

20703 自動車衝突時の人体の挙動に関する研究 A Study on the Behavior of Human Body during Car Crash

○ 毛 陽雲 (横国大)
松浦 慶総 (横国大)

高田 一 (横国大)

Yangyun Mao, Yokohama National University
Hajime TAKADA, Yokohama National University
Yoshifusa Matsuura, Yokohama National University

This paper describes a method of light-weighted on seat sliding rail by analyzing the changes of the force transmission from seat belt to seat sliding rail. It consists of three phases:(i) modeling the human body, the seat belt and the seat.(ii) dividing the movement of the human body into four stages, then to understand the movement of human body in the process of full-scale frontal impact.(iii) analyzing the force, the seat belt load on the seat sliding rail in two conditions, ①conventional installation position and ②new installation position of seat buckle, then discussing the significance of the new way in light-weight design of the seat sliding rail.

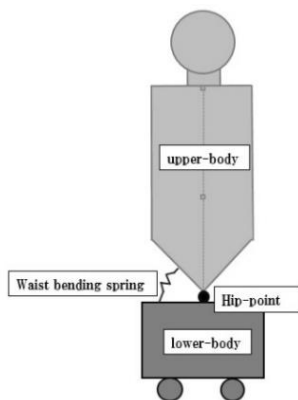
Key Words: Lightweight, Human body model, Seat belt model, Seat sliding rail

1. はじめに

自動車産業において、1970年代のオイルショックやその後の資源問題、環境意識の高まりにより環境負荷低減が要求されている。また、利便性・快適性・安全性の追及により車のサイズが増大しているが、なるべく燃費を抑えるため、燃費向上が求められている。この二つの要求に応じて、自動車の軽量化技術の重要性が高まってきた。過去の研究により、一般のガソリンAT車では重量1200kgの車両を100kg軽量化すると、燃料消費率が約8.3%低減されるとされている⁽¹⁾。燃費消費率が低減できれば、燃費向上ができるほか、環境への負荷を減らすことも実現できる。従って、軽量化は自動車メーカーとして、共通の重要な取組課題の一つである。そこで本研究では、自動車のシートレールの軽量化に注目している。人体、シートとシートベルトをモデル化し、衝突の過程で人体の動きを解明し、シートレールに及ぼす力を求め、シートレールの軽量化に結ぶことが目的である。

2. モデル作成

2.1 人体モデル



人体モデルを Fig.1 に示す。

Fig.1. Model of human body

人体の上半身と下半身に分けている。上半身は、頭部と胴体を統一して、同時に動くことを見なしており、肩ベルトからの張力を受ける。下半身は、臀部、足(脚を含む)を統一して、同時に動くことを見なしており、腰ベルトの張力とシートの変形による抵抗を受ける。上半身が並進運動と回転運動を行い、回転運動の中心はヒップポイントである。下半身は並進運動しか行わない。上半身と下半身の間に回転による曲げモーメントがあるため、そこにばねを付けた。

2.2 胴体とシートベルトモデル

胴体とシートベルトモデルを Fig.2 に示す。

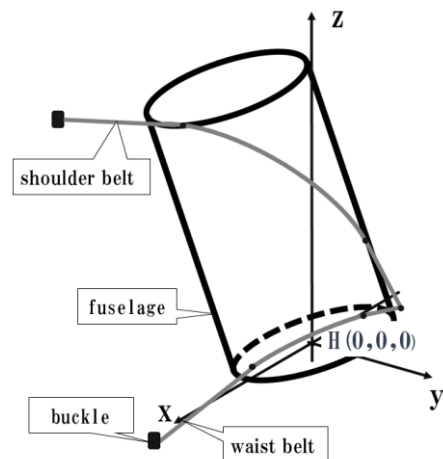


Fig.2. Model of fuselage & seat belt

人体の肩峰からヒップポイントまでの部分を楕円円柱体の剛体にする事により、胴体のモデルとした。また、シートベルトを肩ベルトと腰ベルトに分けてモデル化する。さらに、それぞれのベルトをBピラーの固定点から胴体右側の接触点までの部分、胴体と接触する部分、胴体左側の接触点からバックルまでの部分に分けた。そこで、正面衝突の時、両ベルトのBピラーやバックルと繋がる部分が時間

と共に伸びていくが、胴体と接触する部分を胴体で滑らない剛体と見なしている。最後に、ヒップポイントを原点として、胴体モデルに三次元座標系をつけた。

2.3 人体挙動の解析モデル

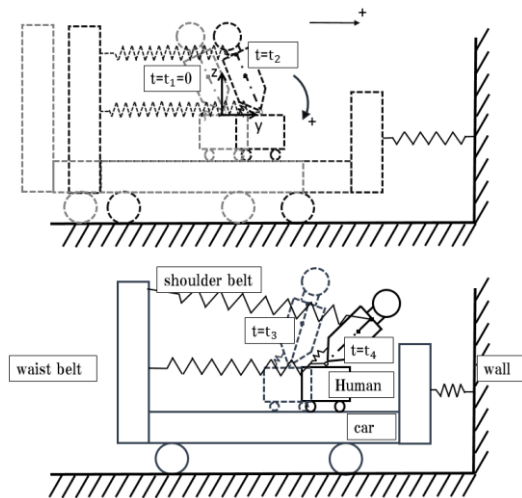


Fig.3. Model of human body behavior

人体の動きの解析モデルを Fig.3 に示す。ここで車体潰れ、肩ベルトと腰ベルトをばねとしてモデル化した。また、正面衝突時、人体の挙動を4段階に分けた。① $t=t_1=0$ 、正面衝突の開始時刻であり、人体が初速度で並進運動を行い、車体が正弦波波形の減速度で減速運動を開始する。② $t=t_2$ 、シートベルトの張力が発生する時刻であり、人体が並進運動を行いながら、回転運動を始める。車体がまた正弦波波形の減速度で減速運動を持続する。③ $t=t_3$ 、人体が並進運動と回転運動を行い続けるが、車体の減速運動が停止する。④ $t=t_4$ 、人体が完全に停止する。そこで、シートベルトの張力が最大値に至る。さらに、 $t=t_1=0$ の時のヒップポイントの位置を原点として、人体運動解析の座標を付け、 y 軸正方向を人体の並進運動の正方向とし、原点を中心に反時計回りの方向を人体の回転運動の正方向としている。

2.4 シートモデル

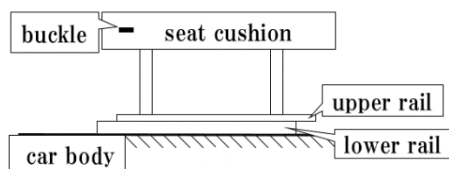


Fig.4. Model of seat

シートモデルを Fig.3 に示す。ここで、シートクッション、シートレールとそれらの間のリンク機構を規則的な形状の剛体として扱っている。

3. 解析結果

3.1 車体運動への解析

正面衝突の典型的な波形による車体減速度のモデルを正弦波波形とした。それによって、車体の変位を y_c とし、正弦波の振幅を A 、角周波数を ω とすると、車体減速度は、

$$\ddot{y}_c = -A \sin \omega t \quad \dots \textcircled{1}$$

また、 $t=t_1=0$ 時車体初速度 $v=v_{c1}$ とすると、車体速度 v_c は、

$$v_c = \frac{A}{\omega}(\cos \omega t - 1) + v_{c1} \quad \dots \textcircled{2}$$

さらに、車体変位は、

$$y_c = \frac{A}{\omega^2} \sin \omega t + (v_{c1} - \frac{A}{\omega})t \quad \dots \textcircled{3}$$

よって、 $t=t_1=0$ 時、車体の速度 $v_{c1}=54\text{km/h}$ 、 $t=t_3$ のとき、車体の変位 $y_{c3}=0.5\text{m}$ の場合、 $A=351.2\text{m/s}^2$ 、 $\omega=46.87\text{rad}$ 、車体の停止時刻 $t_3=0.067\text{s}$ と算出した。

3.2 人体挙動への解析

実測で得たデータとシートベルトの引出量図によると、 $t=t_1=0$ から $t=t_2$ まで人体の並進運動の変位 δ は 0.0256m と算出した。また、人体とシートの摩擦を考えない場合、人体の速度 v_{u1} であると、人体の速度 $v_u = v_{u1}$ と式②を連立して、 $t_2=0.019\text{s}$ と算出した。よって、 $t=t_2$ のとき、人体の変位 $y_u = y_{u2}=0.285\text{m}$ であり、車体の変位 $y_u = y_{a2}=0.267\text{m}$ である。

$t=t_2$ のとき、シートベルトの張力が発生する。そこから停止($t=t_4$)まで、上半身が並進運動と回転運動を行い、と同時に、下半身が並進運動を持続する。

肩ベルトの上半身に与える引張力の水平方向分力を F_s 、ヒップポイントでの拘束の y 軸負方向の分力を F_{Hy} 、上半身の質量を m_u とすると、人体上半身の並進運動より、

$$-F_s + F_{Hy} = m_u \ddot{y}_u \quad (F_s > 0) \quad \dots \textcircled{4}$$

腰ベルトの下半身に与える引張力の水平方向分力を F_w 、下半身の変位を y_H 、下半身の質量を m_ℓ とすると、人体下半身の並進運動より、

$$-F_w - F_{Hy} = m_\ell \ddot{y}_\ell \quad (F_w > 0) \quad \dots \textcircled{5}$$

ヒップポイントを中心に、上半身の回転運動による慣性モーメントを I_H 、上半身と z 軸正方向と成している角を θ 、上半身の一部分である胴体の長さを ℓ_s 、上半身と下半身をつなぐばねのばね係数を k_H とすると、ヒップポイントを中心に上半身の回転運動より、

$$I_H \ddot{\theta} = -F_s \ell_s \cos \theta - k_H \theta \quad \dots \textcircled{6}$$

上半身の変位 y_u と y_ℓ 下半身の変位の関係式を作る。

$$y_u = y_\ell + \ell_u \sin \theta \quad \dots \textcircled{7}$$

$$\text{よって、} \ddot{y}_u = \ddot{y}_\ell + \ell_u (\ddot{\theta} \cos \theta - \dot{\theta}^2 \sin \theta) \quad \dots \textcircled{8}$$

また、式①から⑧までを連立して人体挙動への解析を行う。

4. 考察

計算より、衝突後の 0.019s 中に、車体の変位全長の $1/2$ くらいを遂行すると分かった。それは衝突時、車体が正弦波の減速度波形で減速することを反映していると考ええる。

5. 参考文献

- 1) 大須賀竜治：「自動車の燃費動向と軽量化」自動車技術会『自動車技術』Vol.55(2001年4月号)pp.4-8.
- 2) 上西甲朗他：「自動車正面衝突における乗員力学モデルの構築」機論, P.71-704, C(2005), 1231-1237