

令和 5 年 4 月 25 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11799

研究課題名（和文）クラウドエッジ基盤に対する深層学習と数理モデルに基づくパフォーマンス最適化

研究課題名（英文）Optimization of performance based on the deep learning and mathematical models for the cloud and edge computing

研究代表者

田村 慶信 (Tamura, Yoshinobu)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：20368608

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：エッジコンピューティング環境においても、オープンソースソフトウェアが多用されている。本研究では、こうしたOSSに基づくエッジコンピューティングの環境において、安心・安全な運用を可能とするための、信頼性評価法を提案し、提案手法に基づくソフトウェアツールを開発した。開発されたソフトウェアツールは、オープンソースソフトウェアとして公開されている。特に、エッジコンピューティングに対する信頼性評価法として、エッジコンピューティングにおけるネットワーク環境の不規則な振る舞いを包括するために、定常的な不規則な変動および突発的な変化を確率モデルに導入した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

OSSに基づくエッジコンピューティング環境に対する信頼性評価手法を提案した。その際、Wiener過程およびジャンプ拡散過程という2種類の複合確率過程から構成されるモデルを提案した。本提案モデルは複数の確率過程から構成されるため未知パラメータの推定が難しいという問題があったが、最尤法および遺伝的アルゴリズムに基づく2段階推定法により、それを解決したことは、学術的意義が大きいものとする。特に、従来評価できなかった、エッジコンピューティング環境に対して信頼性という観点から定量的な評価を可能としたことについては、社会的意義も大きいものとする。

研究成果の概要（英文）：At present, the open source softwares are used in the environment of edge computing. In this research, we have proposed the reliability assessment methods for the edge computing. Moreover, we have developed the software tool in order to assess the reliability of edge computing. In particular, we have opened the software tools as the open source software. As the characteristics points of our method, the Wiener processes and Jump diffusion processes are embedded in the proposed models. It will be useful for the edge computing managers to assess the reliability of edge computing environment by using the proposed method.

研究分野：ソフトウェア信頼性

キーワード：クラウドコンピューティング エッジコンピューティング 数理モデル 深層学習 最適化 ソフトウェアツール

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

研究開始当初において、クラウドの人気は非常に高く、GAFa などの IT 大手は多くのクラウドサービスを提供していた。クラウドを基盤とした数百億台の機器がネットにつながるような未来の「超データ社会」を実現するためには、クラウドとのデータのやり取りをなるべく抑える必要があるため、中央集権型のクラウドだけでなくエッジコンピューティングが鍵を握っていた。周知の通り、日本政府により 2018 年 6 月に公表された「クラウド・バイ・デフォルト」方針の中で、既存の行政システムを含めたシステム刷新が「クラウドを最優先の選択肢」として進められることが決まり、2020 年 10 月に運用開始予定の政府共通プラットフォームに「Amazon Web Services (AWS)」を採用する方針となった。こうしたクラウドコンピューティングサービスに関連する国内外の研究動向として、クラウドのリソース管理や、既存手法をクラウド管理へ適用した研究論文についても、申請者を含め、いくつか提案されていた。しかしながら、クラウド・エッジ・デバイス間の接続特性と複雑性を考慮することは困難であり、決定的な評価法が存在していない状況であった。

### 2. 研究の目的

近年のクラウドコンピューティングサービスに関しては、ひとたび障害が発生すれば世界規模のトラブルとなり、その影響は瞬時に表面化するという特徴がある。また、オープンソースソフトウェア (Open Source Software, 以下 OSS と略す) は、様々な用途で活用されている。OSSRA の近年の報告書によると、調査対象となった 1,200 以上のコードベースのうち 90%以上に OSS が含まれており、大規模システムになると 99%近くにも達するとされている。さらに、近年の Google Cloud Next Conference において、OSS に軸足を置いた新たな提携が発表されるなど、クラウドコンピューティングのオープンソース化も急速に進んでいる。特に、OSS はソースコードが公開されているため、悪意のあるサイト攻撃や情報流出の標的になり易いことも指摘されている。本研究課題の目的は、こうした情報事故を未然防止するため、クラウドとエッジ特有の「定常的揺らぎ」および「特異的揺らぎ」に基づくシステム評価技術を開発することであった。このとき、「揺らぎ」をノイズとして考え、複数のジャンプ項から構成される一般化ジャンプ拡散過程モデルのパラメータ推定の際に、クラウドエッジ環境から生まれたビッグデータを利用することができれば、短期に分割された期間ごとの局所的最適解を得ることができる。これにより、従来手法では観測期間全体からしか求めることができなかった大域的近似解の精度をより一層高めることが可能となり、クラウドエッジ基盤から生じた揺らぎ特性をも解明できる。特に、本研究課題の学術的独自性と創造性としては、複雑に絡み合ったクラウド構成要素により生成されるビッグデータから、「統計的独立性とエッジ構成に基づくデータ構造に関する制約条件」という新たな考え方にに基づき、背後にある隠れた接続特性を深層学習により特徴量という観点から解明する点にある。さらに、研究成果の波及効果促進のため、提案手法をツール化し、無償の OSS として公開する。今後は、中央集権型のクラウドだけではなくエッジ構成をも同時に考慮したセキュリティ・信頼性に関する課題解決が非常に重要となる。

### 3. 研究の方法

まず、本研究課題における年度ごとの実施内容を以下に示す。

- 1 年目においては、クラウドに対する複数のエッジからの相互作用を統計的独立性に基づき白色雑音として組み込んだ。また、OSS のバージョンアップに伴う複数回の特性変化をジャンプ項とした複数の一般化ジャンプ拡散過程モデルを提案してきた。さらに、複数のノイズ項に含まれる未知パラメータの推定手法として、ディープラーニングを適用した。例えば、クラウドサービスの運用環境を考慮するために重み関数としてフーリエ級数に基づく周期関数を適用したネットワーク環境の複雑性を考慮したジャンプ拡散過程モデルを構築した。このとき、エッジ構成に基づく適切なデータ構造制約を与えつつ最適解を模索することで、複数のノイズパラメータのもつ揺らぎ特性の背後にある特徴量を自動で抽出し、不規則な拡散状態の特性を解明してきた。その結果として、エッジが外的要因としてクラウドへ及ぼす影響や、OSS の特性変化を数理的・データの観点から精細かつ定量的に評価することが可能となり、クラウドコンピューティング OSS の最適メンテナンス時刻の推定を可能とした。
- 次に、2 年目においては、実測データに対する適合性を比較した。特に、多次元複合データから得られたノイズパラメータの推定結果を利用し、揺らぎ特性を有する稼働率やセキュリティ評価尺度を導出してきた。その際、実際のオープンなクラウドエッジコンピューティング OSS から得られたフォールトビッグデータに基づき、提案モデルに基づく具体的な数値例を示した。特に、エッジコンピューティング環境を特徴付ける環境要素を含んだ周期性を有する重み関数に対する感度分析結果を示すことにより、広い範囲の曲線を描くことを確認した。特に、2 年目は、提案された一般化ジャンプ拡散過程モデルの適合性比較結果に関する論文、さらには揺らぎ特性を有するセキュリティ評価尺度に

- 基づくシミュレーション結果に関する論文を、海外の査読付学術論文誌へ掲載した。
- 3年目は、本研究課題の集大成として、これまでに申請者が開発してきた信頼性評価ツールのソースコードを再利用しつつ、数理モデルに関する知識がなくとも提案手法を容易に利用できるように提案手法をOSSのソフトウェアツールとして実装・公開した。また、公開されたソフトウェアのプロトタイプは、査読付学術論文として掲載されている。さらに、深層学習を中心としたエッジコンピューティング環境に対する信頼性評価を行い、エッジコンピューティング環境に対する深層学習の適用可能性に関する研究成果についても、査読付学術論文誌に投稿し、研究成果をアウトプットしてきた。

#### 4. 研究成果

研究の主な成果として、「クラウドコンピューティングに対するOSSフォールト重要度に基づくフォールト修正時間推定ツール」が挙げられる。まず、本ツールの概略について、以下に説明する。図1に、クラウドコンピューティングに対するOSSフォールト重要度に基づくフォールト修正時間推定ツールのメイン画面を示す。次に、図2に、本ツールのReadme画面を示す。さらに、開発されたツールにより推定された学習データおよびテストデータに対する誤差、開発されたツールにより推定されたフォールトレベルに対する故障発生時間間隔、および開発されたツールにより推定されたフォールトレベルに対する累積故障発生時間間隔を、それぞれ図3~5に示す。本研究課題において開発されたソフトウェアツールは、GNU General Public License (GPL) に従っている。ここに開発されたソフトウェアはプロトタイプであり、過去の研究成果により提案された数理モデルまたは深層学習モデルに基づき実装され、応用研究として開発されたものである。実装された機能およびアルゴリズムなどの詳細については、既に発表されている査読付学術論文または査読付国際会議論文を参照されたい。

OSSに基づくエッジコンピューティング環境に対する信頼性・品質評価に関する定量化手法は過去に提案されていなかった。こうしたエッジコンピューティング環境に対して、数理モデルや深層学習モデルに関する知識がなくとも容易に定量的にパフォーマンス評価を行うことができるソフトウェアツールを初めて開発した点、およびOSSとしてリリースした点が、研究により得られた成果の国内外における位置づけとインパクトとして挙げられる。特に、本研究課題において利用したOSSフォールトビッグデータは、ソフトウェアフォールト発見過程という不確定性事象に基づいており、通常のオープンデータとは性質が全く異なるものである。こうしたデータを扱う際には、データの前処理段階において、慎重にエンコーディングを行う必要があった。こうしたデータの前処理段階における新たな知見として、不確実性データに対してノイズを付加する手法を新たな知見として得た。今後の展望としては、エッジコンピューティング環境の定量化までは研究成果としてアウトプットしてきたが、エッジコンピューティング環境におけるOSSの自動修復メカニズムの提案や開発を行う予定である。



図1：開発されたツールのメイン画面。

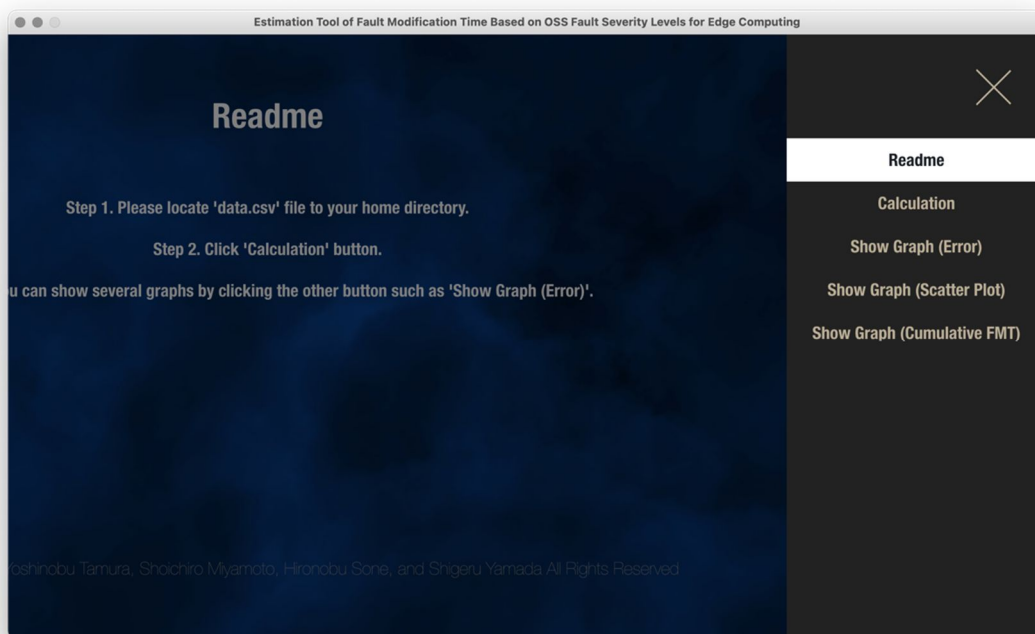


図 2 : 開発されたツールの Readme 画面 .

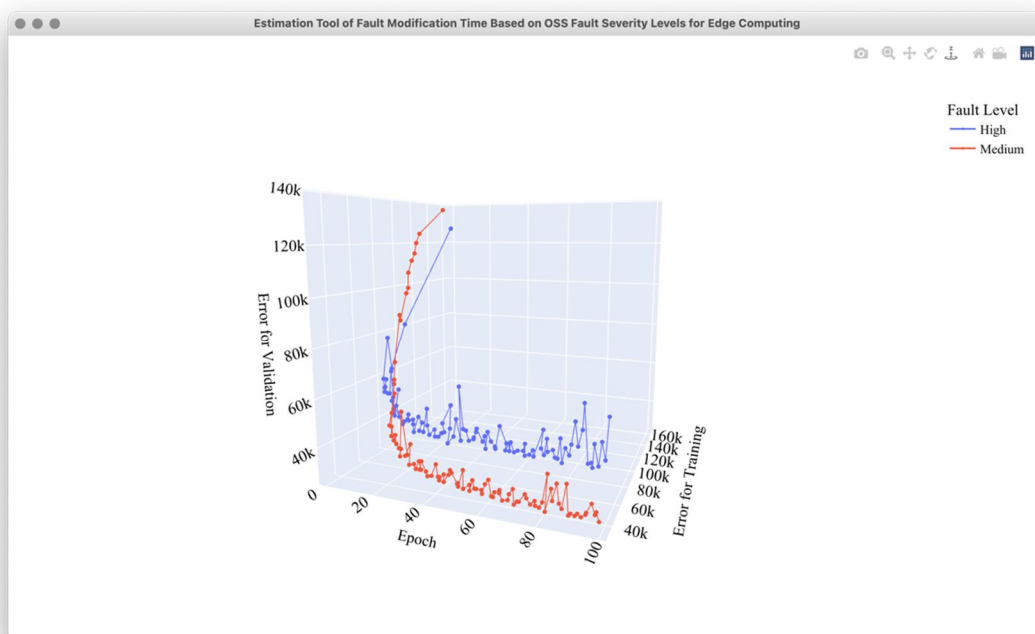


図 3 : 開発されたツールにより推定された学習データおよびテストデータに対する誤差 .

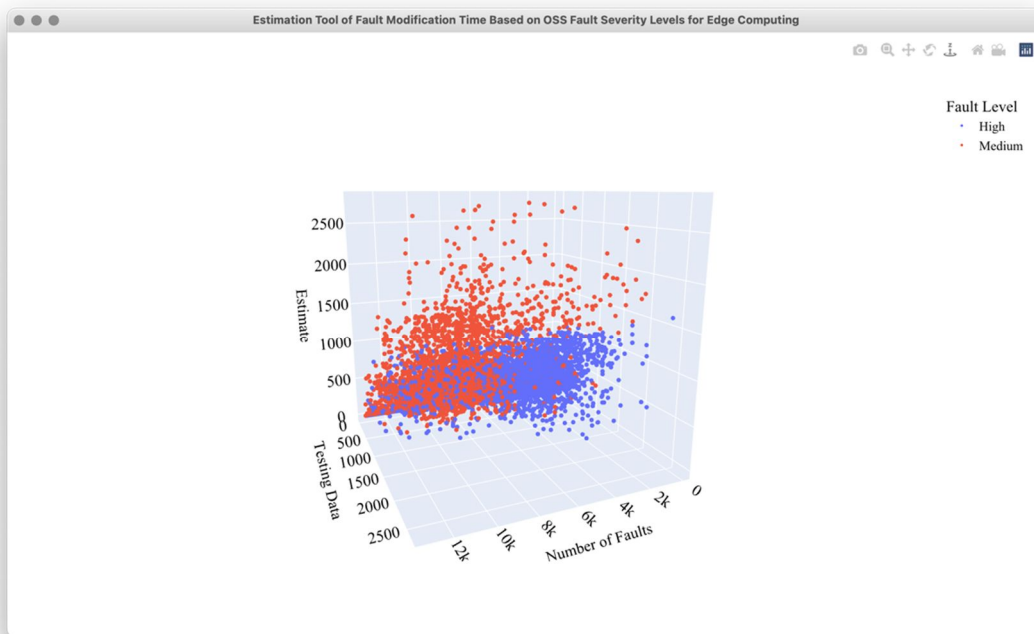


図 4 : 開発されたツールにより推定されたフォールトレベルに対する故障発生時間間隔 .

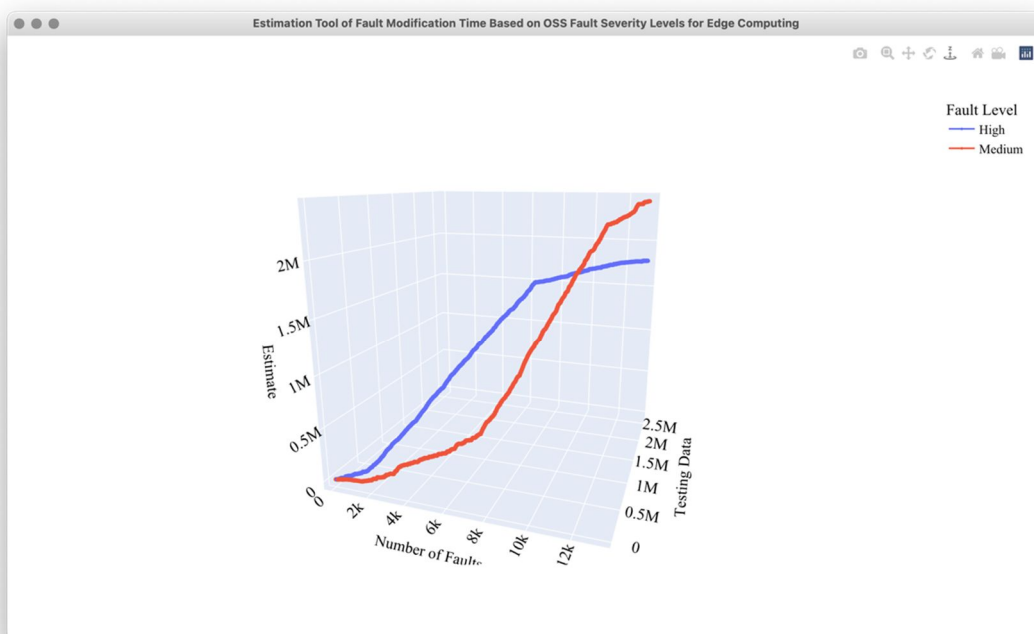


図 5 : 開発されたツールにより推定されたフォールトレベルに対する累積故障発生時間間隔 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Adarsh Anand, Priyanka Gupta, Yoshinobu Tamura, and Ljubisa Papic	4. 巻 -
2. 論文標題 Impact of code smells on software development environments: a study based on ENTROPY-CODAS method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Quality & Reliability Management	6. 最初と最後の頁 1 - 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/IJQRM-08-2022-0254	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 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Maintenance effort expense modeling based on cyclic Wiener processes of two types for edge OSS computing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Stochastic Models	6. 最初と最後の頁 1 - 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15326349.2022.2149555	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 Shoichiro Miyamoto, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 12
2. 論文標題 Reliability assessment tool based on deep learning and data preprocessing for OSS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 American Journal of Operations Research	6. 最初と最後の頁 111 - 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ajor.2022.123007	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 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 巻 10
2. 論文標題 Prototype of 3d reliability assessment tool based on deep learning for edge OSS computing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 1572 - 1572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/math10091572	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 Yoshinobu Tamura, Adarsh Anand, P.K. Kapur, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Cyclic jump diffusion process modeling based on different effort consumption scenarios for OSS multi up-gradation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	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/IEEM55944.2022.9989863	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 Yoshinobu Tamura, Hironobu Sone, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 A maintenance effort dependent two dimensional Wiener process model considering OSS network for edge computing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 27th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design	6. 最初と最後の頁 91-95
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 Hironobu Sone, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantitative progress evaluation for open source project with application to bullseye chart	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 24th International Conference on Human-Computer Interaction	6. 最初と最後の頁 398 - 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-06424-1_29	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 Yoshinobu Tamura, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Visualization and reliability analysis for edge computing open source software	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 24th International Conference on Human-Computer Interaction	6. 最初と最後の頁 410 - 420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-06424-1_30	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 Shoichiro Miyamoto, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 A method of software reliability assessment based on natural language processing for OSS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 1st International Conference on Mathematical, Engineering and Management Sciences	6. 最初と最後の頁 410 - 420
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 田村慶信, 山田茂	4. 巻 -
2. 論文標題 エッジ通信環境を考慮した2次元確率微分方程式モデルに基づく信頼性評価法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 統計数理研究所共同研究レポート「最適化：モデリングとアルゴリズム34」	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) なし	査読の有無 無
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 宮本翔一郎, 田村慶信, 山田茂	4. 巻 2242
2. 論文標題 深層学習に基づくパブリックソフトウェアリポジトリの信頼性評価法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講義録「確率的環境下での数論的意思決定とその周辺」研究集会講義録	6. 最初と最後の頁 69-80
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 無
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 曾根寛喜, 田村慶信, 山田茂	4. 巻 2242
2. 論文標題 オープンソースプロジェクトにおける修正時間推移予測および実用性可能性の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講義録「確率的環境下での数論的意思決定とその周辺」研究集会講義録	6. 最初と最後の頁 140-145
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 無
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 田村慶信, 山田茂	4. 巻 2242
2. 論文標題 エッジOSSアップグレードにおける工数管理の複数シナリオを考慮した最適メンテナンス問題	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講義録「確率的環境下での数理的意思決定とその周辺」研究集会講義録	6. 最初と最後の頁 184-192
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 無
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 Taku Yanagisawa, Yoshinobu Tamura, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 巻 12
2. 論文標題 A software reliability model for OSS including various fault data based on proportional hazard-rate model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 American Journal of Operations Research	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ajor.2022.121001	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 Taku Yanagisawa, Yoshinobu Tamura, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparison of hazard-rates considering fault severity levels and imperfect debugging for OSS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Software Engineering and Applications	6. 最初と最後の頁 591-606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jsea.2021.1411035	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 Adarsh Anand, Navneet Bhatt, Jasmine Kaur, and Yoshinobu Tamura	4. 巻 10
2. 論文標題 Time lag-based modelling for software vulnerability exploitation process	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cyber Security and Mobility	6. 最初と最後の頁 663-678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.13052/jcsm2245-1439.1042	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 Yoshinobu Tamura, Hironobu Sone, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 A method of vulnerability assessment based on deep learning and OSS fault big data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	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/IEEM50564.2021.9672936	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 Hironobu Sone, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Comparison of stabilities for open source project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	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/IEEM50564.2021.9673093	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 Taku Yanagisawa, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 A Method of software reliability assessment based on hazard-rates considering fault levels for OSS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Mathematical Techniques in Engineering Applications	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) 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 Yoshinobu Tamura, Hironobu Sone, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 A method of reliability assessment based on Wiener process model for edge computing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Reliability and Maintenance Engineering Summit 2021	6. 最初と最後の頁 17-23
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 Hironobu Sone, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Examination of OSS-oriented EVM considering the progress of fault resolving	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Reliability and Maintenance Engineering Summit 2021	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) 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 Yoshinobu Tamura, Hironobu Sone, Ryota Ueki, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Optimal effort allocation problem based on the jump diffusion process model for edge computing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 26th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design	6. 最初と最後の頁 87-91
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 Yoshinobu Tamura, Ryota Ueki, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of fault modification time based on OSS fault severity levels for edge computing software service	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Mathematical Techniques in Engineering Applications	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) 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 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Reliability assessment model considering random signals for edge computing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Reliability, Infocom Technology and Optimization	6. 最初と最後の頁 1-5
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 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Performance assessment based on stochastic differential equation and effort data for edge computing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Software Testing, Verification and Reliability	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/stvr.1766	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 Kodai Sugisaki, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 14
2. 論文標題 OSS effort expense optimization based on Wiener process model and GA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Software Engineering and Applications	6. 最初と最後の頁 11-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jsea.2021.141002	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 Yoshinobu Tamura, Hayato Watanabe, and Shigeru Yamada	4. 巻 10
2. 論文標題 OSS project assessment based on discriminant analysis and jump diffusion process model for fault big data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Operations Research	6. 最初と最後の頁 269-283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ajor.2020.106015	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 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 巻 2
2. 論文標題 Large scale fault data analysis and OSS reliability assessment based on quantification method of the first type	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Machine Learning and Knowledge Extraction	6. 最初と最後の頁 436-452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/make2040024	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 Yoshinobu Tamura, Hironobu Sone and Shigeru Yamada	4. 巻 27
2. 論文標題 Flexible jump diffusion process modeling for open source project assessment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218539320500205	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 Hironobu Sone, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada	4. 巻 5
2. 論文標題 Stability assessment method considering fault fixing time in open source project	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences	6. 最初と最後の頁 591-601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.33889/IJMEMS.2020.5.4.048	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 Yoshinobu Tamura, Kodai Sugisaki and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Jump diffusion process model considering component dependency in open source project for development effort management	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	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/IEEM45057.2020.9309990	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 Yoshinobu Tamura, Ryota Ueki, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of mean time between failures based on deep feedforward neural network for OSS fault big data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Conference on Mathematical Techniques in Engineering Applications	6. 最初と最後の頁 1-12
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 Yoshinobu Tamura, Kohjiro Tada, and Shigeru Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Statistical EVM analysis based on deep learning for open source fault big data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Reliability, Infocom Technology and Optimization	6. 最初と最後の頁 1-5
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 田村慶信, 曾根寛喜, 杉崎 航大, 山田茂	4. 巻 -
2. 論文標題 ジャンプ拡散過程モデルに対する深層学習に基づくパラメータ推定手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録「不確実・不確定性の下における数理的意思決定の理論と応用」研究集会講究録	6. 最初と最後の頁 47-53
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 無
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31件(うち招待講演 8件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 複数のOSSフォールトデータを活用した深層学習に基づく信頼性評価法
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告[信頼性], Vol. 122, No. 420
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 OSS信頼性評価のための深層学習に基づく再学習手法の適合性評価
3. 学会等名 プロジェクトマネジメント学会 2023年度 春季研究発表大会予稿集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 ソフトウェアフォールトビッグデータから得られる信頼性学習と品質評価
3. 学会等名 第13回横幹連合コンファレンス「データサイエンスで拓く横幹科学技術の新展開」講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Genki Hirai, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada
2. 発表標題 Vulnerability assessment and analysis of edge software based on mean time to repair and deep learning
3. 学会等名 Proceedings of the 3rd Joint Seminar - Universiti Tun Hussein Onn Malaysia and Yamaguchi University
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田村慶信
2. 発表標題 Society 5.0時代における基盤ソフトウェア信頼性評価に対するAIの活用
3. 学会等名 グローバル環境・防災学研究会 定期講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada
2. 発表標題 Data preprocessing and fault big data analysis for open source software
3. 学会等名 Proceedings of the 2nd International Conference on Recent Trends in Engineering, Technology and Business Management（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada
2. 発表標題 The technique of 3d stochastic differential equation modeling for edge computing services
3. 学会等名 Proceedings of the International Conference on Communication, Security and Artificial Intelligence (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada
2. 発表標題 Optimal maintenance problem based on 3d stochastic differential equation modeling for edge computing services
3. 学会等名 Proceedings of the 1st International Conference on Mathematical Methods and Techniques in Engineering and Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada
2. 発表標題 Deep learning method based on fine tuning for open source software
3. 学会等名 Proceedings of the IEEE International Conference on Reliability, Infocom Technology and Optimization (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada
2. 発表標題 3d jump diffusion process model considering multi scenarios of effort control for edge OSS up-gradation
3. 学会等名 Proceedings of the 1st International Conference on Mathematical, Engineering and Management Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Yoshinobu Tamura
2. 発表標題 Deep Learning and Software Reliability
3. 学会等名 An online lecture series on the theme, Decision Sciences and Computational Intelligence vis-a-vis their Interdisciplinary Nature, organized by Amity Center for Interdisciplinary Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada
2. 発表標題 Jump Diffusion Process Model for Edge Computing
3. 学会等名 Proceedings of the 2nd Joint Seminar - Universiti Tun Hussein Onn Malaysia and Yamaguchi University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳澤拓, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 OSSに対する深層学習に基づく安全性評価指標の提案
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2022年春季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳澤拓, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 ハザードレートモデルと深層学習に基づくOSSの安全性評価指標
3. 学会等名 日本経営工学会 関東支部 2021年度学生論文発表会予稿集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮本翔一郎, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 オープンソースソフトウェアに対する深層学習とMTBFに基づく信頼性評価ツール
3. 学会等名 第23回 IEEE広島支部 学生シンポジウム論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shoichiro Miyamoto, Yoshinobu Tamura, and Shigeru Yamada
2. 発表標題 A Method of Cloud OSS Reliability Assessment Considering the Fault Level Based on Deep Learning
3. 学会等名 Proceedings of the 2nd Joint Seminar - Universiti Tun Hussein Onn Malaysia and Yamaguchi University (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳澤拓, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 比例ハザードレートモデルに基づくオープンソースソフトウェアに対するソフトウェア信頼性評価に関する一考察
3. 学会等名 日本信頼性学会 第34回秋季信頼性シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上木僚太, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 深層学習を用いたOSSの移植可能性評価に関する一考察
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021年秋季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柏原行伸, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 深層学習を応用したバグトラッキングシステム支援ツールの開発
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021年秋季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本翔一郎, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 OSS信頼性評価のための深層学習に基づくMTBFの推定に関する一考察
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021年秋季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊勇人, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 大量のフォールトデータに対する判別分析の適用可能性に関する一考察
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021年秋季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大内健瑠, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 非同次ポアソン過程による航空機遅延回数の予測と評価に関する一考察
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021年秋季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳澤拓, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 ソフトウェア安全度に基づくOSSに対するソフトウェア信頼性モデルとその評価
3. 学会等名 プロジェクトマネジメント学会 2021年度 春季研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 曾根寛喜, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 OSS指向EVMを用いた最適保守時間の導出とその検証
3. 学会等名 プロジェクトマネジメント学会 2021年度 春季研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉崎航大, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 3Vモデルと開発工数を考慮した確率微分方程式モデルに基づく最適メンテナンス時刻の推定方法の提案とその比較
3. 学会等名 プロジェクトマネジメント学会 2020年度 秋季研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳澤拓, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 GUIを考慮した深層学習に基づく最適メンテナンス時刻の推定と最適プロジェクト人員数の推定
3. 学会等名 プロジェクトマネジメント学会 2020年度 秋季研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多田幸二郎, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 OSSに対するディープラーニングに基づく移動平均線とボリンジャーバンドを用いたEVMによる進捗管理手法と適合性評価
3. 学会等名 プロジェクトマネジメント学会 2020年度 秋季研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳澤拓, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 GUIを考慮した深層学習に基づく最適メンテナンス時刻の推定に関する考察
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告[信頼性]
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多田幸二郎, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 OSSに対するディープラーニングに基づくEVMによる進捗管理手法と適合性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告[信頼性]
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東久保駿, 田村慶信, 山田茂
2. 発表標題 ビックデータからの外的要因を考慮した大規模OSS開発工数管理のための一般化ジャンプ拡散過程モデル
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告[信頼性]
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田村慶信, 杉崎航大, 山田茂
2. 発表標題 3Vモデルと開発工数を考慮した確率微分方程式モデルに基づく最適メンテナンス問題
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告[信頼性]
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 Yoshinobu Tamura, Hironobu Sone, and Shigeru Yamada	4. 発行年 2023年
2. 出版社 CRC Press Taylor & Francis Group	5. 総ページ数 356
3. 書名 Reliability and Maintenance Modeling with Optimization : Advances and Applications (Advanced Research in Reliability and System Assurance Engineering)	

1. 著者名 Hironobu Sone, Shoichiro Miyamoto, Yukinobu Kashiwara, and Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 282
3. 書名 Predictive Analytics in System Reliability	

1. 著者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Elsevier B.V.	5. 総ページ数 571
3. 書名 System Assurances Modeling and Management	

1. 著者名 Yoshinobu Tamura and Shigeru Yamada	4. 発行年 2021年
2. 出版社 De Gruyter	5. 総ページ数 170
3. 書名 Systems Performance Modeling	

1. 著者名 Yoshinobu Tamura, Adarsh Anand, and Shigeru Yamada	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 809
3. 書名 Handbook of Advanced Performability Engineering	

〔産業財産権〕

〔その他〕

山口大学大学院 創成科学研究科 情報通信システム工学研究室Website <a href="http://www.tam.eee.yamaguchi-u.ac.jp/">http://www.tam.eee.yamaguchi-u.ac.jp/</a>
---

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	山田 茂  (Yamada Shigeru)  (50166708)	鳥取大学・工学研究科・特任教授    (15101)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	曾根 寛喜  (Sone Hironobu)		
研究協力者	宮本 翔一郎  (Miyamoto Shoichiro)		

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			
インド	University of Delhi			