

FPS 対戦ゲーム実況における
観戦カメラの自動制御に関する研究

東京工科大学大学院

バイオ・情報メディア研究科

メディアサイエンス専攻

李翔

FPS 対戦ゲーム実況における
観戦カメラの自動制御に関する研究

指導教員 渡辺 大地 教授

東京工科大学大学院
バイオ・情報メディア研究科
メディアサイエンス専攻

李 翔

論文の要旨

論文題目	FPS 対戦ゲーム実況における 観戦カメラの自動制御に関する研究
執筆者氏名	李 翔
指導教員	渡辺 大地 教授
キーワード	FPS ゲーム, 実況, Observer システム, 自動制御

[要旨]

FPS 対戦ゲーム実況では、カメラマンがゲーム内の観戦カメラを操作し、観戦者に試合画面を提供するのは一般的である。しかし実際の現場では、カメラマンが同時に多数の画面を追い、瞬時の判断で切り替えを制御するのが現状である。多人数で行われる FPS 対戦ゲームにおいて、人の目で速い試合展開に追いつき、画面を適切に切り替えるのが難しい問題が存在する。本研究は、FPS 対戦ゲームの観戦体験向上を目指し、TTK (Time to Kill) が短い状況においてプレイヤーの射撃行動を事前に検知し、Observer システムのカメラを自動制御する手法を提案する。これにより、視聴者に臨場感のある瞬間を最適なタイミングで提供し、観戦体験を向上させることが研究の主な目的である。また、これによりゲーム内カメラマンの負担も軽減されることが期待されている。

具体的な手法として、本研究は最初にカメラの適切な切り替えタイミングについて分析を行った。次に、プレイヤーが射撃を行うシチュエーションを三つにまとめた。そして、分析で得られたカメラ切り替えタイミングに影響する要素を用いて、カメラ切り替え優先順位を決めるアルゴリズムを構築した。

検証には、本手法を適用した Observer システムの試合データと人手で操作する Observer システムの試合データを比較し、分析を行った。また、手法適用した試合動画と人手で操作した試合動画の分かりやすさ、没入感、カメラ切り替えタイミング、ストーリー性についてアンケート調査を行った。

結果として、本手法の適用によりキルシーンの捉え率が上がり、観客の観戦体験の上昇に効果があると考えられる。

A b s t r a c t

Title	A Study on Automatic Control of Spectator Camera in FPS Competitive Game Live
Author	Xiang LI
Advisor	Taichi WATANABE
Key Words	FPS Game, Live, Observer System, Automatic Control

[summary]

In FPS competitive game play, it is common for the cameraman to operate the in-game spectator camera and provide the game screen to the spectators. However, in the actual field, the cameraman follows many screens at the same time and controls switching based on instantaneous judgment. In multiplayer FPS competitive games, a problem exists where it is difficult for the human eye to keep up with the fast game development and properly switch screens. Aiming to improve the spectator experience of FPS competitive games, this research proposes a method to detect the player's shooting behavior in advance and automatically control the camera of the Observer system in situations where the TTK (Time to Kill) is short. The main objective of the research is to enhance the spectator experience by providing the viewer with the most realistic moments at the most appropriate times. This is also expected to reduce the burden on the in-game cameraman.

As a specific approach, this study first analyzed the appropriate timing of camera switching. Next, three situations in which players were shooting were summarized. Then, an algorithm was constructed to determine the camera-switching priority using the factors affecting camera-switching timing obtained from the analysis.

We conducted an analysis by comparing match data from the Observer system, where our method was applied, with manually operated Observer system match data. Additionally, we conducted a survey on the clarity, immersion, camera switching timing, and narrative of match videos where the method was applied and those manually operated.

As a result, we believe that the application of this method has increased the capture rate of kill scenes, leading to an improvement in the audience's viewing experience

目次

第1章	はじめに	1
第2章	提案手法	6
2.1	カメラ切り替えタイミング	7
2.2	射撃行動シチュエーション	7
2.2.1	シチュエーション①：直視	8
2.2.2	シチュエーション②：攻めと待ち	8
2.2.3	シチュエーション③:ChokePoint	9
2.3	切り替え優先順位	10
2.3.1	S_1 : 距離	10
2.3.2	S_2 : 角度	10
2.3.3	S_3 : 経過時間	11
2.3.4	S_4 と S_5 : 遮蔽物と特定エリア	11
2.4	自動切り替え操作	12
第3章	実装	14
3.1	マップ説明	15
3.2	Play モード	17
3.3	Observer モード	19
第4章	検証	21
4.1	実験内容	22
4.2	実験データ	23
4.3	アンケート調査結果	25
4.4	考察	27
第5章	まとめと展望	30

謝辞	32
参考文献	35
発表実績	39

目次

1.1	Valorant champions tour 2023 masters Tokyo	2
1.2	ゲーム内カメラマン	3
1.3	大会の画面データ流れ	3
2.1	キルの流れ	7
2.2	射撃行動シチュエーション	8
2.3	CS:GO の ChokePoint © Value Corp. 2000	9
2.4	視野角	11
2.5	S 算出流れ	12
2.6	S で切り替え目標を決める	13
3.1	メニュー画面	15
3.2	ゲームマップ	16
3.3	ChokePoint 設置	16
3.4	プレイヤーモデル	17
3.5	プレイヤー画面	18
3.6	体力減少	18
3.7	俯瞰カメラ	19

第 1 章

はじめに

FPS (First Person Shooter) ゲームはデジタルゲームの重要なジャンルの一つである。近年では、FPS ゲームの大会や競技シーンは急速に変化しており、新しい大会やプロフェッショナルなトーナメントが頻繁に開催されている [1]。一般的に、有名な FPS ゲーム (例: Counter-Strike: Global Offensive, Valorant, Overwatch など) は定期的に大会が行われ、プレイヤーやチームが競い合っている。これらの大会はしばしばライブストリーミングやオンラインプラットフォームを通じて視聴者に公開され、大会現場での観戦も盛んでいる。

図 1.1 は Valorant[2] の大会様子を示す。



図 1.1 Valorant champions tour 2023 masters Tokyo

大会を観戦する視聴者たちはプレイヤーたちのゲーム画面そのまま見ているのではなく、ステージの裏側で画面を操作、制御するゲーム内カメラマンと呼ばれる人たちが存在する。彼らはタイミングよく情報を表示させたり、スーパープレイのリプレイを流したり、視聴者の観戦体験に直接影響を与えている。ゲーム内カメラマンには、ゲームへの高度の理解力、反応速度、判断力とストーリーテリングの能力が求められる。本研究では、ゲーム内カメラマンが操作する各ゲーム内カメラの切り替えを制御し、視聴者に適切な画面を提供するシステムを Observer システムと呼ぶ [3][4]。

図 1.2 にゲーム内カメラマンの仕事様子を示す。



図 1.2 ゲーム内カメラマン

図 1.3 に大会の画面データ流れを示す。

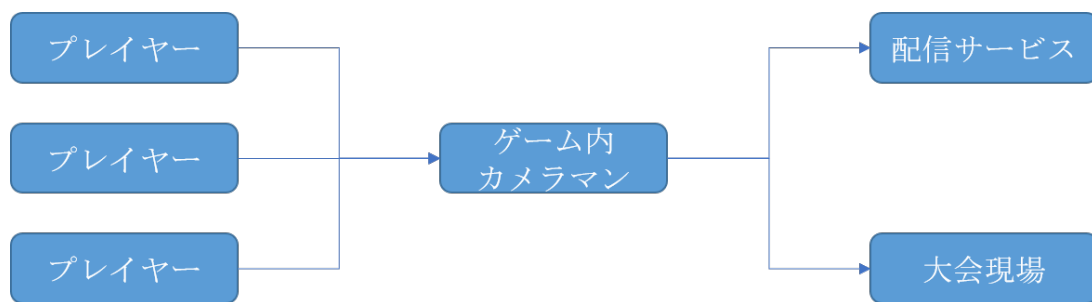


図 1.3 大会の画面データ流れ

多人数で行われる FPS 対戦ゲームでは、試合の展開が速く、人手で適切なカメラワークを操作するのが難しい。広いゲームマップの中を、プレイヤーごとに異なる視点で動く場合は、視聴者にどのシーンを見せるのかが重要であり、よいタイミングでカメラの切り替えを決めるのは容易ではない [3]。特に TTK[5] が短い FPS ゲームにおいて、ゲーム内カメラマンの反応できる時間も短く、一番の注目点とされるキルシーン [6] を見逃すことはよく発生している。そのため、FPS 対戦ゲームのゲーム内カメラマンを補助する観戦支援システムが必要だと考える。

スポーツ領域では、カメラの自動制御や映像の自動生成に関する研究は盛んでいる。藤田ら [7] は人の手で複数のカメラを制御することが困難であると指摘し、撮影指針を点数付けで与えるこ

とにより複数台のカメラを自動制御する手法を提案した。佐々木ら [8] は印象的なシーン撮影のために、試合状況を自動にベクトル化し、カメラを制御する手法を提案した。箱崎ら [9] はサッカー試合映像において、選手の中心位置とボールの位置情報のユークリッド距離にフレームごとの選手位置の分散値を加え、「自動カメラ制御のための顕著性探索の手法」を提案した。藤本ら [10] は SNS 投稿により状況推定モデルを作成し、リアルタイムで観戦者に価値の高い場면을提示する手法を提案した。高橋ら [11] は実際のサッカー試合のデータを用いて、予測モデルを実装した AI ロボットカメラによる試合会場の自動撮影実験を行った。カメラマンが操作したカメラの映像と近い映像の自動撮影ができたが、角度調整による映像のブレとプレイの緩急による遅れが観測された。井口ら [12] は、カメラで撮影したスポーツ映像の選手領域を抽出し、カメラの自動制御手法を提案した。ボードゲーム領域では、清水ら [13] は将棋の持ち駒のケージ表示や一手の価値を可視化することにより観戦支援を行う手法を提案した。また、カメラの自動制御について沢山の研究が行われた。Marc ら [14] はバーチャル環境でのカメラ自動制御について研究した。加藤ら [15] は会議や講義の中で、複数のカメラで撮影した映像を一定時間に蓄積してからスイッチングを決める手法を提案した。坂本ら [16] は複数の人物が映し出されている演奏動画に対してトリミング領域のドラスティックなカメラの切り替えを含んだ動画の再構成について検討した。Quentin ら [17] はカメラの移動軌跡の自動生成について研究を行った。Michael ら [18] は仮想空間でカメラのレンズを通して見える画像の特徴を制約することでカメラを制御する手法を提案した。東海ら [19] は複数のカメラ間で切り替えを行った時に、違和感を映像観察者に与えないように中割り画像を挿入する手法を提案した。e-sports 領域では、エンターテインメントとしてゲーム試合を観戦することが普及している一方で、観戦する際にゲームへ知識や経験が要求され、ゲームの展開を理解するのが難しいと指摘された。久保ら [20] の研究より、ゲーム経験者の観戦楽しさが未経験者より高かったことが分かった。ゲームの未経験者でも観戦を楽しめるような観戦支援が必要である。対戦型格闘ゲームにおいて、梶並 [21] はゲームプレイを分析し、プレイヤーの戦略的思考の可視化を試した。また、梶並ら [22] と三好 [23] はアノテーションを提示することにより観戦支援を行う手法を提案した。振り返り支援として、佐藤ら [24] は角待ちを可視化したインタフェースを提案した。

上松 [25] はプレイヤーの配置と視聴者の視線との関係について研究した。結果としては、プレ

イヤーの配置によりゲーム画面以外に視聴者の視線が移動したことがあるが、大部分の時間に視線がゲーム画面に集中していることが明らかになった。本研究では、プレイヤーを映すカメラを考慮しないとする。Yeung[26] は大会などでの実際の観戦カメラを操作するための UI に関する研究を行い、Gior[27] はゲーム内での複数カメラを制御するシステムを研究した。Gior の研究で想定されたのは対戦型のゲームではなく、一人のプレイヤーが複数のオブジェクトを操作するゲームである。Gior はカメラを切り替える際のカメラの移動軌跡に着目し、角でのカメラ補助についても研究した。これらの研究はカメラの操作や映し方について述べたが、カメラ操作の自動化や切り替えタイミングについては触れていなかった。Valve SoftWare[28] はゲーム内の観戦カメラ自動切り替えシステムを実装したが、切り替えが頻繁に起こり、逆にキルを見逃し、戦況が分りづらくなったという評価があった。

廣里 [29] は観戦カメラを自動制御する手法を研究した。廣里はキャラクター間の距離、キャラクター方向ベクトルのなす角の余弦、キャラクターが戦闘中か否かの三つの要素を用いて試合中の注目地点をリアルタイムで予測した。

廣里の研究では、すべての要素は戦闘中の時点を想定しており、カメラを戦闘ポイントに移動した後、戦闘がすでに終了した状況が多く発生していた。

本研究の目的は、TTK が短い FPS 対戦ゲームにおいてプレイヤーが射撃行動をとる前に検知し、視聴者がキルシーンを見逃さないような Observer システムのカメラの自動制御手法を提案することである。その実現により観戦者の観戦体験の向上が期待できる。

なお本文は、日本デジタルゲーム学会夏季研究発表大会 2023 における”FPS 対戦ゲーム実況における観戦カメラの自動制御に関する研究”[30] として発表した内容を含む。

第 2 章

提案手法

2.1 カメラ切り替えタイミング

カメラの切り替えを自動制御するために、最初に適切なカメラ切り替えタイミングを決める必要がある。本研究では、戦闘開始前からキルまでの流れを整理した。図 2.1 に戦闘開始前からキルまでの流れを示す。

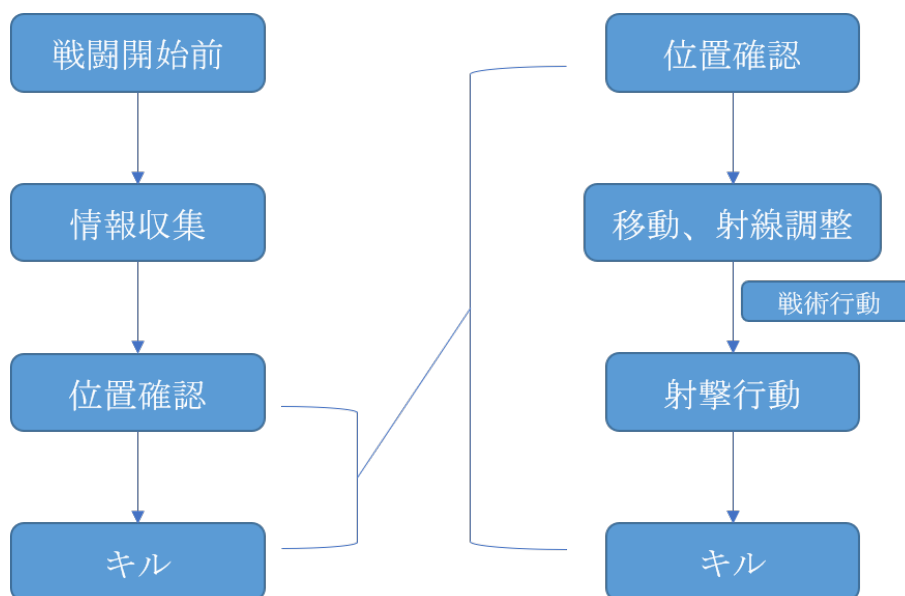


図 2.1 キルの流れ

TTK が短い FPS ゲームにおいては、“射撃行動” から “キル” までの時間が極めて短い。故に “キル” 直前でカメラ切り替えが難しい。さらに、“射撃行動” をとる前の操作も観客の楽しみの一つであることを考慮し、“位置確認” から “移動、射線調整” までのタイミングでカメラを切り替えるのが適切だと考える。

2.2 射撃行動シチュエーション

射撃行動をとる前にカメラを切り替えるために、プレイヤーがどんなシチュエーションでは射撃行動を行うかを明確にする必要がある。本研究では、プレイヤーが射撃行動をとるシチュエーションを三つにまとめた。図 2.2 にシチュエーション①～④を示す。

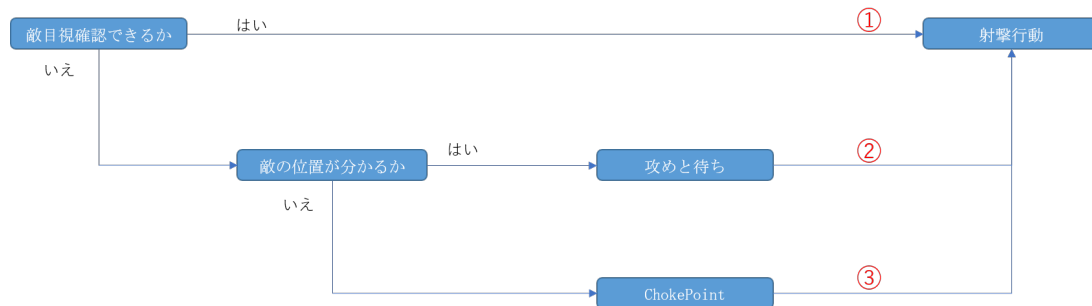


図 2.2 射撃行動シチュエーション

射撃シチュエーションはプレイヤーが操作しているメインキャラクターとすべての敵キャラクターに対して判断を行う。すべてのシチュエーション当たらない敵キャラクターはメインキャラクターから射撃を受ける可能性が低いこととする。

2.2.1 シチュエーション①：直視

シチュエーション直視は敵を直接目視確認できるシチュエーションと想定する。敵キャラクターがプレイヤーのキャラクターの視野角内に存在する且つキャラクターの間に遮蔽物が存在しないことをこのシチュエーションの判断条件とする。

2.2.2 シチュエーション②：攻めと待ち

シチュエーション攻めと待ちは敵を目視確認できていないが、敵の位置は把握しているしているシチュエーションと想定する。一定時間内に敵を目視できてったが今は遮蔽物に隠れた、あるいは目視以外の手段で敵の位置情報を獲得した場面はシチュエーション②と③に当たる。シチュエーション攻めと待ちは敵の位置を把握した後に行う行動により区別する。積極的に攻めていくのをシチュエーション攻め、敵を待ち構えるのをシチュエーション待ちとする。シチュエーション①である対象がシチュエーション①でなくなってからの5秒間をシチュエーション②の判断条件とする。

2.2.3 シチュエーション③:ChokePoint

FPS ゲームのマップデザインにおいては、ChokePoint を意図的に設置するのが一般的である。ChokePoint とは、攻撃側が目的地に到達する前に防衛側の抵抗にあうマップ上のエリアのことである。ChokePoint では戦闘が頻発し、敵がいる可能性の高いエリアとしてプレイヤーに認識されている。FPS ゲーム試合において、敵が実際にいるかどうかと関係なく、ChokePoint でのクリアリングが重要である。ここで、クリアリングとは敵が隠れているもしくは待ち構えている可能性が高い場所を確認する作業のことである。

図 2.3 に ChokePoint の例を示す。



図 2.3 CS:GO の ChokePoint © Value Corp. 2000

ChokePoint の範囲内に入ることをシチュエーション③の判断条件とする。

各シチュエーションにおいて、具体的に射撃行動に影響する要素の分析を行った。結果として、

射撃行動に影響する要素は主に五つにまとめた。“距離”、“角度”、“経過時間”、“遮蔽物”と“特定エリア”である。

2.3 切り替え優先順位

前述した五つの要素により、画面切り替えの優先順位を決める。本研究では、プレイヤーが一定時間内に射撃行動を行う可能性を“射撃傾向”(S)と呼ぶ。Sの得点が高ければ、該当プレイヤーに射撃行動を取る可能性が高いとし、観戦画面を該当プレイヤーに切り替える優先度が高いと判断する。

Sは、式2.1を用いて算出する。 $S_1 \sim S_5$ は各要素が射撃傾向に与える影響を表す。 $W_1 \sim W_5$ は各要素につける重みとする。各シチュエーションにおいて各要素の重要度が異なるため、シチュエーションごとに $W_1 \sim W_5$ が異なる。重みは、システムの利用者が事前にマップやシチュエーションなどの状況に応じて手動で調整する。各射撃シチュエーションにおいて、重要度の要素の重みを高め、他の要素の重みを低めに設定する。

$$S = S_1W_1 + S_2W_2 + S_3W_3 + S_4W_4 + S_5W_5 \quad (2.1)$$

2.3.1 S_1 : 距離

S_1 は該当プレイヤーのキャラクターと敵キャラクター間の距離が射撃傾向に与える影響を表す。 N は至近距離を意味する。至近距離以内に入る敵キャラクターが射撃傾向に与える影響を最大 A とする。近距離では射撃傾向への影響は高いが、遠くなると影響が激しく小さくなる。式2.2に S_1 の計算式を示す。

$$S_1 = \begin{cases} (x - N)^{-1} & (x > N) \\ A & (N > x > 0) \end{cases} \quad (2.2)$$

2.3.2 S_2 : 角度

S_2 は該当プレイヤーのキャラクターの射線と視野角内にいる敵キャラクター方向の角度が射撃傾向に与える影響を表す。視野角の左右上限が $\pi/4$ とする。敵キャラクターがプレイヤーキャラ

クターの射線に近いほど射撃傾向が高くなる。図 2.4 に視野角を示す。

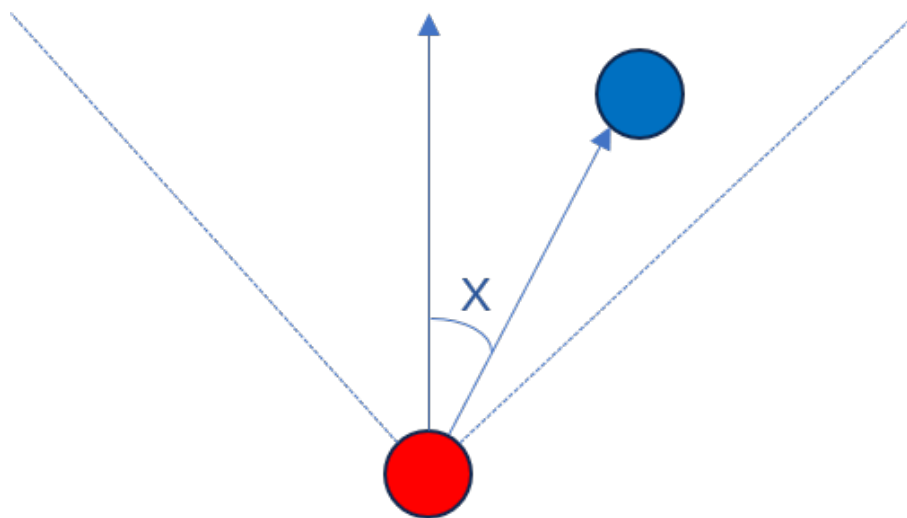


図 2.4 視野角

式 2.3 に S_2 の計算式を示す。

$$S_2 = \cos(2x), (\pi/4 > x > 0) \quad (2.3)$$

2.3.3 S_3 : 経過時間

S_3 は該当プレイヤーの画面から敵キャラクターが消えた (視野角外か遮蔽物の後ろに入る) 時間が射撃傾向に与える影響を表す。式 2.4 に S_3 の計算式を示す。

$$S_3 = 1/x, (x > 0) \quad (2.4)$$

2.3.4 S_4 と S_5 : 遮蔽物と特定エリア

S_4 は該当プレイヤーのキャラクターと敵キャラクターの間に遮蔽物があるか否かにより値が変わる。式 2.5 に S_4 の計算式を示す。

$$S_4 = \begin{cases} 1 & (\text{Shield}) \\ 0 & (\text{NoShield}) \end{cases} \quad (2.5)$$

S_5 は該当プレイヤーのキャラクターがマップ上の特定エリアに入っているか否かにより値が変わる。式 2.6 に S_5 の計算式を示す。

$$S_5 = \begin{cases} 1 & (\text{InChokePoint}) \\ 0 & (\text{NotInChokuPoint}) \end{cases} \quad (2.6)$$

2.4 自動切り替え操作

キャラクターが、敵キャラクター全員に対して射撃シチュエーション判断を行う。判断した射撃シチュエーションの重みにより、各射撃シチュエーションにおける射撃傾向を式 2.1 を用いて算出する。算出した各射撃シチュエーションの射撃傾向の一番高いものを、当キャラクターの射撃傾向 S とする。図 2.5 に一人のキャラクターの S 算出の流れを示す。

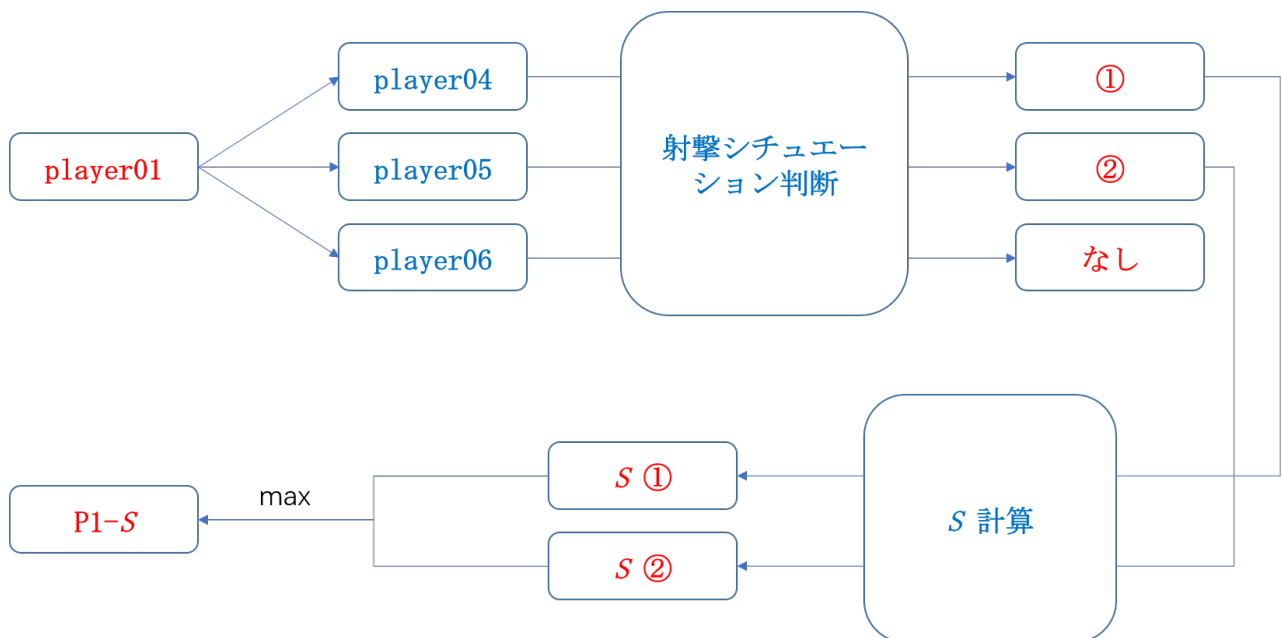


図 2.5 S 算出流れ

すべてのキャラクターに対して射撃傾向 S の算出を行う。 S の一番高いキャラクターがその時点で一番射撃を行う可能性の高いキャラクターと考え、カメラの切り替え目標とする。図 2.6 にカメラ切り替え目標の決め方を示す。

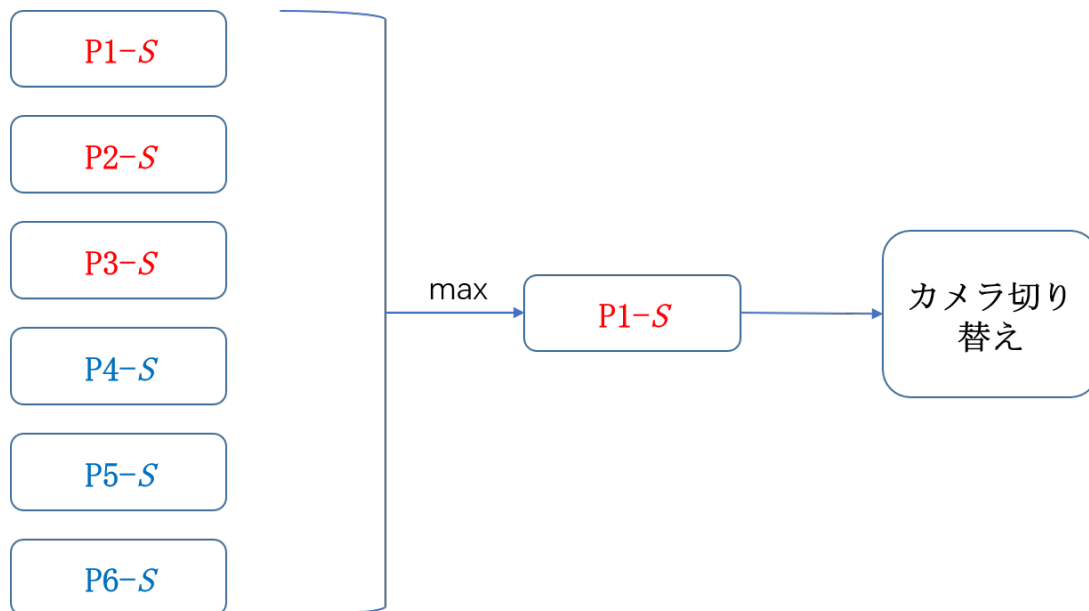


図 2.6 S で切り替え目標を決める

また、 S の一番高いキャラクターが頻繁に変化する場合、カメラが急速に入れ替えることを防ぐため、切り替えた時点から 1 秒間は切り替えは行わないものとした。1 秒経過した時点で S が最も高いキャラクターに改めてカメラの切り替え目標を変更する。 S が一番高いキャラクターが同時に複数が存在する場合、キャラクター ID が小さいキャラクターを優先とする。

第 3 章

実装

本研究は実際の試合状況を再現するために、最大3対3のマルチプレイヤーFPSゲームをゲームエンジンUNITYを用いて自作した。自作したゲームにはPlayモードとObserverモードを実装した。図3.1にメニュー画面を示す。

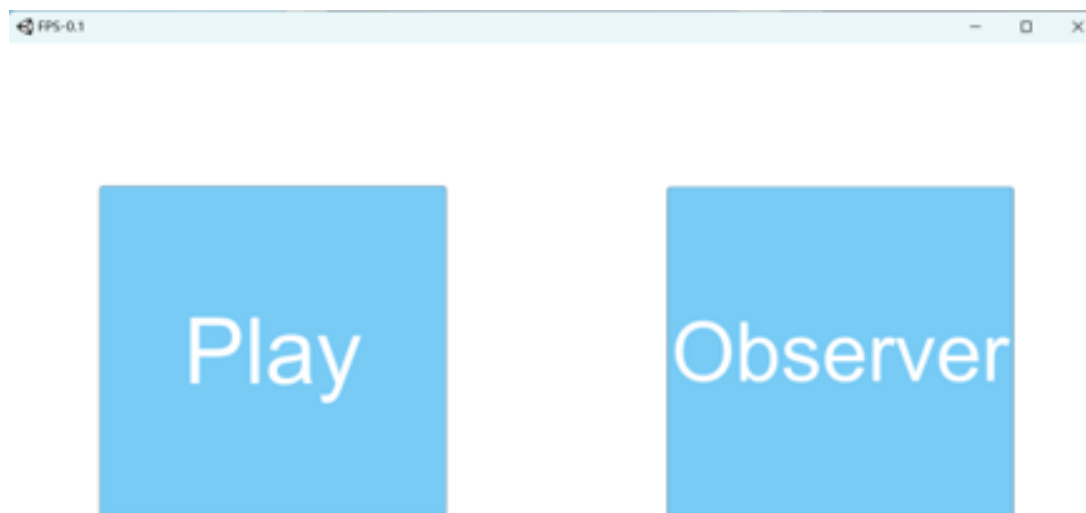


図 3.1 メニュー画面

3.1 マップ説明

ゲームのマップは壁に囲まれ、四方形となる。赤チームのリスポーンポイントはマップの右側に設置しており、青チームは逆の左側となる。マップの上部、中央、下部に両チームの陣地をつなぐ通路を三つ設置しておく。三つの通路をつなぐ縦通路を設置しておく。各通路に障害物を設置しておく。図3.2と3.3にマップの説明とマップに設置したChokePointを示す。

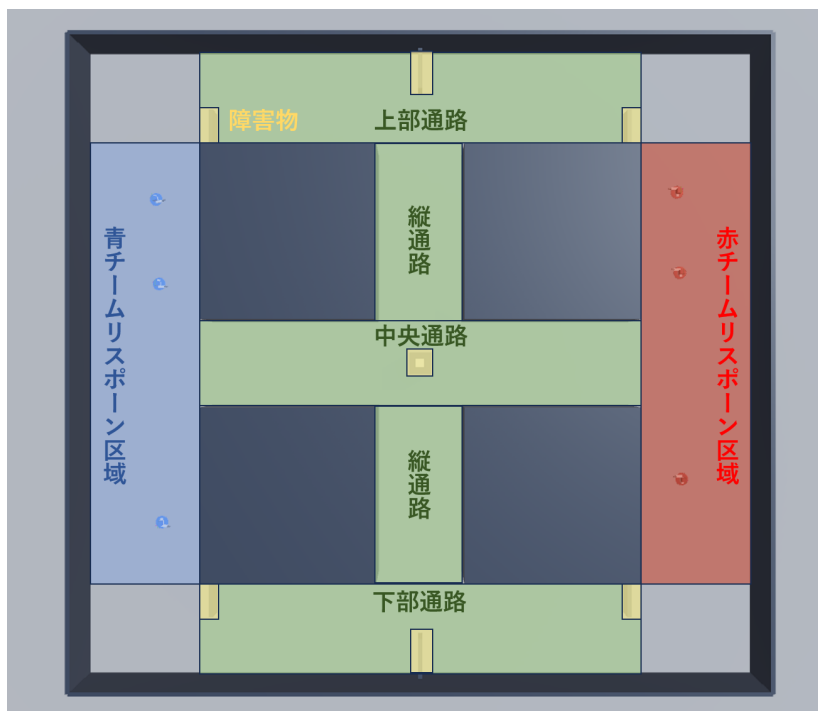


図 3.2 ゲームマップ

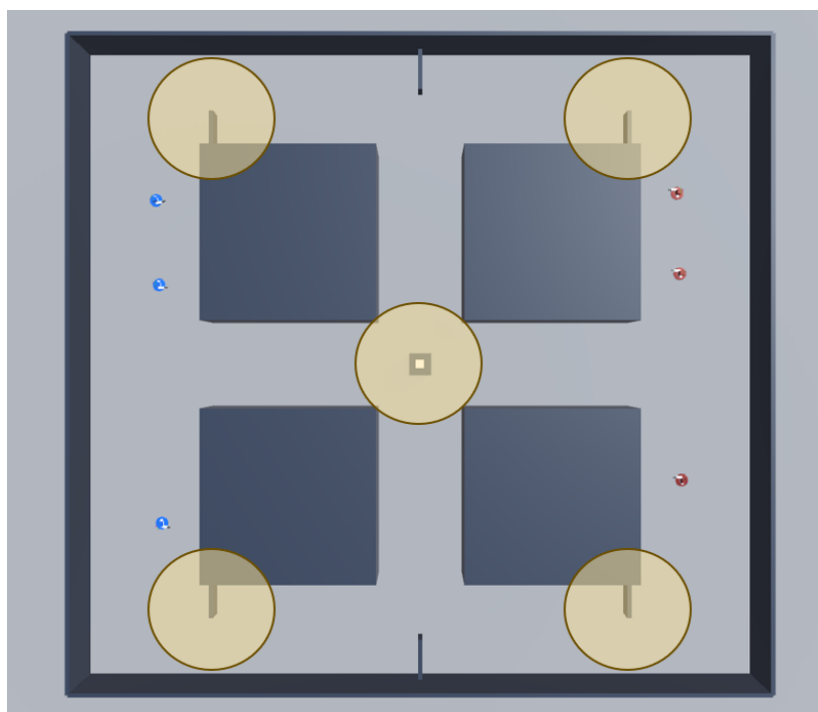


図 3.3 ChokePoint 設置

3.2 Play モード

Play モードを選択すると、プレイヤーのキャラクターがマップ上にリスポーンされる。図 3.4 にプレイヤーのモデルを示す。

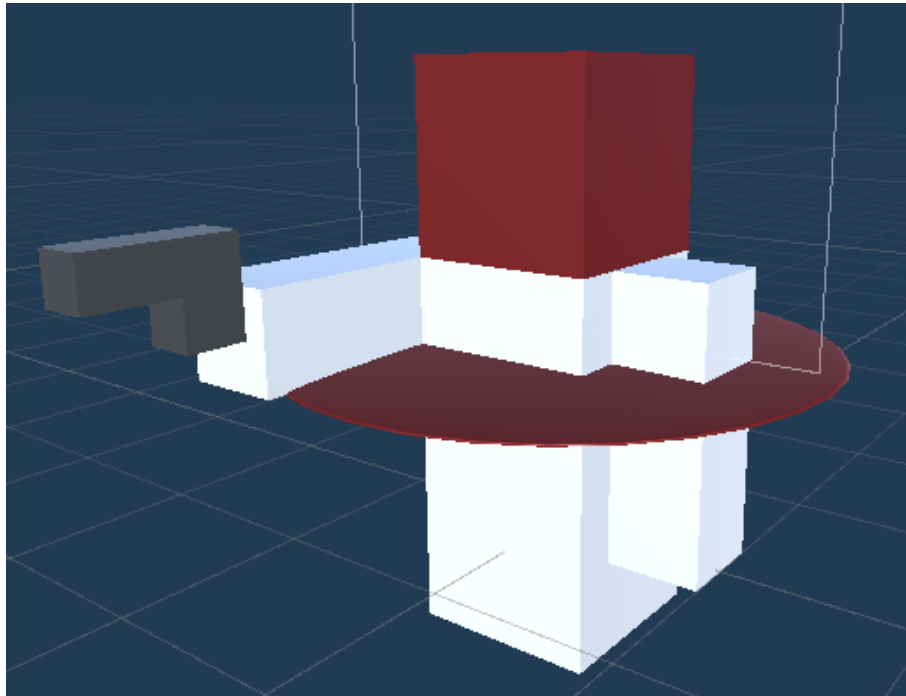


図 3.4 プレイヤーモデル

プレイヤーができる操作と操作方法は下記のようになる。

- 移動 (キーボード w,a,s,d)
- ジャンプ (キーボードスペース)
- 視角調整 (マウス)
- 射撃 (マウス左クリック)

プレイヤーの画面の右上に自分のキャラクターを追従する俯瞰カメラが表示される。図 3.5 に Play モード画面を示す。

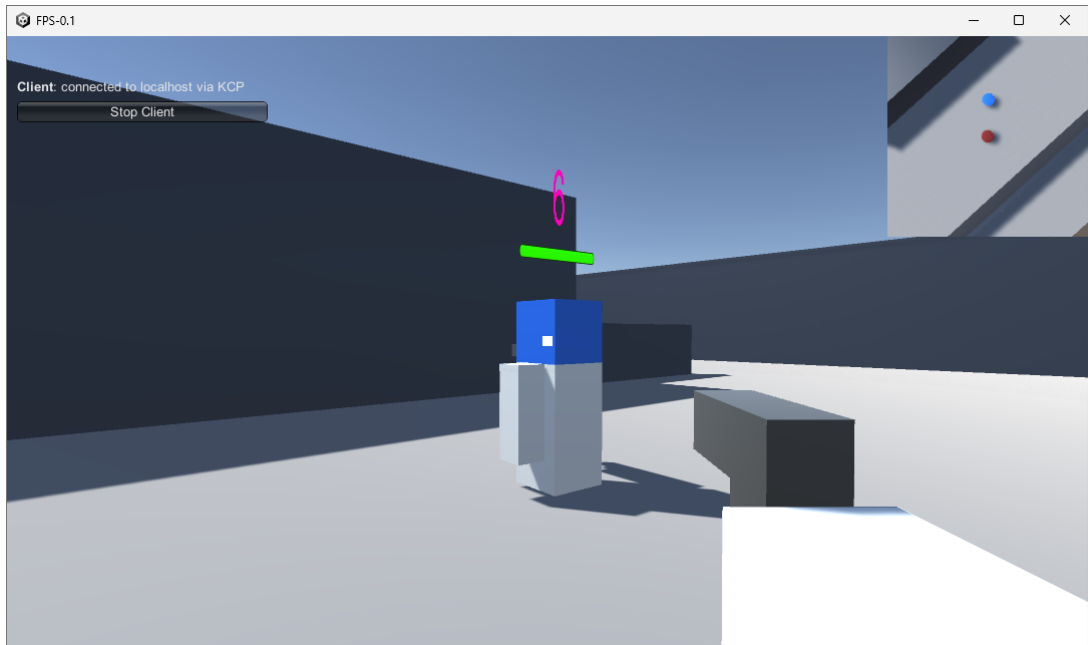


図 3.5 プレイヤー画面

キャラクターが射撃に当たると体力が減る。すべての体力がゼロになるとキャラクターが倒される。キャラクターの体力は射撃を三回まで耐えられる。図 3.6 が二回射撃を受けた体力の減少を示す。

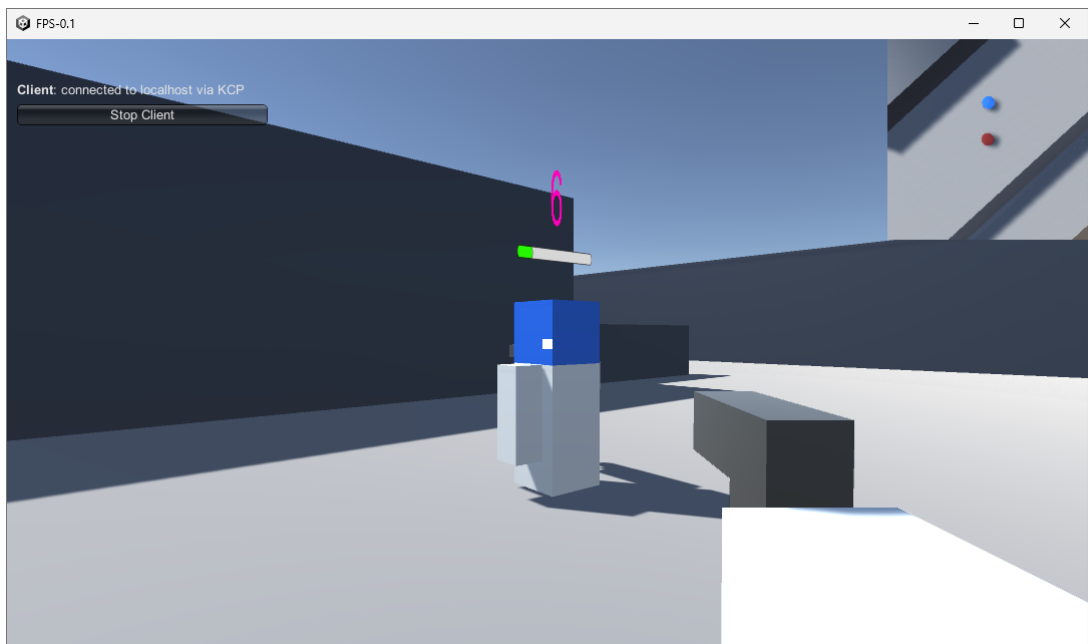


図 3.6 体力減少

3.3 Observer モード

Observer モードを選択すると、最初にマップ全体を見渡す俯瞰カメラの視点となる。図 3.7 に俯瞰カメラを示す。

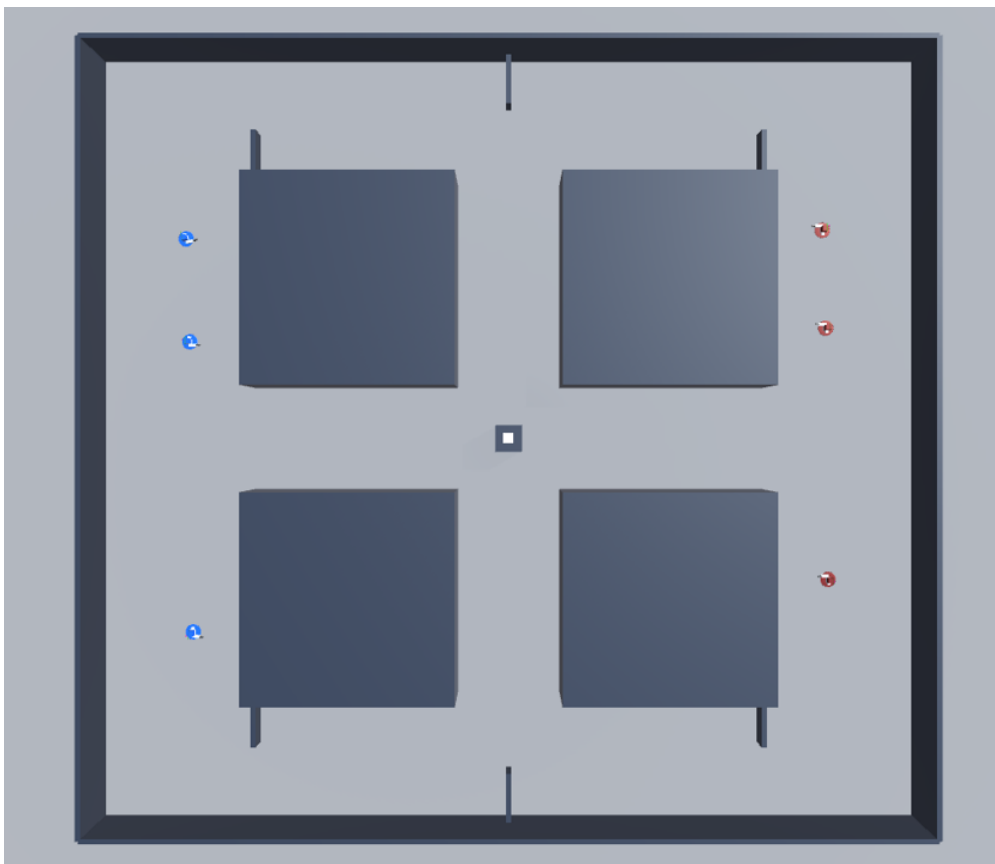


図 3.7 俯瞰カメラ

Observer モードでの操作は下記のようなになる。

- 俯瞰カメラに切り替える（キーボード 0）
- キャラクターの第一人称視点カメラ（カメラの視線とキャラクターの視線が一致したカメラ）に切り替える（キーボード 1~6）
- カメラ自動切り替え機能 on/off（キーボード o）

Observer システムの自動切り替え機能は、第 2 章で述べた手法により、カメラの切り替え目標

を判断する。

第 4 章

検証

4.1 実験内容

本研究の評価実験として、本文で述べた手法を使用したカメラ自動切り替えの場合と人手でのカメラ切り替えを操作する場合にどんな差異があるかを検証した。また、手法を使用した場合と人手で操作する場合での観戦者の体験についてアンケートを用いて検証を行った。

実験では、6名のプレイヤーで第4章で述べた実装内容を用いて下記の条件で試合を10回行った。

- プレイヤー数：6
- 試合形式：3対3チーム戦
- 試合時間：2分
- 勝利条件：敵チーム全員を倒すあるいは試合終了時に敵チームより生存キャラクターが多い（試合終了時に各チームの生存キャラクターが同数の場合は再試合をする）

各試合の進行手順は下記である。

- 試合準備：各キャラクターがリスポーンされ、開始地点（リスポーン区域内の任意地点）に移動
- 試合開始：各プレイヤー自由操作開始、筆者がカメラ操作と時間計測開始
- 試合終了：各プレイヤー操作停止、筆者がカメラ操作と時間計測停止

各試合に本研究が提案した手法と人手でカメラを操作する方法をそれぞれ5試合に適用させ、下記のデータを集計した。

- 捉えたキル数：キルを取ったキャラクターの第一人称視点カメラが映されている状態で取ったキル数
- 映ったキル数：キャラクターが倒された様子が Observer システムに映されたすべてのキル数（第一人称視点カメラが映されているキャラクターがキルされる場合を含む）
- 総キル数：試合に発生したキルの総数
- 捉え率：捉えたキル数が総キル数に占めた割合

- 映し率：映ったキル数が総キル数に占めた割合

すべての試合が終了した後、本研究が提案した手法を適用した試合動画の一つを A とし、人手で操作する試合動画の一つを B とする。FPS ゲームの経験者 5 名と非経験者 5 名に動画 A と動画 B を見てもらい、アンケート調査を行った。アンケートに回答してもらった人にはどの動画が手法適用した動画を知らせないことにした。

アンケートは下記の内容で行った。

- (動画 A に対して) 試合展開の分かりやすさはどうでしたか？
- (動画 A に対して) 観戦の没入感はどうでしたか？
- (動画 A に対して) カメラの切り替えタイミングはどう思いましたか？
- (動画 A に対して) 観戦時にストーリー性を感じましたか？
- (動画 B に対して) 試合展開の分かりやすさはどうでしたか？
- (動画 B に対して) 観戦の没入感はどうでしたか？
- (動画 B に対して) カメラの切り替えタイミングはどう思いましたか？
- (動画 B に対して) 観戦時にストーリー性を感じましたか？

すべての設問は 1 をネガティブ評価、10 をポジティブ評価とした 10 段階評価で行った。

4.2 実験データ

全部 10 試合で集計したデータが下記のようなになった。表 4.1 は手法適用した試合データである。表 4.2 は人手で操作した試合データである。

表 4.1 手法適用した試合データ

	捉えたキル数	映ったキル数	総キル数	捉え率	映し率
試合 1	4	4	5	80.0%	80.0%
試合 2	2	4	5	40.0%	80.0%
試合 3	2	2	3	66.7%	67.7%
試合 4	2	3	4	50.0%	75.0%
試合 5	3	4	5	60.0%	80.0%
合計	13	17	22	59.1%	77.3%

本研究が提案した手法を適用した 5 試合では、合計 22 回のキルが発生した。そのうち 13 回がキルの第一視点を捉えた。画面に映ったキル数が 17 回となった。

表 4.2 人手で操作した試合データ

	捉えたキル数	映ったキル数	総キル数	捉え率	映し率
試合 6	2	4	4	50.0%	100.0%
試合 7	1	1	3	33.3%	33.3%
試合 8	3	4	5	60.0%	80.0%
試合 9	2	4	5	40.0%	80.0%
試合 10	1	3	4	25.0%	75.0%
合計	9	16	21	42.9%	76.2%

人手で操作した 5 試合では、合計 21 回のキルが発生した。そのうち 9 回がキルの第一視点を捉えた。画面に映ったキル数が 16 回となった。

参考として表 4.3 に大会データを示す。データ源とした試合は Valorant champions tour 2023 Masters Tokyo day7 LOUDvsEDG map1 である。

表 4.3 大会データ

	捉えたキル数	映ったキル数	総キル数	捉え率	映し率
試合 1	5	7	7	71.4%	100.0%
試合 2	3	3	5	60.0%	60.0%
試合 3	2	4	6	33.3%	66.7%
試合 4	3	6	7	42.9%	85.7%
試合 5	2	5	8	25.0%	62.5%
試合 6	4	8	8	50.0%	100.0%
試合 7	2	7	8	25.0%	87.5%
試合 8	3	4	5	60.0%	80.0%
試合 9	1	7	8	12.5%	87.5%
試合 10	1	5	7	14.3%	71.4%
試合 11	4	7	9	44.4%	77.8%
試合 12	3	7	7	42.9%	100.0%
試合 13	4	8	8	50.0%	100.0%
試合 14	3	6	9	33.3%	66.7%
試合 15	5	7	8	62.5%	87.5%
試合 16	4	5	7	57.1%	71.4%
試合 17	3	5	6	50.0%	83.3%
試合 18	1	4	5	20.0%	80.0%
試合 19	3	4	6	50.0%	66.7%
合計	56	109	134	41.8%	81.3%

4.3 アンケート調査結果

4.1 節で述べたアンケート調査を行った。表 4.4 と表 4.5 は手法適用したアンケート結果と人手で操作したアンケート結果である。

表 4.4 手法適用したアンケート結果

	分かりやすさ	没入感	切り替えタイミング	ストーリー性
経験者 A	8	5	8	1
経験者 B	10	7	7	5
経験者 C	8	7	8	2
経験者 D	6	6	7	0
経験者 E	8	3	5	2
経験者平均	8	5.6	7.0	2
非経験者 A	5	6	6	3
非経験者 B	6	3	3	3
非経験者 C	10	7	9	5
非経験者 D	9	4	9	7
非経験者 E	6	5	7	2
非経験者平均	7.2	5	6.8	4
全員平均	7.6	5.3	6.9	3

表 4.5 人手で操作したアンケート結果

	分かりやすさ	没入感	切り替えタイミング	ストーリー性
経験者 A	6	7	7	5
経験者 B	10	5	5	5
経験者 C	8	2	2	2
経験者 D	8	6	7	3
経験者 E	5	5	3	7
経験者平均	7.4	5	4.8	4.4
非経験者 A	2	6	4	2
非経験者 B	6	3	0	0
非経験者 C	6	4	7	5
非経験者 D	8	4	3	3
非経験者 E	3	3	5	2
非経験者平均	5	4	3.8	2.4
全員平均	6.2	4.5	4.3	3.4

手法適用したアンケートの調査結果として、分かりやすさ、没入感、切り替えタイミング、ス

ストーリー性の平均得点は7.6、5.3、6.9、3となった。

人手で操作したアンケートの調査結果として四つの項目は6.2、4.5、4.3、3.4となった。

参考として実際の大会の動画についての感想も同じ内容のアンケートで調査を行った。結果は表4.6に示す。

表 4.6 大会アンケート結果

	分かりやすさ	没入感	切り替えタイミング	ストーリー性
経験者 A	8	8	8	8
経験者 B	10	10	7	9
経験者 C	9	7	10	10
経験者 D	8	9	8	7
経験者 E	6	10	6	9
経験者平均	8.2	8.8	7.8	8.6
非経験者 A	8	8	8	6
非経験者 B	7	10	9	7
非経験者 C	8	7	7	9
非経験者 D	8	9	6	6
非経験者 E	9	8	8	8
非経験者平均	8	8.4	7.6	7.2
全員平均	8.1	8.6	7.7	7.9

4.4 考察

手法適用した場合と人手で操作する場合を比較すると、映し率が大きな違いがなかったが、捉え率では手法を適用した方がよりいい結果が出た。手法を適用した試合では、遠距離から突発的なキルにはカメラの切り替えができたが、人手で操作する場合は間に合うことができなかった。また、人手で操作する試合では、戦闘の発生に間に合ったが、視点に切り替えたキャラクターが倒されたシーンがいくつかあった。それに対して、手法を適用した試合では、同じシーンで撃ち合いに勝ったほうの視点に切り替えた確率が大きかった。それが映し率より捉え率がよりいい結果が出た原因の一つだと考える。プロが操作した試合でも同じ傾向が見られた。カメラを切り替えてからキルに繋がらなかったケースは、手法適用した試合と人手で操作した試合両方に見られた

が、手法適用した試合ではより少なかった。

しかし、手法を適用した試合では、プレイヤーが集団で行動する場合、カメラが集団の1人に集中し、集団であることを観戦者に分からせることができない可能性が生じる。また、ゲーム序盤でキルの発生が少ない段階は、カメラが長時間動かない状況も観測された。

表 4.7 に試合データの捉え率と映し率を標本とした t-検定の結果を示す。

表 4.7 試合データの捉え率と映し率を標本にした t-検定結果

	捉え率	映し率
P 値	0.0915	0.8189

捉え率と映し率の P 値が 0.0915 と 0.8189 となった。両方において、有意差が見られなかったが、捉え率において、本手法の適用は有意傾向があると考えられる。

アンケート調査の結果に関しては、分かりやすさにおいて、経験者の平均得点は大きく変わらなかったに対し、非経験者の評価は全体的に上がった。没入感において、両方に明らかな差異がなかったと考える。切り替えタイミングにおいて、手法適用した場合は人手で操作した場合より大きな改善が見られた。ストーリー性において、両方とも低い評価となった。また、両方とも大会のアンケート結果と大きな差があった。

検証の結果、手法適用した試合でのキル捉え率の上昇が見られた。このことから本研究の提案手法はキルシーンを見逃さないようなカメラ切り替えの実現に効果があると考えられる。また、アンケート調査の分かりやすさと切り替えタイミング項目の結果から、本手法により観戦体験の改善も認められた。

表 4.8 に手法適用後と人手で操作する場合のアンケート各項目を標本にした t-検定の結果を示す。

表 4.8 アンケート各項目を標本にした t-検定結果

	分かりやすさ	没入感	切り替えタイミング	ストーリー性
P 値	0.0445	0.2800	0.0023	0.6704

分かりやすさ、没入感、切り替えタイミング、ストーリー性それぞれの P 値が 0.0445、0.2800、0.0023、0.6704 となった。分かりやすさと切り替えタイミングにおいて、本手法の適用により有

意差が見られた。

第 5 章

まとめと展望

FPS 対戦ゲームでは、プレイヤー人数が多いかつ試合展開が速いため、人手での観戦カメラの切り替えを操作するのが難しい。

本研究ではプレイヤーが FPS 対戦ゲームにおける射撃シチュエーションと影響要素について分析した。その上に観戦者が FPS 試合のキルシーンを見逃さないような Observer システムのカメラ自動制御手法を提案した。その後提案した手法を適用した場合と人手で操作した場合を比較した。

結果として、手法適用後のキルシーンの映し率は大きな違いが見られなかったが、捉え率の上昇が確認できた。また、アンケート調査の結果によると、手法の適用は観戦体験の改善に有効であることがわかった。

しかし、同じくアンケート調査の結果から、分かりやすさと切り替えタイミングにおいて効果が見られたが、没入感とストーリー性においては人手操作と比較して有効性を示せなかった。特に、全体的にプロによる操作の水準には及ばなかった。また本研究において、考慮しなかった点としては、試合序盤と戦闘時にキルが発生するスパンが変化するため、別々のアルゴリズムを構築した方がよりいい結果が出ると考える。さらに、提案した手法は多対多の計算を行うため、キャラクター数が上がると計算にかかるコストが大幅に上昇する可能性がある。今後の展望として、プロのカメラ操作を分析し、没入感とストーリー性を考慮した計算コストが少ないカメラ切り替え手法に改善したい。本研究はゲーム内のキャラクター情報しかカメラ切り替えの影響要素として考えなかったが、未来の課題として、需要に応じて影響要素をカスタムできるような Observer システムも実現したい。検証実験において、人手で操作した試合のカメラ切り替えは筆者によって制御されており、信頼性が完全とは言い難い。今後、第三者による検証実験を追加し、より信頼性の高い検証実験を行う必要があると考える。

謝辭

研究を行ってきた三年間には、多くの方々から助けや協力をいただきました。彼らに感謝の気持ちを述べたいと思います。

最初に、留学生の私をこころよく受けていただいた渡辺先生に感謝を申し上げます。この三年間は、渡辺先生なしでは乗り越えられないものです。CGプログラミングと数学の授業や日常に行われた研究室のミーティングなど、いつも丁寧に辛抱強く私を指導してくれました。学会などに詳しくない私にたくさんアドバイスとサポートをいただき、とても助かりました。論文の作成において、内容を添削してくれたり、不自然な日本語を直してくれたり、ありがとうございました。研究や日常の中でも、外国人である留学生たちに配慮し、日本の文化に触れる機会を作り、一緒に山登りなどのイベントを企画し、ほんとにありがとうございました。日本で楽しい生活を送れたのは、渡辺先生のおかげです。

阿部先生には、研究の助言やアドバイスをたくさんいただきました。研究がなかなか進めない時でも、優しい言葉で励んでくれました。おかげさまで頑張ってきました。また、発表においてのポスター、論文の印刷、研究室の設備管理まで、阿部先生が居たから三年間不便なく研究を行いました。ありがとうございました。

三上先生には、研究の参考になれる意見をいただきました。特に実際のFPSゲーム大会の舞台裏側の仕事風景を見学できる機会をいただき、とても感謝いたします。おかげさまで、一流のゲーム内カメラマンと話すことができました。非常に参考になりました。

お忙しい中、論文の主査、副査に担当していただいた太田先生、兼松先生、榊先生に感謝いたします。予備審査の時、貴重な意見をいただきました。ありがとうございました。

各学会、学内での発表にてご指摘やご意見をいただいた方々に感謝いたします。

実験、調査に協力していただいたみんなに感謝いたします。

ともに日々を暮らしてきた研究室のメンバーたちに感謝します。同じ道を一緒に歩いて来たから、孤独ではありませんでした。コロナでなかなか顔を合わせるのができなかったが、日本人のみんなと異文化間の交流ができて嬉しいです。

日本に来て出会った友人たちに感謝します。新しい世界に飛び込んだ私が、一人で寂しい気持ちに耐える必要なく、楽しい毎日を過ごせました。たくさんの方に付き合ってください、常に喜びと楽しみを与えてくれてありがとうございます。アルバイトで知り合った皆さん、仲間に入れ

てくれてほんとにありがとうございます。皆さんの歌声を思い出すたびに微笑みます。また、異国で一緒に頑張っている同胞諸君、あなたたちは常に私の心を支えています。ともに笑い、ともに悩んで来たあなたたちの姿がそばにいたから私も頑張っここまで来られました。皆さんとの繋がりはきっと一生の宝物になります。これからも私と仲良くしてください。

最後に、こんな不器用な息子をなにも文句なし、支持してくれた両親に感謝します。大学4年卒業寸前にもかかわらず、いきなり留学したいと言い出した私を許してくれてありがとう。27年の月日も費やして、いまだに自立しきれてないことにとっても悔しく思います。言葉だけではご恩への感謝は語りきれなく、必ず恩返しをします。

皆様、心からありがとうございました。

参考文献

- [1] 拓也芸武田. e スポーツとゼロ年代以前のゲーム大会との関連性に関して. 日本デジタルゲーム学会 夏季研究発表大会 予稿集, Vol. 2023, No. 0, pp. 84–89, 2023.
- [2] Riot Games. Valorant. <https://playvalorant.com/ja-jp/>. 参照: 2023.11.15.
- [3] 安川幸利. e スポーツを“魅せる”ゲーム内カメラマンという職業. <https://news.mynavi.jp/article/20190424-856837/>. 掲載日: 2019.04.24.
- [4] 原田. 大会のインゲームカメラってどんな人がしてるの? <https://package-inc.com/contents/453360>. 掲載日: 2021.09.01.
- [5] PacificMeta マガジン編集部. Fps ゲームで使う ttk の意味とは? 【ゲーム用語集】. <https://pacific-meta.co.jp/magazine/esports/glossary/50247/>. 掲載日: 2021.09.26.
- [6] 八木聖太, 梶並知記. Fps ゲームの実況解説における補足情報の検討. 日本デジタルゲーム学会 夏季研究発表大会 予稿集, Vol. 2023, No. 0, pp. 131–135, 2023.
- [7] 藤田俊貴, 首藤一幸, 西川武志, 大西真晶. 撮影画像評価に基づく複数カメラ制御手法. 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 41.5, No. 0, pp. 321–326, 2017.
- [8] 裕貴佐々木, 英裕大城, 啓二行天, 倫一郎谷口, 宗裕木村, 誠喜井上. 試合状況ベクトルに基づいたカメラ制御に関する検討. 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, Vol. 2015, No. 0, pp. 338–339, 2015.
- [9] 箱崎浩平, 藏野隼二, 青木義満. スポーツ映像を用いた自動カメラ制御のための顕著性探索 (若葉研究者の集い 4, サマーセミナー 2015～実用分野を切り拓き、価値を生み出すビジョン技術～). 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 39.30, pp. 47–50, 2015.
- [10] 藤本和, 牛尼剛聡. 少量の実況ツイートからの状況推定モデルとスポーツ観戦支援. 第 13 回 データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, Vol. -, , 2021.
- [11] 高橋康太, 三須俊枝, 久富健介. 予測モデルを用いたサッカー中継用 ai ロボットカメラ装置による試合会場での自動撮影実験. 映像情報メディア学会誌, Vol. 77, No. 5, pp. 690–693, 2023.
- [12] 井口泰典, 土居元紀, 眞鍋佳嗣, 千原國宏. スポーツ映像放送のための実時間映像解析によるマルチカメラの自動制御と自動スイッチング. 映像情報メディア学会誌, Vol. 56, No. 2, pp. 271–279, 2002.

- [13] 清水大輔, 西原陽子, 山西良典. 持ち駒の指されるタイミングと一手の価値の可視化による初心者向け将棋観戦支援インタフェース. Web インテリジェンスとインタラクション研究会 予稿集, Vol. 13, pp. 11–14, 2018.
- [14] Christie Marc, Olivier Partick, and Normand Jean-Mare. The full spectrum warrior camera system. *COMPUTER GRAPHICS forum*, Vol. 27, pp. 2197–2218, 2008.
- [15] 加藤淳也, 哲夫住谷, 亮文井上, 寛重野, 謙一岡田. タイムシフトを用いた会議中継カメラの自動スイッチング手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 3, pp. 915–923, mar 2006.
- [16] 坂本奨馬, 末吉紘大, 岡島寛. 動画像に対する切り替えを含む仮想カメラワークの実装. 計測自動制御学会論文集, Vol. 56, No. 11, pp. 514–520, 2020.
- [17] Galvane Qunetin, Christie Marc, Line Christophe, and Ronfard Remi. The full spectrum warrior camera system. *Proceedings of the 8th ACM SIGGRAPH Conference on Motion in Games*, pp. 151–157, 2015.
- [18] Gleicher Michael and Witkin Andrew. The full spectrum warrior camera system. *Proceedings of the 19th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp. 331–340, 1992.
- [19] 東海彰吾, 翔太樋口, 博行長谷. 多視点映像の切替え提示による注目対象誘導のための視点間画像補間による滑らかな視点切替えの一手法. Technical Report 27(2008-CVIM-162), 福井大学大学院工学研究科, 福井大学大学院工学研究科, 福井大学大学院工学研究科, mar 2008.
- [20] 久保 (川合) 南海子, 識名滯亜. e スポーツで応援するとまた観戦したくなる. 2022 年度日本認知科学会第 39 回大会, pp. 1–12, 2022.
- [21] 梶並知記. プレイ意図を伝えるための動画コンテンツを用いた e-sports 観戦支援手法の検討. Web インテリジェンスとインタラクション研究会 予稿集, Vol. 3, No. 0, pp. 79–84, 2013.
- [22] 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, 02 2018.
- [23] 三好颯人. 対戦型格闘ゲームにおける観戦支援テキスト生成. 法政大学大学院紀要. 理工学研究科編, Vol. 64, pp. 1–2, 03 2023.

- [24] 佐藤隼介, 梶並知記. Fps ゲームにおける角待ちに注目した可視化インタフェース. 日本デジタルゲーム学会 年次大会 予稿集, Vol. 12, pp. 23–26, 2022.
- [25] 上松南菜子. ゲームプレイ視聴と e スポーツ観戦の相違に関する実証研究 : プレイヤー配置と視聴者の視線に注目して. 立命館映像学, Vol. 16, pp. 149–199, 03 2023.
- [26] Eva M. Yeung. Viewer interface first person shooter streaming. *Master's thesis, MIT*, 2016.
- [27] John GIors. The full spectrum warrior camera system. *In Game Developers Conference 2004*, 2004.
- [28] ESEA. Gotv for counter-strike: Global offensive (cs:go) released! all new spectator tools revealed! <https://www.youtube.com/watch?v=xIH0DB0HQjA>. 参照: 2024.01.29.
- [29] 廣里直人. Fps ゲームの試合における観戦カメラ ai に関する研究. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部, 2018.
- [30] 李翔, 渡辺大地, 阿部雅樹. Fps 対戦ゲーム実況における観戦カメラの自動制御に関する研究. 日本デジタルゲーム学会 夏季研究発表大会 予稿集, Vol. 2023, No. 0, pp. 142–145, 2023.

発表実績

ポスター発表

- 李翔, 阿部雅樹, 渡辺大地, FPS ゲーム試合におけるカメラ制御に関する研究, 映像表現・芸術科学フォーラム 2023, 2023

口頭発表

- 李翔, 渡辺大地, 阿部雅樹, FPS 対戦ゲーム実況における観戦カメラの自動制御に関する研究, 日本デジタルゲーム学会 2023 年夏季研究発表大会, 2023