

# ビジュアルシーンと重畳せずに認識可能な視野闘争を用いた視覚的な UI 提示手法の検討

郭 凱<sup>1,a)</sup> 下村 祐樹<sup>1</sup> 細井 十楽<sup>1</sup> 伴 祐樹<sup>1</sup> 割澤 伸一<sup>1</sup>

**概要:** リアルタイムゲームにおいては、スコアや警告、ガイドのような常には画面に表示されていない情報を短時間に視覚的な UI を使ってユーザへ伝える必要がある。しかし、UI 画面をビジュアルシーンに重畳する既存手法では、ビジュアルシーンの情報が欠落するという課題がある。それを解決するために、筆者たちは両眼に異なる画像を提示することによって生じる視野闘争という現象を用い、ビジュアルシーンと闘争できるように片目だけ UI 画面を表示する手法を提案し、実験で提案手法の有効性を検証した。実験の結果、提案手法である視野闘争 UI が現在広く使われている半透明 UI と比べ、UI への視覚的印象が低下した一方、ビジュアルシーンの情報の変化への認識精度と認識の確信度が向上することが示唆された。

## 1. 緒言

リアルタイムシステムにおいては、一時的な情報をユーザに短時間で伝達したいという状況が存在する。例えば、ソーシャルゲームやオンラインゲームなどのリアルタイムゲームにおいては、スコアや警告、ガイドのような常に画面に表示されていない情報を短時間にユーザへ伝える必要がある。また、Augmented Reality (AR) においても、実環境にある要素とインタラクションするための追加情報を User Interface (UI) などを利用して伝える必要がある。例えば、Smart House [1] のような部屋の家具とインタラクションする AR システムでは、家具を操作するためのメニューや、家具の状態をユーザに UI を通じて伝えることで、自然なインタラクションが可能になる。これらの状況でよく使われる UI としては、視覚的な UI や、音声 [2]、触覚 [3] を用いた非視覚的な UI などがある。しかしながら、音声 UI や触覚 UI は単位時間あたりに伝達可能な情報量が少なく、伝えることのできる情報の種類も制限されるため、短時間に大量な情報を伝えることに向けた UI ではない。そのため、視覚的な UI がユーザへの情報伝達手段として頻繁に用いられる。

しかし、視覚的な UI の背部のビジュアルシーンに必要な情報がある際には、UI が背部のシーンに重畳してしまい、シーンから必要な情報が取得できないことがある。そのため、視覚的な UI は、UI 上の情報の可読性 [4] を十分

に保持しつつも、UI 背部のシーンに変化が生じた際には、その変化を迅速かつ正確に把握できるよう設計されていることが望ましい。UI とビジュアルシーンとの重畳が問題となるシーンとしては、オンライン対戦ゲームにおいて、UI 画面を見ている最中にビジュアルシーンに敵が来ても気が付けないといった状況や、AR を用いて現実の設備を操作するとき、ビジュアルシーンの情報が UI によって隠されてしまい操作が困難になる状況などが考えられる。この時、特に文字や背景色が非透明な UI (非透明 UI) を用いた際には、ビジュアルシーンの情報を全て覆い隠してしまうため、隠された部分の情報を取得できない。重要な情報以外を半透明で表示する UI (半透明 UI) も用いられるが、透明ではない部分は依然としてシーンに重畳されるうえに、半透明部分においてはビジュアルシーンの色の属性が変化してしまい、視認性が落ちてしまう。また、視覚的な UI を点滅させることで注意を引き付ける UI (点滅 UI) が用いられることもあるが [5]、点滅 UI においても UI の点灯時には依然として重畳が発生する。さらに、UI が点滅することによって集中を妨げる可能性があるため [6]、点滅している UI からの情報取得は効率が低下してしまうと考えられる。

上述した、UI 画面を重畳した際にビジュアルシーンの情報が欠落するという既存手法の課題を解決するために、本研究では視野闘争に着目した。視野闘争とは、両眼にある程度以上異なる光刺激 (例えば、色や形状などが異なる刺激) が与えられた際に、両眼の視野が闘争しながらどちらか一方のみが知覚される現象である [7]。この知覚交代の特性として、片目に静止した像、もう片目に動的な像が

<sup>1</sup> 東京大学

The University of Tokyo

a) guo-kai@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

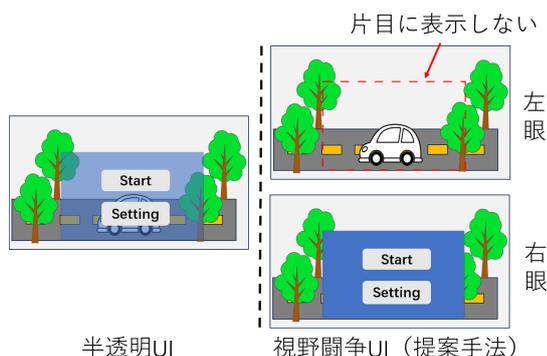


図 1 視野闘争 UI のイメージ図

提示されている場合には、動的な像がより知覚されやすいことが知られている [7]。また、主観意思によって左右どちらの視野がより知覚されやすいかを誘導できる [8]。

本研究では、これらの特性から視野闘争を用いた UI (視野闘争 UI) を提案した (図 1)。提案手法に関して以下の 2 つの仮説を立てた。

- 視野闘争 UI は、UI 上の情報の可読性を損なわず、また UI そのものに対する違和感や不快感といった視覚印象を生じさせない。
- 視野闘争 UI は、ビジュアルシーンの動的な変化に自然と注意力が向くことで、知覚される像が UI からビジュアルシーンに切り替わり、ビジュアルシーンの情報を重畳なしに取得することができる。

これらを明らかにするために、本研究では実験参加者を募り対照実験を実施した。実験の結果、提案手法である視野闘争 UI が現在広く使われている半透明 UI と比べ、UI 自身への印象が低下することや、ビジュアルシーンの情報の変化への認識精度が高まり、認識の確信度も高まることが示唆された。

## 2. 関連研究

本章では、UI 提示に関する先行事例および視野闘争現象に関連する研究を紹介する。

### 2.1 UI 提示手法

よく使われる UI としては、視覚的な UI や、音声 [2] や触覚 [3] などを用いる非視覚的な UI がある。視覚 UI には、非透明な視覚 UI と重要情報以外を半透明にする半透明 UI がよく用いられる。非透明な視覚 UI は、システムの状態がストップできるシステムにおいて用いられる場合が多い。一方、リアルタイムシステムには半透明 UI がよく使われている。例えば、Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO) [9] において、スコア、バッグ、他のプレイヤー情報はすべて半透明な UI を使っているユーザに提示している。ほかに、視覚的な UI を表示したり消えたりするような点滅 UI もあり、Farming Simulator 22 でガイドメッ

セージを表示するために使われている [5]。しかし、点滅 UI は情報取得が難しいため、大量な情報提示には適切ではない。

一方、視覚を使わない、音声や振動で情報を伝える UI の研究もある。例えば、振動を用いて視覚障害者にも操作できる UI [3] や、音声を利用して VR ショッピングの操作を音声のみでガイドする UI などが提案されている。しかし、いずれも大量の情報を伝えることは困難であり、伝達できる情報の内容も限られる。

### 2.2 視野闘争

視野闘争とは両眼の網膜の対応部に、ある程度以上異質的な刺激対象が同時に与えられるときに、脳が混乱し両眼の像が一つに融合せず、各眼の像に対応する見え方が交互に現れる現象である [7]。視野闘争の流れとして、「片目視野の注意部分が知覚される」、「闘争」、「もう片目の注意部分が知覚される」のサイクルで行われる。闘争時には、どちらの視野も完全な形では知覚されず、両眼の視野が重畳なしに交わった状態で知覚される。片目の視野が知覚された際に、知覚されている視野を優位視野、知覚されていない視野を劣位視野と呼ぶ [7]。

視野闘争の特性や生体メカニズムについては様々な研究が行われてきた。Kovacs ら [10] は、知覚される視野が交代する時間を予測することはできないが、注意力を知覚したい視野に向けることで、優位に知覚される視野を誘導できる特性を発見した。Ochiai ら [11] はこの特性を利用し、視野闘争万華鏡を作った。

Lack ら [12] は視野闘争が発生すると、注目者の注意力を引くことを発見した。また、Blake ら [13] は視野闘争において、左右視野にあるオブジェクトの色や彩度が優位視野の交代時間に影響する特性を見つけた。これらの特性を利用し、Erickson ら [14] は AR における警告メッセージへの視野闘争の応用を提案した。

視野闘争の他の特性として、左右眼の視野が静止的な像だけではなく、片目に動く目標がある像を提示し、もう片目に静止した像を提示すると、動的目標が知覚されやすい特性をもつ。

## 3. 視野闘争 UI の検証実験

### 3.1 実験目的と概要

本研究の実験目的は、視野闘争を利用した UI により、UI 上の情報を従来の UI と同様に取得でき、UI の背部に生じるビジュアルシーンの情報変化を正しく認識できるかどうかを明らかにすることである。実験は視野闘争 UI と半透明 UI を比較する、1 要因 2 水準で構成されている。本研究は東京大学倫理審査委員会の下、承認されている (審査番号: 23-379)。

## 3.2 システム

### 3.2.1 設計方針

既存の視覚的なUIである非透明UIは、ビジュアルシーンを全て覆い隠してしまうため、UI背部の情報が完全に取得できない。また、点滅UIは常に点滅するため、UI上にある情報の取得が難しく、短時間に大量の情報を伝えることに不向きである。そのため、本実験では、現在広く使われており、UIによる情報提示とビジュアルシーンへの重畳が適度にバランスされていると考えた半透明UIをベースラインとして、比較実験を構築した。本実験では、比較項目として、大きく「UI自身の可読性と印象」と「ビジュアルシーンの情報変化の取得」に分けて比較を行った。

UI自身の可読性と印象評価では、UIからの情報の取得難易度（可読性）とUI全体の視覚的な印象（違和感）の2つの項目の評価を行った。UIの可読性については、UI上に記載された文字をユーザが正しく取得できるかどうかを評価する。UI全体の視覚的な印象については、既存のUI提示方式と異なり、視野闘争は自然に見ることのない現象であるため、視野闘争UIはその新奇性から違和感を生じさせてしまう可能性があり、評価が必要であると考えた。例えば、点滅UIの場合には点滅が発生するため、UI画面の文字、図形などの情報取得が難しいが、点滅の提示方式は日常にも存在するため、違和感は生じないものと考えられる。本研究の提案手法である視野闘争UIにおいては、UIからの情報取得は従来手法と同様に行えるが、視覚的な違和感が強く生じることがUIへの適用の妨げとなる可能性がある。

ビジュアルシーンの情報認識評価については、UI背部のビジュアルシーンに動的に出現するオブジェクトに対し、その認識の精度を正答率を用いて評価した。半透明UIにおいては、非透明に表示されている重要情報がビジュアルシーンの情報に重畳されることで、シーンの情報変化が認識できない、あるいは認識の精度が低下してしまうことがある。一方、視野闘争UIでは、動的な変化に対する注意力を用いた有意視野の切り替えによりビジュアルシーンの情報が正確に知覚すると考えられるため、正答率が高まることを期待される。

### 3.2.2 タスク設計

Unityで構築した実験システムを以下に説明する。実験においては、実験参加者はUIを見ながらUI上に記されている数字を読み上げる「数字読み上げタスク」と、ビジュアルシーンにオブジェクトが出現した際にはオブジェクトの形状を記憶し回答する「オブジェクト認識タスク」を課せられた。ここで、数字の読み上げは、UIからの情報の可読性および見た目の違和感を評価するためのタスクであり、オブジェクトの記憶はビジュアルシーンの情報変化に関する認識タスクとなる。

①「数字読み上げタスク」では、ユーザの前に各試行ご



図2 ユーザ視点から見たUI画面

とにランダムな12個の3桁の自然数が記載されたUI画面が表示される(図2)。UI右下には実験の経過時間を示す時計が表示され、実験参加者はタスクの終了時間を確認することができた。実験参加者は、「数字読み上げタスク」に表示された数字タスクUIの数字を左上から行を沿って順番に読み上げ、UIの後ろにオブジェクトが出た際にはそれを覚えるようにした。オブジェクトが出現してから1s後に画面が自動的に「オブジェクト認識タスク」に移る。なお、タスク終了時間より早めに読み終わった際に、再度最初から読み上げるようにした。

②「オブジェクト認識タスク」では、ビジュアルシーンのオブジェクトへの認識を評価し、ビジュアルシーンに図2のようにオブジェクト(赤い線で囲まれた部分)が1s間出現する。オブジェクトは数字に重畳する空間内でランダムな位置に生成される。なお、実験参加者がオブジェクトの出現タイミングを予測し、ビジュアルシーンに事前に注意を向けることを防ぐため、出現するタイミングはタスクがスタートしてから「6s後」、「7s後」、「8s後」、「9s後」、「10s後」、「最後まで出現しない」と6種類に分けた。図3の画面で、数字読み上げタスクにおいて出現したオブジェクトの形状を回答する。

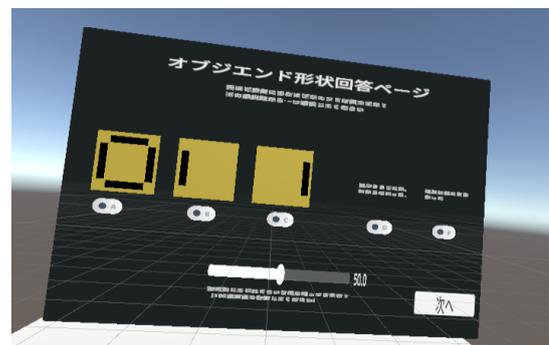


図3 オブジェクト認識タスク

選択肢はAからEまでの5択であり、選択肢A, B, Cには実際に出現したオブジェクトと、ランダム選ばれた2つのオブジェクトが表示される。何も出現しない試行においては、A, B, Cにすべてランダムなオブジェクトが表示される。選択肢Dは「背景に何かがあるが、わからない」、

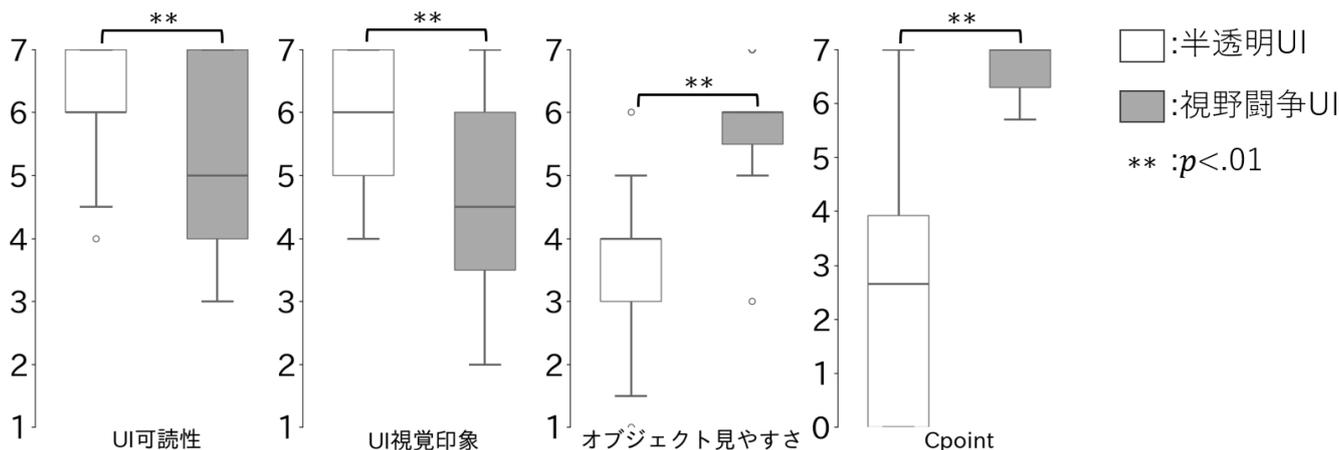


図4 各評価項目の箱ひげ図

選択肢Eは「背景に何も出なかった」であった。ユーザが正しくオブジェクトを認識できておらず回答に自信のない場合においてランダムに選択した回答が正答であった場合には、正答率だけでは正しくユーザの認識状況を評価できない。従って、本研究では、正解の場合を1、不正解の場合を0として設定した上、新たな評価指標として「Cpoint」= [正解点数 × 確信度] でオブジェクト認識タスクの回答評価を行った。ここでの確信度とは、自身の選択に対しどれほどの自信を持つかを評価する指標であり、オブジェクトの認識タスクの最後に、0から100までの整数値で回答することが求められた(0: 全く自信がない, 100: かなり自信をもつ)。ビジュアルシーンにオブジェクトが出現しない場合には、選択肢の選択および確信度の評価は不要とした。

表1 アンケート項目

質問項目	質問の内容
Q1. UIの可読性	数字タスク UIからの情報を取得できた
Q2. UIの視覚的印象	数字タスクのUIは見やすかった
Q3. 背部オブジェクトの見やすさ	数字タスク UIの後ろのオブジェクトが見やすかった

その後、参加者は表1に示す質問内容へ、各試行の直後に回答することを求められた。質問画面には、3つの質問から構成されていた。そのうち2つの質問はUI自身に関するものであり、UIの可読性とUIの視覚的印象が問われた。ここで、UIの可読性はUIの情報のみに注目し、情報の取得しやすさである。UIの視覚的印象は、UIが視覚的に不快感や、提示方法の違和感である。最後の質問では、ビジュアルシーンにあるオブジェクトの見やすさ、重畳の程度が問われた。3つの質問は、全部7段階のリッカート尺度で回答するように求められた(1: 全くその通りではない, 7: 全くその通り)。

### 3.3 実験手順

実験参加者は3.2のシステムを用いて、「数字読み上げタ

スク」、「オブジェクト認識タスク」の順に試行を行った。実験時間は1人につき約60分程度であった。

実験参加者はまず実験室に入室後、実験システムの操作方法と実験の流れについて説明を受けた。その後、アンケート項目に関して、UI上の情報の可読性とUIの視覚的印象の2項目について質問の意味を誤解することのないように説明を受けた。特に、UIの視覚的印象はUIの情報を除いて、UI提示で感じた違和感/不快感を回答するように説明を受けた。その後実験参加者は椅子に座り、実験の流れや、回答方法について練習を行った。練習は視野闘争UIと半透明UIの2条件で試行をそれぞれ3回ずつ、計6回行われた。なお、練習では、UIそのものに慣れてもらうため、オブジェクトの出現タイミングを長めに12sと固定した。練習後、参加者は2水準のUI要因について12回ずつ(出現タイミング6種 × 繰り返し2回)計24回、ランダム順を用いて順序効果を防いだ順番で試行を行った。回答終了後に、アンケート画面でアンケートを回答した。全ての試行が完了後、全体をまとめて視野闘争に関するインタビューと年齢、性別の事後アンケートに回答した。

## 4. 実験結果

17名(男性7名、女性10名、平均年齢24.7歳)の参加者を募って実験を実施した。本研究での統計解析における有意水準は5%とした。

実験条件の2群のデータについて、UIの可読性、UIの視覚的印象、オブジェクト見やすさは順序尺度であるリッカート尺度であるため、UIの水準ごとに12個の試行データの中央値を取り処理した。また、Cpointは0から100までの自然数の離散評価から算出されており、データ全体についてShapiro-Wilk検定にて正規性を確認した結果、正規性が棄却されたため、ノンパラメトリックデータとして取り扱い、同じく中央値を取り処理した。以上4項目における評価値の分布の箱ひげ図を図4に示す。実験条件ごとの2

群のデータについて、Shapiro-Wilk 検定にて正規性を確認した。表 1 に示したリッカート尺度であるアンケート項目 Q1, Q2, Q3 について、正規性を確認したところ、Q1 は 2 群中 2 群で正規性が棄却され、Q2, Q3, Cpoint はそれぞれ 2 群中 1 群で正規性が棄却されたため、対応のある 2 群に対するノンパラメトリック検定である Wilcoxon signed-rank test を用い 2 群間の有意差を計算した。

また、実際にはビジュアルシーンにオブジェクトが出現したものの、ユーザが完全に気が付かなかった、あるいは気が付いても形状が認識出来なかった回数（340 回の中何回存在するか）について、視野闘争 UI と半透明 UI それぞれについて集計した結果を表 2 に示す。

表 2 ビジュアルシーンのオブジェクトへの認識状況

	視野闘争 UI	半透明 UI
Object に気が付いたが判別できなかった	2 回	13 回
Object に気が付かなかった	2 回	47 回

## 5. 考察

図 4 より、UI の可読性と UI の視覚的印象について視野闘争 UI が有意に低く、オブジェクトの見やすさと認識精度 Cpoint については視野闘争 UI が有意に高く評価されていることが確認された。また、表 1 より、視野闘争 UI においては、オブジェクトの存在を認識できない回数が半透明 UI よりも少なくなっており、提案手法がオブジェクト認識の精度を上昇させたと考えられる。以上より、視野闘争 UI はビジュアルシーンへの認識精度が仮説通り半透明 UI より高まる一方、UI 自身の視覚的印象と可読性が仮説と異なり、従来の半透明 UI より低下し、UI 上の情報取得も半透明 UI より難しくなったことがわかった。その原因は、視野闘争現象の性質上、視野全体で闘争が安定しないときに、左右視野が相互に現れ、視覚的に違和感が強く感じられたからと考えられる。ただし、実験参加者インタビューにおいて、視野闘争 UI は見たことがない UI であり、最初のうちは慣れず視覚的印象が低かったが、試行回数が増えるにつれ、違和感が減少したという意見が 8 人から報告された。したがって、視野闘争 UI に慣れると、違和感による UI 可読性と視覚的印象が低下する問題を解決できる可能性もあると考えられる。

## 6. 将来の展望

前述のような、視野闘争による違和感に対し、違和感を減らす方法として、片目に情報を載せた UI を表示し、もう片目に UI と同じ色の透明度の高いパネルのみを表示する方針が考えられる。UI 全体を闘争させるのではなく、UI 上にある情報だけ闘争させることによって、UI 自身に対する違和感を減らすことができ、ビジュアルシーンの情報

も取得できると考えられる。実験後に実験参加者（3 人）に上記の設計方法を体験してもらい、インタビューした結果、ビジュアルシーンに情報変化がないとき、半透明 UI と分別できず、ビジュアルシーンオブジェクトが出現した際にはその形状を重畳なしに取得でき、違和感も生じないと報告された。しかし、この設計では、オブジェクトの色が透明パネルを通してからユーザーに伝わるため、オブジェクトの色が変化してしまう。本実験で使用した方式は、オブジェクトの色も認識できるが、上述のような違和感がある。違和感と色認識のバランスについて、今後さらに検討した上、新たな UI 提示方式としての活用が期待される。

## 7. 結論

本研究では、視野闘争現象を視覚的な UI に適用した時に、UI 自身の可読性、視覚的印象を維持したうえで、ビジュアルシーンの情報変化を認識できるかどうかを検証した。実験を行った結果、視野闘争 UI は UI 自身の可読性、視覚的印象が半透明 UI より低下した。その原因は視野闘争 UI が視野闘争現象が普段から見れなく、闘争中にも違和感が感じられたためと考えられる。一方、ビジュアルシーンにある情報は仮説通りに、視野闘争 UI を使う際にビジュアルシーンにあるオブジェクトへの認識精度が高まった。今後、視野闘争 UI の違和感を減らす方法や、UI とビジュアルシーンの色組み合わせについてさらに検討されるべきである。

## 参考文献

- [1] Inomata, Sora & Komiya, Kosuke & Iwase, Koya & Nakajima, Tatsuo. (2020). "AR Smart Home: a Smart Appliance Controller Using Augmented Reality Technology and a Gesture Recognizer."
- [2] E. Morotti, L. Donatiello and G. Marfia, "Fostering fashion retail experiences through virtual reality and voice assistants," 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), 20
- [3] 坂井 忠裕, 半田 拓也, 伊藤 崇之, 伊福部 達, 湯山 一郎."GUI や表を伝える触覚インタフェースとアクセシビリティ評価", ヒューマンインタフェース学会論文誌, pp. 81-91(2010)
- [4] 山岡俊,"GUI デザインのための評価方法の提案", 日本デザイン学会,BULLETIN OF JSSD,2012
- [5] GIANTS Software:"Farming Simulator 22",2021
- [6] JOUR, Okajima, Miku, Yotsumoto, Yuko, "Flickering task-irrelevant distractors induce dilation of target duration depending upon cortical distance", Scientific Reports,2016
- [7] Breese, B. B. Binocular rivalry. Psychol. Rev. 16, 410-415 (1909). Early study of rivalry, including the role of colour and motion in promoting dominance of a stimulus.
- [8] Paffen CL, Alais D. Attentional modulation of binocular rivalry. Front Hum Neurosci. 2011 Sep 27;5:105. doi: 10.3389/fnhum.2011.00105. PMID: 22046156; PMCID: PMC3202227.

- [9] Valve and Hidden Path Entertainment, Counter-Strike: Global Offensive, August 2012
- [10] Kovacs, I., Papatomas, T. V., Yang, M. & Fehér, A. When the brain changes its mind: Interocular grouping during binocular rivalry. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 93, 15508–15511 (1997).
- [11] Yoichi Ochiai. 2012. Kaleidoscopes for binocular rivalry. In *Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference (AH '12)*. Association for Computing Machinery, USA
- [12] Lack, L. *Selective Attention and the Control of Binocular Rivalry* (Mouton, The Hague, 1978)..
- [13] Blake, R. & Boothroyd, K. The precedence of binocular fusion over binocular rivalry. *Percept. Psychophys.* 37, 114–124 (1985).
- [14] A. Erickson, G. Bruder and G. F. Welch, “Analysis of the Saliency of Color-Based Dichoptic Cues in Optical See-Through Augmented Reality,” in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 29, no. 12, pp. 4936-4950, Dec. 2023