

# V2X 通信を用いた道路注意情報共有システム

伊藤 健太<sup>1,a)</sup> 平川 剛<sup>2,b)</sup> 新井 義和<sup>2,c)</sup> 柴田 義孝<sup>2,d)</sup>

**概要：**交通事故や交通障害は大きな社会問題となっている。路面凍結や積雪，スリップ，事故渋滞，自然渋滞，土砂崩れによる通行止め，路面に亀裂など，様々な道路状況や交通状況が存在し，運転者がそれらの情報をリアルタイムに把握することが交通事故や交通障害を防止するために必要であり重要であると考えられる。また，運転者に対する道路状況提供の方法がいくつか存在するが，インターネット接続が必要であり，特に中山間地域や災害発生地域では，不安定な通信や通信インフラの不備により全ての車両がオンラインになれるわけではない。近年の情報収集技術や路車間通信，車車間通信，無線通信技術の発展により，これらの技術を用いて，車車間通信や車路間通信によるネットワークを構築し，インターネットに接続することなくリアルタイムな道路情報共有が可能となった。本研究では，車載センサを用いた道路状況取得と V2X 通信による道路状況共有，道路状況提供のための車載アプリケーション実装を目的としたシステムを開発する。

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

交通事故や交通障害は大きな社会問題となっている。交通事故の発生件数は年々減少しているが減少幅は年々狭くなっている<sup>1)</sup>。また，1 年を通して，最も事故が多い月は 12 月であり，最も事故が多い曜日は金曜日である<sup>2) 3)</sup>。加えて，渋滞発生状況を見ると，1 年を通して，最も渋滞が発生する月は 12 月であり，最も渋滞が発生する曜日は金曜日である<sup>4)</sup>。これは，雪が降り始める時期であることや，週末の行楽によるものだと推測される。このような交通事故や交通障害を防止するための危険予測トレーニングが行われている<sup>5)</sup>が，このトレーニングは主に人や車，自転車などの行動を予測するものであり，天候や路面状態，交通状況等は考慮されていない。実際，路面凍結や積雪，スリップ，事故渋滞，自然渋滞，土砂崩れによる通行止め，路面に亀裂など，様々な道路状況や交通状況が存在し，運転者がそれらの情報をリアルタイムに把握することが交通事故や交通障害を防止するために必要であり重要であると考えられる。近年，環境センサやウェアラブルカメラなど情報

収集技術が発展しており，それらを用いた車載センサ構築の可能性が広がっている。

運転者に対する道路状況提供の方法として，スマートデバイスとカーナビゲーションアプリを組み合わせる方法や，カーナビゲーションにリアルタイムな状態情報提供機能を付加する方法<sup>6)</sup>などがある。前者はインターネット接続が必要であり，後者はカーナビゲーションに携帯電話を接続することによるパケット通信が必要である。しかし，特に中山間地域や災害発生地域では，不安定な通信や通信インフラの不備により全ての車両がインターネット接続を介した情報取得を行えるわけではない。近年の路車間通信 (R2V: Roadside-to-Vehicle) や車車間通信 (V2V: Vehicle-to-Vehicle) など ITS の発展や，無線通信技術の発展により，これらの技術を用いて，車車間通信や車路間通信 (V2R: Vehicle-to-Roadside) によるネットワークを構築し，インターネットに接続することなくリアルタイムな情報共有の可能性が広がった。

### 1.2 研究目的

本研究では，車載センサを用いた道路状況取得と V2X 通信による道路状況共有，道路状況提供のための車載アプリケーション実装を目的としたシステムを開発する。本論文では主に V2X (Vehicle-to-X: V2V や V2R の総称) 通信による道路状況共有の実現に向けた通信実験について述べる。

<sup>1)</sup> 岩手県立大学大学院  
Graduate school of Iwate Prefectural University, 152-52 Sugo, Takizawa, Iwate 020-0693, Japan

<sup>2)</sup> 岩手県立大学  
Iwate Prefectural University, 152-52 Sugo, Takizawa, Iwate 020-0693, Japan

a) g236n001@s.iwate-pu.ac.jp

b) hirakawa@nalab.jp

c) arai@iwate-pu.ac.jp

d) shibata@iwate-pu.ac.jp

## 2. 関連技術

### 2.1 従来技術

#### 2.1.1 Delay Tolerant Networking (DTN)

DTN 7) 8) は連続的なエンドツーエンドの接続を想定することができない環境に相互運用可能な通信を提供するアプローチである。現在の TCP プロトコルは、ネットワーク通信を確立するためにエンドツーエンドの接続を必要とするが、DTN は異種ネットワークや惑星間、軍事、災害ネットワークのようなエンドツーエンドの通信が利用できない環境でも、エンドツーエンドの通信を使用できるように設計されている。

劣悪なネットワーク環境下で相互運用可能な通信を実現するために、DTN は一般にストアアンドフォワード型のルーティングを行う。各ノードは、利用可能なノードが近くに存在しない場合、送信データが格納され、利用可能なノードが近づくと、そのノードにデータをコピーする。

DTN のルーティング方式として、Epidemic Routing, Spray and Wait, Max Prop 9) などが一般的に知られている。また、人々がデータラバとして地域間を移動し DTN 機能をもたらす研究 10) や Ant Colony Optimization を用いた手法の提案 11) などが研究されている。

本研究では、従来のルーティングプロトコルや関連研究を参考にし、本システムに最適な DTN 機能を取り込んでいく予定である。

#### 2.1.2 V2X 通信

V2X 通信の関連技術として、Dedicated Short Range Communications (DSRC) と IEEE802.11p を挙げる。

DSRC 12) 13) とは、車両との無線通信に特化し設計され、狭い範囲での双方向通信を目的とした 5.8GHz 帯の電波ビーコンによる通信方式のことである。専用狭域通信や狭域通信、スポット通信と呼ばれる。アンテナの指向性と高精度なキャリアセンスにより、通信エリアを意図的にコントロールし、高速で大容量の情報を送受信可能となっている。

IEEE802.11p は、車同士の通信のために IEEE802.11a をベースに開発された米国の独自規格がベースとなっている。802.11p は、米国版の DSRC に OFDM を利用するための技術仕様として策定された標準がベースとなっている。米国では DSRC 用に 5.85~5.925GHz の 75MHz 幅の帯域が割り当てられており、IEEE802.11p はこの帯域を利用し「IEEE802.11a のハーフレート」による通信を行う。実際に 802.11p は、車同士の無線通信やロードサイドから車への情報配信を行うためのフレームワークである「WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments)」システムの一部として開発されている。

DSRC や IEEE802.11p など、多様な通信プロトコルを

用いた実験やシミュレーションが行われており、本システムでは、これらの技術を取り入れることも視野に入れつつ、比較を行っていく。

#### 2.1.3 道路状況監視システム

道路状況監視システムの関連研究として、地震動センサ、音センサ、画像センサを用いた災害後の道路監視システム 23) や 3 軸加速度計と GPS センサによる路面状態監視 24)、車載スマートフォンをセンサとした道路状況監視警告アプリケーション 25) などがある。

これらの研究では、それぞれが扱うセンサデータの数が少なく、一つのシステムで多様なセンサデータを取得し、目的に応じて適当なセンサデータを組み合わせることで提供する情報の精度や質が向上するのではないかと考える。

### 2.2 要素技術

#### 2.2.1 CoMoSE (Co-Operative MOBILE Sensor Environment)

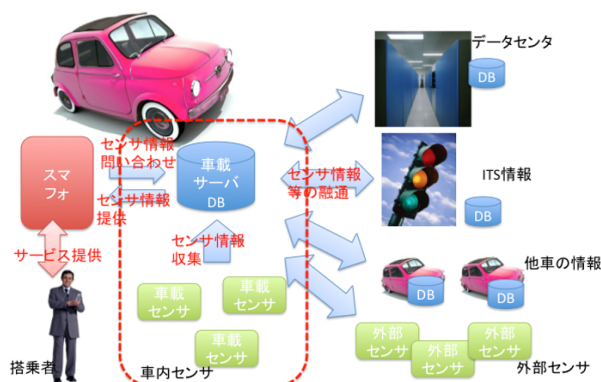


図 1 CoMoSE 概要

CoMoSE 19) 20) は図 1 に示すように、周辺環境が持つ様々な情報を車載サーバに収集し、収集したデータを用いて周辺環境に対してサービスを提供するプラットフォームである。これを用いることにより、各種情報を用いたサービスを提供することが出来る。

本システムではこのプラットフォームの車載センサの情報を収集し、データベースに蓄積する機能を利用する。

#### 2.2.2 準静電界技術

準静電界 (Quasi Electrostatic Field(QEF)) 21) 22) は、電磁界を構成する磁界成分を含まない特殊な電界で、電波のように伝搬する性質がなく人や車両、物質の周りに静電気帯電のように分布する物理現象である。電波に比べて非常に小さなエネルギーで非接触通信が実現可能であり、人体や車両等の周りだけで実現する省電力型のモビリティ近傍通信や、人体や車両の準静電界の変化を捉えることで、非常に鋭敏かつ配線のいらぬ非接触センサを開発可能である。準静電界の例を図 2 に示す。

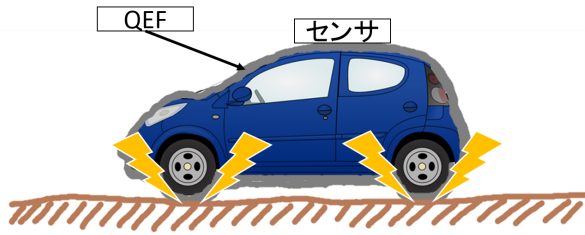


図 2 QEF の例

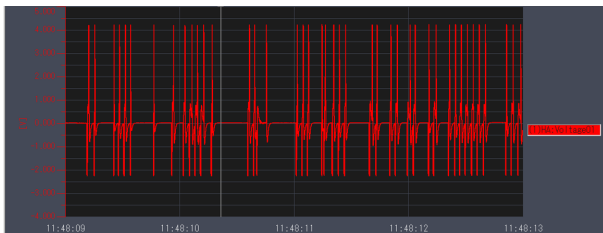


図 3 準静電界センサデータの例

本システムでは路面状態を取得するセンサとしてこの技術を利用する。しかし、準静電界センサで取得出来るデータは図3に示すような電圧が波形となったものであり、準静電界センサ単体で路面状態を表現することは困難である。準静電界センサデータを解析することに加え、路面温度や路面画像など、他のセンサデータと組み合わせて路面状態を表現することが必要である。

### 3. システム概要

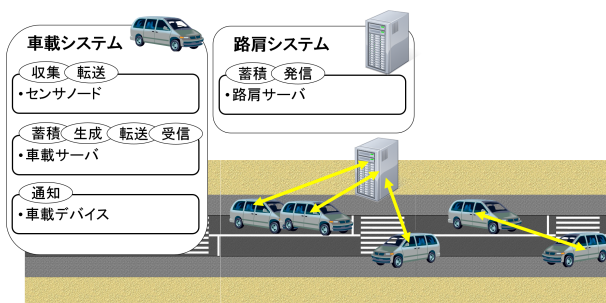


図 4 システム概要

本システムの概要を図4に示す。このシステムのユーザは車両の運転者である。本システムは複数の車載システムと路肩システムから構成される。車載システムはセンサノードと車載サーバ、車載デバイスから構成される。

現在センサノードが取得することが出来るセンサデータは、気温、湿度、画像、方向、位置情報、加速度、準静電界、路面温度である。これらのセンサデータを組み合わせることで道路注意情報を生成する際に、1種類のセンサデータのみで道路注意情報を表現することは難しく、取得したデータを全て組み合わせることも適していない。2.2.2で述べ

たように、路面状態を表現する際に、準静電界センサデータと路面温度、路面画像を組み合わせるなど、提供する情報を考慮した適切なセンサデータの組み合わせを考慮する必要がある。

道路注意情報の通知において、ポップアップ画像と音声による簡単な通知など、運転者が車載デバイスにあまり注意を払わずに道路注意情報の通知を得られる方法を検討していく必要がある。

### 4. システムアーキテクチャ

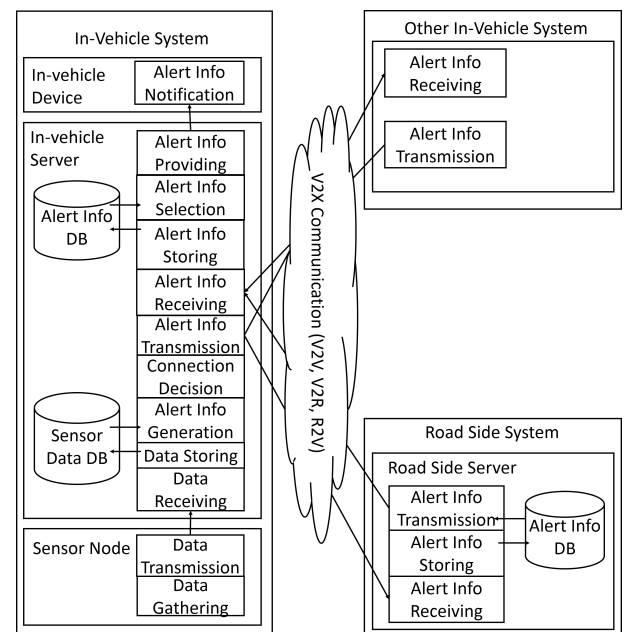


図 5 システムアーキテクチャ

本システムのアーキテクチャを図5に示す。Data Gatheringはセンサデータを周期的にサンプリングする。Data Transmissionは車載サーバへセンサデータを転送する。Data Receivingはセンサノードから転送されたセンサデータを受信する。Data Storingは受信したセンサデータをDBに蓄積する。Alert Information Generationは受信したセンサデータから道路注意情報を表現するために必要なセンサデータを選択、組み合わせし道路注意情報を生成する。Connection Decisionは他の車載システムや路肩システムに道路注意情報を転送するために端末間の接続が確立されているかどうか判定する。Alert Information Transmissionは他の車載システムや路肩システムに道路注意情報を転送する。Alert Information Receivingは他の車載システムや路肩システムから転送された道路注意情報を受信する。Alert Information Storingは受信した道路注意情報をDBに保存する。Alert Information Selectionは受信した道路注意情報の中から運転者の目的地に合った道路注意情報を選択する。Alert Information Providingは

選択した道路注意情報を車載デバイスに提供する。Alert Information Notification は車載サーバから提供された道路注意情報を音声やポップアップ画像として運転者に通知する。Alert Information Receiving は車載システムから転送された道路注意情報を受信する。Data Storing は受信した道路注意情報を蓄積する。Alert Information Transmission は蓄積した道路注意情報を車載システムへ発信する。

5. プロトタイプシステム

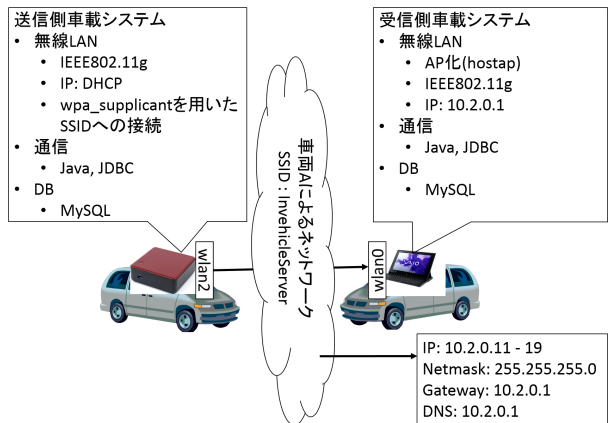


図 6 プロトタイプシステム

本システムの通信実験実施に際し、図 6 に示す構成でプロトタイプシステムを構築した。

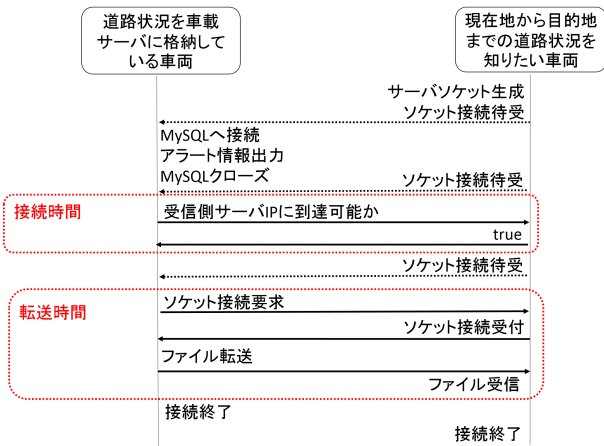


図 7 ファイル転送処理

現在の実装における、ファイル転送処理を図 7 に示す。道路状況を車載サーバに格納している車両を送信側車載システム、現在地から目的地までの道路状況を知りたい車両を受信側車載システムとする。受信側車載システムはサーバソケットを生成し、送信側車載システムからのソケットを待ち受ける。送信側車載システムは JDBC ドライバを介してセンサデータが格納されているデータベースに接続し、道路注意情報をテキストファイルへ出力、データベースへ

の接続を終了する。送信側車載システムは isReachable() メソッドを用い、受信側車載システムの IP アドレスに到達可能かどうかで、受信側車載システムに立ち上げたアクセスポイントに接続されているかどうかを判断する。受信側車載システムに立ち上げたアクセスポイントに接続されていると判断されたら、送信側車載システムはソケットを生成し受信側車載システムへ接続要求を行う。受信側車載システムは送信側車載システムのソケット接続要求を受け付ける。そして、送信側車載システムはソケットによるファイル転送を行う。受信側車載システムはファイルを受信する。

ファイル転送処理の実装において、図 7 に示している接続時間と転送時間をいかに短縮するかが課題である。転送時間に関しては、通信規格を変更することや転送するデータのフォーマットを考慮することで転送時間を短縮出来ると考える。接続時間に関しては、接続判定に用いているメソッドを検討することや、ハードウェア部分の検討をすることによって接続時間を短縮出来ると考える。

また、接続時間や転送時間を短縮すること以外に、通信範囲を拡張することによって接続時間や転送時間に利用出来る時間を増加させることが出来ると考える。そのためには外部アンテナの利用や Wi-Fi やそれ以外の規格の長距離無線と組み合わせることも検討している。

6. 通信実験

6.1 実験概要

本実験のシナリオとして、ある目的地に向かっておりその道程の道路状況を把握したい車載システムが、道路状況を保持している他の車載システムや路肩システムと情報共有することを想定する。本実験は、車載システムを 2 台用い、V2R 通信や V2V 通信に先駆け、どちらの車両も停止状態で測定を行い、通信可能距離の推定とある程度のサイズのファイルの転送時間を測定した。実験には本学の駐車場を使用した。実験に使用したパラメータを表 1 に示す。

表 1 実験に使用したパラメータ

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| ファイルサイズ [MB]        | 8           |
| ping 試行回数 [回/1 試行]  | 50          |
| iperf 試行回数 [回/1 試行] | 60          |
| 距離 [m]              | 0m から 5m ずつ |

ファイルサイズに関しては、データベースに格納されている道路注意情報を 30 分ぶん出力した際のファイルサイズが基になっている。道路状況は常に変化するものであり、数時間前の道路情報は既に変化してしまっていると推測し本実験では 30 分ぶんの道路注意情報を出力した。また、距離に関しては、0m から 5m ずつ間隔を開けていき、ファイル転送時間、ping、iperf の 3 つの測定項目のうち、いず

れか 2 項目が測定出来なくなるまで間隔を開けていった。

## 6.2 実験結果

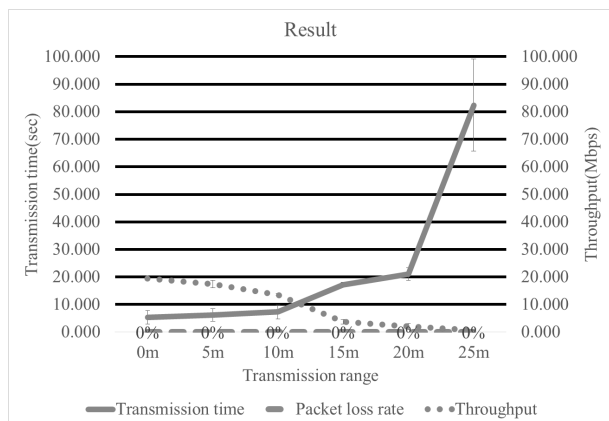


図 8 測定結果 1

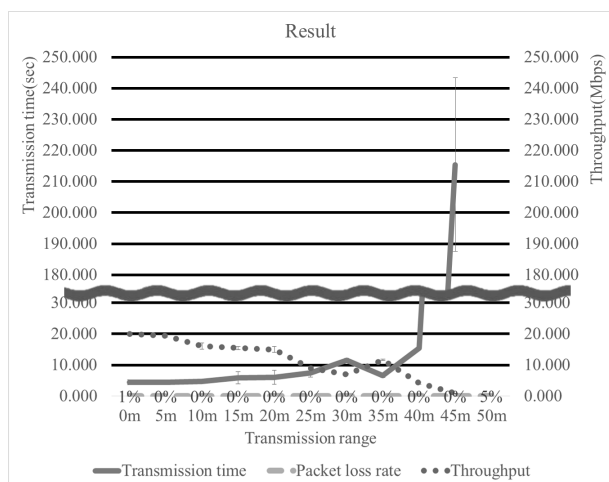


図 9 測定結果 2

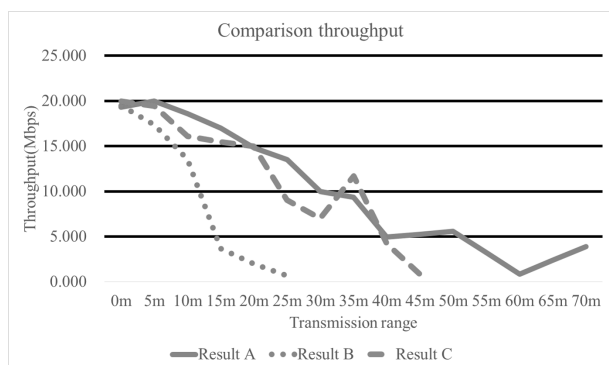


図 10 測定結果 3

本実験の結果を図 8 から図 10 に示す。本実験では、ファイルの転送時間とスループットにある程度の相関関係が見られた。

測定結果 1 では、15m 地点でスループットが低下し、25m 以降は測定を行うことが出来なかった。

また、異なる測定日の測定結果 2 では、40m 地点まではある程度の速度を保ちながら圧縮ファイルを転送することが出来ていたが、45m 地点でスループットが低下し、それに伴い転送時間も急激に増加した。50m 地点では、アクセスポイントには接続されるものの、ファイル転送と iperf による計測がどちらも出来なかった。

測定結果 3 では、異なる測定日の iperf による測定結果の違いを表し、測定日によって通信可能距離が異なってくるのが分かった。例えば、通信可能距離が 45m であると仮定し、40km/h 同士ですれ違いを行うとすると、通信可能時間は約 4 秒であると仮定できる。この仮定を基にすると、現システムでは非常に小さいサイズのファイルの共有しか出来ない、またはファイル共有は難しいと考えられる。このように、測定日によって測定結果が異なってくるので、電界強度や天候など、バックグラウンドのデータも測定しつつ実験を行っていく必要がある。

## 7. まとめと今後の課題

本稿では、V2X 通信を用いた道路注意情報共有システムを提案した。車載センサを用いた道路状況取得と V2X 通信による道路状況共有、道路状況提供のための車載アプリケーション実装を目的とする。直近の課題として以下の項目を挙げる。

- 大学周辺をベースとした車路間通信実験環境の構築…実環境における測定や実験を行うために、大学やその周辺の道路を用いて、路肩システムの設置を行い、車路間通信の通信環境を構築
- 構築した実験環境をベースとした車路間通信実験…構築した環境における車路間通信実験において、通信可能範囲の推定や通信可能ファイルサイズの推定を実行
- 複数センサデータを用いた道路注意情報生成…準標準電界センサデータを中心とした道路注意情報の生成方法の検討と実装
- 構築した実験環境における道路注意情報共有テスト…車路間通信実験を元にした適当なファイルサイズによる道路注意情報共有
- 道路注意情報通知アプリケーション実装…運転者を考慮した通知アプリケーションの検討と実装

## 参考文献

- [1] 統計表一覧 政府統計の総合窓口 GL08020103  
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001132129>
- [2] 交通事故発生状況 (平成 26 年 12 月末)  
<http://www2.pref.iwate.jp/hp0802/oshirase/kou-kikaku/jiko/h26jiko/h26jiko-12.pdf>
- [3] 平成 19 年の自動車事故データをみる

- [http://www.ms-ins.com/pdf/rm\\_car/jiko\\_data.pdf](http://www.ms-ins.com/pdf/rm_car/jiko_data.pdf)
- [4] 交通渋滞 平成 25 年  
<http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/toukei/jyutai/data/ippan.pdf>
- [5] Honda Honda の交通安全 危険予測トレーニング  
<http://www.honda.co.jp/safetyinfo/kyt/training/carrozzeria>
- [6] サイバーナビ (カーナビゲーション) 機能詳細 スマートループ プローブ情報システム (リアルタイムプローブ)  
<http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/08cybernavi/function/smartloop/>
- [7] dtnrg  
<https://sites.google.com/site/dtnresgroup/home>
- [8] 鶴正人, 内田真人, 滝根哲哉, 永田晃, 松田崇弘, 已波弘佳, 山村新也. (2011) 'DTN 技術の現状と展望', 通信ソサイエティマガジン No.16 [春号]
- [9] Ntareme, H. and Domancich, S. (2013) 'Security and performance aspects of Bytewalla: A Delay Tolerant Network on smartphones', First International Workshop on Wireless Communication and Networking Technologies for Rural Enrichment, pp. 449-454
- [10] Wang, C. Zhao, B. Peng, W. Wu, C. and Gong, Z. (2012) 'Routing Algorithm based on Ant Colony Optimization for DTN Congestion Control', 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS), pp. 715-720
- [11] Yin, X. Ma, X. Trivedi, K.S. and Vinel, A. (2014) 'Performance and Reliability Evaluation of BSM Broadcasting in DSRC with Multi-Channel Schemes', IEEE Transactions on Computers, Vol. 63, No. 12, pp. 3101-3113
- [12] Serageldin, A. and Krings, A. (2014) 'The Impact of Dissimilarity and Redundancy on the Reliability of DSRC Safety Applications', 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), pp. 417-424
- [13] Huang, C.M. and Lin, S.Y. (2013) 'An Advanced Vehicle Collision Warning Algorithm over the DSRC Communication Environment: An Advanced Vehicle Collision Warning Algorithm', 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), pp. 696-702
- [14] Akabane, A.T. Villas, L.A. and Madeira, E.R.M. (2014) 'GTO: A Broadcast Protocol for Highway Environments over Diverse Traffic Conditions', 13th International Symposium on Network Computing and Applications, pp 37-40
- [15] Qureshi, M.A. and Noor, R.M. (2013) 'Towards Improving Vehicular Communication in Modern Vehicular Environment', 11th International Conference on Frontiers of Information Technology, pp 177-182
- [16] Correa, C. Ueyama, J. Meneguet, R.I. and Villas, L.A. (2014) 'VANets: An Exploratory Evaluation in Vehicular Ad hoc Network For Urban Environment', 13th International Symposium on Network Computing and Applications, pp 45-49
- [17] Rawat, D.B. Bista, B.B. Yan, G. and Olariu, S. (2014) 'Vehicle-to-Vehicle Connectivity and Communication Framework for Vehicular Ad-Hoc Networks', 8th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp 44-49
- [18] Ishikawa, S. Honda, T. Ikeda, M. and Barolli, L. (2014) 'Performance Analysis of Vehicular DTN Routing under Urban Environment', 8th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp 50-53
- [19] Sun, X.G. Sun, X.L. Yang, Q.G. and Ma, S.N. (2011) 'Application of Wireless Sensor Networks in Post-Disaster Road Monitoring System', 4th International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems, pp 105-108
- [20] Chen, K. Lu, M. Fan, X. Wei, M. and Wu, J. (2011) 'Road Condition Monitoring Using On-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor', 6th International ICST Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM), pp 1032-1037
- [21] Avik Ghose, Provat Biswas, Chirabrata Bhaumik, Monika Sharma, Arpan Pal, and Abhinav Jha, 'Road Condition Monitoring and Alert Application Using In-Vehicle Smartphone as Internet-Connected Sensor', PerCom Demos 2012, Lugano, pp 489-491
- [22] Hirakawa, G. Kywe, P.P. Ito, K. and Shibata, Y. (2014) 'Application of Automotive Sensor Information Server Platform to Ubiquitous Sensing System', 17th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2014), pp. 461-464
- [23] Hirakawa, G. Uchida, N. Arai, Y. and Shibata, Y. (2015) 'Application of DTN to the Vehicle Sensor Platform CoMoSE', 7th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems (IW-DENS2015), pp. 490-493
- [24] Hirakawa, G. Kywe, P.P. Ito, K. and Shibata, Y. (2015) 'Road-to-Vehicle Communication Using CoMoSE for Road Surface Freezing Information System', 9th International conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS2015), pp. 238-241
- [25] 滝口清昭, '準静電界技術の ITS への応用と可能性', 社会人のための ITS 専門講座
- [26] 滝口研究室  
<http://www.takiguchilab.iis.u-tokyo.ac.jp/>
- [27] Ito, S. Sodeyama, H. and Takiguchi, K. (2011) 'Failure Analysis of Semiconductor Device using Nano Electrostatic field Probe Sensor (NEPS)', ISTFA 2011 International Symposium for Testing and Failure Analysis Venue, pp. 387-392
- [28] Ito, S. Takiguchi, K. Sodeyama, H. and Matsumoto, T. 'Failure Analysis Method of Using Laser Nano Electrostaticfield Probe Sensor (L-NEPS)', Proceeding of 18th IPFA, pp. 172-176
- [29] 情報処理学会論文誌 (IPJS Journal) 原稿執筆案内 (入手先 <http://www.ipsj.or.jp/journal/submit/ronbun-j-prms.html>) (2014.05.22).