



ウェアラブル触動作センサー

HapLog[®]

(Haptic Skill Logger)



CONTENTS

1. はじめに	03
2. HapLogの哲学	03
触知覚特性	03
3. 計測の原理	04
接触に伴う指の変形の特徴	04
指の動き	04
4. 計測における注意点	05
5. 計測開始	06
指への装着	06
校正	06
計測	07
① 触圧	07
触圧の計測範囲	07
触圧波形	07
触圧計測の例	08
発展的な解析のために	08
② 加速度	09
加速度センサーの出力	09
加速度センサーの計測例	09
③ 振動	10
振動計測の例	10
6. 発展性	10
7. Q&A	11
8. 資料一覧	11

1. はじめに

人の動作のニュアンスは言葉では伝わりにくいものです。『ギュッと押す』、『そっと触れる』とはいったいどれくらいの力加減でしょうか？人は触れる指先の力加減や動作、またそれらが複合した触動作のスキルを把握するために言葉と視覚情報を用いていますが、的確に把握することができません。また、様々な製品のユーザビリティ評価においても、アンケートによる主観評価と動作映像から解析される場合が多いのですが、残念ながら客観性を持たせるには難しい状況です。



そこで我々は触動作スキルの取得のために、指先の力加減（触圧）と指の動きを把握する必要があると考えました。Haptic skill Logger（HapLog）は、指先に装着するウェアラブルデバイスで、触動作における触圧と指の加速度及び、触感に関連すると思われる指に伝わる振動をモニタリングすることができます。

2. HapLogの哲学



指先の触動作によって得られる知覚の多くは、受動的な取得よりも能動的なアクションにより得られます。さらに指先で知覚される情報から触動作はさらなるフィードバックを受けます。そのため我々は、自然な触動作においては、指先での実感を伴うことが必要であると考えています。

近年のセンシング技術の進歩とともに、精密に触圧を計測するための手法は数多く提案されています。その多くは触動作の対象物にセンサーを内蔵させる手法、もしくは指先の指紋部にセンサーを装着する手法です。しかしながらこれらの手法は、対象物が肌のような場合には、センサーが内蔵できないことや、汎用的な活用が難しいことが予想されます。また指紋部をセンサーにて被覆する場合は、指先で感じられる触感が知覚できなくなることから、フィードバック情報が入らず、自然な触動作が実現できません。それはあたかも手袋をつけて化粧品を塗布するようなものです。

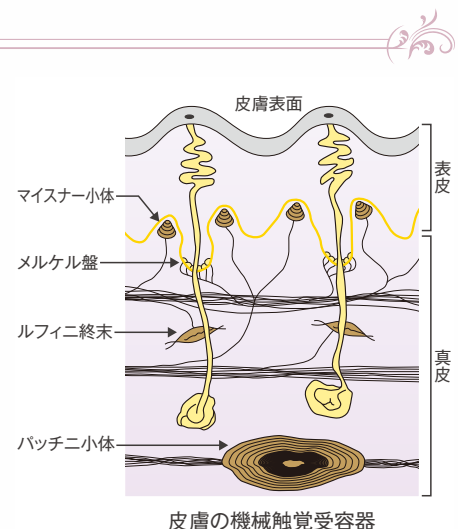
我々は自然な触動作の客観的な評価のためには、指紋部に何も装着しないことが必要であると考えました。

触知覚特性

指や皮膚における触覚の知覚は、皮膚内部に存在する数種類の感覚受容器によってもたらされます。これらの感覚受容器は、指の変形による刺激や指と対象物の摩擦により生じる振動刺激などを感知します。特に指紋凹凸の直下にあるマイスナー小体は40Hz以下の低周波領域の粗振動を、皮膚深部に存在するパッチニ小体は、200Hz前後の振動の加速度を検出しているといわれます。

人が実感する触感とこれらの感覚受容器の関係はいまだはっきりしていませんが、指や肌に伝わる微振動が影響していると言われています。この微振動はHapLogに搭載している加速度センサーによって検出できると考えています。

また、指と対象物の接触で実感される触感とは、“触り方”が影響します。力を込めてゆっくり触ると、軽い力で素早く触るのでは、得られる触感は異なります。一般に触圧、スピード、リズムなどの触動作の要素が触感に影響します。これらの検出にもHapLogは対応しています。

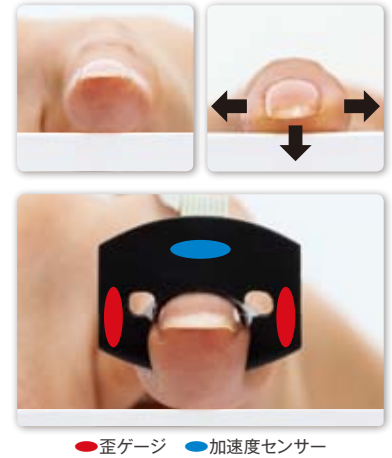


3. 計測の原理

指紋部の感覚を残しながら触圧を計測するために、指の接触に伴う指の変形に着目しました。指先は対象物との僅かな接触によっても横に変形して接触面積が大きくなります。この現象は把持の際のグリップ性の向上にも寄与していると考えられます。

HapLogは爪側から指を挟み込み、接触に伴う指の変形を計測することで、指紋部の感覚をそのままに触圧計測を可能にしています。また、指の側面にあたる部位に歪ゲージを配置し、指の変形を高感度に検出できるようにしております。さらに上部には加速度センサーを配置しています。

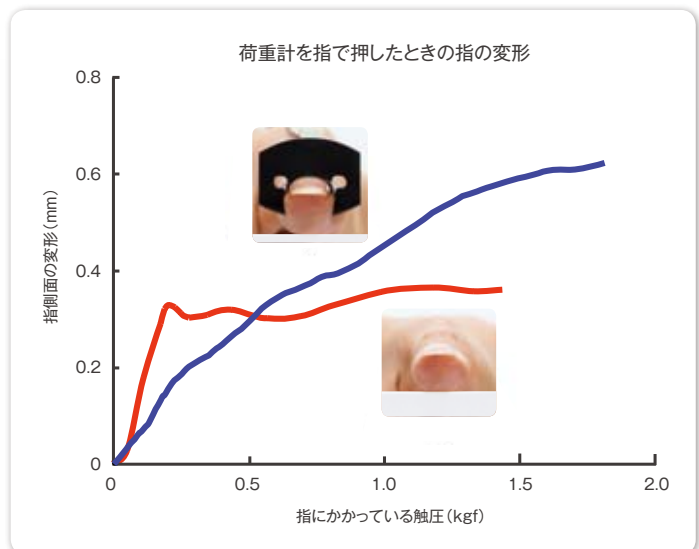
このことより自然な触動作における触圧・指の動き・指に伝わる振動を解析することを可能にしています。



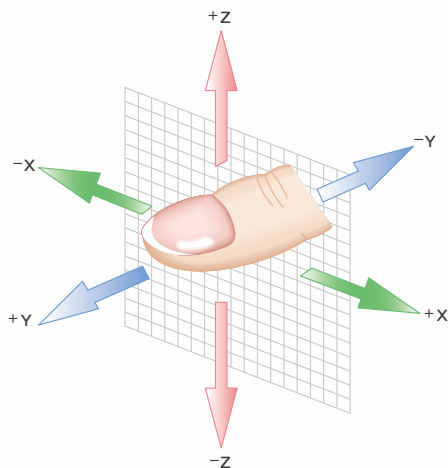
●歪ゲージ ●加速度センサー

接触に伴う指の変形の特徴

それでは指の変形とはどのようなものでしょうか？ レーザー変位計を用いて接触に伴う指の変形特性と触圧の関係を調べました。何も装着しない通常の指では、低荷重領域で線形的に変形してその後変化が少なくなります（グラフ赤線）。これでは低荷重領域の触圧しか推定できません。しかしながらHapLogを装着して、指に僅かな張力を発生させると、広い荷重範囲において線形的に指が変形します（グラフ青線）。



指の動き



HapLogには3軸加速度センサーも内蔵しています。指を前方向に向けた状態で左右方をX、前方方向をY、上下方向をZとしております。加速度センサーは静置した状態では重力方向に合力として1Gを出力します。そのため指の動きは重力方向の1Gに対してそれぞれの方向での出力になります。

ソフトウェア上では合成加速度で表記することができます。

$$\text{合成加速度} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

合成加速度にすることで、指の向きや方向性をなくして考えることができます。

加速度センサーの出力値は、触動作におけるマーカーとして活用しています。

4. 計測における注意点

1

指に装着するデバイスですので、指の特性や部位によって計測精度が変わります。

搭載している加速度センサーや歪ゲージの性能には依存しません。

接触対象物が指よりも変形する場合は注意が必要です。

指の接触に伴い対象物が変形する場合は、指で加えている触圧よりも計測値が低く表示されます。指先での触圧の知覚は、指の変形より知覚されと考えられるので、HapLogの計測値は、指先で加えている力加減ではなく、指先が知覚している触圧と考えられます。

2



3

爪先でトントンとするような触圧は計測できません。

HapLogは接触に伴う指の変形から触圧を推定するシステムを採用していますので、指変形を伴わない爪先でトントンとたたく動作では正確な計測ができません。

このような動作の計測をする場合は、あまり推奨しませんが、HapLogを指先に近い部分に装着し、評価動作と同じ動作で校正を行ってください(ただし数値はバラつく場合があります)。

4

完全防水構造ではありません。

HapLogは化粧水塗布などの使用場面で実績がありますが、完全防水構造ではありません。多量の水分に晒される環境での使用を希望される場合は、防水に配慮する必要があります。

5. 計測開始

指への装着

HapLogセンサーの装着位置は、指のちょうど中央（ふくらみが大きい部分）が望ましいと考えています。装着部位が指先の方に寄りすぎると指を挟む部分が対象物に接触してしまいます。また、必要に応じて爪の上に両面テープで固定します。弊社では3M社製のネイルチップ用透明両面テープを用いた実績があります。

指のサイズは5指それぞれですし、個人差も大きいのでHapLogは、11mm, 12mm, 14mm, 16mm, 18mmのサイズをラインナップしております。指の大きさに合わせて使用ください。最適なサイズがない場合は両面テープを指の横側まで使用して（2-3枚程度）指に密着をさせてください。



校正

HapLogセンサーを装着した状態で指変形から触圧を推定するシステムにおいては、個人の指の変形特性の差や装着する部位差などが出力値に影響を及ぼします。

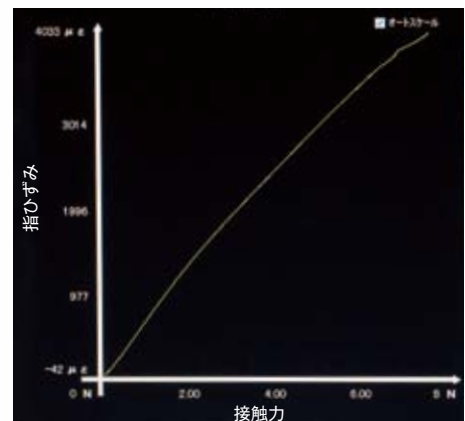
そのため計測者個人の指の変形特性と触圧を関連づける必要があります。従って指への装着後、校正作業を行います。

この校正作業はHapLogキャリブレーションユニットの上部に指を静置して指の傾きやケーブルの負荷などをなくした状態でキャリブレーションを行います。詳細は取扱い説明書をご覧ください。校正開始の指示が出ましたら指腹がきれいにあたるように力をかけていきます。きれいな曲線が描けるほど測定誤差が少なくなります。

なお、この校正作業は指装着部位の変更はもちろんのこと、長時間の使用の場合にも適宜行ってください。



HapLogキャリブレーションユニット



指圧校正画面

計測



校正後、再度ゼロ点補正を行った後に実際の計測が可能になります。計測では縦軸を変更することができますので、最大の計測がどの程度になるかを確認の上、縦軸を設定ください。

サンプリング周波数は標準で1000Hzとなっています。データはCSV形式で出力されます。

1 触圧

触圧の計測範囲

指の変形を伴う接触であれば計測は可能です。数十mN程度の肌へのソフトな接触から、30-40N程度のタイピングのような強い加圧まで幅広く計測することができます。

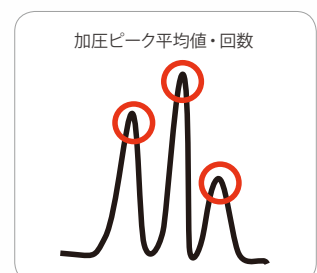
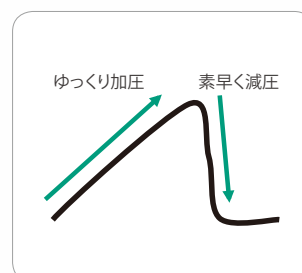
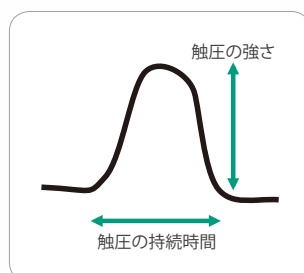


触圧波形

現状では触動作の要素を摩擦係数のようなわかりやすいパラメータで説明するには至っていません。よって得られる触圧の波形からどのような力の推移をしたのかを読み解く必要があります。

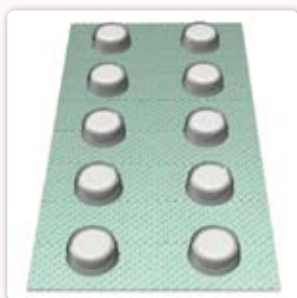
波形で得られる情報としては触圧の強さ、持続時間、加圧・減圧のスピードなどです。これらの特徴から触動作の特性を見出す必要があります。計測の際には動画を撮影し、確認することもお勧めします。

また、測定動作期間における一定荷重以上の加圧ピークの回数、平均値、触圧の持続時間などを手掛かりに動作を規定することも有効です。



触圧計測の例

これまでに多くの分野での活用が進んでいます。



くすりの開けやすさ



口紅の把持力



ポンプの押しやすさ



目薬の差しやすさ



詰め替え容器の開けやすさ



ペットボトルの注ぎやすさ



筆記具の持ち方



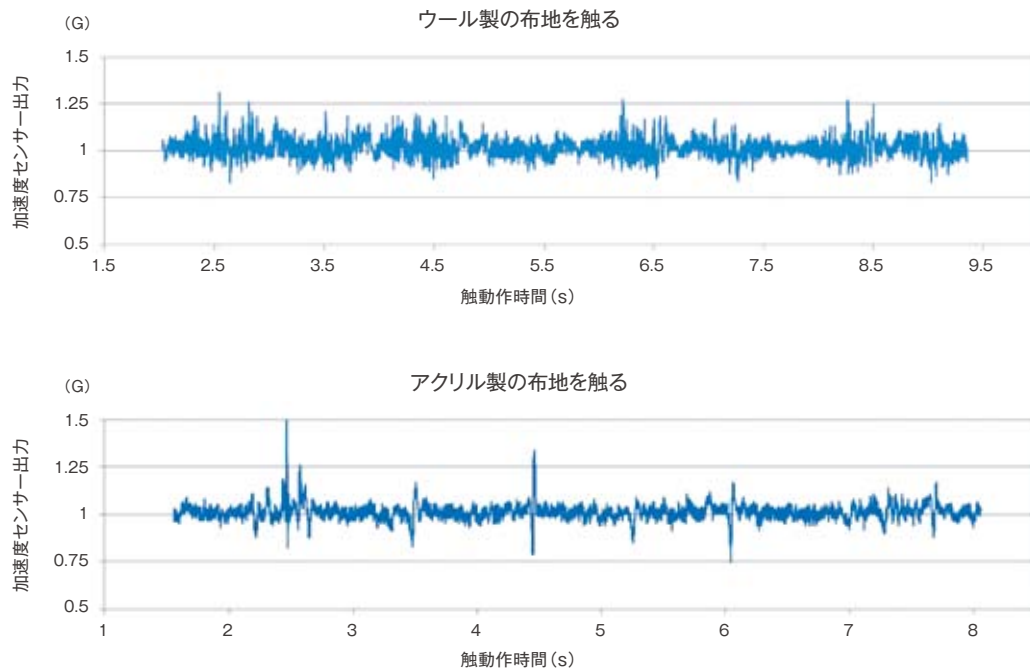
ハンドルの握りやすさ

発展的な解析のために

触圧のデータを解析する際には、触圧データを動作の動画とリンクさせて一緒に確認することが有効です。動画と出力データを編集するソフトは様々あります（株式会社ピクセルゲート社製のピクセルランナーなど）。

2 加速度

加速度センサーの出力



加速度センサーについては3軸(X,Y,Z)をそれぞれ解析する方法と合成加速度を解析する方法があります。(上記グラフは、合成加速度)。

上記グラフは布地の種類によって触り方が異なり、ウール製の布地のほうが素早く触っていることを示します。

加速度センサーの計測例

加速度センサーの出力は指の動きの特徴を表します。



化粧品の塗布



マッサージスキル



ヨーグルト容器の開封



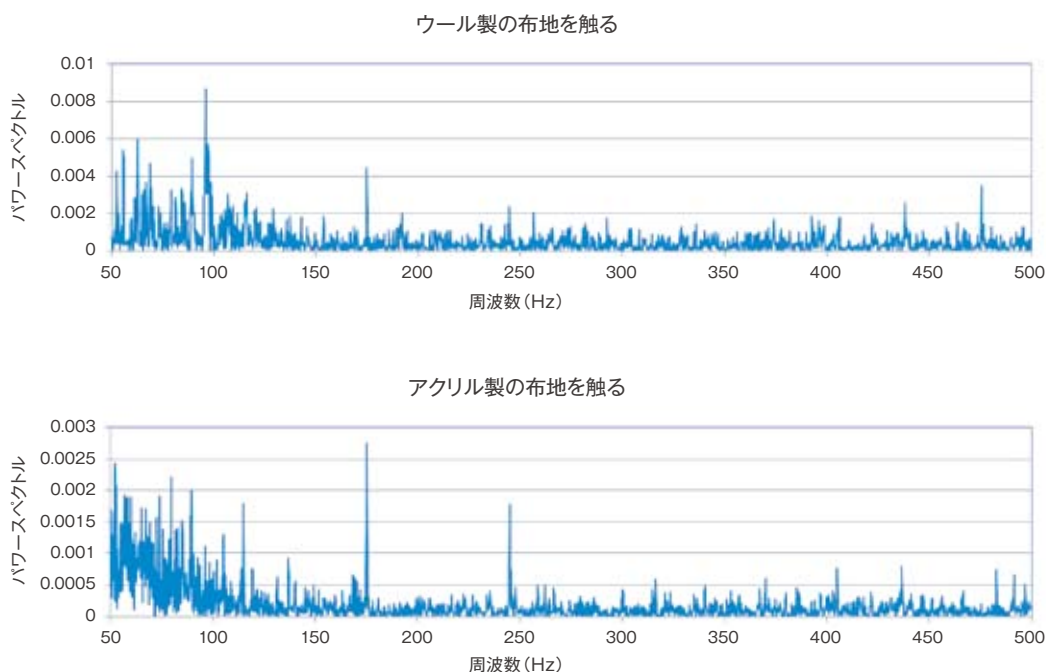
リハビリ・巧緻運動

3 振動

振動計測の例

人の感覚受容器は特定の周波数帯域に応答することが知られており、触感を特定するために加速度センサーの振動情報の周波数解析は有効です。HapLogの設定では周波数フィルターの有無を変更することができます。摩擦に伴う微振動を検出するためには、周波数フィルターを外す必要があります。また取得された加速度センサーのデータは摩擦によって発生する微振動の情報よりも人の動作に起因する影響が多く含まれています。そのため、動作の影響に依存する低周波帯域のデータは除外して解析する必要があります。その後3軸それぞれのデータもしくは合成加速度のデータをフーリエ変換します。

触感の定量化はまだ確立できていませんが、振動の周波数解析により対象物の差異は検出可能です。



6. 発展性

HapLogは、触動作スキルの可視化や触感の定量化に向けての検討に活用できるツールです。我々は触動作スキルの可視化には、触圧・スピード・リズムの要素が重要だと考えています。さらに触感の定量化のためには、指の変形、指の摩擦、摩擦に伴う振動特性、振動の規則性などが重要であると考えています。

これらのデータに解釈を加えていくことで、これまで不明確であった、人の実感するテクスチャー（つるつる、なめらかなど）の判定やユーザビリティ評価など様々な製品開発を科学的に進めることができます。また、人が経験値として保有している触動作スキルの伝達が可能になることから、新しいコミュニケーションツールとしての応用が期待されます。

7. Q&A

Q 加速度の測定範囲を教えてください。

A $\pm 2G$ 、 $\pm 4G$ 、 $\pm 8G$ まで計測可能で、PC画面上で切り替えができます。通常の人の動きでは $\pm 2G$ の設定、スイングなど早い動作は $\pm 8G$ の設定をお勧めします。

Q 外部トリガを他の機器と同期させる場合、HapLogで使用するソフトで対応可能ですか？

A はい。HapLogのソフトウェアには、外部トリガで計測する機能がついています。

Q フィルタとは何でしょうか？

A フィルタ(周波数フィルタ)は、データに存在するノイズを除去するものです。フィルタをオフにするには、チャンネル情報画面の「フィルタ」セルの設定を「0」にしてください。

Q サンプリング周波数の選択目安を教えてください。

A サンプリング周波数とは、1秒間にサンプリングするデータ数を意味します。設定値が高いほど細かなデータを取得できます。その分、データ数、データ処理数が多くなる、ノイズを拾うなどの現象も現れます。

8. 資料一覧

- 触感の感性評価ツール：ウェアラブル触動作センサ HapLog
仲谷 正史, 川副 智行, 日本ロボット学会誌 Vol. 30 No. 5 499-501
 - ウェアラブル触動作センシングシステム「Haptic Skill Logger」の開発
川副智行, 人間生活工学研究センター「人間生活工学」Vol.13 No.1 15-19
 - メイクにおける化粧スキルを可視化する指装着型センサ -Haptic Skill Loggerの開発と応用-
川副智行, FRAGRANCE JOURNAL 第40号No.5 55-60
 - 化粧動作を定量的に把握するウェアラブルセンシングシステムの開発(2013年度The Most Interesting Readings賞受賞)
柿澤みのり, 設計工学 48(10), 461-465, 10-05
 - Visualizing Cosmetic Application Procedures : A Novel Tool for Universal Sharing of Professional Skills
Minori Kakizawa et al., IFSCC Magazine Mag (2) 101-105
 - 毛筆把持による硬筆の「持ち方」改善メカニズムの検討
杉崎哲子(静岡大学), 書写書道教育研究第29号(全国大学書写書道教育学会編)69-78
 - 2011 GOOD DESIGN AWARD グッドデザイン賞
ウェアラブル触動作センサシステム <https://www.g-mark.org/award/describe/38205>
 - 資生堂 PICK UP TECHNOLOGY
触れるを、測る。触動作センサーの未来。 <http://www.shiseidogroup.jp/technology/detail/16.html>
- 【学会発表】
- 第13回(2011年)日本感性工学会大会
感性評価を可能にするウェアラブル触動作センシングシステムの開発(13回日本感性工学会大会優秀発表賞受賞)
 - World Haptics Conference 2011
Wearable Contact Force Sensor System Based on Fingerpad Deformation
 - 日本繊維機械学会 第65回年次大会(2012)
触動作の指の触圧と動きを検出する指装着型の触動作センシングシステムの開発と応用
 - IFSCC 2012(The International Federation of Societies of Cosmetic Chemists)
Visualizing cosmetic procedure: a novel tool for sharing professional skills with everyone
 - 第75回(2014) SCCJ研究討論会(The Society of Cosmetic Chemists of Japan)
口紅の基剤物性が塗布動作における指の握りや塗布時間に与える影響について
 - 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会2015
ファンデーション塗布動作時の摩擦および振動特性評価システム

発行元

株式会社 資生堂 フロンティアサイエンス事業部

〒105-8310 東京都港区東新橋 1-6-2

TEL: 03-6253-1414 (代表) FAX: 03-6253-1417