研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 4 年 6 月 1 0 日現在

機関番号: 62615 研究種目: 若手研究 研究期間: 2019~2021

課題番号: 19K20215

研究課題名(和文) Synthesising directed structures in Computer Science using Directed Algebraic Topology

研究課題名(英文)Synthesising directed structures in Computer Science using Directed Algebraic

Topology

研究代表者

DUBUT Jeremy (DUBUT, Jeremy)

国立情報学研究所・大学共同利用機関等の部局等・特任研究員

研究者番号:50836765

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):このプロジェクトの目標は、コンピューターサイエンス、数学、ロボット工学のさまざまな問題において、通常は時間の展開の影響によって、方向付けられた構造を記述および分析することでした。 このプロジェクト全体を通して、そしてフランスとドイツとの国内および国際的な協力のおかげで、私たちはこの目標に向けた理論とアルゴリズムを開発し、結果は国際会議やジャーナルで同時システムにすでに公開されており、ロボット工学と言語理論の準備につながっています。

研究成果の学術的意義や社会的意義

At this point of the project, the significance is mostly academic: the results obtained showed good theoretical results and algorithms in the analysis of directed structures.

研究成果の概要(英文): The goal of this project was to describe and analyse directed structures, typically by the influence of the unrolling of time, in various problems in computer science, mathematics, and robotics. Throughout this project, and thanks to domestic and international collaborations with France and Germany, we have developed theories and algorithms towards this goal, with results already published for concurrent systems in international conferences and journal, and results in preparation for robotics and language theory.

研究分野: Foundation of mathematics

キーワード: algebraic topology concurrency language theory robotics

1.研究開始当初の背景

Directed algebraic topology is a mathematical domain initiated 20 years ago, to describe in a geometric and algebraic way, some information of distributed systems, that is, systems containing several components working at the same time and competing for resources (a typical example is a processor with several cores competing for memory). If some discrete semantics have been given to those systems using interleaving of traces, those do not allow components to truly work at the same time. True concurrency is tackling this problem by introducing a more continuous view of the semantics, which brings a topological and geometric flavor to the analysis of distributed systems. It turned out that a crucial aspect of distributed systems was evading the scope of traditional tools from algebraic topology: the flow of time, by nature not reversible, was not compatible with the reversible structures of algebraic topology. Consequently, many mathematical tools were developed based on category theory to mimic those from classical algebraic topology, such as homology algebra, homotopy theory to incorporate the direction of time.

2. 研究の目的

The original purpose of this proposal was to apply tools from directed algebraic topology to some specific problems in theoretical computer science. Homological and homotopical methods are particularly interesting, as they provide concise and computable algebraic invariants of the structures one is studying. Since the PI's thesis, such methods have been developed in a directed setting. It is natural to apply those new methods to problems where classical algebraic topology was applied, especially those that have an underlying directed structure, typically coming from an execution flow, time or an order, which are not handled by reversible structures.

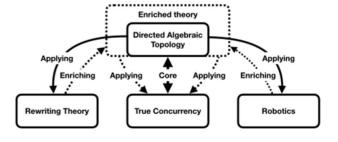
3.研究の方法

The methodology for this project can be summarized by *apply-and-enrich* and consists in two inter-dependent steps.

1) Apply Directed Algebraic Topology to Computer Science.

This step is the main purpose described earlier. We want to apply the tools we have developed for true concurrency to other types of problems. The applications considered at the beginning of the project were: true concurrency (the original motivation), rewriting theory (and particularly the connection between homology and decidability of equational theories), robotics (and the notion of topological complexity of a planning problem), Homotopy Type Theory, and language theory (and the connection between semi-

galois categories and coverings). To deal with that many different domains. collaborations specialist in various backgrounds was needed, and this had been enabled by the present project (even though slowed by the pandemic), by starting and strengthening collaboration within Japan and abroad (mostly Europe).

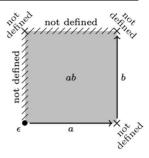


2) Enrich Directed Algebraic Topology with new structures.

The core of directed algebraic topology was developed around true concurrency, so the tools we have are mostly adapted to study truly concurrent systems. Applying the theory to more diverse problems would call for new structures that can enrich the whole theory. In turn, those new structures may be applied to the core of true concurrency or on other applications. This is made possible only thanks to the abstract language of category theory underlying the theory of directed algebraic topology, allowing the instantiation of abstract structure to different domains.

1) A new general model for true concurrency and its geometric interpretation.

Higher Dimensional Automata are one of the first geometric models introduced in 1991 by Pratt. They successfully capture the essence of true concurrency but are not modular, in the sense that it is not easy to compose them. In this project, we introduced a new model, partial Higher Dimensional Automata which allow this modularity. This additional flexibility also allows us to describe an explicit relation with the theory of model structures in algebraic topology: the crucial notion of open maps in concurrency can be interpreted as fibrations in the language of model categories, for which trees and



unfolding can be reformulated as cofibrant objects and cofibrant replacement.

2) Comparison of abstract relations for concurrency.

Open maps and coalgebra morphisms are two categorical ways of describing notions such as bisimulations, that is, behavioral equivalences between systems. The former has found new purposes in the theory of directed algebraic topology and true concurrency (see previous point, but also the PI's thesis), while the latter is widely used in Japan (in the group of the PI at the time) and abroad (mostly Europe). During a visit by Thorsten Wißmann from Germany, a collaboration was born to relate both notions, and the following was done: 1) proving that coalgebra morphisms can be described as open maps for non-deterministic systems, 2) extending open maps to deal with a wider range of systems (particularly probabilistic).

3) Reachability analysis, with cofibrations.

As a by-product of the previous point, a theory of reachability for systems described as coalgebras was developed, using the general theory of cofibrations. With the collaboration of Shin-ya Katsumata (a specialist in cofibrations), Thorsten Wißmann, and Stefan Milius from Germany (specialists in coalgebras), the general theory was designed and encapsulates various know algorithms with reachability flavor, such as, Dijkstra algorithm for shortest path, and Trajan algorithm for minimal spanning trees, and so on.

4) Abstract language and Kleene theorems.

At the occasion of several visits in Japan by (pre-pandemic, funded by the present project) and online meetings with (post-pandemic) Uli Fahrenberg from France, an international collaboration was developed to understand the language of Higher Dimensional Automata through the theory of coalgebras. Two challenges are being tackled: 1) describe HDA as coalgebras, 2) define the language of a coalgebra and prove that it can be succinctly described using regular expressions, like the Kleene theorem.

5) Abstract effective systems.

One drawback of those abstract general studies is that questions of effectiveness such as decidability and complexity are rarely considered. In this project, the PI made a proposal to migrate the theory of coalgebras from the usual setting of sets to the more general framework of topoi. Topoi objects are logically like sets, but they allow more diverse models, such as effective sets with computable functions, or even functions with a given complexity, thanks to realizability topoi. The PI proposed a way to extend the study of behavioral equivalences in this extended setting and is actively working on developing this line of work.

6) Directed topological foundations for robotics.

Based on the PI's thesis, Éric Goubault et al. (from France) proposed an extension of the topological complexity (a measure of how complex a planning problem in robotics can be) to a directed setting, in order to account for control constraints. Still some more foundations from directed algebraic topology are needed to work out the theory, and particularly, the PI together with Éric Goubault and Samuel Mimram are investigating categories enriched in topological spaces, a crucial concept in directed algebraic topology.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件(うち査読付論文 10件/うち国際共著 10件/うちオープンアクセス 5件)

4. 巻 Sasinee Prubeprasert, Toru Takisaka, Clovis Eberhart, Amet Cetinkaya, and Jeremy Dubut - 2. 孫文標恩 Noment Propagation of Discrete-Time Stochastic Polynomial Systems using Truncated Carleman Litheat Taxion 3. 報証名 「特別では Congress 2020 掲載論文の201 (デジタルオプジェクト識別子) なし - 1. 著書名 Prubeprasert Sasinee, Clovis Eberhart, and Jeremy Dubut - 2. 孫文標恩 Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Self-tripperad Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Symbols Systems Systems Systems Systems Self-tripperad Control of Control Non-deterministic Systems without Stability Symbols Systems	〔雑誌論文〕 計10件(うち査読付論文 10件/うち国際共著 10件/うちオープンアクセス 5件)	
2 . 論文模型		4 . 巻
Moment Propagation of Discrete-Time Stochastic Polynomial Systems using Truncated Carleman Linearization 3. 機能音 IFAC World Congress 2020 6. 最初と最後の頁 FRAC World Congress 2020 7. 金銭の有無 有 オープンアクセス 2. 海文得題 ます 2. 本ープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 7. 本・グラアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 5. 条行年 2020年 8. 最近的 1. 本・登・Pruebprasert Sasinee、Clovis Eberhart、and Jeremy Dubut 7. 条件 2020年 8. 最初と最後の頁 7. 本・グラアクセスではない。又はオープンアクセスが困難 7. 条件 2020年 8. 最初と最後の頁 7. 条件 2020年 8. 最初と最後の頁 7. 表に 2. 第2 を持ち 2020年 8. 最初と最後の頁 7. 表に 2. 第2 を持ち 3. 機能者 3. 2. 第2 を持ち 3. 機能者 4. 条 機能者 3. 機能者 4. 条 機能者 3. 機能者 4. 条 機能者 3. 機能者 5. 暴行年 2019年 5. 最好年 2019年 6. 最初と最後の頁 1.16 編飾者 7. プンアクセス 3. 機能者 1.0 th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 2. 第2 を持ち 4. 条 機能者 10 th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 2. 第2 を持ち 4. 条 機能者 10 th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 2. 第2 を持ち 4. 表 第3 を持ち 2019年 5. 最好年 2019年 6. 最初と最後の頁 1.16 1. 表 3. 機能者 10 th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 2. 国際共著 5. 第4 を持ち 2019年 6. 最初と最後の頁 1.16 1. 表 3. 表	Jasinee Truerprasert, Toru Tarisara, Crovis Ebernart, Annet Germinaya, and Jeremy Dubut	
Linearization	2.論文標題	5 . 発行年
Linearization	Moment Propagation of Discrete-Time Stochastic Polynomial Systems using Truncated Carleman	2020年
IFAC World Congress 2020		
指数論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが函難 1. 著書名 Prubeprasert Sasinee、Clovis Eberhart、and Jeremy Dubut 2. 論文榜題 Symbolic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications 3. 婉越名 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) 5. 飛行年 2020年 Assumptions for 2-LTL Specifications 5. 飛行年 2020年 Assumptions for 2-LTL Specifications 7. 元ガンアクセス 「最近の有無 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最後の頁 7. 一プンアクセス 1. 高者名 Jareny Dubut 1. 高者名 Jareny Dubut 1. 高名名 Jareny Dubut 2. 論文榜題 Bisinilarity of Diagrams 3. 綺麗名 RANICS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science 6. 最初と最後の頁 65-81 4. 巻 1. 著書名 And Control (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43520-2.5 オープンアクセス 1. 著書名 And Yamada and Jeremy Dubut 2. 論文榜題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3. 賴麗希 Complete Non-Orders and Fixed Points 3. 賴麗子 Complete Non-Orders and Fixed Points 4. 卷 And Complete Non-Orders and Fixed Points 4. 卷 And Complete Non-Orders and Fixed Points 4. 卷 And Complete Non-Orders and Fixed Points 5. 最初と最後の頁 1.16 And Complete Non-Orders and Fixed Points 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最後の頁 6. 最初と最初と最初と表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表現を表	3.雑誌名	6.最初と最後の頁
なし 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回離 護当する	IFAC World Congress 2020	-
なし 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回離 護当する		
なし 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回離 護当する		
日際共著 表名 Pruekprasert Sasinee, Clovis Eberhart, and Jeremy Dubut 2 . 論文標題		
### Table ###	<u>なし</u>	有
### Table ###	ナーデンフカセフ	国際共享
1 . 著名名 Pruekprasert Sasinee, Clovis Eberhart, and Jeremy Dubut 2 . 論文標題 Symbol ic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications 3 . 雑誌名 2 . 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) 6 . 最初と最後の頁 7 . 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) 7 . 2 . 最初と最後の頁 7 . 2 . 最初の有無 7 . 2 . 第2		
Pruekprasert Sasinee, Clovis Eberhart, and Jeremy Dubut 2. 論文標題 Symbol ic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications 3. 雑誌名 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) 日本記録を表現して、「デジタルオプジェクト識別子) 10.1109/ICARCV80220.2020.8305387	オーラファクで入しはない、人はオープファクで入が凶難	政当する
Pruekprasert Sasinee, Clovis Eberhart, and Jeremy Dubut 2. 論文標題 Symbol ic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications 3. 雑誌名 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) 日本記録を表現して、「デジタルオプジェクト識別子) 10.1109/ICARCV80220.2020.8305387	1	
2. 論文標題 Symbol ic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications 3. 雑誌名 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) 信義 (1. 元本の		
Symbolic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications	Truckprasert dastrice, Grovis Ebernart, and Sereiny Bubut	
Symbolic Self-triggered Control of Continuous-time Non-deterministic Systems without Stability Assumptions for 2-LTL Specifications	2.論文標題	5.発行年
Assumptions for 2-LTL Specifications 3 独語名 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)		
3 . 雑誌名 2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)		
2020 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)	<u>'</u>	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)		- ·
10.1109/ICARCV50220.2020.9305387 有		
10.1109/ICARCV50220.2020.9305387 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 . 著書名	, ,	
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 該当する	10.1109/ICARCV50220.2020.9305387	有
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 該当する	± = ₹\;= ₹\;= ₹\;= ₹	园咖井茶
1. 著者名		
12062 12	オーノファクセスではない、又はオーフファクセスが困難	該当りも
12062 12	1 苹老夕	/
2. 論文標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 雑誌名 RAMICS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science 4. 最初と最後の頁 65-81 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43520-2_5 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) 1. 著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2. 論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3. 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著 意読の有無 有 オープンアクセス		_
Bisimilarity of Diagrams 2020年 3 . 雑誌名 RAMICS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science 65-81 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43520-2_5 有 オープンアクセス 1 三著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 1 . 養者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5 . 発行年 Complete Non-Orders and Fixed Points 5 . 発行年 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019)	defeny babut	.2002
Bisimilarity of Diagrams 2020年 3 . 雑誌名 RAMICS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science 65-81 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43520-2_5 有 オープンアクセス 1 三著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 1 . 養者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5 . 発行年 Complete Non-Orders and Fixed Points 5 . 発行年 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019)	2.論文標題	5 . 発行年
3.雑誌名 RAMICS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science 6.最初と最後の頁 65-81 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有 コブンアクセス 国際共著 オーブンアクセスとしている(また、その予定である) 4.巻 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5.発行年 2019年 5.発行年 2019年 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 5.最初の月無 有 オーブンアクセス 国際共著 5.最初と最後の頁 1-16 5.最初と最後の頁 1-16 5.最初と最後の頁 1・16 5.日本・アンアクセス 国際共著		
RAMICS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science 65-81 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有 カーブンアクセス 国際共著 該当する 4 . 巻 141 1 . 著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5 . 発行年 2019年 3 . 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019)		
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43520-2_5 オープンアクセス 1 . 著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2 . 論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3 . 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 本プンアクセス 国際共著	3.雑誌名	6.最初と最後の頁
10.1007/978-3-030-43520-2_5 有 オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1.著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2.論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 国際共著	RAMiCS 2020: Relational and Algebraic Methods in Computer Science	65-81
10.1007/978-3-030-43520-2_5 有 オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1.著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2.論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 国際共著		
10.1007/978-3-030-43520-2_5 有 オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1.著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2.論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 国際共著	日井公立のDOL / ごごクリナブジークトがロフン	本はの左仰
オープンアクセス 国際共著 表当する 1 . 著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 4 . 巻 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5 . 発行年 Complete Non-Orders and Fixed Points 5 . 発行年 2019年 3 . 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 6 . 最初と最後の頁 1-16 月載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 7 . 国際共著		
オープンアクセスとしている(また、その予定である) 該当する 1.著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 4.巻 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5.発行年 Complete Non-Orders and Fixed Points 5.発行年 2019年 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 6.最初と最後の頁 1-16 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 7. 国際共著	10.1007/978-3-030-43520-2_5	有
オープンアクセスとしている(また、その予定である) 該当する 1.著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 4.巻 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 5.発行年 Complete Non-Orders and Fixed Points 5.発行年 2019年 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 6.最初と最後の頁 1-16 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 7. 国際共著	オープンアクセス	国際共業
1 . 著者名 Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2 . 論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3 . 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 国際共著		
Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2. 論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3. 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 本ープンアクセス 141 5. 発行年 2019年 6. 最初と最後の頁 1-16	7 7777 EXECUTIS (&/C, CW) / E (@8)	以コッツ
Akihisa Yamada and Jeremy Dubut 2. 論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points 3. 雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 本ープンアクセス 141 5. 発行年 2019年 6. 最初と最後の頁 1-16	1.著者名	4 . 巻
2.論文標題 Complete Non-Orders and Fixed Points5.発行年 2019年3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019)6.最初と最後の頁 1-16掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30査読の有無 有オープンアクセス国際共著		_
Complete Non-Orders and Fixed Points 2019年 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著		
Complete Non-Orders and Fixed Points 2019年 3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著	2.論文標題	5 . 発行年
3.雑誌名 10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 本ープンアクセス 国際共著		
10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019) 1-16 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著	·	
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 オープンアクセス 国際共著	3.雑誌名	6.最初と最後の頁
10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著	10th International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2019)	1-16
10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著		
10.4230/LIPIcs.ITP.2019.30 有 オープンアクセス 国際共著	日本学会会の2017 デジカル ナザジュカー ****ロロフン	* * * * * * * * * * *
オープンアクセス 国際共著		_
	10.4230/LIPICS.TIP.2019.30	1
カーフノファ はへこしているしまた、このアルエとのも ノー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	オープンアクセフ	国際共革
,		

1.著者名 Sasinee Pruekprasert, Xiaoyi Zhang, Jeremy Dubut, Chao Huang and Masako Kishida	4 . 巻
2.論文標題 Decision Making for Autonomous Vehicles at Unsignalized Intersection in Presence of Malicious Vehicles	5 . 発行年 2019年
3.雑誌名 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)	6.最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1109/ITSC.2019.8917132	有
オープンアクセス	国際共著
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	該当する
1.著者名	4.巻
Juraj Kolcak, Jeremy Dubut, Ichiro Hasuo, Shin-ya Katsumata, David Sprunger and Akihisa Yamada	12078
2.論文標題	5 . 発行年
Relational Differential Dynamic Logic	2020年
3.雑誌名	6 . 最初と最後の頁
TACAS 2020: Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems	191-208
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-45190-5_11	査読の有無有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
1 . 著者名	4 . 巻
Thorsten Wissmann, Stefan Milius, Shin-ya Katsumata, Jeremy Dubut	60
2.論文標題	5 . 発行年
A coalgebraic view on reachability	2020年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Commentationes Mathematicae Universitatis Carolinae	605~638
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.14712/1213-7243.2019.026	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
1.著者名 Sprunger David, Katsumata Shin-ya, Dubut Jeremy, Hasuo Ichiro	4.巻
2. 論文標題	5 . 発行年
Fibrational bisimulations and quantitative reasoning: Extended version	2021年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Journal of Logic and Computation	1526~1559
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1093/logcom/exab051	有
オープンアクセス	国際共著
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	該当する

1.著者名	4 . 巻
Dubut Jeremy, Yamada Akihisa	Volume 18, Issue 1
bubut Jeremy, famada Aktirisa	vorume to, issue i
2.論文標題	5 . 発行年
Fixed Points Theorems for Non-Transitive Relations	2022年
Trace Forms for Non-Transferve Netations	2022-
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
	124
Logical Methods in Computer Science	124
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.46298/LMCS-18(1:30)2022	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている (また、その予定である)	該当する
1.著者名	4 . 巻
Sasinee Pruekprasert, Clovis Eberhart, Jeremy Dubut	-
2.論文標題	5
	5.発行年
Fast Synthesis for Symbolic Self-triggered Control under Right-recursive LTL Specifications	2021年
2	6 早知と早後の五
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
2021 IEEE Conference on Decision and Control (CDC)	18
(* ',	-
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
なし	有
/4 U	1
オープンアクセス	国際共著
オープンアグセス	
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	該当する
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	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名	
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 [学会発表] 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3.学会等名 JSSST congress 2020 4.発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3.学会等名 JSSST congress 2020 4.発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名 Jeremy Dubut 2.発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3.学会等名 JSSST congress 2020 4.発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年	
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 「学会発表」 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年	
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 【学会発表】 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年	
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 「学会発表」 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年 1 . 発表者名 Jeremy Dubut	
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 「学会発表」 計4件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年 1 . 発表者名 Jeremy Dubut	
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 「学会発表」 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1 . 発表者名 Jeremy Dubut 2 . 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3 . 学会等名 JSSST congress 2020 4 . 発表年 2020年 1 . 発表者名 Jeremy Dubut	
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 (学会発表) 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 学会等名 JSSST congress 2020 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 Jeremy Dubut	
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 (学会発表) 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 学会等名 JSSST congress 2020 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 Jeremy Dubut	
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 (学会発表) 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 学会等名 JSSST congress 2020 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams	
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 (学会発表) 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 学会等名 JSSST congress 2020 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 学会等名	
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 (学会発表) 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams 3. 学会等名 JSSST congress 2020 4. 発表年 2020年 1. 発表者名 Jeremy Dubut 2. 発表標題 Bisimilarity of Diagrams	

4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Jeremy Dubut		
2.発表標題		
Fixed Point Theorems for Non-Tran	sitive Relations	
3.学会等名 34th TRS meeting		
4 . 発表年 2020年		
1.発表者名		
Jeremy Dubut		
2.発表標題 Relational Differential Dynamic L	ogic	
3.学会等名		
Distributed and Hybrid System wor	kshop	
4 . 発表年 2019年		
〔図書〕 計0件		
〔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
-------	----	---------