

論文・解説

12

マツダロードスターPRHTシステムの開発 Power Retractable Hardtop System for Mazda Roadster

松 延 知 昭^{*1} 田 上 宏 紀^{*2} 石 丸 伸 吾^{*3}
Tomoaki Matsunobu Hiroki Tanoue Shingo Ishimaru
木 下 尚 年^{*4} 黒 田 将 仁^{*5} 小 林 豊 彦^{*6}
Hisatoshi Kinoshita Masahito Kuroda Toyohiko Kobayashi

要 約

ロードスターは初代より全世界で年齢性別問わず幅広い層のお客様に支持されてきた車である。

我々は、ロードスターのパワーリトラクタブルハードトップ（以下PRHT）の開発において、より多くのお客様に「人馬一体」と「Lots of Fun」を体感してもらうため、ロードスターらしさを維持しながら、ハードルーフ化によるクローズ状態の快適性向上、電動化による操作性の飛躍的向上に取り組んだ。

徹底したデザインスタディーを行い、ロードスターらしい流れるようなショルダーライン、低いベルトラインをもつデザインを実現し、3分割したルーフをソフトトップと同じシート後方のキャビンスペースへ収納するシステムを採用した。この結果、50:50の重量配分、ソフトトップ車に勝るとも劣らない操縦安定性、ソフトトップ車と同じトランク容量の確保、そして、量産中の電動ハードルーフモデルとして世界最速12秒の開閉時間を実現した。

本報では、このパワーリトラクタブルハードトップの開発の狙いと特徴について紹介する。

Summary

Roadster has been supported by wide range of customers irrespective of age or gender since its first model was put into the market.

In the development of Power Retractable Hard Top (hereinafter referred to as PRHT), we tried to improve comfort with the hard roof closed and dramatically improve the operability by adopting electrical operation while keeping " Roadsterness " so that more customers would experience " Jinbaittai " and " Lots of Fun ".

Through thorough design study, a flowing shoulder line and low belt line were achieved with 3-piece roof located in the cabin space behind the seat as a soft top is. This enables fifty-fifty weight distribution, vehicle dynamics that matches soft top vehicles, trunk space equivalent to soft top vehicles, and the world-fastest opening/closing time (12sec.) among all PRHT vehicles currently in production.

In this report, the aim of the development of PRHT and its characteristics are described.

1. はじめに

ロードスターの商品コンセプトは初代から一貫して、「人馬一体」、「Lots of Fun」であり、3代目ロードスターのパワーリトラクタブルハードトップ（以下PRHT）においても、この商品コンセプトに変わりはなく、「人馬一体」、「Lots of Fun」の実現と更なる進化を追及した。

我々は、快適性を求めるユーザのみならず、根っからのロードスターフリークからも認められる「ロードスターらしい」電動ハードルーフモデルの開発に信念を持って

取り組んだ (Fig.1)

本報では、PRHT開発の狙いと特徴について紹介する。



Fig.1 Power Retractable Hardtop for Roadster

*1~6 ボデー開発部
Body Development Dept.

2. 開発の狙い

ロードスターのルーフに、本来、求められるものは何か？
人馬一体を具体的にブレークダウンしたフィッシュボーンチャート (Fig.2) より、軽くコンパクト、飾りたてない機能美、軽快感、低いベルトラインなどが挙げられる。

また、ロードスターユーザを対象とした市場調査の結果、「オープン走行が気持ちいい」という好評点がある一方、電動化、静粛性の向上に対する強い要望があることが分かった。女性ユーザの中には、幌の開閉で手が汚れることを嫌う人も多く、また、年配のユーザは電動開閉することで、気軽にオープンエアを楽しむことを望んでいる。

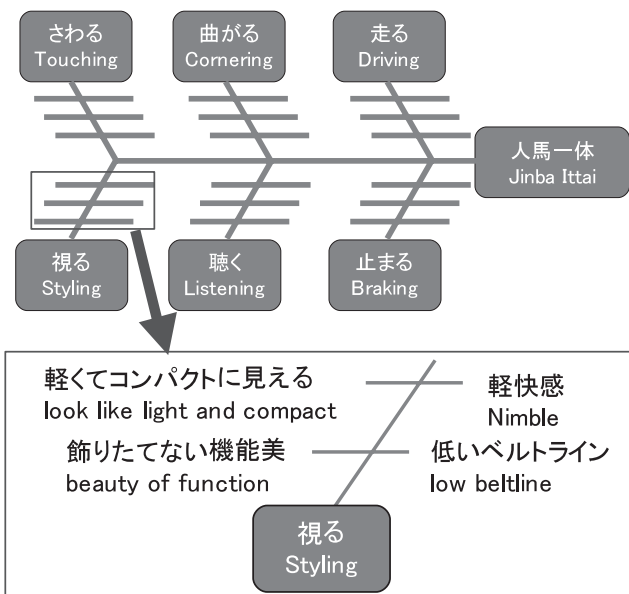


Fig.2 Fish Bone Chart

市場動向の調査結果からも、開閉式ハードルーフ（以下RHT）を採用する車種が年々増加しており、RHT化の流れが顕著に現れていた (Fig.3)。

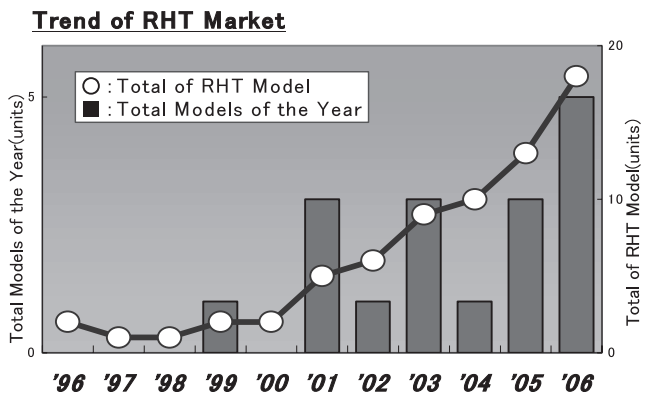


Fig.3 Market Analysis of RHT

ロードスターは初代より年齢性別を問わず幅広い層のユーザに支持されてきた車であり、PRHTというユーザオリエンテッドな装備を、人馬一体のコンセプトにあった形で実現することで、三代目ロードスターを象徴する魅力装備になると確信した。

PRHT開発の狙いは、ロードスターらしさを維持しながら、クローズ状態の快適性を向上し、簡単に操作できる電動開閉化することで、より多くの人にロードスターの「人馬一体」と「Lots of Fun」を体感してもらうことである。

3. ロードスターらしいPRHTの開発

3.1 PRHTシステム構想

ロードスターらしいPRHTとは何か？

前述のとおり、ロードスターのルーフに求められるものは、軽くコンパクト、飾りたてない機能美、軽快感、低いベルトラインであり、PRHT化してもこのコンセプトは普遍である。近年、RHTを採用するオープンカーが年々増加しているが、その多くは、ルーフをトランクに収納するシステムを採用している。このシステムは、トランク、ルーフともに大掛りなリンク機構を必要とし、重量がかさみ、軽快感が失われることに加え、オープン/クローズでの重心移動量が大きく、操縦安定性にも大きな影響が出ることが分かった。

そこで「人馬一体」を実現するシステムとして、ルーフを3分割し、従来ソフトトップを収納するシートバック後方のキャビンスペースへ収納するシステム (Fig.4) を創出した。

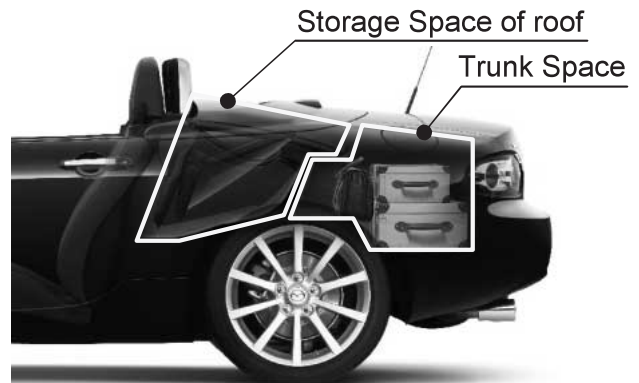


Fig.4 Concept of PRHT

このシステムのポイントは以下の3つである。

- ① 重量物であるルーフをホイールベース間に収納することによりルーフオープン/クローズによる重心移動及びヨー慣性モーメントの変動を抑える。
- ② コンパクトなルーフシステムとすることで開閉動作時間を短縮するとともに軽量化を図る。
- ③ トランクを犠牲にせず、キャビン内にルーフを収納することにより、ソフトトップと同じトランクスペースを確保する。

3.2 ルーフ収納のためのパッケージ

薄く折畳んで収納できるソフトトップに対して、ハードルーフはその形を変えることができず、収納スペースの確保が大きな課題である。また、ロードスターの特徴である低いベルトラインを実現することも非常に高いハードルであった。この2つの課題解決のため行った代表的な4つの施策を紹介する (Fig.5)。

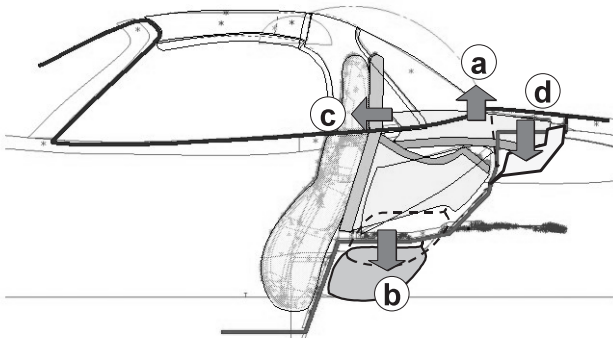


Fig.5 PRHT Retraction Space in Cabin

- (a) 上方向：スタイリングとのバランス最適化、リヤデッキパネルの薄肉化

上下方向の収納スペースを確保するため、リヤデッキパネルを、極限まで薄肉化した。薄い断面で剛性を確保でき、低く流れるようなショルダーラインを実現するため、高剛性かつデザイン自由度の高いSMC (シートモールディングコンパウンド) 製アウトパネルを採用し、スチール製インナパネルとエポキシ系接着剤で接着する構造とした。

- (b) 下方向：燃料タンク位置移動

三代目では、低重心、ヨー慣性モーメントの低減のため、燃料タンク位置を二代目に比べ、前方移動しながら、約120mm下方に移動することに成功している。この燃料タンクの移動は、ルーフ収納スペースの確保にも大きく貢献している。

- (c) 前方向：シートバックバー、シート形状のコンパクト化

三代目では、居住性改善のためのシートスライド量増化、シートバックバーの追加により、シート後方のスペースは2代目比大きく減少し、当初、ソフトトップの収納でさえ困難な状況であった。シートバックを可能な限り薄くし、更にシートバックバーには高張力鋼板/鋼管を使用し、十分な剛性を確保した上でコンパクト化を実現した。

- (d) 後方向：デッキメンバ下方移動&形状変更、トランクリンクヒンジの採用

デッキメンバ上にフロントルーフの収納スペースを確保するため、ボデーの骨格であるデッキメンバの位置を下方移動し、トランクヒンジには、デッキメンバへの影響の少ないリンクタイプを採用した。

3.3 ロードスターデザインの実現

ロードスターデザインの特徴は、独特のシルエットと低



Fig.6 Design of Roadster

く流れるような美しいショルダーラインである (Fig.6)。一方、ルーフをキャビン内に収納するためには、収納スペースを確保すると同時に、収納物であるルーフを極力小さくする必要がある。そのためには、ベルトラインを上げること、バックウィンドウ後端位置を前方移動すること、フロントウィンドウを寝かせ、ルーフとの見切りラインをできるだけ後方に移動することが効果的である。特に、ベルトライン高さは、収納スペースの拡大と収納物であるルーフの小型化という2つの効果があり、収納スペースを確保する上で、重要なポイントである (Fig.7)。

Fig.7に示すとおり、デザイン要望と設計要望がことごとく相反した。ロードスターデザインを実現するため、デザイン、設計、関連部門で知恵を絞り、GAPを埋めていく活動を行った。

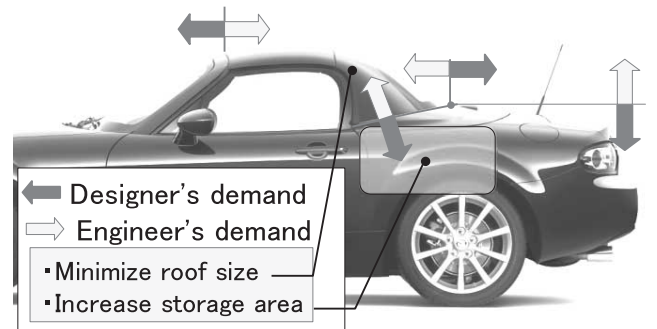


Fig.7 Directly Opposed Demands

ライン要素や面要素ひとつひとつについて、徹底的に検討を行った。オープン時には、デザイン面が、キャビン内に収納されるため、開閉軌跡、収納状態を考慮したデザイン面にする必要がある。また、パーティングラインの位置によっても収納効率が大きく変わるため、ライン1本1本が非常に大きな意味を持ち、ロードスターらしいデザインが完成するまで作りこみを重ねた。ここでは、代表的な例を2つ紹介する。

レイアウト、デザイン検討の結果、ソフトトップに比べ、デッキ面が広がった。このままでは、間延び感が出てリ

ヤが重たく見えてしまう。そこで、リヤデッキパネル上にキャラクターラインを入れることで、オープン状態のルーフとデッキのスキを確保しながら、デザイン的には、トランクからデッキに繋がる面の間延び感を抑制するアクセントになるとともに、ドアベルトラインからの美しいショルダーラインを実現している (Fig.8)。

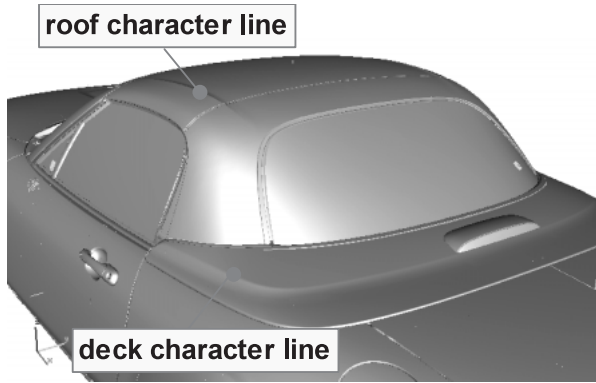


Fig.8 Design Character Line

フロントルーフ両サイドのビード形状は、ルーフ上面のフラット感を抑制する役割とともに、雨の日、乗降時の車内への雨ダレ防止にも効果を発揮している (Fig.8)。

これらはほんの一例であるが、このような活動を繰り返し、デザイン、設計一体となってアイデアを出し、造りこんだ結果、オープンでもクローズでも一目でロードスターと分かるデザインを実現することができた。

4. システム概要

PRHTシステムは、ルーフ部分のRHTアッセンブリ、ルーフを収納する際に開閉するリッドであるリヤデッキアッセンブリ、オープン状態のルーフを固定するルーフフックアッセンブリ、システム全体を制御するECU、及びウェザーストリップ等小物部品で構成されている (Fig.9)。

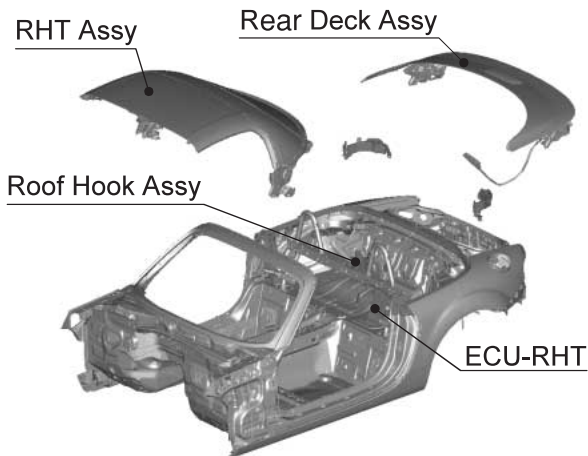


Fig.9 PRHT System Construction

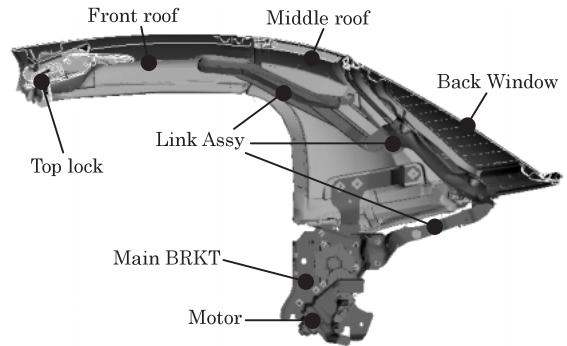


Fig.10 RHT Construction

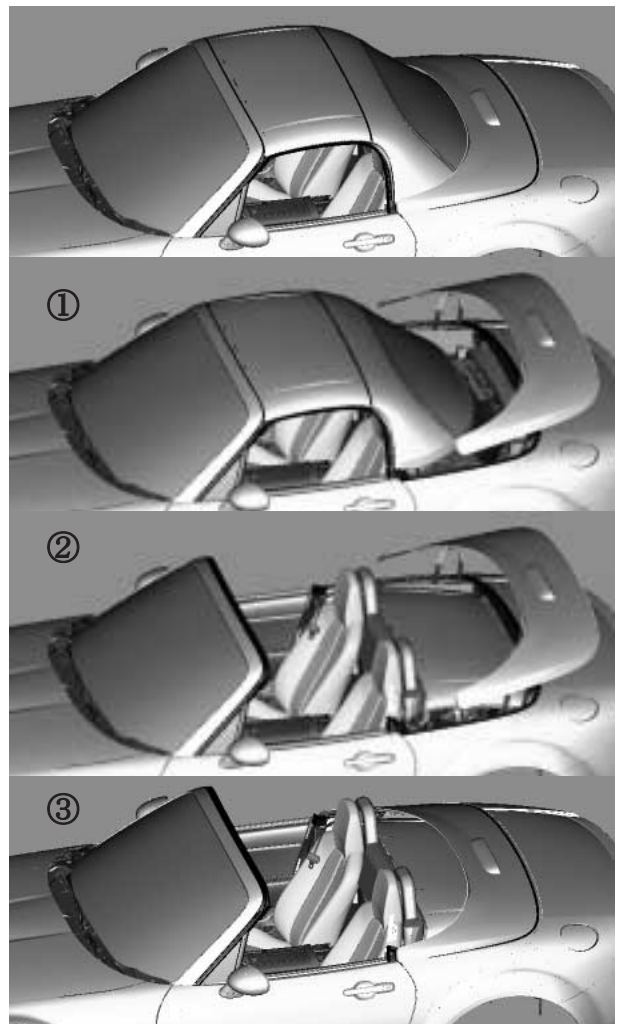


Fig.11 PRHT Operation

RHTアッセンブリは、Fig.10に示すとおりフロントルーフ、ミドルルーフ、バックウインドウの3部品から成り、各パネルをリンクアッセンブリで結合し、メインブラケット部に設置したモータで開閉駆動するシステムである。

開閉作動は、手動式のトップロック操作と開閉スイッチの操作で行う (Fig.11)。オープン作動は、トップロックを手動で解除し、オープンスイッチを押す。すると、リヤデッキパネルがオープンし (①)、その後ルーフがオープン (②)、そして、リヤデッキパネルがクローズ (③) し

て、オープン動作完了である。リヤデッキパネルのクローズ作動に連動して、ルーフックがルーフを拘束する。クローズ作動は、この逆である。この一連の動作はECUにより制御されており、Fig.12に示すとおり、トランク、メータ、パワーウィンドウECUなどの周辺部品の状態を判断し、作動制御している。

RHT system component layout

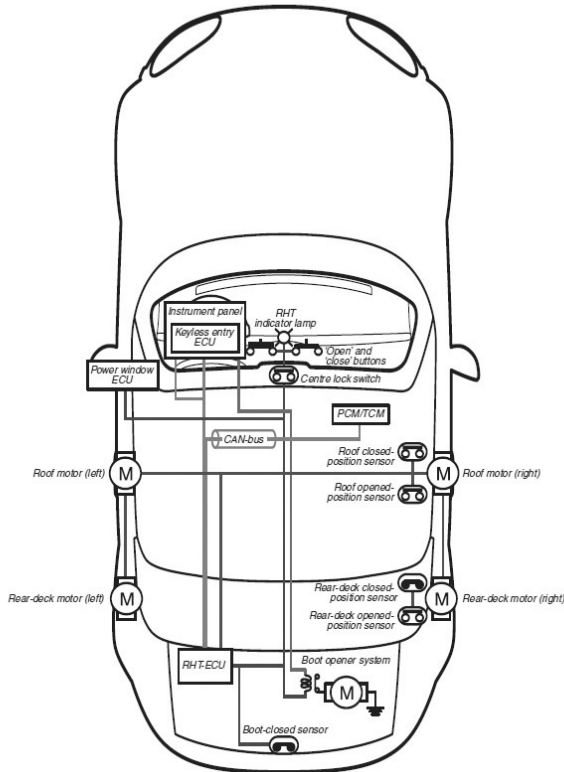


Fig.12 PRHT Electric Diagram

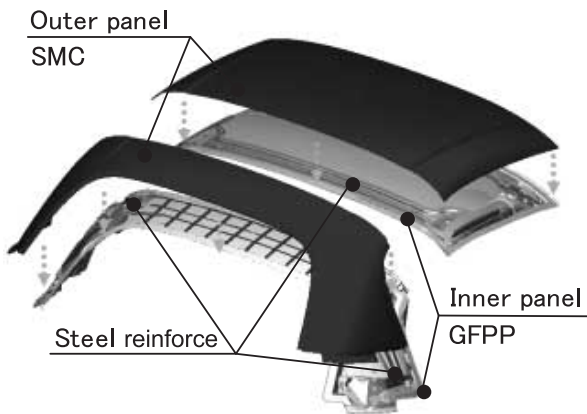


Fig.13 Roof Material

5. 特徴

5.1 「人馬一体」の走りの実現

ルーフをホイールベース間のキャビン内に収納したことで、オープン状態での重心移動を抑え、オープン、クローズとも前後重量配分50:50を実現している。また、ルーフ

の素材は樹脂を使用し、軽量化を図っている (Fig.13)。アウトパネルには剛性が高く、寸法精度の良いSMC (シートモルディングコンパウンド)を、インナパネルには、軽量で表面性の良いガラス長繊維強化ポリプロピレン (GFPP) を採用した。ルーフ素材以外にもリンク機構、関連部品の徹底した軽量化を実施し、車両総重量は、ベースのソフトトップモデルから約37kg増に抑え、RHT車としては、競合他社から100kg以上軽い群を抜いた重量を実現した (Fig.14)。

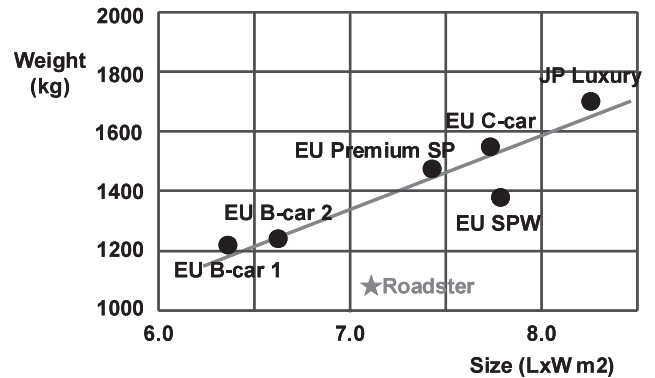


Fig.14 Weight Comparison of RHT Cars

5.2 スムーズな作動と世界最速の開閉時間

コンパクトなリンク機構の採用とモータ駆動制御により、量産しているRHT車としては、世界最速の12秒という開閉時間を実現した (Fig.15)。

Comparison of RHT Operating Time

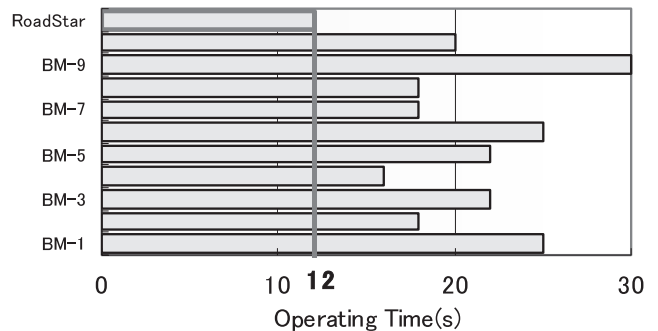


Fig.15 Comparison of RHT Operation Time

(1) 抜群の操作性

開閉時間を短縮するだけでなく、操作性にも配慮している。PRHTの操作スイッチは、使いやすさを考慮し、センターコンソール上部ハザードスイッチの両脇に配置し、その横には、PRHTの状態を知らせるインジケータランプを設置した (Fig.16)。

(2) 開閉操作方法

PRHTのオープン操作は、フロントルーフセンター部のトップロックを、セーフティボタンを押しながら解除した後、ハザードスイッチ横のオープンボタンを押すのみ。ク



Fig.16 PRHT Top Lock & Operation Switch

ローズ操作は、クローズボタンを押すだけである。安全性を考慮し、ボタンを押している間のみ作動する制御としており、作動完了まで操作スイッチを押し続ける。作動の開始、終了は、ブザー音で知らせるとともに、PRHTクローズスイッチ左に設けたインジケータランプにより作動完了を確認することができる。

PRHTの開閉は、安全性を考慮し、停車状態のみ作動可能としており、以下の作動許可条件を設定している。

<作動許可条件>

- ・ 停車状態である
- ・ トランスミッションのシフト位置
- ・ MT車の場合：ニュートラル
- ・ AT車の場合：ニュートラル(N)またはパーキング(P)
- ・ トランクがクローズ状態である

作動中はPRHTクローズスイッチ左側に設けられたインジケータランプが点灯し、半開状態であることを知らせる。また、半開状態でスイッチ操作を止めると、ブザーが吹鳴し、動作が完了していないことを知らせる。

開閉作動は、スピードだけを重視するのではなくスムーズさにも注力し、開発を行った。4つのモータを専用のECUで作動制御し、スピードコントロールを行うことで、違和感のないスムーズな作動を実現している。

社内外で実施したモニタ評価の結果でも競合他車をおさえ、操作性の良さを証明している (Fig.17)。

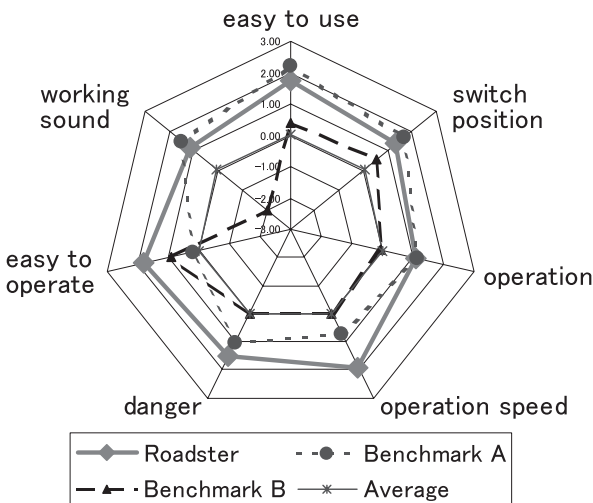


Fig.17 Monitor Evaluation Result

5.3 トランクを犠牲にしないルーフ収納

トランクスペースを使用せず、キャビン内にルーフを収納したことにより、トランクに荷物を満載の状態でも気にせずルーフの開閉が行え、オープン状態でもトランクを100%使用可能である (Fig.4)。

トランク容量は、ソフトトップと同じ150L (DIN方式) を確保している。

6. おわりに

ロードスターのパワーリトラクタブルハードトップは、ライトウェイトスポーツカーの本質をまったく損なうことなく、ハードルーフ化による静粛性向上、電動化による操作性向上を実現した。多くの方々の多大なる協力のもと、商品化することができ、今まで以上により幅広いお客様に“Lots of Fun”を実感して頂けるものと確信している。

今後もお客様に多くの“FUN”を届けることのできる商品開発を行う所存である。

最後にこの開発にあたり、多大なる協力を頂いたサプライヤ殿、社内関連部門に本誌面をお借りし、厚くお礼申し上げます。

著者



松延知昭



田上宏紀



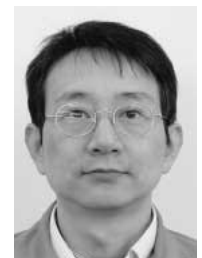
石丸伸吾



木下尚年



黒田将仁



小林豊彦