

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04280

研究課題名(和文)普及価格帯の超小型モビリティ創生のための対乗用車衝突安全性能の研究

研究課題名(英文) Optimization of compatibility collision safety performance for ultra-compact mobility-minicar

研究代表者

榎 徹雄 (Maki, Tetsuo)

東京都市大学・理工学部・教授

研究者番号：20465363

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：超小型ミニカーと小型車両との前面及び側面衝突実験を実施し、超小型ミニカーのコンパチビリティ性能を把握した。従来車体構造では乗員の生存空間を確保することが難しい状況であるが、コンピュータ解析を用いた構造解析による従来の安全技術の最適化により、前面・側面共に衝突安全性能を大幅に向上させることができることを明確にした。具体的には車体前部の衝突エネルギー吸収量を増加し、さらにルーフへの荷重をコントロールすることで若干の重量増で前面衝突時の安全性能を確保でき、側面ではドア内のガードバーの適用が重要であることを明確にした。その結果、超小型ミニカーを通常の小型車並みの衝突安全性能を確保できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境を考慮した超小型ミニカーの普及には、普通自動車との混合交通が避けられず、普通自動車との衝突事故を鑑みると超小型ミニカーの衝突安全性能を少なくとも普通自動車と同程度にまで確保することが重要である。本研究では超小型ミニカーの対普通車衝突時の安全性能をより向上するための車体構造として、コンパチビリティに着目し、コンピュータを用いた有限要素解析により改善の方向性を明確にした。この結果、若干の重量(数kg)増で乗員の生存空間を確保できるなど、50km/hの衝突速度での安全性確保の基本的な方向性を明確にすることができた。

研究成果の概要(英文)：A frontal and side collision test of an ultra-compact minicar was carried out, and the compatibility collision safety performance as with conventional vehicles was ascertained. It has been clarified that it is difficult to keep living space for those occupant conditions in the conventional vehicle body structure of ultra-compact, and the safety performance of the body structure can be significantly improved by using computer analysis for ultra-compact minicar.

Specifically, It is clarified that by increasing the amount of collision energy absorption in the front part of the vehicle body and controlling the load on the roof and also it is possible to ensure safety performance in the event of a frontal collision with a slight weight increase. And the application of the guard bar inside the door is important in side collisions. As a result, it is able to show that the collision safety performance of an ultra-compact minicar could be secured with that of a normal compact car.

研究分野：衝突安全

キーワード：超小型ミニカー 普及価格帯 衝突安全 車体構造 乗員傷害 コンパチビリティ

## 1 . 研究開始当初の背景

地球環境問題や高齢化社会への対応として、超小型モビリティのひとつであるミニカーの活躍が期待されている。2013年より国土交通省から「超小型モビリティ導入促進事業」が推進され、企業や地方自治体において超小型モビリティが全国的に導入されている<sup>(1)</sup>。その中でミニカーは、小回りが利き運転しやすいことや広い駐停車スペースが不要なことから、小口配達や営業訪問車として評価されている。そして、2020年9月に道路運送車両法の改定により超小型モビリティの衝突安全性に関する規定が施行されたが<sup>(2)</sup>、本規定では四輪原動機付自転車区分のミニカーは本規定の対象外となっている。特にミニカーは小型乗用車に比べてフロントメンバの位置が低いため、小型乗用車との前面衝突時にボディのコンパチビリティが対応せず、乗員の傷害リスクが高くなる可能性がある。

本研究では、ミニカーと小型乗用車の前面衝突時において、車体変形抑制と乗員の安全性を両立させる手法の明確化が重要である。さらに、交通事故統計よりミニカーの対車両の事故形態では出会い頭の事故が最も多いことが分かっており、小型乗用車がミニカーの側面に衝突する状況についても実力を把握し、その対応方法の可能性を明確化することでより安全なミニカーが普及することが社会にとって重要である。

## 2 . 研究の目的

本研究では小型乗用車対ミニカーの前面衝突と側面衝突時における衝突安全性能の実力把握と乗員傷害値低減手法の明確化を目的としている。まず、実車衝突実験を行い前面及び側面衝突時の課題を把握し、次にCAE (Computer Aided Engineering) 解析を用いて衝突安全性について乗員傷害値を用いて評価検討する。特に、ミニカーの車体前面構造と側面構造が乗員腰部傷害値に及ぼす影響を明確化し、その対応方法を明確化することを目的とする。

## 3 . 研究の方法

トヨタ車体制コムス ZAD-TAK30 型 (以下、ミニカー) 対トヨタ製ベルタ (以下、小型乗用車) の車両相互衝突実験を行った。小型乗用車の目標衝突速度を 30 km/h とし、ミニカーは停止状態とした。実車実験時に小型乗用車はサイドブレーキを OFF の状態でギアはニュートラルとし、ミニカーはサイドブレーキを ON の状態でギアはニュートラルにした。乗員ダミーには Hybrid-50th%tile Male とし、3 点式シートベルトで固定した。なお、ミニカーのシートベルトには、プリテンショナーおよびフォースリミッターは搭載されていない。乗員ダミー搭載時のミニカー質量は 471 kg、小型乗用車の質量は 1024 kg である。また、予備実験でミニカー乗員の頭部は小型乗用車と衝突せず高い加速度が生じないことがわかっていたため、ミニカーの左側面および乗員ダミー腰部に 3 軸並列加速度計を取り付け、計測を行った。3 軸並列加速度計の計測は 10 kHz、CFC180 のローパスフィルタで処理した。衝突地点のミニカー前後に高速度ビデオを設置し、1000 fps にて撮影した (図 1 , 2 ) 。

CAE解析ではトヨタ車体制コムスを参考に、車体フレームおよび足回りを有限要素法で構築し、ミニカーモデルとした。材料については実験車両に即して、ホイールはA5154、そのほかの車体構成部品はSS400とした。また、バッテリーは剛体とした。衝突解析を行う際の計算コストを考慮して、衝突時の車体剛性に大きく影響しない構造は、集中質量を用いて簡易化した。集中質量を用いて簡易化したのは車両質量総和である471 kgのうち車両質量101 kg分の構造である。各部材間の接続となるスポット溶接、連続溶接およびボルト締結を実車に即して再現

した。車体とサスペンションアーム、サスペンションアームとホイールは剛体要素で接続した。フロントサスペンションのばね定数を10.65 N/mm, リアサスペンションのばね定数を24.11 N/mmとした。ミニカーモデルの節点数は68,257, 要素数は65,042とした。シートベルト特性はLHTC(Livermore Software Technology Corporation)が公開するシートベルトデータを用いた<sup>(3)</sup>。衝突用の小型乗用車モデルとしてはNHTSAで公開されているYarisモデルを使用した<sup>(4)</sup>。なお、衝突解析に使用する際の計算コストを考慮するため車体変形に影響するフロント部分以外の要素を削除し、車両質量である1024 kgとなるように集中質量を用いて簡略化した。集中質量は重心位置に設置し、フロント部分の要素と接続した。衝突速度を再現するため、拘束条件はy軸方向の並進のみ残し、x, z軸方向の並進および3軸の回転の自由度を拘束した。なお、節点数は78,159, 要素数は73,983である(図3)。

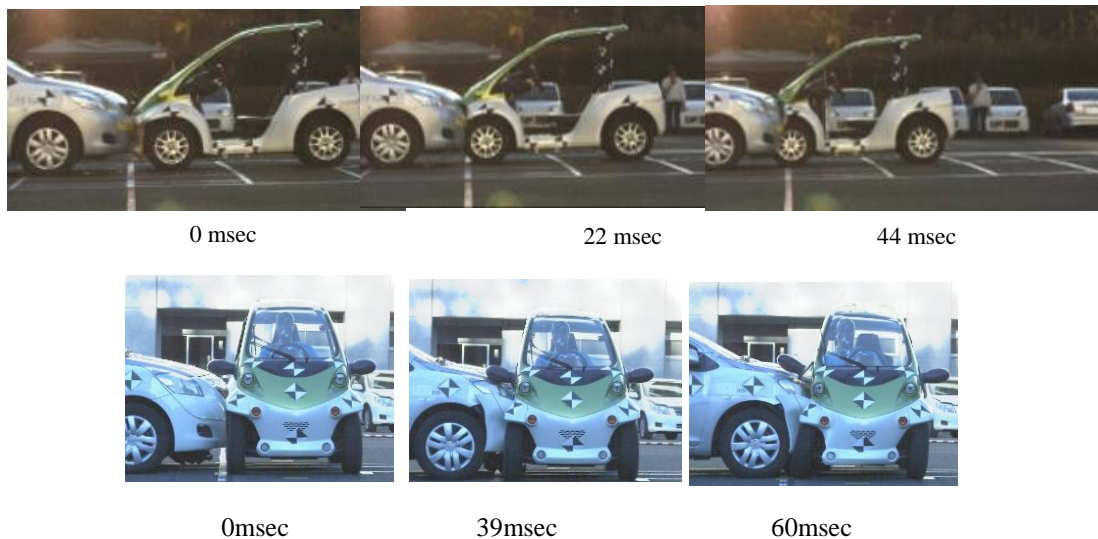


図1 ミニカーと小型乗用車との衝突実験(上段; 前面衝突, 下段; 側面衝突)



図2 衝突実験後の変形部位例

(左; ミニカーの車体フレーム 右; 小型乗用車の内部バンパー)

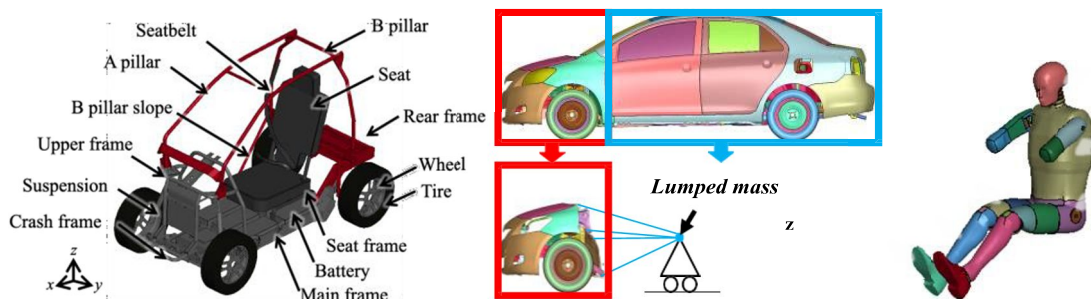


図3 解析モデル(左; ミニカー 中央; 小型乗用車の簡易化モデル化 右; ダミー)

#### 4. 研究成果

本研究ではミニカーと小型乗用車との前面衝突実験およびCAE解析による再現解析から以下の知見を得た（図4，5）。

- ・車両相互前面衝突実験において32 km/h（目標30km/hに対して計測速度）の対小型乗用車前面衝突した場合，固定剛体壁前面衝突と異なり，ミニカー車体下部が相手車両に衝突せず車体上部のみが衝突した．このため，衝突により発生した荷重が車体上部に集中することでステアリングホイールが著しく後退し，乗員と衝突することを確認した．このことより現状のミニカーではコンパチビリティ性能が極めて低いことが判明した．

- ・車両構造を再現した有限要素モデルを用いて，対小型乗用車前面衝突時のステアリングホイール後退量を抑制する補剛手法を明確化した．ミニカーの車体上部フレームとメインフレームを接続する補剛部材を追加することにより，ステアリングホイール後退量を半減できることを確認した．

次に，ミニカーと小型乗用車との側面衝突実験およびCAE解析による再現解析から以下の知見を得た（図4，5）。

- ・小型乗用車に30 km/hの初速度を与え，ミニカーモデルの車体左側面に衝突させた場合，ダメージ恥骨荷重は閾値を超える6.15kNとなり，乗員腰部の傷害リスクが高く，一方ドア構造が無いため胸たわみ量は21.3mmの閾値以下となり乗員胸部の傷害リスクは低い．

- ・ミニカーモデルの左側面に恥骨荷重低減および衝突時の応力を後輪側へ伝達させることを目的として補剛部材（ドア内バードパー相当）を追加することで腰部傷害値を半減できることを確認した．

- ・さらにドア内装に緩衝材（パッド）を装着することで，補剛部材のみを取り付けた場合よりさらに腰部傷害値は約10%低減させることができた．

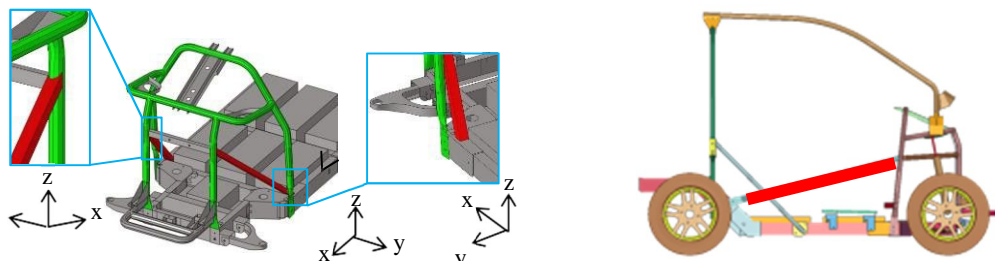


図4 構造変更例（左；前面衝突用補剛メンバ，右；側面衝突用補剛ガードバー）

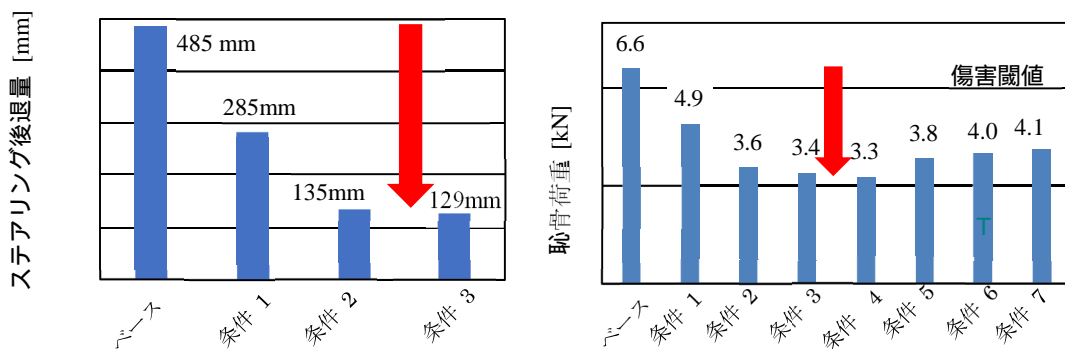


図5 解析結果による前突時ステアリング後退量と側突時乗員恥骨荷重の低減効果（左；構造変更により後退量を半減以下，右；構造変更により傷害閾値6kN以下）

## 【参考文献】

- (1) 国土交通省：超小型モビリティの成果と今後，[www.mlit.go.jp/common/001125685.pdf](http://www.mlit.go.jp/common/001125685.pdf), (2017)  
(accessed 2022-01-22)
- (2) 国土交通省：道路運送車両法施行規則等の一部改正について，  
[www.mlit.go.jp/report/press/content/001360503.pdf](http://www.mlit.go.jp/report/press/content/001360503.pdf) (accessed 2023-01-22)
- (3) Livermore Software Technology Corporation： <http://www.lstc.com/lsp/> (accessed 2022/8/12)
- (4) National Highway Traffic Safety Administration：Crash Simulation Vehicle Models，[www.nhtsa.gov/crash-simulation-vehicle-models](http://www.nhtsa.gov/crash-simulation-vehicle-models), (accessed 2022/8/12).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤井大地 寺沢健汰 大賀涼 槇徹雄 櫻井俊彰 杉町敏之
2. 発表標題 ミニカーの対普通乗用自動車前面衝突時における衝突安全性に関する研究（第2報）
3. 学会等名 日本交通科学学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井大地 寺沢健汰 大賀涼 槇徹雄 櫻井俊彰 杉町敏之
2. 発表標題 ミニカーの対普通乗用自動車前面衝突時における衝突安全性に関する研究
3. 学会等名 第22回日本機械学会 傷害バイオメカニクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺沢健汰、藤井大地、大賀涼、櫻井俊彰、杉町敏之、槇徹雄
2. 発表標題 ミニカーの対車両側面衝突時における衝突安全性に関する研究
3. 学会等名 自動車技術会 関東支部 学術研究講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井大地、鬼本大輝、大賀亮、杉町敏之、櫻井俊彰、槇徹雄
2. 発表標題 ミニカーの対普通乗用自動車前面衝突時における衝突安全性に関する研究
3. 学会等名 自動車技術会 関東支部 学術研究講演会 2020.3
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 寺沢健汰, 大賀涼, 槇徹雄, 櫻井俊彰, 杉町敏之
2. 発表標題 ミニカーの対乗用車側面衝突時における乗員傷害に関する研究
3. 学会等名 自動車技術会学術講演会 No.126-22, 2022年10月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田村健人, 稲村香織里, 寺沢健汰, 大賀涼, 槇徹雄, 櫻井俊彰, 杉町敏之
2. 発表標題 ミニカーの対車両側面衝突時における衝突安全性に関する研究
3. 学会等名 自動車技術会 関東支部学術研究講演会, 2023年3月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本拓実, 稲村香織里, 寺沢健汰, 大賀涼, 槇徹雄, 櫻井俊彰, 杉町敏之
2. 発表標題 ミニカーの対普通乗用自動車前面衝突時における衝突安全性に関する研究 (第3報)
3. 学会等名 自動車技術会 関東支部学術研究講演会, 2023年3月
4. 発表年 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
研究分担者	大賀 涼 (Oga Ryo)  (50392262)	科学警察研究所・交通科学部・室長  (82505)	

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	櫻井 俊彰  (Sakurai Toshiaki)  (80610047)	東京都市大学・理工学部・准教授     (32678)	

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