

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500039

研究課題名(和文) ゴール指向要求記述を用いた自己適応システムの検証手段に関する研究

研究課題名(英文) Research on verification of self-adaptive systems using goal-oriented requirements specifications

研究代表者

田原 康之 (Tahara, Yasuyuki)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授

研究者番号：30390602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、自己適応システムの検証に状態マシン図などのUMLモデルだけでなく、ゴール指向要求記述も利用することにより、各検証に必要な状態数を抑制するとともに、要求に対して直感的に検証結果を確認することのできる自己適応システムの検証手段を確立し、検証をサポートするツール群(変換ツールおよび検証ツール)を実装した。また、検証結果に基づいた自己適応システムの実装手段を検討し、確立した。

研究成果の概要(英文)：We established an approach to verification of self-adaptive systems with which we can intuitively confirm the verification results with the system requirements by using not only UML models such as statemachine diagrams but also goal-oriented requirements specifications. We implemented tools for transformation and verification. We also established an approach to implementing self-adaptive systems on the basis of the verification results.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学

キーワード：ソフトウェア工学 モデル検査 自己適応システム

1. 研究開始当初の背景

近年ソフトウェアの大規模・複雑化に伴い、環境の変化に対しても人が介入すること無く、動的に環境に適応するソフトウェアが求められるようになってきている。特にクラウドコンピューティングなどの大規模サーバの管理においては人手による環境の監視は極めて困難化しており、資源の最適配分や故障状態の自律的監視、稼働時の動的な構成変更が局所的に実現され始めている。また、ユビキタス環境下のシステムやセキュリティアタックを考慮したシステムに関しても、変化への動的な適応が強く求められている[1]。このような背景から、環境や実行状況の変化に対しても、与えられたゴールを達成するために振舞いや構成を切替える自己適応システムが注目されている。自己適応システムとしては、単なるパラメータ調整により振る舞いを切り替えるものから、マルチエージェントシステムのようにそれぞれの構成要素が自律的に振る舞いを切り替えるものまで様々な形態があり、適応可能な範囲も異なるが、本研究では、これらの中間的な立場となる、システムがゴールとその達成状態を集中的に管理し、環境変化に対しては構成要素であるコンポーネントを切り替えることで適応するシステム(図1)を扱う。

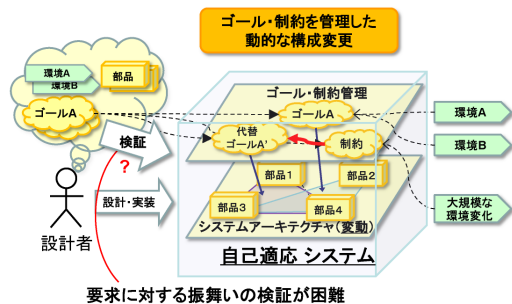


図1 本研究で扱う自己適応システム

参考文献

[1] B.H.C. Cheng et al.: “Software Engineering for Self-Adaptive Systems: A Research Road Map”, Dagstuhl Seminar (2008).

2. 研究の目的

本研究で扱う自己適応システムに関しても、その開発、特に振舞いの正しさの保証はまだまだ容易であるとは言えない(図2)。

- まず、自己適応システムにおいては、不確かさや適応性に対する要求も扱う必要があるが、このような不確かさや適応性に対する要求と振舞いとへの対応付けは明らかではなく、これらの要求に基づいた検証式の決定は容易ではない。
- また、自己適応システムの振舞い保証には、適応、つまりいつ起こるか分からない振舞いの変化も考慮する必要があることから、モデル検査などの従来の検証技術で利用

される網羅的な振舞い検証は状態爆発に陥る可能性が高く、従来手法による振舞いの検証は難しい。

- さらに、このような適応や環境状態の変化を考慮した振舞いの系統的な検証手法と実装への反映手段は、現状確立されていない。

これらの問題を解決するために以下の課題を設定し、本課題を解決する開発基盤の研究を進める。

(課題1) 要求を反映した検証記述の導出: 従来システムに対しては、達成すべき状態への到達可能性や安全性を検証するが、自己適応システムに対する検証では、環境状態により到達すべき状態が異なるため、検証項目は要求を過不足なく反映したものでなければならない。しかしながら、これらの不確かさや適応性に対する要求の検証記述は明らかではないため、自己適応システムに有効な検証記述の決定法を確立する必要がある。

(課題2) 振舞いの変化を考慮した検証プロセスの確立: 自己適応システムは実行時においても、システム要求、つまりシステムのゴールや制約を管理し、要求の優先順位や妥協範囲などを考慮してゴール・制約間の競合を回避した振る舞いを実現しなければならない。しかし、そのような振舞いを変化させるシステムは状態数が膨大化することから、従来の検証手法を適用することができない。Zhang & Cheng [2]が適応前後の状態遷移間の関係を定義することによる検証方法を提案しているが、この手法は有限回の適応にしか対応できないとともに、適応数が増えるとモデル構築コストが飛躍的に高まるといった問題がある。従って、これらの問題を解消する、自己適応システムに有効な検証プロセスを確立する必要がある。

(課題3) 検証モデルと実装モデルとの整合性の確立: 振舞いの正しさを保証するためには、検証結果を反映したシステム実装が重要である。しかしながら、状況に応じて振舞いの切り替えを実現する自己適応システムにおいては、特に適応のタイミングなど検証モデルと整合性を維持した実装が必要であるが、その手段は明らかではない。検証結果に基づいたシステム実装手法を確立する必要がある。

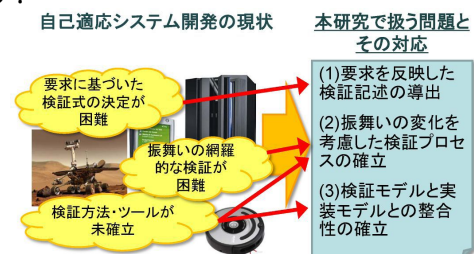


図2 自己適応システムに対する振舞い検証の難しさ

参考文献

[2] J. Zhang & B.H.C. Cheng:

“Model-Based Development of Dynamically Adaptive Software”, In Proc. of the 28th ICSE (2006).

### 3. 研究の方法

本研究は次の4テーマに分けて実施した。  
テーマ1：要求記述と検証記述の対応関係の決定（主担当：中川，副担当：田原）  
自己適応システムに有効な要求記述法と、システム検証時における適切な検証式決定手段に関する研究を進める。本テーマでは、まず要求間の階層構造記述が可能であるゴール指向要求記述を利用した自己適応システムの性質記述に有効な記述言語を設計・定義する（サブテーマ：1.1）。この際、各ゴールの記述文法も定義することで、ゴール間の競合や優先順位が検出・決定できる言語体系を確立する。その後、定義した記述言語から検証記述を生成する手法を設計し、変換アルゴリズムをツールとして実装する（1.2）。研究代表者らは現在までに、ゴール指向要求記述KAOSを利用した自己適応システムの開発手法（研究業績[5,12]）やモデル駆動型の検証プロセス（研究業績[5,11,17,26]）を提案しており、これらの成果を基盤として要求記述から検証記述を抽出、決定する手段を提案する。また、自己適応システムの分析に有効と考えられるパターンを抽出し、分析の難しさ解消も試みる（1.3）。

テーマ2：適応を考慮した検証手段の確立（主担当：田原，副担当：大須賀）

自己適応システムの振舞い検証手段に関する研究を進める。本テーマでは、検証手段としてモデル検査技術に着目し、ゴール指向要求記述を利用した効果的な検証手法を検討する。まず、自己適応システムを表現するための検査モデルを検討する（2.1）。続いて、テーマ1で決定したゴール指向要求記述を利用した、検証式に対するモデル検査手法を検討する（2.2）。この際、モデル検査に有効な既存ツールを選別し、このツールを自己適応システム検証のために拡張する。サブテーマ2.1, 2.2では、状態数を削減するための効果的なモデルの構築を目指し、特に、ゴール記述を利用して検証対象でない個所の抽象化を実現する手法を検討する。研究代表者らは既に、効率的なモデル検査手法（研究業績[5,17,26]）を提案していることから、これらの成果を結合し、テーマ1で得られた検証式を利用した検証手段を確立する。なお、(1.2)の変換アルゴリズムの実装、(2.2)のツール拡張およびテーマ4の実証実験システムの構築には、補助として大学院生1名に実装の一部を担当させる。本研究では、自己適応システムの検証に状態マシン図などのUMLモデルだけでなく、ゴール指向要求記述も利用することにより、各検証に必要な状態数を抑制するとともに、要求に対して直感的に検証結果を確認することのできる自己適応システムの検証手段を確立し、検証をサポート

するツール群（変換ツールおよび検証ツール）を実装する。また、検証結果に基づいた自己適応システムの実装手段を検討し、確立する。このために4つのテーマに分割して研究を進める。テーマ1～3はそれぞれ課題1～3に対応し、さらにテーマ4の検証実験により、提案する実装フレームワークの効果を確認する。平成23年度は主にテーマ1, 2に取り組み、平成24年度はテーマ3、平成25年度はテーマ4に主に取り組む。

テーマ3：検証結果を反映した実装モデル構築手法の確立（主担当：大須賀，副担当：中川）

テーマ1, 2に従った自己適応システムの検証結果に基づいて、自己適応システムを構築するための実装手段を検討する。本テーマでは、まず自己適応システム実装のために必要とされる状況の監視、分析、変化の決定、コンポーネントの切り替えによる変化を実現することのできる実装モデルを検討する（3.1）。その後、テーマ1, 2で構築した検証メカニズムにおける検証結果を(3.1)で構築した実装フレームワーク上で実現するシステム実装手段を検討する（3.2）。研究代表者らは自己適応システムの実装に関するガイドラインを提案し、自己適応システム構築用のプログラミングフレームワークを構築した実績があるため（研究業績[4,7]）、この成果を利用する。

テーマ4：自己適応システム検証実験（主担当：田原，副担当：中川）

テーマ1～3で検討した検証メカニズムを利用した、自己適応システムの検証実験を実施する（4.1）。本実証実験では特に、自己適応システムが遵守すべき非機能要求として、研究代表者らが着目しているセキュリティ（研究業績[8,9,15]）に着目し、Webサーバやユビキタス環境におけるセキュリティ要求を対象とした検証を実施する。また、検証結果をもとに実際にWebサーバやユビキタス環境を想定したモバイル端末上にプログラムを実装し、様々な環境で動作させることで、検証結果の妥当性を評価し、テーマ1～3の研究成果に対する有効性を評価する（4.2）。また、完成した検証フレームワークをWeb上で公開する（4.3）。

### 4. 研究成果

[平成23年度] 平成23年度は、テーマ1, 2遂行の核となる記述言語・アルゴリズムを設計し、個別の実装に取り掛かった。テーマ1, 2に関しては、各機能に求められる要件を整理し、記述言語を定義することで(1.1), (2.1)を達成し、その後順次(1.2), (2.2)などの実装に着手した。テーマ3に関しては、実装モデルの検討に取り掛かった。

[平成24年度] 平成24年度は、テーマ1～3を完遂し、各テーマの成果を統合した検証フレームワークを完成させた。(1.2), (1.3), (2.2), (3.1), (3.2)をそれぞれ達成し、こ

これらのテーマ1～3の成果をもとに、自己適応システム検証用のフレームワークを完成させた。

[平成 25 年度] 平成 25 年度は、システム検証実験を通じて研究成果を評価し、その成果を公開・発表した。まず、前年度までのテーマ1～3の成果である検証フレームワークを利用した、自己適応システム検証実験を通じてその有効性を評価した。並行して、テーマ1～3の成果をそれぞれ国内シンポジウムや国際会議へ投稿し、研究成果を発表した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計76件)

- [1] Hiroki Horita, Kozo Honda, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Transformation Approach from KAOS Goal Models to BPMN Models Using Refinement Patterns, 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, (SAC 2014), 査読有, 2014, pp.1023-1024
- [2] Yuki Iwasaki, Ryohei Orihara, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga Identification of Flaming and Its Applications in CGM: Case Studies toward Ultimate Prevention, 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, (ICAART 2014), 査読有, 2014, DOI:10.5220/0004916606390644
- [3] Kyosuke Ikejiri, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Surprising Recipe Extraction Based on Rarity and Generality of Ingredients, 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, (ICAART 2014), 査読有, 2014, DOI:10.5220/0004817304280436
- [4] 川村 隆浩, 越川 兼地, 中川 博之, 清雄一, 田原 康之, 大須賀 昭彦, メディア情報の Linked Data 化と活用事例の提案, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J96-D, No.12, 2013, pp.2987~299
- [5] グエン ミン ティ, 川村 隆浩, 大須賀 昭彦, Twitter からの眩かれなかった行動の推測手法の提案 震災時の帰宅行動に関する事例検討, 査読有, Vol.J96-D, No.12, 2013, pp.2970~2978
- [6] Yutaka Yoshida, Kozo Honda, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Towards semi-automatic identification of functional requirements in legal texts for public administration, The 26th International Conference on Legal Knowledge and Information Systems (JURIX2013), 査読有, 2013, pp.175 ~ 184, DOI:10.3233/978-1-61499-359-9-175
- [7] The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Extraction and Estimation of Human Activity from Twitter for Information Sharing in Disaster, Special Issue on Computational Intelligence and Data Mining, Journal of Convergence Information Technology, 査読有, Vol.8, No.11, 2013, pp.707~715
- [8] Kazuhiro Tashiro, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Classification of Idol Photography Based on Pose Guide Ontology, Proceedings of the 3rd Joint International Semantic Technology Conference (JIST 2013), 査読有, 2013
- [9] Mian Wang, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Context-aware Music Recommendation with Serendipity Using Semantic Relations, Proceedings of the 3rd Joint International Semantic Technology (JIST) 2013, 査読有, 2013
- [10] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Query Answering using User Feedback and Context Gathering for Semantic Diversity and Data Acquisition of Web of Data, in Proc. the 3rd International Conference on Advanced Communications and Computation (INFOCOMP2013), 査読有, 2013
- [11] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Development of Question Answering System for Agricultural Open Data, in Proc. International Conference on Advanced Computing and Applications (ACOMP2013), 査読有, 2013
- [12] Theodorus E. Setiadi, Akihiko Ohsuga, Mamoru Maekawa, Efficient Execution Path Exploration for Detecting Races in Concurrent Programs, IAENG International Journal of Computer Science, 査読有, Vol.40, No.3, 2013, pp.143~163
- [13] Takahiro Kawamura, I Shin, Akihiko Ohsuga, Web-Based Ontology Editor Enhanced By Property Value Extraction, International Journal of Web & Semantic Technology, 査読有, Vol.4, No.3, 2013, pp.1 ~ 10, DOI:10.5121/ijwest.2013.4301
- [14] Hiroyuki Nakagawa, Akihiko Ohsuga, Shinichi Honiden, A Goal Model Elaboration for Localizing Changes in

- Software Evolution, IEEE Proc. of 21st IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2013), 査読有, 2013, pp.155 ~ 164, DOI:10.1109/RE.2013.6636715
- [15] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Flower Voice: Virtual Assistant using LOD, Proc. 7th International conference on Knowledge Capture, Canada (K-CAP2013), 査読有, 2013, pp.125 ~ 128, DOI:10.5121/ijwest.2013.4204
- [16] Yuya Arai, Ryohei Orihara, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Designing Loss-aware Fitness Function for GA-based Algorithmic Trading, The 26th International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE 2013), 査読有, 2013, pp.107 ~ 114, 10.1007/978-3-319-00651-2\_15
- [17] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Flower Voice: Virtual Assistant for Open Data, International Journal of Web & Semantic Technology, 査読有, Vol.4, No.2, 2013, pp.37 ~ 47, DOI:10.5121/ijwest.2013.4204
- [18] 藤原 誠, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, タグクラウド多様化による未知性を考慮した推薦手法の提案, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J96-D, No.3, 2013, pp.531-542
- [19] Shigeo Nakamura, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Towards Solving an Obstacle Problem by the Cooperation of UAVs and UGVs, SAC 2013, 査読有, 2013, pp.77~82
- [20] Takahiro Kawamura and Akihiko Ohsuga, Proposal of Distributed Scheduling Heuristics using Mediation Agent, Journal of Energy and Power Engineering, 査読有, Vo.7, No.2, 2013, pp.381-392
- [21] 石野克徳, 折原良平, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, フォークソノミーとソーシャルアノテーションを用いた動画共有サービス利用支援の試み, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.53, No.11 2012, pp.2494~2506
- [22] 全泰賢, 川村隆浩, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, 服飾オンтоロジーを用いた EC サイトにおけるユーザデザイン嗜好の推定と評価, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.53, No.11 2012, pp.2485~2493
- [23] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Toward an Ecosystem of LOD in the Field: LOD Content Generation and Its Consuming Service, International Semantic Web Conference (2) 2012, 査読有, 2012, pp.98 ~ 113, DOI:10.1007/978-3-642-35173-0\_7
- [24] 中川 博之, 大須賀 昭彦, 本位田真一, ゴール指向要求記述の整形に基づいたソフトウェアシステム進化手法, 情報処理学会論文誌, 査読有, 53(10), 2012, pp.2328~2344
- [25] Hiroyuki Nakagawa, Akihiko Ohsuga, Shinichi Honiden, Towards Dynamic Evolution of Self-Adaptive Systems Based on Dynamic Updating of Control Loops. SASO 2012, 査読有, 2012, pp.59 ~68, DOI:10.1109/SASO.2012.17
- [26] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, A field application of LOD: LOD extraction from web and LOD search by sensor, I-SEMANTICS 2012, 査読有, 2012, pp.189 ~ 192, DOI:10.1145/2362499.2362530
- [27] Kozo Honda, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Goal-Oriented Robustness Analysis, JCKBSE 2012, 査読有, 2012, pp.171~180, DOI:10.3233/978-1-61499-094-9-171
- [28] The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, Building a Timeline Network for Evacuation in Earthquake Disaster, The AAAI 2012 Workshop on Semantic Cities, 査読有, 2012, pp.15~20
- [29] Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga, Green-Thumb Camera: LOD Application for Field IT, ESWC 2012, 査読有, 2012, pp.575 ~ 589, DOI:10.1007/978-3-642-30284-8\_45
- [30] Hisayuki Horikoshi, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, Dynamic Reconfiguration in Self-adaptive Systems Considering Non-functional Properties, ACM Proc. the 27th ACM Symposium On Applied Computing (SAC2012), 査読有, 2012, pp.1144-1151
- [31] Sombat Chanvilai, Kozo Honda, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, Goal-oriented Approach to Creating Class Diagrams with OCL Constraints, ACM Proc. the 27th ACM Symposium On Applied Computing (SAC2012), 査読有, 2012, pp.1051-1056
- [32] The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, Building a Time Series Action Network for Earthquake Disaster, Proc. the 4th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2012), 査読有, 2012,

pp.100-108

- [33] The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga, Self-Supervised Capturing of Users' Activities from Weblogs, International Journal of Intelligent Information and Database Systems, 査読有, Vol.6, No.1, pp61-76, DOI:10.1504/IJIDS.2012.045117
- [34] The-Minh Nguyen, Kenji Koshikawa, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, Building Earthquake Semantic Network by Mining Human Activity from Twitter, IEEE Proc. IEEE International Conference on Granular Computing (GrC2011), 査読有, 2011, pp.496-501, DOI:10.1109/GRC.2011.6122647
- [35] Isabel Shizu Miyamae Iwanaga, The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, Building an Earthquake Evacuation Ontology from Twitter, IEEE Proc. IEEE International Conference on Granular Computing (GrC2011), 査読有, 2011, pp.306-311, DOI:10.1109/GRC.2011.6122613
- [36] 住元 宗一郎, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, コンテンツ投稿型 SNS における未知性と意外性を考慮した推薦エージェントの提案, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, vol.J94-D, No.11, 2011, pp.1800-1811
- [37] 三代 謙仁, 川村 隆浩, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, 携帯端末上での拡張現実を用いた植物推薦エージェント Green-Thumb Phone の開発, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, vol.J94-D, No.11, 2011, pp.1791-1799
- [38] 川村 隆浩, ワコラ, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, インタラクシオン・シーケンスに着目した商品検索目的抽出エージェントの開発, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, vol.J94-D, No.11, 2011, pp.1783-1790
- [39] 橋本 和幸, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, センチメント分析とトピック抽出によるマイクロブログからの評判傾向抽出, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, vol.J94-D, No.11, 2011, pp.1762-1772
- [40] 田中 俊行, ゲン ミン ティ, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀 昭彦, 評判分析システムのための教師あり学習を用いた意見抽出, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, vol.J94-D, No.11, 2011, pp.1751-1761
- [41] Takahiro Kawamura, Norihito Mishiro, and Akihiko Ohsuga, Green-Thumb

Phone: Development of AR-based Plant Recommendation Service on Smart Phone, Proc. International Conference on Advanced Computing and Applications (ACOMP2011), 査読有, 2011

- [42] Hiroyuki Nakagawa, Akihiko Ohsuga, and Shinichi Honiden, gcc: A Configuration Compiler for Self-adaptive Systems Using Goal-oriented Requirements Description, Proc. The 6th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS 2011), 査読有, 2011, pp.40-49, DOI:10.1145/1988008.1988015

〔学会発表〕(計 1 1 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

大須賀・田原研究室  
(<http://www.ohsuga.is.uec.ac.jp/>)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田原 康之 (TAHARA, Yasuyuki)  
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授  
研究者番号: 3 0 3 9 0 6 0 2

### (2) 研究分担者

中川 博之 (NAKAGAWA, Hiroyuki)  
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 4 0 5 0 8 8 3 4

大須賀 昭彦 (OHSUGA, Akihiko)  
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授  
研究者番号: 9 0 3 9 3 8 4 2

### (3) 連携研究者

なし