

八王子市産学公連携

共同研究 最終報告書

研究題目 新塗料の滑り特性の研究

研究目的 安全のための滑りにくい塗料の研究

研究概要 滑り特性データを取る

研究実施場所 首都大学東京

株式会社 コスモコーティング

公立大学法人首都大学東京 システムデザイン学部

工学博士 諸貫信行

1. 概要

タイル、御影石、フローリングに関して摩擦係数を測定し、表面にコーティングが有る場合と無い場合とを比較した。コーティングは2月18日の中間報告の後、再度施した。

中間報告の時点では、一回の実験の中で摩擦係数が安定しないという問題があった。この問題に関して検討し、測定方法および測定に使用する弾性体を変更した。これにより摩擦係数を安定して測定できるようになった。

各試料、相対滑り速度が低速の場合にコーティング済の試料の方が摩擦係数の高い結果となった。

2. 摩擦係数評価の方法

本実験ではそれぞれの試料に関してStribeck曲線を取得し、それを比較することで滑りにくさを評価する。理想的なStribeck曲線を図1に示す。摩擦係数は粘度、速度、圧力に依存する。Stribeck曲線の横軸であるS値はこれらの駆動条件を表す量である。本実験においては潤滑剤の粘度 η [Pa·s]、相対滑り速度 V [m/s]および接触面圧 P' [Pa]を用い、 $S = \eta \cdot V / P'$ [m]を横軸とする。縦軸は摩擦係数 μ [-]とする。

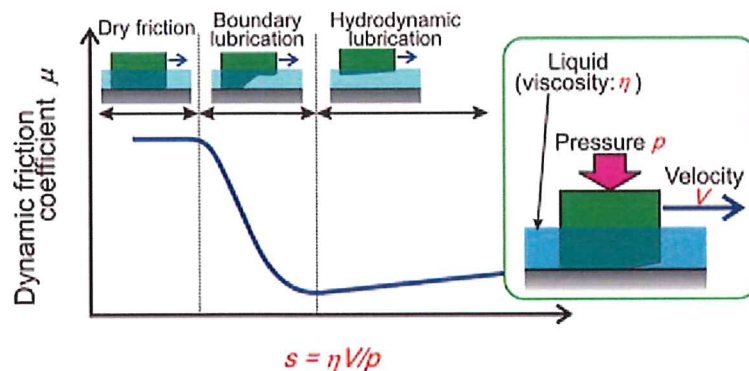


図1 理想的な Stribeck 曲線

本実験では相対滑り速度 V を変えることで S 値を変える。その他の潤滑剤の粘度 η と接触面圧 P' の値は一定とする。したがって、Stribeck曲線の右側に速度が速い場合、左側に速度が遅い場合のデータがプロットされる。

一回の実験で得られる生データの例を図2に示す。本実験では接触面圧を25 [kPa]の一定値とした。

$$25 \text{ [kPa]} = \text{垂直加重 } P \text{ [N]} / \text{弾性体の接触面積 [m}^2\text{]}$$

の関係が成り立ち、この関係から所望の垂直加重 P が決まる。測定に使用する弾性体によって接触面積が異なるため、弾性体が変われば所望の垂直加重 P も変わる。

所望の垂直加重 P の時の摩擦係数 μ を読み取り、Stribeck 曲線にプロットする。本実験装置で直接的に測定しているのは垂直荷重 P と摩擦力 F である。摩擦係数 μ は、 $\mu = \text{摩擦力 } F / \text{垂直加重 } P$ [-] の関係があることから、測定した垂直荷重 P と摩擦力 F から算出される。

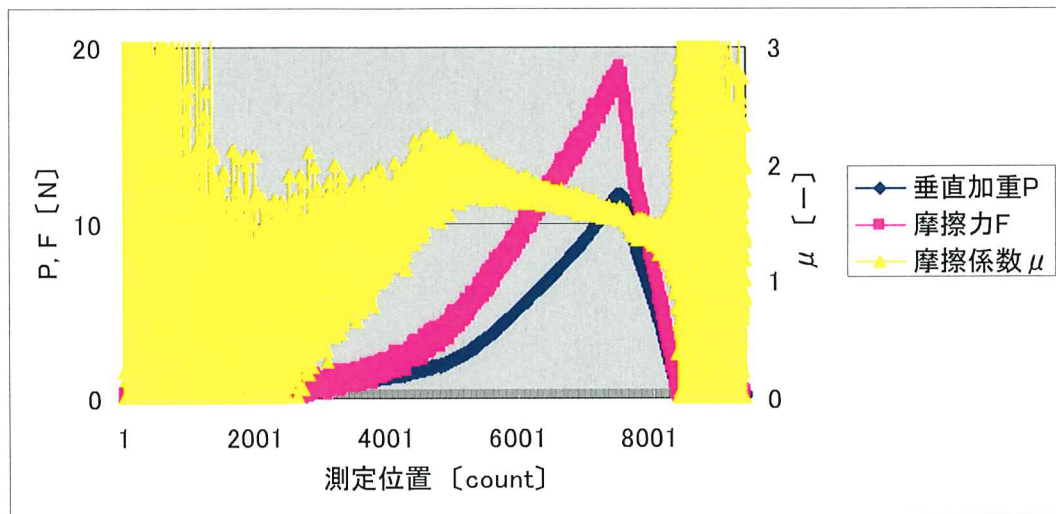


図 2 生データの例

3. 実験装置および実験方法

実験装置の概略図を図 3 に、写真を図 4 に示す。図 3 において弾性体 (Elastic Material) が試料上を左から右に移動する。このときに試料を固定したステージにかかる垂直方向の力 (垂直加重 P) と水平方向の力 (摩擦力 F) を測定する。測定動作は後述の二つが可能である。

① 高さ一定測定

弾性体が試料上を滑るときに高さ (Z 軸) が移動せずに測定中は終始一定の高さを保つ。

② 踏み込み測定

測定の開始時には Z 軸が低い位置にあり弾性体は試料に接していないが、弾性体が右に移動するにつれて試料を支える Z 軸が徐々に上昇して測定の途中で弾性体が試料に接触する。その後も垂直加重が所望の値を上回るまで Z 軸を上昇させる。この測定方法は歩くときに足が床を踏み込む動作を模擬している。

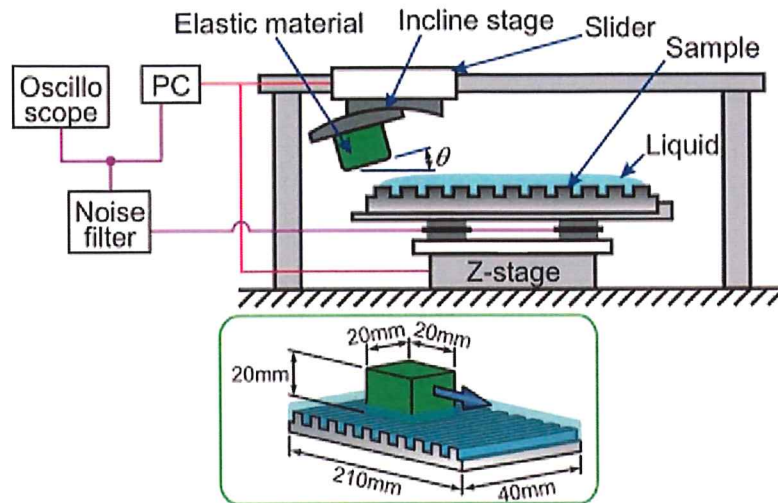


図3 実験装置の概略図

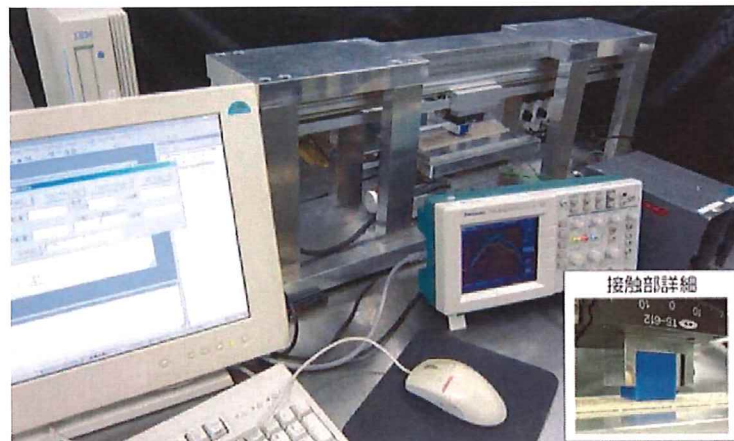


図4 実験装置の写真

4. 実験条件の検討

中間報告の時点では、一回の実験の中で摩擦係数が安定しないという問題があった。その時点の生データ例を図5に示す。この問題を改善するために実験条件を検討した。

4-1 弾性体取付け角度 θ

図3 実験装置の概略図に示したように、弾性体の取付け角度 θ は変更できる。 θ を変えて実験した結果を図6に示す。その他の実験条件は以下の通り。

相対滑り速度： $V=0.18$ [m/s]

弾性体取付け角度： $\theta = -3 \sim +3$ [°]

潤滑剤：純水→粘度 $\eta = 1\text{mPa}\cdot\text{s}$

弾性体：Si樹脂 スプリング硬さ Hs60

測定方法：高さ一定測定

試料：No.4 御影石 コーティング無

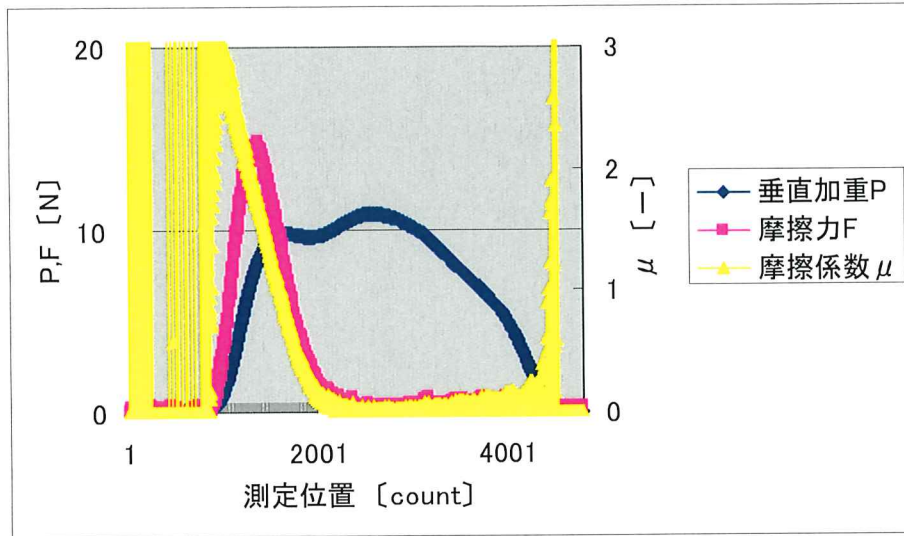
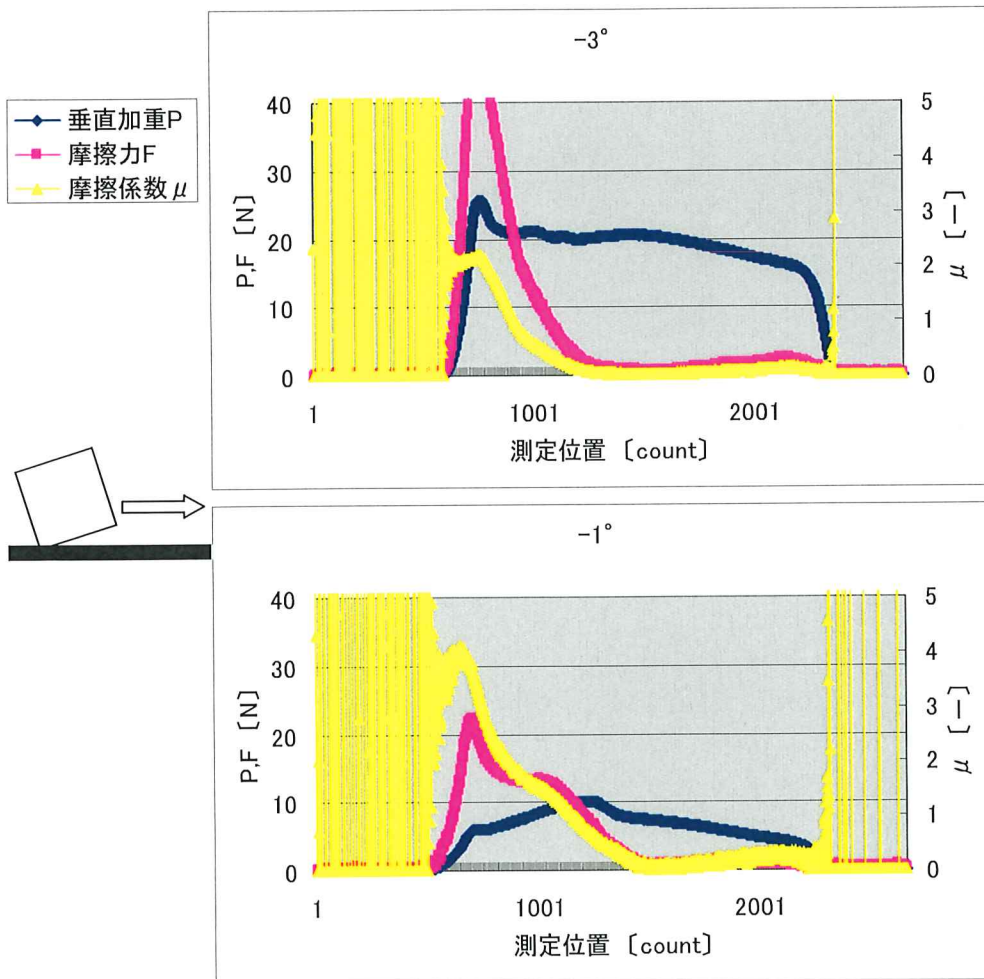


図5 生データの例 (中間報告時)



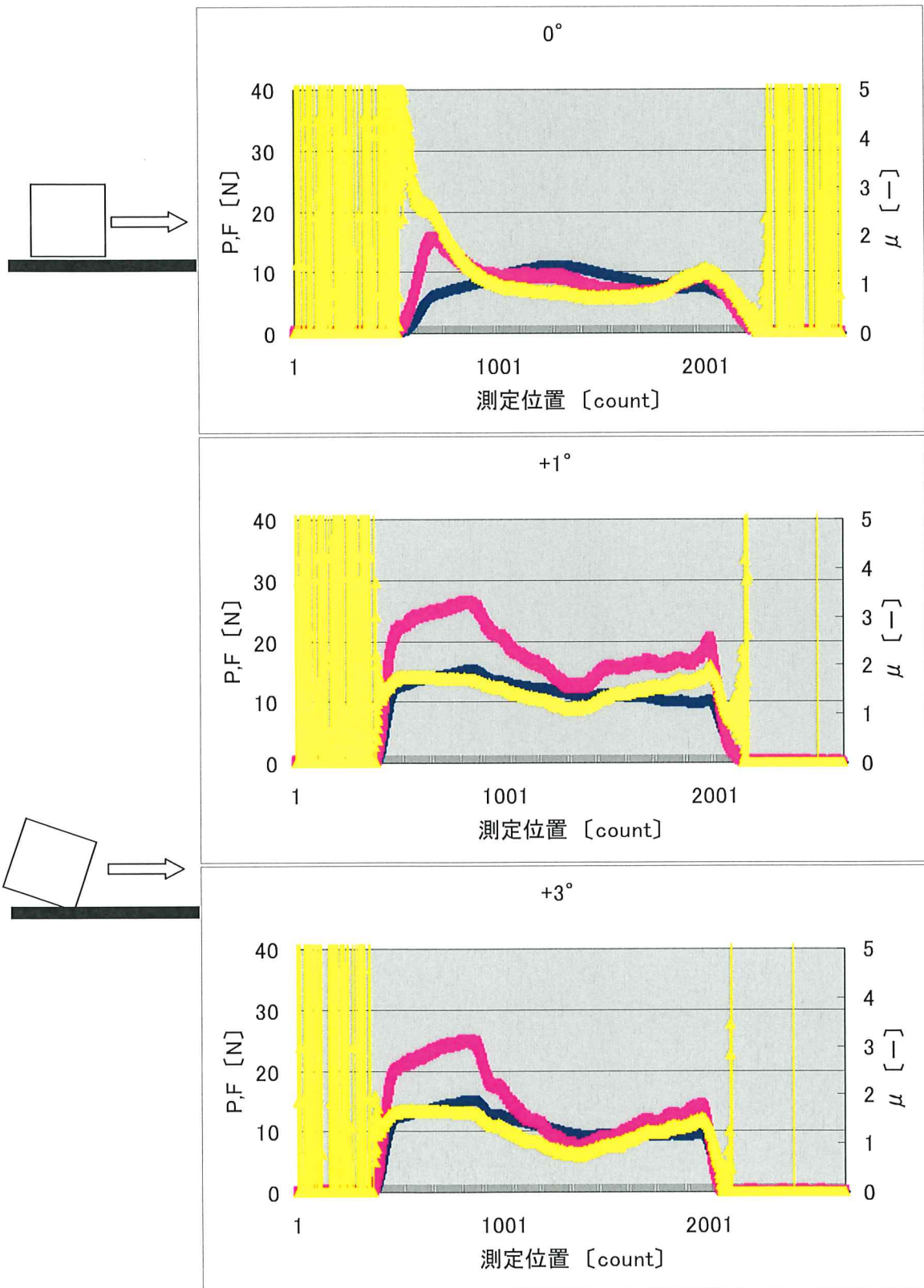


図6 角度 θ を変えた時の実験結果

図 6 より、角度 θ によって実験結果は変わるが、角度 θ が+であっても-であっても摩擦係数 μ が安定しないことが分かる。特に角度 θ が-の領域では吸盤効果が顕著にみられ、測定に適していない。

4-2 弾性体の硬さと形状

弾性体のスプリング硬さを Hs30 から Hs90 まで変化させて測定を行った。Hs の値が小さいほど軟らかく、大きいほど硬い。その他の実験条件は以下の通り。

相対滑り速度：V=0.18 [m/s]

弾性体取付け角度： $\theta = 0$ [°]

潤滑剤：純水→粘度 $\eta = 1\text{mPa}\cdot\text{s}$

弾性体：Si 樹脂 スプリング硬さ Hs30、40、50、60、70、80、90

測定方法：高さ一定測定

試料：No.4 御影石 コーティング無

図 7 に実験結果を示す。

垂直加重 P と摩擦力 F が同期して上下し、摩擦係数 μ が 1 回の実験内で変化が少ない状態が理想である。しかしどの弾性体の硬さにおいてもそうはならなかった。Hs 値が小さい、即ち軟らかい方が、吸盤効果が顕著にみられた。Hs 値が大きい、即ち硬い方では吸盤効果はみられなくなったが、垂直加重 P と摩擦力 F はやはり同期して上下していない。また Hs90 では試料と弾性体を面で接触させることが難しく、片当りの状態での実験となった。

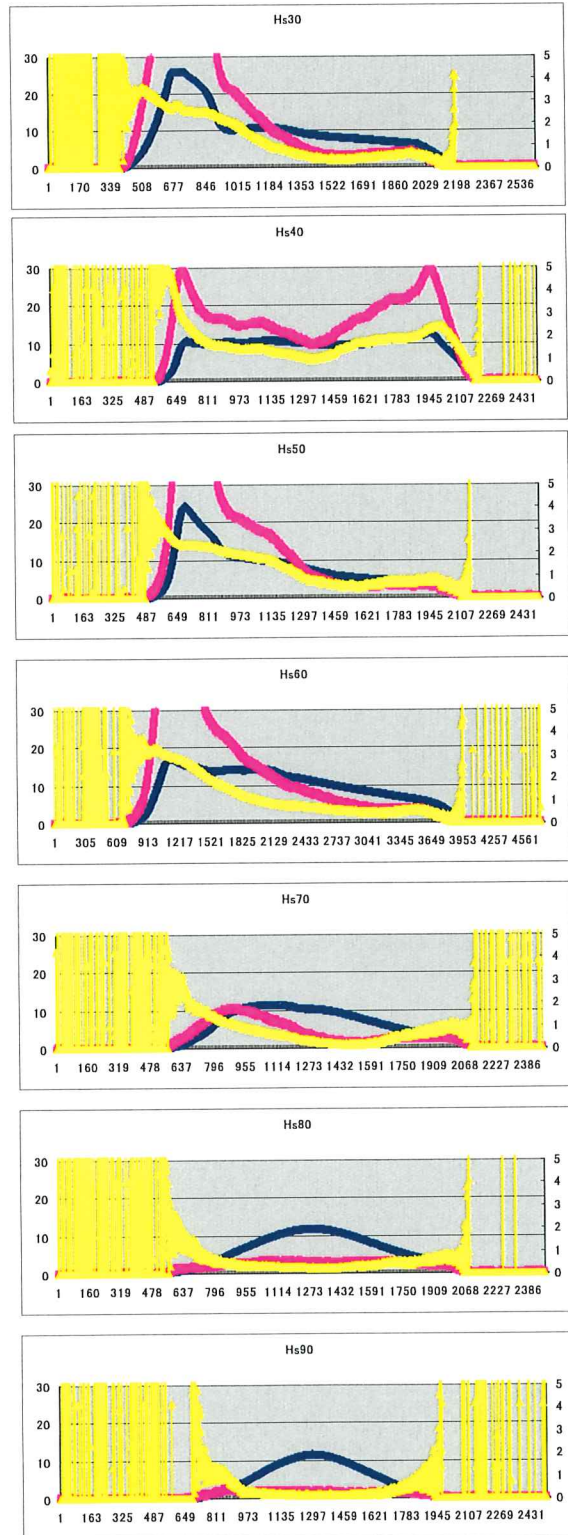
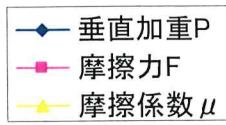
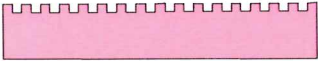


図7 弾性体の硬さを変えた時の実験結果

次に、滑り面に溝の付いた形状の弾性体を用いて実験を行った。この溝付き弾性体の詳細を図8に示す。

Shape	Width	Height	Pitch
	0.5mm	0.5mm	1.0mm

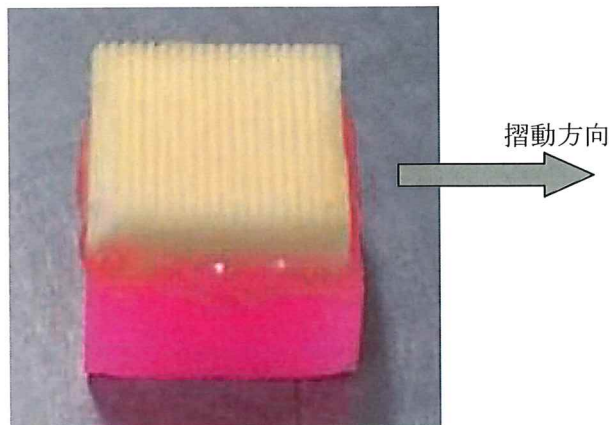


図8 溝付き弾性体の詳細

溝付き弾性体を用いる場合は、摺動方向と溝の方向が垂直になるように取り付ける。溝付き弾性体を用いて実験した結果を図9に示す。使用する弾性体以外の実験条件はスプリング硬さ、Hs値を変化させたときと同じで、下記の通りである。

相対滑り速度： $V=0.18$ [m/s]

弾性体取付け角度： $\theta=0$ [°]

潤滑剤：純水→粘度 $\eta=1\text{mPa}\cdot\text{s}$

弾性体：溝付き弾性体

測定方法：高さ一定測定

試料：No.4 御影石 コーティング無

この条件では比較的、摩擦係数 μ が安定して測定できることが分かった。

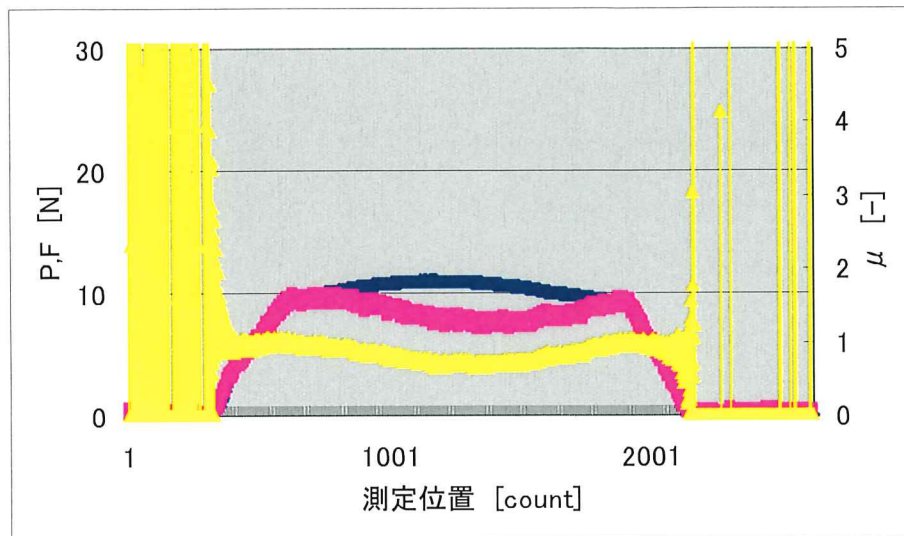


図9 溝付き弾性体の実験結果

4-3 測定動作

前述の3.実験装置の章において、二つの実験方法、即ち「高さ一定測定」と「踏み込み測定」について説明した。4-2節で溝付き弾性体を使用したときに摩擦係数 μ が安定する結果を得たが、これは「高さ一定測定」を行った結果である。もう一つの「踏み込み測定」についても実験を行った。結果を図10に示す。その他の実験条件は4-2節と同様、即ち下記の通りである。

相対滑り速度： $V=0.18$ [m/s]

弾性体取付け角度： $\theta=0$ [°]

潤滑剤：純水→粘度 $\eta=1\text{mPa}\cdot\text{s}$

弾性体：溝付き弾性体

測定動作：踏み込み測定

試料：No.4 御影石 コーティング無

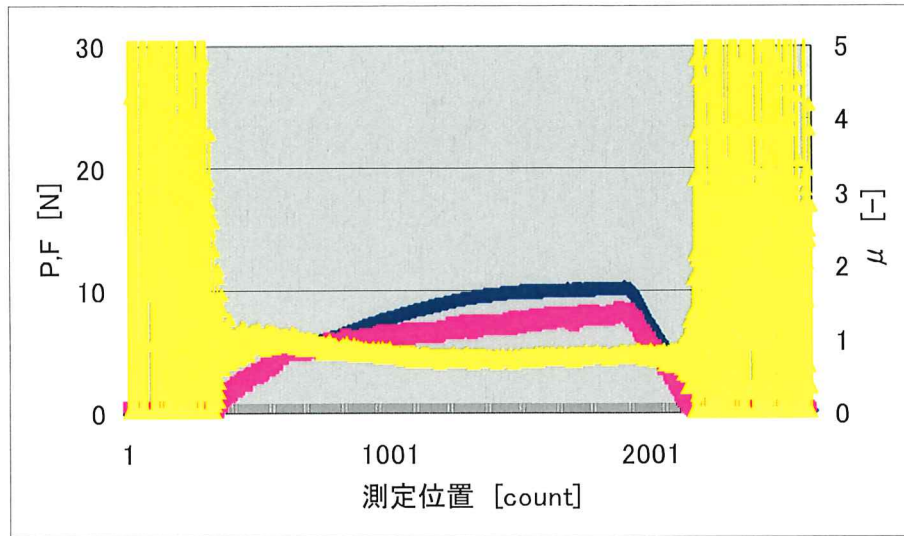


図 10 溝付き弾性体、踏み込み測定での実験結果

踏み込み測定では更に摩擦係数 μ が安定して測定できることが分かった。よって、この実験条件を採用し、各試料における Stribeck 曲線を求めることとする。

5. 実験条件のまとめ

表 1 に試料 No. をまとめる。

表 1 試料 No.

試料 No.		
1	タイル	コーティング無
3	タイル	コーティング済
4	御影石	コーティング無
5	御影石	コーティング済
6	フローリング木材	コーティング無
7	フローリング木材	コーティング済

その他実験条件は下記の通り。

相対滑り速度： $V=0.01\sim 1.80$ [m/s]

垂直加重： $P=25$ [kPa]

弾性体取付け角度： $\theta = 0$ [°]

潤滑剤：純水 \rightarrow 粘度 $\eta = 1\text{mPa}\cdot\text{s}$

弾性体：溝付き弾性体

測定動作：踏み込み測定

6. 実験結果および考察

タイルの実験結果を図 11 にまとめる。

御影石の実験結果を図 12 にまとめる。

フローリングの実験結果を図 13 にまとめる。

何れの試料においても相対滑り速度が遅く、境界潤滑領域および混合潤滑領域と考えられる Stribeck 曲線の左側では、コーティング済の試料の方がコーティング無の試料に対して摩擦係数が高い結果となった。相対滑り速度が速く、流体潤滑領域と考えられる Stribeck 曲線の右側では摩擦係数に優位な差は認められない。これは、流体潤滑領域では弾性体と試料との間に流体が入り込んで滑っているため、当然の結果である。得られた Stribeck 曲線より、どの試料においてもコーティングを施すことにより摩擦係数が高くなる、即ち滑りにくくなるという効果が認められた。

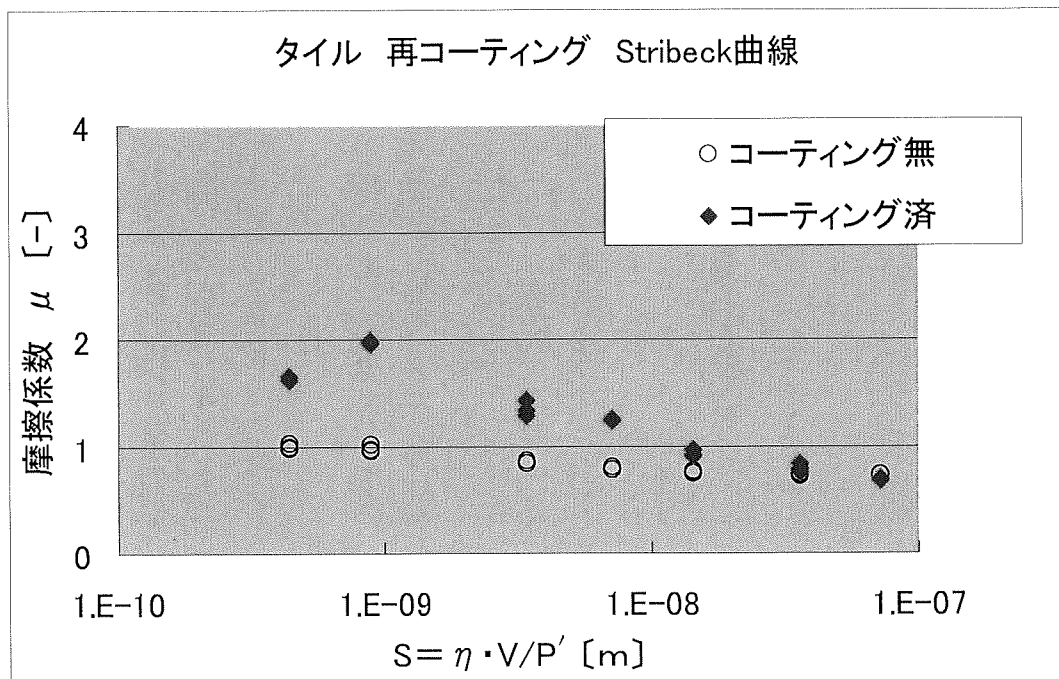


図 11 タイルの実験結果

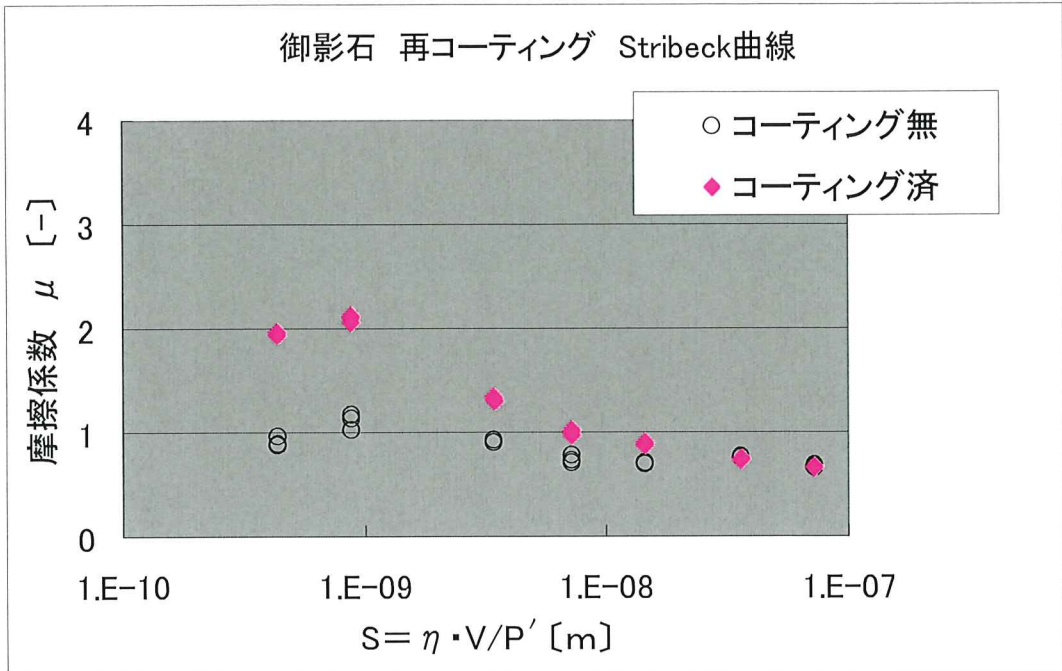


図 12 御影石の実験結果

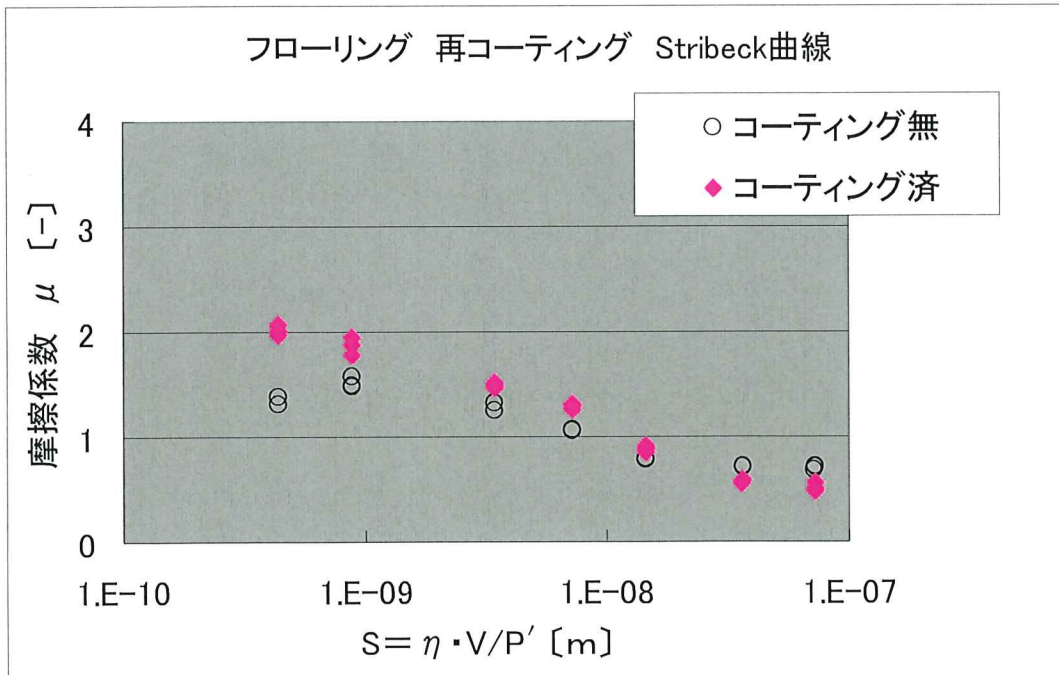


図 13 フローリングの実験結果

7. まとめ

実験条件を検討した結果、中間報告時よりも安定して摩擦係数が測定できるようになった。

タイル、御影石、フローリングにおいて、コーティングを施すことにより摩擦係数が高くなる、即ち滑りにくくなるという効果が認められた。