

二輪車の出会い頭事故削減方式の一検討

原 圭範¹ 清原 良三²

A Study to Reduce Traffic Accidents for Motorcycles at Intersections

YOSHINORI HARA¹ RYOZO KIYOHARA²

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表 1[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.

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. 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 Every Thing) 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.

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%

2. 基礎実験

先行研究では, V2R(Vehicle to Road)を用いた手法に効果があるかどうかを確かめるため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 [2] では車両と路車間の設備で通信を行う V2R(Vehicle to Road)を用いることで他車線を走行する車両が二輪車を認識させる実験を行い従来手法との比較評価を行った. 内容を以下に示す.

2.1 従来手法の二輪車の挙動

二輪車は車体が自動車に比べて小さいため, 自動車の脇からのすり抜けを行うことができるため前方の車両が 30 [km/h] の場合左側からすり抜けを行う条件にし, すり抜けは渋滞の先端まで行う.

2.2 従来手法の四輪車の挙動

図 2 の左側は交差点を右折し直進する際の車両の挙動を表している右側は交差点を直進する車両が二輪車であった場合である.

- ① 車両は交差点を直進しようとしている
- ② 右折をするため待機している車両は①の自動車を認識し, その自動車が通過するまで待機し, その後右折行動を行う
- ③ 二輪車は交差点を直進しようとしている
- ④ ④の車両は③の二輪車を認識することができない

2.3 提案手法

無信号の交差点における出会いがしら事故を削減するため図 3 は V2R を用いた他車線の車両を確認するまでの挙動を示している. V2R を用いるために交差点には路側機が

1 神奈川工科大学 大学院
Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

2 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

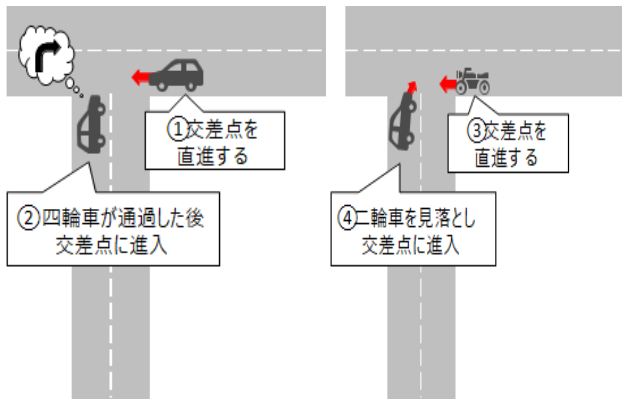


図2 従来手法の車両挙動

設置されている。

- ① Road1 の二輪車は交差点を直進し、Road2 へ向かう、そして交差点から 50[m]以内に入った場合二輪車は路側機と通信を開始し二輪車は路側機に自転車情報の車両 ID、位置情報、進行方向、時間情報を送信する。
- ② 二輪車の情報を受信した路側機は Road3 の先頭にいる車両がいる場合、その車両に二輪車が交差点に近づいているということを通知する。路側機側からの情報により、Road1 の二輪車を認識した自動車は二輪車が交差点を通過したことを確認したのち交差点に進入する。

2.4 実験と評価

実験では交通シミュレータとして Scenargie の Multi-Agent Module を使用した。またシミュレーション条件は四輪車と二輪車合わせて 500[台]発生させ先ほどの従来手法と提案手法それぞれの出会いがしら事故の事故件数さらに交通流を測定するため各道路の渋滞台数を平均した平均渋滞長と各道路の 1 分間当たりの平均通過台数を比較評価した。

表 2 を見ると従来のモデルでは 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を 0[件]に削減し、提案手法を用いることで無信号の

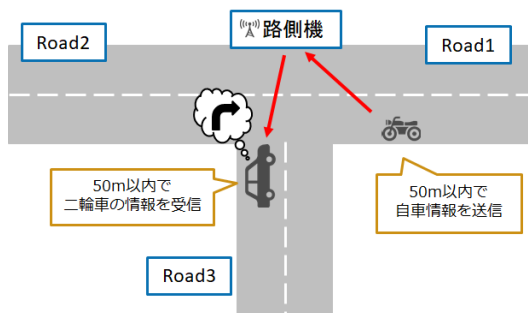


図3 提案方式

表 2 従来モデルと提案モデルの比較

	現状モデル	提案モデル
事故[件]	8 [件]	0 [件]
平均渋滞長[件]	169.6 [台]	171.6 [台]
1 分間当たりの通過台数[台/分]	22.9 [台]	22.5 [台]

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。

次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。

このように丁字路における通知手法の提案と評価を行った結果、わずかな交通流の悪化で事故率は軽減されることを明らかにした。しかし、これはあくまでもシミュレータを用いての実験であるため事故件数が 0 件になることは当然ともいえる。従来手法の際の事故件数が 8 件に対してもこれは、事故が起こる確率であるのみであった。

また、丁字路の交差点へ侵入するまでのどの距離で通知することが適切であるかについて考慮しておらず通知を行う距離が常に固定されていることは適切ではないと考えた。

見通しの悪い丁字路において従来の手法では配置されているミラーでは、相手車両を確認しにくく、また車両があることが確認できたとしても距離感がつかめないため合流するタイミングをとることが困難であり、非優先側にいる車両は結果的に頭を出して肉眼で確認を行おうとするため、優先道路を走る車両の運転手が驚きブレーキを踏んでしまう、よけるために車両を対向車線にはみ出してしまい結果事故が発生してしまうという可能性があった。そこで、これらの原因によって発生する見通しの悪い交差点での出会い頭事故を解消するため改めて V2R を利用し、図 4 のように車両 ID、位置情報、進行方向、時間を車両が交差点から x[m]以内に入りました場合路側機に送り road3 の交差点から x[m]に入った車両に対して路側機からその車両に二輪車が近づいていることを通知する方式を提案し、車両の距離や様々なスピード帯からの個別に対応した通知距離を、二輪車の交差点における適切な V2X 通信タイミングの検討 [3]では適切な通知距離を定義し、ドライビングシミュレー

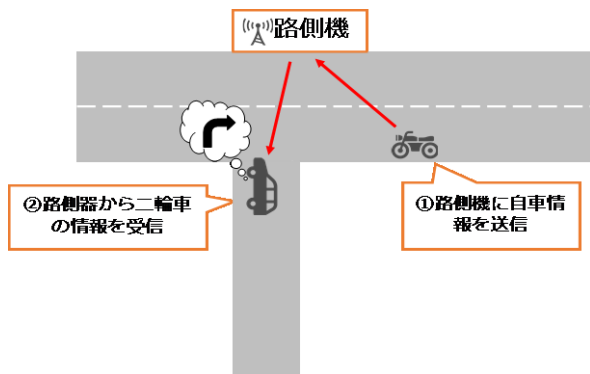


図4 V2Rを利用した提案手法

タを用いて実際の人間に運転させ通知をする際に適切な距離の調査を行った。

2.5 通知距離

交差点に車両が差し掛かったとき車両情報を相手に通知する際に重要な一つの要素として、距離がある。この通知を

行う距離が適切でない場合、例えば通知が速すぎた場合、通知された側は通知のタイミングと実際のタイミングが合わないためそのうち通知を無視するようになる。逆に遅すぎる場合も同じようになってしまう。通知する際の適切な距離は、road3の交差点を車両が通知を受け取り、通知の指示に従ったとき、実際に通知通りのタイミングにroad1, road2から車両が交差点を通過するという効果を実感できる距離でなければならない。実感する距離は個人差があり、定量的な測定では適切な結果得られない。そのため定性的な人の感覚に依る実験を行う必要がある。通知は非優先車両、優先車両に送る必要があり次にそれぞれの通知地点を図2に定義する。

2.6 通知距離の定義

通知を適切に車両に伝えるには、早すぎる場合、遅すぎる場合では意味をなさない。通知を正確に伝えるには適切な通知地点で通知を送る必要がある。次に通知地点を定義する。

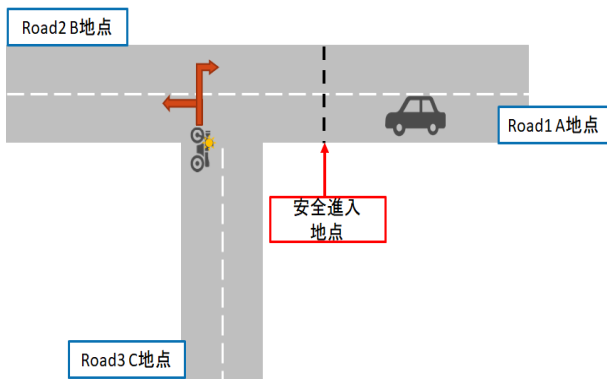


図5 安全侵入地点の定義

① 非優先車両の交差点の安全進入地点

図5に示す、非優先道路側の車両が右左折を行うために車両の頭だしを行った際、交差点に車両が近づいてきたとき、非優先車両側の車両は相手車両の位置が右左折を行っても問題がないと判断する。この時の相手車両の位置を「安全進入地点」と定義する。

③ 優先道路側の譲り合い限界地点

優先側の車両は本来、非優先道路の車両に道を譲らなければならないという決まりはないが交通流をよくするためには不可欠な行動である。

優先車両側から非優先車両を譲ろうと考えていても目視でそれを判断するのは初心者には困難であるため、非優先車両を譲ることができる距離を通知で把握しやすくすることは交通流を改善することにつながるため優先側の通知距離も求めることにする。

非優先車両が頭だしを行い右左折の合図を出している場合、優先車両側のドライバーはその車両から距離が離れている場合において、非優先側の車両を合流させる合図(パッシングなど)を行うが、ある程度交差点に近づいている場合それらの行動をとらないこの地点を譲り合い地点と定義する。

2.7 調査方法

安全通過距離は人間の感覚に依りそれらの感覚にも個人差があるためなので交通シミュレータで定量的に測ることができない。評価は、被験者にドライビングシミュレータで作成したシナリオを実際に運転してもらい被験者の感じた適切な距離を測定する。

2.8 前実験

事前調査として、ドライビングシミュレータによって被験者に運転をってもらう方式で次のように実験を行った

- ① 被験者は非優先道路側の一時停止地点から発進し、右折を行うため車両の頭を交差点へ頭だしを行う。
- ② そうすると、ある地点から、オートバイが交差点に向かって接近してくる。
- ③ 被験者は、左右の安全確認を行ったうえで、交差点に進入するかどうかを判断し右折できるなら、右折

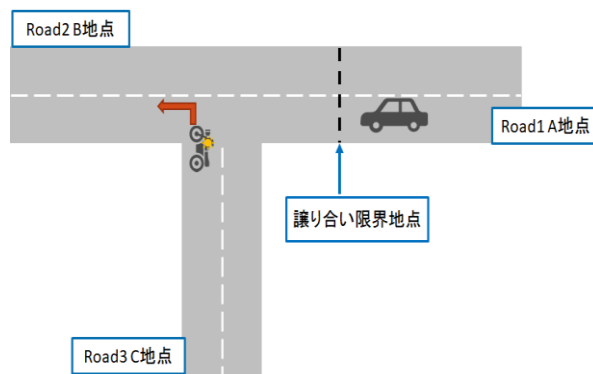


図6 譲り合い限界地点

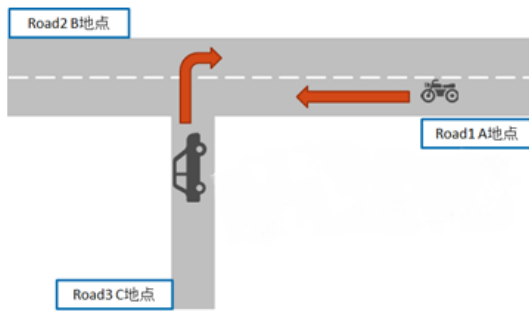


図7 道路モデル

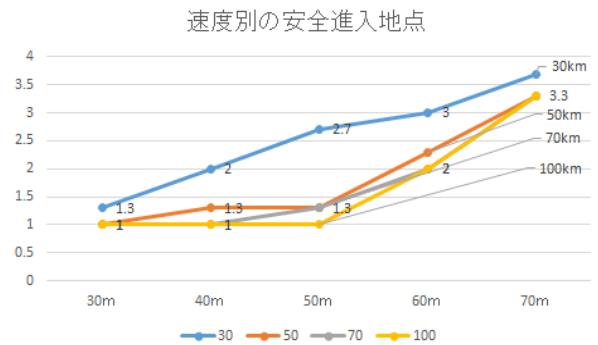


図8 事前実験結果

を行い、できない合はその場で待機してもらった

また、車両が出現する地点は、交差点から30mから70m地点まで10m刻みで出現し、またその出現地点から交差点にそれぞれ30km 50km 70km 100kmとした。

上記の実験を行い最後に

- ① 交差点に進入することが困難である
- ② 渡れないことはないが少し危険と感じる
- ③ 安全確認を十分に行い進入できる
- ④ 安全確認を十分に行い更にまだ余裕がある

これらの4択のアンケートに回答してもらった。

このアンケートは上から下に行くほど安全に感じるような数値になっており、このアンケートの番号を平均化した安全進入地点とした。

2.9 道路モデル

実験に使用する道路モデルは、図7ある片側一車線の道路に一車線の道路が合流した無信号の丁字路である。

2.10 事前実験結果

図8を見ると近速度が30kmの時は50mから70mの間50kmは50mから70m 70kmと100kmは60mから70mとそれぞれ安全進入地点になりうる境界地点が存在することが分かったが、実際に右折行動を行うことやアンケート形式では、ドライビングシミュレータの挙動は自動二輪車とは異なる点や自分が安全に進入行動をとることができると判断する感覚にずれが生じてしまうことが判明したため修正し再度実験を行った。

2.11 本実験

本実験ではドライビングシミュレータを用いて行うが、実験をリアルにするためシミュレータで見る画面を実際に存在する道路から見た景色を使用することにした。また被験者は自動二輪、または原動機付自転車の運転経験のある者のみとシミュレータを操作する際は二輪車を運転している場合をイメージして行ってもらった。

シミュレータの挙動は、実際の二輪車とは異なるため「譲り合い限界地点」以外のシナリオでは、無信号の交差点における車車間通信の人間の考察[4]を参考にハンドルのホーンのスイッチを合図にすることにした。また以下にそれ

ぞれの実験内容を示す。

① 安全侵入地点

安全進入地点は、被験者が非優先道路から優先車両へ進入しようとして頭だしを行っていることを想定して行う。優先車線側から交差点へ車両が接近してくるのを被験者は自分が交差点に進入できると判断できる場合にはハンドルのホーンの鳴るスイッチを押してもらいこのホーンを鳴らした地点を安全進入地点とする。また接近してくる車両は交差点から30mから70m地点まで10m刻みで出現し、またその出現地点から交差点にそれぞれ30km 40km, 50km, 60kmの速度で接近してくるものとする。そして被験者には、図6のRoad3

C地点の非優先道路側から右折する場合、左折する場合をそれぞれ想定してもらい測定する。また、安全進入地点は、被験者の合図してもらった中で最も通知の速いものとした理由は、通知を受け取ったあとに安全に交差点に進入を行えることを目標にしており、特に運転に不慣れな人にも効果のある通知を行えるようにするためである。

② 譲り合い限界地点

被験者が優先車線を交差点に向かって走行してもらうこととし、交差点から70m地点から出発し、また出発地点から交差点にそれぞれ30km 40km, 50km, 60kmの速度で走行してもらい、相手車両を合流させることのできる限界の地点を求める。また被験者には図7にあるRoad1 A地点、Road2 B地点を走行してもらうこととした。譲り合い限界地点に関しても被験者の合図してもらった中で最も通知の速いものとした。理由は安全進入地点と同じである。また、被験者は5名で行った。

2.12 本実験結果

前節の条件で被験者にドライビングシミュレータを操作してもらった。図9は右を確認している状態で右折を意識して合図を行ってもらったものである。また図の数値は、被験者が向かってくる車両に対して交差点から何m離れた地点で合図をしたかを表している。結果を見るとそれぞれの図で以下のことが判明した。

① 図 9, 図 10, 図 11 の安全通知距離は, 走行してくる車両の位置から訳 1m から 2m の地点であり, このことから運転者はこのわずかな時間で右左折を行えるかどうかの判断をしている。

② 右を見た状態で右折を判断する場合と左を見た状態で右折を判断する場合とでは, あまり差がみられない。

③ 図 12 の譲り合い限界地点では, 相手車両を譲ろうと判断し減速する地点には各速度帯で見て, 時速 30km で走行している場合と 40km, 50km で走行している場合では 7m ほどの差があるが 60km を超えた時の減速のタイミングが 30km の時とあまり変わらない。

3. 課題の整理

各速度帯の車両に対して適切な通知距離を求めた。実現に向けて次の課題になるのが車載機を二輪車に搭載させる方法についてである。冒頭でも述べた通り二輪車には, 積載性がないということ, 高額になることが予想される車載機がほぼ全てのライダーに普及していくかと考えた際, 例えば二輪車の死亡率が 7 割を超えるタイ [5] などで提案手法を確立していくと考えた際, 専用の車載機では経済的に難しいと考える。そこで, 提案手法にあるように通信は専用の車載機を使うのではなくスマートフォンを用いる。しかしスマートフォンの GPS は精度がよいとは言えない。

特に街中やビルなどが並ぶ見通しの悪い交差点などでは, マルチパスなど影響でスマートフォンの GPS 精度に期待することはできない。本論文ではこのスマートフォンの GPS の精度を補正する手法を提案する。

4. 提案手法

現在車両同士の事故を削減させるために自動車などでは V2V の車車間通信の研究が盛んに行われておりある程度の実用化も実現している。しかし, 死亡事故の多い二輪車に対しての研究はあまり活発とは言えない。二輪車も自動車同様に車車間装置や路車間との通信を行うことで, 事故を低減させる手法を考える必要がある。

そのためには自車の正確な位置や速度を受信, 送信することができる装置が必要になる。自動車は上記した通り専用の車車間通信を行うための装置があり, 自動車の積載性を考えると後付けの装置の導入も可能であるため問題はない。しかし, 二輪車は車種によっては積載性のないものがあり全ての車両に二輪車専用の装置を搭載できるとは言えない。そして, 比較的安価な二輪車を所持しているライダーが追加で車車間装置を購入するとは考えにくい。また, 今後生産される二輪車には車車間通信用の装置が搭載されることも予想できるがそれらがすべてのライダーに普及していくとは限らない。提案手法ではスマートフォンを装置として活用することで自動車に二輪車の位置を正確に認識させることで出会い頭事故を削減する。

速度別の安全進入地点

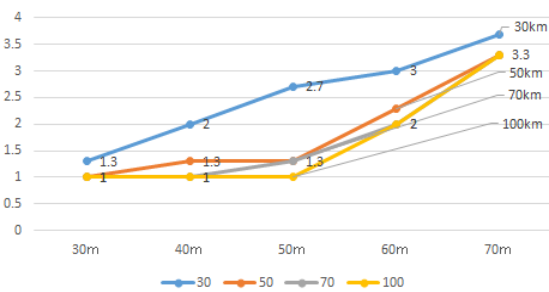


図 9 右確認で右折を意識

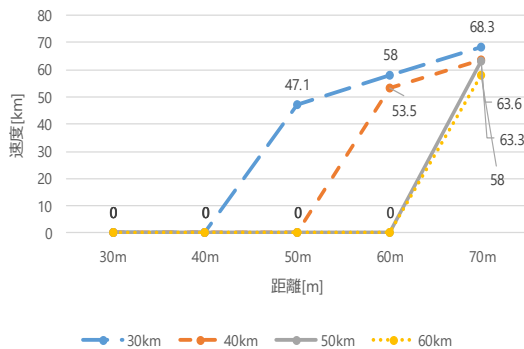


図 10 右確認で左折を意識

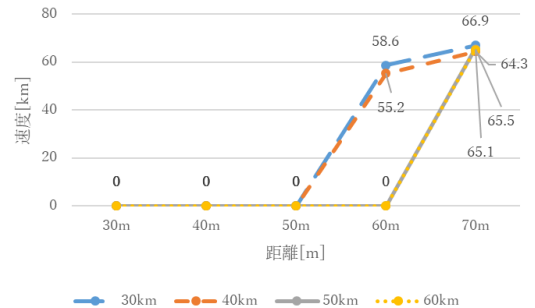


図 11 左確認で右折意識

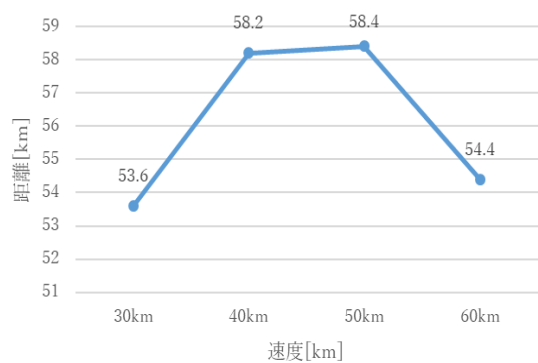


図 12 譲り合い限界地点

しかしここで問題となるのは、スマートフォンのGPSの精度についてである。スマートフォンのGPSは、特に高層ビルなどの多い街中ではマルチパスの影響を受けやすく誤差が起きる。反対に建物が密集していない地域ではGPS精度も良くなるが、そういった場所では見通しのよい場所が多くなるため事故も起こりにくいと考える。本論文では、GPSの誤差が大きくなる都内に向けての実現に向けた手法を考えることにする。

図13のように街中にはWi-Fiのスポットが多数ありこれらに自車の情報を送ることで正確な位置と進行方向を明らかにする。

提案手法は図14にあるようにWi-Fiスポットが二か所存在することを前提に考える。

- ① Wi-Fiは位置情報を持っておりそこにスマートフォンを持っているライダーが通信範囲内に入ると自車のスピードと方向の情報を送る。
- ② そうすると、Wi-Fi①はスマートフォンが持っている地図の情報とライダーの情報を組み合わせてライダーがどの道を使って走行しているかの大きな位置を特定する。
- ③ そしてWi-Fiが大まかに補正した情報をライダーのスマホ側に送信する。次に補正された情報を持ったスマホが次のWi-Fiに情報を送る。
- ④ Wi-Fi①とWi-Fi②で補正した情報を組み合わせさらに細かく補正することでビルの多い街中でもより正確な位置情報と走行する向き、時速から交差点までどれほどの時間で到達するかを把握することができる。

そのことにより、相手車両に対して正確な位置情報を伝えることができ、結果スマートフォンのGPSの精度が悪くなる街中の精度補正をおこない、見通しの悪い交差点における出会いがしら事故を削減できると考える。

5. 実験内容

提案手法で述べた通り図14のWi-Fi①で補正した位置情報とWi-Fi②で補正した位置情報を組み合わせることで、より正確な位置情報を取得することが出来るが、実際にはスマートフォンとWi-Fiとの間の通信速度が問題になると考える。二輪車はある程度の速度(30km)を出して走行しているため通信を確立している間にWi-Fiのスポットを通り過ぎてしまう可能性がある。

提案手法を作成する際に事前にスマートフォンとWi-Fiの通信にどれ程の時間がかかるのか、また通信成功率についても調査する必要がある。

実験は交通シミュレータScenargieを用いる。交通シミュレータで実験を行う際にはOSM(Open Street Map)を用いて図15にあるように、神奈川県、本厚木駅周辺のmapを使用し実験を行う。また、交通シミュレータでは実際の通信



図13 本厚木駅周辺の Open Street Map

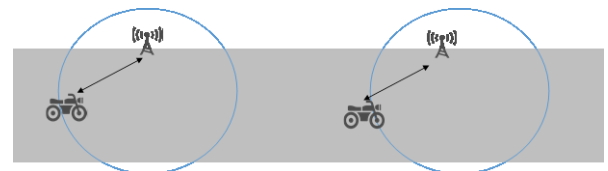


図14 提案手法



図15 本厚木駅周辺の Open Street Map

を行う際に発生する遅延や通信障害まで細かに再現することは困難であるため、実験を行った後実際のスマートフォンを用いても調査する必要がある。

6. 参考文献

- [1] 交通統計 平成 26 年度版.
<http://www.itarda.or.jp/materials/publications.php?page=4> 交通事故総合分析センター.
- [2] 原圭範, 清原良三: 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, 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
- [3] 原圭範, 清原良三: 二輪車の交差点における適切な V2X タイミングの検討, 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
- [4] 沼田仲穂, 竹本雅憲, 久保田泰成, 富永隆人, 柴藤聖也, 北島洋樹, 無信号交差点における車車間通信の人間工学的考察, 日本機械学会論文集, Vol. 82, No. 835, 2016.
- [5] Traffic Accident Statistics for Thailand
<http://www.thaiwebsites.com/caraccidents.asp>.