

GSIC年報 Annual Report 2021

第 20 号

東京工業大学 学術国際情報センター



2021 年度 年報 目次

巻頭言	1
トピックス	3
トピック 1 新キャンパスネットワーク : Titanet4	3
トピック 2 DX の全体本格運用 (Slack、Box、Zoom)	7
トピック 3 体長わずか 395 μm の羽毛甲虫の飛行性能を解明	12
1. 組織・運営	15
1-1 組織図	15
1-2 教員一覧および人事異動	16
1-3 事務組織	17
1-4 各種委員会メンバー一覧	19
1-5 運営委員会開催状況	20
2. 情報基盤サービス	23
2-1 スーパーコンピュータシステム	23
2-1-1 構成	23
2-1-2 運用	25
2-1-3 実績	25
2-2 教育用電子計算機システム	30
2-2-1 概要	30
2-2-2 構成	30
2-2-3 運用	31
2-2-4 実績	32
2-3 ホスティングサービス	37
2-4 ネットワークシステム	39
2-4-1 有線ネットワーク (Titanet3 - Titanet4)	39
2-4-2 無線ネットワーク (TW2 - TN4W)	40
2-4-3 その他のサービス	42
2-5 情報セキュリティ	46
2-6 キャンパス共通認証・認可システム	49
2-6-1 構成	49
2-6-2 運用	49
2-6-3 実績	50
2-7 ソフトウェア包括契約	53
2-7-1 概要	53

2-7-2	運用	54
2-7-3	実績	56
2-8	学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究	59
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	65
2-10	TSUBAME 共同利用サービス 有償の学術利用と産業利用	70
2-11	TSUBAME 公募型共同利用支援制度	74
2-11-1	TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度	74
2-11-2	萌芽的研究課題支援制度	75
3.	イベント及びアウトリーチ活動	77
3-1	国際会議 SC21 におけるブース出展	77
3-2	第 27 回スーパーコンピューティングコンテスト	79
3-3	講習会	81
4.	広報活動	83
4-1	マスコミ報道等	83
4-2	見学者受入状況	85
5.	予算執行状況	87
6.	研究部門活動報告	89
6-1	情報支援部門	89
	教授 杉野 暢彦（認証・ネットワーク分野）	89
	教授 友石 正彦（認証・ネットワーク分野）	90
	教授 西崎 真也（情報基盤活用分野）	92
	准教授 北口 善明（認証・ネットワーク分野）	93
	准教授 松浦 知史（認証・ネットワーク分野）	95
	マネジメント准教授 金 勇（認証・ネットワーク分野）	97
	助教 石井 将大（認証・ネットワーク分野）	99
6-2	先端研究部門	101
	教授 青木 尊之（高性能計算システム分野）	101
	教授 遠藤 敏夫（高性能計算システム分野）	109
	准教授 横田 理央（高性能計算先端応用分野）	113
	准教授 大西 領（高性能計算先端応用分野）	117
	准教授 坂本 龍一（高性能計算システム分野）	124
	マネジメント准教授 渡邊 寿雄（高性能計算先端応用分野）	126
	マネジメント准教授 野村 哲弘（高性能計算システム分野）	128
	特任教授 小林 宏充（先端研究部門）	130
6-3	受賞学術賞等	135

7. 業務貢献	137
7-1 専門委員会所属・開催状況.....	137
7-2 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況.....	138
7-3 仕様策定・技術審査対応状況.....	138

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2度目の年報となります。前回2020年度年報の巻頭言では「GSICにとって大きな出来事が多数あった激動の1年だった」と書きましたが、2021年度も引き続きいろいろな出来事があった1年でした。

残念なことに2021年度もコロナ対策と共にスタートしました。そのよう状況において、前年度と同様に情報基盤支援に関連して、様々な対応に取り組んできました。

1. 遠隔講義・遠隔会議環境のためにZoomの包括的な契約〔個人アカウント数:2100、ウェビナー（3000名）アカウント数:6、ウェビナー（1000名）アカウント数:30〕を行い、年度の冒頭から教員全員と主要な事務職員・技術職員にアカウント配布を実施した。
2. キャンパスネットワークにおいて、有線／無線LAN・対外接続の更新を年度末までに概ね完了した。対外接続に関しては、大岡山キャンパスの100GB接続（SINET5）から、大岡山・すずかけ台両キャンパスでの100GB接続（SINET6）移行への準備を進めた。
3. DX推進の手始めとして、教職員間の円滑な情報交換・情報共有手段であるSlackとBoxを全学レベル（学生を除く）で導入し、5月から運用を開始した。
4. 次期TSUBAMEの設置場所であるすずかけ台キャンパスのG4-A棟の改修工事を開始すると共に、TSUBAME4.0の調達作業を本格的に始動した。

遠隔講義・会議環境整備としてのZoomの利用に関しては、学内でも十分に理解され、その有効性が広く認識されてきたものと思います。実際にコロナ禍におけるZoom利用に関しては、遠隔講義以外にも、大岡山・すずかけ台両キャンパスに教員が所属する現状での系・コース会議の遠隔開催など、Zoomの導入が果たした効果は著しいものがあったと思います。

キャンパスネットワークに関しては、通常の更新が5～6年であるところ更新前のTitanet3が既に10年が経過しており、ハードウェア・ソフトウェア両面において更新が望まれていたところですが、一方、対外接続に関しては、2023年8月のTSUBAME4.0のすずかけ台キャンパス移転を念頭に、すずかけ台キャンパスの対外接続強化のみではなく、対外接続を両キャンパスに持つことにより、安定的なインターネット接続環境の確保にも資することが期待されます。

今年度の大きな新規事業としては、やはりSlackとBoxの導入が挙げられると思います。導入後、事務局においてはPT（プロジェクト・チーム）の地道な活動により、一歩ずつ浸透・定着が進んできていると思います。学院においては、利用状況に温度差があるかもしれませんが、今後、時間をかけて浸透・定着が進んでいくことを期待するところです。

情報基盤整備・支援以外の大きな事案としては、GSIC 情報棟（大岡山キャンパス Taki-Plaza 隣）の建て替えに伴う移転問題が挙げられます。2020 年度内に TSUBAME4.0 のすずかけ台キャンパス移転は決まっておりましたが、GSIC 情報棟全体の移転は青天の霹靂の出来事でした。GSIC 情報棟には停止が許されない全学の情報サービス機能が集中しているため、単なる引っ越しとは異なる要素が数多くあります。キャンパスネットワークの中核機能ルータ群の移設に伴う 1000 本相当の光ファイバーの引き直し、キャンパス間光ファイバー・対外接続光ファイバーの上陸点の変更、メールサーバの無停止移設など、検討事項が数多くある中で、施設運営部と協議を重ね、学内サービスに対する影響を最小化する方策を検討しているところです。

このようにコロナ対策以外にも数多くの対応に追われた 1 年でしたが、GSIC の先生方、情報基盤課の職員の皆様、そして 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、本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

新キャンパスネットワーク：Titanet4

教授 友石 正彦

准教授 北口 善明

准教授 金 勇

2010 年から稼働を開始した東京工業大学キャンパスネットワークシステム（Tokyo Institute of Technology Academic NETwork phase 3：Titanet3）とキャンパス無線ネットワーク（Titanet Wireless 2：TW2）は、本学における研究活動を支える基盤として運用され、研究活動に関わる多種多様な情報を迅速かつ安定して享受するために必要不可欠な存在となっていた。さらには研究面のみならず、教育活動および大学運営面でも欠かすことができないものとなり、全構成員に対して安定的にサービスを提供し続けてきた。

Titanet3 および TW2 は、安定性に加え、各時代に応じた新たな要求に応えるべく機能を追加しながらシステムの拡充を図ってきたが、2018 年度時点において、多様化する本学の研究教育活動を支援するための機能を十分に有していない状況となっていた。具体的には、耐用年数が 6 年と言われているネットワーク機器の老朽化に伴うハードウェア障害の高頻度化や、増加する通信トラフィックや利用媒体への提供リソース不足、多様化が進むサイバーセキュリティ対策への追従が困難、加えて、無線ネットワークシステムの多くは Wi-Fi 4（IEEE 802.11n）までのサポートでギガビット通信に対応していない点などである。

このような背景を受け、本学の発展により貢献する次世代のキャンパスネットワークサービスを提供することを目指し、既存の Titanet3／TW2 を置き換える新しいキャンパスネットワーク”Titanet4”を設計・構築した。Titanet4（Tokyo Institute of Technology Academic NETwork phase 4）では、今後の創造的な研究教育活動をこれまで以上に促進することを目標とし、先進性・信頼性・生産性の三点を重視した設計とした。

先進性に関しては、これまで以上にネットワーク利用が増加することによって様々な機器がキャンパスネットワークに参加することを鑑み、無線ネットワークのギガビット対応（Wi-Fi 6（IEEE 802.11ax）への対応）と基幹ネットワークの広帯域化、および、全学的な IPv6 利用が可能となる環境を実現する。加えて、本学が世界に誇るスーパーコンピュータ TSUBAME と学内外の計算機環境を高速な回線で接続することも重要であることから、対外および学内双方に対して 100Gbps による広帯域接続が可能な環境を構築する。

信頼性に関しては、Titanet3 にて構築した冗長構成を継承しつつ、複数キャンパスを活用したより冗長度の高いネットワークへと進化させる。具体的には、各キャンパスそれぞれへの対外接続回線を増強し、キャンパス間接続の冗長構成も維持する構成とする。対外接続機器は、機器構成および機器自体の冗長性を保ち、単点障害ではネットワークが停止しない強

靱なキャンパスネットワークを構成する。

生産性に関しては、その低下を招くセキュリティインシデントの発生を抑制することが重要となる。そのため、多様化するサイバー攻撃に対処するための柔軟なセキュリティゲートウェイの運用や、キャンパスネットワーク内に接続される膨大な端末の管理、オーケストレーション等によるネットワーク運用管理コストの低減に伴った障害およびセキュリティインシデント発生時の対応工数削減が必要となる。

今回のキャンパスネットワーク更新は約 10 年ぶりとなる更新となった。そのため、導入に際する規模が大きくなることから三段階での調達・更新という手順を踏んでいる。

- ・ 対外接続部分 (Titanet4-border) 2018 年度末調達 2019 年度納品
- ・ 基幹ネットワーク部分 (Titanet4-core) 2019 年度末調達 2020 年度納品
- ・ 無線ネットワーク部分 (Titanet4-wireless) 2020 年度末調達 2021 年度納品

対外接続部分の機器が納品され、基幹ネットワーク部分の導入を開始する段階となったタイミングにおいて、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行という不測の事態が発生し、機器導入作業が 2021 年度にずれ込むこととなった。加えて、オンライン講義にむけた無線 LAN 環境の改善が求められ、2022 年度の整備を想定していた無線ネットワーク部分の更新を前倒しする必要性が出てきた。そのため、2021 年度には基幹ネットワークと無線ネットワークを同時更新することとなり、現行ネットワークシステムへの設定追加も併用しつつ、新システムの導入を進めることとなった。結果的に、COVID-19 の影響で発生した大規模な半導体不足に起因するネットワーク機器の製造遅延を回避することにつながり、旧ネットワークシステムの大規模障害が発生する前の 2021 年度内で、ネットワーク機器の更新を完遂できたことは不幸中の幸いであったといえる。今回の更新で導入したネットワーク機器を表 1 に示す。

表 1 Titanet4 で導入したネットワーク機器

対外接続分配スイッチ	Arista 7280SR2
対外接続ルータ	Juniper MX10003
WDM 装置	ADVA FSP 3000R7
基幹スイッチ	Juniper EX9214 (大岡山) Juniper EX9208 (すずかけ台)
建物スイッチ	Juniper EX4300-48MP, Juniper EX4300-32F
セキュリティ機器	FortiGate 2000E, Juniper SRX4600, Check Point MHS-6203-PLUS (CERT 調達)
無線 LAN システム	Cisco Meraki MR44
無線用 PoE スイッチ	Cisco Meraki MS355-24X2

今回導入した Titanet4 の構成を図 1 に示し、その特徴を具体的に以下にまとめる。

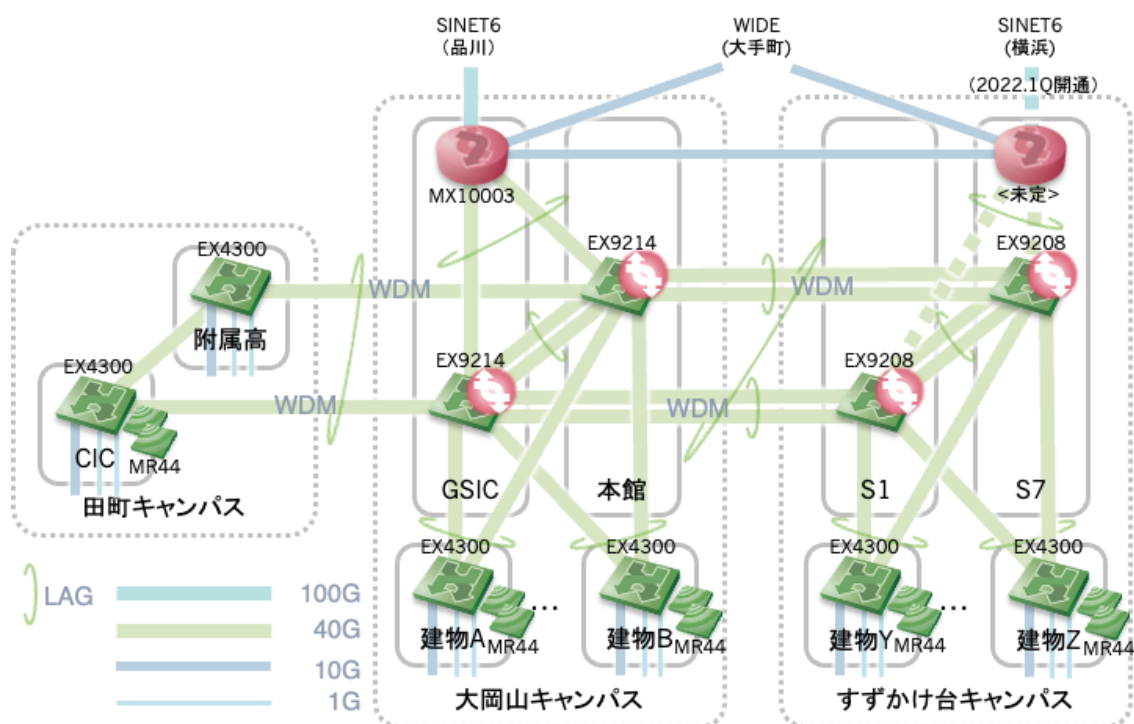


図 1 Titanet4 のネットワーク構成

これまで、大岡山キャンパスからのみ実施していた対外接続を変更し、すすかけ台キャンパスからも 100G 回線での SINET 接続可能な構成としている。現時点では、対外接続ルータおよびセキュリティ機器群が大岡山キャンパスに集約されていることもあり、本格的な対外接続の冗長化までには至っていないが、今後の機能拡張にて対応する予定である。

基幹ネットワークにおいては、Titanet3 の設計を引き継ぎ、基幹スイッチと建物スイッチによる 2 階層のネットワーク構成を取っている。大岡山キャンパスとすすかけ台キャンパスにそれぞれ 2 台の基幹スイッチを配置し、キャンパス間 WDM を介して 40G 回線を 2 回線ずつ、合計 160Gbps での Multi-Chassis Link Aggregation (MC-LAG) 構成し、基幹スイッチ間を接続している。また、建物スイッチはキャンパス内の 2 台の基幹スイッチと 40G 回線でそれぞれ接続し、こちらも MC-LAG による冗長構成とし、各建物までそれぞれ 80Gbps での接続としている。MC-LAG 導入以前は、ループを避けるため回線の一部を遮断する機能を利用していたが、MC-LAG の導入により回線帯域を有効利用できることになった。

無線ネットワークでは、これまで利用していたトンネルモードによる無線 LAN コントローラモデルをやめ、クラウド型のコントローラを採用した。これは、Wi-Fi 6 を導入することでトンネル集約がボトルネックとなることを避けることと、今後のアクセスポイント増設に向けたスケーラビリティ確保の観点からの選択である。今回導入した無線 LAN システ

ム（Cisco Meraki）では、アクセスポイントおよび PoE スイッチの統合管理をクラウドコンソールにて実現できており、機器のシリアル番号登録とクラウドコンソールに到達可能な IP 設定を DHCP にて提供するだけで運用投入可能となっている。したがって、無線 LAN 機器群を学外サービスに接続させる必要があるため、無線 LAN 機器の管理用ネットワークは、基幹ネットワークのスイッチ群とはポリシーの異なるネットワークとし、キャンパスのエリア毎にセグメンテーションした設計とした。クラウドコンソールでは、要求仕様に即して接続端末の状況を視認することができており、迅速な障害対応等が行える環境となった。

2021 度末において、Titanet4 のネットワーク機器導入および設置、および、ネットワーク構築が概ね完了し、Titanet3 を並行運用しつつ支線ネットワークの移行を順次進めている段階となっている。また、無線ネットワークは完全移行が終了しており、TW2 はその役目を終えている。2022 年 8 月には、Titanet3 を停止して撤去する予定としており、そこで Titanet4 への移行が完了する。加えて、2022 年度夏からは、アクセスポイントの増設受付を開始する計画としており、さらなる学内の需要に対応して無線 LAN 環境の拡充を図る予定である。

今回のネットワークシステムの移行に際しては、今後の効率的なネットワーク運用を想定し、構成管理ツールである Ansible を用いた機器設定を実施している。また、ネットワーク機器の設定情報を統合的に管理可能とするために、DCIM（Data Center Infrastructure Management）を導入することとし、OSS で開発されている Netbox を採用したインベントリ管理を進めている。これらを連携し、定常的なネットワーク業務をコード化することで、運用工数削減を目指す予定としている。

トピック 2

DX の全体本格運用 (Slack、Box、Zoom)

Slack : 松浦 知史

Box : 杉野 暢彦

Zoom : 西崎 真也

本学では、2021 年を DX (Digital Transformation) 元年と位置付け、2020 年度より理事をトップにした学内体制作りから実際のサービス設計／選定／導入を行ってきた。2021 年 5 月からはクラウドコミュニケーションツール Slack、クラウドストレージツール Box を全教職員が業務のために利用できるようサービスを開始している。一方、新型コロナウイルス感染拡大による影響から、2020 年度からは急遽クラウドビデオコミュニケーションツールの Zoom を導入して、授業のビデオ配信や会議による利用を開始した。今では、対面の授業や会議も再開されているが、引き続き授業や会議のビデオ配信は利用されている。

本稿では、2020 年度に続き、これらのツール群についての 2021 年度の歩みを振り返り、報告する。

Slack ～オープンで風通しの良いコミュニケーションを目指して～

2021 年 5 月から全学教職員に向けて Slack のサービス提供が開始された。Box と同時にサービスが開始されて、コミュニケーションは Slack を通して、またデータ共有は Boxで行うという体制が整った。主要なコミュニケーションツールとして現在もメールが利用されているが、認証を必須としないメールは、犯罪者を含む誰からでも攻撃メールを受信可能であり、実際に本学も常時脅威に晒されている。一方で、東工大公式のサービスとして提供された Slack および Box はポータルサイトを經由して二段階認証を行う事が必須となっている。世界中のサイバー攻撃者を含まない、認証された東工大構成員同士による安全なコミュニケーションが Slack において実現されており、使い勝手の良い様々な機能も相まって、情報セキュリティの確保と同時に業務改善に大いに貢献すると期待されている。

Slack のサービス開始に当たっては、アカウント管理を中心に継続したサービス提供体制の確立、利用上のポリシーやルール策定、学内の DX 推進体制の確立、Slack の普及活動等々、多くの取り組みがなされた。ここでは最初に、東工大の Slack 利用ポリシーの一部を紹介する。ポリシーの一つ目には「東工大全体における情報共有の透明性を確保し、オープンで風通しの良いコミュニケーションを行う。」と記されている。透明性の確保は大学の DX 推進体制においても揚げられており、特定のテーマ (チャンネル) の下にコミュニケーションを行う Slack とも相性がよい。役員会など大学の運営に関わる重要な会議等の資料も Slack での通知、Box でのデータ共有が図られており、実際に立場に関係なく、大学の活動が把握できるといった透明性の確保がされているからこそこのコメントなども聞

かれる。Slack 上でのパブリックチャンネルは 2022 年 4 月時点で 500 に迫っており、多くの構成員がそれらチャンネルを通して情報を得てコミュニケーションを行っている。一方で、メッセージの発信に関しては DM の半数程度と割合が多く、DM を減らしてチャンネルに情報を蓄積するという文化形成を長期目線で行っていく必要がある。

ポリシーの二つ目には「Slack 上での会話は大きな資産である。多くの構成員の理解や問題を解決等に寄与することを認識、共通する業務は一部署にとどまらず組織を横断する連携を積極的に行い、広く共有する。」と記されている。特定の業務に関連したチャンネル（特にパブリックチャンネル）上でコミュニケーションを行う事で、迅速で効率的な情報共有が行えるだけでなく、普段のコミュニケーションが蓄積されたチャンネルそのものが業務に対して大きな役割を果たすようになる。実際に個人の経験でも質問への回答が再利用されたり、新メンバーが過去の経緯をスムーズに調べられたりと会話が蓄積されることのメリットを実感している。時間が経過するほどに会話が蓄積され価値が高まっていくので、今後の更なる利活用にも期待したい。

最後に事務職員を中心としたボランティアな取り組み（Project Team メンバー：以下 PT メンバー）を紹介したい。業務改善への取り組みの一環としてコミュニケーションやデータ共有ツールの導入が検討される中、新型コロナウイルスの流行が始まり、当初ツールの必要性は高まる一方であった。組織を越えた複数の事務職員が自発的にツールの選定期間から Slack/Box 導入に関し、ポリシーやルール作成、初心者向けマニュアル作成、使い方などのユーザのサポートや効果的な使い方のアナウンスなどなど、広範囲に渡って著しい活躍が見られた。DX が様々な所で取り上げられている現在、単にツールを導入してもその効果は余り得られるものではない。今後どのように業務を行っていきたいかという業務そのものに対する熱意や洞察、新しいツールに対する理解を併せて、文化形成を果たしていくことが重要になるが、その様な活動を PT メンバーが率先して行ってくれた事は本学の DX 推進にとって非常に大きなことであった。まだまだ DX 推進の取り組みは道半ばであるが、より良く働きたいという思いを持った方々の活動を今後も大学全体で大事にしながら、東工大の様々な活動の底上げに繋がるように取り組んでいきたい。

Box ～業務上のファイルを整理して保存、セキュアに情報共有～

クラウドストレージ Box については、全学教職員の利用を開始から 3 週間程度経過した 2021 年 6 月には常勤・非常勤職員を合わせた利用率で 92%弱と多くの人が利用できる状況になっていた。2021 年度末の 2022 年 3 月には、常勤で 99%、非常勤でも 90%弱（全体で 94%強）と、利用率では Slack を上回っている。これは、全学通知などの重要な通知や回答要求が Box を介した形に代わったことが大きいと思われる。利用率以外に、筆者が確認した限りでは、Slack/Box 利用以前の 2021 年 1～2 月で、全学レベルでの通知は電子メ

ールで 125 件程度、その内 4 割を超える 50 件以上が添付ファイル付きで、所属している複数の部署から同内容が届くことも何件かあった。2022 年の同時期では、同様の通知が 43 件、さらに注目すべきは添付ファイル付きのものは 10 件なかった（人手でカウントしているため多少数値にブレがあることをお断りしておく）。このように、電子メールによる通知が、Slack／Box に置き換わっていることは皆様も如実に体感できていると察せられる。もう 1 つ Box の利用が盛んになっていることを示す事実としては、いくつかの部署や個人から割当容量の増加依頼があったことである。こちらは 2022 年 3 月に、割当容量をそれまでの 2 倍程度に増加している。

このように、現在は順調に利用が促進されている Box ではあるが、2021 年 5 月の利用開始したときには、コミュニケーションツール Slack に比べて、利用者がファイルやフォルダに対するアクセス制限をメンバー別に適宜制御する必要があることから、やや心配な面もあった。通知のファイルが全員から編集可能な状態になっていたり、通知のファイルそのものが通知元とは関係ない他者によって削除されてしまったなどということも起きたりした。しかしながら、最近では、多くの方が Box の利用方法に慣れてきており、Slack の通知からクリック 1 つで通知本体に届くなど、かなり洗練された使い方に進歩しているところも見取れる。これは、事務職員を中心とした勉強会の開催や、「#z-slack/box 使い方-tips-各種資料」などのチャンネルで地道な啓蒙活動をしていただいた PT メンバーの皆様の支援も非常に大きいと考える。勉強会では、Box のアクセス制限や会議での効率的な利用方法などかなり実践的な内容もデモを織り交ぜて展開していただいた。紙面をお借りして、PT メンバーの皆様に御礼を申し上げたい。

教職員全体でのサービスインからの 1 年弱で、DX の D：業務上のデータを大学全体として統一的、そして安全に、且つ効率的に整理・管理するところまでは、各部署で達成できつつあると感じられる。このことは、DX 推進の上では大変重要な一歩と考えている。さて次は、DX の X。最近発表にはった「東京工業大学 DX 推進ポリシー」においても DX の 8 割は X とされている。まずは、難しく捉えずに手近なところから行うデータの X：データの活用や他部署との効率的にデータをやり取りするなど、試行錯誤でも良いので一歩踏み出していくことを期待したい。

Zoom ～コロナ禍でのリモート授業支援と可用性の確保～

2020 年 4 月頃から深刻になった新型コロナウイルス感染拡大に対する対応として、本学では授業のリモート受講が必要となった。そのため本学の各部局ではテレビ会議システム Zoom の調達が始まった。2021 年 3 月 1 日より利用開始できるように、教員が授業で利用する Zoom ライセンスや事務局で利用される Zoom ライセンスの調達がなされた。

この調達で得られた Zoom ライセンスを 2022 年 3 月 1 日以降も引き続き利用できるように Zoom ライセンスの調達を行った。調達の概要は前回の調達と同様であり、以下の通りである。

1. 常勤教員全員、及び、事務局の従来のアカウントに付与するに十分な Educational ライセンス（300 名以下のミーティングを主催可能）
2. 大規模ミーティング（500 名以下）のオプションを 30 個
3. 大規模ミーティング（1000 名以下）のオプションを 30 個
4. ウェビナー（1000 名以下）のオプションを 30 個
5. ウェビナー（3000 名以下）のオプションを 5 個
6. テレビ会議システム接続用ライセンス(H.323/SIP コネクタ)を 50 個
7. 会議室設置機材用ライセンス(Zoom Rooms)を 50 個

2021 年度はコロナ禍での教育体制が続いたことから、Zoom の利用も引き続き、リモート授業の円滑な実施を最重要課題として、運用を行ってきた。

運用については 2020 年度に引き続き、事務局における利用については情報基盤課事務情報支援グループ、学術国際情報センター、教務課学務 ICT グループの三者により、DX 推進室の活動として取り組んだ。事務局における Zoom 利用の運用・利用支援については、情報基盤課事務情報支援グループと学術国際情報センターを中心にして取り組み、教員による Zoom を用いたリモート授業の運用・利用支援については、教務課学務 ICT グループと学術国際情報センターを中心として取り組んだ。2021 年 7 月 12 日には認証基盤「東工大ポータル」が停止したことに伴い、授業支援システム OCW-i 及び T2SCHOLA の利用が不可能となり、翌日の 7 月 13 日における授業で使用する Zoom ミーティング ID の連絡ができない事態となった。しかしながら、学術国際情報センターと教務課学務 ICT グループとが共同して、緊急的な対処にあたった。Google フォーム、Google スプレッドシート、Google ドキュメント等を活用することにより、教員から Zoom ミーティング ID の収集と全学生へ配布のための臨時サイトを設置することに成功した。12 日 7 時頃には、水本理事・副学長（教育担当）名義の文書として各教員に連絡し、13 日授業分の Zoom ミーティング ID 情報の収集に成功し、学生への公開がなされた。授業支援システム OCW-i 及び T2SCHOLA の利用が可能となったため、13 日の授業実施は円滑に行われた。

その後、このような緊急事態の際の対応マニュアルが、このトラブル対応の経験をもとに、教務課学務 ICT グループで作成され、その作成に当たっては学術国際情報センターも参与した。

今後の課題として、アカウント管理と認証方式の検討がある。

2021 年度においては従来どおり、アカウント ID はメールアドレスベースのものであり、認証はパスワード認証であった。このことについては従前と同様に以下の問題意識を持っている。

1. パスワードベースでの認証であるため、セキュリティ管理上、より強い認証機構が望まれる。
2. メールベースの管理であるため、ライセンス移行時に、移行承認要求メール（招待メール）が Zoom システム側から送信され、それを承認するという形式が取られる。これは、ランサムウェアが含まれた悪意のある攻撃者からのメールと区別できず、潜在的な問題を有している。

したがって、将来的には SSO 連携によるアカウント管理に移行を検討する事が適切であると考ええる。しかしながら、コロナ禍が終息し、全過程・全学年における完全な対面授業の実施が可能になるまでは、リモート授業は引き続き実施されると思われる。リモート授業実施において最も重要なことは可用性（Availability）の確保である。システム上のトラブルが授業中止を引き起こすが、中止した授業を補講するとしても、全学的に可能だる補講回数には物理的な上限がある。大学における教育の質の確保は大学の目的にも関わる重要事項であり、授業回数の確保はその根本的要素である。そのため授業中止は最も避けなければならないため、可用性が重要である。このような可用性と安全性とのバランスを踏まえて、将来の SSO 連携を考える必要があると考えている。

トピック 3

体長わずか 395 μm の羽毛甲虫の飛行性能を解明

准教授 大西 領

本研究は Dmitry Kolomenskiy 特任准教授（論文投稿当時。現在、露国 Skolkovo 大学准教授）が主著として執筆した論文が Nature 誌の 2022 年 2 月 3 日号（Vol.602,issue7895）の表紙を飾った。その研究成果概要を共著者の大西が代筆する。なお、本成果中の数値流体シミュレーションは東京工業大学の TSUBAME3.0 を用いて行われた。

1. 概要

地球上には、100 万種～1,000 万種もの昆虫が生存しており、生態学的影響や生物資源の総量を考えると、地球上で最も繁栄している生物と言っても過言ではない。長い間の自然淘汰を経て、昆虫の飛行は精巧で効率的になり、飛行に用いられる翅（はね）などの器官は最小 200 μm 程度の極限まで進化してきました。生物の飛行性能は、飛行器官（飛行機の翼にあたる）のサイズによって大きく異なることが知られています。その飛行メカニズム、揚力発生メカニズムは、運動器官の大きさと、流体の慣性による力と粘性による力の比であるレイノルズ数で関連されます。飛行機や大型の鳥は大きなレイノルズ数域での揚力発生メカニズムを利用しています。一方で、昆虫は非常に小さいレイノルズ数域で揚力を発生させており、そのメカニズムにはいまだに明らかになっていないことが多い。そのメカニズムを解明できれば、生物進化の謎の一端を解き明かせるだけでなく、超小型のドローン開発や超小型環境センサーの開発などに貢献できる。

2. 研究目的

本研究では、体長 395 μm の羽毛昆虫を対象とした（図 1）。翅（はね）長を基準としたレイノルズ数は 40 より小さく（ $\text{Re} < 40$ ）、粘性力がより支配的な粘性流体中を飛行しています。例えば、我々人間のスケールに例えると、水飴の中を泳ぐのにおおよそ相当する。一般的に、生物のサイズと飛行速度は比例しますが、この飛行昆虫は、体長が 3 倍も大きなアザミウマと同じ速度や加速度で飛ぶことができます。その驚異的な飛行能力のヒントは、その翅がハエやハチのような膜状ではなく、羽毛状になっていることにありと考えられる。本研究では、この特徴的な形状がこの微小羽毛昆虫の飛行能力に及ぼす影響を定量的に明らかにすることを目的とした。そのために、室内実験により飛行の様子を詳細に明らかにした上で、数値流体シミュレーションにより発生する揚力や抗力、さらに飛行効率までを定量的に明らかにした。

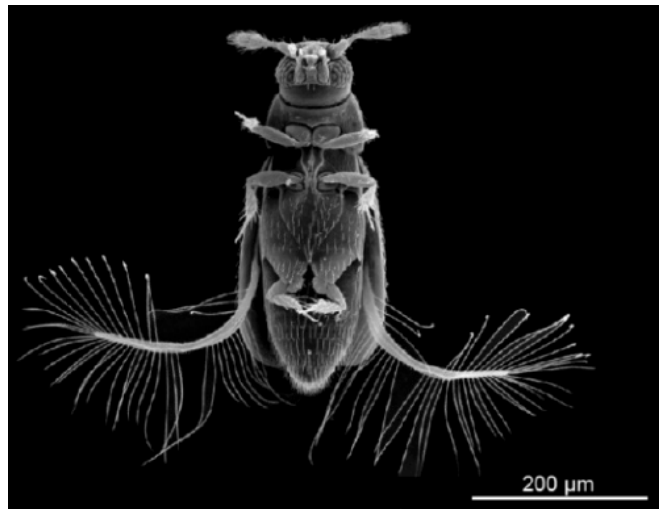


図 1. 体長 395 μm の最も小さな羽毛甲虫 (学名 : *Paratuposa placentis*)
(Farisenkov et al. (2022) より)

3. 研究成果

本研究チームのうち実験班は、共焦点レーザー顕微鏡を用いて胴体や翅の忠実な形態モデルを構築し、さらに高速度ビデオ撮影による翅の羽ばたき運動を詳細に解析した。その結果をもとに、数値シミュレーション班は固体力学と流体力学の計算手法を用いた飛行力学モデルを構築して羽毛甲虫の飛行性能を統合的に解析した。

その結果、(1) 羽毛状の翅がハエやハチなどの膜翼（まくよく）昆虫にもよく見られる「8の字型」の羽ばたき周期をこなしながら、膜翼とは異なる軌跡として、ほぼ垂直な打ち下ろし・打ち上げ動作（図 2-a: 翅軌跡の緑部分）と長いつなぎ動作（図 2-a: 翅軌跡の赤部分）という独特な運動特性を見せること、(2) 鞘翅の開閉運動（図 2-a: 鞘翅軌跡の青部分）が羽ばたき運動に誘発される胴体の振動を効果的に抑えることを明らかにした。

また、これら (1) と (2) の運動により得られる飛行能力を数値流体シミュレーションにより明らかにした。その結果、羽毛状の翅が圧力と摩擦力による抗力を最大限に利用可能とする渦流れを発生させるとともに（図 2-b）、(3) 同じサイズの膜状の翅より 8 割も軽量の羽毛状の翅を使って、微小の筋肉出力で羽ばたき飛行が実現できることも明らかにした。つまり、超軽量の羽毛状の翅と抗力利用に適した独特な羽ばたき運動が、この羽毛昆虫が長い進化の結果獲得した超小型飛翔体の究極の飛行デザインであることを定量的に明らかにした。

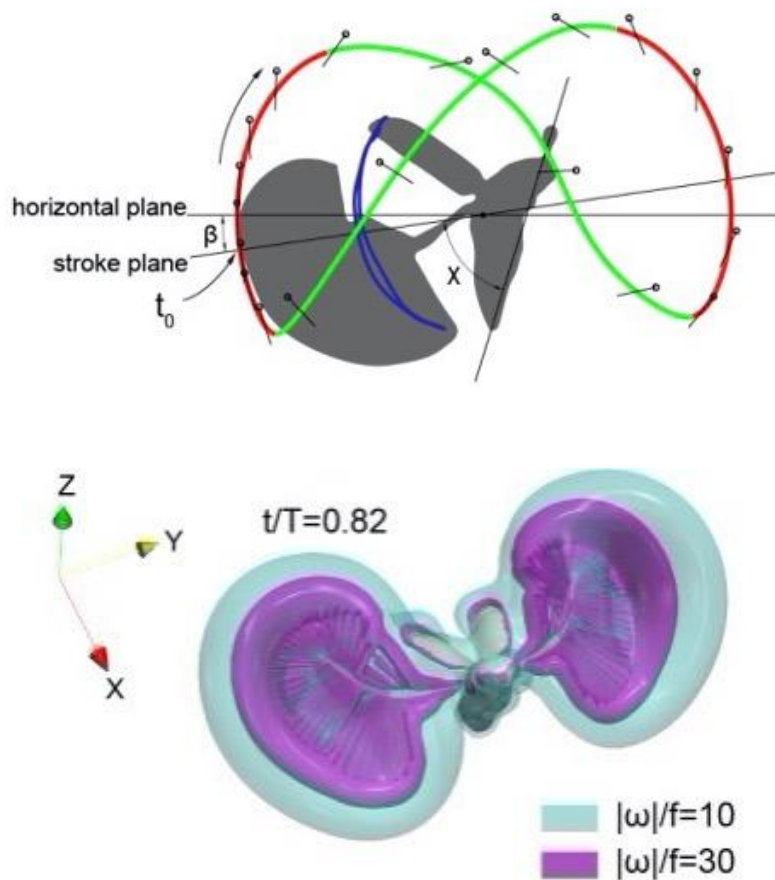


図2. (上) 羽毛甲虫の翅の大きな羽ばたき運動と翰翅の小さな振動
(下) シミュレーションにより可視化されたホバリング時の渦流れ
(Farisenkov et al. (2022) より)

4. 今後の展開

本成果により、微小昆虫が生物進化の末に獲得した独特な飛行メカニズムを解明することができた。得られた知見と技術は、超小型のドローン開発や超小型環境センサーの開発を通じて、超スマート社会の構築に貢献すると期待される。

■論文情報

タイトル : Novel flight style and light wings boost flight performance of tiny beetles

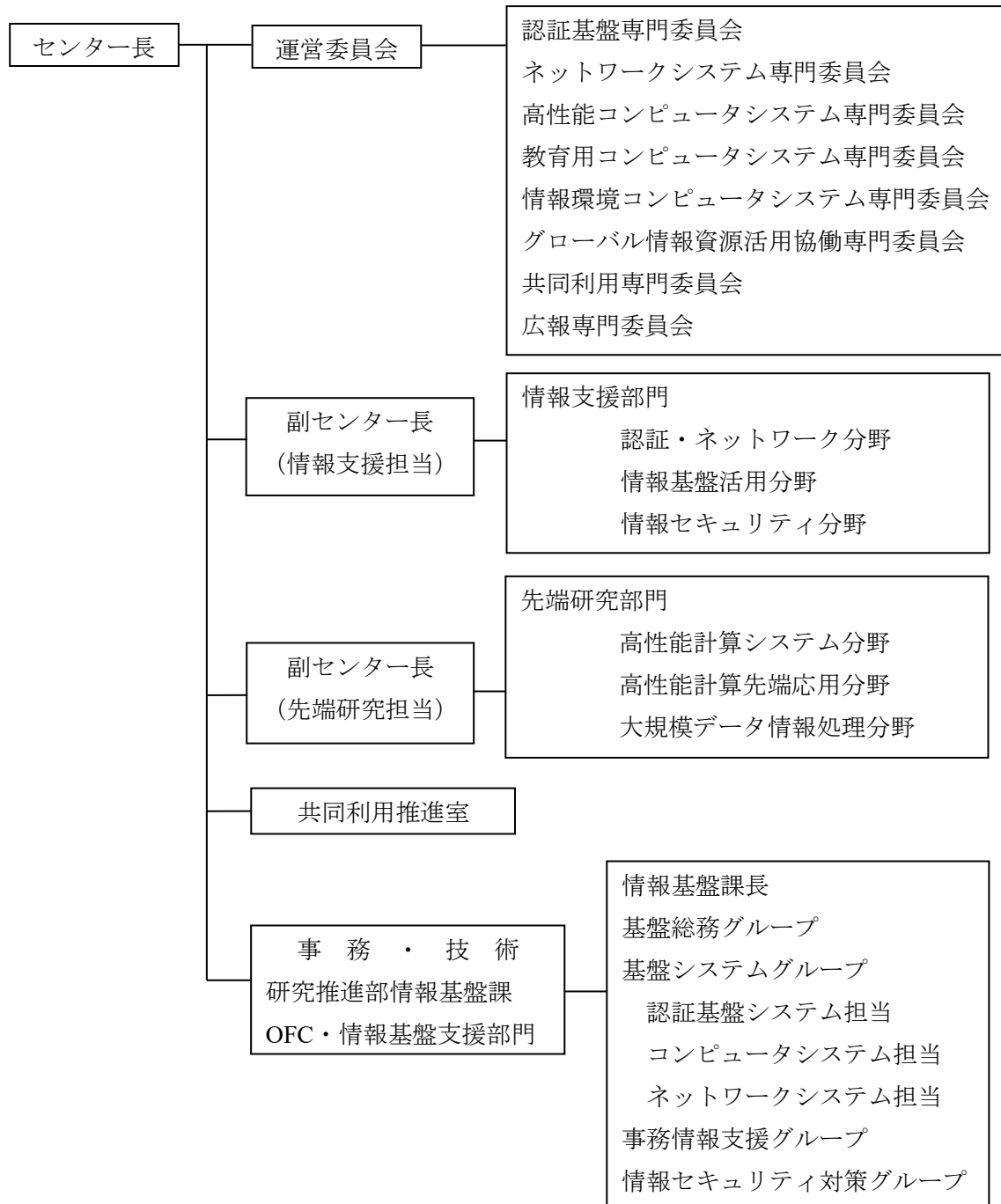
著者 : Sergey E. Farisenkov, Dmitry Kolomenskiy, Pyotr N. Petrov, Nadejda A. Lapina, Thomas Engels, Fritz-Olaf Lehmann, Ryo Onishi, Hao Liu, Alexey A. Polilov

掲載誌 : *Nature*

accepted: 2 December 2021

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	宮崎 純【情報理工学院】	~R4.3.31
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	
特 任 教 授	森本 千佳子	R3.4.1~
准 教 授	北口 善明	
准 教 授	松浦 知史	
助 教	石井 将大	
マネジメント准教授	金 勇	R3.10.1~
(特任助教 ~R3.9.30)		
特 任 助 教	織田 豊一	~R4.3.31

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	
准 教 授	横田 理央	
准 教 授	大西 領	
准 教 授	坂本 龍一	R3.8.1~
マネジメント准教授	渡邊 寿雄	R3.10.1~
(特任准教授 ~R3.9.30)		
特 任 准 教 授	KOLOMENSKIY Dmitry	~R3.5.31
マネジメント准教授	野村 哲弘	R3.10.1~
(助教 ~R3.9.30)		
研 究 員	幸 朋矢	
研 究 員	前澤 朋子	
研 究 員	Marlon ARCE ACUNA	
研 究 員	長崎 孝夫	R3.4.1~
研 究 員	YOS SITOMPUL	R3.4.1~
研 究 員	加納 正俊	R3.4.1~
研 究 員	安田 勇輝	R3.6.1~

研 究 員	渋谷 樹弥	R3.10.1~R4.3.31
特 任 教 授	小林 宏充	
特 定 教 授	藤澤 克樹	~R4.3.31
特 定 教 授	中村 豊	

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

情報基盤課長	木村 修平	~R4.3.31
専門職 (DX 推進担当)	池谷 圭太	
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
ス タ ッ フ	丸山 諒司
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	香月 稔
-------	------

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	香月 稔
主 任	阿部 公一
主 任	鶴見 慶

技術専門員	根本 忍
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）

主 査	増渕 長興
技術専門員	隅水 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
事務支援員	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	今村 克也	~R4.3.31
主 任	駒井 優哉	
ス タ ッ プ	平舘 俊樹	R3.4.1~
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	R3.5.1~

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	小寺 孝志	
主 任	森谷 寛	
主 任	荻原 明子	
技術専門員	神野 文男	
技術職員	森 健人	
技術職員	桑名 亮一	R3.4.1~

1-4 各種委員会メンバー一覧

★委員長

所 属	職 名	氏 名	運営委員会	認証基盤	ネットワーク	高性能IT	教育用IT	情報環境IT	グローバル連携	共同利用	広 報
センター長	教授	伊東 利哉	★	○		○	○	○		○	○
副センター長（情報支援担当）	教授	宮崎 純	○	○	○	○		○		○	★
副センター長（先端研究担当）	教授	青木 尊之	○	○		○			★	★	○
学術国際情報センター	教授	杉野 暢彦	○	★	○	○	○	○			
学術国際情報センター	教授	友石 正彦	○	○	★	○	○	○			
学術国際情報センター	教授	西崎 真也	○	○	○		★	★			○
学術国際情報センター	教授	遠藤 敏夫	○	○	○	★			○	○	○
学術国際情報センター	准教授	北口 善明	○		○						
学術国際情報センター	准教授	松浦 知史	○	○	○						
学術国際情報センター	准教授	横田 理央	○			○			○	○	
学術国際情報センター	准教授	大西 領	○							○	
学術国際情報センター	准教授	坂本 龍一	○			○				○	
理学院	教授	後藤 敬	○								
工学院	教授	府川 和彦	○								
物質理工学院	准教授	古塵 秀峰	○			○					
環境・社会理工学院	准教授	竹村 次朗	○								
情報理工学院	准教授	小林 隆志	○								
リベラルアーツ研究教育院	講師	毛塚 和宏	○								
生命理工学院	教授	北塚 彰徳	○								
科学技術創成研究院	教授	藤井 正明	○								
科学技術創成研究院	准教授	近藤 正聡	○								
戦略的経営オフィス	教授	森 雅生	○								
教育・国際連携本部	理事・副学長特別補佐	吉澤 伸治	○						○		
研究・産学連携本部	副学長	伊東 利哉	○								
キャンパスマネジメント本部	副学長	岡田 哲男	○								
附属図書館長	教授	山田 明	○								
附属科学技術高等学校長	教授	中川 茂樹	○								
国際教育推進機構	副学長	井村 順一	○								
事務局長	事務局長	藤野 公之	○								
学術国際情報センター	助教	石井 将大			○						
学術国際情報センター	助教	野村 哲弘				○				○	
学術国際情報センター	特任准教授	渡邊 寿雄				○				○	○
学術国際情報センター	特任助教	金 勇			○						
理学院	教授	河合 誠之		○							
理学院	教授	斉藤 晋								○	
理学院	准教授	横草 秀裕			○		○				
理学院	准教授	古賀 昌久				○					
理学院	助教	岡元 太郎				○					
工学院	教授	大谷 賢治					○				
工学院	教授	店橋 義								○	
工学院	教授	肖 鋒				○					
工学院	教授	山口 雅浩		○	○						
工学院	教授	庵形 わかは			○		○				
工学院	教授	山岡 克式			○						
工学院	教授	一色 剛		○	○						
工学院	准教授	原 精一郎					○				
工学院	准教授	渡辺 正裕		○							
環境・社会理工学院	教授	高田 潤一							○		
環境・社会理工学院	教授	山口 しのぶ							○		
環境・社会理工学院	准教授	山下 孝彦			○						
環境・社会理工学院	准教授	阿部 直也					○				
情報理工学院	教授	山村 雅幸			○						
情報理工学院	教授	徳永 健伸			○						
情報理工学院	教授	篠田 浩一				○					
情報理工学院	教授	梅藤 克彦					○				
情報理工学院	教授	堀原 英彦					○				
情報理工学院	教授	渡部 卓雄		○			○	○			
情報理工学院	准教授	石田 貴士				○					
情報理工学院	准教授	小野 功				○					
情報理工学院	准教授	畠田 建			○						
情報理工学院	准教授	苗藤 一幸			○						
情報理工学院	准教授	鹿島 亮		○			○				
情報理工学院	講師	土岡 俊介				○					
生命理工学院	教授	伊藤 武彦			○						
生命理工学院	准教授	山田 拓司		○							
生命理工学院	助教	門之園 哲哉									
リベラルアーツ研究教育院研究教育院	教授	室田 真男			○		○	○			
リベラルアーツ研究教育院研究教育院	准教授	赤間 隆之					○				
科学技術創成研究院	准教授	関崎 政和					○		○		
科学技術創成研究院	教授	奥村 学			○						
科学技術創成研究院	准教授	田巻 孝敬			○						
地球生命研究所	准教授	玄田 英典				○					
附属科学技術高等学校	教諭	石川 幸治			○						
東京大学	教授	嶋 敏博								○	
名古屋大学	教授	片桐 孝洋								○	
筑波大学	教授	建部 修晃								○	
海洋研究開発機構	グループリーダー	上原 均								○	
総務部安全企画課長	課長	有山 弘行		○							
教務課	課長	堤田 直子		○							
教務課	グループ長	小野 忍						○			
施設整備課	グループ長	山本 英基			○						
情報図書館課	課長	茂出木 理子		○							
情報基盤課	課長	木村 修平		○							○

1-5 運営委員会開催状況

■2021 年 4 月 21 日（水）メール開催

<審議事項>

- ・ 部局間協定（MOU）の廃止について

<報告事項>

- ・ マネジメント准教授選考委員会設置報告について
- ・ 運営委員会及び各専門委員会の委員名簿について

■2021 年 5 月 31 日（月）slack 審議

<審議事項>

- ・ 東京工業大学学術国際情報センタークラウド型ビッグデータグリーンスーパーコンピュータ利用料の課金等に関する取扱いの一部改正について

<報告事項>

- ・ 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 准教授再任審査結果報告について

■2021 年 8 月 10 日（火）Zoom 開催

<審議事項>

- ・ 学術国際情報センター規則等の改正について

<報告事項>

- ・ 学術国際情報センターマネジメント准教授選考結果報告について
- ・ ソフトウェア包括契約について

■2021 年 11 月 12 日（金）slack 審議

<審議事項>

- ・ 理化学研究所計算科学研究センターと本学学術国際情報センターとの連携・協力に関する覚書の締結について

■2022 年 3 月 1 日（火）slack 審議

<審議事項>

- ・ 東京工業大学特別研究員の称号付与について

■2022 年 3 月 16 日（水）Zoom 審議

<審議事項>

- ・ 助教の再任審査について

<報告事項>

- ・ 組織改編に伴う規則改正について

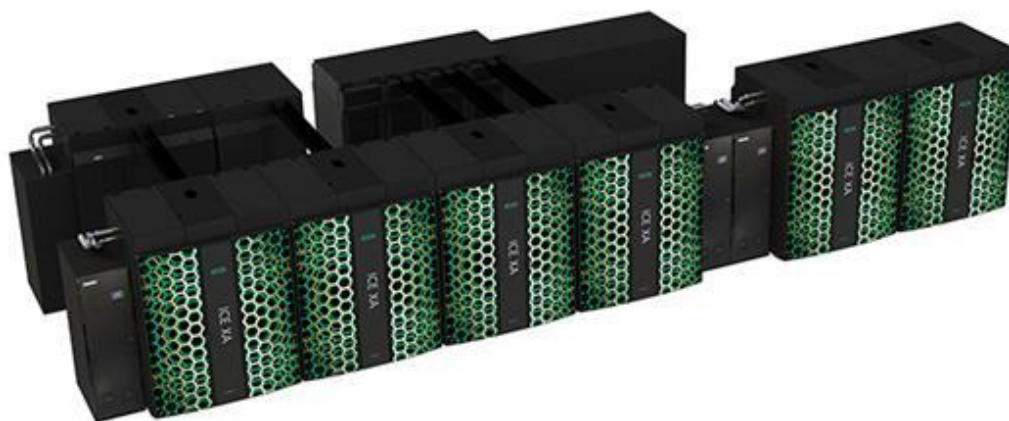
<その他>

- ・ 次年度の学術国際情報センター運営委員会委員選出について

2. 情報基盤サービス

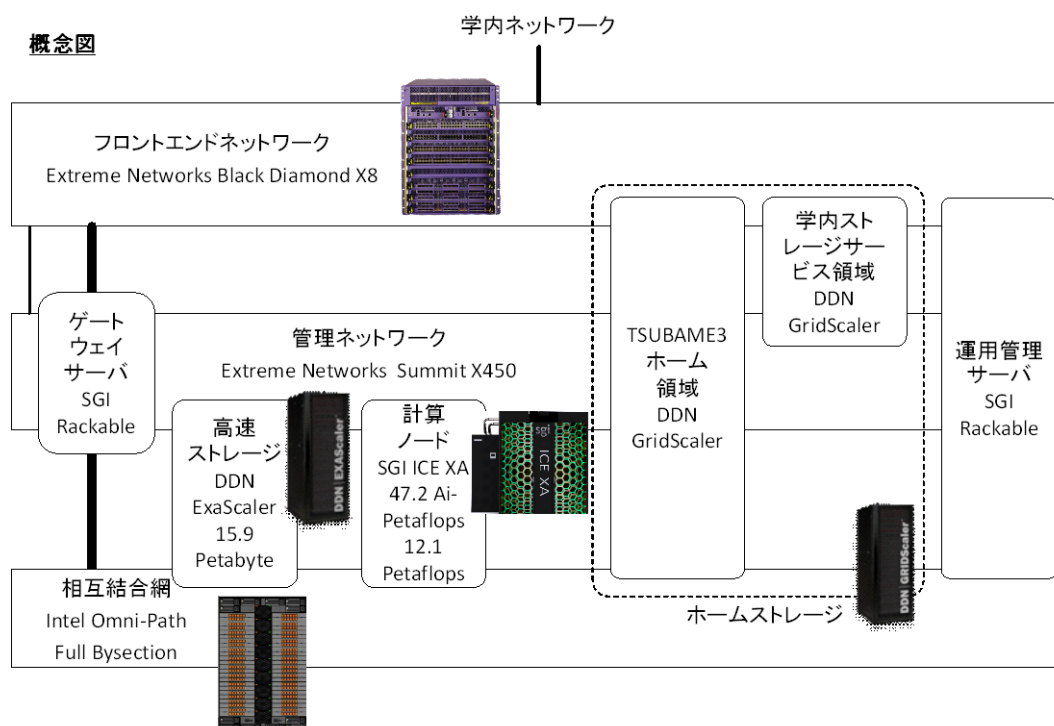
2-1 スーパーコンピュータシステム

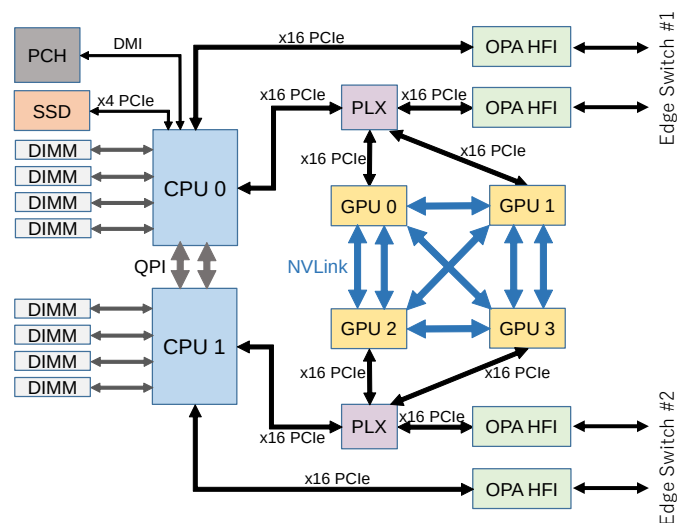
2-1-1 構成



全体構成

概念図





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 Scket
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

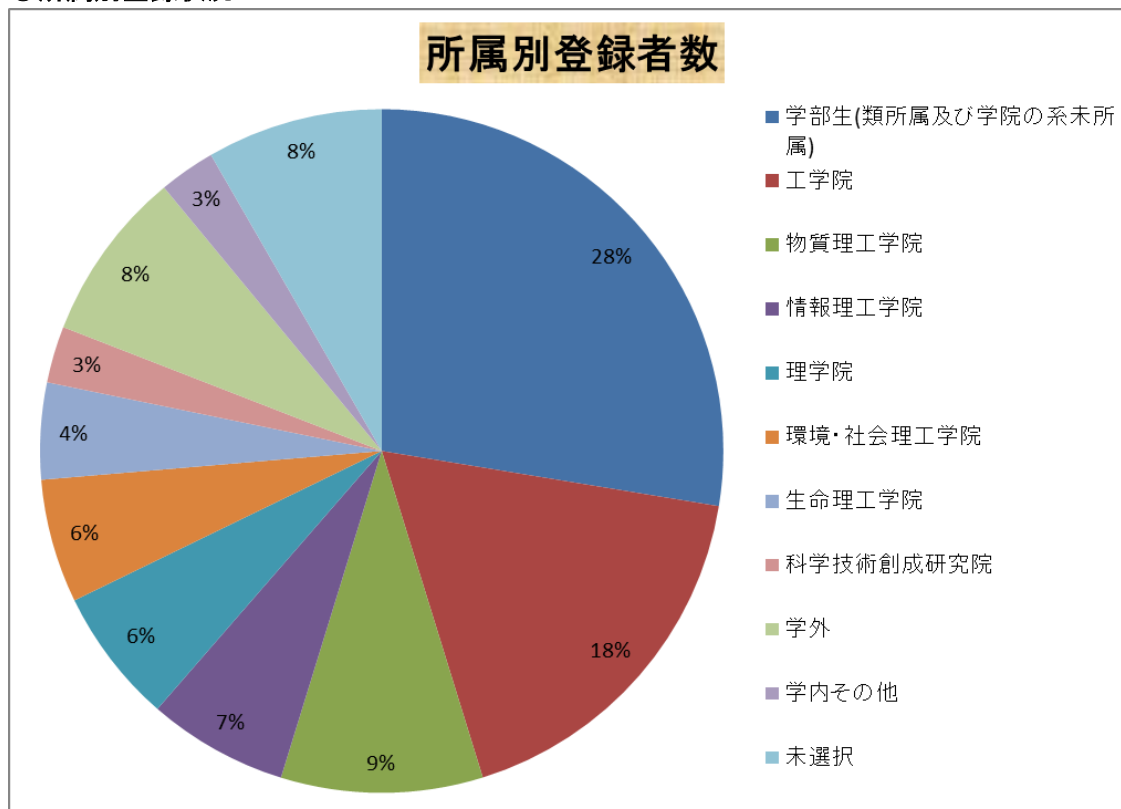
◎2021 年度計算機利用料収入内訳(単位：円)

総収入		224,369,530
学内		118,745,000
学外	国立大学／大学共同利用機関	4,290,000
	公立大学	3,520,000
	私立大学	2,970,000
	他省庁	220,000
	独立行政法人	5,280,000
	民間	89,344,530

◎利用者登録状況(単位：人)

2021 年									2022 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
5646	5613	5651	5565	5591	5650	5643	5681	5760	5780	5800	5823

◎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)	何れかを利用
2021/04	662	97	16	707
2021/05	609	77	10	640
2021/06	623	49	11	644
2021/07	563	35	7	579
2021/08	477	8	3	480
2021/09	483	14	5	485
2021/10	598	45	2	615
2021/11	585	12	4	593
2021/12	615	15	3	618
2022/01	518	15	2	525

2022/02	577	18	5	586
2022/03	528	8	4	532
2021 年度	1,462	232	40	1,530

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)
2021/04	12,261	148,553	4,575	21,562	26,872	41,273
2021/05	18,275	227,121	8,465	18,791	66,518	105,506
2021/06	16,008	236,491	22,036	26,152	104,909	152,387
2021/07	20,674	238,460	29,982	45,694	46,066	86,703
2021/08	13,963	158,996	8,236	26,102	82,527	140,611
2021/09	20,331	232,798	34,712	38,624	120,161	165,124
2021/10	21,218	291,187	9,969	23,160	136,398	105,674
2021/11	18,743	262,022	12,395	24,216	124,854	132,488
2021/12	14,851	218,291	17,655	74,238	163,336	280,586
2022/01	20,072	270,271	7,364	20,922	116,330	176,816
2022/02	21,073	241,297	10,270	33,289	73,806	133,145
2022/03	22,356	219,395	8,913	67,055	63,226	138,772
合計	219,825	2,744,881	174,572	419,805	1,125,003	1,659,086

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)
2021/04	635	2,370	32,146	24,301	2,432	27,360
2021/05	1,313	2,010	25,484	30,913	16,276	23,230
2021/06	3,684	4,058	44,896	31,406	4,279	19,038
2021/07	2,861	11,835	41,798	33,243	2,794	12,982
2021/08	5,306	9,675	7,920	9,730	1,555	8,766
2021/09	5,258	9,054	18,642	71,857	2,765	28,686
2021/10	2,876	9,323	18,961	29,024	3,588	22,629
2021/11	2,308	10,100	26,921	29,723	9,629	29,708
2021/12	10,264	21,521	45,100	37,100	4,815	20,455
2022/01	2,166	9,428	6,254	9,474	2,675	19,335
2022/02	2,594	9,442	26,385	15,247	11,783	66,457
2022/03	2,850	20,589	14,232	9,654	4,008	32,040
合計	42,115	119,404	308,739	331,670	66,599	310,686

◎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)
2021/04	28	8	5,891
2021/05	32	10	16,888
2021/06	30	11	9,644
2021/07	65	16	25,650
2021/08	31	12	22,720
2021/09	31	15	19,216
2021/10	76	22	43,733
2021/11	111	17	63,259
2021/12	305	28	74,930
2022/01	354	39	71,276
2022/02	216	33	69,559
2022/03	191	34	76,183
合計	1,470	77	498,949

◎システム障害件数

	2021 年									2022 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	7	4	3	11	3	1	6	0	2	4	0	2	43
ハード ウェア	7	5	3	4	6	4	9	7	0	3	4	4	56
月小計	14	9	6	15	9	5	15	7	2	7	4	6	99

◎運用実績

月／日	
2021/4/6	2021 年度運用開始
2021/8/10 9:00 – 8/18 17:00	全学停電のためサービス停止
2021/11/29 9:00 -12/1 17:00	冷却系のメンテナンスによるサービス停止
2021/12/28 17:00 - 2022/1/4 9:00	年末年始のため復旧・サポート業務停止
2022/3/29 9:00	2021 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

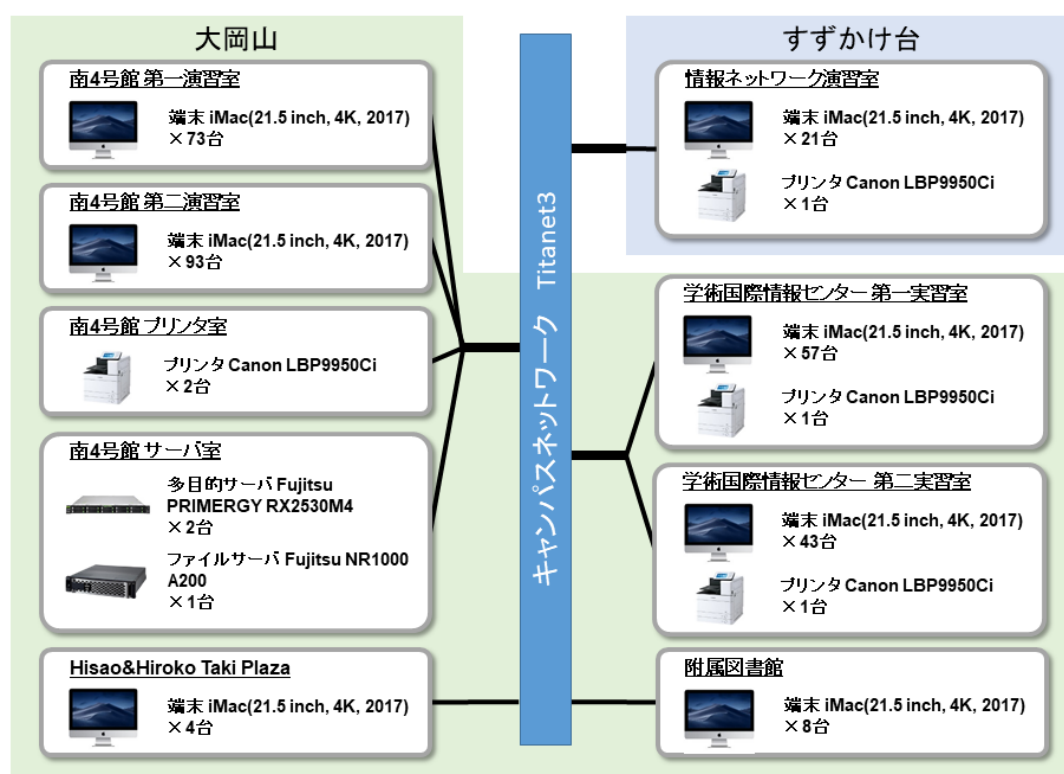
2-2-1 概要

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 MacOS 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 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。

2021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、2021年度は一部の科目で対面授業の実施が認められたが、情報基礎科目（情報リテラシ、コンピュータサイエンス）はすべてオンライン授業とされ、教室を利用しなかった。

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。年間の利用率はコロナ禍以前の2019年度に比べ約4分の1である。

すずかけ台演習室は、2020年4月以降建物改修工事のため閉鎖していたが、リニューアルオープンされたすずかけ台図書館内に場所を移し、2021年10月（第3クォーター）からサービスを再開した。

◎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	-	-	-	-	-
その他	2	3	0	1	3

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	-	-	-	-	-
その他	2	2	0	2	1

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	-	-	-	-	-
その他	4	1	0	1	4

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	-	-	-	-	-
その他	3	2	0	2	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				-	-
その他				0	0

◎ログイン回数

	大岡山				すずか け台	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	演習室	大岡山 図書館	Taki Plaza		
2021年 4月	167	2	19	164		3	8	363	185
2021年 5月	50	15	82	374		38	0	559	236
2021年 6月	54	5	12	289		1	0	361	128
2021年 7月	52	5	16	238		0	15	326	97
2021年 8月	2	3	70	10		0	20	105	40
2021年 9月	1	3	28	5		0	22	59	28
2021年 10月	230	16	82	137	25	0	37	527	160
2021年 11月	125	22	57	230	21	0	64	519	182
2021年 12月	144	23	387	662	28	24	34	1,302	275
2022年 1月	122	5	43	261	29	40	14	514	206
2022年 2月	47	19	33	126	34	23	42	324	153
2022年 3月	36	11	17	45	12	11	21	153	82
合計	1,030	129	846	2,541	152	140	277	5,115	216

◎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		
2021 年 4 月	モノクロ	5	42	9	0		56	213
	カラー	38	86	33	0		157	
2021 年 5 月	モノクロ	65	12	22	12		111	242
	カラー	26	5	7	93		131	
2021 年 6 月	モノクロ	104	53	58	163		378	492
	カラー	18	52	0	44		114	
2021 年 7 月	モノクロ	49	39	104	0		192	540
	カラー	104	186	58	0		348	
2021 年 8 月	モノクロ	76	32	12	3		123	219
	カラー	90	6	0	0		96	
2021 年 9 月	モノクロ	0	2	0	0		2	16
	カラー	0	14	0	0		14	
2021 年 10 月	モノクロ	0	416	0	0	0	416	480
	カラー	0	64	0	0	0	64	
2021 年 11 月	モノクロ	0	40	0	0	0	40	135
	カラー	0	95	0	0	0	95	
2021 年 12 月	モノクロ	51	674	3	2	12	742	1,006
	カラー	32	230	0	2	0	264	
2022 年 1 月	モノクロ	545	633	227	18	219	1,642	2,189
	カラー	369	37	70	9	62	547	
2022 年 2 月	モノクロ	317	717	328	51	353	1,766	3,044
	カラー	197	623	78	316	64	1,278	
2022 年 3 月	モノクロ	316	440	74	9	39	878	2,329
	カラー	186	630	541	89	5	1,451	
合計	モノクロ	1,528	3,100	837	258	623	6,346	10,905
	カラー	1,060	2,028	787	553	131	4,559	

プリンタ利用者数(単位：人)

月	印刷ユーザ数
2021 年 4 月	14
2021 年 5 月	15
2021 年 6 月	22
2021 年 7 月	24
2021 年 8 月	15
2021 年 9 月	3
2021 年 10 月	13
2021 年 11 月	10
2021 年 12 月	43
2022 年 1 月	43
2022 年 2 月	57
2022 年 3 月	45
年間ユニーク数	147

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。

プロジェクト名
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. 先端原子力研究所 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
18. 多言語対応日本語読解学習支援システムあすなろ
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
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
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
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
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
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. 計算材料データベース
45. ライフサイエンス研究管理システム
46. DX 推進事業
47. 附属科学技術高校外部サーバ化プロジェクト
48. DX 運用管理
49. 実験廃液・廃棄物処理申請システム

2-4 ネットワークシステム

2-4-1 有線ネットワーク (Titanet3 - Titanet4)

Titanet3 の運用を開始してから昨年度末で 11 年が経過した。ネットワーク機器の平均耐用年数は 6 年と言われているが、日々のメンテナンス、一部機種や構成の変更により、平均耐用年数を大きく越えて安定稼働を続けてきた。章末に、本年度の機器稼働状況と実施メンテナンスを示す。メンテナンス・停電等による停止時間を含めても、全スイッチ機器・サービス用アプライアンス等は稼働率 99%以上であった。

巻頭トピックに詳細があるように、本年度はネットワークの更新作業における配備を実施し、秋迄にはほとんどの稼働場所において Titanet3 と Titanet4 の機器の並行動作を実現した。その上で、各支線との日程調整を行い、順次 1・2 層部分（建物内支線接続）の Titanet4 への移行作業を実施し、3 月までにほとんどの支線が Titanet4 へ移行が終了した。3 月初旬からは 3 層部分（ゲートウェイ）の移行を実施しており、大岡山地区については年度内にはほぼ終了した。

Titanet3 機器については、来年度夏まで Titanet4 の大きなトラブルに備えて動作させるが、部品を含めほぼすべてが終息状況にあるため、その後はほとんどの機器を撤去する予定である。数台程度のみコールドスタンバイ（予備機）として再利用を行う。

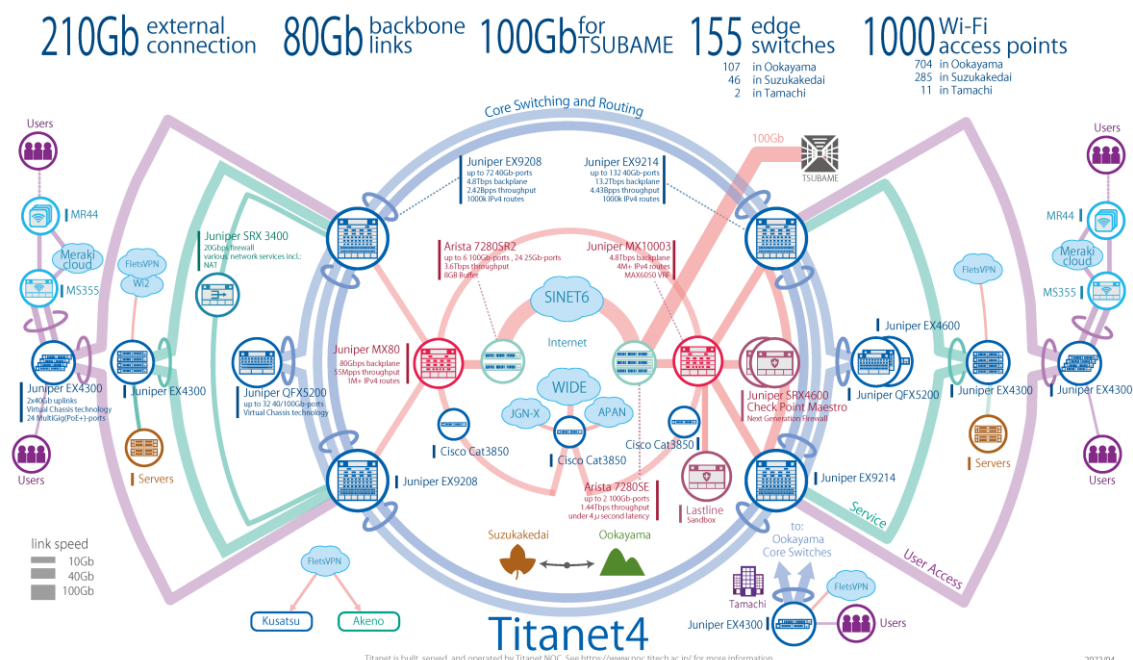
本年度、対外接続についても大きな動き、SINET5 から SINET6 の更新があった。本学は、SINET6 においては、これまでの大岡山キャンパスに加え、すずかけ台キャンパスにおいても 100 ギガの接続を計画し、年度末までに両キャンパスにおける回線の調達を終了、大岡山キャンパスにおいては、これまでの SINET 接続の調達回線への移行が終了している。

本学のネットワーク更新における調達でもそうであったように、SINET6 の配備においても、ICT 機器、作業員の確保が、コロナなどの影響により、極めて厳しい状況であったが、年度末ぎりぎりにも無事大岡山の移行まで終了した。

すずかけ台へのサービスが開通すると、WIDE・APAN 用回線 10 ギガと合わせて、対外接続は 210 ギガに達する。SINET6 では、400 ギガの接続も提供されていたが、本学ではその選択はせず、2 キャンパスからの 100 ギガ冗長接続の道を選んだ。本センターではこれまで WIDE プロジェクト接続をすずかけ台にも引き込むなど、接続の継続性を重要視してきたが、今回もその方針が継続された。また、大岡山キャンパスと対等の対外接続帯域をすずかけ台キャンパスに持つことは、本学が進めるすずかけ台情報拠点強化の一環でもある。

セキュリティ機器についても、ネットワーク更新、もしくはその前後において、調達、更新を行った。ファイアウォール、WAF（ウェブアプリケーションファイアウォール）を継続して運用し、適宜の通信制限等と合わせて、本年度も安全対策を継続した。次世代型ファイアウォールについては、高度な攻撃についての遮断性能や攻撃履歴の確認等については有効に機能しているが、大量の流量・パケットによる攻撃に対する動作に難があるため、その前段に別のファイアウォールを配置する構成を取っている。特に本年度ネットワーク更新中は、Titanet3、Titanet4 の並行運用において、これらセキュリティ機器群についても、一部

使い分け、一部並行動作を、冗長構成などを犠牲にして実施し、移行の前後ともに安全な通信維持を実現した。来年度前半の支線の3層移行終了に合わせて、これらの機器の冗長構成への復帰、新サービスの準備構成となる計画である。



Titanet4 の構成

2-4-2 無線ネットワーク (TW2 - TN4W)

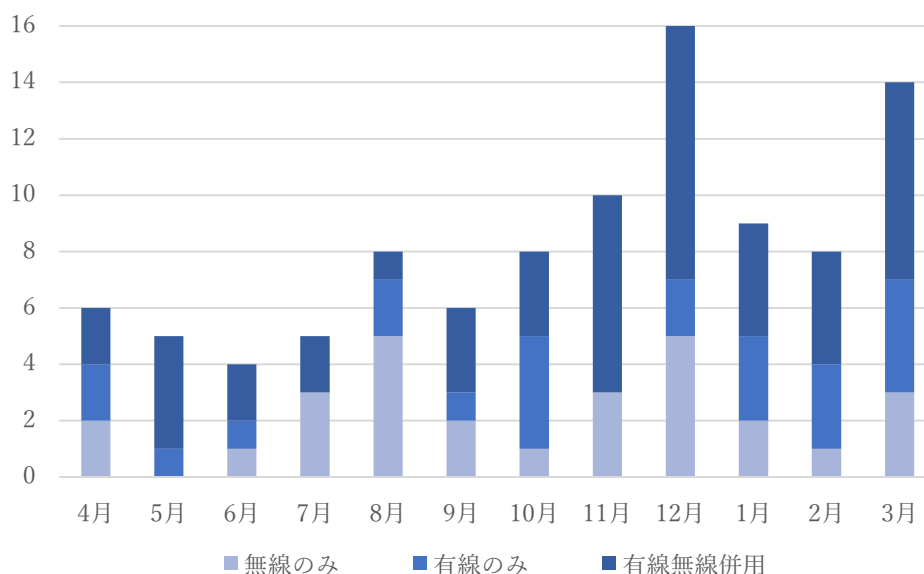
2010 年 3 月の更新から順調に稼働台数・利用可能エリア拡張してきた無線ネットワークシステム TW2 は、昨年度末時点でアクセスポイント 977 台（大岡山：691 台、すずかけ台：275 台、田町：11 台）が配備され稼働していた。昨年中途からは、本年度のシステム更新に備え、拡張施策を停止し、アフターコロナ対応のための講義室等の増分のみ対応した。

新システムについては、夏までにテスト、クライドコンソールへの機能移動がほぼ終了し、アクセスポイントの配備が可能となったため、全学に先行する形で、大岡山講義室分について夏休みに工事を行い、新無線ネットワークの提供を開始した。新無線ネットワークでは、アクセスポイントの上流、さらにその上流の電源供給スイッチへの帯域が大幅に強化されるため、ほとんどの配線について再工事を計画していたが、コロナ禍において機器のみならず、工事（工期、人員）の調達も困難を極めたため、全学残り部分の工事は年度末にかけて厳しい日程、人員での実施となった。工期短縮のため、計画より一部工事を縮退させたところもあるが、新システム稼働当初に予定していたサービスの全学への提供は年度末を待たずに開始している。新無線ネットワークシステムの呼称は、有線ネットワークと合わせるために、バージョン3を欠番として、Titanet4 Wireless (TN4W) とした。

TN4Wでは、開始時において、これまでのサービスがそのまま実現されているが、クラウ

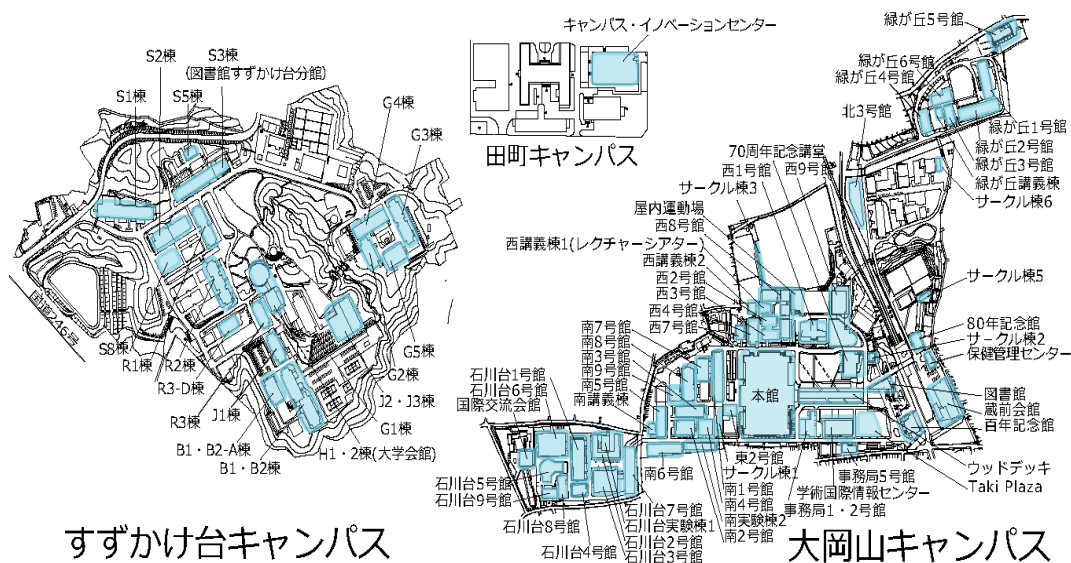
ドコントローラを採用したことにより、キャンパス内の移動においてコントローラをまたぐことによって生じていた通信断は発生しなくなり、また、機器性能の上昇に伴い、Wi-Fi 6 対応、帯域の強化に加え、TW2 での利用者増加時に耐えられなくなり縮退させていた https redirect にも対応しており、TokyoTech 利用開始時のログイン画面への遷移はスムーズとなった。また、システムによる自動ログアウトまでの時間も試行中ではあるが、大きく延長している。

TW2/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、コロナ対策の続く本年度においても、実側値として 3000（夏冬休み）～6000（授業期間）のユニークユーザの利用があった。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、コロナ禍において大きく減少していたが、本年度は前年度比で倍増した。繁忙期には SSID、イベント用ネットワークレンジが足りない状況も発生したため、新システムの機能等を利用したサービスの再構成を計画している。



2021 年度 イベント用ネットワークの利用状況

今後、サービス面では、利便性向上のための新認証方式の導入、SSID を減らし高性能を維持するためのイベントネットの形態の見直し等を計画している。インフラ面では、細部を積み残した配線、配置への対応に加え、今回の更新で明らかになったアクセスポイント導入組織における配線管理不備や、スイッチ・配線場所の管理の問題を踏まえた施策の立案を始めている。



無線ネットワーク利用可能エリア

2-4-3 その他のサービス

(1) サーバ代行サービス (DNS(コンテンツ)サーバ代行サービス、WWW サーバ代行サービス)

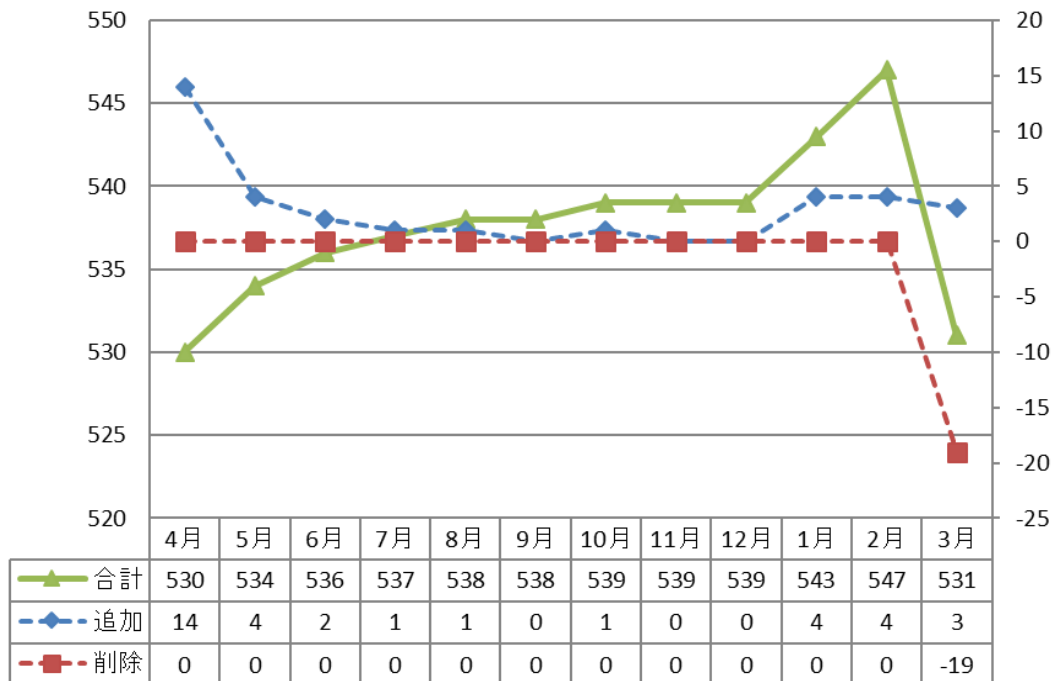
一昨年度より、WWW サーバ代行サービスでは、サーバ証明書を利用できるようになり、本年度も多く利用されている。世界的な流れにより証明書は 1 年に一回更新する必要がある、本サービスにおいては、センター側がこれに対応している。

本年度後半には、CMS の脆弱性への攻撃が一部 WAF を通過した事例が発生し、一次対応の実施、T2CERT と共に各サービス利用者への連絡、対応方法の案内を行った。本学では、歴史的に MovableType が多く使われているが、世界的には終息しており、WAF 等での対応が十分でなくなっている可能性も考えられるため、他 CMS への移行も随時案内している。

また、利用中の WAF については、来年度終息を向かえるため、本年度末に調達を行い、テストを開始している。

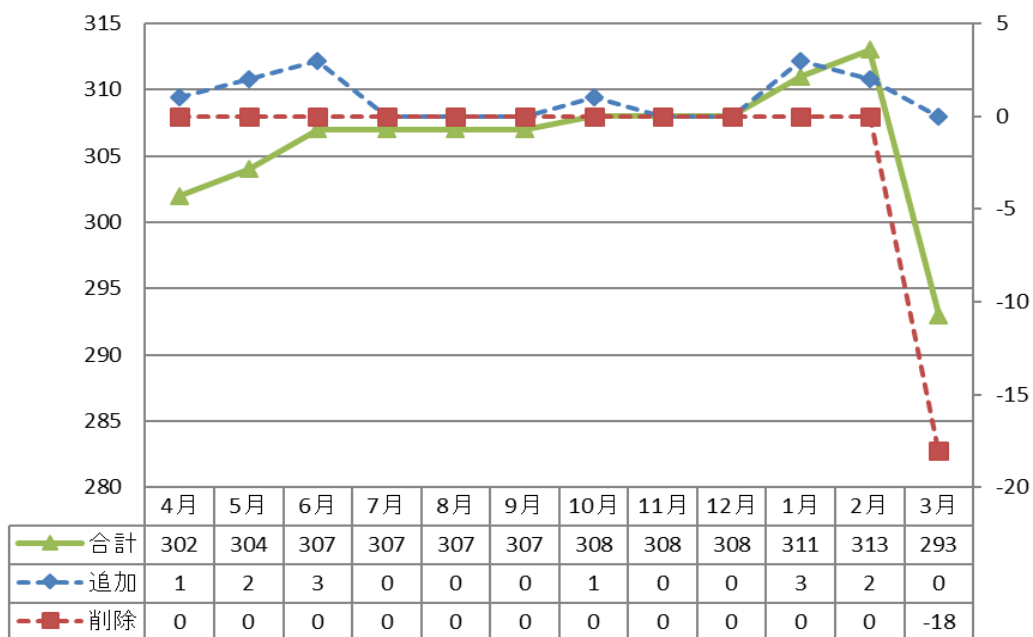
各代行サービス利用件数の推移を以下に示す。

WWWサーバ代行サービス



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



DNS サーバ代行サービス利用件数の状況

(2) ファイル交換ソフトウェア検知サービス

著作権侵害行為等に参加してしまうことを未然に防止するため、学外との通信ソフトウェア・プロトコルを機械的に判断・検知する機器を導入し、それらを元にした遮断と通知を実施してきた。本機能は当初、専用の機械を用いて行っていたが、IP アドレス（端末）単位ではなく、該当通信のみ遮断する機能がファイアウォール、アクセスポイントなどに随時実装されてきており、本学ではそれらを並用し、研究支線については該当通信のみの遮断、学部学生が主に利用する無線ネットワークにおいては、アカウントを停止の上、啓蒙活動を行ってきた。そんな中、昨年度、全学において、学部学生の授業での持ち込み PC の利用が承認されることとなり、本センター・ネットワーク専門委員会において、上記アカウント停止措置については、これを廃し、授業受講を優先することとなった。該当通信そのものは遮断されるため、問題行為への加担はこれまでどおり防止する。

日付	種別	型番	対応	原因／その他
2021/4/22	次期キャンパス間WDM	adva一式	追加	新WDM GSIC設置
2021/4/26	次期キャンパス間WDM	adva一式	追加	新WDM 本館設置
2021/4/30	次期キャンパス間WDM	adva一式	追加	新WDM S1棟設置
2021/4/30	次期キャンパス間WDM	adva一式	追加	新WDM S1棟設置
2021/5/7	次期コアスイッチラインカード	EX9200(ラインカード)	交換	新コアスイッチ初期不良
2021/5/21	次期コアスイッチ電源モジュール	EX9200(PEM2)	交換	新コアスイッチ故障(初期不良の可能性もあり)
2021/7/7~8/31	次期エッジスイッチ	EX4300-48MP等(約140台)	追加	各建物へ新エッジスイッチを設置し上流接続する
2021/7/16	エッジスイッチ	EX4200-48T(FPC5)	交換	故障
2021/8/2	次期エッジスイッチ アップリンクモジュール	EX-UM-2QSFP-MR	交換	故障
2021/8/26	次期エッジスイッチ	EX4300-48MP(FPC1)	交換	故障
2021/9/24	エッジスイッチ	EX4200-48T	交換	故障
2022/1/31	次期 GSIC-田町(CIC)間WDM	adva一式	追加	新WDM GSIC設置
2022/2/1	次期 本館-田町(高校)間WDM	adva一式	追加	新WDM 本館設置
2022/2/15	次期 田町(CIC)-GSIC間WDM	adva一式	追加	新WDM 田町(CIC)設置
2022/2/21	次期 田町(高校)-本館間WDM	adva一式	追加	新WDM 田町(高校)設置

2021 年度 機器設置・メンテナンス履歴

ホスト名	稼働率	ホスト名	稼働率	ホスト名	稼働率	ホスト名	稼働率
100g-gsic-1	99.98	gsic-4	99.98	midori6-2	99.98	rji-1	99.4
100nen-1	99.98	gsic-5	99.98	midoriko-1	99.84	sanren2-1	99.99
10g-gsic-1	99.97	gsic-6	100	minami1-1	99.98	sanren2-2	99.97
10g-setsubi-1	99.98	gsickokusai-1	99.96	minami1-2	99.98	setsubi-1	99.98
1shoku-1	98.74	higashi1-1	99.98	minami2-1	99.98	setsubi-3	100
1shoku-2	100	higashi2-1	99.98	minami3-1	99.97	sgw-o2	99.98
2200-1	98.42	hokenkanri-1	99.42	minami4-1	99.97	sgw-o3	99.96
80nen-1	99.4	honkan-1	99.98	minami5-1	99.97	sgw-o4	99.98
auth-o1	99.97	honkan-2	99.81	minami5-2	99.93	sgw-s2	99.98
auth-o2	99.98	honkanc-1	99.98	minami6-1	99.98	slb-o1	98.57
auth-s1	99.97	honkane-1	99.98	minami7-1	99.98	slb-o1_ve352	99.98
auth-s2	99.97	honkane-3	99.97	minami7-2	99.94	slb-s1	99.98
b1-1	99.98	honkane-4	99.98	minami8-1	99.98	soken-1	99.98
b1-2	99.95	honkanko-1	99.97	minami8-2	100	sokenbekkan-1	99.98
b2-1	99.77	honkans-1	99.97	minami9-1	99.98	sozo-1	99.83
b2-2	99.99	honkans-2	99.96	minamiji2-1	99.96	splunk	99.98
backup-s1	99.98	honkanw-1	99.98	minamiji4-1	99.54	t2w-dhcp1	99.97
bak-o1	99.97	idrac-kvm-s3	99.97	minamiko-1	99.22	t2w-dhcp2	100
bak-o2	100	idrac.bak-o1	99.98	monitor-o	100	taikukan-1	99.98
border-o1	99.97	idrac.bak-o2	99.98	monitor-s	99.98	taikukan-2	99.49
border-s1	99.97	ishikawa1-1	99.84	new-circle1-1	99.94	taki-1	99.96
bordersw-k1	99.97	ishikawa1-2	99.96	nishi1-1	99.97	taki-2	99.97
bordersw-o1	99.97	ishikawa2-1	99.85	nishi2-1	99.82	taki-3	99.97
bordersw-s1	99.98	ishikawa2-2	98.43	nishi3-1	99.98	tamachi-1	99.98
cam-o2	99.98	ishikawa3-1	99.98	nishi3-2	99.97	tamachi-2	99.99
cam-s1	99.96	ishikawa3-2	99.94	nishi4-1	99.97	tn3-2	99.99
cam-s2	99.97	ishikawa4-1	99.98	nishi5-1	99.97	toshoo-1	99.98
cam-t1	99.98	ishikawa5-1	99.98	nishi6-1	99.98	toshoo-2	99.95
cc-gsic-1	99.97	ishikawa6-1	99.84	nishi7-1	99.98	toshoo-4	99.99
cc-gsic-2	99.98	ishikawa6-2	99.81	nishi8e-1	99.98	toshos-1	99.98
cc-soken-1	99.98	ishikawa7-1	99.97	nishi8e-2	99.99	toshos-2	100
cert-gsic-1	99.97	ishikawa7-2	99.99	nishi8w-1	99.97	ttf-1	99.98
choele-1	99.98	ishikawa8-1	99.97	nishi8w-2	99.97	ttf-2	99.97
circle2-1	99.77	ishikawa8-2	97.77	nishi9-1	99.97	ttf-3	99.94
circle5-1	99.93	isotope-1	99.98	nishi9-2	99.99	ttf-4	99.97
coe-1	99.98	j1-1	99.98	nishi9-3	99.99	ttf-5	99.98
core-o1	99.97	j2-1	99.98	nishi9-4	99.95	tw2-gw-o	99.97
core-o2	99.98	j2-2	99.99	nishi9-5	99.99	tw2-gw-s	99.98
core-s1	99.98	j2-3	100	noc-gsic-1	99.98	vande-1	99.4
core-s2	99.98	j2-4	99.85	noc-gsic-2	99.97	vmw-o1	99.98
daigakukaikan-1	99.98	j3-1	99.98	noc-gsic-3	99.98	vmw-o2	99.96
daigakukaikan-2	99.97	jimu-gsic-1	99.98	noc-gsic-4	99.98	vpn-o	99.98
edrm-dns1	99.98	jimu1-1	99.97	noc-gsic-5	99.97	vpn-s	99.98
edrm-dns2	99.97	jimu1-2	99.97	noc-honkan-1	99.99	vpn-t	99.99
frontier1-1	99.98	johoeno-1	99.97	noc-honkan-2	99.98	waf-2	99.98
frontier1-2	99.89	johoeno-2	99.99	noc-setsubi-1	99.98	wdm-ks1	99.97
frontier2-1	99.98	johoens-1	100	noc-setsubi-2	99.98	wdm-os1	99.98
frontier2-2	99.98	kenbikyo-1	99.98	noc-setsubi-3	99.97	wdm-os2	99.98
g1-1	99.98	kita2-1	99.4	ns2	99.98	wdm-ot1	99.98
g1-2	99.99	kitaji1-1	99.35	ntp-o1	99.98	wdm-ot2	99.98
g2-1	99.98	kodo-1	99.05	pm-o1	99.98	wdm-sk1	99.98
g2-2	98.5	kodo-2	99.58	power-t1	100	wdm-so1	99.98
g3-1	99.97	koryukaikan-1	99.98	prx-s1	99.98	wdm-so2	99.98
g3-2	99.96	kvm-o1	99.98	prx-s2	99.98	wdm-to1	100
g4-1	99.98	kvm-o2	99.98	pve-o1	99.98	wdm-to2	99.97
g4-2	100	kvm-o3	99.99	pve-o2	99.86	wlc-o1	99.98
g5-1	99.98	kvm-s1	99.98	r1-1	99.98	wlc-o1_v110	99.97
genso-1	99.97	kvm-s2-idrac	99.98	r1-2	99.99	wlc-o2	99.97
genso-2	100	kvm-s2	99.98	r2-1	99.98	wlc-o2_v110	99.97
gokuteion-1	99.97	kvm-s3	99.97	r3-1	99.98	wlc-o3	99.98
green1-1	98.73	midori1-1	99.83	res-o1	99.98	wlc-o3_v110	99.96
green1-2	99.96	midori1-2	99.97	res-o2	99.97	wlc-s1	99.98
green1-3	99.94	midori2-1	99.84	res-o3	99.98	wlc-s1_v111	99.98
gsic-1	99.98	midori3-1	99.83	res-s1	99.98	wlc-s2	99.98
gsic-10	99.97	midori4-1	99.83	res-s2	99.98	wlc-s2_v111	99.99
gsic-2	99.96	midori6-1	99.84	res-s3	99.98		
						(2021/09/01 - 2022/02/28)	

ネットワーク機器、アプライアンス、サーバ群の稼働率

2-5 情報セキュリティ

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。2021 年度は上記の基本的な業務を継続および改善しながら、複数の次世代型セキュリティ機器やその他のインテリジェンスを積極的に活用するためにログ分析基盤を一層充実させ、インシデント対応の質の向上に努めた。

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係する話題を中心に選択し、平易で短い解説を付け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。

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、教育研究評議会連絡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。2021 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。

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。

インターネット上・外部組織からの脅威情報の活用

インターネット上に公開されているインテリジェンスや外部セキュリティから提供される脅威情報を学内のセキュリティ調査に活用している。インターネット上の 727 件、および外部からの参考情報から 19 件の情報を調査し、東工大内で同様の被害は発生していない事を確認した。また、調査中に他組織における被害の可能性を確認し、6 大学 7 件の連絡を行った。

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、ユーザビリティの向上や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分に発揮させるべく共同で運用を行っている。その中の取り組みの一つとして、より広い範囲で危険性の高い通信を予防的に遮断する取り組みを開始した。具体的には PUA やフィッシング攻撃など数が多くこれまで対応が難しかったリスクに対しても運用体制を整え、事前にリスクを検証しながら遮断のリストを更新する枠組みを整えた。

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。

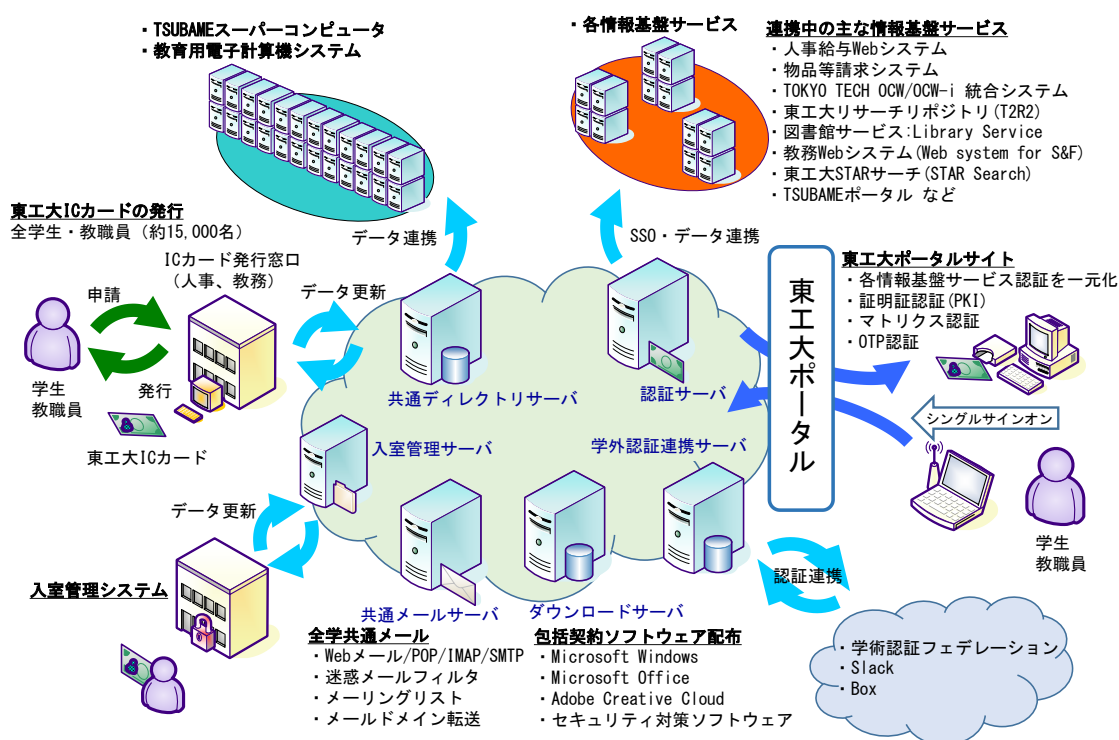
セキュリティ教育教材を用いた啓発活動

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を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

2-6-3 実績

(1) 本年度トピックス

- 1) 証明書認証 macOS M1 チップに対応（2021 年 4 月）
- 2) ポータルメニュー表示の大幅な変更（2021 年 10 月）
 - ・利便性向上のため表示順とカテゴリの変更
 - ・Dynamic Menu の導入（サブメニューのポップアップ表示）
 - ・アイドルタイムアウト無効化ツールのテスト公開

3) 本年度ポータルと連携を開始した情報基盤サービス

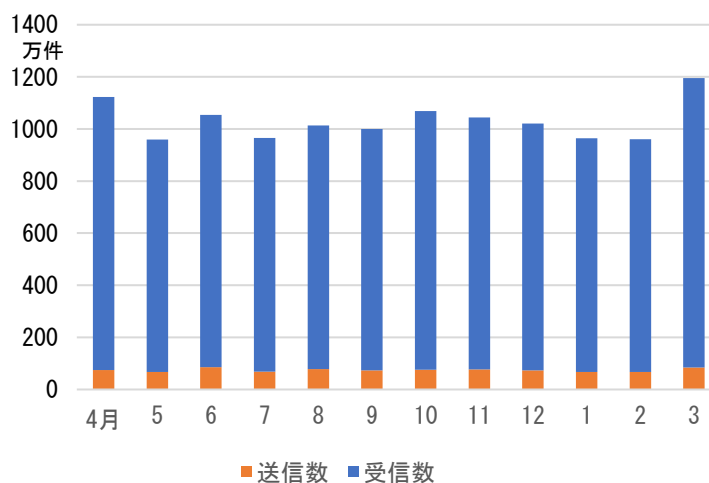
- ・申請システム T2Apps (2021 年 4 月)
- ・勤怠管理システム (2021 年 10 月)
- ・人を対象とする研究倫理審査申請 (2021 年 11 月)

(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 (2022 年 3 月 31 日現在)

全学共通メールアカウント	15,054
(内訳) 常勤職員	1,749
非常勤職員	1,918
アクセスカード	363
学士課程学生	4,782
大学院学生 (修士課程)	4,098
大学院学生 (博士後期課程)	1,562
研究生等	363
非常勤講師	164

- ・共通メール送受信の推移 (2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日)



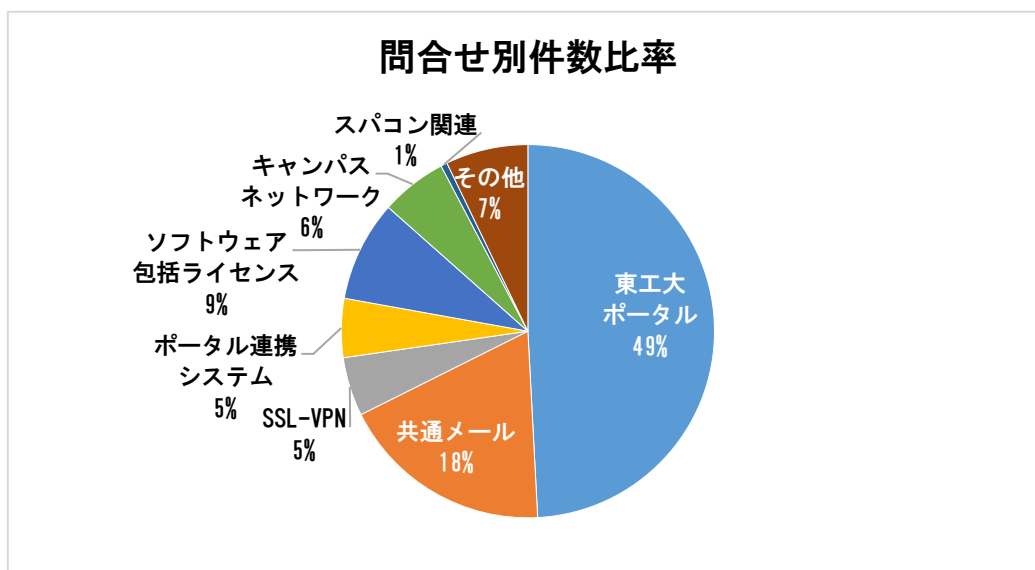
(3) 東工大 IT サービスデスク

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

東工大 IT サービスデスク

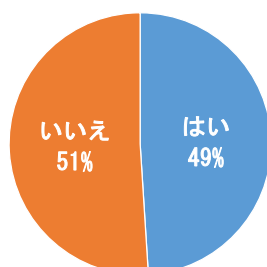
- ・電 話 : 03-5734-3654 9:00～12:15、13:15～17:00 (休日・祝祭日を除く)
- ・メール : helpdesk@gsic.titech.ac.jp

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

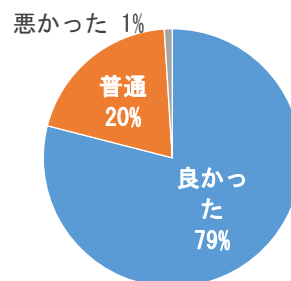


また、東工大 IT サービスデスクでは、毎年（例年 1 月頃）全教職員を対象にアンケートを実施し、サービスのさらなる向上と改善に努めている。以下に集計結果を示す。

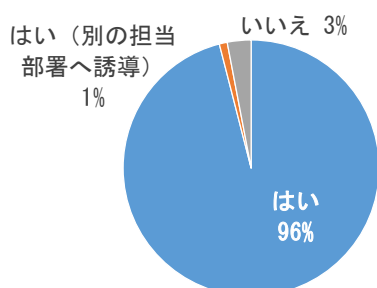
1. ITサービスデスクを利用したことがありますか？



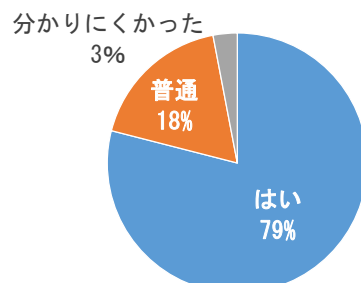
2. ITサービスデスクの迅速さは、いかがでしたか？



3. ITサービスデスクの回答で、あなたの質問は解決しましたか？



4. ITサービスデスクの回答は、分かりやすかったですか？



アンケート回答者数 187 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 3 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 3 年 7 月：Adobe 製品（ユーザ指定ライセンス）の提供を開始
- ・令和 3 年 9 月：Adobe 製品（シリアル番号ライセンス）の提供を停止
- ・令和 4 年 1 月：Windows 11 Education の提供を開始
 - ：Office LTSC Professional Plus 2021 の提供を開始
 - ：Office LTSC Standard for Mac 2021 の提供を開始
 - ：Microsoft Office Professional Plus 2016 の提供を停止

なお、Adobe の提供ライセンスの変更により、利用者側にも対応を頂いている。また、包括ライセンス担当者にも様々な質問が寄せられ、それぞれに対応している。

【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	
	Windows 8.1 Enterprise 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 :	https://www.office.com/ 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

	2021 年									2022 年			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	122	23	30	17	24	23	41	36	35	30	39	42	462
8.1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	6
計	124	23	30	17	24	24	41	36	35	30	42	42	468

Microsoft Office 2021 配布数

	2021 年									2022 年			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	-	-	-	-	-	-	-	-	20	91	108	151	370
Mac	-	-	-	-	-	-	-	-	14	37	42	55	148
計	-	-	-	-	-	-	-	-	34	128	150	206	518

Microsoft Office 2019 配布数

	2021 年									2022 年			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	552	186	191	150	137	151	245	208	186	101	95	70	2272
Mac	122	45	57	52	54	52	46	52	86	45	169	41	821
計	674	231	248	202	191	203	291	260	272	146	264	111	3093

Microsoft Office 2016 配布数

	2021 年									2022 年			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	29	11	11	12	5	6	5	4	1	-	-	-	84

Sophos Central Intercept X Advanced（Windows 版）配布数

	2021 年									2022 年			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	242	66	136	63	71	80	136	105	74	89	163	113	1338
個人 PC	132	23	33	17	9	12	17	15	18	14	9	10	309
計	374	89	169	80	80	92	153	120	92	103	172	123	1647

Sophos Central Intercept X Advanced（Mac 版）配布数

	2021 年									2022 年			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	133	37	83	53	47	46	49	66	65	42	36	228	885
個人 PC	96	14	40	21	15	11	32	28	19	6	9	15	306
計	229	51	123	74	62	57	81	94	84	48	45	243	1191

Sophos Central Intercept X Advanced（Linux 版）配布数

	2021 年									2022 年			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	1	0	0	0	1	2

Adobe Creative Cloud 配布数

	2021 年									2022 年			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	3	0	2	0	10	-	-	-	-	-	-	-	15
Mac	18	2	4	3	2	-	-	-	-	-	-	-	29
計	21	2	6	3	12	-	-	-	-	-	-	-	44

Adobe Full set 配布数

	2021 年									2022 年			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	224	84	63	40	29	-	-	-	-	-	-	-	440
Mac	54	20	41	324	0	-	-	-	-	-	-	-	439
計	278	104	104	364	29	-	-	-	-	-	-	-	879

Adobe Acrobat 配布数

	2021 年									2022 年			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	383	150	122	72	35	-	-	-	-	-	-	-	762
Mac	79	24	43	47	9	-	-	-	-	-	-	-	202
計	462	174	165	119	44	-	-	-	-	-	-	-	964

Adobe Illustrator 配布数

	2021 年									2022 年			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	150	37	45	43	14	-	-	-	-	-	-	-	289
Mac	54	12	18	20	3	-	-	-	-	-	-	-	107
計	204	49	63	63	17	-	-	-	-	-	-	-	396

Adobe Photoshop 配布数

	2021 年									2022 年			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	128	37	39	29	11	-	-	-	-	-	-	-	244
Mac	26	10	15	10	2	-	-	-	-	-	-	-	63
計	154	47	54	39	13	-	-	-	-	-	-	-	307

Adobe 共有デバイスライセンス (SDL) 配布数

	2021 年									2022 年			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	106	54	60	211	715	964	307	170	170	152	142	196	3247
Mac	65	48	88	49	114	141	73	65	86	63	65	75	932
計	171	102	148	260	829	1105	380	235	256	215	207	271	4179

・MATLAB 配布数

2022 年 3 月末の登録人数 : 3,531、インストール台数 : 5,962 台

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

2022 年 3 月末の登録数

Windows : 5551、 Mac : 2804、 Android : 177、 iOS : 1461、 Windows Mobile : 32

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(税別) [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	100,000 円
産業利用	民間企業	HPCI	産業課題	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	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	100,000 円
					非公開	300,000 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。令和3年度は第2期の最終年度のため次期拠点認定申請を兼ねた期末評価が行われ、本ネットワーク拠点はA評価を受けるとともに、令和4年度に開始する第3期の共同利用・共同研究拠点として引き続き認定を受けた。

本ネットワーク拠点の目的は、大規模情報基盤を用いて、地球環境、エネルギー、物質材料、ゲノム情報、Webデータ、学術情報、センサーネットワークからの時系列データや映像データのプロ



図1 JHPCNの構成拠点

グラム解析、大容量ネットワーク利用技術の開発、その他情報処理一般における、これまでに解決や解明が極めて困難とされてきた、いわゆるグランドチャレンジ的な問題について、学際的な共同利用・共同研究を実施することにより、我が国の学術・研究基盤の更なる高度化と恒常的な発展に資することにある。本拠点の構成機関には多数の先導的研究者が在籍しており、これらの研究者との共同研究によって、研究テーマの一層の発展が期待できる。

ネットワーク型拠点としての活動：公募型共同研究

ネットワーク型拠点は、過半数を構成拠点以外の委員が占める運営委員会による審議・承認の下で運営されている。また年1回行われる共同研究課題公募とその共同利用課題の実施は本ネットワーク型拠点で最も重要な活動であり、その事務手続きの大部分（申請課題の受付、審査、採択結果の通知までの手続きなど）は、中核拠点である東京大学 情報基盤センターにて行われている。採択後の利用開始手続きや利用サポート、施設利用負担金の経理処理については、採択課題が利用する共同利用拠点にてそれぞれ行われている。本ネットワーク型拠点活動の活性化のため、全構成拠点内外のメンバーによる運営委員会と構成拠点メンバーのワーキング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3年度の共同研究課題の公募は令和2年12月10日から令和3年1月15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56件中49件を採択した。令和3年度はその他に「JHPCN 独自資源のみを利用する課題」の応募課題が1課題採択されている。表2に採択課題数や採択率の推移を示した。

令和3年度 共同研究日程

令和2年12月10日（木）	課題応募受付開始
令和3年 1月6日（水）	課題応募受付締切（Web登録締切）
1月15日（金）	紙媒体の課題申込書提出期日
3月中旬	採択結果通知
4月1日（木）	共同研究開始
令和3年 7月8日（木）・9日（金）	JHPCN 第13回シンポジウム
令和4年3月31日（木）	共同研究期間終了
令和4年 7月上旬	JHPCN 第14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
採択課題	44	34	35	39	46	52	58	52	49
うち HPCI-JHPCN 課題	31	22	27	17	25	30	36	51	48
うち東工大利用課題	11	10	10	12	11	16	14	8	7
応募課題	55	53	51	47	52	70	66	65	56
採択率(%)	80.0	64.2	68.6	83.0	88.5	74.3	87.9	80.0	87.5

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3年度公募では国際共同研究課題として3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3年度は採択課題7件のうち4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 TSBAME 公募型共同利用支援制度」の章にて説明している。

表3 令和3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)

ネットワーク型拠点としての活動：シンポジウムの主催・共催・協賛

令和3年度は新型コロナウイルス感染拡大に伴い、例年は会場を2日間貸し切って行う本ネットワーク型拠点主催のシンポジウムを、Zoom・Slackを用いたオンラインで実施した。シンポジウムでは、令和2年度に実施されたすべての共同研究課題52件がZoomのウェビナー形式での口頭発表にて研究成果を報告した。また、令和2年度実施課題の残り課題と令和3年度採択課題49件、そして萌芽型共同研究課題によるポスター発表があり、シンポジウム期間中を通してSlack上での質疑応答を行うとともに、2グループに分けてコアタイムを設け、Zoomブレイクアウトルームを使用したリアルタイムでの質疑応答が行われた。また、本年度の新たな試みとして、機械学習の医療応用研究の第一人者であるDaniel Rückert博士（ミュンヘン工科大学）をお招きした基調講演や、新規に提供を開始した計算資源の紹介を行う企画セッションなどが行われた。

ネットワーク型拠点としての活動：次期拠点認定申請結果および期末評価結果

令和3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年度からの第3期も引き続き共同利用・共同研究拠点の認定を受けた。

ネットワーク型拠点としての活動：データプラットフォーム（mdx）の正式運用開始とデータ科学・データ利活用分野における研究テーマの募集開始

中核拠点である東大を中心にデータプラットフォーム（mdx）の正式運用が令和3年10月から

開始し、その一環として 10 月 11 日に「データ活用社会創成シンポジウム」をオンラインで共催し、450 名を超える参加があった。令和 4 年度の公募型共同研究の募集において従来の「大規模計算科学分野」に加えて新たに「データ科学・データ利活用分野」を設定し、「mdx」をはじめとした各構成拠点による個性的な計算資源を利活用した従来の本拠点の枠に収まらない幅広い分野・手法の研究テーマの募集を開始した。

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 3 年度の公募型共同研究課題の採択課題の全 49 件は、公式 Web ページ (<https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/>)にて公開されているが、当センターの TSUBAME3.0 を利用する研究課題として表 4 にまとめた 7 件が採択・実施され、当初配分予定 127 口に対して利用実績ベースで 110 口の資源提供を行った。課題毎のより詳細な当初配分口数と利用実績口数は表 4 に示した。

本ネットワーク拠点が供出する計算資源のうち、当センターの TSUBAME3.0 は GPU 搭載スパコンであることを反映して、当センターを利用したすべての採択課題が GPU を活用した課題であった。これは本ネットワーク型拠点が持つスパコンの多様性が、公募型研究課題の多様性にも反映されていることを示している。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。

表 4 令和 3 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究 課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 / 申請課題名	承認口数 利用口数
1	日本原子力研究開発機構 小野寺直幸 GPU・CPU・ARM プロセッサに対する原子力 CFD アプリケーション用の混合精度ポアソン解法	10 口 10 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フルスケール凝固組織予測のための大規模フェーズフィールド格子ボルツマン計算	27 口 25 口
3	東京工業大学 学術国際情報センター 青木尊之 アメンボの水面走行のシミュレーション	27 口 16 口
4	大阪府立大学 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	12 口 18 口
5	九州大学応用力学研究所 渡辺勢也 氷海船舶に作用する氷荷重のシミュレーション	18 口 17 口
6	日本原子力研究開発機構 朝比祐一 Developping data driven analysis methods for extreme scale numerical simulations	12 口 13 口
7	東京工業大学理学院 岡元太郎 大規模地震波シミュレーションによる沈み込み帯の波形トモグラフィー：2011 年東北地震震源域と南西諸島域	21 口 11 口
	合計	127 口 110 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 3 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 3 年度 計算資源の再配分ルール

1. 第 1～2 四半期末の残資源の調整（令和 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。
2. 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。）
3. 第 1～3 四半期の前倒し利用
第 1～3 四半期に計算機資源の不足が生じた課題は、当該課題のそれ以降の割当より前倒し利用可能である。全配分口数は第 1 四半期の初めに配分し、利用申請なしに前倒し利用可能である。一方で、資源量の管理は四半期毎に行い、毎月の利用実績通知において当該四半期末に失効する資源量を通知する。
4. 第 1～3 四半期の追加配分（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ズ・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ズ・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 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

第二期 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（11 回開催）に以下の委員／部会員が出席し HPCI の運営に協力した。HPCI 連携サービス運営・作業部会で議論された議題が 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を進めた。

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3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。前年度までは電子申請後に所属機関承認を押印済申請書の郵送が必須であったが、令和3年度の課題申請からは所属機関承認がオンラインで可能となった。

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3年10月6日
電子申請受付締切	令和3年11月5日17時(JST)
オンラインでの所属機関承認期限	令和3年11月12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4年2月16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
対面認証申請件数	16	25	21	20	23	25	28	25	47	38
来学による対面認証	13	13	7	7	6	9	7	7	6	1
メールによる本人確認	3	12	14	13	17	16	21	18	27	26
簡易遠隔本人確認(※)									12	
正式遠隔本人確認(※)									2	11
対面認証のべ人数	83	46	52	53	75	54	88	48	98	96

※ 簡易遠隔本人確認は新型コロナウイルス感染拡大に伴い令和2年度限りの緊急対応であり、その後はWeb会議システムを用いた正式な遠隔本人確認が令和3年3月23日より開始されている。

表3 東工大におけるプライマリセンター業務実績

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

令和2年度は新型コロナウイルス感染拡大に伴う非常事態宣言により、本人確認に必要な職員証・学生証などの書類が受け取れず、アカウント発行が困難な事例があった。HPCI

連携サービス運営・作業部会などで協議した結果、緊急対策として簡易的な遠隔本人確認を令和2年5月より実施することで対応した。また with コロナ、after コロナを見据えて、新たに策定した Web 会議システムを用いた遠隔本人確認手順が12月に正式に承認され、令和3年3月23日から正式に開始された。

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 Web 会議システムによる本人確認手続きへ完全に移行した。Web 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、依然として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3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利用トライアル・ユース課題の公募を行った。それぞれの公募にて Tsubame3.0 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7課題に対し合計438口、若手人材育成課題は採択1課題に対し合計18口、産業利用実証利用は採択1課題に対し79口の計算資源を提供した。今年度は、産業利用トライアル・ユースは採択が無かった。

HPCI および JHPCN での課題実施に際して計算資源の過不足が生じた場合、各計算資源提供センターの裁量によって各課題間の計算資源再配分を行うことが認められている。本センターでは公平かつ自動的な計算資源の再配分を行うため、平成27年度より再配分ルールを定め、それに従って実施している。令和3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の課題募集を令和2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8回 HPCI システム利用研究課題 成果報告会」が令和3年10月28～29日にオンラインにて開催された。本報告会は「第4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4回 HPCI コンソーシアムシンポジウム」の基調講

演 3 件が行われた。2 日目は特別講演 1 件のあとに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 2 日間を通して展示を行うとともに、2 日目午後に Webex Meeting を用いたリアルタイムでの質疑応答が行われた。

表 4 令和 3 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シミュレーション学研究科 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 81 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 多様な化合物から mSin3B-REST 複合体形成を阻害するものを GA-guided mD-VcMD 法で選び出す	75 口 82 口
3	立命館大学生命科学部 笠原浩太 自己集合ペプチドの合理的デザインに向けた計算科学的研究	75 口 75 口
4	新潟大学研究推進機構超域学術院 関澤一之 Superfluid Dynamics within Time-Dependent Density Functional Theory	72 口 74 口
5	京都工芸繊維大学機械工学系 高木知弘 合金の凝固欠陥低減に向けた固液共存域変形の大規模フェーズフィールド格子ボルツマンシミュレーション	63 口 64 口
6	東京大学先端科学技術研究センター 山下雄史 MD 計算による抗原-抗体間相互作用の解析:糖鎖修飾の影響	42 口 43 口
7	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 19 口
	合計	532 口 535 口

表 5 令和 3 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 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	16 口 18 口
	合計	16 口 18 口

表 6 令和 3 年度 TSUBAME3.0 利用の HPCI 産業利用研究課題一覧

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	京都大学医学研究科 奥野恭史 新薬開発を加速するインシリコ創薬基盤の構築—分子動力学シミュレーションに基づいた次世代インシリコスクリーニング手法の開発—	75 口 79 口
	合計	75 口 79 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 3 年度の採択課題数は合計 46 件（内訳は学術利用 30 件、産業利用・成果公開 2 件、産業利用・成果非公開 14 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 3 年度は令和 2 年度に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。

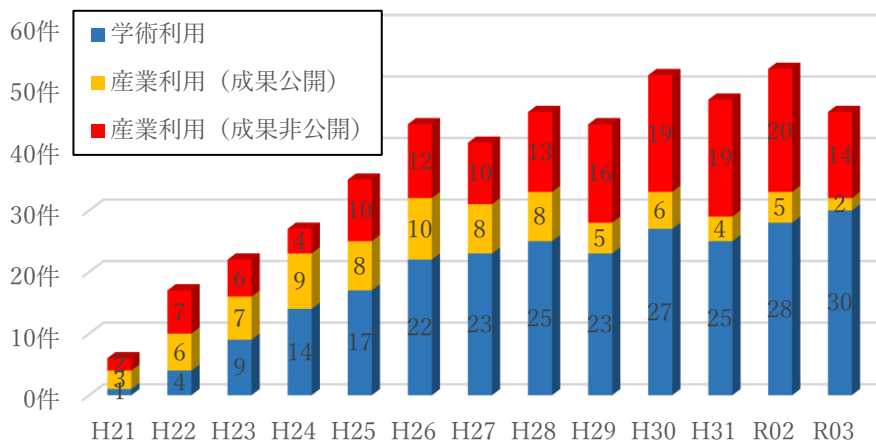


図1 TSUBAME共同利用サービスの採択課題数の推移

令和 3 年度の産業利用・成果非公開課題の利用課金改定について

令和 3 年度の TSUBAME 共同利用(産業利用・成果非公開)の利用料金を 1 口 330,000 円（税込）とすることを令和 2 年度早々に決定し、1 年をかけて事前周知を行った。利用料金の値上げは継続利用課題には大きな影響があり、また産業利用の申請には事前に企業内での予算確保に時間が必要であるため、十分な周知期間を確保しての実施とした。

利用課金改定の背景としては、産業利用・成果非公開ではスパコン TSUBAME を利用した企業が得られた成果を占有するため、TSUBAME のリース費と運用経費を合わせた費用

から利用単価を算出することになり、令和 3 年度からは口数に関係なく利用単価を 1 口 330,000 円（税込）と改定することになった。

採択通知書の郵送取りやめ、および利用料金請求書の取り扱い変更について

新型コロナウイルス感染拡大に伴うテレワークの普及への対策の一環として、令和 2 年より TSUBAME 共同利用の申請方法の変更や請求書発行日の集約化などを行っているが、令和 3 年度は更に採択通知書の郵送取りやめや利用料金請求書の取り扱い変更を以下の通り行った。

1. TSUBAME 共同利用 採択通知書の郵送取りやめについて

これまでは押印された採択通知書の原本を郵送により送付していたが昨今の押印廃止の流れにより PDF ファイルのメール送付とすることで、業務の簡略化と迅速化を行った。なお、利用課題からの申し出があれば従来通りの押印された採択通知書も発行している。

2. TSUBAME 共同利用 利用料金請求書の取り扱い変更について

これまで押印された紙による請求書を採択通知書と一緒に郵送していたが、令和 3 年度より本学経理での請求書の押印廃止に伴い、請求書の発行はメールでのご送付とすることで、業務の簡略化と迅速化を行った。こちらも、利用課題からの申し出があれば従来通りの押印された請求書も発行している。

表 1 令和 3 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 2021 年春季年会	6 月 5～6 日	オンライン開催	ポスター 展示	
第 13 回 JHPCN 拠点シンポジウム	7 月 8～9 日	オンライン開催	ポスター 展示	
HPCI 第 8 回成果報告会	10 月 28～29 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 2021 年秋季年会 in つくば	11 月 2～3 日	オンライン開催	ポスター 展示	－
令和 4 年度共同利用公募説明会	2 月 4 日	オンライン開催	主催	6 名
共同利用個別相談会	随時開催、1 回	オンライン開催	主催	計 3 名
「数理科学」	2021 年 8 月号	株式会社サイエンス社	広告掲載	—

表2 令和3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	日本大学医学部薬理学分野 早川隆 動的均衡にある神経回路の機械学習とその場の理論的解析	4
2	成蹊大学理工学部情報科学科 緑川博子 大規模ソフトウェア分散共有メモリシステムにおける高性能計算の研究	1
3	千葉大学大学院薬学研究院製剤工学研究室 東顕二郎 計算化学による固体分散体中の薬物とキャリアの相互作用の評価	2
4	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	2
5	東京農工大学 岩見健太郎 大規模メタサーフェスの光学応答解析	4
6	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
7	九州大学応用力学研究所 胡長洪 液体金属流れ CFD 手法の開発及び核融合研究への応用	4
8	電気通信大学 三輪忍 MPI アプリケーションのプロファイルおよびトレース予測に関する研究	8
9	大阪府立大学大学院工学研究科 橋本博公 損傷船体の縦曲げ最終強度と波浪中安全性評価に関する研究	10
10	大阪大学大学院基礎工学研究科 松林伸幸 逐次導入法による長鎖化合物の全原子自由エネルギー計算	2
11	立命館大学理工学部 渡部弘達 第一原理計算による SOFC 電極上の炭素析出解析	3
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	4
13	大阪府立大学工学研究科 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	15
14	北陸大学薬学部 齋藤大明 ヘロナミド類の抗真菌作用メカニズムの解明のための計算分子設計技術の開発	3
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	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・テラヘルツ帯大規模広帯域電波伝搬シミュレーション	14
17	東京農工大学大学院工学研究院 三好 英輔 フェーズフィールド法に立脚した多結晶組織形成の大規模シミュレーション	4
18	東京大学大学院農学生命科学研究科 潮 秀樹 水圏動物が有する酵素の構造解析	1
19	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の研究	22
20	豊橋技術科学大学 後藤仁志 多様なデータを活用する深層学習モデルの検証	3
21	立命館大学生命科学部 笠原浩太 蛋白質天然変性領域の動力学特性に関する計算科学的検討	9
22	慶應義塾大学自然科学研究教育センター 湯井悟志 超流動ヘリウムにおける量子乱流の数値的研究	1
23	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	9

表2 のつづき 令和3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
24	大阪府立大学大学院工学研究科 桑田祐丞 粗さを用いた熱・運動量輸送の非相似制御に関する研究	7
25	産業技術総合研究所 藤井達也 二酸化炭素の分離回収に適した分離材料の探索	1
26	山形大学大学院理工学研究科 江目宏樹 光熱変換機構に関する第一原理計算	1
27	高度情報科学技術研究機構 山田達矢 シアシッキング機構の解明に向けた理論シミュレーション	5
28	産業技術総合研究所 池田歩 二酸化炭素の分離回収におけるゼオライト構造の最適化	2
29	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	4
30	新潟工科大学 伊藤建一 CFD 解析を用いた卓球ボールの空力特性の計算	1
	小計	148

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	マツダ株式会社技術研究所 山本雅史 車載レーダにおけるターゲット表面電流分布の FDTD 法による数値解析	6
2	株式会社アグロデザイン・スタジオ 田中良樹 分子標的型農薬開発のためのタンパク質-阻害剤複合体シミュレーション	2
	合計	8

表4 令和3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	8	株式会社クレハ
2	株式会社 MOLFEX	9	東洋合成工業株式会社
3	モジュール株式会社	10	JFE スチール株式会社
4	日本ガイシ株式会社	11	協和キリン株式会社
5	株式会社リコー	12	太陽ファインケミカル株式会社
6	本州化学工業株式会社	13	エーザイ株式会社
7	中外製薬株式会社	14	旭化成株式会社

2-11 TSUBAME 公募型共同利用支援制度

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3年度の実施スケジュールと採択課題一覧

令和3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5月実施に2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3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3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		カテゴリー	課題公募受付	採択課題決定
R03 春期	4月	A & B	1月18日（月）～2月8日（月）17:00	3月5日（金）
	5月	B	3月1日（月）～4月5日（月）17:00	4月23日（金）
	6月	B	4月5日（月）～5月3日（月）17:00	5月21日（金）

表2 令和3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	カテゴリー	所属機関 利用課題責任者	申請課題名
R03 春期	B 5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大規模シミュレーションによる環状ペプチド（シクロスポリン A）の膜透過過程の解析
		東京工業大学 特任准教授 佐藤 育郎	分布外汎化に対する最適化手法特性の ImageNet スケールにおける網羅的検証

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。

令和2年度公募からの変更点：JHPCN の他拠点との重複申請時の注意事項として「当センターは JHPCN の構成拠点であり、採択された課題の一部は JHPCN の萌芽型共同研究課題としても扱われます。そのため、もし同一研究内容で他の JHPCN 拠点に応募している場合は、当該資源を使用する理由など、研究計画の違いを説明すること。」と公募要領に追記した。

● TSUBAME より若い世代の利用者支援制度（随時公募）

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

公募スケジュール：4-12月の間に随時で公募を受け付け、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13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3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3年度は採択課題がなかった。TSUBAME若手・女性利用者支援制度の令和3年度公募は令和2年2～3月に行われ、表3に示した7課題が採択された。そのうち4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3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 ※	国立情報学研究所 Erica Cooper Expressive End-to-End MIDI-to- Performance Music Synthesis	3
2 ※	香川大学創造工学部 李 鯤 車内生体センシングのための超広帯域パルス電磁界の大規模数値解析	3
3 ※	東京工業大学理学院地球惑星科学系 鈴木裕輝 (一時中止) 3次元理論地震波形計算によるマルチパス効果の定量的な見積もり	3
4	千葉工業大学 Mohini Yadav 新型コロナウイルスのスパイクタンパク質の動的残基相互作用ネットワーク分析	3
5 ※	東京工業大学情報理工学院 奥村直仁 複数の計算ノードによるソーシャルVRに適した分散レンダリング	3
6	次世代天然物化学技術組合 飯田慎仁 擬似的反応熱に対する SARS-CoV-2 プロテアーゼの応答メカニズムの解明	3
7	近畿大学大学院生物理工学研究科 大多和克紀 MAO-B/タウと THK-5351 の結合自由エネルギー計算	3
	合計	21

※ JHPCN 萌芽型共同研究課題として同時採択

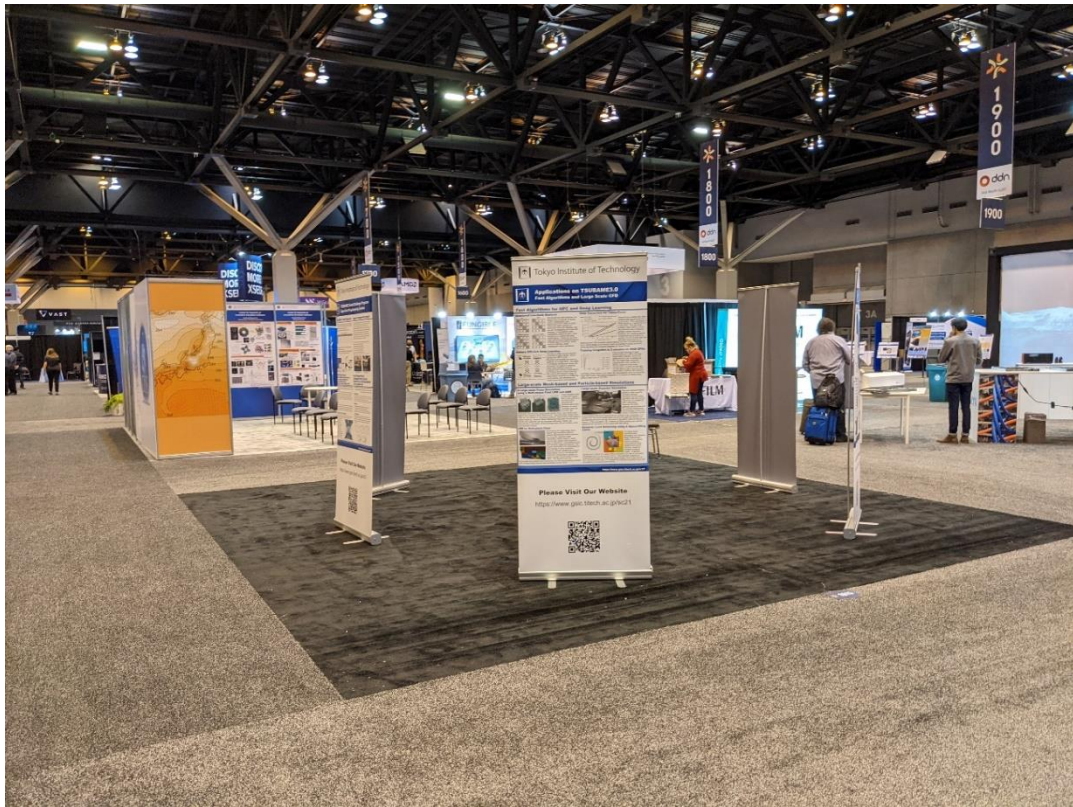
3. イベント及びアウトリーチ活動

3-1 国際会議 SC21 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 SC21 については、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、米国ミズーリ州セントルイスにおいて開催されたものの、日本から渡航しての参加は困難な状況であった。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 2019 年の SC19 まで毎年ブースを出展し、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 年の SC20 は完全オンライン開催のためオンライン展示を実施したが、今年度の SC21 については、東工大としては展示ブースを確保し展示は行うものの、人員派遣を行わず、説明用ポスターを設置するのみの対応とし、来訪者対応はポスター下部に設置した QR コードから GSIC の Web サイトへの誘導を行う形をとった。

展示内容としては、昨年までと同様に TSUBAME3.0 の最新の運用状況やソフトウェア環境などに加えて、TSUBAME3.0 を利用した研究成果の事例等の紹介を現地に設置したポスターおよび特設 Web サイト(<https://www.gsic.titech.ac.jp/sc21>)上で実施した。



SC21 東工大 GSIC 展示ブースの様子

今年は現地に人員を派遣しておらず、来訪数に関する効果測定は行えなかった。Web 上では産総研・東工大 実社会ビッグデータ活用 オープンイノベーションラボラトリ(RWBC-OIL)および高度情報科学技術研究機構(RIST、HPCI の登録施設利用促進機関)のサイトからのリンクはあったものの、それ以外に来訪者を増やす施策は行うことが出来ず、昨年に引き続き現地に参加できない状況下におけるアウトリーチの難しさが際立った展示となった。本稿執筆時点では2021年11月に較べて渡航の障壁は少なくなっており、来年度のSC22については COVID-19 の蔓延状況次第とはなるが、従来のように東工大から人員を派遣しての展示ができる可能性があり、より効率的に東工大およびGSICのプレゼンス向上ができることに期待したい。

3-2 第27回スーパーコンピューティングコンテスト

スーパーコンピューティングコンテストは、これまで本センターと大阪大学サイバーメディアセンターが共同開催で実施されてきた。SuperCon 2021 では、これに加えて、理化学研究所計算科学研究センターを共同主催として企画された。新型コロナウイルス感染症拡大状況を鑑み、リモート開催することとし、本選では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 2021 年 6 月 2 日（水）に行い、課題締め切りを 6 月 18 日（金）正午とし、実施された。6 月 23 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、2021 年 8 月 23 日（月）から 8 月 27 日（金）まで開催された。23 日午前に開会式、27 日午後に閉会式が実施され、プログラム作成は、8 月 23 日午後から 26 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】感染症の流行予測や解析に数理モデルが広く使われている。簡単な数理モデルでは社会をひとつの大きな集団とみなすが、実際の社会は人々が密に接触する集団（例えば会社や学校、あるいは年齢で分かれたコミュニティなど）がいくつも集まって構成されている。いったんひとつの集団の中で誰かが感染すると、それは集団の中で早く広まるだろう。それに対して、感染症が集団の間で伝わるのはそれより遅いに違いない。しかも、直接つながりがある集団同士では比較的早く伝わるが、間接的にしかつながっていない集団の間では伝わるのに時間がかかるはずである。ところが、集団同士がどのようにつながっているかは簡単にはわからない。そこで、逆に感染症の伝わり方から集団同士のつながり方を推測してみよう。

最終日 8 月 27 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。大阪大学 尾上 孝雄 理事・副学長の開会挨拶に続き、本学 益 一哉学長による主催挨拶、そして来賓の挨拶があった。

その後、SuperCon2021 実施委員会委員長 菊池誠教授より、本選課題、審査方法の説明が行われた後、実行委員会委員長 西崎真也 教授より参加校紹介等が行われ、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 Citrus（灘高等学校）、2 位はチーム NPC（N 高等学校）、3 位はチーム Novice（灘高等学校）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、本学学術国際情報センターの元教員である、理化学研究所計算科学研究センターセンター長 松岡聡氏の閉会挨拶が行われた。

本選のリモート開催及び富岳の利用による開催は、今回初めての試みであったが、2020 年度に実施された「富岳チャレンジ」の経験により円滑に実施することに成功した。

また、本選課題は感染症伝播の数理モデルを題材としたもので、時期を捉えたものであり、興味深いとともに、高校生の数学・物理の予備知識を踏まえると適切なものであったと考えられた。また、優勝チームであったチーム Citrus が提出した解答プログラムは出題チームが想定したもの以上であり、高く評価された。

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

【研究用計算機システム】

2021 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)	4/13 (火)
2	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	4/14 (水)
3	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山)	4/19 (月)
4	Mathematica	4/20 (火)
5	TSUBAME3 利用法	4/21 (水)
6	Gaussian/GaussView	4/22 (木)
7	並列化プログラミング	4/23 (金)
8	Schrodinger	4/26 (月)
9	COMSOL	4/27 (火)
10	LS-DYNA	4/28 (水)
11	AVS	4/30 (金)
12	Discovery Studio	5/11 (火)
13	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山)	5/14 (金)
14	ABAQUS	5/18 (火)
15	Materials Studio	5/19 (水)
16	GPU プログラミング	5/21 (金)
17	ANSYS 電磁界解析	5/26 (水)
18	ANSYS 構造解析	5/27 (木)
19	ANSYS 流体解析	5/28 (金)
20	Amber	5/31 (月)
21	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	6/11 (金)
22	TSUBAME 利用法 入門編 (Linux 基礎) (大岡山)	6/16 (水)

2021 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)	10/11 (月)
2	Introduction to TSUBAME (Linux basics)	10/13 (水)
3	並列化プログラミング	10/14 (木)
4	TSUBAME3 利用法	10/19 (火)
5	GPU プログラミング	10/20 (水)
6	AVS	10/21 (木)
7	Amber	10/22 (金)

8	Gaussian／GaussView	10/26（火）
9	Mathematica	10/27（水）
10	COMSOL	10/28（木）
11	LS-DYNA	10/29（金）
12	Schrodinger	11/4（木）
13	Discovery Studio	11/9（火）
14	Introduction to TSUBAME（Linux basics）	11/10（水）
15	TSUBAME 利用法 入門編（Linux 基礎）（大岡山）	11/11（木）
16	Materials Studio	11/12（金）
17	ANSYS 電磁界解析	11/17（水）
18	ANSYS 構造解析	11/18（木）
19	ANSYS 流体解析	11/19（金）
20	ABAQUS	11/24（水）

2021 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）	10/15（金）
---	--------------------------------------	----------

※2021 年度前期講習会【すずかけ台地区】は、建物改修工事に伴う演習室閉鎖のため実施せず。

4. 広報活動

4-1 マスコミ報道等

- ◆ 東工大 CERT が考える、コラボレーションとセキュリティの最適解
松浦 知史 准教授
 - ・ ASCII Team Leaders 【2021 年 5 月 25 日（火）】

- ◆ #8 Heatstroke - BOSAI: Science that Can Save Your Life
大西 領 准教授（名工大・平田教授の共同研究）
 - ・ NHK WORLE-JAPAN on Demand 【2021 年 8 月 28 日（土）】

- ◆ 体長わずか 395 μm の羽毛甲虫の飛行性能を解明
Dmitry Kolomenskiy 特任准教授（研究当時）、大西 領 准教授
 - ・ 国際科学雑誌『Nature』【2022 年 1 月 19 日（水）】
 - ・ PR TIMES 【2021 年 1 月 20 日（木）】
 - ・ excite ニュース 【2022 年 1 月 20 日（木）】
 - ・ マイナビニュース 【2022 年 1 月 24 日（月）】
 - ・ NHK「NEWS WEB」【2022 年 1 月 29 日（土）】

- ◆ フォークボールが落ちる謎をスパコン「TSUBAME3.0」で解明（2020 年度）
青木 尊之 教授
 - ・ 大学ジャーナル 【2021 年 4 月 2 日（金）】
 - ・ 科学新聞 【2021 年 4 月 9 日（金）】朝刊 6 面
 - ・ 朝日小学生新聞 【2021 年 5 月 12 日（水）】1 面
 - ・ スポーツ・ナビ コラム「スパコンで解明されたフォークボールの謎」
【2021 年 5 月 28 日（金）】
 - ・ NHK BS『ワースポ×MLB』「魔球の秘密徹底解明」【2022 年 3 月 31 日（木）】

- ◆ スパコンで解明されたフォークボールの謎「ストンと落ちる」は錯覚、実際は...

青木 尊之 教授

・ Sport Navi コラム【2021 年 5 月 28 日（金）】

- ◆ シミュレーションで分かったフォークボールが落ちる理由

青木 尊之 教授

・ Newton 2021.6 月号, 別冊 筋肉の科学知識【2021 年 6 月 7 日（月）】

・ Newton 別冊 筋肉の科学知識【2022 年 1 月 5 日（水）】

- ◆ 飛雄馬の変化球 実現可能に？ 浮き上がる球・・・大谷選手なら

青木 尊之 教授

・ 読売新聞【2021 年 5 月 20 日（木）】夕刊 5 面

4-2 見学者受入状況

令和3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
6	4	筑波大学附属駒場中学校（オンライン）	5	5	0
	14	東京都 TOKYO UPDATES（書面取材）	2	2	0
9	1	高校生向け大学案内用撮影（撮影）	3		
10	30,31	工大祭（オンライン）			
11	22	小石川中等教育学校（対面）	36	35	0
12	1	HPE ビデオ撮影（撮影）	5	5	
1	26	生命理工学院紹介動画（撮影）	4	0	
2	1	本学学生 数理・計算科学系（講義）	15	0	0
	9	文部科学省 文教施設	2	2	
	22	NHK BS（撮影）	3	3	
		計 10 件	75	52	0

※昨年度に引き続き新型コロナウイルス対策のため、集合イベントは中止となったが、オンラインイベントや、ZOOM 等を利用した取材や撮影等も申し込みが多数あり、可能な範囲で対応を行った。

※また、一部はバーチャル見学等リモートで行った。

5. 予算執行状況

1. 令和3年度法人運営費決済額

種 別	金額（千円）
研究経費	20,732
教育研究支援経費 (うち電子計算機賃借料)	1,271,517 811,038
特別経費	250,542
合 計	1,542,791

2. 外部資金受入状況

種 別		件 数		金額（千円）
奨学寄附金		1		500
受託研究		6		84,800
受託事業		1		762
民間等の共同研究		4		7,216
科学研究補助金※		代表	分担	
	基盤研究 S	1	0	32,500
	基盤研究 A	0	2	1,600
	基盤研究 B	3	3	11,670
	基盤研究 C	1	1	690
	挑戦的萌芽研究	1	1	6,193
	国際共同研究強化(B)	1	0	361
	学術変革領域(B)	2	0	17,900
合 計		25		164,192

6. 研究部門活動報告

6-1 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】

低消費電力化を指向したウェイ選択可能キャッシュの制御方式

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

GPGPU 向けコンパイラ

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

教授 友石 正彦（認証・ネットワーク分野）

【研究の概要と成果】

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本を為す名前システムである。その実際の利用にあたっては、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、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への対策にはならない。本研究では、それらも含めた、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、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計画している。

本年度は、キャッシュサーバ、履歴データベースを含むローカルネットワーク環境を構築し、提案手法によるプロトタイプシステムを構築、その機能評価を行った。また、それらによって国際会議にて発表を行った。

ヘルスケアにおけるプライバシー保護を重視した遠隔監視・データ共有機構に関する研究

近年、スマートホームなど家庭での IoT 機器利用が進んでおり、特にスマート家電やヘルスケア、遠隔医療が普及しつつある。一方、IoT ネットワーク、特に家庭におけるネットワークでのセキュリティ対策は確立されておらず、ヘルスケアや遠隔医療においてはプライバシー保護の問題が顕著となる。一方、これらをまとめて観測・検知する場合、非常に多くの IoT 機器にアクセスし、監視・制御する手法にはスケーラビリティの問題もある。本研究では、大規模分散データベースである DNS を利用し、軽量のコンテナ技術と連携することで、ヘルスケアにおけるプライバシー保護を実現する軽量かつ安全な遠隔監視・データ共有機構を提案する。

本年度は、全ての IoT データを暗号化して保存し、DNS プロトコルを使ってテキストベースの IoT データを取得、DNS とコンテナの連携によりバイナリベースの IoT データを共有するプロトタイプシステムを改修し、さらに実際の動作環境を構築することで、システムの機能評価を行い、国際会議において発表を行った。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Y. Jin, M. Tomoishi, and N. Yamai, “Anomaly Detection on User Terminals Based on Outbound Traffic Filtering by DNS Query Monitoring and Application Program Identification,” 2021 The 6th International Conference on Information and Network Technologies (ICINT2021), Okinawa, Japan, May. 22-24, 2021.

- 2) Y. Jin, M. Tomoishi, and N. Yamai, “Secure Remote Monitoring and Cipher Data Sharing for IoT Healthcare System with Privacy Preservation,” 2021 The 5th International Conference on Cloud and Big Data Computing (ICCBDC), Liverpool United Kingdom, Aug. 13-15, 2021.
- 3) Y. Jin, K. Iguchi, N. Yamai and M. Tomoishi, “Acceleration of a Client Based DNSSEC Validation System in Parallel with Two Full-Service Resolvers,” 2022 The 24th International Conference on Advanced Communication Technology, (ICTACT) Phoenix PyeongChang, Korea, Feb. 13-16, 2022.
- 4) Y. Jin, M. Tomoishi, and S. Matsuura, “Forged Cache Isolation on DNS Full-Service Resolvers and Identification of Infected End Clients,” 2022 The 14th International Conference Future Computer and Communication (ICFCC), Singapore, Feb. 18-20, 2022.

【研究の概要と成果】

関数的に参照可能である環境をもつ型なし λ 計算

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ラムダシグマ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。

本論文では、環境合成の代わりに、第一級環境である関数参照可能な環境を持つ新しい定式化を提案する。オブジェクトレベルの環境データが関数適用の引数として与えられると、反映（reflect）機構によって環境がメタレベルに戻され、ラムダ項がその環境の下で評価可能になる。関数参照可能な環境を用いると、環境の構成と関数の適用を一元化することができる。

関数的に参照可能な環境を持つ型付けされていないラムダ計算を定義する。この λ 計算では、構文と操作的意味論としてその簡約を与える。そして、環境計算のレコード計算への翻訳を使用して、その簡約に対する翻訳意味論を与える。そして、その翻訳意味論の健全性を証明する。最後に、評価戦略、特に値呼び評価戦略に基づく簡約について説明する。

【査読付き国際会議・学術論文誌】

- 1) Shin-ya NISHIZAKI, Ryotaro KASUGA, Untyped lambda calculus with functionally referable environment, Proceedings of ICSCA2021, ACM, pp 100—104, 2021.

准教授 北口 善明（認証・ネットワーク分野）

【研究の概要と成果】

ユーザ視点によるネットワーク状態評価手法の研究

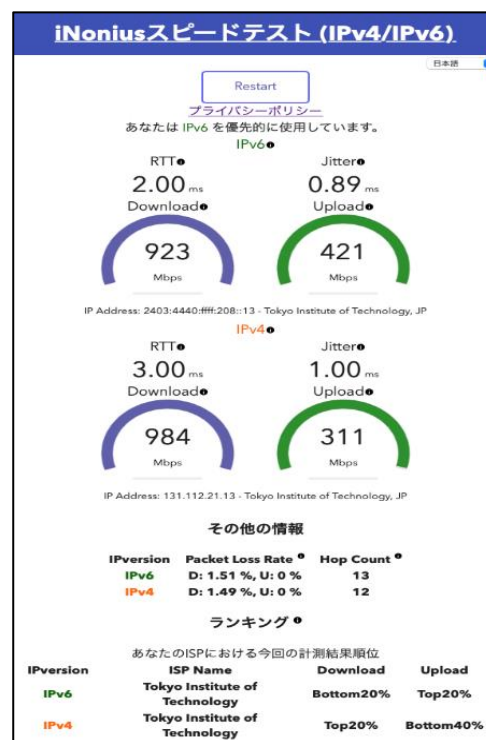
ネットワーク障害点を的確に検出するために、ユーザ側からの観測を元に状態を評価し、ネットワーク運用者が迅速に問題点を把握できる手法を提案している。本手法では、ネットワーク障害を複数のレイヤに整理し、「ネットワーク接続性記述の定義」を明確にすることで、的確にユーザ環境の情報伝達を可能とする。

今年度は、昨年度開発した集積無線モジュール〔査読付き学術論文-1〕を活用し、オンライン講義の受信品質に特化した無線 LAN 環境の品質計測を実施した。ブラウザ等によってリアルタイムの映像・音声やファイル交換などの通信を行うための技術である WebRTC を用い、東京大学駒場キャンパスにおいて実証実験を行い評価検証した。無線 LAN サイトキャパシティ測定の実証実験では、500kbps のオンライン動画を受信する環境では、クライアント数が 32 台の場合には大きなパケット欠損は観測されなかったが、48 台規模になると平均 5%程度の欠損があり、20%もの RTP 欠損を観測したクライアントも発生していた。また、2,500kbps のオンライン動画を 32 台のクライアントで受信する環境では、平均で 20%もの RTP 欠損が発生することが明らかとなり、定量的に講義受講が困難となることを示すことができることを確認した〔国内学会-3〕。

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なっている。

今年度は、昨年度に立ち上げた 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-1, 2〕。加えて、スピードテストサイトのスケーラビリティ向上と継続的な更新を可能とするためのソフトウェア設計の見直しを進め、次年度に大規模なシステム更新を実施する予定としている。



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。

これまでに取り組んできた手法を整理し、ヘテロジニアス・ドローン・スウォームを対象にした、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を提案した。本アルゴリズムは、運動力学モデルを用いたノード移動の推定を元を選択するアルゴリズム：リンクスタビライザーと、通信遅延低減するために 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ーという独立したアルゴリズム群で構成されている。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、総当たり計算による性能上限と同程度の結果を実用的な時間で計算できることを示した〔査読付き学術論文-2〕。

【査読付き学術論文】

- 1) 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢: IoT コンピューティングデバイスを用いた低コストな無線 LAN 環境計測システム, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス (TDP), Vol.2, No.3, pp.1-10, July 2021.
- 2) Taichi Miya, Kohta Ohshima, Yoshiaki Kitaguchi and Katsunori Yamaoka: Autonomous Gateway Mobility Control for Heterogeneous Drone Swarms: Link Stabilizer and Path Optimizer, The IEICE Transactions on Communications, Vol.EB105-B, No.4, pp.432-448, April 2022 (Publicized: 2021/10/18).

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 北口 善明: ネットワーク計測プロジェクトの紹介とインターネット環境評価の報告, 第 5 回固定ブロードバンドサービスの品質計測手法の確立に関するサブワーキンググループ, July 2021.
- 2) 新 麗, 豊田 安信, 北口 善明: ユーザ視点による IPv6 インターネット環境の調査, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-IOT-56, No.7, pp.1-6, March 2022.
- 3) 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢: WebRTC を利用した動画配信利用時の無線 LAN 品質測定, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-IOT-56, No.10, pp.1-6, March 2022.
- 4) 片岡 秀斗, 北口 善明, 山岡 克式: 分岐あり 2 段リンクにおける準最適 HBH ファイル配送スケジューリング, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.434, IN2021-34, pp.19-24, March 2022.
- 5) 湯田 孟, 北口 善明, 山岡 克式: 実環境応用への MEC のマルチジョブ棄却率最適制御閾値補正, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.434, IN2021-39, pp.49-54, March 2022.
- 6) 内藤 碩治, 北口 善明, 山岡 克式: 誤り耐性を考慮した受信者代弁型情報伝送プロトコルのブースト効果達成環境, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.434, IN2021-53, pp.133-138, March 2022.
- 7) 片岡 秀斗, 北口 善明, 山岡 克式: 2 段リンク HBH ファイル配送スケジューリングの同帯域 2 リンク分岐への拡張, 電子情報通信学会 2022 年総合大会講演論文集, Vol.2022, No.B-7-12, March 2022.

准教授 松浦 知史（認証・ネットワーク分野）

【研究の概要と成果】

インシデントレスポンスの高度化に向けた文章分類技術に関する研究

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

上記の問題を解決するために、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(2)。現在は実用的な精度達成を目指してより多くの訓練データを整備し手法を改良するなどの取り組みを行っている。

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

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計画している。

本年度は、キャッシュサーバ、履歴データベースを含むローカルネットワーク環境を構築し、提案手法によるプロトタイプシステムを構築、その機能評価を行った(1)。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Y. Jin, M. Tomoishi, and S. Matsuura, “Forged Cache Isolation on DNS Full-Service Resolvers and Identification of Infected End Clients,”2022 The 14th International Conference Future Computer and Communication (ICFCC), Singapore, Feb. 18-20, 2022.

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 石井 将大, 森 健人, 桑名 亮一, 松浦 知史. Distant Supervisionによるサイバーセキュリティ文書のマルチラベル分類, 2022年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2022), Jan. 2022.

マネジメント准教授 金 勇（認証・ネットワーク分野）

【研究の概要と成果】

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、IoT 環境の普及に伴い、スマート家電やヘルスケア、遠隔医療に関する技術が普及されつつある。しかし、IoT ネットワークへのセキュリティ対策は遅れており、特にヘルスケアや遠隔医療においてプライバシー保護があまり考慮されていない。また、膨大な数の IoT 機器を外部から直接アクセスして監視・制御する既存の手法にはスケーラビリティの問題がある。本研究では、インターネット上で利用されている大規模分散データベースである DNS と軽量なコンテナ技術を連携し、ヘルスケアにおいてプライバシー保護を重視した軽量かつ安全な遠隔監視・データ共有機構を提案する。本年度は、全ての IoT データは暗号化して保存し、DNS プロトコルを使ってテキストベースの IoT データを取得、DNS とコンテナ (Docker) の連携によりバイナリベースの IoT データを共有するプロトタイプシステムを構築した。更に、ローカルネットワーク環境を構築し、プロトタイプシステムにおける機能評価を行い、関連研究成果を国際会議にて発表した。

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名前システムであり、組織単位で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」が問題となっており、完全解決には至っていない。代表的な方策として 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への対策とはならない。本研究では、それらも含めた、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。具体的に、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比較することで異常を検知・削除する仕組みを提案した。また、ローカルネットワーク環境を構築し、提案手法の基づいたプロトタイプシステムによる一部機能評価を行い、関連研究成果を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、マルウェア感染や悪性サイトへの誘導など様々なサイバー攻撃に Domain Name System (DNS) が利用されることが明らかになっている。DNS はインターネットサービスを利用するための基本的な名前解決機能を提供しており、ネットワーク管理者によって DNS 通信を一概に遮断しにくい特徴がある。また、個人情報保護のために、DNS over Transport Layer Security (DoT) / DNS over HTTPS (DoH) を代表とする DNS 暗号化通信の標

準化が進んでいる。このような特徴を利用して、ボットネットではボット感染 PC と Command & Control (C&C) サーバとの通信に DNS プロトコルを利用してサイバー攻撃を行ったり、マルウェア感染後の活動に DNS 通信を利用したりする傾向がある。また、DoT / DoH の普及により DNS トラフィックが解析しにくくなることが懸念されている。本研究では、組織ネットワークにおいて、DNS 通信トラフィックを監視及び解析することで悪性通信の特徴や検知手法を提案する。本年度は、既存の DNS トラフィック解析に加え、暗号化された DoH トラフィックに対する機械学習による解析手法について研究を行った。また、提案手法に基づいてローカルネットワーク環境を構築し、プロトタイプシステムにおける機能評価を行い、関連研究成果を国内研究会及び国際会議にて発表した。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Y. Jin, M. Tomoishi, and N. Yamai, “Anomaly Detection on User Terminals Based on Outbound Traffic Filtering by DNS Query Monitoring and Application Program Identification,” 2021 The 6th International Conference on Information and Network Technologies (ICINT2021), Okinawa, Japan, May. 22-24, 2021.
- 2) Y. Jin, M. Tomoishi, and N. Yamai, “Secure Remote Monitoring and Cipher Data Sharing for IoT Healthcare System with Privacy Preservation,” 2021 The 5th International Conference on Cloud and Big Data Computing (ICCBDC), Liverpool United Kingdom, Aug. 13-15, 2021.
- 3) R. Mitsuhashi, A. Satoh, Y. Jin, K. Iida, T. Shinagawa, Y. Takai, “Identifying Malicious DNS Tunnel Tools from DoH Traffic Using Hierarchical Machine Learning Classification,” 2021 The 24th Information Security Conference (ISC), Bali, Indonesia, Nov. 10-12, 2021.
- 4) Y. Jin, K. Iguchi, N. Yamai and M. Tomoishi, “Acceleration of a Client Based DNSSEC Validation System in Parallel with Two Full-Service Resolvers,” 2022 The 24th International Conference on Advanced Communication Technology, (ICACT) Phoenix PyeongChang, Korea, Feb. 13-16, 2022.
- 5) Y. Jin, M. Tomoishi, and S. Matsuura, “Forged Cache Isolation on DNS Full-Service Resolvers and Identification of Infected End Clients,” 2022 The 14th International Conference Future Computer and Communication (ICFCC), Singapore, Feb. 18-20, 2022.
- 6) H. Ichise, Y. Jin, and K. Iida, “Policy-based detection and blocking system for abnormal direct outbound DNS queries using RPZ,” 2022 The 14th International Conference Future Computer and Communication (ICFCC), Singapore, Feb. 18-20, 2022.

助教 石井 将大（認証・ネットワーク分野）

【研究の概要と成果】

効率的なインシデント対応のためのセキュリティ文書の分析技術に関する研究

前年度より引き続き東工大 CERT におけるインシデント対応の効率化を目的とし、特にインシデント対応におけるトリアージコスト低減によりインシデント対応の半自動化を目指した、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。

具体的には本研究においてサイバー攻撃、脅威における標準的なカテゴリに対し、セキュリティ文書のマルチラベル分類実験を行った。様々なセキュリティ関連文書に対し、サイバー攻撃の種類や、攻撃フェーズを分類するための教師データを多数用意することはアノテーションコストの高さから一般的には大変困難であるため、本研究においては特に *distant-based supervision* による半教師的なラベリング手法を利用し、様々なラベル付与ルールとマルチラベル分類モデルの評価を行い、分類精度の比較を行った〔国内会議-4〕。現在教師データ作成規則の改善と、分類モデルのさらなる高精度化を進めている。

安全な楕円曲線、ペアリング暗号の実現のための効率的な群所属判定に関する研究

楕円曲線と関連理論をベースとしたペアリング暗号技術は、ブロックチェーン技術などに応用され、実用化が進んでいる。一方、効率的なペアリング暗号を構成するための最適な手法や、ペアリングを用いた暗号プロトコル、アプリケーションの安全性を満たすパラメータ設定などは依然不明な箇所が多い。

このような課題を受け、本研究では特にペアリング暗号において扱われる数の正当性を担保するための技術の一つである、楕円曲線の有理点群における群所属判定の効率化に取り組んだ。効率的なペアリングを構成する際によく利用される楕円曲線族をより包括的に扱い、各曲線族における群所属判定手法と、背景にある数学的理論を整理し群所属判定が曲線族の性質を用いてどのように記述されるかを明らかにした〔国内会議-2〕。

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、あるいはより高次のアーベル多様体をそれら多様体間に定義される同種写像を利用した同種写像暗号の研究を進めている。（超）楕円曲線を利用した暗号は実用化もされ、その暗号技術はよく研究されているが、同種写像の計算困難性による同種写像暗号については、その安全性解析と、実用レベルを達成するための効率化・高速化に関する研究はまだ初期の段階である。

本研究では種数 2 のアーベル多様体を対象とし、楕円曲線の場合と同様に同種写像暗号の安全性解析と暗号プリミティブの効率化に取り組んでいる。特に、同種写像を計算するための *explicit formulae* の構成に注目し、数学的理論の解析を進め、より効率的な計算公式の導出を目指している。〔国内会議-1〕においては、具体的に先行研究で与えられているアーベ

ル曲面間の (3,3) -同種写像の計算公式について実装レベルでの最適化を行い、17%程度の高速化を達成した。現在は既存の計算公式におけるグレブナ基底などより複雑で計算コストの高いパートの効率化や、根本的に高速化が望める新しい計算公式の導出を目的とし研究を進めている。

【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: アーベル曲面上の同種写像計算の explicit formulae に関する一考察, 信学技報, vol. 121, no. 429, pp. 122-129, Mar. 2022.
- 2) 安田貴徳, 石井将大, 照屋唯紀: ペアリング高速計算に適した楕円曲線における群所属判定, 2022 年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2022) , Jan. 2022.
- 3) Yugo Koyanagi, Masahiro Ishii, Keisuke Tanaka: Concurrent Group Operations on TreeKEM, 2022 年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2022) , Jan. 2022.
- 4) 石井将大, 森健人, 桑名亮一, 松浦知史. Distant Supervision によるサイバーセキュリティ文書のマルチラベル分類, 2022 年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2022), Jan. 2022.

6-2 先端研究部門

教授 青木 尊之（高性能計算システム分野）

【研究の概要と成果】

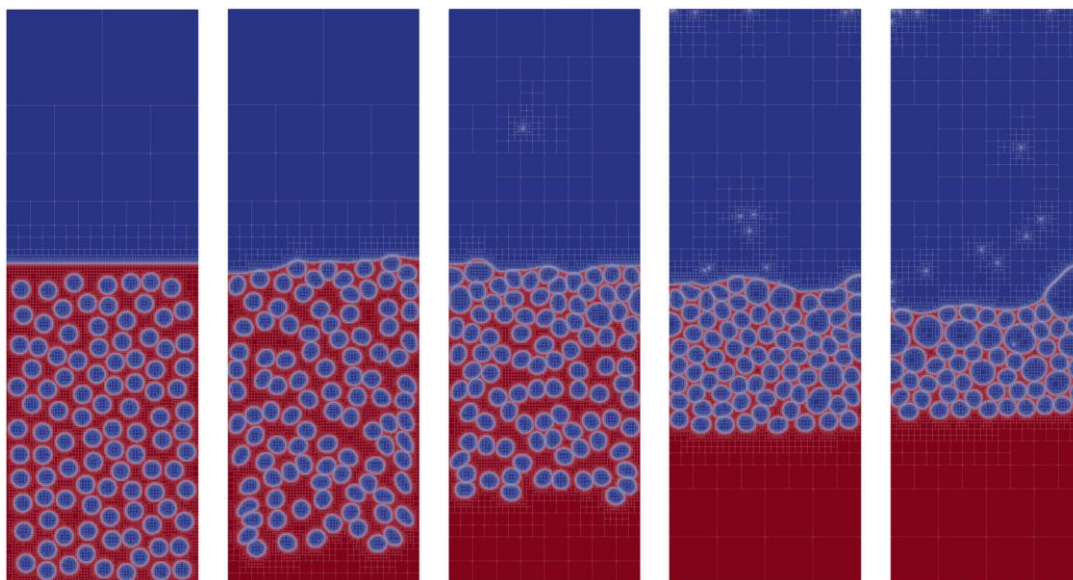
アメンボの水面走行のシミュレーション

自然界でアメンボが水の上をすいすい泳ぐ様子をよく目にする。水より重い比重のアメンボが表面張力を利用して水に浮き、効率的に水面を移動している。アメンボは中脚を手漕ぎボートのオールのように前後に動かし推進力を得ているが、直径は $100\mu\text{m}$ 程度と非常に細く、水面との相互作用を計算するには $10\mu\text{m}$ 以下の格子解像度が必要である。一方、アメンボは 1 ストロークで 10cm 以上も移動するため、足の近傍に高解像度格子を動的に配置できる AMR (Adaptive Mesh Refinement) 法が必須となる。非圧縮性気液二相流に対して弱圧縮性流体計算手法と Immersed Boundary Method を用い、アメンボの水面走行のシミュレーションを GPU で計算した。アメンボの主な推進力は、中脚の運動により生じた界面変位により足の前面と後面の毛管力がバランスしないことによることが分かり、手漕ぎボートのオールの場合とは全く異なることが明らかになった。シミュレーションで得られた推進速度は実際のアメンボと同程度であり、妥当なシミュレーション結果が得られている。



泡沫シミュレーション

多数の気泡が液膜で隔てられた泡沫は日常的にもよく目にする流体现象であるが、液膜は $100\mu\text{m}$ より薄く数値シミュレーションの難易度は非常に高い。従来のシミュレーションでは気泡が接近すると計算の解像度が低いことが原因で液膜が破断し、泡沫は全く形成されない結果となる。弱圧縮性計算手法で非圧縮性気液二相流を計算し、気液界面に高解像度格子を動的に割当て AMR 法を導入し、気液界面近傍の解像度を劇的に向上させた。フェーズフィールド法の Allen-Cahn 方程式を解いて気液界面を記述し、非イオン性の界面活性剤として、Triton X-100 を想定し、界面活性剤輸送を考慮した 2 次元気液二相流計算を行った。AMR 法を用いて格子幅 5mm から格子幅 $19.5\mu\text{m}$ まで最大で 2^9 回の格子細分化を行っている。次図は $40.0\text{mm} \times 120.0\text{mm}$ の領域中に直径 3.68mm の気泡を 100 個配置し、気泡が上昇し泡沫を形成する過程を示している（時刻 $t=0.00\text{sec}, 0.29\text{sec}, 0.80\text{sec}, 1.63\text{sec}, 2.78\text{sec}$ のスナップショット）。液膜が崩壊し消失する気泡もあるが、界面活性剤の濃度差によるマランゴニ効果で液膜が安定化し、水面近傍に準安定な泡沫が形成されることが分かった。



ミルククラウンのシミュレーション

テレビ CM にもしばしば登場するミルククラウンは典型的な気液二相の流体现象であるが、精度の良いシミュレーションはなかなかできない。気液界面をできるだけシャープに捉えるために PLIC (Piecewise Linear Interface Construction) 法を用い、表面張力を精度よく計算するために Height Function 法を導入した。これにより、気液界面で生じる spurious currents を劇的に抑制することができた。気液二相流計算には、運動量保存型の弱圧縮性流体計算手法を用いている。オープンソースのソフトウェア OpenFOAM のベンチマークとして行われている条件と同一の $210 \times 210 \times 140$ (全体の 1/4) で Weber 数が 250 の場合のミルククラウンを計算した。OpenFOAM の InterFoam モジュールを使った計算が AMD EPYC 7542 (32core, 2.9GHz) $\times 2$ を用いて 3.9 時間かかったのに対し、NVIDIA A100 GPU を 1 個使った計算では 21 分で計算が完了した。ミルククラウンの形状も非常に美しく、さ

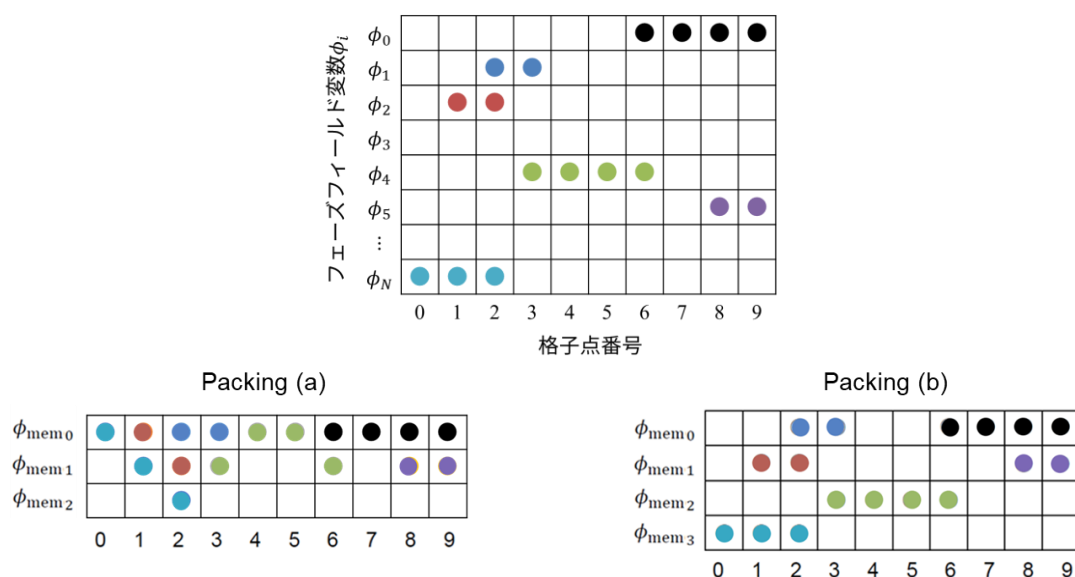


らに高解像度の $768 \times 768 \times 512$ (全体の 1/4) 格子の計算は、NVIDIA Tesla V100 を 18 個使

い図のような結果を得た。Weber 数が 600 の場合には大量の液滴が発生し、実験結果とも非常に良く一致している。

ATP 法の高速度化

多結晶の粒成長や多数の気泡を含んだ流れなどで用いられるマルチフェーズフィールド法は、粒や気泡と同数のフェーズフィールド変数 ϕ_i を解くため、計算領域の全領域に ϕ_i を確保するとメモリが破綻する。同一格子点に存在しうる最大数だけのメモリを確保し、 $\phi_i > 0$ の変数のみを保存する ATP (Active Parameter Tracking) 法を導入し、メモリ使用量を大幅に削減させる。しかし、ATP 法の計算は殆どがメモリ参照であるため、従来から使われている Packing (a) はメモリアクセスの効率が非常に悪く、計算時間の大半が ATP 法の計算に使われてしまっていた。そこで新しい Packing (b)に変更することにより、メモリ使用量は少し増えるがメモリアクセスが高速になり、さらに実装を改良することで最大約 6 倍までの高速化を達成した。

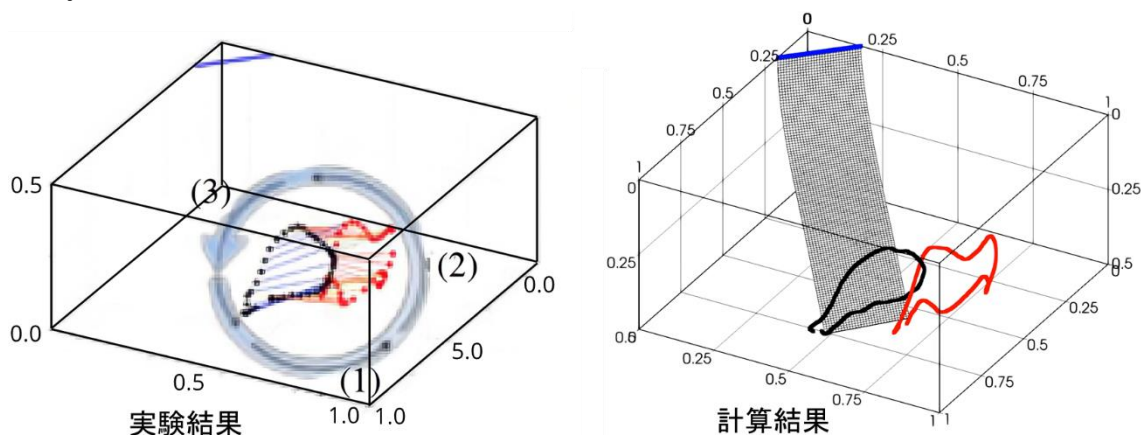


薄板変形の流体構造連成シミュレーション

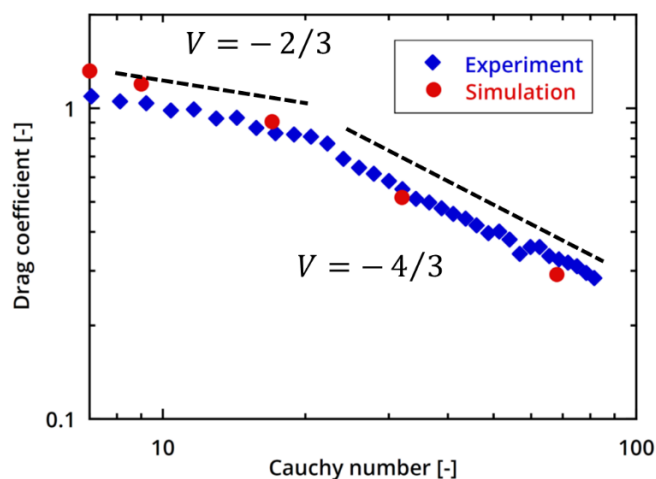
流れの中で変形しやすい物体（薄板や布など）が流体から力を受けて変形し、そのために流れが変わり流体から受ける力も変化する流体構造連成問題は、未だに解明されていないことが多く、そのシミュレーションも難易度が高い。単相の流れを想定しているので、高レイノルズ数まで安定かつ高精度に計算できるキュムラント衝突項の格子ボルツマン法で流れを解き、構造変形に対しては動的陽解法有限要素法を用い、要素形状には補間を 2 次関数で行うことで高精度に計算を行える 3 次元 20 節点ソリッド要素を採用した。また、数値積分はガウス求積を使用し、ロッキングを防ぐため節点内力の計算を低減積分で行い、その他を完全積分で行っている。流体と構造の相互作用には、Direct Forcing Immersed Boundary Method を用い、流体計算を 1 ステップ進めた後に構造計算を複数ステップ進めるサブ・タ

イムステップによる弱連成を用いている。

薄板の材料はアクリルを想定し、ヤング率 2.4×10^9 Pa、密度 1180 kg/m^3 、ポアソン比 0.35、サイズ $240\text{mm} \times 60\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ とする。薄板を流れに対し傾斜角 0° で設置し、流入流速を 3.2 m/s （コーシー数 (Ca) 6.8、レイノルズ数 (Re) 1.27×10^4 ）とすると、1 次と 2 次の曲げモードが支配的な振幅の小さい Fluttering モードが現れた。薄板を流れに対し傾斜角を 30° とし、流入流速を 7.85 m/s (Ca=41.0, Re= 3.1×10^4) としたときは、先端が左右交互に揺れる Twisting モードが現れた。薄板を流れに対し傾斜角を 45° に設置し、流入流速を 10.1 m/s (Ca=68.0, Re= 4.0×10^4) としたときは、板全体が 3 次元的な軌跡を描きながら回転する Orbital モード（下図）が現れ、全ての場合に実験結果とかなり良く一致する結果が得られた。



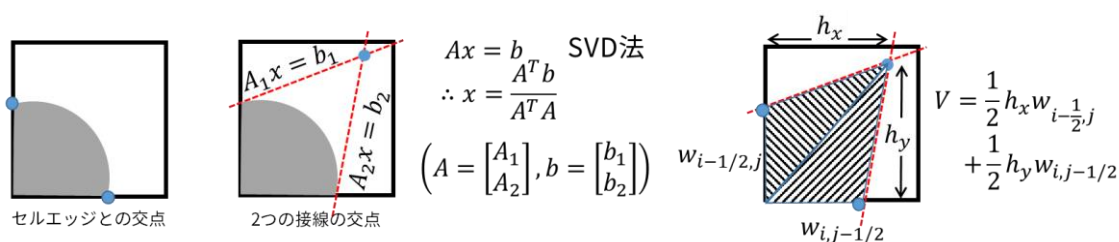
一般に物体が流れから受ける抗力 F と代表流速 U の間には $F \propto U^2$ の関係がある。物体が変形する場合には $F \propto U^{2+V}$ で表され、 V を Vogel 指数と呼ぶ。傾斜角が 45° のとき、薄板の抗力係数とコーシー数 (Ca) の関係を右図に示す。赤色マーカーが計算、青色マーカーが実験結果であり、実験では $\text{Ca} < 20$ の領域で $V = -2/3$ 、 $20 < \text{Ca}$ の領域で $V = -4/3$ となるが、計算でも $\text{Ca} < 20$ の領域で $V = -0.83$ 、 $20 < \text{Ca}$ の領域で $V = -1.52$ となっている。



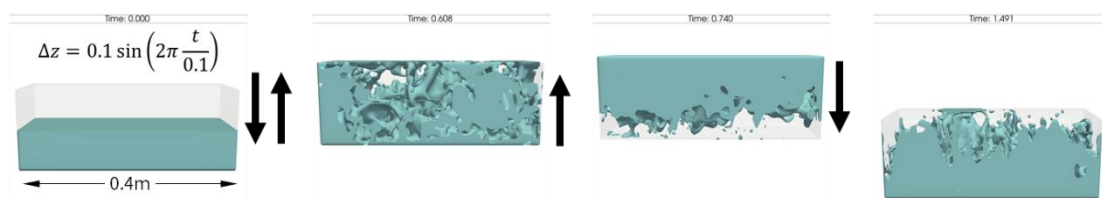
気液二相流で VOF 値と運動量を保存する移動物体の境界条件

殆どの気液二相流シミュレーションでは、気液界面の識別に VOF 法系の手法や Phase Field 法が用いられ、気液界面が変動しても VOF 値あるいは Phase Field 変数の総和は保存される

ように解かれている。しかし、複雑形状の物体や境界の移動を伴う場合、殆どの場合でその保存が成り立たなくなる。物体境界が流体 Cell を横切る場合、FAVOR (Fractional Area-Volume Obstacle Representation) 法などで Cell face の流体占有面積に基づいて Cell への VOF 値の流入・流出の flux を求め、有限体積法で VOF 値の保存を確保している。物体が移動する場合、通常の PLIC 的な流体占有面積の評価では流体 Cell の占有体積や Cell face の占有面積が突然変化してしまい安定した計算ができず、保存性を満足しない境界条件が導入されてしまっている。そこで、Dual Contouring 法を導入する。(下図は 2 次元の説明)



また、物体の移動に伴い流体占有体積が微小な Cell が出現して計算が不安定になるが、微小な流体占有体積を隣接 Cell に Merge させることで計算精度と安定性を両立させている。これらにより、運動量保存型気液二相流スキームでは移動境界を含む場合の液相の質量保存と運動量保存が保証される。40cm×15cm×15cm の容器内に水を半分だけ満たし、閉じた状態で下図のように上下に加振（加速度を変化させるのではなく、境界の移動）した計算を行い、水の体積が完全に保存されることを確認することができた。



【査読付き学術論文】

- 1) 吉泉 瑛, 青木 尊之, 松下 真太郎, 渡辺 勢也, Yang Kai : 弱圧縮性流体計算手法による二粒子間液架橋の数値シミュレーション, 日本混相流学会誌「混相流」, Volume35, No.2 p.294-301, 15 June 2021
- 2) Seiya Watanabe, Takayuki Aoki: Large-scale flow simulations using lattice Boltzmann method with AMR following free-surface on multiple GPUs, Computer Physics Communications, Volume 264, 107871, 1 Jul 2021
- 3) Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: Gas-liquid two-phase flows simulation based on weakly compressible scheme with interface-adapted AMR method, Journal of Computational Physics, Vol. 445, 110605, 15 Nov 2021

- 4) Yuta Hasegawa, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi, Yasuhiro Idomura, Naoyuki Onodera: Tree cutting approach for domain partitioning on forest-of-octrees-based block-structured static adaptive mesh refinement with lattice Boltzmann method, *Parallel Computing*, Vol. 108, 102851, 1 Dec 2021
- 5) 大橋 遼河, 青木 尊之, 渡辺 勢也, 小林 宏充: 低スピンレートで回転する野球ボールの空力解析〜フォークボールの縦の変化の解明〜, *日本流体力学会誌「ながれ」*, vol.40 No.5, P.343-355, 2021 年 10 月 1 日
- 6) Shinji Sakane, Tomohiro Takaki, Takayuki Aoki: Parallel-GPU-accelerated adaptive mesh refinement for three-dimensional phase-field simulation of dendritic growth during solidification of binary alloy, *Materials Theory*, 6 Article number: 3, 6 Jan 2022

【査読なし国際会議発表】

- 1) Seiya Watanabe, Takayuki Aoki, Changhong Hu, Shintaro Matsushita, Tomohiro Takaki: A Domain Decomposition Method based on a Multi-phase-field Model to Reduce Inter-node Communication, *Parallel CFD 2021*, 18 May 2021
- 2) Kai Yang, Takayuki Aoki: GPU-based cell-centered AMR for two-phase flow simulation using an iterative pressure-evolution projection method, *Parallel CFD 2021*, 18 May 2021
- 3) Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: A Simulation of Thin Liquid Film Forming with Surfactants by Fully Explicit Gas-liquid Two-phase Solver with Interface-adapted AMR Method, *25th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (25th ICTAM 2020+1_Virtual)*, 22 Aug 2021
- 4) Shintaro Matsushita, Takayuki Aoki: High Resolution Two-phase Flow Simulations based on Weakly Compressible scheme with Interface-adapted AMR Method, *SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP22)*, 24 Feb 2022

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) Shen Dawei, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Moriguchi Shuji, Takase Shinsuke, Sakuraba Masaaki: A Large-scale Simulation of Driftwood Disaster by Using LBM with AMR, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 2) Sitompul Yos Panagaman, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Takaki Tomohiro: Liquid-gas Foam Simulations using Cumulant Lattice Boltzmann Method with Adaptive Mesh Refinement, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 3) 長谷川 雄太, 青木 尊之, 小林 宏充, 井戸村 泰宏, 小野寺 直幸: 木構造に基づく細分化格子 LBM における領域分割法の改善, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 4) 山口 大輝, 青木 尊之, 渡辺 勢也: AMR 法を導入した薄板変形の流体構造連成シミュレーション, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 5) 小野寺 直幸, 井戸村 泰宏, 長谷川 雄太, 下川辺 隆史, 青木 尊之: ブロック型適合細分化格子での Poisson 解法の混合精度演算による高速化, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日

- 6) Yang Kai, 青木 尊之: A weakly compressible Navier-Stokes solver for simulation of violent two-phase flows with large density ratio, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 7) 青木 律也, 青木 尊之, 松下 真太郎, Yang Kai: 移動境界を含んだ気液二相流シミュレーション, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 8) 松下 真太郎, 青木 尊之: 界面に適合する AMR 法を用いた弱圧縮性解法の複数 GPU によるオイルジェット計算, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 9) 吉泉 瑛, 青木 尊之, 松下 真太郎: AMR 法を用いたアメンボの水面走行の数値シミュレーション, 第 26 回計算工学講演会, 2021 年 5 月 28 日
- 10) 坂根 慎治, 高木 知弘, 青木 尊之: AMR 法による 3 次元柱状デンドライト成長の複数 GPU 並列 phase-field 計算の高速化, 日本機械学会第 34 回計算力学講演会, 2021 年 9 月 22 日
- 11) LIAN Tongda, 松下 真太郎, 青木 尊之: 弱圧縮性流体計算による界面活性剤の輸送を考慮した液体フォームシミュレーション, 日本機械学会第 34 回計算力学講演会, 2021 年 9 月 23 日
- 12) Yos Sitompul, Takayuki Aoki, Seiya Watanabe, Kenta Sugihara, Tomohiro Takaki: A Large-scale Foam Simulation using a Multi-phase field Lattice Boltzmann Method with Adaptive Mesh Refinement, 日本機械学会第 34 回計算力学講演会, 2021 年 9 月 23 日
- 13) 吉泉 瑛, 青木 尊之, 松下 真太郎, 杉原 健太: AMR 法を用いたアメンボの水上走行のシミュレーション, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日
- 14) Yang Kai, 玉置 優真, 青木 尊之: Multi-GPU scalability of a conservative weakly compressible solver for large-scale two-phase flow simulation, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日
- 15) 狭間 貴一, 吉泉 瑛, 青木 尊之, 渡辺 勢也: 水分を含んだ粉体の直交格子ベース流動シミュレーション, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日
- 16) Shen Dawei, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Moriguchi Shuji, Takase Shinsuke, Sakuraba Masaaki: LBM と AMR を用いた実在の災害に対する大規模な流木シミュレーション, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日
- 17) 渡辺 勢也, 胡 長洪, 青木 尊之: AMR 法を導入した格子ボルツマン法による船舶-氷相互作用のシミュレーション, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日
- 18) 青木 尊之, 大橋 遼河, 渡辺 勢也, 小林 宏充: 回転する野球ボールの空力解析 ―フォークボールの落ちる謎の解明―, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日
- 19) 坂根 慎治, 高木 知弘, 青木 尊之: 適合細分化格子法を適用した複数 GPU 並列計算による運動しながら成長する等軸デンドライトの phase-field 格子ボルツマンシミュレーション, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日

- 20) Sitompul Yos, Aoki Takayuki, Watanabe Seiya, Sugihara Kenta, Takaki Tomohiro: Foam Simulation with a Large Number of Bubbles using Multi-phase LBM and Adaptive Mesh Refinement, 日本流体力学会第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021 年 12 月 16 日

【招待講演】

- 1) 青木 尊之：流体構造連成問題の大規模シミュレーション, HxGN LIVE JAPAN 2021, 2021 年 11 月 12 日

【基調講演】

- 1) Takayuki Aoki: AMR-based Simulations for Fluid-Structure Interaction on GPU Supercomputers, Parallel CFD 2021, 19 May, 2021
- 2) 青木 尊之：第二階層 GPU スパコンを用いた混相流シミュレーション, 第 4 回 HPCI コンソーシアムシンポジウム, 2021 年 10 月 28 日
- 3) 青木 尊之：弱圧縮性計算手法による実問題の流体シミュレーション, オープン CAE シンポジウム 2021, 2021 年 12 月 4 日

【解説・書籍】

- 1) 青木 尊之：弱圧縮性計算手法による非圧縮性の混相流シミュレーション, 日本流体力学会誌「ながれ」 Vol.40, No.2, p78-p85, 2021 年 4 月 25 日
- 2) 青木 尊之：回転する野球ボールの空力解析 ～変化球の軌道再現～, 日本計算工学会誌「計算工学」, Vol.26, No.4 4343-4347(15-19), 2021 年 10 月 31 日
- 3) 青木 尊之：巻頭言：混相流シミュレーションの昨今と今後・雑感, 日本混相流学会誌「混相流」, Vol.35, No.4, pp.505-506, 2021 年 12 月 1 日
- 4) 青木 尊之：スーパーコンピュータの最新動向と混相流シミュレーション, 化学工学 特集 2030 年に向けた化学工学系流体シミュレーション, Vol.86, No.3 p112-p115, 2022 年 3 月 5 日

教授 遠藤 敏夫（高性能計算システム分野）

【研究の概要と成果】

異種アーキテクチャ並列環境における高性能ソフトウェア技術

昨今爆発的に機械学習・深層学習の需要が増しており、その大規模化・高速化を図るためにはアクセラレータを含む異種プロセッサや多数ノードによる並列化が必要である。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に大規模化・高速化が滞る傾向にある。この状況の改善を目的として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、ドメイン特化型言語（DSL）Halide により、反復をまたぐブロッキング技術を含めたステンシルカーネルを対象とし、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。そしてハンドコーディングしたカーネルとの性能比較を行った〔国内学会 6〕。並行して、映像検出タスクの一種である Single Shot Detector（SSD）を対象とし、必要なカーネルを洗い出し、cuDNN などの既存ライブラリのみでは不足であると判断した。そのため、SSD に必要なカーネルを CUDA で実装（現在はハンドコーディング）し、先行研究による実装よりも高速な実装を実現した。
- 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、モデル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プロトタイプを完成させた。負荷バランスと All-reduce 対象プロセス数の低減が見込める一方、プロセス間の通信パターンが複雑になるために通信処理の順序やスレッド数が性能に大きく影響することを示した〔国内学会 5〕。引き続き、ニューラルネットワーク構造およびハードウェア構造を考慮したマッピングの改良の研究を進めている。並行して、音声認識手法である Augment Adversarial Training（AAT）を主対象として、マルチ GPU におけるハイブリッド並列アルゴリズムを検討し、プロトタイプ実装を行った。

以上の研究を、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・東工大 実社会ビッグデータ活用 オープンイノベーションラボラトリとの協働で行った。

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急増している。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の本格運用を今年度に開始し、これにより各ユーザが待たされることなく計算資源を利用可能となった。一方で、複数ユーザのアプリケーションが同一の CPU コア集合を用いるため性能低下が起きうるというユーザ側の観点の課題と、CPU 利用が間欠的であり長期的な利用率が低い傾向にあるという管理側の観点の課題の双

方が起こる。それらの将来的な改善に向けた研究を進めている。

- **NAS Parallel Benchmark** の複数種プログラムなどを対象として、オーバーコミット時の性能の詳細調査を行った。その結果、N 個のアプリケーションがコアを共有する際に速度が $1/N$ になるような単純な影響ではなく、メモリ負荷やキャッシュ利用効率、スレッド間同期手法などによって大きく変動すると分かった。その影響を、単独アプリケーションのパフォーマンスカウンタ値などから定量的に推測するモデルを構築し、その精度を評価した〔国際会議 1〕。
- オーバーコミットスケジューリングの評価の基盤として、オーバーコミットに対応するジョブスケジューラのシミュレータを開発した。シミュレーションの結果により、古典的なスケジューリングに比較して各ジョブの待機時間や **slow down** 指標を大幅に改良することができた。

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向け、計算性能向上を阻むと予想される DRAM 性能の向上鈍化を隠蔽するための、次世代高性能アーキテクチャ、特にメモリアーキテクチャ探索およびそれらを効率活用するソフトウェア技術の重要性が増す。この問題意識のもと、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」にて研究を推進している。この目的のために多層化複雑化したメモリ階層を持つアーキテクチャが、種々アプリケーションの性能へ与える影響を定量的に推定する基盤が必要不可欠である。

上記の背景のもと、高速な性能見積によりサイクルアキュレートシミュレータでは実現不可能な広範囲のアーキテクチャ探索を目的としたメモリ階層性能推定ツールチェーンの開発を行っており、今年度は以下のような改良を行った。

- メモリ階層構成設計ツール **DATViewer**: GUI 上でプロセッサコア群・キャッシュメモリ群・メインメモリ群を任意のグラフ構造で組み合わせることができ、その設定内容をファイル(DAT ファイルと呼ぶ)に出力する。アーキテクチャモデルに NUMA ノードの追加を行い、また GUI ツールとしての編集機能を充実させた。
- メモリ階層性能推定ツール **PMNet**: アプリケーションから得られたメモリトレース情報と、**DATViewer** で作成されたメモリ階層情報(DAT ファイル)を入力とし、メモリ階層のシミュレーションによりアプリケーション実行時間を推定する。今年度、マルチコア間のキャッシュコヒーレンシ機能を実装し、また CPU コア上の演算時間を簡易的に追加した。

さらに今年度はこのツールチェーンを用い現世代のアーキテクチャを模し、その上でのベンチマークプログラム性能の推定を進めた。本ツールチェーンは、既存ツールである **gem5**, **SST** に比べて 10 倍以上のスループットで性能推定可能であり、既存ツールでは現実的に推定が困難な規模のベンチマーク (NAS Parallel Benchmark Class B など) にも対応できること

を示した。また DAT ファイル上のキャッシュ性能やサイズなどの変更実験により、現存しないアーキテクチャの推定を行っている〔国内学会 2, 3〕。

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、前述のようにインタラクティブ利用キューの導入を含め、時代に即した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 の準備について仕様策定委員会を中心として進めており、2023 年度にすずかけ台キャンパスにて運用開始される予定である。

【査読付き国際会議発表】

- 1) Shohei Minami, Toshio Endo and Akihiro Nomura. Measurement and Modeling of Performance of HPC Applications towards Overcommitting Scheduling Systems. 24th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing (JSSPP 2021), In Conjunction with IPDPS 2021, May 2021.

【査読付きポスター発表】

- 1) Ivan Ivanov, Jens Domke and Toshio Endo. Automatic translation of CUDA code into high performance CPU code using LLVM IR transformations. The 4th R-CCS International symposium, Lightning talks session, Online, February 7, 2022.

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 藤田 隼斗, 野村 哲弘, 遠藤 敏夫, 関嶋 政和. タンパク質立体構造予測システム AlphaFold の TSUBAME3.0 上での高速化 . 情報処理学会研究報告, 2022-HPC-183, No. 3, 2022 年 3 月.
- 2) 幸 朋矢, 遠藤 敏夫. 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 . 組込み技術とネットワークに関するワークショップ ETNET2022, 情報処理学会研究報告, 2022-ARC-248, No. 19, 2022 年 3 月.
- 3) 萩原 汐, 児玉 宏喜, 吉川 隆英, 幸 朋矢, 遠藤 敏夫. 疎行列演算高速化のためのメモリアーキテクチャ探索 . 組込み技術とネットワークに関するワークショップ ETNET2022, 情報処理学会研究報告, 2022-SLDM-198, No. 28, 2022 年 3 月.
- 4) 鈴木豊太郎, 杉木章義, 滝沢寛之, 今倉暁, 中村宏, 田浦健次朗, 工藤知宏, 塙敏博, 関谷勇司, 小林博樹, 松島慎, 空閑洋平, 中村遼, 姜仁河, 川瀬純也, 華井雅俊, 宮寄洋, 下徳大祐, 関本義秀, 樫山武浩, 合田憲人, 竹房あつ子, 政谷好伸, 栗本崇, 笹山浩二, 北川直哉, 藤原一毅, 朝岡誠, 中田秀基, 谷村勇輔, 青木尊之, 遠藤敏夫, 森健策, 大島聡史, 深沢圭一郎, 伊達進, 天野浩文. データ活用社会創成プラットフォーム mdx の設計・実装・運用～多様な学際領域における共創に向けて～ . 2021 年度大学 ICT 推進協議会(AXIES)年次大会, WD5-4, オンライン, 2021 年 12 月 15 日.

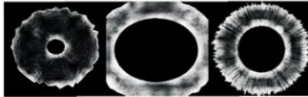
- 5) 細木 隆豊, 野村 哲弘, 遠藤 敏夫. GPU クラスタにおけるハイブリッド並列 DNN 学習のボトルネック分析と改良 . 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ (SWoPP2021), 情報処理学会研究報告, 2021-HPC-180, No. 9, 2021 年 7 月.
- 6) 相川 洋貴, 遠藤 敏夫, 幸 朋矢, 広渕 崇宏. 時間ブロッキングを用いたステンシル計算の Halide 言語による高性能実装と評価 . 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ (SWoPP2021), 情報処理学会研究報告, 2021-HPC-180, No. 16, 2021 年 7 月.
- 7) 遠藤 敏夫. TSUBAME スパコンの過去、現在、未来. PC クラスタコンソーシアム PCCC21 「『PC クラスタ』これからの 10 年」, 東京, 2021 年 12 月.
- 8) 遠藤 敏夫. TSUBAME スーパーコンピュータの AI・ビッグデータ対応と展望. PC クラスタコンソーシアム AI・機械学習技術部会キックオフワークショップ, online, 2021 年 12 月.

准教授 横田 理央（高性能計算先端応用分野）

【研究の概要と成果】

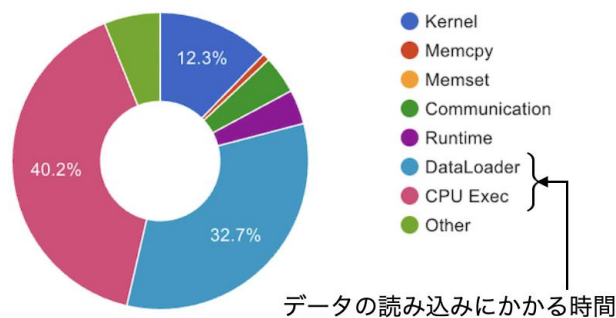
フラクタル画像を用いた Vision Transformer の事前学習

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加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。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。

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

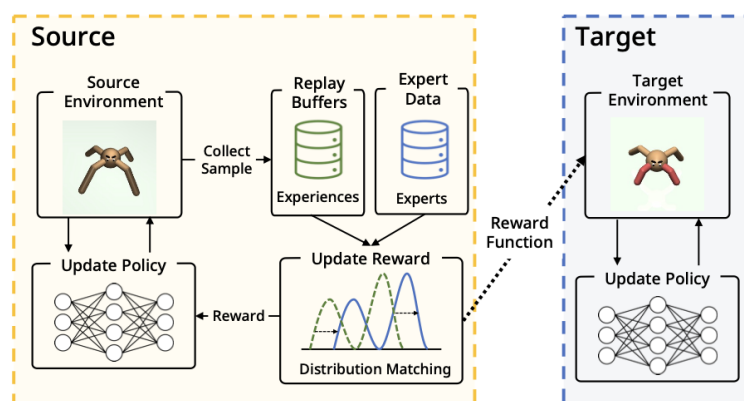
Vision Transformer の事前学習における I/O ボトルネックの解消

自然言語処理で用いられる Transformer とは異なり、画像認識分野で用いられる Vision Transformer は非常に大規模な画像データセットによる事前学習が必要になる。ABCI などでも 5 千万画像を超えるデータセットでファイルシステムへの負荷が限界に達し、学習が始まらないという現象が観測されている。「富岳」はノードローカル SSD を有しておらず、ファイル数の上限がファイルシステムの容量に比べて非常に少なく設定されているため I/O の面では多くの課題を抱えている。特に、ファイル数の上限の問題は深刻で、Vision Transformer に必要な巨大な画像データセットはそもそも「富岳」のファイルシステム上に置くことができない。そこで、1 万枚の画像を一つの tar ファイルに固めて、その tar ファイルを直接学習データセットとして読み込む手法を用いる。これにより、ファイル数が 1/10,000 になるだけでなく、メタデータアクセスのオーバーヘッドも 1/10,000 に低減することができるため I/O の問題は劇的に緩和されると予想される。



分布マッチングによる高サンプル効率なオフポリシー逆再強化学習

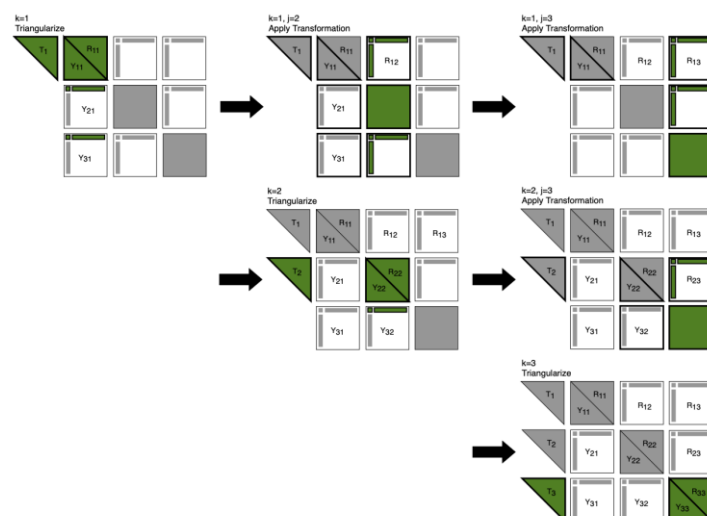
逆強化学習（IRL）は報酬設計が面倒なシナリオで威力を発揮する。しかし、先行する IRL アルゴリズムではオンポリシー遷移を用いるため、安定かつ最適な性能を得るためには現在のポリシーから膨大なサンプリングをする必要がある。このため、環境との相互作用が非常に高コストになる実世界への応用には限界がある。この問題に取り組むため、本研究では、(1)オンポリシーではなくオフポリシーのデータ分布を採用し、環境との相互作用の回数を大幅に減らす、(2)変化するダイナミクスに対して高い汎化能力を持つ転移可能な報酬関数を学習する、(3)モードカバー動作を利用して収束速度を高める、オフポリシー逆強化学習（OPIRL）を提案する。実験を通して、本手法がよりサンプル効率に優れ、新しい環境にも汎化できることを実証した。本手法は、方策性能ベースラインに対してより少ない相互作用において優位な結果を達成した。さらに、得られた報酬関数は既存技術では失敗しがちな異なるタスクに一般化できることを経験的に示した。



ブロック低ランク行列を用いた QR 分解

ブロック低ランク（BLR）行列の Householder QR 分解について、block column-wise QR と tiled QR の 2 つの新しいアルゴリズムを提案する。block column-wise 型は BLR の構造を利用して演算量 $O(mn)$ を達成し、tile 型は BLR-QR の演算量 $O(mn^{1.5})$ を達成することを示した。しかし、tiled BLR-QR はタスクの粒度が細かいため、共有メモリシステム上でタスクベ

ースの並列実行が可能である。Fork-join 並列を用いた block column-wise BLR-QR とタスクベース並列を用いた tiled BLR-QR を比較した。また、この 2 つの Householder BLR-QR の実装を、fork-join 並列を用いた block column-wise の修正 Gram-Schmidt (MGS) BLR-QR、および Intel MKL でベンダーが最適化した最新の Dense Householder QR と比較した。サイズ $131k \times 65k$ の行列に対して、すべての BLR 法は MKL の Dense QR より 1 桁以上高速であった。また、本手法は悪条件に強く、既存の MGS ベースの手法よりも優れた直交性を実現できた。64 コアの CPU 上で、我々の並列 tile 型 Householder 法と block column-wise 型 Householder 法は、それぞれ 50 倍と 37 倍の高速化を示しました。



【査読付き学術論文】

- 1) 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, (2022).
- 2) Tingyu Wang, Rio Yokota, Lorena A. Barba, ExaFMM: a high-performance fast multipole method library with C++ and Python interfaces, The Journal of Open Source Software, 6(61):3145 (2021). 10.21105/joss.03145

【査読付き国際会議発表】

- 1) 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.
- 2) Shun Iwase, Xingyu Liu, Rawal Khirondkar, Rio Yokota, Kris M. Kitani, RePOSE: Real-Time Iterative Rendering and Refinement for 6D Object Pose Estimation, International Conference on Computer Vision, Oct 2021.
- 3) Hikaru Nakata, Nakamasa Inoue, Rio Yokota, Self-supervised Continual Pretraining for Class Incremental Image Classification, Proc. CVPR CLVISION Workshop (Findings), Jun 2021.

【査読なし国際会議発表】

- 1) Sameer Deshmukh, Acceleration of $O(N)$ Solvers for Large Dense Matrices, Conference on Advance Topics and Auto Tuning in High-Performance Scientific Computing (ATAT2022), Mar. 2022.
- 2) Muhammad Ridwan Apriansyah, Parallel QR Factorization of Block Low-rank Matrices, Conference on Advance Topics and Auto Tuning in High-Performance Scientific Computing (ATAT2022), Mar. 2022.
- 3) Thomas Spendlhofer, Iterative Refinement with Hierarchical Low-rank Preconditioners Using Mixed Precision, Conference on Advance Topics and Auto Tuning in High-Performance Scientific Computing (ATAT2022), Mar. 2022.

【招待講演】

- 1) Rio Yokota, Approximations of Natural Gradient Descent in Distributed Training, INFORMS Annual Meeting Session: Beyond first order methods in machine learning systems I, Oct. 2021.
- 2) Rio Yokota, Overview of structured low-rank approximation methods, IUTAM Symposium on Computational Methods for Large-Scale and Complex Wave Problems, Jun. 2021.
- 3) 横田 理央, 「二次最適化を用いた分散並列深層学習」, Nvidia HPC Weeks, (基調講演), Oct. 2021.
- 4) 横田 理央, 「階層的lowランク近似法に関するレビュー」, 第40回計算数理工学フォーラム, Sep. 2021.

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 石井央, 横田理央, 「深層学習における2次最適化の汎化性能の検証」, 第84回情報処理学会全国大会, Mar. 2022.
- 2) 中村秋海, 横田理央, 「Vision Transformerにおけるバッチサイズの汎化性能への影響」, 第84回情報処理学会全国大会, Mar. 2022. (学生奨励賞)

准教授 大西 領（高性能計算先端応用分野）

【研究の概要と成果】

Physics-Informed Super-Resolution for Real-Time Prediction of Urban

Micrometeorology（文部科学省・学術変革領域（B）（領域代表），2020～2022 年度）

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。通常の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、街区内的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）。



図 1：自然と調和した自律制御社会

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いる。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測の実現が期待されている。

物理超解像シミュレーションによる都市街区微気象のリアルタイム予測

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



図 2 (Fig. 2) : Example of MSSG urban micro-meteorology simulation. Three-dimensional distribution of instantaneous air temperature for 13:30 JST on 11 August,

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) によって提案されたレベル分けの“物理考慮レベル 1”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 (320m 四方) の地上 2m 高さにおける 1 分平均気温の水平分布を超解像した結果を示す。5m 解像度の気温分布 (左図) に対して、20m 解像度の気温分布が非常に粗く、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。代数的な補間ではそれらが再構築されることはないが、物理超解像 (最右図) では、それらが再構築された上で気温分布が再現されることがわかる。

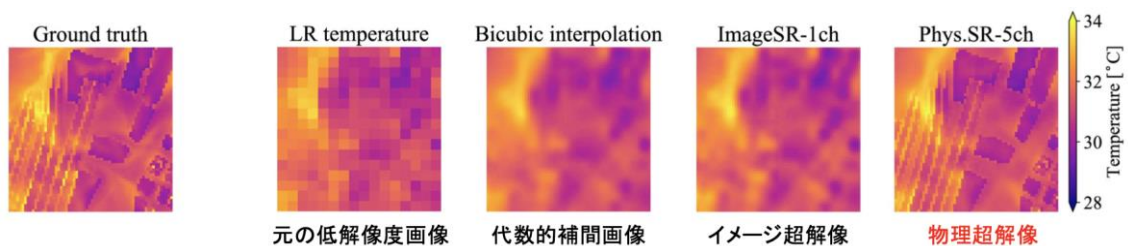


図 3：東京駅周辺（320m 四方）の地上 2m 高さにおける 1 分平均気温の水平分布
5m 解像度の気温分布（左図）を真値として、20m 解像度の気温分布から超解像（アップコンバージョン）を行った結果

スリランカにおける斜面降雨予測モデルの開発

東工大/JAMSTEC 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 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雨量が増大されることを明らかにできた。現在、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）する超解像器の開発に取り組み、そのプロトタイプを構築した。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構築の目処を立てることができた。

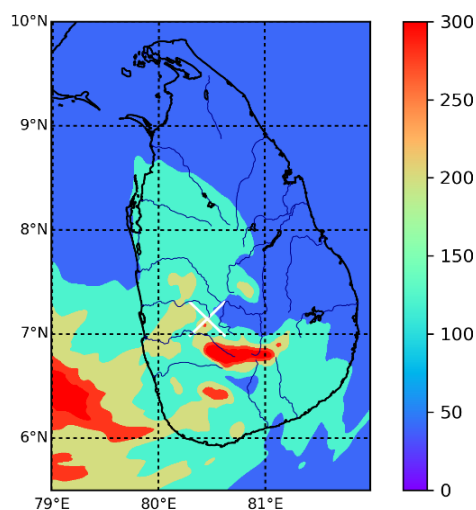


図 4 (Fig.4)：Daily cumulative rainfall results on May 17, 2016, computed using MSSG. The white cross indicates the Aranayake region of Sri Lanka.

微気象とグリーンインフラ

森林において、太陽の光を直接受ける枝葉の部分は林冠（キャノピー）と呼ばれ、その下で多様な動植物が生きている。同様に、高層建物を木々に見立て、林立する高層建物を包含する領域は都市キャノピーと呼ばれる。その都市キャノピーの中で、多くの人間が多様な

動植物と共存している。ミクロな視点では、自然キャノピーと都市キャノピーではその乱流状態は大きく異なる。木々は複雑な形状（フラクタル形状）を持ち、風に揺れ、風を和らげるため、自然キャノピー内では比較的穏やかな風環境になる。一方、都市建物は比較的単純な形状であり、基本的には風に動じない。マクロな視点では都市建物は風を弱めるが、ミクロにはビル風という形で突風を生じることもある。つまり、都市キャノピー内の風環境は穏やかとは言えない。このような風環境の違いが、個々の動植物、さらには生態系に及ぼす影響に興味を持って研究を行っている。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、フラクタル形状をもった木と風の相互作用に関する数値解析を行っている。

本年度は体長 $400\ \mu\text{m}$ 程度の超小型甲虫の飛翔能力を数値的に解明することに成功した (Farisenkov et al., 2022 *Nature*)。さらに、上述の昆虫飛翔計算の中でも用いられた動的適合格子 (Adaptive Mesh Refinement) 法を用いて、フラクタル形状を有した樹木の数値流体解析を開始した。

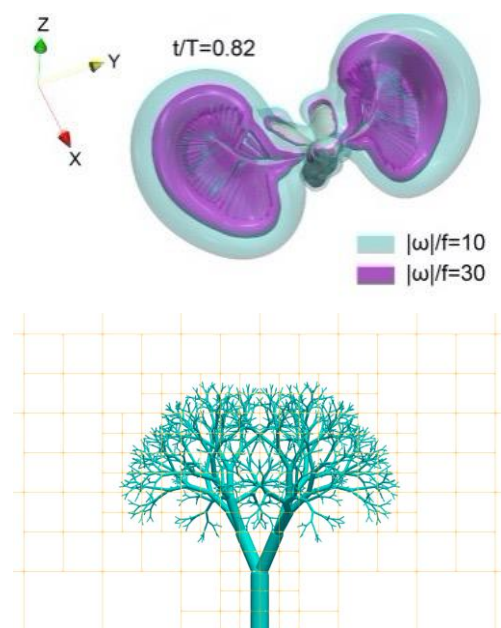


図 5：昆虫飛翔に対する数値解析図（上，Farisenkov et al., 2022）とフラクタル形状を持った木に対する数値計算領域図（下）

【査読付き学術論文】

- 1) S.E. Farisenkov, D. Kolomenskiy, P.N. Petrov, T. Engels, N.A. Lapina, F.-O. Lehmann, R. Onishi, H. Liu, A.A. Plilov, Novel flight style and light wings boost flight performance of tiny beetles, *Nature*, (2022) <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04303-7>
- 2) Y. Yasuda, R. Onishi, Y. Hirokawa, D. Kolomenskiy, D. Sugiyama, Super-Resolution of Near-Surface Temperature Utilizing Physical Quantities for Real-Time Prediction of Urban Micrometeorology, *Building and Environment*, 209, 108597 (2022).
- 3) D. Kolomenskiy, R. Onishi and H. Uehara, Data compression for environmental flow simulations, *Journal of Visualization* (2022) <https://doi.org/10.1007/s12650-021-00813-8>
- 4) D. Hiruma, R. Onishi, K. Takahashi and K. Fukagata, Sensitivity Study on Storm Modulation through a Strategic Use of Consumer Air Conditioners, *Atmospheric Science* (2022). Sensitivity study on storm modulation through a strategic use of consumer air conditioners. *Atmospheric Science Letters*, e1091. <https://doi.org/10.1002/asl.1091>

【査読なし学術論文】

- 1) 大西領、安田勇輝、深層学習を活用した超解像シミュレーションによる都市街区熱環境のリアルタイム予測、伝熱、60, pp.30-35 (2021)
- 2) 大西領、生活世界に溶け込む微気象予測 ~環境予測システムと社会サービスシステムをつなぐ~、計測と制御、60, pp.499-503 (2021)

【書籍・雑誌等】

- 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 2022-2031 全産業編、15-2 節、日経 BP

【国際会議発表】 international conferences

- 1) R. Onishi, D. Kolomenskiy, J. Hirai, Technology development of reliable rainfall prediction in mountain regions of Sri Lanka, The Fifth World Landslide Forum (WLF2021), Kyoto, 2021/11/6
- 2) R. Onishi, D. Kolomenskiy, J. Hirai, Y. Yasuda, Development of real-time prediction system of orographic rainfall, satreps meeting, 2021/11/4
- 3) R. Onishi, K. Sumitomo, K. Matsuda, 4th International Workshop on Cloud Turbulence, 2022/3/11 (invited)
- 4) R. Onishi, Y. Yasuda, Super-resolution simulation of urban micro-meteorology for sustainable future society, International workshop on AI Super Resolution Simulations (AISRS), 2022/2/25 (invited)

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】 domestic conferences and workshops

- 1) 平井 丈, 大西領, Kolomenskiy Dmitry, 山岳降雨に及ぼす雲内乱流効果の数値解析、気象学会春季大会、2021/5/19
- 2) 大西領、微気象制御学と気象制御、ムーンショットセミナー、2021/6/23、気象制御可能性検討セミナー、理研（オンライン）（招待講演）
- 3) 大西領、柳康太、竹内伸太郎、粒子解像数値流体計算によるマルチスケール大気雲物理の解明、混相流学会、2021/8（招待基調講演）
- 4) 大西領、Dmitry Kolomenskiy、廣川雄一、杉山大祐、松田景吾、機械学習技術を活用した都市街区微気象のリアルタイム予測、日本機械学会 2021 年次大会、2021/9
- 5) 柳康太、大西領、接近物体間に働く潤滑力の数値補正手法、流体力学会年会、2021/9
- 6) 安田勇輝、大西領、廣川雄一、Dmitry Kolomenskiy、杉山大祐、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、CFD35 (第 35 回数値流体力学シンポジウム)、2021/12/14
- 7) 廣川 雄一、大西領、安田勇輝、Dmitry Kolomenskiy、杉山大祐、微気象シミュレーション超解像の浮動小数点精度に関する検討、第 35 回数値流体力学シンポジウム、2021/12

- 8) 大西領、安田勇輝、小野寺孔明、松田景吾、微気象×機械学習 ～機械学習技術を活用した都市街区微気象のリアルタイム予測～、機械学会熱工学部門、webex オンライン、2022/3/14 (招待講演)
- 9) 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2回「微気象制御学」領域シンポジウム、Zoom オンライン開催、2022/3/16

【招待講演】(invited talks)

- 1) R. Onishi, K. Sumitomo, K. Matsuda, 4th International Workshop on Cloud Turbulence, 2022/3/11 (invited)
- 2) R. Onishi, Y. Yasuda, Super-resolution simulation of urban micro-meteorology for sustainable future society, International workshop on AI Super Resolution Simulations (AISRS), 2022/2/25 (invited)
- 3) 大西領、微気象制御学と気象制御、ムーンショットセミナー、2021/6/23、気象制御可能性検討セミナー、理研 (オンライン) (招待講演)
- 4) 大西領、柳康太、竹内伸太郎、粒子解像数値流体計算によるマルチスケール大気雲物理の解明、混相流学会、2021/8 (招待基調講演)
- 5) 大西領、安田勇輝、小野寺孔明、松田景吾、微気象×機械学習 ～機械学習技術を活用した都市街区微気象のリアルタイム予測～、機械学会熱工学部門、webex オンライン、2022/3/14 (招待講演)

【新規外部資金獲得】

- JAXA からの受託研究「ドローン観測値利用による微気象予測効果のシミュレーション検討」、2021 年度

【実施中の外部資金プロジェクト研究】

- 科研費・学術変革領域研究(B)「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」(研究代表者)、2020 年度～2022 年度
- 科研費・学術変革領域研究(B)「微気象制御学創生のための戦略的連携推進」(研究代表者)、2020 年度～2022 年度
- 科研費・基盤研究 (B)「3 次元超解像を活用した乱流熱輸送の超高速予測」(研究代表者)、2020 年度～2023 年度
- 国立研究開発法人科学技術振興機構・国際科学技術共同研究推進事業・地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム「スリランカにおける降雨による高速長距離土砂流動災害の早期警戒技術の開発」(研究分担者)、2019 年度～2024 年度
- 科研費・挑戦的研究(萌芽)「拡張潤滑理論による分散混相流中の非平衡輸送問題への展開」(研究分担者)、2020 年度～2022 年度

- 科研費・国際共同研究加速基金（国際共同研究強化（B））「強烈な台風下の海水面を通しての熱・運動量輸送機構の解明とそのモデル化」（研究分担者）、2019 年度～2023 年度
- 科研費・日仏二国間共同研究「非平衡・非コルモゴロフ乱流の探求とモデル化」（連携協力者）、2021 年度～2023 年度
- NTT との共同研究「デジタルツインコンピューティングによる超高精細気象情報の創出活用に関する技術開発」、2020 年度～2021 年度

【研究の概要と成果】

サービス時間を考慮した動的レプリカ選択によるマイクロサービスの応答性能改善

マイクロサービスではサービスのコピーであるレプリカをノード上に多数配置し、到着したリクエストに対してラウンドロビンを用いてリクエスト処理を割り当てることによって負荷分散を行いアプリケーションのスケラビリティを担保する。しかしながらラウンドロビン手法ではノード上に共存する他のサービスの影響によってサービス処理時間が悪化し、全体の応答性能が悪化する。

そこで、デプロイ時にあらかじめサービスのコピーであるレプリカを多数ノード上に分散配置し、リクエスト到着時に各物理ノード上の混雑状況を考慮したうえで最適なレプリカを選択する動的レプリカ選択手法（図1）の検討を行った。ラウンドロビンでは、一部ノードに負荷が集中した場合、負荷が集中したノードに配置されたサービスを利用するリクエストの応答性能が悪化する。そこで、あるサービスにおいて次に通信するサービスのレプリカを選択する際に、レプリカが配置された物理ノードの混雑状況から次サービスの処理時間を予測し最適なレプリカ選択を行うレプリカ選択手法（図2）を提案した。本手法ではレプリカが消費する時間をユーザー時間とOS時間に分けたうえで、各ノードにたまったリクエスト情報から次に実行するレプリカの応答時間を予測しリクエスト性能を改善する。

提案手法の性能評価を行うためにシミュレーターを作成し、動的にレプリカ選択を行うことによる応答性能について評価を行った（図3）。この結果、提案手法ではより高負荷な場合においても多くのリクエストを処理できることが確認できた。

さらに、提案手法を実機で行うための実

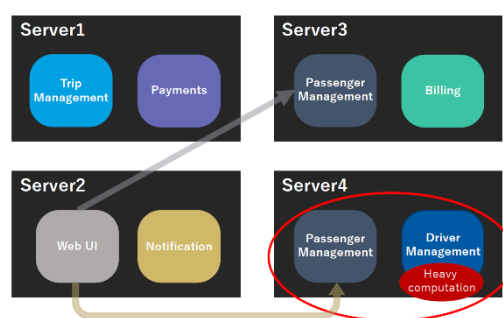


図1 レプリカ選択

提案手法によるコンテナの選択

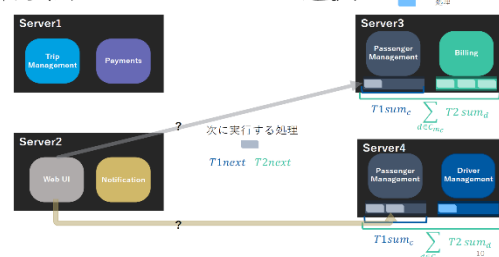


図2 後続レプリカの応答時間のモデル化

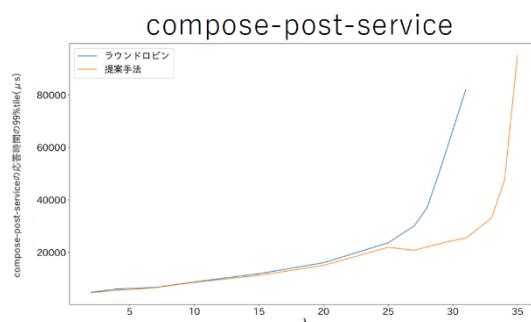


図3 動的レプリカ選択による応答時間の改善

証に向けた実装を進めた。提案手法をサービスメッシュ内で行うことによりアプリに対して透過的に動作するレプリカ選択手法を Istio を用いて実装した。2021 年度は Docker-compose を用いてシングルノード内で提案手法が動作することを確認した。2022 年度は、Kubernetes を用いて複数ノード内で提案手法を動作させ、複数ノード下で実証を行う。

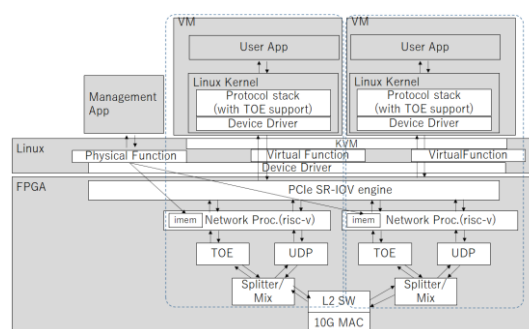


図 4 SmartNIC による L4 処理のオフロード

サービスメッシュを SmartNIC にオフロードすることによる遅延時間の低減

レプリカによる負荷分散やカナリアリリース、分散トレーサなどの機能はアプリケーションに透過的に動作するサービスメッシュにより実行される。しかしながら、サービスメッシュは各サービスにたいしリバースプロキシとして動作するため、リクエストの応答時間の悪化の原因となる。そこで、サービスメッシュの一部を SmartNIC にオフロードすることによる高速化手法について検討した。

SmartNIC の中に TCP Offload Engine とソフトウェアプロセッサを実装し、L4、L7 レベルでネットワーク処理を NIC 内でプログラマブルに行う実装（図 4）を行った。Xilinx の Alveo U280 に TCP Offload Engine と Microblaze を実装しホストプロセッサに負荷をかけることなく、簡単なロードバランス処理が行えることを確認した。

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 仮屋 郷佑, 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実行最適化」, コンピュータシステム・シンポジウム(ComSys2021), Dec. 2021.
- 2) 坂本 龍一, 「HPC システムにおける電力資源の有効利用」, 第 26 回 AT 研究会オープンアカデミックセッション, Oct. 2021.

【研究の概要と成果】

円滑な遠隔授業実施のための TSUBAME3.0 Web アプリ実行機能への noVNC の機能追加

スパコン TSUBAME3.0 を用いた講義の実施に際し、令和 2 年度より TSUBAME ポータル上で運用している Web アプリ実行機能（Jupyter Lab および code-server）は特に遠隔講義が求められる昨今有用なものであるが、利用できるアプリケーションはプログラム開発環境のみであり、実行結果の可視化においては従来の SSH を用いた画面転送機能に頼らざるを得ない状況である。しかしながら受講生に企業所属者などがいる場合、企業側ネットワークの強固なファイアウォールにより従来の SSH を用いた TSUBAME3.0 への接続が困難な場合が多く、対応に多くの講義時間とサポート人員を割く必要があった。

そのため、プログラムの開発・実行・結果の可視化まで Web ブラウザで完結できるように整備することで、遠隔講義の受講者の環境の差異（ネット接続環境、PC の OS やインストールソフトの相違を含めて）への対応に講義時間が削がれなくなり、受講者の環境の差異を気にすることなく、講義の実施をより円滑化できることが強く期待されている。それに加えて、講義が統一的な環境で行えることで、受講者は講義内容へ集中することができ、教育的効果も期待できる。

そこで TSUBAME3.0 における実行結果の可視化を Web ブラウザ経由で実行できるようにするために、TSUBAME3.0 で提供されている Web アプリ実行機能の改修を行った。Web アプリ実行機能では Jupyter Lab および code-server 以外のアプリケーションの起動をサポートしていなかったが、一般の X11 アプリケーションをブラウザ経由で実行できるよう、noVNC (<https://github.com/novnc/noVNC>) を Web アプリ実行機能経由で起動できるようにした。本機能は令和 4 年度より TSUBAME3.0 の本サービスとして提供され、TSUBAME ポータル上の Web アプリ実行機能より noVNC を起動することにより、遠隔講義での GUI アプリケーション実行やジョブ実行、計算結果の確認までを Web ブラウザにて完結できるようになった。令和 4 年度は講義で実際に利用し、更なる課題の洗い出しを行っていく予定である。

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ー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】

機械学習を用いた自律型スマート HPC データセンターの実現にむけて（基盤(B)・分担）

スーパーコンピュータにおける資源スケジューリングは、限られた計算リソースをいかにして効率よく、ユーザに対して公平に分配するののかという最適化問題である。特に、TSUBAME3 におけるノードの動的分割や、契約電力等を理由とするパワーキャッピングなどの制約条件が増えるとその複雑性は爆発し、現在の人間のヒューリスティックスに基づくアルゴリズムだけで対応することの限界にぶつかる。

本研究では、スーパーコンピュータのジョブ状況や各種センサーを入力とし、電力やノード数制約を守る形でのジョブスケジュールを出力とするニューラルネットワークを構築し、TSUBAME3 等のスーパーコンピュータのジョブ履歴情報を学習させることで、このような複雑な問題に関するヒューリスティックスを自動で構築することを目指す。

今年度は、ジョブスケジューリングの機械学習を用いた自動化のために必要とされるジョブの実行ログ情報について、東工大の TSUBAME3 および産総研の ABCI で実際に取得しているセンサー情報・ログ情報に基づき、個々のソフトウェアの保存形式に依存しない共通形式としての、標準ジョブ履歴スキーマの精緻化を行った。これを発展させて各スパコンで用いているツールにあわせた解析ワークフローを使い捨てにすることなく、標準スキーマへの変換方法を記述するだけで異なるサイトや、次世代のスパコンでも適用できるようになるようツールの共通化に努めたい。

スーパーコンピュータの対話的利用法の高度化

スーパーコンピュータは、複数の計算ノードを多数のユーザで共用するという利用形態ゆえに、その利用法やソフトウェア環境が独特のものとなり、研究室内やクラウド上で開発されたプログラムの持ち込みについて、前提知識という点において敷居の高いものとなっている。

この問題への対応策として、特に Linux システムの初学者にとってハードルの高い、SSH および公開鍵認証方式などのスーパーコンピュータの利用に求められる前提知識をバイパスして、Web ポータル経由で TSUBAME3 計算ノード上の Jupyter Lab および code-server を使用することができるプラットフォームの開発を行ってきた。今年度は新たに noVNC を用いた一般の Linux 向け GUI アプリケーション実行環境の整備を行い、2022 年 4 月よりその運用を開始した。これによって今までの開発環境へのアクセスおよび画像ファイルの表示にとどまらず、GUI による可視化を含めた汎用的な TSUBAME 利用の基盤が整った。

また、対話的利用法の普及に備えて、スパコンのノード上で複数の対話的ジョブが実行された際における性能面での影響について、モデリングおよびそれを前提としたスケジューリングポリシーの開発を試みており、将来のスーパーコンピュータにおいてより効率よく対

話的利用が行えるよう研究を継続する予定である。

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 における AlphaFold2 の実行のプロファイリングを行い、ボトルネック解析およびコードの最適化を行うことで、TSUBAME3.0 における AlphaFold2 の実行時間を平均して2分の1に削減した。加えて、AlphaFold2 の実行はデータベースへの I/O が律速になる個所があることから、実験的に SSD で構成したファイルサーバを構成し TSUBAME3.0 に接続することで、I/O 性能の向上を図った。このような考察は次期スーパーコンピュータの設計においても重要なパラメタになると考えている。

【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Shohei Minami, Toshio Endo, Akihiro Nomura. “Measurement and Modeling of Performance of HPC Applications towards Overcommitting Scheduling Systems”, 24th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing (JSSPP 2021), May 2021

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 藤田 隼斗, 野村 哲弘, 遠藤 敏夫, 関嶋 政和. タンパク質立体構造予測システム AlphaFold の TSUBAME3.0 上での高速化 . 情報処理学会研究報告, 2022-HPC-183, No. 3, 2022 年 3 月.
- 2) 細木 隆豊, 野村 哲弘, 遠藤 敏夫. GPU クラスタにおけるハイブリッド並列 DNN 学習のボトルネック分析と改良 . 並列/分散/協調処理に関するサマータークショップ (SWoPP2021), 情報処理学会研究報告, 2021-HPC-180, No. 9, 2021 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。

低スピンレートでバックスピンをする野球ボールが、なぜ落ちるのか。その謎を解明するために、ボールの縫い目まで解像する計算格子を用いた複数 GPU 計算を実施した。ここでは GPU 並列化に適した格子ボルツマン法を用いた。格子ボルツマン法では、格子サイズが一定、もしくは $1/2$ など規則的に細分化された格子を用いることで、計算精度を落とすことなく、計算が可能となる。縫い目を再現するために、縫い目近くに行くにしたがい、格子を細分化する適合細分化手法を用いた。

野球ボールが回転した場合、縫い目が 4 回現れる 4 シームと 2 回現れる 2 シームがある。垂直方向にバックスピンを起こす場合、4 シームでは上面では剥離点が縫い目に固定され、剥離点が下流に居続けるが、下面では縫い目に引きずられ前方に剥離点が移動する。この結果、後流は斜め下向きに発生し、その反力として上向きの揚力が得られる。4 シームでは、1 回転中に 4 回この効果が発生するので、常に揚力が発生することになる。一方、回転が遅い 2 シームでは、上面で縫い目に固定された剥離点が下流へ移動するものの、次の縫い目がなかなか現れないので、その間に剥離点は前方へ移動していく。逆に下面では、縫い目に固定された剥離点が前方へ移動するものの、次の縫い目がなかなか現れないので、剥離点は下流へ移動する。特に下面では回転と流れの向きが逆であるため、上面よりも下面の剥離点のほうが、滑面上を下流へ移動しやすい。結果として、1 回転する間に、後流が斜め上となる時間が表れ、その際に下向きの揚力、つまり落ちる方向の力が発生することになる。2 シームにおいても回転数が高くなると、縫い目が表れる時間が早くなり、剥離点が滑面を移動する時間が少なく、負の揚力が表れる時間が減っていく。結果として、下向きの力は発生しなくなっていく。

今後は、スプリットと呼ばれるボールがジャイロ回転する場合の流体挙動について、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）を用いた量子乱流における超流体と常流体のカップリング計算

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。

液体ヘリウムは、 2.17 K 以下で粘性が非常に低下する超流動性を示す。超流動ヘリウムは、粘性をもたない超流体成分と粘性をもつ常流体成分が混合した 2 流体状態にあることが知られている。そのような極低温では、超流体は量子化され、量子数 1 の循環をもつ渦糸として存在することが理論および実験において明らかにされている。これを量子渦と呼ぶ。超流動ヘリウムで満たされた矩形ダクトの一端を熱すると常流体は低温側へ移動する。こ

の時、質量を保存するように超流体は高温側へ移動する。これを熱対向流と呼ぶ。熱流束を上昇させると対向流速度が増加し、量子渦は引き延ばされタングル状になる。これを量子乱流と呼ぶ。この量子渦と常流体は相互摩擦力を介して互いに力を及ぼし合う。対向流の相対速度が非常に低い場合は、超流体と常流体は層流であるが、速度が上昇するにつれて、超流体のみが乱流で常流体は層流の T1 状態となり、さらに増加すると両流体が乱流となる T2 状態となる。

量子渦は有限の渦線素に分割され、ある線素への全渦糸からの誘導速度をビオサバール則によって計算を実施する。この計算が粒子数の 2 乗に比例する多体問題となる。そこで、粒子数の 1 乗の計算量となる FMM を GPU で実行することで 100 倍近く高速になった。本計算手法を利用することで、2 流体乱流である T2 状態の検討が可能となった。常流体を ABC 流れとして、低波数の外力で駆動することで常流体を乱流化した。常流体の乱流強度が、実験と整合するように ABC 流れの振幅を調整することで、渦糸長密度や常流体の乱流強度は量子乱流によって増加し、実験における渦糸長密度と相対速度の比例係数をよく説明することが明らかになった。さらに、流れ方向に軸をもつ竜巻構造が現れ、量子渦がそこに巻き取られていく様も見出された。今後、さらに熱流束の高い十分発達した 2 流体乱流状態の再現を行い、エネルギースペクトルや乱流変調について詳細に検討を行っていく。

回転二重円筒内 MHD 流れの検討

風力発電では、ある速度以上の風速では、翼のピッチ角を変更するなどして、トルクを制御し、定格電力とする運転がなされている。この場合、電力に変換できる余剰風力を無駄に捨てている。そこで、シャフト部分の周りに円筒容器を用い、その中に液体金属を入れ磁場を印加することで、ピッチ角制御を用いず、回転流にローレンツ力によるブレーキをかけ、定格電力を得られるようにトルクを制御しながら、余剰風力も電力回収する装置が考えられる。その装置は、風力発電に限らず電気自動車の車輪モーターなどの回転機器の制御など幅広い応用が考えられる。

この流れ場は、内円筒が回転する二重円筒内流れであり、テイラークエット流である。アスペクト比 10 の場合、軸方向磁場を増加させていくと、テイラー渦が 10 個から徐々に減少し 2 個となることがわかった。アスペクト比 1 の場合は、テイラー渦が 2 個であるが、磁場を増加させていくと、内円筒側にテイラー渦が偏ることがわかった。また、内円筒付近形成される流れ方向に延びるストリーク構造が抑制され、高速ストリークが三又構造となる特異な分布が現れることがわかった。さらに速度勾配テンソルの第 2 不変量で可視化される渦管は、流れ方向に軸を持つ乱流構造から、磁場方向に軸を持つ準 2 次元構造へと変化することがわかった。実験装置を作成し、実験を行った。実験における磁場分布を再現し、実験を再現する 3 次元計算も行った。今後は、実験中の電磁流体挙動を解明し、より制御性の高い実験装置を設計していく。

【査読付き学術論文】

- 1) Yuta Hasegawa, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi, Yasuhiro Idomura, Naoyuki Onodera, “Tree Cutting Approach for Domain Partitioning on Forest-of-Octrees-based Block-structured Static Adaptive Mesh Refinement with Lattice Boltzmann Method”, *Parallel Computing*, Vol.108, 102851 (12 page) (2021)
- 2) 大橋遼河、青木尊之、渡辺勢也、小林宏充、「低スピンドレートで回転する野球ボールの空力解析～フォークボールの縦の変化の解明 ～」, *流体力学会誌*ながれ, 40 巻, 5 号, pp.343-355 (2021)
- 3) 佐々木亮、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「同軸二重円筒型 MHD エネルギー変換装置の発電特性に関する理論解析」, *電気学会論文誌 B*, 141 巻, 10 号, pp.642-648 (2021)

【査読なし学術論文】

- 1) Satoshi Yui, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, Rio Yokota, “Quantum Turbulence Coupled with Externally Driven Normal-Fluid Turbulence in Superfluid 4He”, *arXiv*, (2021)
<https://arxiv.org/abs/2105.09499>

【査読付き国際会議発表】

- 1) Ryo Sasaki, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, Hiromichi Kobayashi, “Liquid metal flows with MHD interaction in rotating co-axial cylinder”, *The IX International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED 2021)*, Online (2021)
- 2) Satoshi Yui, Hiromichi Kobayashi, Makoto Tsubota, Rio Yokota, “Coupled dynamics of quantum turbulence and synthetic normal-fluid turbulence in superfluid helium-4”, *International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2021)*, Online, India (2021)
- 3) Ryo Sasaki, Takayasu Fujino, Hidemasa Takana, Hiromichi Kobayashi, “Large Eddy Simulation of Liquid Metal Flow in Co-axial MHD Energy Conversion Device”, *Eighteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2021)*, Online, Sendai, Japan (2021)
- 4) Hiromichi Kobayashi, Hidemasa Takana, Ryo Sasaki, Takayasu Fujino, “Study on MHD phenomena in Co-axial Energy Conversion Device”, *Eighteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2021)*, Online, Sendai, Japan (2021)
- 5) Hiromichi Kobayashi, Toshiyuki Gotoh, Hideaki Miura, “A Langevin model for gradients of passive scalar in isotropic turbulence.”, *4th International Workshop on Cloud Turbulence*, Online, Nagoya, Japan (2022)

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 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 新エネルギー・環境研究会, 講演要旨集, オンライン開催*, (2021)

- 2) 湯井悟志、小林宏充、坪田誠、Wei Guo、「超流動 4He の量子乱流における量子渦の超拡散の数値的研究」、日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021 年)、講演要旨集、オンライン開催 (2021)
- 3) 稲垣和寛、小林宏充、「チャネル乱流における SGS 乱流エネルギーのモデリングに関する検討」、流体力学会年会 2021, 講演要旨集, 東京, オンライン開催 (2021)
- 4) 佐々木亮、藤野貴康、高奈秀匡、小林宏充、「MHD 相互作用下における Taylor-Couette 流れの三次元数値シミュレーション」、第 35 回数値流体力学シンポジウム, 講演要旨集, オンライン開催, (2021)
- 5) 青木尊之、大橋遼河、渡辺勢也、小林宏充、「回転する野球ボールの空力解析 ―フォークボールの落ちる謎の解明―」、第 35 回数値流体力学シンポジウム, 講演要旨集, オンライン開催, (2021)
- 6) 新田魁洲、宗岡均、清水禎樹、小林宏充、寺嶋和夫、伊藤 剛仁、「大気圧高周波プラズマ中のインクジェット液滴の蒸発挙動の観察」、第 69 回応用物理学会春季学術講演会, 講演要旨集, ハイブリッド開催, (2022)

6-3 受賞学術賞等

■グラフィクスアワード・最優秀賞

Sitompul Yos、青木尊之、渡辺勢也（九大）、高木知弘（京都工芸繊維大）
第26回計算工学講演会（2021年5月27日）

■グラフィクスアワード・特別賞

Sitompul Yos、青木尊之、渡辺勢也（九大）、高木知弘（京都工芸繊維大）
第26回計算工学講演会（2021年5月27日）

■グラフィクスアワード・動画賞

吉泉瑛（青木研 2021年3月修士修了）、青木尊之、松下真太郎
第26回計算工学講演会（2021年5月27日）

■グラフィクスアワード・特別賞

吉泉瑛（青木研 2021年3月修士修了）、青木尊之、松下真太郎
第26回計算工学講演会（2021年5月27日）

■学生優秀発表賞

相川洋貴（遠藤研究室）
情報処理学会 第180回 HPC 研究発表会 SWoPP2021（2021年7月21日）

■ベスト CFD グラフィックス・アワード・2位

吉泉 瑛（青木研 2021年3月修士修了）、青木 尊之、杉原 健太、松下 真太郎
第35回数値流体力学シンポジウム（2021年12月15日）

■学生奨励賞

中村秋海君（横田研究室 B4）
情報処理学会 第84回全国大会（2022年3月4日）

7. 業務貢献

7-1 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	○		○	○	○		○	○
宮崎 純	○	○	○		○		○	◎
青木 尊之			○			◎	◎	○
杉野 暢彦	◎	○	○	○	○			
友石 正彦	○	◎	○	○	○			
西崎 真也	○	○		◎	◎			○
遠藤 敏夫		○	◎			○	○	○
北口 善明		○						
横田 理央			○			○	○	
大西 領							○	
松浦 知史	○	○						
坂本 龍一			○				○	
渡邊 寿雄			○				○	○
石井 将大		○						
野村 哲弘			○				○	
金 勇		○						

専門委員会開催数 (メール審議含む)	認証基盤専門委員会	6 回
	ネットワークシステム専門委員会	5 回
	高性能コンピュータシステム専門委員会	4 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	0 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 5 回

定期ミーティング開催数	認証基盤システム	45 回
	ネットワークシステム	52 回
	コンピュータシステム	0 回
	TSUBAME	48 回
	教育システム	12 回
	共同利用・共用促進事業	47 回

7-2 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
2021 年 TSUBAME 春の講習会（4/13～6/16）	情報基盤課
第 27 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（8/23～8/27）	西崎 真也、遠藤 敏夫
2021 年 TSUBAME 秋の講習会（10/11～11/24）	情報基盤課
10th ADAC- Workshop（5/10～5/18） 11th ADAC- Workshop（1/24～1/28）	遠藤敏夫、横田理央、野村哲弘、渡邊寿雄
SC21 オンライン出展（11/14～11/19）	遠藤 敏夫、野村 哲弘
Workshop on Computation: Theory and Practice2021（11/27）	西崎 真也
第 2 回「微気象制御学」領域シンポジウム（3/16）	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

7-3 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 香月 稔、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、香月 稔 鶴見 慶 （技術審査）渡邊 寿雄、根本 忍 藤田 和宏、阿部 公一
東京工業大学キャンパスネットワークシステム（無線ネットワーク部分）一式	（仕様策定）★北口 善明、西崎 真也、 松浦 知史、後藤 洋子、増渕 長興 （技術審査）友石 正彦、金 勇、岸本 幸一、 大場 準也、後藤祐輝
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

東京工業大学学術国際情報センター年報
2021 年度
第 20 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
