

製品紹介

スノーモービルレース用ショックアブソーバの開発

田 中 信

1 はじめに

KYBモーターサイクルサスペンション(株) (以下KMS)は、国内および海外のオートバイメーカーに製品を設計・製造している。一方で、スノーモービルや全地形対応車(以下ATV)といった特殊車両向けのショックアブソーバ(以下SA)の設計・製造も行っており、中でも、BRP Inc.社^{注1}およびBRP Finland Oy.社^{注2}とは30年以上にわたる取引がある。かねてより大きな市場シェアをもつ両社のスノーモービルブランドSki-DooおよびLynx^{注3}は、2020年には世界市場の半数を超えるシェアをもっており¹⁾、KMSは両ブランドの上級グレード車両に使用される高性能SAを設計・製造している。

スノーモービルの進化はめざましく、SAにも最先端の技術が多く投入されてきた。そのいずれもがレースで先行開発された技術であり、現在量産されているスノーモービル用SAにはその至るところにレースからフィードバックされた技術をみることができる。

本稿では、近年スノーモービルレース用SAとして先行開発された後、量産化された技術を中心に紹介する。

注1) Joseph-Armand Bombardier氏がカナダのケベック州ヴァルクールで世界初の雪上自動車を発明したことを起源とし、1942年にL'Auto-Neige Bombardier Limité 社として設立。その後、1959年にSki-Dooブランドが誕生。2003年にBombardierから分社化されBRPとなった。

注2) 北欧で唯一のスノーモービルメーカー。Nordtrac社を前身とし、2005年にBRP Finlandへ社名変更を経て、Lynxブランドを継続生産。現在も北欧で唯一のスノーモービルブランドである。

注3) Ski-DooおよびLynxはBRP社の商標です。

2 スノーモービルについて

2.1 車両ラインナップ

スノーモービルメーカーはユーザーが求める用途ごとに様々な車両を用意している。荷物の運搬などを目的としたSport/Utilityモデルのほか、ツーリング用のTouringモデル、高速で圧雪路を駆け抜けるTrailモデル、圧雪路に加えて非圧雪でも高い機動性をもつCrossoverモデル、非圧雪の雪山を駆け回ることに特化したDeep Snowモデルがある。それぞれのモデルには、さらに細かなグレードが設定されており、高度な吸収性・姿勢制御が求められるTrail・Crossoverモデルの最上級グレードには当社製のセミアクティブSA (KADS²⁾) が採用されている。また、雪山での良好な車両の取り回し性が求められるDeep Snowモデルには軽量なSAが採用されている。SAに求められる特性を吸収性・姿勢制御と重量の2軸で表すと、それぞれの用途に求められる特性は図1のようになる。

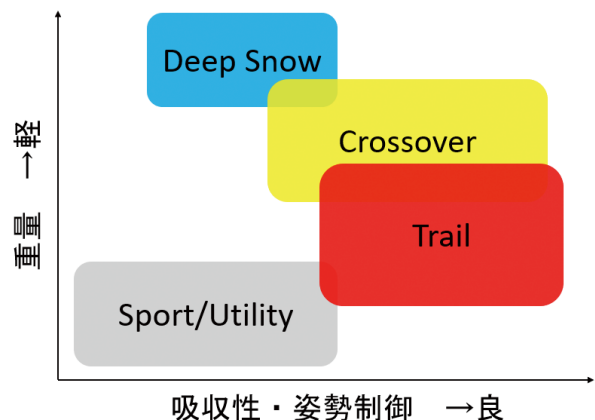


図1 用途によってSAに求められる特性

2.2 サスペンション構造

スノーモービルがオートバイやATVと大きく異なる点として、タイヤではなく、スキーやトラックで路面と接地していることが挙げられる(図2)。



図2 スノーモービルのサスペンション関連部品名称

スキーは、車体を雪上に浮かせながら、ハンドルの舵角と連動して車両の進行方向を決める役割をもち、ダブルウィッシュボーン形式のサスペンションに取付けられるのが一般的である。これは、大きなサスペンションストロークを確保しながら左右のスキーの間隔を広く配置でき、高い操縦安定性が得られるためである。左右のスキーはそれぞれ独立したサスペンションによって懸架されるため、フロントショックと呼ばれるSAが左右それぞれに装着される。

トラックは、広い接地面積を確保して車体を雪上に浮かせながらパドルで路面を掻いて前進させる役割をもつ。路面にトラックを押し付けながら追従させるレールの動きを制御するため、センターショックやリヤショックと呼ばれるSAが装着される。

2.3 SA構造

普及グレードの車両には、単筒の鉄またはアルミ製シリンダにガスを封入したショックアブソーバ（以下、ガスSA）が使用される。調整機能としては、スプリングのプリロードアジャスタに加えて、伸側減衰力調整機構（リバウンドアジャスタ）を備えるものもある（図3）。



図3 軽量アルミシリンダ単筒式ガスSA(左)とピギーバック式ガスSA(右)

上級グレードの車両には、より高度な吸水性・姿勢制御が求められるため、ベースバルブを備えた圧側減衰力調整機構（コンプレッションアジャスタ）付きのホース別タンク式ガスSA（後述）やピギーバック式SA（図3、4）が使用される。

どのグレードに使用されるSAも、スノーモービル特有の使用環境に対応するため、専用開発された部品を使用している。以下に一例を紹介する。

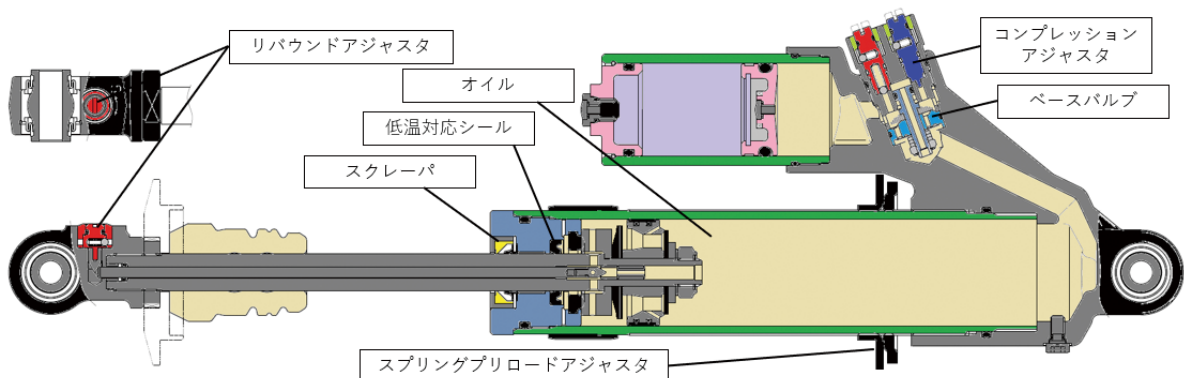


図4 ピギーバック式ガスSAの部品名称

- ・アイススクレーパー：
シール部に内蔵することで、ロッド表面に付着した氷（図5）を掻き落とす
- ・オイル：
専用の配合として氷点下での流動性を確保
- ・低温対応シール：
氷点下でも密封性が維持できる材質に変更

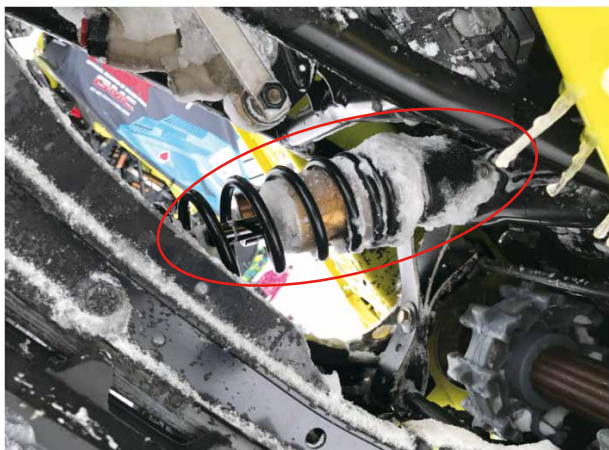


図5 SAに氷が付着した様子



図6 Ski-Doo MXZx 600RS^{注4}



図7 Lynx Rave 600RS^{注4}

注4) MXZx, Raveおよび600RSはBRP社の商標です。

3 スノーモービルレースの種類

スノーモービルを使ったレースにも、自動車やオートバイ同様に様々なカテゴリーが存在する。主なレースのカテゴリーについて説明する。

3.1 スノークロス

オートバイのモトクロス競技をベースに発展したレースで、ジャンプやコーナー、バンクを人工的に作った周回コースを混走して順位を争う。

現在、スノークロスは北米および北欧の各地でシリーズ戦が開催されている。北米のコースはジャンプが連続しておりコーナーもタイトなため、加速・減速が多い傾向にある。一方、北欧のコースは自然の地形を活かしたコースが多くコース幅も広いいため、平均速度が高い傾向にある。北米の五大湖周辺で開催されるシリーズ戦のISOC Snocrossには北米だけでなく北欧からも有力選手が参戦しており、世界最高峰のレースライダーが、年間8会場、計17戦のレースでチャンピオンの座を争う。

Ski-Doo/Lynxはそれぞれスノークロス専用の車両をレースライダー向けに販売している（図6, 7）。いずれも、Trailモデルをベースに開発されており、排気量600ccの2ストロークエンジンを搭載し、サスペンションもスノークロスに特化した専用のリンク機構を採用した車両（以下、これらの車両を総称して600RSと呼ぶ）である。

当社はスノークロス用にファクトリーショックと呼ばれる先行開発品をBRP社へ供給しており、BRP社のレース活動に帯同し現地でのテクニカルサポートを通してSAの開発を行っている。

3.2 ヒルクライム

スキー場の斜面を駆け上がり、タイムを競う。車両は、Deep Snowモデルをベースに改造した車両が用いられ、Jackson Holeで毎年世界選手権が行われる。

3.3 クロスカントリー

Crossoverモデルを使用し、決められた目的地に向けて長距離を走りタイムを競う。アラスカで7日間にわたり4,000km以上を走破するIron Dogレースでは、雪のない路面や凍った川などを渡ることもある。

3.4 その他

凍ったオーバルトラックを周回しながら順位を争うオーバルや、直線でのタイムを競うドラッグレース、水上で順位を競うウォータークロスなどがある。

4 スノークロス用SA開発

スノークロス用SAに求められる主な機能について、以下説明する。

4.1 フロントショック

高速コーナリング中に車体のロールを抑えながらスキーを接地させるため、フロントショックは低速作動時から大きな減衰力を発生させる必要がある。また、近年大きくなっているギャップやジャンプに対応するため、より長いストロークが必要とされる。

4.2 センター・リヤショック

リヤサスペンション内に取り付けられたセンター・リヤショックは、激しい路面の起伏変化にレールを適切に追従させながら車体の姿勢を保つように制御している。車両前方にあるセンターショックは、常用域の減衰力を小さく抑えしなやかにストロークさせることで、レールを起伏変化に追従させやすくする必要がある。しかし、ジャンプ着地時には衝撃を吸収する役割も果たすため、高速作動時により大きな減衰力を発生するプログレッシブな特性が必要とされる。リヤショックは、フロントショックと同様の特性として車体のピッチングを制御することで、急激な加速や減速時の姿勢変化を抑えている。また、ジャンプ着地時の衝撃を吸収するため、他のSAよりも大きな減衰力と長いストロークが必要とされることから、SA自体の剛性確保も重要となる。

4.3 アジャスタ

スノークロスでは、昼間に行われる予選レースから夜に行われる決勝レースまで複数のレースに出走する必要があり、天候によってコース状況も刻々と変化する。あらゆる状況に素早く適応するため、SAには数多くのアジャスタが必要とされる。

4.4 600RS用SA開発の歴史

4.4.1 2000年初頭の開発

2000年代以前は、軽量の単筒アルミシリンダガスSAが使用されていたが、コース状況に合わせて伸側減衰力が調整できるリバウンドアジャスタを搭載するにとどまっていた。しかし、2000年以降に過激化するコースレイアウトに対応するため、ライダーの乗車姿勢は車両後方に座る姿勢から車両中央に立つ姿勢へと変化していった。これに対応した新たなシャシーやフロントサスペンションが開発される中、より大きな減衰力が得られるホース別タンクガスSAを開発し、衝撃吸収性を高めた(図8, 9)。



図8 2006年のレース用車両



図9 ホース別タンク式ガスSAフロントショック
(コンプレッションアジャスタ付き)

2004年頃、タンク部を一体にしたピギーバック式ガスSAが開発されると、後にすべてのSAに採用された。また、さらなる吸収性向上のためピストンを36mmから40mmに大径化したほか、高強度・高剛性化のためにピストンロッドも大径化された。これらレース活動を通じて開発された技術は、後の量産モデル向けSAに展開され、現在も使用されている。

4.4.2 近年のアイテム開発

従来、スノークロスの最高峰クラスに使用するレース車両は、エンジンの出力を上げるなど大幅な改造が許されていた。しかし、2018年のレギュレーション変更により車両の改造範囲が制限されたことで、ベース車両の開発に一層力が注がれることになった。中でも、サスペンションの性能向上が重要課題とされ、リンク機構・構造の見直しやSAの性能向上などといった開発が積極的に行われた。その結果、サスペンション周辺部品は年々変更されており、600RSに使用されるSAも2018年以降毎年改良が加えられてきた。

スノークロス用ファクトリーショックで先行開発されたアイテムのうち、600RSに採用されたものについて以下に紹介する。

①センター・リヤショックのピストン大径化

前述のレギュレーション変更を機に、当時の課題であったリヤサスペンションの衝撃吸収性向上のため、2013年頃より開発されていた大径ピストンの評価が本格化した。大径ピストンを使用したセンター・リヤショックをレースに投入したところ、大きなジャンプでも着地時の衝撃が軽減できたため、ライダーから高評価が得られた。600RSには、2018年モデルからセンターショックに、2019年モデルからは

リヤショックにそれぞれ採用された。

②スノークロス用インテグラルアジャスタ

タイトなレーススケジュールの中でライダーが要求する特性にSAを微調整出来るよう、モトクロスのレースで使用されているインテグラルアジャスタを投入した。インテグラルアジャスタの特徴として、通常は分解を伴う作業が必要となる伸高速減衰力の調整を、外部から素早く調整できることが挙げられる(図10)。レースに投入しながら、スノークロス用にチェックバルブの特性を最適化することで、ライダーから要望が多かったジャンプ着地後の車両姿勢の制御を容易に調整できるようになった。従来のアジャスタに対してより自在に調整できるようになったことが評価され、2020年モデルの600RSより全てのSAへ一斉に採用された。

③フロントショックのピストン大径化

前述の通り、センター・リヤショックともに採用された大径ピストンにより高評価が得られていたことから、フロントショックにも大径ピストンを採用してほしいとの要求が生まれた。しかし、フロントショックは限られた車体スペースに配置する必要があったため、各部品の形状を再検討する必要があった。新たに開発された新形状のガイドシリンダやベアリングは、2018-2019シーズンよりレースに投入され(図11)、特にジャンプ着地時の衝撃吸収性が大幅に向上した。その結果、レース中のライダーへの負担が軽減され、大きなアドバンテージを築くことができ、高評価が得られた。その後も信頼性を高めるべく開発を継続した結果、2021年モデルより全ての600RSに採用されたほか、LynxのTrailモデルの量産最上級グレード(図12)にも採用された。



図11 2018-2019シーズンに投入された新型大径ピストンフロントショック



図12 大径ピストンフロントショックを初採用した量産Trailモデル

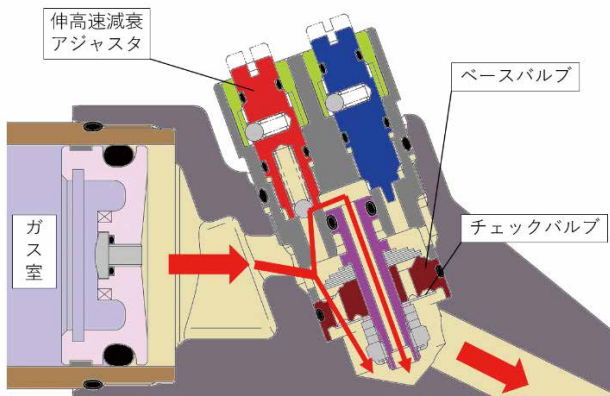


図10 インテグラルアジャスタの伸高速減衰力調整機構の模式図

4.4.3 現在の開発

北米および北欧で開幕した2021-2022シーズンもスノークロスのサポートを通して、開発を継続している。今季のファクトリーショックにも、次世代レース用SAへの採用が期待されるアイテムを複数投入しており、その効果が確認できている。

5 主な成績 他

2020-2021シーズン

#200 Elias Ishoel選手

ISOC Proクラス 3年連続チャンピオン獲得(図13)

FIM World Championship Race 1 優勝(総合6位)



図13 3年連続チャンピオンを獲得したElias Ishoel選手と現地テクニカルサポート担当のTim氏（左）とGilles氏（右）

6 おわりに

開発にあたりご協力をいただきましたBRP社、BRP Finland社のレースエンジニア、および20年以上に渡りレースに帯同し当社SAのテクニカルサポートを担当していただいているテクニシャンにこの場を借りて感謝を申し上げます。

最後に、これまでレース用SAの開発および量産化に携わり、今日の礎を築いていただいた先輩方に敬意を表すとともに、ご協力いただきました社内関係部門の皆様にも厚く御礼申し上げます。今後も、ユーザーにとってより魅力的な製品を開発し、当社の技術力を世間にアピールしていく所存です。

参考文献

- 1) Power Sports Business, 2020 Market Data Book, p. 61
Worldwide Snowmobile Market Share
- 2) 植村, 小島, 菅原: 二輪車用電子制御サスペンションシステム“KADS”の開発, KYB技報 第63号. (2021年10月)

著者



田中 信

2015年入社。KYBモーターサイクルサスペンション(株)技術部第二設計室第2係。モトクロスレース用SAの設計・開発に従事した後、スノーモービル/ATV用SAの設計・開発に従事。