

平成23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24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. 研究体制	1
1. 2. 1. 研究組織	
1. 2. 2. 研究者氏名	
1. 3. 本研究開発の概要	1
1. 4. 研究概要説明図	3

### 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. 情報交換時データ利用モデル式の評価	4
2. 1. 1. はじめに	
2. 1. 2. 情報提示タイミングのモデル化	
2. 1. 3. 各ステージと事象距離との区分	
2. 1. 4. まとめ	
2. 2. 運転負荷を考慮した官能評価	8
2. 2. 1. はじめに	
2. 2. 2. 実験方法	
2. 2. 3. 実験結果及び考察	
2. 2. 4. まとめ	
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	13
2. 3. 1. はじめに	
2. 3. 2. 遮蔽物のない屋外での通信実験	
2. 3. 3. 屋外通信実験結果及び考察	
2. 3. 4. 停車した車内同士での通信実験	
2. 3. 5. 車内通信実験結果及び考察	
2. 3. 6. 車車間通信実験	
2. 3. 7. すれちがい通信データ構造	
2. 3. 8. まとめ	

### 第 3 章 マシンビジョン

3. 1. 凍結路状況	20
3. 1. 1. はじめに	
3. 1. 2. 凍結路面	
3. 1. 3. まとめ	
3. 2. 対向車線の渋滞状況	21

- 3. 2. 1. はじめに
- 3. 2. 2. ヒストグラム画像解析での実験方法
- 3. 2. 3. Joint HOG と Real AdaBoost での実験方法
- 3. 2. 4. 実験結果及び考察
- 3. 2. 5. まとめ

#### 第 4 章 つぶやきと道路との紐付け情報

- 4. 1. つぶやきとして、車両からトリガー情報及び運転者発声取得 . . . 27
  - 4. 1. 1. はじめに
  - 4. 1. 2. センサ取得プログラムの開発
  - 4. 1. 3. センサをトリガーとしたプログラムの検証
  - 4. 1. 4. まとめ

#### 第 5 章 まとめ . . . . . 30

## 第 1 章 研究開発の概要

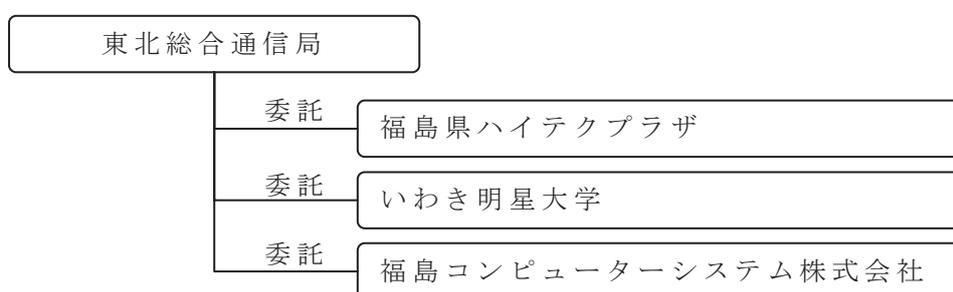
### 1. 1. 研究開発の目的

本研究開発は一台のスマートフォンで、凍結路検知、対向車渋滞検知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研究開発する。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時間に提示する。

本研究開発により、気候が大きく異なる福島県の道路でも、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って、インフラを必要としない本研究開発が有効となる。

### 1. 2. 研究体制

#### 1. 2. 1. 研究組織



委託期間：平成 23 年 9 月～平成 24 年 3 月

#### 1. 2. 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 主任技師

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 主任

宗像 友男 福島コンピューターシステム株式会社 第三システム部 上席主任

##### 研究補助者

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 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 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

#### 1. 3. 本研究開発の概要

本研究開発では、以下に示す研究開発を、システムの一部として利用する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）を想定して実施する。成果のソフトウェアは、福島県内限定で県内 ICT 企業へ API を公開し、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知の研究開発
- ・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. 4. 研究概要説明図

# 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

### 1. 研究目的

本研究開発は一台のスマートフォンで、凍結路検知、渋滞検知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である。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時間に提示する。

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夜の事故渋滞は、走行先の最新情報を持っ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、交通事故東北一多い福島県にとって、インフラを必要としない本研究開発が有効となる。

### 2. 研究開発の概要

本研究開発では、以下に示す研究開発を、システムの一部として利用するスマートフォンの普及が半数を超える 2015 年を想定して実施する。成果のソフトウェアは、福島県内限定で県内 ICT 企業へ API を公開し、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知の研究開発
- ・走行中のつづやきと道路とを紐付けし SNS 化する研究開発

### 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を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。スマートフォンの映像から凍結路、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 のオープンソースチャル化により地域企業の独自アプリケーション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、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の礎になれる。



凍結路面



対向車線渋滞

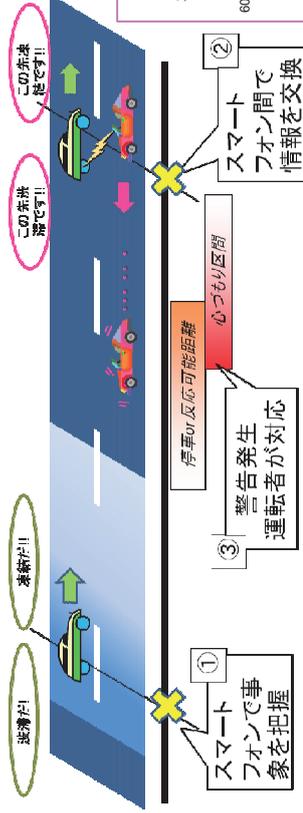
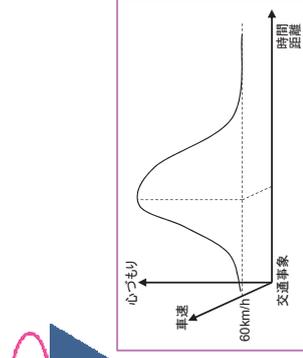
車載端末カメラ映像から、走行中の凍結路検知、対向車線渋滞検知をして、車車間通信で情報を交換し合う。



つづやきと道路との紐付け  
(JAF Mate 2011.3 危険予知から引用)



スマートフォン搭載スマートフォンを車載して利用する。



重要情報から各運転者に最適な心づもりタイミングで情報提示

渋滞原因

工事看板・信号等のシンボルから把握

## 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. 情報交換時データ利用モデル式の評価

#### 2. 1. 1. はじめに

本研究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、その内容の重要度を加味した情報順に提示するものである。

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内容の重要度を加味した情報順とは、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）の軽減が図れるタイミング、つまり事象までの適切な距離で運転者に情報を提示するものである。

車車間通信を用いた情報交換に関する研究はこれまで盛んに行われている。その中でも、ad hoc 通信による車車間通信で情報の伝播される量や伝播効率の研究が多い。

関連研究の主なものに、交換できる情報の取捨選択を可能にするもの、交換情報の信頼度に応じた情報交換を実現するもの、効率的な情報伝播を行うもの等が研究されている。

本研究で関係の深い部分では、自身がこれから移動する経路から移動してきた車両は、ユーザにとって有益なデータを持つ可能性が高いこと<sup>[1]</sup>、対向車両同士で車両の位置と移動速度の情報を交換することで混雑状況を把握すること<sup>[2]</sup>、車両が互いの持つデータの情報を交換し、自身の現在位置付近で作成されたデータの複製を優先的に配置する方法<sup>[3]</sup>が提案されている。

文献[1]は、文献[3]のデータの価値を時間と距離によって計算する評価式を参考に、ユーザのデータアクセス特性（配布可能なデータ選択性）に基づいたデータの信頼度を定義し、データの配布手法を用いている。しかしながら、データが作成された時間または現在位置からの距離の近さに応じそのデータの信頼度を高く設定し配布する研究ではあるが、配布データの運転者への提示タイミングについての検討には至っていない。

本研究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と保有情報の重要度の順序に従い提示する適切なタイミングがあるものと仮説を立て、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する。

#### 2. 1. 2. 情報提示タイミングのモデル化

走行している先の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いると仮定する。

ここでは、自車と事象場所までの距離に応じて次の 4 つの局面に区切るとする。(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。図 2.1.2.に示すように、運転者が走行先の交通事象に対する心構えを事前に持てるための「心づもり度合い」指標を新たに導入する。

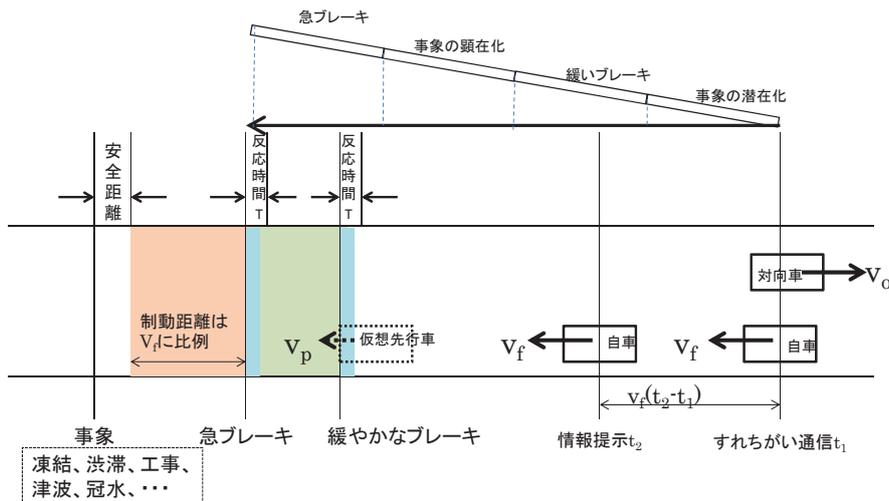


図 2.1.1. 交通事象と走行車の状態

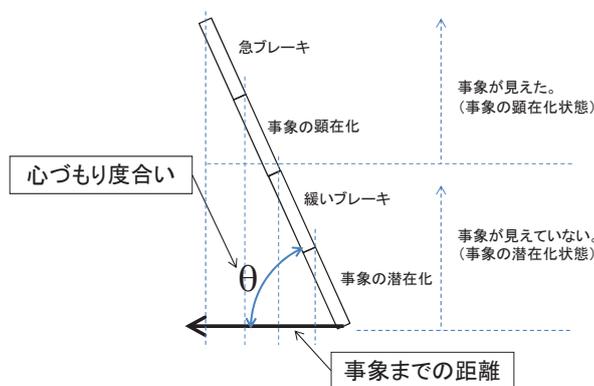


図 2.1.2. 心づもり度合い

### 2. 1. 3. 各ステージと事象距離との区分

文献[4]ではリスク認知に関する評価指標を定義式をもとに、TTC（衝突余裕時間）、 $1/TTC$ （TTC の逆数）、 $K_{dB}$ （接近離間状態指標）、 $\dot{\tau}$ （TTC の時間微分値）、 $TTC_{2nd}$ （TTC の二次予測値）、THW（車間時間）、MTC（衝突余裕度）、RF(Risk Feeling) という八つの指標について、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、心づもり度合い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する。

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。

自転車速度( $V_f$ )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を 1m/s(3.6km/h)として、 $K_{dB}$  及び RF は図 2.1.3.及び図 2.1.4.のようになる。

文献[5]に、 $K_{dB}=50dB \rightarrow$  相対速度・20km/h  $\rightarrow K_{dB}=36dB$  ラインで、追突事故と安全運

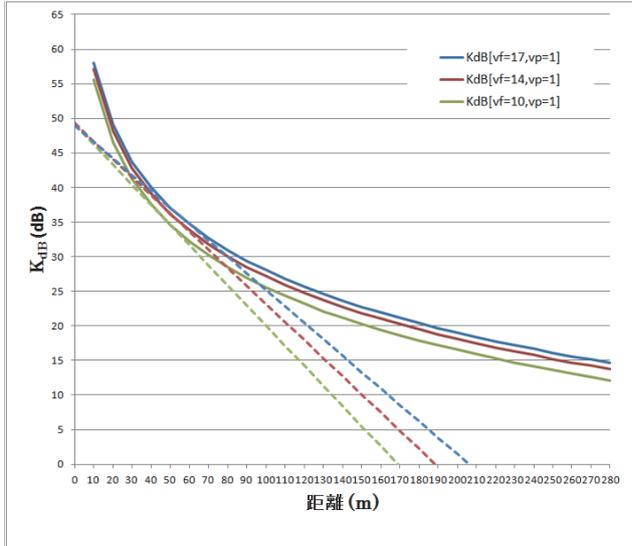


図 2.1.3. 近接離間状態グラフ

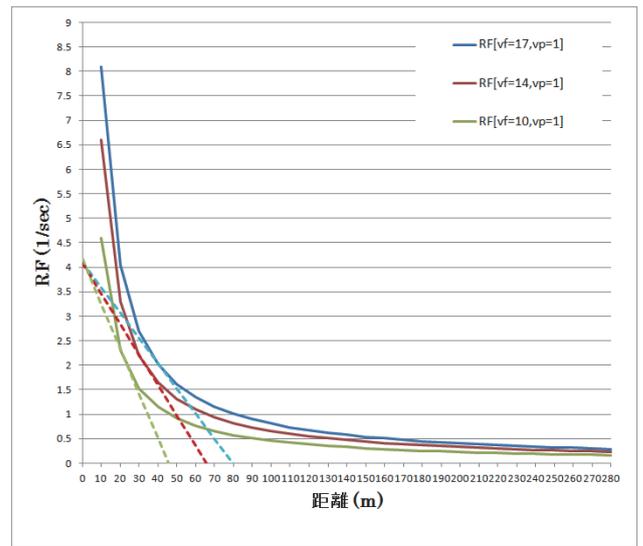


図 2.1.4. Risk Feeling グラフ

転を有効に切り分けできることが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する。

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

RF は文献[6]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する。

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

まとめると表 2.1.1. のとおりとなる。

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

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

		$v_f=17(m/s)$	$v_f=14(m/s)$	$v_f=10(m/s)$
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)

と対応する距離の鉛直線とのなす角度を  $\theta_{KdB}$  として  $\tan^{-1}\theta_{KdB}(\text{deg})$  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  $\theta_{RF}$  として  $\tan^{-1}\theta_{RF}(\text{deg})$  を心づもり度合いと定義する。

具体的な数値を表 2.1.2.に示す。心づもり度合いは、速度が高い程角度も大きくなる。つまり、速度が高い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. 4. まとめ

運転負荷(心理ストレス)と事前提示時間の関係の項に着眼し、既に提案され狙いも様々な各リスク認知に関する評価指標を、車車間通信で交換して得る情報の提示タイミングという新たな視点から検討を行った。

平常運転時の走行先の交通事象を提示するタイミングを、「心づもり度合い」指標として定義するモデルを考案した。

自車と事象場所までの距離に応じて、(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の4局面に区切ることにする。各ステージの事象までの距離を  $K_{dB}$  及び  $RF$  の指標値に対応付けし割り当てることにした。

運転者が走行先の交通事象に対する心構えを示す「心づもり度合い」を定義した。数値計算から、速度が高い程事前の心づもりが必要な運転者心理を表していることが推測できた。

今後は  $K_{dB}$  及び  $RF$  に対する各ステージ距離での情報提示を、ドライビングシミュレータによる官能評価を行い、適切なタイミングがあるという仮説の検証を行っている。

## 参考文献

- [1]佐合弘行,篠原昌子,原隆浩,西尾章治郎,“車車間通信を用いた情報共有のための周辺車両を考慮したデータ配布について”,電子情報通信学会第19回データ工学ワークショップ論文集,2008.
- [2]L. Wischhof, A. Ebner, and H. Rohling, “Information Dissemination in Self-organizing Intervehicle Networks”, IEEE Trans. ITS, Vol. 6, No. 1 pp. 90–101, 2005.
- [3]B. Xu, A. Ouskel, and O. Wolfson: “Opportunistic Resource Exchange in Inter-vehicle Ad-hoc Networks,” Proc. MDM, pp. 4–12, 2004.
- [4]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—先行車に対する追突リスクの認知—”,自動車技術会学術講演会前刷集, No.5-08, pp.1-6,2008.
- [5]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.

- [6]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.

## 2. 2. 運転負荷を考慮した官能評価

### 2. 2. 1. はじめに

運転者の運転負荷軽減には運転者の通常の運転状態を把握することが重要である。実際の道路における実験では道路環境が常に変化し、走行状態を同一条件に揃えることなどが難しく、しかも安全上から危険という問題が生じる。そこで台上試験の一つドライビング・シミュレータを利用し、運転者の挙動を把握することによって、条件を一定に保つことができ、パラメータスタデーも可能である。今回、保有するドライビング・シミュレータ（本田技研工業（株）製、以後、DS）を利用し、種々条件下で運転者の様子を観察することによって運転負荷の軽減を図ることを試みる。運転者の状況観察には運転者と直接接触している部位と非接触している部位の両面に着目する。また車両の動きは車体フロアに設置する加速度センサによって行う。

接触部位として

- ・ シートに着座する際の体圧分布
- ・ シートベルトセンサ（センサを織り込み e-テキスタイル化する）
- ・ ステアリングを握った人の手の皮膚電位

非接触部位として

- ・ 眼球や瞳孔による視線の動き
- ・ 首の移動

車両挙動では

- ・ スマートフォンの 3 軸ジャイロスコープからのヨーイング、ローリング、ピッチングによる車両挙動（あるいは車体フロア上の加速度計）

を測定し、情報提示方法(時間と順序)と運転負荷との間の官能評価を行う。また各種センサ情報の重み付けによる新たな運転者ストレス状態モデル構築の取組みを行う。センサを織り込んだ e-テキスタイル化シートベルトを目指した実験を行う。

なお被験者には事前に実験目的及び内容について記述した資料を基に十分な説明をした上で実験参加の承諾を得ている。

### 2. 2. 2. 実験方法

#### A.計測手法

(1) ドライビング・シミュレータ (DS) 装置

図 2.2.1.に使用する DS の外形を示す。DS は 6 軸モーションベースや大型スクリーンを有している。表 2.2.1.に DS の主要緒言を示す。

(2) 座圧分布の計測

座圧分布は運転席シート上にシート形状とほぼ同じ大きさの圧力分布センサを敷い

て圧力を計測し、その結果をプログラム処理によって圧力分布を求める。使用する圧力分布シートセンサは保有の計測機器（(株)シロク製 LL センサ）である。

### (3) 目の動き

目の動きは運転者の近傍に設置することを考慮し、運転者の目の動きと運転時の視界を計測するため視線追跡用カメラ及び視野記録用カメラをヘルメットに装着して計測を行う。更に、運転者の状況調査のために既存のビデオカメラを使用する。

今回試作した目の動きを観察するヘルメット上に据え付けた試作装置を図 2.2.2. に示す。

### (4) 皮膚電位

皮膚電位計測はステアリングホイールの表裏に貼付したシート状のセンサによって計測する。今回、試験開始前後のそれぞれ 1 回の計 2 回計測する。センサ取り付け位置及び車内の様子を図 2.2.3. に示す。今回使用するセンサは導電性フィルムである。

### (5) 車両の挙動

車両の挙動は車両フロア上に設置する加速度計によって行う。

なお、今回計測予定のセンサを織り込んだ e-テキスタイル化したシートベルトの試作による運転者の挙動は試作品の製作が遅延したため計測項目に入れていない。



図 2.2.1. ドライビング・シミュレータ

表 2.2.1. DS 装置の主要諸元表

ハードウェア		
視界映像	前方	・広視野(138°)スクリーン投影方式 ・総画素数 780,000 DLP プロジェクター (XGA) ・3ミラー独立型液晶ディスプレイ表示
	後方	・640 × 480 画素 (VGA)
	CG	・描画速度 30~60フレーム/秒
サウンド	ハード	・立体音響+体感振動
	ソフト	・ダイレクトサウンド処理
体感機構	モーションベース	機構 ・6デグリーによる6自由度運動 制御 ・200V電動ホールネジサーボ方式
乗車部	骨格	・専用アルミ押し出し材による軽量化ベースフレーム構造
	ボディ	・FRP成型によるリア/サイドオープン構造
	表示部	・実車インパネ部流用
制御系	操作系	操作部 ・反力制御付ステアリング装置 ・アクセル、クラッチ、ブレーキ機械機構 ・AT/MT切替電動機構
	電源・リレー	・AC 単相 200V/6kVA ・DD 24V/12V
制御・電源部	メインコンピューター	・Windows 2000 PC
	OSコンピューター	・リアルタイムOS(RTX) ・カンタム3D アルケミー(150万ポリゴン/秒以上)
	制御系	・6軸用サーボアンプ ・STRG反力用アンプ
寸法	・奥行き 2,440mm × 幅 2,280mm × 高さ 1,855mm(据付時)/2,205mm(作動時)	
重量	・本体 500kg/制御盤 250kg	
設置スペース	・4,600mm × 2,750mm(教習スペース含まず)	

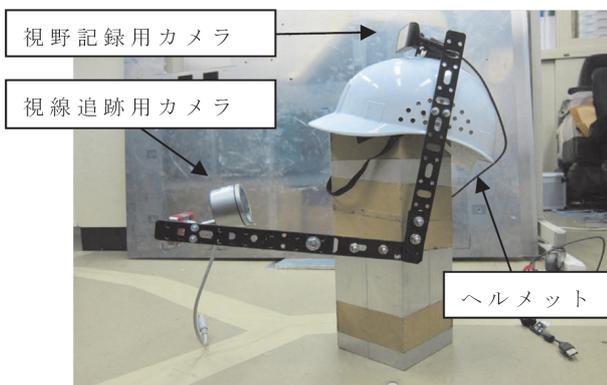


図 2.2.2. 視線追跡用ヘルメット



図 2.2.3. センサ取り付け位置

## B.道路環境及びテストコース（1、2及び3）

DS上の道路環境の作成は既導入済みプログラムソフト（UC-win/Road Ver.4）を使用する。このソフトによって、走行シミュレーションや日照、交通量など道路環境を自在に作成することができ、高度なリアルワールドを実現できる。今回作成した道路環境は3車線道路で、一定間隔に設置した標識を有し、その標識指示に従って運転するコースである。このコースの設定は世界標準の一つISO 26022 Road Vehiclesに基づいている。

図 2.2.4.に今回使用する基本道路及び車線変更指示標識を示す。

図 2.2.5.に今回使用するコースの概要を示す。

図 2.2.5.から次の3つのシナリオを作成した。シナリオ1、2及び3の特徴は次の通りである。

- ・ シナリオ1：コース1を時速60km/hで自由に走行
- ・ シナリオ2：コース2のスタートからゴールまで走行後、更にスタート時点に戻る30分間の走行
- ・ シナリオ3：コース3をシナリオ2と同様の条件で走行

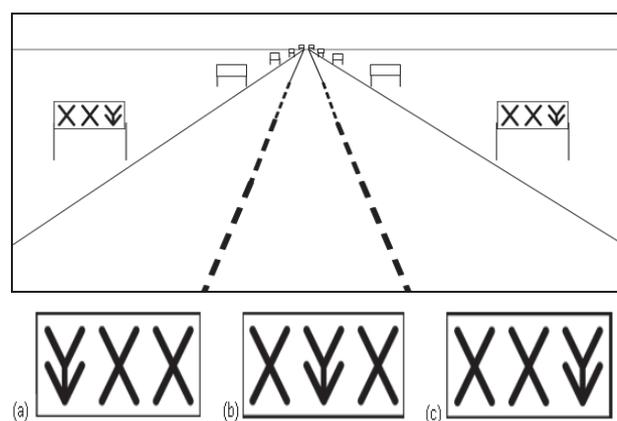


図 2.2.4. 基本道路及び車線変更指示

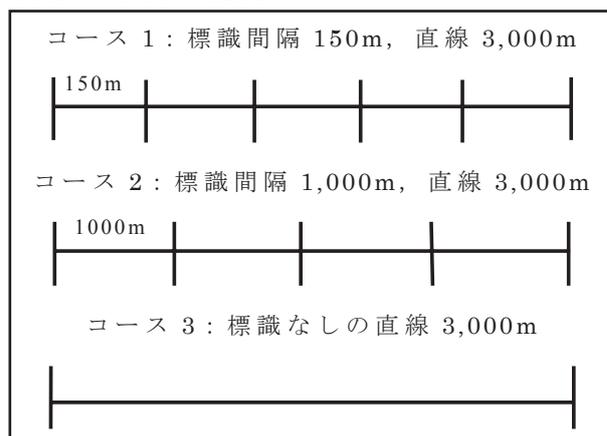


図 2.2.5. コースの概要

### 2. 2. 3. 実験結果及び考察

#### (1) 事前調査

実験を始めるに当たり、運転者が求める情報を事前調査として調べた。すなわち車車間通信の際、複数の情報を同時に受信した場合、必要性の高い順位から受信することが重要になる。そこで一般の運転者はどんな情報を必要としているかのアンケート調査を行い、更に緊急度の高い順に分類し纏めた。対象者は運転免許を有する若者男女6名である。アンケート調査結果を表 2.2.2.に緊急度で整理した結果を表 2.2.3.に示す。

#### (2) 座圧分布

図 2.2.6.に時間と座圧の変化を求めた結果の一例を示す。なお走行条件はシナリオ1による。図から分かるように、時間の経過と共に僅かに変化は見られるものの特長的な変化は見られない。運転時間が30分と短い時には、座圧分布の変化は見られない。





図 2.2.8. 被験者 C の表情変化

(4) 皮膚電位

実験開始前後の測定結果を図 2.2.9.に示す。終了時電位に僅かな変化が見られた。疲労の結果と推定される。

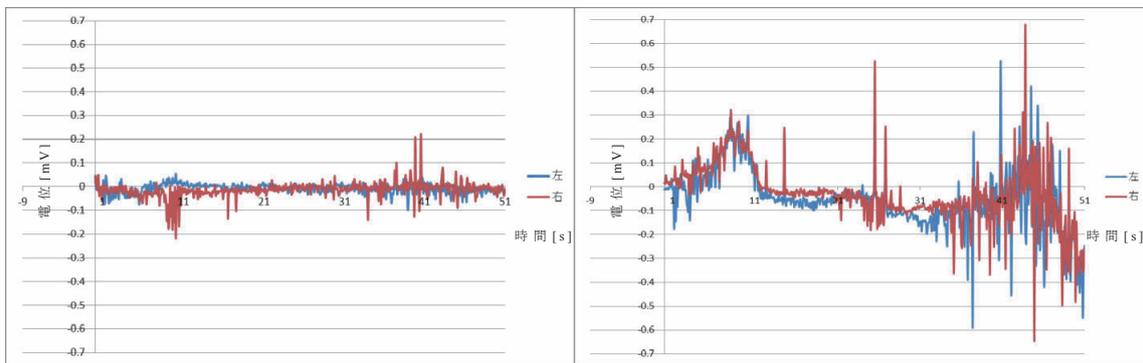


図 2.2.9. 実験開始前後の電位測定結果

(5) 車両の挙動

DS の車両の挙動と実際の車両運動との比較を行った。結果を図 2.2.10.及び図 2.2.11.に示す。実車はピッチング（加速及び減速）及びヨーイング（カーブ時の加減速）の物理的な結果が出ている。一方、DS の方は前者のような車体挙動は出ていない。DS 上で全体的に動きを感じるのは 6 軸の動きとそれを補充しているプロジェクタ映像によるものと推察される。DS 上での車両挙動は今後の課題となる。

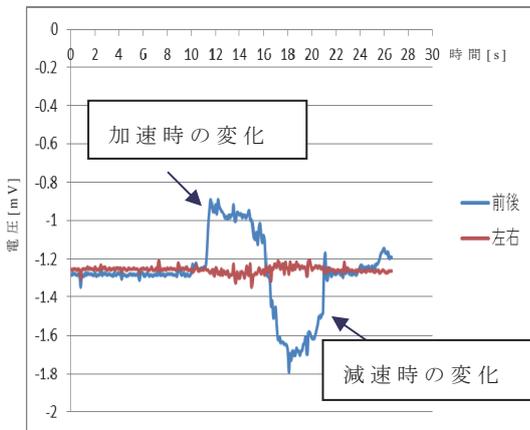


図 2.2.10. 実車の加速度

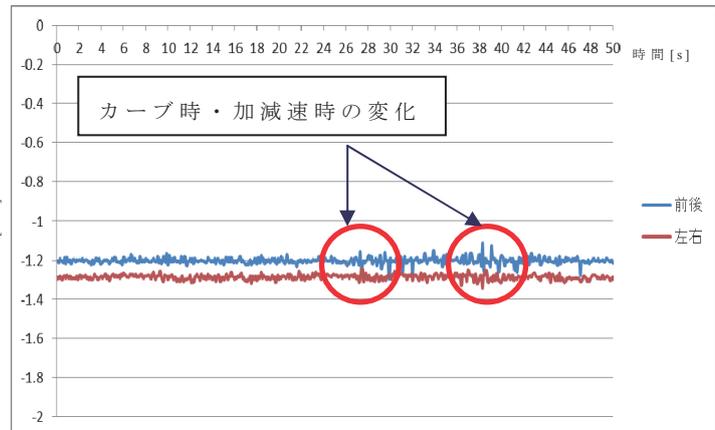


図 2.2.11. DS の加速度

2. 2. 4. まとめ

実験結果をまとめると次のようになる。

- (1) 座圧分布では明瞭な分布の変化は見られなかった。

- (2) 運転時の瞬きの回数は時間と共に増加する傾向にある。首振り運動も運転時間の経過と共に増加の傾向を示す。
- (3) 皮膚電位は試験後で乱れが生じ、僅かな電位の低下が見られる。
- (4) 車両挙動は実車のブレーキングあるいはスラロームでは明確な値を示すが、DS上では明確な値を示していない。

上記の試験項目の他、シートベルトによる運転者の挙動を調査できなかった。

以上の結果、DS上での単純な試験で運転者の状況を種々のセンシングによって計測が可能であることが分った。このような状況下では特に瞬き回数と首振り回数が顕著に変化し、重み付けの期待値候補に挙げることができる。皮膚電位の変化もまた重み付け候補に挙げられる。よって、このようなセンシングで運転者の運転負荷モデルの構築が可能である。

今後、更に新たに導入を計画している脳波測定器用い、脳波測定結果とこれらのセンシング結果とを関連付け、信頼性の高い官能評価の指針を構築する。

## 参考文献

- [1]桶谷哲哉，加藤光博，高野博史，中村清実，瞬きと脳波および皮膚電位との相関関係による居眠り判定基準の検討，信学技報，MBE2007-5.
- [2]白石修士，本田技術研究所栃木研究室，運転教習のための小型ドライビング・シミュレータの研究，自動車技術，Vol.55,No.11(2001).
- [3]栗谷川幸代，景山一郎，ドライバ特性計測のためのドライビング・シミュレータの活用に関する研究，日本大学生産工学部研究報告A，第42巻,第2号,(2009-12).
- [4]五島洋一，栗谷川幸代，景山一郎，ドライビング・シミュレータの走行感覚向上について，日本機械学会第8回「運動と振動の制御」シンポジウム講演論文集，No.03-8,(2003).

## 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

スマートフォンによる車車間通信のための技術として、スマートフォンへの標準搭載が進む近距離無線通信規格である Bluetooth を用いる。

今回検証したところでは、表 2.3.1.に示すように比較的安定して双方向通信ができる Bluetooth 機器と、双方向通信すると通信状態が不安定になる機器があった。通信が不安定な要因としては、クラスの問題、Bluetooth バージョンの問題などが考えられるが、掘り下げた調査は今後の課題とし、今回は特に双方向通信が安定的に行える Broadcom 2045 Bluetooth 2.0 USB Device (USB ドングル) と GALAXY S II SC-02C を用いて実験した。

他機種間の Bluetooth 接続可否という観点では、表 2.3.2.に示すようにノートパソコン用の Bluetooth 機器と Android 搭載の Bluetooth 機器は、手順さえ合わせれば相互に通信できることが確認されたが、iPhone に関しては iPhone 同士では通信できたが、パソコンや Android 端末とは通信を確立することができなかった。

iPhone で Bluetooth を用いたピアツーピア接続を実現するためには、Apple 社提供の Game Kit フレームワークに含まれる GKSession クラスを用いることになるが、このクラスが通信相手を限定していると思われる。このため、iPhone とパソコン/Android の Bluetooth すれちがい通信は、将来的に Apple 社が GKSession の縛りを変えない限り不可能である。

表 2.3.1. Bluetooth 機器と通信状態

機器名	Bluetooth Version	クラス	通信状態
Broadcom 2045 Bluetooth 2.0 USB Device (USB ドングル)	Bluetooth 2.0	Class1	安定
Think Pad Bluetooth 2.1 with Enhanced Data Rate II (ノートパソコン内蔵)	Bluetooth 2.1+EDR	Class2	不安定
GALAXY S II SC-02C	Bluetooth 2.1+EDR	Class1	安定
REGZA Tablet AT300/24C	Bluetooth 2.1+EDR	Class2	不安定
iPhone 4	Bluetooth 2.1+EDR	明記なし (Class2?)	安定

表 2.3.2. 他機種間の Bluetooth 接続可否

	ドングル	ノート内蔵	GALAXY	REGZA	iPhone
Broadcom 2045 Bluetooth 2.0 USB Device (USB ドングル)	○	○	○	○	×
Think Pad Bluetooth 2.1 with Enhanced Data Rate II (ノートパソコン内蔵)	○	○	○	○	×
GALAXY S II SC-02C	○	○	○	○	×
REGZA Tablet AT300/24C	○	○	○	○	×
iPhone 4	×	×	×	×	○

### 2. 3. 2. 遮蔽物のない屋外での通信実験

本研究の根幹である Bluetooth での情報交換の実現性について見極めるため、通信の距離と RSSI の関係について調査した。実験は間に遮蔽物のない図 2.3.1.に示す屋外にて、Bluetooth ドングルを装着した Windows ノートパソコンを手に持ち向かい合った状態で実施する。測定には図 2.3.2.の専用に作成したプログラムを用いる。

ノートパソコン内蔵の Bluetooth 機器及び別途用意したドングルは共に Broadcom 社製で、スタックとして BCM1000-BTW が使われるため、調査用のプログラムは Software Development Kit を用いて作成した。なお、本プログラムの仕様については割愛する。

実験では、通信品質確認のため、RSSI 値を調査する。電波状況の観察においては、環境の影響で測定値が変化する可能性があるため、ある距離において 10 回の通信を

発生させ、取得した RSSI 値の最大値と最小値を取得することとした。



図 2.3.1. 実験場所（会社駐車場）

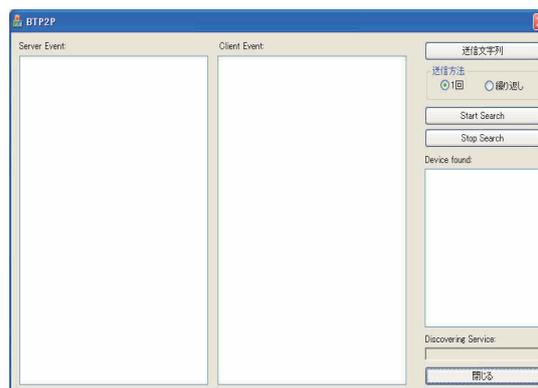


図 2.3.2. Windows 用通信プログラム

### 2. 3. 3. 屋外通信実験結果及び考察

距離の違いに伴う RSSI 値の遷移は、図 2.3.3. のようになった。

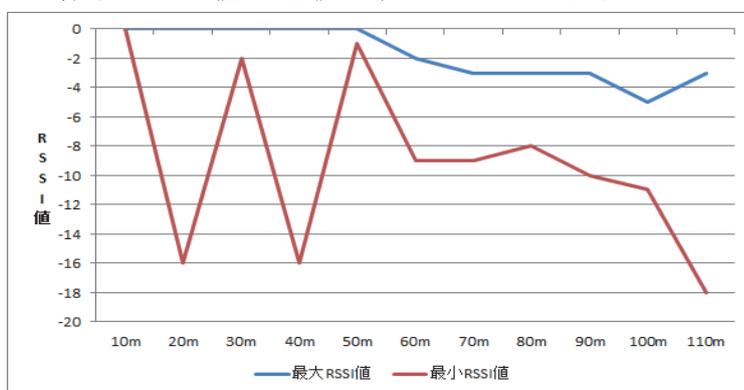


図 2.3.3. 遮蔽物のない屋外での通信状況

最大 RSSI 値は 50m までは 0 をキープしている。最小 RSSI 値が大きくぶれるのは、屋外実験のため環境要因によるものが避けられなかったものと思われる。このようにぶれをある程度度外視すれば、最大 RSSI 値も最小 RSSI 値も概ね距離に応じて下がる傾向にあると言える。また、Class1 の通信可能距離は最大 100m と謳われているが、見通しの良い環境であれば 110m でも通信が可能であった。

### 2. 3. 4. 停車した車内同士での通信実験

実際に通信を行う環境は車内同士のため、車のボディやフロントガラスなど、少なからぬ遮蔽物が存在する。Bluetooth は遮蔽物に強いと言われているが、実際車内同士で通信した場合の品質はどうなるか、次に機器を停車した車内に設置し、同様に距離の変化に伴う通信品質の変化を検証する。この実験は、ノートパソコンの他に、実際に車車間通信で用いることを想定している

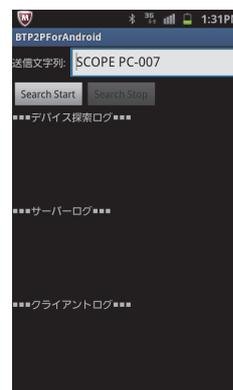


図 2.3.4. Android 用通信プログラム

Android 端末 (GALAXY S II SC-02C) でも実施する。ノートパソコンは助手席のダッシュボード上に設置し、Android はマウンターによってバックミラーの下付近に固定する。Android 端末にも BTP2P と同じ仕様のプログラムを図 2.3.4. に示すようにインストールしておく。

この実験では、ある距離において 20 回の通信を発生させ、1 回あたりの平均所要時間、20 回通信するまでの所要時間、平均 RSSI 値、RSSI 値が Golden Receive Power Range に入った回数、20 回通信する間にタイムアウトが発生した回数を測定する。

RSSI 値については、ノートパソコンは SDK ライブラリが返却する RSSI 値をそのまま使用した。Android 端末は dBm 値が取得されるため、Bluetooth ドングルを使った無線通信実験 (その 3: 到達距離の測定) [1] 及び文献[2]を参考に RSSI 値に変換した。

なお iPhone については、20 回の繰り返し通信の仕組みを実現できていないため、今回の実験の対象外とした。ただし 1 回の通信に限れば、10m~100m の範囲で接続できた。

### 2. 3. 5. 車内通信実験結果及び考察

実験結果を図 2.3.5. に示す。ノートパソコンは 70m 以内で、Android 端末は 90m 以内で通信可能であった。

図 2.3.5.(a) は、サーチして相手機器を発見した時から接続してデータを送信し相手からのデータを受信した時までの経過時間とした。ノートパソコンも Android も距離との相関関係は見られなかった。

図 2.3.5.(b) は、1 回目の機器発見から 20 回目の受信完了までの経過時間とした。その間相手機器を発見できなかったり通信タイムアウトが発生したりしている時間も全て積算している。1 セッションあたりの所要時間は 1~3 秒だったが、20 回にかかる時間を 20 で割ると 40m のノートパソコンで 4.2 秒、70m の Android 端末で 5 秒程度になる。これはタイムアウトの時間及びサーチ時間の影響であり、こちらがより現実的な 1 回あたりの通信時間と言える。

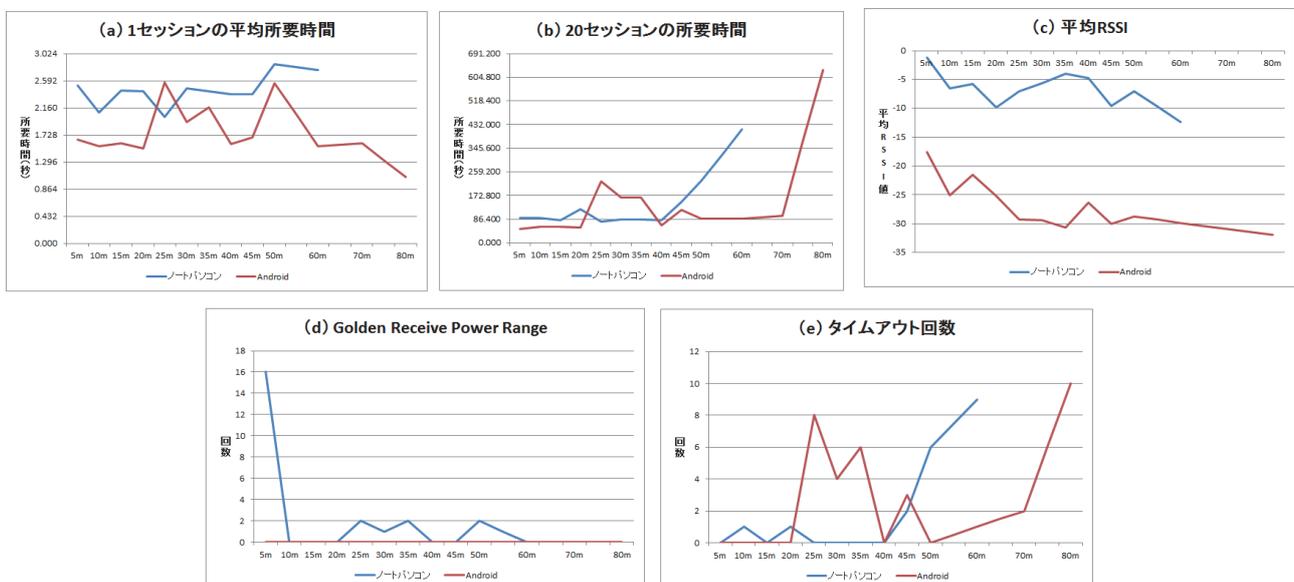


図 2.3.5. 停車した車内同士での通信状況

ノートパソコン用プログラムと Android 向けプログラムでは処理手順が完全に同じわけではないので、機器同士の単純比較はできない。ノートパソコンでは 40m まではほぼ横ばいで、それ以降直線的に上昇している。Android はやや乱れているが、70m 付近まではほぼ横ばいで、80m から急激に接続状態が不安定になった。

図 2.3.5.(c)についても、前述のとおり機器同士の比較はできないが、どちらも距離に応じてほぼ滑らかに下降線を辿っている。これは遮蔽物のない屋外で実験した結果とほぼ同じ傾向と言える。図 2.3.5.(d)に示すようにノートパソコンは 5m では 16 回、10m でも 10 回 Golden Receive Power Range に入っている。15m 以降はその回数が激減するが、50m でも 2 回入っている。Android では RSSI 値が一度も Golden Receive Power Range に入らなかった。平均 RSSI 値を見ても分かるとおり、Android は RSSI 値がかなり低めに出る。これはドングルと Android 端末 (GALAXY S II SC-02C) に RSSI 値に関する実装の違いがある可能性も否定されない。

図 2.3.5.(e)は図 2.3.5.(b)と似通った形状になっており、通信時間が伸びる要因にタイムアウトが絡んでいるということを示している。概ね距離に比例してタイムアウト発生回数が増えると言える。

ノートパソコンで 40m、Android 端末で 70m までの距離である程度安定的に通信できたと言える。この値を基準にすれちがい通信可能な速度を求める。

$$\text{すれちがい通信可能な速度} = \sqrt{(\text{距離})^2 - (\text{道幅})^2} \div \text{通信時間}$$

※ただし道幅 3m と仮定する

上記式で計算すると、距離 40m でのノートパソコンは通信に 4.1 秒かかるので、通信可能な相対速度は約 35km/h である。すなわち 17.5km/h 同士のすれちがいで通信可能である。

距離 70m での Android 端末は通信に 5 秒かかるので、通信可能な相対速度は約 50km/h となった。すなわち 25km/h 同士のすれちがいで通信可能である。Android 端末の方が若干速い速度ですれちがい通信が可能だが、この要因としてはハードウェアの性能だけでなく、プログラムの実装の相違もあるので一概に比較はできない。

## 2. 3. 6. 車車間通信実験

ノートパソコンを助手席に乗せ、USB 延長ケーブルでドングルを車窓にテープで貼り付け、図 2.3.6.に示す直線路で車車間通信の基礎実験を行った。

2. 3. 5. において車内通信の実験では、静止した車両同士で複数セッションの通信所要時間の評価を行った。ここでは、データ通信に至るまでの応答時間 (通信で多くの時間を要する、相手を発見しセッションを確立するまでの時間) を計測し、表 2.3.3.の実験条件下で車車間通信利用に向けた現段階プログラムの評価を行う。なお、通信は繰り返し行い、相手発見のサーチは片側車両だけ行い、すれちがい通信が確立した際の相手発見時刻及びセッション確立時刻との差を応答時間として計測した。

図 2.3.7.に相対速度とすれちがい通信の応答時間を示す。すれちがう速度が高くなるほど、特に相対速度 50km/h を境に応答時間が長くなることが分かる。なお、

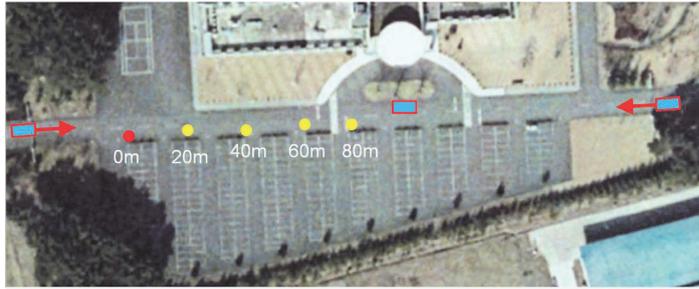


図 2.3.6. 構内直線路

表 2.3.3. 車車間通信実験条件

相対速度	シナリオ
10 km/h	1 台は直線路中心地点で停止。 もう 1 台が前方からすれちがい、電波 不到達地点でUターンし追い抜いてす れちがう。1 往復。
20 km/h	
30 km/h	
40 km/h	
50 km/h	相互30km/hですれちがう。1 往復。
60 km/h	
80 km/h	
80 km/h	

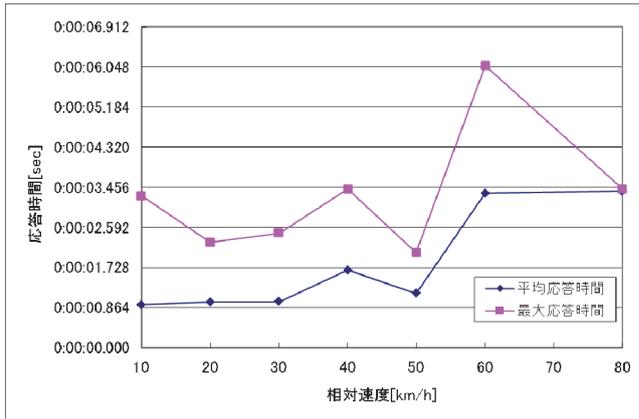


図 2.3.7. すれちがい相対速度と応答時間

相対速度が低いほどすれちがい通信は複数回確立できていた。図 2.3.8.で示すように、コンタクトタイムの長さの違いによるものと考えられる。

### 2. 3. 7. すれちがい通信データ構造

すれちがい通信のデータ構造は表 2.3.4.のとおりとする。

すれちがい通信の Bluetooth リンクはパケット交換型の ACL(Asynchronous Connection Less)通信リンクとした。すれちがい通信時の通信時間(コンタクトタイム)は図 2.3.8.のように短く、図 2.3.9.

のような交通流密度が高い場合を想定すると、短時間で多くの通信が必要となるため、小さいデータ容量の送信受信が望ましいと考えられる。

### 2. 3. 8. まとめ

Bluetooth ドングルを付けた Windows ノートパソコン、Android 携帯端末及び iPhone を使い、すれちがい通信の実験を行った。

iPhone はパソコン及び Android 携帯端末とのすれちがい通信は確立できないことが分かった。パソコンと Android 携帯端末はすれちがい通信が可能であった。

パソコン及び Android 携帯端末をそれぞれ停止した車両に搭載し通信の評価を行った。車内であっても、70m 以内で通信可能であった。ただし距離が遠くなる程タイムアウトの発生が多くなると共に、通信にかかる所要時間も長くなる傾向にあった。

表 2.3.4. 通信データ構造

データ構造	内容
車両ID	Bluetooth Mac Address
車両位置	緯度経度(GPS情報)
事象取得時刻	JST時刻(GPS情報)
走行速度	km/h(GPS情報)
進行方向	方位センサ
事象名	渋滞、凍結、工事、津波、冠水、…
事象の説明	事象名の補足・理由
3軸加速度	3軸加速度センサ
3軸角速度	ヨー、ロー、ピッチ(3軸角速度センサ)

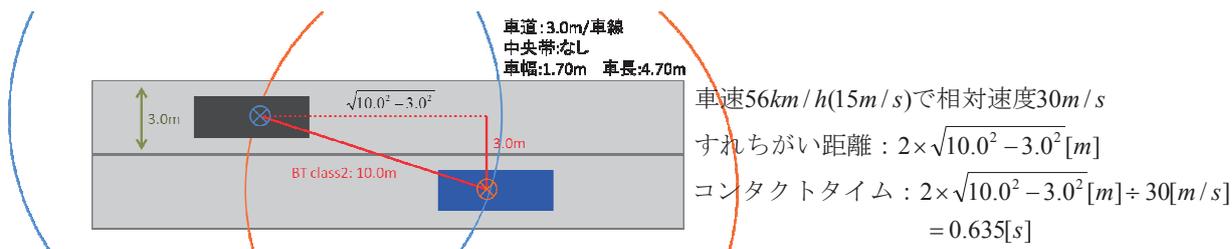


図 2.3.8. すれちがい通信時のコンタクトタイム

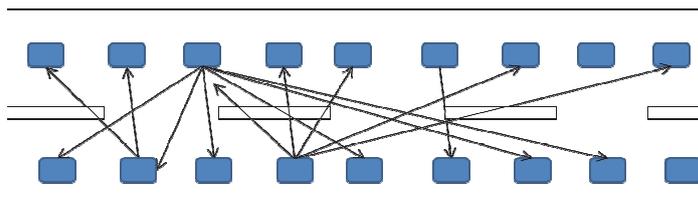


図 2.3.9. 交通流が密時の通信イメージ

平均所要時間から、パソコン間で 17.5km/h 同士のすれちがい通信が、Android 携帯端末間で 25km/h 同士のすれちがい通信が可能である見込みとなった。

次にパソコンを用い、片側車両だけが相手発見のサーチを行う車車間通信実験を行い、40km/h 同士のすれちがい通信が確認できた。

今後は Bluetooth 用の専用アナライザで無線通信をキャプチャして解析を行い、通信時間の一層の短縮化を図りたい。ただし通信部分はスタック依存の部分の大きいため、携帯端末という限定された環境下で、アプリケーション層からどの程度通信手順を制御できるかは現段階では未知数である。

車車間通信は可能であったが、無線通信は常に一定の品質が確保されるものではない。次年度は、通信のデータ長とセッション確立のタイミングを最適化させ、すれちがい通信ができる限界車両速度について検証を行う。

#### 参考文献

[1]<http://homebrew.jp/show?page=1333>

[2]バンダーラウダーナ,長谷川幹雄,井上真杉,森川博之,青山友紀,“Bluetooth を用いた室内位置検出システムの設計と実装”, 情報処理学会研究報告. UBI [ユビキタスコンピューティングシステム] 2004(4), pp.9-16, 2004-01-20.

### 第3章 マシンビジョン

#### 3. 1. 凍結路状況

##### 3. 1. 1. はじめに

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、路面凍結がない地域からある地域へ移動する際、急激な路面変化のため運転者の運転負荷が大きくなることが多い。

本研究では、路面凍結をスマートフォンでリアルタイム検知し、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

今年度は、次年度の研究に向けサンプルとなる路面凍結映像を採取する。

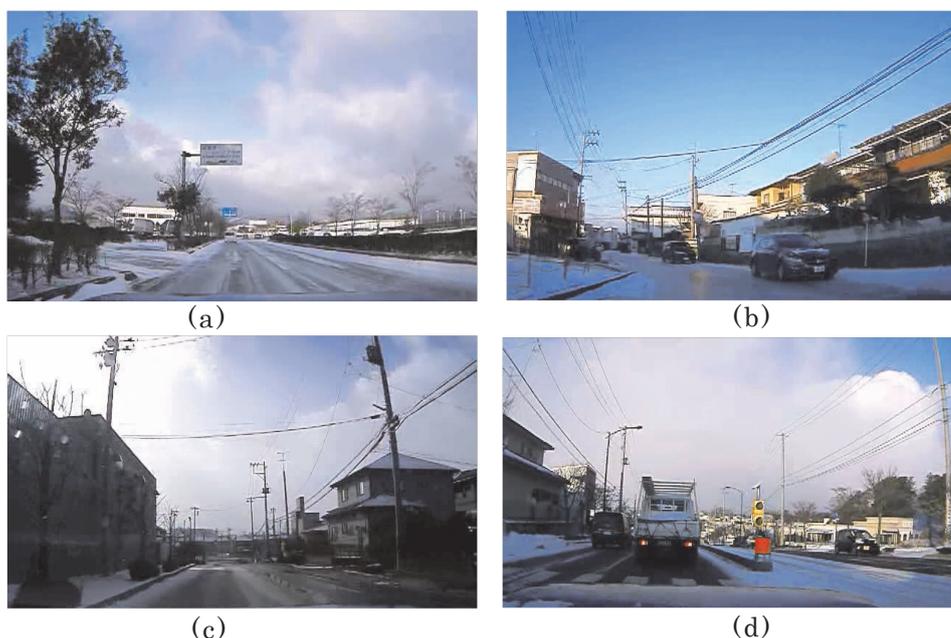


図 3.1.1. 凍結路面

図 3.1.1. に採取した路面凍結路の一部を示す。図 3.1.1.(a)、(b) は目視で明らかに凍結路と分かる例である。図 3.1.1.(c) は建物の影になっている一部分の凍結路である。図 3.1.1.(d) は道路が下り坂で建物の影により路面凍結か否か分かりにくい例である。

##### 3. 1. 3. まとめ

スマートフォンからの映像で路面凍結をリアルタイム検知するため、今年度は凍結路映像のサンプリングを行った。凍結路面にも様々な見え方があったことが分かった。

文献[1]ではタイヤ加速度波形から凍結路面判別の研究がすすめられている。筆者らは画像処理により路面凍結を検討するが、スマートフォンが持つ3軸加速度、3軸ジャイロからのセンサ入力、路面凍結検知に利用できるか併せて検討していくことにする。

#### 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.

### 3. 2. 対向車線の渋滞状況

#### 3. 2. 1. はじめに

対向車の渋滞状況を検知するためスマートフォンによる動画からのリアルタイム画像解析機能の開発として、ヒストグラム解析及び物体認識手法である Joint HOG と Real AdaBoost の 2 つの方法を検討した。各手法について画像解析プログラムの開発を行った。開発手順として、静止画像解析プログラム作成を第一ステップとし、静止画像解析プログラムをベースに、動画解析またはリアルタイム画像解析プログラムを開発した。検証方法として、スマートフォンで撮影した道路画像に対して、対向車線の渋滞検出状況で評価を行った。

- ・ヒストグラム解析
- ・Joint HOG と Real AdaBoost

#### 3. 2. 2. ヒストグラム画像解析での実験方法

(1) ヒストグラム解析の予備実験 (渋滞画像、非渋滞画像)

車窓から撮影した道路画像を用い、対向車線の部分 (図 3.2.1.の黄線) を解析の関心領域 (ROI: Region Of Interest) とし、ROI 部分のヒストグラム解析を行った。その結果、渋滞時と非渋滞時で標準偏差に差異がみられることが予備実験からわかった。



図 3.2.1. 対向車の渋滞時と非渋滞時のヒストグラムの比較

予備実験結果から、ROI 部分を決定するための矩形指定、渋滞判断のための閾値入力、標準偏差の算出を行うヒストグラム解析プログラムを作成する事とした。渋滞判断の閾値より算出した標準偏差が高い値であれば、渋滞と表示する処理を入れた。

(2) 道路画像の撮影

図 3.2.2.に示すように、スマートフォンをマウンターと一緒に車のフロントガラスに取り付け、スマートフォン内蔵のカメラ機能で道路画像を撮影した。動画についても同方法で撮影した。



赤枠：マウンターにセットしたスマートフォン（横置き）

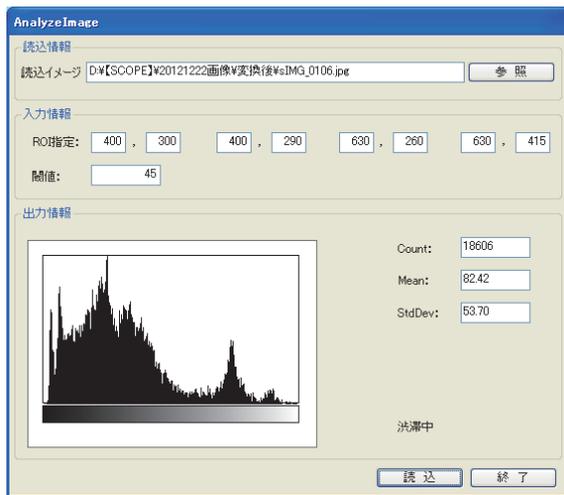
図 3.2.2. スマートフォン取り付け方法

(3) 画像解析プログラム（Windows 版、iPhone 版）

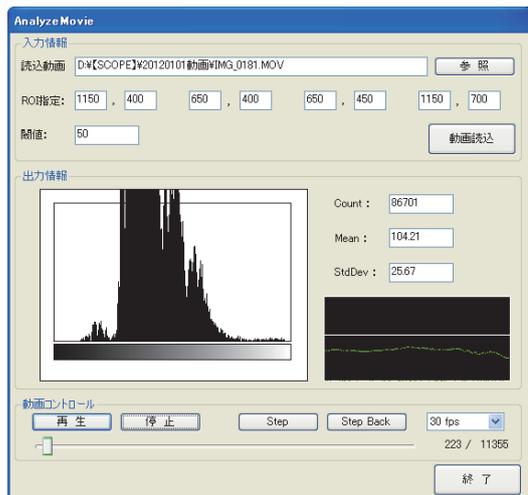
画像解析プログラムとして、Windows 上で動作するプログラムと iPhone4 上で動作するプログラムを作成した。Windows では、静止画像解析と動画解析プログラムを別実行モジュールとして作成した。iPhone4 では、同一実行モジュールで静止画像解析とリアルタイム解析機能を実装した。

Windows 版の静止画像解析プログラムと動画解析プログラムを図 3.2.3.に示す。

静止画像解析プログラム



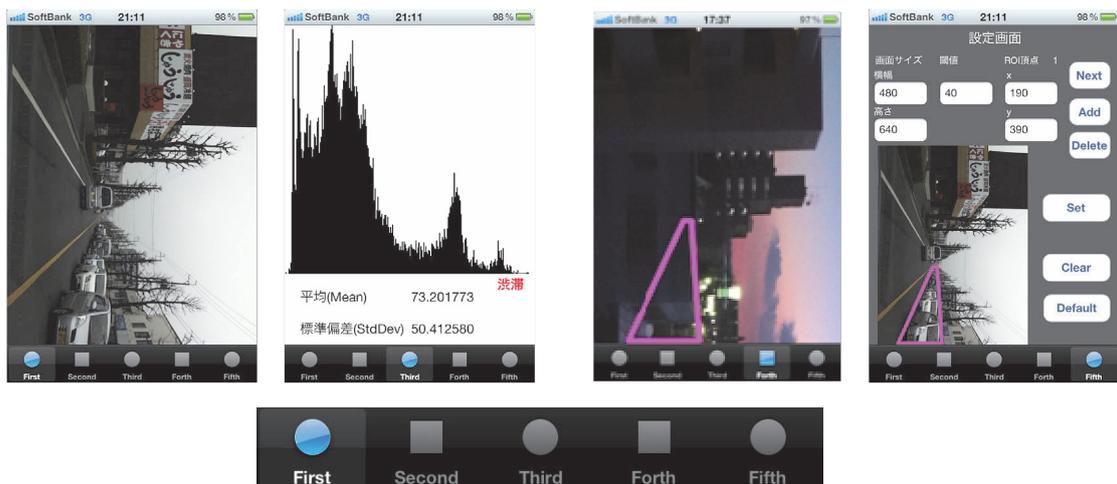
動画解析プログラム



画像を指定し、読み込／動画読み込で解析を開始する。

図 3.2.3. Windows 版画像解析プログラム

iPhone プログラムを図 3.2.4.に示す。



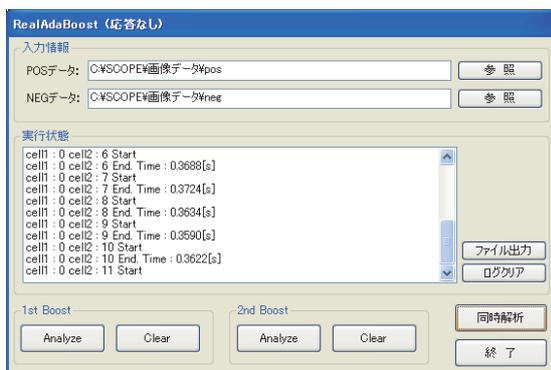
- First** : 静止画指定 (固定の静止画像表示)
- Third** : ヒストグラム表示 (固定画像のヒストグラム、平均値、標準偏差、渋滞判断)
- Forth** : リアルタイム解析 (リアルタイム画像に対して渋滞判断)
- Fifth** : 初期設定 (初期設定を行う)

図 3.2.4. iPhone プログラム

### 3. 2. 3. Joint HOG と Real AdaBoost での実験方法

Joint HOG と Real AdaBoost を使った画像解析を、Windows 上で作成した。これは、藤吉弘亘"局所特徴量の関連性に着目した Joint 特徴による物体検出", 情報処理学会 研究報告 CVIM 166, 2009.のプログラムソースコード<sup>[1]</sup>を解析し<sup>[2]</sup>、ROI を指定する修正を加え処理を作成した。対象画像と非対象解画像を 2 段階 Real AdaBoost で機械学習し、蓄積した学習データから、静止画像について Joint HOG を用い対象物の判定を行う事とした。対象画像に ROI 指定を行い対象エリアを絞る方法とした。Real AdaBoost と Joint HOG プログラムを図 3.2.5.に示す。

Real AdaBoost プログラム



Joint HOG プログラム



- Real AdaBoost は対象画像と非対象画像を指定し 1stBoost と 2ndBoost の 2 段階で学習データを作成する
- Joint HOG は Real AdaBoost で作成した学習データを使い指定画像に対象物があるか判定する

図 3.2.5. Real AdaBoost と Joint HOG プログラム

### 3. 2. 4. 実験結果及び考察

(1) ヒストグラム画像解析

ROI 内の対象物として、車両と車両以外（車両がないので自然物等が撮影されている）に分類し、合計で 193 画像について解析した。車両の静止画像解析について検証した主な結果を表 3.2.1.に示す。

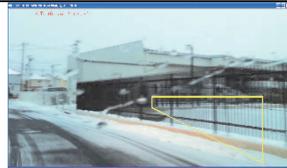
表 3.2.1. 車両の静止画像解析結果

NO.	1	2	3	4	5
ROI の状況	非渋滞道路	渋滞道路	渋滞道路 対向車線の右折車線に車なし	右折車	自車線の右折車線が渋滞
画像					
標準偏差	47.16	53.70	36.09	50.05	53.12
判定結果*1	判定正常 ・渋滞ではない	判定正常 ・渋滞中	判定不良 ・渋滞中であるが渋滞ではないと判定	判定不良 ・渋滞ではない場面を渋滞と判定	判定正常 ・渋滞中である。但し、対向車線ではない

\*1 渋滞判定の閾値を 50 とした場合

今回撮影した画像で車両以外（道路脇草むら、ブロック塀、石垣）などの画像について、誤った判定は示さなかった。次に、一般道を走行して撮影した動画（合計 280 分）について、判定が不良であった主な場合を、表 3.2.2.に示す。

表 3.2.2. 判定不良な状況

NO.	1	2	3
ROI	安全地帯 (ゼブラゾーン)	柵	道路に雪は無いが、道路脇が積雪
画像			
標準偏差	45～51	65～70	51～65
判定結果*2	時々渋滞と判断	柵の区間は、ほぼ渋滞と判断	該当区間は、ほぼ渋滞と判断

\*2 渋滞判定の閾値を 50 とした場合

渋滞と判断する閾値の検討は必要であるが、ROI 領域内に一定以上の割合で渋滞車両が映っていれば、渋滞と判定することが出来た。但し、運転状況や道路状況の違いで渋滞を検出できないケースがある。また、車両以外の物体で渋滞と誤認識されるケースもあった。ROI 領域内での車両の占める割合と渋滞判断の関係、車両以

外で誤認識するケースの割出しが必要である。

## (2) Joint HOG と Real AdaBoost の実験結果

Joint HOG と Real AdaBoost による車両検出結果を図 3.2.6.に示す。

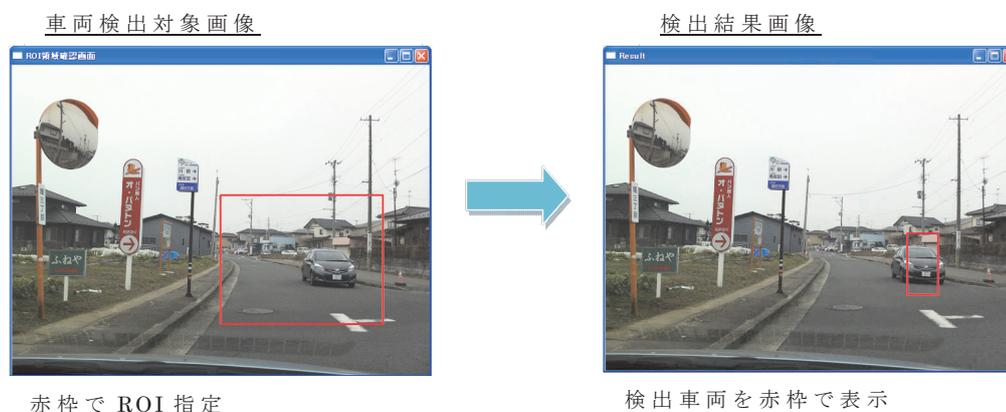


図 3.2.6. Joint HOG と Real AdaBoost による車両検出結果

Real AdaBoost と Joint HOG での車両検出までの処理時間、使用リソースを表 3.2.3.に示す。

表 3.2.3. Real AdaBoost と Joint HOG での車両検出処理時間、使用リソース

Real AdaBoost 処理コスト		Joint HOG 処理コスト	
対象画像 (516 枚)		プログラム起動時間	6分 48秒
非対象画像 (1786 枚)		使用メモリ	1.2Gbyte
1st STEP 処理時間	8時間	対象検出時間	2.1秒
2nd STEP 処理時間	3時間	ROI 範囲 (赤枠の範囲)	250×200pixel
学習データサイズ	273.4MB		

\* マシンスペック (Windows XP SP3, Core2 Duo, 2.53G Hz, 3.25GB メモリ)

Real AdaBoost による学習データ蓄積、静止画像へ ROI 指定を行った Joint HOG による対象物検出処理で、車両検出に成功した。また、Joint HOG プログラム起動まで約 7 分、使用メモリが 1.2G、AdaBoost 学習データが 273MB と処理コストがかなり大きいことが分かった。尚、ROI 指定なしの静止画像解析で、対象物検出まで 2 分程度の時間を要した (ROI 指定では、2.1 秒)。

### 3. 2. 5. まとめ

ヒストグラム解析で渋滞検出が確認出来た。但し、渋滞と誤検出する状況、渋滞を検出できない状況 (時間帯、天候、対象物、道路状況) の洗出しを行い、対応を検討する事が必要である。今後は、iPhone4 でのリアルタイム解析の検証を、道路走行試験で行う必要がある。

Real AdaBoost と Joint HOG で、ROI 指定による静止画像に対する車両検出が確認できた。また、ROI 指定での解析が、処理コスト圧縮に有効であることも判明した。ROI 指定方法の検討や処理の効率化などによる解析時間の短縮と使用メモリの

削減が、リアルタイム画像解析処理作成とスマートフォン実装への大きな課題である。Real AdaBoost では、対象画像と非対称画像について、どのような画像が学習データとして適しているのかを検証すると共に、処理時間の低減も行わなければならない。

渋滞解析手法としての、ヒストグラム解析及び Real AdaBoost と Joint HOG の実効性、スマートフォンへの組み込み方法を検証し、スマートフォンによる動画からの、リアルタイム画像解析方法確立の方向性を示す事が来年度の課題となる。

#### 参考文献

[1]<http://www.vision.cs.chubu.ac.jp/jointhog/>

[2]八木康史・斉藤秀雄、コンピュータービジョン最先端ガイド2 アドコムメディア株式会社.

## 第4章 つぶやきと道路との紐付け情報

### 4.1. つぶやきとして、車両からトリガー情報及び運転者発声取得

#### 4.1.1. はじめに

昨今発売されているスマートフォンやタブレットには様々なセンサが搭載されている。スマートフォンの持つ各センサから情報を取得し記録するプログラムと、そのセンサの値をトリガーとして写真を撮り記録するプログラムを開発する。各情報の取得・表示・ログへの記録の実現性と精度を確認し、スマートフォンのセンサが車両のつぶやき情報として実用可能か検証した。

携帯 Android 端末(NTT ドコモ GALAXY SII)、Android タブレット(東芝 REGZA AT300)、iPhone 4 で開発を行った。

#### 4.1.2. センサ取得プログラムの開発

今回使用した Android タブレットには、3軸ジャイロセンサ、3軸加速度センサ、GPS センサ、方位センサが搭載されており、各情報を取得・表示・ログへ記録するプログラム [1],[3]を開発した。

##### 4.1.2.1. センサの取得

表 4.1.1.は Android タブレットで使用したセンサと表示項目である。図 4.1.1.に示すように、車両の挙動や位置、速度を取得できることが分かる。

表 4.1.1. 取得したセンサー一覧

使用センサ	対応項目	単位
加速度センサ	加速度 X	m/s <sup>2</sup>
	加速度 Y	m/s <sup>2</sup>
	加速度 Z	m/s <sup>2</sup>
GPS センサ	緯度 (北緯)	deg
	経度 (東経)	deg
	高度	m
	速度 1	m/s
	速度 2	km/h
	方位センサ	Azimuth
加速度センサから計算	Pitching	rad
	Rolling	rad
	Azimuth	rad
ジャイロセンサ	X	rad/s
	Y	rad/s
	Z	rad/s

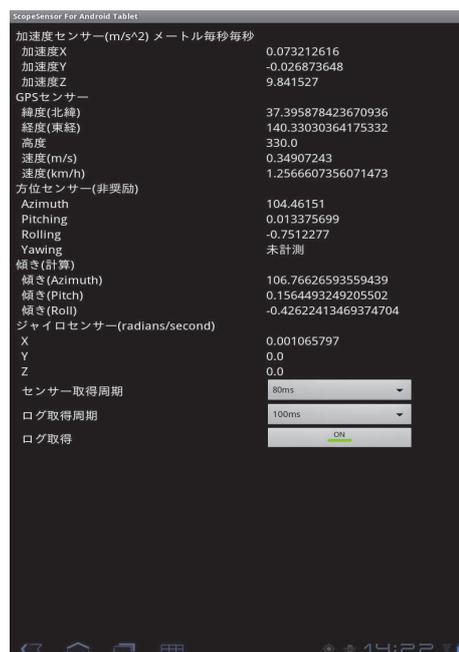


図 4.1.1. プログラム完成図

センサは値が変更される毎に Android OS からプログラムに通知される。値の変化の度に通知してしまうとプログラムのパフォーマンス低下やバッテリーの消耗のため、図 4.1.2.のように通知にディレイを設定することが可能である (0ms、20ms、60ms、200msec)。

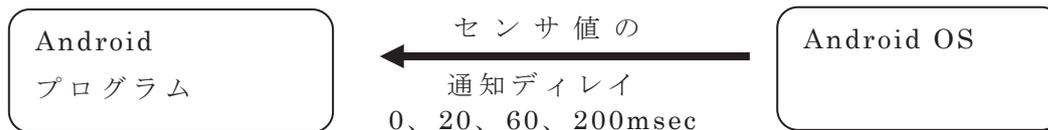


図 4.1.2. センサの通知

#### 4. 1. 2. 2. センサ値のログへの保存

ログの取得は 10msec~10sec 間隔でファイルに保存できるよう実装した。センサの通知ごとに記録すると負荷がかかってしまう。そこで、図 4.1.3.に示すようにセンサ情報をメモリ上に格納しておきログの記録周期ごとにメモリ上の値をファイルに書き込む方式とした。この方式により、ミリ秒オーダーで定期的にログを取得し保存することが可能になり車両の微動をとらえることが可能となった。



図 4.1.3. センサ値をログへ保存する

#### 4. 1. 2. 3. iPhone 版プログラムの作成

iPhone において Android プログラムと同様に図 4.1.4.に示すセンサ取得プログラム<sup>[2]</sup>を作成した。iPhone にも表 4.1.2.のとおり様々なセンサが搭載されており、車両の挙動や位置を把握することが可能である。

表 4.1.2. iPhone で使用したセンサ

使用センサ	対応項目	単位
3軸ジャイロセンサ	① Yaw	rad
	① Roll	rad
	① Pitch	rad
ジャイロセンサ	② Yaw	rad/s
	② Roll	rad/s
	② Pitch	rad/s
GPS センサ	緯度(北緯)	deg
	経度(東経)	deg
加速度センサ	X	m/s <sup>2</sup>
	Y	m/s <sup>2</sup>
	Z	m/s <sup>2</sup>



図 4.1.4. iPhone 版プログラム

#### 4. 1. 3. センサをトリガーとしたプログラムの検証

センサの値をトリガーとして、写真を撮りファイルに保存するプログラム<sup>[1],[3]</sup>の開発を行った。図 4.1.5.は加速度センサ X、Y、Z の値がユーザ設定値以上になった時に

写真を撮る仕組みである。車両のつぶやき(センサ値)をトリガーとしてつぶやき情報を伝播することが可能である。

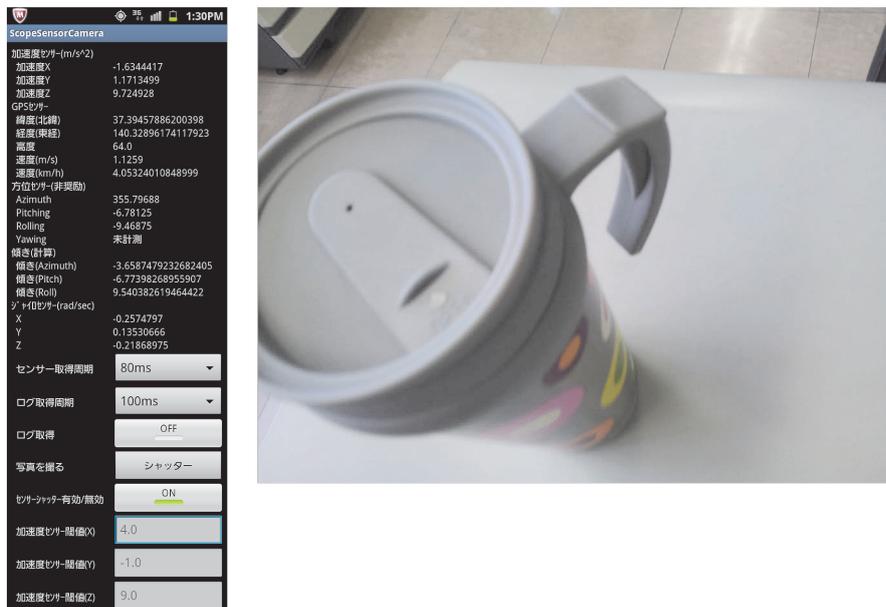


図 4.1.5. 加速度センサトリガープログラムと撮影写真

#### 4. 1. 4. まとめ

車両のつぶやき(センサ情報)をトリガーとし、情報を発信(カメラのシャッターを押し、ファイルに保存)することができた。センサ情報の間隔もミリ秒オーダーで取得や記録ができ、高速で走行する車両の挙動を正確にとらえられることがわかった。

本稿執筆時点では取り組めていなかった運転者の声のつぶやきの取得とソーシャルネットワーク(SNS)の構築は、来年度進める予定である。

#### 参考文献

[1]<http://developer.android.com/intl/ja/sdk/index.html>

[2]<https://developer.apple.com/library/ios/navigation/>

[3]株式会社ブリリアントサービス,Android Hacksープロが教えるテクニック&ツール,株式会社オライリー・ジャパン,東京都,2010年.

## 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、本年度は次の研究開発を行った。

### (1)スマートフォンによる容易な車車間通信の実現

運転者の運転負荷軽減のため、交通事象の事前提示タイミングにかかる「心づもり指標」を考案し、「心づもり度合い」を定義した。心づもり指標のタイミングは、次年度ドライビングシミュレータによる官能評価で検証を行う。

運転者の運転負荷軽減のため、運転時の各センサ値（座圧分布、目の動き、皮膚電位、車両の挙動）から運転者の負荷状態モデルの構築に用いるセンサ候補を選別した。次年度は、脳波、シートベルトによる運転者挙動のデータも取り入れ、信頼度の高い運転負荷状態モデルの構築を実現していく。

Bluetooth による車車間通信を実現するためパソコン用、Android 携帯端末用及び iPhone 用を試作した。パソコン、Android 携帯端末ですれちがい通信の評価を行い、パソコンでは条件付きながら 40km/h 同士のすれちがい通信を確認できた。次年度は、すれちがい通信時のタイミングを最適化させ、すれちがい通信可能な限界車両速度について検証を行う。

### (2)マシビジョン

凍結路検知のため路面凍結映像を採取した。道路環境の違いで、目視では凍結路か否かを判別できない場合もあることが分かった。次年度は凍結路面検知方法を検討する。

対向車線の渋滞検知のため、ヒストグラム解析及び Joint HOG と Real AdaBoost による評価を行った。ヒストグラム解析は対向車線の渋滞車両で良好な判定を行えたが、誤判定をする車両以外の対象物があることが判明した。Joint HOG と Real AdaBoost では、対向車線の検知領域を絞ることで処理コストの削減ができた。次年度はスマートフォンへの組み込みを検証し、リアルタイム検知の確立を目指す。

### (3)つぶやきと道路との紐付け情報

スマートフォンに搭載されている各センサ値（3軸加速度、3軸ジャイロ、GPS センサ、方位センサ）から、車両の挙動をつぶやき情報として取得するシステムを試作した。次年度は、運転者の声のつぶやきも取得し、車両のつぶやき情報とともに、その時の道路画像と紐付けしたソーシャルネットワーク(SNS)を構築する。

以上の研究開発成果を基に、次年度は目的とするシステムの実現を目指し、急速に進むスマートフォンの普及で本研究開発が有効に活用されることが期待できる。

## 謝辞

本研究開発は、平成23年度総務省 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、並びに研究参加機関関係者のご支援に感謝いたします。



紙へリサイクル可