

静トルクが基準を満たしている
のにダイナモ試験でクラッチが
滑ってしまったのはなぜ？

静トルクが基準を満たしているのにダイナモ試験でクラッチが滑ってしまったのはなぜ？

ご質問に対して、過去静摩擦係数の変動要因解析と定義改正をした経緯が参考になると思いますのでご紹介します。

経緯としては**従来のATFから**変速ショックが改善される**オイル**検討の際に生じました。

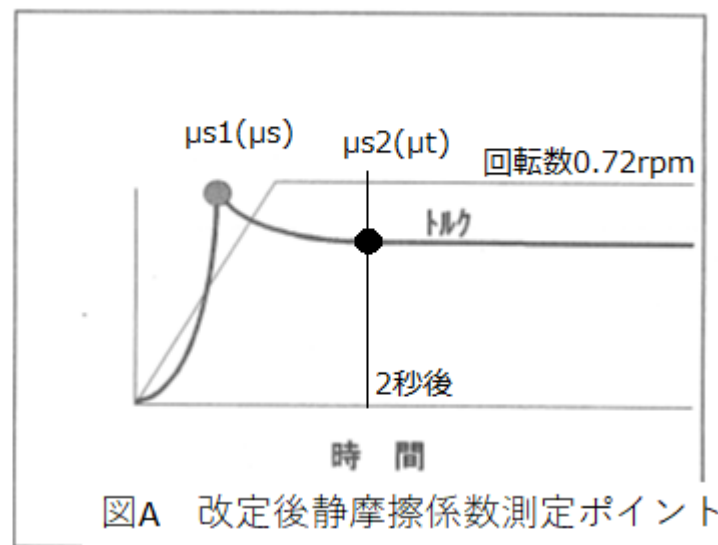
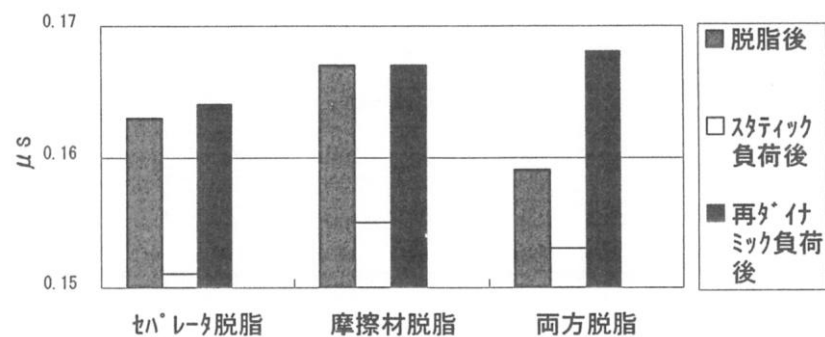
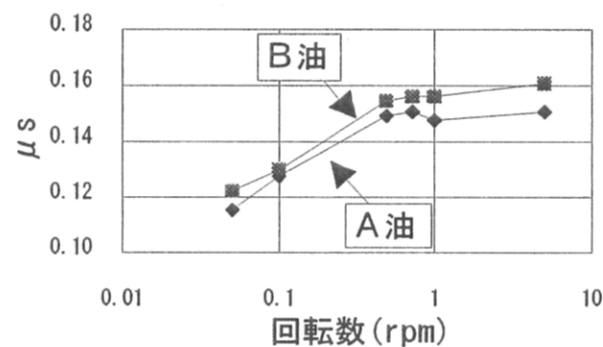
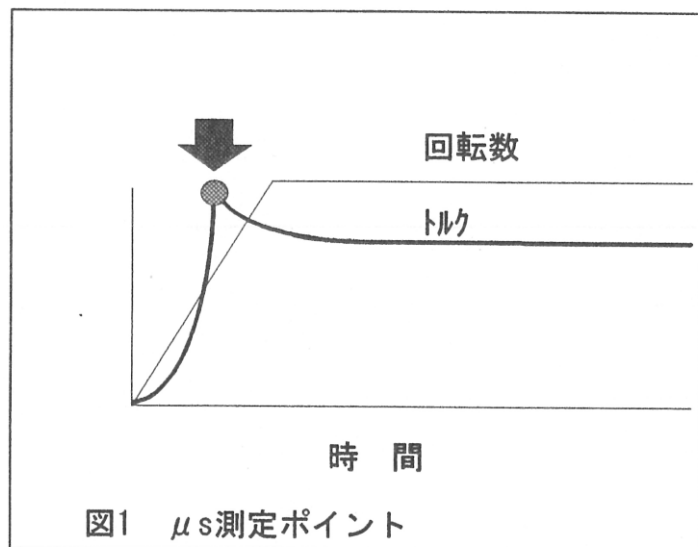
実機の静トルク測定はOKだったが、実機耐久試験でクラッチが滑ってしまい、最終的に設計変更して対策しました。ここで重要なポイントが2点あります。

まず1点目として、 μ_s はいつも一定という思い込みです。

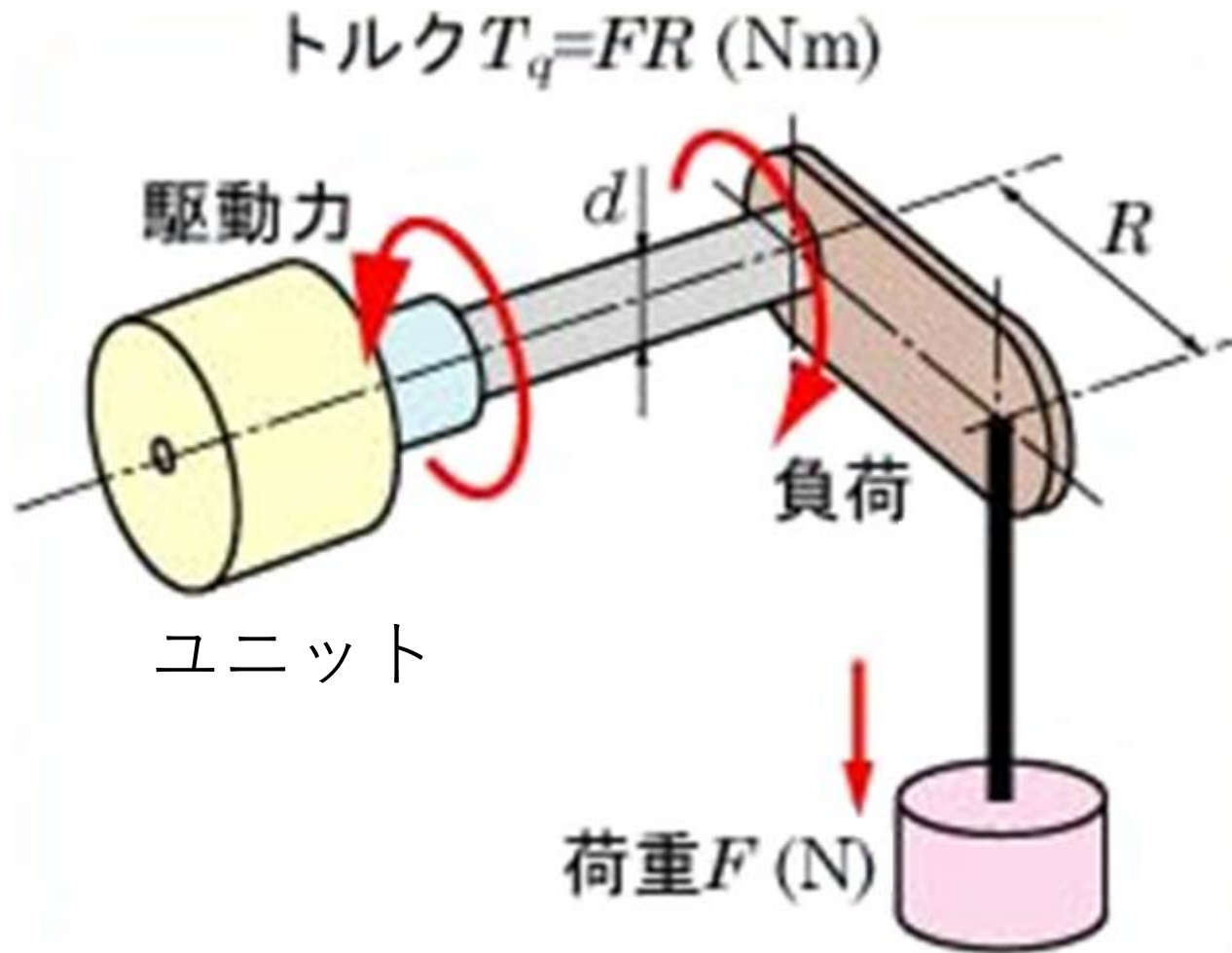
解析事例「湿式摩擦材の μ_s に及ぼす要因解析、トライボロジー会議1994金沢」の抜粋を添付します。図1は μ_s の測定イメージですが、回転が立ち上がると同時にトルクが立ち上がり、その頂点を μ_s とすることは異論がないと思います。これは一般的に静摩擦係数は動摩擦係数より高く出るという概念とも一致します。しかし、結論から言うと今回のケースは μ_s が測定前負荷状態によって変わることが分かりました。また、**回転数をどこまで下げていっても μ_s の特異点はありません**でした。図3は測定回転数による μ の図です。回転数を下げていっても特異点はありませんでした。これとは別に極低すべり速度でT/P試験をしても μ 特異点はありませんでした。

図8は、回転吸収ダイナミック試験前後の μ 比較です。ダイナミック試験後の摩擦材、セパレータをそれぞれ脱脂、両方とも脱脂して μ_s を測定し、その状態で μ_s を再測定（スタティック負荷後）して、さらに再びダイナミック試験をして μ_s を測定しました。結果、**ダイナミック試験負荷後の μ_s の方がスタティック負荷後の μ_s より大きくなりました。**これは、高負荷時に摩擦材表面にトライボフィルムが生じ、スタティック負荷時に剥がれたためと考えられます。これらの結果を受けて、湿式摩擦材の摩擦試験方法の μ_s 定義を図Aのように改訂しています。ここで()内の μ_s 、 μ_t は自動変速機油のJASOM348で用いられる記号です。

2点目は、手動計測による思い込みです。添付の実機 μ 測定例のようにトルクアームを用いて、クラッチが滑り始めたところを静摩擦トルクとしていませんか？特に湿式クラッチの場合は図3にあるように μ s の特異点が見られません。では人はどこで静摩擦トルクと判断するかですが、手感でトルクが大きくかつ滑り始めたと判断されるポイントで、図3のような μ と速度の関係においてもマクロにスリップしたと思われる1rpm前後と考えられます。試しに極力ゆっくりトルクアームに力をかけた場合の回転開始ポイントとはずれてくるはずです。そこで、手動による測定ではなく、モータに負荷をかけていった時の決められた回転数の時のトルクの値を静摩擦トルクとするようになってきています。



AT実機静トルク容量測定方法



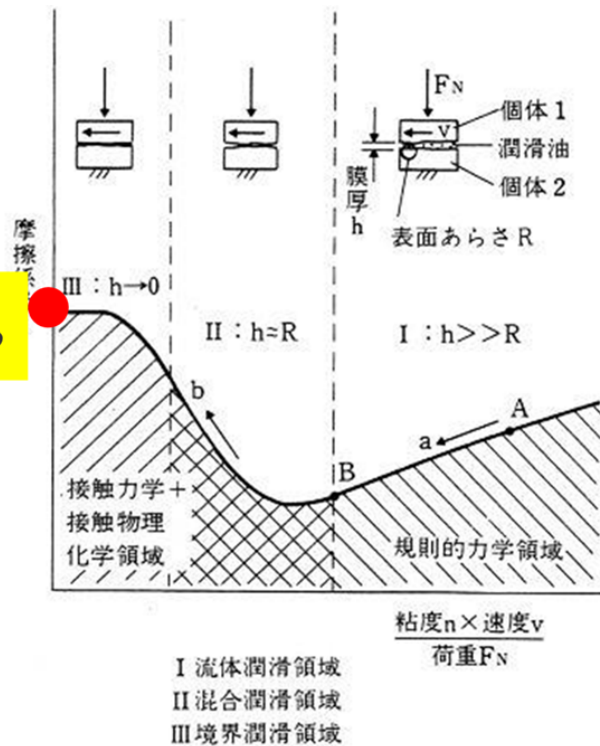
人がトーションバーを使って手感で測定

μ_s とは？

一般的に静摩擦係数は動摩擦係数より高いとされ、経験的にも物を動かす際、最初は大きな力が必要なので静摩擦係数は高いんだなあと思っている。

静摩擦係数

特異点の
存在があるか？



湿式摩擦材×ATF

すべり速度を徐々に遅くし
0.0001m/sまで測定したが
特異点は現れなかった

μ

LogV

湿式摩擦材の場合
恒常的に高い μ_s が
存在しないのでは

表1 供試材

摩擦材 (D)	SD1777X (NSKワナ-社製) 外径φ126.7 内径φ102.8
セパレーター (P)	S 3 5 C M (t=1.8)
A T F	A 油 (市販油) B 油 (市販油)

表2 μ s 測定条件

回転数 rpm	0.05, 0.1, 0.5, 0.72, 1, 5
油温 °C	80, 100, 110, 120
摩擦面温度 °C	↑
回転立ち上げ速度 (rpm/s)	0.81, 1.16
面圧 kPa	7 8 5
摩擦板組合わせ	P D P

高い静摩擦係数が発生する条件を探索



仮説) ダイナミック負荷条件によって
変わるのでは

表3 μ s 測定前負荷条件

ダイナミック 試験負荷	回転数 rpm	2500, 3600, 4400
	面圧 kPa	167, 226, 451, 902, 1804
	慣性モーメント kgm ²	0.1
	油温 °C	100
ひきずり 試験負荷	回転数 rpm	50
	面圧 kPa	451, 902
	ひきずり時間 s	10, 20, 30, 60
	油温 °C	100

静摩擦係数と測定前負荷エネルギーとの関係

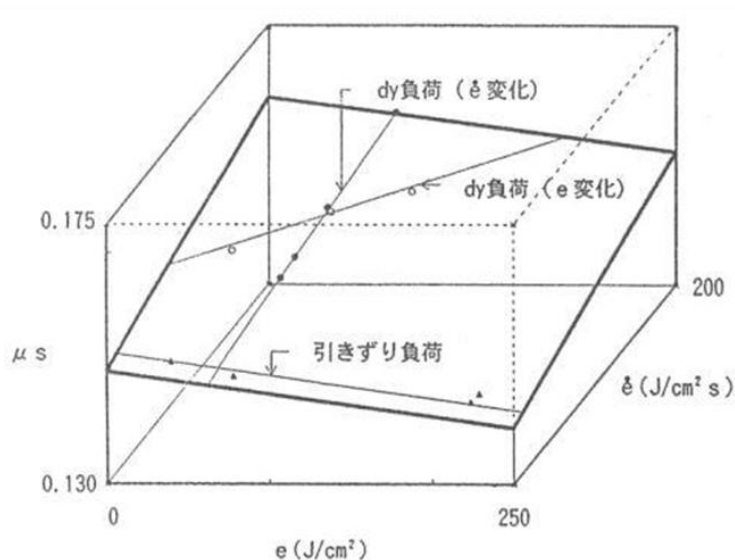


図6 $\mu_s - e - \dot{e}$ の関係 (A油)

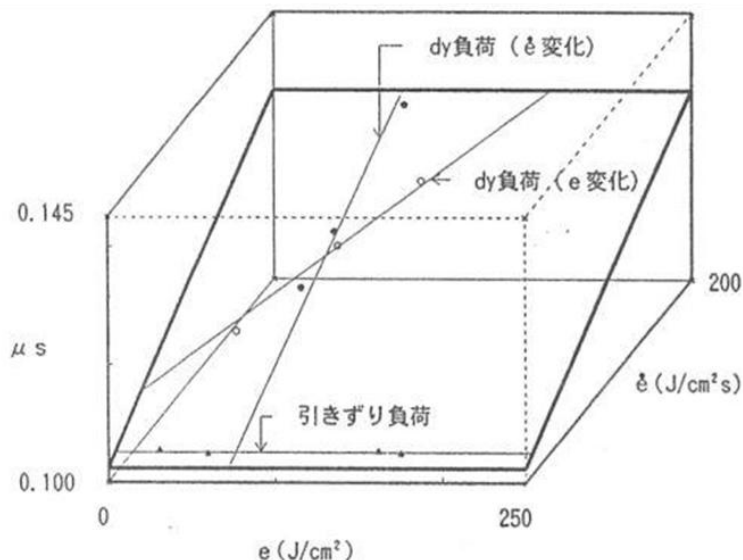


図7 $\mu_s - e - \dot{e}$ の関係 (B油)

高負荷後の方が μ_s が大きくなる→トライブフィルムが形成し高 μ になる
 → μ_s 測定時に直前にいつもトライブフィルムが形成されるわけではない

新 μs 定義→トライバ`フィルム除去後のトルクより算出

☆設計静トルク容量指標を変更

