

講演 8. 前面衝突時の ISOFIX 固定ブースターシート の安全性について

自動車安全研究部 ※田中 良知 細川 成之 松井 靖浩

1. はじめに

チャイルドシート（Child Restraint System、以下 CRS という）の1つに学童用のブースターシートがある。ブースターシートにより子供乗員を拘束する方法には、ブースターシートをシートベルトで拘束する方法（シートベルト固定）とブースターシートを ISOFIX で固定した上からシートベルトで拘束する方法（ISOFIX 固定）がある。

このブースターシートの固定方法の違いが乗員安全性へ与える影響に関する調査は少ないものの、固定方法の違いがダミーの挙動や傷害値に与える影響は小さいと報告⁽¹⁾⁽²⁾されている。

これらの調査は新旧基準に定められたテストベンチを用いて行われており、実車環境下での調査は行われていない。そこで本研究では、実車のボデーを改造した治具を用いたスレッド実験、新しい CRS の国際基準である UN Regulation No.129（以下 R129 という）のテストベンチで実車の状況を模擬するように変更した条件等でスレッド実験を行い、より実車に近い条件でブースターシートの固定方法の違いが子供乗員の安全性に及ぼす影響を調査した。

2. 実車ボデー スレッド実験

2. 1. 実験方法

スレッド試験機に実車のボデーを補強改造したボデー治具を設置し、前面衝突実験を実施した。ボデー治具には、後席に座席とシートベルトを取り付けた。ダミーは R129 で採用されている 6 歳の子供を模擬した Q6 ダミーを使用した。図 1 にスレッド実験に使用したボデー治具を示す。ボデー治具は、日本で一般的に普及している小型乗用車を用いて作成した。

図 2 に、実験に使用したブースターシートとボデー治具に搭載した Q6 ダミーの写真を示す。ブースターシートは、ISOFIX 固定とシートベルト固定のどちら

も可能なものを使用した。子供ダミーの搭載方法とスレッド実験の加速度波形は、R129 に定められた前面衝突試験方法に準じた。ブースターシートの車両への固定方法の違いがダミーの挙動に与える影響について調査するため、ブースターシートの固定方法を ISOFIX 固定とシートベルト固定の 2 条件として、実験を実施した。



図 1 ボデー治具



図 2 ブースターシートと Q6 ダミー

2. 2. 実験結果

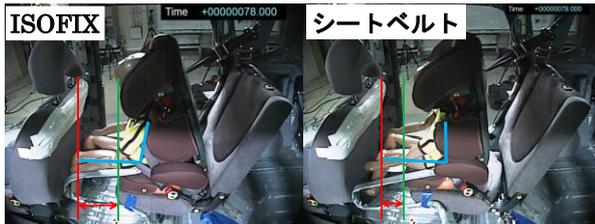
図 3 に衝突開始後 190 ms 時の斜め前から見たダミーの挙動を示す。ISOFIX 固定条件はシートベルト固定条件に比べてシートベルトが滑り上がり、より頸部に近づいていた。ISOFIX 固定条件では、乗員がシートベルトにより頸部を受傷する可能性がある。



(a) ISOFIX 固定 (b) シートベルト固定

図 3 190ms 時のダミーの状況

図4に衝突開始後78ms時の側面から見たダミーの挙動を示す。図中の赤線はダミー膝位置を、緑線はブースターシート前端位置を、青線はダミーの背骨と大腿骨の姿勢を示す。ISOFIX固定条件はシートベルト固定条件に比べて、ダミーの膝がブースターシート前端に対してより前方に位置しており、ダミーがブースターシートに対してより前方に大きく移動した。また、ダミーの上体と大腿部との角度はISOFIX条件がシートベルト固定条件より大きかった。



(a) ISOFIX 固定 (b) シートベルト固定

図4 78ms時のダミーの状況

3. R129 テストベンチスレッド実験

3. 1. 実験方法

前章の実車ボデーを使用したスレッド実験では、過去のテストベンチを用いた調査結果と異なり、ブースターシートの固定方法の違いによりダミーの挙動に違いが生じた。そこで、R129に定められたテストベンチを用いて実車の状況を模擬した場合に同様の現象が発生するか調査した。

前章の実験に使用した車両とR129に定められたテストベンチでは形状やシートベルト配置等が異なり、特にシートベルト経路は大きな差が見られる。そこで本実験では、テストベンチのシートベルト経路をR129で定められた条件(以下R129条件という。)とテストベンチで実車のシートベルト経路を模擬した条件(以下実車模擬条件という。)の2条件とした。図5(a)に前章で使用した車両のシートベルト経路、(b)にR129テストベンチのシートベルト経路、(c)にR129テストベンチで実車を模擬したシートベルト経路を示す。実車では、シートベルト経路はクッションに沿って曲線状になっている。一方、テストベンチのシートベルト経路では直線状で、経路が異なる。そこで、実車模擬条件では、座席クッションと同じ特性の素材をシートベルト経路に配置し、実車と同様に曲線状とした。また、本実験では、ブースターシート固定方法をISOFIX固定とシートベルト固定の2条件と

して、合計4条件で実験を実施した。



(a) 車両



(b) R129 テストベンチ

(c) 実車模擬

図5 実験でのシートベルト経路

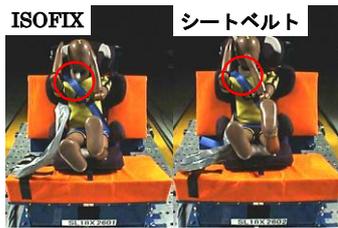
3. 2. 実験結果

図6にR129条件における、図7に実車模擬条件における衝突開始後190ms時の正面から見たダミーの挙動を示す。R129条件においては、ブースターシートの固定方法の違いによらずダミーの挙動はほぼ近似しており、シートベルトが滑り上がる現象は確認されなかった。実車模擬条件においては、ISOFIX固定条件はシートベルト固定条件に比べてシートベルトが滑り上がり、より頸部に近づいていた。実車模擬条件においてISOFIX固定条件では、乗員がシートベルトにより頸部を受傷する可能性がある。

図8にR129条件における、図9に実車模擬条件における衝突開始後103ms時の側面から見たダミーの挙動を示す。図中の赤線はダミー膝位置を、緑線はブースターシートの前端位置を、青線はダミーの背骨と大腿骨の姿勢を示す。R129条件においては、ブースターシートの固定方法によらずダミーの挙動及びブースターシートの挙動はほぼ近似していた。実車模擬条件においては、ISOFIX固定条件はシートベルト固定条件に比べて、ダミーの膝がブースターシート前端に対してより前方に位置しており、ダミーがブースターシートに対してより前方に大きく移動した。また、ダミーの上体と大腿部との角度はISOFIX条件がシートベルト固定条件より大きく、ダミーの腰部がより下方へ回転した。

R129に定められたテストベンチの条件では固定方法の違いによらずダミーの挙動はほぼ同等であったが、テストベンチで実車のシートベルト経路を模擬し

た条件では固定法の違いによりダミーの挙動に違いが生じ、実車ボデーを使用したスレッド実験で発生した現象と同様の現象が発生した。



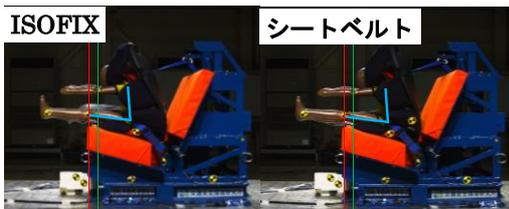
(a) ISOFIX 固定 (b)シートベルト固定

図 6 R129 条件での 190ms 時のダミーの状況



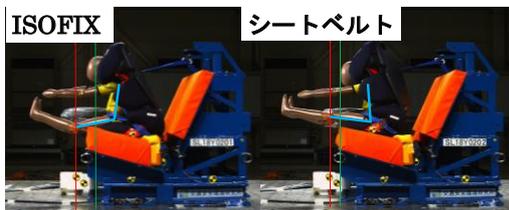
(a) ISOFIX 固定 (b)シートベルト固定

図 7 実車模擬条件での 190ms 時のダミーの状況



(a) ISOFIX 固定 (b) シートベルト固定

図 8 R129 条件での 103ms 時のダミーの状況



(a) ISOFIX 固定 (b) シートベルト固定

図 9 実車模擬条件での 103ms 時のダミーの状況

4. 考察

実験結果から、前面衝突時にダミーがブースターシートに対してより前方に位置する場合に、シートベルトが滑り上がる現象とダミーの上体と大腿部の間の角度が大きくなる現象が確認できた。この状況は、ダミーが前方に移動する量が多い場合と、ブースターシートが前方に移動する量が少ない場合の組み合わせで発生すると考えられる。

本実験でダミーの前方への移動が大きくなるのは、シートベルト経路が変化したことが原因と考えられる。図 10 に実車ボデーを用いたスレッド実験での、

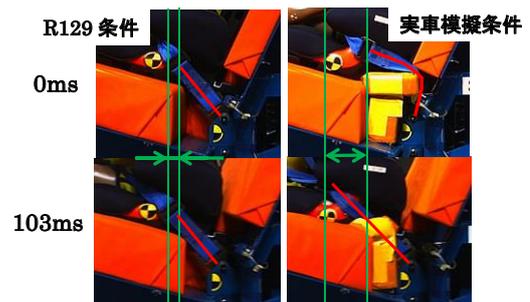
ISOFIX 固定条件における衝突開始後 0 ms 時と 84 ms 時のシートベルト経路を示す。図中の赤線がアンカレッジからバックルまでのシートベルト経路を示す。0 ms 時ではクッションに沿った曲線状であったベルト経路が、84 ms 時には直線状となっており、この経路の変化によりダミーが前方へ大きく移動した。



(a) 0 ms 時 (b) 84 ms 時

図 10 実車ボデー スレッド実験のシートベルト経路

図 11 に R129 スレッド実験での、ISOFIX 固定条件における R129 条件と実車模擬条件での衝突開始後 0ms 時と 103ms 時のシートベルト経路を示す。上段の写真が 0ms 時、下段の写真が 103ms 時を示す。図中の赤線がアンカレッジからバックルまでのシートベルト経路、緑線がバックル治具の位置を示す。R129 条件では、0 ms 時と 103 ms 時でシートベルト経路はほぼ近似しており、ダミーの前方への移動量は小さい。実車模擬条件では、0ms 時にはクッションに沿って曲線であったシートベルト経路が 103 ms 時には直線状となっており、この経路変化によりダミーが前方へ大きく移動した。



(a) R129 条件 (b) 実車模擬条件

図 11 R129 スレッド実験のシートベルト経路

図 12 にダミーがブースターシートに対してより前方に位置する場合にシートベルトが滑り上がる現象が生じるメカニズムを示す。図中①で前面衝突時にダミーが前方に移動するのに対してブースターシートは移動しないことから、ブースターシートのベルトガイド位置はダミーに対してより後方に位置することになる。そのため、図中②で示す通り、肩からベルト

ガイド部まで斜めに位置するシートベルトがダミー側面と接する位置が上方に滑り上がり、上腕下部に近づくこととなる。このことから、図中③で示す通り、ダミー前方ではシートベルトが上方に滑り上がり頸部に近づく現象が発生したと考えられる。

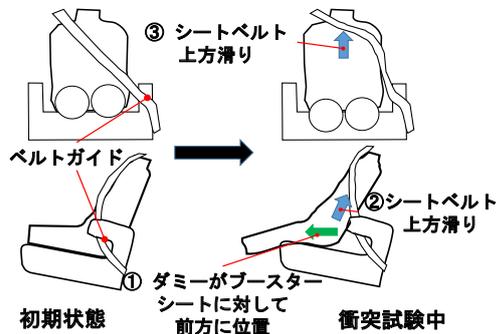


図 12 シートベルト滑り上がり現象のメカニズム

図 13 にダミーの上体と大腿部の間の角度が大きくなる現象が生じるメカニズムを示す。図中①で前面衝突時にダミーが前方に移動するのに対してブースターシートは移動しないことから、図中②で示す通りダミー下面がブースターシート座面と接している面積が小さくなる。そのため、ダミーを下から支える力が減少し、下肢の重量により図中③のダミー腰部の下方への回転が大きくなり、結果としてダミーの上体と大腿部の角度が大きくなったと考えられる。

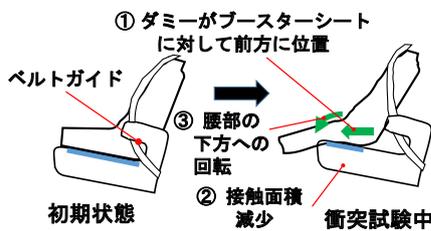


図 13 ダミー上体と大腿部の角度増加のメカニズム

一般に前面衝突時に腰部が下方へ回転する場合やラップベルトが腰骨から外れて腹部へ移動する場合、乗員が腹部等を受傷する可能性の高いサブマリン現象が発生する³⁾。図 3 の ISOFIX 固定の場合の挙動ではラップベルトが腹部まで達していた。また、図 9 の ISOFIX 固定の場合の挙動では、ダミー腰部の下方への回転が他の場合に比べて大きかった。これらのことから本研究においても、前面衝突時にダミーがブースターシートに対してより前方に位置する場合にサブマリン現象が発生していた可能性が高いと考える。

これらのことから、前面衝突時にシートベルト経路

が変化して乗員の前方移動が大きくなる構造を有する車両において、ブースターシートを ISOFIX 固定で使用すると、前面衝突事故が発生した場合に子供乗員がシートベルトの頸部圧迫やサブマリン現象の発生により受傷する危険性が考えられる。今後このような状況を発生させないためにも、乗員の前方移動量を抑制するための基準改正が必要と考える。

5. まとめ

今回の調査から、以下のことが確認できた。

1. 前面衝突時にダミーがブースターシートに対してより前方に位置する場合に、シートベルトが滑り上がる現象とダミーの上体と大腿部の間の角度が大きくなる現象が確認できた。
2. 前面衝突時にダミーがブースターシートに対してより前方に位置する状況は、前面衝突時にシートベルト経路が変化しダミーの前方移動が大きくなる車体構造を有し、かつブースターシートを ISOFIX 固定で使用した場合にのみ確認できた。
3. シートベルトが滑り上がる現象は乗員が頸部を圧迫されて受傷する可能性があり、乗員の上体と大腿部の間の角度が大きくなるとサブマリン現象が発生して乗員が腹部を受傷する可能性があることから、どちらも乗員にとって危険である。

参考文献

- 1) JASIC, “Comparison of the R44 Test Data using ISOFIX Booster /Seatbelt Booster”, CRS-38-05, UNECE/GRSP/CRS 38th meeting(2013)
https://wiki.unece.org/download/attachments/5801998/CRS-38-05e%20ISOFIX_booster.pdf
- 2) Visvikis, C, et al. “THE EFFECT OF ISOFIX ON BOOSTER SEAT PERFORMANCE IN UNREGULATION NO. 129 FRONT IMPACT TESTS”, 25th ESV, Paper Number ,17-0371 (2017)
- 3) Chandrashekhar, K, et al. “ROLE OF TRAUMATIC SEATBELT FAT STRANDING IN AUTOMOTIVE CRASH INJURY ANALYSIS”, 26th ESV, Paper Number ,19-0137 (2019)