

百人eye首：視線と札取り動作の予測に基づく テーブルトップ対戦型百人一首ゲーム

山本 倫也^{1,a)} 米田 宗弘² 長松 隆³ 渡辺 富夫⁴

受付日 2012年6月26日, 採録日 2013年1月11日

概要: 百人一首は、日本で古くから親しまれているカードゲームである。本研究では、視線と札取り動作からプレイヤーの行動を予測し、キャラクターとの対戦を実現したテーブルトップ型百人一首ゲーム「百人 eye 首」を世界で初めて開発し、公開デモンストレーションで有効性を示している。さらに、キャラクターの対戦アルゴリズムとして、正解札を発見し、札を取ろうとした瞬間に、出鼻をくじくように対戦キャラクターが札を取る札取牽制タイミングと、プレイヤーの手が札に到達する時点を予測して、対戦キャラクターがプレイヤーと同時に札を取る勝率均衡タイミングを実現した Gaze-and-Touch アルゴリズムを開発している。最後に、評価実験を行い、これらの組合せにより多様なプレイを実現可能であることを示している。

キーワード: 身体的インタラクション, 対戦型ゲーム, 百人一首, 視線計測

Hyakunin-Eyesshu: Tabletop Hyakunin-issu Game with Computer Opponents Based on Gaze and Card-taking Action Prediction

MICHIYA YAMAMOTO^{1,a)} MUNEHIRO KOMEDA² TAKASHI NAGAMATSU³ TOMIO WATANABE⁴

Received: June 26, 2012, Accepted: January 11, 2013

Abstract: Hyakunin-issu is a traditional card game that has been familiar with people in Japan. In this study, we have developed and demonstrated the effectiveness of *Hyakunin-Eyesshu* a world-first tabletop Hyakunin-issu game with computer opponent by the action prediction based on gaze and hand motion detection as the versus game of Hyakunin-issu. In addition, we have developed the Gaze-and-Touch algorithm which can realize “just found timing” and “even match timing” in the way of the computer opponent’s play. The just found timing is the timing on which the computer opponent can get the card concurrently with the reaction time just after the player has found a correct card. The even match timing is the timing on which the computer opponent gets the card concurrently at almost the same time with the player by predicting the player’s hand reach. At last, we perform the experimental evaluation and clarify that various play can be realized by the combination of these timings.

Keywords: embodied interaction, game with computer opponents, Hyakunin-issu, gaze tracking

¹ 関西学院大学理工学部
School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University, Sanda, Hyogo 669-1337, Japan
² 関西学院大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University, Sanda, Hyogo 669-1337, Japan
³ 神戸大学大学院海事科学研究科
Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, Kobe, Hyogo 658-0022, Japan
⁴ 岡山県立大学情報工学部
Faculty of Computer Science and System Engineering, Okayama Prefectural University, Okayama 719-1197, Japan
a) michiya.yamamoto@kwansai.ac.jp

1. はじめに

百人一首は日本で古くから親しまれているコンテンツの1つである。100人の歌人の和歌を、1人一首ずつ選んでつくった和歌集であり、現在では歌集としてより、かるたとして親しまれており*1、特に正月の風物詩としてなじみが深い。かるたとしての百人一首は、反射神経、記憶力を駆

*1 「百人一首」はあくまでも歌集の名であり、ゲームとして正式には「かるた」あるいは「百人一首かるた」と呼ばれるが、以下では、百人一首と呼ぶこととする。

使して相手と札を取り合う緊迫感ある対戦を楽しめる点が魅力である。最近では、各種ゲームソフトも開発されている。たとえば任天堂社より「タッチで楽しむ百人一首 DS 時雨殿」と呼ばれるゲームが発売されており [1], 画面に表示された 6 枚の札をコンピュータキャラクタと取り合う対戦モードがプレイできる。また、そのタイトルのとおり、画面上に表示された札をタッチすることで、直感的な札取り動作を実現している。しかし、現存のゲームソフトでコンピュータとの対戦を行う場合、コンピュータの判断基準が経過時間しか存在しないため、ゲーム内容が画一的なものとなってしまう、百人一首特有の醍醐味である札を取り合うせめぎ合いが体験できない。

一方、様々なハードウェアにおいて導入されているタッチ機能のように、昨今のゲームのインタフェースにおいて、新たなインタラクション手法が開発・実用化されている。任天堂社のニンテンドー 3DS やソニー・コンピュータエンタテインメント社の PlayStation VITA などに搭載されているタッチパネルをはじめ、最近では、ボタン操作だけではなく、加速度センサやジャイロセンサを用いることで、コントローラそのものを実際に動かしてのゲーム操作を実現している任天堂社の Wii [2], 赤外線深度カメラを利用することでジェスチャによる操作を可能とした Microsoft 社の Kinect などである [3]。また、テーブル上に置かれたカードを、裏面に特殊印刷されたパターンをカメラで読み取りその位置を把握し、ゲームに反映させる SEGA 社の三国志大戦 [4] など、プレイヤーが直感的に扱うことができるインタフェースも開発されている。このようにハードウェアの進化により、従来のコンピュータゲームから体験型ゲームまで、ゲームの幅が広がっている。

そこで著者らは、百人一首ゲームに新たなインタラクション手法を導入し、コンピュータによる札取りを表現豊かにすることで、よりプレイヤーが楽しめるコンテンツを制作できると考えた。新たなインタラクション手法として本研究で着目したのが、人の視覚情報である。人の五感の使用割合のうち、視覚は 80% 以上を占めるともいわれているように、人は日常生活の中で視覚から多くの情報を得ている。そのために、視線を解析することで、注視点の情報や、人の行動特性に基づいたデータの計測が可能となると考えられる。たとえば、人は行動を起こす際に、先に目標を見た後に、行動に移るといった一連の流れが存在するので [5], 短時間で様々な箇所を見る場合などを除いては、視線から人が行動する先が予測できる可能性が高い。Blignaut は、視線計測を用いてチェスの盤面を見た際のプレイヤーの視線情報のマッピングを行っている [6]。また、ゲームへの応用例として、Istance らは、オンラインゲームの操作を視線のジェスチャ入力で行うことで、キーボードレスの直感的な操作を実現している [7]。また、実用化も進んでおり、Tobii 社は、視線によるインタラクションで、飛んでくる

隕石を撃墜する “Tobii EyeAsteroids” をアーケード機器としてリリースしている [8]。さらには、つねに視線情報を取得することで、無意識に視線を動かした場合でも、情報をシステムが読み取り、それに対応するリアクションを行うことも期待できる。このように視線は、人にとって身近なものであり、直感的かつ、人の行動特性を盛り込むことが可能なインタフェースとして注目されている。すでに本研究室においても、独自の視線計測システム Eye-Tracking 液晶ペンタブレットなどの開発を行っている [9]。

本研究では、視線に基づく行動予測で対戦キャラクタとの対戦プレイと、難易度レベルの制御を実現したテーブルトップ対戦型百人一首ゲーム “百人 eye 首 (ヒヤクニンアイッシュ)” を開発した。まず、先行研究における視線計測技術 [10] をテーブルトップに適用した、テーブルトップ視線計測装置 ETTI (Eye-Tracking Tabletop Interface) を開発した。次に、手の動作を取得できるセンサを追加することでテーブルトップ環境下で視線とタッチによるインタラクションを可能としたうえで、プレイヤーが正解札を発見して、札を取るまでのプレイ過程を視線・動作ともに計測・分析を行い、テーブルトップ対戦型百人一首ゲーム “百人 eye 首” を開発した。その後、公開デモなどを通じて、その有効性を明らかにした。さらに、百人 eye 首の対戦キャラクタ用のアルゴリズムとして、プレイヤーの正解札発見動作を解析し、発見と同時に対戦キャラクタが札を取るような札取率制タイミングから、プレイヤーの手が札に到達する時点予測して、プレイヤーと同時に対戦キャラクタが札を取るような勝率均衡タイミングまで、プレイヤーに応じて様々なレベルを実現できる Gaze-and-Touch アルゴリズムを開発し、評価実験により有効性を明らかにした。

2. コンセプト

「百人 eye 首」は、コンピュータが操作する対戦キャラクタと百人一首で戦うテーブルトップ対戦型百人一首ゲームである。コンセプトを図 1 に示す。

従来、ゲームソフトとして対戦型の札取りゲームを制作する場合、コンピュータで制御された対戦キャラクタはすべての状況や正解をあらかじめ知っていた。また、札を取

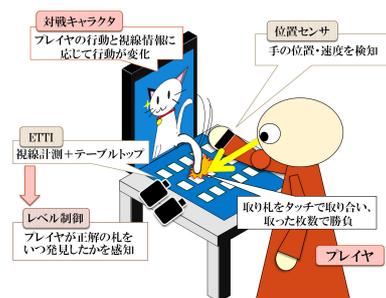


図 1 コンセプト

Fig. 1 Concept.

るまでのプレイ過程が反映されないのが、対戦キャラクターの強弱をつける際の判断基準が、経過時間によるものしか存在しないため、画一的な動作となっていた。そこで、プレイヤーの新たな身体情報を追加することで、コンピュータの判断情報が増加し、より対戦キャラクターの動きに多様性を持たせることができると考えた。そうすることで、たとえば百人一首の場合、札の内容を覚えていない初心者にも、最初の数文字を聞いてだけで取るべき札が分かるような上級者にも、それぞれの段階に合わせた楽しみ方を提供できる。

ここで追加する要素の1つとしてあげられるのが、正解を探す視線の動きである。たとえばプレイヤーが正解の札を目視し、札を取ろうとした瞬間に、対戦キャラクターが札取得動作を行うことで、「取るぞ!」と思った瞬間に札を取られて出鼻がくじかれるという、札取りが牽制されるようなタイミングでの対戦キャラクターの札取得が可能となる。もう1つは、札を取りにいく手動作である。タッチした瞬間だけではなく、取りにいく動作が開始するタイミングや、その手の速さを取得することで、対戦キャラクターも同じタイミングで取りにいくことが可能になり、取るか取られるかのせめぎ合いを演出し、白熱した試合展開を生み出すことで伯仲した実力で勝率を均衡させることもできる。また、テーブルトップで敵キャラクターと対戦することで、臨場感を持って楽しめる体験型ゲームコンテンツにすることができる。

以上の要素を追加することによって、通常のテーブルトップでは反映されなかったプレイ過程も入力され、プレイヤーの状況に応じたインタラクションが可能となり、これまではゲームとして成立しえなかったリアルタイム型百人一首ゲームが実現できる。

3. Eye-Tracking Tabletop Interface の開発

3.1 システム構成

Eye-Tracking Tabletop Interface (ETTI) は、研究室で独自に開発した Eye-Tracking 液晶ペンタブレット [9] をベースに、光源一体型カメラや計測範囲のレイアウトを変更したシステムである (図 2) [12]。縦 650 mm, 横 500 mm と画面サイズが大きくなっているものの、光軸中心回転モデル [10] の導入により 1 点キャリブレーションで誤差視野角約 0.8° (ユーザから画面中央部まで 50 cm の場合に、約 7 mm に相当する) の高精度な視線計測が可能であり、手元のテーブルトップ面の視線が高精度に計測できる。また、計測した注視点をプロジェクタによりリアルタイムで投影可能である。

ETTI の構成は、映像の出力装置として短焦点プロジェクタ (NEC 社 WT615: 解像度 1,024 × 768) を用い、視線を計測するために赤外線 LED とデジタルモノクロカメラ (POINT GREY 社 FFMV-03 MTM) を組み合わせた

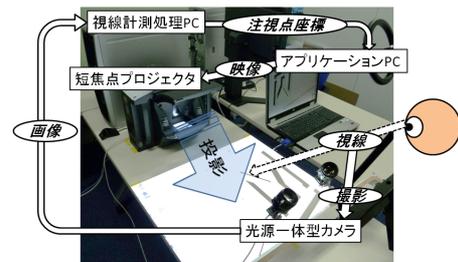


図 2 ETTI のシステム構成
Fig. 2 System configuration of ETTI.

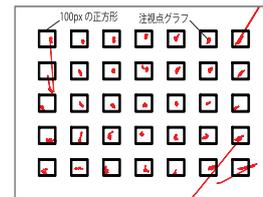


図 3 選択性能の実験結果
Fig. 3 Result of selection experiment.

光源一体型カメラを使用し、加えて視線計測用の PC (HP 社 xw4600 Workstation) を用いた。また視線計測システムとアプリケーションを 1 台の PC で動作させると負荷が高くなるため、負荷分散のためにアプリケーション用の PC (HP 社 EliteBook 8730w) を用意した。アプリケーション開発には、OpenCV 1.0 と Microsoft 社の DirectX 9.0 を用い、2 つの PC 間のデータ通信は UDP 通信によって行った。また、短焦点プロジェクタをテーブルに向けて投影することでテーブルトップ化を行った。なお、カメラの解像度 (752 × 480) の制約から、あご台を用いて眼球全体を撮影できるようにした。

3.2 計測性能の評価

視線計測システムの性能を評価するうえでは、一般的な正確度 (Accuracy) や精度 (Precision) [11] に加えて、その目的に応じた評価が重要である。そこで本研究では、ゲームなどでインタラクティブに用いるインタフェースとしての評価のために、メニューやボタンを選択する際に重要となる選択性能と、テーブルトップ上のオブジェクトをドラッグしたり、あるいは無意識に誘導された視線を分析したりする際に用いるなぞり性能について、評価実験を行った。実験協力者は 21~22 歳の男子学生 4 人であった。

選択性能の評価では、1,600 × 1,200 px の画面に表示された 100 px 四方の正方形を 5 秒間注視させた場合に、どの程度の割合で注視点はその正方形の中にとどまっているかを計測した。実験結果の例を図 3 に示す。この図は、1 つの正方形につき 1 秒 10 フレームで 5 秒間計測した注視点座標の推移を表示したものである。他の実験協力者でも同様の結果で、全体では、端部分以外の測定値は、ほぼ 100% の割合で正方形の中に収まった。また端部分の精度も、正方

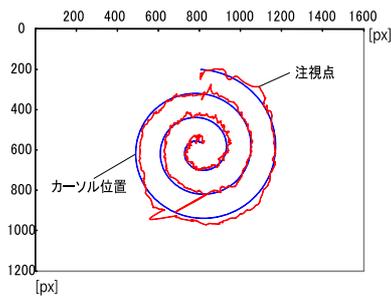


図 4 なぞり性能の実験結果

Fig. 4 Results of traceability experiment.

形の中に収まる割合が 90%を超えていた。

なぞり性能の評価では、移動するカーソルをどの程度の誤差で追従できるかを計測した。図 4 は渦巻型の軌道を描いているカーソルを視線で追従させた軌跡の例である。図より、ほぼカーソルと同じ軌道で追従できていることが分かる。また、注視点が乱れているところが数箇所存在するが、これは瞬きによって視線が検出できていなかったためである。実験協力者全体では、システムと眼球運動に遅延がないと仮定して、同一時点でのカーソル表示位置と視線の位置を比較した結果、数値的な誤差は平均 38.7 px (16 mm, 1.5°) であった。

ここで、カメラ画像の PC 取り込みで約 250 ms、視軸の推定で約 100 ms、PC 間の通信で約 100 ms、合計約 450 ms の処理遅れが見られた。フレームレートは約 10 fps であった。以上より、選択性能については、画面上に並ぶ数個のオブジェクトを 5 秒程度注視し、1 つを選択するのに十分な性能であった。なぞり性能についても、処理遅れが見られるものの、画面上を移動するカーソルに対して値が大きく外れることなく、連続的に視線位置を計測できた。

4. 百人 eye 首

4.1 システム概略

次に、ETTI を利用したテーブルトップ対戦型百人一首ゲーム「百人 eye 首」を開発した [13]。百人 eye 首のシステム構成を図 5 に示す。基本的なシステムは ETTI と同様のものを利用しているが、札の取得動作の計測のために磁気センサ (Polhemus 社 FASTRAK) と、対戦キャラクターを表示するための液晶テレビ (SHARP 社 LC-52RX5) を追加した。これにより画面が 2 画面に拡張されたため、アプリケーション用 PC (HP 社 EliteBook 8730w) をもう 1 台用意した。

ソフトウェア開発には、Microsoft 社の DirectX 9.0 を用いており、対戦キャラクター、背景オブジェクトや取り札の 3D モデルは Light Wave 3D 9.0 を用いてモデリングを行った (図 6, 図 7)。取り札モデルは、実際の百人一首の取り札と同じサイズである縦 75 mm、横 50 mm の大きさで制作し、実物大で投影した。これは 240 × 160 px に相当



図 5 百人 eye 首のシステム構成

Fig. 5 System configuration of Hyakunin-eyesshu.

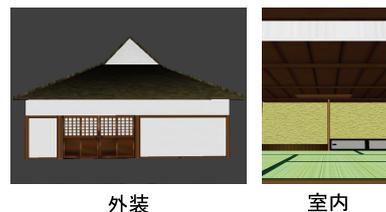


図 6 背景モデルの一例

Fig. 6 An example of background models.

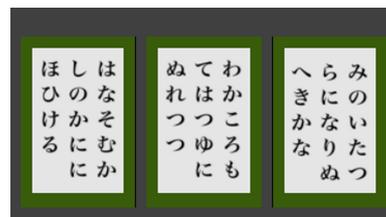


図 7 取り札モデルの一例

Fig. 7 Examples of cards.



図 8 対戦キャラクター

Fig. 8 Opponent characters.

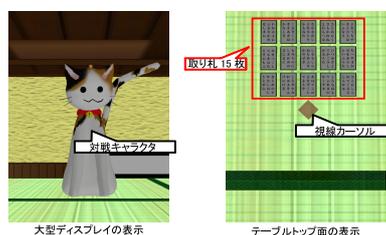


図 9 プレイ画面

Fig. 9 Examples of displays in play.

し、3.2 節の結果から、この大きさであれば十分に計測できる。また、対戦キャラクターは、猫型の対戦キャラクターを初心者向けから上級者向けまでレベル別に 3 体制作した (図 8)。ゲームでは、これらのうち 1 体を選択し、そのキャラクターを対面に設置した大型ディスプレイに、百人一首の札をテーブルトップ面に表示する (図 9)。

4.2 対戦キャラクターの動作

各対戦キャラクターが札を取るシンプルなアルゴリズムを開発した。フローチャートを図 10 に示す。初心者向けの青忍者猫は練習用で、停留時間の有無にかかわらず、正解札に視線が到達した場合でも札を取らずに、プレイヤーに札を取らせてくれる。プレイヤーの視線が正解札に到達しない場合でも、一定時間が経過すると、しっぽで手裏剣を投げることによって正解札の位置を示す (図 11 左)。

中級者向けの黄忍者猫は、磁気センサによって、プレイヤーが正解札を発見して札を取りにいこうとする動きを感知し、一定時間後にしっぽに持っている鎌を投げて札を取りに行く。キャラクターが、札を取りに行くまでの時間はランダム (0.0~0.5 秒) である。逆に、プレイヤーが正解札を発見していなければ、正解札を取りに行くまでは何もしない (図 11 中央)。

上級者向けのボス猫は、正解札の矩形領域に、計測された視線座標が入ると、身体を回転させることによって、しっぽで直接札を取りに行く (図 11 右)。

4.3 事前準備とプレイの流れ

まず、事前の準備として、プレイヤーが眼鏡をかけている場合は、通常、事前に眼鏡を外させる。この際、60 cm 程度先の札が読めることが必須である。次に、あご台をカメラに目が写る適度な位置に調整した後、磁気センサを右手の中指に装着する (図 12, 図 13)。そして、頭部をあご台に固定してから、システムを起動する。起動画面が表示された後は、視線計測のキャリブレーション画面に入る。ここでは、テーブルトップ面に表示されているターゲットマークの中央に視線を合わせることでキャリブレーションを行う。このキャリブレーションはプレイヤーの光軸と視軸のず

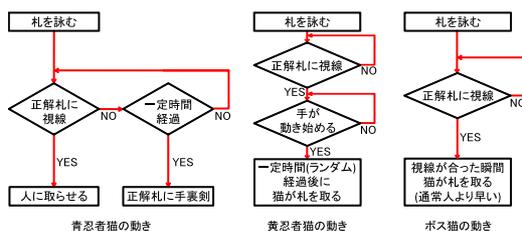


図 10 対戦キャラクター動作のフローチャート
Fig. 10 Flowchart for opponent characters.

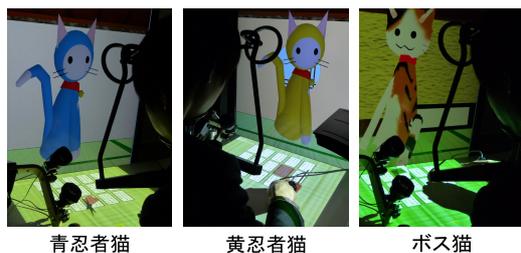


図 11 対戦キャラクターの札の取り方
Fig. 11 Ways to take a card of opponent characters.

れを補正するもので、1点でよい。この後、対戦キャラクター選択画面に入る。磁気センサを装着した手で対戦したいキャラクターの札をタッチすることにより、対戦キャラクターを選択し、決定ボタンをタッチして決定する。対戦キャラクターを決定すると、そのキャラクターのいる部屋にCG内で自動的に移動し、対戦キャラクターと取り札が登場する。

プレイ開始後の主な流れを図 14 に示す。まず、札が詠まれ始め、プレイヤーはテーブルトップ上に表示された 15 枚の取り札の中から正解札を探す。正解札を発見した場合、磁気センサを装着した手で正解札をタッチする。このとき、プレイヤーが注視している部分を視線カーソルが追従する。プレイヤーが先に正解札を取った場合は、その札は青に、対戦キャラクターが先取った場合は赤に変化する。なお、お手付きはカウントされないものとしている。ゲー

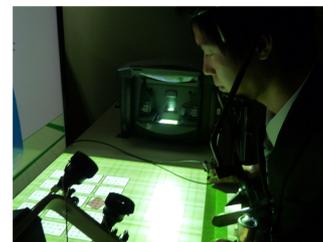


図 12 あご台の使用例
Fig. 12 Usage of chin rest.



図 13 磁気センサ装着例
Fig. 13 Usage of FASTRAK.

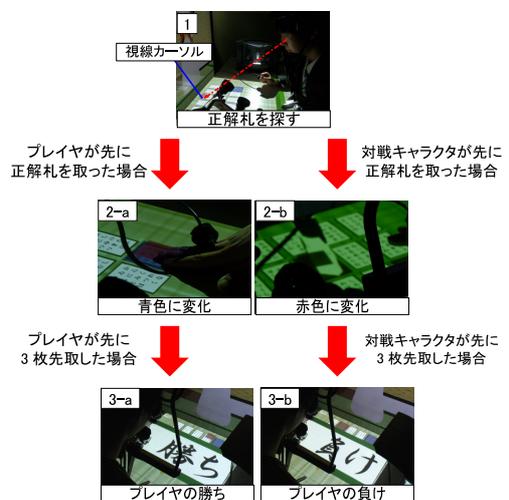


図 14 プレイ方法
Fig. 14 Procedure of the game.

ムの試合は、先に3枚先取した方が勝ちとなる。

5. デモンストレーション実験

5.1 概要

開発したシステムのプロトタイプを用いて、2010年10月23、24日の2日間、京都工芸繊維大学で開催されたエンタテインメントコンピューティング2010 (EC2010)において、百人eye首の公開デモンストレーション実験を行った(図15) [14]。ここでは、システムの概略と使用方法について説明し、ETTIのキャリブレーションを行った後、百人eye首を来場者にプレイさせた(以下、プレイさせた来場者を実験協力者と記載する)。終了後、任意で「楽しかった」「もう1度遊びたい」「百人一首に興味を持てた」「カーソルが見ていた先に表示されていた」の4つの項目についての5段階評価(5: そう思う~1: そう思わない)および自由記述のアンケートを行った。

また、対戦キャラクターごとのアンケート項目を設けた。初心者向けの猫型キャラクターである青忍者猫でプレイした実験協力者に対しては、「ヒントは分かりやすかった」という項目を、中級者向けの猫型キャラクターである黄忍者猫でプレイした実験協力者には、「白熱した試合ができた」という項目を、そして、上級者向けの猫型キャラクターであるボス猫でプレイした実験協力者には、「札を取りに行く動きが早かった」という項目を設けた。なお、EC2010は有料参加者200人、無料の一般参加者150人が参加したイベントで、73人が百人eye首をプレイした。このうち13人は、眼鏡による反射(札が見えないため眼鏡でのプレイを希望した)やマスカラの影響などで視線を推定することができなかったが、プレイした残り60人全員からアンケートの回答を得た。対戦したキャラクターの数は人によって異なり、1~3体であった。なお、実験協力者の約75%が男性で、約70%が20代であった。

5.2 結果

5段階評価によるアンケート結果を図16に示す。4以上を選択した実験協力者は、「楽しかった」、「もう1度遊びたい」の項目で90%近く、「百人一首に興味を持てた」についても半数以上存在し、非常に高く評価された。「カー



図15 デモンストレーション実験の様子

Fig. 15 Experimental scenery of demonstration.

ソルが見ていた先に表示されていた」の項目については、78%が4以上を選択した。

対戦キャラクターごとの項目については、人によってプレイしたキャラクター数異なるので、すべてのキャラクターに対する回答を求めた。このアンケート結果をそれぞれ図17に示す。すべての項目に対し、視線計測の精度に関する項目である「カーソルが見ていた先に表示されていた」の回答を4以上と3以下に分けたうえでFriedman検定を行った結果を図18に示す。その結果、「もう1度遊びたい」「百人一首に興味を持てた」の項目で有意水準1%で有意差が、「札を取りに行く動きが早かった」で有意水準5%で有意差が認められ、自分の注視していると思う場所に視線カーソ

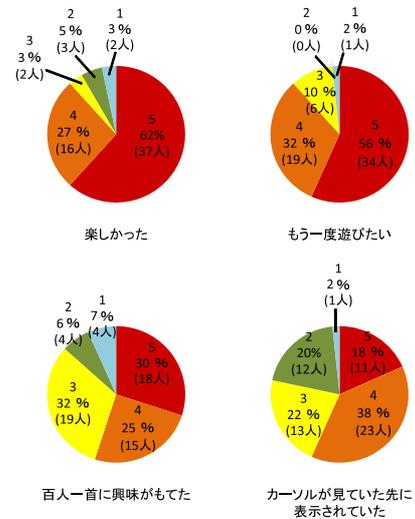


図16 5段階評価の結果

Fig. 16 Results of 5 points bipolar rating.

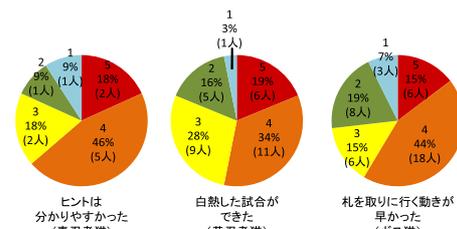


図17 キャラクター別項目の5段階評価の結果

Fig. 17 Results of 5 points bipolar rating for each character.

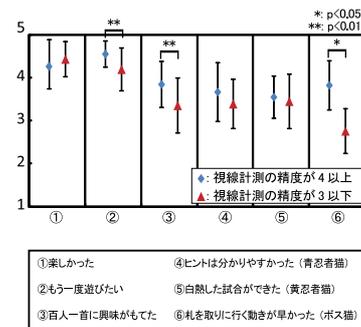


図18 視線計測精度別の評価結果

Fig. 18 Results divided by accuracy of eye-tracking.

表 1 自由記述アンケートの結果
Table 1 Results of free comments.

良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・ボス猫が強かった、負けたのがやさしかった ・楽しかった ・ボス猫がかわいかった ・ハラハラできるタイミングで対戦相手が戦ってくれるのがよかった ・DSなどのゲームと比べて、やはり本物の試合のようでとても楽しかった ・ゲームシナリオは面白い
悪かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・音が聞こえづかった ・あご台に固定しなければならないのが大変
その他
<ul style="list-style-type: none"> ・百人一首以外のゲームもやりたい

ルが表示されていたと感じている人ほど高く評価された。自由記述による回答では、実際にプレイした実験協力者の様々な意見を聞くことができた。表 1 に結果を示す。「本物の試合のようでとても楽しかった」「ボス猫が強かった」など、肯定的な意見が多く見られた。なお、あご台に固定された状態では奥の部分にある札まで手が届かない実験協力者や、視線計測の経験があるためアルゴリズムを推察して周辺視でキャラクタに勝とうとする実験協力者も散見された。

5.3 考察

すべてのアンケート項目の結果で実験協力者から全体的に高い満足度が得られる結果となった。また、百人 eye 首をプレイしたことにより、楽しく、百人一首への興味が向上するなど、ゲームとしての有効性が明らかとなった。表 1 の良かった点など、多くの肯定的な意見があげられたことから実験協力者の多くが百人 eye 首を楽しめたことがうかがえる。

一方で、眼鏡の反射やマスカラの影響以外にもコンタクトレンズの着用者の一部で視線の推定が困難であった。これは、コンタクトレンズが角膜から少しずれて張り付いていたために、レンズのエッジの反射光により瞳孔検出が誤認識されてしまったか、レンズのエッジとプルキニエ像が重なり、乱反射してしまったからであると考えられる。

そこで、視線計測精度が 4 以上と 3 以下の実験協力者で評価結果を分けた結果、図 18 に示したとおり、「百人一首に興味を持てた」の項目で有意水準 1% で有意差が認められたので、視線計測の精度が高かったプレイヤーほど、百人一首に興味を持てたと考えられる。「札を取りにいく動きが早かった」の結果についても有意水準 5% の有意差が認められ、システムの有効性が示された。

しかし、「白熱した試合ができた」の結果に関しては、図 17 で 4 以上の回答が 5 割程度しかないことと、図 18 でも有意差が認められなかったため、対戦キャラクタのアルゴリズムを再構築する必要があると考えられる。図 18 の「楽しかった」の結果で、視線計測精度が 4 以上と 3 以下の実験協力者の間に有意差が見られなかったことから、

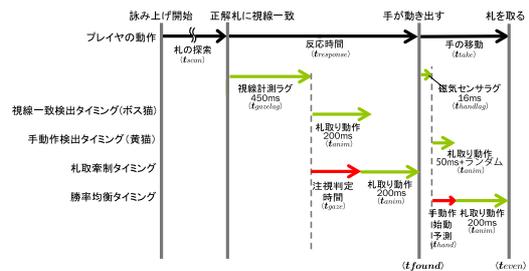


図 19 Gaze-and-Touch アルゴリズムの概略
Fig. 19 Outline of Gaze-and-Touch algorithm.

ETTI を用いてこそ実現されるアルゴリズムの開発が望ましいと考える。

6. Gaze-and-Touch アルゴリズム

6.1 概略

百人一首では、プレイヤーは詠み上げられた札を探すために視線を移動させ、正解札に視線が一致し、その札が正解であることを確認し、取ろうと決めると、手が動き出し、その後札を取る。5章の評価実験では、視線計測やセンサ情報をそれほど有効に活用できていなかったため、これらの情報を活用して、様々な札取り動作のタイミングで札を取ることができる手法を追加した Gaze-and-Touch アルゴリズムを開発した。図 19 では、その概略を示している。まず、黒色で示した矢印は、プレイヤーの動作を示す。詠み上げ開始後、正解札に視線が一致し、その札が正解であることを確認し、取ろうと決めると、手が動き出し、その後札を取る。灰色の縦棒は、これらのタイミングを示している。本システムで計測しているセンサデータは緑色の矢印で示しており、視線計測、磁気センサともにラグが見られる。4.2 節で実装した対戦キャラクタ動作はこれらのデータに基づくもので、黄猫は手動作検出タイミング（磁気センサラグ 16 ms + 札取り時間 + ランダム）、ボス猫は視線一致検出タイミング（視線計測ラグ 450 ms + 札取り時間）であった。これに加え、新たに正解札を発見し、札を取ろうとした瞬間に、出鼻をくじくように対戦キャラクタが札を取る札取牽制タイミングと、プレイヤーの手が札に到達する時点を予測して、対戦キャラクタがプレイヤーと同時に札を取る勝率均衡タイミングを実現する。これらは、赤色の矢印を含むタイミングで表される。これらのタイミングを組み合わせると、対戦キャラクタのレベル制御が可能となる。

6.2 札取牽制タイミング

正解札に視線が一致してからプレイヤーの手が動き出すまでの時間である反応時間を求めることで、札取牽制タイミングでの札取りを実現する。ここで、図 19 の札の探索時間を t_{scan} 、目で見て確認を行っている反応時間を $t_{response}$ 、手の移動により札を取るまでの時間を t_{take} とすると、札取牽制タイミングは $t_{found} = t_{scan} + t_{response}$ である。札取牽制タイミングで猫による札取りを実現するには、視線計

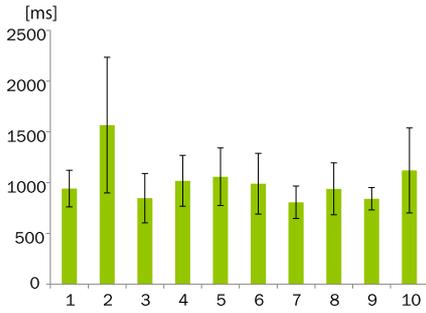


図 20 実験時の札取牽制タイミング

Fig. 20 Just found timing in the experiment.

測のデータから手が動き出すことを予測し、 $t_{response}$ の値を求めればよい。そこで、百人 eye 首をプレイさせ、発見時に札を取る動作ではなく、キーボードのキーを押下させることで $t_{take} = 0$ と見なし、最初に正解札に視線が一致してから、ボタンが押されるまでの時間を計測する実験を行った。実験協力者は 22~25 歳の男子学生 10 人であった。

実験結果を図 20 に示す。ここでは、視線計測のラグ $t_{gazelag}$ を加えて、実験での $t_{response}$ の値を示している。1 人を除き 1,000 ms 付近で収束した。その 1 人は認識後に、確実に正解を確認してから押下していたため他に比べて遅延していることが分かっている。残り 9 人の平均は、約 950 ms であった。以上より、視線計測の計算遅れ時間である $t_{gazelag}$ 450 ms と、キャラクタの札取りアニメーションの時間 t_{anim} 200 ms が既知であると考え、プレイヤーが札を見続けている、すなわち視線が札の領域内に連続して位置していたと判定する時間、注視判定時間 t_{gaze} を 300 ms とし、それが検出された時点でアニメーションをスタートさせると札取牽制タイミングでの札取りが実現される。

6.3 勝率均衡タイミング

札が取られる時点を実測することで、プレイヤーとほぼ同じタイミングで正解札を取る勝率均衡タイミングを実現する。勝率均衡タイミングは $t_{even} = t_{scan} + t_{response} + t_{take}$ である。これを実現するには、 t_{take} に近似できる時間を求めればよい。フィッツの法則では、対象領域に移動する時間が対象部までの距離と対象物の大きさの関数で定められるが [15]、百人一首の場合は、カードの領域に正確に移動させる必要がない。そこで、距離から移動時間を算出するモデルを求める必要があると考え、プレイ中の札取り動作を再現するために、図 21 のようにカードの右下に手をおいた状態から、ゲームと同様に配置した札の中からランダムに点灯する札を叩くようにタッチさせ、手の始動から到達までの時間を計測した。実験協力者は 22~24 歳の男子学生 5 人であった。

図 22 は、ある実験協力者の各札を取る際の手の速さの一覧である。右側の凡例の 1~15 は図 21 のカード位置を示



図 21 実験画面の配置

Fig. 21 Arrangement of the experimental display.

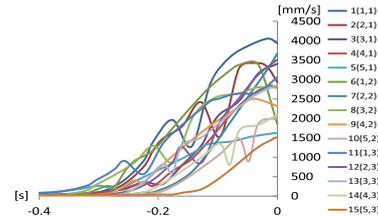


図 22 ある実験協力者の手の速さ

Fig. 22 Velocity of the hand of a subject.

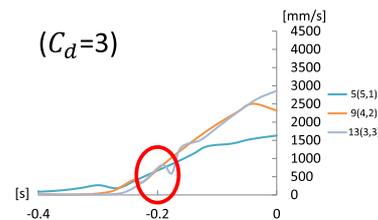


図 23 同マンハッタン距離での速さ

Fig. 23 Speed at the same Manhattan distance.

しており、横軸は札を取った時刻を 0 とした、札を取るまでの時間である。これらは、並べられたカードの中から、手を伸ばして札を取るタスクであったことを考慮し、手に最も近い右手前の札を基準に、斜め方向の距離 C_d (マンハッタン距離となる) で大別した。図 23 は $C_d = 3$ における結果を示している。図 21 のカード位置 5, 9, 13 において、ユークリッド距離は異なるが、到着時刻の -200 ms 付近における速さがほぼ同一となっている。これは典型例であるものの、他の C_d 値について図 22 を見ても、 -200 ms より後で速さの変動が見られたり、 -200 ms の前では距離が近い場合に速さがほぼ 0 であったりする。残り 4 人の結果についても同様の傾向が見られたため、この -200 ms の速さの値を閾値とすれば、手がカードに到達する時間を予測できると考えた。そこで、手の速さ $v_{threshold}(C_d)$ を閾値として、この速さに達する時間を $t_{hand} = t(v_{hand} > v_{threshold}(C_d))$ とすると、 $t_{take} = t_{hand} + 200$ ms と考えられる。したがって、磁気センサの計測ラグ $t_{handlag}$ は約 16 ms と小さかったため無視して、キャラクタの札取りアニメーションの時間 t_{anim} を 200 ms とすれば、人とほぼ同じタイミングで札を取ることができ、勝率均衡タイミングが実現される。

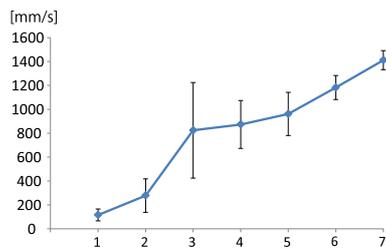


図 24 距離別速度閾値

Fig. 24 Threshold of speed in each distance.

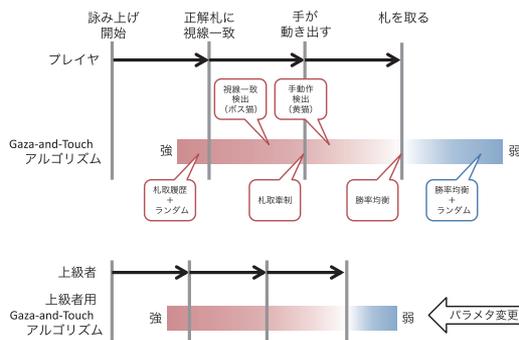


図 25 ゲームレベルの制御

Fig. 25 Control of the game level.

6.4 ゲームレベルの制御

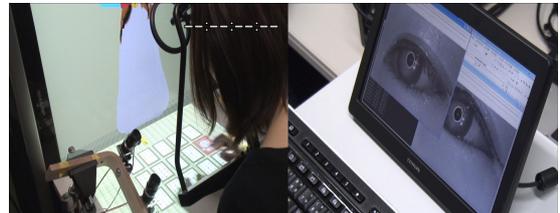
百人 eye 首では、 $t_{gazelag}$ および $t_{handlag}$ はシステムで用いている機器に依存するものの、各タイミングを組み合わせることで、キャラクタに自由度の高い振舞いをさせることができ、個性を持ったプレイが可能となる。図 25 はその概略である。基準となるのは勝利均衡タイミングで、これにランダムな時間を加えてキャラクタの札取りを遅らせると、キャラクタは弱くなる。残りのタイミングは、手動作検出、札取牽制、視線一致検出の順で、札取りが早く、つまりキャラクタが強くなる。ゲーム性を持たせつつ、より早いタイミングの札取りを実現するには、プレイヤーの札取りタイミングの履歴などを用いる必要があると考えられる。これらを組み合わせることで、たとえば、最初は勝利均衡タイミングで、負けそうになると札取牽制タイミングや、さらに早いタイミングに変更する負けず嫌いのキャラクタや、札取牽制タイミングから始めて、順に早いタイミングに変更することで、圧倒的に勝利するラストボスのようなキャラクタのように、様々なキャラクタを設定し、種々のゲーム展開を実現できる。

また、Gaze-and-Touch アルゴリズムでは、プレイヤーの特性に合わせてアルゴリズムのパラメータを変更することで、難易度の制御や、プレイヤーの上達への対応が可能となる。具体的には、注視判定時間 t_{gaze} を短くしたり、手の速さの閾値 $v_{threshold}(C_d)$ を小さく変更したりすることで、上級者の速いプレイに対応させる。他にも、キャラクタ札取り動作の所要時間 t_{anim} も変更可能であり、これらを動的に変更して勝敗状況をコントロールすることも可能

表 2 比較タイミングの詳細

Table 2 Detail of the comparison timings.

タイミング	アルゴリズム
ランダム	札読み開始後、一定時間経過 ($6.5 + k * 1.0, 0 \leq k \leq 1.0$) で札を取る
札取牽制	正解札への注視時間が 300 ms を超えた場合に札を取る
勝利均衡	正解札の周囲に視線が合っている状態で、手の速度が閾値を超えた場合に札を取る
近接	手の位置が正解札から一定範囲内(札の中心から、札の縦横の長さをそれぞれ2倍にした距離内)に侵入した場合に札を取る



プレイの様子 ETTI の画面

図 26 実験風景

Fig. 26 Experimental scenery.

表 3 各タイミングのコンピュータの勝率

Table 3 Winning rate of the computer in each timing.

タイミング	試行回数	キャラクタ勝ち数	視線一致 試行回数	視線一致時 キャラクタ勝ち数	アルゴリズム 反応回数	アルゴリズム反応時 キャラクタ勝ち数
ランダム	200	120(60%)	-	-	-	-
札取牽制	200	106(53%)	142(71%)	102(72%)	55(39%)	55(100%)
勝利均衡	200	77(39%)	130(65%)	73(56%)	-	-
近接	200	23(12%)	-	-	-	-

である。

7. 評価実験

7.1 方法

開発したアルゴリズムの評価のために、6章で提案した2つのタイミングと、単純な方法で実現できる2つのタイミングで、勝率による評価実験を行った。実験では、今回開発した札取牽制タイミング、勝利均衡タイミングと、時間経過によるランダムタイミング、手が札に近接したときに反応する近接タイミング、の4つのタイミングで、ボス猫に札を取らせた(表 2)。

それぞれのタイミングにおいて、5回試行を1セットとし、2セットずつプレイさせた。各タイミングにおいて、アルゴリズムの説明はせず、試行の順番もランダムに設定した。また、実験協力者がプレイしている様子と ETTI の視線計測用 PC の画面をビデオで記録した(図 26)。加えて、参考のため各タイミング終了後にそのタイミングに対する感想を記入させた。実験協力者は、19~23歳の男女学生各10人、計20人であった。

7.2 結果

表 3 にコンピュータの勝率をまとめた。200回試行中、それぞれの勝ち数は、ランダムが120(60%)、札取牽制では106(53%)、勝利均衡では77(39%)、近接は23(12%)であった。このうち、ETTIの画面を記録したビデオで確認して精度良く視線計測(眼球画像処理)できていた視線一致回数は札取牽制では142回、勝利均衡では130回で、

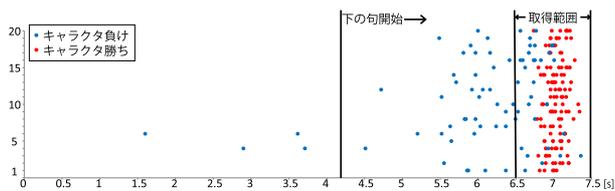


図 27 ランダムなタイミングにおける勝率の分布

Fig. 27 Distribution of winning rate in random timing.

その場合、コンピュータの勝率は札取牽制で 72%、勝率均衡で 56%であった。勝率均衡タイミングでは、オープンの成績である勝率 50%付近となっており、想定したとおりの動作が実現できていた。一方、札取牽制タイミングでは、精度良く視線計測できた試行のなかで、プレイヤーが 300 ms 以上カードを見続けた回数は 55 回 (39%) で、その際のキャラクターの札取得率は 100%であった。

7.3 考察

勝率分析のために、ランダムにおいて、経過時間による勝率の分布をグラフ化した (図 27)。この結果、上の句詠み上げ開始後約 6.8s (下の句詠み上げ開始後約 2.6s) を境に勝率が変化した。すなわち、今回の実験協力者の場合には、ランダムタイミングでも、その時間幅を変更することである程度伯仲したゲームが可能である。近接条件も、パラメータの変更やラグの調整などで、ある程度エキサイティングなゲームが実現できる可能性もある。特に、人間プレイヤーの癖を学習して難易度調整に反映させる研究 [16], [17] の手法を組み込むことで、学習によってゲーム展開の調整は可能であろう。しかし、学習の期間が必要であるため、アーケードゲームなどの多数のプレイヤーが使用する場合は、個人差を考慮したゲーム展開は困難であろう。一方、本アルゴリズムにおいては、視線とタッチを組み合わせたアルゴリズムによりコンピュータの札取りタイミングを算出しているため、個人差への対応も可能である。ただし今回の実験では、視線一致回数は 70%程度という結果で、誰もが使うゲームとしては課題であるため、今後は、画像処理の精度向上や、フレームレートおよび処理遅れの改善により、特に札を取る際の頭部移動時の計測精度を高める必要がある。

同時に行った記述式アンケートで、「面白い」「楽しかった」と回答をしていたのは、タイミングにかかわらず勝率が 50%付近の、勝負が拮抗しているキャラクターが大多数であった。これは、やさしすぎず、難しすぎないことが重要とされるフロー理論 [18] にも通じる結果であると考えられる。

8. 全体考察

8.1 システムに対する考察

本研究では、対戦キャラクターとテーブルトップ上の札を

取り合う、テーブルトップ対戦型百人一首ゲーム“百人 eye 首”を開発した。独自の視線計測技術 ETTI によって実現されたこのような百人一首ゲームは、著者らの知る限り世界初である。これは、Tobii X1 ライトアイトラッカー [19] のような小型視線計測装置でも、手が通る位置に本体 (カメラ) を設置する必要があるため、今回のようなタッチインタラクションが実現されていないことに理由があると考えられる。今後、市販の視線計測装置も多様化することが期待されるが、それとともに、視線やその他の身体動作をどのように組み合わせ、新たなインタラクションを創出するかが課題になるであろう。

実際、プロトタイプとして開発した百人 eye 首は、公開デモンストレーションで好評であった反面、視線情報を活かしきれていなかったため、視線とタッチによるインタラクション特性をふまえて Gaze-and-Touch アルゴリズムを開発する必要がある。開発した札取牽制タイミングと勝率均衡タイミングについては、想定したタイミングで札が取れており、勝敗率も想定どおりであったため、提案アルゴリズムの有効性も示されたと考えている。

また、Gaze-and-Touch アルゴリズムは、パラメータを変更したり、キャラクター動作をゲーム状況に応じて変更したりすることで、個性を持ったキャラクターの生成が可能となる点でも有効である。実際の百人一首では、複数人でプレイする場合も多々見られるが、このアルゴリズムのパラメータを変更して様々なキャラクターを用意することで、複数のキャラクターと同時に対戦を行う複数人相手の百人一首ゲームも再現できると考えられる。

一方で、札取牽制タイミングにおける、反応時間の短い上級者への対応が課題である。アルゴリズムで注視の予測時間を縮めることで一定時間までは対応可能だが、極端に縮めると誤動作の可能性も増大するためである。この対策としては、Gaze-and-Touch アルゴリズムを活かすのであれば、一定時間の注視情報を用いている現在の手法に加えて、視線情報の経路や、それに基づく予測などを実現することで、実際には正解札に視線が到達していても、視線計測ラグでまだ到達していないと判断されていた時間を利用できるようになり、誤動作を極力なくして、キャラクターに札を取らせることが可能となる。

さらに、対戦キャラクターの札取りにおいて、お手つきの有無や、フェイントの有無、時間制限など、同じタイミングであってもゲーム性が変わる要素が他にも存在するので、こういったゲーム要素に対応していくことで、よりゲーム性を高めることが可能となる。

8.2 今後の応用

百人 eye 首は、ゲーム以外にも、百人一首のトレーニングに利用できると考えられる。たとえば、札取牽制タイミングは正解札を注視している時間が一定時間以上経過した

際に動き出す設定であるため、その設定時間をプレイヤーに対応させ、少しずつ縮めることで、上達を促すことができる。勝率均衡タイミングも同様で、速さの閾値、もしくはキャラクターのアニメーション時間を変更することで上達を促せる。また、視線と手動作のデータから、どの部分を訓練すればよいというアドバイスも可能となる。百人一首やいろはかるたのような、詠まれた札を取る早さを競うゲームは、日本の伝統文化であるため、ゲームとトレーニングの両輪で研究開発することが、新たな知見を生むと考えられる。

加えて、ETTIやGaze-and-Touchアルゴリズムは、特に視線と身体動作を融合した体感ゲームにおいて、広く応用可能である。たとえば、モグラ叩きゲームでは、叩こうとするとタイミングよく引っ込むなどといった、新たなインタラクションを偶然ではなく生成できる。また、ユーザのゲームレベルに適應させることが容易であるため、介護療養・リハビリでの応用において有効性が期待できる。また、体感ボクシングゲームや、ガンシューティングゲームでも、グローブやガンにセンサを内蔵させることで、視線と行動(身体動作)のタイミングという意味で、Gaze-and-Touchアルゴリズムを応用できる。つまり、パンチや弾丸の到達時間を予想することで、周辺視の部分からの敵の不意打ちなど、これまでにない対戦が実現可能である。

このような他のゲームへの応用にあたっては、パラメータの変更と、それに基づくアルゴリズムの改良が必要になると考えられるが、札取率制タイミングのような、視覚的に何かを認識して、行動を開始しようとするタイミングと、勝率均衡タイミングのような、行動が完了するタイミングを予測することは、視線と身体動作の融合においては基本となる汎用的なタイミングである。プレイヤーの予備動作をゲームのレベル調整に取り入れる、という観点では、“Janken (rock-paper-scissors) robot with 100% winning rate [20]”の研究も類似している。しかし、ジャンケンでは予備動作の段階でプレイヤーの動作が確定しており、それに対して勝率のレベルを調整すればよい。一方、視線と身体動作の融合においては、動作が終了する時点も重要になるという点が、本質的に異なる。したがって、動作の予測とレベル調整を同時に行えるアルゴリズムの開発も今後の課題となるであろう。近年ではゲーミフィケーションなど、人が楽しいと感じる要因に関する研究も進んできているため、それらの研究成果を統合することで、よりすぐれたアルゴリズムが考案できると考えられる。

以上のように、視線計測装置やセンサを気づかせないアンビエント化や、アルゴリズムが見抜かれないブラックボックス化を進めながら、本研究の応用展開を進めることで、ゲームなどエンタテインメントから福祉医療まで、視線とタッチが融合した新しいインタラクションが容易に実現可能である。

9. 結論

本研究では、まず、テーブルトップにおける新たなインタフェースとして、テーブルトップ型の視線計測装置ETTI (Eye-Tracking Tabletop Interface)を開発した。また、ETTIによる正解札への視線一致と、磁気センサによる札取り動作の計測を実現し、コンピュータキャラクターとの対戦を実現した、テーブルトップ対戦型百人一首ゲーム「百人 eye 首」を開発した。さらに、百人 eye 首を公開デモンストレーションに出展し、その有効性を確認した。その後、百人 eye 首の対戦キャラクター用のアルゴリズムとして、認識時間と同時に対戦キャラクターが札を取ることで実現される札取率制タイミングから、プレイヤーの手が札に到達する時点を予測して、対戦キャラクターがプレイヤーと同時に札を取る勝率均衡タイミングまでプレイヤーに応じて様々なタイミングを実現できるGaze-and-Touchアルゴリズムを開発した。最後に、開発したアルゴリズムの評価実験を行い、アルゴリズムが意図通りの動きをしていることを確認し、有効性を示した。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構 (JST) 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) における課題「リアルタイムに視線情報を共有できる実世界コラボレーションシステムの開発」の支援による。

参考文献

- [1] タッチで楽しむ百人一首 DS 時雨殿, 入手先 (<http://www.nintendo.co.jp/ds/aixj/>).
- [2] Wii, available from (<http://www.nintendo.co.jp/wii/controllers/index.html>).
- [3] Kinect, available from (<http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>).
- [4] 三国志大戦, 入手先 (<http://www.sangokushi-taisen.com/>).
- [5] Land, M.F.: Eye movements and the control of actions in everyday life, *Progress in Retinal and Eye Research*, Vol.25, No.3, pp.296-324 (2006).
- [6] Bignaut, P.: Visual span and other parameters for the generation of heatmaps, *Proc. ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces 2010*, Saarbrücken, Germany, pp.125-128 (Nov. 2010).
- [7] Istance, H., Hyrskykari, A., Immonen, L., Mansikkamaa, S. and Vickers, S.: Designing Gaze Gestures for Gaming: An Investigation of Performance, *Proc. ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces 2010*, Saarbrücken, Germany, pp.323-330 (Nov. 2010).
- [8] Tobii EyeAsteroids, available from (<http://www.tobii.com/eyeasteroids>).
- [9] Yamamoto, M., Nagamatsu, T. and Watanabe, T.: Development of Eye-Tracking Pen Display Based on Stereo Bright Pupil Technique, *Proc. ETRA 2010: ACM Symposium on Eye-Tracking Research Applications*, pp.165-168 (2010).
- [10] Nagamatsu, T., Iwamoto, Y., Sugano, R., Kamahara, J., Tanaka, N. and Yamamoto, M.: Gaze Estimation Method Involving Corneal Reflection-based Modeling of the Eye as a General Surface of Revolution about the

Optical Axis of the Eye, *IEICE Trans. Information and Systems*, Vol.E95-D, No.6, pp.1656-1667 (2012).

- [11] Holmqvist, K., Nystrom, M. and Mulvey, F.: Eye Tracker Data Quality: What It Is and How To Measure It, *Proc. Symposium on Eye Tracking Research and Applications 2012*, pp.257-260 (2012).
- [12] Yamamoto, M., Komeda, M., Nagamatsu, T. and Watanabe, T.: Development of Eye-Tracking Tabletop Interface for Media Art Works, *Proc. ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces 2010*, Saarbrucken, Germany, pp.295-296 (2010).
- [13] 米田宗弘, 中山晃典, 森田祐衣: 百人 eye 首, (2010), 入手先 (<http://www.ktv.co.jp/baca/archive/>).
- [14] Yamamoto, M. Komeda, M., Nagamatsu, T. and Watanabe, T.: Hyakunin-Eyesshu: A Tabletop Hyakunin-Isshu Game with Computer Opponent by the Action Prediction Based on Gaze Detection, *Proc. 1st Conference on Novel Gaze-Controlled Applications NGCA'11*, article 5 (2011).
- [15] Fitts, P.M.: The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement, *Journal of Experimental Psychology*, Vol.37, pp.381-191 (1954).
- [16] Yang, J., Min, S., Wong, C.-O., Kim, J. and Jung, K.: Dynamic Game Level Generation Using On-Line Learning, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.4469, pp.916-924, Springer (2007).
- [17] 中川明紀, 柴崎智哉, 逢坂翔太, Thawonmas, R.: ニューラルネットワークによる格闘ゲーム AI の難易度調整及び行動多様性向上手法, *ゲーム学会和文論文誌*, Vol.3, No.1 (2009).
- [18] Csikszentmihalyi, M.: *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper and Row (1990).
- [19] Tobii EyeAsteroids, available from (<http://www.tobii.com/ja-JP/eye-tracking-research/japan/products/hardware/tobii-x1-light/>).
- [20] Janken (rock-paper-scissors) robot with 100% winning rate, available from (<http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/fusion/Janken/>).



山本 倫也 (正会員)

2002年京都大学大学院エネルギー科学研究科博士後期課程修了。同年岡山県立大学情報工学部情報システム工学科助手, 2007年同助教, 2009年関西学院大学理工学部人間システム工学科准教授, 現在に至る。身体的インタラ

クション, コミュニケーション支援の研究に従事。2005年ヒューマンインタフェース学会論文賞, 2005年情報処理学会第66回全国大会大会奨励賞等受賞。ヒューマンインタフェース学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 日本原子力学会, ACM各会員。博士(エネルギー科学)。



米田 宗弘

2012年関西学院大学大学院理工学研究科博士課程前期課程修了。同年株式会社アズマ入社, 現在に至る。学生時代, 視線インタラクション, コンテンツ制作の研究に従事。2010年BACA-JA 2010ネットワークアート部門佳作, 2012年情報処理学会第74回全国大会学生奨励賞等受賞。



長松 隆 (正会員)

1996年京都大学大学院工学研究科電気工学第二専攻修士課程修了。同年三菱重工業(株)入社。1999年京都大学大学院エネルギー科学研究科寄附講座教員(助手相当)。2000年神戸商船大学商船学部助手。2003年神戸大学海事科学部助手。2007年同大学院海事科学研究科助教, 2009年同講師, 2012年同准教授。ヒューマンインタフェース, 視線インタフェースの研究に従事。ヒューマンインタフェース学会, 日本原子力学会, ACM各会員。博士(エネルギー科学)。



渡辺 富夫 (正会員)

1983年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。同年山形大学工学部情報工学科助手, 1984年同専任講師, 1989年同助教。1992~1993年米国ブラウン大学客員研究員, 1993年岡山県立大学情報工学部情報システム工学科教授, 現在に至る。身体的コミュニケーション, ヒューマンインタラクションの研究に従事。1998, 2003, 2012年IEEE ROMAN, the Best Paper Award, 2001, 2002, 2004, 2005年ヒューマンインタフェース学会論文賞等受賞。日本機械学会フェロー, ヒューマンインタフェース学会, 計測自動制御学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 日本赤ちゃん学会, 日本子ども学会, IEEE各会員。工学博士。