

# VR 型 FPS ゲームにおける視線と視野角に応じた敵 AI の動的調整に関する研究

菅沼辰也<sup>†1</sup> 兼松祥央<sup>†1</sup> 三上浩司<sup>†1</sup>

ヘッドマウントディスプレイの視野角は、ゲームプレイにおける人間の有効視野を超えており、画面には表示されているがプレイヤーが認識することができない場所が存在する。ゲーム内で人間が正確に物事を認知できる角度は最大で 51 度までという先行研究に基づき、それ以上の角度にいる敵 AI の行動を動的に変化させることにより、VR 型 FPS ゲームにおける視線と視野角を考慮した敵 AI の動的調整手法を提案する。

## 1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)ゲームを遊ぶために用いられるヘッドマウントディスプレイ(HMD)は、ユーザーの体験を高めるために視野角を広くしている。通常のディスプレイと異なり、画面の視野角が HTC Vive なら 110 度と非常に広い<sup>1)</sup>。一方、人間の有効視野は限界があり、ディスプレイには映っているが、人間には認識できない場所が存在する。その具体例を図 1 に示す。

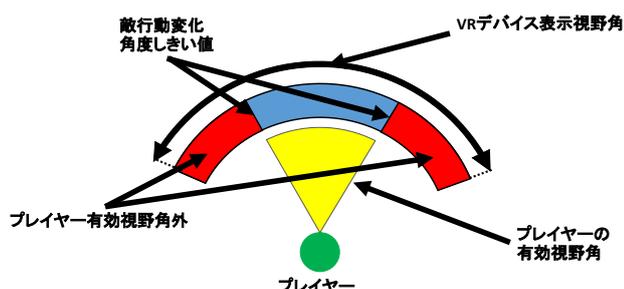


図 1 VR デバイス使用時の視野角の例

また、この例をゲームに当てはめた様子を図 2 に示す。



図 2 VR ゲーム画面における有効視野の例

本研究では、VR デバイスが表示しているディスプレイ角度を VR デバイス表示視野角と定義し、ディスプレイに映っているがプレイヤーには認識できない場所をプレイヤー有効視野角外と定義し、プレイヤーの有効視野外と有効視野内の境界部分を敵行動変化角度しきい値と定義する。

ゲームプレイにおいて、難易度が適正でない場合、プレイするモチベーションを損ねる<sup>2)</sup>。また、FPS の分野では動的難易度調整に関する研究が存在する<sup>3)</sup>。このように、プレイヤーに適正難易度を提供できる研究が進んでいるが、広視野角の HMD を用いた場合の FPS ゲームの動的調整に関しては研究が進んでいない。プレイヤー有効視野外から攻撃を仕掛けてきた場合、プレイヤーは相手の攻撃を認識することができないため、理不尽感を覚え、ゲームの面白みを損ねてしまうことがある。しかし、動的難易度調整を意識されてしまうと、ゲームへの集中が損なわれてしまうというデメリットが存在する<sup>4)</sup>。

本研究はプレイヤーの視線と有効視野について着目し、アイトラッキング機能を用いて視線を取得し、プレイヤー有効視野角外に存在する敵 AI を動的に調整する。これによって、プレイヤーが認識不能な攻撃を低減し、かつ調整がプレイヤーに気づかれにくい調整手法を提案する。

## 2. 先行研究

### 2.1 プレイヤーの有効視野における先行研究

プレイヤーの有効視野における先行研究として、須貝ら<sup>5)6)</sup>は頭部装着型ディスプレイの利用時におけるゲームアノテーションの適切な表示範囲を調査した。44 度以上から急激に認識できない事が増加するため、ゲームアノテーションの有効視野は 44 度程度ということを明らかにした。

Yokoi<sup>7)</sup>らは動的視野制限法を用いて、トップビューでのゲームにおける有効視野の大きさを調査した。ゲームのスコアを基に計測を行い、ゲームプレイ時の有効視野が 20 度から 30 度の範囲であることを示した。

瀬谷<sup>8)</sup>らは球形のスクリーンにプロジェクターで映像を映し出す一人称視点でのゲームにおいての有効視野を調査している。その結果、ゲームプレイ時の有効視野が 40 度か

<sup>†1</sup> 東京工科大学  
Tokyo University of Technology

ら 51 度の範囲であること示した。

以上の先行研究から、プレイヤーのゲームプレイにおける有効視野は最大で 51 度である。これらの研究ではゲームプレイ時における有効視野を調査しているが、有効視野を考慮した難易度調整は行っていない。

本研究では、VR 型 FPS ゲームのプレイ時におけるプレイヤーの有効視野は最大で 51 度と仮定し、敵行動変化角度しきい値を 51 度とした。敵行動変化角度しきい値を超えている位置に存在する敵 AI を動的調整することで、プレイヤー有効視野角外からの攻撃頻度を低下させる。

## 2.2 VR 型 FPS ゲームにおける視野角に応じた敵 AI の動的調整に関する研究

また、筆者が行った研究に視野角に応じた敵 AI の動的調整に関する研究がある 9)。結果として、敵のパラメータを変化することによってプレイヤーに気づかれにくく、かつプレイヤーへのダメージを減らせることが示されている。

本研究ではプレイヤーの視線をアイトラッキングで取得することにより、プレイヤーの有効視野をより精密に判断することができると考えている。また敵の行動に着目し、プレイヤー有効視野外での敵の行動を変化させることにより、プレイヤーが認識不能な攻撃を低減できると考え、調査を行った。

## 3. 研究内容

### 3.1 既存ゲームの分析

敵行動変化角度しきい値に応じて行動が変化する敵 AI を取り入れたゲームを作成するため、既存の作品を分析した。本研究では、売上げが高いプレイステーション 4 の FPS タイトル 10 種類と、Steam における VR 型 FPS ゲームの 2018 年度の売上げランキングが最も高いタイトル 1 種類の分析を行い、敵 AI の基本的な行動をリストアップした。

ゲームタイトル/敵AIの行動	停止		移動		格闘		手榴弾		めくら		ステップ		弾空		回避		射撃	
	射撃	射撃	射撃	射撃	攻撃	後退	後退	後退	カバー	リロード	撤退	撃ち	移動	射撃	回避	変更	変更	変更
バトルフィールドV	○	○	○	○	△	○	○	○										
バトルフィールド1	○	○	○	△	○	○	○											
CoDWW2	○	○	○	△	○	○	○				○	○						
CoDIW	○	○	○	○	○	○	○				○							
CoDBo3	○	○	○	○	○	○	○											
スターウォーズバトルフロント	○	○	○	○	○	○	○						○		○			
スターウォーズバトルフロントII	○	○	○	○	○	○	○											
ZeroCariber	○	○	○	○	○	○	○											○
タイタンフォール2	○	○	○	○	○	○	○						○					
ウルフェンシュタインII	○	○	○	○	○	○	○											○
キルゾーンシャドウフォール	○	○	○	○	○	○	○											

図 3 分析したゲームにおける敵 AI の基本的な行動リスト

以上のリストから、これらのゲームに共通し最も基盤的な行動である「停止射撃」、「カバー」を実装した。また、動的調整に用いる行動として、敵の攻撃頻度を下げる行動の中で分析したタイトルの中で最も取り入れられていた行動である「リロード」の実装を行った。

### 3.2 敵行動変化角度しきい値に応じた AI 調整機能の実装

本研究では、Unity のバージョン 2017.3.1f1 使用し、言語

は C# を使用して実装を行う。HMD は FOVE を使用した。前節で提示したリストをもとに、障害物から身を出して攻撃する停止射撃と、隠れて待機するカバー、銃の弾倉を交換するリロードの 3 つの動作を作成した。次に、プレイヤーの両目の視線をアイトラッキング機能で取得し、左右それぞれのデータの平均値をプレイヤーが見ている部分と仮定した。このデータを基準に、敵 AI が敵行動変化角度しきい値に応じて行動を変化させられるようにした。制作したシステムの様子を図 4、アイトラッキングによって得られたデータを可視化した様子を図 5 に示す。図 5 にある紫色の点がそれぞれ左目、右目のトラッキングを可視化したものである。赤色の点が両目の平均点を可視化したものである。

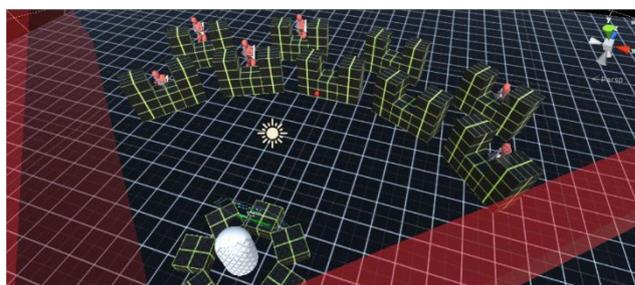


図 4 制作したシステムの様子

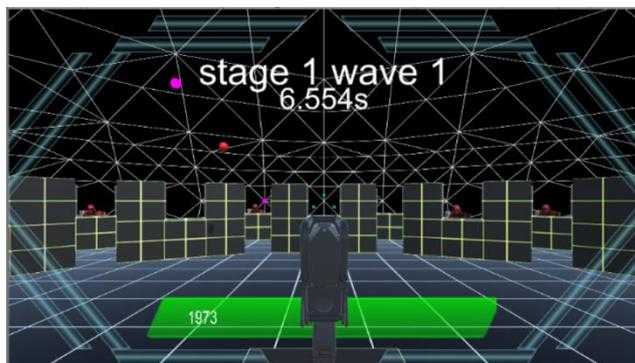


図 5 アイトラッキングの可視化した様子

#### 3.2.1 プレイヤー有効視野内に位置する敵の行動ルーチン

プレイヤー有効視野内に位置する敵 AI は、停止射撃とカバーを 3 秒ずつ交互に行い続けるように設定した。敵の行動ルーチンの例を図 6 に示す。

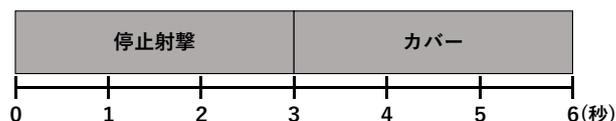


図 6 プレイヤー有効視野内時の敵の行動ルーチンの例

停止射撃は、3 秒間に弾を 10 発撃つように連射速度を設

定した。プレイヤー有効視野内では停止射撃とカバーのみ行うようにし、リロードは開始しないようになっている。

### 3.2.2 プレイヤー有効視野外に位置する敵の行動ルーチン

プレイヤーの有効視野外に位置する敵 AI は、プレイヤー有効視野内での行動ルーチンに加え、停止射撃中の特定タイミング 3 秒のリロードを割り込ませることによってプレイヤー有効視野外の敵 AI の攻撃頻度を低下させるように設定した。本研究では、プレイヤー有効視野内の行動と比較して、攻撃頻度が半分になるように設定を行っている。攻撃頻度を半分にする場合の行動ルーチンの例を以下に示す。

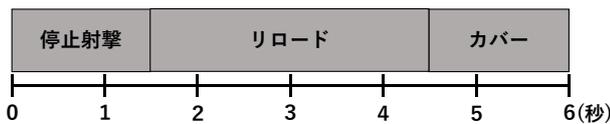


図7 プレイヤー有効視野外時の敵の行動ルーチンの例

## 4. 被弾率測定実験

システムの実装を行った実験ゲームで、実際にプレイヤーの被ダメージが減ることが確認できるかを調査した。

### 4.1 実験の内容

実験ゲームを用いて、プレイヤー有効視野内とプレイヤー有効視野外にそれぞれ 1 対ずつ敵を配置し、ルーチン通りに行動させる。プレイヤーは無操作状態のままにし、30 秒間の間にプレイヤー有効視野外から受けたダメージと、プレイヤー有効視野内から受けたダメージをそれぞれ取得する。実験の様子を以下に示す。

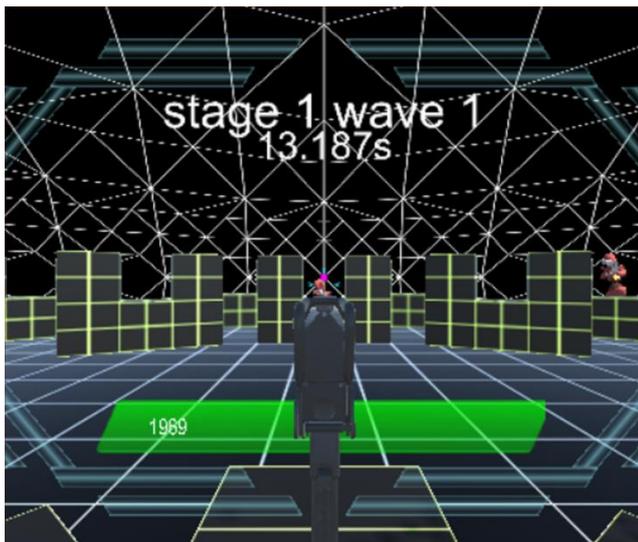


図8 実験中の様子

## 5. 結果

実験は 30 回ほど行い、データを取得した。プレイヤー有効視野内から受けたダメージ量と、プレイヤー有効視野外から受けたダメージ量をそれぞれ図 9、10 に示す。

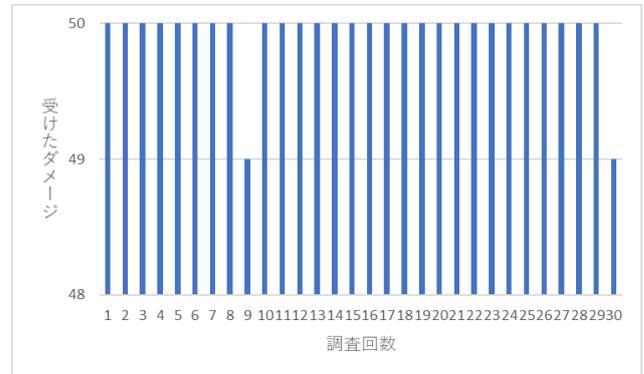


図9 プレイヤー有効視野内から受けたダメージ量

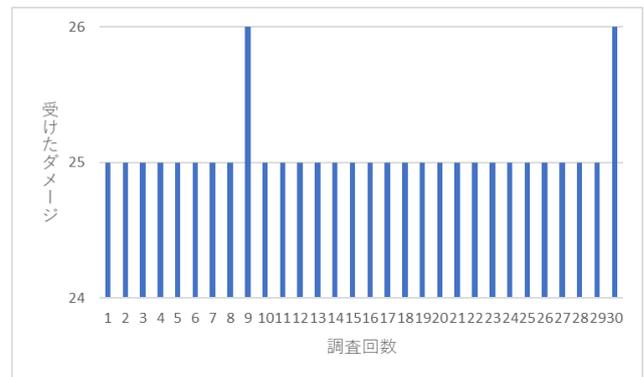


図10 プレイヤー有効視野外から受けたダメージ量

全ての回において、合計ダメージは 75 となったが、調査回数 9 回目と 30 回のみプレイヤー有効視野内、プレイヤー有効視野外で受けたダメージの内訳が異なる結果となった。

また、プレイヤーの有効視野内で敵が射撃した回数と、プレイヤーの有効視野外で敵が射撃した回数を計測した。結果は全 30 回全てにおいて、プレイヤー有効視野内での敵の発砲回数は 50 回、プレイヤー有効視野外での敵の発砲回数は 25 回であった。

### 5.1 実験の考察

実験の結果から、リロードによる調整でダメージを正しく減少させられているかを考察する。本実験における、プレイヤーが有効視野のどちらで攻撃を受けたかという判定の取得方法は、プレイヤーがどの角度で攻撃を受けたかという形式で判定を行ったため、敵の弾が高速に飛んでいる都合上プレイヤーは弾がわずかに貫通した状態で判定をすることがあるため、攻撃を受けた角度の判定が狂ってしまい、9 回目と 30 回目に 1 発の誤差が生まれてしまったのだ

と考えられる。

また、本実験ではプレイヤーは無操作状態にて行ったが、実際にプレイヤーが動かしながらプレイを行う場合、有効視野外の敵がリロードを始めた瞬間にプレイヤーが有効視野内に捉えた場合にもリロードは継続するため、結果として有効視野内と有効視野外で受けるダメージの割合が変化することが考えられる。

## 6. おわりに

実験により、試作したゲームによってプレイヤーの被ダメージが減ることが明らかとなった。今後、印象評価実験を行うことによって、プレイヤーが調整に気づきやすいかどうか、ゲームプレイの満足度に影響があるのかを調査したい。それにより、本手法がプレイヤーに気づかれづらく、効果的に調整を行えているかを調査していく。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K00734 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 1) VIVE 公式サイト  
<https://www.vive.com/jp/product/>(2018年7月20日)
- 2) 遠藤雅伸, 三上浩司, 近藤邦雄: ひとはなぜゲームを途中でやめるのか?—ゲームデザイン由来の理由—, 日本デジタルゲーム学会 2014 年夏季研究発表大会予稿集, pp.15-18(2014)
- 3) Baldwin, A et al: The Effect of Multiplayer Dynamic Difficulty Adjustment on the Player Experience of Video Games, CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.1489-1494(2014)
- 4) Ernest Adamas: The Designer's Notebook: Difficulty Modes and Dynamic Difficulty Adjustment.  
<[http://www.gamasutra.com/view/feature/3660/the\\_designers\\_notebook\\_.php](http://www.gamasutra.com/view/feature/3660/the_designers_notebook_.php)>(2018年8月5日)
- 5) 須貝涼, 三上浩司, 近藤邦雄 (2014) 「頭部装着型ディスプレイの利用時におけるゲームアノテーションの適切な表示範囲の研究」, DIGRA JAPAN 夏季研究大会 2014 予稿集, pp.80-83, デジタルゲーム学会
- 6) 須貝涼: 広視野角 ヘッドマウントディスプレイ視聴時におけるゲームアノテーションの適切な表示領域の提案 東京工科大学修士論文
- 7) K.Yokoi. et al. Measuring spatial distribution of visual attention in action video game. Kansei Engineering International, 6(2), pp13-18 (2006)
- 8) 瀬谷安弘ら. 没入型ディスプレイを用いたアーケードゲームにおける視聴覚情報がプレイヤーのゲームパフォーマンスに及ぼす効果 デジタルゲーム学研究 4 (1), pp49-57(2010)
- 9) 菅沼辰也, 兼松祥央, 伊藤彰教, 三上浩司: VR 型 FPS ゲームにおける視野角に応じた敵 AI の動的調整に関する研究, EC2018, pp162-165(2018)

## ゲーム

- (1) 『バトルフィールドV』, エレクトロニック・アーツ, 2018. (PS4)
- (2) 『バトルフィールド1』, エレクトロニック・アーツ, 2016. (PS4)
- (3) 『コールオブデューティ ワールドウォーII』,

SLEDGEHAMMER GAMES, 2017. (PS4)

- (4) 『コールオブデューティ インフィニットウォーフェア』, Infinity Ward, 2016. (PS4)
- (5) 『コールオブデューティ ブラックオプスIII』 Treyarch, 2015. (PS4)
- (6) 『スターウォーズ バトルフロント』, エレクトロニック・アーツ, 2015. (PS4)
- (7) 『スターウォーズ バトルフロントII』, エレクトロニック・アーツ, 2017. (PS4)
- (8) 『Zero Caliber VR』, XREAL Games, 2018. (Steam)
- (9) 『タイタンフォールII』, Respawn Entertainment, 2016. (PS4)
- (10) 『ウルフェンシュタイン2: ザ ニューコロッセアス』, ベセスダ・ソフトワークス, 2017. (PS4)
- (11) 『キルゾーンシャドウフォール』, ソニー・インタラクティブエンタテインメント, 2013. (PS4)