

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730050

研究課題名(和文) 通信被害地域における被災者情報収集・共有・拡散手法に関する研究

研究課題名(英文) Study on a Method for Gathering, Sharing, and Propagating Disaster Victim Information in Disrupted Communication Service Areas

研究代表者

榎原 茂 (Kashihara, Shigeru)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：60380739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、通信被害地域において被災者情報を収集・共有・拡散するために、(1) 要救助者群においてバッテリー消費を削減した情報共有手法と(2)ドローンによる被災者情報収集手法に関する研究を行った。(1)では、提案方式が多数の端末が存在する環境下においても、既存方式と比較して、稼働時間が増加し、メッセージ収集時間も削減できることを示した。(2)では、要救助者がスマートフォンを保持している場合、ドローンにより上空から要救助者の存在確認が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：In the research, to gather, share, and propagate disaster victim information in disrupted communication service areas, we studied the following topics, (1) an information sharing method with saving battery under a large number of disaster victims, and (2) a method for searching disaster victims by a drone. In (1), we showed that the proposed method increases battery life of smartphones and reduces time to share information. In (2), we also showed that the proposed method has a potential to search disaster victims via Wi-Fi packets from their smartphones.

研究分野：モバイルコンピューティング

キーワード：ドローン UAV 災害情報 DTN D2D IoT スマートフォン アプリケーション

## 1. 研究開始当初の背景

首都直下型地震や南海トラフ地震等の巨大地震への対策が急務となっている。内閣府では、南海トラフ巨大地震対策のワーキンググループ等が開催され、様々な角度から巨大地震に対する検討が行われている。また、資料[1]の災害応急体制等では、発災直後は停電と通信の途絶により、被害状況が把握できないと記されており、携帯電話の基地局の非常用電源が数時間で停止し、数時間後から翌日にかけて不通エリアが最大(約8割の基地局が停波)になると予想されている。そのため、現状では、被害状況全体を把握するために、翌日または2日後に各機関からヘリコプタによる上空からの調査が実施される。しかし、発災後72時間が過ぎると要救助者の生存率が急激に低下するため、迅速な救助活動が求められる。そのため、このような通信被害地域において、迅速な救助活動を支援するために、既存の通信インフラに依存しない被災者情報収集手法が重要となる。

文献[1]: 中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ, “南海トラフ巨大地震の被害想定について(二次報告)～施設等の被害～【被害の様相】”, 平成25年3月。

## 2. 研究の目的

発災後72時間内の迅速な救助活動を支援するためには、正確な情報だけでなく、多少不正確であったとしても、できるだけ多くの情報を収集する必要がある[2]。これまで、我々は、通信被害地域での情報収集手段として、急速に普及しているスマートフォンに着目し、スマートフォン同士の直接通信による情報伝達を行う SOSCast アプリケーションの研究開発を行ってきた[3,4]。SOSCast の目的は、通信被害地域において、要救助者の救助要請メッセージを収集し、迅速な救助活動を支援することである。

SOSCast の動作概要を説明する。図1に示すように、通信被害地域において、建物の倒壊や怪我等により移動できない被災者(以下、要救助者)はスマートフォンにインストールされている SOSCast アプリケーション上で自身の状態等を含む救助要請メッセージを作成する(自動生成も可)。そして、伝搬者(救助者と移動可能な被災者)のスマートフォンが要救助者のスマートフォンの存在を検知したとき、スマートフォン間通信(すれ違い通信)で、救助要請メッセージを自動受信する。そして、伝搬者のスマートフォンは救助要請メッセージを受信した位置(GPS情報)も合わせて記録する。なお、これらの処理は全て自動で行われるため、要救助者・救助者共に操作や通信を意識する必要はない。また、伝搬者は他の伝搬者とすれ違った際に、これまでに収集した救助要請メッセージを互いに自動交換し、共有する。このようにして、要救

助者の救助要請メッセージは伝搬・拡散される。

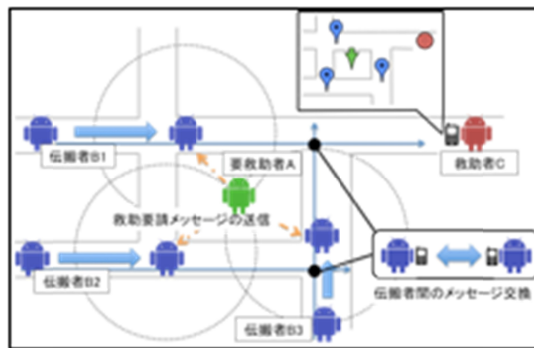


図1: SOSCast の動作概要

この手順を繰り返すことで、最終的には救助者(救助活動が可能な被災者も含む)に救助要請メッセージが届けられる。また、受信した救助要請メッセージは、救助要請メッセージを受信した伝搬者の位置も含んでいるため、救助者はそれらの情報をデバイス上に表示することで、要救助者の位置を推測できる。

しかしながら、作成したプロトタイプでは、伝搬者は要救助者のスマートフォンと1台ずつ接続し、データ通信を行うため、要救助者が比較的少ない場合には有効に働くが、人口集中地域のように通信可能範囲内に多くの要救助者が存在した場合、接続回数増加により情報収集が間に合わず、一方で要救助者のバッテリーも消耗することが明らかとなった[3]。そこで、端末のバッテリー消費を削減し、効率よくメッセージを送信するために、要救助者間で救助要請メッセージを共有することで、バッテリー消費の削減と通信可能範囲を仮想的に拡大する手法について提案し、5台の実機による評価から上記の効果が得られることを示した[5]。しかし、ビルや地下街などの人口集中地域を対象とした環境では、通信回数の削減だけでは、72時間の稼働は困難であり、大幅なバッテリー消費の削減が必要であることが明らかとなった。大幅なバッテリー消費は伝搬者との通信機会の損失につながるため、これらのトレードオフを満たす必要がある。

また、要救助者からの発せられる救助要請メッセージを収集するだけでなく、情報収集を行う側においても有効な手法が必要である。SOSCastでは、救助要請メッセージを収集するため、要救助者とのすれ違い通信が必要となる。しかし、伝搬者が通過しない、あるいは、倒壊したビルや封鎖された区域に要救助者が存在するような場合、発見が困難である。そこで、人間による検索だけでなく、近年急速な発展を遂げているドローンを用いた自動収集手法が有用となる。

そこで、本研究では、通信被害地域において被災者情報を収集・共有・拡散するために、以下の内容に取り組んだ。

(1) 要救助者群において、バッテリー消費を削

### 減した情報共有手法

通信回数の削減だけでなく、常時バッテリーを消費している通信デバイス自体をオフにすることでバッテリー消費を抑制し、要救助者群で情報共有を行うことで、要救助者群の情報を効率良く収集する。

(2) ドローンによる被災者情報自動収集手法の提案とプロトタイプによる有用性の評価

要救助者情報を収集する新たな手段としてドローンを用いる。設定したルートの飛行中に要救助者のスマートフォンのWi-Fi電波を収集することで、要救助者の存在確認を支援する。また、プロトタイプを作成し、実環境において有用性を実証する。

文献[2]: S. Underwood, "Improving Disaster Management," *Communications of the ACM*, Vol.53, No.2, pp.18-20, Feb. 2010.

文献[3]: J.L.F.Zamora, et al., "Battery-saving Message Collection Method for Disrupted Communication Service Areas," In *Proceedings of CCNC*, pp.113-118, Jan. 2014.

文献[4]: N.Suzuki, et al., "Using SOS Message Propagation to Estimate the Location of Immobilized Persons," *Proc. of MobiCom 2012, Demo session*, pp.455-458, Aug. 2012.

文献[5]: 竹本等, "通信被害地域における要救助者間の情報共有手法の評価と考察," *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol.113, No.304, MoNA2013-43, pp.11-16, 2013年11月.

### 3. 研究の方法

本節では、上記に対して実施した研究方法について述べる。

まず、(1)においては、災害発生から一定時間経過後(被災者(要救助者)の移動がある程度落ち着いた状況)を対象とし、要救助者間で情報共有を行う。既存方式では、情報の共有速度、バッテリー消費量の削減、および端末数による性能限界が課題となった。そこで、提案方式では、状況に応じて一時的に端末の無線通信デバイスをオフ(以降、通信デバイス制御と呼ぶ)にすることで、バッテリー消費量の削減を行い、また、Wi-Fi Direct を用いた効率的な情報共有を行う。

図2に提案方式の概要を示す。提案方式では、通信デバイス制御が情報拡散に与える負の影響を最小限にするため、ある一定以上の受信電力の端末が近くに存在する場合、これらの端末間で小クラスタ(以降、近接クラスタと呼ぶ)を構築する。また、無線通信デバイス自体を一時的にオフにするため、通信回数削減以上のバッテリー消費量削減効果が得られると考えられるが、一方で、各端末は集中管理できないため、各端末が自由にオフのタイミングを決定した場合、情報共有の効果が低下する。

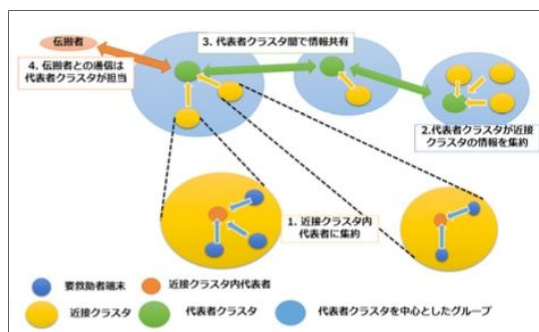


図2: 提案方式概要

そこで、近接クラスタでは、クラスタ内の端末間で協調するため、クラスタ内の端末をリードするための代表端末を決定する(以降、この端末を近接クラスタ内代表者と呼ぶ)。この近接クラスタ内代表者は、クラスタ内の情報を収集するだけでなく、図3に示すように他の近接クラスタとの通信も行うため、他の端末よりバッテリー消費量が増加すると考えられる。そこで、近接クラスタ内のバッテリー消費量の偏りを抑えるために周期的に代表者を交代することで、特定の端末のバッテリー切れによる情報共有への影響を最小限にする。

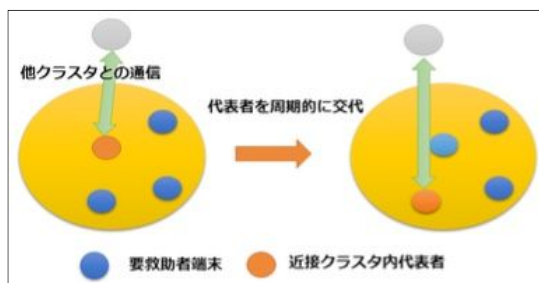


図3: 近接クラスタ内の代表者の役割と制御

さらに、伝搬者端末が近づいて来た場合により多くの情報を1回の通信で送信するために、各近接クラスタで保持している情報の集約を行う。これはバッテリー残量が多い近接クラスタを代表者クラスタに選定し、この代表者クラスタが、周辺の他近接クラスタの保持する情報の集約を行い、代表者クラスタを中心としたグループを構築する(図2の2)。

また、複数の代表者クラスタが生じる可能性があるため、代表者クラスタ同士で保持する情報の共有を実施する(図2の3)。外から伝搬者端が接近してきた場合は、グループ内の代表者クラスタの端末が伝搬者に保持する情報を送信する(図2の4)。このとき代表者クラスタ同士で情報共有しているため、伝搬者は代表者クラスタの端末いずれかと通信することで、その要救助者端末群の情報を一度に収集することができる。

次に、(2)の提案手法について説明する。図4に、我々が提案している罹災状況収集方法

を示す。本収集方法は、消防局等の救助活動を実際に行う組織での使用を想定している。図4に示す収集方法では、まず、ノートパソコンからドローンに対して飛行経路を設定し、ドローンに搭載したWi-Fiセンサ機器の起動を行う。設定後、ドローンは設定された空路に従って自動飛行を行う。飛行中は上空での空撮映像の取得とともに、Wi-Fi情報も取得する。対象エリアを調査後、帰還する。そして、ドローンから空撮映像とWi-Fi情報を収集し、現場で罹災状況の確認を行う。必要に応じて、本部との情報共有のために取得データを送信する。なお、に関しては、災害時にはネットワークが使用できない可能性も高いため、その場合、如何に取得情報を本部に届けるかが重要となるが、本論文ではまず から までを対象とした。

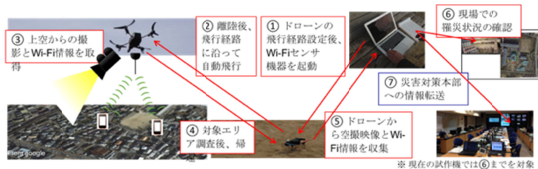


図4：罹災状況収集方法

図5にシステム設計を示す。AR.Drone上に、Wi-Fi情報取得のためのWi-Fiセンサ機器として、USB Wi-Fiデバイス(Sony UWA-BR100)とUSB GPSデバイス(CANMORE GT-730FL-SU)を持ったRaspberry Piを搭載した。なお、GPSデバイスはAR.Droneに飛行用に搭載されているが、AR.DroneのGPSデータを取得することで飛行への影響を与えることを防ぐために、Raspberry Piに別途GPSデバイスを搭載した。

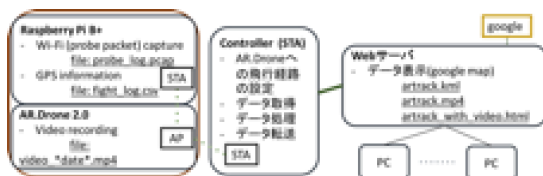


図5：システム設計

次に、コントロールPCでのデータ収集について述べる。AR.Drone本体はアクセスポイント(AP)として動作するため、Wi-Fi経由でアクセスできる。そのため、Raspberry Piに別途通信用の小型USB Wi-Fiデバイス(BUFFALO WLI-UC-GNM)を搭載し、Raspberry Piをステーション(STA)としてAR.Drone(AP)に接続する。こうすることで、コントロールPCをAR.Droneに接続させた時に、Raspberry Piとドローンの両方に接続することができ、Raspberry PiからはWi-Fi情報を、AR.Droneからは空撮映像を収集できる。

そして、コントロールPC上で収集したデ

ータを処理し、Webサーバにそれらのデータを転送することで、空撮映像およびWi-Fi情報をWebブラウザで確認できる。例えば、表示用のURLを関係各所に送信することで、容易にそれらの情報を共有することが可能となる。

#### 4. 研究成果

(1)の研究成果について述べる。提案方式は、近接クラスタ間の協調によりバッテリー消費削減を行う。そこで、提案方式の有効性を示すために、提案方式が多数の端末が存在する環境下においても、既存方式と比較して、稼働時間が増加し、メッセージ収集時間も削減できることを示す。

表1に基づき、シミュレーションを行った。その結果、図6に示すように、他方式と比較して、平均稼働時間が増加していることがわかる。特に、端末数の増加に伴い、改善率が向上している。

表1：パラメタ諸元

項目	設定値
シミュレーション時間	36,000 秒
エリア	500m x 500m
端末台数	1,000-10,000 台
バッテリー残量	50-100%
最大通信距離	50 m
電波伝搬モデル	自由空間モデル
近距離判定 RSSI 閾値	-30 dBm
代表者交代周期	1,800 秒
メッセージサイズ	40 bytes

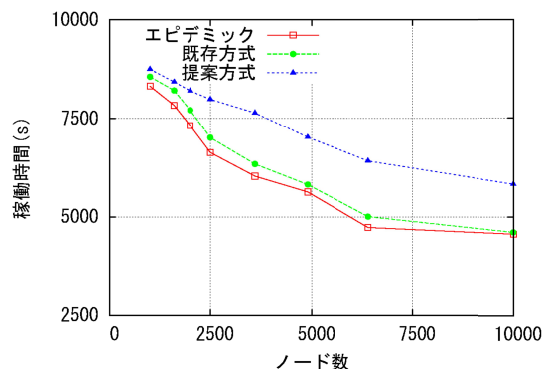


図6：端末数と平均稼働時間

一方、情報の収集時間においては、図7に示すように、エビデミック方式が最も効率的に情報を収集できているが、図6で示したように稼働時間に影響していることがわかる。提案方式は、既存方式よりもわずかではあるが改善しており、また、端末数が増加した場合は、その効果は大きくなる傾向にある。このように、階層化クラスタを構築し、デバイス制御を行うことで、平均稼働時間が増加し、効率良く情報収集が行われることを示した。

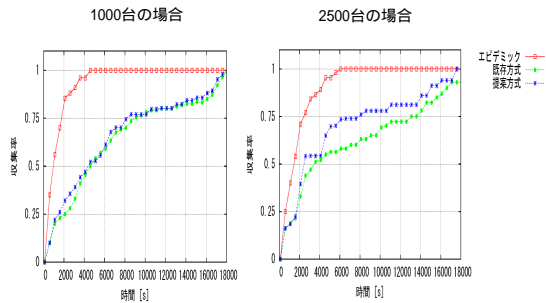


図7：情報収集率

また、(2)においては、ドローンのプロトタイプシステムを用いて、奈良先端大において実証実験を行った。実験では、グラウンドを離発着ポイントとし、建物に沿って飛行し、同じ経路を戻ってくる飛行経路を設定した。なお、飛行高度は20mとした。また、飛行経路上に要救助者の端末を地面上に設置した。

実験から得られた結果を図8に示す。図8より、スマートフォンの設置場所付近で Probe Request パケット受信し、また、電波強度が強いことがわかる。つまり、要救助者がスマートフォンを保持している場合、上空からの存在確認が可能であることを示した。

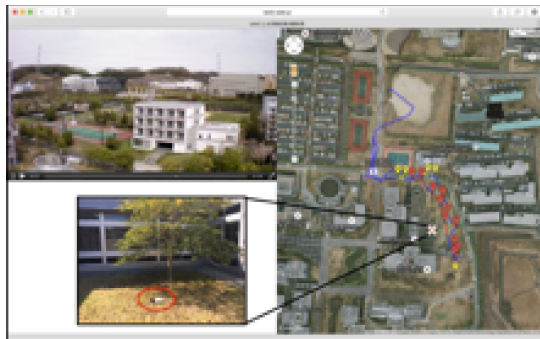


図8：上空から取得した要救助者のスマートフォンから発せられるプローブパケット

## 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 2 件)

榎原茂, 岡本薫, “災害情報収集におけるドローンの利活用に向けて～空撮映像と Wi-Fi 情報～,” 画像電子学会誌, Vol.45, No.3, pp.397-404, 2016 年 7 月 (査読有).

Jane Louie Fresco Zamora, Noriyuki Suzuki, Hiroaki Takemoto, Shigeru Kashihara, and Suguru Yamaguchi, “Securing SOS Messages in Uncommunicable Areas via Information Sharing Cluster,” IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E98-A, No.8,

pp.1618-1626, August 2015. (査読有)  
[https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e98-a\\_8\\_1618](https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e98-a_8_1618)

〔学会発表〕(計 9 件)

榎原茂, 森健一, 高井峰生, 浦川豪, 福本昌弘, 太田能, “消防活動における映像情報の利活用促進に向けて,” 日本災害情報学会第 18 回学会大会, pp.64-65, 2016 年 10 月, 東京都世田谷区. (査読無)

榎原茂, 高井峰生, 浦川豪, 福本昌弘, 太田能, “初動対応期における様々な移動体を用いた情報収集・伝達手法の検討,” 日本災害情報学会 第 17 回学会大会, pp.194-195, 2015 年 10 月, 山梨県甲府市. (査読無)

前野誉, 木野一雄, 森健一, 榎原茂, 金田茂, 高井峰生, “災害時における情報収集・表示システムの構築,” 第 23 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2015), デモセッション, pp.204-205, 2015 年 10 月, 長崎県雲仙市. (査読無)

榎原茂, “考えてみよう、既存ネットワークが苦手な環境,” 2015 年ソサイエティ大会講演論文集, pp.S572-73, 2015 年 9 月, 宮城県仙台市. (査読無)

榎原茂, 岡本薫, 山口英, “ドローンを用いた罹災状況収集用センサの試作と実験,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.172, MoNA2015-19, pp.55-58, 2015 年 8 月, 兵庫県神戸市. (査読無)

榎原茂, “DTN アプリケーション開発の取り組みに向けて,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.130, CQ2015-30, pp.55-60, 2015 年 7 月, 奈良県生駒市. (査読無)

岡本薫, 榎原茂, 山口英, “ドローンを用いた災害情報収集試作機の作成と運用に関する一考察,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.61, MoNA2015-2, pp.35-40, 2015 年 5 月, 沖縄県宮古島市. (査読無)

榎原茂, “罹災地における DTN 技術を用いた情報収集手法,” 第 57 回自動制御連合講演会, pp.1052-1055, 2014 年 11 月, 群馬県渋川市. (査読無)

竹本裕明, 榎原茂, 山口英, “無線 LAN デバイスのオンオフ制御によるバッテリー消費を考慮した情報共有手法の提案と評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.308, MoNA2014-56, pp.43-47, 2014 年 11 月, 山口県下関市. (査読無)

〔図書〕(計 1 件)

Nawaz Mohamudally (Ed.), “Smartphone (Contribution: Louie Zamora, Noriyuki Suzuki and Shigeru

Kashihara, " SOS Message Distribution for Searching Disaster Victims ), " InTech, ISBN 978-953-51-5250-7 (in press). (査読有)

〔その他〕

招待講演・パネルディスカッション

榎原茂, 山本篤史, “消防活動における映像情報の利活用に向けた連携,” 次世代災害情報システムへ向けての連携促進セミナー, 高知工科大学(永国寺キャンパス)地域連携棟4階 多目的ホール, 2017年1月10日.

榎原茂, “良いドローン・悪いドローン,” リスクハンドリング研究会, 兵庫県立大学神戸商科キャンパス, 2016年11月10日.

榎原茂, “ドローン応用に関するSSC研究会のテーマ企画についての自由討論,” 画像電子学会 第13回安全な暮らしのための情報技術(SSC)研究会 - ドローンの応用 -, 大阪大学文理融合型研究棟3階セミナー室, 2016年9月2日.

Shigeru Kashihara, Kaoru Okamoto, and Suguru Yamaguchi, “Gathering Visible and Invisible Disaster Information by UAV,” Joint International Workshop on Information Systems for Disasters 2015, Nara Institute of Science and Technology, 7th December 2015.

榎原茂, “ドローンの活用と安全に向けて-災害情報収集とドローン検知-,” 画像関連学会連合会 第二回秋季大会, 京都工芸繊維大学, 2015年11月20日.

榎原茂, “ドローンで見つける・ドローンを見つけるへ向けて,” 平成27年度QBP ワークショップ, 玄海ロイヤルホテル, 2015年11月6日.

榎原茂, “ドローンを用いた罹災状況収集システムの利活用に向けて,” ICT 研究交流フォーラム第14回技術セミナー, 高知工科大学 永国寺キャンパス, 2015年6月26日.

榎原茂, “災害時におけるスマホやドローンを用いた情報収集ツールの開発の取り組み,” U2A:センサーネットワーク研究会, グランフロント大阪北館 OFFICE C 棟9F VISLAB, 2015年4月15日.

榎原茂, “Mobile Network and Applications for UAV への取り組みから思うこと,” ASN/MICT/MoNA 研究会 ナイトセッション, 南紀・白浜温泉 むさし, 2015年1月26日.

報道関連

“スマホ電波で被災者捜索 奈良先端大、ドローン活用,” 日本経済新聞, 2017年

1月16日朝刊.

“災害情報どう収集 システム構築へ勉強会,” 高知新聞, 2015年11月26日朝刊.

“無人機で災害情報収集 奈良先端大 工科大で飛行実験,” 高知新聞, 2015年3月25日朝刊.

ホームページ

<http://isw3.naist.jp/~shigeru>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎原 茂 (KASHIHARA SHIGERU)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 60380739