

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：14202

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K08870

研究課題名(和文)後席自動車乗員の傷害低減に向けた効果的安全装置の研究

研究課題名(英文)Effective preventive tools for decreasing rear seat vehicle passengers' injuries

研究代表者

一杉 正仁 (Hitosugi, Masahito)

滋賀医科大学・医学部・教授

研究者番号：90328352

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：後部座席に乗車した妊婦に対する加害性を検討するために、小柄な妊婦体型の自動車衝突試験用ダミーを用いたスレッド試験を行った。ダミーをシートに着座させると、シートベルトが頸部に接触する現象が確認できた。その後、衝突速度29km/h及び48km/hの前面バリア衝突条件で試験を行った。衝突時に、シートベルトによる直接の圧迫で頸部に12.8Hpa以上の圧がかかること、頭部が左に変位し、胸部が右前に変位するという複雑な挙動が生じることがわかった。低身長でかつ腹部が突出する妊婦独特の体型の人が普通乗用車の後部座席に乗車し、肩ベルトが頸部に接触した状態は危険であるので、これを回避する対策を提案した。

研究成果の概要(英文)：To determine likely neck injuries of a short height of pregnant women sitting in the rear seat, sled tests with full frontal impact at target velocities of 29 km/h and 48 km/h using a shorter-height pregnant woman crash test dummy were performed. During frontal collision tests, the shoulder belt compressed the neck at a pressure >12.8 MPa, even during the low-velocity impact. In addition to neck flexion, right side bending and the head and chest moving in opposite directions were observed. The direct force may cause serious injuries to major vessels and nerves and the complex combination of head and neck movements may cause neck sprain. Healthcare professionals should consider providing advice to pregnant women of a shorter height about the correct seat belt path and the use of booster seats, if required. Improvements to seat belt systems for rear seats are required for passenger safety, especially for pregnant women.

研究分野：法医学

キーワード：交通事故 シートベルト 自動車後席 妊婦 安全 傷害 バイオメカニクス

## 1. 研究開始当初の背景

わが国では、2013年の交通事故死者は4373人、負傷者は781494人であり、人的かつ経済的損失の面で社会に大きな打撃を与えている。政府は2011年3月に第9次交通安全基本計画を制定し、交通事故のない社会を目指して、2015年度までに交通事故死者数を3000人以下に、交通事故死傷者数を70万人以下にする目標を掲げた。しかし、当時は目標達成が困難であり、新たな視点からのさらなる安全対策が喫緊の課題であった。第9次交通安全基本計画の中では、三本柱の一つとして「高齢者及び子どもの安全確保」が明記されている。背景には、わが国の抱える大きな社会問題の一つである少子高齢化が関与している。さて、これら、高齢者や子どもは、病院への通院、買い物、レジャーなどで自動車に乗車するが、後席に乗車する機会が多い。後席自動車乗員に対する唯一の安全装置はシートベルトである。わが国では2008年に改正道路交通法が施行され、自動車後部座席乗員におけるシートベルト着用が義務化された。そして、10%未満であった一般道路におけるシートベルト着用率は上昇したが、その割合は35.1%と未だに低い。この背景には、一般乗員における安全に対する意識不足だけではなく、シートベルトの快適性と効果に対する不安があるという。すなわち、頸部にシートベルトが接触することで不快感が生じ、むしろベルトの着用をやめる妊婦がいること、身長が低く、円背がある高齢者がシートベルトを正しく着用できず、さらに着用時に事故に遭遇して、脊椎の骨折をきたす例などもみられた。したがって、高齢者や子どもを中心とした後部座席乗員の安全性を向上させるために、後部座席におけるシートベルトの問題点を具体的に明らかにし、善後策を講じることが喫緊の課題である。

## 2. 研究の目的

- 1) 後部座席乗員がシートベルトを着用した際のベルトの通過位置について解析を行い、頸部にかかる際の乗員の身体特徴などを明らかにする。
- 2) 高齢者や妊婦の体型を前提に、シートベルト着用時に事故に遭遇した際に、人体各部位にかかる外力を、衝突試験用ダミーを用いた実験で計測する。そして、得られた値を、既存の損傷発生閾値と比較検討し、最も起こりやすい損傷を予測する。
- 3) 後部座席における傷害を予防する具体策を講じる。さらに、少子高齢化を前提に置いた新たなシートベルトの具体的な提案を行う。

## 3. 研究の方法

- 1) 妊婦における自動車後席シートベルト着用位置の調査  
妊婦や高齢者が後部座席に乗車した際に、シートベルト(肩ベルト)が頸部に接触する、あるいは腹部にかかるという現象を科学的に分析する。ボランティアを募り、後部座席着座時の姿勢とシートベルトの位置を計測し、位置関係を解析する。乗員の姿勢、シートベルトの走行部位等についての計測及び解析は、研究者らが既に確立した手法で行う(Traffic Inj Prev, 9: 77-82, 2008)。そして、得られたデータを解析し、シートベルトが正常な位置にフィットしない場合の身体特徴を具体的に明らかにする。
- 2) 自動車衝突試験用ダミーを用いた生体工学的データの取得  
前年度に得られた結果に基づいて、自動車衝突試験用ダミーを用いた実験を行う。すなわち、本研究に合致すべく、体格が小柄なダミーを試験装置に着座させ、前記のようにシートベルトが正しい位置にフィットしない条件(頸部にシートベルトが接触する条件など)で衝突を模擬した加速度を作用させ、どのような現象が起こるかを確認する。その際に、頭部、胸部及び腰部に作用する加速度と、胸部の変位量を計測する。また、シートベルトによって頸部が圧迫された場合には、その荷重を計測する。使用ダミーとして、身長154cm前後で妊娠30週の妊婦をモデルにした自動車衝突試験用ダミー(Maternal Anthropometric Measurement Apparatus, version 2B: MAMA-2B, FTSS社製)を用いる。このダミーは、身体の代表的な部位における加速度を三軸合成加速度計で測定できるほか、赤外線を用いてや左右の胸部における変位量を経時的に計測することができる。すなわち、実事故時において生体にかかる外力を、極めて正確に模擬できる。このダミーを所有しているのは、わが国で研究者のみである。
- 3) 後部座席における傷害予防策の提案  
前項までの検討で得られた、身体各部位の加速度、胸部変位量を解析し、主要損傷の発生閾値や損傷発生確率と対比させる。この損傷発生閾値や発生確率は、実事故で収集した人体損傷の内容をもとにしている。そして、予想される損傷を予防すべく、後部座席乗員への安全対策を具体的に提言する。

#### 4. 研究成果

##### 1) 妊婦における自動車後席シートベルト着用位置の調査

妊娠 30 週の妊婦を対象に、普通乗用車の左後部座席に着席し、シートベルトを着用した際の位置関係について調査した。すなわち、セダンタイプの車両 (Accord Inspire 2008) を用いて、着座位置とシートベルトの走行について生体計測を行った。ベルトが体表を走行する位置については、車両及び体表の各メルクマールからの距離で表現した。対象は妊娠 33 週から 38 週の妊婦 12 人で、平均年齢は  $32.5 \pm 2.3$  歳であった。平均身長は  $156.8 \pm 4.5$ cm (148 ~ 165cm)、平均体重は  $61.9 \pm 14.0$ kg (42 ~ 77.6kg) であった。12 人中 4 人では肩ベルトが左前頸部から側頸部に接しており、明らかに走行が右に偏位していた (図 1)。頸部にベルトが接触した群と接触しなかった群に大別して背景を調べたところ、平均年齢、平均体重、腹部の前後距離に有意差はなかった。しかし、頸部に接触した群では平均身長が有意に低かった ( $152.3 \pm 3.0$ cm vs  $159.0 \pm 3.3$ cm,  $p < 0.001$ , 図 2)。ベルトの走行を調べると、接触群では、胸骨上端からショルダベルト中心までの距離が有意に短かった ( $3.9$ cm vs  $8.0$ cm,  $p < 0.05$ , 図 3)。しかし、腰ベルトから臍までの距離には変化がなかった。すなわち、身長が低く、かつ腹部が突出する妊婦独特の体型では、肩ベルトが高い位置でかつ右寄りに走行することがわかった。



図 1

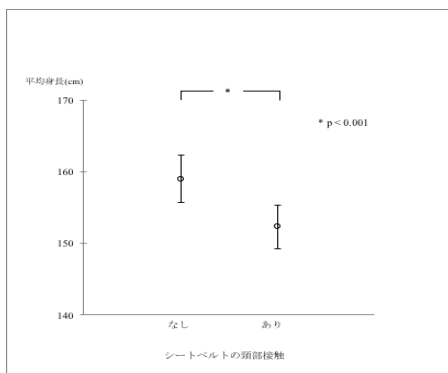


図 2

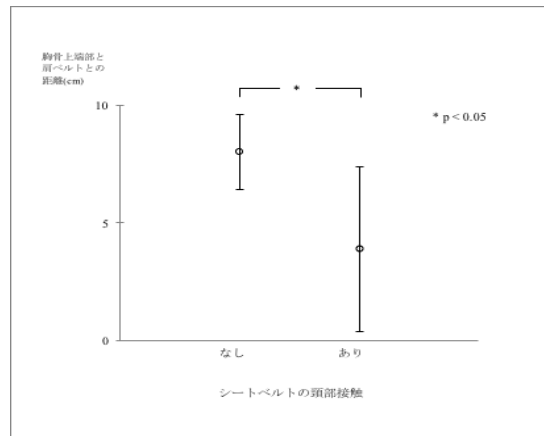


図 3

3 点式シートベルトの加害性としては、衝突時に腰ベルトが上方に偏位して腹部臓器の損傷を来す、いわゆるサブマリン現象が知られていた。しかし、今回の検討では、腰ベルトが正しい位置に装着されていても、肩ベルトの走行が偏位して頸部に接触することがわかった。このような状況に陥る可能性があるのは、身長の低い妊婦だけでなく、身長の低い肥満者や、脊椎の後彎がある高齢者なども考えられる。したがって、衝突時にどのような挙動をとり、さらにどの程度の外力が作用するかを具体的に明らかにしなければならない。乗員に対する具体的には加害性を明らかにすべく、本検討結果をもとに自動車衝突試験用ダミーを用いたスレッドテストを行った。

##### 2) 自動車衝突試験用ダミーを用いた生体工学的データの取得

自動車衝突試験用ダミーを用いたスレッドテストを行った。中型乗用車の右後部座席を模擬したシートに MAMA-2B を着座させ、プリテンショナーとフォースリミッターの機能がないシートベルトを装着した。HYGE スレッド試験機を用いて、低速 ( $29$ km/h) と高速 ( $48$ km/h) を目標速度としてスレッド試験を行い、前面衝突時の乗員挙動を再現した。まず、シートベルトの位置であるが、妊婦ダミーにおいても明らかにシートベルト (肩ベルト) の位置が上方に変位しており、シートベルトは右側頸部に接触していた。スレッド試験では、低速及び高速のいずれにおいても、右胸部を通過するはずのシートベルトが上方に偏位していることで、特に右胸部に対するシートベルトの拘束機能が不十分であった。

具体的なダミーの挙動を図 4 に示す (時速  $48$ km/h の試験で、左より、衝突後  $40$ ms,  $60$ ms,  $80$ ms,  $100$ ms の状況)。低速度では衝突後  $73.1$ ms 後に、高速度では  $65.4$ ms 後に最も前方に変位し、その距離は低速度で  $11.8$ cm、高速度で  $16.4$ cm であった。

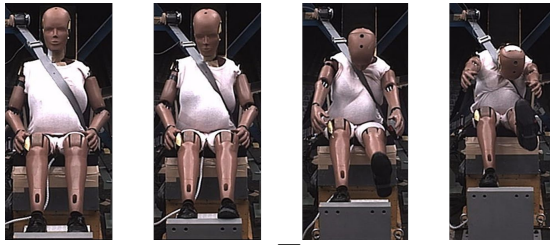


図 4

シートベルトが正規な位置で着用されている状態では、体幹が拘束されていることにより、前方への頭部加速度の影響で頭部が屈曲する。今回のようにシートベルトが頸部に接触する条件でも、低速度で  $201.6\text{m/s}^2$ 、高速度で  $339.4\text{m/s}^2$  の前方向加速度が確認された。この大きさは、国際的な自動車安全法規の許容範囲内であった。しかし、シートベルトが頸部に接触する条件では、接触したシートベルトによって右前から側頸部が圧迫され、その結果、頭部に右から左方向への加速度が発生した。その最大値は、低速度で  $27.5\text{m/s}^2$ 、高速度で  $37.6\text{m/s}^2$  であった。一方で、シートベルトが頸部にかかることから胸部の拘束が不十分となり、右胸部が前方に偏位しており、胸部と頸部が逆方向に偏位する現象もみられた。その結果、頭部に回転モーメントが発生し、その最大値は低速度で  $10.3\text{Nm}$ 、高速度で  $14.4\text{Nm}$  であった。シートベルトが頸部に直接接触する力を測定するために、ダミー頸部に圧力測定フィルム (Prescale, Fujifilm) を貼って測定した。その結果、 $12.8\text{Mpa}$  以上の圧が確認され、高速度では高圧部分の分布が広がった。以上より、後部座席においてシートベルトが頸部に接触した状態で前面衝突に遭遇すると、直接の圧迫で頸部に強力な圧がかかること、頭部が左に偏位し、胸部が右前に偏位するという複雑な挙動が生じることがわかった。これによって、頸部の血管や神経の損傷あるいは頸椎捻挫用の損傷を生じる可能性が示唆された。

### 3) 後部座席における傷害予防策の提案

自動車後部座席乗員に対する唯一の安全装置はシートベルトである。わが国の自動車安全アセスメント (JNCAP) においても後部座席シートベルト使用性評価試験などを個別評価として行っており、後部座席シートベルトがより安全に寄与できるように官民あげての工夫がされている。警察庁の調査では、後部座席シートベルト非着用時には、着用時に比べて乗員の致死率が 5.3 倍に、死亡あるいは重症損傷の発生率が 2.7 倍になる。したがって、シートベルトの有用性については疑う余地はない。現在、自動車後部座席シートベルトの着用が義務付け

られているが、低身長でかつ腹部が突出する妊婦独特の体型の人が普通乗用車の後部座席に乗り、肩ベルトが頸部に接触した状態は危険であることがわかった。このような状況を避けるためには、以下の解決策を提案する。第一に、低身長の人が乗車する際には、シートベルトが正規な位置にフィットするように、座面を上げることである。正規の位置とは、肩ベルトが鎖骨中央部、胸骨中央部を、腰ベルトが左右の上前腸骨棘にフィットすることである。具体的にはブースターシートを使用することを提案したい。現在、チャイルドシートを使用しない年齢でも、12 歳頃までは後部座席でのブースターシート使用が推奨されている。子供だけでなく、妊婦や高齢者における使用を推奨する必要もあろう。次に、自動車の後部座席に装着されているショルダールベルトアンカーの位置を変えられるようにすることを提案したい。現在、自動車に関する法規では、後部座席におけるショルダールベルトアンカーの位置を可変式にすることが義務付けられていない。したがって、後部座席に乗りする人の一部では、シートベルトが正規の位置にフィットしていないのが現状である。今後の安全対策の一つとして推奨されることを願っている。

### 5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 26 件)

1. Hitosugi M, Matsui Y. Safety of the Japanese K-Car in a Real-World Low-Severity Frontal Collision. *Traffic Inj Prevention*. 2015; 16: 90-94.
2. Hitosugi M, Hasegawa M, Yamauchi S, Morita S, Furukawa S. Main factors causing health-related vehicle collisions and incidents in Japanese taxi drivers. *Romanian Journal of Legal Medicine*. 2015; 23: 83-86.
3. Furukawa S, Morita S, Nishi K, Hitosugi M. Autopsy-based study of abdominal traffic trauma death after emergency room. *Forensic Medicine and Anatomy Research*. 2015; 3: 77-81.
4. 馬場美年子, 一杉正仁, 相磯貞和. タクローリー運転者に対する運転と体調変化に関する意識調査-体調変化に起因する事故を予防するために-. *日職災医学会誌*. 2015; 63: 120-125.
5. 馬場美年子, 一杉正仁, 相磯貞和. タクシー運転者の健康管理と体調変化に関する意識調査-健康起因事故を予防するために-. *日交通科会誌*. 2015; 15(2): 28-35.

6. 一杉正仁, 山内 忍, 長谷川桃子, 高相真鈴, 深山源太, 小関 剛. タクシー運転者における健康起因事故の予防対策についての実態調査-運転者と事業所の対応について-. 日交通科会誌. 2015; 15 (2): 50-57.
  7. 一杉正仁. ドライバーのための健康相談室, 軽自動車の安全性. 人と車. 2015; 3月号: 26-27.
  8. 一杉正仁. ドライバーのための健康相談室, 妊婦さんが安心して自動車に乗れるように. 人と車. 2015; 7月号: 26-27.
  9. Hitosugi M, Koseki T, Miyama G, Furukawa S, Morita S. Comparison of the injury severity and medical history of disease-related versus trauma-related bicyclist fatalities. *Legal Med.* 2016; 18: 58-61. doi: 10.1016/j.legalmed.2015.12.001.
  10. Matsui Y, Oikawa S, Hitosugi M. Analysis of car-to-bicycle approach patterns for developing active safety devices. *Traffic Inj Prev.* 2016; 17 (4): 434-439. doi: 10.1080/15389588.2015.1087641.
  11. Hitosugi M, Takaso M, Matsumoto A, Koseki T, Furukawa S, Mizuno K. Analysis of injuries requiring ophthalmological check-ups because of frontal vehicle collisions. *Rom J Leg Med.* 2016; 24: 261-265. DOI: 10.4323/rjlm.2016.261
  12. 武原 格, 一杉正仁, 渡邊 修, 林 泰史, 米本恭三, 安保雅博. 脳損傷者の自動車運転再開に必要な高次脳機能評価値の検討. *Jpn J Rehabil Med.* 2016; 53: 247-252.
  13. 馬場美年子, 一杉正仁, 相磯貞和. 認知症患者の自動車運転に関する法的問題. *Dementia Japan.* 2016; 30(3): 385-393.
  14. 一杉正仁. 体調変化に起因した事故の現状と予防対策. *自動車技術.* 2016; 70 (3): 18-24.
  15. 一杉正仁. 生活習慣病と自動車運転. *Prog. Med.* 2016; 36: 487-491.
  16. 一杉正仁. ドライバーのための健康相談室, 自動車死亡事故の実態と事故予防. *人と車.* 2016; 7月号: 24-25.
  17. 一杉正仁. 法医学者の知っておきたい社会医学 126, 自動車に乗る子供の安全. *BAN.* 2016; 11月号: 50-51.
  18. Takeda A, Hitosugi M, Furukawa S: Autopsy cases of motorcyclists dying of trauma or disease. *Am J Forensic Med Pashol,* 38(3): 222-225, 2017.
  19. Hitosugi M, Koseki T, Kinugasa Y, Hariya T, Maeda G, Motozawa Y: Seatbelt paths of the pregnant women sitting in the rear seat of a motor vehicle. *Chin J Traumatol,* 20(6): 343-346, 2017.
  20. Matsui Y, Oikawa S, Hitosugi M: Features of fatal injuries in older cyclists in vehicle-bicycle accidents in Japan. *Traffic Inj Prev,* 19(1): 60-65, 2018.
  21. 足助 洵, 田中克典, 井上拓也, 一杉正仁: 滋賀県における自転車死亡事故例の分析と事故予防対策. *日交通科会誌,* 16(2): 29-37, 2017.
  22. 一杉正仁: 体調起因性事故の実態と職場における予防対策. *産業医学ジャーナル,* 40(5): 14-18, 2017.
  23. 生井宏満, 一杉正仁: 脳血管障害患者に対する自動車運転再開プログラムの運用と問題点について. *日交通科会誌,* 16(2): 38-45, 2017.
  24. 一杉正仁: ドライバーのための健康相談室, 妊娠したら運転しないほうがいい?. *人と車,* 3月号, 14-15, 2017.
  25. 一杉正仁: ドライバーのための健康相談室, 後部座席のシートベルト. *人と車,* 7月号, 26-27, 2017.
  26. 一杉正仁: 法医学者の知っておきたい社会医学 135, シートベルトから考える. *BAN,* 8月号: 60-61, 2017.
- [学会発表](計 13 件)
1. Furukawa S, Morita S, Nishi K, Hitosugi M. Autopsy-based study of abdominal traffic trauma death after emergency room arrival. 17<sup>th</sup> International Conference on Emergency Medicine. *International science index.* 2015; 13: p681, London.
  2. Hitosugi M, Furukawa S, Morita S. Analysis of facial injuries requiring ophthalmological care due to frontal vehicle collisions. The 24<sup>th</sup> World International Traffic Medicine Association Congress. *Journal of Local and Global Health Science.* 2015; 5: <http://dx.doi.org/10.5339/jlghs.2015.itma.5>, Qatar.
  3. 古川智之, 森田沙斗武, 平田邦夫, 生田邦夫, 一杉正仁. 生田病院における 2014 年の死後画像診断の現状. 第 13 回オートプシー・イメージング学会学術総会. 抄録集. 2015; p29, 東京.
  4. Hitosugi M. Analysis of Autopsy Cases of Fatal Motorcyclists. The 25<sup>th</sup> World ITMA Congress. 2016; Beijing, China.
  5. 一杉正仁. 体調変化に起因した事故の実態と予防の重要性. 第 15 回交通における安全と産業衛生の研究会. 2016; 福島.
  6. 一杉正仁. 体調変化と自動車運転 - 自動車事故を予防するために -. 第 52 回日本交通科学学会学術講演会. *日本交通科学学会誌.* 2016; 16: p38, 東京.
  7. 一杉正仁. 妊婦の安全に向けて - メンタ

ルヘルスと injury prevention - . 第 45 回日本女性心身医学会学術集会. 女性心身医学. 2016; 21: p69-70, 大津.

8. Hitosugi M, Koseki T, Takaso M, Motozawa Y: Serious seatbelt injuries sustained by pregnant women sitting in rear seats: anthropometric analyses and confirmation in sled tests. IRCOBI Conference 2017, Antwerp, September 2017.
9. 一杉正仁: おなかの赤ちゃんを守るために. 第 38 回滋賀医科大学公開講座, 草津, 10 月, 2017.
10. 一杉正仁: 交通外傷のメカニズムを探る. 京滋クリティカルケア・ヤングアカデミー 2017 セミナー advanced 編, 京都, 12 月, 2017.
11. 一杉正仁: 安全な交通社会を形成するための課題. 第 2 回日本安全運転・医療研究会, 東京, 1 月, 2018.
12. 衣笠有香, 針屋共一, 前田玄太, 丹治寛雅, 一杉正仁: 低身長妊婦における前面衝突時の頭頸部挙動について. 第 53 回日本交通科学学会学術講演会, 大津, 6 月, 2017.
13. 高相真鈴, 宇野亜加里, 坂本里恵, 中田亮, 森 由香里, 中川季子, 一杉正仁: 交通事故による胸部外傷の特徴について. 第 53 回日本交通科学学会学術講演会, 大津, 6 月, 2017.

〔図書〕(計 3 件)

1. 一杉正仁: 無自覚性低血糖と自動車運転. 榊田 出編. 糖尿病に強くなる! -療養指導のエキスパートを目指して. 東京: 医学書院; 2015; p146-147 (分担).
2. 一杉正仁: 脳卒中・脳外傷者のための自動車運転 第 2 版. 東京: 三輪書店; 2016; p33-54, 76-83, 137-145 (分担)
3. 武原 格, 一杉正仁, 渡邊 修 編著. 脳卒中後の自動車運転再開の手引き, 東京, 医歯薬出版, 2017

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:

権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

1. 事故死傷者減らそう 交通科学学会 医療関係者ら講演, 平成 29 年 6 月 7 日 毎日新聞
2. シートベルト首に 小柄な妊婦は注意, 平成 29 年 9 月 10 日 毎日新聞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

一杉 正仁 (教授)  
滋賀医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 90328352