

オープンスペースディスカッション2021実施報告

Report on Open Space Discussion 2021

能島 裕介 Yusuke Nojima	大阪公立大学 Osaka Metropolitan University nojima@omu.ac.jp
高木 英行 Hideyuki Takagi	九州大学 Kyushu University h.takagi.457@m.kyushu-u.ac.jp
棟朝 雅晴 Masaharu Munetomo	北海道大学 Hokkaido University munetomo@iic.hokudai.ac.jp
濱田 直希 Naoki Hamada	KLab 株式会社 KLab Inc. hamada-n@klab.com
西原 慧 Kei Nishihara	横浜国立大学 Yokohama National University nishihara-kei-jv@ynu.jp
高玉 圭樹 Keiki Takadama	電気通信大学 The University of Electro-Communications keiki@inf.uec.ac.jp
佐藤 寛之 Hiroyuki Sato	電気通信大学 The University of Electro-Communications h.sato@uec.ac.jp
桐淵 大貴 Daiki Kiribuchi	株式会社東芝 Toshiba Corporation daikil.kiribuchi@toshiba.co.jp
宮川 みなみ Minami Miyakawa	信州大学 Shinshu University miyakawa@shinshu-u.ac.jp

keywords: evolutionary computation, open space technology, pre-symposium event.

Summary

This paper is a report on Open Space Discussion (OSD) held in Evolutionary Computation Symposium 2021. The purpose of OSD is to share and discuss problems at hand and future research targets related to evolutionary computation. Discussion topics are voluntarily proposed by some of the participants, and other participants freely choose one to join in the discussion. Through free discussions based on the open space technology framework, it is expected that participants will have new research ideas and start some collaborations. This paper gives the concept of OSD and introduces six topics discussed this year. This paper also shows the responses to the questionnaire on OSD for future discussions, collaborations, and related events.

1. はじめに

進化計算シンポジウム 2021 においてオープンスペースディスカッション (OSD) を前日イベントとして実施した。このイベントは、現在抱えている問題の共有や将来的な目標設定などを議論しながら、新しい研究アイデアが生まれたり、共同研究・共同論文執筆などのきっかけとなることを期待して行われた。本稿では、OSD のあらましと進化計算シンポジウム 2021 の OSD において議論されたトピックを紹介する。参加者においては、議論を振り返るきっかけに、参加できなかった方にはこの

取り組みを知ってもらうことを本稿の目的とする。また、OSD 参加者に対して行った事後アンケートの結果を共有し、今後の発展的な議論を期待する。

2. あらまし

2019 年 9 月にオランダ・ローレンツセンターにて招待制のセミナー、MACODA: Many Criteria Optimization and Decision Analysis^{*1}が開催された。進化型多目的最

*1 <https://www.lorentzcenter.nl/macoda-many-criteria-optimization-and-decision-analysis.html>

適化, 特に多数目的最適化に関する研究者が集まり, 5 日間に渡って当該分野に関する招待講演, フリーディスカッション, アウトプットに向けた検討が行われた。

MACODA セミナーでのフリーディスカッションには, Open Space Technology (OST) というフレームワークが用いられた。手順は以下の通りである。

1. **トピック集め**: 参加者全員が大きな円になるように座る。ファシリテータが参加者に, OST で議論したいトピックを募る。その際, 円の中央に置かれたスケッチブックにトピックを書き, その意図を説明する。
2. **セッションの時間帯と場所の決定**: トピックごとにセッションを用意し, いつどこでディスカッションするかを決める。
3. **セッションの実施**: 参加者は, 興味のあるセッションに参加し議論を行う。同じ時間帯に興味のあるセッションが複数あれば, 自由に移動しても良い。
4. **まとめと共有**: 各セッションで話し合われた内容を紙にまとめ, セッションに参加していない人にその内容を説明する。

MACODA セミナーでは, 1 日に 4 セッション × 2 日間 OST が行われ計 34 個のトピックに関して議論が行われた。トピックによっては複数のセッションを連続して行ったものもあれば, さらに深掘りしたトピックを途中で新たに提案されたものもあった。

OST のあとには, 次のステップとしてアウトプットに繋がりそうなトピックの選定が行われ, 興味がある参加者によって具体的な作業が行われた。例えば, 実世界最適化問題に興味のある研究者が集まったセッションでの議論をもとに, 実世界最適化問題調査ワーキンググループ*2がアドホックに形成され, 調査結果が Book Chapter としてまとめられた [Blom 21]。

このセミナーには日本から, 後日進化計算シンポジウムでの OSD の世話役となる宮川みなみ (信州大学), 渡邊真也 (室蘭工業大学), 佐藤寛之 (電気通信大学), 能島裕介 (大阪府立大学), 大山聖 (JAXA) が参加した。大山を除く 4 名は, 石渕久生 (南方科技大学) による推薦により招待されていた。激しいディスカッションに翻弄されながらも, 興味のあるトピックに対して自由に議論する場の重要性と楽しさに共感し, 日本でも同じことができればと思い, オランダから進化計算シンポジウム 2019 実行委員長の永田裕一 (徳島大学) にメールしたことがこの始まりである。

3. OSD 2021 開催方法

進化計算シンポジウム 2019 から OSD を前日イベントとして開催している。最初の 2 年は, MACODA に参加した 5 名が世話役を努めた。2019 年は対面で開催し, MACODA で行われた OST のフレームワークに従った運営

(13:00 開場)
13:30-14:00 oVice の使い方説明
14:00-14:10 OSD の趣旨説明
14:10-15:20 第 1 セッション
トピック紹介 (5 分程度)
グループディスカッション (45 分程度)
情報共有 (20 分程度)
15:20-15:30 休憩
15:30-17:00 第 2 セッション
トピック出し (10 分程度)
グループディスカッション (60 分程度)
情報共有 (20 分程度)
17:00-17:10 総括

図 1 OSD 2021 スケジュール

を行った。2020 年はオンライン開催だったため, oVice*3 を用いて OSD を実施した。トピックの共有には共同編集可能な Jamboard を利用した。第 2 回からはトピックを事前に集めるためのアンケートを行った。

今回が第 3 回となるが, 残念ながらシンポジウムはオンライン開催となり, 第 2 回に引き続き oVice を用いて OSD を実施した。世話役に, 串田淳一 (日本福祉大学), 中田雅也 (横浜国立大学), 原田智広 (東京都立大学), 内種岳詞 (愛知工業大学) を迎え, 9 名の世話役で運営を行った。またこれまでの反省を活かし, セッション内での議論の進め方をルール化し, 情報共有しやすいように HackMD のテンプレートをトピックごとに用意した。

当日のスケジュールを図 1 に示す。実際には, 第 1 セッションの終了時間を 10 分延長, 第 2 セッションを 10 分短縮して行った。

4. 議論されたトピック

事前アンケートで 6 件のトピックが提案され, 当日に 1 件追加でトピックが提案された。各トピックと提案者を以下に示す。OSD3 と OSD5 に関しては, 2 セッション連続で議論された。

- OSD1: 進化計算学会での研究テーマの多様性のなさをどう解決する? (高木@九州大学)
- OSD2: 原生知能をヒントとした進化アルゴリズム (棟朝@北海道大学)
- OSD3: 進化計算コンペを語ろう (濱田@KLab)
- OSD4: 博士課程後期の過ごし方と裾野の広げ方 (西原@横浜国立大学)
- OSD5: 進化計算の外側にあるもの: 進化計算の当たり前を崩す (高玉@電気通信大学)
- OSD6: 進化計算協働マッチング座談会~他の組織と組んだらできそうなこと~ (佐藤@電気通信大学)
- OSD7: 進化計算の応用上の課題 (桐淵@東芝)

*2 <https://sites.google.com/view/macoda-rwp>

*3 <https://ovice.in>

oVice による議論の様子を図 2-図 5 に示す。各トピックの提案者が、トピックを立てた動機、議論の内容、結論について以下のようにまとめた。

4.1 OSD1: 進化計算学会での研究テーマの多様性のなさをどう解決する？

このテーマを提案した理由は、(1) 進化計算の代表的な国際会議でのセッション題目だけを見ても分かる多様性に対し、進化計算研究会やシンポジウムでの発表は余りにも偏ったテーマ・トピックスになっていると感じていること、(2) その多様性のなさゆえに、次の 10 年 20 年の核となる学術的発展が狭められたり他領域への応用展開が限られたりすることに危惧していることにある。進化計算学会で最も発表が多い多目的・多数目的最適化にしても、同じ最適化を扱う数理計画法の分野とも、意思決定を扱うオペレーションズリサーチの分野とも距離がありすぎて別世界になっており、相互に異なるアプローチが影響しあって新たな展開を期待することもなかなか困難である。人工生命など進化計算学会で扱うべき分野であると思うが、本学会での発表は皆無である。この現状と対策について、3 名の先生方に加わっていただき話し合いをした。

現状認識として、国際会議での発表に比べて進化計算学会での発表テーマの多様性が低いこと、および、多様性があることでヒントを得たり、他分野での考え方やアプローチを導入したり、他分野への展開を図ったりがしやすくなるであろうとの共通認識を得た。テーマの多様性が低い一因として、ニーズや人数の少なさ、他人がやっているからやるという同調意識、などの指摘が出た。

では、どのように研究トピックスの多様性を広げるか？ 大きな対処法は、個々人に他人と異なるテーマや異分野融合的な研究をするように求めることよりも、進化計算学会としての組織対応が重要であるとの方向に議論が向かった。現状の進化計算学会には、進化計算技術を異分野で使ってもらおう、世の中に広めよう、というコンセンサスがあるが、そのための学会としての主体的な動きが乏しい。進化計算研究会と同一会場で他学会研究会を並行、あるいは、時系列に行う取り組みがなされ始めたことは評価できるが、今のままではまだまだ人的交流や技術的交流は乏しい。研究会やシンポジウムや論文誌で発表の場を提供しているだけでは学会として寂しい。

提案意見として、(a) 多様性を広げる仕掛けが欲しい。最初の一石を投じることへの評価、知的好奇心に触れるユニークさへの評価を学会として促すために、表彰の中に「ユニーク賞」のような賞を設けて、組織としてこの点を評価する姿勢を示してはどうか。(b) 10 年 20 年を見据えた今後の学術展開を考え学会の運営に反映させるような将来構想委員会的な集まりを設置してはどうか、などの組織運営論的な議論になった。

ロボカップを AI の標準問題と設定した人工知能学会



図 2 OSD2 の様子

のように、進化計算学会も学術的な未来を切り開くグランドチャレンジを提示してもらいたいし、そのためにも他の研究者と異なることにチャレンジすることを評価する土壌を作る組織的な動きをしてもらいたい。

4.2 OSD2: 原生知能をヒントとした進化アルゴリズム

本ディスカッションにおいては、科学研究費学術変革領域 (A) 「ジオラマ行動力学」の紹介、ならびに原生知能をヒントとした新たな進化計算手法の開発に向けた議論を行った。本領域では、細胞レベルで発現する巧みな環境・状況適応能力を「原生知能」と呼び、その能力を力学モデルで表現することを目的としており、そのための方法論として「ジオラマ行動力学」と「環境連成力学」を確立し、それに基づいた新学術領域「ジオラマ行動力学」の創出を目指している。

多くの進化計算で想定される DNA 中心の「セントラルドグマ」が、生物の進化では必ずしも成り立たないことや、粘菌などの生物では入力・処理・出力が必ずしも明確に分かれておらず一体となっている部分もあるといったようなことが違いとして挙げられ、細胞同士の情報のやりとりとして物質伝達、記憶などの生物の挙動を参考にアルゴリズム開発ができないか、粘菌、細胞などに着想を得て、大規模分散、適応性、並列性などの能力をもつアルゴリズムの開発が興味深い、粘菌などの物理世界では 2 次元・3 次元ぐらいの次元であるが、バーチャルな空間についてはさらに高次元の空間も想定できるので、そのような環境における粘菌的なアルゴリズムも考えられるのではないかと、といったような議論が活発になされた。

さらに、想定される応用分野として、これまでに粘菌において研究がなされてきたネットワーク網等の最適化に加え、詳細なレベルでの交通制御などについても議論され、何十万台規模のトラフィックを制御するのに、実は局所的な通信だけでよいといった大規模、分散制御を例にあげつつ、動的環境、大規模分散環境への適応を目的としたアルゴリズムができないかという提案もあった。

今回のディスカッションでは、生物系の研究者と進化



図3 OSD3の様子

計算など情報系の研究者との連携を模索することが目的の一つであったが、どのような連携が可能か、どこから着手すべきか、原生生物の数理モデル化、アルゴリズム化に向けた方策についても議論することができた。今回の議論の結果については学術変革領域のメンバーにも共有・フィードバックする予定であり、本領域では原生知能アルゴリズムの評価に関する公募研究も実施していることから、進化計算関係の研究者の応募や今後の研究の発展が期待される。

4.3 OSD3: 進化計算コンペを語ろう

進化計算コンペティションは進化計算学会が主催する最適化コンペティションである。2017年にスタートし、2020年には運営を実世界ベンチマーク問題分科会として組織化し、コンペティションシステムを開発するなど、より円滑にイベントを運営できる体制を整えてきた。様々な企業や研究機関のご協力により、毎年バラエティに富んだ実問題を出題することができており、参加者は年々増加している。一方で、実問題コンペティションゆえの負担の大きさをいかに軽減するかが課題であると分科会では認識している。そこで、分科会の認識する課題をシンポジウムの参加者と広く共有し、感想や要望、改善案などを提供していただくために本トピックを設けることにした。加えて、これまで進化計算コンペティションと関わりがなかった方も会話する機会を作り、コンペティション参加に感心をもつていただくとともに、新たな分科会員や実問題の募集にも繋げることが狙いであった。

本トピックは2セッション開催し、合計10名(のべ14名)が参加した。議論した内容は大きく分けて(1)今年のコンペティションに関するアンケート結果の共有、(2)今後の出題、(3)結果の活用、(4)運営体制についてである。以下、順番に説明する。

コンペティション終了後に実施したアンケート^{*4}を共有した。アンケートには12件の回答があり、どの項目も好評の回答が8割以上あった。1~2件の不満がみられた点として、競技終盤でのシステム混雑やコマンドラインツールの使い勝手、アナウンスのタイミングなどがあつ

た。会場からは、コマンドラインツールを最適化アルゴリズムの中で呼び出す方法の説明や解の並列送信の説明が不足していたと指摘を頂いた。また、参加者数の早期把握と連絡手段の確保のため、コンペティションへのエントリーを設けるようにしたい。

今後の出題については、問題プログラムの配布に焦点が当たった。今回、参加者の利便性を考えて問題プログラムを配布したことで、結果的には様々な問題が生じていた。具体的には、様々な環境で動作確認を要して問題公開が遅れたこと、計算資源の豊富な参加者が有利になったこと、ローカルとサーバで動作に差異が生じたこと、試行錯誤中のデータが収集できなかったことなど、システムを導入した本来の目的が達成できなくなっていた。何よりも、締切直前までローカルで試行錯誤したほうが有利となり、最終日に45,000件ものサブミット(500ノード時間に相当)が集中した。来年以降は問題プログラムの配布は廃止(競技後に配布)する方向で検討したい。解を早く提出した人にはボーナスポイントがあってもよい。また、システムの導入以来、評価回数1000回以下の問題が続いているが、様々な回数を求める意見が出た。ソルバのソースコードをサブミットする形式ならば10万~100万評価も可能となるため検討したい。実問題の安定供給の方法として、シンポジウムで実問題を扱った発表に声をかけるという案が上がった。

コンペティションで収集した実問題を活用した論文は、2017年の自動車設計問題と2019年の風車設計問題に関するものが出版されているものの、件数は十分とはいえない。参加者の解データを活用した論文はまだ出版されていない。これらの情報資産の活用を促進するために、2017, 2018年問題のDocker化を進めたり、解データの利用方法を周知することが必要と思われる。

最後に、運営体制について議論した。現在、システム開発・作問・昨年の結果の論文化・イベント運営を分科会員全員で逐次的に行っているため、スケジュールが玉突きに延伸しがちである。それぞれの作業は独立して進められるため、チームを分けて並列で進める方法を検討した。また、サーバ費用に関しては企業スポンサーを募集する案もあがった。

2セッションを通して始終意見が絶えることはなく、今後の改善につながる様々なアイデアが得られた。時間はまだまだ足りないくらいであった。頂いたアイデアは2022年の運営に反映していく予定である。

4.4 OSD4: 博士課程後期の過ごし方と裾野の広げ方

トピック提案者は翌年度に博士課程(後期)へ進学するが、研究室第一期生で指導教員以外に身近に前例がないこともあり、具体的なプランを描き切れていない現状である。この悩みはトピック提案者に限らず、就活生が企業における働き方を想像しづらいことと同様に、現在/これから博士課程を送る方々に広く内在すると考えられ

*4 <https://forms.gle/Pwvtr6UQkdHLskV4A>



図 4 OSD4の様子



図 5 OSD5の様子

る。そこで、取得の時期に関わらず幅広い博士号取得者の方々の当時の過ごし方をご共有いただくことで、悩める方々のヒントとするべく本トピックを提案した。これにより、博士課程参入のハードルを下げ、進化計算分野の裾野を広げる契機を見出したい。なお、本トピックは、学生による提案であることが特色である。

当日は、4名の先生方・1名の企業の方・5名の学生の方々が参加していただき、大別して3つの内容が議論された。それぞれの詳細を以下で紹介する。

1) 博士後期課程在学中の留学：留学できるに越したことはないという意見が多かった。A先生は「在学中に同世代と学会で繋がり勉強会を開催していたが、留学は経験しておらず、今考えると留学したかった」とのことであった。海外からオンライン参加のB先生には「研究室では学部生から受け入れているが、博士学生は自らのテーマと顔となる論文があると良い、また留学は英語能力の向上になる」というご意見をいただいた。コロナ禍で国際会議がオンラインとなった我々学生にとって、留学は貴重である。

2) 進化計算分野でどのように活躍していくか：C先生による研究室内外で同期の繋がりに勇気づけられたご経験、B先生による「先生や仲間を見つけて縦横の繋がりを持つと楽しく過ごせる」といったご意見から、繋がりを持つことの大切さをご教示いただいた。また、汎用的な最適化技術の研究に従事するにあたり、他分野や異業種のニーズを捉えて繋がる重要性を、A先生やD先生からいただいた。

3) 企業における修士卒/博士修了の活躍方法：企業から参加のE氏は開発への興味から修士卒で就職されたが、実応用を経験されることで視野が広がり、社会人ドクターとして博士課程を修了されたという。また、「企業でも活躍する人物像として、計画的・実行能力・語学力・論理的思考力の高い人物が挙げられ、特に博士卒はこれらの能力を習得することが期待される」とのことであった。

最後に、現実的な面から、博士課程での経済面の不安を減らす環境づくりを研究室がサポートする必要性を、C先生よりいただいた。内容としては、日本学術振興会特

別研究員・フェローシップ・JST次世代・RA・民間奨学金などの紹介や応募書類添削などがある。

博士後期課程の過ごし方や進路選択において、唯一の最適解は存在しない。よって今回は、統一された結論を導くことは目的とせず、博士課程での活動事例を集めて学生の判断材料を豊かにすることを目指した。学生から「このような選択もあっていいのか」といった反応があったことから、今回のディスカッションは、参加者の方々のご協力により有意義なものになったと考える。この場を借りて感謝の意を表したい。今後も学生発の企画を定期的で開催することで、学生と研究者の繋がりや、学生の運営機会の創出を図っていきたい。

4.5 OSD5: 進化計算の外側にあるもの：進化計算の当たり前を崩す

進化計算を用いる上で、当たり前として用いているものがある。それは、(1) fitnessとして計算される「評価基準」と(2) 評価値を最大化/最小化するという「目的」である。これらは、進化計算で問題を解く段階で暗黙的に決まっている。しかし、この当たり前を前提としている限り、それ以外のところ、つまり、進化計算の外側にある重要性に気づかない。そこで、本トピックでは、進化計算の当たり前を崩すことを念頭に、進化計算の外側にあるものの理解と整理、進化計算の当たり前に代わる当たり前の創出とその方法論について次の議論を行った。

テーマ1 進化計算の外側にあるものとは?: 進化計算の外側として考えられるものとして、「評価基準」と「目的」以外に、設計・最適化対象、最適化する変数、計算可能な資源量、計算時間、解の精度などがある。これらは、どれも当たり前として用いており、多くの研究はそれを前提にアルゴリズムの選定・改良している。しかし、それでよいのだろうか? 我々はこの当たり前に縛られているのではないだろうか? これらの疑問を少しでも解消するために、次に「評価基準」と「目的」に焦点を当てる。

テーマ2 評価基準：進化計算は、通常事前に設定された解の評価基準によって探索方向が決定される。評価基準によっては、探索の方向性が合っていない、粒度が荒く

進化を停滞させることもあれば、評価基準によって探索範囲が狭められ創発的な解が得られない場合もある。その対処法の一つとしては、適切な評価関数を自己生成することが考えられる。しかし、その適切さを評価するためにメタな評価基準が必要となるだけでなく、メタな評価基準の適切さを評価するためにメタメタな評価基準が必要となり、この問題は永遠に解決できない。別の方法として、Novelty search に代表される Open-ended evolution を導入することで、評価基準を与えなくても解探索が可能となる [Lehman 11]。しかし、問題に対する目的の達成度も考慮した場合、既存の評価基準との関係が課題になる。さらに、サブゴールを自動で設定する機構も候補として考えられる。

テーマ3 目的：進化計算では、最適化(評価値の最大化/最小化)を目的することが多いが、例えば、ぎざぎざな関数 $f(x)$ における最大値を見出したい場合、変数 x が少しずれると解の値は大きくかわる。特に、実世界では、(変数 x に相当する)観測値にブレが生じる場合があるため、ピンポイントの最適化は困難であることから、ピンポイントではなく、比較的解が安定している場所(x の前後の値によらず、 $f(x)$ がほぼ同じ値を示すエリア)を探す方が好ましい。この場合、観測ノイズにロバストな解を見出すことが目的となる。また、このようなエリア探索ではその範囲の拡大・縮小によって、より汎用化/特殊化されたエリア探索が可能になることから、その適切な範囲を決めることが目的になることも考えられる。さらに、最適解が時間とともに変化する場合、最適解を見出すよりも、少々解の値が悪くても、解を追従することが重要な目的となる。

テーマ4 進化計算の当たり前前に代わる当たり前前での方法論：最後に、「評価基準」と「目的」以外の視点として、進化計算では生成した解は全てアーカイブできるため、それを「新しい当たり前」として用いることもできる。この場合、進化計算手法の種類は関係なく、アーカイブされた解から適切な代表解を選択することが重要となることから、新たな方法論になり得るかもしれない。このように、最適化により得られた解情報からの知識発見を経て、当たり前前を再考するループが、今後の進化計算の発展の鍵となる。

4-6 OSD6: 進化計算協働マッチング座談会 ～他の組織と組んだらできそうなこと～

議論の動機は、進化計算学会の会員が所属する各組織とその専門性は多様であり、それぞれに得手不得手があることを踏まえ、適切に連携して協働することで、単独の組織では実現困難な多分野融合・組織横断的な研究活動が実現されたり、実現までの時間が格段に短縮されたりする研究や開発課題がないかということだった。また、大型(学術研究)プロジェクトを進化計算学会のメンバーで構成したり、当学会のメンバーが進化計算そのものの

研究を主としないプロジェクトに参画したりする手段を検討したいという思いがあった。

議論した結果は、次の(1)-(4)に集約された。

(1) 最適化の結果の説明方法に関する協働に需要があることがわかった。進化計算の応用研究により、良い解が得られるところまでは理解されやすい。しかし、得られた結果を現場に納得して利用してもらう過程で壁にぶつかることが頻繁にある。得られた結果の可視化など、実践する現場での説明に関するノウハウは、論文から得られにくい。応用が得意な研究グループと、最適化の結果の説明方法に関して協働できれば、進化計算が実際に利用される応用事例が増加すると考えられる。

(2) 最適化問題の定式化に関する協働に需要があることがわかった。応用研究、産業応用では、最適化問題の定式化の過程で壁に直面することが多い。定式化に長けた研究グループと、定式化について集中的に協働できれば、応用事例が増加すると考えられる。(1)と(2)から、1つのプロジェクトであっても、進化計算学会の内部で、得意なプロセスごとに分業すると、プロジェクトが短期かつ効果的に遂行できる可能性はある。定式化に長けた研究グループが定式化し、該当問題クラスに長けた研究グループが最適化に取り組むといった具合である。

(3) 定性評価に関する協働の必要性についても議論された。定量評価できるものに対しては最適化しやすいが、定性評価に基づく製品は最適化しづらい。しかし、モノづくりにおいて、定量評価できる製品の性能や価格より、定性評価する審美性・意匠性などが重要視されることがある。心理学などの分野との協働が、最適化の結果の意義を高めることになる可能性があるという議論がなされた。

(4) 大型(学術研究)プロジェクトの構成、参画については、進化計算だけで研究プロジェクトを構成するより、他の研究プロジェクトに最適化のグループとして参画する方が実現性が高いことが議論された。いずれの研究プロジェクトにも最適化の必要性が生じるためである。国内・海外で、物流に関する大型プロジェクトや多分野融合最適設計に適用した例がある。現在、進化計算学会では、企業の方など新しい参加者を招く活動はできているが、他団体のイベントで進化計算をはじめとする探索的最適化手法のアピールができていない。他団体のイベントでアピールすることで、工学系に限らず様々な研究分野において、最適化グループとして貢献、協働できる可能性がある。

4-7 OSD7: 進化計算の応用上の課題

企業では様々な問題に最適化手法を適用しており、その過程で多くの技術的な課題が生じている。これらの課題の中には、対応する技術の名前が分からず企業側で困っている場合もあれば、既存文献には解決策がなく研究課題として深く研究すべき課題もあると考えられる。このような企業での応用上の課題を挙げて大学側の先生方との

議論を広く行いたいと考えたため、トピックを提案した。

企業側からの課題として、(1) 計算コストの掛かる問題 [桐淵 21]、(2) 長時間・短時間のシミュレータを組み合わせた問題 [富田 21]、(3) 最適化手法の初期値依存性への対応、(4) ロバスト最適化問題 [桐淵 21]、(5) 入力 が 0-1 の問題の応答曲面作成、の 5 つの課題が挙げられた。各課題に関して議論を行ったが、特に (1)-(3) の課題に対しての議論を簡潔に紹介する。

(1) に関して、評価に時間がかかる場合、応答曲面を作成して最適化をするのが標準的な方法だとのことがあった。応答曲面を作成するにしても、事前にサンプルが必要で、その妥当なサンプル数についても議論した。また、厳密な最適解を得るには数打つしかないで、今よりも良い解を求めてどこで妥協するかを検討する必要があるとのこともあった。

また、(2) に関して、計算時間が長いシミュレーション結果を近似する方法や、長いシミュレータを 1 回回した後に短いシミュレータだけで最適化を行う方法が検討されているとご紹介いただいた。(2) のような課題に対応した工夫が論文化されていないことも問題ではないかという議論もあった。

さらに、(3) の最適化手法の初期値依存性に関して、初期値依存性がない手法は大域的にゆっくり探すので、初期値依存性と探索速度はトレードオフになるとのご意見があった。また、ある手法の初期値依存性は問題に依存するという結果をご紹介いただき、問題ごとにどの最適化手法がよいか検討する必要があるという議論もあった。

企業側からの課題を共有し、各課題に関して企業側と大学側の先生方との議論を行うことができ有意義だった。全体として、企業側の課題に対応したチュートリアルを進化計算学会研究会で企画いただけると有難いという意見もあった。今後も企業側の課題を共有し、広く議論する場が求められている。その場の一つとして、進化計算学会の研究会・シンポジウムや、OSD が大きな役割を担っていると考えられる。

5. アンケート結果

OSD の参加者に対してアンケートを実施した。結果は、以下の (1)-(6) の通りである。

(1) OSD に参加したことに対する満足度

満足度 (5, 4, 3, 2, 1) = (66.7%, 22.2%, 11.1%, 0%, 0%) だった。

(2) 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

アンケートの回答者の 66.7% が「OSD5: 進化計算の外側にあるもの: 進化計算の当たり前を崩す」を挙げ、最も回答数が多かった。続いて、アンケートの回答者の 55.6% が「OSD4: 博士課程後期の過ごし方と裾野の広げ方」を

挙げ、次に回答数が多かった。その他のトピックについても、回答数は分散しており、OSD の参加者のあいだで、印象に残ったトピック、興味を持ったトピックは多様であることがわかった。

(3) 参加したトピックで印象に残ったこと

以下のコメントをいただいた。

- 新たな生物由来の最適化アルゴリズムの構築や、他の分野との協働のテーマを楽しく議論しました。
- コンペの運営システムについて、詳しく知ることができたので良かったです。
- 進化計算を実問題に適用するにあたって、なかなか発表されていないテーマがあることが分かった。
- 進化計算シンポジウムなどを通して、研究仲間を増やすことの意味を知った。
- コンペ運営について有益なアドバイスをいただきました。ソースコードをサブミットする方式、問題のローカル配布なし、などへの変更は参加者からの賛同がないとなかなか踏み切れないので、そこについて肯定的な意見がいただけたのがよかったです。
- 進化計算協働マッチング〜のところで、「協働」の考え方にも「問題提供と進化計算」だったり、「多分野融合評価法の構築での協働」など、色々な考えがあることがわかった。

(4) 次回開催に向けた改善点

以下のコメントをいただいた。

- トピックを立てた人が考えているトピックの範囲と、トピックの議論に参加した人が受け取ったトピックの範囲をすり合わせるだけで時間が来てしまう。ブレインストーミングのように議論を広げるだけ広げることは時間的に難しいので、トピックのゴールは定めないにしても、トピックの範囲は事前に共有したい。
- 早期に決まったトピックがあれば、事前にメンバーリストで共有していただけると助かります。
- 時間設定、自己紹介とトピックの内容の決定に大幅に時間を取られる。
- 全てのトピックの議論に興味がありますが、時間に限りがあるので 2 つに参加できるだけでも十分かと思えます。
- 最初のトピック紹介にも、時間制限を設けた方が良いと思います。
- みんな話し足りなそうだったので、OSD 後に懇親会 (非公式なものでも可) を配置すると盛り上がるかもしれません (今年はクリスマスなのでやむをえないですが)。
- 「すべて参加したいのが残念」という意見がありましたが、興味を持ったテーマごとに分かれることが魅力だと思いますので、現状のやり方が最適であると思います。学会誌に報告を出しても良いと思いま

した。

- 平日開催ですので、途中参加でも入りやすい環境が必要かと思えます。

(5) 次回開催した場合の参加について

「参加したい」が88.9%,「今は分からない」が11.1%,「参加しない」の回答は無かった。

(6) その他のコメント

以下のコメントをいただいた。

- hack.md での議論の共有がとても便利でした。世話役の方がファシリテートしていただいて議論がスムーズに進んだと思います。
- コンペ運営以外の方とじっくり話せる貴重な機会です。来年も是非よろしくお願ひします。

6. ま と め

本稿では、OSD のあらましと進化計算シンポジウム 2021 の OSD において議論されたトピックを紹介した。どのトピックにおいても、建設的かつ多様なディスカッションが行われ、参加者の満足度が高いイベントであったと思われる。アンケート結果を参考に進化計算シンポジウム 2022 においても、同様のイベントを企画する予定である。今後も参加者によって作り出される知の創発の場になることを期待する。

貢 献・謝 辞

オープンディスカッションの実施に関して、宮川みなみ (信州大学), 串田淳一 (日本福祉大学), 中田雅也 (横浜国立大学), 原田智広 (東京都立大学), 内種岳詞 (愛知工業大学), 渡邊真也 (室蘭工業大学), 佐藤寛之 (電気通信大学), 大山聖 (JAXA), 能島裕介 (大阪府立大学) が世話役を務めた。

本報告書に関して、4 章の OSD1 は高木英行 (九州大学), OSD2 は棟朝雅晴 (北海道大学), OSD3 は濱田直希 (KLab 株式会社), OSD4 は西原慧 (横浜国立大学), OSD5 は高玉圭樹 (電気通信大学), OSD6 は佐藤寛之, OSD7 は桐淵大貴 (株式会社東芝) 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。OSD2 は、MEXT/JSPS 科研費 21A402 の助成を受けたものである。各トピックについて、報告内容を確認して下さったディスカッションの参加者に感謝の意を表す。その他の章については、世話役の能島裕介, 佐藤寛之, 宮川みなみが、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に感謝の意を表す。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Blom 21] Blom, van der K., Deist, T. M., Volz, V., Marchi, M., Nojima, Y., Naujoks, B., Oyama, A., and Tušar, T.: Identifying Properties of Real-World Optimisation Problems through a Questionnaire, *arXiv*, 2011.05547 (2021)
- [Lehman 11] Lehman, J. and Stanley, K. O.: Abandoning Objectives: Evolution Through the Search for Novelty Alone, *Evolutionary Computation*, Vol. 19, No. 2, pp. 189–223 (2011)
- [桐淵 21] 桐淵大貴, 横田怜: ベイズ最適化とシミュレータを用いたロバスト設計の効率化, 第 19 回進化計算学会研究会講演集, pp. 1–5 (2021)
- [富田 21] 富田将嗣, 桐淵大貴, 横田怜: ベイズ最適化を用いた連続プロセスモデルのパラメータ適正化, 第 19 回進化計算学会研究会講演集, pp. 55–59 (2021)

[担当委員: 金崎 雅博]

2022 年 4 月 10 日 受理

—— 著 者 紹 介 ——



能島 裕介(一般会員)

1999 年大阪工業大学工学部機械工学科卒業。2001 年同大学大学院工学研究科博士前期課程機械工学専攻修了。2004 年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程システム機能科学専攻修了。同年大阪府立大学大学院工学研究科助手, 2007 年同助教, 2013 年同准教授, 2020 年同教授, 2022 年 4 月より大学統合により, 大阪公立大学大学院情報学研究科教授, 現在に至る。博士 (工学)。進化型多目的最適化や多目的知識獲得などの研究に従事。



高木 英行(一般会員)

1981 年九州芸術工科大学修士課程修了。1981–1995 年松下電器産業 (株) 中央研究所。1991–1993 年 UC Berkeley 客員研究員。1995 年九州芸術工科大学助教。2003 年九州大学との統合を経て, 2022 年 3 月九州大学退職。九州大学名誉教授。2022 年度九州大学特任教授。博士 (工)。計算知能の研究に従事。電子情報通信学会藤原記念学術奨励賞 (1989), 最優秀論文賞 (KES'97, IIZUKA'98, ICOIN-15), 知能情報フジイ学会論文賞 (2003), 功労賞 (スロバキア AI 学会 2002, IEEE SMC 学会 2003), IEEE SMC 学会 Best Associate Editor 賞 (2005), IEEE Most Active SMC Technical Committee 賞 (2010), IEEE Outstanding SMCS Chapter 賞 (2017)。



棟朝 雅晴(一般会員)

北海道大学情報基盤センター長・教授。1996 年北海道大学工学研究科助手。1998–1999 年 Visiting Scholar, Illinois Genetic Algorithms Laboratory, Department of General Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign。1999 年北海道大学情報メディア教育研究総合センター助教。2003 年同大学情報基盤センター助教。2007 年同准教授。2012 年同教授。現在に至る。進化計算ならびに並列分散処理, クラウドコンピューティングに関する研究に従事。



濱田 直希(一般会員)

2008 年東京工業大学生命理工学部生命科学科卒業。2010 年同大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻修士課程修了。2013 年同専攻博士課程修了。同年株式会社富士通研究所入社。2020 年 KLab 株式会社入社。2017 年より理研 AIP-富士通連携センター客員研究員。現在に至る。博士 (工学)。進化型多目的最適化, 可微分写像の特異点論, 位相的データ解析, 機械学習の研究とゲーム産業での実践に従事。



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府数物・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。修士(工学)。進化計算の研究に従事。



高玉 圭樹(一般会員)

1998 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士(工学)。同年、国際電気通信基礎技術研究所(ATR)入所。2002 年東京工業大学大学院総合理工学研究科講師を経て、2006 年電気通信大学電気通信学部助教授、2007 年准教授、2011 年教授、現在に至る。2018 年 GECCO の General Chair を拝命。進化計算、マルチエージェントシステム、強化学習の研究に従事。著書に「マルチエージェント学習-相互作用の謎に迫る-」などがある。



佐藤 寛之(一般会員)

2003 年信州大学工学部電気電子工学科卒業。2005 年同大学大学院工学系研究科電気電子工学専攻博士前期課程修了。2009 年同大学大学院総合工学系研究科システム開発工学専攻博士課程修了。2009 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 助教、2010 年同大学大学院情報理工学研究科総合情報学専攻 助教、2016 年同研究科情報学専攻 准教授、現在に至る。2011 年 CINVESTAV-IPN 客員研究員、博士(工学)。進化計算、多目的最適化、大

脳新皮質学習、これらの応用に関する研究に従事。



桐淵 大貴(一般会員)

2013 年東京大学工学部計数工学科卒業。2015 年同大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻修士課程修了。同年株式会社東芝入社。現在、研究開発センター 知能化システム研究所 システム AI ラボラトリー 研究主務。機械学習や数理最適化技術を用いた業務効率化の研究開発に従事。



宮川 みなみ(一般会員)

2011 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。2013 年電気通信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。2016 年同専攻博士後期課程修了。2014 年-2016 年日本学術振興会 特別研究員 DC2。2016 年-2019 年日本学術振興会 特別研究員 PD。2018 年-2019 年法政大学 情報科学部 兼任講師。2020 年信州大学工学部電子情報システム工学科 助教。博士(工学)。進化計算、制約付き最適化、多目的最適化、これらの応用

に関する研究に従事。