This article is a technical report without peer review, and its polished and/or extended version may be published elsewhere.

第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集（2021 年 9 月）

ウェアラブル嗅覚ディスプレイにおける呼吸同期匂い提示の検討

羽生雪子 [1)]，中本高道 [2)]
Yukiko HANYU and Takamichi NAKAMOTO

1) 東京工業大学（〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, hanyu.y.ab@m.titech.ac.jp）
2) 東京工業大学（〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, nakamoto@nt.pi.titech.ac.jp）

概要：嗅覚ディスプレイはユーザーに匂いを提示する装置であるが、香料が香料の流路に吸着することにより、匂いを提示していない時間にもユーザーが匂いを感じる残臭が問題である。この問題を解決する一つの方法として、匂いの提示効率を高め、使用する香料の量を減らすことが挙げられる。本論文では、呼吸と同期した匂い提示を目指すべく、ウェアラブル嗅覚ディスプレイに呼吸センサを導入する試みについて報告する。

キーワード：呼吸センサ、ウェアラブル嗅覚ディスプレイ、残臭

1. はじめに

人間は五感を通じて外界の情報を収集しており、例えば VR などのユーザーにリアリティのある情報を提供する状況では、五感全ての情報を利用することで没入感を高めることができる。

我々は五感の中でも嗅覚をテーマに研究を行っており、嗅覚情報を提示する装置である「嗅覚ディスプレイ」をいくつか開発してきた[1]。その中でも、本研究では HMD に取り付けて視聴覚コンテンツと連動した匂いを提供することができる[2]、ウェアラブル型の嗅覚ディスプレイを使用している。

本嗅覚ディスプレイはまだ改善の余地があり、現状最も大きな課題は残臭である。人間は空気中の匂い分子を鼻で受け取ることで匂いを知覚する。そのためユーザーの鼻周りに匂い分子を届けるよう嗅覚ディスプレイ設計しているのだが、香料の流路に匂い分子が残留してしまい、意図しない匂いをユーザーが感じることがある。この問題を解決する方法として、以前取り組んだ筐体へのテフロンコーティング[3]の他に、匂いの提示効率を上げ、デバイスに残留する香料を減らすことを検討している。提示効率を高める方法としては、呼吸に連動した香料の射出制御を予定しており、本研究ではその前段階として嗅覚ディスプレイへの呼吸センサ導入について取り組んだ結果を報告する。

2. ウェアラブル嗅覚ディスプレイの構造

まず使用した嗅覚ディスプレイの構造を簡単に説明する。図 1 がその構造図であり、筐体の手前カーブがユーザーの鼻を位置する場所になる。

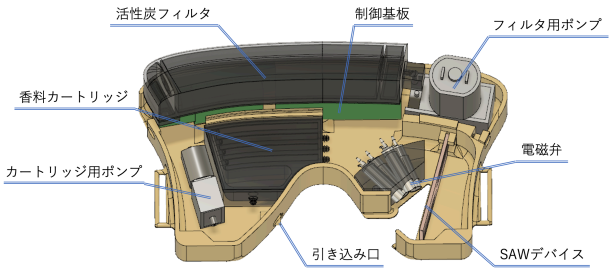

図 1：ウェアラブル嗅覚ディスプレイの構造図

香料は液体状でカートリッジに格納され、ポンプからの圧力で液滴射出電磁弁へ到達する。電磁弁は SAW(Surface Acoustic Wave)デバイスに向かって香料の液滴を射出し、SAW デバイスはこれを瞬時に霧化して図 1 の右から左へ鼻を横切るように匂いを提示する。提示済みの匂いは引き込み口からポンプによって活性炭フィルタへ回収され消臭される。

3. 近赤外光を利用した呼吸センサ

3.1 動作原理

本研究では呼吸を検知する方法として、呼気に水分が多く含まれている点に着目し、水によって吸収される波長の光を利用した呼吸センサ[4]を用意した。

水が吸収する光の波長は 1.45 μm と 1.94 μm にピークを持ち、太陽光などの影響を考慮してピーク発光波長が

© 2021 日本バーチャルリアリティ学会

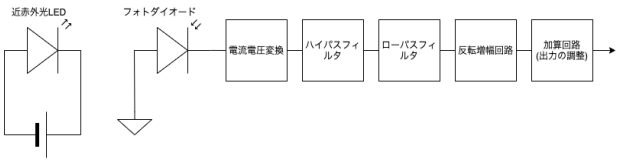

図 2：呼吸センサ回路の概略

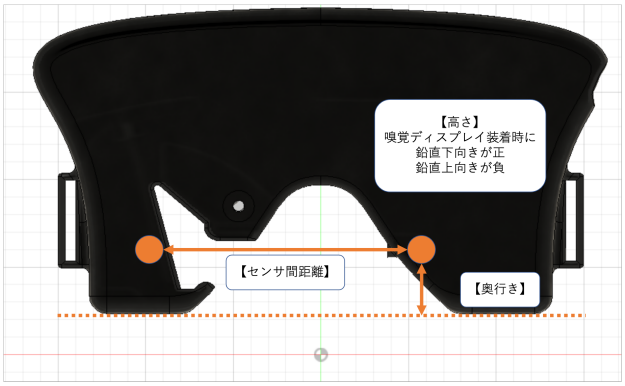

図 3：位置パラメータ

1.45 μm の赤外 LED(浜松ホトニクス, L10660-01)を光源として採用した。受光側は 1.5 μm 帯で低 PDL を実現している InGaAs PIN フォトダイオード(浜松ホトニクス, G3870-83)を採用した。フォトダイオードは受光すると電流を生じ、水分を多く含む呼気に応じて電流が下がり、水分の少ない吸気に応じて電流が上がる。

3.2 計測回路

フォトダイオードの出力は数 μA であるため、その出力は適切に増幅する必要がある。また、呼吸以外によるノイズを削減するためのフィルタ(0.1～4.8Hz 以外の信号をカット)も用意し、図 2 のような回路をセンサに接続して使用する。反転増幅回路は出力電圧の振幅調整を行うための回路で、加算回路は出力電圧がデータ収集に使用した Arduino Uno の計測可能範囲に収まるよう調整するためのものである。

表 1：センサ設置位置の候補パラメータ[cm]

奥行き	センサ間距離	高さ
0	7.5	0
0.5	7.5	0.5
0.5	7.5	1

4. 嗅覚ディスプレイへのセンサ導入に向けた予備調査

この呼吸センサを嗅覚ディスプレイに導入するにあたって、次の 2 点を満たすセンサの設置位置を探す必要がある。

A) 適切な呼吸データが取得できる
B) SAW デバイスからの香料の霧が、呼吸検出のノイズにならない

そこでまずは A の条件を満たす位置を探し出し、その場所で B の条件も満たすかどうか調査を行うことにした。

センサの設置位置は図 3 のように、以下の 3 つのパラメータで定義する。

① 奥行き
② センサ間距離
③ 高さ

②のセンサ間距離は短ければ短いほどノイズを減らせるため、可能な限り短く設定する。

さまざまなパラメータ値で呼吸のデータを取得したところ、高さに関しては 1cm 以上になると鼻からの距離が遠くなり、安静時の呼吸データ収集が困難になることがわかった。そこで高さを 0cm, 0.5cm, 1cm の場合に限定し探索を進めると、各高さに対して表 1 のパラメータでは判定

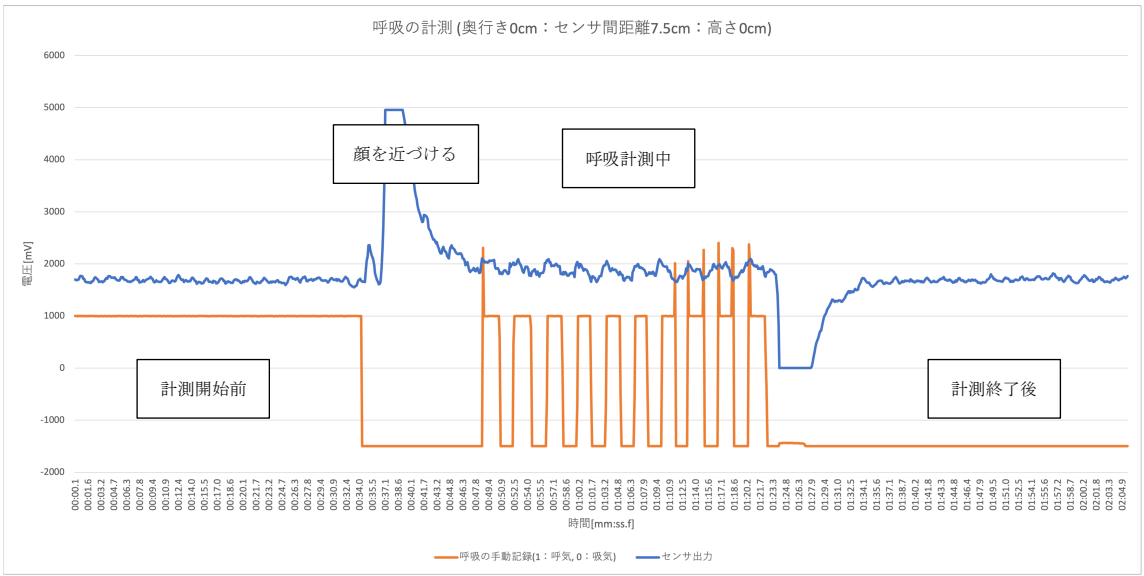

図 4：呼吸計測結果

ⓒ 2021 日本バーチャルリアリティ学会

可能な呼吸データが取得できることがわかった。

図 4 は、奥行き 0cm, センサ間距離 7.5cm, 高さ 0cm のときの計測結果である。呼吸が検出できているかを知るために、図のオレンジの矩形波のように、センサでの計測に併せて手動でスイッチを切り替えることで呼吸の記録を行なっている。

フォトダイオードの出力は、呼気で下降し吸気で上昇するが、計測回路で奇数回正負が反転されるため、最終的な出力は呼気で上昇し吸気で下降する。図 4 の 2 つの波形を比較すると、オレンジの矩形波の上下に合わせて青いセンサ出力も同様に上下する傾向が見られる。本回路はまだノイズ対策が十分ではないため、それを改善すればよりはっきりと呼吸に対応した波形を得ることができると期待される。

A の条件を満たす複数のパラメータを得たため、次はこのパラメータにおいて B の条件も満たすかどうか調査を続ける予定である。

5. まとめ

本研究では、ウェアラブル嗅覚ディスプレイの課題である残臭を匂いの提示効率を上げる切り口で解決すべく、呼吸センサを導入する試みについての現状を報告した。近赤外光を用いた呼吸センサによって、嗅覚ディスプレイ上の複数の位置で呼吸の計測が可能であることがわかり、提示される香料が呼吸計測の妨げとならないかどうかを今後検討の上、呼吸センサの組み込みを目指していくところである。

謝辞　本研究の一部は、科学研究費(JP21H04889)の支援を受けた。

参考文献

[1] 安田雄大, 中本高道 : 液滴霧化装置を用いた 20 成分調合型嗅覚ディスプレイの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第 24 回大会論文集, 2D-05, 2019.

[2] T. Nakamoto, T. Hirasawa, Y. Hanyu : Virtual environment with smell using wearable olfactory display and computational fluid dynamics simulation, IEEE Virtual Reality, 713-720, 2020.

[3] 羽生雪子, 中本高道 : ウェアラブル嗅覚ディスプレイの残臭低減方法の検討, 日本バーチャルリアリティ学会第 25 回大会論文集, 3D1-6, 2020.

[4] http://oshiro.bpe.es.osaka-u.ac.jp/thesis/bachelor/2009/kondo.pdf, 2021 年 7 月 19 日確認.

ⓒ 2021 日本バーチャルリアリティ学会