平成24年度　戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)
地域 ICT 振興型研究開発

「スマートフォンを活用した道路状況センシングとその局所的
情報交換のための車車間通信の研究開発(112302001)」

成果報告書

平成25年3月

委託者　東北総合通信局
委託先　福島県ハイテクプラザ
いわき明星大学
福島コンピューターシステム株式会社

目　次

第１章　研究開発の概要
１．１．研究開発の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
１．２．研究開発の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
１．３．期待される研究成果及び社会的意義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
１．４．研究体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1

第２章　スマートフォンによる容易な車車間通信の実現
２．１．情報交換データの提示タイミングモデルの実現・・・・・・・・・・・　2
２．２．運転負荷モデルの構築・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5
２．３．スマートフォンへの実装及びすれちがい通信のテスト・・・・・・・　9

第３章　道路状況センシング
３．１．凍結路状況検出・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
３．２．対向車線の渋滞状況検出・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16

第４章　つぶやきと道路との紐付け情報
４．１．車両からのトリガー情報における有効事象の取得・・・・・・・・・・23
４．２．実験用 SNS の構築運用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・26

第５章　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31

第１章　研究開発の概要

１．１．研究開発の目的

本研究開発は一台のスマートフォンで、凍結路検出、対向車渋滞検出等のセンシングを行い、Bluetooth で車同士のすれちがい通信をしてその局所的情報を交換しあう、最新交通状況の自律的な交換システムを構築する。交換する情報は走行先の局所情報とし、運転負荷（心理的ストレス）を考慮して心づもりを持った運転ができる適切なタイミングで情報を提示する。

気候が大きく異なる福島県土では、出発地は積雪なしでも、走行中積雪のある道路に急変することや、2010 年末の西会津町の一昼夜の事故渋滞、2013 年 2 月の会津北縦貫道路の 70 台以上の事故に見られる様に、走行先の最新情報を持てずに走行する危険性を露呈した。

本研究開発により、気候が大きく異なる福島県内の道路でも、車載スマートフォンがセンシングした情報の交換によって、従来できなかった、これから走行するすぐ先の最新局所道路状況を運転者間で共有でき、運転負荷の軽減が図れ、交通死亡事故の東北一多い福島県にとり、インフラを必要としない本研究開発が有効となる。

１．２．研究開発の概要

本研究開発では、スマートフォンの普及が半数を超える 2015 年（(株) MM 総研予測）を想定し、次に示す研究開発を実施する。成果のソフトウェアについては、福島県内 ICT 企業へ API を公開することにより、独自のアプリ開発、ビジネスモデル構築の新規事業創出を支援する。本研究開発の主な項目は次のとおりである。

・スマートフォンによる運転負荷軽減を考慮した車車間通信情報交換の研究開発
・車載センサとして走行中の凍結路面状況、対向車線渋滞状況検出の研究開発
・走行中のつぶやきと道路とを紐付けし SNS 化する研究開発

１．３．期待される研究成果及び社会的意義

特別な車載器を車両に装備せずにスマートフォンの設置で車車間通信ができ、道路交通システムの範囲外の道路で自律的な交通システムを実現できる。

スマートフォン映像から凍結路、対向車線渋滞等の交換情報を取得し利用できる。

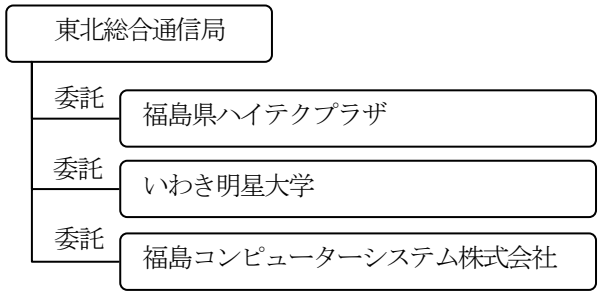
交通流が疎の地域（へき地や山間地）でも道路情報 SNS で情報共有が可能になる。

SNS のオープンソーシャル化により地域企業の独自アプリケーション用開発プラットフォームを提供できる。

上記車車間通信の実現で、福島県民生活の向上はもとより、福島県地域 ICT 企業の提案開発型企業への転換を支援することができる。

１．４．研究体制

１．４．１．研究組織



委託期間：平成 24 年 4 月～平成 25 年 3 月

１．４．２．研究者氏名

研究代表者

浜尾　和秀　福島県ハイテクプラザ　技術開発部
主任研究員

研究分担者

高樋　昌　福島県ハイテクプラザ　技術開発部
主任研究員

櫻井　俊明　いわき明星大学　科学技術学部
教授

石山　修司　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部　課長

石川　泰弘　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部　技師

橋本　健一　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部　上席主任

本多　悟　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部　主任技師

本多　裕幸　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部　上席主任

鈴木　豊　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部

本間　政広　福島コンピューターシステム株式会社
第一システム部

第２章　スマートフォンによる容易な車車間通信の実現

２．１．情報交換データの提示タイミングモデルの実現

２．１．１．はじめに

本研究開発では、車車間通信で交換する情報の中で、必要な交通情報を運転者へ運転負荷（心理的ストレス）軽減を配慮したタイミングで提示することを検討する。

運転負荷（心理的ストレス）の軽減を考慮したタイミングとは、注意喚起情報、例えば走行先の混雑状況（その原因：工事、事故、積雪等）や凍結情報などの交通事象を、運転者が事前に心づもりを持ち運転負荷（心理的ストレス）が高まらないタイミング、つまり事象手前の適切な距離で運転者に情報を提示するものである。

本研究開発は局所的交通事象に絞った情報交換を扱うため、交換した情報を交通事象までの距離に従って提示するための適切なタイミングがあると仮説を立て、車車間通信で交換した情報の運転者への提示タイミングを検討した。

２．１．２．交通事象情報の提示タイミング

２．１．２．１．情報提示タイミングのモデル化

走行している先の交通事象情報を車車間のすれちがい通信で取得した場合、その車両と交通事象場所との位置を、自車がそのまま等速度で走行するものとして図 2.1.1.の状態を考える。なお、計算の都合から事象場所手前に仮想の先行車が居ると仮定する。

ここでは、自車と事象場所までの距離に応じて次の 4 つの局面に区切ることとした。(1)事象の潜在化ステージ、(2)緩いブレーキステージ、(3)事象の顕在化ステージ、(4)急ブレーキステージ。

運転者が走行先交通事象に対する心構えを事前に持てるための「心づもり」指標を、図 2.1.2.に示すとおり新たに定義した。

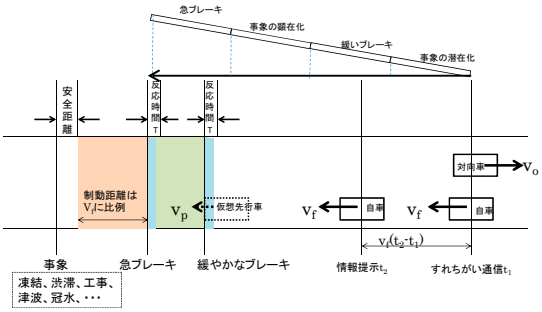


図 2.1.1. 交通事象と走行車の状態

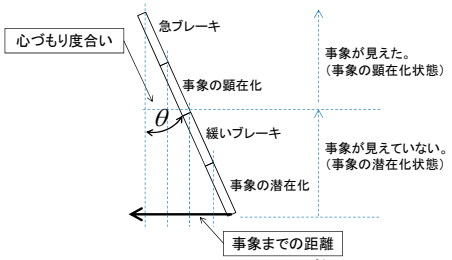


図 2.1.2. 心づもり指標

２．１．２．２．各ステージと事象距離との区分

文献[1]ではリスク認知に関する次の八つの評価指標、TTC（衝突余裕時間）、1/TTC（TTC の逆数）、K_{dB}（接近離間状態指標）、τ（TTC の時間微分値）、TTC2nd（TTC の二次予測値）、THW（車間時間）、MTC（衝突余裕度）、RF(Risk Feeling)について、各指標の特徴や各指標間の関係などを比較している。

筆者らは、心づもり指標とは人間の感覚に対する尺度であるため、K_{dB} 及び RF に着目し情報提示のタイミングに利用することにした。

なお、K_{dB} は運転者が先行車の視覚的な面積変化によって接近・離間を検出しながら加減速操作を行っているとする仮説に基づいて定義された指標である。RF は先行車追従時に運転者の車速制御特性を物理量で表現することを目的として、TTC と THW の逆数の線形和を、運転者が主観的に感じているリスクとして定義する指標である。

自車速度(V_f)を 17m/s(61.2km/h)、14m/s(50.4km/h)及び 10m/s(36km/h)とし、交通事象場所に居る仮想先行車速度(V_p)を 1m/s(3.6km/h)とすると、K_{dB} 及び RF の

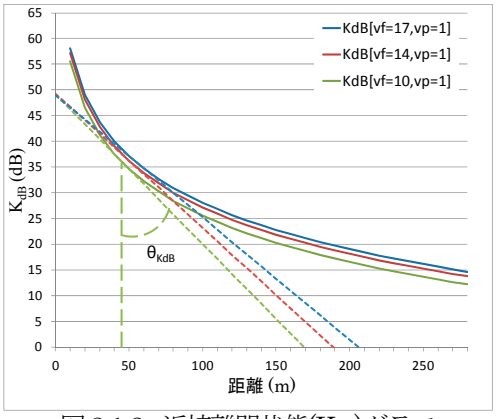


図 2.1.3. 近接離間状態(K_{dB})グラフ

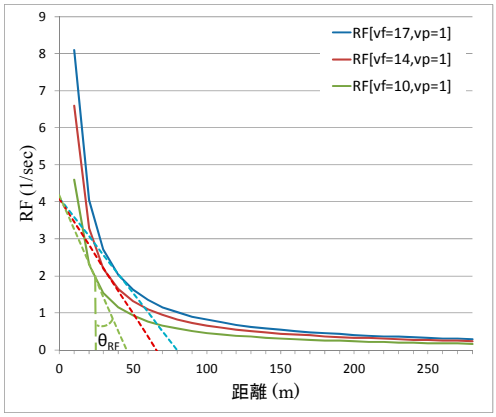


図 2.1.4. Risk Feeling(RF)グラフ

描くグラフは図 2.1.3 及び図 2.1.4.に示すとおりになる。

文献[2]の図中、K_{dB}=50dB→相対速度-20km/h→K_{dB}=36dB ラインで追突事故と安全運転を有効に切り分けできると示されていることから、36dB を運転者のブレーキ操作を開始する点と捉えることにした。

各ステージを K_{dB} 値に対応付けて、(1)事象の潜在化ステージを K_{dB}=15～20、(2)緩いブレーキステージを K_{dB}=20～25、(3)事象の顕在化ステージを K_{dB}=25～30、(4)急ブレーキステージを K_{dB}=30～36 に割り当てることとした。

RF は文献[3]で(RF=) 1/THW+4/TTC < 2 の範囲で運転者がブレーキ操作を開始することが示されていることから、RF=2 を運転者のブレーキ操作を開始する点と捉えることにした。

各ステージを RF 値に対応付けて、(1)事象の潜在化ステージを RF=～0.5、(2)緩いブレーキステージを RF=0.5～1.0、(3)事象の顕在化ステージを RF=1.0～1.5、(4)急ブレーキステージを RF=1.5～2.0 に割り当てることとした。

以上をまとめると表 2.1.1.のとおりとなる。

表 2.1.1. ステージ区分

ステージ	K_{dB} (dB)	RF (1/s)
(1) 事象の潜在化	15～20	～0.5
(2) 緩いブレーキ	20～25	0.5～1.0
(3) 事象の顕在化	25～30	1.0～1.5
(4) 急ブレーキ	30～36	1.5～2.0

表 2.1.2. ステージ区分距離と心づもり度合

		v_f=17(m/s)	v_f=14(m/s)	v_f=10(m/s)
RF	0.5	160 (m)	130 (m)	90 (m)
	1.0	80 (m)	70 (m)	45 (m)
	1.5	54 (m)	44 (m)	30 (m)
	2.0	40 (m)	33 (m)	23 (m)
	$\tan^{-1}\theta_{RF}$	87.1 (deg)	86.5 (deg)	85.0 (deg)
K_{dB}	15	270 (m)	255 (m)	225 (m)
	20	180 (m)	170 (m)	150 (m)
	25	125 (m)	120 (m)	105 (m)
	30	85 (m)	80 (m)	70 (m)
	36	55 (m)	50 (m)	45 (m)
	$\tan^{-1}\theta_{KdB}$	76.6 (deg)	75.4 (deg)	73.8 (deg)

次に心づもり度合いについて説明する。K_{dB} では各速度で、K_{dB}=36 (dB)とその時の距離の点に接する接線を考え、その接線と対応する距離の鉛直線とのなす角度を θ_{KdB} として $\tan^{-1}\theta_{KdB}$(deg)を心づもり度合いと定義する。

RF も同様に、RF=2.0 (1/s)とその時の距離の点に接する接線を考え、その接線と対応する距離の鉛直線とのなす角度を θ_{RF} として $\tan^{-1}\theta_{RF}$ (deg)を心づもり度合いと定義した。

具体的な数値を表 2.1.2.に示す。心づもり度合いは、高速度になる程角度 θ_{KdB} 及び θ_{RF} も大きくなる。つまり、高速度な程事前の心づもりが必要な運転者心理を表していると考えることができる。

２．１．３．ドライビングシミュレータによる実験評価

２．１．３．１．シナリオ

走行条件を同一条件に揃え、実験の安全性の上から、台上試験の一つドライビング・シミュレータ（以下、DS と言う。）を利用した実験で評価を行う。

時速 60km で走行し、車線幅員 3.0m で曲率半径 R120 のカーブを持つ対面 2 車線の全長約 9km のコースを図 2.1.5.に示すとおり準備した。コース上の番号は表 2.1.3.に記す注意喚起箇所を示す。

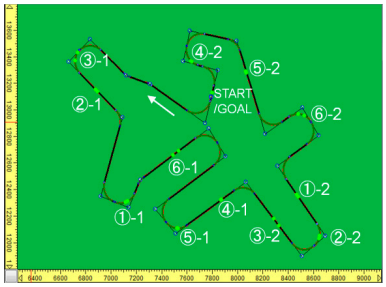


図 2.1.5. コース俯瞰

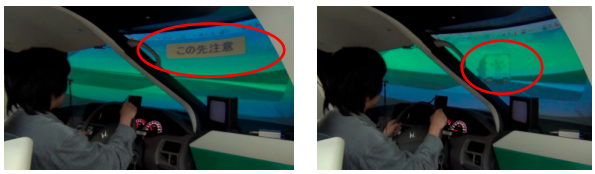
事象は停車トラックの出現として、各注意喚起地点は事象地点より表 2.1.3.に示すとおり手前の距離に設定した。また事象出現を事象位置から K_{dB} は 85m、RF は 54m 手前を自車両が通過した時点にトラックを出現させることとした。

表 2.1.3. ステージ毎の注意喚起地点

K_{dB}	事前距離[m]	コース上番号	RF	事前距離[m]	コース上番号
33.0	68	①	1.75	46.3	④
27.5	105	②	1.25	64.8	⑤
22.5	153.3	③	0.75	108	⑥
30.0	85	事象出現	1.50	54	事象出現

２．１．３．２．実験結果

３名の被験者による計５回（内２名は別日に２回実施）の実験走行を行った。被験者には、時速 60km を維持した走行とし、車窓上に「この先注意」の注意喚起が表示されること、走行車線上にトラックが突然出現するので、



注意喚起の表示　　事象の停車トラックが出現

図 2.1.6. ドライビングシミュレータ運転風景

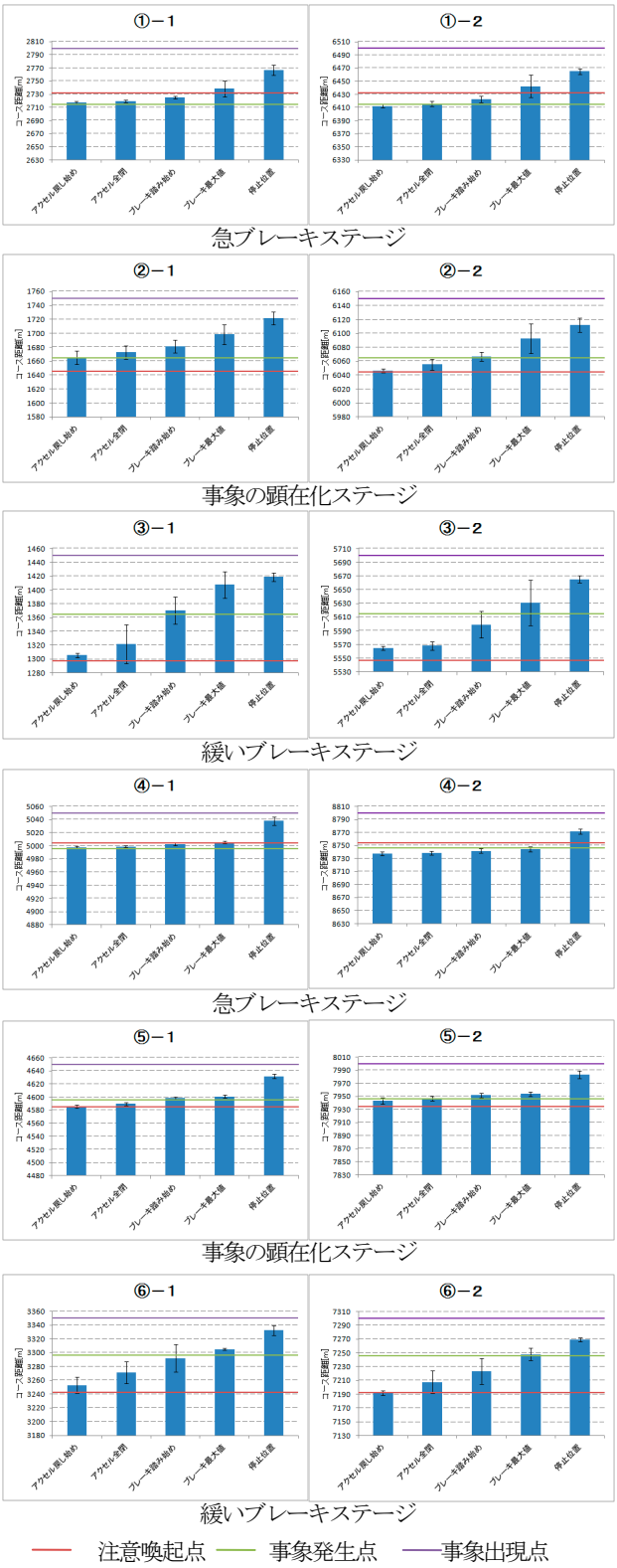


図 2.1.7. 事象毎の運転者反応とそのコース距離

トラックの手前で停止するよう事前に口頭で指示した。これは、車線変更して通過できる手前の位置に停止することを想定している。図 2.1.6.に、運転実験中に出現した注意喚起表示及び事象のトラックを示す。

被験者毎に事象箇所毎のアクセルの戻し始め、アクセル全閉、ブレーキ踏み始め、ブレーキ踏力最大、停車位置の各コース距離を抽出した。事象毎の平均コース距離および±標本標準偏差を図 2.1.7.に示す。

事象①及び④は、注意喚起点よりも手前で事象が出現し運転者が目視できてしまっているため、注意喚起点よりも前に停止操作に移行している。

事象③及び⑥は、注意喚起から事象出現まで距離が長いため図 2.1.8.に示す停止位置合わせのためアクセルの踏み直し操作がみられた。

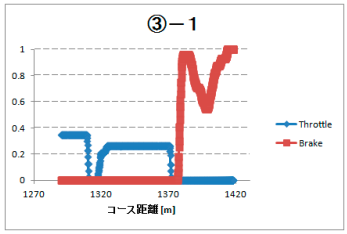
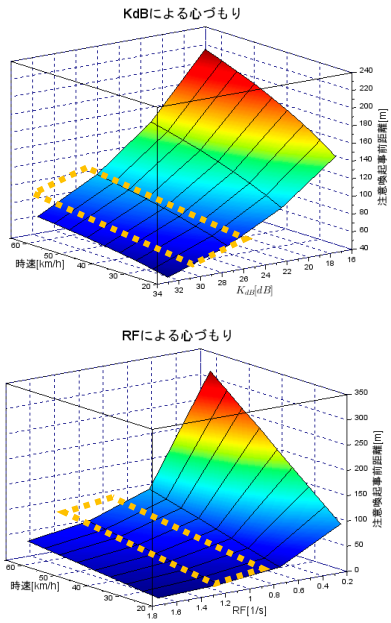


図 2.1.8. アクセルとブレーキ操作の一例

事象②及び⑤は、注意喚起の後に事象が出現して停止操作に入る。アクセル戻し始めからブレーキ踏み始めまでの距離が、事象③及び⑥より短いため、注意喚起から事象出現までの距離が長すぎない適当なタイミングと考えられる。

また、②－１及び⑤－２は図 2.1.5.のコース俯瞰から直線上の注意喚起のため、事象が目視できてから停止操作に入っているが、②－２及び⑤－１はカーブ中の注意喚起のため、注意喚起によって停止操作に即移行している。カーブ走行中の心づもりの必要性が直線走行中よりも強いことを示している。

図 2.1.9.は車速と K_{dB} 及び RF との関係を求めたグラ



点線の矩形は事象の顕在化ステージ部分を示す。

図 2.1.9. 車速と心づもり指標の関係

フである。注意喚起から事象出現までの距離が長すぎない適当なタイミングである事象の顕在化ステージは、グラフの点線で示した矩形領域内になる。

２．１．４．適切なタイミングの情報提示モデルの実装

対向車線の渋滞検出、自車の急制動検出、すれちがい通信、ドライバへの適切なタイミングでの渋滞情報提供、SNS サーバーから近隣の渋滞状況の取得といった本研究内容の成果を図 2.1.10.に示すように１つの Android 端末向けアプリケーションで実装した。

このアプリケーションに表 2.1.4.に示すように自車速度の変化によって心づもり距離を変更し、自車前方の心づもり距離内の事象を、ドライバに音声と文字メッセージで通知するよう実装した。

図 2.1.10. 心づもりを考慮したドライバーへの通知

表 2.1.4. 車速と注意喚起事前距離

vf	RF = 1.25[1/s]
km/h	事象までの距離[m]
55以上	63.6
50～55	58.0
45～50	52.8
40～45	47.2
35～40	40.8
30～35	35.6
25～30	30.0
20～25	24.4
20以下	19.2

V_f：自車速度

V_p：仮想先行車(=1m/s固定)

２．１．５．まとめ

ドライビングシミュレータによる走行実験によって、交通事象までの距離に従った情報提示の適切なタイミングがあるという仮説は否定されない見込みとなった。またその適切なタイミングは、事象の顕在化ステージが最良となる結果となった。

事象の顕在化ステージは、表 2.1.1.から K_{dB}=25～30(dB)、RF=1.00～1.50(1/s)と幅を持たせている。今回の実験では中間値(K_{dB}=27.5、RF=1.25)を用いたので、事象の顕在化ステージ内のどの値が最良であるか今後の検証が必要である。

また、K_{dB} と RF のそれぞれのタイミングの違いは今回の実験から明確な差異は結論付けられなかった。しかし、表 2.1.3.に示すように事象までの距離の違いがあるため、冬季は事象までの距離が長い K_{dB} を、冬季以外は事象までの距離が短い RF を利用する、などの使い分けが想定できる。

文献[4]では、追従走行時のドライバが行うべき減速行動そのものを示す指標として、衝突回避減速度(DCA)が提案されている。今回の実験では、コース距離に着目した評価を行ったが、次はアクセル閉始から空走区間を経てブレーキ最大踏力までの減速行動に着目した評価を行い、DCA 指標との関連性の比較を実施する予定である。

参考文献

[1]北島創，丸茂喜高，平岡敏洋，伊藤誠,”リスク認知に関する評価指標の比較検討ー先行車に対する追突リスクの認知ー”，自動車技術会学術講演会前刷集, No.5-08, pp.1-6,2008.

[2]津留直彦,伊佐治和美,金子弘,土居俊一,“運転者の視覚認知機能の解明とモデル化の研究”，デンソーテクニカルレビュー,Vol.12,No. 1 ,pp.130-136,2007.

[3]Takayuki KONDOH, Tomohiro YAMAMURA, Satoshi KITAZAKI, Nobuyuki KUGE and Erwin Roeland BOER, “Identification of Visual Cues and Quantification of Drivers' Perception of Proximity Risk to the Lead Vehicle in Car-Following Situations”, Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics, Vol. 1, No. 2 (2008), pp.170-180.

[4]平岡敏洋,田中雅樹,熊本博光,泉達也,畑中健一, “衝突回避減速度を用いたリスク評価指標の提案”,自動車技術会論文集, 40(2),545-551,3.2009.

２．２．運転負荷モデルの構築

２．２．１．はじめに

スマートフォンによる車車間通信から得られる情報を、運転者の運転負荷状況に応じたタイミングで提示するため、運転者の負荷モデルを構築する。先ず運転者の挙動解析のためのセンシング部位の基礎試験を実施し、次に本試験を実施する。

２．２．２．基礎試験

２．２．２．１．運転者の運転状況センシング

運転者の運転状況を把握し運転負荷を検出するため、シートベルトに埋め込む、又はシートベルトを介したセンシングを行うための基礎試験を実施する。

（1）圧力によるセンシング

圧力センサとマイコンとにより運転者の動きを確認す

る。そのため図 2.2.1.に示すシステムを導入し、基礎実験を実施する。実際のシートベルトを使用したシステムを図 2.2.2.に示す。圧力測定時の動作条件は図 2.2.3.のとおりとした。その結果は図 2.2.4. 、図 2.2.5 に示すとおり、圧力値の変化には個人差があるものの、それぞれの動作によって圧力値が変化することを本システムで確認できた。

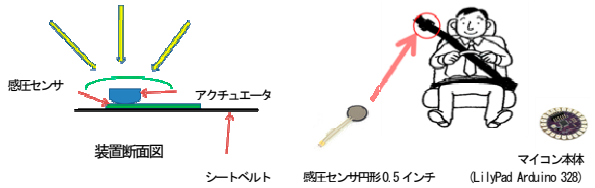


図 2.2.1.試験システム

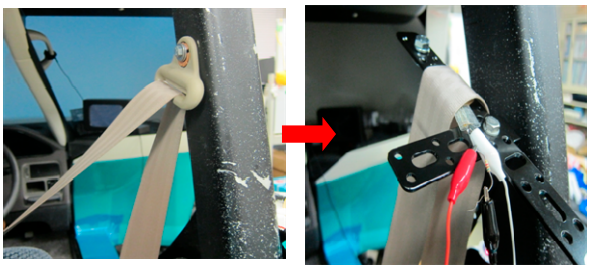


図 2.2.2. シートベルトを使用したシステム

基準値：装置にシートベルトをかけているときの状態 平常時：シートベルトを装着しハンドルを握っている状態 動作１：前かがみ 動作２：オーディオ操作 動作３：グローブボックス開閉

図 2.2.3.各項目条件

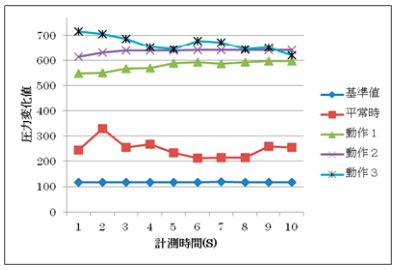


図 2.2.4. 被験者 1 の試験結果

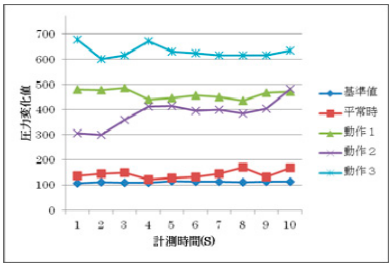


図 2.2.5.被験者 2 の試験結果

（2）糸線によるセンシング

動きを抵抗の変化で感知するため、新たな糸線の基礎試験を実施する。

糸線断面の電子顕微鏡観察像を図 2.2.6.に示す。導電性被膜が一面に着いている構造が観察された。機械特性のうち引張り強さを図 2.2.7.に示す。変曲点が観察されるが概ね線形性が確認できた。長さを変化させた時の抵抗の変化を図 2.2.8.に示す。抵抗値と長さは比例関係であった。以上の結果から、シートベルト埋め込みセンサのための基礎的な物性評価が得られた。

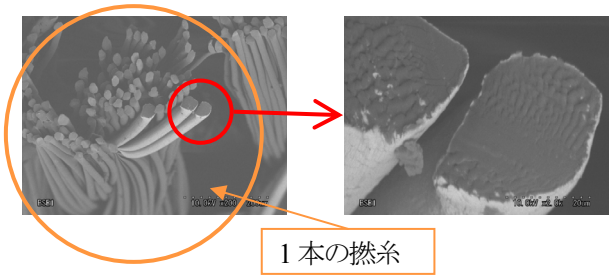


図 2.2.6.電子顕微鏡観察像

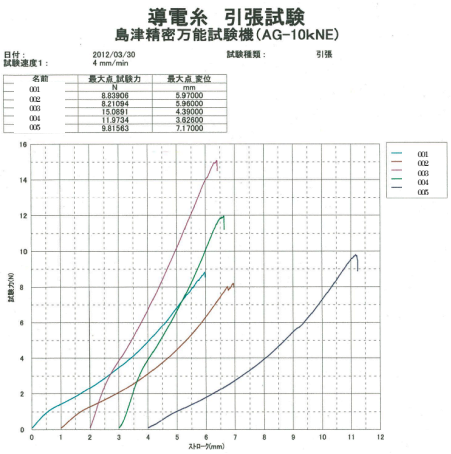


図 2.2.7. 引張り強さ

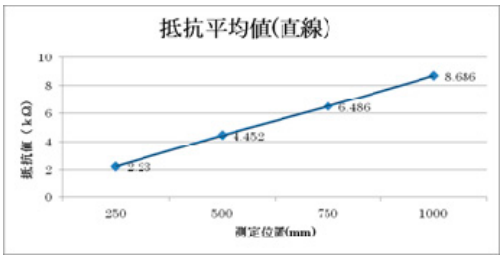


図 2.2.8.長さによる抵抗変化

２．２．２．２．ドライビングシミュレータモデル

運転負荷を評価するために、DS 上で道路形状と運転者への負荷を考慮したモデルが提案されている。一つは ISO[1]からの提案で、3 車線直線道路で 2 次タスクと呼ばれる搭載機器の指示操作をしながら、同時に車線変更の指示が道路側から与えられる仕組みである。評価は車線変更時の車線のブレから運転状況を評価するものである。他方 NHTSA[2]からの提案は、一つのオプションとして 2 車線直線道路で先行車両をある一定間隔で追従しながら、道路標識の代わりにターゲットマークが出現し、

それらを運転者が見落とすかどうかによって注意散漫や負荷を評価しようとするものである。

そこで、本研究の課題である運転者の負荷モデルを構築するために、先ずこれらの道路環境作成と評価を行った。

道路環境は提案どおりの道路環境を道路作成ソフトウエア UC-Win/Road によって作成し、DS 上での被験者の評価を得た。試験結果から、これらの運転負荷のモデルはそれ相応の反応はあるものの、今回筆者らが期待しているものにはならなかった。すなわち、2 次タスクや追従だけでは運転者へ与える負荷状態が相対的に弱く、それほど高くなかった。

作成マニュアルに沿って作成した道路環境を図 2.2.9.および図 2.2.10.に示す。

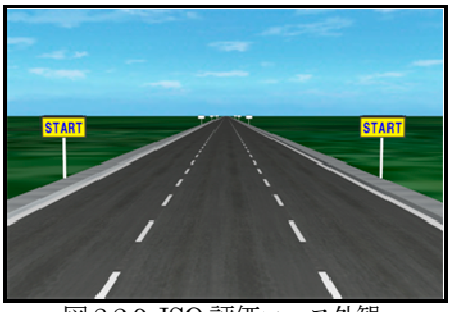


図 2.2.9. ISO 評価コース外観

図 2.2.10. NHTSA 評価コース外観

２．２．３．本研究

２．２．３．１．本試験方法

上記先行試験結果を踏まえ、ISO と NHTSA の道路環境や評価項目を参考にしながら新たに運転者負荷モデルによる評価道路を作成する。コンセプトは次に示すとおりである。

- 左右通行可能な交差点を持つ片側 2 車線直線道路
- 交差点の左右から飛び出す車と運転者との距離をパラメータにする
- 先行車を一定の距離で追従するが、先行車は突然ブレーキをかけ停止する
- 運転者の評価には視界に表示される NHTSA のターゲットマークを表示させ、その見落とし回数によって評価する
- 運転者状態評価には運転者の目線の動き、座圧分布、皮膚電位を観察・計測する

試験は 2.2.2.2.と同様、DS および道路作成ソフトウエア UC-Win/Road を使用する。被験者は若者男性 5 名で、通学に日常から車を使っている。なお被験者には同意を得て実験を行った。

２．２．３．２．道路作成

図 2.2.11.に作成した道路環境を示す。先行車の追従時の例と左右から車が出現する例とを示す。

図 2.2.12.は運転者の視界であり、視認判断のためのターゲットマーク表示位置を示す。ターゲットマークの表示位置は中央及び両側上下 4 箇所で合計 5 箇所であり、表示はランダムに表示する。

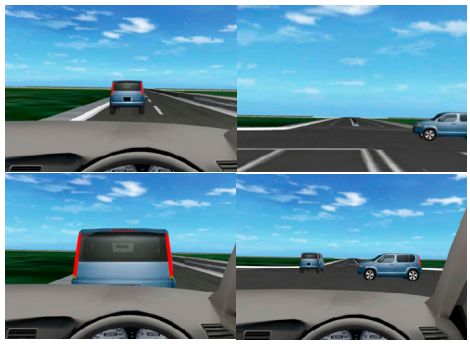


図 2.2.11. イベント発生例

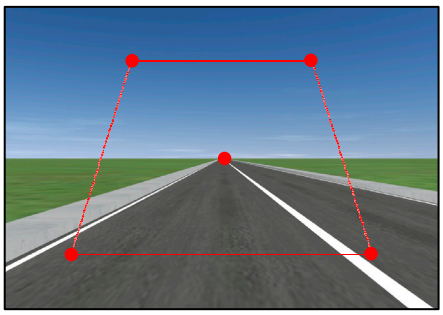


図 2.2.12. ターゲットマーク表示位置（赤点 5 点）

２．２．３．３．試験結果

図 2.2.13.にターゲットマークを見逃した頻度を示す。なお視認判断は、カメラで運転者の目線の動きを撮影し、ターゲットマークを視認したか否かを試験後ビデオ判定した。その結果、運転席右側が比較的見逃しが多く、特に右下が多かった。

次に図 2.2.14.から図 2.2.18.に運転者の生体計測を行った結果を示す。座圧分布には正常時と事象発生時とでは変化が見られなかった。皮膚電位は事象発生時に上昇する傾向が見られた。なお、変化が見られなかった被験者の場合、車間距離を十分に保っていた、あるいは予測しながら運転していたものと推定する。このことは試験後のアンケート調査結果からも一致した。

シートベルトにおける実用実験はできず、基礎的試験で終わっている。

２．２．４．まとめ

運転者の運転負荷モデルを構築するため、シートベルトのセンサ化に着手した。３つの動作における圧力変化を調査し、本システムで圧力変化を確認できた。センシングに用いる糸線の構造及び物性値を取得し、圧力の他に抵抗値による運転動作センシングの可能性を見出せた。次に ISO と NHTSA の道路環境や評価項目を参考に新たな運転者負荷モデルによる評価道路を作成し、ターゲットマークの見逃し傾向の高い視界位置が実験から得られた。また、事象発生時の皮膚電位上昇傾向も併せて観察できた。

今後は、運転者動作時の各センサの常時モニタリング値から運転者の運転負荷状況を算出し、運転者の見逃し傾向の高い視界位置を考慮して情報提示タイミングにフィードバック可能なシステムに改良する予定である。

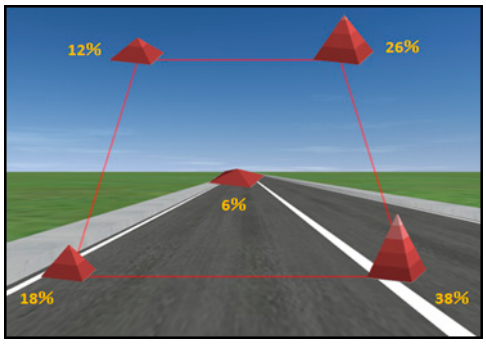


図 2.2.12.の赤点表示位置に対応する

図 2.2.13. 見落とし頻度

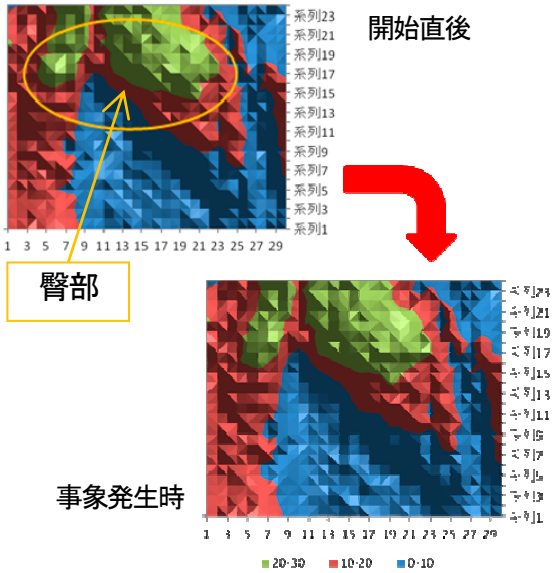
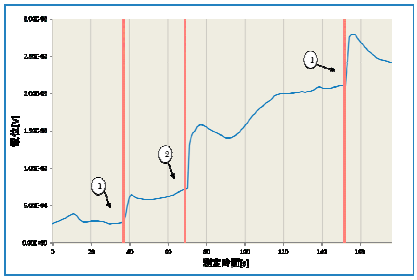
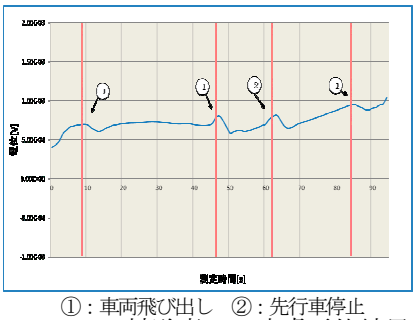


図 2.2.14. 座圧分布結果



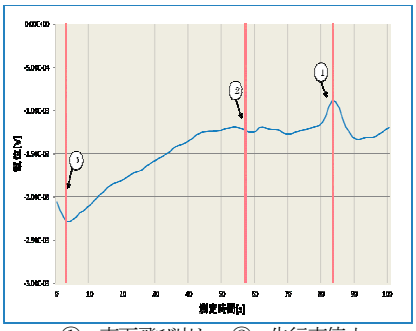
①：車両飛び出し　②：先行車停止

図 2.2.15.被験者 1 の皮膚電位結果



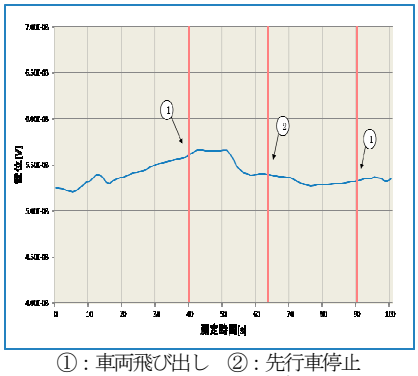
①：車両飛び出し　②：先行車停止

図 2.2.16. 被験者 2 の皮膚電位結果



①：車両飛び出し　②：先行車停止

図 2.2.17.被験者 3 の皮膚電位結果



①：車両飛び出し　②：先行車停止

図 2.2.18.被験者 4 の皮膚電位結果

参考文献

[1]ISO26022, Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Simulated lane change test to assess in vehicle secondary task demand, 2010-09-01.

[2]National Highway Traffic Safety Administration, Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices, Docket No. NHTSA-2010-0053.

２．３．スマートフォンへの実装及びすれちがい通信のテスト

２．３．１．はじめに

Android 向けアプリケーションとして、運転者への事象の通知機能及びすれ違い通信機能を実装した。

渋滞や凍結路など、本研究で対象としている交通状況は各検出機能で検出され、車車間通信で他の車両に伝えられる。受け取った車両側のアプリケーションでは、これらの事象情報を規定条件下で抽出し、運転者への通知対象として選別する。市販のスマートフォンを用い、高速で走行する車車間でデータのやり取りが可能か、また、街中を想定した複数台でのすれ違い通信の可否や挙動を調査するため屋外実車実験を行った。なお、実験には車車間のすれ違い通信に Bluetooth を採用している。

２．３．２．事象情報通知モデルの概略定義

対向車からすれ違い通信で受け取った事象情報は、運転者に対し速やかに通知されなければならない。しかし、車車間通信ではお互いが走行中であることによる通信可能時間の制限のため、必要な情報のみをリクエストし、受け取るといった相互通信は難しく、実際には不必要な情報を受け取ってしまうことは不可避である。よって、受け取った側で情報に優先度を付加し、通知すべき情報を選択する必要がある。

本研究では検出された事象に、発生地点の位置情報、通行の流れに則した方位情報、事象検出時刻情報等を図 2.3.1.のように付加し、次の観点からの通知優先度を定義した。

・近距離(心づもり距離+α)以内
・事象発生時刻が現在時刻に近傍
・車両の進行方位と近似の方位

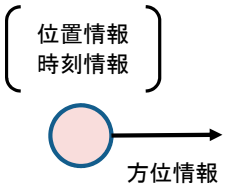


図 2.3.1. 事象の付加情報

すれ違い通信で受け取った事象情報は、通知対象候補として一時的にスマートフォンにプールされる。この情報は一定時間経過で破棄され、通知対象候補から外れる（通知必要性が失われた古い情報となるため）。

通知機能ではまず、自車の位置情報と事象の位置情報を利用して、プール内から通知対象候補第 1 群を図 2.3.2.に示すように選択する。これらは自車が間もなく

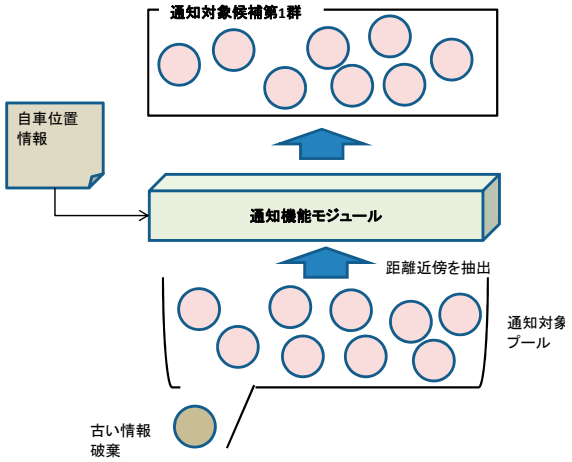
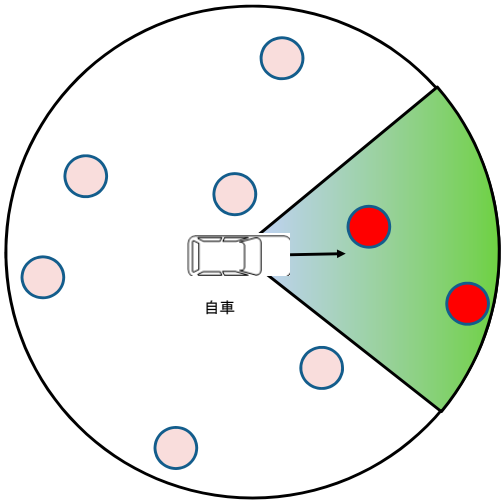


図 2.3.2.通知対象候補第 1 群の選択

到達する、あるいは通過したばかりであろう、距離的に近傍の事象群である。

続いて、自車の進行方向から扇形に想定した範囲に含まれる通知対象候補第 2 群を図 2.3.3.に示すように選択する。これらの情報は、走行を続けた自車が差し掛かる可能性の高い事象群である。

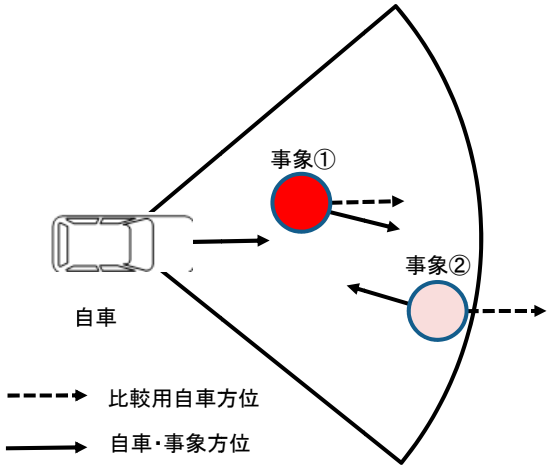


外円内に含まれるのは候補第 1 群の事象情報であり、その中から、扇形（色つきの部分）内部に含まれるものを第 2 群として選択する。

図 2.3.3.通知対象候補第 2 群の選択

最後に、通知対象候補第 2 群より、事象方位が自車の進行方向方位と近似の情報を選択し、図 2.3.4.に示すように通知対象とする。これらの情報は、自車が走行している車線側の事象となる。

通知機能は通知対象となった事象を通知し、運転者に事象への注意を促す。通知機能は継続的に処理され、自車の進行方向や走行速度の変化に合わせた、リアルタイムな交通状況の通知を実現する。

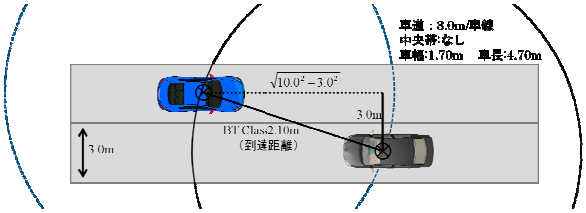


事象①は比較用自車方位と事象方位が比較的近似方向にあるため、通知対象事象となる。一方、事象②は事象方位と比較用自車方位の差異が大きく、ほぼ逆方向であるとみなせるため、通知対象とはならない。

図 2.3.4.通知対象の選択

２．３．３．すれ違い通信の限界相対速度と複数台の挙動

本研究の車車間通信は、スマートフォン Bluetooth を使用してすれ違い通信を実現している。現在市場に流通しているスマートフォンの多くは、Class1 規格の Bluetooth であっても電波の出力は表 2.3.1.に示すようにさほど強くない。メーカー使用推奨距離が 10m 以内としている機種が多く見受けられ、すれ違い時にデータをやり取りできる時間が限られている。理論上、図 2.3.5.に示すように 56km/h では 0.635 秒以内ですれ違い通信を終えなければならない。



車速$56km/h(15m/s)$で相対速度$30m/s$

すれちがい距離：$2\times\sqrt{10.0^2-3.0^2}[m]$

コンタクトタイム：$2\times\sqrt{10.0^2-3.0^2}[m]\div 30[m/s]$
$=0.635[s]$

図 2.3.5.すれちがい通信時のコンタクトタイム

実際の環境下での性能を検証するために実車にスマートフォンを搭載し、Bluetooth すれ違い通信の限界相対速度及び複数台での通信の可否並びにその挙動がどのようになるか実験を行った。

表 2.3.1. 実験で使用したスマートフォン

機種	Bluetooth バージョン	Class
GALAXY SII SC-02C	Bluetooth 2.1 +EDR	Class1 (10m以内を推奨)
GALAXY SIII SC-06D	Bluetooth 4.0 +LE	Class1 (10m以内を推奨)

２．３．３．１．実験環境

図 2.3.6.のように車内のダッシュボード上にスマートフォンをマウンタで固定し、独自に開発したすれ違い通信実験用アプリケーションを使用したすれ違い通信の成否を調査した。いずれの実験でも車両の窓は閉めた状態である。

図 2.3.6.車載状況と実験の様子

すれ違い通信でやり取りするデータサイズは、実際のすれ違い通信と同様の 32Byte で、表 2.3.2.に示す速度と車両数で実験を行った。実験走行は、福島県ハイテクプラザ構内の図 2.3.7.に示す直線路を使用した。

表 2.3.2.すれ違い速度とデータサイズ

自車線／対向車線	自車速度	対向車速度	データサイズ
1対1	50～70km/h	50～70km/h	32Byte
1対3	40km/h	停止、20km/h	32Byte
2対2	40km/h	停止、20km/h	32Byte

図 2.3.7.構内直線路

（1）限界相対速度 1 対 1

同機種のスマートフォンを使用し、図 2.3.8.に示すように同じ速度ですれ違った。

前年度までの段階で相対速度 80km/h を達成していたため、今年度は 100km/h、120km/h を各 10 回ずつ試走した。140km/h については、実験の安全性を考慮し 2 回のみとした。

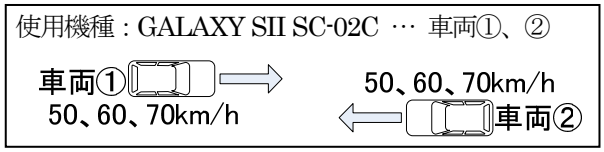


図 2.3.8.限界相対速度 1 対 1

（2）複数台 1 対 3 のすれ違い

図 2.3.9.に示すように自車の車線の車両が 1 台、対向車線が 3 台連なっている（車間 10m）1 対 3 のすれ違い通信実験を行った。自車が 40km/h 走行で対向車が停止の相対速度 40km/h の場合と、自車が 40km/h 走行、対向車が 20km/h 走行の相対速度 60km/h の 2 パターンの実験を行った。

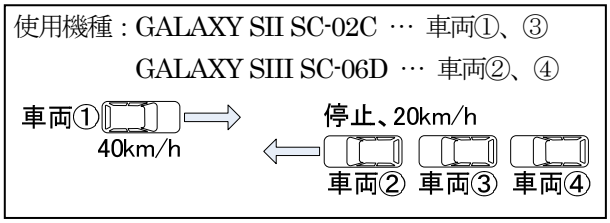


図 2.3.9. 複数台 1 対 3

（3）複数台 2 対 2 のすれ違い

1 対 3 の実験と同様に図 2.3.10.に示すように自車車線に車両 2 台、対向車線に車両を 2 台使用し、相対速度 40km/h、60km/h の 2 パターンの実験を行った。

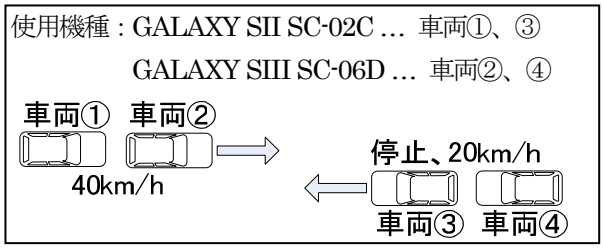


図 2.3.10.複数台 2 対 2

２．３．３．２．実験結果及び考察

通信可否判断は、すれちがい時に 1 回以上送受信できれば、その回の試走のすれちがい通信は成功とした。

1 対 1 のすれ違い通信の限界相対速度試験において、表 2.3.3.から表 2.3.5.に示すとおり相対速度 100km/h（各車両 50km/h で走行）で平均 85%、相対速度 120km/h（各車両 60km/h で走行）で平均 80%の成功率を達成することができた。相対速度 140km/h（各車両 70km/h で走行）は試験サンプル数が少なかったこともあったが、すれ違い通信が成功することはなかった。実験結果より、各車両が 60km/h で走行した時の相対速度 120km/h が安定的にすれ違い通信のできる限界になってくると思われる。この相対速度は、本研究で想定している片側 1 車線の一般道では実用的な車速である。

表 2.3.3. 1 対 1 相対速度 100km/h

車両① 50km/h			車両② 50km/h		
回数	平均RSSI	成功率	回数	平均RSSI	成功率
10	-81.1dBm	80%	10	-84.0dBm	90%

表 2.3.4. 1 対 1 相対速度 120km/h

車両① 60km/h			車両② 60km/h		
回数	平均RSSI	成功率	回数	平均RSSI	成功率
10	-89.6dBm	80%	10	-82.9dBm	80%

表 2.3.5. 1 対 1 相対速度 140km/h

車両① 70km/h			車両② 70km/h		
回数	平均RSSI	成功率	回数	平均RSSI	成功率
2		0%	2		0%

すれ違い時の電波の強さ RSSI はスマートフォンを車内に搭載して高速で移動しているため、ややばらつきがみられるが全体的に弱い傾向があった。今回使用したスマートフォンの Bluetooth のクラスは Class1 で本来 100m の通信距離がある規格ではあるが、メーカーにより電波到達範囲が 10m 程度に抑えられている。Bluetooth 4.0+LE（Low Energy）規格のスマートフォンは省電力化の影響が見受けられ RSSI がさらに低い傾向があった。Bluetooth の電波の電力制御ができれば、より高速で安定的に通信ができると考えられる。

（1）限界相対速度 1 対 1 のすれ違い

相対速度 120km/h までは 80%以上の確率ですれ違い通信することができたが、相対速度 140km/h では通信ができなかった。限界が相対速度 120km/h 程度と考えられる。

（2）複数台 1 対 3 のすれ違い

複数台であっても表 2.3.6、表 2.3.7.に示すとおり相対速度 40km/h、60km/h で、すれ違い通信はほぼ成功した。成功率及び RSSI を 1 対 1 の時と比較しても特に問題無くすれ違い通信が行われており電波の強さも特に変わらない。また、同じ車線の前後でも通信が可能である。

（3）複数台 2 対 2 限界相対速度

表 2.3.8.、表 2.3.9.に示すとおり概ねすれ違い通信することができたが、成功率が 75%とやや低いケースがあった。原因解明は今後の課題であるが、搭載 Bluetooth が 2.1+EDR（車両①、③）と 4.0+LE（車両②、④）の違いがあり、デバイス検出時の周波数ホッピング仕様[1]が異なる事に原因があるのではないかと考えている。

以上まとめると、1 対 3、2 対 2 の複数台車両であっても平均成功率が約 93%に達した。また、複数台車両、

表 2.3.6.複数台 1 対 3 相対速度 40km/h

車両	回数	通信車両	平均RSSI	成功率
車両①	4	車両②	-83.8dBm	91.2%
		車両③		
		車両④		
車両②	4	車両①	-93.4dBm	91.2%
		車両③		
		車両④		
車両③	4	車両①	-85.0dBm	100%
		車両②		
		車両④		
車両④	4	車両①	-96.8dBm	100%
		車両②		
		車両③		

表 2.3.7.複数台 1 対 3 相対速度 60km/h

車両	回数	通信車両	平均RSSI	成功率
車両①	2	車両②	-78.2dBm	100%
		車両③		
		車両④		
車両②	2	車両①	-98.2dBm	100%
		車両③		
		車両④		
車両③	2	車両①	-80.6dBm	83.3%
		車両②		
		車両④		
車両④	2	車両①	-97.7dBm	100%
		車両②		
		車両③		

表 2.3.8.複数台 2 対 2 相対速度 40km/h

車両	回数	通信車両	平均RSSI	成功率
車両①	4	車両②	-83.6dBm	91.7%
		車両③		
		車両④		
車両②	4	車両①	-94.3dBm	83.3%
		車両③		
		車両④		
車両③	4	車両①	-85.7dBm	91.7%
		車両②		
		車両④		
車両④	4	車両①	-94.9dBm	75.0%
		車両②		
		車両③		

複数機種（今回の場合 2 機種）であってもすれ違い通信が可能であった。

２．３．４．まとめ

運転者への交通事象情報通知機能においては、車車間通信で取得した全情報から必要な情報だけを運転者へ通知するためのモデルを構築した。今後の課題として、事象情報通知モデルを一般道路走行で検証実験を行い、その有効性の確認があげられる。道路リンク情報と連動したより細かな道路位置の特定及び状況の把握が可能ならば、更なる有効性の向上が見込めるが、それには調査、考察すべき点が多い。

表 2.3.9.複数台 2 対 2 相対速度 60km/h

車両	回数	通信車両	平均RSSI	成功率
車両①	2	車両②	-81.7dBm	100%
		車両③		
		車両④		
車両②	2	車両①	-96.7dBm	100%
		車両③		
		車両④		
車両③	2	車両①	-79.8dBm	100%
		車両②		
		車両④		
車両④	2	車両①	-95.7dBm	100%
		車両②		
		車両③		

Bluetooth のすれ違い通信実験においては、スマートフォンの電波が強くないにもかかわらずデータのやり取りは概ね成功した。渋滞情報等の交通事象情報のやり取りをする上では、実用的なレベルに近づいた。

しかし、地震や津波といった生命にかかわるような情報は確実にやり取りしなくてはならない。ITS 関連の通信品質は 95%以上の成功率を目指している[2]。Bluetooth の電波の電力制御や通信アルゴリズムの改良により、本研究の Bluetooth すれ違い通信においても、通信品質のさらなる向上の余地があると考えている。

参考文献

[1] “BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.0[Vol 1]”, pp.56-57, 6.2010.

[2]総務省,“ITS 無線システムの高度化に関する研究会報告書”, pp.44-45,6.2009.

第３章　道路状況センシング

３．１．凍結路状況検出

３．１．１．はじめに

積雪の多い地域では、路面凍結による運転者の運転負荷は非常に増大すると共に、路面凍結が渋滞を引き起こし、冬季期間の時間とエネルギー消費増加につながっている。

福島県内は２つの山脈が南北に走り、浜通り、中通り、会津地方の３地域に分けられる。そのため気候が地域で大きく変わることが多く、浜通りから中通りなど県土横断的移動では、路面凍結がない状態からの出発であっても、急に路面凍結に変化することが多い。

また福島県は南東北であるため、会津地方を除き積雪があっても日中は融雪が進み、朝夕の路面凍結を加速させる気候でもある。

本研究では、路面凍結をスマートフォンでリアルタイムに検出し、すれちがい通信により対向車へ情報提供することを目的とする。

３．１．２．凍結路面検出方法

筆者らは画像処理による路面凍結を検討することとしているが、スマートフォンでの画像処理は計算コストが高く、現時点のスマートフォンでは、すれちがい通信、渋滞検出等の他の処理への計算負荷を高めてしまう問題がある。

そこで、鉛直方向の加速度センサ値を元に、凍結路検出の検討を行った。センサ値は本システムでは常に取得している値のため、新たな追加処理量を少なく実現できる点に着目した。

関連研究の文献[1]では、タイヤ内側に１軸加速度センサを設置し、タイヤブロック大・小が路面から得られる周波数ピーク値と中心周波数との比率の大小で、凍結路から乾燥路までの路面状態を判別している。文献[2]では、スマートフォンをダッシュボードに設置し、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災後の東北自動車道の路面段差を計測し、その後の復旧工事による経時変化を捉えている。

筆者らは文献[2]と同様にスマートフォンをダッシュボードに設置した状況で、凍結路面変化を捉える事を試みた。文献[2]の路面段差ほど凍結路面では振動変化が見込めない。また文献[1]と違い凍結路面から直接の振動が得られないダッシュボード上での振動計測である。これらの状況下で凍結路面振動の車両バネ下挙動の分析を行った。

３．１．３．凍結路面振動解析

湿路から圧雪路に変化する道路を走行し、その際の鉛直方向の加速度の時系列波形及びその時間周波数解析を

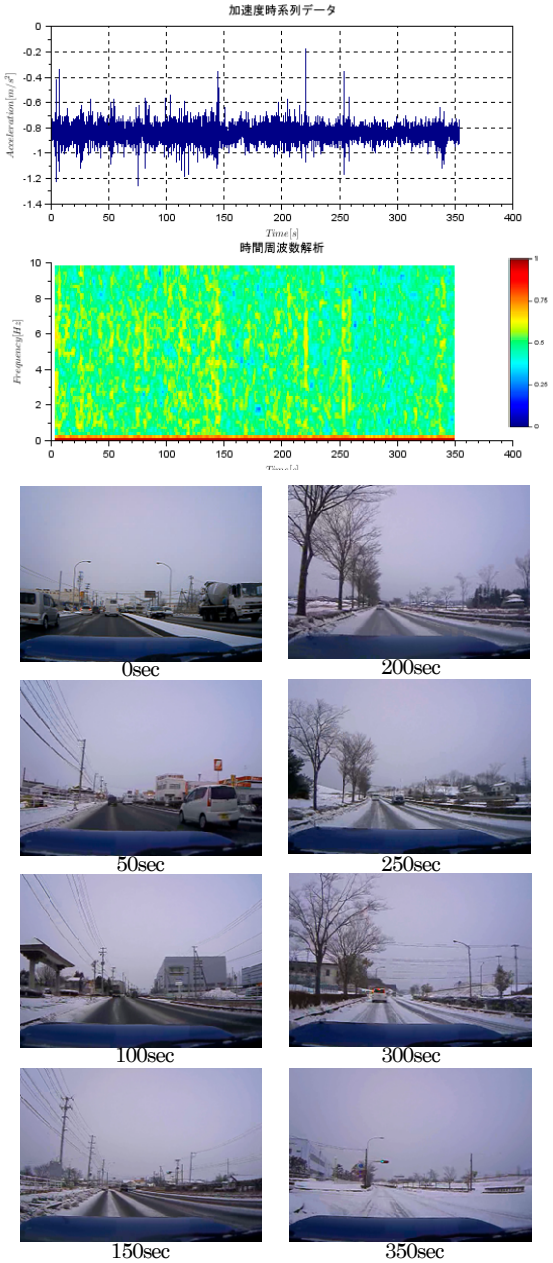


図 3.1.1.路面状況変化と加速度振動解析

図 3.1.1.に示す。なお時間周波数解析グラフの色は、周波数強度に従い青から赤のグラデーション内の色で表示している。

時間周波数解析グラフでは、湿路から圧雪路へ順に変化するに従い周波数分布の変化が認められる。そこである周波数に注目し、その時刻における加速度値とある周波数の加速度値との割合を求める（詳細は省略）。この割合を凍結指標(R_f)と定義する。

他の各路面状況時の走行データを用い、凍結指標により分析した結果を図 3.1.2.に示す。この分析結果から凍結指標値をまとめると、表 3.1.1.に示す凍結指標値の場合分けが求められた。

乾燥路：R_f=0.0530

湿路：R_f=0.0481

凍結路：R_f=0.0460

圧雪路：R_f=0.0449

各路面の縦方向３枚の画像は、上から下へ約 30 秒毎の画像である。

図 3.1.2.路面と凍結指標の値

表 3.1.1.路面状況と凍結指標

路面状況	凍結指標（R_f）
乾燥路	$R_f \geqq 0.050$
湿潤路	$0.050 > R_f \geqq 0.048$
凍結路	$0.048 > R_f \geqq 0.045$
圧雪路	$0.045 \geqq R_f$

３．１．４．路面画像特徴量解析

振動変化からの凍結指標による凍結路面状態検出をより確かな検出とするために、凍結路面画像によるテクスチャ特徴量解析を行った。

画像のテクスチャ特徴量解析には、濃度分布を調べるヒストグラム解析、離れた２つの画素対における濃度の配置具合を調べる同時生起行列解析、濃淡分布の複雑度を調べるマルチフラクタル解析、空間周波数を解析する二次元ウェーブレット解析などがある。

筆者らは画像の二次元ウェーブレット変換による特徴量解析を行った。二次元のウェーブレット変換は、画像の位置情報を残したまま空間周波数を解析することができる特徴がある。文献[3]では、路面から垂直位置で撮影した乾燥・湿潤・凍板・圧雪の各画像をモール状に配置した画像の二次元ウェーブレット変換により凍結路面の判別と変化地点の把握が可能であることが示されている。

筆者らは、ウェーブレット変換の多重解像度解析により A:シャーベット路面、B:ザクレ雪路面、C:圧雪路面、D:凍結路面、E:乾燥路面の各画像から特徴量の比較を行った。図 3.1.3.に示す路面上に黄色の矩形で示す関心領域（120 画素×30 画素）（以下、ROI と言う。）を設定し画像の特徴量解析に用いた。使用したウェーブレット関数は bath4.0 である。

図 3.1.4.に示すグラフは、各路面における多重解像度解析の詳細係数（レベル３）のグラフである。

乾燥路面(E)と他の路面状態(A～D)とで詳細係数（レベル３）の縦軸値（振幅値）を比較すると、乾燥路面は他の路面状態に比べ極めて小さく平坦であることがわかる。

また A:シャーベット路面及び B:ザクレ雪路面は、C:圧雪路面及び D:凍結路面（鏡面）と比べると、縦軸値（振幅値）が大きく変化し、平坦度合いが少ないことが観測できる。なお、D:凍結路面（鏡面）の場合、先行車ボディが路面に写り込み縦軸値（振幅値）の一部に大きな変化が現れている。

車窓からの路面画像を用いた二次元ウェーブレット変換による多重解像度解析により、凍結路面状態を分別できる可能性を示すことができた。

３．１．５．まとめ

冬季期間の道路走行で取得した鉛直方向の加速度値及び車窓からの路面画像データから凍結路面検出を行った。

筆者らは走行時の鉛直方向の加速度値を、その時刻の加速度値と、ある周波数の加速度値との割合から算出する凍結指標(R_f)により、乾燥路と凍結路との場合わけを示した。

また、加速度振動変化による凍結路面状態検出をより確かな検出とするため、路面画像データに対して二次元ウェーブレット変換による多重解像度解析を行った。その結果、シャーベット路面、ザクレ雪路面、圧雪路面、凍結路面、乾燥路面を分別できる可能性が示された。計

A

B

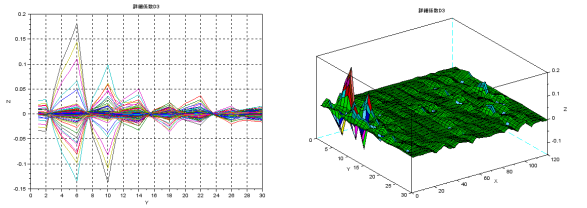
C

D

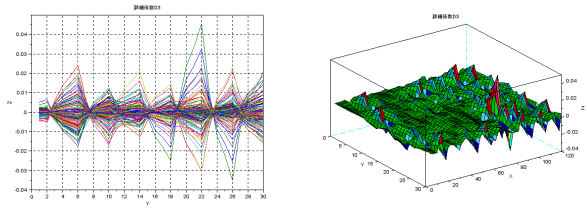
E

A:シャーベット路面、B:ザクレ雪路面、C:圧雪路面、D:凍結路面（鏡面）、E:乾燥路面

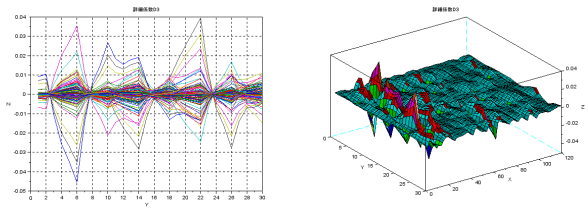
図 3.1.3.各状態の路面と関心領域



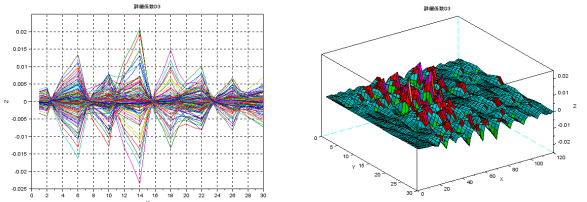
A:シャーベット路面



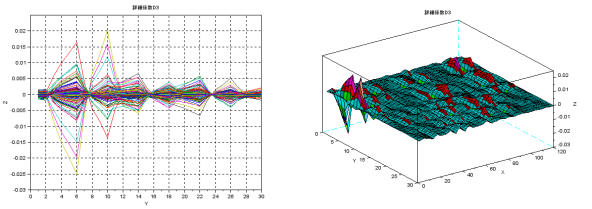
B:ザクレ雪路面



C:圧雪路面



D:凍結路面（鏡面）



E:乾燥路面

左：二次元グラフは、二次元画像の各 x 値の 0≦y≦30 の詳細係数値を振幅値として表している。
右：三次元グラフは、二次元画像の座標軸で詳細係数を振幅値として表している。

図 3.1.4.各路面状態の詳細係数(レベル３)グラフ

算コストを考慮すると、振動による路面状態推定処理をリアルタイムに行い、凍結指標(R_f)値に応じてその時刻の路面画像解析を行う２段階の処理手順が現実的であると考えている。

今回利用したデータは、１車種により取得したデータで限定されたものである。同じ路面でもスタッドレスタイヤの品種及び使用年数、サイズ、車種、スマートフォンの設置方法により取得できる加速度値が異なる可能性がある。他にも今回検討した道路サンプリング地点の違い、画像輝度の違い、車速の違いも含め凍結路検出には

大きな個体差が発生する可能性がある。

今後は、サンプリング地点や車速を同一にした上で、異なる車種、異なるスタッドレスタイヤ種類による検討を行う。さらに、スマートフォンアプリ実装による評価実験が間に合わなかったため、アプリ実装によるリアルタイム検出を行っていく予定である。二次元ウェーブレット変換の多重解像度解析に相当する、省計算コストで実現できる特徴量抽出処理も併せて検討していく。

参考文献

[1]森永啓詩,花塚泰史,若尾泰通,小林克宏,“タイヤセンサを使った路面凍結状態判定システムの開発”,自動車技術,Vol65,No12,pp.97-98,2011.

[2]牧内穂高,八木浩一,“スマートフォンを用いた路面段差の分布調査と汎用機器をいる効果の一考察”,第 11 回 ITS シンポジウム 2012,pp.427-432,CDROM.

[3]武市 靖,三浦真平,魚住 純,“ウェーブレット解析による冬期路面判別の検討”,舗装工学論文集,Vol. 7, pp.14-1-14-8,12,2002.

３．２．対向車線の渋滞状況検出

３．２．１．はじめに

対向車の渋滞検出には、対象領域をヒストグラム解析した標準偏差の値を用いている。ここでは、本手法での渋滞検出の精度を検証していく。

実際の道路上では、天候・路面状況などで、道路状況に変化があり、常に同じ状態とは言えない。また、渋滞と言っても停車している場合と、低速でのろのろ運転している場合などでは車間距離が変わってくるため、渋滞状況も常に同じ状態とは言えない。

そのため、道路状況と渋滞状況の変化により、渋滞検出がどのような影響を受けるかを検証した。また、影響がある場合は、影響されない渋滞検出の方法を検討した。

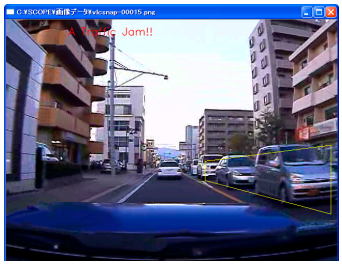
３．２．２．閾値の適正化処理

渋滞の検出には、対象領域をヒストグラム解析した結果の標準偏差が、一定の閾値を超えたかどうかで判断している。実際の道路上では、天候・路面状況などで、道路状況が変わってくる。道路状況の変化にも対応できる渋滞検出の閾値の検討を行った。

３．２．２．１．環境変化における渋滞値

図 3.2.1.から図 3.2.3.に示す様々な状況の渋滞画像に対して、固定閾値(50)で判定した結果を検証した。

結果として、天候の変化より、明度が影響を受ける結果を得た。明るさが不十分な場合は、標準偏差の値が下がってしまう傾向が強く、固定の閾値では渋滞の判別は不可能であり、閾値の設定方法を検討する必要性がある。



標準偏差：57.11
閾値：50
渋滞判定：○

図 3.2.1. 天候：晴れ

標準偏差：38.83
閾値：50
渋滞判定：×

図 3.2.2. 天候：晴れ（建物の影）

標準偏差：57.92
閾値：50
渋滞判定：○

図 3.2.3. 天候：降雪

３．２．２．２．閾値の適正化

（１）変動閾値

環境変化によって渋滞の値が変化するため、それに適応した閾値を設定する必要がある。閾値を状況によって、変化させる方法を検討した。

閾値を変動させるために、過去 K フレーム間の標準偏差の分散値$S_t^2(u,v)$を式(1)より算出[1]する。

$$S_t^2 = \frac{K\sum_{i=1}^{K} I_{(t-i)}^2 - \left(\sum_{i=1}^{K} I_{(t-1)}\right)^2}{K(K-1)} \quad (1)$$

対象フレーム数については、数値を変化させた実験により、今回は 3 フレームを対象とすることにした。

変動閾値は、算出した分散値を使い閾値に反映する。急激な閾値の変化をさせないために重み付けをし、式(2)で算出[1]する。

$$Th_t'(u,v) = \alpha \cdot Th_t(u,v) + (1-\alpha)Th_{t-1}'(u,v) \quad (2)$$

なおαの値は、実験検証の結果、0.25 とした。以上の計算式を使って、変動閾値を算出する。

（２）検証実験

実際に変動閾値の検証を行うために、変動閾値を実装した Windows 版の画像解析プログラムを作成した。作成したプログラムを図 3.2.4.に示す。

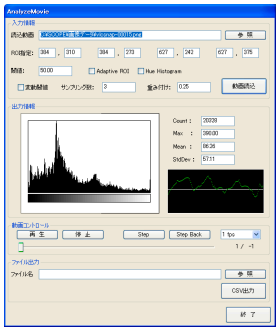


図 3.2.4.Windows 版プログラム

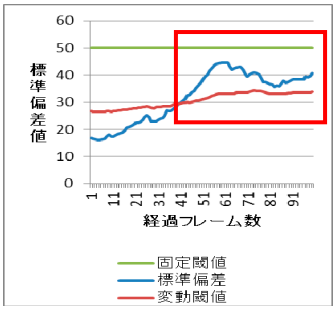


図 3.2.5.変動閾値の結果

作成したプログラムを使い、閾値を変動させた場合とさせていない場合での渋滞検出の影響を検証した。図 3.2.2.で検出できなかった渋滞動画に対して、検出処理を行った。

図 3.2.5.は、検出できなかった渋滞動画に対して、固定閾値と変動閾値で渋滞検出を行ったグラフである。固定閾値(50)では、標準偏差が十分に上がらなかった結果、渋滞と判別できていない。それに対して、変動閾値では、閾値の値が直前に下がっており、渋滞と判別できた。

変動閾値を導入したことで、リアルタイム解析に影響が出る可能性があったが、計算コストを削減した結果、十分にリアルタイム解析が可能となった。

変動閾値は、一定の成果を得ることができた。しかし、あらゆる環境にも対応するためには、更なる検証を行う必要がある。

３．２．３．ハフ変換で道路検出の検討

渋滞を検出するための領域は、自車から見ると対向車線側になるが、道路の形状（カーブ・坂道等）によってスマートフォンのカメラに写り込む対向車線領域は変動する。渋滞検出の精度を上げるため、画像からまずセンターラインを検出し、そこから相対的に対向車線を識別する手法を検討した。今回はそれに基づき、画像からセンターラインを抽出する実験を行った。

３．２．３．１．センターラインの動的抽出実験

車載スマートフォンの画像からセンターラインを自動抽出する実験を行った。

センターライン検出の手法にはハフ変換を用いた。

ハフ変換には、標準的ハフ変換と確率的ハフ変換があるが、今回は確率的ハフ変換によって線分を求め、その線分を元にセンターラインを特定した。プログラムには OpenCV ライブラリの関数 cvHoughLines2( )を使用する。

cvHoughLines2( )は、確率的ハフ変換の場合、「投票数の閾値(a)」「最小の線の長さ(b)」「同一線上に存在する線分として扱う 2 つの線分の最大間隔(c)」という 3 つのパラメータが設定できる。それぞれのパラメータを操作し、センターラインが最も見つかりやすい適正値を求める。

３．２．３．２．静止画でのパラメータ調整

路上で撮影した図 3.2.6.に示す 5 枚の画像（640×478 ピクセル）に対しハフ変換を実施した。

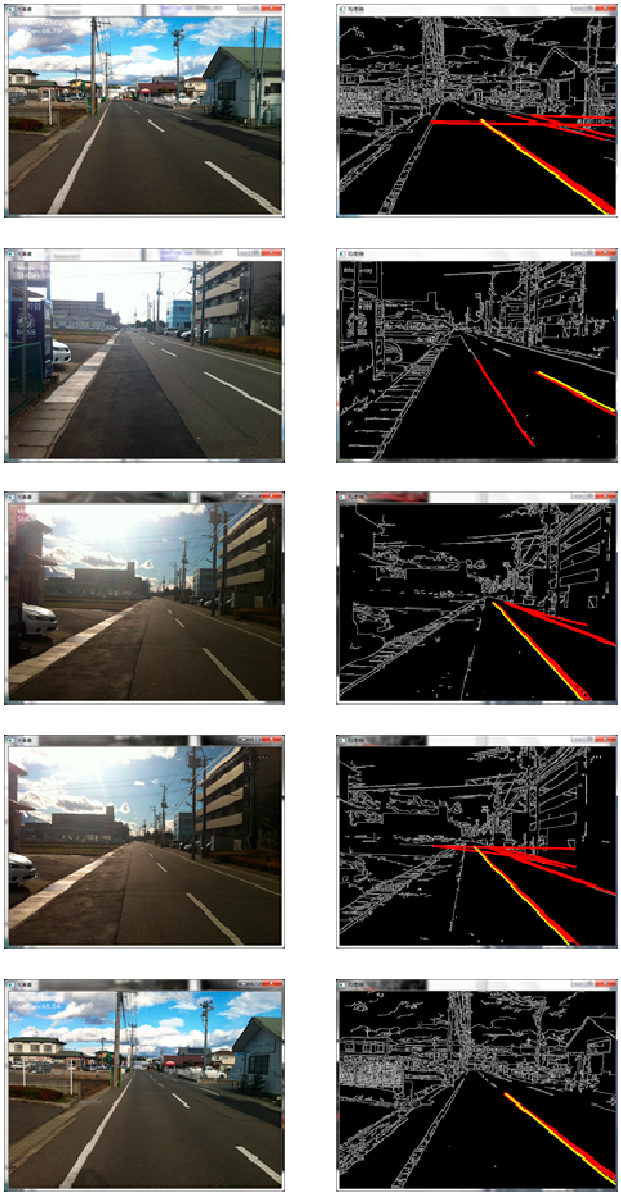


図 3.2.6. ハフ変換によるセンターライン抽出

なお、実際のセンターラインの見え方を考慮して以下の条件を付加した。

・ROI は画面の下 1/2、右 2/3 の範囲とする。

・右下がりの線分のみ対象とする。

調整の結果、パラメータを次の値に設定することで、全ての画像についてセンターラインが抽出できた。

a：45, b：150, c：150

黄色い線分が、もっとも優先的に見つかった線分で、

赤がそれ以外の線分である。

３．２．３．３．動画への適用

ハフ変換によるセンターラインの抽出を、図 3.2.7.に示す動画に適用した。使用した動画は 1280×720 ピクセル、フレームレートは約 30fps である。

調整の結果、変換パラメータは次のとおりとした。

a：100, b：277, c：35

右下がりの線分のみを対象とすると同時に、坂道などで路面の写り込み領域が変化することを考慮し、ROI は画面の下 3/4、右 3/4 の範囲とするが、見つかった線分のうち右端が必ず画面の下 1/3、右 1/2 に入ったもののみを対象とし、もっとも優先度の高い線分をセンターラインとして採用した。

図 3.2.7. ハフ変換の動画への適用

対向車線検出のため、ハフ変換で見つかった線分の左端から右へ水平に線を伸ばし、画像の右端に接した点からさらにハフ変換で見つかった線分の右端に線を伸ばし、三角形を描画させたが、実際には三角形の左下側の線分がハフ変換で求めたセンターラインである。

パラメータを調整しても、フレームによってはどうしても別の箇所（電線や歩道）を検出してしまった。それを回避するため、直前 30 フレームで検出した線分を記憶しておき、その平均値で現在のフレームの線分を決定することとした。その結果、カーブや上り坂、下り坂で若干追従が遅れることがあるが、誤検出の影響を小さく抑えることができ、ある程度センターラインに追従できた。

以上のことにより確率的ハフ変換を用い、センターラインの検出ができることが分かった。ただし 3 種類の変換パラメータの調整が必要であった。今後実用化するためには、変換パラメータのよりいっそうの適正化が必要となる。天候や路面状況に応じてパラメータを補正するような手法も併せて検討していきたい。

また、今回の実験はパソコン上で行ったが、処理性能の劣るスマートフォンの CPU での検証はできなかった。OpenCV 自体は Android 開発環境（Java）でも使用可能のため、今後スマートフォンの性能がより一層向上した際、Android 開発環境において実用に耐えうるか否かの確認を行いたい。

３．２．４．渋滞判別評価

画像解析を行い、渋滞を正確に判断できるか判別の評価を行った。

３．２．４．１．検証実験及び考察

渋滞画像に対しての検出率を算出した。検出率は、本研究で検討した項目を考慮し、以下の条件の組み合わせで試験を実施する。

・固定 ROI　　・固定閾値
・変動 ROI　　・変動閾値

固定 ROI の値は、試験動画のカメラ位置を参考に、設定を行った。固定閾値については、一律で 50 とする。各条件について、渋滞検出率と渋滞誤検出率を検証していく。渋滞検出は、１フレームで検出した場合と、５フレーム連続で検出した場合での検出率もそれぞれ算出する。検証に使用した動画は、対向車線側に渋滞区間が２度ある動画を使用した。

検証に使用した動画を、渋滞時として図 3.2.8.を、非渋滞時として図 3.2.9.を示す。

図 3.2.8.渋滞時

図 3.2.9.非渋滞時

（1）固定 ROI、固定閾値

ROI、閾値共に固定とした場合の検出率は、表.3.2.1.のとおり高確率で渋滞を検出できた。しかし、その反面

表 3.2.1. 検出率（固定 ROI、固定閾値）

	検出率	誤検出率
1 フレーム	89.94%	36.70%
5 フレーム	84.54%	34.40%

誤検出率も高い。誤検出率が高くなった原因としては、一定の場所を通行している時は問題ないが、曲がり角などに来た場合に、ROI に対向車以外の領域が入ってしまい、誤検出が多くなったと推測される。

（2）固定 ROI、変動閾値

閾値を変動とした場合の検出率は、表.3.2.2.のとおり検出率が下がる傾向にあった。これは、連続して渋滞となった場合に、閾値の設定値が増加してしまい、一度渋滞でないと判別してしまった。その後再度渋滞と検出し、渋滞区間中は、渋滞検出→非渋滞検出の連続となってしまい、検出率を下げてしまったことが理由としてあげられる。しかし、誤検出率は半分程度まで改善されており、環境に合わせた効果が得られている。

表 3.2.2. 検出率（固定 ROI、変動閾値）

	検出率	誤検出率
1 フレーム	73.38%	19.35%
5 フレーム	67.40%	17.60%

（3）変動 ROI、固定閾値

ROI を変動させた場合、表.3.2.3.のとおり渋滞を 100%検出することができた。ただし、誤検出率が高くなる結果となった。これは、固定 ROI に比べ幅広い領域を取り込む傾向にあり、標準偏差値が全体的に高くなる傾向にあったためと考えられる。

表 3.2.3. 検出率（変動 ROI、固定閾値）

	検出率	誤検出率
1 フレーム	100.00%	38.55%
5 フレーム	100.00%	33.90%

（4）変動 ROI、変動閾値

固定閾値の場合と同様に、ROI を変動させた場合、表.3.2.4.のとおり渋滞を 100%検出することができた。ただし、誤検出率は固定閾値と同様に高くなった。誤検出率が高くなった理由は、標準偏差値が全体的に高くなったのに併せて閾値を変動させた結果、検出・未検出が多くなり、誤検出率が、固定閾値の時より高くなったためと推測される。

表 3.2.4. 検出率（変動 ROI、変動閾値）

	検出率	誤検出率
1 フレーム	100.00%	43.85%
5 フレーム	100.00%	38.95%

渋滞の判別は、実用化に向けて精度をあげる必要がある。今回の結果では、それぞれのメリットとデメリットを検証することができた。この結果をもとに、今後は、それぞれの方法でのメリットをうまく合わせ、より高精度な手法に改良していきたい。

３．２．５．停止渋滞と低速渋滞

一口に渋滞と言っても、停車している場合とのろのろと低速で動いている場合とでは、車両の車間距離が異なることが想定される。車間距離の違いが画像解析に与える影響について調査する。

３．２．５．１．実験方法

次の実験を行う。

測定車：時速 20km で走行し対向車線の画像解析（ヒストグラムの標準偏差計測）を行う。

実験１　対向車：車間距離 2m、停車

実験２　対向車：車間距離 5m、停車

実験３　対向車：車間距離約 5m、のろのろ走行（約 5km/h）

画像解析は、スマートフォンのカメラによってプレビューサイズ（640×480）のフレームを順次取得し、ROI（事前に設定した静的領域：今回の実験では対向車線領域を設定）内のヒストグラムの標準偏差を算出する。算出した値をファイルに保存した後、直ちに次の（表示中の）フレームに対して同様の処理を行う。その間処理時間的に間に合わなかったフレームは処理しない。

３．２．５．２．実験結果及び考察

実験１と実験２の結果をそれぞれ図 3.2.10.、図 3.2.11.に示す。縦軸が標準偏差値、横軸が処理フレーム（≒経過時間）である。なお、緑の枠で囲んだ部分が、渋滞車両とすれ違っている区間である。

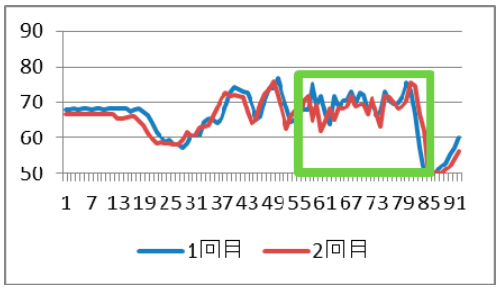


図 3.2.10. 対向車車間 2m（狭い）

これを見ると、車間距離が広いと明らかに標準偏差の振幅変化が大きく周期が短い。車と車の間の路面が多く写り込んでいるためと思われる。

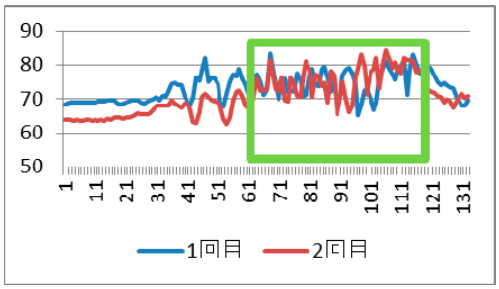


図 3.2.11. 対向車車間 5m（広い）

確認のため、車間距離 5m の画像の中で標準偏差が大きくなった箇所と小さくなった箇所を調べたグラフを図 3.2.12.に示す。

やはり車間の路面が写り込むと、その分だけ ROI 内でアスファルトの占める面積が増え、それが結果としてヒストグラムの標準偏差を押し下げていると思われる。

次に、実験３（のろのろ走行）の結果を図 3.2.13 に示す。対向車の台数が十分ではなくすれ違う区間を長く確保できなかったのだが、車間距離が同じ実験２の図 3.2.11.に近くなると予想していた。しかしあまり特徴は似ていなかった。これは対向車も動いているため、相対速度が上がっている（時速 25km）のが原因だと考えられる。スマートフォンの性能では、ちょうど車間が撮影

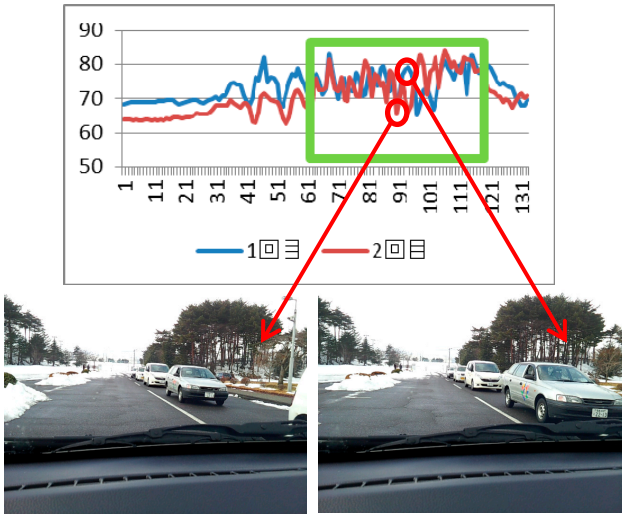


図 3.2.12.標準偏差の差異と実際のフレーム

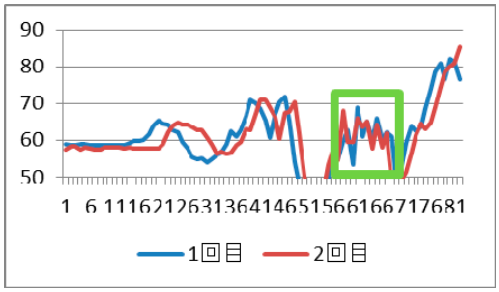


図 3.2.13.対向車のろのろ運転

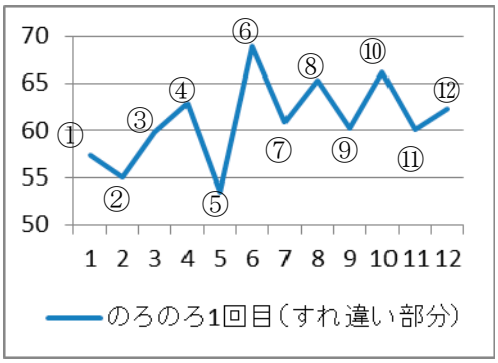


図 3.2.14.対向車のろのろ運転（すれ違い部分）

図 3.2.15.実験３でのすれ違いフレーム

できる場合と、タイミングがずれて撮影できない場合がある。

実験３の１回目について、画像フレームと標準偏差グラフとを見比べてみる。図 3.2.13.の緑枠内を拡大したものを図 3.2.1.4.に示す。

渋滞を検出すべきフレームは全部で 12 フレームあった。解析しているフレームを切り出すと、図 3.2.15 に示す場面であった。

標準偏差のもっとも下がっている⑤は、やはり車間の路面が大きく写り込んでいる。それに対し、同様に標準偏差が下がると予想していた⑦や⑨や⑪は、タイミング

的に前の車の後尾が写り込んでいるため、思ったほど標準偏差が下がらなかった。

渋滞の車間は、ヒストグラム解析に確実に影響を与えることが分かった。ちょうど車間で処理したために標準偏差が下がるケースは、車間距離が広がれば広がるほど増えることが予測される。一般的な渋滞の車間距離を考慮し、渋滞の間で拾った車間の画像をうまく判断して「渋滞が終了した」と誤検出しない仕組みが必要になる。

また、スマートフォンの処理速度が向上すれば、単位時間内に処理できるフレーム数も増え、車間のフレームを処理する確率も高くなる。それを踏まえると、誤検出しないための仕組みも「標準偏差が低いフレームがいくつあったか」ではなく、「標準偏差が低いフレームが何秒（何ミリ秒）あったか／何メートルあったか」など、フレーム数以外の基準も検討する必要がある。

３．２．６．工事看板検出方法の基礎検討

対向車が走行先を把握できない渋滞原因にはいくつかあるが、その１つに工事渋滞がある。その原因情報の取得を路上工事看板から行う基礎検討を行った。前年度検討した Joint HOG[2]を利用する路上工事看板検出も検討課題ではあるが、処理コストの面を考慮して、ORB 特徴量検出を用いた画像認識方法について検討を行った。

３．２．６．１．実験方法

路上工事看板の１つである、車線変更を誘導する矢印看板に着目し、次の方法で検証を行った。

Windows 上で動作する ORB 解析プログラムを作成し、矢印看板の画像を基に、車窓から撮影した実際の路上工事現場の矢印看板の検出状況を検証した。Windows 版の ORB 解析プログラムを図 3.2.16.に示す。なお、解析画像に対して解析の ROI を指定可能なプログラムとした。

ORB 解析プログラムの精度確認のため、同じ矢印看板について解析した結果を図 3.2.17.に示す。丸印（●）が Match Point を示し、一致点（Count）を線で結んでいる。全ての Match Point が一致した。

３．２．６．２．実験結果及び考察

車窓から撮影した画像を ORB 解析プログラムで検証した結果を以下に示す。

（1）ROI 指定なしでの解析結果（図 3.2.18.）

路上の矢印看板に Match Point が設定されず、矢印看板の認識は不可であった。

画像を詳細に確認すると、空と路肩の木々の境目に Match Point が集中しており、矢印看板には Match Point が設定されていないことが確認できた。

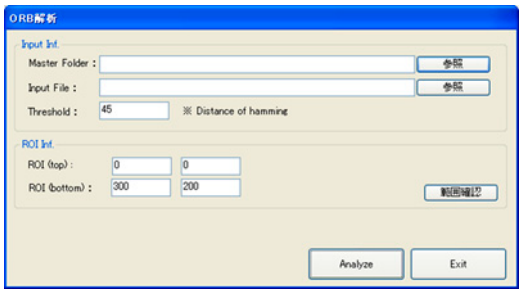
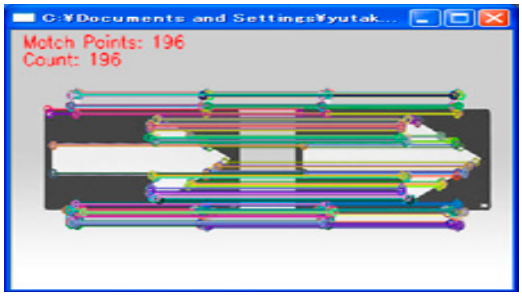


図 3.2.16.Windows 版の ORB 解析プログラム



(Match Point：196 点⇒Count 数：196 点)

図 3.2.17.同一矢印看板による検証

(Match Point：2000 点⇒Count 数：8 点)

図 3.2.18.ROI 指定なしの解析結果

（2）ROI 指定での解析結果（図 3.2.19.）

上記（1）の状況を考慮し、ROI を矢印看板付近に絞り解析した。

矢印看板に Match Point は設定されているが、一致点は黄色の点線が右向きに出ている 2 点のみであり、矢印看板の認識は不可であった。

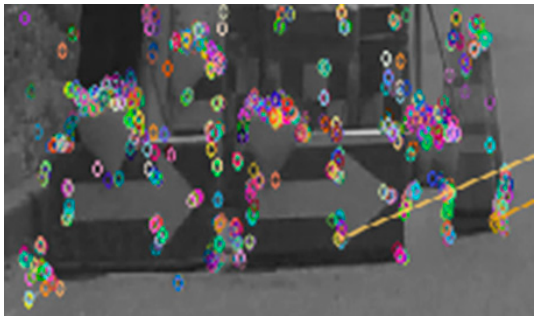


図 3.2.19.ROI 指定での解析結果

車窓から撮影した路上工事現場画像を使い、ORB 特徴量検出で、車線変更を誘導する矢印看板を識別する事について成果は得られなかった。また、ROI 指定での検証も行ったが成果は得られず、路上工事看板を効果的に検出するには、別手法の検討が必要である結果となった。

３．２．７．まとめ

今回の検証で、ヒストグラム解析の標準偏差を用いた渋滞検出の手法は、ある程度の成果を得ることができた。しかし、まだまだ改善の余地があり、今後更なる検討をする必要性がある。

道路状況の変化により、渋滞の検出に影響を受けることがわかり、影響を受けない手法として、変動閾値と関心領域の自動適合を適応した。変動閾値では、道路状況の変化による明度変化に影響されない渋滞検出手法の検討で一定の効果が得られた。関心領域の自動適合では、センターラインを検出することで、道路の走行位置に左右されない領域の取得で効果が得られた。それぞれのメリット・デメリットを補完するような使い方を検討すれば、更なる検出率の向上に繋がると思われる。

また、車間の違いによる渋滞状況の変化が、検出率へ影響を及ぼすこともわかった。車間の違いによる標準偏差の変化に対応するために、渋滞フレームがいくつ続いた場合に渋滞と判別するかなどの方法を検討し、パラメータの適正化を図る必要がある。

工事看板検出では、今回は成果を得ることができなかった。渋滞検出としては二次的な情報ではあるが、渋滞の原因特定に、大きな役割を果たすことができる。そのため、今後も別の視点からのアプローチを検討していきたい。

参考文献

[1]小村剛史，藤吉弘亘，矢入（江口）郁子，香山健太郎，吉水宏，“高齢者・障害者のための歩行者移動支援システム(RCT)”，第 10 回画像センシングシンポジウム,pp.225-230, 2004.

[2]浜尾和秀ら，“スマートフォンを活用した道路状況センシングとその局所的情報交換のための車車間通信の研究開発(112302001)”,成果報告書,pp.21-26,3.2012.

第４章　つぶやきと道路との紐付け情報

４．１．車両からのトリガー情報における有効事象の取得

４．１．１．はじめに

車両の急激な挙動の変化と搭乗者が危険時に発する声を車両のつぶやきとし、これらの情報がどれだけスマートフォンで取得・解析することができ有効な情報として扱えるかどうか実験・検証を行った。

車両の急激な挙動の変化については急ブレーキ時のスマートフォンの各センサ値の変化量と特徴に注目した。搭乗者の発声については、人の発声をスマートフォンが拾う車室内各種騒音源と切り分けることができるかに着目した。

４．１．２．急ブレーキ

急ブレーキ時の挙動をスマートフォンに搭載されている加速度センサやジャイロセンサで検出可能か、また急ブレーキをトリガーとして車両のつぶやき情報が取得可能か、２つのアプリケーションを作成し実験を行った。

先ず、１０ミリ秒毎に加速度センサとジャイロセンサの値を取得し車両の挙動がスマートフォンにどのように伝わるか、またスマートフォンで急ブレーキの特徴を検出できるか実験を行った。

次に、車両の挙動をトリガーに道路交通事象としての取得及び利用が可能か実験を行った。

４．１．２．１．実験環境

乾燥路を車速 10km/h~30km/h として走行時から急ブレーキをしたときに、スマートフォンの加速度センサとジャイロセンサで挙動が取得可能か実験をした。実験に使用した環境は次のとおりである。

・使用機種：GALAXY SII SC-02C

・車種：三菱ミラージュ

車両には、スマートフォンを図 4.1.1.に示すように液晶画面を手前にし、横向きに固定した。

スマートフォンセンサの座標軸は図 4.1.2.に示す向きになる。

図 4.1.1.車載設置とセンサ値記録アプリケーション

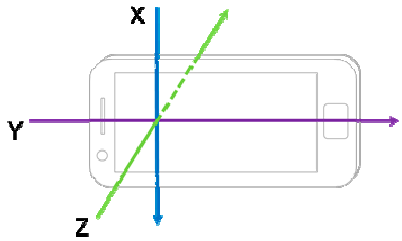


図 4.1.2.センサの座標軸

４．１．２．２．実験結果及び考察

加速度センサ、ジャイロセンサから取得できる加速度、直線加速度、ヨーイング、ローリング、ピッチングの値を取得し(1)～(8)の比較検討を行った。

急ブレーキ時の車両の挙動は、直線加速度の Z 軸の方向で取得できることが分かった。乾燥路だけでなく、凍結路においても、車両の ABS が作動した状況で取得できる可能性があることが分かった。

（1）加速度

図 4.1.3.に示すように XYZ 軸の加速度を取得した。ブレーキ中はＺ軸に大きな変動がみられる。

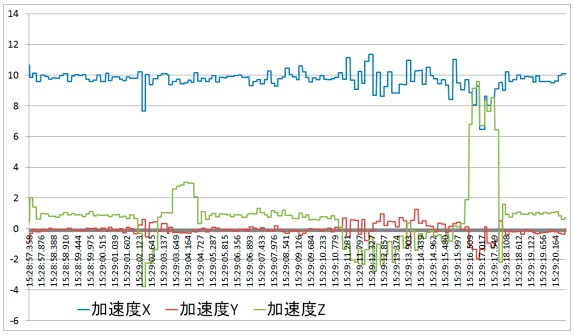


図 4.1.3.加速度センサ XYZ

（2）直線加速度

加速度は重力加速度も加味されており、スマートフォンの設置状況（傾き）によっては初期値や最大値が変化してしまう。これに対し、直線加速度は重力加速度が反映されず、各軸方向にかかった加速度を取得することができる。図 4.1.4.に示すように急ブレーキの取得には最適なセンサであることが分かった。

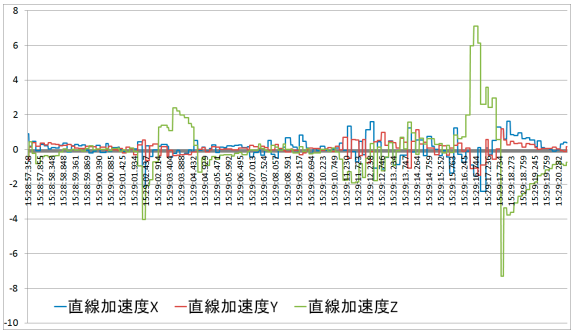


図 4.1.4.直線加速度 XYZ

（3）加速度と直線加速度

加速度と直線加速度の Z 軸方向の比較を図 4.1.5.に示す。直線加速度は車両の挙動を反映していることを確認できた。

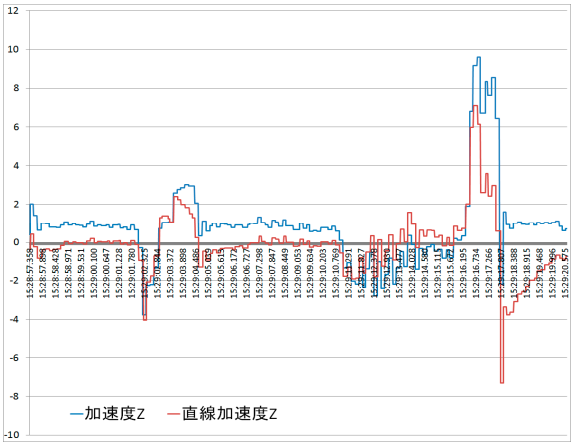


図 4.1.5.加速度と直線加速度(Z 軸)

（4）ヨーイング、ローリング、ピッチング

図 4.1.6.は Z 軸方向の直線加速度とヨーイング、ローリング、ピッチングを比較した図である。ピッチングと直線加速度は同じような波形となった。

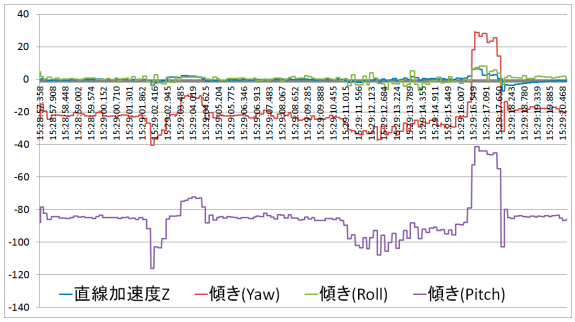


図 4.1.6.ヨーイング、ローリング、ピッチング

（5）10km/h 時の直線加速度

図 4.1.7.は 10km/h と低速であっても Z 軸方向の直線加速度がはっきりと出ている。

データの幅は約 4.8～約 - 4.2m/s² となっている。

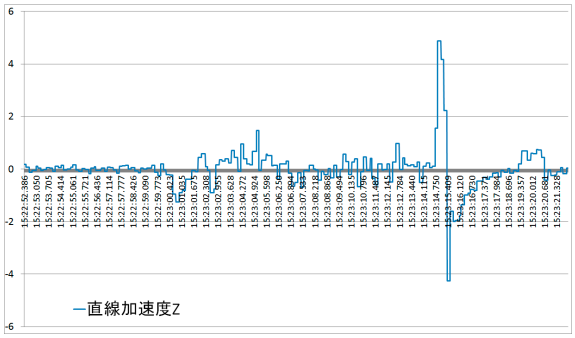


図 4.1.7.10km/h 時の直線加速度(Z 軸)

（6）20km/h 時の直線加速度直

図 4.1.8.は 10km/h 時と同様に急ブレーキの特徴が出ていることがわかる。

データの幅は約 6.3 ～約 - 5.1m/s² となっている。

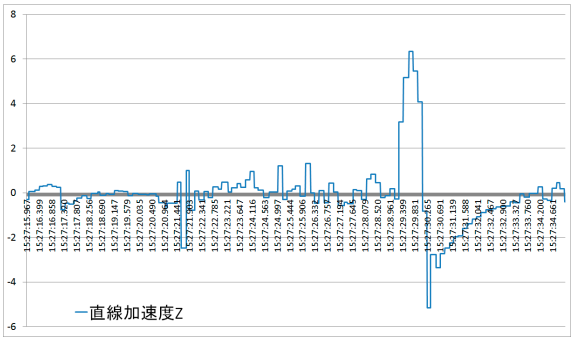


図 4.1.8.20km/h 時の直線加速度(Z 軸)

（7）30km/h 時の直線加速度

図 4.1.9.は 10km/h、20km/h と同様に直線加速度の Z 軸方向にはっきりと特徴が出ている。

データの幅は約 7.1 ～約 - 7.3m/s² となっている。

車速が上がれば上がるほど直線加速度の変位量が大きくなる。

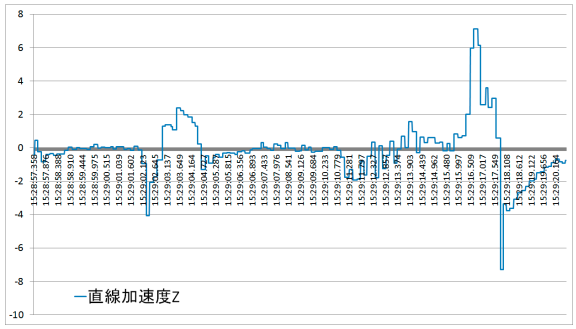


図 4.1.9.30km/h 時の直線加速度(Z 軸)

（8）雪道、30km/h の直線加速度

図 4.1.10.は凸凹した雪道での直線加速度である。雪道であっても急ブレーキの Z 軸方向は取得できている。

スマートフォンで雪道の危険個所を検出できる可能性が得られた。

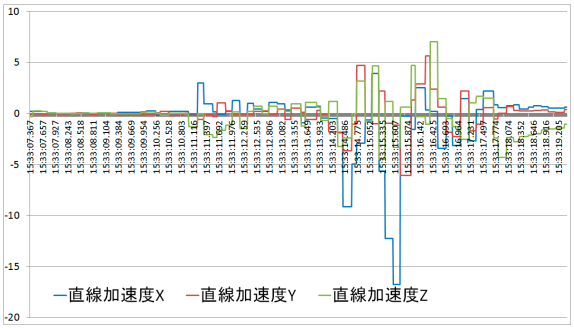


図 4.1.10.雪道 30km/h の直線加速度

4．1．3．つぶやきと道路の紐づけ

車両の挙動（つぶやき）とつぶやきの位置や方角の情報を道路と紐づけ、有効活用することができるかを

検証した。

４．１．３．１．実験環境

直線加速度の Z 軸方向がある一定値以上の急ブレーキを検出した際、その情報を SNS サーバへアップロードするアプリケーションを作成した。アプリケーションの概要を図 4.1.11.に示す。

また、急ブレーキと判断する閾値は表 4.1.1.より 0.5G（4.9m/s²）とした[1]。

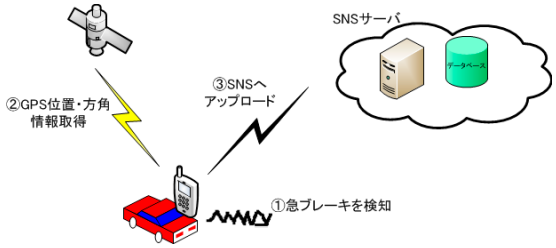


図 4.1.11.アプリケーションの概要

表 4.1.1. 自動車のブレーキ時の減速加速度の概要

減速加速度	ブレーキの強さ	状況
-0.1g～-0.2g	緩やかなブレーキ	通常のブレーキ操作
-0.3g～-0.4g	やや強いブレーキ	信号が直前で変わって急いで止まるような場合
-0.5g～-0.6g	急ブレーキ	バス内で立っている人が倒れるような急ブレーキ
-0.7g～-0.8g	最大限の急ブレーキ	シートベルトが無いと座席から前に飛び出すようなパニックブレーキ

図 4.1.12.は、アプリケーションが急ブレーキを検出した際の動作画面である。

図 4.1.12.急ブレーキ検出時の動作

また、図 4.1.13.は SNS へ情報をアップロードした際の動作画面である。

図 4.1.13.SNS アップロード時の動作

４．１．３．２．実験結果及び考察

急ブレーキ時の加速度センサ、ジャイロセンサ、GPS の緯度・経度・方角とカメラから画像を取得し、図 4.1.14. に示すように SNS サーバへアップロードすることが確認できた。

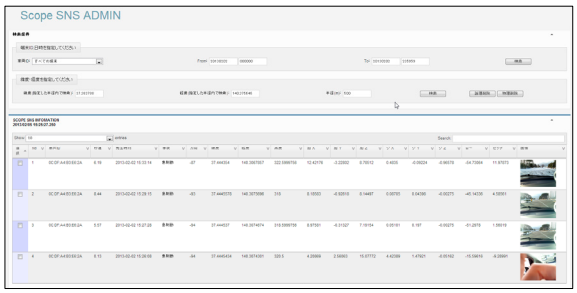


図 4.1.14. SNS アップロード後のサーバ管理画面

４．１．４．搭乗者の発声の検討

４．１．４．１．実験方法

車両（三菱コルト）にスマートフォン（GALAXY SII SC-02C）を取り付け実験を行った。Android アプリケーション“NoiseMeter”[2]を起動し、表 4.1.2.に示す各条件でスクリーンショットを 5 回ずつ撮るものとした。

表 4.1.2.スマートフォン音声実験

No.	エンジン	速度	運転席窓	助手席窓	エアコン	ラジオ	
1	OFF	0km/h	開	開	OFF	0	
2	OFF	0km/h	閉	閉	OFF	0	
3	ON	0km/h	開	開	OFF	0	
4	ON	0km/h	閉	閉	OFF	0	
5	ON	0km/h	閉	閉	弱	0	
6	ON	0km/h	閉	閉	強	0	
7	ON	0km/h	閉	閉	OFF	15	
8	ON	40km/h	開	開	OFF	0	
9	ON	60km/h	開	開	OFF	0	
10	ON	60km/h	開	閉	OFF	0	
11	ON	60km/h	閉	閉	OFF	0	
12	ON	60km/h	閉	閉	弱	0	
13	ON	60km/h	閉	閉	強	0	
14	ON	60km/h	閉	閉	弱	15	
15	ON	0km/h	閉	閉	弱	0	＋大声

４．１．４．２．実験結果及び考察

（1）走行ノイズ

先ず、同じ環境条件（エンジン ON／運転席窓閉／助手席窓閉／エアコン弱）で、停車中と走行中との比較を図 4.1.15.に示す。8kHz から上はほとんど差が見られない。走行ノイズは 8kHz 以下に発生する可能性がある（アスファルト舗装路面の走行において検証）。

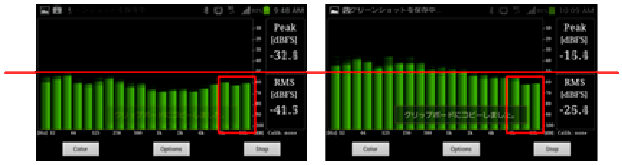


図 4.1.15. No.5 と No.12 の比較

次に、同じ環境条件（エンジン ON／運転席窓閉／助手席窓閉／エアコン弱）で走行中に大声を発した時の波形との比較を図 4.1.16.に示す。8kHz 以上の帯域の値

も上昇している。

図 4.1.16.　No.5 と No.15 の比較

（2）カーラジオ

カーラジオの音声を誤検出しないかという観点での比較を図 4.1.17.に示す。カーラジオは実際の発声とは異なる帯域で反応した。停止時は 125kHz～4kHz で反応が見られた。

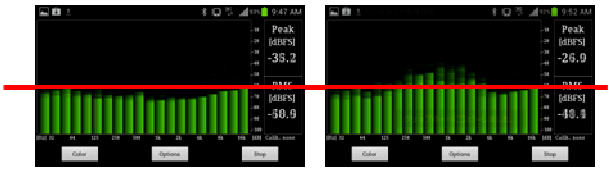


図 4.1.17.　No.4 と No.7 の比較

走行中のラジオの有無の比較を図 4.1.18.に示す。走行時は走行ノイズと重なるため明瞭ではないが、125kHz～1kHz 近辺が上昇している。

図 4.1.18.　No.12 と No.14 の比較

流れている音声／音楽やスピーカーの性能に依存する部分も大きいが、実験した環境においては 4kHz 以上の高い周波数帯域にはほとんど変化が見られないため、実際の発声と区別できると思われる。

（3）エアコン

停止中及び走行時のエアコン有無の比較を図 4.1.19.、図 4.1.20.に示す。8kHz 以上の周波数帯域に変化が見られた要因として、エアコンのノイズがある。

(停車時)

図 4.1.19.　No.4 と No.6 の比較

(走行時)

図 4.1.20.　No.11 と No.13 の比較

エアコンの強さは「強」固定であり、ノイズはある程度一定量になるため、-30dB 付近を閾値とすれば発声と区別することができる。

４．１．４．まとめ

実験結果から急ブレーキをスマートフォンで検出することができ、車両のつぶやき情報として道路情報と紐づけできることが分かった。今回の実験は Z 軸の直線加速度に注目した急ブレーキのみだったが、他の情報を加味することにより、例えば路上の物体を避けた時などの急旋回時の情報等も検出できるであろう。

また、雪道でのブレーキ時も有効である可能性が得られた。今後、さまざまな状態の雪道データを取得・解析することで、車両からのつぶやきが凍結情報としても有効活用できる可能性がある。

走行時のノイズは 8kHz 以下、カーラジオのノイズは 125kHz～4kHz、エアコンは広帯域だが-30dB 以下とすることで、実際の発声と切り分けることができる。つまり、8kHz 以上の周波数で-30dB より大きい音が入力された場合とすることで、車両が発するノイズと人間の発声とを切り分けできる可能性が示唆された。

参考文献

[1]神崎康宏, “連載 17 縫って作るコンピュータ LilyPad Arduino”, http://www.eleki-jack.com/FC/2009/06/17-lilypad-arduino.html

[2] JINASYS, “Noise Meter”, http://jinasys.com/wordpress/?page_id=17

４．２．実験用ＳＮＳの構築運用

４．２．１．はじめに

車両のつぶやき情報（以下、つぶやき情報と言う。）の蓄積を目的として、図 4.2.1.に示すようにインターネット上にソーシャル・ネットワーキング・サービス（以下、SNS と言う。）を構築した。SNS にはつぶやき情報の登録や検索機能を RESTful Web サービスとして設け、スマートフォンアプリケーションや Web ブラウザで容易につぶやき情報を利用できるものとした。

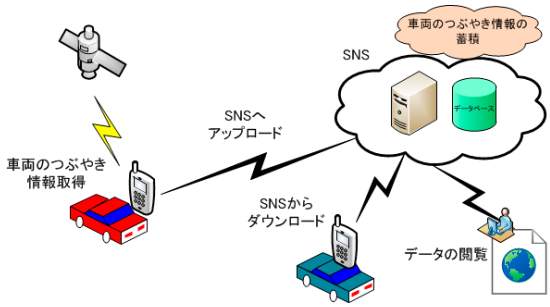


図 4.2.1. SNS 利用イメージ

４．２．２．ＳＮＳ構築

４．２．２．１．ハードウェア構成

ハードウェア及びその構成は、図 4.2.2.及び表 4.2.1.に示すように個々の物理マシンを用意せず、１台の物理マシンに VMware 社の vSphere Hypervisor を導入し、個々のサーバ／ルータは vSphere Hypervisor ゲストマシンとして構築とした。

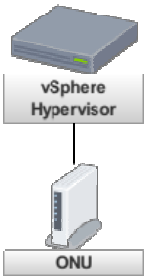


図 4.2.2. ハードウェア

表 4.2.1.ハードウェア構成

パーツ	仕様
CPU	Core i7 2700K ×1
Memory	8GB DDR3-1333 ×4
HDD	HGST HDS723020BLA642 ×3
RAID	Areca ARC-1213-4i ×1
DVD	Pioneer DVR-217JBK ×1
NIC	Intel PRO/1000 PT Quad Port ×1
CASE	460W Redundant (2U) ×1

４．２．２．２．システム構成

システム構成を図 4.2.3.及び表 4.2.2.に示す。

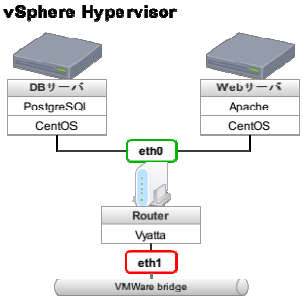


図 4.2.3.SNS システム構成

表 4.2.2. SNS システム構成

ソフトウェア名	バージョン	用途
vSphere Hypervisor[1]	5	仮想マシン構築
Cent OS[2]	6.2	ゲストマシン用オペレーティング・システム
Vyatta[3]	6.4	ソフトウェアルータ

システム構成の特徴は次のとおりである。

- Web サーバ／DB サーバの OS は入手の容易性と普及度を考慮し CentOS を採用した。
- ソフトウェアルータは普及度と安定性を考慮し、Vyatta を採用した。

４．２．２．３．ソフトウェア

SNS のソフトウェアは全てライセンスフリーで無償のものを選定した。図 4.2.4.にソフトウェア配置を示す。

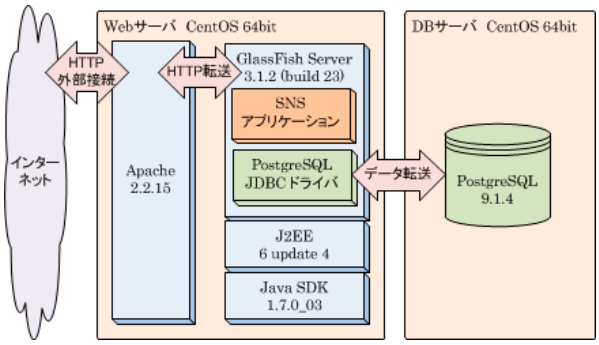


図 4.2.4.ソフトウェアの配置

ソフトウェアの名称、バージョン、用途を表 4.2.3.及び表 4.2.4.に記す。

表 4.2.3.Web サーバソフトウェア一覧

ソフトウェア名	バージョン	用途
Apache[4]	2.2.15	Webサーバ
GlassFish Server Open Source Edition[5]	3.1.2(build23)	アプリケーションサーバ
Java EE [6]	6 update 4	アプリケーションサーバのランタイム
Java SDK[7]	1.7.0_03	Javaランタイム
PostgreSQL JDBCドライバ[8]	9.1 Build 903	DBサーバのPostgreSQLとの接続ドライバ

表 4.2.4.DB サーバソフトウェア一覧

ソフトウェア名	バージョン	用途
PostgreSQL[9]	9.1.4	データベース

４．２．２．４．ＳＮＳのアーキテクチャ

SNS は RESTful Web サービスとして作成しており、データの送受信のみを行う形とした。従って、スマートフォンアプリや SNS 管理用 Web サイトでは、図 4.2.5.に示すように、受信したデータを基に画面の作成や利用者への通知等の処理を行う形となる。

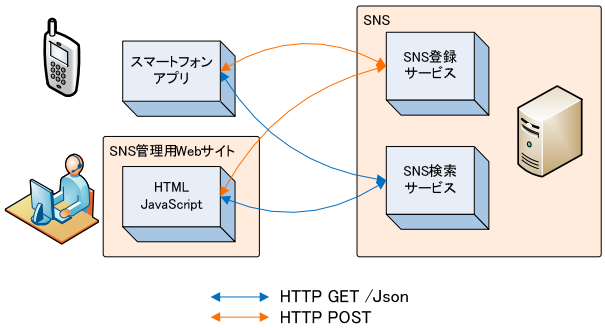


図 4.2.5.SNS のアーキテクチャ

４．２．２．５．ＳＮＳ管理用Ｗｅｂサイト

SNS のつぶやき情報の検索・閲覧のため、図 4.2.6.に示す SNS 管理用 Web サイトを作成した。機能は主に３つとなっている。

（1）日時を指定してつぶやき情報を検索する。

（2）指定した緯度・経度から一定距離のつぶやき情報を検索する。

（3）GoogleMap 上でつぶやき情報の発生場所を表示する。

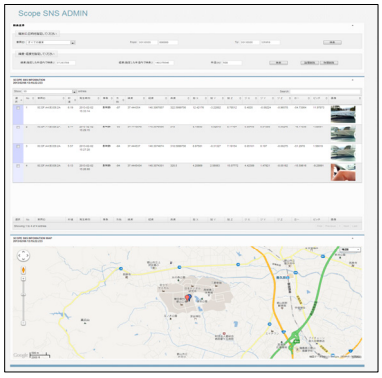


図 4.2.6.SNS 管理用 Web サイト

４．２．２．６．ＳＮＳ公開ＡＰＩ

SNS 検索サービスの一部を公開 API として構築した。つぶやき情報を JSON 形式で取得する際のベースとなる URL は次のとおりになる。

http://<ScopeSNS サーバ名>/ScopeSNS/Service/ScopeSNSService/json/< 車両 ID>/< 検索日時 From>/<検索日時 To>

この URL に表 4.2.5.のパラメータを加えリクエストする。

表 4.2.5.検索サービス引数

引数	書式	備考
車両ID	-	全車両が対象の場合「ALLTANMATSU」
検索日時 From	YYYYMMDD HHMMSS	2012/10/2 12:30:50 の場合「20121002123050」
検索日時 To	YYYYMMDD HHMMSS	

例）全車両を対象に、2012/11/01 00:00:00 から 2012/11/01 10:00:00 のデータを取得する場合、以下の URL となる。

http:// <ScopeSNS サーバ名>/ScopeSNS/Service/ScopeSNSService/json/ALLTANMATSU/20121101000000/20121101100000/

受信した JSON データは表 4.2.6.及び表 4.2.7.の定義に基づいて構成されている。

表 4.2.6.SNS 検索サービス戻り値（全体）

プロパティ名	内容
Record	リスト構造で表4.2.7.の内容を複数件保持する。

表 4.2.7.SNS 検索サービス戻り値（詳細）

プロパティ名	内容
unique_key	ユニークキー
car_id	車両ID
speed_second	ＧＰＳ車速（m/秒）
event_time	車両つぶやき情報発生時刻
event_code	車両つぶやき情報発生状況コード
event_detail	車両つぶやき情報発生状況内訳
azimuth	ＧＰＳ進行方向
latitude	ＧＰＳ緯度
longitude	ＧＰＳ経度
altitude	ＧＰＳ高度
acceleration_x	加速度センサーX軸値
acceleration_y	加速度センサーY軸値
acceleration_z	加速度センサーZ軸値
gyro_x	ジャイロセンサーX軸値
gyro_y	ジャイロセンサーY軸値
gyro_z	ジャイロセンサーZ軸値
rolling	ローリング
pitching	ピッチング
IsImageExist	画像が存在するかどうか
ImageKey	画像のキー情報
Error	エラー情報

JSON データのサンプルを図 4.2.7.に示す。


```
{"Record":
    [
        {
            "unique_key":"20130202000000000000000002593",
            "car_id":"0C:DF:A4:B3:E6:2A",
            "speed_second":8.19,
            "event_time":"2013-02-02 15:33:14",
            "event_code":"4",
            "event_detail":"急制動",
            "azimuth":-87.0,
            "latitude":37.444354,
            "longitude":140.3067857,
            "altitude":322.5999756,
            "acceleration_x":12.42176,
            "acceleration_y":-3.22802,
            "acceleration_z":8.78512,
            "gyro_x":0.4835,
            "gyro_y":-0.09224,
            "gyro_z":-0.96578,
            "rolling":-54.73064,
            "pitching":11.97873,
            "IsImageExist":true,
            "ImageKey":"20130202000000000000000002593",
            "Error":""
        },
        {
            "unique_key":"20130202000000000000000002592",
            "car_id":"0C:DF:A4:B3:E6:2A",
            "speed_second":8.44,
            "event_time":"2013-02-02 15:29:15",
            ～～～省略～～～
        },
    ]
}
```


図 4.2.7.SNS 検索サービス戻り値サンプル

４．２．３．ＳＮＳ実験及び考察

一定時間または一定距離において Bluetooth による車車間通信ができない交通流が疎の場合、SNS に蓄積された車両のつぶやき情報を SNS からダウンロードして活用することを想定し、実験を行った。

４．２．３．１．実験概要

スマートフォンの GPS センサの緯度・経度を活用し、

図 4.2.8.に示すように「自車を中心に 1km 四方」にある SNS のつぶやき情報をダウンロードする。

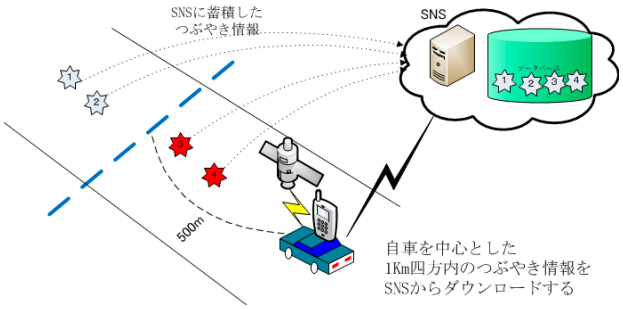


図 4.2.8.SNS 実験概要

なお、「自車を中心に 1km 四方」を算出するにあたり、GPS の緯度によって 1 度あたりの距離が異なってくることから 1 度あたり約 100km として表 4.2.8.[10] のとおりとした。

表 4.2.8. GPS 緯度による距離

値	赤道上での差	緯度30度	緯度45度	緯度60度
1度	111 km (約100 km)	96.4 km	78.7 km	55.7 km
0.1度	11 km (約10 km)	9.64 km	7.87 km	5.57 km
0.01度	1.1 km (約1 km)	964 m	787 m	557 m
0.001度	110 m (約100 m)	96.4 m	78.7 m	55.7 m
0.0001度	11 m (約10 m)	9.64 m	7.87 m	5.57 m
0.00001度	1.1 m (約1 m)	96.4 cm	78.7 cm	55.7 cm
0.000001度	11 cm (約10 cm) (約4インチ)	9.64 cm	7.87 cm	5.57 cm

したがって、「自車を中心に 1km 四方」は図 4.2.9.に示すように、緯度±0.005、経度±0.005 の範囲となる。

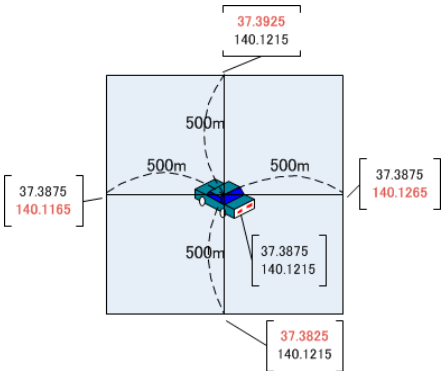


図 4.2.9.自車を中心に 1km 四方

4．2．3．2．実験内容

SNS に表 4.2.9.に示すデータを格納しておき、測定地点を中心とした 1km 四方内のデータをダウンロードできるかどうか実験を行った。

図 4.2.10.は表 4.2.9.の緯度・経度を地図上にマッピングしたものである。また、測定地点を図の中央付近とした。

表 4.2.9.SNS のデータ内容（抜粋）

No	緯度	経度	発生現象
1	37.399799	140.3265	渋滞
2	37.394357	140.32878	渋滞
3	37.394311	140.33342	渋滞
4	37.391967	140.33705	渋滞
5	37.398939	140.33408	渋滞
6	37.388661	140.31903	渋滞
7	37.391457	140.3403	渋滞
8	37.407604	140.33832	渋滞
9	37.38994	140.32714	渋滞
10	37.399521	140.3247	渋滞
11	37.391628	140.3332	渋滞

図 4.2.10.SNS データの地図マッピング

4．2．3．3．実験結果

図 4.2.10.の測定地点（37.39563、140.33022）でスマートフォンアプリを実行させたところ、SNS データを図 4.2.11.に示すように 5 件ダウンロードすることができた。

図 4.2.11.スマートフォンアプリの動作

ダウンロードしたデータは表 4.2.10.のとおりである。また、SNS データの検索範囲は、緯度 37.39063～

37.4063、経度 140.32522～140.33522 の範囲内のものとなっている。

表 4.2.10.ダウンロードしたデータ（抜粋）

ID	緯度	経度	発生事象
37	37.391628	140.3332	渋滞
38	37.398939	140.33408	渋滞
39	37.394311	140.33342	渋滞
40	37.394357	140.32878	渋滞
41	37.399799	140.3265	渋滞

また、図 4.2.12.はダウンロードしたデータの緯度・経度を地図上にマッピングしたものとなっている。測定地点を中心とした 1km 四方範囲内のものが取得できている事が確認できた。

図 4.2.12. ダウンロード内容のマッピング

４．２．４．まとめ

車両からのつぶやき情報を蓄積していくことで、特定の期間や場所で、どのような車両のつぶやき情報が発生したか等の分析が可能となる。スマートフォンアプリで SNS から車両のつぶやき情報をダウンロードすることが可能であるため、車車間通信ができない交通流が疎の場合でも補足情報として利用できる。これらのことから、利用者により高い精度の車両のつぶやき情報を提供できることが期待できる。

参考資料

[1]VMware vSphere Hypervisor(ESXi),
http://www.vmware.com/jp/products/datacenter-virtualization/vsphere-hypervisor/overview
[2]CentOS,
http://www.centos.org/
[3]Vyatta,
http://www.vyatta.com/product/vyatta-network-os/specs
[4]Apache, http://archive.apache.org/dist/httpd/
[5]GlassFish Server 、[6] Java EE 、[7] Java SDK
※[5]～[6]同封版
http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/downloads/java-ee-sdk-6u4-jdk-7u11-downloads-1900532.html
[8]PostgreSQL JDBC ドライバ,
http://jdbc.postgresql.org/download.html
[9]PostgreSQL,
http://yum.postgresql.org/rpmchart.php
[10]Wikipedia：緯度・経度の調べ方,
http://ja.wikipedia.org/ wiki/Wikipedia:緯度・経度の調べ方

第５章　まとめ

車に搭載したスマートフォンで目的とするシステムを開発するため、次の研究開発を行った。

第２章ではスマートフォンによる容易な車車間通信を実現するために、２．１．情報交換データの提示タイミングモデルの実現、２．２．運転負荷モデルの構築、２．３．スマートフォンへの実装及びすれちがい通信のテストを行った。

２．１．では、車車間通信で交換した交通事象情報を運転者へ提示するためには、適切なタイミングがあると言う仮説を立て、そのタイミングのモデルを構築しドライビングシミュレータを用いた被験者走行実験によって検証を行った。その結果仮説は否定されない見込みとなり、交通事象までの距離を 4 ステージに区切った中の「顕在化ステージ」が、情報提示タイミングに最良である結果が得られた。

２．２．では、運転者の運転負荷状況に応じた情報提示を考慮するため、運転負荷モデルの構築を行った。運転者の生体計測には、座圧分布、皮膚電位、目の動きを用いてきたが、さらにシートベルトのセンサ化に着手し、シートベルトに取り付けた感圧センサ値変化から運転者動作の把握を行った。次に ISO と NHTSA が示す道路形状と運転者への負荷を考慮したモデルを参考にしたドライビングシミュレータ被験者走行実験を行い、運転者の見逃し傾向の高い視界位置が得られた。

２．３．では、交通事象情報の通知モデルを定義した。これは、車車間通信の極限られた時間内で交換される情報の中から、運転者にとって最も必要な交通事象情報を選別し適切なタイミングで通知するモデルである。次にすれちがい通信の実車実験により、相対速度 120km/h（各車両 60km/h で走行）で平均 80%の成功率を達成することができた。複数台車両でのすれちがい通信は、構内道路実験の制約から相対速度 60km/h のすれちがい通信を確認した。本研究で想定している ITS インフラが整備されていない片側１車線の一般道において実用的な車速での通信が達成できた。

第３章では、道路状況センシングのため、３．１．凍結路状況検出、３．２．対向車線の渋滞状況検出を行った。

３．１．では、冬季期間の道路走行で取得した鉛直方向の加速度値及び車窓からの路面画像データから凍結路面検出を行った。鉛直方向の加速度振動からその時刻における加速度値とある周波数の加速度値との割合を求める凍結指標(R_ℓ)を求め、乾燥路と凍結路との場合わけを示した。路面画像データからは、二次元ウェーブレット変換による多重解像度解析を行い、シャーベット路面、ザクレ雪路面、圧雪路面、凍結路面、乾燥路面を分別できる可能性を示した。

３．２．では、筆者らの提案するヒストグラムの標準偏差を用いた渋滞検出の手法について、環境変化に伴う画像明度の変化に対応すべく、渋滞判別閾値の適正化処理を組み入れた。カーブ・坂道等の道路形状によっては、スマートフォンのカメラに写る対向車線位置が移動してしまうため、対向車線の関心領域を変化させる処理を組み入れた。従来の固定関心領域、固定閾値の他に、前述の閾値の適正化処理、変動関心領域処理を併せた渋滞判別評価を行った。検出率と誤検出率は比例関係であった。停止渋滞と低速渋滞とで渋滞検出処理過程の詳細解析を行い、誤検出となる原因を明確に把握した。また渋滞原因の１つに工事渋滞があるため、画像から工事看板の検出を ORB 特徴量による検出の基礎実験を行った。

第４章では、つぶやきと道路との紐付け情報として、４．１．車両からのトリガー情報における有効事象の取得、４．２．実験用 SNS の構築運用を行った。

４．１．では、車両の挙動及び搭乗者の発声を、その時の道路事象と紐付けた車両のつぶやきとして、SNS サーバへ蓄積利用することを試みた。車両の挙動つぶやきは、急ブレーキを加速度変化から検出し、その時の画像を併せて取得した。搭乗者の発声つぶやきでは、車室内で発生する多くの騒音源から搭乗者の発声を切り分けるため、周波数帯域及び音の大きさを調査した。

４．２．では、車両のつぶやきを蓄積するため、ソーシャル・ネットワーキング・サービスを RESTful Web サービスとして構築した。車両からのつぶやきを収集し、また車車間通信ができない交通流が疎の場合には、自車を中心に 1km 四方の車両のつぶやき情報を SNS からダウンロードして活用することができるようにした。

以上の結果から、筆者らは図 5.1.に示す実用化に向け、引き続き研究開発に努めていきたい。

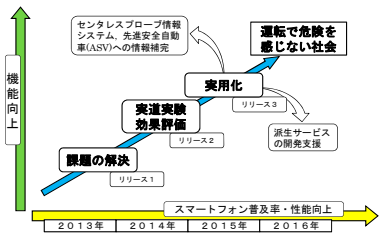


図 5.1.ロードマップ

謝辞

本研究開発は、平成２４年度総務省　戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)　地域 ICT 推進研究開発として実施されたものである。総務省及び東北総合通信局、並びに研究参画機関関係者のご支援に感謝いたします。

VEGETABLE OIL INK
紙へリサイクル可