

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04229

研究課題名（和文）自動車の衝突安全対策の向上に向けた衝突後の車両運動解析

研究課題名（英文）Analysis of automobile motion after collision for improvement of collision safety

研究代表者

西村 尚哉（Nishimura, Naoya）

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：60335099

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：交通事故の中で、出会い頭事故といった車両側面衝突が最も致死率が高く、自動車同士の事故（1次衝突）だけでなく、事故後の車両運動による新たな衝突（2次衝突）での事故被害拡大も問題となっている。人命に関わる被害の低減、安全性対策の検討、向上のためにも、自動車間の衝突後運動を把握、定量的に評価することが必要である。

本研究では、車両模型を用いた衝突実験、運動解析ソフトによる車両衝突シミュレーションを実施し、各因子が運動に及ぼす影響度合いを明確にするとともに、従来の理論解析結果と比較、検証を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

衝突実験に基づく各種影響因子と車両運動の相関解析により、それらを統合した簡便かつ実用性のある衝突理論の構築が可能となる。模型車両による衝突実験や理論解析等により得られた結果は、車両運動評価や衝突事故解析において非常に有効な知見となる。

各種影響因子が、側面衝突後の車両運動に与える影響を定量的に評価することで、衝突後の車両運動の解明に対しより精緻な見識を与えることができる。車両運動の把握により、車両衝突安全装置の設置位置の最適化や高性能化、制動補助機能の改善、ボディ構造設計指針にもなり、各種影響因子の視点から、衝突安全性向上による事故低減、事故被害低減につなげることができる。

研究成果の概要（英文）：Automobile collision safety for the accident between the vehicles at the first collision has advanced by experimental, computational and theoretical evaluation. For more improvement of the collision safety, it is necessary to understand the automobile motion after primary collision to protect the driver, pedestrian and worker from another accident occurred by subsequence collision.

In this study, in order to clarify factors, which affect the automobile motion after side collisions, the motion evaluation of the automobile subjected to side collision was investigated by carrying out model collision tests, and fundamental analyses.

研究分野：材料力学，設計工学

キーワード：衝突安全 車両設計 自動車事故 模型実験 車両運動解析

1. 研究開始当初の背景

自動車(車両)の側面衝突における性能試験として、日本では、出会い頭の側面衝突事故を模擬した側面衝突基準[1]の導入にはじまり、その後も、従来試験の条件を変化させた側面衝突試験が実施され乗員被害の詳細な分析が行われている[2, 3, 4]が、これらは一次衝突時のみを対象とし、乗員保護性能の評価を主目的としている。実際の交通事故被害の中には、追突や側面衝突といった車両同士の一次衝突後に、各々の車両挙動が変化し運動を続け、道路脇の工作物や他の車両に再衝突する、二次衝突を起こす場合がある[5](図1)。その中でも、交差点内で対向する右折車と直進車との衝突により、予期せぬ方向へ運動する車両が、信号待機者や歩行者列に突入する痛ましい事故が多発している。また、居眠り運転や運転操作の誤り等により、道路工事現場に停止する車両に衝突し、現場作業員を死傷させる事故も発生している。乗員や歩行者等の人命に関わる被害のさらなる低減のためには、一次衝突だけでなく二次衝突までも考慮する必要がある。安全性向上のための対策(センサー配置,安全装置の高機能化,制動補助,構造最適化)を検討する上で、最も致死率の高い側面衝突を主とした一時衝突後の車両の運動を把握することが必要不可欠である。2車両の衝突では、様々な因子(車両諸元,衝突速度・位置・角度,構成部材,摩擦・反発など)が複雑かつ相互に影響しながら運動する。それら個々の因子が衝突後の車両の挙動(並進,回転など)に、どのように影響を及ぼすのか、どのような運動をするのか、は実験的に検証されておらず、各因子と衝突後運動との関係を定量的に明確にすることが、学術的に重要であり、車両の設計、安全対策改善につなげるためにも必要である。

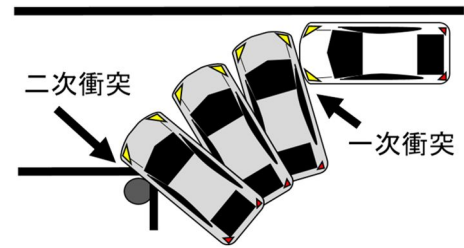


図1. 二次衝突の一例

[1] ECE Regulation No.95, 1995.

[4] 松井他, 自技会論文集, 2009, 40-2 : 295-300.

[2] 江村他, 自技会論文集, 2007, 38-6 : 289-295.

[5] EURONCAP, 2013 : 1-2.

[3] 上野他, 自動車研究, 2010, 32-9 : 529-534.

2. 研究の目的

本研究では、二次衝突までも考慮した車両設計、安全対策の改善につながるよう、側面衝突を主とした一次衝突後の車両運動において各種因子が与える影響度合いを定量的に評価し、主要影響因子と車両運動の相関を解析することで、それらを統合した衝突解析手法を構築することを目的とする。

3. 研究の方法

衝突要因として、衝突時速度(衝突車,被衝突車),衝突位置,車両進入角度を変更因子とし、制動状態別(車輪ロック制動状態および車輪自由回転状態)での基本構造車両模型での衝突実験の実施、比較により、基本となる剛体衝突理論を用いた車両衝突後運動解析の有効性を明らかにする。

車両諸元として、四輪車のタイヤ負担荷重,重心位置,衝突(接触)時における衝突部の形状や変形,衝突接触中挙動を影響因子とし、基本車両模型,基本理論にそれぞれを考慮して、実験、解析の両面から影響度合いを明らかにする。

基本理論では考慮されていない、車両同士の二度あたり(再接触)に対応できるよう、基本

理論の再構築を図る。

車両衝突で問題となる接触面での摩擦，反発係数について速度依存性を明らかにする。

4．研究成果

本研究期間において，模型衝突実験実施に関わる装置の設計製作，各種機材の選定，数値シミュレーションソフトの導入を行い，下記項目について重点的に実験，解析を実施した。

影響因子として衝突角（被衝突車の側面に対し衝突車が進入する角度）に着目した，衝突後車両運動の把握，評価

- ・車輪自由回転状態で停止中の被衝突車側面に車輪ロック制動状態の同型車両模型を衝突
- ・3種類の衝突位置（車両側面の前部，中央部，後部）に対して，衝突角を5°から85°まで10°刻みで変更

衝突角は車両回転および移動距離に影響を与える

後部衝突の場合，衝突角に関係なく再衝突現象を引き起こす

影響因子として衝突位置に着目した衝突後車両運動の把握，評価

- ・車輪ロック制動状態で停止中の被衝突車側面に車輪ロック制動状態の同型車両模型を衝突
- ・車両後端から10mmの位置を基準に60mm毎で計6か所の衝突位置を設定

衝突位置は移動距離や車両回転，運動開始速度に影響を与える

衝突位置が後方に移るにつれ，車両回転運動の影響により再衝突現象を起こす

ソフトウェア（Recurdyn）を用いた運動解析に着手し，解析モデルを構築

影響因子として車両重心位置に着目した衝突後車両運動の把握，評価

- ・車輪ロック制動状態で停止中の被衝突車側面に車輪ロック制動状態の同型車両模型を衝突
- ・3種類の衝突位置（車両側面の前部，中央部，後部）に対して，車両模型重心位置（前方，中央，後方）を変更

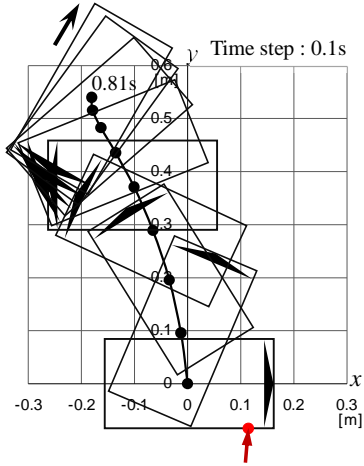
重心位置は車両回転運動に最も影響を与える

2車両が速度を有する状態での衝突実験を可能とする車両発射装置の設計製作

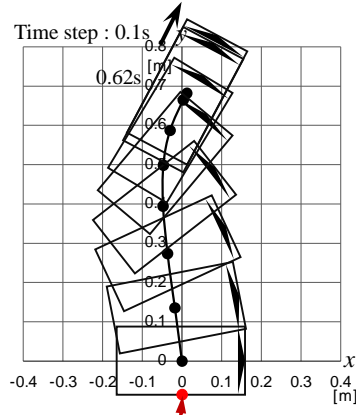
研究成果の一例として，上記項目の衝突角に違いが側面衝突後の車両運動に与える影響について結果を紹介する。衝突角5°，45°，85°での各衝突位置における，運動開始時刻（衝突（接触）が終了した時刻を0s）から回転運動停止までの0.05秒毎の車両軌跡を図2（前部，中央部，後部）に示す（前部および中央部衝突の衝突角5°と45°は0.1秒毎に描画）。図より，衝突位置，衝突角が変わることで異なる衝突後運動をすることが明確である。衝突位置の違いは，主に車両の回転運動および回転方向に影響を与えることがわかる。衝突角は，主に移動量に影響を与えている。特に衝突角85°では，ほとんど並進，回転運動をしていない。後部衝突の場合，図3に一例を示すが，衝突車の左角部が被衝突車の後部側面に衝突した後，被衝突車は時計回りに回転を起こし，再び衝突車の右角部に衝突する2度当たり現象（再衝突）が全ての衝突角度で生じることが確認された。衝突角の違いが与える回転角や回転角速度の影響や2車両間の相対位置によるものと考えられる。実際の車両の衝突後運動把握につなげるためにも，変形や影響因子を段階的に加え，運動変化や再衝突の発生度合などを評価していく必要がある。

本研究期間において，側面衝突を基本に，衝突角（車両進入角），衝突位置，車両重心位置を影響因子として運動評価を実施した。車両の並進，回転運動に与える影響度合いが明確になり，とくに衝突条件により再衝突現象を引き起こすことを明らかにした。今後，衝突条件の変更を重ね，理論解析，数値解析を組み合わせた詳細な運動現象把握をすすめていく。

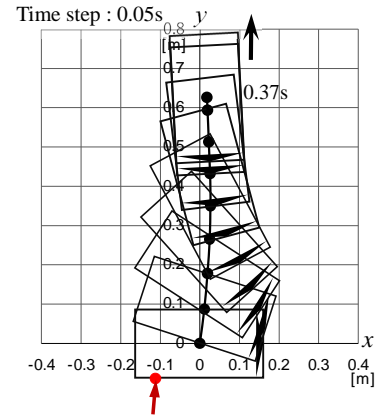
【前部衝突】



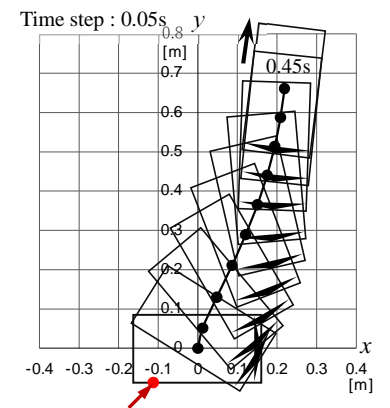
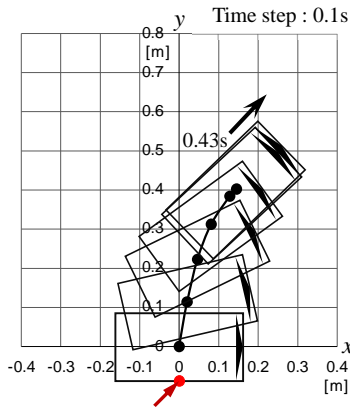
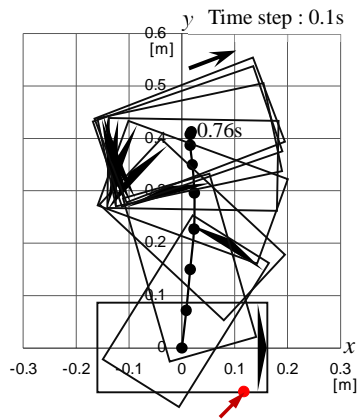
【中央部衝突】



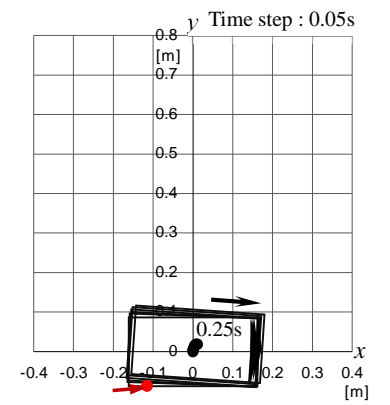
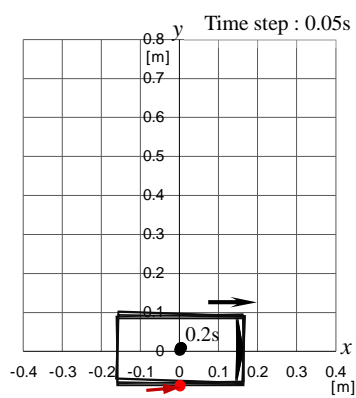
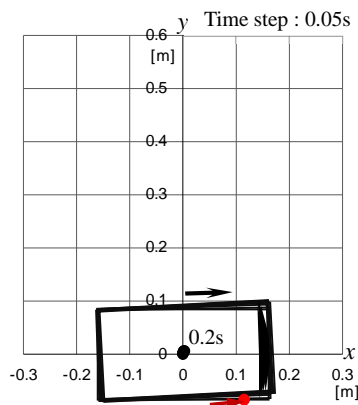
【後部衝突】



(a) $\theta = 5^\circ$



(b) $\theta = 45^\circ$



(c) $\theta = 85^\circ$

図 2 . 各衝突位置における衝突角度 θ =(a) 5° , (b) 45° , (c) 85° のときの被衝突車 (車輪自由回転状態) の運動軌跡 (衝突速度 3m/s) . 図中の四角形は衝突後の車両外形を示す . 車輪自由回転の場合 , 回転運動終了後車両は矢印方向に運動する .

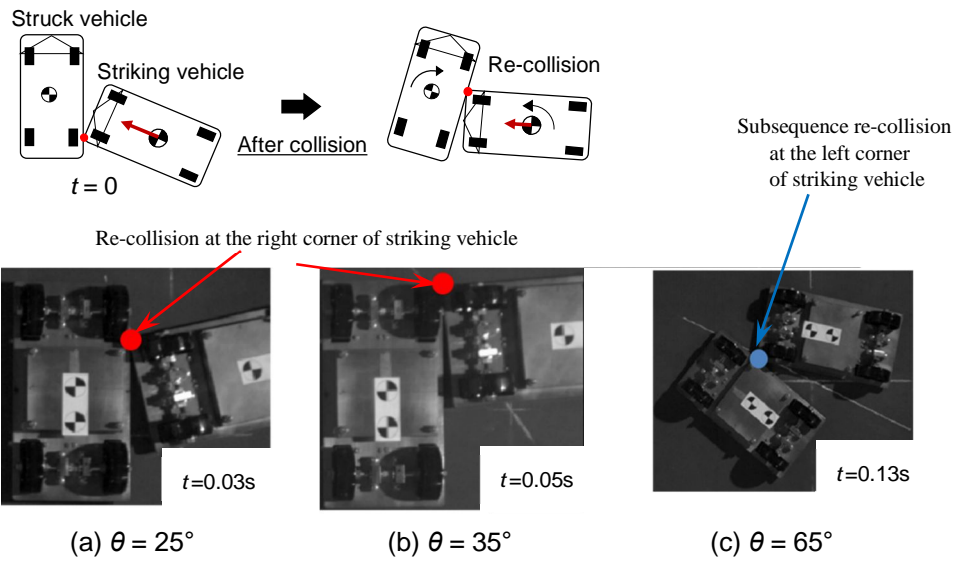


図3. 衝突角度 $\theta = (a)25^\circ$, $(b)35^\circ$, $(c)65^\circ$ のときの衝突車と被衝突車の再衝突の一例 (衝突速度 3m/s).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 西村 尚哉, 西田太一, 田辺純斗, 感本広文	4. 巻 Vol.21, No.2
2. 論文標題 側面衝突後の車両運動評価 - 衝突角（車両進入方向角）の違いが挙動に与える影響 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 実験力学	6. 最初と最後の頁 pp.139-149
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 -

1. 著者名 西村 尚哉, 深津椋平, 友松誠治	4. 巻 Vol.22, No.1
2. 論文標題 侵入車両停止装置（自動車用 型強制性動体）における制動機構の検討および制動性能評価 - アームとマストの取り付け高さが制動性能に与える影響 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 実験力学	6. 最初と最後の頁 pp.51-58
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 -

1. 著者名 西村尚哉, 友松誠治, 深津椋平	4. 巻 Vol.23, No.2
2. 論文標題 侵入車両停止装置（自動車用 型強制性動体）における制動機構の検討および制動性能評価 - マスト角度が制動性能に与える影響 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 実験力学	6. 最初と最後の頁 掲載可
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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 原悠真, 杉浦拓郎, 西村尚哉
2. 発表標題 低滑り速度における動摩擦係数の計測
3. 学会等名 日本設計工学会東海支部令和2年度研究発表講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 杉浦拓郎, 原悠真, 西村尚哉
2. 発表標題 超音波を用いた路面材料推定～移動速度および測定高さが評価パラメータに及ぼす影響～
3. 学会等名 日本材料学会東海支部第15回学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 友松誠治, 西村尚哉
2. 発表標題 自動車用強制制動体の最適構造の検討
3. 学会等名 日本設計工学会東海支部令和3年度研究発表講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 友松誠治, 西村尚哉
2. 発表標題 自動車用強制制動体の最適構造の検討
3. 学会等名 日本機械学会M & M2022材料力学カンファレンス
4. 発表年 2022年～2023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

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
---------	---------