

特集：ロードスターRF

11

ロードスターRF リトラクタブルハードトップの開発 Development of RHT for Roadster RF

松本 浩一*1

Koichi Matsumoto

要 約

三代目モデルより導入したリトラクタブルハードトップ（以下RHT）はロードスターのコンセプトに沿って開発し、軽量で開閉に伴う重心移動も最小、かつ、開閉時間も短く、気軽にオープンにできるシステムである。RHTモデルは販売台数の半数以上を占め、ロードスターのラインナップとして不可欠な存在となった。今回、RHTの刷新においては、先代の良さを正常進化させることを基本としながら、RHTのあるべき姿を描き、高い目標を掲げて開発に着手した。人の操作とシステムの動作が最適となるよう、ハード面から刷新し、加えて、ルーフ本来の機能であるクローズ時の静粛性と質感が大きく向上した。また、外観差別化のポイントであるファストバックスタイルのデザインはリンクの見直しやルーフ格納の効率化などによって実現した。本稿では開発のねらいと経緯、実現手段について紹介する。

Summary

The Retractable Hard Top (hereinafter called RHT) was developed under the Mazda's roadster concept and introduced to the 3rd generation roadster. The RHT is light weight, requires minimum shift in center of gravity and short time for opening/closing, which allows casual application of open roof. The RHT model accounted for more than a half of the overall roadster sales, making it an essential lineup. For the 4th generation roadster, the RHT was innovated with a high goal to realize the ideal status while proceeding the normal evolution of the positive points of the previous model. The motion of the system was improved to more fit with a person's operation, and the quietness and quality feel when the roof is closed was significantly upgraded. The fastback-style, a key for the differentiation in appearance was realized by the revision of the linkwork and the efficient way of roof retraction.

This report describes the development target and process as well as measures taken.

1. はじめに

新型ロードスターRFの開発に着手した当時、2000年以降伸びていた他社RHTモデル群の販売比率が減少傾向に転じていた（Fig. 1）。これは、ソフトトップの性能が大幅に向上し、静粛性、外観、使い勝手においてハードトップと遜色ないレベルに達してきたことが要因とみられる。また、ルーフを格納するためにエクステリアデザインを犠牲にした車種はモデルチェンジで姿を消していく傾向も見受けられた。

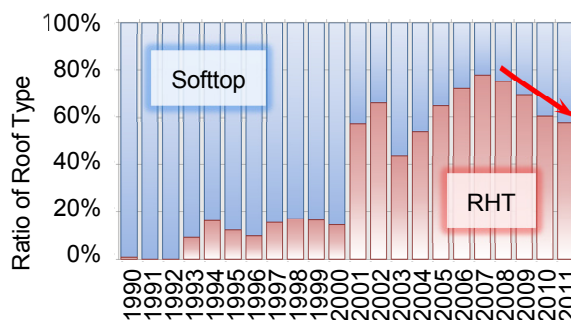


Fig. 1 Market Analysis of Roof
(Researched by Mazda)

*1 ボデー開発部
Body Development Dept.

したがって、新型ハードトップモデルの開発は先代の改良だけでは不十分であり、大きな飛躍が必要という結論に至った。そして、開発の志として目標を以下のように定義し開発に着手した。

- ① 操作のしやすさ、動作の美しさの追求
- ② クローズドボディ同等の静粛性、内装品質
- ③ 魂動デザインの実現

次に基本構造、機能(①②)、及びデザイン(③)のそれぞれの領域について、開発経緯と実現手段を述べる。

2. システムの基本構造

システム構成は前後で大きく2つに分かれる。前部はフロントルーフ、ミドルルーフ、バックウィンドウをリンクで連動させ、左右2個のモーターで駆動する。後部のリアルーフは左右の4節リンクで保持され、同じく左右2個のモーターで駆動する。前部ルーフとバックウィンドウはシート後方のスペースに格納され、先代モデル同様トランクスペースを犠牲にしないパッケージとした(Fig. 2)。

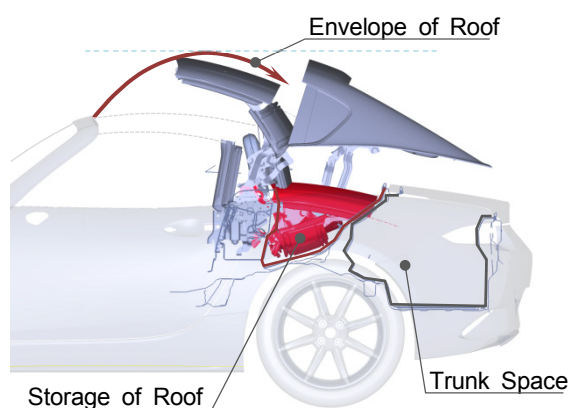
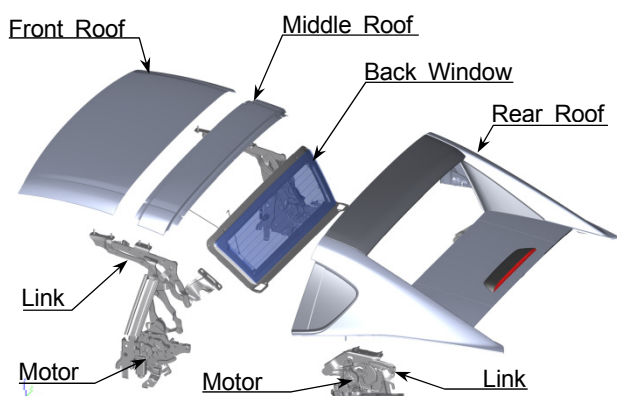


Fig. 2 Structure of Roof

3. 機能

3.1 開閉操作のねらい

信号待ちなどでも気軽にオープン/クローズを切り替えることができれば、オープン走行の機会が増え、ロードスターをより楽しむことができる。それをサポートするには開閉時間が短いだけでなく、操作、動作ともにスマートなものになりたい。そのためには“姿勢を変えずに指先のみで操作でき、コンパクトな開閉軌跡でスムーズかつ速やかに作動する”ことが必要と考えた。

次にこれを実現させた構造、制御について述べる。

3.2 トップロックの電動化

スイッチ操作のみで開閉を完了させるため、従来は手動であったトップロックを電動タイプに変更した。主要部品としてはベースプレート、フック、モーター、セクターギア、リンク、リミットスイッチで、これらをコンパクトにレイアウトしている(Fig. 3)。また、フックの作動軌跡も含め専用設計である。

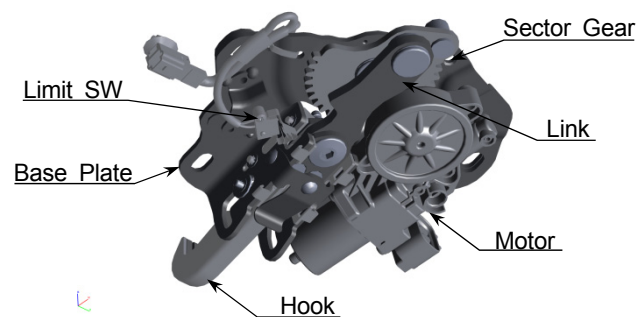


Fig. 3 Top Lock

電動化により重くなるが、低重心化を損なうルーフ部分の重量増加は避けなければならない。これは、並行して検討を進めていたルーフパネルの軽量化でカバーした。各ルーフの材質を再検証し、フロントルーフのような平板状の部品はアルミが適しているという結論に至った。成形性、外観精度など生産工程の課題を解決し、トップロックを含めたフロントルーフ部全体で2.3kgの軽量化を達成した。

また、モーター追加などにより、室内の圧迫感につながる懸念があったが、室内空間も考慮しながらモーターを配置し、トップシーリングの意匠面を工夫したことで違和感のない室内空間とすることができた。

3.3 作動許可条件の緩和と開閉速度制御

ルーフ開閉スイッチはエアコンダイヤル下のパネルに配置し、開閉状態はメーター内のマルチディスプレイで視認できる。これは、姿勢、目線を変えず操作できるだ

けでなく、ルーフの作動許可条件の緩和にもつながった。前モデルは車速0km/h、及びシフトポジションがパーキング（マニュアル車はニュートラル）であったものを車速のみの制約（10km/h以下、後退時は不可）に変更した。

ルーフの開閉速度スムーズで静かに開閉できることを優先し、開閉所要時間、危険感、動き始め・全開時のルーフ振動収束のバランスを見て最適化した。前モデルも同様の速度制御を行っているが、より早いタイミングから段階的に減速する制御に見直している。ただし、後述の作動時のリンク剛性の向上やルーフの軽量化によることも大きい。

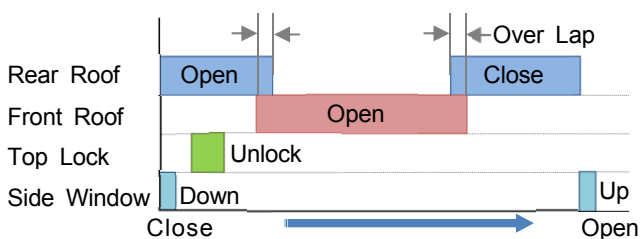
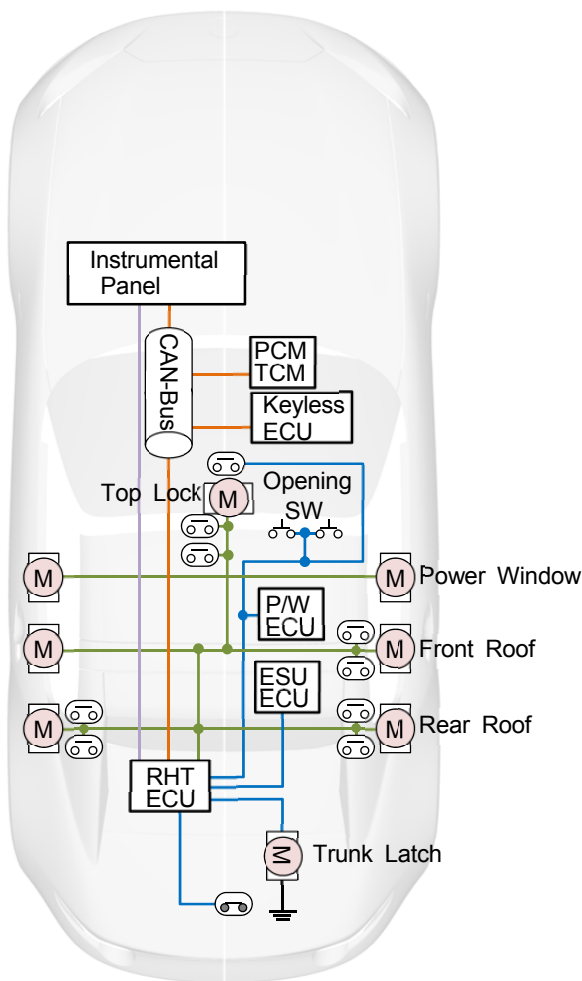


Fig. 4 System & Operation Time Chart

また、フロントルーフとリアルーフの動きを一部オーバーラップさせているが、開閉時間のロスを最小限とするだけでなく、途切れなく動かすことで、動き自体を美しく見せる効果をねらっている(Fig. 4)。加えて、開閉時のルーフ軌跡を上方向に250mm弱に抑え、リアルーフは全開時でも車両後端よりはみ出さないように配慮した。

以上により、操作も動作もスマートに行うことが可能となっており、開閉できるシーンがより広がっていくものと考えている。

3.4 パワーウィンドウ連動

パワーウィンドウ連動はよりきめ細やかな制御とした。ルーフを開閉させるためには、まずパワーウィンドウを下げる必要がある。なお、社内の調査結果では半数以上がオープン時もウィンドウを上げて走行しており、また、RHTモデルの方がその傾向が強い。パワーウィンドウを全開まで下げることも制御上は可能だが、上記より降下量は必要最小限の約40mmとし、作動完了後に元の位置に戻る設定とした（北米向けを除く）。

3.5 クローズドボディー同等性能の確保

リトラクタブルであってもクローズ時はクローズドボディー同等のルーフであることが理想である。よって、静粛性、内装質感においてもクローズドボディー並を目標とした。ルーフ分割部からのエアリークがないことが大前提となるため、シールは通気経路の徹底的な潰し込みを行った上で、高速走行時の負圧も考慮したシールラップ量とした。室内の静粛性を向上させるためにはルーフの遮音、吸音性能を上げていく必要があるが、トップシーリングの表皮・基材に吸音率に優れた素材を選定し、吸音効果を活かした設計とした。これにより、限られたスペースで質量増加を抑えながら静粛性目標を達成することができた。

トップシーリング表皮は内装質感も高く、クローズドボディーと遜色ないが、両サイドにリンクが存在することが異なる点である。各リンクには、天井面にうまく一体化するようデザインした樹脂カバーを設定した。目立たない部位であるが、作動隙を確保しながら丁寧に造り込んだ (Fig. 5)。

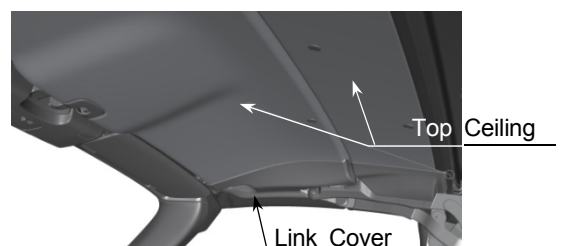


Fig. 5 Top Ceiling and Link Cover

4. 魂動デザインの実現

4.1 ルーフ開閉機構ケーススタディ

新型ロードスターは先代モデルに対し全長を105mm短縮したが、トランクスペースを犠牲にしないことが大前提のため、ルーフ格納スペース縮小が必要であった。また、リアホイールセンターの55mm前方化やシートクライニング量2°増加も格納に対し不利な方向である。したがって、ルーフ開閉機構はゼロから考え直す必要があった。

位置の制約から、メインリンクの作動角を約30°増やす必要があり、成立性に懸念があった。解析の結果、前モデルと同じ構造では、開閉途中のフロントルーフ保持剛性が不足することが分かった。リンク板厚アップによる対策は効率が悪く、大幅な質量増加を伴う。そもそもスペースの上でも余裕はなかった。そこで、フロントルーフの姿勢保持を優先したリンクジオメトリを再構築することとした。

従来のリンクはメインリンクの動きをバックウィンドウ→フロントルーフの順に伝えていく構造としているが(Fig. 7-①)、今回はメインリンク→フロントルーフ→バックウィンドウの順となるよう変更した(Fig. 7-②)。結果的にリンクを2本追加する必要があったが、リンク剛性は大幅に向上し、スムーズな開閉の実現にもつながった。

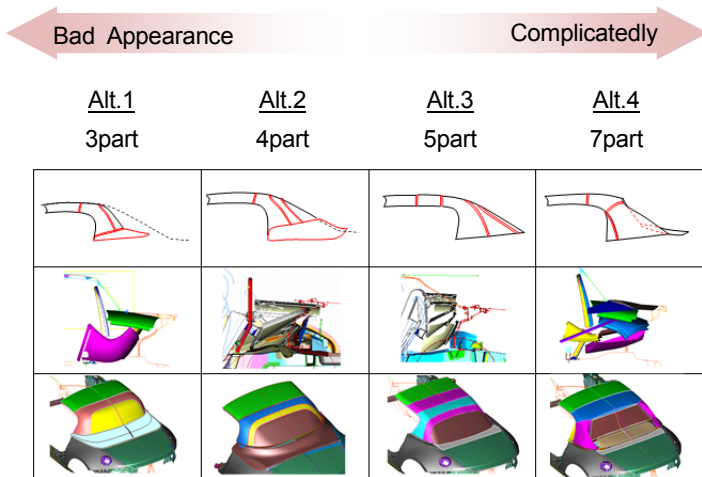


Fig. 6 Case Study of Roof Structure

格納しやすくするためには、ルーフ前後長を短くしバックウィンドウ傾斜を立てていけば良いが、デザインの方向性と逆行する (Fig. 6 Alt.1)。

従来構造の延長線上では解がないと判断し、ルーフ分割数を増やす方向で検討した。よりコンパクトにルーフを折りたためるようになったが、それでも格納スペース内に収めることは困難であった。

バックウィンドウ小型化による格納性向上をねらい、バックウィンドウ後方が開放されたトンネルバックスタイルの提案がデザインよりあった。しかし、それでも全て格納するには機構が複雑になりすぎ現実的ではない。また、分割ラインが多く外観上も問題があった (Fig. 6 Alt.4)。

この段階より、ピラーを残す方向での模索を始め、最終的には現在のファストバックスタイルへとつながっていく。オープン時も後部を残すことで、ルーフ格納スペースの問題については目途が立ったが、同時に構造上の問題も明確になってきた。

4.2 ルーフリンクの剛性不足

リンク機構は一般的に作動角が大きいほどリンク狭角が広角となり、剛性が不安定になる。今回はルーフ格納

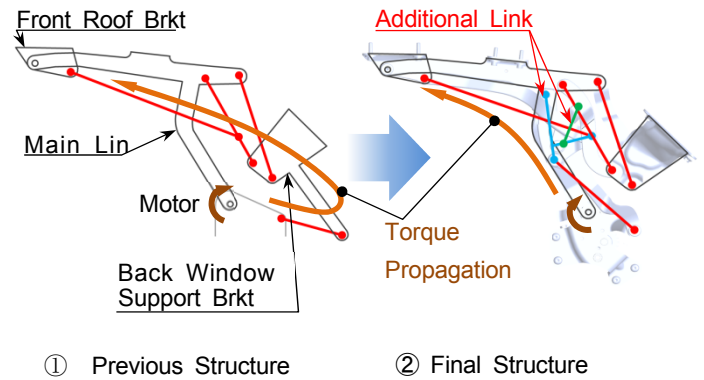


Fig. 7 Link Geometry

4.3 リアルーフの構造検討

(1) 開口ライン

リアルーフはフロントルーフ、ミドルルーフの開閉軌跡確保が目的のため、開閉だけを考えればFig.8に示すAlt.1でも成立する。しかし、リアルーフのパーティングラインはこのクルマのデザインを決定づける要素のため、美しく違和感のないラインを実現できるAlt.3とした。

しかし、従来と同じ構造ではユニット搭載時の必要隙が不足し、パーティングラインはショルダーラインより外側を通す必要があった。

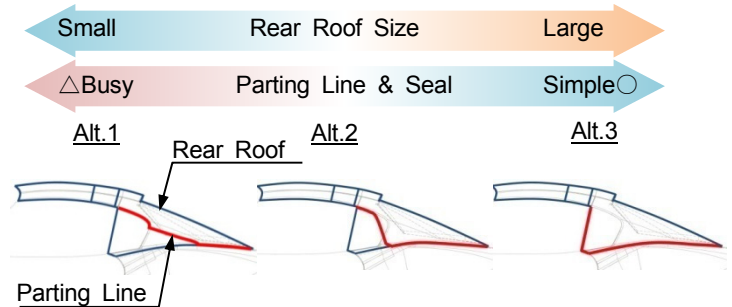


Fig. 8 Rear Roof Study

理想のライン実現のため、構造面ではモーター・ギアの配置により極限までコンパクトな機構とした。それでも足りない分は組み立てラインでの搭載軌跡の変更やガイドを設けて搭載時の振れを抑制する工夫で対処した。また、リアルーフが大型化したことによって、合い沿い保証が難しくなるが、この実現手段については後述する。

このラインは、デザイン/設計/生産の共創により、妥協なく造り上げたものと言える。

(2) Bピラーフレーム追加

Bピラー部はリアルーフ、サイドウィンドウ、ミドルルーフの3部品が重なる部位であり、シール構造の設計難易度が高い。ウェザーストリップをリアルーフ、もしくはメインリンク側に固定する構造が考えられるが(Fig. 9 Alt.1,2), 可動部品同士でシール性能を保障することは困難と判断し、ピラー内部へ固定式のフレームを追加する構造とした(Fig. 9 Alt.3)。

これにより、シール部の剛性確保と位置精度保証が可能となり、必要なシール面圧を確保することができた。また、精度を安定させるため、フレームの固定部はアジャスト機構を備え、傾きを調整できるようにした。フレーム本体は複雑な断面で、剛性も必要のため、アルミ押出し材を採用した。

(2)位置決めと量産品質維持

リアルーフはミドルルーフ、リアフェンダー、トランクの3部品に接しており、量産において、各部品間の面や隙間を揃えることの難易度は高い。しかし、外観品質上、重要な部位であるため、公差の目標は高く設定した。

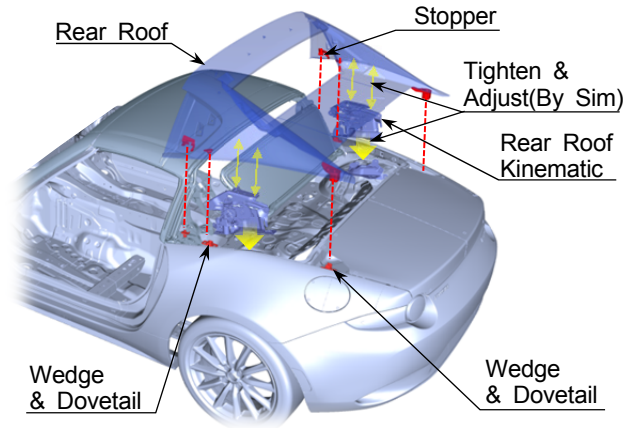


Fig. 10 Locating of Rear Roof

目標達成のため、構造的には4隅に左右方向を規制するウェッジ、上下方向を規制するストップラバーを設定した(Fig. 10)。

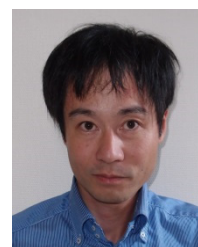
しかし、リアルーフの位置精度はシール反力や締結部の位置バラツキの影響も受けるため、これを解析やユニットテストで実証し、各構成部品の公差、拘束部品の仕様に反映した。

また、長期的に見た維持管理も重要である。リアルーフとフェンダーの段差など、外観上、重要な部位は工程能力有無だけではなく、中央値の変化有無も管理している。また、完成車だけでなく車体、ルーフアッセンブリなど、各工程において、継続的に管理している。

5. おわりに

量産に至るまでには、多くの困難な課題を克服する必要があったが、開発当初に掲げた目標を実現することができた。クルマの価値観が多様化する中、どのように評価されるのかを注視しつつ、そのフィードバックを基に初代から受け継いできたコンセプトをより向上させるために進化を継続させていく所存である。

■ 著 者 ■



松本 浩一

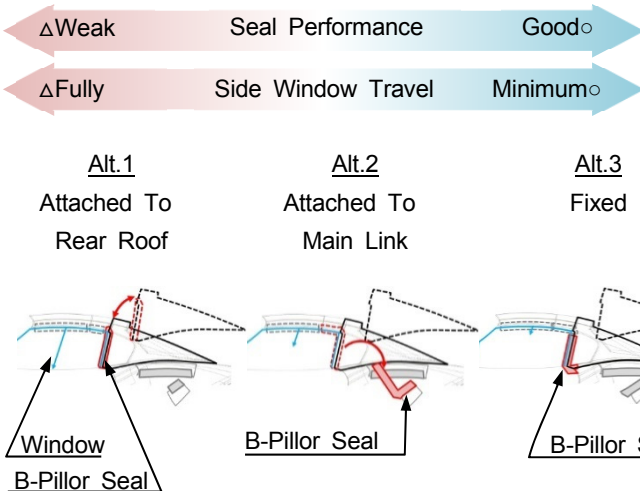


Fig. 9 Rear Roof Study

4.4 外観精度の確保

(1)調整構造

完成車の目標公差を満足させるため、各ルーフアッセンブリは高い精度が要求される。しかし、多数の部品で構成されており、それぞれの公差積み上げでは成立しない。そこで、リンク取付部、ストッパー締結部を0.5~1.0mmのシムで調整する構造とした。

調整量は自動で算出され、ラインタクト内で調整が完了するようにした。