

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11998

研究課題名(和文) Research on Learning Graphs via Enumerative Queries and its Applications

研究課題名(英文) Research on Learning Graphs via Enumerative Queries and its Applications

研究代表者

Parque Victor (Parque, Victor)

早稲田大学・理工学術院・准教授(任期付)

研究者番号：50745221

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、列挙型クエリによるグラフ構造の学習とその応用を行った。一方で、最先端の効率を達成する有向ネットワーク、無向ネットワーク、モジュラーネットワーク、および可変サイズネットワークの構造を設計するための効率的なアルゴリズムが可能になりました。また、経路と動作の計画、グラフ設計、最適化問題への応用により、提案されたアルゴリズムの望ましいパフォーマンス、効率、多用途性が示されました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Learning graphs via enumerative queries bring the unique benefits of succinctness (theoretical bounds) and efficiency to sample richer knowledge structures (parallelization), rendering the improved approaches to tackle complex problems in graph design/optimization in robotics and engineering.

研究成果の概要(英文)：In this research, learning graph structures via enumerative queries and their applications were conducted. In one hand, the efficient algorithms to design structures of directed networks, undirected networks, modular networks, and variable-size networks achieving the state-of-the-art efficiency were made possible. And the applications in path planning and graph design and optimization problems have shown the desirable performance, efficiency, and versatility of the proposed algorithms.

研究分野：Computational Intelligence

キーワード：graph learning optimization networks design optimization planning robotics

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1 . 研究開始当初の背景

Efficient representations to learn graph structures are relevant to computing and encoding dependencies ubiquitously. Contrasted with conventional and indirect graph representations, the enumerative representation of graph structures offers extreme succinctness (theoretical tight bound) and the utmost efficiency to sample via enumerative queries.

Learning general graphs with  $n$  nodes and  $m$  edges is known to be hard. Often, the graph is unknown a-priori, and is to be learned via topology sampling queries. Practical applications are often studied in Engineering, Molecular Biology, Chemistry and Machine Learning. Yet, significant questions remain, such as (1) how to learn general graphs using efficient queries of the search space, and (2) how to use simultaneous queries (parallelization) while balancing exploration and exploitation mechanisms efficiently.

## 2 . 研究の目的

This research aims at constructing algorithms to learn graph structures by using enumerative queries over the search space of graphs and tackle their practical applications in graph architecture search and network design and planning problems.

## 3 . 研究の方法

### (1) Graph Structures

Efficient algorithms to learn graph structures using enumerative queries were developed. In particular, the state-of-the-art learning algorithms using both gradient and gradient-free optimization frameworks through directed graphs, undirected graphs, graphs with self-loops, and graphs with modules were proposed.

### (2) Applications

The applications underlying the learning of graphs using enumerative queries in directed, undirected, modular and variable-size learning networks for robot control and computer-aided design problems were proposed. In particular, the applications in path planning, network design (sensor networks, neural networks), multi-agent system (multi-robots) and aesthetic design.

## 4 . 研究成果

(1) the efficient sampling algorithms for directed graphs, the novel bijections tree structures and Catalan objects, and the rendering of Steiner trees on the plane with obstacles. Here, we use the hybrid between hierarchical optimization of shortest routes through sequential quadratic programming over constrained two-dimensional convex domains, and the gradient-free stochastic optimization algorithms with a convex search space. Our approach offers the cornerstone mechanisms to further advance towards developing efficient network and combinatorial optimization algorithms with flexible and scalable representations.

(2) a novel sampling-based differential particle scheme for nonlinear optimization and control problems, which unifies the principles of difference of vectors and particle schemes for parameter adaptation through archive (memory) mechanisms. Our computational simulations using 25 control problem instances (motor position and velocity control, magnetic levitation, inverted pendulum, crane stabilization), and the comparisons 23 optimization algorithms has shown the outperforming benefits of the proposed approach under tight function evaluation budgets. Our obtained results have the potential to further advance towards developing efficient and self-adaptive optimization algorithms based on the difference of vectors, which may find use in a wider set of optimization and control problems.

(3) robust algorithms based on enumerative queries and efficient parallel reductions on the Graphics Processing Unit (GPU) to tackle combinatorial generation problems, which is crucial to learn directed graphs, undirected graphs, graphs with self-loops (loopy-graphs), and graphs with modules (hypergraphs). Our computational experiments consisting of a relevant set of problem instances and gradient-free optimization algorithms show that (1) it is possible to generate combinations in the GPU efficiently, with quasi-linear

complexity, (2) it is possible to tackle instances of the subset sum problem within a reasonable number of function evaluations, and (3) Particle Swarm Optimization with Fitness Euclidean Ratio converges faster. Since the search space of number-based representations is one-dimensional and amenable to parallelization schemes (e.g., GPU), our work opens the door to tackle further combinatorial problems efficiently.

(4) new graph representations and stochastic optimization algorithms to compute collision-free lattice paths on binary occupancy maps with utmost efficiency, in about 10 ms. in complex navigation scenarios, rendering a one-dimensional search problem. Our computational studies using ten state-of-the-art and relevant nature-inspired swarm heuristics in navigation scenarios with obstacles with convex and non-convex geometry showed the practical feasibility and efficiency in rendering collision-free lattice paths. Our approach may find use in devising faster algorithms for planning and combinatorial optimization in discrete search spaces.

(5) efficient algorithms for the subset sum problem based on enumerative queries and gradient-free optimization algorithms with varying forms of selection pressure, exploration-exploitation, multimodality considerations. The search space is defined by numbers associated with subsets of fixed size. Our computational experiments have shown that it is feasible to find optimal subsets with fewer number of function evaluations. Our approach realizes the one-dimensional search space and the amenable sampling schemes under parallelization through GPUs. Our results open the door to study further classes of combinatorial resource allocation problems efficiently using gradient-free and parallelization schemes based on enumerative queries.

(6) a new scheme to learn motion planning functions in 6-DOF robot manipulators using the linear transition in the C-space, whose effectiveness has been demonstrated by learning the architecture of Neural Nets and Kernel Machines with utmost efficiency. Our approach contributes to realizing the practical efficiency to tackle the learning-based motion planning problem. Due to the amenability to parallelization schemes, our approach is potential to tackle larger degrees of freedom.

(7) the representations of higher order fairness functionals in curves to enable smooth and safe path planning for multi-agent and robot systems. Our approach enables the generation of alternative smooth curve profiles and safer paths for navigation and has the potential to extend towards fitting and fairing of curves with utmost efficiency. Furthermore, our approach enables the possibility of computing smooth paths from input reference trajectories by using higher order non-linear fairness functionals. Our approach has the potential to enable the generation of simple and computationally efficient path planning and smoothing for navigation in mobile robots.

(8) the learning of adaptive locomotion gaits for legged robots under conditions of leg failure and gait adaptation by using enumerative queries. Our approach uses enumerative queries and samples the factoradic search space of robot gait locomotion. Our results have the potential to enable efficient adaptation to new locomotion conditions and to explore the canonical representations for adaptation in robotic locomotion problems.

(9) the compact representation of convolution graphs by broadcast networks and its application to sound classification. Besides achieving state-of-the-art accuracies, our approach offers insights and the potential to enable compact and generalizable broadcast networks for sound classification.

(10) the new schemes to represent the folding behavior of flat and curved membranes with finite thickness by using graph representations, whose governing equations render folding lines by juxtaposing spirals and by accommodating membrane thickness. Our experiments using a set of topologically distinct flat and curved membranes deployed by tensile forces applied in the radial and circumferential directions have shown the improved deployment performance. From viewpoints of configuration and deployment performance, the proposed approach has the potential to design versatile spiral folding and packaging mechanisms.

(11) the representation of curvature in the folding of planar membranes, allowing the representation of folding structures by compact planar graphs. We present mathematical formulations that consider the curved creases in folding networks and describe folding examples of a planar membrane with a defined thickness. Our computational experiments have shown (1) the versatility to model a plural number of curvature profiles, and (2) the feasibility of global deployment by using compliant and explicit numerical simulations. From viewpoints of configuration and deployment performance, the curved crease patterns have the potential to extend the versatility and smoothness of spiral folding mechanisms.

(12) the sampling of graph-based cable-driven robot manipulation structures, enabling the design of cable-driven mechanical structures by enumerative sampling of the graph search space for cable-driven manipulators, which are attractive for high payload ratio, low inertia, large workspace, and high-speed duties. We investigated the optimal configuration of a cable-driven parallel mechanism under topologically variant loads. Our computational experiments and comparison to five gradient-free particle-based optimization heuristics has shown (1) the multimodal properties of the search space, (2) niching and stagnation avoidance strategies in optimization offer competitive convergence to feasible solutions, and (3) using the cost function based on the sum of square of forces while solving the tension distribution problem leads to feasible yet not always smooth force distributions, implying the need to devise tailored objective functions considering smoothness factors in the quadratic program. Our results have the potential to devise tailored and fast algorithms to design cable-driven mechanisms under graph-based representations.

(13) the generation of robot manipulator trajectories by using graph-based representation and extreme learning schemes, enabling the planning of robot manipulator trajectories with utmost efficiency, in the order of milliseconds. This approach extends the path regression problem, that is the learning of motion planning functions that render robot trajectories from initial to end robot configurations in a single forward pass. Our computational experiments involving a relevant set of 6-DOF robot trajectories encoded in the linear **transition of the configuration space have shown path regression's feasibility and practical efficiency with attractive generalization performance in out-of-sample observations.** In particular, we show that it is possible to learn neural policies for path regression in about 10 ms. Our approach has the potential to explore efficient algorithms for learning-based motion planning.

(14) the study on the visualization of resource distribution networks on the plane, enabling the possibility to design optimal networks interactively. Our proposed approach has the potential to enable the interactive design of distribution networks in virtual domains. We present several examples showing the feasibility of our system.

(15) the algorithms for minimal enumerative representation of graphs, implementing the efficient framework to generate graph and hypergraph representations with minimal space, and enabling to store, communicate, and sample the search space of graphs and networks while meeting user-defined criteria via efficient enumerative queries (both CPU and GPU-enabled). Our algorithms implement both the gradient and gradient-free optimization algorithms suitable for utmost efficiency; as such, our computational experiments using graph instances with varying degrees of sparsity have shown the merit of attaining minimal numbers for graph encoding/representation rendered by exploration-oriented strategies within few function evaluations.

(16) the learning algorithms for the optimal coordination networks in robotics planning problems, implementing the optimal and efficient coordination of multi-robot navigation problems using graphs and lattice-based roadmap configurations, enabling the collision-free multi-robot coordinated path planning algorithms. Our results have the potential to elucidate new enumerative sample-based algorithms for graph representation, network design and network optimization.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 32件 / うち国際共著 31件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 2023
2. 論文標題 On Searching for Minimal Integer Representation of Undirected Graphs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Conference on Neural Information Processing (ICONIP)	6. 最初と最後の頁 82-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-99-8132-8_7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 7
2. 論文標題 Multi-Robot Motion Planning at Intersections using Lattice-Guided dRRT*	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Seventh International Conference on Robotic Computing (IRC)	6. 最初と最後の頁 348-351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IRC59093.2023.00062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2022
2. 論文標題 Learning Obstacle-Avoiding Lattice Paths using Swarm Heuristics: Exploring the Bijection to Ordered Trees	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEC55065.2022.9870344	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2022
2. 論文標題 Towards Hexapod Gait Adaptation using Enumerative Encoding of Gaits: Gradient-Free Heuristics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEC55065.2022.9870257	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 42
2. 論文標題 A Study on Hexapod Gait Adaptation by Enumerative Encoding and Particle Swarm Optimization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, IDETC-CIE	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/DETC2022-90305	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 48
2. 論文標題 On Spiral Folding of Planar Membranes With Finite Thickness and Curved Creases	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, IDETC-CIE	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/DETC2022-90145	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 6
2. 論文標題 On Path Regression with Extreme Learning and the Linear Configuration Space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)	6. 最初と最後の頁 383-390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IRC55401.2022.00074	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 29
2. 論文標題 Optimal Design of Cable-Driven Parallel Robots by Particle Schemes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Conference on Neural Information Processing (ICONIP)	6. 最初と最後の頁 170-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-99-1642-9_15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 2022
2. 論文標題 Exploring Resource Distribution Networks in Virtual Environments	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)	6. 最初と最後の頁 203-206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/AIVR56993.2022.00040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 17 (2021)
2. 論文標題 A Study of Fairness Functionals for Smooth Path Planning in Mobile Robots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)	6. 最初と最後の頁 1568-1573
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CASE49439.2021.9551561	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ahmed Sameh, Mohamed Fanni, Victor Parque, Abdelfatah M. Mohamed	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of a Balanced 3D Translational Interconnected Manipulator With Solely Rotary Joints/Actuators and Free-Internal-Singularity Workspace	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 167880-167899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3136779	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 Satoshi Miura, Souhei Takahashi, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 68 (8)
2. 論文標題 Small-Scale Human Impact Anthropomorphic Test Device Using the Similarity Rule.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 7188-7198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2020.3003590	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Miura, S., Saito, K., Torisaka, A., Parque, V., Miyashita, T.	4. 巻 67(9)
2. 論文標題 Shape optimization of a three-dimensional membrane-structured solar sail using an angular momentum unloading strategy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Space Research	6. 最初と最後の頁 2706-2715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2020.12.036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Wataru Suzuki, Satoshi Miur, Ayako Torisaka, Tomoyuki Miyashita, Michihiro Natori	4. 巻 67(9)
2. 論文標題 Packaging of thick membranes using a multi-spiral folding approach: Flat and curved surfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Space Researchthis	6. 最初と最後の頁 2589-2612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2020.09.040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ayako Torisaka, Kohei Eguchi, Satoshi Miura, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 32(9)
2. 論文標題 Leg-circle transformable wheel for improved runnability of a lunar rover	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Intelligent Material Systems and Structures	6. 最初と最後の頁 1013-1023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1045389X20952545	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ayako Torisaka, Shoichi Hasegawa, Satoshi Miura, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita, Hiroshi Yamakawa and M. C. Natori	4. 巻 58(2)
2. 論文標題 Electromagnet-based three-dimensional self-assembly system for hierarchical modular space structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Spacecraft and Rockets	6. 最初と最後の頁 472-485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.A34884	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する



1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 A Differential Particle Scheme and its Application to PID Parameter Tuning of an Inverted Pendulum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3449726.3463225	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 Towards Higher Order Fairness Functionals for Smooth Path Planning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3449726.3459430	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 Tackling the Subset Sum Problem with Fixed Size using an Integer Representation Scheme	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 A Differential Particle Scheme with Successful Parent Selection and its Application to PID Control Tuning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 On a class of polar log aesthetic curves	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The ASME 2021 Virtual International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 Generating Combinations on the GPU and its Application to the K-Subset Sum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 2021
2. 論文標題 Learning Motion Planning Functions using a Linear Transition in the C-space: Networks and Kernels	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2021 IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque	4. 巻 12692
2. 論文標題 On Hybrid Heuristics for Steiner Trees on the Plane with Obstacles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization	6. 最初と最後の頁 120-135
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 2021 (15)
2. 論文標題 An Efficient Scheme for the Generation of Ordered Trees in Constant Amortized Time	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 15th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IMCOM51814.2021.9377349	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mohamed Abdelwahab, Victor Parque, A. A. Abouelsoud, Ahmed M. R. Fath	4. 巻 2021
2. 論文標題 Navigation of Omni-Directional Mobile Robot in Unstructured Environments using Fuzzy Logic Control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)	6. 最初と最後の頁 684-689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IEECONF49454.2021.9382654	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Satoshi Miura, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 2020
2. 論文標題 Minimal Trees on the Plane - An Evolutionary Computing Perspective	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Design Engineering and Science	6. 最初と最後の頁 84-92
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yaseer Ashraf, Ahmed Abdallah, Abdelhaleem Osman, Victor Parque, Samy Assal	4. 巻 2020
2. 論文標題 Towards Spiral Brick Column Building Robots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SICE Annual Conference	6. 最初と最後の頁 1448 - 1451
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 8
2. 論文標題 Smooth Curve Fitting of Mobile Robot Trajectories Using Differential Evolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 82855 - 82866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2991003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 2020
2. 論文標題 Towards Fast Data-Driven Smooth Path Planning with Fair Curves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	6. 最初と最後の頁 1115-1116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/COMPSAC48688.2020.0-113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 2020
2. 論文標題 Estimation of Grasp States in Prosthetic Hands using Deep Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	6. 最初と最後の頁 1285-1289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/COMPSAC48688.2020.00-79	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ahmed Heakl, Abdelrahman Abdelgawad, Victor Parque	4. 巻 2022
2. 論文標題 A Study on Broadcast Networks for Music Genre Classification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Joint Conference on Neural Networks	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IJCNN55064.2022.9892651	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

[学会発表] 計4件(うち招待講演 4件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Victor Parque
2. 発表標題 Optimization-based Aesthetic Curves and Surfaces
3. 学会等名 Annual Meeting of The Japan Society for Industrial and Applied Mathematics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Victor Parque
2. 発表標題 Seminars Series on Practical Topics in Mechatronics and Robotics
3. 学会等名 Fourth Egypt-Japan Workshop on Practical Education for Mechatronics and Robotics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Victor Parque
2. 発表標題 Minimal Trees on the Plane
3. 学会等名 Seminar at Egypt-Japan University of Science and Technology (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Victor Parque
2. 発表標題 Log Aesthetic Curves and their Applications
3. 学会等名 Seminar at Egypt-Japan University of Science and Technology (招待講演)
4. 発表年 2022年

## 〔図書〕 計3件

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer, Singapore	5. 総ページ数 13
3. 書名 Book Title: Neural Information Processing. ICONIP 2023. Communications in Computer and Information Science, Chapter: On Searching for Minimal Integer Representation of Undirected Graphs	

1. 著者名 Victor Parque, Tomoyuki Miyashita	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer, Singapore	5. 総ページ数 12
3. 書名 Book Title: Neural Information Processing. ICONIP 2022. Communications in Computer and Information Science, Chapter: Optimal Design of Cable-Driven Parallel Robots by Particle Schemes	

1. 著者名 Victor Parque	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 16
3. 書名 Book Title: Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization, Chapter: On Hybrid Heuristics for Steiner Trees on the Plane with Obstacles	

## 〔産業財産権〕

## 〔その他〕

-

## 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
---------	---------