

# 自動二輪車向け交通流への影響を考慮した 出会いがしら事故の低減手法

原 圭範<sup>†1</sup> 清原 良三<sup>†1</sup>

**概要**：二輪車の交通事故による死亡率は四輪車よりも3倍高いと言われている。その原因として、四輪車の運転者は車両の中にいるため事故が起きたとしても、車体によって身体を守られる場合があるが、二輪車の運転者は事故が起きたときに、身体を守ることがほとんどできないことが挙げられる。また、二輪車の車体は四輪車よりも小さいため、交差点付近で見落とされやすく、出会い頭事故に直結することがある。これは事故が起こる原因の1つである。見通しの悪い交差点では出会い頭事故の対策としてカーブミラーを設置し、死角をある程度補えるようにはなっているが、それでも見落としが起きるなどして事故が起こるケースは存在するため、万能ではない。四輪車と比べると死亡事故の件数は少ないが死亡事故の割合の多い二輪車の交通事故を削減し死者を少しでも減らすことは現在の自動車社会の解決すべき課題の1つである。本論文では、二輪車の事故の中でも最も多い出会い頭事故の削減を目的とし、V2Xを用いた手法の提案と交通流シミュレーションによる評価を行なった結果を述べる。

**キーワード**：二輪車，車車間通信，路車間通信，V2X，交通事故，交通流シミュレータ

## 1. はじめに

平成26年度の交通事故総合分析センターの統計[1]によると、二輪車の交通事故による死亡率は四輪車の交通事故の3倍高いというデータがある。その原因として、四輪車の運転者は車両の中にいるため事故が起きたとしても、車体によって身体を守ることができる場合があるが、二輪車の運転者は事故が起きたときに、身体を守るものがほとんどないことが挙げられる。また、二輪車の車体は四輪車よりも小さいため、交差点付近で見落とされやすく、出会い頭事故に直結することがあり、それも事故が起こる原因の1つである。また、出会い頭事故は二輪車の交通事故の中でも最も多い事故なので減らすことが望ましい。

見通しの悪い交差点では出会い頭事故の対策としてカーブミラーを設置し、死角をある程度補えるようにはなっている。また、ほとんどの二輪車は、ヘッドライトを常時点灯することにより、見落とされないようにしている。しかしながら、事故は多くの場合において双方の見落としや、双方の不注意が重なることにより起こる。例えば1%の確率で車が何かをバイクの存在を見落とし、バイク側も1%の確率で見落とすのであれば、0.01%の確率で事故またはヒヤリハットが起こることになる。

これらの不注意などを防ぐために各種センサを搭載し、運転者への警告を促す、自動的に車両を制御することが考えられる。自動運転の技術の開発が盛んであるがまさにその技術の適用である。しかし、頻繁にこのブレーキなどが作動すると逆に作動しなければ大丈夫という心理的な側面も現れかねない。また、頻繁に作動することより交通流への影響の可能性もある。そこで、本論文では、二輪車の事故の原因となる視認性などを実際に道路において確認実験

を行った上で、V2Xを利用した解決手法を提案するとともに、その手法が交通流にどのような影響を与えるかを評価する。

一方、国土交通省によって先進安全自動車(Advanced Safety Vehicle, ASV)の導入が推進され、衝突被害軽減ブレーキや車線逸脱防止システムといった予防安全技術が日々発展することにより、交通事故を減らす手段が増加しつつある。しかし、これらは四輪車を想定して作られたものである。それゆえ、二輪車に流用できる予防安全技術は限られており、二輪車の予防安全技術は四輪車と比べて大きく劣っていると言っても過言ではない。二輪車に対しても効果のある予防安全技術の普及も現在の自動車社会の解決しなければならない課題の1つである。

これらを解決するため、近年、研究開発が盛んに行われているV2X (Vehicle to Everything) を用いて見落としが起きやすい二輪車の存在を他車線の運転者に知らせることが有効だと考えられる。しかし、V2Xは現在ほとんど普及していないため、通信を行う相手がいないこと、二輪車に通信機を搭載するコストが高いことも問題となっている。

これに対しては、自動運転車が普及していけばV2Xも普及していくため、通信機を搭載するコストも削減し、通信を行う相手も増えるため解決できると考える。さらに二輪車の搭載する通信機としてスマートフォンを使用する研究も行われているため、これが実現すればさらに普及していくと予想できる。

本論文では、ミラーの設置などだけでは事故を削減できないことを整理し、V2X通信の活用によって事故を削減できる可能性を示す。また、危険な個所にはミラーなりの設置が既にされていることも考慮し、V2Xの中でも車両と路側の設備で通信を行う路車間通信 (Vehicle to Road, V2R) を用いることにより、ITS(Intelligent Transport Systems) 的アプローチで他車線の運転者が二輪車を認識できるよう

<sup>†1</sup> 神奈川工科大学  
Kanagawa Institute of Technology.

にすることで、無信号の丁字路における二輪車対四輪車の事故の中で最も多い出会い頭事故を削減することが目標となる。

## 2. 関連研究

二輪車の事故の削減の研究は多数あり、その中でも二輪車の被視認性の向上が重要である[4]。IT技術により、通信を使って自分の存在をアピールすることはこの被視認性に匹敵すると考え、ITS的なアプローチは重要である。

### 2.1 情報科学的二輪車 ITS の基盤研究

効率的で安全な自動車社会を実現するための基盤技術として以下の3つが挙げられる。

- (1) スマートフォンのセンサから信頼できるセンシングデータを取り出す技術
  - (2) そのデータから車両が置かれている状況や運転者の意図などの意味情報を抽出する技術
  - (3) 誰もがそのセンシングデータまたは抽出された意味情報を利用して新しい ITS サービスを創出できるようにするための、サービス開発用ライブラリや API の提供
- 木谷らの研究[2][3]では、スマートフォンに内蔵されたセンサを用いた二輪車向け高度交通システムのためのセンシング基盤の提案が行われている。

本論文の立ち位置は、(3)を利用したサービスが開始し、ITSの普及率がある程度高くなった環境を想定した上で、V2X技術を活用する。

表1は交通事故総合分析センターの平成26年度の統計で四輪車と二輪車の事故と死亡事故の件数と、死亡事故から事故件数を割った死亡事故の割合が示されている。全体の数は四輪車の方が多いが、死亡事故の割合は二輪車の方が四輪車よりも3倍ほど高いため二輪車の事故の危険性がわかる。

### 2.2 自動運転普及期における丁字路での車両制御方式

近年、活発な研究開発が行われている自動運転技術に関して、新車のすべてが自動運転車両となったとしても、すべての車両が自動運転になるまでには10年以上の長い年月が必要となり、人間が運転操作を行なう手動運転車両とシステムが運転操作を行なう自動運転車両の混在環境が生

表1 平成26年度の交通統計

	四輪車	二輪車
事故[件]	518,813 件	25,466 件
死亡事故[件]	3,187 件	452 件
死亡事故の割合[%]	0.6%	1.8%

じる。

西村らは混在時の直線道路での走行時の挙動分析[5]を行っている。宮崎らの研究[6]では、この混在環境での渋滞を軽減するための交差点への進入支援手法の提案と評価が行われ、丁字路における非優先道路の渋滞長が軽減されることが明らかになった。また、古川らの研究[6]ではさらにこの研究を進めた調停方式も提案している。

しかし、これらの実験では二輪車のことは考慮されていない。そこで、本論文では出会い頭事故を防ぎ、しかも従来方式での交通流と遜色ない交通流を確保できる V2X による二輪事故削減方式を提案する。

## 3. 課題の整理

車両同士の事故は、両車両ともルールをしっかり守っていれば、車両故障や突発的な道路の異常（油がまかれているとか）、車両の不備（パンク）でもない限り起きない。とくにドライバの過失による事故はおきない。しかし、ドライバは人間であり、パーフェクトであるとは限らず、ついルールに反することを行う。しかし、一方がルール違反してももう一方が注意深く運転していれば事故を避けることができる場合が多い。よって事故は確率的に起きる。

自動運転の車両も同様に通信失敗する確率や物体認識できる確率の問題で、事故を起こすことがありえる。しかし、その確率が人間の運転する乗り物より低くなれば普及しはじめることになる。

二輪車においては、体をまもられない分、二輪車側は注意深く運転するケースが多い。例えば T 字路においては、非優先道路から優先道路に入る二輪車はほとんどが注意深く運転するであろう。一方優先側を走る二輪車は、非優先道路の方はあまり気にせずに運転するであろう。この状態で図1に支援するように四輪車側のミスがあると、少し鼻を突きだしてしまい、二輪車との出会いがしら事故が起こる可能性がある。実際に、二輪車にとって、一定の速度で走ると二輪車側から四輪車の存在の有無を確認して、しか

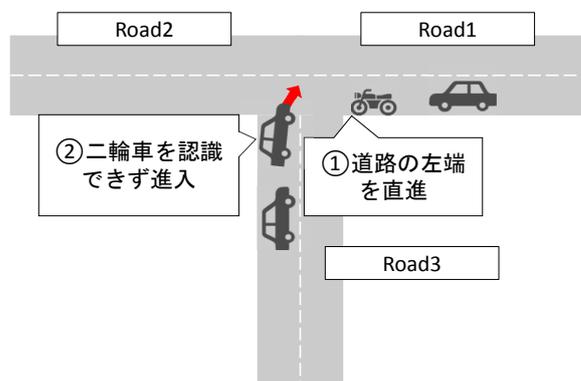


図1 出会いがしら事故の例

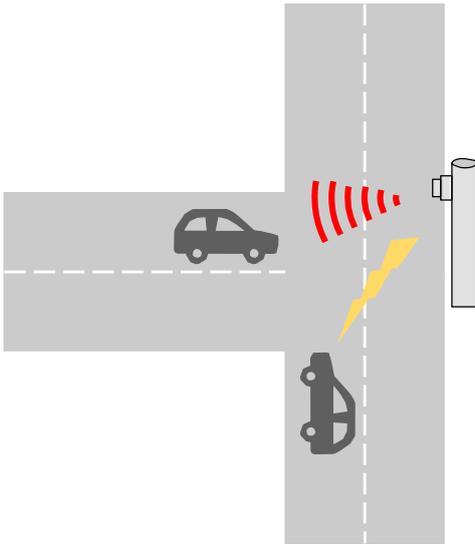


図2 V2Rを利用.

もその4輪車が少し鼻先を出そうとしていることをミラーで見て確認することは実際に乗ってみると困難であった。逆に4輪車側から2輪車を認識することはヘッドライトの点灯などの関係で通常は認識できる。

自動運転であれば避けられる事故が手動運転車両では一定の確率で避けられないことになる。本論文では図2に示すような路車間通信を利用することにより、この事故の確率を自動運転車両並みに削減した上で、局所的ではあるものの、交通流に影響がでないことを示す。

## 4. 提案と評価モデル

### 4.1 道路モデル

本論文では図3に示している無信号の丁字路を道路モデルとして想定する。Road1, Road2, Road3のいずれも長さ1000[m]で路幅15[m], 片側1車線でRoad1, Road2に対してRoad3が交差する形で構成されている。各道路は左側通行であり, 車両はA点, B点, C点から流入する。

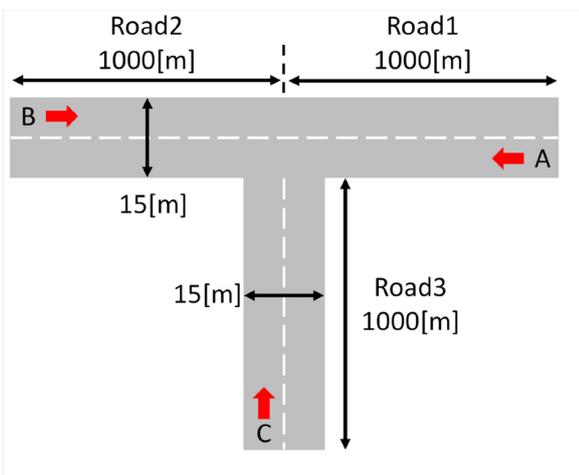


図3 道路モデル

表2 車両の大きさ

車両の種類	全長[mm]	全幅[mm]	全高[mm]
四輪車	5,000	3,000	1,500
二輪車	2,100	800	1,500

## 4.2 車両モデル

### 4.2.1 車両の大きさ

出会い頭事故の判定を行うため、表2に各車両の大きさを定義した。交通流シミュレータ上でお互いの描画範囲が重なったときに事故が起きたとみなす。事故が起こっても車両は停止することなくシミュレーションは継続される。今回の実験では自転車や歩行者は考慮しないものとする。

### 4.2.2 二輪車の挙動

二輪車は車体が小さいため、すり抜けを行える。今回の実験では前方の車両が30[km/h]のとき左側からすり抜けを開始できるという条件にした。すり抜けをした二輪車は渋滞の先頭までたどり着くと、すり抜けを終了し通常の運転に戻る。二輪車は四輪車を追い抜けるが、四輪車は二輪車を追い抜けないようにした。

### 4.2.3 四輪車の挙動

図4はRoad3から交差点を右折しRoad1に向かう車両の挙動を示している。Road1を走行する車両が四輪車か二輪車かにより挙動がことなる。図4の左側はRoad1を走行する車両が四輪車だった場合である。

- ① 優先車線のRoad1を走行する四輪車は交差点を直進しようとしている。
- ② 非優先車線のRoad3にいる車両はRoad1にいる四輪車を認識し、その四輪車が通過するまで待機し、その後、交差点に進出し右折する。
- ③ 優先車線のRoad1を走行する二輪車は交差点を直進しようとしている。

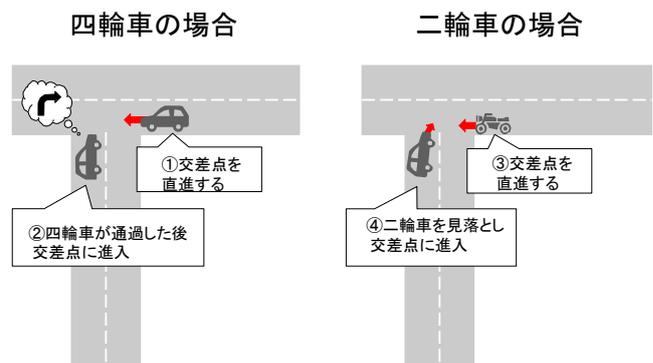


図4 四輪車の視覚

④ 非優先車線の Road3 にいる車両は Road1 にいる二輪車を認識できず、二輪車がいるのにもかかわらず交差点に進入し右折する。

このようにすることで出会い頭事故の再現を行った。

Road3 の四輪車が Road1 の二輪車を見落とす理由として、交差点に建物や壁などの遮蔽物が存在することや、漫然運転やわき見運転による見落としを想定している。また、図 5 はサンキュー事故と呼ばれる優先車両が非優先車両に道を譲ることで起こる事故を示している。

① Road1 を走行する二輪車は渋滞をすり抜け交差点に進入しようとしている。

② Road1 の先頭の四輪車は前方に渋滞があり、交差点に直進できないので Road3 の右折待ちをしている四輪車に道を譲る。

③ Road3 の先頭で右折待ちをしている四輪車は Road1 の先頭で渋滞により待機している四輪車に道を譲られたので交差点に進入するが、すり抜けを行っている二輪車は認識していない。

これによりそれぞれの車両が同時に交差点に進入することで事故が起こる。これも二輪車の見落としが原因となる出会い頭事故であり、提案手法により改善を行う。

#### 4.3 通信モデル

表 3 は本研究で使用した路側器が取り扱うデータを示している。Road1 の二輪車が交差点から 50[ m]以内に進入すると自車の車両 ID、位置情報、進行方向、時間を路側器に送信する。路側器は二輪車から受信したデータを保持する。Road3 の車両が交差点から 50[ m] 以内に進入したとき、路側器はその車両にデータを送信する。これにより、Road3 の車両は交差点に到着する前に Road1 の二輪車を認識することができる。今回の実験では通信の成功率を 100%と仮定する。

#### 4.4 V2R を用いた二輪車の出会い頭事故削減手法

無信号の交差点における二輪車の出会い頭事故を削減す

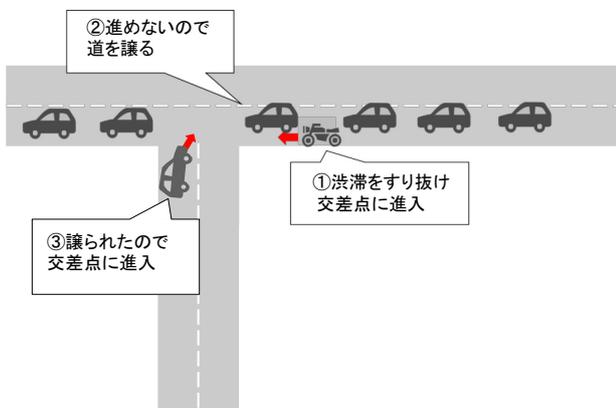


図 5 サンキュー事故の例

表 3 路側器が取り扱うデータ

項目名	説明
車両 ID	優先車線を走行する二輪車の ID
位置情報	二輪車の X 座標と Y 座標
進行方向	交差点での進行方向
時間	二輪車がデータを送信した時間

るため、V2R を用いて他車線の二輪車の認識を行う。

図 6 は V2R を用いた他車線の二輪車の認識を行うまでの挙動を示している。また、V2R を用いるため交差点には路側器が設置されている。

① Road1 の二輪車は交差点を直進し、Road2 へ向かっている。さらに、交差点から 50[m]以内に入ると二輪車は路側器と通信を開始し、二輪車は路側器に自車情報を送信する。

② 二輪車の情報を受信した路側器は Road3 の先頭にいる車両が交差点から 50[ m]以内にいる場合、その車両に二輪車が交差点に近づいていることを通知する。路側器からの情報により、Road1 の二輪車を認識した Road3 の車両は二輪車の通過を確認したあとに交差点に進入する。

現状の交通モデルでは Road3 の車両は Road1 に二輪車がいるかどうかを目視しなければならないが、提案手法では交差点から 50[ m] 以内に進入した時点で Road1 から二輪車が接近していないかを認識できるため事故が防ぐことができる。

また、事故を防ぐことは重要だが現在の交通流に悪影響を与えないことも重要である。提案手法により、Road3 の車両はブレーキをかける回数が増えることが予測でき、それがどれほど交通流に影響を与えるか評価する必要がある。

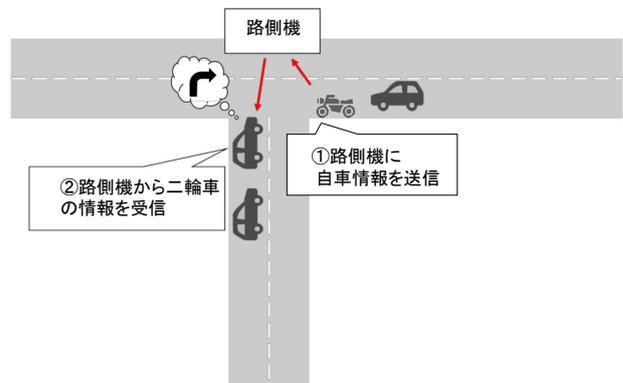


図 6 提案手法の交差点における各車両の挙動

## 5. シミュレーション実験と評価

実験では交通流シミュレータとしてスペースタイムエンジニアリング社のシミュレータ Scenargie の Multi-Agent Module を使用した。シミュレータ側であらかじめ用意されている四輪車のモデルに、前節で定義した四輪車の挙動を加えたものを使用した。また、二輪車のモデルもあらかじめ用意されている四輪車のモデルに、前節で定義した二輪車の挙動を加えたものを使用した。

### 5.1 シミュレーション条件

シミュレーションの条件を表4に示す。車両は四輪車と二輪車、合わせて500[台]を発生させる。また、二輪車の台数は交通事故総合分析センターの平成26年度の統計[1]の二輪車の保有台数が全体6[%]なのでその数値を使用した。

また、現在の交通環境を再現した出会い頭事故が起こりえる交通モデルを現状モデルと呼び、通信を使用し、出会い頭事故を削減する提案手法の交通モデルを提案モデルと呼ぶ。表4の条件でそれぞれの交通モデルを使用し、交通流シミュレータでシミュレーションを行い、それぞれの出会い頭事故の発生件数、さらに交通流を測定するため、各道路の渋滞している車両台数を平均した平均渋滞長と各道路の1分間あたりの平均通過台数を比較評価した。

### 5.2 実験結果

前節の条件に従い現状モデルと提案モデル、それぞれのシミュレーションを3回ずつ行った。表5はそれぞれの手法の出会い頭事故件数を示している。現状モデルでは合計8[件]の出会い頭事故が発生したが、提案モデルでは合計8[件]起きるはずだった事故0[件]に削減し、提案手法を用いることで無信号の丁字路における二輪車の出会い頭事故を防げることを確認できた。しかし、これはミスを起こさ

表4 シミュレーション条件

シミュレーション時間	3600[s]
車両の位置更新間隔	0.1[s]
四輪車のルート	ランダム
二輪車のルート	Road1 から Road2
四輪車の台数	470 台
二輪車の台数	30 台
車両発生間隔	指数分布

表5 それぞれの手法の出会い頭事故件数

	1回目	2回目	3回目	合計
現状モデル[件]	3	2	3	8
通信モデル[件]	0	0	0	0

ないシミュレーションであるため当たり前の結果である。ここで、このような提案手法を取るにより、交通流に影響を調査した。

図7、図8に各道路の平均渋滞数と1分間あたりの平均通過台数を示す。Road3の平均渋滞長は現状モデルでは75.2[台]、提案モデルでは76.6[台]だった。提案モデルは現状モデルと比べると、わずかに渋滞長が長くなった。またRoad3の1分間の平均通過台数は現状モデルでは4.8[台]、提案モデルでは4.5[台]だった。提案モデルは現状モデルと比べると、1分間あたりの通過台数がわずかに減少した。また、すべての道路を合計した数値を比べると平均渋滞長は2[台]増加し、各道路の1分間の平均通過台数は0.4[台]減少したが、交通流に大きな影響を与えないといえる。

わずかな交通流の悪化で、無信号の丁字路における二輪車の出会い頭事故を防ぎ、二輪運転者の命が助かると考えれば提案手法は有効だといえる。

## 6. 今後の課題

### 6.1 V2Vを用いた他車線の二輪車の認識

今回の実験では、通信にV2Rを使用したため、交差点に路側器が設置されていたが、実際の道路では路側器が設置されている道路はほとんどなく、これから路側器の設置が盛

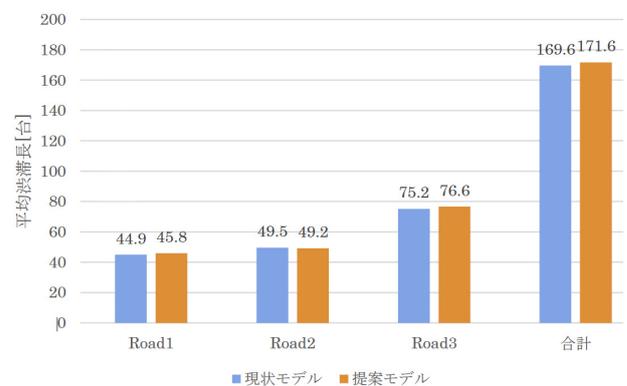


図7 各道路の平均渋滞長

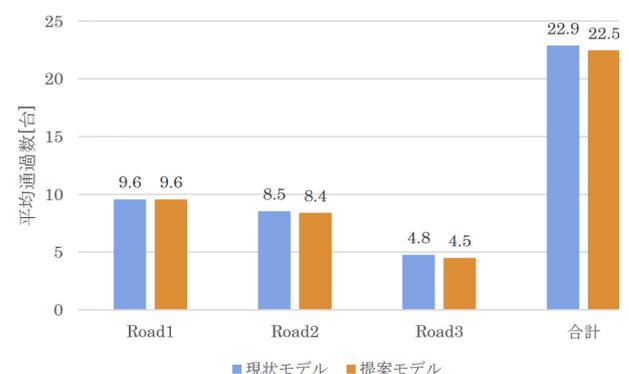


図8 各道路の1分間の平均通過台数

んに行われても、すべての交差点に路側器が設置されるわけではない。そのためV2Vを用いた他車線の二輪車の認識手法が必要である。しかし、道路情報を中継できる車両がない場合などを考慮すると課題も多い。また、車載機器が安くなることを想定したとしても、原付をはじめとした低価格帯の二輪車に車載機器を搭載することはあまりないと想定できる。その際に、スマートフォンを利用した手法が重要になると想定でき、LTEを利用した事故削減手法の確立が重要となる。

### 6.2 バイク大国を想定したシミュレーション

図9は日本自動車工業会[8]による世界各国の二輪車1台当たりの人口を示している。日本は11人につき1台だが、マレーシアやタイは日本よりも3倍保有率が高く、3人につき1台の二輪車がある。日本とは異なる道路環境であるため、今回の提案手法をそのまま使用できないと考えられる。よって二輪車の比率を高くしてシミュレーションを行った場合の課題を整理し、新しい手法を考える必要がある。また、車載機器などの普及率を想定する必要があるが、LTEなどスマートフォンベースでの手法が確立されれば、かなりの普及率を想定することができる。

### 6.3 現実的なシミュレーション

今回の実験は二輪車を考慮した出会い頭事故の削減と交通流の評価を行ったが、実際の道路には、自転車や歩行者もいるため、それらを含めたシミュレーションを行うことが望ましい。そのためには、歩行者と車両が通信をするV2Pを利用する必要がある。歩行者は通信機としてスマートフォンを使用するため、LTE回線を用いた歩行者の認識が必要となり、どのようにして相手を特定するかなど課題がある。

また、今回の実験で使用した道路モデルは無信号の丁字路だったが、様々な形状の道路でシミュレーションを行う必要がある。

さらに、今回の実験で使用した運転モデルは四輪車と二

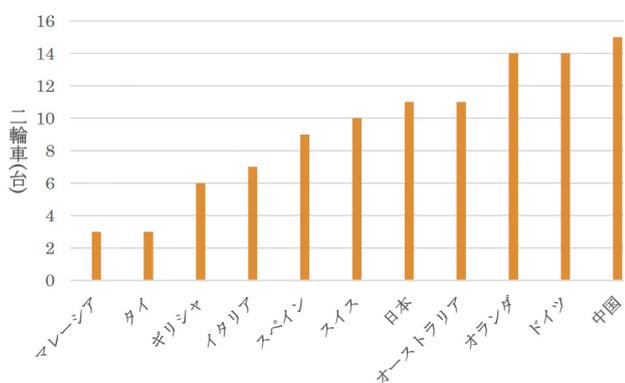


図9 世界各国の二輪車1台当たりの人口

輪車でそれぞれ1個ずつの運転モデルのみだった。そのため、慎重に運転するモデルやアグレッシブに運転するモデルなど現実に沿った運転モデルを追加するのが望ましい。

それぞれの条件でシミュレーションし、事故数や交通流の調査を行い新たな課題の発見が必要である。

また、自動車の走行モデル、ブレーキモデルもこのようなシミュレーションでは重要な要素となるため、より現実的にする必要がある。

## 7. おわりに

本論文では、V2Rを用いた無信号の丁字路における二輪車の出会い頭事故の削減手法の提案と、交通流シミュレータを用いて出会い頭事故件数と交通流を比較評価した。シミュレーションの結果、現在の交通流を再現した現状モデルでは8件の出会い頭事故が発生した。

一方、V2Rを用いて他車線の認識を行える提案モデルでは全ての事故を防ぐことができた。また、提案手法を適用したことによる交通流への悪影響もほとんどなかった。よって、現状モデルとほとんど変わらない交通流を維持しつつ、無信号の丁字路における二輪車の出会い頭事故を削減できる提案手法は有効だと言える。

今後の課題としては、V2R以外の通信の利用、多彩な道路形状や運転モデルを用いたシミュレーションを行い、V2X機能を搭載した二輪車の実現をするための課題を発見する必要がある。

## 参考文献

- [1] 交通事故総合分析センター “交通統計 平成26年” <http://www.itarda.or.jp/materials/publications.php?page=4>, (参照2017-10-05).
- [2] 木谷友哉, “Bikeinformatics: 情報科学的二輪車ITSの基盤研究,” 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2013)シンポジウム
- [3] 神村史, 木谷友哉, “SVMを用いた二輪車の運転挙動分類の基礎検討,” 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2014)シンポジウム
- [4] 丸山 一幸, 堤 陽次郎, 菅原 卓, “二輪車被視認性向上技術「FACE」デザインの研究,” 計測と制御, Vol. 46, No. 10. pp. 803-807
- [5] 西村友佑, 藤田 敦, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫, 諏訪晃, 浦山 博史, 竹嶋進, 高井峰生, “自動運転車両と従来車両の混在が相互の走行にもたらす影響の検討,” 情報処理学会研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ 2017-ITS-68.
- [6] 宮崎 千展, 松山 聖路, 徳永 雄一, 齋藤 正史, 清原 良三, “自動運転普及期のT字路におけるドライバ支援方式,” 情報処理学会 MBL, ITS 研究会 2016年12月
- [7] H. Furukawa, M. Saito, Y. Tokunaga, R. Kiyohara, “A Method for Vehicle Control at T-Junctions for the Diffusion Period of Autonomous Vehicles,” International Conference on Network-Based Information Systems 2017, pp.295-305
- [8] 日本自動車工業会 “世界各国の二輪車普及率” [http://www.jama.or.jp/world/world/world\\_2t3.html](http://www.jama.or.jp/world/world/world_2t3.html), (参照2017-10-10)