

# 上腕を圧迫することによる脈波制御を用いたウェアラブルデバイス入力インタフェースの設計と評価

秋元優摩<sup>1,a)</sup> 村尾和哉<sup>1,2,b)</sup>

**概要:**本研究では、手首装着型のウェアラブルデバイスの多くに搭載されている脈拍センサを用いて身体の圧迫による血流変化をセンシングすることで、簡易なコマンド入力を可能とするウェアラブルデバイス用の入力インタフェースを提案する。提案手法は、脈拍計測、ピーク検出、ピーク間の時間間隔計算、コマンド送信の4つの処理から構成される。身体を圧迫するパターンの組合せによってコマンドを決定する方式として、4種類の入力方式を提案する。4名の被験者に各入力方式によって複数の選択肢からひとつを決定する実験を実施し、精度および入力に要した時間を評価した。その結果、短い圧迫を複数回行う方式より、長い圧迫を一度行う方式の方が入力に要する時間が短く、正確で、ユーザの負担が軽いことがわかった。

## 1. はじめに

スマートウォッチや活動量計などさまざまなウェアラブルデバイスが開発され、広く一般に普及しつつある。ウェアラブルデバイスは身体に装着するためハンズフリーであり、他の作業に影響を与えずに装着者のデータを取得したり、作業と平行して情報の閲覧などに利用できる。労働者管理や生産性向上につながると考えられており、工場などのビジネスの現場でも活用されている。

ウェアラブルデバイスには情報提示装置と入力装置を兼ねたタッチディスプレイを搭載している機種があるが、身体に装着する特性上そのサイズは1.5インチ程度と小さい。そのため、スマートフォンと同様のQWERTYキーボードやフリック入力による文字入力、タッチによる選択操作ではタッチする領域が小さく、操作ミスが発生しユーザビリティが低下する。また、自分自身の指がブラインドとなりタッチする領域が見えずに操作が困難となるFat finger問題[3]も小型のディスプレイでは影響が大きい。

ウェアラブルデバイス、特にスマートウォッチ向けのインタラクション手法はこれまでに複数提案されている。たとえば、スマートウォッチの周囲に笛のような空洞が空いた枠を取り付けて、息を吹きかけることで吹きかけた方向などを推定する手法[1]などが提案されている。しかしながら、これらの手法は音や振動を発生させるため、周囲に迷惑がかかる可能性があり、また環境音によって精度が低

下するという問題がある。また、腹囲を用いた秘匿入力手法の研究[2]は音や振動は発生しないが、腹囲を取得するデバイスを追加で身体に装着する必要がある。

本研究では、多くのスマートウォッチにすでに搭載されている脈波センサ(PPGセンサ、光電脈波センサ)を用いて、上腕の圧迫による血流変化をセンシングすることで、スマートウォッチに対して簡易なコマンドを入力するウェアラブルデバイス入力インタフェースを提案する。本研究の優位性として、音や振動などは発生しないため周囲に影響を与えることはなく、また、周囲の影響を受ける媒体を使用しない点が挙げられる。これにより、混雑したバスや電車などの公共機関、会議中など音を発生させることが困難な状況でも周囲に迷惑をかけることなく、周囲の騒音が大きい状況でも影響を受けず、また周囲の人間に操作内容あるいは操作していること自体に気づかれることなく、文字入力や項目選択などの操作を行うことができる。さらに、既に多くのデバイスに搭載されている脈波センサを用いるため、追加のデバイスを必要としない点も提案手法の利点として挙げられる。市販のスマートウォッチにアプリをインストールするだけで提案手法を利用できる。手で上腕を圧迫することで手首に装着したウェアラブルデバイスとのインタラクションを行うが、圧迫は数秒間軽く握る程度でよいため痛みは無く、身体的負担は極めて小さい。

## 2. 提案手法

ユーザーは自身の手首に脈波センサが搭載されたウェアラブルデバイスを装着していると想定する。提案手法は、脈波計測、ピーク検出、ピーク間の時間間隔計算、コマン

<sup>1</sup> 立命館大学大学院情報理工学研究所

<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ

<sup>a)</sup> yuma.akimoto@iis.ise.ritsumei.ac.jp

<sup>b)</sup> murao@cs.ritsumei.ac.jp

ド送信, の4つの処理から構成される。ピークの検出には, Python の SciPy のパッケージの find\_peaks を使用する。本研究では distance の値は 400 とした。閾値は, 通常時の脈波ピーク値の平均の 80% とし, この閾値を下回るピーク値は削除する。平常時は一定間隔でピークが発生するが, デバイスを装着している方の腕を他方の手で握って圧迫した場合, 脈波は弱くなり, ピークは消失する。連続する2つのピークの時間差を求めて, その時間によってコマンドを発火させる。本研究では検出された圧迫状態の時間の長さの組合せから入力するコマンドを決定する以下の4種類の入力方式を提案する。

- 組合せ方式: 長さの異なる握る動作を3回組み合わせることでコマンドを入力する方式。
- グループ方式: 事前に決められた複数種類のコマンドを可能な限り均等に2つ以上のグループに分けて, 入力したいコマンドが含まれるグループを選択し続けることで1つのコマンドを入力する方式。
- 手動スクロール方式: 画面に表示されたカーソルが, 1回握るごとに一つスクロールして選択と決定を行う方式。
- 自動スクロール方式: 画面に表示されたカーソルが, 握っている間一定速度で自動スクロールして選択と決定を行う方式。

### 3. 評価

被験者4名(A~D, 全員男性, 平均年齢22.4歳)の右手人差し指の指先に pulsesensor.com 製の脈波センサを装着して, Arduino UNO を経由してノートパソコンで脈波を計測した。圧迫に関しては, 被験者が自身の左手で右上腕二頭筋と上腕三頭筋の間を押さえた。サンプリング周波数は約746.2Hzとした。評価方法は, まず各被験者に5分間の説明および練習の時間を設け, その後それぞれの方式でコマンドを入力してもらい, 「入力を指示したコマンド」, 「実際に入力されたコマンド」, 「コマンドの入力までにかかった時間」を記録した。手法の順番は被験者ごとに変え, コマンドは実験主催者がランダムで一つ指示したものを入力した。一つの方式につき4回コマンド入力を行った。実験の結果は, 入力方式ごとにそれぞれ表1, 表2, 表3, 表4に示す。各方式の入力成功率は, 組合せ方式が87.5%, グループ方式が81.25%, 手動スクロール方式が93.75%, 自動スクロール方式が93.75%となった。平均のコマンド入力時間に関しては, それぞれ8.5秒, 8.1秒, 6.85秒, 5.25秒となった。

### 4. おわりに

本研究では, 脈波センサを用いて身体の圧迫による血流変化をセンシングすることで, 簡易なコマンドを実行する手法と, その入力方式として4種類の方式を提案した。

表1 組合せ方式によるコマンド入力の結果

被験者	順番	時間 [秒]			コマンド		結果
		1回目	2回目	3回目	入力	指示	
A	2	4.73	2.05	1.16	when	Thank you	失敗
		5.26	2.17	2.81	who	when	失敗
		1.84	3.78	5.97	what	what	成功
		4.61	1.51	1.65	when	when	成功
B	3	2.02	3.22	4.10	what	what	成功
		3.61	1.54	1.43	when	when	成功
		2.60	2.04	3.33	こんぼんは	こんぼんは	成功
		4.82	5.24	5.17	why	why	成功
C	2	1.62	1.45	2.55	who	ok!	成功
		1.36	1.22	1.56	ok!	ok!	成功
		4.19	4.06	1.64	Thank you	Thank you	成功
		1.19	5.16	1.31	no	no	成功
D	2	3.83	3.47	2.17	Thank you	Thank you	成功
		1.82	2.14	3.99	こんぼんは	こんぼんは	成功
		1.00	2.20	1.15	ok!	ok!	成功
		3.13	3.10	4.04	why	why	成功

表2 グループ方式によるコマンド入力の結果

被験者	順番	時間 [秒]			コマンド		結果
		1回目	2回目	3回目	入力	指示	
A	3	1.18	1.96	2.41	no	ok	失敗
		1.56	5.60	1.50	こんぼんは	こんぼんは	成功
		4.48	1.61	2.23	when	when	成功
		1.58	1.46	2.00	ok!	ok!	成功
B	4	2.58	1.48	3.92	no	no	成功
		3.72	3.42	5.33	why	why	成功
		1.21	3.93	2.02	こんぼんは	こんぼんは	成功
		3.31	2.15	1.47	when	when	成功
C	3	2.07	3.75	2.92	what	こんぼんは	失敗
		4.14	1.40	1.08	when	when	成功
		1.24	1.45	4.43	NO	NO	成功
		3.75	1.43	5.48	who	who	成功
D	1	4.20	1.31	4.29	who	who	成功
		3.21	4.66	1.04	Thank you	Thank you	成功
		1.15	1.59	1.27	ok!	ok!	成功
		3.79	2.81	6.46	who	why	失敗

表3 手動スクロール方式によるコマンド入力の結果

被験者	順番	時間 [秒]				コマンド		結果
		1回目	2回目	3回目	4回目	入力	指示	
A	1	1.28	1.76	1.30		what	what	成功
		3.00				what	why	失敗
		2.00	2.10	1.24	5.51	Thank you	Thank you	成功
		5.63				ok!	ok!	成功
B	2	6.56				ok!	ok!	成功
		1.11	3.98			why	why	成功
		2.08	2.13	2.28	4.36	Thank you	Thank you	成功
		1.83	1.52	4.84		what	what	成功
C	1	1.44	1.55	1.48	3.48	Thank you	Thank you	成功
		1.44	3.89			why	why	成功
		4.79				ok!	ok!	成功
		1.21	1.39	3.16		what	what	成功
D	3	2.66	1.34	1.41	3.73	Thank you	Thank you	成功
		5.45				ok!	ok!	成功
		1.81	1.71	6.53		what	what	成功
		1.17	5.47			why	why	成功

表 4 自動スクロール方式によるコマンド入力の結果

被験者	順番	時間 [秒] 1 回目	コマンド		結果
			入力	指示	
A	4	5.68	why	why	成功
		6.19	yes	yes	成功
		3.95	no	no	成功
		4.84	what	what	成功
B	1	6.84	no	no	成功
		6.82	yes	why	失敗
		4.25	what	what	成功
		6.32	yes	yes	成功
C	4	5.21	why	why	成功
		4.21	what	what	成功
		6.20	yes	yes	成功
		3.68	no	no	成功
D	4	4.68	what	what	成功
		5.14	why	why	成功
		6.93	yes	yes	成功
		3.09	no	no	成功

**謝辞** 本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業さきがけ(JPMJPR1937)の支援を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] G. Reyes, D. Zhang, S. Ghosh, P. Shah, J. Wu, A. Parnami, B. Bercik, T. Starner, G.D. Abowd, W.K. Edwards, “Whoosh: Non-voice Acoustics for Low-cost, Hands-free, and Rapid Input on Smartwatches,” In Proc. of the 20th International Symposium on Wearable Computers (ISWC2016), pp. 120–127, 2016.
- [2] H. Sumitomo, T. Katayama, T. Terada, M. Tsukamoto, “Implementation and Evaluation on a Concealed Interface using Abdominal Circumference,” In Proc. of the 5th Augmented Human International Conference (AH2014), pp. 1–8, 2014.
- [3] K.A. Siek, Y. Rogers, K.H. Connelly, “Fat Finger Worries: How Older and Younger Users Physically Interact with PDAs” In Proc. of the Tenth International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT’05), pp. 267–280, 2005.