



指と布の擦過音による入力の試み

hand motion input device by the sound of rubbing fabric with finger

今川勝喜¹⁾, 木島竜吾²⁾

Katsuyoshi IMAGAWA, and Ryugo Kijima

1) 岐阜大学 自然科学技術研究科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1, imagawa.katsuyoshi.j5@s.gifu-u.ac.jp)

2) 岐阜大学 工学部 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1, kijima.ryugo.n4@f.gifu-u.ac.jp)

概要: VR コンテンツにおける文字などの平面情報に対して, 現在はコントローラ動作を入力としたポインティングが用いられているが, この方法にはブレや疲労が生じる問題がある. そこで新たな入力手段として, 指と布の擦過音を掲げる. 本研究では小型マイクを指の爪に装着し, 指を動かす向きや速さによって擦過音がどのように変化するかを調べ, 指と布の擦過音が新たな入力手段として利用可能かを調査する.

キーワード: ユーザインターフェース, ウェアラブル, 指マウス, 擦過音

1. はじめに

1.1 研究背景

文字などの平面情報は, 頭部搭載型ディスプレイ (Head Mounted Display: 以下 HMD とする) を利用した仮想現実 (Virtual Reality: 以下 VR とする) 環境においても, 設定画面や VR ゲーム中などで頻繁に用いられている. また, これに対するユーザインターフェース (以下 UI とする) には, HMD 付属のコントローラを使用したレーザーポインタや, ハンドトラッキングを使用したジェスチャーが採用されている. 一方で, これらの UI には腕を中空に浮かせることによって疲労感やブレが生じる問題点が存在する. 関連研究として, HASAN らは, 腕を持ち上げずにコントローラ操作を行う UI を開発し, 従来型の腕を持ち上げる UI と比較して疲労感が軽減することを明らかにした [1].

1.2 研究目的

本研究では VR 環境下での新たな UI として, 指と布の擦過音を使用した音指マウスを提案する. 指の爪側に小型のマイクを装着して着衣を指で擦ると, その速さにより擦過音に違いが出るだろう. さらに, 布には織の形状に特徴があり, 方向を検出できるかもしれない. 音指マウスは, これらの擦過音の違いから指の動きを推定し, ポインタを動かそうとするものである.

本システムの意図は, 次の二点である.

- ・空中ではなく, 着衣の上で指を動かすので, 疲労感やブレが生じづらいこと.

- ・指の腹側にはなにも装着しないので, コントローラ操作

を妨げないこと.

本稿では指と布の擦過音が UI の入力として活用可能かを調査するため, まずは指を布にこすった際の擦過音の違いから, その指の速度を推定できるかを調べる.

2. 擦過音の採取

2.1 等速回転装置

指が布を擦る速度を一定にするため, 一定速度で回転する装置を作成し, そこに布を装着して指で押さえ擦過音を採取した. 作成した装置を以下に示す [図 1]. アルミフレームとアルミ板で作成した土台 2 つで自転車の前輪を挟み, 前輪を装置の回転部として回転させることとした. 駆動音を避けるためにモータなどは用いず, ホイールの慣性を利用した. 回転は徐々に減速していくが, 短時間においてはおよそ同程度の速さで回転を保つことが出来た. 前輪の外縁にはデニム生地を巻き付けており, 指を押しつけることで擦過音が発生させる. 人差し指の爪に小型のマイク [表 1] を両面テープで接着し, その擦過音を録音した. 回転中に横からカメラで撮影し, その画像列から 0.5 秒間隔で平均速度を算出した.

表 1: 使用したマイクの諸元

メーカー	株式会社秋月電子通商
型番	AE-SPU0414
感度	-22 [dBV/Pa]
サイズ	10.0×7.5 [mm ²]

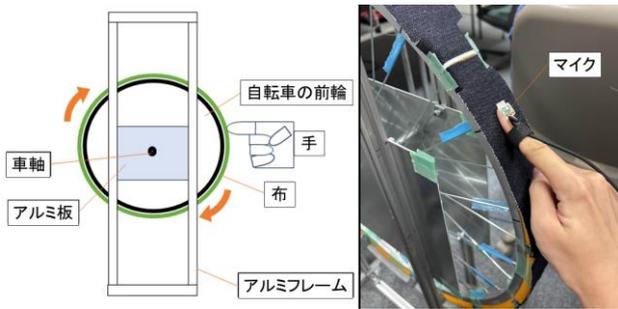


図 1: 擬似回転装置のイメージ図(左)と実際の装置を使用した擦過音録音の様子(右)

3. 擦過音データの録音・可視化

3.1 擦過音のメルスペクトログラム

装置を回転させてから停止するまでの、擦過音のメルスペクトログラムの一例を図 2 に示す。横軸が時間[s], 縦軸が周波数[mel], 色が振幅[dB]を表している。メルスペクトログラムから、回転装置が徐々に減速していきながら振幅のピークが高周波から低周波へと移ろう様子が見て取れる。

このことから、擦過音は速く指を動かすほど高い周波数にピークを持ち、遅く指を動かすほど低い周波数にピークを持つことが分かる。

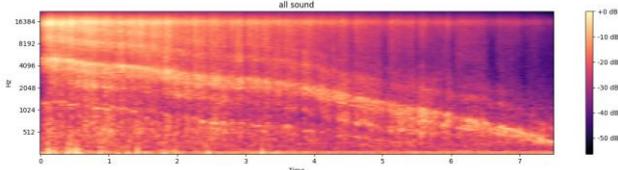


図 2: 回転装置が回転を始めてから停止するまでの、擦過音のメルスペクトログラム

3.2 擦過音の周波数-振幅グラフ

擦過音の周波数分布が速度によりどのように変わるかを調べる。

録音した擦過音を 0.1 秒毎に分割し、その区間での周波数分布の時間平均を算出する。速度は徐々に減衰してゆくと、速度毎の周波数分布形状がわかる。10 回の試行で平均 77 秒のデータが得られ、0.1 秒分を 1 擦過音データとして、データ数は 770 個であった。図 3, 4, 5 に異なる速度における周波数-振幅グラフの例を示す。グラフの形状やピークの数異なるものの、速度が下がると全般に低周波方向に移動している様子が見て取れる。

また、擦過音データの中で、同じ速度のデータの周波数-振幅グラフを重ね表示すると、振幅の大きさは異なるがピークの位置はほぼ同じとなった。その例として、速度が 1.3 ± 0.1 [m/sec] の場合のグラフを図 7 に示す。データ数は 80 個である。

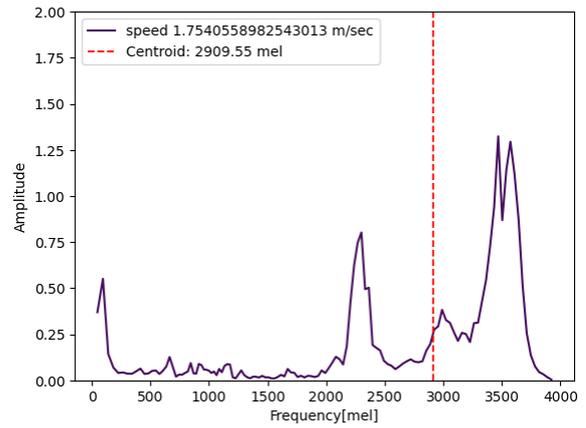


図 3: 回転速度が速い場合の周波数と振幅のグラフ。赤い点線が重心位置を示す。

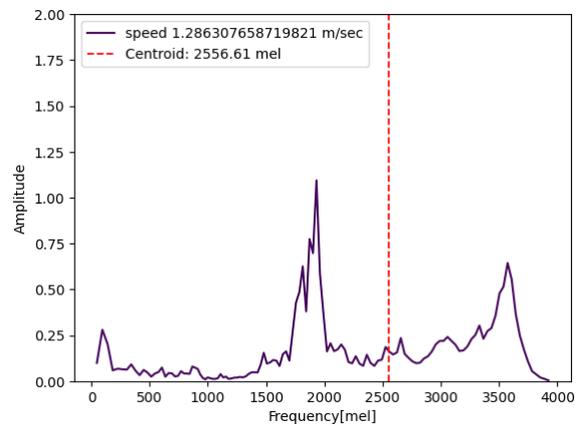


図 4: 回転速度が中程度の場合の周波数と振幅のグラフ。赤い点線が重心位置を示す。

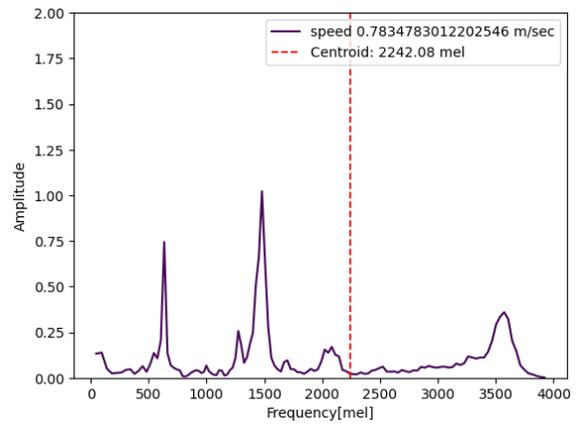


図 5: 回転速度が遅い場合の周波数と振幅のグラフ。赤い点線が重心位置を示す。

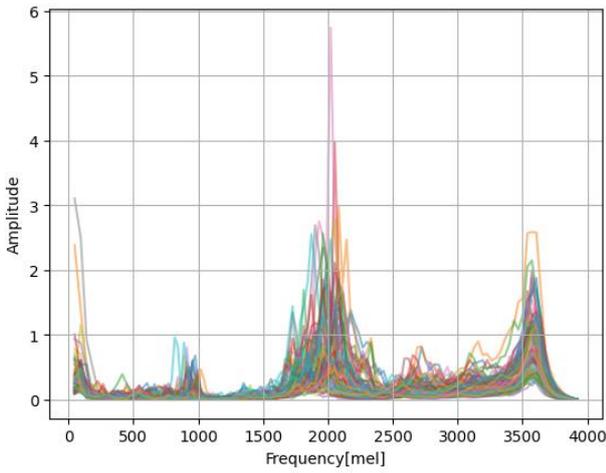


図 6: 速度が 1.3 ± 0.1 [m/sec] の擦過音における, 周波数と振幅のグラフ

3.3 速度と振幅の重心周波数の関係

各データ毎に振幅の重心周波数を求め, 速度に対してプロットした[図 7]ところ, 重心周波数は速度に比例していた. また, 線形回帰直線を求めたところ, 傾き: 4370.139603790165 , y 切片: 138.04119718933725 の直線であった[図 8].

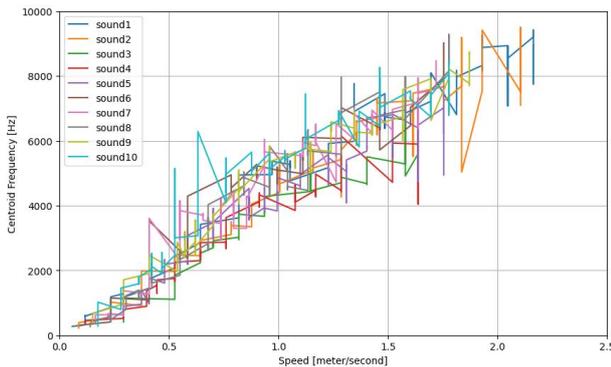


図 7: 速度に対する振幅の重心周波数のグラフ.

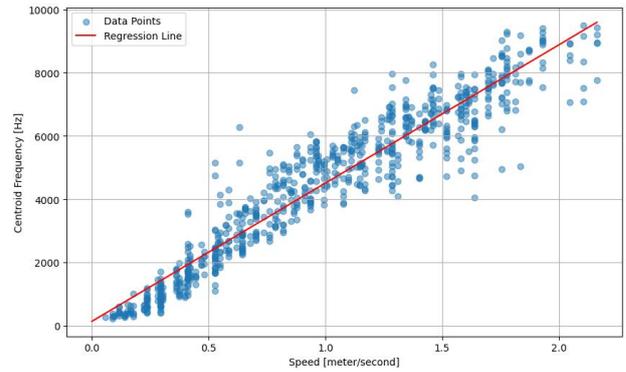


図 8: 速度と重心周波数における線形回帰直線

4. 結論と展望

本研究では, VR 環境下における新たな UI の入力方法として, 布を擦った際の擦過音が利用可能かを調べるべく, その第一段階として, 指を動かす速さによって擦過音にどのような変化があるのかを調べた. その結果, 布を擦る際の速度と擦過音の周波数ピークの重心には比例関係が存在し, 擦る速度が速いほど, 擦過音の周波数ピークの重心が高周波数帯に位置することが分かった. このことから, 反対に, 入力された擦過音の周波数ピークの位置から指の速度を推定出来る可能性が示された.

以上のことから, 今後の展望として第一に, 擦過音の周波数ピークからの指の速度推定が実際に可能かを確認する必要がある. 次に, PC マウスのような操作を可能にするため, 擦過音から指を動かす方向を判別できるようにする必要がある. 最後に, 擦過音入力による操作が既存のコントローラ操作やハンドトラッキング操作に比べて, どのようなメリット, デメリットが存在するのかを調べる必要がある.

参考文献

- [1] HASAN IQBAL, SEEMAB LATIF, YUKANG YAN, CHUN YU, YUANCHUN SHI : Reducing Arm Fatigue in Virtual Reality by Introducing 3D-Spatial Offset, IEEE Access (Volume: 9), pp. 64085 - 64104, 2021.