

# 歩車間通信を利用した 歩行者状況に基づく歩行者安全支援システム

鈴木 結香子<sup>1</sup> 松本 江里加<sup>1</sup> 島田 秀輝<sup>2</sup> 佐藤 健哉<sup>1</sup>

概要：自動車が日常生活に欠かせないものとなる中、ITS(Intelligent Transport System：高度交通システム)では車対車や車対人の交通事故を削減するために安全運転支援システムの開発・実用化が進められてきており、情報通信技術や自動車制御システムの進化とともに、信頼性・耐久性の高い交通安全対策のシステム構築が進められてきている。しかし、これらの研究技術は車両が主体の交通安全対策システムであり、歩行者目線に立った安全対策や高齢者や児童を優先的に交通事故から守ることが課題とされる。本研究では、歩行者目線から高齢者・児童を優先的に交通事故から守る支援ができていないという問題点を解決するために、歩車間通信を利用した歩行者安全支援システムを提案する。歩行者端末から位置情報・速度・年齢情報をサーバが受け取り、サーバが歩行者の状況を判断し、交通事故の可能性が高い場合、歩行者に警告を行う。実機評価と既存技術の比較により提案システムは年齢情報を扱うため、高齢者と児童を優先的に交通事故の危険から支援することが可能であると確認した。

## Pedestrian Safety Support System Based on Pedestrian Conditions of Using The P2V Communication

YUKAKO SUZUKI<sup>1</sup> ERIKA MATSUMOTO<sup>1</sup> HIDEKI SHIMADA<sup>2</sup> KENYA SATO<sup>1</sup>

### 1. はじめに

ITS(Intelligent Transport System)の分野において情報通信技術を用いて人と道路と車両を情報でネットワークを行い交通事故などの道路交通問題を解決する研究・開発背景と関連システムが歩行者目線でのシステムでないという問題点を取り上げ、本研究の目的について述べる。

#### 1.1 背景

近年、交通事故による死者数は年々減少傾向にあり、2012年では4411人となっている。これは前年より201人(4.4%)少なく、12年連続で減少傾向にある[1]。その理由として飲酒運転や最高速度違反といった悪質な事故の減少や、シートベルト着用率の向上と若者の自動車離れからであることが挙げられる。

しかしながら日本の高齢社会に伴い、2011年の高齢者の交通事故死亡者数は88人と全体の40.9%を占めており、死亡原因は歩行中が51人と全体の58%を占めている。交通事故死亡者数が減少傾向であるなかで高齢者の死亡事故数は年々上昇傾向にあり、交通事故死亡者数の高齢者の割合が最も高く、高齢者の死亡事故が深刻な社会問題とされている。事故の主な原因として、加齢に伴う動体視力や聴力の低下、集中力の持続の低下により、危険の発見が遅れがちになったり、複数の情報が入ってきた場合に、適切に処理する能力の衰えや経験上の思い込みから事故につながっている。

現在、ITSの研究が盛んに行われている。車両が周辺の車両や路側インフラと直接通信を行うことで、車両を取り巻く状況の把握するアプリケーションなどが挙げられる。路車間通信を利用した研究では、路側インフラから交差点の信号情報を得ることで、交通事故の防止や物流の効率化のためのアプリケーションが挙げられる[2]。また車車間・路車間通信を歩行者との通信に応用して、歩行者端末と車

<sup>1</sup> 同志社大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Doshisha University

<sup>2</sup> 同志社大学研究開発推進機構  
Organization for Research Initiatives and Development,  
Doshisha University

両が通信を行う歩車間通信が検討されている。歩車間通信を利用し、車両が歩行者の位置情報を取得することで、ドライバの死角にいる歩行者の存在を確認し車両と歩行者の交通事故を防ぐことをができると考えられている。しかし、ドライバが衝突の可能性を事前に認識しても、必ずしも事故を回避できるとは限らない。さらに歩行者が車両に気づかず行動をすると、ドライバーの回避行動では事故を回避できい場合が出てくる。そのため、歩行者側にも回避行動を行う必要がある。

## 1.2 目的

本研究は、高齢者と児童を優先的に交通事故から守るシステムを提案するを目的とする。

具体的には、歩行者端末、車両が搭載する車載端末、歩行者と車両の位置情報・速度・危険を判断するサーバに送信を行う。サーバは受信した情報から車両状況と歩行者状況を管理し、歩行者の置かれている状況が危険であるかどうかを判断する。危険であると判断された場合は歩行者と車両に警告通告を行うシステムの提案を行う。

また、既存の歩車間通信を用いた技術との比較や、被験者を用いた実機実験を行い評価し、システムの有用性を確認する。

## 1.3 本論文の構成

本論文では、まず第2章で歩車間通信と既存システム、ASVの概要を述べ、第3章で既存システムとASVの問題点を述べる。第4章は提案システムの説明を行い、第5章で実装の概要を述べる。第6章では提案システムを用いた実機評価を行う。第7章では実機実験によって得られた結果から考察を行う。最後に第8章でまとめとする。

# 2. 歩車間通信

## 2.1 歩車間通信の概要

歩行者が携帯する歩行者端末と車両が搭載する車載端末が直接通信や路側装置を介し通信することでドライバーに衝突の危険性がある歩行者の存在を通知、または歩行者に対して車両が接近していることを通知することで人対車両の交通事故削減に寄付することを目的とし、車車間・路車間通信を応用させたシステムである。現在では、歩行者事故防止支援システムのニーズが高まっており、様々な研究がなされている [3][4]。

## 2.2 先進安全自動車

先進安全自動車 (ASV: Advanced Safety Vehicle) は ITS の一部で自動車に様々な先進技術を用いて、車両そのものが運転を支援するシステムを搭載した自動車の事である [5]。1991 年から国土交通省が中心となり、国内外の自動車メーカーが参加して ASV の研究開発を行う同名のプ

ロジェクトが立ち上がっている。

## 2.3 歩車間通信の既存システム

### ● OKI の開発する歩車間通信システム

このシステムは、歩行者端末と車載端末が直接通信を行う [6]。不特定多数の車両および歩行者で形成される移動体無線アドホックネットワークを構築するために、歩行者が持つ専用端末と車両の車載器が、GPS から得た位置情報などを交換し、受け取ったデータをもとに衝突の危険性が高いかを判断する。危険性が高いと、歩行者には音や振動で、運転手には音や表示で注意を促す。車両の車載器は車車間通信装置をベースとしている。歩行者側の端末は歩行者が携帯しやすいものにするため、携帯電話に接続する専用端末とストラップで構成されている。専用端末はアプリケーション部、GPS 受信部、歩車間通信/処理部、歩車間通信アンテナなどからなる。

### ● ATR の歩車間通信システム

このシステムは、歩行者と車両が直接通信を行うことにより、歩行者を交通事故から守るための歩行者通信システムである [7]。歩行者の行動予測の方法として、携帯電話などの端末に内蔵された GPS や加速度センサから得られる歩行者の状況・行動の情報や、車車間通信から得られる接近車両の位置情報を使って、歩行者の行動状態や歩行者と車両との相対位置を把握して、交通事故の可能性を端末側で予測する。危険が高いと判断された場合には、歩行者端末はその保有者に危険を知らせ歩行者が歩き出す前に、左右を確認したか否かを判断し、危険を予測し、車両に警告信号を発信する。歩行者が混雑している場合は、危険度の高い歩行者が低い歩行者に優先して、歩行者と接近する車両へ確実に危険を伝えられるように無線通信を制御する。

# 3. 問題点

## 3.1 ASV 技術の問題点

ASV 技術は、先進技術を利用してドライバーに安全運転を支援するシステムではあるため、歩行者が車両に気づかず行動をすると、ドライバー目線の支援システムでは回避できない場合が考えられる。そのため、歩行者目線で支援を行い歩行者にも危険であると警告を行い、歩行者が現在置かれている状況を把握し、交通事故を回避しなければならない。

## 3.2 既存システムの問題点

既存システムでは、携帯電話に接続するための専用端末とストラップアンテナで構成されている。そのため、歩行者が携帯電話と専用端末、ストラップアンテナを首からかけなければならない。また、高齢者・児童を優先的に支援

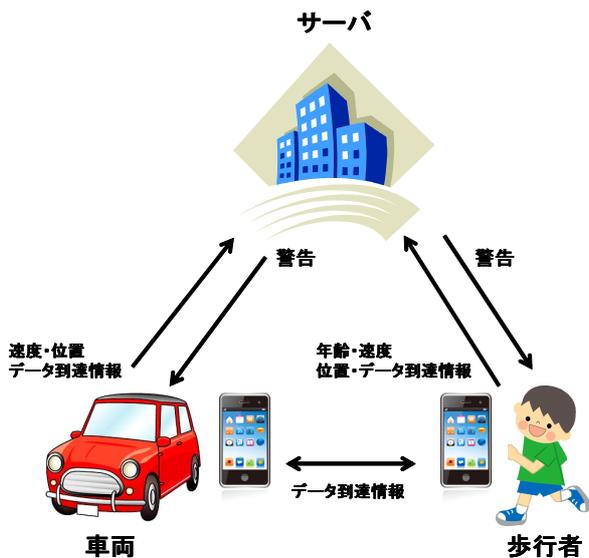


図 1 システム構成

するシステムが組み込まれていないので、交通事故の割合の多い高齢者を事故から優先的に支援することができない。

## 4. 提案システム

提案システムは、歩行者が保持する歩行者端末と車両が保持する車載端末、歩行者と車両の情報を管理するサーバから成り立つ。サーバは歩行者と車両の情報を一律で管理する。歩行者の保持する携帯端末は年齢情報・位置情報・速度情報・通信情報を、車両の保持する携帯端末は位置情報・速度情報・データ到達情報をサーバに送信する。サーバは得られた情報から歩行者の状況を判断する。危険であると判断した場合、歩行者と車両の保持する携帯端末に警告を行う歩行者安全支援システムを設計する。

### 4.1 システム構成

システム構成を図 1 に示す。

- 歩行者端末  
歩行者の保持する携帯端末。歩行者端末は保持する歩行者の年齢・速度・緯度経度・データ到達情報を一秒ごとにサーバに送信する。
- 車載端末  
車両の保持する携帯端末。車載端末は保持する車両の速度・緯度経度・データ到達情報を一秒ごとにサーバに送信する。
- サーバ  
歩行者端末と車載端末から受信した情報を管理する。受信した情報から歩行者の状況を判定し、歩行者が危険であると判定した場合は、歩行者端末と車載端末に警告を行う。

### 4.2 危険度レベル

危険度レベルとは歩行者が危険であるか否かを判断する数値の事である。高齢者・児童の優先度を設けるため、年齢情報の設定を対象年齢である場合は危険度レベルの最小値を高く設定する。年齢情報を優先することにより、危険エリア内と速度比較で危険度レベルが下がる場合でも年齢情報の危険度レベルは最低値を下回らないものとする。

### 4.3 データ到達情報

データ到達情報とは歩行者と車が接近しているかどうかを表す情報である。歩行者端末と車載器にそれぞれ通信できる範囲を設定する。歩行者端末と車載器が直接通信を行うと歩行者と車両が接近していると判断する。

### 4.4 サーバ処理

提案システムでは、歩行者と車両の情報を管理するサーバが必要である。サーバについてまとめる。

#### 4.4.1 サーバ

サーバの動作を以下にまとめる。

- 危険エリアを管理  
マップ上の危険エリアを指定し、管理する。
- 歩行者と車両の情報管理  
歩行者端末と車載端末から情報を受信し管理する。
- 危険度レベル判定  
歩行者端末と車載端末から得られた情報を基に、歩行者が危険であるか否かを判定する。危険であると判定した場合、歩行者端末と車載端末に警告を行う。

#### 4.4.2 歩行者状況

歩行者の状況を考慮するために利用する値は、更新された時間  $n$  の速度と更新を行う前の時間  $(n-1)$  の平均速度により行う。このとき、時間  $(n-1)$  の平均速度と時間  $n$  の速度の値の変化が大きければ、歩行者の状況が大きく変化した(走り出す、止まるなど)と判断し、危険度レベルを上げる。

## 5. 実装

今回はプロトタイプとして、歩行者とサーバが通信を行い、歩行者の状況を管理し警告するシステムを実装した。車両は考慮していない。

### 5.1 歩行者端末の実装

携帯端末がアプリを立ち上げ、スタートボタンを押した際に IP アドレスとポート番号を送信し、サーバとのソケット通信を開始する。IP アドレスとポート番号を送信したと同時に一秒ごとに年齢・緯度・経度・速度情報をサーバに送信し続ける。サーバで評価された 1 秒ごとの危険度レベルを受信する。年齢・緯度・経度・速度情報を送信し、危険度レベルを受信するまでの遅延時間を表示する。歩行者



図 2 危険エリア指定

の年齢・緯度・経度・速度情報は歩行者端末を実装する際に、My tracks[8] でログを取り保持している。

## 5.2 サーバの実装

携帯端末からソケット通信の要求が行われ、年齢・経度・緯度・速度情報を一秒ごとに受信する。歩行者から受信した情報から歩行者の危険度レベルの判定を行い、携帯端末に歩行者の現在の危険度レベルを送信する。

### ● 危険エリア管理

今回危険エリアは決めた箇所の4点の緯度経度から指定した。図2に示す4点の  $A(x_1, y_1), B(x_2, y_2), C(x_3, y_3), D(x_4, y_4)$  の4点の緯度経度を計測する。4点の最大・最少の  $x, y$  値を取り出し、 $x_{max} - x_{min}, y_{max} - y_{min}$  を行い、エリアを指定する。

## 5.3 動作例

提案システムの動作手順を図3に示す。

- (1) 歩行者が位置・速度・年齢情報をサーバに送信する。
- (2) サーバは歩行者の年齢を確認する。年齢が対象年齢(12歳以下, 60歳以上)であれば危険度レベルの最低値を2に設定する。対象外年齢では最低値は0。
- (3) サーバが歩行者の位置が設定した危険エリア内であるかどうかを確認する。危険エリア内であれば、危険度レベルを3上げ、そうでなければ危険度レベルを3下げる。
- (4) サーバが歩行者の危険度レベルを評価し、危険度レベルが4以上であれば携帯端末に危険度であると警告する。
- (5) サーバが歩行者の速度情報から歩行者の平均速度を計算する。
- (6) サーバが(1)で得た速度情報と、平均速度を比較し変化が大きければ危険度レベルを1上げる。そうでな

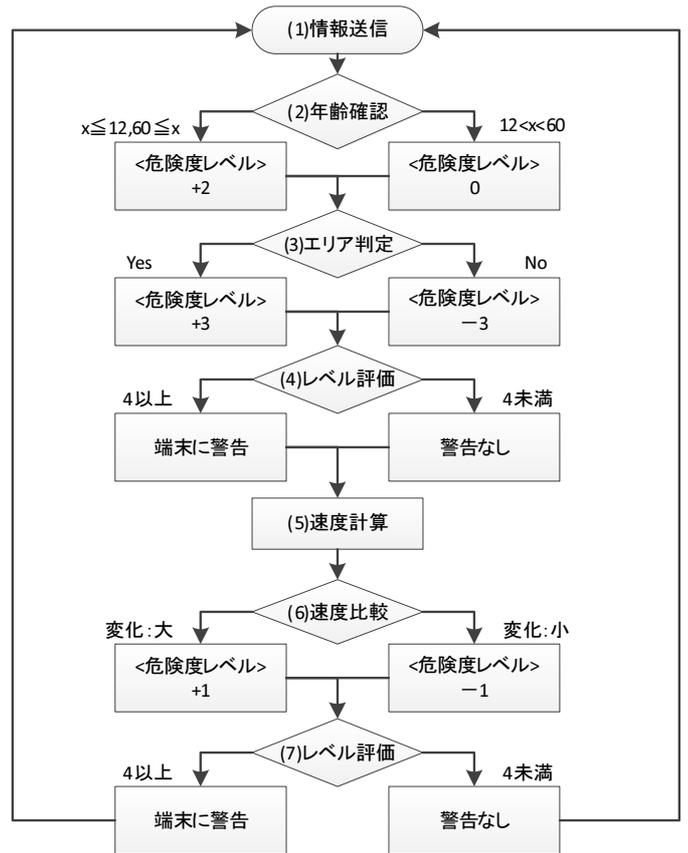


図 3 動作手順

表 1 実装環境

	サーバ	歩行者端末
OS	Windows7 64bit	Android
プログラミング言語	java	java
プロトコル	TCP/IP	TCP/IP

表 2 危険度レベルの評価ポイント

年齢比較	+2
速度比較	+1
危険エリア比較	+3

れば危険度レベルを1下げる。

- (7) サーバが歩行者の危険度レベルを評価し、危険度レベルが4以上であれば携帯端末に危険度であると警告し、再び(1)に戻り位置情報と速度情報を更新し続ける。

## 6. 評価

### 6.1 評価ポイント

本研究の評価実験で用いた実装環境を以下の表1に、危険度レベルを5段階設け、評価ポイントを表2に示す。

### 6.2 歩行者実験エリアと危険エリア

評価実験では、歩行者の歩行する範囲を近鉄興戸駅から同志社女子大学正門までとする。歩行者実験エリア内に危険エリアが4か所あると想定する。危険エリアを図4に



図 4 危険エリア

表 3 設定項目

歩行者性別	女性
歩行者年齢	12 歳
計測時間	439 秒

示す。

- (1) 近鉄興戸駅階段前の道路  
横断歩道がなく、原付バイクの通りが多い
- (2) 踏切
- (3) 興戸駅から府道 22 号線の合流点  
府道 22 号線から死角になっており、歩行者がいるかどうか分かりづらい
- (4) JR 同志社前の横断歩道  
交通量と歩行者数が多い

### 6.3 評価方法

評価実験では、被験者に興戸駅から同志社女子大学正門までの距離を歩行してもらい、「My tracks」を使用し、興戸駅から同志社女子大学正門までの道のりのログを記録し、記録してもらったデータ（緯度経度・速度）を一秒ごとにサーバに送信する。

評価する時間は携帯端末がデータを送信した時間から、サーバがデータを受信し、危険判定を行い、危険判定の結果を携帯端末に送信し、携帯端末が受信した時間とする。

今回の評価実験の設定項目を表 3 に示す。

### 6.4 評価結果

実機実験結果を図 5,6 に評価結果を表 4 に示す。

図 5 は遅延時間を示す。

図 6 は対象年齢と対象外年齢の危険度レベルのポイントを示す。図 6 から対象外年齢 (22 歳) の危険度レベルが 4

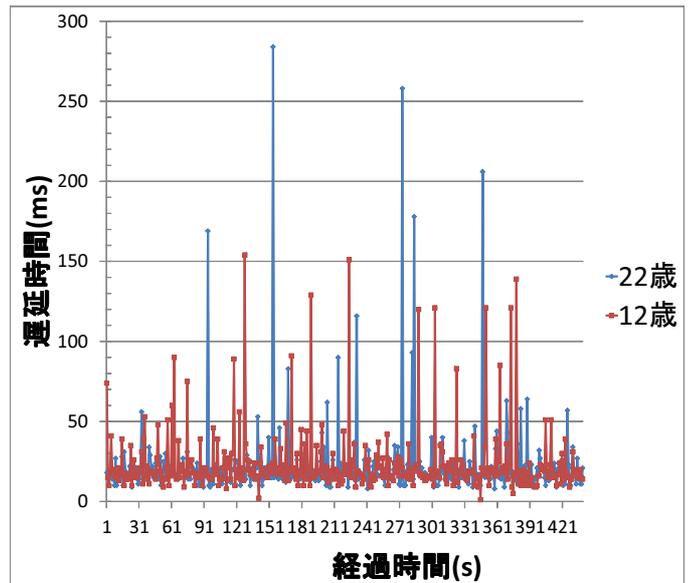


図 5 遅延時間

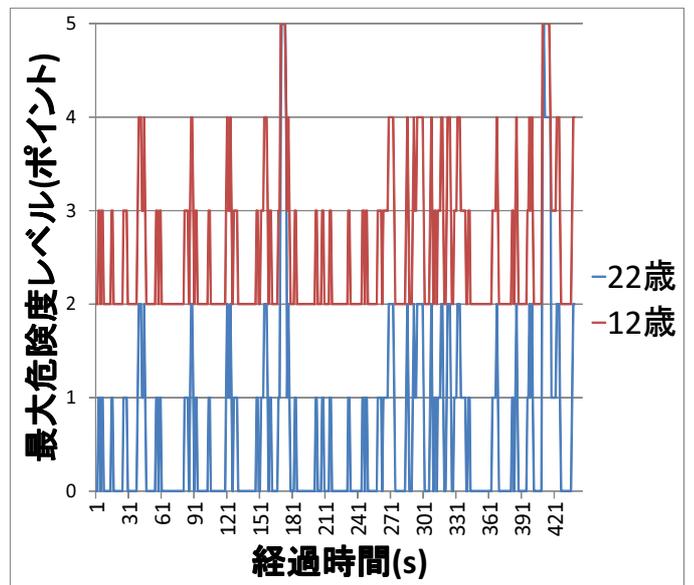


図 6 危険度レベル

表 4 評価結果

	対象年齢	対象外
最大遅延時間	154msec	284msec
最少遅延時間	1msec	8msec
平均遅延時間	22.62msec	21.87msec
100msec 以上	8 回	6 回
危険警告	52 回	12 回

以上である場合は対象年齢 (12 歳) に比べ少なく、また対象年齢の危険度レベルは 2 を下回らないことがわかる。

表 4 は対象年齢と対象外年齢の実機実験の遅延時間の最大・最少平均時間とサーバから歩行者への危険警告の回数を示し、比較を行う。

表 5 既存システムとの比較

	OKI	ATR	提案システム
専用端末	必要	必要	不要
ストラップアンテナ	必要	必要	不要
年齢優先	なし	なし	あり

## 6.5 既存システムとの比較

既存システムとの比較したものを表 5 に示す。

提案システムは携帯電話に接続する端末本体とストラップアンテナを使用する必要がないため、歩行者は携帯電話を利用し歩行者通信を行うことが可能になる。また、年齢情報を利用することで、高齢者・児童の危険度レベルをあらかじめ高く設定することができる。よって、高齢者と児童を優先的に交通事故から守ることが可能になる。

## 7. 考察

今回遅延時間の評価は ETISI TR[9] を参考に行う。ESTI とは、ヨーロッパ圏の電気通信における標準仕様を策定するために設立された標準化団体のことである。ETISI TR では通信許容時間は最大で 100msec と定められている。

表 6.3 の結果より、歩行者がデータを送信してからサーバから危険警告が行われるまでの平均遅延時間は 22.62msec と 100msec 以内である結果が得られ、最大遅延時間は 284msec と許容時間を超えてしまう結果が 8 回ある。しかし平均的な遅延時間が 22.62msec であるため歩行者が危険である場合に早期危険警告が可能であることが確認できた。

## 8. おわりに

本研究で歩車間通信を利用した歩行者目線の安全支援システムの提案と実装を行った。歩行者端末と車載器、歩行者端末とサーバ、車載器とサーバが通信を行う。サーバはそれらの情報から歩行者の危険度レベルの管理を行い、危険と判定した場合は歩行者端末と車載器に警告を行うシステムである。

実装は歩行者端末とサーバの通信と危険度レベルの管理、歩行者端末への警告部を行った。歩行者端末とサーバの通信はソケット通信を用いた。

実機実験では My Tracks を用い、被験者から位置・速度情報の歩行ログを収集した。歩行者端末は歩行者の年齢・歩行ログを一秒ごとにサーバに送信するよう実装し、疑似的に実機実験を行った。

実機評価は ETISI TR の最大通信許容時間を参考に行った。歩行者端末が年齢・歩行ラグ情報を送信し、サーバの危険度レベル判定の結果を歩行者端末が受信するまでを対象とした。遅延時間に 100msec 以上の結果もあったが、平均 23msec と短時間での処理が可能という結果が得られた。短時間での危険通知が可能であることが確認できた。また、対象年齢には 55 回、対象外年齢には 12 回危

険通知が行われた結果から、高齢者・児童を優先的に支援することが可能であることが確認できた。

今後は歩行者端末と車載器の通信部の実装を行い、実機実験から歩行者端末と車載器の通信エリアの範囲を指定することと、危険エリアの指定の工夫を行うことが必要であると考えられる。

## 謝辞

本研究の一部は戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) および科学研究費補助金の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] e-Stat, 入手先 (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001105450>).
- [2] 中川 正雄: 可視光通信と ITS, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS, Vol.106, No.181, pp.25-30, (2006).
- [3] シャグダル・オユーンチメグ, 大山 卓, 筒井 英夫, 三浦 龍, 小花 貞夫: 交通安全のための歩車間通信, 信学技報 IEICE Technical Report AN2011-18, (2011.07).
- [4] 永井 真琴, 樋口 啓介, 中岡 謙, 土居 義晴: 700MHz 帯歩車間通信方式の検討およびフィールド試験結果, 信学技報 IEICE Technical Report ITS2012-16, (2012.09).
- [5] 自動車総合安全情報, 入手先 (<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/index.html>).
- [6] 金子 富, 浜口 雅春: 歩車間通信システムの開発, OKI テクニカルレビュー, 第 218 号 Vol.78 No.1, p.72-77, (2011).
- [7] 歩車間通信システム, 入手先 ([http://www.atr.jp/expo/acr/2011\\_04\\_03.pdf](http://www.atr.jp/expo/acr/2011_04_03.pdf)).
- [8] My Tracks, 入手先 (<http://www.google.com/mobile/mytracks/>).
- [9] ETSI TR 102 638 V1.1.1, 入手先 ([http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_tr/102600\\_102699/102638/01.01.01.60/tr\\_102638v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102600_102699/102638/01.01.01.60/tr_102638v010101p.pdf)) (2009-06).