

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2009～2012

課題番号：21680009

研究課題名（和文） ユビキタス環境におけるコンテキスト適応トレーサビリティの研究

研究課題名（英文） Research on Context-aware Traceability in Ubiquitous Environments

研究代表者 井上 創造

(INOUE SOZO)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：90346825

研究成果の概要（和文）：

コンテキストを考慮したトレーサビリティについて、以下のように多方面から研究を行なった。1) センサデータシーケンスについて、トレーサビリティプライバシーに関する既存モデルの拡張を行い、2) 安全トレーサビリティシステムの一つについて高速化方式を提案し、3) 端末を多くの被験者に配布し、いくつかの応用を想定して、実生活上のセンサデータを大量に収集した。4) 収集したデータを基にコンテキストの自動判別技術に取り組んだ。5) これらの大規模データを解析するにあたって解析プロセスの効率的な管理を行うシステムを構築し、オープンソースソフトウェアとして公開した。

研究成果の概要（英文）：

To achieve context-aware traceability, we pursued the following work from various viewpoints: 1) extending the existing model of traceability privacy as for sensor data sequence, 2) proposing high-performance secure-traceability system, 3) by deploying sensor devices to many users, collecting large amount of sensor data of real life considering several applications, 4) based on the collected data, developing automatic recognizing method of contexts, and, 5) developing the management system for analyzing such large-scale data, and published as open-source software.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2010年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2011年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2012年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度	0	0	0
総計	20,500,000	6,150,000	26,650,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ユビキタスコンピューティング

1. 研究開始当初の背景

RFID (Radio Frequency Identification) タグや非接触型 IC カードの普及を初めとするユビキタス環境の普及により、トレーサビリ

ティ、つまり現実世界の人や物を追跡できるという概念が非常に重要となってきた。しかし、実際にこのようなシステムを適用してみると、トレーサビリティを完全に実現す

ることは難しい。その理由は、電磁波の特性や障害物の影響で、読み取りミスが頻繁に起きること、読み取り機や RFID タグの導入コストがかかるため、実際にはいつでもどこでも読み取りできるわけではないこと、プライバシー侵害の懸念から、個人の領域におけるトレーサビリティが容認されにくいこと、があげられる。

我々のこれまでの研究では、トレーサビリティの単純な場合であるリンク可能性という問題に対し、現実世界の通路や壁といった制約を考えればリンク可能性が増すことを、多項式時間アルゴリズムが知られている割り当て問題に帰着して示した。このことは、現実のコンテキスト、つまりおかれた状況に関する情報を得ることができればトレーサビリティを向上できることを示唆している。

コンテキスト情報を適切に、しかも動的に組み合わせながら、トレーサビリティを向上させることが重要な課題となる。

2. 研究の目的

本研究では、ユビキタス環境におけるコンテキストを考慮したトレーサビリティの概念を、理論的および実証的に研究する。

3. 研究の方法

まず、RFID タグやセンサといった小型デバイスが偏在するユビキタスコンピューティング環境において、A. トレーサビリティのモデル化、を行う。これは小型デバイスだけでなく、人や物、環境といったユビキタスコンピューティング環境および、それらの間の情報共有を含めて記述し、さらにその中でトレーサビリティを情報理論的な手法を用いて定量化することによって行う。次に、このモデルを用いて、B. 現実の環境においてトレーサビリティがどの程度得られるのか、を実験により評価する。実験においては、図書館における図書の追跡や、職場と自宅における人々の生活履歴のような種々の設定を想定し、そこで得られるデバイスの出力履歴や観測情報、さらには環境についての事前に得られる情報を取得する。これらの情報から得られる特徴を上記モデルに入力し、現実におけるトレーサビリティを検証する。また、トレーサビリティの計算を種々の応用設定において適用することにより、C. どのような新しい応用やサービスを創出できるかをも模索する。

4. 研究成果

1年目は、コンテキストを考慮したトレーサビリティのモデル化を行った。まず、トレーサビリティは個人情報保護の側面から有る意味でよく語られるため、RFID(Radio

Frequency Identification)データシーケンスについて、人が複数の RFID タグを持つ場合について LKC-privacy という既存モデルの拡張を行い、既存モデルとの互換性を示した。次に、個人情報を守る RFID トレーサビリティシステムの一つであるハッシュチェーン RFID について、d-Left ハッシュを用いて効率的に事前計算し適宜更新する方式を提案し、採択率 9% の ACM Wisec 国際会議に採択された。また、図書館や予防医療分野といった応用分野を対象にどのようなコンテキストが求められるかを要求分析し、これらの図書館においては書棚の本の自動認識、予防医療においては生活習慣コンテキストの自動判別技術といったコンテキスト認識アルゴリズムを開発し、性能を評価した。これらについては実証実験も行ったため、実証実験のためのシステムについても学会発表を行った。

2年目は、トレーサビリティモデルの入力となる現実の事象を収集し、解析するためのシステムを作った。また実際に多くのデータを集めた。無線通信およびデータ蓄積機能を持つ無線センサデバイスを用いて、加速度センサデータをインターネット上のサーバに送信し蓄積するシステムを開発した。また端末を多くの被験者に配布し、実生活上の行動データを大量に収集した。また、図書館や予防医療分野といった応用分野を対象に実際のセンサデータを収集した。図書館においては書籍の本の自動認識において精度向上を達成した。また予防医療においては生活習慣コンテキストの自動判別技術に取り組み、特に大規模な実生活のデータにおいてノイズ除去や未知の行動などの新たな課題があることがわかった。これらは学会発表を行った。

3年目は、特に人間の行動を認識しコンテキストを把握する技術に注目し、種々の行動の認識を試みた。まず実生活上の大量のラベル付き行動データを用いて認識を行ったところ、既存技術ではまだまだ課題が多いことを確認した。これらの課題を解決するために、時間軸方向において正確な情報を獲得するために、セグメンテーションの技術を開発し、認識精度が向上することを確認した。また、実際に看護師の実務における本物の行動データを1年間に渡って大量に収集した。このデータは他に無い大量のデータとなっており、かつ、入退室の RFID 履歴や患者のセンサデータとセットになっており、今後の行動認識対象として興味深いものとなっている。さらに、ラジオ体操などのアプリケーションを想定した行動認識手法も開発し、スマートフォンなどの携帯での実装の目処をつけた。

4年目は、ここまで得られた大規模なデータの解析を進め、またそれを活用する基盤を構築した。データの解析においては、病院

のような作業空間で、看護師の持つ携帯センサーデータから、看護行動を行う区間を抽出するアルゴリズムを開発し、実データによる評価により高精度を達成できることを確認した。またこれらの大規模データを解析するにあたって一連の解析プロセスの依存関係を覚えておき、データの追加やプログラムの変更があっても必要最小限の再実行だけを行うシステムを構築し、オープンソースソフトウェアとして公開し、これらを学会発表した。これら一連の成果は、コンテキストを考えてトレーサビリティを扱うという課題に対して、直接、関節に多方面からの学術的成果が得られたと考える。

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 6 件)

- [1] 井上 創造, "スマートフォン行動情報収集と看護行動センシング (Smartphone Activity Data Collection and Nursing Activity Sensing)", 情報処理学会誌, Vol. 54, No. 6, pp. 600-604, May 15, 2013. 査読有
- [2] 井上 創造, "仮想化の仮想 (Virtual Virtualization)", 情報処理学会誌:特集「日本を元気にする ICT」, Vol. 53, No. 4, pp. 394-397, March 15, 2012. 査読無
- [3] 服部 祐一, 井上 創造, "A Large Scale Gathering System for Activity Data using Mobile Devices", Journal of Information Processing, Vol. 20, No. 1, pp. 177-184, September 12, 2011. 査読有
- [4] 井上 創造, 中島 直樹, "情報爆発時代のヘルスケア (Healthcare in the Info-plosion Era)", 電子情報通信学会誌, Vol. 94, No. 8, pp. 700-705, August 1, 2011. 査読無
- [5] 井上 創造, 野原 康伸, 竹森 正起, 櫻川 幸三, "Location Recognition in RFID Bookshelves", IEICE Transaction, Vol. E94-D, No. 6, pp. 1147-1152, June 1, 2011. 査読有
- [6] 野原 康伸, 井上 創造, "An Efficient Identification and Indexing for Secure RFID with d-Left Hashing", DBSJ Journal, Vol. 8, No. 2, pp. 7-12, September 1, 2009. 査読有

[学会発表] (計 85 件)

- [1] 井上 創造, "サイバーフィジカルヘルスケア", 電子情報通信学会ソサイエティ大会「CPSを支える/CPSが変えるインターネットアーキテクチャ」, to

- appear, September 19, 2013, Fukuoka.
- [2] Ashir Ahmed, 井上 創造, 甲斐 瑛子, 中島 直樹, 野原 康伸, "Portable Health Clinic: A pervasive way to serve the unreached community for preventive healthcare", International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International), to appear, July 21, 2013, Las Vegas, USA.
- [3] 井上 創造, 林田 興祐, 中村 優斗, 野原 康伸, 中島 直樹, "Capturing Nursing Interactions from Mobile Sensor Data and In-room Sensors", International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International), to appear, July 21, 2013, Las Vegas, USA.
- [4] 林田 興祐, 戸田 隆道, 井上 創造, 野原 康伸, 中島 直樹, "入院病棟における患者センサと環境センサからの室内状況の把握 (Entry Recognition of Nurses from Patient's Sensors and Environmental Sensors in Inpatient Units)", マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOM02013) シンポジウム, pp. 9, July 10, 2013, Tokachi, Hokkaido.
- [5] 廣中 遼, 西田 健, 井上 創造, "ベッドセンサにおける生体信号分離手法", マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOM02013) シンポジウム, to appear, July 10, 2013, Tokachi, Hokkaido.
- [6] 右田 尚人, 服部 祐一, 田中 翔太, 井上 創造, "動画像と加速度データを用いた行動類似度評価システム MimicMotion の開発と評価", マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOM02013) シンポジウム, to appear, July 10, 2013, Tokachi, Hokkaido.
- [7] Ashir Ahmed, Lutfi Kabir, 甲斐 瑛子, 井上 創造, "GramHealth: A bottom-up approach to provide preventive healthcare services for unreached community", International Conference on IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, to appear, July 3, 2013, Osaka.
- [8] 中村 優斗, 井上 創造, 野原 康伸, 中島 直樹, "Finding Nursing in the Room from Accelerometers and Audio on Mobile Sensors", IUI Workshop on Location Awareness for Mixed and Dual Reality (LAMDa), pp. 4 pages, March 19, 2013, Santa Monica, USA.
- [9] 中村 優斗, 井上 創造, 野原 康伸, 中島 直樹, "看護師モバイルセンサから

- の看護行動区間の推定 (Finding Nursing Interval from Mobile Sensors Attached to Nurses)", 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム (UBI) 研究会, to appear, March 14, 2013, Tokyo.
- [10] 戸田 隆道, 李 林, 井上 創造, "データ解析型プロジェクトにおける並列分散処理フローの設計 (Design of Parallel and Distributed Processing Flow for Data-Analytic Project)", 日本知能情報フアジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 2, December 8, 2012, Saga.
- [11] 右田 尚人, 服部 祐一, 田中 翔太, 井上 創造, "モーションデータと加速度データによる行動情報共有システムの開発 (Activity Information Sharing System with Acceleration Data and Motion Data)", 日本知能情報フアジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 4 pages, December 8, 2012, Saga.
- [12] 林田 興祐, 中村 優斗, 井上 創造, 野原 康伸, 中島 直樹, "入院病棟における看護師と患者のセンサデータの分析 (Analysis of the Sensor Data of Nurses and Patients in a Hospital Ward)", 日本知能情報フアジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 2, December 8, 2012, Saga.
- [13] 井上 創造, "ヘルスケアにおける大規模センシングとプロセス改善に向けて", 日本 OR 学会九州支部講演会, to appear, December 1, 2012, Fukuoka.
- [14] 服部 祐一, 田中 翔太, 井上 創造, "Hierarchical Annotation Management Method for Activity Information Collecting System", International Workshop on Network Traffic Control, Analysis and Applications (NTCAA-2012), pp. 662-667, November 12, 2012, Victoria, Canada.
- [15] Rudy Raymond, 中島 直樹, 野原 康伸, 井上 創造, "Sensor Data Analytics to Complement Sparse and Incomplete Medical Records for Diabetes Disease Management", International Workshop on Pattern Recognition for Healthcare Analytics, pp. 4 pages, November 11, 2012, Tsukuba.
- [16] 野原 康伸, 井上 創造, 中島 直樹, 上田 修功, 喜連川 優, "Large-scale Sensor Dataset in a Hospital", International Workshop on Pattern Recognition for Healthcare Analytics, pp. 4 pages, November 11, 2012, Tsukuba.
- [17] 李 林, 井上 創造, "Dependency Management System with Hadoop Streaming for Data-analytic Projects", Korea-Japan Joint Workshop on ICT, pp. 4 pages, September 21, 2012, Pohang, Korea.
- [18] 井上 創造, "バングラデシュと日本におけるヘルスケアセンシング", 情報科学技術フォーラム (FIT) イベント「スマートフォン実世界センシング × コンピューティング」, to appear, September 4, 2012, Tokyo.
- [19] 田中 翔太, 中村 優斗, 服部 祐一, 井上 創造, "ウェアラブルセンサの加速度データによるセンサ間の時刻同期手法 (Method of Time Synchronization Between the Sensors of Acceleration Data by Wearable Sensors)", マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOM02012) 予稿集, pp. 8 pages, July 4, 2012, Ishikawa, Japan.
- [20] 河口 信夫, 渡辺 穂高, Tianhui Yang, 小川 延宏, 岩崎 陽平, 梶 克彦, 寺田 努, 村尾 和哉, 羽田 久一, 井上 創造, 川原 圭博, 角 康之, 西尾 信彦, "大規模人間行動センシングコーパス HASC2012corpus の概要とその応用", マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOM02012) 予稿集, pp. 7 pages, July 4, 2012, Ishikawa, Japan.
- [21] 李 林, 外園 裕隆, 服部 祐一, 井上 創造, "データ解析型プロジェクトにおける差分処理を考慮した並列分散処理 (Differential Processing for Data-analytic Projects with Parallel and Distributed Processing)", マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOM02012) 予稿集, pp. 7 pages, July 4, 2012, Ishikawa, Japan.
- [22] 井上 創造, "(Invited) Mobile Activity Recognition and Healthcare Application", Proceedings of International Conference on Informatics, Electronics & Vision, to appear, May 18, 2012, Dhaka, Bangladesh.
- [23] 服部 祐一, 井上 創造, 平川 剛, "Visualization for Activity Information Sharing System Using Self-Organizing Map", International Workshop on Network Traffic Control, Analysis and Applications (NTCAA-2011), pp. 6 pages, October 26, 2011, Barcelona, Spain.
- [24] 井上 創造, 服部 祐一, "Toward High-level Activity Recognition from

- Accelerometers on Mobile Phones”, Proc. IEEE International Conference on Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom 2011), pp. 7 pages, October 19, 2011, Dalian, China.
- [25] 照本 旭生, 井上 創造, 服部 祐一, “Benchmarking ‘Radio Exercises’ Recognition with a Three-axis Accelerometer”, SMC Workshop on Robust machine learning techniques for human activity recognition, pp. 5 pages, October 9, 2011, Anchorage, Alaska.
- [26] 井上 創造, “Challenges for Activity Recognition with Real Data”, Ubicomp Workshop on Mobile Sensing: Challenges, Opportunities and Future Directions 2011, pp. 2 pages, September 18, 2011, Beijing, China.
- [27] 井上 創造, “(Invited) スマートフォン大規模行動情報とユビキタス・チャレンジ”, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI), to appear, July 15, 2011, 福岡.
- [28] 河口 信夫, 小川 延宏, 岩崎 陽平, 梶克彦, 寺田 努, 村尾 和哉, 井上 創造, 川原 圭博, 角 康之, 西尾 信彦, “HASC Challenge2010 : 人間行動理解のための装着型加速度センサデータコーパスの構築”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム, to appear, July 6, 2011, Gifu, Japan.
- [29] 服部 祐一, 井上 創造, 平川 剛, “A Large Scale Gathering System for Activity Data with Mobile Sensors”, IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC2011), pp. 97-100, June 12, 2011, San Francisco, CA, USA.
- [30] 井上 創造, “(Invited) 人の行動情報を地球規模で集めて活用する (Gathering and Utilizing Global Human Activity Information)”, 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会 (AI), Vol. 111, No. 70, pp. 27-31, May 26, 2011, 東京.
- [31] 井上 創造, “(Keynote) Real Field Identification: Dependability and Healthcare Sensing”, International Workshop on RFID Security (RFIDsec’11 Asia), to appear, April 7, 2011, Wuxi, China.
- [32] 河口 信夫, 小川 延宏, 岩崎 陽平, 梶克彦, 寺田 努, 村尾 和哉, 井上 創造, 川原 圭博, 角 康之, 西尾 信彦, “HASC Challenge: Gathering Large Scale Human Activity Corpus for the Real-World Activity Understandings”, Proc. Augmented Human Conference, No. 27, pp. 1-5, March 12, 2011, Tokyo, Japan.
- [33] 平川 剛, 服部 祐一, 中村 優斗, 井上 創造, “Activity Information Sharing System with Video and Acceleration Data”, Proc. Int’l Conf. Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems, pp. 557-561, March 5, 2011, Algarve, Portugal.
- [34] 井上 創造, “スマートフォンによる大規模行動情報と研究展望”, Brain inspired-system (Brain-IS) ワークショップ, to appear, February 10, 2011, 北九州市若松.
- [35] 中村 優斗, 服部 祐一, 井上 創造, “加速度データと動画像を用いた大規模行動評価システムの開発に向けて”, 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 21-24, December 11, 2010, Kitakyushu, Fukuoka, Japan.
- [36] 廣中 遼, 服部 祐一, 井上 創造, “日常行動における 3 軸加速度センサデバイスの方向認識の試み”, 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 43-44, December 1, 2010, Kitakyushu, Fukuoka, Japan.
- [37] 照本 旭生, 服部 祐一, 井上 創造, “3 軸加速度センサを用いた「お辞儀」の評価に向けて”, 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 71-74, December 1, 2010, Kitakyushu, Fukuoka, Japan.
- [38] 服部 祐一, 井上 創造, 平川 剛, 須藤 修, “Gathering Large Scale Human Activity Information Using Mobile Sensor Devices”, Proc. International Workshop on Network Traffic Control, Analysis and Applications (NTCAA-2010), pp. 708-713, November 6, 2010, Fukuoka, Japan.
- [39] 服部 祐一, 井上 創造, 平川 剛, “行動情報共有システムにおける行動認識と可視化”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム, to appear, July 6, 2011, Gifu, Japan.
- [40] 照本 旭生, 井上 創造, “3 軸加速度センサによる「お辞儀」の評価の研究”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム, to appear, July 6, 2011, Gifu, Japan.
- [41] 平川 剛, 石西 洋, 井上 創造, 服部 励治, “電子ペーパーネットワークシステム実現のための通信プロトコル設計”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル

- シンポジウム(DICOM02010)予稿集, pp. 1699 - 1704, July 6, 2010, Gifu, Japan.
- [42] 服部 祐一, 竹森 正起, 井上 創造, 平川 剛, 須藤 修, "携帯情報端末による大規模行動収集システムの運用と基礎評価", マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOM02010)予稿集, pp. 583 - 590, July 6, 2010, Gifu, Japan.
- [43] 野原 康伸, 井上 創造, "A Secure and Scalable Identification for Hash-based RFID Systems Using Updatable Pre-computation", Proc. 3rd ACM Conf. Wireless Network Security(Wisec'10), pp. 65-74, March 1, 2010, NJ, USA.
- [44] 一野 浩太郎, 久住 憲嗣, 井上 創造, 中西 恒夫, 福田 晃, "行動認識アプリケーション向けドメイン特化型言語LOARA の設計と評価", 電子情報通信学会技術報告, Vol. 109, No. 475, pp. 271-278, March 1, 2010. Hachiojima, Japan.
- [45] 平川 剛, 服部 祐一, 井上 創造, 竹森 正起, "携帯情報端末を使ったグローバルな行動情報収集システム(A system for activity information collection using personal information devices)", 電気学会医用・生体工学研究会研究報告, Vol. 0, No. 133, pp. 33-39, December 1, 2009, 福岡.
- [46] 井上 創造, 野原 康伸, "On the Observability of RFID Data Privacy", Proc. Int'l WS Network Traffic Control, Access, and Applications(NTCAA), pp. 714-718, December 1, 2009, Jeju, Korea.
- [47] 井上 創造, "(Invited) Augmented Library: toward Fusion of Analog and Digital Libraries", Korean Biblia Society for Library and Information Science Occasional Papers Series, pp. 105-115, October 1, 2009, Seoul, Korea.
- [48] 野原 康伸, 井上 創造, 竹森 正起, 櫻川 幸三, "Toward Accurate Location Detection in RFID Bookshelves", Proc. Int'l Symp. Ubiquitous Computing Systems(UCS) 2009, pp. 99-104, August 1, 2009, Beijing, China.
- [49] 末永 俊一郎, 根本 恒, 井上 創造, 千田 廉, 中島 直樹, "ライフログ無線ネットワークにおけるデータ取得実験", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02009)シンポジウム予稿集, pp. 1362-1369, July 1, 2009, 別府.
- [50] 一野 浩太郎, 久住 憲嗣, 井上 創造, 中西 恒夫, 福田 晃, "無線センサネットワーク向けドメイン特化型言語の提案", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02009)シンポジウム予稿集, pp. 1578 - 1586, July 1, 2009, 別府.
- [51] 平川 剛, 石西 洋, 井上 創造, 服部 励治, "電子ペーパーシステム実現のための通信プロトコル設計", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02009)シンポジウム予稿集, pp. 629 - 635, July 1, 2009, 別府.
- [52] 井上 創造, 竹森 正起, 鶴田 紘子, 中島 直樹, 須藤 修, "特定健診効率化のための加速度センサによる行動判別", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02009)シンポジウム予稿集, pp. 1370 - 1379, July 1, 2009, 別府.
- [53] 野原 康伸, 井上 創造, "セキュア RFID における d-Left ハッシュを用いた高速識別と効率的な索引管理", 信学技報 DE2009-6, Vol. 109, No. 153, pp. 31-36, July 1, 2009, 神戸.

〔図書〕(計1件)

- [1] 井上 創造, 中島 直樹, "予防医療に貢献する生体情報・健康情報モニタリングシステムの確立", 月刊「自動認識」日本工業出版(株), pp. 43-49, May 1, 2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 創造 (INOUE SOZO)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 90346825