

仮想キーボードのための単一振動センサを用いた打鍵時の指判別

鈴木 遥介^{1,†} 梅澤 猛^{2,‡} 大澤 範高^{3,‡}

[†] 千葉大学大学院融合理工学府

[‡] 千葉大学大学院工学研究院

1 はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を利用した拡張・複合現実環境 (AR/MR) において、机などの実平面にオーバーレイした仮想キーボードを用いる文字入力手法 (図1) は、既存配列の仮想キーボードを用いることで独自の入力パターンを用いる手法に比べて短い学習時間で高速な入力が期待できる。



図1 机上に仮想キーボードをオーバーレイしたイメージ図

この手法では、仮想キーボードを打鍵した打鍵した瞬間の検知、その時の手指の位置情報、打鍵した指の判別が必要である。手指の位置情報は、HMD 搭載のカメラを利用した 3D ハンドトラッキングや画像からの位置推定によって取得できる。しかし、カメラの視点からは指と平面の接触点は隠れているため (図2)、これらの位置推定手法では正確な打鍵検知や指判別が難しいという課題がある。

福本らの研究 [1] では、単一の加速度センサを使用したデバイスを手首に装着することで、



図2 HMD からの視点イメージ図

太腿や机に対しての打鍵動作を検出する (指判別は含まない) 機構を開発した。この研究の過程で、どの指で太腿を打鍵したか、手首のどの位置にセンサを付けたかによって得られる周波数特性が変わることが明らかにされている。

この特性を利用することで、両手首への単一のセンサの追加装着のみで、正確な打鍵検知や指判別が可能になると考えられる。

2 振動センサを用いた打鍵時の指判別

福本らの研究では加速度センサが用いられていたが、振動センサでも同様の特性が得られると考え、打鍵の周波数特性を確認する実験を行った。右手首に振動センサを取り付け机上に仮想キーボードがあると仮定して、右手で打鍵したときの各指の打鍵のスペクトルの平均値を図3に示す。特に 1000Hz 以下の周波数帯域において指毎に異なる周波数特性が得られることが確認できる。

本稿では、単一の振動センサを用いて、机表面を打鍵した際の振動の周波数特性からの打鍵検知と指判別の精度について調査した。

Detection of finger tapping solid surface with single vibration sensor for virtual keyboard

¹ Yosuke Suzuki

² Takeshi Umezawa

³ Noritaka Osawa

[†] Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

[‡] Graduate School of Engineering, Chiba University

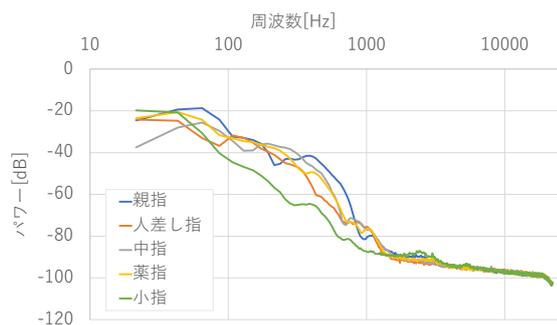


図3 各指の打鍵振動のスペクトルの平均値

3 実験

3.1 実験手順

本研究では、十分な周波数帯域を取得できる振動センサとして咽喉マイク (アイコム HS-97) を使用する。

まず、手首の手の甲小指側にある尺骨茎状突起の下部に咽喉マイクを取り付け、机にキーボードがあるとみなして打鍵する。一定回数打鍵している間録音し、録音したデータから打鍵部分の中心と考えられる時点を手作業で特定し、その時点を含むように窓サイズ w サンプルで抽出してそれらを打鍵としてラベリングする。また、打鍵ではない部分 (無打鍵部分) も同じ長さで抽出し、指 5 本の打鍵と無打鍵の計 6 クラスにラベリングする。

こうして集めたデータをスペクトル解析し、得られたパワースペクトルを特徴量として 6 クラスに分類する。分類には最大深さ $d = 5$ のランダムフォレストを使用する。モデルの評価には 10 分割交差検証を行い、判別精度には Precision と Recall を用いる。

3.2 実験条件

被験者は右利きの 20 代男性 1 名で、右手首にマイクを装着し右手のみで合板製の机を打鍵した。打鍵音をサンプリングレートが 44.1kHz、32bit 浮動小数点型の wav 形式で録音し、抽出音声窓サイズは $w = 2048(46\text{ms})$ とした。

データは、抽出の方法の特性に依存させないために開始位置を 1 サンプルずつ前後 50 ずつ

ずらすことで一つの打鍵から 101 個のデータを抽出する。各指 200 件ずつの打鍵から指一本当たり $f = 20200$ 件、無打鍵のデータを f 件、合計 $n = 6f = 121200$ 件を抽出した。

Hann 窓を利用した短時間フーリエ変換によって得られる振幅スペクトルから直流成分を除いた 1023 次元を特徴量として学習を行った。

3.3 結果

10 分割交差検証の混同行列と、各指の打鍵と無打鍵の判別精度を表 1 に示す。

表 1 10 分割交差検証の混同行列と判別精度

		正解ラベル						Precision
		親指	人差し指	中指	薬指	小指	無打鍵	
予測ラベル	親指	18117	36	123	1719	39	101	0.90
	人差し指	109	18744	253	2586	274	0	0.85
	中指	417	113	19243	982	6	0	0.93
	薬指	735	729	469	14168	1195	0	0.82
	小指	822	578	112	745	18585	380	0.88
	無打鍵	0	0	0	0	101	19719	0.99
Recall		0.90	0.93	0.95	0.70	0.92	0.98	

4 考察

表 1 より、全てのクラスについて 0.70 以上の判別精度が得られており、ランダムな判別であるときに得られるであろう 0.166 より大きな値であるので、打鍵検知と指の判別が可能であることが示唆された。特に、無打鍵の判定については Precision、Recall とともに 0.98 以上となっており、打鍵検知については高い精度で可能であるといえる。

5 まとめ

単一の振動センサを用いた打鍵検知と指の判定が可能であるかを検証し、打鍵検知が可能であることを示した。

指の判別精度向上のためには、判別精度が低い薬指などが持つ特有の特徴を調査する必要があり、機械学習ではなく深層学習の利用による精度向上なども考えられる。

参考文献

- [1] 福本雅朗, 外村佳伸. "指釘": 手首装着型コマンド入力機構. 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 2, pp. 389-398, feb 1999.