

# ジッパー開閉感覚の解析および提示

Analysis and presentation of zipper opening and fastening sensation

佐藤未知<sup>1)</sup>, 松江里佳<sup>1)</sup>, 小島雄一郎<sup>1)</sup>, 橋本悠希<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

Michi SATO, Rika MATSUE, Yuichiro KOJIMA, Yuki HASHIMOTO, Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 人間コミュニケーション学科

(東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {michi,r\_matsue,y-kojima,hashimoto,kajimoto}@kaji-lab.jp)

**Abstract:** A zipper is an interface. It not only has the generality as a 2D operation interface, but it also has an outstanding aspect of multimodal interface since it can present intuitive information by acoustic, tactile, and visual keys. However, there were few works on the sensation of the zipper itself. The goal of this research is to record and replay the opening and fastening sensation of a zipper through acoustic, tactile, and visual modalities. This paper focuses on the recording of tactile sensation of the zipper.

**Key Words:** Zipper, Haptic Display, Multimodal Interface

## 1. はじめに

我々はジッパーの開閉を行う時、その感覚からジッパーの目の細かさを判別できる。このことは例えば日常生活において、アウターウェアとインナーウェアのファスナーを開閉した時の感触だけから、その時どちらのウェアを開閉したか容易に判別できる等の経験からも明らかであろう。

つまりジッパーは、目の細かさを情報として提示するデバイスであるといえる。手掛かりとなる感覚的要素は、ジッパー開閉時に生じるつまみの振動と音であると考えられる。また開閉時に得られる情報は目の細かさとどまらず、ジッパーを構成する部材、および布の固さや材質といった情報も得ることができる。このようにジッパーは、元来「開ける/閉める」「離す/繋ぐ」という面操作インタフェースとしての一般性を持っていると同時に、音や触覚的手がかりによって人間に直観的な情報を提示できる、優れたマルチモーダルインタフェースであると言える。

しかし、これまでジッパーの感覚そのものに焦点を当てた研究は少ない。もしジッパーの感覚を提示できるなら、ジッパー感という我々になじみの深い感覚を用いたインタラクションを可能とする、新しいタイプのハプティックディスプレイになると考えられる。

ハプティックディスプレイは、手指に直接装着するタイプのもの[1]、およびペンや鉗子など、道具を介して間接的に提示するもの[2][3]に大別することができる。本研究で目的とするジッパー感ディスプレイは、ジッパーの引手(図1)部分を指でつまむ形になるため、道具を介したハプティックディスプレイの一種と考えることができる。

本研究はジッパーの開閉感覚を記録、再生するデバイスの開発を目的とする。特に本稿では、ジッパーの力覚に着目し、ジッパーの開閉時に生じる力を記録し、さらにその

感覚を再生するシステムの検討を行う。

## 2. ジッパーの機構

ジッパーの各部名称は図1の通りである。ジッパーの開閉はスライダの移動による務歯の噛み合いによって生じる。

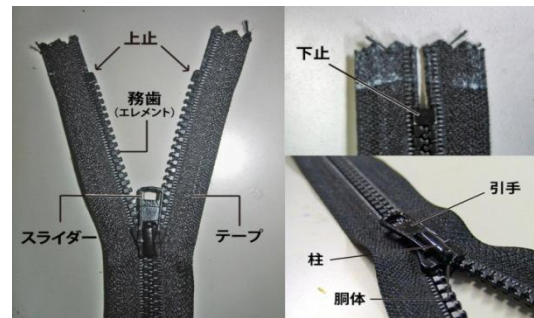


図1 ジッパー各部名称

ジッパー開閉の際の力覚は務歯のかみ合わせの際の抵抗を感じているものであり、また噛み合わせが連続することで振動を感じているものと考えられる。これは動摩擦と静止摩擦の繰り返しによる Stick-Slip と見立てることができる。スライダに力を加えて最初のかみ合わせが始まるとその後の移動は経験的に容易であることから、ジッパーの開閉は力学的モデルとして摩擦のモデルに近いものと推測できる。

## 3. 記録実験

記録、再生システムとして、それぞれにまったく別の装置を用いるよりも、同一の装置で記録と再生を行う方が容

易である。そこで今回はスライダを引く行為をモータの巻き取りに置き換え、モータと力センサを用いて、記録と再生の実験を同様の装置によって行う。

### 3.1 装置概要

図 2 に装置の写真を示す。本装置は地面に固定された台および台に取り付けられた力センサ（共和電業社製ロードセル LMA-A-5N）、力センサに装着されたジッパー（YKK 社製 40cm ビスロン式）、ジッパーの下止と糸でつながれ、地面に固定されたモータ（maxon 社製 20W DC モータ）からなる。ジッパーの引手は力センサ台に挟まれる形で装着され、モータが糸を巻き取ることでジッパー基部が移動し、ジッパーが振動する。この間にジッパーに加わる力を力センサで測定する。

モータは PC に挿された DA ボード（Interface 社製 PCI-3523A）からの指令信号を受けたモータドライバ（図工社製 Titech Driver PC0121）によって電流制御駆動される。モータに取り付けられたエンコーダ（2000ppr）の出力を PC のエンコーダボード（Interface 社製 PCI-6205）を介して記録する。

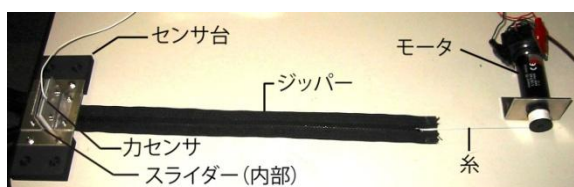


図 2 装置写真

### 3.2 実験結果と考察

今回は予備実験としてモータを制御せず、一定出力で糸を巻き上げ、ジッパーを閉じた。同時に 1ms 間隔で力センサとエンコーダの値を記録した。図 3 が得られた結果のグラフである。

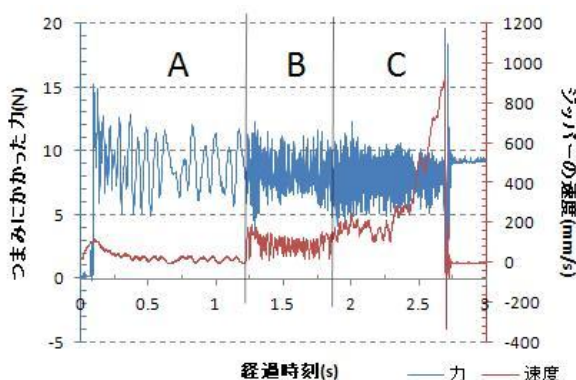


図 3 実験結果グラフ

グラフより、3つの特徴をもった区間 A, B, C が見られた。区間 A ではジッパーの移動は低速で、周波数の低い力の振動が見られた。また全区間中で力の振幅が最大になったのは区間 A の駆動開始から最初の務歯の噛み合わせ時であった。

区間 B からは速度が突然上昇し高い周波数の振動が見られた。また力の振動が特徴的な二峰性を示した（図 4）。これは他の区間では見られない振動の形である。

区間 C からは速度が上昇し、力の周波数も上昇すると同時に振幅が小さくなった。

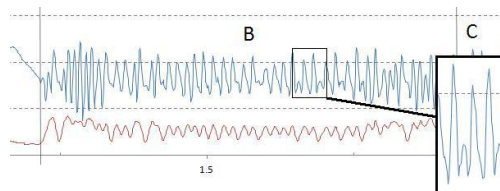


図 4 区間 B 拡大図

区間 A において、区間 B に移行する前段階で速度はほぼ一定であるにもかかわらず力の周波数が下がっていることが観察される。これについてはテープの「伸び」の影響が考えられる。振動はジッパーの歯を現すので、振動周波数の低下は引手部分の速度が下がっていることを意味する。つまり、糸を取り付けた下止と引き手の間には相対的な距離の開き、すなわち伸びが発生していると考えられる。区間 B へ移行する直前を見ると、力の振動周波数は最も低くなっているため、ジッパー全体の伸びは最大になっていると言える。よってジッパーは、一定の「伸び」があって初めて高速で移動できる機構をもっていると推測できる。

また、すべての区間の力に関して、周波数は変化しても振幅は変化していないことと、直流成分が一定であることの 2 点が言える。特に後者はジッパーを閉じる速度の違いにかかわらずオフセットとしての力は一定であることを示しており、これは通常の摩擦現象ではないと言える。

## 4. おわりに

本研究ではジッパーを閉じたときにジッパーの引手に伝わる力と閉じる速度の測定によってジッパーのつまみから返される反力とその振動にいくつかの特徴的な状態があることを示した。

今後は速度、あるいは力を一定に制御した開閉による記録や、ジッパーを開いた時と閉じた時の比較を行う。さらに並行して再生手法の検討も行っていく。

### 参考文献

- [1] Immersion, CyberGrasp: [http://www.immersion.com/3d/products/cyber\\_grasp.php](http://www.immersion.com/3d/products/cyber_grasp.php)
- [2] Massie T. H., Salisbury J. K., “The PHANTOM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects,” Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 1994.
- [3] Asano T., Yano H., Iwata H., “Basic Technology of Simulation System for Laparoscopic Surgery in Virtual Environment with Force Display,” Medicine Meets Virtual Reality, IOS Press, pp.207-215, 1997.