

講演 6

専用端末による歩車間通信の要求条件に関する調査について
(戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) における交通安全環境研究所の取り組み)

環境研究領域 上席研究員

坂本 一朗

専用端末による歩車間通信の要求 条件に関する調査について (戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)に おける交通安全環境研究所の取り組み)

環境研究領域 上席研究員 坂本 一郎

講演内容

1. SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)の概要
2. SIPにおける『自動走行(自動運転)システム』の概要
3. SIPにおける国土交通省プロジェクトの目標と実施内容
4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容
5. まとめと今後の課題

1. SIP 戦略的イノベーション創造プログラムの概要※1

Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

- 日本再興戦略(平成25年6月14日閣議決定)
- 科学技術イノベーション総合戦略(平成25年6月7日閣議決定)



科学技術イノベーションを実現するため**戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)**創設

<SIPの特徴>

- 社会的に不可欠で、日本の経済・産業競争力にとって重要な課題を、総合科学イノベーション会議が、府省・分野の枠を超えて自ら選定・予算配分して、基礎研究から出口(実用化・事業化)までを見据え、規制・制度改革を含めた取り組みを推進

<平成26年度予算>

- 内閣府計上の「科学技術イノベーション創造推進費」を平成26年度政府予算案において500億円確保。

※1「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)概要」(<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sipgaiyou.pdf>)より引用



交通女王環境研究所講演云

1. SIP 戦略的イノベーション創造プログラムの概要※1

Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の対象課題、PD、26年度配分額

 <p>革新的燃焼技術 (配分額 20億円) 杉山雅則 トヨタ自動車 エンジン技術領域 領域長 最大熱効率50%の革新的燃焼技術(現在は40%程度)を世界トップクラスの内燃機関研究者の育成と持続的な産学連携体制の構築によって実現し、省エネ、CO2削減に寄与。日本の自動車産業の競争力を維持・強化。</p>	 <p>次世代パワーエレクトロニクス (配分額 22億円) 大森達夫 三菱電機 開発本部 役員技監 SiC、GaN等の次世代材料を中心に、パワーエレクトロニクスの性能向上、用途と普及の拡大を図り、一層の省エネルギー化の推進と産業競争力の強化。</p>
 <p>革新的構造材料 (配分額 36.08億円) 岸 輝雄 東京大学名誉教授、物質・材料研究機構顧問 軽量で耐熱・耐環境性等に優れた画期的な材料の開発及び航空機等への実機適用を加速し、省エネ、CO2削減に寄与。併せて、日本の部材産業の競争力を維持・強化。</p>	 <p>エネルギーキャリア(水素社会) (配分額 33.06億円) 村木 茂 東京ガス 取締役副会長 再生可能エネルギー等を起源とする電気・水素等により、グリーンかつ経済的でセキュアレベルも高い社会を構築し、世界に向けて発信。</p>
 <p>次世代海洋資源調査技術 (配分額 61.6億円) 浦辺徹郎 東京大学名誉教授、国際資源開発研修センター顧問 レアメタル等を含む海底熱水鉱床やコバルトリッチクラストなど海洋資源を高効率に調査する技術を世界に先駆けて実現し、資源制約の克服に寄与。海洋資源調査産業を創出。</p>	 <p>自動走行(自動運転)システム (配分額 25.35億円) 渡邊浩之 トヨタ自動車 顧問 自動走行(自動運転)も含む新たな交通システムを実現。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。</p>
 <p>インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 (配分額 36億円) 藤野陽三 横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授 インフラ高齢化による重大事故リスクの顕在化・維持費用の不足が懸念される中、予防保全による維持管理水準の向上を低コストで実現。併せて、継続的な維持管理市場の創造、海外展開を推進。</p>	 <p>レジリエントな防災・減災機能の強化 (配分額 25.7億円) 中島正愛 京都大学防災研究所 教授 大地震・津波、豪雨・竜巻等の自然災害に備え、官民挙げて災害情報をリアルタイムで共有する仕組みを構築、予防力の向上と対応力の強化を実現。</p>
 <p>次世代農林水産業創造技術 (配分額 36.2億円) 西尾 健 法政大学生命科学部 教授 農政改革と一体的に、革新的生産システム、新たな育種・植物保護、新機能開拓を実現し、新規就農者、農業農村の所得の増大に寄与。併せて、生活の質の向上、関連産業の拡大、世界的食料問題に貢献。</p>	 <p>革新的設計生産技術 (配分額 25.5億円) 佐々木直哉 日立製作所 研究開発グループ 技師長 地域の企業や個人のアイデアやノウハウを活かし、時間的・地理的制約を打破するような新たなものづくりを確立。地域の競争力を強化。</p>

10課題の一つとして『自動走行(自動運転)システム』が選定
PD(プログラムディレクター)は、渡邊浩之(トヨタ自動車 顧問)

2. SIPにおける『自動走行(自動運転)システム』の概要※2

目標・出口戦略

1. 交通事故低減等 国家目標の達成：
車・人・インフラ三位一体での交通事故対策を実行する技術基盤と実行体制を構築し、交通事故低減等 国家目標を達成する。
2. 自動走行システムの実現と普及：
ITSによる先読み情報を活用し、2017年までに準自動走行システム(レベル2)、2020年代後半以降に完全自動走行システム(レベル4)の市場化を目指す。
3. 次世代公共交通システムの実用化：
2020年の東京オリンピック・パラリンピックを一里塚として、東京都と連携し開発

※2 「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)自動走行システム研究開発計画」
(http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf)より引用

2. SIPにおける『自動走行(自動運転)システム』の概要※2

自動化レベルの定義と自動走行システムの実現期待時期

		自動化レベル	概要	実用化	計画		
					2017年代以降	2020年代前半	2020年代後半
自動走行システム	完全自動走行システム	レベル4	加速・操舵・制動を全てドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態				
	準自動走行システム	レベル3	加速・操舵・制動を全て自動車がを行い、緊急時のみドライバーが対応する状態				
		レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作を同時に自動車が行う状態				
安全運転支援システム		レベル1	加速・操舵・制動のいずれかを自動車が 行う状態				
運転支援なし							

・2017年までに信号情報や渋滞情報等のインフラ情報を活用した準自動走行システム(レベル2)を、2020年代前半を目途に準自動走行システム(レベル3)を市場化
・2020年代後半以降には完全自動走行システムを市場化

2. SIPにおける『自動走行(自動運転)システム』の概要※2

『自動走行(自動運転)システム』における研究テーマ(26年度)

【警察庁】

- 警1 信号情報の活用による運転支援の高度化(0.9 億円)
- 警2 交通規制情報の活用による運転支援の高度化(0.5 億円)
- 警3 電波を活用した安全運転支援システム(DSSS)の高度化(1.55 億円)
- 警4 次世代公共道路交通システムの開発に向けた基本設計(0.025 億円)
- 警5 交通弱者及び歩行者の移動支援システムの開発に向けた基本設計(0.125 億円)
- 警6 国際的に開かれた研究開発環境の整備(0.5 億円)

【総務省】

総1 ICTを活用した次世代ITSの確立(11.75 億円)(国土交通省分を含む)

【経済産業省】

- 経2 「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証(7 億円)
- 経3 信号情報等のリアルタイム活用技術等の開発及び実証(0.9 億円)
- 経4 全天候型白線識別技術の開発及び実証(0.9 億円)
- 経5 海外のV2X(Vehicle to X)システムに対応するセキュリティの開発及び実証(0.2 億円)

【国土交通省】

- 国2 自動走行システムの安全性・信頼性の確保のための技術的アプローチに関する基本検討(0.15 億円)

【内閣府】

- 内1 自動走行システムの実現に向けた諸課題の調査・検討(0.6 億円)
- 内2 交通事故死者低減の国家目標達成に向けた調査・検討(0.25 億円)

3. SIPにおける国土交通省プロジェクトの目標と実施内容

公道での実証実験等を通じて、歩車間・車車間通信でやりとりする情報等を組み合わせたシステムを開発し、ICTを活用した高度な安全運転支援システムの実現に資する。

見えない場所の車両や歩行者の存在を、通信によって情報提供を行うとともに注意喚起によって出会い頭や飛び出しによる事故防止の実現を図る

将来的に自動運転につながる

3. SIPにおける国土交通省プロジェクトの目標と実施内容

平成26年度の実施内容

歩車間通信(専用端末)の要求条件に関する調査

(専用歩車)

- ✓ 実証実験を通して、専用端末を利用した直接通信型歩車間通信に必要な性能要件等について調査を行う。

携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査

(携帯歩車)

- ✓ 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムを開発し、実証実験を通して、必要な性能要件等について調査を行う。

車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査

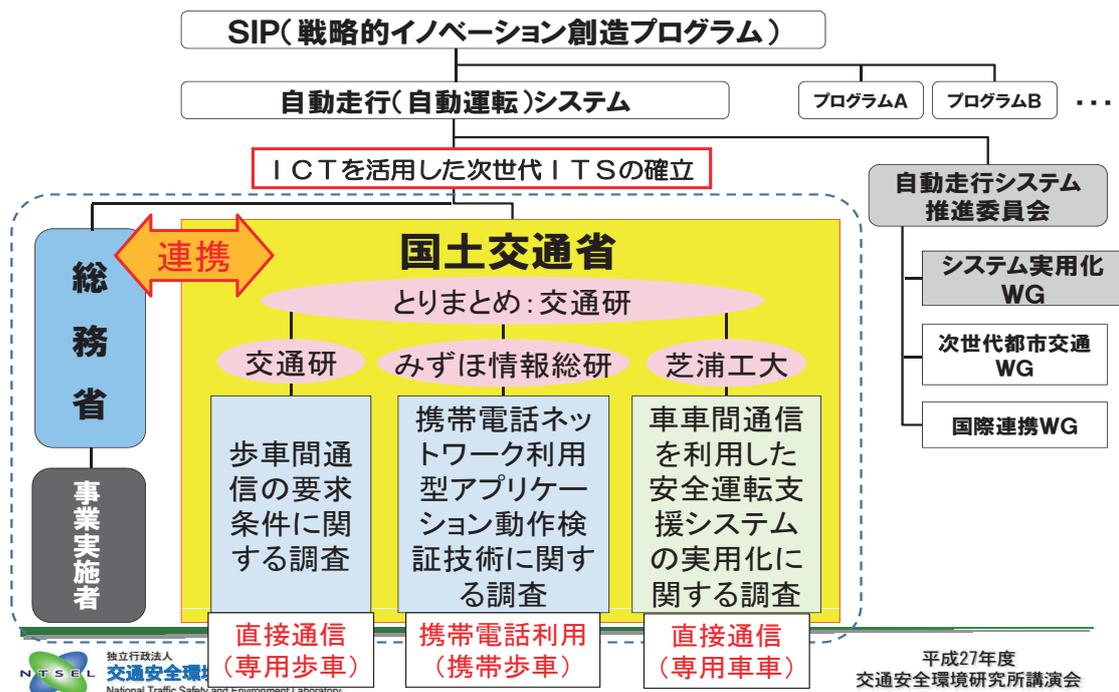
(専用車車)

- ✓ 実証実験を通して、車車間通信に必要な性能要件等について調査を行う。

歩車間通信・車車間通信によって、事故の防止を未然に防ぐための支援機能(主として情報提供)に必要な性能要件(位置精度、通信遅延、情報提供方法等)に関する課題の整理を行う



3. SIPにおける国土交通省プロジェクトの目標と実施内容



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

「歩車間通信の要求条件に関する調査」の目的

- ✓ 「支援機能」に必要な性能要件（位置精度、通信遅延、情報提供方法等）に関する課題の整理を行う

平成26年度の進め方

- ① 歩車間通信により事故削減効果が見込まれる場面の選定
- ② 支援機能に必要な性能要件の課題整理
- ③ 支援機能に必要な性能要件を検討するためのドライビングシミュレータによる実験の実施
- ④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施

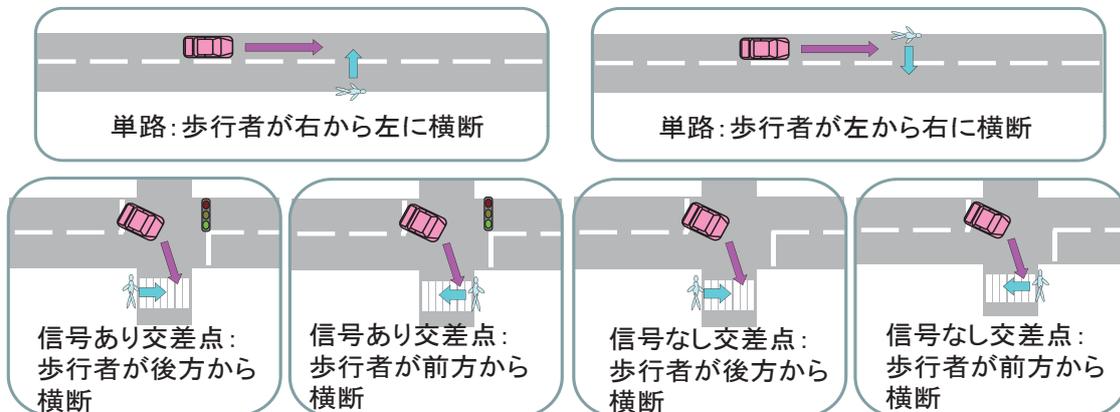
実証実験は総務省事業実施者から提供される歩車間通信の専用端末、及び車載器を搭載した自動車を使用して実施

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

① 歩車間通信により事故削減効果が見込まれる場面の選定

事故件数の多い場面の優先度順に、歩車間通信により事故削減効果が見込まれる場面を選定

➤ 歩車間通信により事故削減効果が見込まれる場面



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

② 支援機能に必要な性能要件の課題の整理

性能要件の項目	構成要素
作動タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ✓いつ作動するか(例:衝突予測時間に到達する[XX]秒前 等) ✓どこで作動するか(歩行者が単路から[XX]m以内にいる場合 等)
作動終了タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ✓どのような条件で作動を終了するか(歩行者が単路を横断し終わった場合 等)
HMI	<ul style="list-style-type: none"> ✓どのように作動するか(画面表示・音・振動 等) ✓何を知らせるか(車両の位置情報、車両の進行方向、危険度合 等)
位置精度	<ul style="list-style-type: none"> ✓どのようにして位置精度を評価するか(算出した衝突予測時間にて評価 等) ✓(支援を行うために必要な)位置精度の上限値 ✓位置精度が不十分な場合はどのような情報提供を行うか([XX]m以上の場合は警告を出す 等)
通信遅延	<ul style="list-style-type: none"> ✓どのようにして通信遅延を評価するか(許容通信遅延時間が[XX]s以下であること 等) ✓(支援を行うために必要な)通信遅延の上限値 ✓(支援を行うために必要な)通信品質(パケット到達率)の上限値 ✓通信遅延が満たない場合にはどのような仕組みになっているか([XX]s以上の場合は警告を出す 等)
バッテリー特性	<ul style="list-style-type: none"> ✓バッテリー残量が不十分な場合はどのような情報提供を行うか([XX]以下の場合には警告を出す 等) ✓バッテリーの容量や最低稼働時間(連続[XX]時間において作動すること 等) ✓消費電力の上限値([XX]Ahであること 等)
多数の車両が存在する場合	<ul style="list-style-type: none"> ✓多数の車両が存在する場合においても各要件を満たしているか(例:多数でも通信遅延は問題ないか、複数の支援場面が発生した場合の優先順位 等)

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

③ 支援機能に必要な性能要件を検証するためのドライビングシミュレータによる実験の実施

- 情報提供における作動タイミングと効果の関係、およびシステムの効果を、ドライバーの立場から検証。
- 作動タイミングの評価は、運転者の行動(アクセルペダルのオフやブレーキペダルの操作など)の客観的評価と、情報提供の作動タイミングに関する主観的評価を用い、ドライバーにとって適切かつ必要な情報提供の作動タイミングについて検討。
- 位置測位に誤差がある場合についても検討
- 実験参加者は普通自動車免許を有する20代の男性20人

●設定条件

- ・自動車の速度: 30km/h(交差点における右折時歩行者と自動車の事故が多い速度)
- ・歩行者の速度: 2km/h(高齢者や子供を想定)
- ・情報提供の作動タイミング

基準 3.6秒(自動車は交差点から30m手前でウインカーを出すことが義務付けられているため、この距離を基に30km/h走行時に歩行者と交差するまでの時間TTI(Time to Intersection)から算出)

下限 1.4秒(WP29の先進緊急制動システムの国際基準で定められているドライバーの反応時間)

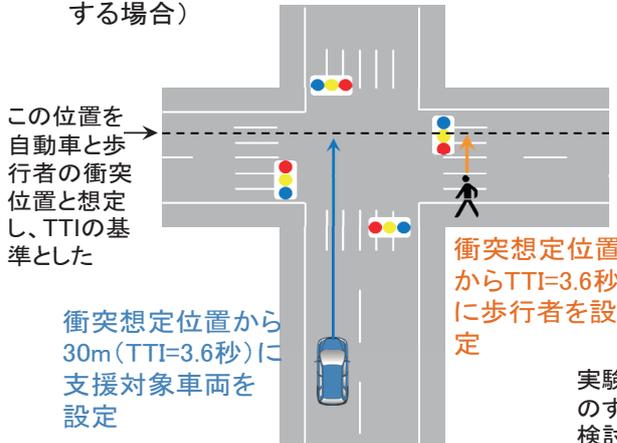
上限 5.8秒(基準と下限との差(2.2秒)を基準に加えた値)

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

③ 支援機能に必要な性能要件を検証するためのドライビングシミュレーターによる実験の実施

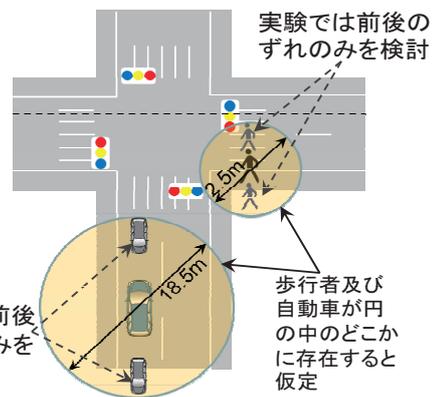
● 情報提供の作動タイミング

(右折時に自動車の背面から歩行者が横断する場合)



● 位置誤差がある場合に設定した誤差

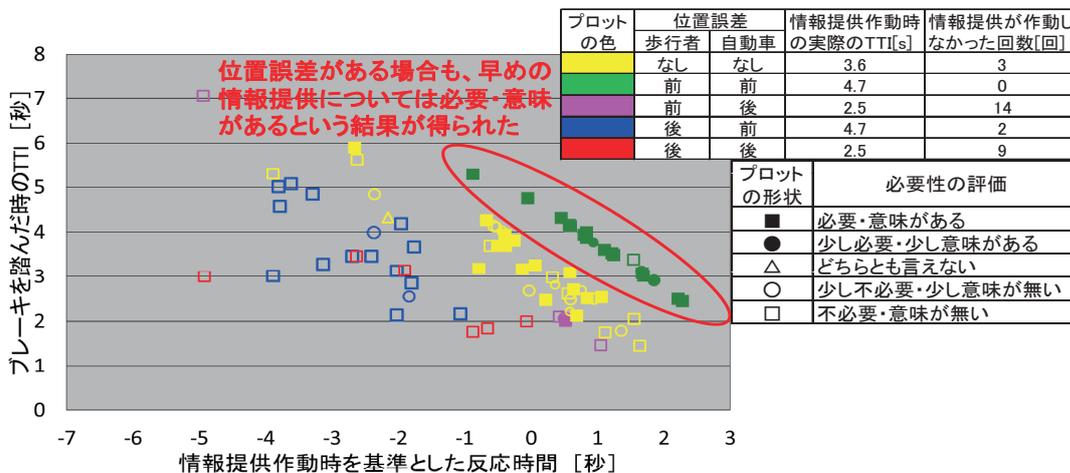
歩行者 2.5m
自動車 18.5m



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

③ 支援機能に必要な性能要件を検証するためのドライビングシミュレーターによる実験の実施

● 結果の一例(右折時に自動車の背面から歩行者が横断する場合、位置誤差ありの結果)



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

③ 支援機能に必要な性能要件を検証するためのドライビングシミュレータによる実験の実施

まとめ

- ドライビングシミュレータ実験によって得られた適切であった情報提供の作動タイミング(位置誤差なし)

シナリオ	適切な情報提供の作動タイミング
単路の右から歩行者が横断する場合	衝突する可能性の6.0秒以上前
単路の左から歩行者が横断する場合	衝突する可能性の3.7秒以上前
右折時に背面から歩行者が横断する場合 (信号あり)	衝突する可能性の3.6秒以上前
右折時に前面から歩行者が横断する場合 (信号あり)	衝突する可能性の3.6秒以上前
右折時に背面から歩行者が横断する場合 (信号なし)	衝突する可能性の3.6秒 または5.8秒以上前※
右折時に前面から歩行者が横断する場合 (信号なし)	衝突する可能性の3.6秒以上前

※:ドライバーの運転操作の違いにより適切かつ必要な情報提供の作動タイミングが異なる

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

③ 支援機能に必要な性能要件を検証するためのドライビングシミュレータによる実験の実施

まとめ

- ドライビングシミュレータ実験によって得られた適切であった情報提供の作動タイミング(位置誤差あり)
 - 自動車および歩行者のシステムに誤差がある場合でも、早めの情報提供については必要・意味があると評価される結果が得られた。
 - 情報提供の作動タイミングについては、右折時に背面から歩行者が横断する場合の結果では、衝突する可能性の4.7秒以上前であれば、ちょうど良いという評価が多かった。
 - 情報提供が遅い(ブレーキを踏んだ後に情報が提供される)場合は、不必要・意味が無いと評価された。

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施

車両台数 (端末数)	実施地域	地域特性	検証項目
少 ↓ 多	歩行者5人 自動車5台 横須賀	『地域類型』 オフィス街 (交通量：少) 『通信環境』 ◎ 『GPS環境』 ◎	A. 位置精度 各端末の測位精度評価 (高精度GPSとの比較)
	歩行者5人 自動車5台 神戸	『地域類型』 オフィス街 (交通量：中) 『通信環境』 △ 『GPS環境』 △	B. 通信状況 通信遅延時間の評価 (通信ログによる比較)
	歩行者5人 自動車5台 名古屋	『地域類型』 住宅地 (交通量：多) 『通信環境』 ○ 『GPS環境』 ○	C. 多端末による影響 車両台数及び歩行者複数存在 する時に上記2項目へ及ぼす 影響の評価

- 実証実験は総務省事業実施者と連携して実施
- 歩車間通信の専用端末、車載器及び自動車(ドライバー含む)は総務省事業実施者が用意



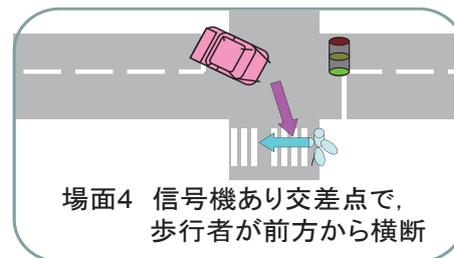
年度
研究所講演会

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施

～実証実験結果の一例(名古屋)～

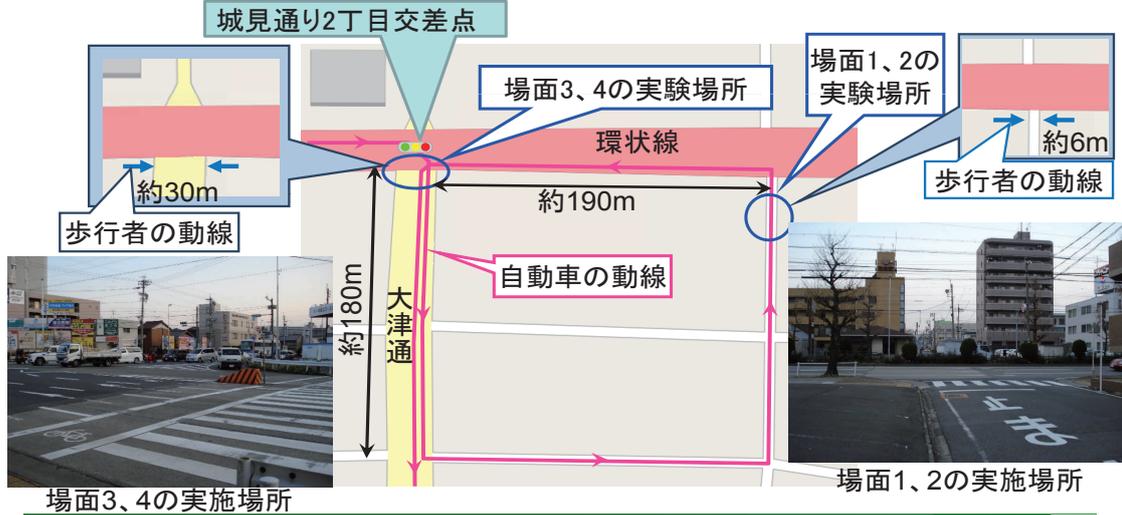
名古屋の実証実験で行った場面



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施 ～実証実験結果の一例(名古屋)～

実施場所: 城見通り2丁目交差点(名古屋市北区域見通2丁目1番地)およびその周辺



NTSEL 独立行政法人
交通安全環境研究所
National Traffic Safety and Environment Laboratory

21

平成27年度
交通安全環境研究所講演会

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施 ～実証実験結果の一例(名古屋)～



※歩車間通信の専用端末及び車載器は、総務省事業実施者が提供(今回は通信のみでHMIは搭載していない)

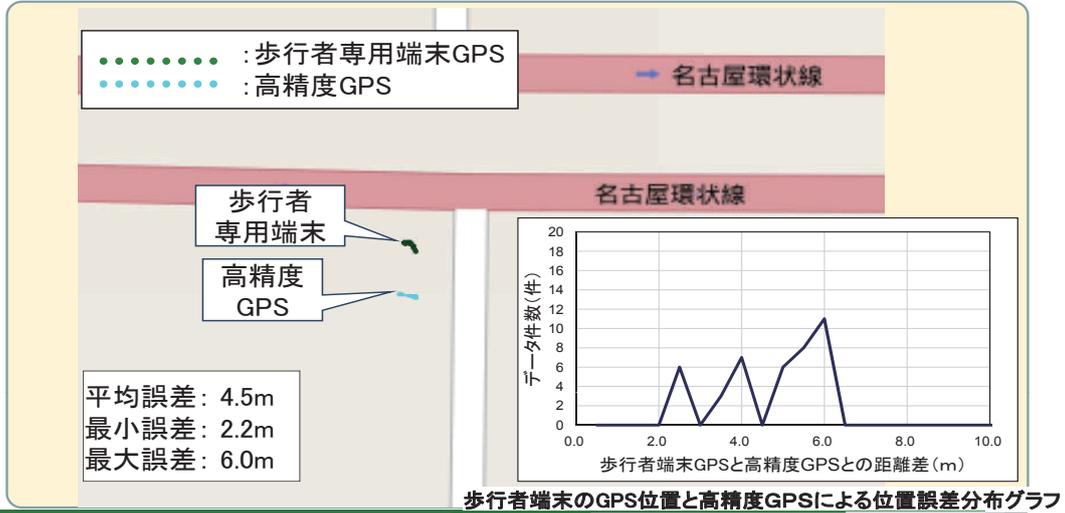
⇒今回の実証実験の位置づけは、専用端末及び車載器の性能(位置精度、通信状況等)の実態把握

平成27年度
交通安全環境研究所講演会

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施 ～実証実験結果の一例(名古屋)～

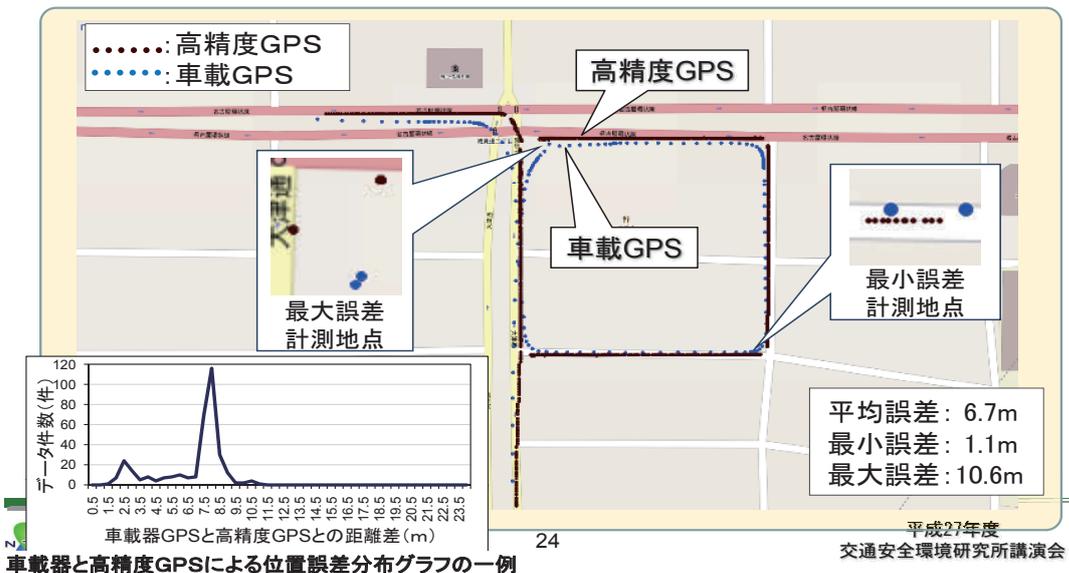
A. 位置精度 一歩車間通信の専用端末の位置と高精度GPSによる位置の比較



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施 ～実証実験結果の一例(名古屋)～

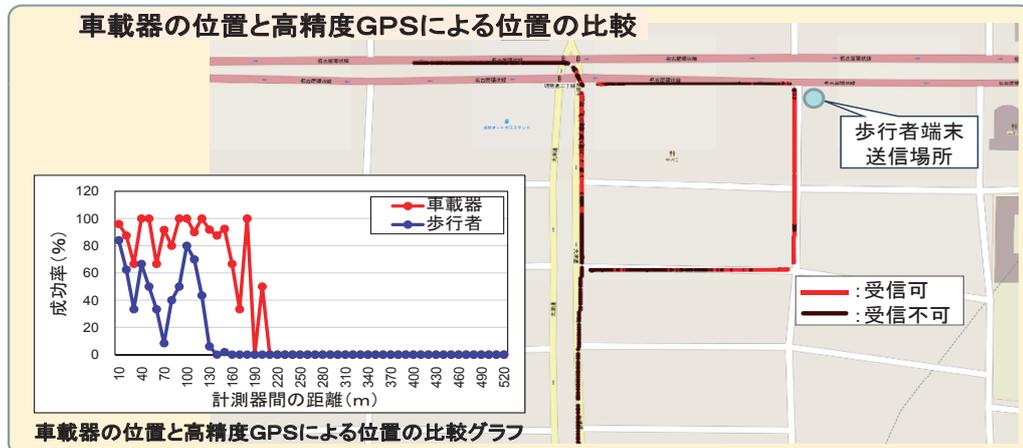
A. 位置精度 一車載器の位置と高精度GPSによる位置の比較



4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

④ 支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施 ～実証実験結果の一例(名古屋)～

B. 通信状況－車載器と歩行者専用端末での通信到達距離について確認



⇒通信到達距離は、車載器で約150m、歩行者端末で約100mまで通信可能なことを確認

4. 交通研において実施した歩車間通信に関する調査内容

支援機能に必要な要件を検証するための公道実証実験の実施 ～実証実験結果の一例(名古屋)～

まとめ

- 「A. 位置精度」、「B. 通信状況」、「C. 多端末による影響」について確認を実施
車載器及び歩行者専用端末と高精度GPSを用い、自動車及び歩行者の位置情報を取得し、情報を地図上に表示することによって確認を行った。
 - ✓ 「A. 位置精度」
 - ⇒車載器のGPSと高精度GPSの平均誤差は5.5m、最小誤差は1.0m、最大誤差は13.9m
 - ⇒歩行者専用端末のGPSと高精度GPSの平均誤差は4.5m、最小誤差は2.2m、最大誤差は6.0m
 - ✓ 「B. 通信状況」
 - ⇒車載器で約150m、歩行者専用端末で約100mまで通信可能なことを確認。ただし、安定性に欠けることが確認された。
 - ✓ 「C. 多端末による影響」
 - ⇒多対多による状況においても、支援対象車両と他の車両または歩行者との間における通信に影響が無いことを確認

5. まとめと今後の課題

- SIPの『自動走行(自動運転)システム』で実施されている研究テーマの一つである「ICTを活用した次世代ITSの確立」において実施した国土交通省の事業の概要と、DS実験による歩車間通信の有効性の確認、並びに歩行者専用端末を使用した歩車間通信の実証実験の結果を紹介した。
- 平成26年度は、DS実験によって適切な情報提供の作動タイミングを検討した。また、実証実験によって、位置精度、通信状況、及び多端末による影響を確認し、歩行者専用端末及び車載器の性能の実態を把握した。
- 今後、現在の車載器及び歩行者専用端末のGPSによる位置精度において、効果的な情報提供方法を検討する必要がある。
- また、位置精度を向上させるための方法についても検討を行う必要があり、情報提供のみならず、注意喚起や、将来的には車両を制御することにより、自動運転につなげるための技術的な検討が必要であると考えられる。

謝 辞

本調査は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「自動走行システム」によって実施されました。

実証実験に当たり、総務省事業実施者に多大なご協力を頂きました。

上記関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 渡邊浩之、「自動走行システム～人々に笑顔をもたらす交通社会を目指して」、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)シンポジウム2014～日本初の科学技術イノベーションが未来を拓く(平成26年12月4日)
- 国土交通省自動車局技術政策課、「自動運転に関する動向について」、平成26年度第3回車両安全対策検討会(平成27年3月10日)