

列車衝突時におけるロングシート乗客の安全性検討<sup>\*1</sup>

## Safety Analysis of Long Seat Passenger in a Train Collision

鮎川 佳弘<sup>\*2</sup> 福山 慶介<sup>\*2</sup> 山崎 邦夫<sup>\*2</sup> 小美濃 幸司<sup>\*3</sup>  
 Yoshihiro SUKEGAWA Keisuke FUKUYAMA Kunio YAMAZAKI Koji OMINO

白戸 宏明<sup>\*3</sup> 斉藤 綾乃<sup>\*3</sup> 遠藤 広晴<sup>\*3</sup>  
 Hiroaki SHIROTO Ayano SAITO Hiroharu ENDOH

## Abstract

The crew behavior in the train collision was reproduced by using the sled impact test and computer simulation. Many passengers who sat on the bench seat received chest injuries from side partition impacts in actual accidents. In sled impact tests, the bench seat and the side partition were set on the sled, and the response of the side-impact dummy (Eurosid-1) sitting on the seat was investigated. The side partition were used two types (pipe and board).

The maximum chest displacement of the lower-rib cage was higher with the pipe partition. The chest displacement was able to be lowered more than the pipe partition by using the board partition.

## 1. はじめに

交通手段としての鉄道の利用は、自動車を使った利用よりも衝突事故に遭遇するケースが少ないと言われている。しかし、一旦衝突事故が発生すると大事故につながりやすく、社会的影響が大きい。このため、鉄道交通についても自動車と同様に、万が一に備えた衝突安全対策の検討が必要である。

一般に近距離列車の座席には、ロングシートが用いられている。先行列車に追突した近距離列車事故の事例調査<sup>1)</sup>によれば、シートに座った状態で負傷した乗客(25名)のうち、最も多かったのは胸部の負傷(14名(48%))であった。また加害部位としては、「手すり」が16名(64%)で最も多かった。乗客は着座していたため、ここで言う「手すり」とは、シート端の袖仕切りを指すと考えられる。

そこで本調査では、ロングシートに着座した乗客の典型的な傷害パターンとして、乗客が袖仕切りに接触する形態を、スレッド衝撃実験、および

コンピュータ・シミュレーションを用いて再現し、安全性評価を試みた。以下では、スレッド衝撃実験を主体とした調査結果について述べる。

## 2. スレッド衝撃実験の方法

本実験では、HYGEスレッド衝撃試験装置を用いて台車(スレッド)を所定の加速度波形で打ち出すことにより、衝突事故時を想定した列車内の減速度および乗員挙動を再現した。

Fig. 1に台車のセットアップの例を、Table 1に実験条件の一覧を示す。台車上には、ロングシート、および袖仕切りを固定し、側面衝突用の人体ダミー(EuroSid-1)を1体、または2体をシートに着座させた。袖仕切りには、手すりを兼ねたパイプタイプの袖仕切りのほか、近年増加している板タイプの袖仕切りも使用した(Fig. 2)。

パイプタイプの袖仕切りでは、台上からの高さ0.76mに水平の中段パイプ(Fig.2参照)がある。これは、ダミーの上腕を下ろした状態では上腕部に接触するが、上腕を上げた状態では直接胸部に接触する位置である。本実験では、ダミー上腕を下げた状態を基本姿勢とした。なお、EuroSid-1は

\* 1 原稿受理 2007年 8 月 1 日

\* 2 (財)日本自動車研究所 安全研究部

\* 3 (財)鉄道総合技術研究所 人間工学研究部

乗用車の側面衝突評価ダミーとして現在もっとも使用されているものであるが、前腕については省略されている。台車の打ち出し速度については、文献1)、2)を参考として、運動量変化が最大で速度18km/hとなるように設定した。

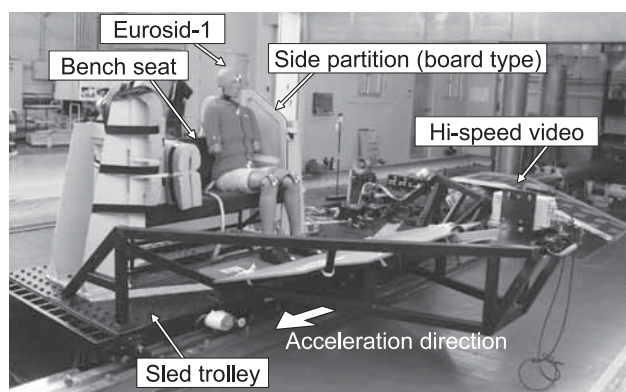
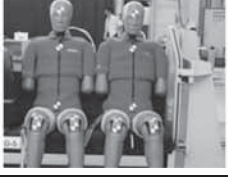


Fig. 1 Examples of test

Table 1 Test conditions

| Test | Posture                                                                             | conditions                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    |   | Seat : Bench seat<br>Partition : Pipe type<br>Velocity : 18 km/h<br>Dummy : Eurosid-1×1  |
| 2    |  | Seat : Bench seat<br>Partition : Pipe type<br>Velocity : 18 km/h<br>Dummy : Eurosid-1×2  |
| 3    |  | Seat : Bench seat<br>Partition : Board type<br>Velocity : 18 km/h<br>Dummy : Eurosid-1×1 |
| 4    |  | Seat : Bench seat<br>Partition : Board type<br>Velocity : 18 km/h<br>Dummy : Eurosid-1×2 |

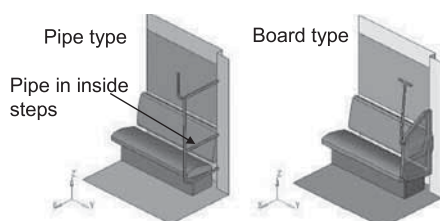


Fig. 2 Partition type (FE-model)

### 3. スレッド実験結果

#### 3.1 袖仕切りタイプの影響

衝撃直後のダミー挙動の例をFig. 3に示す。

パイプタイプ (Test1) では、衝撃によりダミー全体が袖仕切り方向に平行移動し、中段パイプに左上腕を押された状態で、上半身は袖仕切り方向に倒れ込む状況が見られた。

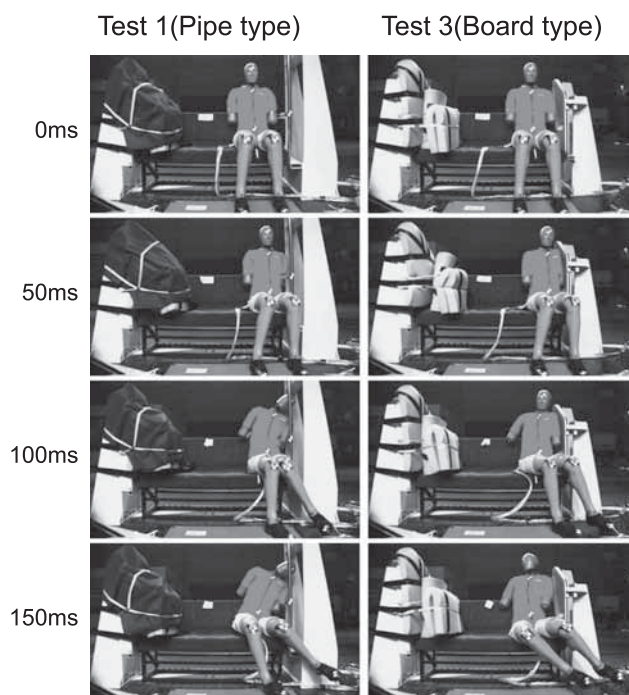


Fig. 3 Examples of dummy kinematics

一方、板タイプ (Test3) では、袖仕切りにより上半身全体が押し当てられ、150ms付近では反対方向に押し戻される挙動が見られた。

Test1, 3に搭載したそれぞれのダミー胸部変位波形をFig. 4に示す。双方とも50ms付近から胸部変位が立ち上がりはじめた。パイプタイプでは、上腕を介して中段パイプが下部肋骨付近に接触するために、下部肋骨の変位が最も大きく、中央肋骨、上部肋骨と胸部上方に行くほど変位は小さくなった。一方、板タイプでは、上部肋骨の変位が最も大きく、中央肋骨、下部肋骨と胸部下方に行くほど変位は小さく、パイプタイプと逆の傾向を示した。

また、肋骨の最大変位で比較した場合には、板タイプのほうがパイプタイプよりも値が低く、持続時間も短かった。

Test1, 3に搭載したそれぞれのダミーの傷害値

をFig. 5に示す。ここでは、乗用車の側面衝突試験<sup>3)</sup>を参考として、ダミー各部の傷害値を示している。

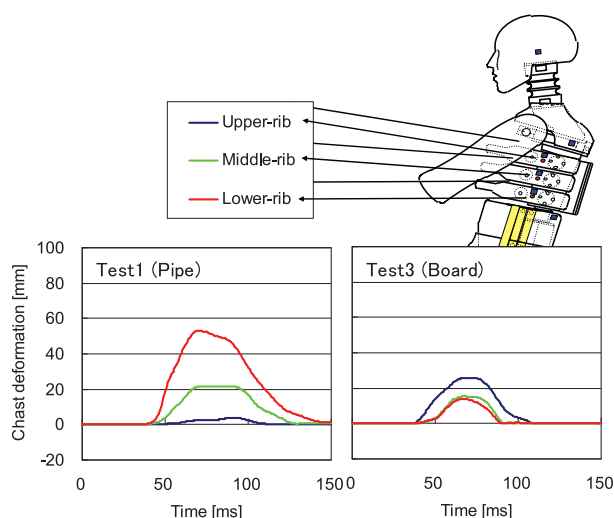


Fig. 4 Chest deformation of dummy

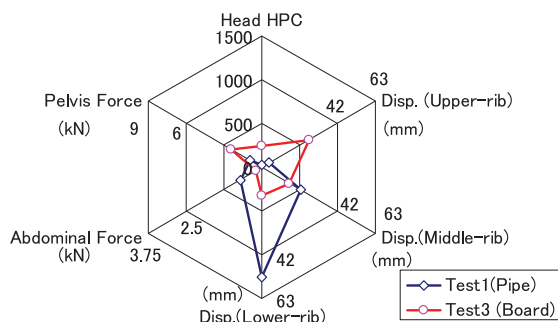


Fig. 5 Injury measures of dummy

板タイプと比較してパイプタイプの胸部変位（下部肋骨）は、高い値にあった。その他の傷害値については、双方とも類似した値にある。

このことから、パイプタイプでは、水平パイプ（手すり）により胸部を損傷しやすいと考えられる。この結果は、前述の事例調査<sup>1)</sup>とも一致する傷害パターンである。また、板タイプでは下部肋骨の変位についても傷害値が低い値にあることから、板タイプの袖仕切りの使用で、傷害を軽減できると考えられる。

### 3.2 ダミー数搭載数による影響

Fig. 6は、搭載したダミー数が1体の場合と2体の場合で傷害値を比較したグラフである。

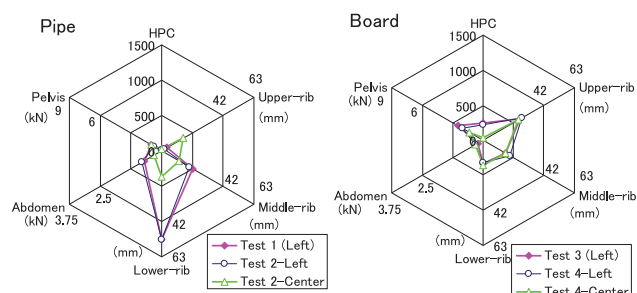


Fig. 6 Comparison of Injury measures

パイプタイプの袖仕切りの場合（Test1, Test2）、袖仕切りの隣に着座させたダミー（Left）では、傷害値はほぼ変わらなかった。2体搭載した場合のシート中央側のダミー（Center）では、袖仕切り側のダミーよりも傷害値は低く、特に胸部で顕著であった。

一方、板タイプの傷害値は、2体搭載した場合の搭載位置（Left, Center）に関らず、ほぼ同じ値であった。

しかし、袖仕切り側のダミー胸部変位波形を比較すると、ダミー数が1体と2体では、持続時間の違いが見られた。Fig. 7は、Test4（板タイプの袖仕切りに2体を搭載）における袖仕切り側のダミー胸部変位波形である。これをTest2（Fig. 4）と比較すると、肋骨が変位している（たわんでいる）時間が、約1.5倍になっていた。さらに波形を詳しく観察すると、変位量は、80ms付近から一度減少するものの、100ms付近から再び増加していることがわかった。これは、シート中央側のダミー（Center）が、袖仕切り側に倒れ込んでくるために、一度押し戻された袖仕切り側ダミー（Left）が、再度袖仕切りに押し込まれるためと考えられる。同様な現象は、パイプタイプ（Test2）でも見ることができた。

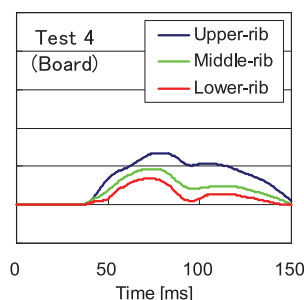


Fig. 7 Chest deformation of dummy (Eurosid-1 \* 2)

#### 4. 人体FEモデルによる解析

スレッド試験と同様の条件で、人体FEモデル (THUMS-AM50 Occupant model ver.2.101-020320) を使ったコンピュータ・シミュレーションを実施している<sup>4)</sup>。Fig. 8は板タイプの袖仕切りに乗員 (1名) が衝突する状況を再現したものである。コンピュータ・シミュレーションにおいてもスレッド試験と同様の乗員挙動が得られた。

板タイプ、パイプタイプそれぞれの袖仕切りに乗員 (1名) が衝突した場合の乗員の胸部変位を Fig. 9に示す。

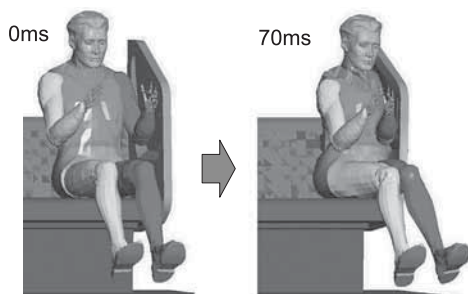


Fig. 8 Examples of dummy kinematics (Board type)

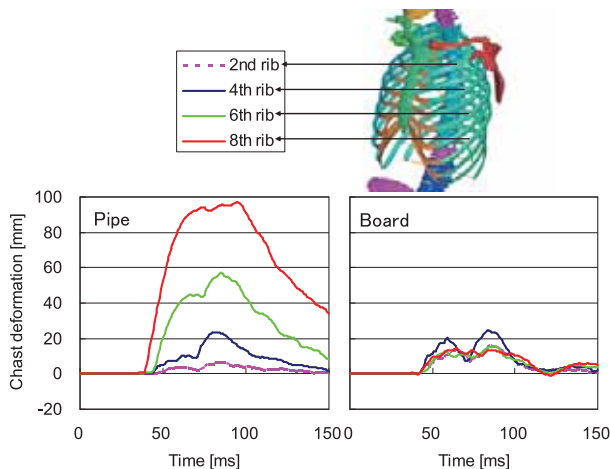


Fig. 9 Chest deformation of FE model

人体FEモデルでは、第1～11肋骨を含めた人体の胸部構造を忠実に再現しているが、同グラフでは2, 4, 6, 8番目の肋骨変位を表記した。

FEモデルの胸部変位波形は、スレッド試験結果と比較して、肋骨位置によってピークが2カ所発生した。また、パイプタイプでの胸部変位はスレッド試験結果よりも高い値を示した。この理由として、スレッド試験に用いたダミー (EuroSid-1) では胸部リブ構造や上腕が簡易的に模擬されていることが挙げられる。自動車の側面衝突ではドアとの接触を評価するため、特に中断パイプとの接触は評価しにくいものと考えられる。しかしながら、パイプタイプの袖仕切りでは、胸部下方に進むにしがたい変位が高くなる傾向はスレッド試験結果と一致していた。また、板タイプの袖仕切りでは、胸部上方に進むにしがたい変位が高くなる傾向や、リブの最大変位は良く一致していた。

#### 5. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- (1) 板タイプの袖仕切りは、パイプタイプの袖仕切りよりも胸部の最大変位が小さいため、胸部傷害が生じにくいと考えられる。
- (2) 2名着座した場合には、袖仕切り側の乗員は、隣の乗員の影響を受け、胸部が変位している時間が長くなる。

なお、本研究の一部は、国土交通省の補助金を受けて実施したものである。本研究が鉄道車両の安全性向上に役立てば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 小美濃幸司ほか：人体挙動解析による着座乗客の衝突安全性の検討，鉄道総研報告，Vol. 21, No. 5 (2007)
- 2) 小美濃幸司ほか：列車衝突時の乗客の被害に関する考察，鉄道総研報告，Vol. 12, No. 11 (1998)
- 3) 国土交通省自動車交通局技術安全部，(独)交通安全研究所監修：保安基準第18条第3項，新型自動車審査関係基準集，(2001)
- 4) 福山慶介ほか：鉄道車両の衝突時における乗員挙動，自動車研究，Vol. 29, No. 3, p.109-112 (2007)