

特集：SKYACTIV TECHNOLOGY

6

# SKYACTIV 技術を商品化した CX-5 パワートレインの紹介

## Introduction of CX-5 Powertrain, the Commercialized SKYACTIV TECHNOLOGY

秋山 耕一\*1  
Koichi Akiyama  
山根 義昭\*4  
Yoshiaki Yamane

高戸 剛\*2  
Tsuyoshi Takato  
山形 弘彦\*5  
Hirohiko Yamagata

佐々木 健二\*3  
Kenji Sasaki  
河野 敏文\*6  
Toshifumi Kawano

### 要約

CX-5 は SKYACTIV TECHNOLOGY をフルに採用し、「サステイナブル“Zoom-Zoom”」を体現する最初の商品である。CX-5 の開発は SKYACTIV TECHNOLOGY を導入することに加え、商品と使う人との関係を深く見つめながら、人間中心思想で商品作りに取り組んだ。本稿では、パワートレイン開発の主要要素である環境対応と走行性能についてこだわりを持って取り組んだ内容を紹介する。

### Summary

CX-5 is the first model which fully mounts the SKYACTIV TECHNOLOGY and embodies 'Sustainable Zoom-Zoom'. In addition to mounting SKYACTIV TECHNOLOGY, CX-5 development has been forwarded under human-centered thought, deeply looking at the relation between product and user. The following article introduces how we worked on CX-5 development with a focus on environmental friendliness and driving performance that are major elements of Powertrain development.

### 1. はじめに

CX-5 は世界的に需要が拡大しているクロスオーバー SUV カテゴリに導入する新型車であると同時に、「サステイナブル“Zoom-Zoom”」として、「走る喜び」と「優れた環境・安全性能」をすべてのお客様に提供することを宣言して以降、最初の All New 開発モデルである。

「サステイナブル“Zoom-Zoom”」を具現化する新世代技術である SKYACTIV TECHNOLOGY とは、相反する課題を同時に解決しながら、開発/生産が一体となって「モノ造り」も革新した、マツダ 90 年の総智の結集である。技術の詳細は、それぞれの論文を参照されるとして、本稿では「優れた環境性能」と「走る喜びの革新」を主体に、CX-5 のパワートレインが実現した内容を紹介する。

### 2. CX-5 のパワートレイン

#### 2.1 パワートレイン展開

CX-5 はクロスオーバー SUV としての幅広いニーズに応え

るため、ガソリン/ディーゼルの 2 つのエンジンに、6AT/6MT の 2 つのトランスミッション、FWD/AWD の 2 つの駆動方式をラインナップしている (Table 1)。

Table 1 Powertrain Line-Up

SKYACTIV		Japan	N.America	Europe	Other
Gasoline 2.0L	6MT	FWD			
		AWD			
	6AT	FWD			
		AWD			
Diesel 2.2L	6MT	FWD			
		AWD			
	6AT	FWD			
		AWD			

#### 2.2 パワートレインの目指したもの

##### (1) 欧州/日本

SKYACTIV-G搭載車は、SUV競合ガソリン車の中でクラストップのCO<sub>2</sub>/燃費を目指した。代表値としては競合SUVディーゼル車と同等となる、欧州CO<sub>2</sub>値

\*1, 2 パワートレイン企画部  
Powertrain Planning Dept.

\*3~6 走行・環境性能開発部  
Driveability & Environmental Performance Development Dept.

139g/km (NEDC) を目標とした。走り性能はアクセル操作にリニアな特性を持たせ、意のままに走れる質感の高さを追求した。

SKYACTIV-D搭載車は、HEVや燃費特化モデルを含めSUVの中でトップのCO<sub>2</sub> / 燃費を目指した。代表値としてはSUVの中でトップとなる、欧州CO<sub>2</sub>値119g/km (NEDC) を目標とした。欧州の次世代の排出ガス規制であるEuro6 に対しては、競合SUVモデルは一部機種のみに対応となっているが、CX-5 では全機種での適合を目指した。走り性能はディーゼルの力強いフィーリングと、ガソリン車のような軽快な走り感をあわせ持ち、従来のディーゼルエンジンのイメージを払拭しながら、リニアな特性によって意のままの走りを目指した (Fig.1)。

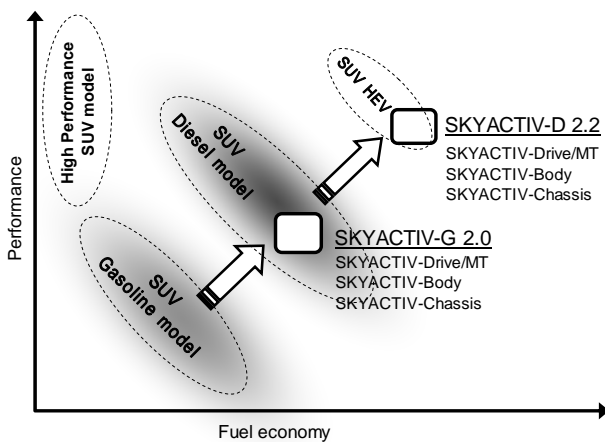


Fig.1 Positioning Target in JPN/Europe

(2) 北米

競合 SUV 車は 2.4~2.5L ガソリンエンジンが主流となる中で、SKYACTIV-G (2.0L) は、燃費性能は SUV の中でトップを目指し、Hwy 燃費: 33MPG を目標とした。走り性能は、競合車並みの加速性能を確保することを目標とし、意のままの走りを目指した (Fig. 2)。

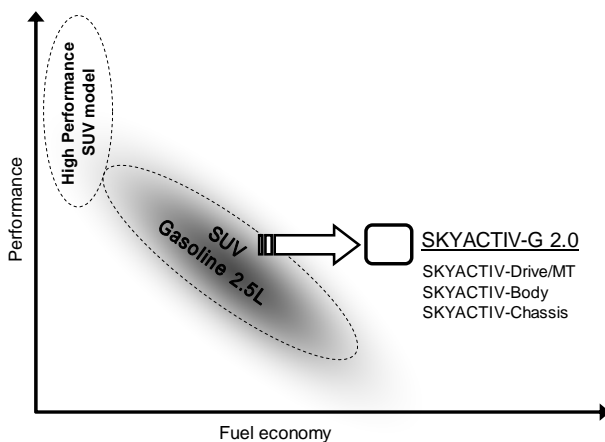


Fig.2 Positioning Target in N.America

3. 環境性能

3.1 エミッション性能

エミッション性能は、最新の各国の厳しい排出ガス規制に適合しながらも、商品をアフォーダブルな価格でワールドワイドに提供することで、多くのお客様に購入いただき、全体の環境負荷を低減する考え方である。

SKYACTIV-D 搭載モデルのエミッションシステムは、酸化触媒と DPf (Diesel Particulate Filter) を基本とし、高価な Nox 後処理システムを使わずに、欧州 Euro6 や日本ポスト新長期規制に代表される厳しい規制に適合することでコストを抑制し、アフォーダブルな車両価格の設定に貢献している。

3.2 モード燃費性能

CX-5 のモード燃費性能は、SKYACTIV 技術を中心に、空気抵抗 / 転がり抵抗等の車両抵抗低減や、エンジン / トランスミッションの性能向上等、車両全体の燃費向上活動を積み重ねて実現している。その中でも、制御開発は制御ストラテジーを一括開発し、それをコモンアーキテクチャとして次々に車種展開する考え方で開発。

SKYACTIV-G 搭載車では、先行していた国内デミオや北米アクセラで制御ストラテジーが次々に改良され、その改良された制御ストラテジーが CX-5 に展開されたことによって、国内と北米では目標を過達することができた。これによって CX-5 は開発途中の市場での競合環境変化への余裕が生まれ、販売開始時点でクラストップの燃費をアピールできた。

SKYACTIV-D 搭載車については、CX-5 をリードモデルとして制御を開発し目標を達成した。この制御仕様は今後の車種に継承するものである (Table 2) (Fig.3, 4)。

Table 2 Fuel Economy & CO<sub>2</sub> value(Main Model)

Europe	SKYACTIV-G 6MT 2WD	139 g/km	CO2 value
	SKYACTIV-D 6MT 2WD	119 g/km	CO2 value
Japan	SKYACTIV-G 6AT 2WD	16.0 km/L	JC08mode F/E
	SKYACTIV-D 6AT 2WD	18.6 km/L	JC08mode F/E
N.America	SKYACTIV-G 6MT 2WD	26/35 MPG	city/hwy
	SKYACTIV-G 6AT 2WD	26/32 MPG	city/hwy

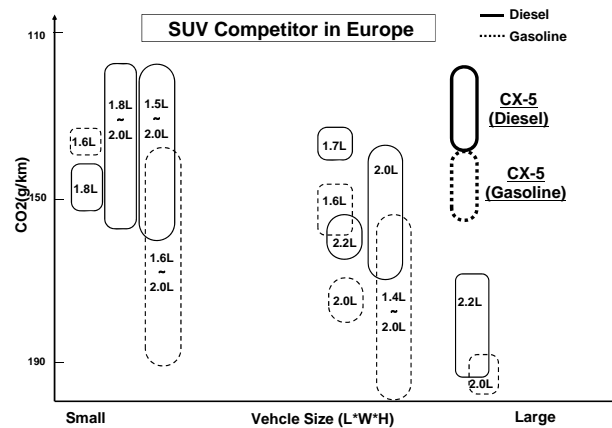


Fig.3 CO<sub>2</sub> & Vehicle Size Comparison (EU)

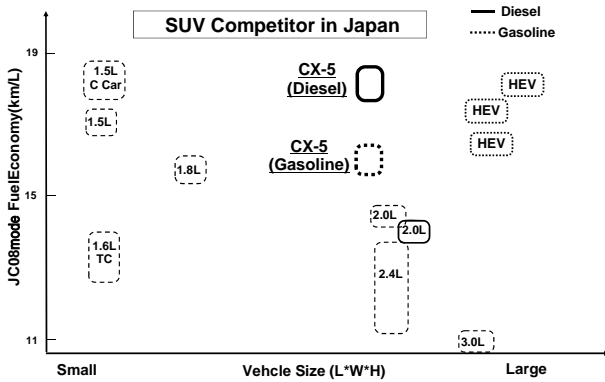


Fig.4 F/E & Vehicle Size Comparison (JPN)

3.3 実用燃費性能

燃費については、モード燃費のアピールに留まらず「永く愛される」「懐の深さを備える」商品となるように、実用での燃費の良さを「給油頻度」や「長距離ドライブ時の残燃料」からも実感できるように取り組んだ。実用燃費の目標は、56L (AWDは58L)の燃料タンクでありながら、ロングドライブに適したSKYACTIV-D搭載車では1,000kmの航続距離を持たせることを目標とした。

開発完了後には、山口県下関市から神奈川県横浜市間の約1,000kmを無給油で実際に走行し、ロングドライブでおおむね1,000km以上の航続距離があることを実証した。

4. 走る喜びを革新したダイナミック性能

4.1 走り感(パフォーマンスフィール)の方向性

CX-5のパフォーマンスフィールは、「永く愛される」「懐の深さを備える」を実現するため、ドライバは意のままに操るドライビングを楽しみながら、同乗者が快適に安心して上質なドライブを楽しめることに主眼を置いて開発した。

最初に取り組んだのは、ドライバの最適な運転環境の実現である。アクセルペダルには、人間が足首を動かす軌跡と同じ動きをするオルガンタイプを採用。ステアリングの中心線上にドライバが座り、足を伸ばせば自然な位置にペダルがあるという、最適な操作環境を実現した。

パフォーマンスフィールのチューニングは、ドライバが想像する通りのフィードバックを得ながら、意のままに操るフィーリングを実現。同時に「走る/曲がる/とまる」の一連の動作のつながりを調和させることで、車両全体で違和感のない自然な動きを造り出し、ドライバと同乗者がともにドライブを楽しめるダイナミック性能を実現している。

CX-5のパフォーマンスフィールにおいて、SKYACTIV-G/SKYACTIV-D搭載モデルの注力ポイントと、光るシーンを以下に記す。

4.2 SKYACTIV-G 搭載モデル

SKYACTIV-G 搭載モデルは、高回転までストレスなく回るエンジン特性と、アクセル操作に対する優れた応答性やコントロール性の高さにより、ワインディングや市街地等、運転シーンを問わず、ポテンシャルを使いきりながら、意のままの走りを楽しむことができるオールマイティなモデルである。

CX-5では理想とするパフォーマンスフィール特性を運転シーンごとに目標加速度として定め、エンジンとトランスミッションの協調制御により、加速度を的確にコントロールすることで「扱いやすさ」と「意のままに操る喜び」の両立を実現している。

リニアで質感の高い走り

ドライバが車両挙動を予測しやすく、修正操作を必要としない状態を作り出すため、加速度の絶対値をリニアにするのではなく、人が感じる加速度の強さを指標化してリニアな特性を定め、目標加速度の特性とした(Fig.5, Fig.6)。

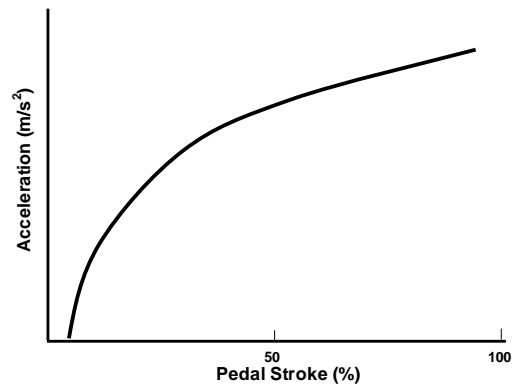


Fig.5 Acceleration – Pedal Stroke Relation

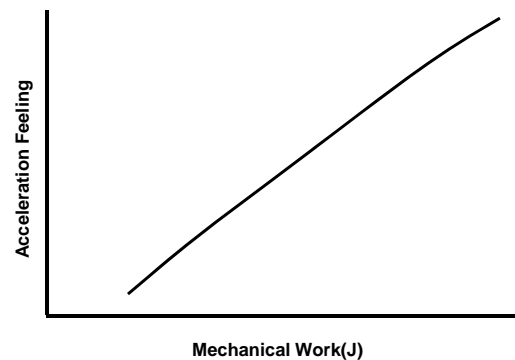


Fig.6 Acceleration – Pedal Feeling Relation

変速による駆動力段差のない走り

強い加速度を必要としないアクセルペダルの低開度領域では、変速前後の駆動力変化の抑揚を抑えることで、ドライバが想定しない加速度変化が変速によって発生しない特性とした (Fig.7)。

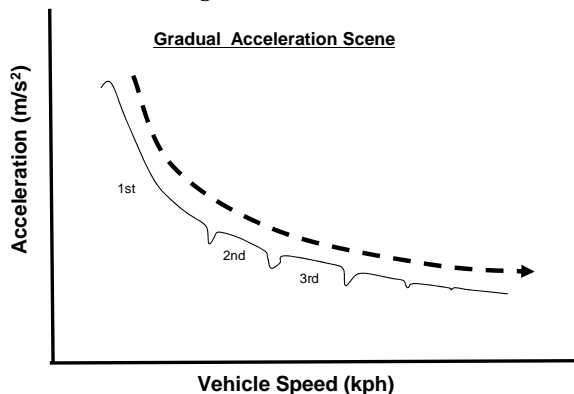


Fig.7 Acceleration - Vehicle Speed Relation

高回転まで伸びやかな加速感

アクセルペダル開度が比較的大きく、強い加速力や伸びやかな加速フィールを要求する領域では、余裕のあるトルクを活かしてギヤ段ごとに加速度の抑揚を持たせ、人間が伸びやかさを感じる目標加速度特性とした (Fig.9)。その結果、市場でも好評を得ている SKYACTIV-D 特有の力強く、伸びやかと感じる加速性能を実現した。

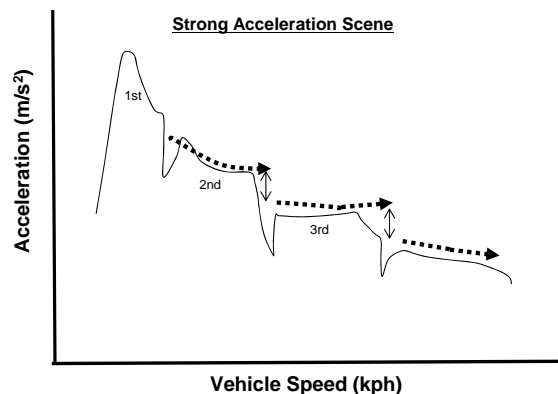


Fig.9 Acceleration - Vehicle Speed Relation

4.3 SKYACTIV-D 搭載モデル

SKYACTIV-D 搭載モデルは圧倒的な低速トルクと高回転までフラットにまわるトルク特性を活かし、加速感の楽しさや、余裕のある駆動力を意のままに操ることの楽しさが特長である。

CX-5 では以下の点に注力して、従来のディーゼルエンジンの常識を変える優れたレスポンスと、伸びやかな加速性能を実現した。

アクセル操作に忠実なレスポンス

2 ステージターボの過給特性とエンジン低圧縮化によるフリクション低下のメリットを最大限に活用し、加速度の立ち上がりを早め、変化率をリニアにすることで、過給遅れを感じさせないレスポンスと扱いやすい加速特性を実現した (Fig.8)。

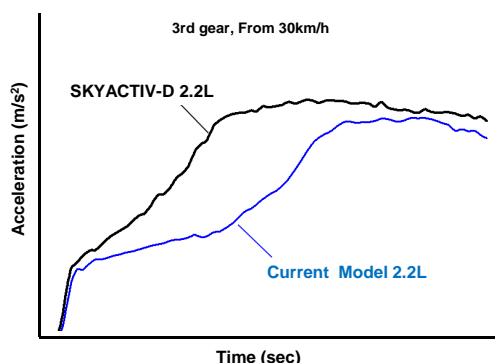
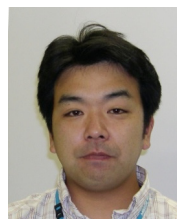


Fig.8 Acceleration - Time Relation

5. おわりに

CX-5 は、SKYACTIV TECHNOLOGY 開発に関わった多くの方がたゆまずブレークスルーに挑戦し、商品プロジェクト開発に担当された人々が最後まで諦めることなくこだわり続けたことで、サステナブル“Zoom-Zoom”の体現車として相応しい商品を完成させることができたと感じている。

著者



秋山 耕一



高戸 剛



佐々木 健二



山根 義昭



山形 弘彦



河野 敏文