

ドライバーの協調行動促進に歩行者 コミュニケーションが及ぼす影響

田辺 太一¹・谷口 綾子²・井料 美穂³・宮川 愛由⁴・小嶋 文⁵

¹非正会員 筑波大学理工学群社会工学類都市計画専攻 (〒111-0042 東京都台東区寿1-15-4-402)

E-mail:tabe@chibra.co.jp

²正会員 筑波大学 工学部土木工学科 准教授 (〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目無番地)

E-mail:doboku@jsce.ac.jp

³正会員 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 講師

(〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 Bw603)

E-mail:m-iryu@iis-tokyo.ac.jp

⁴正会員 京都大学大学院工学研究科 都市社会工学専攻 助教

(〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂)

E-mail:miyakawa@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁵正会員 埼玉大学大学院理工学研究科 環境科学・社会基盤部門 助教

(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

E-mail: kojima@dp.civil.saitama-u.ac.jp

本研究では、道路空間における歩行者と自動車のコミュニケーションの関係について、実験で取得したデータを基に分析・調査を行った。結果として、歩行者からの自動車への積極的なコミュニケーションは有効であり、さらに「挙手」は、「アイコンタクト」や「会釈」に比べ、ドライバーの歩行者に対する注意力を高める効果的なコミュニケーションであることが明らかとなった。また、協調行動の有無に最も影響を与えているのは自動車者速度と挙手のコミュニケーションであり、自動車速度が大きいほど協調行動が生じにくいことも明らかとなった。積極的なコミュニケーションの活用が、道路空間上のコミュニケーションを低減させ、今後の交通事故低減につながる可能性を示している。

Key Words : *shared space, traffic safety, communication, cooperative behavior*

1. はじめに

欧州において、シェアドスペースという標識や信号などの規制を最小限に留めデザインすることで、歩行者・車・自転車間のコミュニケーションを活性化し、交通事故を低減するという交通施策が注目されている。¹⁾これは、ドライバーや歩行者の注意力を高めることで道路空間における安全性を高める手法である。

欧州におけるシェアドスペースの代表的な取り組みとしては、第一事例とも言われる、オランダ・ハーレンのレイクストラート通り地区やドイツのボームテなどが挙げられる。²⁾シェアドスペース導入の結果として、自動車の速度低下や通過交通の減少、交通事故の減少といった記述がなされている。³⁾

それに対して日本では、交通事故が依然として深刻な社会問題になっている。交通事故総合分析センターの報告では、危険度の高い高速域の歩行者事故は減少しているものの、低速域の事故件数は年々増加し、死亡事故全体に占める割合も増加傾向にあることを示している。⁴⁾

そこで、本研究では、歩行者・自動車利用者のコミュ

ニケーション（アイコンタクト、挙手、会釈等）に着目して、道路空間上の協調行動の生起メカニズムを実験的に明らかにするとともに、コミュニケーション種別による効果の差異を明らかにすることを目的とする。⁵⁾具体的には、歩行者が何らかのコミュニケーションを試みた場合に、自動車ドライバーの減速または停止といった歩行者を優先する行動（協調行動）を促進する効果の有無について明らかにする。

将来的には、協調行動を誘発する教材を開発し、高校生や高齢者を対象に教材を適用し、その効果を検証することで、交通事故低減につなげたい。

2. 既往研究と仮説の設定

(1) 既往研究

川村ら(2013)によると、日本人は欧州を代表するドイツ・フランス・スウェーデンの人よりも、歩行者を優先

する行動頻度が低い傾向にあることがわかっている。⁶⁾ また、自動車ドライバーの協調行動(自動車が歩行者・自転車に道を譲る行動)は、アイコンタクトや挙手などのコミュニケーション行動を行った場合の方が「何もしない」状況で交錯した場合のより起こりやすいということは吉村らによって明らかにされている。⁷⁾しかし吉村らの研究では、コミュニケーション手法(アイコンタクト、挙手等)の差異と協調行動の関係性や、道路形状・混雑度などの環境要因や性別・年代などのドライバー要因の関係性は明らかにされていない。歩行者が積極的にアイコンタクト、挙手、会釈等のコミュニケーションを行った場合の自動車の挙動や減速、停止などの協調行動につながる行動の有無についても未だ解明されていないのが現状である。

(2) 仮設の設定

仮説 1) コミュニケーションと協調行動の因果関係

歩行者・自転車が自動車ドライバーに向けた積極的なコミュニケーションを行うことによりドライバーの協調行動が誘発される。

仮説 2) 最も自動車協調行動を促すコミュニケーション

アイコンタクトや会釈よりも、挙手行動が最も自動車の協調行動を促す。

仮説 3) コミュニケーションの効果がある自動車速度の上限

コミュニケーションの効果がある車両の「速度」には上限がある。

3. 調査概要

(1) 調査内容

本調査は、コミュニケーション方法(①何もしない②アイコンタクト③アイコンタクトと挙手④会釈とアイコンタクト⑤会釈とアイコンタクトと挙手)が協調行動に与える、協調行動の因果関係を検証する。

また、環境要因(混雑度、天候、街路樹、視距、空間の明るさ、時間帯、道路形状、信号機の有無、横断歩道の有無など)や、ドライバー要因(自動車速度・性別・年齢・車種)が協調行動に与える変化や関係性を探索的に検証する。本研究ではこの様々な要因の中でも、ドライバー要因のみの影響に着目して調査を行う

表-1 調査日時・サンプル数

調査期間	10/27(月)～10/31(金)
時間帯	10時～16時
サンプル数	425サンプル

(2) 調査対象

a) 対象交通手段

本調査においては、自動車、歩行者を調査対象とし、歩行者と自動車間のコミュニケーションと強調行動に関して調査する。二輪車(バイク・原付・自転車)は対象外とする。

b) 対象交差点

対象交差点として大学公園前交差点を設定した。本研究は、横断しようとしている歩行者と自動車間のコミュニケーション手法ごとによる協調行動(譲る、譲らない)を観測するため、公道での調査は難しいことから、私道で行うこととした。また、この場所を選定した理由は以下の通りである。調査場所は、より観測者のコミュニケーションによる介入以外の要因が働かない条件の場所で行う。ここでのコミュニケーション以外の介入とは、

- ① 信号での加速・減速
- ② 人がいるかいないかに関わらず、危険回避のために減速する交差点
- ③ 観測者以外の人物や対象車両以外の行動などが考えられる。

そのため調査場所の選定は、自動車にとって何らかの通行の障害となるようなものが存在しない限り、基本的には減速する必要のない単路あるいは交差点とする。

(4) 調査日時・サンプル数

調査日は、休日など平常と異なる交通状況が予想される日を除く平日とし、時間帯はビデオ撮影に支障をきたさない程度の明るさが確保できる16時までとした。雨などの自動車の制動距離などの条件が変わる環境では実験は行わないこととし、晴れの日のみに実験を行う。

(5) 観測機器と調査員

a) 協調行動の有無と自動車速度の観測：

ビューポール⁸⁾1台、ハイビジョンカメラ(3台)
 ※交差点の観測用ビデオカメラが2台と自動車接近速度と基準地点での自動車初速を測定するカメラが2台

b) コミュニケーション(アイコンタクト・挙手・会釈)を行う調査員1名

c) 性別・年齢・車種・所有種別を計測する調査員1名

表-2 調査票

性別	男	女	年齢層	20代前後	25～30代	30代	40代	50代	60代
車種	乗用車		貨物車	バス	タクシー	所有種別		個人	営業
コミュニケーション手法	何もしない			アイコンタクト		アイコンタクトと挙手			
	会釈とアイコンタクト			会釈とアイコンタクトと挙手					
優先配慮行動	渡る			渡らない			ためらい		
	減速	停止	変化なし	加速	迂回	減速			
観測時刻	時 分 秒								

(6) 調査手法

調査は、設定した環境の下で、調査者(歩行者)がドライバーとのコミュニケーションを行いつつ道路横断を試み、その際の自動車とのコミュニケーション状況や協調行動の有無を観測する。観察は、ビデオ撮影と調査員の目視で行う。

ここで、ある状況下におけるコミュニケーション手法による協調行動の違いは、先行車から後続車までの車間距離・時間(ギャップ)と自車から見た接近車との距離・時間(ラグ)で可否判断をするギャップアクセプタンスの考え方が必要になる。⁹⁾これを考慮する場合、歩行者や自動車が「譲る」か「先に行く」かの判断を迷ういくつかの状況を想定しなければならないが、本研究ではこれを統制し、歩行者が一步踏み出しコミュニケーションを行うタイミング(歩車間距離)は全て同じ条件で行うこととする。また、本研究において歩車間距離は本研究の実験対象地の制限速度である 30km/h の空走距離(8m)+制動距離(6m)からおおよそ 1 秒間の判断時間(8.3m/s=30km/h)を合わせた 22.3m を基準に定め実験を行った。¹⁰⁾

尾崎ら(2002)の無信号横断歩道における歩車錯綜時の安全性評価から、歩行者が横断歩道の横断を開始するか、待つかの判断には車両の接近速度も影響していることがわかる。¹¹⁾しかし、この研究に関してもコミュニケーション手法との関係性はわかっていないことから、歩車間距離と車両速度の両方を計測してその中でのコミュニケーションごとのデータをとる必要がある。本研究では、歩車間距離を固定する。また、車両速度の観測は鈴木・中村(2004)が開発したビデオ画像処理システム(George)¹²⁾を用い、その地点ごとの車両速度を計測する。また、歩行者と自動車との錯綜が横断歩道の前半部分か後半部分かによっても、ギャップアクセプタンスが異なる。この観測はあくまでコミュニケーション手法ごとの協調行動に与える協調行動生起の因果関係を目的としているため、左右両方向から同時に自動車が来る場合は対象外とし、自動車が歩行者に対し右側から接近した場合のみでの観測を行う。

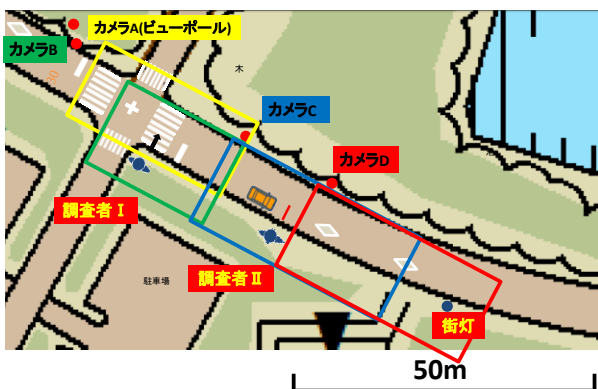


図-1 カメラ撮影範囲

(7) 観測方法

道路上での歩行者コミュニケーションと自動車の協調行動や挙動を観測するにあたり、ビデオカメラ 4 台を用いる。1 台はビューポールという高所から撮影できるビデオカメラを用い、他の 3 台はハイビジョンカメラを用いる。それぞれのカメラを木や標識に取り付け、図 1 のカメラ ABCD のような配置で撮影を行う。

カメラは 4 台それぞれが別々の範囲を撮影しており、役割が異なっている。まず、カメラ 4 台のうちカメラ A(ビューポール)のみは実際のビデオ画像処理システム(George)には活用しないが、交差点全体の動きを捉え、自動車の横断歩道を通じた後の動きまでを観測する(図 2)。

カメラ B は交差点にいる歩行者と交差点に接近した自動車との状況を捉えている。歩行者の行ったコミュニケーションと、自動車の接近時の状況と、どのような協調行動をとったかがわかるようになっている。カメラ C は歩行者がコミュニケーションを行う基準点 22.3m 付近の自動車の状況を捉えている。カメラ D は基準点 22.3m より上流を映しており、基準点への接近速度を観測することができる。また、各カメラが必ず映像に収めなければいけないポイントを明確にし、どのカメラがどの部分を撮影するかをあらかじめ設定しておく。

これらの連続した映像データを活用し、その地点での自動車の速度や位置情報(自動車挙動)を出すことができるビデオ画像処理システム(George)を使って解析する。ただし、3台のカメラBCDに関しては、Georgeで分析する際に、撮影映像データから座標を抽出する必要がある。それぞれのカメラの映像内からポイントを抽出し、そのポイント間の距離を測定する(図3)。このポイント間の距離はGeorgeで座標合わせと分析をする際に必要となる。今回はポイントを道路路面上に明確にわかる基準点を設け、道路上にマークテープで印をつけた。実際のビデオカメラの映像に印が写りづらくとも座標合わせができるよう、実験を行う前にはスタッフで印を指し、そのポイントが分かるようビデオカメラで撮影した。



図-2 ビューポールからの実験様子写真

4. 分析

(1) 取得するデータ

データは、交通量(方向別 自動車, 歩行者, 自転車)、コミュニケーション毎の協調行動の生起回数、自動車の基準点での速度とその分布や平均値、自動車挙動(座標位置)を取得する。

自動車の基準点での速度や座標位置などは、ビデオカメラ映像データからGeorgeを使ってデータを抽出した。得られた全419サンプル、36767のポイントデータから必要なデータのみを取り出し、自動車速度と自動車移動の軌跡の分析を行った。観測調査とサンプル数が異なるのは、一時的なカメラの不具合によりデータが取得できなかったためである。

(2) 分析手法

a) 仮説1の分析手法

①何もしないをコミュニケーション無し、②アイコンタクト③アイコンタクトと挙手④会釈とアイコンタクト⑤会釈とアイコンタクトと挙手をコミュニケーション有に分け、それらの協調行動の生起回数に有意な差があるかをカイ二乗検定によって検証。

b) 仮説2の分析手法

①何もしない②アイコンタクト③アイコンタクトと挙手④会釈とアイコンタクト⑤会釈とアイコンタクトと挙手の5つのパターンごとに協調行動の生起回数を計り、ノンパラメトリック検定によってそれぞれの平均の差があるかを検証。

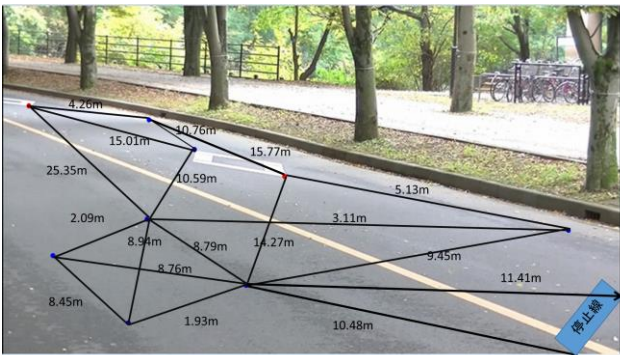


図-3 道路上ポイント計測図カメラC

c) 仮説3の分析手法

コミュニケーションの効果がある車両の「速度」には上限があるという仮説の元、従属変数 y を協調行動の有無、独立変数 x を基準点での自動車速度として、二項ロジット回帰分析を行った。

d) 協調行動要因分析手法

協調行動の有無に最も影響を与える要因をパス解析で探索的に分析した。独立変数には、コミュニケーション・性別・車種・自動車速度・所有種別・年齢を入れ、分析を行った。

e) 迂回度分析

歩行者からの安易なコミュニケーションがドライバーに迂回のリスクを与えるかもしれないという観点から、迂回度に自動車速度とコミュニケーションが影響を与えるかを重解回帰分析で検証(図4)。ここでの迂回度は調査者Iが横断を始める定められたラインから停止線までの間の右前輪の自動車の進行方向に垂直な振れ幅と定義している。

(2) 分析結果(仮説検証)と考察

a) 仮説1の検証

コミュニケーション有り無しでカイ二乗検定を行ったところ、コミュニケーションの有無が協調行動に与える影響が、有意水準1%で棄却された(図5)。よって、歩行者が自動車ドライバーに向けた積極的なコミュニケーションを行うことによりドライバーの協調行動が誘発されるという仮説1が検証された。

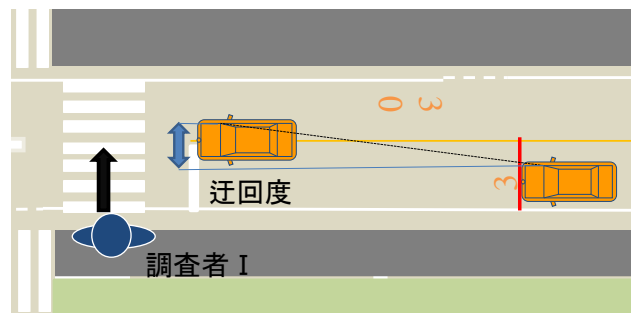
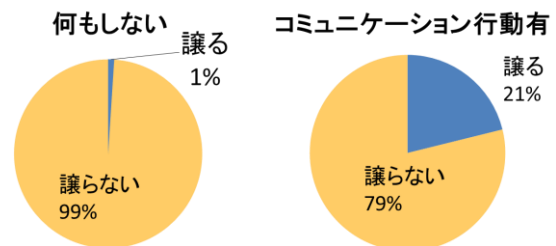


図-4 迂回度測定図



($X^2=21.941, df=1, p<0.01$)

図-5 コミュニケーションの有無毎の協調行動生起割合

b) 仮説2の結果

コミュニケーション手法のパターン毎にノンパラメトリック検定を行ったところ、有意水準1%で棄却された。結果からアイコンタクトや会釈よりも、挙手行動が最もドライバーの協調行動を促すという仮説2が示された(図6)。

c) 仮説3の検証

二項ロジット回帰分析の結果、有意水準1%水準で棄却され、協調行動の有無に自動車の「速度」が影響することが明らかとなった(図7)。また、自動車速度の係数がマイナスであることから、自動車速度が速ければ速いほど、「譲らない」に作用することもわかった。また、自動車速度と協調行動の散布図から、本実験では50km/hを超えると協調行動はほぼ起きないこともわかった。よってコミュニケーションの効果がある車両の速度には上限があることが検証された(図8)。

d) 協調行動要因分析

パス解析を行い最終的に有意な変数のみを残した結果、自動車速度・アイコンタクトと挙手・会釈とアイコンタクトと挙手のみが1%水準で有意であった。各独立変数の係数を見ると、自動車速度がマイナスであることから「譲らない」に作用しており、アイコンタクトと挙手・会釈とアイコンタクトと挙手がプラスであることから「譲る」に作用していることが示された(図9)。

e) 迂回度分析

迂回度分析の結果、会釈とアイコンタクトと挙手のみが1%水準で有意であり、係数が0.36であることから、この場合において自動車が歩行者を見て30cmほど中央へ移動したことが明らかとなった。この迂回度はセンターラインを越えるほどの危険なレベルではないと考えられる。しかし車両の急激な迂回が生じることのないよう、歩行者が歩車間距離に留意し、余裕を持ったコミュニケーションが必要であると考えられる(図10)。

5. まとめと今後の課題

歩車間のミスマッチを解消し交通事故を低減するためには、コミュニケーションが有効である。中でも「挙手」はもっともドライバーの歩行者に対する注意力を高め、効果的であることが示された。また、協調行動の有無には自動車速度も影響しており、コミュニケーションの効果がある車両の速度には上限があることも検証された。自動車の迂回度も考慮し、余裕を持ったコミュニケーションにより安全性を高めると考えられる。

本研究では、コミュニケーションの活用が今後の交通事故低減につながる可能性を示すことができた。今後は本研究内容をまとめた資料を作成し、学校などで行う交通安全教育に役立つものにしていきたいと考える。

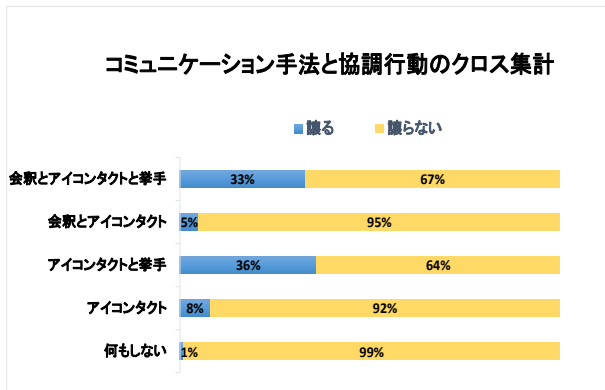


図-6 コミュニケーション手法毎の協調行動生起割合

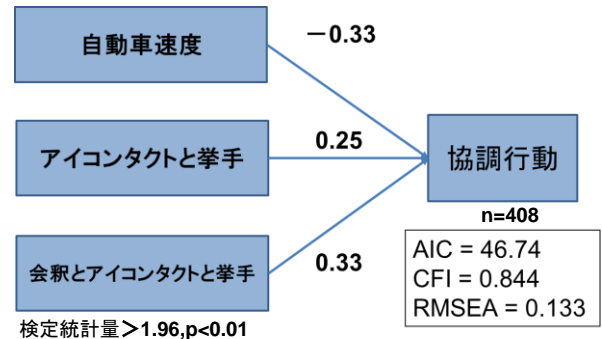


図-8 パス解析最終モデル推定結果

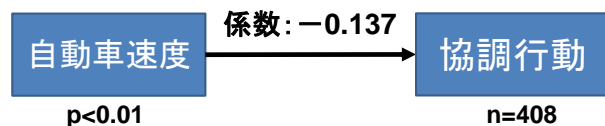


図-7 仮説3の二項ロジット回帰分析結果

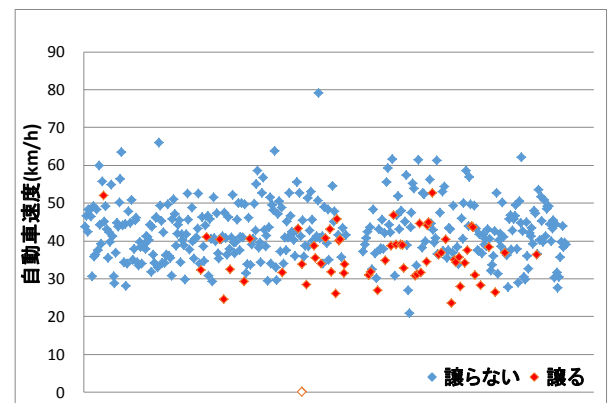


図-9 自動車速度と協調行動の有無の散布図

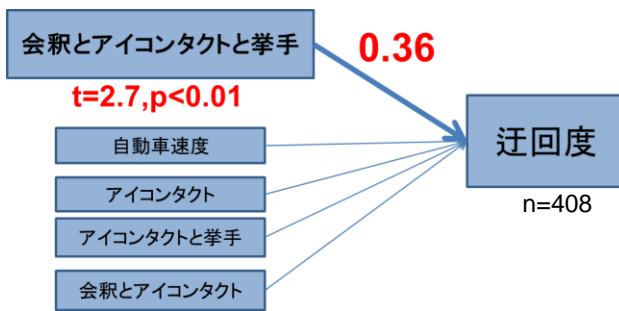


図-10 迂回数重回帰分析結果

謝辞：本研究は一般社団法人日本損害保険協会の自賠責運用益拠出事業（研究支援）助成金「優先配慮行動を促す道路上のコミュニケーションと交通安全」（研究代表者：筑波大学谷口綾子）の研究助成を受けて実施したものである。ビデオ調査の遂行に当たっては、(株)道路計画の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 杉山正大 (2008) 「シェアード・スペース (shared space) — 共用空間—」, 名古屋都市センターレポート
- 2) Elfferting Susanne: ドイツにおけるシェアード・スペースの法的枠組みとその実践—都市における共用空間としての道路の特徴と課題 (特集 道路法制の新展開—人間重視の道路創造を目指して), IATSS review 35(2), 112-122, 2010/8
- 3) 本田肇: EU における最近の道路空間の再構成事例について, 道路 (824), Shared Space (特集「世界一安全」な道

- 4) 路交通の実現に向けて, 36-41, 2009/11
- 5) 公益財団法人交通事故総合分析データ—<http://www.itarda.or.jp/>(2014/10/9 最終閲覧)
- 6) 佐藤隆夫: 「『目が合う』ことの謎—アイコンタクトの実験心理学的検討—」, 電子情報通信学会, 信学技報, p13-18, 2002
- 7) 谷口綾子, 川村竜之介, 大森宣暁: 道路空間における協力行動と規範に関する国際比較—歩行者優先の徹底はモラルで決まる?—市計画学会ワークショップ「集約型都市構造と交通安全」報告書, 2013/11/9
- 8) 谷口綾子, 吉村聡哉, 石田東生: 車両と歩行者・自転車間のコミュニケーションによる協調行動の生起に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 巻), pp.1115-1122, 2012
- 9) 株式会社道路計画 ホームページ <http://www.doro.co.jp/gijutsu/viewpole.html> (2014/11/13 最終閲覧)
- 10) 日野泰雄, 山中英夫: 住区内狭幅員道路における錯綜危険度と交通安全意識に関する研究, 都市計画学会学術研究論文集 No.31 p.391~396 1996
- 11) 自動車の速度, 走行距離, 所要時間, ゼロ発進加速度 Bi-globe <http://www.5d.biglobe.ne.jp/Jusl/Keisanki/JTSL/SokudoKasoku.html> (2014/11/9)
- 12) 尾崎龍樹: 無信号横断歩道における歩車錯綜時の安全性評価, 土木計画学研究・講演集 26, No.160, 2002
- 13) 鈴木一史, 中村秀樹: 交通流解析のためのビデオ画像処理システム TrafficAnalyzer の開発と性能検証, 土木学会論文集 D Vol.62 No.3, 276-287, 2006.7
- 14) 鈴木一史・中村英樹: 交通流解析のためのビデオ画像処理システム TrafficAnalyzer の開発と性能検証, 土木学会論文集 D, Vol.62, No.3, pp.276-287, 2006.

(?受付)

AN IMPACT OF WALKER'S COMMUNICATION ENCHANGED BY DRIVER'S COOPERATIVE BEHAVIOR

Taichi TABE, Ayako TANIGUCHI, Miho IRYO, Ayu MIYAKAWA and Aya KOJIMA

This research explores communication between walkers and automobiles on public road space. This specific research was conducted and analysed based on a series of experiments. As a result, it became evident that active communication from walkers to drivers is highly effective. More importantly, raising hands are more effective than eye contact and bowing for drivers to increase their attention to walkers. This research has also found that cooperative behavior between walkers and drivers are deeply influenced by the speed of automobiles and the act of raising hands. In other words, the faster automobile is, the less we witness cooperative behavior between the two actors. It empirically shows that increasing communication between walkers and drivers will be a valid way to decrease the number of car accidents in the near future.