特 集

進化し続ける自動車衝突シミュレータ

Car Crash Simulators Continue to Make Progress

三菱重工機械システム株式会社

Mitsubishi Heavy Industries Machinery Systems, Ltd.

A car crash simulator is a test device that can accurately reproduce the acceleration generated in a vehicle cabin at the time of a car crash. They are used in the research and development of passive safety devices such as seats and seatbelts, air bags and headrests, doors, car interiors, etc.

This article describes the achievements made so far and future efforts for the car crash simulator that Mitsubishi Heavy Industries Machinery Systems, Ltd. manufactures and sells.

Keywords: car crash simulator, passive safety, servo actuator, collision safety.

(2017 年 9 月 22 日受付)

1 緒言

世界各国では、発生した多数の交通事故の衝突形態・乗員の障害状況を踏まえて、事故の再現性を考慮した各種実車衝突試験が実施されている。

実車衝突試験では完成車を毎回衝突させて破壊するが、弊社の自動車衝突シミュレータは、車を破壊することなく自動車衝突時に客室に発生する加速度を精度良く再現することができる試験装置であり、シートやシートベルト、エアバッグ、ヘッドレスト等のパッシブセーフティー装置やドアや車内インテリア等の研究・開発に利用される[1,2]。

本稿では、弊社シミュレータのこれまでの実績と今後の取り組みについて紹介する。

2 特長と主仕様

弊社シミュレータは電気油圧サーボ方式を採用した試験装置である。Fig. 1 に装置の全景を示す。

試験の原理としては、Fig. 2 に示すように、試験体を搭載した台車をサーボアクチュエータのピストンで衝突方向とは逆向きに打ち出すことで衝突加速度を発生させる方式であり、現在主流の試験方法である。サーボアクチュエータは、アキュムレータの蓄圧油を動力源とし、台車上の加速度を目標加速度に一致させる

Fig. 1 Whole view of car crash simulator.

ようサーボ弁にて制御する。本システムの主仕様を Table 1 に示す。

弊社サーボアクチュエータの最大の特長は、サーボ弁を作動油の排出側に配置したメータアウト方式を採用していることである。これによりシリンダ内の高圧始動を可能とし、油圧加振系の固有振動数が上がることで、衝突加速度波形を高周波成分まで忠実に再現することが可能となった。

また、サーボ弁を 9 台並列運転とし、試験加速度の大きさに応じてサーボ弁の運転台数を切り替えることで、高加速度の前面衝突から低加速度の後面衝突まで幅広い加速度範囲の衝突試験を可能としている。

加えて、ピストンを両ロッドとすることで打出し前のピストン移動を防止し、ピストン動き出しタイミングの精度を向上させている。このことは、エアバックやシートベルトの作動タイミング調整試験において重

連絡先: 三菱重工機械システム(株), 油圧・ゴムタイヤ機械営業部, 一般機械営業課, 〒652-8585 神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1, 三菱重工業(株)神戸造船所内 E ビル 2 階

要な要件となっている。

Fig. 2 System overview.

Table 1 Example of main specifications.

Item	Specification value	Remark
Mass of test body	2,000 kg at maximum	
Firing acceleration	80 G at maximum	With a test body of 1,500 kg
Firing velocity	90 km/h at maximum	=25 m/s
Control displacement	1,700 mm at maximum	=Piston stroke
Control time	0.3 s at maximum	
Response frequency	150 Hz at maximum	

Table 2 Process of progress of basic performance.

Basic performance	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	~	2016	2017-
Mass of test body	700kg	→	→	1,300kg	→	1,500kg	→	→	→	→	→	2,000kg	→	→	→	→	→
Firing acceleration	40G	→	→	75G	→	→	→	→	→	→	→	80G	→	→	→	→	90G (Under development)
Firing velocity	65km/h	→	→	83km/h	→	→	→	90km/h	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Control displacement	1,000mm	→	→	1,300mm	→	→	→	1,700mm	→	→	→	→	→	→	→	→	2,200mm (Being manufactured)
Control time	0.12s	→	→	0.15s	→	→	→	1,500mm	→	→	→	→	→	→	→	→	0.6s (Being manufactured)
Response frequency	80Hz	→	→	100Hz	→	→	→	150Hz	→	→	→	→	→	→	→	→	160Hz (Being manufactured)
Our deliveries	● First model			●	●	●	●		●		●	●		●	●	●	● (Being manufactured)

Table 3 Collision safety standards and the history of the introduction of new car assessment testing (example in Japan).

Test item		1994	1995	~	1998	1999	2000	2001	~	2006	2007	2008	2009	~	2014	~	2017
Collision safety	Full-wrap frontal collision	●															
	Offset frontal collision											●					
	Side collision					●											
	Rear-end collision neck injury protection																
	Child car seat											●					
Active safety	Collision damage reducing brake																

(Collision safety standards introduced ●→, New car assessment introduced ←→)

Table 4 Representative test options.

Test option	Description	Remarks
Pitching	Purpose: To improve the accuracy of frontal collision tests Content: Reproducing vehicle movements in the up-and-down direction and vertical rotation at the time of a frontal collision	Addition of four vertical actuators and special carriage
Toe board intrusion	Purpose: To improve the accuracy of frontal collision tests Content: Reproducing the phenomenon of toe board intrusion into the cabin	Two degrees of freedom motions of parallel movement and inclining
Side collision	Purpose: To reproduce a side collision test Content: Making doors collide with passenger dummies while door's accelerating and decelerating	Addition of carriage and jigs for side collision test
Rear-end collision	Purpose: To improve the accuracy of rear-end crash neck injury protection performance tests Content: Improving the accuracy of low-acceleration waveforms by variable control of the number of servo valves	Standard equipment

Table 5 Development history and deliveries for the representative test options.

Test option	1997	~	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	~	2016	2017~
Pitching						○		○			○				○ (Being manufactured)
Toe board intrusion												●			
Side collision	●		●	●				●	●		●	●		●	
Rear-end collision			●			Hereafter, equipped as standard.									→

電気油圧サーボアクチュエータの制御方式としては開ループを採用し、試験体の加速度を目標加速度に

一致させるために、加振系の詳細なモデルを用いた改善演算機能を有している[1,2]。

3 基本性能向上への取り組み

弊社は 1997 年に初号機を市場投入して以来、基本性能の向上に取り組んできた。自動車衝突現象をより忠実に再現するために求められる基本性能の主な方向は、大パワー（試験体質量×加速度、速度）、大変位、高応答であって、これらの項目の進化過程を Table 2 に示す[1]。

さらに、負荷質量を小さくするため、試験体を搭載する台車はアルミ合金や高張力鋼を積極的に採用している。

4 試験オプション開発への取り組み

車両技術や技術的知見の向上により、新たな衝突安全性試験が導入されてきており、Table 3 は日本における安全基準と自動車アセスメントの試験導入の歴史である[3,4]。このような試験動向に対応するため、弊社は様々な試験オプションの開発に取り組んできた。代表的な試験オプションを Table 4 に、その開発履歴と納入実績を Table 5 に示しており、世界の試験動向を先取りした試験オプションを開発し、市場投入を実現している[1]。

Fig. 3 Pitching test option.

その中で最も大規模な試験オプションはピッチングであって、4 本の鉛直サーボアクチュエータを追設することで、車両の前後方向に加え、Fig. 3 に示すような上下方向・上下回転の 3 自由度運動が可能となる。これにより、前面衝突試験がより忠実に再現できるようになった。

またトーボードイントルージョンオプションは、衝突時に室内側に侵入してくる前席足元の車体パネル挙動を再現し、乗員ダミー下肢損傷を忠実に評価するための装置である[5]。

側面衝突オプションは、Fig. 4 に示すようにドアをサーボアクチュエータのピストンと自在継手で連結し、ドアをシートに座った乗員ダミーに向かって打ち出すことで、車両側面から衝突されたときのドアの室内侵入挙動を再現する装置である。

後面衝突オプションは、自動車後部からの追突された際の頸部の保護性能を評価するための試験であり、Fig. 5 に示すように乗員ダミーは前面衝突と逆向きに搭載され打ち出される。ただし本試験の衝突波形は 10G、18km/h 程度と前面衝突に比べ小さく、小さな加速度を精度良く再現するために、サーボアクチュエータを駆動する複数台のサーボ弁を間引き運転することが弊社の技術的な特徴である。

Fig. 4 Side collision option.

Fig. 5 Rear end collision option.

5 新たな取り組み

弊社が注目している世界の自動車衝突安全技術の動向は、スモールオーバーラップ衝突試験（車両前面25%のバリア衝突）やオブリーク衝突試験（90km/h 斜め 15deg 方向からの台車衝突）への対応や衝突被害軽減ブレーキの普及、自動運転車であり、これらに関連

して弊社シミュレータに要求される今後の開発目標を Table 6 のように考える。

今後開発すべき項目としては、車両の左右回転運動を可能とするヨーイング装置や、衝突被害軽減ブレーキの加速度を再現するための長ストローク型アクチュエータ、小型車両の衝突加速度を再現するための高加速度対応アクチュエータや台車などが挙げられる[1]。

6 結言

自動車関連技術の発展に連動し、求められる衝突安全性能も時代と共に変化していくと考えられ、弊社は世界中の新たな衝突安全性試験に対応すべく今後も果敢に取り組んでいく所存である。

参考文献

- [1] 三菱重工業株式会社, 三菱重工技報, 交通・輸送特集, Vol. 53, No. 3, pp. 34-36, 2016.
- [2] 合木, 内田, 衝撃試験装置と油圧サーボ, 油空圧技術, Vol. 43, No. 1, 2004.
- [3] 自動車アセスメント衝突安全性能評価 事故時に人を守る技術, 独立行政法人自動車事故対策機構, pp. 36-37, 2016.3.
- [4] 独立行政法人自動車事故対策機構, <http://www.nasva.go.jp/>.
- [5] 西村, 自動車の衝突安全, 安全工学, Vol. 48, No. 5, pp. 288-292, 2009.

Table 6 Future development targets.

Trend in collision safety technology	Development target	Description
Small overlap and oblique test	Yawing device	Reproducing the horizontal rotational movement of the vehicle in a small overlap and oblique crash test
Collision damage reducing brake	Prebrake-capable actuator	An actuator that can simultaneously reproduce the behaviors of a collision damage reducing brake and collision acceleration
Self-driving compact car	Actuator for compact car	An actuator that can be operated for collision waveforms typical in compact cars which are expected to spread as self-driving cars, electric cars, etc.