

2023年度 卒業論文

コントローラー操作を用いた
動的難易度調整に関する研究

指導教員：渡辺 大地 教授

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0A20305

山本 悠太

2024年2月

2023年度 卒業論文概要

論文題目

コントローラー操作を用いた
動的難易度調整に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0A20305

氏名

山本 悠太

指導
教員

渡辺 大地 教授

キーワード

ストレス、圧力センサー、物に当たる、
ゲーム、コントローラー

ゲームの中で感じたストレスの対処方法は人によって異なるが、中には物に当たる人も存在する。さらに物を壊してしまうこともある。先述した行動は後悔やゲームを辞めるきっかけになるという問題点がある。本研究では、ゲームでストレスを感じるほど、コントローラーに与える力は大きくなると思った。そして本研究の目的を「ゲームの中で感じるストレスとコントローラーに与えられる力の関係について実証する」とした。それから、2つの実験を行った。

まず、被験者にゲームをプレイ、1面をクリアした後に場所ごとに10段階でストレス値を評価するアンケートに回答してもらった。分析した結果、傾向がみられる場所もあれば、大きく分かれる場所もあった。また、技術や印象、こだわり等のパーソナリティによってストレス値が変化する可能性が考えられた。

次に異なる被験者がスティックと2つのボタン、グリップの4つの部位に圧力センサーを取りつけたコントローラーを用いて同じゲームをプレイしてもらった。その後、与えた力の値と1つ目の実験のストレス値をもとに相関分析と無相関の検定を行い、ストレスとコントローラーに与えた力の関係とデータの有意性を分析した。相関係数はいずれの部位においても0.1以下の低い数値となった。無相関の検定では、○ボタンを除き、5%の有意水準を大きく上回った。そのため、結果として○ボタンにおいては帰無仮説が棄却され、極々僅かな相関がある可能性が考えられたのみであった。したがって、ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなるとは言えないという結論になった。

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景と目的	1
1.2	論文構成	5
第 2 章	全体方針	6
2.1	ストレスの測定	6
2.2	ストレスによる物に与える力の変化	7
2.3	ストレスをためやすいゲーム	7
2.4	対象とするゲーム	8
第 3 章	実験 1 の検証と分析	10
3.1	場所ごとのストレス値に関する実験	10
3.2	実験の結果と考察	11
3.2.1	場所 1 のストレス値	13
3.2.2	場所 2 のストレス値	14
3.2.3	場所 3 のストレス値	15
3.2.4	場所 4 のストレス値	16
3.2.5	場所 5 のストレス値	17
3.2.6	場所 6 のストレス値	18
3.2.7	場所 7 のストレス値	19
3.2.8	場所 8 のストレス値	20
第 4 章	実験 2 の実装について	21
4.1	力を測定する部位	21
4.2	与えた力の計測方法について	22
4.3	実験 2 で用いた道具について	23

第 5 章	実験 2 の検証と分析	26
5.1	実験方法	26
5.2	実験結果	26
5.3	分析結果	28
5.4	考察	29
第 6 章	まとめ	30
	謝辞	32
	参考文献	34

目次

2.1	ストレスによって壊したコントローラー	7
3.1	分割したステージの内訳	10
3.2	アンケート画面のスクリーンショット	11
3.3	実験 1 アンケート結果	12
3.4	場所 1	13
3.5	場所 2	14
3.6	場所 3	15
3.7	場所 4	16
3.8	場所 5	17
3.9	場所 6	18
3.10	場所 7	19
3.11	場所 8	20
4.1	与えた力を測定する部位	21
4.2	回路図	23
4.3	はんだごてを用いて拡張した圧力センサー	24
4.4	コントローラーに接着した圧力センサー	25
5.1	ゲームプレイ中にスティックに与えた力	27
5.2	ゲームプレイ中にグリップに与えた力	27
5.3	ゲームプレイ中に○ボタンに与えた力	27
5.4	ゲームプレイ中に×ボタンに与えた力	28

表 目 次

3.1	平均化したストレス値	12
5.1	入力なしを除いた 4 つの部位の相関係数	28
5.2	入力なしを除いた p 値一覧	28

第 1 章

はじめに

本章では、本研究における背景と目的、論文構成について述べる。

1.1 背景と目的

ゲームは設定された目的を達成することで達成感や高揚感を得られる。その反面、プレイヤーの思い通りに出来ない時はストレスを感じることもある。とはいえ、ゲームにおけるストレスは必ずしも悪いものではない。何回も試行錯誤して達成できないという大きなストレスを抱えているときに達成できた際、ストレスは解放され、カタルシスが発生する。この時、脳内でセロトニンと呼ばれる快樂物質が発生し、幸せな気分を感じるができる。しかし、人によってストレスの許容量や対処方法は大きく異なる。中にはストレスを我慢できずに物に当たるといった人が存在する。例として「台パン」が挙げられる。これは weblio 辞書 [1] によると筐体を叩く等の行為とされており、ゲームによるストレスを発散するために衝動的に行う八つ当たりである。他にも切断したゲームカセット、破損したディスプレイ、壊れたゲーム機など物を壊してしまう事例も見受けられる。先述したようにストレスによって物に与える力は変化していることが考えられる。このような行動はストレスを解消することができる。しかし、物を壊すことは後悔やゲームを辞めるきっかけになるという問題点がある。そのため、物に与えた力からストレスを推定し、動的難易度調整を行うことで物を壊さずに遊び続けられるのではないかと考えた。動的難易度調整は現在までに多くの研究者が調査し、先行研究が存在する。三上ら [2] はフローゾーンを超えた難易度調整を行うことで自己主体間がないのにも関わらず、不快に感じない動的難易度調整手法を提案している。原田ら [3] はプレイヤーが無意識に発する音響的特徴量から感情を推察し、難易度を調整する手法を提案している。築瀬ら [4] は当たり判定とダメージ量を調整する手法を提案している。宇藤ら [5] はジャンプするゲームに対してジャンプの高さに対して補正を行うことで上達した

ときの快樂を与える手法を提案している。上記に挙げた手法は有効な反面、問題点がある。三上ら [2] や築瀬ら [4]、宇藤ら [5] のようにプレイヤーの数値やゲームの状態から難易度を変更する場合、ワンパターンとなってしまい、より高い難易度に挑戦したいといったようなプレイヤーの要望に対応することができない。対して、原田ら [3] は無意識に発する音を用いることでゲームにて声を発する人が遊ぶという条件では、様々な難易度に対応可能である。しかし、常に音のデータを取得するマイクが近くにある必要があり、プレイヤーが遊ぶのに制限がかかってしまう。本研究の目的である「ゲームの中で感じるストレスとコントローラーに与えられる力の関係について実証する」にて有意な関係が確認された場合、様々な難易度に対応しつつ、制限をより少なくする「コントローラーに与えた力を用いた動的難易度調整」が提案できると考えられる。

他にも少し異なるが、ストレスによって物の扱い方が変化したという先行研究が存在する。鳥羽ら [6] は PC 操作ログを継続して取得しながら、一定時間ごとに唾液アミラーゼ分泌量からストレス量を測定していた。そしてストレス量と PC 操作ログ特徴量を重回帰分析したところ、6、7 割の被験者に相関がみられた。さらにストレスに応じて「backspace」や「Delete」を押す回数が増えていることが分かった。Naegelin ら [7] は機械学習モデルを構築し、ストレスによってマウスやキーボードの操作が異なることを明らかにした。そしてストレスのない人は無駄のない動きをし、ストレスを感じている人はミスが多いことが判明した。この調査方法は心拍数の測定するよりも正確な方法だとされている。この 2 つの研究ではストレスによって物の扱い方が変化したという点では本研究と関連しているが、本研究は操作ミスやログではなく、物に与えた力に着目したという点で異なる。

また、心理状態や集中度によっても物の扱い方が変化したという先行研究が存在する。小孫 [8] は脈波をカオス解析し、リアプノフ係数を用いた指標と質問紙による主観的指標からプレイヤーの心理状態とコントローラーのボタン操作行動との関連性を調査した。結果、ゲームジャンルによっては性別、経験の有無によって操作回数が増えていることが判明した。他のジャンルにおいても爽快さを感じていない人は同時押しの手数が多くなっていったものの、2 回目以降は減っていたため、継続して調査が必要となった。多屋ら [9] は日常生活に欠かせない道具になっている携帯電話の利用履歴には心理状態が多く含まれると考え、睡眠状態と心理状態によって携帯電話の操作量が変化するか調査した。結果、携帯電話の操作時間の傾向が似ている人は心身症の可能性が

あること、睡眠時間のばらつきが多い人は携帯電話を長時間操作していることが判明した。宇佐美ら [10] は PC 作業時における集中状態の有無を判別可能な指標を見つけることを目的とし、操作ログと集中状態、生体情報との関連性について調査した。結果、脈波における RR 間隔や体動における頻度や変化量は集中度の推定が可能であることを明らかにし、操作ログも状態によってバラツキが出ることを明らかにした。これらの研究は心理状態における物の操作が変化したという点では本研究と関連している。しかし、本研究は心身状態ではなく、ストレスという 1 点に着目したという点で異なる。

本研究では、ゲームでストレスを感じるほど、コントローラーに与える力は大きくなると考えた。さらに本研究の目的を「ゲームの中で感じるストレスとコントローラーに与えられる力の関係について実証する」と設定した。したがって、2 つの実験を行った。

まず、「1 ステージの場所ごとにプレイヤーの感じるストレスは異なる」という仮説を立てた。そして被験者にゲームをプレイしてもらい、1 面をクリアした後に場所ごとに 10 段階でストレス値を評価するアンケートに回答してもらい、その理由を分析した。その結果、個人ごとに感じるストレスは異なり、同じ評価になるものはなかった。また、人の技術やそのゲームへの印象、ゲームに対するこだわり等のパーソナリティに関わる部分でストレス値が変化する可能性も考えられた。ストレスの測定は現在までに多くの研究者が調査し、先行研究が存在する。長野 [11] は市販の電子部品を用いて心電図、指尖容積脈波、皮膚コンダクタンスの 3 指標のストレス反応を測定する装置を作成した。そして計算、スピーチ、寒冷昇圧、鏡映描写の 4 つの課題を行った。実験の前後に主観的感情の測定、実験中に装置を用いて生理指標の測定を行った。結果としてどの課題においても主観的感情の変化は見られた。生理的指標においては課題によって上昇または下降するものもあれば、全く変化が見られないものもあった。濱谷ら [12] は人の滞留地点でのスマートフォンのログを分析することでストレス推定の向上を図った。そしてウェアラブル心電計から得られる LF/HF を正解データとし、時間単位かつ滞在地点でのスマートフォンのログを特徴量とし、教師あり学習にてストレス推定モデルを構築した。その結果、推定精度 88.7 % で利用者のストレスを推定可能であることを確認した。伊村ら [13] はウェアラブルデバイスを用いて取得した心拍変動のデータと睡眠震度のデータからストレスの状態を推定する方法を提案している。この研究では、被験者にウェアラブルデバイスを装着してもらい、データを取得しつつ、主観的評価に

てストレス値を回答した。その結果、深睡眠と心拍変動に強い相関を持っている人もいれば、強い相関が見られない人もいたことから心拍変動及び深睡眠がどちらも高い場合はストレスが増加している可能性が考えられた。また、深睡眠が増加している一方で主観的評価ではストレス値が低い評価が得られたことから被験者の無自覚のストレスの検知に有効な可能性が考えられた。山口ら [14] は唾液アミラーゼとストレス反応との関係性について調査した。実験としてストレス緩和のマッサージを行った後に精神的なストレスとして簡単なテストを行った。その結果、唾液の分泌流量が変化しないという条件下では、ストレスによって唾液アミラーゼ活性が変化すると考えられた。鈴木ら [15] は一過的な作業によるストレスを評価する質問紙を作成し、その信頼性と妥当性を調査した。結果、微細な感情の変化は分析可能だったものの、どれだけ自覚できているか、正直に答えているかという 2 つの問題が残る結果となった。これらの研究はストレスの値を求めることができる反面、実験で行ったことに対してどの程度ストレスを感じているかは不明である。被験者の諸事情により、ストレスフリーの場合もあれば、高いストレスを感じている場合等様々である。本研究では、主観的評価でストレス値をつけるといった点で異なる。

次に「ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなる」と仮説を立てた。そして異なる被験者がスティックと 2 つのボタン、グリップの 4 つの部位に圧力センサーを取りつけたコントローラーを用いて同じゲームをプレイしてもらった。その後、計測された与えた力の値と 1 つ目の実験にて求めたストレス値をもとに相関分析と無相関の検定を行い、ストレスとコントローラーに与えた力の関係とデータの有意性を分析した。相関係数はいずれの部位においても 0.1 以下の低い数値となった。無相関の検定では、○ボタンを除き、5 %の有意水準を大きく上回った。そのため、○ボタンにおいては帰無仮説が棄却され、極々僅かな相関がある可能性が考えられた。反対にスティック、グリップ、×ボタンにおいては無相関であることが判明した。したがって、1 回のゲームプレイにてストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなるとはかけ離れた結果となった。そして「ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなる」という仮説は立証されなかった。とはいえ、本研究では与えられた力を調査する実験では、非常に短い時間しかゲームを遊んでいないことからストレスを感じている人はほとんどいない可能性が考えられた。また、ストレスのたまりやすいと考えられるゲームを遊んだとはいえ、始めたばかりのゲームに対してストレスを感じるとも考えにくい。さらに実験 1 では、個々人に

よって計測されるストレス値が異なっていたことから分析で用いた値と同じストレス値を被験者が感じていたとは考えにくい。以上のことから本研究の分析データは信頼性が非常に低いものとなった。本実験が失敗した原因は人のパーソナリティに関する部分を綿密に考えていなかったことやストレス値の計測に信頼性のある方法を用いることができなかったことにあると考えられる。

1.2 論文構成

本論文は、全6章にて構成する。2章にて全体方針について述べる。3章にて実験1の検証と分析について述べる。4章にて実験2の実装について述べる。また、5章にて実験2の検証と分析について述べる。そして6章にてまとめを述べる。

第 2 章

全体方針

本章では、2.1 節ではストレスの測定について、2.2 節ではストレスによる物に与える力の変化について、2.3 節ではストレスをためやすいゲームについて、2.4 節では対象とするゲームについて述べる。

2.1 ストレスの測定

1 章でも述べた通り、ストレスの測定は様々な方法が存在する。可能な限り、正確な制度でストレス値を調べる手法を用いることが望ましい。しかし、唾液アミラーゼや脈波からのストレス値を取得する方法は一瞬のストレス値の測定に 1 分少しの時間を要するため、あまり良いとは言えない。なぜなら、ゲームではストレスが変動するからである。ゲームでは苦しい時や乗り越えてすっきりした時、退屈な時と様々な時が存在し、場面によって大きく変動する。これらは少しの時間が経つ間に変化し、測定されるストレスが限られてしまうため、測定に時間を要する手法は用いないこととした。代替手法として 1 ステージを分割し、ゲームのステージを遊んだ人に場所ごとのストレスを評価してもらうというものを提案する。ゲームは 1 ステージ内のスタートや中間、ゴール前等の地点によって発生するプレイヤーの脅威となる要素が異なる。その要素により、プレイヤーの失敗する確率は変化し、場所によってプレイヤーのストレスは異なると考えた。そして「1 ステージの場所ごとにプレイヤーの感じるストレスは異なる」という仮説を立てた。とはいえ、この手法においても時の変化に対応することはできていない。しかし、ゲームにて感じるストレスを直接測定することが可能な点やプレイヤーがストレスを感じる要素について考察が可能なことからこの手法を用いることとした。それから実験 1 を行った。

2.2 ストレスによる物に与える力の変化

前述したようにストレスを我慢できずに物に当たる人が存在する。その被害はコントローラーやゲームカセット、ディスプレイ、机、壁等、様々である。以下の画像はリオラ [16] が紹介している視聴者がストレスを我慢できずに壊した物の一例である。



図 2.1 ストレスによって壊したコントローラー

このことからプレイヤーはゲームを遊んでいる間にストレスによって物に与える力は変化しているのではないかと考えた。そして物に与えられた力を検知することでプレイヤーのストレス状態を推定できるのではないかと考えた。そこで「ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなる」という仮説を立てた。それから実験 2 を行った。

本研究では、プレイヤーがゲームを遊ぶ際に最も触れるものがコントローラーであること、実験を行うにあたって設置する機材が多い場合、プレイヤーのゲーム体験を阻害してしまうことを考え、コントローラーにのみ着目することとした。

2.3 ストレスをためやすいゲーム

ストレスをためやすいゲームはどのようなものがあるか考察した。Lazarus と Flokman の提唱したトランスアクションモデルによると、ゲーム内で発生した刺激に対して一次評価にてストレスかを判断、二次評価にてストレスへの対処法を決定するとされている。故に人によってストレスの受け取り方が異なるようになっている。そのため、プレイヤーに理不尽と判断される出来事

が起こるゲームほど、ストレスをためやすいといえる。そして2つのゲームが考えられた。

1つ目は対人戦のゲームである。対人ゲームは努力をしても、必ず報われるということはない。練習等の努力量や才能、運などの複雑な要素によって勝敗が変化することはあるが、世界ランキングに乗るような強い人に勝てる人は限られている。また、このようなゲームでは実力の近い相手と勝負する遊びを導入していることから勝利するほど、自身より強い人たちと戦う機会が増えることがある。そして強い人たちほど勝利することが難しくなり、負ける機会が増えることで、ストレスがたまりやすい要素が増えると考えられる。他にも「スプラトゥーン [17]」や「Apex[18]」のように団体戦を導入しているゲームでは、時に初心者や自分より弱い人と同じ団体になることがある。そして相手に強い人がいることで負けた場合、「無能な味方のせいで負けた」というようにストレスが発生しやすい。その上、友人同士で団体を組んでいない人は味方を選ぶことができないため、先述した事象が起こりやすく、ストレスがたまりやすいのではないかと考えられる。

2つ目は高難易度のゲームである。例としては「DARK SOUL[19]」や「帰ってきた魔界村 [20]」、「Getting Over It[21]」などがあげられる。これらは「死にゲー」に分類されるものであり、失敗を繰り返して学習し、設定された目的を達成するものとなっている。そのため、「一度の失敗でゲームを遊び始めた時からやり直し」や「序盤から高難易度」といった理不尽な要素が多く、ストレスとして判断されやすいと考えられる。したがって、プレイヤーがストレスをためやすいゲームといえる。

2.4 対象とするゲーム

前述したように対人と高難易度のゲームがストレスをためやすいことがいえた。しかし、対人ゲームでは難易度を調整した場合、片方のプレイヤーにハンディキャップを与えることになる。これにより、遊びとして成立させている均衡が崩壊し、顧客が離れる原因になってしまうことから本研究の実験に用いるゲームとして対人ゲームは対象外とする。対照的に高難易度のゲームは一人用のものもあり、難易度を変更しても大きな問題はないことから一人用の高難易度ゲームを対象とする。とはいえ、リズムやシューティングといったゲームジャンルは音程を正しく取れる才能や弾幕を避ける視力が必要なことから、人によって得手不得手が分かれてしまう。そのため、誰にでも操作が出来る上で高難易度を設定しているアクションゲームに着目した。そして両方の条

件を達成している「Capcom Arcade Stadium：魔界村 [22]」というゲームを用いることとした。

第 3 章

実験 1 の検証と分析

本章では、ゲームの場所ごとにかかるストレスについて実施した実験について述べる。3.1 節では場所ごとのストレス値に関する実験について、3.2 節では実験の結果と考察について述べる。

3.1 場所ごとのストレス値に関する実験

ゲームの場所ごとにストレスは異なるのか、個々人でストレスは一致するのか実験を行った。被験者は 20 代の男性 5 名である。

調査方法として 1 ステージのゴールまでたどり着くという目的を達成するまでプレイしてもらった。目的を達成した後に被験者に 1 面を分割した場所を画像として提示し、10 段階でストレスレベルを評価してもらうというアンケートを行った。図 3.1 は 8 分割したステージの内訳である。図 3.2 は実際に使用したアンケートのスクリーンショットである。

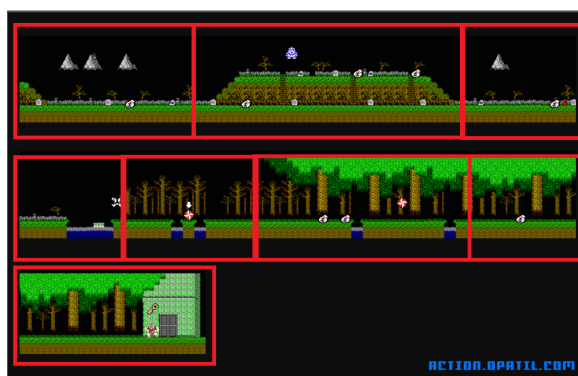


図 3.1 分割したステージの内訳



図 3.2 アンケート画面のスクリーンショット

調査に使用したゲームは「Capcom Arcade Stadium：魔界村 [22]」である。被験者は Nintendo Switch、Steam、PlayStation、Xbox のいずれかのプラットフォームで遊ぶことが可能なものを買って、プレイしてもらった。調査対象は魔界村をやったことがない人、直近 1 か月以内に遊んだことがない人に限定した。その理由として、慣れていない人は場所ごとの対処法や 1 面以降の難易度を知っていることから、測定できるストレスが異なると考えたためである。また、人の記憶は 1 か月経った際、ほとんど記憶に残っていないといわれていることから、1 か月以上プレイしていない人は慣れていない人と感じるストレスに差異はないと考えたためである。

3.2 実験の結果と考察

図 3.3 は被験者 5 名それぞれのアンケート結果である。表 3.1 は 5 名の場所ごとのストレス値を平均化したものである。

被験者別アンケート結果

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
①	4	2	5	5	4
②	7	4	7	7	7
③	1	9	7	3	8
④	2	2	7	3	2
⑤	5	6	8	8	7
⑥	6	8	10	8	8
⑦	10	8	10	8	10
⑧	7	2	5	5	3

場所別
ストレス値

図 3.3 実験 1 アンケート結果

表 3.1 平均化したストレス値

場所	ストレス値
①	4
②	6.4
③	5.6
④	3.2
⑤	6.8
⑥	8
⑦	9.2
⑧	4.4

いずれの場所においても、ストレス値が一致することはなかった。場所 1 や場所 7 のように傾向がみられるものもあれば、場所 3 のように分かれるものもあった。これはたまたま簡単に達成できたという運の要素や被験者の判断力や操作技術といったゲームの上手い下手によって大きく変化することが考えられた。また、実験としてやらされている場合と被験者が好き好んで主体的に遊んでいる場合における意識の変化も考えられるため、「普段のゲームをしている時間」や「実験として遊ぶゲームに対する印象」といったパーソナリティについても調査が必要だと考えられた。結果として「1 ステージの場所ごとにプレイヤーの感じるストレスは異なる」という仮説を立

証できる可能性が考えられた。

3.2.1 場所 1 のストレス値



図 3.4 場所 1

図 3.4 は場所 1 を視覚化したものである。この場所ではストレス値が非常に低い結果となった。その理由は場所 1 がゲームの中で簡単な難易度に設定されていることが考えられる。この場所では「ゾンビ [23]」という敵が登場する。「ゾンビ [23]」は以下の特徴を持っている。

- 出現時、プレイヤーがいた方向に直進
- 一定時間で消滅
- プレイヤーの攻撃一発で消滅
- 障害物判定はない

簡単に倒すことができる敵ではあるものの、プレイヤーの周りに無限に出現することから「5」という比較的高いストレス値が計測されたと考えられた。

3.2.2 場所 2 のストレス値



図 3.5 場所 2

図 3.5 は場所 2 を視覚化したものである。この場所では「7」という高いストレス値を感じた人が多い結果となった。その理由は「グリーンモンスター [23]」という敵にあると考えられる。「グリーンモンスター [23]」は以下の特徴を持っている。

- プレイヤーに危害を与える球体を 2 つずつ飛ばす
- 倒される、画面外に出るまで球体を飛ばし続ける
- プレイヤーの現在位置もしくは移動予測地点に向かって球体を飛ばす
- プレイヤーの攻撃一発で消滅

場所 2 では花の敵は高い所にいるため、一方的に攻撃を受けることになる。さらに倒すために梯子を上った際、敵の距離が近くなり、攻撃を受けやすくなる。また、無視して進もうにも「ゾンビ [23]」が進行を邪魔する、画面外に出るまで距離があるといったことから厄介かつストレスを感じやすい場所になっていたと考えられた。

3.2.3 場所3のストレス値



図 3.6 場所3

図 3.6 は場所3を視覚化したものである。この場所では被験者間でもストレス値が大きく異なる結果となった。その理由は「レッドアーマー [23]」という敵にあると考えられる。「レッドアーマー [23]」は以下の特徴を持っている。

- プレイヤーに気づいた後に飛び立ち、プレイヤーの攻撃が当たらない場所から一方的に攻撃をする
- 振り子上に突進する攻撃をする
- 気づいた後にプレイヤーの攻撃を避ける行動をとることがある
- 画面外に出てもプレイヤーを追跡する
- 複数回攻撃を当てないと倒せない

これらのことから非常に厄介な敵となっている。しかし、この敵に攻撃を当て続けて簡単に倒す方法もある。そのため、意図せずにこの方法を取り、簡単に倒せた人がいたことでストレス値の非常に低い結果になったと考えられた。反対につまづき、何度も戦うことになった人はストレスが非常に高い結果になったと考えられた。

3.2.4 場所4のストレス値



図 3.7 場所 4

図 3.7 は場所 4 を視覚化したものである。この場所ではアンケートの平均値では最も低い結果となった。その理由は新しく敵が出現しない場所であることが考えられる。場所 4 は触れると死ぬエリアがあるが、冷静に動く床の動きを把握して対処すれば、容易に攻略が可能なアスレチックとなっている。しかし、場所 3 の「レッドアーマー [23]」を倒していない場合、狭い場所で対処しなければならないことや動く床がプレイヤーの失態を誘発させる動きをすることから一部の被験者にて「7」という高いストレス値が計測されたと考えられた。

3.2.5 場所5のストレス値



図 3.8 場所 5

図 3.8 は場所 5 を視覚化したものである。この場所では回答されたストレス値が全て 5 以上となっていた。その理由は「フライングナイト [23]」という敵と進行するためにジャンプしなければならないことにあると考えられる。「フライングナイト [23]」は以下の特徴を持っている。

- 上昇と落下を繰り返す波状の動きをする
- 正面からの攻撃を無効化
- プレイヤーの攻撃一発で消滅

この敵は動きを予測することで容易に避けることが可能である。しかし、触れると死ぬエリアがあることからジャンプする必要がある。さらに盾を持った敵は 3 体登場し、別々の高さで移動することからそれぞれの動きを考えながら、ジャンプの着地先を考慮して操作しなければならない。その上、盾を持った敵は無限に出現するため、即座に対処する必要がある。これらのことから被験者が全員 5 以上という高いストレス値を感じたのではないかと考えられた。

3.2.6 場所 6 のストレス値



図 3.9 場所 6

図 3.9 は場所 6 を視覚化したものである。この場所では平均値および被験者それぞれの回答値が「8」以上という高い結果となった。その理由は「ウッディピッグ [23]」という敵にあると考えられる。「ウッディピッグ [23]」は以下の特徴を持っている。

- 不規則に上下左右移動する
- 進行方向上または真下に向けてプレイヤーに危害を与える槍を投げる
- 長期間プレイヤーの周りに滞在する
- プレイヤーの攻撃一発で消滅
- 対処していない場合、稀にプレイヤーを追跡する

この敵は槍を投げることやプレイヤーに当たるという 2 種類の危害を与える方法がある。そして槍を回避し、近づいてくる敵を倒すということを瞬時に判断する必要がある。さらに複数体かつ無限に出現することからプレイヤーの失態を誘うようになっている。このことから高いストレス値を測定されたのではないかと考えられた。

3.2.7 場所7のストレス値



図 3.10 場所 7

図 3.10 は場所 7 を視覚化したものである。この場所では被験者の 5 名中 3 名が「10」のストレス値を感じ、平均値が 9.2 という非常に高い結果になった。その理由は「ウッディピッグ [23]」に加えて「グリーンモンスター [23]」を同時に対処しなければならないことにあると考えられる。場所 7 にいる「グリーンモンスター [23]」は「たいまつ」という武器を用いて攻撃するもしくはしゃがんだ後に攻撃をしなければ倒すことはできない。元々プレイヤーが装備していた槍では、立ったまま攻撃しても当たらないように低い位置に配置されている。そのため、早急に倒すことができなければ、一方的に攻撃されることになる。さらに無限に出現する「ウッディピッグ [23]」も対処が求められるため、緻密な操作が求められる。このことからプレイヤーは失敗しやすく、最も高いストレスが測定されたのではないかと考えられた。

3.2.8 場所 8 のストレス値



図 3.11 場所 8

図 3.11 は場所 8 を視覚化したものである。この場所では場所 3 ほどではないが、人によってストレス値が異なる結果となった。その理由は「一角獣 [24]」という敵にあると考えられる。「一角獣 [24]」は以下の特徴を持っている。

- 突進や大ジャンプにてプレイヤーとの距離を詰めてくる
- ジャンプにてプレイヤーの攻撃を避ける
- 複数回攻撃を当てないと倒せない

「一角獣 [24]」は基本的にシンプルな動き以外はしないため、容易に対処することができる。しかし、場所 7 にて「ウディピッグ [23]」に追跡されたまま場所 8 に到達し、同時に対処しなければならないことや近づきすぎてしまい、「一角獣 [24]」の攻撃を避けられないといったことが起こることから「5」や「7」のような高いストレス値が測定されたのではないかと考えられた。

第 4 章

実験 2 の実装について

本章では、実験 2 を行うにあたって、実装したものについて述べる。4.1 節では力を測定する部位について、4.2 節では与えた力の計測方法について、4.3 節で実験 2 で用いた道具について述べる。

4.1 力を測定する部位

「Capcom Arcade Stadium：魔界村 [22]」はボタンで攻撃とジャンプ、スティックで移動とシンプルな操作を導入している。そのため、ジャンプを行う○ボタンと攻撃を行う×ボタン、移動を行う左スティックに与えられている力を測定することとする。その他、ゲームを遊ぶ際にコントローラーを持つことからグリップにも力は与えられていると考えた。したがってコントローラーのグリップに与えられている力も測定することとする。図 4.1 は測定する部位を視覚化したものである。



図 4.1 与えた力を測定する部位

4.2 与えた力の計測方法について

本研究では、コントローラーに与えた力を値として計測する必要がある。そこで、圧力センサーを用いることにした。このセンサーから得られる情報を記録するために Arduino UNO R3 を用いた。また、ブレッドボードやジャンプワイヤーを用いて回路を組んだ。回路を組むにあたって、用いた道具は以下の通りである。

- 圧力センサー FSR402
- 圧力センサー FSR X 406
- 圧力センサー FSR 400
- ブレッドボード
- ジャンプワイヤー
- Arduino UNO R3 Controller Board 1PC
- USB Cable 1PC

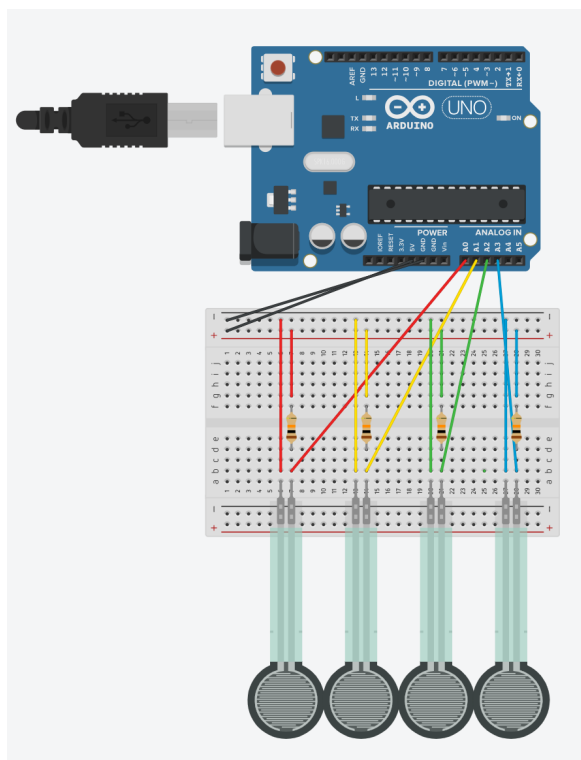


図 4.2 回路図

図 4.2 は回路図である。注意点として画像とは異なり、実験 2 では 3 種類の異なる圧力センサーを使用している。Arduino IDE を用いて Arduino に 4 つの圧力センサーの値を記録、シリアル通信を通して PC に計測したデータを 0.25 秒ごとに送信し続けるようにプログラムを書き込んだ。そして Arduino を USB ケーブルを用いて PC に接続、Excel の DataStreamer から送信されるデータを記録した。以下は Excel の DataStreamer の設定である。

- データ間隔（ミリ秒）：10
- データ行：100000

4.3 実験 2 で用いた道具について

先述した回路に接続している圧力センサーのセンサー部分をコントローラーに接着することでコントローラーに与えた力の値を計測が可能となる。しかし、実際に扱う際にはブレッドボードごと持たないといけない、接着がはがれないように常に注意しなければならないというゲームを

遊ぶことに支障が生まれる問題点があった。そこで、圧力センサーとジャンプワイヤー、ジャンプワイヤー同士をはんだごてを用いて繋ぎ、コントローラーとセンサー部分を両面テープを用いて接着した。これにより、可動域が広がり、従来に近い状態で扱えるようにした。図 4.3 ははんだごてを用いて端子を長くした圧力センサーである。図 4.4 は実際にコントローラーに圧力センサーを接着した画像である。

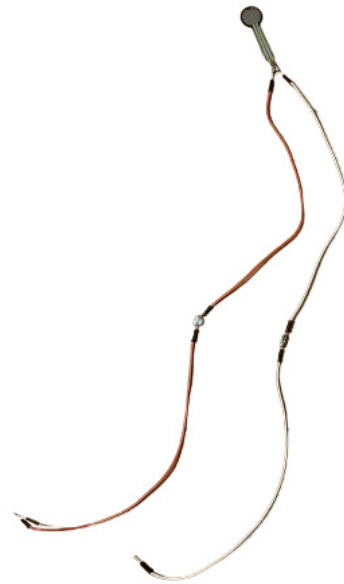


図 4.3 はんだごてを用いて拡張した圧力センサー

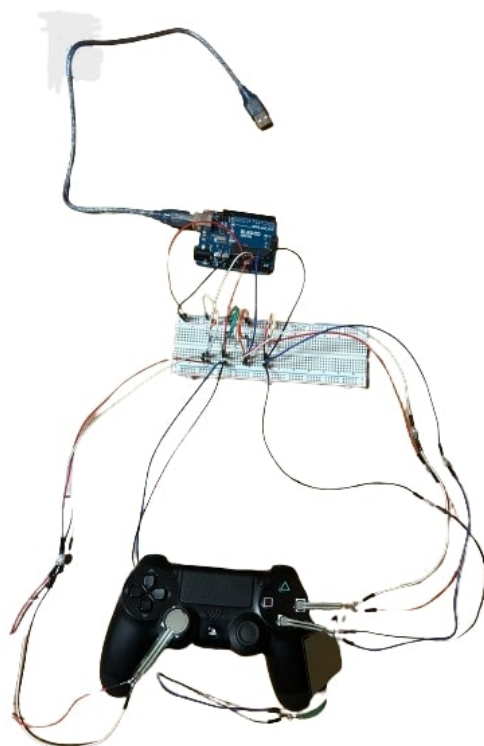


図 4.4 コントローラーに接着した圧力センサー

第 5 章

実験 2 の検証と分析

本章では、5.1 節では実験方法について、5.2 節では実験結果について 5.3 節では分析結果について、5.4 節では考察について述べる。

5.1 実験方法

本研究は、被験者が図 4.4 にて表示しているコントローラーを用いて「Capcom Arcade Stadium：魔界村 [22]」を遊んでもらう。実験環境は対面上で実施した。被験者は魔界村をやったことがない人を対象とした。以下は実験の手順である。

1. PC と Arduino UNO を接続する
2. Excel の Data Streamer からデータの開始を押す。
3. Capcom Arcade Stadium の魔界村のゲームスタート画面から「Xbox Game Bar」を起動し、ゲーム画面の録画を行う。
4. 被験者はコントローラを持ち、ゲームを遊ぶ。
5. 1 ステージのゴールまでたどり着くもしくは 3 回、目的を失敗するまで遊んだ後に録画を停止
6. Data Streamer のデータの停止を押す。

5.2 実験結果

5.1 節の実験を 13 人の男女に対し実施した。そして出力されたデータを全選択し、古い時間順に並び替え、図を作成した。図 5.1、5.2、5.3、5.4 は一部の被験者の測定結果をグラフ化したものである。その結果、どの被験者においてもゲームを遊んでいる際に与えた力は均一ではないこ

とが分かった。また、いずれの部分においても与えた力は均一ではないことが分かった。

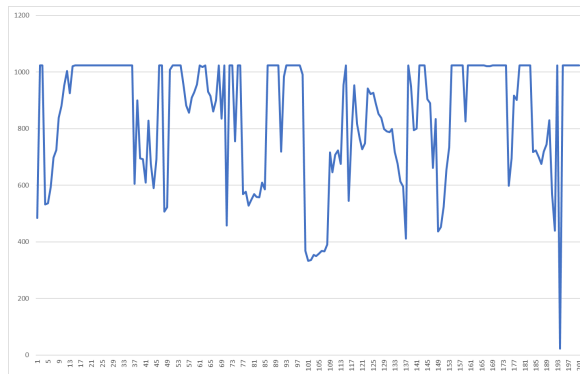


図 5.1 ゲームプレイ中にスティックに与えた力

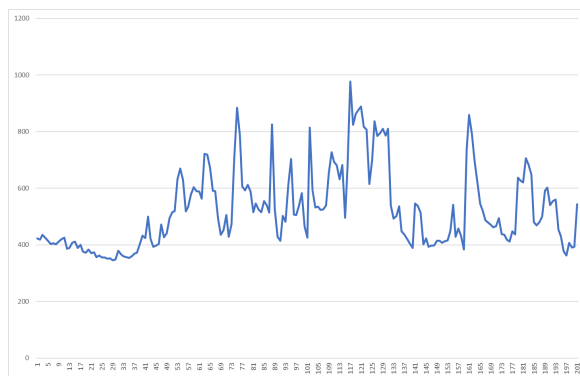


図 5.2 ゲームプレイ中にグリップに与えた力

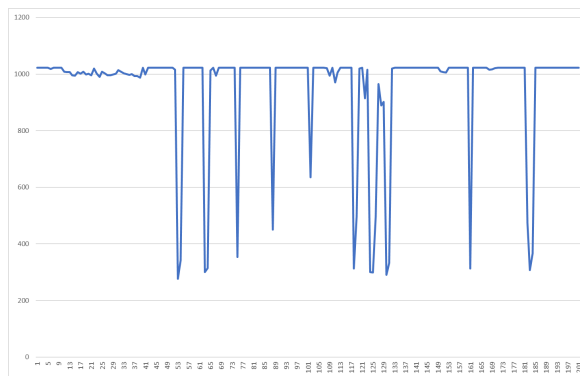


図 5.3 ゲームプレイ中に○ボタンに与えた力

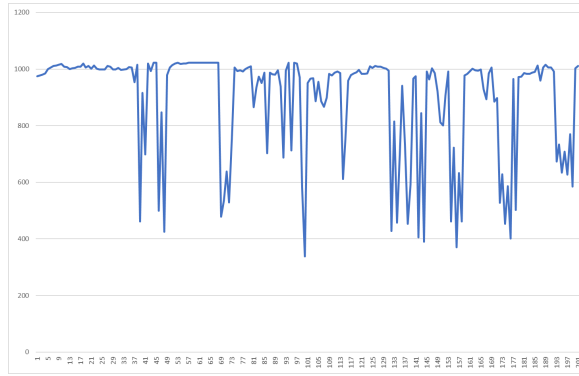


図 5.4 ゲームプレイ中に×ボタンに与えた力

5.3 分析結果

DataStreamer を用いて記録したデータに記載されている秒数とゲームを遊んでいるときの録画を見返し、場所ごとのストレス値を記入した。そして入力されていないときのデータを取り除き、被験者のデータを一つにまとめ、それぞれの部位に与えられた力とストレス値をもとに相関分析を行った。さらに相関係数が有意なものであるか確かめるために無相関の検定を行った。帰無仮説を「母相関係数が 0 である」、対立仮説を「母相関係数が 0 ではない」とした。表 5.1 は入力しているときのみにデータを絞り、相関分析を行ったものである。表 5.2 は入力しているときのみの相関係数に対して検定を行ったものである。

表 5.1 入力なしを除いた 4 つの部位の相関係数

スティック	グリップ	○ボタン	×ボタン
-0.042925463	-0.013259403	-0.072476494	0.010013963

表 5.2 入力なしを除いた p 値一覧

スティック	グリップ	○ボタン	×ボタン
0.137741477	0.575593925	0.004318165	0.699519115

5.4 考察

相関係数はいずれの部位においても 0.1 以下の低い数値となった。無相関の検定では、○ボタンを除き、5%の有意水準を大きく上回った。そのため、○ボタンにおいては帰無仮説が棄却され、極々僅かな相関がある可能性が考えられた。反対にスティック、グリップ、×ボタンにおいては無相関であることが判明した。したがって、1回のゲームプレイにてストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなるとはかけ離れた結果となった。そして「ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなる」という仮説は立証されなかった。とはいえ、本研究では与えられた力を調査する実験では、僅かな回数しかゲームを遊んでいないことからストレスを感じている人はほとんどいないといえる。また、ストレスのたまりやすいと考えられるゲームを遊んだとはいえ、始めたばかりのゲームに対してストレスを感じることも考えにくい。さらに実験1では、個々人によって計測されるストレス値が異なっていたことから分析で用いた値と同じストレス値を被験者が感じていたとは考えにくい。以上のことから本研究の分析データは信頼性が非常に低いものであるといえる。本研究の改善点として3つ考えられる。1つは被験者がゲームにてストレスを感じる出来事を分析し、実験にて同じストレス反応が見られるように準備することである。2つは唾液アミラーゼや心拍変動のようにストレスを正確かつ連続して求められる装置を扱うことである。3つは実際にゲームによってストレスをため、物に当たったことのある人とない人に協力を依頼し、グループ分けした後に実験を行うことである。上記の3点を完了した後に調査することで、より正確な結論を出すことができると考える。

第 6 章

まとめ

本論文では、「ゲームの中で感じるストレスとコントローラーに与えられる力の関係について実証する」という目的を達成するために場所ごとのストレス値について調査を行った。また、圧力センサーを取り付けたコントローラーを用いてゲームプレイ中にストレスになりやすい場所で与える力が変化するのか実装及び調査を行った。

まず、ストレスを感じやすいゲームを定義し、被験者にそのゲームの 1 面をクリアした後に場所ごとに 10 段階でストレス値を評価するアンケートを行った。その結果、場所によってストレス値が高い、低い傾向にあるものもあれば、大きく分かれるものもあった。そのため、「1 ステージの場所ごとにプレイヤーの感じるストレスは異なる」という仮説を立証できる可能性が考えられた。高難易度とはいえ、必ずしも感じるストレス値が同じになることはなく、ゲームの上手い下手や好き嫌い、プレイするゲームの印象等様々な要素によってストレス値は変化している可能性が考えられた。

次に実験 2 として被験者に圧力センサーを取り付けたコントローラーを用いてゲームをプレイしてもらい、エクセルの DataStreamer を用いて与えた力の記録を行った。その後、計測された与えた力の値と 1 つ目の実験にて求めたストレス値をもとに相関分析と無相関の検定を行い、ストレスとコントローラーに与えた力の関係とデータの有意性を分析した。相関係数はいずれの部位においても 0.1 以下の低い数値となった。無相関の検定では、○ボタンを除き、5%の有意水準を大きく上回った。そのため、○ボタンにおいては帰無仮説が棄却され、極々僅かな相関がある可能性が考えられた。反対にスティック、グリップ、×ボタンにおいては無相関であることが判明した。したがって、1 回のゲームプレイにてストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなるとはかけ離れた結果となった。そして「ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなる」という仮説は立証されなかった。とはいえ、本研究では与えられた力を

調査する実験では、非常に短い時間しかゲームを遊んでいないことからストレスを感じている人はほとんどいない可能性が考えられた。また、ストレスのたまりやすいと考えられるゲームを遊んだとはいえ、始めたばかりのゲームに対してストレスを感じるとも考えにくい。さらに実験1では、個々人によって計測されるストレス値が異なっていたことから分析で用いた値と同じストレス値を被験者が感じていたとは考えにくい。以上のことから本研究の分析データは信頼性が非常に低いものであるといえる。

最後に今後の発展として本研究の改善点が3つ考えられた。1つはプレイヤーがゲームにてストレスを感じる出来事を分析し、実験にて同じストレス反応が見られるように準備することである。2つは唾液アミラーゼや心拍変動のようにストレスを正確かつ連続して求められる装置を扱うことである。3つは実際にゲームによってストレスをため、物に当たったことのある人とない人に協力を依頼し、グループ分けした後に実験を行うことである。上記の3点を完了した後に調査することで、「ストレスがたまるほど、コントローラーに与える力は大きくなる」という仮説に対してより正確な結論を出すことができると考える。

謝辞

本研究、本論文を進めるにあたり、時間を割いてご指導してくださった渡辺先生、阿部先生に心より感謝いたします。

本当にこの研究テーマに意義があるのかといったことについて良く相談させていただきました。その後も検証するための実験手法について相談、質問させていただきました。その際、確認も含めて多くの時間をかけて指導していただき、お世話になりました。他、行動する以外ないにも関わらず、卒業論文として認められるかどうかという不安に対して何度も挫折しかけました。毎週のミーティングや質問にてアドバイスを頂けたことで諦めずに研究及び執筆を終えることができました。感謝いたします。また、締め切りまでに何度も添削していただいたことで見る、聞く分には問題ない論文及び発表にすることができました。このように毎度、お手数をお掛けしてしまいましたが、根気強く対応していただいたおかげで研究を進め、論文を執筆するまで行うことができました。しかし、そこまでしていただいたのにも関わらず、私の確認不足により遅延提出になってしまい、大変申し訳ありませんでした。その際、軽いパニックになっていましたが、先生に助言していただいたお陰で冷静に対処し、提出することができました。今後、このような大きな失敗がないように先のことまで考えて確認を行い、分からないことは人に聞くようにします。本当にありがとうございました。

2つの実験を行うにあたり、時間がかかる、対面でないと出来ないという大きな負担があったのにも関わらず、実験に協力、参加していただいた友人たちに心より感謝いたします。協力のお礼として謝礼金はなく、お菓子だったことから非常に割に合わず、他のことに時間を使いたかったと思います。それでもディスコードにて連絡した時や対面で実験を行った時も嫌な感情を一切見せずに協力していただきました。本当にありがとうございました。

卒論に対して挫折していた私を支えてくれた両親に感謝いたします。その他にも色々迷惑をお掛けしましたが、大学の研究に取り組むまで至ることができたのは2人のおかげです。本当にありがとうございました。

最後に改めてご指導いただいた先生方、協力していただいた友人たち、両親に心から感謝を申

し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 実用日本語表現辞典. 台パンの意味点解説. https://www.weblio.jp/content/%E5%8F%B0%E3%83%91%E3%83%B3#google_vignette. 参照: 2024.1.1.
- [2] 遠藤雅伸, 三上浩司. フローゾーンを超えた動的難易度調整 ～イリンクスを楽しむ dynamic pressure cycle control 手法～. 芸術科学学会論文誌, Vol. 17, No. 3, pp. 62–71, 2018.
- [3] 原田和明, 兼松祥央, 茂木龍太, 三上浩司. プレイヤーのリアクションの音響的特徴量に基づく動的難易度調整. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2020 論文集, Vol. 2020, pp. 8–11, 2020.
- [4] 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, Vol. 21, No. 3, pp. 415–422, 2016.
- [5] 宇藤克, 西野裕樹. プレイヤの主観的な難易度評価に注目した難易度調整手法. インタラクシオン 2023 論文集, pp. 438–442, 2023.
- [6] 鳥羽美奈子, 櫻井隆雄, 森靖英, 恵木正史. オフィスワーカーのストレス量と pc 操作ログ特徴量の重回帰分析-pc 操作ログ分析サービスの応用に向けて. デジタルプラクティス, Vol. 7, No. 1, pp. 71–79, 2016.
- [7] Mara Naegelin, Raphael P. Weibel, Jasmine I. Kerr, Victor R. Schinazi, Roberto La Marca, Florian von Wangenheim, Christoph Hoelscher, and Andrea Ferrario. An interpretable machine learning approach to multimodal stress detection in a simulated office environment. *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 139, No. 104299, 2023.
- [8] 小孫康平. ビデオゲームプレイヤーの心理状態とコントローラのボタン操作行動の分析. 芸術科学学会論文誌, Vol. 17, No. 3, pp. 62–71, 2018.
- [9] 多屋優人, 横山浩之, 浅川徹也, 小縣拓也, 鴨宏一, 熊本明久, 宮川大毅, 水野 (松本) 由子. 行動と心身状態の関係: 携帯電話の操作量と睡眠時間と心理検査の比較. 知能と情報, Vol. 24, No. 4, pp. 884–894, 2012.
- [10] 宇佐美雄基, 石沢千佳子, 景山陽一, 白須礎成. Pc 作業時の集中状態と生体情報の関連に関する

る検討. 自動制御連合講演会講演論文集, 2018.

- [11] 長野祐一郎. フィジカルコンピューティング機器を用いたストレス反応の測定. ストレス科学研究, Vol. 27, pp. 80–87, 2012.
- [12] 濱谷尚志, 落合桂一, 山本直樹, 深澤佑介, 木本勝敏, 上西康平, 太田順, 寺澤悠理, 沖村宰, 前田貴記. 時空間的なスマートフォンログ分析に基づく利用者のストレス推定手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 4, pp. 1113–1127, 2021.
- [13] 伊村一成, 後藤佑介, 酒井晃二, 小原雄, 田添潤, 三浦寛司, 廣田達哉, 内山彰, 乃村能成. ウェアラブルセンサデバイスを用いた医師のストレス推定手法の提案. 研究報告電子化知的財産・社会基盤 (EIP) , Vol. 2021-EIP-93, No. 5, pp. 1–8, 2021.
- [14] 山口昌樹, 金森貴裕, 金丸正史, 水野康文, 吉田博. 唾液アミラーゼ活性はストレス推定の指標になり得るか. 医用電子と生体工学, Vol. 39, No. 3, pp. 234–239, 2001.
- [15] 鈴木まや, 平尾直靖, 寺下裕美, 織田弥生, 八木昭宏. 一過的な作業負荷によるストレス評価質問紙の項目と利用方法の検討. 人間工学, Vol. 35, No. 4, pp. 259–270, 1999.
- [16] スプラ解説. 視聴者がイライラして壊したもの 31 選【スプラトゥーン 3】【初心者】. <https://www.youtube.com/watch?v=gKW91HgCv1k>. 参照: 2024.1.1.
- [17] 任天堂. Splatoon (スプラトゥーン). <https://www.nintendo.co.jp/titles/20010000014127>. 参照: 2024.1.1.
- [18] Electronic Arts. Apex legends. <https://www.ea.com/ja-jp/games/apex-legends>. 参照: 2024.1.1.
- [19] FromSoftware. ダークソウルシリーズサイト—dark souls series site. <https://www.darksouls.jp/>. 参照: 2024.1.1.
- [20] Capcom. 帰ってきた 魔界村 — capcom - ghosts 'n goblins resurrection. <https://www.ghostsn-goblins.com/resurrection/ja/>. 参照: 2024.1.1.
- [21] Steam. Getting over it with bennett foddy. https://store.steampowered.com/app/240720/Getting_Over_It_with_Bennett_Foddy/?l=japanese. 参照: 2024.1.1.
- [22] 任天堂. Capcom arcade stadium : 魔界村 - マイニンテンドーストア. <https://store-jp.nintendo.com/list/software/70050000024959.html>. 参照: 2024.1.1.

- [23] オパチル. 敵キャラクターの紹介 / fc 版 魔界村 (まかいむら) 完全攻略★ゲーム攻略メモ.
<http://action.opatil.com/mm/data/ene.html>. 参照: 2024.1.1.
- [24] オパチル. ボスキャラクターの紹介 / fc 版 魔界村 (まかいむら) 完全攻略★ゲーム攻略メモ.
<http://action.opatil.com/mm/data/boss.html>. 参照: 2024.1.1.