

研究終了報告書

「疲労時五感の定式化と疲労時能力をAIで補正する五感拡張装置の開発」

研究期間：2021年10月～2024年3月

研究者：大西 鮎美

1. 研究のねらい

眼鏡や補聴器といった五感を拡張する装具は、人々の生活の質向上に不可欠なものであるが、人間の五感は疲労で日常的に変化する可能性がある。人間の疲労時五感の感覚特性が解明されれば、得られた諸特性に基づき、疲労に応じて五感を拡張する装具を開発できる。この装具には、ユーザが疲労時も元気なときと全く同じような能力になるために機械学習を用いた疲労推定による能力拡張度合の制御をいれる。

本研究では、まず実験参加者にメンタル・フィジカルそれぞれのワークロードを一定に与え、疲労を与えた際の五感の変化を多人数に対して調査し、疲労時五感の存在やその個人差を確かめる。疲労度の指標には、フィジカルであれば呼吸、メンタルであれば心拍や瞬きなどが用いられているため、本研究でもこれを用いる。加えて、与える疲労の度合いや、急激に与えるかゆっくり与えるかを変化させ、疲労時五感モデルを定式化する。これにより、同じ疲労度でも急激に疲れることの方が視力にとってはよい、といったことが分かると期待できる。

疲労時五感の調査結果に基づき、ウェアラブルセンサで得た多種のデータを機械学習にかけリアルタイムに疲労度推定する手法を確立し、疲労の予兆を検知して能力を元気なときと同等となるような制御を行うヘルスケアに特化した人間の五感拡張デバイスを開発する。

このように本研究では、急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて、複数センサから得た情報を統合化する技術を創出し、時系列データをリアルタイムで分析するために機械学習を活用し、人間の疲労を克服する革新的技術を創出する。

2. 研究成果

(1) 概要

疲労時五感の特性調査の方法と疲労時能力をAIで補正する五感拡張装置の開発方法について提案し、まず疲労前後の五感の能力の変化を調べるために基礎実験を行った。実験では被験者にメンタル・フィジカルそれぞれのワークロードを一定に与え、疲労を与える前後の視覚、聴覚、触覚の変化を調査した。20分の計算の前後では、計算実験の結果より、聴力検査の結果にはばらつきがあり、計算、何もしないの前後の両方で、被験者らのヒアリングレベルに変化がみられた。

五感拡張を行うウェアラブルデバイスとしては、主に視覚に焦点を当て、目に入る光の量を制御し明暗順応を支援する眼鏡型デバイス、適切な瞬目タイミングを取得し反射性瞬目を誘発する眼鏡型デバイスを実装した。明暗順応を支援するウェアラブルデバイスは、視界の明るさが変化する際に遮光フィルムとLEDを用いて明るさの変化を緩やかにし、急な明るさの変化による人の視力低下を抑制する。適切なタイミングで瞬目を誘発するウェアラブルデバイスの研究では、人の目が乾いてきた際に瞬目させるウェアラブルデバイスはいくつか提案されているものの、瞬目誘発のタイミングが考慮されていないため、基礎調査から瞬目誘発に不適切な

タイミングがあることを示し、瞬目させるべきタイミングで睫毛に空気を吐出して反射性瞬目をさせる眼鏡型デバイスを実装した。

(2) 詳細

本研究では ACT-X のテーマとして疲労時五感の特性調査の方法と疲労時能力を AI で補正する五感拡張装置の開発方法について提案し、感覚変化の基礎調査、五感拡張デバイスの開発、社会実装にむけた取組みを中心に行った。

五感感覚の基礎調査

まず疲労前後の五感の能力の変化を調べるために基礎実験を行った。実験では被験者にメンタル・フィジカルそれぞれのワークロードを一定に与え、疲労を与える前後の視覚、聴覚、触覚の変化を調査した。20分の計算の前後では、計算実験の結果より、聴力検査の結果にはばらつきがあり、計算、何もしないの前後の両方で、被験者らのヒアリングレベルに変化がみられた。実験を通して、適切な作業負荷の再検討、五感検査を短時間でできる簡易手法の考案が必要であることがわかった(成果論文 1)。また、統制環境とは異なる実環境で疲労する場面では五感がどのように変化するかを確かめるために、成果発表の締切を設け、その前日と2週間前に視力と聴力検査を行った。その結果、視力・聴力ともに変化はみられたものの個人差が大きかった。

五感拡張デバイスの開発

五感拡張を行うウェアラブルデバイスとしては、主に視覚に焦点を当て、図1のように目に入る光の量を制御し明暗順応を支援する眼鏡型デバイス(成果論文 2, 国内研究会発表賞受賞)、適切な瞬目タイミングを取得し反射性瞬目を誘発する眼鏡型デバイス(成果論文 3)を実装した。明暗順応を支援するウェアラブルデバイスは、視界の明るさが変化する際に遮光フィルムとLEDを用いて明るさの変化を緩やかにし、急な明るさの変化による人の視力低下を抑制する。このデバイスで明暗順応を支援するためには、明るさの変化を予測する機能が必要であるが、この部分は現段階ではドアへの接近を検知する簡易なものである。

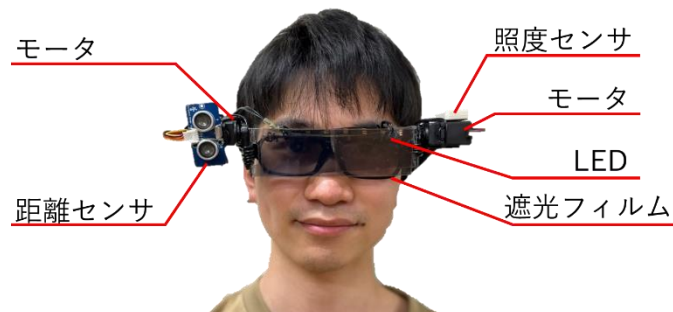


図1 明暗順応を支援するウェアラブルデバイス

評価実験の結果、提案デバイスによって、提案システムありのときの明順応・暗順応時の視力回復時間がシステムなしと比較して有意に短くなり、明暗順応を支援できていることがわか

った。本提案の目的は疲労に応じて五感を拡張することであるが、明暗順応の研究は疲労を明転暗転時の視覚能力低下と捉えたとき、今回の支援は疲労に対する支援ではないものの、一時的に低下した視覚能力を IT によって拡張する(戻す)ということを考えている。この点が疲労ではないが疲労に近い一時的な低下、に対する回復手法を提案していると考えている。

図 2 の適切なタイミングで瞬目を誘発するウェアラブルデバイスの研究では、ドライアイの抑制といった目的で人の目が乾いてきた際に瞬目させるウェアラブルデバイスはいくつか提案されているものの、従来のデバイスでは、瞬目誘発のタイミングが考慮されていなかった。本研究ではいつでも瞬目を促せばよいわけではなく、基礎調査から瞬目誘発に不適切なタイミングがあることをオブジェクトトラッキングタスクにおいて示し、瞬目させるべきタイミングで睫毛に空気を吐出して反射性瞬目をさせる眼鏡型デバイスを実装した。



図 2 適切なタイミングで瞬目を誘発させる眼鏡型デバイス

3. 今後の展開

本研究の展望は疲労による五感の変化を補正する五感拡張装置を開発し、疲労時も元気な時と同じように過ごせる未来を創ることである。疲労時に五感を拡張するデバイスを日常生活で使えるものにするためには、ユーザの生体情報とユーザが現在置かれている状況の両方を考慮した五感状態の推定が必要であり、高度なユーザ状況推定技術の開発が求められる。

このようなデバイスを日常的に使用できるようになれば、日常生活での疲労時の感覚特性が解明されていき、蓄積されるデータは五感をセンシングしてそれに合わせて提供されるサービス全ての基礎的知見となる。また、五感の変化を常時取得できるようになれば、疲労状態にあることを人に適切に知らせ、回復行動をとらせるような支援といった、人が疲労と向き合うための支援も行えるのではないかと考えている。

4. 自己評価

本予算への採択と研究遂行により、活躍の場が広がり様々な機会がうまれた。JST サイエンスインパクトラボをはじめとするそれらの機会に対しても、本期間中は積極的に取り組んだ。MIT テクノロジーレビューの Innovators Under 35 Japan 2022 に選ばれたことから、本テーマが社会的に必要とされる取組みであることを再認識できた。また、拡張デバイスに関する

研究は国内発表賞受賞やウェアラブルコンピューティング分野のトップカンファレンス採択など、研究成果としても認められた。

本テーマは広い調査範囲で、かつ基礎調査と応用デバイスの開発の両方に力を入れるテーマであったこと、研究期間前半は COVID-19 の影響もあり思うように調査が進められなかった時期があったため、基礎調査のバリエーションを増せるとよりよかった。

5. 主な研究成果リスト

(1) 代表的な論文(原著論文)発表

研究期間累積件数: 12件

1. 大西鮎美, 寺田努, “疲労時五感: 疲労時の五感能力減少度合いの基礎調査と五感拡張装置開発にむけて,” 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO 2022) 論文集, pp. 893-898 (July 2022).

疲労時五感の特性調査の方法と疲労時能力を AI で補正する五感拡張装置の開発方法について提案し, 疲労前後の五感の能力の変化を調べるために基礎実験を行った。実験では被験者にメンタル・フィジカルそれぞれのワークロードを一定に与え, 疲労を与える前後の視覚, 聴覚, 触覚の変化を調査した。計算実験の結果より, 聴力検査の結果にはばらつきがあり, 計算, 何もしないの前後の両方で, 被験者らのヒアリングレベルに変化がみられた。

2. Hiroki SATO, Ayumi OHNISHI, Tsutomu TERADA, and Masahiko TSUKAMOTO, “Wearable Device Supporting Light/Dark Adaptation,” Proc. of the 21th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2023), accepted (Dec. 2023).

本研究では目に入る光の量を制御し明暗順応を支援する眼鏡型デバイスを提案, 実装した。提案ウェアラブルデバイスは, 視界の明るさが変化する際に遮光フィルムとLEDを用いて明るさの変化を緩やかにし, 急な明るさの変化による人の視力低下を抑制する。評価実験より, 提案デバイスによって明るさが急に変化する場面で明暗順応を早められることを示した。

3. Soichiro UTSUMI, Ayumi OHNISHI, Tsutomu TERADA, and Masahiko TSUKAMOTO, “A Wearable Device That Makes You Blink When You Should Blink,” Proc. of the 2022 International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2022), pp. 1-4 (Sep. 2022).

本研究では, 適切なタイミングで瞬目を誘発するウェアラブルデバイスを提案した。人の目が乾いてきた際に瞬目させるウェアラブルデバイスはいくつか提案されているものの, 瞬目誘発のタイミングが考慮されていないため, 基礎調査から瞬目誘発に不適切なタイミングがあることを示し, 瞬目させるべきタイミングで睫毛に空気を吐出して反射性瞬目をさせる眼鏡型デバイスを実装した。

(2) 特許出願

研究期間全出願件数: 0 件(特許公開前のものは件数にのみ含む)

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

- MIT テクノロジーレビュージャパン Innovators Under 35 Japan 2022 に選出
- 2022 年度 Innovators Under 35 Japan 2022 特別賞「ISID 賞」受賞