

自動車用次世代電装品

自動車電装事業部 戸倉 武¹

Next Generation Electronic Components for Automobiles

T. Togura

自動車に搭載される電装品は新機能の追加により年々増加しており、近年は小型化・軽量化ニーズに加えて、特に安全に対するニーズが高くなっています。これらのニーズに対応すべく、従来からある、人と荷物を判別可能なシートベルトリマインダ用着座センサに加えて、当社のコア技術のひとつであるメンブレン技術を応用した次世代乗員検知センサの開発に取り組んでいます。われわれの次世代乗員検知センサは、世界トップレベルの長距離検知性能を有しており、エアバッグ展開時に危険領域の乗客の存在を動的に検知します。

The number of automotive electronic components is increasing year by year because of newly added functions. In addition to miniaturization and weight-saving needs, safety-related customer needs, in particular, are growing in recent years.

To satisfy these customer demands, we have developed an advanced passenger detection sensor with membrane circuits that are one of our core technologies in addition to the current seatbelt reminder sensor, which can distinguish a passenger from loads. Our advanced passenger detection sensor has the long-distance detection capability of a world top level and can dynamically detect the passenger is in the dangerous zone at the time of air bag inflation.

1. ま え が き

近年の自動車には、環境・安全・快適のための様々な新技術が搭載されています。電装品は新機能の追加により年々増加の一途を辿っていますが、搭載可能なスペースが限られているため、小型化のニーズが高く、燃費向上の観点から軽量化のニーズも高くなっています。われわれはこれらのニーズに対応し、フレキシブル基板技術・サーマル技術・光技術・センサ技術などのコア技術を電装品に応用した開発を行い製品化してきました。近年は特に安全分野におけるセンサのニーズが高くなっており、これらのニーズに対応すべく、フレキシブル基板のひとつであるメンブレン技術を応用した乗員検知センサシステムの開発に取り組んでいます。ここでは、乗員検知センサの開発と、適用している主なコア技術を紹介します。

2. 乗員 検 知 セ ン サ

2. 1 シートベルトリマインダ用乗員検知センサ

シートベルトリマインダ（以下、SBR）は走行時に乗員のシートベルト着用を促すシステムで、乗員検知セン

サにより助手席の人と荷物を判別する必要があります。SBRをはじめとして自動車の安全装備は法規制化が強化されており、当社はメンブレンスイッチの技術を応用した乗員検知センサの開発に取り組んできました。

図1はSBR用乗員検知センサの外観です。荷物と人の判別性能向上のため、ひとつのセンサに形成されたスイッチのうち複数のスイッチがONした場合にシステムが稼働する「Dual Cell」構造のセンサを開発しました。



図1 SBR用乗員検知センサ

Fig. 1. Passenger detection sensor for SBR.

1 自動車電装開発部グループ長

略語・専門用語リスト 略語・専門用語	正式表記	説明
SBR	Seat Belt Reminder	シートベルトリマインダ。シートベルト非着用で走行した場合、音で警告する装置
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standard	アメリカの連邦自動車安全基準。自動車交通安全法によって設けられた自動車の安全装置の基準
Xビード	Xbead	登録商標（第5313404号、第5313405号）。フレキシブル基板用端子の圧着接続において、端子の上板と下板のそれぞれに細長のビードを設け、上下ペアのビードを直交配置した構造
ホットメルト接着剤	Hot Melt adhesives	熱可塑性樹脂を加熱熔融させて塗布し、冷却によって固化・接着する接着剤

これにより荷物による誤検知の発生確率を従来の約1/4に低減することができました。さらに、人の着座位置や着座姿勢が変化しても確実に検知するため、人の臀部形状やシート材質を考慮したスイッチ構造と配置の最適設計を行っています。また、被水の可能性が高いシート座面へのセンサの配置を実現するために、接続部には樹脂成型による防滴機能を持たせています¹⁾。

2. 2 次世代乗員検知センサ

エアバッグによる乗員保護性能は、座席にチャイルドシートが装着されている場合や、子どもが直接座席に座っている場合などの状況の違いに大きく左右されます。エアバッグによる乗員の保護を、より確実なものとするため、米国の衝突安全基準に関する法規（FMVSS 208）では、エアバッグの展開を抑制するための乗員のクラス分けが規定されています。さらに、次のステップでは、乗員がエアバッグに対してどの位置にいるのかを動的に検知してエアバッグの展開を制御することで、より高度な乗員保護を実現しようとする動きがあります。

当社は、これまでの乗員検知センサの技術に加えて、独自開発に成功した世界最高レベルで長距離検知が可能な静電容量センサを応用し、エアバッグ展開時の危険領域への乗員の進入を動的に検知する次世代乗員検知センサシステムの開発に取り組んでいます。

図2は現在開発中のエアバッグ展開制御を目的とした次世代乗員検知センサシステムのブロック図、図3は本センサシステムの試作品と模擬人体を使った評価の様子です。このシステムは、車室内に複数の静電容量センサを配置し、各センサの乗員と静電容量値からエアバッグに対する乗員の位置を算出して、エアバッグシステムに出力します。

3. 主なコア技術

3. 1 静電容量センサ

3. 1. 1 静電容量センサの概要

静電容量センサは、人体とセンサ電極の間に発生する電荷を非接触で測定可能なため、センサ電極を意匠パネルや布などの誘電体の下に隠して配置することができます。しかし、人体検知を目的とした従来の静電容量センサは、検知可能な距離が短いため、その用途は人体の接触またはごく近い接近を検出するアプリケーションに限定されていました。当社は、この問題を解決し、世界最高レベルでの長距離検知が可能な静電容量検知ICの開発に成功しました²⁾。

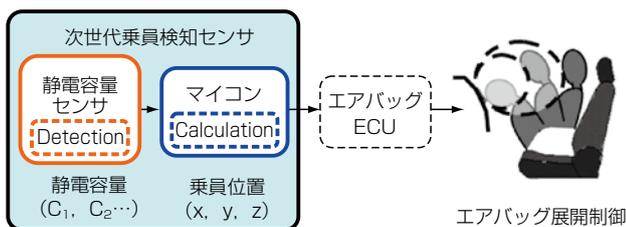


図2 次世代乗員検知センサのブロック図
Fig. 2. Block diagram of advanced passenger detection sensor.



図3 次世代乗員検知センサの評価
Fig. 3. Evaluation of advanced passenger detection sensor system (prototype).

3. 1. 2 静電容量検知 IC

長距離検知実現のため、高精度な静電容量検知に最適な検知方式を検討し、専用IC化しました。図4は開発した静電容量検知ICのブロック図です。検知回路は、静電容量-電圧変換(C-V変換)回路、ローパスフィルタ(LPF)、可変増幅回路、温度補償回路、オフセット回路およびシールド駆動回路から構成されています。C-V変換回路の出力はオフセット回路で電圧をシフトし、LPFにてノイズを除去した後、可変増幅回路に入力されます。ここで、可変増幅回路の増幅度によりC-V変換効率が決定されますが、その増幅度は外部から任意に設定可能になっています。また、センサ電極の温度変動を相殺するための、温度補償回路を内蔵しています。

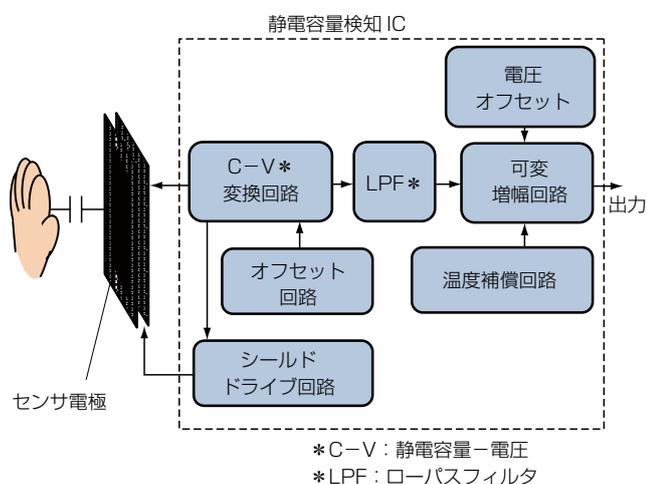


図4 静電容量検知ICのブロック図
Fig. 4. Block diagram of capacitive sensing IC.

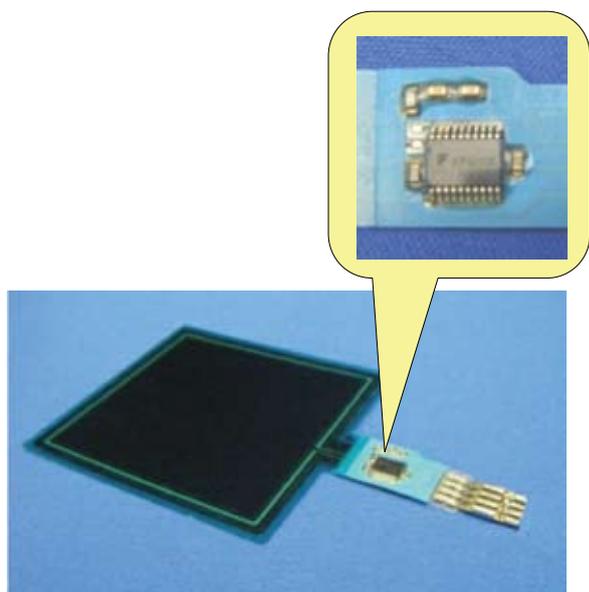


図5 静電容量センサモジュール外観
Fig. 5. Appearance of capacitive sensor module.

3. 1. 3 センサモジュール

図5は開発した静電容量センサモジュールの外観です。シート内や意匠パネル内の任意の位置に隠して配置しても性能が安定するように、メンブレンフィルム上に形成したセンサ電極にICを実装し、モジュール化しています。また、電極構造を最適化することで低ノイズおよび低リーク電流を実現しています。

3. 1. 4 検知性能

図6は開発した静電容量センサモジュールを車室内に設置して人体を検出したときの検知性能のシミュレーション結果と実測結果、表1は開発した静電容量センサモジュールの仕様です。開発品は世界最高レベルの300mm以上の長距離検知性能と2fF以下の測定精度を有しています。

3. 2 フレキシブル基板用防水コネクタ

3. 2. 1 防水コネクタの概要

自動車用電装品の小型化・軽量化・低コスト化のニーズが年々高くなるにつれて、メンブレンやFPCなどのフレキシブル基板の自動車への適用が増加しています。しかし、フレキシブル基板と制御ユニットなどの電装品を直接接続可能な防水コネクタは世の中になく、現行のSBR用乗員検知センサでは、アダプタコードを用いて中継接続しています。厳しい環境で使用される自動車用

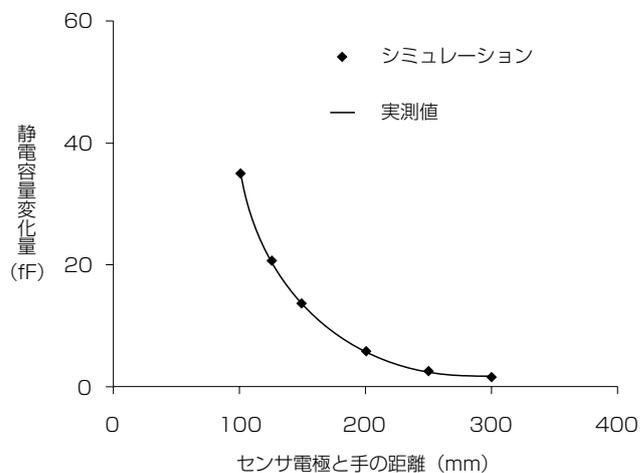


図6 車室内における静電容量変化量距離特性
Fig. 6. Capacitance versus distance inside vehicle.

表1 静電容量センサモジュール仕様
Table 1. Specifications of capacitive sensor module.

項目	単位	Min	Typ	Max	備考
最大検知距離	mm	300			手の検知にて
測定精度	fF			2	静電容量増加量
C-V変換効率	mV/fF	1		16	
電源電圧	V	2.7	5	5.5	
動作温度範囲	℃	-40		85	

コネクタは、接点に高い品質レベルが要求されることに加えて、円形で防水シールを設計しやすい電線と比較して、フィルム形状のフレキシブル基板の防水は困難でした。

今回われわれは、世界に先駆けて小型で信頼性の高いXビード端子による接続と、ホットメルト接着剤（以下、ホットメルト）とゴムパッキンのハイブリッド構造による防水を実現し、フレキシブル基板と制御ユニットを直接接続することが可能なフレキシブル基板用防水コネクタを開発しました。図7は開発品の外観、図8は開発品の適用例です。アダプタコードを削減することでコストダウンと軽量化を実現することができました³⁾⁴⁾。

3. 2. 2 Xビード端子

Xビード端子は上板と下板からなる構造をしており、文字どおり接触部をX字型に交差させることによって回路との接点を構成しています。これにより、フレキシブル基板の表面・裏面のどちらでも接続が可能となりコネクタの向きが制限されることはありません。また、回路

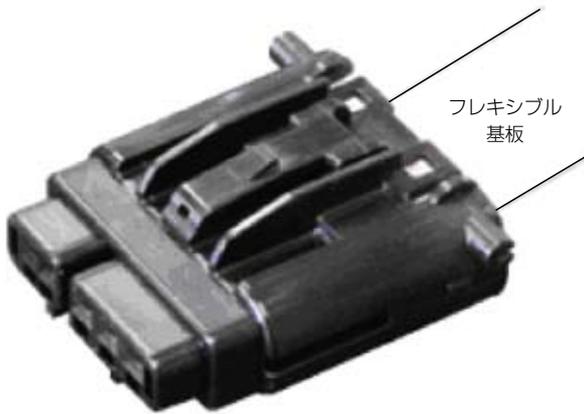


図7 フレキシブル基板用防水コネクタ
Fig. 7. Water proof connector for film circuit.

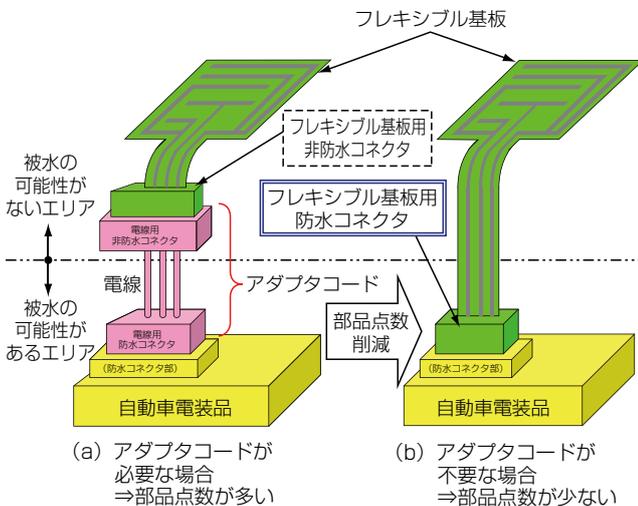


図8 開発品の適用例
Fig. 8. Application example of developed connector.

との接触面積を安定的に確保することが可能なため、厳しい自動車環境に耐える電氣的接続が可能です。図9はXビードの構造、図10はメンブレンとの接続状態、図11はFPCとの接続状態です。

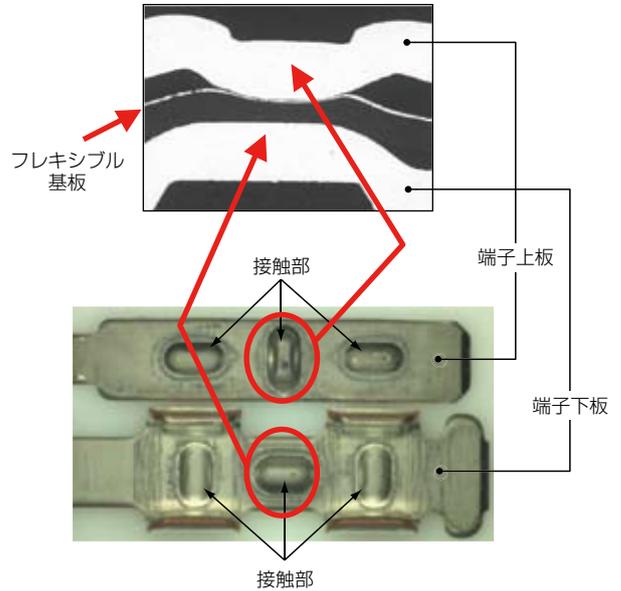


図9 Xビードの構造
Fig. 9. X-bead contacts structure.



図10 メンブレンとの接続
Fig. 10. Connection to membrane circuit.

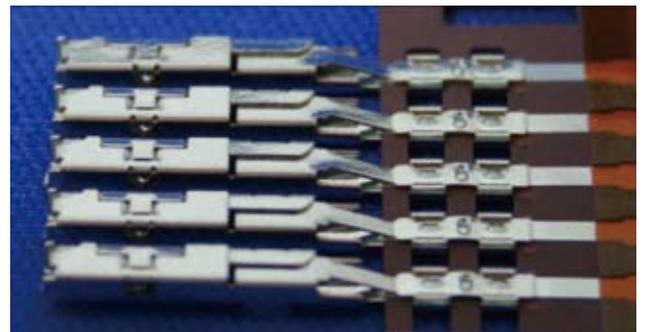


図11 FPCとの接続
Fig. 11. Connection to FPC.

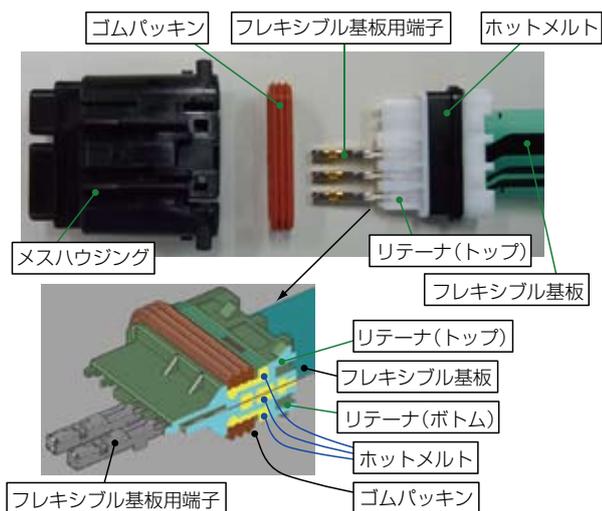


図 12 防水構造
Fig. 12. Waterproof structure.

3. 2. 3 防水構造

図 12 は開発品の防水構造です。ホットメルトとゴムパッキンのハイブリッド構造で防水を実現しており、Xビード端子を圧着したフレキシブル基板を 2 つのリテーナで挟み、ホットメルトを充填して固化し、これにゴムパッキンを被せてメスハウジング内に収納する構造になっています。ゴムパッキンだけでは、フレキシブル基板が変形することで隙間が生じて防水性能が得られなかったり、ゴムパッキンが変形してコネクタハウジングに挿入できなかったり、パッキンがめくれたまま挿入されてしまうといった問題がありますが、ホットメルトを介することでこれらの問題を解決しました。ゴムパッキンは、自身の圧縮の反発力でホットメルトに密着して防水するため、ホットメルトがクリーブしても防水性能を満足するゴムパッキンの圧縮率を設定し、ホットメルトには接着性を考慮してポリアミド系ホットメルトを採用しています。



図 13 静電容量センサのアプリケーション例
Fig. 13. Application examples of capacitive sensor.

4. む す び

今回、自動車用電装品の開発について乗員検知センサを中心に報告しました。コア技術の静電容量センサは、乗員検知センサ以外にも、手や足の空間的な動きで操作する入力デバイスや人体が危険エリアに接近した時に動作を停止させる安全装置などにも適用することができます。例えば、図 13 のように、手の距離に応じて調光するようなルームランプ、ユーザが手を近づけた時にスイッチが現れる隠しスイッチ、パワーシート、あるいはパワースライドドア、パワーウインドウなどの挟み込み防止用センサなどへの適用も期待できます。

今後も、世の中の動向と顧客ニーズを先取りした製品開発を推進していきます。

参 考 文 献

- 1) 久米：「シートベルトリマインダ(SBR)着用座センサ」, フジクラ技報, 第118号, p. 48, 2010
- 2) 戸倉ほか：「人体検知用高精度静電容量センサモジュール」, フジクラ技報, 第114号, pp. 27-31, 2008
- 3) 近藤ほか：「メンブレンコネクタ」, フジクラ技報, 第116号, pp. 30-33, 2009
- 4) 竹村ほか：「メンブレン用防水コネクタ」, フジクラ技報, 第122号, pp. 22-25, 2012