

車載用シートモジュールの開発

Development of Seat Module for Automobiles

塩崎 広知* Hiroto Shiozaki	矢原 昭人*2 Akihito Yahara	土井 俊和*3 Toshikazu Doi	本村 茂樹*2 Shigeki Motomura
佐々木 敦*2 Atsushi Sasaki	西沢 博*2 Hiroshi Nishizawa	川添 順弘*2 Toshihiro Kawazoe	松岡 孝幸*4 Takayuki Matsuoka
原 昇司* Syoji Hara	板橋 茂樹* Shigeki Itabashi	一井 英司* Eiji Ichii	川合 智司*5 Satoshi Kawai

概 要 2002年8月量産開始のトヨタ自動車(株)ランドクルーザーマイナーチェンジに向けシートモジュールの開発を進めてきた。

シートモジュールとは運転席ポジションの記憶再生を行うメモリ機能を有する電子ユニットを中心に、周辺部品の統合をすすめたものである。

本開発品では、コストダウン、組付け性向上、軽量化を狙い、電子ユニット、ワイヤーハーネス、ユニットケース、固定ブラケットを統合した形態をとる。また特徴のひとつとして世界初の技術となる車両ボデー系制御に赤外線通信を採用したことが挙げられる。今回は、その赤外線通信システムの開発を中心に報告する。

1. はじめに

モジュール生産方式は製造コストの削減に有効な製造方式として1980年代より欧米の自動車メーカー各社が導入を試みてきた方式である。構成モジュール(例としてドア、ルーフ、インパネ等がある。)ごとに、各々部品組立てを行った後に、メインの車両組付けラインでモジュールどうしを組み立てて完成させるというものである。近年国内でも導入例が増えてきている¹⁾。

一方で、IT化やエレクトロニクス化のため、車両に搭載する機器やシステムは増加の一途をたどっている。それに伴い各機器に電気を供給するワイヤーハーネス(以下W/H)も増え、車両重量の増加をまねいている²⁾。車内の限られたスペースに搭載する機器が増え、その隙間を縫うようにW/Hが配索されているため、搭載設計もますます困難なものになっている。車両組立て時にも肥大化したW/Hは重く曲げにくく扱いづらくなり、組付け難いといった問題が発生する。そのためW/H省線化に対するニーズが高まっている。

以上のような背景を受けて、トヨタ自動車(株)ランドクルーザーのマイナーチェンジに向けシートモジュールの開発をすす

めた。本開発品ではW/H削減手段として電子ユニット基板でのジョイント回路吸収、基板コネクタ化によるワイヤーどうしの接続削減、赤外線通信による省線化を実現した。量産車両におけるボデー系制御の通信手段に無線技術である赤外線通信を用いた世界で初めての実施例となる。

2. シートモジュール概要

2.1 現状の課題

シートポジションの調整を電動で行うパワーシートのシートアジャスターは狭いスペースにモーターやリンク部品等の構造物が多く存在する。メモリシートでは、シートポジションを記憶再生するためのシートECUと呼ばれる電子ユニットが更に必要となる。従来、W/H、シートECU、ブラケット等は別部品となっており組付け時に工数を要した。中でも回路数が増加し曲げにくくなったW/Hの組付けは、難作業のひとつに挙げられ作業性の改善が切望されていた。シートアジャスター渡り部と呼ばれる、アジャスターレール内側からシートSWのある外側へW/H経路が跨る部位は、シートポジションの上下移動に伴いアジャスター部品の間にW/Hが挟まれることがあった部位であり、品質上、回路設計に十分な配慮が必要な箇所となっている。図1に従来のシートアジャスターの外観を示す。

2.2 開発の狙い

シートモジュール開発の狙いを次に示す。

1) 生産性向上・・・作業性を向上させることで、シートアジャスターへの組付け工数を削減

* 研究開発本部 自動車電装技術研究所

*2 自動車部品事業部 開発推進部

*3 自動車部品事業部 トヨタ技術部

*4 設備部 計画第三部

*5 自動車部品事業部 電装部品生産技術開発部

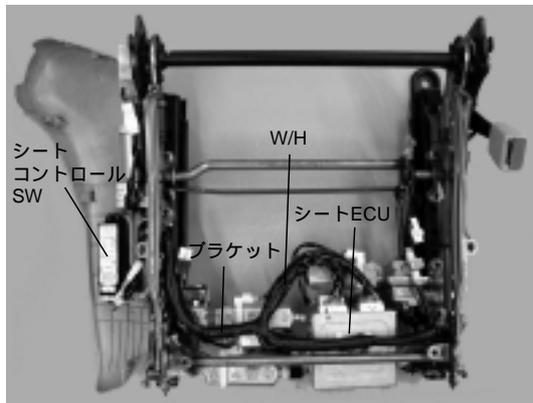


図1 従来のシートアジャスター外観
Appearance of seat adjuster assembly at present

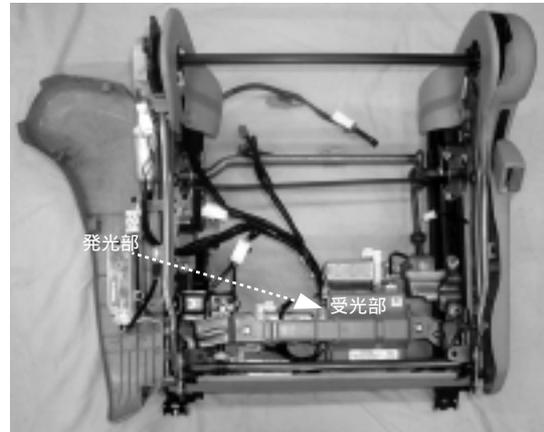


図2 開発品を組付けたシートアジャスター外観
Appearance of seat adjuster assembly with developed product

- 2) 品質向上・・・W/H挟まれの発生しないW/H設計
- 3) 軽量化・・・部品統合，金属部品樹脂化，回路数削減による軽量化

2.3 モジュール形態

シートアジャスターに組み付けた開発品を図2に示す。部品点数を削減し組付け工数の低減をはかるため，シートECU，シートW/H，ブラケット，ケースを一体化した。その際W/HとECUを統合することで回路を大幅に削減することが可能となった。

またハーネスとの一体化によって回路ジョイントを基板で吸収したり，補機に近い位置にコネクタを配置したりするなど，モジュール全体の設計思想を考慮しての最適設計が可能となった。

ケース下面へはハーネス固定のクランプ孔（あな）やコネクタ固定部を設けることで，更なる部品点数削減を行った。

渡り部のW/H挟まれへの対策としては，渡り部を通らないようにシートバックまで大きく迂回する経路を選択する例，アジャスターに回路が通る孔を空けて挟み込みを防止する例，などがある。迂回する経路の場合には余分な配線長が必要なためコストアップし，アジャスターの孔に回路を通す手段では作業性が悪いという問題点が依然残っていた。

今回，我々が着目したのは回路を細径化するための省線化技術である。電波による無線通信と赤外線通信をケーススタディし，コスト面にメリットのある赤外線通信を採用した。

シートコントロールSWは㈱東海理化殿の製品であるため，赤外線通信を実現するにあたり共同開発を行った。

図2においてシートコントロールSWに発光部（LED），シートECUに受光部（PD）を置き，単方向通信を行う。図中白色破線は赤外線通信の直接光路を表す。

図3に従来品を，図4に開発品の部品構成比較写真を示す。部品点数が削減されていると共に，W/Hが細径化されていることが確認できる。

車載赤外線通信技術について次に詳細に報告する。

3. 赤外線通信システム開発

従来，車載実績のある赤外通信技術としてはカーオーディオへのリモコン，ドアロックオープナー等が存在し，万が一故障しても車両へ与える影響が小さい部位に限られていた。



図3 従来の部品構成
Components of product at present



図4 開発品の部品構成
Components of developed product

今回省線化を進めるアジャスター渡り部の回路構成は，シートコントロールSWからの信号をシートECUに伝達するボデー系制御の通信部位であるため，信頼性の確保が重要な技術課題であった。

3.1 赤外線通信仕様

ボデー系制御の通信に使用するため，車載信頼性を確保し，かつ簡便に適用可能な赤外線通信を実現するべく，表1の仕様を制定した。

ファームウェアへは外乱光等のイリーガル処理を織り込むことで通信信頼性を向上させた。

表1 基本通信仕様
Basic communication specifications

項目	内容
通信方式	単方向多重通信
通信速度	1 kbps
符号方式	パルス位置変調
変調周波数	38 kHz
エラーチェック	CRC (8 bit)
応答性	遅延100 msec以内を確保する

3.2 赤外線光強度設計

つぎに発光側の光強度と受光側の受光性能に関する光強度設計について述べる。

受発光性能は、もともとの素子性能バラツキに加え、種々の要因で初期性能から劣化すると考えられる。設計FMEAを活用し、受発光性能の変化要因を抽出し設計に反映した。

考慮した減衰要因は、a) 素子の性能バラツキ、b) 素子の経時変化、c) 窓材への汚れの付着、d) その他とした。

それらの要因を受光部、発光部それぞれ考慮し、発光部の光強度が受光部で必要とされる光強度を満足するように設計した。図5に光強度設計に用いたグラフを示す。

受光側に関して、a 受光側最低必要強度は受光回路が正常に動作するため素子のデータシートから設定された設計値として必要な光強度であり、測定結果へ統計処理を施すことによって決定した。

経時変化は素子データシートを参考にした。窓材汚れとは、受光素子の保護及び電子ユニット内への異物侵入を防護する意味で設けてあるカバーへの汚れ付着による光強度の減衰を指している。それらの減衰要因を加味して受光側で必要とされる光強度を決定した。

発光側に関して、発光素子であるLEDの車載状態を考慮した耐久性能から通電電流値の上限が決まる。発光側出力min品強度とは、その通電電流限界値のときの光強度測定から設定された最低発光強度を意味する。それに受光側と同様に減衰要因を考慮して発光側の最低光強度とした。

発光部の光強度が受光部で必要とされる光強度を満足させるために、LED、PD共に、対面方向へ実装することで、素子指向特性に由来する減衰の影響を減少させた。

つぎに減衰要因に挙げられる汚れについて述べる。TV等の赤外線リモコンの場合、発光部がひどく汚損された場合、容易に払拭可能であるが、今回のモジュールの取り付け位置はシート下であり、ふき取る場合作業性が悪いため、メンテナンスフリーである必要があった。一方で車室内でありながらシート下は靴によって運び込まれる土砂により汚れやすい部位であるため、汚れへの対策が必要であった。

シート下の汚れ付着状況を把握するために以下の調査を実施した。

1) 経年車両シート下調査

汚れに関して、車両の耐用年数を考慮し10年程度経過した車両のシート下がどのように汚れているのか調査した。樹脂で成形されたリアヒーター用ダクトの上部には塵埃が堆積してい

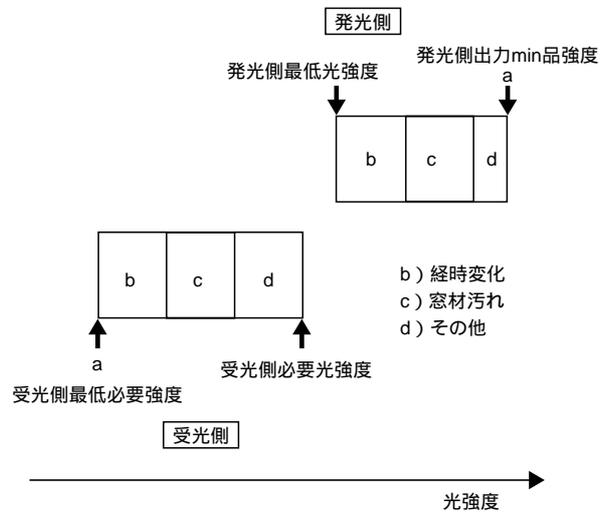


図5 赤外線光強度設計
Infrared rays intensity design



図6 実車調査
Investigation on 10-year old vehicle

るが側面への付着は比較的少ない。樹脂材料の材質の違いから汚れ具合に差が生じる。シートレールはグリスが塗布されているため、位置を問わず塵埃が付着していることなどがわかった。図6は17万キロ走行したRV車両の例である。

2) シート下付着成分分析

更にシート下に堆積している汚れを採取して構成物を分析したところ砂とセルロースが大半を占めることがわかった。またシートECU受光部位置へ窓材サンプルを設置し半年経過させた調査でも砂が検出され、シートの構成物である金属粉、グリス等の油脂類は極微量であるため検出できなかった。このことから汚れの種類としては塵埃とセルロースを想定して対策を進めることにした。

3.3 窓材設計

光強度設計における他の減衰要因との兼ね合いから、汚れによる減衰率の設計目標を70%と設定した。

モジュールのシートアジャスター組付け作業時にシートアジャスターレール部に塗布されたグリスが軍手に付着し、それが窓材に付着することは十分予想される。実車汚れ調査の結果に

加えグリス汚れも考慮した。

窓材設計にあたり、汚れ付着と透過率変化について調査を行った。グリスを平板形状のサンプルに付着させ、赤外線透過率を測定した。設計目標値の 70% 以上に対し、46.4% もの減衰率を示すことがわかった。

したがってグリスに汚損された軍手が窓材光路部に付着しないように、光路部を保護する円筒を設けた。

ここで減衰率は次式にて定義した。

$$\text{減衰率}(\%) = (\text{試験後透過率}) / (\text{試験前透過率}) \times 100$$

つぎに、塵埃汚れが付着し難い構造を目指した。

塵埃汚れを評価するにあたり、再現性のある汚れを付着させるために JIS D0207 耐塵試験を採用した。

予備評価により窓材に円筒を設けた場合、円筒内部へ試験粉体の堆積が見られた。円筒内部に塵埃が堆積すると、赤外光の反射率が変化し、光強度が低下する。

そこで堆積を防ぐ構造として円筒下部へ切り欠きを設ける構造を考案し、切り欠きのない円筒構造との比較評価を実施した。

シートポジションの変化に伴い、発光部が移動するため、移動範囲で受光部へ直接光が入射するように円筒直径を 7 mm とし、赤外線光路に沿って円筒を斜めにした。材質は PMMA とした。PD が可視光カット樹脂でモールドされている点、搭載位置がシート下であるため家電リモコンのように基板を見えなくするデザイン上の必要性がないことから、赤外光の透過性を優先し、無色透明とした。図 7 に窓材の構造を示す。

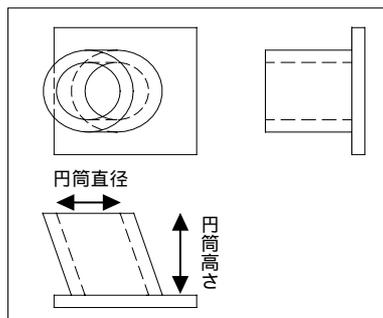


図 7 窓材構造
PD cover structure

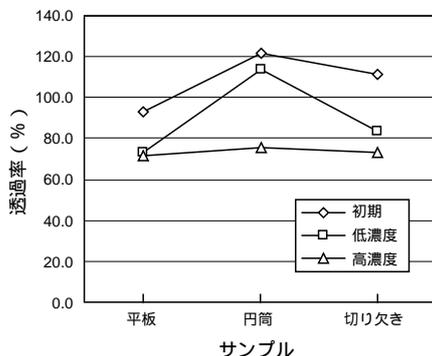


図 8 サンプル形状による透過率比較
Comparison of transmittance between different structures

図 8 に窓材構造を変化させたサンプルに対し耐塵試験後の透過率を測定した結果を示す。サンプルは円筒を設けない平板、円筒を光路保護のために設けたもの、円筒下部へ切り欠きを入れたものの 3 種。円筒高さは 7.5 mm とした。初期とは耐塵試験実施前の透過率を表す。低濃度とは、JIS D207 において F3 区分である低濃度浮遊塵埃試験、高濃度とは、同じく F1 区分である高濃度浮遊塵埃試験後の透過率をそれぞれ表す。

シートモジュールは室内部品であるため、本来低濃度浮遊塵埃試験を満足できれば良いが、汚れに対する信頼性を確実なものにするため車外部品に適用される厳しい試験条件の高濃度浮遊塵埃試験も実施した。試験粉体は低濃度浮遊塵埃試験には JIS Z8901 試験用ダストにある試験粉体第 8 種の関東ローム粉を使用した。高濃度浮遊塵埃試験には試験条件が厳しくなるように 8 種より粒径が細かい第 11 種の関東ローム粉を使用した。透過率はサンプルが無い場合を透過率 100% と定義した。円筒を設けたものは円筒内部面にて反射するために、受光部での光強度が増加するため 100% を超える。

塵埃試験後のサンプルを図 9 に示す。左からプレート板、円筒付きサンプル、円筒に切り欠きを設けたサンプル。円筒内部が光路となる。写真にて茶色は試験粉体である関東ローム粉が付着している箇所である。

円筒内部への堆積がなくなることを期待して円筒下部を切り欠いた形状であったが、光路面に塵埃の付着が見られるようになり、結果として切り欠き部を設けない円筒形状のほうが汚れに対して有効であることがわかった。切り欠いたことにより気流の流れに変化が起こったと考えられる。

更に円筒の高さについて最適化を図るべく検討した結果を図 10 に示す。



図 9 耐塵試験サンプル写真
Picture of dust test samples

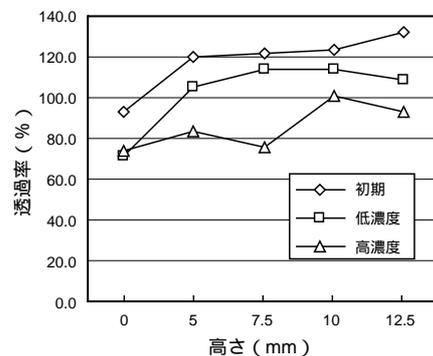


図 10 円筒高さの違いによる透過率比較
Comparison of transmittance between different cylinder heights

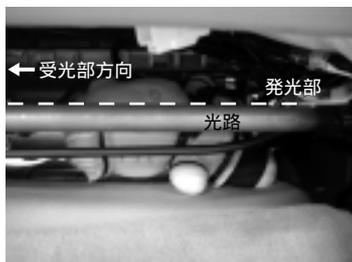


図 11 障害物評価の様子
Scene of obstacle evaluation

初期透過率に関しては円筒の高さが高いほど透過率が高くなっている。円筒内部での反射による集光効果によるものと思われる。耐塵試験の結果をみると低濃度、高濃度のいずれの場合も高さ 10 mm のサンプルの場合、最も良い結果が得られた。高さが低い場合は光路面に対しての塵埃の付着が認められたため直接光の透過量が減衰し、円筒が高い場合には円筒内部への塵埃の堆積から円筒内部の反射光が減少するためと考えられる。

これらの検討から窓材は高さ 10 mm の円筒型とした。

3.4 赤外通信部評価方法

客先にも前例がなく参考となる規格、評価方法が存在しなかったため、FMEAの故障モードを模擬する評価方法を考案し実施した。

項目としては、1) 汚れの影響、2) 障害物の影響、3) 赤外通信機器の影響、4) 外乱光の影響、5) 実車耐久評価を挙げた。それぞれの評価結果を述べる。

3.4.1 汚れの影響

窓材光路面への汚れの影響による赤外光の減衰率を評価した。光学設計から光路面での減衰率を 70% 以上であることを判定基準とした。

ここでは前出の、低濃度並びに高濃度での耐塵試験に加え、汚れの分析結果にあったセルローズを想定したコットンリントと呼ばれる繊維くずでの耐塵試験を実施した。コットンリントは JIS 試験粉体の第 15 種混合ダストを構成する試料を使用した。減衰率測定により、低濃度の場合 97.5%、高濃度の場合 88.2%、コットンリントの場合 99.9% の結果を得た。いずれの場合も目標の 70% を達成した。

3.4.2 障害物の影響

光路上に障害物が侵入して直接光が遮られる場合を想定して実際に光路をサンプルで遮蔽して動作を確認した。シートアジャスター構成物による反射光により、直接光が遮られてもシート動作可能であることを確認した。評価の様子を図 11 に示す。図中、白色破線は直接光による赤外線光路を示す。ぬいぐるみにより遮断される。

3.4.3 赤外通信機器の影響

車内で赤外通信機器を使用する場合のシート動作への影響について評価した。具体的にはシート動作の通信中に他の赤外線リモコンを操作し、影響あるかを確認した。

PDの受光範囲の赤外線波長帯で変調周波数が受光回路のバンドパスフィルター帯域に含まれる赤外光は影響を与える可能性があったが、通常使用では問題ないことがわかった。

表 2 モジュール化による効果
Effects of seat module

項目	効果 (従来比)
重量	40%
組付け時間	57%
アジャスター渡り部回路数	39%
全回路数	47%

3.4.4 外乱光の影響

受光部へ外乱光が入射した場合に影響ないか評価した。外乱光として想定したものは、太陽光、道路照明等の車外からの光源、車内照明とした。

PDに可視光カット樹脂が使用されているのに加え、受光アンプが周囲の明るさに応じてアンプゲインを飽和しないように自動コントロールする機能を持つため、外乱光による影響がほとんどないことが確認できた。

3.4.5 実車耐久評価

国内車両に加え、豪州での耐久評価車両へ試作品を搭載し約 1 年にわたる長期の耐久評価を実施したが、問題は発生しなかった。

4. 開発品の効果

開発品の効果を表 2 に示す。これには、従来通りの仕様レベルで比較したため機能アップ分は含まれていない。

組付け時間の削減については現行方式の半分以下の結果となり、モジュール化の効果が大きく現れている。重量、回路数についても効果があった。赤外線通信の採用により、アジャスター渡り部回路数が削減され、W/H 挟み込みが緩和された。

5. おわりに

従来、別部品であった、ECU、W/H、アジャスター固定のためのブラケットを、モジュール化することは、組付け工数並びに回路数削減に対し、有効な手段であることがわかった。

モジュール化の対象部品を拡大し、シートアジャスターや補機類の配置、接続方法、電源・通信システム等も含めて最適化を狙った開発を行えば、更なる効果が期待できる。

本開発を通して得られたモジュール化への知見をシートに限らず、車両他部位のモジュール開発へ展開していく。赤外線通信技術に関しては差別化技術として熟成をはかっていきたい。

参考文献

- 1) 鶴原吉郎：日経メカニカル，566 (2001)，36
- 2) 田野倉保雄：日経エレクトロニクス，741 (1999)，107