

ボンデッドピストンシールの技術動向

Technical Trends of Bonded Piston Seals

長谷川仁志 S. HASEGAWA 大前浩二 K. OHMAE

Automobiles are required to reduce of CO₂ emission. As one of solutions, automatic transmission efficiency is improved by applying multi and continues speed transmission. Here introduce development trends of Bonded Piston Seal that has been applied in new automatic transmission.

Key Words: piston, balancer, automatic transmission

1. はじめに

近年、環境問題が大きくクローズアップされてきており、地球温暖化などの原因であるCO₂を発生する自動車にも省燃費が求められている。

省燃費の達成手法のひとつとして、オートマチックトランスミッションの効率化が有効であり、小型化、および変速の多段化(以下ATと称す)、無段化(以下CVTと称す)が進められている。

これらのAT、CVTに使用されるボンデッドピストンシール(以下BPSと称す)の動向について、以下に紹介する。

2. ATとCVTの装着率

図1^{1), 2)}より、現在、自動車のトランスミッション(変速機)は、北米、日本において、AT、CVTの装着率が80%以上と非常に高く、欧州においても増加傾向である。

また、変速段数も当初の2速から現在は6速へと多段化傾向にある。

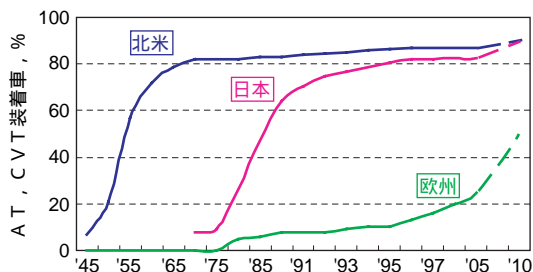


図1 AT, CVTの装着率

Tendency of AT, CVT equipped automobiles

図2⁴⁾より、2002年ではCVTの採用車種は、北米、欧州は、あまり普及しておらず、日本においても1割程度である。

現在は、北米でもCVT採用車種が拡大し、2010年には、日本、北米ともにATとCVTの比率がほぼ同じになると予想される。

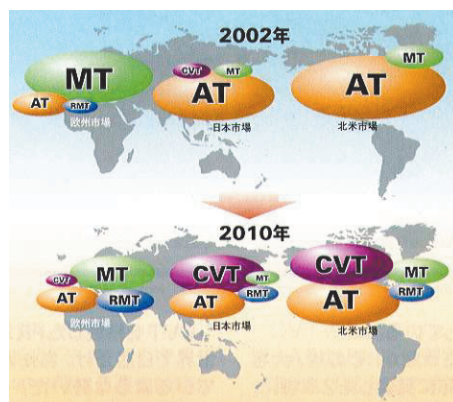


図2 ATとCVTの動向*
World trends of AT/CVT

3. AT, CVTの構成部品と機能および、BPSの構造

表1²⁾にAT、CVTの構成部品と機能を示す。図3³⁾にCVTとBPSの基本構造を示す。

BPSは、油圧が負荷されると、多板クラッチを係合し、動力を伝達する。油圧が無負荷になるとBPSは、リターンスプリングによって、初期位置まで戻され、動力が伝わらない開放状態になる。

以上のようにBPSは、主に動力伝達を制御する部品であるが、ATとCVTでは、少し役割が異なる。

ATでのBPSの役割は、各クラッチがBPSにより多重係合の組み合わせとなって、速度やトルク、前進や後退の切替制御が可能となる。

*「日経メカニカル」2003年8月号P76から転載

表1 構成部品と機能
Components of AT/CVT and their functions

構成部品		No.	機能 機能内容
A T	C V T		
プラネタリ、クラッチを組合せた変速機構	ベルト、プーリを組合せた変速機構		変速機能
	プラネタリ、クラッチを組合せた前後進切替機構		後進機能
			ニュートラル制御
トルクコンバータ	トルクコンバータ		発進機能 トルク増幅機能
電子制御	電子制御		変速、後進、ニュートラル制御の作動をコントロール

■ B P S の使用される箇所および機能

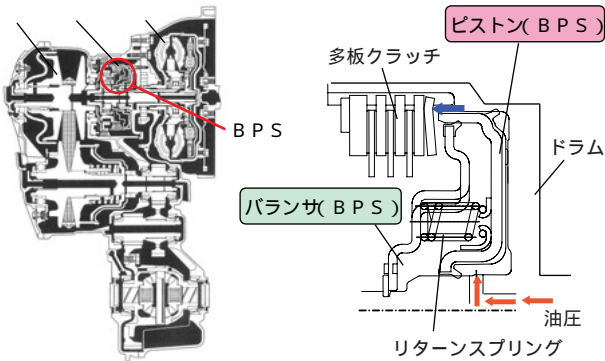


図3 CVTの構造図とBPSの基本構造
Structure of CVT and basic structure of BPS

CVTでは、速度やトルクの制御は、ベルトとプーリで行うため、BPSは、前進や後退の切替制御のみとなる。

またハイブリッドCVTでは、エンジンとモータの動力切替用として使用される。

4. 駆動系の課題

現在、駆動系の課題は極寒地を含めた全世界への対応と燃費向上、軽量コンパクト化である(図4)。

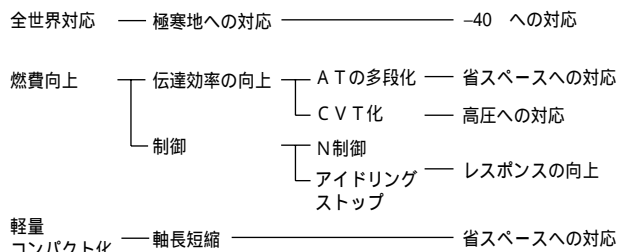


図4 駆動系の課題
Challenges for drivelines

全世界にAT、CVTが普及するにつれて、極寒地での低温度対応が必要である。

燃費向上に対しては、伝達効率向上のためにATの多段化、無段化が進んでいる。

従来の技術では、多段化が進むにつれ、部品点数が増加し、AT自体も大きくなるため、軽量コンパクト化に反する。

軽量コンパクト化技術として、クラッチツークラッチ制御によるワンウェイクラッチの削減、アルミピストンの板金化による軸長短縮などがある。

また、制御による燃費向上も進み、ニュートラル制御(N制御)やアイドルストップを採用しているメーカーも増えている。

ニュートラル制御は、車両停止中(Dレンジ)のエンジン負荷を低減させ、燃料消費を少なくする制御であり、次の発進をスムーズに行う必要がある。

以上の課題をクリアするために、ピストンの板金化および、遠心油圧キャンセル機構としてバランスを組み合わせたタイプが主流となっている。

従来のピストンと現在、主流のBPS比較を表2に示す。

表2 ピストンの動向
Evolution of clutch pistons

	従来品	BPS
ピストン	アルミダイキャスト + Oリング	高張力鋼板 + リップ
遠心油圧キャンセル機構	チェックボール	バランス
応答性	×	
省スペース化		
コスト		

従来のピストンは、低コストであるが、駆動系の課題である - 40 への対応、省スペース化、応答性向上への対応が困難である。

- 40 への対応については、従来のピストンは、アクリルゴム材(以下ACMと称す)を使用しているため、低温への対応が難しい。また省スペース化については、従来のピストンの材質がアルミであるため、強度確保が必要である。そのためには板厚を大きくしないといけなくなり、省スペース

化が困難である。

応答性については、キャンセル機構がないため、遠心油圧の影響を受けやすく、困難である。

この遠心油圧は、遠心力によって発生する圧力であり、ピストンの開放を阻害する働きがある。

従来のピストンは、円すい形状の穴とチェックボールを付け、油圧が無負荷時の時は、チェックボールが遠心力によって移動したすきまから油を排出して、ピストンの開放を阻害する問題が発生しないようにしている。

しかし、チェックボールの動きは、回転速度に依存するため、安定しない。また一度油を排出しているため、次の係合時に油を溜める時間を必要とし、応答遅れが発生する。

BPSのバランスによる遠心油圧キャンセル機構は、ピストン室と反対側に油を溜める空間を形成し、ピストン室と同じ遠心油圧を発生させ、キャンセルさせる。これにより、回転速度依存性がなくなり、油も排出する必要なくなるため、応答性が向上する。

遠心油圧キャンセル機構の例を図5に示す。

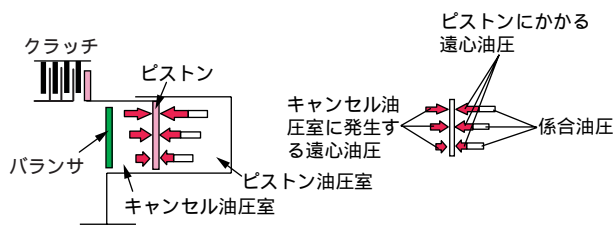


図5 遠心油圧キャンセル機構例

Mechanism for canceling centrifugal pressure

4.1 極寒地 - 40 への対応

BPSのゴム材は、耐圧、耐摩耗、耐寒性に優れた水素添加ニトリルゴム(以下HNBRと称す)を使用しており、ACMとの特性比較を図6に示す。

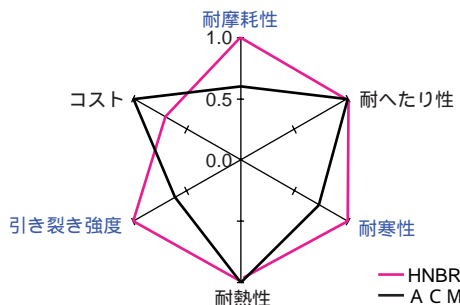


図6 ゴム材特性

Characteristics of elastomers

4.1.1 低温～高温までの作動性確認試験

BPSには、軽く早く作動することが要求される。当社では、実機相当の治具を製作し、実機に近い応答性を確認している。

今回、HNBRとACMの起動抵抗について確認した。

図7に試験方法、表3に試験条件、図8に試験結果を示す。

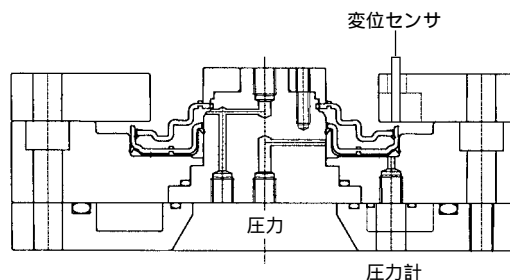


図7 試験用治具(実機相当)

Test fixture (Simulating actual module)

表3 試験条件

Test conditions

項目	条件
圧力, kPa	エア-圧 200
温度,	- 40 ~ +120
給油穴	実機仕様
ストローク量	Max
リターン springs 有無	無し

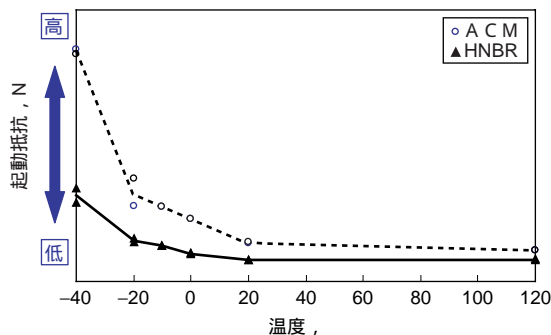


図8 温度と起動抵抗

Temperature vs. starting resistance

図8より，HNBR，ACMともに温度が低くなるにつれて，起動抵抗の増加が認められる．これは，低温になるほど，ゴムが硬化し，ピストン始動時の抵抗が増加したためと考えられる．HNBRは，ACMと比較して，温度依存性が小さく，安定しており，-40での起動抵抗も小さい．これは，ゴム材の耐寒性の差である．

以上より，HNBRは，-40付近でも十分対応可能であることが確認できた．

4.2 AT多段化による省スペースへの対応

ATの多段化は，従来の構造では，部品点数が増加し，AT自体が大型化する傾向にある．

特にFF車は，前輪の間でエンジンと直結しているため，スペースが限られるため軸長が厳しく制約される．

近年，クラッチの2重構造により，BPSの幅は小さく，大径化となり，このため強度低下が懸念され，形状が成立しない場合もある．

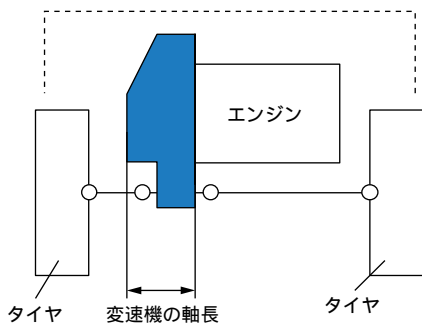


図9 変速機の配置
Layout of transmission

当社では，金属環の部分増肉技術により，応力集中部のみ板厚を増やし，強度を考慮したコンパクト化へ対応している．

金属環の増肉による効果を，図10，11に示す．

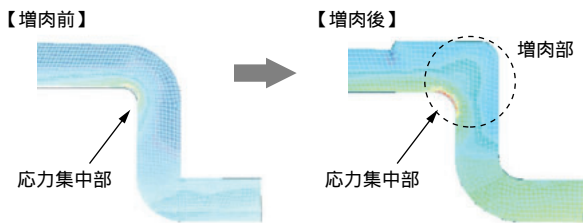


図10 FEM解析(金属環)
FEM analysis of core metal

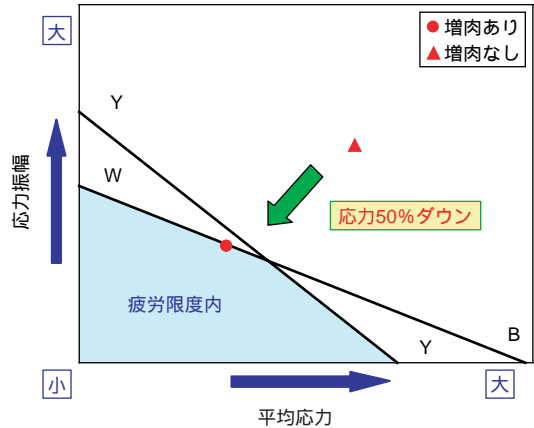


図11 疲労強度検討
Chart for fatigue stress

金属環の部分増肉により，疲労強度(耐久性)が向上し，重量についても10%低減させた．

また，増肉をコントロールすることにより，切削加工工程の廃止も実現した．

4.3 CVT化による高圧力への対応

CVTの油圧は5～6MPaと非常に高く，ATに比べて3倍である．

シールの形状は，相手ケースと金属環とのすきまを小さくし，圧力を金属環で受ける形状であるため，リップの変形も小さく，シールの耐圧性も向上する．

金属環については，先に述べた部分増肉形状により高圧に対応させた．

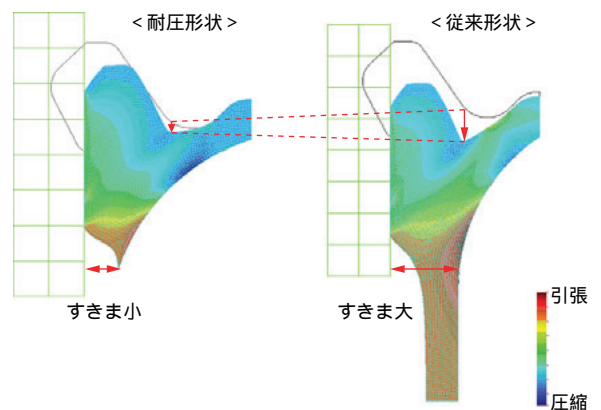


図12 FEM解析(リップ)
FEM analysis for seal lip (rubber)

4.4 ニュートラル制御に対するレスポンスの向上

ニュートラル制御の重要なポイントは、クラッチを半係合にする制御であり、そのためには、遠心油圧キャンセル機構が重要な役割を果たす。特に、ハイブリッドCVTでは、エンジンとモータの動力を切替える役割があり、BPS採用により切替ショックをなくし、スムーズに切り替えが可能になった。

5. おわりに

これまで、オートマチックトランスミッション(AT, CVT)の需要は米国と日本が大部分を占めていたが、近年、欧州、中国でも増加傾向にあり、世界規模で拡大するものと予想される。

また、省燃費化による車両のコンパクト化、変速の多段化、無段化がさらに進み、BPSに要求される仕様はますます厳しくなると予想され、さらなる軽量コンパクト化技術の確立が必要である。

参考文献

- 1) 坂本研一：オートマチックトランスミッション入門，(株)グランプリ出版，(2004)16。
- 2) 守本桂郎：無段変速機CVT入門，(株)グランプリ出版，(2004)8，16，93。
- 3) トヨタ自動車(株)，ヴィッツ新型車解説書，(2002)2。
- 4) 日経メカニカル，no.587(2003)，76。

筆 者



長谷川仁志*
S. HASEGAWA



大前浩二*
K. OHMAE

* 光洋シーリングテクノ株式会社 技術部