事務組織	13
1-4 各種委員会メンバー一覧	15
1-5 運営委員会開催状況	17
2. 情報基盤サービス	19
2-1 スーパーコンピュータシステム	19
2-1-1 構成	19
2-1-2 運用	21
2-1-3 実績	21
2-2 教育用電子計算機システム	26
2-2-1 概要	26
2-2-2 構成	26
2-2-3 運用	27
2-2-4 実績	28
2-3 ホスティングサービス	33
2-4 ネットワークシステム	35
2-4-1 有線ネットワーク (Titanet4)	35
2-4-2 無線ネットワーク (Titanet4 wireless)	37
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)	38
2-4-4 その他	39
2-5 情報セキュリティ (CERT)	41
2-6 キャンパス共通認証・認可システム	43
2-6-1 構成	43
2-6-2 運用	43
2-6-3 実績	44
2-7 ソフトウェア包括契約	47
2-7-1 概要	47
2-7-2 運用	48
2-7-3 実績	49
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	51

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	57
2-10	TSUBAME 共同利用サービス 有償の学術利用と産業利用	61
2-11	TSUBAME 公募型共同利用支援制度	65
2-11-1	TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度	65
2-11-2	萌芽的研究課題支援制度	66
3.	イベント及びアウトリーチ活動	69
3-1	国際会議 SC22 におけるブース出展	69
3-2	第 28 回スーパーコンピューティングコンテスト	71
3-3	講習会	72
4.	広報活動	75
4-1	マスコミ報道等	75
4-2	見学者受入状況	77
5.	外部との連携	79
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	79
5-2	DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座	79
5-3	ADAC	79
6.	予算概要 (法人運営費・外部資金)	81
7.	研究部門活動報告	83
7-1	情報支援部門	83
	教授 杉野 暢彦 (認証・ネットワーク分野)	83
	教授 友石 正彦 (認証・ネットワーク分野)	84
	教授 西崎 真也 (情報基盤活用分野)	86
	教授 松浦 知史 (情報セキュリティ分野)	87
	准教授 北口 善明 (認証・ネットワーク分野)	89
	マネジメント准教授 金 勇 (認証・ネットワーク分野)	92
	助教 石井 将大 (情報セキュリティ分野)	94
7-2	先端研究部門	95
	教授 青木 尊之 (高性能先端応用分野)	95
	教授 遠藤 敏夫 (高性能計算システム分野)	101
	教授 横田 理央 (先端研究部門)	104
	准教授 大西 領 (高性能計算先端応用分野)	109
	准教授 坂本 龍一 (高性能計算システム分野)	115
	マネジメント准教授 渡邊 寿雄 (高性能計算先端応用分野)	117
	マネジメント准教授 野村 哲弘 (高性能計算システム分野)	118
	特任教授 小林 宏充 (先端研究部門)	120
7-3	受賞学術賞等	124
8.	業務貢献	127
8-1	専門委員会所属・開催状況	127
8-2	講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況	128
8-3	仕様策定・技術審査対応状況	128

## 巻頭言

### 学術国際情報センター長 伊東 利哉

学術国際情報センター（GSIC）のセンター長を拝命してから丸4年が経過致しました。振り返ると、次々と発生する困難な課題に対して、大きな障害もなく（小さな障害は若干）、何とか乗り越えることができました。これは、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、改めて心より感謝申し上げます次第です。改めて2022年度を振り返ると、年度当初の課題は「TSUBAME4.0の調達／Slack・Boxの全学生への展開」を想定していました。これらに関しては、紆余曲折はあったものの、何とか着地することができました。

#### 【TSUBAME4.0の調達】

最近の半導体不足により、当初予定していた調達スケジュールの達成が厳しい状態となりました。さらに、昨今の円安により円建て換算の価格上昇の影響で、想定していた計算性能の実現が困難な状況も発生しました。これに関しては、学長を始め執行部の皆様に状況をご説明し、最終的には本学的意思決定プロセスを経た上で、調達スケジュールの変更と予算の増額をお認め頂きました。そして、今年度終盤の3月22日（水）に無事に開札を迎えることができました。計算性能その他に関しては、本文の「トピックス2 TSUBAME4.0の進捗」をご覧ください。

#### 【Slack・Boxの全学生への展開】

既に2021年度より、全学の教職員に対してSlack・Boxの利用を開始しており、技術的には現行方式の延長線上で学生への展開を想定しておりました。しかし、利用を開始すると自動的に個人プロフィールが学内の不特定の第三者から閲覧可能となることなどが問題となり、雇用関係のない学生に対しては、個人情報保護の観点から、事前の同意が必要との指摘がありました。これを受けて、当初想定していた2022年10月からのサービス開始時期を延期し、新たなルールと仕組みを構築し、2023年1月よりサービス開始に漕ぎつけることができました。

このような紆余曲折を経て、この2つの課題の解決への筋道が見え始めた時期と前後して、東京医科歯科大学との統合が明らかになりました。この発表直後は、本学一教員として受け止めておりましたが、必ず実現しなければならない両大学の情報基盤・情報サービスの統合を検討するための体制を早急に整備する必要性が目前に迫っていることを痛感しました。まずは2022年11月に両大学の情報基盤整備に係るコアメンバーで統合に向けての大方針に合意し、それを受けてより具体的な検討を概ね週1回のペースで進めてきております。そして2023年度前半には、

1. 統合時（2024年10月）までに実現する情報基盤・情報サービス
2. 統合後に整備・統合を進める情報基盤・情報サービス

の具体化と必要な予算、さらにタイムスケジュールをまとめる予定です。恐らく2023年度の年報には、大学統合に伴う情報基盤・情報サービスの統合の進捗が大きな話題になることと思います。

このように、長かったコロナ禍から解放されつつあった半面、新たな課題解決のために腐心した1年でしたが、冒頭も述べたように GSIC の先生方、情報基盤課の職員の皆様、OFC 情報基盤支援部門の技術職員の皆様の協力により、何とか無事に乗り切ることができました。ただただ、感謝・感謝・感謝あるのみです。今後も安定的な情報基盤整備と情報サービスの提供に尽力してまいります。そして、大学統合を視野に入れて、新大学(東京科学大学)が一層学びやすく働きやすい環境となることを目指して、本学の教育・研究環境と業務全般の改善に貢献できるよう GSIC 教職員一丸となって取り組んでいく所存です。

## トピックス

### トピック1

#### 人工画像を用いた Vision Transformer の超大規模事前学習

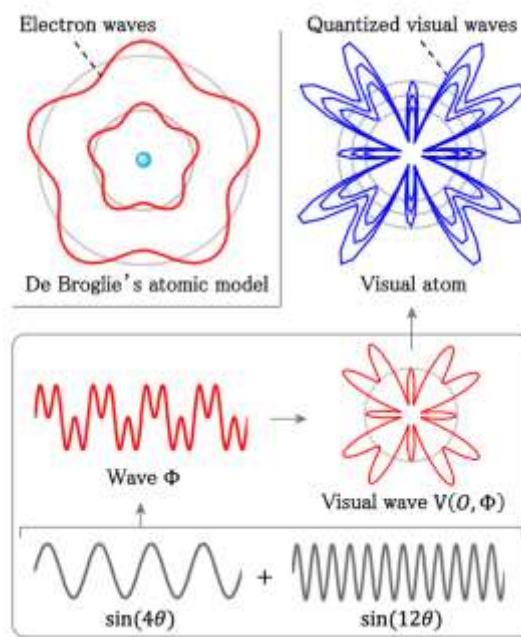
教授 横田 理央

現在、あらゆる画像認識モデルの中で ImageNet の学習において最も高い精度 (SOTA) を記録しているのは、JFT-300M で事前学習された Vision Transformer (ViT) である。ただし、JFT-300M は Google の未公開データセットであり、今年に入ってから Google 以外では首位争いにそもそも参入できない深刻な状況が生じている。この状況を

打開するために、本研究では Fractal などから生成される人工画像を用いて ViT の事前学習を行う。Fractal を用いた既存研究では、倫理の観点から ImageNet を代替することを目指しており、Google の事前学習市場の独占を解決する規模での学習は想定されていない点で本課題とは手段は同じであるが目的と規模が異なる。2021 年度には、ImageNet-21k で事前学習した ViT を ImageNet-1k で fine-tuning する場合と比べて、同じ画像数の FractalDB-21k で事前学習した ViT を同じく ImageNet-1k で fine-tuning した方が高い精度が得られた。

2022 年度には、これをさらに改良するため汎用な輪郭形状が生成できる Visual Atom データセットを開発し、Google が所有する最大級の実画像データセット JFT-300M の事前学習性能 84.2% に迫る 83.7% を 1/14 の画像数で達成した。本研究の成果は画像処理分野のトップカンファレンス CVPR2022 と 2023 に連続で採択されている。

Pre-training Image	Attention Image	Fine-tuning
【ImageNet-21k】 		@ ImageNet-1k Top-1 Acc. 81.8
【ExFractalDB-21k; Extended Fractal DataBase】 		82.7
【RCDB-21k; Radial Contour DataBase】 		82.4



Real Image	Synthetic Image
<input type="checkbox"/> JFT-300M	<input type="checkbox"/> VisualAtom (ours)
<input type="checkbox"/> 300M Images	<input type="checkbox"/> 21M Images (x14 smaller!)
<input type="checkbox"/> Human Supervision	<input type="checkbox"/> Formula Supervision
<input type="checkbox"/> 84.2 % @ ImageNet-1k	<input type="checkbox"/> 83.7 % @ ImageNet-1k

## トピック 2

### 次世代スーパーコンピュータ TSUBAME4.0 が 2024 年春稼働開始

教授 遠藤 敏夫

東京工業大学学術国際情報センター（以下、本センター）は、次世代スパコン TSUBAME4.0 の来春稼働に向けて構築を開始する。TSUBAME4.0 の理論演算性能は科学技術計算などで利用される 64bit の倍精度で 66.8 ペタフロップス、AI・機械学習などで利用される 16bit の半精度で 952 ペタフロップスに達する予定である。現行スパコン TSUBAME3.0 に比べ、前者の指標で 5.5 倍、後者では 20 倍に達する予定であり、また現存する国内のスパコンの中ではスーパーコンピュータ富岳に次ぐ 2 位相当となる。科学技術計算・AI・ビッグデータ解析などの幅広い分野のユーザに向けて、TSUBAME4.0 の高性能な計算資源を提供していく。



TSUBAME4.0 スーパーコンピュータ完成イメージ図

TSUBAME スパコンシリーズは、2006 年に稼働開始した TSUBAME1.0 以来「みんなのスパコン」として国内外の産学官の研究開発を支えてきた。また本センターは、世界に先駆けた GPU (Graphics Processing Unit) の採用による大幅な性能向上など、高い技術を持つスパコンセンターとして注目されている。

TSUBAME4.0 の調達に先立ち、本学すずかけ台キャンパスの G4A 棟をスパコン設置用に整備してきた。そして政府調達「TSUBAME4.0 スーパーコンピュータ」が実施され、日本ヒューレット・パカード合同会社（以下、HPE）が落札した。今後本センターは関連各社とともに、2024 年 4 月の運用開始をめざし構築を進めていく。

TSUBAME4.0 の主要部分は 240 台の高性能計算ノード (HPE Cray XD6500 シリーズ) であり、各計算ノードは AMD EPYC 9654 (96 コア) プロセッサを 2 基、NVIDIA H100 Tensor コア GPU (HBM2e メモリ 94GB のモデル) を 4 基、768GiB のメインメモリを備え、ノードあたり 200Gbps InfiniBand 4 本で相互接続される。ストレージシステムとしては Cray ClusterStor E1000 で構成され、ハードディスクベースの共有ストレージ 44.2PB と SSD ベースの高速共有ストレージ 327TB を持つ。上記のように計算ノードは CUDA 対応 GPU と x86\_64 アーキテクチャの CPU という、これまでの

TSUBAME と互換性を持ち、また世の中で幅広く使われているアーキテクチャであることから、膨大なソフトウェア資産を容易に利用することができる。

TSUBAME4.0 は、TSUBAME シリーズの GPU スパコンとしての特徴に加え、TSUBAME3.0 等において培った、多様化するスパコンの使い方に対応しつつ、特に初学者や幅広い分野の研究者にも使いやすいソフトウェア環境を備えた「もっとみんなのスパコン」として日常的に活用されることをねらう。またこれまでの TSUBAME に引き続き、学内での教育や先端研究での利用にとどまらず、我が国のトップ大学の情報基盤センターとして、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）や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）および GSIC が運営する TSUBAME 共同利用制度を通じ、日本の国力向上へ貢献していく。

このように、TSUBAME4.0 は東工大および大学統合後の東京科学大学（仮称）における科学技術の発展や国際競争力の強化に必要なデジタルインフラとして、研究・教育を強力に支援し続ける。



### トピック3

## 都会の「微気象」を数メートル単位で予測し、安全で快適な生活を

准教授 大西 領

### 1. 概要

未来社会では、様々な自律システムが時々刻々と複雑に変化する気象と社会に応じて、自然との調和を保ちながら社会課題を解決するサービスを提供しているだろう。そのような未来社会を実現するためには、天気予報が対象とする気象よりもさらに人の生活に密着した“微気象”に対する予測情報が必要となる。なお、微気象とは、土地利用・建物・植生および人間活動などの影響を強く受ける地表付近の気象現象のことである。

100年ほど前を振り返れば、1922年に、英国のリチャードソン博士が、数値気象予測の試みを行った。その当時は、計算能力の不足に加え大気物理の理解不足もあり、その試みは成功しなかった。しかし、100年経った現在では、数値気象予測は身近なものとなり、その予測情報をもとに様々な社会サービスが提供されている。“微気象”予測に関しては、現在がちょうど100年前の気象予測の状況にあると言える。

微気象を予測できるようになり、図1に示すような微気象予測情報を包含した気象情報基盤（インフラ）が整備されれば、上述のような様々な未来社会サービスが実現されるだろう。しかし、現状では、微気象予測シミュレーションの計算コストが大きなボトルネックの一つとなっている。例えば、2km四方の領域を5m解像度で、30分先までを予測するのに、スパコンを使っても数時間かかってしまう。予測に要する時間を1,000分の1程度に劇的に低減しないとリアルタイムサービスを実現することはできない。

著者らは、深層学習を援用したAIシミュレーション技術を開発し、街区微気象に関する30分先までの高解像度予測情報を1分程度でリアルタイム更新することを可能にした。本稿では、この手法に基づいた都市街区の微気象予測に関する最新の取り組みを紹介する。



図1：微気象予測情報を活用した未来社会サービス

### 2. 都市街区の超解像シミュレーション

図2に、東京駅付近を対象とした都市街区微気象のシミュレーション結果を示す。このシミュレーションは2km四方、高さ1kmの3次元領域を5mメッシュ（計算格子）に区切って、1時間分の風や気温などの気象変数の時間変化を計算したものである。その結果の一部として、ある時刻の気温の3次元分布が示されている。このような情報があれば、例えば、どの通りの熱環境が厳しく、熱中症リスクが高いか、などの情報を得られることがわかる。

上記のような、数メートル解像度での微気象シミュレーションには、スーパーコンピュータを使った膨大な計算が必要である。実際の社会サービスへの適用を考える際には、計算量の軽減、計算時間の削減が必要となる。近年、著者らのグループでは深層学習を活用した AI 融合シミュレーションによる計算時間の劇的な削減に成功した (Onishi et al., SOLA, 2019)。具体的には深層ニューラルネットワークを用いた超解像 (Super Resolution, SR) 技術を活用した、超解像シミュレーション法を開発した。なお、超解像とは、低解像度 (low resolution, LR) 画像から高解像度 (high resolution, HR) 画像を生成する技術である。

図 3 に、開発した超解像シミュレーション法を図解する。予め大量の HR シミュレーション結果 (例えば、5m 解像度計算結果) と LR シミュレーション結果 (例えば、20m 解像度計算結果) から成る学習データセットを作成し、そのデータセットを学習させた超解像器を用意する。LR シミュレーションは HR シミュレーションに比べて計算コストが非常に小さく、例えば 30 分先までの街区微気象の予測を 1 分程度で更新できる。LR シミュレーションから得られる LR 予測結果を超解像器によって HR 予測結果に変換することで、HR 予測結果をリアルタイムに更新することが可能となる。

図 4 に、2m 高さ気温分布の超解像結果例を示す。ここでは、2次元気温分布を超解像する際に、気温分布以外の情報も学習させた、2次元“物理”超解像を用いた。左が参照解 (Ground Truth) としての HR (5m 解像度) 結果を示す。左 2 番目が LR (20m 解像度) 結果であり、Bicubic 補間およびイメージ超解像、2次元物理超解像結果がその横に示されている。超解像器に物理法則を学習させることにより、Bicubic 法などの代数補間法に比べ、誤差をほぼ半減できた。街区熱環境を定量化する際、気温の予測誤差が 0.2K 程度以下であることが求められており、本超解像シミュレーション法はその要求を満たす。

図 5 に、地表から 5m 高さにおける東西風分布の超解像結果を示す。上段 (a) が地上高さ 5m における東西風の水平分布、下段 (b) が地上高さ 25m における東西風の水平分布である。左が参照

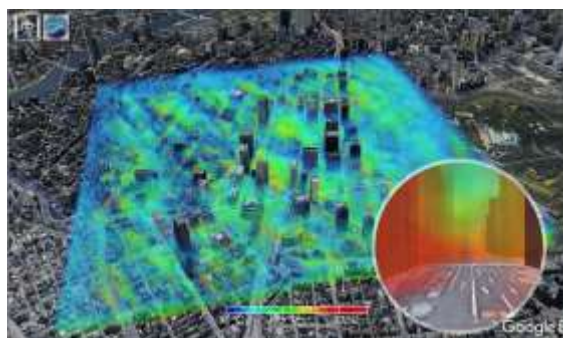


図 2 : 2015 年 8 月 7 日 14:30 の東京駅付近の気温分

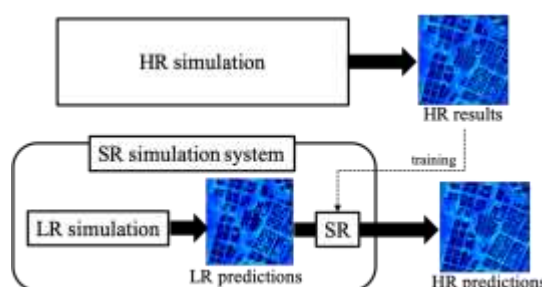


図 3 : 超解像シミュレーションシステム

解である HR 結果, 中央が LR 結果, 右が SR (超解像) 結果である。ここでは、3次元分布に対して物理超解像を適用した。3次元分布を対象とすることにより、質量保存則を損失関数に組み込んだ物理超解像を実現した。これにより、ニューラルネットワークの汎用性が高まるとともに、少ない学習セットでも高精度なニューラルネットワークを得ることができた。また、白抜き部分は建物内部で風速が定義されない領域 (欠損領域) を示す。LR 結果では、建物分布が平均化されることで、通りの多くが判別されなくなり、欠損領域が拡大する。多くの欠損領域を抱えた LR 結果を元にしても、開発した3次元超解像器は、通り内の詳細な風分布を再現できる様子がわかる。

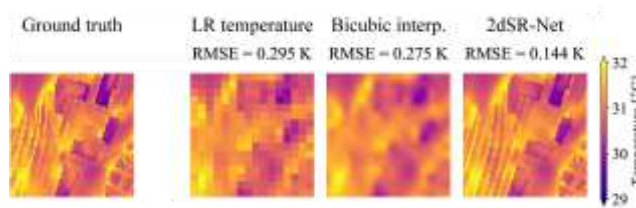


図4：東京駅付近の2m高さ気温分布の補間結果例

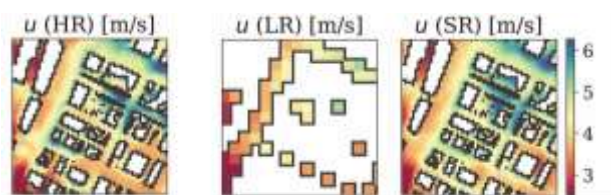


図5：東京駅付近の地上高さ5mにおける、東西風分布の3次元超解像例

上述の図4および図5では、20m解像度を5m解像度に超解像した結果、つまり、超解像倍率が4の場合の結果を示した。計算格子を用いた非定常物理シミュレーションは、空間3次元、時間1次元の合計4次元計算を行うので、4倍低解像の計算格子を用いた場合には計算コストは256(=4<sup>4</sup>)分の1になる。実際、20m解像度の都市街区微気象計算であれば、ワークステーション上でも30分先予測を数分内に完了でき、また超解像推論もミリ秒単位で得られる。つまり、都市街区微気象の5m解像度予測情報をリアルタイムに得ることが可能となった。

### 3. まとめ

人やモノが集まる都市部の街区微気象のリアルタイム予測情報は、様々な未来都市サービスの基盤となるだろう。例えば、個人単位の熱中症リスクを最小化する人流制御サービス、安全で効率的なドローン物流サービス、再生可能エネルギーを最大限に活用できるスマートエネルギー、環境性能も運転性能も良いスマートプラントサービス、などが挙げられる。しかし、街区微気象シミュレーションの計算コストは甚大であり、シミュレーション科学の力だけに頼っていたのでは、そのリアルタイム予測の実現には数十年かかると見込まれる。そこで、著者らは、深層学習と物理シミュレーションを融合した超解像シミュレーション法を開発した。この技術を用いれば、数mメッシュで街区建物を解像した30分程度先までの詳細な予測情報を数分サイクルでリアルタイム更新できる。

### 4. 今後の展開

街区微気象予測情報をリアルタイムに得られる技術が開発された。一方で、街区微気象をリアルタイムに観測するネットワークの構築は始まったばかりである。2025年の大阪万博では、予測と観測の連携技術の実証が期待されている。その成功を受け、2030年までには一部地域での微気象予測サービスが開始されると期待される。

リアルタイム予測のために開発された超解像シミュレーション技術は、格子に基づく物理シミュレーションの高速化に適用可能である。実際、気象や流体分野だけでなく、宇宙物理など他分野での応用も報告され始めている。

#### ■ 論文情報

Yuki Yasuda, and Ryo Onishi, Rotationally Equivariant Super-Resolution of Velocity Fields in Two-Dimensional Flows Using Convolutional Neural Networks, *APL Machine Learning*, 1, 026107 (2023), <https://doi.org/10.1063/5.0132326>

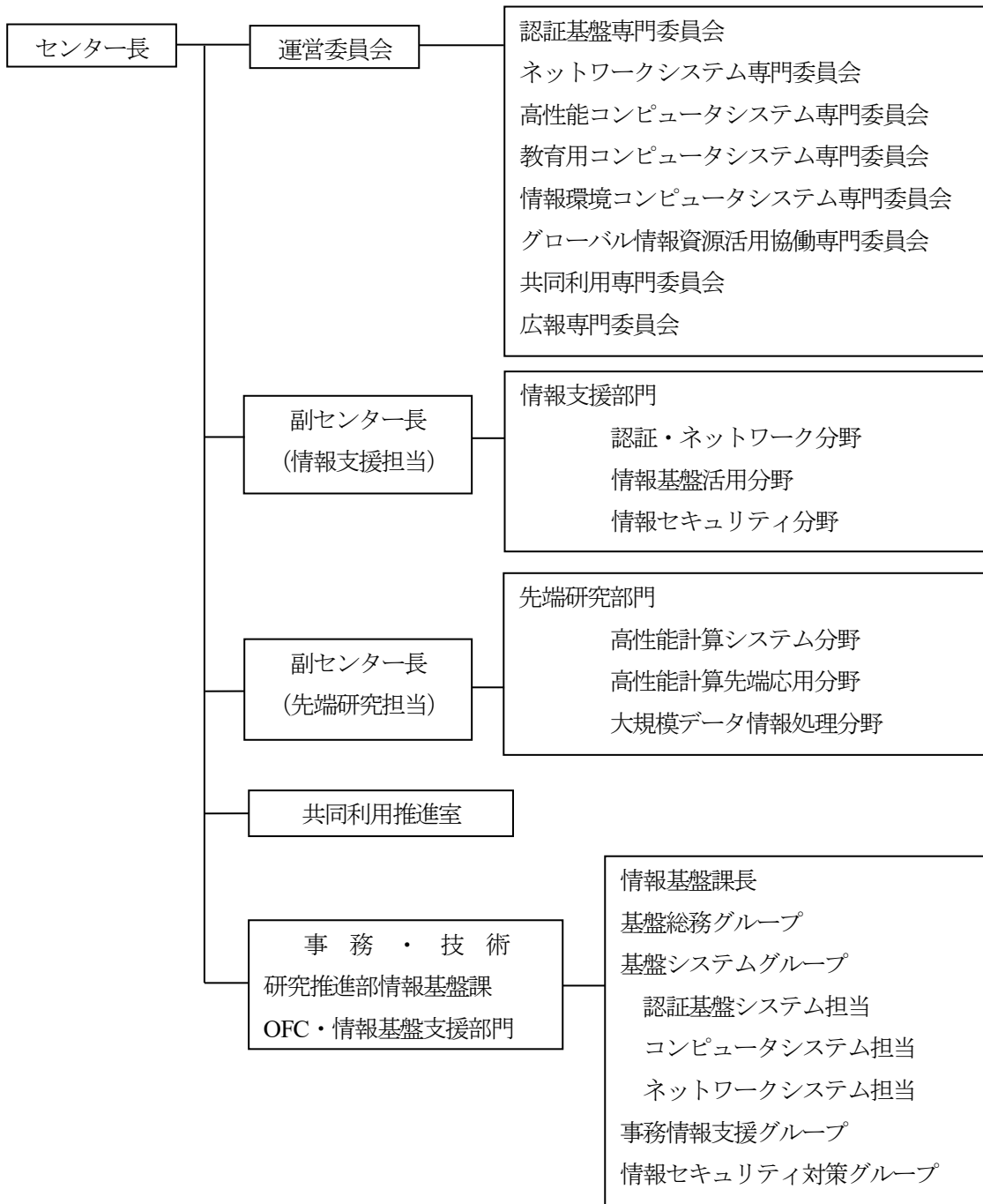
安田勇輝、大西領、廣川雄一、Dmitry Kolomenskiy、杉山大祐、畳み込みニューラルネットによる都市微気象シミュレーションの物理超解像、*ながれ 注目研究 in CFD35*、41, 85-88 (2022)

大西領、安田勇輝、環境と調和したスマート社会を実現するための都市微気象リアルタイム予測技術、*化学工学会誌*、87, 138-140 (2023)



# 1. 組織・運営

## 1-1 組織図



## 1-2 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	高橋 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	R5.1.1~
(准教授 ~R4.12.31)		
特 任 教 授	森本 千佳子	
准 教 授	北口 善明	
マネジメント准教授	金 勇	
助 教	石井 将大	
特 定 教 授	中村 豊	
研 究 員	永藤 直行	R4.11.1~

### 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	R5.1.1~
(准教授 ~R4.12.31)		
准 教 授	大西 領	
准 教 授	坂本 龍一	~R4.11.30
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	R5.1.1~
(研究員 ~R4.12.31)		
特 任 講 師	松本 安弘	R5.3.1~
特 任 教 授	小林 宏充	
研 究 員	幸 朋矢	
研 究 員	前澤 朋子	~R5.3.31
研 究 員	MARLON ARCE ACUNA	
研 究 員	長崎 孝夫	
研 究 員	YOS SITOMPUL	
研 究 員	加納 正俊	
研 究 員	原 辰次	
研 究 員	SHAOSHUAI ZHANG	R4.8.1~

准客員若手研究員

XAVIER ALVAREZ FARRE

R5.3.4~R5.3.19

#### 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

### 1-3 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

(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 (庶務及び会計)

グループ長 川村 佐知子

~R5.3.31

主 任 村松 由香

R4.10.1~

事務限定職員 伊藤 智子

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 (認証基盤システムの構築・運用・管理)

主 査 井上 進

主 任 昆野 長典

技術専門員 太刀川 博之

技術専門員 新里 卓史

技 術 職 員 一瀬 光

技 術 職 員 伊藤 剛

技術支援員 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	根本 忍	~R5.3.31
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 (学内基幹ネットワークの運用管理)

専 門 職	香月 稔	
部門長 (心得)	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	
事務限定職員	渋谷 優子	

事務情報支援グループ (業務システム利用等に関する総括・連絡調整・運用管理事務系ネットワー  
クの維持管理業務)

グループ長	池谷 圭太	
主 任	駒井 優哉	~R5.3.31
ス タ ッ プ	平舘 俊樹	~R5.3.31
ス タ ッ プ	小野寺 愛	
ス タ ッ プ	石坂 佳樹	
事務限定職員	岩崎 敏則	
技 術 職 員	立木 瞳	~R5.3.31

情報セキュリティ対策グループ

(国立大学法人等情報化連絡協議会等の運営・連絡調整、情報セキュリティ・情報倫理に関する  
業務、情報学務情報部会等の運営・連絡調整業務)

グループ長	増渕 長興	
主 任	森谷 寛	
ス タ ッ プ	安澤 奈央	R4.10.1~
技術専門員	神野 文男	
技 術 職 員	森 健人	
技 術 職 員	桑名 亮一	

## 1-4 各種委員会メンバー一覧

★委員長

職名	氏名	運営委員会	認証基盤	ネットワーク	高性能AP	教育用AP	情報環境AP	グローバル資源	共同利用	広報
教授	伊東 利哉	★	○		○	○	○		○	○
教授	高橋 篤司	○	○	○	○	○	○		○	★
教授	青木 尊之	○			○			★	★	○
教授	杉野 暢彦	○	★	○	○	○	○			
教授	友石 正彦	○	○	★	○	○	○			
教授	西崎 真也	○	○	○		★	★			○
教授	遠藤 敏夫	○		○	★			○	○	○
教授	松浦 知史	○	○	○						
教授	横田 理央	○			○			○	○	
准教授	北口 善明	○		○						
准教授	大西 領	○							○	
准教授	坂本 龍一	○			○				○	
マネジメント准教授	渡邊 寿雄	○			○				○	○
マネジメント准教授	金 勇	○		○						
マネジメント准教授	野村 哲弘	○			○				○	○
教授	二宮 祥一	○								
教授	市瀬 龍太郎	○								
教授	吉本 護	○			○					
教授	小林 隆志	○								
教授	伊藤 武彦	○								
教授	Cross Jeffrey Scott	○								
准教授	山岸 侯彦	○								
准教授	船越 孝太郎	○								
准教授	鎌田 慶吾	○								
教授	森 雅生	○								
教授	間中 孝彰	○						○		
副学長	伊東 利哉	○								
副学長	湯浅 英哉	○								
教授	山田 明	○								
教授	中川 茂樹	○								
副学長	神田 学	○								
事務局長	湊屋 治夫	○								
助教	石井 将大			○						
教授	谷津 陽一		○							
教授	齊藤 晋								○	
准教授	植草 秀裕			○		○				
准教授	古賀 昌久				○					
助教	岡元 太郎				○					
教授	天谷 賢治					○				
教授	店橋 護								○	
教授	肖 鋒				○					
教授	山口 雅浩		○	○						
教授	尾形 わかよ			○			○			
教授	山岡 克式			○						
教授	一色 剛		○	○						
准教授	原 精一郎					○				
准教授	渡辺 正裕		○							
准教授	篠崎 隆宏				○					
准教授	古屋 秀峰				○					
教授	山村 雅幸			○						
教授	徳永 健伸			○						
教授	篠田 浩一				○					
教授	榎藤 克彦					○				
教授	渡部 卓雄		○			○	○			
准教授	石田 貴士				○					
准教授	小野 功				○					
准教授	脇田 建			○						
准教授	鹿島 亮		○				○			
准教授	関嶋 政和					○		○		
講師	土岡 俊介				○					
教授	伊藤 武彦			○						
准教授	山田 拓司		○							
助教	門之園 哲哉				○					
教授	高田 潤一							○		
教授	山口 しのぶ							○		
准教授	山下 幸彦			○						
准教授	阿部 直也					○				
教授	室田 真男			○		○	○			
准教授	赤間 啓之					○				
教授	奥村 学			○						
准教授	今岡 享稔 (2022.6~)			○						
准教授	玄田 英典				○					
教諭	石川 幸治			○						
教授	竈 敏博								○	
教授	片桐 孝洋								○	
教授	建部 修見								○	
グループリーダー	上原 均								○	
課長	有山 弘行		○							

課長	梶田 直子		○							
グループ長	小野 忍						○			
グループ長	山本 英恭			○						
課長	茂出木 理子		○							
課長	風間 広幸		○							○

## 1-5 運営委員会開催状況

### ■2022年5月12日（木）Slack 審議・報告

#### <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変更について

#### <報告事項>

- ・ 東京工業大学情報ネットワーク運営規則一部改正について
- ・ 令和4年度 学術国際情報センター運営委員会及び各専門委員会の委員について

### ■2022年6月15日（水）Slack 審議

#### <審議事項>

- ・ 部局間協定（MOU）の延長について

### ■2022年7月25日（月）Slack 報告

#### <報告事項>

- ・ 学術国際情報センター先端研究部門高性能計算先端応用分野教授選考委員会設置報告について
- ・ 学術国際情報センター情報支援部門情報セキュリティ分野教授選考委員会設置報告について
- ・ 学術国際情報センター情報支援部門認証・ネットワーク分野マネジメント准教授 選考委員会設置報告

### ■2022年9月8日（木）Slack 審議

#### <審議事項>

- ・ 学術国際情報センター先端研究部門高性能計算先端応用分野特任教員選考委員会設置について

### ■2022年10月25日（火）Slack 審議・報告

#### <審議事項>

- ・ 学術国際情報センター大規模データ情報処理分野特任教員選考委員会設置について

#### <報告事項>

- ・ テニユア中間審査委員会設置報告

■2022年11月21日（月）Zoom開催

<審議事項>

- ・ 大規模データ情報処理分野特任准教授選考結果について（特 R4-80）

<報告事項>

- ・ 先端研究部門高性能計算先端応用分野教授選考結果報告（R4-72）
- ・ 情報支援部門情報セキュリティ分野教授選考結果報告（R4-73）

■2023年1月4日（水）Zoom開催

<審議事項>

- ・ 先端研究部門高性能計算先端応用分野特任講師選考結果について（特 R4-47）
- ・ 準客員若手研究員の受入について

<報告事項>

- ・ 情報支援部門認証・ネットワーク分野マネジメント准教授選考結果報告（マ R4-1）
- ・ テニユア中間審査結果報告

■2023年1月25日（水）Slack 審議

<審議事項>

- ・ 情報基盤活用分野 特任准教授選考委員会設置について

■2023年2月27日（月）Slack 審議・報告

<審議事項>

- ・ 東京工業大学特別研究員の称号付与について

<報告事項>

- ・ テニユア（本）審査委員会設置報告

■2023年3月7日（火）Zoom開催

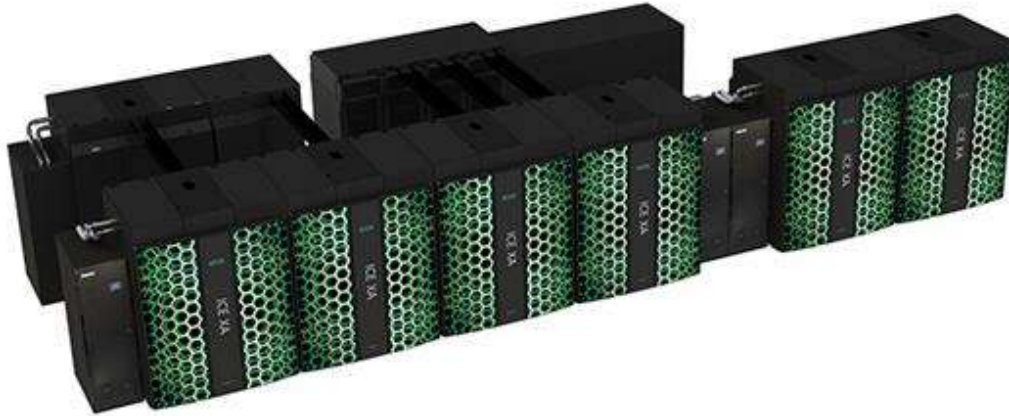
<審議事項>

- ・ 情報基盤活用分野 特任准教授選考結果報告について（特 R4-137）

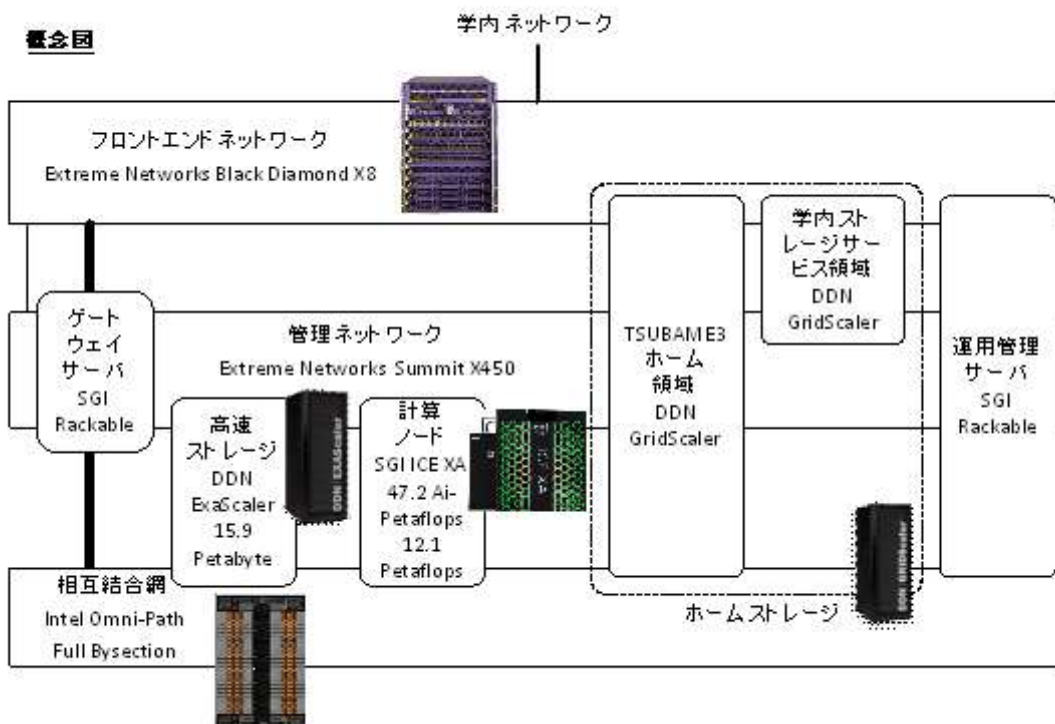
## 2. 情報基盤サービス

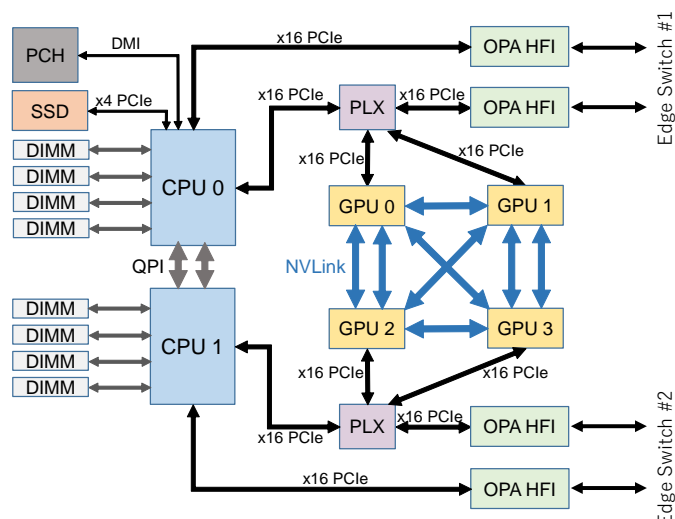
### 2-1 スーパーコンピュータシステム

#### 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。

## ○演算ノード：HPE ICE XA

### 【ハードウェア構成】

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 Socket
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)
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

#### ◎2022 年度計算機利用料収入内訳(単位：円)

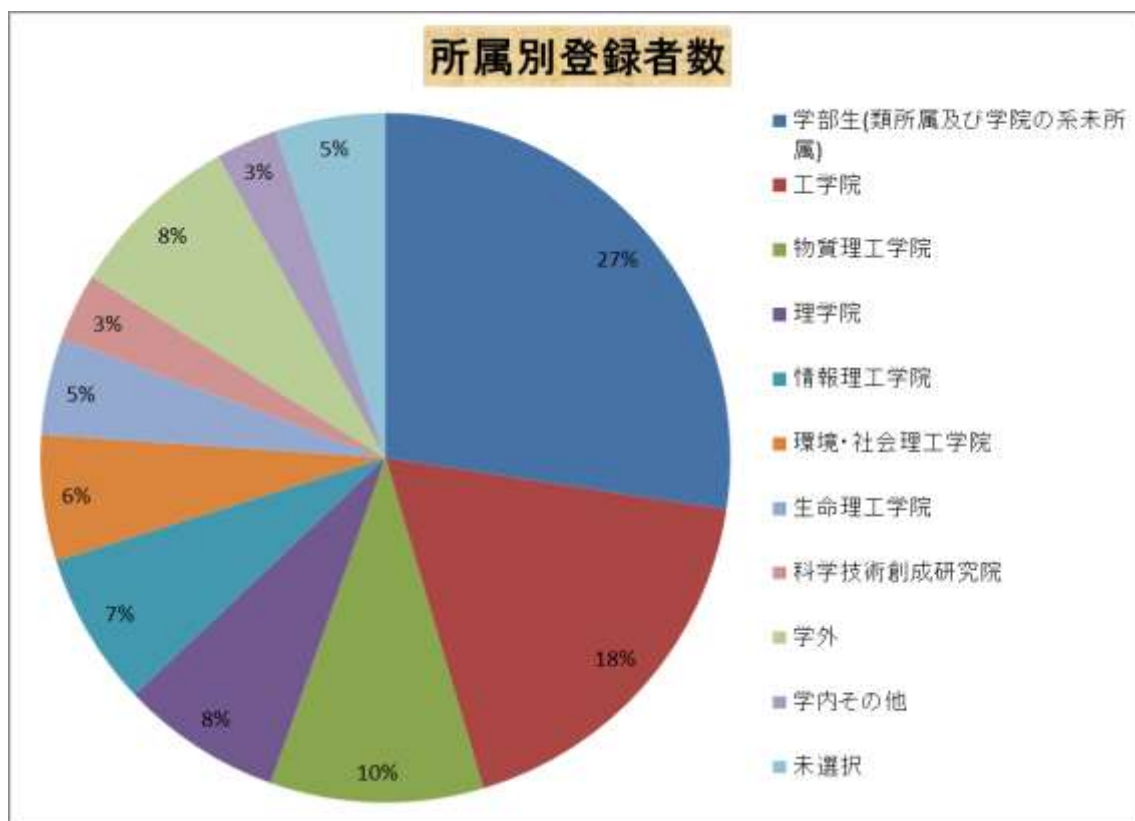
総収入		212,793,582
学内		98,195,000
学外	国立大学／大学共同利用機関	6,490,000
	公立大学	4,620,000
	私立大学	5,610,000
	他省庁	110,000
	独立行政法人	9,570,000
	民間	88,198,582

#### ◎利用者登録状況(単位：人)

2022 年									2023 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
4868	4870	4950	4867	4886	4946	4959	5024	5123	5162	5169	5190



◎所属別登録状況



◎システム利用状況 (ユニークユーザ数)

月	ログインノード	Web サービス (Jupyter Lab)	Web サービス (Code Server)	Web サービス (noVNC)	何れかを利用
2022/04	672	32	7	9	680
2022/05	455	25	7	0	465
2022/06	568	42	8	3	592
2022/07	493	11	4	3	497
2022/08	447	10	4	3	450
2022/09	457	15	4	1	464
2022/10	579	37	5	43	619
2022/11	549	21	10	38	521
2022/12	517	11	7	15	535
2023/01	527	14	6	6	535
2023/02	487	11	5	3	497
2023/03	480	13	4	2	489
2022年 度	1,370	157	34	52	1,404

月	f_node		h_node		q_node	
	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)
2022/04	12,261	213,783	4,575	5,983	26,872	132,183
2022/05	18,275	222,606	8,465	9,231	66,518	180,189
2022/06	16,008	235,666	22,036	14,469	104,909	181,120
2022/07	20,674	213,135	29,982	19,838	46,066	163,102
2022/08	13,963	126,452	8,236	18,638	82,527	65,221
2022/09	20,331	181,436	34,712	13,808	120,161	140,181
2022/10	21,218	217,829	9,969	30,407	136,398	155,413
2022/11	18,743	252,279	12,395	19,168	124,854	77,922
2022/12	14,851	272,703	17,655	19,235	163,336	53,447
2023/01	20,072	260,949	7,364	14,370	116,330	100,791
2023/02	21,073	256,301	10,270	20,072	73,806	110,888
2023/03	22,356	271,176	8,913	13,778	63,226	86,049
合計	219,825	2,724,315	174,572	198,998	1,125,003	1,446,505

月	q_core		s_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)
2022/04	635	8,647	32,146	24,580	2,432	19,028
2022/05	1,313	7,094	25,484	33,166	16,276	19,951
2022/06	3,684	5,907	44,896	48,657	4,279	8,935
2022/07	2,861	16,569	41,798	23,288	2,794	19,849
2022/08	5,306	7,326	7,920	10,855	1,555	14,771
2022/09	5,258	11,062	18,642	30,022	2,765	18,172
2022/10	2,876	18,761	18,961	69,183	3,588	19,358
2022/11	2,308	17,260	26,921	81,633	9,629	41,544
2022/12	10,264	3,929	45,100	94,459	4,815	26,294
2023/01	2,166	31,711	6,254	78,196	2,675	27,806
2023/02	2,594	4,072	26,385	23,128	11,783	13,745
2023/03	2,850	5,966	14,232	14,537	4,008	33,688
合計	42,115	138,304	308,739	531,704	66,599	263,142

◎予約キュー

月	予約件数	利用グループ数 (ユニーク)	ノード・時間積 (hour)
2022/04	72	10	11,356
2022/05	94	18	8,411
2022/06	93	16	11,038
2022/07	51	12	8,996
2022/08	44	10	5,927
2022/09	98	9	29,629
2022/10	120	16	9,265
2022/11	147	18	22,869
2022/12	244	20	43,487
2023/01	261	27	48,186
2023/02	192	18	34,219
2023/03	454	25	57,083
合計	1,870	63	290,466

◎システム障害件数

	2022年									2023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	
ソフト ウェア	1	3	9	1	3	0	1	4	1	4	2	1	30
ハード ウェア	7	2	8	2	2	6	7	5	3	3	5	6	56
月小計	8	5	17	3	5	6	8	9	4	7	7	7	86

◎運用実績

月／日	
2022/4/6	2022年度運用開始
2022/8/10 9:00 - 8/17 17:00	全学停電のためサービス停止
2022/11/29 9:00 - 12/5 17:00	冷却系のメンテナンスによるサービス停止
2022/12/28 17:00 - 2023/1/4 9:00	年末年始のため復旧・サポート業務停止
2023/3/29 9:00	2022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
H	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

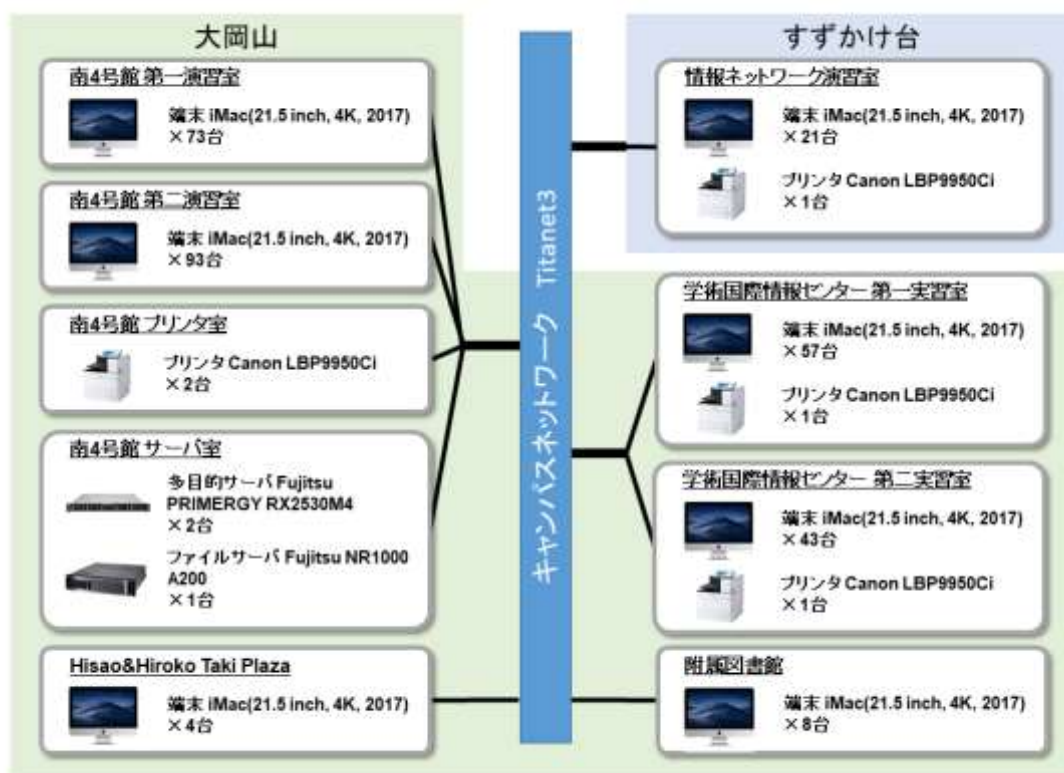
### 2-2-1 概要

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。

### 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 iMac Retina 4K, 21.5 インチ, 2017	学術国際情報センター3 階実習室	100 台
	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

カラーレーザープリンタ Canon LBP9950Ci	学術国際情報センター3 階実習室	2 台
	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。

2022 年度においても 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

本学の COVID-19 対応方針により、2022 年度の第 1、2 クォータは一部の科目で対面授業の実施が認められ、第 3 クォータからはほぼ対面授業となった。情報基礎科目（情報リテラシ、コンピュータサイエンス）は第 3 クォータから対面授業となった。

1 つの授業を 1 クォータで週 2 回実施するものや、2 クォータに渡り週 1 回実施するものなど利用パターンが異なるため、授業コマ数については実際に教室を利用したものを数えている。第 3 クォータ以降、授業による利用率はコロナ禍以前の 2019 年度の約 8 割まで回復した。

### ◎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	-	-			
コンピュータサイエンス				6	1
その他	2	3	0	1	1

#### 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	-	-			
コンピュータサイエンス				1	0
その他	3	1	0	1	2

#### 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	-	-			
コンピュータサイエンス				6	6
その他	3	3	0	3	6

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	-	-			
コンピュータサイエンス				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	-	-			
コンピュータサイエンス				0	0
その他	0	0	0	0	0



◎ログイン回数

	大岡山				すずかけ 台 演習室	学内設置		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		大岡山 図書館	Taki Plaza		
2022年 4月	248	75	33	188	56	48	33	681	286
2022年 5月	319	91	104	334	27	71	33	979	362
2022年 6月	229	60	67	311	22	23	34	746	258
2022年 7月	300	29	77	397	22	27	35	887	255
2022年 8月	84	57	126	38	19	4	26	354	165
2022年 9月	43	62	28	24	23	11	17	208	82
2022年 10月	271	185	2,017	2,749	43	35	69	5,369	1,262
2022年 11月	184	160	1,275	1,746	53	126	157	3,701	1,128
2022年 12月	327	51	1,041	1,406	35	49	81	2,990	1,031
2023年 1月	227	116	700	1,067	56	33	88	2,287	813
2023年 2月	60	50	240	288	69	35	61	803	552
2023年 3月	25	17	57	63	40	12	36	250	112
合計	2,317	953	5,765	8,611	465	474	670	19,255	2,502

◎プリンタ利用状況

プリンタ毎の印刷枚数(単位：枚)

月		南4号館		GSIC		すずかけ台	計	合計
		pr1	pr2	pr3	pr4	pr5		
2022年	モノクロ	236	387	143	174	106	1,046	1,613
4月	カラー	106	345	0	91	25	567	
2022年	モノクロ	249	717	126	403	89	1,584	2,141
5月	カラー	18	421	11	62	45	557	
2022年	モノクロ	233	597	99	540	245	1,714	2,497
6月	カラー	143	451	109	42	38	783	
2022年	モノクロ	505	112	53	110	30	810	1,242
7月	カラー	103	160	110	28	31	432	
2022年	モノクロ	85	237	67	81	5	475	1,115
8月	カラー	181	84	181	187	7	640	
2022年	モノクロ	0	221	66	4	18	309	443
9月	カラー	0	75	31	9	19	134	
2022年	モノクロ	503	375	5	42	4	929	2,006
10月	カラー	438	306	74	258	1	1,077	
2022年	モノクロ	215	291	65	101	43	715	1,972
11月	カラー	485	355	91	325	1	1,257	
2022年	モノクロ	360	310	133	312	12	1,127	2,273
12月	カラー	351	598	39	127	31	1,146	
2023年	モノクロ	69	427	307	160	162	1,125	1,871
1月	カラー	52	392	142	133	27	746	
2023年	モノクロ	493	400	87	27	204	1,211	2,134
2月	カラー	184	273	29	52	385	923	
2023年	モノクロ	332	397	12	23	45	809	1,657
3月	カラー	151	618	48	15	16	848	
合計	モノクロ	3,280	4,471	1,163	1,977	963	11,854	20,964
	カラー	2,212	4,078	865	1,329	626	9,110	

プリンタ利用者数(単位：人)

月	印刷ユーザ数
2022年4月	55
2022年5月	62
2022年6月	80
2022年7月	45
2022年8月	41
2022年9月	21
2022年10月	75
2022年11月	84
2022年12月	73
2023年1月	73
2023年2月	71
2023年3月	55
合計	735
年間ユニーク数	401

## 2-3 ホスティングサービス

TSUBAME2.5 の運用終了に伴い、ホスティングサービスは TSUBAME から独立し、GSIC ホスティングと形を変え平成 30 年度より運用を開始した。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 2022 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
8. フロンティア材料研究所 WEB サーバ
9. TAIST-Tokyo Tech
10. 東工大大学情報データベース
11. 生命理工学研究科 LAN 運営委員会
12. 国際開発工学専攻 web サーバ
13. 先導原子力研究所 Web システム
14. 施設運営部建物情報管理システム
15. STAR Search
16. 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
★17. 授業評価アンケートシステム [2023 年 3 月廃止]
18. 多言語対応日本語読解学習支援システムあすなる
19. 東工大元素戦力拠点
20. 研究企画課グループウェア導入
21. 地球生命研究所 Web サーバ
22. 情報セキュリティ監査・危機管理専門委員会
23. 認証基盤システム担当
24. 教育システム
★25. CAMPAS Asia Research Review [2023 年 3 月廃止]
26. オンライン教育プロジェクト
27. 研究者情報管理システム
★28. 社会人教育院講座支援システム [2023 年 3 月廃止]
29. 情報活用 IR 室
30. 東京工業大学リサーチリポジトリ (T2R2)
31. 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
★32. 『以心電心』ハピネス共創研究推進機構 [2023 年 3 月廃止]
33. 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

★34. 機械系 SolidWorks ライセンス管理 <b>【2023年3月廃止】</b>
35. 融合理工学系 Web サーバ
36. 日本語教育情報管理システム
37. TokyoTech CollaboMaker
★38. 中期目標・中期計画 進捗管理システム <b>【2023年3月廃止】</b>
39. T2Report
40. 広報・地域連携部門ウェブサイト管理システム
41. 研究専念日システム構築プロジェクト
42. 外部資金情報共有・配信システム「SHIORI」
43. OFC 統合システム委員会
44. ライフサイエンス研究管理システム
45. DX 推進事業
46. 附属科学技術高校外部サーバ化プロジェクト
47. DX 運用管理
48. 実験廃液・廃棄物処理申請システム
☆49. 集積 Green-niX 研究・人材育成拠点 文書管理システム <b>【2023年3月新規】</b>

## 2-4 ネットワークシステム

### 2-4-1 有線ネットワーク (Titanet4)

一昨年度から実施していたキャンパスネットワークの更新作業が、年度初めには無事終了し、夏までに旧キャンパスネットワーク機器の回収を行うとともに、新キャンパスネットワーク (Titanet4/TN4) の安定化作業を、年度を通じて行った。

Titanet4 では、冗長性と帯域増を両立させるマルチシャーシリンクアグリゲーションをキャンパス内2 コア-建物エッジ間、キャンパス間2 コア-2 コア間等に新ネットワークの目玉の機能として導入し、平常時は2 回線分の帯域が利用可能となるとともに、一方の機器が故障したときには、故障していない機器との間で通信を維持する機能となっている。この機能は、冗長化している2 台のコアが情報交換を行うことで、対向機器からは1 台に見えるようにふるまうことでリンクアグリゲーションの拡張となるよう実現されている。

しかし、Titanet4 導入時から、週末の昼にだけ2 回から3 回、この1 台に見える機能が不調となることがあり、対策にかなりの時間を要したが、パラメータ等の調整を秋まで続けることで、現在は安定して上記メリットを得られるようになった。

建物エッジスイッチを経由しないキャンパス内の高速接続について、1 回線で40 ギガ占有できるサービスを準備していたが、調達機器が100 ギガにも対応可能な機器であったため、この機器に光コネクタなどを増強し、100 ギガでも行える準備を開始した。昨年度末に対外接続が SINET6 に強化されたおりに、大岡山キャンパスに続き、すずかけ台キャンパスも100 ギガでの接続となっており、どちらのキャンパスにおいても、プロジェクト先の特定のサーバとの通信などセキュリティ機器のバイパスが可能である通信については、100 ギガ接続を SINET 内の学外拠点にまで延長可能となる。

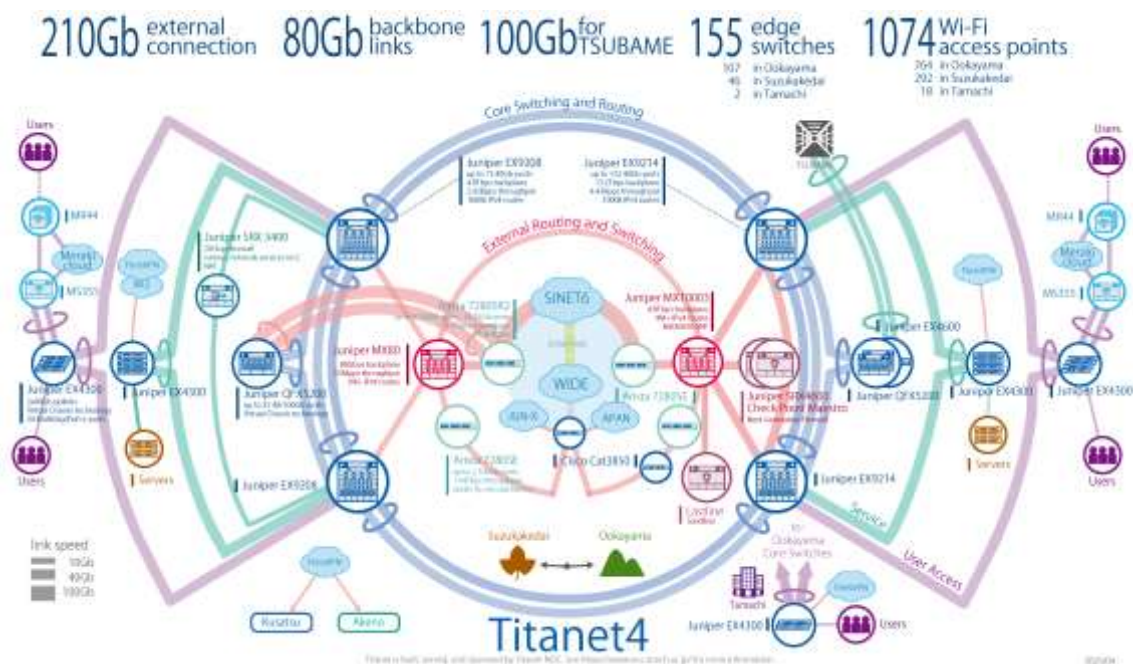
支線への接続についても、建物エッジに導入された機器の10 ギガ接続可能ポートについてサービスを開始した。上流の接続は40 ギガ x2 であり、また、全ポート10 ギガ対応ではないが、スーパーコンピュータや大学内別拠点にあるサーバとの通信は高速化が可能となった。対外接続については、セキュリティ機器の帯域に限界があるため、10 ギガであってもメリットはほぼない。

昨年度末、すずかけ台キャンパスに導入された SINET100 ギガ回線について、キャンパス内へのプロジェクト回線としての100 ギガ引き込みに続き、インターネットへの接続も開始した。インターネット接続については経路制御と安全性確保が必要となるため、旧キャンパスネットワークで利用していた機器を再利用し配備を行った。ルーター、セキュリティ機器とも旧世代のものとなるため、帯域性能などは現行機器やピークでの利用状況に対して、かなり劣るが、非常時の本学の最低限のインターネット接続となる。また、それら機器の増強についても、上申中である。 WIDE・APAN 用回線と合わせて、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、移行期間中は、新規調達機器を新旧ネットワークに分散配備して、利用者が新旧ネットワーク移行の前後双方において新規機器の高性能メリットを享受できる形で配備していたが、支線の移行終了に伴い、それらを調達時の設計である冗長構成に再構成し、安

定性を強化する形で現在に至っている。また、ロードバランサ、ウェブアプリケーションファイヤウォールの更新作業も終了した。これらの機器の機能をさらに活用し、全学に向けての NAT,VPN などのサービスの構築を現在行っている。

上記ハードウェア面の更新、強化作業に加え、昨年度から継続して、ネットワーク機器の運用管理の見える化、半自動化を進めている。具体的には NetBox というオープンソースの IPAM/DCIM システムを構成情報管理のデータベースとして採用し、機器の設定内容をそこに保持・整理・検査するとともに、そのデータを ansible というオープンソースの構成自動化ツールを用いて機器の設定に反映し、いわゆるヒューマンエラーのうち、設定時のものと設定が古くなることで起こるものについて軽減を図っている。利用しているすべての設定の入力や均一化による全機器の自動化は、一斉に行うには困難があったため、手順を随時検討し、例外的設定が必要不可欠もの以外について調整の上、年度中にはほぼ移行を終了した。現在例外設定についても一般化し、NetBox での管理に移行を進めている。これにより、一部設定の反映は、エンジニア以外のメンバーによっても実施されている。



Titanet4の構成

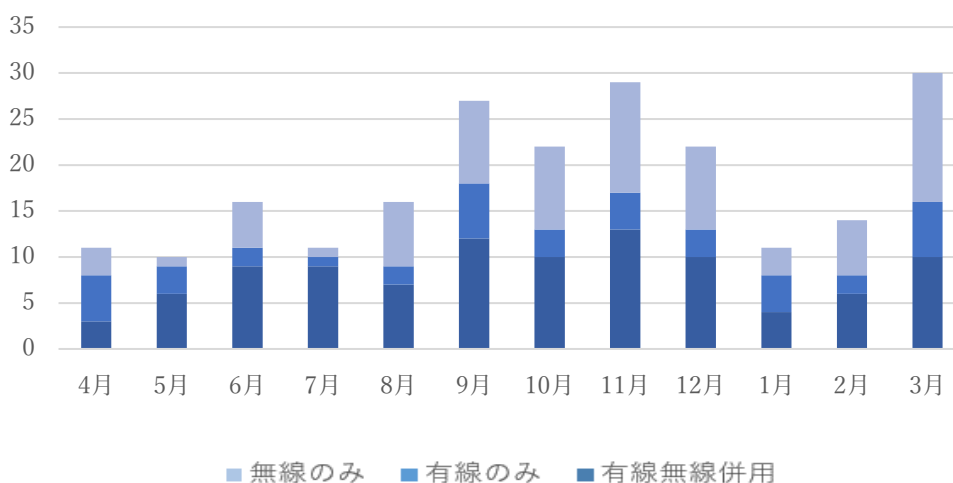
## 2-4-2 無線ネットワーク (Titanet4 wireless)

昨年度末までに更新を終了した新キャンパス無線 LAN(Titanet4 Wireless/TN4W)について、安定化作業を継続するとともに、アクセスポイントの増強施策の再開を行った。これにより、本年度中もアクセスポイントは増加し続け、現在 1074 台となっている。機器のファームウェア/OS の更新がクラウドコンソールからスケジュールできるようになったため、週末深夜などの時間を利用して、これまでよりも頻繁に最新のソフトウェアの適用を行っている。また、同様にクラウドコンソールの機能により、利用状況に加え、電波状況などの確認・サーベイがしやすくなっており、将来はより最適なアクセスポイントなどの再配置に利用する計画であるが、本年度は、5Ghz 帯においてレーダーの影響でチャンネルが切りかわる、いわゆる DFS の問題に対処し、頻繁に影響があるアクセスポイントについて、一部のチャンネルの利用を停止した。この症状は、高層の建物の高層階に多く見られることも、クラウドコンソールから確認されている。

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。キャンパス無線 LAN TokyoTech は、本学構成員を対象としたサービスであり、ゲスト用の無線 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）のサービスも、同一システム上で提供されている。イベントネットワークの利用は、コロナ下において大きく減少していたが、昨年度、本年度とその終焉に向けて急速に増加した。本年度、繁忙期には SSID、イベント用ネットワークレンジが足りなくなったため、新システムの機能等を利用したサービスを一部提供した。

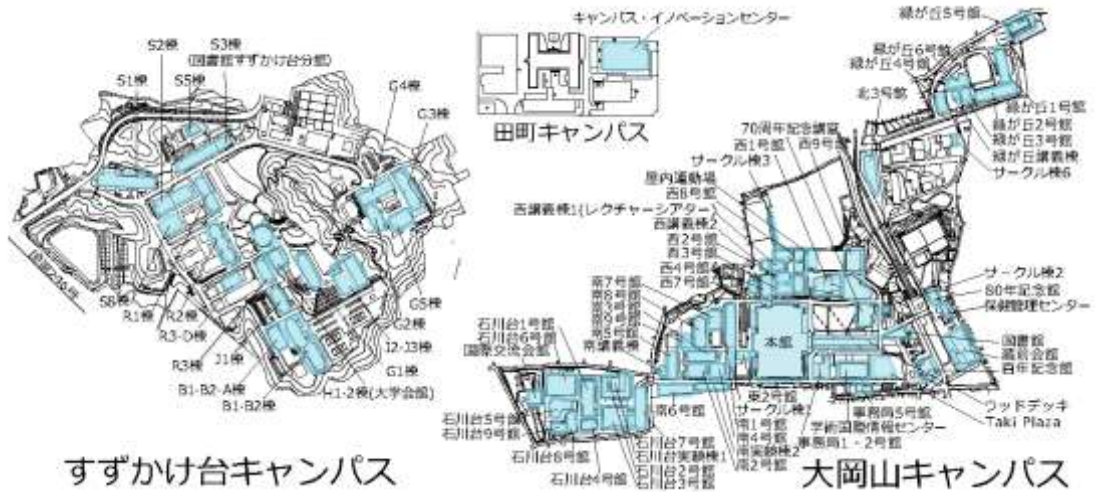
昨年度から継続して、利便性向上のための新認証方式の導入を計画している。また、昨年度に引き続き、細部を積み残した配線、配置への対応を継続して行った。

TN4W のシステムは、サブスクリプションによる利用となっており、導入から 7 年後に、その更新について検討する必要がある。このとき、利用者への負担が検討される可能性があるため、その旨の周知も開始している。



2022 年度 イベント用ネットワークの利用状況





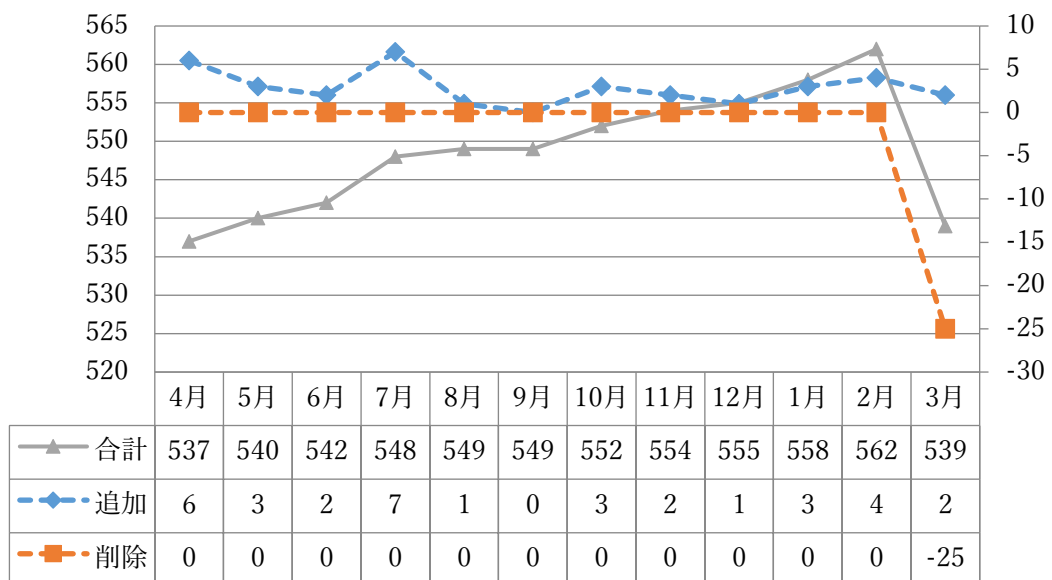
無線ネットワーク利用可能エリア

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)

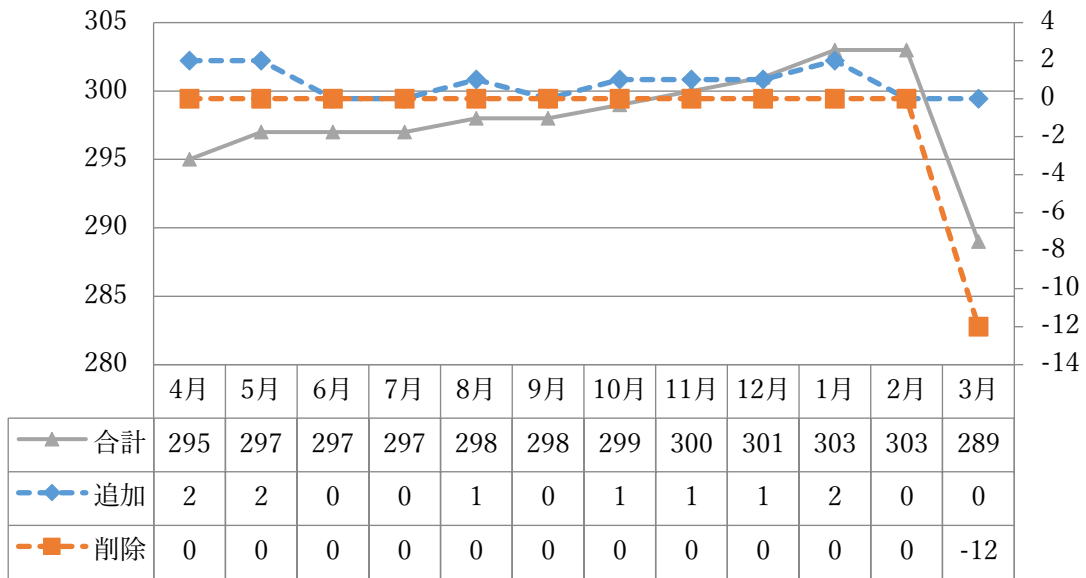
WWW サーバ代行サービスでは、サーバ証明書の利用を可能としており、本年度も多くの利用があった。証明書は1年に一回更新する必要があり、本サービスでは、本センターがこれを行っている。

また、本年度は、昨年度調達しテストしていたウェブアプリケーションファイアウォールをサービス投入した。

利用者の増加、利用アプリケーションの変化などにより、年度途中まで、特に古いWWW 代行サーバにおいて、動作が不安定なることが複数回発生したため、新規サーバを増設し、利用者の移行を進めている。全利用者の移行が終了には至っていないが、負荷の分散により、現在は古いサーバも含めて小康状態を維持している。



WWW サーバ代行サービス利用件数の状況



DNS サーバ代行サービス利用件数の状況

#### 2-4-4 その他

東京医科歯科大学との統合が決定したため、ネットワークについても統合に向けて、また、上位のサービス、利用者の統合に向けた活動を支えるため、協議を行っている。物理リソースレベルに加え、IP アドレスレベル、セキュリティポリシー、運用チームの体制など、多くの違いがあり、随時、項目出しから始まり、落としどころ、新規サービスの実現など、すり合わせを行っている。両大学のキャンパスは物理的に離れた位置にあるため、統合の基礎・基盤としてネットワークは必要不可欠であり、これまで以上に基盤の基盤としての役割を果たしていく必要がある。

ネットワーク機器、アプライアンス、サーバ群の稼働率

Core	
<b>Border Switch</b>	
bosw-gsic	100
bosw-gsic2	100
bosw-gsic3	100
bosw-s7	100
bosw-s7ii	97.76
bosw-s7iii	97.69
bosw-kobe	99.96
<b>Border Routers</b>	
border-gsic	100
border-s1	100
border-s7	100
core-gsic	100
core-honkan	100
core-s1	100
core-s7	100
<b>WDM</b>	
adva-os1	100
adva-os2	100
adva-so1	100
adva-so2	100
adva-ol1	100
adva-ol2	100
adva-to1	99.98
adva-to2	100
wdm-os1	100
wdm-os2	100
wdm-so1	100
wdm-so2	100
wdm-ks1	99.96
wdm-sk1	100
<b>VPN Router</b>	
vpn-o	100
vpn-s	100
vpn-t	100

Edge-o			
gsic	100	nishi5	100
gsic-dc40	100	nishi6	100
2200	100	nishiko1	100
midori1	100	nishiko2	100
midori2	100	nishi7	99.97
midori3	100	nishi8w	100
midori4	100	nishi8e	100
midori5	100	nishi9	100
midori6	100	minami1	100
kita2	100	minami2	100
kita3	100	minami3	100
80nen	100	minami4	100
gsic-noc	100	minami4-2	100
hokekan	100	minami5	100
ttl	100	minami6	100
100nen	100	minami7	100
tasha	100	minami8	100
gsic-cc	100	minami9	100
gsic-cc2	100	minamiji1	100
gsic-cert	100	minamiji2	100
gsic-jimu	100	ishikawa1	100
honkan	100	ishikawa2	100
honkanw	99.86	ishikawa3	100
honkane	99.86	ishikawa4	100
honkanc	99.86	ishikawa5	100
test-j	99.83	ishikawa6	100
honkans	99.86	ishikawa7	100
honkanko	99.86	ishikawa8	100
honkann	99.91	ishikawa9	100
higashi1	100	koryukaikan	99.95
higashi2	100	tsunachi	100
circle1	100	jimu1	100
teki	100	honkan-noc	100
kodo	100	tsukukan	100
nishi1	100	jimu5	100
nishi3	100	gsic-dc10	100
nishi4	100	kita7	100
circle3	100	kita8	100
		kita9	100
		gsic-flets	100
		minamiji3	99.99
		minamiji4	100
		minamiko	99.65
		midorika	100

Edge-s	
s1	100
s1-cc	100
s2i	100
s2ii	100
s3	100
s5	100
s7	100
g1	100
g2	100
g3	100
g4	100
g5	100
j1	100
j2	100
j3	100
s8	100
s7-noc	100
r1	100
r2	100
r3	100
r3d	100
s7-dc	100
b1	100
b2	100
b1b2a	100
h1h2	100
s4	100
s7-flets	100

Server	
<b>NTP</b>	
ntp0	100
ntp1	100
ntp2	100
<b>DHCP</b>	
dhcp-event	100
dhcp1	100
dhcp2	100
t2w-dhcp1	100
t2w-dhcp2	100
<b>EDROAM</b>	
edrm-dns1	100
edrm-dns2	100
<b>DNS</b>	
ns1	100
ns2	100
ns-o	100
ns-s	100
dns-a.net	100
dns-s.net	100
<b>Wireless</b>	
auth-s1	100
auth-e1	100
edu-radpri-a	100
edu-radpri-s	100
<b>New-Proxy</b>	
proxy	100
res-o1	99.99
res-o2	100
res-o3	100
res-s1	100
res-s2	99.98
res-s3	99.94
prx-s1	100
prx-s2	95.49
<b>ipam</b>	
netbox-test	100
netbox01	99.99
ansible	100
<b>NOCID</b>	
nid-mongo1	100
nid-radius1	100
t2nid	100

## 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。2022 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を図った。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 Twitter でも情報配信を行っている。2022 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。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 (<http://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。

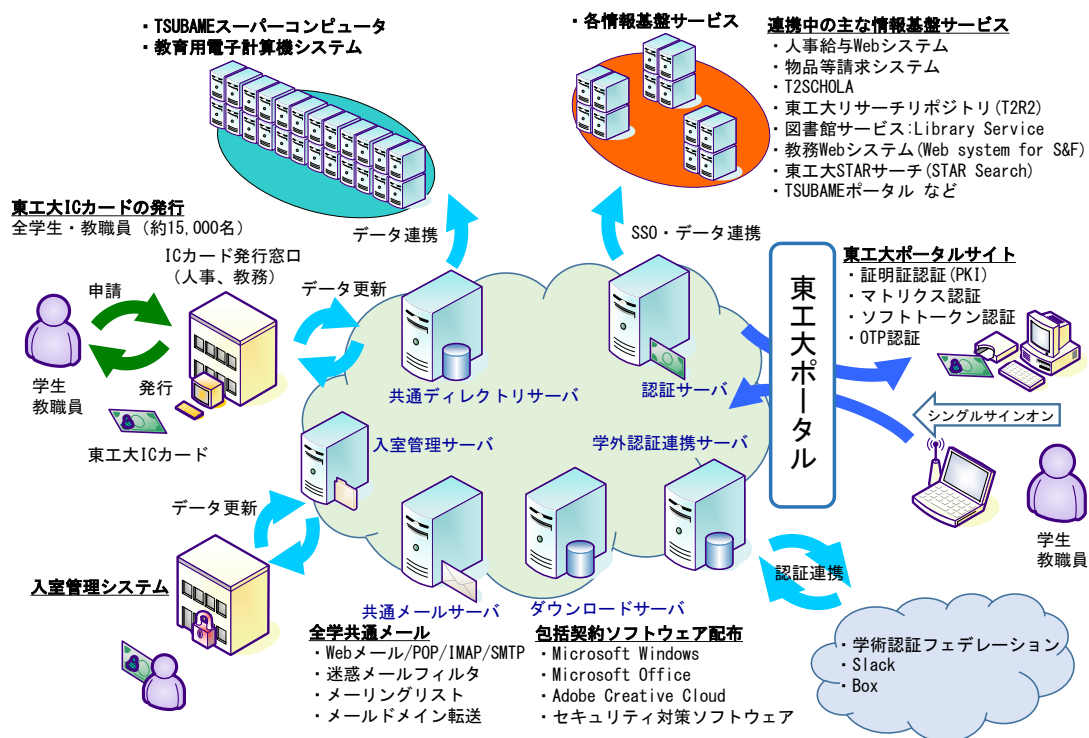
## セキュリティ教育教材を用いた啓発活動

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)
- ・TSUBAME 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)
- ・データ分析システム (DAS)
- ・東工大学修ポートフォリオ (TokyoTechPortfolio)
- ・T2Report
- ・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

### 2-6-3 実績

#### (1) 本年度トピックス

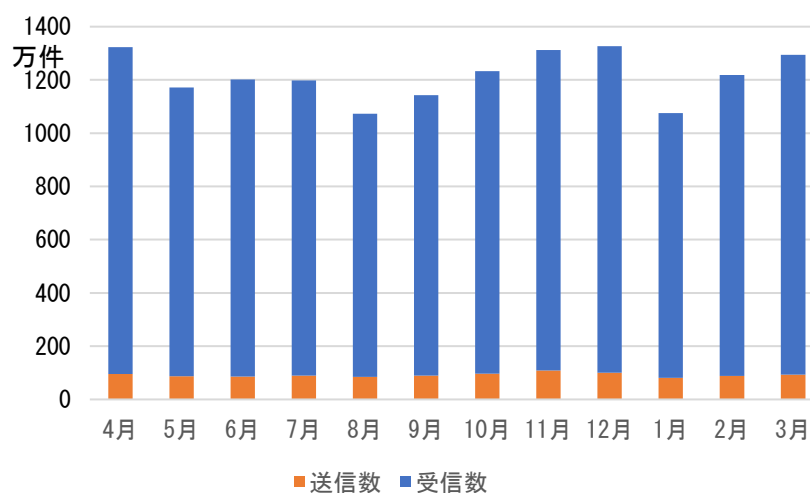
- 1) 証明書認証 macOS の Safari と Google Chrome に対応 (2022 年 5 月)
- 2) ソフトトークン認証 テスト公開 (2022 年 5 月)  
     〃                    正式公開 (2023 年 1 月)
- 3) 本年度ポータルと連携を開始した情報基盤サービス
  - ・ Slack ・ Box 利用同意 (2023 年 2 月)
  - ・ 大学院入学料及び授業料免除猶予システム (2023 年 3 月)
  - ・ 大学院入学手続きシステム (2023 年 3 月)

(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31日現在）

全学共通メールアカウント	15,303
(内訳) 常勤職員	1,750
非常勤職員	1,899
アクセスカード	459
学士課程学生	4,716
大学院学生（修士課程）	4,115
大学院学生（博士後期課程）	1,569
研究生等	536
非常勤講師	259

・共通メール送受信の推移（2022年4月1日～2023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

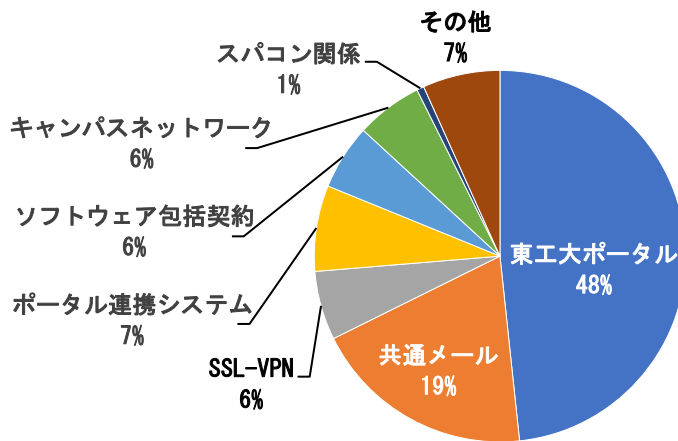
- ・電話：03-5734-3654 9:00～12:15、13:15～17:00（休日・祝祭日を除く）
- ・メール：helpdesk@gsic.titech.ac.jp

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。

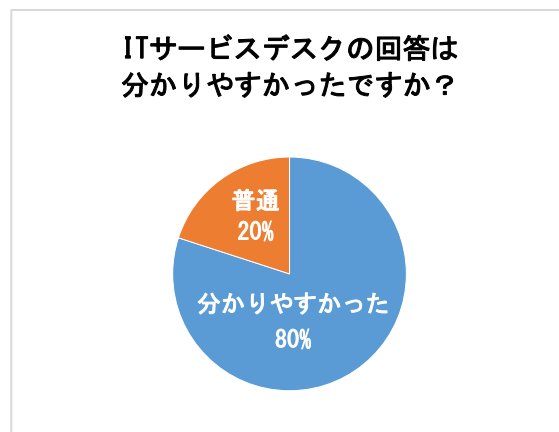
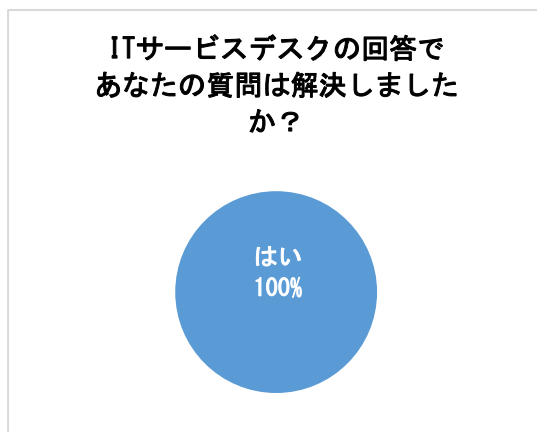
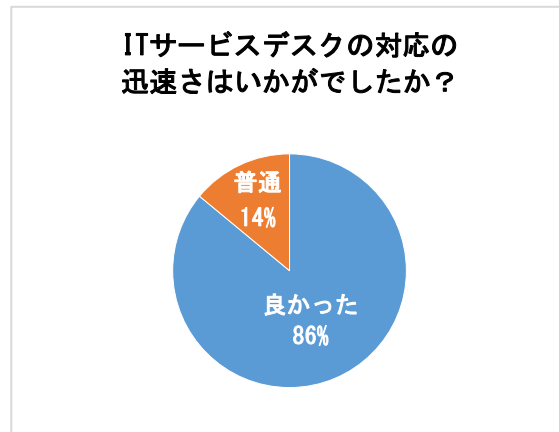
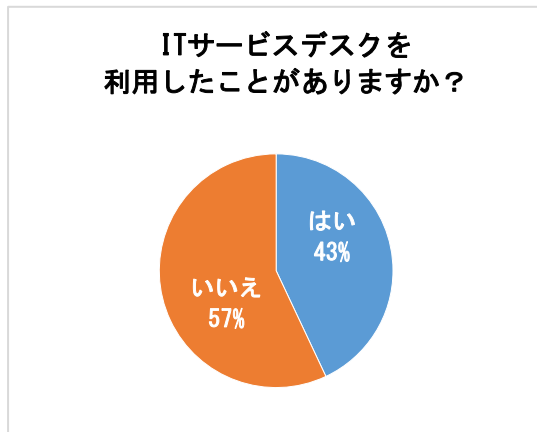
なお、グラフ中の「その他」は入館システムや eduroam などの問い合わせが含まれる。



## 問い合わせ別の件数比率



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 165 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 4 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。

昨年度からの運用の変更点は以下のとおりである。

- ・令和 5 年 1 月：Windows 8.1 Enterprise 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 Office 2019 for MAC
Microsoft 365 Apps for Enterprise		個人所有 PC のみ
Microsoft Windows Upgrade	Windows 11 Education Upgrade	
	Windows 10 Education Upgrade	
Sophos 社製セキュリティ対策ソフトウェア	Windows, Mac, Linux 版	Central Intercept X Advanced
Adobe	Windows, Mac 版	Adobe Creative Cloud 個人向けのコンプライートプラン相当（クラウド関連サービスを除く）
MathWorks	Windows, Mac, Linux 版	Campus Wide license (full 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

大学の物品及び (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 認証可) ⇒ パスコード取得

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 認証可) ⇒ 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/> へアクセスし、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 : 

<a href="https://www.office.com/">https://www.office.com/</a> へアクセスし、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 認証可)
------------------------------

 ⇒ 

インストーラをダウンロード
---------------

• 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

	2022									2023			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	
11/10	108	73	65	28	26	27	27	20	17	21	20	39	471
8.1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	-	-	2
計	108	73	66	28	26	28	27	20	17	21	20	39	473

Microsoft Office 2021 配布数

	2022									2023			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	
Win	275	113	110	93	79	71	112	91	82	89	93	155	1363
Mac	90	26	46	24	28	28	43	26	26	31	33	41	442
計	365	139	156	117	107	99	155	117	108	120	126	196	1805

Microsoft Office 2019 配布数

	2022									2023			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	
Win	149	112	92	61	28	54	46	52	33	24	40	55	746
Mac	75	19	17	12	14	6	9	8	13	12	9	18	212
計	224	131	109	73	42	60	55	60	46	36	49	73	958

Sophos Central Intercept X Advanced (Windows 版) 配布数

	2022									2023			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	
学内PC	248	146	121	61	99	122	142	105	103	90	107	165	1509
個人PC	306	59	31	35	15	35	54	26	27	24	20	20	652
計	554	205	152	96	114	157	196	131	130	114	127	185	2161

Sophos Central Intercept X Advanced (Mac 版) 配布数

	2022									2023			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	
学内PC	149	43	44	40	33	35	42	32	25	44	19	43	549
個人PC	119	21	16	17	5	13	89	18	6	4	14	3	325
計	268	64	60	57	38	48	131	50	31	48	33	46	874

Sophos Central Intercept X Advanced (Linux 版) 配布数

	2022									2023			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	
学内PC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Adobe 共有デバイスライセンス (SDL) 配布数

	2022									2023			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	
Win	403	133	108	131	92	65	157	75	57	67	75	149	1512
Mac	130	49	70	53	30	31	51	48	24	49	52	45	632
計	533	182	178	184	122	96	208	123	81	116	127	194	2144

・ MATLAB 配布数

2023.03 末の登録人数 : 3759、インストール台数 : 2846

・ Microsoft 365 Apps for Enterprise (旧称 Office 365 ProPlus) 配布数

2022.03 末の登録数

Windows: 9648, Mac : 4383, Android : 334, iOS : 3039, Windows Mobile: 51

## 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  
 コンピュータシステム担当 根本 忍  
 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）。

表1 TSUBAME3.0における共同利用サービス一覧

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]	
学術利用	他大学 または 研究機 関等	HPCI	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	
		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	
		TSUBAME 共同利用 (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	
産業利用	民間企 業	HPCI	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
		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 共同利用 (産業)	随時 募集	東京工業大学 学術国際情報センター	公開 非公開	110,000 円 330,000 円	

[1] 1Unit は 1,000 ノード時間相当。

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（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

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。



図1 JHPCNの構成拠点

### 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。

計算機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、採択課題の一部は課題実施時にも HPCI システムの一部（HPCI-JHPCN システム）を利用した。令和4年度の共同研究課題の公募は令和3年12月9日から令和4年1月6日まで行われ、共同研究課題審査委員会（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68件中63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4年度 共同研究日程

令和3年12月9日（木）	課題応募受付開始
令和4年1月6日（木）	課題応募受付締切
令和4年3月中旬	採択結果通知
令和4年4月1日（金）	共同研究開始
令和4年7月7日（木）・8日（金）	JHPCN 第14回シンポジウム
令和5年3月31日（金）	共同研究期間終了
令和5年7月上旬	JHPCN 第15回シンポジウム

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
採択課題	44	34	35	39	46	52	58	52	49	63
うち HPCI-JHPCN 課題	31	22	27	17	25	30	36	51	48	63
うち東工大利用課題	11	10	10	12	11	16	14	8	7	6
応募課題	55	53	51	47	52	70	66	65	56	68
採択率(%)	80.0	64.2	68.6	83.0	88.5	74.3	87.9	80.0	87.5	92.6

### 国際共同研究、企業共同研究、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 4 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 4 年度は採択課題 2 件のうち 1 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「2-11 TSUBAME 公募型共同利用支援制度」の章にて説明している。

### 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

表 3 令和 4 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ィアセンター	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)

令和 3 年度は新型コロナウイルス感染拡大に伴ってオンライン開催となったが、令和 4 年度はハイブリッド開催となった。また例年はシングルセッションだったが、採択課題数の増加に対応するため、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 年度に実施されたすべての共同研究課題 48 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4年度採択課題63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。また自然言語処理、機械学習の分野において一線で活躍されている Rui Zhang 博士 (Penn State University) 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3期拠点活動の認定とネットワーク型の機能強化**

令和4年度は第2期共同利用・共同研究拠点の最終年度にあたり、令和2年度後半より次期拠点認定申請を兼ねた期末評価へ対応する拠点期末評価WGを立ち上げて対応を行った。令和3年2月末に提出した評価調書は文部科学省の「共同利用・共同研究拠点及び国際共同利用・共同研究拠点に関する作業部会」によって評価が行われ、本ネットワーク型拠点は第2期期末評価としてA評価を受けるとともに、

令和4年度から第3期共同利用・共同研究拠点が開始され、JHPCNも引き続きネットワーク型の共同利用・共同研究拠点の認定を受けた。一方、ネットワーク型拠点としての機能強化のために制度変更が行われ、これまでは複数拠点でまとめて1つの拠点認定を受けていたが、第3期からはネットワーク型を構成する個々の拠点が単独型としての認定基準を満たしたうえで共通の課題等に関する共同利用・共同研究を一体的に推進することとなった。これに伴い、第2期までは中核拠点である東京大学 情報基盤センターへ一括してJHPCN予算が措置されていたが、第3期からは各構成拠点に個別に予算措置されることになり、拠点全体としては大幅な予算増額となった。各拠点のJHPCN予算には人件費も配分されており、JHPCN運用のための人員を雇用することも可能となった。

### **ネットワーク型拠点としての活動：mdxの利用規約改訂と有償での本番運用の開始**

データ活用社会創成プラットフォームmdxの利用規約の一部改訂（令和4年11月28日改訂、令和5年1月1日施行）を行い、mdxが東京大学 情報基盤センターをはじめとする11機関が共同で運営することを明記した。改訂後の規約は「データ活用社会創成プラットフォーム基盤システム利用規約」と名称変更した。さらに令和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することになった。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。

### **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4年度の公募型共同研究課題の採択課題の全63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6件が採択・実施され、当初配分予定104口に対して利用実績ベースで103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。しかしながら昨今の深層学習/人工知能の隆盛を反映して本ネットワーク拠点内にも多くのGPU搭載スパコンが導入されており、今後はTSUBAME3.0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3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当センターにおける JHPCN の運用体制を強化するため、令和5年3月より特任講師を新規に雇用した。

表4 令和4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	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	24口 24口
2	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	27口 28口
3	日本原子力研究開発機構 朝比祐一 Targeting exa-scale systems: performance portability and scalable data analyses	6口 3口
4	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	25口 25口
5	大阪公立大学 金田昌之 二相流により熱交換される複雑構造体の熱流動解析ツールの開発ならびにその現象解明	9口 10口
6	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：2011年東北地震震源域と南西諸島域	13口 13口
	合計	104口 103口

## 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4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、第1～2四半期末の残資源の調整や第1～3四半期の追加配分が実施できなかった。結果として、下記の再配分ルールのうち、2.と3.のみを実施した。

### 令和4年度 計算資源の再配分ルール

- 第1～2四半期末の残資源の調整(令和3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。
- 第3四半期末の残資源の調整(1月26日に実施)  
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。)
- 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（令和3年度は実施せず）
  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・コンピューティング・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、多様なユーザー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。新型コロナウイルス禍が長引くなか、令和 2、3 年度に引き続いて「新型コロナウイルスを含む感染症対応 HPCI 臨時公募」に対して HPCI 構成機関として計算資源を提供した。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」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
  - ・ 新型コロナウイルス禍における「新型コロナウイルスを含む感染症対応 HPCI 臨時公募」に対する計算資源の提供
- 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（12 回開催、うち第 7 回は議題なしのため中止）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・作業部会で議論された議題が 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、根本忍、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4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。

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
対面認証申請件数	16	25	21	20	23	25	28	25	47	38	37
来学による対面認証	13	13	7	7	6	9	7	7	6	1	2
メールによる本人確認	3	12	14	13	17	16	21	18	27	26	24
簡易遠隔本人確認(※)									12		
正式遠隔本人確認(※)									2	11	11
対面認証のべ人数	83	46	52	53	75	54	88	48	98	96	78

※ 簡易遠隔本人確認は新型コロナウイ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 東工大におけるプライマリセンター業務実績(アカウント発行数)

	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	R02	R03	R04
HPCI アカウント	38	26	24	19	62	107	141	136	135	147	144
TSUBAME ローカルアカウント	173	105	64	61	195	T2:181 T3:153	234	468	315	224	150

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。

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のため、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。

### **東工大の計算資源を利用する採択課題とその実施**

令和4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4～6に示した。一般課題は採択8課題に対し合計553口、若手人材育成課題は採択2課題に対し合計49口の計算資源を提供した。産業利用の実証利用は採択が無かった。また産業試行課題には採択1課題に対し2口の計算資源を提供した。

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4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。

### **新型コロナウイルスを含む感染症対応 HPCI 臨時公募**

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）対策においては、「治療」「防疫」「創薬」「感染拡大に関わる分析・予測」など広範な研究が急務であり、スパコンの持つ高速な計算能力、大規模なデータ処理能力の活用が期待されている。そこでHPCIにおいても、関係機関の協力のもと、関連する研究が必要とする計算資源を提供する臨時的課題募集を令和2、3年度に引き続いて行った。令和2年度は東工大にて3課題を採択実施したが、令和3、4年度は東工大での採択課題は無かった。

### **成果報告会の開催**

「第9回HPCIシステム利用研究課題 成果報告会」が令和4年10月27～28日にオンラインにて開催された。本報告会は「第5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は「第5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日目は特別講演1件と優秀成果賞受賞課題による成果発表として7件の口頭発表が行われた。ポスターセッションはZoom MeetingsとSlackを利用して2日間を通して展示を行われた。

表4 令和4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 癌ワクチンペプチドと免疫関連タンパク質の結合自由エネルギー計算による親和性予測	75 口 85 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 FMN リボスイッチとリボシルの複合体形成の自由エネルギー地形	75 口 79 口
3	立命館大学生命科学部 高橋卓也 細胞膜上での膜蛋白質二量体形成/解離シミュレーション	69 口 73 口
4	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	75 口 84 口
5	京都工芸繊維大学機械工学系 高木知弘 / フェーズフィールド・データ同化により計算と実験を一体化した凝固組織の高精度予測	75 口 78 口
6	医薬基盤・健康・栄養研究所 創薬デザイン研究センター 李 秀栄 拡張アンサンブル法を用いた SH2 タンパク質ドメインの動的構造解析	71 口 71 口
7	東京大学先端科学技術研究センター 山下雄史 タンパク質間相互作用に対する糖鎖修飾の影響: MD 計算による研究	42 口 43 口
8	東京大学 松村義正 / GPU クラスタを用いたマルチスケール海洋モデリングプラットフォームの構築	39 口 40 口
	合計	521 口 553 口

表5 令和4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 / 高レイノルズ数多孔体壁乱流の直接数値解析によるケルビン-ヘルムホルツ不安定波効果のスケーリング	26 口 29 口
2	東京工業大学 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	38 口 20 口
	合計	64 口 49 口

表6 令和4年度 TSUBAME3.0 利用の HPCI 産業試行課題 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	株式会社ヒューリンクス 田島澄恵 並列化による DFT 電子構造計算の効果測定	2 口 2 口
	合計	2 口 2 口

## 2-10 TSUBAME 共同利用サービス 有償の学術利用と産業利用

副センター長 青木 尊之  
 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 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 4 年度の採択課題数は合計 41 件（内訳は学術利用 28 件、産業利用・成果公開 1 件、産業利用・成果非公開 12 件）であった。表 2-4 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 4 年度も引き続き新型コロナウイルス感染拡大に伴い、ほとんどの学会・イベントがオンライン開催となり、表 1 に示した通り、広報・渉外活動は限定的となった。

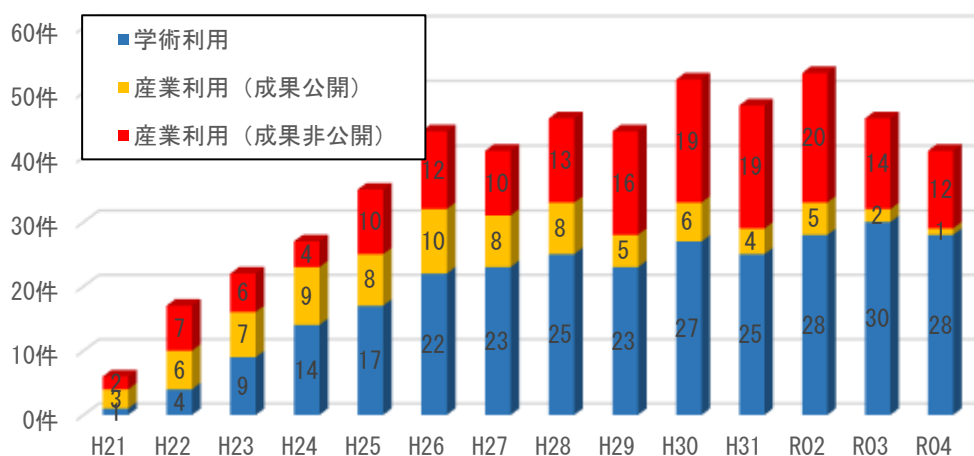


図1 TSUBAME共同利用サービスの採択課題数の推移



表1 令和4年度 広報活動一覧

行事名	開催日	場所	形態	参加者
日本コンピュータ化学会 2022年春季年会	6月1～3日	ハイブリッド開催	出展	-
第14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	330
HPCI 第9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 2022年秋季年会 in 長野	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5年度共同利用公募説明会	2月3日	オンライン開催	主催	5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」	2022年12月号	株式会社サイエンス社	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 番号	所属機関 利用課題責任者 申請課題名	購入 口数
1	電気通信大学 三輪忍 MPI 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	13
2	千葉大学大学院薬学研究院製剤工学研究室 東頭二郎 計算化学による薬物とトリメチル化シクロデキストリンの相互作用評価	3
3	東北大学大学院薬学研究科 井上飛鳥 アレチン分子の活性化機構の分子動力学シミュレーション	10
4	立命館大学理工学部 渡部弘達 固体電解質セルによる CO <sub>2</sub> 電気分解反応の第一原理計算	2
5	名古屋大学大学院医学系研究科 小関準 新規 BRCAness 誘導阻害剤開発に向けた理論研究	4
6	東京農工大学 岩見健太郎 メタサーフェスレンズのマルチスケール解析	3
7	新潟大学工学部工学科 櫻井篤 揺動電磁気シミュレーションを用いた光放射現象に関する研究	1
8	日本大学医学部生体機能医学系薬理学分野 浅井聡 臨床情報統合データベースの機械学習解析	14
9	大阪公立大学大学院工学研究科 橋本博公 海洋底探査を加速する AI とシミュレーション技術の開発	10
10	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 継続的ベイズ推論の改善	25
11	東京農工大学大学院工学研究院 三好英輔 データ同化援用フェーズフィールド計算による高精度多結晶組織予測	5
12	長岡工業高等専門学校 和久井直樹 ヒト血清アルブミン-環状ペプチド複合体の相互作用解析	3
13	埼玉県環境科学国際センター 鈴木和将 廃棄物最終処分場における間隙内流体挙動の数値解析	1

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

課題番号	所属機関 利用課題責任者 申請課題名	購入 口数
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 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	31
15	法政大学情報科学部 善甫康成 LRnLA アルゴリズムを用いた物理シミュレーション	1
16	日本大学医学部生体機能医学系薬理学分野 早川隆 発達期多元自発活動の数理モデルとその学習理論の構築	3
17	名古屋大学大学院医学系研究科 林周斗 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	6
18	大阪公立大学工学研究科 金田昌之 電気コイル隙間内に流れ込む冷却液挙動に関する大規模数値解析	17
19	東北大学大学院工学研究科 吉留崇 深層学習を用いた分子動力学法ベースの水和熱力学量計算法の高速化	4
20	大阪公立大学工学研究科 須賀一彦 粘性の温度依存性を考慮した乱流熱流動の直接数値解析	15
21	国立研究開発法人情報通信研究機構 チャカロタイ ジェドヴィスノブ 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	14
22	茨城大学大学院理工学研究科 永野隆敏 ペイナイト変態中の準安定オーステナイトにおける固溶元素と炭素原子の相関の解明	1
23	中央大学理工学部応用化学科森 寛敏 量子化学計算に基づく CO2 吸収性アミン非水溶液の理論設計	9
24	中央大学理工学部応用化学科森 寛敏 大規模量子化学計算による機能性液体の溶液構造と反応性探索	18
25	京都大学化学研究所 川口祥正 機能性ペプチド提示エクソソームの創製	1
26	産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター 横田理央 人工画像を用いた大規模事前学習	7
27	産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター 谷村勇輔 人工画像データ及び事前学習モデルのリポジトリ化による AI ハブ構築	7
28	九州大学応用力学研究所 胡長洪 集風レンズ付き風車とそのマルチロータシステムの流体シミュレーション	12
	合計	250

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

課題番号	所属機関 申請課題名	購入 口数
1	株式会社 Lily MedTech 3D 超音波 CT における腫瘍の検出と判別手法の開発	2
	合計	2

表4 令和4年度 TSUBAME 共同利用 産業利用（成果非公開）採択課題一覧

	所属機関（申請課題名は非公開）		所属機関（申請課題名は非公開）
1	株式会社豊田自動織機（非公開）	7	中外製薬株式会社（非公開）
2	モジュラス株式会社（非公開）	8	東洋合成工業株式会社（非公開）
3	日本ガイシ株式会社（非公開）	9	協和キリン株式会社（非公開）
4	株式会社リコー（非公開）	10	大鵬薬品工業株式会社（非公開）
5	株式会社クレハ（非公開）	11	太陽ファインケミカル株式会社（非公開）
6	住鉱資源開発株式会社（非公開）	12	株式会社アグロデザイン・スタジオ（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、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

TSUBAME3.0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TSUBAME3.0のピーク性能を生かして初めて可能となるグラウ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3年度は春期にカテゴリB2件を採択・実施した。

#### 令和4年度の実施スケジュールと採択課題一覧

令和4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4年度の公募スケジュールは表1に、採択課題一覧を表2に掲載した。

表1 令和4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	カテゴリ	課題公募受付	採択課題決定	
R04 春期	4月	A&B	1月17日(金)～2月7日(月)17:00	3月4日(金)
	5月	B	2月28日(月)～4月4日(月)17:00	4月22日(金)
	6月	B	4月4日(月)～5月2日(月)17:00	5月20日(金)

表2 令和4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
R04 春期	B 6月	東京工業大学 教授 秋山 泰	2次元レプリカ交換法に基づいた環状ペプチドの膜透過過程の大規模シミュレーションの収束を加速する手法の開発

## 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 TSUBAME3.0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。

#### ● 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け付け、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3年度の公募受付は12月12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4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4年度は表3に示した1件を採択・実施した。TSUBAME若手・女性利用者支援制度の令和4年度公募は令和3年2～3月に行われ、表4に示した2課題（うち1課題は採択後に辞退）が採択された。そのうち1課題はJHPCN萌芽型共同研究課題として同時採択された。

表3 令和4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
R04/11/08	東京工業大学 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

表4 令和4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	立命館大学生命科学部 亀田健 / 分子動力学計算を用いた、核酸の変形に関する 主要自由度の擬似振動分解 (採択後辞退)	-
2 ※	モンテリオール大学 長沼大樹 敵対的生成モデルにおける省コストで高精度な学習アルゴリズムの開発	3
	合計	3

※ 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 SC22 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 SC22 は、11 月 13 日から 11 月 18 日にかけてテキサス州ダラスの Kay Bailey Hutchison Convention Center Dallas 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であり、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きた。2020 年初頭より継続している COVID-19 の全世界的な蔓延の影響により、2020 年はオンライン開催、2021 年はハイブリッド開催ではあったものの東工大からは人員を派遣せず、今年の SC22 は 3 年ぶりに人員を派遣しての展示となった。



SC22 東工大 GSIC 展示ブースとポスターの様子

今年は展示時点で TSUBAME3.0 の運用開始から 5 年経過しており、現地参加した教員数も 2019 年以前より少なくなっていたこともあり、TSUBAME3.0 上でのアプリケーション研究の事例紹介を中心としたポスター展示のみの実施とし、展示初日の Gala の期間を除いては、ブースを無人にする時間帯も設けつつの展示となった。展示は 14 日から 17 日の 4 日間にわたり合計 23 時間行われ、初日の Gala Opening の 2 時間に 40 名の来訪者があり、GSIC からの参加メンバー 5 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

SC22 自体はハイブリッド開催であり、現地参加を断念した教員も学内外に多数いたが、会場内のブース配置数や現地参加者による混雑具合はコロナ禍以前とほぼ変わらない規模にまで戻ってきており、ポストコロナにおける社会活動の再活性化を感じさせるものであった。来年度の SC23 開催時点では、次期スパコンシステムである TSUBAME4.0 の導入準備が進行している見込みであり、新システムの概要を紹介することができるかと期待している。

### 3-2 第28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。新型コロナウイルス感染症拡大状況を鑑み、今回リモート開催することとした。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2022年6月1日（水）に行い、課題締め切りを6月17日（金）正午とし、実施された。6月22日（水）に本戦出場チームとして、20チームを選出した。

本選は、2022年8月22日（月）から8月26日（金）まで開催された。22日午前に開会式、26日午後に閉会式が実施され、プログラム作成は、8月22日午後から25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】** オートマトン理論は、60年以上の歴史がある計算機科学の一分野であり、プログラミング言語やパターンマッチなどへの応用も数多く知られている。今年の本選問題は、オートマトン理論のある有名な未解決問題1（2022年8月現在）にヒントを得て、作成したものである。問題は以下の通りである。

入力としてオートマトン  $\mathcal{A} = \langle Q, T_a, T_b, F \rangle$  と  $m$  個の文字列  $w_1, \dots, w_m$  があたえられる。このとき、次の条件（★）をみたす集合  $Q' \subseteq Q$  のうち、できるだけ要素の個数が少ないものを求めよ。

（★）： $Q$  に属するある状態で区別できるような任意の文字列のペア  $\langle w_i, w_j \rangle (1 \leq i, j \leq m)$  について  $Q'$  に属するある状態で区別できる。

最終日8月26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 益一哉学長の開会挨拶に続き、理化学研究所 計算科学研究推進室 新田浩史室長による主催挨拶、そして来賓の挨拶があった。

その後、SuperCon2022 実施委員会委員 中村誠希助教より、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 Citrus（灘高等学校）、2位はチーム noCrepus（渋谷教育学園幕張高等学校）、3位はチーム bubuzuke（松本秀峰中等教育学校）、TOMOKAZU（東京工業大学附属科学技術高等学校）であった。1位のチーム Citrus 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、大阪大学サイバーメディアセンター 下條真司センター長の閉会挨拶が行われた。

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】

##### 2022 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) *	4/19 (火)
2	並列化プログラミング	4/20 (水)
3	Schrodinger	4/21 (木)
4	Introduction to TSUBAME (Linux basics) *	4/25 (月)
5	TSUBAME3 利用法	4/27 (水)
6	GPU プログラミング	4/28 (木)
7	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山) *	5/11 (水)
8	AVS	5/12 (木)
9	Gaussian/GaussView	5/13 (金)
10	Discovery Studio	5/16 (月)
11	Materials Studio	5/17 (火)
12	Introduction to TSUBAME (Linux basics) *	5/19 (木)
13	Amber	5/20 (金)
14	Mathematica	5/23 (月)
15	LS-DYNA	5/25 (水)
16	ANSYS 構造解析	5/27 (金)
17	ANSYS 電磁界解析	5/31 (火)
18	ANSYS 流体解析	6/1 (水)
19	Introduction to TSUBAME (Linux basics) *	6/7 (火)
20	ABAQUS	6/8 (水)
21	COMSOL	6/9 (木)
22	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山) *	6/10 (金)

##### 2022 年度前期講習会【すずかけ台地区】

1	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (すずかけ台) *	4/22 (金)
---	--------------------------------------	----------

##### 2022 年度後期講習会【大岡山地区】

1	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山) *	10/12 (水)
2	Introduction to TSUBAME (Linux basics) *	10/13 (木)
3	並列化プログラミング*	10/20 (木)
4	TSUBAME3 利用法	10/21 (金)
5	AVS*	10/26 (水)
6	Amber*	10/27 (木)
7	Schrodinger	10/28 (金)
8	Gaussian/GaussView*	11/2 (水)

9	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山) *	11/7 (月)
10	Introduction to TSUBAME (Linux basics) *	11/11 (金)
11	ANSYS 構造解析	11/14 (月)
12	ANSYS 流体解析	11/15 (火)
13	Materials Studio*	11/16 (水)
14	Discovery Studio*	11/17 (木)
15	ANSYS 電磁界解析	11/18 (金)
16	ABAQUS/CAE 入門*	11/24 (木)
17	GPU プログラミング*	11/25 (金)
18	ABAQUS/Standard & Explicit 入門*	11/29 (火)
19	COMSOL *	11/30 (木)

2022 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) *	10/18 (火)
---	--------------------------------------	-----------

注) \*のあるものは対面開催、それ以外はオンライン開催。



## 4. 広報活動

### 4-1 マスコミ報道等

- 大谷翔平投手のスプリットのスパコンによる解明  
青木 尊之 教授  
NHK-BS1 夜 10:50～ 「ワースポ×MLB」(2022年4月7日)
  
- 魔球の正体  
青木 尊之 教授  
NHK 地上波 「おはよう日本」(2022年8月28日)
  
- 富士通・東工大が協働拠点  
遠藤 敏夫 教授  
日刊工業新聞 (2022年10月21日)
  
- 次世代コンピューティング基盤の実現に向けて富士通と東工大が協働研究拠点設置  
遠藤 敏夫 教授  
科学新聞 (2022年10月28日)
  
- 富士通・東工大が連携拠点  
遠藤 敏夫 教授  
日経産業新聞 (2022年10月31日)
  
- 「朗希は球を選ばず？」(コメント)  
青木 尊之 教授  
週間文春 (2022年11月24日)
  
- フォークボール伝来100年(コメント)  
青木 尊之 教授  
読売新聞(愛知版) (2022年12月7日)
  
- 大谷翔平のシンカー ベン・バーランダーが打ってみた(コメント)  
青木 尊之 教授  
日本経済新聞 (2023年1月3日)
  
- 西純飛躍のカギは「フォーセラ」×ジャイロ回転  
青木 尊之 教授  
スポーツニッポン, 大阪版第2面 (2023年2月9日)

- 都会の「微気象」を数メートル単位で予測し、安全で快適な生活を  
大西 領 准教授  
読売新聞（2023年2月23日）

#### 4-2 見学者受入状況

令和4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	18	TC カレッジ受講生	19	13	
5	21	ホームカミングディ	158	158	
6	3	トルコ・日本科学技術大学	10	5	5
	21	メルボルン大学	9	7	7
8	2	東京大学	1	1	
9	1	旭化成	9	9	
	13	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高校	46	40	
	20	TAIST プログラムに参加の海外交流学生	6	6	6
10	21	厚木高等学校	20	19	
	29/30	工大祭	1518	1518	
11	15	文部科学省	4	2	
12	16	東北大学コアファシリティ統括センター	9	8	
	20	インドネシア大学教員・研究機関 政府担当者	15	12	12
	20	UAE 学生	30	28	28
1	31	本学学生（数理・計算科学系）	10		



月	日	見学者所属	人数	うち学外者	うち外国人
2	7	モンゴル国立大学	3	2	2
	9	泰日工業大学	26	25	25
	15	NTT ファシリティーズ	15	15	
3	24	コートダジュール大学 AI 研究所	5	5	5
		計 19 件	1913	1873	90

※今年度は新型コロナウイルス感染対策を十分行ったうえで、現地開催を行った

## 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、スパコン・クラウドとセンサーやエッジデバイスの連携や、デジタルツインを含み外界とリアルタイム連携する高性能計算・AI 技術などの分野を中心とした共同研究を強力に推進するための協同研究拠点を 2022 年 10 月 20 日に設立した。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、大西領准教授、野村哲弘准教授らが参加し、TSUBAME スパコンの省資源運用や大規模 AI 利用などの経験を活かして共同研究にあたる。初年度である 2022 年度は、本学オープンイノベーション機構の支援を得て共同研究体制の確立、およびすずかけ台キャンパス G2 棟における協同研究拠点スペースの学長裁量スペース制度を用いた整備を先行させ、富士通の研究者と東工大教員らが密に連携して共同研究に携わる体制を整備した。

### 5-2 DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座

AI があらゆる産業の基盤技術として急速に普及しており、企業、大学ともに AI 研究および技術開発の舞台で先進的な成果が求められています。東京工業大学および株式会社デンソーIT ラボラトリーは本講座において、いま使われている技術の改良ではなく、既存モデルや手法にとって代わる「次」の革新的な技術の創出を目指した研究に取り組んでいます。学術国際情報センターからは、横田教授、野村准教授らが参画している。

2022 年度には、本共同研究講座から 22 件の論文発表があり、第 25 回 画像の認識理解シンポジウム（MIRU 2022）において「DENSO IT LAB x TOKYO TECH Discussion Night in MIRU 2022」が開催され、学術国際情報センターからは横田教授が招待講演を行った。

### 5-3 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。

2022 年度は、2 月 10 日から 11 日にかけて神戸の理化学研究所 計算科学研究センターにて 3 年ぶりに対面のワークショップが開催され、11 組織から各 3-4 名が参加した。ワークショップでは、発足当初に編成された 3 つのグループ：Applications、Performance Portability、Resource Management が新たに 4 つのグループ：Application & Benchmarking、Portability, Sustainability & Integration、System Management, Workflows & AI、Quantum Computing に再編成され、それぞれのグループの活性化が図られた。



## 6. 予算概要（法人運営費・外部資金）

### 1. 令和4年度法人運営費決済額

種 別	金額（千円）
研究経費	28135
教育研究支援経費 (うち電子計算機賃借料)	1960895 811884
特別経費	13526
合 計	2,002,556

### 2. 外部資金受入状況

種 別		件 数		金額（千円）
奨学寄附金		2		1000
受託研究		8		111444
民間等の共同研究		4		32657
民間への学術指導		1		300
科学研究補助金※		代表	分担	
	基盤研究 S	1	0	29400
	基盤研究 A	0	2	1600
	基盤研究 B	4	3	18145
	基盤研究 C	2	1	1963
	若手研究	1	0	2335
	挑戦的研究（萌芽）	0	1	575
	挑戦的研究（開拓）	1	0	6100
	国際共同研究強化(B)	0	1	349
学術変革領域(B)	2	0	17600	
合 計		34		223,468



## 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。

### 【研究の概要と成果】

#### DNS 不正情報汚染に対する効率的検知除去・再感染防止・端末除染に関する研究

DNS はインターネットの基礎を為す名前提供システムである。実際の利用あたっては、組織単位でのキャッシュサーバの利用が一般的であるが、昨今、キャッシュに悪意情報を注入する「キャッシュポイズニング」攻撃が問題となっており、完全な解決には至っていない。代表的な対策として DNSSEC があるが、端末汚染、乗っ取られた正規サーバ経由の攻撃には対策とならない。本研究では、それらを含めた悪意のある情報注入を検知・削除、汚染元の端末特定を可能とする機構の構築を目的とする。具体的には、キャッシュサーバにおいて名前解決の履歴を取得し端末毎の履歴を保持するデータベースを構築、クライアントからの DNS トラフィックに対して正規データや過去データと統計的に比較することで異常を検知・削除する仕組みの構築を行っている。

本年度は、DNS の RPZ の機能を用いて、キャッシュの利用を端末単位で隔離する手法について研究を行い、国際会議にて発表を行った。(1)

また、同様に RPZ を用いて、組織に届いたメール内にある URL のみを迂回サーバ経由とさせる手法についての研究も行った。これによりそのような URL についての逐次の調査を行う必要はなく、利用者が実際にアクセスしてしまったときに、隔離や調査を始めることができる。https に対応する場合や、明示的に迂回を拒否する手法についても考察し、国際会議にて研究発表を行った。(2)

#### はぐれパケットに関する分析研究

通常、通信は送信元と相手先を指定して行われるが、設定ミスによる通信や、悪意のある無作為の通信は相手先が実在しないまま開始されることも多い。また、通信経路を構成する機器においては、到達可能な機器・サイトに関する経路情報が更新されながら、また、抽象化された状態維持されており、上記のような相手先が存在しない通信パケットについては、相手先への経路がないことが明確となる機器において破棄されている。

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発見や、ウィルス感染などを早期に、かつ、より少ない通信・パケットを観測することで実現することを目指す。

本年度は、上記のアイデアとパケットを収集する基本的な構成について、国際会議で発表を行った。(3)

#### キャンパスネットワーク運用自動化に関する研究

本学キャンパスネットワークの更新にあたり、ネットワーク機器の運用管理の見える化、半自動化を進めている。

具体的には NetBox というオープンソースの IPAM/DCIM と、ansible というオープンソースの構成自動化ツールを用い、ヒューマンエラーの軽減、および、半自動化を進めている。これについて運用技術の研究会にて発表を行った。(1)

**【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Yong Jin, Masahiko Tomoishi, Satoshi Matsuura, "Forged Cache Isolation on DNS Full-Service Resolvers and Identification of Infected End Clients," Proceedings of 2022 the 12th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2022), pp. 300-305, June 24-27, 2022.
- 2) Y. Jin, M. Tomoishi and N. Yamai, "Trigger-based Blocking Mechanism for Access to Email-derived Phishing URLs with User Alert," 2023 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC), Singapore, 2023, pp. 1-6,
- 3) Yong Jin, Satoshi Matsuura, Takao Kondo, Tatsumi Hosokawa, and Masahiko Tomoishi. 2023. A Lightweight Abnormality Detection Mechanism by Stray Packets Analysis. In Proceedings of the 2023 ACM SIGUCCS Annual Conference (SIGUCCS '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 9–11.)

**【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, "OSS を活用したキャンパスネットワークの構成管理システム," 研究報告インターネットと運用技術(IOT), vol. 2022-IOT-58, no. 16, pp. 1-6, 2022年7月。



## 【研究の概要と成果】

### ラムダ計算における環境抽出メカニズム

プログラミング言語において、環境は変数シンボルとそれにバインドされた値とのマッピングである。環境は、第一級関数を持つプログラミング言語において、変数バインディングのレキシカルスコープを実装するために使用される。

環境とは、プログラム実行時の変数とその束縛値の関係であり、プログラム意味論における概念である。一級環境 (first-class environment) は、環境を整数値やブール値などのデータのように扱うことができ、引数として関数に渡したり、戻り値として受け取ったりすることができる仕組みである。環境計算とは、西崎らが提唱した形式的な計算体系で、一級環境機構を拡張したラムダ計算である。環境の定式化は、Curien らによる明示的代入 (explicit substitution) に基づくもので、環境を代入と見なした。環境計算の簡約による操作的意味論は、明示的代入、及びその考えに基づく $\lambda\sigma$ 計算に基づいている。ラムダシグマ計算では、一級環境の構成要素として、現在の環境を再定義する、つまり、メタレベルの環境をオブジェクトレベルのデータに転送するための恒等環境と、オブジェクトレベルの環境データを反映 (reflect) する、つまり、オブジェクトレベルの環境データをメタレベルの環境に戻すための環境構成が存在する。

また、環境の重要性は、静的スコープと対照的な概念である動的スコープを考えることで明確になる。Emacs テキストエディタをカスタマイズするためのプログラミング言語である Emacs Lisp は、動的スコープが利用される典型的な例である。クロージャは、静的スコープを可能にするためのしくみである。関数を値として扱う際に、関数の本体とその関数本体に出現する自由変数に束縛される値の情報を含む環境とをペアにすることにより、静的なスコープと可能にしているのである。

本研究では、ラムダ計算の枠組みにおいて関数クロージャから環境を抽出するメカニズムについて、理論的な研究を行っている。環境計算を拡張した環境抽出付きラムダ計算を提案する。型なし計算の構文と操作的意味論を形式的に定義している。また、環境抽出付きラムダ計算をレコードと対を持つラムダ計算に変換することで、操作的意味論が健全性を持つことを示している。さらに、環境抽出付きラムダ計算に対して単純型体系を提案し、その型システムが主部簡約定理を満たすことを証明している。

## 【査読付き国際会議・学術論文誌】

- 1) Shin-ya NISHIZAKI, Yuta TAKAYANAGI, Extracting Environments from Function Closures, Proceedings of ICSCA2022, ACM, pp 61—68, 2022.

### 【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、蓄積すべきデータの正規化や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。加えて蓄積した知見を一層活用するため自然言語処理や機械学習/AIの技術を応用し、セキュリティに関連する文書群を対象とした文章分類に関する研究にも取り組んだ。ニュース記事のカテゴリー分類の様な一般的な文書分類とは違い、セキュリティ文書群は利用される用語も限定されかつ似通っているものが多い。そのため一般的な文書分類手法では精度の高い分類が難しく、より高度な手法が望まれる。また、文書分類を行う際の大量の教師データ（ラベル付けされた文書群）を準備する事も本質的に高いコストが発生する難しい課題である。そのため、Distant Supervision を利用し半自動的に教師データにラベルを付与し、モデル作成に活かす研究に取り組んだ。既存および提案手法を用いて分類精度に対する影響を評価し、その成果を国際会議で発表した(3)。

#### DNS 不正情報汚染に対する効率的検知除去・再感染防止・端末除染に関する研究

DNS はインターネット上の通信において欠かせないリソース名と IP アドレスを紐付ける名前解決システムである。運用上、組織単位でのキャッシュサーバの利用が一般的であるが、昨今、悪意情報を注入する「キャッシュポイズニング」攻撃が問題となっている。代表的な対策としては、DNSSEC があるが、端末汚染、乗っ取られた正規サーバからの攻撃に対する対策も必要である。本研究では、上記の対策も含めた、悪意情報注入を検知・削除、汚染元の端末特定が可能な機構の構築を目的とする。具体的には、キャッシュサーバにおいて名前解決履歴を取得し端末毎の履歴が検索可能なデータベースを構築し、クライアントからの DNS トラフィックに対して正規データや過去データと統計的に比較することで異常を検知・削除する仕組みの検討を行ってきた。本年度は、DNS の RPZ 機能を応用し、DNS キャッシュ情報の利用をユーザ端末単位で制御する手法について研究を行い成果を国際会議で発表した(1)

**【査読付き国際学会・国内学会発表】**

- 1) Yong Jin, Masahiko Tomoishi, Satoshi Matsuura, "Forged Cache Isolation on DNS Full-Service Resolvers and Identification of Infected End Clients," Proceedings of 2022 the 12th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2022), pp. 300-305, June 24-27, 2022.
- 2) Yong Jin, Satoshi Matsuura, Takao Kondo, Tatsumi Hosokawa, and Masahiko Tomoishi. 2023. A Lightweight Abnormality Detection Mechanism by Stray Packets Analysis. In Proceedings of the 2023 ACM SIGUCCS Annual Conference (SIGUCCS '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 9–11. <https://doi.org/10.1145/3539811.3579559>
- 3) M. Ishii, K. Mori, R. Kuwana, and S. Matsuura: Multi-label Classification of Cybersecurity Text with Distant Supervision, In Proceedings of the 17th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES '22). Association for Computing Machinery, International Workshop on Information & Operational Technology (IT & OT) Security Systems, Article 93, pp. 1–9, 2022..

## 【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。

今年度は、これまでに開発した集積無線モジュールを用い、無線 LAN 環境に多数の端末が配置された環境において、802.11ac および 802.11ax 双方の無線通信方式における性能評価を実施した。その結果、802.11ax 方式では最大通信速度は広報するが、多端末環境下における全体的な通信速度向上については限定的な効果しか見られない事が分かった [国内学会発表-4]。また、802.11ac/802.11ax にて利用されるマルチユーザ MIMO の影響を評価した結果、従来の無線規格を対象とした無線フレームキャプチャ手法が有効ではないことが明らかとなり、解決手法として検討した複数のモニタノードによる手法も想定量の無線情報を取得できない結果であった [査読付き国際学会・国内学会発表-1]。次年度以降で、マルチユーザ MIMO 環境下での新たな評価手法を検討する予定としている。

### 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。

今年度は、2020 年度に立ち上げた IPv4/IPv6 デュアルスタックスピードテストサイト (iNonius Speedtest <https://inonius.net/>) を活用した、インターネットの通信品質計測を継続的に実施し、評価結果を報告した [国内学会・ワークショップ・講演会等での発表-2]。また、株式会社アイ・オー・データ機器による「Wi-Fi ミレル」スマートフォンアプリとの連携を進め、スマートフォンにおける通信品質計測への応用を進めた。次年度以降において、収集データの分析によるユーザへのフィードバック等を計画している。

また、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を NTT 東日本と共同研究の形で開始した。今年度は、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を構築し、一部のデータを用いた統計分析結果を報告した [国内学会・ワークショップ・講演会等での発表-6]。収集データの評価・分析を継続しており、継続的に分析結果の報告と新しい分析手法の確立を進めている。

### アドホックネットワークにおける異種プロトコル間相互接続に関する研究

プロトコルの異なるアドホックネットワークを想定し、プロトコル変換をゲートウェイ (以下、GW) で実施するネットワークモデルにおける経路最適化手法に関して研究している。

本研究では、ヘテロロジニアス・ドローン・スウォームを対象とし、低遅延通信を確立するための自律的な GW 移動制御アルゴリズムとして、GW の動的再配置を行うアルゴリズム「パスオプティマイザ」を昨年度提案した。ただ、このアルゴリズムでは、配置する GW の数以上の通信が同時に

要求された場合における通信品質向上に限界があり、その改善手法として、全GWの協調的かつ同期的な再配置を行う「パスコーディネータ」を提案した。提案手法の有効性を計算機シミュレーションにて評価し、前述の課題を解決しつつ、これまでの手法と同等の性能であることを示した〔査読付き学術論文-1〕。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Taichi Miya, Kohta Ohshima, Yoshiaki Kitaguchi, and Katsunori Yamaoka: Adaptive GW Relocation and Strategic Flow Rerouting for Heterogeneous Drone Swarms, The IEICE Transactions on Communications, Vol.EB106-B, No.4, pp.331-351, April 2023.

#### 【査読付き国際学会・国内学会発表】

- 1) 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢: 802.11ax 環境下における無線フレームキャプチャの検討, 情報処理学会 インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS) 2022 論文集, pp.25-30, December 2022. (採択率 62%)

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Kazuhiro Mishima, Hiroki Kashiwazaki, and Yoshiaki Kitaguchi: How to Achieve an Easier, Cost-Effective Hybrid Event Environment: Actual Equipment Cases and its Way to the Future, In Proc. of the 2023 ACM SIGUCCS Annual Conference (SIGUCCS 23), pp.42-47, Chicago, USA, March 2023. (採択率 72%)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 北口 善明: 新キャンパスネットワークシステム(Titanet4)の設計と構築, Cisco Academic Forum 2022, June 2022.
- 2) 北口 善明: iNonius スピードテストサイトによる日本の IPv6 インターネット環境の分析, IPv6 セミナー2022 Summer, July 2022.
- 3) 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦: OSS を活用したキャンパスネットワークの構成管理システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-IOT-58, No.16, pp.1-6, July 2022.
- 4) 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢: 教室環境における 802.11ax および 802.11ac の性能調査, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-IOT-59, No.10, pp.1-5, September 2022.
- 5) 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対する有限状態数 VoIP トラヒックモデル, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.305, IN2022-49, pp.32-38, December 2022.
- 6) 石橋 圭介, 北口 善明, 永見 健一, 水越 一郎: シン・テレワークシステムのトラフィック統計分析, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.306, IA2022-61, pp.67-71, December 2022.
- 7) 片岡 秀斗, 北口 善明, 山岡 克式: 準最適 HBH ファイル配送スケジューリングの 2 段リンクにおける一般化, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.122, No.407, IN2022-92, pp.157-162, March 2023.
- 8) 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の比較検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.122, No.407, IN2022-125, pp.353-358, March 2023.
- 9) 和氣 智慶, 宮田 純子, 北口 善明, 馬場 健一, 山岡 克式: 音声ペイロードサイズがトラヒックに及ぼす影響, 電子情報通信学会 2023 年総合大会講演論文集, Vol.2023, No.B-7-17, March 2023.

- 10) 片岡 秀斗, 北口 善明, 山岡 克式: 中間ノードにおける配送待ちを考慮した合流型 2 段リンクの HBH ファイル配送方式, 電子情報通信学会 2023 年総合大会講演論文集, Vol.2023, No.B-7-39, March 2023.
- 11) 大坪 正樹, 北口 善明, 山岡 克式: 位置識別子を利用した受信者代弁型情報伝送プロトコル, 電子情報通信学会 2023 年総合大会講演論文集, Vol.2023, No.B-7-43, March 2023.
- 12) 三島 和宏, 中村 豊, 福田 豊, 柏崎 礼生, 中村 素典, 森村 吉貴, 北口 善明: IOT 研究会におけるハイブリッド研究会運営の記録, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-IOT-60, No.8, pp.1-6, March 2023.

### 【研究の概要と成果】

#### ヘルスケアにおけるプライバシー保護を重視した認証付き遠隔監視・データ共有機構の構築に関する研究

近年、ユーザのプライバシー保護が注目されており、特に IoT 環境におけるデータセキュリティやプライバシー保護が求められている。これに伴い、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 により標準化された。本研究では、IETF の標準化動向に応じて提案システムに対してヘルスケア機器のデータ暗号化に加え、データの登録、更新、同期などの通信路の暗号化を検討した。これにより、ユーザのプライバシー漏洩防止がより期待できるようになった。また、本機能拡張について国内研究会に投稿し、発表する予定である。

#### DNS 不正情報汚染に対する効率的検知除去・再感染防止・端末除染の統合的設計と構築に関する研究

DNS はインターネットを支える基幹システムとして不可欠であり、一般に組織単位で利用されているキャッシュサーバに悪意情報を注入する「キャッシュポイズニング」が問題となっている。既存対策として DNSSEC があるが、高いオーバーヘッドとインターネット全体における低い普及率から根本的な解決策とはならない。また、組織に導入されているセキュリティ機器は主に基幹ネットワークを対象に監視・遮断を行っており、端末毎への対応は困難である。本研究では、悪意情報注入を検知・削除、伝搬端末特定が可能な機構の構築を目的とする。本年度は、既存のセキュリティ機器との連携を含めて検知した悪意情報を Response Policy Zone (RPZ) と呼ばれる特殊なゾーンを利用してキャッシュサーバから隔離することで、端末への被害を防ぐための機能を検討した。また、ローカルネットワーク環境において本機能を評価し、国際会議にて発表した。

#### DNS 通信トラフィックの監視及び解析による不正通信の検知手法に関する研究

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 により標準化された。一方、DNS を悪用したマルウェアや Command & Control (C&C) 通信も上記の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、Domain Generation Algorithm (DGA) を使った C&C 通信の検知は難しく、正常な DNS 通信と区別しにくい特徴がある。本研究では機械学習を活用して、暗号化された DGA トラフィックを検知し、早い段階でマルウェアに感染された端末を特定する手法を検討した。本年度は、DoH トラフィックに着目し、暗号化された DGA トラフィックの分類手法を提案し、国際会議にて発表した。

### 【査読付き学術論文】

- 1) R. Mitsuhashi, Y. Jin, K. Iida, T. Shinagawa and Y. Takai, "Malicious DNS Tunnel Tool Recognition using Persistent DoH Traffic Analysis," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 2022.

### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Y. Jin, Z. Jin, N. Yamai, and R. Nakagawa, "An OpenFlow based Optimal Selection Mechanism for Multiple Web Servers," In Proceedings of the 10th International Conference on Computer and Communications Management (ICCCM '22), Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 263–268.
- 2) Y. Jin, M. Tomoishi, and S. Matsuura, "Forged Cache Isolation on DNS Full-Service Resolvers and Identification of Infected End Clients," Proceedings of 2022 the 12th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2022), pp. 300-305, June 24-27, 2022.
- 3) H. Ichise, Y. Jin, and K. Iida, "Policy-based Detection and Blocking System for Abnormal Direct Outbound DNS Queries using RPZ," Proceedings of 2022 the 12th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2022), pp. 327-332, June 24-27, 2022.
- 4) S. Sunahara, Y. Jin, and K. Iida, "A proposal of DoH-based domain name resolution architecture including authoritative DNS servers," 2022 32nd International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), Wellington, New Zealand, 2022, pp. 1-3.
- 5) R. Mitsuhashi, Y. Jin, K. Iida, T. Shinagawa and Y. Takai, "Detection of DGA-based Malware Communications from DoH Traffic Using Machine Learning Analysis," 2023 IEEE 20th Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2023, pp. 224-229.
- 6) Y. Jin, M. Tomoishi and N. Yamai, "Trigger-based Blocking Mechanism for Access to Email-derived Phishing URLs with User Alert," 2023 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC), Singapore, pp. 1-6.
- 7) Y. Jin, S. Matsuura, T. Kondo, T. Hosokawa, and M. Tomoishi, "A Lightweight Abnormality Detection Mechanism by Stray Packets Analysis," In Proceedings of the 2023 ACM SIGUCCS Annual Conference (SIGUCCS '23), Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 9–11.

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 一瀬光, 金勇, 飯田勝吉, "SDNとDNS RPZを用いた名前解決記録に基づく異常通信の検知・遮断方法の一検討," 信学技報, vol.122, no. 85, IA2022-13, pp. 71-75, 2022年6月.
- 2) 北口善明, 金勇, 友石正彦, "OSSを活用したキャンパスネットワークの構成管理システム," 研究報告インターネットと運用技術(IOT), vol. 2022-IOT-58, no. 16, pp. 1-6, 2022年7月。
- 3) 砂原悟, 金勇, 飯田勝吉, "DoHに基づくDNS権威サーバアーキテクチャに関する一検討," 信学技法, vol. 122, no. 185, IA2022-23, pp. 50-53, 2022年9月.
- 4) 砂原悟, 金勇, 飯田勝吉, "IPヘッダ情報からのプライバシー漏洩を防ぐDoHに基づく新たな名前解決機構," 信学技報, vol. 122, no. 306, IA2022-67, pp. 99-100, 2022年12月.
- 5) 山井成良, 金勇, 村上登志男, 中川令, "権威サーバへのDNS over TLS適用による証明書を用いた安全・安心な名前解決," 研究報告インターネットと運用技術(IOT), vol.2023-IOT-60, no. 19, pp. 1-6, 2023年3月.
- 6) 島袋健大, 佐藤直, 村上登志男, 山井成良, 金勇, 中川令, "DoT対応権威サーバを用いた名前解決における証明書のキャッシュによる高速化," 研究報告インターネットと運用技術(IOT), vol.2023-IOT-60, no. 20, pp. 1-7, 2023年3月.



### 【研究の概要と成果】

#### セキュリティインシデント対応自動化に向けたインテリジェンス分析に関する研究

東工大 CERT におけるインシデント対応の効率化・自動化を目的とし、セキュリティインテリジェンスの分析に関する研究を遂行している。特に自然言語によって記述されたサイバーセキュリティに関する文書等から抽出されるインテリジェンスを活用するため、機械学習の多様な手法を用いたインテリジェンスの抽出・分析を実験的に行っている。

本研究ではセキュリティ文書のマルチラベル分類について調査・実験を行い、成果を〔国際会議-1〕で報告した。マルチラベル分類の精度を高めるためには十分な量の教師データが必要であるが、一般的には人手によるアノテーションが必要となり、そのコストは大変大きい。本研究では *distant-based supervision* による半教師的なラベリング手法を利用し、複数の学習モデルの構成に対して分類精度への影響を評価した。現在はさらに高度なインテリジェンス抽出を行うために様々な自然言語処理技術、言語モデルを活用した学習モデルの構築に取り組んでいる。

#### 種数 2 のアーベル多様体を利用した同種写像暗号の効率化に関する研究

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の研究を進めている。特に楕円曲線を利用した同種写像暗号は標準化に向けた研究がなされるなど詳しく解析されているが、最近ある方式に対する効率的な攻撃手法が提案された。このような状況において、さらに高次元のアーベル多様体の活用についても注目されているが、効率的かつ安全な同種写像暗号の構成方法については不明な点が依然多い。

本研究では種数 2 の超楕円曲線間の同型写像に対し、その具体的な変換式の効率的な導出方法の分析を進めた〔国内学会-1〕。同種写像暗号方式では、計算効率化のために曲線や対応する多様体に対して特別な定義式やモデルを取り、適宜同型変換を施す必要がある。その同型変換の計算コストの低減により、同種写像暗号アプリケーションの実装最適化が達成される。現在は〔国内学会-1〕で考察した同型変換を求める手法のさらなる解析を進め、明示的な公式の導出を目指している。

### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) M. Ishii, K. Mori, R. Kuwana, and S. Matsuura: Multi-label Classification of Cybersecurity Text with Distant Supervision, In Proceedings of the 17th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 22). Association for Computing Machinery, International Workshop on Information & Operational Technology (IT & OT) Security Systems, Article 93, pp. 1–9, 2022. (採択率 (ワークショップ IOSec) : 不明)

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 林田大輝, 石井将大: 同種写像暗号における超楕円曲線間の同型写像計算コストについて, 信学技報, vol. 122, no. 428, pp. 61-67, Mar. 2023.

## 7-2 先端研究部門

教授 青木 尊之 (高性能先端応用分野)

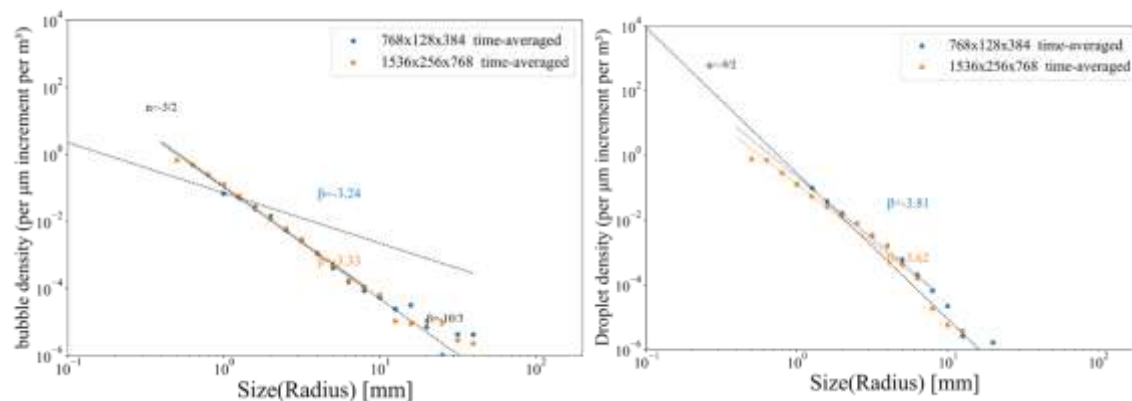
### 【研究の概要と成果】

#### 砕波における気泡径・液滴径分布の気液二相流シミュレーション

CO<sub>2</sub> の海洋での吸収に直接関係する海面での砕波による気泡径・液滴径分布を調べるために、弱圧縮性流体計算手法をベースのシミュレーションを行った。界面捕獲法には高精度な PLIC 法と表面張力計算には Height Function 法を用い、Spurious current を可能な限り低減している。下図は 1536×256×768 の等間隔格子で計算したときの気液界面のスナップ・ショットである。



下の左図は気泡径の統計分布を示しており、解析的に予想される半径の $-3/2$ 乗のべき乗スケールとよく一致している。用いた格子解像度では、表面張力が支配的になる Hinze スケールより小さい気泡径まで計算できないことが分かる。右図は液滴径の統計分布であり、解析的に予想される半径の $-9/2$ 乗のべき乗スケールとよく一致することが分かった。



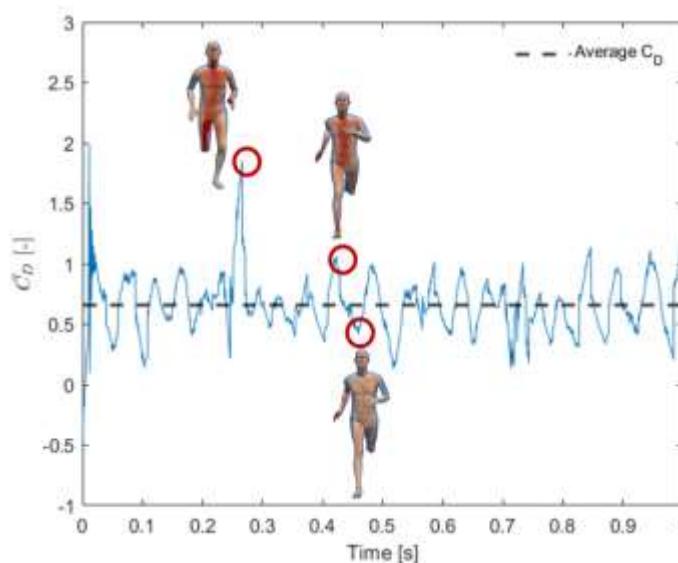
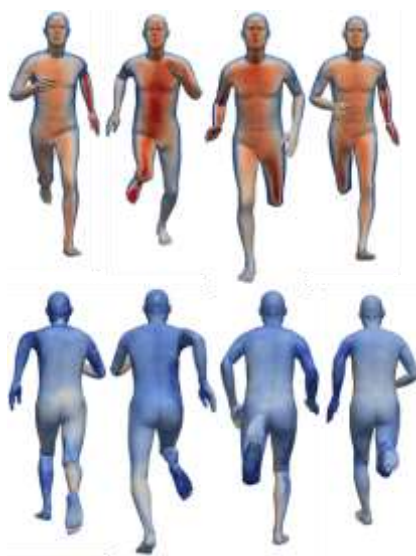
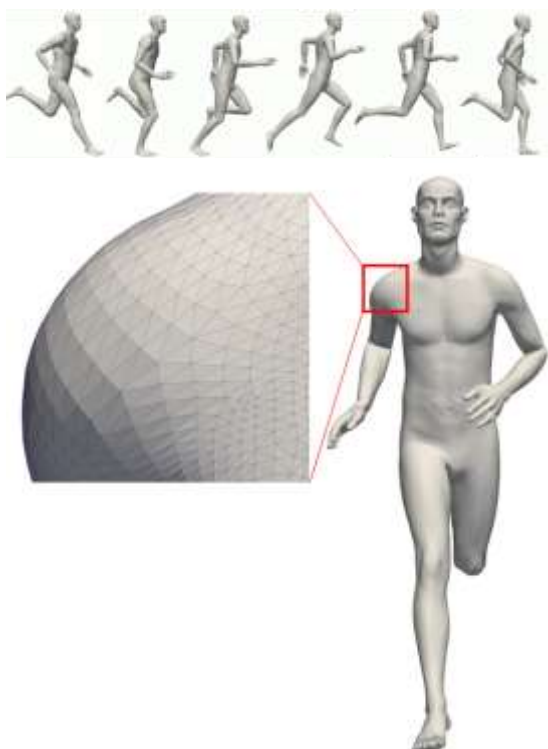
#### 人のランニングのシミュレーション

Cumulant 衝突項の格子ボルツマン法 (LBM) を用いて CUDA で実装した空力解析コードを用い、体の表面近傍や後流領域に高解像度格子を動的に割当てするために、8分木構造の AMR 法 (Adaptive Mesh Refinement) 法を用いている。また、図 1 のように空間充填曲線 (Morton 曲線) を用いた動的な計算格子の Partitioning を行っている。

モーショントラッキング装置を用いて実際の人のランニング動作のデータを取得し、それに基づいてできるだけ人間の骨格と体形を再現するアバターを動かし、ポリゴンで表現する人の形状を時系列の連番 STL データとして生成した。連番 STL データの時間間隔は LBM による

空力解析の時間発展の  $\Delta t$  に比べて2000倍も長いため、LBMの各時刻でのランニング形状は前後のSTLデータから補間して求める。時系列の各STLモデルは同じポリゴン数を持ち、時系列変化についても各ポリゴンが一对一に対応している。任意形状の移動物体と流体の相互作用は、各ポリゴンにラグランジュ・マーカー粒子を置き、Direct Forcing型の埋め込み境界法を用いた。

下の左図はランナーの体の表面の圧力分布を示す。前面は空気からの強い抗力を受け、体の様々な場所の受ける圧力がランニング・ポーズと共に明らかになった。背面は境界層剥離による渦放出で負の圧力になっていることが分かる。

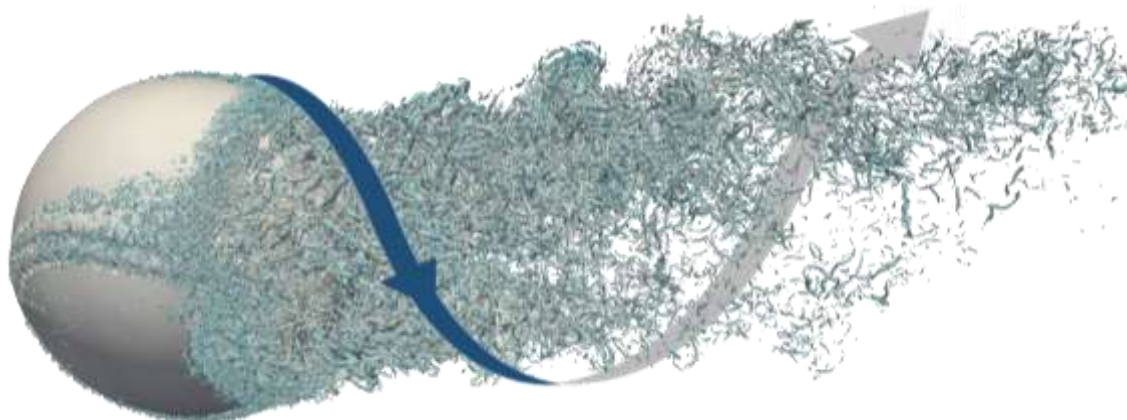


ランニング動作の1周期の抗力係数の時間平均値がシミュレーションでは0.66となった。実測値が0.82~0.91という報告があり、シミュレーション結果はそれより低い値になっている。計算に用いたモデルが比較的滑らかであり、衣服も見に付けていないこと等から抗力係数が低く出ていると推察している。

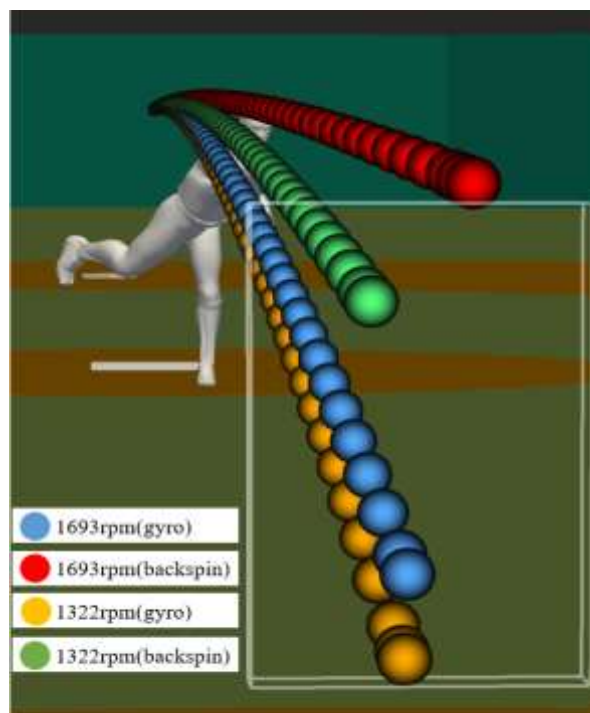
### ジャイロ・フォークボールの空力解析

野球のフォークボールは低速の2-seamバックスピン回転のボールだと思われてきた。メジャーリーグ(MLB)の大谷翔平投手や千賀滉大投手のフォークボールは鋭く落ち、スローモーション映像を解析するとバックスピンではなく、ジャイロ回転していることが分かった。これまでのジャイロボールの空力特性は実験による測定しか行われておらず、飛翔時間全体を平均した各種空力係数でしか評価されていなかった。MLBの公式試合球を3Dスキャンして得られたモデルを用い、

Cumulant 衝突項の格子ボルツマン法による数値シミュレーションで野球ボール周りの流れの空力解析を行った。



2-seam 回転のジャイロボールと 4-seam 回転のジャイロボールはいずれも後流領域がボール後方の一箇所に偏って固定され、それにより表面の境界層剥離点が非対称になり、回転周期と一致する周期的な揚力特性を示し、後流領域はらせん状に変化している。「ジャイロ・フォークボール」とも呼ばれる 4-seam 回転のジャイロボールが急激に落ちるのは、周期的に変化する揚力が相殺され、重力だけが作用するためであることが明らかになった。これにより、ボールの軌道はバックスピンの 2-seam 回転するフォークボールと比較して打者の地点で 40~50cm も落差があることが分かった。シミュレーションにより得られたボール軌道の動画は、TV 放送のために撮影された映像のボール軌道を非常によく再現していることが確認された。



打者視点でのジャイロボールと 2-seam バックスピンの軌道比較

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Yos Panagaman Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Tomohiro Takaki: An ordered active parameter tracking method for efficient multiphase field simulations, *Journal of Computational Science*, Vol. 64, October 2022, 101834, October 2022
- 2) Shinji Sakane, Takayuki Aoki, Tomohiro Takaki: Parallel-GPU AMR implementation for phase-field lattice Boltzmann simulation of a settling dendrite, *Computational Materials Science*, Vol. 211, August 2022, 111542, 1 Aug 2022
- 3) Tongda Lian, Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: An AMR-Based Liquid Film Simulation with Surfactant Transport Using PLIC-HF Method, *Applied Sciences Special Issue "Multiphase and Granular Flows"*, 2023, 13(3), 1955, 2 Feb 2023
- 4) Tomohiro Takaki, Shinji Sakane, Takayuki Aoki: Natural Convection on Dendrite Morphology: A High-performance Phase-field Lattice Boltzmann Study, *ISIJ International*, Vol. 63 (2023), No. 1, pp. 83–90, 1 Jan 2023

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Naoyuki Onodera, Yasuhiro Idomura, Yuta Hasegawa, Hiromasa Nakayama, Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki: Particle Filter for Large-Eddy Simulations of Turbulent Boundary Layer Flow Generation Based on Observations, 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics WCCM-APCOM 2022, 31 Jul 2022- 5 Aug 2022
- 2) Tongda Lian, Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: A Weakly Compressible Flow Computation of Liquid Film with Interface-adapted AMR method, 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics WCCM-APCOM 2022, 31 Jul 2022- 5 Aug 2022
- 3) Kai Yang, Takayuki Aoki, Yuma Tamaoki: Combining Phase-field and VOF Methods with a Conservative Weakly Compressible Solver for Large-scale Two-phase Flow Simulation, 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics WCCM-APCOM 2022, 31 Jul 2022- 5 Aug 2022
- 4) Dawei Shen, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Shuji Moriguchi, Shinsuke Takase, Masaaki Sakuraba: Large-scale Simulation for a Real Driftwood Disaster by Using LBM with AMR, 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics WCCM-APCOM 2022, 31 Jul 2022- 5 Aug 2022
- 5) Yuta Hasegawa, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi, Yasuhiro Idomura, Naoyuki Onodera: Tree Cutting Approach for Reducing Communication in Domain Partitioning of Tree-based Block-structured Adaptive Mesh Refinement, 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics WCCM-APCOM 2022, 31 Jul 2022- 5 Aug 2022
- 6) Yos P. Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki: Study on Foam Formation using Multi-phase-field Lattice Boltzmann Method with Adaptive Mesh Refinement, 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics WCCM-APCOM 2022, 31 Jul 2022

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) Sitompul Yos, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Takaki Tomohiro: Development of an Improved Active Parameter Tracking Method for Efficient Multiphase Simulations using Multiphase Field Method, 第27回計算工学講演会, 2022年6月3日
- 2) Shen Dawei, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Moriguchi Shuji, Takase Shinsuke, Sakuraba Masaaki: A Large-scale Simulation for River Flood including Driftwood by Using LBM with AMR, 第27回計算工学講演会, 2022年6月3日
- 3) Lian Tongda, Matsushita Shintaro, Aoki Takayuki: An AMR-based Two-phase Flow Simulation for Dynamics of Liquid Film, 第27回計算工学講演会, 2022年6月3日
- 4) 小野寺 直幸, 井戸村 泰宏, 長谷川 雄太, 下川辺 隆史, 青木 尊之: 適合細分化格子ボルツマン法による大気境界層生成のためのパラメータ最適化, 第27回計算工学講演会, 2022年6月3日
- 5) 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2022年度シンポジウム, 2022年7月7日
- 6) 青木尊之: アメンボの水面走行のシミュレーション, 学際大規模情報基盤共同利用共同研究拠点2022年度シンポジウム, 2022年7月8日
- 7) 篠崎響, 青木尊之, 松下真太郎: ギアの回転によるオイル攪拌の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 2022, 2022年8月19日
- 8) 吉泉瑛, 青木尊之, 松下真太郎, 杉原健太: アメンボの水面走行の気液二相流シミュレーション, 日本混相流学会 混相流シンポジウム 2022, 2022年8月20日
- 9) 狭間貴一, 青木尊之, 吉泉瑛, 松下真太郎: 粒子間液架橋の直接計算による水分を含んだ粉体シミュレーション, 日本混相流学会 混相流シンポジウム 2022, 2022年8月20日
- 10) 玉置 優眞, 青木尊之, Kai Yang, 松下真太郎, 渡辺勢也: 気液二相流シミュレーションによる砕波・壁衝突で発生する気泡および液滴サイズ分布の統計量, 日本流体力学会・年会 2022, 2022年9月27日
- 11) Arce Acuna Marlon, 青木尊之, 嶋 大尚: A real-time river flood simulation with 1m-mesh resolution 1mメッシュを用いた河川氾濫のリアルタイム・シミュレーション, 日本機械学会・第35回計算力学講演会, 2022年11月17日
- 12) 三好健斗, 長崎孝夫, 青木尊之, Yang Kai, 松下真太郎, 杉原健太: LIC-VOF法を用いた核沸騰の直接数値シミュレーション, 日本流体力学会・第36回数値流体力学シンポジウム, 2022年12月16日
- 13) TAN HONG GUAN, 青木尊之, 岩田真明, 渡辺 勢也: 人のランニング動作の空力解析, 日本流体力学会・第36回数値流体力学シンポジウム, 2022年12月16日
- 14) Sitompul Yos Panagaman, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki: Foam Simulation with more than 1000 bubbles using LBM with MPF model and AMR method, 日本流体力学会・第36回数値流体力学シンポジウム, 2022年12月16日

### 【招待講演】

- 1) 青木尊之: 格子ボルツマン法による混相流・流体構造連成シミュレーション, 日本応用数理・ものづくり研究会, 2022年12月12日 (招待講演)
- 2) 青木尊之: 革新的混相流シミュレーション, 自動車技術会 CFD 技術部門委員会, 2022年9月9日 (招待講演)

### 【基調講演】

- 1) 青木尊之: MLB 大谷翔平ピッチングの空力解析, NVIDIA 冬の HPC Weeks, 2022年12月8日 (基調講演)
- 2) Takayuki Aoki: Enhanced-scale using AMR-based simulation for multiphase flows and fluid-structure interactions, HPC Asia 2023, Workshop 3: Multi-scale, Multi-physics and Coupled Problems on highly parallel systems (MMCP), 28 Feb 2023 (基調講演)



### 【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

機械学習の社会的な重要性は増す一方であり、高性能計算技術による大規模化・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構成が必要である。この目的に向け以下のような研究を進めた。

- 演算カーネルレベルのマルチコア/SIMD 並列性の活用：本項目ではまず、以前より引き続いてステンシル演算カーネルの反復をまたぐ局所最適化（時間ブロッキング）と容易なソフトウェア開発の両立に取り組んだ。ドメイン特化言語 Halide を用いた実装および、C++ラムダ式を基盤とした Kokkos フレームワーク等での実装について進め、開発コストの低減と CPU/GPU 上の高性能の両立が可能であることを示した。並行して、映像検出タスクの一種である Visual Transformer の改良として階層型の手法を提案・GPU 上で実装し、高速化と高精度化を行った。
- 水平・垂直方向の演算・データスケジューリング：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。このフレームワーク上で、Visual Transformer (層数 360 の ViT-H-14)を含むモデルの学習処理の評価実験を TSUBAME スパコンの多数 GPU 上で行い、単純なデータ並列に比べて高速化することを実証した。一方でパイプライン並列の導入に伴う学習精度の低下が観測された。これを改善するために、学習途中でデータ並列とハイブリッド配列を切り替える手法（Switch parallel 方式）を提案・実装し、速度と学習精度の両立を実現した。
- ビッグデータ学習処理のデータ管理方式：GPU 上の学習処理に基づいた高性能アプリケーションとして、AlphaFold などのタンパク質構造推測ソフトウェアが注目されている。このようなソフトウェアでは、GPU/CPU 上の高性能並列処理に加え、2.2TB の大規模データへのアクセスを必要とする。そのデータアクセスが AlphaFold の実行時間に多大な影響を及ぼすことを示し、TSUBAME 上のハードディスクベースの共有ストレージ・ローカル SSD・RAM ディスクといった性質の異なる異種ストレージに適切に配置する手法を提案・高速化を実証した。

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との共同で行った。

#### 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増している。TSUBAME3.0 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、TSUBAME4.0 などの次世代システムを見据え、インタラクティブ性と省資源性の両立などを可能とする計算資源管理手法の研究を行っている。

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。その評価に用いるジョブスケジューラのシミュレータをすでに開発しており、それを用いて、提案するスケジューリング手法と、TSUBAME3.0 などで用いられている独立したインタラクティブキューを設ける手法などの、各ジョブへの待ち時



間・処理低下を統計的に解析した。

この研究成果などについて、新規に設立された富士通次世代コンピューティング基盤協働研究拠点にてさらに発展させる計画である。

### 次世代スパコンに向けた高性能アーキテクチャ探索

半導体のさらなる微細化が困難となる時代においても、HPC アプリケーションの継続的な性能向上を果たすための、アーキテクチャ技術・ソフトウェア技術の統合について研究を行っている。特に、メモリアーキテクチャとメモリバウンドなアプリケーションの組み合わせを対象とし、下記のような研究を行った。

- メモリ階層性能推定のための PMNet ツールチェーンの開発：まだ実存しないアーキテクチャ上でアプリケーション性能を推定するための簡易シミュレータなどのツール群を継続的に開発している。我々の文脈では異なるアーキテクチャ上で様々なソフトウェアチューニングの結果を得る必要があるため、本ツール群ではシミュレーション速度の向上を基本方針としている。今年度は、対応するアーキテクチャを拡大するために、キャッシュ・メインメモリに加えスクリッチパッドメモリへの対応や、分散共有キャッシュへの対応を行った。
- 新規アーキテクチャとソフトウェア改良手法のコーデザインによる性能向上：半導体微細化の限界などにより、メモリ・キャッシュのバンド幅向上が鈍化している。これを踏まえ、理化学研究所を中心に策定された仮想メニーコアアーキテクチャである LARC を、将来のアーキテクチャとして取り上げた。その上でメモリバウンドなアプリケーションの例としてステンシル演算カーネルを取り上げ、上記 PMNet 上で性能推測を行った。単純に実行するだけでは十分な性能向上は見られなかったが、ソフトウェア上の工夫として、L1 キャッシュを効率利用する時間ブロッキングおよびレジスタ再利用技術を組み込むことにより、2018 年ごろのアーキテクチャに比較して 119 倍の性能向上が可能という推測結果を得た。

以上の研究を、NEDO プロジェクト「2028 年に性能 100 倍を達成する汎用性の高い高性能計算機アーキテクチャとシステムソフトウェアの技術の探索」にて、理化学研究所・富士通株式会社・東京大学などと共同で遂行した。

### TSUBAME スパコンの運用・設計

当センターの TSUBAME3.0 スーパーコンピュータは、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おり、随時運用改善などを行っている。またさらなる計算資源への量的・質的な需要の高まりに応えるため、次世代スパコンである TSUBAME4.0 の調達を進め、2023 年 3 月に開札が行われた。2024 年 4 月にすずかけ台キャンパス G4A 棟にて運用開始される予定である（詳細はトピックスを参照）。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Chenyu Wang, Toshio Endo, Takahiro Hirofuchi and Tsutomu Ikegami. Speed-up Single Shot Detector on GPU with CUDA. In proceedings of 23rd ACIS International Summer Virtual Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD2022-Summer), Kyoto (online), Studies in Computational Intelligence, vol 1074. Springer, pp. 89-106, July 2022.

- 2) Hiroki Aikawa, Toshio Endo, Tomoya Yuki, Takahiro Hirofuchi, Tsutomu Ikegami. Efficient Stencil Computation with Temporal Blocking by Halide DSL. In proceedings of 20th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA), pp. 870-877, online, December 2022.
- 3) Chenyu Wang, Toshio Endo, Takahiro Hirofuchi and Tsutomu Ikegami. Pyramid Swin Transformer: Different-Size Windows Swin Transformer for Image Classification and Object Detection. In Proceedings of the 18th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications - Volume 5 VISAPP, SciTePress, pp. 583-590, VISAPP 2023, Lisbon (hybrid), February 2023. (採択率 20%)
- 4) Lingqi Zhang, Mohamed Wahib, Peng Chen, Jintao Meng, Xiao Wang, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. Exploiting Scratchpad Memory for Deep Temporal Blocking. In proceedings of the 15th Workshop on General Purpose Processing Using GPU (GPGPU 2023), co-located with PPOPP 2023, short paper, Montreal, February 2023.
- 5) William S. Moses, Ivan Radanov Ivanov, Jens Domke, Toshio Endo, Johannes Doerfert, Oleksandr Zinenko. High-Performance GPU-to-CPU Transpilation and Optimization via High-Level Parallel Constructs. In proceedings of ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming (PPOPP 2023), pp. 119-134, Montreal, February 2023. (採択率 24%)
- 6) Shohei Minami, Toshio Endo, Akihiro Nomura. Effectiveness of the Oversubscribing Scheduling on Supercomputer Systems. In proceedings of High Performance Computing in the Asia-Pacific Region (HPC ASIA), pp. 18-28, Singapore, February 2023. (採択率 44%)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 瓜生 侑, 遠藤 敏夫. ラムダ式を用いる移植性の高い並列プログラムの実装と CPU・GPU 上の評価. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2022), 情報処理学会研究報告, 2022-HPC-185, No. 30, 2022 年 7 月.
- 2) 大沢 泰生, 遠藤 敏夫, 野村 哲弘. タンパク質構造解析システム Alphafold の実行時ファイルステージングを用いた高速化. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2022), 情報処理学会研究報告, 2022-HPC-185, No. 24, 2022 年 7 月.
- 3) 細木 隆豊, 遠藤 敏夫, 広渕 崇宏, 池上 努. 負荷分散を改善したハイブリッドパイプライン並列深層学習手法. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2022), 情報処理学会研究報告, 2022-HPC-185, No. 17, 2022 年 7 月.
- 4) 萩原 汐, 吉川 隆英, 幸 朋矢, 遠藤 敏夫. 3D Stacked SRAM を活用した HPC 向けメモリアーキテクチャの検討. デザインガイア 2022, 情報処理学会研究報告, 2022-SLDM-200, No. 31, 6pages, 2022 年 11 月.
- 5) 丸山 翼, 池上 努, 遠藤 敏夫, 広渕 崇宏. 機械学習を用いた音声処理に向けたデータ拡張手法の研究. 音響・超音波サブソサイエティ合同研究会, 電子情報通信学会 応用音響研究会 技術研究報告, 2022 年 12 月.
- 6) 幸 朋矢, 遠藤 敏夫. 次世代高性能メモリシステムにおけるステンシル計算の局所性向上技術の評価. 情報処理学会研究報告, 2023-HPC-188, No. 31, 第 188 回 HPC 研究発表会, 札幌, 2023 年 3 月.

【研究の概要と成果】

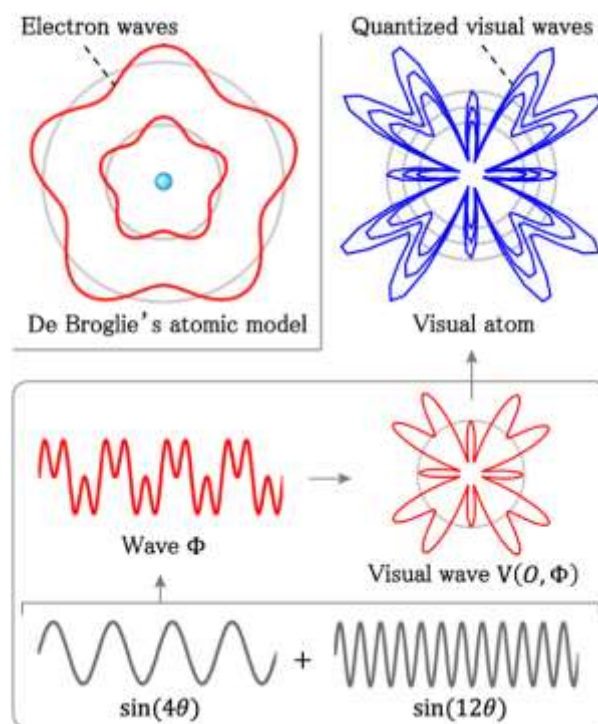
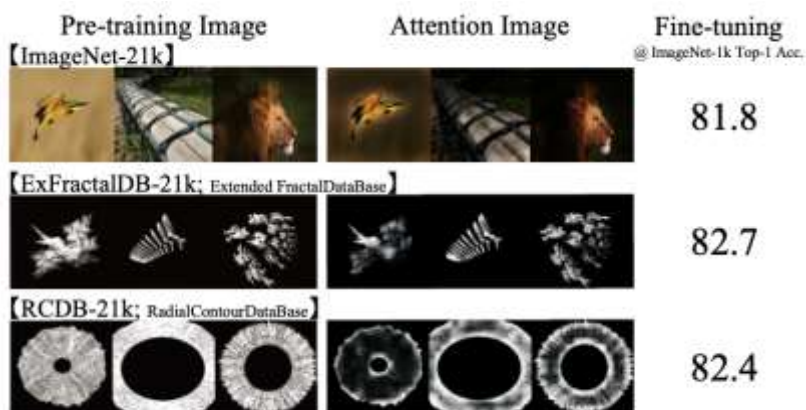
フラクタル画像を用いた Vision Transformer の事前学習

現在、あらゆる画像認識モデルの中で ImageNet の学習において最も高い精度(SOTA)を記録しているのは、JFT-300M で事前学習された Vision Transformer (ViT) である。ただし、JFT-300M は Google

の未公開データセットであり、今年に入ってから Google 以外では首位争いにそもそも参入できない深刻な状況が生じている。この状況を打開するために、本研究では Fractal などから生成される人工画像を用いて ViT の事前学習を行う。Fractal を用いた

既存研究では、倫理の観点から ImageNet を代替することを目指しており、Google の事前学習市場の独占を解決する規模での学習は想定されていない点で本課題とは手段は同じであるが目的と規模が異なる。2021 年度には、ImageNet-21k で事前学習した ViT を ImageNet-1k で fine-tuning する場合と比べて、同じ画像数の FractalDB-21k で事前学習した ViT を同じく ImageNet-1k で fine-tuning した場合の方が高い精度が得られた。

2022 年度には、これをさらに改良するため汎用な輪郭形状が生成できる Visual Atom データセットを開発し、Google が所有する最大級の実画像データセット JFT-300M の事前学習性能 84.2% に迫る 83.7% を 1/14 の画像数で達成した。本研究の成果は画像処理分野のトップカンファレンス CVPR2022 と 2023 に連続で採択されている。



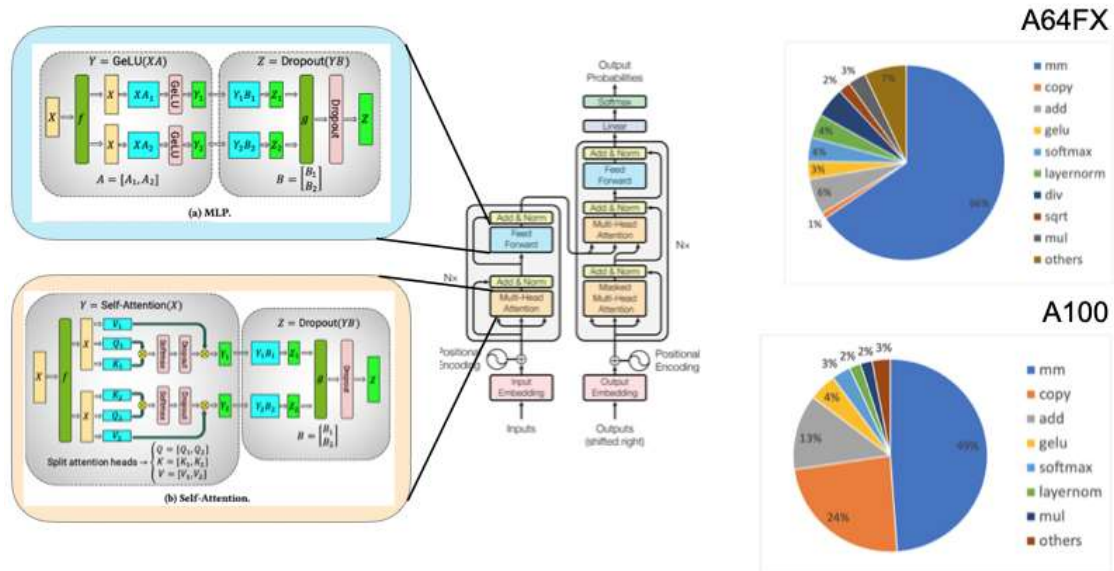
<ul style="list-style-type: none"> <li>□ JFT-300M</li> <li>□ 300M Images</li> <li>□ Human Supervision</li> <li>□ <b>84.2 %</b> @ ImageNet-1k</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ VisualAtom (ours)</li> <li>□ 21M Images (x14 smaller!)</li> <li>□ Formula Supervision</li> <li>□ <b>83.7 %</b> @ ImageNet-1k</li> </ul>

## 富岳を用いた大規模言語モデルの事前学習

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る。A64FX においても A100 GPU においても計算時間の大半は低精度行列積の部分に費やされている。このため、HPL-MxP などのベンチマークに用いられる高性能ライブラリを改良し、transformer に現れる行列の次元とバッチサイズに合わせたチューニングを行う。

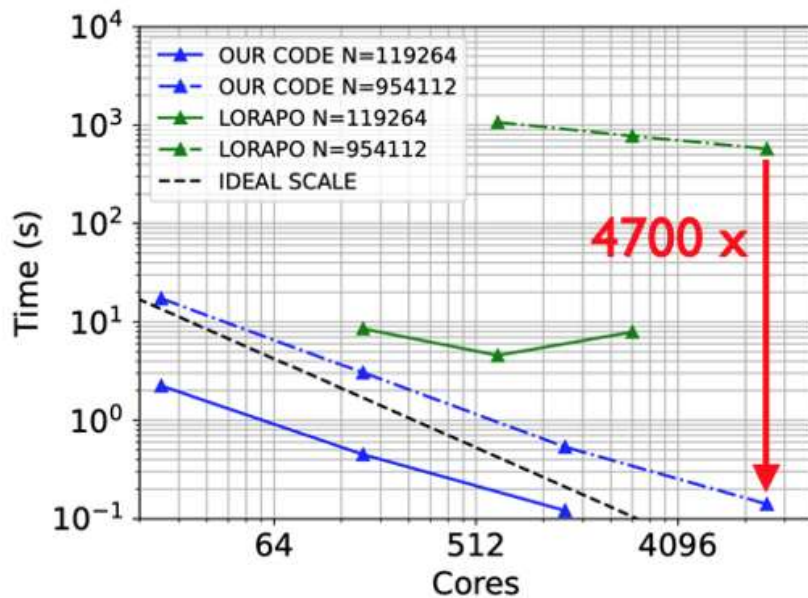
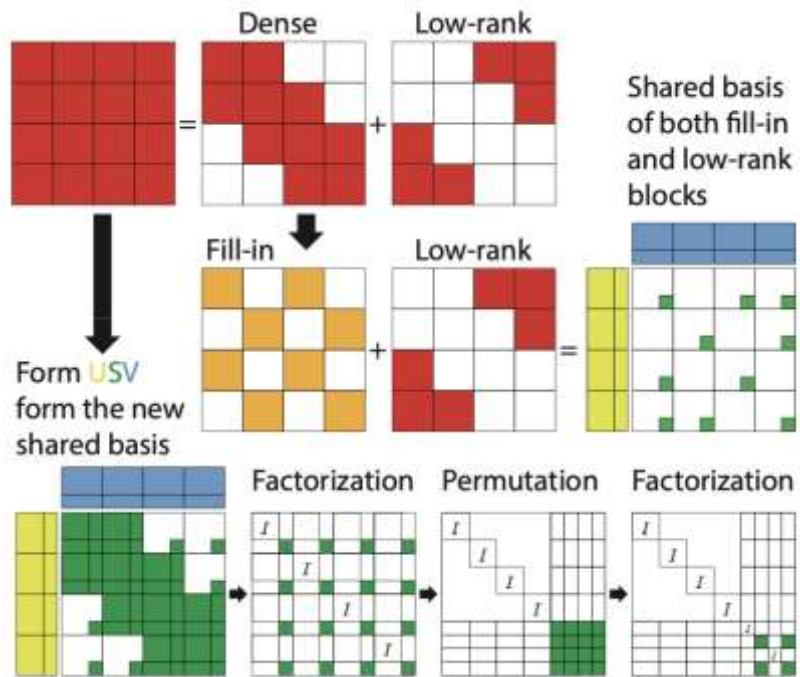
これまで「富岳」上で大規模分散深層学習のプロジェクトを多数実施してきた。2020 年度 HPCI 課題では、大規模な transformer モデルを学習する際に必要な省メモリ技術を開発し、140 億パラメータを持つ BERT-Large モデルでも 1 ノード上で計算できることを示した。2021 年度 HPCI 課題では、「富岳」における省 I/O 技術を開発し、学習中に tar ファイルから直接画像を読む方法により inode 数を 1/1000 以下に低減した。2022 年度 HPCI 課題では、これらの技術を応用し大規模事前学習モデルの高速化を行った。





## O(N)で超並列な密行列のLU分解

密行列のLU分解はO(N<sup>3</sup>)の計算量を要するため、LINKPACKベンチマーク以外で大規模な行列の分解に用いられることは少ない。本研究では、密行列のもつ低ランク構造を利用することでLU分解の計算量をO(N)に低減する手法を採用する。このような低ランク構造を利用した密行列の圧縮形式にはHSS行列、H行列、H<sup>2</sup>行列などがある。HSS行列はLU分解をする際に共有基底を分離するULV分解を用いることで対角成分に対する依存性を取り除くことができる。通常、密行列のLU分解は対角成分に対する依存性があるため分散並列処理をするためにはSCALAPACKのようなブロックサイクリング分割を行い、高頻度で通信と同期をする必要がある。しかし、HSS行列のULV分解ではこのような通信や同期は必要なく、超並列に計算をすることが可能である。ただし、HSS行列では対角ブロック以外を全て低ランク近似するため3次元問題では非対角ブロックのランクが増大しO(N)の計算量を実現することができない。一方、H<sup>2</sup>行列は非対角ブロックも分割し密行列にもすることができるため3次元問題においてもO(N)の計算量を実現することができる。しかし、H<sup>2</sup>行列の場合は非対角の密ブロックからのfill-inが生じるため再圧縮が必要になりULV分解の超並列性が失われてしまう。本研究では、fill-inの低ランク性を利用することでfill-inを予め計算しそれを共有基底に含めることで、再圧縮に伴う逐次化を防ぐことに成功した。これによりO(N)の計算量を維持しながらも超並列なLU分解を実現することができた。これにより、2021年度のGordon BellファイナリストであるLORAPOとの比較において4700倍の高速化を達成した。この成果は高性能計算分野のロップカンファレンスであるSC22に採択された。



ただし、HSS行列では対角ブロック以外を全て低ランク近似するため3次元問題では非対角ブロックのランクが増大しO(N)の計算量を実現することができない。一方、H<sup>2</sup>行列は非対角ブロックも分割し密行列にもすることができるため3次元問題においてもO(N)の計算量を実現することができる。しかし、H<sup>2</sup>行列の場合は非対角の密ブロックからのfill-inが生じるため再圧縮が必要になりULV分解の超並列性が失われてしまう。本研究では、fill-inの低ランク性を利用することでfill-inを予め計算しそれを共有基底に含めることで、再圧縮に伴う逐次化を防ぐことに成功した。これによりO(N)の計算量を維持しながらも超並列なLU分解を実現することができた。これにより、2021年度のGordon BellファイナリストであるLORAPOとの比較において4700倍の高速化を達成した。この成果は高性能計算分野のロップカンファレンスであるSC22に採択された。

### 【査読付き学術論文】

- 1) 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 TOMS, 2023.
- 2) Muhammad Ridwan Apriansyah, Rio Yokota, Parallel QR Factorization of Block Low-Rank Matrices, ACM Transactions on Mathematical Software, Vol. 48, No. 3, pp. 1-28, (2022). <https://doi.org/10.1145/3538647>
- 3) Hiroyuki Ootomo, Rio Yokota, Recovering Single Precision Accuracy from Tensor Cores While Surpassing the FP32 Theoretical Peak Performance, The International Journal of High Performance Computing Application, Vol. 26, No. 4, 2022 <https://doi.org/10.1177/10943420221090256>.

### 【査読付き国際会議発表】

- 1) Hiroyuki Ootomo, Rio Yokota, Mixed-Precision Random Projection for RandNLA on Tensor Cores, Platform for Advanced Scientific Computing (PASC), Jun. 2023.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) Hiroyuki Ootomo, Rio Yokota, Reducing Shared Memory Footprint to Leverage High Throughput on Tensor Cores and its Flexible API Extension Library, HPC Asia, Feb. 2023. (Best paper)
- 5) Satoshi Ohshima, Akihiro Ida, Rio Yokota and Ichitaro Yamazaki, QR Factorization of Block Low-Rank Matrices on Multi-Instance GPU, The 23rd International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT'22), Dec. 2022.
- 6) Hiroki Naganuma, Kartik Ahuja, Ioannis Mitliagkas, Shiro Takagi, Tetsuya Motokawa, Rio Yokota, Kohta Ishikawa, Ikuro Sato, Empirical Study on Optimizer Selection for Out-of-Distribution Generalization, NeurIPS Workshop Distshift, Dec. 2022.
- 7) Kazuki Osawa, Satoki Ishikawa, Rio Yokota, Shigang Li, Torsten Hoefer, ASDL: A Unified Interface for Gradient Preconditioning in PyTorch, NeurIPS Workshop Order up! The Benefits of Higher-Order Optimization in Machine Learning, Dec. 2022.
- 8) Aoyu Li, Ikuro Sato, Kohta Ishikawa, Rei Kawakami, Rio Yokota, Informative Sample-Aware Proxy for Deep Metric Learning, ACM Multimedia Asia, Dec. 2022. (Best paper)
- 9) Qianxiang Ma, Sameer Deshmukh, Rio Yokota, Scalable Linear Time Dense Direct Solver for 3-D Problems Without Trailing Sub-Matrix Dependencies, The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis (SC22), Nov. 2022.
- 10) Hirokatsu Kataoka, Ryo Hayamizu, Ryosuke Yamada, Kodai Nakashima, Sora Takashima, Xinyu Zhang, Edgar Josafat Martinez-Noriega, Nakamasa Inoue, Rio Yokota, Replacing Labeled Real-image Datasets with Auto-generated Contours, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Jun. 2022.
- 11) Hana Hoshino, Kei Ota, Asako Kanezaki, Rio Yokota, OPIRL: Sample Efficient Off-Policy Inverse Reinforcement Learning via Distribution Matching, IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 2022.

### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Qianxiang Ma, Rio Yokota,  $O(N)$  Factorization of Dense Matrices on GPUs Without Trailing Submatrix Dependencies, SIAM CSE, Feb. 2023.
- 2) Muhammad Ridwan Apriansyah, Rio Yokota, Parallel QR Factorization of Block Low-Rank Matrices, SIAM CSE, Feb. 2023.

### 【招待講演】

- 1) Rio Yokota, Training Vision Transformers with Synthetic Images, Multicore World X, 2023/2/13-17
- 2) 横田理央, 富岳を用いた大規模言語モデルの分散並列学習, 2022 年度第 2 回計算科学フォーラム, 2023/3/28
- 3) Rio Yokota, Matrices in Deep Neural Networks and How to Compute Them in Parallel, IEEE Cluster, 2022/9/6-9
- 4) 横田理央, 人工画像を用いた Vision Transformer の大規模事前学習, DENSO IT LAB x TOKYO TECH Discussion Night in MIRU 2022, 2022/7/25

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 中村 秋海, 横田 理央, GPU と A64FX における Transformer の性能比較, 第 188 回 HPC 研究発表会, Mar 2023.
- 2) 齋藤 智和, 横田 理央, 量子渦計算の高速多重極展開法を用いた高速化, 情報処理学会全国大会, Mar 2023.
- 3) 石川 智貴, 横田 理央, 深層学習における勾配の前処理法に関する検討, 情報処理学会全国大会, Mar 2023.(学生奨励賞)
- 4) 近江 俊樹, 中村 凌, 片岡 裕雄, 井上 中順, 横田 理央, ニュートンフラクタル画像による事前学習効果, 情報処理学会全国大会, Mar 2023.
- 5) 杉山 佳史, 片岡 裕雄, 横田 理央, 井上 中順, 敵対的距離学習モジュールを用いた特徴変動に頑健な画像認識のための対照学習, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), Dec. 2022.
- 6) 田所 龍, 片岡 裕雄, 川上 玲, 横田 理央, 井上 中順, 蒸留画像による事前学習効果についての検討, ビジョン技術の実利用ワークショップ(ViEW), Dec. 2022.
- 7) 伊田 明弘, 荻田 武史, 横田 理央, 「対称ブロック低ランク行列の精度保証付き固有値問題解法」, 日本応用数理学会 2022 年度年会, Sep. 2022
- 8) 高橋 那弥, 八嶋 晋吾, 石川 康太, 佐藤 育郎, 走行動画の大規模自己教師あり学習の検討と計画, 第 25 回 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU), Jul. 2022.
- 9) 張 新宇, 高島 空良, 横田 理央, 「ViT のファインチューニング時における NAS のモデル縮小効果」, 第 36 回 人工知能学会全国大会, Jun. 2022

【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による都市街区微気象のリアルタイム予測の実現

シミュレーション科学とデータ科学の進展に伴い、情報と実社会が高度に融合した未来社会の実現が謳われている。ネットワークに繋がった自律システムが協調・連携することによって、社会は自律的に最適な状態を保ち続けることで、社会が人間にとってのみ安全で快適であるだけでなく、自然（環境と生態系）と調和した持続可能な状態が保たれる。

そのような未来社会では、自律飛行ドローンをはじめとする無数の自律システムは、サイバー空間内に再現された過去・現在・未来の気象と社会ネットワークの統合情報（気象情報インフラ）に常時アクセスする。その一方で、自律制御のためのリアルタイムセンシングデータの一部は気象予測シミュレーションに同化され、気象情報インフラの信頼性担保に利用される。つまり、予測シミュレーションと無数の自律システムが協調して、気象情報インフラを構築する。ネットワークにさえつながっていれば、あらゆるシステムと機器がその気象情報インフラに容易にアクセスできることになる。そして、人々が意識せずとも、各自律システムが時々刻々と複雑に変化する気象と社会に応じて、自然との調和を保ちながら、様々な社会課題を解決するための社会サービスを提供していく。

このような未来社会を実現するうえで、人間生活に直結する”微気象”という気象よりもスケールの小さい現象が非常に重要となる。微気象は、定義で言うと、建物や人間活動などの影響を強く受ける地表から高度 100m 程度までの気象になる。現状においては、この微気象を対象とした予測技術も観測技術も未熟である。通常気象予測シミュレーションは、計算解像度の不十分さと物理過程の大幅な簡略化のために、都市建物や刻々と変化する人間活動の影響を考慮することができず、街区内のような生活圏の微気象を再現することはできない。また仮に計算解像度を向上させたとしても、計算コストが甚大であるために、微気象をリアルタイム（即時的）に予測することはできない（予測のボトルネック）。さらに、刻々と変化する微気象やそのスケールでの人間活動を詳細に観測する手段もない（観測のボトルネック）。

そこで、科研費学術変革領域(B)「微気象制御学」の中で、このようなボトルネックを解消するための学術研究を先導してきた。その中では、予測のボトルネックを、建物や樹冠を解像し、人工排熱だけでなく 3 次元熱放射過程までを詳細に計算できる超高精細・微気象シミュレーションに AI 技術を融合した技術を開発している。その技術により、刻々と変化する社会活動への適合性とリアルタイム性を兼ね揃えた調和的予測の実現が期待される。また、観測のボトルネックについては、協調連携する多数のドローンによる機動性と刻々と変化する環境への適応性を兼ね揃えた能動的観



図 1：自然と調和した自律制御社会



測の実現が期待されている。

本年度は、ドローンによる低高度の観測データが微気象の予測精度に及ぼす影響を明らかにするとともに、千葉大学と協力し、微気象の予測情報がドローン運航を効率化できることを明らかにした。

### 3次元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2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暑熱対策に活用され始めている。一方で、計算コストが甚大であり、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。そこで、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)。今年度は、Onishi et al. (2019)によ

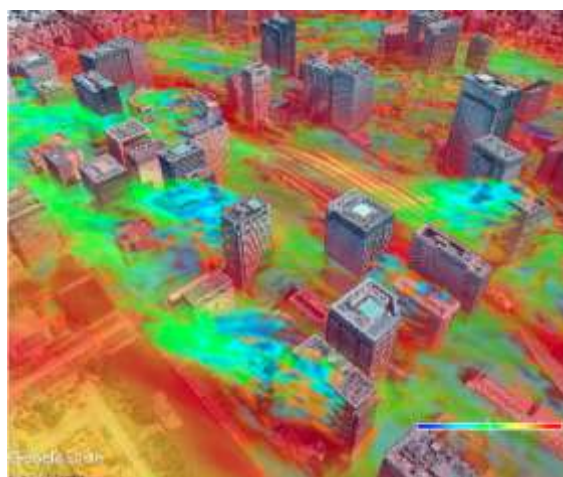


図2：微気象シミュレーションにより得られた東京駅周辺風速の3次元分布。建物後流の風速が弱い様子がわかる。

って提案されたレベル分けの“物理考慮レベル2” (損失関数に物理法則を組み込む) および“物理考慮レベル3” (ニューラルネットワークそのものに物理法則を組み込む) に相当する物理超解像 (Physics-informed SR or Physics SR) を開発し、その高い性能を明らかにした。

図3に、東京駅周辺 (300m 四方) の地上高さ約 10m における1分平均気温、東西風速、南北風速、鉛直風速の水平分布を超解像した結果を示す。5m 解像度 (high-resolution, HR) の分布に対して、20m 解像度 (low-resolution, LR) の分布が非常に粗く、細かい構造物・建物や細街路が解像されていないことがわかる。一方、3次元超解像の結果 (super-resolution, SR) では、それら細かい構造物が再構築された上で分布が再現されることがわかる。

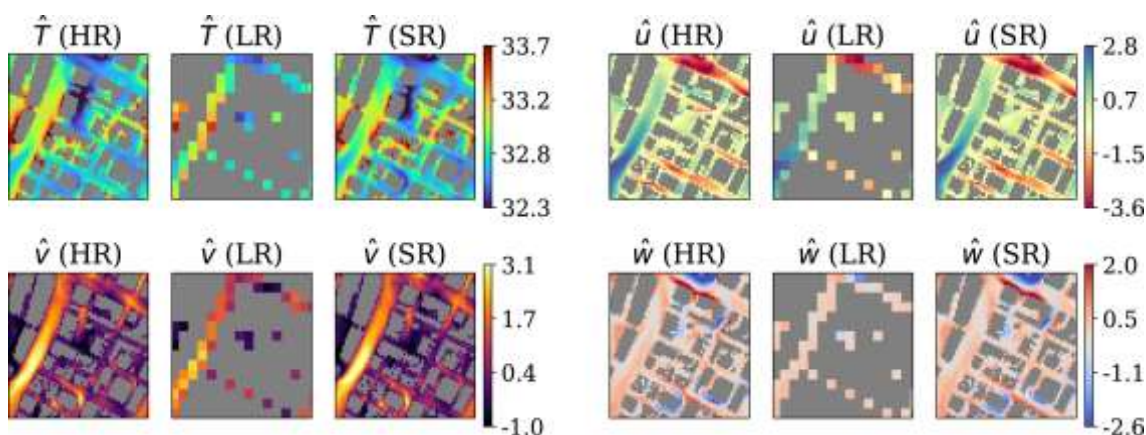


図3：東京駅周辺（300m四方）の地上約10m高さにおける1分平均気温（左上）、東西風速（右上）、南北風速（左下）、鉛直風速（右下）の水平分布。20m解像度（LR）の結果から超解像した結果（SR）は、5m解像度（HR）の分布に見られる細かい構造を再現できる。

### 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降水量が増大されることを明らかにできた。

本年度は、高解像度（水平500m解像度）シミュレーションから得られた降雨マップを学習データとして、水平2km解像度の降雨予測結果を水平500mの高解像度予測結果にアップコンバート（超解像）する超解像器のプロトタイプを開発し、オペレーショナルシステムに仮実装した。一般的なワークステーションを用いた場合、500m解像度の1日前予測に半日～1日程度要するが、2km解像度予測であれば1時間程度で完了できる。得られる2km解像度の降雨予測マップを500m解像度に超解像するのに要する時間はミリ秒単位である。結果として、開発した超解像シミュレーション法を用いれば、500m解像度の1日先降雨予測マップを1時間程度で得ることができる。これにより、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ローカルな実装システムのプロトタイプを構築することができた。

### 微気象とグリーンインフラ

動的適合格子を用いた、フラクタル樹木周り流れに対する直接数値計算法を開発し、樹木形状と流動特性の関係性を明らかにした。

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

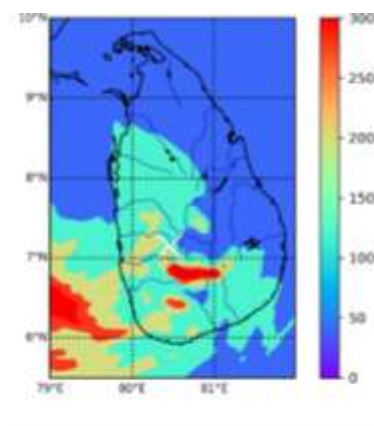


図4：2016年5月17日にスリランカAranayake地方（白地の×）で発生した地滑りを引き起こした降雨に対するMSSG計算結果例。

クロな視点では都市建物は風を弱めるが、マイ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、都市キャン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、動的適合格子 (Adaptive Mesh Refinement) 法を用いて、フラクタル形状を有する樹木の周囲流れに対する数値シミュレーションを開始 (図5) し、樹木形状と流動特性の関係性を明らかにした。具体的には、0.3~1.2程度と大きく変化する樹木の抵抗係数に関して、樹木の形状と複雑度 (階層性の深さ) の影響を明らかにした。

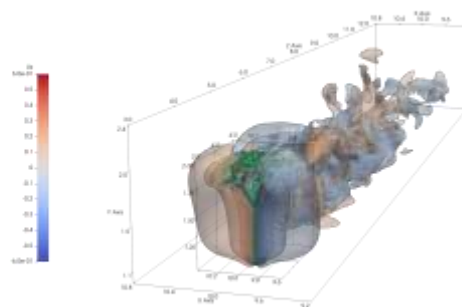
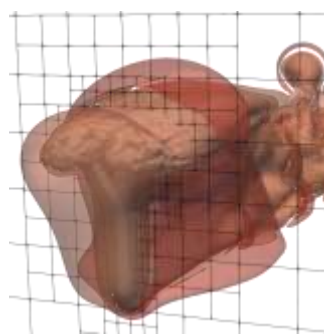


図5: フラクタル樹木に対する数値計算。樹木周辺の鉛直速度 (上)、および、主流速度 (下)

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Yuki Yasuda, and R. Onishi, Rotationally Equivariant Super-Resolution of Velocity Fields in Two-Dimensional Flows Using Convolutional Neural Networks, *APL Machine Learning*, 1, 026107 (2023), DOI: 10.1063/5.0132326
- 2) K. Matsuda, S. Komori, N. Takagaki, and R. Onishi, Effects of surface tension reduction on wind-wave growth and air-water scalar transfer, *Journal of Fluid Mechanics* (accepted on Feb 2023)
- 3) A.A. Hill, Z.J. Lebo, M. Andrejczuk, S. Arabas, P. Dziekan, P. Field, A. Gettelman, F. Hoffmann, H. Pawowska, R. Onishi, and B. Vie, Toward a numerical benchmark for warm rain processes, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 80, 1329-1359 (2023), DOI: 10.1175/JAS-D-21-0275.1

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) [Keynote] Yuki Yasuda, Ryo Onishi, Keigo Matsuda, Three-Dimensional Super-Resolution of Passive-Scalar and Velocity Distributions Using Neural Networks for Real-Time Prediction of Urban Micrometeorology, WCCM2022, Yokohama (hybrid), 2022/08/04

#### 【査読付きポスター発表】 (採択率)

- 1) Yuki Yasuda and Ryo Onishi, Four-Dimensional Super-Resolution Data Assimilation (4D-SRDA) (poster), AGU, Chicago, USA, 2022/12/13
- 2) Igor Segrovets, Dmitry Kolomenskiy, Ryo Onishi, Wind drag due to trees for urban micro-meteorology (poster), AGU fall meeting, Chicago, USA, 2022/12/15

### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Yasuda, Ryo Onishi, Yuichi Hirokawa, Dmitry Kolomenskiy, Daisuke Sugiyama, Physics Super-Resolution of Near-Surface Temperature for Urban Micrometeorology Using Convolutional Neural Networks, JpGU, 2022/05/23

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 小野寺孔明、大西領、安田勇輝、注意機構付き深層学習による都市街区熱環境マップの物理超解像、日本気象学会 2022 年度春季大会、オンライン、2022/5/20
- 2) 小野寺孔明、大西領、安田勇輝、都市街区熱環境マップに対する注意機構付き物理超解像、日本機械学会 2022 年度大会、富山大学、2022/9/12
- 3) 平井丈、大西領、山岳降雨に及ぼす雲内乱流効果の数値解析、流体力学会、京都大学、2022/9/29
- 4) 安田勇輝、大西領、松田景吾、畳込ニューラルネットによる都市微気象の 3 次元物理超解像、秋季気象学会、北海道大学、2022/10/24
- 5) 安田勇輝、大西領、4D 超解像データ同化：時空間超解像を用いたデータ同化手法の開発、秋季気象学会、北海道大学、2022/10/26
- 6) Xidong Hu, Takashi Terada, Tsukuru Furuta, Keigo Matsuda, Kouji Nagata, Shaoxiang Qian, Tomoaki Watanabe, Ryo Onishi, Model Intercomparison Study of Jet in Cross Flow for Prediction of Hot Air Recirculation、第 36 回数値流体力学会、慶應大学 (zoom 開催)、2022/12/14
- 7) 柳康太、大西領、接近物体間に働く潤滑力の数値補正手法、第 36 回数値流体力学会、慶應技術大学 (zoom 開催)、2022/12/14
- 8) 安田勇輝、大西領、4D 超解像データ同化:時空間超解像を用いたデータ同化法の提案と順圧不安定流への適用、数値流体力学会、2022/12/15
- 9) 安田勇輝、大西領、回転同変な畳込ニューラルネットによる 2 次元流体の超解像、春季気象学会、オンライン、2022/05/20
- 10) 大西領、マイクロスケール気象現象に潜む非平衡現象に対する数値研究、JSPS 日仏国際共同研究、2022/12/22
- 11) 大西領、「AI 融合シミュレーションによる微気象の調和的予測技術の創出」、第 3 回「微気象制御学」領域会議、2022/11/29
- 12) 安田勇輝、大西領、松田圭吾、廣川雄一、Dmitry Kolomenskiy、杉山大祐「深層学習による超解像の微気象予測への応用」、第 3 回「微気象制御学」領域会議、2022/11/29
- 13) 大西領、「AI 融合シミュレーションによる微気象の調和的予測技術の創出」、第 3 回「微気象制御学」領域シンポジウム、2023/2/22
- 14) 安田勇輝、大西領、松田景吾、廣川雄一、Dmitry Kolomenskiy、杉山大祐「深層学習による超解像の微気象予測への応用」、第 3 回「微気象制御学」領域シンポジウム、2023/2/22
- 15) 大西領、安田勇輝、ドローンの観測データを用いた微気象予測、JAXA ワークショップ「ドローン統合情報利用プラットフォームの可能性を探る」、2023/2/27 (online)
- 16) 大西領、MSSG モデルの応用と発展、MSSG ワークショップ、AP 東京丸の内、2023/3/23

- 17) 大西領、安田勇輝、ドローンの観測データを用いた微気象予測、JUTM、2023/3/28 (online)

#### 【書籍】

- 1) 大西領、「気象・微気象情報インフラ」、テクノロジー・ロードマップ 2023-2032 全産業編、15-2 節、日経 BP

#### 【解説】

- 1) 安田勇輝、大西領、廣川雄一、Dmitry Kolomenskiy、杉山大祐、畳み込みニューラルネットによる都市微気象シミュレーションの物理超解像、ながれ 注目研究 in CFD35、41, 85-88 (2022)
- 2) Onishi, R., Hirai, J., Kolomenskiy, D., Yasuda, Y. (2023). Real-Time High-Resolution Prediction of Orographic Rainfall for Early Warning of Landslides. In: Sassa, K., Konagai, K., Tiwari, B., Arbanas, Ž., Sassa, S. (eds) Progress in Landslide Research and Technology, Volume 1 Issue 1, 237-248 (2022) [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16898-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16898-7_17)
- 3) Konagai, K. et al. (including R. Onishi) (2023). Early Warning System Against Rainfall-Induced Landslide in Sri Lanka. In: Sassa, K., Konagai, K., Tiwari, B., Arbanas, Ž., Sassa, S. (eds) Progress in Landslide Research and Technology, Volume 1 Issue 1, 217-235, (2022) [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16898-7\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16898-7_16)
- 4) 大西領、安田勇輝、環境と調和したスマート社会を実現するための都市微気象リアルタイム予測技術、化学工学会誌、87, 138-140, 2023-03

#### 【招待講演】

- 1) 大西領、安田勇輝、シミュレーション科学とデータ科学の融合技術で挑む”微気象”予測、京大情報工学シンポジウム、京都大学、2023/3/27 (招待講演)
- 2) 大西領、安田勇輝、微気象予測と未来社会サービスの同時実現を目指す超解像シミュレーション法、自動車技術会第2回 CFD 部門委員会、2022/7/8 (招待講演)



【研究の概要と成果】

サービスマッシュに用いられる WebAssembly フィルター処理の SmartNIC へのオフロード

マイクロサービスでは分散サービスの効率的な管理が重要であり分散デバッグ、分散トレースといった機能が提供されている。これらの機能はアプリケーションに対して透過的かつ、独立したプログラマブルなネットワークであるサービスマッシュを用いて実装されている。サービスマッシュはサービスに対してプロキシとして動作するプログラマブルな L4/L7 フィルターによって実現されているが、近年ではフィルターの効率的な開発を目指し、セキュアかつポータビリティに優れた WebAssembly によるフィルタープログラミングが可能となっている。しかしながら、これらはサービスが実行されるノード内で実行されるため CPU 負荷や遅延の増加といった問題が生じる。そこで、従来ノード内のプロキシサーバーで実行されていた WebAssembly フィルター処理を SmartNIC にオフロードすることによって性能を向上させる試みについて取り組んだ。具体的には

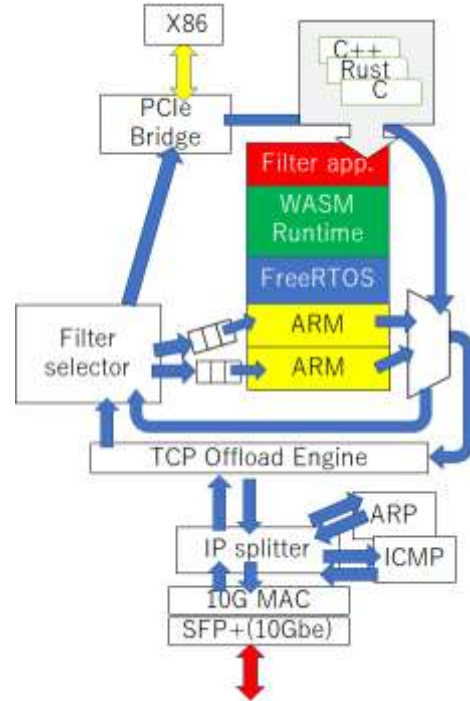


図1 システムの概要

SmartNIC 内の ARM プロセッサ上に WebAssembly ランタイムを移植しフィルター処理のオフロードを行った。概要を図1に示す。さらに、フィルター処理と合わせてネットワークスタック処理の一部もオフロードした。これにより、CPU の負荷低減、アプリケーションの応答性能改善を行った。評価では SmartNIC 内で http ヘッダ内に含まれる uuid 情報を基にロードバランシングを行う L7 フィルターを C 言語で記述したのち、wasm にコンパイルし、提案環境で実行した。この結果 CPU を用いてフィルター処理を行った場合と比較し 27%程度遅延を削減することができた。

大規模計算機環境におけるフィードバック型資源管理向け MQTT Broker の検討

大規模計算機システムの効率的な運用を実現するためには、システムリソースの状態に応じて迅速にフィードバックを与える動的資源管理が重要である。MQTT の Pub/Sub やトピックはフィードバックシステムに有用な一方で既存の MQTT ソフトウェアはフィードバックの要件である高スループット、低遅延、低ジッターを全て満たすことができない。そこで、既存の MQTT ソフトウェアの問題点を分析し、MQTT をベースとした軽量でシンプルな MQTTiny プロトコルを設計した。また、FPGA SmartNIC に Broker をオフロードすること

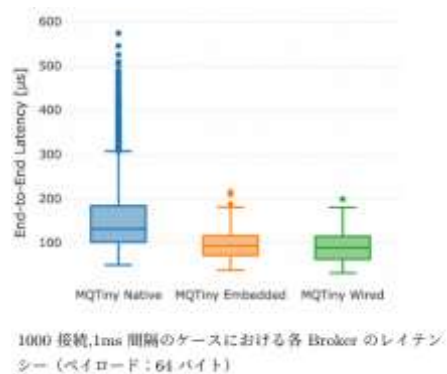


図1 MQTT ブローカーの遅延時間

による効率化について検討を行った。これらの結果を図1に示す。従来のソフトウェアを用いた実装 (MQTiny Native) は遅延が 130us 程度であり、分散も比較的大きいことがわかる。これに対し、TCP 処理を含むネットワークスタックを FPGA に実装し、FPGA 内のソフトコア上で MQTT のルックアップ処理をおこなう MQTiney Embedded は平均 90us 程度の応答性能を持ち、ソフトウェア実装と比較し応答性能の短縮化を達成した。また、分散を小さくすることもできた。

#### **【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 中島創太, 坂本龍一, 中村宏, 「動的スケジューリングによるマイクロサービスの応答性能改善」, コンピュータシステム・シンポジウム(ComSys2022), Dec. 2022.
- 2) 大内 亮, 坂本 龍一, 「大規模計算機環境におけるフィードバック型資源管理向け MQTT Broker の検討」, 第 188 回 ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, March, 2023.

## 【研究の概要と成果】

### 相対論的結合クラスター法による電子 EDM の計算

基本粒子の電子双極子モーメント(EDM)は時間反転対称性を破る物理量の 1 つであるが、その値は極微小なため最新の高精度実験技術でも測定限界以下であり、時間反転対称性の破れの直接観測はいまだ行われていない。また、原子物理学における標準理論では中性子の EDM は  $10^{-30}$  [e cm]以下程度と予想されるが、もし BSM(標準理論を超えた物理)が存在する場合には中性子の EDM はより大きな値を取ると期待される。そこで超高精度電子状態理論計算により原子・分子の EDM を求めることで BSM の解明を目指している。

利用したプログラムは B.K.Sahoo 教授 (物理学研究所、インド) の the relativistic coupled-cluster program for atoms である。このプログラムは既に MPI 並列化されていたが、二電子積分計算コードが逐次コードである点、また二電子積分値と積分変換時の中間積分値の大規模配列によりメモリ不足に陥る点、そして並列化のスケラビリティが不十分な点などが原因で、非常に重い原子においては計算が困難になる。そこで昨年度より二電子積分コードの並列化とホットスポットの 3 つの計算ルーチンの OpenMP/MPI 混合並列化により省メモリ化を行い、ノード内の全ての CPU コアの有効活用を可能にした。また、二電子積分値と中間積分値の配列へのアクセスパターンの解析を行い、更なる高速化の検討を行っている。



## 【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。東工大 TSUBAME3.0 においても、高効率な冷却技術の導入により限られた電力制約下で提供可能な計算リソースの最大化を図り、ノードの論理分割や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、限られた計算ノード台数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。

本年度後半より、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、主に省電力運用技術やスケジューリング技術を担当している。省電力運用においては、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、それを実現するためにはこれらの環境情報の取得ができる設備の要件を実証実験を通して明らかにする必要がある。そのため、2024 年 4 月よりすずかけ台キャンパス G4-A 棟にて運用を開始する TSUBAME4.0 においてこのような計測ができる機材を設置する準備を計算機本体の調達と並行して行ってきたところである。資源スケジューリングに関しては、TSUBAME4.0 における計算リソースの論理分割方式の検討を行いつつ、インタラクティブジョブの積極的な同時実行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。

### スーパーコンピュータにおける機械学習処理の高速化

機械学習処理技術を用いたソフトウェアの普及が進み、さまざまな分野で計算科学研究におけるブレイクスルーをもたらしている。創薬分野ではタンパク質立体構造解析ソフトウェア AlphaFold2 が公開され、その畳み込み解析の精度は、実験による立体構造決定とほぼ同等となり、本分野における研究の方法論を根底から書き換える可能性を秘めている。一方、AlphaFold2 はその実行に少なくない計算機資源と大規模データベースへのアクセスを要求し、その実行を TSUBAME3.0 を含むスーパーコンピュータで行うことは自然な要求といえる。TSUBAME3.0 において単純に共有ファイルシステムを利用して AlphaFold を実行した際の実行時間の多くは計算時間ではなく、データベースのアクセス待ち時間に費やされており、これを改善できない限りスーパーコンピュータで AlphaFold による解析を行う利点ないという実情がある。一方、スーパーコンピュ

ータのストレージは共有ファイルシステムやローカル SSD、オンメモリファイルシステムなど、容量や性能特性などが異なる複数の階層に分かれており、AlphaFold が要求するすべてのデータを一番高速なストレージに配置することは不可能である。そのため、複数種類のデータベースファイルのアクセス頻度やアクセスパターンを解析し、その要求に応じて適切なデータ配置を行うことで、実行時間の約 1/4 を削減することに成功した。

#### **【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Shohei Minami, Toshio Endo, Akihiro Nomura. “Effectiveness of the Oversubscribing Scheduling on Supercomputer Systems”, International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia '23), Feb 2023

#### **【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 大沢 泰生, 遠藤 敏夫, 野村 哲弘. タンパク質構造解析システム Alphafold の実行時ファイルステージングを用いた高速化. 情報処理学会研究報告, Vol. 2022-HPC-185, No. 24, 2022 年 7 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ジャイロ回転するフォークボールの 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。

投手が投げる野球ボールにおいて、落ちる球として利用されるのが、フォークボールと呼ばれる、ボールを指で挟んで投げる球である。通常縫い目が4回現れる4シームのバックスピンのストレートによく利用され、フォークボールでは2シームのバックスピンとなる握りがよく利用される。フォークボールでは、指にボールを挟むので、バックスピンだけでなく、横回転が混ざる場合もある。一方で、最近の落差の大きいフォークボールのハイスピードカメラの動画からは、ボールの回転が進行方向(投手から打者の向き)に軸をもつ、ジャイロ回転をしていることがわかってきた。そこで、ジャイロ回転がボールの軌道や変化に与える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。これまでの研究から、4シームバックスピンのストレートでは、縫い目が上方に来るたびに、大きな揚力が得られ、ボールが落ちにくいことがわかっている。2シームバックスピンでは、縫い目で剥離点が固定されるため、1回転の間に揚力が最大になる回転角度と負の揚力(負のマグナス効果)が現れる回転角度があり、揚力が小さくなることで、ストレートよりも落差が生まれることがわかっている。一方で、ジャイロ回転では、回転中に縫い目が進行方向と垂直になりづらいことから、大きな揚力は得られず、同じく負の揚力も得られにくい。結果として、バックスピンによる揚力効果のない、自由落下をする場合に近い軌道で進み、ストレートに比べて大きな落差となることがわかった。2シームジャイロでは、2つの縫い目が集中した部分が回転するので、ボール後流の乱れが集中した領域が1回転中に1周期となる。4シームでは等間隔に4回縫い目が回転するが、この場合も後流の集中した部分が1周期となる点が興味深い。この点について、今後詳細に検討を行っていく予定である。

#### 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

横田理央准教授と共同で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ヘリウムとなる。その超流動ヘリウムは、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 $10^{-10}\text{m}$ 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、 $N^2$ 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。この親渦に垂直方向に子渦が誘起され、さらに子渦に垂直に孫渦が誘起される。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、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。また、子渦にも巻き取られていき、その方向にも量子渦は揃い、引き延ばしが起こる。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知られている。ただし、なぜ量子渦がバンドルとなるかは、不明であったが、今回の機構がその 1 つの原因と考えられる。今後、バンドル形成について、詳細に検討を行っていく。

### テイラーケット MHD 流れの検討

テイラーケット流れは、回転する二重円筒間の流れである。内円筒と外円筒の回転角速度のみが制御パラメータであるものの、その組み合わせによって多彩な乱流遷移や乱流構造が発生するので、昔から多くの研究が実施されている。この円筒間の流体として、電気伝導性を有する液体 (例えば液体金属) を利用し、円筒軸方向に磁場を印加した電磁流体 (MHD) 流れの検討を行っている。

これまで外円筒は固定し、内円筒のみが回転する系において、磁場強度を上昇させていくと、乱流構造がどのように変化するかを数値計算により検討してきた。テイラーケット流れでは、主流 (円周) 方向に、引き延ばされた渦が形成され、内円筒近傍には高速・低速ストリークと呼ばれる円周方向速度が高速・低速となる乱流構造が発生する。通常軸方向には周期境界条件を用いるが、本検討では、軸方向に固定壁がある場合を検討した。実際の実験においては、このような軸方向の固定壁があるものの、軸方向に長い円筒を利用することで、その影響を少なくしている。一方で、主流と軸方向の固定壁とのせん断に起因して、壁から渦的な乱流構造が発生する可能性がある。本計算では、軸方向と内円筒外円筒間のギャップのアスペクト比を 1 とした。

検討の結果、磁場強度を上昇させていくと、ローレンツ力が流れや乱れを抑制する方向に作用するので、選択的に低速ストリークが抑制されることがわかった。また、軸方向の固定壁近傍の乱れが主流より抑制されやすいこともわかった。さらに、磁場強度を増加させると、軸方向壁から渦対が生成され、テイラー渦にのって内円筒近傍を軸方向中央へ向かって輸送される。結果として、スパイラル状の高速ストリーク構造が発生することがわかった。このように、軸方向に壁がある場合には、その壁からと内円筒から 2 種類の乱流構造が発生していることが、明らかとなった。今後は、半径比やレイノルズ数がこれらの乱流構造に与える影響について調査をしていく。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Satoshi Yui, Yuan Tang, Wei Guo, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, "Universal Anomalous Diffusion of Quantized Vortices in Ultraquantum Turbulence", Physical Review Letters, Vol.129, 025301 (2022)
- 2) Kazuhiro Inagaki and Hiromichi Kobayashi, "Transport and modeling of subgrid-scale turbulent kinetic energy in channel flows", AIP Advances, Vol.12, 045222 (2022)

- 3) 佐々木亮、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「層流条件下での同軸二重円筒型 MHD エネルギー変換装置の発電特性に関する数値解析」、電気学会論文誌B, 142 巻, 5 号, pp.268-274 (2022)

#### 【査読付き国際会議発表】

- 1) Hiromichi Kobayashi, Ryo Sasaki, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, “LES of MHD Turbulent Taylor-Couette Flow in Axial Magnetic Field”, The 12th Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP-12), Online, Osaka, Japan (2022.7)
- 2) Kazuhiro Inagaki, Hiromichi Kobayashi, “Investigation of Subgrid-scale Turbulent Kinetic Energy in Channel Flows”, The 12th Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP-12), Online Osaka, Japan (2022)
- 3) Yuan Tang, Toshiaki Kanai, Satoshi Yui, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, Wei Guo, “Filming the decay of quantized vortex rings in superfluid helium-4”, The 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29), Sapporo, Japan (2022)
- 4) Sosuke Inui, Makoto Tsubota, Hiromichi Kobayashi, “Formation of the Vortex Lattice in Fully Coupled Superfluid 4He Simulation at Finite Temperature”, The 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29), Sapporo, Japan (2022)
- 5) Satoshi Yui, Yuan Tang, Wei Guo, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, “Numerical study on superdiffusion of ultra-quantum turbulence in superfluid helium-4”, Ultra Low Temperature Physics (ULT2022), Otaru, Japan (2022) Temperature Physics (LT29), Sapporo, Japan (2022)
- 6) Sosuke Inui, Makoto Tsubota, Hiromichi Kobayashi, “Fully coupled simulation of a superfluid based on one-fluid extended model”, Ultra Low Temperature Physics (ULT2022), Otaru, Japan (2022)
- 7) Hiromichi Kobayashi, Hidemasa Takana, Takahiro Hasebe, Takayasu Fujino, “Study on MHD phenomena in Co-axial Energy Conversion Device”, Nineteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2022), Sendai, Japan (2022)
- 8) Hiromichi Kobayashi, Takahiro Hasebe, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, “Large eddy simulation of Taylor-Couette flow in axial magnetic field”, the 75th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, Indianapolis, USA (2022)
- 9) Kaishu Nitta, Hitoshi Muneoka, Yoshiki Shimizu, Hiromichi Kobayashi, Kazuo Terashima and Tsuyohito Ito, “Droplet evaporation behavior in atmospheric-pressure nonequilibrium plasma”, ISPlasma2023/IC-PLANTS2023, Gifu, Japan (2023)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 稲垣和寛、小林宏充、「エネルギー輸送だけでは説明できないサブグリッドスケール応力の物理的役割について」、京大 数理解析研究所 RIMS 共同研究、京都 (2022)
- 2) 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における発電実験と数値解析」、電気学会 新エネルギー・環境研究会、仙台、(2022)
- 3) 稲垣和寛、小林宏充、「チャネル乱流における非渦粘性型サブグリッドスケール応力の Reynolds 応力収支に与える効果」、日本物理学会 2022 年秋季大会、講演要旨集、東京 (2022)
- 4) 乾聡介、坪田誠、小林宏充、「回転する超流動 4He での二流体結合に基づく渦格子形成」、日本物理学会 2022 年秋季大会、東京 (2022)

- 5) 小林宏充、後藤俊幸、三浦英昭、「一様等方性乱流におけるパッシブスカラ勾配に対するランジュバンモデル」、日本物理学会 2022 年秋季大会、東京 (2022)
- 6) 稲垣和寛、小林宏充、「渦粘性モデルが適用できない粗い格子における LES の開発に向けて」、流体力学会年会 2022、京都 (2022)
- 7) 小林宏充、湯井悟志、坪田誠、横田理央、「超流動 4He における量子乱流と常流体乱流の 2 流体ダイナミクス」、流体力学会年会 2022、講演要旨集、京都 (2022)
- 8) Yin Yuwei、青木尊之、渡辺勢也、丹羽政善、小林宏充、「ジャイロ回転する野球ボールのスパコンによる空力解析」、日本機械学会 スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2022、札幌 (2022)
- 9) 小林宏充、長谷部喬大、藤野貴康、高奈秀匡、「MHD 相互作用下における Taylor-Couette 流れの 3 次元電磁流体现象」、日本機械学会 第 100 期 流体工学部門講演会、熊本 (2022)
- 10) 長谷部喬大、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「MHD 相互作用下の回転同軸二重円筒流れにおける乱流構造について」、日本機械学会 関東支部 第 29 期総会・講演会、オンライン (2023)
- 11) Hiromichi Kobayashi, "Transition of turbulence in MHD flows", The 67th Workshop on Investigation and Control of Transition to Turbulence, Yokohama (2023)

### 7-3 受賞学術賞等

■電子情報通信学会 CPSY 優秀若手発表賞

幸 朋矢 (遠藤研究室・研究員)

次世代高性能計算ノードにむけたメモリアーキテクチャ探索のためのツールチェーン

電子情報通信学会 (2022 年 7 月 22 日)

■山下記念研究賞

大友広幸 (横田研究室)

TensorCore を用いた精度補正単精度行列積

情報処理学会 (2022 年 7 月 28 日)

■優秀プレゼンテーション賞

真島祐介 (青木研究室)

機械コース修士論文 (2022 年 9 月 22 日)

■優秀発表賞

イン イクイ (青木研究室)

修士論文中間発表会 (2022 年 9 月 28 日)

■令和 4 年度東京都功労者表彰

青木尊之

令和 4 年度東京都功労者表彰 (技術振興功労) (2022 年 10 月 1 日)

■Best paper 賞

Aoyu Li (元横田研究室)

Informative Sample-aware Proxy for Deep Metric Learning

ACM Multimedia Asia 2022 (2022 年 12 月 18 日)

■Best Paper 賞

大友広幸 (横田研究室)

Reducing shared memory footprint to leverage high throughput on Tensor Cores and its flexible API extension library

HPC Asia 2023 (2023 年 3 月 2 日)

■学生奨励賞

石川智貴 (横田研究室)

深層学習における勾配の前処理法に関する検討

情報処理学会 第 85 回全国大会 (2023 年 3 月 4 日)

■優秀プレゼンテーション賞

Igor SEGROVETS

機械コース修士論文（2023年3月7日）

■経済産業省産業技術環境局長賞

西崎真也

スマートエスイー：スマートシステム&サービス技術の産学連携イノベーティブ人材育成  
産業標準化事業表彰（2023年3月13日）





## 8. 業務貢献

### 8-1 専門委員会所属・開催状況

氏名	認証 基盤	ネットワーク システム	高性能 コンピュータ	教育用 コンピュータ	情報環境 コンピュータ	グローバル 資源	共同 利用	広報
伊東 利哉	○		○	○	○		○	○
高橋 篤司	○	○	○	○	○		○	◎
青木 尊之			○			◎	◎	○
杉野 暢彦	◎	○	○	○	○			
友石 正彦	○	◎	○	○	○			
西崎 真也	○	○		◎	◎			○
松浦 知史	○	○						
遠藤 敏夫		○	◎			○	○	○
横田 理央			○			○	○	
大西 領							○	
坂本 龍一			○				○	
北口 善明		○						
渡邊 寿雄			○				○	○
野村 哲弘			○				○	○
金 勇		○						
石井 将大		○						

定期ミーティング開催数	認証基盤システム	46回
	ネットワークシステム	49回
	コンピュータシステム	47回
	TSUBAME	48回
	教育システム	12回
	共同利用・共用促進事業	49回

専門委員会開催数 (メール審議含む)	認証基盤専門委員会	5回
	ネットワークシステム専門委員会	2回
	高性能コンピュータシステム専門委員会	3回
	教育用コンピュータシステム専門委員会	0回
	情報環境コンピュータシステム専門委員会	1回
	TSUBAME 運用 WG	48回
	グローバル情報資源活用協働専門委員会	1回
	共同利用専門委員会	1回
	広報専門委員会 SC ブース展示 WG	1回 12回

## 8-2 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況

件名	企画・実施者氏名
2022年TSUBAME春の講習会(4/19～6/10)	情報基盤課
第28回スーパーコンピューティングコンテスト リモート開催(8/22～8/26)	西崎 真也、遠藤 敏夫 横田 理央
PC クラスタコンソーシアム AI・機械学習技術部会第3回 ワークショップ(8/5)	遠藤敏夫
HPCI コンソーシアム・シンポジウム	青木 尊之
2022年TSUBAME秋の講習会(10/12～11/30)	情報基盤課
DFD セミナー(11/14)	大西 領
SC22 出展(11/13～11/18)	遠藤 敏夫、野村 哲弘
Workshop on Computation: Theory and Practice2021(11/27)	西崎 真也
第3回「微気象制御学」領域全体会議(11/29)	大西 領
12th ADAC- Workshop(2023/2/10～2/11)	遠藤敏夫、横田理央、野村哲弘
第3回「微気象制御学」領域シンポジウム(2/22)	大西 領
MSSG ワークショップ(3/23)	大西 領
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

## 8-3 仕様策定・技術審査対応状況

件名	対応教職員(★委員長)
キャンパス包括ソフトウェアライセンス 一式	(仕様策定) ★杉野 暢彦、渡邊 寿雄 小寺 孝志、伊藤 剛、藤田 和宏 (技術審査) 根本 忍、新里 卓史、一瀬 光
数値解析ソフトウェア包括ライセンス一式	(仕様策定) ★杉野 暢彦、小寺 孝志 鶴見 慶 (技術審査) 渡邊 寿雄、根本 忍 藤田 和宏、阿部 公一
教育用電子計算機システム 一式	(仕様策定) ★西崎 真也、小寺 孝志 岩井 敦子 (技術審査) 2023年6月予定
TSUBAME4.0 スーパーコンピュータ 一式	(仕様策定) ★遠藤 敏夫、渡邊 寿雄 野村 哲弘 (技術審査) 西崎 真也、横田 理央 鶴見 慶、藤田 和宏
GSIC ホスティング用仮想化基盤	(仕様策定) ★西崎 真也、小寺 孝志 安良岡 由規 (技術審査) 野村 哲弘、鶴見 慶
東京工業大学キャンパス共通認証・認可システム用ICカード	(仕様策定) ★杉野 暢彦、井上 進 (技術審査) 伊藤 剛、一瀬 光

東京工業大学共通メールシステム

(仕様策定) ★杉野 暢彦、友石 正彦  
西崎 真也、松浦 知史、井上 進  
(技術審査) 北口 善明、昆野 長典

東京工業大学学術国際情報センター年報  
2022 年度  
第 21 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

---