

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：21201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02693

研究課題名(和文)大規模災害時の劣悪通信環境で繋がる次世代ネバー・ダイ・ネットワークとその応用

研究課題名(英文) A New Generation Never Die Network and Its Application for Challenged Communication Environment at Large Scale Disaster

研究代表者

柴田 義孝 (Shibata, Yoshitaka)

岩手県立大学・その他部局等・特任教授

研究者番号：80129791

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：大規模災害時において住民の安心・安全性を確保するための情報通信手段として、小型軽量の自立再生電源を有し、SDNをベースとした衛星通信や異種の複数無線、モバイル網等を組合わせたコグニティブ無線ルータを開発し、これを固定/移動/空中中継可能なネットワークとして融合させる。そして通常時はもとより大規模災害時においてもシステム故障や通信切断箇所を常時監視して最も適切なリンクや経路を動的に選択して再構成し、全体として自立的に稼働させることにより劣悪通信環境でも繋がる大規模災害対応ネットワークを開発し、プロトタイプを構築して有効性を示す。

研究成果の概要(英文)：In order to protect resident's safety and property in case of large scale disasters, we develop Never Die Network (NDN) as one of disaster information communication networks. The NDN consists of small and light weight power supply unit and cognitive wireless network routers which can connect together with various different wireless LANs, mobile network and satellite network based on Software Defined Network (SDN). Using the cognitive wireless router, the fixed, mobile and air cognitive wireless typed nodes are connected to organize a NDN as a wide area resilient network. NDN can be not only used in normal time, but also work in disaster time by observing the system failure and disconnection, selecting the best link and route among the cognitive network and dynamically reconstructing autonomous disaster communication network. We developed a prototype system of NDN and evaluate the functions and performance to verify the effectiveness as a large scale disaster communication network.

研究分野：情報通信工学

キーワード：情報通信工学 自然災害 防災 非常時通信 ネットワーク 減災

1. 研究開始当初の背景

日本では防災・減災に資する技術の開発はもっとも重要な研究テーマの一つであり、安心・安全な都市基盤の構築が最優先課題とされている。

一方東日本大震災の現地調査から、ほとんどの災害情報通信ネットワークは優先制御や通信品質制御機能も無く、このため安否確認や医療情報等緊急を要する情報伝達が遅れ、その結果自治体職員や医療従事者の復旧活動が遅れるという致命的な問題点があった。また震災直後から各携帯通信事業者は移動中継車を配備して復旧を図ったが、多くの被災地域では数か月に渡って通信が途絶したり限定されるなど通信の安定性を欠いた。今後大規模地震、集中豪雨などが発生した場合の情報伝達は困難をきわめることが予想され、特に南海トラフ地震や東海地震のような巨大震災が予想されている地域においても劣悪な通信環境を避けるべく緊急に対応が迫られている。

2. 研究の目的

小型軽量の自立再生電源を有し、衛星通信や異種の複数無線、モバイル網等を組合わせたコグニティブ無線ルータを開発し、これを固定/移動/空中中継可能なネットワークとして融合させる。そしてシステム故障や通信切断箇所を常時監視して最も適切なリンクや経路を動的に選択して再構成し、全体として自立的にしぶとく稼働させることにより劣悪通信環境でも繋がる大規模災害対応ネットワークおよびその上で効果的に動作する次世代ネバー・ダイ・ネットワークの研究を開発し、有効性を示す。

3. 研究の方法

以上の目的を達成するために、以下の項目についてその設計開発し、プロトタイプを構築してその有効性を示す。

(1)ネバーダイネットワークの基本設計

衛星通信と複数の異種無線の組合せによるNDN-Xの通信プロトコルの基本設計を行う。すなわちシステムのノード故障、回線故障および輻輳の各々に対し動的に対応できる耐故障や負荷分散可能な基本技術を開発する。平常時/災害時と通信環境(接続率、電波強度、スループット、パケット紛失率、遅延時間)を監視し、最も適切なリンクや経路を選択し、動的にネットワークを制御・再構成できるアルゴリズムの設計および開発を行う。

(2) 固定中継ノードの設計と開発

地上の固定中継ノードを実現するためPCを用意し、衛星通信、複数の高速無線ネットワークを新たに導入して組み合わせ、SDNとしてOpenFlowを用いてこれらを通信環境や接続形態により動的に無線リンクや経路を選択可能なコグニティブ無線ルータを開発する。

(3) 車載型移動中継ノードの設計と開発

災害時の緊急移動通信インフラ構築のた

め、車-車間および車-固定中継局間で無線を動的に選択しマルチホップ通信ができる車載用のコグニティブ無線中継ノードを開発する。また災害直後の劣悪通信環境地域においても通信を可能とするため、DTNプロトコルを新たに導入し、通信が途絶する場合は、移動中継ノードが一時的にデータを蓄積し、通信可能エリアに到達した時に蓄積データを自動的にフォワード転送する機能を開発する。

(4)気球ワイヤレスネットワークノードの研究と開発

気球の風の影響を緩和するためヘプタックス製高気密性の扁平型気球および無線ノードを新たに導入し、超軽量薄型太陽光発電を装着し、複数の高速無線LAN(5GHz, 2.4GHz)を組合せて搭載した自立電源供給型の空中中継ノードを開発する。空中中継ノード間相互接続管理用としてモバイルPCルータを導入し、上空の5GHz帯の無線アクセス近隣ノード間で自動的に相互接続をリンク構成するマルチホップ機能(自動相互リンク構成機能)を開発する。

4. 研究成果

研究成果として、それぞれの研究機関がそれぞれ得意とする項目を分担して開発を進めた。1)ネバーダイネットワークの基本設計においては、Cプログラムにより通信プロトコルを2)~4)のノードにおいて利用できるようにライブラリ化することが出来た。2)固定中継ノードの設計と開発においては、通信網として広域ネットワーク網(モバイル網、光有線網、衛星IP網)の中から評価関数に基づいて最適な通信網を自動選択できる地上固定設置型ネバーダイネットワークを実現しその性能・機能評価により有効性を確認出来た。3)車載型移動中継ノードの設計と開発においては、通信網として無線LAN(IEEE802.11a/b/g/n/j)の中から評価関数に基づいて最適な通信網を自動選択し、動的にアドホック・メッシュネットワークを構成できる車載小型ネバーダイネットワークを実現し、実際に中継車に搭載して路上実験を行った結果、性能・機能評価により有効性を確認することが出来た。4)気球ワイヤレスネットワークノードの研究開発においては、複数小型の扁平型の気球を制作し、複数の無線LANから評価関数を最適化する無線を自動選択により気球間でメッシュネットワークノードを自動的に構成できるネバーダイネットワークを実現した。しかしながら、風速が7m/sec以上では、気球の係留が安定せずメッシュネットワークが不安定となり、さらに形状を改良する必要であることが分かった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計11件)

(1) Akira Sakuraba, Yoshitaka Shibata,

- Tomoyuki Ishida, Koji Hashimoto, “Design and implementation of disaster management GIS system based on ultra high definition display environment”, *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, Vol. 7, No. 4, pp. 239-251. 2018. 査読有.
(ア) DOI: 10.1504/IJSSC.2017.10010840
- (2) Tomoyuki Ishida, Yusuke Hirohara, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Implementation of an Integrated Disaster Information Cloud System for Disaster Control”, *Journal of Internet Services and Information Security (JISIS)*, Vol. 7, No. 4, pp. 1-20, 2017. 査読有.
(ア) <https://pdfs.semanticscholar.org/95d9/b66a92a8e925475fe0bcf0428e691f14e3f6.pdf>
- (3) Tomoyuki Ishida, Yusuke Hirohara, Nobuyuki Kukimoto, Yoshitaka Shibata, “Implementation of a decision support system using an interactive large-scale high-resolution display”, *Journal of Artificial Life and Robotics*, Volume 22, Issue 3, pp. 385-390, 2017. 査読有.
(ア) DOI : 10.1007/s10015-017-0369-y
- (4) Norio Shiratori, Yoshitaka Shibata, “Never Die Network”, *Opportunistic Networking: Vehicular, D2D and Cognitive Radio Networks*, CRC Press, pp. 293-312, 2017. 査読有.
- (5) Shinya Kitada, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, “A DTN Based Multi-hop Network for Disaster Information Transmission by Smart Devices”, *Intelligent Data-Centric Systems: Sensor Collected Intelligence*, Elsevier, pp. 53-65, 2017. 査読有.
(ア) DOI:10.1016/B978-0-12-809859-2.00004-8
- (6) Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, “Delay Tolerant Network for Disaster Information Transmission in Challenged Network”, *IEICE Transaction in Communication*, Vol. E100-B, No. 1, pp. 11-16, 2017. 査読有.
(ア) http://search.ieice.org/bin/pdf_link.php?category=B&lang=E&year=2017&fname=e100-b_1_11&abst=
- (7) Quang Tran Munh, Yoshitaka Shibata, Cristian Borcea, Shigeki Yamada,
(ア) “On-site Configuration of disaster recovery access networks made easy”,
(イ) *AdHoc Networks*, Elsevier, Vol. 40, pp. 46-60, 2016, 2016. 査読有.
- (ウ) <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2015.12.008>
- (8) 橋本浩二, 柴田義孝, “複数ビデオソースの動的な構成を可能とするライブ中継用ミキサ”, *情報処理学会論文誌*, Vol. 57, No. 1, pp. 1-15, 2016. 査読有.
(ア) [file:///C:/Users/kimura/Downloads/IPSJ-JNL5701021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/kimura/Downloads/IPSJ-JNL5701021%20(1).pdf)
- (9) 橋本浩二, 白崎博生, 柴田義孝, “中継機能とミキシング機能の分散構成による適合型会議通話システム”, *情報処理学会論文誌*, Vol. 56, No. 5, pp. 1398-1416, 2015. 査読有.
(ア) <file:///C:/Users/kimura/Downloads/IPSJ-JNL5605023.pdf>
- (10) Tomoyuki Ishida, Tsubasa Ando, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Development of Zoo Guide Smartphone AR Application for Foreign Tourists Visiting Japan”, *IT Convergence PRACTice*, (INPRA), Vol. 3, No. 3, pp. 18-35, 2015. 査読有.
- (11) Kazuhiro Takahagi, Tomoyuki Ishida, Akira Sakuraba, Kaoru Sugita, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Construction of a Mega Disaster Crisis Management System”, *Journal of Internet Services and Information Security (JISIS)*, Vol. 5, No. 4, pp. 20-40, 2015. 査読有.
(イ) <https://pdfs.semanticscholar.org/c4a7/d21d7566bf44bbfb122608582d659efb342a.pdf>
- [学会発表] (計 80 件)
- (1) Kentaro Koike, Misaki Iyobe, Tomoyuki Ishida, Noriki Uchida, Kaoru Sugita, Yoshitaka Shibata, “Proposal of an Open Data Visualization System for Disaster Prevention and Disaster Reduction”, *The 12th International Conference on Broad-Band and Wireless Computing, Communication and Applications*, (BWCCA2017), 2017.
- (2) Yoshitaka Shibata, Kenta Ito, Goshi Sato, “A Mobility Network for Disaster and Emergent Information Systems in Challenged Network Environment”, *The 12th International Conference on Broad-Band and Wireless Computing, Communication and Applications*, (BWCCA2017), 2017.
- (3) Masaki Otomo, Koji Hashimoto, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Mobile Cloud Computing Usage for Onboard Vehicle Servers in Collecting Disaster Data Information”, *The 8th International Conference on Awareness Science and Technology*, (iCAST2017), 2017.

- (4) Akira Sakuraba, Yoshitaka Shibata, “Disaster State Information Management GIS System based on Tiled Display Environment”, The 8th International Conference on Awareness Science and Technology, (iCAST2017), 2017.
- (5) Noriki Uchida, Takahiro Shingai, Takato Shigetome, Yoshitaka Shibata, “Implementations of Data Triage Methods for DTN based Disaster Information Networks”, The 8th International Conference on Awareness Science and Technology, (iCAST2017), 2017.
- (6) Tomoyuki Ishida, Yusuke Hirohara, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Implementation of a Community-Based Disaster Prevention Information System”, The 12th International Workshop on Network-based Virtual Reality and Tele-existence, (INVITE2017), 2017.
- (7) 柴田義孝, 伊藤健太, 橋本浩二, “波長通信を用いた路面凍結情報共有のための車車間・車路間通信システムの検討”, 第25回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, (DPSWS2017), 平成29年(優秀プレゼンテーション賞).
- (8) Akira Sakuraba, Tomoyuki Ishida, Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata, “Ultra Definition Display Environment for Disaster Management GIS”, The 12th International Workshop on Network-based Virtual Reality and Tele-existence, (INVITE2017), 2017.
- (9) Yoshitaka Shibata, Kenta Ito, “Mobility Information Infrastructure in Challenged Network Environment Based on IoT Technology”, The 20th International Conference on Network-Based Information Systems, (NBIS2017), 2017.
- (10) Noriki Uchida, Erika Nakachi, Yoshitaka Shibata, “Proposal of Scatter Typed Wireless IoT Repeaters with Anti-shock Property for Disaster Information Networks” The 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops, (Ubi-Media2017), 2017.
- (11) 柴田義孝, 澤本 潤, “IoT 技術を利用した劣悪環境におけるモビリティ情報インフラとその応用, 平成 29 年度電気関係学会東北支部連合大会, 企業企画セッション, ICT による東北地域振興(1), 平成 29 年.
- (12) Goshi Sato, Noriki Uchida, Norio Shiratori, Yoshitaka Shibata, “Evaluation of Never Die Network System for Disaster Prevention based on Cognitive Wireless Technologies”, The 11th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, (CISIS2017), 2017.
- (13) Akira Sakuraba, Tomoyuki Ishida, Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata, “An Implementation of Operation Method for Disaster GIS on Ultra Definition Display”, The 9th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2017), 2017.
- (14) Shinya Kitada, Goshi Sato, Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata, “Research on Realization of a Multi-hop Network based on Delay Tolerant Network on Disasters,” The 9th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2017), 2017.
- (15) Tatsuya Goto, Goshi Sato, Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata, “Disaster Information Sharing System Considering Communication Status and Elapsed Time,” The 9th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2017), 2017.
- (16) Masaki Otomo, Yoshitaka Shibata, Goshi Sato, “In-Vehicle Cloudlet Computing System for Disaster Information based on Delay Tolerant Network Protocol”, The 31st IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, (AINA2017), 2017.
- (17) Goshi Sato, Go Hirakawa, Yoshitaka Shibata, “Push Typed Tourist Information System based on Beacon and Augmented Reality Technologies”, The 31st IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, (AINA2017), 2017.
- (18) Yoshitaka Shibata, Goshi Sato, Noriki Uchida, “IoT Based Mobility Network Information Infrastructure in Challenged Network Environment Toward Aging Society,” The 9th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2017), 2017.
- (19) Tomoyuki Ishida, Yusuke Hirohara, Nobuyuki Kukimoto, Yoshitaka Shibata, “Proposal of a Decision Support System for the Local Government’s Disaster Control Headquarters”, The 22nd International Symposium on Artificial Life and Robotics,

- (AROB2017) , 2017.
- (20) Masaki Otomo, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, “In-Vehicle Cloudlet Computing based on Delay Tolerant Network Protocol for Disaster Information System”, The 11th International Conference on Broad-Band and Wireless Computing, Communication and Applications, (BWCCA2016), 2016.
- (21) Shinya Kitada, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, “Performance Evaluation of a DTN Based Multi-hop Network for Disaster Information Transmission by Smart Devices”, The 18th International Symposium on Multimedia Network Systems and Applications, (MNSA2016), 2016.
- (22) 佐藤剛至, 内田法彦, 白鳥則郎, 柴田義孝, “SDNとコグニティブ無線を基盤とした災害に強いネバー・ダイ・ネットワークシステムの開発と評価”, 第24回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, (DPSWS2016), 平成28年.
- (23) Yoshitaka Shibata, Goshi Sato, Noriki Uchida, Norio Shiratori, “A Disaster Resilient Network based on OpenFlow and Cognitive Wireless Technologies”, The 9th IEEE International Conference on Ubi-Media Computing, (U-MEDIA2016), 2016.
- (24) Goshi Sato, Noriki Uchida, Norio Shiratori, Yoshitaka Shibata, “Implementation and Evaluation of Never Die Network System for Disaster Prevention Based on OpenFlow and Cognitive Wireless Technology”, The 10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, (CISIS2016), 2016.
- (25) Yoshitaka Shibata, “Perspective of Resilient Network Technology for Large Scale Disaster”, The 10th International Conference on Advanced Information Technologies and The 6th Forum on Taiwan Association for Web Intelligence Consortium 2016 (AIT/WIC 2016), (Invited Speech), 2016.
- (26) Goshi Sato, Noriki Uchida, Norio Shiratori, Yoshitaka Shibata, “Research on Never Die Network for Disaster Prevention based on OpenFlow and Cognitive Wireless Technology”, The 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, (AINA2016), 2016.
- (27) Kazuhiro Takahagi, Tomoyuki Ishida, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Proposal of a Common Infrastructure System for Real-Time Disaster Information Transmission”, The 8th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2016), 2016.
- (28) Hiroaki Yuze, Shinichi Nabeta, Yuji Ito, Hiroshi Kosaka, Yoshitaka Shibata, “Improvement of Autonomous Anti-disaster Base Station by Combination of Satellite and Wireless Networks”, The 8th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2016), 2016.
- (29) Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, Norio Shiratori, “A Resilient Network and Information Management System for Large Scale Disaster”, The 8th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2016), 2016.
- (30) Masaki Otomo, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Mobile Cloud Computing by in-Vehicle Servers based on Delay Tolerant Network Protocol”, The 8th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems, (IWDENS2016), 2016.
- (31) Noriki Uchida, Kenta Ito, Go Hirakawa, Yoshikazu Arai, Yoshitaka Shibata, “Vehicle-to-Vehicle Delay Tolerant Networks with Area of Interest for Road Surveillance System”, The 10th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications, (BWCCA2015), 2015.
- (32) Kenta Ito, Go Hirakawa, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, “SDN Based Road Condition Monitoring System for ITS”, The 10th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications, (BWCCA2015), 2015.
- (33) Masaya Yamazaki, Kazuhiro Takahagi, Tomoyuki Ishida, Kaoru Sugita, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “Proposal of Information Acquisition Method utilizing CCN in a time of Large Scale Natural Disaster”, The 5th International Workshop on Multimedia, Web and Virtual Reality Technologies and Applications, (MWRVA2015), 2015.
- (34) Noriki Uchida, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori, “Proposal of Connectivity Support Methods with Autonomous Flight Wireless Nodes for Never Die Network”, The 18th International Conference on Network-Based Information Systems, (NBIS2015), 2015.

- (35) Yosuke Kikuchi, Yoshitaka Shibata, “Mobile Cloud Computing on Delay Tolerant Network Protocol”, The 18th International Conference on Network-Based Information Systems, (NBIS2015), 2015.
- (36) Goshi Sato, Noriki Uchida, Norio Shiratori, Yoshitaka Shibata, “Performance Analysis of Never Die Network based on Software Defined Disaster Resilient System”, The 18th International Conference on Network-Based Information Systems, (NBIS2015), 2015.
- (37) Shinya Kitada, Go Hirakawa, Goshi Sato, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata, “DTN Based MANET for Disaster Information Transport by Smart Devices”, The 18th International Conference on Network-Based Information Systems, (NBIS2015), 2015.
- (38) Akira Sakuraba, Yasuo Ebara, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata, “A Design of Interface Device for Counter Disaster GIS on Ultra High Definition Tiled Display Environment”, The 10th International Workshop on Network-based Virtual Reality and Tele-existence, (INVITE1015), 2015.
- (39) Noriki Uchida, Go Hirakawa, Yoshikazu Arai, Tomoyuki Ishida Yoshitaka Shibata, “IEEE802.11 based Vehicle-to-Vehicle Delay Tolerant Networks for Road Surveillance System in Local Areas”, The 9th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing 2015, (IMIS2015), 2015.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 4 件)

- (1) 名称：路側通信装置
 (ア) 発明者：柴田 義孝
 (イ) 権利者：同上
 (ウ) 種類：特許
 (エ) 番号：特許願 2017-066473 号
 (オ) 出願年月日：29 年 3 月 29 日
 (カ) 国内外の別：国内
- (2) 名称：車載通信装置
 (ア) 発明者：柴田 義孝
 (イ) 権利者：同上
 (ウ) 種類：特許
 (エ) 番号：特許願 2017-066474 号
 (オ) 出願年月日：29 年 3 月 29 日
 (カ) 国内外の別：国内
- (3) 名称：車載クラウドレット

- (ア) 発明者：柴田 義孝
 (イ) 権利者：同上
 (ウ) 種類：特許
 (エ) 番号：特許願 2017-066475 号
 (オ) 出願年月日：29 年 3 月 29 日
 (カ) 国内外の別：国内
- (4) 名称：通信方法及びプログラム
 (ア) 発明者：平川剛, 柴田義孝
 (イ) 権利者：同上
 (ウ) 種類：特許
 (エ) 番号：特許願 2017-065778 号
 (オ) 出願年月日：29 年 3 月 31 日

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 義孝 (SHIBATA, Yoshitaka)
 公立大学法人・岩手県立大学・研究・地域
 連携本部・特任教授
 研究者番号：80129791

(2) 研究分担者

石田 智行 (ISHIDA, Tomoyuki)
 茨城大学・工学部・講師
 研究者番号：00719148

内田 法彦 (UCHIDA, Noriki)
 福岡工業大学・情報工学部・准教授
 研究者番号：10610298

湯瀬 裕昭 (YUZE, Hiroaki)
 静岡県立大学・経営情報学部・教授
 研究者番号：30240162

白鳥 則郎 (SHIRATORI, Norio)
 早稲田大学・理工学術院 (国際情報通信研
 究科・センター)・客員上級研究員 (研究
 院客員教授)
 研究者番号：60111316

高畑 一夫 (TAKAHATA, Kazuo)
 明海大学・歯学部・非常勤講師
 研究者番号：60226906

山田 茂樹 (YAMADA, Shigeki)
 国立情報学研究所・大学共同利用機関等の
 部局等・教授
 研究者番号：80332154

(3) 連携研究者

無し

(4) 研究協力者

無し