

新型ISUZU D-MAX EVの製品概要について

Outline of New ISUZU D-MAX EV

小平 和宏*

Kazuhiro Kodaira

早崎 将司**

Masashi Hayasaki

柿沼 勉**

Tsutomu Kakinuma

芳賀 歩***

Ayumu Haga

千賀 陽介*

Yosuke Chiga

海老原 大貴**

Daiki Ebihara

要 旨

いすゞは、世界のカーボンニュートラル社会の実現に向けて、世界100か国以上で販売され、お客様より好評いただいているISUZU D-MAXをベースにEVの開発を行った。本稿では、車両全体概要として、開発の狙い、車型展開、製品概要に関して紹介する。

Abstract

ISUZU has developed an EV based on the ISUZU D-MAX, which is sold in over 100 countries worldwide and has received high praise from customers, in pursuit of a global carbon-neutral society. This paper introduces the overall vehicle concept, including the development objectives, model lineup, and product overview.

1 はじめに

世界的な脱炭素化の流れを受け、自動車業界では電動化が急速に進展している。いすゞは、これまでディーゼル車で培った耐久性と信頼性を継承しつつ、いすゞ初のEV(電気自動車: Electric Vehicle)ピックアップトラック「新型ISUZU D-MAX EV(以下、D-MAX EV)」を開発した。本車両は、欧州をはじめとする各国の環境規制を見据えた、今後のグローバル展開に向けた重要な第一歩となる。

2 開発の狙い

D-MAX EVは、全世界の環境規制への迅速な対応と、ピックアップトラックとして必要な性能確保を最重要視して開発した。また既存のディーゼルエンジンモデルからの乗り換えを想定し、車両の使い勝手を大きく変更しないことも意識している。

この狙いに対して、先行して開発されたエルフEVのコンポーネントとの共通化と、ディーゼルエンジンモデルのプラットフォームの活用により対応した。これにより開発期間の短縮を図りながら、ディーゼルエンジンモデルと同等の耐久性及び3.5tけん引、ペイロード(積載可能重量)1tなどの必須性能を確保することができた。

なお、生産地についてはディーゼルエンジンモデルと同様、タイのIMCT(Isuzu Motors Co., (Thailand) Ltd.)工場を設定した。併せて、いすゞとして初めてのバッテリーパック内製化にも取り組んだ。

3 車型展開

車型展開は、既存のノルウェー向け展開車型をベースに、左ハンドルのクルー、エクステンドの2キャブに、それぞれ2グレードの計4車型を設定した。パワートレインは車両前後にeAxleを配置し、フルタイム4x4を実現している。

なお、今後右ハンドル車型の設定を予定しており、各国・各地域の車の使われ方及びインフラの整備状況などを踏まえ、ニーズに応じて展開・拡大を行っていく。

4 製品概要

4.1 EVシステム

EV化にあたり、D-MAX EVでは商用車としての高い積載・けん引性能を維持しつつ、電動パワートレインの最適配置と制御性の向上を図る必要があった。これらを実現するため、エルフEVで培った技術資産を活用しながら、D-MAX EV専用のEVシステムを新たに構築した。

図1にEVシステムの全体を示す。EVシステムは、バッテリーパック(駆動用高電圧バッテリー)、eAxle(インバータ、減速ギヤー一体型モータユニット)、ジャンクションボックス、DCDCコンバータ(12V変圧機)、車載充電器(On-board Charger: 以下、「OBC」)、電動空調、そしてこれらの機器を統合制御するVCU(車両コントロールユニット: Vehicle Control Unit)から構成される。これらの構成要素は、積載やけん引を行う商用車、悪路を走行するピックアップトラックとしての車両性能を最大限に引き出すために最適化されており、

*Isuzu Technical Center of Asia Co., Ltd.

**xEV システム開発第一部

***LCV 商品企画・設計部

特にeAxleは駆動効率と省スペース性を両立する重要な要素である。また、VCUは各コンポーネント間の協調制御を担い、エネルギーマネジメント、走行制御

して電制御などを統合的に実行することで、システム全体の性能と信頼性を高めている。

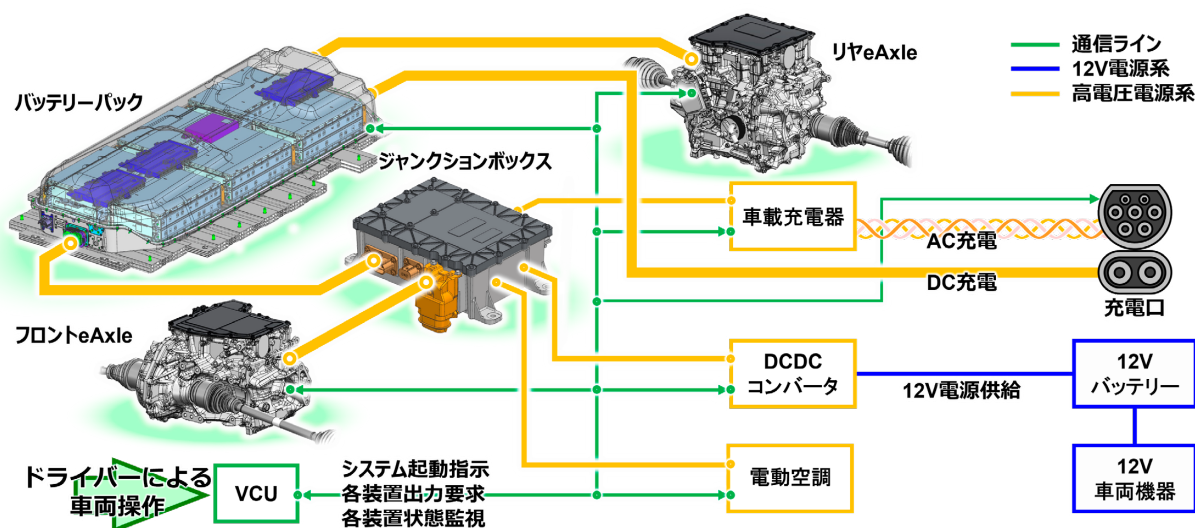


図1 EVシステム図及び電動装置

本EVシステムの開発においては、既存のエルフEVで実績のあるコンポーネントの共通化が図られている。具体的には、エルフEVに搭載されているバッテリーパック構成部品、DCDCコンバータ、VCUなどの装置をD-MAX EVにも適用することで、品質の継承と設計・調達コストの低減を実現できた。

しかしながら、バッテリーの共通化には幾つかの課題が存在した。エルフEVに搭載されているバッテリーパックは高さ方向の寸法が大きく、D-MAX EVの車体構造には適合しないという問題があった。これに対し、D-MAX EVではバッテリーセル、バッテリーモジュール、及びBMS(Battery Management System)といった構成部品をエルフEVと共通化しつつ、全体の高さを抑えた構成部品の配置へと置き換え、新たなバッテリーパックを再設計した。この設計においては、エルフEVのバッテリーモジュール開発時からD-MAX EVへの共通化を視野に入れていたため、内製化によるD-MAX用バッテリーパックを成立させることができた。

一方で、D-MAX EV専用の技術開発も並行して進められた。

駆動方式においては、D-MAX EV特有の要件が存在した。図2にエルフEVとD-MAX EVの比較を示す。エルフEVではセンタドライブ方式が採用されていたが、D-MAX EVではバッテリーが車両中央に配置されていること、更に4輪駆動の要求があることから、前後車軸上に省スペースで搭載可能なeAxle方式が採用された。これにより、駆動力の最適配分と車両設計の自由度を確保されている。

充電規格においては、欧州市場への対応が求められ、

11kWの三相電源に対応したOBCの採用と、CCS2(Combined Charging System Type 2)規格への準拠が実施された、これらの規格はD-MAX EVの重要仕向けであるタイ市場で最も導入が進められている規格であり、今後の販売展開に対する利便性の向上が図られている。

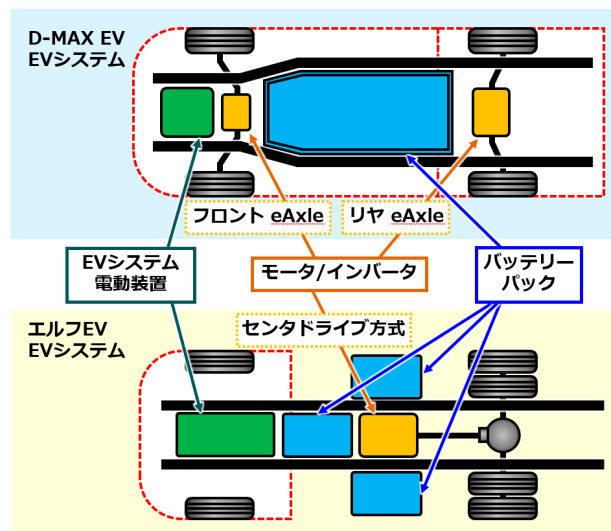


図2 D-MAX EVとエルフEVのシステム比較

4.2 電動パワートレイン

D-MAX EVの電動パワートレインは、ピックアップ用途のEV要件に合わせて高出力型eAxleを採用。モータ、インバータ、減速ギヤ及びディファレンシャルギヤを一体化し、バッテリーパックの搭載スペースの最大化とトータル車体質量を低減。冷却回路・配線類も

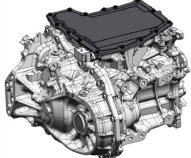
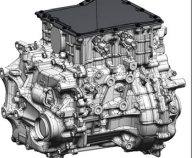
一体化設計とし、メンテナンス工数と車両生産ラインでの組み立て工程数の低減にも寄与することができた。

eAxleの狙いとして、「パワー×省スペース×商用耐久性」を両立、設計自由度と荷室利用効率を最大化しながらEVならではの価値創出を図った。

また、eAxleは車両前後に1基ずつ配置した。これにより、従前のディーゼルエンジン車同等の4輪駆動力を実現しながら、ディーゼルエンジン車に配置されているプロペラシャフトが不要となり、バッテリーのレイアウト性の向上に寄与している。表1に電動パワートレインの仕様を示すとともに、図3にeAxleの最大トルク・最大出力特性を示す。

eAxle性能として、フロント1,500Nm、リヤ3,000Nmを実現し、従来のエンジン車に劣後しない性能を有している。

表1 フロントeAxle及びリヤeAxle仕様

項目	フロントeAxle	リヤeAxle
		
型式	HC11	HD11
モータ方式	永久磁石同期式	永久磁石同期式
トルク 最大	1,500 Nm	3,000 Nm
出力 最大	43 kW	97 kW
定格電圧	350 V	350 V
冷却方式	水冷+油冷	水冷+油冷
電動パーキングロック	非搭載	搭載

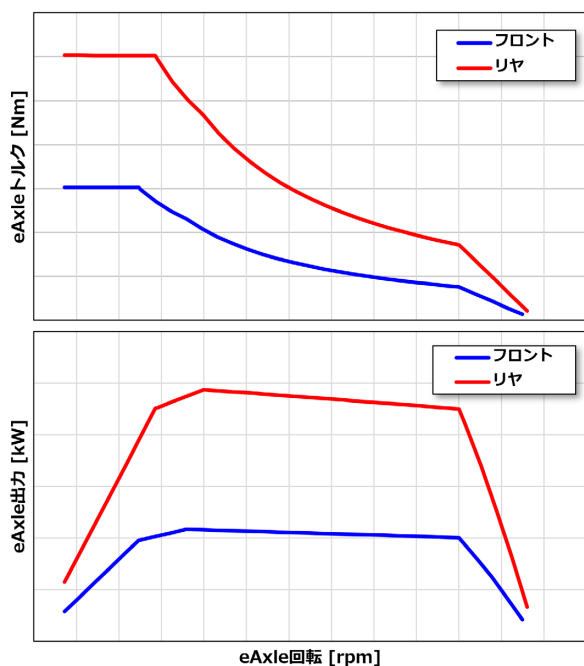


図3 フロントeAxle及びリヤeAxle性能

図4にeAxleのトルク配分を示す。低駆動力の領域においては定常走行時に車両の安定性を重視したトルク配分を設定した。一方で高駆動力の領域においては、加速時及び積載量の多い状況で要求のある、リヤの駆動力を重視したトルク配分を設定し、各トルク配分にリニアに切り変わる制御を採用した。

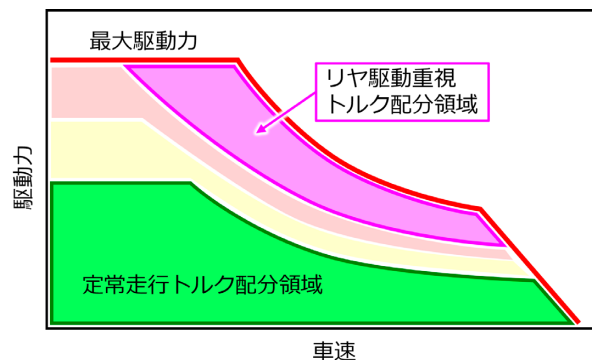


図4 D-MAX EVフロント及びリヤトルク配分

駆動力伝達系のねじりによる車両振動を抑制するために、固有振動数と回転変動からトルクを過渡的に制御する制振制御をeAxleのモータ制御に採用した。これにより、ドライブシャフト共振による車両振動を低減し、加速時及び減速時の乗り心地向上に貢献している。

これらの技術的工夫により、eAxleはD-MAX EVにおける駆動システムとしての成立性を確保し、実用性と性能の両立が達成された。

以上のように、D-MAX EVにおけるEVシステムは、エルフEVとの共通化による品質とコストの両立、D-MAX EV専用技術による市場適応性の確保、そしてeAxleの導入による駆動性能の向上を通じて、専用システムとしての成立性を確保している。

4.3 パッケージ・諸元

いすゞのピックアップトラック初の電動化に向けてバッテリー構成、モータ仕様、リヤサスペンション形式、充電システムなどの主要構成要素について、技術的検討と最適化を実施した。特に、既存エルフEVとの部品共通化によるコスト抑制と開発期間短縮を図りつつ、性能・搭載性・信頼性のバランスを追求し車両パッケージを検討した。

車両諸元は市場で評価されているディーゼルエンジンモデルのD-MAXを踏襲し、必要最低限の変更にとどめた(表2)。

(1) 地上高

悪路走破性を確保するため、eAxle及び、バッテリーの配置を最適化し、最低地上高200mm以上を実現した。特に前後eAxle下面には路面からの保護を目的にアンダカバーを設定した。

(2) Ramp Over Angle

悪路走破性を確保するため、バッテリーセルと補器の配置でバッテリーの高さを極力抑え、Ramp Over Angleを最大限確保した。その結果、フロアパネルをディーゼルエンジンモデルと共通化できた。

表2 主要諸元(ノルウェー向けBEV車型)

主要諸元		
全長 (mm)		5,280
全幅 (mm)		1,870
全高 (mm)		1,810
重量(kg) CREW Cab		2,350
タイヤ		265/60R18
最低地上高(mm)		203
Approach Angle(deg)		30.5
Departure Angle(deg)		24.2
Ramp Over Angle(deg)		17.6
e-Axle (Frt/Rr)	最大出力 (kW)	40/90
	最大トルク (Nm)	1,500/3,000
バッテリー容量(kWh)		66.9
航続距離(km, WLTC)		263
充電時間 SOC 20-80% DC		約1時間

4.4 プラットフォーム

基本骨格となるプラットフォームはディーゼルエンジンモデルのD-MAXとの共通を前提に必要最低限の変更にとどめた(図5)。

(1) フレーム構造

バッテリー容量の確保を目的として、従来のディーゼルエンジンモデルに対し、3本のクロスメンバを廃止し、これらの機能をバッテリーアンダカバーに代替させる構造とした。

これにより、フレームねじれ剛性の確保と衝突時のフレーム変形を抑えることができた。

(2) サブフレーム構成

フロントモータ上部にサブフレームを新設し、電動コンポーネント(バキュームポンプ、電動コンプレッサ等)を集約・配置することで、組立性及び整備性の向上を図った。

(3) リヤサスペンション構造

バッテリー搭載スペースの確保とeAxleを車体側に固定するためのスペース確保のために、いすゞピックアップトラックとして初めてDe-Dion式リーフサスペンション(アンダスラング)を採用した。

(4) eAxleマウント

モータ回転振動の抑制と慣性モーメントの軸バランスのために、eAxle前後を固定する3点支持マウントを新たに設定した。

(5) 充電口

充電口は充電ステーションでの充電にも配慮しディーゼルエンジンモデルの既存の給油口位置に設定した。

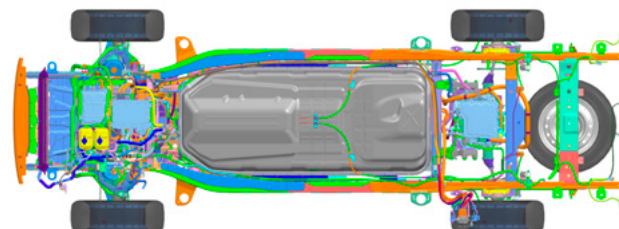


図5 D-MAX EVプラットフォーム

4.5 各種性能

4.5.1 電費性能

限られたバッテリー容量の中、少しでも航続距離を延長するためにさまざまな工夫を行っている。

走行時にユーザーがエコドライブをするための方策として、回生ブレーキは4段階の強さから、パドルシフトで任意に選択できる仕様になっている。これにより、空車・積車などの車両の状態及び坂路などの走行条件に対して、最適な回生ブレーキ力を発揮し、余分なエネルギー消費を抑えることが可能である。またドライブモードはNormal ModeとECO Modeの2つを有し、ECO Mode選択時には加速性能を抑えることで電費を向上させる走行が可能となっている。

ディーゼルエンジン車に対する基本性能の改良として、バッテリー下部のアンダカバー形状をフラットにすることで、車両床下の空力性能を向上させ、走行抵抗を低減した。また、エンジンの排熱利用ができないEVにとって、車内空調のエネルギー消費、特に暖房のPTC(Positive Temperature Coefficient)ヒータ使用時は電費性能の悪化を招く。この対策としてD-MAX EVではヒートポンプ空調を導入し、外気の熱エネルギーを効率よく取り込むことにより、電費性能の向上を図っている。

4.5.2 操縦安定性・乗り心地性能

BEV(Battery Electric Vehicle)においては、電動パワートレインやバッテリーパックなどの固有部品の追加により、ディーゼルエンジン車比では、車両重量の増加による操縦安定性能の悪化が懸念される。しかしD-MAX EVでは、リーフサスペンションのばね定数とショックアブソーバの減衰力を最適化することで、操縦安定性及び乗り心地に関して、ディーゼルエンジン車両と同等の性能を維持することができた。

4.5.3 振動騒音性能

ディーゼルのエンジン音、及び振動がないことにより、室内外の騒音レベルは大幅に改善した。特に停車時、及び低速走行時の静粛性は高く、乗員の快適性向上に寄与している。一方でリヤeAxleからの車内透過音対策としてボディに遮音材の追加、放射音対策としてeAxleアンダカバーに遮音材を追加し、車内静粛性を向上した。

4.5.4 動力性能 けん引性能

前後軸にeAxleを配置する構成を採用し、最大1tのペイロード積載及び最大3.5tのけん引時においても、十分な発進・登坂性能を確保可能なeAxleの選定を行った。その結果、D-MAX EVは従来の内燃機関(ディーゼルエンジン)搭載車両と同等の動力性能を有しており、電動化による性能低下を伴わないことを確認した。

4.4.5 安全性能

BEVにおいて、ディーゼルエンジンがeAxleに置き換わったことにより、前面衝突時における車両フレームの変形挙動が変わり、高電圧バッテリーにダメージ

が生じた。この対策として、サイドメンバに補強材を追加し、衝突荷重がバッテリーセルに直接影響を及ぼさない構造設計を採用した。側面衝突時におけるフレーム変形に対してはバッテリーアンダカバーに従来のクロスメンバの機能を持たせることでフレームの変形量を抑えた。

5 おわりに

この度、いすゞとして初となるEVピックアップトラックの量産を開始することができた。これは、開発及び生産に従事した関係者各位の多大なる貢献によるものであり、深甚なる謝意を表する。

本車両は、従来よりいすゞのピックアップトラックを高く評価してきたお客様に対し、十分な性能を備えた製品として提供可能であると確信している。一方で、本車型には更なる技術的発展の余地があると認識している。

今後は、本車両に対する市場からの評価を次世代モデルの設計・開発に反映させ、より高性能かつ持続可能なEV車の創出に資する基盤とする所存である。

◇いすゞ歴史の一こま



ベレット_ダブルピックアップ(ワスプ)(1965年ごろ)