



# 馬の視野角を魚眼カメラを用いてリアルタイムに体験する HMD デバイスの開発

Development of an HMD Device to Experience a Horse's Field of View in Real-Time Using a Fisheye Camera

齋藤達也<sup>1)</sup>, 高村環<sup>1)</sup>

Tatsuya SAITO, and Tamaki TAKAMURA,

1) 東京工芸大学大学院 芸術学研究科（〒164-8678 東京都中野区本町 2-9-5, TEL: 03-3372-1321）

**概要：** 本研究では魚眼カメラと自作 HMD を用いて馬の視野を体験できる HMD デバイス U-HMD を提案する。U-HMD は HMD デバイスの左右に 2 台の魚眼カメラを取り付け、映像を体験者の両眼に提示することで、馬の視野体験を試みるデバイスである。デバイスの設計には 3D プリンタを用いており、本論文ではリアルな馬型の外装の制作方法も紹介する。また、人間が U-HMD を装着することによって、馬の視野の特徴である、広い総合視野、両眼立体視を体験することができるのか調査と実験を行った結果、装着者が視野の広がりを感じたことが分かった。

**キーワード：** XR, 馬の視野, 魚眼カメラ, HMD, 3D プリント



図 1 U-HMD 外観

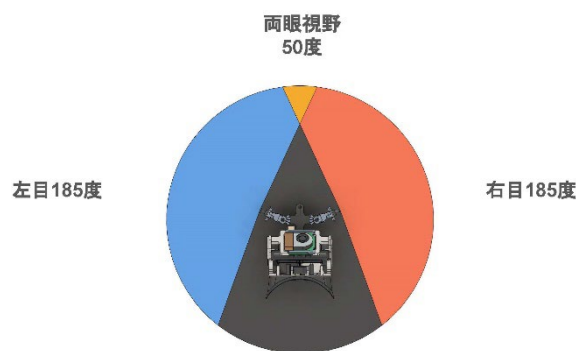


図 2 U-HMD の視野角

## 1. はじめに

人間が受け取る情報の 8 割は視覚情報であると言われており、視覚を拡張する研究は分野を問わずに数多く行われている。[1, 2]しかし、動物の視野角を体験するための視野拡張の研究はまだ十分であるとは言えない。本研究では馬の視野を対象とし、馬がどのような視野感覚を持っているのか、人間が直観的に理解するための HMD デバイスの制作を行う。馬の視野感覚を理解することで、乗馬などの馬と触れ合う際に、馬の視野特性に基づいた適切な行動が可能となり、馬のストレスを軽減し、より安全で効果的なコミュニケーションを実現することが期待される。本研究では魚眼カメラと自作 HMD を用いて、魚眼カメラの映像を直接装着者に提示するデバイス U-HMD (図 1) を提案し、馬の視野再現を行う。また、U-HMD を

装着することで馬の全体視野と両眼立体視を体験することが可能なのか、装着者への体験時の報告・聞き取り調査とアンケート、実験から考察を行う。

## 2. デバイス概要

本研究における HMD 型デバイスは、馬の視野を体験できる HMD であることから U-HMD と名付けた。馬は頭部の両側面に目が付いており、片眼視野角 215 度、総合視野角 350 度、両眼視野領域 60~75 度ほどである[3]。このことから馬の視野は後部の 10 度を除くほぼ全面が見えるパノラマ状態になっていると考えられている。また、両眼立体視を行う両眼視野領域は人間 (120 度) よりも馬のほうが狭い。U-HMD の視野角は図 2 のようになっている。カメラは内向きに 22.5 度の角度が付いており、片眼視野角



図 3 U-HMD の視野映像のスクリーンショット

185 度、全体の視野角 320 度、両眼視野領域は 50 度を実現している。馬の視野を完全に再現できているとは言えないが、広い単眼視野と立体視可能な両眼視野領域を持ち合わせる馬の視野感覚を十分体験できるのではないかと考えられる。図 3 に U-HMD の視野画像を示す。魚眼カメラを用いて、馬の視野を再現した視覚システムの開発例 [4] はすでにあるが、本研究では HMD を通して体験できるようにし、その際に外見も馬に近づけることで、より没入感を高めて、直観的に馬の視野を体験することを目指す。

### 3. デバイス設計

#### 3.1 デバイス構成

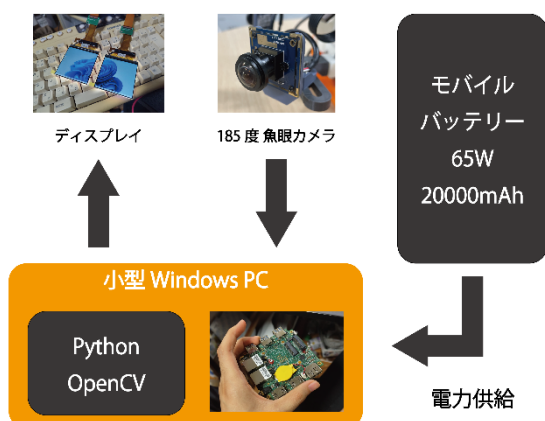


図 4 U-HMD のデバイス構成

U-HMD の構成は図 4 のとおりである。左右に取り付けられた 185 度の広角魚眼カメラの映像を小型の Windows PC (GMKtec NucBox G2) 上で Python (OpenCV) を用いて処理し、HMD 内部の 2 分割されたディスプレイ (Wisecoco LCD ディスプレイ LS029B3SX02) に表示することで、馬の視野体験を実現した。また、歩き回ることが前提のため、カメラ、ディスプレイ、PC、バッテリーのすべてが頭部に装着するデバイスで完結するようになっている。バッテリーでの稼働時間は 1 時間ほどである。PC の排熱は鼻孔からファンを使って排熱するようになっているため、馬の鼻息も再現している。

#### 3.2 CAD を使った設計

U-HMD の設計は 3DCAD ソフトの「Fusion」を使用した。デバイスの外装を構成する馬の頭部のモデリングはフォ



図 5 CAD 上で分割した U-HMD

ームモデリング機能で行った。FDM 方式の 3D プリンタを用いて生物的な形状を造形する場合、積層痕やサポート材の跡ができてしまい、表面が荒れてしまうことが懸念される。そのため、なるべく積層痕が目立たせず、サポート材を使用しないことが望まれる。今回はサポート材を使用しないために馬の外装を 12 パーツほどに細かく分割した。内部を含めると 40 パーツ以上に分かれている (図 5)。また、オーバーハングの角度が 45 度以内に収まるように設計することでサポート材が極力発生しないように設計した。さらに、積層跡を目立たせないために外から見える外装の曲面部分が側面になるよう印刷時に配置した。例として額のパーツ (図 6) の造形について詳しく解説する。額のパーツに関しては、いくつかの点

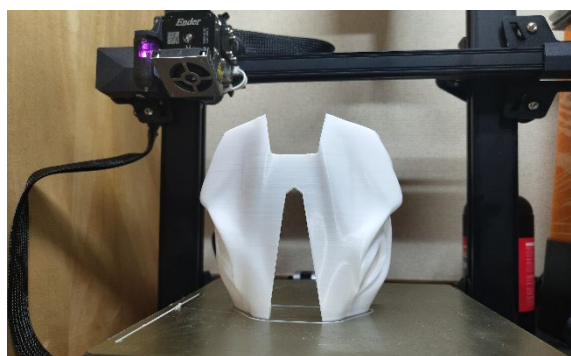
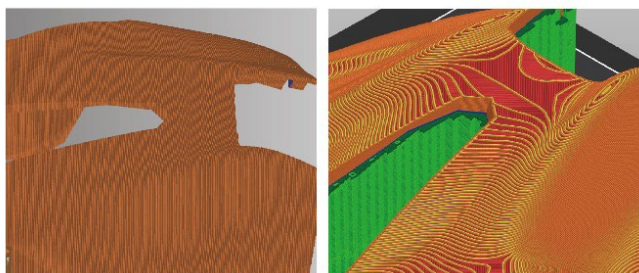


図 6 サポート材を使用せずに印刷した額パーツ



立てた場合 寝かせた場合

図 7 額を立てた場合と寝かせた場合の滑らかさの比較 (スライスソフトの画面)

に考慮して設計および印刷を行った。まず、額はカメラが収まる部分であるため、内部がサポート材で荒れないようにすることが重要であった。サポート材が残るとカメラの角度の精度に影響が出る可能性があるため、サポート材なしでの印刷を目指した。そのため額を立てた状態で印刷する設計を採用した。これによりサポート材の使用を避けることができた。また、額を寝かせて造形すると、額上部にトップ層の積層痕が強く現れ、外観の滑らかさが損なわれるという問題があった。図 7 にスライスソフトの画面を示す。立たせた場合、側面に一方の積層跡のみだが、寝かせた場合は額上部の傾斜が浅い部分にトップ層の塗りつぶしパターンが広い面積で現れてしまっている。そのため、額を立てて、曲面を側面にした状態で印刷することで、問題を解決することができた。さらに、額を立てた状態で印刷することで、印刷時の定着力を向上させることができた。額の断面をビルドプレートに向けることで、印刷中の安定性が増し、品質の向上につながった。これらの工夫により、そのほかのパーツでもサポート材を使用せずに高精度かつ滑らかな表面を持つパーツを作成することができた。

#### 4. 調査と実験

U-HMD を装着することで実際に馬の視野体験ができるのか、調査と実験を行った。馬の視野の特徴として、広い総合視野、両眼立体視が挙げられる。装着者がこれらの要素を体験できれば、U-HMD は馬の視野を体験できるデバイスということになる。今回の調査と実験には 12 人の被験者が参加したが、1 人の被験者はデバイスのディスプレイ側のレンズが目にあわず、視野体験ができなかったため、データの分析からは除外した。残りの 11 人の被験者は男性 7 人、女性 4 人で、年齢は 20 代から 50 代、平均年齢は 29 歳ほどである。

##### 4.1 調査

U-HMD を装着した状態で図 8 の屋内空間 (NEUU XR Communication Hub) 内で自由に行動してもらった。調査では行動中の被験者に体験について報告・聞き取り調査を行ったほか、U-HMD を外した後に 2 択のアンケートを取った。アンケートの結果は図 9 の通りである。



図 8 調査と実験を行った NEUU XR Communication Hub

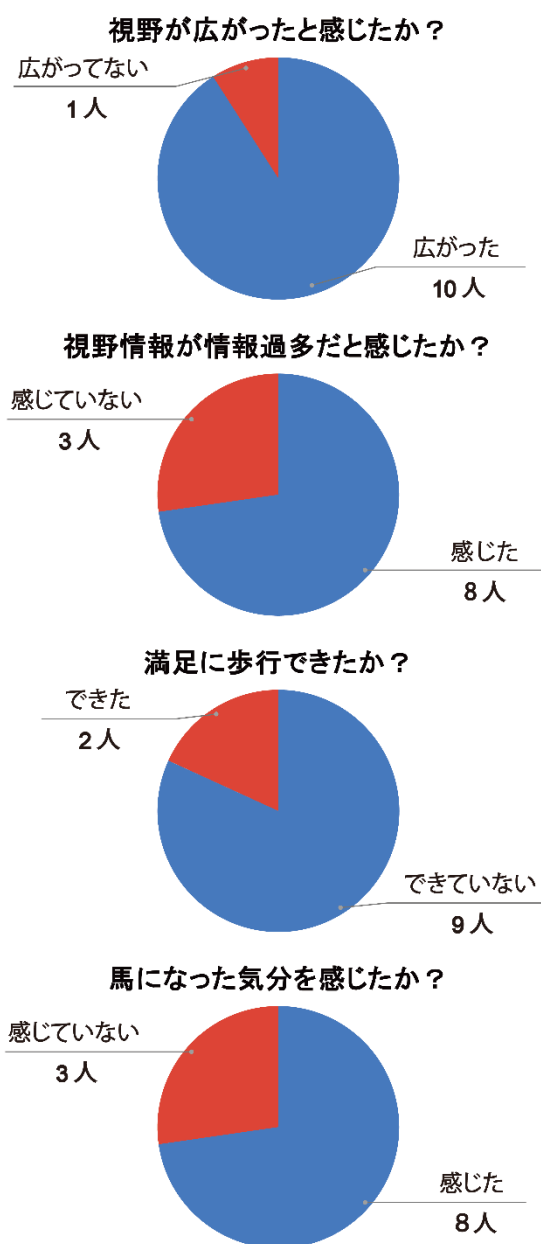


図 9 装着後のアンケート結果

## 4.2 実験

U-HMD を用いて両眼立体視が行えるか実験を行った。実験の様子は図 10 に示す。机の上にあるペットボトルを U-HMD を装着した状態で、被験者に持ち上げてもらったところ、被験者全員が両眼視野領域ではなく、左右どちらかの単眼視野領域でペットボトルを持ち上げた。



図 10 実験に使用した机とペットボトルを持ち上げる様子

## 4.3 U-HMD の評価と考察

### 4.3.1 320 度の総合視野に関する評価

視野が広がったと感じたかの設問では、大多数の被験者が視野が広がったと感じている。体験中の報告・聞き取り調査においても、視野の広さや、自分の後方が見えることに驚く意見が挙がっており、U-HMD が馬の広い総合視野を体験させる効果があることを示唆している。これにより、魚眼カメラ 2 台を組み合わせた総合視野に関してはデバイスの設計が意図した通りに機能していると言える。

### 4.3.2 320 度の総合視野に関する評価

一方で、ペットボトルを持ち上げる実験から、両眼立体視は行えていないことがわかる。体験中の被験者から距離感がつかみにくいといった意見や両眼視野領域がブレて見え、正面が見にくいといった意見が挙がった。これは通常の人間の目の配置と馬の目の配置の違いから発生している可能性が考えられる。また、個人差があるが、寄り目にする事で左右の象が一致したという意見も挙がっている。このことから、魚眼カメラの映像をそのまま体験者に提示するのではなく、PC 側での何らかの映像処理を行ったり、カメラやディスプレイの配置を工夫することで、見え方を改善できる可能性が示唆された。

### 4.3.3 視野情報の過多に関する評価

視野情報が過多だと感じた被験者も多く、8 人がそのように回答した。これは、320 度の広い視野を得たことで、通常の人間の視野に比べて視覚情報が増えることに起因していると考えられる。

### 4.3.4 歩行に関する評価

満足に歩行できたと感じた被験者は 2 人に留まり、9 人は満足に歩行できなかったと回答した。被験者全員が U-HMD の視野情報を頼りに屋内散策することはできたものの、この結果からは、広い視野に対する慣れの問題や、視覚情報の過多が歩行に影響を与えている可能性が示唆され

る。また、両眼立体視ができていないことによる距離感がつかめないことや、魚眼カメラの歪みによる可能性も考えられる。

### 4.3.5 馬になった気分に関する評価

馬になった気分を感じた被験者は 8 人であったため、これにより、U-HMD が馬の視野を体験させる一定の効果を持つことが示されたが、ペットボトルを持ち上げる際に自然と両眼立体視ができないことや、9 人が満足に歩行ができないと答えた人が多いことから、今後さらなる体験の質の向上が求められる。

## 5. 結論

本研究では、魚眼カメラと自作 HMD を用いた馬の視野を体験できるデバイスの設計方法を紹介し、調査と実験の結果、U-HMD は被験者に対して馬の視野の特徴の一つである広い視野体験を提供したため、馬の視野を再現するデバイスとして有効であることが確認された。しかしながら、もう一つの馬の視野の特徴である両眼立体視ができないといった問題も浮き彫りになった。この問題は今後原因を究明し、改善策を考えていく必要がある。12 人の被験者のうち 1 名は U-HMD のレンズが合わず、装着することができなかったため、デバイスのフィッティング精度の向上も求められる。今後の研究では、これらの課題に取り組み、さらに、広い視野がもたらす行動変化や認知の違いについても詳細な調査を行い、U-HMD の体験の品質向上を目指す。

**謝辞** 本研究にあたり、実験に協力してくださった皆様と、ご指導をいただいた指導教官の阿部一直教授に感謝いたします。

**実験場所** NEUU XR Communication Hub

## 参考文献

- [1] Ardouin, J., Lecuyer, A., Marchal, M., Riant, C., Marchand, E.: "Fly VIZ": A Novel Display Device to Provide Humans with 360° Vision by Coupling Catadioptric Camera with HMD, Proceedings of the 18th ACM symposium on Virtual reality software and technology, pp. 41-44, 2012.
- [2] 早田 昶, 岩切 宗利: 周辺視野への視角外空間の表示による視野拡張に関する一検討, 研究報告グラフィクスと CAD, 2015-CG-158, 10, P. 1-5, 2015.
- [3] Timney, B., Macuda, T.: Vision and hearing in horses, Journal of the American Veterinary Medical Association, Vol. 218, No. 10, pp. 1567-1574, 2001.
- [4] 賈 漢超, 李 仕剛: 魚眼カメラによる馬の視覚システムの実現, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.132, No.12, pp.1992-1998, 2012.