

サイドエアバッグ用 乗員姿勢検知システム(OPDS)の開発

Occupant Position Detection System For Side Airbag System

福井 努*
Tsutomu FUKUI
上地 幸一*
Koichi KAMIJI

小代田 信洋* 磯 永一 誠*
Nobuhiro KOYOTA Kazutomo ISONAGA
伊能 隆*
Takashi INO

要 旨

サイドエアバッグによる展開傷害のリスクを回避し、サイドエアバッグ作動時の安全性をより向上させるために、サイドエアバッグ展開エリアへの頭部侵入を検出し、双方向通信によって接続されているエアバッグ制御ユニットに対してサイドエアバッグの作動を禁止する信号を送信し、かつメータ内に設置されたサイドエアバッグ警告灯を点灯させて乗員の着座姿勢が不適切であることを警報する乗員着座姿勢検知システムを開発した。

本システムは、シート表皮下に埋設された複数の静電容量式センサによってシート表面近傍の誘電体の有無を検出し、更に乗員判定アルゴリズムによって着座乗員のサイズとサイドエアバッグ展開エリアへの頭部有無判定を行うもので、内装部品の設計変更が無く、シートの着座フィーリング損なうことなくサイドエアバッグに不適切な乗員姿勢の検出を高い精度で達成することができた。

ABSTRACT

In order to prevent possible injury of an occupant on the passenger seat when the side airbag deploys, we have developed the seating occupant position detecting system. It detects the occupant's head entered into the range of airbag deploying zone. And, if so, it transmits signals to cancel the airbag activation to the airbag control unit, which is connected with the system two way, upon lighting on the side airbag indicator at the meter cluster to alert the occupant being improper seating position. It detects the size of seating occupant and defines if his head enters into the range of side airbag deploying zone using the occupant identification algorithm and some electrostatic capacity type sensors under the covering material of seat which determines the existence of dielectric around the seat surface. Accordingly, it provides highly accurate detection of occupant's seating position inappropriate against the side airbag without any design change of interior items and no affection to the seating feel.

1. まえがき

近年、車両衝突時の乗員保護性能向上の必要性が高まり、シートベルト、フロントエアバッグ等の前面衝突乗員保護装置の普及、高性能化に加えて、側面衝突時に乗員を保護するサイドエアバッグが適用され始めている。

しかしながら、一方ではエアバッグ展開時の乗員への加害性も指摘され始めている。サイドエアバッグはフロントエアバッグに比べてエアバッグと乗員との間の展開空間が狭く、しかも早い展開が必要なため、インフレーター出力の最適化などのさまざまな取り組みを行っても、乗員の着座位置や姿勢によっては乗員保護性能と加害性低減の両立が困難である。

例えば、助手席乗員が子供でかつサイドエアバッグ搭載側に寝込んだ時は、その頭部位置がちょうどサイドエアバッグの展開エリアに侵入する場合がある。

そこで上記のようなサイドエアバッグによる展開傷害のリスクを回避するために、着座乗員の大きさと着座姿勢を検知するためのシステムが必要になる。

2. システム概要

乗員着座姿勢検知システム(Occupant Position Detection System, 以下OPDS)は、助手席シート表皮下に横長に埋設された複数枚の帯状の導電布からなる静電容量式センサによって、シートバック表面近傍の誘電体有無を検出することにより、着座乗員の肩位置から体格を検出

し、さらにシートサポート表面近傍の誘電体有無を検出することによって、着座乗員の頭部がサイドエアバッグの展開エリア付近に存在するか否かを判定する。着座乗員の頭部位置がサイドエアバッグの展開エリア付近にあると判断された場合に、エアバッグ制御ユニットに乗員のステータス情報及び助手席側サイドエアバッグ制御情報を送信すると共に、メーター内に設置されたサイドエアバッグ警告灯を点灯する。以下、システム構成の概要を説明する。

2. 1. OPDSの構成

Fig.1にSRS及びOPDSの全システム構成図を示す。

SRSユニット(センタユニット)は、従来のフロントエアバッグ展開制御に加えて、左右のサイドインパクトセンサとセンタユニットに内蔵された左右の加速度センサの情報を加味した3ポイントセンシングによる総合的なサイドエアバッグ展開制御としている。

OPDSユニットは、SRSセンタユニットとは通信ラインによって乗員検知情報の授受ができるように接続されており、OPDSユニットからのサイドエアバッグ制御情報に基

づき、SRSユニットは助手席側サイドエアバッグの作動/非作動を切り替えるように設定されている。

さらに、OPDSユニットは、メーター内に新設されたサイドエアバッグ警告灯により、助手席乗員の着座姿勢がサイドエアバッグにとって不適切な状態であることをドライバに警告する。

2. 2. OPDSセンサの検出原理

OPDSの基本的センシング原理は、Fig.2に示すように発振回路によって生成された正弦波をアンテナから出力する際のインピーダンスがアンテナ～大地間の静電容量によって変化することを利用するものである。アンテナ～大地間の静電容量は、誘電体(誘電率： ϵ)がアンテナ近傍に存在しない場合は空気の誘電率($\epsilon = 1$)であるが、誘電体が存在する場合は空気の約80倍となる。このインピーダンスの変化によって発振正弦波の振幅が変化するため、正弦波信号→全波整流→平滑化といった電気的信号処理プロセスを経て、直流成分のみの電圧信号に変換することにより、誘電体の有無が判別される。

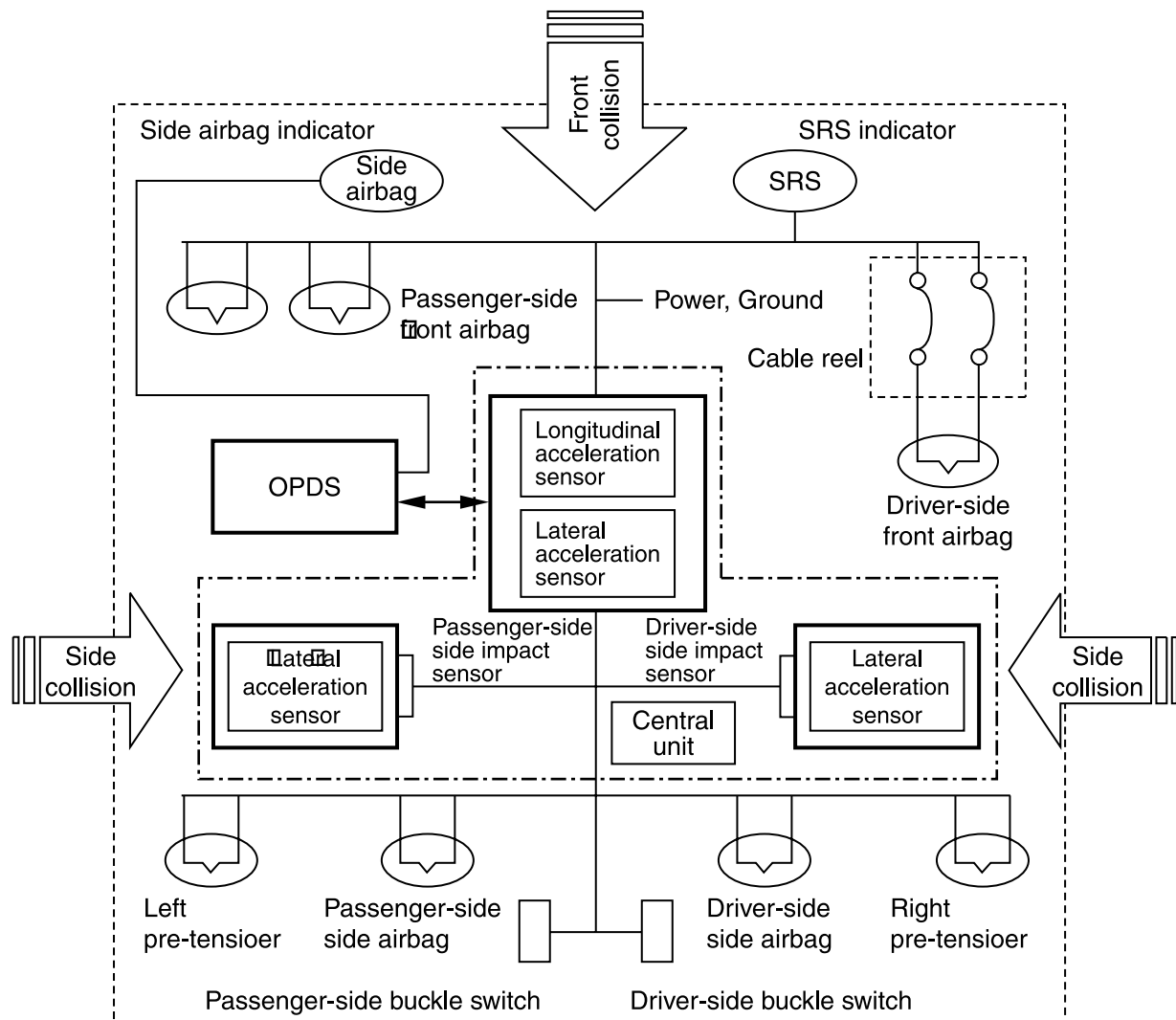


Fig.1 SRS system with side airbag

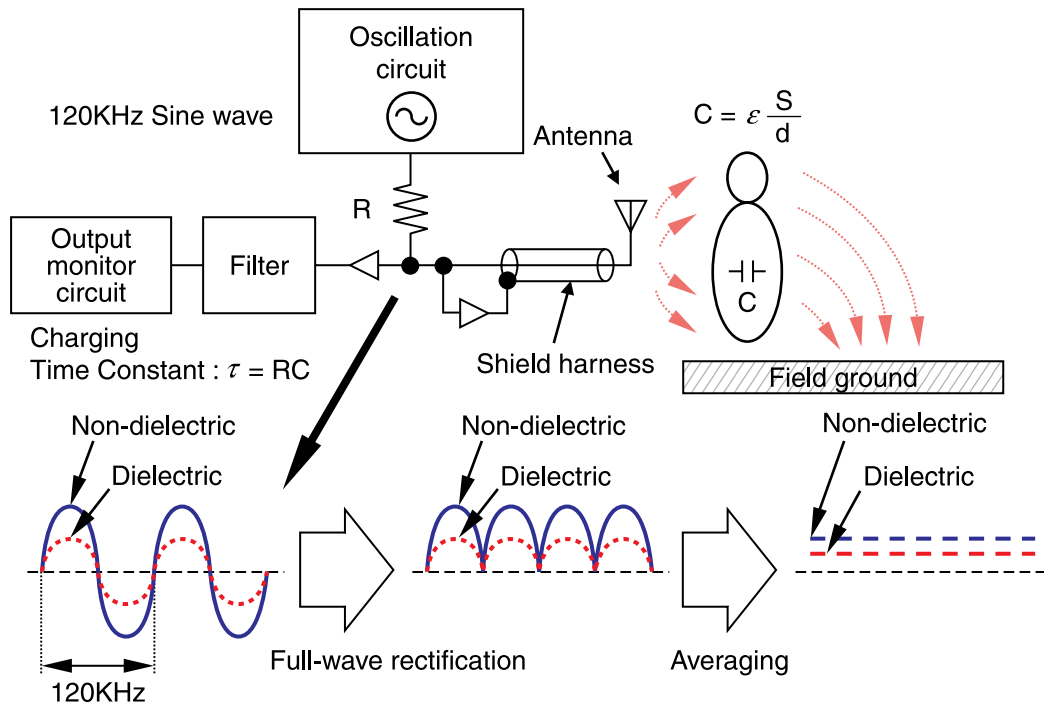


Fig.2 Sensing principle of OPDS

2. 3. シートの構造及び構成部品の説明

シート構造図をFig.3に示す。アンテナはシート表皮下のウレタンパッド上にはり付けられている。アンテナはシートバック部に横長に貼付けされた6枚の座高センサと、サイドエアバッグモジュールが搭載されたシートサポート側に縦長にはり付けられた1枚の頭部センサで構成されている。座高センサによって乗員の座高を判断し、頭部センサによって頭部がエアバッグの展開エリアにあるか否かを判別する。アンテナへの検出信号出力及びこれらの乗員姿勢

判別は、シートフレームに取付けられたOPDSユニットによって行われており、さらにOPDSユニットは通信ハーネスによってSRSユニットに乗員判定情報を送信する。これらの情報をもとに、例えばFig.4のように子供の頭部がサイドエアバッグ展開エリアにある場合には、サイドエアバッグの作動を停止する。

Fig.5にOPDSユニット基板及びシートパッドコンポーネントの外観を示す。

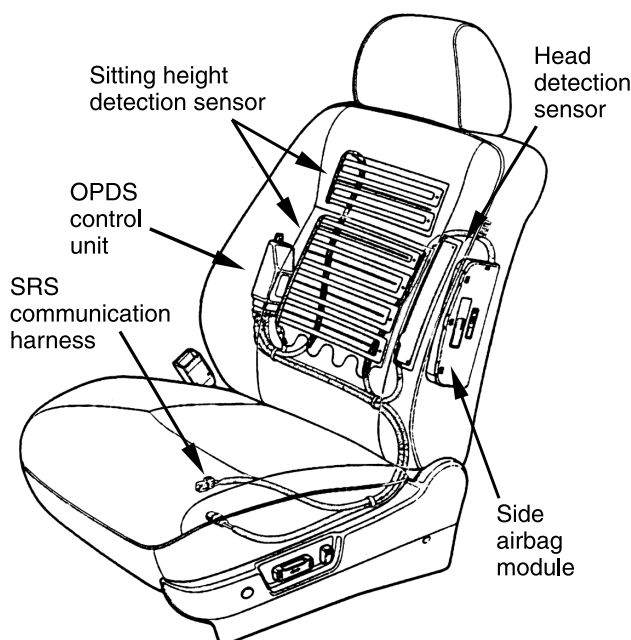


Fig.3 Structure of seat assembly

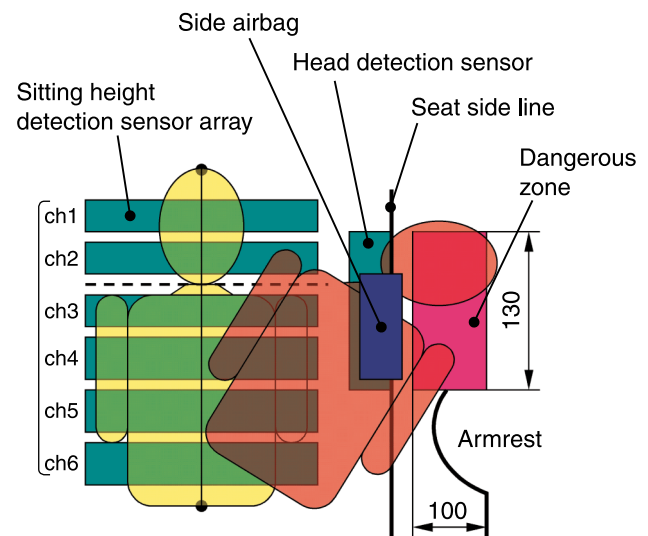


Fig.4 OPDS detection range of passenger position

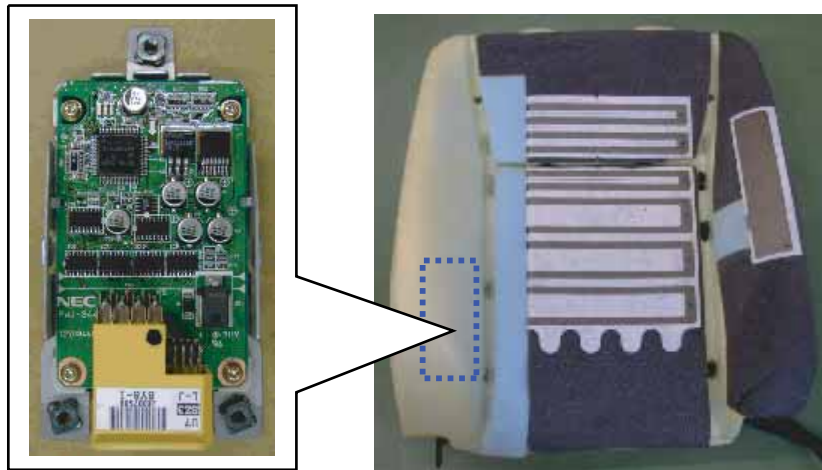


Fig.5 Photograph of OPDS components

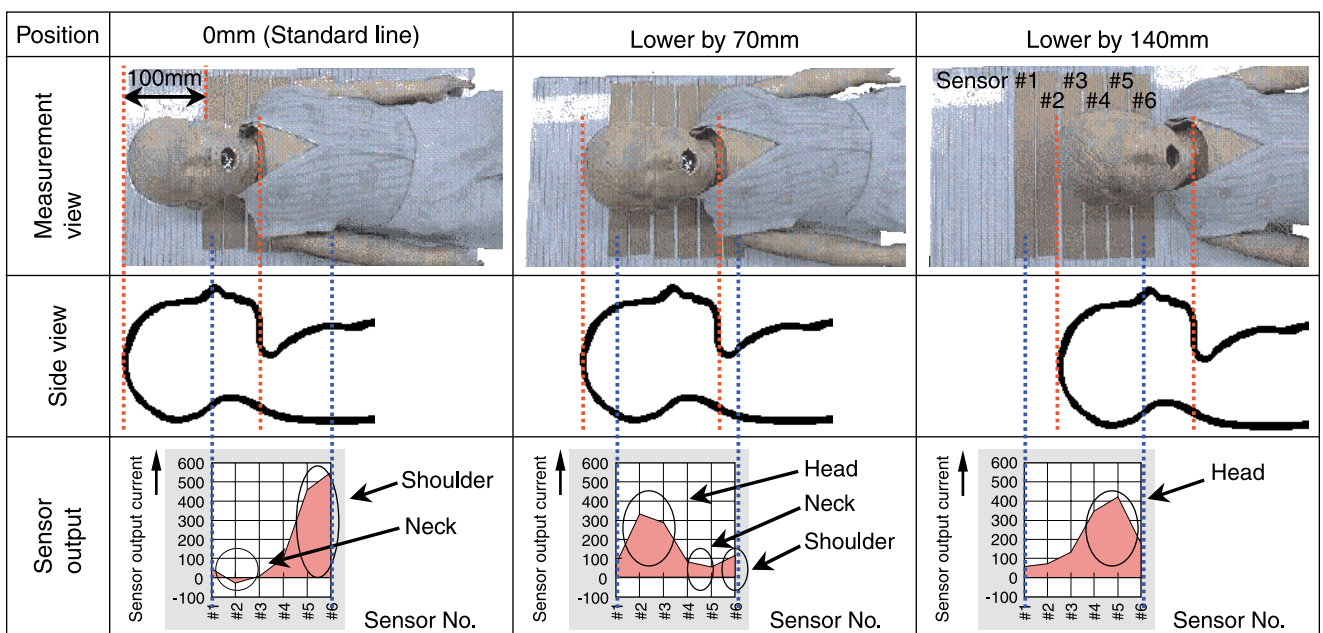


Fig.6 Sensor output characteristic (with dielectric dummy)

3. OPDSの乗員判別原理

2. 2項のOPDSセンサの検出原理から、誘電体とセンサとの距離、または誘電体の大きさによってセンサ出力が変化することがわかる。以下に、この変化を利用することによる乗員判定方法について述べる。

3. 1. センサの出力特性

誘電体としてダミーを用いた場合のセンサの出力特性は、Fig.6に示すように、センサからの距離が離れているけい部に対して、頭部、肩部のセンサ出力はより大きく、頭部に対して肩部がよりセンサに接する面積が大きいことからセンサ出力がより大きく検出されることがわかる。そこで、センサをダミーの座高方向に対して垂直に設置することにより、頭部から肩部にかけての出力パターンから乗員の頭部位置を推定できる。

3. 2. 乗員パターンの生成方法

各センサ出力から、乗員パターンを生成する方法について、Fig.7を用いて説明する。乗員がシートに着座した場合は、頭部をシートにもたれ掛ける場合と離す場合が想定されるため、センサの幅およびセンサ間隔を適切に選定することで、けい部のくびれパターンを認識して肩部の位置を判別する。けい部のくびれパターンが検出された場合には、けい部以上の部分に相当するセンサ出力を削除する(これを頭部除去処理という)。

また、大人と小人のサイズの違い、及び乗員の着衣の厚さによりセンサ出力に差が生ずるため、センサ出力を比率に変換してパターン認識を行う手法を採用した。

3. 3. 乗員パターン判定アルゴリズム

3. 2項記載による頭部除去処理を行った後の小人対大人のセンサ出力比率は、着座乗員の座高とセンサ取付け位

置との関係から、Fig.8の①～⑤のように表現することができる。ここで言う小人とは、Fig.4で定義した「サイドエアバッグ展開エリアに頭部が侵入する恐れがある乗員」であり、中人・大人とは「展開エリアに頭部が侵入する恐れのない乗員」を指す。

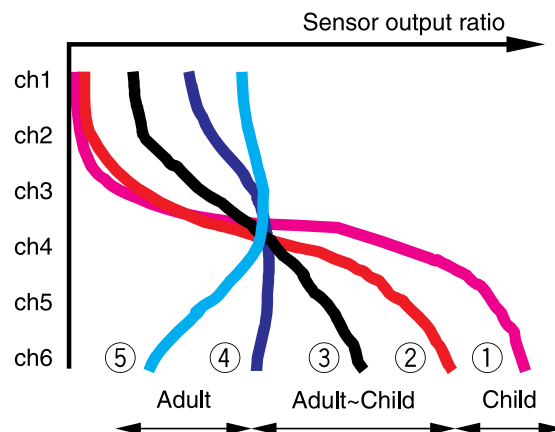
Fig.8のセンサ出力比率パターンから小人～大人を種々の方法から判別するが、一例として相関判別法を説明する。

3.4. 相関判別法による乗員判定

相関判別法とは、大人～小人に区分された基準判別パターンをあらかじめ複数設定し、センシングされた検出乗員パターンとの相関値を算出することにより、より相関の大きい基準パターンの区分をあてはめる方法である。以下に、相関判別法の詳細を説明する。

大人および小人の基準となる相関判別パターン(Fig.8の②：小人判別境界、④：大人判別境界)を採取された乗員データから設定し、さらに各判別境界に対して相関値が大人／小人のどちらにより近いかを判別するための基準相関判別パターン(Fig.8の①：小人、③：中人、⑤：大人)を設

定する。下記の相関算出式に基づいてFig.9に示す相関値($\cos \theta$)を算出する。



- ① Child (Height: less than 125cm)
- ② Child boundary (Height: about 125cm)
- ③ Middle (Adult~Child)
- ④ Adult boundary (Height: about 140cm)
- ⑤ Adult (Height: more than 140cm)

Fig.8 Sensor output pattern

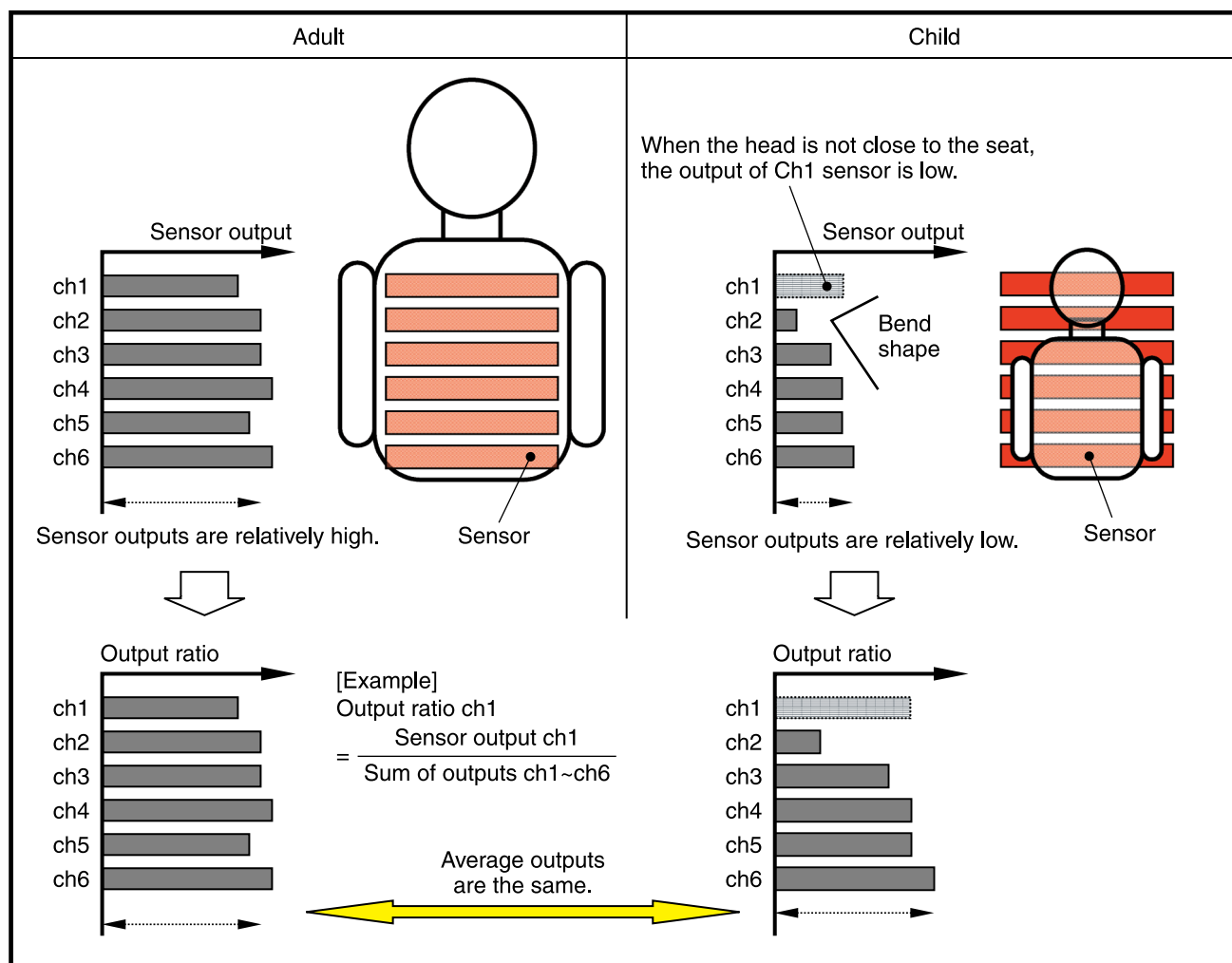
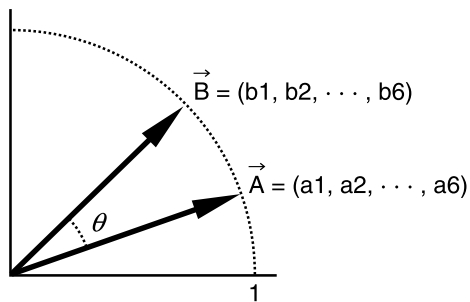


Fig.7 Transaction process of sensor output

$$\cos \theta = \frac{(\vec{A}, \vec{B})}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|} = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_6 b_6}{\sqrt{(a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_6^2)} \cdot \sqrt{(b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_6^2)}}$$

上記の相関演算式から、5個の基準パターンとの相関値を算出し、相関の強い順位からTable 1のような乗員判定の結果を得る。

これらの処理方法に基づく乗員判定処理フローは Fig.10 のようになる。



$\vec{A}$: Standard judgement pattern at the element of $(a_1, a_2, \dots, a_6)$

$\vec{B}$: Detected occupant pattern at the element of $(b_1, b_2, \dots, b_6)$

Each vector element is sensor output pattern of ch1 ~ ch6.

Fig.9 Correlation of $\vec{A}$ and $\vec{B}$

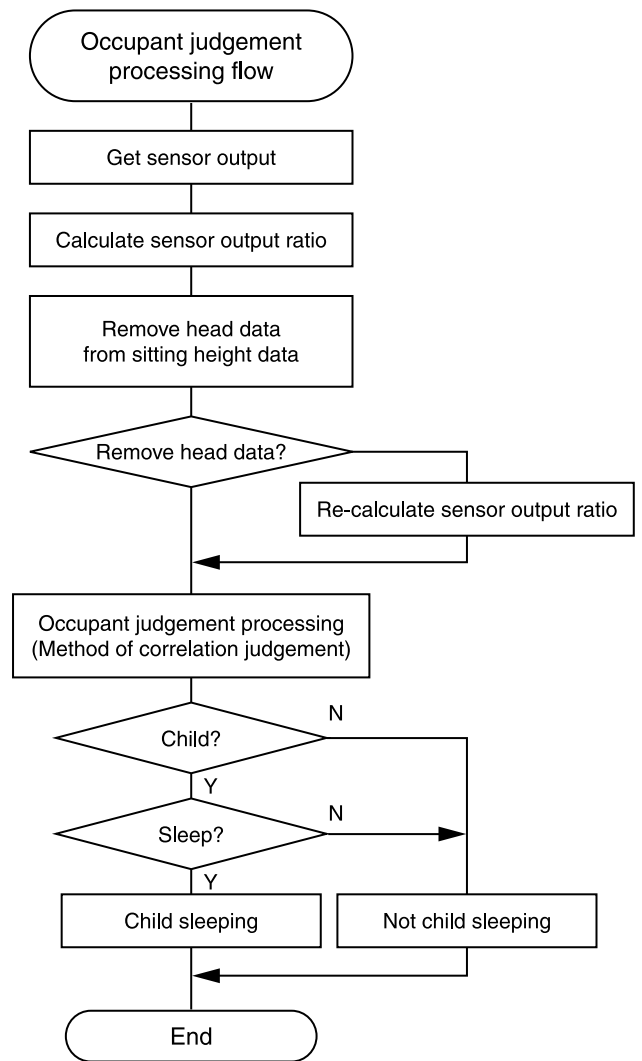


Fig.10 Judgement processing flow

Table 1 Correlation judgement table

Standard pattern					Judgement result
①Child	②Child boundary	③Middle	④Adult boundary	⑤Adult	
1	2	3	4	5	Child
2	1	3	4	5	Child
3	1	2	4	5	Middle
4	2	1	3	5	Middle
5	3	1	2	4	Middle
5	4	2	1	3	Middle
5	4	3	1	2	Adult
5	4	3	2	1	Adult

4. 乗員判別結果

以上に説明したシステム構成及び乗員判別方法に関する検証結果の一例をTable 2にまとめる。同表から、本システムは、サイドエアバッグの展開エリアに侵入した子供の頭部を検出していることがわかる。

また、着衣の影響に対する検証結果をTable 3にまとめる。同表の結果から、センサ出力の比率を用いて乗員判別を行っているため、着衣の材質、厚さの違いがあっても判別に影響しないことがわかる。

Table 2 Judgement results for several occupant size and sitting posture

Sitting posture	Occupant (Height)	Adult① (172cm)	Adult② Small (154cm)	Adult③ Small (149cm)	Child① 9years (134cm)	Child② 7years (123cm)	Child③ 5years (114cm)	Child④ 5years (101cm)
Standard	Requirement	Adult	Adult	Adult	Adult or Middle	Child or Middle	Child	Child
	Result	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Lightly declining	Requirement	Adult	Adult	Adult	Adult or Middle	Sleeping child	Sleeping child	Sleeping child
	Result	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Deeply declining	Requirement	Adult	Adult	Adult	Adult or Middle	Sleeping child	Sleeping child	Sleeping child
	Result	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Table 3 Verification results for several type of clothes

Occupant	Mode	Requirement	Result
Adult (Large)	Standard	Adult	OK
	Ski wear	Adult	OK
	Down wear	Adult	OK
	Shield wear (※)	Adult	OK
Adult (Small)	Standard	Adult	OK
	Ski wear	Adult	OK
	Down wear	Adult	OK
	Shield wear (※)	Adult	OK
Middle + Down wear	Standard	Adult or middle	OK
	Lightly declining	Adult or middle	OK
	Deeply declining	Adult or middle	OK
Child + Court wear	Standard	Child	OK
	Lightly declining	Sleeping child	OK
	Deeply declining	Sleeping child	OK

(※) The cloth of the conductivity to defend an electromagnetic wave.

5. まとめ

今回開発したサイドエアバッグ用OPDSは、導電布からなる静電容量式センサをシートに埋め込むという全く新しいシート実装技術と、誘電体容量の検出を効率良く安定して検出する電子回路技術と、導電布をシートバック座面に対して横長に帯状に配置することにより着座乗員のサイズを検出する発想と、これらの複数のセンサ出力から乗員判別をするアルゴリズムの開発が同時にできたことで達成された。

これらの技術によって、サイドエアバッグの展開傷害のリスクを低減するための「サイドエアバッグに不適切な乗員姿勢」の検出が高い精度で達成できた。

今後は、適用機種の拡大に伴うコスト低減、また検知乗員のデータ採取に伴う開発効率向上を推進し、システムの熟成に努力したい。

謝 辞

本サイドエアバッグ用乗員姿勢検知システムの開発にあたり、日本電気(株)、テイ・エステック(株)の皆様にも多大なご協力を頂きました。本紙面をお借りしてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 甚野和則ほか：乗員検知システムの開発，NEC技報，Vol.50, No.2, p.88-92 (1999)

■ 著 者 ■



福井 努



上地 幸一



小代田信洋



伊能 隆



磯 永一 誠