

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H04179

研究課題名（和文）Human-out-of-the-loopを真に実現する進化計算技術の確立

研究課題名（英文）Development of evolutionary computation techniques to realize human-out-of-the-loop

研究代表者

秋本 洋平（Akimoto, Youhei）

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：20709654

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、「意思決定を最適化法に委ねることにより、最適化プロセスを自動化することができるか」という問いを検証するため、シミュレーションベース最適化を扱う上で問題設計者が直面すると同時に最適化結果に直結する項目について、意思決定を自動化する枠組みを構築した。具体的に、ランク相関係数に基づくシミュレーション精度の自動選択機構の提案、ワーストケース性能を保証する最適化法の提案、代理関数を用いた場合における進化計算の振る舞いの解析、進化戦略の収束レート解析による終了条件の考察、制約付き最適化における深層生成モデルを活用した設計変数の自動構築、効率的な最適化基盤の設計、について研究し、成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

与えられた解に対する評価のみを返す評価器を通して最適化を実現するブラックボックス最適化技術は、これまで技術者のノウハウや試行錯誤に基づいていたパラメータ調整を人手を介さずに実現する基盤技術である。しかし、問題の定式化や与えられた解の目的関数値や制約違反量を計算する評価器の設計は問題設計者（人）の役割であり、最適化法の選択やパラメータの調整は最適化実施者（人）の役割であるため、システム全体の自動化を実現には至っていなかった。本研究の成果により、これまで最適化を繰り返しながら試行錯誤的に行われていた上述の意思決定への人の介入が不要となり、問題設計者の負担が大幅に削減されると期待される。

研究成果の概要（英文）：To examine the question, “Can the optimization process be automated by delegating decision-making to optimization methods?”, we developed a framework for automated decision-making for items that problem designers face in dealing with simulation-based optimization and that are directly related to the optimization results. Specifically, we proposed an automatic simulation accuracy selection mechanism based on rank correlation coefficients, proposed an optimization method that guarantees worst-case performance, analyzed the behavior of evolution strategies using a surrogate function, considered termination conditions by analyzing the convergence rate of evolution strategies, automatically constructed design variables using deep generative models for constrained optimization, and developed an efficient and effective optimization method.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：進化計算 マルチフィデリティ最適化 ワーストケース最適化 制約付き最適化 深層生成モデル 収束解析 Human-out-of-the-loop

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ブラックボックス最適化技術は、従来技術者がノウハウや経験を頼りに試行錯誤的に実施していたパラメータ調整を人の介入なしに実現することで、システム最適化を自動化・効率化することを可能とする。しかし、現実の最適化において、問題の定式化や与えられた解の目的関数値や制約違反量を計算する評価器の設計は問題設計者(人)の役割であり、また、最適化法の選択やパラメータの調整は最適化実施者(人)の役割であるため、システム全体の自動化を目的とする human-out-of-the-loop の実現には至っていないのが実情である。

問題設計者は、経験・勘・試行錯誤に基づく意思決定を必要とする。例えば、タイヤなどの構造設計問題を考えた場合、形状をどのように・どの程度の自由度を持つように変数で表現するか、目的となるグリップ力や制約となる製造コストなどの指標をどのように定量化するか、これらの指標をどのようなシミュレータを用いて計算するか、などである。最適化困難さを度外視すれば、可能な限り自由度の高い設計変数表現を採用し、可能な限り高精度なシミュレータを用いることが望ましく、最適解が等しい限りどのような指標定量化を用いても影響はない。しかし、自由度の高い設計変数表現は工学的な制約条件を満たさない解が探索領域の大部分を占め、依存関係にある多数の設計変数を同時に最適化しなければならない。指標の定量化によっては不必要に局所解を作り出す可能性もある。高精度なシミュレータは往々にして計算時間も長くなり、限られた時間で実行できるシミュレーション回数が限られるなど、最適化が困難となる。そのため問題設計者は、最適化を繰り返し行いながら最適化法が望ましい解を発見できるように合理的な評価器を設計する必要があるが、これには膨大な時間的コストがかかる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、human-out-of-the-loop を最適化プロセス全体において実現する新しいシミュレーションベース最適化の枠組みを構築することである。提案する枠組みにおいて、問題設計者は、設計変数表現を検討するための材料となる既存解や類似問題に対する有望解のデータベースと、目的関数や制約条件などの指標を定量化する方法の候補および計算精度と計算時間の異なる複数のシミュレータを用意し、これらを切り替えることが可能なチューナブル評価器を設計する。他方、最適化法は最適化の進行状況に応じて、複数のシミュレータと指標定量化方法の選択や設計変数表現方法の決定などの意思決定を行う。これまで最適化を繰り返しながら試行錯誤的に行われていた上述の意思決定への人の介入が不要となり、問題設計者の負担が大幅に削減される。

### 3. 研究の方法

本研究の学術的問いである「意思決定を最適化法に委ねることにより、最適化プロセスを自動化することができるか」を検証するために、問題設計者が行っている意思決定のうちシミュレーションベースの最適化を扱う上で一般的に直面すると同時に最適化結果に直結する以下の項目について検討し、それぞれの意思決定を自動化する枠組みを提案する。

- (1) 計算精度と計算時間の異なる複数のシミュレータが利用可能な場合に、シミュレータを適応的に選択することで最適化結果の信憑性を損なうことなく最適化時間を短縮する。
- (2) シミュレータが不確実性を有する場合に、最悪なシチュエーションを自動的に推定することで、最悪性能を最適化する解の探索を可能にする。
- (3) 制約条件を持つ場合に、実行可能領域が最適化法にとって探索し易い形状になるような設計変数表現を自動的に獲得する。
- (4) 上記研究項目において提案する最適化基盤を設計するとともに、効率化およびハイパーパラメータの自動設計を実現する。

### 4. 研究成果

Human-out-of-the-loop を最適化プロセス全体において実現する効率的な最適化フレームワークの開発のため、主として上述の3項目について研究を実施した。各研究成果を以下に示す。

- (1) ケンドールのランク相関係数に基づくシミュレーション精度の自動選択機構の提案(項目1)  
シミュレーション精度の調整は、最適化に必要な時間と解の信頼性の間のトレードオフを定める重要な意思決定項目である。本研究では、進化計算の一種であり、連続値最適化において最も広く実問題へと応用されている方法の一つである CMA-ES が、複数の解のランキングに基づいて探索することに着目した。精度の低く計算時間の短いシミュレータと、精度が高く計算時間の

長いシミュレータを用いた場合に求まる目的関数値の順位相関が、十分に高ければ高速なシミュレータを採用し、低ければより精度の高いシミュレータを採用するといった方法を開発した。テスト問題を用いた数値実験により、開発した方法は、固定精度のシミュレータを採用した場合よりも精度と速度の両面において改善が見られることを確認した[GECCO 2019]。また、トポロジー最適化の一問題に提案手法を適用し、同様の効果が確認された[PPSN 2020]。本研究の成果により、必要な意思決定項目の自動化だけでなく、複数シミュレータが利用可能な場合に最適化効率の改善も見られるため、計算精度を比較的自由に調整が可能な、深層学習におけるハイパーパラメータ最適化などへの応用も期待される。

#### (2) ワーストケース性能を保証するブラックボックスミニマックス最適化法の提案(項目 2)

現実環境をモデル化するには、現実環境の不確実性により、運用を想定している環境を正確にモデル化することが困難な場合はしばしば見受けられる。必ずしも正しくない推定モデルにおいて最適化した結果は、これを現実世界で運用した場合に想定したパフォーマンスが得られないばかりか、致命的な欠陥を起こすことも考えられる。そのため、最適化結果の信頼性の観点から、モデルの不確実性を考慮したロバスト解を得ることが望まれる。本研究では、あらかじめ想定されるシナリオの集合に対して、最悪性能を最適化するミニマックス最適化問題を解くためのブラックボックス最適化アプローチを開発した。想定シナリオが有限の場合に効率的に最悪性能を推定しながら最適化する進化計算法の開発[ASC 2023]、シナリオ集合が連続変数により表現される場合に最悪性能を最適化する進化計算法の設計[ACM TELO 2022, 2023]および強化学習法の設計[NeurIPS 2022]、シナリオ集合の広がりとも最悪性能のトレードオフを獲得する多目的最適化法の開発[GECCO 2023]などを実施した。なお、[ACM TELO 2022, 2023]の成果については、船舶の制御問題へと応用し、環境の不確実性やモデル化誤差がある場合にもロバストな制御則を現実的な計算時間で獲得することに成功した。

#### (3) 代理関数を用いた場合における進化計算の振る舞いの解析(項目 1,2)

上述の研究成果(1)や研究成果(2)の一部[ACM TELO 2023]では、真に最適化したい目的関数と、実際に最適化法が計算する目的関数が異なる。後者を代理関数と呼ぶことにする。代理関数を用いた場合、代理関数の最適化が真の目的関数の最適化に繋がらない恐れがある。本研究では、上述の研究に理論的な妥当性を与えるために、代理関数を改善する方向に探索した場合に目的関数が改善されるための十分条件を理論的に導出した。ケンドールおよびスピアマンの順位相関係数を用いた場合に、上述の条件を満たすために必要な相関係数の下限値を導くとともに、順位毎に与えられる重み係数のピアソン相関係数についても同様の下限値を導いた。後者の下限値の方が低い値を示していることから、上述の研究成果を改善できる可能性が示唆されており、これら手法のさらなる改善が期待される。

#### (4) 進化戦略の収束レート解析(項目 2)

研究成果(2)で開発した手法は、ミニマックス最適化問題を解くため、内側の最大化と外側の最小化を交互に実施することが必要となる。内側の最大化を精度良く近似することが望ましいが、そのためには内側の最大化問題を解くアルゴリズムを長く実行することが必要となる。ただし、アルゴリズムを長く実行すれば、それだけ計算時間を多く必要とするため、現実的には適当な打ち切り条件を定める必要があるが、これを試行錯誤的に求めることは困難である。そこで、本研究では、内側の最大化問題(および外側の最小化問題)の解法として採用している進化戦略(Evolution Strategy, ES)の収束レートを理論的に解析した。進化戦略の一つである(1+1)-ESと呼ばれるアルゴリズムが、勾配法などの解析においてしばしば仮定される強凸性およびリブシッツ平滑性を持つ目的関数やこれを含む関数クラスにおいて一次収束することを証明[SIOPT 2022]するとともに、強凸かつリブシッツ平滑な目的関数での収束レートの上下限の導出に成功した[IEEE TEVC 2024]。収束レートが設計変数の次元数に対して反比例するという事実に基づき、研究成果(2)での打ち切り条件が設計されている。また、当該研究成果は、本研究プロジェクトで採用し実問題でも広く採用されている進化戦略の理論的な妥当性を保証する観点からも、インパクトのある成果であり、今後さらなる理論解析の発展につながると期待される。

#### (5) 制約付き最適化における深層生成モデルを活用した設計変数の自動構築(項目 3)

シミュレーションベース最適化において、制約条件はしばしばペナルティ関数法やこれに準ずる方法がその汎用性や容易さから採用されている。しかし、制約条件を満たす領域(実行可能領域)が探索空間全体に対して(測度の観点で)狭い複数の非連結な集合となっているような場合や、そもそも制約条件を明示的に表現することが難しいような場合には、これらの方法が有効でない場面が見受けられる。本研究では、このような場面を想定し、深層生成モデルを活用した制約付きシミュレーションベース最適化のための最適化フレームワークを設計した。深層生成

モデルは、何らかの潜在空間からデータ空間への写像を深層ニューラルネットワークを用いて表現する関数モデルである。提案法では、データ空間を制約を満たす実行可能領域、潜在空間を最適化法が探索する設計変数空間に対応付け、このような深層生成モデルを最適化に先立って学習しておくことで、凸な潜在空間上の点が制約を満たす実行可能解へと射影されることになるため、最適化法は凸集合上を探索すればよいことになる。本研究では、制約条件を明示的に書き下すことが可能であるものの、実行可能領域が非連結集合となる場合に、対応する潜在空間が連結集合になるように深層生成モデルを学習する方法を提案し、トポロジー最適化問題の一例においてその効果を検証した[IEEE Access, 2022]。また、ビデオゲームのレベル（ステージ）生成問題を対象に、「プレイ可能であり自然なレベルである」という暗黙の制約条件を満たすように、この条件を満たしているであろう既存のレベルを訓練データとして深層生成モデルを学習する方法を提案し、設計された生成モデルを用いて所望の性質を満たすレベルの最適化を実現した[GECCO 2021]。

#### (6) 効率的な最適化基盤の設計(項目 4)

項目 1 から 3 にてベースラインとして用いる最適化法そのものの効率化とこれに関わる意思決定項目の自動化は重要な検討項目である。まず、[EvoComp 2020]では、問題の変数間の依存関係が弱い場合に非常に効率的な進化戦略である Sep-CMA-ES と、変数間の依存関係に性能が依存しない従来の CMA-ES を組み合わせることで、両者のいいとこ取りを実現するアルゴリズムを設計した。これにより、利用者が経験的にアルゴリズムを選択する必要がなくなり、また、両者よりも効率的な探索が可能になるケースも数値実験により確認された。[EvoComp 2022]では、明示的かつ勾配が高速に計算可能な制約条件を効率的に対処する制約対処アルゴリズムを開発した。[GECCO 2023]では、多峰性関数やノイズ付き関数の最適化に際して必要となるハイパーパラメータの調節を最適化の過程で自動的に行う機構を開発した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 26件）

1. 著者名 Nomura Masahiro, Akimoto Youhei, Ono Isao	4. 巻 -
2. 論文標題 CMA-ES with Learning Rate Adaptation: Can CMA-ES with Default Population Size Solve Multimodal and Noisy Problems?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference	6. 最初と最後の頁 839 ~ 847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3583131.3590358	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Morinaga Daiki, Fukuchi Kazuto, Sakuma Jun, Akimoto Youhei	4. 巻 28
2. 論文標題 Convergence Rate of the (1+1)-ES on Locally Strongly Convex and Lipschitz Smooth Functions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Evolutionary Computation	6. 最初と最後の頁 501 ~ 515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEVC.2023.3266955	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tanabe Takumi, Sato Rei, Fukuchi Kazuto, Sakuma Jun, Akimoto Youhei	4. 巻 35
2. 論文標題 Max-Min Off-Policy Actor-Critic Method Focusing on Worst-Case Robustness to Model Misspecification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advances in Neural Information Processing Systems	6. 最初と最後の頁 6967 ~ 6981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Akimoto Youhei, Miyauchi Yoshiki, Maki Atsuo	4. 巻 2
2. 論文標題 Saddle Point Optimization with Approximate Minimization Oracle and Its Application to Robust Berthing Control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization	6. 最初と最後の頁 1 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3510425	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Edo Hinata, Miyauchi Yoshiki, Maki Atsuo, Akimoto Youhei	4. 巻 -
2. 論文標題 Trade-off Between Robustness and Worst-Case Performance in Min-Max Optimization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference	6. 最初と最後の頁 1339 ~ 1347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3583131.3590362	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyagi Atsuhiko, Miyauchi Yoshiki, Maki Atsuo, Fukuchi Kazuto, Sakuma Jun, Akimoto Youhei	4. 巻 3
2. 論文標題 Covariance Matrix Adaptation Evolutionary Strategy with Worst-Case Ranking Approximation for Min/Max Optimization and Its Application to Berthing Control Tasks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization	6. 最初と最後の頁 1 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3603716	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyagi Atsuhiko, Fukuchi Kazuto, Sakuma Jun, Akimoto Youhei	4. 巻 133
2. 論文標題 Adaptive scenario subset selection for worst-case optimization and its application to well placement optimization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Soft Computing	6. 最初と最後の頁 109842 ~ 109842
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asoc.2022.109842	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Akimoto Youhei	4. 巻 86
2. 論文標題 Analysis of Surrogate-Assisted Information-Geometric Optimization Algorithms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Algorithmica	6. 最初と最後の頁 33 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00453-022-01087-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakamoto Naoki, Akimoto Youhei	4. 巻 30
2. 論文標題 Adaptive Ranking-Based Constraint Handling for Explicitly Constrained Black-Box Optimization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Evolutionary Computation	6. 最初と最後の頁 503 ~ 529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/evco_a_00310	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakamoto Naoki, Sato Rei, Fukuchi Kazuto, Sakuma Jun, Akimoto Youhei	4. 巻 10
2. 論文標題 Explicitly Constrained Black-Box Optimization With Disconnected Feasible Domains Using Deep Generative Models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 117501 ~ 117514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3219979	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Akimoto Youhei, Auger Anne, Glasmachers Tobias, Morinaga Daiki	4. 巻 32
2. 論文標題 Global Linear Convergence of Evolution Strategies on More than Smooth Strongly Convex Functions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Optimization	6. 最初と最後の頁 1402 ~ 1429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/20M1373815	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Akimoto Youhei, Auger Anne, Hansen Nikolaus	4. 巻 145
2. 論文標題 An ODE method to prove the geometric convergence of adaptive stochastic algorithms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Stochastic Processes and their Applications	6. 最初と最後の頁 269 ~ 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spa.2021.12.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tanabe Takumi, Fukuchi Kazuto, Sakuma Jun, Akimoto Youhei	4. 巻 -
2. 論文標題 Level generation for angry birds with sequential VAE and latent variable evolution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO '21)	6. 最初と最後の頁 1052 ~ 1060
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3449639.3459290	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Akimoto Y., Hansen N.	4. 巻 28
2. 論文標題 Diagonal Acceleration for Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Evolutionary Computation	6. 最初と最後の頁 405 ~ 435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/evco_a_00260	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Akimoto Youhei, Sakamoto Naoki, Ohtani Makoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-fidelity Optimization Approach Under Prior and Posterior Constraints and Its Application to Compliance Minimization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Parallel Problem Solving from Nature - PPSN XVI	6. 最初と最後の頁 81 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58112-1_6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Akimoto Youhei, Shimizu Takuma, Yamaguchi Takahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive objective selection for multi-fidelity optimization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference	6. 最初と最後の頁 880 ~ 888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3321707.3321709	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



[学会発表] 計14件(うち招待講演 2件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Youhei Akimoto, Nikolaus Hansen
2. 発表標題 CMA-ES and Advanced Adaptation Mechanisms
3. 学会等名 Genetic and Evolutionary Computation Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youhei Akimoto
2. 発表標題 Expected Runtime Bound for the (1+1)-Evolution Strategy
3. 学会等名 Theory of Randomized Optimization Heuristics (Dagstuhl Reports 19431) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youhei Akimoto, Nikolaus Hansen
2. 発表標題 CMA-ES and Advanced Adaptation Mechanisms
3. 学会等名 Genetic and Evolutionary Computation Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Youhei Akimoto, Nikolaus Hansen
2. 発表標題 CMA-ES and Advanced Adaptation Mechanisms
3. 学会等名 Genetic and Evolutionary Computation Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youhei Akimoto, Nikolaus Hansen
2. 発表標題 CMA-ES and Advanced Adaptation Mechanisms
3. 学会等名 Genetic and Evolutionary Computation Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Youhei Akimoto
2. 発表標題 Black-Box Min-Max Optimization using CMA-ES
3. 学会等名 Information Technologies - Applications and Theory (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河上 幸樹, 秋本 洋平
2. 発表標題 障害物を考慮した船舶着岸制御方策のDomain Randomizationによる獲得の試み
3. 学会等名 2023年度人工知能学会全国大会 (第37回)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋本 洋平
2. 発表標題 モデル化誤差に対してロバストな着岸制御に向けた検討
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田邊 拓実 , 福地 一斗 , 佐久間 淳 , 秋本 洋平
2. 発表標題 Sequential Variational Autoencoderを用いたAngry Birdsのステージ生成
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江戸 陽向 , 濱田 直希 , 福地 一斗 , 佐久間 淳 , 秋本 洋平
2. 発表標題 深層生成モデルによる弱パレート解集合の近似
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪本 直気 , 佐藤 怜 , 福地 一斗 , 佐久間 淳 , 秋本 洋平
2. 発表標題 複数の損失関数を用いた深層生成モデルの訓練と制約付きブラックボックス最適化への適用
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森永 大貴 , 福地 一斗 , 佐久間 淳 , 秋本 洋平
2. 発表標題 (1+1)-Evolution Strategyの凸二次関数における収束速度の導出
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三村遼, 秋本洋平
2. 発表標題 解の評価が高コストな場合における多様性最適化法の提案と評価
3. 学会等名 進化計算学会研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阪本 直気, 佐久間 淳, 秋本 洋平
2. 発表標題 非凸制約付きシミュレーションベース最適化における深層生成モデルの新たな活用法
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究成果は研究代表者のWEBページにて紹介されています。  <a href="https://www.bbo.cs.tsukuba.ac.jp/">https://www.bbo.cs.tsukuba.ac.jp/</a></p>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
フランス	Inria			
ドイツ	RUB			