

特集：新型MAZDA3

23

## 新世代ワイパーシステムの開発

## Development of Wiper System for New Generation Vehicles

近藤 啓介*1 Keisuke Kondo	畠中 威*2 Takeshi Hatakenaka	山内 一平*3 Ippei Yamauchi
青木 茂*4 Shigeru Aoki	井上 俊一*5 Syunichi Inoue	伊藤 孝治*6 Kouji Ito

## 要約

新型MAZDA3から始まる新世代商品群は「走る喜び」を全領域で進化させている。新型MAZDA3の開発に当たっては新世代商品群のトップバッターとして人間中心の考え方のもと人馬一体をこれまで以上に極めることが使命であった。いかなる環境下においても意のままに操れるクルマを実現するためには見たい時に見るべきものがストレスなく見える視界視認性は非常に重要な要素となる。ワイパーにおいては晴天と同じように運転できる安全と安心を提供することが必要である。そこで、ワイパーの原理原則に基づいて基本機能に立ち戻り、目標を設定し直した。その実現のために取り組んだのがワイパーモーター制御を中心に据えた機能進化である。新型MAZDA3では速度、位置の制御によってワイパーの多くの課題を解消した。本稿では新世代ワイパー開発における機能進化の考え方、採用した技術、実現のための活動内容について紹介する。

## Summary

The new generation vehicles beginning in all-new Mazda3 have evolved “driving pleasure” in all fields. Our mission in the development of the new Mazda3 is to pursue better “jinba-ittai” (Oneness between horse and rider) based on an idea of “Human Oriented” as a new generation lead-off batter. To realize a car that provides predictable and responsive handling under any environments, the visibility performance to allow the driver to see what should be seen when he/she wants to see without stress is very important. What is required for wiper development, we believe, is that the same level of safety and ease as the one under the fine weather is provided. Therefore we reconsidered the basic functions of the wiper, and re-set a target based on principles. We worked on functional evolution mainly for wiper motor control and solved many problems of the wiper by controlling speed and position in the new Mazda3. This report introduces a concept of functional evolution, an adopted technologies, and activities we engaged in to realize the ideal car.

**Key words** : vehicle development, electronics and control, visibility, wiper, washer

## 1. はじめに

ワイパーシステムの歴史は古く、一般的に進化の乏しいシステムというイメージがある。そうした中で新型MAZDA3を始めとした新世代商品開発に当たり、マツダではワイパーの理想を定義することから始めた。本稿では、ワイパー開発において行ってきた機能進化の考え方、採用した技術、実現のための活動内容について紹介する。

## 2. 機能進化

## 2.1 開発コンセプト

ワイパーの基本機能は、視界を阻害するものを除去することである。それによるお客様への提供価値は晴天と同じように運転できる安全と安心を提供することである。つまり晴天同様に存在を感じさせないのが理想のワイパーと考えた。そのために払拭性能と広い視界という2つの機能を進化させ、理想のワイパーに近づけることとした。

\*1, 3 電子基盤開発部  
Electronic Platform Development Dept.

\*4 電駆・PT制御部品開発部  
Electric Drive & PT Control System  
Component Development Dept.

\*2 ボデー開発部(兼)統合制御システム開発本部  
Body Development Dept.  
And Integrated Control System Development Div.  
\*5, 6 車両実研部  
Vehicle Testing & Research Dept.

(1) 新世代ワイパーにおける進化概要

新世代ワイパーでは、払拭速度、払拭角など制御因子を拡大することで、払拭性能の向上に加え、Aピラー拭き残し低減、視界妨害の低減、更にウォッシャー洗浄効率向上といった視界視認性を大幅に向上させることをねらった。その実現のために、従来の物理的な構造進化に加えて、制御を中心としたソフト領域の進化を行った。

(2) 払拭性能

ワイパーはFig. 1のようにガラス面上の水を均一な厚さの水膜にすることで光の透過を均一にし、視界を確保している。この薄い均一な水膜を形成した状態を流体潤滑と呼んでいる<sup>(1)</sup>。

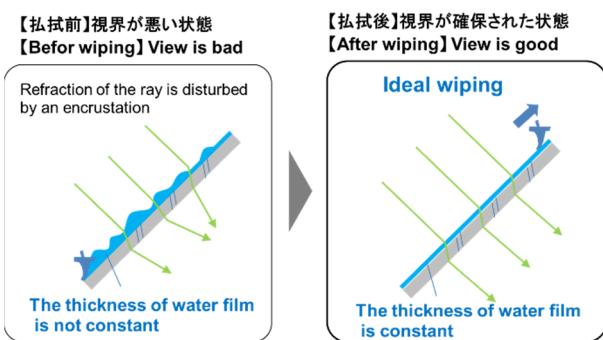


Fig. 1 Relation of Visible Ray and Wiping

Fig. 2にブレードラバー先端における流体潤滑の模式図を示す。Pは圧力、 $v$ は速度、 $l$ は接触長さ、 $h_1$ 、 $h_2$ は払拭前後の水膜厚である。これらをコントロールし、あらゆる環境変化に対して流体潤滑を実現させる技術こそが、ワイパー払拭性能の本質である。

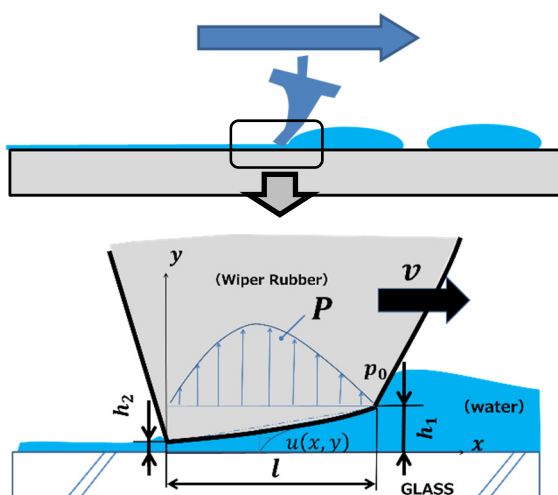


Fig. 2 Fluid Lubrication of Wiper

この考え方を基に、ラバーとガラスの間に潤滑の基礎方程式をあてはめて考えてみると、水膜厚は速度、圧力、接触幅の関数で表すことができる。よってこれらをコン

トロールすることで水膜厚をねらいの値にすることが可能である。

一方で、現実のワイパーシステム的设计においては、ラバーをはじめとした業界標準品の採用などの制約もあることから、第一段階としてモーター出力でコントロール可能な速度を払拭性能において注力する制御因子とした。

(3) 広い視界

Fig. 3のように運転席側Aピラーは横断歩行者の確認をはじめ、視界の重要機能が集約している。

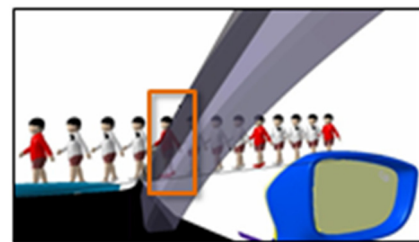


Fig. 3 Visibility of A-PILLER

しかしここにワイパーの拭き残しによる汚れが残っていると、十分にその機能を発揮できない。この拭き残しは、部品の劣化、使用環境、車速など作動抵抗の変化によるワイパー反転位置の変動に対して、Aピラーとブレードを干渉させないための必要クリアランスである。よって、作動抵抗の変化を検出し、Aピラーとのクリアランスを縮小させる機能を追加することにより拭き残しを理想であるゼロに近づけることができる。

また、ワイパーを室内から見えないようレイアウトすれば下方視界を妨害させないようにできる (Fig. 4)。これは優れた車両外観見映えを実現するためにも効果的である。よって、アーム&ブレードの停止位置の理想はボンネット下である。ただし、単純にボンネット下に格納すると、背反として寒冷地要件であるアームのロックバック (アームを立てる動作) や積雪による拘束で発生する作動停止を起こす。そのため、使用環境によって停止位置を変え、負荷に応じて反転位置を変える機能の追加により下方視界妨害を解消できる。

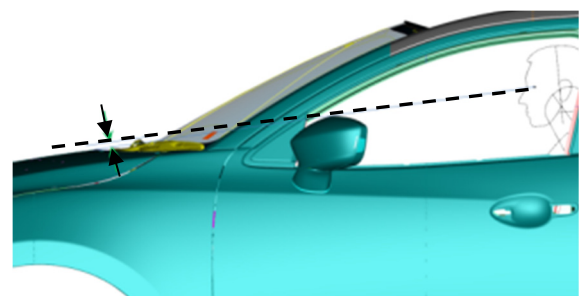


Fig. 4 Wiper Appearance from Cabin

従来、マツダで採用してきた一般的なウォッシャーシステムは、Fig. 5のようにガラス面の広範囲にウォッシャー液を散布した後にワイパーで拭き取る構造としており、ウォッシャー液による視界妨害と無駄なウォッシャー液の消費があった。

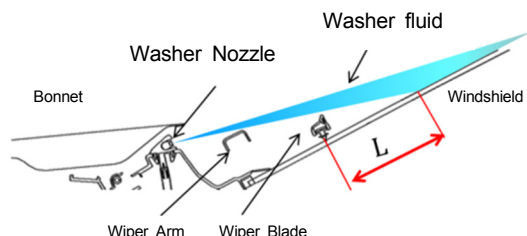


Fig. 5 Previous Washer System

この視界妨害とウォッシャー液の無駄はFig. 6のようにウォッシャー液とブレードの距離Lを最小化することでなくすることができる。ウォッシャーノズルをアームに設定し、アーム位置情報を基に、ウォッシャー液を噴射させる機能の追加によりこれらの課題を解消することができる。

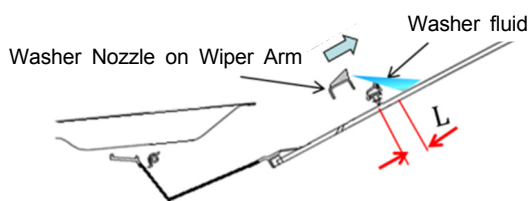


Fig. 6 New Washer System

上記のように用途や環境に応じてワイパーの位置をコントロールすることが広い視界を実現するために重要である。したがってワイパー位置を広い視界の実現において注力する制御因子とした。

### 3. 実現手段

#### 3.1 優れた払拭性

ワイパーは外部に露出した機構部品であることから走行風をはじめとして変化する作動抵抗を常に受けている。流体潤滑では作動速度の変化により水膜厚は変動するため、モーターの速度コントロールではこうした外的な作動抵抗を高精度に検出し、作動速度を変化させることなく出力制御する必要がある。一方、ワイパーはガラス面上で扇状の揺動運動をしているため反転位置で必ず速度が0となる。それらを考慮しねらいのモーター速度としては、Fig. 7のように通常払拭域の速度を極力一定にするとともに、反転位置からの加減速区間の最小化を行った。加減速区間においては急激な変化が異常挙動とならないよう車両で確認しながら最終値を決定している。

速度はモーター内のセンサーマグネットによる3相のパルス数を基に換算している。これら情報を基に内マイコンによるフィードバック制御によってねらいの速度に補正させている。

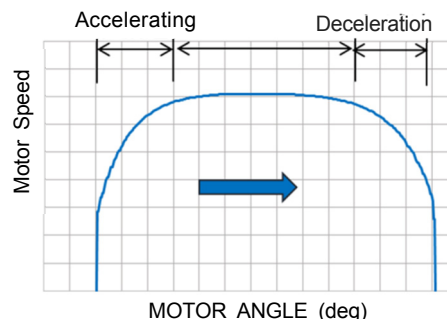


Fig. 7 Speed Map of Motor

また走行風による作動抵抗の急激な変化を生じないようにするためにアームの形状、配置の見直しを行い、アーム周りの整流化をおこなっている (Fig. 8)。

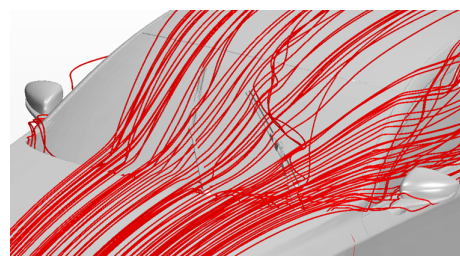


Fig. 8 Wind Stream Line of All-New Mazda3

#### 3.2 Aピラー部の視界

オーバーランによるAピラーとの干渉を回避するため、新型MAZDA3のワイパーでは以下2つの対応を行った。

これらにより反転位置でのAピラーとのクリアランス縮小を可能とし、拭き残しをブレード先端で従来車比最大約15mm低減させている (Fig. 9)。

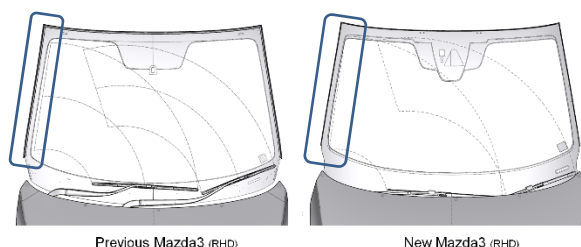


Fig. 9 Wiping Area

(1) Aピラーに溜まった水によるスリップ対応

Aピラー側反転位置にはワイパーが揺きあげた水が溜まる。少雨環境下では溜まった水の影響で反転位置付近のみ摩擦抵抗が低くなり、機構的な弾性変形、制御上の

オーバーシュートにより反転位置付近でブレードのオーバーランが必ず発生する。そのため、Aピラーとのクリアランスを広げることなくオーバーラン干渉させないようにすることが課題であった。そこでこの現象が発生するのはAピラー反転位置以外の摩擦抵抗が高い時（ガラス面が乾いている）ということに着目し、ガラス面の摩擦抵抗から作動角を変動させることとした。抵抗値を検出し、モーターECU（Electronic Control Unit）にドライ判定機能を設け、反転位置以外の摩擦抵抗が大きい場合は作動角を縮小する制御を実装している。これによりワイパー払拭視界として必要なウェット状態の拭き残しを悪化させることなく、Aピラーの溜まった水によるオーバーラン干渉を解消している。

#### (2) 高速走行中の風によるオーバーラン対応

そのほか、Aピラー部でオーバーランが発生する使用環境が高速走行時である。一般的に走行風によるオーバーラン量は車速に応じて拡大するため、従来は開発目標車速に応じてAピラーとのクリアランスを設定してきた。走行風の大きさを事前に予測する方法は車速情報を使用するなどいくつかあるが、より実環境に近い制御とするため、新型MAZDA3では特定作動角度における作動抵抗値を用いている。これにより、走行風によりオーバーランが大きいと予測される時には、積極的に反転位置をAピラー手前で止め、走行風による必要クリアランス不足の課題を解消している。

### 3.3 ワイパーシステムの視界妨害

人間中心の考え方においては運転に関係のないものが見えることはノイズである。ドライバーが運転に集中できるようボンネット下格納とウォッシャー噴射タイミングの制御を行った。

#### (1) ワイパーのボンネット下格納

新型MAZDA3ではアーム&ブレードをボンネット下に配置している（Fig. 10）。

一方でボンネット下にワイパーがあるとアームを立てることができず利便性が悪化する。そこで位置制御によりサービスポジション機能を追加している。この追加機能によりアームを立てたい時には簡単なコンビスイッチ操作でアームを立てられる位置まで動かせるようにした。

また、降雪地域などにおいてボンネット下に雪が堆積することでアームがロックし動かなくなることも弊害事象として存在する。これに対しては作動トルクに閾値を設け自動反転機能を追加している。これにより降雪環境においても弊害を感じることなく作動可能としている。

なおボンネット下格納にしたことは視界や外観映えの向上に加えて風切り音低減にも効果があり車両品質向上に貢献している。

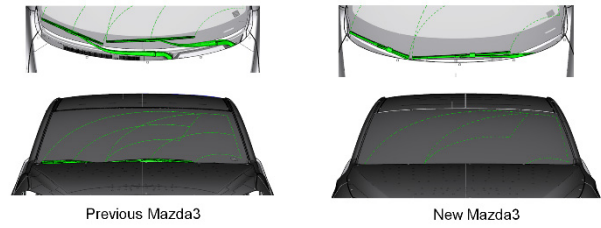


Fig. 10 Wiper Arm Set Position

#### (2) ウォッシャー噴射妨害

ウォッシャーノズルをアームに設定し、噴射タイミングをワイパー作動と緻密に連動させることで、ドライバーは視界妨害なくガラス面の洗浄を行うことができる。

モーターの情報を基に、オープン作動（停止位置→反転位置）の一定区間でウォッシャー液を噴射するよう制御している。また着水点はブレード手前に設定した（Fig. 11）。これによりクローズ作動（反転位置→停止位置）では飛散させることなく、十分なウォッシャー液をブレードに供給できるようにした。ウォッシャーノズルはブレード後方に配置し、噴射はジェット方式とすることで走行風などの外乱を受けにくい構造としている。

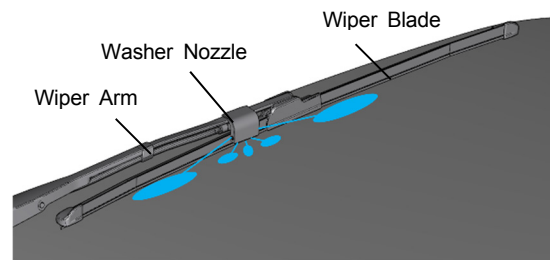


Fig. 11 New Washer Nozzle of Mazda3 (Driver-side)

この構造は高速走行中の洗浄性改善にも貢献している。従来のボンネット下からの噴射では風の影響によってねらいどおりにガラス面に着水せずガラス面洗浄に時間を要したが、アームに装着させたことで、高速環境下においても必要な水分をブレード全域に行き渡らせることができた。社内実験でも洗浄可能車速の向上を確認できている。

### 3.4 システム概要

#### (1) モーター仕様

速度、角度、停止位置の制御を行うために、角度によって回転方向を調整できる反転制御タイプのモーターユニットを採用した。

#### (2) システム構成

車両の統合ECUであるセントラルボディコントロールモジュール（C-BCM）で作動モードをコントロールし、使用環境や状況に応じた制御機能をモーターに機能配分した（Fig. 12）。

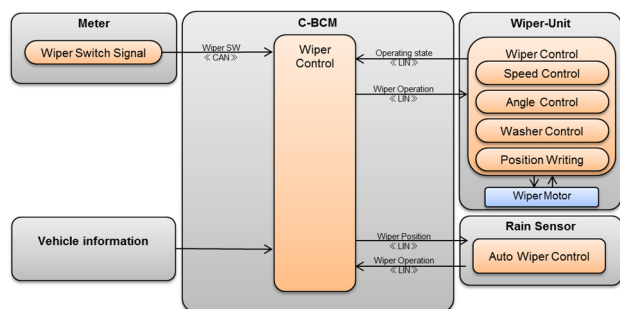


Fig. 12 Structure of Wiper System

## 4. 機能進化とモノ造りのつながり

### 4.1 生産工程でのAピラー学習

新世代ワイパーの開発は五位一体（生産、購買、物流、品証、開発）で行ってきた。ここでは、代表事例としてAピラー拭き残し最小化を生産部門と取り組んだ活動を紹介する。

いかなる制御を部品単体の実装させたとしても、車体や組み付けに伴う製造バラツキは必ず発生する。一般的に複数の部品で構成される車両設計においては製造上の工程能力を基にしたバラツキを考慮しなければならない。それは、今回注力したAピラーとの必要クリアランスも同様であり、作動角制御を用いても解消できない必要な隙が存在した。そこで新型MAZDA3では、ワイパー側の作動角度を書き込み可能な状態にし、工場で車両完成後に一台一台、Aピラーとのクリアランスを学習する工程を追加した。工程構築のために、ワイパーシステムが弾性変形することによる位置決め精度悪化の対応、手動による位置決めで生産タクト要求を満足させるための学習専用モードの対応、生産工程において誤操作をした場合の対処方法など、多くの課題解決を新型MAZDA3量産化と併行し行った。このようにマツダでは五位が一体となって機能進化とモノ造りを支えている。

### 4.2 ワイパー性能の机上評価

従来、機構設計を主体としてきたワイパー開発において、ソフトウェアを中心とした機能進化は、これまでの開発手法を見直すきっかけとなり、新たな取り組みを開始している。新世代ワイパーでは、ワイパー主機能が複数のECUに分散され、検証すべきテストケースは増加し従来の開発手法では全ての評価をしきれない状況が顕在化していた。

そのため新世代ワイパー開発では機構設計の性能検証に加え、車両及び部品の完成前からユニット間のモデル結合による机上検証をワイパー開発として初めて行った。ワイパー作動品質検証、ユニット間の整合性確認を、Fig. 13のような簡易な評価環境を構築し実施した。これによりソフトウェア検証の前倒し、各ユニットの仕様誤認識に

よる作動不良について早期発見を行った。しかし、机上で検証すべき機能はまだ多分にある。それらは今後のワイパー開発の課題として現在取り組んでいる。

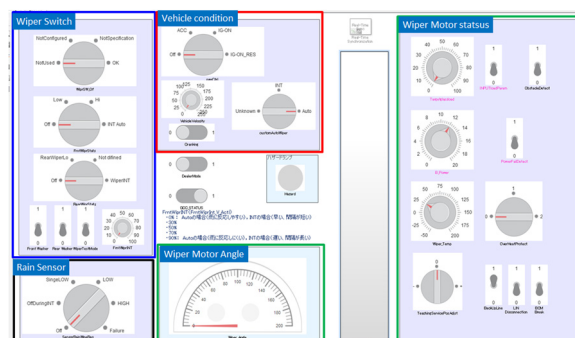


Fig. 13 Control Panel for Evaluation

## 5. おわりに

理想からのバックキャストで開発を進めた新型MAZDA3のワイパーシステムは、クラスの域をはるかに超えた性能を確保できていると自負している。一方で、水膜形成カラクリなど分かっていないことも多く、理想実現は道半ばである。今後も人間中心の考え方の下、お客さまに喜んでいただけるクルマ造りにワイパーを通して貢献していくつもりである。

最後に、(株)ミツバ様には開発にあたって多大な協力をいただき心から感謝を申し上げます。

## 参考文献

- (1) 前川ほか：自動車用ワイパーのトライボロジー技術の50年を振り返る，トライボロジスト第50巻第9号（2005）

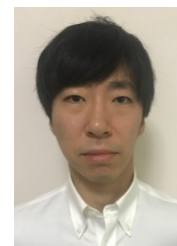
### ■ 著 者 ■



近藤 啓介



畠中 威



山内 一平



青木 茂



井上 俊一



伊藤 孝治