

車両盗難防止用侵入検知センサの開発

Development of intrusion detection sensor for Vehicle Anti-theft Systems

堀 芳二郎 *Yoshijiro Hori*
佐々木 義弘 *Yoshihiro Sasaki*
宮松 勲 *Isao Miyamatsu*
矢倉 信次 *Shinji Yakura*



要 旨

欧州、北米等の諸外国では、車両盗難防止装置（セキュリティ・システム）の需要が高く、特に欧州では、セキュリティ・システム装着車の車両保険への特約措置を設けている。この特約措置を受ける為に満足すべき要件も制定されており、英国ではバッテリー内蔵の警報用サイレンや車室内への侵入を検知するための侵入センサを装着することが必須となっている。

当社でも、この要件を満足すべく、各製品の開発を行い、欧州においては保険認証取得システムとして市場導入を行っている。

本稿では、当社が採用している電波式の侵入センサ（レーダセンサ）の開発における車両適合と製品保証の技術について述べる。

Abstract

The demand for automobile security devices is high throughout Europe and North America, among other regions. Automobile insurers, especially in Europe, offer more favorable policies for vehicles equipped with a security device. To qualify, vehicle owners must meet insurers' specific requirements, by, for example in UK, installing a warning siren with built-in batteries and an intrusion detector in the vehicle.

Fujitsu Ten has developed a security device that satisfies these requirements. In Europe, we market the device as an insurer-certified system.

This thesis describes the application of the radio wave-type intrusion sensor (radar sensor that we adopt) to the system, and reviews the guarantee for this product.

1. はじめに

欧米諸国では、車両盗難件数が多く車両盗難防止装置（以降セキュリティ・システムと呼ぶ。）の需要が高い。セキュリティ・システムとは、泥棒が車両または、オーディオ等の車両装備部品や、車室内の物品の盗難を企てようとした時に、その盗難を検知し、警報を発して周囲に異常が発生していることを知らせ、盗難を防止しようとする装置である。特に欧州では、東西ドイツの統一（1990年）や、ソ連崩壊（1991年）といった社会情勢を背景として、自動車の盗難が急増した。欧州主要国の自動車盗難統計では、1990年の約60万台に対して、1993年には約90万台に増加している。このため欧州保険会社は盗難車両への保険金支払い増大に苦慮し、その対策として、1991年頃から各国政府や自動車会社に対し盗難防止性の強化を働きかけ、保険認証不適合車への保険金支払い減額や、適合車への車両保険料の割引等の措置をとるようになった。各国の保険組合で保険要件は異なるが、英国では保険料の割引対象となるため、特にセキュリティの装着率が高い。

当社は、欧州向けセキュリティ・システムのオプション装着品（ユーザーの希望により、ディーラーやポートで組付けられるシステム）を1990年より製品化している。製品化当初は、ECUがドアスイッチ等の開閉を検出して、車両ホーンを吹鳴させたり、ハザードを点滅させるといった単純なシステムであったが、盗難技術の高度化に伴い、1992年より、警報専用のセルフパワーサイレン（バッテリー内蔵型サイレン）車室内への違法な侵入を検出する、侵入センサを用いたシステムに移行している。そして、装着率の高い英国では、ライン装着品（自動車組付けラインで装着されるシステム）の要望が高まり、1997年よりその開発に着手、1998年に製品化した。

本稿では、この英国向けライン装着品の構成部品の一つである侵入センサの開発における車両適合と性能保証の技術を中心に報告を行う。

2. 侵入センサの要件と特徴

2.1 英国保険認証要件

英国の保険認証においては、温度試験等の耐環境性能に対する試験と実際に車両に搭載した状態でセンサの性能を試験するアタックテストと呼ばれる2種類の試験要件が必要とされる。

表-1にアタックテストの試験要件を示す。

表-1 英国保険認証要件（車両で行うアタックテスト）

要件	項 目	想定項目
検知要件	各座席上の基準物体を窓から取る。 イグニッションスイッチの周りで手を動かす。	車室内の物品窃盗、車両の盗難
誤検知防止要件	1m角のアルミ板を各窓に近づける。 車両の周辺を歩く。 車両に寄り掛る。	トラック等の接近 路上駐車時の環境

試験要件は、検知要件と誤検知防止要件に分類される。検知要件は車室内の物品盗難及び車両自体の盗難を、誤検知防止要件は実際に車両を駐車した場合に想定される誤動作のトリガーとなる要件を模擬している。

2.2 侵入センサの検知技術と特徴

車室内へ盗難者が侵入したことを検知するセンサは、電波式と超音波式の2種類が知られている。当社は、車室内における意匠面への影響を無くし、インパネやコンソール内部へも装着可能な、電波式であるレーダセンサを採用している。また、電波式の場合は金属物以外は透過するため、車室内に不感帯が出来にくいという特徴も備えている。表-2に電波式と超音波式の比較を示す。

表-2 電波式と超音波式の比較

項目	電波式	超音波方式
使用媒体	2.45GHzのマイクロ波	数十～数百kHzの超音波
意匠への影響	・電波は樹脂等を透過 ・インパネ内に設定可能 ・意匠への影響小	・超音波は樹脂でも反射 ・マイクの開口部が必要 ・意匠への影響大
検知範囲	・距離・角度で限定される。 ・金属物以外では、不感帯ができにくい。	・反射を利用して比較的広い範囲をカバーできる。 ・物体（シート等）の影響で、不感帯ができやすい。
誤動作	・車室外の物体でも、誤動作の可能性有り。	・窓の開閉状態で、車室外の物体の影響が変わる。

3. 開発経過

3.1 レーダセンサの動作原理

3.1.1 検出原理

マイクロ波を照射している範囲に移動物体が侵入した時、物体からの反射波と発振源の位相差が変化する。この位相差の変化を検出して、侵入検知信号として制御を行う。

レーダセンサのシステム構成を図-1に示す。受信部、送信部、位相差検出部、発振部からなるRFブロックから出力される信号を、フィルタ回路を含む低周波増幅部で増幅し、検波部で一定レベル以上の信号が発生した場合に侵入ありとして検出する。

3.2 オプション装着品とライン装着品の特徴

当社は、オプション装着用システムのレーダセンサ

の開発から始まり、ライン装着用システムのレーダセンサの開発を行ってきた。この2つのシステムに対するレーダセンサの特徴を表-3に示す。

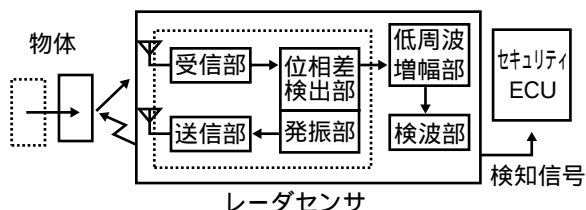


図-1 レーダセンサのシステム構成
Fig.1 System structure of Radar Sensor

表-3 オプション装着品とライン装着品の比較

項目	オプション装着品	ライン装着品
搭載要件	後付けが前提。車両の意匠設計が終了してから、搭載場所を決定することが多い。搭載位置も後付けし易い場所となる。	標準装着が前提。意匠設計時に搭載場所を設定。自動車メーカーの工場装着となる。
具体的な搭載場所	インパネ内部、センターコンソール内部	車両のほぼ中心ライン上で、極力意匠に影響を与えない場所ルームランプ位置、マップランプ位置、インパネ内部、センターコンソール内部
感度調整	1製品で他車種対応となるため、ポートやディーラーで製品装着時に個別に感度調整を行う。	車種限定となるため、感度設定を当社の工場出荷時に行える。

3.3 搭載位置の検討

レーダセンサの搭載位置としては、保険認証要件を満足するために、できるだけ車室内を均等にカバーできる位置に搭載されることが望ましい。

オプション装着システムでは、後付けとなるため、取付けし易くハーネスの配線が可能な位置であることが必要であるためセンターコンソール内やインパネ内部に搭載されている。しかし、今回開発を行ったライン装着システムでは、意匠設計時から開発を行えたことと、標準装着が前提のため車両の天井裏でもハーネスが配線されることより、車室内のほぼ中心に配置される、ルームランプと一体搭載することが出来た。

しかし、ルームランプと一体搭載に至るまでに、サンルーフ装着車両と非装着車両でルームランプの搭載位置が変わるため、必要とされる検知エリアをカバー出来ない等の問題も発生した。サンルーフ装着車両の場合、サンルーフが装着される分だけ、非装着車両と比較してセンサが車両の後方に装着される。また、サンルーフがスライドするスペースを確保する為、車両の天井が若干さがり、センサのビームが車両の前方方向に届きにくくな

るため、車両の前席の検知能力が低下する。図-2に実際のセンサの搭載位置と検知エリアを示す。図を見て分かるように車両の前席をほとんど検知できていない。また、センサが後部座席窓のほぼ中心に位置するため、後部座席の窓の外側での誤動作が起こり易い。

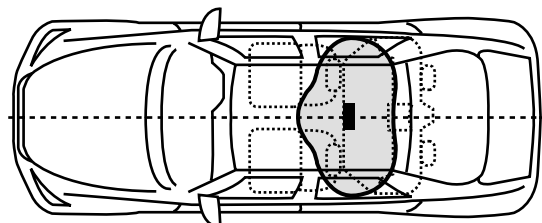


図-2 サンルーフ車両の検知エリア
Fig.2 Intrusion detection coverage of vehicle with sunroof

3.4 検知エリアの改善

前述したレーダセンサの検知エリアを改善するため、センサの外部に金属の反射板（以降リフレクタと呼ぶ。）を設定して、指向性の変更を行った。図-3にリフレクタの形状を示す。基本的には、車両後ろ側及び両サイドへの電波の漏れを少なくする。また、車両前方向へは、指向性を伸ばすことを目的としている。リフレクタの形状は、レーダセンサ本体の後方・両サイドに壁を作り、前方向を開放した箱型形状としている。

このようにして、検知エリアの改善を行うことにより図-4のようなエリアの形成を行い、前席側の検知を可能とした。図-5がレーダセンサの外観である。



図-3 リフレクタ形状
Fig.3 Shape of reflector

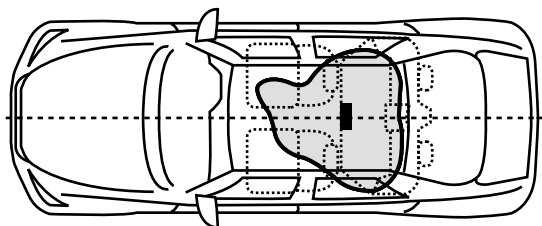


図-4 補正後の検知エリア
Fig.4 Intrusion detection coverage after corrected by reflector

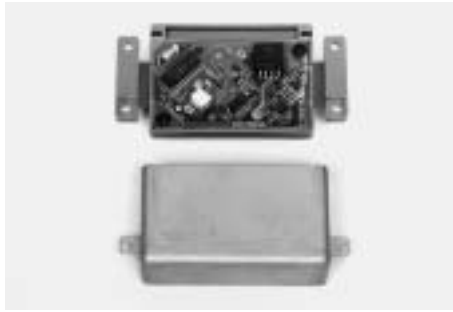


図-5 レーダセンサ（外観写真）
Fig.5 Radar Sensor(Outside view)

3.5 誤検知防止信号処理

誤検知防止性能の向上を図るため、レーダセンサの出力波形の違いに着目した。図-6が実際の出力波形である。波形を見てわかる通り、車室外の誤検知防止要件を実施した場合は比較きれいなサイン波形を出力するが、車室内で物を取去るような行為をした場合は、出力波形は急激に変化する乱れた波形となる。これは、車室内が金属の箱状体であるために、反射により車室内の電界強度分布が乱れているからと考えられる。この2つの波形の周波数成分を調べてみると両方ともに4 Hz 付近の成分が主体である。しかし、車室内の行為の場合、高調波成分を多く含んでいることが分かり、同一周波数でも高調波成分を多く含んでいる信号を強調することで、車室内と車室外の区別を容易にすることができた。レーダセンサのブロック図を図-1に示したが、この内の低周波増幅部を利用した。この増幅回路はフィルタ回路も含んでおり、高調波成分がない場合は、きれいなバンドパスフィルタの特性を示すが、矩形波のような高調波成分を含む信号が入力されると、過渡応答を示し特定周波数の信号が強調される。この特性を利用して、車室内の行為を検出し易くするために、フィルタの通過帯域下限を高調波成分が通過するように4 Hz に設定している。（図-7）

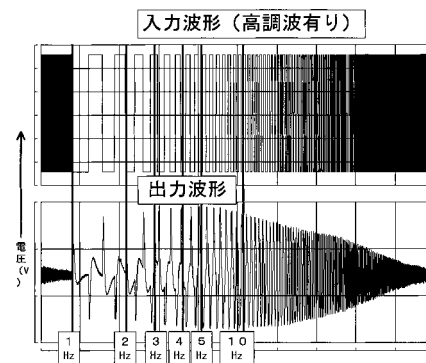
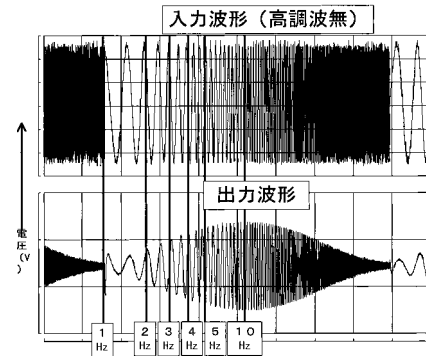


図-7 フィルタ特性
Fig.7 Filter characteristic

4. 性能保証の考え方と調整方法の開発

4.1 性能保証の課題

レーダセンサの出力特性は、ほぼ相似形であるが、若干のばらつきを含んでいる。図-8に $n=3$ のレーダセンサの出力特性を示す。このグラフは、レーダセンサの中心位置から、角度をずらした方向において、センサから一定距離の位置でターゲットを動かした時のレーダセンサの出力特性である。レーダセンサの感度調整を行う場合、全方位における出力特性を測定することは不可能なので、補正のために着目するポイントの選定が必要である。

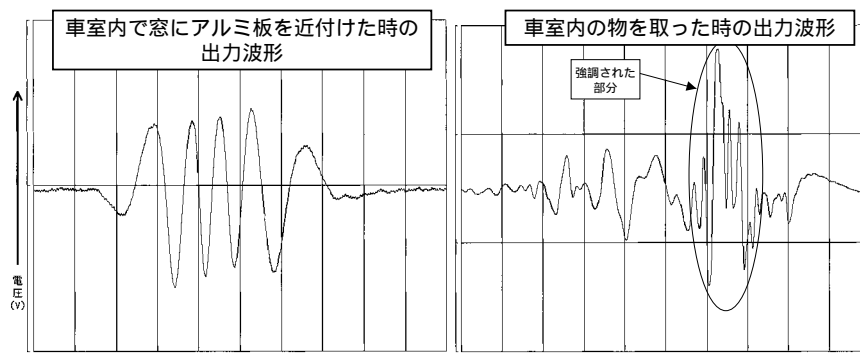


図-6 センサの出力波形
Fig.6 Output wave shape of radar sensor

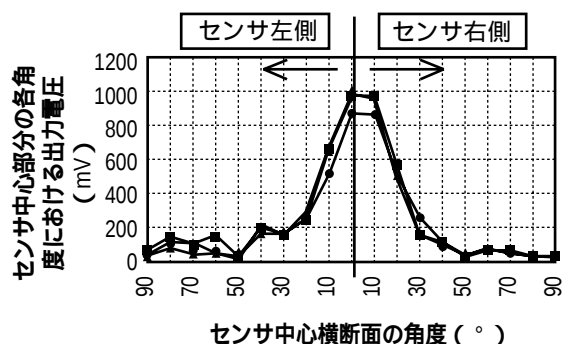


図-8 センサ中心断面の各角度における出力特性
Fig-8 Output characteristic of radar sensor crossing side or each angle

4. 2 感度調整方法

セキュリティシステムは、盗難時に警報を行うシステムである。このため、誤動作が起こった場合は、何事もないのに、警報を発生することとなる。従って、ユーザーは、この誤動作を非常に問題視する。このため、調整を行うポイントとして最も誤動作の起こりやすいポイントに着目することとした。

検討手順は以下の通りである。

- 車室外で誤動作しやすいポイントを特定
- 選定したポイントの電波への伝播経路の確認
- 工程内での補正方法検討
- 検査設備での測定及び検知要件・誤動作防止要件との相関確認

車室外で誤動作しやすいポイントを特定

認証要件を実施した場合に、検知要件と誤検知防止要件の中で、レーダセンサが出力する電圧レベルが最も近いレベルとなる要件を抜粋した出力分布を図-9に示す。出力分布において、最も余裕のない項目が助手席（以降P席と呼ぶ）で物を取る行為と後部座席左席（以降RrL席と呼ぶ）部分にある窓へ車両外側から寄り掛る行為である。まず、このRrL席窓への寄り掛りに着目することとし、最終的に検知要件で最も余裕の無いP席における物を取る行為についての確認を行うこととした。

選定したポイントへの電波の伝播経路の確認

電波の伝播経路を確認するために、車両内部の金属部分を順番に電波吸収材で隠していく。この状態でRrL席窓への寄り掛りを実施して、最も出力電圧が低下する部分を伝播経路として特定した。実際には、車両のアンダーボデーで反射した電波が、反射しRrL席窓に至る経路が最も影響していた。（図-10）

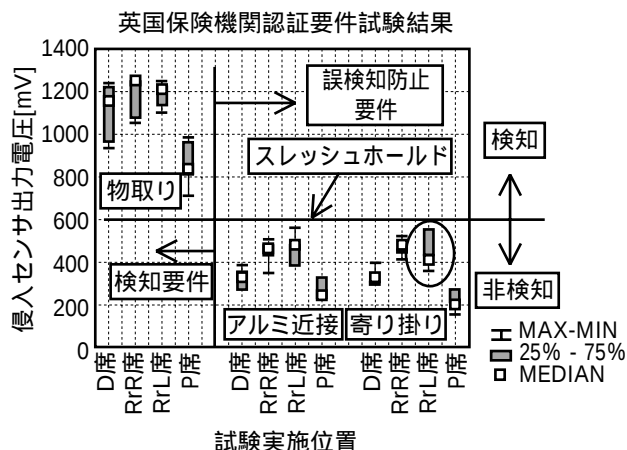


図-9 各要件を実施した場合の出力分布
Fig.9 Distribution of output when tested by regulation requirements

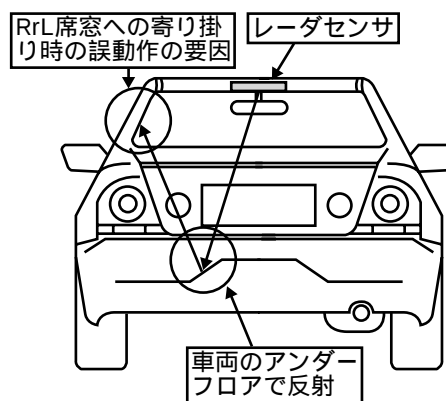


図-10 RrL席への電波の伝播経路
Fig.10 Propagation path of radio wave to left of rear seat

工程内での補正方法検討

補正方法としては、センサからRrL席への反射角度と同じになる位置にダイポールアンテナを設置して、アンテナから一定レベルの干渉波を出力する。この時に発生した出力電圧のレベルに応じてセンサのスレッシュホールド電圧を調整する方法を取っている。この方法を取るに当たり、実車で大まかに特定した伝播経路付近で、ダイポールアンテナの角度・位置を細かく変化させてセンサの個体特性を測定したデータと、実車でRrL席窓への寄り掛りを実施した時のデータの相関を調べ、最も相関の高い位置にアンテナを設定している。また、このデータと検知要件で最も余裕のない、P席の物を取去る行為に関しても相関を取り、同等の相関が取れることも確認し、補正に関して問題ないことも確認を行った。

検査設備での測定及び実車との相関確認

最終的に、検査設備内部にダイポールアンテナを設定し、検査を実施した製品を用いて実車確認を行い、相関に問題のないことを確認した。

5 まとめ

以上の開発の成果として、英国保険協会審査をクリアし、トヨタ自動車殿向けライン装着システムとして初の認証取得システムとなった。

また、開発を進めていく上で、

指向性変更

フィルタマッチング

補正要因の決定

という、レーダセンサの車両適合手順を確立できた。

今後の展開として、欧州における車両盗難の増加に伴い普及が進んできた侵入センサであるが、現在、米国はもちろんアジア市場のセキュリティ・システムにおいても導入が進んでおり、今後もこの傾向が続くものと考えられる。また、セキュリティシステムの発展形として、車両が盗難にあった場合に車両位置を検出し追跡を行うトラッキングシステムの導入も進んでいる。この、トラッキングシステムにおいても、セキュリティシステムが重要な役割を果たしていくであろう。

このような環境の中で、今後は、より検知性・耐誤動作性に優れた製品が望まれてくるものと考えられる。

筆者紹介

堀 芳二郎(ほり よしじろう)



1979年入社。以来クルーズコントロール、エンジン制御等の自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部代三技術部次長。

佐々木 義弘(ささき よしひろ)



1987年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部第三技術部第31技術課に在籍。

宮松 勲(みやまつ いさお)



1990年より、自動車用電子機器の開発に従事。現在モータロニクス本部第三技術部第31技術課に在籍。

矢倉 信次(やくら しんじ)



1993年入社。以来車両制御システムの設計支援ツールの開発及び車両制御システムの評価に従事。現在モータロニクス本部システム技術部制御実験課に在籍。

6 . おわりに

車両盗難防止装置は、海外、特に欧州、北米では注目度が高い。その中でも、侵入センサは、方式はさまざまであるが各国で導入されている。当社は、車両の意匠に影響を与えずに搭載できて、車室内に不感体のできにくい電波式を採用しているが、今後もこの特性を生かして、完成度を高める事が、まず第一と考えている。また、その過程において侵入センサに関するノウハウを蓄積し、他方式(新しい方式も含む。)への展開も含めて、今後のシステム普及に結びつけていきたい。

最後に、本製品を製品化するにあたり、ご指導いただいたトヨタ自動車株式会社第1電子技術部第12電子室の西脇様、同電子実験室の鳥山様に深く感謝の意を表します。