

# 助手席エアバッグ — その形状と展開手法の一考察 —

Design Considerations of Bag Shape and Deployment Methods for Front Passenger Airbag

関 一 浩\*  
Kazuhiro Seki

今 泉 巖\*  
Iwao Imaizumi

滝 沢 敏\*  
Satoshi Takizawa

福 田 完 一\*  
Kanichi Fukuda

山 口 行 弘\*  
Yukihiro Yamaguchi

神 田 稔\*  
Minoru Kanda

## 要 旨

ベルトを補助する乗員保護装置であるエアバッグの助手席用のシステムを開発した。

開発のポイントは、乗員保護性能を満足した上で、いかにしてバッグが展開する時の乗員に与える衝撃を小さくするかという点である。

本稿では、この開発の経緯の中から2つの重要な項目を紹介する。第一の項目は、バッグの形状とインフレーター（ガス発生器）の特性の設計であり、バッグの容量に対して、インフレーターのガス噴出特性を低めに設定すると、乗員に与える衝撃は小さくなることが明らかになった。

第二の項目は、モジュール（バッグ収納ユニット）の設置方法の設計であり、インストルメントパネル（ダッシュボード）上面に設置し、バッグをウインドシールドに添って上方に展開させる方式により、衝撃が小さくなることを確認した。

## ABSTRACT

An airbag for a front passenger has been developed as a supplemental restraint system.

The test results were analyzed to find ways to obtain effective protection capabilities of the airbag while reducing its impact on the passenger during deployment. Balancing these two elements is the key in designing a passenger airbag.

To meet this requirement, two important design considerations were incorporated: 1) the bag shape and inflator characteristics; 2) the module location and bag deployment direction.

This design has proved to have the following advantages: 1) the bag deployment impact force decreases with a larger bag matched with the same inflator characteristics; 2) the impact force decreases when the bag deploys toward the windshield.

## 1. ま え が き

助手席側の乗員は、体格や姿勢が運転席以上に幅があることや、バッグを乗員から離れたインストルメントパネル内に収納することで、バッグ容量は運転席側に比べてどうしても大型化しなければならない。

また実際の市場では、必ずしもシートベルトを着用して正規に着座している乗員だけとは言えない。

これらのことから、運転席エアバッグの設計よりも困難な問題に直面することになる。それが、先にあげた相反する項目である乗員保護性能と、エアバッグ展開時の

乗員に与える衝撃力とのバランスである。

本稿では、このバランス点を見つける為に行ったテスト結果の一部を、開発の順を追って紹介する。

## 2. バッグ形状とインフレーター特性の決定

バッグの形状及びそれに合ったインフレーター特性を決定するところから話を進める。

### 2.1. 乗員がバッグによって保護されている間の問題

展開時のエアバッグのサイドビューの基本形状を、まず決定しなければならない。

\* 栃木研究所

この時の着目点は、衝突後エアバッグが展開し、乗員がどういう体勢でバッグに保護されるか、すなわち、どの様にバッグに体をうずめるかという点である。

この体勢は当然、シートベルト着用の有無や着座姿勢、身長によって異なってくる。しかし、このような体勢の差によってエアバッグの効果が損われる様なバッグ形状は適切ではない。

例をあげて説明する。Fig. 1 は、全く同じ形状のピロー状バッグを車室内の異なった方向へ形成させたものである。

これらのバッグを同一のインフレーターで展開させて、30MPH (48km/h) の正面バリヤ衝突テストを行った。標準的男性ダミー (AM50) をシートベルト未着用で着座させ、傷害値を計測した。Table. 1 にテストデータを示す。

どちらのタイプのバッグも良く機能しており、米国安全基準の FMVSS208 を満足している。

しかし、首の後屈モーメント (後方への曲げモーメント) を比較すると Table. 2 の様になり、大きな差が生じてしまう。A のケースについて、衝突後の状態を分析すると以下の様になる。

衝突後、まず乗員の頭がバッグに接触する。そして頭の動きはバッグにより止められるが、下半身はそのまま前方へ移動する。これはバッグが頭だけを拘束し、下半身は拘束しないからである。したがって、首には後屈のモーメントが発生する。このモーメントは、エアバッグ装着によりはじめて発生するものである為、このようなバッグ形状は最適とは言えない。

次に、もう一方の B のケースについて考える。平均的男性ダミー (AM50) に対しては、前述の様な首の後屈モーメントは、ほとんど発生しない。しかし、やや小さい体

Table. 1 Frontal Crash Data for Two Types of Bags

| Type<br>Data | A     | B     |
|--------------|-------|-------|
| H I C        | 204.3 | 108.3 |
| Chest G      | 44.5G | 26.5G |

格の乗員に対しては、頭がより低い位置になる為、後屈モーメントが発生する可能性がある。したがって、このような形状のバッグも最適とは言えない。

以上の様に、さまざまな体格、姿勢の乗員に対するエアバッグの効果を検討し、バッグのサイドビューを決定した。

## 2.2. エアバッグが展開していく過程における問題

次にバッグの幅、奥行き及び高さを決定する。この時の着目点は、乗員保護性能及びバッグが展開していく過程における問題、すなわちバッグ展開時の乗員に及ぼす衝撃力の問題である。

後者の問題を中心にバッグの幅、奥行きに分けて話を進めることにする。バッグの高さは、乗員保護性能から検討すると、ほぼウインドシールドをおおう形となり決定される為、本稿では省略する。

### 2.2.1. バッグの幅の検討

バッグの幅の決定は、次の手順で行った。まず乗員保護性能を満足する寸法を決定する。すなわち、乗員の着座姿勢、衝突形態を考慮して必要十分な幅を決定する。すなわち、この幅以上のバッグ幅が必要ということになる。

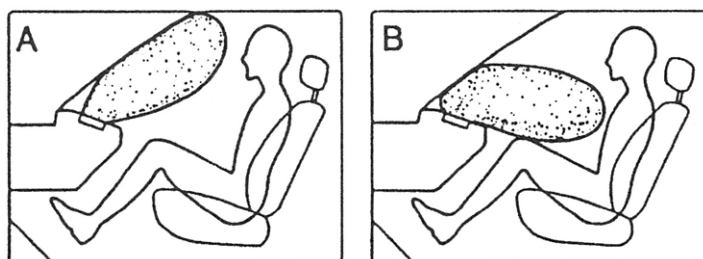


Fig. 1 Bag Shapes During Initial Stage of Development

Table. 2 Neck Bending Moment Data for Two Types of Bags

|                                | A                       | B       |
|--------------------------------|-------------------------|---------|
| Neck Bending Moment (Backward) | 130.4 N-m               | 0.0 N-m |
|                                | (Not including rebound) |         |

次にこの制約の中からバッグ展開時の衝撃力が最小となる様なバッグの幅を採用する。

本文では、この衝撃力のテスト結果を紹介する。

Table. 3 には、テストを行った中の 4 つの種類のバッグの仕様が示してある。

これらのバッグは、正面衝突時の乗員保護性能が同一になる様に、インフレーターの特性を決めてある。すなわちバッグの容量に対するインフレーターの発生ガス量の比が同じになる様にセッティングした。表中のインフレーター最大圧とは密閉された 60 ℓ のタンク中で作動した時の圧力であり、(Fig. 2 中の f 点) 発生ガス量と同じ意味を示す。このタンク内の圧力データは、Fig. 2 に示している。

この様にセッティングされたバッグ及びインフレーターの組み合わせで衝突テスト (30MPH のバリヤ衝突) を行えば、ほぼ同じ乗員保護効果を示す。このテスト結果は、Table. 3 の最下段に示してある。

次に、これらのバッグを使い以下の方法で、バッグ展開時の乗員に及ぼす衝撃力の大きさを比較した。

まず、正規着座乗員の代表として、小柄な女性ダミー (AF5) を使用し、Fig. 3 の様に着座させた。この図の姿勢は、シートのスライド及びリクライニング共最前位置にセットし、さらに衝突時にエアバッグセンサーが検知

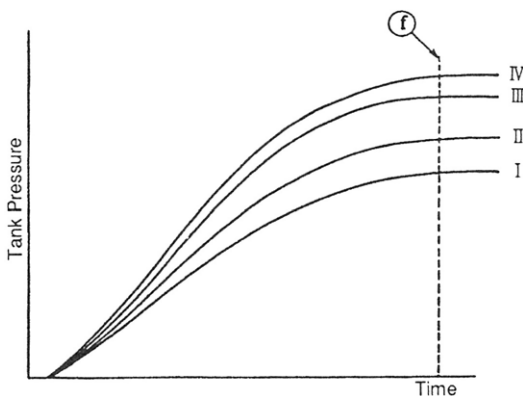


Fig. 2 Four Types of Inflator Tank Pressure

Table. 3 Four Kind Width Bags &amp; Crash Test Data (Type I, II, III and IV)

| Data \ Type                                 | I     | II    | III   | IV    |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Bag Width(mm)                               | 400   | 500   | 600   | 700   |
| Bag Volume(Liter)                           | 116.8 | 134.8 | 154.8 | 169.0 |
| Inflator Maximum Pressure (kPa) (60 ℓ Tank) | 332   | 385   | 445   | 485   |
| Inflator Max. Press. / Bag Vol.             | 2.84  | 2.86  | 2.87  | 2.87  |
| Frontal Crach Data (Chest G)                | 51.1  | 47.3  | 47.7  | 50.5  |

するまでに乗員が前方へ移動することも考慮し、前斜姿勢とした。この状態でエアバッグを展開し、ダミーの頭 (HIC) 及び胸の加速度を計測した。

次に、正規外着座乗員の代表として、3 才児ダミー (C3Y) を使用し、Fig. 4 の様に着座させた。この姿勢は、ISO に提案されている「エアバッグの正規外着座乗員に対する評価法」の中の一つのポジションを使用した。テストは、前記と同様に行った。

これらのテスト結果を Fig. 5、Fig. 6 に示す。

この結果から、乗員保護性能が同じバッグの場合、幅の狭い方が展開時の乗員に及ぼす衝撃は小さくなるのがわかる。この原因として以下の 2 点、

1. 展開時のバッグの最大ストローク (Fig. 7 の長さ S) が、幅の広いバッグほど大きくなる。すなわち、乗員に接触した時のバッグ重量が増大する。
2. インフレーターの圧力特性の立上り勾配がバッグ幅の増大、すなわちバッグ容量の増大に伴い増加し (Fig. 2)、それによりバッグの展開速度が増加する。

が、考えられる。

#### 2.2.2. バッグの奥行きを検討

バッグの奥行きについても、前項の幅の増加と全く同じ様に考えることができる。

しかし、奥行きを検討は、乗員保護性能も同時に考慮しながら行なう必要がある。それは、前項と同じ様に、奥行きが増加に伴ってインフレーターのガス量を増加させたとすると、バッグの全エネルギー吸収量、すなわち乗員保護性能が変化するためである。

例をあげて説明する。Fig. 8 は奥行きが異なるバッグ

$\alpha$   $\beta$ を示している。奥行きはそれぞれ  $a$  及び  $b$  ある。バッグ  $\alpha$  と  $\beta$  が同じ荷重特性を持っている場合、すなわちある速度での変形ストロークと発生荷重の関係が同じ場合、バッグ  $\alpha$  は  $\beta$  の  $a/b$  倍のエネルギーを吸収することができる。また逆にこの2つのバッグが同じエネルギー吸収量の場合、バッグ  $\alpha$  は  $\beta$  の  $b/a$  倍の荷重で乗員を保護することができる。すなわち乗員保護荷重が低く、その間の乗員に発生する加速度も小さくなる。

このどちらを選択するかが助手席エアバッグの乗員保護性能を設定するカギとなる。さらに例をあげると次のようになる。

インフレーターを  $\alpha$  と  $\beta$  のバッグの荷重特性が同じになる様に設定したあと、逆に  $\alpha$  バッグを  $\beta$  バッグ用インフレーターで展開させてみる。これを  $\alpha'$  と呼ぶ。

$\alpha'$  の荷重特性は、 $\alpha$  とは異なり初期が低く、ストロークの増加（乗員の動き）に伴い増加する。ただし、バッグの排気特性が同じ場合である。

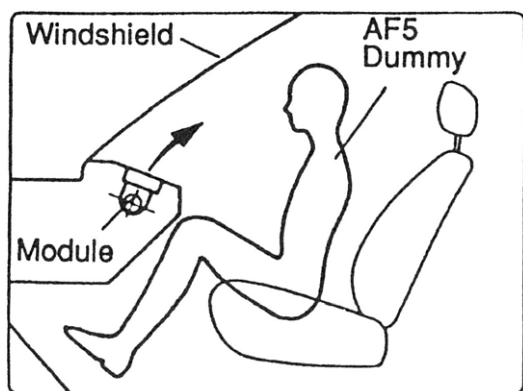


Fig. 3 Deployment Impact Test Position (AF5 dummy)

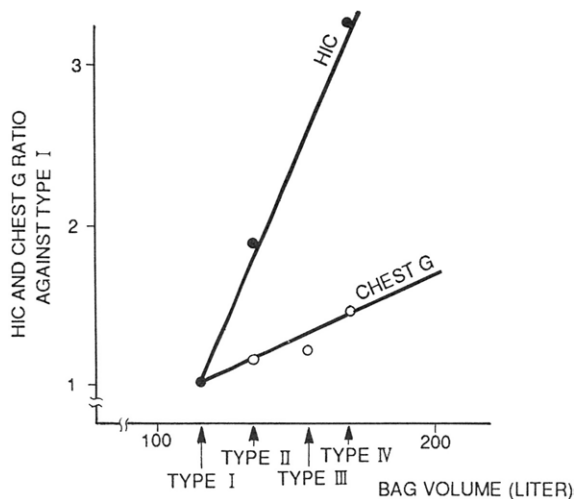


Fig. 5 Deployment Impact Test Result (AF5 dummy)

次にこれら  $\alpha$   $\beta$   $\alpha'$  の3種のバッグについて、バッグ展開時の衝撃力及び乗員保護性能を比較した。

Table. 4 に衝撃力の比較として計測した傷害値データを示した。テスト方法は、前回の Fig. 4 と同様に行った。この結果から、次のことがわかる。

1. 同じバッグを大小2つの圧力特性のインフレーターで展開する場合、展開時の衝撃は、圧力特性の大きいインフレーターで展開した方が大きくなる。（ $\alpha'$  より  $\alpha$  の方が大）
2. 同じインフレーターで大小2つのバッグを展開させる場合、展開時の衝撃は小さいバッグの方が大きい。（ $\alpha'$  より  $\beta$  の方が大）

この原因として、以下の2点が考えられる。

同じインフレーターで、大小2つのバッグを展開する場合、

1. バッグが大きい方がモジュール直前の乗員を包み込む様なモードになる。（Fig. 9）

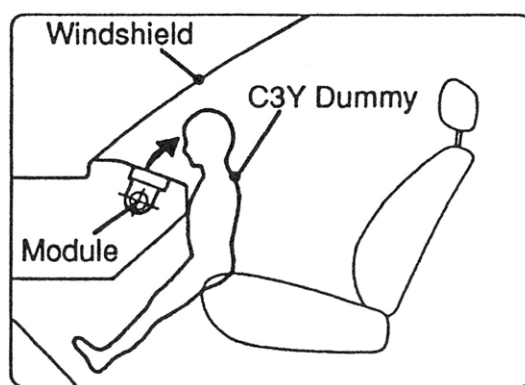


Fig. 4 Deployment Impact Test Position (C3Y dummy)

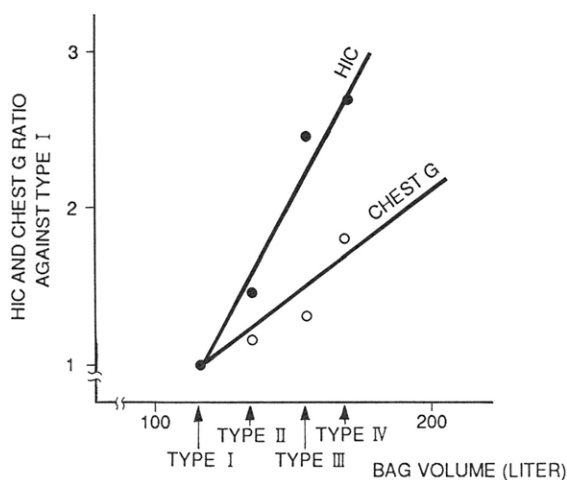


Fig. 6 Deployment Impact Test Result (C3Y dummy)

2. バッグが完全に展開しきった時のバッグ張力が小さくなる。

次に Table. 5 に乗員保護性能の比較を示した。テスト方法、使用ダミー共前回と同じである。表中数字はバッグ  $\alpha$  のデータを 100 とした場合の比率であり、小さい方が乗員保護効果は高い。この結果から、次のことがわかる。

- ・ある衝突速度で、シートベルトを着用している乗員に最も効果が発揮できるエアバッグを設計したとする。(本文の例では  $\alpha'$  タイプ) しかし、このエアバッグのシートベルト未着用の乗員に対する効果、すなわち衝突テスト時の傷害値データは必ずしも最良とは言えない。(本文の例では、ベルト未着用乗員に対しては、 $\alpha'$  タイプより  $\alpha$  タイプを採用した方が傷害値は良くなる。)

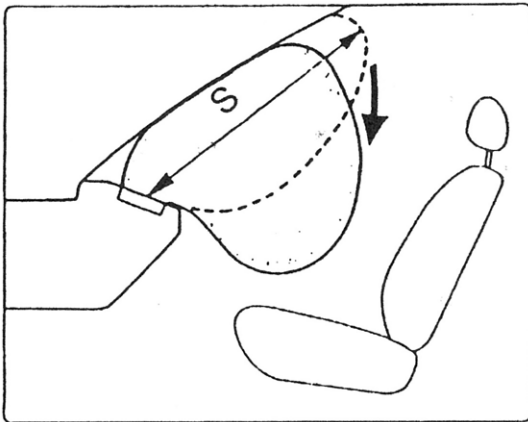


Fig. 7 Bag Deployment Process

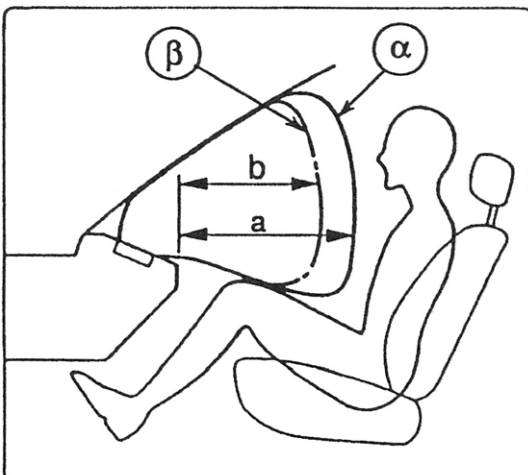


Fig. 8 Comparison of Two Types of Bag Shape (type  $\alpha$  and  $\beta$ )

Table. 4 Deployment Impact Test Result  
(Three Types of Bag & Inflator Combinations)

|         | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha'$ |
|---------|----------|---------|-----------|
| H I C   | 351.8    | 200.7   | 140.7     |
| Chest G | 30.4     | 22.5    | 12.5      |

これらの結果から、 $\alpha$   $\beta$   $\alpha'$  の中からベルト着用者に最良の仕様を選択するとすれば、 $\alpha'$  タイプとなる。それは、当初に述べた 2 つの項目、すなわち、1. ベルト着用者に最高の保護性能を発揮する。2. バッグ展開時に乗員に及ぼす衝撃力を最小限にする。を満足するからである。

以上の様な検討を重ねて決定したバッグ形状を、Fig. 10 に示す。またベルト着用乗員の保護状態及びバッグの展開プロセスを Fig. 11 に示す。

### 3. モジュールレイアウト位置の決定

モジュールレイアウトの決定は、乗員保護性能とバッグ展開時の乗員に及ぼす衝撃力のバランス点を見出す為のもう一つの重要な要素である。

#### 3.1. バッグ展開方向の検討

バッグの展開角度を変えて、テストを行った。(Fig. 12)

まず、乗員保護性能に及ぼす影響を検討した。Fig. 13 は、バッグをウインド方向へ展開させた場合と、乗員方向に展開させた場合のバッグ成形過程の差を示している。この比較テストから次のことが言える。

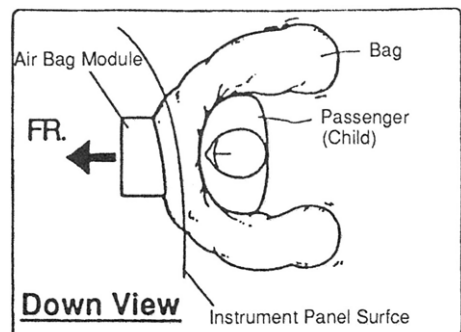
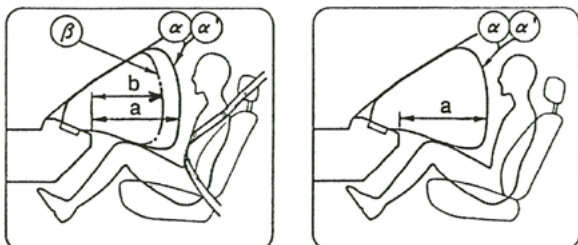


Fig. 9 Bag Deployment Shape with Standing Child

Table. 5 Frontal Crash Test Results  
(three bags & inflator combinations,  
and with & without seat belt occupant)



| INFLATOR PRESS | BAG | With Seat Belt |         |           | Without Seat Belt |         |           |
|----------------|-----|----------------|---------|-----------|-------------------|---------|-----------|
|                |     | $\alpha$       | $\beta$ | $\alpha'$ | $\alpha$          | $\beta$ | $\alpha'$ |
| RESULTS        |     | HI             | LOW     | LOW       | HI                | LOW     | LOW       |
| HIC (Ratio)    |     | 100            | 108     | 78        | 46                | —       | 105       |
| Chest G(Ratio) |     | 100            | 85      | 90        | 89                | —       | 145       |

1. バッグが完全に展開する時間 (Fill time,  $t_3$ ) は同じであり、これ以後の乗員保護性能は同等である。
2. バッグの展開過程には差がある為、この間の乗員保護性能に差が生じる可能性がある。

2の検討結果は、本稿では割愛し、乗員に及ぼす衝撃力比較を中心に話を進めることにする。

テスト方法は前回と同様、女性ダミーと3才児ダミーを使用し、エアバッグ静展開時の頭部及び胸部の加速度を計測した。(Fig. 3, 4) 両者のテスト結果は同じ傾向

を示したので、3才児ダミーのテスト結果のみ紹介する。

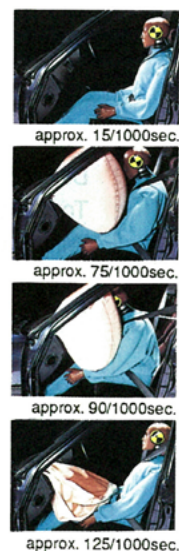
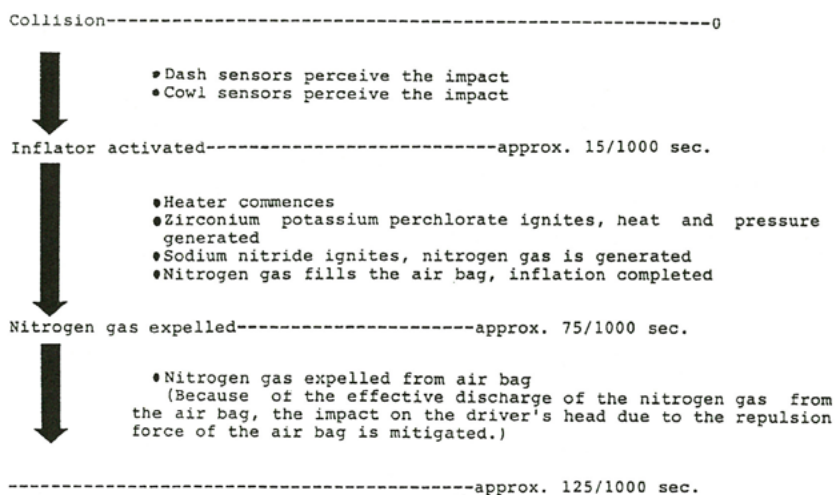
Fig. 14 にダミーのセット位置及びバッグの展開方向を示す。

Fig. 15 にテスト結果を示す。この結果より、ウインドシールドに添って上方へ展開させると、展開時の衝撃力は最小になることがわかる。これは、乗員とウインドシールドの間にバッグの逃げるクリアランスがある為と予想される。

次にこの乗員とウインドシールドの間にクリアランスが無い場合も検討しておかなければならない。Fig. 14の点線で示している位置に6才児ダミー(C6Y)を着座させ、テストした。



Fig. 10 HONDA SRS Airbag System when Fully Deployed



[ Experimental Data from Collisions with a Frontal Barrier at 50 km/h ]

Fig. 11 Operating Process of Passenger Airbag

Fig. 16 にテスト結果を示す。3才児のテストと同じ傾向を示しており、ウインドシールドに添った展開が、衝撃力最小になっている。これは、バッグの展開により、乗員が容易に後方へ移動し、ウインドシールドとの間にバッグの逃げ空間が生じるからである。

### 3.2. モジュール設置位置の検討

前項で乗員に対するバッグ展開時の衝撃力が最小で、あったU位置 (Fig. 14) に対し、モジュールをさらにウインドシールド側へ移動した時の効果を調べたのが Fig. 17 である。衝撃力は Table. 6 に示す様に低減させることができる。

これらのテスト結果から、モジュールのレイアウト位置については、以下のことが言える。

1. バッグの展開は、ウインドシールドに添って上方に展開するのが、乗員に対する衝撃力低減の意味から望ましい。
2. 上記効果は、モジュールをさらにウインドシールド側へ設置することで向上する。
3. 上記のバッグ上方展開は、乗員保護性能についても支障なく十分発揮できる。

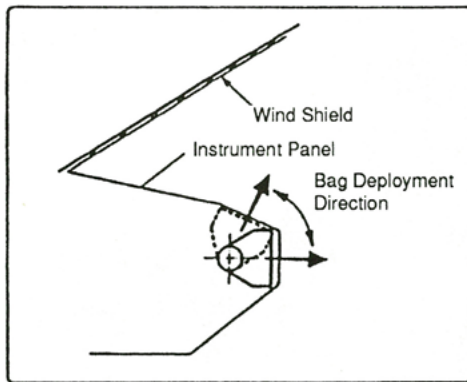


Fig. 12 Angle Deployment Test

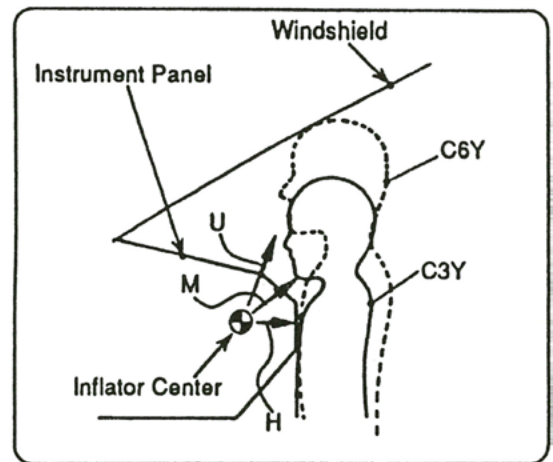


Fig. 14 Angle Deployment Test for C3Y and C6Y

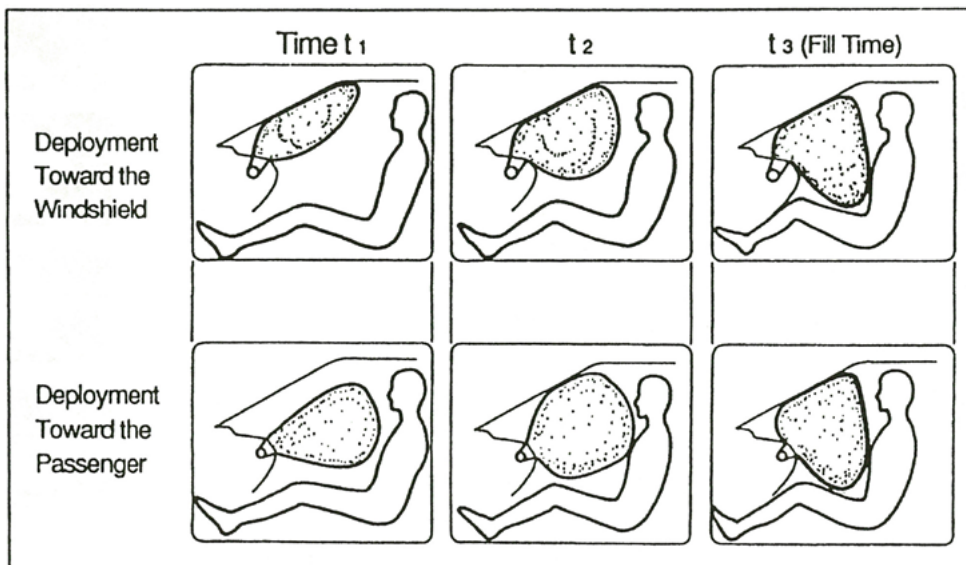


Fig. 13 Comparison of Two Types of Bag Deployment Directions

#### 4. バッグの展開モードコントロールの為の モジュールデザイン

前項までで決定したバッグの展開モードを示したのが Fig. 18 である。バッグはウインドシールドに添い①の方向に展開を開始し、A の形状まで展開する。その後、②

Table. 6 Deployment Impact Test Results  
(With Module Moved Closer to Windshield)

|                | HIC (Ratio) | Chest G(Ratio) |
|----------------|-------------|----------------|
| U              | 100         | 100            |
| U <sub>2</sub> | 41          | 71             |

の方向に形成し、B の最終形状となる。乗員保護性能の見地からは、展開後早く B の形状になる方が好ましく、その為にモジュールに施した改良案を紹介する。

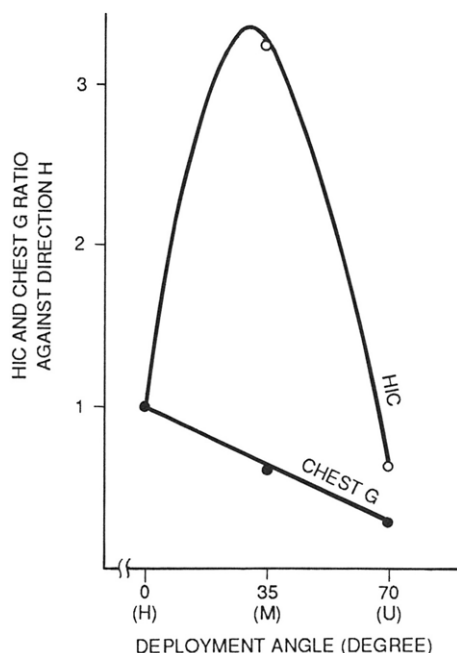


Fig. 15 Angle Deployment Test Result (C3Y)

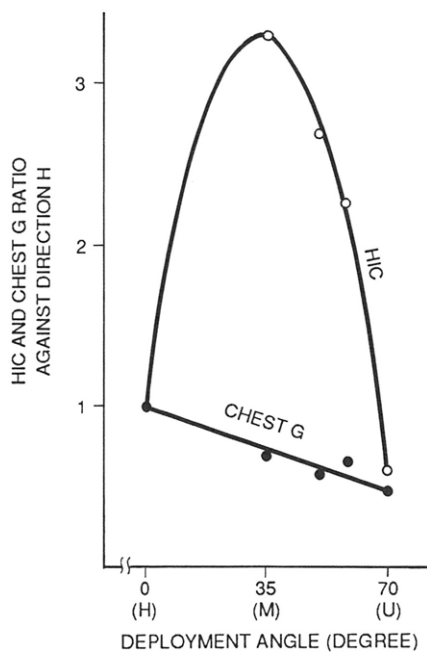


Fig. 16 Angle Deployment Test Result (C6Y)

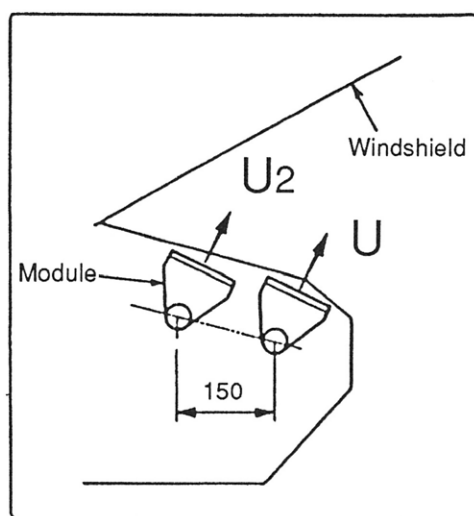


Fig. 17 Deployment Impact Test with Module Moved Closer to Windshield

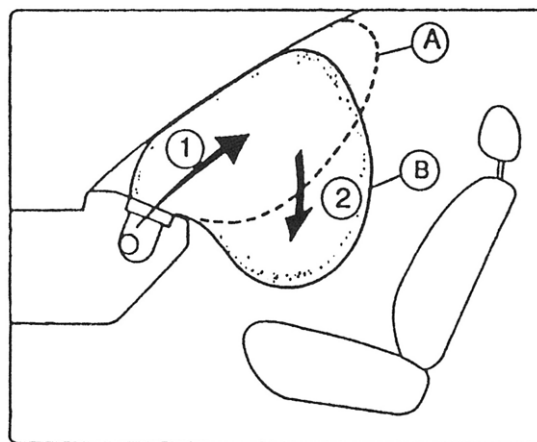


Fig. 18 Bag Deployment Process

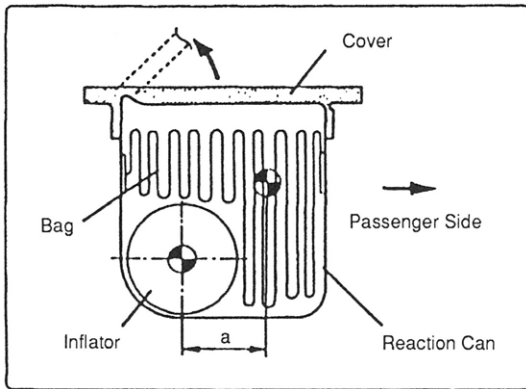


Fig. 19 Example of Bag Storage

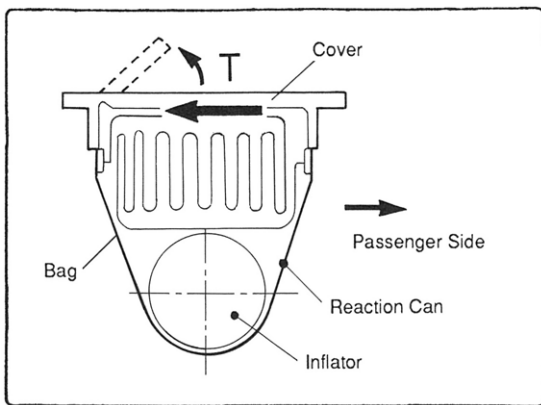


Fig. 20 Example of Bag Fold Pattern

#### 4.1. バッグ収納方法の検討

Fig. 19 にバッグ収納法の例を示す。この方法の特徴は、インフレーター中心とバッグ重心が  $a$  だけオフセットしている点である。これにより、バッグが展開する時に回転力を発生させることができる。すなわち、Fig. 18 中の②の力を発生することができる為、早く最終バッグ形状になりやすい。このオフセット量  $a$  を大きくすると効果も大きくなる。

#### 4.2. バッグのたたみ方の検討

Fig. 20 にバッグのたたみ方の例を示す。この方法の特徴は、モジュールに収納する時、折りたたんだバッグ全体を反転していること及び、バッグをジャバラ状に折り込んでいることである。バッグ全体を反転することにより、展開時にテンション (図中  $T$ ) がかかり、バッグは乗員方向に展開する様になる。効果は、前項バッグ収納法案と同じである。またバッグをジャバラ状に折り込む

ことにより、モジュールからバッグが展開し始めた瞬間、四方へ分散し展開する。従って、最大ストローク (Fig. 7 中の  $S$ ) が減少し、早く最終バッグ形状になり易い。またこの方法は、展開時の乗員に対する衝撃低減にも効果がある。

## 5. 結 論

「乗員保護効果とバッグ展開時の乗員に与える衝撃とのバランス」という観点から、バッグ形状とモジュール設計に関する考察を紹介した。これらの検討から、以下の事が結論づけられる。

1. バッグ形状を設計する場合、乗員の首に発生するモーメントについても考慮しなければならない。
2. 同じ特性のインフレーターでバッグを展開する場合、大きいバッグの方が展開時の乗員に及ぼす衝撃は小さくなる。
3. バッグは、ウインドシールドに添って上方へ展開した方が、乗員に及ぼす衝撃は小さくなる。

## あ と が き

エアバッグが今後ますます普及する中で、本稿で取りげた「2つのバランス」、すなわち乗員保護性能の向上とバッグ展開時の乗員に及ぼす衝撃力の低減を考え、さまざまな乗員に対して、より良いエアバッグシステムとなる様に研究を続けていくことが、我々安全に携わる技術者の義務であると考えている。

## ■著 者■



関 一 浩



今 泉 巖



滝 沢 敏



福 田 完 一



山 口 行 弘



神 田 稔