

摩擦・摩耗試験

摩擦・摩耗試験の目的と分類

カテゴリー : 摩擦・摩耗メカニズムの科学的追究

実機との相関よりも、現象や機能発現の基礎的な解明に主眼を置くもので、試験時間やコストを低く抑えられることが利点。試験方法の中には、工業規格として標準化されているものも多い。

カテゴリー : 摺動材料や潤滑剤の品質管理やスクリーニング

実機との相関性を考慮し一定枠内での優劣評価に主眼を置くもので、実機よりも過酷な条件下での加速試験として用いられることも多い。

カテゴリー : 実機での摩擦・摩耗を再現

実機との一致を前提として性能確認や信頼性評価に主眼を置くもので、台上試験と呼ばれる歯車試験やエンジン試験など、大がかりな装置を用いた長時間に渡る試験が多い。

摩擦・摩耗試験の特徴

曾田範宗先生の言葉

「トライボロジ研究に関する試験機、測定機がかかわるの深い現象のなかで、もっとも重要な評価点となるのは**摩擦の大小**、**焼き付き限界点の高低**、**摩耗の大小**、**疲労剥離寿命(疲労寿命)の長短**の4点がまっ先に挙げられよう。しかし上にあげた評価点の現象をみると、その値は**ばらつき易くかつきわめて不安定**であるのがふつうで、むしろこのトライボロジ関連値の**特定しにくさと不安定さのなかにこそトライボロジの実態がある**ともいえるのである。」



ばらつきや不安定さの問題が、常に根底にあるのが摩擦・摩耗試験の本質

ばらつきと不安定性 → 本来は排除すべきもの

プロセス	項目	原因となる因子
試験片の準備	素材 加工 表面処理 洗浄 取り付け	純度, 組成, 均一性, 内部欠陥, 試験履歴 形状精度, 表面粗さ, 加工変質層, 加工ダメージ プロセス条件, 処理深さ, 膜厚, 酸化 清浄度, 洗浄液のにじみこみ, 再汚染 取り付け不良, 試験片の汚染, 損傷
試験方式・条件	雰囲気 温度 荷重 速度 潤滑	湿度, 雰囲気組成, 有機汚染物質, 粉塵 温度測定法, 測定点, 温度制御方式 荷重負荷方式, 荷重制御方式 駆動方式, 速度検出方法, 速度制御方式 潤滑油性状, 供給方式, 油量, コンタミの混入
試験中の測定	摩擦測定 外乱	摩擦力測定方法, 固有振動数, 剛性 振動, 電磁ノイズ, 漏電流
試験後の計測	重量測定 形状測定	摩耗粉の除去, 潤滑油・洗浄液のにじみこみ, 試験片の磁化, 摩耗以外の試験片破損 測定方法, 測定精度, 測定箇所
その他	データ数	測定回数

摩擦・摩耗試験における標準化

摩擦・摩耗試験におけるデータの

ばらつきと再現性の問題



試験法を標準化し、これらの問題を最小限に!!

OECD摩耗部会、日本摩耗部会

日本潤滑学会摩耗部会

VAMASワーキンググループなどで検討・実験

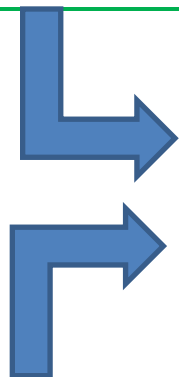


いまだに、解決されてない

(しきれていない)

デファクトスタンダードの利点

- ・ 試験条件の検証可能なデータが複数から得られる
- ・ ノウハウの蓄積、共有化が進む



データ信頼性の向上

デファクトスタンダードの条件

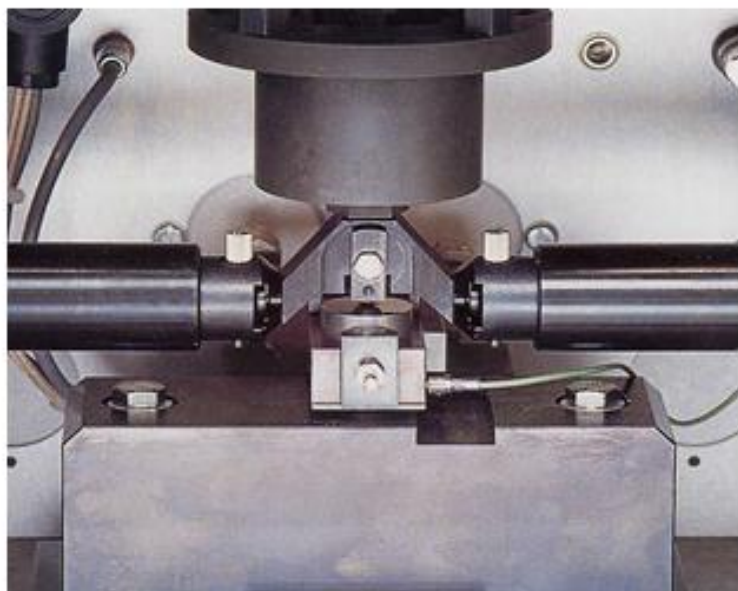
- ・ オペレータの技能に依存しない
- ・ 装置メンテナンスが容易
- ・ 試験マニュアルの整備(更新)

デファクトスタンダードの一例：Optimol社SRV試験機

SRV摩擦試験機によるトライボロジー特性評価とDB化

様々な摩擦試験機によるデータの氾濫と相互比較欠如

→ 標準的な試験機を用いたデータベースが必須



SRV摩擦試験機

潤滑剤のスクリーニング試験機としてデファクトスタンダード化されている。トライボマテリアルの標準試験機としても有望。

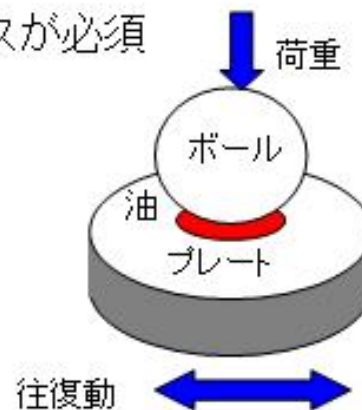


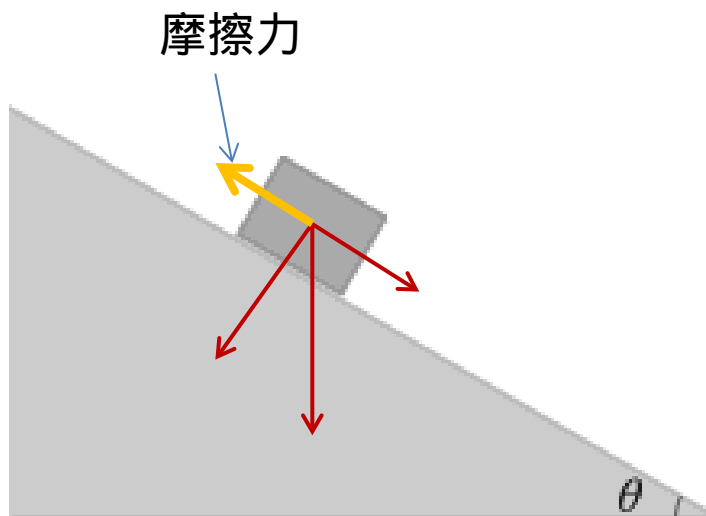
表1 摩擦摩耗試験条件

試験方法	往復動摩擦試験機
速度	50 Hz
振幅	1mm
潤滑条件	初期50 μ l供給
温度	50, 100, 150 °C
荷重	20, 50 N
総摩擦時間	60 min

摩擦の測定 → 摩擦係数の測定

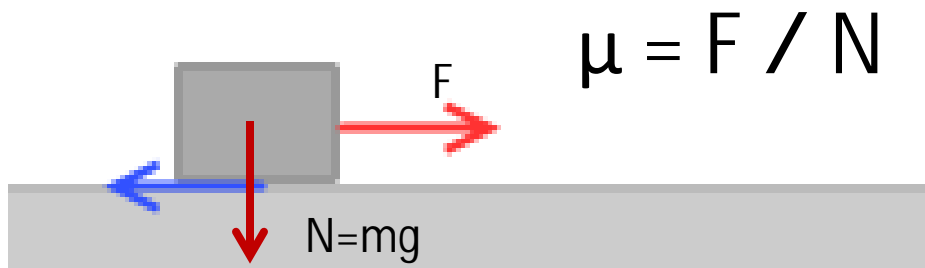
静止摩擦係数の測定方法

斜面上での力の釣り合い

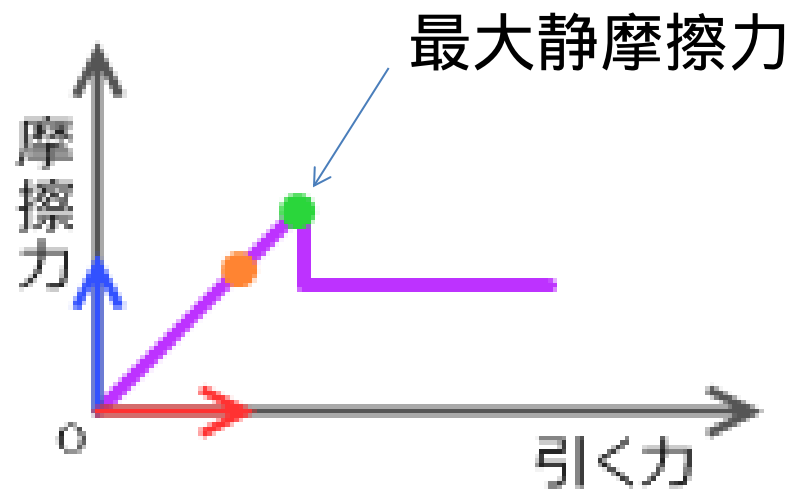


$$\mu = \tan\theta$$

水平面上での力の釣り合い



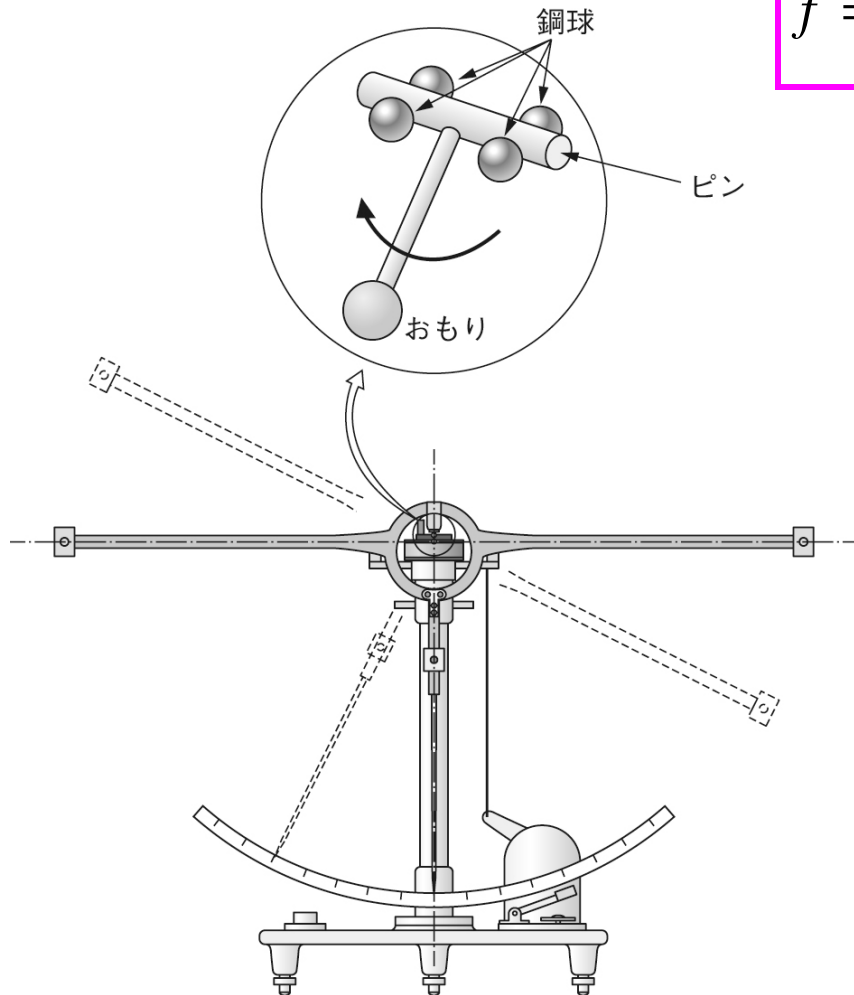
$$\mu = F / N$$



動摩擦係数

曾田式T型振り子摩擦試験機

$$f = C \cdot \frac{A_0 \cdot n - (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)}{1 + 2 + 3 + \dots + n}$$



f : 動摩擦係数

n : 振動回数

A_0 : 初期振動角度 (標準0.5rad)

A_n : n 回目の振動角度 (rad)

C : 比例定数 (標準3.2)

動摩擦係数は、想定される範囲
(**摩擦係数**、**速度**等)において、
十分な感度と精度を有することが
必要

摩耗量の測定

比摩耗量の計算では、摩耗体積を用いるが、一般的には、体積変化を直接測定することは困難



摩耗試験前後の質量変化を測定して、体積に換算する

しかし、試験片の質量に対して、摩耗量は小さい
潤滑油の染み込みがあると増加する
などがあるので、測定には注意する必要がある

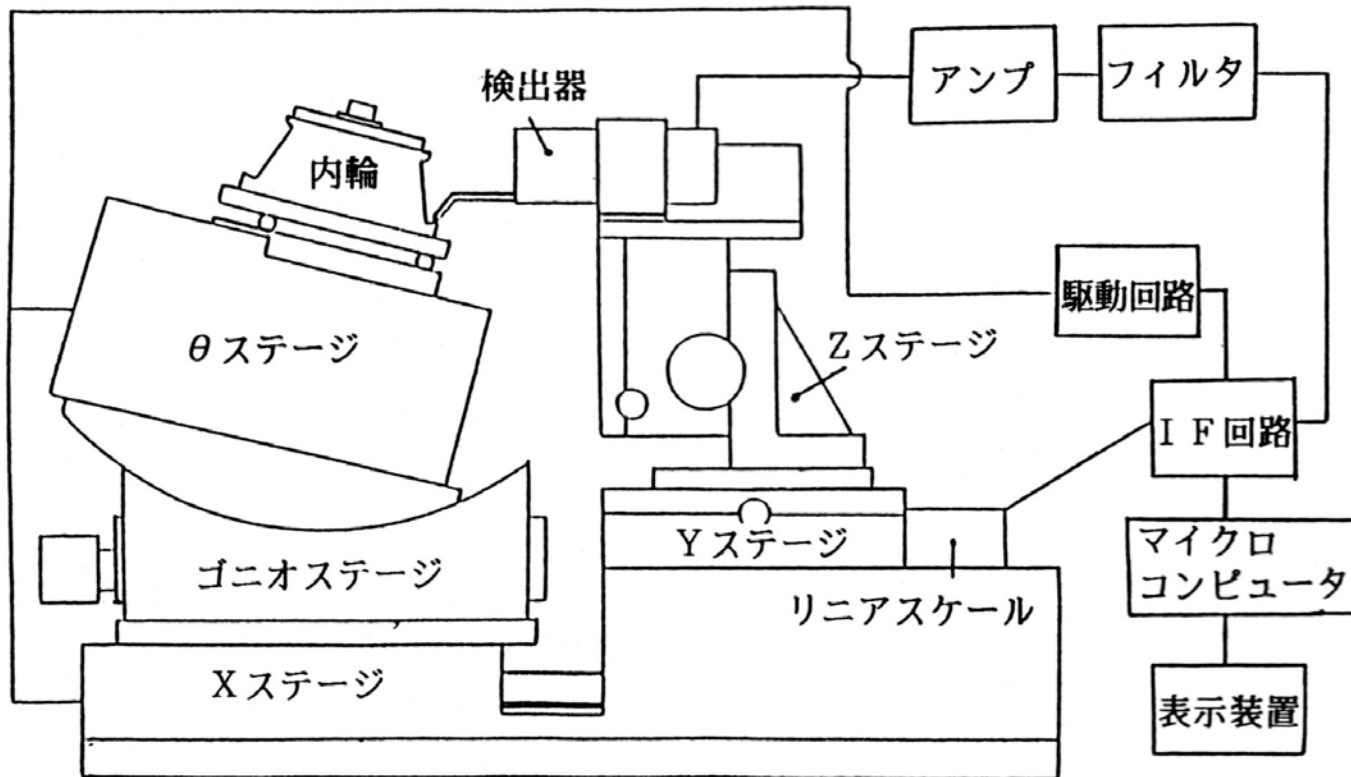


摩耗前後の表面形状測定から摩耗量を求める方法

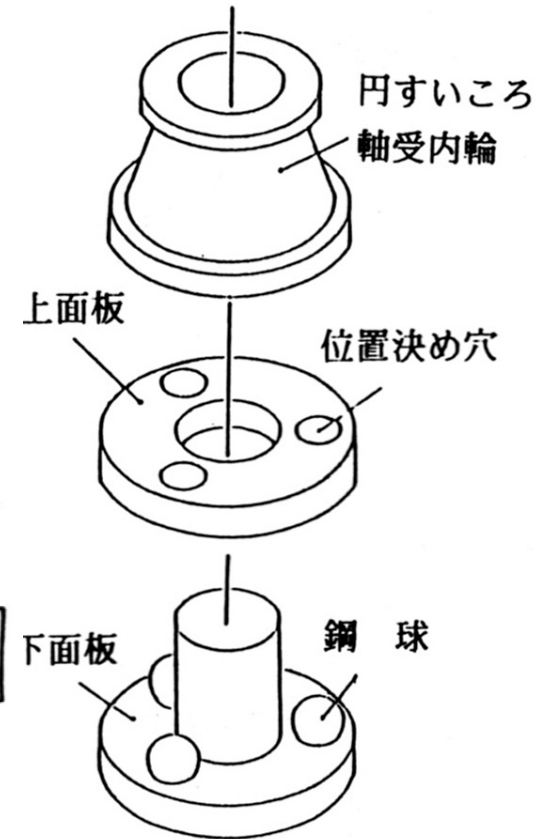
三次元測定装置が普及して、だいぶ容易になったが、摩耗面全体を直接計測することは、まだ難しい

形状測定からの摩耗面積算出例

円すいころ軸受の内輪大つば面のなじみ過程形状変化



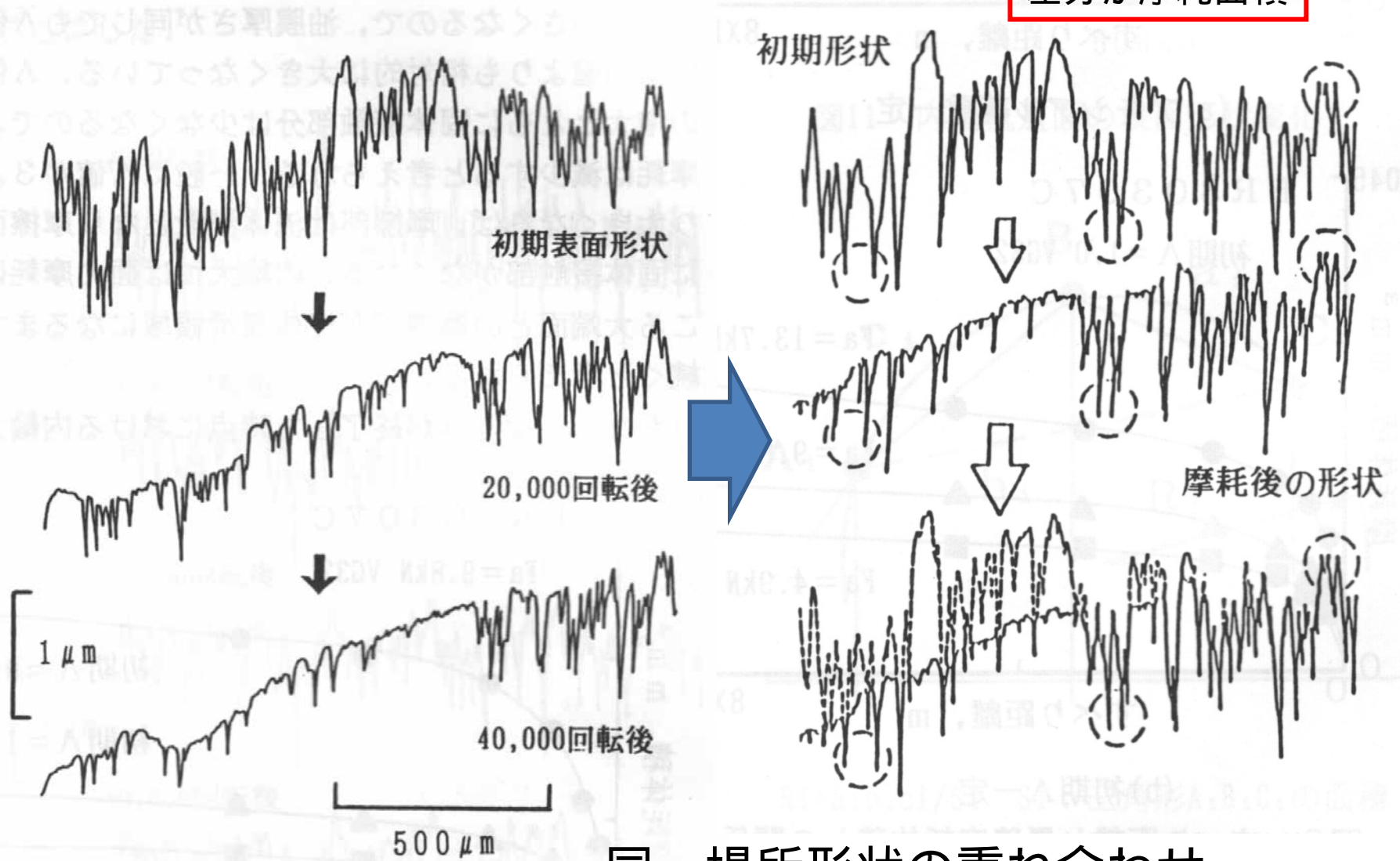
大つば面形状測定装置の概略図



位置決め機構

円すいころ軸受内輪大つば面の測定例

差分が摩耗面積



同一場所形状の重ね合わせ

摩擦・摩耗試験機の種類

(1) 運動形態

直動(往復) : 回転

(2) 接触状態

面接触 : 集中接触
(線・点)

(3) 繰り返し性

有 : 無 (処女面摩擦)

(4) 摩擦形態

すべり : 転がり

(5) 試験目的

摩擦特性 : 疲労寿命

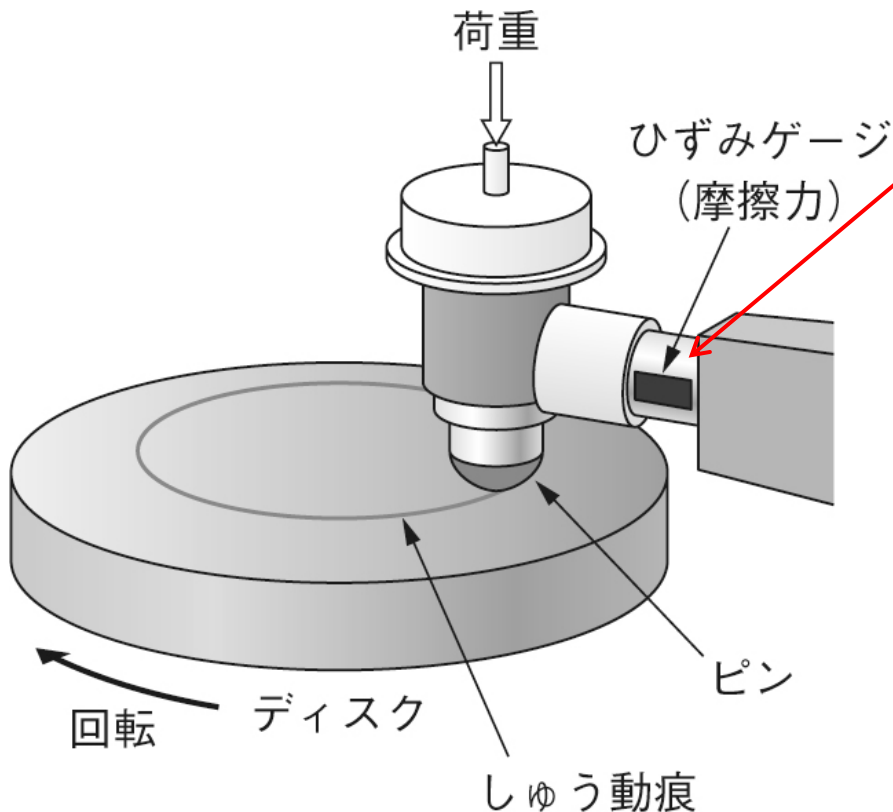
摩擦・摩耗試験	形態	関連する工業標準
(1) 回転ピンオンディスク式		ASTM G99 JIS R 1613 JIS R 1691
(2) 往復動 ボールオンディスク式 Optimol SRV		ASTM D5706 ASTM D5707 ASTM D6425
(3) スラストシリンダ式 AND EFM-III		JIS K 7218
(4) ブロックオンリング式 FALEX LFW1 Timken E.P. Tester		ASTM G77 ASTM D2714 ASTM D3704
(5) 四球式 曾田四球式 Shell 4-ball E.P. Tester		ISO 20623 ASTM D2266 ASTM D2596 ASTM D2783 ASTM D4172 ASTM D5183 ASTM F2161 JIS K 2519
(6) ピン・ブロック式 FALEX Pin & Vee Block		ASTM D2625 ASTM D2670 ASTM D3233

ピン(ボール)オンディスク式試験機

ピン(ボール)を回転する円板に押し当てた際の摩擦、
摩耗を測定する試験機の総称



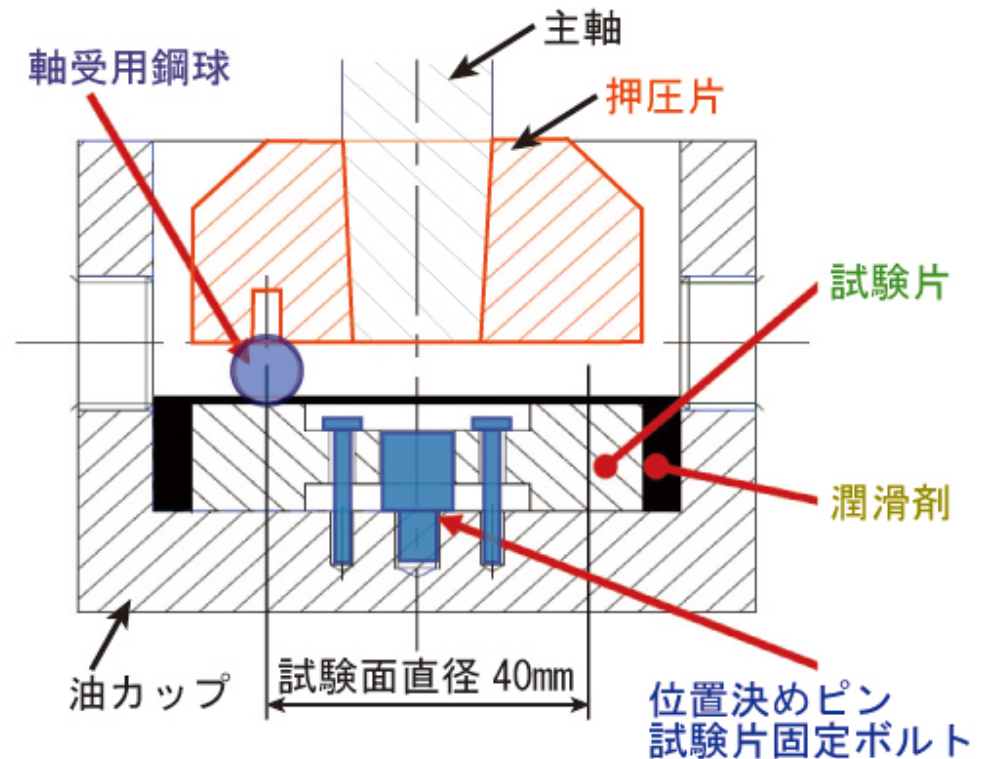
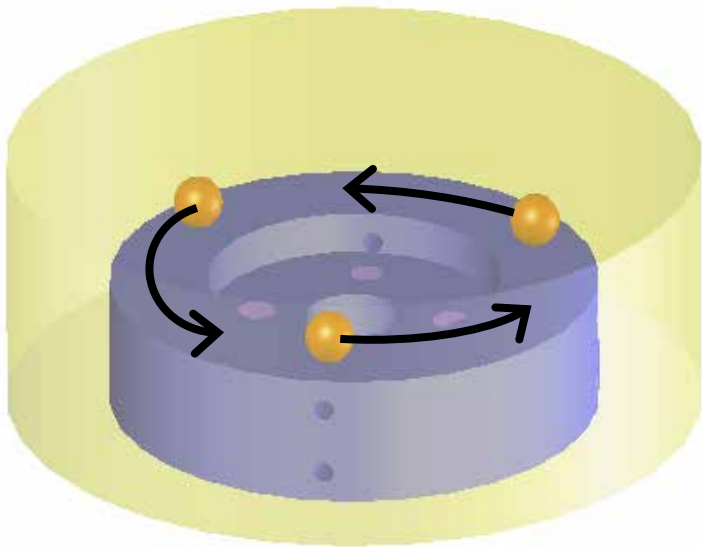
大学、企業での性能評価装置としては、最も一般的

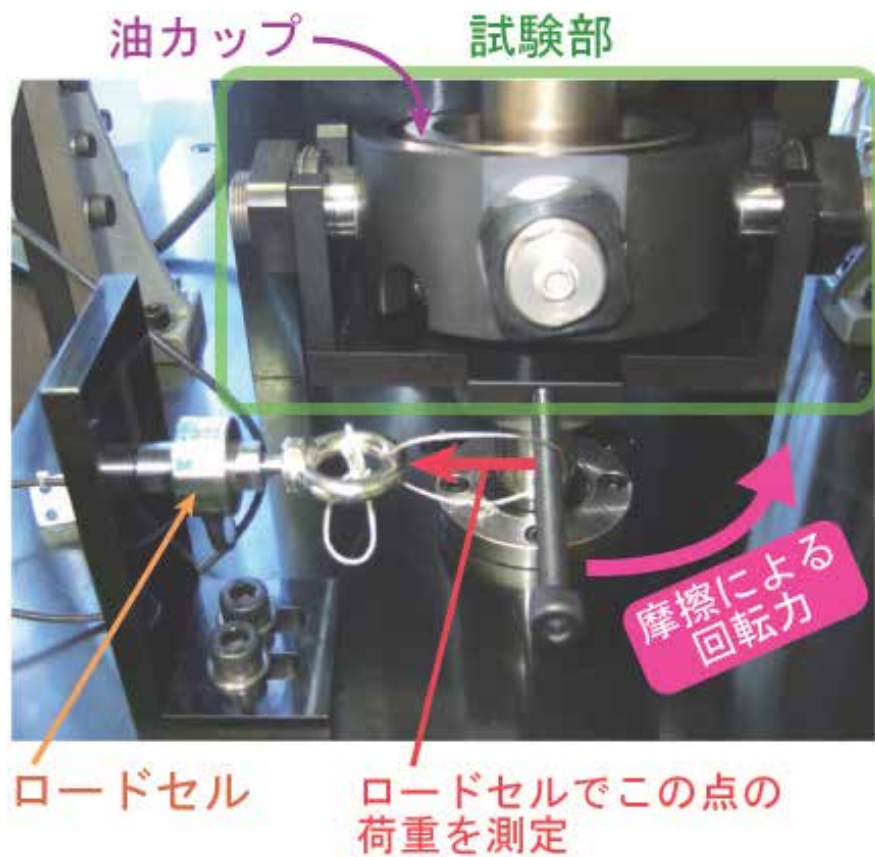


- ・腕にひずみゲージを貼り付けて、たわみ力を測定して、摩擦力を測定する
- ・潤滑油の有無、回転速度、荷重等の摩擦条件を容易に変化させることができる
- ・試験片の交換が容易
- ・ボールでは、初期に点接触であるため、厳密な平行度の調整が不要
- ・左図は1点であるが、3点接触式の装置もある

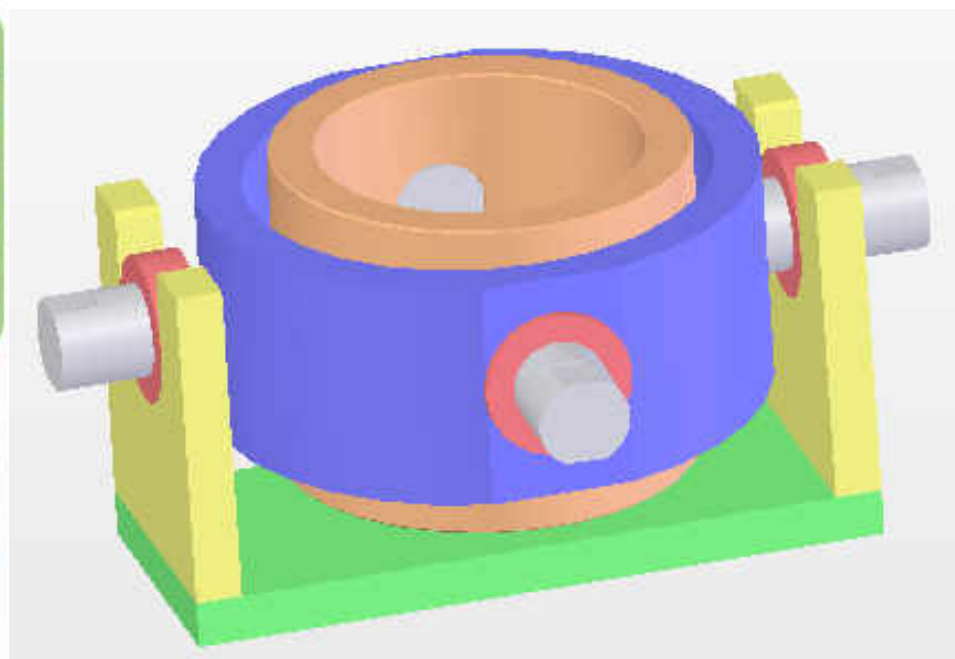
野口研で過去に製作した3点接触ボールオンディスク試験装置

- ・円板側ではなく、ボール側を回転させて、円板の引きずり力をロードセルで測定する
- ・ディスクをジンバル機構で支えることにより、ボール3点で形成される平面に自動追従する
- ・試験片の中心から潤滑油を供給するようにして、循環させる方法を工夫した





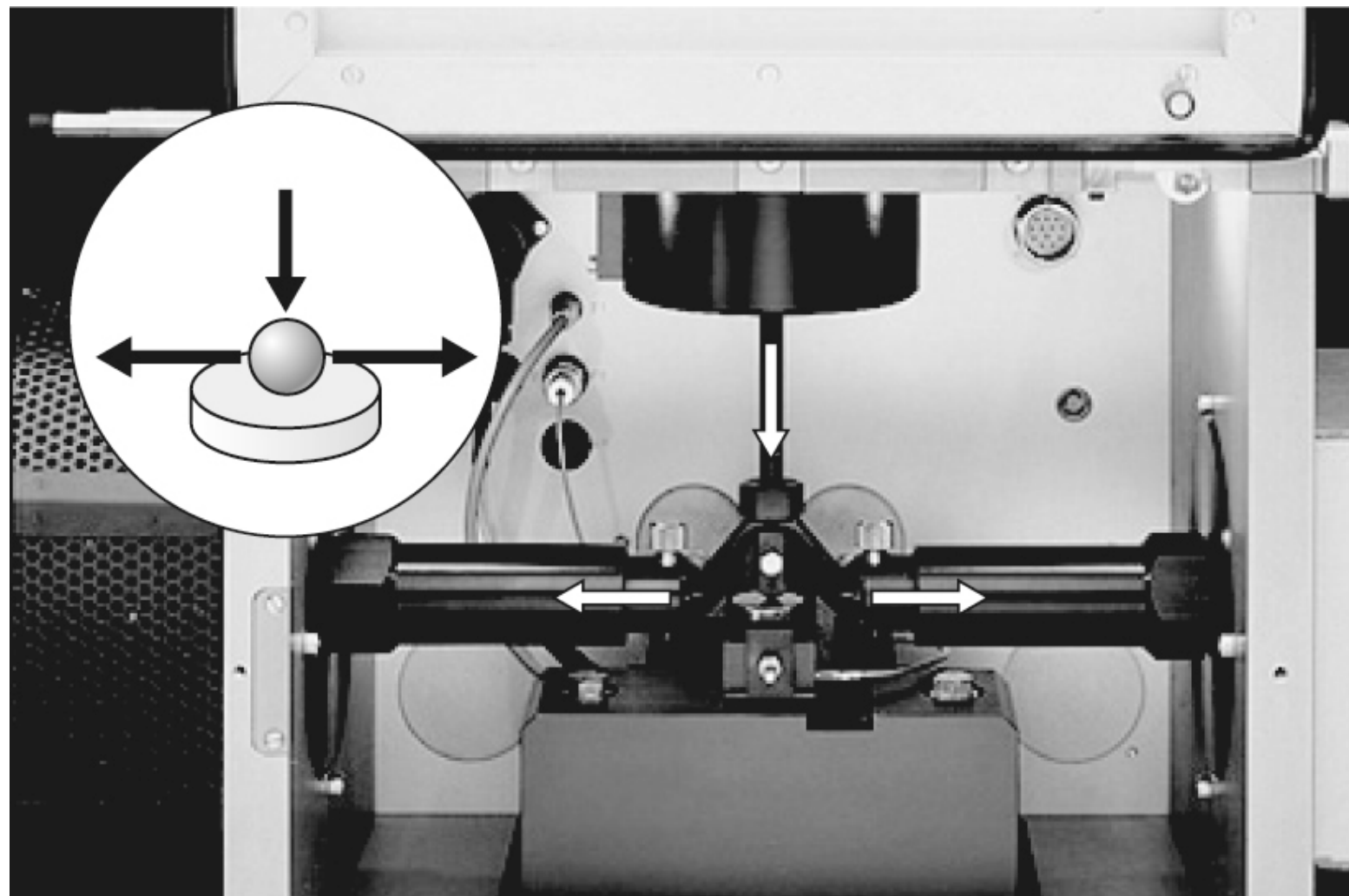
実験装置外観写真



ジンバル機構

往復動ボールオンディスク式

先のSRV試験機が該当



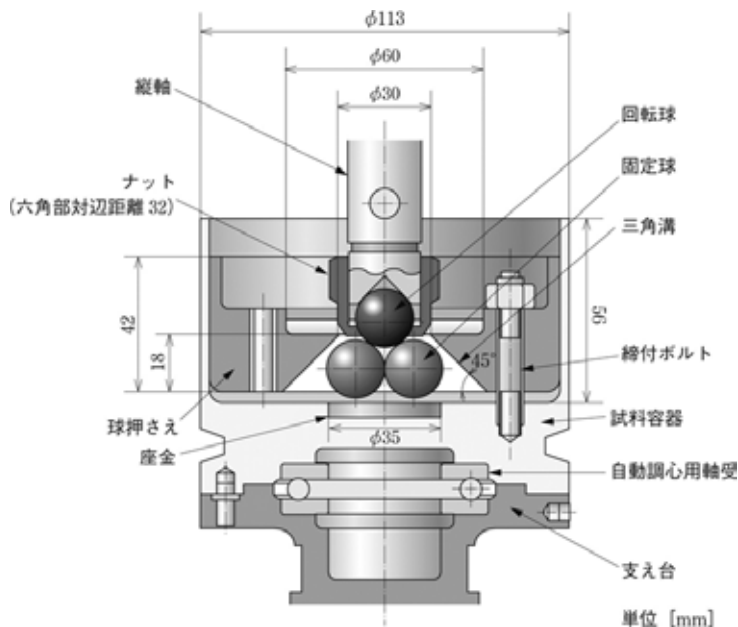
スラストシリンダ式

面対向式のすべり試験装置で、摩耗の進行があっても接触面積が変化しない

ブロックオンリング式

最初は線接触であるが、摩耗が進行すると面接触になるので、接触圧力や摩擦係数が低下する傾向
(ボールオンディスクでも同じ傾向)

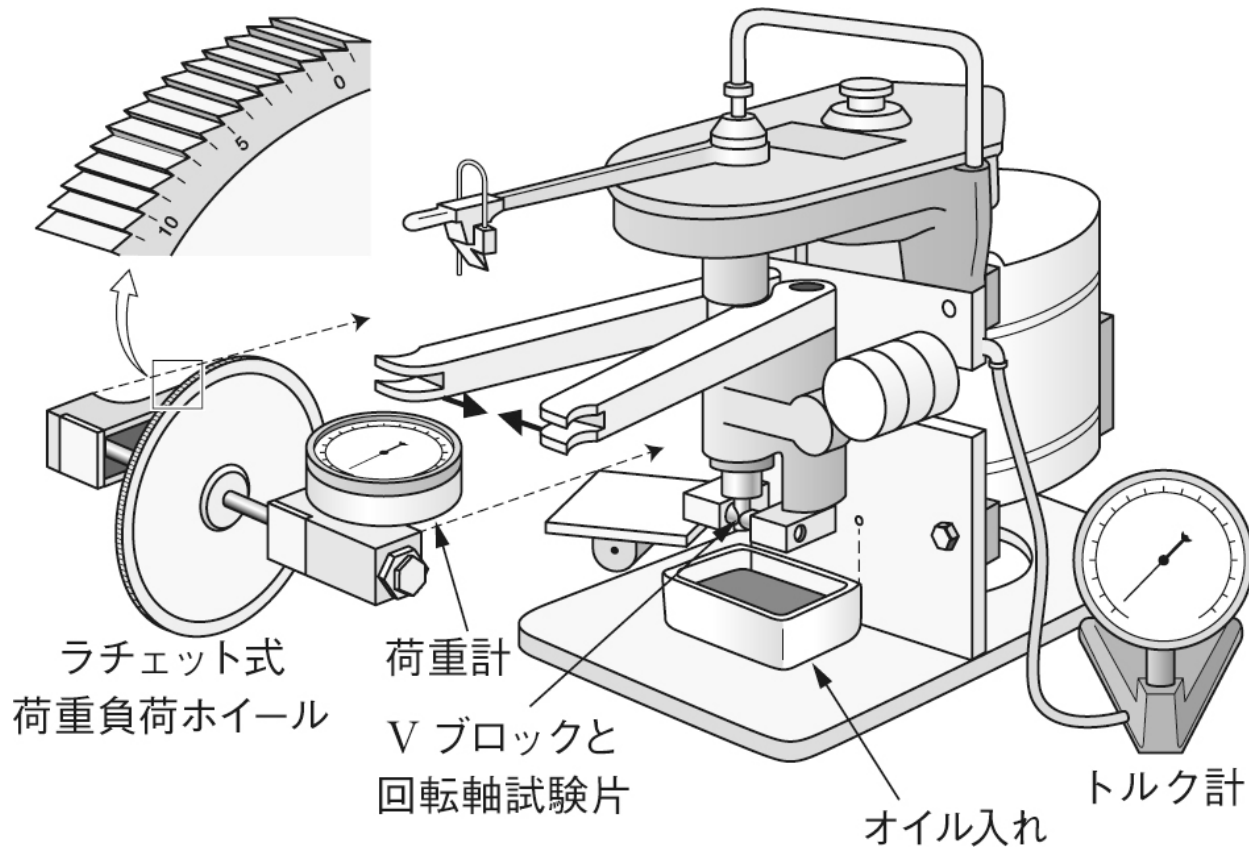
四球式(先の潤滑油の章で紹介済み)



利点: 試験片であるボールは軸受用であることが多く、安価で均質な試験片の入手が容易

ピン・ブロック式

回転するピン(円筒)側面をVブロックで挟みつけ、トルクを測定する



FALEX社 Pin & Vee Block試験機

摩擦・摩耗試験で留意すべきこと

目的に沿った試験法を選択すること

材料評価、基礎データ収集、実機想定試験など

目的のカテゴリーに沿った試験方法を選択する

試験に際しては、試験項目(評価項目)以外の
条件をできる限り一定に保つこと

これまでの講義で紹介したように、トライボ特性は環境に大きく影響される。ばらつきを少なくする意味でも、評価項目以外の条件は一定に保つように心がける

複数回実験を行うこと

とも関係するが、1回の実験で結論を出してはいけない。複数回実験を行うことによって、ばらつきの検討も可能になる