

# ヘッドマウントディスプレイを用いた視覚変化体験システム

芝田 圭佑<sup>1</sup> 濱川 礼<sup>2</sup>

**概要:** 本論文では視力や身長のパラメータをモデル化し、仮想空間上で体感できるシステムについて述べる。人間の視覚は視力や身長、年齢などによって左右される。視力や身長は人間が度合いを決定するために定義したものであり、数値として表すことができる。しかし、視覚は知覚情報のため、感覚的に理解するものであり、数字からは窺い知ることはできない。本稿では視力や身長のパラメータを知覚情報に反映し、ヘッドマウントディスプレイを用いることで体験することができるシステムの構築方法について述べる。

**キーワード:** 仮想現実, 視覚, ヘッドマウントディスプレイ

## Visual Change Experience System with the Head-Mounted Display

KEISUKE SHIBATA<sup>1</sup> REI HAMAKAWA<sup>2</sup>

**Abstract:** This paper describes the system that can experience the parameters of vision and stature in virtual space. Human visual sensation depends by vision, height, age, and so on. Vision and height were defined by humans to determine the degree. They can be expressed as a numerical. However, visual sensation of perception information understand it sensuously, it is not possible to perceive from the numerical. This paper describes the systems construction method that can experience the perception information that reflects the parameters of the vision and height with the head-mounted display.

**Keywords:** Virtual reality, Visual sensation, Head-mounted display

### 1. はじめに

本論文では視力や身長のパラメータから擬似的な視覚情報を生成し、仮想空間上で体験できるシステムについて述べる。

### 2. 背景

人間は普段、五感(視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚)を用いて日常生活を送っている。五感は人間を対象に考えられたモノに対しては常に考慮する必要があり、商品や公共機関などのユーザビリティ設計はその代表例である。近年コンピュータデバイスの発達に伴い人間の五感情報をシステムに取り入れる動きがある。浅野らの研究によれば次世代

ネットワーク分野でビジネス、生活面問わず活用されると述べられている [1]。具体的には、例えばネットワークで嗅覚情報を共有する Google Nose の開発が進められている [2]。

五感によって情報量に差が存在する。特に人間は視覚優位の生物だと言われており、視覚を通して得る情報(視覚情報)は五感の情報判断の割合の約8割を占めている [3]。視覚情報は視力、身長、年齢、疾患など様々な要因で変動する。視力と身長には人間が度合いを示すために定義した指標であり、数値として表現されている。視覚情報は知覚情報のため人間は感覚的に理解しており、自身が知覚している視覚情報がどれほどの値なのかは視力検査等の方法によって認識している。自分の視力と身長に比較的近い数値からある程度視覚情報を想像することは可能だろう。しかし、自分とは全く違う視力や身長から視覚情報を想像することはできない。これは自身の知覚情報しか知り得ないた

<sup>1</sup> 中京大学 情報工学研究科  
Chukyo University

<sup>2</sup> 中京大学 工学部  
Chukyo University



図 1 ランドルト環  
Fig. 1 Landolt Ring

めである。たとえば度合いを示すために定義した他の指標として体重があるが、体重は物体の重量の測定と同じ方法を取っているため、同重量の物体を持ち上げれば体験することができるため想像もつき易い。視覚情報の場合、自分自身の感じている情報が唯一無二のため、自身以外の人がどのように感じているか導き出すことができない。デザイン設計において視覚情報は非常に重要視される要素であるが、対象ユーザの見え方を知り得ないために問題が発生する可能性がある [4][5]。

### 3. 視力

一般的に広く用いられている視力は眼で静止した物体を識別できる能力を指す [6]。これはランドルト環を用いることで測定することができる。ランドルト環とは大きさの異なる C 字型の環の開いている方向を識別することで、2 点が離れているか見極められる最初の角度を測定する [6]。5m 離れた地点からランドルト環を徐々に小さくしていき、輪が空いている方向をどのサイズまで識別できるか検査する。日本では直径 7.5mm、太さ 1.5mm、切れ目幅 1.5mm を識別できる能力を 1.0 としている。視力が身長や体重との大きな違いは主観評価の点である。身長や体重は機械や厳密に決められた規定により測定されるが、視力の場合識別するのは自分自身のため、主観的に決定される。そのため身長や体重と比べ基準が曖昧であり、さらにイメージがつきにくくなっていると考えられる。

### 4. 目的

本研究では身近な数値情報 (身長、視力、年齢) から視覚情報を提供し、自身の将来や他者の視覚情報の理解の向上を目的とする。視力と身長の数値から視覚情報を知る手段を提供することで自分自身以外の視覚情報を持つことが可能になる。その結果商品やデザインに新たな見方が生まれ、ユーザビリティの発展に寄与することが可能になる。また他者の理解は新たなアイデア、商品を生むきっかけに繋げることが可能になる。

視力と身長の指標には年齢が深く関わっており、図 2 から分かるように年齢の変化により視力と身長は大きく変化する。年齢をパラメータとすることで人間の加齢に伴った視力と身長変化モデルを作成し、現在だけではなく過去や

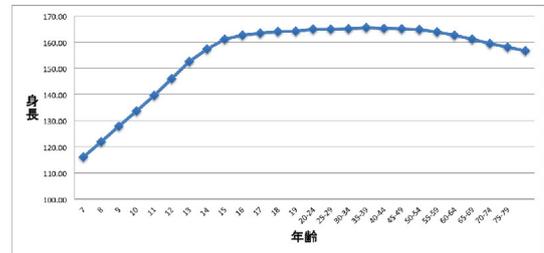
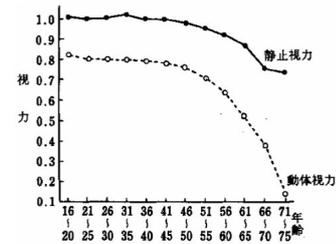


図 2 上図: 年齢と動体対数視力 [7] 下図: 年齢と身長 [8]  
Fig. 2 Top Image: Age and Moving Body Logarithm Eye-sight[7] Bottom Image: Age and Height[8]

未来の視覚情報を再現することが可能になる。またこれにより過去の記憶の想起や将来の自身の対策を行うことも可能になる。視力、身長、年齢に基づいた視覚情報をユーザに提供することで自身の知覚として体験できるシステムを構築する。

### 5. 視覚情報再現方法

視力は眼のパラメータであり、身長に比べ視覚情報に与える影響が大きいため、視覚情報を再現するに当たり、その他と分けて考えなければならない。そのため本研究では、仮想空間上で視覚情報を再現するため、視覚情報に人の身長とオートフォーカス機能を導入した視界モデルと視力変化に伴う視覚情報の歪みを再現した視力モデルフィルターを実装している。ユーザの動きに応じた視覚情報提供を視界モデル側で行い、視力の上下で発生した視覚情報の歪みを視界モデルフィルターで再現することで高い没入感を得る。

### 6. 本システムについて

本システムではユーザが視力・身長・年齢をパラメータとして入力する。入力されたパラメータに基づいた視覚情報をヘッドマウントディスプレイ上に出力する。ユーザの視線を加速度センサーと軸センサーを用い取得し、仮想空間と連動することにより高い没入感を得る。入力パラメータはリアルタイムで処理されるため、パラメータの変更を行えば即時反映される。また自身や他人の視力や身長を入力すれば、過去の視覚情報から未来の視覚情報への移り変わりを体験することも可能である。本システムの利用イメージを図 3 に示す。



図 3 システムイメージ  
Fig. 3 System Image

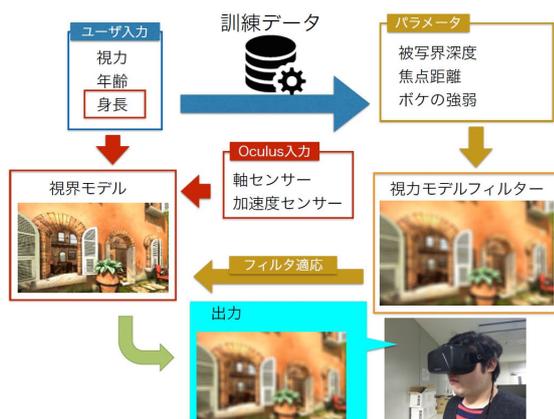


図 4 システム構成  
Fig. 4 System Configuration

## 7. システム概要

本システムは仮想空間上のカメラより取得された映像に加速度センサーと軸センサーを用いたオートフォーカス機能と身長を導入した視界モデルに視力モデルフィルターを当てることにより視覚情報を再現している。システムの構成を図 4 に示す。ユーザは視力、身長、年齢を入力する。入力された情報を訓練データと照合し、視力のパラメータとして被写界深度、焦点の合わせた距離、ボケの強弱を算出する。被写界深度とは焦点が合っているように見える範囲のことである [9]。算出されたパラメータを視力モデルフィルターに適用することで仮想空間上で視覚情報における視力効果を再現する。また加速度センサー、軸センサー、入

力された身長から視界モデルを作成する。視力モデルフィルターを視界モデルに適応し、ヘッドマウントディスプレイに出力することでユーザ入力情報から得られた視覚情報をユーザに提供する。仮想空間を用いることにより、より現実に近い視覚情報を再現することができ、パラメータ変化による視覚情報の変動を体験することが可能である。本研究ではシステムを構築するため Unity を用いている [10]。

### 7.1 ヘッドマウントディスプレイ

現在ヘッドマウントディスプレイには眼鏡型やディスプレイ型など様々な方式が存在するが、本研究では不透過ヘッドマウントディスプレイに分類される Oculus Rift を用いた [11]。理由として広視野角が挙げられる。人間の視野角はおおよそ  $200^\circ$  である。しかし正しく色が判別可能な範囲はおおよそ  $135^\circ$  であり、物体の形まで認識できる範囲はさらに絞られる [12]。従来のヘッドマウントディスプレイの視野角が  $25^\circ \sim 45^\circ$  に対し、Oculus Rift の視野角は  $110^\circ$  である [13]。これは人間の色判別可能範囲とほぼ同じである。また搭載された加速度センサーと軸センサーによりヘッドトラッキングを行うことができ、より高い没入感を得ることが可能である。

### 7.2 視界モデル

仮想空間上のカメラより取得された映像に加速度センサーと軸センサーを用いたオートフォーカス機能と身長を導入したモデルである。人間は見たいと思った場所に無意識で自動的に焦点を合わせるオートフォーカス機能を有しているが、本システムでは視界中央に存在する物体の距離



図 5 視界モデル作成イメージ  
Fig. 5 View Model Making Image

に焦点を合わせることでオートフォーカス機能を実装している。図 5 の例では元画像は画像全体が鮮明に写っているが、オートフォーカスを導入することによって、フォーカスが合わせられた家の周囲以外をぼかし、人間の視覚を再現している。Oculus Rift に搭載されている加速度センサーと軸センサーから取得された情報を入力としており、視野の高さ、顔の方向、角度を反映する。これによりユーザの顔の動きを捉え、仮想空間上に反映することができる。その結果、どんな近距離や遠距離を見ても焦点を合わせ鮮明に見ることが可能である。また、図 5 は全て同じ地点、顔の角度から見た画像であるが、身長を変化させることで視覚情報も変化していることがわかる。

### 7.3 視力モデルフィルター

視力を仮想空間上に擬似的に再現するためのフィルターである。視力を仮想空間上で再現するためには焦点距離、被写界深度、ボケの強弱のパラメータが必要になる。ボケの強弱は焦点距離が網膜からどれだけズレているかを示す値である。そもそも視力の低下は、焦点を合わせる対象を見た際にピントを合わせる機能がうまく働かず網膜以外の場



図 6 視力モデルフィルターイメージ  
Fig. 6 Vision Model Filter Image

所に焦点を結んでしまい、像がぼやけうまく判断できない状態を指す。画像情報を視力の程度によりうまくぼかすことができれば、再現することができる。視力モデルフィルターのイメージを図 6 に示す。視力の再現として古くから取られてきた手法としてガウスぼかしが広く用いられてきた [14]。しかしガウスぼかしは画像全体に適用するもので被写界深度や焦点の合っている距離などを考慮しないため、本システムでは Unity に存在する Depth of Field 機能を利用する。Depth of Field は焦点を合わせている距離や被写界深度、ボケの強弱を元に仮想空間上に配置される物体や光源の距離からボケを生成する。今回の研究では近視のフィルターを作成したが、近視は近くの物体には焦点を合わせられるが遠くの物体には合わせられない現象である。近い距離に焦点を合わせれば遠い物体ほどぼやけ、近くの物体ほど鮮明に映すことができる。また被写界深度とボケの強弱のパラメータの数値をあげれば近視の中での強弱を再現することができる (図 7)。

### 7.4 訓練データ

視力の数値をシステムのパラメータとして利用するためには、被写界深度、焦点を合わせている距離、ボケの強弱のパラメータへ変換作業が必要になる。変換の方法として近視の被験者に対して、現在実験を行っている。矯正視力 1.0 を被験者とし、矯正前の視覚情報をシステム上で再現を行う。被験者の矯正前視力とパラメータを照らし合わせどのパラメータが適切か判定を行う。

### 7.5 視覚情報の遡りと未来予測

視力や身長が年齢に強く関連しているのは先に述べた。現在の視力、身長、年齢が分かれば、統計データから過去や未来の予測をたてるのが可能である。今回は運転者の身体的機能の経年変化に関する調査研究報告書と年齢別体格測定の結果 2013 年を用いた [7][8]。現在の自分が同年代の身長と視力の何%に当たるか算出し、統計データを用い変化させる。

## 8. 関連研究

視力の強弱は古くから眼鏡やそれに近い形のデバイスにより行われてきた。レンズを用いることで視力の矯正や疾



図 7 上図:正常な視力 中図:弱い近視 下図:強い近視

Fig. 7 Top Image: 20/20 Vision Middle Image: Weak Myopia  
Bottom Image: Strong Myopia

患の疑似体験がそれに当たる。その一つの研究として、白内障疑似体験ゴーグルの開発がある [15]。白内障とは目の水晶体が白く濁る疾患の一つである。視界が白く染まり、目がかすみ、ぼやける症状が現れる。この疾患は年齢に深く関連しており、主な発症原因は老化である。この研究では若い技術者やデザイナーに体験できるデバイスを提供することによって商品やサービスに役立てていくことを目的としている。まず白内障手術前に見ていた日常の風景と手術後の見え方の変化を調査する。これは口述のデータと白内障経験者が選定した擬似フィルタのデータを用いる。取得したデータから擬似フィルタを決定しゴーグルを作成している。

画像処理を用い、二次元画像に対し視力低下再現環境の検討を行った研究として画像処理による視力低下再現環境の検討がある [16]。この研究ではランドルト環や新聞、駅構内などの画像を用意し、ぼかし処理をかけ、その画像がどこまで正しく認識できるかどうか実験を行った。結果としてぼかし度を強くするにつれ識別率が下がる傾向が見られた。またランドルト環の識別実験からぼかし度と視力はほぼ反比例の関係を示すことも明らかとなった (図 8)。

没入型仮想空間を用い、ユーザビリティの改善を行った研究として PRT simulation in an immersive virtual world がある [4]。この研究ではアメリカ合衆国の新交通システム、Personal Rapid Transit の仮想空間を構築する。非没入型シミュレーションでは見過ごされていたであろうユー

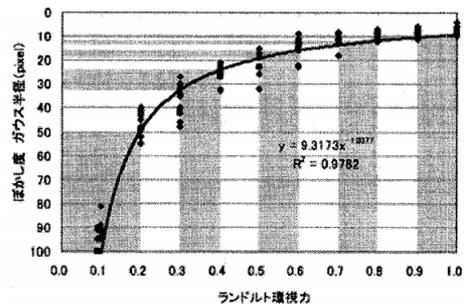


図 8 視力とぼかし度の関係

Fig. 8 Vision and Blur

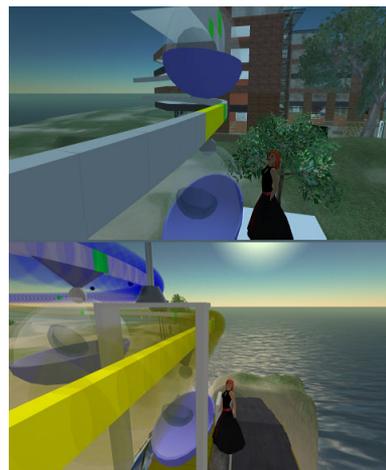


図 9 上図:発見された問題 下図:改善案

Fig. 9 Top Image: The Problem that was Discovered Bottom Image: Improvement Plan

ザビリティ問題の特定を行った。結果として駅のオフランプの設計問題、移動車両から懸垂線路が容易に見えてしまう問題、進行方向にある予想外の障害に対する安全性の確保の事例が見られた。例として駅のオフランプの設計問題を取り上げる。設計当初駅のオフランプは図 9 上図のようにデザインされていた。しかしこの配置は駅にアバターを置き、その視点から見た際不快なデザインであると判明した。そして修正された案が図 9 下図である。これにより線路上の移動車両は駅の人々から快適な角度と距離に配置されたことになる。これらの問題はユーザの視点から見た際に特定されたものであり、モデルを外部から眺めていただけでは発見できない。たとえリアルなモデルを作り上げることができたとしても、最終的に使うのは人間であり、縮小スケールでは真のユーザビリティは得られないことが分かる。

### 8.1 本研究との関係

研究 [15][16] は視覚情報操作を行う研究であるが、デバイスや画像処理など様々なアプローチの方法があることを示している。本研究では仮想空間を用いることでより多くの人の視覚情報体験を提供できる。また研究 [4] では没入

型仮想空間がユーザビリティの貢献に有用であることを示している。本研究では視覚の概念を追加することによりさらに幅広い分野の発展に寄与できるのではないかと考えている。

## 9. 今後

現在訓練データ作成の実験を行っており、十分なデータが集まり次第評価実験を行う。視力モデルフィルターには近視の再現しか行っていないため、遠視や老眼フィルターも作成する予定である。今回は視覚に焦点を当てたが、人間が年齢により変化する能力は多岐に渡る。聴覚や運動能力がそれに当たるが、行く行くは年齢に伴う人間の変化を体感できるシステムを目指す。また人間モデルが作成できれば、動物にも転用が可能ではないかと考える。

## 参考文献

- [1] 浅井寿朗：次世代ネットワークにおける五感情報メディアの活用, 産業経済研究所紀要 第19号 2009年3月
- [2] Google Nose BETA, <http://www.google.com/landing/nose/>
- [3] 視聴覚教育技術向上訓練の研究, <http://www2s.biglobe.ne.jp/ganko/kikaku/polytech/1-5.html>
- [4] Cristina V.Lopes 他:PRT simulation in an immersive virtual world from Simutools'08
- [5] Tom Tullis and Bill Albert, Measuring the User Experience Collecting, Analyzing and Presenting Usability Metrics
- [6] 目のおはなし Vol.5 視力 1.0 の基準はなに? 株式会社ニデック, [http://www.nidek.co.jp/eyestory/eye\\_5.html](http://www.nidek.co.jp/eyestory/eye_5.html)
- [7] 運転者の身体的機能の経年変化に関する調査研究報告書 自動車安全運転センター, [https://www.jsdc.or.jp/search/pdf/all/h10\\_3.pdf](https://www.jsdc.or.jp/search/pdf/all/h10_3.pdf)
- [8] 年齢別体格測定の結果 2013年 政府統計の総合窓口 e-Stat, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL02020101.do?method=xlsDownload&fileId=000007195083&releaseCount=1>
- [9] 被写界深度って - アンタレスのデジカメ部屋, [http://www.antareshdigicame.org/photo\\_gallery/camera/camera3.html](http://www.antareshdigicame.org/photo_gallery/camera/camera3.html)
- [10] Unity 公式ホームページ, <http://japan.unity3d.com/>
- [11] Oculus Rift 公式ホームページ, <https://www.oculus.com/>
- [12] 視野と色覚や図形認識に関する実験, 生徒理科研究論文集 16年度
- [13] HMD 製品比較一覧 ミキモト Beans, [http://www.mikimoto-japan.com/beans/products/product\\_hmd.htm](http://www.mikimoto-japan.com/beans/products/product_hmd.htm)
- [14] Restoration of defocused and blurred images., <http://yuzhikov.com/articles/BlurredImagesRestoration1.htm>
- [15] 小浜朋子他：白内障擬似体験ゴーグルの開発, 日本色彩学会誌 32(1),2008-03-01
- [16] 中山曜他：画像処理による視力低下再現環境の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集,2008年9月