

# 車載型センサーを用いた車両挙動の調査・分析方法に関する基礎的研究\*

## The Car Acition Sensing for Discriminating the Hazard Incident on the Road

古屋秀樹\*\*, 牧村和彦\*\*\*, 川崎茂信\*\*\*\*, 赤羽弘和\*\*\*\*\*

By Hideki Furuya\*\*, Kazuhiko Makimura\*\*, Shigenobu Kawasaki\*\*\*\* and Hirokazu Akahane\*\*\*\*\*

### 1. 研究の背景・目的

これまで道路の安全性評価のために、交通事故データ(行動結果)やヒヤリデータ(認知・判断)などが主に利用されてきた。一方、ドライバーの行動に関しては取得方法の制約からデータの取得、分析が困難であり、これらに着目した研究は少ない<sup>1),2),3)</sup>(図-1)。しかし、走行中は事故に至らないまでも急制動、急ハンドルといった通常と異なる行動が存在すると考えられ、その発生地点がどのように点在しているか、モニタリングすることは交通安全対策上、必要といえる。

近年、車載型車両挙動センサーの性能も向上するとともに安価なものが開発されている。本研究では、これを利用して加速度を中心とした車両挙動のデータを取得し、データの取得からデータの補正、分析までの方法を考察し、交通安全対策への利用可能性を探ることを目的とする。

### 2. データ収集について

つくば市在住・在勤の男女19人(筑波大学生男女8人・主婦5人・65歳以上男性高齢者4人・男性就労者2人)の所有する車両に対し、シート下など運転に支障を来さない場所にセンサーを設置・固定し、日時、位置情報(緯度・経度)、速度、加速度、角速度などのデータを計測した。それぞれの車両のドライバーには2001年2月から5月までのうち約1ヶ月程度、通常の生活環境の中で走行してもらい車両挙動データの収集を行った。

#### 2.1 計測データについて

本研究では、データ・テック社製の車両挙動センサ(セイフティレコーダ、以下、SR)を用いた。SRに

\* キーワーズ：交通管理，交通安全，ITS  
 \*\* 正会員，工博，筑波大学社会学系  
 (〒305-8573，つくば市天王台1-1-1, Phone&Fax.  
 0298-53-5007, E-mail: furuya@sk.tsukuba.ac.jp)  
 \*\*\* 正会員，工修，(財)計量計画研究所  
 \*\*\*\* 正会員，工修，国土政策技術総合研究所  
 \*\*\*\*\* 正会員，工博，千葉工業大学土木工学科

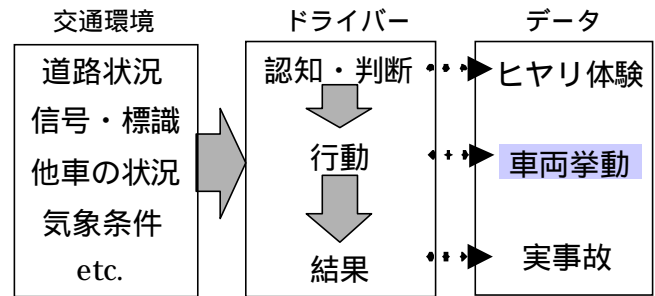


図-1 ドライバーの行動とデータとの関連性

表-1 SRによる取得データ

データ	最小単位	分解能	更新期間
日時	秒	1	1.0秒
緯度・経度	秒	1/1000	1.0秒
速度	km/h	1/10	1.0秒
前後加速度	G	1/10000	0.1秒
左右加速度	G	1/10000	0.1秒
方位角速度	deg/sec	1/100	0.1秒
方位	deg	1/10	1.0秒

よって得られる主なデータは表-1のとおりである。前後加速度は車両前後方向のもの(加速時:前加速度、減速時:後加速度)、左右加速度は旋回時に車両にかかる左右方向の加速度(右旋回時:右加速度、左旋回時:左加速度)である。ただし、車両に乗っている人は車両の加速度方向とは反対に慣性力を受けるため、体感としては逆方向に加速度を感じる。

#### 2.2 データの補正

SRによって得られたデータには様々な誤差が存在するため補正が必要となる。GPS電波の受信不良などによる日時データ、不明確な走行地点などの欠損値の排除を行った後、SR設置時の傾斜補正を行った。これは、前後・左右加速度、方位角速度に影響を及ぼすが、各指標の最頻値( , , )を傾き、方位の不一致による誤差と仮定した(式1,2)。

$$X = \frac{\cos \gamma}{\cos \alpha} (x - \sin \alpha) + \frac{\sin \gamma}{\cos \beta} (y - \sin \beta) \cdots \text{式1}$$

$$Y = -\frac{\sin \gamma}{\cos \alpha} (x - \sin \alpha) + \frac{\cos \gamma}{\cos \beta} (y - \sin \beta) \cdots \text{式2}$$

ここで、 $x, y$ : SRで計測された前後・左右加速度  
 $\alpha$ : 前後方向の傾き,  $\beta$ : 左右方向の傾き  
 $\gamma$ : 進行方向と設置軸のとずれ  
 $X, Y$ : 推定される真の前後・左右加速度

以下では、式1・2によって算出されたX,Yを用いて分析を行うものとする。

### 2.3 データの基礎的特性把握

表-2に各車両の走行データの基礎的把握を示した。全車両平均値についてみると、居住地やその付近の土地利用、被験者の行動パターンなどが異なるため、単純に比較ができないが、1日あたりの走行回数が4.67とH10パーソントリップ調査の平均トリップ数と比べると多い。性別間での差異は大きくなく、職業・年齢別などに差が見られる。

図-2は、被験者1名の前後・左右加速度の出現頻度(0.1秒:1イベント)を例示したものである。他の被験者も概ね同様の傾向であるが、左右加速度は比較対称となる。一方、前後加速度では0.4G以上の前加加速度が生起していないが、減速時の後加加速度は0.6Gを超えて出現していることがわかる。これは、エンジン出力・ブレーキ性能などの機械的要因に加え、危険回避のために減速時の強度が強くなるものと考えられる。図-3は、2名の被験者別前後加速度の出現頻度を示しているが、分布形状は似ているものの、サンプルAのほうがBより強度の強い加減速が行われていることがわかる。このように加速度方向や被験者による出現強度の差異が明らかとなった。

このような集計的視点に加え、特定区間の走行(時間の推移)における加速度生起状況も把握可能となる。図-4は、信号による一時停止をとまなう交差点部左折時の前後・左右加速度、ならびに速度を示したものである。ここで示す速度はGPSによって1秒おきに計測されるため、離散的な変化を示しているが、信号停止のための減速・停止、青への変更による左折しながらの発進による速度上昇を示している。一方、加速度をみると、0.1秒おきに更新されるためより細かい加速度変化が把握可能となる。減速時に一定の後加加速度となっていないこと、発進時に急激に高い加速強度となり、徐々に緩和することがわかる。また、左右加速度では左折開始時に一瞬右加加速度が生じていることがわかる。この左右加速度はハンドルの操舵角の大きさに加え、車両の速度も影響を与えることから、両者の関連を踏まえる必要があると考えられる。

表-2 被験者別走行回数, 走行時間

運転者特性	サンプル数	1日平均走行回数	1走行平均時間(分/回)	1走行平均距離(km/回)	平均走行速度(km/h/回)
全サンプル	19	4.67	13.06	5.64	25.92
男性	11	4.71	13.08	5.75	26.38
女性	8	4.58	13.03	5.43	25.01
主婦	4	4.15	11.23	4.32	23.09
就労者	2	3.58	14.35	6.63	27.72
20代=学生	8	5.15	12.72	6.26	29.52
30代	6	4.51	12.62	5.35	26.80
60歳以上	5	5.15	13.97	5.18	22.23

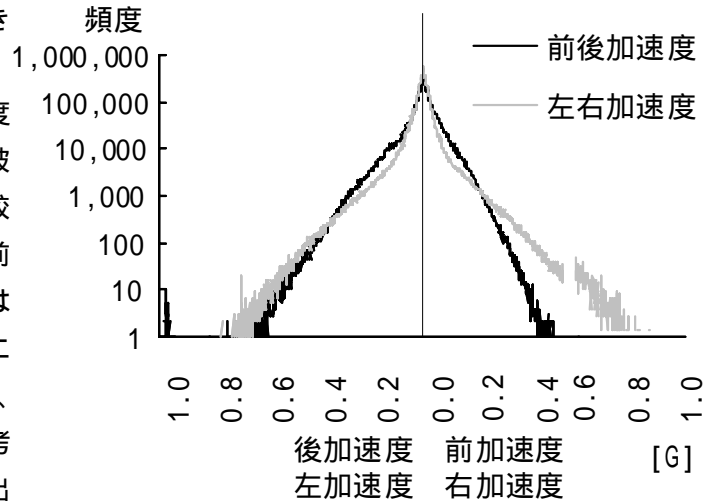


図-2 前後・左右加速度の頻度分布

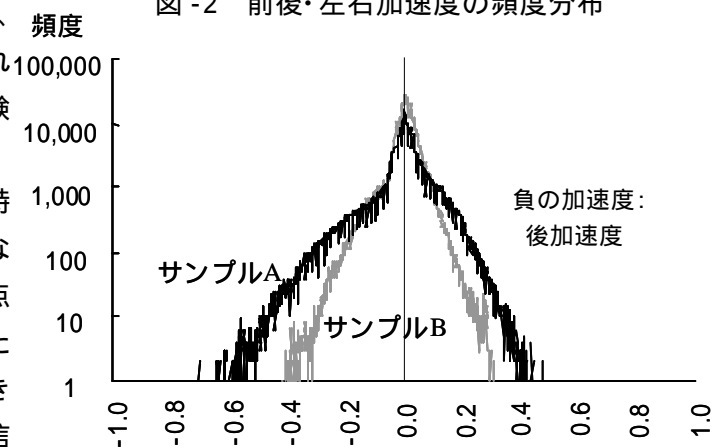


図-3 被験者別前後加速度の頻度分布 [G]

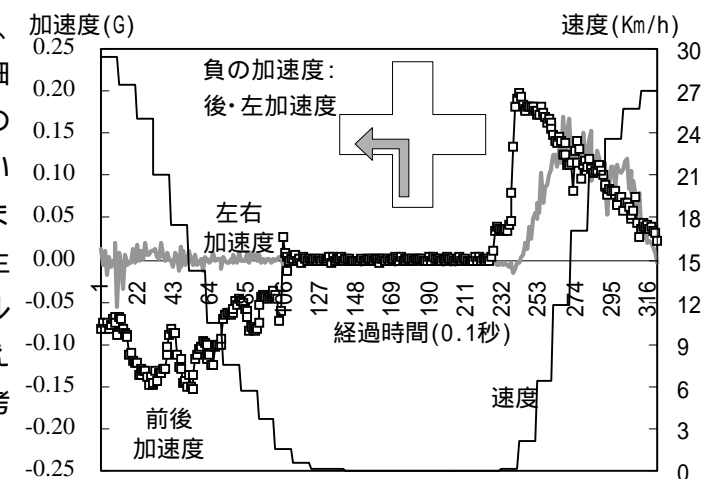


図-4 交差点部左折時の加速度生起状況

### 3. 特異走行抽出の方法

#### 3.1 特異走行の抽出の考え方

走行の安全性という観点から、通常の走行状態と異なる走行状態を車両の加速度を用いて区別し、その特異地点を抽出することが考えられる。そのための方法として、抽出のための基準を設け、その閾値より大きい(小さい)値のものを特異走行として抽出することが考えられる。

高強度の加速度は、危険状況の回避等によって生起すると考えられ、さらに安全な車両走行に支障をきたし、事故を誘発するようにもなりうること、運転者への大きなストレスなどが考えられ、「交通の質」の低さが想定される。そのため、高強度の加速度が生起する特異地点のモニタリングを適切に行い、その実態把握を行うことが車両挙動を利用した安全対策策定の第一歩と考えられる。これらを用いて、その行動を誘発する要因(交通流や道路幾何構造、その他突発的な要因など)との関連性検討が次のステップとして位置付けられる。なお、本研究ではSRを用いているため、センサを設置した車両のみが把握可能となり、他車や歩行者などとのインタラクションを把握できないことが特徴としてあげられる。

本研究では、4つの閾値を設定して、1つだけでなく様々なケースへの対応を考えた。また、閾値の設定により、抽出される地点数、場所が変化する。そのため、導出のための論理的閾値設定理由が重要と考えられる。しかしながら、以下では試行錯誤として暫定的な閾値を設定し、3.3節で空間的プロットを行う際に用いるものとする。

##### i) 瞬間加速度の絶対値

タイヤのグリップ力を超えた加速度をかけると運転手は車両の制御が不可能となり、安全性が損なわれ、ドライバーへの肉体的、心理的負担が大きくなる。そこで、瞬間の加速度の絶対的な大きさをとらえるために閾値を設定する。後加速度の場合、急制動時の制動距離と速度から停止行動中の平均加速度を算出し<sup>4)</sup>、0.6Gとした。また、左右加速度についても0.6Gとした。

##### ii) 正規化した瞬間加速度

ドライバー個人により、運転動作が異なると考えられる。瞬間加速度の絶対値を特異地点抽出の閾値とした場合、急ブレーキ、急ハンドルの運転挙動性

向を有するドライバーの通過地点のみ抽出される可能性がある。そこで、ドライバー個人において加速度分布の正規化を行うことが考えられる。

ここでは、ドライバー個人個人は一定の割合で特異な走行を行っているとは仮定する。そこで、それぞれの加速度データを標準偏差で除したものを車両ごとに加速度のデータを頻度分布で表し、閾値の外側にあるものを特異値と見なす。今回は抽出割合0.01%を目安に後加速度、左右加速度の閾値をそれぞれ9.0とした。

##### iii) 単位時間内の加速度変化量

加速中に急減速を行った時など、必ずしも絶対的の大きさで設定される閾値を越えるとは限らない。このような場合でも大きな加速度変化量が存在する場合には危険な行動と考えることができる。ここでは、一定時間内にデータの最大値と最小値の差が閾値を越えた場合を特異値とみなす。ある時間内の一つの増加(減少)傾向をとらえ、それに対して差分をとることで対応する。今回は基準時間を1秒、閾値を0.5Gとした。

##### iv) 連続・継続する加速度

ドライバーは実際の加速度や角速度が予測した以上のものを長い時間体感し続けると危険と感じると仮定した。その危険性を抽出するために、一定時間以上閾値を超えた場合は特異値と見なして抽出する。基準時間を2秒とし、閾値を後加速度、左右加速度ともに0.4Gとした。

#### 3.2 抽出された特異走行について

設定した閾値を用いて特異走行の抽出、ならびにその集計的特長把握を行う。表-3は、後加速度に着目した瞬間加速度の絶対値(閾値i)、ならびに正規化した瞬間加速度(閾値ii)の平均発生間隔(時間間隔(分/1回))である。設定した閾値i)で抽出される特異走行は、全車両平均の場合、約90分に1回(距離換算時:約40kmに1回)の割合で抽出される。

しかしながら、個人間のばらつきが大きく、0.4Gを超えない運転者がいる一方、0.7Gを超えるドライバーも見られ、絶対値を用いた安全性のモニタリングを行う際は留意する必要がある。また、サンプル数が多くないため大まかな傾向であるが、属性別で見ると、女性より男性の方が抽出頻度が高く、年齢別で見ると30代が最も抽出割合が低かった。

### 3.3 特異地点の分布について

特異地点の地理的分布傾向を把握し、危険性の高い地点を抽出した。具体的には、それぞれの閾値で抽出された後加速度の特異地点を DRM 上にプロットし、交通事故発生地点との比較を行った。特徴として、主要道路同士をはじめとする交差点で閾値を超える地点が多く抽出されており、加減速、右左折等による高強度の加速度が生起しているためと考えられる。また、居住地に近い場所で抽出されているものも多く、走行頻度との関連性を明らかにする必要があると考えられた。

このマップ上に実際の交通事故のデータを重ね合わせることで、特異走行と交通事故との地理的な関係を見ることができる。後加速度の場合の特異走行と交通事故との関連を見てみると、i) 特異走行と交通事故とが重なっている地点と ii) 特異走行のみの地点、iii) 交通事故のみの地点の3種類があげられる。i) の場合、通行頻度の多い地点では事故地点との重なりが比較的に見られた。ii) の場合、特異地点として抽出された一方、事故が生起しない原因の把握が課題として残される。交通量が少なく、そもそも稀現象である事故が偶然発生しないのか、もしくはその他の抑制要因が存在するのか、実査を通じた現況把握が重要と考えられる。

iii) のケースが現れた原因として、サンプル数が不足しているため調査対象の車両が事故地点を走行しなかったり、頻度が少ないなどのため特異地点とし

て抽出されないことがと考えられる。SRを用いた道路安全性評価のためには、被験車両数や通行頻度などについて適切に検討を行い、その基準を明確にする必要がある。なお、分析の詳細は発表時に譲る。

### 4. 結論

本研究では、SRを用いた車両挙動データの取得方法とそのデータの整備の方法を考察した。そして、そのデータを用いた車両挙動特異地点の抽出方法についても明らかにした。分析においては、車両走行や特異地点の発生に属性間の差が存在した。特異地点と事故との間の関係については地理的な重なりも見受けられた。しかしながら、サンプル数の不足、道路幾何構造と特異地点抽出との関連性分析、実事故との詳細な比較分析、特定区間における全通行車両に占める特異走行車両割合の分析などが今後の課題として挙げられる。

なお、本研究の成果は秋山貴宏氏(現在、目黒区役所)によることが大きい。ここに記して感謝の意を表す。

#### 参考文献

1. 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. 40-44, 2001
2. 高木修, 蓮花一己: 交通行動の社会心理学 運転する人間の心と行動, 北大路書房, 2000
3. 新井勇司, 西本哲也, 中谷育夫, 吉本堅一: ドライブレコーダによる事故解析, 自動車研究, Vol. 23, No. 9, pp. 41-46, 2001
4. 茨城県交通安全協会: 交通安全のみちしるべ, 2001

表 - 3 被験者別後加速度における特異地点平均発生時間間隔(分 / 1回)

閾値	後加速度:瞬間加速度の絶対値					正規化した瞬間加速度				
	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-6.0	-7.0	-8.0	-9.0	-10.0
高齢者1	2.24	12.51	37.00	80.73	80.73	6.75	14.21	25.74	52.24	80.73
高齢者2	1.82	27.39				0.51	0.96	2.06	5.17	14.43
高齢者3	1.40	6.54	28.91	248.63		1.11	2.21	4.49	11.95	21.43
高齢者4	2.08	16.81	178.14			7.18	25.45	98.97		
高齢者5	5.20	130.47				1.94	6.75	18.07	156.57	
就労者1	176.63					16.06	95.11	353.26		
就労者2	0.99	7.14	78.31			16.14	100.68			
主婦1	24.91	2416.20				8.36	27.46	77.94	402.70	
主婦2	95.30					7.15	40.84	285.89		
主婦3	4.00					9.57				
主婦4	1.19	26.11	59.10	93.57		5.91	29.55	48.82	66.05	86.37
学生1	2.49	5.73				3.37	5.37	5.93	42.97	
学生2	1.26	8.78	51.07	153.20		7.33	19.98	62.67	125.34	
学生3	0.24	1.54	7.37	69.15	161.35	9.81	69.15	145.22	207.45	363.04
学生4	1.17	7.81	17.46	22.62	25.19	3.13	8.93	16.05	20.95	25.85
学生5	0.23	1.13	6.27	41.74	285.23	5.19	24.80	142.61	570.46	
学生6	0.27	1.65	15.26	76.30		26.23	93.26			
学生7	0.28	2.08	8.37	24.41	143.40	7.55	17.38	49.88	229.43	
学生8	0.19	0.83	4.57	23.12	140.84	4.64	18.89	64.55		
平均	0.74	4.37	22.74	90.73	217.08	2.67	6.25	13.84	35.48	80.73