

人間情報学会

Academy of Human Informatics



第43回人間情報学会講演集

2022年12月16日

オンライン開催

人間情報学会 オーラルセッションプログラム

◆日時：令和 4 年 12 月 16 日（金） 11:30-13:00

◆場所：ウェブ会議システムにて

.....
1 件あたり発表 8 分，質疑 4 分，切り替え 1 分（計 13 分）

翻訳読み上げにおいて発話者の感情を調整して反映するコミュニケーションアバター

鈴木智也，田谷昭仁，戸辺義人

人間情報に基づいた水分補給タイミング支援システムと検証

元川錦，横窪安奈，ロペズギョーム

機械学習による心拍変動を用いた体調悪化判別の試み

玉城大生，吉満孝二，小野智司

新しい発見を与える MR 情報共有システムの実装と評価

後藤淳志，谷中健大朗，高汐一紀

仮想現実での眼精疲労軽減システムの開発

龔青宇，谷中健大朗，高汐一紀

ウェアラブル生体情報計測を活用した各種呼吸法のストレス軽減効果の評価検討

権義哲，保倉由佳，前田徳一，安部勝之，辻井彰司，駒澤真人，板生研一

生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究

ーその 1 個室空間，オープン空間でのストレス比較ー

高橋未樹子，武智韻葉，小倉玄，駒澤真人

【オーラルセッション概要集】（全 6 件）

1. 翻訳読み上げにおいて発話者の感情を調整して反映するコミュニケーションアバタ

発表者：鈴木智也(1)，田谷昭仁(2)，戸辺義人(3)

(1) 青山学院大学大学院 理工学研究科 理工学専攻

(2) 東京大学 生産技術研究所

(3) 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科

概要：バーチャルアバタによるコミュニケーションは自動翻訳の発展もあり国内外を問わない方法の一つとして普及しつつある。しかし、自動翻訳との組合せは話者の表情反映と翻訳文章の読み上げに時間差が発生してしまう。この課題を解決するため話者の発話感情を保存し読み上げ音声やアバタに適応させ、遅延時間を考慮するバーチャルアバタへの感情反映を提案する。翻訳までにかかる時間とバーチャルアバタへの反映の時間差を考慮し、話者が発話したタイミングでカメラから取得し保存している話者の感情情報をもとに、翻訳読み上げ音声とバーチャルアバタの表情を設定し、翻訳読み上げ音声の発話タイミングで反映を行う。感情反映結果を観察するため、システム稼働実験と感情反映結果の評価とシステム利用想定に対してのアンケートを行った。結果からは表情から推定される感情は、問題なく読み上げに利用できる可能性があることがわかった。

2. 人間情報に基づいた水分補給タイミング支援システムと検証

発表者：元川錦(1)，横窪安奈(1)，ロベズギヨーム(1)

(1) 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科

概要：本稿では人間情報に基づいた水分補給支援システムを開発し、システムユーザーの人間情報に基づいた支援がされているか評価実験を通して検証を行った。実験結果から提案システムを使用することで、ユーザーの周辺環境や人間情報に基づいた支援が確認された。加えて、システムを使用した場合と使用しない場合の水分補給量を比較したところ、システムを使用することで水分摂取量が増えることが確認できた。今後の展望として、心拍数以外の人間情報を用いることで、よりユーザーに合わせた支援ができるシステムへ改良を進めていく。

3. 機械学習による心拍変動を用いた体調悪化判別の試み

発表者：玉城大生(1), 吉満孝二(2), 小野智司(1)

(1) 鹿児島大学大学院 理工学研究科

(2) 鹿児島大学 医学部 保健学科 作業療法学専攻

概要：本研究では、機械学習による心拍変動を用いた疾患を特定しない体調悪化の判別を試みる。先行研究においても体調悪化判別に関する研究は行われているものの、判別には様々なバイタルサインが必要であり、心拍変動のみを用いた検証は行われていない。スマートウォッチなどで取得可能な心拍変動のみから健康状態を監視することができれば、より簡便な装置を用いた高度なヘルスマニタリングが実現できると考える。MIMIC-III データセットより作成したデータセットを対象に、Supervised Time Series Forest (STSF) を含む複数の機械学習モデルを用いて検証した結果、心拍変動に基づく特徴量から体調悪化を判別できる可能性が示唆された。

4. 新しい発見を与える MR 情報共有システムの実装と評価

発表者：後藤淳志(1), 谷中健大朗(1), 高汐一紀(2)

(1) 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

(2) 慶應義塾大学 環境情報学部

概要：近年、複合現実技術を用いてユーザの視線の情報から新たな偶発性を生む情報提示を行うための研究が行われている。しかし、人間の空間認知機能には中心視野だけでなくその周辺視野も大きく関わっていることがわかっている。本稿では、実際に複合現実を用いて特定の視野にある物体と関連性が高い仮想情報を表示する情報共有システムを作成し、偶発性のある情報を提供できているか実験を行った。

5. 仮想現実での眼精疲労軽減システムの開発

発表者：龔青宇(1), 谷中健大朗(2), 高汐一紀(3)

(1) 慶應義塾大学 総合政策学部

(2) 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

(3) 慶應義塾大学 環境情報学部

概要：Virtual Reality(VR)は、仮想現実と言い、現実には存在しないものを知覚できる技術である。しかし、VR を用いた体験はめまいや全身倦怠感を引き起こし、長期間使用により眼精疲労が生じる。本研究の目的は、眼精疲労軽減システムの実装により目の疲れを緩和することである。現実空間と VR 空間での目の疲労度を比較し、VR 空間での瞬き数が減少していることにより VR 環境での目の疲労度が高いことが示唆された。

6. ウェアラブル生体情報計測を活用した各種呼吸法のストレス軽減効果の評価検討

発表者：権義哲(1)，保倉由佳(1)，前田徳一(1)，安部勝之(2)，辻井彰司(2)，駒澤真人(3)，
板生研一(3)

(1) 東洋紡株式会社 総合研究所

(2) 東洋紡株式会社

(3) WIN フロンティア株式会社

概 要：本研究では，10 秒呼吸法と本研究で開発した東洋紡方式呼吸法による呼吸法の効果を，心拍変動や血圧による生体情報を活用して評価検討した．その結果，対応のある t 検定では，RMSSD/上の血圧/下の血圧の 3 指標で，東洋紡方式呼吸法の方が優位である可能性が示唆された．一方で，他の交絡要因（性別，年代，普段の呼吸，ベースラインの生体測定値，順序，主観）を加味した重回帰分析を行うと，SDNN においては，10 秒呼吸法の方が良い結果が示唆された．ただし，上の血圧に関しては，東洋紡方式呼吸法の方が，（一部交絡要因を削除すると）良い結果が示唆された．

7. 生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究

－その 1 個室空間，オープン空間でのストレス比較－

発表者：高橋未樹子(1)，武智韻葉(1)，小倉玄(2)，駒澤真人(3)

(1) コマニー株式会社

(2) 株式会社スタートライン

(3) WIN フロンティア株式会社

概 要：本研究は精神障害者が働きやすい執務空間を明らかにすることを目的とし，精神障害者を対象に執務空間の開放度合いによるストレスや作業効率の違いを，生体情報などを用いて比較する．本報では周囲に人がいるオープン空間と，周囲に人がいない個室空間で比較検証を行った．その結果，被験者が好む空間においては，バイタルからもストレスの回復が大きい傾向が見られた．好む空間についてはそれぞれの被験者特性も影響するため，今後の執務空間には選択肢が求められる．

翻訳読み上げにおいて発話者の感情を調整して 反映するコミュニケーションアバタ

鈴木智也¹ 田谷昭仁² 戸辺義人³

¹ 青山学院大学大学院 理工学研究科 理工学専攻 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

² 東京大学 生産技術研究所 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

³ 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

概要

バーチャルアバタによるコミュニケーションは自動翻訳の発展もあり国内外を問わない方法の一つとして普及しつつある。しかし、自動翻訳との組合せは話者の表情反映と翻訳文章の読み上げに時間差が発生してしまう。この課題を解決するため話者の発話感情を保存し読み上げ音声やアバタに適応させ、遅延時間を考慮するバーチャルアバタへの感情反映を提案する。翻訳までにかかる時間とバーチャルアバタへの反映の時間差を考慮し、話者が発話したタイミングでカメラから取得し保存している話者の感情情報をもとに、翻訳読み上げ音声とバーチャルアバタの表情を設定し、翻訳読み上げ音声の発話タイミングで反映を行う。感情反映結果を観察するため、システム稼働実験と感情反映結果の評価とシステム利用想定に対してのアンケートを行った。結果からは表情から推定される感情は、問題なく読み上げに利用できる可能性があることがわかった。

キーワード: コミュニケーション, バーチャルアバタ, 感情推定, 自動翻訳, 読み上げ音声, VR, AR, XR

はじめに

オンラインコミュニケーションは、2020年に流行したCOVID-19の影響もあり、利用が加速している。その中で、自動翻訳や読み上げ音声の技術発達もあり国内外問わずユーザ同士のコミュニケーションは発展している。様々な対人コミュニケーション方法の発展に加え、メタバースの世界的普及に伴い話者の外見をバーチャルアバタで代用することに期待が高まっている[1,2]。

しかし、このバーチャルアバタに自動翻訳や読み上げ音声を組み合わせた利用には反映までの時間差に課題がある。この課題を解決するため、話者の発話感情を保存し読み上げ音声やアバタに適応させ、遅延時間を考慮してバーチャルアバタへ感情反映するシステムを提案する。

提案システム

概要

本システムは1) 音声認識モジュール、2) 感情推定モジュール、3) 会話文翻訳モジュール、4) バーチャルアバタ読み上げモジュールの4つのモジュールから構成されている。マイクからの入力音声は、既存の音声認識APIを用いて話者の発話文として認識される。また、カメラから取得した話者の顔画像は、話者の感情を推定するために使用する。その後、アバタと音声合成ソフトを組み合わせ、話者の発話文章を翻訳した文章を読み上げる。しかし通常、翻訳の処理遅延により、翻訳文を読み上げるタイミングに時間差が生じ

る。そのため、推定された話者の感情が即座にアバタに反映されない。この課題を感情を保存し遅延を考慮した同期を行うことで解決する。

マイク入力時に感情を保存し、遅延させてバーチャルアバタに反映させることで、感情を伝達する。図1に全体の処理の流れを示す。以下に4つのモジュールの詳細を説明する。

システム構造

各モジュールは並列に動作させる必要があるため、独立したプログラムとして実装した。各モジュールはC#をベースに実装し、アバタを利用するためのUnityの実装を組み合わせ、外部システムとして音声認識や感情推定に搭載されているAPIや機械学習に従って、pythonシステムで実装した。

1. 音声認識モジュール

マイクから入力された音声認識システムを起動する。本研究では、既存の音声認識APIであるGoogle Cloud Speech-to-Text [2]を利用した。Google Cloud Speech-to-Textはマイクから入力された発話文を推測し、推測した文章を判定し、その時点で改行してログファイルに各文章を保存する。無音時間が一定時間を超えると、発話文が終わったと判断し、文の確定を行う。

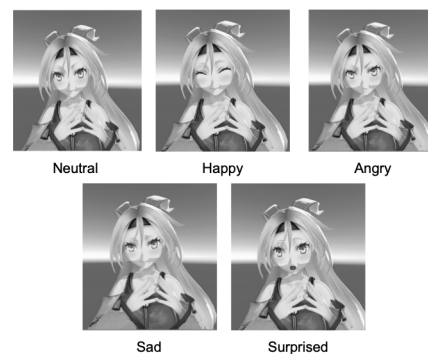


図2 感情に対応したアバタの表情。

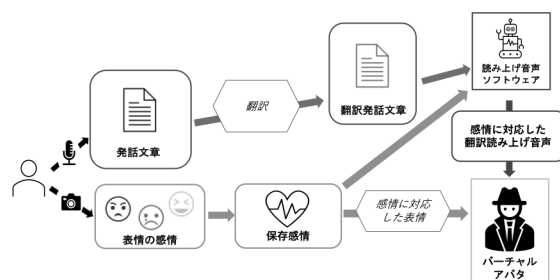


図1 システム概要図。

2. 感情推定モジュール

話者の表情から感情推定を行い、その合成結果を音声合成ソフトウェアに入力する。感情推定の方法として、atulapra が提供する Emotion detection using deep learning [3]を使用する。話者の表情をサンプリング周期 T で撮影し、取り込んだ画像を用いて感情推定を行う。評価では、 T を 1 秒とした。本研究では設定可能な感情である “Angry”, “Happy”, “Neutral”, “Sad”, “Surprised” の 5 種類を使用する。

3. 会話文翻訳モジュール

本モジュールは 1. 音声認識モジュールが認識した文を翻訳する。本研究では、翻訳システムとして Google Cloud Translation [4]を使用する。認識された音声文はログファイルに保存され、各行毎に翻訳を行う。ログファイルは n 秒毎に更新が確認され、更新が確認された後、更新された文毎に翻訳が行われる。評価として、 n を 0.01 秒に設定し、本研究では翻訳後の文は文法的に正しいと仮定する。

4. バーチャルアバター読み上げモジュール

翻訳された文章と推定した感情を音声合成システムに渡し、起動させる。日本語と英語の両方に対応している音声合成ソフトウェアとして CeVIO AI 弦巻マキ [5]を採用した。

音声認識モジュールが記録しているまだ読まれていない文章を m 秒毎に探しログファイルからテキストを一行ずつ取得し、WAV ファイルを作成し保存する。使用感情は、直近の感情の平均値から各割合を算出している。また、アバタの表情は、最頻の感情から設定している。

本研究では、ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン合同会社が提供するアバターユニティちゃん [6]を使用する。また、本システムでは、オープンライブラリであるリップシンク [7]を採用している、図 2 は、ユニティちゃんの表情から、各感情に対応する表情を抽出したものである。

実験と評価結果

アバタの表情や音声に表現された感情について、ユーザがどのように感じるかの評価を行った。実験では、カメラに向かって指定された感情のような表情を表し、マイクに向かって、あらかじめ設定した台詞と想定される感情ラベルに基づいて台詞の発話を行った。その後、実験後にカメラに映る表情と画面上のアバタの表情の対応関係に着目したアンケートを取った。アンケートの評価は 1～5 点の 5 段階評価とした。アンケート項目を表 1、評価結果を図 3 に示す。

アンケート結果からわかるように、感情によって出現のしやすさが大きく異なることがわかる。これは感情表現方法に個人差があることが影響していると考えられる。これは、感情推定に話者の表情を用いているためだと考えています。また、どの立場から本システムを利用したいかというアンケートを実施したところいずれの立場からでも、本システムを利用したいと回答があった。その結果、「友人」と一緒に使いたいと感じている人が多いことがわかった。この差は、アバタコンテンツの利用経験によるものであると考える。

考察と今後の展望

本システムは、翻訳された話者の発話をアバタが読

表 1 アンケート項目。

Q.1	セリフごとの感情の差異を感じとれましたか	Q.7	初対面の者との会話で使用したいと思うか
Q.2	“Happy” はどれだけ表現できてましたか	Q.8	仕事関係者との会話で使用したいと思うか
Q.3	“Sadness” はどれだけ表現できてましたか	Q.9	友達との会話で使用したいと思うか
Q.4	“Angry” はどれだけ表現できてましたか	Q.10	親族との会話で使用したいと思うか
Q.5	“Surprised” はどれだけ表現できてましたか	Q.11	表情の種類数は妥当だと思うか
Q.6	翻訳読み上げ機能に利便性を感じましたか		

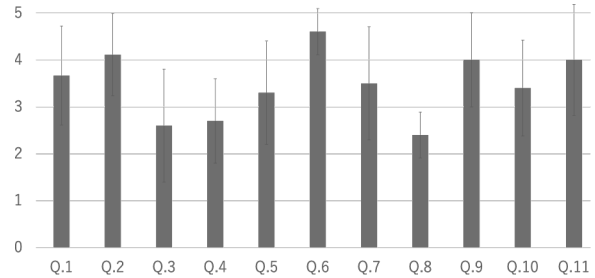


図 3 感情に対応したアバタの表情。

み上げるまでのテキスト翻訳遅延時間を考慮し、感情をバーチャルアバタに反映させるものである。本研究では、話者の表情から感情をアバタの表情と翻訳文を読み上げる音声ソフトウェアに反映させるシステムを検討した。各モジュールを個別で実行できるようにすることで、遅延までに時間差を考慮できた。実験結果からは表情から推定される感情は、問題なく読み上げに利用できる可能性があることがわかった。今後の展望として、フェイストラッキングとの融合や表情以外の音声や文字による感情の利用も検討していく。また、ファイルアクセス方法の改善による遅延時間の短縮についても検討する。

文 献

- [1] Z.L., C.S., J.L., H.S., and D.W., “More kawaii than a real-person live streamer: Understanding how the otaku community engages with and perceives virtual YouTubers.” In Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing, pp. 1–14, 2021.
- [2] T., M.T., V.L.Z., and V.P., “AlterEcho: loose Avatar-Streamer coupling for expressive VTubing.” In: 2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp. 128-137, 2021.
- [3] Google., “Google Cloud Speech-to-Text,” accessed July 2022. <https://cloud.google.com/speech-to-text/>.
- [4] atulapra., “Emotion detection using deep learning,” accessed July 2022. <https://github.com/atulapra/Emotion-detection>.
- [5] Google., “Google Cloud Translation,” accessed July 2022. <https://cloud.google.com/translate>.
- [6] AHS Co. Ltd., “CeVIO AI 弦巻マキ,” accessed July 2022. <https://www.ah-soft.com/commercial/cevio/>.
- [7] Unity Technologies Japan., “ユニティちゃん,” accessed July 2022. <https://unity-chan.c.com/contents/guideline/>.
- [8] Oculus., “Oculus LipSync Unity,” accessed July 2022. <https://developer.oculus.com/downloads/package/oculus-lipsync-unity/>.

人間情報に基づいた 水分補給タイミング支援システムと検証

元川 錦¹ 横窪安奈¹ ロペズギョーム¹

¹ 青山学院大学 〒2525258 住所 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 2 階 O217

概要

水分補給は人間にとって必要不可欠である。一方で、必要な水分量の正確な認識の欠如や水分摂取量の不足が性別年齢問わずに問題視されている。このことから、水分補給状況や発汗、ユーザーがいる環境などの情報を総合的に考慮したシステムで飲水するタイミングをサポートすることが必要かつ効果的である。本稿では人間情報に基づいた水分補給支援システムを開発し、システムユーザーの人間情報に基づいた支援がされているか評価実験を通して検証を行った。実験結果から提案システムを使用することで、ユーザーの周辺環境や人間情報に基づいた支援が確認された。

キーワード： 水分補給 Wearable

はじめに

水は人の生命活動をサポートし、生命維持のために必要不可欠な存在である[1]。近年の健康志向の高まりもあり、水分補給の重要性は広く知られているものの、必要な水分量の正確な認識の欠如や水分摂取量の不足が性別年齢問わずに問題視されている。体内の水分が不足すると、のどの渇きや運動能力の低下だけでなく、熱中症や脳梗塞、心筋梗塞といった死に繋がる病気を引き起こす危険性がある[2]。一方、人間の体は一度に大量の水分を吸収することができず、1 時間あたり 250ml が限界とされている。そのため、ユーザーの水分補給状況に加え、発汗などに関する健康状態や、ユーザーがいる環境の温度・湿度などの環境情報を総合的に考慮したシステムで飲水するタイミングをサポートすることが必要かつ効果的である。本稿では、ユーザーの人間情報と周辺環境情報に基づいた水分補給支援システムを開発し、システムユーザーの人間情報に基づいた支援がされているか評価実験を通して検証を行った。

提案システム

システムは、ユーザーの生体信号をもとにパーソナライズすることで、理想的なタイミングで水分補給を促すことができるボトルキャップシステムである。

システムは、キャップ内側に搭載したセンサでユーザーの水分補給状況を、同じくキャップ内側の環境センサでユーザーの環境（温度・湿度）を、そして装着したスマートウォッチでユーザーの心拍数を測定する。ユーザーの水分補給状態が不足するとアラームが鳴り、水分補給不足を知らせる。システムの構成を図 1 に示す。

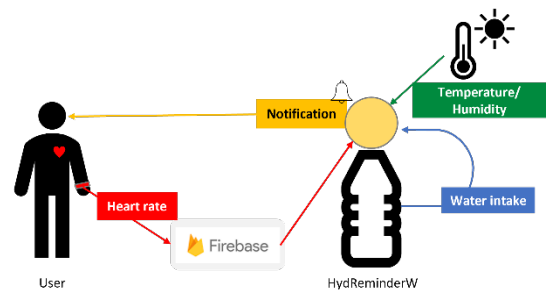


図 1 システム概要
Fig. 1 System overview

評価実験

本研究では、提案システムを使用した際にユーザーの人間情報に基づいた支援が行われているかの確認を評価するために実験を行った。

評価実験では、10 代から 50 代までの男女 10 名を被験者とし、水分摂取量及び水分摂取回数の計測およびユーザーのいた環境の温湿度、心拍数を計測した。

実験では、参加者に提案システムの使用方法を 3 分間説明し、9:00~12:00・13:00~18:00 の計 8 時間普段通りの生活を行ってもらった。提案システムはボトルキャップ型デバイスに搭載されたセンサデータから、ユーザーが定期的に水分補給をしているかどうかをモニターする。そして、ユーザーの水分補給が必要なタイミングでは、水分補給が十分でないことを知らせ、水分補給促す。8 時間の作業後、作業中に消費した水分量をデジタルスケールで計測した。

実験結果

提案システムを使用した際にユーザーの人間情報に基づいた支援が行われているかの確認を評価するために実験を行った。被験者 10 人中で実験期間中に心拍数に大きな変動があった 3 人のデータを図 2、図 3 に示す。結果として、システムはユーザーの心拍数が高い状態の時、平常時に比べてより高頻度で水分補給を促すフィードバックをしていることがわかる。また、ユーザーのフィードバックに対する無視率を比較すると、心拍平常時 51.3%に対し 90~110bpm で 20%、110bpm 以上で 29%であった。このことから、心拍数が平常時

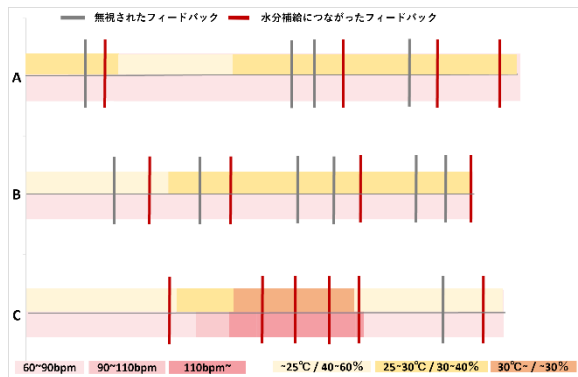


図 2 心拍数に大きな変動のあった被験者における午前中の水分補給必要度とフィードバックの関係

Fig. 2 Relationship between the need for hydration and feedback in the morning in subjects with large fluctuations in heart rate.

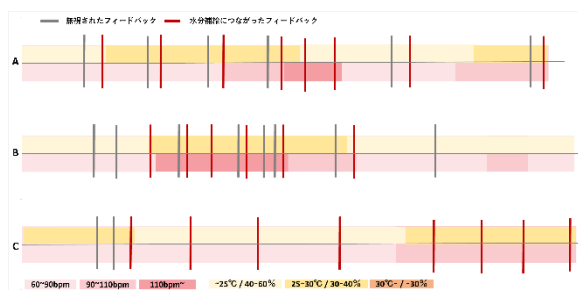


図 3 心拍数に大きな変動のあった被験者における午後の水分補給必要度とフィードバックの関係

Fig. 3 Relationship between the need for hydration and feedback in the afternoon in subjects with large fluctuations in heart rate.

に比べて高いときに、より多くの水分補給を促すことが有効であると考えられる。したがって、心拍数に基づく水分補給支援は有用であることが示された。

まとめ

本稿では、ユーザーの人間情報と周辺環境情報に基づいた水分補給支援システムを開発し、システムユーザーの人間情報に基づいた支援がされているか評価実験を通して検証を行った。

システムは、キャップ型デバイス内側に搭載したセンサでユーザーの水分補給状況を、同じくデバイス内側の環境センサでユーザーのいる環境の温度と湿度を、そして装着したスマートウォッチでユーザーの心拍数を測定する。ユーザーの水分補給状態が不足するとデバイスからアラーム音が鳴り、スマートウォッチの画面に水分補給を促すメッセージを表示し、ユーザーへ水分補給不足を知らせる。

評価実験を通して人間情報に基づいた水分補給支援がされているか確認したところ、システムを使用することでユーザーの心拍状態が高い際にはより高頻度で水分補給を促し、ユーザーの水分補給頻度も増加することが確認された。今後の展望として、心拍数以外の皮膚電位や活動量といった様々な人間情報に基づいた支援を行うシステムへ改良を行い、有用性の検証を行いたいと考えている。

謝辞

本研究は、セコム科学技術振興財団研究助成金の支援を受けて実施した。

文 献

- [1] サントリー, “次世代環境教育「水育人間」と水の関わり”, <https://mizuiku.suntory.jp/kids/study/n004.html>.
- [2] 公益財団法人長寿科学振興財団水は 1 日どれくらい飲めば良いか, <https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/shokuhin-sibun/water.html>.

機械学習による心拍変動を用いた体調悪化判別の試み

玉城大生¹ 吉満孝二² 小野智司¹

¹ 鹿児島大学大学院理工学研究科 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1 丁目 21-40

² 鹿児島大学医学部保健学科作業療法学専攻 〒890-8544 鹿児島県鹿児島市桜ヶ丘 8 丁目 35-1

概要

本研究では、機械学習による心拍変動を用いた疾患を特定しない体調悪化の判別を試みる。先行研究においても体調悪化判別に関する研究は行われているものの、判別には様々なバイタルサインが必要であり、心拍変動のみを用いた検証は行われていない。スマートウォッチなどで取得可能な心拍変動のみから健康状態を監視することができれば、より簡便な装置を用いた高度なヘルスマonitoringが実現できると考える。MIMIC-III データセットより作成したデータセットを対象に、Supervised Time Series Forest (STSF) を含む複数の機械学習モデルを用いて検証した結果、心拍変動に基づく特徴量から体調悪化を判別できる可能性が示唆された。

キーワード: 機械学習 多変量時系列分類 心拍変動 自律神経 体調悪化判別

1. 背景と目的

日本では超高齢化の進行により、病院完結型の医療から、適切なサービスを受けつつ住み慣れた地域で暮らす地域包括ケアシステム等の支援体制が推進されている。このため、病院外での患者の健康管理や状態悪化の早期発見、重症化予防が喫緊の課題となっている。

一方、経時的なヘルスマonitoringの指標として、心拍変動 (Heart Rate Variability: HRV) が近年注目されている。HRV は自律神経活動を反映するバイタルサインであり、心電図上の R 波と R 波の間隔 (RR Interval: RRI) のゆらぎを指す。自律神経系は、体内の多くの臓器を支配し、体内や体外の環境に関する情報を受け取ることで、循環、呼吸、消化、代謝などを制御する。このため、HRV は様々な疾患と関与しており、HRV を用いた疾患判別の研究が行われている。また、HRV はスマートウォッチや医療用ウェアラブルデバイスを用いて常時測定が可能であり、より高度なヘルスマonitoringのための指標としても注目されている。

このため本研究では、機械学習による HRV を用いた疾患を特定しない体調悪化の判別を試みる。HRV から健康状態を監視することができれば、簡便な装置を用いたヘルスマonitoringが実現できると考える。

2. 関連研究

バイタルサインを用いた体調悪化の判別・予測に関する研究として、電子カルテに記録された体温、血圧、心拍数などのバイタルサインを変数に予測が行われているが[1]、HRV のみを用いた検証は行われていない。

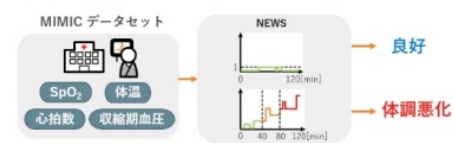
HRV を用いた疾患判別については、睡眠時無呼吸症候群、てんかん発作、心不全などが検証されている[2,3]。これらのように HRV を用いて、特定の疾患を判別・予測する研究は多くみられるが、在宅医療などにおいて対象となるような患者は複数の疾病を罹患している場合が多く、その患者に合わせた疾病・病態ごとの判別・予測モデルを用意することは困難である。

3. 方法

3.1. データセット

本研究では、集中治療室滞在患者のバイタルデータからなる MIMIC-III データセット[4]から良好な状態の患者と体調悪化状態にある患者の心電図を各々2 時間の区間で抜き出し、HRV を算出することでデータセッ

■ アノテーション：NEWSを基にラベル付け



■ 学習データ作成：心電図からHRVを算出

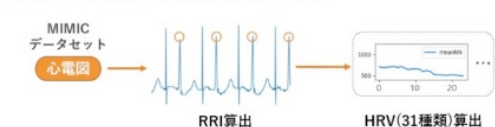


図1 データセットの作成方法

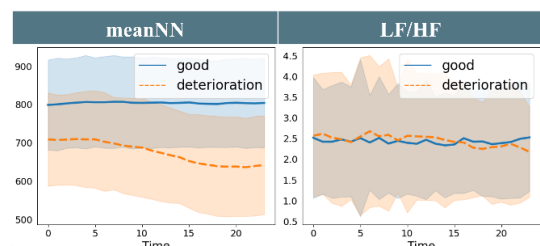


図2 HRV の経時的変化

トの作成を行った。

図1にデータセットの作成方法の概要を示す。健康状態を判断する指標として、臨床現場でも用いられるNEWS (National Early Warning Score) [5]を使用した。NEWSは呼吸数、SpO₂、体温、収縮期血圧、体温、心拍数などから患者の転帰をスコアリングし、予測する早期警戒スコアである。本研究では、呼吸数、SpO₂、収縮期血圧、心拍数からNEWSを算出し、2時間の全区間においてNEWSが最高1点であるデータを良好な状態、2時間の区間における0分～40分区間のNEWSの平均値と80分～120分区間のNEWSの平均値の差が4点以上であるデータを体調悪化状態とした。抽出した心電図については、ChristovのR波セグメンテーションアルゴリズムを用いてRRIの計算を行い[6]、そこから5分間隔毎に31種類のHRVを算出した。

図2に、上記に基づいて抽出した良好・体調悪化状態のデータそれぞれのHRV (meanNN, LF/HF) の平均と標準偏差の経時的変化を示す。実線が良好状態、破線が体調悪化状態のHRVの変化である。

3.2. 機械学習モデル

6 種類の多変量時系列分類 (Multivariate Time Series Classification: MTSC) モデルと画像分類 (Image Classification: IC) モデル 1 種類の計 7 種類の機械学習モデルを用いて判別精度の比較を行った。

MTSC モデルには、距離ベースの手法である kNN-ED, kNN-DTW, 特徴ベースの手法である Time Series Forest (TSF), Supervised Time Series Forest (STSF), アンサンブルベースの手法である HIVE-COTE v2.0, ならびに深層学習モデルである TapNet[7]を使用した。

IC モデルは、新生児のリスク予測を目的とした画像化された胎児心拍数陣痛図を入力とする畳込みニューラルネットワークベースの手法[8]に倣った方式である。TensorFlow Hub で ImageNet による事前学習済みモデルとして公開されている EfficientNetB0 を使用し、転移学習を行った。画像サイズは 224×224 画素とし、標準化処理後の HRV を画像化した。

3.3. 実験設定

3.1.の通りに前処理を行い、抽出したデータをトレーニングデータとテストデータ 8:2 に分割した (表 1)。また、実験は 5 分割交差検証を行い、5 つのモデルの予測確率の平均を算出した。

4. 実験結果

表 2 に各手法の Accuracy, Recall, Precision の値を示す。結果から、非深層学習手法である STSF による判別の精度が最も高いことが示された。これは、学習データのサイズが小さいため、深層学習手法よりも非深層学習手法が有効であったと考える[9]。一方、EfficientNetB0 の判別精度は他の MTSC 手法と比較して低下がみられた。これは、画像変換によってデータサイズが増えたものの本質的な情報量が変わらなかったためと考える。

図 3 に体調悪化として判別に成功した事例のバイタルサインを示す。アノテーションに使用した NEWS は心拍数を含むバイタルサインから健康状態をスコアリングしており、学習データである HRV にも平均心拍数 (meanHR) が含まれる。このため、心拍数に大きな変化が認められる体調悪化データを正しく判別することは比較的容易であると考えられる。一方、図 3 に示す事例は心拍数に大きな変化が認められず、その他のバイタルサインに悪化が認められる事例である。この事例を正しく判別できていることは、HRV が自律神経活動を反映し、疾患を特定しない体調悪化判別の可能性を示唆している。

5. 結論

機械学習を用いて HRV から体調悪化が判別可能であるか検討を行った。結果から、MIMIC-III データセットにおける良好な状態と体調悪化状態にある患者のデータにおいて、HRV に関する特徴のみから体調悪化を判別できる可能性が示唆された。

今後は、データ拡張手法の適用による判別精度向上を目指しつつ、MIMIC-III データセットの妥当性について検討を行う予定である。

文 献

- [1] D.B. da Silva, et al.: DeepSigns: A predictive model

表 1 学習データの内訳

データ数	
Train (良好 : 体調悪化)	440 (220 : 220)
Test (良好 : 体調悪化)	110 (55 : 55)

表 2 モデル毎のテスト結果

task	model	Accuracy	Recall	Precision
MTSC	kNN-ED	0.7164	0.5673	0.8185
	kNN-DTW	0.7091	0.5818	0.7927
	TSF	0.7309	0.7455	0.7258
	STSF	0.7800	0.7309	0.8151
	HIVE-COTE v2.0	0.7564	0.7127	0.7866
	TapNet	0.7345	0.6400	0.8118
IC	EfficientNetB0	0.7083		

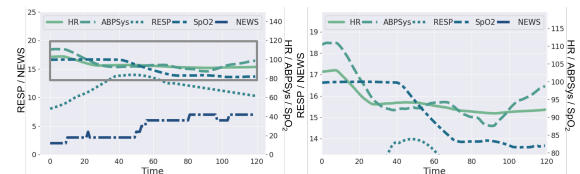


図 3 心拍数が明示的に悪化していないにもかかわらず体調悪化の判別に成功した事例のバイタルサイン。右図は左図で囲まれた範囲を示す。

based on Deep Learning for the early detection of patient health deterioration. J. Expert Systems with Applications, Vol. 165, p. 113905, 2021.

- [2] Iwasaki, A., et al.: R-R interval-based sleep apnea screening by a recurrent neural network in a large clinical polysomnography dataset. Clinical Neurophysiology, Vol. 139, pp. 80-89, 2022.
- [3] Wang, L., et al.: Detection of congestive heart failure based on LSTM-based deep network via short-term RR intervals. Sensors, Vol. 19, No. 7, p. 1502, 2019.
- [4] Johnson, A.E.W., et al.: MIMIC-iii, a freely accessible critical care database. Scientific data, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9, 2016.
- [5] Jones, M.: NEWSDIG: The national early warning score development and implementation group. Clinical medicine, Vol. 12, pp. 501-503, 2012.
- [6] Christov, I.I.: Real time electrocardiogram qrs detection using combined adaptive threshold. Biomedical engineering online, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9, 2004.
- [7] Zhang, X., et al.: Tapnet: Multivariate time series classification with attentional prototypical network. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, Vol. 34, pp. 6845-6852, 2020.
- [8] Mohannad, A., et al.: Predicting high risk birth from real large-scale cardiotocographic data using multi-input convolutional neural networks. Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, Vol. 12, No. 3, pp. 399-411, 2021.
- [9] Ruiz, A.P.: The great multivariate time series classification bake off: a review and experimental evaluation of recent algorithmic advances. Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 35, No. 2, pp. 401-449, 2021.

新しい発見を与える MR 情報共有システムの実装と評価

後藤 淳志¹ 谷中健大朗¹ 高汐一紀²

¹ 慶應義塾大学政策・メディア研究科 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5 3 2 2

² 慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5 3 2 2

概要

近年、複合現実技術を用いてユーザの視線の情報から新たな偶発性を生む情報提示を行うための研究が行われている。しかし、人間の空間認知機能には中心視野だけでなくその周辺視野も大きく関わっていることがわかっている。本稿では、実際に複合現実を用いて特定の視野にある物体と関連性が高い仮想情報を表示する情報共有システムを作成し、偶発性のある情報を提供できているか実験を行った。

キーワード： 情報フィルタリング セレンディピティ 複合現実(Mixed Reality) 視野

1. 研究背景・目的

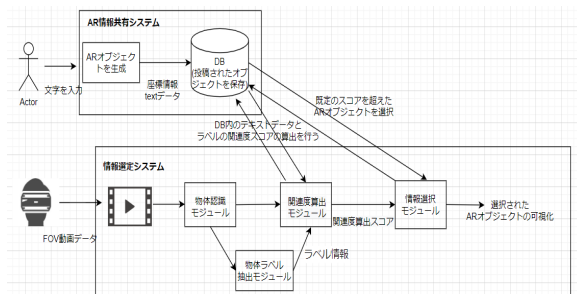
インターネットを通じたコンテンツの情報検索はユーザの様々なコンテキストに応じて行われている[1]。この情報検索の中でユーザはたびたび偶発的に、有益な情報と出会う機会がある。こうした偶発性、セレンディピティは情報検索において情報の精度と同様に重要な指標として認識されている[2]。また、セレンディピティを算出するために様々な研究が行われているが[3-7]、その中で拡張現実技術(Augmented Reality)を用いてユーザが注視した実世界の物体に仮想情報を表示させることによって新たなセレンディピティの創出を目的とした研究が行われている[8-10]。しかし、既存の研究では拡張現実技術(Augmented Reality)を用いて特定の物体に対するラベル付けを行うことで新たな情報と出会う機会を算出することを中心に行われており、ユーザの視野範囲という観点でユーザの特定の視野範囲にある複数の物体に関連する情報を提示することでさらなるセレンディピティを持つ情報提示が可能かどうかについてはまだ明らかになっていない。しかし、人間の空間認知機能には中心視野だけでなくその周辺視野も大きく関わっていることがわかっている[11]。そのためユーザの視線領域を広げた範囲内の物体に関する情報の提示を行うことで、複合現実技術(Mixed Reality)を扱うユーザが意図せず価値を持つ情報に出会う機会が増えることが期待される。しかし、どのような情報がセレンディピティなのかという定義は明確には行われていないため[12]、ユーザ行動変容を的確に分析できるように、表示する情報の種類を絞る必要がある。またセレンディピティはマーケティングの分野でも重要視されており、その中でユーザの購買意欲の変化とセレンディピティとの関係性が高いことが明らかになっている[13]。そのため本稿では、この購買意欲の変動をユーザにセレンディピティが与えられたかどうか判断する指標として用いる。本研究の最終的な目標としては、ユーザの視野範囲に注目し、ユーザが現在注視している1つの物体のみに関する仮想情報を表示させた場合と、ユーザの視野の範囲内にある複数の物に関連した仮想情報から得られる偶発性に差異は生まれるのか、どの視野範囲までの情報を提示することがユーザにとって偶発性のある情報に出会うことができるのかを明らかにすることである。本稿ではその予備実験として、MR 情報共有システムを用いてユーザの視野範囲にある物体と関連する購買意欲を促進させる情報の提示を行い、購買意欲の変動に影響があるかについて調べる実験を行った。

2. 提案手法

2.1 システム構成

システム構成図を図1に示す。

システム概要としては、Holorens2 と呼ばれる Mixed



Reality デバイスのFOV(Field of view)映像データを Holographic Remoting と呼ばれる Hololens2 上の映像データを PC と共有するサービスを用いて、PC 上でフレームごとの物体認識を行い、画面内にある物体のラベル情報を保存し、保存されたラベル情報と空間内にある AR オブジェクトのテキストの関連度を算出する。関連度の算出には NTT コミュニケーションズ社の提供する、CotohaAPI を用いた。これを用いてテキスト間での類似度算出スコアが算出されるため一定の値を超えた場合に、該当する AR コンテンツを表示するような設計を行った。

図 1. システム構成図

2.2 提案手法について

従来の研究では現実空間の物体に特定のラベルを付けることによる情報提示手法が主に行われている[8-9]。本稿が用いる手法としては、特定の物体にラベル付けを行うのではなく、空間内の好きな場所に AR ラベルの貼り付けを行うことを可能とする AR 情報共有システムを作成し、FOV(Field of view)映像データをユーザの視野範囲と見立て、ユーザの視野範囲にある物体と関連のあるコンテンツを表示させる。これにより、特定の物に対して情報の提示が行われるのではなく、現実空間に存在する物体が変わることで表示される AR コンテンツが変わり、その結果偶発性のある情報提示を行うことを目的とする。

3. 実験の結果と考察

3.1 実験準備

実験準備として、ユーザに現実世界で見せる物体として 3 つの果物(バナナ, オレンジ, リンゴ)を用意した。これらは、普段から被験者が味をよく知っているか、味の種類(甘い, 苦い等)に大きな差がないかを考慮してい

る. また,AR 空間上に 6 つのテキストデータを入力し空間上に配置する.この 6 つのテキスト内容はそれぞれ 2 つずつ実験に使う物体に関連した内容が入力されており,このテキストデータの内容としては,健康意識と購買意欲に大きな関係性があるという研究[14]から,その果物が人間の健康状態にどう影響を与えているかに関する内容を書くことによって購買意欲を変化させることができたかの比較検証を行い,ユーザにとって新しい情報が提示された結果購買意欲が変化したのかというセレンディピティの評価するための評価指標として扱う.

3.2 実験内容

実験内容としては,初めに被験者に用意した 3 つの食品のうちどれが欲しいか 1-3 の範囲で順位付けを行ってもらう.その後本システムを用いて,最初にユーザが 1 番ほしいと思った果物を,その次に欲しかった果物と順にユーザの視界内に移るように果物を置いていき,システムによって提示された情報を見てもらう.その後自分が欲しいものかに変化したかを確認するために実験後の順位付けを行ってもらう.図 2 は実際に被験者が 3 つの物体全てを見たときに情報が AR 空間で提示されているときの視点の画像である.

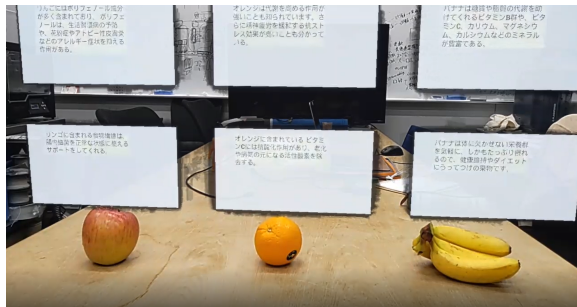


図 2 被験者の視点

3.3 実験結果

実験は室内で行われ,参加者は 5 名(内男性 4 名女性 1 名)であった. 図 3,4 は,実験前の被験者が順位付けした果物に対する順位付けと実験後に被験者が果物に対して順位付けした際の順位結果を棒グラフにしたものである.

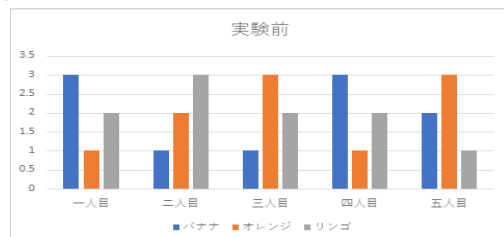


図 3 実験前の果物に対する順位付け

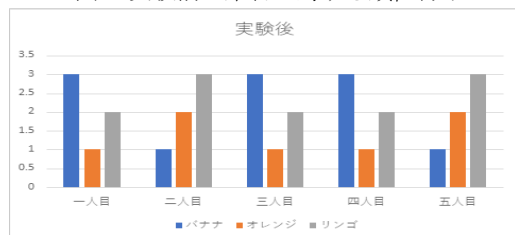


図 4 実験後の果物に対する順位付け

3.4 考察

結果としては 5 名中 2 名の順位付けが変化しており,

空間内の物体に対して情報提示を行うことが,ユーザに新たな発見を与えることができる可能性を見出すことができた. しかしながら今食べたいものにはこの情報では影響がないという意見もあったため表示する情報を見直す必要があるようにも思われる.

4. 今後の課題

現在は FOV 映像全体をユーザの視野範囲としてとらえているが,果たしてどの視野範囲までにある物体に関連する情報を提示することが,ユーザにとってノイズにならない範囲での発見を与える情報提示を行うことができるか検討する. またその際に提示する情報について,どのような情報を提示すべきか検討する必要がある.

文 献

- [1] Lumsden, Joanna, ed. "Emerging perspectives on the design, use, and evaluation of mobile and handheld devices." (2015).
- [2] Chen, Li, et al. "How serendipity improves user satisfaction with recommendations? a large-scale user evaluation." *The world wide web conference*. 2019.
- [3] Kawamae, Noriaki. "Serendipitous recommendations via innovators." *Proceedings of the 33rd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*. 2010.
- [4] Zhang, Yuan Cao, et al. "Auralist: introducing serendipity into music recommendation." *Proceedings of the fifth ACM international conference on Web search and data mining*. 2012.
- [5] Gaurav Pandey, Denis Kotkov, and Alexander Semenov. "Recommending Serendipitous Items using Transfer Learning." (2018.)
- [6] Niu, Xi, et al. "Surprise me if you can: Serendipity in health information." *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2018.
- [7] Xi Niu. "An Adaptive Recommender System for Computational Serendipity." In *ICTIR 2018*.
- [8] Vazquez, Christian David, et al. "Serendipitous language learning in mixed reality." *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. 2017.
- [9] M. Weerasinghe, V. Biener, J. Grubert, A. J. Quigley, A. Toniolo, K. C. Pucihar, and M. Kljun. "Vocabulary: Learning vocabulary in ar supported by keyword visualisations." (2022)
- [10] Huang, Jizhou, et al. "Learning to recommend related entities with serendipity for web search users." *ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing (TALLIP)* 17.3 (2018): 1-22.
- [11] Lukavský, J. "Scene categorization in the presence of a distractor." *Journal of Vision*, 19(2), 6. (2019).
- [12] Akiyama, T., Obara, K., Tanizaki, M.: "Proposal and evaluation of serendipitous recommendation method using general unexpectedness." (2010)
- [13] Song, H.G., Chung, N. and Koo, C. "Impulsive Buying Behavior of Restaurant Products in Social Commerce: A Role of Serendipity and Scarcity Message." (2015).

仮想現実での眼精疲労軽減システムの開発

龔青宇¹ 谷中健大朗² 高汐一紀³

¹ 慶應義塾大学総合政策学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5 3 2 2

² 慶應義塾大学政策・メディア研究科 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5 3 2 2

³ 慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5 3 2 2

概要

Virtual Reality (VR) は、仮想現実と言い、現実には存在しないものを知覚できる技術である。しかし、VR を用いた体験はめまいや全身倦怠感を引き起こし、長期間使用により眼精疲労が生じる。本研究の目的は、眼精疲労軽減システムの実装により目の疲れを緩和することである。現実空間と VR 空間での目の疲労度を比較し、VR 空間での瞬き数が減少していることにより VR 環境での目の疲労度が高いことが示唆された。

キーワード： バーチャルリアリティ 眼精疲労 目の保護

1. 研究の背景

Virtual Reality (VR) は、仮想現実と言い、現実には存在しないものを知覚できる技術である。しかし、VR の経験はめまいや全身倦怠感を引き起こし、長期間使用すると吐き気や VR めまい [1] という症状を引き起こす。それだけではなく、VR 技術を体験するヘッドマウントディスプレイ (HMD) は、可視光の中で波長が最も短く、エネルギーが最も高いブルーライトを放出するため、網膜の前では吸収されず、長期的な使用により目に損傷を与える可能性は高くなっている [2]。コンピューターの画面を長時間見ていると、目の疲れ、頭痛、覚醒の低下を引き起こす可能性があることは既知の事実であるが、HMD の画面においても同様の症状が確認できる可能性は高い。

近年、上記のような問題を含めたコンピュータビジョン症候群 [3] に焦点を当てた研究は、主に AR や VR 環境下での目の疲れを定性的に分析したものが多く、VR、現実空間のどれが最も目にダメージを与えるかについては明らかとなっていない [4]。

2. 予備実験

本研究の目的は、**眼精疲労軽減システム**の実装により目の疲れを緩和することである。VR の環境下で、人間の目のダメージを軽減するような眼精疲労軽減システムを提案し実装を行う。

デジタルデバイス使用による眼精疲労は、DES (Digital Eye Strain) と呼ばれているが、デジタルデバイスの仕様が引き起こす関連症状の中で最も多い症状は蒸発亢進型ドライアイである。この症状が引き起こされる原因は、主に長時間のデスクワークによる瞬き減少であると考えられている [5]。したがって、眼精疲労を測る 1 つの手段として、瞬きの記録を行うことが有効である [6]。VR、現実空間の中で同じコンテンツを被験者に体験させ、2 つの環境下での瞬きの数を比較することで、目が疲労する環境を知ることができる。本研究では、図 1 のように JINS MEME というメガネ型のアイトラッキングキットを使ってユーザーが画面を見ている状態の目の瞬き情報を取得し、HMD を装着していない際に実際に観察された瞬き情報を比較することで、ユーザーの目の疲労度を把握する。

2.1 実験環境

VR 環境下での眼精疲労の計測

システムを実装する前の予備実験として、VR 環境

と現実空間でどの空間が目の疲労度が高まる環境であるのか、瞬き回数を用いて比較する実験を行った。被験者には JINS MEME を装着した状態で、現実空間と VR 環境でそれぞれフリー素材の自然風景の映像を閲覧してもらった。

参加者 8 名のうち、男性 5 名、女性 3 名、平均年齢 22 歳であった。8 名のうち、眼鏡をかけている人が 4 名、眼鏡をかけていない人が 4 名である。客観性を確保するため、参加者は予備実験において瞬き回数のデータが取れることを知らせていない。



図 1 VR、現実空間でコンテンツを見る時被験者の様子

図 1 のように、被験者に VR 環境と現実環境のコンテンツをそれぞれ 15 分間見てもらい、JINS MEME は 1 分間の瞬きの平均値を検出した。

2.2 実験結果と考察

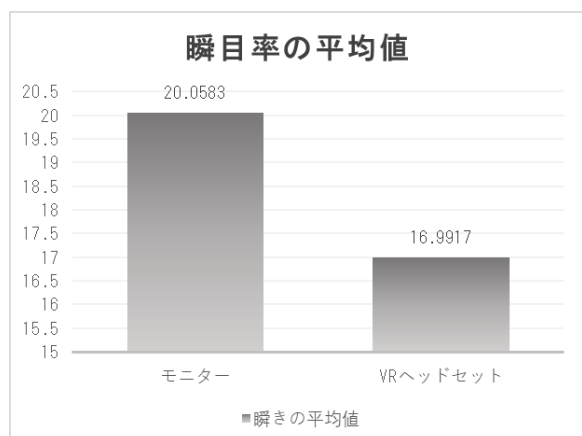


図 2 VR 環境と現実空間での 1 分間瞬き回数の平均値

図 2 の実験結果から、同じ 15 分間のコンテンツを見ても、VR 環境での瞬き回数は現実空間と比較して大幅に減少していることがわかる。瞬きの回数が減ると

眼球表面からの涙の蒸発量が増えつつ、目が乾燥して疲れやすくなるため、VR 環境では目が疲れやすいと判断できる。

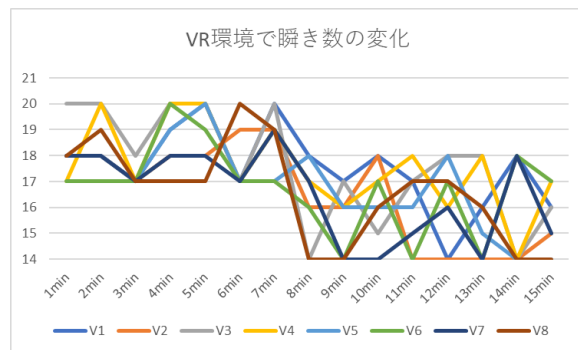


図3 VR 環境で瞬き数の変化傾向

図3は、8人の被験者が時間の経過に伴う瞬きの回数の変化を折れ線グラフにしたものである。グラフでは、時間の経過とともに瞬き回数が全体的に減少する傾向が見られる。これは、視聴時間が長くなるにつれて目が疲れやすくなることを示している。

3. 眼精疲労軽減システムの設計

本研究は、VR 環境における人々の目の疲労を改善するための眼精疲労軽減システムである。本実験で実装する予定のデバイスは Meta Quest2 である。

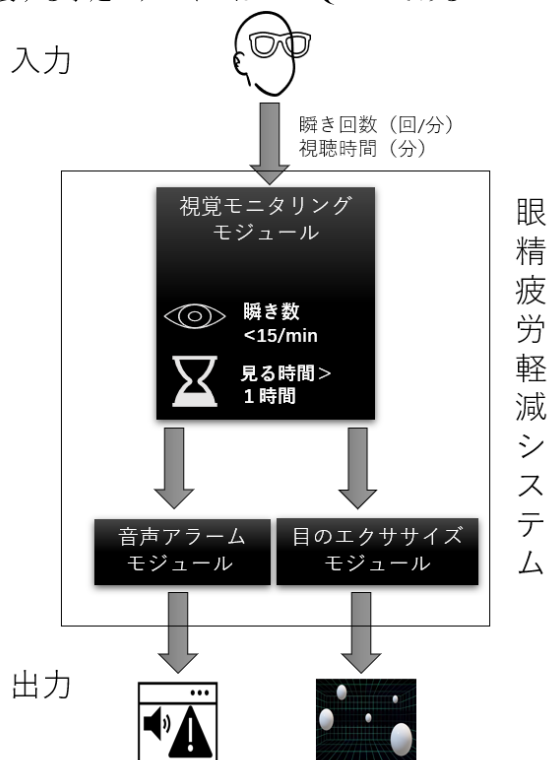


図4 眼精疲労軽減システムのプロセス

本システムは、図4のように視覚モニタリングモジュール、音声アラームモジュール、目のエクササイズモジュールで構成される。

視覚モニタリングモジュール

アイトラッキングキットでユーザーの目の疲れの状

態をリアルタイムに検出する役割を担う。瞬きの回数と視聴時間のデータを収集する。

音声アラームモジュール

音を用いてユーザーに目のエクササイズへの注意を促す。アラームを行うタイミングに関して、ユーザーが本システムをスタートする際に自分の都合で設定できる。さらに、「情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン」では、デジタルデバイスでの作業は1時間以内とし、10～15分程度の休憩をとることを推奨している [7]ため、1時間ごとにアラームを行うことが望ましいがユーザー本人は時間を指定することも可能である。

目のエクササイズモジュール

眼精疲労の症状別に合わせてアイケアエクササイズを行う。具体的なコンテンツとして、VR が生み出す3D 空間でいくつかの仮想オブジェクトを移動させ被験者に目で追わせる。目が普段の作業で常に一定の位置を見ることを避けるため、オブジェクトの数はランダムに変更させる。

4. 今後の課題

現段階では、VR 環境では現実空間よりも眼精疲労が悪化することが実験で証明されており、**眼精疲労軽減システム**の導入の効果が期待できる。今後の課題は、システムの実用的な導入と携帯機器への展開であり、その有効性を証明するための実験が必要である。

本システムを導入することで人HMD装着した後にVR空間で行う作業に対する疲労感が軽減され、目の疲れが改善し、VR 環境での学習面・仕事面・娯楽面の体験を向上することが期待できる。

文 献

- [1] E. Chang, H. T. Kim and B. Yoo, "Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements," Int. J. Human - Computer Interact vol.36(17), pp. 1658-1682, 2020.
- [2] M. R. Kozlowski, "Blue light-induced retinal damage: a brief review and a proposal for examining the hypothetical causal link between person digital device use and retinal injury," Medical hypothesis, discovery & innovation in optometry vol.1(3), pp. 129-134, 2021
- [3] S. Gowrisankaran and J. E. Sheedy, "Computer vision syndrome: A review," Work vol.52(2), pp. 303-314, 2015.
- [4] T. Hirzle, "Understanding, Addressing, and Analysing Digital Eye Strain in Virtual Reality Head-Mounted Displays," ACM Trans Comput-Human Interact vol. 29(4), 2022
- [5] 坪田一男と大鹿哲郎, TEXT 眼科学 改訂3版 [単行本], 1 vols. 南山堂, 2012.
- [6] A. L. Sheppard and J. S. Wolffsohn, "Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration," BMJ Open Ophthalmol vol.3(1), pp. e000146, 2018.
- [7] 坪田一男と大鹿哲郎, TEXT 眼科学 改訂3版 [単行本], 1 vols. 南山堂, 2012.

ウェアラブル生体情報計測を活用した 各種呼吸法のストレス軽減効果の評価検討

権 義哲¹ 保倉 由佳¹ 前田 徳一¹ 安部 勝之² 辻井 彰司² 駒澤 真人³ 板生 研一³

¹ 東洋紡株式会社 総合研究所 〒520-0292 滋賀県大津市堅田二丁目1番1号

² 東洋紡株式会社 〒530-0001 大阪府大阪市北区梅田一丁目13番1号大阪梅田ツインタワーズ・サウス

³ WIN フロンティア株式会社 〒158-0097 東京都世田谷区用賀3-11-15 C・Iビル 2F-A

概要

本研究では、10秒呼吸法と本研究で開発した東洋紡方式呼吸法による呼吸法の効果を、心拍変動や血圧による生体情報を活用して評価検討した。その結果、対応のあるt検定では、RMSSD/上の血圧/下の血圧の3指標で、東洋紡方式呼吸法の方が優位である可能性が示唆された。一方で、他の交絡要因（性別、年代、普段の呼吸、ベースラインの生体測定値、順序、主観）を加味した重回帰分析を行うと、SDNNにおいては、10秒呼吸法の方が良い結果が示唆された。ただし、上の血圧に関しては、東洋紡方式呼吸法の方が、（一部交絡要因を削除すると）良い結果が示唆された。

キーワード：呼吸法、心拍変動、自律神経活動、血圧、ストレス、リラクゼーション

1. 背景と目的

コロナ禍により社会環境が激変し、以前よりストレスがかかる環境となっている。働く環境では、リモートワークの導入に伴い、終日一人で過ごす時間が増え、孤独感や不安感が増したり、通勤時間が減ったことで運動不足に陥ったりするなど、心身共に負荷がかかる状況となった。このようなwith/afterコロナ時代において、以前より増して、各人が日々ストレスに対して上手く対処する必要があると思われる。

ストレス対処法の中、手軽に出来るものとして呼吸法がある。ストレス軽減効果がある呼吸法として10秒呼吸法があるが、人により普段の呼吸が浅い人などは、10秒のペースに慣れるまで訓練や時間を要する等の課題がある。そこで本研究では、各人の呼吸数に合わせた最適なペースの呼吸法手法を開発し、呼吸法の効果について生体情報を活用して評価した。

2. 先行研究

ストレス軽減効果がある呼吸法として10秒呼吸法がある。心血管系の共鳴特性、共鳴周波数の考えをもとに、呼吸のリズムを共鳴周波数である0.1Hzの頻度に調整すると、心拍数と血圧の変動が連続的に生まれ、両者が共鳴し合い心拍変動の大きさが安定的で最大になると報告している[1]。これは、約10秒周期の血圧変動に対して、同じ振動数の呼吸性の心拍変動（呼吸性洞性不整脈）がお互い共鳴して、振れ幅を大きくする現象と言われている[2]。先行研究では、うつ病の患者に10秒呼吸法の訓練をさせることで、心拍変動のSDNNなどの値が高まり、うつ症状が軽減されるなどの傾向が見られている[3]。

3. 実験内容

本研究では、健常な20代～50代の男女7名を対象に実験をおこなった。各被験者には、10秒呼吸法及び、東洋紡方式呼吸法の2ケースを実施してもらった。東洋紡方式呼吸法とは、各人の呼吸数（呼吸センサにより測定）に合わせて最適な呼吸ペースを、独自のアルゴリズムで算出・提示し、被験者はそのペースに合わせて実施する呼吸法である。実験の流れは、10分の安静（自然呼吸）の後、血圧測定を2回おこない、その後、呼吸法を10分実施してもらった。その後、血圧測定を2回おこなった。間にWashoutとして5分のイン

ターバルを設けて、2セット実施した。また、被験者毎に各呼吸法の実施順番をランダムにし順番の影響を排除した。実験終了時に呼吸法に関するアンケートにて、普段の呼吸の状況（かなり浅い、やや浅い、どちらでもない、やや深い）と、どちらの呼吸法が良かったかの主観値を採取した。各呼吸法のペースは専用のアプリケーションにて提示した。

【実験の流れ】

10分安静（自然呼吸）→血圧測定（2回）→呼吸法（10分）→血圧測定（2回）

本実験では、心拍変動を測定する為、フレキシブル導電性フィルムCOCOMI®を用いた心拍計測ウェア[4]及び、ユニオンツール株式会社製のウェアラブル心拍センサ[5]を装着してもらった。本センサで計測したRR間隔をWINフロンティア株式会社製のソフトウェア[6]を用いて、時系列解析をおこない、副交感神経活動を示すRMSSD（連続して隣接するRR間隔の差の2乗の平均値の平方根）及び、自律神経の活動量を示すSDNN（RR間隔の標準偏差）を算出した。血圧測定では、手首式デジタル血圧計[7]を用いて2回測定した平均値を採用した。また、東洋紡方式呼吸法時のみ最適なペースを算出する為に、専用の呼吸センサを装着してもらった。検定の有意水準の表記は**：p<0.01、*：p<0.05、†：p<0.1とした。

4. 実験結果

本実験では、t検定、重回帰分析、二次元配置分散分析の3つの方法で測定データを分析した。

➤ 対応のあるt検定

各呼吸法前の安静時と呼吸法時でのRMSSD、SDNN、血圧の傾向を分析した。その結果、対応のあるt検定では、RMSSD及び上と下の血圧において、東洋紡方式にて統計的にも有意な差がみられた。図1にRMSSDの結果を示す。SDNNに関しては、10秒呼吸法及び東洋紡方式の両方で呼吸法時に高まり、統計的にも有意な差がみられた。先行研究でも10秒呼吸法にてSDNNが高まる傾向が見られ、本実験でも同様な結果が得られた。

➤ 重回帰分析の結果

目的変数及び独立変数を以下として重回帰分析をおこなった。（表1参照）

- ・目的変数：SDNN2（呼吸法時のSDNN）
- ・独立変数：性別+年代+普段の呼吸+SDNN1（安静時のSDNN）+血圧.上.1（事前測定）+順序+主観+呼吸法

その結果、「性別」と「呼吸法」の偏回帰係数が有意となり（ $p<.05$ ）、10秒呼吸法の方が有意に効果的である傾向がみられた。また、モデルの決定係数($R^2=0.95$)、修正済み決定係数（修正 $R^2=0.86$ ）はいずれも高く、有意（ $p<.01$ ）となった。

次に、独立変数を「血圧.上.1」（事前測定）と「呼吸法」のみにしたモデルを表2に示す。「呼吸法」の偏回帰係数が有意（ $p<.05$ ）となり、東洋紡方式の方が有意に効果的である傾向が見られた。また、モデルの決定係数($R^2=0.84$)、修正済み決定係数（修正 $R^2=0.81$ ）はいずれも高く、有意（ $p<.001$ ）となった。

➤ 二元配置分散分析の結果

目的変数及び要因を以下のように設定し、二元配置分散分析をした結果を表3に示す。

- ・目的変数：血圧.上.2（呼吸法後の上の血圧）
- ・要因1：呼吸法（10秒、東洋紡）（被験者内）
- ・要因2：タイミング（前・後）（被験者内）

その結果、「呼吸」×「タイミング」の交互作用が有意傾向（ $p<.1$ ）であり、事後検定によると、東洋紡方式のみ、前後で有意（ $p<.01$ ）な変化が見られた。

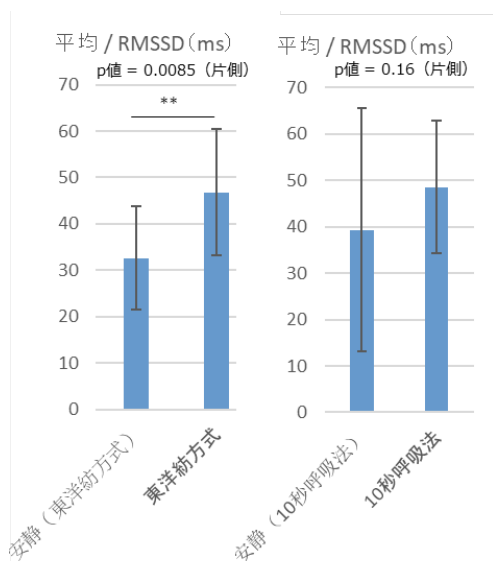


図1. 各呼吸法前の安静時と呼吸法時のRMSSDの結果

表1. 重回帰分析の結果（目的変数：SDNN）

Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	137.5556	34.10441	4.033	0.00999 **
性別	17.6437	4.57158	3.859	0.01189 *
年代	-1.1512	0.91224	-1.262	0.26263
普段の呼吸	-5.5248	3.77681	-1.463	0.20338
SDNN1	0.0866	0.10717	0.808	0.45564
血圧.上.1	-0.1554	0.13136	-1.183	0.28999
順序	-4.4141	6.83602	-0.646	0.54693
主観	2.2774	3.95499	0.576	0.58968
呼吸法	-10.4341	3.66108	-2.850	0.03582 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Multiple R-squared: 0.948 , Adjusted R-squared: 0.8647				
F-statistic: 11.39 on 8 and 5 DF, p-value: 0.007959				

表2. 重回帰分析の結果（目的変数：上の血圧）

Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	13.5174	14.6335	0.924	0.3754
血圧.上.1	0.8989	0.1214	7.407	1.35e-05 ***
呼吸法	-8.4303	3.5450	-2.378	0.0366 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Multiple R-squared: 0.8363 , Adjusted R-squared: 0.8065				
F-statistic: 28.09 on 2 and 11 DF, p-value: 4.763e-05				

表3. 二元配置分散分析の結果

要因1	要因2	n	mean	s.d
10秒呼吸法	前	7	118.8571	15.9445
10秒呼吸法	後	7	120.3571	16.5220
東洋紡呼吸法	前	7	123.7857	15.1461
東洋紡呼吸法	後	7	116.3571	14.0051

	df1	df2	F	p	η^2_p
呼吸法	1	6	0.0601	0.8145 ns	0.0003
タイミング	1	6	3.7782	0.0999 +	0.0104
呼吸法×タイミング	1	6	5.5005	0.0574 +	0.0000

	SS	df	MS	F	p	η^2_p
タイミング at 10秒	7.8750	1	7.8750	0.2523	0.6333 ns	0.0025
s x タイミング at 10秒	187.2500	6	31.2083			
タイミング at 東洋紡	193.1429	1	193.1429	18.5100	0.0051 **	0.0703
s x タイミング at 東洋紡	62.6071	6	10.4345			

以上まとめると、対応のあるt検定では、RMSSD/上の血圧/下の血圧の3指標で、東洋紡方式呼吸法の方が優位である可能性が示唆された。一方で、他の交絡要因（性別、年代、普段の呼吸、安静時のベースラインの生体測定値、順序、主観）を加味した重回帰分析を行うと、SDNNにおいては、10秒呼吸法の方が良い結果が示唆された。ただし、上の血圧に関しては、東洋紡方式呼吸法の方が、（一部交絡要因を削除すると）良い結果が示唆された。二元配置分散分析では、上の血圧において、東洋紡方式呼吸法の方が優位である可能性が示唆された。

今後、以下のポイントを考慮した、さらなる検証を進めたいと考えている。

- ・十分なN数の確保
- ・普段の呼吸回数の定量的把握
- ・継続して取り組んだ際の中長期的な効果

文 献

- [1] Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P.: Heartbeat synchronizes with respiratory rhythm only under specific circumstances. Chest, 126, 1385-1386, 2004.
- [2] 及川 欧, Lehrer P: Heart rate variability (心拍変動) バイオフィードバックの臨床適応. バイオフィードバック研究 35: 59-64, 2008
- [3] Karavidas, M.: Heart rate variability biofeedback for major depression. Biofeedback, 36, 18- 21, 2008
- [4] 東洋紡 COCOMI: <https://www.toyobo.co.jp/discover/materials/cocomi/>
- [5] ユニオンツールウェアブル心拍センサ: <https://www.uniontool.co.jp/product/sensor/whs1.html>
- [6] WIN フロントニア Lifescore: <https://www.winfrontier.com/wearable-sensing/lifescore/>
- [7] タニタ 手首式デジタル血圧計 https://www.tanita.co.jp/product/g/_TBP210PR/
- [8] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation, 93, 1043-1065.

生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究 ーその１ 個室空間、オープン空間でのストレス比較ー

高橋未樹子¹ 武智韻葉¹ 小倉玄² 駒澤真人³

1 コマニー株式会社 〒923-8502 石川県小松市工業団地 1-105-2

2 株式会社スタートライン 〒181-0012 東京都三鷹市上連雀 1-12-17 三鷹ビジネスパーク 1 号館 3 階

3 WIN フロンティア株式会社 〒158-0097 東京都世田谷区用賀 3-11-15 C・I ビル 2F-A

概要

本研究は精神障害者が働きやすい執務空間を明らかにすることを目的とし、精神障害者を対象に執務空間の開放度合いによるストレスや作業効率の違いを、生体情報などを用いて比較する。

本報では周囲に人がいるオープン空間と、周囲に人がいない個室空間で比較検証を行った。その結果、被験者が好む空間においては、バイタルからもストレスの回復が大きい傾向が見られた。好む空間についてはそれぞれの被験者特性も影響するため、今後の執務空間には選択肢が求められる。

キーワード：精神障害、オフィス、執務空間、個人ワーク、生体情報、心拍変動、RMSSD、ストレス、二次元気分尺度

1. 研究の背景と目的

2018 年の障害者雇用促進法の改正により、法定雇用率の算定基礎に精神障害者が追加され、精神障害者の雇用が増加している。しかし、精神障害者の職場への 1 年間の定着率は 49.3%¹⁾ で、他の障害者に比べて低いのが現状である。また、近年働く世代において、うつ病などの精神疾患を患う人が増加しており、精神疾患は身近なものになっている。

このような精神疾患をかかえる人や精神障害者の中には、周囲の視線や動き、音が気になるといった特性がある人もおり、働きやすい執務空間を望む声も多い。しかし、精神障害者が働きやすい執務空間はまだ明らかになっていない。そこで、精神障害者が働きやすい執務空間のあり方を明らかにすることを目的に、執務空間の開放度合いによるストレスや作業効率の違いを、生体情報などを用いて比較する。

本報は第 1 報として、周囲に人がいるオープン空間（以下、オープン）、周囲に人がいない個室空間（以下、個室）の 2 つの空間において検証実験を行った。

2. 検証実験の概要

検証実験は、2021 年 12 月 16、17 日に、社会福祉法人釧路のぞみ協会自立センター（以下、釧路のぞみ協会）で実施した。

検証実験の手順を表 1 に示す。被験者には、表 1 に示す心拍センサを装着した状態で、オープン、個室それぞれの空間で例文と同じ文章をパソコン入力する作業を 10 分間行ってもらった^{※1}。また、二次元気分尺度²⁾を用いて、作業前後の心の活性度と安定度を測った。実験終了後には、検証空間に関するアンケートやヒアリングも実施した。

表 1. 検証手順

検証手順	時間（分）
心拍センサの装着	5
検証空間内で二次元気分尺度の回答	2
検証空間内で安静	10
検証空間内でパソコン文字入力	10
検証空間内で二次元気分尺度の回答	2
検証空間内で検証空間アンケートの回答	1
検証空間内で安静	10
ヒアリング	10



心拍センサ
(ユニオンツール株式会社
my Beat WHS-1)

2-1. 被験者

被験者は、釧路のぞみ協会の就労移行支援事業で一般就労を目指す、精神障害のある満 20 歳以上の男女とした。被験者は、2 つある通所班それぞれから施設スタッフが事前に検証内容を説明し、同意の得られた 5 名を選定した。被験者特性を表 2 に示す。

表 2. 被験者特性

被験者	性別	年齢	障害等級	診断名	特性
A	男	33	精神2級	自閉症スペクトラム障害 学習障害、注意欠陥・多動性障害 アルコール症、高次脳機能障害	・音に過敏で普段はイヤホンをつけて執務 ※検証実験時イヤホン装着 ・一般就労経験あり
B	男	25	精神2級	統合失調症	・疲れやすい ・一般就労経験あり
C	男	37	精神3級	自閉症スペクトラム障害 全般性不安障害	・周りに人がいる環境が苦手 ・一般就労経験あり
D	男	30	精神2級	自閉症スペクトラム障害 注意欠陥・多動性障害	・周りに人がいる環境が苦手 ・一般就労経験あり
E	女	26	手帳 取得中	自閉症スペクトラム障害	・一般就労経験なし ・一般就労してから困難さに気が付く

2-2. 検証空間

検証実験は、表 3 に示す釧路のぞみ協会の 2 つの建屋内にあるオープン、個室で実施した。検証実験は一般的な執務空間を想定し、オープンは周囲で他の通所者が執務をしている環境で、個室は他の執務者がいない環境で実施した。

なお、個室は普段は面談室として使われている。

表 3. 検証空間

建屋①		建屋②	
オープン空間	個室空間	オープン空間	個室空間
被験者A、被験者B		被験者C、被験者D、被験者E	

3. 検証結果

オープン、個室での二次元気分尺度、文字入力、RMSSD の結果を報告する。RMSSD とは、心拍センサで測定される RR 間隔に基づき、連続して隣接する RR 間隔の差の自乗平均平方根の値で、値が高いほど副交感神経活動が高まっていることを示す。

3-1. 二次元気分尺度

被験者それぞれのオープン、個室での、文字入力作

業前後の二次元気分尺度の推移を図1に示す。被験者によってばらつきが見られ、空間による特異な傾向は見られなかった。

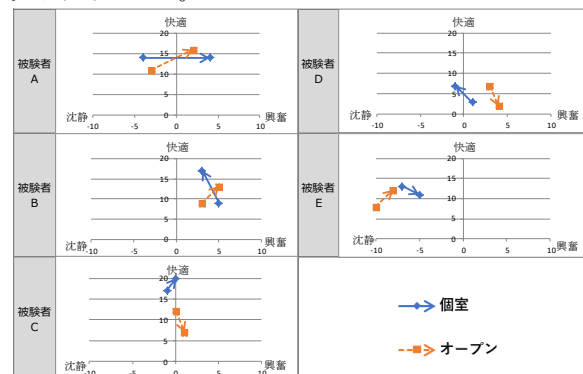


図1. 空間別の快適度、覚醒度推移

3-2. 文字入力

被験者それぞれのオープン、個室での正答率と文字入力数を表4に示す。被験者A、Cにおいては文字入力の手順が指示と異なったため、評価しない。正答率は、対象者全員がオープン、個室ともにほぼ同じ結果で、空間による特異な傾向は見られなかった。文字入力数においては、対象の3名全員が個室空間の方が多かった。

しかし、文字入力数・正答率は被験者の特性によってはその日の状態や例文の難易度による影響が大きく、これだけで作業効率を評価することは難しい。

表4. 空間別の文字入力正答率と入力数

被験者	正答率		文字入力数	
	オープン空間	個室空間	オープン空間	個室空間
被験者A	—	—	—	—
被験者B	100.0%	100.0%	204	235
被験者C	—	—	—	—
被験者D	100.0%	100.0%	911	917
被験者E	99.9%	99.9%	1081	1100

3-3. RMSSD

オープン、個室における文字入力時と文字入力後安静時のRMSSDを図2に示す。あわせて、文字入力作業からのストレスの回復状況をみるため、入力時と入力後安静時のRMSSDの比率（安静時RMSSD/入力時RMSSD）も図2に示す。

① 被験者A

被験者AのオープンのRMSSDは文字入力時が12.7ms、安静時が14.4ms、個室は文字入力時が11.7ms、安静時が17.9msであった。文字入力時と安静時のRMSSDの比率で比較すると、オープンは1.13、個室は1.53で、個室の方がストレスからの回復が大きかった。しかし、ヒアリングでは日常的に利用したい空間はオープンとのことで、バイタルと主観によって評価が分かれた。

② 被験者B

文字入力時と安静時のRMSSDの比率はオープンは2.73、個室が1.13で、オープンの方がストレスからの回復が大きかった。また、ヒアリングでも「個室は面談時に利用する部屋のため緊張した。オープンの方がよい」とのことで、バイタルと主観による評価が一致した。

③ 被験者C

文字入力時と安静時のRMSSDの比率はオープンは0.82、個室が0.93だった。被験者Cにおいては空間によらず、文字入力作業中よりその後の安静時の方がストレスがかかっていた。空間で比較をすると、わずかなではあるが個室の方がストレスからの回復が大きい。また、ヒアリングでも「人がいる環境が苦手で個室がよい」との声が聞かれた。

④ 被験者D

文字入力時と安静時のRMSSDの比率はオープンは1.75、個室が1.84で、オープンの方がわずかなではあるがストレスからの回復が大きかった。ヒアリングでも「普段から三方が衝立で囲われた机で仕事をしている。オープンは普段より緊張した。目の前に人がいない方が集中できる」という声が聞かれ、バイタルと主観による評価が一致した。

⑤ 被験者E

文字入力時と安静時のRMSSDの比率は、オープンは1.00、個室が1.10で、共にストレスからの回復が小さい。また、空間による差異もわずかなであった。ヒアリングで普段執務をしている空間を尋ねたところ、「施設に通り始めた初日の席がオープン空間の端で、いつもそこで仕事をしている。どの空間がよいというのではない」とのことだった。

4. まとめ

精神障害者を対象に、個人ワークにおける執務空間の開放度合いが異なるオープン空間、個室空間での作業効率、ストレスの違いを、生体情報などを用いて検証した。その結果、二次元気分尺度では被験者の心理状態を測ることは難しかったが、主観評価とRMSSDからの評価は概ね一致し、被験者が好む空間においては、バイタルからもストレスの回復が大きい傾向が見られた。ストレスからの回復が大きい空間については被験者特性によっても異なるため、働く環境として「選択肢」を設けることが重要だと考える。

今後は更に被験者を増やし、健常者との比較も行っていく。最後に、検証にご協力いただいた被験者の皆様、釧路のぞみ協会の皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- [1] 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構：障害者の就業状況等に関する調査研究、2017
- [2] 坂入洋右他：心理的覚醒度・快適度を測定する二次元気分尺度の開発、2003

脚 注

※1 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構、障害者支援部門で開発したワークサンプルの文字入力を使用

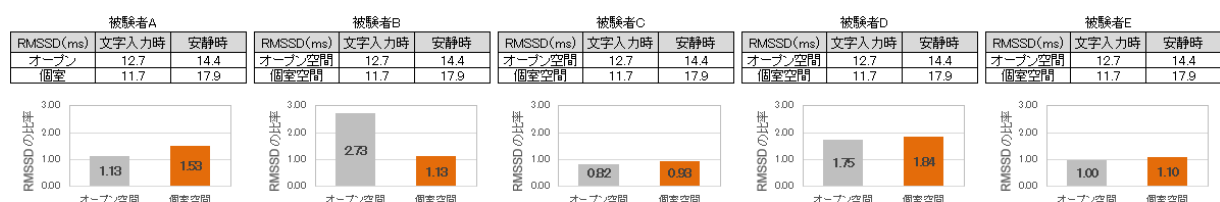


図2. 空間別のRMSSDと作業後の回復状況

第43回 人間情報学会講演集

2022 年 12 月 16 日発行

発行所 人間情報学会

〒112-0012 東京都文京区大塚 2-20-1
お茶の水女子大学 国際交流プラザ407

Tel. 03-6912-1361 Fax. 03-6912-1362

E-mail: ahi-conf@npowin.org

URL: <http://www.ahi-soc.info>