

GDエンジン 48Vベルトシステム開発 Development of 48V Belt System for GD Engine

大谷 裕輔*1 兼井 智也*1
Yusuke Otani Tomoya Kanei

*1 エンジン事業部技術部

要旨 トヨタ自動車(株)のディーゼル初となる電動化に対応するため、GDエンジン用 48Vベルトシステムを開発した。従来の小型の乗用車に普及している48Vベルトシステムと異なり、大排気量ディーゼル×商用ユースでの過酷な環境に適用するよう信頼性および耐久性を重視した。

キーワード: 48Vベルトシステム、マイルドハイブリッド、電動化

Abstract Toyota developed a 48V belt system as the first electrified commercial pickup truck. Unlike the 48V belt system commonly used in conventional small passenger cars, this system places emphasis on reliability and durability to be suitable for the harsh environments of large-displacement diesel engines and commercial use.

Keywords: 48V belt system, mild hybrid, Electrification

1 はじめに

1) 背景

近年、地球環境保護(CO₂排出量削減)の観点から、自動車市場では電気自動車(BEV)やハイブリッド車(HEV)などさまざまな電動車両の普及が加速している。商用車においても、従来の内燃機関の燃費改良だけではCAFÉ(Corporate Average Fuel Efficiency)タスク、燃費優遇の獲得が難しく、追加コストを抑えた電動化アイテムが必要となる。また、燃費向上効果のあるコンベンショナルのS&S(Start & Stop)は、お客様から始動発進時のNV・レスポンス向上などさらなる性能向上が期待されている。

これらの背景から、低コストで燃費と商品性を向上することができる、エンジンとMG(Motor Generator)をベルトで接続した48Vベルトシステムを開発した(図1)。



図1.48Vベルトシステム[1]
Fig.1 48V Belt System

2) 48Vシステム

ハード構成として、従来のエンジンのオルタネータをMGに変更し、MGとエンジンをベルトで接続する。DCDCコンバータおよび48Vバッテリーを追加し、電子部品は従来同様に12V電源で作動させる(図2)。

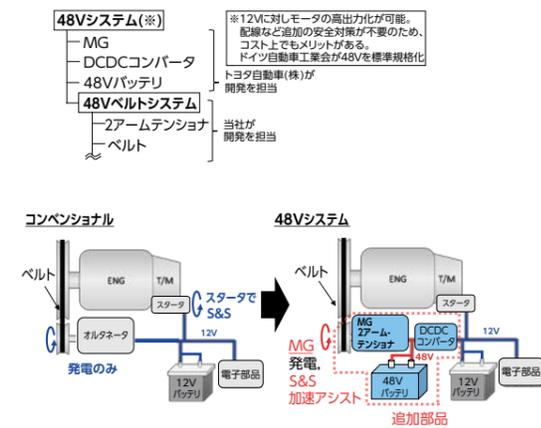


図2 48Vシステム構成
Fig.2 48V System Configuration

48Vシステムでは、MGによる減速回生、S&S、加速アシストが可能になる(図3)。S&S時、MGが駆動しベルトを介しエンジンのクランクを回転させエンジン始動することで、従来のスタータでのS&Sに対し、NV・レスポンスを向上させ静かでスムーズなエンジン始動を実現できる(図3)。

また走行中においても、加速時はMGを駆動させエンジン動力をアシストすることで、加速レスポンスを向上させ気持ちいい加速感を実現できる。減速時はMG回生による燃費向上や、オフロー

ド走行時に車速を低減し走破性向上も図ることが可能となる。

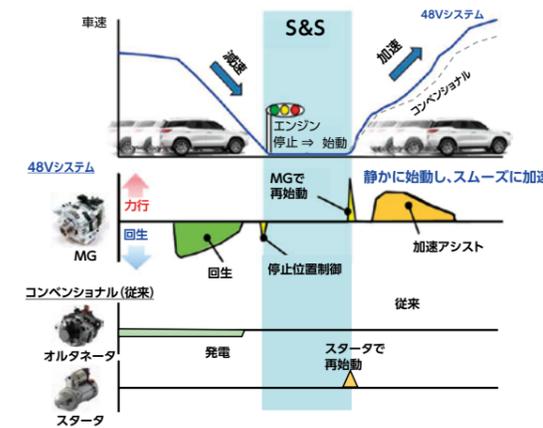


図3 48Vシステム作動[2,3,4]
Fig.3 48V System Operate

2 本開発での48Vベルトシステム課題

本システムが搭載されるハイラックス、ランドクルーザー250は、商用ユースでの過酷な悪路環境の走行が想定される(図4)。このような環境においては、ベルトに水がかかるため、既に普及している小排気量×乗用車の48Vベルトシステムをそのまま流用すると、ベルトのスリップが懸念される(図5)。



図4 悪路環境での走行
Fig.4. Driving on rough road conditions

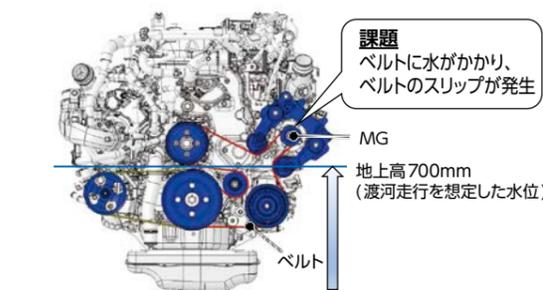


図5 ベルトのスリップ_エンジンフロント視
Fig5. Slip of belt _ Engine front view

また、ディーゼル車はガソリン車と比較し一般的に圧縮比が高く、エンジン始動時の負荷やエンジン回転変動が大きいいため、ベルトテンショナやベルトにかかるストレスが増加する(図6)。そのため部品の耐久性確保や、始動発進時のNV・レスポンスの向上が必要となる。

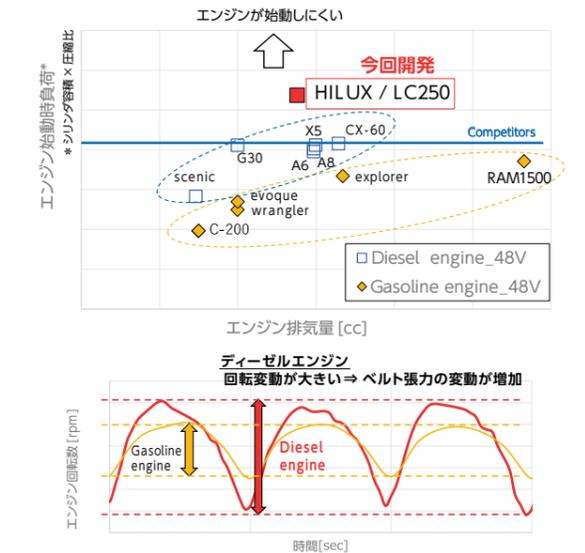


図6 大排気量ディーゼルエンジンのストレス
Fig.6 Stress of diesel engine

本開発では車両要求をみたく堅牢な48Vベルトシステムを開発するため、特に下記の3つの性能に拘った。

- ・ベルトの耐スリップ性
 - ・2アームテンショナの耐久性
 - ・始動発進時のNV・レスポンス
- 2アームテンショナ
高強度帆布ベルトの
新規開発が必要

3 開発内容

1) 新規開発部品

(1) 2アームテンショナ

48Vベルトシステムはクランク駆動時とMG駆動時にベルト張力の張り緩みが逆転するため、従来品(コンベンショナル用)ではベルトの張力調整ができずスリップが発生する。クランク駆動・MG駆動に合わせ、2つのアームで張力を調整しスリップを抑制する、2アームテンショナを採用した(図7)。

本開発では、ガソリン乗用車向けの従来品から各種構成品を見直し、ディーゼルエンジ

ンの振動、悪路環境での信頼性確保を図った(図8)。

アームの摺動部に使用されるブッシュは、材質・表面処理を変更し耐面圧を向上させ、ブッシュ径およびクランプ面圧を変更することで、必要ダンピング力と耐摩耗性を両立させることができた(図9)。

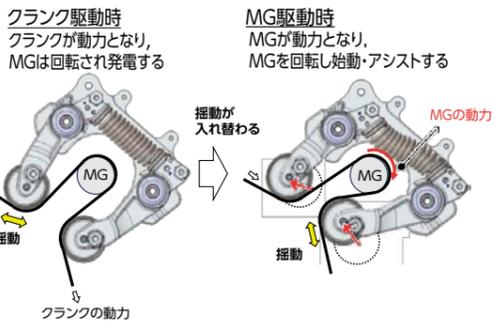


図7 2アームテンショナ
Fig.7 2 Arm Tensioner

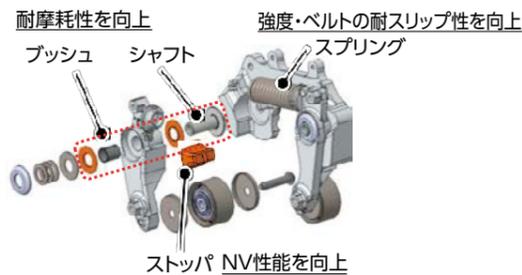


図8 2アームテンショナ構成
Fig.8 2 Arm tensioner Components

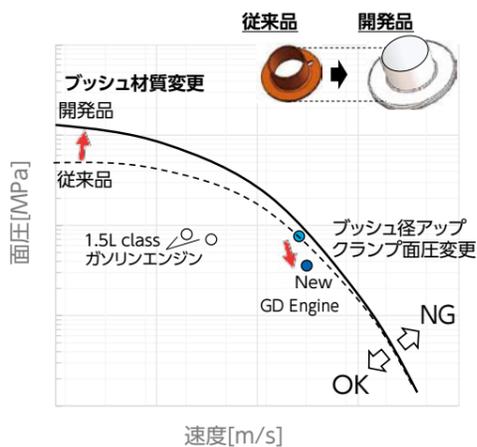


図9 ブッシュのPV特性
Fig.9 PV Performance of bush

(2) ベルト
オフロード走行時の渡河などのシーンにお

いては、ベルトに多量の水がかかるため、ベルトのリブゴムとプーリ間の摩擦係数が低下し、従来品(小排気量×乗用車の48Vベルトシステム用)ではベルトのスリップが発生する。

本開発では、ベルトのリブゴムの表面にコットンの帆布層を追加し、WET時に帆布層で水を吸収させることで摩擦係数の低下を抑制した。また、帆布の編み方・ゲージ径、接着力をチューニングし、耐スリップ性と耐摩耗性を両立した。

また、S&S時はMGでクランクを駆動させるため、ベルトには走行時以上の張力がかかるため、高強度アラミド心線を採用し、MG始動の高張力に耐えうるストレングスを確保した(図10)。

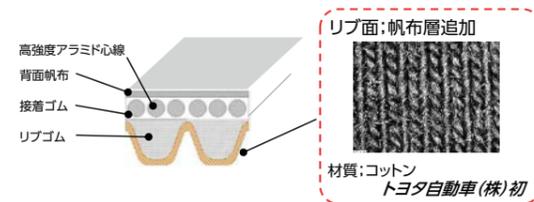


図10 高強度帆布ベルト構造
Fig.10 High-Strength Fabric Belt Construction

2) ベルトの耐スリップ性

ベルトのWET時の摩擦係数の低下抑制に加え(図11)、2アームテンショナのバネ定数および、アーム長さや角度を調整しMGのベルト巻き角を増加させた。これらによりベルトとMG間の面圧を増加させ、WET時の耐スリップ性を向上させた(図12)。

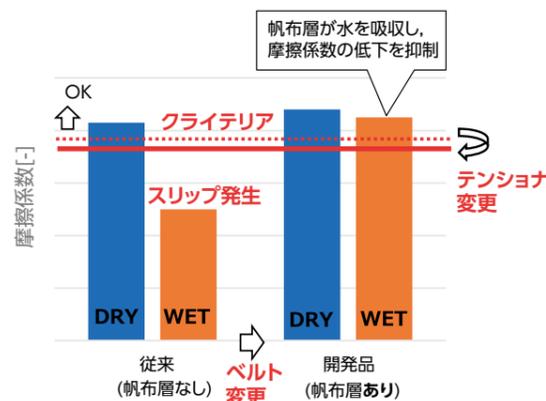


図11 ベルトの摩擦係数
Fig.11 Belt Friction Coefficient

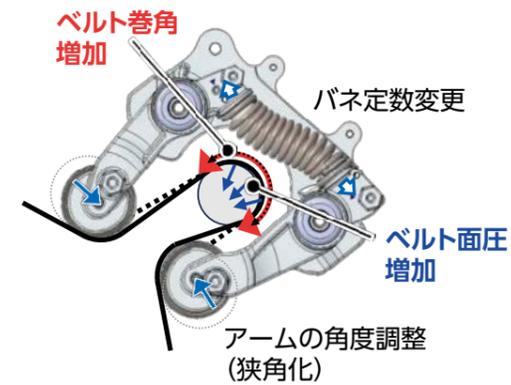


図12 耐スリップ性向上手法
Fig.12 Methods for Improving Slip Resistance

3) 始動発進時のNV・レスポンス

2アームテンションはS&S時にMGが駆動すると、アームを大きく揺動させベルト張力を調整する。その際アームが最大変位に達するとアーム内のストッパがブラケットに突き当たり、ストッパの振動が発生する(図13)。

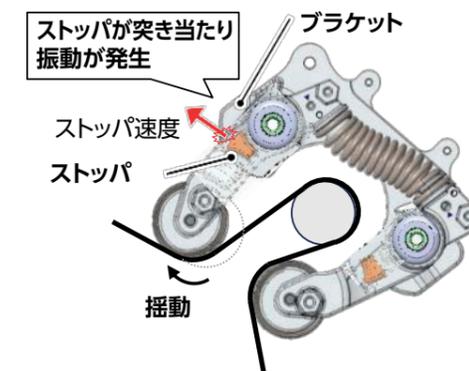


図13 S&S時のストップパ振動部位
Fig.13 Stopper hitting vibration@S&S

NV性能向上のため、MGのトルク制御とハード変更でストップパ速度を最適化した。MGの初期トルク入力値をステップ状にし、ベルト張力の変動を緩やかにすることで、ストップパ速度を低減させた(図14)。また、ストップパの材質および位置をチューニングすることで、振動の小さいスムーズなS&Sを実現した(図15.16)。

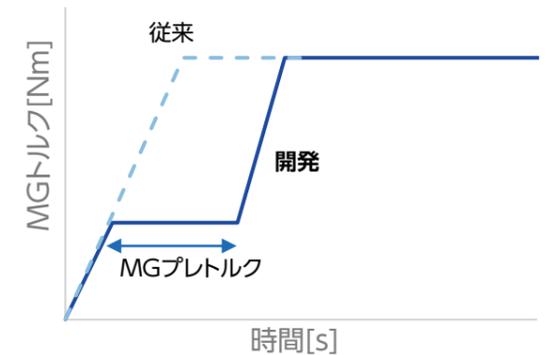


図14 MGプレトルク制御@S&S
Fig.14 MG Pre-torque control@S&S

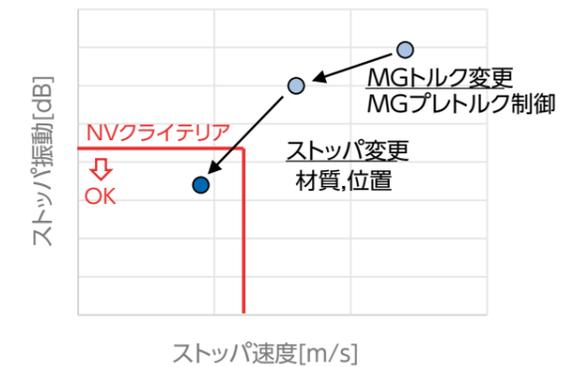


図15 S&S時のストップパ振動
Fig.15 Stopper hitting vibration@S&S

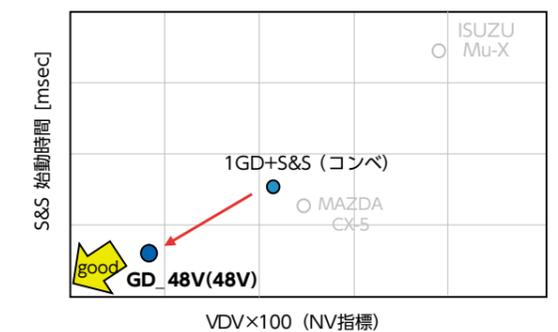


図16 S&S時のNV性能
Fig.16 NV Performance during S&S

4 まとめ

トヨタ自動車(株)のディーゼル商用車向け48Vベルトシステムが完成した。今後の展開として、本システムの車種展開を進め、商品力と環境性能の向上をしていく。

最後に本開発に当たり、ご協力をいただいた社内外の関係者の皆様はこの場を借りて、心よりお礼申し上げます。

■引用元

- [1] TOYOTA Global_48V System_YouTube (2023.9)
<https://www.youtube.com/watch?v=KeCVKwzZc44>
- [2] TOYOTA Thai HP
https://www.toyota.co.th/en/model/fortuner_leader
- [3] SEG Automotive com,
<https://www.seg-automotive.com/news/brm-28-a-flexible-reliable-48v-solution-for-today-and-tomorrow/>
- [4] DENSO HP
<https://www.denso.com/jp/ja/business/products-and-services/mobility/powertrain/diesel/>

■著者紹介■



大谷 裕輔

兼井 智也

開発の経緯と開発者の思い

トヨタ自動車(株)初のディーゼルエンジンの電動化アイテムとして、耐久性とNVに特に拘って開発を進めた。欧州や中国で普及する小型乗用車の既存品では、大排気量かつ商用ユースにおいては耐久性が満足できないため、各構成品の形状や材質を一から見直し、単体評価やベンチ評価だけでなく、海外の現地耐久を何度も繰り返しブラッシュアップさせた。ハードだけでなくMG制御システムを活用することで、車両としてのNV性能を大きく向上させることができた。トヨタ自動車(株)初となるシステムで良品条件の項目や値の選定など、各システムとの協調など手探りの開発ではあったが、関係者の手厚い協力により世に送り出すことができた。環境性能・商品力をさらに向上させることで、内燃機関のさらなる発展を図っていきたい。