

HMD を利用した VR 環境において通知の重要度に応じて通知領域を動的に変更する手法の検討

川久保 空真* 高橋 治輝* 松村 耕平*

概要. VR はユーザに没入感のある体験を提供してくれるが、一時的に現実の情報から切り離されてしまう。先行研究からユーザは VR 活動中でも外部からのメッセージや通知を必要としていることが分かったが、既存の通知システムは通知の優先度に関係なく配置する。このような重要度や緊急性を無視した通知の配置は、タスクの不必要な中断を引き起こし、重要でない通知による情報過多につながる可能性がある。そこで本研究では VR においてユーザのタスクの妨害をすることなく、通知の優先順位に応じた最適な位置に表示を行うシステムを提案する。このシステムではアイトラッキング技術によりユーザの視線をリアルタイムで計測し、360 度のヒートマップを作成する。それに基づき通知の優先度ごとに、動的にユーザの邪魔にならない位置に通知を表示する。これによりユーザは通知が来ても必要な場合以外はタスクを中断せず、没入感を保ったまま活動を続けることができると期待される。

1 はじめに

近年、さまざまな VR アプリケーションが開発されており、ユーザに多様な没入型仮想空間を提供している。このような仮想空間では VR ゲームやタスクに集中して取り組むことができるが、それと同時にユーザは一時的に現実の情報から切り離されてしまう。Pielot と Rello の研究結果によると、ユーザは VR 体験時間が長いほど、現実世界のイベントを通知して欲しいというニーズが高まっていくということが予測されている [5]。

このようなユーザの状況に対して Hsieh らは、VR 環境内での現実世界からの数種類の通知に対するユーザの受容性について調査を行い、通知の表示場所はユーザが体験している VR 環境や作業の内容に影響されることを明らかにした [3]。またこの時ユーザは、通知によって自らの作業領域が遮られることに対して不快感を報告した。重要なタスクや頻繁に視線を向ける領域は VR 環境によって異なり、静的な通知配置では適応するのは難しい。通知の中には、重要または緊急の情報を含むものもあれば、緊急性が低く無視できるものさえある [6]。そのため通知を優先順位に合わせて動的に配置する事は、ユーザに与える悪影響を抑え、大きな利益をもたらす可能性があると考えられる。

本研究では、VR ユーザに対してアイトラッキングを用いることで、通知の優先度によって異なる場所に動的に通知を表示するシステムを提案する。アイトラッキングとは、人の瞳孔の動きを検知して視



図 1. 視線の分布に従い、通知を配置する様子。優先度に応じていずれかの位置に通知が配置される

線を追跡する技術である。この技術を用いてユーザの VR 活動中の視線ヒートマップを作成し、視線集中領域を避けて通知を表示する。さらに図 1 のように通知優先度に応じて通知位置を自動で調整することで、重要な通知ほど情報が得られやすくなり、重要でない通知はユーザの集中を妨げないことが可能になると期待する。

2 関連研究

Ilo らは、視線追跡データを利用して通知を効果的に配置する Goldilocks Zoning(GZ) を提案した [4]。360 度ヒートマップを視線データから作成し、目立ちすぎず遠すぎない適切な位置に通知の配置を試みた。従来の通知方法と比較した結果、視線の動きが多いタスクでは GZ が有効であることが分かつ



図 2. (a) 通知に視線が向いていない時の様子. (b) 通知に視線を向けている時の様子

た. また通知設計が可視であることが保証され, 迅速に理解できるほど単純であれば, ユーザの視野内での最適な配置は必要ない可能性があることが明らかになった.

Tsubouchi らは, スマートフォンにおいてユーザの視線を常時観測し, それに応じて広告の動きや情報を変化させる新しい広告表示手法を提案した [7]. このシステムではユーザが広告を見ていないときは情報量が制限され, 広告に視線を向けるとより多くの情報の入った静止画像が表示される. 実験の結果, 提案システムは広告の想起を増加させながら, 不快感の程度を減少させることがわかった.

3 通知システム

3.1 実装環境

提案する通知システムではユーザの視線の計測することが必要であるため, アイトラッキング機能が搭載された HMD Varjo Aero を使用した. またシステムの環境を構築するために Unity を利用した.

3.2 視線ヒートマップの作成

本システムでの 360 度ヒートマップの作製は, Ilo らのシステムのアルゴリズムを参考にした [4]. 360 度ヒートマップは, ユーザの頭を中心固定され視線データを等角図法で投影し, 75×75 の行列として表現した. アイトラッキングにより視線ベクトルが計測されると, ヒートマップ上での座標に変換し, 対応するセルおよびその周りを囲むセルに重み付けを考慮した値を加える. ヒートマップは初期状態で全てのセルの値が 0 に設定され, データが追加されるにつれて徐々に値が蓄積される. 一定の時間が経過すると, 古いデータから順に値が減少していき, ヒートマップが最新の視線履歴を反映するようになっている. この仕組みにより, ユーザの視線が最近どこに集中していたかを動的に把握し, ユーザが新しいタスクに切り替えた場合でも適切に通知を配置することができる.

3.3 通知の配置

通知の配置は作成したヒートマップを使用する. ヒートマップは 360 度であるため, まずユーザの現在の視野範囲 (90 度) に対応するヒートマップのセルを抽出する. 次にこれらのセルをセル内の値に基づいてソートし, 通知の優先度に応じて適切なセル

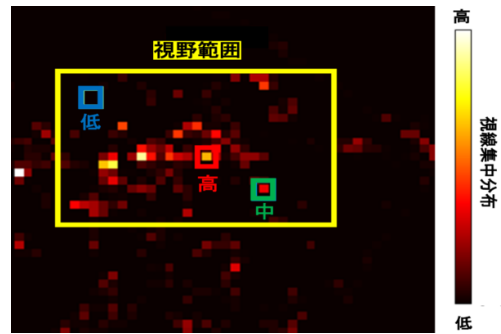


図 3. ヒートマップと優先度による通知位置の違い

に通知を表示する. 通知はユーザの頭部から 2 メートル先で表示され, ワールド座標に固定される. 通知の表示中にユーザが移動した場合, 通知位置は以前の場所に最も近いセルに更新される. また通知に目を向けない間の不必要なタスクの妨害を抑えるため, ユーザが通知から視線を外している間はアイコンのみの表示とし, 通知に視線を合わせると詳しい内容が表示されるようにしている (図 2).

3.4 通知の優先度

本研究では Faulhaber ら [1] を参考に, 通知の優先度を低, 中, 高の三段階に分類した. 低優先度通知はユーザに情報を提供することのみを目的とし, リアクションを必要としない. 中優先度通知は通知することを目的とするが, 受け取った情報に基づいてユーザが反応する必要がある場合もある. 優先度の高い通知は情報を提供することを目的とし, 即時の行動を要求していることを想定する. この優先度に基づきソートされたヒートマップセルのリストから, 低優先度通知の場合は下位 20% (図 3 青枠), 中優先度通知で下位 50% (図 3 緑枠), 高優先度通知では下位 80% (図 3 赤枠) のセルの位置に通知を表示する. これにより少なくとも通知はユーザの視線を遮ることはなく, 通知による没入感や集中力の妨げと情報の利益のバランスが取れると考える.

4 議論および今後の課題

本手法では視線追跡データを用いた通知の表示を行った. 視線の方向が頻繁に変わるタスクや VR 活動においてはこのアプローチは特に有効であると考ええる. 優先度によって通知の位置を調整することは, 優先度の高い通知の即時対応性や通知の分散と干渉の最小化においても効果的であると期待される. 今後は複数の VR タスクで通知の優先度に応じた配置手法の有効性を評価するためにユーザ実験を行い, 通知の最適化を目指す. そして Grubert ら [2] が提示している, 通知を「いつ表面化させるか」および「どのように表面化させるか」という問題についての検討も進める.

参考文献

- [1] A. K. Faulhaber, M. Hoppe, and L. Schmidt. Evaluation of Priority-Dependent Notifications for Smart Glasses Based on Peripheral Visual Cues. *i-com*, 21(2):239–252, 2022.
- [2] J. Grubert, T. Langlotz, S. Zollmann, and H. Regenbrecht. Towards Pervasive Augmented Reality: Context-Awareness in Augmented Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(6):1706–1724, 2017.
- [3] C.-Y. Hsieh, Y.-S. Chiang, H.-Y. Chiu, and Y.-J. Chang. Bridging the Virtual and Real Worlds: A Preliminary Study of Messaging Notifications in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, p. 1–14, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [4] C. Ilo, S. DiVerdi, and D. Bowman. Goldilocks Zoning: Evaluating a Gaze-Aware Approach to Task-Agnostic VR Notification Placement. In *Proceedings of the 2024 ACM Symposium on Spatial User Interaction*, SUI '24, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [5] M. Pielot and L. Rello. Productive, anxious, lonely: 24 hours without push notifications. In *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '17, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [6] A. Sahami Shirazi, N. Henze, T. Dingler, M. Pielot, D. Weber, and A. Schmidt. Large-scale assessment of mobile notifications. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, p. 3055–3064, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [7] K. Tsubouchi, K. Taoka, K. Ikematsu, S. Yamanaka, K. Narumi, and Y. Kawahara. Eye-tracking AD: Cutting-Edge Web Advertising on Smartphone Aligned with User's Gaze. In *2024 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops)*, pp. 469–474, 2024.