



# フェイストラッキングを使った視野拡張による テレコミュニケーションの拡張

Enhancement of Telecommunication through Pseudo-VR Using Face Tracking

小木曾直輝<sup>1)</sup>, 木島竜吾<sup>2)</sup>

Naoki OGISO, Ryugo KIZIMA

- 1) 岐阜大学 自然科学技術研究科 知能理工学部 知能情報領域 (〒501-1112 岐阜県岐阜市柳戸 1-1, kogaku@t.gifu-u.ac.jp)
- 2) 岐阜大学 木島研究室 (〒501-1112 岐阜県岐阜市柳戸 1-1, kijima.ryugo.n4@f.gifu-u.ac.jp)

**概要:** 本研究では、フェイストラッキング技術を用いて視野を拡張し、Web 会議の臨場感を高める新しいシステムを提案する。ユーザーの頭部の向きを追跡し、カメラの視線方向をこれに合わせて調整することで、固定画面を使いながらも自然な見回し動作を実現し、ひいては遠隔地にいるユーザー同士がまるで同じ空間にいるかのような体験に近づけようとするものである。本論文の目的は、提案システムにおけるカメラの回転倍率を調整することでユーザー体験の最適化を図ることである。

**キーワード:** フェイストラッキング, 視野拡張, Web 会議システム

## 1. はじめに

近年、Zoom や Microsoft Teams といった Web 会議システムの急速な普及により、地理的な制約を超えたリアルタイムのコミュニケーションが可能となり、オンライン授業やオンライン飲み会など新しい文化が形成された。しかしながら、これらの Web 会議システムでは、Web カメラによる 1 方向からの映像のみのため、誰に向かって話しているのかわかりにくく、大人数でのディスカッションにあまり向いていないように感じる。

本研究では、フェイストラッキング技術を用いて視野を拡張し、3D 空間上で参加する Web 会議の新しいシステムを提案する。このシステムは、ユーザーの頭部の向きを追跡し、カメラの視線方向をこれに合わせて調整することで、固定画面を使いながらも自然な見回し動作を実現し、ひいては遠隔地にいるユーザー同士がまるで同じ空間にいるかのような体験に近づけようとするものである。本論文の目的は、提案システムにおけるカメラの回転倍率を調整することでユーザー体験の最適化を図ることである。具体的には、ユーザーの視線や頭部の動きに応じてカメラの視野をどの程度回転させるかを決定し、その最適な倍率を探るために実施した実験方法とその結果を報告する。

## 2. システム構成

提案システムは、ユーザーの動きをトラッキングし、それに基づいて 3D アバターを操作する Web 会議システム

である(図 1)。以下に、システムの各構成要素およびその連携について詳細に説明する。また、図 2 はシステム構成図である。



図 1: システムの概要

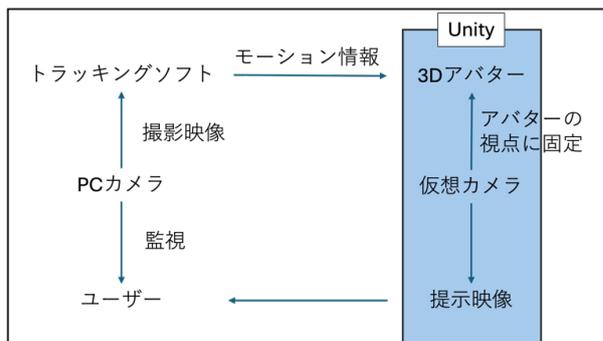


図 2: システム構成図

## 2.1 全体像

本研究では Zoom や Teams といったオンラインビデオ会議と同様、デスクトップにあるモニターを用いることを前提とする。ただし、表示される人物は実写画像ではなく、アバターである。現在では、FaceRig[2]や VSeeFace[3]などのソフトウェアにより、Web カメラの撮影画像から顔の向きや表情をとらえることは容易である。

## 2.2 視野の拡張

本システムで特徴的な点は、自分の顔の向きにより仮想世界内のカメラモデルをコントロールすることで、いわば視野を拡張している点である。

まず、実空間では視点からモニターを見込む範囲が有効な視野である。仮想空間では通常それよりかなり広い視野をレンダリングし、その結果をモニターに表示する。ゲームなどでは視線方向はマウスやキーボードで操作するのが一般的であり、これによって見回すことで動的な視野が得られる。提案システムでは、その代わりに頭部の垂直軸周りの回転角度(ヨー)によってカメラモデルの向きを変える。つまり、ユーザが右を向けば、カメラモデルも右を向き、右方向の仮想世界の様子が表示される。この方法では使用できる首の角度に限界がある。実空間におけるモニターや人間の位置は動かないので、あまり首を左右に回転させると、モニターを見続けることができないからである。

## 2.3 フェイストラッキング

ユーザは PC カメラを通じて監視される。この映像はトラッキングソフトである VseeFace によって解析され、ユーザのモーション情報を取得する。このモーション情報は、後述する 3D アバターの動きを制御するために使用される。

## 2.4 Unity

Unity は本システムの中心的な役割を果たすプラットフォームである。Unity 内には 3D アバターが配置されており、トラッキングソフトから送られたモーション情報に基づいてアバターが動作する。具体的には、仮想カメラがアバターの視点に固定され、ユーザの動きに合わせてアバターが動く。

仮想カメラは 3D アバターの視点に固定されており、アバターの動きに応じて映像を生成する。この映像はユーザに対して提示される。

仮想カメラが生成した映像は、最終的にユーザに提示される。これにより、ユーザは自分の動きに応じてリアルタイムで変化する仮想空間内の視点を体験することができる。

## 2.5 ネットワーク通信

これらのシステムを各ユーザー間の動作を同期することで、複数人が同時に参加できる Web 会議を実現する。

## 3. 実験方法

### 3.1 実験環境の設定

第 2 章で説明したシステムを様々な条件で比較するた

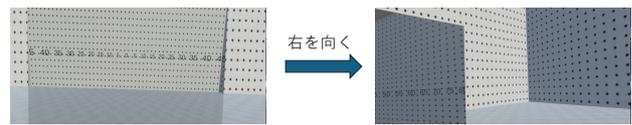


図 3: 可視範囲確認テストの様子

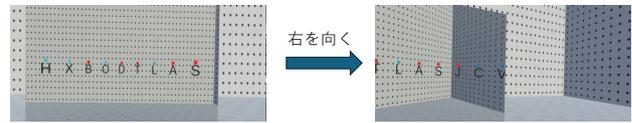


図 4: アルファベット探索テストの様子

めに、本実験では HMD を使用して提案システムを想定した仮想環境を作成し、その仮想環境内で実験を行った。使用した HMD は HTC の VIVE Pro Eye である[1]。実験環境には、実験環境である VR 空間と提案システムによりスクリーンに表示される仮想空間が存在する。この二つを混同しないように、ここでは目の前にスクリーンがある実験環境の空間を「第一仮想空間」、拡張視野によって見渡すことのできるスクリーン上の空間を「第二仮想空間」と定義する。

### 3.2 実験内容

まず初めに、被験者にスクリーン上で見ることが出来る拡張視野範囲の確認を行った(図 3)。第二仮想空間において、カメラの正面を 0 度として、左右に 180 度ずつ 5 度刻みで数字を配置した。被験者には、両眼でどこまでの数字が見えるかを回答してもらい、拡張視野限界角を決定した。

次に、被験者にはスクリーン上に表示されるアルファベットを探索するテストを行った(図 4)。被験者はヘッドホンから流れるアルファベットの音声を聞き、その指示されたアルファベットをスクリーン上で探す。そして、そのアルファベットの上に表示されている色が赤色であれば右のコントローラーのボタンを押し、青色であれば左のコントローラーのボタンを押すというタスクを全 15 問行い、その後アンケートに回答することで 1 試行とした。

アルファベットは、事前の視野確認で決定した拡張視野限界角内に均等に配置し、全アルファベット数である 26 個を一度に表示した。

### 3.3 スクリーン設定

スクリーンから体験者までの距離を 40cm とし、スクリーンのサイズは縦 270mm×横 450mm とした。これは体験に想定される一般的なモニターサイズとモニターまでの距離を元に設定を行った。

### 3.4 実験条件

実験では、体験者の頭の水平方向の回転に対して、第二仮想空間を映す仮想カメラが 1 倍、2 倍、3 倍、4 倍の回転量で回転する場合を比較した。また、加えてスクリーンを使用しない仮想カメラの位置に体験者の視線の位置が重なる第二仮想空間没入状態での実験を含めた 5 つの条件で実験を行った。

### 3.5 被験者の選定

被験者は視力が正常な男性7名であり、実験中にアイトラッキングがうまく測定できなかった1名とテストの際に右側と左側で見える範囲が大きく異なった1名は今回の実験データからは除外した。

## 4. 評価項目

### 4.1 クリアタイム

アルファベット探索テストを15問終了時点でのクリアタイムを記録した。誤回答の場合は正解としてカウントせずに次の問題に移行した。

### 4.2 眼球移動

体験者の眼球の動きを測るために VIVE Pro Eye のアイトラッキング機能を利用して、実験中被験者の瞳孔の位置を毎フレーム記録した。

### 4.3 拡張視野限界角

上述した可視範囲確認テストにより、拡張視野限界角を決定した。

### 4.4 主観アンケート

それぞれの実験後に被験者に以下の3つの質問にそれぞれ0から6の7段階で評価してもらった。尚、VR環境時はQ2の質問は回転の速さとは関係ないため回答はない。

Q1. 没入感はあるか

0 全くない～6 完全に世界に入り込んでいる

Q2. 回転の速さはどうか

0 かなり遅い

1 遅い

2 少し遅い

3 ちょうど良い

4 少し早い

5 早い

6 かなり早い

Q3. 酔いの程度はどうか

0 全く酔わない～6 とても酔う

## 5. 実験結果

### 5.1 拡張視野限界角

拡張視野範囲は、回転倍率を上げるほど比例して広がっていくことが確認された。また、今回の条件では、体験者の頭の回転に対して3倍から4倍程度の回転倍率で360度以上の視野が確保できることが分かった。

### 5.2 主観アンケート結果

主観アンケートの結果、没入感に関しては回転倍率による違いは見られず、VR実験時には少し高い評価が得られた。速さについては、回転倍率が2倍の時に最も「ちょうど良い」と感じる評価が得られた。酔いの程度は1倍から3倍にかけて上昇傾向にあり、4倍では下がる傾向が見られた。これは、4倍の回転倍率で360度以上の視野を確保でき、小さな首の回転でタスクを行えるためと考えられる。

### 5.3 眼球移動速度

眼球の動きについては回転倍率に関わらず同程度であったが、VR空間時に眼球が大きく動いていることがわかった(図7)。また、図9～図13は瞳孔の動きを密度ヒートマップ上に表したものである。このヒートマップからは特に試行による違いは見られなかった。

### 5.4 タスククリアタイム

クリア時間は回転角倍率が大きくなるほど伸びる傾向があった(図8)。これは回転角倍率が高いほど、アルファベット間の感覚が広く、一度に視界に入るアルファベットの数が少なかったためかもしれない。また、4倍時に下がっているのは主観アンケートの結果と同様、他の試行に比べ、小さな首振りでのタスクであったことが考えられる。

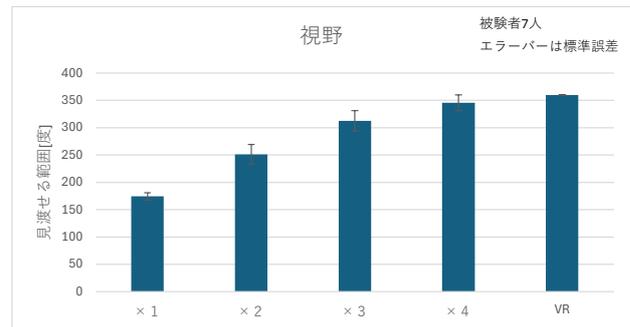


図 5: 拡張視野限界角

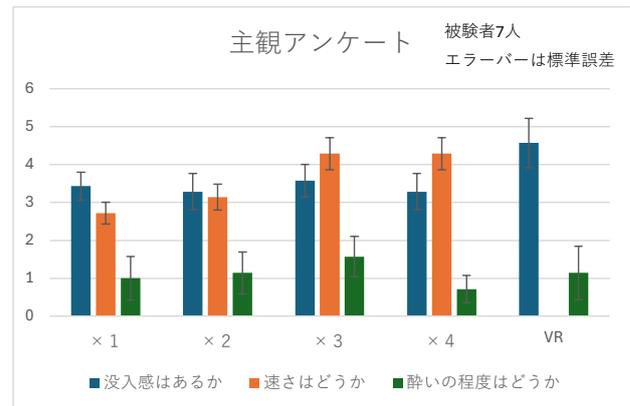


図 6: 主観アンケート

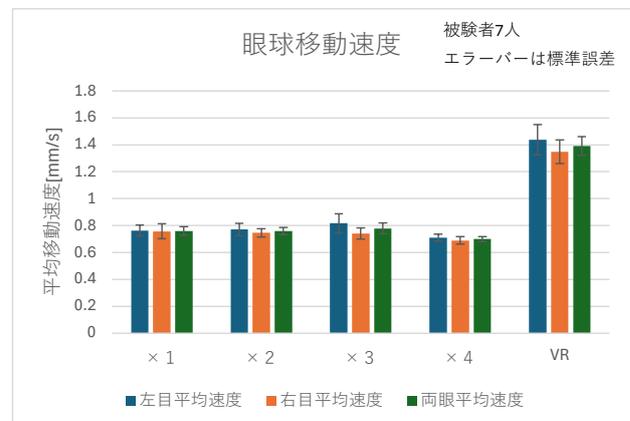


図 7: 眼球移動速度

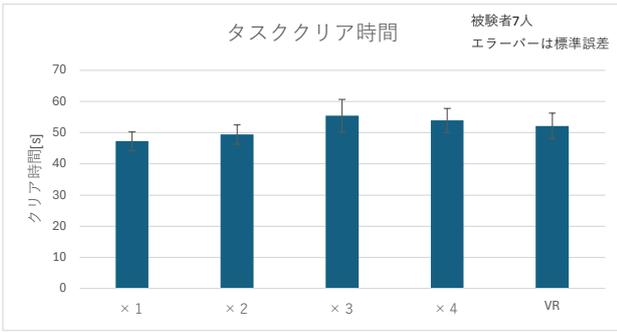


図 8: タスククリアタイム[s]

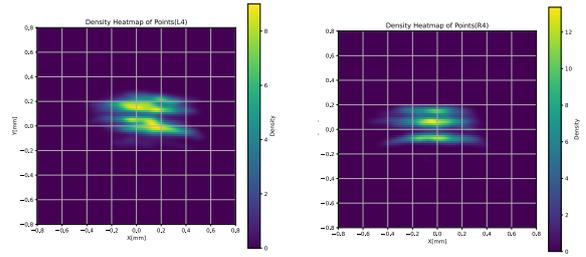


図 12: 瞳孔密度ヒートマップ(×4)左:左眼, 右:右眼

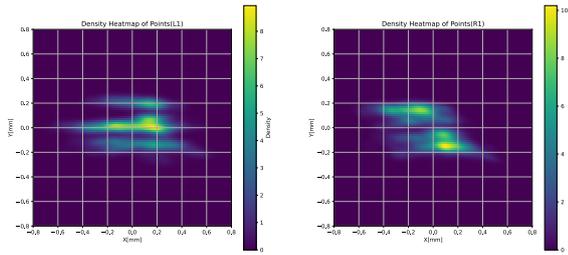


図 9: 瞳孔密度ヒートマップ(×1)左:左眼, 右:右眼

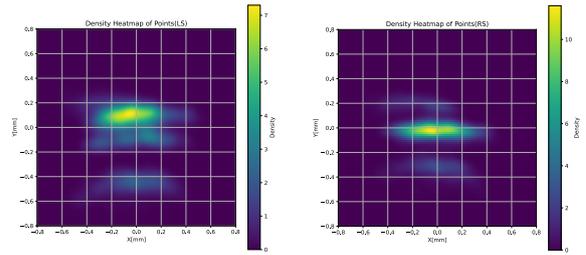


図 13: 瞳孔密度ヒートマップ(VR)左:左眼, 右:右眼

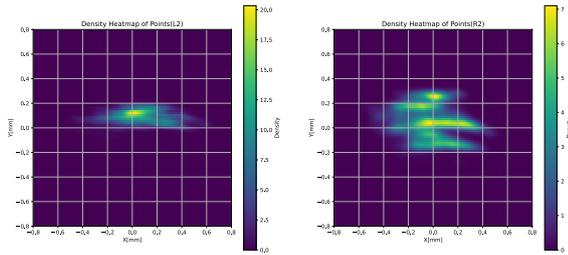


図 10: 瞳孔密度ヒートマップ(×2)左:左眼, 右:右眼

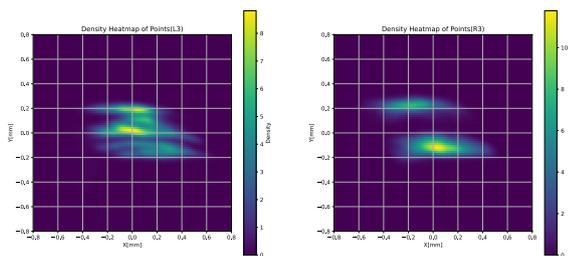


図 11: 瞳孔密度ヒートマップ(×3)左:左眼, 右:右眼

## 6. 結論

本研究では、視野拡張を利用したテレコミュニケーションの強化を目的とし、固定画面を使いながらも頭部の回転をカメラモデルの回転にマップする方法を提案した。その有効性を確認するために被験者実験を実施し、以下の知見を得た。

ユーザの首の回転の何倍仮想世界のカメラを回すかという回転倍率を変えて比較実験を行った。まず、仮想世界での拡張視野範囲は回転倍率によって決まること、最適な倍率はアンケートによると 2 倍付近が好まれることが判明した。酔いと倍率は無関係であり、VR ヘッドセットを用いた場合の酔いとは同程度であった。さらに、眼球運動速度は、倍率に関わらず VR ヘッドセットを用いた場合よりも低いことが示された。これらの結果は、本システムが視野拡張を通じてテレコミュニケーションを効果的に拡張する可能性を示しており、さらなる研究と開発を進めていきたい。

## 参考文献

- [1] VIVE Pro Eye 概要 | VIVE 日本, <https://www.vive.com/jp/product/vive-pro-eye/overview/> 7/22/2024
- [2] Animaze by FaceRig, [https://store.steampowered.com/app/1364390/Animaze\\_by\\_FaceRig/?l=japanese](https://store.steampowered.com/app/1364390/Animaze_by_FaceRig/?l=japanese) 7/22/2024
- [3] VSeeFace, <https://www.vseeface.icu/> 7/22/2024