

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Components

Vol. **31** D1
October/2016

機能部品事業

■ 技術講座

知りたい油圧講座⑤

「自動車変速用ソレノイドバルブ」

Things to Know about Hydraulic Technology:
Solenoid Valve for Automobile Transmission

〈キーワード〉 AT・CVT・DCT・ON/OFFソレノイドバルブ
リニアソレノイドバルブ・自動車用自動変速機

カーハイドロリクス事業部／技術部

吉井 一博 Kazuhiro Yoshii

カーハイドロリクス事業部／技術部

古野 貴広 Takahiro Furuno

要 旨

自動車を走らせるためには、エンジンで生み出した力をタイヤに伝達するまで、変速機や伝達軸などが必要で、これら一連の機構はドライブトレインと呼ばれます。このドライブトレインの1つを構成する変速機には多彩な種類が存在します。

変速機の自動化には、センサーやコンピュータ制御とともに、油圧技術が使われています。油圧は小さな動力源で大きな力を得られる利点があり、この油圧をうまく制御することでエンジンの力を車の走行エネルギーに効率的に変換することが可能となります。

それでは、自動変速機と、その油圧制御を担うソレノイドバルブについて説明します。

Abstract

In order to power an automobile, a transmission and drive shafts are required to transmit power produced by an engine to tires. This area is called Powertrain and it consists of various components. The transmission is the main component of Powertrain and there are many types of transmissions such as manual transmission (MT), automatic transmission (AT), CVT and DCT.

In the transmissions other than MT, hydraulic technology is primarily used, meaning automation of transmission. The advantage of using hydraulic technology is that it can generate large power from small power. With effective control, engine power can be efficiently converted to drive energy. Let us deeply examine the automatic transmission and solenoid valve that performs hydraulic control.

1. 自動車で備わる自動変速機とその種類について

図1に自動変速機の搭載位置を示します。自動変速機を英語で書くと“Automatic Transmission”となり、略して、“AT”と呼ばれますが、一般に多段式自動変速機を意味します。カタログを見ますと、“6AT”などありますが、この場合は6段の変速段数をもつ自動変速機です。



図1 自動変速機の搭載位置

その他に自動変速機には、CVTやDCTなどがあります。図2にCVTのカットモデルを示します。CVTを英語で書くと“Continuously Variable Transmission”となり、無段変速機を意味します。CVTはとくに日本で多くの車に搭載されていますが、最近では日本以外でも採用がすすんでいます。その理由は、ベルトとプーリーを使って無段階で変速するため、走行負荷に応じたエンジン効率の良い回転数で走行できるので、燃費が良くなり、さらに変速時の切り換えショックがない利点があるからです。

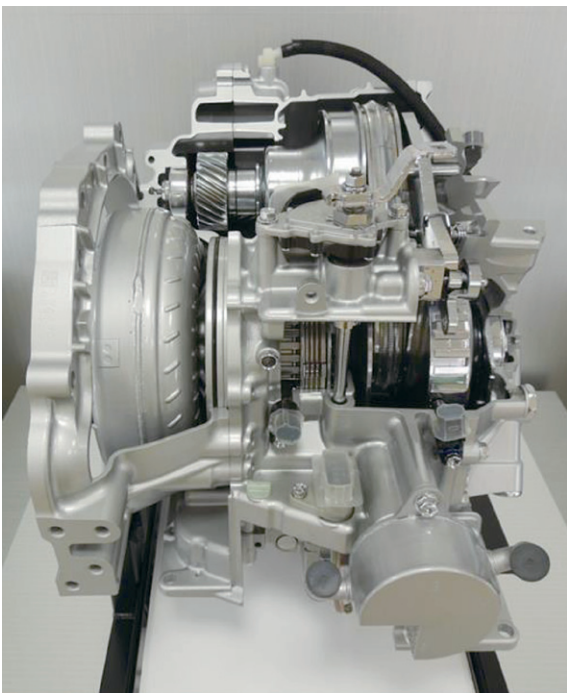
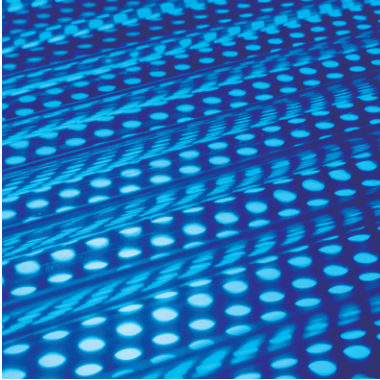


図2 CVTカットモデル

また、DCTは、英語で書くと“Dual Clutch Transmission”となり、2つの入力軸とギヤとクラッチを持ち、奇数段と偶数段とを交互に切り替えていくマニュアルトランスミッションに近い構造の変速方式です。伝達効率が高く、変速が早いのが特長です。

これら自動変速機にはギヤとクラッチ、ベルトとプーリーなど動力伝達部がありますが、油圧はこれらのクラッチやプーリーなどを大きな力で押し付けたり、切り離したりすることが比較的簡単にできます。その制御は運転者の操作を判断するコンピュータ（ECU）であり、そのコンピュータの信号で油圧の制御を行なうのがソレノイドバルブです。

2. 自動変速機の油圧制御を担うコントロールバルブ

油圧制御で必要なのは、油圧源であるポンプと、発生した油圧を制御するバルブと、制御された油圧で作動するアクチュエータです。アクチュエータとは、自動変速機内で回転を伝達したり遮断したりするクラッチやブレーキなどを指します。

コントロールバルブとは、油圧を制御する部分であり、図3に示す迷路のような油圧の回路がはりめぐらされた上下2つに分かれたバルブボディ、両バルブボディに挟まれたセパレートプレート、この回路の流れを変更するソレノイドバルブ、スプールとスプリングで構成されるスプールバルブなどで構成されています。バルブボディは、主に軽量のアルミダイキャストでつくられ、金型を用いたアルミ鋳造と

することで、複雑な形状を安定して大量に生産することが可能です。

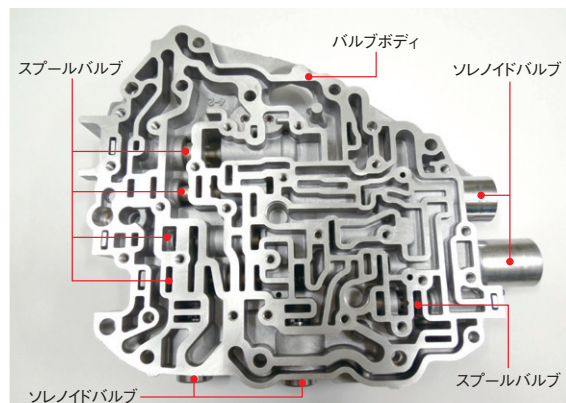


図3 コントロールバルブ

3. 自動変速を制御するソレノイドバルブ

図4にNACHIのソレノイドバルブを示します。ソレノイドバルブは、バルブボディに組み付けられ、バルブボディにはりめぐらされた油圧回路の油の流れを切り換える役目を担っています。ソレノイドバルブの電磁部は、電気を流すと巻いたコイルの中に磁界を発生させる電磁石です。

電磁部の可動鉄心、すなわちプランジャの動きを用いて、プランジャに追従するスプール、ピン、ボールなどを作動させることで、ECUの信号により油の流れを制御することが可能となるわけです。

それでは、自動変速機によく使われているON/OFFソレノイドバルブと、リニアソレノイドバルブについて詳しく見てみましょう。



図4 NACHIのソレノイドバルブ

4. ON/OFFソレノイドバルブの概要

図5にON/OFFソレノイドバルブの断面構造を示します。OFF時はスプリング力でプランジャとピンを介してボールで供給ポートの穴を塞ぐことで、供給ポートから制御ポートへの油の流れをストップします。一方、ON時はスプリングに打ち勝つ吸引力を得て、プランジャは図の左手方向に動きます。

すると、図の供給ポートを塞いでいたボールが図の左手方向に移動し、供給ポートの穴が開いて油の流れが図6のON状態ようになります。このソレノイドのOFF状態とON状態で油圧の流れを切り換えるのがON/OFFソレノイドバルブであり、OFF状態をノーマル状態とすると、上記の例では油圧回路を閉じた状態になるので、「ノーマルクローズタイプ」と呼ばれます。逆に、OFF状態で油圧回路を開けている状態になるタイプは「ノーマルオープンタイプ」と呼ばれます。

主に、ON/OFFソレノイドバルブは流せる油量が最大2L/min程度と小さいので、クラッチなどを直接動かす制御には使用しません。多くの場合は、スプールバルブを切り換えてクラッチなどを間接的に動かす目的で使用されます。大流量が必要な場合には、後述のリニアソレノイドバルブが多く使われます。

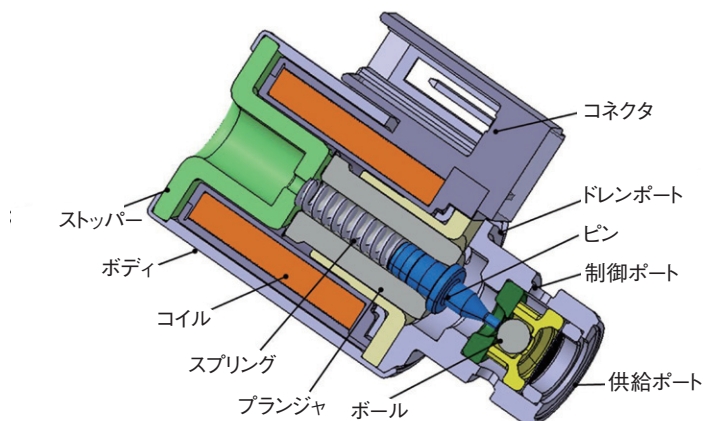


図5 ON/OFFソレノイドバルブの構造

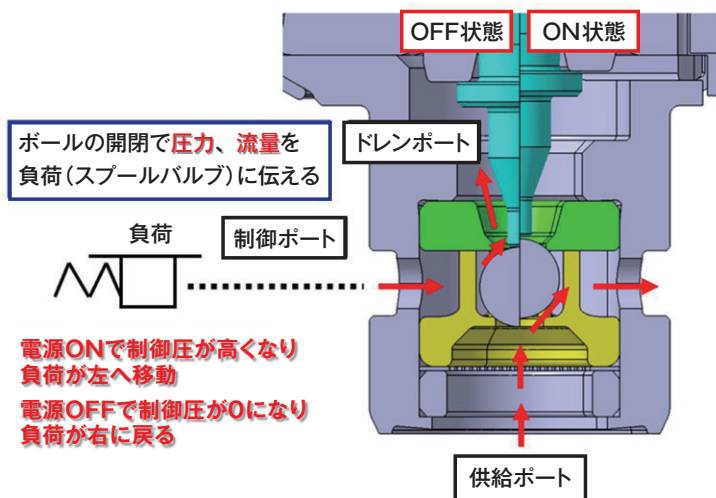


図6 ON/OFFソレノイドバルブの作動説明図

では、次にNACHIが製品化しているON/OFFソレノイドバルブの特長について説明します。

5. ON/OFFソレノイドバルブの特長

NACHIで製品化しているON/OFFソレノイドバルブの特長は、電磁部サイズがφ20と小型で、かつ低電圧作動を実現しています。小型化には搭載性やコストに大きなメリットがある反面、性能確保が難しくなります。しかしながら、NACHIのON/OFFソレノイドバルブは、磁場解析による磁気回路の最適化により、図7に示すような高い吸引力を確保し、自動変速機の制御用途にマッチした性能を得ています。

また、近年の自動車には、アイドリングストップ機能の採用が増えています。この場合、エンジンが止まることで、発電が停止して車の電圧が12Vよりも下がる場合があります。冬場や古いバッテリーではその傾向が高まります。電圧が低くなると、電気エネルギーが少なくなるため、ON/OFFソレノイドバルブは作動しづらくなります。NACHIのON/OFFソレノイドバルブは、従来の最低作動電圧10～11Vに対し、同等仕様で8～9Vまで電圧低下した場合でも作動を実現しています。この作動電圧の低減は、図7に示すように従来よりも高い吸引力を確保していることによるものであり、

この吸引力を活かして、流量を増やすなどの機能UPも可能となります。

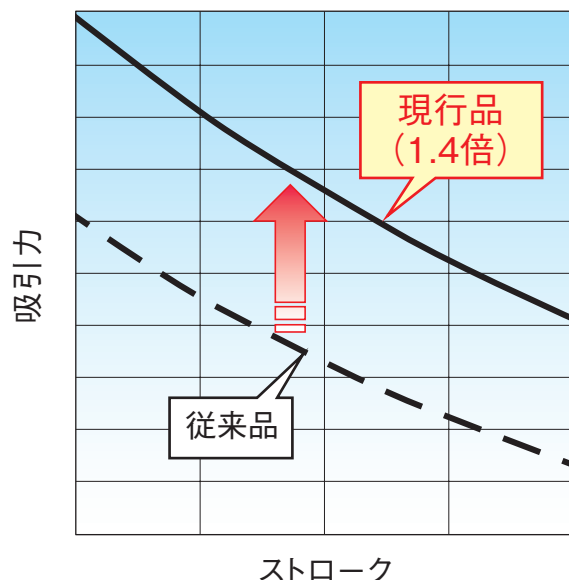


図7 吸引力の従来品との比較

次に、クラッチなどをON/OFFで制御するのではなく、ちょうど良い圧力に調整し、ダイレクトにクラッチ圧やスプールバルブなどを制御するリニアソレノイドバルブについて説明します。

6. リニアソレノイドバルブの概要

リニアソレノイドバルブは比例弁やVFS(Variable Force Solenoid)とも呼ばれ、電流入力値に応じてリニアソレノイドバルブ上流の圧力を所望する圧力に減圧して下流に出力する機能を持つ減圧弁の一種です。その構造は、図8に示すように電磁部と油圧部で構成されています。ON/OFFソレノイドバルブと同様、電磁部は電磁石の働きをしており、コイルで発生させた磁界を、磁気回路を構成するボディ、プランジャ、ストッパーに流すと、プランジャとストッパーのギャップを埋めようとする吸引力がプランジャに働き、この力が油圧部側に伝わります。油圧部は、スリーブと呼ばれる円筒の中空形状部品とそこにすきま嵌合されるスプールで構成されており、2部品の嵌合長さを変化させることで絞り量と漏れ量を調整し、出力圧制御を行なっています。

自動車用自動変速機での用途としては、クラッチを動作させ、遊星歯車で構成されたATの変速制御を行なうことや、CVTのスチールベルトを挟み込むプーリーのクランプ力調整、また高速走行時にトルクコンバータのすべりを防止し燃費向上を行なうロックアップ制御などに利用されています。

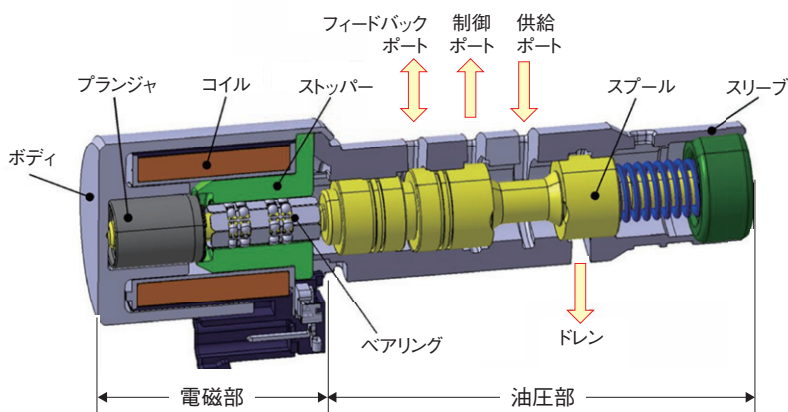


図8 リニアソレノイドバルブの構造

このような制御を行なうリニアソレノイドバルブには、図9に示すように、主に2種類のバルブが存在します。1つはアクチュエータであるクラッチを直接リニアソレノイドバルブで制御する大流量タイプ(ダイレクトタイプ)、もう1つはリニアソレノイドバルブでスプールバルブを動作させ、スプールバルブを介してクラッチなどを制御する小流量タイプ(パイロットタイプ)です。

それぞれのバルブ特長として、大流量タイプは直接クラッチを制御するため、その名の通り大流量を流す必要があり、高応答性が求められ、流量が不足した場合には変速遅れや変速ショックなどの不良に繋がります。一方、小流量タイプはリニアソレノイドとクラッチの間に配置されたスプールバルブを動作させるため、油圧部のサイズは大流量タイプと比較し小さくなります。

NACHI製リニアソレノイドバルブでは、大流量と小流量の両タイプをラインナップしており、製品ごとに調圧特性や応答性などの細かな要望に対してもチューニングを行ない、お客様の幅広いニーズに対応しています。

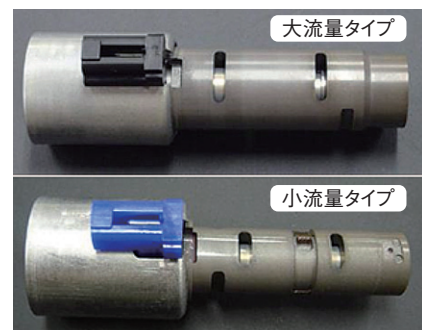


図9 リニアソレノイドバルブの種類

7. リニアソレノイドバルブの特長

NACHI製の小型リニアソレノイドバルブでは、電磁部体格φ29×L36、約2mmのストロークで1A時に20Nの高吸引力を発生させます。電磁部を小型化することでバルブの搭載性が向上し、トランスミッションの小型化が可能となります。また、油圧部内のバルブクリアランスに異物が侵入した際にも、高吸引力により異物を押し出し排出することができ、異物噛み込みによりバルブロックのリスクを低減させています。

構造上の特長としては、軸受メーカーとしてのノウハウを活かし可動鉄心であるプランジャを、ベアリングにより片持ち支持する構造を採用しています。(図8)

これにより他社で見られる金属摺動やブッシュ摺動タイプと比較し摺動抵抗を1/10程度に抑制することが可能で、油圧特性のヒステリシス低減や低温時の高応答性を実現しています。

製造面では、組立時の異物混入リスクを最小限に抑えるため、図10に示すように、クリーンルーム内で自動機による組立および性能試験と梱包作業を行なっています。またトレーサビリティの観点から製造したリニアソレノイドバルブの検査データ(吸引力特性、油圧特性)は全数記録され、電磁部外観に刻印された二次元コード(図11)と紐付きにされ、品質の保証体制を構築しています。



図10 リニアソレノイドバルブの製造工程



8. まとめ

自動車用自動変速機におけるソレノイドバルブは、ユーザーの低燃費車種への需要の高まりなどから小型化、高圧化、低リーク化などさらなる技術革新に加え、品質やコスト面の要求も高まっており、お客様の様々なニーズにお応えすべく、今後も付加価値の高い製品の商品開発をすすめていきます。