

論文・解説

30

CX-50 Mazda intelligent Drive Select の開発

Development of Mazda intelligent Drive Select for CX-50

今村 泰理^{*1} 梅津 大輔^{*2} 藤岡 陽一^{*3}
 Yasumasa Imamura Daisuke Umetsu Yoichi Fujioka
 松尾 純太郎^{*4} 諸川 波動^{*5} 延谷 尚輝^{*6}
 Juntaro Matsuo Hado Morokawa Naoki Nobutani

要約

CX-50 は、お客様にとって自信をもたらし、自然へと赴く冒険の相棒となってくれる存在になることを目指して開発した。今回、オンロードでの人馬一体の走りはそのままに、オフロードの多種多様な路面においても、高いコントロール性による安心・安全の走りを提供すべく、さまざまな走行シーン、環境でも人馬一体の走りを提供する新たに複数のドライブモードとその切り替えシステムである Mazda intelligent Drive Select (Mi-Drive) を開発した。本稿では、Mi-Drive システムと各ドライブモードに関する技術を述べる。

Abstract

The CX-50 was developed with the aim of giving customers confidence and becoming their partner in adventures in nature. In order to realize safe and secure driving performance with high controllability on any off-road surfaces while maintaining Jimba-Ittai performance (oneness between car and driver) on-road, we have developed new multiple driving modes and the switching system, Mazda intelligent Drive Select (Mi-Drive). The system delivers the Jinba-Ittai driving performance regardless of driving scenes and environment. This paper reports on the technologies of the Mi-Drive system and each driving mode.

Key words : Electronics and control, Transmission control, Chassis control, Control system, Vehicle dynamics, Driving stability, Human machine Interface display

1. はじめに

CX-50 は、マツダのデザインテーマ「魂動（こどう）-SOUL of MOTION」のエレガントな上質感と SUV に求められる力強さとタフな機能性を融合させた、自然の中でも際立った存在感を放つクロスオーバー SUV である (Fig. 1)。ガソリンターボエンジン「SKYACTIV-G2.5T」もしくはガソリンエンジン「SKYACTIV-G2.5」に全車「i-ACTIV AWD」を組み合わせ、マツダの SUV 共通の提供価値であるオンロードの人馬一体の走りはそのままに、オフロードでも安心な最低地上高と、多種多様な路面における高い走破性を付加することで、お客さまにアウトドアアクティビティを楽しんでいただけるクルマを目指して開発した。



Fig. 1 CX-50

これまでマツダは、近年のアウトドアアクティビティへの需要に応えるべく、悪路でのスタック脱出性を高める「オフロード・トラクション・アシスト」を CX-30 以降の SUV モデルに順次導入してきた。今回、更なる人馬

*1,6 電子基盤開発部
Electronic Platform Development Dept.

*4 車両実験部
Vehicle Testing & Research Dept.

*2,3 操安性能開発部
Chassis Dynamics Development Dept.

*5 プロダクションデザインスタジオ
Production Design Studio

一体の領域拡大を目指して、マツダ独自の技術をあらゆる環境/走行シーンで提供する新たなドライブモード「OFF-ROAD」、「TOWING」を開発した。更に、それらを統合的に制御してドライバーが直感的に操作選択できるドライブモード切り替えシステム Mazda intelligent Drive Select (Mi-Drive) を開発した。

2. Mi-Drive の概要

2.1 Mi-Drive のコンセプト

日常生活においては、オンロードでの走行が大半を占める。一方、アウトドアアクティビティを楽しむ際には、未舗装路や路面起伏の激しい悪路などさまざまな路面を走行する場合がある。加えて、トレーラーを牽引するシーンでは、トレーラーに起因する荷重状態変化によって車両が不安定になりやすく、ドライバーや同乗者へ不安を与える場合がある。Mi-Drive は、このようなアクティブなライフスタイルを楽しむ際のさまざまな使われ方において、ドライバーに任意のモード選択によってシーンに合わせた最適な走りを提供することを目指した。オンロードでの人馬一体の走りはそのままに、ダイナミクス性能に関わるさまざまな機能を統合して制御する SKYACTIV-VEHICLE DYNAMICS 技術を最大限に活かして、走行条件が大きく異なるそれぞれのシーンに最適化した「人馬一体の走り」を実現することをねらった (Fig. 2)。



Fig. 2 Image of Expanding Jinba-Ittai Performance

2.2 Mi-Drive のシステム概要

今回開発した Mi-Drive は、ドライバーとのインターフェイスに関わる Human Machine Interface (HMI) システムと走行性能に関わる車両運動制御システムと、それらを調停するボディー制御システムの 3 つのシステムから構成される。HMI システムにはドライバーからの入力を検出して選択モードの情報をドライバーに伝達する機能を配置し、車両運動制御システムには、車両運動に関連する各 ECU に各走行モードに関わる制御機能を配置した。ボディー制御システムがドライバーの入力情報と車両状態からモード調停を行い、HMI システムと車両運動制御システムへ指示を出すことで、各システムが連携してモード切り替えを実現するシステムとした (Fig. 3)。

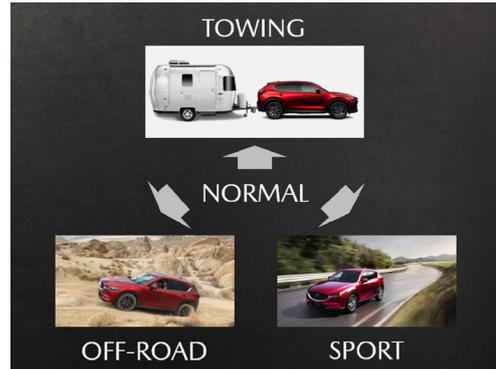


Fig. 3 Conceptual Image of Mi-Drive

また、今回 CX-50 向けに開発した Mi-Drive には、「NORMAL」、「SPORT」、「OFF-ROAD」、「TOWING」の 4 つの走行モードを採用した。これらの走行モードは、エンジンや AT、AWD、G-Vectoring Control (GVC)、Traction Control System (TCS) などのさまざまな機能を統合して制御することで車両全体の特性を各モードのニーズに最適化している。各走行モードの概要を以下に示す。

- ・ NORMAL

舗装路での燃費と走行性能のベストバランスを追求したモード

- ・ SPORT

応答性を優先して積極的な走りをサポートし、リニアリティの高い走行性能を実現したモード

- ・ OFF-ROAD

アウトドアシーンにおける未舗装路や深雪等悪路走行時のトラクションを重視したモード

- ・ TOWING

走行時の安定性を最大化し牽引していないかのように楽に運転できる走行性を実現したモード

以降、今回の Mi-Drive 開発において注力した HMI 領域と新たに設定した「OFF-ROAD」と「TOWING」について詳細に説明する。

3. Mi-Drive の HMI

Mi-Drive の HMI は、運転に集中した走行状態でも安全かつ直感的にモード切り替えができるように、シンプルな操作と明確なフィードバックを実現した。更に、走行シーンに応じて積極的にモードを切り替えたいくなる、ドライバーへの走りの期待感醸成を目指し、リッチな視覚効果を実現した。

3.1 直感的でシンプルな操作方法

スイッチのレイアウトは、車両運動制御のスイッチとして容易に想起できるよう、シフトレバー近傍のコン

ソール上に配置した。ドライバーの目線移動を抑えるべく、物理的手掛かりのある前後トグルスイッチとし、スイッチを注視することなく認知、操作が可能な方式を採用した (Fig. 4)。



Fig. 4 Switch of Mi-Drive

トレーラーを牽引しない通常走行状態においては、選択可能なモードは SPORT, NORMAL, OFF-ROAD の 3 モードが選択できる。IG-ON 時は NORMAL モードから開始され、スイッチを前方向に動かすと SPORT モード、後ろ方向に操作すると OFF-ROAD モードが選択され、NORMAL モードに復帰したい場合には、それぞれ逆方向の選択操作を行う。併せて、操作中はメーター画面上に操作を補助するガイドを表示し、操作の方向を確認できるようにした (Fig. 5)。



Fig. 5 List Display to Assist Operation

3.2 注視を必要としないモード識別表示

思い通りの走り性能を実現するためには、環境や走り方に応じてドライバーに適切なモードを選択していただく必要がある。モードの選択ミスやノーマルモードへの戻し忘れを防止するために、メーターを注視しなくとも現在のモードを瞬時に把握できる表示を目指した。ドライバーが周辺視で認知しやすい光刺激の輝度と面積の関係を実験的に求め、各モードのグラフィックに反映した。

3.3 リッチな視覚効果

CX-50 の Mi-Drive HMI は、「心のスイッチを切替える」をテーマに開発を行ってきた。その中でも特にメーター Graphical User Interface (GUI) はユーザーのスイッチ操作と連動し、一目でモードごとのドライバビリティを想

起させ、気分を高揚させたりあるいは安心させるビジュアルコミュニケーションをテーマにメーターインターフェイスのデザイン開発を行った。具体的には以下に挙げる 2 つの静的・動的な情報伝達表現となる。

(1) 配色計画とビジュアルアイデンティティ

モードごとに変化する色彩要素を周辺視や主たる計器要素に集中させ、光刺激要件を効果的に達成させながらも煩わしさに配慮した。また、配色はモードごとに明快に色と質感を差別化し、走行シーンを想起させるグラフィックとした。例えばオフロードモードでは、褐色とグレーのキーカラーを凹凸ある色面で構成し、未舗装の悪路も逞しく走り抜ける力強さを表現している。これらを展開車種で一貫した表現様式に規定することで、ドライバビリティの変化という機能的価値にビジュアルアイデンティティ (ブランドの価値やコンセプトを可視化) という意味的価値を付与した (Fig. 6)。

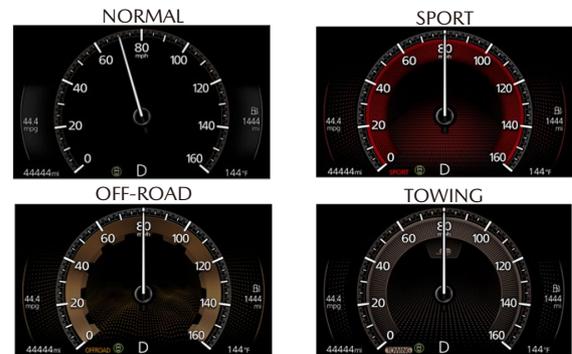


Fig. 6 Graphics for Each Mode

(2) 特徴的なアニメーションによる高揚感の醸成

操作補助として用意されているメニューリストとセットで、走行モードごとに走り味の変化を想起させる文字盤と背景のグラフィックのアニメーションを採用し、ドライバーのスイッチ操作と連動させることで、クルマの性能を操る自己有能感の満足さや、ドライバーとクルマの心的つながりを高めた。

走り味の変化の様子を車の挙動や音のみならず視覚的な認識で補足することで、運動性能の変化をより印象を強くし、操作を習熟したユーザーにも気持ちを切り替える瞬間につながることをねらった (Fig. 7)。

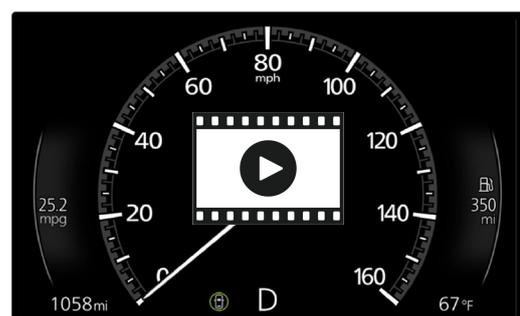


Fig. 7 Dynamic Interaction

これら運動性能の違いに連動した静的・動的デザインを通じ、計器としての車両状態情報の伝達性能向上に加え、視覚的なアイデンティフィケーションを突き詰め、人の感情への作用という付加価値を追求することで、独自の運動性能技術である Mi-Drive という商品性向上を両立した。

4. OFF-ROAD モード

スタック脱出時の一時的な機能であった従来のオフロード・トラクション・アシストから、今回、AWD、エンジン、トランスミッション、ブレーキをより総合的な協調制御とすることで、低速から高速まで幅広いシーンでの走行性能を高める OFF-ROAD モードへの進化を実現した。

4.1 AWD による高い走破性とトラクション性能の向上

OFF-ROAD モードでは、全車速域で AWD の後輪へのトルク配分を高めてトラクション性能を向上させる。実際にスリップ発生する前から AWD の締結力を高く保持するなど、低速ではより高い悪路走破性やスタック脱出性能を実現した。高速走行においても安定性を重視したハンドリング特性とした。

4.2 GVC による接地感の向上

マツダ独自のドライバー操舵に連系したエンジントルク制御である GVC では、接地荷重が不安定で滑りやすいオフロード路面に対する安定性を向上させるため、NORMAL モードに対してターンイン時のエンジントルクダウン制御のゲインを強めて応答性を高めつつ、制御終了のタイミングを早めることで定常旋回時のリヤスタビリティを高めた。これにより、直進安定性とリニアリティの高い旋回挙動を両立した (Fig. 8)。

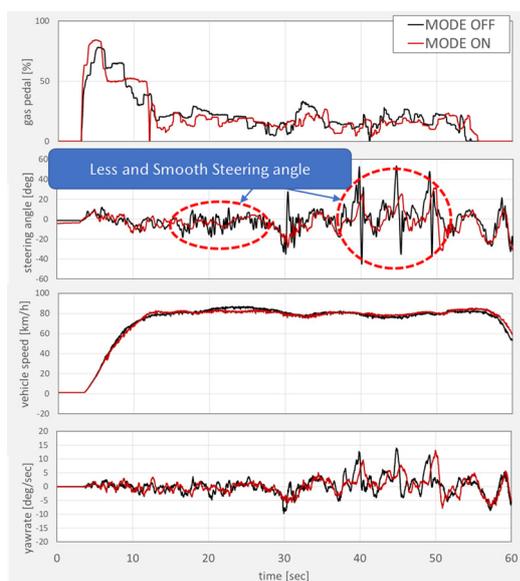


Fig. 8 Reduction of Corrected Steering Operation in High-Speed Gravel

4.3 オフロード路面用の TCS (トラクションコントロール)

オフロード路面に最低化した 4 輪のブレーキとエンジントルクの協調制御によってトラクションを最大化し、NORMAL モードよりも高い走破性とスタック脱出性能を実現した。タイヤの空転時に的確に接地輪に駆動力を伝達し、さまざまなオフロード路面 (土質、勾配、凹凸) に対応しながらも、ドライバーによるアクセルコントロール性も損なわないような特性とした。

4.4 アイドリング/クリープ制御による登坂発進性能向上

急斜面の登坂発進シーンでは、路面の勾配を検知して自動的にエンジンのアイドリング回転数を上げてクリープトルクを増強することで、ずり下がりや抑制して力強い発進を実現した。加えて、坂に対してクルマが斜めにアプローチする「キャンバー走行」のシーンでは、ハンドルの操舵角と車体の傾きから進行方向が登りか下りかを判断する。登りの場合にはアイドリング回転数を上げ、下りの場合はアイドリング回転数を下げることで、路面勾配状態に応じた発進性向上を図った (Fig. 9)。



Fig. 9 Slope Detection in Idle Speed-Up Function

4.5 AT 制御による滑らかで連続的なトルク伝達

AT のシフトアップポイントを高回転化することで、連続低速走行における余裕駆動力を増やすとともに、トルクコンバーターのロックアップクラッチの制御をより滑らかで連続的なトルク伝達特性とすることで、安定したトラクションを確保して高い登坂性能を実現した (Fig. 10)。



Fig. 10 Improved Hill Climbing Performance in Real Off-Road Environment

5. TOWING モード

トレーラー牽引時には、単に車両の総重量が増えるだけでなく、横風や不整路面による影響で横揺れが起きやすくなる。また、トレーラーとの接続部分に下向きの力が掛かることで（トンぐウェイト）、前輪の接地荷重が減少しハンドリング性能が悪化する。今回、マツダ純正用品のトバーコネクタを使用してトレーラー接続を行うことで選択可能となる「TOWING モード」を新たに開発した。各種制御の特性をトイーイング状態に最適化することで、非牽引時に近い安定した走行性能を実現した。

5.1 AWD による直進安定性とトラクション感の向上

トレーラーとの接続部分への荷重増加に合わせて後輪に配分するトルクを強化し、フリーウェイなどでの直進安定性、非舗装路や登坂路でのスリップ軽減を実現した (Fig. 11)。



Fig. 11 Test Scene of Hill Launch

5.2 GVC による接地感／ステアリング応答性の向上

トレーラー牽引時の前輪接地荷重の減少による操舵応答悪化を改善するため、ドライバーの操舵に応じてエンジントルクを低減する GVC 制御の特性を最適化した。具体的には、トンぐウェイトによる性能変化を補償するため NORMAL モードよりも制御ゲインを増加することで接地感を改善させた。直進においても修正操舵の応答性を高めることでハンドルの据わりを安定させつつ、旋回時にはアンダーステアを低減してリニアなステアリング特性を実現した。

5.3 トイーイング専用の AT シフトパターンによる余裕の走り

AT のシフトパターンも最適化、変速後の駆動力の余裕度を常に演算し、トイーイング時に必要なトルクを出せる回転数を維持することで、余裕のある走りを実現した。

6. おわりに

今回、CX-50 向けに新開発した Mi-Drive について、2 章では Mi-Drive の概要を説明し、3 章では HMI 領域を、4 章、5 章では新たに設定した「OFF-ROAD」と「TOWING」の 2 つの走行モードについて紹介した。ア

クティブなライフスタイルを楽しむお客様が、この Mi-Drive とともにさまざまなシーンで自信をもって運転を楽しみ、安心して自然の中へ入っていけることを目指して開発し、それが実現できたと考える。

今後もマツダは、さまざまなシーンでの人馬一体の走りの進化を追求していく。

参考文献

- (1) 嶋田ほか：新世代 i-ACTIV AWD の紹介、[マツダ技報, No.37, pp.33-38 \(2020\)](#)

■ 著 者 ■



今村 泰理



梅津 大輔



藤岡 陽一



松尾 純太郎



諸川 波動



延谷 尚輝