

特集：新型デミオ

7

新型デミオ・CX-3の小型・軽量4WDシステムの紹介 Introduction of 4WD Technology for New DEMIO and CX-3

沢崎 朝生*1 八木 康*2 石田 一之*3
Tomoo Sawazaki Yasushi Yagi Kazuyuki Ishida
丸谷 哲史*4
Tetsushi Marutani

要約

マツダでは、技術開発の長期ビジョン「サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言」に基づき、環境に優しく、走って楽しい車造りを目指している。その中で、CX-5以降の商品に採用している新世代4WDシステムは「どんな道でも、人とクルマは、ひとつになれる」をスローガンとし、SKYACTIV TECHNOLOGYとの組み合わせで、走破性・操縦安定性と燃費を高次元で両立した「マツダらしい4WDの走る喜び」を実現している。

本稿では、新世代4WDシステムを踏襲しつつ大幅な小型・軽量化を実現した新型デミオ・CX-3用4WDシステムについて紹介する。

Summary

Mazda aims to build environmentally friendly and fun-to-drive vehicles based on the long-term vision, “Sustainable Zoom-Zoom” concept. With the slogan of “You can feel unity with the car on any roads”, “Mazda’s signature, fun-to-drive 4WD” was newly developed for CX-5 with superior drivability, handling stability and fuel economy in combination with SKYACTIV technologies.

This paper introduces development spirit and performance of the new generation 4WD that achieves further weight reduction for the compact models, the all-new DEMIO and CX-3.

1. はじめに

CX-5以降の商品に採用している新世代4WDシステムは、以下の考えのもと、4WD機能の理想をゼロベースから再定義して開発した。

- (1) SKYACTIV TECHNOLOGYとの組み合わせで「走る喜び」を実現するシステムとする。
- (2) 走破性・操縦安定性と燃費の良さを両立し、運転を心から楽しめるようにする。

本稿では、マツダの4WDシステムの制御コンセプト、及び新たに再定義した4WD機能の理想について紹介し、新型デミオ・CX-3用として小型・軽量として新規開発した4WDシステムについて述べる。

2. 4WDシステムコンセプト

4WD性能（走破性・操縦安定性）と燃費を高次元で両立させるため、『必要な時に、必要なだけ、後輪にトルク配分する』の制御コンセプトを定め、以下2点によるブレークスルーを実現した。

- (1) リアルタイムなトルク配分制御

刻々と変化する路面状況と、ドライバ意図をリアルタイムに検知し、トルク配分を最適に制御する。

- (2) エネルギーロスの最小化

タイヤスリップロスと4WDユニットロスの総和を最小化する。

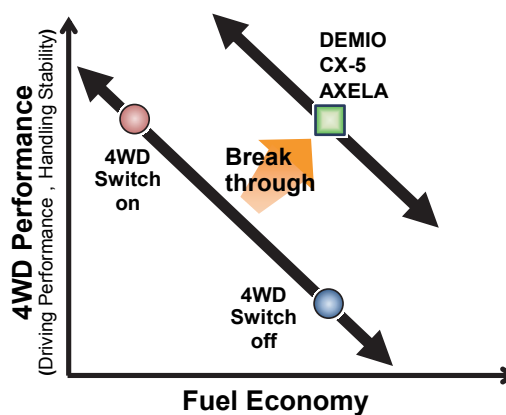


Fig. 1 Breakthrough of 4WD Performance and Fuel Economy Alternative

*1~4 ドライブトレイン開発部
Drivetrain Development Dept.

3. 4WDシステムの機能

3.1 4WDの機能目標

4WD性能と燃費を両立させるために、前後タイヤのタイヤスリップロスと4WDユニットロス（回転により発生するスピロス、トルクを印加することにより発生する機械効率ロス）の合計である総合エネルギーロスに着目した。

摩擦係数が低い路面をFFで加速走行している状態（後輪トルク配分比 0%）では、前輪がスリップして、前輪のエネルギーロスが大きく、かつ、車両挙動が安定しない（Fig. 2のA点）。

後輪へのトルク配分を増加させるにつれ、前輪のスリップが減少し、一方で駆動ユニットロスが増加する。後輪トルク配分を更に増加させると、後輪スリップが増大し、ユニットロスも増加する（Fig. 2のC点）。

以上の関係において、総合エネルギーロスが最小値となる後輪トルク配分が存在し（Fig. 2のB点）、ここが燃費の最も優れた後輪トルク配分比である。更に、この後輪トルク配分の状態においてはタイヤのスリップが抑制されているため、車両挙動が安定している。つまり、総合エネルギーロスが最小となる後輪トルク配分が、燃費と4WD性能を両立させる後輪トルクの最適配分比である。

一方で、後輪トルク配分比と総合エネルギーロスの関係を示す曲線は路面状況や走行条件によって異なり、後輪トルクの最適配分比も変化してしまう。以上を考慮し、路面状況や走行条件が変化しても後輪トルクを常に最適配分比に維持することを4WDの機能目標とした。

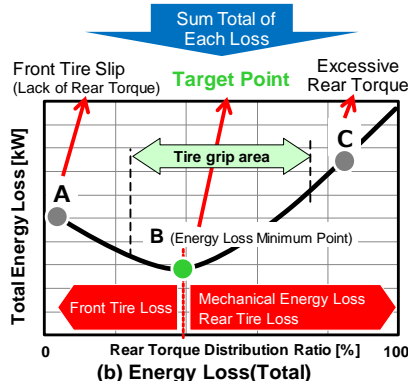
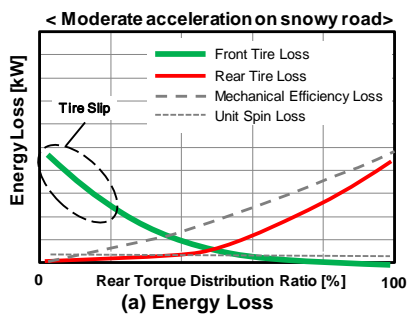


Fig. 2 Minimum Point of Total Energy Loss

3.2 機能目標の達成手段

総合エネルギーロスの最小点を維持するように、後輪トルクを最適値に制御することで、以下の2点を同時達成し、4WD性能（走破性・操縦安定性）と燃費のブレークスルーを実現した。

- (1) タイヤグリップ限界内で駆動力を制御することで車両挙動の安定を実現
- (2) エネルギーロスの最小点をトレースすることによる燃費性能の改善

4. マツダ4WDシステム

4.1 4WDシステム概要

新型デミオ・CX-3に搭載したシステムは、CX-5・アクセラに搭載した新世代4WDシステムと同様にトルク制御の自在性からアクティブトルクコントロールカップリングを採用した（Fig. 3）。旧型デミオからトルク容量を増大させるとともに、4WDオフモードへの切り替え機能を廃止することで、運転手の判断によるスイッチ操作をすることなく、刻々と変化する環境変化へリアルタイムに対応するシステムとした（Fig. 4）。

多数のセンサ信号をもとに、ドライバの走行意図と走行環境を検知し、最適な後輪トルクを瞬時に演算・指令を行うことで不安定な状況に備える。また、突然の状況変化にも、瞬時に反応して車両を安定させている（Fig. 5）。

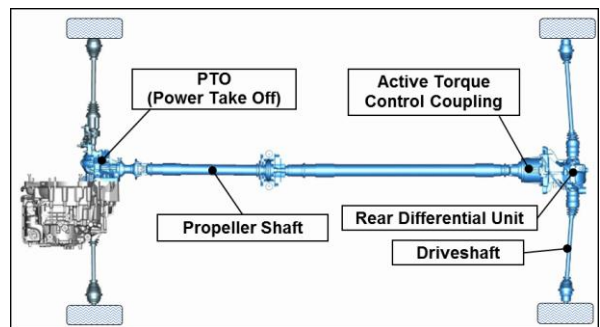


Fig. 3 Schematic of 4WD System

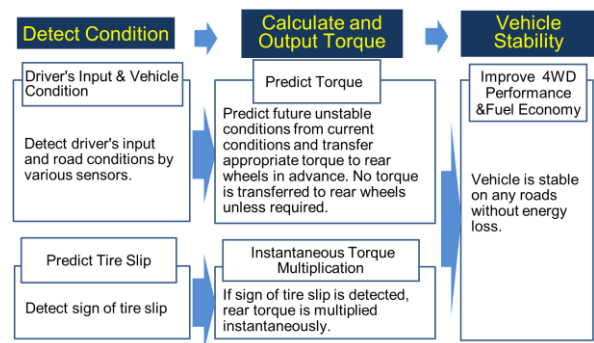


Fig. 4 Control Flow of 4WD System

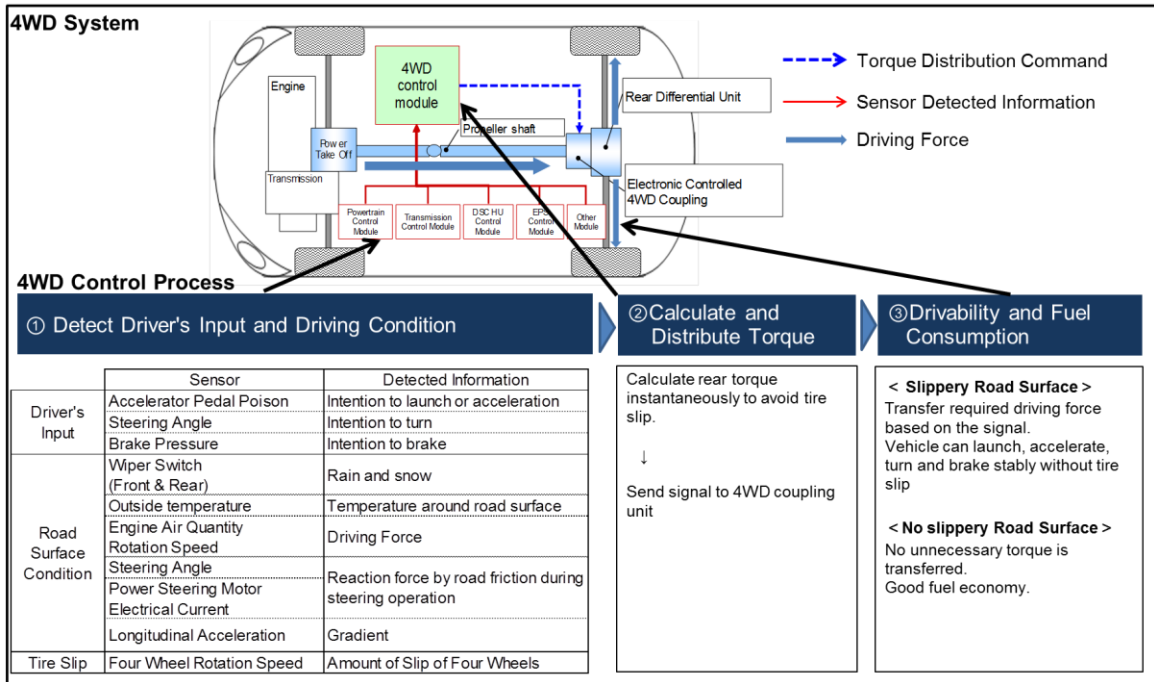


Fig. 5 4WD System Chart

4.2 4WDシステムの特長

状況変化に応じた最適な後輪トルク配分を実現するため、新世代4WDシステムは以下の4つの特長を備えている。

(1) 前輪スリップ予兆検知システム

4輪の車速センサ情報をもとに、車体の対地速度と前輪速度を高精度で検出し、ドライバーが気付かないタイヤの空転予兆（微小スリップ）を察知する（Fig. 6）。

(2) 路面状態の検知システム

路面状況によってタイヤのグリップ限界は異なる。タイヤスリップの予兆を正しく察知するために、車両に搭載された各種センサを用いて路面状態を検知している。

(3) 前輪横グリップ力の余裕確保

前輪グリップ余裕の少ない運転状況では、後輪にトルク配分して、前輪のグリップ負担を軽減している（Fig. 7）。

(4) タイムラグ「ゼロ」のトルク制御システム

後輪トルクの応答性を高めるため、前輪のみの駆動力で走行できる時でも、微小なトルクを後輪に付加することで、後輪トルク制御指令に対して瞬時に反応できる状態を維持させている（Fig. 8）。

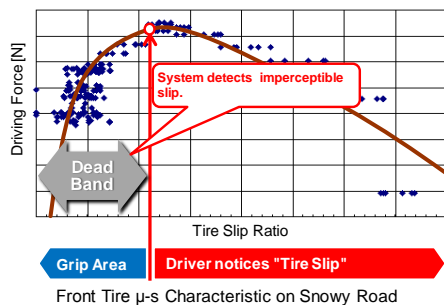


Fig. 6 Tire Slip Ratio

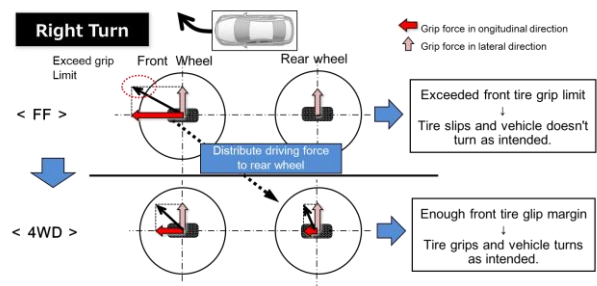


Fig. 7 Torque Distribution

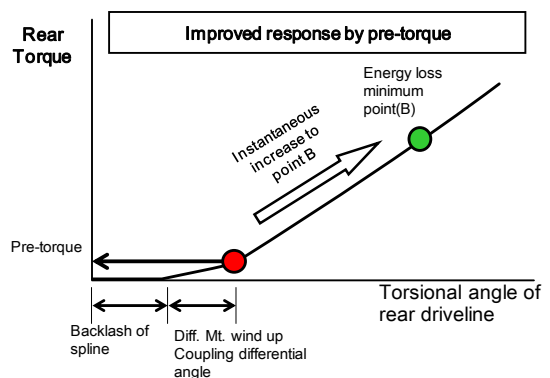


Fig. 8 Standby Torque

5. 4WDハードウェア

新世代4WDの制御コンセプト『必要な時に、必要なだけ、後輪にトルク配分する』に沿って、デミオ・CX-3用に小型・軽量の高効率ユニットを新たに開発した（Fig. 9）。

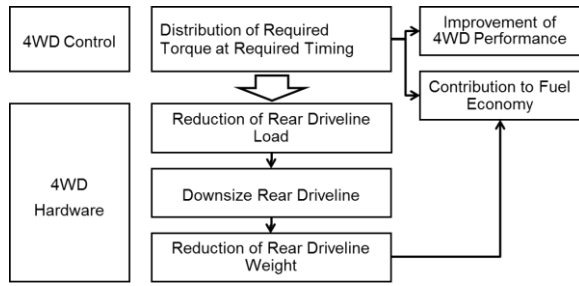
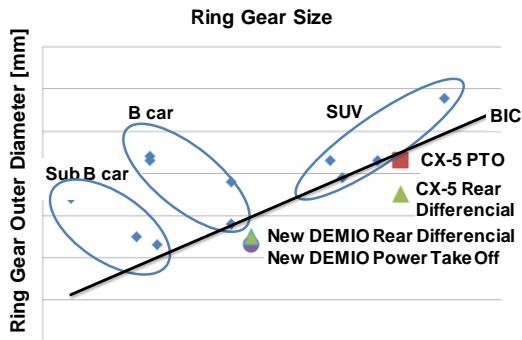


Fig. 9 Theory of Hardware Size Down

5.1 軽量化

パワー・テイク・オフ (PTO) , リヤデフユニットは、軽自動車並みの質量を実現し、小型車クラスとして、ベストインクラスを達成した (Fig. 10)。リングギヤサイズは、最適化された後輪駆動トルクに耐える最適サイズに決定した。

デフキャリア形状は、CAE解析により、強度、NVHの基本となるギヤ支持剛性をCX-5用ユニット並みに確保しつつ、更なる軽量化を実現した (Fig. 10, 11)。



Vehicle Weight x Tire size
Fig. 10 Ring Gear Size

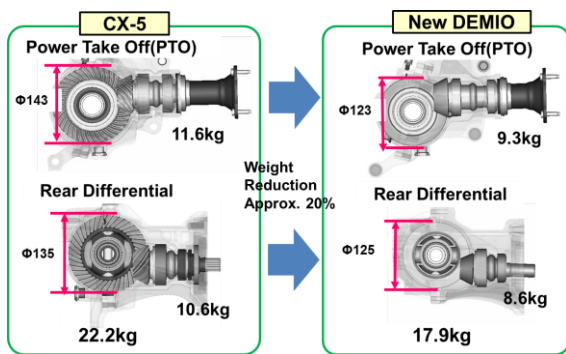


Fig. 11 Size Reduction

5.2 ユニット抵抗低減

ユニット抵抗は、低温での攪拌抵抗低減を重視した低粘度化学合成オイルを新規開発した上で (Fig. 12) , 樹脂製クリアケースによるオイル流れ可視化技術の活用により、キャリア内面に最適な整流リブを新規に設定し、ギヤによるオイル攪拌抵抗を低減した。

その結果 ユニット効率は60km/h走行時の損失トルクで27%の低減を達成した (Fig. 13)。

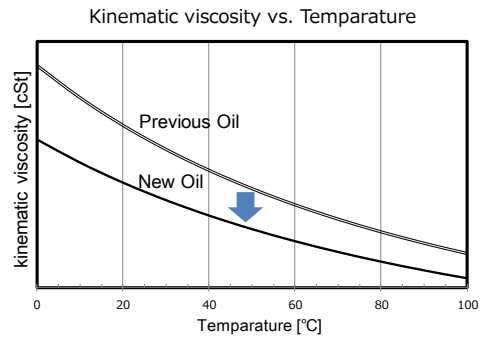


Fig. 12 Oil Kinematic Viscosity

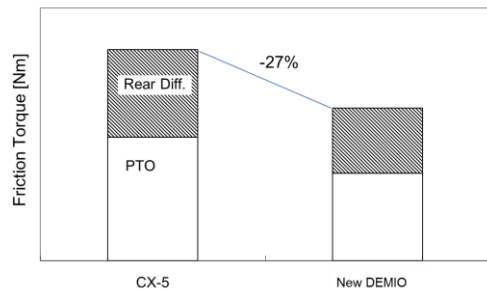


Fig. 13 Friction Torque Reduction

6. おわりに

CX-5以降の商品に採用した新世代4WDシステムを踏襲しつつ、更に小型・軽量化した4WDユニットを新開発し、新型デミオ・CX-3に採用した。

新型デミオ・CX-3においても、抜群の低燃費と路面を選ばない「走る喜び」を感じていただけると確信している。

参考文献

- (1) 八木ほか：新世代4WDシステムの紹介, マツダ技報, No.30, pp.175-180 (2012)

■ 著 者 ■



沢崎 朝生



八木 康



石田 一之



丸谷 哲史