

市民プローブを活用した 交通安全評価に関する研究

加藤 秀樹¹・安藤 良輔²・小野 剛史²・三村 泰広²・樋口 恵一²

¹正会員 (公財)豊田都市交通研究所 研究部 (〒471-0026 愛知県豊田市若宮町1-1)
E-mail:kato@ttri.or.jp

²正会員 (公財)豊田都市交通研究所 研究部 (〒471-0026 愛知県豊田市若宮町1-1)

地域ITSは、環境対策、災害時対応等、様々な分野での活用が期待されている。本研究では、交通安全対策として有効度の高い危険箇所抽出手法の提案を目指し、豊田市で収集された市民プローブデータを用いて、実事故発生地点との関連性に注目し検討を行った。一般に用いられている一定加速度を閾値とした抽出手法に加え、危険な「通常と異なる加速度」の値は個人毎に異なるという考え方に基づいた抽出手法について、検出率と的中率の指標を用いて評価を行った。その結果、個人毎に異なる加速度を抽出条件とした場合、検出率、的中率が共に高い値となること、本研究で用いたプローブデータでは、加速度頻度分布の加速側、減速側、それぞれ、0.02%を目安に危険箇所を抽出すると、50%以上の検出率を確保し、高い的中率が得られることを明らかにした。

Key Words : ITS, traffic safety, probe car, close call, on-board device

1. はじめに

プローブデータ（フローティングカーデータと呼ばれることもある）は、安全対策、環境対策、災害時対応等への活用が期待されており、既に、これらのサービスが提供され始めている¹⁾。

プローブデータを活用した危険箇所の抽出に関する文献^(例えば2)6)をレビューすると、車載機にはいくつかの種類が存在し、用いられている車載機の仕様は様々である。データを記録するタイミングから車載機を分類すると、走行中すべてのデータを記録している常時記録型と、トリガーが発生した前後の一定時間のデータのみを記録しているイベント記録型に分類できる。イベント記録型では、3軸方向の加速度センサーを用いて、いずれか1方向で0.3G以上または-0.3G以下の加速度となった時点をトリガーとしていることが多いようである。収集できるデータ項目は、車載機に搭載しているGPS、加速度センサー等のセンサーの種類によって異なるが、主に、日時、緯度経度、走行速度、方位、加速度（前後加速度、左右加速度、上下加速度）等が収集されている。データ測定間隔は、短いもので0.1秒、長いもので2秒となっている。危険箇所の判定基準としては、加速度の値が用いられており、概ね、0.3G~0.6G以上または-0.3G~-0.6G以

下の加速度が基準とされている。また、個人毎に加速度の出現範囲や頻度が異なることに注目した文献³⁾もある。実事故地点との関連性については、判定基準を用いて抽出した地点に、事故多発地点が含まれるという報告がある一方で、急ブレーキデータから交通事故多発危険交差点を抽出することは困難であるといった報告や事故多発地点以外の地点も多く抽出されるという課題があるということが報告されている。

また、映像解析を加えたヒヤリハット地点の高効率抽出アルゴリズムとして、久保ら⁷⁾は、映像も記録可能なイベント記録型のドライブレコーダを用いて、東京都内のタクシー車両約50台によるデータ1,567件（イベント）を収集し、映像を目視によって9つの類型（事故、ヒヤリハット、客拾い、急ブレーキ、急加速、縁石、縁石車止め、バウンド、ノイズ）に分類した。さらに、加速度センサーの3軸の波形を観察し、各軸の加速度の標準偏差などを指標として、イベントの類型を自動で分類できるアルゴリズムを構築した。分類結果的中率、検出率を用いて評価したところ、どちらも90%を超えており、これまでに全く類を見ない高率な自動分類手法であると報告している。

以上から、実事故との関連性についての検討や収集できるデータの特性に応じた危険箇所抽出手法に関する検

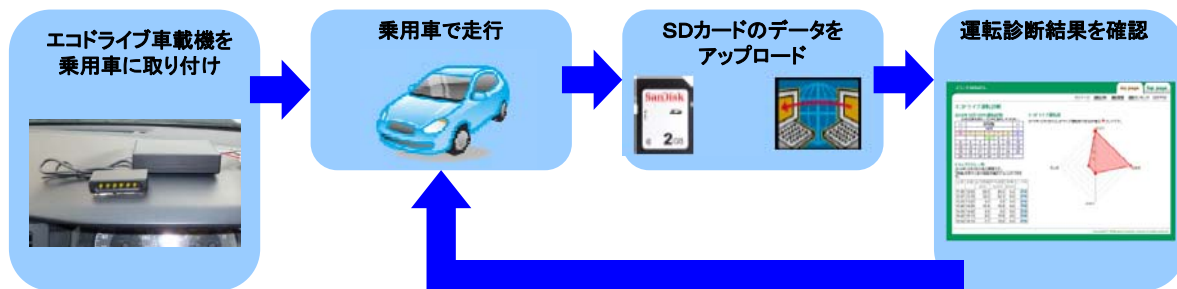


図-1 プロジェクトの概要

討について、今後、さらに議論が必要であると考えられる。そこで、本研究では、交通安全対策として有効度の高い危険箇所抽出手法の提案を目指し、市民プローブデータを用いて、実事故発生地点との関連性に注目した検討を行った。

2 プローブデータの収集

(1) プロジェクトの概要

本研究では、豊田市が平成 23 年 3 月下旬から平成 23 年 12 月まで実施した「豊田市エコドライブ推進プロジェクト」において収集されたデータを用いた。図-1 にプロジェクトの概要を示す。このプロジェクトでは、一般ドライバー（以下、モニターと呼ぶ）に車載機を貸与し、モニターが所有する乗用車に取り付け、日常の走行データを取得した。取得したデータは、SD カードに保存され、モニターがインターネットを通じてデータ管理サーバにアップロードすることで収集した。なお、収集したデータをサーバ上で集計し、各モニターのエコドライブ実践状況等を web 上で表示するエコドライブの指導や、車載機に付属している LED 表示器を通じて、瞬間的な燃料消費量をリアルタイムに提供するといった段階的なエコドライブ指導も行われた。

(2) 収集データの概要

取得したデータの項目は、車載機に搭載された GPS で計測される緯度、経度、GPS 速度等の 16 項目と、故障診断コネクタを通じて、車両 ECU (Engine Control Unit) から収集される走行速度、燃料消費量、エンジン回転数等の 69 項目であった。車載機は、走行中の全てのデータが記録される常時記録型であり、データ記録間隔は 1 秒間であった。なお、加速度センサーは搭載されていない。

図-2 に、プロジェクト期間中の参加モニター数の推移を示す。プロジェクト途中での参加や辞退、また、2011 年 9 月からは、約 150 名とまとまった人数の新規参加者

があった。全モニターの取得データ時間の合計は、59,290 時間に及んだ。なお、本研究では、豊田市内を走行したデータのみを検討の対象とした。

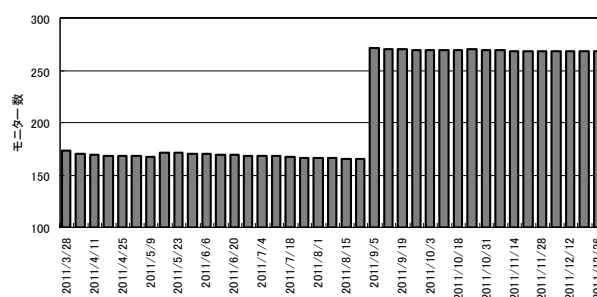


図-2 参加モニター数の推移

3. 評価の枠組み

(1) 解析メッシュの作成と事故データの解析

一般に、地形図やデジタル地図データを管理・整備するためのインデックスとして標準地域メッシュが利用されている。本研究では、広範な豊田市全域を対象として実事故地点とプローブデータから抽出した危険箇所の関係をより詳細に検討するため、3 次メッシュ（東西方向の幅が 45 秒、南北方向の幅が 30 秒に分割されたもので、縦横がそれぞれ概ね 1km となることから 1km メッシュとも呼ばれている）をさらに縦横 10 分割したメッシュ（以下、解析メッシュ）を作成した。豊田市付近において、解析メッシュは横 114m、縦 92.5m となり、豊田市内は 88,671 の解析メッシュに分割された。図-3 に解析メッシュによる豊田市中心部（新豊田駅、豊田市駅、豊田市役所）での分割状況を示す。

平成 17 年から平成 22 年までに豊田市内で発生した事故データを用いて、解析メッシュ内の事故発生の有無を集計した。



図-3 豊田市中心部の解析メッシュ分割状況

(2) 加速度の定義

既往研究をみると、危険箇所を抽出する手法として、プローブデータから得られる加速度を用いて、急ブレーキに感じるといわれている-0.3G を一つの基準とする文献が多くみられた。本研究のプローブデータ収集に用いた車載機は加速度センサーを搭載していないため、瞬間的な加速度を計測することができなかった。そこで、1秒毎に得られる速度データから、以下の式(1)を用いて加速度を算出した。

$$\alpha(t) = \frac{V(t) - V(t - \Delta t)}{\Delta t} \quad (1)$$

ここで、 t は時刻、 α は加速度(km/h/s)、 V は速度(km/h)、 Δt はデータ計測間隔、すなわち1秒間である。

加速度が 30km/h/s (約 0.85G) 以上のもの、及び、-30km/h/s (約-0.85G) 以下のものは、一般的な乗用車の加速性能や制動性能からみて、データ異常の可能性が高いため解析から除外した。また、データの連続性が疑わしいデータ、車載機の異常と考えられるデータも可能な限り解析対象から除外した。

(3) 検出率・的中率の定義

どのような抽出条件が妥当であるかについて、豊田市全域を対象とした実事故発生メッシュと、プローブデータから抽出した危険箇所メッシュの一致度合いで評価を行った。評価の具体的な指標として、以下の式(2a)及び(2b)を用いて、検出率、的中率を算出した。

$$\text{検出率} = \frac{\text{実事故と抽出した危険箇所が一致するメッシュ数}}{\text{実事故発生メッシュ数}} \quad (2a)$$

$$\text{的中率} = \frac{\text{実事故と抽出した危険箇所が一致するメッシュ数}}{\text{抽出した危険箇所のメッシュ数}} \quad (2b)$$

(4) 評価・検討方法

検出率、的中率の両方が、高い値を示す危険箇所抽出手法が理想的であるといえる。しかし、多くの地点を抽出し検出率を高くすると、実際に事故が起こっていない地点も多く抽出される的中率が低下する。また、的中率が

高くても、見落としが多くなり検出率が低くなる可能性もある。そこで、偏りなく交通安全対策として有効度の高い手法を提案するため、以下の3点を満たす抽出手法を検討の目標とした。

- ・検出率、的中率がともに50%を超えること。
- ・検出率50%以上で、最も高い的中率が得られること。
- ・本研究で用いたプローブデータ以外にも、適応可能性が高いと考えられる手法であること。

4. 危険箇所抽出手法の妥当性の検討

(1) 加速度閾値を用いた検討

はじめに、多くの既往研究でみられるように、一定の加速度を閾値として、危険箇所を抽出した場合について評価を行った。危険箇所抽出に用いる特異挙動の判定条件は、加速側では10km/h/s (0.28G) 以上から3km/h/s刻みに22km/h/s(0.62G)以上まで、減速側では-10km/h/s(-0.28G)以下から3km/h/s刻みに-22km/h/s (-0.62G) 以下まで10通りの評価を行った。一般には急加速とは言われていないが、高い検出率が得られたことから、参考に、加速側の8km/h/s (0.23G) 以上を検討に加え、合計11通りの評価を行った。

表-1に評価結果を示す。なお、表中の該当メッシュ数とは、それぞれの特異挙動の判定を用いて危険箇所として抽出されたメッシュ数であり、実事故一致数とは該当メッシュのうち実事故が発生しているメッシュ数(実事故地点と抽出地点が一致するメッシュ数)である。

検出率、的中率がともに50%を超えるという目標を満たしたのは、一般には急加速といわれていない8km/h/s (0.23G) 以上を抽出条件とした場合のみであった。判定条件を厳しくすると、検出率が急激に減少するという傾向がみられ、検出率と的中率の両方が共に50%以上となる条件の設定は難しいと考えられた。また、急加速側に判定条件を厳しくするにしたがって、的中率が高くなるわけではなく、判定条件13km/h/sでピークとなった。

表-1 加減速度を用いて判定した危険箇所の検出率と的中率 (実事故発生メッシュ数=5,187)

特異挙動の判定	該当メッシュ数	実事故一致数	検出率	的中率
22km/h/s(0.62G)以上	8	5	0.1%	62.5%
19km/h/s(0.54G)以上	16	10	0.2%	62.5%
16km/h/s(0.45G)以上	51	39	0.8%	76.5%
13km/h/s(0.37G)以上	580	495	9.5%	85.3%
10km/h/s(0.28G)以上	2,872	2,023	39.0%	70.4%
8km/h/s(0.23G)以上	5,940	3,248	62.6%	54.7%
-10km/h/s(-0.28G)以下	8,195	3,738	72.1%	45.6%
-13km/h/s(-0.37G)以下	3,984	2,358	45.5%	59.2%
-16km/h/s(-0.45G)以下	1,385	980	18.9%	70.8%
-19km/h/s(-0.54G)以下	349	255	4.9%	73.1%
-22km/h/s(-0.62G)以下	80	60	1.2%	75.0%

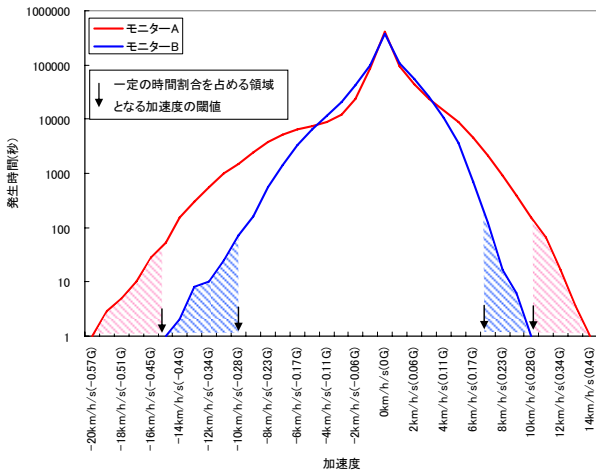


図4 加速度頻度分布のイメージ

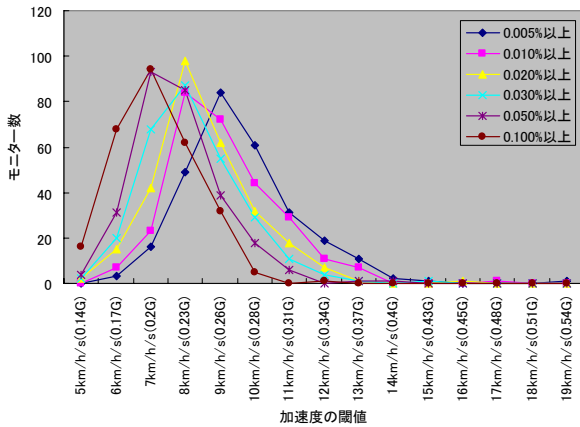


図5 抽出率別にみた加速度閾値の頻度分布 (加速側)

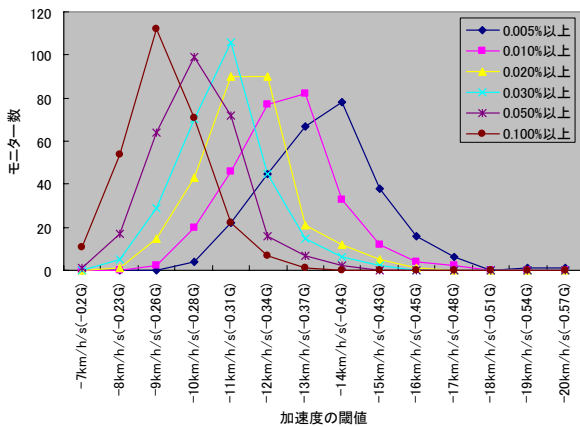


図6 抽出率別にみた加速度閾値の頻度分布 (減速側)

(2) モニター別の加速度特性の解析

一定の加速度を閾値として、危険箇所の抽出条件を設定するという考え方が広く用いられている一方で、古屋ら³⁾は、個人毎に危険と判断される「通常と異なる加速度」の値は異なるという考え方を提案している。図4の

加速度頻度分布の例に示すように、モニターによって運転中の加速度分布は異なっていた。この例で、モニターAは、モニターBに比べて、発生している急加速、急減速の加速度絶対値が大きくなった。したがって、図4の斜線部分に示すように、加速側、減速側、それぞれで、全運転時間に対して一定の時間割合を占める領域が、危険な挙動と判定される加速度領域であると考え、個人毎に危険挙動を判定する加速度は図4中の↓のように異なる値を用いる必要がある。なお、本研究では、加速側、減速側、それぞれで、全運転時間に対する図4の斜線部分に示す「通常と異なる特異な加速度」の時間割合を抽出率と呼ぶ。

抽出率別にみた加速度閾値の頻度分布について、加速側を図5に、減速側を図6に示す。同じ抽出率でも、モニター毎に危険挙動と判定する「通常と異なる加速度」が異なっていることがわかった。

(3) 抽出率を用いた検討

モニター毎に異なる危険挙動を判定する加速度を用いた危険箇所抽出手法の評価を行うため、加速側、減速側のそれぞれについて、抽出率を0.005%、0.01%、0.02%、0.03%、0.05%、0.10%とした場合の12通りの評価を行った。表2に評価結果を示す。

加速側0.05%、0.03%、0.02%、減速側0.03%、0.02%で、検出率と的中率の両方が共に、50%を超えるという目標を満たした。そのうち加速側で最もの中率が高いのは加速側0.02%で、検出率、的中率は、それぞれ、53.2%、61.0%となった。また、減速側で最もの中率が高いのは減速側0.02%で、検出率、的中率は、それぞれ、58.8%、54.4%となった。

検出率と的中率にはトレードオフの関係がみられた。加速度閾値を用いた検討に比べて、より高い検出率や的中率が得られるという改善はみられなかったが、判定条件を厳しく(抽出率をより小さく)しても、的中率が急激に低くなる傾向はみられなかった。結果として、検出率が50%以上となる範囲が広がり、検出率、的中率が共に50%を超える範囲が広がった。この傾向は、本研究で用いたプローブデータ以外のデータへ適応可能性が高い手法を提案するという目標を考慮すると、一定の加速度閾値を用いて危険箇所を抽出する方法に比べて、より安定した検出率が得られるという点で有効であると考えられる。

表-2 抽出率を用いて判定した危険箇所を検出率と的中率
(実事故発生メッシュ数=5,187)

特異挙動の判定	該当メッシュ数	実事故一致数	検出率	的中率
加速側0.005%	2,791	1,997	38.5%	71.6%
加速側0.010%	3,584	2,387	46.0%	66.6%
加速側0.020%	4,523	2,757	53.2%	61.0%
加速側0.030%	5,133	2,979	57.4%	58.0%
加速側0.050%	5,958	3,218	62.0%	54.0%
加速側0.100%	7,402	3,621	69.8%	48.9%
減速側0.100%	8,972	3,927	75.7%	43.8%
減速側0.050%	7,597	3,611	69.6%	47.5%
減速側0.030%	6,510	3,319	64.0%	51.0%
減速側0.020%	5,600	3,048	58.8%	54.4%
減速側0.010%	4,246	2,487	47.9%	58.6%
減速側0.005%	3,075	1,942	37.4%	63.2%

5. まとめ

交通安全対策として有効度の高い危険箇所抽出手法の提案を目的とし、市民プローブデータを用いて、実事故発生地点との関連性に注目して検討を行い、以下の結論を得た。

一定の加速度を閾値として危険箇所を抽出した場合、判定条件を厳しくすると、検出率が急激に減少するという傾向がみられ、検出率と的中率の両方で高い値が得られる条件の設定は難しいと考えられた。

個人毎に危険と判断される「通常と異なる加速度」の値は異なるという考え方にに基づき危険箇所を抽出した場合、検出率、的中率が共に高い値となる範囲が広がることを明らかにした。

また、本研究で用いたプローブデータでは、加速度頻度分布の加速側、減速側、それぞれ、0.02%を目安に危険箇所を抽出すると、50%以上の検出率を確保し、高い的中率が得られることを確認した。

今後の課題として、加速度の変化率や加減速開始時の速度等を抽出条件に加え、より精度の高い危険箇所抽出

手法、事故の種類を判定できる危険箇所抽出手法の提案を目指す。

謝辞：「豊田市エコドライブ推進プロジェクト」に参加頂いたモニターの皆様、及び、豊田市に心から感謝申し上げます。また、本研究で用いるプローブデータは、交通工学研究会が実施する「CO₂排出量の可視化技術の開発」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 通信技術がもたらす未来の車社会，2011年度（公社）自動車技術会中部支部第2回技術講習会テキスト，2012.3.7，刈谷市。
- 2) 山本俊行，Lei DENG，森川高行，森川博邦，森本善也：プローブデータによる交通事故多発危険交差点の抽出可能性に関する分析，土木計画学研究・講演集，Vol.33，2006。
- 3) 古屋秀樹，牧村和彦，川崎茂信，赤羽弘和：車載センサーを用いた車両挙動特異地点抽出に関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，Vol.20，No.4，pp.787-795，2003。
- 4) 古屋秀樹，牧村和彦，森昌文：車載型車両挙動センサーを用いた交通安全性の評価，交通工学，Vol.36，No.6，pp.19-22，2001。
- 5) 山崎信也，高橋弘行，都築清士，塚原英徳，嶋田一彦，江尻剛士，石見成行，竹下航：プローブ情報を活用したヒヤリハット情報提供の検討，自動車技術会論文集，Vol.39，No.3，2008。
- 6) 西堀泰英，稲垣具志，加知範康，安藤良輔，三村泰広：自動車走行時の加速度発生状況と交通事故発生箇所の関連分析，土木計画学研究・講演集，Vol.42，2010。
- 7) 久保登，森みどり，龍重法，石川博敏，堀野定雄：加速度波形による効果的なドライブレコーダーデータの自動分類手法，自動車技術会2011年春季大会学術講演前刷集，No.46-11，pp.1-4，2011。