

# BioRID-II ダミーの検定試験における単体試験方法の 妥当性検討

—GTR7 における検定試験の制定に向けて—

Study on Jacket and Pelvis Certification Test Methods for the BioRID-II Dummy

—Toward Establishment of Certification Tests for UN GTR No.7—

中嶋 太一 \*1  
Taichi NAKAJIMA

清田 浩嗣 \*1  
Hirotsugu SEITA

加藤 和彦 \*2  
Kazuhiko KATO

## Abstract

For the reduction of minor neck injuries during rear-end impacts, an advanced dynamic test method using the BioRID-II dummy has been discussed for the UN ECE/WP29/GRSP/GTR No.7. This study focused on certification tests for the BioRID-II dummy in order to reduce differences in the responses of dummies used in dynamic tests. Specifically, the certification tests proposed by the dummy manufacturer were carried out for the jackets and pelvises of BioRID-II dummies to examine the validity of the existing dummy performance requirements of those certification tests.

## 1. はじめに

追突事故による頸部傷害は、その発生頻度と傷害ともなっていて生じる後遺障害等の社会的損失の観点から、諸外国においても重要な問題とされており、追突時の頸部傷害低減に向けた取り組みが国際的に進められている。具体的には、UN ECE/WP29/GRSP において、各国の専門家による会議体「ヘッドレスト GTR インフォーマル会議」が設置され、国際的に統一されたヘッドレストの要件、ならびに試験方法（ヘッドレスト GTR：以下、GTR7）が検討されている。GTR7 に関しては、2008 年 3 月に Phase1 が成立し、ヘッドレストに対する基準要件として静的バックセット（シートに着座させた人体模型頭部とヘッドレストとの水平距離）についての規制値が設けられた。Phase1 成立後は、日本がテクニカルスポンサーとなって、BioRID-II ダミー（後面衝突評

価用ダミー）を用いた動的試験法の策定に向けた Phase2 活動が進められている。このような状況の中、(一財)日本自動車研究所、ならびに(一社)日本自動車工業会では、BioRID-II ダミーを用いた試験・評価法に関する研究<sup>1)~3)</sup>において、特に動的試験時に発生する試験結果のバラツキを低減させるための検討を行ってきた。

また、ヘッドレスト GTR インフォーマル会議では、Phase2 の議論と並行して、BioRID-II ダミーの標準化 (Mutual Resolution 1) のための議論が進められ、BioRID-II ダミーの検定試験に関しては、ダミー製造メーカーを中心として、ダミー構成部品単体に対する試験法の導入などが検討されてきた。GTR7 における動的試験法は、法規として採用され、各国で実施されることになるため、試験の公平性を保つためにも、適正な検定試験により、BioRID-II ダミーの個体差によって発生する試験結果のバラツキを低減させることも重要と考えられる。

そこで、本研究では、GTR7 における検定試験

\*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 安全部会/保護装置分科会

\*本速報はJSAE著作権規則に基づくJSAE20176234の転載である

の制定に向けた対応として、ダミー製造メーカーによって導入が検討されている BioRID-II ダミーの Jacket と Pelvis 単体の検定試験を実施し、同試験における適合要件の妥当性について検討した。

## 2. GTR7におけるBioRID-IIダミーの検定試験に関する動向

BioRID-II ダミーの検定試験に関しては、ヘッドレスト GTR インフォーマル会議の傘下でダミーに関する各種議論を行ってきた BioRID-II Technical Evaluation Group (BioRID-II TEG) において、ダミー製造メーカーによる検討結果を中心として議論されてきた。ダミー製造メーカーでは、従来から行われてきたヘッドレスト無しの検定試験条件の見直しに係る検討に加え、2010年頃からは Jacket や Pelvis (Bottom, ならびに Back) の単体試験についても検討を進めてきた<sup>4,5)</sup>。検討してきた単体試験のうち、Jacket と Pelvis-Bottom については、2016年4月にダミー製造メーカーによって発行された BioRID-II ダミーの検定試験法に関するマニュアル (BioRID II Dummy Certification Manual ARA-9901 [Rev.A] : 以下、Certification Manual)<sup>6)</sup>において、試験方法や適合要件が明記された。また、ダミー製造メーカーでは、ダミーの個体差によるバラツキ低減のため、ヘッドレスト付きの検定試験の導入も検討されてきたが、最終化には至っていないのが現状である。

## 3. BioRID-IIダミーのJacketならびにPelvis単体試験

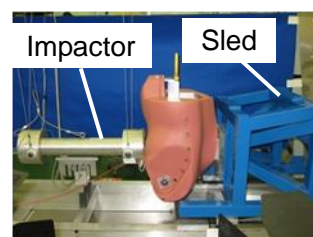
本研究では、Certification Manualに示された Jacket 単体試験と Pelvis-Bottom 単体試験に加え、ダミー製造メーカーによる検討は行われたものの、Certification Manualには採用されていない Pelvis-Back 単体試験についても実施した。なお、試験機関が異なることによる試験結果への影響を考慮し、試験は2カ所の試験機関 (試験機関A, ならびに試験機関B) で実施した。

### 3.1 試験方法と試験条件

単体試験は、BioRID-II ダミーの動的検定試験機を使用して、ミニスレッドの後部に Jacket 単体あるいは Pelvis 単体を取り付け、Hybrid-III 5F

ダミー (前面衝突用小柄女性ダミー) の胸部検定試験に使用されるインパクトタにより、1.50~1.55 m/s の速度で打撃するものである。同試験の適合要件として、①インパクトタの荷重 (Probe Force : インパクトタの質量にインパクトタの加速度を乗じて算出した荷重のピーク値)、②スレッドの移動速度 (Sled Velocity : スレッドの加速度を一回積分により算出した速度のピーク値)、ならびに③ Jacket や Pelvis の変位量 (Compression : インパクトタの加速度とスレッドの加速度をそれぞれ二回積分して算出した変位の差分のピーク値) が定められている。Fig. 1 に試験時の外観を示し、Table 1 に各単体試験の試験条件と適合要件を示す。

製造年度と使用状況が異なる5体の BioRID-II ダミーの Jacket ならびに Pelvis を対象とし、各試験をそれぞれ3回ずつ実施した。なお、Certification Manual では、Jacket, ならびに Pelvis の質量要件が定められている。試験に先立ち、Jacket と Pelvis の質量計測を行った結果、Table 2 に示すように、試験に使用したダミーの Jacket, Pelvis はいずれも質量要件を満足していた。



(a) Jacket



(b) Pelvis-Bottom

(c) Pelvis-Back

Fig. 1 Certification Test for Jacket and Pelvis

Table 1 Test Condition and Requirements

Test	Jacket	Pelvis- Bottom	Pelvis- Back
Impact Probe (kg)	13.97 ± 0.023 (Hybrid-III 5F Dummy Thorax Impactor)		
Impact Vel. (m/s)	1.50 - 1.55		
Probe Force (N)	1110 - 1360	3250 - 4620	1860 - 2340
Sled Vel. (m/s)	0.378 - 0.422	0.325 - 0.375	0.319 - 0.361
Compression (mm)	18.3 - 20.3	17.8 - 19.5	20.8 - 23.2
Reference	BioRID II Dummy Certification Manual ARA-9901[Rev.A] <sup>6)</sup>		Biorid Pelvis & Jacket Corridor Development, GTR7-14-09 <sup>5)</sup>

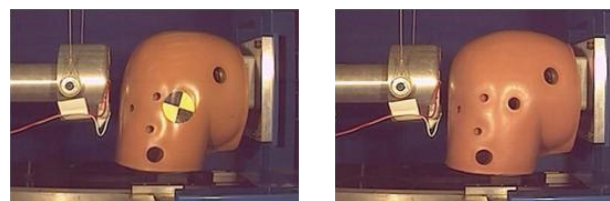
Table 2 Component Weight

BioRID-II Serial No.	Production year	Jacket 21.610 - 22.130 (kg)	Pelvis 7.860 - 7.950 (kg)
095G	2008	21.689	7.876
102G	2009	21.827	7.860
115G	2010	21.626	7.864
DO7357	2014	21.971	7.882
DP1998	2014	21.895	7.874

### 3.2 試験データの処理方法

単体試験における適合要件のうち、スレッドの移動速度 (Sled Velocity), Jacket や Pelvis の変位量 (Compression) については、インパクトやスレッドの加速度を積分して算出する必要がある。その際のインパクトとダミーとの衝突瞬間 (Time=0) について、Certification Manual では、「インパクトが最初に試験体に接触する時点」と定義している。しかしながら、Jacket, ならびに Pelvis とともに、インパクトを衝突させる面は平坦ではなく、また、Fig. 2 に示す試験時のセットアップ状況の例のように、試験対象のダミーによってインパクトが最初に接触する位置が異なるため、

Time=0 を一義的に決定できるような方法を事前に検討した。具体的には、ES2 ダミー (側面衝突用ダミー) のユーザーマニュアル<sup>7)</sup>に示された腹部、腰部検定試験における Time=0 の決定方法を参考に、インパクトの加速度が 0.98 m/s<sup>2</sup> (0.1G) に達した時点をも Time=0 と定義し、コンタクトスイッチによる接触時間との差分を試験毎に補正することとした。



(a) 095G

(b) DO7357

Fig. 2 Examples of Pelvis-Bottom Test Setup

### 3.3 試験結果

5体の BioRID-II ダミーの Jacket, ならびに Pelvis を対象として、2 試験機関において各単体試験を 3 回ずつ実施した結果を以下に述べる。

#### 3.3.1 Jacket 単体試験

Fig. 3 に各適合要件 (図中の赤線が上限, 水色線が下限) に対するピーク値の結果を示すとともに、以下に結果の概要を整理して示す。

- Probe Force: 両方の試験機関で 095G は適合要件の上限を超えているが、その他のダミーでは適合要件を満足していた。
- Sled Velocity: 試験機関 B では、いずれのダミーともに適合要件を満足していたが、試験機関 A では、いずれのダミーともに適合要件の上限付近となっていた。
- Compression: どちらか一方で適合要件を満足するダミーはあるが、両方の試験機関で適合要件を満足したダミーはなかった。

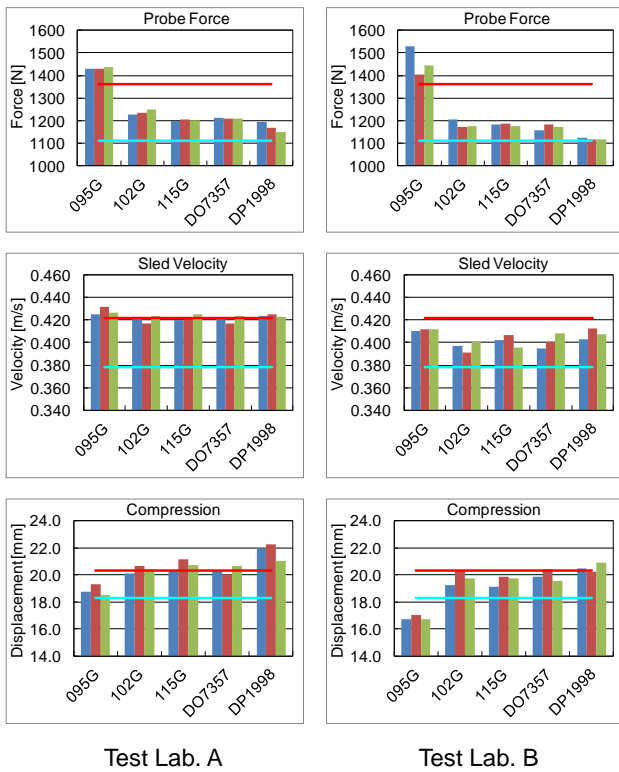


Fig. 3 Results of Jacket Test

(Red line is upper limit, Light blue line is lower limit.)

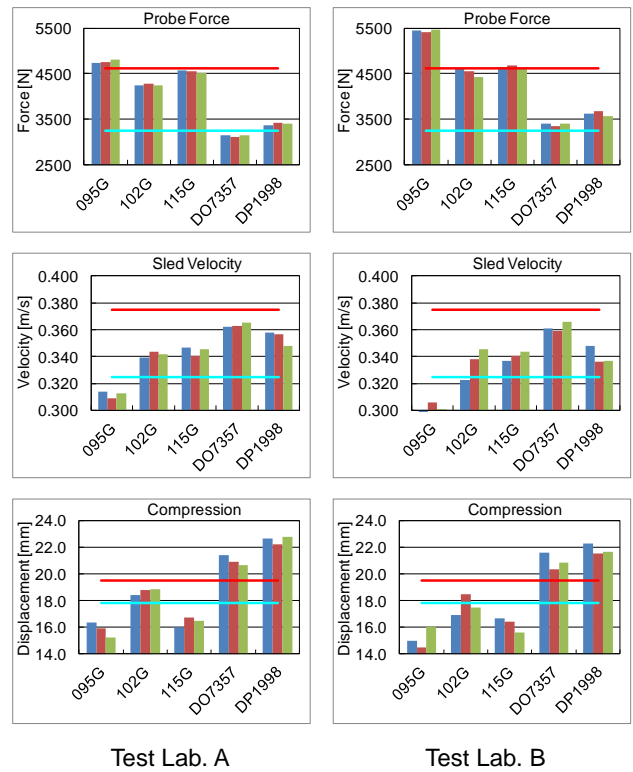


Fig. 4 Results of Pelvis-Bottom Test

(Red line is upper limit, Light blue line is lower limit.)

### 3.3.2 Pelvis-Bottom 単体試験

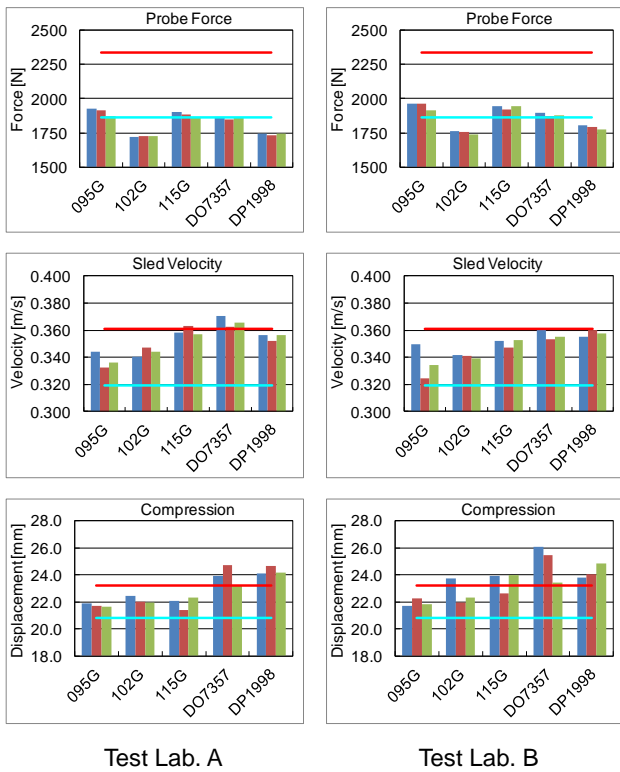
Fig. 4 に各適合要件（図中の赤線が上限，水色線が下限）に対するピーク値の結果を示すとともに，以下に結果の概要を整理して示す。

- **Probe Force**：両方の試験機関で適合要件を満足したダミーは 102G，ならびに DP1998 で，その他のダミーではどちらか一方で適合要件を満足するなど，試験機関の違いによって結果が異なっていた。
- **Sled Velocity**：両方の試験機関で適合要件を満足したダミーは 115G，DO7357，ならびに DP1998 となっており，その他のダミーではどちらか一方で適合要件を満足するなど，試験機関の違いによって結果が異なっていた。
- **Compression**：どちらか一方で適合要件を満足するダミーはあるが，両方の試験機関で適合要件を満足したダミーはなかった。

### 3.3.3 Pelvis-Back 単体試験

Fig. 5 に各適合要件（図中の赤線が上限，水色線が下限）に対するピーク値の結果を示すとともに，以下に結果の概要を整理して示す。

- **Probe Force**：両方の試験機関で適合要件を満足したダミーは，095G，ならびに 115G で，その他のダミーではどちらか一方で適合要件を満足するなど，試験機関の違いによって結果が異なっていた。
- **Sled Velocity**：両方の試験機関で適合要件を満足したダミーは，095G，102G，ならびに DP1998 となっており，その他のダミーではどちらか一方で適合要件を満足するなど，試験機関の違いによって結果が異なっていた。
- **Compression**：両方の試験機関で適合要件を満足したダミーは，095G のみとなっており，その他のダミーではどちらか一方で適合要件を満足するなど，試験機関の違いによって結果が異なっていた。



Test Lab. A                      Test Lab. B

Fig. 5 Results of Pelvis-Back Test

(Red line is upper limit, Light blue line is lower limit.)

#### 4. 考察

2カ所の試験機関で5体のダミーを用いて各単体試験を実施した結果、比較的製造年度の新しいダミーであっても、一方の試験機関では適合要件を満足するが、もう一方の試験機関では一部の適合要件を満足しない場合などがあり、各試験における適合要件を全て満足するダミーはなかった。また、試験機関の違いにより、試験結果も異なることがわかった。そこで、本研究において実施した各単体試験の結果から、各試験における適合要件について検討した。検討に際しては、(1)ダミー製造メーカーが提案しているピーク値により適合要件を設定する場合と、(2)荷重-変位特性から適合要件を設定する場合の2案について検討した。

##### 4.1 ダミー製造メーカーが提案しているピーク値により適合要件を設定する場合

ピーク値による適合要件の妥当性について検討するため、ダミー製造メーカーによって適合要件を設定した際の手法と同じように、ダミーの試験結果の平均値、ならびに標準偏差 ( $\pm 2\sigma$ ) を求め、現状の適合要件と比較した。Fig. 6~Fig. 8は、

各単体試験における適合要件の検討結果として、試験機関別 (図中: Lab.A, Lab.B), ならびに2つの試験機関 (図中: Lab.A&B)を併せた結果について、現状の適合要件 (Fig. 6中および Fig. 7中: Manual, Fig. 8中: GTR7)と比較して示したものである。なお、Pelvis-Back 単体試験については、2013年9月のGTR7会議においてダミー製造メーカーにより提案された適合要件<sup>5)</sup>を比較対象として示した。

Fig. 6~Fig. 8より、いずれの試験においても、試験機関の違いによって計測結果には差が生じており、試験結果のバラツキの範囲 (平均値 $\pm 2\sigma$ )は、現状の適合要件よりもかなり広い範囲になることがわかる。そのため、適合要件については、各国でラウンドロビン試験を実施するなど、試験機関の違いによる計測結果の違いを考慮したうえで、再度検討することも必要と考えられる。

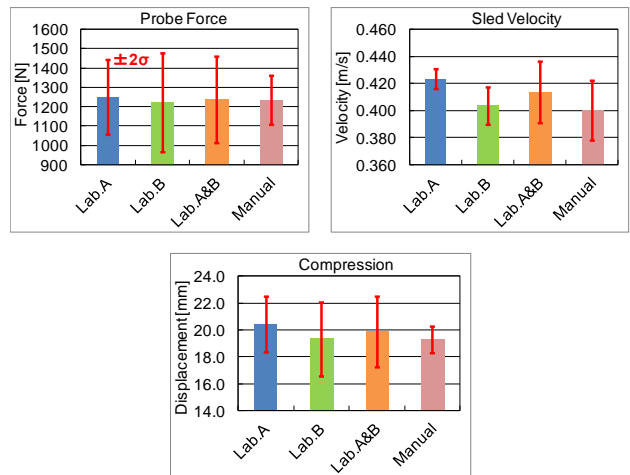


Fig. 6 Consideration of Corridor for Jacket Test

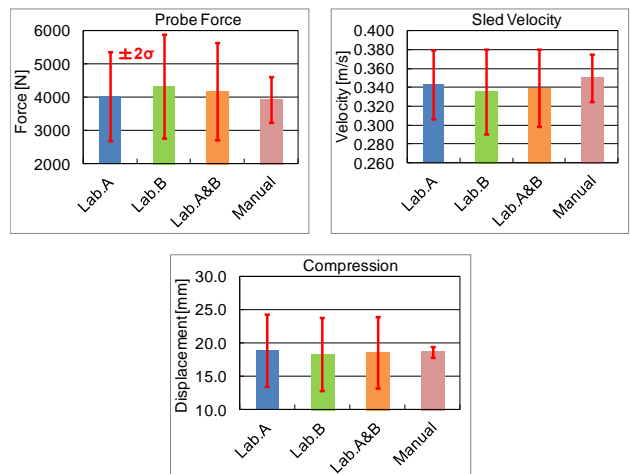


Fig. 7 Consideration of Corridor for Pelvis-Bottom Test



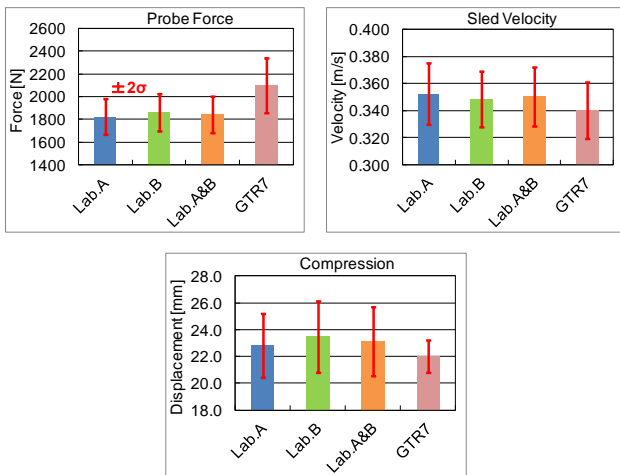


Fig. 8 Consideration of Corridor for Pelvis-Back Test

#### 4.2 荷重-変位特性から適合要件を設定する場合

単体試験の結果は Jacket や Pelvis 内のウレタンの硬さや厚さに依存していると考えられるため、それらをより適切に峻別する一つの案として、荷重-変位曲線による適合要件について検討した。具体的には、Probe Force と Compression による荷重-変位曲線において、動的試験時の結果に影響を及ぼすと思われる低荷重時の変位量を適合要件として設定することを検討した。Fig. 9~Fig. 11 に各単体試験の荷重-変位曲線を示す。これらの荷重-変位曲線は試験機関Aと試験機関Bのデータの平均値から作成した。

Fig. 9 の Jacket 単体試験について、今回使用したダミーにおけるウレタン硬度を測定 (JIS K 6253) したところ、095G のみ、ウレタン硬度が「6」と硬く、その他のダミーでは「3」となっていた。今回の計測結果より、仮に 800N 時の変位量を規定させるような適合要件を設定すると 095G のみが不適合で、その他のダミーは適合することになる。

Fig. 10 の Pelvis-Bottom 単体試験について、095G や 102G, ならびに 115G の Pelvis の場合、入手してから 7 年以上経過しているため、経年変化によりウレタン硬度は比較的硬く、一方で入手後 3 年の DO7357 や DP1998 は、比較的ウレタン硬度は柔らかい。仮に 500N 時の変位量を規定すると、095G や 102G, ならびに 115G のような比較的年数が経過しているダミーは要件に適合しないことになり、一方で DO7357 や DP1998 のよ

うに比較的新しいダミーは要件に適合することになる。なお、Fig. 11 に示すように Pelvis-Back 単体試験については、Pelvis-Bottom 試験結果と類似した傾向を示している。

以上のように、Jacket や Pelvis 内のウレタンの硬さや厚さを考慮した荷重-変位特性による適合要件を設定することで、ピーク値による適合要件よりも、動的試験時の結果に影響を及ぼすと思われる Jacket や Pelvis の特性をより良く峻別できる可能性があると考えられる。

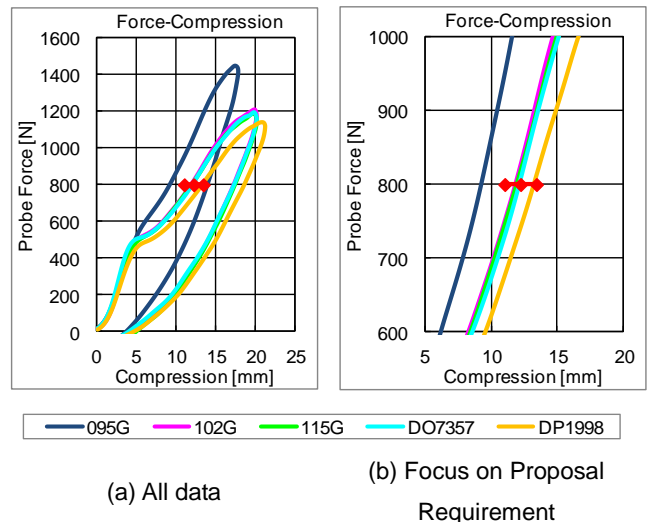


Fig. 9 Consideration of Corridor for Jacket Test (F-S Curve)

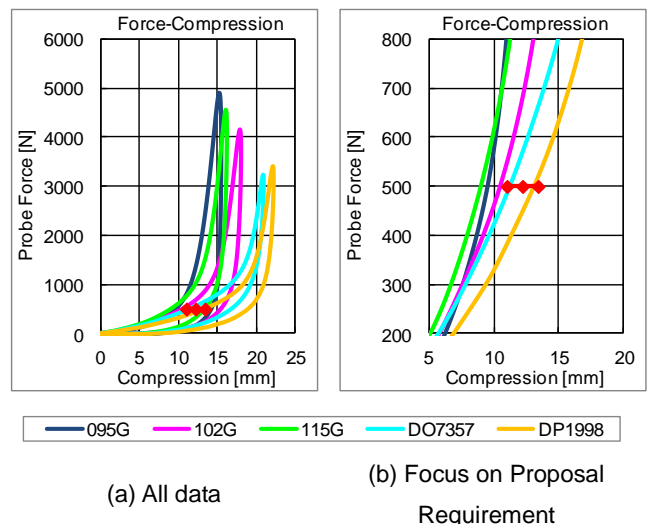


Fig. 10 Consideration of Corridor for Pelvis-Bottom Test (F-S Curve)

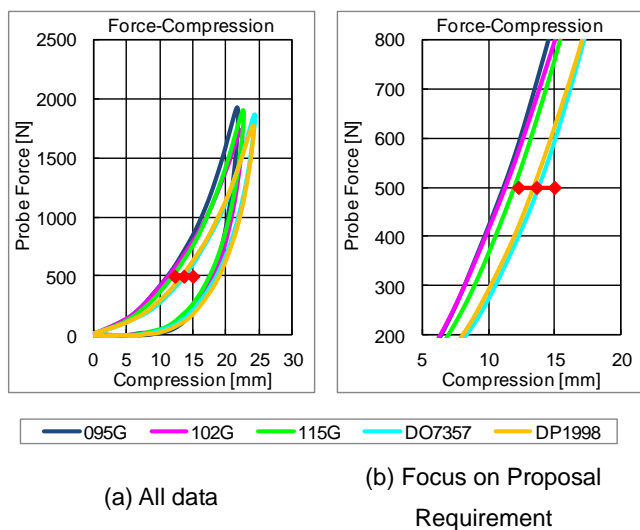


Fig. 11 Consideration of Corridor for Pelvis-Back Test (F-S Curve)

## 5. まとめ

ダミー製造メーカーによって導入が検討されている BioRID-II ダミーの Jacket と Pelvis 単体の検定試験を実施し、同試験における適合要件の妥当性について検討した。主な結論を以下に示す。

- ・ 2カ所の試験機関において各単体試験を実施した結果、比較的製造年度の新しいダミーであっても、一方の試験機関では適合要件を満足するが、もう一方の試験機関では一部の適合要件を満足しない場合などがあり、各試験における適合要件を全て満足するダミーはなかった。
- ・ 現状のピーク値による適合要件と比較した結果、試験結果のバラツキの範囲（平均値 $\pm 2\sigma$ ）は、現状の適合要件よりもかなり広い範囲にあり、試験機関の違いによる計測結果の差異を考慮したうえで、適合要件を再検討する必要性が示唆された。
- ・ Jacket や Pelvis 内のウレタンの硬さや厚さを考慮した荷重-変位特性による適合要件を設定することで、現状のピーク値による適合要件よりも、動的スレッド試験の結果に影響を及ぼすと思われる Jacket や Pelvis の特性をより良く峻別できる可能性があることが示唆された。

## 6. おわりに

本研究で得られた成果は、GTR7における検定試験の制定に向けて、ダミー製造メーカーにフィードバックし、検討されているところである。

GTR7-Phase2における傷害指標と基準値の議論については、長期間の活動と議論を経て、ようやく収束に向かいつつあり、今後のGRSPでの合意、WP29での成立が現実的になってきている。しかしながら、試験に使用されるBioRID-IIダミーの検定試験方法に関しては、未だ解決すべき課題が数多く残されており、今後も継続的な取り組みが必要である。

### 謝辞

本研究の推進に際しご協力を頂いた、(一社)日本自動車工業会/安全部会/保護装置分科会/後突頸部傷害ワーキンググループの委員の方々に対し、感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) T.Nakajima et.al : Study on Impact Response (Injury Value) Variation Factors for BioRID-II Dummies, 22nd ESV Conference, Paper Number 11-0201, (2011)
- 2) T.Nakajima et.al : Calibration Test Method for enhancing the BioRID-II Dummy's Repeatability and Reproducibility, IRCOBI Conference, (2012)
- 3) 中嶋太一ほか : BioRID-II ダミーにおける初期位置の設定方法とその影響に関する考察-GTR7における後面衝突試験方法の制定に向けて-, 自動車技術会論文集, Vol.47 No.2, p.497-502, 20164192 (2016)
- 4) Humanetics Innovative Solutions Inc., : Update on Certification Test Development, UN ECE, <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/14320309/GTR7-14-08.pdf?api=v2>, (2013)
- 5) Humanetics Innovative Solutions Inc., : Biorid Pelvis & Jacket Corridor Development, UN ECE, <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/14320309/GTR7-14-09.pdf?api=v2>, (2013)
- 6) Humanetics Innovative Solutions Inc., BioRID-II Dummy Certification Manual ARA-9901[Rev.A] (2016)
- 7) First Technology Safety Systems, ES2 User Manual, E2-9900 User Manual ES-2 Rev E (2011)