

高分子材料の質感制御方法に関する研究 ～指部の動きと力学的情報の関係～

佐伯 光哉

1 目的

ヒトが触感を調べるために行う指先によるなぞり動作について、指腹部が物体に接するとき接触面で発生する力の変化が脳に伝わり触感を認識するものと考えられている。したがって、この力を計測することにより触感を評価できると考えられる。指腹部と物体の接触面にセンサを配置して、直接的に、なぞり動作の際に指先にかかる力を計測することは難しいため、離れた位置にある爪、指の関節にセンサを配置して計測することが一般的となっている。なぞり動作の際に指腹部にかかる力をより正確に計測するための方法の一つとして、透明な物体との接触における指腹部の動きを撮影し、その画像を分析する方法が考えられる¹⁾。この方法について、疑似指を用い、透明な物体との接触面における疑似指の動きをその動画から直接とらえる方法を前回報告した²⁾。本報告では、前回報告した方法の高精度化を図り、触感評価方法としての有効性を示すことを目的とした。具体的には、疑似指の動きの精度（サンプリング速度、分解能）の向上を図った。さらに、疑似指と物体との接触面に働く摩擦力と物体の垂直運動について同期データとして取得し周波数解析を行って比較検討したので報告する。

2 実験方法

図1に動画撮影および摩擦力と垂直方向の変位の計測に用いた装置の構成とデータ処理システムを模式的に示す。動画撮影と各計測は下記の手順で行った。電動スライドテーブルに摩擦力を測定するフォースセンサ（いずれもトリニティーラボ(株)製 TL201 型）を介して透明なプラスチック板（ポリスチレン製）を固定し、疑似指の指紋面(図2、トリニティーラボ(株)製)が透明プラスチック板に傾斜角度 2° で接するように基台に固定した。プラスチック板に 1.96 N の荷重を与えて疑似指に接触させ速度 10 mm/sec にて x 軸方向に片道距離 20 mm を1往復スライドし、これにともなう疑似指の動きの動画撮影、接触面に働く摩擦力 F および距離 Z の計測を行った。なお、 Δz は $\Delta z = Z - (\text{移動平均})$ より求めた。

疑似指（指紋面）の動きは接写レンズと CMOS 型カメラ(The Imaging Source 社製)を使用し、USB3.0 経由で接続した PC に撮影と同時にリアルタイムで転送して非圧縮 AVI フォーマット動画として保存した。疑似指の動き(Δx)は、疑似指に記したマーク点(図2の黒色点)に着目して解析

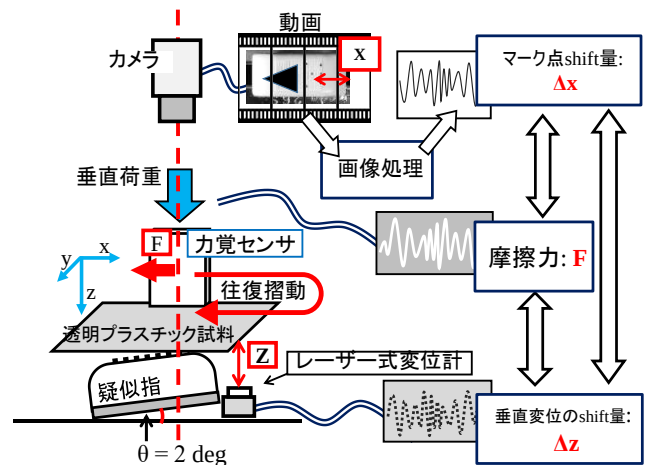
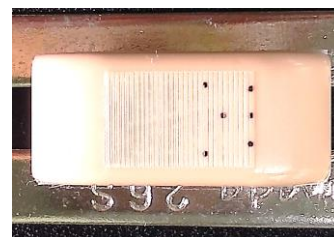


図1 試験装置と計測データの処理



指紋面に記したマーク(左)
抽出したマーク点の輪郭線と重心点(橙色)(右)

図2 疑似指の指紋パターン

した。x 軸方向シフト Δx と摩擦力 F のデータの同期は、動画上のマーク点の動きが認められる最初のフレーム、摩擦力の増加が確認できるデータを時間原点として同期したものとして取り扱った。

動画からの波形生成のための座標の抽出は、画像処理ライブラリである OpenCV を使用して動画を読み込み 1 コマずつ画像処理するプログラムを作成して実施した。周波数解析については MATLAB (MathWorks 社製) を使用した。

3 結果と考察

図 3 は、 Δx 、 F 、 Δz の時間変化を示したものである。 F と Δx の絶対値は比例する傾向にある。スライドテーブルの移動開始から 2.0 s までの区間において滑りを伴わない疑似指がせん断変形する区間 [0.0 s–0.2 s] は静止摩擦、区間 [0.2 s–1.2 s] は動摩擦立ち上がり、区間 [1.2 s–2.0 s] は動摩擦安定に分かれる。ほかにも Δz は、動摩擦安定区間で振幅が大きく増加していることが認められた。

図 3 において、0.2 s–2.0 s の区間の Δx 、 F について時間周波数解析を実施した結果をそれぞれ図 4(a)、(b)に示す。ピークの持続を示すいずれも 50 Hz、80 Hz のパワースペクトル密度に共通したピークを確認した。しかし、 F (図 4(b)) にみられる 160Hz 付近のピークは、 Δx には確認できないため、振動の起源となる接触部分の摩擦で発生している振動ではなく力覚センサまでの伝達過程で発生している共振などの原因が考えられる。この他にも図 3 の動摩擦安定区間の Δz の振幅の増加は周波数解析より 80 Hz の周波数成分をもつことを確認しており、動摩擦安定区間ではスティックスリップ摩擦による振動が z 軸方向にも分散して発生していることが分かった。

3 結論

疑似指の動きを撮影したハイスピードのマクロ動画より求めた表面のシフト量 Δx から、前回の報告²⁾よりさらに高精度の変形や振動が計測可能となった。また、動画から求めたシフト量 Δx の変化波形と摩擦力 F の変化波形を時間周波数分析した結果から判明した摩擦力 F のみに出現する周波数成分につ

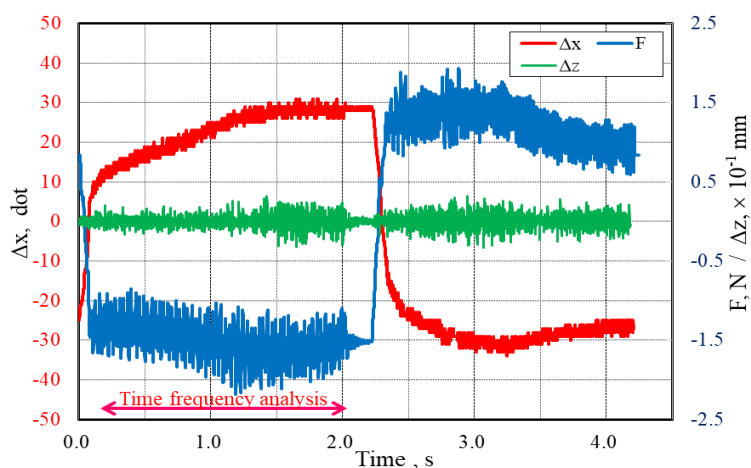
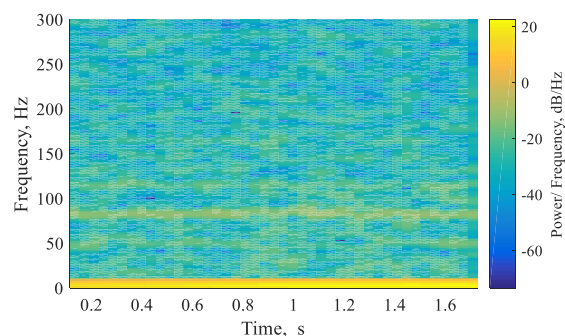
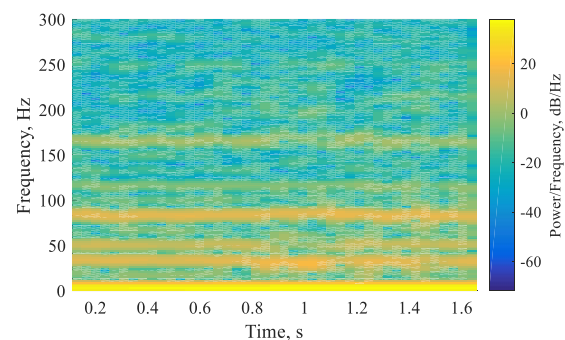


図 3 摩擦試験の結果 (Δx 、 F 、 Δz)



(a) x 軸のシフト: Δx



(b) 摩擦力: F

図 4 時間周波数解析の結果

いては、発信源の原因解明を行うことにより摩擦力波形をもちいた客観的な触感評価の精度向上につながるものと考えられるので、今後の研究課題として客観的な触感評価に関する研究を進める。

参考文献

- 1) 山口哲生：ゲルのすべり摩擦における界面可視化，日本ゴム協会誌，85,319-323(2012).
- 2) 佐伯光哉，兵庫県立工業技術センター研究報告書，30,14(2021)

(問合せ先 佐伯光哉)