

# 車両グルーピングを用いた歩車間通信における検出率向上の検討

米持一樹<sup>†1</sup> 高塚雄也<sup>†1</sup> 角武憲<sup>†1</sup>

無線端末の普及に伴い、簡易危険予知機能などの用途を想定した無線通信による歩車間通信が検討されている。我々は車両と歩行者間の無線 LAN 通信における課題の 1 つである、車両が歩行者を検出する際の検出時間に注目し、検出時間短縮を目指した探索アルゴリズム改良方式を提案している。しかし、車両と歩行者が多い状況では、通信の衝突確率が高まり、通信失敗による検出率低下が課題となっている。そこで本論文では、複数の車両が歩行者検出する際、探索アルゴリズム改良方式に加え、車両をグルーピングすることにより全体の通信量を削減し、自動車と歩行者が増加した際の検出率を改善させる方式を提案する。また提案方式の有効性をシミュレーション評価により示す。

## A Study on improving detection rate for Vehicle-to-Pedestrian Communication using vehicle grouping

KAZUKI YONEMOCHI<sup>†1</sup> YUYA TAKATSUKA<sup>†1</sup>  
SUMI TAKENORI<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

国土交通省の交通事故データ集[1]によると、交通死亡事故における歩行者死亡数の割合は年々増加し、約 4 割に達している。運転者の安全不注意が原因の事故は、全交通死亡事故の 57% を占めており、歩行者死亡事故の 74% は、歩行者の道路横断中に発生している。従って、歩行者死亡事故は、見通しの悪い道路や交差点において、自動車と歩行者双方が互いの存在に気付かないケースが多いと考えられる。そこで、自動車と歩行者双方が互いの位置情報を交換し、事故を未然に防止することを目的とした歩車間通信が検討されている。現在、スマートフォンやタブレット等のモバイル機器が普及し、他方では無線機能を搭載した車載機器が普及しているため、歩行者と自動車が無線通信により情報を相互に伝達する環境は整いつつある。歩車間通信を実現する場合、自動車による歩行者端末の検出時間の短縮が重要となる。更に、通信範囲内の歩行者を確実に検出する、高い歩行者検出率の実現も当然重要となる。現在、自動車同士や自動車と様々な無線機器（路側機等）が連携する V2X (Vehicle-to-X) の検討が進んでいる。V2X を実現する無線規格の一つとして IEEE802.11p[6]が規格化されているが、これは主に車車間/路車間通信向けであり、歩車間通信への適用可否については明らかでない。また、広く普及している汎用無線 LAN (IEEE802.11a/b/g/n) [7]等は、自動車などの高速移動体への適用については考慮されていないため、歩車間通信への適用が難しい。

そこで我々は、自動車による歩行者端末の検出時間と検出率を考慮した歩車間通信方式の検討を進めている。具体

的には、広く普及しており、評価環境構築が容易な汎用無線 LAN をベースに、検出時間 100 ミリ秒以内、検出率 95% 以上を目標値に設定し、自動車の探索アルゴリズムを改善した。その結果、歩行者検出時間 100 ミリ秒以内を達成している[2]。尚、目標値は国土交通省の先進安全自動車推進計画報告書[3]で記されている車車間通信における目標値を参考に設定した。しかし、自動車と歩行者が多い状況では、通信量の増加による通信衝突が多く発生し、検出率低下に繋がるのが課題となっている。

そこで本論文では、複数の自動車をグループ化することにより探索メッセージを削減し、自動車と歩行者が多い状況でも検出時間と検出率の目標値を達成させる、車両グルーピングを用いた歩車間通信法を提案するとともに、シミュレーション評価による有効性を示す。

本論文は次のように構成される。第 2 章では歩車間通信の関連技術として汎用無線 LAN、IEEE802.11p、探索アルゴリズム改良方式[2]について説明する。第 3 章では本論文の提案方式である、車両グルーピングを用いた歩車間通信方式について説明する。第 4 章では、提案方式のシミュレーションによる評価方法と、シミュレーション結果を説明する。第 5 章で提案方式のまとめと今後の課題を説明する。

### 2. 関連技術

本章では、無線規格である IEEE802.11 (汎用無線 LAN) と IEEE802.11p、我々が提案した探索アルゴリズム改良方式について説明する。

#### 2.1 IEEE802.11 (汎用無線 LAN)

IEEE802.11a/b/g/n といった無線 LAN (以下、汎用無線

<sup>†1</sup> 三菱電機(株)  
Mitsubishi Electric Corporation

LAN とする)を利用した歩車間通信の検討が進んでいる [5][8]。STA (Station) と AP (Access Point) 間の汎用無線 LAN による接続手順は図 1 の通りである。まず、STA は通信先となる AP を探索するため、Probe Request を送信する。Probe Request を受信した AP は Probe Response を送信することで、STA は Probe Response 受信により AP を検出することができる。その後、認証等の接続手続き完了後、AP-STA 間のデータ通信が開始される。

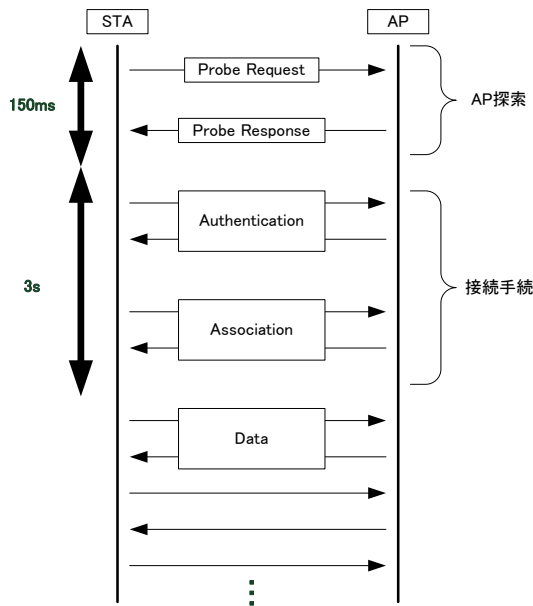


図 1 汎用無線 LAN 接続の流れ

STA を自動車、AP を歩行者として歩車間通信を考えた場合、高速で走行している自動車は歩行者との接続手続き完了前に歩行者の通信範囲外に移動してしまう可能性がある。そこで、汎用無線 LAN の歩車間通信への適用としては、Probe Request と Probe Response にそれぞれの GPS 情報等データを付加し、AP 探索処理のみで歩車間通信する方式が考えられる。

2.4GHz 帯の汎用無線 LAN を利用した AP 探索処理を、図 2 を利用して説明する。

- ① STA (以降自動車と記す) は任意の周波数チャンネルにて Probe Request をブロードキャスト送信する。
- ② Probe Request を受信した AP (以降歩行者と記す) は、Probe Response を自動車に対してユニキャスト送信する。
- ③ 自動車は Probe Request 送信後、歩行者から送信される Probe Response を、MinChannelTime 経過まで受信待受けする。MinChannelTime 期間内に Probe Response を一つ以上受信した場合、MaxChannelTime 経過まで受信待受けを延長する。

自動車は、①～③の処理を利用する全ての周波数チャンネルで実施する。

AP 探索処理時間 (以降歩行者検出時間と記す) は、目

標値である歩行者の検出時間 100 ミリ秒より長くなる可能性が高い。検出時間が長くなる原因として、各チャンネルで歩行者からの Probe Response 待受け期間を設ける必要があることが挙げられる。歩行者の保持する無線 LAN 端末は様々な周波数チャンネルで動作するため、検出時間が長期化する問題は、歩車間通信を考える上で対処すべき課題である。

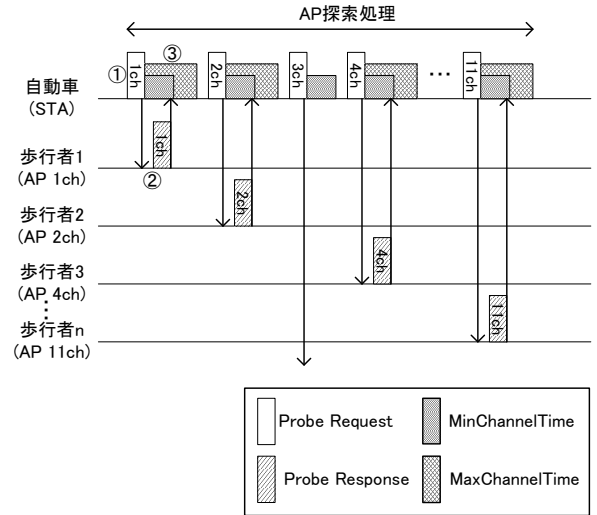


図 2 汎用無線 LAN の AP 探索

## 2.2 IEEE802.11p

IEEE802.11p は 5.9GHz 帯を用いる路車間通信、車車間通信を対象とした、IEEE802.11 の拡張方式であり、歩車間通信への導入も検討されている [4]。汎用無線 LAN との相違点は表 1 の通りである。

表 1 汎用無線 LAN と IEEE802.11p の比較

	汎用無線 LAN	IEEE802.11p
チャンネル	各端末が自由にチャンネルを設定	利用アプリケーションごとにチャンネルを指定
通信手順	AP 探索と認証後、データフレームを送信	指定されたチャンネルでデータフレームを送信
端末探索	利用可能な複数のチャンネルの探索が必要	指定されたチャンネルのみで探索

IEEE802.11p は上位レイヤに Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)を利用し、WAVE がチャンネル制御を行う。利用チャンネルは CCH (コントロールチャンネル) と SCH (サービスチャンネル) の二種類ある (表 2)

路車間通信の危険通知例を示す。まず CCH 上の通信により自動車側から路側機に通知することで、路車間通信が開始する。その後、路車間で危険通知用に指定された周波

数チャンネルによる SCH で、危険通知を実施する。また SCH による危険通知時、定期的に時間同期等の理由で CCH によるメッセージ送信が必要となる。

以上のように、端末同士の通信において、周波数チャンネルが 1 つのみの CCH を利用する仕様となっている。歩車間通信では、多くの歩行者が自動車と通信するため、路車間通信及び車車間通信と比較し、通信端末が多くなる。従って、CCH または SCH の特定チャンネルを多くの端末が共有することから、歩車間通信への適用可否は明らかではない。また、既存の IEEE802.11 端末が IEEE802.11p を利用する場合、WAVE システムを適用することになり、大幅な改修が必要となる。

表 2 CCH と SCH

CCH	【周波数チャンネルは一つ】 制御/管理メッセージ、緊急性の高いショートメッセージを通信/転送する。 定期的に CCH による通信が必要である。
SCH	【周波数チャンネルは複数】 アプリケーションの相互通信/転送を行う。 アプリケーションごとのチャンネル利用法は地域により異なる。

### 2.3 探索アルゴリズム改良方式[2]

我々は、一般的に広く普及している汎用無線 LAN をベースに、他の様々な無線規格にも適用可能な歩車間通信について検討している。汎用無線 LAN を歩車間通信に適用する場合、2.1.章で述べたように歩行者検出時間が問題となる。そこで、汎用無線 LAN をベースとし、図 3 に示すように探索アルゴリズムを改良することで、歩行者検出時間を改善した。

- ① 自動車は、Probe Request に GPS 情報、応答オフセット時間及び応答チャンネル情報を付加し、使用する全ての周波数チャンネルへブロードキャスト送信する。Probe Request 送信後、歩行者の Probe Response を MinChannelTime 経過 (MinChannelTime 以内に Probe Response を一つ以上受信した場合は MaxChannelTime 経過) まで、応答チャンネルで受信待受けする。
  - 応答オフセット時間  
歩行者が Probe Request 受信後、Probe Response 送信まで待機する時間。
  - 応答チャンネル  
自動車が Probe Response を受信待受けする周波数チャンネル。また、歩行者が Probe Response 送信で利用する周波数チャンネル。
- ② Probe Request を受信した歩行者は、Probe Request に付加されている応答オフセット時間と応答チャンネル情報を取り出し、応答オフセット時間待機する。
- ③ Probe Request を受信した歩行者は、応答オフセット時

間経過後、自身の周波数チャンネルを応答チャンネルに変更し、Probe Response を送信する。送信後、もとのチャンネルに変更する。

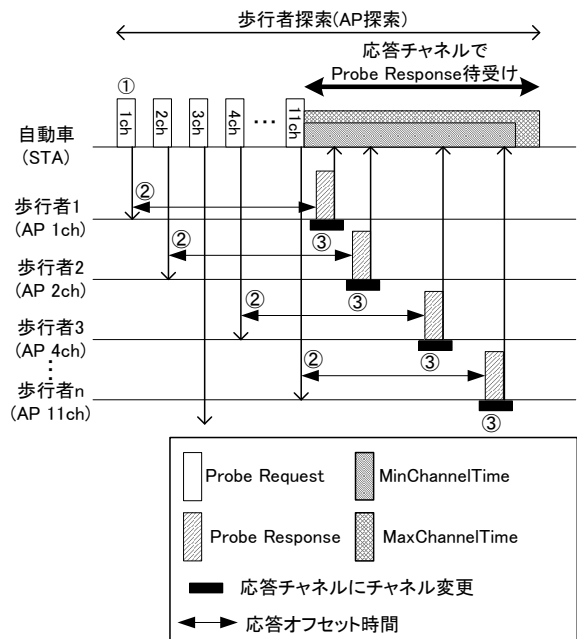


図 3 探索アルゴリズム改良方式

以上の処理により、自動車は異なる周波数チャンネルを利用している歩行者の Probe Response を、受信待受け期間にまとめて受信することが可能となる。また、シミュレーションから、自動車 1 台、歩行者 1~100 人の条件のもと、歩行者検出時間を 100 ミリ秒以内に抑えることが分かっている。

尚、Probe Request と Probe Response のフレーム (図 4) には Vendor Specific フィールドを用意し、GPS 情報を格納する。また、Probe Request の Vendor Specific フィールドには、応答オフセット時間と応答チャンネルの情報も格納する。

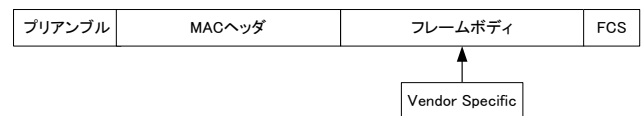


図 4 フレーム図

この探索アルゴリズム改良方式により、歩行者検出時間が短縮される。一方、自動車が多い環境では歩行者探索に要する通信量が大幅に増加し、以下の問題が多く発生し、検出率が低下する。

- Probe Request が他の通信と衝突し、歩行者が受信できない。尚、Probe Request はブロードキャスト送信なので、通信失敗した際の再送は無い。
- Probe Response 送信失敗時の再送処理が複数回起こり、自動車の待受け時間経過までに Probe Response が送信完了しない。
- 歩行者がキャリアセンスによる通信待機の状態が増

加し、自動車の待受け期間経過までに Probe Response を送信できない。

### 3. 車両グルーピングを用いた歩車間通信方式

2.3 章で記述したように、探索アルゴリズム改良方式[2] は自動車が多い状況において、歩行者検出率が低下する課題があった。そこで本論文では[2]の方式をベースに、複数の自動車をグルーピングすることで通信量を削減し、検出時間を短縮しつつ検出率を向上させる方式を提案する。尚、本論文では複数の自動車によるグループを構築した後の歩行者検出処理を説明する。具体的には、グループオーナー（グループ内の代表車両）が歩行者検出処理を行い、結果をグループメンバ（グループオーナー以外の車両）に送信する処理について説明する。

提案方式では、Probe Request による歩行者検出活動はグループオーナーのみ行い、グループオーナーは、Probe Response 受信待受け (MaxChannelTime) 終了後、歩行者検出結果をグループメンバへ送信する。これにより、グループメンバの歩行者検出活動を制限し、全体の通信量を削減する。グループによる歩行者検出活動の具体的な処理手順を図 5 より説明する。自動車は自動車 1~4 (自動車 1 の Probe Request 送信時、自動車 2、3、4 の動作チャンネルはそれぞれ 1ch、10ch、1ch)、歩行者は歩行者 1~n (動作チャンネルはそれぞれ 1~11ch) である。自動車 1~3 は、自動車 1 をグループオーナーとしたグループを構築しており、一方、自動車 4 は単独でデバイス探索を行っている。

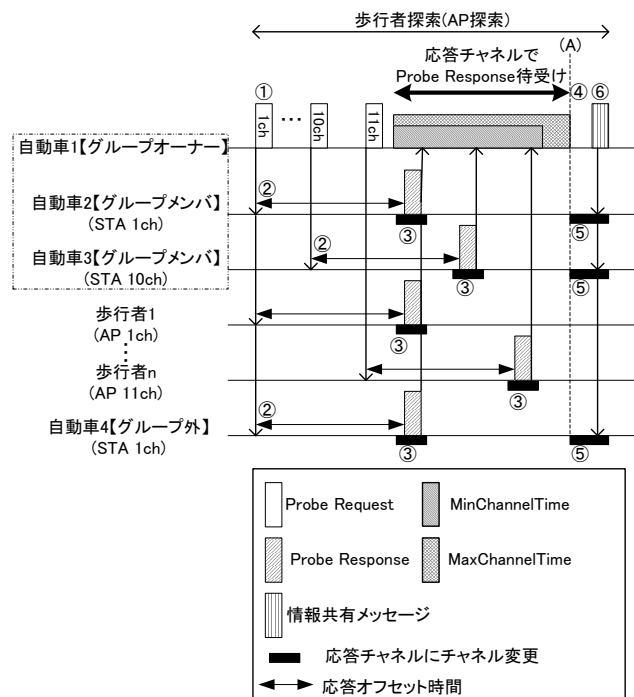


図 5 提案方式

① グループオーナーは、応答オフセット時間と応答チャ

ネル情報を付加した Probe Request をブロードキャスト送信する。

- ② Probe Request を受信した自動車 2、3、4 は、自動車 1 の(A)の時間 (MaxChannelTime 終了時間) を算出する。
- ③ 自動車 2、3、4 及び歩行者は、応答オフセット時間経過後、自身の周波数チャンネルを応答チャンネルに変更し、自動車 2、3 は「グループメンバ」、自動車 4 は「グループ外自動車」、歩行者は「歩行者」を示す識別子 (送信者種別判定情報) を付加した Probe Response を送信する。送信後、自身のもとの周波数チャンネルに変更する。
- ④ 自動車 1 は Probe Response 待受け終了後、送信者種別判定情報が「グループ外自動車」の Probe Response を受信していた場合、自身と Probe Response を送信した自動車 (ここでは自動車 4) でグループメンバ追加処理をする。
  - グループメンバ追加処理では、グループ外自動車の GPS 情報を参照し、グループ加入の有無を決定する。
  - 【具体例】自動車 1 と自動車 4 の走行速度や走行方向がほぼ等しく、走行位置が一定距離以内にある場合、自動車 4 をグループに加入させる。また自動車 1 は、送信者種別判定情報が「グループメンバ」である自動車 2、3 の Probe Response を受信することで、自動車 2、3 の GPS 情報を更新する。その後、グループメンバ除外処理をする。
  - グループメンバ除外処理では、グループメンバの GPS 情報を参照し、グループに留める、または除外するかを決定する。
  - 【具体例】自動車 1 と自動車 2 の走行速度や走行方向が大きく異なっていた場合、自動車 2 をグループから除外する。
- ⑤ 自動車 2、3、4 は、②で算出した(A)の時間で周波数チャンネルを応答チャンネルに変更し、情報共有メッセージの受信待ちをする。
- ⑥ 自動車 1 は、自動車 2、3 に対して、グループメンバ除外処理結果と自動車 1 が検出した歩行者情報 (GPS 情報等)、更にグループメンバ情報 (GPS 情報等) を付加した情報共有メッセージを送信する。また、自動車 4 に対して、グループメンバ追加処理結果と自動車 1 が検出した歩行者情報、更にグループメンバ情報 (GPS 情報等) を付加した情報共有メッセージを送信する。情報共有メッセージを受信した自動車 2、3 は、自身のもとの周波数チャンネルに変更する。情報共有メッセージに付加されている歩行者情報から周辺にいる歩行者位置等、グループメンバ情報からグループメンバの位置情報等が把握できる。また、情報共有メッセー

ジに付加されているグループ除外処理結果から、グループ活動を継続、または単独での活動を開始する。情報共有メッセージを受信した自動車4は、自身のものとの周波数チャンネルに変更する。情報共有メッセージに付加されているグループ追加処理結果から、グループ活動に加入、または単独での活動を継続する。

尚、Probe Request を送信する自動車が増加するにつれ、歩行者はチャンネル変更のタイミングが多くなる。そのため、他の自動車が送信する Probe Request を自身の周波数チャンネルで受信できない場合が増加する。

その対策として、自動車は図 6 に示すように、Probe Request を複数回 (図 6 では 2 回) 送信することで、周辺自動車と周辺歩行者の Probe Request 受信率を向上させることができる。

- ① 自動車 1 は、利用する全周波数チャンネルに対して Probe Request を送信した後、再び全周波数チャンネルに対して Probe Request を送信し、応答チャンネルで Probe Response を待受ける。尚、2 回目の Probe Request に付加する応答オフセット時間は、1 回目の Probe Request の応答オフセット時間経過タイミングと一致するように設定する。
- ② Probe Request を受信した歩行者は、応答オフセット時間後に Probe Response を送信するが、1 回目と 2 回目両方の Probe Request を受信した場合は、どちらかの Probe Request を破棄し、Probe Response 送信は 1 回のみとする。

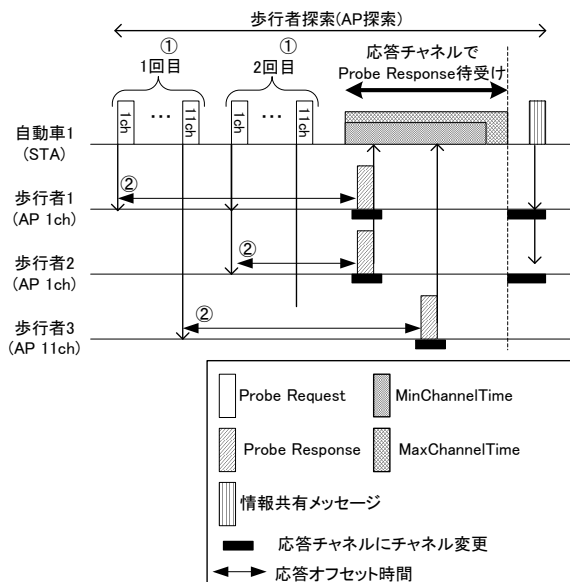


図 6 Probe Request 2 回

尚、Probe Request を受信する自動車も同様に処理する。

## 4. シミュレーション評価

本章では、NS3 を用いた提案方式のシミュレーション結果を示す。本論文では、歩行者検出率、検出時間及び通信量について評価し、提案方式の有効性を示す。

### 4.1 評価環境

#### 4.1.1 評価対象

評価は以下の 3 方式をそれぞれ 100 回シミュレーションし、通信量・検出率・検出時間の平均値を評価した (検出時間のみ、最大値も評価した)。

#### I. 汎用無線 LAN による歩行者探索

図 2 で示したように、自動車が全周波数チャンネルを探索するまでを評価する。

#### II. 探索アルゴリズム改良方式

図 3 で示したように、自動車が Probe Request 送信を開始してから、MaxChannelTime 経過までを評価する。

#### III. 提案方式 (Probe Request 2 回送信)

図 6 で示したようにグループオーナーは Probe Request を 2 回送信する。尚、予めグループ数とグループオーナー及びグループメンバは固定した状態で評価する。

本シミュレーション評価による評価項目を表 3 に示す。

シミュレーション環境で用意する自動車数と歩行者数は現実的な数値とするため、神奈川県鎌倉市の通行量資料[9]を参考に、自動車数 10 台、歩行者数 30 人を想定環境とした。

表 3 評価項目

通信量	パケット数 (自動車・歩行者が送信する Probe Request・Probe Response・情報共有メッセージの数。但し再送パケットを除く)
	再送パケット数
検出率	歩行者検出率 (自動車が Probe Response 受信により、歩行者を検出した割合)
検出時間	歩行者探索に要した時間

#### 4.1.2 シミュレーションパラメータ

NS3 シミュレータで使用した伝送規格を表 4、歩行者及び自動車のパラメータを表 5 に示す。

表 4 伝送規格

規格	IEEE802.11n
周波数	2.4GHz
帯域幅	20MHz
変調方式	OFDM
伝送レート	65Mbps

表 5 歩行者・自動車の要件

歩行者人数	1,10,20,30,40,50[人]
自動車数	10 [台]
配置	ランダム固定配置 (全走行車・歩行者が通信可能な範囲)
周波数チャンネル	1~11ch
車両グループ数	3 (各自動車をランダムにグルーピングしグループオーナーを決定)

次に、評価対象により設定が異なるパラメータについて示す。評価対象ごとのパラメータ設定は表 6 の通りである。

表 6 パラメータ

汎用無線 LAN パラメータ	MinChannelTime	1000[μs]
	MaxChannelTime	10240[μs]
探索アルゴリズム 改良方式 パラメータ	MinChannelTime	7450[μs]
	MaxChannelTime	27000 [μs]
	応答オフセット時間	7000 [μs]
提案方式 パラメータ	MinChannelTime	7450[μs]
	MaxChannelTime	27000 [μs]
	応答オフセット時間	14700[μs]※

※Probe Request 1 回目のオフセット時間

## 4.2 評価結果

評価対象は、結果を示す図中で表 7 の通りに表記する。

表 7 評価対象の表記方法

評価対象	表記方法
汎用無線 LAN	802.11n
探索アルゴリズム改良方式	改良方式
提案方式	提案方式

### 4.2.1 通信量

評価結果を図 7 に示す。

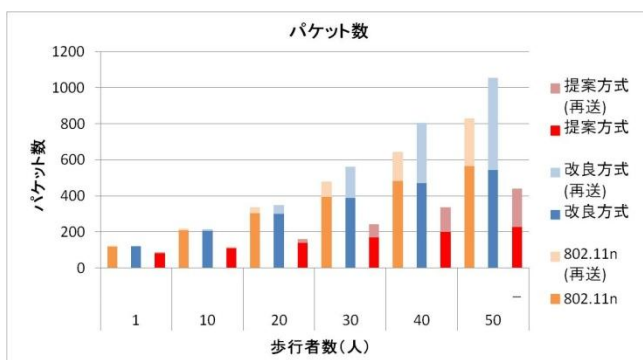


図 7 パケット数

歩行者 10~50 人の時、提案方式のパケット数は改良方式

の 50%以下となっている。従って、提案方式による探索メッセージの削減が、効果的であることを示しており、4.2.2 章の検出率向上に繋がっている。

### 4.2.2 検出率

歩行者検出率の評価結果を図 8 に示す。

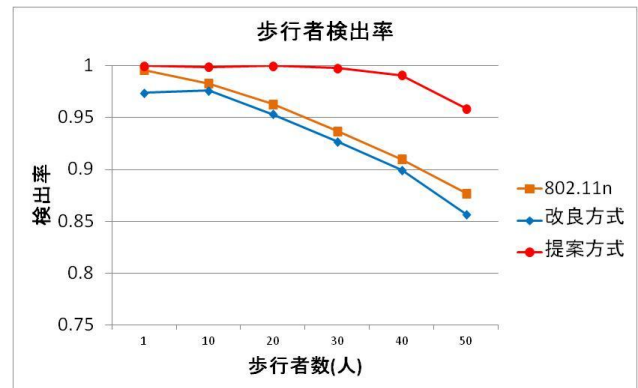


図 8 歩行者検出率

歩行者が増加するにつれ、全評価対象の検出率が低下しているが、提案方式は目標値として設定した歩行者 30 人時の検出率 95%以上を満たしている。図 7 に示すように、提案方式の通信量は 802.11n 及び改良方式よりも少ないため、通信衝突による通信失敗が発生しにくい。従って、歩行者が増加しても検出率の低下を抑えられている。

### 4.2.3 検出時間

歩行者検出時間の平均値及び最大値を図 9 及び図 10 に示す。

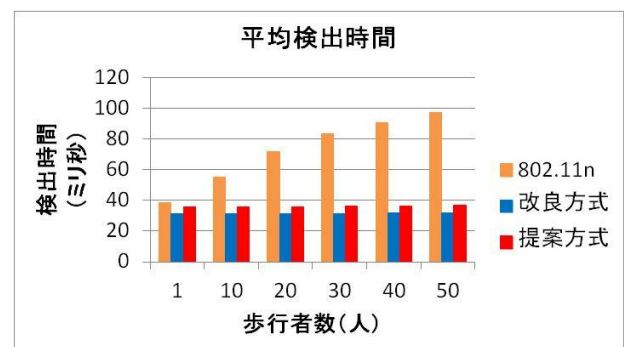


図 9 平均検出時間

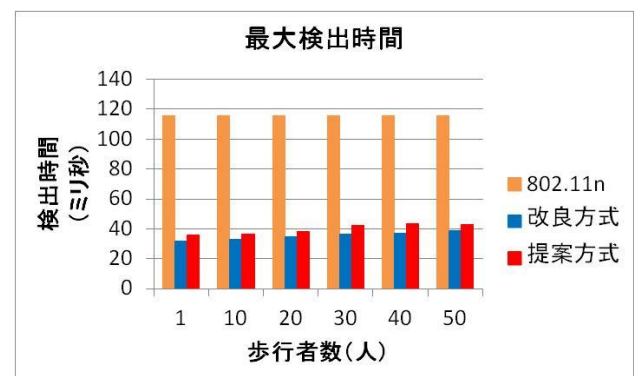


図 10 最大検出時間

図 9 より、提案方式は Probe Request 送信数が増加した分、平均検出時間も増加しているが、目標値は達成している。探索アルゴリズム改良方式と提案方式の平均検出時間の差は 4~6 ミリ秒と小さく、提案方式の検出時間増加分による影響は小さい。一方、802.11n の平均検出時間は、100 ミリ秒を超過するケースもあり、他の評価項目と比べて 2 倍以上となっている。

図 10 より、検出時間最大値の結果では、探索アルゴリズム方式と提案方式は 100 ミリ秒以内に収まっている。一方 802.11n は、平均検出時間の結果では 100 ミリ秒を超過していないケースがあったが、シミュレーションごとで値にばらつきがあるため、最大検出時間はすべてで 100 ミリ秒を超過している。802.11n において最大検出時間 100 ミリ秒を超えた自動車の割合を表 8 に示す。

歩行者が少ない時は、検出時間 100 ミリ秒以上の自動車は少ない。しかし、自動車と歩行者の数が増加するにつれ、検出時間 100 ミリ秒以上の自動車が多くなっている。従って、802.11n は多くのケースで検出時間 100 ミリ秒以内を達成できず、歩行者の早期検出に課題を持つが、提案方式によって検出時間及び検出率ともに改善することが分かった。

表 8 802.11n の検出時間 100 ミリ秒超えの自動車割合

歩行者数 (人)	自動車割合 (%)
1	4.40
10	11.60
20	20.80
30	27.90
40	37.30
50	48.20

#### 4.3 考察

パケット数は、歩行者のパラメータに関係なく、提案方式は汎用無線 LAN 及び探索アルゴリズム改良方式と比較し約 50%減少した。自動車数と歩行者数の増加に伴い、提案方式と探索アルゴリズム改良方式の検出率の差が広がっているが、これは通信量削減による効果が大きく、提案方式による検出率の改善が表れている。また、実際の環境を想定した歩行者 30 人の時、歩行者検出時間 100 ミリ秒以内及び検出率 95%以上の目標値を、提案方式により達成した。

ただし、提案方式でも歩行者数増加と共に、検出率が低下している。これは、通信量増加により、歩行者が Probe Response を MaxChannelTime 終了時までには送信できないケースが増加しているからである。従って、歩行者が更に増加した場合、通信量の増加に対応できなくなる。図 9 と図 10 の検出時間結果では、提案方式は最大でも 40.9 ミリ秒であり、目標値の 100 ミリ秒を大幅に下回っているため、

パラメータ変更により検出時間を延長し、検出率を向上させることができる。また、歩行者側もグルーピングすることにより、Probe Response の送信量を削減し、検出率を向上させる方式も考えられる。

今回のシミュレーションで使用した伝送レート (65Mbps) や模擬環境 (障害物がない) は、通信が非常に成功しやすい条件となっている。今回は提案方式のアルゴリズムの有効性を確認するため、このような好条件で汎用無線 LAN 及び探索アルゴリズム改良方式との比較を評価したが、実際の環境に合わせて評価する場合、伝送レートの変更、模擬環境 (実際の道路・自動車と歩行者の動きの模擬) の作りこみを考慮する必要がある。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、歩車間通信における探索アルゴリズム改良方式[2]の課題点である、自動車及び歩行者増加時の検出率低下を解決する方式を提案した。具体的には、従来の汎用無線 LAN 及び探索アルゴリズム改良方式をベースとした自動車のグルーピング方式を提案し、NS3 シミュレータを用いた評価も実施した。シミュレーション評価の結果、提案方式は従来の汎用無線 LAN による歩行者検出処理と比較して通信量は 50%未満となり、探索アルゴリズム改良方式と比べて歩行者検出率が 8%以上向上した。特に、目標値として設定した自動車 10 台及び歩行者 30 人での歩行者検出時間 100 ミリ秒以内及び検出率 95%以上が、提案方式により達成できた。

提案方式を適用した歩車間通信は、車載機器への適用が期待される。実用化に向けては、同一周波数帯を使用する他システムとの干渉、自動車のグルーピングアルゴリズム、通信の盗聴や不正データ送信の防止、端末認証等のセキュリティ対策が課題となる。また、直近の課題として、実道路環境に近い条件で評価し、有効性を確認する必要がある。

## 参考文献

- [1] 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/data.html>
- [2] Shintaro Fujikami, Takenori Sumi, Yukimasa Nagai, "Fast Device Discovery for Vehicle-to-Pedestrian Communication using Wireless LAN," CCNC 2015, January 2015
- [3] 国土交通省, "先進安全自動車推進計画報告書," 2011 年
- [4] Engadget, "クアルコムが 5.9GHz 帯 DSRC 対応スマホをデモ、車車間通信と結合。車向けワイヤレス給電 Halo も開設," <http://japanese.engadget.com/2013/10/17/5-9ghz-dsrc-halo/>
- [5] MONOist, "車載 Wi-Fi がクルマを変える、Miracast による映像伝送や車車間通信に活用," [http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1310/04/news036\\_2.html](http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1310/04/news036_2.html)

- [6] IEEE Std.802.11p-2010, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Amendment- Fast Initial Link Setup," 2014
- [7] IEEE Std. 802.11-2012, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications", 2012
- [8] Jose Javier Anaya, Pierre Merdrignac, Oyunchimeg Shagdar, Fawzi Nashashibi and Jose E Naranjo, "Vehicle to Pedestrian Communications for Protection of Vulnerable Road Users," 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), June 2014.
- [9] 鎌倉市, "平成 19 年度 商店街通行量調査結果報告書 (大船地域)",  
<http://www.city.kamakura.kanagawa.jp/shoukou/documents/tuuko-utyousa-oofuna19.pdf>