

木材の触覚特性の数値化と手触り感に関する指針の提案 接触時の力と速度が摩擦および振動特性に与える影響

藤巻吾朗^{*1}, 山口穂高^{*1}, 宮川成門^{*1}

Digitalization of Tactile Characteristics of Wood and Proposal of Guidelines for Tactile Sensation Effect of Contact Force and Speed on Frictional and Vibrational Characteristics

FUJIMAKI Goroh^{*1}, YAMAGUCHI Hodaka^{*1}, MIYAGAWA Naruto^{*1}

本研究では触感に関する客観的な指標を抽出し、木材本来の手触り感を製品に生かすための指針を提案することを目的とする。本年度は、その前段階として、人の指紋を模した接触子を用いて物体摩擦時の速度と垂直荷重が摩擦特性および振動特性に与える影響について調査した。摩擦特性については測定時の速度の影響が大きく、速度が遅い方が材料による摩擦特性の差が明確になると考えられた。また、測定時の垂直荷重はあまり影響しないと考えられた。振動特性は、垂直荷重が小さい条件では速度の影響は小さいが、垂直荷重が大きい条件では速度の影響が大きいことが確認された。荷重が大きく、速度が速い条件では入力される振動刺激が減少し、手触り感を評価するのが困難になると考えられた。これらから、手触り感の評価の指標を検討するにあたり、測定条件は垂直荷重が小さく速度が速い条件、垂直荷重が大きく、速度が遅い条件の2条件が少なくとも必要であると考えられる。今後は得られた知見をもとに実際に人が触ったときの触察動作や主観評価との対応関係を調査し、手触り感の客観的な評価指標の抽出や製品に生かすための指針の提案に繋げる。

1. 緒言

手で触るという行動は、触っただけで対象に対する所有感が増すことが報告されており¹⁾、愛着感や購買意欲の向上に繋がることが考えられる。皮や木材などの生体由来の素材は触感が好まれる傾向があり²⁾、自動車の内装材やパソコンの液晶カバー、壁紙のプリント材のように様々な製品で金属やプラスチックの触感を生体由来の素材に近づけるような試みがなされている。一方で、木材を使った製品のほとんどは衛生面や機能面から塗装されており、塗装方法によっては木材本来の触感が製品段階では生かされていないことが懸念される。

触覚は、凹凸感(マクロな粗さ)、粗滑感(ミクロな粗さ)、硬軟感、温冷感、摩擦感(または乾湿感)の5つの要素で構成されていると言われており³⁾、触感を評価する際の触察動作についても報告されている⁴⁾。この中でも特に粗滑感、摩擦感は表面の手触り感に関連の深い要素であり、日常レベルでその評価を行う際には

は手で表面を「なでる」、もしくは、「なぞる」や「こする」のような触察動作を伴う。その触察動作において、手を押し込む力や手の動きの速度を人は様々に変化させていることが報告されている⁵⁾。しかし、材料の物理特性と手触り感(特に粗滑感、摩擦感)の関連性には、まだ不明な点が多く、押し込み力や速度が粗滑感や摩擦感に与える影響については異なる結論が報告されているのが現状である。実際に人が触って評価する場合には、手の湿潤状態や指紋の違いがあり、触察動作も異なるため、基準となる測定条件を求めるのは困難であるが、製品設計に関わる指針を提案する上では、物性値の測定方法について基準を設ける必要がある。

本研究では、客観的な測定をもとに触感(主に表面の手触り感)に関する指標を抽出し、木材本来の手触り感を製品に生かすための指針を提案することを目的とする。本報告では、その前段階として、人の指紋を模した接触子を用いて物体接触時の速度と垂直荷重が摩擦および振動特性に与える影響について調査した。これにより、手触り感との関連性の高い指標(測定条件)の検討を行う。

^{*1} 試験研究部

2. 実験方法

2.1 測定サンプル

測定サンプルには、表1に示した木材サンプル40種類および生地4種類（ビニルレザー2種類、ファブリック2種類）、アクリル板、アルミテープを用意した。木材サンプルおよびアクリル板のサイズはすべて80mm×80mm×8mmとし、生地およびアルミテープについては、8mm厚のMDFの片面にスプレーのりでサンプルを貼り付けた。また、木材サンプルの塗装は図1に示した手順で行った。なお、木材の無塗装条件については、研磨はせずにプレーナーで表面を削ったものを使用した。

表1 木材サンプルの概要

要因	条件数	内容
樹種	5条件	ナラ、ブナ、ケヤキ、スギ、ブラックウォルナット(BW)
木目	2条件	マサ目、イタ目
塗装	4条件	無塗装、オイル塗装、ウレタン塗装、ノンスリップ系ウレタン塗装

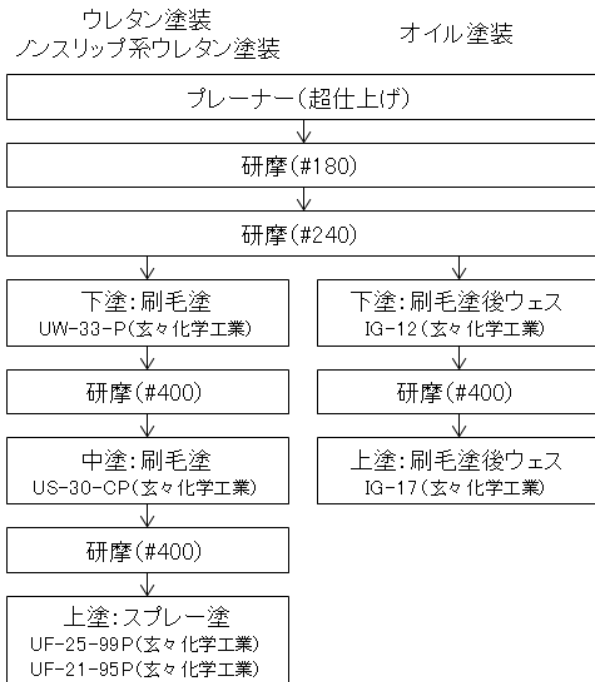


図1 木材サンプルの塗装の手順

2.2 測定内容

各測定サンプルについて、図2に示した①～⑥の計6箇所の静摩擦、動摩擦測定および振動測定を行った。測定条件は垂直荷重2条件（30gf、100gf）、速度2条件（10mm/s、30mm/s）であった。測定時の室内環境の温度は20～22℃、湿度は38～44％であった。

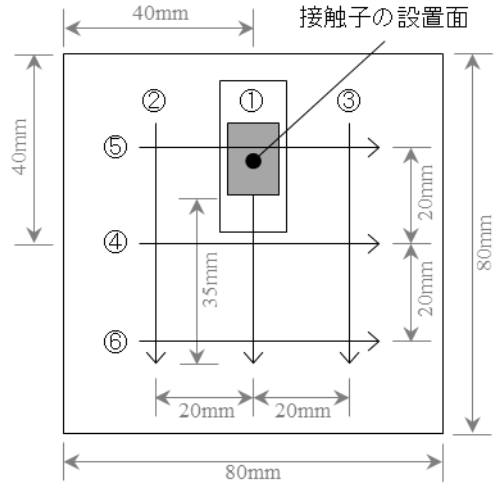


図2 測定箇所

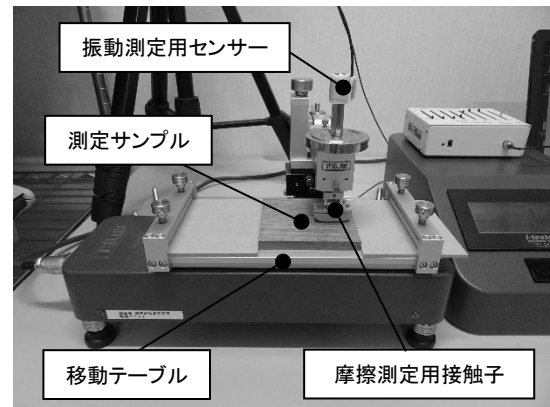


図3 測定風景

2.2.1 摩擦特性の測定とデータ処理

静・動摩擦測定機 TL201Tt（株式会社トリニティラボ）を使用し、静摩擦および動摩擦の測定を行った。測定の際は、触覚子に人の指紋パターンを模した触覚接触子⁶⁾を使用した。測定結果から、静摩擦係数（水平方向の最大荷重／垂直荷重）、動摩擦係数（測定開始地点から10mm～30mmでの水平方向の荷重の平均／垂直荷重）を計算した（図4）。

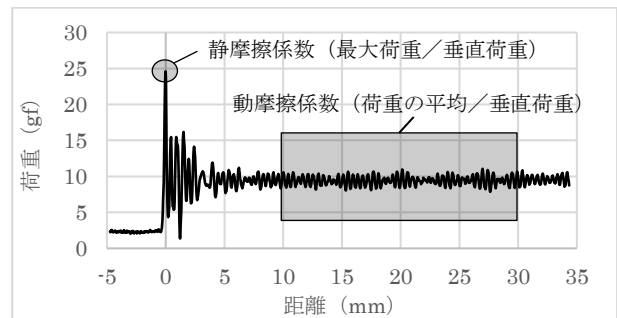


図4 静摩擦係数と動摩擦係数

2.2.2 振動特性の測定とデータ処理

触覚伝達・触覚呈示ゆびレコーダー（株式会社テック技販）を静・動摩擦測定機 TL201Tt に取り付け接触子に伝わる振動の測定を行った。測定結果について、バンドストップフィルタ（60Hz 付近）およびハイパスフィルタ（5Hz）を適用し、Welch 法により 1Hz 毎のパワースペクトル密度（以下 PSD）の推定を行った。推定された PSD の 500Hz 以下の周波数帯域の値の総和を求め、接触子に伝わる振動の強さの目安とした。

3. 結果と考察

3.1 摩擦特性について

木材サンプルについて、繊維方向と繊維直交方向で測定した静摩擦、動摩擦にあまり差は見られなかった（図 5）。そのため、各サンプルの 6 測定分の平均値を計算し、測定時の垂直荷重や速度の影響、サンプル間の違いについて検討を進めた。

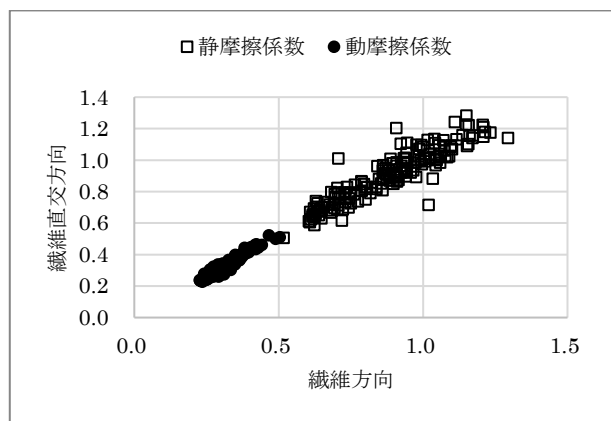


図 5 繊維方向と繊維直交方向での摩擦特性

付録 1 にすべての測定結果を散布図にしたものを示す。測定条件により摩擦特性にばらつきが生じるもののアクリル板やアルミテープと比較すると木材は静摩擦係数、動摩擦係数ともに低い傾向が見られた。

木材サンプルのみに着目すると、無塗装の木材は静摩擦係数が 0.8～1.2 付近、動摩擦係数が 0.3～0.5 付近に分布しており、先行研究で実際に人が指で触った場合と比べるとやや高い値であった⁷⁾。塗装を施すことで動摩擦係数が低下し、樹種間のばらつきが小さくなる傾向が見られた（図 6）。

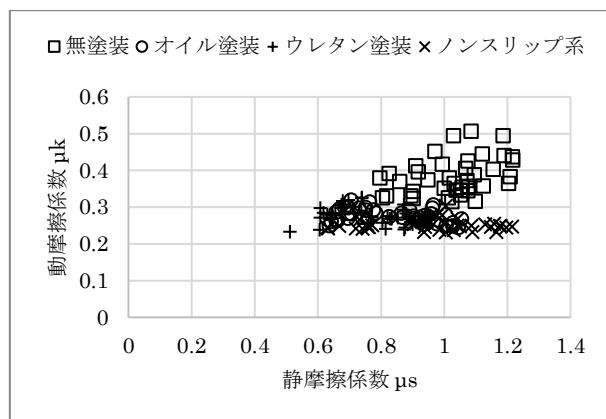


図 6 木材サンプルの摩擦特性

測定時の垂直荷重や速度が変わることで、静摩擦係数、動摩擦係数は変化しており、その変化は様でなく、サンプルにより異なっていた（図 7～図 10）。速度 30mm/s の条件では、無塗装以外の条件がほぼ同じ領域に分布していたのに対し、速度 10mm/s の条件では、ノンスリップ系ウレタン塗料（以下ノンスリップ系）の静摩擦係数が他の塗装材と比べて高い値を示した。

粘着感や湿潤感と関わりの強い摩擦感は、基本的には静摩擦係数と動摩擦係数により評価されることが考えられる。今回の結果は、材料の摩擦感の評価する際、触察動作の速度を遅くすることで、その判別能力が向上することを示している。さらに材料に対する押し込み力を大きくすることでその判別能力が向上すると考えられるが、押し込み力のみを大きくしても速度が変わらない場合は、摩擦感の評価にはあまり影響しないことが推察された。

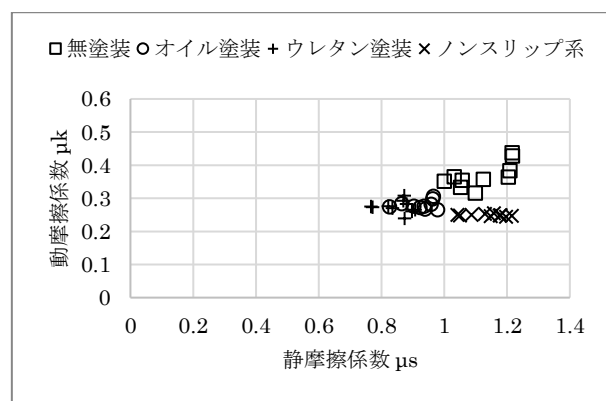


図 7 垂直荷重 30gf 速度 10mm/s での摩擦特性

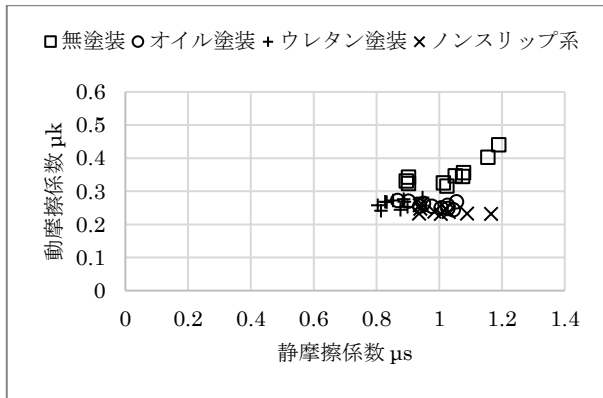


図8 垂直荷重 30gf 速度 30mm/s での摩擦特性

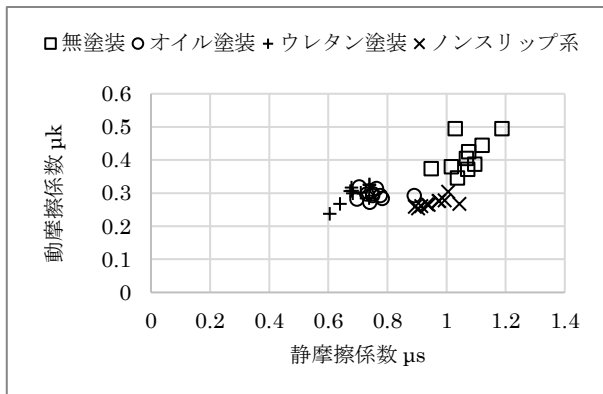


図9 垂直荷重 100gf 速度 10mm/s での摩擦特性

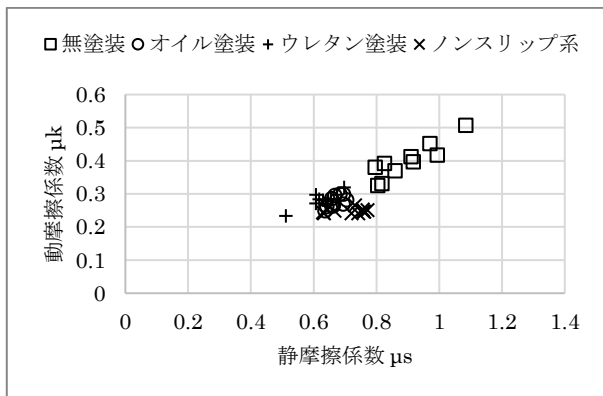


図10 垂直荷重 100gf 速度 30mm/s での摩擦特性

3.2 振動特性について

推定された PSD の総和を図 11 に示す。垂直荷重 30g では、速度が変わっても PSD の総和にあまり違いはなかったが、垂直荷重 100g では、速度 10mm/s に比べて速度 30mm/s の条件で接触子に伝わる振動の強さが低下した。

これは、振動が関連する粗さなどの手触り感の評価には評価対象の面積が影響することが考えられる。小さな面積を評価する場合には、材料への押し込み力を強く、ゆっくりと動かし、大きな面

積を評価する場合には、手の動きを速くする必要があるので、材料への押し込み力を小さくすることが、手触り感の評価に有効であると考えられる。先行研究では、手触り感の評価の際の人の手の動きの速さは 10～157mm/s 程度の範囲に収まり⁸⁾、また点字を読む速度は 60～125mm/s で、探索中に興味ある刺激を見つけると、手の動きは極端に遅くなると言われている⁹⁾。今回の結果はこれらの知見を補足すると考えられる。今回の実験では 10mm/s、30mm/s の 2 条件であったが、100mm/s 程度の条件も検討する必要があると考えられた。

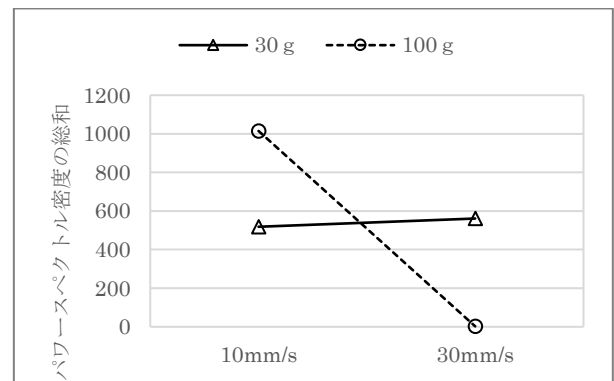


図11 推定された PSD の総和

4. まとめ

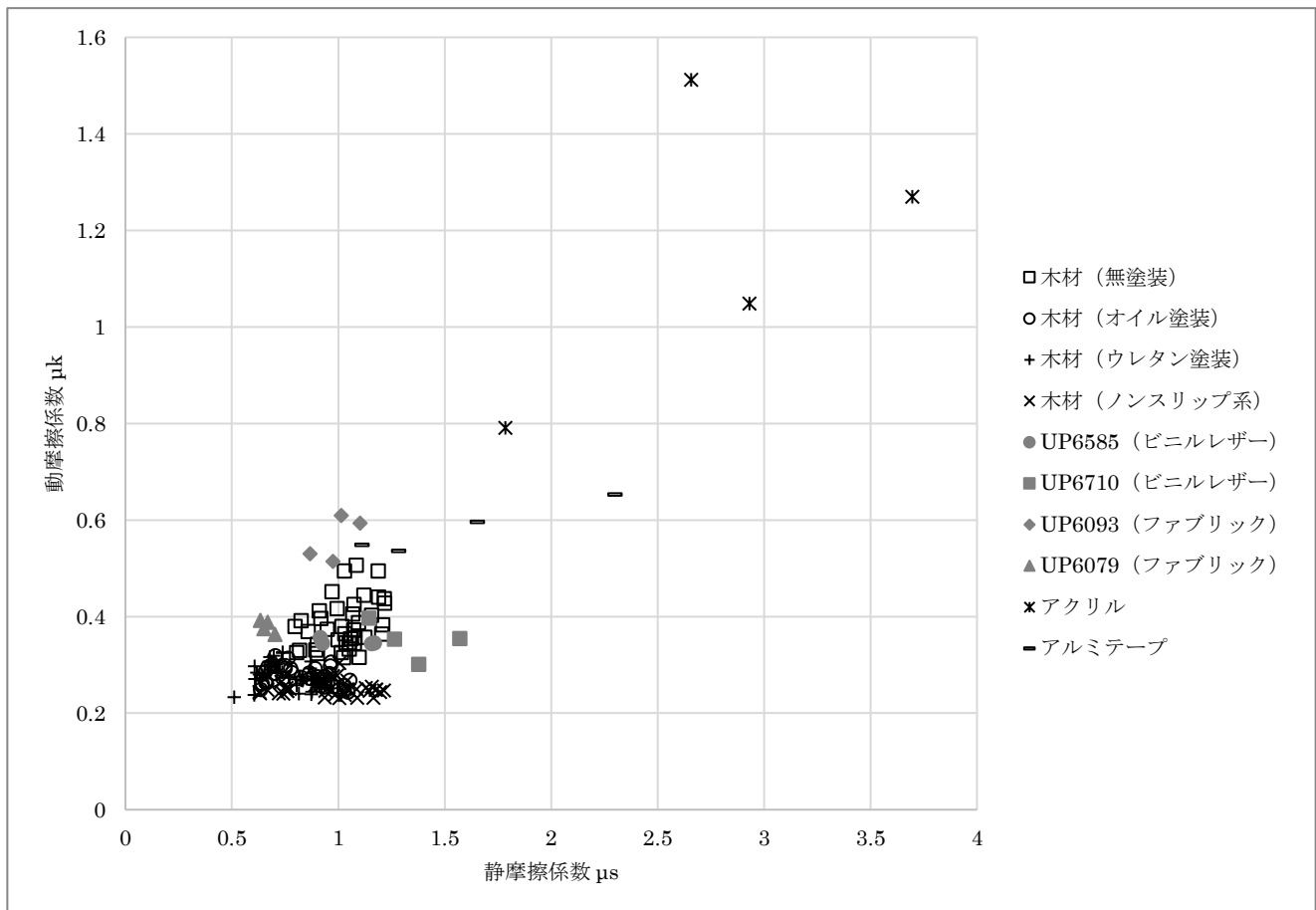
得られた知見を以下に示す。

- 摩擦特性は測定時の速度の影響が大きく、速度が遅い条件の方が摩擦特性による材料の判別が容易になると考えられた。測定時の垂直荷重はあまり影響しないと考えられた。
- 振動特性は、垂直荷重が小さい条件では速度の影響は小さいが、垂直荷重が大きい条件では、速度が速いと入力される振動刺激が減少し、手触り感の評価するのが困難になると考えられた。
- 手触り感の評価の指標を検討するにあたり、測定条件は「垂直荷重が小さく速度が速い条件」、「垂直荷重が大きく速度が遅い条件」の2条件が少なくとも必要であると考えられた。荷重や速度の具体的な数値については検討の余地が残る。

今後は得られた知見をもとに実際に人が触ったときの触察動作や主観評価との対応関係を調査し、手触り感の客観的な評価指標の抽出や製品に生かすための指針の提案に繋げる。

参考文献

- 1) Peck J., Shu S.B.: The effect of mere touch on perceived ownership, Journal of Consumer Research, 36, 3, pp.434-447, 2009.
- 2) 宮下高明, 前野隆司, 野々村美宗: 生物由来の物質の触感と表面物性, 色材協会誌, 84, 5, pp.169-172, 2011.
- 3) 永野光, 岡本正吾, 山田陽滋: 触覚的テクスチャの材質感次元構成に関する研究動向, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16, 3, pp.343-353, 2011.
- 4) Lederman S.J., Klatzky R.L.: Hand Movements: A Window into Haptic Object Recognition, Cognitive Psychology, 19, pp.342-368, 1987.
- 5) 横坂拓巳, 渡邊淳司: 手の動きと結びついた触質感認知の研究, 人工知能学会全国大会論文集, 2L2-OS-09a-4, 2017.
- 6) 野村俊夫: 指紋模擬加工した検知子を使った摩擦測定装置, 表面技術, 70, 3, pp.147-150, 2019.
- 7) 野々村美宗: 生体由来の物質の触感とトライボロジー, オレオサイエンス, 11, 8, pp.277-282, 2011.
- 8) Smith A.M., Chapman C.E., Deslandes M., Langlais J.S.: Thibodeau M.P., Role of friction and tangential force variation in the subjective scaling of tactile roughness, Experimental Brain Research, 144, pp.211-223, 2002.
- 9) 岩村吉晃: 能動的触覚 (アクティブタッチ) の生理学, バイオメカニズム学会誌, 31, 4, pp.171-177, 2007.



付録1 全測定サンプルの摩擦特性