

## K4-45

## 自動車前面衝突時にシートベルト拘束を受ける乗員の挙動シミュレーションモデルの作成 Development of Occupant Simulation Model Bound by Seat Belt in The Car Frontal Collision

青野 匠悟<sup>1</sup>, 浅見 優司<sup>1</sup>, ○山崎 寛也<sup>1</sup>, 山野内 啓悟<sup>1</sup>, 富永 茂<sup>2</sup>, 岡野 道治<sup>2</sup>  
Shogo Aono<sup>1</sup>, Yuji Asami<sup>1</sup>, \*Hiroya Yamazaki<sup>1</sup>, Keigo Yamanouchi<sup>1</sup>, Shigeru Tominaga<sup>2</sup>, Michiharu Okano<sup>2</sup>

Abstract: The submarining occurs in crew is the cause of ventral injury was caused by motor vehicle collision. Factors that submarining, seat back angle, belt mounting position, seat surface strength, it is thought to occur by the waist subducting, but the condition is not clear. This study tries elucidate the occurrence condition of submarining by the collision of a belt bound crew's thoracoabdominal part behavior simulation. To reproduce submarining, this study constructs model of five mass point and simulates under various conditions.

### 1. はじめに

平成 20 年に後部座席でのシートベルト着用が義務付けられ, シートベルトの着用率の上昇に伴い交通事故による致死率は低下している<sup>[1]</sup>. シートベルトの着用により車外への放出が防がれている一方, シートベルトの圧迫による腹部外傷が起きている. 腹部外傷の主な原因として自動車の衝突時に起こるサブマリン現象が挙げられる.

サブマリン現象とは, 衝突時に乗員の腰部がシート座面に沈み, ダッシュボード方向に潜り込むことである. この現象によりシートベルトが骨盤から外れて腹部にずり上がることで, ベルト直下に圧力がかかり内臓に傷害をもたらす. サブマリン現象が起こる要因としてシートバック角, ベルト取り付け位置<sup>[2]</sup>, シート座面強度などが考えられるが<sup>[3]</sup>, その条件は明らかでない.

本研究では, 衝突時にシートベルト拘束を受ける乗員の挙動シミュレーションを行い, サブマリン現象の発生条件を解明する.

### 2. 乗員モデル

本研究で作成する乗員モデルは, 乗員, シート, シートベルトで構成される.

佐藤らの乗員モデル<sup>[4]</sup>を参考に, 人体を頭部, 胸部, 腰部, 大腿部, 下脚部に分けた 5 つの剛体要素で構成される乗員のモデルを作成した.

シート座面は, 水平に移動可能な 2 つのばね (K1, K2) を考慮し, 常にばねが垂直に変位するように設定した. シート背面は, 任意の位置まで倒せるようシートバック角を考慮した.

シートベルトは, 腰ベルトと肩ベルトを線形特性を持った 2 つのばねとした.

以上の乗員モデルを Fig.1 に示す.

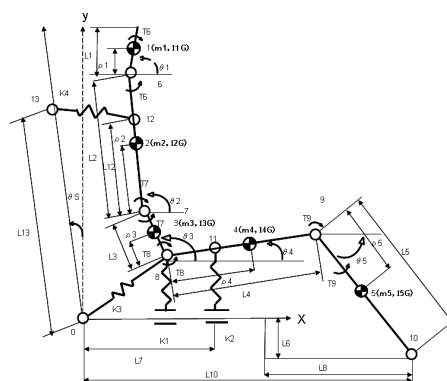


Figure1. Occupant Model

乗員モデルにおいて, ラグランジェの運動方程式を用いて各部の角度  $\theta$  [deg] についての運動方程式を求めた.

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = F \quad (1)$$

### 3. 乗員挙動シミュレーション

入力として, シートに次の変位を与える.

$$x_0 = a \left( t_1 t - \frac{t^2}{2} \right) \quad (2)$$

ここで,  $x_0$ : シートの変位[m]

$a$ : 最大減速度[m/s<sup>2</sup>]

$t_1$ : 減速度持続時間[sec]

$t$ : 時間[sec]

数値解析ソフトでルンゲ・クッタ法を用いて, シミュレーション時間  $t=0.00 \sim 0.03$  [sec], 減速度持続時間  $t_1=0.02$  [sec], サンプルングタイム  $dt=0.001$  [sec] として,  $a=-140$  [m/s<sup>2</sup>] (50 [km/h]相当),  $a=-222$  [m/s<sup>2</sup>] (80 [km/h]

相当) の 2 通りでシミュレーションを行い各部の角度を求めた。

各部の角度を Fig.2~6 に示す。

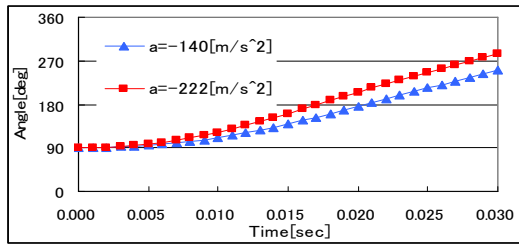


Figure2. The Angle of The Head

Fig.2 より,  $a = -140 [m/s^2]$  のときと比較して,  $a = -222 [m/s^2]$  のときの方が約  $30^\circ$  ] 大きく後方へ傾いた。

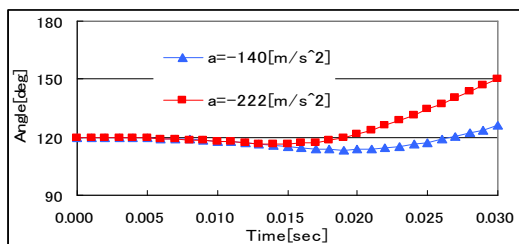


Figure3. The Angle of The Chest

Fig.3 より,  $a = -140 [m/s^2]$  のときと比較して,  $a = -222 [m/s^2]$  のときの方が約  $30^\circ$  ] 大きく後方へ傾いた。

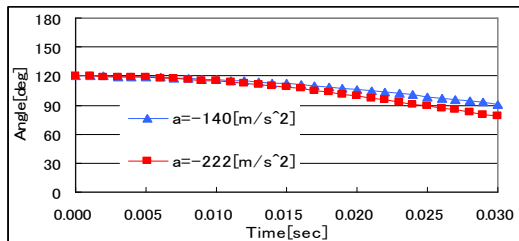


Figure4. The Angle of The Waist

$a = -140 [m/s^2]$  ,  $a = -222 [m/s^2]$  のどちらの場合もほぼ同じ腰部の挙動を示した。

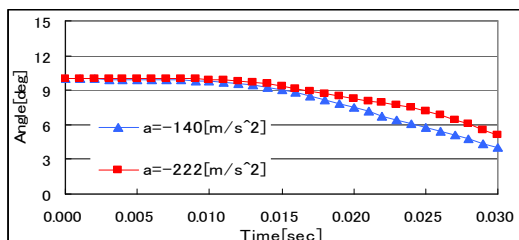


Figure5. The Angle of The Thigh

$a = -140 [m/s^2]$  ,  $a = -222 [m/s^2]$  のどちらの場合もほぼ同じ大腿部の挙動を示した。

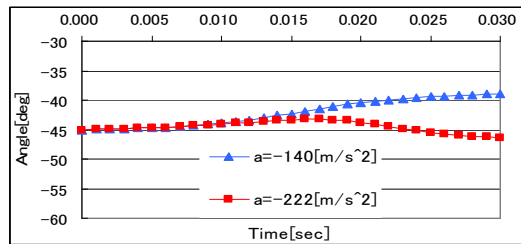


Figure6. The Angle of The Leg

Fig.6 より, 0.015[s]以降,  $a = -140 [m/s^2]$  のときは膝が約  $3^\circ$  ] 伸び,  $a = -222 [m/s^2]$  のときは膝が約  $3^\circ$  ] 曲がった。

#### 4. 考察

Fig.2, Fig.3 より, 頭部の角度が人体における首の可動域から逸脱していることが分かる。これは, プログラミング上の各部の可動域の設定が適当でないためだと考えられる。

#### 5. まとめ

サブマリン現象の原因を解明するために 2 種類の条件下で乗員の挙動シミュレーションを行った。

$a = -140 [m/s^2]$  ,  $a = -222 [m/s^2]$  のどちらの場合も, 人体に起こり得る挙動を再現することができなかった。また, 角度からはサブマリン現象発生のための条件や腰の浮き沈みを確認することはできなかった。

#### 6. 今後の課題

- ・乗員の挙動プログラムを修正する
- ・衝突時の人間の挙動を可視化する
- ・腰部の垂直方向の変位をグラフ化する

#### 7. 参考文献

- [1]警察庁交通局：「平成 25 年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について」
- [2]古庄宏輔ら：「衝突時の乗員挙動の解析-(第 1 報)-乗員の動きのシミュレーションとラップベルト取付け角の影響について-」, 自動車技術会, Vol.23, No.10, pp.1046-1054, 1969
- [3]本宮嘉弘ら：「シート座面強度とシートベルト損傷との関係」, 自動車技術会論文集, Vol.40, No.2, pp.269-275, 2009
- [4]佐藤武ら：「自動車用安全ベルトについて-第 3 報-デジタル計算機による乗員挙動のシミュレーション」, 自動車技術会学術講演会前刷集 43 年春, pp.167-176, 1968