

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01669

研究課題名（和文）交通事故で一番多い歩行者事故死者を救命するための自動車安全システムの研究

研究課題名（英文）A study on automobile safety system to rescue pedestrian fatalities in traffic accidents

研究代表者

西本 哲也（Nishimoto, Tetsuya）

日本大学・工学部・教授

研究者番号：30424740

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：歩行者と自動車衝突した交通事故を対象として、日本の事故データと南オーストラリア州の事故データを用いて歩行者の傷害程度を予測する統計学に基づくアルゴリズムの開発を実施した。これらアルゴリズムは日豪で事故データの項目が異なるためにリスクファクタと呼ぶ因子が同一ではないが、自動車が歩行者に衝突した際の死亡重傷になるレベルを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の交通事故で死亡者の最も多い自動車対歩行者事故での傷害予測アルゴリズムは、自動車安全システムとして車両へ搭載することが可能である。今回開発した傷害予測アルゴリズムを用いて自動車から死亡重傷となる確率を瞬時に発信することにより、ドクターヘリやドクターカーにより医師が現場にかけつけて早期の治療を実施しながら救命病院に搬送することが実現可能となった。

研究成果の概要（英文）： We developed statistically-based algorithms for predicting the level of injury to pedestrians in traffic accidents, using accident data of Japan and South Australia for pedestrian-vehicle collisions. Although these algorithms do not have the same risk factors because the accident data items differ between Japan and Australia, they have clarified the level of fatal and serious injuries that can occur when a car crashes into a pedestrian.

研究分野：工学

キーワード：傷害予測アルゴリズム 歩行者保護 自動車安全技術 事故自動通報システム 救命救急 機械学習

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自動車交通事故を24時間死者数でみると年間およそ4,000人が死亡しており、そのうち歩行者対自動車での歩行者死者が最も構成率が高く35%1,361人も存在し、自動車乗車中の死者は34%1,338人である。毎年4,000人近い尊い生命が交通事故で失われていることは憂慮すべきである。死亡重傷者をさらに低減し死亡者ゼロを目指すためには、早期に受傷者を検知し、重傷程度を判別し、救命センターで治療を受けることができるようにする救命システムが必要である。世界の取り組みは自動車乗員の保護研究であり、歩行者の早期救済のための傷害予測研究は存在しない。

2. 研究の目的

歩行者が自動車と衝突した際に生じる傷害の研究に基づいて死亡重傷確率を予測できるアルゴリズムを開発し、「救命時間」と「救命の質」を確保するための安全システムを自動車に搭載できるようにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)南オーストラリア州交通事故報告システム(TARS)に基づく歩行者のための傷害予測アルゴリズムを開発した。そのためGlobal Positioning System(GPS)座標から得た速度制限などの情報を基に傷害程度を推定した。自動車対歩行者事故のTARSデータ10,833件にロジスティック回帰分析を用いて、重傷リスク(事故から30日以内の死亡と救急病院での24時間以上の治療の割合)を推定する傷害予測アルゴリズムを構築した。

(2)同様に日本で発生した97,690件の歩行者事故を用いて多項分類と呼ばれるアルゴリズム構築手法を用い、事故の緊急度をより正確に判定可能にすることを目的とし、目的変数を死亡・重傷・軽傷の三分類衝突データより歩行者傷害予測アルゴリズムを構築した。

4. 研究成果

(1) オーストラリアの歩行者事故傷害予測アルゴリズム

いくつかの研究では、衝突速度の増加に伴って歩行者の傷害リスクが増加することが示されている。また、車両の走行速度と強い相関を有する速度制限の増加に伴って歩行者の傷害リスクと死亡率も増加するとの研究がある。我々は車両の速度が得られない場合に公示速度制限が乗員傷害の良い指標となると考え、本研究では公示速度制限を利用してロジスティック回帰によりアルゴリズムを開発した。南オーストラリアのデータを用いて作成した傷害予測アルゴリズムについて、図1に事故地点とアデレード中心部の距離別の速度制限と重傷リスクの関係を表すリスクカーブを示す。重傷歩行者傷害リスクは速度制限に伴って増加し、アデレード中心部から事故時点の距離が離れるほど増加する。アデレード中心部から50km以上離れた地点で発生した事故は50km以内で発生した事故と比べて歩行者の傷害リスクが顕著に増加した。

歩行者年齢層別のリスクカーブを図2に示す。高齢者(61歳以上)と0-4歳の子供は他の年齢層と傷害リスク($p < 0.001$)を比較すると、より脆弱である。傷害リスクは5-15歳、30-60歳、16-29歳でそれぞれ減少する。高齢者の重傷リスクの増加は重要な知見である。

自動車安全システムで傷害予測アルゴリズムを提案するためには救急医療の適切な起動のために重傷リスクの閾値を決定する必要がある。実傷害に対する最適以下の予測は許容範囲を超えた比率のアンダートリアージやオーバートリアージをもたらす可能性がある。アンダートリアージの場合、実傷害が重傷の場合にモデルは誤って軽傷と予測する。これにより、救命治療の遅れに

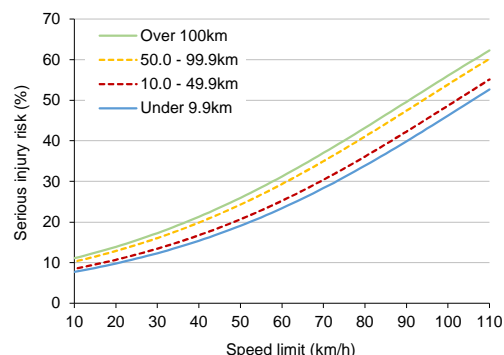


図1 事故発生地点に基づく制限速度と死亡重傷の関係リスクカーブ

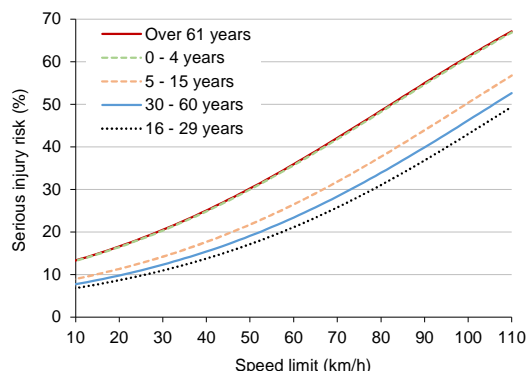


図2 歩行者年齢に基づく制限速度と死亡重傷の関係リスクカーブ

よって歩行者の重傷/死亡リスクが増大する。オーバーリアージのシナリオでは、軽傷事故を誤って重傷と予測し、救急医療のリソースは不必要な低い傷害程度の歩行者事故に派遣され、医療リソースの非効率性を招く恐れがある。設定された傷害閾値に関して、残念ながらアンダートリアージ率とオーバーリアージ率はトレードオフの関係があるため、双方の発生を全て防止することは困難である。世界では10%以下のアンダートリアージレベルと50%以下のオーバーリアージレベルを推奨している。図3は傷害閾値に対する最適モデルのアンダートリアージ率とオーバーリアージ率の関係を示している。傷害閾値を21.5%に設定すると、アンダートリアージレベルは10.8%、オーバーリアージレベルは51.7%となり、モデルの予測精度が的確になった。

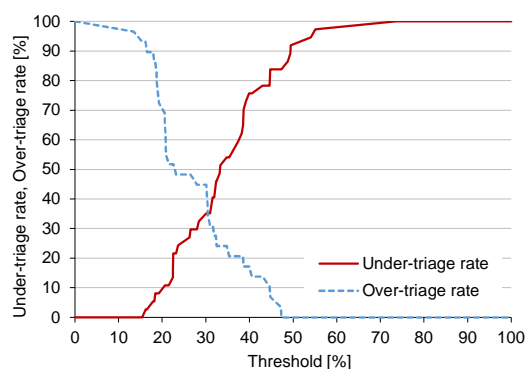


図3 アンダートリアージ率とオーバーリアージ率と傷害閾値の関係

(2) 日本の歩行者事故傷害予測アルゴリズム

歩行者事故のマクロデータと呼ばれる交通統計白書に基づく2014年から2018年までの大規模な日本で発生した全事故データを用いて傷害予測アルゴリズムを開発した。アルゴリズム開発には約10万件のデータを用いた。傷害予測のためのリスクファクタには道路形状、規制速度、危険認知速度、事故類型、乗用車のクラス、歩行者の年齢、損傷主部位を採用した。傷害部位は、これまで実施した胸腹部の耐性実験に基づいて適用したものである。現状では重傷度判定は無傷・軽傷もしくは重傷・死亡である確率を求めており、重傷度は二項分類にて予測している。今回は多項分類と呼ばれる三項分類以上の予測を可能としたアルゴリズム構築手法を用い、事故の緊急度をより正確に判定可能にすることを目的とし、目的変数を死亡・重傷・軽傷の三分類衝突データより歩行者傷害予測アルゴリズムを構築し、現在使用されている二項分類手法や三項分類手法との比較を実施した。

図4に構築した二項ロジスティック回帰モデルを用いて死亡重傷率を計算した例を示す。事故条件として道路形状：交差点と交差点付近、規制速度：30超40以下、危険認知速度：50超60以下、事故類型：横断中、車両クラス：セダン+ワゴン等、年齢：13-15歳、損傷主部位：全損+頭胸部の衝突モードをリスクファクタとして選択し、死亡重傷率を算出した。その結果、死亡重傷率は59.7%と予測されており、日本の事故データでアルゴリズムを構築できた。

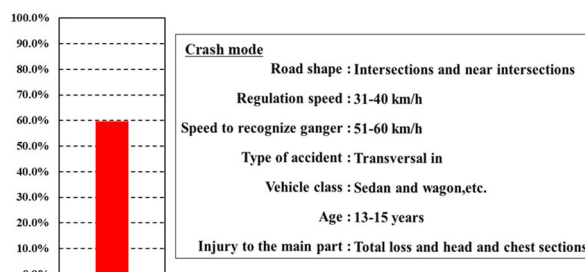


図4 二項分類による傷害予測の例

図5に多項分類の手法である多項ロジスティック回帰分析の重傷度判定の計算例を示す。事故条件として二項分類モデル結果と同様の衝突モードをリスクファクタとして選定し、死亡・重傷・軽傷の三項目それぞれの確率を算出した。その結果、軽傷が48.7%、重傷が43.1%、死亡が8.2%と予測された。本研究では傷害予測アルゴリズムの緊急度判別を正確にすることを目的とし、目的変数を軽傷・重傷・死亡の三項目データより歩行者傷害予測アルゴリズムの構築に挑戦したところ、三項分類モデルは重傷と死亡が分割されて算出されるため、二項分類モデルよりも助けられる事故をよりの確に予測できた。

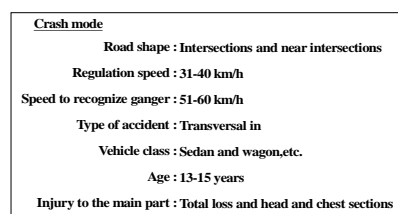


図5 多項分類による傷害予測の例

今回の研究ではオーストラリアと日本の大規模データによる歩行者保護アルゴリズムの構築を実施し、日本の交通事故で死亡者の最も多い自動車対歩行者事故での死亡者を救命するための自動車安全システムのための傷害予測アルゴリズムを完成することができた。今回の研究成果は自動車へ事故自動通報システムとして搭載できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T.Nishimoto, K. Kubota, G. Ponte	4. 巻 129
2. 論文標題 A pedestrian serious injury risk prediction method based on posted speed limit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Accident Analysis and Prevention	6. 最初と最後の頁 84-93
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 該当する

1. 著者名 T. Motomura, H. Matsumoto, H. Yokota, M. Suzuki, T. Nishimoto, and S. Ujihashi,	4. 巻 86
2. 論文標題 Thoracoabdominal Compression Model of Traumatic Asphyxia to Identify Mechanisms of Respiratory Failure Crowd Accidents	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nippon Medical School	6. 最初と最後の頁 310-321
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 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 西本哲也
2. 発表標題 最近の自動車に搭載されているD-Call Net事故自動通報での緊急度判定について
3. 学会等名 第23回日本臨床救急医学会総会・学術集会, パネルディスカッション10「外傷医療とIT工学の融合」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西本哲也, 石成泰隆, 大槻脩, 菊池厚躬, 富永茂, 阪本太吾, 本村友一
2. 発表標題 大学病院を中核とした交通事故の実態調査による人体傷害の詳細解析
3. 学会等名 第56回日本交通科学学会, シンポジウム1 その事故のその記録(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石成泰隆, 大槻脩, 西本哲也, 本村友一
2. 発表標題 交通外傷受傷者の骨強度と年齢・性別の関係について
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 植木俊介, 西本哲也, Giulio Ponte
2. 発表標題 機械学習による豪州の傷害予測アルゴリズムに関する研究
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月涼太, 西本哲也, 本村友一
2. 発表標題 3Dプリンターを用いた肋骨外傷の再現のための高齢者ダミー作製
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本村友一, 松本尚, 鈴木基継, 西本哲也, 宇治橋貞幸
2. 発表標題 胸腹部圧迫モデルを利用した群集事故における呼吸不全のメカニズム
3. 学会等名 第48回日本救急医学会総会・学術集会GIFU202
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本村友一, 松本尚, 益子邦洋, 石川博敏, 西本哲也
2. 発表標題 重症度予測に基づく交通事故自動通報システム (D-CallNet) の仕組みと実用の現状
3. 学会等名 第48回日本救急医学会総会・学術集会GIFU2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阪本太吾, 本村友一, 西本哲也, 石成泰隆, 大槻脩, 上田太一朗, 山本真梨子, 安松比呂志, 益子一樹, 松本尚
2. 発表標題 交通事故シミュレーションモデルのための新鮮ヒト生体小腸の力学特性データの検討
3. 学会等名 第48回日本救急医学会総会・学術集会GIFU2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中尾賢人, 西本哲也
2. 発表標題 多項分類の歩行者傷害予測アルゴリズムの構築
3. 学会等名 2020年度自動車技術会関東支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部浩也, 西本哲也, 三池徹, 阪本雄一郎
2. 発表標題 交通事故による外傷性凝固障害の再現を目的とした衝撃実験
3. 学会等名 2020年度自動車技術会関東支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 望月涼太, 石成泰隆, 西本哲也, 本村友一
2. 発表標題 高齢者乗員のための胸部傷害再現ダミーモデルの開発
3. 学会等名 2020年度自動車技術会関東支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyoshi, T., Koase, T., Nishimoto, T. and Ishikawa, H.
2. 発表標題 EVALUATION OF THRESHOLD USED BY ADVANCED AUTOMATIC COLLISION NOTIFICATION SYSTEM FOR DISPATCHING DOCTORS TO ACCIDENT SITES
3. 学会等名 26th International Technical Conference and exhibition on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富永茂, 西本哲也, 本村友一, 松本尚
2. 発表標題 大学による医工学連携交通事故実態調査から見えてきた自動車安全の課題
3. 学会等名 第55回日本交通科学学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小阿瀬, 三好朋之, 西本哲也, 石川博敏
2. 発表標題 D-Call Net通報事案のトリージ精度評価及び精度向上に関する検討
3. 学会等名 第55回日本交通科学学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西本哲也
2. 発表標題 医工連携による交通事故実態の調査解析とSSTDCダミー開発への応用医
3. 学会等名 産学ポスターセッション, 自動車技術会年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大槻脩, 黒瀬寿和, 下田剛, 西本哲也, 阪本太吾, 本村友一
2. 発表標題 食用臓器による力学的特性取得のための基礎研究
3. 学会等名 自動車技術会年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugiura, R., Fujikawa, T., Nishikata, R. and Nishimoto, T.
2. 発表標題 Soft Tissue Bruise Injury by Blunt Impact in Human-Robot Interaction -Deference of Tolerance between Chest and Extremities
3. 学会等名 2019 19th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mochizuki, R., Otsuki, O., Tsutsui, K., Abe, H., Nishimoto, t. and Motomura, T.
2. 発表標題 Development and Validation of a Lumbar Physical Model for Compression and Burst Fracture Injuries
3. 学会等名 10th Asian Pacific of Conference on Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsuki, O., Nishimoto, T., Motomura, T. and Sakamoto, T.
2. 発表標題 Abdominal injury research used vehicle damage, occupant trajectory and material properties
3. 学会等名 10th Asian Pacific of Conference on Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nishimoto, T.
2. 発表標題 自動車とロボット外傷のコンピュータバイオメカニクス
3. 学会等名 10th PUCA Forum in Japan 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西本 哲也
2. 発表標題 事故自動通報システムのすすめ-最新の普及状況-「車両クラス別・乗車位置別・衝突方向別傷害予測アルゴリズムVer2019」
3. 学会等名 自動車技術会 人とくるまのテクノロジー展2019名古屋 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
研究 分担 者	本村 友一 (Motomura Tomokazu) (20464406)	日本医科大学・医学部・病院講師 (32666)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分担者	宇治橋 貞幸 (Ujihashi Sadayuki) (80016675)	日本文理大学・工学部・特任教授 (37501)	

	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
研究 協力者	ポンテ ジュリオ (Giulio Ponte)	アデレード大学・Centre for Automotive Safety Research・ Research Engineer	

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		
オーストラリア	The University of Adelaide		