

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01266

研究課題名(和文) スマートフォンによる二輪車を含む安全運転支援システムの構築に関する研究

研究課題名(英文) A research of advanced driver-assist systems for automobiles and motorcycles using smartphones

研究代表者

永長 知孝 (Nagaosa, Tomotaka)

関東学院大学・理工学部・准教授

研究者番号：30324544

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、二輪車を含めた安全運転支援システムの検討が行われている。特に車両測位や通信手法について、それぞれスマートフォンを利用した手法の検討が行われている。測位方式としては、路面性状による車両の振動を用いた手法に加え、スマートフォンのカメラやセンサを用いた測位手法の検討が行われ、それぞれ測位精度を向上させることが示されている。また、車両に搭載したスマートフォン間でのセルラ通信による情報交換システムについても検討が行われており、十分な性能を期待できることが示されている。更に二輪車の死角確認システムの構築が行われている。これらの成果を組み合わせることで、道路交通の安全性を高めることが出来る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、四輪車に対して研究開発が進んでいない二輪車を含めた安全運転支援の検討が行われている。特に車両測位や通信手法について、スマートフォンを用いた手法が検討されている。測位方式としては路面の凹凸で生じる車両の振動を用いた独自の手法に加え、カメラやセンサを用いた測位手法の検討が行われ、測位精度の向上が可能であることが示されている。また、車両内に設置したスマートフォン間によるセルラ通信による情報交換についても検討が行われており、十分な通信性能が期待できることが示されている。更に二輪車の死角確認システムの構築が行われており、これらの成果を組み合わせることで道路交通の安全性を高めることが出来る。

研究成果の概要(英文)：In this research, advanced driver-assist systems for automobiles and motorcycles using smartphones are presented. This study consists of vehicular localization and communication using smartphones. In vehicular localization, a new technique based on road surface information and a combined technique based on image processing and sensor information using smartphones are studied. Next, vehicle to vehicle communications using smartphones via cellular communication are considered, and the authors show the performance enough to be safety for vehicles on the road. In addition, a blind spot information system for motorcycles are studied. For combination of all, more safe environment for automobiles are carried out.

研究分野：高度交通システム

キーワード：車両間通信 車両測位 二輪車 安全運転支援 スマートフォン 路面性状 セルラ通信

## 様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、画像処理技術や各種センサ、通信機能の発展に伴い、自動車の高度化と安全性の向上が進んでいる。特に四輪車の自動運転は実現が間近に迫っている。しかし、二輪車については道路上での自由度の高さから、四輪車ほどの安全性は実現できていない。特に四輪車の死角に存在する状況など、二輪車に関係する事故は自動車交通の中で大きな割合となってきている。

一方、スマートフォンやタブレットなどの携帯端末の普及により、これらを車両に装着してナビゲーションに用いる例が増えてきている。これらの端末はクレードルやアームを介してドライバーやライダーの正面に配置されており、安全運転支援システムを構築する際、そのインタフェースとして大変有効であると考えられる。また、インタフェースだけでなく、これらの端末には多くのセンサや通信機能が装備されており、これらを活用することが大変重要と考えられる。

二輪車については、既に宮澤、木谷らがこれらの携帯端末を使ってその挙動をどの程度正確に取得可能であるかについて検討を行っており、専用のセンサでなくともこれらの端末で十分に効果を発揮できることを示している[1]。しかし、最も重要な測位方法についてはまだ検討が行われていない。また車の更新サイクルはIT機器と比べて長期間となっている。自動運転が実用化された状況でも、一世代、二世代前の車両と最新車両の混在は長期間続くことが考えられる。スマートフォンを車載ナビゲーションとして用いている四輪車が近年大きく増加していることを踏まえると、スマートフォンのセンサ情報を四輪車でも利用可能であるかの検討は大変重要である。しかし、十分な検討はほとんどなされていない。

### 2. 研究の目的

二輪車を含めた安全運転支援システムを検討する場合、各車両の(1)正確な測位、(2)情報取得・通信手法の確保が重要となる。一方、スマートフォンやタブレットの普及と、それをナビゲーション手段として用いることで、二輪車を含めた位置情報の獲得と情報取得・交換手法が検討可能になってきている。しかし、これらを用いた安全運転支援に関する検討は不十分である。本研究では、スマートフォンのセンサと通信機能を利用した安全運転支援システムの構築を目指す。

また、通信による情報取得については、その普及率が問題となる。通信機器の普及が進んでいない状況においては、各車両の安全性を高めることが重要となる。現在四輪車については各種センサの装着が進んでいるが、二輪車についてはあまり進んでいない。このことから、二輪車自身の安全性の向上が重要となる。本研究では、(1)正確な測位、(2)情報取得・通信手法の検討に加えて、(3)二輪車の安全運転支援システムについての検討も行う。

### 3. 研究の方法

#### (1) スマートフォンを用いた車両測位システムの構築

二輪車を含めた車両測位の精度向上を目的として、以下の手法について検討を行う。

加速度センサにより取得される路面性状による振動情報を用いた車両測位[2][3]

本研究では、路面性状により生じる振動を走行中にスマートフォンに搭載されている加速度センサで取得し、事前に取得済みのデータベースと比較することで測位を行う手法を検討する。複数のセンサとカメラを用いた車両測位[4]

本研究ではスマートフォンから得られるGPS、センサ、カメラによる動画を組み合わせた車両測位システムの構築を行う。本システムでは、最初に車内に設置されたスマートフォンのGPSの測位結果を用いてマップマッチングを行い、走行中と推定される道路リンクを見つける。次に、車線内位置について、車線検出結果を用いて推定する。

#### (2) セルラ回線を用いた周囲車両情報共有・通信システムの構築

セルラ回線を用いた車両間通信システム[5][6]

本研究ではスマートフォンのLTE通信機能を利用して、スマートフォンが搭載された車両同士で接近を検知し、衝突を回避させる接近警報システムを構築する。車両の位置については、GPS測位の結果を用いる。

交通弱者を含む位置情報共有システム[7]

本研究では、自動車が死角からやってくる自転車・歩行者の位置を把握するため、移動している自転車・歩行者が所持しているスマートフォンから位置情報を送信することにより位置把握を可能とするシステムの検討を行う。

#### (3) ライダーの安全運転支援のための二輪車用死角確認システム[8]-[10]

本研究では、二輪車専用の安全運転支援システムを検討する。使用している車両の種類などに関わらず後付けが可能であり、頭部を後ろに向けることなく死角領域を確認可能なシステムの構築を行う。更に死角領域に車両がある場合に、ライダーに警告を行うシステムを検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) スマートフォンを用いた車両測位システムの構築

加速度センサにより取得される路面性状による振動情報を用いた車両測位

a) 振動情報を利用した測位システム

車両が走行する路面は必ずしも平坦ではなく、路面性状と呼ばれる路面のひび割れや轍掘りなどの凹凸や段差が存在する。それらが固定的なものであれば、車両は同じ位置で同じ影響を受けることになり、それらは位置の目印となる。事前に車両がどの位置でどのような影響を受けるのか調査をして、路面性状より生じる振動情報のデータベース（以下、振動マップと呼ぶ）を作成しておいた上で、図1に示すように走行中に取得した振動情報（以下、走行データと呼ぶ）と比較を行うことにより、通過した位置を特定して測位を行うことができると考えられる。

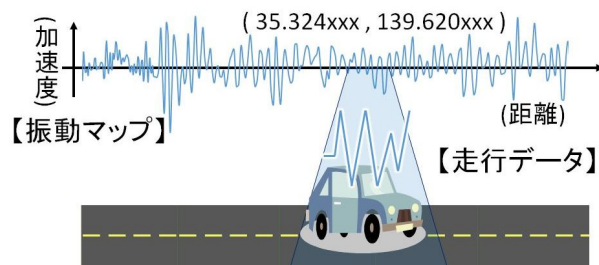


図1 測位イメージ

#### b) 測位実験結果とまとめ

車速を得る方法として、CANを併用する方法と、スマートフォン単独で用いる方法を比較した。前者の方法ではCANより、後者の方法ではAndroid端末に用意されているAPIのGPSモジュールより速度を得る。測位実験では関東学院大学近辺を8回走行し、データの取得を行った。走行中はCANからの車速も記録しており、前者の方法と比べてスマートフォン単独で行うと測位精度がどのように変化するか確認する。マッチングに使用する振動マップの範囲は20m、走行データは10mとした。CANとGPSモジュールそれぞれを基に作成した走行データの測位結果の平均誤差を表1に示す。GPSモジュールでは平均誤差が小さくなり、標準偏差は著しく大きくなったわけでないため、CANを用いた場合と同等以上の測位が期待できることがわかった。

表1 各手法を基に作成した走行データの測位結果

	CAN	GPSモジュール
RMS(m)	4.78	2.42
標準偏差	1.09	1.77

#### 複数センサとカメラを用いた車両測位

##### a) スマートフォンの複数センサとカメラを用いた車両測位

本手法では、内部にマップマッチング用の地図情報を持ち、車内に設置されたスマートフォンを用いることを前提とする。

まず、GPS測位からマップマッチングを行い、走行中と推定される道路リンクを見つける。次に、車線内の位置を推定する。GPS測位は1秒毎にしか行えないため、その間、進行方向に対してはDR、横方向に対しては車線検知による推定を行う。

##### b) 測位実験結果とまとめ

測位のための情報収集を行う走行実験は、昼間と夜間の2つの状況で各1回行っている。両日とも実験に使用した車両はエクストレイル、スマートフォンはNexus5である。昼間と夜間の両方の時間に情報収集を行ったのは、日照条件が画像処理に与える影響を検討するためである。スマートフォンは専用のクレードルで固定し、カメラを進行方向に向け、横向き設置した。本実験ではスマートフォンによるデータの収集後、オフライン処理を行う。今回使用する地図情報は実験場所周辺の位置情報を集め、国土地理院の地図情報を参考に、スマートフォンから得られる位置情報に合わせて作成したものである。

車線内測位による位置推定の結果を図2に示す。位置推定はマップマッチングが成功した結果から、画像処理による車線内測位を行った結果である。測位実験の結果、車線内の走行位置を正確に測位可能であることが分かった。



図2 車線内位置推定結果

(2) セルラ回線を用いた周囲車両情報共有・通信システムの構築

セルラ回線を用いた車両間通信システム

a) スマートフォンを利用した車両間通信システムの構築

スマートフォンを搭載した車両同士が 50m 以内に接近すると警告を表示し、離脱すると警告を解除するシステムを構築した。車両に搭載したスマートフォンでアプリを起動したとき、各車両は図3の様にサーバと通信ができていれば互いの位置を知ることが出来る。

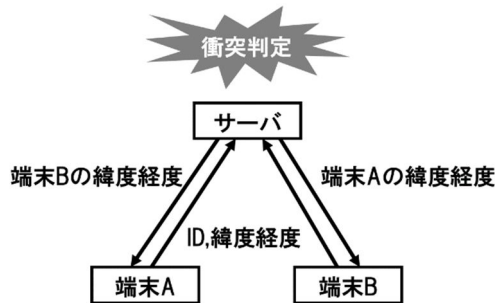


図3 システムのイメージ

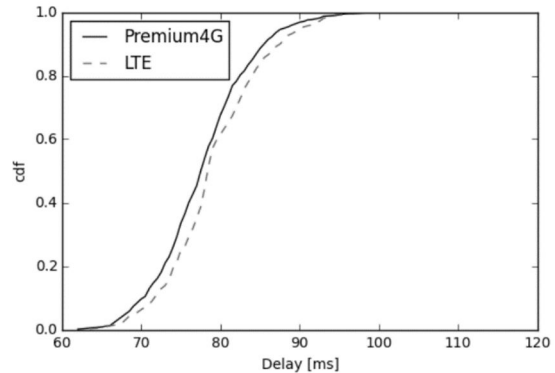


図4 遅延時間の累計分布関数

b) サーバを経由した車両間通信アプリの性能評価

NTTドコモの提供しているLTE通信サービスの基地局の境界を走行して、ハンドオーバー時の通信周期を調べた。自端末の情報が相手端末に到達するまでの時間は最大で321ms、最小で42ms、平均で97msとなった。また、遅延時間の累計分布関数を図4に示す。この実験を行った結果、ITS情報通信システム推進委員会の車々間通信システムの実験用ガイドライン[11]で定められている送信周期を下回る速度で位置情報の共有を行うことができた。

交通弱者を含む位置情報共有システム

a) 位置情報共有システムの構築・測位手法

自転車・歩行者を含む移動体の位置情報を、セルラ回線を通じてサーバへ送信して他者から参照できるシステムの構築を行う。歩行者・自転車自身や、自車両の周辺にいる他者の動きは、このサーバを経由してリアルタイムに取得が出来る。

自転車・歩行者の測位はそれぞれが保持するスマートフォンに搭載されたGPSにより行うこととし、他の車両が参照可能なように、得られた緯度経度をサーバへ送信する。しかし、高い建物が多い場所ではマルチパスが発生し、GPSのみでは正確な位置を把握することが出来ない。そのため、取得した緯度経度とあらかじめ準備した地図データ、BLE(Bluetooth Low Energy)ビーコンの電波検知を用いてマップマッチングを行い、現在位置の推定を行う。

b) 測位実験結果とまとめ

関東学院大学金沢八景キャンパス内の高層ビル(フォーサイト 21)周辺で測位実験を行った。あらかじめ測位箇所を決めておき、通過しながら測位することで位置情報の誤差を確認する。大学内での測位箇所と走行ルート、測位結果を図5に示す。GPSのみの測位結果に比べて、マップマッチングを行うことで測位精度を向上可能であることが分かった。

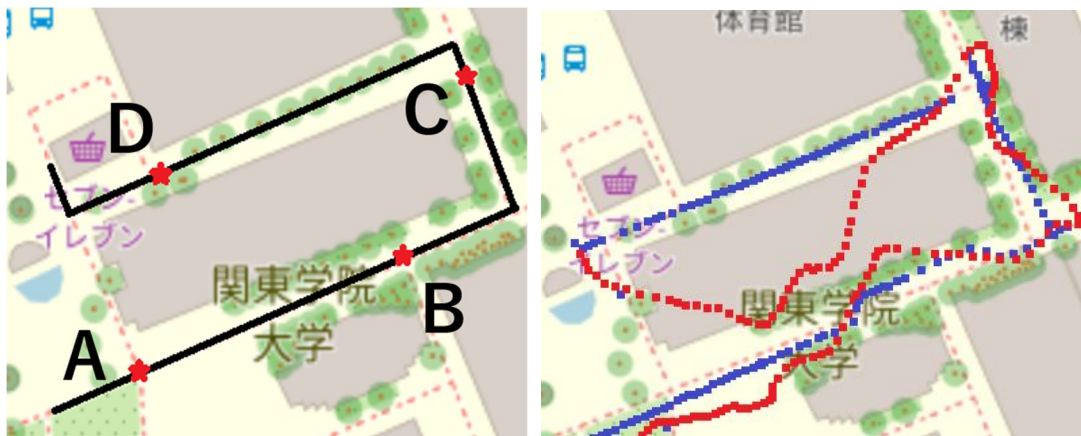


図5 校内での走行ルートと測位箇所(左)、測位結果(右)(GPS(赤)、マップマッチング(青))



## ライダーの安全運転支援のための二輪車用死角確認システム

### a) 二輪車用死角確認システム

提案システムの概要を図6に示す。二輪車のハンドル部にモバイル端末を設置し、ヘルメットか車体後方にカメラユニットを取り付ける。カメラユニットで二輪車の後方を撮影しモバイル端末は撮影した映像の表示を行う。カメラユニットとモバイル端末はWi-Fi Directで無線接続を行っている。

今回映像を表示するモバイル端末にはAndroidタブレットを、カメラユニットはRaspberry Pi 3 Model Bと専用のカメラモジュールを使用した。使用したカメラモジュールの画角が60度であるため、図7のように後方60度が確認できるようになる。しかし、死角は車両の側面に多くカメラ1台では車両側面に対しては対応できない。

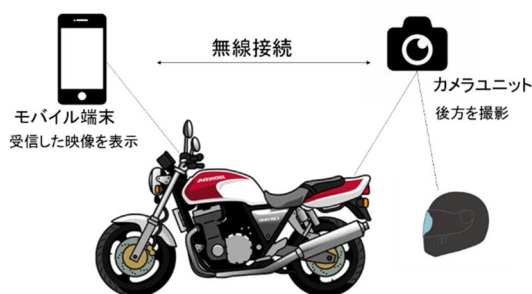


図6 システム概要図

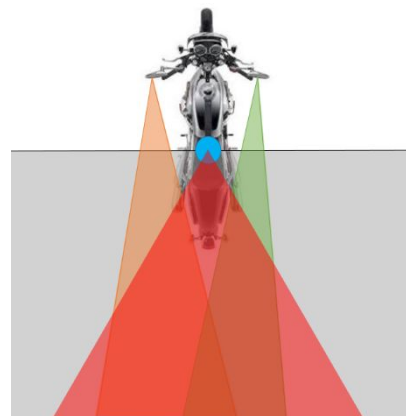


図7 カメラ視野イメージ

### b) 警告システム

提案システムにおいて、より安全性を高めるためにライダーへの警告システムの実装を検討した。死角領域に向けた2台のカメラ映像から物体検出を行い、車両を認識する。認識車両が自車両へ近い場合にライダーに警告を促す。物体検出のアルゴリズムはYOLOv3[12]を使用した。

ライダーに警告を行うにあたり、車両を検出した画像から危険性を判断する。ライダーが進路変更や右左折時に死角領域に車両が存在し、かつ自車両に接近している状態でライダーが気付かず進路変更すると接触の可能性がある状態を危険な状態と想定している。本システムでは、後続の接近車両との距離を測定し、状況に応じた警告メッセージを発することが出来る。

### 参考文献

- [1] 木谷 友哉, "Bikeinformatics : 情報科学的二輪車 ITS の基盤研究," マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2013)シンポジウム, 2013年7月.
- [2] 鶴代純一, 永長知孝, 水井潔, "スマートフォンのセンサ情報を用いた路面性状に基づく車両測位に関する検討," 信学技報, vol.116, no.502, ITS2016-86, pp.57-62, 2017年3月.
- [3] Junichi Tsurushiro, Tomotaka Nagaosa, "Vehicle Localization Based on Road Surface Information Using a Smartphone," Proc. of 25th ITS World Congress, AP-SP1428, Sept.2018.
- [4] 熊谷和樹, 永長知孝, 水井潔, "スマートフォンのセンサ情報とカメラを用いた車両測位の性能評価," 信学技報, vol. 117, no. 431, ITS2017-69, pp. 47-52, 2018年2月.
- [5] 手塚凧人, 永長知孝, "セルラ通信を用いた車両間通信による接近警報システムの構築と評価," 信学技報, vol.116, no.502, ITS2016-87, pp.63-68, 2017年3月.
- [6] Tomotaka Nagaosa, Nagito Tezuka, "A Feasibility Study of a Vehicle Approach Warning System Using V2V Communication via a Cellular Network," Proc. of 24th ITS World Congress, AP-TP1243, Oct.2017.
- [7] 池田尚平, 永長知孝, "安全運転支援のための自転車・歩行者の位置把握システムに関する研究", 信学技報, vol. 118 ITS2018-93, pp. 51-56, 2019年3月.
- [8] 今村知磨, 永長知孝, 水井潔, "二輪車用後方確認システムの検討," 2018年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会講演論文集, A-14-9, 2018年9月.
- [9] Kazuma Imamura, Tomotaka Nagaosa, Kiyoshi Mizui, "A rear view monitor system for a motorcycle using Wi-Fi direct," Proc. of 26th ITS World Congress, AP-TP2030, Oct.2019.
- [10] 今村 知磨, 永長 知孝, 水井 潔, "二輪車用死角確認システムに関する検討", 電子情報通信学会技術研究報告, vol.119, no.472, ITS2019-67, pp.75-80, 2020年3月.
- [11] ITS 情報通信システム推進委員会, "5.8GHz を用いた車々間通信システムの実験用ガイドライン ITS FORUM RC-005 1.0 版," May.2007.
- [12] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," IEEE CVPR 2016, pp.779-788, 2016.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Junichi Tsurushiro, Tomotaka Nagaosa, Kiyoshi Mizui	4. 巻 1
2. 論文標題 Vehicle Localization Based on Road Surface Information Using a Smartphone	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 25th ITS World Congress	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 池田尚平, 永長知孝	4. 巻 1
2. 論文標題 安全運転支援のための自転車・歩行者の位置把握システムに関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 464, ITS2018-93	6. 最初と最後の頁 51,56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tomotaka Nagaosa and Nagito Tezuka	4. 巻 1
2. 論文標題 A Feasibility Study of a Vehicle Approach Warning System Using V2V Communication via a Cellular Network	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 24th ITS World Congress	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 熊谷和樹, 永長知孝, 水井潔	4. 巻 117
2. 論文標題 スマートフォンのセンサ情報とカメラを用いた車両測位の性能評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 47,52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鶴代純一, 永長知孝, 水井潔	4. 巻 116
2. 論文標題 スマートフォンのセンサ情報を用いた路面性状に基づく車両測位に関する検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告(ITS)	6. 最初と最後の頁 57,62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 手塚凧人, 永長知孝	4. 巻 116
2. 論文標題 セルラ通信を用いた車両間通信による接近警報システムの構築と評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告(ITS)	6. 最初と最後の頁 63,68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomotaka Nagaosa and Reo Takushi	4. 巻 1
2. 論文標題 Vehicular Localization Using Traffic Sign Information and GNSS	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 23rd ITS World Congress 2016	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今村知磨, 永長知孝, 水井潔	4. 巻 119
2. 論文標題 二輪車用死角確認システムに関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告(ITS)	6. 最初と最後の頁 75,80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuma Imamura, Tomotaka Nagaosa, Kiyoshi Mizui	4. 巻 1
2. 論文標題 A rear view monitor system for a motorcycle using Wi-Fi direct	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 26th ITS World Congress 2019	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 今村知磨, 永長知孝, 水井潔
2. 発表標題 二輪車用後方確認システムの検討
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 熊谷和樹, 永長知孝, 水井潔
2. 発表標題 スマートフォンを用いた車両測位に関する一検討
3. 学会等名 2017年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----