

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300022

研究課題名(和文) ネットワーク指向AR技術に基づく人間調和型情報通信基盤技術の開発

研究課題名(英文) Development of human harmonized information communication infrastructure based on networked based AR technologies

研究代表者

菅沼 拓夫 (Suganuma, Takuo)

東北大学・サイバーサイエンスセンター・教授

研究者番号：70292290

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人間の生活空間において情報環境を構成するユーザインタフェース機能に着目し、Augmented Reality(AR)技術に基づいて、利用者にやさしい情報通信システムを実現するためのシステム構築基盤である「人間調和型情報通信基盤技術」を開発した。特に本研究では、ネットワークシステムと連携することで、(1)空間融合によるコミュニケーションツールとしての展開、(2)処理のネットワーク分散化によるサービス品質(QoS)向上の2点を実現する「ネットワーク指向AR技術」を研究開発した。これにより安心・安全な情報社会を支える新しい情報通信基盤を創生した。

研究成果の概要(英文)：We have investigated the "Human harmonized information communication infrastructure" as a basic technology to build user-centered communication systems based on the Augmented Reality (AR), focusing on the user interface function to configure information environment in humans' daily lives. Especially, we have developed "Network-supported AR technology" which realizes the following two items: (1) a communication tool by integrating many kinds of spaces, and (2) improvement of quality of services by distributed processing through the network. We created a new information communication infrastructure which supports safety information society through this project.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：情報通信基盤 AR 現実/仮想空間融合 プラットフォーム 見守り支援

## 1. 研究開始当初の背景

インターネットやユビキタス情報環境を用いて様々な年代の人々の日常的な社会生活を支える情報通信システムに関する様々な研究開発が進められている。これらのシステムは、主に IT の専門的な知識を持った利用者が便利に安心して元気に暮らせる生活環境を提供している。その一方で、IT に明るくない利用者にとってはシステムの使いにくさ、システムに対する違和感・不信感などからくるなじみにくさ、不安感、ユビキタス情報環境特有の資源制約から生じる不安定性などに関する課題が存在する。これらの問題を解決し、みなが安心して便利に利用できる情報通信環境を実現するためには、人間の身体的、社会的、精神的特性に焦点をあてた人間中心設計と、システムの資源制約を考慮したシステム中心設計を同時に満たす、新たな情報通信システムに関する研究が必須である。

## 2. 研究の目的

本研究では、人間の生活空間において情報環境を構成するユーザインタフェース機能に着目し、Augmented Reality(AR)技術に基づいて、利用者にやさしい情報通信システムを実現するためのシステム構築基盤である「人間調和型情報通信基盤技術」を開発する。特に本研究では、ネットワークシステムと連携することで、(1)空間融合によるコミュニケーションツールとしての展開、(2)処理のネットワーク分散化によるサービス品質(QoS)向上、の2点を実現する「ネットワーク指向AR技術」を研究開発する。これにより安心・安全な情報社会を支える新しい情報通信基盤の創生を目指す。

## 3. 研究の方法

具体的な研究の方法として、研究期間内に以下の5つの研究課題に取り組む研究計画を策定した。

- (1) 現実空間と仮想空間の融合アーキテクチャ
- (2) ネットワーク支援 AR 機能
- (3) マルチカメラ利用者位置検出機能
- (4) エージェント指向ユビキタスソフトウェアプラットフォーム技術
- (5) 見守り支援システムの構築

平成 24 年度は主に(1)、(2)に重点を置き、本基盤技術のモデルとなる基本アーキテクチャと、最重要機能であるネットワーク支援 AR 機能の設計を行う。平成 25 年度は、(2)の実装と、(3)、(4)の設計・実装を重点的に推進する。平成 26 年度は(2)～(3)を用いて見守り支援システムを設計・実装する。また、

プロトタイプシステムを用いたフィールドテストを実施し、開発した機能、技術の有効性の評価を行う。

以上の計画に沿って研究開発を進めた。

## 4. 研究成果

### (1) 現実空間と仮想空間の融合アーキテクチャ

平成 24 年度は、基本アーキテクチャの開発、システムアーキテクチャの開発、共生感提供機能の設計を行った。具体的には「現実・仮想空間連携機能」を中核とし、仮想空間サーバ、現実空間状況獲得機能、共生感提供機能から成るシステムアーキテクチャを開発した。更に、本アーキテクチャに基づき、位置画像センサを用いた現実空間状況獲得機能、共生感提供機能のプロトタイプ実装を行った。

平成 25 年度は、平成 24 年度に行った詳細設計に基づき、共生感提供機能の実装を行った。また、共生感提供機能の実装結果を踏まえ、基本アーキテクチャ、およびシステムアーキテクチャの再検討を行い、モデルの大幅な改良を実施した。具体的には、現実空間の人の挙動を獲得するセンサとして距離画像センサを新たに導入したシステムアーキテクチャの拡張を行い、現実空間同士の融合を含めたシステムの詳細設計・実装、およびプロトタイプシステムを用いた実験により、その効果を検証した。

平成 26 年度は、平成 25 年度に実施したアーキテクチャの精緻化結果を踏まえ、基本アーキテクチャおよびシステムアーキテクチャの再検討を行い、モデルのさらなる高度化を実施した。また、本アーキテクチャに基づくシステムの設計開発を効果的に行うためのモデルとして MPCs モデルを開発した。

### (2) ネットワーク支援 AR 機能

平成 24 年度は、アーキテクチャの開発、サーバ群の設計、ネットワーク支援レンダリング機能の設計を行った。具体的には、クロマキー合成により現実空間のビデオキャプチャ映像と仮想空間のアバタを合成してネットワーク経由で配信する機能を設計した。

平成 25 年度は、平成 24 年度に実施したサーバ群の設計と実装の結果を利用し、試験運用を行い、サーバ群の動作の調整等を実施した。また、ネットワーク支援レンダリング機能の詳細設計と実装を行った。具体的には、低スペックの小型携帯端末においても利用可能な共生感提供機能を実現するために、現実空間の小型携帯端末内蔵のカメラから送信されるライブストリーミング映像と、仮想空間の 3D 表示映像を合成し、ネットワークを介して小型携帯端末に送り返す機能を実装した。

平成 26 年度は、平成 25 年度に行った詳細設計と実装に基づき、表示デバイスとして HMD に対応したネットワーク支援レンダリン

グ機能の拡張を行った。具体的には、HMD の映像生成用アンドロイド装置で利用可能な、共生感提供機能を実現するために、ライブストリーミング映像と、仮想空間の 3D 表示映像を合成し、ネットワークを介してアンドロイド端末に送り返す機能を実装した。

### (3) マルチカメラ利用者位置検出機能

平成 24 年度は、マルチカメラ画像解析関連の最新研究動向調査、機能要件抽出を行った。さらに QoS 制御機能を備えた位置検出機能の設計とプロトタイプシステムの実装を行い、実験によりその有効性を確認した。

平成 25 年度は、マルチカメラ利用者位置検出機能の基本機能の設計および実装を行った。また、システム性能向上を目指して新たなセンサ群を導入し、マルチカメラとの連携を可能とする機能拡張について検討した。

平成 26 年度は、システム性能向上を目指して距離画像センサ等の新たなセンサ群を導入し、マルチカメラとの連携を可能とする機能拡張を検討した。また、利用者位置検出に加え、物体と人間とのインタラクション検出や、動画像からの移動物体検出などの技術を開発した。

### (4) エージェント指向ユビキタスソフトウェアプラットフォーム技術

平成 24、25 年度は、マルチエージェントシステムに関する最新研究動向調査、機能要件抽出を行った。

平成 26 年度は、マルチエージェントの概念に基づき、各種ユビキタスデバイス(端末、センサ、カメラ等)やネットワークサービスを知的エージェントとして動作させるためのユビキタスエージェント化機能を設計、実装した。

### (5) 見守り支援システムの構築

平成 24 年度は、AR 型見守り支援システムの機能要件の検討、提案技術の効果の予測を行った。

平成 25 年度は、AR 型見守り支援システムの詳細設計および実装を行った。具体的には(1)で開発する距離画像センサを用いた共生感提供機能、および(2)で開発するネットワーク支援 AR 機能を統合し、ユーザインタフェースとして HMD やタブレット型端末を用いた新たな共生感提供機能を開発した。さらに共生感提供機能の基本性能・機能を検証するための基礎実験を実施した。

平成 26 年度は、平成 25 年度に行った基礎実験結果に基づき、AR 型見守り支援システムの高度化を行なった。具体的には、ユーザインタフェースとして HMD やタブレット型端末を用いた共生感提供機能の高度化を行なった。また、実証実験に耐えうるシステムの安定化対策を施した。最後に実験の結果を分析・整理し、本提案の有効性の検証を行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 27 件)

- [1] Takuma Oide, Toru Abe, and Takuo Suganuma, ``A Design of Contract-oriented Sensor Application Platform,`` Proc. of the 6th International Workshop on Pervasive Collaboration and Social Networking (PerCol2015), pp.172:177, 2015, 査読有
- [2] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``MPCS フレームワークに基づく鏡型空間共有システムの設計,`` 情報処理学会インタラクシオン 2015, A06, pp.162-166, 2015, 査読有
- [3] 伊藤寛祥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生現実感のための眼鏡型空間共有システムの実装,`` 情報処理学会インタラクシオン 2015, C03, pp.729-734, 2015, 査読有
- [4] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``画像の集合を用いた背景差分に基づく対象領域抽出手法,`` 第 77 回情報処理学会全国大会予稿集, 4C-04, 2015, 査読無
- [5] 大沼信也, 市地慶, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``ネットワーク情報の AR 可視化によるネットワーク管理手法に関する基礎的検討,`` 第 77 回情報処理学会全国大会予稿集, 6D-01, 2015, 査読無
- [6] 生出拓馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``契約概念に基づくセンサ型アプリケーションプラットフォームの設計,`` 第 77 回情報処理学会全国大会予稿集, 1U-03, 2015, 査読無
- [7] 村岡諒, 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理手法の提案,`` 第 77 回情報処理学会全国大会予稿集, 3X-08, 2015, 査読無
- [8] 熊谷健太, 伊藤寛祥, 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``Symbiotic Reality の概念に基づくタウンマネージメント支援システムに関する基礎的検討,`` 第 77 回情報処理学会全国大会予稿集, 1ZD-02, 2015, 査読無
- [9] 菅原勝也, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``時系列の画像・深度情報を用いた接触する物体の領域抽出,`` 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.409, PRMU2014-107, pp.245-250, 2015, 査読無
- [10] 村岡諒, 山崎蓮馬, 小林秀幸, 高橋晶子, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理支援に関する一考察,`` 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.2014-DPS-160, No.5, pp.1-6, 2014, 査読無
- [11] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``距離画

- 像センサを用いた鏡型空間共有システムの設計,' ' 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.2014-DPS-160, No.10, pp.1-6, 2014, 査読無
- [12] 菅原勝也, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``時系列の画像・深度情報を用いた人物と物体の領域抽出,' ' 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014) 予稿集, Vol.3, pp.75-76, 2014, 査読無
- [13] 三橋優人, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``混雑した状況での人物と物体のインタラクション検出,' ' 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014) 予稿集, Vol.3, pp.109-110, 2014, 査読無
- [14] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``背景の変動に対して頑健な対象領域検出手法,' ' 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014) 予稿集, Vol.3, pp.111-112, 2014, 査読無
- [15] 生出拓馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``所有者の異なるセンサ間における情報流通プロトコルの基礎的検討,' ' 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.207, IN2014-69, pp.123-128, 2014, 査読無
- [16] 三橋優人, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``映像の階層的な解析に基づく混雑した状況での人物と物体のインタラクション検出,' ' 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.356, PRMU2014-77, pp.69-74, 2014, 査読無
- [17] 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``電波強度と表示端末の移動履歴を利用したセンサ情報の AR 可視化,' ' 第 76 回情報処理学会全国大会予稿集, 4D-5, 2014, 査読無
- [18] 生出拓馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``広域センサネットワークのためのエージェントフレームワークに関する一検討,' ' 第 76 回情報処理学会全国大会予稿集, 5X-1, 2014, 査読無
- [19] 伊藤仁, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``知識を用いた複数アクセス回線の効果的な併用手法,' ' 第 76 回情報処理学会全国大会予稿集, 6X-1, 2014, 査読無
- [20] Toru Abe, Adrian Agusta, Yuto Mitsuhashi, Takuo Suganuma, ``A QoS control method for camera network based people detection systems,' ' Proc. of the 9th Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP2014), pp.242-248, 2014, 査読有
- [21] Takuya Kawamura, Toru Abe, Takuo Suganuma, ``A Design of State Acquisition Function using Range Image Sensor for 3D Symbiotic Space,' ' Proc. of the Third International Workshop on Symbiotic Computing and Multiagent Systems (SCMAS2013), pp.622-627, 2013, 査読有
- [22] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生型 3 次元仮想空間における空間提示機能の高度化,' ' 第 21 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2013) 論文集, pp.95-98, 2013, 査読有
- [23] Adrian Agusta, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``映像を用いた人物位置検出システムの出力品質制御法,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集, 2E-4, 2013, 査読無
- [24] 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``電波強度を利用したセンサ情報の AR 可視化について,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集, 3E-7, 2013, 査読無
- [25] 菅沼拓夫, 川村拓弥, 森瞬, 阿部亨, ``共生型 3 次元仮想空間における共生感提供機能の高度化と社会システムへの適用,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集, 2J-1, 2013, 査読無
- [26] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生型 3 次元仮想空間における距離画像センサを用いた共生感提供機能の設計,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集, 2J-2, 2013, 査読無
- [27] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生型 3 次元仮想空間における共生感提供機能の空間提示手法の高度化について,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集, 2J-3, 2013, 査読無
- { 学会発表 } (計 29 件)
- [1] Takuma Oide, Toru Abe, and Takuo Suganuma, ``A Design of Contract-oriented Sensor Application Platform,' ' The 6th International Workshop on Pervasive Collaboration and Social Networking (PerCol2015), 2015.03.23, St. Luis, Missouri (USA)
- [2] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``画像の集合を用いた背景差分に基づく対象領域抽出手法,' ' 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015.03.17-19, 京都大学(京都府京都市)
- [3] 大沼信也, 市地慶, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``ネットワーク情報の AR 可視化によるネットワーク管理手法に関する基礎的検討,' ' 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015.03.17-19, 京都大学(京都府京都市)
- [4] 生出拓馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``契約概念に基づくセンサ型アプリケーションプラットフォームの設計,' ' 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015.03.17-19, 京都大学(京都府京都市)
- [5] 村岡諒, 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理手法の提案,' ' 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015.03.17-19, 京都大学(京都府京都市)
- [6] 熊谷健太, 伊藤寛祥, 川村拓弥, 阿部亨,

- 菅沼拓夫, ``Symbiotic Reality の概念に基づくタウンマネジメント支援システムに関する基礎的検討,' ' 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015.03.17-19, 京都大学(京都府京都市)
- [7] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``MPCS フレームワークに基づく鏡型空間共有システムの設計,' ' 情報処理学会 インタラクシオン 2015, 2015.03.05-07, 東京国際交流館(東京都江東区)
- [8] 伊藤寛祥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生現実感のための眼鏡型空間共有システムの実装,' ' 情報処理学会 インタラクシオン 2015, 2015.03.05-07, 東京国際交流館(東京都江東区)
- [9] 菅原勝也, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``時系列の画像・深度情報を用いた接触する物体の領域抽出,' ' 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2015.1.22-23, 奈良先端科学技術大学院大学(奈良県生駒市)
- [10] 三橋優人, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``映像の階層的な解析に基づく混雑した状況での人物と物体のインタラクシオン検出,' ' 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2014.12.11-12, 九州大学(福岡県福岡市)
- [11] 生出拓馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``所有者の異なるセンサ間における情報流通プロトコルの基礎的検討,' ' 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 2014年9月11日-12日, 東北大学(宮城県仙台市)
- [12] 菅原勝也, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``時系列の画像・深度情報を用いた人物と物体の領域抽出,' ' 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014), 2014.09.03-05, 筑波大学(茨城県つくば市)
- [13] 三橋優人, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``混雑した状況での人物と物体のインタラクシオン検出,' ' 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014), 2014.09.03-05, 筑波大学(茨城県つくば市)
- [14] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``背景の変動に対して頑健な対象領域検出手法,' ' 第 13 回情報科学技術フォーラム (FIT2014), 2014.09.03-05, 筑波大学(茨城県つくば市)
- [15] 村岡諒, 山崎蓮馬, 小林秀幸, 高橋晶子, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理支援に関する一考察,' ' 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会, 2014.07.24-25, 平泉ホテル武蔵坊(岩手県西磐井郡平泉町)
- [16] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``距離画像センサを用いた鏡型空間共有システムの設計,' ' 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会, 2014.07.24-25, 平泉ホテル武蔵坊(岩手県西磐井郡平泉町)
- [17] 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``電波強度と表示端末の移動履歴を利用したセンサ情報の AR 可視化,' ' 第 76 回情報処理学会全国大会, 2014.03.11-13, 東京電機大学(東京都足立区)
- [18] 生出拓馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``広域センサネットワークのためのエージェントフレームワークに関する一検討,' ' 第 76 回情報処理学会全国大会, 2014.03.11-13, 東京電機大学(東京都足立区)
- [19] 伊藤寛祥, 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``3次元共生空間における HMD を用いた空間提示手法の提案,' ' 第 76 回情報処理学会全国大会, 2014.03.11-13, 東京電機大学(東京都足立区)
- [20] Toru Abe, Adrian Agusta, Yuto Mitsuhashi, Takuo Suganuma, ``A QoS control method for camera network based people detection systems,' ' The 9th Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP2014), 2014.01.05-08, Lisbon, Portugal
- [21] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生型3次元仮想空間における空間提示機能の高度化,' ' 情報処理学会第21回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2013), 2013.12.04-06, ホテル櫻井(群馬県吾妻郡)
- [22] Takuya Kawamura, Toru Abe, Takuo Suganuma, ``A Design of State Acquisition Function using Range Image Sensor for 3D Symbiotic Space,' ' Third International Workshop on Symbiotic Computing and Multiagent Systems (SCMAS2013), 2013.10.28-30, Compiègne, France
- [23] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``3次元共生空間における距離画像センサによる状態獲得機能の設計,' ' 第4回先進的情報通信工学研究会/ITRC セミナー/INI 仙台 2013 冬, 2013年3月15日, 東北大学(宮城県仙台市)
- [24] Adrian Agusta, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``映像を用いた人物位置検出システムの出力品質制御法,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会, 2013.3.6, 東北大学(宮城県仙台市)
- [25] 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``電波強度を利用したセンサ情報の AR 可視化について,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会, 2013.3.6, 東北大学(宮城県仙台市)
- [26] 菅沼拓夫, 川村拓弥, 森瞬, 阿部亨, ``共生型3次元仮想空間における共生感提供機能の高度化と社会システムへの適用,' ' 第 75 回情報処理学会全国大会, 2013.3.6, 東北大学(宮城県仙台市)
- [27] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生型3次元仮想空間における距離画像センサ

を用いた共生感提供機能の設計,' 第  
75 回情報処理学会全国大会, 2013.3.6,  
東北大学(宮城県仙台市)

[28] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``共生型3次  
元仮想空間における共生感提供機能の  
空間提示手法の高度化について,' 第  
75 回情報処理学会全国大会, 2013.3.6,  
東北大学(宮城県仙台市)

[29] Adrian Agusta, 阿部亨, 菅沼拓夫, ``  
映像による人物位置検出システムにお  
ける出力品質の制御方法,' 第3回先進  
的情報通信工学研究会/IITRC セミナー  
/INI 仙台 2012 秋, 2012.12.25, 東北大  
学(宮城県仙台市)

〔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〕

[http://www.ci.cc.tohoku.ac.jp/ar\\_project.html](http://www.ci.cc.tohoku.ac.jp/ar_project.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

菅沼 拓夫 (SUGANUMA, Takuo)  
東北大学・サイバーサイエンスセンター・  
教授  
研究者番号: 70292290

### (2) 連携研究者

阿部 亨 (ABE, Toru)  
東北大学・サイバーサイエンスセンター・  
准教授  
研究者番号: 80222652

北形 元 (KITAGATA, Gen)  
東北大学・電気通信研究所・准教授  
研究者番号: 20344731