

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00732

研究課題名(和文) しなやかなシステムを実現するマルチビュー実行時モデルフレームワーク

研究課題名(英文) Multi-view Models@run.time Framework

研究代表者

本位田 真一 (Honiden, Shinichi)

早稲田大学・理工学術院・教授(任期付)

研究者番号：70332153

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,800,000円

研究成果の概要(和文)：システムは実世界で起こる多様な環境変化にさらされる。実行中における実世界の環境変化にも迅速かつ柔軟に耐え、可用性、応答性、セキュリティ、頑健性といった多種多様な品質を維持するには、実行時の情報を活用した自動運用が不可欠となる。自動運用可能なソフトウェアの開発支援のために、開発時に使われるモデルを実行時にも保持し、実行中の情報を反映したモデル上でシステム構成変更を決定する実行時モデリング技術が発展してきている。そこで本研究では、従来単一視点の品質しか扱えなかった実行時モデルフレームワークを拡張し、モデル複数の視点のモデルを協調して扱う実行時モデリング技術とそのフレームワークを開発する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自己適応システム技術によって扱える品質の範囲を拡大し、複数の品質を同時に扱えるようになることにより、先進的なシステムで導入が始まっている自動運用の有効性、対象範囲をさらに広げる。また、高度な自動運用ソフトウェアの開発方法を職人芸の作り込みによる開発から脱却させ、先進的なソフトウェアシステムの実用化を加速させる。

研究成果の概要(英文)：Systems are exposed to a wide variety of environmental changes that occur in the real world. In order to tolerate changes in the real-world environment during execution quickly and flexibly, and to maintain a wide variety of qualities such as availability, responsiveness, security, and robustness, automated adaptation using runtime information is required. To support the development of self-adaptive systems, runtime modeling techniques have been developed to maintain the models used during development at runtime, and to make decisions on system configuration changes based on models that reflect information during execution. In this study, we develop a runtime modeling technology and framework that cooperatively handles models from multiple viewpoints by extending the runtime modeling framework that has traditionally handled only the quality of a single viewpoint.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：自己適応システム 実行時モデル

## 1. 研究開始当初の背景

ソフトウェアシステムは社会インフラとして活用されるようになってきた。システムはユーザトラフィックの急増減、ネットワーク切断、ハードウェア故障、クラッカーによる攻撃など様々な環境変化に対して晒されている。特に物理環境の監視・制御を行う IoT システム等では可用性、応答性、セキュリティといった多種多様な品質を高いレベルで維持することが今まで以上に必要とされている。

そのような中、変化に対して実行時にシステムを再構成することで停止することなく品質をしなやかに維持する「自動運用」機能を備えたシステムが開発され、その有効性が示されてきている。例えば Twitter では、Auto Scaling 等のサーバ構成変更や、機能縮退(付加的な機能を一時的に停止しコアな機能の可用性を確保する手法)等のソフトウェア構成変更を組合せ、トラフィック急増に対して全体のサービス停止を避けしなやかに耐える高度な品質維持を実現している。自動運用による品質維持は IoT システム等、次世代のシステムでもますます重要となる。

しかしながら、自動運用ソフトウェアの開発は容易ではない。(要求 1)変化に対して実用的な時間内で、(要求 2)競合によるシステム停止を避けつつ多品質を改善する構成に変更できなければならず、現状では熟練者による作り込みで実現されている。自動運用を広く普及展開するためには一般的な開発者に対するフレームワークの提供が必要である。

### 【国内外の研究動向と従来研究の課題】

自動運用機能を備えたシステムはソフトウェア工学分野でのホットトピックである自己適応システムの一つであり、その開発支援のために実行時モデル(M@RT:Models@run.time)に関する研究が進められている。実行時モデルとは、従来は開発時にのみ使われていた要求・設計モデルをシステムが実行時にも保持し、システム構成に関する実行時決定の際にも用いるアプローチである。実行時の情報を反映したモデル上で再構成プランを作成し、プランに基づき再構成する実行時モデリング技術を用いることで、変化に対して即応的に対応することが可能となる。実行時モデリング技術は、ICSE、FSE、ASE、RE といったソフトウェア工学のトップ会議でも活発に議論されており、Rainbow (カーネギーメロン大学)、Zanshin(トレント大学)、ActivFORMS(リンネ大学)、Brownout(ルンド大学)など様々なフレームワークが開発され、クラウド、IoT、ロボット等の様々な分野での応用が報告されている。

実行時モデルを用いる場合、再構成プランの作成時間が課題となる。実行時では即応的な決定が求められ、開発時と比べ時間制約が厳しい。従来手法では制御対象とする品質を絞り込み、その品質改善に関連する最小限の情報のみを表すビューモデルを用いることで、モデル内の状態空間を削減し、再構成プランを実用的な時間内で作成していた。

しかしながら、既存のフレームワークでは単一のビューモデルのみを用いており、複数種類の品質を扱うことができない。異なる品質を対象とした複数のフレームワークを並列に実行したとしても、システム上での構成変更の競合が避けられない(図 1 左下)。また、1 つのビューモデル内で複数の品質を扱っても、全品質に関連する情報を含むようにビューモデルが肥大化するため、モデルの状態空間が増大し、実用的な時間での決定が困難になる。提案者が行った予備実験では、単一品質では数秒で再構成プランを決定可能だが、2 品質で数十秒、3 品質だと数時間を要した。

## 2. 研究の目的

本提案では(要求 1)実用的な速度で、(要求 2)多品質の制御を実現する自動運用のためのフレームワークを構築することを目的とする。そのために、既存の単一ビュー実行時モデリング技術をベースに、品質観点間の協調決定を可能とするよう発展させたマルチビュー実行時モデルフレームワークを開発する。このフレームワークでは、実行時モデル同期と協調プランニングによって整合性の取れた再構成プランを実用的な時間内で作成する。個々の品質観点での再構成プランは品質観点毎に作られたビューモデル上で決定することで、モデルの肥大化を防ぎ、従来手法と同等の速度での決定を可能にする。また、各ビューモデル上での変更を互いに伝播させ、整合性のとれた再構成プランを協調的に作成することで競合を回避し、多品質を維持する再構成プランを構築する。

## 3. 研究の方法

本提案では、次の 3 つの項目を実施する。まず、[実施項目 1]マルチビュー実行時モデルに基づくシステム管理技術を構築する。それぞれ異なる観点でシステム構成情報を表現している各ビューモデルによって実行中のシステム構成変更を可能とする。システムの情報をリアルタイムに各ビューモデルに反映し、各ビューモデル上での変更を、整合性を持ってシステムに反映するための技術を構築する。

次に[実施項目 2]整合性のとれた再構成プランを効率的に導き出す協調プランニング技術を確立する。単一の観点で再構成プランを導く従来の最適化エンジンを組合せ、互いの再構成プランを伝播し合い協調的に多品質観点での再構成プランを導き出す技術を確立する。

加えて、その成果を反映した[実施項目 3]フレームワークを開発し、本手法の一般性を評価するため[実施項目 4]3つの異なるドメインでの実証実験を行う。実証実験では IoT、クラウド、ロボットという3ドメインにおいて自動運用対応のソフトウェアシステムを開発・運用し、総合的な品質維持能力と、変化に対する適応速度(従来の一つの観点での適応速度と同程度の数秒以内を目標)を評価する。

#### 4. 研究成果

本研究によって得られた実施項目 1,2,3 の研究成果詳細と、実施項目 3 による実験を通して得られた性能評価結果の概要について説明する。

##### [実施項目 1] マルチビュー実行時モデルによるシステム管理技術の確立

実行中のシステムの情報は、各ビューの実行時モデルにリアルタイムに反映する必要がある。さらに、各実行時モデル上で決定された構成変更は、実行中のシステムや、その他の実行時モデルにもリアルタイムに整合性を保ちつつ伝播させる必要がある。これらのビューモデルは、相互に依存関係を持ち、どの観点からでも構成変更が起こる可能性がある。そのため、モデル上で一貫性を持った変更を行うには各モデル上での変更を相互に伝播する必要がある。

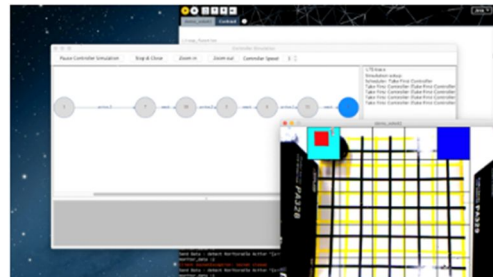
本研究では、ゴールモデル上での安全性・セキュリティ要求緩和分析、環境モデル上でのユーザ責務分析、アーキテクチャレベルの振る舞いモデル上での動作仕様合成等の複数のビューモデルを題材とし、各モデル上での決定を相互に伝播するシステム管理技術を構築した。

##### [実施項目 2] マルチビュー協調プランニング技術

実行時モデルに反映された実行時のシステム情報に基づき、多品質観点からシステム全体としての適切な再構成プランを実用的な時間内で決定する協調プランニング技術を開発した。個々のビューモデルで決定された変更を他のビューモデルに伝播した場合、その変更はモデル上での差分として表現できる。そこで、各ビューモデル上での再分析を、変更によって影響を受ける部分のみを局所探索することで高速化する再分析アルゴリズムを構築した。このような再分析アルゴリズムを用いて各ビューモデル上での再分析を高速化することで、全体として高速な協調プランニングを実現する手法を構築した。

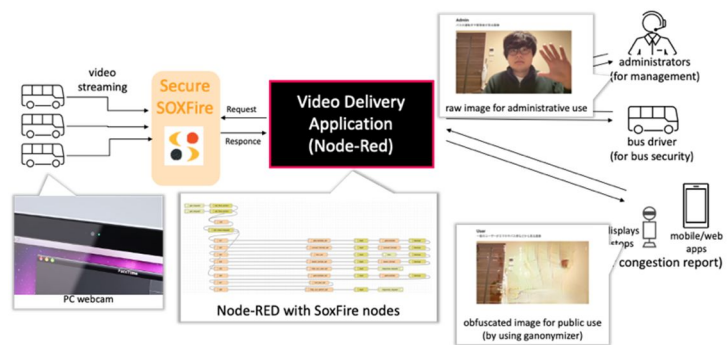
##### [実施項目 3] マルチビュー実行時モデルフレームワークの開発

実施項目 1,2 の成果を統合したマルチビュー実行時モデルフレームワークを設計、開発する。具体的には、Monitor-Analyze-Plan-Execute (MAPE) ループアーキテクチャパターンに基づき、既存の個別エンジンの最適化エンジンを組み込めるように設計、開発した。



##### [実施項目 4] 実証実験, 成果公開

実施項目 3 で開発したフレームワークを用いて、自動倉庫管理システム、ドローンによる環境探索システム、スマートシティ IoT システムの例題に適用し、提案手法の有効性を評価した。左図は、藤沢市の市中バスでの導入を想定したバス内監視システムに適用した例を示している。この例題では、バス停で待つ乗客に対するバスの混雑状況通知、車内の乗客のプライバシー保護、バス運航会社による車内の安全保障という様々な観点での分析が必要となる。このような例題を通して本フレームワークを用いた多視点での協調的な実行時適応の有効性や限界を確認した。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 田邊 萌香, 鄭 顕志, 本位田 真一	4. 巻 60 (10)
2. 論文標題 自己適応システムのための環境モデル実行時更新手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1617 ~ 1630
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 SARUWATARI Shinnosuke, ISHIKAWA Fuyuki, KOBAYASHI Tsutomu, HONIDEN Shinichi	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Change Impact Analysis for Refinement-Based Formal Specification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1462 ~ 1477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2018FOP0006	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 相澤 和也, 鄭 顕志, 本位田 真一	4. 巻 60 (4)
2. 論文標題 環境変化時に保証可能な安全性を特定するためのゲーム分析アルゴリズム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1025 ~ 1039
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 河本高文, 二木厚吉, 吉岡 信和	4. 巻 60 (9)
2. 論文標題 業務プロセスの伝票不整合リスクの改善手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1500 ~ 1508
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 Leandro Nahabedian, Victor Braberman, Nicolas D'Ippolito, Shinichi Honiden, Jeff Kramer, Kenji Tei, Sebastian Uchitel	4. 巻 Early Access
2. 論文標題 Dynamic Update of Discrete Event Controllers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Software Engineering	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSE.2018.2876843	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 Tsutomu Kobayashi, Fuyuki Ishikawa, Shinichi Honiden	4. 巻 31
2. 論文標題 Consistency-preserving refactoring of refinement structures in Event-B models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Formal Aspects of Computing	6. 最初と最後の頁 287-320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00165-019-00478-z	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 河本 高文, 二木 厚吉, 吉岡 信和	4. 巻 59
2. 論文標題 部門ごとの伝票突合せを反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1699-1708
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 Eduardo B. Fernandez, Hironori Washizaki, Nobukazu Yoshioka	4. 巻 9
2. 論文標題 Using Security Patterns to Develop Secure Systems?Ten Years Later	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Systems and Software Security and Protection	6. 最初と最後の頁 46-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4018/IJSSSP.2018100103	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 Tei Kenji, Warriach Ehsan Ullah	4. 巻 24 (1)
2. 論文標題 A Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Faults Detection in Wireless Sensor Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Sensor Networks	6. 最初と最後の頁 1~13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJSNET.2016.10001361	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 Yu Yijun, Kaiya Haruhiko, Yoshioka Nobukazu, Hu Zhenjiang, Washizaki Hironori, Xiong Yingfei, Hosseinian-Far Amin	4. 巻 8 (3)
2. 論文標題 Goal Modelling for Security Problem Matching and Pattern Enforcement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Secure Software Engineering	6. 最初と最後の頁 42~57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4018/IJSSE.2017070103	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 Wu Quanwang, Ishikawa Fuyuki, Zhu Qingsheng, Xia Yunni, Wen Junhao	4. 巻 28 (12)
2. 論文標題 Deadline-Constrained Cost Optimization Approaches for Workflow Scheduling in Clouds	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	6. 最初と最後の頁 3401~3412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPDS.2017.2735400	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 Tung Le-Duc, Hu Zhenjiang	4. 巻 45 (2)
2. 論文標題 Towards Systematic Parallelization of Graph Transformations Over Pregel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Parallel Programming	6. 最初と最後の頁 320~339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10766-016-0418-5	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29件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 29件）

1. 発表者名 Kazuya Aizawa, Kenji Tei, Shinichi Honiden
2. 発表標題 Analysis space reduction with state merging for ensuring safety properties of self-adaptive systems
3. 学会等名 The 16th IEEE Int'l Conf. on Advanced and Trusted Computing (ATC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Amel Bennaceur, Carlo Ghezzi, Kenji Tei, and et.al.,
2. 発表標題 Modelling and Analysing Resilient Cyber-Physical Systems
3. 学会等名 the 14th Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Piergiuseppe Mallozzi, Ezequiel Gustavo Castellano, Patrizio Pelliccione, Gerardo Schneider and Kenji Tei
2. 発表標題 A Runtime Monitoring Framework to Enforce Invariants on Reinforcement Learning Agents Exploring Complex Environments
3. 学会等名 2nd International Workshop on Robotics Software Engineering (RoSE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ezequiel Castellano, Victor Braberman, Nicolas D' Ippolito, Sebastian Uchitel, Kenji Tei
2. 発表標題 Minimising Makespan of Discrete Controllers: A Qualitative Approach
3. 学会等名 58th IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Aizawa, Kenji Tei, Shinichi Honiden
2. 発表標題 Toward identifying safety properties guaranteed simultaneously with a liveness property at runtime
3. 学会等名 The 8th Asian Workshop on Advanced Software Engineering (AWASE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuto Yamauchi, Kenji Tei, Shinichi Honiden
2. 発表標題 Analysis Space Reduction Method with Decomposing Control Problem
3. 学会等名 The 8th Asian Workshop on Advanced Software Engineering (AWASE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takanori Hirano, Kazuya Aizawa, Kenji Tei, Shinichi Honiden
2. 発表標題 An Algorithm for Discrete Controller Synthesis at Runtime based on Difference Information of Changed Environment
3. 学会等名 The 8th Asian Workshop on Advanced Software Engineering (AWASE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jialong Li, Kazuya Aizawa, Kenji Tei, Shinichi Honiden
2. 発表標題 Analysis of changed game space for ensuring safety properties at runtime
3. 学会等名 The 8th Asian Workshop on Advanced Software Engineering (AWASE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Takaya Saeki, Yuichi Nishiwaki, Takahiro Shinagawa, Shinichi Honiden
2. 発表標題 A Robust and Flexible Operating System Compatibility Architecture
3. 学会等名 The 16th ACM SIGPLAN/SIGOPS International Conference on Virtual Execution Environments (VEE ' 20) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fuyuki Ishikawa, Nobukazu Yoshioka
2. 発表標題 How do Engineers Perceive Difficulties in Engineering of Machine-Learning Systems? - Questionnaire Survey
3. 学会等名 Joint International Workshop on Conducting Empirical Studies in Industry and 6th International Workshop on Software Engineering Research and Industrial Practice (CESSER-IP 2019) ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Tsukamoto, Yuta Maezawa and Shinichi Honiden
2. 発表標題 AutoPUT: An Automated Technique for Retrofitting Closed Unit Tests into Parameterized Unit Tests
3. 学会等名 the 33rd ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC ' 18) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuya Aizawa, Kenji Tei and Shinichi Honiden
2. 発表標題 Identifying safety properties guaranteed in changed environment at runtime
3. 学会等名 the 3rd IEEE International Conference on Agents (IEEE ICA 2018) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Tei
2. 発表標題 Assured Graceful Degradation by Models@run.tim
3. 学会等名 THE 7TH ASIAN-PACIFIC WORKSHOP OF ADVANCED SOFTWARE ENGINEERING (AWASE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fuyuki Ishikawa, Yutaka Matsuno
2. 発表標題 Continuous Argument Engineering: Tackling Uncertainty in Machine Learning based Systems
3. 学会等名 The 6th International Workshop on Assurance Cases for Software-intensive Systems (ASSURE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fuyuki Ishikawa
2. 発表標題 Concepts in Quality Assessment for Machine Learning - From Test Data to Arguments
3. 学会等名 The 37th International Conference on Conceptual Modeling (ER 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsutomu Kobayashi, Fuyuki Ishikawa
2. 発表標題 Analysis on Strategies of Superposition Refinement of Event-B Specifications
3. 学会等名 The 20th International Conference on Formal Engineering Methods (ICFEM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名	Paulius Stankaitis, Alexei Iliasov, Alexander Romanovsky, Yamine Ait-Ameur, Tsutomu Kobayashi, Fuyuki Ishikawa
2 . 発表標題	A Refinement based Method for Developing Distributed Protocols
3 . 学会等名	The 19th IEEE International Symposium on High Assurance Systems Engineering (HASE 2019) (国際学会)
4 . 発表年	2019年

1 . 発表者名	Shaukat Ali, Paolo Arcaini, Ichiro Hasuo, Fuyuki Ishikawa, Nian-Ze Lee
2 . 発表標題	Towards a Framework for the Analysis of Multi-PLs in the Automotive Domain
3 . 学会等名	The 13th International Workshop on Variability Modelling of Software-Intensive Systems (VaMoS 2019) (国際学会)
4 . 発表年	2019年

1 . 発表者名	Atsuo Hazeyama, Shun'ichi Tanaka, Takafumi Tanaka, Hiroaki Hashiura, Seiji Munetoh, Takao Okubo, Haruhiko Kaiya, Hironori Washizaki, Nobukazu Yoshioka
2 . 発表標題	Security Requirement Modeling Support System Using Software Security Knowledge Base
3 . 学会等名	IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC2018) (国際学会)
4 . 発表年	2018年

1 . 発表者名	Eduardo B. Fernandez, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki
2 . 発表標題	Evaluating the degree of security of a system built using security patterns
3 . 学会等名	the 13th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2018) (国際学会)
4 . 発表年	2018年

1 . 発表者名 Hironori Washizaki, Tian Xia, Natsumi Kamata, Yoshiaki Fukazawa, Hideyuki Kanuka, Dan Yamaoto, Masayuki Yoshino, Takao Okubo, Shinpei Ogata, Haruhiko Kaiya, Takehisa Kato, Atsuo Hazeyama, Takafumi Tanaka, Nobukazu Yoshioka, G Priyalakshmi
2 . 発表標題 Taxonomy and Literature Survey of Security Pattern Research
3 . 学会等名 IEEE Conference on Applications, Information and Network Security (AINS) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shinnosuke Saruwatari, Fuyuki Ishikawa, Tsutomu Kobayashi and Shinichi Honiden
2 . 発表標題 Extracting Traceability between Predicates in Event-B Refinement
3 . 学会等名 The 24th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Daichi Morita, Fuyuki Ishikawa and Shinichi Honiden
2 . 発表標題 Construction of Abstract State Graphs for Understanding Event-B Models
3 . 学会等名 Symposium on Dependable Software Engineering: Theories, Tools and Applications (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Aurelien Vialon, Kenji Tei and Samir Aknine
2 . 発表標題 Soft-Goal Approximation Context Awareness of Goal-driven Self-Adaptive Systems
3 . 学会等名 The 2nd Models@run.time in International Conference on Autonomic Computing 2017(MRT 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Moeka Tanabe, Kenji Tei, Yoshiaki Fukazawa and Shinichi Honiden
2. 発表標題 Learning environment model at runtime for self-adaptive systems
3. 学会等名 The 32nd ACM Symposium on Applied Computing (SAC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 aruhiko Kaiya, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki, Takao Okubo, Atsuo Hazeyama, Shinpei Ogata, Takafumi Tanaka
2. 発表標題 Eliciting Requirements for Improving Users' Behavior Using Transparency
3. 学会等名 4th Asia-Pacific Symposium on Requirements Engineering for Internet of Things (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Haruhiko Kaiya, Ryohei Sato, Atsuo Hazeyama, Shinpei Ogata, Takao Okubo, Takafumi Tanaka, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki
2. 発表標題 Preliminary Systematic Literature Review of Software and Systems Traceability
3. 学会等名 the 21st International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Xiao He, Zhenjiang Hu, Yi Liu
2. 発表標題 Towards Variability Management in Bidirectional Model Transformation
3. 学会等名 41st IEEE Annual Computer Software and Applications Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yongzhe Zhang, Hsiang-Shang Ko, Zhenjiang Hu
2. 発表標題 Paigol: A High-Level DSL for Vertex-Centric Graph Processing with Remote Data Access
3. 学会等名 15th Asian Symposium on Programming Languages and Systems (APLAS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017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
研究分担者	吉岡 信和 (Yoshioka Nobukazu)  (20390601)	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・准教授  (62615)	
研究分担者	鄭 顕志 (Tei Kenji)  (40434295)	早稲田大学・理工学術院・准教授(任期付)  (32689)	
研究分担者	石川 冬樹 (Ishikawa Fuyuki)  (50455193)	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・准教授  (62615)	
研究分担者	胡 振江 (Hu Zhenjiang)  (50292769)	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授  (62615)	

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			
アルゼンチン	Buenos Aires University			
アイルランド	Lero			
英国	Open University	Imperial College London	New Castle University	
フランス	University Pierre-et-Marie-Curie	Lyon 1 University		
中国	北京大学	重慶大学		