情報処理学会論文誌　デジタルコンテンツ　Vol.10　No.1　1–15 (Feb. 2022)

研究論文

対戦型格闘ゲームを対象にした視線情報に基づく試合振り返り支援インタフェース

梶並 知記[1,a)]　小田 凌平[2]

受付日 2021年7月15日, 採録日 2021年11月26日

概要：本稿では，対戦型格闘ゲームを対象とし，プレイヤの視線情報を用いた試合の振り返りを支援するインタフェースを提案する．対戦型格闘ゲームは，2 名のプレイヤがそれぞれ格闘家を模したキャラクタを操作し，相手と闘うゲームである．対戦型格闘ゲームの典型的なゲーム画面のレイアウトは，リングを横から見たカメラ視点であり，キャラクタ 2 体が同一軸上に左右に並んで向かい合う形となる．2 名のプレイヤは，同一内容のゲーム画面を見てプレイする．プレイヤは，自分達が行った試合の動画を見直して，戦略/戦術について議論する振り返りをする場合がある．しかしながら，プレイ中のプレイヤの視線情報を用いた，試合の振り返り支援はあまり行われていない．本稿では，2 名のプレイヤの視線情報を用いて，ゲーム画面上のプレイヤの着目箇所や視線の移動軌跡の類似性/差異性を強調して可視化する 4 つの機能を備えた，試合の振り返り支援インタフェースを提案する．対戦型格闘ゲームの経験者を被験者とした評価実験を行った結果，提案インタフェースが振り返りの際の議論のきっかけを与え有効であることと，提案機能ごとに有効性が異なることを示す．

キーワード：対戦型格闘ゲーム，情報可視化，プレイ分析，インタラクティブシステム，e-Sports

An Interface for Supporting Post-Match Play-by-Play Analysis of a Fighting Game Based on the Players' Eye Movements

Tomoki Kajinami[1,a)]　Ryohei Oda[2]

Received: July 15, 2021, Accepted: November 26, 2021

Abstract: This paper proposes an interface that makes use of players' gaze information to aid play-by-play analysis of fighting game matches. In fighting games, two players take control of characters resembling grappler and battle one another. In the typical fighting game screen layout, a camera views the ring from the side, and the two characters face each other along the same axis: one on the left and the other on the right. The two players see the same on-screen game content as they play. Players may watch replay footage matches they have fought, discussing strategic and tactical aspects. However, there are few existing means of aiding reflection on matches that make use of players' in-game gaze information. This paper proposes an interface to aid play-by-play analysis of matches by including a visualization function that makes use of the two players' gaze information, emphasizing the similarities and differences between the players' on-screen points of visual focus and gaze movement paths by four proposed functions. The results of an experimental evaluation on subjects experienced with fighting games show that the proposed interface effectively stimulates reflective discussion and that its effectiveness differs for each proposed function.

Keywords: fighting game, information visualization, play analysis, interactive system, e-Sports

1. はじめに

本稿では，プレイヤの視線情報を用いて，対戦型格闘ゲームの試合の振り返りを支援するインタフェースを提案する．

[1] 文教大学
Bunkyo University, Chigasaki, Kanagawa 253–8550, Japan
[2] 岡山理科大学
Okayama University of Science, Okayama 700–0005, Japan
[a)] kajinami@bunkyo.ac.jp

© 2022 Information Processing Society of Japan

対戦型格闘ゲームは，近年研究対象として着目されているデジタルゲーム競技（e-Sports）[1] のメジャーなジャンルの一種であり，2 名のプレイヤがそれぞれ空手家やボクサーといった格闘家を模したキャラクタを操作し，相手と闘うゲームである．プレイヤは，キャラクタに設定されている技を使って相手のキャラクタを攻撃し，キャラクタに設定されているスタミナを奪い K.O. することを目指す[*1]．

図 1 は，対戦型格闘ゲームの典型的なゲーム画面の構成である．リングを横から見たカメラ視点であり，キャラクタ 2 体が同一軸上に左右に並び向かい合う形となる．リングの理論的な形状（キャラクタの移動可能範囲の形状）としては，2 次元平面のゲームと，奥行のある 3 次元のゲームがあるが，本稿では 2 次元平面のゲームを対象とする．ゲーム画面には，各キャラクタの状態を表すオブジェクト（ゲーム UI）が，上下左右対称に配置される．これらは，キャラクタの位置に依存せず，固定されている．キャラクタの移動に関しては，現実の格闘技と異なり，特別な足場などがなくても，立っている相手の頭上を飛び越えて左右の位置を入れ替えるような非現実的な移動が可能となっている．2 名のプレイヤは，同一内容のゲーム画面を見てプレイすることになる．

2 名のプレイヤは，背景知識として，お互いのキャラクタが備える技の性能（モーションや出の速さ，威力，有効範囲など）を知っており，どのような状況で有効またはあまり有効でないか知っている．図 1 で図示したように，キャラクタ 2 体が左右に並び向かい合うため，プレイヤは，プレイ中，相手キャラクタの動きを観察する，キャラクタ間の間合いをはかる，リングの端までの距離をはかるなどを目視で行う．さらに，ゲーム UI を確認して，キャラクタの位置や動き以外の情報からも状況を理解し，意思決定に役立てることになる．一般的に，着目箇所が，キャラクタ，キャラクタ間の空間，ゲーム UI の間を行き来することになる．

対戦型格闘ゲームのコミュニティでは，他のメジャーな e-Sports と同様に，プレイヤが，自分達が行った試合のプレイ動画を見直して，戦略/戦術について議論する振り返りをする場合がある [4], [12]．これは，伝統的な盤上ゲームにおける感想戦に類似するものである．しかしながら，プレイ中のプレイヤの視線情報を用いた，試合の振り返り支援インタフェースに関する研究はあまり行われていない．

視線情報を用いた従来研究として，パズルゲームを対象にし，非熟練者と熟練者間で着目箇所の違いを明らかにするものがある [3]．また，同一の映像を対象に，自分と他者の視線情報の両方を可視化することで，他者の視線と自分の視線の違いから学びを得られることが示唆されたり [2]，近年医療現場においては，熟練度に応じた着目箇所の違い

*1　厳密には，現実の格闘技の試合における判定勝ちに類似する勝利条件を満たすことも可能である．

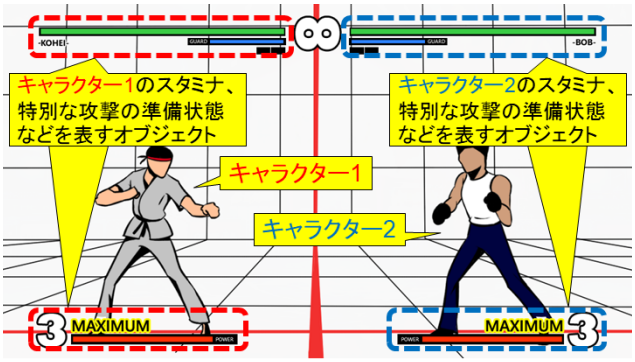


図 1　対戦型格闘ゲームの典型的な画面構成
Fig. 1　Typical screen of the fighting game.

を技能向上へつなげる試みが行われたりしている [13]．そのため，対戦型格闘ゲームにおいても，視線情報を用いることで戦略/戦術についての議論の促進，プレイヤ間の知の共有・伝達に有効であると考える．

本稿では，対戦型格闘ゲームの 2 つの特徴「2 名のプレイヤが同一内容のゲーム画面（すなわち同一の映像）を見てプレイする」と「ゲーム UI が画面内に対称的に配置されている」を考慮し，プレイヤのプレイ中の視線に基づく振り返りを行う場合に，「着目箇所や視線移動が自分と似ているのか違うのかみつけたい」，「自分と似たような考えで着目や移動していたのか，それとも異なった考えだったのか知りたい」といったプレイ分析意図があると想定する．

本稿では，2 名のプレイヤのプレイ中の視線情報を用いて，ゲーム画面上のプレイヤの着目個所の類似性/差異性，短い一定時間における視線移動の類似性/差異性を強調して可視化する機能を備えた，試合の振り返り支援インタフェースを提案する．本稿では，プレイヤが同一内容のゲーム画面を見てプレイすることと，ゲーム UI の配置の対称性を考慮し，以下の機能を実装する．

フォグ機能　2 名のプレイヤが試合開始から現時点まで，ゲーム画面上のどの部分をどれだけ着目していたか，着目度合を強調して可視化する機能．

フォーカス機能　2 名のプレイヤが，試合中の同一時刻における，ゲーム画面上の着目個所の近さを強調して可視化する機能．

ディレクション機能　試合中の一定の短時間において，2 名のプレイヤの視線の移動方向が同じ/反対だった場合に視線移動を強調して可視化する機能．

トレース機能　試合中の一定の短時間において，2 名のプレイヤのうち片方のプレイヤの視線を，もう片方のプレイヤが追いかけるような視線移動だった場合に，視線移動を強調して可視化する機能．

フォグ機能とフォーカス機能が，着目箇所に関する機能，ディレクション機能とトレース機能が，視線移動に関する機能である．これらの機能を備えた振り返り支援インタフェースを使用して振り返りを行うことで，ユーザ（プ

© 2022 Information Processing Society of Japan

レイヤ）に，振り返りの際の議論のきっかけを与えることを目指す．

本稿では，対戦型格闘ゲームの経験者を被験者とし，被験者 2 名を 1 グループとした計 8 名に，試合の動画撮影から振り返りまでを行ってもらった結果，提案インタフェースを用いることで振り返りの際の議論のきっかけを得られることを示す．また，着目個所の類似性/差異性に関する機能は全体的に有効であるが，視線移動の類似性/差異性に関する機能は，プレイヤのプレイ分析の仕方に依存することを示す．

2. 関連研究

UI 系の研究として，試合の観戦を支援する研究がある．観戦支援と振り返りをともなうプレイ分析支援は，試合中の状況やプレイヤの思考を他者へ理解させる点が類似している．試合中の状況やゲーム画面上における見どころを観戦者へ可視化し提示するインタフェース [6]，対戦しているプレイヤのどちらが優勢/劣勢か判定して可視化し提示するインタフェースがある [8]．これらは，ゲーム動画上に，試合の状況に応じて図形や短い文字列を重ねて表示することで，観戦者へ情報を提示している．本稿で提案するインタフェースも，ゲーム動画上に図形を重ねて表示する手法を採用する．また，プレイヤの視線情報を用いて，プレイヤがプレイ中にどのゲーム UI へどの程度着目していたか可視化して提示するインタフェースも提案されている [9]．これは，対戦型格闘ゲームを含む，メジャーな e-Sports ジャンルを対象にし，ジャンルごとのゲーム UI の典型的なレイアウトを考慮した可視化を行っている．また，視線情報を用いているが，ゲーム UI のみをプレイヤの着目箇所の対象としている．本稿では，対戦型格闘ゲームのゲーム UI の典型的なレイアウトを考慮し，ゲーム画面全体をプレイヤの着目箇所の対象とする．

著者らはこれまで，視線情報を用いた，振り返りをともなうプレイ分析支援のコンセプト提案と試作システムの構築を行っているが，評価そのものを行っていなかったり，有効性の議論が不十分である [7], [10], [11]．本稿はこれらを拡張し，提案インタフェースの有効性について議論を深めたものである．本稿の成果は，戦略/戦術について議論する対戦型格闘ゲームのコミュニティへ，新たな振り返り手段を提供し貢献するものである．

3. 視線の類似着目個所と視線の動きに着目した試合振り返り支援

3.1 想定する利用状況と提案インタフェースへの要求

本稿では，対戦型格闘ゲームの 2 つの特徴「2 名のプレイヤが同一内容のゲーム画面を見てプレイする」と「ゲーム UI が画面内に対称的に配置されている」を考慮し，プレイヤのプレイ中の視線に基づく振り返りを行う場合，以下のようなプレイ分析意図があると想定している．

- 着目箇所や視線移動が自分と似ているのか違うのかみつけたい．
- 自分と似たような考えで着目や移動していたのか，それとも異なった考えだったのか知りたい．

すなわち，提案インタフェースを使用することで，2 人のプレイヤが自分たちの試合を振り返り「同じ個所や違う箇所を見ているときに，何を考えていたのか」,「同一/反対方向へ視線移動したときや，相手の視線を追いかけるようなとき，何を考えていたか」，プレイヤ同士の議論のきっかけとなることを想定する．したがって，提案インタフェースへの要求は以下である．

- 着目度合の判定と強調した可視化（3.2 節，フォグ機能）」
- 着目箇所の近さの判定と可視化（3.3 節，フォーカス機能）」
- 視線の同一/反対方向の動きの判定と可視化（3.4 節，ディレクション機能）」
- 視線の追従の判定と可視化（3.5 節，トレース機能）」

振り返り支援を目的としているため，試合の動画を一時停止したり，スロー再生できたり，シークバーにより任意の場所から再生できたりなど，一般的なメディアプレイヤの機能も備える．なお，特に断りがない限り，本稿で取り扱う動画のサイズは，実装上の都合により 960 ピクセル × 540 ピクセルであり，フレームレートは 30 f/s である．

3.2 フォグ機能：着目度合の可視化

この機能は，色の濃淡により，試合開始から現在時刻までの，プレイヤの着目度合を可視化する．

図 2 に，フォグ機能を図示する．試合中の現在時刻 t におけるプレイヤ $P1$ と $P2$ の視線の座標をそれぞれ (x^t_{P1}, y^t_{P1})，(x^t_{P2}, y^t_{P2}) とする．2 フレームごとに，プレイヤ $P1$，プレイヤ $P2$ それぞれの視線の座標を中心とする，半径 25 ピクセルの円形エリアを着色し，2 フレームごとに重ねて描画する[*2]．描画する円の不透明度は 5/255 [*3]としている．255 で完全不透明である．プレイヤ $P1$ の視線に対応する色は赤色，プレイヤ $P2$ の視線に対応する色は青色としている．ゲーム画面上のある 1 点を凝視すればするほど，不透明度が増加することになる．また，プレイヤ $P1$ と $P2$ のエリアが重なった箇所は，紫色になる．試合が進むにつれて，霧のようにゲーム画面を覆っていくことになり，色の濃い部分ほど，着目度合が高いとなる．なお，円の半径は，キャラクタの顔の大きさやゲーム UI の高さなどとのバランスを考え，数パターンの大きさで可視化を試

[*2] 1 フレームごとでない理由は，実装上処理が重くなる問題を回避するためである．理論的な理由はない．

[*3] これは経験的に決めた値である．試合中にゲーム画面の一カ所を凝視する時間が長いゲームや，試合時間がより短い（動画の全フレーム数がより少ない）ゲームであれば，着色する不透明度を値をより小さくする．

© 2022 Information Processing Society of Japan

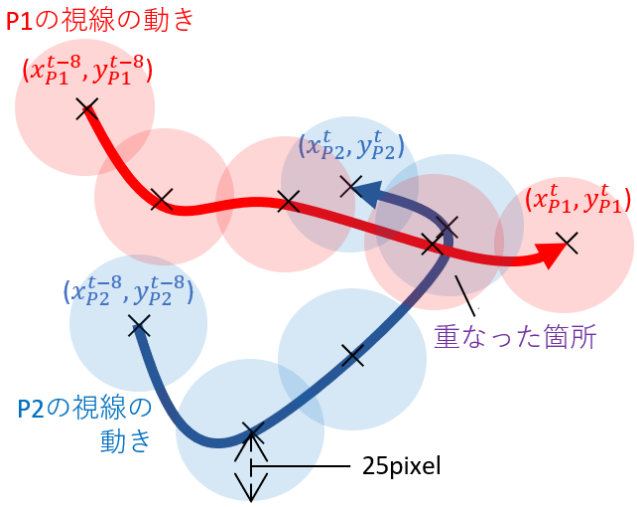


図 2　フォグ機能
Fig. 2　Fog function.

した後，著者らに加え 2 名の対戦型格闘ゲーム経験者の意見に基づき，主に見易さの観点から決定している．また，処理落ちを避けつつできるだけ描画間隔を密にするため，2 フレームごとに重ねて描画している．

3.3　フォーカス機能：着目箇所の近さの可視化

この機能は，任意の時刻 t において 2 名のプレイヤの視線が近づいた場合（ゲーム画面上のほぼ同じ個所を着目した場合）に，着目している箇所が近いことを強調してプレイヤに提示する．

図 3 にフォーカス機能を図示する．時刻 t におけるプレイヤ $P1$ と $P2$ の視線の座標をそれぞれ (x_{P1}^t, y_{P1}^t)，(x_{P2}^t, y_{P2}^t)，両座標間の距離を d_{P1P2}^t とし，式 (1) を満たす場合に，両プレイヤの着目している箇所が類似していると判定する．

$$d_{P1P2}^t \leq Th \tag{1}$$

ここで Th は判定の閾値で，本稿では画面サイズの横幅の 1/5 (=192 ピクセル) としている．式 (1) を満たす場合，プレイヤ $P1$ と $P2$ の視線を囲むように紫色の楕円を，類似着目箇所として描画する．楕円の長辺の長さは Th，短辺の長さは $Th - d_{P1P2}^t$ とする．したがって，d_{P1P2}^t が短いほど，描画される楕円が正円に近づく．判定と描画の更新は 1 フレームごとに行われる．なお，本稿での Th の値は，キャラクタの幅と画面サイズのバランスを考え，極端にフォーカス機能が動作したり，振り返り中にまったく動作しなくなったりしないよう，いくつかの試作と実際の視線情報を用いた可視化テストをとおして決定したものである．

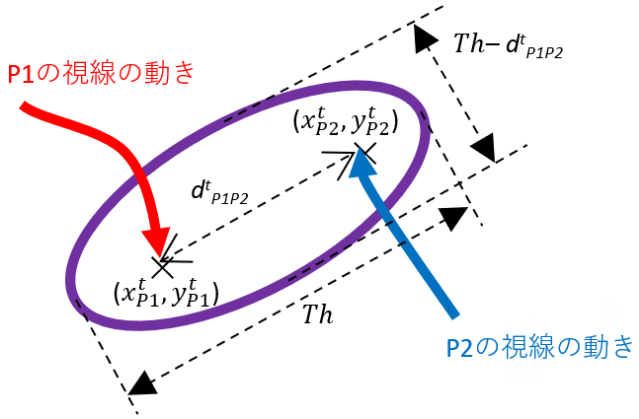


図 3　フォーカス機能
Fig. 3　Focus function.

3.4　ディレクション機能：視線の同一/反対方向の動きの可視化

この機能は，試合中の一定時間内に，2 名のプレイヤの視線が同一/反対方向に移動した場合，視線の移動方向を可視化しプレイヤに提示する．

図 4 にディレクション機能を図示する．時刻 t におけるプレイヤ $P1$ と $P2$ の視線の座標をそれぞれ (x_{P1}^t, y_{P1}^t)，(x_{P2}^t, y_{P2}^t) とする．時刻 $t+\Delta t$ におけるプレイヤ $P1$ と $P2$ の視線の座標をそれぞれ $(x_{P1}^{t+\Delta t}, y_{P1}^{t+\Delta t})$，$(x_{P2}^{t+\Delta t}, y_{P2}^{t+\Delta t})$ とする．(x_{P1}^t, y_{P1}^t) と $(x_{P1}^{t+\Delta t}, y_{P1}^{t+\Delta t})$ を結ぶ線分をプレイヤ $P1$ の視線ベクトル，(x_{P2}^t, y_{P2}^t) と $(x_{P2}^{t+\Delta t}, y_{P2}^{t+\Delta t})$ を結ぶ線分をプレイヤ $P2$ の視線ベクトルとする．2 つのベクトルのなす角 θ が $0° \leq \theta \leq 30°$ を満たす場合は視線が同一方向に（図 4 (a)），$165° \leq \theta \leq 195°$ を満たす場合は反対方向に動いたと判定する（図 4 (b)）．視線の移動方向は，(x_{P1}^t, y_{P1}^t) と $(x_{P1}^{t+\Delta t}, y_{P1}^{t+\Delta t})$，$(x_{P2}^t, y_{P2}^t)$ と $(x_{P2}^{t+\Delta t}, y_{P2}^{t+\Delta t})$ をつなぐ太矢印で可視化する．本稿の実装では Δt を 7 フレームとし，矢印の描画時間は 30 フレームとしている．描画後 15 フレーム経過すると徐々に色が薄くなっていき，描画開始から 30 フレーム経過すると矢印が完全に消えるようにする．なお，条件 $0° \leq \theta \leq 30°$ と $165° \leq \theta \leq 195°$ や Δt の値は，フォーカス機能同様，いくつかの試作と実際の視線情報を用いた可視化テストをとおして決定したものである．また，描画時間は，見やすさを考慮して決定している．

3.5　トレース機能：視線の追従の判定と可視化

この機能は，試合中の一定時間内に，2 名のプレイヤ（プレイヤ $P1$ または $P2$）のうち片方のプレイヤ PF の視線を，もう片方のプレイヤ PS の視線が追従した場合に，視線の移動方向を可視化しプレイヤに提示する．

図 5 にトレース機能を図示する．時刻 t におけるプレイヤ PF の視線の座標を (x_{PF}^t, y_{PF}^t)，プレイヤ PS の視線の座標を (x_{PS}^t, y_{PS}^t)，時刻 $t+\Delta t$ におけるプレイヤ PF の

© 2022 Information Processing Society of Japan

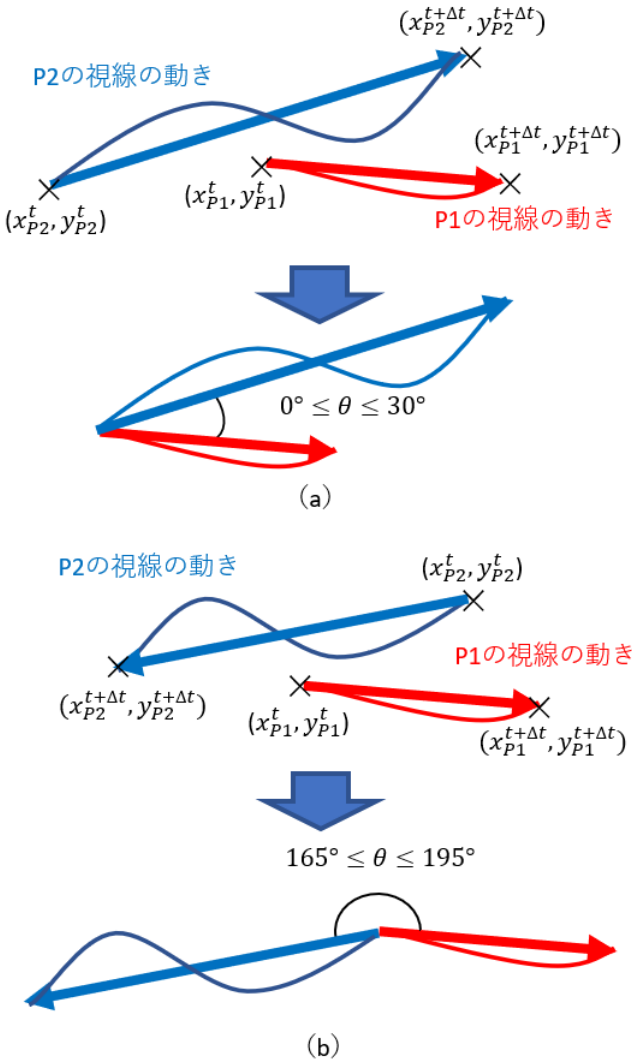


図 4　ディレクション機能
Fig. 4　Direction function.

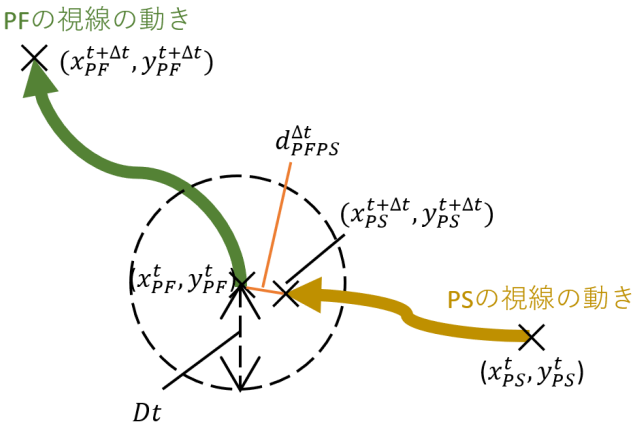


図 5　トレース機能
Fig. 5　Trace function.

視線の座標を $(x_{PF}^{t+\Delta t}, y_{PF}^{t+\Delta t})$，プレイヤ PS 視線の座標を $(x_{PS}^{t+\Delta t}, y_{PS}^{t+\Delta t})$，とおく．$(x_{PF}^{t}, y_{PF}^{t})$ と $(x_{PS}^{t+\Delta t}, y_{PS}^{t+\Delta t})$ の距離を $d_{PFPS}^{\Delta t}$ とおく．式 (2) を満たすとき，PS は PF を追従したと判定する．

$$d_{PFPS}^{\Delta t} \leq D_t \tag{2}$$

ここで D_t は判定の閾値で画面サイズの横幅の 1/20（48 ピクセル）とする．視線の追従は，(x_{PF}^{t}, y_{PF}^{t}) と $(x_{PF}^{t+\Delta t}, y_{PF}^{t+\Delta t})$，$(x_{PS}^{t}, y_{PS}^{t})$ と $(x_{PS}^{t+\Delta t}, y_{PS}^{t+\Delta t})$ をつなぐ点滅する太矢印で可視化する．矢印は描画開始後 45 フレーム経過すると消えるようにする．なお，本稿の実装では Δt を 7 フレームとしているほか，視線の追従と 3.4 節のディレクション機能の判定が重複した場合，本機能による可視化が優先される．なお，本稿での D_t の値，矢印の表示時間は，他の機能のパラメータ同様，実際の視線情報を用いた可視化テストをとおして決定した．

4.　振り返り支援インタフェース

4.1　システム構成

図 6 はシステムの構成である．提案インタフェースへは，あらかじめ用意した，録画したプレイ動画の 1 フレームごとの静止画像群と，プレイヤの視線データファイル 2 つを入力する．本稿では，プレイ動画の再生位置と提案手法によって可視化する図形などの描画のずれをなくすため，あらかじめ動画を 1 フレームごとの静止画像に分割し，疑似的に動画のように再生する[*4]．視線データファイルの中身は，左の列から現在フレーム，x 座標，y 座標であり，カンマで区切って記述されている[*5]．データファイルの行数が，動画の全フレーム数に対応することになる．提案インタフェースは，視線データファイル内の視線座標に基づき 3 章で述べた手法を適用し，各機能によるプレイヤの視線の着目度合や視線の動きをプレイ動画上に重ねて表示する．厳密には，静止画像上に提案手法による可視化結果を重ねることを，1/30 s ごとに繰り返すことになる．提案システムの実装には Processing3，各機能のオン・オフ，再生速度変更ボタンなどの GUI 部品の実装に Control P5 ライブラリを用いている[*6]．

4.2　実行例

図 7 は提案インタフェースの実行例である[*7]．各機能により可視化される図形は，プレイ動画上（実装上は静止

*4　動画ファイルの連番静止画像ファイルへの分割は，著者らのプログラムではなく，フリーの動画像編集ソフトウェアである AviUtl を用いて行っている．
*5　視線の座標を取得する手段は限定しない（視線測定装置の種類などは問わない）．視線データファイルが，現在フレーム，x 座標，y 座標と並べた csv 形式を満たしていればよい．
*6　実装上の都合により，draw メソッドが 1 ループする時間を厳密に固定できなかったため，本稿では，再生する動画上に提案手法による可視化表現を重ねて表示する方法ではなく，動画を 1 フレームごとに分割して，静止画像を draw メソッド内で 1 回呼び出して視線データと完全な同期をとる方法を採用している．
*7　著作物であることを考慮して，図中，表示面積が大きいゲーム画面部分をオリジナルイラストとし，提案手法により可視化される図形を合成して，そのうえに説明文を加えた図としている．実際の表示内容の詳細は著者に照会のこと．

© 2022 Information Processing Society of Japan

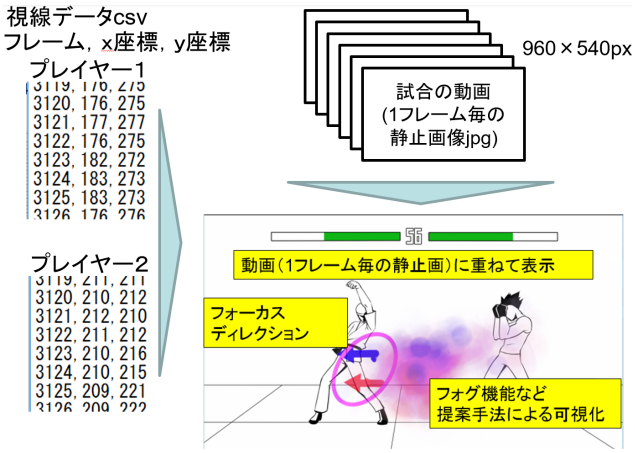


図 6　システム構成
Fig. 6　System architecture.

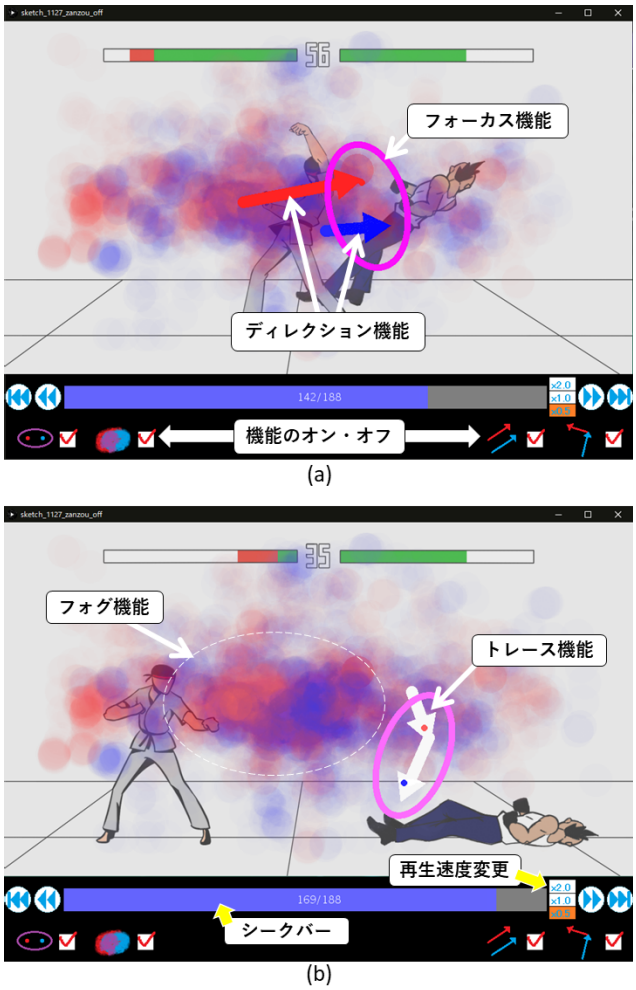


図 7　システム実行例
Fig. 7　Execution example of the system.

画像の連続表示）に重ねて表示される．提案機能のオン・オフは，インタフェース下部のチェックボックスを操作することで行える．本稿では試合の振り返り支援を目的としているため，シークバーや一時停止機能など，一般的な動画再生プレイヤに備わっている機能も備えており，動画のスキップ，巻き戻し，再生位置変更などが可能である．また，再生速度の変更（2 倍速，1 倍速，0.5 倍速）も可能である．図 7 (a) では，ディレクション機能により，プレイヤ $P1$ と $P2$ の視線がともに左から右へ移動していることが強調して可視化されている（図中，赤太矢印がプレイヤ $P1$ の視線の動き，青太矢印がプレイヤ $P2$ の視線の動きである）．また，フォーカス機能によって描画される紫円により，両プレイヤの着目箇所が近いことも強調して可視化されている．図 7 (b) では，フォグ機能により，画面の中央付近に特に多くの赤色または青色の半透明円が描画され霧のようになっており，2 名のプレイヤの着目度合が高いことが分かる（図 7 (a) でも，フォグ機能は有効であり両プレイヤの着目度合が霧状に可視化されている）．また，トレース機能により，左右反転した「く」の字のような軌跡で，プレイヤの視線の追従が確認できる（図では矢印点滅時のスクリーンショットとなっているが，この場面ではプレイヤ $P2$ の視線のあとに $P1$ の視線が追いかける形になっている）．

5.　評価実験

5.1　目的と環境

提案インタフェースが振り返りに有効か検証する．本実験では，提案インタフェースを用いて振り返りを行う場合と，提案インタフェースを用いずに一般的なメディアプレイヤを使用し振り返りを行う場合で比較する．**表 1** は評価実験における，被験者と提案インタフェース使用/不使用の順序の組合せである．被験者は，ゲームセンターや家庭で対戦型格闘ゲームを日頃からプレイしており，年単位でのプレイ経験がある 8 名（A–H）を，2 名ペアで 4 グループに分ける．試合は，表中の「試合」項目に記載したペアで行う．4 グループのうち 2 グループずつ，異なるゲームタイトルを使用する．本実験では，対戦型格闘ゲーム『UNDER NIGHT IN BIRTH Exe:Late[st]』（表中，UNI と表記）[*8] と『電撃文庫 FIGHTING CLIMAX IGNITION』（表中，電撃 FCI）[*9] を使用する[*10]．1 試合のラウンド数や制限時間といった勝敗に関係するゲーム内設定は標準設定（1 ラウンド 99 カウントの 2 ラウンド先取制），キャラクタを操作するためのコントローラのボタン配置設定は，各被験者の自由とする．試合および振り返りは，提案インタフェースを使用する場合と使用しない場合の 2 試合行う．グループごとに，先に提案インタフェースを使用して振り返りを行うか，先にプレイ動画のみで振り返りを行うか，順序を変

*8 『UNDER NIGHT IN-BIRTH Exe:Late[st]』，フランスパン，アークシステムワークス (2017)．(PS4)
*9 『電撃文庫 FIGHTING CLIMAX IGNITION』，フランスパン，セガゲームス (2015)．(PS4)
*10 本実験で使用したゲームタイトルは，国際大会で採用されたタイトルや，公式全国大会などが開催されたタイトルである．ただし，被験者を集める都合上選択したものである．他のゲームタイトルとゲームシステム上の特徴を比較検討したうえで選択したものではない．

© 2022 Information Processing Society of Japan

表 1　実験設定
Table 1　Experimental setting.

試合	使用ゲーム	提案システム
A vs. B	UNI	使用→不使用
C vs. D	電撃 FCI	不使用→使用
E vs. F	UNI	不使用→使用
G vs. H	電撃 FCI	使用→不使用

える．実際の順序は，表中の「提案システム」項目に記載している．使用→不使用は，提案インタフェースを用いた振り返りを先に行い，その後，プレイ動画のみを使用する振り返りを行うことを意味する．

5.2　手順と仮説

実験手順は以下のとおりである．

(1) 被験者に試合をしてもらい，著者らはプレイ動画の録画と被験者の視線測定を行う．
(2) 著者らが，提案インタフェース用の静止画像群と視線データファイルの作成を行う．
(3) 被験者に提案インタフェースを使用/不使用して振り返りを行ってもらい，その後アンケートに回答してもらう．
(4) 手順 (1) に戻るが，手順 (3) において提案インタフェースの使用/不使用を表 1 に基づき入れ替える．

図 8 は，手順 (1) の様子である．プレイヤ $P1$，$P2$ それぞれが 1 台のモニタを占有し，合計 2 台のモニタにゲーム機から出力される映像を分配し，2 台の視線測定装置[*11]を用いる．手順 (2) の間，20 分程度，被験者に待機してもらっている．待機中，振り返りに使う試合についての会話は禁止としている．なお，本実験の目的は，被検者に伏せている．アンケート中の設問も，実際にアンケートに回答する最初の段階になって初めて提示される．また，可能な限り自由記述のコメントをしてもらう．著者らは，被験者の振り返り中の様子を録画し会話を録音する．なお，被験者 1 グループにつき，3〜4 時間の実験時間となっている．また，提案インタフェース使用前に，ダミーデータを用いた機能説明，操作練習を行ってもらっている．

図 9 は，手順 (3) の様子（提案インタフェース使用時）である．提案インタフェースはデスクトップ PC 上で動作し，マウスを用いて操作することになるが，操作役の被験者をどちらか一方の被験者に限定することはない．

仮説は以下である．

仮説 1：振り返りのしやすさ

提案インタフェース使用 ≥ 不使用

仮説 2：振り返りの時間や発話時間の長さ

提案インタフェース使用 > 不使用

これらの仮説を満たすことで，提案インタフェースを使用しない従来手法と同等以上の振り返りのしやすさを維持しつつ，振り返りの際の議論のきっかけを被験者が得られていると考える．

[*11] SteelSeries Sentry Gaming Eye Tracker

図 8　プレイ動画の録画と視線測定の様子
Fig. 8　Recording movie and eye tracking.

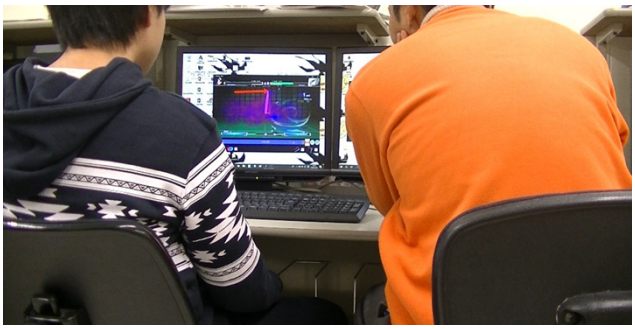


図 9　試合の振り返り中の様子
Fig. 9　Aspect of post-match play-by-play analysis.

5.3　振り返り作業の流れと例

提案インタフェースを使用する，しないにかかわらず，振り返り作業は，試合の映像を見返しながら，被験者が試合内容についてコメントしていくことになる．映像の一時停止や，部分的な巻き戻しと再生を繰り返す場合もあれば，場面によっては映像を停止せずに被験者同士が話し合う場合もある．話し合いをするというよりも，お互いに，ひととおり自分の考えを説明する場合もあり，振り返り作業には，明確に分割可能な工程は存在しない．基本的に，キャラクタ間の距離が近い場合は相手のキャラクタに着目することが多く，被験者間の会話では，キャラクタの備える特定の技の存在を意識した会話が多くなる．

図 10 (a) は，提案インタフェースを使用した振り返りにおいて，視線をきっかけに，意思決定が妥当だったか否かについて被験者間で話し合われた場面である．プレイヤ $P1$ 側が，画面上部のゲージを素早く確認（ディレクション機能による太矢印が画面に残っている）したのち，すぐにプレイヤ $P2$ 側のキャラクタ付近に視線を戻している．この数秒後まで再生し，また巻き戻すことを繰り返しており，その間のプレイヤ同士の会話は以下である．

© 2022 Information Processing Society of Japan

P1：「僕がブラスト[a]見にいってるんで」
P2：（P1 の発話さえぎりつつ）「ですね，ブラスト見に行って」
P1：（画面を指しつつ）「あっ，なんかタイム見にいってないですよね」
P2：「意外と見に行っていないですね」
P1：「まだ見る必要ない……でしょうけど……」
P2：「ここ，……（P1 が）コンブラ[b]しようと？」
P1：「そう，ブラストがあるの確認して……」
P2：（P1 の発話さえぎりつつ）「ここで（ブラストゲージが溜まっていることを）確認して，ブラストあるから，暴れてもいいやっていう判断ですぐ暴れている……んですよね？」
（実際，図 10 (a) の場面の直後，P1 側キャラクターが技をだしてからコンボブラストを発動している）
P1：「そうですね～，もしここ（巻き戻し，図 10 (a) の場面）でブラスト見ていなかったら，コンブラ使っていなかったかもしれない」
（P2 相槌）
P2：「だから，（コンボブラスト選択することが）正解ではないかもしれないけど」
P1：（P2 の発話をさえぎり）「あるやん！コンブラできるやん！で，コンブラしとこう！で」
P2：「あまえた感じですね」

a　画面上部にあるゲージの 1 つ．
b　コンボブラストの略．ブラストゲージ使用し，技にキャンセルをかけて発動可能な，主に攻撃継続に利用するシステム．

また，図 10 (b) は，提案インタフェースを使用した振り返りにおいて，より良い着目の仕方について，被験者が学習している場面である．キャラクタ間の距離が離れており，両者はキャラクタ間の空間に着目している場面であるが，交わされた会話（プレイヤ $P1$ 側の説明）は以下である．

P1：「俺，この辺見てるけれど，（P2 のキャラクターには）召喚してすぐ消えるの（技）あるやん，（ここじゃなくて）空対空かその辺見ておけば（発動がすぐ）分かる．（図 10 (b) 中緑の円部分，相手キャラクターの頭上付近を指差しながら）実際にはこの辺見ているほうが（警戒できて）良いのかな？」
P2：（肯定，頷き）
P1：「見る（べき）場所が違う可能性がある」

なお，4 つの提案機能は，すべての振り返りで動作しており，特定機能だけ動作せずといったことはない．

(a)

(b)

図 10　振り返り例
Fig. 10　Example of post-match play-by-play analysis.

表 2　振り返りのしやすさ
Table 2　Easiness of play-by-play analysis.

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	平均
使用	6	5	6	6	5	6	5	5	5.5
不使用	2	4	6	6	4	6	6	6	5.0

5.4　総合的な評価

5.4.1　振り返りのしやすさに関する評価

表 2 は提案インタフェース使用/不使用での総合的な振り返りのしやすさをまとめたものである．設問は「総合的に試合の振り返りはどのくらいしやすかったですか？」であり，6 段階（6：とてもしやすい，1：とてもしにくい）で答えてもらった．表中の「使用」項目は提案インタフェースを使用した場合の結果，「不使用」は提案インタフェースを使用しなかった場合の結果である．評価値の平均値は，提案インタフェースを使用した場合の方が，不使用の場合と比較して高く，被験者 8 人中 3 人（被験者 A，B，E）が，提案インタフェースを使用した場合の方が，明確に振り返りしやすいと評価している．これら 3 名に加え，提案インタフェースを使用した場合に，不使用の場合と比較して同

© 2022 Information Processing Society of Japan

等に振り返りしやすいと評価している被験者3名（被験者C，D，F），計6名から得られた典型的なコメントは，以下である．コメント末尾のカッコ内には，コメントした被験者を記している．

- フォーカスが特に分かりやすい．（A，B，F）
- どうしてその場所を見ているのか，言わなくても分かることが増えた．（C，D）
- 何を狙っているのかの（相手の）意図が理解しやすかった．（D）
- 視点を軸に話が進めやすかった．（E）
- 自分は相手キャラをずっと見ていたが，相手は色々見ているのが分かった．（E）
- 対戦相手のほうが自分より視点の動かし方がよいと思った．（F）
- 基本的に相手キャラを追っているのが確認できた．（G）
- 直感的な操作と各機能の表現は振り返り支援として十分に感じる．（H）

これらのコメントから，提案インタフェースにより，プレイヤが自身のプレイや相手のプレイを分析するきっかけを得て，振り返りしやすくなっているといえる．評価値の平均値が提案インタフェースを使用した場合の方が高いほか，被験者C，D，Fからも肯定的なコメントを得ており，仮説1を満たす．

一方，提案インタフェースに対して肯定的なコメントをしているものの，提案インタフェースを使用しなかった場合の方が振り返りしやすかった被験者GとHからは，「自分の考えや読みを素直に表現できた．（G）」，「ゲーム画面のみではあるが，その分，自分の言葉で伝える必要があり，それを伝えることによって話の起点ができて，振り返りしやすかったように思う．（H）」といったコメントが得られた．被験者G，Hは，ふだんから試合の振り返りや，ゲームセンターなどで試合の実況を行っているプレイヤである．自身の考えを言語で伝える経験が豊富ゆえに，提案インタフェースを使用しなくても，彼ら自身の認識として十分な振り返りができたと考える．また，被験者G，H同様にふだんから試合の振り返りを経験している被験者CとDは，提案インタフェース使用/不使用で同等の振り返りのしやすさ（評価値6）と評価しているが，提案インタフェースを使用することで振り返りの際の言語化を省略できる旨のコメントをしている．振り返りの経験者にとっても「みれば分かる」ことが増えることで，提案インタフェースを使用した振り返りがしやすいといえる．

5.4.2　振り返りや発話時間の長さに関する評価

表3は，振り返り全体の時間と振り返り中の被験者の発話時間をまとめたものである．表中，「試合時間」は，実際の試合時間であり，1ラウンド目の開始コールから，最終的に試合が終了するまでの時間である．表中，「全体時間」は振り返り全体の時間で，「発話時間」は振り返り中の被験者の発話時間である．それぞれ，提案インタフェースを使用した場合の振り返りを「使用」，提案インタフェースを使用しなかった場合の振り返りを「不使用」と分け，分（m）と秒（s）で記載している．9m36sであれば，9分36秒を意味する．発話時間の使用項目のみに記載している括弧内には，被験者の発話のうち，視線に関する内容の発話時間と，被験者同士の会話の中で，視線に関する話題が出現した回数をカンマで区切って記載している．具体的な発話は，「自分見てる」，「相手見てる」，「思ったほど視線は動いていない」，「ゲージ（ゲームUIの1つ）確認作業している」，「この試合は空対空があんまりないから，地上の目線が多い」などである[*12]．提案機能に対する直接的な会話（フォグ機能など機能名をあげた会話，機能を指しての会話）は，フォグ機能に関するものが多く，ディレクション機能やトレース機能についての会話は少なかった．しかしながら，視線に関する会話のなかでは，着目箇所よりも視線移動に関する内容が目だっていた．これらの結果から，提案インタフェースを用いることで，プレイヤが振り返りの際に，視線を起点とした会話のきっかけを得ることができているといえる．

表3より，提案インタフェースを使用した場合の振り返りの全体時間や発話時間は，不使用の場合と比較しておおむね2倍以上長くなっており，仮説2を満たす．

ここで，発話時間の長かった組合せ，C vs. DとG vs. Hの，提案インタフェースを用いた振り返りに着目すると，最初は視線に重点を置いて振り返りを行い，その後に，キャラクタの誤った操作や誤って選択した行動などの，戦術ミスに関する内容を中心とした振り返りを行っていた．すなわち，提案インタフェースを使用しない従来手法でも可能な振り返りと，提案手法特有の振り返りを明確に分けつつ行っていた．さらに，振り返りの全体時間が最も長いG vs. Hの組合せでは，振り返り開始から終了まで0.5倍速再生で振り返りを行い，彼らが重要と考える場面では一時停止を頻繁に使用し少しずつ再生し，振り返りを行っていた．一方，A vs. BとE vs. Fの振り返りでは，C vs. DとG vs. Hの振り返りでみられたような，振り返りを2部構成とするような特徴はみられなかった．これらの結果から，提案インタフェースは，プレイヤの採用した振り返り方法（部分的に詳細を見返すことや，2部構成とすることなど）に対応できているといえる．

5.4.3　類似/差異のみつけやすさに関する評価

表4は，設問「視線の動き方や着目箇所について，自分と相手で似ている/異なる箇所がどのくらい分かりやすかったですか？」に対する被験者からの評価を「発見性」

*12 視線に関する内容の発話時間は，会話のひとまとまりを著者らが判断して計測しており，「見てる」といった特定単語そのものを発話した時間のみを累積したものではない．

© 2022 Information Processing Society of Japan

表 3　振り返りの時間と発話時間
Table 3　Discussion time and length of utterance.

対戦	試合時間		全体時間		発話時間	
	使用	不使用	使用	不使用	使用	不使用
A vs. B	2m50s	2m03s	9m36s	3m34s	5m56s（2m53s，33）	2m10s
C vs. D	2m33s	2m19s	34m10s	13m55s	26m31s（7m13s，37）	12m21s
E vs. F	1m28s	1m26s	6m52s	3m52s	4m33s（2m36s，15）	3m27s
G vs. H	2m42s	2m16s	49m20s	14m10s	34m52s（18m33s，93）	10m52s

表 4　視線の類似/差異の発見性
Table 4　Discovering similarity/difference in gaze.

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	平均
発見性	6	5	6	6	5	5	5	5	5.4

表 5　娯楽性と有用性に関する評価
Table 5　Evaluation of amusement and effectiveness.

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	平均
娯楽性	6	6	6	6	5	6	6	6	5.9
有用性	5	4	6	6	5	5	6	4	5.1

の項目に 6 段階（6：とても分かりやすい，1：とても分かりにくい）でまとめたものである．加えて，相手の視線の動き方や着目箇所について印象的だった点について，別途自由記述で被験者に回答を求めた．

表 4 から，被験者全員，評価値 5（分かりやすい）以上と評価している．被験者のコメントに着目すると，被験者 A と B からは，「フォーカス機能のおかげで分かりやすい」旨の，具体的に役立った機能名をあげたコメントがあったほか，印象的だった点について各被験者から以下のコメントがあった．

- オプション[*13]に注目している．相手キャラクターをあまり見ていない．（A）
- オプションに視線がよりがちだった，相手は自キャラを見ていることが度々あった．（B）
- 相手がずっと自分の動きをチェックし，離さなかったのが感動した．相手上手いなーと思った！（C）
- はじめは自キャラを見ていると（対戦相手）本人は言っていたが，本人が思っている以上に相手キャラを見ていたこと．ゲージ確認などの視線の動きの速さ．（D）
- 自分は相手のキャラをずっと見ていたが，相手は色々見ているのが分かった．ゲージを確認している場面があった．（フィールドの）端だとお互いのキャラの間くらいを見ているのが印象的．（E）
- 対戦相手の方が自分より視線の動かし方がよいと思った．徹底して敵を見ていてすごいなと思った．（F）
- 相手キャラの位置を見つつ距離があるときには中間の空間を見ている．先読みではなく，動いたものをおいかけていた．（G）
- やはりというか，相手が見るならそこのポイントだろうなというのがはっきりしたのは印象的．あまり予想外はなかった．（H）

*13 プレイヤが操作するキャラクタによっては，味方として別のキャラクタも画面に出現する．この別のキャラクタを本稿ではオプションと記載している．

これらのコメントからも，被験者は自分自身の視線と対戦相手の視線の類似/差異に着目し，自分自身の視線に関しての気づきを得たり（特に，被験者 A，B，E，G），対戦相手の視線から気づきを得たりしている（特に，被験者 C，D，E，F，H）と考える．以上の結果から，提案インタフェースは，2 名のプレイヤの視線の類似性/差異性を可視化でき，プレイヤに気づきを与えているといえる．

5.4.4　娯楽性と有用性に関する評価

表 5 は，提案インタフェースを使用して楽しんで振り返りできたか，提案インタフェースを使用した振り返りがプレイ技能の向上に役立つかについて評価してもらった結果をまとめたものである．「娯楽性」の項目は，設問「システムを用いた振り返りは面白かったか？」に対して被験者に 6 段階（6：とても面白い，1：まったく面白くない）で評価してもらった結果である．「有用性」の項目は，設問「システムを用いた振り返りはプレイ技能の向上に役立つと思うか？」に対して被験者に 6 段階（6：とても役立つ，1：まったく役立たない）で評価してもらった結果である．ここでプレイ技能とは，キャラクタを操作する精度や反射神経など身体能力に関するものではなく，戦略・戦術的な思考に関するもの [5] であり，被験者にその旨を伝えている．提案インタフェースは，振り返りの際の娯楽性を高めることを主目的としたものではなく，また本稿では，提案インタフェースを使用することによってプレイヤのプレイ技能が向上するか検証することは議論の対象外である．しかしながら，提案インタフェースがプレイヤにとって実用的と感じられるかどうか検証することも必要と考え，娯楽性や有用性が高いほどインタフェースを使ってもらえる（＝実用的である），と想定し被験者に評価してもらった．

表 5 より，全被検者が提案システムを肯定的（評価値 4 以上）に評価していることが分かる．各被験者から得られたコメントは以下である．

- 視線はオプションと（操作キャラクターの）間のス

© 2022 Information Processing Society of Japan

ペースを適切に使うために大事だなと思った．相手の嫌がることをするべきだと思った．(A)
- ここはこう見た方がいいとか話がしやすい．(B)
- 格闘ゲームをやる上で，振り返り時に，何を見ていたのか，上級者の視線のデータがあるという前提であるならば，そこに寄せるよう努力することで向上が見込めると思う．(C)
- 視線の動きが分かることは自分のダメな点を修正する上でとても有用だと思う．図らずも自分のやってみたかったことができたので楽しめた．(D)
- 普段知ることができない情報を元に話ができて楽しかった．もっとゲージを見れば良かったと思った．(E)
- 普段の自分が思っていたより相手キャラクターを見ていないことが分かって反省した．上手い人は相手をよく見ていることが分かると思う．(F)
- 視点を合わせていなくてもゲージ状況を意識できていたのが確認できた．確認すべきポイントをさぼっているのが分かる一方，見ていなくても把握できることを確認できた．(G)
- ある程度格闘ゲームに不慣れな人に対して，とても使用してみたい．2 人同士で行ったが，3 人，4 人といった複数人（他人の試合）も見てみたい．(H)

これらのコメントは，プレイヤ同士の議論のきっかけとなる主旨のコメント（被験者 B，E），自分自身のプレイに対する反省点や改善点の発見につながる主旨のコメント（被験者 A，C，D，E，F，G），対戦相手の分析につながる主旨のコメント（F，H）に分類できる．被験者のコメントからも，提案インタフェースを使用することで比較的楽しく振り返りができ，また提案インタフェースがプレイ技能の向上に役立つことが予想できる．

5.5　機能ごとの評価

5.5.1　定量的評価

表 6 は，提案した機能ごとに，どの程度見やすかったか，振り返りにどの程度必要だったか，実際にどの程度振り返りやすかったか，評価してもらった結果である．提案機能それぞれが，プレイヤに見やすいもので，また振り返りに必要な機能であり，そして機能があることにより振り返りが容易になれば優れた機能であると想定している．表中，「視認性」の項目は，機能別に設問「どのくらい見やすかったですか？」に対して 6 段階（6：とても見やすい，1：とても見にくい）で評価してもらった結果である．「必要性」の項目は，機能別に「どのくらい振り返りに必要でしたか？」に対して 6 段階（6：必ず必要，1：まったく必要ない）で評価してもらった結果である．「容易性」の項目は，機能別に，必要性に関して「まったく必要ない」と回答した被験者以外に「どのくらい振り返りしやすかったですか？」に対して 6 段階（6：とてもしやすかった，1：とてもしにくかった）で評価してもらった結果である．必要性の評価が 1 だった被験者に該当する箇所にはハイフンを記入している．表中「p/n」は，肯定的な評価をした（評価値 4 以上つけた）被験者数と否定的な評価をした（評価値 3 以下をつけた）被験者数をスラッシュで区切って並べて表記している．

表 6 より，プレイヤが着目している画面上の箇所を強調するフォグ機能やフォーカス機能に対しては，評価値の平均が高い傾向にあることが分かる．肯定的な評価をした被験者も，半数以上である．一方，プレイヤの視線移動を強調するディレクションとトレース機能に対しては，評価値の平均が低い傾向にあることが分かる．肯定的に評価した人数に着目しても，ディレクション機能に関してはすべての項目で半数以上だが，トレース機能に関しては，否定的な評価をした人数の方が多い．このことから，フォグ機能やフォーカス機能は，あまりプレイヤに依存しない汎用性の高い機能といえるが，ディレクション機能とトレース機能は，プレイヤの振り返りの仕方（重要視したいことなど）に応じて有効性が異なったり，対戦型格闘ゲームを対象とした振り返りには不十分な要素を含む機能であると考える．

5.5.2 項から 5.5.5 項では，各機能ごとに，被験者から得られたコメントに着目し，各機能の有効性に関してより詳細に分析する．

5.5.2　フォグ機能に対する定性的評価

フォグ機能に関しては，以下のような肯定的なコメントがあった．
- 視線がどこに集まっているのか見やすい．(A)
- 試合を見るには困らない濃さ．試合終了後の振り返りによかった．(B)．
- 最後（試合終了時）に，どこをどれくらい見ているかの振り返りができる．(E)
- 画面の中央と端どちらを見ているか分かってよかった．(F)
- 画面上の意識配分を視覚化しているのは良い．(G)

これらのコメントのうち，被験者 E，F，G の意図はほぼ同一で，試合全体を通して被験者が画面のどこを見ることに重点をおいていたか（被験者 G の言葉を借りれば，画面上の意識配分）が分かる（のが役立った）ことを述べている．画面のどこをどの程度見ていたか，試合開始から終了まで累積して結果を表示している本機能の特徴を肯定的に評価している．一方，肯定的か否定的かでいえば否定的な評価値である 3 をつけた被験者（H）からは，「累積ゆえに，（自分達が）振り返りしたことの，まとめに近い内容が最終的に画面に反映されている．これまでの振り返りの内容（話し合った内容）の繰り返しを表現しているようなもの．」といったコメントのほか，「左右（のどちらにどの程度着目しているか）はキャラクタ同士の位置の入れ替えも

© 2022 Information Processing Society of Japan

表 6　機能ごとの評価
Table 6　Evaluation of each function.

	被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	平均	p / n
フォグ	視認性	4	5	2	2	4	5	5	5	4.0	6 / 2
	必要性	5	4	1	1	4	5	4	3	3.4	5 / 3
	容易性	5	5	-	-	4	5	4	3	4.3	5 / 1
フォーカス	視認性	6	6	3	4	5	6	3	4	4.6	6 / 2
	必要性	5	6	1	2	5	6	3	3	3.9	4 / 4
	容易性	5	6	-	4	5	6	2	4	4.6	6 / 1
ディレクション	視認性	5	1	4	4	5	5	2	5	3.9	6 / 2
	必要性	4	1	1	3	5	5	2	5	3.3	4 / 4
	容易性	3	-	-	4	5	5	4	5	4.3	5 / 1
トレース	視認性	2	1	2	3	3	2	2	2	2.1	0 / 8
	必要性	4	1	1	3	4	3	1	2	2.4	2 / 6
	容易性	3	-	-	3	4	4	-	3	3.4	2 / 3

あり，あまり重要ではなさそう．逆に上下に関しては，“跳び” という対戦型格闘ゲームにおける大事な要素に関連するので，上下のフォグは濃淡差が強いと面白い表現になるかも.」といったコメントを得た．今後，キャラクタの左右の位置関係が入れ替わったり，実際の人間が行うことができない非現実的なジャンプ行動を備えているといったキャラクタの動きの特徴を考慮した可視化手法の検討が必要と考える．その他，否定的なコメントとして，「(視線が) 画面の中心に集まるだろうという印象があり，事実その通りだった (C)」,「プレイ動画の視認性が悪かった (D)」があった．これらから，プレイヤによるフォグの不透明度の調整や，画面ではなくキャラクタの位置を基準にした可視化手法の検討が必要と考える．

5.5.3　フォーカス機能に対する定性的評価

フォーカス機能に関しては全項目で評価値が最も高く，以下のような肯定的なコメントがあった．

- 円の大きさや形が変わり，円が表示された部分で何が起こったかについて話せる．(A)
- お互いが見ているところが重なっているのが分かりやすく，話に発展しやすかった．(B)
- 円の形でどれくらい近づいているのか分かる．(E)
- 簡単に何を（その場面で）考えていたのか思い返せる．(E)
- 相手の攻めたいとき守りたいときが分かり次の（上達のための）目標を立てやすくなった．(F)
- 両者の視線が接近したということ自体が，細長から円になって理解しやすい．(H)

これらのコメントは，両プレイヤの視線が近づくにしたがって楕円から真円へ動的に形状変化していく本機能の視覚的な特徴を，肯定的に評価している．さらに，自身のプレイ中の考えを思い返すきっかけや，プレイヤ同士の議論のきっかけ，プレイ技能向上のきっかけとして有効活用しており，フォーカス機能は有効だといえる．一方，否定的コメントとしては，被験者の中で，ゲームプレイの力量が比較的高く，また振り返りの経験が比較的豊富な被験者 C や D からは，「そこから特筆して会話が生まれることがない (C)」「あってもなくてもそれほど変わらない (D)」といったものがあった．より詳しく理由をきいてみると，提案手法による可視化結果が彼らの予想していた結果と大きな違いがなく，新しい発見につながるような意外性が感じられないことが分かった．今後，プレイヤのゲームプレイの力量や振り返りの力量に応じた可視化手法の検討が必要と考える．

5.5.4　ディレクション機能に対する定性的評価

ディレクション機能に関しては，以下のような肯定的なコメントがあった．

- 同一視線の動きが分かりやすかった．なぜその動きになったか（相手に尋ね）話すきっかけになる．(A)
- 見やすくはあった．(C)
- 視覚的な分かりやすさはあった．(D)
- 急に動いたのが分かりやすくなり，振り返るポイントが絞れる．(E)
- 対戦相手がよく自分のことを見ていることが分かった．対戦相手にみならって自分も相手を見るようにしようと思う．(F)
- お互い違う場所（逆側）を見るのは大事なポイントだと考えるので，振り返りには必要．(H)

本機能を，視認性，必要性，容易性の観点すべてで肯定的に評価したのは，被験者 E，F，H の 3 名である．3 名のコメントからも，本機能の特徴である，短い一定時間でのプレイヤの視線の同一/反対方向への移動を強調した可視化が，振り返りの際の議論のきっかけとして有効だと考える．

一方，「なぜその動きになったか話すきっかけになる」と肯定的なコメントをした被験者 A からは否定的なコメント「どうなっているのが良いのかよく分からない」も得た．

© 2022 Information Processing Society of Japan

5.4.4 項であげた，被験者 C のコメント「上級者の視線のデータがあるという前提であるならば，そこに寄せるよう努力することで向上が見込めると思う」と関係するが，被験者 A に，どのような視線の動きをした方がより良いのか知りたい意図があったと考える．他の否定的なコメントとして，「（他を見ているのに）矢印に気をとられてしまう．見にくかったので話題にしにくい．(B)」，「深い内容の会話が生まれることがない．(C)」があった．被験者 B はフォグ機能やフォーカス機能を高評価しており，ディレクション機能とトレース機能については大幅に評価を下げている．被験者 B には着目箇所を重視して分析したい意図があり，視線の動きに関する機能があまり有効ではなかったと考える．

5.5.5　トレース機能に対する定性的評価

トレース機能は，表 6 より，提案機能のなかで最も低評価だったものである．被験者から得られたコメントも，肯定的なものは少なく，以下のとおりである．

- 視覚的な分かりやすさはあった．(D)
- お互い（順に）見ようとしているポイントが分かる．(E)

どちらも，視認性に関する内容にとどまり，機能の必要性や振り返りの容易性に関するものではなかった．3 名の被験者（C，D，F）から得られた同一主旨のコメント「格闘ゲームでは視線を追いかけるシチュエーションがあまりないと思う.」や，加えて被験者 D から得られた，「当然（ある方向を）見るだろう場合に表示される時が多く，意外性や気づきは少なかった．（視線の動きの）事実確認としてあると便利だがなくても支障はない.」といったコメントから，本機能は，対戦型格闘ゲームと親和性が低い可能性がある．また，被験者 A がディレクション機能に対するコメントと同様「どうなっているのが良いのかよく分からない」とコメントしており，被験者によっては，視線移動を強調して表示する機能に対してお手本のようなものを提示して欲しい要求があると考える．本機能に対しては，視認性に関する否定的なコメント，「矢印の始点を強調してほしい．(C)」，「（機能そのものが見にくく）分かりづらかった．(E)」，「点滅が早く見づらかった．矢印を見やすくすれば参考にはなりそう．(F)」が目立った．視認性があまり良くなかったことが，必要性の低評価につながった可能性も考えられ，視認性の改善についても検討が必要と考える．

5.6　本実験での結論

5.4 節と 5.5 節から，提案インタフェースは，総合的にプレイヤに振り返りの際の議論のきっかけを与えることができ，振り返りに有効だといえる．特に，着目した箇所や視線軌跡の，自分と対戦相手間での類似性/差異性が分かりやすく，自分自身や相手のプレイを分析し気づきを得るのに有効だといえる．また，提案インタフェースには，振り返りの際に汎用性の高い機能と，有効性がプレイヤの分析の仕方に依存する機能の両方を備えているといえる．実験をとおし，今後の要検討事項に関する知見を得ることができた．

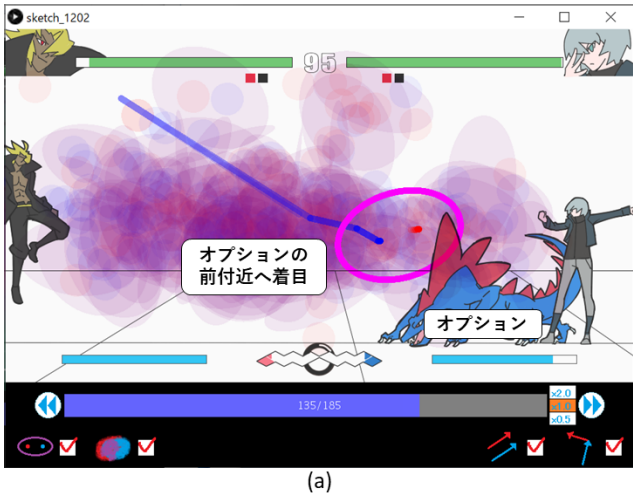
5.7　適用限界に関する議論

5.7.1　着目箇所の相対性の考慮

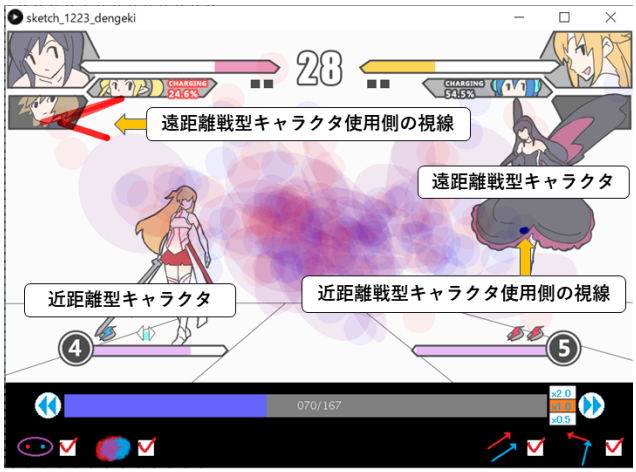
本稿で提案したインタフェースでは，プレイヤの着目箇所を，プレイヤの操作キャラクタやフィールド背景の設置物といったゲーム内オブジェクトどうしの相対的な位置関係を考慮せず，画面上の絶対的な座標に基づき強調している．すなわち，プレイヤが画面上のどこに着目しているかを強調して可視化しているものの，ゲーム画面内の特定オブジェクトの位置を基準にして，そのオブジェクトの上下左右どちらの方角にどの程度離れた箇所を着目しているかについては，可視化していない．たとえば，相手キャラクタやオプションの前方やや離れた場所なのか，頭上なのか，また手元なのか足元に着目したのか，といったものである．また，実際のゲーム中，できるだけ 2 体のキャラクタを画面の中央付近に映すように動くカメラワークに関して考慮していないため，被験者 C が「（視線が）画面の中心に集まるだろうという印象があり，事実その通りだった」とコメントしたように，プレイヤの視線が中央付近に集まり，試合終了時点で，フォグ機能により中央付近が濃く塗られ強調されるのは自然であるともいえる．実際，一時的にオプションが出現する（出現後数秒で消失する）ことがある試合では，どちらのプレイヤもオプション出現時にはオプションを凝視していた．**図 11** (a) は，オプション出現時の例である．獣の姿をしたオプション出現時，両プレイヤとも，オプションの前方付近に着目しており，振り返り時に，オプションの出現に応じてそれに着目する旨の発話もあった．オプション付近に着目したことが重要であったにもかかわらず，提案インタフェースでは，単に「やや画面中央付近に着目した」場合との違いを表現できない．

また，遠距離で闘うことが得意な遠距離戦型キャラクタと近距離で闘うことが得意な近距離戦型キャラクタが対戦する試合（対象ゲームが電撃 FCI，遠距離戦型キャラクタを使用した C vs. 近距離戦型キャラクタを使用した D の試合）では，遠距離戦型キャラクタのプレイヤは頻繁にゲージ（ゲーム UI）の確認をしていた一方，近距離戦型キャラクタのプレイヤは，キャラクタ同士の距離が離れていても相手からいつ攻撃されるか分からないため，つねに相手を凝視していた．図 11 (b) は，ゲージの確認を行った瞬間の例である．前述した特徴があり，遠距離戦型のキャラクタを使用したプレイヤにとってはゲージに着目したことが重要であったにもかかわらず，提案インタフェースでは，単に「画面の上方へ着目した」場合，たとえばジャンプした

© 2022 Information Processing Society of Japan



(a)



(b)

図 11　着目箇所の相対性
Fig. 11　Relativeness of areas focused by subjects.

キャラクタに着目していた場合との違いをあまり表現できない．近距離戦型のキャラクタを使用していたプレイヤにとっては，着目した画面上の特定の絶対位置ではなく，相手キャラクタの移動に合わせて，相手キャラクタとほぼ同じ位置に長時間着目することが重要であったが，このことがあまり表現できない．

今後，プレイヤの着目箇所とゲーム内オブジェクトの相対的な位置関係を考慮した可視化手法の検討が必要と考える．

5.7.2　提案インタフェースの利用形態

本稿では，提案インタフェース 1 つを，同時に 2 名の被験者が使用する形式で実験を行い，被験者 G から「2 人で交代で操作するのが良かった．2 人同席で振り返りできるのが良かった.」とコメントを得ている．しかしながら，提案インタフェースの利用形態として，お互いにタブレット端末上でインタフェースを使って議論する形式や，互いの分析結果を持ち寄ったうえで議論する形式も考えられる．

また，本稿の評価実験では，振り返りを行ってもらう必要上，ある程度自分自身のプレイ内について「言語化でき，発話できる」プレイヤを被験者として選ぶ必要があった．いくらゲームプレイの力量が高くても，会話を成立させるのが難しい，意思の疎通が難しいプレイヤを被験者として選出していない．プレイヤ同士の議論の質の向上を考えるならば，プレイヤの言語化能力を補完するような機能，すなわちプレイヤが提案システム上で文字だけでなく図形によるアノテーションを記入できるような，インタラクティブな機能の検討が必要と考える．

6.　おわりに

本稿では，対戦型格闘ゲームを対象とし，プレイヤの視線情報を用いた試合の振り返りを支援するインタフェースを提案した．対戦型格闘ゲームの試合中の 2 人のプレイヤの視線の着目度合や移動を強調して可視化する機能を，フォグ機能，フォーカス機能，ディレクション機能，トレース機能の 4 つの機能として実装した．各機能により強調される可視化表現は，対戦型格闘ゲームの元のプレイ動画に重ねて表示される．4 つの機能を備えた振り返り支援インタフェースの有効性を検証するため，対戦型格闘ゲームをふだんからプレイしているプレイヤを被験者とした評価実験を行った．被験者に，提案インタフェースを使用した場合と，使用しなかった場合で振り返りを行ってもらい，各機能が振り返りにどのように有効か検証した．実験の結果，総合的には，提案インタフェースを使用することで，提案インタフェースを使用しない場合と同等以上の振り返りのしやすさがあり，加えて，振り返りの際の被験者同士の発話が多くなり，議論のきっかけにつながったといえる．実装した 4 つの機能それぞれについて有効性を検証すると，プレイヤの着目度合を強調するフォグ機能とフォーカス機能に関しては，全体的に肯定的な評価であり，汎用的に有効な機能であることを示した．一方，プレイヤの視線の移動を強調するディレクション機能とトレース機能に関しては，対戦型格闘ゲームとの親和性や，視認性に課題を残すこととなった．

今後の課題としては，ディレクション機能やトレース機能の改善の他，ユーザの振り返りの経験，ゲームプレイの力量の高低やプレイ分析の仕方を考慮した支援手法の検討があげられる．また，ゲーム内オブジェクトと視線の相対的な位置関係を強調する可視化手法の検討があげられる．この際，本稿の実験で用いたような，キャラクタの移動範囲が平地の対戦型格闘ゲームに限定せず，空中に足場が存在するようなゲームへの応用も考えるほか，フォグ機能による可視化については，ユーザの指定した任意の時間帯（本稿での提案システムのように試合開始からではなく，任意時刻から n 秒前までの範囲など）に限定した可視化も検討する．さらに，3 章で述べた 4 つの機能のパラメータを調整することによる振り返り作業への影響については，今後検討する必要があると考える．

© 2022 Information Processing Society of Japan

謝辞　本研究で行った評価実験において，岡山県倉敷市のゲームセンター，ファンタジスタ様に協力頂きました，感謝致します．ふだんあまりインカム貢献できないまま関東の職場に戻った第1著者ですが，岡山理科大勤務時代は，星華饗宴やEVOJapan前の調整といった私事でも，貴店のお世話になりました，感謝致します．また，ゲーム画面のイラストは，さくらいだい様に作成して頂きました，感謝致します．

参考文献

[1] Adamus, T.: Playing Computer Games as Electronic Sport: In Search of a Theoretical Framework for New Research Field, Fromme, J. and Unger, A. (Eds.), *Computer Games and New Media Cultures: A Handbook of Digital Game Studies*, pp.477–490, Springer (2012).

[2] 藤本武司，砂山　渡，山口智浩，谷内田正彦：視線行動の可視化による着眼スキル伝達支援，人工知能学会論文誌，Vol.19, No.3, pp.174–183 (2004).

[3] Gray, W.D., Hope, R.M., Sangster, M.-D. and Lindstedt, J.K.: Gaze Transitions as Clues to Expert-Novice Strategy Differences in a Dynamic Video Game, *ETVIS 2015 – 1st Workshop on Eye Tracking and Visualization*, IEEE VIS (2015).

[4] Harper, T.: *The Culture of Digital Fighting Games – Performance and Practice*, Routledge (2014).

[5] 梶並知記：対戦型格闘ゲームプレイヤーの戦略的思考の分析に関する一方法論，日本デジタルゲーム学会2011年次大会，pp.124–132 (2012).

[6] 梶並知記，長谷川和也：キャラクタの位置情報に基づいた対戦型格闘ゲームの初心者向け観戦支援システム，情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ（DCON），Vol.6, No.1, pp.17–27 (2018).

[7] 梶並知記，小田凌平：対戦型格闘ゲームを対象にした視線情報に基づく感想戦支援システムの試作，第21回デジタルコンテンツクリエーション（DCC）研究会，DCC-08 (2019).

[8] Kajinami, T. and Miyauchi, Y.: Observer Interface Focused on Trends of Character Movement and Stamina in Fighting Games, *2020 IEEE Conference on Games* (*CoG2020*), PaperID 196 (2020).

[9] Mizumatsu, Y., Oda, R. and Kajinami, T.: A User Interface to Visualize the Viewing Tendencies of e-Sports Players, *2018 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics* (*GCCE2018*), pp.628–629 (2018).

[10] Oda, R., Mizumatsu, Y. and Kajinami, T.: An Interface for Post-Match Play-by-Play Analysis of a Fighting Game Based on the Two Players' Eye Movements, *ACM SIGGRAPH Asia 2018*, Article No.74 (2018).

[11] 小田凌平，梶並知記：視線に着目した対戦型格闘ゲームの試合振り返り支援インタフェース，日本デジタルゲーム学会第9回年次大会，pp.58–61 (2019).

[12] Taylor, T.L.: *Raising the Stakes: E-sports and the Professionalization of Computer Games*, The MIT Press (2012).

[13] 山品博子，狩野　栞，鈴木哲平，谷川原綾子，小笠原克彦：アイトラッキングによるマンモグラフィ撮影時の注視点検出：熟練者と初学者の比較，日本放射線技術学会誌，Vol.75, No.11, pp.1316–1324 (2019).

梶並 知記　（正会員）

2004年東京都立科学技術大学工学部電子システム工学科卒業．2010年首都大学東京大学院システムデザイン研究科システムデザイン専攻博士後期課程修了．博士（工学）．首都大学東京システムデザイン学部特任研究員，東京工科大学コンピュータサイエンス学部助教，神奈川工科大学情報学部助教，岡山理科大学総合情報学部講師を経て，文教大学情報学部准教授，現在に至る．対話的な情報可視化技術を応用した意思決定支援，e-Sports支援の研究に従事．ACM，人工知能学会，日本知能情報ファジィ学会，情報知識学会，日本デジタルゲーム学会各会員．

小田 凌平

2019年岡山理科大学総合情報学部情報科学科卒業．在学中，対戦型格闘ゲームのプレイ分析支援に関する研究に従事．第9回日本デジタルゲーム学会年次大会において，学生大会奨励賞受賞．

© 2022 Information Processing Society of Japan