

HMD 内蔵視線計測機の較正と 複数視能検査の同時実施法の検討

羽賀 大輝*¹ 池田 聖*¹

人の様々な視機能を考慮することでより高品質なバーチャルリアリティや拡張現実感を実現できると考えられる。これらの HMD に搭載された視線計測機の較正と複数の視機能の検査を同時に実施する手法の検討を行った。本研究では視機能として視力を測定し、この手法によって視線較正と視力測定をより短縮することを目的とした。提案手法として、ランドルト環と方向マーカを使用して方向と注視する点を定めて視線較正と視力測定を行った。この手法を従来手法と比較する実験を行い、提案手法の有効性を確認した。その結果、提案手法によって視線較正と視力測定を正確にできたうえで、約 20 秒の時間短縮が可能であることを確認した。

Keywords: 視線較正, 視能検査, VR, HMD, 視力検査

1 はじめに

バーチャルリアリティ(VR)や拡張現実感(AR)は近年、人の様々な視機能を考慮することでより高品質な体験を実現するよう発展している。例えば、両眼視差による立体視に加えて眼球の回転による眼内視差を正確に再現する手法[1]やサックード中に仮想空間を僅かに回転させて利用者を誘導する技術[2]などは典型例である。市販のヘッドマウントディスプレイ(HMD)にも、より詳細に視機能を考慮するための機能が搭載される傾向にある。Meta Quest Pro や Apple Vision Pro などには、視線を計測する機能が標準搭載されており、瞳孔間距離の調節や接眼レンズの位置調整機能などがある。しかしながら、更に詳しく視機能を考慮するために、様々な視機能検査を実施すると更に多くの時間を要する。

本研究では、最も基本的な視機能計測として視線計測と視力検査を取り上げ、視線計測に必要な較正と視力検査の時間短縮を試みる。本稿では、両測定を同時短縮のため、一種類のマーカにより両測定を同時に実施する手法を提案する。マーカによって入力した回答の確認と固視する点の固定が可能になる。実験では、著者の一人の測定結果と測定時間を比較し、複数の視機能計測を時間短縮するシステムの実現性を示す。

2 視力測定兼較正システム

目的達成のために次の 3 つの要求仕様を設定する。

1. 視力測定ができる
 2. 視線較正ができる
 3. 1 と 2 をそれぞれ行う時よりも時間が短縮できる
- 上記仕様を満たすシステムは、次の通りである。具体的には、図 1 に示すように、視力測定のために国内で普及するランドルト環を用い、ランドルト環の切れ目の方向を

回答するための視覚フィードバックと視線較正のための固視点として三角形の方向マーカを使用する。

ランドルト環は、図 1 に示すように各部位のサイズが定められている[3]。ランドルト環の線幅と切れ目幅は同一とされており、これらを d とするとランドルト環全体の外径は $5d$ とされる。 d は、ランドルト環までの距離 r と測定する少数視力 v の間の次の関係により定められる。

$$\frac{d}{2r} = \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

ただし、 θ はラジアン単位の切れ目幅の見かけの角度であり、 $\theta/\pi = 1/(180 \cdot 60 \cdot v)$ である。

方向マーカは図 1 に示すように、ランドルト環の切れ目の中心に一つの頂点が配置される三角形である。頂角 φ はランドルト環に重ならないように $\varphi < \pi/2$ とする。方向マーカは図 1 および 2 のようにランドルト環を中心にして上下左右の 4 方向に回転する。これにより被験者が入力した回答を視覚的に確認できる。

方向マーカには、較正用に固視する点を定める役割もある。提案システムでは、ランドルト環の切れ目方向の回答の正誤に関わらず方向マーカの頂点を注視するものとする。切れ目方向の回答は次の順で行う。

1. 表示されたランドルト環に対して切れ目の方向をスティック入力により回答する
2. コントローラのトリガを t 秒間引き続け、その間頂点を注視し続ける

これを様々なサイズ d に対して複数回繰り返し、視力測定と視線較正データを取得する。ランドルト環の位置と方向は、無作為に定め各サイズに対して少なくとも異なる 4 方向を表示する。

3 実験

提案システムが仕様を満たす事を確認するため、従来の一般的な手法と比較した。HMD には Meta Quest

*1 龍谷大学

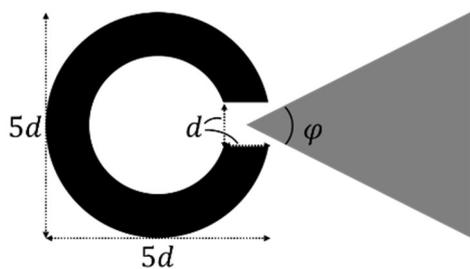


図 1: ランドルト環と方向マーカ

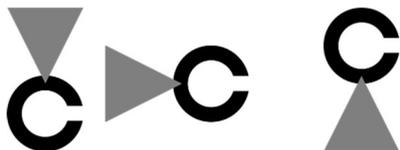


図 2: ランドルト環と方向マーカの位置関係

Pro(22 PPD, 視力 0.4 相当)を用いた。本実験では、視線データ取得用のライブラリとして Meta XR core SDK を使用するために Unity で開発した。視線方向は両眼の平均を用いた。

3.1 実験手法

視力は、正解率から恒常法を用いて推定した、その各サイズのランドルト環につき4方向を表示し、視力 $v = 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3$ に対する正解率を取得した。

視線較正では、視野角 20 度の範囲を縦横 5 等分し、格子点上に指標を配置した。提案法では、この指標がランドルト環となり、従来法では十字マーカである。参加者が注視した点と指標の座標の距離を誤差とし、最小二乗法によりアフィン変換パラメータを求めて較正した。

両手法の視力測定結果と視線較正結果、また従来手法の視力測定と視線較正を合わせた時間と提案手法の時間をそれぞれ 5 回ずつ取得しそれらの平均値を比較した。ただし、参加者は著者自身 1 名(22 歳, 男性, 裸眼時の視力 0.2)である。

3.2 結果

両手法の視力測定結果を、図 3 に示す。推定された視力は、従来法では 0.182, 提案法では 0.186 であった。このときの視線較正の平均誤差は従来法が 0.53 deg であり、提案手法が 0.62 deg であった。

従来手法の視力測定と視線較正を個別実施に要した時間と提案手法に要した時間を図 4 に示す。従来法では 152 s であり、提案法では 133 s であった。

4 考察

較正結果および視力測定結果は、両手法の間に大きな差がないにも関わらず、提案手法の方が 20 秒ほど短縮でき要求仕様を満たす手法であることが確認できた。

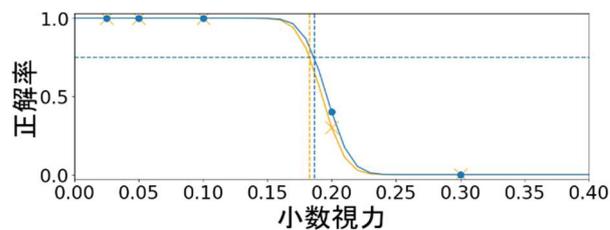


図 3: 視力測定結果

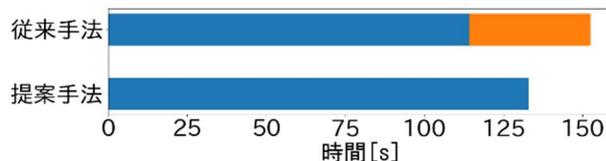


図 4: 従来手法と提案手法の時間比較

ただし、今回測定した視力は 0.025~0.3 の間のみであった。これは使用した HMD である Meta Quest Pro の解像度不足が原因であり、視力 0.4 相当が視力測定の限界だったためである。視力 1.0 まで測定することを考えると、測定に要する時間は更に長くなるはずである。また、今回は従来法としてランドルト環を HMD の中央に配置する以外は、提案法と同一の手法で視力を推定したが、広く普及している手法や視力測定機では、もう少し簡易的な手順で視力が推定される。

5 おわりに

本研究では、HMD の視線計測機による較正と視力検査を同時に実施する手法を提案し、その有効性を確認した。較正と視力検査に同一のマーカを用いることで全体の時間が短縮できることが確認された。

今後の課題には、多数の参加者による実験や、視力以外の視機能検査に対応したインタフェースの開発、より高解像度な HMD を使用した実験が挙げられる。

参考文献

- [1] R. Konrad, et al.: "Gaze-contingent ocular parallax rendering for virtual reality," ACM Trans. Graphics, 39, 12 pages, 2020.
- [2] Q. Sun, et al.: "Towards virtual reality infinite walking: dynamic saccadic redirection," ACM Trans. Graph. vol. 37, no. 4, Article 67, 13 pages. 2018.
- [3] “視力検査装置”, JIS T 7309, 2002.

(c) 2024 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)