

K6-77

自動車前面衝突時の乗員挙動シミュレーションの精度向上

Improve the accuracy of the occupant behavior simulation at the time of the automobile front collision

青柳 玲矢¹, 西塚 健太¹, ○福島 優太¹, 富永 茂², 岡野 道治²Reiya AOYAGI¹, Kenta NISHITSUKA¹, *Yuta FUKUSHIMA¹, Shigeru TOMINAGA³, Michiharu OKANO³

Abstract: The submarining phenomenon is said to be the cause for crew's abdominal damage with regards to vehicle collision. submarining is considered which occurs by seat back angle, belt mounting position, seat surface strength, and seat surface angle. But the condition is not clear. Using an occupant behavior simulation of a frontal collision, improve the accuracy for the occurrence conditions of the submarine phenomenon. To reproduce Submarining, this study constructs model of five rigid body and simulates under various conditions.

1. はじめに

自動車乗用時のシートベルトの着用が義務付けられた現在、シートベルトの着用率に従い交通事故による致死率は低下傾向である。しかしシートベルトの着用により車外放出が抑制されている一方、シートベルトの圧迫による腹部損傷が発生している。その損傷は、自動車の衝突時に発生するサブマリン現象が要因として挙げられる。

サブマリン現象とは、衝突時に乗員の腰部がシート座面からダッシュボード方向に滑り落ちてしまうことである。この現象によりシートベルトが骨盤から外れ、腹部にずれ込むことで腹部に大きな圧力がかかり、シートベルト直下の内臓に傷害をもたらすと考えられている。サブマリン現象はシートバック角、ベルト取付位置、シート座面強度、シート座面角度などが要因となり、腰がシート座面に沈み込むことによって発生すると考えられるが^[1]、その条件については明確でない。

そこで本研究では、佐藤らの乗員挙動モデル^[2]を用いて、胸腹部にベルト拘束を受けた乗員の衝突時における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の精度向上を試みる。

2. 乗員モデル

本研究で用いる乗員挙動シミュレーションモデルは、乗員、シート、シートベルトの3つで構成される。

佐藤らの乗員モデル^[2]を参考に作成した5剛体乗員モデルを Fig1 に示す。

このモデルでは主に前面衝突時の腰部の沈み込みを再現するために、人体を頭部、胸部、腰部、大腿部、下脚部の5つに分け、4 関節剛体の乗員モデルとして考える。シートモデルは垂直方向にのみ変位するバネをシート座面部分に2つ

考慮し、腰部、大腿部共にバネが水平方向にスライドできるものとした。

シートは任意の位置まで倒せるようシートバック角を組み込んだ。また、シートベルトは腰ベルトと肩ベルトを2つのばねとした。

Fig1 の系の運動方程式を求めめるため、ラグランジェの運動方程式を用いて各関節部の角度 θ [rad] についての運動方程式を求めた。

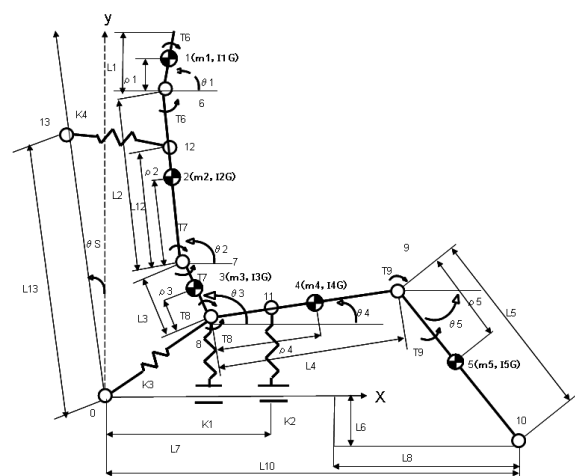


Fig1. Occupant model

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

3. 乗員挙動シミュレーション

諸元を **Table1 Spec** として以下に示す.

Table1 Spec

Mass m[kg]	m1	6.10	Centroid length ρ [m]	ρ 1	0.15
	m2	18.44		ρ 2	0.23
	m3	8.20		ρ 3	0.06
	m4	11.57		ρ 4	0.20
	m5	9.00		ρ 5	0.22
Length L[m]	L1	0.29	Moment of inertia I[kgm ²]	I1	0.035
	L2	0.38		I2	0.14
	L3	0.15		I3	0.52
	L4	0.43		I4	0.094
	L5	0.41		I5	0.19
	L6	0.20	Spring constant K[N/m]	K1	2500
	L7	0.40		K2	2500
	L8	0.20		K3	3500
	L10	0.70		K4	3500
	L12	0.25			
	L13	0.63			

数値解析ソフトでルンゲ・クッタ法を用い、シミュレーション時間 t=0.00~0.10[sec], 減速度持続時間 t₁=0.06[sec], サンプルングタイム dt=0.001[sec]とした. シートに与えた変位は,

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

- ここで, x₀ : シートの変位[m]
- a : 最大減速度[m/s²]
- t₁ : 減速度持続時間[sec]
- t : 時間[sec]

また, a=111[m/s²] (40[km/h]相当), a=194[m/s²] (80[km/h]相当), またシートバック角 θ_s を 10[deg] ,20[deg]の 4 通りで乗員挙動シミュレーションを行う.

4. シミュレーション結果

シミュレーション条件を **Table2** に示す.

Table2 Conditions of simulation

No.	acceleration[m/s ²]	Angle of seat back[deg]
1	111	10
2		20
3	194	10
4		20

0.01[sec]ごとの乗員の挙動を Fig.2~Fig.5 に示す.

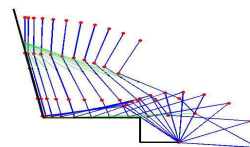


Fig.2 (No.1) result

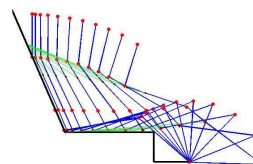


Fig.3 (No.2) result

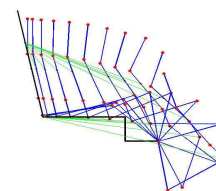


Fig.4 (No.3) result

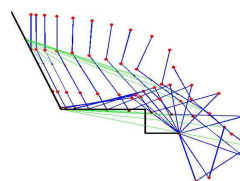


Fig.5 (No.4) result

シミュレーション結果より, 乗員の挙動が確認でき, 全条件で腰部のダッシュボード方向への滑り込みは確認できたが, シート座面への沈み込みは確認できなかった.

No.1 と No.2, No.3 と No.4 より, 減速度が大きくなるとダッシュボード方向の変位が大きくなる. また, No.1 と No.3, No.2 と No.4 より, シートバック角が大きくなると, 乗員の腹部, 胸部の傾きが大きくなる.

5. 今後の展望

- ・非線形のシートベルトのばね特性をどのように式に組み込むか検討する.
- ・シートベルトの遊びをどのようにプログラム上に組み込むか検討する.
- ・シート座面の沈み込みの検討を行う.

6. 参考文献

[1] 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
 [2]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