

HMD を用いた疲労推定及び疲労軽減システムの開発

—アイトラッキングによる視線情報を活用した目のヘルスケア—

1. 背景

近年におけるヘッドマウントディスプレイ（HMD）の普及は、技術革新の波とともに加速度的に進行している。特に、Apple Vision Pro のような革新的な製品の市場投入は、この領域における技術進化と市場の拡大に大きな貢献をしている。HMD は、その没入感を活かしてゲーム、職業訓練、教育、メタバース等、多岐にわたる分野でのアプリケーション開発が進められており、ユーザー体験の質的向上が図られている。これらのデバイスには、ユーザーにこれまでにない体験を提供するための先進的なセンサー技術が組み込まれており、中でもアイトラッキング機能は、ユーザーインターフェース（UI）の直感的な操作や、バーチャルリアリティ空間内でのアバター表現のリアルタイム調整など、ユーザーの没入感を一層深める要素として重要な役割を果たしている。

しかしながら、現状での視線データの活用は、主に UI 操作やアバターの動作制御に限定されており、その潜在能力は十分に活用されているとは言い難い。様々な研究において視線はユーザーの感情、認識プロセス、疲労度といった心理的および生理的な状態を反映する重要な指標であると報告されており、HMD を用いることで微妙かつ無意識的な目の動きであってもアイトラッカーが目の近くに位置していることから、これらの動きを精密に捉え分析することが可能である。

従って、このような心理的・生理的情報を用いることで、HMD はユーザーの状態をより深く分析し、映像描写によってその状態をよりよく変化させることができる可能性を秘めている。

2. 目的

本プロジェクトではこのような HMD の特性に着目し、ユーザーの眼精疲労や目の機能異常などの健康状態をモニタリングできるアプリケーションや機能、そのデータに基づいた適切なフィードバックを通じてユーザーの健康促進に寄与する技術の開発を目標としている。これらの取り組みにより、HMD を単なるエンターテインメントツールから、ユーザーの健康を考慮したウェルネスデバイスへの拡張と開発技術の社会実装を目的とする。

3. 製品・サービスの内容

本プロジェクトでは、HMD のアイトラッカーから得られる情報を用いて以下のような機能・アプリケーションの開発を行った。

- 視線データによる眼精疲労予測モデル
目の動きや瞬きなどの視線データを分析することで、眼精疲労をスコア化するモデルを開発した。
- 目のストレッチ機能
HMD による視覚提示特性を利用した輻輳角操作によって、毛様体筋を緊張・弛緩を誘発させることで目をストレッチする技術を開発した。
- 疲労予測・軽減 VR 作業アプリケーション
上記の視線データによる疲労予測モデルと目のストレッチ機能を用いて、VR 内で疲労を分析・軽減しながらデスクトップ作業を行うことができるアプリケーションを開発した（図 1）。このアプリケーションは使用者の疲労状態に合わせて無意識にストレッチや作業空間の変化を行うことで、疲労を軽減しパフォーマンスを維持する機能を持っている（図 2）。テストユーザーによる実験ではこの機能によって作業中の眼精疲労が 30%減少し、作業パフォーマンスが 20%上昇した。

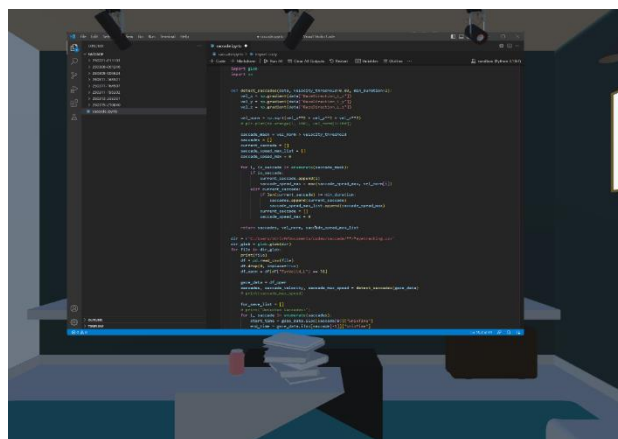


図 1. 開発した VR 作業アプリケーションのデスクトップ作業空間

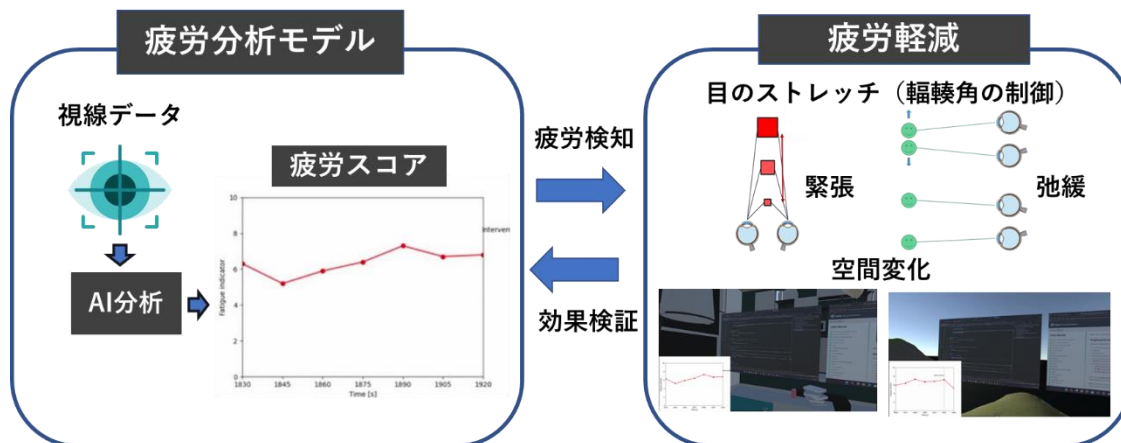


図 2. 疲労予測・軽減 VR 作業アプリケーションのシステム

- 目のピント調節機能分析アプリケーション
 アイトラッカーから得られる瞳孔径を分析することで、ピント調整機能に関する状態や異常を分析するアプリケーションを開発した（図3）。

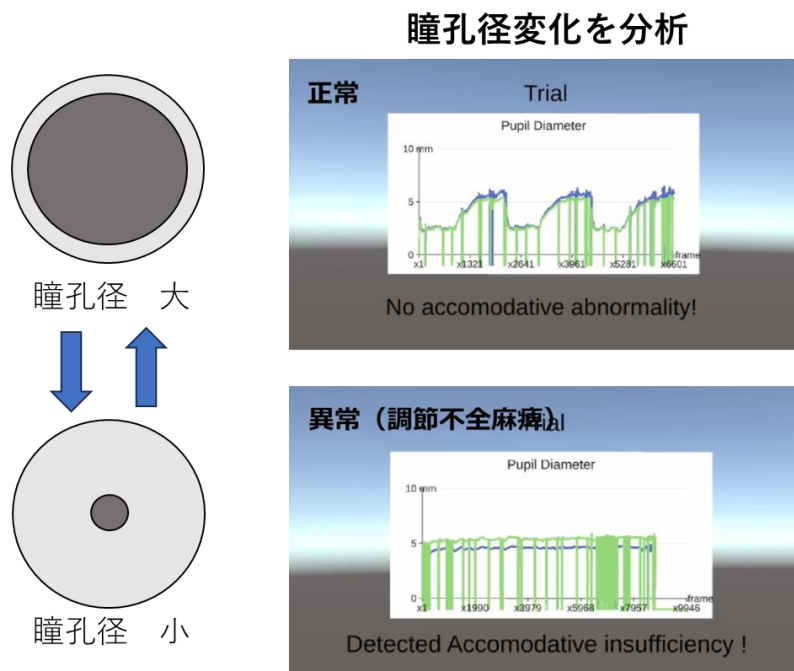


図3. 目のピント調節機能分析アプリケーション

- 各機能の他機種対応 SDK
 本プロジェクトで開発したこれらの技術を VR アプリケーション開発者向けの疲労予測・回復 SDK としてパッケージ化し、VR アプリケーション開発者が自身のアプリケーションに疲労予測と回復機能を容易に組み込めるようにした。また、OpenXR という規格で作成することで Meta Quest Pro や Vive Pro Eye などの他機種に対応した。
4. 新規性・優位性
- 本プロジェクトにおける開発技術の新規性及び優位性として次のような点が挙げられる。
- 従来は計測や定量化が困難であった眼精疲労や目の調整機能を視線データから簡易かつ定量的に測定できるようになったこと
 - HMD の視覚提示特性を利用して眼精疲労の軽減を図る新しいアプローチを開発したこと
- これらの技術により、HMD の利用がエンターテインメントの分野を超え、健康促進や医療分野へと広がる可能性が示された。

5. 事業普及（または活用）の見通し

事業期間中に開発技術の社会実装に向けて以下の二点の取り組みを行った。

（1）VR ゲーム会社での実証実験

VR 技術が多方面で活用される中、VR ゲーム業界では眼精疲労などの疲労が原因のユーザー減少が問題視されている。これらの問題について VR 開発者や開発会社の重役にインタビューをしたところ、課題は感じているが疲労に関するユーザー体験の理解が不足していることからユーザーの健康と快適性を考慮したコンテンツ設計が困難であることが分かった。インタビューに応じた企業から、この問題を解決するために本プロジェクトの SDK 導入に意欲的である意向を受け、現在は有償 PoC を見据えた VR ゲーム会社開発現場への導入、実証実験の計画を進めている。

（2）医療機器応用

目の調節機能分析などは、本来高価な医療機器を用いなければ測定できない情報である。そのため、HMD とアプリケーションを安価な医療機器として提供することへの需要を眼科医へのインタビューから確認し検討した結果、医療 AI スタートアップと提携して開発した技術を応用した VR 医療機器アプリケーションを展開することを決定した。現在は提携先と共同研究や医療実験、医療機器承認プロセスにおける協力に向けた協議を開始した。

6. 期待される波及効果

本プロジェクトの技術は HMD の一般化に伴い、より多様な領域への適用が考えられる。特に疲労問題はこれらの領域だけでなく多くの職業で生産性低下や事故の大きな要因となっており、このプロジェクトで開発された疲労推定・軽減技術は職場での健康管理やウェルネスの推進に貢献することが期待される。また、教育やトレーニング分野での応用で、学習効率の向上やトレーニングの質の向上に繋がる可能性も考えられる。

7. イノベータ名（所属）

糸山陽紀(フリーランス)

生田光輝(株式会社日立製作所)