



## 瞼内映像投影装置

EIPD : Eyelid Image Projection Device

村本剛毅<sup>1)</sup>, 山口温大<sup>1)</sup>, 小山賞馨<sup>1)</sup>

Goki MURAMOTO, Atsuhiko YAMAGUCHI, Takayoshi KOYAMA

1) 東京大学 理科一類 (〒 153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1, goki-muramoto@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** 目をつむり思い描く, これは人間が裸で持っている最初の Virtual-Reality だ. しかしその像は非常に貧弱で, 目を開き, 眼前の景色やスクリーンを前にすればたちまち消えてしまう. 私たちは, 独自の方法で瞼越しに映像を投影し, 内側から描き出される微かなイメージと, 外側から与えられるイメージを同じスケールで混ぜ合わせる新しい視覚メディアを提案する. 目をつむる行為を保ったまま浮かび上がる鮮やかな色や図形は, 夢のように個人的で, それでいて他者からの受容である.

**キーワード:** 瞼, HMD, 拡張現実

### 1. はじめに

「白い柔かな円石もころがって来, 小さな錐の形の水晶の粒や金雲母のかけらもながれて来てとまりました。」(宮沢賢治「やまなし」より)

読み終えて目を瞑る. 美しい光と物質のイメージを「感じる」. もちろんその景色は物理的には存在していないが, ここにはひとつの視覚的な Reality がある. このような感覚器官から刺激がない状態で何かを想像する時に描かれるイメージはメンタル・イメージと呼ばれ, 実際それらを認識している時, 感覚器官で実際に刺激を受容した時に近い脳の状態が作り出されている [1][2]. 物理的に存在しないが, 存在している時と同じような体験をするという意味で, このイメージは一種の VR であると考えることができる [3].

しかし, 物理世界の Reality や HMD によって提示される Reality に比較して, メンタル・イメージが持つ Reality は非常に豊く, 眼前の景色やスクリーンを前にすればたちまち消えてしまう. そのため, 現在 VR として開発が進められているシステムの多くでは, このメンタル・イメージは考慮されていない. しかし一方で, このイメージは孤立したものではなく目から入力されたイメージと相互作用しうることが実験によって確かめられている [4]. 何らかの手法で, 内側から描き出されるイメージと外から提示されるイメージ, これら 2 つのイメージを等しく認識対象とする「メディア」は作り得ないだろうか. その舞台として本作品が選んだのは「瞼」である.

瞼(目蓋)は文字通り目の蓋. 私たちが瞼を下ろすのは懐かしい景色を思い出す時, 何かを想像する時, そして夢を見る時, 決まって自らの内側に目を向ける時である. 実際, 目をつむるという行為が内受容性が高い (introspective な) 脳の状態を作り出すことが知られている [5][6][7]. しかし同時に瞼は完全な蓋ではない. 天気の良い日に地面に寝そべ

れば, 空の光が赤く瞼を通過し, 雲の動きに合わせて模様を変える. その光は非常に自由で, 途中からそれが雲の影なのか, 自らの想像なのか分からなくなる. この自らの内側に向かいつつ外からの光を柔らかく受け入れる瞼の不思議な光を拡張することで, 既に問題提起したメンタル・イメージと提示イメージを等しく認識対象とする「メディア」が成立しうるのでないかと考え, 本作品の制作に至った.

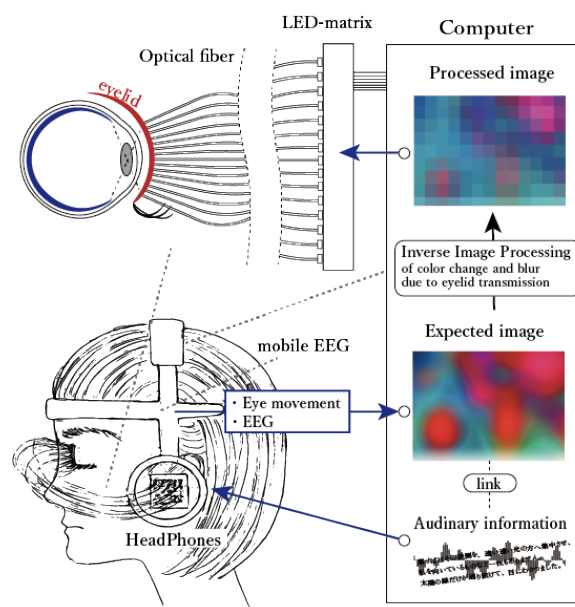


図 1: 瞼内映像装置を中心とした本作品のシステム概要.

具体的には, 光ファイバーを用いた光提示部と, 網膜に投影される像をシミュレーションしながら映像を設計するシステムの 2 つで構成された瞼内映像投影装置を制作し, さらにそこへ聴覚情報・あるいは EOG, EEG などの情報を補助的に用いることで, 目を閉じたまま体験する視覚体験

が自ら作り出しているのか外からの提示なのかわからなくなるような体験を設計する。(図4)。

なお、本論文では発表する作品の中心である瞼内映像装置を提案手法としてまとめた後、その装置を用いた作品デザインの検討を紹介した。

## 2. 提案手法：瞼内映像投影装置

本装置は、瞼に光を届けるハードウェア「光提示部」と提示した光が網膜にどう投影されるかをシミュレーションするソフトウェア「映像制作環境」での2つで構成される。それぞれについての具体的な手法を以下にまとめた。

### 2.1 光提示部（ハードウェア）

光ファイバーを用いた独自の投影装置を作成した。この装置では、PCから送られてきた映像がLEDマトリクスに表示され、それぞれピクセル毎に光ファイバーによって瞼表面に運ばれる。光ファイバーの使用を選択した理由としては、目元に瞼を透過するのに十分なほど強い光源を瞼上に細かく配置できる、装置の目元につける部分を軽量化できる、RGBの各光を混ぜ合わせた光を照射できる。瞼に接触する熱を持たず、安全である、などが挙げられる。またこの他にもプロトタイプとして、通常の画面を壁面などに投影すプロジェクターの光をレンズで集中させて瞼に映像を投影する手法や、超小型のチップLEDを直接瞼に配置する手法も検討したが、安全性・表現力（解像度、色彩）などの観点から、本手法を選択した。

以下の図は、本制作に先立ち行ったプロトタイプの写真である。ピクセルによるデジタルな分割のない瞼越しの映像は、液晶等のディスプレイとは異なる印象をもたらした。

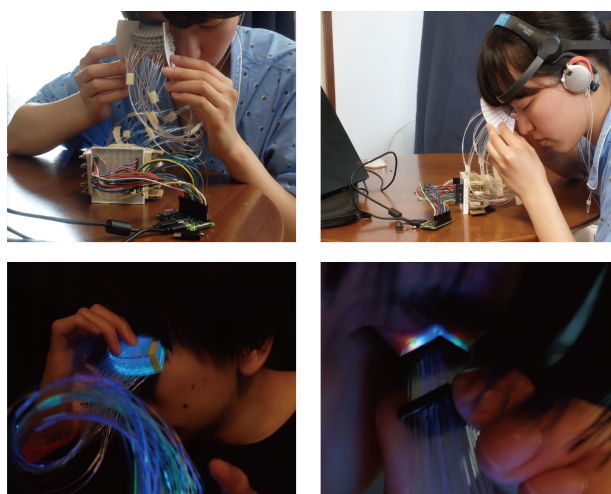


図2: 提示部のプロトタイプ

### 2.2 映像制作環境（ソフトウェア）

日頃、瞼に透けて見えるのはぼんやりとした赤の世界である。瞼の向こうのあらゆるものは輪郭を失い、カラフルな色彩も赤色の同色系に変わってしまう。本装置では、強い単一色の光を用い、光源と瞼を密着させているので、日常瞼越しに見ることのない、判別可能な凶形や青・緑といった色彩を瞼を通して見ることが可能だ。しかし、認識され

るであろう景色をある程度コントロールしながら提示映像の設計を行うには、瞼の表面から網膜にかけての映像の変化をシミュレーションする必要がある。以下に「変色」「ブラー」についてのシミュレーション手法をそれぞれ示した。ただし、この他にも、残像の補色、色の対比現象、瞼の形状の個人差など考慮すべき点は多く今後の課題である。なお、光提示部の構造のアップデートに伴い、これらのシミュレーション手法も変更する可能性がある。(図3, 図4は体験者の主観的体験をペイントソフトで再現したものである。)

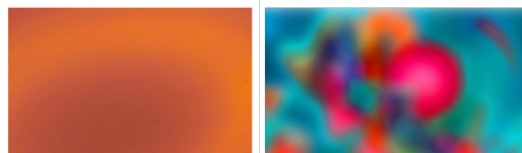


図3: 日頃の瞼越しの色彩(左)と本作品で体験する色彩(右)

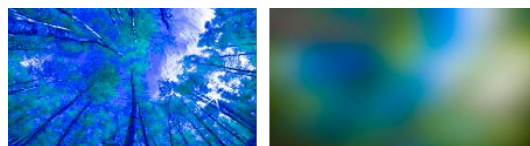


図4: 入力元映像(左)と体験する映像(右)の対応

#### 2.2.1 変色の考慮

瞼の透過に際して、ヘモグロビンやメラニンなどによって光が吸収されるが、光の波長によって透過率が違うことで映像が変色してしまう[8]。例えば、このとき短波長の光の透過率が小さいので、白色光を瞼を通して見ると赤く見える。これらの変色を考慮するために実際に提示した色と、瞼を通して見えた色の対応を複数人で実験することによって確認し、画像処理による色変換システムを作成する。

#### 2.2.2 ブラーの考慮

瞼の表面の光は以下の2段階のブラーを受ける。

- ・瞼内で組織にぶつかる事による散乱
  - ・水晶体の焦点距離の調整限界超えによる光学的なブラー
- 瞼内における散乱に関してはモンテカルロ法を用い、光が散乱する範囲とその範囲における輝度の分布をシミュレーションする[9]。光学的なぼやけに関しては目のレンズとしての性質を1つの凸レンズに近似する事でその光学的な性質からブラーの半径を計算し、その円の中において値を持つ妥当なPSFを用いてシミュレーションする。

## 3. 作品デザインの検討

メンタル・イメージの拡張に興味をおく作品としては、まず、Brion Gysinの「Dream Machine」が挙げられる。高速で回転する燈籠を前にして目をつぶると、体験者は瞼越しに見える光の点滅によって本来提示されていないあらゆる色彩や幻覚めいたものを見たという。また、メンタル・イメージを聴覚や触覚等他のモダリティの刺激によって誘発

する作品は複数存在する [10]。本作品もこれらの先行する作品同様、拡張されるメンタル・イメージをその興味の一つとしているが、本作品が目指すのは、提示映像により活性化されたメンタル・イメージを鑑賞する体験ではなく、超越しに提示するイメージと体験者のメンタル・イメージと共に認識の対象とする体験である点は強調しておきたい。

その体験を生成する作品のデザインはまさにいま検討中であるが、本論文でも記録としてその一部を記載する。

### 3.1 インタラクションの設計

以下の2つのインタラクションを混在させる。

#### 3.1.1 メンタル・イメージとの認知上のインタラクション

験内に引き起こされる映像は、何らかの解釈を生む。(ある方向への運動、拡大縮小、あるいは「何かに見える」など)そしてその解釈は認知する視覚情報を変質させる。通常のスクリーンによる映像表現でも観察される現象だが、本作品の構造では、「目をつむるときの内受容性の高い脳の状態」「ブラーにより明確な輪郭がないこと」などにより、この擬似インタラクションが非常に顕著に起こることが予備的な実験によって確かめられている。提示する映像や聴覚情報のデザインや筋立てを工夫し、ここを拡張・コントロールする。

#### 3.1.2 装置によるインタラクション

前述の認知段階で起きる提示イメージの変化を模した、鑑賞者の行動と実際に提示するイメージ間のインタラクションを設計する。具体的には眼球運動、脳波、頭の向きなどの情報を被験者からセンシングし、それに対応させて、提示イメージをリアルタイムに変化させる。しかしあくまで、それは前者の擬似インタラクションを刺激し拡張するための装置的なインタラクションであり、こちらが主軸にならぬよう注意する。

### 3.2 聴覚情報による創発的イメージの誘発

提示する映像とメンタル・イメージがよりダイナミックにインタラクトするよう、後者を日常の状態よりも活性化・具体化させたい。そのために聴覚情報を提示する。

- ・ 言語による情景描写
- ・ 言語のように聞こえる非言語音、異言語
- ・ 環境音、楽曲、ノイズ、機械音などをサンプリングし、映像に対応させながら提示する。

## 4. おわりに

私たちは、テクノロジーなしで体の内側だけで創出し得るバーチャルリアリティをもっている。実際、記憶の想起や読書中の想像、夢の中では、視覚・聴覚・触覚など、日常で感じるあらゆる感覚が再現される。そして、そこには確かなリアリティが存在している [11] [3]。本作品は、中でも視覚にフォーカスし、目を閉じるという体の内側に向き合う姿勢を保ったまま、験の内に内的な視覚イメージと外的な視覚イメージを混ぜ合わせることを試みる。体の外で完成させたリアリティを私たちに押し付けるだけではなく、内側から描かれる儚いリアリティに寄り添い連続するような VR の一つのあり方を示唆する作品になれば、とてもうれしい..

## 参考文献

- [1] M Olivetti Belardinelli, Massimiliano Palmiero, Carlo Sestieri, Davide Nardo, Rosalia Di Matteo, Alessandro Londei, Alessandro D' Ausilio, Antonio Ferretti, Cossimo Del Gratta, Gian Luca Romani. An fmri investigation on image generation in different sensory modalities: the influence of vividness. *Acta psychologica*, Vol. 132, No. 2, pp. 190–200, 2009.
- [2] Massimiliano Palmiero, Marta Olivetti Belardinelli, Davide Nardo, Carlo Sestieri, Rosalia Di Matteo, Alessandro D' Ausilio, Gian Luca Romani. Mental imagery generation in different modalities activates sensory-motor areas. *Cognitive processing*, Vol. 10, No. 2, pp. 268–271, 2009.
- [3] Antti Revonsuo. Consciousness, dreams and virtual realities. *Philosophical Psychology*, Vol. 8, No. 1, pp. 35–58, 1995.
- [4] Frank Tong Joel Pearson, Colin W.G.Clifford. The functional impact of mental imagery on conscious perception. *Current Biology*, Vol. 18, No. 13, pp. 982 – 986, 2008.
- [5] Robert J Barry, Adam R Clarke, Stuart J Johnstone, Christopher A Magee, and Jacqueline A Rushby. Eeg differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical neurophysiology*, Vol. 118, No. 12, pp. 2765–2773, 2007.
- [6] Víctor Costumero, Elisenda Bueichekú, Jesús Adrián-Ventura, and César Ávila. Opening or closing eyes at rest modulates the functional connectivity of v1 with default and salience networks. *Scientific Reports*, Vol. 10, No. 1, pp. 1–10, 2020.
- [7] Esther Marx, Thomas Stephan, Annina Nolte, Angela Deutschländer, Klaus C Seelos, Marianne Dieterich, and Thomas Brandt. Eye closure in darkness animates sensory systems. *Neuroimage*, Vol. 19, No. 3, pp. 924–934, 2003.
- [8] Andrew Bierman, Mariana G Figueiro, and Mark S Rea. Measuring and predicting eyelid spectral transmittance. *Journal of biomedical optics*, Vol. 16, No. 6, p. 067011, 2011.
- [9] Scott A Prahl. A monte carlo model of light propagation in tissue. In *Dosimetry of laser radiation in medicine and biology*, Vol. 10305, p. 1030509. International Society for Optics and Photonics, 1989.
- [10] evala. Invisible cinema "sea, see, she". 2020.
- [11] Allan Rechtschaffen and Cheryl Buchignani. The visual appearance of. *The neuropsychology of sleep and dreaming*, p. 143, 1992.