

スノーモビル用ブレーキシステム

Brake System for Snowmobile

竹内 均 Hitoshi Takeuchi

●モーターサイクル事業本部 RV事業部技術室

1 はじめに

ヤマハ発動機（株）（以下、当社という）のスノーモビルは1996年モデルまで機械式ブレーキを採用していたが、近年の走行性能向上に伴い、より高いブレーキ性能が求められるようになった。そこで、油圧ブレーキシステムおよびベンチレイテッドディスクブレーキの開発を進め、1997年モデルVX600より採用を始めた。この開発の中で、スノーモビル用ブレーキシステムの特徴が明確となったので、ここに紹介する。

2 開発にあたっての条件

ブレーキシステムはいずれの商品も、市場におけるあらゆる環境でその機能を損なってはならない。スノーモビルの場合、外気温 -40°C 、路面は新雪から氷においてまで機能および耐久性を保証する必要がある。また、スノーモビルは雪上でドリフトを積極的に利用するため、指1本のブレーキ操作で車両の運動をコントロールできることが求められている。

3 技術的特徴

3.1 レイアウト

スノーモビルの動力伝達経路を図1に示すが、エンジン動力は次の順序で路面に伝えられる。

エンジン→自動変速機→セカンダリシャフト
→減速機→ホイルスプロケット→トラックベルト

ディスクブレーキはセカンダリシャフトに取り付けられ、その回転数はエンジン回転数を上回る場合がある(当社最高出力機種SRX700は8500rpm.)。

また、モータサイクルのタイヤにあたるのがトラックベルトだが、タイヤ径に相当するのはホイルスプロケットの $\phi 183$ である。

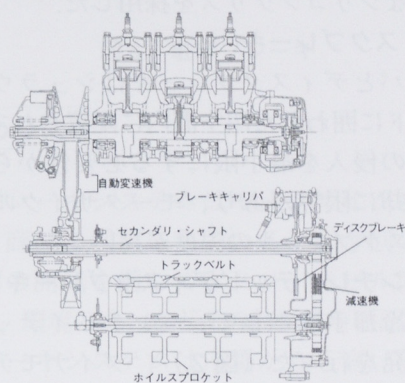


図1 スノーモビルの動力伝達経路

3.2 仕様諸元

代表的スノーモビルであるSRX700の仕様諸元を、エンジン出力と車重が近いモータサイクルXJR1300との比較で表1にまとめた。

この車格のモータサイクルでは一般的に前後3枚のディスクを配しているが、スノーモビルの場合は1枚で対応している。トラックベルト駆動スプロケットが小径であるため必要制動トルクは小さいが、回転数が極めて高いのが特徴である。

表1 仕様諸元比較

		SRX700	XJR1300
エンジン最高出力 (PS)		130	100
装備重量 (kg)		284	253
最高速度 (km/h)		180	220
タイヤ直径 (mm)*		183	584
ディスク最高回転数 (rpm.)		8500	2000
レバー比 (シリンダ面積比)	前	—	16.7
	後	7.4	11.4
キャリア形式	前	—	対向4POT
	後	対向2POT	対向2POT
摩擦材面積 (cm ²)	前	—	20.7 X 4
	後	17.1 X 2	19 X 2
ディスクブレーキ 有効直径 (mm)	前	—	266
	後	186	235
ディスクブレーキ 厚さ (mm)	前	—	FLOAT t5
	後	VENTI. t10	SOLID t5

注* SRX700はトラックベルト駆動スプロケット径

3.3 低温に対する配慮

外気温が -40°C においては潤滑剤の選択にも配慮が必要である。ブレーキまわりには通常石油系のグリスを

使うことができず、モータサイクルではブレーキ液と同成分のグリスを採用している。しかし、このグリスは低温下での粘度上昇が大きく、 -40°C ではブレーキレバーがストロークした状態から復帰しない。スノーモビルでは、石油系以外で低温特性が良好なシリコングリスを採用した。

3.4 ディスクブレーキ

キャリパとディスクブレーキはシュラウドとアンダフードに囲われた閉空間内に配置されている。しかも雪の侵入を最小限にする必要性から走行風による冷却に限界があり、モータサイクルと比較してディスクブレーキの温度が高い。

3.4.1 ベンチレイテッドディスクブレーキ

有効な冷却手段として、ベンチレイテッドディスクの開発を行った(図2)。ダイナモテストにおいて、t5のソリッドディスクとの比較で冷却性能を測定したが、その結果、昇温速度は21%遅く、冷却速度は24%速いことが確認された。現在600cc以上の水冷モデルに採用している。



図2 ベンチレイテッドディスク



図3 ソリッドディスク

3.4.2 ソリッドディスクブレーキ

1999年モデルのPZ500の開発では、コストダウンを目的にソリッドディスクブレーキの開発を行った(図3)。この機種はベンチレイテッドディスク採用機種より軽量かつ低出力であったが、ソリッドディスクブレーキの温度は最高 550°C にまで達した。開発は耐熱変形を中心に進められたが、ダイナモテスト(図4)にて軽減孔形状によって変形のレベルが異なることがわかり、 550°C の繰り返し熱負荷をかけても変形しないディスクブレーキが完成した。

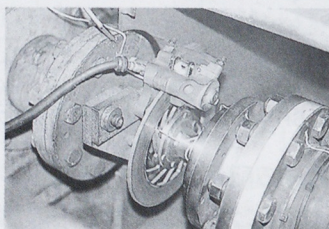


図4 ダイナモテスト

図5に3つのスペックのテスト結果を示すが、本テストはディスクを 550°C まで昇温後、ディスクの変形が許容限界に達するまでのサイクル数を求めたものである。

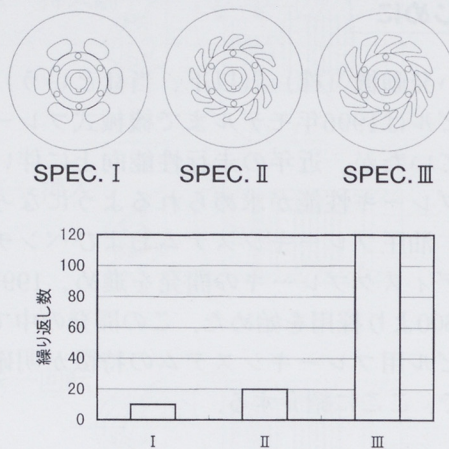


図5 昇温・冷却テスト

ディスクはパッドとの摺動部で発熱し熱膨張を起こし直径が増加する。この径方向の寸法変化が阻害された時、板直角方向の変形(振れ、反り)が発生すると考えられる。SPEC.Ⅲは図6の変形モデルに示すように、軽減孔形状により径方向の剛性を下げ、熱膨張を阻害しないことを目的に設計されたものである。

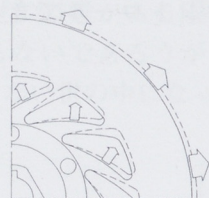


図6 ディスクの変形モデル

3.4.3 ディスクブレーキの固定方法

車両状態でディスクブレーキには高い振れ精度が必要である。しかし、スノーモビルの場合、ディスクブレーキは多くの部品を介して取り付けられているため、アッセンブリ状態での精度確保は困難であった。

そのため、ディスクをシャフトに対しフルフロートさせて自由度を持たせる構造とした。

3.4.4 ノックバック現象

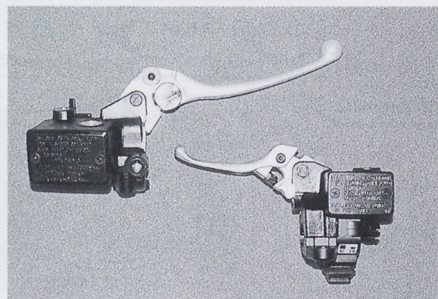
車両がジャンプして着地した際、ブレーキレバーの遊びが増加する現象が発生した。調査したところ、トラック

ベルトが回転している状態で着地した場合、チェーンに大きな張力がかかり、セカンダリシャフトに曲げモーメントが発生して弾性変形し、この変形によりディスクが傾斜してキャリパのピストンを押し戻してしまう“ノックバック現象”であることがわかった。

これは、シャフトの支持がチェーン入力に対し片持ちであるため、シャフトのたわみ角が大きかったのが原因であり、シャフト支持ベアリングをチェーンの両側に配置する対応を行った。

3.5 システム剛性

前述の通りスノーモビルの場合、ブレーキレバーを指1本（又は2本）で操作し制動や車両進行方向のコントロールを行っている。そのためには少ないレバーストロークで必要な制動力を得なければならない。これを達成するためにまずシステム剛性（ブレーキレバー入力とレバーストロークの比）を高く設定し、レバーの長さも不要な部分を削除した。図7にSRX700とXJR1300のレバーを示す。

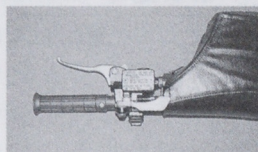


下がSRX700

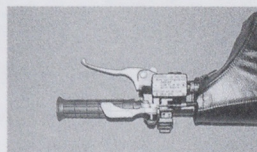
図7 ブレーキレバー仕様

3.6 駐車ブレーキ

スノーモビルにはレギュレーションで駐車ブレーキの装着が義務付けられている。油圧ブレーキは長時間の作動を継続すると構成部品のシール部より液漏れし液圧が低下するため、駐車ブレーキには不适当である。そこで、廉価な機械式キャリパを駐車専用に配した。また、図8に示すように、操作を容易にするためレバー作動機構を考案し、且つ駐車ブレーキの解除忘れの防止を図るため、ブレーキが作動している時はレバーがグリップにラップするようにレイアウトを行い、乗員に知らしめる工夫をした。



駐車ブレーキ解除



駐車ブレーキ作動

図8 駐車ブレーキ

4 おわりに

油圧ブレーキシステムはモータサイクルをはじめ様々な商品に採用されているが、今回のスノーモビル用の開発を通して、スノーモビルの構造、使用条件、環境の違いなどその特殊性を再認識した。

本ブレーキシステムは市場からも高い評価を得ているが、“雪”という非常に不安定な路面を相手にしているだけに、まだ不明な点は多く改良の必要性を感じている。

最後に、ディスクブレーキの開発において（株）フジコーポレーションの多大なご協力に紙面をお借りして深謝申し上げる。