

プレイヤーの主観的な難易度評価に注目した難易度調整手法

宇藤 克^{1,a)} 西野 裕樹^{1,2,b)}

概要: ゲームの難易度とプレイヤーのプレイ・スキルのバランスは、ゲーム体験を考える上で重要であり、種々の動的難易度調整の技法が研究なされてきている。しかし、プレイヤーがゲームの難易度が下げられたと察知した場合、ゲーム体験における重要な要素である達成感や向上感などが損なわれることが考えられる。本稿では、プレイヤーが感じる主観的な難易度に着目し、プレイヤーが難易度の変更を気づかないようにゲームの難易度を下げる難易度調整手法を提案する。また、予備実験として同手法の検証のために簡単なゲームを作成して簡易な予備実験を行った。結果として、殆どの場合プレイヤーは難易度調整に気づかなかった。また本格的なユーザ・スタディのために考慮すべき点がいくつか知見として得られた。プレイヤーの主観的な難易度評価に着目した難易度調整の研究の先行例は少ないこともあり、ユーザ体験を保つ難易度調整手法の提案として、本提案手法は有益であると考えられる。

1. はじめに

主にチクセントミハイのフロー理論に基づき [2][3]、プレイヤーをゲームにのめり込ませるための条件として、プレイヤーのゲーム・スキルとゲームの難易度が互いに拮抗している（スキル・チャレンジ・バランス; skill-challenge balance が保たれている）ことが、ビデオ・ゲームのデザインにおいて望ましいと考えられている [6]。そのため、プレイヤー・スキルに合わせてゲームの難易度調整を行う動的難易度調整 (DDA; Dynamic Difficulty Adjustment) の研究は、現在でも活発に行われている [9]。

しかし、プレイヤーに「自分のプレイ・スキルの低さに合わせてゲームの難易度が下げられた」と察知されてしまうと、プレイヤーは「簡単になったゲームをプレイしただけであり、チャレンジが減った」と捉えることになるため、ゲーム体験において重要なプレイ・スキルの向上感や難易度の高いゲームをクリアしたと言う達成感を損なう可能性がある。

そこで本研究では、「プレイヤーが感じる主観的なゲームの難易度」にできるだけ影響を与えずに、プレイヤーに察知されにくい形で実際のゲームの難易度のみをさげる手法を2種類提案する。一つは画面上に直接表示されない「当たり判定領域」を縮小する手法であり、もう一つは敵からうけるダメージ・ポイントを、一定の割合で減少させる方法

である。どちらの手法も、ゲームの実際の難易度に直接関係がある要素でありながらプレイ中には気づかれにくいいため、プレイヤーが主観的に感じるゲームの難易度には影響を大きく与えにくく、実際のゲームの難易度を下げても向上感や達成感といったゲーム体験上重要な感情に影響を与えずにスキル・チャレンジ・バランスを操作することができると考えられる。

2. 関連研究

2.1 フロー理論とゲーム体験

フロー理論 [2][3] において、人間は自分の技能レベルとタスクの難易度のバランスが適切に拮抗している場合（スキル・チャレンジ・バランスが取れている場合）、そのタスクに没入し集中することが述べられている。同理論では、そのバランスが適切でない場合、人間は退屈や不安、無関心といった感情を経験するとされている (図 1)。

フロー理論は教育 [10] やスポーツ [4] など、様々な分野に適用されているが、ビデオ・ゲームは、頻繁に同理論に基づいてユーザ体験が論じられる分野の一つである。

2.2 動的難易度調整

古くは、1983年のnamco社（当時）が制作したXEVIOUS[8]で、既にプレイヤーのゲーム・プレイに合わせて難易度を調整する技法が用いられている [7]。このように、スキル・チャレンジ・バランスを保ち、ゲーム体験を豊かにするために、プレイヤーのスキルに合わせてゲームの難易度を調整する動的難易度調整は、ゲーム・デザインの実践や研究においては歴史的に重要なテーマの一つであり、現在

¹ 高知工科大学 情報学群

² 高知工科大学 Creative and Cultural Computing Laboratory

^{a)} 230304x@ugs.kochi-tech.ac.jp

^{b)} nishino.hiroki@kochi-tech.ac.jp

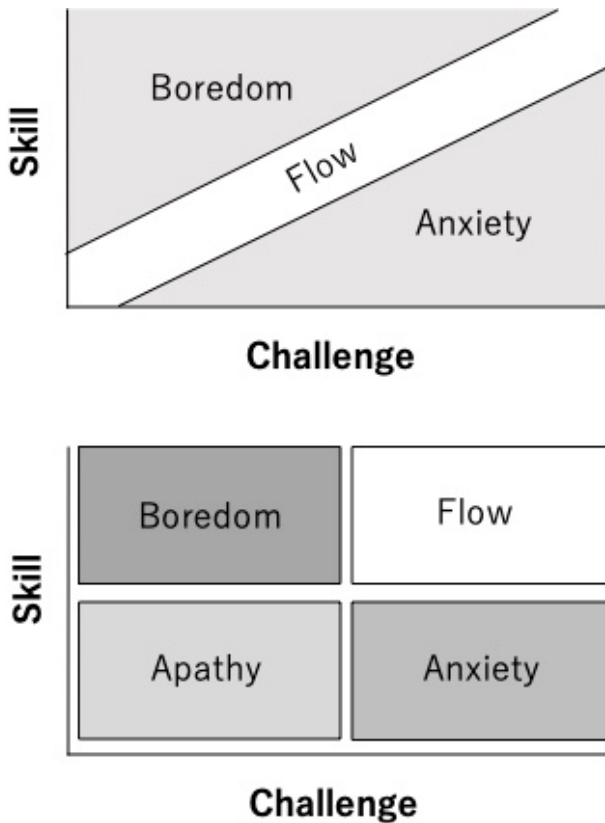


図 1 スキル・チャレンジ・バランスとフロー：
 フローの古典的なモデル（上）とフローの象限モデル（下）
 （文献 [2][3] に準拠して、著者が作成）

でも盛んに研究されている [1][5][9][6].

一方で、これらの既存研究は実際の難易度をプレイヤーのスキルに合わせて調節することが主眼の研究がほとんどで、本稿で提案するような「プレイヤーが認知するゲームの難易度」に着目した研究は少なく、いくつかの先行例が存在するのみである。例として、築瀬らはシューティング・ゲームにおいて、通常の自機の現在位置に向かって撃たれる敵弾と、自機の加速度と移動方向から予測した位置に撃たれる敵弾の2種類加えて、自機の加速度と移動方向から予測された位置を当たらないように掠める敵弾を加え、最後の種別の敵弾によって、見かけ上の難易度を上げるという手法を提案している [11]。ただし、築瀬は同文献では提案のみでユーザー・スタディを行っていない。また、築瀬は他にも、ジャンプ・アクションゲームにおいて、プレイヤーが操作を行った結果のジャンプの軌道を、想定される理想の軌道に補正して近づけることで、プレイヤーの上達感を操作する手法を提案している [12]*1。

Zhang は、シューティング・ゲームの敵弾に当たり判定のないものを混ぜて増やすことにより、プレイヤーに対する

*1 しかし、同文献でのジャンプ・アクション・ゲームは、自キャラクターはの操作はキー押し下げ時間に対応した高さにジャンプさせる動作のみである。また、そのジャンプを利用してターゲットとなる球体に自キャラクターを当てるといったゲーム・デザインであり、本質的にはシューティング・ゲームに類似したものとなっている

見かけの難易度を調整する手法を提案した [13]。同文献で Zhang は、同提案手法と築瀬の「自機を掠めるが当たらない敵弾」の手法の両方に関するユーザー・スタディを行い、Zhang らの手法ではプレイヤーの認知する難易度の操作に成功したが、築瀬の提案手法では有意な効果がなかったことを報告している。

3. 提案手法

本稿では、プレイヤーに難易度変更を察知されにくい難易度提案手法を、当たり判定領域の縮小と被ダメージ・ポイントの減少の2種類提案する。下記に詳細を述べる。

3.1 提案手法 1：当たり判定領域の縮小

一般にアクション・ゲームにおいては、各キャラクターに、当たり判定領域が設定されている。当たり判定領域の形状は円形・矩形・多角形など、ゲームによってさまざまに違うが、二つのキャラクター間（例えば自機と敵弾）で当たり判定領域同士が重なることにより、さまざまなゲーム・イベント（例えば自機の被弾）が引き起こされる。

本提案手法では、図2のように、自キャラクターの当たり判定領域をプレイヤーのスキルに合わせて縮小することにより難易度を下げる手法を提案する。当たり判定領域は、ゲーム画面には表示されずプレイヤーには見えないようになっているため、当たり判定領域を縮小することにより敵キャラクターや敵弾に当たりにくくなっても、プレイヤーは難易度が低くなったと感じるかわりに、自分がストレスで敵の攻撃を避けたと感じることが期待できる。

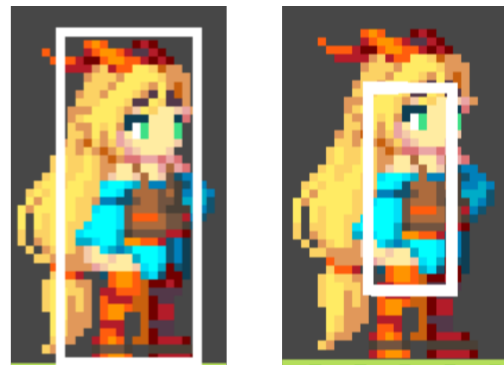


図 2 提案手法 1: 当たり判定領域の縮小

3.2 提案手法 2：被ダメージ・ポイントの減少

多くのゲームでいわゆる「体力制」というゲーム・システムが採用されている。敵からダメージを受けると、体力ポイントが減っていき、0になるとゲームオーバーになるというシステムである。現在の体力ポイントは数字や体力ゲージの形でゲーム画面で表示されているが、プレイヤーはプレイ中には自キャラクターを操作しつつ、敵キャラクターなどゲーム内の他キャラクターに注意を払うため、体力ゲージ

などを注視しつづけることはほぼない。

この点に着目し、敵から受けるダメージ・ポイントを通常難易度のゲームより減少させる難易度変更手法を提案する。プレイヤーは体力ゲージを常に気にしているわけではないため、ダメージの減少率が適切な範囲にあれば、プレイヤーは難易度変更気づかないことが期待できる。

4. 提案手法の評価のための予備実験

現在、本研究は初期段階にあるが、提案手法の有効性をユーザ・スタディを行い検証するため、実験用ゲームのデザインおよび実装をおこなった。また、その実験用ゲームを使用して、ユーザ・スタディの実験設計の際に使用するパラメータ（当たり判定領域の縮小率および被ダメージ・ポイントの減少率）の適切な範囲を予測するために、簡易な予備実験を行った。

4.1 実験用ゲームのデザイン

ユーザ・スタディ用に簡易な横スクロール 2D ジャンプ・アクション・ゲームを開発した。開発環境は Unity である。同ゲームでは、自キャラクタの「歩く」「ダッシュ」「ジャンプ」の動作で左右に操作し、ステージ上に一枚ずつ現れるコインを 5 枚取得すればゲームクリアとなる。コインを 1 枚ずつ表示するのは、プレイヤーの移動ルートを予測しやすくし、各ステージのレベル・デザインを行いやすくするためである。チュートリアル、ステージ 1、ステージ 2 と 3 つのステージが用意され、各ステージの想定プレイ時間は 60 秒から 90 秒程度で設計されている。図 3 に本実験用ゲームのタイトル画面 (a)・チュートリアル画面 (b)・ステージ画面 (c) のスクリーン・ショットを示す。また、ステージ上には、表 1 に示されたような敵が配置されており、敵と接触した場合には現在の体力からダメージ・ポイントがひかれるようになっている。体力が 0 になるとゲームオーバーとなる。それ以外にも、ステージから落ちたり、制限時間 (100 秒) をオーバーしてしまうと、現在の体力に関係なく即ゲームオーバーになる。

実験のため、図 3(a) に示すように、タイトル画面には A-N のボタンが配置されており、上段 A-G がステージ 1、下段 H-N がステージ 2 に対応している。A と N はそれぞれ通常難易度だが、それ以外は順不同で実験用に提案手法を適用したパラメータが振られている。B-D,I-K のボタンは提案手法 1 が対応しており、それぞれ通常の当たり判定より B, J が 80%,D,I が 60% C,K が 40%分縮小されている。同様に E-G,L-M のボタンは提案手法 2 が対応しており、それぞれ E,M 80%, G,L 60% F,N 40%分ダメージの減少率が減るようになっている。勘のいい被験者がボタンの位置などから、難易度の変更を悟ってしまわないように、このように順不同でパラメータが振られている。



図 3 実験用ゲームのスクリーンショット：(a) タイトル画面 (b) チュートリアル画面 (c) ステージ画面 (ステージ 2)

表 1 敵キャラクタの概要

敵名	行動パターン	接触時
真似丸	数秒遅れて同じ軌跡で追いかけてくる	大ダメージ
イーグル	空中を上下左右に移動	中ダメージ
オポッサム	地上を左右に移動	中ダメージ

4.2 予備実験

4.2.1 予備実験の概要

本格的なユーザ・スタディのための実験パラメータ範囲の設定や、実験用ステージの難易度を適切に設定するため、どの程度の難易度変更があると被験者が実際に難易度の変更に気づいてしまうのかなどを知る必要がある。そのため、詳細な実験設計を行う前に、簡易な予備実験を行った。言い換えれば、本予備実験は仮説の検定のためではなく、実験設計のために必要な知見を得るための簡易なものである。

被験者は高知工科大学の学部生 4 年生・5 名 (全員男性) のボランティアであり、ゲームをプレイする以外の情報

表 2 予備実験の質問表

A. 今回のプレイでは、難易度が__だったと感じた。				
簡単	やや簡単	普通	やや難しい	難しい
B. 今回の自分のプレイは、自己評価では__であると思った。				
下手	やや下手	普通	やや上手	上手
C. 今回のプレイでは、__と感じた。				
退屈だ	やや退屈だ	普通だ	やや楽しい	楽しい

は知らされていない。実験に際しては、ゲーム・コントローラを使いプレイしてもらった。被験者には難易度設定などの情報は与えずにゲームをプレイさせ、主観的なゲームの難易度やゲーム体験はどうだったかの評価を、-2 から+2の5段階スケールで簡易に記述してもらった。使用した質問表を表2に示す。各質問は、それぞれA. 難易度評価, B. 向上感, C. 満足感を意図したものである。同時に、実験後に何か自分のプレイやゲームに対する感想があるかも簡単にヒアリングした。

実際の実験では、まず被験者がゲームの操作に慣れるために、チュートリアル面を被験者が操作になれたと感じるまでプレイしてもらってから、上記の評価のためのプレイに取り組んでもらった。実験の際は、難易度がより高く設定されているステージ2を今回は使用した。難易度設定のプレイ順は、提案手法1・提案手法2の両方とも：通常→80%→通常→60%→通常→40%→通常→40%→通常→60%→通常→80%の順とした。つまり提案手法1, 2にたいしてそれぞれ12回のプレイ、計24回のプレイを行ってもらった。各難易度設定では、自キャラクタの死亡（ゲーム・オーバー）3回までをプレイし、クリアもしくはゲーム・オーバーになった後に、前述の質問表に記入を行ってもらった。

4.2.2 予備実験から得られた知見

今回の予備実験は、前述のように実験設計のための知見を得るためのものであるため、仮説の検定を目的としていない。そのため、予備実験の結果の概要のみを以下に述べる。

まず、予備実験全体を通して、難易度の変更を、ほとんどの被験者は難易度の変更気づかず、被験者1名のみが、20回目のプレイ（40%の被ダメージの減少率）で、自キャラクタが静止しているときに大ダメージを受けた際に気づいただけであった。提案手法1, 2において、それ以外の場合、被験者は難易度変更を察知しなかった。このため被ダメージの減少率の設定や、いつそれを適用するのかまでに気をつければ、提案手法の「プレイヤに難易度の変更を察知されない」という性質はほぼ保てそうであった。

質問Aの意図である「プレイヤが感じた主観的な難易度」に関しては、だいたい8-10回目のプレイまでは、設定した難易度調整のパラメータにかかわらず被験者の認知

する難易度が徐々に下がってきており、その後は安定していた。これは、どちらかというゲームにおける操作にプレイヤが慣れ始めたことが影響しているようであり（実験中にも被験者からの「ゲームの操作に慣れてきて、上手くなってきた」などの発言があった）、今後の実験設計の際には、適切な難易度のステージをいくつか用意し、十分、ゲームをプレイし操作スキルが上がってからでなければ、実験として意味のあるデータが取れなさそうであることを示唆している。

一方で、質問Bで聞いた「自分のプレイの上手い・下手に関する自己のプレイ・スキル評価」では、質問Aで「プレイに慣れてきている」ように見える8-10回目以降には同様に「上手い」の評価が安定して増えているが、一方、通常難易度に戻った時には「下手」「やや下手」「普通」の評価が混在するのも見られた。このため、見かけの難易度が同じでも、難易度が元に戻った場合には「自分のプレイが下手であった」と感じている可能性がある、しかしあくまで簡易な予備実験のため、本提案手法との難易度設定などとの有意差などに関してはまだ判断できない。

質問Cで聞いた「ゲームの楽しさ」に関する主観的评价に関しては、集計データからはあまりわかることが少なく、個々の被験者の質問AおよびBでの評価との相関関係を調べる必要がありそうであった。

また、プレイ後のゲーム体験に関するインタビューでは、（上記の被ダメージ率の減少に気づいたプレイヤを除き）被験者の大半は「とくにゲーム変化を特に感じられなかった」「ずっと同じ難易度であるように感じた」と答え、「敵の速さが変わったように感じる」と提案手法とは関係がなく、実際に変更が行われていないパラメータに関して言及した被験者が2名いた。また、通常難易度のプレイを行うHボタンで始めるゲームに関して「他のボタンで始めるゲームよりクリアしづらいと感じた」と答えた被験者が1名いたが、同被験者も同様に前述の「全体として何が変化しているのがわからなかった」「敵の速さが変わったように感じた」との感想だった。

本予備実験は、あくまで本実験のための実験設計や実施に関する知見を得るための簡易な実験であり、本来、有意差などを検定するためのものとして設計されてはいない。しかし予備実験からは、今後の本実験の実験設計や分析では(1) ゲームの操作にユーザを十分に慣れさせてからデータを集計し始める、(2) 難易度設定を通常と交互に変えていくだけでなく、同じ設定から急に難しくなった時にユーザの自己のプレイ・スキルに対する評価がどうなるのかなども考慮に入れる、(3) ゲームの楽しさに関しては、各被験者個々人の「楽しさ」の評価が主観的・客観的に何と関わりがあるのか考慮に入れる、などの必要がありそうであるとの知見を得た。

5. おわりに

本稿では、プレイヤーの主観的なゲームの難易度認知に影響をできるだけ与えずにゲームの実際の難易度を変更する難易度変更手法を「当たり判定領域の縮小」と「被ダメージ・ポイントの減少」の2種類提案した。また、その提案に関する予備実験を行いその概要を報告した。プレイヤーの主観的な難易度に注目した先行研究は少ないが、ゲーム体験を損なわず難易度調整を行う手法はゲーム・デザインの実践にも直接的に役立つと考えられる。今後は予備実験から得られた知見を反映した実験設計を行い、適切なユーザ・スタディで効果の実証を行いたい。

参考文献

- [1] Chen, J: Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM*, 50(4), 31-34 (2007).
- [2] Csikszentmihalyi, Mihaly: *Beyond boredom and anxiety*, Jossey-bass (2000).
- [3] Csikszentmihalyi, M., & Csikszentmihalyi, I. S. (Eds.). *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*, Cambridge university press (1992).
- [4] Jackson, S. A., & Csikszentmihalyi, M.: *Flow in sports*. Human Kinetics (1999).
- [5] Klimmt, C., Blake, C., Hefner, D., Vorderer, P., & Roth, C.: Player performance, satisfaction, and video game enjoyment. In *International conference on entertainment computing* (pp. 1-12). Springer (2009).
- [6] Larche, C. J., & Dixon, M. J.: The relationship between the skill-challenge balance, game expertise, flow and the urge to keep playing complex mobile games. *Journal of behavioral addictions*, 9(3), 606-616 (2020)
- [7] 長谷洋平: バンダイナムコスタジオにおけるゲーム AI の歴史とこれから. 2018 年度 東京工科大学メディア学部 メディア特別講義 I 講義資料, 入手先 (<https://www.slideshare.net/KurumiUranishi/ai-238506049>) (2022.12.20).
- [8] Namco, *Xevious*. (1983).
- [9] Panagiotis D. Paraschos & Dimitrios E. Koulouriotis: Game Difficulty Adaptation and Experience Personalization: A Literature Review, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39:1, 1-22 (2023).
- [10] Shernoff, D. J., Csikszentmihalyi, M., Schneider, B., & Shernoff, E. S.: Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory. In *Applications of flow in human development and education* (pp. 475-494). Springer (2014).
- [11] 築瀬洋平: 誰でも神プレイできるシューティングゲーム.” 第 21 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, *Workshop on Interactive Systems and Software: WISS 2013 予稿集* (2013).
- [12] 築瀬洋平, & 鳴海拓志: 誰でも神プレイできるジャンプアクションゲーム 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 21(3), 415-422 (2016).
- [13] Zhang, J: Directly Controlling the Perceived Difficulty of a Shooting Game by the Addition of Fake Enemy Bullets. In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 475, 1-5 (2021).