

## ドライブレコーダを活用した自動車乗員の傷害予測方法の研究 Study of Occupant's Injury Prediction Algorithm with Drive Recorder

○栗城耕平<sup>1</sup>, 富永茂<sup>2</sup>, 岡野道治<sup>2</sup>\*Kouhei Kuriki<sup>1</sup>, Shigeru Tominaga<sup>2</sup>, Michiharu Okano<sup>2</sup>

Abstract: In the traffic accident, it is generated from the slightly injured person to the seriously injured person who requires the emergency care. The occupant's injury is forecasted from the data of the acceleration and recording the image that is the basic function of the drive recorder. In addition, Drive-Recorder automatically informs those to a rescue squad. As a result, the proper treatment becomes possible. It is a purpose to decrease the traffic accidental death. Only using the maximum acceleration isn't enough to judge the direction of impact force. Therefore, occupant's injury prediction algorithm has a room for improvement.

### 1. はじめに

交通事故時の救急医療では、負傷者が外傷に合った適切な病院に運ばれず亡くなった例(PTD)がある<sup>[1]</sup>. 原因として①事故発生から治療開始までの時間ロスが多い, ②正確な事故情報が救急隊員や搬送先の病院の医師に伝わっていないという現状がある. PTD を減らすには、事故発生を早期に認知するとともに、重症者の存在を認知し、救命救急センターへ搬送することが必要である.

過去の研究では、実証実験でドライブレコーダ(DR)を用いて 3 軸加速度を記録しており、この実事故データを用いて傷害予測アルゴリズムを研究している.

本研究は、この傷害アルゴリズムを使って傷害グレードを予測し、PTD を減らすことを目的とする.

### 2. 二次元車両運動

衝突時に力線が重心を通らない場合には、車は並進運動に加えて z 軸まわりの回転(ヨー)が発生する. このとき、車両各部分は回転のため、重心からの位置によって加速度が異なる. これを車両が剛体運動をするものとして考える. Figure1 に示すように、車両重心を G, 加速度を見る客室の点を P とし、原点 O から見たときの車両重心 G と点 P の位置ベクトルをそれぞれ  $x_G$ ,  $x$  とし、車両重心 G から見た点 P の位置ベクトルを  $r$  とする. 車の重心の速度と加速度を  $v_G$ ,  $a_G$  とし、角速度を  $\omega(0,0,\omega)$  とする.

剛体の力学から、点 P の車両重心まわりの回転にともなう速度は

$$\dot{r} = \omega \times r \quad (1)$$

となる.  $x = x_G + r$  と表わされるから、点 P の速度  $v$  と加速度  $a$  はつぎのようになる.

$$v = v_G + \omega \times r \quad (2)$$

$$a = a_G + \dot{\omega} \times r + \omega \times (\omega \times r) \quad (3)$$

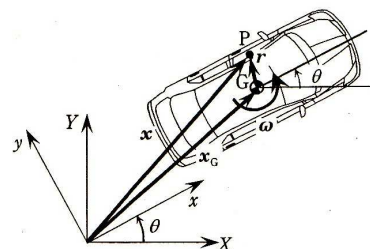


Figure 1. Definition of The Coordinate System

加速度計は車体に取り付けられるため、計測される加速度は車両固定座標系から見たものである. そこで、車両固定座標系から見た速度と加速度の関係を導く.

(O,X,Y)系を地上に固定された慣性系である絶対座標系とし、式(2)と式(3)を車両固定座標系 (O,x,y)で表すことを考える. OX と O<sub>x</sub> のつくる角(車両ヨー角)を  $\theta$  とし、角速度(ヨーレート)を  $\dot{\theta} = \omega$  とする. 絶対座標系の基底ベクトルを  $e_x$ ,  $e_y$  とし、車両固定座標系の基底ベクトルを  $e_x$ ,  $e_y$  とする. それぞれの基底ベクトルのなす方向余弦を考慮すれば

$$\left. \begin{aligned} e_x &= \cos \theta e_x + \sin \theta e_y \\ e_y &= -\sin \theta e_x + \cos \theta e_y \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

と書くことができる. 基底ベクトルの時間微分をとると、

$$\left. \begin{aligned} \dot{e}_x &= -\dot{\theta} \sin \theta e_x + \dot{\theta} \cos \theta e_y = \omega e_y \\ \dot{e}_y &= -\dot{\theta} \cos \theta e_x - \dot{\theta} \sin \theta e_y = -\omega e_x \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

となる. また、絶対座標系と車両固定座標系のベクトルの成分の関係はつぎのようになる.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \quad (6)$$

客室の点 P の速度  $v$  と加速度  $a$ ，車両固定座標系の基底ベクトル  $e_x, e_y$  で表し， $e_x, e_y$  表した  $r$  を  $(r_x, r_y)$ ，P の速度を  $(v_x, v_y)$ ，重心 G の速度を  $(v_{Gx}, v_{Gy})$  とする．式(2), (3)から P の速度，加速度はつぎのようになる<sup>[2]</sup>．

$$\begin{aligned} v &= v_x e_x + v_y e_y = v_G + \omega \times r \\ &= v_{Gx} e_x + v_{Gy} e_y + \omega e_z \times (r_x e_x + r_y e_y) \\ &= (v_{Gx} - r_y \omega) e_x + (v_{Gy} + r_x \omega) e_y \\ a &= a_x e_x + a_y e_y = \dot{v}_G + \dot{\omega} \times r + \omega \times (\omega \times r) \\ &= \dot{v}_{Gx} e_x + v_{Gx} \dot{e}_x + \dot{v}_{Gy} e_y + v_{Gy} \dot{e}_y \\ &\quad + \dot{\omega} e_z \times (r_x e_x + r_y e_y) \\ &\quad + \omega e_z \times \{ \omega e_z \times (r_x e_x + r_y e_y) \} \\ &= (\dot{v}_{Gx} - r_y \dot{\omega} - v_{Gy} \omega - r_x \omega^2) e_x \\ &\quad + (\dot{v}_{Gy} + r_x \dot{\omega} + v_{Gx} \omega - r_y \omega^2) e_y \end{aligned} \quad (7)$$

$$\quad (8)$$

### 3. 傷害予測の方法

ドライブレコーダで記録する車載データを活用し，後述の傷害予測アルゴリズムを用いて重症度を判別する．

式(9)より，前後方向加速度  $a_x$  と横方向加速度  $a_y$  を用いて，合成加速度  $a_{xy}$  を計算し衝突の大きさとする．さらに式(10)より， $a_x, a_y$  を用いて，衝撃力の入力角度  $\theta_o$  を推算する．推算した衝撃入力角度から Figure2 に示すように衝突方向を時計回りに 30 度刻みで前面，ニアサイド，後面，ファーサイドに分類する．

$$a_{xy} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} [m/s^2] \quad (9)$$

$$\theta_o = \tan^{-1} \frac{a_y}{a_x} [\text{deg}] \quad (10)$$

提案する傷害予測アルゴリズムを Table1 に示す．傷害予測アルゴリズムは車体合成加速度  $a_{xy}$  による 1 次判定と危険因子を加えた 2 次判定の 2 段階のアルゴリズムとした．

1 次判定では，加速度が  $50m/s^2$  以上であり，軽傷で緊急性がなく，通院で治療が可能な場合をグレード 1 とした．エアバッグ展開の目安となる加速度が約  $250 m/s^2$  となっており，国土交通省が実施してい

る自動車アセスメントの結果<sup>[3]</sup>から乗員に重度の傷害は発生しにくいものとなっている．よって，エアバッグ展開の加速度よりも低い  $200 m/s^2$  以上で，かつ入院の必要はあるが緊急性がない中等傷の場合をグレード 2 とした．さらに加速度が  $400 m/s^2$  以上を，重篤化する可能性が高く，救命救急センターへの搬送が望まれる場合として，これをグレード 3 とした<sup>[4]</sup>．

2 次判定では，ニアサイド衝突，年齢 55 歳以上，シートベルト非着用，ロールオーバー，多重衝突，事故後の経過時間を危険因子として，どれか 1 つでも該当する場合に自動的にグレードを 1 段階引き上げるアルゴリズムとした．

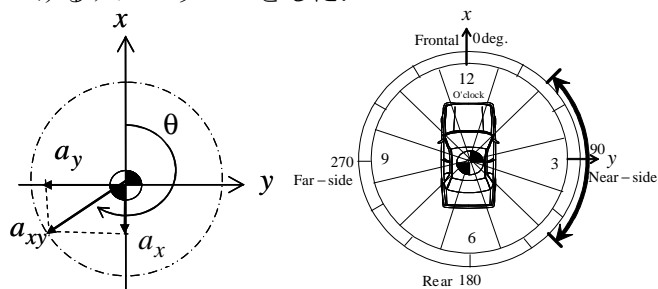


Figure 2. Composite Acceleration and Direction of Impact Force

Table 1. Injury Prediction Scheme

	GRADE 1 (Minor Injury)	GRADE 2 (Moderate Injury)	GRADE 3 (Serious Injury)
Acceleration Threshold Value	$\geq 50 [m/s^2]$	$\geq 200 [m/s^2]$	$\geq 400 [m/s^2]$
High-Risk Factors	(1) Near-Side Impact (2) Older Adults (Over Age 55) (3) Non-Belt Use (4) Roll Over (5) Multiple Impact (6) Elapsed Time After the Crash		

### 4. 今後の展望

以上に示した傷害予測アルゴリズムに基づく重症度判定結果の妥当性を DR で収集した実事故例を用いて検討する．アンダートリアージ（重症度を過小に予測する）やオーバートリアージ（重症度を過大に予測する）と言った実傷害と予測傷害の差が最小限になるように傷害予測精度の向上を目指す．

### 5. 参考文献

- [1]島崎修次ら：「厚生労働科学研究 救命救急センターにおける重症外傷患者への対応の充実に向けた研究」，2002
- [2]水野幸治：「自動車の衝突安全」，pp94-95，2012
- [3]国土交通省：「自動車アセスメントの効果分析」，2005
- [4]Winnicki,et al. : *A Method For Estimating The Effect Of Vehicle Crashworthiness Design Changes On Injuries And Fatalities*, NHTSA Technical Report, DOT HS 808 680 (1998)