

平成30年6月26日現在

機関番号：82505

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21637

研究課題名（和文）交通事故における自転車同乗幼児の傷害軽減に関する研究

研究課題名（英文）Study on injury reduction of child carried on bicycle in traffic accidents

研究代表者

寺島 孝明 (TERASHIMA, Takaaki)

科学警察研究所・交通科学部・研究員

研究者番号：70623354

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：交通事故統計を用いて幼児同乗自転車の関わる事故を調査した。調査の結果、幼児同乗自転車は普通自動車や軽自動車との事故が多く、交差点での出会い頭事故が多く発生していた。また、多くの事故において自転車同乗幼児は頭部や顔部に、幼児同乗自転車の運転者は脚部や腕部に傷害を負っていることが明らかとなった。

幼児同乗自転車への自動車の追突事故を再現した衝突実験を行い、衝突時における自転車乗員の挙動を調査した。実験の結果、子供ダミーは自動車に比べて路面との衝突において頭部への衝撃が大きくなった。また、路面への落下の挙動次第ではシートベルトの着用により子供ダミー頭部への衝撃が軽減される可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：We investigated the traffic accidents that children carried on bicycles were killed or injured using traffic accident database. There were many accidents with normal cars and mini cars (K-cars), and a lot of accidents were crossing collisions at intersections. In accidents, many children carried on bicycles were injured in heads and faces. On the other hands, many cyclists carrying children were injured in legs and arms.

We performed rear-end crash tests in order to understand the behavior of cyclists and children in the accidents. As a result, the value of HIC of the child dummy at the collision with the road surface was much higher than that at the collision with the hood. In addition, depending on the behavior of a child falling to the road surface, it was suggested that the seat belt could lower the risk of child's head injury.

研究分野：自動車工学 交通事故解析

キーワード：交通事故 幼児同乗自転車 交通事故統計 衝突 頭部傷害 自動車 幼児用座席

1. 研究開始当初の背景

日本において高齢者の人口比率は年々増加しており、平成 25 年には 4 人に 1 人が 65 歳以上の高齢者となった。一方で、高齢者を支えていく世代となる 14 歳以下の子供の割合は減少傾向にあり、平成 25 年には過去最低の 12.9%と高齢者の半分程度になった。このような少子高齢化の日本において、未来を担う子供たちにとって安全・安心な社会を作り上げることは喫緊の課題である。中でも、14 歳以下の子供の死亡原因の大きなものは交通事故であることから、子供の関わる交通事故の削減、被害の軽減には大きな効果があると期待される。

近年、環境問題や健康への関心の高まりなどの社会情勢の変化により自転車の利用が増加している。また、交通安全に関わる行政機関においても自転車への対応は重要な課題の一つとなっており、安全対策として自転車利用環境の整備等が検討されている。2008 年には駆動補助機付自転車（電動アシスト自転車）の人力に対する駆動補助力の比率の引き上げが行われ、人力と電力補助の比率が最大 1 対 2 (10 km/h 以下) となったことに伴い、幼児をもつ保護者にも、自動車に比べて低コストで手軽に利用でき、幼児を同乗させることのできる自転車は広く普及してきている。さらに、2009 年に法改正が行われ、一定の安全性を有する「幼児二人同乗用自転車」(図 1) に限り全国で自転車の幼児二人同乗が認められたことで、保護者にとってより一般的な乗り物となってきている。

一方で、交通事故による自転車同乗幼児の死傷者は、近年、減少傾向に歯止めがかかった状態である(図 2)。少子化が進む日本において未だに年間約 1000 人もの幼児が自転車同乗中に死傷しており、後遺症が残った場合その後の人生に大きな支障をきたすことから、更なる事故対策が必要である。



図 1 幼児二人同乗用自転車

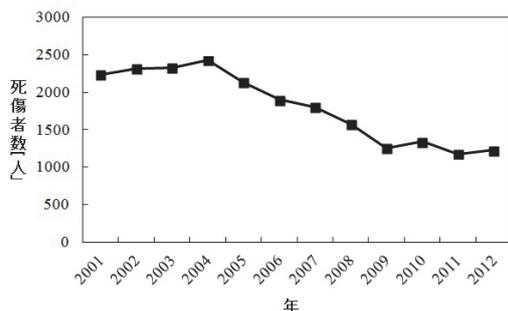


図 2 6 歳未満の自転車同乗幼児の死傷者数

2. 研究の目的

そこで、本研究においては幼児同乗自転車の交通事故を研究対象とし、事故の削減、被害の軽減を目指す。効果的な交通事故対策を行うには日本の交通状況に則した事故実態の把握と分析が不可欠である。そこで日本における交通事故分析として、交通事故統計データを用いて全国的な事故の傾向を明らかにするとともに、子供および成人女性ダミーを用いて、自動車と幼児同乗自転車の実車衝突実験を行い、衝突時の自転車乗員の挙動などについてより詳細な状況の把握を行う。

3. 研究の方法

(1) 交通事故統計

警察庁集計の交通事故統計データを用いて、幼児同乗自転車の関わる交通事故の調査を行った。分析においては自転車または駆動補助機付自転車に幼児を同乗させたものを幼児同乗自転車とし、道路交通法第 14 条に定義される通り 6 歳未満の者を幼児とした。幼児同乗自転車の関わる交通事故のうち、同乗幼児が死傷した事故を調査対象とし、幼児同乗自転車の運転者が死傷したが同乗幼児は無傷であった事故は除外した。分析対象期間は 2007~2014 年の 8 年間とし、幼児同乗自転車が第 1 当事者または第 2 当事者となった事故を対象とした。

(2) 実車衝突実験

成人女性ダミー (Hybrid-III AF05, 以下では大人ダミーとする) と 3 歳児ダミー (Hybrid-III 3Y0, 以下では子供ダミーとする) を乗車させた自転車と自動車の実車衝突実験を行った。自転車はシティ車を用いて、子供ダミーが同乗できるように幼児用座席を設置した。自動車はボンネットタイプの普通自動車を用いた。

4. 研究成果

(1) 交通事故統計

① 乗員

自転車同乗幼児の年齢構成には大きな偏りはなく、9 割近くの幼児が幼児用座席に同乗していた。また、ヘルメットの着用率は年々増加傾向にあり、近年では 4 人に 1 人がヘルメットを着用していた。

幼児同乗自転車の運転者は、20 歳代、30 歳代の女性が多くを占めていた。また、ヘルメットはほぼ着用しておらず、事故により死傷した一般の自転車運転者よりもヘルメットの着用率は低かった。

② 事故の傾向

幼児同乗自転車の関わる事故の相手当事者としては、普通自動車が 57.2%を占め、次いで軽自動車 23.8%、二輪車(自転車除く)が 8.1%となっており、軽自動車以上が相手当事者となる割合は 80%以上であった。

以降では、相手当事者として大きな割合を占めていた普通自動車または軽自動車との事故について分析を行った。事故類型、衝突位置、危険認知速度については幼児同乗自転車の事故と一人乗りを含めた自転車全般の事故について比較検討を行った。

図3に事故類型を示す。事故類型としては、幼児同乗自転車、自転車ともに出会い頭事故が最も多く、半数以上を占めており、次いで右折時、左折時の事故が多くなっていた。幼児同乗自転車、自転車の事故類型は同様の傾向であった。

衝突地点については、幼児同乗自転車の関わる事故では交差点(67.8%)が最も多く、次いで歩道(13.6%)、第一通行帯(6.8%)となっていた。一方、自転車の関わる事故の衝突地点は交差点(70.5%)が最も多く、次いで第一通行帯(9.9%)、歩道(8.1%)となっていた。幼児同乗自転車、自転車ともに交差点での事故が最も多く半数以上を占めていた。

図4に相手当事者である自動車(普通自動車または軽自動車)の危険認知速度の構成率を示す。幼児同乗自転車、自転車ともに低速域における事故が多く、速度が上がるにつれて構成率は低くなる傾向にあった。幼児同乗自転車は自転車に比べて10 km/h以下での事故が約20ポイント高くなっており、より低速度の自動車との事故が多くなっていた。

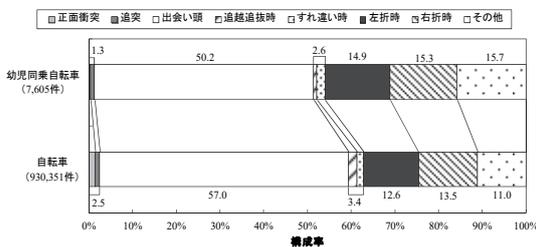


図3 事故類型

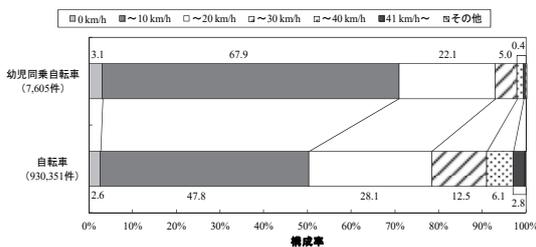


図4 自動車の危険認知速度

③ 乗員の傷害

自転車同乗幼児の人身加害部位(人体に最も重い損傷を与えた物体等)としては路面(76.0%)が最も多く、次いで自動車の車外部位(17.7%)となっていた。幼児同乗自転車の運転者の人身加害部位は路面(55.1%)が最も多く、次いで自動車の車外部位(23.2%)となっており、幼児、運転者ともに路面の構成率が非常に高くなっていた。また、事故により同乗幼児は死傷したが運転者

は傷害を負わなかったケース16.9%あった。

図5、6に自動車の車外部位が人身加害部位となった場合および路面が人身加害部位になった場合における同乗幼児と幼児同乗自転車の運転者の人身損傷主部位(人体において損傷程度が最も重い部位)の構成率を示す。自動車の車外部位が人身加害部位となった場合、路面が人身加害部位となった場合ともに、幼児の人身損傷主部位は頭部が一番多く、次いで脚部となっていた。一方で、運転者は脚部が一番多く、次いで腕部となっていた。このように、幼児と運転者で傷害部位が異なることから受傷のメカニズムが異なる可能性が考えられる。

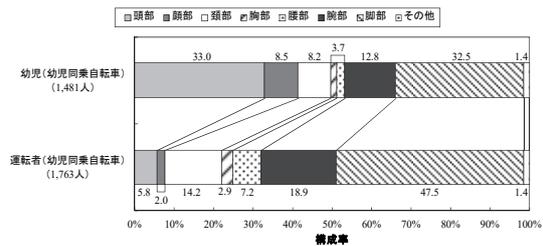


図5 人身損傷主部位(加害部位:車外部位)

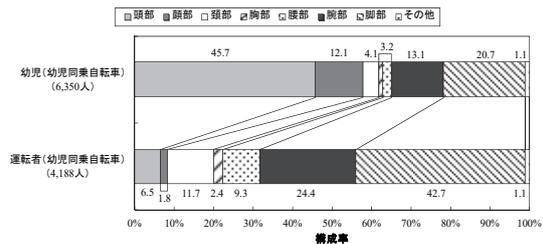


図6 人身損傷主部位(加害部位:路面)

(2) 実車衝突実験

実験は追突事故を模擬した形態で、自転車の中心が自動車中心と左に約0.4mの位置になるよう自転車を設置した(図7)。

図8に実験に用いた自転車と自動車を示す。自転車には大人ダミーをペダルに足を乗せた状態で乗車させるとともに、リアキャリアに設置した幼児用座席に子供ダミーを乗車させた。自転車は停止状態とし、自動車の



Crash Test (A) Crash Test (B)

図7 衝突形態



Test Bicycle Test Car

図8 実験車両

目標衝突速度は 5.6 m/s (20 km/h) とした。幼児用座席は両実験ともにヘッドレストのないタイプで同程度の大きさのものを使用した。Test (A)の衝突形態では、4 点式のシートベルトを緩みのないよう子供ダミーに着用させた。Test (B)の衝突形態では、子供ダミーのシートベルトは非着用とした。

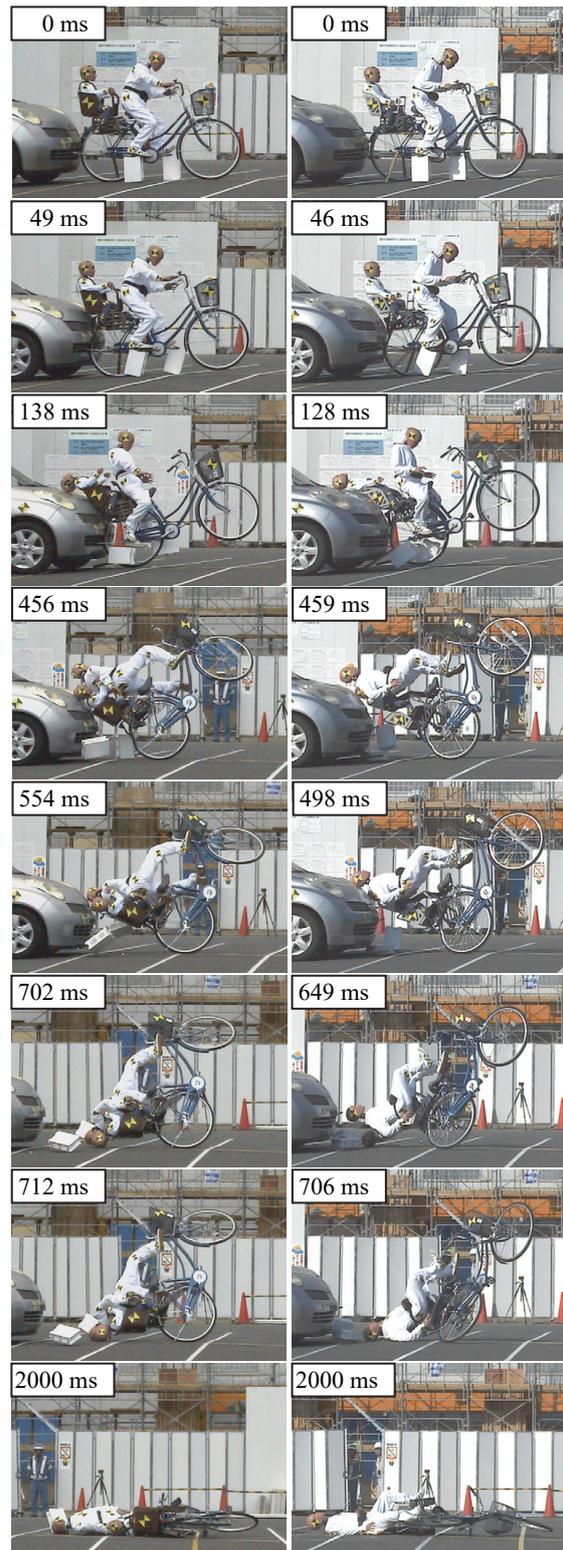
両実験共ともにおおむね設定した速度、位置で衝突した。図9に衝突の状況を示す。

① 大人ダミーの挙動

大人ダミーの挙動としてはシートベルト着用時の追突 (Test (A)), 非着用時の追突 (Test (B))ともに、自転車が自動車に押し出されるに伴い、後方に倒れこみながら路面へと投げ出される挙動となり同様の傾向にあった。一方で、一人乗りの自転車へボンネット車が追突した場合とは異なる挙動が認められた。一人乗りの自転車の場合、自転車は自動車に押し出されるに従い、乗員は自転車上を相対的に後方へ移動し、腰部をボンネット前部に接触させた後、後方に倒れ込み、ボンネットに背部および後頭部を衝突させる⁽¹⁾。一方で、リアキャリアに幼児用座席を装着した幼児同乗自転車への追突の場合、大人ダミーは自転車は自動車に押し出されるに従い、サドル上を相対的に後方へと滑るが、サドルの後方にある幼児用座席のハンドルにより腰部が支えられることで相対的な後方への身体全体の移動が止まり (図9 Test (A) 49 ms, Test (B) 46 ms), 腰部を中心に後方へと倒れ込む。そのため、一人乗り自転車の場合に比べて、自動車のより前方において、後方への倒れ込みが発生している。さらに、後方に子供ダミーがいるため、自動車と衝突する前に子供ダミーとの衝突が発生しやすくなっている。そのため、シートベルト着用時の追突 (A)においては大人ダミーとボンネットの衝突は発生せず (図9 Test (A) 554 ms), シートベルト非着用時の追突 (B)においてはボンネット前端に後頭部を衝突させる (図9 Test (B) 498 ms) のみであり、大人ダミーと自動車との衝突は発生しにくくなることが確認された。このことから、自転車の運転者は自動車との衝突よりも路面との衝突において受傷する危険性が高いことが示唆された。

② 子供ダミーの挙動

シートベルト着用時の追突 (A)では、子供ダミーは衝突開始から停止に至るまでシートベルトによって身体が拘束されたため幼児用座席に着座した状態で自転車と一体となって運動しており、ボンネットに後頭部を衝突 (図9 Test (A) 138 ms) させた後、後方へと倒れ込んできた大人ダミーに押しつぶされる形態となりながら、自動車の減速に従い、自転車とともに自動車の前方へと投げ出された。そして、後頭部を路面に衝突 (図9 Test (A) 702 ms) させた後、自転車とともに左側面を下にして停止 (図9 Test (A)



Test (A) Test (B)

図9 衝突時の挙動

2000 ms) した。

一方で、シートベルト非着用時の追突 (B)では、自転車は自動車に押し出されるに従い、子供ダミーが幼児用座席から滑り出しながら後方に倒れ込み、ボンネットに後頭部を衝突 (図9 Test (B) 128 ms) させた。その後、幼児用座席から離れた状態で、自動車の減速に従い自動車の前方へと投げ出され、後方へ

と倒れ込んできた大人ダミーに押しつぶされる形態となりながら路面へと落下した。そして、後頭部を路面に衝突(図9 Test (B) 649 ms)させた後、背部を路面に接触させ、仰向けの状態で停止(図9 Test (B) 2000 ms)した。

以上のようにシートベルト着用の有無により子供ダミーの挙動は大きく異なることが確認された。

③ 子供ダミー頭部への衝撃

両実験において、子供ダミーの頭部が最初にボンネットおよび路面に衝突した際の合成加速度の最大値は以下のとおりであった。

シートベルト着用時の追突(Test (A))においては、衝突開始から約 140 ms 後に、子供ダミーは幼児用座席に着座したまま仰け反る形となり後頭部がボンネットに衝突しており、合成加速度の最大値は約 340 m/s^2 であった。約 700 ms 後には頭部が最初に路面に衝突しており、合成加速度の最大値は約 $2,000 \text{ m/s}^2$ であった。

非着用時の追突(Test (B))においては、衝突開始から約 130 ms 後に、子供ダミーは幼児用座席から滑り出しながら仰向けになり後頭部がボンネットに衝突しており、合成加速度の最大値は約 1080 m/s^2 であった。約 650 ms 後には頭部が最初に路面に衝突しており、合成加速度の最大値は約 $4,720 \text{ m/s}^2$ であった。

シートベルト着用時の追突(Test (A))、非着用時の追突(Test (B))ともに子供ダミー頭部にはボンネットとの衝突時、路面との衝突時に大きな加速度が発生しており、いずれの実験においてもボンネットとの衝突よりも路面との衝突において頭部への衝撃が非常に大きくなることが確認された。これは自動車と一人乗り自転車の衝突における自転車乗員の傾向⁽²⁾と同様であった。

表1に頭部が路面に衝突した時の合成加速度の最大値と、そこから算出される頭部傷害基準値(Head Injury Criterion: HIC)を示す。シートベルト着用時の追突(A)では、路面との衝突時のHICは673であり、シートベルト非着用時の追突(B)では、3,596であった。NHTSAの報告⁽³⁾では3歳児の自動車乗員の前面衝突時の安全保護の目標基準値はHICの値で570が提案されている。本研究では自転車乗員に対する衝撃ではあるものの、シートベルト着用、非着用のいずれの実験においても、路面との衝突時にこの基準値を超えていることから、受傷の危険度が高いと考えられる。

表1 子供ダミー頭部の路面衝突時の合成加速度の最大値とHIC

Test Type	Part which the head collided with	Max Head Resultant Acc.		HIC ₁₅
		m/s ²	G	
A	Road Surface	2,005	204	673
B	Road Surface	4,720	481	3,596

④ シートベルトの影響

シートベルト着用時の追突(A)、非着用時の追突(B)における子供ダミー頭部の水平方向および鉛直方向の移動速度の時系列変化を図10, 11に示す。ここで、水平方向の速度成分は自動車進行方向を正とし、鉛直方向の速度成分は鉛直上方向を正とする。

シートベルト非着用時の追突(B)において、子供ダミーは自動車との衝突後、自動車の減速に従い衝突開始から約 350 ms 後に自動車の前方へと投げ出され、649 ms 後に頭部を路面に衝突(図9 Test (B) 649 ms)させていた。図11に示すように、この間の子供ダミー頭部の鉛直方向の速度成分は負の値つまり鉛直下向きに増加している。これは子供ダミーが幼児用座席から投げ出されてボンネットと衝突した後、自由落下したことによるものと考えられる。

一方で、シートベルト着用時の追突(A)において、子供ダミーは自動車との衝突後、自動車の減速に従い衝突開始から約 450 ms 後に自動車の前方へと投げ出され、702 ms 後に頭部を路面に衝突(図9 Test (A) 702 ms)させていた。図10に示すように、この間の子供ダミー頭部の鉛直方向の速度成分には非着用時の追突(B)においてみられたような大幅な増減は認められない。これは、子供ダミーが自動車の前方へと投げ出された際に、図9 Test (A) 456 ms に示すように子供ダミーが路面と衝突する前に自転車後輪が路面に接触しており、それによりシートベルトによって幼児用座席に拘束された子供ダミーの落下速度が低減されたことによると考えられる。

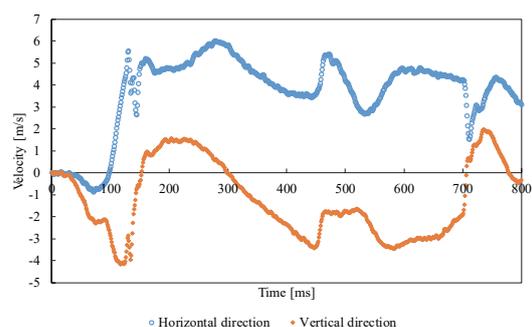


図10 子供ダミー頭部の速度 (Test (A))

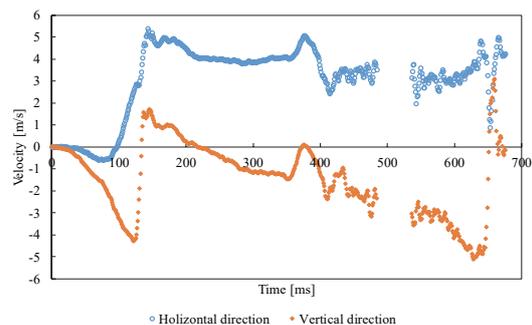


図11 子供ダミー頭部の速度 (Test (B))

ここで、シートベルト非着用時の追突(B)における自転車着地時は、図9 Test (B) 459 ms に示すように子供ダミーは幼児用座席から離れた状態であり、自転車の着地は子供ダミーの落下速度の軽減には大きくは寄与していない。

表2に各実験における子供ダミー頭部の路面への衝突速度(合成速度、水平方向の速度成分、鉛直方向の速度成分)および衝突角度を示す。両実験ともに水平方向の速度成分は同程度であるが、鉛直方向の速度成分はシートベルト非着用時の追突(B)に比べて着用時の追突(A)の方が小さくなっている。この鉛直方向の速度成分の差が、シートベルト非着用時の追突(B)に比べて着用時の追突(A)のHICがより低くなった要因であると考えられる。

このことから、シートベルトを着用することにより路面への落下の挙動次第では、路面との衝突における頭部受傷の危険度が下がる可能性が示唆された。しかし、シートベルト着用時の追突(A)においても路面との衝突時におけるHICが安全保護の目標基準値を超える値となったことから、ヘルメットを着用するなどの追加の安全対策が必要である。

表2 子供ダミー頭部の路面衝突時の速度と角度

Test Type	Impact Speed [m/s]			Impact Angle [degrees]
	Resultant	Horizontal direction	Vertical direction	
A	4.8	4.3	2.1	26
B	6.3	4.1	4.8	49

<参考文献>

- (1) T. Maki, et al. : The behavior of bicyclists in frontal and rear crash accidents with cars, JSAE Review, Vol. 22, No. 3, pp.357-363 (2001)
- (2) 面田雄一ほか：コンピュータシミュレーション解析手法を用いた自転車乗員頭部の自動車ならびに路面に対する衝突状況解析, 自動車技術会論文集, Vol.46, No.2, pp.485-490 (2015)
- (3) R. Eppinger, et al. : Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint System-II, NHTSA (1999)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4件)

- ① 寺島孝明, 加藤憲史郎, 大賀涼, 石井晶規, 田久保宣晃, 幼児同乗自転車への追突事故に関する実験的研究, 自動車技術会論文集, 査読有, (印刷中), 2018.
- ② 寺島孝明, 幼児同乗自転車の側面へ自動車衝突する事故を想定した実車衝突実験の解析～衝突状況の検討～, 月間交通, 査読無, 49(1), 84-92, 2018.
- ③ 寺島孝明, 幼児同乗自転車の交通事故の

特徴～事故の状況と傷害の状況～, 月間交通, 査読無, 48(6), 91-98, 2017.

- ④ 寺島孝明, 幼児同乗自転車の交通事故の特徴, 月間交通, 査読無, 47(5), 37-44, 2016.

[学会発表] (計 6件)

- ① 寺島孝明, 加藤憲史郎, 大賀涼, 石井晶規, 田久保宣晃, 幼児同乗自転車の関わる事故の実験的研究, 自動車技術会2017年秋季大会学術講演会, 2017.
- ② 寺島孝明, 幼児同乗自転車の交通事故に関する研究, 自動車技術会公開委員会「交通弱者(歩行者, 自転車乗員)」(インパクトバイオメカニクス部門委員会), 2017.
- ③ 寺島孝明, 加藤憲史郎, 大賀涼, 田久保宣晃, 木田勇次, 幼児同乗自転車事故の速度推定に関する検討, 日本法科学技術学会第23回学術集会, 2017.
- ④ T. Terashima, K. Kato, R. Oga, N. Takubo, Study on Traffic Accidents Involving Bicycle Carrying Children: Analysis of Traffic Accident Data in Japan and Experimental Study for Accident Reconstruction, 2017 International Cycling Safety Conference, 2017.
- ⑤ 寺島孝明, 加藤憲史郎, 大賀涼, 田久保宣晃, 自転車同乗幼児の傷害に関するダミーを用いた実験的研究, 第53回交通科学学会学術講演会, 2017.
- ⑥ 寺島孝明, 田久保宣晃, 大賀涼, 加藤憲史郎, 幼児同乗自転車の交通事故に関する研究(第2報)―交通事故統計からみた傷害状況―, 自動車技術会2015年秋季大会学術講演会, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺島 孝明 (TERASHIMA, Takaaki)
科学警察研究所・交通科学部・研究員
研究者番号: 70623354

(2) 連携研究者

田久保 宣晃 (TAKUBO, Nobuaki)
科学警察研究所・交通科学部・部長
研究者番号: 50356226

大賀 涼 (OGA, Ryo)
科学警察研究所・交通科学部・室長
研究者番号: 50392262

加藤 憲史郎 (KATO, Kenshiro)
科学警察研究所・交通科学部・主任研究官
研究者番号: 10462756