

幼児専用車への装備を想定したシートベルトの使用性調査

Investigation of Seat Belt Usability in a Kindergarten Bus

石井 充 ^{*1}	鮎川 佳弘 ^{*1}	林 猛人 ^{*2}
Mitsuru Ishii	Yoshihiro Sukegawa	Takehito Hayashi
杉田 幸樹 ^{*2}	神谷 智英 ^{*2}	新美 敏春 ^{*2}
Koji Sugita	Tomohide Kamiya	Toshiharu Niimi

Abstract

The objective of this study is to evaluate seat belt usability in a kindergarten bus. Usability tests are composed of seat belt wearing tests and evacuation tests. In this investigation, we carried out usability tests with 3- and 6-year-old children on a test seat and in a test vehicle. We evaluated whether or not they were able to fasten the seat belt. The motions of fastening a seat belt was observed, and the time needed to fasten the seat belt was measured. In addition, evacuation time was measured with and without seat belts.

1. はじめに

2016年現在、専ら幼児を幼稚園や保育園へ送迎することを目的に製作された車両（以下、幼児専用車）の幼児用座席については、幼児の体に適したシートベルトがないことや、緊急時に幼児がシートベルトを外せないことの懸念などから、シートベルト装備義務の対象外となっている。

国土交通省は、2012年7月に幼児専用車の安全性を議論するため「安全基準検討会（現在の車両安全対策検討会）」の傘下に「幼児専用車ワーキンググループ」を立ち上げた。このワーキンググループでの検討内容は「車両安全対策検討会」においてとりまとめられ、2013年3月に「幼児専用車の安全性向上のためのガイドライン」¹⁾として国土交通省に報告された。公表されたガイドラインには、前方座席が加害部位となる頭部、顔部、頸部の受傷を低減することを目的として、「シートバック後面への緩衝材の追加」、「シートバック高さの延長」が示された。また、将来に向けた課題としては、「自動車製作者等による幼児専用車に装備される幼児用座席に適した座席ベルトの開発」が示されている。

以上の背景を受け、これまでに著者らは、安全性の観点から、前面衝突時の状況を模擬したスレッド実験により、ガイドラインに対応した幼児専用車の幼児用座席（以下、ガイドライン対応シート）の乗員保護性能およびシートベルト装着が乗員保護性能に与える影響を確認した^{2),3)}。本稿では、幼児専用車の幼児用座席にシートベルトを装備する際に課題とされているシートベルトの使用性に着目し、通常使用時の装着性と緊急時の脱出性を調査した結果について報告する。

なお、ここで報告する実験は、目的や方法について一般財団法人日本自動車研究所内に設けられた実験倫理委員会の審査および承認を受け、実験参加者への説明および保護者へのインフォームドコンセントの手続きを経て、実施されている。

2. シートベルト装着性実験

幼児専用車を利用する年齢に該当する幼児（3～6歳）が、自分自身でシートベルトを装着することができるか、また、シートベルト装着の習熟度が装着時間にどの程度影響を与えるかについて、2種類の2点式シートベルト（ウェビング長さ手動調整式（以下、長さ調整式）、リトラクタ式）を対象に調査した。

*1 一般財団法人日本自動車研究所 安全研究部

*2 一般社団法人日本自動車工業会 保護装置分科会

*本速報はJSAE著作権規則に基づくJSAE20166338の転載である

2.1 実験方法および実験条件

幼児専用車の車内の一部を模擬するため、前後2列に3人用シートを実車と同間隔で並べ、2種類のシートベルトを後ろ側の席に取り付けたもの（以下、実験用シート）を用意し（Fig. 1）、実験参加者である幼児に着座時のシートベルトの装着作業および解離作業を実施してもらった。この時の装着時間（開始位置での立位～シートに着座～シートベルト装着の完了まで）を計測するとともに、作業状況を観察した。長さ調整式は、今回、幼児にはほぼ合うようウェビング長さを実験前に調整して実施した。これは、実際の登降園時に長さ調整済み状態で幼児が乗車するケースを模擬（各幼児に指定座席を割り当てておくことで運用可能）した。

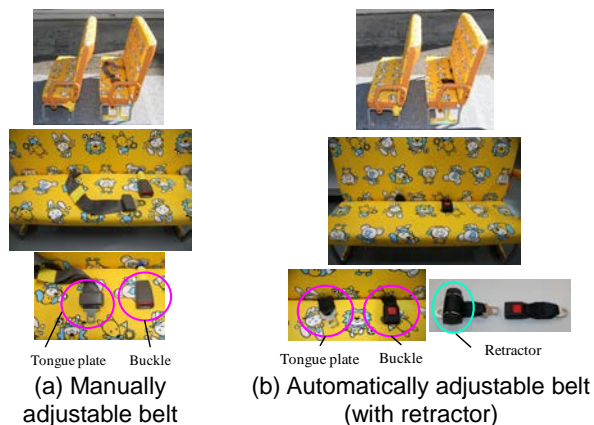


Fig. 1 Test seats with seat belts

(1) 実験参加者

年長（5～6歳）および年少（3～4歳）の年次に該当する幼児から以下の基準で実験参加者を募集した。幼児専用車に自主的にシートベルトを装備している幼稚園のご協力を得て、通園時にシートベルトが装備された幼児専用車を利用している幼児をシートベルトの習熟度が高い幼児（以下、習熟度 高）として募集した。また、上記の幼稚園および茨城県つくば市近隣の幼稚園に通園する幼児ならびに保護者のご協力を得て、シートベルトが装備された幼児専用車を利用していない幼児をシートベルトの習熟度が低い幼児（以下、習熟度 低）として募集した。

利用している幼児 年長5人

（習熟度 高）

利用していない幼児 年長5人，年少5人

（習熟度 低）

(2) 実験手順

実験参加者である幼児に対して、実験開始の合図とともに、実験シートに着座してシートベルトを装着するように指示し、シートベルト装着および解離の様子を観察した。実験における一連の作業をビデオにて撮影し、ビデオ映像の時間カウンタをもとに装着に要する時間を計測した。中央席に1人のみ着座する場合および3人同時に着座する場合（実験参加者は習熟度 低の年長および年少）について調査した。

以下に具体的な手順を示す。

- 1) 実験参加者は決められた開始位置に待機
- 2) 「開始」の合図により、実験参加者は着座およびシートベルト装着作業を開始（計測開始）
- 3) シートベルト装着の様子を観察
- 4) シートベルトの装着が確認できた時点で装着作業終了（計測終了）
- 5) 実験参加者はシートベルトを解離
- 6) 上記 1)～5)を2種類のシートベルト（長さ調整式，リトラクタ式）に対して実施
- 7) 3人同時着座においては、年長および年少の組み合わせ人数を変え、5つの組み合わせパターンを実施

2.2 実験結果

2.2.1 1人のみの着座

シートベルトが装備された幼児専用車を利用している年長5人，シートベルトが装備された幼児専用車を利用していない年長5人および年少5人に、2種類の2点式シートベルト（長さ調整式，リトラクタ式）が取り付けられた実験用シートに着座してもらい、シートベルト装着に要する時間を計測した。

実験時の状況を Fig. 2 に示す。また、シートベルト装着に要した時間を Table 1～Table 3 に示す。実験に参加した幼児は、全員、2種類の2点式シートベルトを自分自身で装着および解離することができた。



(a) Just started (b) Fastening

Fig. 2 An example of the participant's behavior (5- or 6-year-old participant)

Table 1 The time needed to fasten the seat belt (5- and 6-year-old participants, Experience : Much)

Participant's number	Manually adjustable belt (seconds)	Automatically adjustable belt (seconds)
1	9	12
2	5	11
3	5	14
4	6	12
5	7	10
Average	6	12
Standard deviation	1.7	1.5

Table 2 The time needed to fasten the seat belt (5- and 6-year-old participants, Experience : Little)

Participant's number	Manually adjustable belt (seconds)	Automatically adjustable belt (seconds)
6	5	17
7	5	18
8	10	8
9	8	12
10	7	7
Average	7	12
Standard deviation	2.1	5.0

Table 3 The time needed to fasten the seat belt (3- and 4-year-old participants, Experience : Little)

Participant's number	Manually adjustable belt (seconds)	Automatically adjustable belt (seconds)
11	9	15
12	8	7
13	18	14
14	8	9
15	13	26
Average	11	14
Standard deviation	4.3	7.4

(1) 習熟度が装着時間に与える影響

年長において、習熟度 高と低の間の装着時間に差異は見られなかった (Table 1, Table 2). 実験参加者 5 名の平均装着時間は、長さ調整式の場合、習熟度 高は 6 秒、習熟度 低は 7 秒であった。また、リトラクタ式の場合、習熟度 高および低ともに 12 秒であった。

(2) シートベルトの種類の違いが装着時間に与える影響

長さ調整式およびリトラクタ式を装着する時間には差異が見られた (Table 1, Table 2). 年長の実験参加者 5 名の平均装着時間は、長さ調整式の場合、6 秒~7 秒であるのに対し、リトラクタ式の場合は 12 秒であった。

(3) 年次 (年長, 年少) の違いが装着時間に与える影響

習熟度 低について比較すると、長さ調整式については年長よりも年少の装着時間が長い傾向にあった。リトラクタ式については、個人差が大きく、顕著な差は見られなかった (Table 2, Table 3). 実験参加者 5 名の平均装着時間の差は、長さ調整式 4 秒、リトラクタ式 2 秒であった。

2.2.2 3人同時着座

実際の通園時における着座状態を模擬するため、実験用シートに幼児を 3 人同時に着座させ、シートベルト装着の様子を観察した。シートベルトが装備された通園バスを利用していない (習熟度低) 年長 5 人および年少 5 人の中から、Table 4 に示した組み合わせに該当する園児を選出した。あらかじめ着座位置を指定し、所定の位置に着座順序どおりに整列した後、開始合図により 3 人同時に着座してもらい、シートベルトを装着してもらった (Fig. 3).

実験に参加した幼児は、全員、2 種類の 2 点式シートベルトを自分自身で装着し解離することができた。3 人の着座およびシートベルト装着に要した時間を Table 4 に示す。装着所要時間は、年長 3 人の場合 (テスト no.1), 長さ調整式で 18 秒、リトラクタ式で 20 秒であった。装着所要時間の最短は 17 秒 (テスト no.4, 長さ調整式), 最長は 53 秒 (テスト no.3, リトラクタ式) であった。

Table 4 The time needed to fasten the seat belt
(Three children were seated and wore seat belts)

Test no.	Seated position			Manually adjustable belt (seconds)	Automatically adjustable belt (seconds)
	Left	Center	Right		
1	E 8	E 7	E 6	18	20
2	Y 13	Y 12	Y 11	53	33
3	Y 13	E 6	Y 12	20	53
4	E 8	E 7	Y 11	17	27
5	E 10	Y 12	E 9	27	52

E = Elder (5- or 6-year-old participant)

Y = Younger (3- or 4-year-old participant)

Number = Participant's number

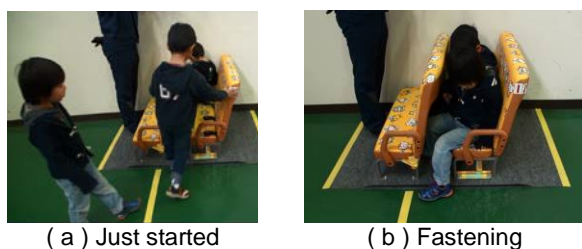


Fig. 3 An example of participants's behavior (Test no.1)
(Three children were seated and wore seat belts)

2.3 考察

本実験においては、ウェビングの長さがあらかじめ調整されており、実験参加者に長さ調整作業を実施させていないため、長さ調整式の装着作業はタングプレートをバックルへ差し込むのみである。これに対して、リトラクタ式の場合、リトラクタ部分に収納されているウェビングを引き出す作業が加わるため (Fig. 4)、長さ調整式と比較すると装着時間が長くなる傾向にあった。また、実験参加者 15 においては、ウェビングを引き出す際に、リトラクタがロック状態となり、引き出せなくなる事象が発生した。

しかしながら、長さ調整式の装着時間の方が長い実験参加者が見られた (Table 2: 実験参加者 8, Table 3: 実験参加者 12, 13)。実験参加者 8 および 13 は、タングプレートをバックルへ差し込む作業に時間がかかっていた。2 人ともに、リトラクタ式での差し込みは 1 回だけであったが、長さ調整式において、実験参加者 8 は 2 回、実験参加者 13 は 3 回の差し込み作業を行っていた。タングプレートの持ち手部が手に対して大きく、バックルに対して平行に差込むことが困難であったと考えられる (Fig. 5)。

シートベルトの装着時間を短縮するためには、差し込みしやすい (1 回で差し込める) タングプレートおよびバックルが必要であり、リトラクタ式の場合には、ウェビングがロックされずに滑らかに引き出せることも重要であると考えられる。

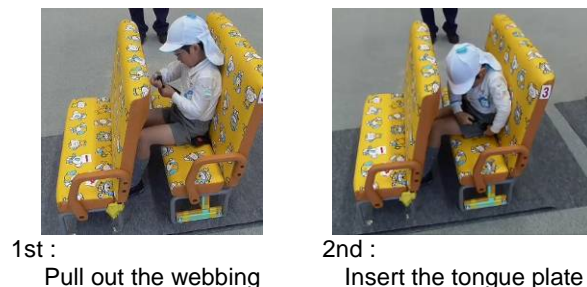


Fig. 4 Typical steps in fastening
(Automatically adjustable seat belt)

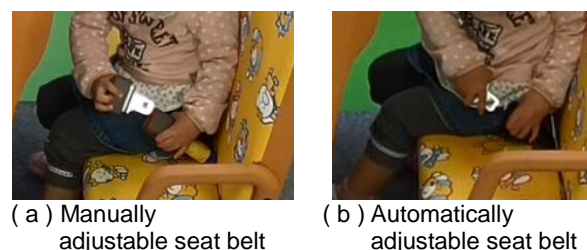


Fig. 5 An example of grasping a tongue plate and a buckle (3- or 4-year-old participant)

3. 一斉降車実験

交通事故や車両火災等の緊急時に想定される幼児の一斉降車場面において、シートベルト装着の有無やシートベルト装着の習熟度が降車に要する時間 (降車時間) に与える影響を調査した。

3.1 実験方法および実験条件

駐車場内に停車した「シートベルト付幼児専用車」に実験参加者である幼児を乗降車させ、乗車した幼児が全員降車するために要する時間を計測するとともに、シートベルト解離の様子や降車時の状況を観察した。

(1) 実験参加者

シートベルトが装備された幼児専用車を保有している幼稚園に通園している年長 (5~6 歳) の中から、以下の基準で実験参加者を募集した。

利用している幼児 (習熟度 高) 18 人
利用していない幼児 (習熟度 低) 10 人

(2) 実験用シートおよびシートベルト

車内のガイドライン対応シートに幼児1人ずつを拘束できるように、合計18人分のリトラクタ式の2点式シートベルトを簡易的に取り付けた。シートベルトの取り付け位置を Fig. 6 に、ガイドライン対応シートへのシートベルトの設置状況を Fig. 7 に示す。

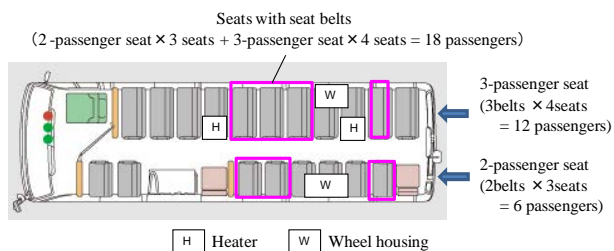


Fig. 6 The position of seats with seat belts (Source of seat configuration: TOYOTA MOTOR CORPORATION web site)



(a) 3-passenger seats (b) 2-passenger seats

Fig. 7 Seats with seat belts

(3) 実験手順

調査では、幼稚園児をシートベルト装着の習熟度別にグループ分けし、シートベルトを装着した状態（シートベルト装着）および装着しない状態（シートベルト非装着）で一斉に降車させた。一斉に降車させる人数は習熟度 低の園児は 10 名、習熟度 高の園児については 10 名および 18 名とした。以下に具体的な手順を示す。

[シートベルト非装着時]

- 1) 実験参加者に幼児専用車へ乗車してもらう。
- 2) 先生の合図により、一斉に降車してもらう。

[シートベルト装着時]

- 1) 実験参加者に幼児専用車へ乗車してもらう。
- 2) シートベルトを装着してもらう。
- 3) 先生の合図により、装着状態からシートベルトを外し、一斉に降車してもらう。

(4) 行動記録および時間計測

実験参加者の状況を車両前方および車両後方からビデオカメラにて記録した。記録された映像を

もとに、実験参加者の行動を観察するとともに、映像再生カウンタから一斉降車時の所要時間を計測した。降車開始の合図から最後の実験参加者が車外へ退出するまでの時間を降車時間とした。

3.2 実験結果および考察

一斉降車時の様子を Fig. 8 に示す。また、一斉降車時の所要時間を Table 5 に示す。



(a) Just started



(b) Ten seconds after start

Fig. 8 Participants's behavior in an evacuation test (18 participants wore seat belts, Test no.6)

Table 5 Evacuation times for all participants

Test no.	Seat belts	Experience	Participants (people)	Time elapsed from start (seconds)	Subtraction time due to unexpected events (seconds)	Evacuation time (seconds)
1	Without	Little	10	40	9 *	31
2			10	25	0	25
3		Much	18	52	5 **	47
4	With	Little	10	28	0	28
5			10	35	5 ***	30
6		Much	18	53	5 *	48

Evacuation time = Time elapsed from start - Subtraction time due to unexpected events

- * A participant's bag was caught a seat.
- ** A participant was stopping in the aisle due to concentrate vehicle window.
- *** A participant picked up the marker on the seat.

いずれのテストにおいても、一斉降車中の園児は、自分でシートベルトを解離することができた。10人の降車時間は25秒～31秒であった。降車前のシートベルト装着の有無による降車時間の差は5秒 (=30秒-25秒) 以内であり、シートベルト装着の習熟度の違いによる降車時間の差は6秒 (=31秒-25秒: 装着無, 2秒=30秒-28秒: 装着有) 以内であった。装着の有無や装着の習熟度の違いによる降車時間の差は大きくなかった。また、18人の降

車時間は47秒および48秒であり、10人降車時の1.6～1.9倍程度であった。

実験開始から1～2秒後に幼児達が自分自身でシートベルトを解離し、立ち上がって車内通路へ出始める様子が確認された。また、幼児が車内通路へ出るために待っている様子、車内通路上で待っている様子が観察された。幼児1人に着目すると、幼児が立ち上がり通路を歩いて出口から降車するまでの移動時間が降車時間の大部分を占めており、シートベルト装着が降車時間に影響を与えている様子は観察されなかった。

4. まとめ

幼児専用車にシートベルトが装備されることを想定し、幼児がシートベルトを装着および解離する際の使用性を調査した。

シートベルト装着性実験では、幼児専用車を使用する年齢の幼児について、幼児自らシートベルトを装着および解離することの可否および装着に要する時間を調査した。また、一斉降車実験では、緊急時における車両からの避難を想定し、幼児専用車に乗車している幼児が一斉に降車する際にシートベルト装着の有無が降車時間に与える影響について調査した。このような2種類の使用性調査より、以下の結果が得られた。

[シートベルト装着性実験]

- ・実験に参加した幼児は、年長、年少ともに、全員、2種類の2点式シートベルト(長さ調整式、リトラクタ式)を自分自身で装着することができた。
- ・シートベルト装着の習熟度の違いによる装着時間の差異を比較した年長に関して、習熟度の違いによる装着時間の差異は見られなかった。
- ・年長および年少ともに、シートベルトの種類の違いにより装着時間に差異が見られた。リトラクタ式では、ウェビングの引出作業に時間を要する場合が見られた。
- ・年次の差(年長と年少)が装着時間に影響を与える場合があった。長さ調整式では年長よりも年少の装着時間が長い傾向にあった。また、タングプレートとバックルに差し込む際に時間を要する幼児が見られた。タングプレートの大きさや形状が差し込みやすさに影響を与えているものと考えられる。

[一斉降車実験]

- ・シートベルト装着の有無による降車時間の差異は見られなかった。
- ・シートベルト装着習熟度の違いによる降車時間の差異は見られなかった。
- ・降車時間は、10人降車時において28～31秒、18人降車時において47～48秒であった。

本実験では成人用のシートベルトを使用しているため、タングプレートやバックルが幼児の手に対して大きく、装着に時間を要する幼児も見られたことから、これらの大きさや形状を変更することにより、使用性は更に向上する可能性がある。シートベルト装着については運用方法の検討により装着効率向上を図る方策も考えられる。例えば、補助が必要な幼児を添乗者の近くに座らせたり、年少と同列に着座した年長に装着や解離の補助作業を担ってもらうことも考えられる。今回のシートベルト装着性実験においても、実験用シートに3人を同時に着座させた条件では、年長と年少を組み合わせた場合、年長が年少の補助をしている場面が見られた。

今回の実験に使用した2種類の2点式シートベルトに関して、使用性の観点からは幼児専用車に装備することに不具合な点は無く、入園当初の幼児に対する補助の必要性は残るものの、運用方法を検討することにより、添乗者の負担を最小限にとどめることは可能であるものと考えられる。

最後に、本調査にご協力いただきました幼稚園の先生方、幼児ならびに保護者の皆様に心より感謝申し上げます。また、本調査を進めるにあたり、ご協力ならびにご助言いただきました一般社団法人日本自動車部品工業会レストレイント部会委員の方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 車両安全対策検討会：幼児専用車の車両安全性向上のためのガイドライン，2013年3月
- 2) 北島 創ほか：幼児ダミーを用いたスレッド衝撃試験に基づく幼児用バスの乗員保護対策の評価，2013年自動車技術会秋季講演会前刷集 20135628 (2013)
- 3) 石井 充ほか：幼児専用車シートの乗員保護性能，2015年自動車技術会秋季講演会前刷集 20156204 (2015)