

歩車間通信システムの開発

金子 富 浜口 雅春

歩車間通信システムは、歩行者が携帯する歩行者端末と、車両が搭載する車載端末が直接通信することで(必ずしも路側装置を介さなくても)、ドライバーに衝突の危険性のある歩行者の存在を通知、また歩行者に対して車両が接近していることを通知することで人対車両の交通事故低減に寄与することを目的としたシステムである。OKIは早くから本技術の開発へ取り組み、2006年から研究開発を開始し、実験検証用機器を発表してきた¹⁾。本稿では、歩行者事故全体の70%を占める高齢歩行者の事故例をユースケースとして、歩行者が携帯可能な小型端末を開発し、実環境での実験結果等から歩車間通信システムの可能性を紹介する。

背景

無線通信技術を使用して車同士の交通事故を低減するため、車々間通信および路車間通信による安全運転支援システムの実用化に向けた検討が行われている。政府は、平成30年に交通事故死者2,500人以下とする目標を掲げ、世界一安全な道路交通の実現を目指している。図1に平成22年の事故類型別交通事故状況を示す。このグラフから分かるように、車両同士による交通事故防止策だけでは本目標の実現は困難であり、死亡事故全体の約3分の1を

占める人対車両の事故防止策を実施する必要がある。この状況から、車両と歩行者の間の無線通信による歩行者事故防止支援システムに対するニーズが高まっている。

人対車両の事故状況については、財団法人交通事故総合分析センターのイタルダイナメーションに分析結果が報告されており、平成21年の交通事故死者数4,915人のうち歩行者の死亡事故は35%を占める1,717人である²⁾。

歩行者の事故には以下の特徴がある。

- 発生時間は全体の70%が夜間、発生場所は全体の90%が直線道路である。
- 年齢層別では65歳以上(以下、高齢歩行者)が全体の70%を占めている。
- 高齢歩行者の死者数うち、77%が道路横断中の事故である。
- 事故シーンは横断歩道以外の場所で道路を横断しているケースが60%を占め、横断歩道及びその付近の場所で約40%である。
- 高齢歩行者死傷者数の約7割が違反なしの歩行中の事故であり、特に夜間の事故要因はドライバーの発見の遅れである。

以上の歩行者事故の分析結果を踏まえ、最も事故件数の多い横断中の高齢歩行者事故をユースケースとして、ドライバーへ高齢歩行者の存在を気付かせることを目的と

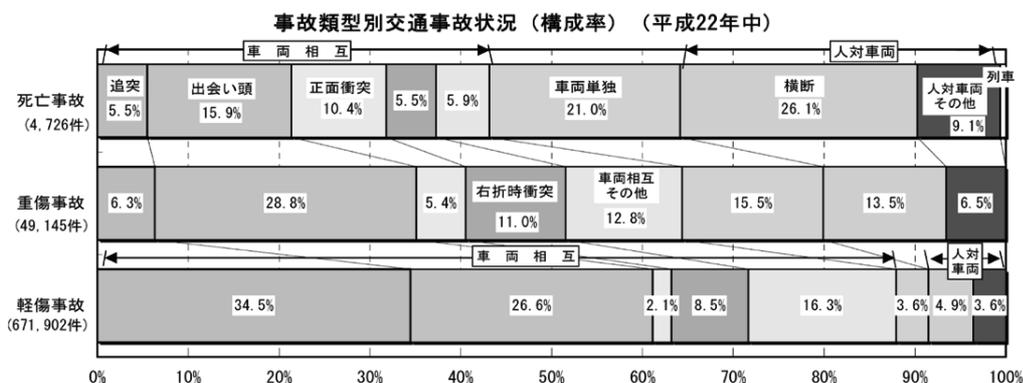


図1 事故類型別交通事故状況(平成22年中)

した歩車間通信システムの開発を実施した。

歩車間通信システムの概要

歩行者端末と車載端末が直接通信する歩車間通信を実現するには、ETCやITSスポットのように専用の路側装置を使用せず、不特定多数の車両及び歩行者で形成される移動体無線アドホックネットワークを構築する必要がある。開発した歩行者端末の無線性能諸元を表1に示す。アクセス方式に自立分散型ネットワークに適したCSMA方式(Carrier Sense Multiple Access：搬送波感知多重アクセス)を用いており、周波数や変調方式などの無線方式は、5.8GHzを用いた車々間通信の実験用ガイドライン ITS FORUM RC-005 1.0版に規定されている通信方式を採用している。

表1 歩行者端末 無線性能諸元

項目	仕様	備考
実験周波数	5.8GHz帯	送受同一周波数
変調方式	$\pi/4$ Shift QPSK	ETC/ITSスポットの標準規格
伝送速度	4.096Mbit/s	
送信電力	10mW	ARIB STD-T75と同一仕様
占有周波数帯幅	4.4 MHz以内	
アクセス方式	CSMA	
寸法	49.5 × 61 × 21mm	突起部は含まない

歩車間通信を用いた安全運転支援システムの構成図を図2に示す。車両には、従来の車々間通信機器を共用できるように、HMI(Human Machine I/F)や安全運転支援サービスの処理機能を有するカーナビゲーション装置(もしくはPC)、自転車位置や走行状態を把握するGPS受信機等、既開発の車々間通信システムを想定している³⁾。歩行者端末は、携帯電話と歩車間通信ユニットから構成される。2010年にはおよそ国民の9割に普及している携帯電話を活用し、主にHMI機能として利用している。今後は携帯電話に実装された加速度センサやGPSなどの機能の共有化を期待できる。歩車間通信ユニットは、GPS受信機、無線通信部、データ処理およびアプリケーション処理部から構成される。

また無線通信部の5.8GHzアンテナと微弱な電波を受信するGPS受信機のアンテナは、歩車間通信ユニットに組み込むと人体による電波減衰の影響を受けるため、ネックストラップにアンテナを組み込み、首から下げることによって、5.8GHzアンテナは首裏、GPSアンテナは胸部に位置し、人体による電波減衰の影響を抑えることが期待できる。

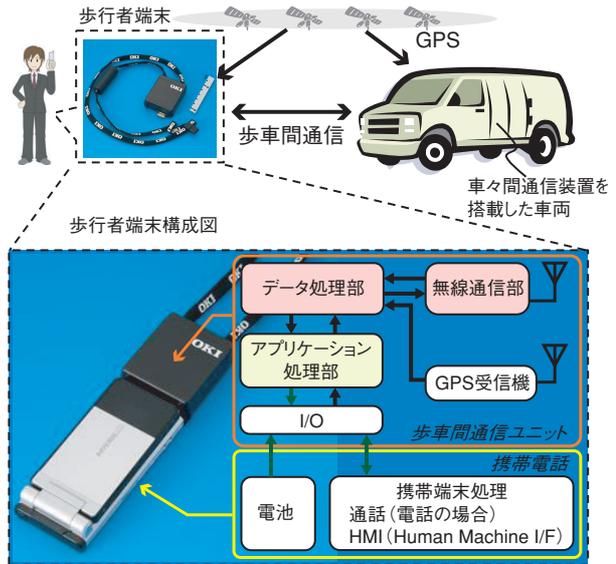


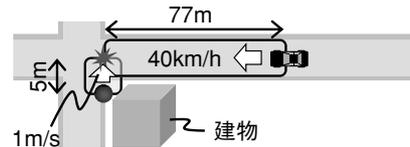
図2 歩車間通信を用いた安全運転支援システム構成図

歩車間通信への要求条件の検討

高齢歩行者の横断中事故シーンを想定したユースケースにおける歩車間通信システム要件を検討する。歩車間通信のシステム検討は前例が無いため、車々間通信のシステム要件を検討したASV(Advanced Safety vehicle：先進安全自動車)プロジェクトのシステム定義書⁴⁾を参考に、目標とする通信エリアを図3のとおりに決定した。通信品質は車々間通信と同様にパケット到達率が80%以上となる範囲とすると、通信エリアは、シーン1の横断歩道外を横断中の事故ケースでは、歩行者の停止位置から車両まで174m、シーン2の横断歩道及び近傍を横断中の事故ケースでは交差点から車両まで77mとなった。



(シーン1) 横断歩道外を横断中の事故



(シーン2) 横断歩道及び近傍を横断中の事故

図3 目標とする通信エリア

シーン1では、車両の速度が一般道法定規定時速60km+10となる道路において、ドライバーが横断する高齢歩行者との衝突を避けるために必要な距離、すなわち目標となる通信エリアは、ドライバーの反応時間とシステム処理遅延時間(ASVによる規定は4.1秒間)の空走距離と停止に要する距離から算出している。また伝搬環境は、見通し内環境と路上駐車車両による見通し外環境を想定した。

シーン2では、交差点付近の横断歩道を通過する車両の速度が時速30+10kmとなる交差点において、ドライバーの反応時間とシステム処理遅延時間による4.1秒間に、車両と高齢歩行者がそれぞれ進み、衝突する交差点位置が

らの距離を目標通信エリアとした。歩行速度が秒速1.1mの高齢歩行者が進む距離は約5m、時速40kmの車両が空走距離と停止までに要する距離は77mであり、この場合は建物による見通し外環境を想定した。

歩車間通信実験結果と考察

(1) 測定環境及び測定方法

測定した環境を図4に、測定系を図5に示す。場所は京都市内の建物の密集度や通行車両の多い市街地を選定した。走路Aは歩道が無く、中層の建物が道路脇に続く住宅街の道、いわゆる路地裏に相当する。道幅も狭く、交通量も

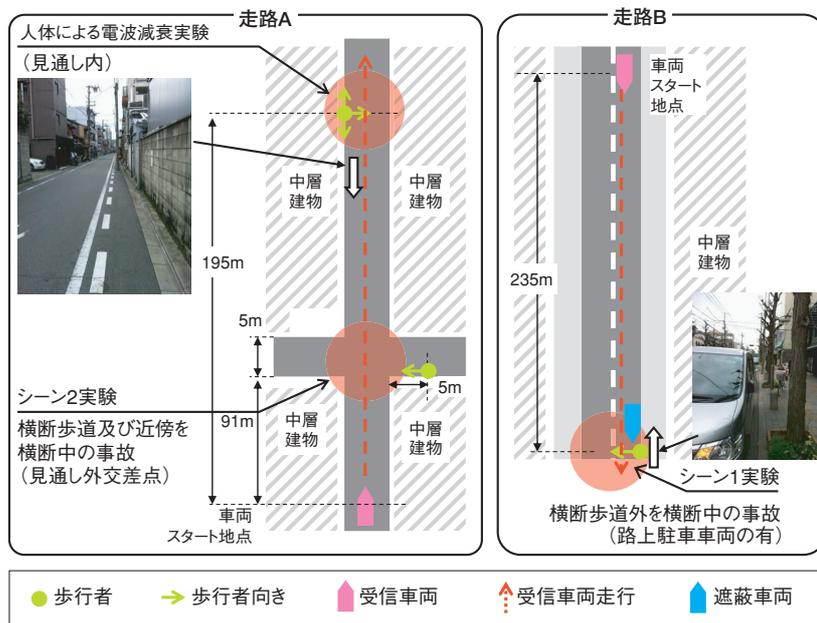


図4 測定環境

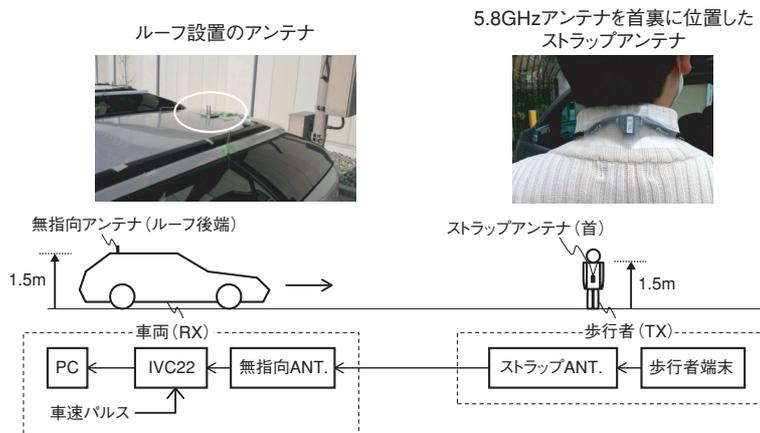


図5 測定系

それほど多くは無い。走路Bは一般的な市街地道路に相当し、走路Aに比べて、歩道もあり、道幅も広く、交通量も多い。走路Aと同様に中層の建物が続くが、歩道がある分、建物から道路までの距離は走路Aよりは離れている。

初めに歩行者の首裏に密着して実装されたアンテナの人体による電波減衰の影響を比較検証するため、受信車両の進行方向に対して、歩行者の向きを順方向(首による遮蔽なし)、対向(首による遮蔽あり)、横向き(首による遮蔽なし：横断中想定)の3パターンを測定した。通信環境は見通し内とするため、車両による遮蔽が発生しないように交通量の少ない走路Aで実施した。取得データはシーン1の遮蔽車両無しの結果としても評価する。

シーン1における路上駐車車両による見通し外実験は、遮蔽車両を配置するスペースを確保可能なことと、交通量が多く、前方を走行する一般車両の影響を含めたデータを取得するため、走路Bで実施した。シーン2における横断歩道及び近傍を横断中の事故を模擬した見通し外交差点の実験は、道幅の狭い路地裏を想定し、走路Aで実施した。

歩行者は停止しており、歩行者端末は一定周期でパケットを送信する。受信車両は連続受信状態で走行し、ルーフ後方に設置された2つのダイバーシチ用アンテナで受信したパケットデータと受信電力データを、車速パルス値と併せて取得することで車両の移動距離と取得データの関係を分析する。受信したパケットデータは、データの正常性、送出番号等から、ある時間(移動距離)ごとのパケット到達率を算出して評価する。

(2) 測定結果と考察

図6は、歩行者の停止位置から受信車両の距離とパケット到達率及び受信電力の関係を歩行者の向き3パターンで取得したデータを示している。各々の図中には、目標となる通信エリア(0~174m、パケット到達率80%以上)と受信車両に搭載された車々間通信装置の受信感度-96dBmを示した。図6(A)は歩行者の向きが順方向の結果を示している。送受のアンテナ間は人体等の遮蔽がない見通し内環境となっているため、目標の通信エリアとなる174m地点においても受信感度より十分高い-80dBm程度の受信電力を確保できている。パケット到達率は測定スタート地点200mから歩行者の停止位置0mまで100%となった。図6(B)は歩行者の向きが対向の結果を示している。(A)と比べ、174m地点で約10dBの受信電力低下が見られた。これは送受信アンテナ間において歩行者の首部位の遮蔽による影響と思われる。パケット到達率は歩行者からの距離が150m以上の場合、60%以上となることが確認で

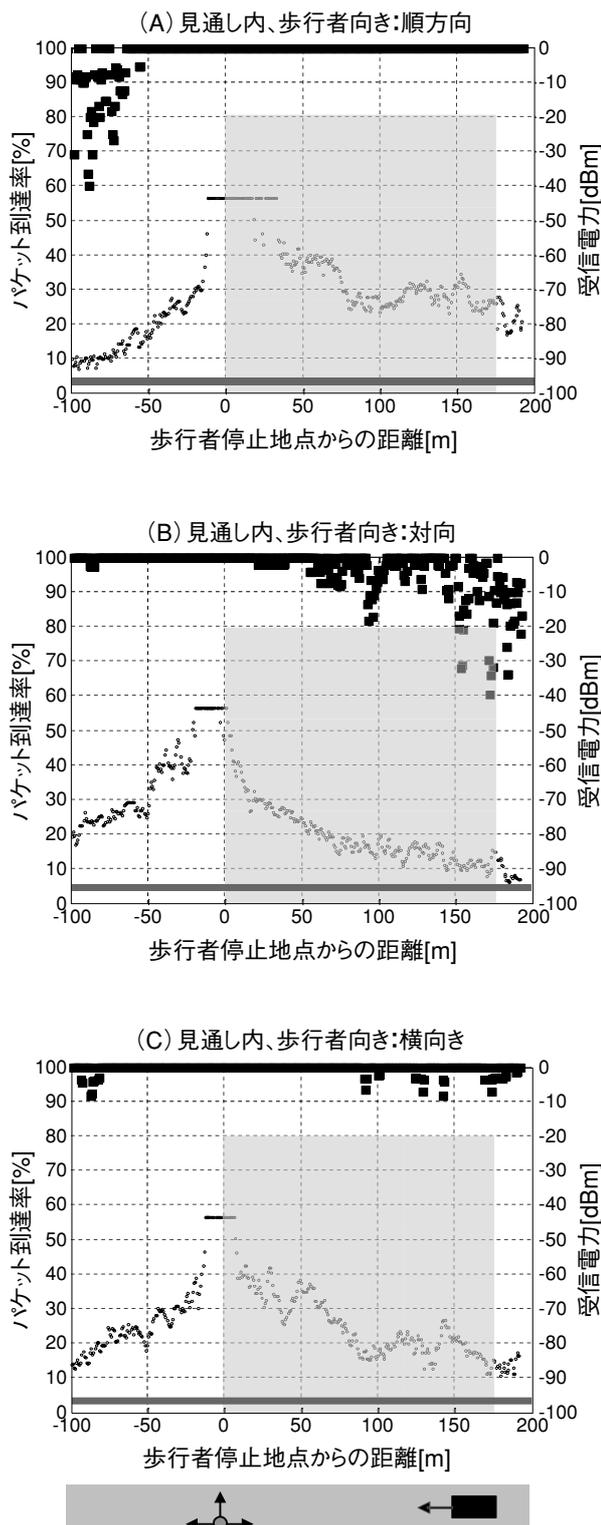


図6 歩行者の向きによる受信電力とパケット到達率

きた。図6(C)は、歩行者が横向きの結果を示している。受信電力は(A)の順方向の結果と似た電力変動となってお

り、(B)の結果と比較して人体の影響が少ないことを確認できた。パケット到達率は、測定スタート地点から歩行者の停止位置までの間に80%を下回ることはなかった。

図7は歩行者が横断方向である横向き、かつ路上駐車車両による遮蔽ありのシーン1の結果を示している。目標となる通信エリア内の受信電力は、遮蔽車両が存在する分、図6(C)より低くなったが、目標通信エリア内でパケット到達率80%以上を確保できることを確認できた。

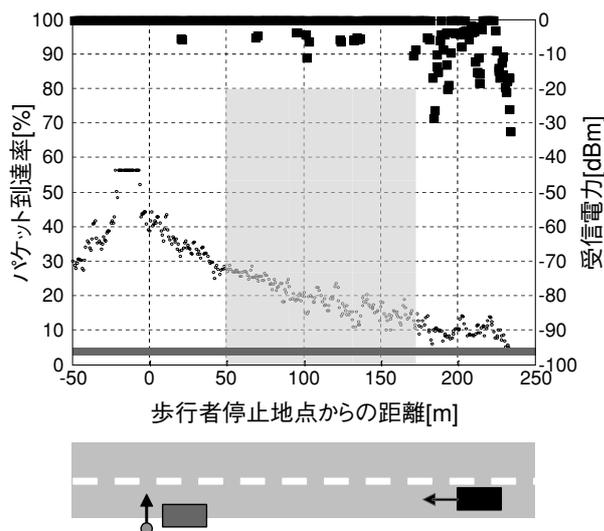


図7 シーン1の受信電力とパケット到達率(遮蔽あり)

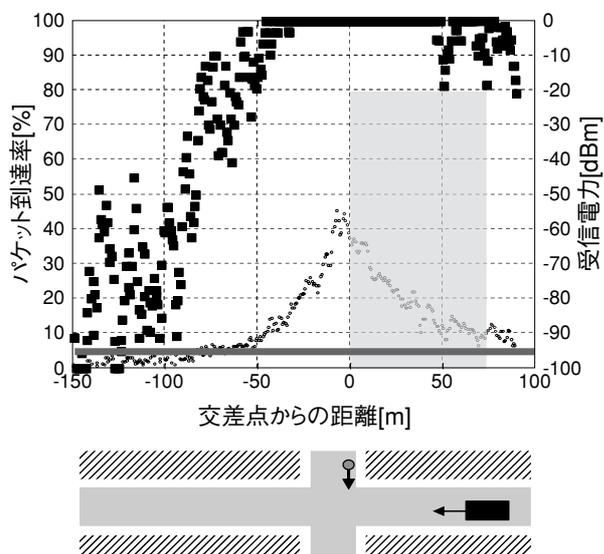


図8 シーン2の受信電力とパケット到達率

図8はシーン2を想定した場合の交差点からの受信車両

距離とパケット到達率及び受信電力の関係を示している。目標の通信距離77m地点では、受信電力は-90dBmとなったが、パケット到達率は目標の80%以上を確保できることを確認できた。今回の実験では、歩行者は交差点方向を向いているため、首部位による遮蔽、および交差点付近の建物による遮蔽がある環境下においても、周辺建物からの反射による電波のパスが発生することで通信品質確保を期待できることが確認できた。

まとめ

従来の車々間通信装置を歩行者が携帯可能なサイズへ小型化した端末を用いて、横断歩道外と横断歩道及びその近傍における、直進車両と横断する高齢歩行者間の通信性能の評価実験を実際の市街地にて行った。以下に結果をまとめる。

- 歩行者安全支援に必要な機能であるGPS、センサ、無線通信部及びデータ処理部を無線回路技術により49.5×61×21mmの小型パッケージに内蔵した。
 - 歩車間通信のシステム検討は前例が無いため、車々間通信のシステム要件を検討した際にASVが使用したパラメータを参考にして暫定目標値を算出した。
 - 実フィールド環境において、OKIが開発した歩行者端末の通信性能を測定した結果、横断歩道外の横断を想定したユースケース、さらに路上駐車車両による遮蔽環境を付加したケースにて、目標とした通信エリアを確保できた。また交差点近傍の建物による見通し外環境においても目標の通信エリアを確保できることが確認できた。
- 歩車間通信により、ドライバーへ高齢歩行者の存在を通知したり、高齢歩行者へ車両接近の情報を通知できる可能性を確認できたことにより、本システムは人対車両の事故回避実現の有効な一手段となることが検証できた。一方、課題について以下に示す。

- 歩行者が多数存在する場所においては、歩行者からの送信パケットの急激な増加が想定されるため、歩行者安全支援として効果的な通信トラフィックの低減、輻輳処理等の技術開発が必要である。
- 事故防止対象となる歩行者と車両との間は短距離となるため、歩行者事故防止支援システムの実現には車々間通信と同様に、低遅延の通信が必要である。
- ある一定の帯域幅条件下での実質的な収容端末台数を大幅に増加させ、かつ通信品質を確保するための高効率無線通信技術に関する検討を実施し、車々間通信のトラフィックへの負荷を低減することで周波数の有効利

用を図る検討が必要である。

- 歩行者の行動特性や周辺環境特性、歩行者が端末を携帯した環境における電波伝搬などの基本特性をさらに明らかにした上で、実現可能な歩行者支援サービスの範囲、無線通信方式の確立、通信品質や伝搬特性等の調査検討が必要である。

車々間通信の実現に向けてOKIは、車々間通信装置の車載容易性を追及したアンテナ一体型の小型車々間通信装置の技術開発を実施した⁵⁾。図9のように、この技術により歩行者端末と車々間通信装置の共用化を実現することで、歩車間通信は現実的なものとなる。今後も安心・安全な交通社会が必要とする無線技術開発を実施していく計画である。 ◆◆

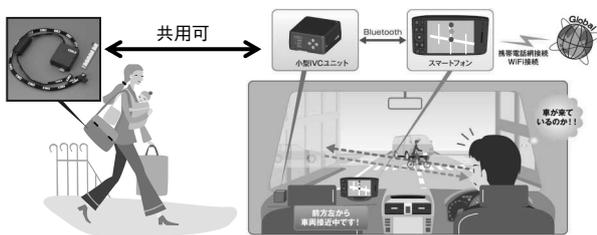


図9 歩車間通信と車々間通信の共有イメージ

参考文献

- 1) 「沖電気、歩行者の安全支援を可能とする世界初の安全携帯端末を試作」、OKIプレスリリース、2007年5月28日
「沖電気、歩行者の安全を支援する世界初の携帯電話用DSRC車々間通信アタッチメントを開発」、OKIプレスリリース、2009年1月8日
- 2) 財団法人交通事故総合分析センター、イタルダイインフォメーション No.83, 87, 2010特別号, <http://www.itarda.or.jp> (2011年6月11日)
- 3) 浜口雅春, 筒井英夫, 徳田清仁: 車々間通信実用化に向けた大規模実証実験への取り組み, 沖テクニカルレビュー215号, Vol.76 No.1, pp.70-73, 2009年4月
- 4) ASV, ASV通信利用型運転支援システム定義書 (Ver. 1.0), 平成19年9月25日
- 5) 「沖電気、車両への取り付け容易な超小型の車々間通信装置を開発」、OKIプレスリリース、2010年11月29日

筆者紹介

金子 富: Yutaka Kaneko. 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部 DSRCチーム チームリーダー
浜口雅春: Masaharu Hamaguchi. 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部 部長