

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：14202

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K10683

研究課題名（和文）マタニティベルトによる自動車乗員傷害予防効果の医学・工学的検証

研究課題名（英文）Medical and engineering analysis for the pregnant woman vehicle passenger safety, effect of the optional restraint system for the pregnant woman.

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：一部の妊婦は、シートベルトが腹部に接触することを不快に感じ、マタニティベルトなどを用いることで腰ベルトを大腿部に接触するようにしている。その安全性を検証するために、妊婦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。その結果、マタニティベルトなどを用いてラップベルトを大腿部に接触させるよりも、従来のシートベルトを適切に使用することで乗員は最も良く拘束され、かかる加速度や胸部たわみ量が最小になることが分かった。さらに、妊婦では身長が同じ非妊婦に比べて高い骨盤加速度とベルト荷重を受けることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、女性の社会進出が進むにつれて女性ドライバーも増加しつつあるが、妊婦が自動車を運転する機会も増加する。自動車に乗車する妊婦の安全を確保していくことが急務であるが、一部の妊婦は、シートベルトが腹部に接することに不快感を覚え、シートベルトを着用しないか、マタニティベルトを装着して、ラップベルトを大腿部に接触させている。安全性と拘束性について検討した結果、現行のシートベルトを適切に使用することが最も優れていることが分かった。本検討でマタニティベルトの安全性と拘束性が科学的に明らかになり、今後の交通安全の推進に寄与すると考える。また、自動車乗車時における妊婦の安心につながり、社会的意義は高い。

研究成果の概要（英文）：Some pregnant women use extra restraint device that lap belt attaches to both thighs with fixing to the anchor point between the thighs owing to the discomfort that the lap belt contacts to the abdomen. To confirm the injury mechanisms and the safety of this method, biomechanical analyses were performed.

The most current version of the Maternal Anthropometric Measurement Apparatus dummy, version 2B was used. Sled tests were performed to reappear frontal impact with the speeds of 48 km/h in the right rear seat. Time courses of the displacement and the acceleration of the chest and pelvis, the chest deflections and the seatbelt loads during impact were measured. The values were compared to the situation that conventional seatbelt was used correctly.

With correct conventional seatbelt use, most effective restraint was obtained. Based on these results, we healthcare professionals have to promote the education of correct use of conventional seatbelt for pregnant women.

研究分野：社会医学、予防医学、法医学

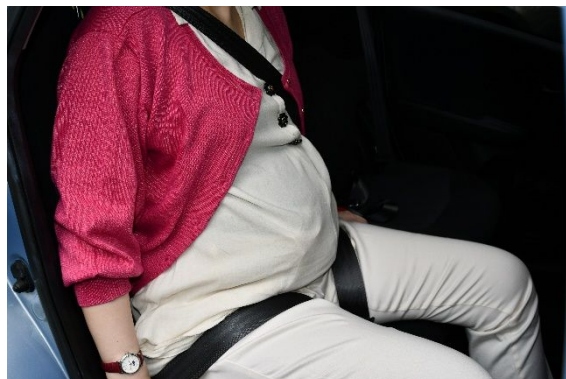
キーワード：妊婦 自動車乗員 シートベルト 安全 マタニティベルト 交通事故 腹部損傷

## 1. 研究開始当初の背景

世界では、毎年約 125 万人が交通事故で死亡し、約 5000 万人が負傷している。そして、2030 年には交通外傷が世界の死因順位の第 3 位になると予測されている。2004 年に世界保健機構 (WHO) は、「道路交通傷害は重大であるにもかかわらず、なおざりにされてきた公衆衛生の問題であり、効果的かつ持続可能な防止策に向けての共同の努力が必要である」と指摘した。したがって、交通外傷の特徴を把握し、その予防対策を講じることは世界的に共通の課題である。法医実務においても交通事故における死因や損傷発生機序を明らかにすることが求められる。特に近年の自動車安全装置の進歩によって損傷形態も変化しつつあり、特に乗員の損傷においてはシートベルト着用の有無、着用していた際には適切な位置を走行していたか、プリテンショナーやフォースリミッターが作動していたかなどの判断も求められる。

近年、女性の社会進出が進むにつれて女性ドライバーも増加しつつあり、2017 年に女性の運転免許保有者数は 3712 万人となった。わが国では女性の社会進出を推進しており、特に内閣府男女共同参画局は女性の参画が少ない分野での就業支援を進めている。これを受けて国土交通省では、「女性活躍加速のための重点方針 2016」を掲げ、自動車運送事業における女性の新規就労・活躍を促進すべきとの方針を決めた。そして、タクシーにおける女性ドライバーの新規就労・定着に取り組む事業者を認定し、認定事業者を国土交通省のホームページで紹介した。また、トラック運送業界で働く女性活躍推進法に向けて、「トラガール促進プロジェクト」を実施し、女性が働きやすい職場環境の整備や就業継続に向けた企業等関係者への PR などを実施した。さらに、バス事業における女性の新規就労・活躍促進モデル事業も実施された。

さて、このように女性ドライバーが増えると、妊婦が自動車を運転する機会も増加する。妊婦を対象にした申請者らの調査によると、9 割以上の女性が妊娠後も運転を続けている [川戸、一杉ほか、日交通科協会誌、2009]。その目的として、買い物、仕事、通院などが多かった [一杉ほか、日職災医誌、2011]。内閣府の少子化社会対策白書においても、結婚、妊娠などの各段階で切れ目のない支援体制の構築を行うべきことが記されている。したがって、妊娠しても自動車の運転を続けながら社会活動を継続することが求められる。妊娠中であっても安全が確保されることは、女性ドライバーの安心につながる。近年に札幌で行われた調査では 2.9% の妊婦が妊娠中に自動車事故に遭遇していた [Morikawa, et al, J Obstet Gynaecol Res, 2016]。したがって、自動車に乗車する妊婦の安全を確保していくことが急務である。自動車乗員の安全を確保するために、3 点式シートベルトはその有用性が科学的に認められており、正しい着用により交通事故時の損傷重症度や死亡率低下が期待できる。しかし、正しいシートベルトの着用法について理解している妊婦は、妊娠初期で 34.2%、妊娠後期では 53.3% に過ぎなかった [川戸、一杉ほか、日交通科協会誌、2009]。その結果、不適切な方法でシートベルトを着用している、着用していてもシートベルトが正しい位置を走行していないなどの例が多く確認された [Hitosugi, et al, Chi J Traumatol, 2017]。一部の妊婦は、シートベルトが腹部に接することに不快感を覚え、シートベルトを着用しないか、着用していてもラップベルトを腹部と接触しないようにしている。特に、ラップベルトにマタニティベルトと呼ばれる付属品を装着して、左右下肢の間でベルトを座席と接続させることで、ラップベルトを大腿部に接触させている妊婦がみられる (図)。このように、多くの妊婦がマタニティベルトを使用しているようであるが、その有効性は疑問である。女性の社会進出の一環として自動車に乗車する機会が多いが、妊娠時にシームレスな安全性が確保されるべきであり、したがって、これらマタニティベルトの安全性と有効性を検証することは喫緊の課題である。本研究では、妊婦の自動車乗員におけるシートベルト使用実態を明らかにしたうえで、マタニティベルトの安全性を科学的検証する。そして、妊婦自動車乗員の安全確保に向けた課題を明らかにするとともに、具体的解決策を提案する。



図

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、3点式シートベルトを正しく使用せず、マタニティシートベルトを使用している妊婦において、その安全性を科学的に検証するとともに、妊婦自動車乗員に対する望ましい安全対策を提案することである。すなわち、妊婦が3点式シートベルトを適切に使用していない実態を明らかにする、マタニティベルト使用の安全性を客観的に評価する、妊婦自動車乗員に対してより安全な拘束装置を提案する、妊婦自動車乗員の損傷予防対策についての課題を明らかにする、ことである。

## 3. 研究の方法

- (1) 妊婦自動車乗員におけるシートベルト着用方法と快適性に関する調査  
滋賀県内の産婦人科医療施設において、妊婦を対象にシートベルト着用状況と快適性に関する実態調査を行った。すなわち、滋賀県内の妊婦 1000 人を対象とし、シートベルト着用方法やシートベルト着用に伴う快適性に関する調査を行った。なお、本検討においては滋賀医科大学の倫理審査委員会の許諾を得て行った。
- (2) マタニティベルト使用に関する安全性の検証  
衝突試験用ダミーを用いたスレッド試験を行い、前面衝突を模擬した。スレッド試験は Joyson Safety Systems Japan 株式会社にある HYGE スレッドシステムを借用し、自動車衝突試験における国際的な法規と同様の条件で行った。すなわち、後部座席を模擬した治具に衝突試験用ダミーを乗車させ、衝突速度 48km/h の条件で再現した。その際、衝突時の頭部、胸部、腰部の変位量、ダミー各部にかかる加速度を計測した。なお、使用するダミーは妊娠 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, AF05 ver., FTSS 社製) である。このダミーは一般的な小柄女性を模擬したダミー (Hybrid III, AF05 ver) を改良し、腹部に子宮を模擬した球体を装着したものである。なお、試験の対照として、非妊婦ダミーである同身長の Hybrid III, AF05 ver. によるスレッド試験も実施した。拘束条件としては、通常のシートベルトを適切に使用する、腹部とラップベルトの間にスポンジを挿入し、腹部とラップベルトとの直接の接触を避ける、マタニティベルトを使用しラップベルトが大腿部に接触する、の 3 パターンとした。
- (3) より安全な乗員拘束装置の提案  
前席自動車乗員では、シートベルトにプリテンショナーやフォースリミッターなどのシステムが搭載されており、衝突時の乗員拘束をより強くするとともに、胸部に過剰な負荷がかからるようにしている。後部座席乗員に対してこれらのシステムを作動させたうえで、スレッド試験を行った。試験条件は前項と同様である。なお、システム作動条件として、プリテンショナーとフォースリミッターのいずれも作動しない、プリテンショナーのみ作動、フォースリミッターのみ作動、プリテンショナーとフォースリミッターのいずれも作動、の 4 パターンとした。なお、今回は各条件とも 3 回ずつスレッド試験を実施した。
- (4) 全米交通事故データベースを用いた妊婦と非妊婦における損傷重症度の比較  
前記のスレッド試験を行う過程で、妊婦ダミーを用いる前に、身長が同じ女性ダミー (Hybrid III, AF05 ver.) を用いて同様試験を行った。いずれのダミーも挙動に大差はなかったが、妊婦ダミーの方が高い骨盤加速度とシートベルト荷重を受けた。そこで、妊婦と非妊婦間の損傷重症度を検証すべく、全米交通事故データベース (National Automotive Sampling System: NASS-CDS) を用いて、妊婦と妊娠可能年齢にある非妊娠女性間で損傷重症度を比較した。

## 4. 研究成果

- (1) 妊婦自動車乗員におけるシートベルト着用方法と快適性に関する調査  
774 人から回答を得た。自動車を運転する妊婦 670 人のうち 97.7% は常にシートベルトを着用していた。着用していた妊婦の中で、正しい着用法を実践していたのが 86.9% であった。誤った方法で着用していた 13.1% のなかで、ラップベルトが突出した腹部を横断していた人が最も多く、ラップベルトが大腿部にかかっている人が続いた。シートベルトを大腿部にかけている人は、腹部にかかることに対する不快感を訴えていた [Hanahara K, Hitosugi M, et al, Sci Rep, 2020]。
- (2) マタニティベルト使用に関する安全性の検証  
まず、シートベルトを適切に着用した場合、胸部最大加速度は  $639.4\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で 28.5mm、右で 8.4mm、骨盤最大加速度は  $323.0\text{m/s}^2$  であった。次に、腹部とラップベルトの間に

スポンジを挟んだ際には、胸部最大加速度は  $825.8\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で  $26.1\text{mm}$ 、右で  $7.8\text{mm}$ 、骨盤最大加速度は  $388.1\text{m/s}^2$  であり、シートベルトを適切に使用した際に比べて明らかに大きな加速度を受けていた。そして、マタニティベルトを使用した際には胸部最大加速度は  $773.9\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で  $28.5\text{mm}$ 、右で  $10.0\text{mm}$ 、骨盤最大加速度は  $396.8\text{m/s}^2$  であった。通常のベルト使用時と胸部変位量はほとんど変わらなかったが、より高い加速度を受けていた。したがって、マタニティベルトなどを用いてラップベルトを大腿部などに接触させるよりも、従来のシートベルトを適切に使用することで乗員は最も良く拘束され、かかる加速度や胸部たわみ量が最小になることが分かった。

### (3) より安全な乗員拘束装置の提案

それぞれの条件において得られた物理パラメーターについて3回の平均値を算出した。まず、シートベルトを適切に着用した場合、胸部最大加速度は  $666.2\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で  $26.9\text{mm}$ 、右で  $8.5\text{mm}$ 、骨盤最大加速度は  $320.4\text{m/s}^2$ 、ラップベルト荷重は  $11.1\text{N}$  であった。次に、プリテンショナーのみ作動させた条件では、胸部最大加速度は  $470.4\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で  $25.6\text{mm}$ 、右で  $9.0\text{mm}$ 、骨盤最大加速度は  $221.6\text{m/s}^2$ 、ラップベルト荷重は  $8.1\text{N}$  であり、フォースリミッターのみ作動させた場合には、胸部最大加速度は  $357.2\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で  $21.9\text{mm}$ 、右で  $6.9\text{mm}$ 、骨盤最大加速度は  $304.4\text{m/s}^2$ 、ラップベルト荷重は  $9.2\text{N}$  であった。そして、プリテンショナーとフォースリミッターのいずれも作動させた際には、胸部最大加速度は  $284.4\text{m/s}^2$ 、胸部変位量は左で  $19.8\text{mm}$ 、右で  $6.8\text{mm}$ 、骨盤最大加速度は  $221.8\text{m/s}^2$  であった。したがって、プリテンショナーとフォースリミッターのいずれも作動させた場合には、後部座席乗員にかかる加速度及び胸部たわみ量のいずれも最小値になることが分かった。

### (4) 全米交通事故データベースを用いた妊婦と非妊婦における損傷重症度の比較

2001年～2015年にNASS-CDSに登録された事故例の中で、自動車乗員妊婦736人と15～50歳の非妊娠女性21874人を対象とした。妊婦は非妊婦に比べて死亡率が有意に低く（ $1.9\%$ 、vs、 $3.8\%$ ）、外傷の重症度であるAIS値の最大値も有意に低かった。AIS2以上の中等症及び重症の損傷を負う割合を10に区分した身体部位でそれぞれ比較した。その結果、腹部のみ非妊婦に比べて妊婦で割合が高く（ $5.8\%$ 、vs、 $5.2\%$ ）、その他の9部位では妊婦に比べて非妊婦で高かった。なお、統計学的有意差があったのは胸部のみであった（妊婦  $4.3\%$ 、非妊婦  $8.9\%$ ）[Koh S, Hitosugi M, et al, Healthcare, 2021]。

妊婦自動車乗員の安全性について検討した結果、現行のシートベルトを適切に使用することが最も安全であることが分かった。マタニティベルトの安全性については、現行のシートベルトより劣る結果である。したがって、妊婦に対しては、現行のシートベルトを正しく着用する指導が必要である。後部座席に乗車する妊婦への安全性をさらに高めるために、前面衝突時にシートベルトプリテンショナーとフォースリミッター装置を作動させることが効果的と考えられた。妊婦ダミーでは身長が同様の非妊婦ダミーよりも高い加速度とシートベルト荷重を受けた。そして、全米交通事故データベースによる解析でも、腹部でのみ中等症及び重症損傷発生率が非妊婦に比べて妊婦で高かった。

今後は、妊婦に対して、正しいシートベルトの着用方法を啓発するとともに、マタニティベルトなどについては十分な拘束が得られない恐れがあることを科学的に発信していきたい。また、妊婦と非妊婦において腹部損傷発生機序を比較検討し、妊娠後期では腹部が突出することで損傷を負いやすいか否かについて科学的に検証していきたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Ishii Wataru, Hitosugi Masahito, Takeda Arisa, Baba Mineko, Iizuka Ryoji	4. 巻 10
2. 論文標題 Factors influencing vehicle passenger fatality have changed over 10 years: a nationwide hospital-based study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3316 ~ 3316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-60222-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hanahara Kyoko, Hitosugi Masahito, Tateoka Yumiko	4. 巻 10
2. 論文標題 Education for appropriate seatbelt use required for early-phase pregnant women drivers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 17609 ~ 17609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-74730-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Takeda Arisa, Motozawa Yasuki, Takaso Marin, Nakamura Mami, Hattori Shinobu, Hitosugi Masahito	4. 巻 9
2. 論文標題 Mechanisms of Negative Fetal Outcome in Frontal Vehicle Collisions Involving Unbelted Pregnant Drivers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Healthcare	6. 最初と最後の頁 25 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/healthcare9010025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 石井 亘, 飯塚亮二, 一杉正仁	4. 巻 19(2)
2. 論文標題 シートベルトによる体幹部損傷の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日交通科会誌	6. 最初と最後の頁 35 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一杉正仁	4. 巻 2(2)
2. 論文標題 車社会と妊婦の安全 - 助産師に求める保健指導 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本助産診断実践学会誌	6. 最初と最後の頁 51 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 花原 恭子、立岡 弓子、一杉 正仁	4. 巻 18
2. 論文標題 妊婦のシートベルト着用方法の実態調査	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本交通科学学会誌	6. 最初と最後の頁 13 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24597/jcts.18.2_13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hitosugi M, Takeda A, Hiraizumi S, Moriguchi S	4. 巻 27
2. 論文標題 Liver tissue embolism in the portal vein	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Romanian Journal of Legal Medicine	6. 最初と最後の頁 119 ~ 121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4323/rjlm.2019.119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川 里沙子、一杉 正仁、高相 真鈴、宇野 亜加里	4. 巻 67
2. 論文標題 運転中の頭蓋内出血病変により事故に至った 3 症例 事故予防対策の推進に向けて	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本職業・災害医学会会誌	6. 最初と最後の頁 256-260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹田 有沙, 別府 賢, 高相 真鈴, 中村 磨美, 一杉正仁
2. 発表標題 正面衝突時におけるシートベルト非着用妊婦自動車運転者の挙動解析
3. 学会等名 第104次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中克典, 高橋健太郎, 一杉正仁
2. 発表標題 コンピュータシミュレーションを用いた交通事故時の妊婦運転者の腹部挙動の可視化
3. 学会等名 日本医学写真学会2020年年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 一杉正仁
2. 発表標題 拘束装置と胸腹部損傷
3. 学会等名 第56回日本交通科学学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花原恭子, 立岡弓子, 一杉正仁
2. 発表標題 妊婦の自動車事故またはヒヤリハットの背景要因について
3. 学会等名 第56回日本交通科学学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 一杉 正仁
2. 発表標題 車社会と妊婦の安全－助産師に求める保健指導－
3. 学会等名 第2回日本助産診断実践学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野 幸治、波多野 亘、吉田 良一、一杉 正仁
2. 発表標題 ラップベルトと上前腸骨棘の位置関係に関する研究
3. 学会等名 自動車技術会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 立岡 弓子	4. 発行年 2020年
2. 出版社 サイオ出版	5. 総ページ数 336
3. 書名 周産期ケアマニュアル 第3版	

1. 著者名 一杉 正仁、西山 慶	4. 発行年 2020年
2. 出版社 名古屋大学出版会	5. 総ページ数 268
3. 書名 交通外傷	

〔産業財産権〕

〔その他〕



6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------