

オープンスペースディスカッション2023実施報告

Report on Open Space Discussion 2023

原田 智広 Tomohiro Harada	埼玉大学 Saitama University tharada@mail.saitama-u.ac.jp
木下 貴登 Takato Kinoshita	大阪公立大学 Osaka Metropolitan University takato@ieee.org
白石 洋輝 Hiroki Shiraishi	横浜国立大学 Yokohama National University shiraishi-hiroki-yw@ynu.jp
高野 諒 Ryo Takano	富山県立大学 Toyama Prefectural University r-takano@pu-toyama.ac.jp
田島 友祐 Yusuke Tajima	滋賀大学 Shiga University yusuke-tajima@biwako.shiga-u.ac.jp
谷垣 勇輝 Yuki Tanigaki	産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology tanigaki.yuki@aist.go.jp
苗村 伸夫 Nobuo Namura	富士通株式会社 Fujitsu Limited namura.nobuo@fujitsu.com
西原 慧 Kei Nishihara	横浜国立大学 Yokohama National University nishihara-kei-jv@ynu.jp

keywords: Evolutionary computation, open space technology, symposium event.

Summary

On December 21, 2023, Open Space Discussion 2023 (OSD2023) was held as a 1st-day event of the 2023 Symposium on Evolutionary Computation. This event was motivated to provide an opportunity to share, discuss, and create future directions in evolutionary computation. This paper offers an event report for OSD2023, including a summary of the discussions and participant feedback.

1. はじめに

進化計算シンポジウム 2023 においてオープンスペースディスカッション 2023 (OSD 2023) が実施された。このイベントは、新たな研究目標やアイデアの着想、コミュニティの形成を期待し、進化計算の将来的な目標を研究・社会応用・教育などの幅広いトピックから自由に議論する機会として開催された。研究者・企業・学生の方を含む 37 名が参加し、9 つのトピックについて議論された。図 1 に集合写真を示す。本稿では、OSD 2023 の開催報告として、開催方法、トピック毎の議論内容、ならびに、事後アンケート結果について報告する。なお、OSD の開催に至る経緯は 2021 年の開催報告 [能島 22] を参照されたい。

2. OSD 2023 開催方法

進化計算シンポジウム 2019 で初めて開催された OSD は今年で 5 回目の開催となった。2022 年以前の内容に関しては過去の開催報告を参照されたい [能島 22, 中田 23]。OSD 2023 は 2023 年 12 月 21 日に神奈川県小田原市小田原お堀端コンベンションホールにおいて開催された。当日のスケジュールを図 2 に示す。例年の開催方法に従い 2 セッション構成とし、各セッションでは、1) 議論するトピックの決定と説明、2) 選定した複数のトピックについて参加者が移動・参加可能な自由議論形式のグループディスカッション、3) 議論結果の共有で構成された。昨年との変更点として、進化計算シンポジウム 2023 が対面のみの実施となったこと



図1 OSD2023 参加者

(13:10 開場)
13:25-13:30 OSDの趣旨説明
13:30-14:45 第1セッション
トピックの決定と説明 (15分程度)
グループディスカッション (50分程度)
情報共有 (10分程度)
14:45-14:55 休憩
14:55-16:25 第2セッション
トピックの決定と説明 (30分程度)
グループディスカッション (50分程度)
情報共有 (10分程度)
16:25-16:30 総括

図2 OSD 2023 スケジュール

に伴い、OSD 2023も実施形式は対面のみとし、オンラインでの議論は実施しなかった。

OSD 2023では、2022年と同様に、第1セッションについては、議論するトピックを事前に募集・選定し、開催当日までに把握ならびに予備議論できるように議事録をオンラインドキュメント (Google Docs) で公開した。一方、第2セッションでは、OSD 2023の新しい試みとして、事前アンケートで参加者の興味の集まった

キーワードをもとに、トピックを参加者間の議論で決定した。キーワードは、「多目的最適化」、「機械学習・深層学習」、「研究テーマ立案」、「学会発表・論文執筆」、「産学連携・共同研究」、「研究室運営」、「将来展望・学術展開」、「留学、海外での研究」の8つを世話役が事前に選定し、参加者には興味のあるキーワードに集まっていたいただき10分間の議論でトピックを決定していただいた。最終的に、当日参加者の興味・関心の集まった「多目的最適化」、「機械学習・深層学習」、「学会発表・論文執筆」、「産学連携・共同研究」、「留学、海外での研究」の5つからトピックを決定した。

3. 議論されたトピック

OSD2023では、事前アンケートで提案されたトピックに加え、事前に選定したキーワードごとに、当日の参加者からトピックを募った。その結果、第1セッションでは事前に提案された4つのトピック (T1-1, T1-2, T1-3, T1-4)、第2セッションではキーワードに基づいて当日に提案された5つのトピック (T2-1, T2-2, T2-3, T2-4, T2-5) について議論が行われた。これら9つのトピックと提案者 (第1セッション)、募集キーワード

(第2セッション)を以下に示す。

- T1-1: GPT によるお手軽 (?) コーディングと手法開発のための AI 活用戦略を語ろう (金崎雅博@東京都立大学)
- T1-2: 進化計算を産業界に広く定着させるには? (濱田直希@ KLab 株式会社)
- T1-3: 進化計算の研究を活かせる就職先, 求人情報 (高木智章@電気通信大学)
- T1-4: アルゴリズムの選び方 (田中彰一郎@電気通信大学)
- T2-1: 研究者や実用におすすめの多目的最適化ツール (応募キーワード “多目的最適化”)
- T2-2: 進化計算と機械学習 (募集キーワード “機械学習・深層学習”)
- T2-3: 論文誌や会議ごとの文化はどうなっているの? どこに投稿する? (募集キーワード “学会発表・論文執筆”)
- T2-4: 共同研究におけるデータの取り扱い (募集キーワード “産学連携・共同研究”)
- T2-5: 留学したい人 背中押します (募集キーワード “留学・海外”)

各トピックの議論内容について以下にまとめる。

3.1 T1-1: GPT によるお手軽 (?) コーディングと手法開発のための AI 活用戦略を語ろう

計算, 翻訳, 作文などの分野で急速に普及した大規模言語モデル (Large Language Models: LLMs) は, 文献情報の検索と説明やコーディング, デバッグといった計算科学分野でも頻出するタスクを効率化するツールとして近年, 注目を集めている。このトピックでは, 実際に代表的な大規模言語モデルである ChatGPT[OpenAI] を用いてコーディングを行ったトピック提案者の経験の共有と, 今後の LLMs 技術の発展を見据えた, 進化計算との融合について議論が行われた。

LLMs を用いたコーディングに関しては, コードリファクタリング (既存コードの再設計・書き直し) と文章で説明したアルゴリズムのコーディング (コードの新規生成・アルゴリズム理解) の2点について議論された。LLMs によるコードリファクタリングの利点として, 可読性が高いこと, コメントによる説明が適時行われることが挙げられた。一方, 出力されたコードが動かない場合に手戻りが発生することが問題点として指摘された。また, Microsoft Copilot[Microsoft] や Colab AI[Google] のようにコーディングに特化した LLMs を利用することで, 出力が安定しやすいという経験談も語られた。

アルゴリズムのコーディングについては, アルゴリズム手順を細かいサブルーチンへと分解して ChatGPT に渡すことで整合性のあるコードが出力されやすい,

疑似コードを出力させるステップを置くことで使用者の意図したコードが出力されやすいなどのノウハウがトピック提案者から共有された。

進化計算との融合に関しては, 新たなアイデアの創出に用いるケースと目的関数の評価に LLMs を用いるケースについて議論が行われた。新たなアイデアを生み出す一例として, トピック提案者からベイズ最適化に関するプロンプトを与えた ChatGPT が, 直接的に言及していない統計学分野の知見を前提とした回答を行った経験が報告された。LLMs によって研究者が見落としていた他分野の類似アイデアを提示してくれる可能性を表す事例と言える。

目的関数の評価に LLMs を用いる研究については, 与えられたタスクを解決するアルゴリズムを出力する LLMs である FunSearch[Romera-Paredes 23] や多目的最適化手法の決定変数生成器として LLMs を用いる MOEA/D-LO[Liu 23] が紹介された。また, 特定のペルソナをプロンプトとして与えた LLMs を対話型進化計算の評価者にする案や LLMs を目的関数のサロゲートとして用いる案が提案された。

そのほか, LLMs に否定的な意見を出力させることで自分の研究を客観視するアイデアや, 研究ツールのマニュアルを LLMs に読み込ませることで補助に使うアイデアなど, 今後の研究活動全般に LLMs を活用するプランが話し合われた。

3.2 T1-2: 進化計算を産業界に広く定着させるには?

空前の人工知能 (AI) ブームにもかかわらず, 特に本邦では進化計算が AI プロジェクトにおいて検討の俎上にもあがらないことが多い。そのため, 進化計算は一部の業界 (製造業) で一部の専門家だけが使うツールに落ち着てしまっている。このトピックでは, 人工知能における進化計算の位置付けの整理から始まり, 進化計算の応用のニーズや事例, 前提条件についての確認, ツールの普及に関する課題や広告戦略についての検討などのサブトピックについて議論した。そして, これらを通じて, 進化計算が産業界に広く定着し, 多くの人々に進化計算が普及する道程について話し合った。

人工知能における進化計算の位置付けについては, 本来は進化計算は人工知能の一分野 (すなわち, 進化計算 \subseteq 計算知能 \subseteq 人工知能) であることが確認された。その一方で, 人工知能 = 深層学習という認識が広まっており, 遺伝的プログラミングなどの例外を除いて, 進化計算が最適化手法の1つとして認識されている近年の状況も共有された。AI をツールとして考えたとき, モデリング手法としてのニューラルネットとソルバとしての進化計算を含めた最適化手法のような構図があり, 後者を役立たせるには前者における pre-trained model のような多くの実問題に共通する性質を考慮した手法が求められるという意見も挙げられた。

進化計算の応用事例については、製造業以外の業種における事例としてアスクルにおける在庫配置計画の最適化 [Mitsui 22] が挙げられ、最適計画のニーズは製造業に限らず産業界に広く存在することが確認された。また、進化計算の応用の前提について議論された。製造業においては物理モデルが確立されている一方、他分野では AI 活用として深層学習によるモデリングが進められている状況であり、モデルを活用した最適化まで到達できていないと考えられる。そのため、モデリングの進展に伴い確立したモデルが利用可能となり、計算資源に余剰が生まれることで、産業界の関心が最適化に向けられる展望が期待される。

進化計算は MATLAB や Optuna [Akiba 19] などにソルバとして組み込まれていることが報告された。しかしながら、ツール名のみが認知され、アルゴリズムは知られていない状況も共有された。対照的に、深層学習や機械学習には、確立した1つのドメインとして成熟したツールが存在し、さらに例えば Scikit-learn [Pedregosa 11] では目的や状況に応じてアルゴリズムを選択できるフローチャート*1なども用意されており、進化計算の実装および手法の利用可能性の向上が課題点として挙げられた。また、その他の議論として、最先端のベンチマークや Kaggle などにおいて進化計算を用いて好成績を収めるという広告戦略や、そもそも「進化計算」という名前から応用が想像しにくいという意見が挙げられた。

3.3 T1-3: 進化計算の研究を活かせる就職先, 求人情報

このトピックでは、進化計算の研究を活かせる就職先や求人情報の現状や悩みが主に議論された。参加者は企業から1名、教員から1名、学生から9人で、特に学生の関心が高かった。議論は進化計算に関連した就職先の現状と、進化計算研究を武器に就職先を探すための取り組みに焦点を当てた。

進化計算に関連した就職先を探す際の現状として、求人が見つかりづらいという共通の意見があった。最近の人工知能ブームにともない、「機械学習」や「人工知能」でヒットする企業・職種は多い一方で、「進化計算」の求人はほとんど存在しないとの指摘があった。そのため、進化計算の研究で得た知識を仕事に活かしたいが、求人検索では機械学習や人工知能に範囲を広げているという現状が認識された。これにより、就職後に進化計算を用いた業務に従事することが難しく、多くの場合は進化計算から離れた分野の研究開発に従事することに対する懸念が共有された。

進化計算研究を活かすための就職活動の準備として、AtCoder や GitHub, Qiita などのアカウント情報が求められるケースがあり、これらの実績が有利に働く可能

性が指摘された。具体的には、研究で使用したコードの公開や、AtCoder でのヒューリスティック問題への取り組みなどが有益であるとの意見があがった。また、国際学会での英語発表の実績が評価されるため、学会発表も有益であるとされた。最後に、進化計算の活用範囲や具体的な利用方法をアピールする必要がある、進化計算コンペティションで出題される問題が産業界の課題であることが強調された。

一方で、進化計算コミュニティでは、進化計算の認知度向上が期待されている。機械学習や深層学習に比べて認知度が低いため、企業も進化計算技術を積極的に求めているという現状が指摘された。進化計算の認知度向上により、企業のニーズ創出と人材の需要増加が期待されている。近年、進化計算シンポジウムにおいて企業からの参加者が増えており、学会会場での学生・教員や企業スポンサーの導入、他の学会（人工知能学会、情報処理学会等）で進化計算の盛り上がりアピールすることが、進化計算の認知度向上に貢献し、今後の進化計算人材の活躍の場を増やすために期待される。

3.4 T1-4: アルゴリズムの選び方

このトピックでは、ベンチマークでの進化アルゴリズムの比較や実問題への適用において、使用するアルゴリズムをどのように選択すべきかについて議論がなされた。進化計算では、アルゴリズムの提案者も自身のアルゴリズムの適用範囲を明確に示すことができず、比較に用いるアルゴリズム、ベンチマーク問題ともに広範囲から選択されることが散見される。この原因として、多峰性や悪スケール性、変数分離の可否など一般的に用いられる最適化問題の特徴に基づいて問題を分類しても、同一の分類内の個々の問題（インスタンス）によって、結果が大きく異なることが挙げられた。また、最適化問題のある特徴（例えば悪スケール性）に対処するためのアルゴリズムを提案する場合、他の特徴（多峰性や変数分離の可否など）については不問とし、広範囲の問題を取り扱うことが、比較を困難にしているとの意見もあった。

この問題に対処し、論文の読者に対してアルゴリズム選択を手助けする一つの方法として、論文が対象とする一つの特徴の強弱に着目し、他の特徴を固定したうえで提案アルゴリズムがどこまで対処できるかを調査すべきとの提案があった。また、既存の特徴では分類しきれない最適化問題を、関数からのサンプルリング結果を用いて表現されるランドスケープに基づいて分類する方法が共有され、自動アルゴリズム選択の必要性についても議論がなされた。

*1 https://scikit-learn.org/stable/tutorial/machine_learning_map/

3.5 T2-1: 研究者や実応用におすすめの多目的最適化ツール

このトピックでは、(主に進化型)多目的最適化の研究や実応用の現場で用いるツールやフレームワークについて、現在の使用状況や、特徴の調査、および情報交換を行った。参加者は、企業から2名、教員から1名、学生から7名参加した。

使用するプログラミング言語については MATLAB が6名、Python が4名であった。多目的最適化フレームワークの使用状況については、MATLAB では6名全員が PlatEMO[Tian 17]、Python では DEAP[Fortin 12]、Pymoo[Blank 20]、jMetalPy[Benítez-Hidalgo 19]、Optuna をそれぞれ1名ずつ使用していた。また、多目的最適化アルゴリズムの実装数は、PlatEMO が200以上、DEAP が3(環境選択換算)、Pymoo が10、jMetalPy が10、Optuna が2である。

多目的最適化自体の研究の観点では PlatEMO への支持が強かった。主な理由として、アルゴリズムに加えベンチマーク問題の実装数も多く、実験による比較が容易である点が挙げられた。その他の理由として、PlatEMO フレームワークはオブジェクト間の関係が単純であり、コードの再利用性や拡張性の点で支障があるものの、可読性が高く、頻繁な仕様変更が伴う研究の現場の実情に合っているという意見も挙げられた。

その一方で、多目的最適化の応用的な研究や実応用の観点における議論では、Python における多目的最適化フレームワークにも支持が集まった。理由としては、扱いたい問題やモデルが Python で実装されていることや、引き継いだコードで使われていたこと、特定の用途に特化していることが挙げられた。さらに、Python におけるフレームワークは全て LGPL (DEAP)、Apache-2.0 (Pymoo)、MIT (jMetalPy、Optuna) などのフリーなライセンスなのに対して、PlatEMO は “You are free to use the PlatEMO for research purposes.”*2 という独自のソフトウェアライセンスとなっており、PlatEMO の企業などにおける実用上の重大な欠点が指摘された。

また、Python におけるフレームワークについての議論では、実行速度などが配慮されており可視化も準備されている Pymoo が有望であるものの、元 jMetal ユーザなら jMetalPy、特定の用途なら DEAP や Optuna など、状況や用途に応じて選択することが提案された。

3.6 T2-2: 進化計算と機械学習

このトピックでは、進化計算と機械学習を組み合わせた領域に関わる研究者が集まり、現状の課題と今後の方向性について議論が行われた。

進化計算と機械学習を組み合わせる方法には、大きく分けて二つの方向性が考えられる。ひとつめは、機械

学習の高品質化、効率化に進化計算を用いる方法で、一般には AutoML[He 21] と呼ばれている。ふたつめは、これとは逆に、進化計算を効率よく行うために機械学習を利用することもできる。計算コストが大きい解評価を行う必要な問題に対して、機械学習により代理の評価モデル(サロゲートモデル)を構築する研究[Talbi 21]が盛んにおこなわれている。本トピックでも上記の2点について議論が行われた。

AutoML については、離散・連続・カテゴリカル・コンディショナルといった多様な決定変数空間を取り扱う必要性和評価コストの大きさが課題として挙げられた。一例として取り上げられたニューラルネットワークの構造最適化 (Neural Architecture Search: NAS) [Elsken 19] では限られた計算コスト内で効率的に構造探索を行うために、単純化した探索空間を用いる傾向があり、LLMs のモデル最適化を進化計算で行うための定式化の必要性について議論された。

サロゲートモデルに関する議論では、機械学習による代理モデルの作成コストが取り上げられた。代理モデルを構築するためには一定量のサンプルが必要であり、構築後の評価が実際の評価関数より安価であったとしても、高精度な代理モデルの構築に要するコストを無視することはできない。特に変数の数が1,000を超えるラージスケールな最適化問題では、この問題が深刻になる。

この課題に対して代理モデル構築に用いる機械学習自体のハイパーパラメータの選択やモデル選択の重要性について議論が行われたほか、転移学習の要領で pre-trained なサロゲートモデルを使うアイデアや、Fitness landscape analysis の活用 [Zou 22] が参加者から提案された。

3.7 T2-3: 論文誌や会議ごとの文化はどうなっているの? どこに投稿する?

本トピックでは、進化計算分野内外の教員、企業からの参加者、学生が集まり、論文誌投稿や、国際会議・国内会議の文化や投稿場所の選び方が議論された。

まず、論文誌については、次に示すような良質でハイレベルな論文誌を目指したいという意見が挙がった。IEEE Transactions on Evolutionary Computation (IEEE TEVC) は進化計算分野トップの論文誌であることは言うまでもなく、IEEE Transactions on Cybernetics (IEEE TCYB) は計算知能を広く扱うが重要な論文誌である。伝統的な進化計算論文誌としては、MIT Press Evolutionary Computation (ECJ) が挙げられ、近年創刊されたものでは ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization (ACM TELO) が注目される。

進化計算を主題とする代表的な国際会議として、Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO) と IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE

*2 <https://github.com/BIMK/PlatEMO>

CEC) が挙げられる。これらは、理論から実応用まで幅広いセッションが設置され、チュートリアルも数多く開催されるため、進化計算の研究者はもちろんのこと、学生や他分野の研究者も気軽に参加できる体制が整っている。近年では、既発表の論文を紹介する Hot off the Press (GECCO 内) や Journal to Conference (CEC 内, 略称 J2C), 論文なしでも発表可能なワークショップ (CEC 内, なお論文投稿が前提のワークショップも多い) が登場するなど、参入のハードルを下げる取り組みがある。GECCO と CEC を含む、進化計算の国際会議の論文採択率は、例えばこちらのウェブサイト^{*3}で確認できる。その他の代表的な会議に、多目的進化計算に特化した Evolutionary Multi-criterion Optimization Conference (EMO) がある。本会議の論文採択率は高いものの、多目的進化計算のコアな研究者が一同に会した上で、シングルセッションで開催されるため、深い議論が展開される貴重な機会となっている。

国内会議としては、やはり進化計算学会のシンポジウムや研究会が、専門的で濃密な議論を行えるため満足度が高いという意見が多かった。一方で、情報系の分野を広範に扱う他の国内会議に参加するメリットには、専門外の知見の習得や修士以下の学生の経験値向上が挙げられた。戦略的な観点として、講演論文集が非公開の会議や受賞が狙える会議を選ぶ声も存在した。また、例えば社会学や経済学の問題を対象としながら計算知能技術を用いて解決する場合など、問題と手法の分野が乖離する場合は、手法の分野を主とする会議を選択すると議論が深まるという意見もあった。その他に、学術界への就職などを見据えて学内外の教員とや、今後も協力・切磋琢磨し合う仲間として同世代との、コネクションづくりの大切さも共有された。本節の終わりに、進化計算学会は、今後も活発な議論が展開され、ホームグラウンドとして戻りたくなる場所を維持しつつ、新規参入者を歓迎し、他学会との協力を続けていければと願う。

3.8 T2-4: 共同研究におけるデータの取り扱い

近年、企業における DX 化の促進などにより様々な情報がデータベース化され、共同研究でもそれらのデータを利用できるケースが増えている。一方で、データの取り扱いについては、企業活動の生のデータであるため注意すべき事項も多い。このトピックでは、共同研究におけるデータの取り扱いについてから議論し、そこから発展して共同研究における企業との連携、企業と研究室間でのコミュニケーションのあり方について話し合った。

データの取り扱いについては、まず機密保持のため具体的なデータの論文への掲載が難しいケース、研究を進めるために必ずしも必要な情報がデータ化されて

いないケース、必要なデータであっても偏りが大きいケースなど共同研究において課題となる状況の共有が行われた。また、進化計算の利点として、必ずしもデータが必須ではなく適切な目的関数の設計ができれば求めたい解を得られる点が挙げられた。

データの取り扱いから発展して、企業から必要なデータを提供してもらうための連携について議論された。理想的な関係としては研究で得られた成果 (アルゴリズムや解) を企業が現場で試験的に導入し、それで得られた知見から更に研究を発展させるフィードバックを有した連携を作ることが望ましく、そのフィードバックから基礎研究へ還元することが重要であることが議論された。

一方で、そのような理想的な関係を築くことは通常の研究とは異なるスキルを必要とすすぐに実施することが難しい。そのため、企業と研究室の仲立ちとして期待される役職として、研究の企画・マネジメントや企業へのヒヤリング・コンサルタントを行う URA (University Research Administrator) が紹介された。URA の人材育成や発展により、研究者と企業との円滑な連携を期待したいが、URA の導入は未だ一部の大学に留まっている。このため、個々の研究者としても企業と効果的な連携やコミュニケーションのために、企業側に利益のイメージに結び付きやすいデモや結果の提示方法について、日々工夫していくことが重要であるとまとめられた。

3.9 T2-5: 留学したい人 背中押します

このトピックでは、留学経験者の体験談を基に、留学に興味がある学生の背中を後押しするための具体的なアクションプランについて議論がなされた。参加者は教員から 4 名、学生から 3 名であり、学生 1 名を除く全員が留学経験者であった。主に、留学への動機と最適な留学時期に焦点を当てた議論が展開された。

1) 留学への動機: 留学の目的は、語学の習得と専門分野での研究を深めることの 2 つに大きく分けられた。A 先生は語学力の向上を目指し、学部時代にアメリカの大学へ語学留学を経験。「意図的に日本人の少ない環境で過ごし、寮生活でネイティブの学生たちとの日常的な交流から言語能力を高めることができた」と共有した。B 先生は「自身の研究分野での専門知識を深めるために、著名な指導教官の指導を仰ぎながら、博士課程時代にスペインの大学にて研究活動に従事した」と述べた。C 学生と D 学生は、国際会議での出会いをきっかけに、それぞれフランス、中国への研究留学を選択。他にも、キャリア向上、異文化交流、新しい視点を学ぶことといった様々な動機が、留学経験者から語られた。

2) 留学の時期: 留学の最適な時期についても活発な議論が行われた。語学留学を目指す場合、研究活動が

*3 <https://ryojitnabe.github.io/ecconf/>

本格化する学部3年次の春休み前に経験することが望ましいとの意見が多数派を占めた。一方で、研究留学に関しては、学部生よりも、基礎知識を有する大学院生の段階での留学がより有益とされた。特に修士課程では、授業や就職活動の影響を受けずに研究に専念できる期間（長期休みもしくは2年時の修了直前の1ヶ月間）を利用することが推奨された。さらに、留学準備にはビザ取得を含む複数の手続きが必要であり、決意から実際の渡航までには最低3ヶ月は見込むべきとの共有があった。

COVID-19の世界的流行の影響が薄れ、2024年現在では海外渡航の制限が大幅に緩和されたことは、留学を検討する学生にとって好機であると思う。特に研究留学では、世界最先端の研究内容・環境について学ぶだけでなく、異文化交流の経験や新たな人脈形成を通して、研究者としての成長を促進させることが可能である。本稿が、留学に興味がある読者の背中を後押しする一助となれば幸いである。

4. アンケート結果

OSDの参加者に対してGoogleフォームを利用したアンケートを実施した。回答数は13件である。結果は、以下の(1)–(13)の通りである。

(1) 職種

参加者の職種は、「教員」23.1%、「学生」61.5%、「企業」15.4%で、「その他」の回答はなかった。昨年は、「教員」53.3%、「学生」13.3%、であり、参加者の傾向が大きく変化している。

(2) キーワードに関するアンケートに回答しましたか？

今年のOSDでは、事前に興味のあるキーワードに関するアンケートを実施した。回答者のうち、「回答した」61.5%、「回答していない」38.5%だった。

(3) キーワードの選択肢は適切でしたか？

「まったく適切ではない(1)」から「非常に適切(5)」の5段階で質問をした結果、(1,2,3,4,5) = (0%,0%,0%,69.2%,30.8%)だった。

(4) 事前に公開したトピック・議事録をご覧になりましたか？

OSDの開催にあたり、キーワードに関するアンケートに加えて、事前にトピックと議事録を公開した。回答者のうち、「はい」92.3%、「いいえ」7.7%だった。

(5) 事前に公開した議事録に事前コメントを残しましたか？

「はい」30.8%、「いいえ」69.2%だった。

(6) 事前にトピック・議事録を公開することはOSDの議論に役立ちましたか？

「まったく役にたたなかった(1)」から「非常に役に立った(5)」の5段階で質問をした結果、(1,2,3,4,5) = (0%,0%,7.7%,46.2%,46.2%)だった。

昨年よりも、キーワードへの回答やトピック・議事録の閲覧の傾向が高く、参加者の興味関心が高いことが見受けられた。

(7) 参加された満足度を教えてください

「物足りなかった(1)」から「非常に満足した(5)」の5段階で質問をした結果、(1,2,3,4,5) = (0%,0%,7.7%,69.2%,23.1%)だった。

(8) 参加して印象に残ったトピック、情報共有によって興味を持ったトピックを教えてください

9トピックのうち、「T1-2 進化計算を産業界に広く定着させるには？」のトピックの回答が46.29%と最も多かった。続いて、「T2-1 研究者や応用におすすめの多目的最適化ツール」と「T2-2 進化計算と機械学習の組み合わせ」の回答が38.5%であった。産学連携の背景からか、より実応用に繋がるようなテーマへの興味関心が高い傾向にあることが見受けられた。残りの6トピックについては、回答数は分散しており、参加者の持つ興味関心が多様であることもわかった。

(9) 参加したトピックで印象に残ったことを教えてください

以下のコメントをいただいた。

- 進化計算で就職先を探すのが難しいこと
- 研究分野による最適化に対するイメージ
- GPTという新しい話題よりも、就活や研究に使うツール類などに学生さんの興味がある、という点
- 実応用を考えた時の現アルゴリズムの課題やその対応
- サロゲートのコストを低減する方法
- 就職・求人のトピックに学生が多く参加されていた点

(10) 第2セッションの満足度を教えてください

今年は、第2セッションのトピックはキーワードから決定した。「物足りなかった(1)」から「非常に満足した(5)」の5段階で質問をした結果、(1,2,3,4,5) = (0%,15.4%,7.7%,46.2%,30.8%)だった。

(11) 積極的に議論に参加できましたか/自分の会話量に満足できましたか

「物足りなかった(1)」から「非常に満足した(5)」の5段階で質問をした結果、(1,2,3,4,5) = (0%,0%,23.1%,38.5%,38.5%)だった。

(12) 次回開催に向けた改善点などがあれば教えてください

以下のコメントをいただいた。

- 初対面の人も多いため、自己紹介を最初にと話しやすいかもしれない。

- 前半・後半で、挑戦性のある話（AI・発表したての手法・留学など）と保守的な話（就活・既存の手法に対するツール選択など）で方向性を分けたほうが良いように思いました。
- GPTや留学の話で、中堅以降の方がメインになってしまい、内容は充実して反して、学生さんの意見を聞けなかったのが残念。
- 個人の研究相談の場としても活用できる仕組みが増えれば学生は喜ばれるかと思えます。

(13) 次回開催した場合、参加したいですか？

「参加したい」が61.5%、「今は分からない」が38.5%、「参加しない」の回答は無かった。

5. 今後の方向性

今回のOSD2023では、対面形式のみでの開催であったが、多くの参加者にご参加いただき、幅広いトピックについて議論することができた。特に、今回初めて取り入れたキーワードからのトピック決定は、参加者の皆様の積極的な議論により、想定を超えて有意義かつスムーズなトピック選定を実現することができた。一方、第4章のコメントに挙げられたように、参加者の自己紹介の必要性や、トピック間での参加者の偏りなど、議論をより促進するための進行方法や時間配分については改善の余地があるといえる。今回の経験を踏まえ、参加者にとってOSDがより意義のあるイベントとできるように、次回以降の運営に繋げていきたい。

6. ま と め

本稿では、進化計算シンポジウム2023の1日目のイベントとして実施したOSD2023の開催結果を報告した。OSD2023の実施方式を概説するとともに、各トピックでの議論結果と事後アンケートの結果を述べた。OSD2023では進化計算の技術的な内容にとどまらず、進化計算分野の発展や研究活動全般、産学連携、卒業後の進路など、多岐に渡る議論が展開されたことは、OSDの趣旨を鑑みても非常に意義のあるものであったといえる。進化計算シンポジウム2024においても同様のイベントを企画する予定であり、進化計算の将来的な目標を研究・社会応用・教育などの幅広いトピックにおいて議論されることを期待する。

貢 献・謝 辞

オープンディスカッションの実施に関して、本論文の著者らが世話役を務めた。

本報告書に関して、第3章のT1-1とT2-2は谷垣勇輝、T1-2とT2-1は木下貴登、T1-3は原田智広、T1-4は苗村伸夫、T2-3は西原慧、T2-4は高野諒、T2-5は

白石洋輝が、参加者と議論した内容をもとに執筆、取りまとめ役を務めた。その他の章については、世話役の原田智広と田島友祐が、総括・執筆した。

最後に、長時間にわたり活発に議論して下さった多数の参加者の皆さま、会場設営にご尽力いただいた進化計算シンポジウム実行委員会の皆さまに感謝の意を表す。

著 者 紹 介



原田 智広(一般会員)

2010年電気通信大学電気通信学部人間コミュニケーション学科卒業、2012年同大学大学院情報理工学研究科総合情報学専攻博士前期課程修了、2015年同博士後期課程修了。博士(工学)。日本学術振興会特別研究員DC1。2015年より立命館大学情報理工学部助教。2018年マラガ大学(スペイン)客員研究員。2019年より東京都立大学システムデザイン学部助教。2023年より埼玉大学大学院理工学研究科准教授。現在に至る。進化計算、機械学習、ゲームAI、睡眠計測の研究に従事。



木下 貴登(学生会員)

2021年大阪府立大学工学部卒業。2023年同大学大学院工学研究科博士前期課程修了。現在、大阪公立大学大学院情報学専攻博士後期課程在学中。修士(工学)。進化型多目的最適化やトポロジカルクラスタリングなどの研究に従事。



白石 洋輝(学生会員)

2021年電気通信大学情報理工学域1類メディア情報学プログラム卒業。2023年同大学大学院情報理工学研究科情報学専攻博士前期課程修了。同年横浜国立大学大学院理工学府数物・電子情報系理工学専攻博士後期課程入学。同年より日本学術振興会特別研究員DC1、現在に至る。2023-24年南方科技大学(中国)客員研究員。ファジィシステム、進化的機械学習の研究に従事。GECCO2022 Best Paper Award。GECCO2023 Best Paper Nomination。



高野 諒(一般会員)

2013年電気通信大学電気通信学部人間コミュニケーション学科卒業。2015年同大学大学院情報理工学研究科博士前期課程修了。2015年株式会社いすゞ中央研究所入所研究員。2020年電気通信大学大学院情報理工学研究科情報学専攻博士後期課程修了。同年立命館大学情報理工学部助教。2024年富山県立大学情報理工学部助教となり、現在に至る。主に進化計算に関する研究に従事。博士(工学)。進化計算学会、情報処理学会などの会員



田島 友祐(一般会員)

2013年電気通信大学電気通信学部人間コミュニケーション学科卒業。2017年同大学大学院情報理工学研究科総合情報学専攻博士前期課程修了、2020年同博士後期課程修了。博士(工学)。2020年より滋賀大学データサイエンス教育研究センター助教。2022年同大学データサイエンス・AIイノベーション研究推進センター助教。現在に至る。進化計算、睡眠段階推定ならびに生体信号モニタリングの研究に従事。



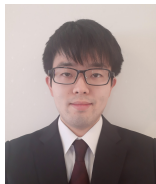
谷垣 勇輝(一般会員)

2014年大阪府立大学工学部卒業。2016年同大学大学院工学研究科博士前期課程修了。2019年同大学博士後期課程修了。博士(工学)。同年産業技術総合研究所特別研究員。2024年大阪工業大学講師。現在に至る。進化型多目的最適化やマルチエージェントシステムなどの研究に従事。



苗村 伸夫(一般会員)

2011 年東北大学工学部機械知能・航空工学科卒業, 2013 年同大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻博士課程前期 2 年の課程修了, 2016 年同博士課程後期 3 年の課程修了. 博士(工学). 同年株式会社日立製作所入社. 2023 年富士通株式会社入社. 現在に至る. ブラックボックス最適化や異常検知の研究に従事.



西原 慧(学生会員)

2020 年横浜国立大学理工学部数物・電子情報系学科卒業. 2022 年同大学大学院理工学部数物・電子情報系理工学専攻博士課程前期修了. 現在, 同博士課程後期在学中. 日本学術振興会特別研究員 DC1. 修士(工学). 2023-24 年西湖大学(中国)客員研究員. 進化計算の研究に従事.

◇ 参 考 文 献 ◇

[Akiba 19] Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T., and Koyama, M.: Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework, in *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (2019)

[Benítez-Hidalgo 19] Benítez-Hidalgo, A., Nebro, A. J., García-Nieto, J., Oregi, I., and Ser, J. D.: jMetalPy: A Python framework for multi-objective optimization with metaheuristics, *Swarm and Evolutionary Computation*, p. 100598 (2019)

[Blank 20] Blank, J. and Deb, K.: pymoo: Multi-Objective Optimization in Python, *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 89497–89509 (2020)

[Elsken 19] Elsken, T., Metzen, J. H., and Hutter, F.: Neural architecture search: A survey, *The Journal of Machine Learning Research*, Vol. 20, No. 1, pp. 1997–2017 (2019)

[Fortin 12] Fortin, F.-A., De Rainville, F.-M., Gardner, M.-A., Parizéau, M., and Gagné, C.: DEAP: Evolutionary Algorithms Made Easy, *Journal of Machine Learning Research*, Vol. 13, pp. 2171–2175 (2012)

[Google] Google. : Google Colaboratory, <https://colab.google/>: 2023-12-01

[He 21] He, X., Zhao, K., and Chu, X.: AutoML: A survey of the state-of-the-art, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 212, p. 106622 (2021)

[Liu 23] Liu, F., Lin, X., Wang, Z., Yao, S., Tong, X., Yuan, M., and Zhang, Q.: Large language model for multi-objective evolutionary optimization, *arXiv preprint arXiv:2310.12541* (2023)

[Microsoft] Microsoft. : Microsoft Copilot, <https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-copilot>: 2023-12-01

[Mitsui 22] Mitsui, Y., Yamakoshi, Y., and Sato, H.: Evolutionary Real-world Item Stock Allocation for Japanese Electric Commerce, in *2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, pp. 1–8 (2022)

[OpenAI] OpenAI. : ChatGPT, <https://chat.openai.com/>: 2023-12-01

[Pedregosa 11] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., and Duchesnay, E.: Scikit-learn: Machine Learning in Python, *Journal of Machine Learning Research*, Vol. 12, pp. 2825–2830 (2011)

[Romera-Paredes 23] Romera-Paredes, B., Barekatin, M., Novikov, A., Balog, M., Kumar, M. P., Dupont, E., Ruiz, F. J., Ellenberg, J. S., Wang, P., Fawzi, O., et al.: Mathematical discoveries from program search with large language models, *Nature*, pp. 1–3 (2023)

[Talbi 21] Talbi, E.-G.: Machine learning into metaheuristics: A survey and taxonomy, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, Vol. 54, No. 6, pp. 1–32 (2021)

[Tian 17] Tian, Y., Cheng, R., Zhang, X., and Jin, Y.: PlatEMO: A MATLAB platform for evolutionary multi-objective optimization, *IEEE Computational Intelligence Magazine*, Vol. 12, No. 4, pp. 73–87 (2017)

[Zou 22] Zou, F., Chen, D., Liu, H., Cao, S., Ji, X., and Zhang, Y.: A survey of fitness landscape analysis for optimization, *Neurocomputing*, Vol. 503, pp. 129–139 (2022)

[中田 23] 中田 雅也, 内種 岳詞, 串田 淳一, 田中 彰一郎, 谷垣 勇輝, 西原 慧, 原田 智広, 能島 裕介: オープンスペースディスカッション 2022 実施報告, *進化計算学会論文誌*, Vol. 14, No. 1, pp. 12–17 (2023)

[能島 22] 能島 裕介, 高木 英行, 棟朝 雅晴, 濱田 直希, 西原 慧, 高玉 圭樹, 佐藤 寛之, 桐淵 大貴, 宮川 みなみ: オープンスペースディスカッション 2021 実施報告, *進化計算学会論文誌*, Vol. 13, No. 1, pp. 1–9 (2022)

[担当委員: 大西 圭]

2024 年 7 月 3 日 受理