



ツーリングの新しい保護者、MOTHER AIRBAG

～母のような優しさでライダーの安全を守ります～

熊本県立御船高等学校 電子機械科 3年・2年

福本 倫正 山口 煌斗 和田 美和 假屋 青空 西本 泰斗 野々口 琉人 村上 大輝 境 昊陽
岩村 永嗣 上田 朋弥 大森 瑛玄 齊藤 栄輝 柿本 思温 佐崎 俊輔

1 はじめに

移動手段としてのモビリティは、現代社会において生活に不可欠なツールで、大きく四輪車と二輪車の2つに分類されます。四輪車は1769年に蒸気自動車として誕生し、以来、機能性と安全性の向上を目指した改良が重ねられてきました。一方、1873年に蒸気機関による二輪車が開発されて以来、機能面での進化はみられますが、事故時の安全性については十分な進歩が実現されていません。二輪車は洗練されたデザインが特徴ですが、その構造上、四輪車と比較して安全装置の搭載スペースが限られています。そこで私たちは、二輪車の構造を一から見直し、ライダーの安全を最大限に確保するための革新的なエアバッグ「MOTHER AIRBAG」の開発に取り組みました。

2 二輪車事故の現状 (R1～R5の合計) ※出典：警察庁HP

(1) 年代層別死者数



10代から20代、および40代から50代で事故が増加傾向にあります。

(2) 事故類別死者数



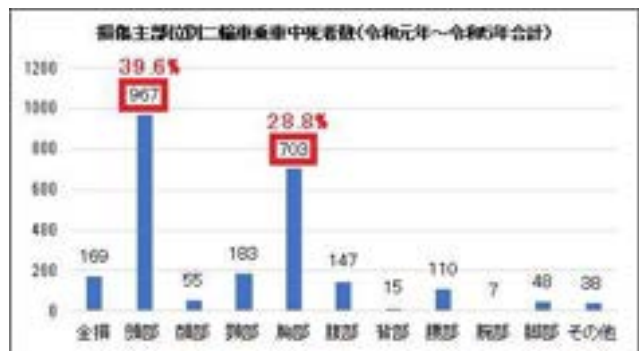
90%以上の事故は正面衝突以外で発生しており、全方向からの衝突に備える必要があります。

(3) ヘルメット離脱の有無



事故時には、約40%の確率でヘルメットが外れます。

(4) 損傷部位別死者数



死亡事故時の主な損傷部位は、頭部が約40%、胸部が約30%を占めています。

(5) プロテクター着用状況致死率比較
※高速道路



プロテクターを着用しない場合、致死率が1.5倍に増加します。

(6) プロテクター着用状況別死者数
※高速道路



プロテクターの着用率は約15%と非常に低い水準にとどまっています。

3 研究目標

- (1) 頭部と胸部を確実に保護する一体型エアバッグの開発。
- (2) バイクの構造を見直し、エアバッグを車両に搭載する。
- (3) エアバッグが正しく作動するための仕組みの開発。

4 エアバッグ製作

ア 現行のエアバッグ

着用するタイプのエアバッグは、命を守る重要な保護具として注目されていますが、実際の着用率は非常に低水準となっています。その理由として、4万円から6万円という価格と準備の手間にあると考えられます。着用するタイプでは頭部の安全性は担保されないため、ヘルメットが脱落する可能性を考えると、さらなる安全性の向上が必要です。

資料1：ベスト型エアバッグ 出典：無限電光株式会社 (hit-air)



イ MOTHER AIRBAGのコンセプト

MOTHER AIRBAGは、頭部と胸部を一体化した構造により、ヘルメット脱落時における致命傷のリスクを軽減し、ライダーの安全性を飛躍的に向上させます。さらに、車両への組み込みにより、装着の手間を省き、着用率の向上に貢献します。また、従来の車両搭載型エアバッグは、車両本体から展開されるため、ライダーが投げ出された際の保護効果が限定的であるという課題がありました。これに対し、MOTHER AIRBAGは、**ライダーと共に“飛ぶ”**構造にすることで、あらゆる状況下において最大限の保護効果を発揮します。

「母親の優しさで包むように命を守る」エアバッグ、これが「MOTHER AIRBAG」です。

ウ 材料選定

製作を開始するにあたり、宇土市の株式会社カネムラエコワークス様と御船町の株式会社コーボーテキスタイル様を訪問し、御指導いただきました。

カネムラエコワークス様では、自動車用エアバッグが作動の様子を見学し、その構造や作動原理について深く理解することができました。コーボーテキスタイル様では、布の製造工程を見学し、ケブラー繊維を使用したエアバッグの開発について御相談させていただきました。ケブラー繊維は、耐熱性・耐摩耗性・強度に優れていることから、MOTHER AIRBAGの素材として最適であると判断し、採用することにしました。

写真1：エアバッグ作動



写真2：コーボーテキスタイル見学



写真3：プレゼンの様子



【ケブラー繊維の特長】

1 高強度

非常に強く、同じ重量の鋼鉄の約5倍の強度を持っているため、防弾ベストや防刃グローブなどの防護具に使用されています。

2 耐衝撃性

衝撃エネルギーを効果的に吸収する特性があり、耐久性も高いので、ヘルメットや車両の装甲材としても使用されています。

3 耐熱性

高温に強く、約500℃までの温度に耐えることができます。燃えにくいので、消防服や宇宙服の素材としても利用されています。

4 軽量

高い強度に対して非常に軽量で、質量あたりの性能が優れているので、航空機やスポーツ用品などにも利用されています。

5 耐薬品性・耐腐食性

化学薬品や腐食性の物質に対して強い耐性を持つので、過酷な環境下でも劣化しにくいです。

6 柔軟性

柔軟性も兼ね備えているため、さまざまな形状に加工しやすいです。

エ 既製品（hit-air）の容積計算

ボンベは通常約 6 Mpa（常温）で充填されています。6 Mpa \doteq 60 kg/cm²なので、50 cc のボンベ内には、3000 cc（立方センチメートル）のガスが入っていることとなります。

Hit Air のチューブは円周 22 cm なので、 $d = \frac{22}{\pi} \doteq 7 \text{ cm}$

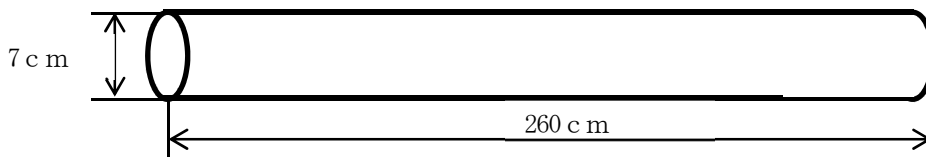
よって断面積は $A = \frac{\pi \times 7^2}{4} \doteq 38.5 \text{ cm}^2$ となります。

$3000 \text{ cm}^3 \div 38.5 \text{ cm}^2 = 77.92 \text{ cm} \quad \ast 0.1 \text{ Mpa} \quad (1 \text{ kg/cm}^2)$

作動した瞬間、最大膨張時の圧力は 30 kPa (0.3 kg/cm²) と記載があります。

これをゲージ圧として計算すると、下図の容積があることがわかりました。

$$77.9 \text{ cm} \doteq 78 \text{ cm} \quad 78 \div 0.3 = 260 \text{ cm}$$



よって、50 c c のボンベを使用すると $A = \frac{\pi \times 7^2}{4} \times 260 \doteq 10005 \text{ c c}$ のエアバッグを膨らませる能力があることがわかりました。救命胴衣の膨張圧力が10 kPaなので、3倍の能力があります。同じ命を守る保護具ですが、用途によりこれだけ差があることがわかり、面白い発見となりました。この数値を基に、私たちが作るMOTHER AIRBAGの設計を行います。

5 仕様変更

① チューブレス構造から二重構造へ

チューブレス構造によるコスト（予算・時間）削減を目指しましたが、試作において、以下の課題が明らかになったため、二重構造への変更を決定しました。

・ ガス漏洩過多

縫製箇所からの漏洩が想定以上に大きく、エアバッグとしての機能を十分に発揮できないことがわかりました。

・ 耐久力不足

漏洩を防ぐために溶着による補強を試みましたが、圧力負荷試験の結果、溶着部分が破裂し、製品としての強度が不足することが確認されました。

写真4：漏洩実験



写真5：外袋縫製



写真6：内袋溶着



6 MOTHER AIRBAG の設計

ア エアバッグ収納箱製作

エアバッグを収納する箱は3Dプリンタで製作しました。この箱をサドル部分に取り付け、エアバッグユニットを収納します。事故時にはネジ取り付け部分（写真8、9の黄口部分）が破断し、運転者と共に飛んでいきエアバッグが展開します。エアバッグ取り付けのためシートも製作しました。

写真7：シート製作



写真8：収納箱取り付け



写真9：破断部分



イ エアバッグ製作

仕様変更がありました。当初の構想通りのエアバッグが完成しました。頭部は直径5 cm、高さ28 cmのチューブを9本連ね、胸部を保護する袖部分と一体化させた構造です。容積は9068 c cなので、今回使用するボンベで十分膨張させることができます。頭頂部を開口した構造とし、外袋の中に内袋を入れ、コの字型に展開できるように、頭頂部側の折り返し部分に縫い目を施しました。

資料2：完成図

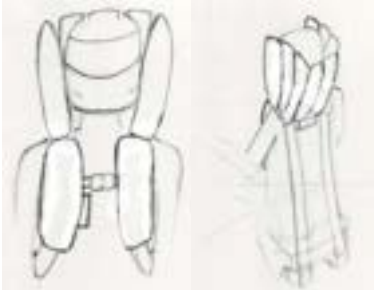


写真10：全体図（外袋後面）



写真11：内袋



7 構造変更

ガス漏洩実験を繰り返すうちに、内袋の溶着部分（○部分）の剥がれが進行し、ガス漏れが顕著になりました。初期段階では、□部分のように問題なく溶着されていましたが、ピンホール状の微細な穴に応力が集中することで、次第に剥がれが広がることが判明しました。現在の設備では、この微細な穴の発生や応力集中を抑制することが困難であると判断し、構造を根本から見直し、大幅な構造変更を行うこととしました。

複数のチューブを用いた頭部保護構造は、角部が多く応力集中が生じやすいため、構造の見直しを行いました。直径8cm、長さ160cmのチューブ1本によるシンプルな構造に変更することで、応力集中を軽減し、製作時間を従来の120分から20分へと大幅に短縮しました。外袋は、胸部と頭部の一体化を維持しつつ、頭部周辺を囲む構造としました。容積は8042 c cなので、膨張性能に問題はありません。

写真12：不良箇所



写真13：新チューブ



写真14：新MOTHER AIRBAG



8 実験

ア 人形製作

人間で実験を行うことはできないため、代替として『御船子（ミフネコ）』という人型模型を製作しました。骨格部分には塩ビ管を使用し、頭部と関節部分は3DプリンターでPLAフィラメントを用いて製作しました。模型の身長は約120 cm、重量は約12 kgです。製作過程においては、部品の締め付けトルクの管理や取り扱い時のミスにより、関節部品が繰り返し破損するという問題が発生しました。関節部品の造形には約6時間かかるので、破損は作業の遅延を招き、多くの時間のロスが生まれました。この問題を解決するために、TPUフィラメントを採用しました。TPUはゴムのような弾力性があり、曲げたり伸ばしたりしても変形しにくい特徴があります。関節部品の弾力性を高めることで破損を抑制することに成功し、模型の完成時間の短縮につながりました。また、衝突実験における耐久性も向上することで、より効率的な実験が可能になると期待されます。

写真15：実験装置



写真16：重量測定



写真17：TPUとPLA比較（関節部品）



イ 衝突実験

大幅な構造変更を行ったため、衝突実験条件下でのエアバッグ展開実験を実施できていません。本発表では、シミュレーション結果や、現時点での実験計画について詳細に報告し、今後の研究の方向性を提示します。

8 MOTHER AIRBAGの役割

MOTHER AIRBAGの開発は、単に装備を充実させるだけでなく、人々の生命と安全を最優先に、社会全体の安全性を高めるための重要な取り組みです。ツーリング時の保護具着用は、現状、意識の高いユーザーに限られています。ライトユーザーへの啓蒙活動と、気軽に使える保護具の開発を通じて、より安全な社会の実現を目指します。私たちの活動に共感し、多くの方々から期待の声をいただいていることを、大変嬉しく思います。バイクだけでなく、自転車にも転用可能な製品を開発することで、より多くの人々の命を守りたいと考えています。特に、子供のうちから保護具への関心を高めることは、将来の安全な社会の構築につながると確信しています。

新しい機能のエアバッグが、従来のエアバッグでは防ぎきれなかった種類の事故や、より広範囲な人を保護できる点は、交通事故による死亡者数や重傷者数の減少に直結し、社会全体の安全レベルを大幅に向上させる可能性を秘めています。私たちの取り組みがメディアでも取り上げられたことを機に、新たな技術開発が活発化することを期待しています。

9 おわりに

この活動を通して、ものづくりによって人の役に立てることの達成感と使命感、そして生命の大切さを学び、電子機械科で学んできたことの素晴らしさを改めて実感しました。まだまだ実用化には程遠いですが、二輪車は今後も社会を支える重要な交通手段であり続けるでしょう。ライダーの安全を守るため、このような研究がより多くの人々に知られ、広がっていくことを心から願います。

今回の研究では、多くの方々からご協力いただきました。私たちの活動に共感し、集まってくださった皆様に心から感謝申し上げます。ありがとうございました。この経験を活かし、今後も安全で安心なモビリティ社会の実現に向けて貢献してまいります。

写真18：カネムラエコワーク



写真19：コーボーテキスタイル



写真20：TV取材の様子

