

エアバッグECU電子セーフィングシステムの開発

Development of the electronic "Safing" system for airbag ECUs

小 牧 弘 之	Hiroyuki Komaki
黒 田 修 作	Syusaku Kuroda
新 阜 歳 也	Toshinari Nioka
小 西 博 之	Hiroyuki Konishi
若 本 昌 孝	Masataka Wakamoto



要 旨

エアバッグシステムは、近年の自動車の安全性に対する意識の高まりから運転席、助手席エアバッグおよび、シートベルトプリテンショナーの4chシステムが標準装備となり、さらに死傷者を低減させるためにサイドエアバッグ、カーテンエアバッグまでを標準とする動きが加速しつつある。

それを可能とするために高機能対応と大幅なコストダウンとが求められている状況にあるが、エアバッグシステムは自動車の安全にかかわるシステムであることから、信頼性の要求レベルが非常に高く、従来と同等の高信頼性を維持しつつ、高機能化、ローコスト対応することが非常に大きな課題であった。

本稿では、従来と同等の信頼性をもち、これを実現した主軸技術の一つである電子セーフィングシステムの開発について紹介する。

Abstract

With the recent increase in automotive safety consciousness, 4 channel airbag systems that cover the driver and passenger seats with seatbelt pretensioners have become standard equipment. To reduce car accident injuries and fatalities, the trend towards the standardization of side airbags and curtain airbags is accelerating.

In response to these demands, high-functionality and large scale cost reduction are required. However, as airbag systems are important safety devices for automobiles, reliability requirements are very strict. Thus, a big issue has been the establishment of high functionality and cost reductions while maintaining conventionally high levels of reliability.

In this paper, the development of the electronic "Safing" system is introduced as one of the key factors for cost reduction technology, which achieves the high level of reliability of conventional systems.

1 はじめに

近年、自動車の安全に対する意識の高まりから、衝突安全技術の向上、シートベルト着用の定着化とともに運転席、助手席エアバッグおよび、シートベルトプリテンショナーについてはほぼ、すべての車両に標準装備されるようになった。その結果、事故による死者は減少する傾向にある。(図-1)

国土交通省は、歩行者頭部保護、オフセット前面衝突の導入を初め、車室内装備品の加害性低減など2010年までに現在よりさらに死亡者数を1,200人低減させる事を目標にしている。

また、急速に車両販売台数が拡大している中国でも交通事故死亡者数が毎年増加しており、2001年度以降10万人を超えており、政府は欧州と同等の正面衝突基準の適用を求める一方、欧州の側面衝突基準の導入も検討している。

この中で自動車メーカーの衝突安全に対する取り組みとしては、エアバッグシステムの加害性を低減する多段階制御エアバッグや一部の車種にしか設定されていない側面衝突、頭部保護など、システムの標準化を進めてる。

標準化の背景には、子供や女性の死傷者の低減を目的とした多段階制御エアバッグ及びSUV及び1BOX車など、より高い位置で側面衝突が起きる車の増加にともなう頭部保護等が上げられる。

また、ロールオーバーや歩行者保護等、新規システムの導入も検討している。

今後、エアバッグシステムは先進国ではさらに高機能化、発展途上国では標準装備化へ向かう流れであり、需要も増加すると考えられるが、その反面、システムのローコスト化は必至である。

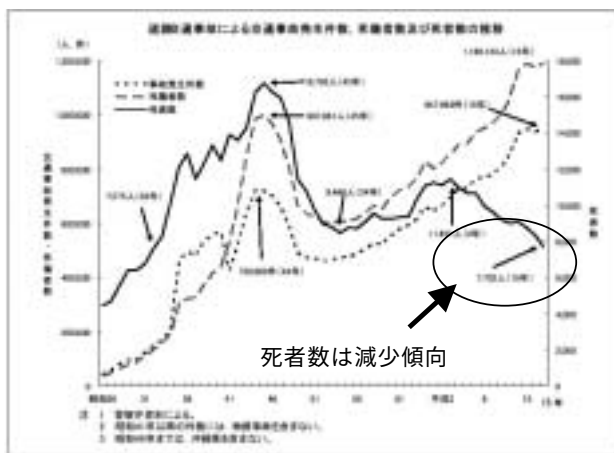


図-1 交通事故による死傷者の推移

Fig.1 Transition in the number of injuries and fatalities from traffic accidents

2 当社のエアバッグECUの開発経緯

当社は、エアバッグシステムがオプション設定で需要が少なく高価であった1993年から、トヨタ自動車殿へエアバッグECU(運転席エアバッグのみの1ch仕様)の納入を開始し、現在では主に運転席、助手席エアバッグ、プリテンショナー制御の4chシステム用ECUを年間120万台生産している。

この間の技術提携は、1993～1999年はシーメンス社と2000年～現在まではトヨタ自動車と共同開発を進めてきた。(図-2)

04モデルは従来の4chシステムに加え、運転席・助手席の多段階制御エアバッグ、衝突時の乗員の移動を抑えるニーエアバッグまで含めた8chの標準仕様と側突(サイドエアバッグ、カーテンシールドエアバッグ)、リアプリテンショナーに対応した14chの高機能仕様をトヨタ自動車と共同で開発した。

本稿では、この04モデルエアバッグECUの従来のECUから高機能対応・ローコスト化を狙ったセーフィングシステムの技術について紹介する。

	'93	'96	'97	'00	'03	'04	'05
シーメンス 技術提携	1ch	標準ECU	4ch	側突系ECU 6ch			
トヨタ 共同開発				標準ECU 4ch	側突系ECU 8ch	標準ECU 8ch	高機能ECU 14ch

図-2 エアバッグECUの開発経緯

Fig.2 Development history of airbag ECU

3 エアバッグシステムの概要

3.1 エアバッグシステムの構成

2004年開発ECUは、運転席および助手席の前突多段エアバッグ、プリテンショナー、サイドエアバッグ、カーテンシールドエアバッグの制御を行うものである。図-3の構成に示すように車室内前方中央部に配置されたエアバッグECUおよび車両前方に配置されたフロントサテライトセンサ、車両側面に配置されたサイドサテライトセンサにより、前方および側方からの衝撃を検出する。これをエアバッグECU内のマイクロコンピュータ(以下マイコン)で演算し、各車両毎に設定された衝突判定値を超える場合は、点火回路をオンする。これにより図-4に示す着火装置(以下スクイブ)に電流を流してエアバッグを展開させる。

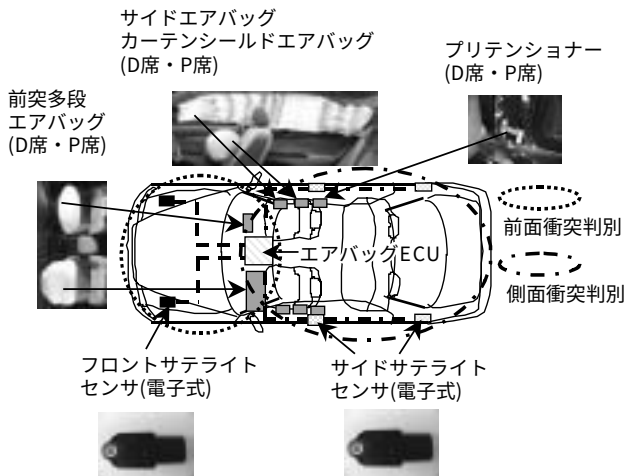


図-3 エアバッグシステム構成
Fig.3 Airbag system structure

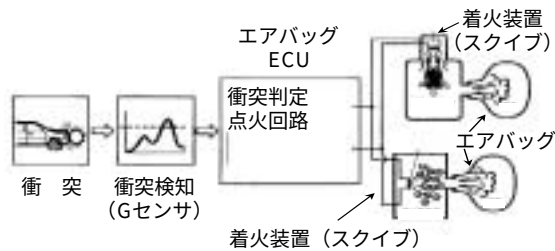


図-4 エアバッグシステムの作動プロセス
Fig.4 Deployment process of the airbag system

3.2 セーフィングシステムの役割

エアバッグシステムは、作動信頼性を確保するために点火回路のトランジスタと直列にセーフィングセンサを入れることで、故障、ノイズによる誤作動に対して、電流経路を遮断できる構成としている。

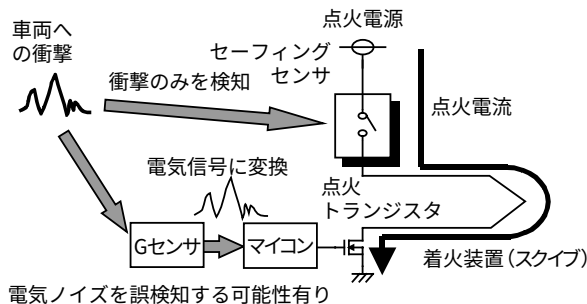


図-5 セーフィングシステムの役割
Fig.5 Role of the safing system

3.3 セーフィングシステムの変遷

エアバッグECUのセーフィングシステムとしては、図-6に示すように、従来（1993年～2003年）はスクイブ点火電流を通電可能なメカ式通電セーフィングシステムを採用していたが、今後の標準ECU、高機能ECUへの対応として、

小型化、ローコスト化、高機能化を実現するために、トリガセンサセーフィングシステム、フル電子セーフィングシステムを開発する必要がある。

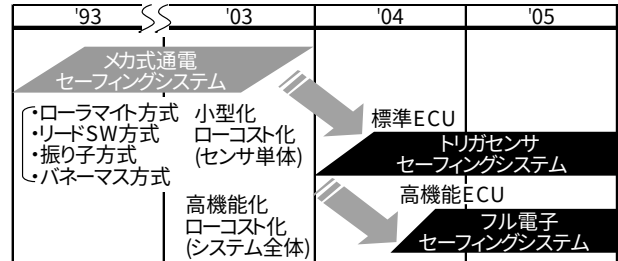


図-6 セーフィングシステムの変遷
Fig.6 Technological changes in the safing system

4

開発システムの狙い

上述のセーフィングシステム開発の狙いを次に示す。

1) トリガセンサセーフィングシステム [標準ECU(6ch)]

従来のスクイブ点火電流を通電可能なメカ式通電セーフィングシステムに対して、点火電流を流さず、衝撃検知のみの機能とすることで、センサの小型化・ローコスト化を図る。

2) フル電子セーフィングシステム [高機能ECU(14ch)]

電子式センサを採用することで、メカ式センサに比べ、衝撃検知分解能upによる衝突判別性能の向上を図り、かつ、衝撃検知方向の全方位化（前後／左右）を可能とすることでシステム全体の高機能化を図る。また、側突エアバッグシステムにおいて、図-7に示すように左右両側検知可能な電子式センサをエアバッグECUに配置することで、一方向しか検知出来ないメカ式センサに比べ、センサ個数を減らすことが可能となり、システム全体のローコスト化を図る。

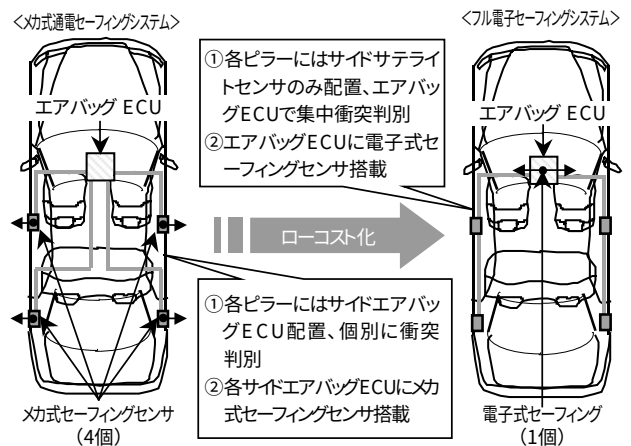


図-7 側突エアバッグシステム
Fig.7 Side impact air bag system

今回の開発の取り組みについて、次章より説明する

5

技術開発内容

5.1 エアバッグフェールセーフ設計思想

[ハード2重系の構成]

異なるデバイス間で冗長系を構成し、1次的な要因で誤作動（エアバッグ誤展開）しないようにする。

1次要因での誤作動を防止するため、衝突検出部、点火判定および点火駆動の全てが独立した回路により点火電流を遮断する設計としている。例を上げると、Gセンサが故障して、点火判定してしまうような出力を出していても、セーフイングセンサがオンしないと点火回路は作動しない設計となっている。

5.2 トリガセンサ セーフイングシステム技術

左記の設計思想を維持し、小型化・ローコスト化を実現したセーフイング技術を説明する。表-1に示すように従来と同等のフェールセーフ性能を保証するために、各回路段で、ハード的に2重化が守られた構成となっている。また、完全なメカセーフイングセンサから、メカと電子回路を組み合わせた構成になることで、耐ノイズ性が劣化するようなどころは、フィルタ回路によって、敏感にならない工夫が施されている。

個々の要素技術については次頁で説明する。

表-1 従来セーフイングシステムと2004年トリガセンサセーフイングシステムの構成比較
Table 1 Comparison with conventional safing system and 2004 trigger sensor safing system

	従来セーフイングシステム構成	2004年トリガセンサ セーフイングシステム構成												
1次的要因に対するフェールセーフ設計	<table border="1"> <thead> <tr> <th>フェールセーフ要求性能</th><th>従来設計</th><th>2004年モデル設計</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①1次故障で誤作動なきこと</td><td>メカ式セーフイングセンサと電子式Gセンサの点火判定系の両方がオン故障しないと誤作動しない。</td><td>従来と同様にハード2重系を構成。ただし、ASIC上で1チップにセーフイング信号系と点火信号系が混在するため、ASICレイアウト設計でロジック部の島分離で配慮している。また、さらにASICの上流にMOSFETを配置して、より誤作動防止を確実にする構成としている。</td></tr> <tr> <td>②マイコン暴走で誤作動なきこと</td><td>セーフイングセンサは、マイコン系統の回路と完全独立しているためマイコンが故障・暴走しても誤作動しない。</td><td>セーフイング判定系はASICにすべて内蔵しており、マイコン系統とは完全独立している。マイコンの暴走で誤作動しない。</td></tr> <tr> <td>③ノイズで誤作動なきこと（電波、静電気など）</td><td>電子回路が誤作動しても、点火電流経路に対して直列にメカ式セーフイングセンサをいれているため誤作動しない。</td><td>セーフイングセンサはメカ式でノイズ耐性は同等。ASICの判定回路は、フィルタ+多数回判定の設計で同等の耐ノイズ性能を確保。</td></tr> </tbody> </table>	フェールセーフ要求性能	従来設計	2004年モデル設計	①1次故障で誤作動なきこと	メカ式セーフイングセンサと電子式Gセンサの点火判定系の両方がオン故障しないと誤作動しない。	従来と同様にハード2重系を構成。ただし、ASIC上で1チップにセーフイング信号系と点火信号系が混在するため、ASICレイアウト設計でロジック部の島分離で配慮している。また、さらにASICの上流にMOSFETを配置して、より誤作動防止を確実にする構成としている。	②マイコン暴走で誤作動なきこと	セーフイングセンサは、マイコン系統の回路と完全独立しているためマイコンが故障・暴走しても誤作動しない。	セーフイング判定系はASICにすべて内蔵しており、マイコン系統とは完全独立している。マイコンの暴走で誤作動しない。	③ノイズで誤作動なきこと（電波、静電気など）	電子回路が誤作動しても、点火電流経路に対して直列にメカ式セーフイングセンサをいれているため誤作動しない。	セーフイングセンサはメカ式でノイズ耐性は同等。ASICの判定回路は、フィルタ+多数回判定の設計で同等の耐ノイズ性能を確保。	
フェールセーフ要求性能	従来設計	2004年モデル設計												
①1次故障で誤作動なきこと	メカ式セーフイングセンサと電子式Gセンサの点火判定系の両方がオン故障しないと誤作動しない。	従来と同様にハード2重系を構成。ただし、ASIC上で1チップにセーフイング信号系と点火信号系が混在するため、ASICレイアウト設計でロジック部の島分離で配慮している。また、さらにASICの上流にMOSFETを配置して、より誤作動防止を確実にする構成としている。												
②マイコン暴走で誤作動なきこと	セーフイングセンサは、マイコン系統の回路と完全独立しているためマイコンが故障・暴走しても誤作動しない。	セーフイング判定系はASICにすべて内蔵しており、マイコン系統とは完全独立している。マイコンの暴走で誤作動しない。												
③ノイズで誤作動なきこと（電波、静電気など）	電子回路が誤作動しても、点火電流経路に対して直列にメカ式セーフイングセンサをいれているため誤作動しない。	セーフイングセンサはメカ式でノイズ耐性は同等。ASICの判定回路は、フィルタ+多数回判定の設計で同等の耐ノイズ性能を確保。												
ECU基盤														

5.2.1 トリガセンサ

従来のスクイブ点火電流を通电可能なメカ式通电センサに対して、点火電流を流さず、衝撃検知のみの機能とするトリガセンサに変更することで、センサの小型化・ローコスト化を実現した。以下にその内容について説明する。

1) 衝撃検知方法

最初にメカ式センサの衝撃検知方法の原理について説明する。図-8に示すように、センサに衝撃が印加されるとバネにより始端に固定されているウェイトが終端側に移動する。そのウェイト移動にとまないと、ウェイトに固定された接点が端子と接触することにより、接点状態がオープン→クローズとなり衝撃を検知するという原理となっている。

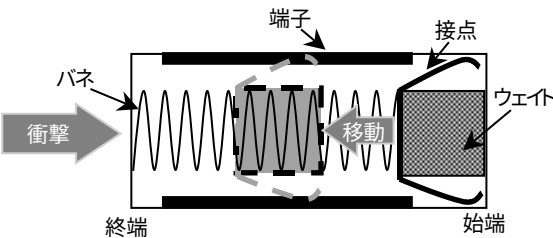


図-8 衝撃検知方法原理
Fig.8 Principle of impact detection

2) トリガセンサのメリット

スクイブ点火電流を流すメカ式通电センサの場合、スクイブに電流を流しエアバッグを展開させるためには、センサのON時間がメイン判定と重なる必要があるため、ウェイト移動ストロークが必要となり、その結果センサの全長を長くする必要がある。それに対しトリガセンサの場合は、外部回路によりON時間を保持するため、センサの全長を短くすることが可能となる。

3) トリガセンサの特徴

メカ式通电センサからの構造変更箇所を表-2に示す。

表-2 トリガセンサの構造変更箇所
Table 2 Points of structural change with trigger sensors

項 目	メカ式通电センサ	トリガセンサ
外 観	 [27×17×20(mm)]	 [16.4×16.2×14(mm)]
通电電流	14A	10mA
ウェイト保持方法	摺動軸＋外周保持	外周保持
ウェイト材料	金属＋メッキ[4.9g]	樹脂＋金属粉[1.5g]
接点固定方法	ウェイトを圧入かしめ	ウェイトを熱かしめ
ウェイト衝撃吸収ゴム	有り	廃止
接点圧	118mN	49mN

それぞれの構造変更に対する狙いを次に示す。

- ①ウェイト保持方法：摺動軸を廃止することで幅・高さ方向に対するサイズダウンを実施。
- ②ウェイト材料：金属→樹脂化することで部品単価を下げ、製品のコストダウンを実施。(金属粉は質量調整用)
- ③接点固定方法：圧入かしめ→熱かしめに変更することで製造工程の簡素化によるコストダウンを実施。
- ④ウェイト衝撃吸収ゴム：終端に配置されたウェイト衝撃吸収ゴムの廃止することで長さ方向に対するサイズダウンを実施。
- ⑤接点圧：接点圧を下げることで、小型化にともなうウェイト質量低下によるウェイト摺動性劣化を補う。

4) 構造変更にとまなう技術的課題

構造変更にとまなう技術的重点課題を次に示す。

【課題1：ウェイトの摺動性】

車両衝突時は、センサに対して前後・左右・上下の3方向から衝撃が印加されるが、摺動軸廃止による外周保持のみでは、ウェイトの摺動性が懸念される。

【課題2：接点のバウンス】

- ①ウェイト衝撃吸収ゴムの廃止にとまなうウェイトの終端衝突時の衝撃増加により、接点のバウンスが懸念される。
- ②接点圧の低下にとまなう接点と端子の接触時およびウェイトの終端衝突時の接点のバウンスが懸念される。

5) 技術的課題に対する方策

【方策1：樹脂材料の摺動グレード品採用】

ウェイト樹脂材料および外周ハウジング樹脂材料を摺動グレード品にすることでウェイトの摺動性の向上を図った。また、ベンチでの斜め加振試験および実車衝突試験による実機衝撃検知時間とシミュレーション衝撃検知時間の整合性検討により、摺動グレード品の効果検証を実施し、メカ式通电センサと同等レベルの摺動性を得ることができた。

【方策2：積分回路の採用】

センサ単体での接点バウンスの改善は、小型化・ローコスト化を実現するためには困難であり、センサ外部にフィルター回路を設定することで、接点バウンスの影響をなくす方策を取った。また、フィルター回路の影響で衝突時以外の衝撃で検知しないかを実車意地悪試験で検証することで、積分回路の採用が問題無い結果を得ることができた。

上記の方策により、小型化・ローコスト化を実現可能なトリガセンサを開発することができた。

5.2.2 トリガセンサ検出インターフェイス

1) インターフェイスの構成

トリガセンサのオンをフィルタ回路と、ASICに内蔵したオン検出回路で検知し、ある一定期間ラッチする構成となっている。

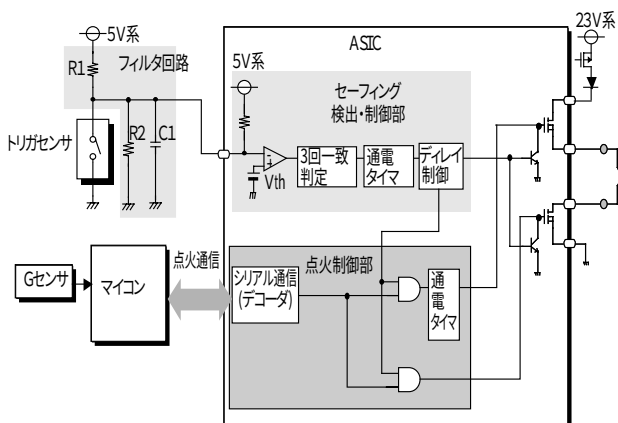


図-9 トリガセンサ検出インターフェイス構成

2) オン検出回路の耐ノイズ設計とラッチ機能

ASICのオン検出回路は、ノイズで誤動作しない設計配慮として3回サンプリングで連続一致判定しないと確定しない設計としている。

また、エアバッグ多段展開制御のような初段と2段目のディレー制御が可能になるように、セーフィング判定をある一定期間ラッチする機能を持っている。

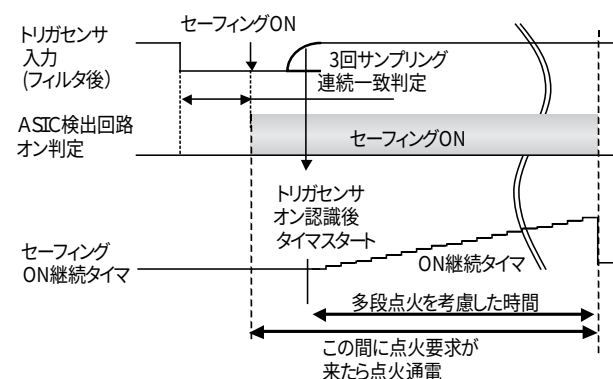


図-10 ASIC検出回路制御タイミングチャート
Fig.10 Control timing chart for ASIC detection circuit

3) フィルタ回路によるオンバウンス対策

前頁で述べたように、このトリガセンサは接点のバウンスが従来品より増加するため、バウンスが発生している間は、ASIC検出回路の3回サンプリング連続一致条件が成立しない可能性がある。この対策として、バウンスの間オンを保持できるようにフィルタ定数を設定している。(ON要件の考え方)

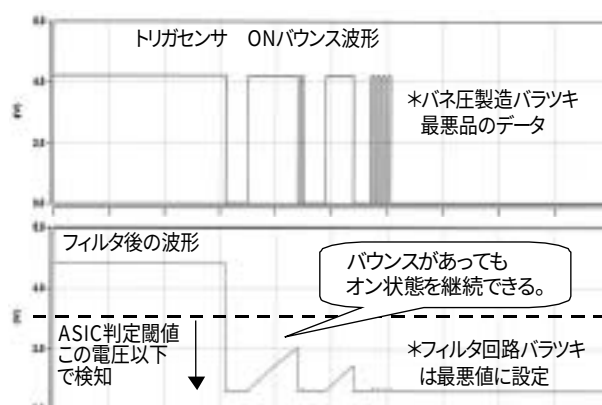


図-11 オンバウンスに対するフィルタ回路シミュレーション
Fig.11 Simulation result for filter circuit to ON bounce signal

4) フィルタ回路による耐ノイズ対策

オン遅れが発生しない配慮とともに、ノイズで誤動作しない配慮も必要な設計条件となっている。

OFF要件としてはECU内部に入ってくるノイズレベルを定量的に測定して、そのノイズが入ってもオン判定しないようなフィルタ回路の定数を設定し、3回サンプリング連続一致条件と合わせたノイズ対策を行なっている。(OFF要件の考え方)

以上のようにON, OFF両方の要件に対して成立するように設計されている。

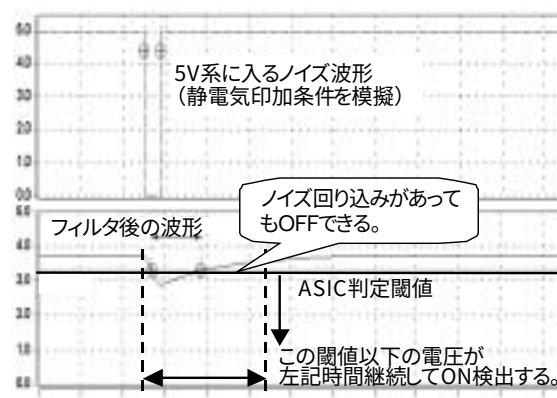


図-12 ノイズに対するフィルタ回路シミュレーション
Fig.12 Simulation result for filter circuit to electric noise signal

5.2.3 その他フェールセーフ設計について

1) ASICのチップレイアウト設計配慮

検出、判定までは点火系とセーフィング系が完全分離できているが、駆動のところで1チップになっていることから、チップレイアウト上、点火系ロジックの島とセーフィングロジックの島は分離する設計としている。

通常、CMOSロジック部のレイアウト設計は同じ領域に回路集約して自動配置配線で、面積効率ももっともよい設計になるようにしているが、この設計だとセーフィング系

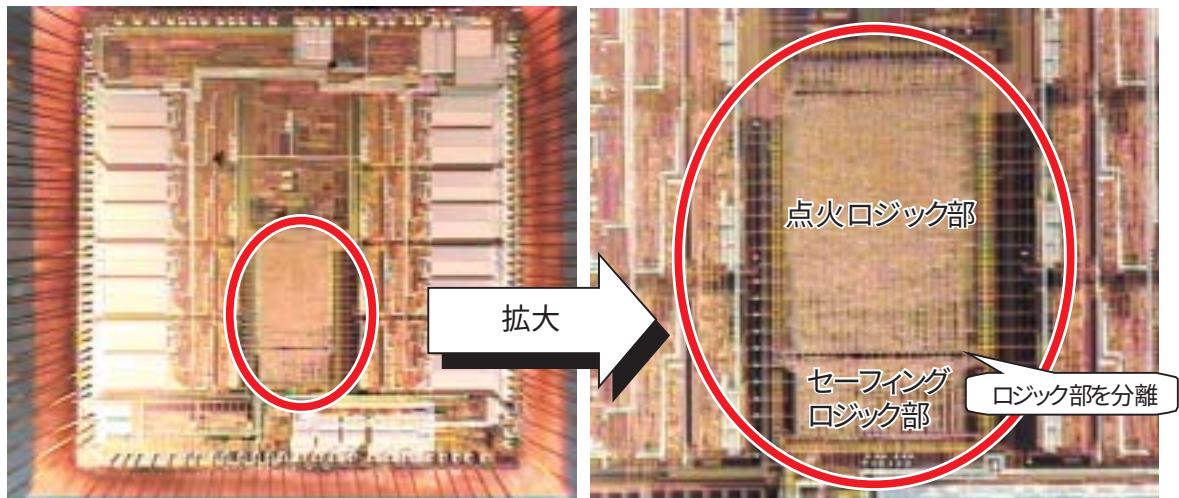


図-13 ASICロジック部の分離構成
Fig.13 Individual logic circuit layout in the ASIC

ラインと点火系ラインが交差するような箇所が多くできることから、一つの異物の付着によって、セーフィングと点火が両方オンする可能性がある。フェールセーフ性能を向上するためには、多少面積が大きくなっても、あえて2つの島に分けたレイアウト設計としている。

2) 点火上流MOSFETの配置

ASIC内部での故障にはレイアウト設計で配慮しているが、1チップである以上、完全に異なるデバイスで分離できているわけではないので、より冗長構成を確実にするためにASICの点火回路の上流にMOSFETを配置した。

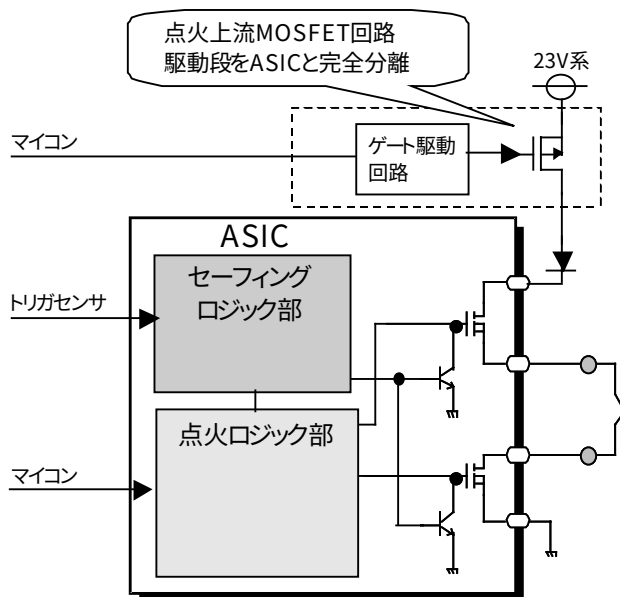


図-14 点火上流MOSFETの配置箇所
Fig.14 Location of the upstream MOSFET to fire squib

5.3 フル電子セーフィングシステム技術

5.3.1 2CPUシステムの考え方

1) システム構成について

高機能対応のためには、前後、左右の検出を可能にする必要がある。これを可能にするために電子式2軸Gセンサを用いた構成とした。Gセンサのアナログ出力を判定する演算やダイアグ機能は点火判定をしているマイコンとは別のサブマイコンを設定し、2CPU構成とした。(表-3)

2) マイコンの課題と2CPUの必要性

システムの冗長系を構成する上で、マイコンに対する考え方としては、ウォッチドッククロック監視や点火要求コマンドを出すまでのプロセスの多段階化をおこなって、マイコン暴走で簡単に点火モードにならない配慮をしている。

しかし、現状の技術レベルでは1つのマイコンで点火、

セーフィング判定処理を実施した場合、1次的な要因によるマイコン暴走で作動モードを確実に起こさないと断言できるまでの検証はできていない。したがって、品質を従来と同等レベル維持するためには2つのマイコンでの構成が必要となった。

3) 2CPU構成のフェールセーフ設計

5.1で述べた設計思想を守るために、以下のフェールセーフ設計を行っている。

①サブマイコンの判定にメインマイコンが関与できない構成になっていること。

サブマイコンとメインマイコンの間で故障診断結果だけをやりとりする通信を行っているが、この通信制御によってサブマイコンの判定処理へ影響を及ぼすような設定になっていると独立性がないので、メインマイコンからサブマ

表-3 2004年トリガセンサセーフィングシステムとフル電子セーフィングシステムの構成比較
Table 3 Comparison with 2004 trigger sensor safing system and fully electronic safing system

	2004年トリガセンサ セーフィングシステム構成	2004年フル電子セーフィングシステム構成												
ハード2重系構成														
1次的要因に対するフェールセーフ設計	<table border="1"> <thead> <tr> <th>フェールセーフ要求性能</th><th>2004年トリガセンサセーフィング設計</th><th>2004年フル電子セーフィング設計</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①1次故障で誤作動なきこと</td><td>従来と同様にハード2重系を構成。ただし、ASIC上で1チップにセーフィング信号系と点火信号系が混在するため、ASICレイアウト設計でロジック部の島分離で配慮している。また、ASICの上流にMOSFETを配置。</td><td>従来と同様にハード2重系を構成。2CPU構成にすることで点火判定→メインマイコン、セーフィング判定→サブマイコンに分離した。その他ASIC、上流MOSFETは左記と同じ構成。</td></tr> <tr> <td>②マイコン暴走で誤作動なきこと</td><td>セーフィング判定系はASICにすべて内蔵しており、マイコン系統とは完全独立している。マイコンの暴走で誤作動しない。</td><td>セーフィング判定系はサブマイコンで構成しており点火判定系のメインマイコン系統とは完全独立している。1次要因的なマイコンの暴走で誤作動しない。</td></tr> <tr> <td>③ノイズで誤作動なきこと (電波、静電気など)</td><td>従来と同様にセーフィングセンサはメカ式でノイズ耐性は同等。ASICの判定回路は、フィルタ+多数回判定の設計で同等の耐ノイズ性能を確保。</td><td>セーフィングGセンサ、点火判定Gセンサ両方とも電子式だがGセンサの改善(静電容量方式による低ゲイン化、センサ素子+処理回路1チップ化)で飛躍的に耐ノイズ性能向上させたことで機械式からの置き換えを可能とした。(限界ノイズ試験で立証)</td></tr> </tbody> </table>	フェールセーフ要求性能	2004年トリガセンサセーフィング設計	2004年フル電子セーフィング設計	①1次故障で誤作動なきこと	従来と同様にハード2重系を構成。ただし、ASIC上で1チップにセーフィング信号系と点火信号系が混在するため、ASICレイアウト設計でロジック部の島分離で配慮している。また、ASICの上流にMOSFETを配置。	従来と同様にハード2重系を構成。2CPU構成にすることで点火判定→メインマイコン、セーフィング判定→サブマイコンに分離した。その他ASIC、上流MOSFETは左記と同じ構成。	②マイコン暴走で誤作動なきこと	セーフィング判定系はASICにすべて内蔵しており、マイコン系統とは完全独立している。マイコンの暴走で誤作動しない。	セーフィング判定系はサブマイコンで構成しており点火判定系のメインマイコン系統とは完全独立している。1次要因的なマイコンの暴走で誤作動しない。	③ノイズで誤作動なきこと (電波、静電気など)	従来と同様にセーフィングセンサはメカ式でノイズ耐性は同等。ASICの判定回路は、フィルタ+多数回判定の設計で同等の耐ノイズ性能を確保。	セーフィングGセンサ、点火判定Gセンサ両方とも電子式だがGセンサの改善(静電容量方式による低ゲイン化、センサ素子+処理回路1チップ化)で飛躍的に耐ノイズ性能向上させたことで機械式からの置き換えを可能とした。(限界ノイズ試験で立証)	
フェールセーフ要求性能	2004年トリガセンサセーフィング設計	2004年フル電子セーフィング設計												
①1次故障で誤作動なきこと	従来と同様にハード2重系を構成。ただし、ASIC上で1チップにセーフィング信号系と点火信号系が混在するため、ASICレイアウト設計でロジック部の島分離で配慮している。また、ASICの上流にMOSFETを配置。	従来と同様にハード2重系を構成。2CPU構成にすることで点火判定→メインマイコン、セーフィング判定→サブマイコンに分離した。その他ASIC、上流MOSFETは左記と同じ構成。												
②マイコン暴走で誤作動なきこと	セーフィング判定系はASICにすべて内蔵しており、マイコン系統とは完全独立している。マイコンの暴走で誤作動しない。	セーフィング判定系はサブマイコンで構成しており点火判定系のメインマイコン系統とは完全独立している。1次要因的なマイコンの暴走で誤作動しない。												
③ノイズで誤作動なきこと (電波、静電気など)	従来と同様にセーフィングセンサはメカ式でノイズ耐性は同等。ASICの判定回路は、フィルタ+多数回判定の設計で同等の耐ノイズ性能を確保。	セーフィングGセンサ、点火判定Gセンサ両方とも電子式だがGセンサの改善(静電容量方式による低ゲイン化、センサ素子+処理回路1チップ化)で飛躍的に耐ノイズ性能向上させたことで機械式からの置き換えを可能とした。(限界ノイズ試験で立証)												
ECU基板														

アイコンの判定処理を操作できるような仕様はない。さらに故障モード下でもこのような影響が起らないことを検証するためFTA, FMEAを徹底的に実施し、判定処理への影響の潰しこみを実施した。

②サブマイコン系で発生する故障は、すべてサブマイコンで自己診断可能であること。

サブマイコン系での故障の診断をメインマイコン側に頼っていると、仮にメインマイコンが暴走して、サブマイコンの故障を検出できない状態を想定すると、セーフィングON故障がわからないまま、メインマイコンの1次要因的な暴走で、誤作動に至る可能性がある。これを回避するためにサブマイコンの故障診断は、必ず自己完結している必要がある。自分が故障しているときは自分で検出して、自分で判定禁止処理ができるフェールセーフ設計を施している。

5.3.2 サブマイコン系の構成について

1) システム構成

サブマイコン系の構成は、入力系としてセーフィング用の2軸Gセンサ（X軸、Y軸）があり、サブマイコン内では、Gセンサ出力をA/D変換、0G補正処理、フィルタ処理をしたデータで閾値比較し、セーフィング判定を行なっている。（図-15）

セーフィング判定したときの出力は、シリアル通信によって、セーフィングONすべきchの指定情報を載せてセーフィングONコマンドとしてASICへ送信する。

ASICはその信号を受信して、ASIC内のセーフィングロジックをオンさせることになる。

サブマイコンとメインマイコンとの間では、サブマイコンのダイアグ結果をメインマイコンへ通知することと、サブからウォッチドッククロックをメインへ送信して、これを監視しサブマイコンの暴走検知を行なっている。

2) セーフィングON制御方法

トリガセンサシステムと同様にエアバッグ多段展開を考えたラッチ制御対応ができるように配慮されている。



図-16 フル電子セーフィング制御タイミングチャート
Fig.16 Control timing chart for fully electronic safing system

5.3.3 システム拡張性能について

セーフィング通信も点火通信と同じ、シリアル通信にすることによって、ch指定の自由度が上がり最大20chまでの指定が可能になる。シリアルラインをパラレルに接続して拡張ASICを2個まで増設可能な設計となっている。04年モデルECUの設計は、拡張ASIC1個の構成であるため14chのエアバッグ制御までとなっているが、要求があれば比較的容易にch増加の対応はできるようになっている。

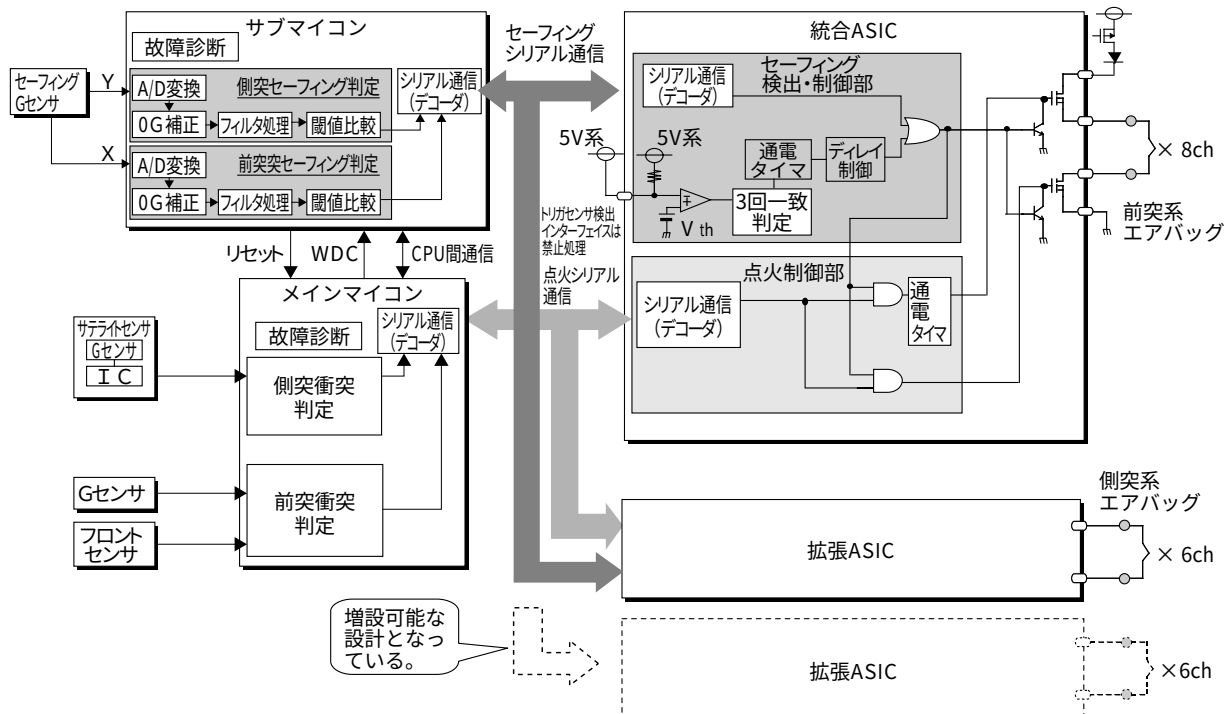


図-15 2CPUシステム構成図
Fig.15 Dual CPU system diagram

6 今後のセーフィングシステム開発について

今後の開発の流れとしては、図-17のように高機能システムのセーフィング構成は、フレキシビリティが高い今回開発したフル電子セーフィングシステムを基本プラットフォームとして高機能対応していくことになる。その後、セーフィング判定のアルゴリズムが固まってしまうと、フレキシビリティが低くなっても、ロジックをスリム化してASICへ内蔵化することでコストダウンし、標準展開をしていくことになると予測する。

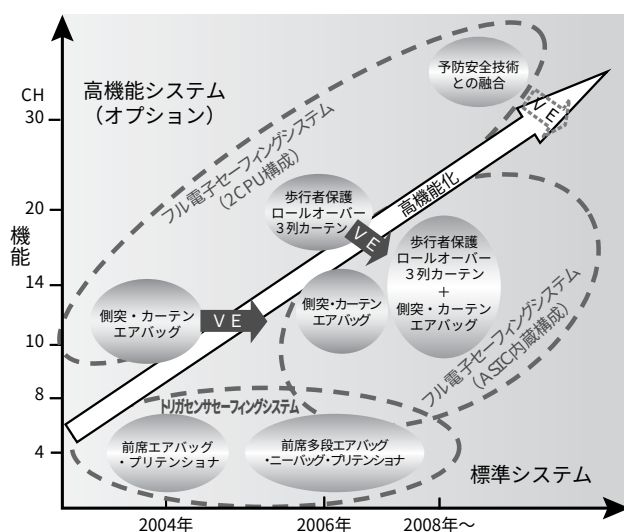


図-17 安全システムおよび電子セーフィングシステム推移
Fig.17 Trends in safety systems and electronic safing systems

7 おわりに

今回の開発では、ローコスト化だけでなく、信頼性を維持しつつ、次の高機能対応を考慮したシステム開発をおこなうことができた。

今後は、安全システムのさらなる向上を目指して、歩行者保護や、予防安全の技術を融合させたシステム開発を進めていきたい。

最後に、本稿の開発に、ご協力とご指導頂いた関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

筆者紹介



小牧 弘之
(こまき ひろゆき)

1993年入社。以来、エアバッグECUハード開発に従事。現在、事業本部 ITS安全システム事業部 第二技術部に在籍。



小西 博之
(こにし ひろゆき)

1980年入社。以来、自動車用電子機器の開発に従事。現在、事業本部 ITS安全システム事業部 第二技術部チームリーダー。



黒田 修作
(くろだ しゅうさく)

1993年入社。以来、自動車用電子機器の開発に従事。現在、事業本部 ITS安全システム事業部 第二技術部に在籍。



若本 昌孝
(わかもと まさたか)

1986年入社。以来、自動車用電子機器の開発に従事。現在、事業本部 ITS安全システム事業部 第二技術部チームリーダー。



新阜 歳也
(におか としなり)

1986年入社。以来、ハイブリッドICの開発、実装技術開発を経て、1995年よりエアバッグECUハード開発に従事。現在、事業本部 ITS安全システム事業部 第二技術部に在籍。