

HYGEスレッド試験によるTHOR-NTとHybrid IIIの反復性と 着座位置に対する感度^{*1}

Repeatability and Sensitivity to Seating-Position of the THOR-NT and Hybrid III
Based on HYGE Sled Tests

谷口 昌幸^{*2}
Masayuki YAGUCHI

増田 光利^{*3}
Mitsutoshi MASUDA

小野 古志郎^{*4}
Koshiro ONO

Abstract

THOR-NT and Hybrid III responses were compared in ten HYGE sled tests with a pulse representing a full-frontal 55 km/h impact against a rigid wall. Repeatability of each dummy and differences in response sensitivity between two seating procedures (FMVSS208 and UMTRI) were evaluated. In general, both dummies showed a reasonable level of comparable results and repeatability. However, the kinematics and dynamic responses of their lower extremities were different depending on the seating position.

1. はじめに

現在、自動車の前面衝突試験用ダミーとして Hybrid-IIIダミーが各国で使用されているが、乗員保護性能向上のために、より生体忠実性の高いダミーの開発が求められている。こうした状況で、米国では、THOR (Test Device for Human Occupant Restraint) と呼ばれる次世代の前面衝突用ダミーが開発され、継続的な改善が行われてきた^{1), 2)}。このダミーへの国際的関心は高く、現在、ダミー各部の改善、較正方法、搭載手順などの取扱い方法の検討は、SAEに設置された THOR Evaluation Task Force Groupを中心に行われている。

JAMA^{注1)}/JARIは、これまでTHORダミーの開発、改善に貢献するための研究活動を継続して行ってきた^{3), 4)}。その活動の一部として、現行仕様のTHORダミーであるTHOR-NT (THOR-New Technology) とHybrid IIIについてHYGEスレッド試験を実施し、両ダミーの着座姿勢の反復性、各部応答の反復性、および、搭載手順の差異(着座位置の差異)に対する感度について調査した。

2. HYGEスレッドの試験方法

2.1 試験条件

試験方法は、スレッド上に固定した乗用車のホワイトボディの運転席にダミーを搭載し、リジッドバリアに対する55km/hフルラップ前面衝突を再現するスレッドパルスを与えたものである。試験時の加速度波形はピーク280m/s²、持続時間100msのハーフサイン波とした。

Table 1に試験マトリックスを示す。試験では2種類のダミー搭載手順を用いて2種類の着座位置(それぞれ、standard position, UMTRI positionと呼ぶ)を設定した。なお、各試験において、ダミーはプリテンションとロードリミッタ付き3点式シートベルトによって拘束し、全試験とも同一タイミングでエアバッグを展開させた。

Table 1 Test matrix

	THOR-NT	Hybrid III	Seat Position	
			fore-aft slide	height adjust
Standard Position (FMVSS208)	N=3	N=3	Mid	Lowest
UMTRI Position (IHHS)	N=2	N=2	45mm rearward from Mid	18mm upward from Lowest

*1 原稿受理 2009年2月17日

*2 (財)日本自動車研究所 安全研究部

*3 (社)日本自動車工業会 衝撃吸収分科会 ダミー技術WG主査

*4 (財)日本自動車研究所 企画・管理部 博士(工学)

注1 JAMA:(社)日本自動車工業会の略称

2.2 ダミーの搭載手順と着座位置

standard positionは、米国の前面衝突試験法 FMVSS208の搭載手順に基づいて、シートを前後スライドの中間位置、上下調節の最下端位置に設定し、3回の繰返し試験を実施した。

UMTRI positionは、IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) のオフセット前面衝突試験の搭載手順⁹⁾ののちシートを調整し、2回の試験を実施した。この手順はミシガン大学により開発された手順で、車両のペダル位置とシート調節範囲を考慮し、人間工学に基づいた着座姿勢設定を意図している。試験におけるUMTRI Positionのシート位置は、前後スライドが中間位置の45mm後方で、最下端から18mm上方の位置となった。

各試験においては、ダミーの初期姿勢について、頭部重心、肩、膝、足首のジョイント、ヒップポイント (H.P.) に関するX-Z座標を計測した。

2.3 反復性の評価方法

反復性は、3回の試験での各計測値 (ピーク値) の平均値、標準偏差から式 (1) により算出される変動係数CV (Coefficients of Variation) を用いて評価した。文献6) によれば、「ダミー応答の反復性はCV5%以下が良く、10%以下なら許容できる」とされており、本試験においてもこれを参照した。

$$CV = (S/\bar{X}) \times 100 (\%) \quad (1)$$

S : 計測値(ピーク値)の標準偏差

\bar{X} : 計測値(ピーク値)の平均値

3. 反復性と着座位置に対する感度の評価結果

3.1 ダミーの着座位置

Table 2はstandard positionでのダミー姿勢の反復性について示したもので、試験前に計測したダミー各部のX-Z座標値について、3回の試験の平均値、標準偏差およびCVを示している。両ダミーともほとんどの部位でCV値が5%未満であり、この搭載手順において、両ダミーの着座姿勢は良好な反復性を示したといえる。

Fig. 1, Fig. 2は、それぞれ、standard positionとUMTRI positionにおける両ダミーの座標計測点 (3回の平均値) を図示し、着座姿勢を比較したものである。

Table 2 Repeatability of the initial dummy position in the standard position

	THOR-NT						Hybrid III					
	Initial Position Average (mm)		S.D.(mm)		CV(%)		Initial Position Average (mm)		S.D.(mm)		CV(%)	
	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
Head	87.0	932.0	2.7	6.0	3.0	0.6	63.3	932.0	0.6	4.0	0.9	0.4
Shoulder	116.3	676.3	5.7	2.3	4.9	0.3	114.0	659.7	3.6	5.1	3.2	0.8
H.P.	-74.7	279.7	1.5	1.5	2.0	0.5	-56.0	267.7	1.0	3.1	1.8	1.1
Knee	-493.7	382.7	0.6	3.1	0.1	0.8	-452.3	351.7	2.1	3.1	0.5	0.9
Ankle	-795.7	89.7	4.5	1.5	0.6	1.7	-764.7	82.7	2.5	4.2	0.3	5.0

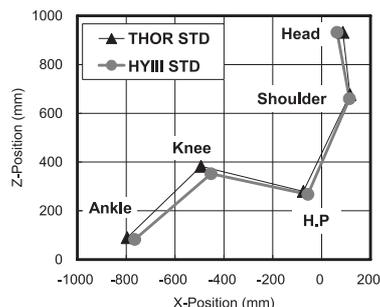


Fig. 1 Comparison of the THOR-NT and Hybrid III seating positions in the standard position

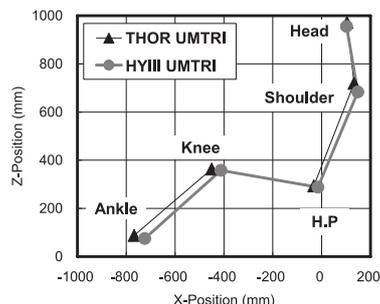


Fig. 2 Comparison of the THOR-NT and Hybrid III seating positions in the UMTRI position

standard positionにおいては、THOR-NTの頭部、肩は、Hybrid IIIに対して後方に位置し、H.P.、膝、足首は前方に位置していた。特に、膝については、THOR-NTの膝がHybrid IIIに対して41mm前、31mm上に位置しており、この差は、THOR-NTの大腿部長さがHybrid IIIよりも27mm長いこと、および、H.P.の差異に起因していると考えられる。

UMTRI positionにおいては、THOR-NTの頭部を除く各部位はHybrid IIIよりも前方、かつ、上方に位置している。特にTHOR-NTの膝と足首はHybrid IIIよりも約40mm前に位置しており、これもstandard positionの場合と同様に大腿部長さの差によるものと考えられる。なお、Fig. 1, Fig. 2から、それぞれ

のダミーについてのstandard positionとUMTRI positionでの着座位置を比較すると、いずれのダミーとも、UMTRI positionのほうがstandard positionに対して後方に位置していることが分かる。

3.2 ダミーの挙動

Table 3は、高速度ビデオ解析から得られたstandard positionの試験におけるダミー各部位の最大移動量について、3回の試験の平均値、標準偏差、CV値を示している。最大移動量のCV値は、比較的移動量の少ない足首（X軸、Z軸）のほか、いくつかの部位でのZ軸で10%を超えている以外は、ほとんどの値が10%以下で、反復性は許容できる範囲内であった。なお、両ダミーについて部位ごとの最大移動量を比較すると、頭部、H.P.、膝においては、両者で比較的近い値となっている。このことは、両ダミーの挙動がおおむね類似したものであることを示している。

Table 3 Repeatability of the maximum displacements of each dummy in the standard position

	THOR-NT						Hybrid III					
	Maximum Disp. Average (mm)		S.D.(mm)		CV(%)		Maximum Disp. Average (mm)		S.D.(mm)		CV(%)	
	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
Head	461.8	134.5	17.6	17.4	3.8	13.0	447.8	128.2	6.0	4.2	1.3	3.3
Shoulder	380.3	91.5	6.0	2.2	1.6	2.4	339.1	69.1	3.0	5.4	0.9	7.8
H.P.	191.6	46.3	4.7	1.6	2.5	3.5	199.5	54.9	11.7	8.4	5.8	15.4
Knee	150.7	84.7	8.2	3.2	5.5	3.7	144.6	78.6	5.3	2.8	3.7	3.6
Ankle	40.3	16.0	5.6	2.0	13.9	12.5	100.6	43.3	7.8	5.0	7.8	11.6

Fig. 3, Fig. 4は、高速度ビデオの映像を解析して得られたダミー各部位の移動軌跡をダミーごとに示したものである。THOR-NTの場合は、standard positionとUMTRI positionで、頭部、肩の初期位置が異なるものの、各部位の動きそのものは2種類の着座位置でほとんど同じであった。一方、Hybrid IIIにおいても同様な観測結果が得られたが、下肢部では2種類の着座位置で大きな違いが観測された。特にUMTRI positionにおけるHybrid IIIの足と足首は、standard positionの場合よりもフットレスト上を上方に大きく移動する現象が観察された。

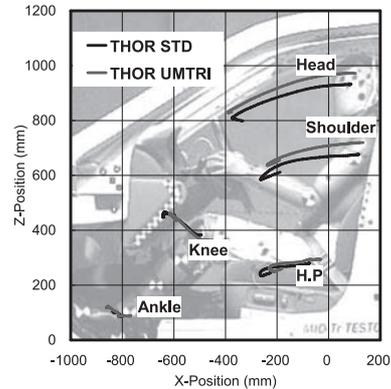


Fig. 3 Kinematics of the THOR-NT - comparison between the standard position and UMTRI position

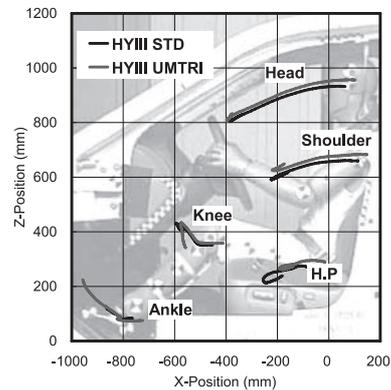


Fig. 4 Kinematics of the Hybrid III - comparison between the standard position and UMTRI position

3.3 ダミーの傷害値

Table 4はstandard positionにおけるダミー各部の計測値（3回の試験の平均値）について、前面衝突試験法に採用されている傷害基準値に対する比率と各計測値のCV値を示したものである。

Table 4 Ratio to injury criteria in the standard position

	THOR-NT STD		Hybrid-III STD	
	Ratio to Criteria Ave.(%)	CV(%)	Ratio to Criteria Ave.(%)	CV(%)
HIC 36ms	40.1	8.7	41.3	3.2
Head G(3ms clip)	60.8	1.7	66.3	3.9
Neck Fz(ten.)	31.4	2.5	32.4	2.4
Neck Fz(Comp.)	5.4	2.4	1.7	9.6
Neck My(Ext.)	16.5	16.8	16.4	29.5
Chest Defl.(UR) THOR	66.9	0.5	—	—
Chest Defl.(UL) THOR	19.8	19.7	—	—
Chest Defl.(LR) THOR	52.9	1.6	—	—
Chest Defl.(LL) THOR	22.7	17.8	—	—
Chest Defl.(Mid) Hy-III	—	—	61.3	10.0
Chest G(3ms clip)	66.2	5.8	66.4	7.1
Right Femur Fz(Comp.)	12.7	3.4	13.5	16.0
Left Femur Fz(Comp.)	4.3	18.8	17.0	6.8
Right Upper Tibia Fz	24.4	11.4	51.8	4.9
Right Lower Tibia Fz	29.6	7.2	73.3	5.4
Left Upper Tibia Fz	19.2	10.2	52.3	6.3
Left Lower Tibia Fz	27.8	10.9	70.3	7.4
Right Upper Tibia Index	29.7	9.1	55.9	1.6
Right Lower Tibia Index	22.1	5.3	24.1	4.9
Left Upper Tibia Index	30.0	5.1	55.1	4.3
Left Lower Tibia Index	25.6	6.2	19.5	4.6

両ダミーのCV値は計測部位によって異なるが、その平均値を計算してみると、両ダミーとも8%前後とほぼ同レベルである。いずれのダミーも、計測値そのものが小さい項目は10%を超えるCV値となりやすい傾向にある。両ダミーの応答を比較すると、THOR-NTの胸部変位は、シートベルト・パスに近い右上 (UR)、右下 (LR) の変位がHybrid IIIの胸部中央で計測される変位と近い値を示した。また、下肢の計測項目であるTibia Fz (軸力)、および、Tibia Indexについては、THOR-NTに対してHybrid IIIのほうが全体的に高い値を示している。

Fig. 5, Fig. 6は、THOR-NTとHybrid IIIの傷害値(傷害基準値に対する比率)を着座位置の違いについて比較して示したものである。

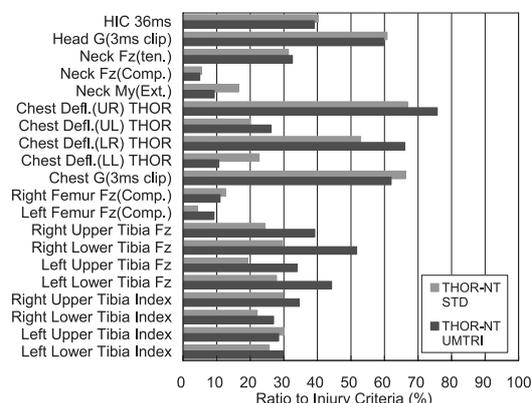


Fig. 5 Ratio to injury criteria of the THOR-NT in the standard position and UMTRI position

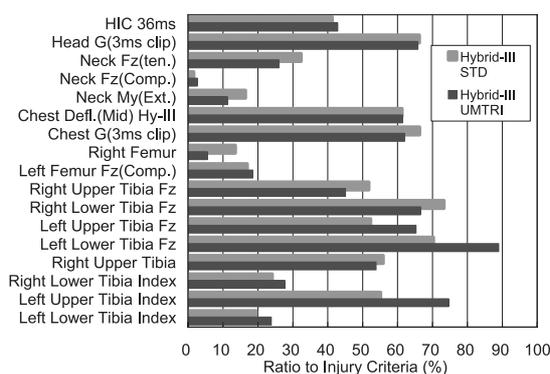


Fig. 6 Ratio to injury criteria of the Hybrid III in the standard position and UMTRI position

THOR-NTにおいては、右上 (UR)、右下 (LR) の胸部変位、左右のTibia Fzなどの下肢の傷害値が standard position と比較してUMTRI positionのほうが

高い値を示す傾向が見受けられる。一方、Hybrid IIIについては、左下肢のTibia Fz, Tibia Indexが standard position に比べてUMTRI positionのほうが高い値を示している以外は、着座位置に対する違いはほとんど観測されなかった。

4. まとめ

THORダミーの開発、改善に貢献するための活動の一部として、THOR-NTとHybrid IIIについて、HYGEスレッド試験を実施し、着座姿勢、応答の反復性、着座位置の差異に対するダミーの感度について調査した。着座姿勢、挙動、傷害値に関するTHOR-NTの反復性はリーズナブルであり、Hybrid IIIと同等であった。着座位置に対する感度については、THOR-NTはHybrid IIIに比べ下肢の傷害値が全体的に低いが、Tibia Fzの比率(UMTRI/STD)を見ると、THOR-NTのほうがHybrid IIIよりも感度が高い傾向であった。このため、THOR-NTを用いた傷害予測の再現性を改善するために適切なダミー搭載手順が開発されるべきであり、UMTRIの搭載手順はその候補の一つである。

JAMA/JARIは、これらの研究成果をSAE THOR Evaluation Task Forceなどの次世代前面衝突用ダミーの開発、改善の議論の場に提供しており⁷⁾、今後もその促進に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) Haffner M. et al. : Foundations and Elements of the NHTSA THOR Alpha ATD Design, 17th ESV (2001)
- 2) Shams T. et al. : Development of THOR-NT : Enhancement of THOR Alpha-the NHTSA Advanced Frontal Dummy, 19th ESV (2005)
- 3) Onda K. et al. : Differences in the dynamic responses of the Thor-NT and Thor-FT dummies, SAE Paper No. 2006-01-0676
- 4) Yaguchi M. et al. : Biofidelic Responses of the THOR-NT and Hybrid III Based on Component Tests, SAE Paper No. 2008-01-0520
- 5) IIHS : Guidelines for Using the UMTRI ATD Positioning Procedure for ATD and Seat Positioning (Version V) (2004)
- 6) Wisman J. et al. : TU/e technische universiteit eindhoven Injury Biomechanics, Third Edition (2000)
- 7) Masuda et al. : Repeatability and Sensitivity to Seat-position of THOR-NT and Hybrid III based on Hyge sled Tests, 2008 IRCOBI Proceedings