

ショックアブソーバ用摺動部品の開発 (Prosmooth™の紹介)

村田 貴夫

1 はじめに

近年、自動車開発の現場では、カーペットライド感（乗心地）とライントレース性（操安性）を高次元で両立させることを狙い、車体、サスペンション、サスペンションを構成する部品の開発が著しい。

カーペットライド感は、路面の微小な凹凸による車体の微細な振動を遮断し、まるで上質なカーペットの上を走っているかのような感覚を言い、質感があると表現されることもある。また、ライントレース性は、運転者が意図した通りに、わずかな操舵ストロークにおいても車両をコントロールできることを言い、快適な操作性と表現されることもある。

これらの特性には、ショックアブソーバ（以下SA）が伸縮する動き出しの軸力特性が大きく影響することが分かっており、SAの減衰力-速度特性線図（図1）で示す極微低速域での減衰力を適度に発生させる必要がある。

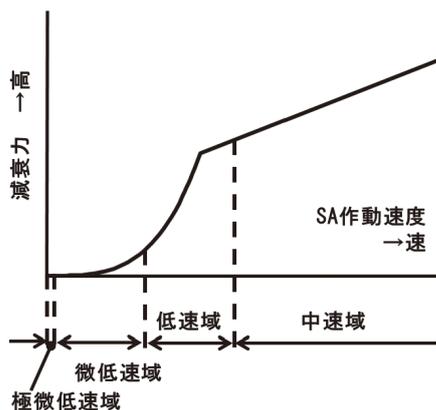


図1 減衰力-速度特性線図

SAが動き出す極微低速域では、バルブ部に流れる油量が少ないため、バルブ部で発生する油圧力を繊細にコントロールすることが困難である。本速度域の軸力を油圧力で補填する場合には、一般的に乗心地の悪化を伴うため、SA摺動部の摩擦力で補填することを考えた。

これまでも極微低速域の軸力特性に着目した摺動部品の開発を行ってきた¹⁾。しかし、既存部品では狙いとするカーペットライド感やライントレース性を得ることが困難であった。

そこで、極微低速域の軸力を静摩擦、オイルシール材料による弾性、減衰の3つの成分に分解し（図2）、より詳細な分析を行った。

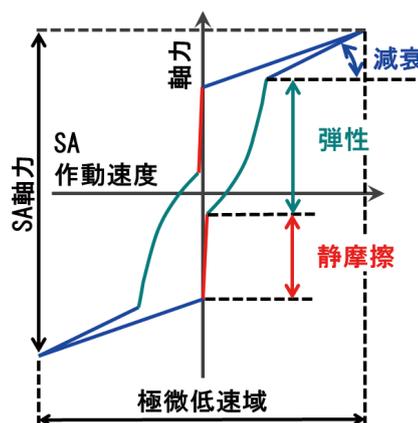


図2 極微低速域軸力の分解概念図

市場で流通している自動車用SAについてベンチマーク（以下BM）調査を行い、極微低速域で発生するSAの軸力特性を静摩擦成分と減衰成分の2軸で整理した結果を図3に示す。

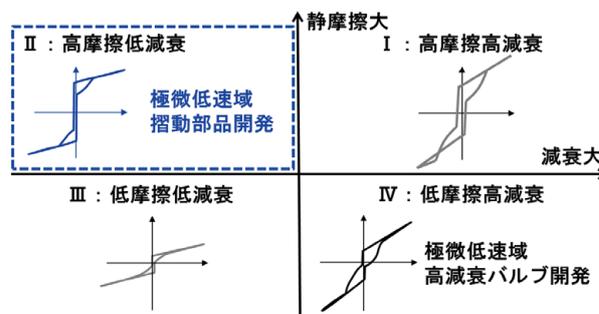


図3 極微低速域軸力特性の分類

KYBでは、従来から高摩擦高減衰特性SA、低摩擦低減衰特性SAを量産していたが、KYB技報第57号にて紹介した極微低速域高減衰バルブを採用した低摩擦高減衰特性SA²⁾をラインアップに加え、2018年6月末より量産を開始した。

高摩擦低減衰特性は、減衰成分が小さく、静摩擦成分はSAに働く横力(図4)に対して感度が高い、欧州製SAに特徴的な特性である(図5)。近年、本特性のSAが日本車にも徐々に採用され、採用車種が増加傾向にある。

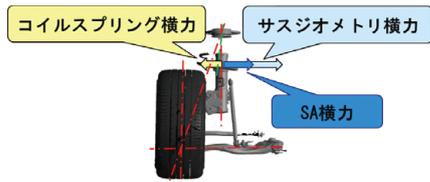


図4 SAに働く横力(停車時車両1G状態)

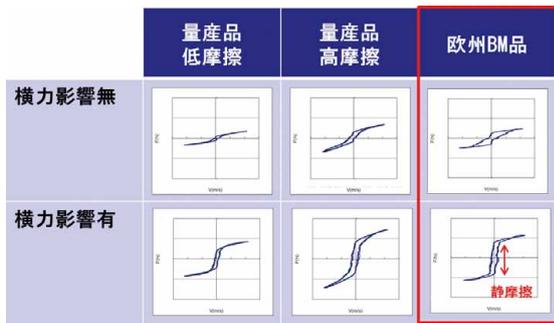


図5 極微低速域軸力特性比較

本報では、近年の国内自動車メーカーのニーズに適した摩擦力特性の向上(高摩擦低減衰特性)を狙ったSA摺動部品の開発について紹介する。

2 新摺動部品開発の狙い

カーペットライド感とライントレース性を高次元で両立する摺動部品の実現が狙いとなる。

先に述べた欧州製SAに特徴的な高摩擦低減衰特性を狙い、SAを構成する摺動部品のうち横力を支持するベアリングブッシュ、ピストンモールド、および、それらを潤滑する作動油の3部品を新たに開発した(図6)。

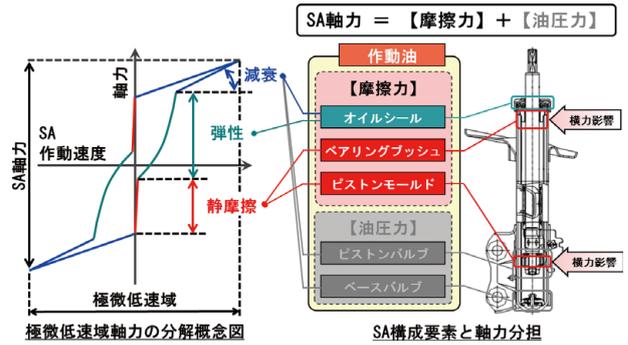


図6 極微低速域軸力特性と関連部品

3 開発の概要

3.1 作動油の開発

作動油の添加剤についてBM調査した結果を図7に示す。日本系SAメーカーと欧州系SAメーカーでは添加剤種類と添加量が明らかに異なることが確認された。

新開発の作動油はBM調査結果をもとに、亜鉛系の摩耗防止剤を採用し、その他添加剤についても当社独自の配合組成にて製作した(表1)。

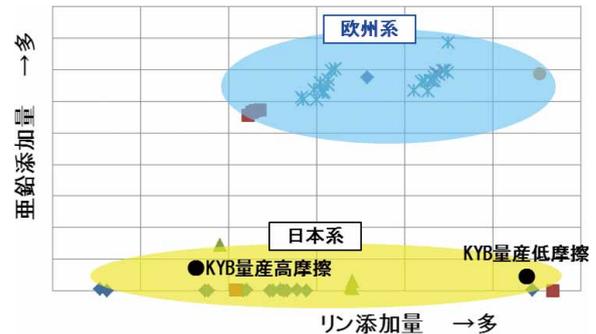


図7 作動油添加剤・添加量調査結果

表1 作動油組成表

比較項目	欧州BM	量産品低摩擦	量産品高摩擦	開発品
基油	TypeA	TypeB	TypeC	TypeA
粘度指数向上剤	中分子A	中分子B	低分子C	低分子A
酸化防止剤	不明	フェノール系A	フェノール系B	フェノール系C アミン系A
摩耗防止剤	亜鉛系	リン系	リン系	亜鉛系
摩擦調整剤	エステル系A	アミン系A	リン系A	エステル系B
消泡剤	不明	TypeA	TypeB	TypeC
分散剤	不明	イミド系A	イミド系B	イミド系C

各添加剤の種類は多く、その組み合わせは膨大であるが、摺動部材要素、およびSAでの台上摩擦評価を重ね配合処方を経り込んだ³⁾。現状では台上評価だけで官能性能を評価することは困難であるため、最終的には実車評価で狙いの性能を判定した。

3.2 ベアリングブッシュの開発

ベアリングブッシュは、BM調査結果より確認されたBM品と当社既存の量産品との形状と材料両面の違いに着目し、パラメータスタディを重ね最適設計を行った。

形状については、図8に示すBM調査からブッシュ端部形状の違いに着目し、内面取角度と内面取幅を設計パラメータとして(図9)、実車官能評価により最も良好な形状を選択した。

材料については、BM調査からブッシュに含有されている充填剤の違いに着目し、量産品から変更した。また、ブッシュ樹脂厚が実車官能へ大きく寄与することを確認し、最適な板厚を選定した。

形状、材料を組み合わせることで、既存量産品に対し実車官能での乗心地と操安性を共に高めることができた。

3.3 ピストンモールドの開発

ピストンモールドもベアリングブッシュ同様にBM調査結果をもとに形状と材料両面での最適設計を行った。ピストンモールドの材料である樹脂は金属とは異なり、一般に面圧が高くなると真実接触面積が増加し、摩擦係数が低下する特性を示す(図10)。

そのため、モールド摺動面形状は凹凸の少ないフラットな形状とし、相手部品であるシリンダとの接触面積を増やし面圧を低減することで摩擦係数の増大をねらった。

また、モールドの材料はカーペットライド感への寄与が大きく、量産材に対し母材であるPTFEと共に充填剤種類と配合量を全面的に見直した。

	欧州BM	国内BM	量産低摩擦	実車官能への寄与	
SAメーカー	欧州	国内	当社	操安性	乗心地
ブッシュメーカー	欧州	国内	国内		
材質	Type A	Type B	Type C	◎	◎
樹脂厚	大	中	小	◎	
表面模様	なし	あり	なし		
粉末形状	Type A	Type B	Type A		
ブッシュ形状  ベアリングブッシュ形状	内面取幅	小	大	中	◎
	内面取角度	小	小	大	

図8 ベアリングブッシュBM調査結果

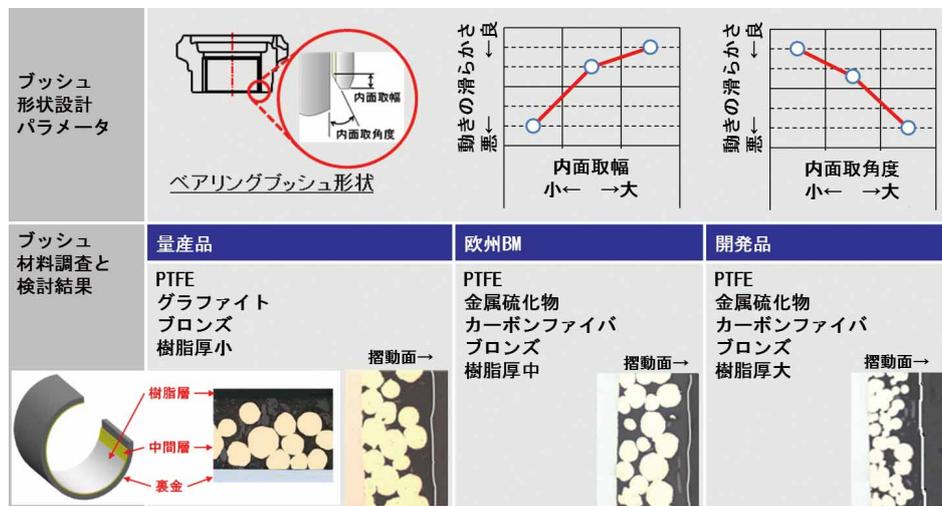


図9 ベアリングブッシュ形状・材料検討結果

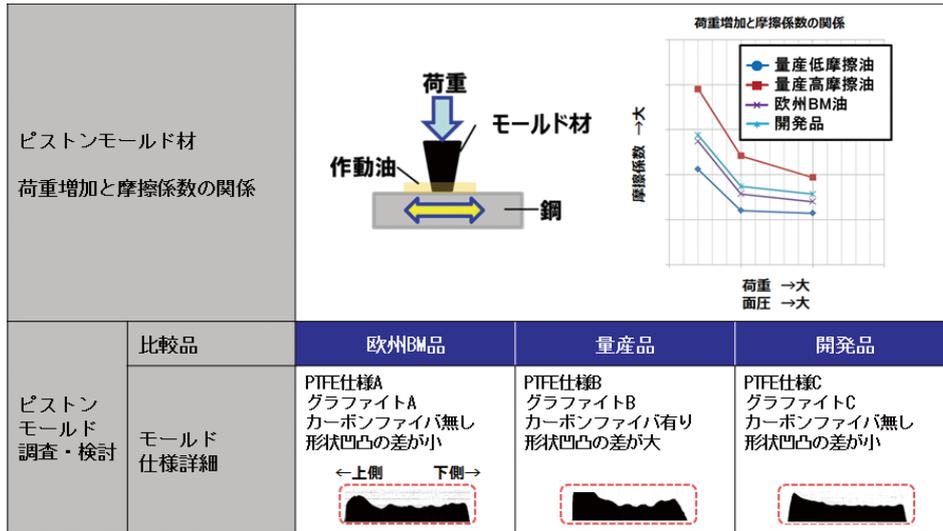


図10 ピストンモールドBM調査及び検討結果

3.4 性能確認

新開発の摺動部点を織込んだSAの極微低速域軸力特性は、欧州BM品と同等の波形が得られた(図11)。また、実車官能評価においても、カーペットライド感とライントレース性を高次元で両立できていると自動車メーカー様や自動車ジャーナリスト様より高い評価を頂くことができた。

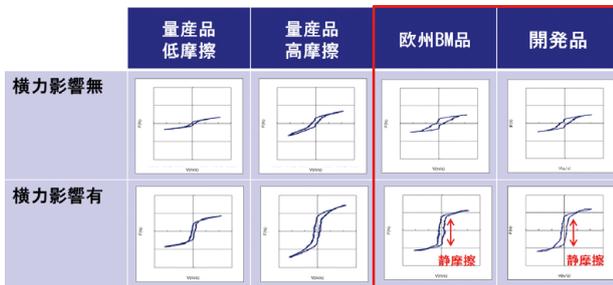


図11 極微低速域軸力特性

3.5 信頼性確認

開発当初は、摺動耐久試験後に作動油の劣化やピストンモールドの剥がれ、異常摩耗などがみられ信頼性確保が困難な状況であった(図12)。

しかし、作動油の劣化を抑制し、摩耗を軽減する作動油添加剤処方を見出すと共に、ピストンモールド摺動面形状を見直したことで、作動油の劣化とピストンモールドの摩耗を抑制することが可能となった。また、試験前後の摩擦特性変化も既存の量産品同等以下を達成し、高い信頼性を確保することができた。

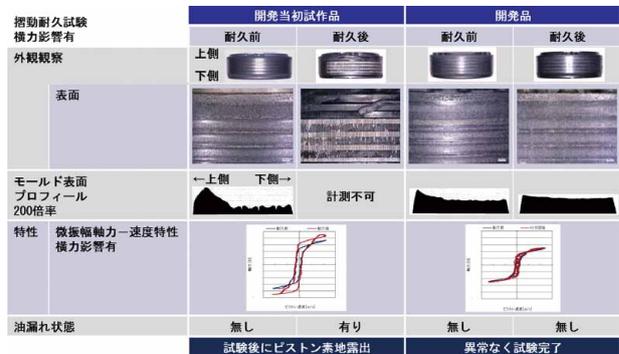


図12 耐久試験結果(一例)

4 商標の紹介

カーペットライド感とライントレース性を高次元で両立する摺動部品のイメージを、エンドユーザー様に分かりやすく伝えるべく、開発品の商標化に着手した。

商標登録中のProsmooth™(以下、プロスムース)は、開発品を試乗頂いた中で多く聞かれた「なめらかな乗心地」という声を端的に表現したものである(図13)。

また、ロゴにある下線のデザインは当社旧ロゴマーク(図14)を参考に振動制御をイメージした。

早ければ2019年9月に量産化されるSAから順次表示され、開発品の採用がSA外観から確認可能となる。



図13 プロスムースの商標



図14 当社ロゴマーク（旧タイプ）

5 採用状況

本報の摺動部品は、2018年6月より国内仕向け車両へ採用され、性能面において非常に高い評価を頂いている。

国内仕向け車両への拡販が進むのと並行し、海外仕向け車両へも2019年1月から量産開始予定である。国内仕向け車両と同様に今後拡販が計画されている。

6 おわりに

自動車メーカー様から要望されている、カーペットライド感とライントレース性の高次元での両立を目指し、作動油、ベアリングブッシュ、ピストンモールドの3つの摺動部品を新たに開発した。

当社SA極微低速軸力特性の分類（図3）において、

今回の開発により自動車メーカー様のニーズに対し幅広い対応が可能となった。

本開発では、600パターンもの摺動部品の組合せ評価、個々の部品においては作動油250種類、ベアリングブッシュ70種類、ピストンモールド90種類を試作し、長い開発期間を経て作り上げてきた。

今後の開発業務においては、要素部品、SA、実車、実車官能を相関付ける新たな性能評価指標を創出し、開発期間の短縮につなげる活動を更に加速推進する必要がある。

最後に、本開発にあたり、ご指導、ご協力頂いた関係各位に、この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 加藤：ショックアブソーバのトライボロジー，KYB技報第46号，（2013年4月）。
- 2) 安井：極微低速域高減衰バルブの開発，KYB技報第57号，（2018年10月）。
- 3) 加藤，佐々木：ショックアブソーバにおける動的摩擦特性を特徴づける評価指標の検討，トライボロジスト，第64巻，第1号，pp. 55-62，（2019年）。

著者



村田 貴夫

2001年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部サスペンション事業部技術部第四設計室。ショックアブソーバの開発に従事。