タイトル（Title）

実事故データに基づくシートベルト・プリテンショナー有効性の検証

Evaluation of Seatbelt Pretensioner Effectiveness Using Real-World Crash Data

著者（Authors）

吉井 勝司

Email: Katsushi.y.1995@gmail.com

所属（Affiliation）

フリーランス

概要（Abstract）

シートベルト（SB）は、実事故データにおいて明確な傷害低減効果を有することが知られている。その追加的な安全性向上を目的として、プリテンショナー（PT）付きシートベルトの実装が広く進められてきた。

本研究では、米国 Crash Investigation Sampling System（CISS）2017–2022 年データを用い、実事故における PT の有効性を検証した。約 41,000 件の事故データのうち、SB 着用状態が判別可能な約 30,000 件を対象とし、車両損壊度別および座席別（主として前左席）に、平均 Maximum Abbreviated Injury Scale（MAIS）および部位別平均 AIS を比較した。その結果、SB 着用の有無による傷害指標の差は明確に観測された一方、SB 着用条件下における PT の作動有無や装備有無による一貫した傷害低減効果は確認されなかった。これらの結果は、NCAP 等の評価試験で示される PT 効果と、実事故条件との間に乖離が存在する可能性を示唆している。

キーワード（Keywords）

シートベルト，プリテンショナー，実事故データ，CISS，傷害重症度，MAIS

Abstract

Seatbelts have been shown to provide a clear injury reduction effect in real-world traffic

accidents.Pretensioners were introduced as an additional function to further enhance seatbelt effectiveness.
In this study, the effectiveness of seatbelt pretensioners was evaluated using real-world crash data from the Crash Investigation Sampling System (CISS) for the years 2017–2022 in the United States. Approximately 30,000 cases with identifiable seatbelt usage were analyzed out of about 41,000 investigated crashes. Mean Maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS) and body-region-specific AIS were compared by vehicle damage severity and seating position, with the primary focus on the front-left seating position.
While a clear difference in injury severity was observed between belted and unbelted occupants, no consistent injury reduction associated with pretensioner activation or installation was observed under belted conditions.
These findings suggest a potential discrepancy between the pretensioner effectiveness demonstrated in controlled assessment programs such as NCAP and that observed in real-world crashes, possibly due to variations in occupant posture, restraint usage, and crash conditions.

Keywords：
Seatbelt, Pretensioner, Real-world crash data, CISS, Injury severity, MAIS

---

1. はじめに（Introduction）

自動車事故における乗員保護の基本要素として、三点式シートベルトは長年にわたり重大な役割を果たしてきた。実事故データにおいても、シートベルト着用は傷害重症度を大きく低減することが一貫して示されている。

その後、さらなる安全性向上を目的として、衝突初期にベルトのたるみを除去するプリテンショナー（PT）が導入され、現在では前席を中心に標準的な装備となっている。NCAP などの評価試験では、PT の追加による傷害指標の改善が示されてきた一方で、実事故における有効性については、体系的な検証が十分とは言えない。

本研究の目的は、実事故データを用いて PT の追加効果が統計的に観測されるかを検証することである。特定の因果モデルや最適化を目的とせず、実使用環境において PT 効果が「見える形で現れているか」を明らかにすることを主眼とする。

---

2. データおよび解析手法（Data and Methods）

2.1 データ概要

解析には、米国国道交通安全局（NHTSA）が収集する Crash Investigation Sampling System（CISS）2017–2022 年データを用いた。対象事故件数は約 41,000 件であり、このうちシートベルト着用状態が判別可能な約 30,000 件を解析対象とした。

Figure 1 は、本研究で用いた解析対象におけるシートベルト着用率を示す。解析対象の約92%がシートベルト着用であり、実使用環境を反映した母集団であることが分かる。

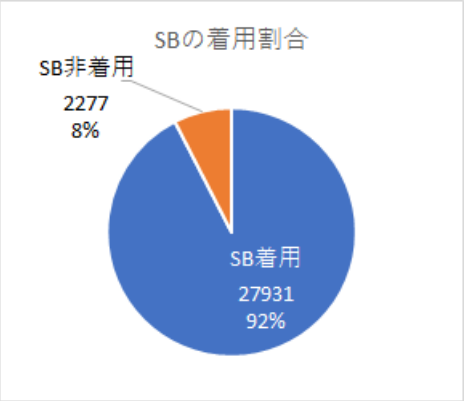


Figure 1

2.2 解析対象と層別

解析は SB 着用条件を中心に行い、以下の層別を適用した。

- 座席位置：前左席、前右席、その他席
- 車両損壊度：カテゴリ 1–3
- PT 状態：未装備、非作動、作動

データ数および統計的安定性の観点から、主たる考察は前左席を中心に行った。

Figure 2 は、車両損壊度別にシートベルト着用群と非着用群の平均 MAIS を比較した結果を示す。すべての損壊度において、シートベルト着用群の平均 MAIS は一貫して低く、実事故データにおいてもシートベルトの傷害低減効果が明確に観測される。

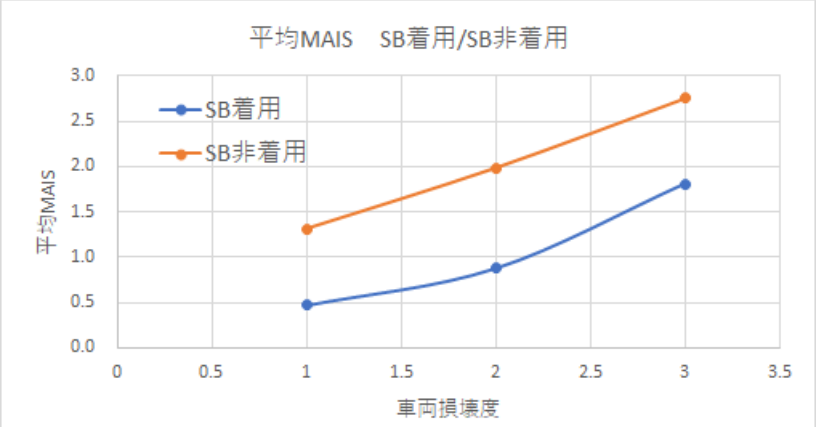


Figure 2

2.3 評価指標

傷害評価指標として、以下を用いた。

- 平均 Maximum AIS（MAIS）
- 部位別平均 AIS（頭部、胸部、腹部、脊椎、上下肢等）

本研究では回帰モデルや仮説検定を主目的とせず、層別平均値の比較と可視化により、効果の有無を評価した。

---

3. 結果（Results）

3.1 シートベルト着用効果

SB 着用の有無を比較した結果、すべての車両損壊度カテゴリにおいて、SB 着用群は非着用群に比べて平均 MAIS が一貫して低く、SB の一次的な傷害低減効果が明確に確認された。

3.2 PT 状態と平均 MAIS

SB 着用条件下において、PT 未装備、非作動、作動の各群を比較した結果、車両損壊度別に見ても平均 MAIS に一貫した優位差は認められなかった。損壊度が高くなるにつれて各群の平均値は上昇するが、PT 状態による順位付けは一定せず、差は限定的であった。

Figure 3 は、シートベルト着用条件下において、プリテンショナーの装備および作動状態別に平均 MAIS を比較した結果を示す。車両損壊度別に見ても、プリテンショナー作動に伴う一貫した平均 MAIS の低下は観測されず、群間の差は限定的である。

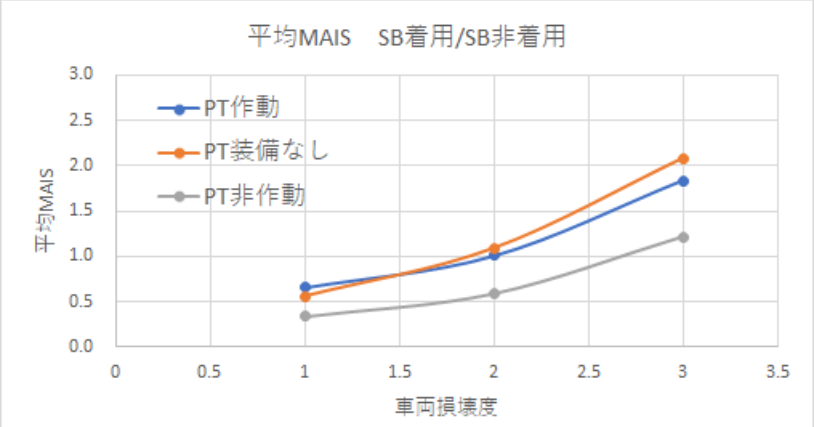
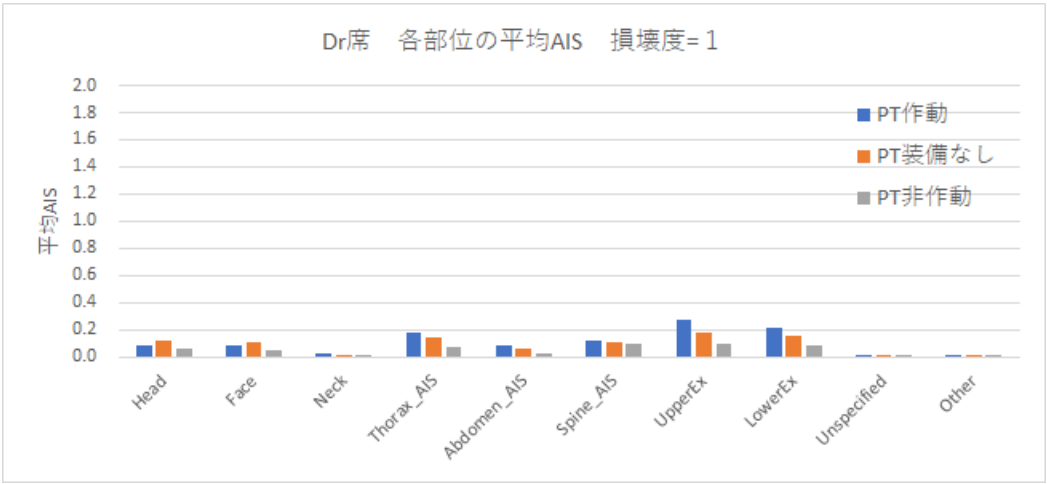


Figure 3

3.3 部位別平均 AIS

前左席における部位別平均 AIS を車両損壊度別に比較した結果、頭部、胸部、腹部、上下肢いずれの部位においても、PT 作動の有無による明確で一貫した傷害低減傾向は確認されなかった。

Figure 4 は、前左席における部位別平均 AIS を車両損壊度別に示したものである。頭部、胸部、腹部、上下肢のいずれの部位においても、プリテンショナー作動の有無による明確で一貫した傷害低減傾向は確認されなかった。



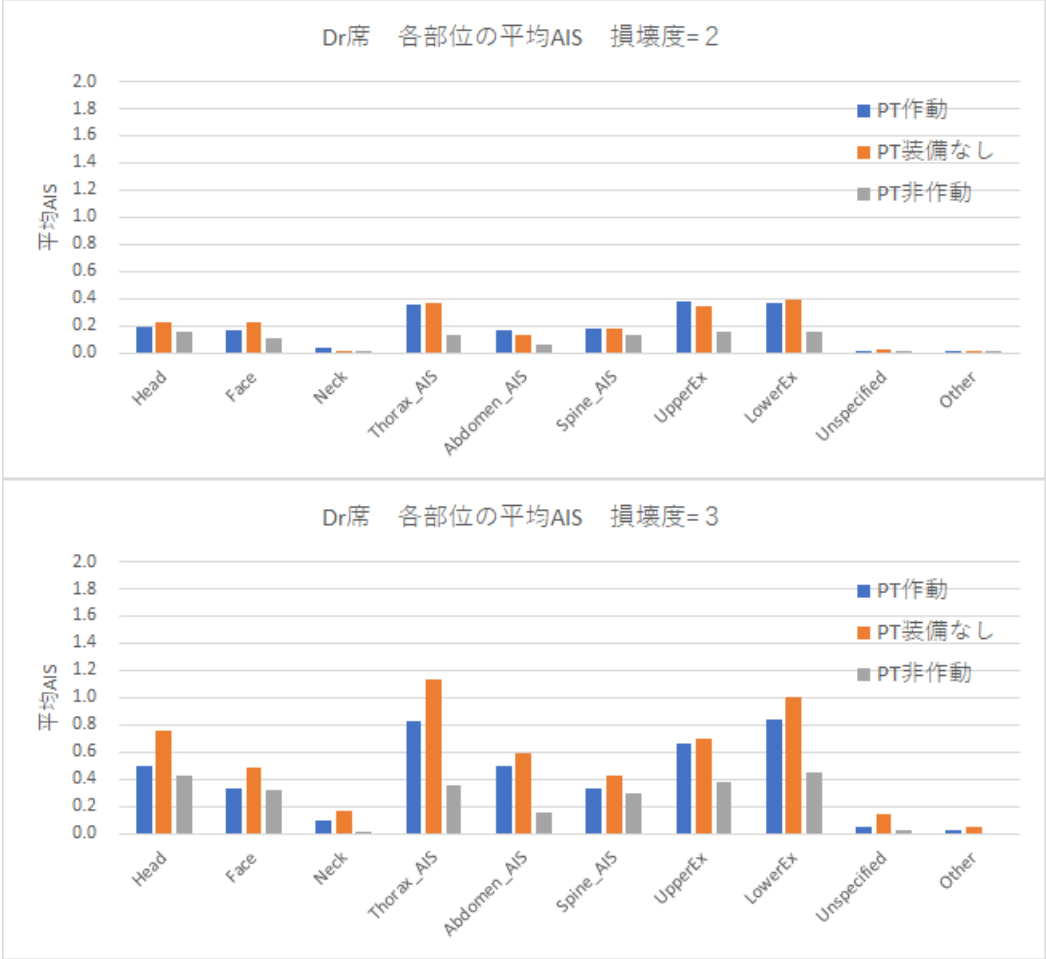


Figure 4

4. 考察（Discussion）

本研究では、SB の一次効果が実事故データ上で明確に観測される一方、PT の追加効果は同様の解析手法では確認されなかった。この結果は、NCAP 等の評価試験で示される PT 効果と、実事故環境との間に乖離が存在する可能性を示唆している。

実事故では、乗員姿勢のばらつき、服装による摩擦条件の違い、ベルト装着状態の多様性、多方向衝突や回転などの複雑な事象が重なり、PT が設計通りに機能する前提条件が必ずしも満たされない可能性がある。こうした現実条件下では、PT の効果が局所的・条件依存的となり、統計的平均値としては観測されにくいと考えられる。

5. 限界（Limitations）

本研究にはいくつかの限界がある。PT 装備車と非装備車は同一条件ではなく、すべての交

絡因子を排除できていない。また、解析は主として前左席に集中しており、他座席については参考的な位置付けに留まる。さらに、有意差検定や回帰分析を目的としていないため、効果量の厳密な推定は行っていない。

---

6. 結論（Conclusion）

実事故データに基づく解析により、シートベルトの着用は明確な傷害低減効果を示すことが再確認された。一方で、シートベルト着用条件下におけるプリテンショナーの追加効果は、統計的に一貫した形では観測されなかった。

本研究の結果は、PT を前提とした拘束設計の有効性を否定するものではないが、実使用環境における効果の観測可能性という観点から、拘束系設計のあり方を再考する余地があることを示唆している。

■ 参考文献（References）

[1] National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Crash Investigation Sampling System. NHTSA. [オンライン]. 2025 [参照 2025 年 2 月 15 日]. Available from: https://www.nhtsa.gov/crash-data-systems/crash-investigation-sampling-system

[2] 吉井勝司. 自動車事故における負傷・死亡リスクの新指標: 既往歴と外傷以外の影響. Jxiv, 2025. https://jxiv.jst.go.jp/index.php/jxiv/preprint/view/1119

[3] 吉井勝司. 交通事故の“隠れたリスク構造”：外傷見取り図から考える次世代安全対策. Jxiv, 2025. https://jxiv.jst.go.jp/index.php/jxiv/preprint/view/1407