

# 2D ゲームのグラフィック表現と心地よいフレームレートの検討

中田知希<sup>†1</sup> 神場知成<sup>†1</sup>

**概要:** ゲームのグラフィック表現は高精細化, リアリティ向上が進んでいるが, 一方ではレトロな印象があるドット絵, あるいはピクセルアートと呼ばれる表現にも根強い人気がある. また, フレームレートについても格闘技系ゲームや一人称シューティングゲームなどであれば高フレームレート化が重要となるが, ピクセルアート系の表現にはむしろ低フレームレートの表示が適している可能性もある. 本研究では 64 x 64 のピクセルアートを対象とし, 60, 48, 30, 24, 12, 6 という 6 種類のフレームレート (fps) による印象の違いに関する検討を行った. 24fps 以下ではさまざまな指標が低かったが, 24fps 以上では必ずしも fps が高いほど印象が良くなるわけではなく, 「見やすさ」「好き」の項目が 30fps 以上で落ちていく傾向も観察された. さまざまな条件下での厳密な比較のためには, さらなる実験が必要である.

## 1. はじめに

ゲーム機の高性能化, 3D グラフィクス技術の向上により高精細・高フレームレートのゲームが増えているが, 一方ではいわゆるドット絵またはピクセルアートと呼ばれる低解像度のグラフィクスを用いたレトロゲームのブームも高まっている. ゲームにおいて, 低解像度で利用色数も少ないグラフィカル表現が使われていても, それらを高精細なゲームと比較したときに, 必ずしも楽しさや快適性などのゲームとしてのユーザエクスペリエンスが劣るというわけではないことは既に認知されていると言って良いだろう.

フレームレートについては, すでに 1980 年代にファミコンは 60 frames/sec(fps)の表示性能を持っており, 最近のゲーム機はさらに 120fps のものなども多いが, 画像の高精細化ほどには変化していないように見える. テレビ (30fps), 映画 (24fps) などを考慮しても, 人間の知覚の特性上, 上限を必要以上に高めることには大きな意義がないと考えられるが, 逆に低フレームレートを考えると, いわゆるパラマンガと呼ばれるものなどが秒数コマ (たとえば 5fps 程度) を表示することでかえって魅力を持つ場合もある.

本稿では, 技術的には画像が低解像度でも高精細でも同程度のフレームレートで表示可能な状態において, 低解像度のピクセルアートを用いた時と高解像度のグラフィクス表現を用いた時で, プレイヤーが心地よく感じるフレームレートに相違があるかについて実験による検討を行う.

## 2. 関連研究

ゲームではなく一般のビデオにおいて Apteker 等は映像に関する複数の条件と見やすさとの関係を調べ, フレームレートが低いほどユーザはビデオの品質を低く感じると述べている[1].

Claypool 等は一人称シューティングゲームにおいて, フレームレートと解像度がゲームプレイヤーのパフォーマンスに与える影響を調査し, 特にフレームレートの影響が大きく, 3 フレーム/秒などの低フレームレートではプレイヤーが対象を狙うことが難しくなると述べ[2], Liu, Claypool 等は, フレームレートの平均値だけでなく変動 (標準偏差等) がゲームプレイヤーの体験品質 (QoE) に影響を与えることを示した[3]. シューティングゲームはプレイヤーの反応・操作スピードがスコアに直結しており, それがすぐに表示に反映される重要性は高い.

ディスプレイ画面のインタフェースではなく, バーチャルリアリティ (VR) でヘッドマウントディスプレイを装着した環境でフレームレートがユーザ体験に与える影響について調べた研究も多く, たとえば 120fps 以上ではシミュレータ病が少なくなることなどが示されている[4].

このように, 近年のグラフィクス性能の向上を背景として高解像度, 高フレームレートの映像によるプレイヤー体験の向上についての研究は多いが, 冒頭に述べたレトロゲームのような, むしろ低解像度の画像 (以下, ピクセルアートと呼ぶ) を用いて, フレームレートがゲームの面白さ, 快適性に与える影響についての研究はあまり見られない.

しかしピクセルアートは今後も一定の人気があると思われる, Zufri 等は低解像度を想定したピクセルアートのようなスタイルが依然として影響力を持ち, 多くのデザイナーやアーティストがゲーム形式で用いている状況について, ピクセルアートがシンプルなアニメーションとカメラアングルに適することや, 固定パレットと限られた色数の表現がキャラクターに影や深みを与えると述べている[5].

本稿ではこのような視点に立ち, ピクセルアートを利用したゲームにおいて, どのようなフレームレートを人間が心地よいと感じるかの調査を行う.

<sup>†1</sup> 東洋大学 情報連携学部 (INIAD)

### 3. 実験

ドット絵のグラフィック表現（以下、ピクセルアートと呼ぶ）を採用した 2D ゲームのシーンを被験者にプレイしてもらい、[60, 48, 30, 24, 12, 6] fps（フレーム/秒）の 6 段階のフレームレートが与える印象をアンケートで評価した。

#### 3.1 ピクセルアートの作成

キャラクターの動きについては最近のアニメーション制作方法で一般的に用いられる自然なものとなるよう、まず 3D モデルのキャラクターが前方に走るアニメーションを作成して平行投影のカメラで横方向から撮影し、それをトレースして 64x64 ピクセルの画像にする手法をとった。

具体的には、まずピクシブ社の 3D キャラクター制作ソフトウェア VRoidStudio (<https://vroid.com/studio>) を用いて人型キャラクターの作成し、フォーマット変換 (VRM→OBJ) の後、Adobe Mixamo (<https://www.mixamo.com/#/>) でモデルが前方に走るアニメーションを適用して FBX フォーマットのファイルを生成した。次に 3DCG 制作環境である Blender (<https://www.blender.jp/>) で平行投影のカメラで真横から撮影する視点を撮影し、24 コマのレンダリング画像を出力した (図 1)。最後に、これらを下絵としてピクセルアートの作成・編集ツール Aseprite を用いてトレースして、ピクセルアートを制作した (図 2)。

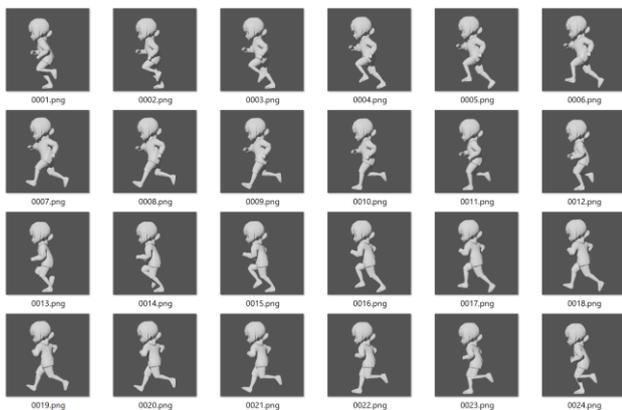


図 1. レンダリング画像群



図 2. 作成したピクセルアート例

#### 3.2 実験シーンの作成

Unity 上でキャラクターを左右キーで移動するだけのシンプルなシーンを 480x270 ピクセル (フル HD の 1/4) の画面サイズで作成し、キー操作でフレームレートを [60, 48, 30,

24, 12, 6] の 6 段階から設定可能にした。ピクセルアートは小中学生くらいの子供、背景イラストは街中のコンビニエンスストアとして、一般的なゲームでよくみられるイメージのものとした (図 3)。

キャラクターのアニメーションは 0.5 秒で 24 枚がループ再生される (設定フレームレートが 48 のとき、画面全体の更新とアニメーションの更新が一致する) ように設定した。例えば、60fps のときは 0.5 秒間で画面が 30 回更新されるが、画像は 48 枚しか存在しないため、全 60 フレームのうち 12 フレーム、つまり 5 フレームに 1 回は画面全体の更新時に同じキャラクター画像が表示されることになる。また、30fps のときは 0.5 秒間の画面更新回数が 15 回のため、24 枚のキャラクター画像のうち 9 枚は画面に反映されないことになる。

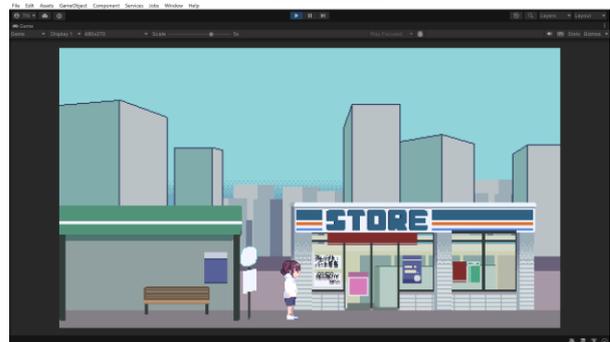


図 3. 実装シーン

#### 3.3 実験方法

情報系の大学生 19 人に作成したシーンを体験してもらい、アンケートにより印象を評価した。実験は 14 インチのノート PC 画面に実装シーンを映し、異なるフレームレートのものを順に操作してもらった。体験するフレームレートの順序は被験者によってランダムになるようにしており、一つのフレームレートあたりの体験時間は 30 秒程度である (図 4)。

それぞれのフレームレートを体験した後、印象に関するアンケートに回答してもらった。アンケート項目は各フレームレートに対して、ダイナミックさ (ダイナミック/落ち着いている)、なめらかさ (なめらか/かくかくしている)、見やすさ (見やすい/見づらい)、好感度 (好き/嫌い) の 4 項目を 5 段階で選択してもらった。

被験者の回答の平均を図 5 に示す。これによれば、「ダイナミックさ」以外の指標は 24fps よりも低いフレームレートでは低く、24fps 以上では大きく向上している。6fps と 12fps では 6fps の方が評価が低く、フレームレートが高い方が一般に評価が高い傾向が見られ、24, 30, 48, 60fps の差はあまりない。これを見る限りでは、64x64 のピクセルアートであっても、一般的に映画で用いられる 24fps のフレームレートは必要で、逆にそれ以上であってもそれほど印象は変わらないということが分かる。

しかし、「見やすさ」「好き」の二つの指標は 30fps のときに最も評価が高く、「好き」は 48fps 以上では評価がゆるやかに下降していく傾向が見られた。また、ピクセルアートを見慣れている被験者からは実験終了後に、「60fps はキャラクターのアニメーションがなめらかすぎるため、違和感を覚えた」という感想が寄せられた。

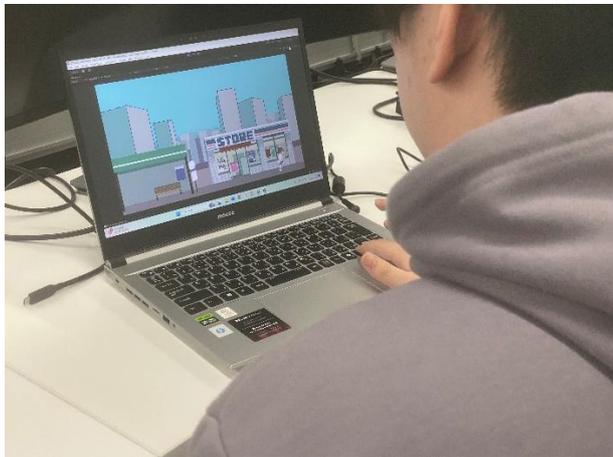


図 4. 実験の様子

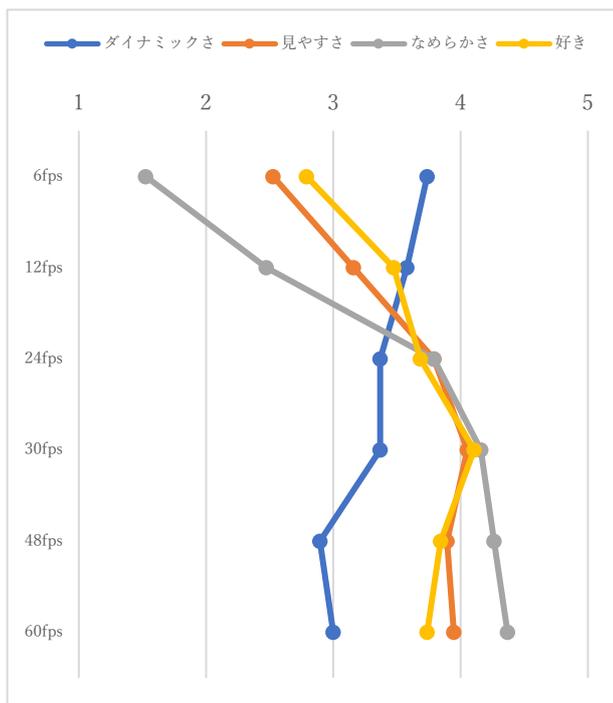


図 5. フレームレートによる印象の相違(n=19)

#### 4. 議論と今後の課題

被験者からの感想を踏まえ、30fps のときに「見やすさ」「好き」の指標が最も高い評価を得たのは、画面全体の更新によってキャラクターのアニメーションが適度に欠損したことが影響しているのではないかと考えた。一般的なテレビアニメは、8 枚の絵を 3 フレームに 1 度更新して 24fps の映像を作っている（つまり、3 フレームは同一の絵が表

示されている）とされ[6]、今回制作したアニメーション(0.5 秒で 24 回更新される)は、一般的な 2D アニメーションよりも遥かに高いフレームレートだったことが分かる。60fps、48fps のシーンでは高頻度のキャラクター画像の更新が被験者に違和感を与え、「見やすさ」や「好き」の評価を下げる要因になった可能性がある。一般的なゲームと同様にフレームレートが高いほどゲーム体験は向上したが、同時に高フレームレートのキャラクターのアニメーションが被験者に違和感を与えたことによって、ゲーム体験が保たれながらアニメーションが 9 枚欠損した 30fps が「見やすさ」と「好き」で高い評価を得たのではないかと考察する。

このことから、今後は画面全体のフレームレートを固定し、キャラクターの走行アニメーションのフレームレートのみを段階的に変化させたときにどのような結果を得られるかを検証する必要があると考える。

さらに、今回はキャラクターのアニメーションに着目したため、被験者にはキャラクターを左右に動かす以外の目標を与えていなかった。「目的地までたどり着く」や「落下する障害物を避ける」など一般的なゲームでよく見られる目標を与えたとき各指標の評価は異なってくる可能性がある。そして同シーンを今回よりも小さいサイズのピクセルアート、3D モデルや通常解像度のイラストなどいくつかのパターンで制作し実験した場合に「見やすさ」や「好き」が高い評価を得るフレームレートに変化がみられるかを確かめることで、30fps のときに評価が高いのはピクセルアートの特性なのか、他の要素に起因したものなのかが分かるだろう。

#### 5. 結論

2D ゲームのグラフィック表現として 64x64 ピクセルのピクセルアートを用いた場合においても、24fps 以上のフレームレートでないユーザーのゲーム体験は損なわれる。

しかし格闘技系ゲームや一人称シューティングゲームなどとは違い、ピクセルアート系の 2D ゲームはフレームレートが高ければ高いほどユーザーのゲーム体験が向上するわけではなく、逆に高フレームレートのシーンはゲーム体験をわずかに損なう可能性が観察された。ただし、ピクセルアートの特性がフレームレートごとの評価に影響を与える可能性は示唆されたが、同シーンが通常解像度のイラストや 3D アニメーションで実装されたときに評価が変化するかは不明である。フレームレートごとの評価の違いがピクセルアート固有の特性に起因するのか、他の要素によるものかを特定するためには、さらなる実験が必要である。

#### 謝辞

本研究は、東洋大学重点研究推進プログラムにより助成を受けたものです。同助成に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Apteker, Ronnie T., et al. "Video acceptability and frame rate." *IEEE multimedia* 2.3 (1995): 32-40.
- [2] Claypool, Mark, Kjal Claypool, and Feissal Damaa. "The effects of frame rate and resolution on users playing first person shooter games." *Multimedia computing and networking 2006*. Vol. 6071. SPIE, 2006.
- [3] Liu, Shengmei, et al. "The effects of frame rate variation on game player quality of experience." *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2023
- [4] Wang, Jialin, et al. "Effect of frame rate on user experience, performance, and simulator sickness in virtual reality." *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 29.5 (2023): 2478-2488.
- [5] Aleksić, Veljko, and Vlado Simeunovic. "The Pixel Art as Computer Graphics Artistic Expression in Digital Games." *10th International Scientific Conference Technics, Informatics and Education-TIE 2024*. Faculty of Technical Sciences Čačak, University of Kragujevac, 2024.
- [6] フィルムアート社ピックアップ第2回 アニメの「コマ打ち」とは何か(2019.3.5) <https://www.filmart.co.jp/pickup/25111/>