

表紙

【タイトル / Title】

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

“Hidden Risk Structures” in Traffic Accidents: Exploring Next-Generation Safety Strategies through Injury Risk Mapping

【著者 / Authors】

吉井 勝司 / Katsushi Yoshii

【所属 / Affiliation】

フリーランス / Freelance

【責任著者 / Corresponding Author】

吉井 勝司 / Katsushi Yoshii

Email: katushi.y.1995@gmail.com

【投稿日 / Submission Date】

2025/07/24

タイトル (Title)

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

“Hidden Risk Structures” in Traffic Accidents: Exploring Next-Generation Safety Strategies through Injury Risk Mapping

著者 (Authors)

吉井 勝司

所属 (Affiliation)

フリーランス

要旨 (Abstract)

本研究では、交通事故における外傷リスクの「見取り図」を作成し、交通安全対策の新たな視点を提案した。従来の安全対策は、衝突速度や衝突方向といった「シナリオ」を基盤に進められてきたが、近年、年齢などの「個人因子」や既往歴が、頭部や胸部など身体各部位の外傷リスクに大きく影響することが示唆されつつある。

本研究は、25 の説明変数（車両損壊度、事故状況因子、デバイス、個人因子、既往歴）と 14 の外傷リスク指標を用いたリスク推定モデルと人工 DOE（Design of Experiments）による解析により、リスクの全体像を可視化し、従来の安全対策が見落としてきたリスク領域の存在とその特定要因を明確化した。

その結果、部位別に支配的な因子が異なること、個人因子や既往歴が特定部位において顕著な影響を与えること、そして既存のシナリオ枠組みでは捉えきれないリスク領域が存在することが明らかになった。

これらの成果は、今後の安全対策において「次の優先課題は何か」「どの部位・どの個人因子に配慮すべきか」を考える出発点になることが期待される。

キーワード (Keywords)

交通事故、 外傷リスクの見取り図、 個人因子、 既往歴、 次世代安全対策

Abstract

In this study, we created an “injury risk mapping” for traffic accidents and proposed a new

perspective for traffic safety strategies. While conventional safety measures have primarily focused on “scenarios” such as collision speed and collision direction, recent findings suggest that “individual factors” such as age and medical history significantly influence injury risks in various body regions, including the head and thorax.

Using a risk prediction model incorporating 25 explanatory variables (vehicle damage level, accident situation factors, safety devices, individual factors, and medical history) and 14 injury risk indicators, combined with an artificial DOE (Design of Experiments) approach, we visualized the overall structure of injury risk and clarified both the overlooked risk areas in conventional safety measures and their specific contributing factors.

The results revealed that the dominant risk factors vary by injury region, that individual factors and medical history have a pronounced impact on specific body regions, and that certain risk areas remain undetected within existing scenario frameworks.

These findings are expected to serve as a starting point for future safety strategies, helping to identify “the next priority areas” and “which body regions and individual factors should be considered more carefully.”

Keywords

Traffic accidents, Injury mapping, Individual factors, Medical history, Next-generation safety measures

1. はじめに (Introduction)

交通事故による死傷者は、過去数十年にわたる安全対策の進展により大幅に減少してきた。しかし、事故件数の減少に伴い、残存する事故はより特異な条件（例：高齢者、夜間、複雑な交差点など）下で発生し、死傷者の背景や負傷部位も多様化していることが示唆されている。これまでの交通安全対策は、特定の「シナリオ」（例：正面衝突、側面衝突など）に基づく規制や評価方法が中心であり、車両の損壊度、衝突方向、速度域、安全デバイス装着有無といった事故の状況因子への対策が主軸であった。

一方で、著者の先行研究【1】を含む近年の分析からは、事故時のリスクには「乗員は誰か」すなわち乗員の年齢や体格などの個人因子や既往歴が、負傷発生確率や重傷化に大きく影響することが示唆されている。これにより、従来のシナリオベース安全対策ではカバーしきれないリスク領域の存在が明らかになりつつある。

本研究では、従来の状況因子ベースの視点に加え、個人因子や既往歴および受傷部位特性に着目し、交通事故時のリスク全体像、すなわち「リスクの見取り図」の構築を目的とする。特に次の問いに対して回答することを目指す。

- 事故リスクの主要決定因子は何か？（損壊度・事故状況因子・デバイス・個人因子、既往歴）
- 受傷部位別のリスクは、どの要因の影響を強く受けるのか？
- 現行の安全対策が見落としとしているリスク領域は存在するのか？

これにより、従来型の「シナリオ最適化」だけではなく、「リスクの構造的理解」から安全対策の優先順位付けを見直すことを目指す。

なお本研究では、著者の先行研究【3～5】を基盤とし、交通事故リスクの全体像をより包括的に可視化する。

2. 目的 (Objectives)

本研究の目的は、交通事故における「リスクの見取り図」を構築し、安全対策における盲点や優先順位を明確化することである。従来の交通安全対策は、事故の「シナリオ」を起点とし、車両損壊度や衝突方向、デバイス装着有無といった状況因子を中心に議論されてきた。しかし近年の分析からは、年齢や体格といった個人因子や既往歴、さらには受傷部位ごとの特異的リスクが、無視できない影響を持つことが示唆されている。

本研究では、車両損壊度、事故状況因子（モデルイヤー、衝突角度など）、デバイス（シートベルト（SB）、エアバッグ（AB）、座席位置など）、個人因子（年齢、身長、体重など）、既往歴からなる 25 の説明変数と、14 の外傷リスク指標を目的変数とした多層補集合モデルを構築し、人工的に設計された直交実験計画（DOE）を用いることで、条件の組合せを効率的かつ網羅的に評価し、リスクの全体構造を可視化する。

特に次の 3 点を明らかにすることを目的とする：

1. 各説明変数が、どの受傷部位の傷害リスクに強く寄与するかを明確にすること
2. 単独の説明変数では捉えきれない交互作用や未知要因の影響が、どの程度残るかを示すこと
3. 個人因子や受傷部位特性に注目し、今後の安全対策における重点領域を特定すること

3. データと方法 (Data and Methods)

本研究は、著者の先行研究【3～5】で構築したリスク推定モデルを基盤とし、これを拡張する形でリスクの全体像（見取り図）を可視化したものである。

3.1 対象データと説明変数・目的変数の設定

本研究では、2017 年から 2022 年の 6 年間にわたる CISS (Crash Injury Surveillance System) データ【1】を用いた。CISS は、米国内で発生した交通事故の中から代表性のあるサンプルを層別抽出し、現場調査および医療記録をもとに作成された高信頼性の事故データベースである。対象は、主要な外傷指標 (MAIS、ISS、部位別 AIS 等)【2】と 25 項目の説明変数に欠損がない、9872 名の事故データとした。

説明変数は、車両損壊度、事故状況因子、デバイス、個人因子、既往歴の 5 カテゴリーに分類し、計 25 項目を設定した。各カテゴリーの変数は以下の通りである。

- 車両損壊度 : Damage_Level
- 事故状況因子 : MODEL_YR (モデルイヤー)、Collision_Type (衝突の種類)、Event_Type (衝突回数)、Direction_1st (主衝突方向)
- デバイス : SB (シートベルト着用)、AB (エアバッグ作動)、Device (デバイスの組合せ状態)、Seat (座席位置)、Seat_Slide (座席前後位置)
- 個人因子 : Age (年齢)、Height (身長)、Weight (体重)、BMI (体格指数)、Gender (性別)
- 既往歴 :
 - Medical_History (既往歴の有無)
 - Number_of_Medical_History (既往歴の件数)
 - 8 項目の併存疾患 (MH_IMPAIRED_COAG : 血液凝固障害、MH_PREGNANT : 妊娠、MH_IMPLANT_FUS : 骨固定・関節置換、MH_CARDIO_COND : 心血管疾患、MH_OSTEO_COND : 骨粗鬆症、MH_SPINE_DEGEN : 脊椎変性、MH_OBESITY : 肥満、MH_COMORBOTH : その他複合既往歴)

目的変数は、事故による外傷リスク指標として以下の 14 項目を設定した。

- 全体傷害指標 : MAIS (最大傷害度)、ISS (傷害重症度スコア)、Number_of_AIS (受傷部位数)、Death (死亡確率)
- 部位別傷害指標 : AIS_Head、AIS_Face、AIS_Neck、AIS_Thorax、AIS_Abdomen、AIS_Spine、AIS_UpperEx (上肢)、AIS_LowerEx (下肢)、AIS_Unspecified、AIS_Other

3.2 リスク推定モデルの構築と学習手法

リスク推定モデルには、著者が先行研究【5】で提案した「多層補集合モデル」を適用した。このモデルは、各説明変数を目的変数ごとに回帰変換してスケールを統一した上で、説明変数間の相互補完的効果を積層的に学習することの特徴とする。これにより、単一の状況因子に依存せず、複数因子の重なりによるリスク構造の可視化が可能となる。

モデル評価には、Recall、Precision、F1-score、Accuracy といった機械学習の標準指標に加え、説明力の定量指標として決定係数 (R^2) を採用し、目的変数ごとの説明割合を把握した。

3.3 人工 DOE の設計と解析方法

CISS 実測データに加えて、交通事故における多様な条件組み合わせによるリスク傾向の把握を目的に、人工 DOE (Design of Experiments : 実験計画法) を活用した。DOE は modeFRONTIER を用いて 10000 件の直交設計サンプルを生成し、各説明変数の主効果および交互作用の定量化を行った。

DOE における各説明変数の水準は、CISS 実測データの範囲 (最小～最大) を基準に設定し、交絡因子の排除と考察の明瞭化を目的に、座席位置は「11 (運転席)」、妊娠 (MH_PREGNANT) は「0 (非該当)」に固定した。

得られた 10000 件の人工 DOE データを多層補集合モデルに投入し、主効果、交互作用、未説明要因 (未知要因) を可視化した。さらに目的変数ごとの期待値、平均変動量、決定係数 (R^2) を分析し、「リスク見取り図」を構築した。

4. 結果 (Results)

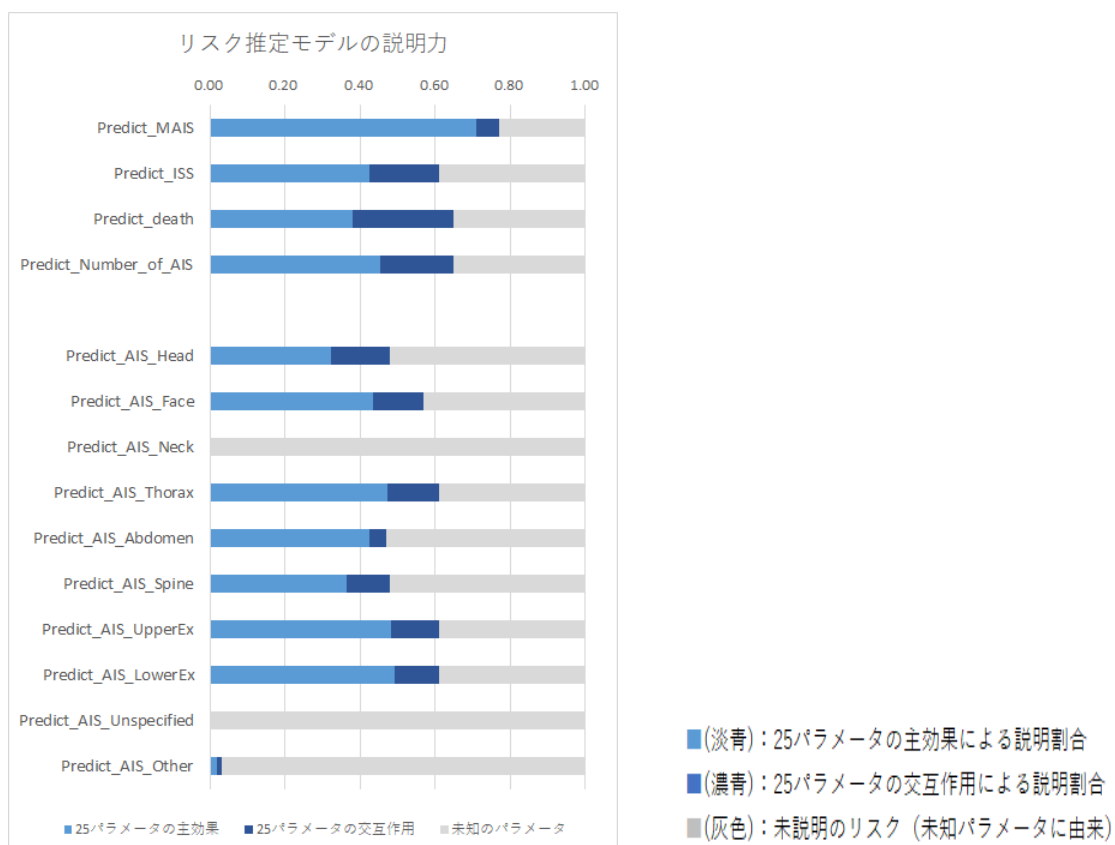
4.1 リスク推定モデルの説明力 (R^2) の全体傾向

本研究のリスク推定モデルにおいて、25 の説明変数およびその交互作用が各リスク指標に対してどの程度の説明力 (決定係数 R^2) を持つかを算出した (図 4.1)。

その結果、全体的な傷害指標である MAIS (最大傷害度) は $R^2=0.77$ 、ISS (傷害重症度スコア) は $R^2=0.61$ 、Number_of_AIS (受傷部位数) は $R^2=0.65$ と高い説明力を示し、25 の変数とその交互作用によりリスク傾向を良好に捉えられていることがわかった。

部位別 AIS においては、Thorax (胸部) と Abdomen (腹部) は $R^2=0.61\sim0.63$ 、UpperEx (上肢) や LowerEx (下肢) では $R^2=0.60\sim0.66$ と同程度の説明力を示し、これらも現行の説明変数により比較的良好にモデル化できることが示唆された。

一方、Head (頭部) や Death (死亡) では $R^2\approx0.50$ にとどまり、説明変数の主効果・交互作用による説明力は約半分であった。これは、既存の説明変数で把握できない未定義要因の影響を示唆しており、事故状況・デバイス・個体特性以外に、行動特性、生理的脆弱性、反応遅延、精神状態、あるいは高度な交互作用などの追加要因を考慮する必要性を示している。



▶ 図 4.1：リスク推定モデル目的変数別 説明力(R²)の一覧

4.2 損壊度別のリスク水準の変化と分析アプローチ

本章では、代表例として車両損壊度 (Damage Level) 別に、各外傷リスク指標の「推定リスク (モデルが予測するリスク水準)」を比較し、リスク推定モデルの適用結果を示す (図 4.2.1～図 4.2.3)。

本研究で用いる「推定リスク」とは、特定条件において想定される代表的なリスク水準であり、伝統的な有意差検定 (t 検定やカイ二乗検定) のような「群間差の有無」ではなく、「条件ごとに予測される標準的なリスクレベル」を可視化することに主眼を置いている。

特に本研究で採用した DOE (直交分散設計) に基づくリスク推定モデルは、特定条件におけるサンプル数の偏りや観測バイアスの影響を受けず、説明変数の構造的関係に基づくリスク傾向を安定的に抽出できる点に特徴がある。これにより、統計データでは偏りの影響が大きい条件下でも、一貫性と体系性をもってリスク水準を把握することが可能となる。

図 4.2.1 は、リスク推定モデルにより計算された各リスク指標の平均値を損壊度別に示したものである。いずれのリスク指標も、損壊度の増加に伴いリスク水準が上昇する傾向が明

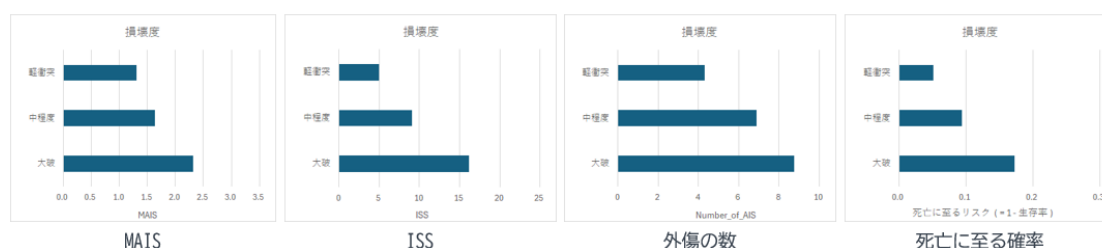
確に認められる。

図 4.2.2 では、MAIS、ISS、Number of AIS、死亡率といった各リスク指標について、それぞれの重傷閾値を超える確率を損壊度別に算出している。損壊度が中程度から高程度になるに従い、重傷化率は大きく上昇し、損壊度が重大なリスク増加要因であることが定量的に示されている。

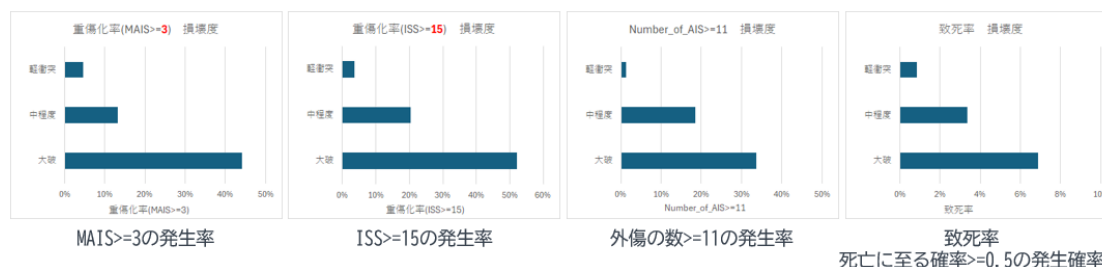
図 4.2.3 の左図（各部位の AIS 平均値）は、損壊度ごとに各部位の AIS（外傷重症度スコア）の平均値を示し、右図（AIS ≥ 2 発生確率）は各部位において AIS ≥ 2 となる中等度以上の負傷発生確率を示している。

部位別の傾向として、損壊度が高くなると、頭部（Head）および胸部（Thorax）における外傷リスクが特に顕著に上昇していることが確認された。さらに、腹部（Abdomen）や下肢（Lower Extremities）においても、損壊度が高い条件下では中等度以上の外傷リスクが高まる傾向があり、これらの部位が重要な着目対象となる可能性が示唆された。

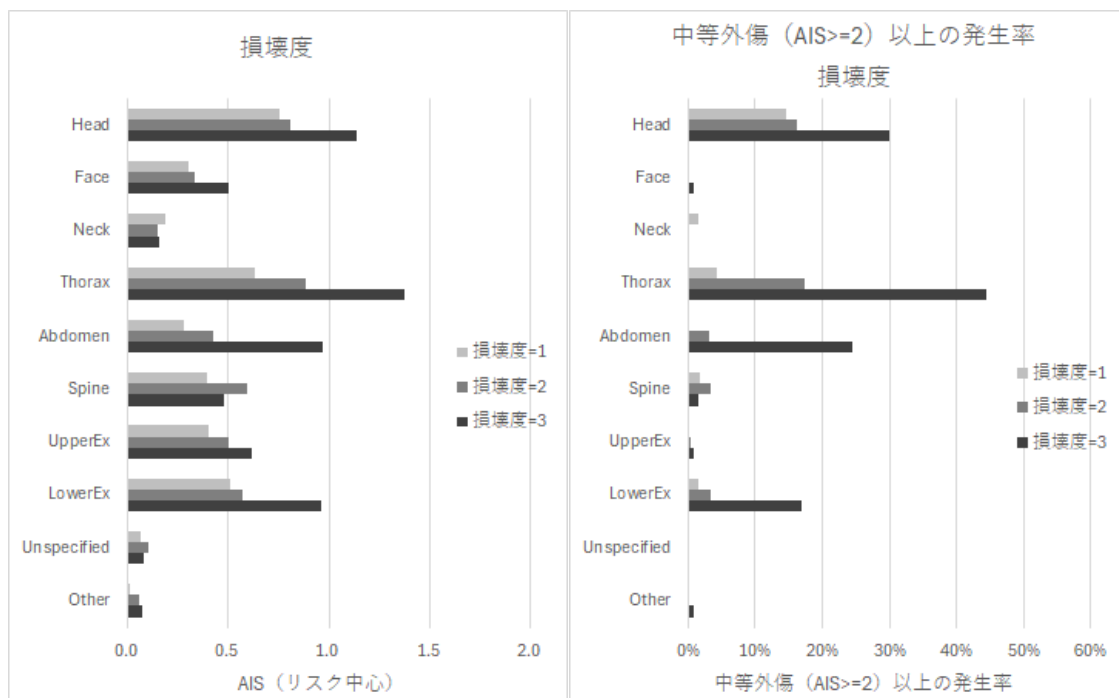
なお、本章では代表的な説明変数である「車両損壊度」に着目して分析を行っているが、その他の説明変数（衝突方向、年齢、デバイス装着有無、既往歴など）によるリスク傾向の詳細は別添資料 Supplement.pdf にて提示している。



▶ 図 4.2.1：損壊度別における MAIS、ISS、Number of AIS、死亡率の推定リスク



▶ 図 4.2.2：損壊度別の重傷化率（MAIS ≥ 3 、ISS ≥ 15 、Number of AIS ≥ 11 ）、死亡率 ≥ 0.5



▶ 図 4.2.3：損壊度別の部位別 AIS の推定リスク と 中等度以上発生確率（AIS≥2）

4.3 外傷リスク変化の見取り図の構築

本章では、外傷リスク推定モデルの結果から、各パラメータが外傷リスクに及ぼす影響を俯瞰的に可視化し、「外傷リスクの見取り図」としてまとめた。

25 パラメータの全体像を把握するため、各外傷部位における「推定リスクの変化量」と「中等度以上（AIS≥2）への影響度」の2つの視点から評価を行った。

4.3.1 各部位別_推定リスクの変化量の見取り図（図 4.3.1）

各外傷部位別に、説明変数カテゴリー（損壊度、事故状況因子、デバイス、個人因子、既往歴）の変化によって、推定される各部位の平均 AIS（外傷レベル）がどの程度変動するかを評価した。記号表記（◎, ○, △, ×）は、変化量の大きさに基づいて示している。

- 損壊度は Head や Thorax, Abdomen で◎～○を示し、強い影響を与える。
- 事故状況因子は Head, Thorax, Abdomen に対して影響が大きく、◎や○を示した。
- デバイスは Head, Thorax, LowerEx に効果が見られるが、その他の部位では限定的であった。
- 個人因子は、多くの部位に対して○～◎を示し、影響力の強い説明変数である事が示唆された。
- 既往歴も上胸部（Thorax, Abdomen, Spine）に対して○の評価を示した。

これにより、損壊度に加えて個人特性や医療履歴が、外傷リスクの重要な構成要素であることが明らかとなった。

推定リスク (AIS) の変化量

	損壊度	事故状況因子	デバイス	個人因子	既往歴
Head	○	◎	◎	○	△
Face	△	×	△	△	△
Neck	×	×	△	△	×
Thorax	◎	◎	◎	○	○
Abdomen	◎	○	△	○	○
Spine	△	△	△	○	○
UpperEx	△	△	△	◎	○
LowerEx	○	△	○	◎	○
Unspecified	×	×	×	×	×
Other	×	×	×	◎	×

◎ : ≥ 0.5 、○ : $0.3 \sim 0.5$ 、△ : $0.1 \sim 0.3$ 、× : < 0.1

▶ 図 4.3.1 : 外傷部位別・推定リスク変化量の見取り図

4.3.2 中等度以上外傷 (AIS ≥ 2) への影響の見取り図 (図 4.3.2)

本節では、同様の説明変数カテゴリー（損壊度、事故状況因子、デバイス、個人因子、既往歴）に対し、各外傷部位での中等度以上の外傷 (AIS ≥ 2) の発生率とその変化幅をもとに、リスク影響度を評価した (図 4.3.2)。

本見取り図における記号「◎」は、「AIS ≥ 2 の発生率が高く、かつ説明変数の変化によってリスクが大きく変動する」ことを意味し、リスク対策上きわめて優先すべき要因であることを示す。一方で「×」は、AIS ≥ 2 の発生率が低く、説明変数の変化によってもほとんどリスクが変化しないことを意味し、影響は限定的である。

部位別の傾向として、以下のような特徴が見られた：

- Head (頭部)：損壊度および個人因子が中等度以上外傷の発生に強く影響し、特に事故状況因子やデバイスからは極めて強い影響 (◎) が見られた。
- Thorax (胸部)：損壊度が最も強い影響 (◎) を持ち、事故状況因子・デバイス・個人因子・既往歴のすべてから影響 (○) が見られた。多因子の影響を受けやすい部位であることが示唆される。
- Abdomen (腹部)：事故状況因子やデバイスの影響は限定的であった一方、個人因子や既往歴がリスクに強く関与しており、身体的・生理的要因の影響が大きいことがわかる。
- LowerEx (下肢)：既往歴のみが中等度以上外傷へのリスクに影響を及ぼしており、特定の条件下で注意が必要な部位と考えられる。

中等度（AIS≧2）以上への影響

	損傷度	事故状況因子	デバイス	個人因子	既往歴
Head	○	◎	◎	○	△
Face	×	×	×	×	×
Neck	×	×	×	×	×
Thorax	◎	○	○	○	○
Abdomen	○	×	×	○	○
Spine	×	×	×	×	×
UpperEx	×	×	×	△	×
LowerEx	△	×	△	△	○
Unspecified	×	×	×	×	×
Other	×	×	×	○	×

AIS≧2の発生率	変化量	記号	定義	説明
大：30%以上	大：20%以上	一	◎	極めて強い影響
大：30%以上	中：10～20%	一	◎	重傷化率が高く、かつ条件による変化量も大きい。リスク対策の優先対象。
大：30%以上	小：10%未満	一	○	明確な影響あり
中：10～30%	大：20%以上	一	◎	重傷化率が高い、または変化量が中程度以上で、リスク傾向が明確。
中：10～30%	中：10～20%	一	○	重傷化率が低めだが条件によってはリスク変化が見られる。
中：10～30%	小：10%未満	一	△	限定的な影響あり
小：10%未満	大：20%以上	一	○	重傷化率も変化量も小さく、リスク影響は限定的。
小：10%未満	中：10～20%	一	△	
小：10%未満	小：10%未満	一	×	

▶ 図 4.3.2：外傷部位別・AIS≧2 発生への影響の見取り図

4.3.3 詳細項目の見取り図（図 4.3.3, 図 4.3.4）

さらに補足的に、事故状況因子（衝突の種類、回数、方向など）、デバイス要素（SB, AB, シート位置、デバイス組み合わせなど）、個人因子（年齢、身長、体重、BMI、性別）、および既往歴の詳細項目についても同様の評価を行い、細分化された見取り図として示した（図 4.3.3, 図 4.3.4）。

- Head（頭部）：モデルイヤー、シートベルト（SB）、デバイスの組み合わせ（例：SB + AB）から特に強い影響を受けた。また、ほぼすべての説明変数から何らかの影響が認められ、多因子の影響を受けやすい部位といえる。
- Thorax（胸部）：衝突方向やデバイス組み合わせによる影響が大きく、ほぼ全ての説明変数から影響を受けた。特に、年齢、BMI、既往歴といった身体的耐性（脆弱性）を反映する因子からの影響が顕著であった。
- その他の部位（例：Spine、UpperEx など）：事故状況因子やデバイス要素よりも、個人因子や既往歴の影響を受けやすい傾向が見られた。
- エアバッグ（AB）：単独での影響は限定的であり、他のデバイス（SB 等）との併用によってリスク軽減効果を発揮する可能性が示唆された。

推定リスク(AIS)の変化量		推定リスク(AIS)の変化量						推定リスク(AIS)の変化量				
損傷度		事故状況因子						デバイス				
	損傷度		モデルタイプ	衝突の種類	衝突の回数	衝突の方向		SB	AB	組み合わせ	シート前後	
Head	○	Head	◎	△	△	○	Head	◎	×	◎	×	
Face	△	Face	×	×	×	×	Face	△	×	△	×	
Neck	×	Neck	×	×	×	×	Neck	×	×	△	×	
Thorax	◎	Thorax	△	△	△	◎	Thorax	○	△	◎	×	
Abdomen	◎	Abdomen	×	△	×	○	Abdomen	△	×	△	×	
Spine	△	Spine	×	×	△	△	Spine	△	×	△	×	
UpperEx	△	UpperEx	×	×	×	△	UpperEx	×	×	△	×	
LowerEx	○	LowerEx	△	△	△	△	LowerEx	△	○	○	△	
Unspecified	×	Unspecified	×	×	×	×	Unspecified	×	×	×	×	
Other	×	Other	×	×	×	×	Other	×	×	×	×	

推定リスク(AIS)の変化量						推定リスク(AIS)の変化量							
個人因子						既往歴							
	年齢	身長	体重	BMI	性別		血液凝固	骨密度低下	心血管疾患	骨粗鬆症	脊椎変性	肥満	他併存疾患
Head	×	○	○	○	×	Head	△	△	△	×	×	×	×
Face	×	△	×	△	×	Face	×	×	×	×	△	×	×
Neck	×	×	△	△	×	Neck	×	×	×	×	×	×	×
Thorax	○	△	△	△	×	Thorax	△	△	○	○	△	○	△
Abdomen	×	△	○	△	×	Abdomen	△	△	○	△	△	△	○
Spine	△	×	△	○	×	Spine	△	△	△	△	○	△	△
UpperEx	×	○	×	△	×	UpperEx	△	△	○	△	△	△	△
LowerEx	×	△	×	×	×	LowerEx	○	○	○	○	○	○	○
Unspecified	×	×	×	×	×	Unspecified	×	×	×	×	×	×	×
Other	×	×	×	○	×	Other	×	×	×	×	×	×	×

▶ 図 4.3.3：外傷部位別・推定リスク変化量の見取り図（詳細）

中等度（AIS≧2）以上への影響		中等度（AIS≧2）以上への影響						中等度（AIS≧2）以上への影響				
損傷度		事故状況因子						デバイス				
	損傷度		モデルタイプ	衝突の種類	衝突の回数	衝突の方向		SB	AB	組み合わせ	シート前後	
Head	○	Head	◎	△	○	○	Head	◎	△	◎	△	
Face	×	Face	×	×	×	×	Face	×	×	×	×	
Neck	×	Neck	×	×	×	×	Neck	×	×	×	×	
Thorax	◎	Thorax	○	△	△	◎	Thorax	○	△	○	△	
Abdomen	○	Abdomen	×	×	×	×	Abdomen	×	×	×	×	
Spine	×	Spine	×	×	×	×	Spine	×	×	×	×	
UpperEx	×	UpperEx	×	×	×	×	UpperEx	×	×	×	×	
LowerEx	△	LowerEx	×	×	×	×	LowerEx	×	×	△	×	
Unspecified	×	Unspecified	×	×	×	×	Unspecified	×	×	×	×	
Other	×	Other	×	×	×	×	Other	×	×	×	×	

中等度（AIS≧2）以上への影響						中等度（AIS≧2）以上への影響							
個人因子						既往歴							
	年齢	身長	体重	BMI	性別		血液凝固	骨密度低下	心血管疾患	骨粗鬆症	脊椎変性	肥満	他併存疾患
Head	△	○	○	○	△	Head	△	△	△	△	△	△	△
Face	×	×	×	×	×	Face	△	×	×	×	×	×	×
Neck	×	×	×	×	×	Neck	×	×	×	×	×	×	×
Thorax	○	△	△	○	△	Thorax	△	△	○	○	△	○	△
Abdomen	×	×	○	×	×	Abdomen	△	×	△	△	×	△	△
Spine	×	×	×	×	×	Spine	×	×	×	×	×	×	×
UpperEx	×	×	×	×	×	UpperEx	×	×	×	×	×	×	×
LowerEx	×	×	×	×	×	LowerEx	×	○	○	×	×	△	△
Unspecified	×	×	×	×	×	Unspecified	×	×	×	×	×	×	×
Other	×	×	×	○	×	Other	×	×	×	×	×	×	×

▶ 図 4.3.4：外傷部位別・AIS≧2 発生への影響の見取り図（詳細）

4.4. 全体系リスクの見取り図

本節では、外傷リスク全体を示す主要指標（MAIS、ISS、Number of AIS、死亡）のリスク構造を俯瞰するために、「リスク見取り図」を提示する。図 4.4.1～図 4.4.4 に、これら全体系指標に関するリスクの変化量と重傷化率・致死率への影響を、5 分類に基づき整理した結果を示す。

これらの図から、損壊度や事故状況因子だけでなく、デバイス、個人因子（年齢・体格等）、さらに既往歴といった複数の側面が、全体系の外傷リスクにも影響を及ぼしていることが確認できる。

図 4.4.1（全体系外傷・推定リスク変化量の見取り図）は、リスクモデルによって得られた各パラメータに対する MAIS、ISS、Number of AIS、death の変化量（予測値のばらつき）を 5 段階で可視化。

図 4.4.2（全体系外傷・推定リスク変化量の見取り図（詳細））は、図 4.4.1 の詳細版として、各カテゴリー内の因子ごとの影響度をより細かく記載。

図 4.4.3（全体系外傷・重傷化率・致死率への影響の見取り図）は、外傷指標の閾値（例：MAIS≧3、ISS≧15 など）に対する重傷化率および致死率の変化を可視化。

図 4.4.4（全体系外傷・重傷化率・致死率への影響の見取り図（詳細））は、図 4.4.3 の詳細版であり、個別因子ごとに重傷化率・致死率への影響度を整理した。

推定リスクの変化量

	損壊度	事故状況因子	デバイス	個人因子	既往歴
MAIS	◎	○	◎	○	◎
ISS	◎	○	△	△	△
Number of AIS	○	△	○	△	△
death	○	○	○	○	△

変化量

MAIS ◎：≧0.5、○：0.3～0.5、△：0.1～0.3、×：<0.1

ISS ◎：≧8、○：5～8、△：2～5、×：<2

Number_of_AIS ◎：≧5、○：3～5、△：1～3、×：<1

Death ◎：≧15%、○：8～15%、△：3～8%、×：<3%

▶ 図 4.4.1：全体系外傷・推定リスク変化量の見取り図

推定リスクの変化量

損壊度	損壊度
MAIS	◎
ISS	◎
Num_of_AIS	○
death	○

推定リスク(AIS)の変化量

事故状況因子	モデルタイプ	衝突の種類	衝突の回数	衝突の方向
MAIS	○	△	△	○
ISS	△	△	×	○
Num_of_AIS	△	△	×	△
death	○	×	△	×

推定リスク(AIS)の変化量

デバイス	SB	AB	組み合わせ	シート前後
MAIS	◎	△	◎	×
ISS	△	×	△	×
Num_of_AIS	△	×	○	×
death	○	×	○	×

推定リスク(AIS)の変化量						推定リスク(AIS)の変化量							
個人因子						既往歴							
	年齢	身長	体重	BMI	性別		血液凝固	骨固定術	心血管疾患	骨粗鬆症	脊椎変性	肥満	他併存疾患
MAIS	○	△	△	○	×	MAIS	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
ISS	△	×	△	△	×	ISS	×	×	△	×	×	×	×
Num_of_AIS	×	△	△	△	×	Num_of_AIS	△	△	△	△	△	△	△
death	○	×	×	×	×	death	△	×	×	×	×	×	×

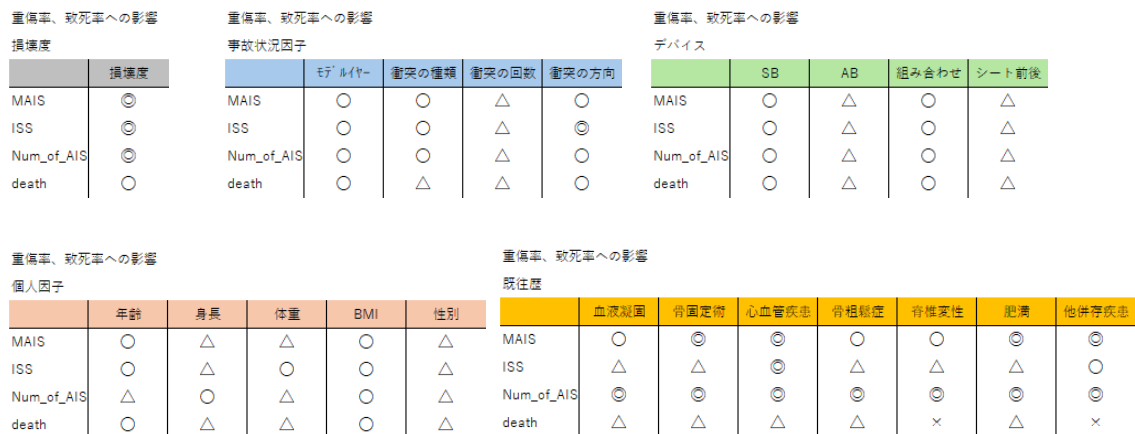
▶ 図 4.4.2：全体系外傷・推定リスク変化量の見取り図（詳細）

重傷化・致死率への影響					
	損壊度	事故状況因子	デバイス	個人因子	既往歴
MAIS	◎	○	○	○	◎
ISS	◎	◎	○	○	◎
Number of AIS	◎	○	○	○	◎
death	○	○	○	○	△

MAIS≧3への影響、ISS≧15への影響、Number_of_AIS≧11への影響、致死率への影響

MAIS≧3、ISS≧15、 Number_of_AIS≧11 の発生率	変化量	記号			
大：30%以上	大：20%以上	→	◎		
大：30%以上	中：10~20%	→	◎		
大：30%以上	小：10%未満	→	○		
中：10~30%	大：20%以上	→	◎		
中：10~30%	中：10~20%	→	○		
中：10~30%	小：10%未満	→	△	◎	極めて強い影響
小：10%未満	大：20%以上	→	○	○	明確な影響あり
小：10%未満	中：10~20%	→	△	△	限定的な影響あり
小：10%未満	小：10%未満	→	×	×	影響小・影響なし
					説明
					重傷化率が高く、かつ条件による変化量も大きい。リスク対策の優先対象。
					重傷化率が高い、または変化量が中程度以上で、リスク傾向が明瞭。
					重傷化率が低めだが条件によってはリスク変化が見られる。
					重傷化率も変化量も小さく、リスク影響は限定的。
致死率	変化量	記号			
大：10%以上	大：10%以上	→	◎		
大：10%以上	中：5~10%	→	◎		
大：10%以上	小：5%未満	→	○		
中：3~10%	大：10%以上	→	◎		
中：3~10%	中：5~10%	→	○		
中：3~10%	小：5%未満	→	△	◎	極めて強い影響
小：3%未満	大：10%以上	→	○	○	明確な影響あり
小：3%未満	中：5~10%	→	△	△	限定的な影響あり
小：3%未満	小：5%未満	→	×	×	影響小・影響なし
					説明
					致死率が高く、かつ条件による変化量も大きい。リスク対策の優先対象。
					致死率が高い、または変化量が中程度以上で、リスク傾向が明瞭。
					致死率が低めだが条件によってはリスク変化が見られる。
					致死率も変化量も小さく、リスク影響は限定的。

▶ 図 4.4.3：全体系外傷部・重傷化率・利子率への影響の見取り図



▶ 図 4.4.4：全体系外傷部・重傷化率・利子率への影響の見取り図（詳細）

このように、事故状況、デバイス、個人因子、既往歴の多面的な観点から、外傷リスク構造を俯瞰できる「リスク見取り図」を提示し、従来の単一指標による評価から一歩踏み込んだ構造的可視化が可能となった。

5. 考察 (Discussion)

5.1 従来対策の達成と限界

本研究で構築したリスクの見取り図により、従来の交通安全対策、すなわち車両損壊度や事故状況、デバイスを中心とした対策が、特定のリスク低減において高い効果を発揮してきたことが再確認された。特に、MAIS や ISS といった全体系のリスク指標や、Head (頭部)・Thorax (胸部) といった主要部位は、これら従来対策に強く影響されており、これまでの対策の方向性の妥当性が裏付けられた。

また、MAIS・Head・Thorax は、ほぼすべての説明変数の影響を受ける領域であり、最重要部位としての位置づけが明確になった。加えて、個人因子 (年齢・体格など) や既往歴の影響も顕著であることが確認され、乗員特性を無視できないことも明らかである。

一方で、Abdomen (腹部)・Spine (脊椎)・UpperExtremities (上肢)・LowerExtremities (下肢) などの部位では、車両損壊度や事故状況よりも個人因子や既往歴の方が影響度が大きいことが示された。これは、従来の事故シナリオを前提とした対策だけでは、こうした部位のリスク低減には限界があることを意味する。

さらに、Head・Neck・死亡 (Death) といった項目においては、今回用いた 25 の説明変数では説明しきれない部分があり、未知の要因の関与が示唆された。これらは、従来の「シナリオベース」の枠組みでは捉えきれない“想定外リスク”の存在を示しており、次世代の安

全対策には新たな視点の導入が求められる。

5.2 実務視点での「見取り図」の価値

本研究で提示した「リスク見取り図」は、単なるモデルの可視化にとどまらず、実務的な安全対策の企画・立案において有用な思考の起点となり得る。

具体的には以下の価値がある：

- 「どの要因が、どの部位にどの程度影響するか」を直感的に把握できる
- 重傷化しやすい部位・個性特性の特定が可能
- 既往歴や体格などの感受性要因を明確化できる
- 従来対策の効果とその限界が一覧的に理解できる

これらにより、事故シナリオベースではない「個人と部位特性を軸とした次世代の安全戦略」の模索が可能となる。従来のように「車両中心」や「事故状況中心」の設計発想を補完する新たな視座として、実務者の思考を広げるツールになると期待される。

5.3 研究の限界と今後の方向性

本研究では、25 の説明変数（車両損壊度、事故状況因子、デバイス、個人因子、既往歴）を用いてモデルを構築したが、以下の要因は未考慮である：

- 事故前の行動特性（例：注意散漫、姿勢）
- 生理的・心理的脆弱性（例：高齢者の平衡感覚低下）
- 衝突前・衝突時の反射応答
- 道路環境や照度、天候などの外的条件

特に、死亡や頭部外傷のリスク説明力が不十分であることから、今後はこれらの非構造的要因や内的要因の導入が重要となる。

また、本研究は車室内における安全デバイスの視点に立脚しているが、事故発生要因から負傷・死亡に至るまでの「一貫モデル」の構築が今後の課題である。すなわち、「なぜ事故が起こり」「どう負傷に至るか」を連続的に説明可能な統合的モデルの整備が、実装に向けた次のステップである。

5.4 研究の社会的意義と次のステップ

交通事故による死傷者は年々減少傾向にあるが、未だ“ゼロ”には到達していない。そして、残されたリスクは、単なるエネルギー対策や車両性能向上では対応しきれない、個性特性・行動特性・特定条件下のリスクである可能性が高い。

本研究は、こうした現場の実感として存在していた「安全対策の行き詰まり感」に対し、データ科学的な裏付けと新しい視点を提供するものである。今後の事故対策や安全デバイス開発において、「何を残し、何を見直すべきか」を再考する契機となることを目指している。

5.5 従来安全デバイスの限界と次世代ニーズ

本研究の結果から、従来の安全デバイス（エアバッグやシートベルトなど）は、頭部・胸部など一部のリスク低減には高い効果を発揮するものの、効果が飽和している領域も確認された。

今後は、次のような補完的・個別化されたデバイスが求められる：

- 個体特性（年齢・体格・既往歴など）に対応した適応型安全デバイス
- 事故の前兆や状況に応じて動的に反応するインテリジェントシステム
- 乗員自身が反射的に安全姿勢を取れるよう補助する機構

つまり、「一律の安全」から「適応的な安全」への転換が、次の技術開発の主軸となる可能性がある。

6. まとめ (Conclusion)

6.1 本研究の成果の要約

本研究では、交通事故における外傷リスクの見取り図を構築することを目的に、25 の説明変数と 14 の外傷指標を対象としたリスク推定モデル（多層補集合モデル）を用い、構造的なリスク特性の可視化を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 全身外傷（MAIS, ISS）は、従来の事故状況因子と安全デバイスによって一定の説明力を持つが、個体特性や既往歴も無視できない寄与を持つ。
- 部位別外傷では、影響を受ける因子が異なり、特に頭部では事故状況因子、胸部・腹部・下肢では損傷度・既往歴、上肢では個体特性が影響することが示唆された。
- 死亡や頭部外傷など一部の外傷指標においては説明力が限定的であり、さらなる未特定要因の関与が示唆された。

6.2 現場や政策への意義

本研究のリスク見取り図は、交通安全対策の優先順位付けや盲点の発見に有効なツールとなり得る。特に、部位別・個体特性別の外傷傾向が可視化されたことで、次世代の安全デバイス開発において「シナリオ起点」から「個人起点」への視点転換を促す有用な材料となる可能性がある。また、事故解析や政策立案において、単純なエネルギー対策のみでは対応できないリスク領域の存在を明示することができた。

6.3 今後の課題と方向性

今後は、道路環境や運転行動、反射応答、生理的脆弱性など、より広範な要因を含めた分析が必要である。また、事故発生メカニズムから外傷発生、さらには死亡に至るまでを連

続的に捉える一貫モデルの構築が今後の鍵となる。さらに、本研究の「リスク見取り図」が、現場の安全開発者や政策担当者の“気づき”を促し、これまでの安全対策の限界を打破する新たな取り組みの一助となることが期待される。

参考文献

- [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] 国立病院機構災害医療センター, 「AIS・ISS の用語解説」, 2020 年版 災害医療研修資料.
- [3] 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://doi.org/10.51094/jxiv.1119>
- [4] 吉井勝司. 交通事故における死亡リスクの多面的評価：PTD ほぼ 0 群に対する RTS と個体要因の分析. Jxiv, 2025. <https://doi.org/10.51094/jxiv.1207>
- [5] 吉井勝司. 人の思考様式を模した交通事故リスク推定モデルの構築とその検証. Jxiv, 2025. <https://doi.org/10.51094/jxiv.1285>