

表紙

【タイトル / Title】

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

Understanding Fatality Risk in Traffic Accidents: RTS and Individual Characteristics in
Near-Zero PTD Cases

【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】

2025/05/07

タイトル (Title)

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

Understanding Fatality Risk in Traffic Accidents: RTS and Individual Characteristics in Near-
Zero PTD Cases

著者 (Authors)

吉井 勝司

所属 (Affiliation)

フリーランス

要旨 (Abstract)

本研究では、交通事故における死亡リスクを外傷だけでなく、生命兆候 (RTS) や個体要因 (年齢・既往歴) を含む多面的視点から評価した。特に、致死的外傷ではないにもかかわらず死亡に至った症例群 (PTD ほぼ 0 群) に着目し、外傷以外の要因の抽出を試みた。

死亡リスクの説明力を比較するために複数のロジスティック回帰モデルを構築した結果、ISS 単独モデルでは再現率 0.147・Pseudo $R^2=0.335$ と限定的であったが、RTS および年齢スコアを加えたモデルで再現率 0.573・Pseudo $R^2=0.557$ に向上した。さらに年齢²×既往歴数²の交互作用を加えたモデルでは、再現率が 0.874、Pseudo R^2 が 0.640 となり、高齢かつ既往歴を複数持つ者が死亡に至りやすいことが示された。

また RTS の悪化は、衝突方向・時刻・天候・アルコール使用など、心理的・環境的な因子に関連しており、RTS が単なる生理学的指標にとどまらず、事故時の“内的ストレス”を反映する可能性があると考えられる。

これらの結果から、今後の交通事故対策においては、外傷の低減だけでなく、事故時の不安・ストレス反応の軽減や、既往歴を有する高齢者への個別対応といった、新たな多面的安全戦略が求められる。

キーワード (Keywords)

RTS、 PTD、 交通事故、 生存率モデル、 心理的ストレス

Abstract

This study aims to evaluate fatality risk in traffic accidents from a multifactorial perspective,

incorporating not only injury severity but also physiological signs (RTS) and individual characteristics (age and medical history). Particular attention is given to the “near-zero PTD group,” in which deaths occurred despite non-lethal injuries, to explore non-trauma-related fatal factors.

To assess the contribution of explanatory variables, several logistic regression models were constructed. The model using only ISS showed limited predictive power (Recall = 0.147, Pseudo R^2 = 0.335). By adding RTS and an age-based score, the model improved (Recall = 0.573, Pseudo R^2 = 0.557). Further enhancement was achieved by introducing an interaction term ($\text{age}^2 \times \text{number of medical conditions}^2$), leading to a substantial improvement (Recall = 0.874, Pseudo R^2 = 0.640), indicating that elderly individuals with multiple medical histories are at higher risk of death.

Additionally, RTS deterioration was found to be associated with psychological and environmental factors such as impact direction, nighttime occurrence, adverse weather, and alcohol use. These results suggest that RTS may reflect not only physiological trauma severity but also internal stress reactions triggered during the accident.

The findings indicate that future traffic safety strategies should address not only injury reduction, but also stress-related factors and provide targeted interventions for high-risk individuals, such as the elderly with preexisting conditions.

Keywords

Revised Trauma Score (RTS), Preventable Trauma Death (PTD), Traffic Accident, Survival Probability Model, Psychological Stress

1. はじめに (Introduction)

交通事故における乗員安全は、これまで主に、衝突エネルギーの低減やエアバッグ、シートベルトなどの安全デバイスによる外傷の軽減によって図られてきた。

近年では、自動運転技術や先進安全装備の発展により、交通事故による致死率は着実に減少している。

一方で、事故そのものを完全にゼロにすることは難しく、たとえ衝突規模が小さくなっても、死亡に至るケースが一定数残る可能性がある。これは、従来の外傷評価の枠組みでは説明しきれない、新たな死亡要因の存在を示唆している。

筆者らはこれまでの研究 [1] において、交通事故における死亡リスクを説明するには、単なる外傷評価（例：Injury Severity Score, ISS）だけでは不十分であり、生命兆候の指標である RTS (Revised Trauma Score) や、個体特性としての年齢や既往歴といった因子を考慮することが不可欠であることを示してきた。

特に、従来の外傷評価では説明のつかない死亡事例が一定数存在し、死亡リスクには「目に見えない内的要因」が潜んでいる可能性がある。

本研究では、RTS を単なる生理的スコアとしてではなく、事故時における心理的・生理的ストレス反応の指標として捉え、高齢・既往歴・事故状況などの因子が死亡に与える影響を多面的に評価することを目的とする。

2. 研究背景と目的 (Background and Objectives)

事故死の原因を探るうえで、外傷的に死亡に至る確率が低いとされる $MAIS \leq 3$ (Maximum Abbreviated Injury Scale)、かつ $ISS < 25$ を PTD ほぼ 0 (Preventable Trauma Death ほぼ 0) と再定義し注目した。これは、致死的外傷であるとは言えない状態でありながら、死亡に至った症例を含む群である。現代の安全デバイスが一定水準に達した今、こうした群に属する死亡者の存在は、単に外傷の大小だけでは死亡を説明できないことを示している。

筆者らの分析では、PTD ほぼ 0 群の死亡者において、約半数は RTS が悪化していた ($RTS \leq 6$) 一方で、残りの半数は RTS が正常範囲であった ($RTS > 6$)。この結果は、RTS の良否でも死亡を説明できない群があることを意味しており、さらなる要因の検討が必要である。

PTD ほぼ 0 かつ RTS が正常にもかかわらず死亡した群に対して、筆者らは年齢と既往歴の交互作用 ($(\text{年齢}^2 \times \text{既往歴数})^2$) を導入したロジスティック回帰モデルを構築。その結果、この交互作用が死亡率に有意な影響を及ぼすことを確認した。これは、高齢かつ既往歴を複数持つ者は死亡に至るリスクが高く、高齢かつ複数既往歴が直接的な死亡の要因になりうる可能性を示している。

一方、RTS が悪化して死亡した群においては、RTS を悪化させる要因の解明が鍵となる。筆者らは、RTS の重症化と事故時の状況要因（車両損壊度・衝突方向・衝突回数など）、環境要因（時刻・天候など）、個体特性（年齢・性別・既往歴・アルコールなど）や外傷（MAIS・ISS・各部 AIS など）の関係を網羅的に分析した。その結果、RTS は直接的な外傷から影響を受けるだけでなく、事故発生時の不安やストレス、環境的困難（例：深夜の事故、吹雪、単独事故など）が内的ストレス反応としてバイタルに現れる可能性があることが示唆された。つまり、RTS は「内傷的ストレス指標」としての意味を持ちうると考えられる。

本研究では、こうした RTS 悪化による死亡要因の多面的評価を通じて、今後の事故対応・予防策の方向性を見出すことを目的とする。

3. データと対象 (Data and Scope)

3.1 対象データ

本研究では、CISS (Crash Investigation Sampling System) 2017 年～2022 年のデータを使用し、MAIS、ISS、RTS のいずれにも欠損のない 8086 名を解析対象とした。ただし、病死と判断される 7 人は、RTS の傾向の解析には含めたが、死亡要因分析 (PTD ほぼ 0 群) では除外している。

全対象者数： 8086 人 (うち生存者=7936 人、死亡者=143 人、病死=7 人)

PTD ほぼ 0： 7633 人 (うち生存者=7574 人、死亡=52 人、病死=7 人)

3.2 用いた説明変数

衝突_車両： 車両損壊度、衝突タイプ、衝突方向、衝突回数

衝突_環境： 月、曜日、時刻、天候

安全デバイス：SB(シートベルト)、AB(エアバッグ)、座席、シートスライド

個体特性： 年齢、身長、体重、BMI、性別、役割(運転手、乗員)、アルコール有無、アルコール量、薬物有無、既往歴有無、既往歴数、血液凝固障害有無、妊婦有無、筋骨格障害有無、心臓血管所外有無、骨粗しょう症有無、変性脊椎障害有無、肥満有無、その他既往有無

衝突時に受けた外傷：生死、MAIS、ISS、外傷の数、

AIS_Head、AIS_Face、AIS_Neck、AIS_Thorax、AIS_Abdomen、

AIS_Spine、AIS_UpperEx、AIS_LowerEx、AIS_Unspecified、AIS_Other

3.3 RTS とその重症度分類

RTS は、GCS（意識レベル）、SBP（収縮期血圧）、RR（呼吸数）の3指標を用いて算出される生命兆候スコアであり、重症度分類として以下のようにクラス分類を行った。

- RTS クラス 4 : $RTS \geq 7.84$ （正常～軽症）
- RTS クラス 3 : $6 < RTS < 7.84$ （中等度）
- RTS クラス 2 : $RTS \leq 6$ （重症）
- RTS クラス 1 : $RTS \leq 4$ （極めて重篤）
- RTS クラス 0 : $RTS = 0$ （生命の兆候なし）

この分類に基づき、 $RTS \leq 6$ または $RTS \leq 4$ を「悪化群」とし、各因子との関連性の分析を行った。

3.4 PTD ほぼ 0 群の定義と本研究での取り扱い

Preventable Trauma Death (PTD) は、臨床的には「致死的でない外傷にもかかわらず死亡に至った症例」として扱われることが多く、一般的には $ISS < 25$ がその基準とされている。しかし ISS は、最大 3 部位までの AIS スコアの 2 乗の和で構成されるため、 $AIS = 4$ のような重篤な外傷が 1 部位のみであっても $ISS = 16$ となり、 $ISS < 25$ の条件を満たしてしまう。 $AIS = 4$ は既に生命の危機を伴う外傷であり、PTD「ほぼ 0」とは言い難い。

この問題を回避し、より厳密に“非致死的外傷で死亡に至った群”を定義するために、本研究では「 $ISS < 25$ 」かつ「 $MAIS \leq 3$ 」とする複合基準を用いて「PTD ほぼ 0 群」を定義した。これにより、明らかに致死的な外傷を含まない群に絞って、死亡要因の多面的な検討を可能としている。

分類	生存者	死亡者	病死	合計
全体 (RTS傾向分析対象)	7936人	143人	7人	8086人
PTDほぼ0群 ($ISS < 25$ かつ $MAIS \leq 3$)	7574人	52人	7人	7633人
PTDほぼ0群 (死亡要因分析対象) ※病死除外	7574人	52人	—	7626人

注記：病死はRTS傾向の分析には含まれるが、死亡要因分析には含まれていない。

▶ Fig.1：対象者の構成と本研究での扱い（PTD ほぼ 0 群の定義を含む）

4. 方法 (Methods)

4.1 検証方法

- 生存率 (Ps) の推定モデル：
 - ロジスティック回帰式： $Ps = 1 / (1 + \exp(-b))$
 - 説明変数として、RTS・ISS・年齢スコア・既往歴・交互作用
※本研究におけるロジスティック回帰は、予測精度を目的とするモデル構築ではなく、各説明変数が死亡に与える影響（説明力）を評価するための手法として用いている。
- クラス分類：
 - RTS 良好群 (>6) vs 悪化群 (<=6, <=4)
- 統計検定：
 - カイ二乗検定、t 検定、相関分析
 - 生存群と死亡群の比較

モデル	使用変数	主な目的
モデル1	ISS	外傷単独での死亡予測力の評価
モデル2	RTS, ISS, 年齢スコア	救命予測モデル（既存式）の有効性確認
モデル3	RTS, ISS, 年齢スコア, 年齢 ² ×既往歴数 ²	個体要因の交互作用による死亡リスク評価

▶Fig.2：各モデルにおける説明変数と、死亡リスク評価における分析の狙い

4.2 分析のアプローチ

生存率 (Ps) をロジスティック回帰によりモデル化し、外傷 (ISS)、バイタル (RTS)、年齢、既往歴との関係性を確認した。

- (1) ISS のみを説明変数としたロジスティクス回帰を行い、生存率への説明力を探った。
- (2) RTS、ISS、年齢スコアを用いたロジスティクス回帰（既存式）による生存率への説明の有効性を探った。

さらに、「PTD ほぼ 0」の群において死亡に至ったケースについて分析した。

- (3) 「PTD ほぼ 0 で死亡に至った群」をさらに RTS 良好群と、RTS 不良群に分

けた。

- (4) これをもとに、交互作用項（年齢²×既往歴数²）を加えたロジスティック回帰モデルを構築し、この因子が死亡率に有意な影響を及ぼすかを検証した。

また、RTS の悪化の要因、つまり RTS 悪化による死亡原因を探った。

- (5) 車両、環境、デバイス、個体特性、外傷など、それぞれの因子ごとに RTS 良好グループと不良グループに分けカイ 2 乗検定を行い、RTS に影響を与える因子を探った。

5. 結果 (Results)

5.1 外傷指標 (ISS) のみによる死亡リスク評価

本研究では、CISS (2017~2022 年) のうち、MAIS、ISS、RTS のいずれにも欠損のない 8086 名を解析対象とした。そのうち 143 名が死亡に至っていた。

まず、死亡群と生存群の ISS の平均値を比較した結果、生存者の平均 ISS は 5.1、死亡者では 29.5 であり、有意差が認められた ($p < 0.001$)。このことから、ISS (Injury Severity Score) は死亡に関与する因子の一つであり、死亡リスク評価において重要な指標であるといえる。

次に、ISS のみに基づいて P_s (生存率) を算出するロジスティック回帰モデル (モデル 1) を構築した。

本モデルは以下の式①により表される。

$$P_s(\text{生存率}) = 1 / (1 + e^{-b}) \quad b = \beta_0 + \beta_1 \times \text{ISS} \quad (\text{式①})$$

推定された回帰係数は以下のとおりである。

- $\beta_0 = 5.5113$ ($p < 0.001$)
- $\beta_1 = -0.1214$ ($p < 0.001$)

このモデルにおける Pseudo R^2 は 0.335、死亡の再現率 (Recall) は 0.147 であった。すなわち、本モデルは死亡者のうち 14.7%しか正しく識別できておらず、ISS 単独では死亡リスクを十分に説明できないことが明らかとなった。約 7 割の説明が他の因子によるものであり、外傷以外の要因が死亡に与える影響の大きさが示唆される。

したがって、外傷の程度のみに着目した場合、実際の死亡者の一部を見落とす可能性が高く、他の指標 (生命兆候や個体特性) を考慮した多面的な評価が必要である。

※なお、本研究におけるモデル間比較の目的は、予測精度の向上ではなく、各説明変数が死亡リスクにどの程度寄与しているかを検討する点にある。

5.2 既存式 (RTS・ISS・年齢) を用いた死亡リスク評価

次に、救命医療などで活用されている Ps (予測生存率) を考える。Ps 式は幾つか提唱されているが、ここでは Fig.3 の鈍的外傷を考えた。(モデル 2)

$$Ps(\text{生存率}) = 1/(1+e^{-b})$$

$$b = \beta_0 + \beta_1 \times \text{RTS} + \beta_2 \times \text{ISS} + \beta_3 \times \text{年齢スコア} \quad (\text{式②})$$

※年齢スコア=1: 55 才以上 年齢スコア=0: 55 才未満

	β_0 (定数)	β_1 (RTS)	β_2 (ISS)	β_3 (年齢スコア)
鈍的外傷	-0.4499	0.8085	-0.0835	-1.743
鋭的外傷	-2.5355	0.9934	-0.0651	-1.136

▶ Fig.3 : Ps(生存率)における係数

式②で求めた Ps 値は、 $Ps > 0.5$ で死亡した場合はその死は避けられた死、 $0.25 \leq Ps \leq 0.5$ の場合は救命の可能性があったかもしれない死、 $Ps < 0.25$ の場合は避ける事ができなかった死と考えられる。

式②における鈍的モデルでは、Pseudo $R^2 = 0.557$ 、再現率 (Recall) = 0.573 を示した。ISS のみ (モデル 1) よりも大幅に向上。生死を表現する重要な変数であり、同時に RTS や年齢 (55 才以上) は、死亡に至る要因であること分かる。しかしながら、 $R^2 = 0.557$ であるため、まだ死亡の要因は残されている。

5.3 外傷軽度群における死亡者の特徴分類

次に死亡に至る要因として既往歴に着目した。先の先行研究でも既往歴は致死率を悪化させることが分かっている。本研究の対象者においても、既往歴なしにおける致死率は 1.6%、既往歴ありにおける致死率は 1.9%であり既往歴が死亡の要因である可能性がある。

ここで、外傷以外の要因を探るため、PTD ほぼ 0 群を定義し外傷以外の死亡要因を探った。

Fig.4 と Fig.5 は、外傷評価として広く用いられる AIS と ISS のスコアを記す。

AIS	重傷度分類	説明
1	軽傷(minor)	治療不要 or 軽度の外来対応
2	中等度(moderate)	入院が必要なレベル
3	重傷(serious)	生命の危険は少ないが専門治療が必要
4	重篤(severe)	生命の危機がある
5	致命的(critical)	即時治療がなければ死亡リスク高
6	治療不能(maximum)	実質的に救命不可能

自動車事故に関する大子ばなデータベースとして利用することを目的として米国にて考案され、1971年に発表された。 AISは外傷の種類と解剖学的重症度をコードで表し、重症度を6段階で評価する。

(市立砺波総合病院 救急科ホームページより)

▶ Fig.4 : AIS のスコア

ISS	重傷度分類	説明
1 ～ 9	軽傷(Minor)	軽度の外傷であり、生命に対するs九は低い
10 ～ 14	中等傷(Moderate)	中程度の外傷を伴うが、通常は命に関わらない
15 ～ 24	重傷(Serious, PTD=0%)	重大な外傷だが、PTD(外傷死亡率) はほぼ0%
25 ～ 34	極めて重傷(Severe, PTD=30%)	重篤な外傷を伴い、致死率が約30%と推定
35 ～ 75	致命的(Critical, PTD>=50%)	致命的な外傷であり、生存確率が著しく低下する

AISを基に多発外傷の重症度を評価するスコアで、損傷部位を6部位（頭頸部、顔面、胸部、腹部及び骨盤内臓器、四肢及び骨盤、体表）に分け、各部位の最高のAIS重症度スコアの中から上位3つを抽出し、それぞれを二乗し合計した値で評価する。（市立砺波総合病院 救急科ホームページより）

▶ Fig.5 : ISS のスコア

PTD ほぼ 0 群においては、生存者が 7626 人、死亡者が 52 人であった。これらの 52 名は、外傷の重篤度が比較的低いにもかかわらず死亡に至った症例であり、外傷以外の死亡要因を検討するうえで重要な分析対象といえる。

次に死亡に至った 52 人を、RTS を Fig.6 のようにクラス分けを行い、RTS クラスと既往歴の有無で分類を行った。

	既往歴なし	既往歴あり	計
RTSクラス=4,3	3	22	25
RTSクラス=2,1,0	17	10	27
計	20	32	52

▶ Fig.6 : PTD ほぼ 0 群の死亡者 52 人の分類

この分類に対するカイ二乗検定の結果、p 値は 0.0002 であり、有意な傾向が認められた。すなわち、RTS クラスが 2、1、0 に該当する群は、5.2 節の結果と同様に、RTS の悪化が

死亡に関与していた可能性が高いと考えられる。

一方、RTS クラスが4 または 3 の症例では、RTS が死亡に直接的な影響を与えていたとは考えにくい。

この群における既往歴の有無をみると、既往歴なしが 3 人、既往歴ありが 22 人であり、既往歴もまた死亡リスクに寄与する重要な要因である可能性が示唆された。

5.4 年齢と既往歴の交互作用を考慮したリスク評価

さらに、PTD ほぼ 0 群における死亡リスクを多面的に評価するため、既往歴を考慮した生存率に関するロジスティック回帰分析を実施した。

本モデルにおいて、Pseudo R²や再現率 (Recall) が高い場合、既往歴が死亡に寄与する要因としての影響を有している可能性があると考えられる。

$$P_s (\text{生存率}) = 1 / (1 + e^{-b})$$

$$b = \beta_0 + \beta_1 \times \text{RTS} + \beta_2 \times \text{ISS} + \beta_3 \times \text{年齢スコア} + \beta_4 \times (\text{年齢}^2 \times \text{既往歴数}^2) \quad (\text{式③})$$

※年齢スコア=1：55 才以上 年齢スコア=0：55 才未満

	β_0 (定数)	β_1 (RTS)	β_2 (ISS)	β_3 (年齢 ²)	β_4 (年齢 ² ×既往歴数 ²)
係数	-1.4076	1.026	-0.1736	-2.7048	-1.206E-05
P値	0.182	0.000	0.000	0.000	0.055

▶ Fig.7：交互作用（年齢²×既往歴数²）を考慮したロジスティクス回帰

式③におけるモデルでは、Pseudo R² = 0.640、再現率 (Recall) = 0.874 を示した。Fig.7 に示すように、交互作用項 (β_4) の p 値はわずかに有意水準を満たさなかったものの、統計的には一定の傾向が認められた。

式② (モデル 2) と比較すると、Pseudo R² は 0.557 から 0.640 に、Recall は 0.573 から 0.874 にそれぞれ向上しており、年齢²×既往歴数²という交互作用項が死亡リスクに寄与する要因である可能性が示唆される。

このことから、既往歴を有する高齢者は、外傷が軽度であっても死亡に至るリスクが高い集団であると考えられる。

5.5 各モデルにおける再現率と説明力の比較

ここまでのモデル 1, 2, 3 を Fig.8 にまとめる。

本モデルの目的は、交通事故における死亡リスクの見逃しを最小限に抑えることであり、評価指標としては、再現率 (Recall) を重視する方針を採った。

Recall（再現率）は、ISS 単独モデルでは 0.147 にとどまったが、RTS・年齢スコアおよび既往歴の交互作用を含むモデルでは 0.874 に向上し、これらの因子が死亡リスクに強く関与していることが示された。

モデル	説明変数	Pseudo R ²	F1-score	Recall（再現率）	考察
1	ISSのみ	0.335	0.240	0.147	外傷のみでは不十分
2	ISS+RTS+年齢スコア	0.557	0.628	0.573	RTSは死亡死亡要因の一つ
3	モデル2+交互作用(年齢 ² ×既往歴数 ²)	0.640	0.501	0.874	既往歴のある高齢者は死亡リスクが高まる

►Fig.8：各モデルの R²、Recall（再現率）の比較

5.6 RTS 悪化に影響する因子の分析と可視化

次に、PTD ほぼ 0 群において、RTS クラスが 2、1、0 に該当し、死亡に至った 27 名について検討を行った。

これらの症例は RTS が大きく悪化していたことから、死亡の要因として RTS の低下が関与していた可能性が高いと考えられる。

そこで、RTS の悪化に関わる因子について、全対象者（8086 名）を対象とし、RTS クラス 2 以下またはクラス 1 以下の頻度を「重症化率」として定義した上で、以下の各説明変数との関連性についてカイ二乗検定を実施した。

- 衝突に関する要因（車両関連）
 - 車両損壊度、衝突タイプ、衝突方向、衝突回数
- 衝突に関する要因（環境関連）
 - 月、曜日、時刻、天候
- 安全デバイスの使用状況
 - シートベルト（SB）、エアバッグ（AB）、座席位置、シートスライド位置
- 個体特性
 - 年齢、身長、体重、BMI、性別、役割、アルコールの有無、アルコール量、薬物の有無、既往歴の有無、既往歴数、血液凝固障害、妊娠、筋骨格障害、心血管疾患、骨粗しょう症、変性脊椎障害、肥満、その他の既往歴
- 衝突によって受けた外傷関連指標
 - 生死、MAIS、ISS、外傷の数、AIS_Head、AIS_Face、AIS_Neck、AIS_Thorax AIS_Abdomen、AIS_Spine、AIS_UpperExtremity、AIS_LowerExtremity、AIS_Unspecified、AIS_Other

これらの検定結果を Fig.9 に示す。

ファイル	変数名	分類基準	RTS<=6			RTS<=4		
			p値	有意性	コメント・傾向の記載	p値	有意性	コメント・傾向の記載
CRASH.csv	CRASHMONTH	月：1～12月	0.782	有意でない	関連はみられず	0.099	有意でない	関連はみられず
CRASH.csv	DAYOFWEEK	曜日：日/月/火/水/木/金/土	0.237	有意でない	関連はみられず	0.067	有意でない	関連はみられず
CRASH.csv	CRASHTIME	時刻：0～23時	0.000	有意 (★)	0～5時、18～23時にRTS悪化率が高い	0.007	有意 (★)	0～4時、21～23時にRTS悪化率が高い
GV.csv	WEATHER	天候：晴/雨/雪など	0.555	有意でない	関連はみられず	0.038	有意 (★)	雪や吹雪にRTS悪化率が高い
GV.csv	CRASHCAT	衝突のタイプ：単独/同一車線/反対車線/交差点など	0.000	有意 (★)	単独、反対車線でRTS悪化率が高い	0.000	有意 (★)	単独、反対車線でRTS悪化率が高い
CDC.csv	OCLOCK	衝突の方向：水平以外/12時方向/1時方向など	0.038	有意 (★)	水平以外と3.45時、12時方向でRTS悪化率が高い	0.139	有意でない	関連はみられず
CDC.csv	oclock(11)	衝突の方向_前3車線のみ：水平以外/12時方向/1時方向など	0.001	有意 (★)	水平以外と3.45時、12時方向でRTS悪化率が高い	0.004	有意 (★)	水平以外、12時、3.45時、11.12時方向でRTS悪化率が高い
GV.csv	PARALCOHOL	アルコールの有無：	0.000	有意 (★)	アルコール摂取は大きくRTS悪化率	0.000	有意 (★)	アルコール摂取は大きくRTS悪化率
GV.csv	DRUGTEST	薬物の有無：	0.000	有意 (★)	薬物の摂取は大きくRTS悪化率	0.000	有意 (★)	薬物の摂取は大きくRTS悪化率
OO.csv	SEX	性別：男性/女性/不明	0.000	有意 (★)	男性がRTSを悪化させやすい	0.000	有意 (★)	男性がRTSを悪化させやすい
OO.csv	PARBELTUSE	シートベルト：未着用/2点式SB/CRS/その他SBなど	0.000	有意 (★)	未着用、CRSはRTS悪化率が高い	0.000	有意 (★)	未着用、CRSはRTS悪化率が高い
OO.csv	PARAIRBAG	エアバッグ：利用不可/乗客用/乗客用/不明など	0.023	有意 (★)	利用不可状態でRTS悪化率が高い	0.145	有意でない	関連はみられず
OO.csv	SEATLOC	座席位置：前左/前右/2nd左/2nd中/2nd右など	0.927	有意でない	関連はみられず	0.819	有意でない	関連はみられず
OO.csv	ROLE	乗員の役割：運転者/同乗者	0.192	有意でない	関連はみられず	0.192	有意でない	関連はみられず
SEAT.csv	TRACK	シート前後位置：調整不可/調整/中央/最後など	0.000	有意 (★)	中央以外はRTSを悪化させない	0.087	有意でない	関連はみられず
OO.csv	MORTALITY	生存状況：生存/死亡/病死	0.000	有意 (★)	死亡、病死でRTSが顕著に悪化率	0.000	有意 (★)	死亡、病死でRTSが顕著に悪化率
	medicalHistory	既往症の有無：	0.002	有意 (★)	有意だが顕著な悪化はみられず	0.061	有意でない	関連はみられず
OO.csv	IMPAIREDCOAG	血液凝固障害の有無：	0.159	有意でない	関連はみられず	0.620	有意でない	関連はみられず
OO.csv	PREGNANT	妊娠の有無：	0.068	有意でない	関連はみられず	0.338	有意でない	関連はみられず
OO.csv	IMPLANTFUS	筋骨格障害の有無：	0.008	有意 (★)	筋骨格障害なしでRTS悪化率が高い	0.204	有意でない	関連はみられず
OO.csv	CARDIOCOND	心臓血管障害の有無：	0.005	有意 (★)	心臓血管障害ありでRTS悪化率が高い	0.012	有意 (★)	心臓血管障害ありでRTS悪化率が高い
OO.csv	OSTEOCOND	骨格/骨密度の有無：	0.244	有意でない	関連はみられず	0.678	有意でない	関連はみられず
OO.csv	SPINEDEGEN	変性脊椎障害の有無：	0.018	有意 (★)	変性脊椎障害なしでRTS悪化率が高い	0.003	有意 (★)	変性脊椎障害なしでRTS悪化率が高い
OO.csv	OBESITY	肥満の有無：	0.007	有意 (★)	肥満なしでRTS悪化率が高い	0.269	有意でない	関連はみられず
OO.csv	COMORBOTH	その他既往症の有無：	0.963	有意でない	関連はみられず	0.983	有意でない	関連はみられず
GV.csv	DAMSEV	車両損壊レベル：軽/中/大：連続 (3軒化)	0.000	有意 (★)	車両損壊レベルで大破でRTSを悪化させる	0.000	有意 (★)	車両損壊レベルで大破でRTSを悪化させる
	eventNum	衝突回数：1回/2回/3回以上：連続 (3軒化)	0.000	有意 (★)	衝突回数3回以上でRTS悪化率が高い	0.002	有意 (★)	衝突回数3回以上でRTS悪化率が高い
GV.csv	ALCTESTRESULT	なし/異常/ほとんど正常/診断初/診断後/診断/連続 (8軒化)	0.000	有意 (★)	なし以外はRTSを悪化させる	0.419	有意でない	関連はみられず
OO.csv	AGE	55才未満/55才以上：連続 (2軒化)	0.208	有意でない	関連はみられず	0.743	有意でない	関連はみられず
OO.csv	HEIGHT	120cm未満/140、180/200cm以上：連続 (6軒化)	0.000	有意 (★)	120cm未満と180-200cmでRTSを悪化させる	0.005	有意 (★)	120cm未満と180-200cmでRTSを悪化させる
OO.csv	WEIGHT	30kg未満/50、150/170kg以上：連続 (9軒化)	0.019	有意 (★)	30kg未満、70kg以上でRTS悪化率が高い	0.468	有意でない	関連はみられず
OO.csv	bmi	痩せすぎ、/普通/前肥満/、肥満3：連続 (8軒化)	0.032	有意 (★)	普通、前肥満でRTSが悪化	0.842	有意でない	関連はみられず
OO.csv	MAIS	MAIS=1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	MAIS=3以上でRTSが悪化、4以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	MAIS=3以上でRTSが悪化、5以上で顕著に悪化
OO.csv	ISS	0/1-14/15-24/25-34/35-75：連続 (5軒化)	0.000	有意 (★)	ISS=15-24以上で悪化、25以上は顕著に悪化	0.000	有意 (★)	ISS=15-24以上で悪化、35以上は顕著に悪化
	injuryNum	1か所/2/3/4/5/6-10/11-20/21+所以上：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	外傷11+所以上でRTSが顕著に悪化	0.000	有意 (★)	外傷11+所以上でRTSが顕著に悪化
	medicalHistoryNum	0/1/2/3/4/5/6/7+：連続 (8軒化)	0.124	有意でない	関連はみられず	0.420	有意でない	関連はみられず
INJURY.csv	AIS_Head	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化、3以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	3以上でRTSが悪化、5以上で顕著に悪化
INJURY.csv	AIS_Face	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	1以上でRTSが悪化、2以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化
INJURY.csv	AIS_Neck	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	1以上でRTSが悪化、2以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化
INJURY.csv	AIS_Thorax	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化、3以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	3以上でRTSが悪化、4以上で顕著に悪化
INJURY.csv	AIS_Abdomen	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	1以上でRTSが悪化、2以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化
INJURY.csv	AIS_Spine	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化、4以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	3以上でRTSが悪化、5以上で顕著に悪化
INJURY.csv	AIS_UpperEx	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化、3以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化
INJURY.csv	AIS_LowerEx	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	2以上でRTSが悪化、3以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	3以上でRTSが悪化
INJURY.csv	AIS_Unspecified	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	2以上で顕著に悪化	0.000	有意 (★)	
INJURY.csv	AIS_Other	AIS=0/1/2/3/4/5/6：連続 (7軒化)	0.000	有意 (★)	1以上でRTSが悪化、2以上で顕著に悪化	0.924	有意でない	

▶Fig.9：各説明変数にいてカイ 2 乗検定の結果

この結果から、RTS の悪化には、夜間（時刻帯）、単独事故（衝突タイプ）、アルコールや薬物の影響、外傷の程度などが関与していることが示唆された。

また、身長、体重、既往歴や各種の既往症、シートベルト（SB）やエアバッグ（AB）の使用状況、天候といった因子についても、RTS との有意な関連がみられた。

一方で、年齢、月、曜日、役割、座席位置、一部の既往歴については、RTS との統計的関連は認められなかった。

これらの結果より、RTS は事故による衝撃や外傷の程度に影響されるだけでなく、個体特性によっても変動する可能性がある。

RTS の悪化は、外傷のみならず、事故時の環境因子や個体要因といった非外傷的要素にも影響を受けることが考えられる。

そこで本研究では、 $RTS \leq 6$ を「重症化群」と定義し、各因子ごとの RTS 悪化率を算出・比較した (Fig.10～Fig.14)。以下に、特に顕著な傾向を示した因子について示す。

まず、車両損壊度との関係では、大破に分類される事故において RTS 重症化率が 8.0%と最も高く (Fig.10)、衝突の規模が RTS に直接的な影響を与えている可能性が示された。また、深夜帯（0～3 時）の RTS 悪化率は他の時間帯と比較して高く、22～3 時では 6%を

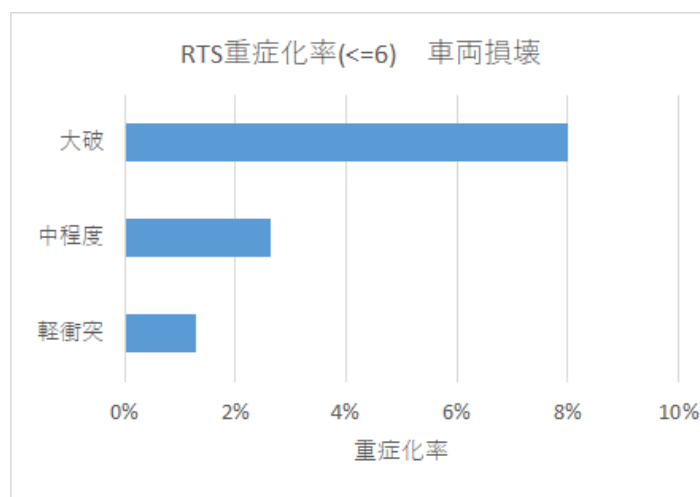
超えるピークが確認された (Fig.12)。この傾向は、事故の発見遅れや心理的ストレスの増大が影響している可能性がある。

さらに、斜め後方（例：4時方向、5時方向）からの衝突では RTS 悪化率が上昇しており (Fig.13)、これは「認知困難な衝突」に対する心理的負荷と関連している可能性がある。

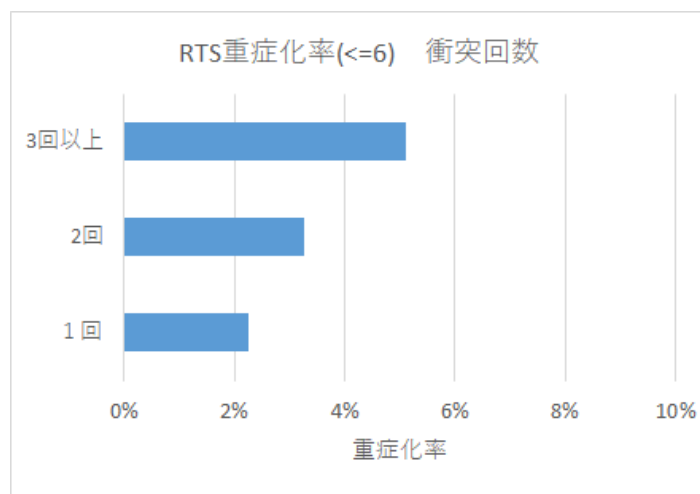
加えて、血中アルコールが検出された症例では RTS 悪化率が 9.5%に達しており、非検出群（2.2%）と比較して著しく高かった (Fig.15)。この結果は、生理的要因のみならず、内的要因も RTS の悪化に関与していることを示唆する。

その他、衝突回数、衝突モード、性別、心血管系の既往歴、MAIS といった要因においても有意な傾向が認められた (Fig.11, Fig.14, Fig.16, Fig.17, Fig.18)。

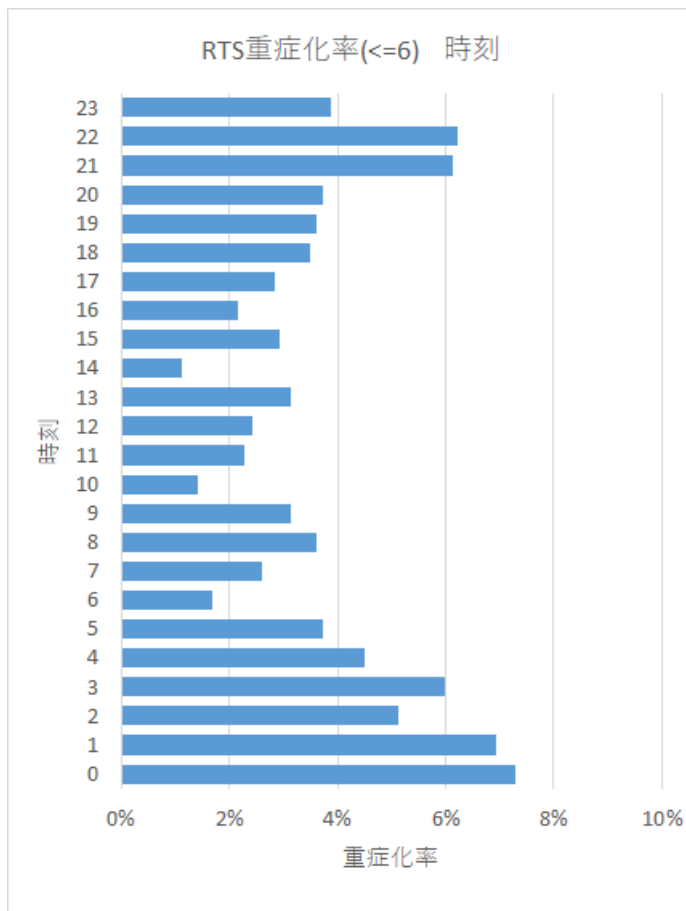
これらの知見から、RTS は単なる生理学的重症度指標にとどまらず、事故時の状況や個体特性の背景に影響されうる、“内的ストレスの反映”とも捉えることができる可能性がある。



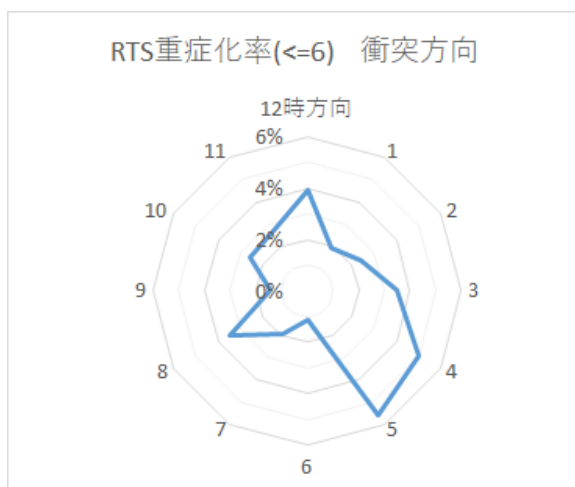
▶ Fig.10：車両損壊度別に見た RTS 重症化率（≦6）



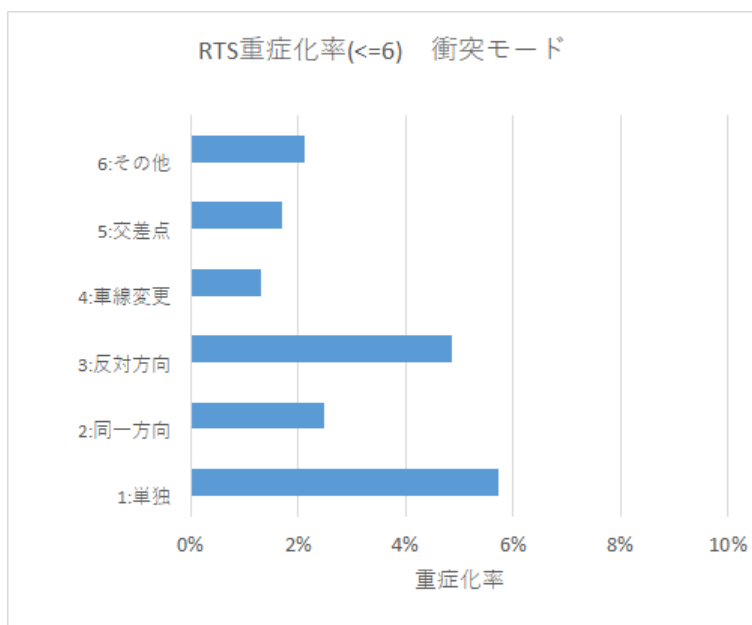
▶ Fig.11：衝突回数別に見た RTS 重症化率（≦6）



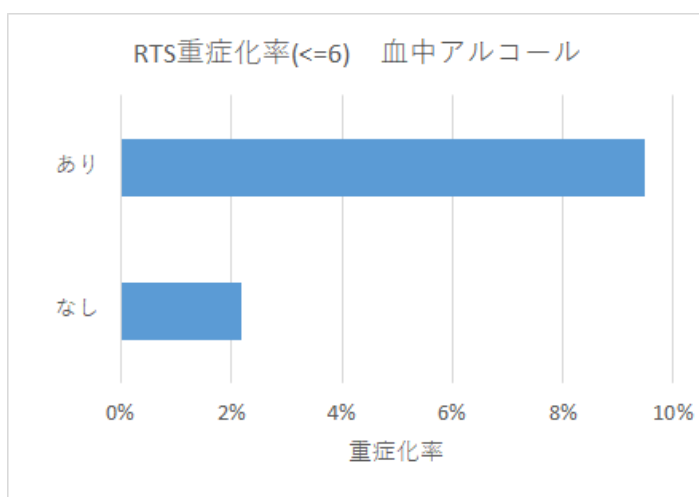
►Fig.12：発生時刻別に見た RTS 重症化率（≦6）



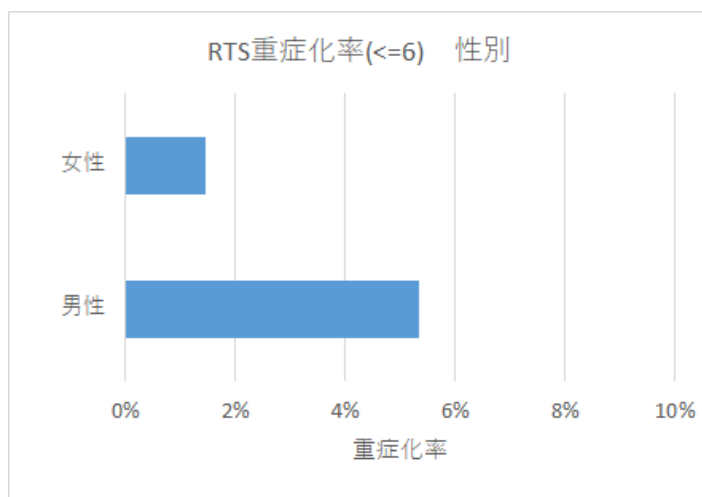
►Fig.13：衝突方向別に見た RTS 重症化率（≦6）



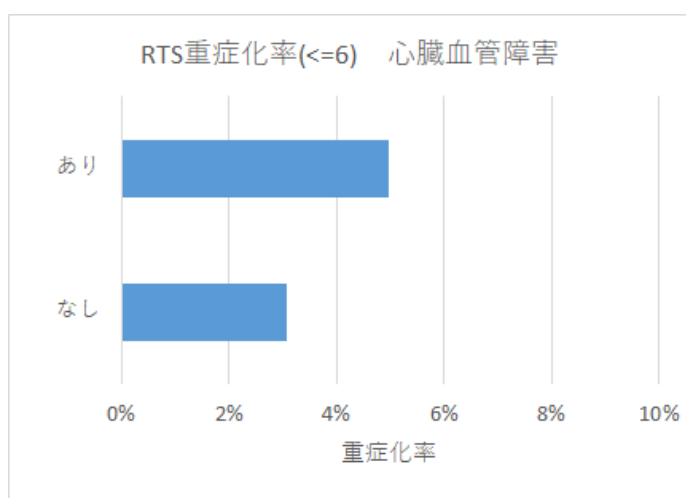
► Fig.14：衝突モード別に見た RTS 重症化率（≦6）



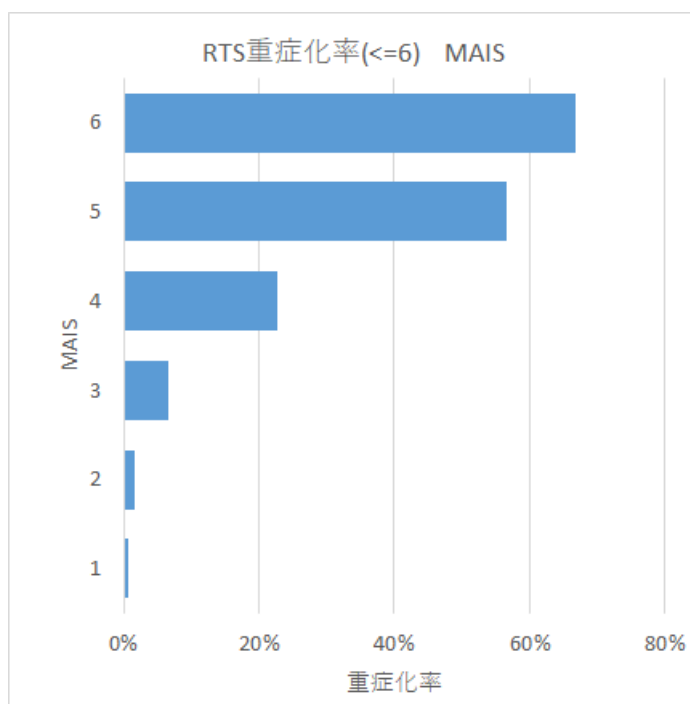
► Fig.15：血中アルコール有無による RTS 重症化率の比較（≦6）



▶ Fig.16：性別による RTS 重症化率の比較（ ≤ 6 ）



▶ Fig.17：心臓血管障害有無による RTS 重症化率（ ≤ 6 ）



▶ Fig.18 : MAIS スコア別に見た RTS 重症化率 (≦6)

6. 考察 (Discussion)

本研究により、交通事故における死亡リスクには以下の4つの重要な示唆が得られた。

1. 外傷の程度が軽度でも死亡するケースが存在し、ISSのみでは死亡を十分に説明できない。
2. RTSは外傷の影響に加え、事故時の環境・状況によって悪化する可能性があり、“内的ストレスの指標”としての意味合いを持つ可能性がある。
3. 年齢²×既往歴数²の交互作用項は死亡の再現率を大きく向上させ、高齢かつ複数の既往歴を持つ者が明確な高リスク群であることを示した。
4. 今後、自動運転などにより衝突の物理的エネルギーは低下するが、それでも死亡が残るとすれば、内的・心理的ストレスを含む“非外傷的死亡要因”が主たる課題となる。

本研究は、交通事故における死亡要因を、従来の外傷評価だけでなく、バイタル指標や個体特性を含めた多面的な視点から分析した。特に、外傷レベルが比較的低いにもかかわらず死亡に至る「PTD ほぼ0」群に注目し、事故時の生命徴候 (RTS) や既往歴、年齢との関係を明らかにした。

まず、ISSのみを用いたモデル (モデル1) では、Pseudo R²は0.335にとどまり、死亡の再現率も0.147と低かった。これは、外傷のみでは死亡を十分に説明できないことを示して

いる。

次に、ISSに加えて RTS および年齢スコアを用いたモデル（モデル 2）では、Pseudo R^2 が 0.557 に向上し、死亡の再現率も 0.573 まで上昇した。これにより、RTS は死亡を説明する上で非常に重要な要素であり、また年齢もリスクに寄与する要因であることが再確認された。

さらに、RTS、ISS、年齢スコアに加えて、「年齢²×既往歴数²」の交互作用項を導入したモデル（モデル 3）では、Pseudo R^2 が 0.640、再現率が 0.874 と大きく向上した。これは、高齢かつ複数の既往歴を持つ者が、外傷や RTS が軽微であっても死亡に至るリスクが高いことを示している。

一方で、RTS そのものを悪化させる要因についても分析した結果、深夜や吹雪などの悪条件下、単独事故や斜め後方からの衝突、アルコールや薬物の影響などが RTS を有意に悪化させることが明らかとなった。これらの要因は、物理的外傷とは異なる「心理的・生理的ストレス」の誘因となる可能性が高い。

これらの結果を踏まえると、RTS は単なる生理学的重症度の指標としてだけでなく、「事故時の内的ストレスの指標」としての機能も有している可能性がある。特に、将来の自動運転社会においては、衝突規模の小型化により外傷の重症度は低下する一方で、心理的・環境的要因が死亡リスクに占める割合が高まる可能性がある。

したがって、今後の安全対策は、外傷の低減だけでなく、事故時に発生する心理的ストレスや不安要因への配慮、ならびに既往歴を持つ高齢者に対する個別的対応が重要になると考えられる。

7. 結論 (Conclusion)

本研究により、従来の交通事故死亡リスク評価において中心的であった外傷指標（ISS）だけでは、多くの死亡事例を説明できないことが示された。外傷が軽度であるにもかかわらず死亡に至る「PTD ほぼ 0」群の存在は、死亡要因が外傷以外にも存在することを強く示唆している。

ロジスティック回帰モデルの分析を通じて、RTS（生命兆候スコア）、年齢、既往歴の交互作用が、死亡リスクに強く関連することが明らかとなった。特に、年齢²×既往歴数²の交互作用項を加えたモデルでは、死亡の再現率が大きく向上し、高齢かつ既往歴を持つ乗員が高リスクであることが確認された。

また、RTS は外傷以外にも、衝突時の環境要因（夜間、吹雪、衝突方向）や個体特性（アルコール、薬物等）から影響を受けることが判明した。これにより、RTS は事故時の心理的・生理的ストレスの反映でもある可能性があり、事故予後の予測指標としての新たな解釈が加わった。

将来的には、自動運転や先進安全装備の発展により事故の衝撃自体は軽減される可能性があるが、それでも死亡に至るリスクは完全にはゼロにできない。そのため、死亡リスクのさらなる低減には、外傷低減に加え、RTS の悪化要因や高リスク群（高齢・既往歴あり）への事前対応、心理的ストレスの軽減といった“非外傷的アプローチ”が不可欠である。

参考文献

- [1] 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, 2024. <https://jxiv.jst.go.jp/index.php/jxiv/preprint/view/1119>
- [2] 西本哲也. 自動車へ全衝突形態対応の救命機能を搭載するための救急医療実態に基づく傷害予測アルゴリズムの構築とその実証実験 ―平成 22 年度（本報告）タカタ財団助成研究論文一. タカタ財団助成研究報告書, 2010.
https://www.takatafound.or.jp/support/articles/pdf/111220_02.pdf
- [3] 富永 茂, 西本 哲也, 阪本 雄一郎, 益子 邦洋. 交通外傷における日本人版予測生存率モデルの算出とその特徴解析. 日本交通医学会誌. 2022; 75(3): 123-134.
- [4] 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>
- [5] 大江 良子, 村上 姫菜, 荒木 理子, 立岡 弓子, 一杉 正仁. 妊婦の高速道路運転時の胎児心拍数モニタリングによる胎内環境への影響の検証. 日本交通科学学会誌. 2023; 23(2): 27-32.
- [6] 石井 亘, 飯塚 亮二, 一杉 正仁. 自動車乗員におけるシートベルト損傷の受傷機転と臨床的特徴の検討. 日本交通科学学会誌. 2019; 19(2): 35-41.
- [7] 雨森 一郎, 松井 靖浩. AIS コードを用いた実事故における車両乗員の受傷分布. 自動車技術会論文集. 2023; 54(3): 608-614. doi:10.11351/jsaeronbun.54.608.