

オフロード多目的四輪車「MULE PROシリーズ」の開発 Development of Multipurpose Off-road Vehicles MULE PRO Series



久田 和 政① Kazumasa Hisada
高橋 敬 二② Keiji Takahashi
糸尾 成 司③ Seiji Ito
高馬 裕 二④ Yuji Kouma

2009年以降、米国のオフロード多目的四輪車（Side×Side）市場は大きく伸張している。当社はその内のユーティリティ車両市場に対して「MULE PROシリーズ」の開発・投入を行い、四輪事業の飛躍を導くことができた。「MULE PROシリーズ」は、当社初となる最高速40km/h超のユーティリティ車両であり、エンジンの出力アップ・快適な走行性能の確保・新トランス機構の採用などを行った。

Since 2009, the market for multipurpose off-road vehicles (Side × Side vehicles) has been growing in the U.S.A. Targeting the utility vehicle market among them, Kawasaki has developed and marketed the MULE PRO Series, achieving a leap forward in its multipurpose off-road vehicles business. The MULE PRO Series is our first utility vehicle that can achieve a top speed of over 40 km/h. The engine power was increased with assuring vehicle performance comfortable and a new transformation mechanism was adopted.

まえがき

米国パワースポーツ市場の中心は、顧客の高齢化に伴い、従来のモーターサイクルやATV（All Terrain Vehicle）からオフロード多目的四輪車（Side×Side）へと移行しつつある。Side×Sideはユーティリティ車両とレクリエーション車両に大別され、前者の市場規模は2023年に約38万台まで拡大する見込みである。また、近年は最高速アップを求める声が高まっている。

1 背景

1988年の「MULE 1000」の販売開始以降、当社製ユーティリティ車両の耐久性は市場から高い評価を受けてきた。また、多様化する市場要求に対して、当社は複数のエンジン形式やシートアレンジの採用などを行ってきた。その一方、近年では、最高速アップ（40km/h超）の要求への対応が必須となっていた。

2 開発コンセプト

「MULE PROシリーズ」の開発においては、これまでの「MULE」の特長を継承しつつ、近年の最高速アップ要求への対応と共通プラットフォーム化をコンセプトとするとともに「Durable, Stable, ComfortableなDependable Workhorse」を開発キーワードに設定した。

(1) 最高速アップへの対応

従来の「MULE」に比べて、最高速アップ（40km/h超）を初めとして大幅なエンジン性能の向上を目指した。また、エンジン性能に見合った車体性能とするため、ホイールベースとトレッドの拡大・ホイールトラベルとタイヤサイズ的大幅アップ・前後ブレーキ形式の変更を行うこととした。主な諸元について、従来の「MULE」との比較を表1に示す。

表1 従来の「MULE」との主な諸元の比較

Table 1 Comparison of major specifications against the previous MULE model

項目	「MULE PRO-FXT」 (AF820C)	「MULE 4010 TRANS4×4」 (AF620R)
最高出力	×2.38(「MULE 4010」比)	基準
最大トルク (N・m)	65/3, 500min ⁻¹	47/2, 500min ⁻¹
最高速	+32km/h(「MULE 4010」比)	基準
ホイールベース (mm)	2,345	2,165
トレッド (F/R) (mm)	2300	1,160/1,180
ホイールトラベル (F/R) (mm)	222/217	100/70
タイヤサイズ (F/R)	26×9.00-R12/ 26×11.00-R12 ラジアル	23×11.00-10 バイアス
ブレーキ形式 (F/R)	ディスク	ドラム

(2) 共通プラットフォーム（フレーム）化

複数のエンジン形式とシートアレンジに対応した、収益性の高い共通フレームを開発することとした。エンジン形式とシートアレンジの具体的な組み合わせを表2に、フレームの概略形状を図1に示す。このように後席後方にエンジン用スペースを広く確保するとともに、前後中央付近で容易にフレームの延長や短縮ができるようにすることとした。

(3) 開発キーワード実現のための対応

(i) Durability（耐久性）

特にエンジン・駆動系の防水・防泥性や、CVT（Continuously Variable Transmission）ベルト・車軸・操舵系・足回り系の強度・耐久性を高くすることとした。

(ii) Stability（走行安定性）

高い走行安定性と安心感のあるハンドリングの両立を実現することとした。

(iii) Comfort（快適性）

吸排気系やFI（Fuel Injection）およびCVTセッティングの最適化による扱いやすいエンジン特性・高い動的グラウンドクリアランスの確保による優れた走破性・ドアの装備による対泥はね性の確保に加えて新トランス機構の採用により、多様性と扱いやすさを兼ね備えた車両にすることとした。

3 技術課題

開発コンセプトや開発キーワード実現のため、設計開発の開始時に多くの技術課題を設定した。

(1) ガソリンエンジンの出力アップ

開発の効率化を図るため、乗用車用に開発されたCHERY社製のエンジン本体とそれを制御する電子制御装置ECU（Electronic Control Unit）をセットで採用することとした。当社の設計基準を満たすための改良、オフロード車両としての要件に応じたECUプログラムの変更、およびセッティングの見直しを実施する必要があった。

(2) ディーゼルエンジンの信頼性の向上

搭載するディーゼルエンジンは点火を必要とせず、燃料噴射方式も機械式のため、エンジンを停止させる際に燃料供給を遮断するためのストップソレノイドや、予熱のためのグロープラグなど、ガソリンエンジンでは必要の無い電気デバイスが多数必要となる。コスト・信頼性の観点から、これらを統合的に制御する必要があった。

(3) 駆動系の強度・信頼性の向上

オフロードでは路面や使用状況に不確定要素が多く、駆動系に大きな衝撃荷重が発生しうる。「MULE PROシリーズ」で採用するゴムベルト式CVTには、ベルトがシープに対して多少滑っても継続走行可能という利点がある一方、寿命に関しては特に注意を払う必要があった。また、タイヤが路面により急激に減速させられ、慣性吸収によって車軸が破損することがあるため、車軸についても十分な強度が必要であった。

(4) 横安定性の確保

1名乗車状態のみならず、当社製Side×Sideとして初となる6名乗車状態での旋回時についても、適切な横安定性を確保する必要があった。

(5) 新トランス機構の開発

当社は競合他社に先駆け、1列シートモード（2名掛け）と2列シートモード（4名掛け）との間の変換（Transformation）を最大の特長としたSide×Side「MULE

表2 エンジン形式とシートアレンジ
Table 2 Engine type and seat arrangement

エンジン形式		シートアレンジ	
		1列シート (3名掛け)	2列シート (3/6名掛け)
ガソリン	812cm ³	2016MY 「MULE PRO-FX」	2015MY 「MULE PRO-FXT」
	4ストローク 水冷直列3気筒		
	DOHC-4バルブ		
ディーゼル	993cm ³	2016MY 「MULE PRO-DX」	2016MY 「MULE PRO-DXT」
	4ストローク 水冷直列3気筒		
	OHV-2バルブ		

※ MY：Model Year

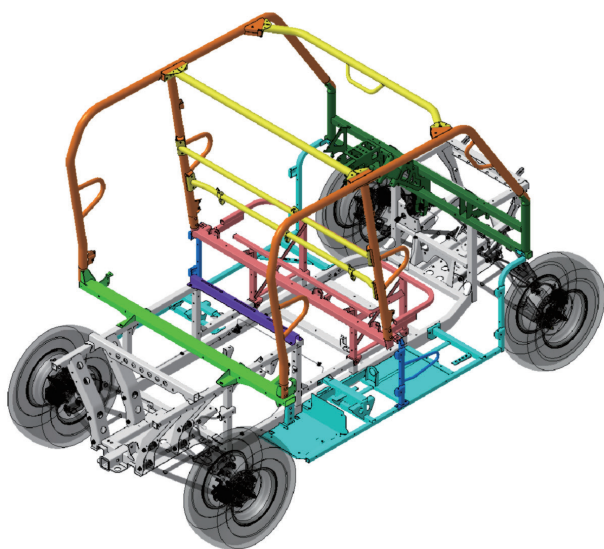


図1 フレームの概略形状
Fig. 1 Schematic shape of frame

TRANS 4×4シリーズ」の販売を2006年に開始している。このシリーズでは、カーゴベッド前方のスクリーンを前後に移動させてベッドの長さを変化させることで、競合他車よりも短いホイールベースにもかかわらず、両シートモードを成立させている。「MULE PROシリーズ」の開発にあたっては、取り扱いやすさ向上のため、このトランス機構を大幅に見直した。

4 技術課題の解決プロセス

(1) ガソリンエンジンの出力アップ

CHERY社製ECUをオフロードユーティリティ車両である「MULE PROシリーズ」に採用するために、ECUプログラムの変更や各種制御関係のセッティングの大幅な見直しを行った。

- ①高速走行性能が確保できる図2に示すようなエンジンパワーフィール特性、パワーフィールを犠牲にすることなく排気ガス規制値をクリアできるFIセッティング、作業用途には必要不可欠な優れた低温始動性などを実現した。
- ②2WD⇔4WDおよびリヤデフロックの切り替え制御や、万が一車両が転倒した時にエンジンを停止するというオフロード車両特有の機能を追加した。
- ③市場でのメンテナンス性にも配慮し、FIシステムのトラブル発生時に故障診断が可能なKDS (Kawasaki Diagnostic System) の機能も持たせた。
- ④エンジン性能に大きな影響を及ぼす吸・排気系部品については、当社専用仕様品を開発して、ECUセッティングとのマッチングを図ることで、非常に扱いやすい出力特性を得ることができた。

(2) ディーゼルエンジンの信頼性の向上

ガソリン仕様と同様に、2WD⇔4WDおよびリヤデフロックの切り替え制御に加え、ストップソレノイド・グロー

プラグ・スタータ始動禁止制御・燃料フィードポンプなど、ディーゼルエンジン特有の各種電気デバイスの統合制御を行うビークルコントローラを新たに開発・採用した。これにより、リレーなどの多くの電気デバイスが不要となり、低コストと高信頼性を両立することが可能となった。

(3) 駆動系の強度・信頼性の向上

- (i) ベルト強度と変速フィーリングを両立するCVTセッティング

CVT本体構造を図3に示す。加速フィーリングに加え、アクセル急開時のLOWへの変速やエンジンプレーキに関する要求性能を満たしつつ、ベルト滑りに起因するスキール音の発生を抑制できるセッティングとした。その際、ベルトへの負荷を増大させないように、ドライブ側プーリのウェイト形状とスプリング荷重・ドリブン側プーリのトルクカム角度とスプリング荷重を調整し、ベルトのクランプ力を最適に設定した。ガソリンとディーゼル仕様それぞれのエンジン特性に合わせ、個別に最適な設定としている。

- (ii) CVT室内の導風効率の向上

ドライブ側固定シープ背面に設けたフィンおよびCVT室内のフィン周辺のケース形状を最適化することで、ドライブプーリ周辺からドリブンプーリ周辺へ滞留すること無く旋回してCVT室の外へと排出される空気の流れを作り出した。これにより、CVTベルトの寿命を大きく向上させる冷却性能を確保している。

- (iii) クラストップレベルの車軸強度の実現

コストと重量を考慮した上で、駆動系全体の強度バランスを保ちながら、クラストップレベルの車軸強度を実現した。従来の「MULE」との比較を図4に示す。

- (iv) 高耐久性CVTベルトの採用

三ツ星ベルト株式会社製の新開発品を採用して、耐久性を従来の「MULE」から4倍強と大幅に向上させた。

(4) 横安定性の確保

ワイドトレッドの採用(表1参照)や、高強度材の採用による上部構造物であるROPS (Roll Over Protective

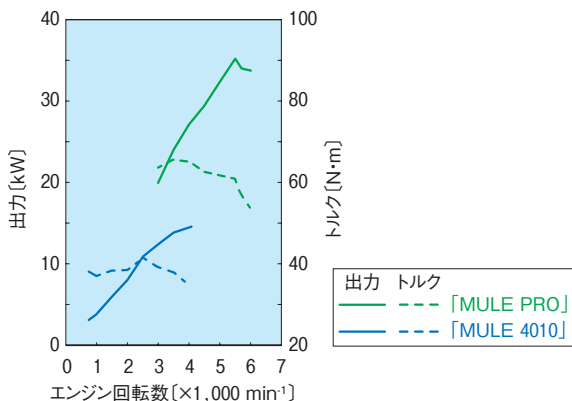


図2 エンジン性能曲線
Fig. 2 Engine performance curve

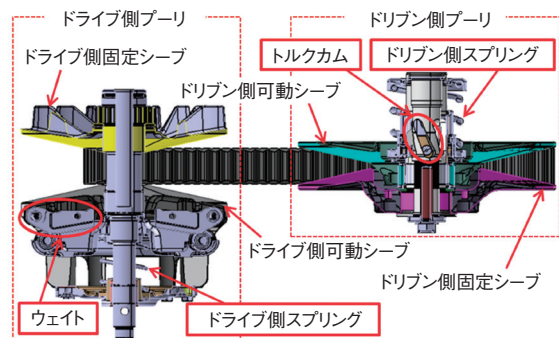


図3 CVT本体構造
Fig. 3 Structure of CVT (main unit)

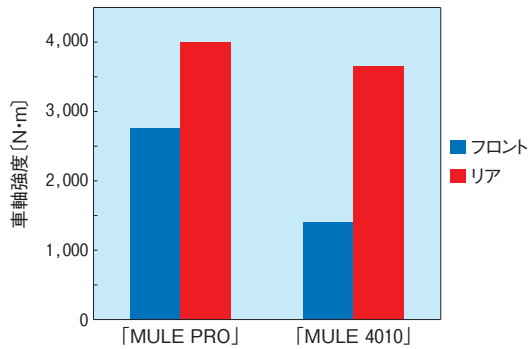


図4 車軸強度の比較
Fig. 4 Comparison of axle strength

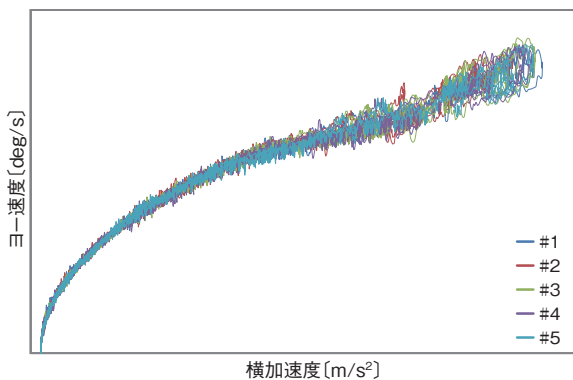


図5 車両ハンドリング試験の測定結果の一例
Fig. 5 Example of measurement results of vehicle handling test

Structure) の軽量化などにより、車両の低重心化を実現した。また設計計画当初から定常円旋回を模擬した机上解析を行いながら車両の重心位置や足回りのアライメントの最適化を進め、車両ステア特性を適度な弱アンダーステアとした。OPEI (Outdoor Power Equipment Institute) 基準による車両ハンドリング試験の測定結果の一例を図5に示す。高い横加速度においてもヨー速度が急激に上昇することなく、安定した旋回を実現できていることが分かる。

(5) 新トランス機構の開発

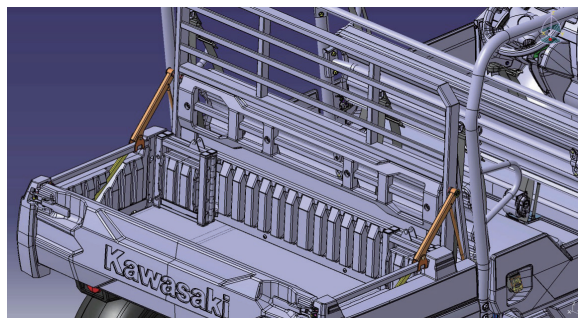
オフロード環境での耐久性を確保しつつ、1人が車両の周りを1往復すれば1分で変換できるという「1:1:1」を方針として、取り扱いやすいシンプルな機構とした。具体的には、脱着式であった後席後ろのスクリーンをスライド式へと変更することで、従来は車両の両側から2名で行なう必要があった変換時のスクリーン移動を車両の片側から1名で行なえるようにしている。図6に、車両右斜め後方から見たスクリーンおよびカーゴベッドを示す。

あとがき

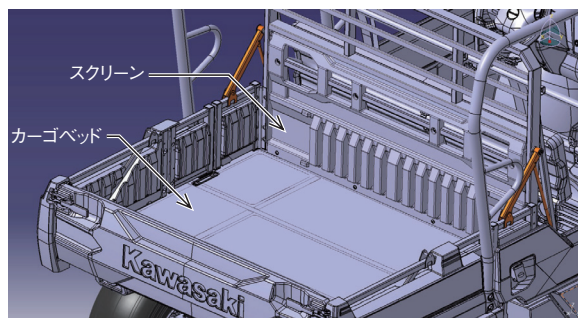
2014年に「MULE PROシリーズ」最初の機種として「MULE PRO-FXT」の量産を開始して以降、共通フレームを使った車両として合計4機種の開発を完了させた。

また、2017年には、同フレームを短縮することでホイールベースを短縮した「MULE PRO-FXR」を追加し、さらなるモデルバリエーションの拡大を図った。現在、これら機種による売上高は数百億円/年にも及び、当社四輪事業の飛躍を導くことになった。さらに2018年には、本シリーズのミッドサイズ車両として新しいエンジンとフレームを採用した「MULE PRO-MX」の量産も開始している。

今後も継続的な改良を行いつつ、さらなる顧客満足度の向上を図っていく。



(a) 2列シートモード



(b) 1列シートモード

図6 スクリーンとカーゴベッド
Fig. 6 Screen and cargo bed



久田 和政



高橋 敬二



糸尾 成司



高馬 裕二