

# 立体視野闘争を利用した潜像技術および 難視化技術とそのインタラクション手法

福地 健太郎<sup>1,a)</sup> 高橋 岳士<sup>1</sup> 松沼 毅<sup>1</sup>

**概要:** 立体映像提示システム向けに、両眼視野闘争と呼ばれる視知覚現象を応用した潜像技術および難視化技術を開発した。これは立体映像用眼鏡を着用していないときには知覚されないが、立体眼鏡を着用すると潜像が知覚される、あるいは映像が正常に結像されないという演出を実現するものである。これにより、観客に対して自発的な立体眼鏡の着脱を促すことができる。本技術は立体映像を舞台映像として使用する演劇のために開発されたもので、観客を舞台上の出来事に対して、立体眼鏡以外の特殊な装置を用いずに自らの手を動かして能動的に没入させる、新しいインタラクションを提案するものである。また、同手法は演劇だけでなく、広告や映像イベント等へも応用できる。

## A Latent Imaging and an Image Scrambling Technology based on Binocular Rivalry and its Interaction Techniques

KENTARO FUKUCHI<sup>1,a)</sup> TAKESHI TAKAHASHI<sup>1</sup> TSUYOSHI MATSUNUMA<sup>1</sup>

**Abstract:** We developed a novel latent imaging technology and image scrambling technology for stereoscopic vision employing a visual perception phenomenon called “binocular rivalry”. With this technology, audiences can recognize a latent image or a scrambled image on the screen when they wear 3-D glasses, but those images are invisible by the naked eye. It encourages the audiences to wear or take off the 3-D glasses by themselves voluntarily. This technology is developed for theatrical play employing stereoscopic vision, that enables a novel interaction between the audiences and the stage without using any special devices but 3-D glasses, that causes the audiences active immersion. This technology also can be used for public visual attractions.

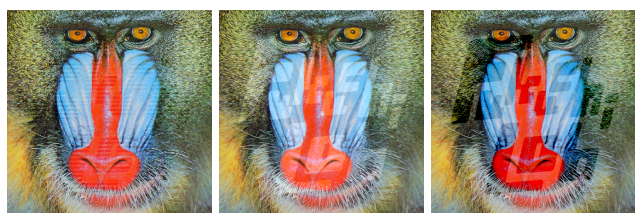


図 1 左:走査線方式により潜像を施したもの。中:重畳用表示映像のうち左眼用映像のみ取り出したもの。右:同じく、右眼用画像のみ取り出したもの。

### 1. はじめに

我々はこれまで、演劇の舞台映像を対象としたインタラ

クション技術についての研究を進めてきている。演劇では舞台上での映像演出の使用が増えており、中には観客参加型の演出を取り入れ、映像を動的に変化させることによりアトラクション性を高める演出の採用例も出ている。

今回我々は、「両眼視野闘争」と呼ばれる視知覚現象を応用した、立体映像提示システム向けの潜像技術および同技術を応用した難視化技術を開発した。潜像技術では、立体映像用眼鏡をかけると左右の眼にマスク映像に埋め込まれた潜像が網膜へ届けられ、それが両眼視野闘争により強調されて知覚されるが、眼鏡を外した状態では混色によって映像の強調部が打ち消しあい、マスク映像のみが知覚される、という効果をもつ。難視化技術では逆に、眼鏡の着用時には映像が攪乱されて見えるが、眼鏡を外すと正常に結像する、という効果をもつ。

<sup>1</sup> 明治大学 総合数理学部

<sup>a)</sup> kentaro@fukuchi.org

本技術により、観客に対して、立体映像を鑑賞してもらうために眼鏡をかける行為、また映像提示の終了にあわせて眼鏡を外すという行為に対して、演劇的演出を施すことができる。観客は眼鏡をかけた瞬間から隠された映像を知覚することで、眼鏡をかける行為そのものにインタラクシオン性を感じ、舞台上への能動的な没入を促される。同様に舞台映像が難視化により知覚できなくなったときには、眼鏡を外すことで難視化を避けることができるため、自然と演劇空間から自らを開放していくことになる。こうした演出は観客を受動的な傍観者ではなく能動的な観測者として位置づける現代演劇の演出手法に即したものとなる。

提案手法によるインタラクシオンは、主となるコンテンツの進行には干渉しないため、従来の考え方ではインタラクシオン性は低いとみなされるが、一方において観客をコンテンツに対して他でもない観客自身として対峙させることで、かえってコンテンツへの多様な関わり方を促すことができると我々は考えている。我々はこうしたインタラクシオンの在り方を、**叙事的インタラクシオン**と呼び、そのデザインについて議論する。

## 2. 背景

### 2.1 演劇における開演および終演時の演出

演劇において、開演時および終演時の演出は、本編の演出に劣らず重要である。

まず開演時においては、観客を日常から演劇空間へと移行させる必要がある。しかしながら、開演前の観客席は、観客同士の会話や移動中の観客の立てる物音などでざわついていることが多く、観客に、その状態から次第にあるいは即座に演劇へ集中してもらうために、開演時には特別な演出が施される。

一方終演時には逆に、観客を演劇空間から日常へと開放する必要がある。古典的には、カタルシスの達成をもって演劇の目的は成就され [8]、観客を緊張から解くことが終演時の演出に求められる。近現代演劇では必ずしも上演中に観客を緊張状態に置くとは限らず [1]、むしろ終演時に観客を日常生活へ積極的に対峙させることを狙った演出を施す場合もあるなど、その演出は多様化している。

### 2.2 演劇と舞台映像

演劇において、スライドプロジェクタや映写機などを用いて、舞台上に映像を投影して背景画としたり、またその映像と役者とがやりとりをするという演出は古くから知られている。現代においては、コンピュータ接続の高輝度プロジェクタを用い、動きのある背景画を投影したり、プロジェクションマッピング技術を併用して立体感ある演出を施すなど、舞台映像の利用は多様化している。生身の役者が舞台上でリアルタイムに演技をしているという演劇の特性を活かしつつ、従来の静的な舞台装置では実現できな

い新しい効果を提供することが、舞台映像の一つの役割となっている。筆者らのこれまでの取り組み例については、[10]を参照されたい。

## 3. 立体映像提示システムにおける潜像技術および難視化技術の設計

両眼用画像を同一の場所に重畳表示する方式の立体映像提示手法では、視差を持った画像が重なるため、専用眼鏡（以下単に眼鏡と表記する）非着用者には二つの画像がずれて重なったように見え、正常な映像を観ることはできない。多数の観客に同時に映像を提示する場面においては、眼鏡の着用を適切に促す必要がある。同様のことは、例えば公共空間での映像イベントや、音楽ライブ、テレビやインターネットによる放送などにも当てはまる。

提案技術はこうした場面において、演出に組み込まれた形で観客の演劇空間への没入を促すものとして使用することができる。具体的には、

- 眼鏡着用の合図として、ブザーや字幕などの記号的表現を用いずに自発的な着用を促すことができる
- 眼鏡着用行為自体を非日常空間への没入のきっかけとして利用でき、観客は主体的に移行できる
- 観客の驚いた声や反応が、眼鏡未着用の他観客への着用をさらに促すという効果を持つ。

## 4. 立体映像技術を利用した潜像技術

本節では二つの提案手法のうち、眼鏡着用時にのみ見える潜像技術について述べる。

### 4.1 潜像の原理

本手法では、**両眼視野闘争**の原理を応用している。両眼視野闘争とは、左眼と右眼とで、色や明るさの異なる刺激を受けた場合に、片方の刺激が優先して知覚され、また時間の経過とともに優先される刺激が切り替わる「知覚交代」を引き起こす現象である [9]。自然環境においては反射率の高い素材を両眼で見た際などに視野闘争が起き、それが光沢感やギラつき感として知覚される。適切に使用すれば素材感を増感したり、視野内の部分的な強調表示に利用できるが、不要な視野闘争は視聴の妨げになるため、制御されない視野闘争は忌避される。

提案手法ではこの両眼視野闘争を積極的に利用する。原理を図 2 に示す。まず、眼鏡の非着用時に見える映像を**マスク映像**と呼ぶ。マスク映像は左眼映像と右眼映像とに複製される。潜像がない場合にはこれらが最終的にはスクリーン上で重畳されるため、眼鏡非着用時には元のマスク映像がそのまま提示される。なお、以降マスク映像は非立体映像であることを前提とするが、立体映像であってもスクリーン上で二重像になることを回避できる場合には同じ

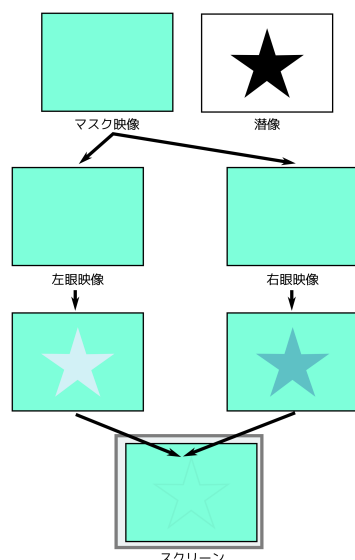


図 2 潜像の原理を示した模式図.

効果が期待できる。

次に、眼鏡着用時にのみ見えるべき映像を**潜像**と呼ぶ。潜像はグレースケール映像で与えられ、輝度は視野闘争の強度として解釈される。この強度を**視野闘争量**と呼ぶ。

次に、左右に複製されたマスク映像の各画素について、対応する潜像の視野闘争量に応じて、左右のマスク映像に対して色の変更を施す。例えば左眼映像の画素では輝度を上げ、右眼映像の画素では同じ調整幅で輝度を下げる。ここでは輝度の調整を例に説明するが、色相や彩度、あるいは輝度を含めたこれらの複合による調整も可能である。

こうして視野闘争量に応じて調整が施されたマスク映像は、再びスクリーン上で重畳表示される際にそれぞれの調整幅が混色によって打ち消しあい、元のマスク映像のものと同じ色として知覚される。しかし眼鏡を着用している者にとっては、左眼映像と右眼映像との間で両眼視野闘争が起き、その部分が強調されたように知覚されるため、潜像が浮かび上がって見える。(図 2 三段目の左右の図を立体視するとその効果を疑似的に体験することができる)

本手法では、片眼での視聴においてもほぼ同様の効果を得ることができる。眼鏡の非着用時には混色されたマスク映像のみが知覚され、着用時には調整が施された両眼用映像のいずれかが知覚される。図 1 に示したように、両眼用映像の片方を知覚することで、潜像が認識できる。

## 4.2 投影方式による制約

本手法は先に説明した、立体映像の様々な方式に適用できるが、それぞれに特有の欠点を持つ。

### 4.2.1 偏光方式による制約

すでに述べたように、プロジェクション方式の場合は複数台のプロジェクタの位置・画角調整の限界により、また発光型ディスプレイ方式の場合には走査線間の汚染によっ

て、それぞれ潜像境界の浮き上がりが生じるため、潜像をばかす必要がある。

また液晶ディスプレイを用いた場合には、本来想定されていない角度からスクリーンを見た場合に、液晶パネルの走査線とディスプレイに組み込まれた偏光フィルタの間隔との間に齟齬が生じ、潜像を肉眼で知覚できる場合がある。

### 4.2.2 液晶シャッター方式による制約

液晶シャッター方式の場合、時分割表示によって両眼用の映像をそれぞれ交互に表示するため、偏光方式に起因する潜像境界の浮き上がりは生じない。しかし時分割表示の場合、色の異なる映像が交互に高速に点滅表示をすることになるため、これを専用眼鏡を着用しないで見た場合に以下の問題が生じる。

一つは十分なフレームレートが確保されていないと、点滅表示がチラつきとして知覚される問題である。ただしこれは現行の立体映像用システムにおいては改善が進んでおり、我々が試験した毎秒 120 フレーム (片眼 60 フレーム × 2) 表示可能なプロジェクタ (BenQ MH740) および液晶ディスプレイ (SONY KDL-46HX800) においては、いずれもチラつきは感じられなかった。

もう一つは眼球運動に起因するチラつきである。画面中の一部分が高速点滅表示している映像を観ている状態で、眼球運動によりスクリーン上の視点位置が変化する際に、移動中にフレームが切り替わるために網膜上でその明滅が知覚されてしまうというものである。スクリーン上を移動する映像を目で追いかけたときや、サッケードによってこれは知覚される。同種の現象は曆本により、カラーホイールを取り外した DLP 方式のプロジェクタで起きることが報告されている [13]。

## 5. 立体映像技術を利用した難視化

本節では、前節と同様の立体映像提示システム上で利用できる、映像の難視化技術について説明する。ここで扱う難視化技術は、眼鏡非着用時には正常に見えるが、着用時に映像の視認が困難となるものである。

### 5.1 難視化の原理

本手法においても両眼視野闘争の原理を応用している。左右の眼に異なる刺激を提示した際に、両者が混ざった映像が本人には知覚されるが、この際に両者は均等に合成されて知覚されるのではなく、ある部分では右眼の、他のある部分では左眼の映像が優位に知覚され、それがまだら状に分布した時間経過により分布が変化し、不安定な知覚となる [9]。

これまでに様々な刺激提示を試験した結果、ある図像やシンボルを適当に分割し左右の眼にそれぞれ提示した場合に、分割された映像を片眼で見て元となる図像やシンボルを瞬時に想起できないような場合には、両眼視野闘争状態

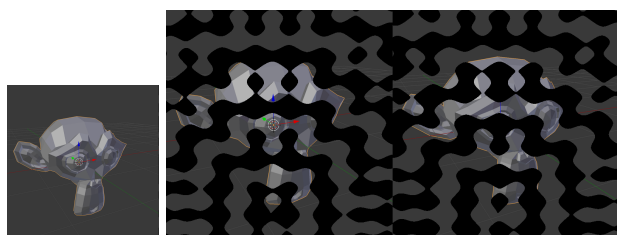


図 3 左:原画像. 右:原画像を提案手法により難視化したもの.

$$\begin{aligned} \boxed{a} &= \boxed{c} + \boxed{\gamma} \\ \boxed{b} &= \boxed{l} + \boxed{u} \end{aligned}$$

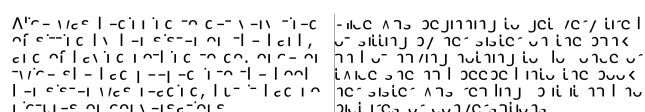


図 4 テキストを難視化した例. 上:小文字 'a' と 'b' の分割例.  
下:“Alice's Adventures in Wonderland” の冒頭部を難視化したもの.

ではそれを合成映像として知覚することはできず、元の画像やシンボルの復元が著しく困難になることが示唆された。

そこで、眼鏡非着用者に提示したい原映像に対し、それを一組の映像に適当に分割し、それぞれを左眼映像および右眼映像とする。スクリーン上では両者は合成されて表示されるため、眼鏡非着用者には原映像がそのまま提示されるが、眼鏡着用者には分割された映像が両眼視野闘争を起こし、原映像の知覚が困難となる。

原映像の分割については、分割後の映像から原映像を類推しにくくする必要があるため、ある程度は細かい断片に分割する必要がある。しかし分割が細か過ぎると遠目に見て欠けた部分を類推しやすくなってしまうため、原映像の特徴にあわせて分割の仕方を調整する必要がある。

本手法でも、片眼での視聴においても両眼での視聴とほぼ同様の効果が得られる。

## 5.2 実装

### 5.2.1 画像の難視化

図 3 に、画像を難視化した例を示す。図左は分割前の原画像で、図右は分割後の画像を横に並べたものである。分割は Plasma effect と呼ばれる手法 [7] を応用したもので、複数の正弦波の合成波を平面状に生成し、値が正であれば左眼、負であれば右眼、といったような方法で分割を決めている。正弦波の周波数を変えることで分割の細かさは容易に制御でき、また時間変化によるアニメーションによりさらに難視化を強めることができる。

### 5.2.2 テキストの難視化

難視化の対象がテキストの場合、画像と同様に処理する

ことも可能だが、分割の細かさをテキストにあわせて調整する必要があり、また分割の仕方によっては可読な文字が出現する余地があり、そこから単語や文脈を類推することができうる。そこで、対象がテキストの場合には、文字の構成要素単位での分割を行う。これにより可読性を著しく下げることができる。

図 4 に例を示す。上図に示したように英小文字 'a' や 'b' を構成するストロークを適当に分解し、左右のそれぞれへと振り分ける。現状はこの分解は文字ごとに手作業で行っている。なお、日本語文章への応用を目的に平仮名や漢字の分割表示をこれまでに試しているが、漢字の分割においては部首単位での分割をすると、片眼画像のみからも部分的に元の字を推測できてしまい、十分な攪乱ができない場合がある。

## 5.3 投影方式による制約

本手法は先に示した様々な投影方式に適用可能であるが、このうち偏光方式への適用についてはさしたる障害はこれまでに見つかっていない。一方で、液晶シャッター方式を採用した場合には、4.2.2 節で説明したように眼球の高速な移動に起因して、右眼用映像と左眼映像とがわずかにずれて知覚されてしまうため、原画像の再現性は若干損なわれる。

## 6. 応用

### 6.1 舞台演出への応用

古典的な演劇では、観客に舞台上の登場人物への感情移入を促し、その効果によって観客の感情に揺さ振りをかける [8]。これに対しプレヒトは、観客は感情移入している登場人物の感情の動きを受け取るだけにとどまるものであると批判し、自らの演劇を「叙事的演劇」と呼び、観客に舞台上で進行する出来事を批判的に検討する、能動的な鑑賞を促すことを目指した [1]。叙事的演劇では、観客は常に舞台上の出来事を観察し、その状況をどのように受け止めるかを、自分ごととして捉えることとなる。提案手法はこの叙事的演劇への応用を視野に設計されている。

まず、専用眼鏡の着用は、観客が自らの意志で行う行為である。このとき観客は否応なく、客席に座っている自身の身体を意識することとなり、自分は舞台上の誰でもなく自分自身であることを認めることとなる。そのため、そこから舞台上で進行する出来事を、客席に座っている観客という視点から受け止めることが促され、いわば主体的に出来事を「覗き見」しているかのような感覚を与えることになる。

同様に、終演に際して映像を難視化することで、観客には主体的に眼鏡を外させることができる。これもまた、あらためて観客にとっては舞台上の出来事を覗き見していたことを再確認させることを我々は狙っている。

もちろんこれらの演出は提案手法による映像演出のみで達成されるものではなく、物語や舞台上の他の演出とあわせて行われるものであり、従来の叙事的演劇手法と併用されるべきものである。

## 6.2 その他映像演出への応用

提案手法は演劇のみならず、街頭広告映像やプロジェクトマッピングイベントなどの映像アトラクションへ応用できる。特に、専用眼鏡を着用していない通行人に対しても正常に結像できる映像を提供でき、かつ眼鏡を着用した人のみ知覚できるメッセージを埋め込むことによって、通行人に対しても正常に知覚できる映像を届けつつ、眼鏡を着用した観客への驚きを提供できる。

液晶シャッター方式を採用した場合には、カメラで撮影することで潜像を写真に収めたり、ライブ映像によって潜像を視認することが可能となる。これを積極的に利用し、肉眼では知覚できないが写真には写る映像演出を施すことができる。ただし、カメラによってシャッター開放時間の設定はまちまちであり、その写り方を制御するのは難しい。

## 6.3 ID 認識技術としての応用

提案手法は、人間には知覚できないが機械には認識可能な、ID 埋め込み技術としても応用可能である。ただし偏光方式の立体ディスプレイを使用した場合には、カメラ側に対応する偏光フィルタを装着することが必要となる。また、液晶シャッター方式を使用した場合は、Sampaio らの手法 [6] とほぼ同様であるが、4.2.2 節に述べたように、眼球の動きによって潜像が知覚されてしまうという欠点を持つ。

# 7. 議論

## 7.1 叙事的インタラクション

我々は、提案手法が提供する能動的な眼鏡の着脱行為の促進を、広義でのインタラクションとして捉えている。これは、眼鏡をかけたり外したりすると即座に映像効果が知覚される、という点に拠ったものだが、コンテンツ内容の進行に影響を与えるものではないため、双方向性は持たずインタラクティブ性は低いと捉えることもできる。

しかし我々は、身体動作を伴った観劇中の行為が、観客の舞台に対する態度に影響を与えるという点について、そこにインタラクション性があると捉えている。叙事的演劇においては、物語の進行と別に、舞台上の出来事を自身がどう捉えるかという心の働きが重視される。その結果、観客が到達する心理状態は決して 1 や 2 という数にはならないだろう。もちろん、そのすべてが提案手法によって初めて達成されるものではなく、提案手法のインタラクティブ性の高さを直接示すものではないが、その状態を増やすきっかけとして機能させることができるものと考えている。

同種の事例としては、ザッピング視聴を前提に二つの視点からのドラマを同時放映したテレビドラマ “Mörderische Entscheidung” が挙げられる [3]。

我々は「叙事的演劇」にならない、こうしたインタラクションを**叙事的インタラクション**と呼ぶことを提案する。叙事的インタラクションが成立する要件としては、提供されるコンテンツ空間に対し以下が成立することと、ここでは定義する。

- ユーザはコンテンツ内の登場キャラクターや自分自身のアバターに強く移入した状態で鑑賞することが一般的であったメディアを対象とする
- ユーザの、コンテンツ内のオブジェクトや進行に対する影響力は強く制約される
- ユーザの、コンテンツ閲覧のためのインタラクション手段は提供されている
- そのインタラクションの行使をすることで、ユーザは自分自身の意識や身体性を明確に意識する
- そのインタラクションを通じて、ユーザはコンテンツに対して新たな観点から関わるようになる

こうしたコンテンツは今後も増えていくだろうと我々は予想している。例えば HMD を使用して鑑賞するドラマではユーザは空間のどこに着目してもよく、特定のキャラクターへの注目や感情移入は強いられないため、叙事的インタラクションの観点からの検討が可能である。コンテンツ鑑賞のための新メディアの登場につれて繰り返し議論の対象となりうるだろうと我々は考えている。

## 7.2 視知覚への負担について

両眼視野闘争は知覚への負担が大きく、長時間の体験によっては疲労を伴うことが報告されている [5]。そのため、提案手法は長時間の演出には適さない。もとより 3 節で述べたように、提案手法は開演時や終演時に、観客に対して眼鏡の着脱を促すことを想定して設計されているが、実際にどれくらいの時間でどの程度の負荷を与えうるかについては、今後の調査が必要である。

## 7.3 インタラクションの誘導設計

眼鏡非着用時には、通常と変わりのない映像が視聴できることが提案手法の特徴であるが、そもそも眼鏡を着用することで映像に変化が起きるということに観客が気づかず、上演が終了してしまう可能性を残している。そのためながしのかの形で「眼鏡を着用するとなにかが起きる可能性がある」ということを観客に伝えておかねばならない。一方で字幕やアナウンスなどによる露骨な誘導は、これを避けるために本手法は提案されたものであり、受け入れがたい。舞台上の役者によるものや、マスク映像自体に徴候を提示するなど、演出による解決をどう図るかは検討すべき課題である。また、先に眼鏡を着用した観客らの反応も

ヒントになるため、積極的に活用を検討したい。

難視化についても同様で、眼鏡着用時に映像が著しく見にくくなっても、眼鏡を外すことでそれが回避できるということに思い至らず眼鏡をかけっぱなしにする例がこれまでに見られている。投影装置の故障と受け止めた者もあった。これも演出によって観客に指示を出すことは可能であるにしても、自然なインタラクシオンを促すための手法をあわせて考慮する必要がある。

## 8. 関連研究

眼鏡をかけることで見えなかったものが見えるようになる、というインタラクシオンについては、Bier らが「魔法のレンズ (Magic Lenses)」のメタファを提案している [2]。提示せず、虫眼鏡をかざすという能動的な行為に対して新しいインタラクシオンの窓口を提供するものであり、提案手法とも関連が深い。

藤村らは、眼鏡非着用時には片眼用の映像のみが見え、着用時に両眼立体視が可能となるような手法を提案している [12]。同手法は潜像技術としても使用可能であり、字幕やコメントテキストなどの埋め込みへの応用も提案されており、汎用性が高い。一方で同手法は現行方式と異なる眼鏡を利用する必要がある。加えて、左右の眼に明るさの著しく異なる映像を提示するため、長時間の視聴に向いていない可能性がある [5]。

Sampaio らは、提案手法と同様に補色を用いた潜像技術を、ビジュアルマーカの埋め込みに応用する手法を提案している [6]。これは人間が潜像を知覚することは想定しておらず、カメラがマーカを認識することで ID 情報などを得ることを目的としたものである。小池らは、偏光を応用した潜像技術として透明マーカの技術を提案している [4]。白井らの「秘映プロジェクト」は赤外光プロジェクトを用いてスクリーン上に人間には知覚されない信号を重畳するものである [14]。これらの技術は、人間が簡便に使用できる可視化手段を持たないため、劇場や公共の場での大勢の観客へ向けた潜像技術には不向きだが、カメラつき携帯端末の使用を前提できる場合には、認識した ID 情報などをもとにさらに拡張した表示手段を提供できる。

両眼視野闘争を積極的に応用した映像技術として、井上らは、両眼視野闘争により映像の一部分を強調し、そこへ観客の視線を誘導するという手法を提案している [11]。ただしこれは潜像技術ではないため、どこが強調されているかは眼鏡の着用・非着用に関わらず明らかとなる。

## 9. まとめ

立体映像提示システム向けの潜像技術および難視化技術を提案した。本技術は不特定多数の観客に対して、限定されているが安価に実現可能なインタラクシオン手段を提供するものであり、それによって舞台演出を拡張すること

を狙ったものである。潜像技術・難視化技術とも様々な投影方式に対応するものであるが、それぞれに特有の欠点を持つことがわかり、部分的にはその解決方法を示した。本研究は立体映像視聴用の眼鏡の着脱行為に新しいインタラクシオンを付加するものであり、それが演劇の演出に応用可能であることを議論した。従来のインタラクシオン定義から考えると制約の強いものではあるが、観客の心に働きかけるインタラクシオン設計の在り方の一提案として捉えてもらえることを筆者らは望んでいる。

謝辞 劇場での試験にご協力いただいた、奥秀太郎氏および株式会社 NEGA の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Benjamin, W.: 叙事演劇とは何か, ベンヤミン・コレクション, Vol. 1, ちくま学芸文庫 (1939). 久保哲司訳・2011年 (第二版) .
- [2] Bier, E. A., Stone, M. C., Pier, K., Buxton, W. and DeRose, T. D.: Toolglass and Magic Lenses: The See-Through Interface, *Proceedings of SIGGRAPH 93*, pp. 73–80 (1993).
- [3] Moderne Monster — ARD und ZDF wagen Experimente: Ein Krimi läuft in zwei Versionen auf beiden Kanälen zugleich, *Der Spiegel*, Vol. 50, pp. 262–264 (1991).
- [4] Koike, H., Nishikawa, W. and Fukuchi, K.: Transparent 2-D markers on an LCD tabletop system, *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 163–172 (2009).
- [5] Lambooi, M. T. M., IJsselstein, W. A. and Heynderickx, I.: Visual Discomfort in Stereoscopic Displays: A Review, *Proceedings of SPIE6490, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIV*, , DOI: 10.1117/12.705527 (2007).
- [6] Luiz, S., Yoshio, Y., Goshiro, Y., Takafumi, T., Christian, S. and Hirokazu, K.: Detection of Imperceptible On-Screen Markers with Unsynchronized Cameras, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-CVIM-195, No. 64, pp. 1–4 (2015).
- [7] Wikipedia: Plasma effect, [http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_effect).
- [8] アリストテレス: 詩学, 岩波文庫 (1997). 松本 仁助, 岡道男訳.
- [9] 松宮一道: 両眼視野闘争研究の進展, *VISION*, Vol. 14, No. 4, pp. 151–164 (2002).
- [10] 福地健太郎, Tannenbaum, E.: EffectTV: メガデモ技術のリアルタイムビデオオブジェクトへの応用, エンタテインメントコンピューティング 2003 論文集, pp. 94–99 (2003).
- [11] 井上 晃, 上原伸一, 高取憲一: 特許第 5500066 号: 画像処理方法、画像処理装置及びプログラム (2014).
- [12] 藤村 航, 小出雄空明, 早川貴奉, 谷中一寿, 白井曉彦: 2x3D: 2D+3D 同時上映可能なハイブリッドシアター, 日本バーチャリアリティ学会大会論文集, Vol. 17, pp. 570–573 (2012).
- [13] 暦本純一: Temporal Phase Shift: 時間位相差を持つプロジェクトシステムによる錯視現象とそのモデル化, 第 17 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2009) 論文集, pp. 85–88 (2009).
- [14] 白井良成, 松下光範, 大黒 毅: 秘映プロジェクト: 不可視情報による実環境の拡張, 第 11 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2003) 論文集, pp. 115–122 (2003).