

2025年度 松田研究室メンバー

笹井 愛斗（先進科学系）

堀部 恭平（先進科学系）

宮路 伶音（先進科学系）

安川 晴彦（先進科学系）

指導教員：松田 修

2025年度 堀研究室メンバー

坂本 健（先進科学系）

宮本 泰至（先進科学系）

指導教員：堀 秀暢

卒業研究

不快な音について

先進科学系

笹井愛斗

指導教員 松田修

令和 8 年 2 月 18 日

Abstract

This is a report documenting the one year spent conducting my graduation research. Mosquitoes are the deadliest animals to humans worldwide. The impetus for starting this research was to find a safe, environmentally friendly approach to dealing with mosquitoes without using insecticides. However, after considering the ethical issues involved in animal testing, we concluded that creating an unpleasant sound that would make us stop noticing mosquitoes would be sufficient. I wondered if this unpleasant sound could be used to treat addiction. Ultimately, it became clear that this research would be difficult to implement due to ethical and financial issues. I investigated the effects on the body of listening to audio created using Audacity. As a result, I was able to feel a discomfort that cannot be expressed in numerical terms.

目次

1. 背景	1
1.1 研究の端緒	1
1.2 予備実験	1
1.3 文献調査と研究方針の転換	2
2. 目的と応用可能性	3
2.1 本研究の目的	3
3. 不快な音の定義	5
4. 本実験における課題	5
4.1 データの信憑性とバイアスの問題	5
4.2 倫理的問題	6
5. 使用ソフト	6
6. 不快な音制作	7
7. 仮説	8
8. 今後の展望	8
参考文献	9

1. 背景

1.1 研究の端緒

従来、蚊への対抗策として主流であったのはピレスロイド系薬剤の殺虫剤や DEET などの化学的忌避剤の使用であった。

しかしながら、これらの化学物質の多用は環境への負荷や、人体に長期的な影響を与える可能性がある。そこで化学物質に依存しない、よりクリーンで持続可能な対抗策として、物理的かつ音響学的なアプローチが有効ではないかと考えた。音であれば、残留性もなく、対象となる空間に必要な時間だけ作用させることが可能である。

具体的には、蚊が本能的に危険を感じて忌避する特定の周波数帯域を特定し、それを環境音として発振することで、「見えない防虫ネット」を展開することを構想した。

もし、蚊が嫌がる特定の音波によって彼らの侵入を物理的に阻止することができるなら、夏季においても締め切った部屋の息苦しさから解放され、窓を開け放って外気を取り入れながら快適に過ごせる音響空間を構築できるはずである。この「音響的防虫バリア」の確立こそが、本研究の当初の目的であった。

1.2 予備実験

6 月ごろ、この「音響的防虫バリア」仮説を検証するために、当初は野外を飛んでいる成虫を虫取り網で無作為に捕獲することを検討したが、この方法では、捕獲した個体の種別、日齢、吸血経験の有無にばらつきが生じてしまう。これでは、音波に対する反応が生理状態によるものなのか判別できず、データの再現性と科学的信頼性が損なわれる恐れがある。そのため、より制御されたサンプリング方法を採用することとした。自宅の庭先に水を張ったバケツを設置し、野生の蚊に産卵を促すことで、まずボウフラ（幼体）を採取する。その後、採取したボウフラを実験室内のビーカーで育成し、穿孔処理を施したペットボトル容器へと移し替え、成虫への変態を待った。このプロセス自体は、極めて順調に進めた。ボウフラは順調に成長し、複数の個体が完全に変態する様を観察することができた。



図 1：蚊の孵化実験

1.3 文献調査と研究方針の転換

飼育実験の行き詰まりと並行して行った詳細な文献調査により、蚊の聴覚に関する生物学的かつ神経行動学的な重要知見が得られた。それは、蚊の聴覚機能には明確な性的二型（性差）が存在し、オスの蚊がメスの蚊の羽音を種族ごとに聞き分けているという事実である。

例えば、ヒトスジシマカのオスは、異種交配による遺伝的損失を避けるため、同種のメスの羽音が発する特定の周波数（基本周波数および倍音成分）を識別し、アカイエカなどの他種でないことを瞬時に判断して追尾行動に移ることが、先行研究によって明らかにされている。この聞き分けを可能にしているのが、オスの触角基部に存在するジョンストン器官と呼ばれる、極めて鋭敏な聴覚器官である。この器官は音波による空気の微細な振動を感知し、神経信号へと変換する能力を持っている。

この調査結果は、当初の仮説であった蚊は特定の音を聞き分けることができるという点については裏付けるものであった。しかし同時に、研究計画にとって致命的な事実も突きつけた。この鋭敏な聴覚能力が発達しているのは、主に交尾相手を探す必要があるオスに限られるという点である。

吸血を行い、病原体を媒介するのは、産卵のためのタンパク質を必要とするメスのみである。文献によれば、メスは主に宿主が排出する二酸化炭素、体温、汗に含まれる乳酸やオクテノールといった化学物質を頼りに人間に接近するため、聴覚はオスほど発達しておらず、音響による忌避行動は主要な防御策になり得ない可能性が浮上したのである。

つまり、オスを遠ざけることはできても、吸血するメスを音で遠ざけることは極めて困難であるという結論に至った。

加えて、実験上の制約も重くのしかかった。実験に適した蚊を野外から確保できる時期が夏場に限られるという季節的な制約、近年の猛暑や地球温暖化による生態系の変化に伴うサンプルの不安定さ、さらには、たとえ害虫とはいえ生物を実験材料として使い捨てざるを得ないことへの倫理的観点であった。これらの要因が複合し、「蚊が忌避する周波数」の特定という当初の研究テーマを、断念せざるを得ない状況へと追い込まれた。

そこで、蚊の飼育実験でのストレスによる死滅という経験と、文献調査での音による生理的反応という知見を結合させ、発想を転換することとした。

蚊が嫌がる音を作って蚊を遠ざけるのが困難であれば、ターゲットを蚊から人間へとシフトし、我々人間側のアプローチを変えてみてはどうだろうかと考えた。

もし、蚊の不快な羽音さえも気にならなくなるほどの、より強力で不快な音を人工的に生成できれば、どうなるか。これは対抗刺激による相殺であり、より強い不快音によって蚊の羽音によるストレスを相殺、あるいは認知的な書き換えを行うことで、全く違う角度から音による解決を導き出せるのではないか。この逆転の発想こそが、本研究の新たなテーマとなった。

2. 目的と応用可能性

2.1 本研究の目的

以上の経緯により、本研究の直接的な目的は、蚊の羽音に対する不快感を打ち消すほどに強力かつ特殊な不快音を生成し、その生理的・心理的效果を検証することへと再設定された。

しかし、この研究の有用性を単なる夏の夜の蚊対策やストレスの相殺のみに留めることは、学術的・社会的意義の観点から非常にもったいないと感じられた。なぜなら、人間の精神や生理機能に直接作用し、強烈な忌避反応や嫌悪感を引き起こす不快な音を自在に制御・生成する技術が確立できれば、それは人間の行動変容を促す強力なツールとなり得るからである。

音は視覚情報とは異なり、瞼を閉じるように遮断することが容易ではない。耳栓をしたとしても、骨伝導や高音圧によって知覚される音からは逃れられない。実用例として次のようなものがある。

- ・長距離音響発生装置・エルラド（LRAD：Long Range Acoustic Device）

特定の方向に強力な音を届けることができる特殊なスピーカーであり、災害時の津波・地震警報、不審船への警告などで使用されている。特に不審船への警告で使われている LRAD 1000Xi は 2~4kHz 程度の鋭い高音を 150~170db で連続して流している。

この不可避性と侵襲性を利用し、本研究の成果を以下の 3 つの分野に応用することを検討した。

- ・依存症の治療

快楽と結びついた病的行動を、不快音と結びつけることで神経回路を遮断・再構築する。

- ・集団に対する威圧・統制

暴動鎮圧や違法な集会の解散誘導、立ち入り禁止区域の防衛など、催涙ガスやゴム弾に代わる非殺傷兵器としての音響利用。

- ・害獣に対する警告

鹿、狸、熊、イノシシなどが本能的に嫌がる周波数帯域（超音波や捕食者の鳴き声の模倣等）を用いた、農作物被害・人身被害の防止システム。

2.2 依存症治療へのアプローチ

上記の応用可能性の中で、本研究では特に、現代社会において深刻な問題となっている依存症治療への応用に焦点を当てる。そもそも依存症とは、医学的に定義すれば、特定の物質摂取や行動をやめたくてもやめられない状態に陥り、生活の破綻、健康被害、人間関係の悪化といった甚大な悪影響が出ているにもかかわらず、それを継続してしまう進行性の病気である。そのメカニズムの中核には、中脳腹側被蓋野から側坐核へと投射されるドーパミン神経系、いわゆる報酬系回路の暴走がある。対象となる物質や行動が、生存に必要な報酬（食事や性行動）以上の強烈的なドーパミン放出を引き起こし、快感や安心感と強固に結びついてしまうことで、前頭前野による理性的制御が効かなくなるのである。

依存症は、その対象によって大きく以下の3つに分類される。

- 物質依存

アルコール、ニコチン、覚醒剤、処方薬など、体内に摂取する化学物質への依存。身体的な離脱症状（禁断症状）を伴うことが多い。

- 行動依存（プロセス依存）

ギャンブル、ゲーム、インターネット、SNS、買い物、窃盗など、特定の行為・プロセスそのものへの没頭。物質の摂取を伴わないが、脳内の反応は物質依存と同様である。

- 混合型

物質依存と行動依存が複合した状態（例：飲酒しながらのギャンブル等）。

本研究でアプローチを試みるのは、パチンコやスロットなどのギャンブル、あるいはオンラインゲームなどを対象とした行動依存である。

その理由は、既存の治療法の限界にある。物質依存の治療法においては、ニコチンガムのような他の物質への置き換え（代替療法）や、拮抗薬を用いた薬物療法が一定の成果を上げている。

しかし、行動依存に対しては、代替となる健全な行動を見つけることが難しく、認知行動療法（CBT）などのカウンセリングが主体となるが、本人の意志力に依存する部分が大きく、再発率も高いのが現状である。

私は、行動依存に対してこそ、その行為そのものへの執着を断ち切るために、外部からの物理的刺激による介入の余地が大きいと考えた。前述の通り、聴覚刺激は回避が難しく、脳の情動中枢（扁桃体など）にダイレクトに作用するため、強力なアプローチになり得ると推測される。

2.3 行動依存に対する具体的な手法

具体的には、依存症患者が対象となる行動（ギャンブルやゲーム等）を行っている最中、あるいはその衝動を感じた瞬間に、意図的に生成した不快な音を聴取させるという手法をとる。

これは心理学における古典的条件づけ（レスポナント条件づけ）および嫌悪療法（Aversion Therapy）の原理に基づくものである。パブロフの犬の実験で知られるように、生物は同時に提示された刺激同士を結びつけて記憶する性質がある。

本来、依存症患者にとって、その行動（条件刺激）は快感・報酬（無条件刺激）と結びついている。しかし、そこへ同時に、本能的に回避したくなるような強力な不快音（嫌悪刺激）を与えることで、脳がこの行動を行うと不快なことが起きると誤認・学習するように仕向けるのである。これを反復することで、条件反射的にその行動そのものに対しても嫌悪感や忌避感を抱くように脳の報酬系回路を書き換え（脱条件づけ）、結果として依存対象への病的な渴望（クレイビング）を減退させ、治療の一助となるのではないかと考えている。

3. 不快な音の定義

本研究の核となる不快な音を生成・評価するためには、何をもって不快とするのか、その定義を明確化し、可能な限り客観的な指標を設ける必要がある。インターネット上や先行研究にはオノマトペによる分類や周波数帯域による分類など多種多様な定義が散見されるが、本研究においては、実験の複雑化を避け、明確な定量指標で評価を行うために単純化を重視した。よって、以下の2条件を満たすものを本研究における不快な音と操作的に定義する。

定義1：自覚症状の発現（主観的指標）

聴取前には感じていなかっためまい、頭痛、吐き気、焦燥感、冷や汗などの身体的不調を被験者が主観的に訴えること。これらは、目に見えない精神的なストレスや嫌悪感情が、限界を超えた際に自律神経系を介して身体症状として表層化した証拠とみなすことができるためである。

定義2：生理学的指標（血圧・心拍数）の上昇（客観的指標）

人間は精神的に安定・リラックスしている状態では副交感神経が優位となり血圧や心拍数が安定・低下するのに対し、恐怖や不快感、ストレスを感じると交感神経が活性化し、闘争・逃走反応の一環として、筋肉への血流を増やすために血圧や心拍数が上昇することが生理学的に証明されている。これらの数値は、被験者の主観や忖度に左右されない客観的なデータとして測定可能であり、被験者の微細なストレス反応を定量的に追跡するのに適している。

4. 本実験における課題

本研究の構想は理論的には整合性が取れているものの、実際に遂行するにあたっては、以下の二つの大きな課題が浮上している。これらは実験デザインおよび研究の実行可能性において、慎重かつ現実的に考慮すべき点である。

4.1 データの信憑性とバイアスの問題

第一の課題は、被験者の確保とデータ収集に関する統計的な問題である。

私一人が被験者となり実験を行う場合、自分自身に対して不快音を曝露することに法的な問題はなく、健康被害のリスクも自己責任の範囲でコントロール可能である。しかし、自己実験のデータのみでは、科学的な論文として求められる統計的な有意性を算出することは不可能である。さらに、研究者自身が被験者となる場合、プラシーボ効果や確証バイアスが無意識のうちにデータに影響を与える可能性が高く、客観的な信憑性が著しく欠如してしまう。

一方で、十分なデータを収集するために自分以外を対象とする場合、適切な被験者の選定

が極めて困難となる。すでにギャンブル等の依存状態にある人々に協力を仰ぎ、治療の一環とはいえ、実験のために精神的苦痛を伴う「不快な音」を長時間聴くことを承諾してもらうことは容易ではない。協力者が集まらなければサンプル数が不足し、結果として仮説検定に耐えうる科学的な妥当性を証明できないリスクが懸念される。

4.2 倫理的問題

第二の課題は、他人に意図的に不快感を与えることの倫理的是非である。

本研究で生成する不快な音を聴かせる実験は、被験者に対して一時的とはいえ、精神的ストレスや、頭痛・吐き気といった生理的な苦痛を与える可能性がある侵襲的な実験に分類される。現代の研究倫理、特にヘルシンキ宣言に基づく人間を対象とする医学研究の倫理的指針においては、被験者の心身の保護と人権の尊重が最優先事項とされる。

5. 使用ソフト

Audacity

Audacity は、Windows、Mac、Linux 等のマルチプラットフォームに対応した、無料かつオープンソース（GPL ライセンス）のデジタル音声編集ソフトウェアである。単なる録音や再生にとどまらず、FFT（高速フーリエ変換）を用いた周波数スペクトルの解析、特定の周波数の強調・カット（イコライジング）、不協和音の生成、ノコギリ波や矩形波といった自然界には少ない人工的な波形の合成、さらにはテンポやピッチの変更、逆再生などの機能を有している。本研究においては、人間が本能的に不快と感じる高周波ノイズ（黒板を爪で引っ掻く音に近い 2000Hz～4000Hz 帯域の強調など）や、生理的な嫌悪感を催す不規則なリズムパターンの生成に、このツールの機能を最大限に活用する。

6. 不快な音制作

現在制作している不快な音は次のとおりである。

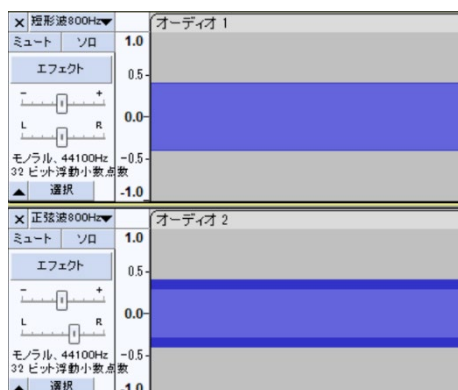


図 2：800Hz の矩形波と正弦波

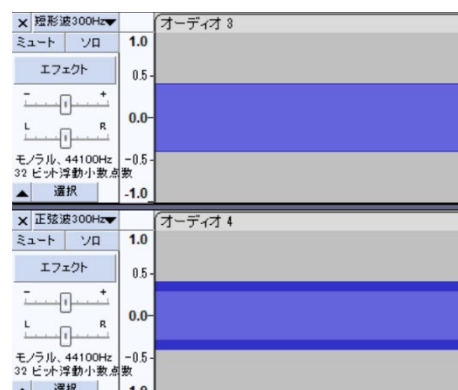


図 3：300Hz の矩形波と正弦波

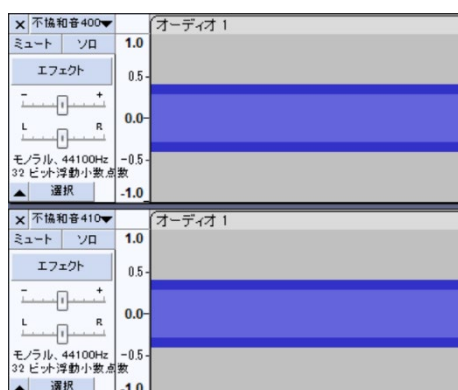


図 4：400Hz と 410Hz の不協和音

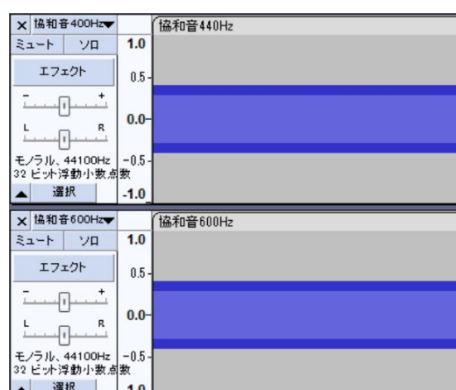
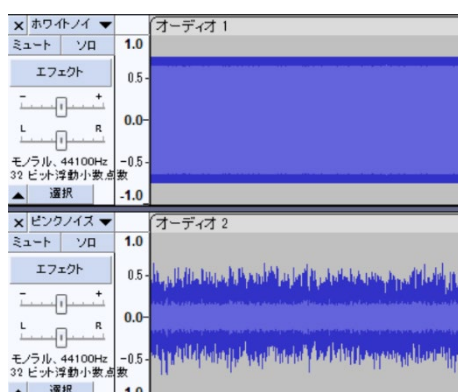


図 5：400Hz と 600Hz の協和音



6：ホワイトノイズとピンクノイズ

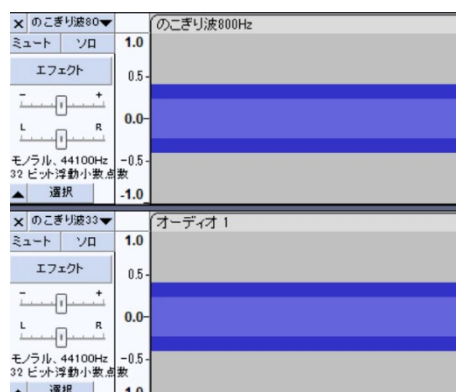


図 7：800Hz と 330Hz ののこぎり波

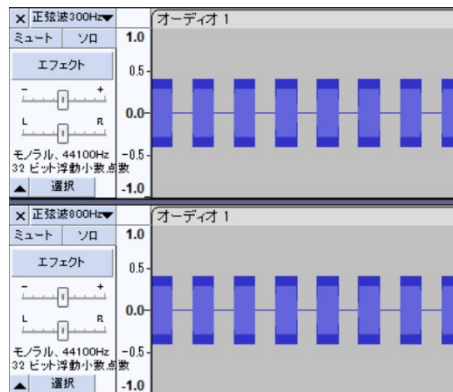


図 8：300Hz と 800Hz の正弦波と無音を 1 秒ごとに交互に流す音源

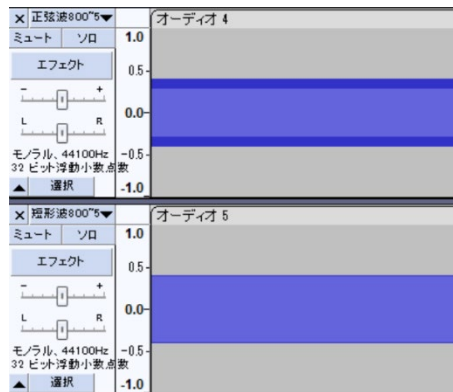


図 9：800Hz と 500Hz の正弦波と矩形波を 1 秒ごとに交互に流す音源

7. 仮説

矩形波やのこぎり波は自然界に多く存在する正弦波に比べて不快感を感じやすいのではないかと。また、距離による減衰が少ない高周波の音は自然界に多く存在しておらず、動物が本能的に危険だと感じていることから高周波の音も不快に感じるのではないかと仮説を立てた。

次に、150dB 以上の大きな音は鼓膜を破裂させる可能性がある為、身体への欠損を防ぐため、動物は本能的に不快感を覚えるのではないかと考えられる。

8. 今後の展望

本研究の最終的な到達点に向け、今後は以下のプロセスで研究を推進していく予定である。

まず、研究遂行上の最大の懸念点である実験の倫理的問題について、指導教員と綿密な議

論を行い、学生の研究として許容される範囲内での検証方法を再策定する。具体的には、被験者の負担を最小限に抑えつつ有意なデータが得られる実験デザイン（例：短時間の聴取実験、即時中止可能な安全装置の導入）を構築する。その上で、Audacity を用いて周波数や波形を操作し、制作した複数の不快音サンプル予備実験を通じてその効果を検証する。

実験結果については、被験者の「不快だった」という単なる感想や主観的な記述に留まらず、測定した心拍数（BPM）、血圧の変動データを用いた不快度の数値評価をグラフ化し、視覚的かつ定量的に説明できるようにまとめる。

さらに、本研究の独自性と実用性を高めるために、同研究室において依存症の心理的メカニズムや行動経済学を研究している他の学生とも積極的に議論を交わしたいと考えている。

参考文献

国立健康危機管理研究機構「蚊の体構造」
<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b3db17566d29037b610279d73b39aae5db5bdb0a4273ea4880a0fc83a51945b0JmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f->

[610564646437&psq=%e8%9a%8a%e3%80%80%e6%80%a7%e7%9a%84%e2%85%a1%e5%9e%8b&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubmlpZC5qaWhzLmdvLmpwL2ltYWdlcy9lbnQvUERGLzIwMTZtb3Ntb3JwaC5wZGY&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b3db17566d29037b610279d73b39aae5db5bdb0a4273ea4880a0fc83a51945b0JmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f-610564646437&psq=%e8%9a%8a%e3%80%80%e6%80%a7%e7%9a%84%e2%85%a1%e5%9e%8b&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubmlpZC5qaWhzLmdvLmpwL2ltYWdlcy9lbnQvUERGLzIwMTZtb3Ntb3JwaC5wZGY&ntb=1)

名古屋大学「オスの蚊はメスの羽音を聞き分けられる ～異種交配を抑える精緻な「耳」の特性が明らかに～」

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8f47e3a644e0332974b0e904894ad5c50dfe2148aaa1f787c2e21725291626bbJmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f->

[610564646437&psq=%e3%82%b8%e3%83%a7%e3%83%b3%e3%82%b9%e3%83%88%e3%83%b3%e5%99%a8%e5%ae%98%e3%80%80%e8%9a%8a%e3%80%80%e8%81%b4%e8%a6%9a&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaXRibS5uYWdveWEtdS5hYy5qcC9qYS9yZXNlYXJjaC8yMDI0LzA3L3Bvc3QtNzkucGhw&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8f47e3a644e0332974b0e904894ad5c50dfe2148aaa1f787c2e21725291626bbJmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f-610564646437&psq=%e3%82%b8%e3%83%a7%e3%83%b3%e3%82%b9%e3%83%88%e3%83%b3%e5%99%a8%e5%ae%98%e3%80%80%e8%9a%8a%e3%80%80%e8%81%b4%e8%a6%9a&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaXRibS5uYWdveWEtdS5hYy5qcC9qYS9yZXNlYXJjaC8yMDI0LzA3L3Bvc3QtNzkucGhw&ntb=1)

LR テクノジャパン株式会社「長距離音響発生装置 LRAD/Genasys」

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=f6d481c10e13dbb5cee91886da1822c8841a66139504ce6c0e6f126f14adaca2JmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f->

[610564646437&psq=LRAD&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubHItdGVjaG5vLmpwL2dlbmFzeXM&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=f6d481c10e13dbb5cee91886da1822c8841a66139504ce6c0e6f126f14adaca2JmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f-610564646437&psq=LRAD&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubHItdGVjaG5vLmpwL2dlbmFzeXM&ntb=1)

厚生労働省「依存症についてもっと知りたい方へ」

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=0475d8a6f492d1fbed853b4803a5428807d65511557b46f4d61ad9d9f54d3ec3JmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f-610564646437&psq=%e4%be%9d%e5%ad%98%e7%97%87%e3%80%80%e3%83%a1%e3%82%ab%e3%83%8b%e3%82%ba%e3%83%a0&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWhsdy5nb5qcC9zdGYvc2Vpc2FrdW5pdHN1aXRIL2J1bnlhLzAwMDAxNDkyNzQuaHRtbA&ntb=1>

田島裕之,川端壮康「心理学実験実習用レスポンド条件づけ実験の開発」

https://doi.org/10.20587/pamjaep.54.0_235

厚生労働省「世界医師会ヘルシンキ宣言の2024年改訂」

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=0df9b816bae5d9c3b78a0fb8ec4fa93970ad39f22fd713af331d4c1a7bd1d269JmltdHM9MTc3MDI0OTYwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=10507543-6064-6f61-225f-610564646437&psq=%e3%83%98%e3%83%ab%e3%82%b7%e3%83%b3%e3%82%ad%e5%ae%a3%e8%a8%80&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWhsdy5nb5qcC9jb250ZW50LzEwNjAxMDAwLzAwMTQ5MTQ0OC5wZGY&ntb=1>

卒 業 研 究

ゲーム開発支援ソフト Unity を用いた
オリジナルリズム・ゲームの制作

先進科学系

堀部 恭平

指導教員 松田 修

令和 8 年 2 月 18 日

Abstract

Video games have become a popular entertainment in recent years. So what makes video games fun? In this study, we explored the elements that make video games fun through the process of creating a rhythm game. The game was made with Unity and it was completed. The results of the survey suggest that intuitive game systems and effective sound influence the enjoyment of games.

内容

背景.....1

目的.....1

概要.....2

使用した機器・ソフトウェア.....2

手順.....3

結果.....6

プログラム詳細7

結論.....10

今後の展望.....10

参考文献11

背景

昨今ではビデオゲームは極めて大衆的な娯楽となっている。ゲームの大枠たる「ジャンル」も細分化され、年齢・性別問わず幅広いプレイヤーが自分に合ったゲームを探し、遊ぶことができる。しかしながら、人の「好み」は非常に曖昧かつ繊細な概念であり、たとえ同じジャンルのゲームであったとしても、細かな違いから好みが分かれることもある。そこで、本研究ではゲームのいちジャンルである「音楽ゲーム」、その中でも特に「リズム・ゲーム」に焦点を当て、自身でゲームをいちから制作することで、「面白い」と感じる要素の正体を探ることとした。リズム・ゲームとは、音楽に合わせてプレイヤーがタイミングよく何らかの操作を行うゲームの総称である。音楽ゲームはゲームセンターでもよく見られるが、近年普及したスマートフォンでも多数のゲームタイトルが配信されており、人気のジャンルであるといえる。

目的

本研究はゲーム制作を通じてプログラミングを学び、「ゲームを面白くする要素とは何か」について探求することを目的とする。

具体的には、楽曲に合わせた操作を必要とするリズム・ゲームを自身で制作することで、ゲームを構成する要素について理解し、またプレイヤーからのフィードバックを反映することで、よりよいゲームデザインを考案する。

概要

本研究では、近年主流の娯楽であるコンピュータゲームのうち、リズム・ゲームに焦点を当て、その制作を通じてゲームの楽しさを構成する要素を明らかにすることを目的とした。制作には Unity を使用し、プログラミング言語には C#を用いた。試遊者への聞き取り調査から、直感的なゲームシステムと効果的なサウンドがゲームの楽しさに大きく寄与していることが示唆された。

使用した機器・ソフトウェア

ゲームの制作には自前の Windows11 デスクトップパソコンを使用した。またプログラミングは C#で行い、使用したソフトウェアは以下の通りである。

プログラミング

Unity 2022.3.35f1, Visual Studio 2022

楽曲制作

Cakewalk by BandLab

画像編集

AviUtl v1.10, Clip Studio 4.0.3

3D モデル制作

Minecraft 1.7.10, JointBlock 0.8.4, Blender 3.2.2

手順

まず、4 月～6 月にかけてはゲームの大まかな内容を決定した。当初はシューティングゲームを制作する予定だったが、好みが分かれやすいジャンルであったことなどからリズムゲームに変更した。7 月から Cakewalk by BandLab を用いて使用する楽曲(以下 BGM)の制作を行い(図 1)、また Unity を用いた本格的な制作を開始した。BGM のテンポは 140 BPM とした。

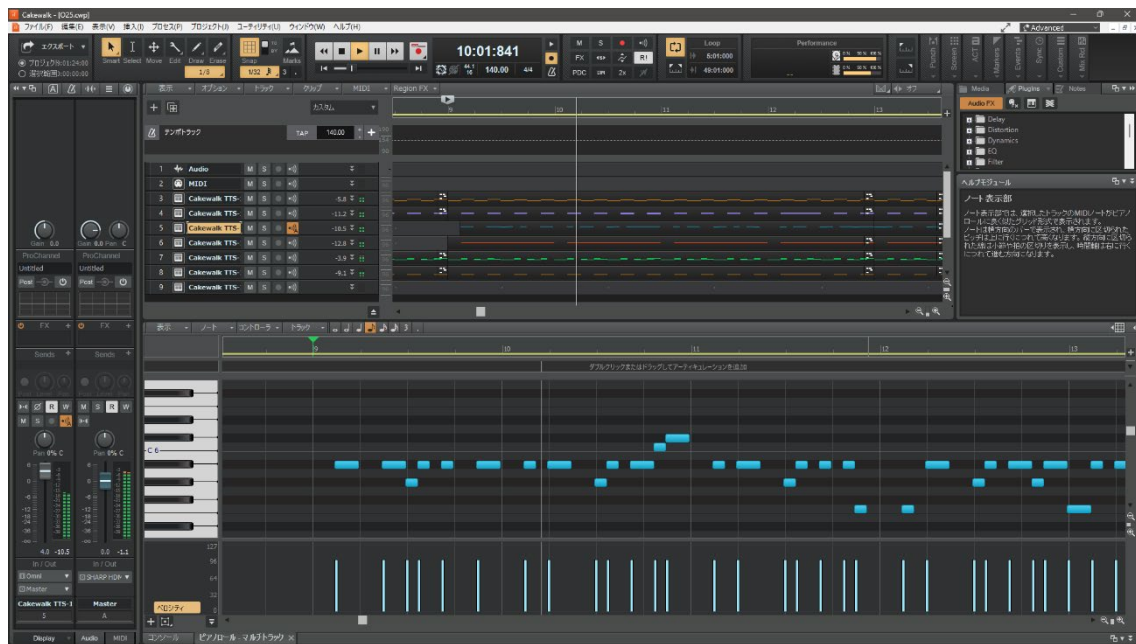


図 1. Cakewalk by BandLab で打ち込んだ楽曲

最初に実装したのはプレイヤーの挙動である。画面上には上段・中段・下段の 3 つに分かれたレーンが表示されており、プレイヤーを示す球体(以下自機)は中段に存在する(図 2)。プレイヤーは「回避」と「防御」の 2 つの操作が可能である。回避では上段もしくは下段のどちらかを選択し、移動入力が続けている間、選択したレーンに自機を移動できる。この間

エネルギーを示すオレンジ色のゲージが継続的に減少し、移動入力を解除すると自機は中段に戻る。回避を行うとオレンジ色のゲージが最大値の1割ほど減少し、ゲージが不足している場合には回避を行えないよう設定した。防御ではプレイヤーはわずかな時間だけ中段から移動不能となり、この間無敵状態となる。約 1.0 秒ほど経過すると解除される。プレイヤーの挙動実装後、3つのレーンをランダムで滞在禁止レーンとする処理を実装した。BGMは4/4拍子を採用し、テンポ(BPM)に合わせて1拍目で3つのレーンのうちいずれか1つもしくは2つをランダムで黄色く表示、3拍目で黄色から赤に変更し、このとき自機がそのレーンに存在していればプレイヤーのミスとした。ミスした場合には青色のゲージが1割ほど減少し、10回ミスしてゲージが全損した場合にはゲームオーバーとなるよう設定した。楽曲の終了時にミスの回数が10回未満だった場合、ゲームクリアとなる。

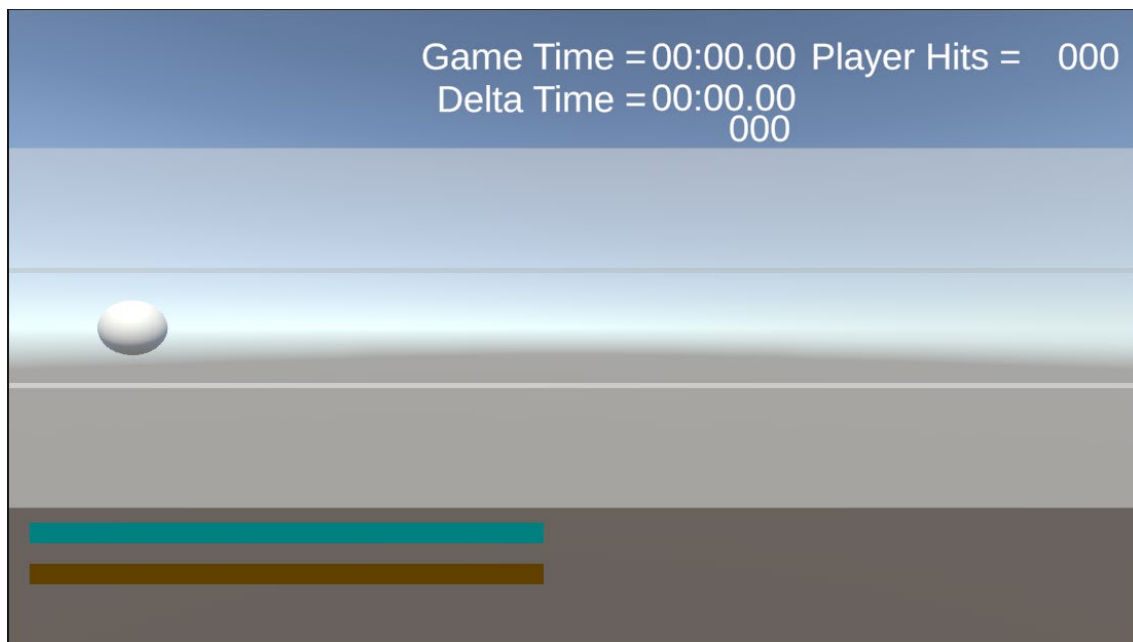


図 2. ゲームプレイ画面のレイアウト

上記の作業と並行して、12 月まで 3D モデルの制作を行った。モデルの制作には Minecraft の拡張機能である JointBlock を使用し、調整には Blender を使用した。自機モデル(図 3)は近未来の戦闘機をイメージした白い人型のロボット、敵機モデルは黒い大型のドローンをそれぞれ制作した。モデルの制作期間は合わせて 6 ヶ月程度となった。

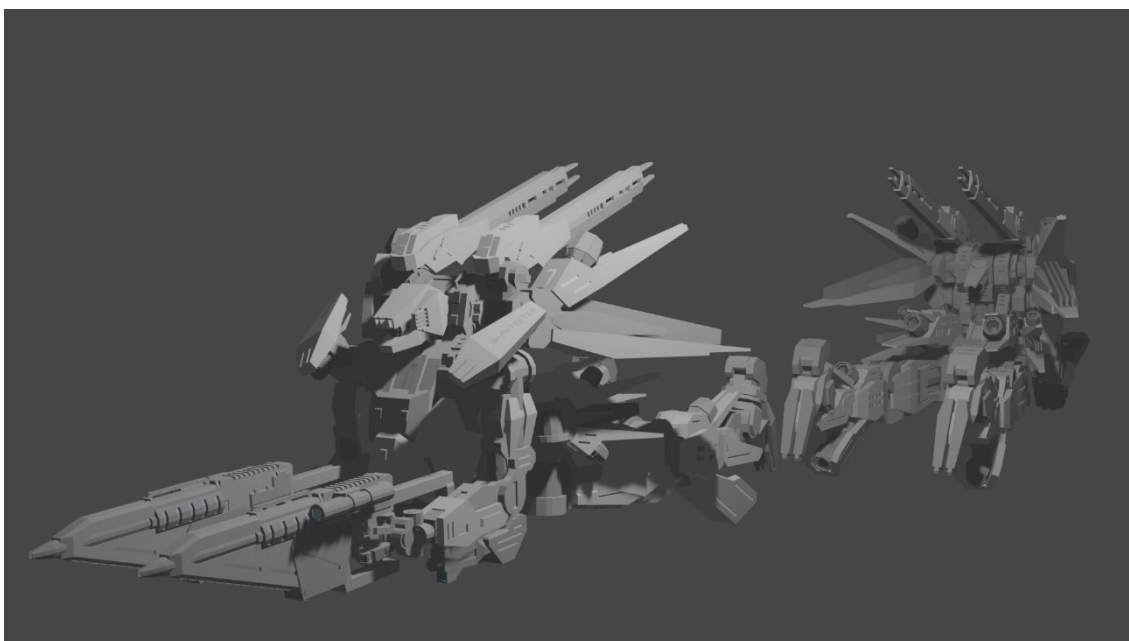


図 3. 制作した自機モデル

1 月に入って、画面に表示される文字、表示や背景等の調整を行った。また楽曲との同期処理を改善し、滞在禁止レーンの生成処理を調整することで従来より細かいイベント発生が可能となった。具体的には管理する時間の最小単位(拍)を $1/4$ 小節から $1/8$ 小節に変更し、特定の小節の特定の拍を起点に、何拍後に滞在禁止レーンを出現させるかを指定する形式とした。これによりプレイヤーの操作量も増加したため、難易度が上昇した。

また、スコア計算機能の実装も行った。回避成功時に段階的な判定を設け、入力から 0.01

秒間は Perfect, その後 0.05 秒間は Good, それ以降は OK と判定, 入力タイミングが正確であるほどより高いスコアを獲得できるよう設定した(図 4).

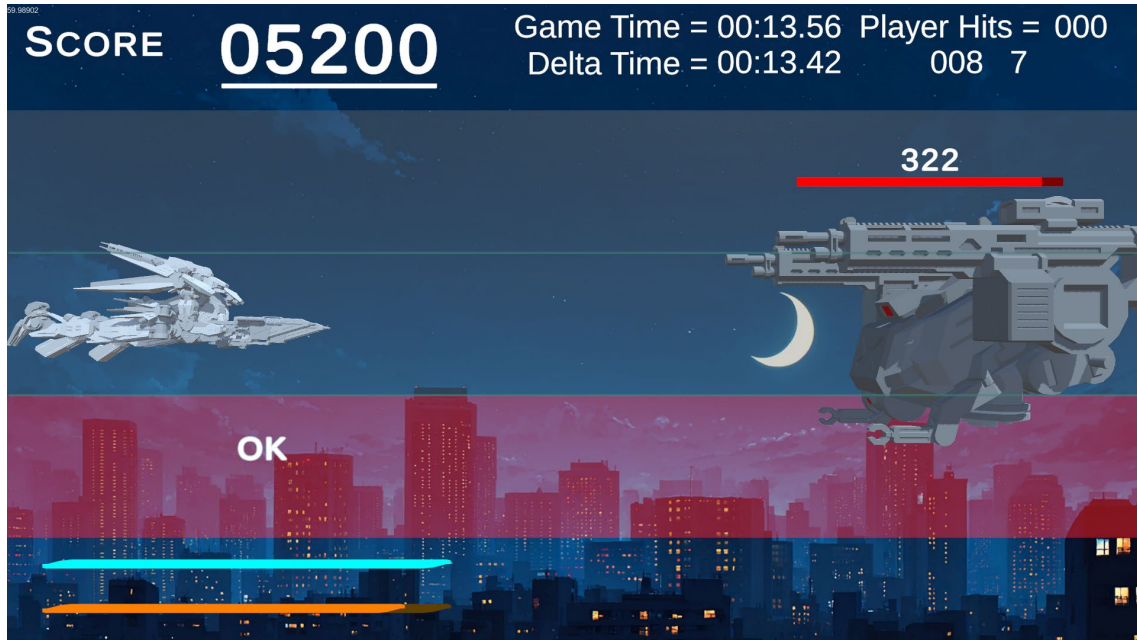


図 4. 実際のゲームプレイ画面

結果

実際にプレイ可能なリズム・ゲームの制作に成功し, 2026 年 1 月 9 日に香川大学の学生との交流会で発表, 試遊を行った. このとき, 開発に使用しているデスクトップパソコンとは別のノートパソコンでゲームを実行した際に, 曲とゲームとのタイミングがずれる現象が発生し, 後日修正を行った. またゲームの難易度が高いという意見が複数見られたため, 滞在禁止レーンの生成タイミングをより直感的に理解できる調整を行った. 具体的には, レーンが画面右端から左端にかけて黄色に変化しきったタイミングで滞在禁止レーンへと切り替わるよう変更した. これにより難易度が低減されたことを確認した.

プログラム詳細

プログラミングは Visual Studio 2022 上で行い、言語には C#を使用した。ゲーム内容の処理は主に「GameController」「Player」「Enemy」の3つのクラスで行った。

GameController クラスでは楽曲の再生と他処理との同期、滞在禁止レーンの生成や成功・ミスの判定、各種画面表示、Player クラスでは操作受付、Enemy クラスでは敵機の挙動処理をそれぞれ行っている。

各クラスの処理において Unity の並列処理機能「Coroutine(コルーチン)」を多用している。これはプログラムの全体の処理の流れを止めることなく他の処理を行える機能で、楽曲とゲームとの同期が重要なリズム・ゲームの制作において非常に重要な要素となった。

GameController クラスでは BPM を Float 型で入力することで、自動的に1拍あたりの時間を計算し、滞在禁止レーン生成のタイミングを決定するようにプログラムした(図 5)。図中の、プログラム中段にある緑色でコメントアウトされた部分は、初期版のコードである。初期版のコードでは1小節あたりの秒数を計算し、前回実行からその秒数が経過したとき小節のカウントを+1したのち、再度時間を測る仕組みとなっていた。しかし、この方式では小節を計算する度に小数点以下の微細な誤差が蓄積し、結果的に時間が経つにつれ楽曲とのタイミングがずれていく現象を引き起こしていた。そのため、改良後のコードでは小節のカウントを常に再計算させることで、計算一回分の誤差に留めている。また、滞在禁止レーンの生成処理(図 6)はコルーチンとして実装している。当初はレーンの滞在禁止パター

ンを配列で管理し、ランダムで切り替わる設定(図中上側)としていたが、のちに決まった順序で切り替わる(図中下側)よう変更した。ここでは楽曲の進行に伴って処理を行うコルーチン内で、更に滞在禁止レーンの生成を行う別のコルーチンを起動している。

```
134
135 // Update is called once per frame
136 void FixedUpdate()
137 {
138     if (!gameover)
139     {
140         if (gametime > 0f && firsttime)
141         {
142             audioSource.PlayOneShot(BGM);
143             StartCoroutine(MusicScore());
144             firsttime = false;
145         }
146
147         if (!playerisliving || measure >= 49 || Input.GetKey(KeyCode.Escape))
148         {
149             gameover = true;
150             ScoreBorad.SetActive(true);
151         }
152
153         if (gametime >= gamedelay)
154         {
155             deltatime += Time.deltaTime;
156             beatdeltatime += Time.deltaTime;
157         }
158
159         /*if (gametime >= gamedelay + (gamedelaymeasure - 1) * tempo)
160         {
161             deltatime += Time.deltaTime;
162         }*/
163
164         /*if (deltatime >= tempo)
165         {
166             deltatime = 0f;
167             measure++;
168         }*/
169
170         if (deltatime / tempo >= measure) //音ズレ対策 2026/01/08
171         {
172             beatdeltatime = 0f;
173             measure++;
174         }
175
176         float beatsum = Mathf.Ceil(beatdeltatime / (tempo / beatnumber));
177         //UnityEngine.Debug.Log(beat);
178         if (beatsum > beatnumber)
179         {
180             beat = 1;
181         }
182         else
183         {
184             beat = beatsum;
185         }
186
187         loadtime += Time.deltaTime;
188
189         if (loadtime >= 1.0f)
190         {
191             gametime += Time.deltaTime;
192         }
193     }
```

図 5. GameController クラス内の小節・拍の計算処理

```

255
256  int randomareapattern(int pattern)
257  {
258      if (pattern == 0)
259      {
260          randomarea = 8;
261          return randomarea;
262      }
263      else if (pattern == 1)
264      {
265          randomarea = UnityEngine.Random.Range(0, 3);
266          return randomarea;
267      }
268      else if (pattern == 2)
269      {
270          randomarea = UnityEngine.Random.Range(3, 6);
271          return randomarea;
272      }
273      else if (pattern == 3)
274      {
275          randomarea = 6;
276          return randomarea;
277      }
278      else
279      {
280          randomarea = 7;
281          return randomarea;
282      }
283  }
284
285  IEnumerator MusicScore()
286  {
287      yield return new WaitForSeconds(5);
288      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
289      yield return new WaitForSeconds(5);
290      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
291      yield return new WaitForSeconds(6);
292      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
293      yield return new WaitForSeconds(5);
294      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
295      yield return new WaitForSeconds(7);
296      StartCoroutine(SetArea(1, 4));
297      yield return new WaitForSeconds(3);
298      StartCoroutine(SetArea(0, 4));
299      yield return new WaitForSeconds(8);
300      StartCoroutine(SetArea(1, 4));
301      yield return new WaitForSeconds(3);
302      StartCoroutine(SetArea(2, 4));
303      yield return new WaitForSeconds(9);
304      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
305      StartCoroutine(SetArea(0, 2));
306      yield return new WaitForSeconds(5);
307      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
308      StartCoroutine(SetArea(2, 2));
309      yield return new WaitForSeconds(10);
310      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
311      StartCoroutine(SetArea(0, 2));
312      yield return new WaitForSeconds(5);
313      StartCoroutine(SetArea(1, 2));
314      StartCoroutine(SetArea(2, 2));
315      yield return new WaitForSeconds(11);
316      StartCoroutine(SetArea(1, 4));

```

図 6. GameController クラス内の滞在禁止レーン生成処理

Player クラスでは対応したキー入力に応じて回避, ガードアクションを実行する処理の他, 各アクションによるエネルギー値の変動を GameController クラスに伝える処理や, 待機中のモーション, 自機による敵機への攻撃についての処理を記述している.

Enemy クラスでは敵機に関する画面上の表示や, 敵機が受けるダメージと, それにより敵機が破壊された際の処理について記述している.

結論

複数名の試遊者への聞き取り調査から, 直感的に理解しやすい滞在禁止レーンの生成と, BGM 及び回避アクション成功時の効果音がゲームの楽しさに寄与していることが示唆された.

今後の展望

今後は主に要素のバリエーション追加を行い, インターネット上に公開してアンケート調査を行う予定である. 具体的には, 楽曲の追加とそれに伴う滞在禁止レーンの生成パターン追加, 敵機の追加などが挙げられる. また, ガードアクションの重要度を上げる調整などを行い, ゲームとしての完成度を高める方針である. アンケートでは心地よいと感じた曲の BPM や滞在禁止レーンの生成頻度等を回答してもらうことで, リズム・ゲームにおける楽しさの定量的な分析が可能になると考えられる.

参考文献

1. Unity マニュアル . “Unity ユーザーマニュアル (2019.4 LTS)” . Unity Technologies .
2019 . <https://docs.unity3d.com/ja/2019.4/Manual/index.html> , (参照 2026-01-15) .
2. 侍エンジニアブログ . “Unity Archives” . 株式会社 SAMURAI . 2024 .
https://www.sejuku.net/blog/category/development-environment/unity?utm_source=blog&utm_medium=blog&utm_campaign=blog__83569 , (参照 2026-01-15) .
3. エクスプラボ . “【Unity】コルーチンの待ち時間の考え方【フレームで待つか時間で待つか】” . エクスプラボ . 2020 . https://ekulabo.com/coroutine-wait#google_vignette , (参照 2026-01-15) .
4. 藤江清隆 ・ 馬場 章 . ゲームの面白さとは何か : テレビゲームのプレジャラビリティをめぐって . 日本バーチャルリアリティ学会誌 . 2004 . 第 9 巻 , 1 号 , p.15-19 ,
(参照 2026-02-15) .

卒業研究

n 次元弱ヘロン三角錐の研究

先進科学系

宮路伶音

指導教員 松田修

令和8年2月19日

Abstract

I studied n -dimensional weak Heron pyramids where the volume of the pyramid is an integer and the volume of each facet is also an integer. And I discovered two series within the weak Heron pyramid: the Pythagorean pyramid type and the M pyramid type. Furthermore, we extended these two series to n dimensions and confirmed that an infinite number of weak Heron pyramids exist in all dimensions.

目次

1. はじめに	1
2. n 次元ヘロン・グア三角錐について.....	1
3. 3次元弱ヘロン三角錐の研究	3
4. 4次元へ向けての M 三角錐への座標からのアプローチ	5
5. 4次元以上の M 三角錐に関する研究結果.....	7
6. n 次元 M 三角錐が弱ヘロン三角錐となる条件	9
7. n 次元 M 三角錐の無理数と予想される辺について	12
参考文献	12

1. はじめに

一般に、ヘロン四面体は辺の長さ、面の面積、体積がすべて整数であるものと定義されている。しかし、本研究では n 次元三角錐において、 n 次元三角錐の体積が整数かつすべてのファセット ($n-1$ 次元の胞) の体積が整数であるものを **n 次元弱ヘロン三角錐**と呼び、これについて研究する。

定義. n 次元多胞体において、 $n-1$ 次元の胞のことを**ファセット**という。

ファセットとは、3次元多面体ならば面、2次元多面体(多角形)ならば線を意味する。

2. n 次元ヘロン・グア三角錐について

記号 $\Delta(n-1)$ は、 $n \geq 2$ とし、 n 次元空間 $\mathbf{R}^n$ 内の $n-1$ 単体で、各頂点が直交座標系の座標軸上にあるものを表す。

n 次元グア三角錐とは、 $\Delta(n-1)$ に原点 O を加えて作られる n 単体で、

$$\Delta(S_1, S_2, \dots, S_n | S_{n+1})$$

と書く。ここで、 S_j ($1 \leq j \leq n$) は原点 O を含むファセットの体積で、 S_{n+1} は原点 O を含まないファセットの体積を表す。

n 次元ヘロン・グア三角錐とは、 n 次元グア三角錐かつ弱ヘロン三角錐のことをいう。

以下の定理が知られている。

De Gua (ド・グア) の定理

任意の3次元グア三角錐 $\Delta(S_1, S_2, S_3 | S_4)$ について、

$$S_4^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2$$

が成り立つ。

Conant-Beyer (コナント・ベイヤー) の定理[CB]

任意の n 次元グア三角錐 $\Delta(S_1, S_2, \dots, S_n | S_{n+1})$ について、

$$S_{n+1}^2 = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

が成り立つ。

n 次元グア三角錐の体積については、以下のことが知られている。

定理 1. 頂点が原点と正の各座標軸上にある n 次元グア三角錐を考える。つまり

$$O: (0, 0, \dots, 0), P_1: (x_1, 0, \dots, 0), P_2: (0, x_2, 0, \dots, 0), \dots, P_n: (0, \dots, 0, x_n)$$

とする。 V_n を n 次元グア三角錐の超体積、 S_j をファセットの体積とする。ただし、 $1 \leq j \leq n+1$ 。このとき

$$V_n = \frac{|x_1 x_2 \dots x_n|}{n!}, S_j = \frac{|x_1 x_2 \dots \hat{x}_j \dots x_n|}{(n-1)!}, S_{n+1}^2 = \sum_{j=1}^n S_j^2$$

が成り立つ。ここで、 $\hat{x}_j$ は x_j を除くという記号である。

具体的にどんなヘロン・グア三角錐が存在するかを考えてみる。

(例) 3 次元グア三角錐 $\Delta(4, 6, 12 | 14)$ は 3 次元ヘロン・グア三角錐である。

4, 6, 12 の大きさをもつ面は、座標軸に沿った直角三角形なので次の連立方程式が成り立つ。

$$\begin{cases} |xy| = 8 \\ |xz| = 12 \\ |yz| = 24 \end{cases}$$

この連立方程式を解くと $|x| = 2, |y| = 4, |z| = 6$ となる。よって定理 1 より体積は 8 となる。

他にもないか探すためにヘロン・グア三角錐 $\Delta(S_1, S_2, S_3 | S_4)$ について考える。

定理 2. S_1, S_2, S_3, S_4 を自然数とした 3 次元グア三角錐 $\Delta(S_1, S_2, S_3 | S_4)$ について、 $\sqrt{2S_1 S_2 S_3}/3$ が整数ならば、

$\Delta(S_1, S_2, S_3 | S_4)$ は 3 次元ヘロン・グア三角錐である。

証明. $\Delta(S_1, S_2, S_3 | S_4)$ の各軸の頂点の座標を $(x, 0, 0), (0, y, 0), (0, 0, z)$ とすると、

$$\begin{cases} |xy| = 2S_1 \\ |xz| = 2S_2 \\ |yz| = 2S_3 \end{cases}$$

という連立方程式が成り立つ。そしてこの式を変形して、

$$x^2 y^2 z^2 = 2^3 S_1 S_2 S_3$$

$$|xyz| = 2\sqrt{2S_1 S_2 S_3}$$

よって体積 V は

$$V = \frac{|xyz|}{6}$$

より、

$$V = \frac{\sqrt{2S_1 S_2 S_3}}{3}$$

となる。よって、 $\sqrt{2S_1 S_2 S_3}/3$ が整数ならば 3 次元ヘロン・グア三角錐となる。■

そして定理 2 を n 次元に拡張する。

定理 3. $S_1, S_2, \dots, S_n, S_{n+1}$ を自然数とした n 次元グア三角錐 $\Delta(S_1, S_2, \dots, S_n | S_{n+1})$ について、 $\sqrt[n-1]{(n-1)! S_1 S_2 \dots S_n} / n$ が整数ならば $\Delta(S_1, S_2, \dots, S_n | S_{n+1})$ は n 次元ヘロン・グア三角錐である。

証明. n 次元グア三角錐 $\Delta(S_1, S_2, \dots, S_n | S_{n+1})$ について

$$\begin{cases} |x_1 x_2 \dots x_{n-1}| = (n-1)! S_1 \\ \vdots \\ |x_1 x_2 \dots x_i \dots x_n| = (n-1)! S_i \\ \vdots \\ |x_2 x_3 \dots x_n| = (n-1)! S_n \end{cases}$$

という連立方程式が成り立つ。そしてこの式を変形して、

$$\begin{aligned} |x_1 x_2 \dots x_n|^{n-1} &= (n-1)!^n S_1 S_2 \dots S_n \\ |x_1 x_2 \dots x_n| &= (n-1)! \sqrt[n-1]{(n-1)! S_1 S_2 \dots S_n} \end{aligned}$$

よって体積 V は

$$\begin{aligned} V &= \frac{|x_1 x_2 \dots x_n|}{n!} \\ V &= \frac{\sqrt[n-1]{(n-1)! S_1 S_2 \dots S_n}}{n} \end{aligned}$$

となる、よって、 $\sqrt[n-1]{(n-1)! S_1 S_2 \dots S_n} / n$ が整数ならば弱ヘロン三角錐である。■

すると次のような疑問が浮かぶ。

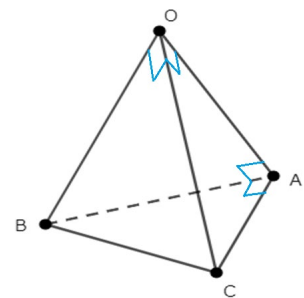
問題. n 次元ヘロン・グア三角錐以外の n 次元弱ヘロン三角錐は、どのようなものがあるか？

3. 3 次元弱ヘロン三角錐の研究

3 次元三角錐において、3 次元三角錐の体積が整数、かつすべてのファセット（2次元の面）の面積が整数であるものを研究する。

本研究では、3 次元の弱ヘロン三角錐の構成として、三角錐 $OABC$ のファセット $\triangle OAB$, $\triangle OBC$, $\triangle OAC$, $\triangle ABC$ が、すべて直角三角形であることを考える。

（これは、オイラーが研究したヘロン双直角四面体に関係する。）



命題 1. s, t を正の整数 $s > t$ とし、三角錐 $OABC$ において、

$$OA = s^2 - t^2, \quad OB = AC = s^2 + t^2, \quad OC = AB = 2st$$

$$BC = \sqrt{s^4 + t^4 + 6s^2t^2}$$

と置くと、ファセット $\triangle OAB$, $\triangle OAC$, $\triangle OBC$, $\triangle ABC$ はすべて直角三角形となる。

証明. $\triangle OAB$ と $\triangle OAC$ の各辺は

$$OA = s^2 - t^2, \quad OB = s^2 + t^2, \quad OC = AB = 2st$$

よって、どちらも直角三角形である。

$\triangle OBC$ の各辺は

$$OB = s^2 + t^2, \quad OC = 2st$$

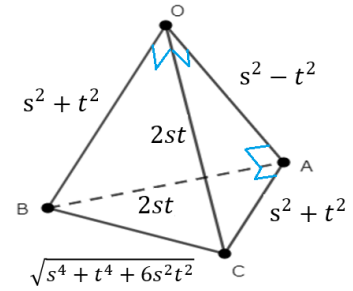
$$(OB)^2 + (OC)^2 = (s^2 + t^2)^2 + (2st)^2 = s^4 + t^4 + 6s^2t^2 = (BC)^2$$

よって、直角三角形である。さらに、 $\triangle ABC$ の各辺も

$$AC = s^2 + t^2, \quad AB = 2st$$

$$(AC)^2 + (AB)^2 = (s^2 + t^2)^2 + (2st)^2 = s^4 + t^4 + 6s^2t^2 = (BC)^2$$

よって、直角三角形である。 ■



命題 2. 命題 1 で得られた (三角錐) $OABC$ のファセットで $\triangle OAB$, $\triangle OAC$, $\triangle OBC$, $\triangle ABC$ の面積をそれぞれ、 S_1 , S_2 , S_3 , S_4 とし、三角錐 $OABC$ の体積を V とすると、

$$S_1 = S_2 = st(s^2 - t^2), \quad S_3 = S_4 = st(s^2 + t^2), \quad V = \frac{2}{3}s^2t^2(s^2 - t^2)$$

となる。

証明. $\triangle OAB$ と $\triangle OAC$ においては、斜辺がそれぞれ $OB = AC$ であることから、

$$S_1 = S_2 = st(s^2 - t^2)$$

$\triangle OBC$, $\triangle ABC$ においては、斜辺がそれぞれ BC であることから、

$$S_3 = S_4 = st(s^2 + t^2)$$

三角錐 $OABC$ の体積 V については、

$$\begin{vmatrix} s^2 - t^2 & s^2 - t^2 & s^2 - t^2 \\ 0 & 0 & 2st \\ 0 & 2st & s^2 + t^2 \end{vmatrix} = -4s^2t^2(s^2 - t^2)$$

したがって、

$$V = \frac{2}{3}s^2t^2(s^2 - t^2) \quad \blacksquare$$

定理 4. s, t を正の整数 $s > t$ とし、 $OA = s^2 - t^2$, $OB = AC = s^2 + t^2$, $OC = AB = 2st$,

$BC = \sqrt{s^4 + t^4 + 6s^2t^2}$ から得られる三角錐 $OABC$ は、3 次元弱ヘロン三角錐である。

証明. 命題 1 で, 側面はすべて直角三角形であり, 命題 2 より, ファセットの面積はすべて整数である. さらに体積は $V = \frac{2}{3}s^2t^2(s^2 - t^2)$ であるが, どんな $s > t$ を与えても

$$st(s^2 - t^2) \equiv 0 \pmod{3}$$

である. よって, V も整数. したがって, 三角錐 $OABC$ は, 3 次元弱ヘロン三角錐である. ■

4. 4 次元へ向けての M 三角錐への座標からのアプローチ

前節で, 3 次元の弱ヘロン三角錐を, 辺の長さから構成したが, 高次元の弱ヘロン三角錐を研究するためには, 辺の長さから構成するよりも, 頂点の座標から構成した方がよいのではないかと考えた.

定理 5. 自然数 s, t とするとき,

$$O: (0,0,0), \quad A: (2st, 0,0), \quad B: (2st, s^2 - t^2, 0), \quad C: (2st, s^2 - t^2, 2st)$$

を頂点にもつ三角錐は, 全てのファセットが直角三角形の 3 次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $OA \perp AB$ より $\triangle OAB$ が, $OA \perp AC$ より $\triangle OAC$ が, $OB \perp BC$ より $\triangle OBC$ が, $AB \perp BC$ より $\triangle ABC$ が, それぞれ直角三角形である. 各面の面積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4$) と置くと,

$$S_1 = S_4 = st(s^2 - t^2), \quad S_2 = S_3 = st(s^2 + t^2)$$

となり, すべての面の面積が整数といえる. さらに, 体積 V は

$$V = \frac{2}{3}s^2t^2(s^2 - t^2)$$

であるが, $st(s^2 - t^2) \equiv 0 \pmod{3}$ がつねに成り立つので V は整数. よって, この三角錐は 3 次元弱ヘロン三角錐である. ■

定理 5 をもとに, 高次元 M 三角錐への一般化のために, 3 次元 M 三角錐というものを定義した.

定義. O を原点とし, 頂点 O, A, B, C で A, B, C の座標が 2 つの正の整数パラメータ $s > t$ によって, 以下のようにならわされているとき, 三角錐 $OABC$ を, **3 次元 M 三角錐** と呼ぶ。

$$A: (2st, 0,0), \quad B: (2st, s^2 - t^2, 0), \quad C: (2st, s^2 - t^2, 2st)$$

注意 Buchholz (ブーフホルツ) が発見した辺の長さが 51, 52, 53, 80, 84, 117 で, 面の面積が 1170, 1800, 1890, 2016 で, 体積が 18144 であるヘロン四面体の座標は,

$$A: (84, 0, 0), \quad B: (36, -80, 0), \quad C: \left(\frac{301}{5}, \frac{112}{5}, \frac{588}{5} \right)$$

定義. 整数 $s > t > 0$ で、2 周期の数列 $\{a_j\}$

$$2st, \quad s^2 - t^2, \quad 2st, \quad s^2 - t^2, \quad \dots$$

を考える。 O を原点とし、頂点 $O, A_1, A_2, \dots, A_n$ で、頂点 A_i の座標成分 x_j が、

$$x_j = \begin{cases} a_j & (1 \leq j \leq i) \\ 0 & (i+1 \leq j \leq n) \end{cases}$$

となっているとき、 n 次元三角錐 $OA_1A_2 \dots A_n$ を、 **n 次元 M 三角錐** と呼び、

$$MT_n(s, t)$$

と表す。

n 次元 M 三角錐は、スイスの数学者 Ludwig Schläfli (ルートヴィッヒ・シュレーフリ) によって導入された Orthoscheme (オルソスキーム) という概念と関係する [OS]

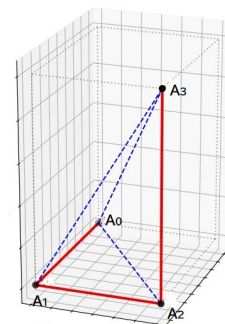
定義. n 次元の $n+1$ 個の頂点 $A_0, A_1, \dots, A_n$ をもつ n 次元三角錐 T で、辺の鎖 (くさり)

$$A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3, \dots, A_{n-1}A_n$$

が、以下の直交条件をみたすとき、 T を、 **n 次元 Orthoscheme** という。

「鎖の中の辺は、それより前のすべての辺と直交する」

* 2 次元の Orthoscheme は直角三角形であり、3 次元の Orthoscheme は直方体から底面が直角三角形である三角柱を切り出して、その三角柱を切って得られる三角錐のことである。



定理 6. n 次元 M 三角錐 $MT_n(s, t)$ は、 n 次元 Orthoscheme である。さらに、 $MT_n(s, t)$ のファセットもすべて $n-1$ 次元 Orthoscheme である。

証明. 辺の鎖は

$$OA_1 = (2st, 0, 0, \dots, 0), \quad A_1A_2 = (0, s^2 - t^2, 0, \dots, 0), \quad \dots, \quad A_n = (0, 0, 0, \dots, u)$$

ここで、 n が偶数なら $u = s^2 - t^2$ 、 n が奇数なら $u = 2st$ 。したがって、鎖の中の辺はそれより前のすべての辺と直交することは明らかである。したがって、 $MT_n(s, t)$ は n 次元 Orthoscheme である。 $MT_n(s, t)$ のファセットがすべて $n-1$ 次元 Orthoscheme であることの証明は、特に、 $i \neq 0, n$ のとき A_i を除いて得られるファセットに関する部分に注意が必要で、具体的に内積計算を行って示される。 ■

5. 4次元以上の M 三角錐に関する研究結果

定理 7. 4次元 M 三角錐 $MT_4(s, t)$ は4次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $A_1: (2st, 0, 0, 0)$, $A_2: (2st, s^2 - t^2, 0, 0)$, $A_3: (2st, s^2 - t^2, 2st, 0)$, $A_4: (2st, s^2 - t^2, 2st, s^2 - t^2)$

である。これより各ファセットの体積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) と置くと、

$$S_1 = \frac{2}{3}s^2t^2(s^2 - t^2), \quad S_2 = S_3 = S_4 = \frac{1}{3}st(s^4 - t^4), \quad S_5 = \frac{1}{3}st(s^2 - t^2)^2$$

超体積 V_4 は

$$V_4 = \frac{1}{6}s^2t^2(s^2 - t^2)^2$$

フェルマーの小定理より $st(s - t) \equiv 0 \pmod{2}$, $st(s^2 - t^2) \equiv 0 \pmod{3}$. よって、 $s^2t^2(s^2 - t^2)$ は6の倍数。したがって、この三角錐は4次元弱ヘロン三角錐である。 ■

残念ながら、 $n \geq 5$ において、 n 次元 M 三角錐 $MT_n(s, t)$ は、弱ヘロン三角錐ではない。以下この問題に取り組んだ

定理 8. 5次元 M 三角錐 $MT_5(s^2, t^2)$ は5次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $f = 2s^2t^2$, $g = s^4 - t^4$ と置くと

$$A_1: (f, 0, 0, 0, 0), \quad A_2: (f, g, 0, 0, 0), \quad A_3: (f, g, f, 0, 0), \quad A_4: (f, g, f, g, 0), \quad A_5: (f, g, f, g, f)$$

である。これより各ファセットの体積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) と置くと

$$S_1 = S_6 = \frac{1}{6}s^4t^4(s^4 - t^4)^2, \quad S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = \frac{1}{6}s^4t^4(s^4 - t^4)(s^4 + t^4)$$

超体積 V_5 は

$$V_5 = \frac{1}{15}s^6t^6(s^4 - t^4)^2$$

フェルマーの小定理より $st(s - t) \equiv 0 \pmod{2}$, $st(s^2 - t^2) \equiv 0 \pmod{3}$, $st(s^4 - t^4) \equiv 0 \pmod{5}$ である。さらに、 $s^2t^2(s^2 - t^2)$ は6の倍数。よって、 $MT_5(s^2, t^2)$ は5次元弱ヘロン三角錐である。 ■

定理 9. 6次元 M 三角錐 $MT_6(s^2, t^2)$ は6次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $f = 2s^2t^2$, $g = s^4 - t^4$ と置くと、

$$A_1: (f, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_2: (f, g, 0, 0, 0, 0), \quad A_3: (f, g, f, 0, 0, 0), \quad A_4: (f, g, f, g, 0, 0), \\ A_5: (f, g, f, g, f, 0), \quad A_6: (f, g, f, g, f, g)$$

である。これより各ファセットの体積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$) と置くと

$$S_1 = \frac{1}{30}s^4t^4(s^4 - t^4)^3, \quad S_7 = \frac{1}{15}s^6t^6(s^4 - t^4)^2$$

$$S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6 = \frac{1}{30}s^4t^4(s^4 - t^4)^2(s^4 + t^4)$$

超体積 V_6 は

$$V_6 = \frac{1}{90}s^6t^6(s^4 - t^4)^3$$

フェルマーの小定理より $st(s - t) \equiv 0 \pmod{2}$, $st(s^2 - t^2) \equiv 0 \pmod{3}$, $st(s^4 - t^4) \equiv 0 \pmod{5}$ である。

さらに、 $s^2t^2(s^2 - t^2)$ は6の倍数。よって、 $MT_6(s^2, t^2)$ は6次元弱ヘロン三角錐である。 ■

定理 10. 7次元 M 三角錐 $MT_7(s^6, t^6)$ は7次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $f = 2s^6t^6$, $g = s^{12} - t^{12}$ と置くと,

$$A_1: (f, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_2: (f, g, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_3: (f, g, f, 0, 0, 0, 0), \quad A_4: (f, g, f, g, 0, 0, 0),$$

$$A_5: (f, g, f, g, f, 0, 0), \quad A_6: (f, g, f, g, f, g, 0), \quad A_7: (f, g, f, g, f, g, f)$$

である。これより各ファセットの体積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$) と置くと

$$S_1 = S_8 = \frac{1}{90}s^{18}t^{18}(s^{12} - t^{12})^3$$

$$S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6 = S_7 = \frac{1}{90}s^{18}t^{18}(s^{12} - t^{12})^2(s^{12} + t^{12})$$

超体積 V_7 は

$$V_7 = \frac{1}{315}s^{24}t^{24}(s^{12} - t^{12})^3$$

フェルマーの小定理より $st(s - t) \equiv 0 \pmod{2}$, $st(s^2 - t^2) \equiv 0 \pmod{3}$, $st(s^4 - t^4) \equiv 0 \pmod{5}$,

$st(s^6 - t^6) \equiv 0 \pmod{7}$. さらに $s^2t^2(s^2 - t^2)$ は6の倍数。よって、 $MT_7(s^6, t^6)$ は7次元弱ヘロン三角錐である。 ■

定理 11. 8次元 M 三角錐 $MT_8(s^6, t^6)$ は8次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $f = 2s^6t^6$, $g = s^{12} - t^{12}$ と置くと,

$$A_1: (f, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_2: (f, g, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_3: (f, g, f, 0, 0, 0, 0, 0),$$

$$A_4: (f, g, f, g, 0, 0, 0, 0), \quad A_5: (f, g, f, g, f, 0, 0, 0), \quad A_6: (f, g, f, g, f, g, 0, 0),$$

$$A_7: (f, g, f, g, f, g, f, 0), \quad A_8: (f, g, f, g, f, g, f, g)$$

である。これより各ファセットの体積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) と置くと

$$S_1 = \frac{1}{630} s^{18} t^{18} (s^{12} - t^{12})^4, \quad S_9 = \frac{1}{315} s^{24} t^{24} (s^{12} - t^{12})^3$$

$$S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6 = S_7 = S_8 = \frac{1}{630} s^{18} t^{18} (s^{12} - t^{12})^3 (s^{12} + t^{12})$$

超体積 V_8 は

$$V_8 = \frac{1}{2520} s^{24} t^{24} (s^{12} - t^{12})^4$$

フェルマーの小定理より $st(s-t) \equiv 0 \pmod{2}$, $st(s^2-t^2) \equiv 0 \pmod{3}$, $st(s^4-t^4) \equiv 0 \pmod{5}$, $st(s^6-t^6) \equiv 0 \pmod{7}$. さらに、 $s^2 t^2 (s^2 - t^2)$ は 6 の倍数。よって、 $MT_8(s^6, t^6)$ は 8 次元弱ヘロン三角錐である。 ■

定理 12. 9 次元 M 三角錐 $MT_9(s^6, t^6)$ は 9 次元弱ヘロン三角錐である。

証明. $f = 2s^6 t^6$, $g = s^{12} - t^{12}$ と置くと,

$$\begin{aligned} A_1: & (f, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_2: (f, g, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_3: (f, g, f, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \\ A_4: & (f, g, f, g, 0, 0, 0, 0, 0), \quad A_5: (f, g, f, g, f, 0, 0, 0, 0), \quad A_6: (f, g, f, g, f, g, 0, 0, 0), \\ A_7: & (f, g, f, g, f, g, f, 0, 0), \quad A_8: (f, g, f, g, f, g, f, g, 0), \quad A_9: (f, g, f, g, f, g, f, g, f) \end{aligned}$$

である。これより各ファセットの体積を S_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$) と置くと

$$S_1 = S_{10} = \frac{1}{2520} s^{24} t^{24} (s^{12} - t^{12})^4$$

$$S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6 = S_7 = S_8 = S_9 = \frac{1}{2520} s^{24} t^{24} (s^{12} - t^{12})^4$$

超体積 V_9 は

$$V_9 = \frac{1}{11340} s^{30} t^{30} (s^{12} - t^{12})^4$$

フェルマーの小定理より $st(s-t) \equiv 0 \pmod{2}$, $st(s^2-t^2) \equiv 0 \pmod{3}$, $st(s^4-t^4) \equiv 0 \pmod{5}$, $st(s^6-t^6) \equiv 0 \pmod{7}$. さらに、 $s^2 t^2 (s^2 - t^2)$ は 6 の倍数。よって、 $MT_9(s^6, t^6)$ は 9 次元弱ヘロン三角錐である。 ■

6. n 次元 M 三角錐が弱ヘロン三角錐となる条件

n 次元 M 三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ の超体積 V_n とファセットの体積 S_j の公式は以下である。

命題 3. n 次元 M 三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ の超体積 V_n とファセットの体積 S_j は以下の通り。

(1) $n = 2N - 1$ のとき

$$V_n = \frac{2^N}{(2N-1)!} (st)^{mN} (s^{2m} - t^{2m})^{N-1}$$

$$S_1 = S_{2N} = \frac{2^{N-1}}{(2N-2)!} (st)^{m(N-1)} (s^{2m} - t^{2m})^{N-1}$$

$$S_2 = \cdots = S_{2N-1} = \frac{2^{N-1}}{(2N-2)!} (st)^{m(N-1)} (s^{2m} - t^{2m})^{N-2} (s^{2m} + t^{2m})$$

(2) $n = 2N$ のとき

$$V_n = \frac{2^N}{(2N)!} (st)^{mN} (s^{2m} - t^{2m})^N$$

$$S_1 = \frac{2^{N-1}}{(2N-1)!} (st)^{m(N-1)} (s^{2m} - t^{2m})^N, \quad S_{2N+1} = \frac{2^N}{(2N-1)!} (st)^{mN} (s^{2m} - t^{2m})^{N-1}$$

$$S_2 = \cdots = S_{2N} = \frac{2^{N-1}}{(2N-1)!} (st)^{m(N-1)} (s^{2m} - t^{2m})^{N-1} (s^{2m} + t^{2m})$$

証明. 数学的帰納法により示される。 ■

さらに以下の定理が知られている。

Legendre (ルジャンドル)の定理[L]

任意の数 $n!$ に含まれる素因数 p の数は

$$\sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{p^k} \right\rfloor$$

と表すことができる。ここで $\lfloor \cdot \rfloor$ は切り捨て関数。

命題 4、Legendre の定理を用いて、以下の定理を得る。

定理 13. n 次元 M 三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ の m を

$$m = \frac{1}{2} \cdot \text{LCM} \left\{ p_j - 1 \mid p_j: \text{prime}, \quad p_j \leq n \right\}$$

とする。このとき $MT_n(s^m, t^m)$ は n 次元弱ヘロン三角錐である。

証明. Legendre の定理と切り捨て関数の性質 $\lfloor x \rfloor \leq x$ を用いて、

$$\sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{2^k} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{n}{2^2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{n}{2^3} \right\rfloor \cdots$$

$$\begin{aligned}\sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{2^k} \right\rfloor &\leq \frac{n}{2} + \frac{n}{2^2} + \frac{n}{2^3} \cdots \\ \sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{2^k} \right\rfloor &\leq n \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} \cdots \right) \\ \sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{2^k} \right\rfloor &\leq n\end{aligned}$$

と表される。さらに等式が成り立つ場合はすべての k において $\left\lfloor \frac{n}{2^k} \right\rfloor = \frac{n}{2^k}$ が成り立つ場合のみ、なので存在しない。さらに左辺は自然数の和なので

$$\sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{2^k} \right\rfloor \leq n - 1$$

となり、 $n!$ に含まれる素因数2の数は多くとも $n - 1$ 個までである。 n が偶数の時の体積 V は、

$$V = \frac{1}{n!} (2s^m t^m)^{\frac{n}{2}} (s^{2m} - t^{2m})^{\frac{n}{2}}$$

s か t どちらかが2の倍数ならば $(2s^m t^m)^{\frac{n}{2}}$ の項だけで2が n 個ある。したがって、分数式 V の分母に2は現

れない。 s か t どちらも2の倍数ではないのならばフェルマーの小定理より $(s^{2m} - t^{2m})^{\frac{n}{2}}$ に2が $\frac{n}{2}$ 個、

$(2s^m t^m)^{\frac{n}{2}}$ に2が $\frac{n}{2}$ 個あり、合計 n 個あるので、やはり分数式 V の分母に2は現れない。

$3 \leq p \leq n$ とする。このとき

$$\sum_{k=1}^{\infty} \left\lfloor \frac{n}{p^k} \right\rfloor \leq \frac{n}{p-1}$$

である。 m の定義より

$$2m \equiv 0 \pmod{p-1}$$

なので、 $2m \geq p-1$ 、つまり $m \geq \frac{p-1}{2}$ となる。 p が st の約数ならば、 $(s^m t^m)^{\frac{n}{2}}$ の中に p は $\frac{mn}{2} = \frac{(p-1)n}{4}$ 個以上ある。

$$\frac{(p-1)n}{4} - \frac{n}{p-1} = \frac{(p-1)^2 n - 4n}{4(p-1)} \geq 0$$

より、分数式 V の分母に p は現れない。 p が st の約数でないときは、フェルマーの小定理より

$$s^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}, \quad t^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$$

である。 $2m$ は $p-1$ 倍なので、 $2m = k(p-1)$ と書ける。これより、

$$s^{2m} \equiv 1 \pmod{p}, \quad t^{2m} \equiv 1 \pmod{p}$$

よって、

$$s^{2m} - t^{2m} \equiv 0 \pmod{p}$$

である。したがって、 $(s^{2m} - t^{2m})^{\frac{n}{2}}$ の中に p は $\frac{n}{2}$ 個以上ある。

$$\frac{n}{2} - \frac{n}{p-1} = \frac{(p-1)n - 2n}{2(p-1)} \geq 0$$

より、この場合においても分数式 V の分母に p は現れない。したがって、 V は整数である。

同様な議論からすべてのファセットの体積も整数となることを証明できる。■

7. n 次元 M 三角錐の無理数と予想される辺について

n 次元 M 三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ には無理数か有理数か自明ではない辺が存在する。その辺の長さは次のように示される。

命題 4 n 次元弱ヘロン三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ には長さが

$$L(u) = \sqrt{c(2s^m t^m)^2 + c_1(s^{2m} - t^{2m})^2}$$

となる辺が存在する。ここで、

$$u \text{ が奇数なら } n = 2c - 1 \text{ (ただし } c \geq 2), \quad c_1 = c - 1$$

$$u \text{ が偶数なら } n = 2c + 2 \text{ (ただし } c \geq 1), \quad c_1 = c + 1$$

である。

証明. $MT_n(s^m, t^m)$ の頂点を $O, A_1, A_2 \dots A_n$ とした時、 $\overrightarrow{A_1 A_2}$ のように隣り合う頂点の辺の長さは $2s^m t^m$ か $s^{2m} - t^{2m}$ なので整数。 $\overrightarrow{A_1 A_3}$ のように1つ飛ばしても長さは $s^{2m} + t^{2m}$ なので整数。そして $\overrightarrow{A_1 A_5}$ や $\overrightarrow{A_2 A_6}$ のように偶数個飛ばした場合は $s^{2m} + t^{2m}$ の定数倍なので有理数か無理数かは自明。よって、奇数個飛ばした場合のみを考えればよい。 n が奇数の場合 $MT_n(s^m, t^m)$ で考える対象となる辺は、 $\overrightarrow{OA_n}$ のみである。

この辺の長さは $\sqrt{\frac{n+1}{2}(2s^m t^m)^2 + \frac{n-1}{2}(s^{2m} - t^{2m})^2}$ なので命題5の u が奇数の場合に該当する。

n が偶数において $MT_n(s^m, t^m)$ で考える対象となる辺は、 $\overrightarrow{A_1 A_n}$ のみである。この辺の長さは

$$\sqrt{\frac{n-2}{2}(2s^m t^m)^2 + \frac{n}{2}(s^{2m} - t^{2m})^2} \text{なので命題5の} u \text{が偶数の場合に該当する。} \quad \blacksquare$$

参考文献

[B] Buchholz, R. H. "Perfect Pyramids." Bull. Austral. Math. Soc. 45, 353-368, 1992.

Guy, R. K. "Simplexes with Rational Contents." § D22 in Unsolved Problems in Number Theory, 2nd ed. New York: Springer-Verlag, pp. 190-192, 1994.

[CB] D. R. Conant and W. A. Beyer, "Generalized Pythagorean Theorem," The American Mathematical Monthly, Vol. 81, No. 3 (Mar., 1974), pp. 262-265.

[OS] Schläfli orthoscheme, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Schl%C3%A4fli_orthoscheme

[L] <https://manabitimes.jp/math/590>

卒業研究（補足）

n 次元 Miyaji 三角錐に関連する
楕円曲線について

先進科学系

松田修

1. はじめに

本論文では、宮路伶音（津山高専 5 年）の 2025 年度の卒業研究「 n 次元弱ヘロン三角錐の研究」[Mi] で定義された n 次元 M 三角錐のある辺と楕円曲線との関連に関して研究する。以下、 n 次元 M 三角錐を n 次元 Miyaji 三角錐と呼ぶ。

n 次元ヘロン三角錐とは、それを構成するすべての k 次元三角錐 ($k \leq n$) の体積が整数となるものである。しかし、 n 次元ヘロン三角錐の研究はとても困難である。そこで、宮路は条件を弱めた以下の n 次元ヘロン三角錐を定義した。

定義 1. n 次元三角錐において、 n 次元三角錐の体積が整数、かつすべてのファセット ($n-1$ 次元の胞) の体積が整数であるものを n 次元弱ヘロン三角錐と呼ぶ。

宮路の研究は、 n 次元弱ヘロン三角錐を具体的に構成することであった。

定義 2. 自然数 s, t は $s > t$ とし、さらに自然数 k に対して

$$a_{2k-1} = 2st, \quad a_{2k} = s^2 - t^2$$

を考える。 O を原点とし、頂点 $O, A_1, A_2, \dots, A_n$ で、頂点 A_i の座標成分 x_j が、

$$x_j = \begin{cases} a_j & (1 \leq j \leq i) \\ 0 & (i+1 \leq j \leq n) \end{cases}$$

となっているとき、 n 次元三角錐 $OA_1A_2 \cdots A_n$ を **n 次元 Miyaji 三角錐** と呼び、

$$MT_n(s, t)$$

と表す。

n 次元 Miyaji 三角錐はオルソスキームと呼ばれる概念に関係する。

定義 3. n 次元の $n+1$ 個の頂点 $A_0, A_1, \dots, A_n$ をもつ n 次元三角錐 T で、辺の鎖 (くさり)

$$A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3, \dots, A_{n-1}A_n$$

が、「鎖の中の辺は、それより前のすべての辺と直交する」という直交条件をみたすとき、 T を **n 次元 Orthoscheme** という。

宮路が証明した定理は以下である。

定理 1. n 次元 Miyaji 三角錐 $MT_n(s, t)$ は、 n 次元 Orthoscheme である。

定理 2. 自然数 m を $m = \frac{1}{2} \cdot \text{LCM}\{p_j - 1 \mid p_j: \text{prime}, p_j \leq n\}$ とすると、 n 次元 Miyaji 三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ は n 次元弱ヘロン三角錐となる。

そして、宮路は以下の問題を提示した。

Miyaji 問題 $n \geq 3$ と $s > t$ はいずれも自然数とする. このとき, n 次元 Miyaji 三角錐 $MT_n(s^m, t^m)$ には長さ

$$L(n) = \sqrt{c_1(s^{4m} + t^{4m}) + 2(2c - c_1)s^{2m}t^{2m}}$$

となる辺が存在する. ここで, n が奇数 $n = 2c - 1$ (ただし $c \geq 2$) ならば $c_1 = c - 1$ とし, n が偶数 $n = 2c + 2$ (ただし $c \geq 1$) ならば $c_1 = c + 1$ である. $L(n)$ は無理数か?

2. Miyaji の問題と 4 次曲線 MQ_o と MQ_e

Miyaji の問題を整理する.

s, t は $s > t$ である自然数とする. n が奇数 $n = 2c - 1$ (ただし $c \geq 2$) のとき,

$$L_o = \sqrt{(c - 1)(s^{4m} + t^{4m}) + 2(c + 1)s^{2m}t^{2m}}$$

とする. n が偶数 $n = 2c + 2$ (ただし $c \geq 1$) のとき,

$$L_e = \sqrt{(c + 1)(s^{4m} + t^{4m}) + 2(c - 1)s^{2m}t^{2m}}$$

とする. Miyaji の問題は, $L_o(n)$, $L_e(n)$ が無理数かどうかを研究することである.

そこで, n が奇数のとき, $u^2 = (c - 1)(s^{4m} + t^{4m}) + 2(c + 1)s^{2m}t^{2m}$ とし, $y = u/t^{2m}$, $x = s^m/t^m$ と置くと, 4 次曲線

$$MQ_o: y^2 = (c - 1)x^4 + 2(c + 1)x^2 + (c - 1)$$

を得る. n が偶数のとき, $u^2 = (c + 1)(s^{4m} + t^{4m}) + 2(c - 1)s^{2m}t^{2m}$ とし, $y = u$, $x = s^m/t^m$ と置くと, 4 次曲線

$$MQ_e: y^2 = (c + 1)x^4 + 2(c - 1)x^2 + (c + 1)$$

を得る. よって, $L_o(n)$, $L_e(n)$ が無理数かどうかを判定するには, MQ_o , MQ_e にどのような有理点が存在するかということを知る必要がある.

3. 4 次曲線 MQ_o と MQ_e の j 不変量

まず, 4 次曲線 MQ_o と MQ_e について, 以下の命題が得られる.

命題 1. $MQ_o: y^2 = (c - 1)x^4 + 2(c + 1)x^2 + (c - 1)$, $MQ_e: y^2 = (c + 1)x^4 + 2(c - 1)x^2 + (c + 1)$ とすると, MQ_o と MQ_e はそれぞれ, 楕円曲線

$$E_o: y^2 = x^3 - (c^2 - 1)x^2 + c(c - 1)^2x, \quad E_e: y^2 = x^3 - (c^2 - 1)x^2 - c(c + 1)^2x$$

と $\mathbb{Q}$ 上双有理同値である.

証明. MQ_o が非特異な種数 1 の曲線であることは, $u = x^2$, $v = yx$ と置くと, $v^2 = y^2x^2$ より

$$v^2 = (c - 1)x^6 + 2(c + 1)x^4 + (c - 1)x^2 \quad \Rightarrow \quad E: v^2 = (c - 1)u^3 + 2(c + 1)u^2 + (c - 1)u$$

が得られる. $c \geq 2$ より判別式は, $\Delta = 16c(c - 1)^2 \neq 0$ である. よって, Q_o は非特異な種数 1 の曲線である.

ここで、 $MQ_o \rightarrow E$ は次数2の被覆であることに注意する。そこで、

$$X = \frac{4}{(c-1)^2} \left(u + \frac{1}{u} \right), \quad Y = \frac{8}{(c-1)^3} \left(-y + \frac{y}{x^2} \right)$$

とすると、 E は $E_o: Y^2 = X^3 - (c^2 - 1)X^2 + c(c-1)^2X$ に変換される。上の変換の式より、 MQ_o と E_o は $\mathbb{Q}$ 上双有理同値である。

MQ_e についても同様に、 $u = x^2$, $v = yx$ と置くと、 $v^2 = y^2x^2$ より

$$v^2 = (c+1)x^6 + 2(c-1)x^4 + (c+1)x^2 \quad \Rightarrow \quad E: v^2 = (c+1)u^3 + 2(c-1)u^2 + (c+1)u$$

$c \geq 1$ より判別式は、 $\Delta = -16c(c+1)^2 \neq 0$ である。よって、 MQ_e も非特異な種数1の曲線である。 $MQ_e \rightarrow E$ は次数2の被覆であって、

$$X = \frac{4}{(c+1)^2} \left(u + \frac{1}{u} \right), \quad Y = \frac{8}{(c+1)^3} \left(-y + \frac{y}{x^2} \right)$$

とすると、 E は $E_e: Y^2 = X^3 - (c^2 - 1)X^2 - c(c+1)^2X$ に変換される。上の変換の式より、 MQ_e と E_e は $\mathbb{Q}$ 上双有理同値である。■

命題2. $E_o: y^2 = x^3 - (c^2 - 1)x^2 + c(c-1)^2x$, $E_e: y^2 = x^3 - (c^2 - 1)x^2 - c(c+1)^2x$ の j 不変量 $j(E_o)$, $j(E_e)$ は、それぞれ

$$j(E_o) = 256 \frac{(c^2 - c + 1)^3}{c^2(c-1)^2}, \quad j(E_e) = 256 \frac{(c^2 + c + 1)^3}{c^2(c+1)^2}$$

である。

証明. $y^2 = x^3 + a_2x^2 + a_4x + a_6$ の j 不変量の計算公式

$$b_2 = 4a_2, \quad b_4 = 2a_4, \quad b_6 = 0, \quad b_8 = -a_4^2, \quad c_4 = b_2^2 - 24b_4, \quad \Delta = -b_2^2b_8 - 8b_4^3, \quad j = \frac{c_4^3}{\Delta}$$

を使うことで得られる。■

楕円曲線は合同数と関係する。3辺の長さが全て有理数の直角三角形で、その面積が自然数 n となると、 n は合同数と呼ばれる。以下の定理が知られている。

定理3 (合同数と楕円曲線) [S2] n は平方数で割れない自然数とする。このとき、 n が合同数であることの必要十分条件は、楕円曲線 $E: y^2 = x(x+n)(x-n)$ 上に $(\pm n, 0), (0, 0)$ 以外の有理点が存在することである。

定理3に関連した以下の命題が得られる。

命題3. u を自然数とする。 $E_o: y^2 = x^3 - (c^2 - 1)x^2 + c(c-1)^2x$ が楕円曲線 $E_u: y^2 = x(x-u)(x+u)$ と双有理同値となるのは $c = 2$, $u = 1$ のときに限る。また、 $E_e: y^2 = x^3 - (c^2 - 1)x^2 - c(c+1)^2x$ が楕円曲線 $E_u: y^2 = x(x-u)(x+u)$ と双有理同値となる c は存在しない。

証明. $E_u: y^2 = x^3 - u^2x$ の j 不変量は

$$j(E_u) = 1728 \frac{4(-u^2)^3}{4(-u^2)^3} = 1728$$

である．一方， E_o の j 不変量は

$$j(E_o) = 256 \frac{(c^2 - c + 1)^3}{c^2(c - 1)^2}$$

であった．したがって，

$$256 \frac{(c^2 - c + 1)^3}{c^2(c - 1)^2} = 1728$$

と $c \geq 2$ より $c = 2$ のみとなる．また， E_e の j 不変量は

$$j(E_o) = 256 \frac{(c^2 + c + 1)^3}{c^2(c + 1)^2}$$

であった．したがって，

$$256 \frac{(c^2 + c + 1)^3}{c^2(c + 1)^2} = 1728$$

と $c \geq 1$ よりこのような c は存在しない．■

4. 4次曲線 MQ_o と MQ_e の有理点

まず， $n = 3$ のときを考える．このとき， $c = 2$ なので， $MQ_o: y^2 = x^4 + 6x^2 + 1$ が研究すべき楕円曲線となる．

命題4. $MQ_o: y^2 = x^4 + 6x^2 + 1$ の有理点は $(0, \pm 1)$ と無限遠点のみである．

証明． Q_o の定義式を $u = 2(y - x^2)$ ， $w = 2x$ と置いて $\mathbb{Q}$ 上で有理変換すると，

$$x = \frac{w}{2}, \quad y = \frac{u}{2} + \frac{w^2}{4}$$

より， $\mathbb{Q}$ 上で逆有理変換も存在する． u, w をの MQ_o 定義式に代入して，

$$u^2 - 4 = w^2(6 - u) \tag{4.1}$$

を得る．続いて，(4.1)の両辺に $(6 - u)$ を掛けると，

$$\{w(6 - u)\}^2 = (u^2 - 4)(6 - u) \tag{4.2}$$

であり，(4.2)の右辺を展開して

$$\{w(6 - u)\}^2 = -u^3 + 6u^2 + 4u - 24 \tag{4.3}$$

を得る． $X_1 = u$ ， $Y = w(6 - u)$ と置くと，(4.3)は

$$Y^2 = -X_1^3 + 6X_1^2 + 4X_1 - 24$$

となる． $X_1 = -X_2$ と置くと

$$Y^2 = X_2^3 + 6X_2^2 - 4X_2 - 24$$

となる．そして， $X_2 = X_3 + 2$ と置いて整理すると

$$Y^2 = X_3^3 + 12X_3^2 + 32X_3$$

となる. $X_3 = X - 4$ と置くと

$$E_1: Y^2 = X^3 - 16X$$

を得る. E_1 の定義式において $x = 4X, y = 8Y$ と置くと,

$$(8Y)^2 = (4X)^3 - 16(4X)$$

を得る. 両辺を 8^2 で割ると,

$$Y^2 = X(X - 1)(X + 1)$$

を得る. したがって, $E_1: y^2 = x^3 - 16x$ と $E_1: y^2 = x(x - 1)(x + 1)$ は $\mathbb{Q}$ 上で同値である. さらに, 1は合同数ではないことがわかっている. よって, E_1 の有理点は $(0,0), (\pm 1,0)$ と無限遠点のみである. したがって, 上の式変形を逆に辿ると, MQ_o の有理点は $(0, \pm 1)$ と無限遠点のみであることが示される. ■

以下の補題が知られている.

補題 1 [S1]. 楕円曲線 $y^2 = x^3 + 4x$ のランクは0である.

命題 5. $MQ_e: y^2 = 2x^4 + 2$ の有理点は $(\pm 1, \pm 2)$ のみである.

証明. 命題 1 より $X = x^2, Y = xy$ と置くと, MQ_e は, $E: Y^2 = 2X^3 + 2X$ に変換される. さらに,

$$X = \frac{u}{2}, \quad Y = \frac{v}{2}$$

と置くと, E は $E': v^2 = u^3 + 4u$ に変換される. 補題 1 より E のランクも0であるので, E の有理点はねじれ点のみである. さらに E の判別式は $\Delta = -2048$ である. Lutz-Nagell の定理より, E のねじれ点 (X, Y) の座標は整数である. さらに, Y^2 は $\Delta = -2048$ の約数である. このことから, E の有理点は, $(0,0), (1, \pm 2)$ と無限遠点であることがわかる. これらの点を MQ_e の点に引き戻すと, MQ_e の有理点は $(\pm 1, \pm 2)$ のみであることがわかる. ■

$n \geq 4$ の場合の 4 次曲線を研究するためには, 以下の初等整数論で使われる 2 つの補題が必要となる.

補題 2 [Ta]. 正の整数 n が 2 つの有理数の 2 乗和として表されるための必要十分条件は, n が 2 つの整数の平方和として現れることである.

補題 3 [Ta]. 自然数 n が $n = a^2 + b^2$ (a, b は整数) の形で表わせるための必要十分条件は, n を素因数分解したとき, 全ての $4k + 3$ 型の素因数の指数が偶数となることである.

以下の命題が成り立つ.

命題 6. 2 以上の整数 c が 2 つの整数の平方和で表せないならば, $Q_o: y^2 = (c - 1)x^4 + 2(c + 1)x^2 + (c - 1)$ は有理点を持たない.

証明. x, y はどちらも有理数であるとする.

$$y^2 = (c-1)x^4 + 2(c+1)x^2 + (c-1) \Rightarrow y^2 = c(x^2+1)^2 - (x^2-1)^2$$

$$\Rightarrow y^2 + (x^2-1)^2 = c(x^2+1)^2$$

よって,

$$\left(\frac{x^2-1}{x^2+1}\right)^2 + \left(\frac{y}{x^2+1}\right)^2 = c$$

ここで, $X = \frac{x^2-1}{x^2+1}$, $Y = \frac{y}{x^2+1}$ と置くと, X, Y はどちらも有理数である. そして, $X^2 + Y^2 = c$ を得る. これは c が2つの有理数の平方和で表せることを意味する. よって, 命題2より c は2つの整数の平方和で表せる. ■

例1. $c = 3, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 30$ のとき, Q_0 の有理点は存在しない.

命題7. 2以上の整数 $c+1$ が2つの整数の平方和で表せないならば, $MQ_e: y^2 = (c+1)x^4 + 2(c-1)x^2 + (c+1)$ は有理点を持たない.

証明. x, y はどちらも有理数であるとする.

$$y^2 = (c+1)x^4 + 2(c-1)x^2 + (c+1) \Rightarrow y^2 = (c+1)(x^2+1)^2 - 4x^2$$

$$\Rightarrow y^2 + (2x)^2 = (c+1)(x^2+1)^2$$

よって,

$$\left(\frac{2x}{x^2+1}\right)^2 + \left(\frac{y}{x^2+1}\right)^2 = c+1$$

ここで, $X = \frac{2x}{x^2+1}$, $Y = \frac{y}{x^2+1}$ と置くと, X, Y はどちらも有理数である. そして,

$$X^2 + Y^2 = c+1$$

を得る. これは $c+1$ が2つの有理数の平方和で表せることを意味する. よって, 命題1より $c+1$ は2つの整数の平方和で表せる. ■

例2. $c = 2, 5, 6, 10, 11, 13, 14, 18, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 29$ のとき, Q_0 の有理点は存在しない.

命題8. $Q_0: y^2 = 3x^4 + 10x^2 + 4$ の有理点は $(0, \pm 2)$ のみである.

証明. $u = 4(y+2)/x^2$, $v = 16(y+2)/x^3$ と置くと, Q_0 は

$$E: v^2 = u^3 - 20u^2 - 48u - 480$$

となる. このとき, $(0, 0)$ と無限遠点は E の有理点である. Nagell-Lutz の定理より, (u, v) が E 上の有理ねじれ点ならば, u, v は整数で, かつ $v = 0$ または v^2 が E の判別式 Δ を割りきる必要がある [S2].

$$u^3 - 20u^2 - 48u - 480 = 0$$

とすると, 有理数解 u は存在しないことがわかる. また

$$\Delta = 11943936 = 2^{14} \times 3^6$$

であり, v^2 を Δ の約数としたとき, E の有理点となる (u, v) は存在しないことが計算機によってわかる. よ

って、ねじれ点は無限遠点のみである。また、SageMath を使って E のランクを求めると 0 であることがわかる。したがって、モデル・ヴェイユの定理より、 E の有理点は無限遠点のみである。したがって、 Q_0 の有理点は $(0, \pm 2)$ のみである。■

4. Miyaji の問題の一部解答

定理 4. n を 3 以上の自然数, $m = \frac{1}{2} \cdot \text{LCM}\{p_j - 1 \mid p_j: \text{prime}, p_j \leq n\}$, さらに,

$$L(n) = \sqrt{c_1(s^{4m} + t^{4m}) + 2(c - c_1)s^{2m}t^{2m}}$$

とする。ただし、 n が奇数 $n = 2c - 1$ (ただし $c \geq 2$) ならば $c_1 = c - 1$ とし、 n が偶数 $n = 2c + 2$ (ただし $c \geq 1$) ならば $c_1 = c + 1$ である。このとき、以下が成り立つ。

- (1) $n = 3, 4, 7$ ならば $L(n)$ は無理数である。
- (2) n は 5 以上の奇数で $(n + 1)/2$ が 2 つの整数の平方和で表せないならば、 $L(n)$ は無理数である。
- (3) n は 6 以上の偶数で $(n - 2)/2 + 1$ が 2 つの整数の平方和で表せないならば、 $L(n)$ は無理数である。

証明. (1) $n = 3$ のとき、命題 4 より $MQ_0: y^2 = x^4 + 6x^2 + 1$ の有理点は $(0, \pm 1)$ と無限遠点であった。

$$y = u = L(n), \quad x = s^m/t^m$$

であったので、 $s = 0$ である。しかし仮定 $s > t > 0$ より、これは矛盾である。 $L(n)$ は無理数である。 $n = 4$ のとき、命題 4 より $MQ_e: y^2 = 2x^4 + 2$ の有理点は $(\pm 1, \pm 2)$ のみであった。 $y = L(n)/t^{2m}$, $x = s^m/t^m$ であったので、 $s = t$ である。しかし仮定 $s > t > 0$ より、これは矛盾である。したがって、 $L(n)$ は無理数である。 $n = 7$ のとき、命題 8 より $Q_0: y^2 = 3x^4 + 10x^2 + 4$ の有理点は $(0, \pm 2)$ のみであった。 $y = L(n)/t^{2m}$, $x = s^m/t^m$ であったので、 $s = 0$ である。しかし仮定 $s > t > 0$ より、これは矛盾である。したがって、 $L(n)$ は無理数である。

(2) 命題 6 より $Q_0: y^2 = (c - 1)x^4 + 2(c + 1)x^2 + (c - 1)$ は有理点を持たない。 $y = L(n)/t^{2m}$, $x = s^m/t^m$ であったので、 $L(n)$ は無理数である。

(3) 命題 7 より $MQ_e: y^2 = (c + 1)x^4 + 2(c - 1)x^2 + (c + 1)$ は有理点を持たない。 $y = L(n)/t^{2m}$, $x = s^m/t^m$ であったので、 $L(n)$ は無理数である。■

謝辞 Miyaji 問題については、北見工業大学の渋川元樹氏から貴重なアドバイスを受けた。ここにお礼を申し上げる。

参考文献

- [Mi] 宮路伶音, n 次元弱ヘロン三角錐の研究, 卒業研究プレプリント
- [S1] J.H. Silverman, J. Tate 著, 足立恒雄 訳『楕円曲線論入門』, 丸善出版, 2021
- [S2] Silverman, *The Arithmetic of Elliptic Curves*, Prop. VII.3.1, Springer, 2009
- [Ta] 高木貞治, 『初等整数論講義 第 2 版』, 共立出版, 1971

卒業研究

パウリ行列に関する研究

先進科学系

安川晴彦

指導教員 松田修

令和 8 年 2 月 18 日

概要

本研究では、量子力学で電子の状態表現等に用いられるパウリ行列の数学的性質を理解し、それを数学的に発展させることを目的としている。パウリ行列における特徴、エルミート行列かつユニタリ行列であることや交換関係や非交換関係、行列式やトレースの値といった基本的な性質を整理し示した。これらの性質を踏まえ、行列式が1の2次ユニタリ行列全体がなす群 $SU(2)$ の単位元における接空間（リー代数） $su(2)$ が、パウリ行列に虚数単位 i を掛けたもので生成されることを示した。さらに、このリー代数 $su(2)$ の任意の要素 X を n 乗した際における性質を示した、

Abstract

This study aims to understand the mathematical properties of Pauli matrices, used in quantum mechanics for representing electronic states, and to develop them mathematically. We have organized and presented fundamental properties of Pauli matrices, including their characteristics as Hermitian and unitary matrices, their commutation and noncommutation relations, and their determinant and trace values. Building upon these properties, we demonstrate that the tangent space (Lie algebra) $su(2)$ at the identity element of the group $SU(2)$ – the set of all 2×2 unitary matrices with determinant 1 – is generated by multiplying the Pauli matrices by the imaginary unit i . Furthermore, we present the properties of any element X of this Lie algebra $su(2)$ when raised to the n th power.

目次

1. 本研究の目的と動機.....	1
2. パウリ行列の性質について.....	1
2.1 エルミート行列、ユニタリ行列	1
2.2 交換関係、反交換関係.....	2
2.3 行列式とトレース	3
3. リー代数.....	3
3.1 X^2 における全体の集合の特定	6
3.2 X^3 における全体の集合の特定	7
3.3 X^n における、 n が奇数、偶数の際の全体の集合の特定	8

1. 本研究の目的と動機

量子力学において、電子などの状態を表す道具としてパウリ行列がある。近年、量子情報理論や量子コンピュータの分野が急速に発展。量子ビットの操作はパウリ行列を基底とする演算によって記述されるため、次世代の計算理論を支える数学的基礎を盤石にする上で極めて重要である。本研究ではパウリ行列の数学的性質を理解し、それを数学的に発展させることを目的とする。

パウリ行列とは以下のような2行2列の複素行列 $\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$ を指す。

$$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

2. パウリ行列の性質について

パウリ行列はいくつかの性質を持っており、それぞれリー代数 $\mathfrak{su}(2)$ について理解するために重要な性質を示す。それらについて述べていく。

2.1 エルミート行列、ユニタリ行列

まず、随伴行列とは次のような定義から成る行列を指す。

行列 A に対して、 A の共役行列の転置行列 ($\bar{A}$) を A の随伴行列といい、 A^* と表す。

実際にそれぞれのパウリ行列の随伴行列を求めると次のようになる。元の行列から転置した後、その各成分を複素共役の操作を以下の計算で行う。

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} & \sigma^* &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \\ \sigma_2 &= \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} & \sigma^* &= \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \\ \sigma_3 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} & \sigma^* &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

計算結果は以上のようになりそれぞれのパウリ行列の随伴行列は元のパウリ行列と等しいことが見られた。このような性質を持つ行列のことを**エルミート行列**という。すなわち、エルミート行列とは次の条件を満たす行列 A のことである。

$$A = A^*$$

パウリ行列の随伴行列と元の行列を掛けると次のような結果が得られる。*

$$\sigma_1 \sigma_1^* = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0+1 & 0+0 \\ 0+0 & 1+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_2 \sigma_2^* = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0+(-i) \cdot i & 0+0 \\ 0+0 & i \cdot (-i) + 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_3 \sigma_3^* = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1+0 & 0+0 \\ 0+0 & 0+(-1) \cdot (-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

上記の計算より、パウリ行列の随伴行列は逆行列と等しいといえる。このような行列を**ユニタリ行列**という。すなわち、ユニタリ行列とは、次の条件を満たす行列 U のことである。

$$U^* U = U U^* = I$$

前述した式では I が単位行列を表している。パウリ行列では随伴行列が元の行列、逆行列に等しいエルミート行列とユニタリ行列の性質を持っている。

2.2 交換関係,反交換関係

量子力学において交換関係、非交換関係というものがあり、次のように定義される。

上記の定義から、パウリ行列における交換関係について示す。

交換関係の定義

2つの正方行列 A, B に対して

$$[A, B] = AB - BA$$

という交換子を用いて示され、これを A, B の交換関係という。

反交換関係の定義

2つの正方行列 A, B に対して

$$[C, D] = CD + DC$$

という反交換子を用いて示され、その値が0になる場合を A, B の反交換関係という。

$$[\sigma_1, \sigma_2] = \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2 \sigma_1 = 2i\sigma_3$$

$$[\sigma_2, \sigma_3] = \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_3 \sigma_2 = 2i\sigma_1$$

$$[\sigma_3, \sigma_1] = \sigma_3 \sigma_1 - \sigma_1 \sigma_3 = 2i\sigma_2$$

$$[\sigma_i, \sigma_i] = \sigma_i^2 - \sigma_i^2 = 0$$

パウリ行列での交換関係では積の順序を入れ替えて引き算を行うと虚数単位を伴った 2 倍の交換子に用いられていないパウリ行列になる。同じパウリ行列における交換関係では 0 になる。

また、パウリ行列における反交換関係について示す

$$[\sigma_i, \sigma_j] = \sigma_i \sigma_j + \sigma_j \sigma_i = 0 \quad (i \neq j)$$

パウリ行列における反交換関係では異なる行列において成り立つ。反交換関係では積の順序をいれかえると元の積にマイナス符号がつくという非可換性の中でも厳格な関係を指す。

2.3 行列式とトレース

パウリ行列の行列式はそれぞれ次のようになる。

$$\det(\sigma_1) = 0 \cdot 0 - 1 \cdot 1 = -1$$

$$\det(\sigma_2) = 0 \cdot 0 - 1 \cdot 1 = -1$$

$$\det(\sigma_3) = 0 \cdot 0 - 1 \cdot 1 = -1$$

どのパウリ行列においても行列式は -1 になることから次のようにかける。

$$\det(\sigma_i) = -1 \quad (i = 1, 2, 3)$$

またパウリ行列の対角成分の和、つまりトレースはそれぞれ次のようになる。

$$\text{Tr}(\sigma_1) = 0 + 0 = 0$$

$$\text{Tr}(\sigma_2) = 0 + 0 = 0$$

$$\text{Tr}(\sigma_3) = 1 + (-1) = 0$$

どのパウリ行列においてもトレースは 0 になることから次のようにかける。

$$\text{Tr}(\sigma_i) = 0 \quad (i = 1, 2, 3)$$

このようにパウリ行列では行列式、トレースの結果がどのパウリ行列においても同じである性質を持つ。

3 リー代数

行列式が 1 である 2 次ユニタリ行列全体を $SU(2)$ とかくと $SU(2)$ は三次元球面 S^3 に対応することが知られている。単位行列は明らか $SU(2)$ の元である。そこで単位行 I の ε -近傍の元 X について考える。すなわち

$$U(\varepsilon) = I + i\varepsilon X$$

である。 $U(\varepsilon)$ を I の無限小変換とよぶ。 $U(\varepsilon)$ は I における接空間であることがわかる。 $U(\varepsilon) = U$ と示し、次のような計算を行う。

$U^*U = (I + i\varepsilon X)^*(I + i\varepsilon X) = (I - i\varepsilon X^*)(I + i\varepsilon X) = I + i\varepsilon X - i\varepsilon X^* - \varepsilon^2 X^*X \sim I + i\varepsilon(X - X^*)$
 $\varepsilon^2 X^*X$ の項が消えているが、 ε 自体が非常に小さい数字であることから 2 乗すると無視できると考え近似を行っている。ユニタリ行列同士を掛けると単位行列になることから $i\varepsilon(X - X^*) = 0$ であることがわかる。上記で示したことについての証明を行う。歪エルミート行列と

は随伴行列が元の行列にマイナスをつけたものに等しい複素整数行列を指し、

$$A^* = -A$$

というように示される。

また、この計算から次のようなことが言える。

X はエルミート行列、 iX は歪エルミート行列である。

(証明)

ユニタリ行列であることから

$$U \cdot U = I$$

より

$$i\varepsilon(X - X^*) = 0 \Rightarrow X - X^* = 0$$

$$X = X^*$$

X では

また

$$(iX)^* = -iX^* = -iX$$

この式から iX が歪エルミート行列であることがわかる。

また X について次のようなことがいえる。

$\text{Tr}(X)=0$ である。

(証明)

$$U(\theta) = e^{i\theta X} (= E \cos \theta + iX \sin \theta)$$

この式ではユニタリ行列かつ行列式が 1 という条件を持つ正方行列のことを θ で示している。このことからどの θ でも $\det=1$ になるということがいえる。そのことを踏まえ次に示すヤコビの公式を常にどの θ でも $\det=1$ であることを考えるとどの $i\theta$ でも $\text{Tr}(X)$ は常に 0 になることが考えられる。

ヤコビの公式

$$\det(e^{i\theta X}) = e^{i\theta \text{Tr}(X)}$$

以上のことから行列 X とはエルミート行列かつトレースが常に 0 である行列であるといえる。そして X は

$$X = c_1 \sigma_1 + c_2 \sigma_2 + c_3 \sigma_3 \quad (c_1, c_2, c_3 \text{ は実数})$$

であることがわかっている。このような特徴を持つ行列をリー代数という。定義は次のようになる。

$\text{Tr}(X)=0$ を満たす 2 次歪エルミート行列全体の集合

リー代数は $\text{su}(2)$ と書き、 $\text{SU}(2)$ のリー代数というようにいう。また $\text{su}(2)$ は $\text{SU}(2)$ の単位元 I の無限小変換である。以上のことから次のようなことが言えた。

定理 1

$\text{SU}(2)$ の I の接空間であるリー代数 $\text{su}(2)$ はパウリ行列に i を掛けたもので生成される

(証明)

$U(\varepsilon)$ を I の無限小変換のリー代数 $\text{su}(2)$ は $U(\varepsilon) = I + i\varepsilon X$ から得られ、

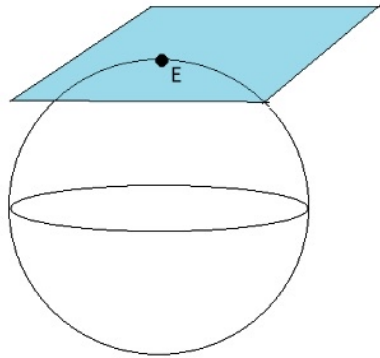
$$X = c_1(\sigma_1) + c_2(\sigma_2) + c_3(\sigma_3)$$

であった。よって $\text{su}(2)$ のもととは iX であることが考えられるので

$$iX = c_1(i\sigma_1) + c_2(i\sigma_2) + c_3(i\sigma_3)$$

となる。また ε が $\text{su}(2)$ のもとにならない理由として、 ε は大きさを示すパラメータであるから、リー代数が表す変換の方向そのものでないため、 $\text{su}(2)$ のもとに含まれない。したがって、 $\text{su}(2)$ はパウリ行列に i を掛けたもので生成される。イメージを下図に示す (この図においては単位行列を E とする)

SU(2)とsu(2)のイメージ



SU(2)は4次元空間内の3次元球面

su(2)はEでのSU(2)の接空間（3次元空間）

そして、su(2)はパウリ行列にiを掛けたもので生成される。

$$su(2) \ni iX = c_1(i\sigma_1) + c_2(i\sigma_2) + c_3(i\sigma_3)$$

3.1 X^2 における全体の集合の特定

本研究では、リー代数 su(2) の任意の行列 $X = c_1(i\sigma_1) + c_2(i\sigma_2) + c_3(i\sigma_3)$ を 2 乗した X^2 の全体の集合は、どのようなものになるか調べた。その法則性や特徴を調べるためにまず、 X^2 において全体の集合はどのようなものになるのか示す。

まず、 X の変形について考える。

$$\begin{aligned} X &= c_1(i\sigma_1) + c_2(i\sigma_2) + c_3(i\sigma_3) \\ &= i(c_1(\sigma_1) + c_2(\sigma_2) + c_3(\sigma_3)) \end{aligned}$$

とかける。この変形した X を用いると X^2 における計算は次のようになる。

$$\begin{aligned} X^2 &= \{i(c_1(\sigma_1) + c_2(\sigma_2) + c_3(\sigma_3))\}^2 \\ &= i^2(c_1(\sigma_1) + c_2(\sigma_2) + c_3(\sigma_3))^2 \\ &= -(c_1(\sigma_1) + c_2(\sigma_2) + c_3(\sigma_3))^2 \\ &= -(c_1^2(\sigma_1\sigma_1) + c_1c_2(\sigma_1\sigma_2) + c_1c_3(\sigma_1\sigma_3) + c_2c_1(\sigma_2\sigma_1) + c_2^2(\sigma_2\sigma_2) + c_2c_3(\sigma_2\sigma_3) \\ &\quad + c_3c_1(\sigma_3\sigma_1) + c_3c_2(\sigma_3\sigma_2) + c_3^2(\sigma_3\sigma_3)) \end{aligned}$$

ここでパウリ行列がユニタリ行列であるということを用いると次のような計算結果が得られる。(I は単位行列)

$$\begin{aligned} c_1^2(\sigma^1\sigma^1) &= c_1^2 E \\ c_2^2(\sigma^2\sigma^2) &= c_2^2 E \\ c_3^2(\sigma^3\sigma^3) &= c_3^2 E \end{aligned}$$

また、異なるパウリ行列における反交換関係を用いると次のような計算結果も得られる。

$$(1,2) \text{ のペア } c^1 c^2 (\sigma^1 \sigma^2) + c^2 c^1 (\sigma^2 \sigma^1) = c^1 c^2 (\sigma^1 \sigma^2 + \sigma^2 \sigma^1) = c^1 c^2 (\sigma^1 \sigma^2 - \sigma^1 \sigma^2) \\ = 0$$

$$(1,3) \text{ のペア } c^1 c^3 (\sigma^1 \sigma^3) + c^3 c^1 (\sigma^3 \sigma^1) = c^1 c^3 (\sigma^1 \sigma^3 + \sigma^3 \sigma^1) = c^1 c^3 (\sigma^1 \sigma^3 - \sigma^1 \sigma^3) \\ = 0$$

$$(2,3) \text{ のペア } c_2 c_3 (\sigma_2 \sigma_3) + c_3 c_2 (\sigma_3 \sigma_2) = c_2 c_3 (\sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_2) = c_2 c_3 (\sigma_2 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_3) \\ = 0$$

これらの計算結果から X^2 は次のようにかける。

$$X^2 = -(c_1^2 E + c_2^2 E + c_3^2 E) \\ = -E(c_1^2 + c_2^2 + c_3^2)$$

よってよってリー代数の任意の行列 X を 2 乗した X^2 の全体の集合は単位行列 E のスカラー倍（実数倍）になることが計算結果から分かった。

3.2 X^3 における全体の集合の特定

$\text{su}(2)$ の任意の要素 X はパウリ行列、 $\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$ を基底として、実数の係数 $c_1 c_2 c_3$ を用いて次のように一般的に表すことができる。

$$X = i(c_1(\sigma_1) + c_2(\sigma_2) + c_3(\sigma_3)) = i(a \cdot \sigma)$$

ここで $a = (a_1, a_2, a_3)$ は $\mathbb{R}^3$ の実数ベクトル、 σ はパウリ行列を成分とするベクトルである。

これらを踏まえて次の計算に移る。まず X^2 の計算結果を示す。

これは X^2 の集合について調べた際、計算を行っているので結果のみ示す。

$$X^2 = -|a|^2 \cdot I$$

X^2 は単位行列の実数スカラー倍になる

次に X^3 について計算を行う

$$X^3 = X^2 \cdot X = (-|a|^2 \cdot I) \cdot X = -|a|^2 X$$

$X \in \text{su}(2)$ であり、 $c = -|a|^2$ は実数のスカラー ($c \leq 0$) なので、 $X^3 = cX$ もまた $\text{su}(2)$ の要素である。 X^3 が $\text{su}(2)$ の要素であることがわかったが、問題は「 X^3 の全体の集合」が $\text{su}(2)$ 全体をカバーできるか、それとも $\text{su}(2)$ の一部分いわゆる真部分集合にしかないのか、集

合の特定を行う必要がある。

まず、 X^3 の集合とは

$$S = \{-|a|^2 X = i(a \cdot \sigma), a \in \mathbb{R}^3\}$$

$$X \in su(2)$$

である。 X に $i(a \cdot \sigma)$ を代入すると

$$X^3 = -|a|^2 (i(a \cdot \sigma)) = i(-|a|^2 \cdot a) \cdot \sigma$$

ここで新しい実数ベクトル $b \in \mathbb{R}^3$ を $b = -a|a|^2$ と定義すると X^3 は $Y = i(b \cdot \sigma)$ という形をしている。これは $su(2)$ の要素の一般的な形そのものである。問題は、任意の $b \in \mathbb{R}^3$ に対して、 $b = -a|a|^2$ を満たすような $a \in \mathbb{R}^3$ が必ず存在するかということが考えられる。もし $b = 0$ なら、 $a = 0$ を選べば $X=0, X^3=0$ となり成立する。 $a = kb$ ($k < 0$) とはかけない。 a と b は平行であるが、向きが逆である。 $a = -cb$ ($c > 0$) ともかけない。もし $b \neq 0$ なら、 a は b と逆向きのベクトルになる。方向について考える。 a と b は逆向きである必要がある。 a を逆向きのベクトル、すなわち $a = -kb^*$ ($k \geq 0, b^*$ は b の単位ベクトル) と仮定する。

$$b = -a|a|^2 \cdot b = -(k)^2(-kb^*)b = k^3b$$

$b = |b|b^*$ なので大きさを比較すると

$$|b| = k^3 k^{\frac{1}{3}} (|b|)$$

k は実数として必ず存在する。したがって

$$a = \sqrt[3]{|b|} \cdot b^* = -\sqrt[3]{|b|} \left(\frac{b}{|b|} \right)$$

を選べば、 $X = i(a \cdot \sigma)$ を 3 乗すると $X^3 = i(b \cdot \sigma)$ となる。つまり、どのような $b \in \mathbb{R}^3$ を選んでもそれに対応する $X^3 = i(b \cdot \sigma)$ となるような $X \in su(2)$ 、すなわち $a \in \mathbb{R}^3$ が必ず存在する。これらのことから X^3 の全体の集合は $su(2)$ と一致する。

3.3 X^n における、 n が奇数、偶数の際の全体の集合の特定

X^2 の結果を用いることで次のような計算結果が得られる。

$$X^n = X^{2 \cdot 2} = (-r^2 I)^2 = (r^2)^2 I = (-1)^2 (r^2)^2 I$$

$$= r^4 I$$

このような計算結果から実際に X^4 の全体の集合は 0 以上の実スカラー行列であることがわかる。またこの計算過程を用いることで次のようなことも分かった。

n が偶数であるとき、 X^n は実スカラー行列の集合をとり、また n が 4 の倍数であるときは 0 以上の実スカラー行列の集合をとり、それ以外の偶数を n がとりうる場合 0 以下の実スカラー行列になる。次の計算結果でこのことを示す。

$$n=2k, \quad k=2m$$

$$\begin{aligned} X^n &= X^{2k} = (-r^2 I)^{2k} = (-r^2)^k I = (-1)^k (r^2)^k I \\ &= (-1)^k r^{2k} I \end{aligned}$$

$$n=4m(4 \text{ の倍数の場合})$$

$$= (-1)^{2m} r^{2k} I = r^n I$$

となり、 $n=4m$ の X^n の全体の集合は 0 以上の実スカラー行列であることがわかる。

$$n=4m+2(4 \text{ の倍数でない場合})$$

$$= (-1)^{2m+1} r^{2k} I = -r^n I$$

となり、 $n=4+2$ の X^n の全体の集合は 0 以下の実スカラー行列であることがわかる。

X^n の n が偶数である X の集合についてどのようになるか示したが、 n が奇数であるときどのようになるのかを示す。

$$n=2k+1 \text{ とかくと}$$

$$X^n = X^{2k+1} = X^{2k} X = (X^2)^k X$$

$$X^2 = -r^2 I \text{ であることから}$$

$$X^n = (-r^2 I)^k X = (-1)^k r^{2k} X$$

$$2k=n-1 \text{ であることから}$$

$$X^n = (-1)^{(n-1)/2} r^{(n-1)} X$$

X^n は元の行列に $(-1)^{(n-1)/2} r^{(n-1)}$ を掛けたものであることから X^n は $\text{su}(2)$ の部分集合であることが考えられる。この集合が $\text{su}(2)$ 全体と一致するのかどうか調べる。任意の $Y \in \text{su}(2)$ をとってきたとき、 $Y = X^n$ となるような $X \in \text{su}(2)$ が必ず存在するのか？

$Y \in \text{su}(2)$ なので、 $Y = i(y \cdot \sigma)$ と書ける。 $r = |x|$ である。

$Y = X^n$ となるためには

$$i(y \cdot \sigma) = (-1)^{(n-1)/2} r^{n-1} (i(x \cdot \sigma))$$

$$y = (-1)^{\frac{n-1}{2}} |x|^{n-1} x$$

を満たす x が存在すればよい。

任意のベクトル $y \in \mathbb{R}^3$ に対してこの方程式を満たす $x \in \mathbb{R}^3$ は必ず存在する。

つまり、 $\mathfrak{su}(2)$ のどんな元 Y に対してもそれを n 乗で生み出す元の $x \in \mathfrak{su}(2)$ は必ず存在ということである。したがって $n \geq 5$ の奇数の場合、 X^n の全体の集合は $\mathfrak{su}(2)$ 自身となる。また $n=1,3$ の場合も $\mathfrak{su}(2)$ であることをすでに示していることから、 $n=1,3,5,\dots$ の奇数の時、 X^n の全体の集合は $\mathfrak{su}(2)$ 自身となる。

卒業研究

クソゲー配信における視聴者参加型文化の分析

先進科学系

坂本健

指導教員 堀秀暢

令和 8 年 1 月 21 日

abstract

With the spread of video streaming platforms, digital games are increasingly consumed not only as objects of play but also as objects of spectatorship. This study examines why viewers are attracted to livestreams of “kusoge,” games widely regarded as poorly designed or frustrating to play. Focusing on archived comments from *Ancient Roman* livestreams on Karasuma A Channel, this research conducts text and qualitative content analysis.

The results show that viewers reinterpret game flaws as sources of humor through shared reactions, such as laughter and comic commentary. Unlike direct gameplay, kusoge livestreams allow viewers to enjoy unreasonable game elements without experiencing frustration themselves. A comparison with *Final Fantasy VII* livestreams highlights a difference in viewing attitudes: while *Final Fantasy VII* streams emphasize nostalgia, kusoge streams foster real-time interaction and collective laughter. This study argues that kusoge livestreams create an inverted structure in which games that are painful to play become enjoyable to watch, gaining new cultural value within livestreaming culture.

目次

第1章 序論	5
1.1.研究背景	5
1.2.研究目的・研究意義.....	5
1.3.研究課題・研究質問.....	6
1.4.仮説	6
1.5.本研究の構成	6
第2章 理論的背景と研究の位置づけ	7
2.1.用語解説	7
2.2.視聴者参加型文化の特徴.....	9
2.3.「クソゲー」という評価概念の変遷.....	10
2.4.クソゲー配信と視聴者参加の関係.....	11
2.5.本研究の位置づけ.....	11
第3章 クソゲー配信・視聴文化.....	12
3.1.「クソゲー」という言葉の配信文化における使われ方	12
3.2.クソゲー配信の特徴.....	12
3.3.視聴者コメントと参加型文化.....	12
3.4.YouTube・ニコニコ動画における反応の違い	13
3.5.クソゲーが「見るコンテンツ」になる過程.....	13
第4章 研究方法	14
4.1.研究手法の概要	14
4.2.アンケート調査の設計.....	14
4.2.1.アンケートの構成.....	14
4.3.回答者属性とデータの扱いとコメントデータの分析法.....	15
4.4.プレイ体験を用いた比較観察.....	16
4.4.1.プレイ環境及び条件.....	16
4.4.2.FF7の解説・プレイ体験記録	17
4.4.3 アンシャントロマンの解説・プレイ体験記録.....	18
4.4.4 自己観察(オートエスノグラフィー)の位置づけ	20
第5章 ゲーム構造とプレイ体験の比較.....	21
5.1.FF7(神ゲー)における没入構造.....	21
5.2.アンシャントロマン(クソゲー)における破綻構造	22
5.3.両者の構造差が生むプレイ感覚の違い.....	23
第6章 視聴体験とコメント文化の分析.....	23
6.1.コメントの分析	23

6.2.コメント内容の傾向分類.....	27
6.3.FF7 配信とクソゲー配信における視聴姿勢の違い	28
6.4.クソゲー配信における「ツッコミ」と「共犯性」	28
第7章 考察	29
7.1.なぜ人はクソゲー配信を見るのか.....	29
7.2.プレイすると苦しいが、見ると楽しい逆転構造.....	30
7.3.クソゲー配信が生む共同的笑い.....	30
第8章 結論	31
8.1.研究結果のまとめ.....	31
8.2.本研究の意義	32
8.3.研究の限界と今後の課題.....	32

参考文献

第1章 序論

1.1.研究背景

近年、YouTube や Twitch、ニコニコ動画といった動画配信プラットフォームの普及により、ゲーム実況や RTA（リアルタイムアタック）は広く視聴される文化的コンテンツとなっている。これらの配信は、単にゲームプレイを視聴するだけでなく、コメント機能を通じて視聴者が配信に参加する点に大きな特徴がある。

その中でも近年注目されているのが、「クソゲー」と呼ばれる作品を対象とした実況・RTA 配信である。クソゲーとは、バグや理不尽な仕様、演出の不整合などを多く含み、一般的には完成度が低いと評価されるゲームを指す俗称である。本来であれば否定的に受け取られがちなこれらの作品が、配信という文脈においては高い再生数や熱量のあるコメントを生み出している点は注目に値する。

クソゲーRTA 配信では、ゲームの欠点や不条理さが強調される一方で、それらが笑いやネタとして共有される。視聴者はコメントを通じてツッコミを入れたり、名シーンを繰り返し言及したりすることで、配信者と共に体験を構築していく。このようなやり取りは、配信者と視聴者の間に独特の一体感を生み出し、クソゲー配信特有の視聴者参加型文化を形成していると考えられる。

ゲーム配信に関する先行研究では、視聴者参加や相互作用の重要性が指摘されている（Li et al., 2020）。また、ライブ配信文化の発展に伴い、ゲームが「観る」対象へと拡張したことも論じられている（Taylor, 2018）。しかし、クソゲーという周縁的ジャンルに焦点を当てた研究は十分に行われていない。そのため、なぜ視聴者が「出来の悪いゲーム」をあえて視聴し、さらには積極的に参加しようとするのかという点については、未だ明確にされていない。

1.2.研究目的・研究意義

本研究の目的は、クソゲー配信において形成される視聴者参加型文化の特徴を明らかにすることである。特に、視聴者がクソゲー配信を視聴する動機や、コメントを通じた参加行動がどのような意味を持つのかに着目する。

そのために本研究では、実際の配信動画に寄せられたコメントの分析および視聴者アンケート調査を行う。また補助的手法として、筆者自身が「神ゲー」と評価される作品と「クソゲー」とされる作品を実際にプレイし、その体験の違いを整理することで、クソゲー配信が持つ特性を多角的に検討する。

これらの分析を通じて、クソゲー配信が単なる嘲笑の対象ではなく、視聴者と配信者が共同で意味づけを行う参加型娯楽として成立していることを示すことを本研究の最終的な目的とする。

本研究は、ゲーム実況文化の中でも十分に研究されてこなかったクソゲー配信を対象とし、視聴者参加型文化という観点から分析を行う点に意義がある。特に、完成度の低さが逆説的に娯楽性を生み出す構造を明らかにすることで、ゲームの価値が必ずしも品質の高さのみによって決定されないことを示す。

また、本研究の知見は、ゲーム実況や配信文化のみならず、視聴者参加型メディア全般の理解にも寄与するものと考えられる。例えば、テレビ番組における d ボタンを用いた投票やクイズ参加のように、視聴者が番組進行や体験に関与する形式は、従来のマスメディアにおいても見られてきた。本研究で扱うクソゲー配信におけるコメント参加も、こうした視聴者参加の一形態として位置づけることができる。

1.3.研究課題・研究質問

本研究では、以下の研究課題を設定する。

- ・視聴者はなぜクソゲー配信を視聴するのか
- ・クソゲー配信において、視聴者はどのような影響を与えているのか
- ・コメント文化は、配信体験にどのような影響を与えているのか

これらの問いに対し、コメント分析およびアンケート調査を通じて検討を行う。

1.4.仮説

本研究では、クソゲー配信の視聴動機は、物語理解や攻略情報の取得といった従来のゲーム視聴目的よりも、理不尽な展開や不出来な要素に対する「笑い」の共有や、実況者のリアクションを楽しむ点に強く依存していると仮定する。すなわち、視聴者はゲームそのものの完成度を評価するために視聴しているのではなく、問題点や違和感が生み出す混乱や困惑を、他の視聴者や配信者と同時的に共有する体験を求めている可能性がある。

1.5.本研究の構成

本研究は全 8 章で構成される。第 1 章では、研究背景、目的、研究課題および仮説を提示し、本研究の全体像を示す。第 2 章では、ゲーム配信文化や視聴者参加型文化に関する先行研究を整理し、本研究の位置づけを明確にする。第 3 章では、クソゲー配信およびそ

の視聴文化の特徴について論じる。

第4章では研究方法について説明し、アンケート調査およびコメント分析の手法を示す。第5章では『FF7』と『アンシャントロマン』のプレイ体験を比較し、ゲーム構造の差異を明らかにする。第6章では配信における視聴体験とコメント文化の分析結果を提示する。

第7章では分析結果を踏まえ、クソゲー配信における視聴動機や共同的笑いの構造について考察する。最後に第8章で研究結果を総括し、本研究の意義と限界、今後の課題について述べる。

第2章 理論的背景と研究の位置づけ

2.1.用語解説

本研究では、ゲーム配信やインターネット文化に関連する用語を多く用いる。これらの用語の中には、学術的に厳密な定義が定まっていないものや、日常的・文化的文脈において多義的に用いられているものも含まれる。そのため、本節では本研究における使用範囲を明確にするために主要な用語を整理し、読者が議論を円滑に理解できるよう定義を示す。

クソゲー

本研究において「クソゲー」とは、バグや理不尽な仕様、演出や物語展開の不整合などを多く含み、一般的に完成度が低いと評価されるゲームを指す俗称である。ただし本研究では、否定的価値判断としてではなく、配信文脈において独自の娯楽性や参加型体験を生み出す対象として用いる。

神ゲー

一般に高い完成度や評価を得ているゲームを指す俗称。本研究では、物語性やシステムの整合性が高く、プレイヤーの没入を促すゲームの対照例として用いる。

RTA(リアルタイムアタック)

ゲーム開始からクリアまでロード時間を含めたクリアまでの最短タイムを狙うプレイ形式。配信や実況と結びつくことで、競技性だけでなく娯楽性や参加性を持つ文化として発展している。

ゲーム実況・ゲーム配信

ゲームのプレイ映像を配信し、実況や解説を行うコンテンツ形態。視聴者はコメントを通じて配信に参加することが可能である。

視聴者参加型文化

視聴者がコメントや反応を通じて、配信内容や雰囲気の形成に関与する文化的形態。本研究では、クソゲー配信において顕著に見られる特徴として扱う。

コメント文化

配信や動画に付随するコメントを通じて形成される慣習や表現の集合。ツッコミ、定型文、ミームの共有などが含まれる。

ツッコミ

主に視聴者がコメントを通じて、ゲームや配信内容の不条理さや矛盾点を指摘する行為。批判ではなく、笑いを共有する表現として機能する場合が多い。

ミーム

特定の場面や表現が繰り返し引用・共有されることで定着した言語的・視覚的表現。本研究では、クソゲー配信においてコメントを通じて再生産されるネタを指す。

共犯性

本研究においては、配信者と視聴者が「このゲームは出来が悪い」という前提を共有しつつ、その体験を共に楽しむ関係性を指す概念として用いる。

オートエスノグラフィー

研究者自身の経験を分析対象とする質的研究手法。本研究では、筆者自身のゲームプレイ体験を補助的分析資料として用いる際の方法論的枠組みとして参照する。

2.1. ゲーム配信文化の成立

ゲーム配信文化は 2000 年代後半に萌芽を迎え、2006 年にサービスを開始したニコニコ動画における実況動画文化の広がりとともに発展した。その後、2011 年に開始された Twitch を中心にライブ配信が普及し、実況者と視聴者がリアルタイムで相互作用する文化が成立した (Taylor, 2018)。さらに 2010 年代後半には、ゲーム配信は e スポーツや RTA と結びつきながら社会的に定着し、ゲームは「遊ぶもの」であると同時に「観るもの」として認識されるようになった。

2.2.視聴者参加型文化の特徴

特にニコニコ動画では、コメントが画面上を横断して表示される仕様により、個々の視聴者の反応が視覚的に共有されやすく、集団的な笑いや驚きが生まれやすい。一方、YouTubeにおいても、コメント欄やライブ配信時のチャット機能を通じて、視聴者が自身の反応や解釈を言語化し、それらを相互に参照し合うことで、共通の体験を共有する文化が形成されている。以下に、これらの特徴を示す参考資料を示す。



(<https://www.nicovideo.jp/watch/sm35747930>) より

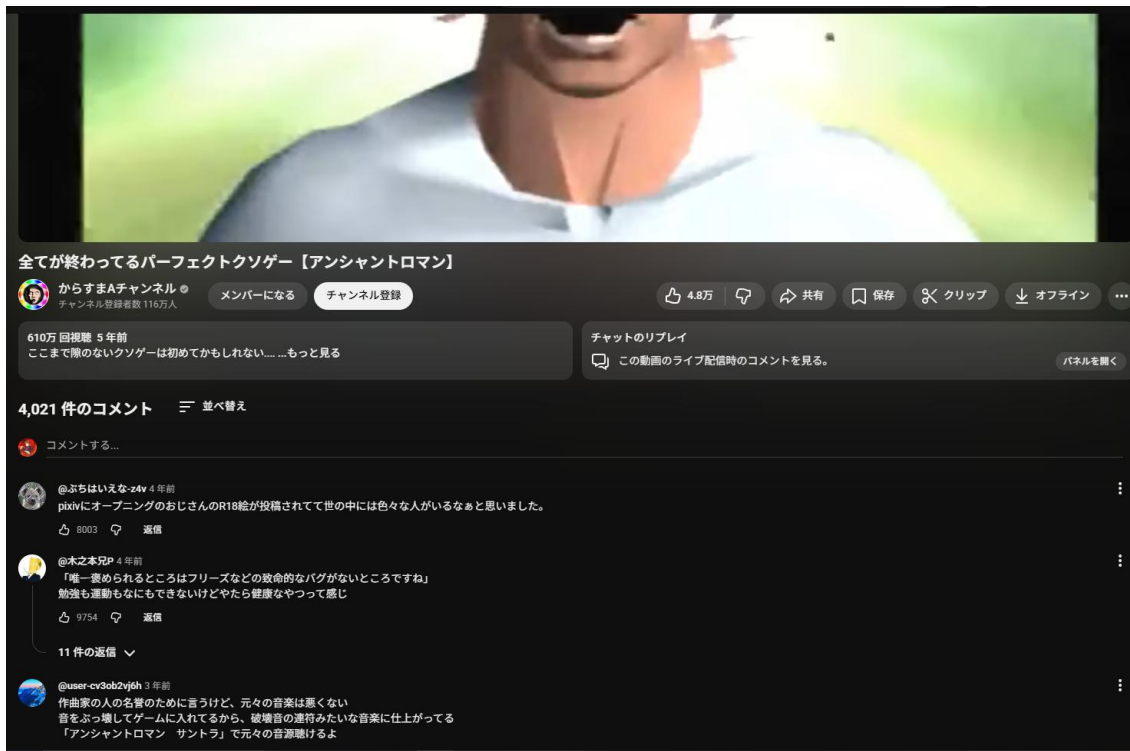


図 2.YouTube における動画の視聴画面

出典： からすま A チャンネル

「全てが終わってるパーフェクトクソゲー【アンシャントロマン】」

(<https://www.youtube.com/watch?v=sJVjUf9tjmE>) より

このような視聴者参加型文化においては、視聴者は単なる受動的な観客ではなく、配信体験の一部を構成する共同的存在として位置づけられる。

2.3. 「クソゲー」という評価概念の変遷

「クソゲー」という言葉は、一般にゲームの完成度が低い、操作性が悪い、理不尽な仕様がが多いといった否定的評価を含む俗語として用いられてきた。

この言葉は、もともと批判的・揶揄的な意味合いを強く持っていたが、インターネット文化の中で次第に多義的な評価概念へと変化している。

特にゲーム配信や実況文化においては、「クソゲー」であること自体が話題性や娯楽性を生み出す要素として機能する場合がある。

理不尽な挙動、予測不能な展開、世界観やシステムの破綻は、プレイ体験としてはストレスを伴う一方で、視聴体験としては笑いやツッコミを誘発しやすい。

このように、「クソゲー」は単なる低評価ではなく、見る側の楽しさを前提とした文化的ラベルとして再解釈されつつある。

2.4.クソゲー配信と視聴者参加の関係

クソゲー配信においては、ゲーム内で起こる不条理な出来事や破綻した表現が頻発するため、視聴者はそれらに対して即座に反応しやすい。

「なぜそうなるのか」「意味が分からない」「また同じことが起きた」といったコメントは、配信者の実況と相互に影響し合い、配信全体の雰囲気形成する。

また、特定の場面やセリフが繰り返し言及されることで、コメント内で共有されるネタやミームが形成される。これらは、初見の視聴者であっても過去コメントを通じて理解可能であり、視聴者同士の共通認識を生み出す装置として機能する。

この点において、クソゲー配信は視聴者参加型文化が特に顕著に表れるジャンルであると考えられる。

2.5.本研究の位置づけ

以上のように、ゲーム配信文化や視聴者参加型文化、そして「クソゲー」という評価概念は、それぞれ独立した文脈において論じられてきた。たとえば、ゲーム配信文化の成立や観衆化の進展については Taylor (2018) が指摘しており、ライブ配信における視聴者の参加や相互作用については Li et al. (2020) によって整理されている。また、日本におけるゲーム実況生放送の構造については根岸 (2023) が、実況者と視聴者の関係性に着目して論じている。

しかし、これらの研究は主として一般的な配信文化や人気作品を対象としたものであり、「クソゲー」という否定的評価を受ける作品が、配信文脈においてどのように娯楽へと転換されるのか、またその過程において視聴者参加がどのような役割を果たすのかについては十分に検討されていない。

本研究は、クソゲー配信を「プレイすると苦しいが、見ると楽しい」という逆転的構造を持つ文化現象として捉え、コメント分析、アンケート調査、さらに実際のプレイ体験を通じて、その成立要因を明らかにすることを目的とする。これにより、クソゲー配信がなぜ多くの視聴者を惹きつけ、共同的な笑いを生み出すのかを、視聴者参加型文化の観点から考察する。

第3章 クソゲー配信・視聴文化

3.1. 「クソゲー」という言葉の配信文化における使われ方

「クソゲー」という言葉は、本来はゲームの完成度の低さや出来の悪さを否定的に評価するための俗語である。しかし、配信文化においてこの言葉は、必ずしも単純な批判を意味するものではない。

特にクソゲー配信では、「クソゲー」は配信の面白さを担保する一種のラベルとして機能している。配信タイトルやサムネイルに「クソゲー」「伝説のクソゲー」といった表現が用いられることで、視聴者はあらかじめ「ツッコミどころが多い」「理不尽な展開が起こる」ことを期待した上で視聴に臨む。

実際に配信タイトルやサムネイルでは「伝説のクソゲー」といった表現が積極的に用いられ、否定的評価が視聴誘因として機能している。この点から、配信文化における「クソゲー」は、作品そのものの価値判断というよりも、笑いを生む装置として機能する語へと意味が変化していると考えられる。

3.2. クソゲー配信の特徴

クソゲー配信の最大の特徴は、ゲームの欠点が配信のマイナス要素ではなく、むしろ主要なコンテンツになっている点である。

操作性の悪さ、説明不足なシステム、理不尽な難易度、バグなどは、通常であれば否定的に捉えられる要素であるが、クソゲー配信ではそれらが実況者のリアクションやコメントの盛り上がりを生む要因となる。

また、配信者は「上手くプレイすること」よりも、「起こった出来事にどう反応するか」を求められる。驚き、困惑、怒り、笑いといった感情表現が強調され、それが視聴者の反応を引き出す。

この点において、クソゲー配信はゲームプレイの上達を目的とした配信とは異なり、出来事の共有と反応の連鎖を重視する配信形態であるといえる。

3.3. 視聴者コメントと参加型文化

クソゲー配信において、視聴者は単なる受動的な鑑賞者ではない。コメント機能を通じて、配信内容に積極的に介入する存在である。

視聴者コメントには、ツッコミ、嘲笑、共感、煽り、解説など多様な役割がある。

例えば、配信者が理不尽な展開に遭遇した際、「それは仕様」「まだ序盤」といったコメントが寄せられることで、配信者と視聴者の間に共通の文脈が形成される。

こうしたやり取りの積み重ねによって、クソゲー配信は「配信者一人のプレイ」ではなく、「配信者と視聴者が共同で体験する場」へと変化する。この点に、クソゲー配信が参加型文化として成立している理由がある。

3.4.YouTube・ニコニコ動画における反応の違い

クソゲー配信における視聴者参加のあり方は、プラットフォームによって異なる。

ニコニコ動画では、コメントが映像上を流れる仕様により、他の視聴者の反応が即座に可視化される。このため、「同時に笑っている」という感覚が強く、集団的なツッコミや内輪的な盛り上がり生まれやすい。

一方、YouTube ではコメントは画面下部に表示され、映像上を流れることはない。が、ライブ配信では画面右横にスクロールしながら流れる。そのため、ニコニコ動画に比べると一体感は弱いものの、コメント内容は比較的整理され、配信者への感想や評価が言語化されやすい傾向がある。

この違いにより、ニコニコ動画では「場の空気」を共有する文化が、YouTube では「配信者と視聴者の対話」を重視する文化が、それぞれ形成されていると考えられる。

3.5.クソゲーが「見るコンテンツ」になる過程

本来、ゲームはプレイヤーが操作し体験することを前提としたメディアである。しかしゲーム配信という形式においては、ゲームは視聴の対象として提示され、視聴者は直接プレイする主体ではなくなる。特にクソゲー配信では、作品の不完全さや理不尽さが予測不能な展開を生み、それに対する配信者や視聴者の反応が娯楽の中心となる。視聴者はゲーム内容そのものよりも、「出来事」と「それに対する反応の共有」を楽しんでいるといえる。この点においてクソゲーは、単なるプレイ対象ではなく、共同的に参加し意味づける対象へと再解釈され、配信文化の中で新たな価値を獲得している。

第4章 研究方法

4.1.研究手法の概要

本研究では、クソゲー配信における視聴者参加型文化を分析するために、複数の研究手法を組み合わせた混合的アプローチを採用した。具体的には、アンケート調査による定量的データの収集、配信コメントの内容分析、そして筆者自身のゲームプレイ体験を用いた比較観察を行った。

これらの手法を併用することで、視聴者側の意識、配信中に表出する参加行動、さらに実際のプレイ体験という異なる視点から、クソゲー配信の特性を多角的に検討することを目的とした。

4.2.アンケート調査の設計

アンケート調査は、クソゲー配信を視聴した経験のある視聴者を対象として実施を計画した。調査は Google フォームを用いて作成し、配信視聴の動機、クソゲー配信に対する印象、コメント参加の有無などを中心に質問項目を設定した。

設問は選択式を中心とし、一部自由記述を設ける構成とした。調査実施にあたっては、ある配信者に協力を要請し、当該配信を通じてアンケートを行うことを想定していた。しかしながら、当該配信者との連絡手段が SNS のダイレクトメッセージに限られていたため、調査協力に関する正式な同意取得や、回答者の個人情報保護の観点から十分な安全性を確保することが困難であると判断された。このため、研究倫理上の配慮を優先し、当初予定していたアンケート調査の実施は中止することとした。以下では、本研究で想定していたアンケートの構成および設問内容について述べる。

4.2.1.アンケートの構成

本アンケートでは、クソゲー配信の視聴体験を多面的に把握するため、複数の観点から設問を構成した。

まず、回答者の基本的な視聴状況を把握するため、クソゲー配信の視聴経験の有無や視聴頻度、主に利用している動画配信プラットフォームについて質問を設定した。これにより、回答者がどの程度クソゲー配信に接触しているかという行動的背景を明らかにすることを意図した。

次に、クソゲー配信を視聴する動機に関する設問を設けた。ここでは、ゲームの完成度の低さや理不尽な仕様に対する面白さ、配信者のトークやリアクション、コメント欄の雰囲気、

視聴者同士の一体感など、複数の選択肢を提示する形式とした。この設問によって、視聴者がクソゲー配信のどのような要素に魅力を感じているのかを把握することを目的とした。

さらに、視聴中のコメント参加行動についても質問を行った。具体的には、コメントを書き込む頻度や、コメントを行う理由、あるいは書き込まずに閲覧するのみの場合の理由などを問う設問を設定した。これにより、クソゲー配信における視聴者参加のあり方や、視聴者同士および配信者との関係性の特徴を明らかにしようとした。

加えて、クソゲー配信を視聴した後の印象変化について尋ねる設問を設け、対象ゲームに対する評価や感情がどのように変化するかを把握できるようにした。これにより、クソゲー配信の視聴行為が、単なる娯楽にとどまらず、ゲームそのものの受け止め方にも影響を及ぼしている可能性を検討することを意図した。

最後に、自由記述形式の設問を設け、回答者が特に印象に残った体験や、クソゲー配信を継続して視聴する理由などについて、自由に記述できるようにした。この自由記述を通じて、選択式の設問では捉えきれない視聴者の感情や価値観、個別の体験を補足的に収集することを目的とした。

4.3.回答者属性とデータの扱いとコメントデータの分析法

コメントデータの分析では、クソゲー配信および神ゲー配信における配信アーカイブを対象とし、視聴者コメントを収集・整理する。

コメントは内容に応じて、「ツッコミ」「共感」「煽り」「解説」「応援」などのカテゴリに分類し、それぞれの出現傾向を比較する。この分類を通じて、クソゲー配信に特有のコメント文化や参加の仕方を明らかにすることを試みる。

本研究では、クソゲー配信における視聴者参加型文化を分析するため、動画に付与されたコメントデータを対象としたテキスト分析を行う。

まず、対象動画のコメントを取得するため、協力者によりコメントを Excel 形式で整理・抽出するプログラムを作成してもらい、コメント本文のみをデータとしてまとめる。当初は、テキストマイニングソフトである KH Coder を用いて分析を行う予定であったが、環境上の問題によりソフトが正常に動作せず、分析の継続が困難となった。そこで代替手法として、抽出した Excel データを基に、AI を用いたテキスト分析を実施することとした。分析では、コメント内容の傾向把握を目的とし、頻出語の抽出、表現の特徴、評価的語彙や感情表現の分類を中心に検討を行う。

この方法により、数値的な統計分析に限定されない形で、視聴者がどのような点に反応し、どのような態度で配信に参加しているのかを質的に把握することを試みる。

4.4.プレイ体験を用いた比較観察

4.4.1.プレイ環境及び条件

プレイ体験の比較観察では、代表的な「神ゲー」とされる作品として『ファイナルファンタジーVII インターナショナル』(以下 FF7)、クソゲーとして知られる『アンシャントロマン』を対象とした。それぞれが「神ゲー」と「クソゲー」といわれる理由はそれぞれ 4.5.2. と 4.5.3. で示す。

本研究において『アンシャントロマン』を比較対象として選定した理由の一つは、本作の戦闘システムや画面構成が『FF7』に類似している点にある。以下がその戦闘画面である。



図 3.アンシャントロマンにおける戦闘画面

出典：『アンシャントロマン ～Power of Dark Side～』(日本システム,1998)のゲーム画面より



図 4.FF7 における戦闘画面

出典：『ファイナルファンタジーVII』（スクウェア,1997）のゲーム画面より

両作品は、コマンド選択式の戦闘や 3D フィールドと 2D 背景の併用といった共通点を持ち、当時の RPG としては近い設計思想に基づいていると考えられる。

そのため、ゲームジャンルや基本的構造が大きく異なる作品を比較するのではなく、類似したシステムを持ちながら評価が大きく分かれた二作品を対比することにより、「完成度の差」がプレイ体験および視聴体験に与える影響を明確にできると判断した。

両作品は同一のプレイヤー（筆者）がプレイし、可能な限り同じ環境・条件下で体験することで、主観的差異を比較できるようにした。

4.4.2.FF7 の解説・プレイ体験記録

本研究では、『FF7』を対象に、ストーリー演出、カメラワーク、BGM を中心にプレイ体験の観察を行った。

本作のオリジナル版は 1997 年 1 月 31 日に PlayStation 用ソフトとして発売された。同年 10 月 2 日に不便だったシステムなどを改善し、敵モンスターを追加した『ファイナルファ

ンタジーⅦ インターナショナル』が発売され、2020 年 4 月 10 日に先行販売された『ファンタジーⅦ リメイク』以降を除くと世界で 1530 万本以上売れた^[1]。同年代に発売された『クロノ・トリガー』(1995)が約 500 万本未満、『バイオハザード 1』(1996)が約 500 万本、『ゼルダ時のオカリナ』(1997)が約 760 万本売れたことを踏まえるとかなり突出していることがわかる。

本作はその完成度の高さから、1997 年 8 月 25 日に「第 2 回ジャパン・ゲーム・オブ・ザ・イヤー」にて 1996 年 4 月 1 日から 1997 年 3 月 31 日までの期間に発売された全 1015 タイトルの中から、大賞、ビジュアル賞、サウンド賞の合計 3 部門を受賞した。また、コンピュータエンターテインメントソフト協会が主催した CESA 大賞'97 でも大賞、シナリオ部門、サウンド部門 3 つの賞を受賞している。

プレイ中、特に印象に残ったのは、物語進行に伴う演出の工夫である。イベントシーンにおいては視点の切り替えやキャラクターの動作が効果的に用いられており、プレイヤーの没入感を促す構成となっていた。

また、場面ごとに BGM が適切に切り替わることで、緊張感や高揚感が強化され、物語世界への没入が持続しやすいと感じられた。

これらの要素は、後述するゲーム構造の分析において、FF7 が没入型のプレイ体験を生み出している要因として検討する。

4.4.3 アンシャントロマンの解説・プレイ体験記録

アンシャントロマンのプレイにおいては、BGM、ストーリー展開、ボイスの表現を中心に観察を行った。

本作は 1998 年 4 月 23 日に PlayStation 用ソフトとして発売された。当時の「ファミ通クロスレビュー」、電撃プレイステーション、ザ・プレイステーション 98 年 5 月 8 日号の「ザ・プレ流 PS ソフト品評会」にて酷評されている。各ゲームメディアの評価を総合すると、当該作品は操作性やゲームバランス、表現面において多くの問題点が指摘されている。具体的には、キャラクターの動きや操作感がぎこちなく、移動や建物への進入など基本的な操作でもストレスが生じる点が挙げられた。また、敵の強さの極端さや数値情報の不透明さなど、戦闘バランスや RPG としての基礎的設計にも不満が示されている。さらに、ポリゴンキャラクターやグラフィック、サウンド表現の質の低さ、長いロード時間、イベント進行の冗長さなどが作品全体の完成度を下げているとの評価が共通して見られた。

プレイ中、特に BGM については不協和音を基調としたものが多く、音楽が状況説明や感情誘導の役割を十分に果たしていないように感じられた。その結果、戦闘やイベントの緊張感が強調されず、プレイヤーの注意が分散される場面が見られた。BGM についての意見はからすま A チャンネルのアンシャントロマンの配信内でもたびたび確認された。

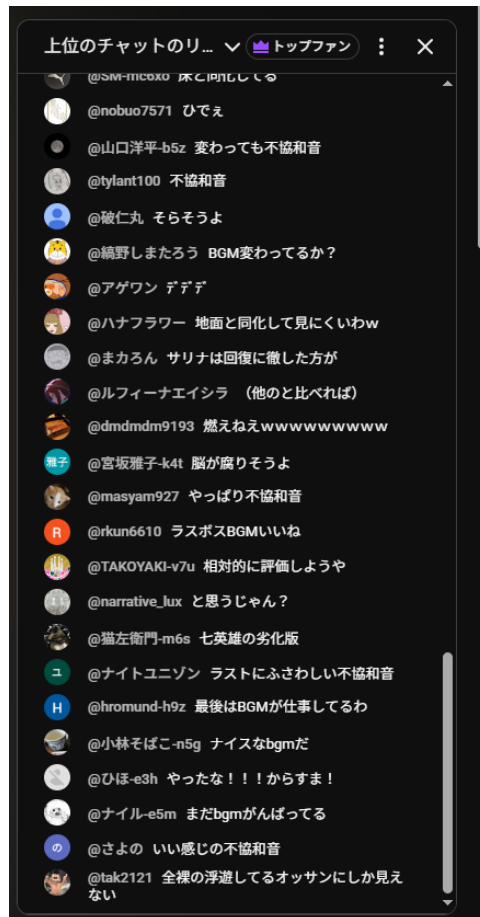


図 5. アンシャントロマンの BGM に対する感想

出典：からすま A チャンネル

「FF7 を超えるべく開発されたクソゲーの撮影 live③【アンシャントロマン】」

(<https://www.youtube.com/watch?v=INn71Aey5qw>) より

アンシャントロマンではキャラクターボイスが実装されているものの、抑揚や感情表現に乏しく、いわゆる棒読みと感じられる発話が多く見られた。その際のライブ配信でも共感の意見が多く見られたので以下に示す。



図 6. アンシャントロマンの棒読みに対する感想

出典：からすま A チャンネル

「FF7 を超えるべく開発されたクソゲーの撮影 live②【アンシャントロマン】」

(<https://www.youtube.com/watch?v=I7rehxaaGc8>) より

物語上では緊張感が求められる場面においても音声表現による強調が弱く、テキスト内容と音声表現の間に乖離が生じているように感じられた。

その結果、ボイスが物語への没入を高める要素として機能するというよりも、演出上の違和感として意識される場面が多かった。

また、ストーリー展開についても目的や状況説明が不足している場面が多く、物語の理解が困難であった。加えて、ボイスの音質や抑揚の乏しさが演出としての一体感を弱めているように感じられた。

これらの点は、後章においてクソゲー配信が視聴コンテンツとして機能する理由を考察する際の重要な要素となる。

4.4.4 自己観察(オートエスノグラフィー)の位置づけ

本研究におけるプレイ体験の記録は、筆者自身の体験を分析対象とするオートエスノグラフィーの手法に基づいている。

主観的体験であることを踏まえつつも、その記録を視聴者コメントやアンケート結果と照らし合わせることで、個人的体験が文化的現象としてどのように共有されているかを考察した。

第5章 ゲーム構造とプレイ体験の比較

5.1.FF7(神ゲー)における没入構造

FF7 は物語、演出、操作性、BGM といった要素が高い水準で統合された作品である。

本作で印象的なのは、従来の RPG には見られなかったカメラワークによる没入構造である。固定視点を基本としつつも、シーンごとに大胆に構図を変化させる演出は、プレイヤーに映画的な視点を与え、物語世界への没入感を強く印象づけた。例として以下の図を示す。図 5.図 6.図 7.は主人公が敵の本拠地に侵入した際のイベントのひとつだ。図 5.の右側では敵の幹部が会議をしている。その内容を盗み聞くイベントなのだが、入り口の扉が閉まっていて盗み聞くことができない。そのため、図 6.のようにトイレからダクトに入り、ダクトを通って幹部の頭上に移動し、会話を盗み聞く。その移動中の様子が図 7.である。

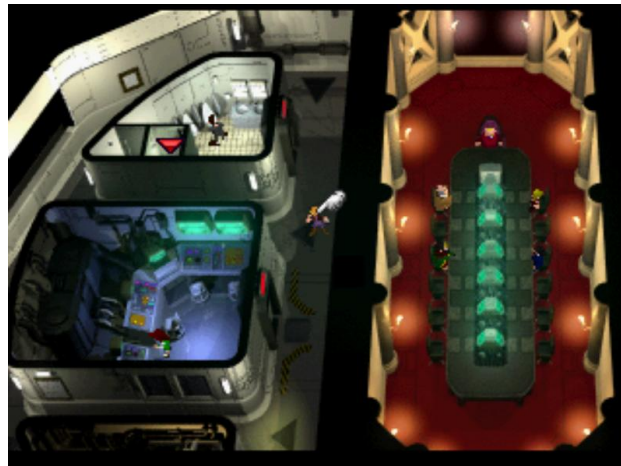


図 7.FF7 のプレイ画面 1



図 8.FF7 のプレイ画面 2

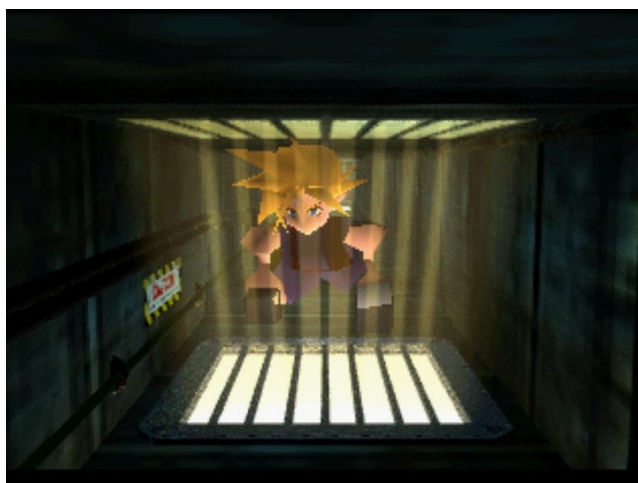


図 9.FF7 のプレイ画面 3

5.2. アンシャントロマン(クソゲー)における破綻構造

本作において顕著なのは、ゲーム体験を成立させるための基本的な構造が各所で破綻している点である。本作では、音響、戦闘システム、情報提示といった複数の要素が相互に噛み合わず、プレイヤーに一貫した理解や操作の手応えを与えることに失敗している。

まず、BGM には不協和音を多用した楽曲が用いられており使いまわしが多く、場面の雰囲気やプレイヤーの行動と調和しないことが多い。この音響表現は緊張感や没入感を高めるどころか、状況理解を妨げ、プレイ体験に違和感を生じさせている。

次に、戦闘システムにおいては、攻撃のたびにロード時間が発生する仕様が、テンポの良さを著しく損なっている。戦闘は本来、プレイヤーの判断と操作が連続的に反映される場面であるにもかかわらず、本作では頻繁な中断によって行為と結果の因果関係が分断されている。

さらに、魔法やアイテムに関する説明がほとんど提示されない点も問題である。効果や使用条件が事前に明示されないため、プレイヤーは試行錯誤を行うための手がかりを持たず、学習による上達が成立しにくい構造となっている。特に補助魔法については、使用後にステータス画面を確認しなければ効果が把握できず、プレイヤーは自らの行動が戦況にどのような影響を与えたのかを即座に理解できない。

加えて、魔法による攻撃よりも物理攻撃の方が効率的であるというバランス設計は、システムの選択肢を事実上形骸化させている。本来多様な戦術を生むはずの魔法システムが、結果として使用されない要素となり、戦闘体験の単調化を招いている。

5.3.両者の構造差が生むプレイ感覚の違い

FF7 とアンシャントロマンを比較すると、両者のプレイ感覚の差は、個々の要素の優劣というよりも、それらがどのように統合されているか、あるいは統合に失敗しているかという構造的差異に起因していることが分かる。

FF7 においては、カメラワーク、演出、操作、音響といった要素が一貫した意図のもとに設計されており、プレイヤーの行動とゲーム内の出来事が連続的に結びついている。その結果、プレイヤーは自らの操作によって物語世界に介入しているという感覚を持ちやすく、高い没入感が維持される。

一方、アンシャントロマンでは、各要素が独立して存在しており、相互の連関が弱い。音響は状況理解を補助せず、戦闘は頻繁なロードによって中断され、魔法やアイテムの効果は即時に把握できない。このような設計は、プレイヤーの行動と結果の因果関係を不明瞭にし、「なぜそうなったのか」を理解する手がかりを奪っている。

この差異は、プレイヤー体験において決定的な影響を及ぼす。FF7 では、次に何が起こるのかを期待しながら能動的に操作を行うことができるのに対し、アンシャントロマンでは、結果が予測できず、行動が意味を持たないものとして感じられやすい。そのため、前者は没入を促進し、後者は困惑や疎外感を生み出す構造となっている。

以上より、両作品の評価の差は、単なる完成度や技術力の違いではなく、「プレイヤーに理解可能な体験を提供できているか」という構造設計の差に基づくものであるといえる。

第 6 章 視聴体験とコメント文化の分析

6.1.コメントの分析

本研究では、クソゲー配信に寄せられた視聴者コメントを対象として、テキスト分析を行った。分析には KH Coder を用い、コメント中に出現する語の傾向を把握するため、頻出語の抽出を行った。本分析では、YouTube 上の「からすま A チャンネル」において配信・公開された動画「FF7 を超えるべく開発されたクソゲー『アンシャントロマン』撮影 LIVE」第 1 回から第 3 回と「よしなま」氏の「伝説の名作。FF7 を遂に始める男」に寄せられたアーカイブコメントを対象とした。以下にそのデータを示す。

#	抽出語	品詞/活用	頻度	
1	返信	名詞	33	
2	ゲーム	名詞	9	
3	草	名詞C	8	
4	男	名詞C	6	
5	アンシャント	未知語	5	
田 6	笑う	動詞	5	
7	すま	人名	4	
田 8	越える	動詞	4	
田 9	吹き飛ば	動詞	4	
10	理不尽	形容動詞	4	
11	BGM	未知語	3	
12	FF7	未知語	3	
13	ま	感動詞	3	
14	アンシャントロ	未知語	3	
15	ポリゴン	未知語	3	
16	最初	名詞	3	
17	時代	名詞	3	
18	主人公	名詞	3	
19	前	副詞可能	3	
20	YouTube	未知語	2	
21	キャラクター	名詞	2	
22	シーン	名詞	2	
23	ツッコミ	未知語	2	
24	レベル	名詞	2	
25	一体	名詞	2	
26	円	名詞C	2	
田 27	考える	動詞	2	
28	合	副詞可能	2	

図 10. からすま A チャンネル「FF7 を超えるべく開発されたクソゲーの撮影 live①【アンシャントロマン】」におけるコメントデータ

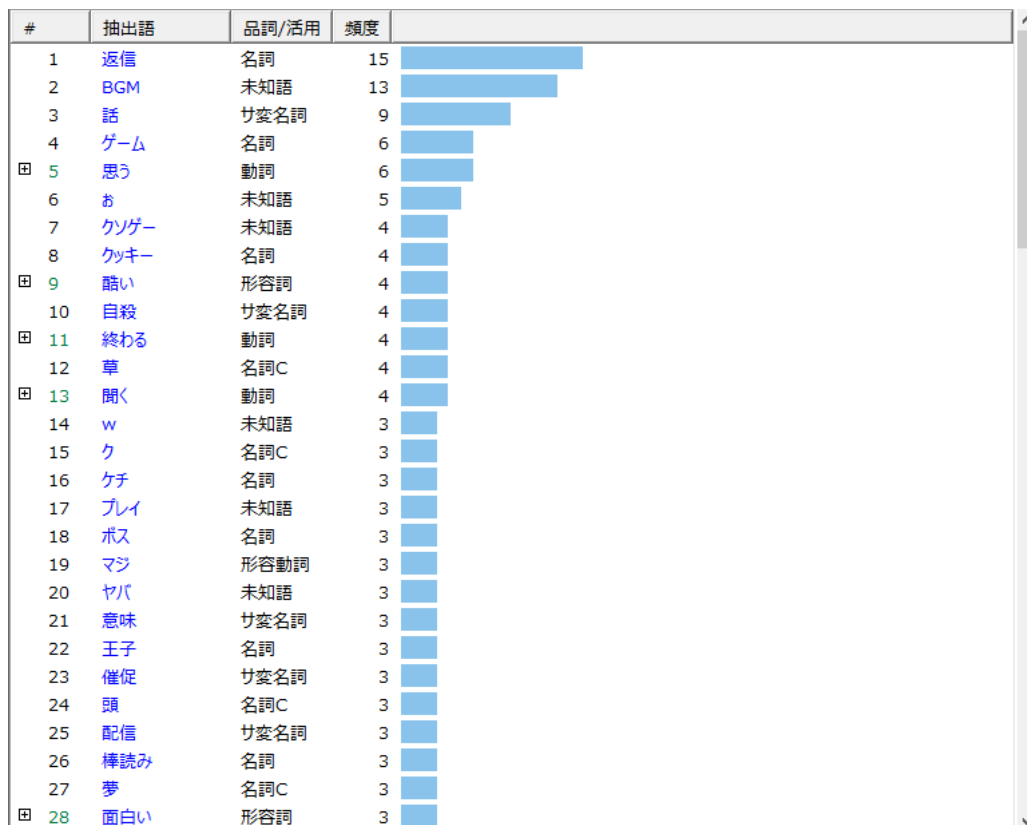


図 11. からすま A チャンネル「FF7 を超えるべく開発されたクソゲーの撮影 live②【アンシャントロマン】」におけるコメントデータ

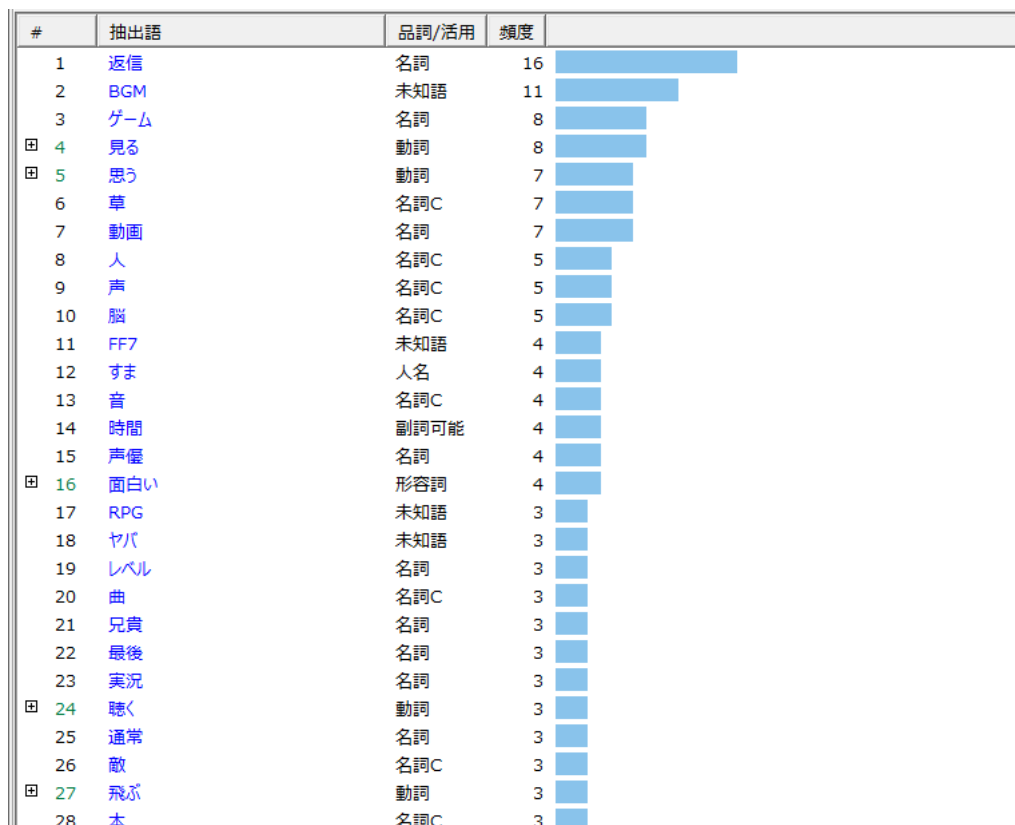


図 12. からすま A チャンネル「FF7 を超えるべく開発されたクソゲーの撮影 live③【ア
ンシャントロマン】」におけるコメントデータ

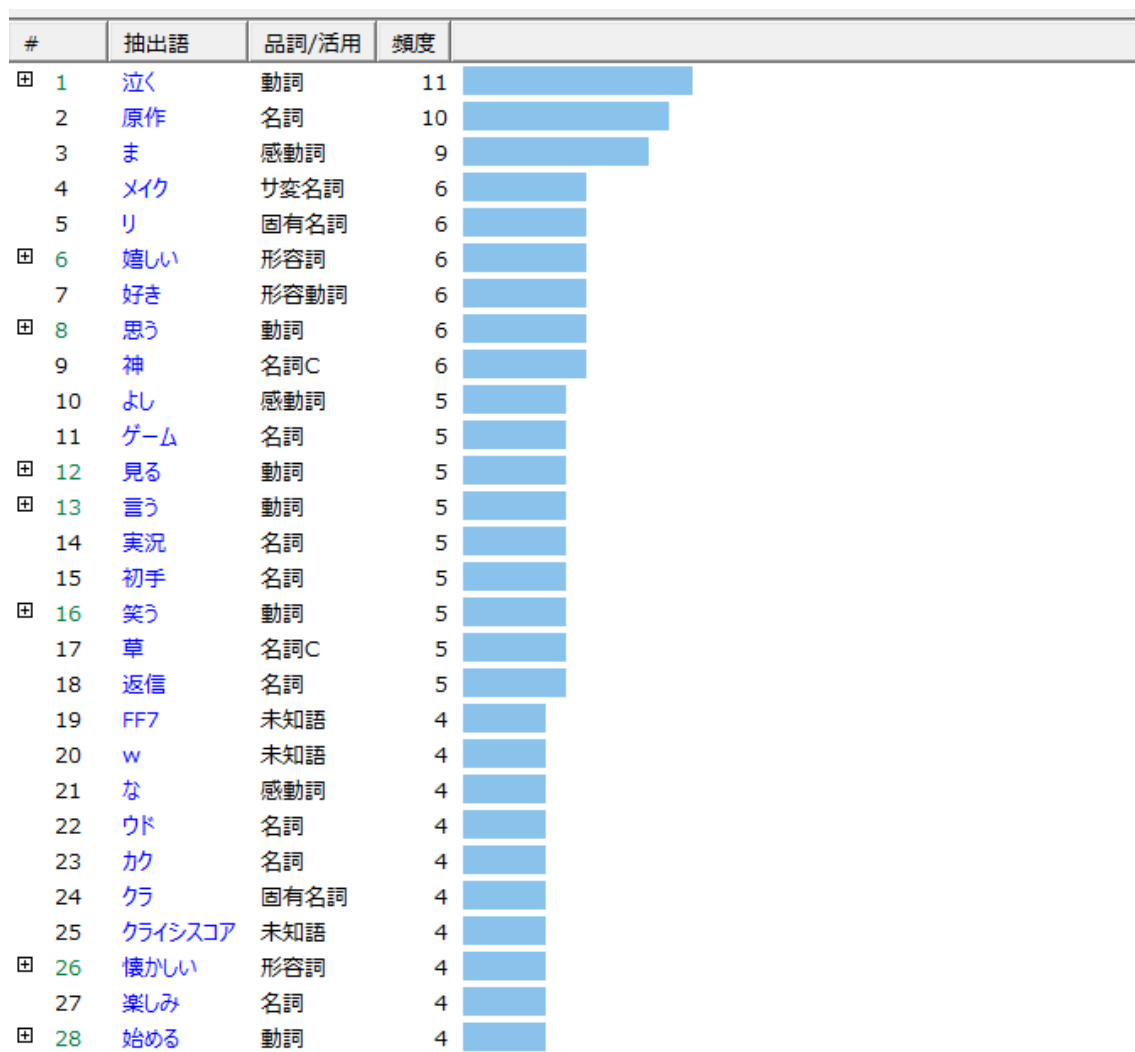


図 13. よしなま「伝説の名作。FF7 を遂に始める男」におけるコメントデータ

6.2. コメント内容の傾向分類

コメントの頻出語を確認したところ、「面白い」「草」「理不尽」「BGM」といった語が多く見られた。「面白い」や「草」は、視聴者が配信内容を肯定的に受け取り、笑いとして楽しんでいる様子を示す表現である。一方で「理不尽」という語の頻出は、ゲームの仕様や難易度に対する否定的評価を示しているが、それが同時に笑いや話題性の源泉となっている可能性を示唆している。また、「BGM」に関する言及が多く見られた点から、ゲーム内容だけでなく、音楽を含めた演出面も視聴体験の一部として注目されていることがうかがえる。

特に「草」という表現は、視聴者が配信内容に対して面白さや滑稽さを感じた際に用いられるネットスラングであり、コメント欄における集団的な反応を象徴する語であるといえる。この語の頻出は、クソゲー配信が単なる否定的評価の場ではなく、視聴者同士が笑いや驚きを共有する娯楽的空間として機能していることを示唆している。

「返信」が圧倒的に多く確認されたが、これは返信機能を用いたコメントに自動的に付与される語であり、内容上の特徴を直接反映するものではない。

6.3.FF7 配信とクソゲー配信における視聴姿勢の違い

FF7 配信とアンシャントロマン配信では、視聴者のコメント内容や視聴姿勢に明確な違いが見られた。FF7 の配信においては、発売当時の体験を想起するようなコメントが多く見られ、「懐かしい」「泣く」といった記憶の共有を目的とした発言が目立った。これらのコメントは、ゲームそのものを再体験するというよりも、過去の個人的経験や世代的記憶を他者と共有する姿勢を反映していると考えられる。

一方で、「アンシャントロマン」を題材としたクソゲー配信では、視聴姿勢は大きく異なっていた。コメントには、ゲーム内で定期的に発生する理不尽な仕様や予期せぬ挙動に対して、「草」やツッコミを入れるような反応が多く見られた。これらのコメントは過去の記憶を想起するものではなく、配信中に提示される出来事に即応する形で投稿されており、視聴者がその場の展開をリアルタイムで楽しんでいる様子がうかがえる。

この違いから、FF7 配信が「思い出を語り合う場」として機能しているのに対し、クソゲー配信は「起こる出来事を鑑賞し、笑いや驚きを共有する場」として機能していると整理できる。すなわち、前者ではゲームが記憶を媒介としたコミュニケーションの対象となっていたのに対し、後者ではゲームの内容や不完全さそのものが、視聴者の反応を引き出す鑑賞対象として消費されているといえる。

6.4.クソゲー配信における「ツッコミ」と「共犯性」

クソゲー配信において視聴者が行う「ツッコミ」は、単なる批評や否定的評価とは異なる役割を持っている。多くのコメントは、ゲーム内の理不尽な仕様や不自然な演出に対して即座に反応する形で投稿されており、問題点を指摘する行為そのものが娯楽の一部として機能している。

このようなツッコミは、配信者や他の視聴者がすでに感じている違和感を言語化・強調する役割を果たしている点で特徴的である。視聴者はゲームの欠点を一方的に批判するのではなく、「ここがおかしい」「これはひどい」といった共通認識を前提にコメントを行っており、その前提を共有していること自体が笑いを生み出す要因となっている。

こうしたツッコミの連鎖によって形成されるのが、視聴者と配信者との間に生じる「共犯性」である。クソゲーであることを理解した上で視聴し、欠点を楽しむという暗黙の合意が成立しているため、視聴者はゲームを真剣に評価する立場ではなく、配信者とともに“ツッコミ役”として場に参加することになる。この構造において、視聴者は受動的な観客ではなく、配信の面白さを共に作り出す参与者として位置づけられる。

結果として、クソゲー配信では、ゲームそのものよりも、それに対する反応や言説が中心的な鑑賞対象となる。ツッコミを通じて共有される共犯的な関係性は、クソゲー配信を単なるゲーム実況ではなく、集団的な笑いを生成する文化的実践へと変化させているといえる。

第7章 考察

7.1.なぜ人はクソゲー配信を見るのか

人々がクソゲー配信を視聴する理由は、単にゲームの出来を確認するためではない。むしろ、クソゲー配信は「遊ぶ」ことを目的としたゲーム体験から切り離され、「鑑賞する」ことを前提とした娯楽として受容されている点に特徴がある。

クソゲーとされる作品は、操作性の悪さや理不尽な仕様、演出上の不整合といった問題点を多く含んでいる。こうした要素は、通常のプレイ体験においてはストレスや不満の原因となるが、配信という文脈に置かれることで、笑いやツッコミを誘発する素材へと転化する。視聴者は、ゲームの欠点そのものを楽しむという前提を共有した上で配信を視聴しており、その前提がコメント欄における一体感や共犯的な関係性を生み出している。

また、クソゲー配信では、定期的に発生する予期せぬ出来事や理不尽な展開が、視聴体験のリズムを形成している。視聴者は、次にどのような問題が起こるのかを期待しながら配信を鑑賞し、その都度ツッコミや笑いを共有する。ここでは、ゲームの上達やクリアといった目標よりも、「問題が起きる瞬間」を待ち構える姿勢が重視されている。

さらに、配信者のリアクションや語りも重要な要素である。クソゲー配信において配信者は、ゲームの不完全さを指摘しつつも、それを否定的に断罪するのではなく、視聴者とともに笑いへと変換する役割を担っている。視聴者は配信者の反応を通じてゲームを再解釈し、自らもコメントを通じてその解釈に参加する。

以上の点から、クソゲー配信は、ゲームそのものの質を評価する場ではなく、失敗や不完全さを共有し、集団的な笑いとして消費する文化的実践であるといえる。人々がクソゲー配信を見るのは、クソゲーだからこそ生まれる出来事を、他者とともに鑑賞し、共犯的に楽しむためなのである。

7.2.プレイすると苦しいが、見ると楽しい逆転構造

クソゲーは、実際にプレイする場合には、操作性の悪さや理不尽な仕様によって強いストレスを伴うことが多い。一方で、同じゲームであっても、配信を通じて視聴する場合には、それらの要素が笑いや娯楽として受容されるという逆転現象が生じている。

この逆転構造の背景には、主体性の違いがある。プレイヤーはゲームの進行や結果に直接的な責任を負うため、失敗や理不尽な展開を自ら引き受けなければならない。それに対して視聴者は、ゲームの操作から切り離された立場にあり、失敗の結果のみを安全に観察することができる。そのため、プレイ時には苦痛として感じられる要素が、視聴時には滑稽さや意外性として捉えられる。

さらに、配信という枠組みの中では、ゲームの不完全さが単独で提示されるのではなく、配信者のリアクションやコメント欄の反応と結びついて提示される。視聴者は、配信者と共にツッコミを入れる立場に立つことで、ゲームの欠点を共有された笑いへと変換する。この過程において、クソゲーは「克服すべき対象」から「鑑賞すべき対象」へと位置づけを変える。

このように、クソゲー配信には、プレイヤーとして関与する場合には苦痛を伴うゲーム体験が、視聴者として関与する場合には娯楽へと転換するという逆転構造が存在している。この構造こそが、クソゲー配信が継続的に支持される理由の一つであると考えられる。

7.3.クソゲー配信が生む共同的笑い

クソゲー配信において生み出される笑いは、配信者個人のリアクションに由来するものにとどまらず、視聴者同士の相互作用によって形成される「共同的な笑い」である点に特徴がある。ゲーム内で発生する理不尽な挙動や不自然な演出は、配信者の驚きや困惑を通じて可視化され、それに対して視聴者がコメントやツッコミを重ねることで、笑いが集団的に増幅されていく。

この共同的笑いは、クソゲーであるという前提を共有しているからこそ成立する。視聴者はゲームの欠点を真剣に評価する立場ではなく、配信者と同じ視点に立って違和感を指摘し、笑いとして消費する。ここでは、否定的な評価でさえも、共感や連帯感を生み出す契機として機能している。

また、コメント欄における反復的な表現や同調的な反応は、個々の笑いを結びつけ、配信空間全体の雰囲気形成する役割を果たしている。特定の場面に対して複数の視聴者が同時に反応することで、笑いは個人的な感情から集団的な経験へと変化する。

このように、クソゲー配信における笑いは、ゲーム内容そのものよりも、それに対する反応の共有によって成立している。クソゲー配信が継続的に支持される背景には、この共同的

笑いを体験すること自体が、視聴者にとって重要な価値を持っているという点があるといえる。

第8章 結論

8.1.研究結果のまとめ

本研究では、クソゲー配信における視聴者参加型文化の特徴を明らかにすることを目的として、コメント分析、プレイ体験の比較観察、理論的整理を行った。その結果、クソゲー配信が単なる否定的評価や嘲笑の対象ではなく、視聴者と配信者が共同で体験を構築する文化的実践として成立していることが明らかになった。

まず、コメント分析の結果から、クソゲー配信においては「面白い」「草」「理不尽」「BGM」といった語が頻出しており、ゲームの不完全さや理不尽さが、否定的感情としてではなく笑いや話題性の源泉として受容されていることが確認された。特に「草」に代表される表現は、個人の感情表出にとどまらず、視聴者同士が反応を共有するための記号として機能しており、集団的な笑いを形成する役割を果たしていた。

次に、FF7 配信とクソゲー配信の比較から、視聴姿勢の違いが明確になった。FF7 配信では、視聴者が発売当時の記憶や体験を語るコメントが多く見られ、ゲームは「思い出を共有する媒介」として機能していた。一方、アンシャントロマンを対象としたクソゲー配信では、配信中に生じる出来事への即時的な反応やツッコミが中心となり、ゲームは「起こる出来事を鑑賞する対象」として受容されていた。

また、プレイ体験の比較から、クソゲーにおいてはプレイヤーの行動と結果の因果関係が不明瞭であり、没入を妨げる構造的問題が存在することが確認された。このような構造は、プレイ体験としては苦痛を伴う一方で、配信という枠組みに置かれることで、予測不能性や破綻そのものが娯楽へと転化する要因となっている。

さらに、クソゲー配信における「ツッコミ」は、単なる批評ではなく、配信者と視聴者が「クソゲーである」という前提を共有することで成立する共犯的行為であることが明らかになった。この共犯性を基盤として、クソゲー配信では個人の笑いが集団的な笑いへと拡張され、視聴者は受動的な観客ではなく、配信体験を構成する参与者として位置づけられている。

以上の結果から、本研究は、クソゲー配信が「プレイすると苦しいが、見ると楽しい」という逆転構造を持ち、その中で視聴者参加型の共同的笑いを生み出す文化であることを示した。クソゲー配信は、ゲームの完成度とは異なる次元で価値を獲得し、配信文化の中で独自の位置を占めていると結論づけられる。

8.2.本研究の意義

本研究の意義は、クソゲー配信を単なる娯楽的現象として扱うのではなく、配信文化における視聴者参加型の実践として位置づけ、その構造を分析した点にある。従来、クソゲーはゲームとしての完成度の低さや問題点に注目されることが多かったが、本研究はそれらの欠点が、配信という文脈において新たな価値へと転換する過程に焦点を当てた。

第一に、本研究は「プレイすると苦しいが、見ると楽しい」という逆転構造を明確化した点に意義がある。クソゲーにおける理不尽さや操作性の悪さは、プレイヤーにとってはストレス要因となる一方で、視聴者にとっては安全な距離から鑑賞できる対象となる。この視点の転換を通じて、本研究はゲーム体験が主体の立場によって大きく変化することを示した。

第二に、コメント分析を通じて、クソゲー配信における「ツッコミ」や「草」といった表現が、単なる感情表出ではなく、視聴者同士の共感や連帯を生み出す装置として機能していることを明らかにした。これにより、クソゲー配信が個人の笑いではなく、配信者と視聴者が共犯的に形成する「共同的笑い」によって成立している文化であることを示した。

第三に、FF7 配信との比較を通じて、同じゲーム配信であっても、作品の性質によって視聴姿勢やコメントの方向性が大きく異なることを示した点も重要である。FF7 配信では、ゲームが過去の記憶や体験を共有する媒介として機能していたのに対し、クソゲー配信では、ゲームは出来事を鑑賞し反応を共有する対象として受容されていた。この比較により、ゲーム配信が一律な文化ではなく、作品特性に応じて多様な受容形態を持つことが明らかになった。

以上の点から、本研究の知見は、視聴者参加を「操作」ではなく「意味生成への関与」として捉え直す視点を提示する点で、配信文化研究に新たな枠組みを与えるものである。また、理不尽さや不完全さが娯楽的価値へと転換される構造を明らかにしたことは、デジタル文化における失敗や欠陥の再評価を考える上でも重要な示唆を含んでいる。さらに、FF7 配信との比較を通じて、ゲーム配信が作品特性に応じて異なる参加様式を生み出すことを示した点は、参加型メディアの多様性を理解するための基礎的知見となる。

8.3.研究の限界と今後の課題

本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に、分析対象としたコメントは、生配信中のリアルタイムチャットではなく、配信後にアーカイブとして取得可能なコメントに限定されている点である。これは、コメントデータを抽出するために用いた自作ツールの技術的制約によるものであり、リアルタイムチャットの完全な再現が困難であったためである。そのため、配信中の即時的な反応や、コメントが連続的に影響し合う過程については十分に検討

することができなかった。今後は、リアルタイムチャットを含めた分析を行うことで、視聴者の反応がどのように生成・拡散されていくのかをより詳細に明らかにする必要がある。

第二に、本研究では分析対象を「からすま A チャンネル」による特定の配信シリーズに限定しているため、得られた結果がすべてのクソゲー配信に当てはまるとは限らない。配信者のキャラクターや語り口、視聴者層の違いによって、コメントの傾向や視聴姿勢は変化する可能性がある。今後は、複数の配信者や異なるプラットフォームを対象とした比較研究を行うことで、クソゲー配信文化の一般的特徴と個別的特徴を区別して検討することが求められる。

第三に、コメント分析においては、KH Coder を用いたテキスト分析を中心としたため、文脈やニュアンスを完全に捉えきれない部分が存在する。短文やスラングが多用されるコメント文化の特性上、定量的分析だけでは解釈が難しい場面も見られた。今後は、質的分析や具体的なコメント事例の詳細な検討を組み合わせることで、より多面的な理解が可能になると考えられる。

以上の課題を踏まえつつも、本研究は、クソゲー配信が視聴者参加型の鑑賞文化として成立していることを示す一つの事例研究として位置づけられる。今後の研究において、本研究の知見が、ゲーム配信文化や参加型メディア研究の発展に寄与することが期待される。

参考文献

アスキー. (1998). 『週刊ファミ通』 1998 年 5 月 1 日号.

コンピュータエンターテインメント協会 (CESA) . (1997). *CESA 大賞 '97 受賞作品一覧*.
<https://awards.cesa.or.jp/1997/jyushou.html>

Li, Y., Li, X., & Cai, J. (2020). A systematic review of literature on user behavior in video game live streaming. *Entertainment Computing*, 34, 100346.
<https://doi.org/10.1016/j.entcom.2020.100346>

メディアワークス. (1997). 『電撃王』 通巻 68 号.

メディアワークス. (1998). 『電撃 PlayStation』 Vol.74.

根岸貴哉. (2023). ゲーム、実況者、視聴者の関係性からみるゲーム実況生放送の構造. *REPLAYING JAPAN*, 5.

ソフトバンク出版事業部. (1998). 『ザ・プレイステーション』 1998 年 5 月 8 日号.

Square Enix. (2025, January 22). *Award-winning Final Fantasy VII Remake Intergrade coming to Nintendo Switch 2 and Xbox.*

<https://press.na.square-enix.com/AWARD-WINNING-FINAL-FANTASY-VII-REMAKE-INTERGRADE-COMING-TO-NINTENDO-S>

Taylor, T. L. (2018). *Watch me play: Twitch and the rise of game live streaming*. Princeton University Press.

卒業研究

SOGS と行動指標の比較によるパチンコ依存
傾向の調査

先進科学系

宮本泰至

指導教員 堀秀暢

令和 8 年 1 月 19 日

目次

第1章 はじめに

- 1.1 研究背景 1
- 1.2 研究目的 3

第2章 調査・研究方法

- 2.1 調査対象 3
- 2.2 調査方法(自作アンケート+SOGS) 4
- 2.3 調査期間 6

第3章 調査結果

- 3.1 自作アンケートの結果 7
- 3.2 SOGS の結果 23
- 3.3 比較結果 36

第4章 考察 42

第5章 まとめと今後の課題 44

参考文献 47

付録 A 50

付録 B 54

Abstract

Gambling addiction is a social issue that can cause economic problems and deteriorating interpersonal relationships due to excessive use. In recent years, the proliferation of smartphones has increased opportunities to engage in gambling, necessitating a renewed examination of its relationship with addiction.

Pachinko, in particular, is a common form of entertainment in Japan. While it has a low barrier to entry, links to addiction have also been noted. However, the relationship between actual usage patterns—such as frequency and monetary behavior—and addictive tendencies remains insufficiently understood.

This study aims to understand the actual usage patterns of pachinko players and examine the relationship between behavioral characteristics and dependency tendencies.

This study involved nine male participants in their teens and twenties with ongoing pachinko usage experience. Individuals who had used pachinko at least four times per month or a cumulative total of ten times or more within the past year were defined as “regular users.” The survey was conducted anonymously after explaining the research objectives and obtaining consent.

Initially, a preliminary interview-based survey was conducted. However, due to difficulties in quantifying responses and performing comparative analysis, the content was reorganized and converted into a self-designed questionnaire format. The questionnaire consisted of multiple-choice and numerical response sections, designed to capture usage frequency, duration of stay, amount spent, and motivation for use.

Furthermore, to assess dependency tendencies, the standardized SOGS scale was used concurrently. By comparing the usage patterns revealed by the self-designed questionnaire with the SOGS scores, the relationship between the scale assessment and actual behavioral characteristics was examined.

The interview survey was conducted from late October to early November 2025, and the questionnaire survey commenced in mid-January 2026.

第 1 章 はじめに

1.1 研究背景

ギャンブルによる依存症は、1970 年代以降、精神医学および心理学の分野において継続的に研究・議論されてきた社会的課題である。1980 年には米国精神医学会の診断基準 DSM-III において「病的賭博」として正式に分類され、その後も診断基準の改訂や研究の蓄積が進められてきた。ギャンブルは一時的な娯楽として利用される一方で、過度にのめり込むことにより、経済的困難や対人関係の悪化など、日常生活に深刻な影響を及ぼす可能性があることが先行研究において報告されている。

近年では、スマートフォンの普及により、オンラインカジノ、スポーツベッティング、競輪・競馬などのインターネット投票サービスといったオンライン型のギャンブルへのアクセスが容易になり、ギャンブルに触れる機会が増加している。このような社会的背景を踏まえると、ギャンブルによる依存症との関係について改めて検討する必要性が高まっていると考えられる。

ギャンブル依存症は、薬物依存やアルコール依存などの物質依存と同様に、本人の意思だけでは行動を制御することが困難になる点に特徴があり、生活習慣や精神状態にさまざまな悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、ギャンブル依存を単なる個人の嗜好の問題として捉えるのではなく、社会的な課題として理解することが重要である。

ギャンブルの中でも、パチンコは日本において利用者数が多く、広く利用されている娯楽である。近年の調査では、パチンコの参加人口は約 700 万人前後と推計されており、現在でも数百万人規模の利用者が存在している。利用開始のハードルが低い要因として、全国に多数の店舗が存在することが挙げられ、警察庁の統計によれば、パチンコホールは近年でも約 7,000 店舗前後が営業している。このように日常生活の中で目にする機会が多い環境にあることから、比較的利用を開始しやすい娯楽として親しまれている。一方で、このような身近さは、継続的な利用や依存形成につながる要因となる可能性も指摘されている。そのため、パチンコにおける依存に至る要因や利用実態を把握することは、ギャンブル依存を理解するうえで重要である。

先行研究においても、国内の依存症対策研究や精神医学分野の調査により、ギャンブル依存とパチンコ・パチスロとの関連性が指摘されている。例えば、厚生労働省の依存症に関する疫学調査や関連研究においても、主なギャンブル種別としてパチンコ・パチスロが高い割合を占めることが報告されている。しかし、実際の利用頻度や行動特性、利用者自身の認識や動機といった具体的な利用実態については、十分に検討されていない側面もあると考えられる。また、パチンコは国内の参加経験者が数百万人規模とされており、調査対象を比較的幅広く設定できる点において、利用実態や依存傾向の実態把握に適した対象であると考えられる。

以上のことから、本研究では、パチンコの利用実態に着目し、利用頻度や行動傾向

を明らかにするとともに、依存との関係性について調査・検討を行うことを目的とした。

1.2 研究目的

本研究では、パチンコの利用実態について調査を行い、利用頻度や来店状況、金銭面での行動などに着目することで、依存に関係すると考えられる行動傾向を把握することを目的とする。さらに、調査結果を通して、パチンコ利用が日常生活に与える影響や、依存に至る要因の一端を明らかにすることを目指す。

本研究は、今後の依存症理解および予防的支援の基礎資料となることを目指す。

第 2 章 調査・研究方法

2.1 調査対象

本研究では、一定期間にわたり継続的にパチンコを利用した経験を有する者を調査対象とし、合計 9 名に対して調査を実施した。対象者は、10 代から 20 代の男性 9 名で構成されており、いずれも日常的にパチンコを利用した経験を有している。

なお、本研究において「日常的にパチンコを利用した経験がある」とは、過去 1 年間に月 4 回以上、または累計 10 回以上利用した経験を有することと定義した。月 4 回という基準は週 1 回程度の利用頻度に相当し、習慣的な利用を示す指標として設定し

た。また、累計 10 回以上という基準は、偶発的・単発的な利用者を除外し、行動傾向を評価可能な利用経験を有する対象者を抽出することを目的として設定した。

対象者の募集にあたっては、研究の目的および調査内容について事前に十分な説明を行い、同意を得たうえで、知人に協力を依頼する方法を用いた。なお、調査は匿名性に配慮し、個人が特定されない形で実施した。

2.2 調査方法(自作アンケート+SOGS)

本研究では、当初、インタビュー形式による調査を実施し、パチンコ利用の動機や来店頻度、金銭面に対する意識などについて、対象者から詳細な回答を得ていた。インタビュー調査は、対象者の経験や考えを深く把握できるという利点がある一方で、得られた回答を解釈する過程において、対象者の本来の意図との間に差異が生じる可能性があるという課題があった。実際に初期段階で 3 名にインタビューを実施したところ、日程調整および実施には 1~2 日を要し、対象者および研究者双方に時間的制約がある中で、特に対象者には昼休みなどの限られた時間を割いて協力してもらう必要があった。このことから、複数名に対して個別にインタビューを実施することは時間的負担が大きいことが明らかとなった。さらに、初期の回答を整理した段階で、質問項目や回答内容に統一性が乏しく、数値として整理することが難しい項目が多いこと、また同一の質問に対しても回答の意味合いに差異がみられることが確認され、定量的な比較・分析を行ううえで制約が生じる可能性が示された。

そこで、これらの課題を踏まえ、インタビュー調査で得られた知見を基に、質問内容自体の大きな変更は行わず、表現を一部修正することで数値化しやすい形式とした自作アンケート調査を実施することとした。アンケートは主に選択式および数値回答形式で構成し、回答結果の集計および分析を可能とした（自作アンケートの内容は付録 A に示す）。また、アンケート形式とすることで、対象者は自身の都合のよい時間に回答することができ、時間的負担を軽減しつつ調査協力を得やすくなると考えられた。

さらに、自作アンケートによる調査に加え、ギャンブル依存の程度を把握するために、SOGS（South Oaks Gambling Screen）の質問項目を用いたアンケートを作成し、自作アンケートと併せて対象者に回答を求めた（SOGS の質問項目は付録 B に示す）。SOGS は、Lesieur と Blume（1987）によって開発されたギャンブル問題のスクリーニング尺度であり、病的ギャンブリングの判別を目的として作成された評価指標であるとされている。本研究では、ギャンブル依存傾向の把握を目的としてこの尺度を採用した。SOGS はこれまで広く用いられてきた評価指標であり、指導教員からの助言および入手可能な参考情報を基に選定したものである。

一方で、近年の研究動向においては、National Center for Responsible Gaming（2017）などにより、PGSI（Problem Gambling Severity Index）等の尺度の使用が推奨されていることも指摘されている。しかし、本研究では当該指摘を把握した時点で

すでに調査を実施済みであり、対象者の再確保や再調査は時間的制約の観点から困難であった。

そのため、本研究では得られたデータを基に分析を行うとともに、尺度選択に関する限界については研究上の制約として考察することとした。さらに、本研究では、SOGS によって得られた依存傾向と、自作アンケートによって得られた利用頻度や金銭的側面、心理的要因などの利用傾向との関係性を比較・検討することとした。

2.3 調査期間

本研究における調査期間は、まず予備調査としてインタビュー調査を令和 7 年 10 月下旬から 11 月上旬にかけて実施した。その後、インタビュー調査で明らかとなった課題を踏まえ、調査方法の見直しを行い、調査手法をアンケート形式へと変更した。これに伴い、自作アンケートによる調査を令和 8 年 1 月中旬より開始した。

なお、本研究におけるアンケート調査は現在も継続中であり、現時点ではアンケート回答者が 1 名にとどまっている。そのため、現段階では数値的な比較や統計的な傾向分析を行うには十分なデータ数が得られておらず、本研究では暫定的な結果の提示にとどめることとした。

次章では、自作アンケートおよび SOGS を用いた調査によって得られた結果について

て示し、今後の分析に向けた基礎的な資料として位置づける。

第 3 章 調査結果

3.1 自作アンケートの結果

自作アンケートはパチンコ経験者 9 名を対象に実施した。調査に用いた回答結果は後述の表、質問項目は付録に示す。

表 1 自作アンケート結果(回答者 A)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの 1 つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	月 1 回未満
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週 2～3 回
Q4. 1 回あたりの平均滞在時間	2～4 時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	4～6 時間
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	5,000 円未満

Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	1～2 万円
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	減った（最近はギャンブルをやってないから）
Q10. 所持金に対する投資割合	50%以上
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ある
Q12. 過去最大の勝ち額	110000 円
Q13. 過去最大の負け額	20000 円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5 段階）	楽しさ 5／興奮 5／悔しさ 5／不安 3
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	楽しい、スリルがある、当たって気持ち良い
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	すごく感じる（消費者金融から借りていたから）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5 段階）	4（不安、焦燥感、罪悪感）
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	すぐ帰る・飲食／買い物に使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	取り返そうと続ける・次回の資金を考える
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ある

Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える

表 2 自作アンケート結果(回答者 B)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	月 1 回未満
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週 2～3 回
Q4. 1 回あたりの平均滞在時間	1～2 時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	2～4 時間
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	5,000 円未満
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	5,000～1 万円
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	減った（実機を持っていることや、熱が冷めたため）
Q10. 所持金に対する投資割合	10～30%

Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ない
Q12. 過去最大の勝ち額	120,000 円
Q13. 過去最大の負け額	60,000 円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5 段階）	楽しさ 4／興奮 5／悔しさ 3／不安 3
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	早めに当たってくれー
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	少し感じる（金を使ったという意識があるため）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5 段階）	4
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	追加で打つ・飲食／買い物に使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	すぐ帰る
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ある
Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える

表 3 自作アンケート結果(回答者 C)

質問項目	回答
------	----

Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	月1～3回
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週2～3回
Q4. 1回あたりの平均滞在時間	4～6時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	4～6時間
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	5,000～1万円
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	2～3万円
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由があれば記入）	増えた（知識が増えた、楽しさを知った）
Q10. 所持金に対する投資割合	50%以上
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ない
Q12. 過去最大の勝ち額	5,000円
Q13. 過去最大の負け額	40,000円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5段階）	楽しさ2／興奮3／悔しさ5／不安3

Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	全然当たらんやん
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	全く感じない（罪悪感よりも後悔が多い）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5段階）	5
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	追加で打つ・飲食／買い物に使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	取り返そうと続ける
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ない
Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	ほとんど変わらない

表 4 自作アンケート結果(回答者 D)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	月1回未満
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週1回

Q4. 1 回あたりの平均滞在時間	2～4 時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	4～6 時間
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ない
Q7. 現在の平均投資額	1～2 万円
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	3 万円以上
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	増えた（ある程度お金を入れないと当たらないことが分かったから）
Q10. 所持金に対する投資割合	50%以上
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ない
Q12. 過去最大の勝ち額	110,000 円
Q13. 過去最大の負け額	56,000 円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5 段階）	楽しさ 5／興奮 5／悔しさ 3／不安 2
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	虚無
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	全く感じない（自分のお金だから、遊びに行ってお金が減るのは当たり前だから）

Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5段階）	4
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	すぐ帰る・貯金する・飲食／買い物に 使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	すぐ帰る
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ない
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ない
Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える

表 5 自作アンケート結果(回答者 E)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの 1つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	週4回以上
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週4回以上
Q4. 1回あたりの平均滞在時間	4～6時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	4～6時間

Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	1～3 万円
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	2～3 万円
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	減った（損切り、養分打ちをやめた）
Q10. 所持金に対する投資割合	30～50%
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ない
Q12. 過去最大の勝ち額	150,000 円
Q13. 過去最大の負け額	50,000～60,000 円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5 段階）	楽しさ 4／興奮 3／悔しさ 4／不安 3
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	設定を予測しながら周囲の状況を確認
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	考えたこともなかった（自分で働いたお金でやってるから考えたこともなかった）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5 段階）	3（後がない）

Q18. 勝った時の行動（複数選択）	貯金する・飲食／買い物に使う・台の内容で判断し、やめるか続けるか考える
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	次回の資金を考える
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ない
Q22. 喫煙の有無	いいえ
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	該当なし

表 6 自作アンケート結果(回答者 F)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	月1回未満
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週2～3回
Q4. 1回あたりの平均滞在時間	1～2時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	4～6時間

Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ない
Q7. 現在の平均投資額	5,000～1万円
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	3万円以上
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	減った（勝てないと悟ったから）
Q10. 所持金に対する投資割合	所持金の10%未満
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ない
Q12. 過去最大の勝ち額	26,000円
Q13. 過去最大の負け額	53,000円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5段階）	楽しさ2／興奮4／悔しさ2／不安3
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	最後の1玉まで勝負できる！・今日は絶対に勝てる気がする！
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	全く感じない（所持金が十分にあるから）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5段階）	5（ちゃっちゃと玉出して帰るかぁ）
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	追加で打つ・飲食／買い物に使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	すぐ帰る・取り返そうと続ける

Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ない
Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える

表 7 自作アンケート結果(回答者 G)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）	友人・知人に誘われた・興味本位
Q2. 現在の来店頻度	月1回未満
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週4回以上
Q4. 1回あたりの平均滞在時間	2～4時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	2～4時間
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	5,000円未満
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	5,000円未満

Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	変わらない
Q10. 所持金に対する投資割合	10～30%
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ある
Q12. 過去最大の勝ち額	10,000 円
Q13. 過去最大の負け額	10,000 円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5 段階）	楽しさ 5／興奮 5／悔しさ 4／不安 4
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	当たってほしい！・タバコ休憩いつい こっかな
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	少し感じる（みんな必死こいてお金稼いでいるのに自分は何をしているんだろうと、負けた後少し反省を兼ねて罪悪感を感じる）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5 段階）	5（高揚感を感じる程度）
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	すぐ帰る
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	次回の資金を考える
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ある

Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える

表 8 自作アンケート結果(回答者 H)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）	友人・知人に誘われた・興味本位
Q2. 現在の来店頻度	月 1～3 回
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週 4 回以上
Q4. 1 回あたりの平均滞在時間	2～4 時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	6 時間以上
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	5,000～1 万円
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	1～2 万円
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	増えた（当たるまで打つ、もっと打ちたいと思うようになった）
Q10. 所持金に対する投資割合	10～30%

Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ある
Q12. 過去最大の勝ち額	56,000 円
Q13. 過去最大の負け額	44,000 円
Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5 段階）	楽しさ 5／興奮 3／悔しさ 3／不安 5
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	はよ当たってくれ・金がやばい・設定つもった？
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	少し感じる（お金を借りて行ったり、貯金をせずにパチンコで使ってしまったことがあるから）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5 段階）	3（早く打ちたい）
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	追加で打つ・飲食・買い物に使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	すぐ帰る・取り返そうと続ける
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ある
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ない
Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える

表 9 自作アンケート結果(回答者 I)

質問項目	回答
Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの 1 つ）	友人・知人に誘われた
Q2. 現在の来店頻度	週 4 回以上
Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度	週 4 回以上
Q4. 1 回あたりの平均滞在時間	4～6 時間
Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間	6 時間以上
Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験	ある
Q7. 現在の平均投資額	5,000～1 万円
Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額	3 万円以上
Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）	減った（台の見極めが上達したから投資が減った）
Q10. 所持金に対する投資割合	50%以上
Q11. お金を借りてパチンコに行った経験	ある
Q12. 過去最大の勝ち額	34,000 円
Q13. 過去最大の負け額	72,000 円

Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5段階）	楽しさ：5／興奮：5／悔しさ：1／不安：5
Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）	光れよ…？（当たれよ？）
Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）	全く感じない（そういう施設だから）
Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5段階）	4（平日から打ちいくとかカスやん笑）
Q18. 勝った時の行動（複数選択）	追加で打つ・飲食／買い物に使う
Q19. 負けた時の行動（複数選択）	取り返そうと続ける
Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験	ない
Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか	ない
Q22. 喫煙の有無	はい
Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	ほとんど変わらない

3.2 SOGS の結果

SOGS の質問項目についても、9 名から回答を得た。調査に用いた回答結果は後述の表に示し、各回答に基づき算出した SOGS 得点についても併せて示す。なお、質問項

目の詳細は付録に示す。SOGS 得点は、0～2 点を「問題なし」、3～4 点を「リスク群」、5 点以上を「問題傾向」と分類できる。本調査の集計では、問題なしは 0 名、リスク群は 1 名、問題傾向は 8 名であった。

表 10 SOGS 回答結果(回答者 A)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	たいていそう する
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	たいていそう する
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ある
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ある
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ある
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ない

Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ある
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ある
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答）	生活費を削って・親類知人から・消費者金融から

表 11 SOGS 回答結果(回答者 B)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	2 回に 1 回はする
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ない

Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ない
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ある
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ない
Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ある
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答）	生活費を削って／親類・知人から

表 12 SOGS 回答結果(回答者 C)

質問項目	回答
------	----

Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	たいていそう する
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ある
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ない
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ない
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ある
Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ある
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある

Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答）	生活費を削って／親類・知人から
---	-----------------

表 13 SOGS 回答結果(回答者 D)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	いつもそうする
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ない
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ある
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ない
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ない

Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ない
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ない
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答）	生活費を削って

表 14 SOGS 回答結果(回答者 E)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	しない
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	以前はあった が今はない
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある

Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ある
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ある
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ある
Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ある
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答）	生活費を削って

表 15 SOGS 回答結果(回答者 F)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	たいていそう する

Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ない
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ある
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ある
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ない
Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ある
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ない
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。	生活費を削って

表 16 SOGS 回答結果(回答者 G)

質問項目	回答
------	----

Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	2回に1回はする
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	たいていそうする
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ない
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ある
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ある
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ある
Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ある
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ある
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある

Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答可）	生活費を削って・親類・知人から
--	-----------------

表 17 SOGS 回答結果(回答者 H)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	しない
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ない
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある
Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ある
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ある
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ある

Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ない
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ある
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答可）	生活費を削って・親類・知人から

表 18 SOGS 回答結果(回答者 I)

質問項目	回答
Q1. ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。	いつもそうする
Q2. ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。	ない
Q3. ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。	ある
Q4. 自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。	ある

Q5. ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。	ない
Q6. 自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。	ない
Q7. ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。	ある
Q8. ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。	ない
Q9. ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。	ない
Q10. 借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。	ない
Q11. ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。	ある
Q12. ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。（複数回答可）	生活費を削って・銀行から

表 19 SOGS 得点一覧

回答者	SOGS 得点
A	12
B	6

C	8
D	4
E	8
F	6
G	10
H	8
I	6

3.3 比較結果

本調査では、まず各対象者の現在の来店頻度、最もハマっていた時期の来店頻度、1回あたりの平均滞在時間、最もハマっていた時期の平均滞在時間、現在の平均投資額、最もハマっていた時期の平均投資額をまとめた。この表は、ピーク時の行動と現在の行動の変化を比較することを目的としており、本人の認識や意思による行動抑制の程度を確認するための重要な指標となる。併せて、用事を後回しにした経験やお金を借りてパチンコに行った経験、罪悪感、行く前の期待度、パチンコをしていることを隠した経験、勝敗について嘘をついた経験、パチンコ中に感じる感情の強さ、喫煙の有無、パチンコ時の喫煙量といった心理・習慣的行動に関する項目を整理した。この表により、依存傾向や行動抑制の可能性、対象者間の差異を把握することができ

る。心理・習慣的項目と行動量・投資額の両面から整理することで、依存傾向が示されている対象者における行動パターンの変化や、現在のギャンブル行動の実態を総合的に把握することが可能となる。

表 1 および表 2 に、上述した心理・習慣的項目および行動量・投資額の整理結果を示す。

表 20 対象者別来店頻度・滞在時間・投資額の比較

項目	A	B	C	D	E	F	G	H	I
現在の来店頻度	月 1 回 未満	月 1 回 未満	月 1～ 3 回	月 1 回 未満	週 4 回 以上	月 1 回 未満	月 1 回 未満	月 1～ 3 回	週 4 回 以上
最もハマっていた時期の来店頻度	週 2～ 3 回	週 2～ 3 回	週 2～ 3 回	週 1 回	週 4 回 以上	週 2～ 3 回	週 4 回 以上	週 4 回 以上	週 4 回 以上
1 回あたりの平均滞在時間	2～4 時間	1～2 時間	4～6 時間	2～4 時間	4～6 時間	1～2 時間	2～4 時間	2～4 時間	4～6 時 間
最もハマっていた時期の平均滞在時間	4～6 時間	2～4 時間	4～6 時間	4～6 時間	4～6 時間	4～6 時間	2～4 時間	6 時間 以上	6 時間以 上

現在の平均投資額	5,000 円未満	5,000 円未満	5,000 ～1万 円	1～2 万円	1～3 万円	5,000 ～1万 円	5,000 円未満	5,000 ～1万 円	5,000～ 1万円
最もハマっていた時期の平均投資額	1～2 万円	5,000 ～1万 円	2～3 万円	3万円 以上	2～3 万円	3万円 以上	5,000 円未満	1～2 万円	3万円以 上

表 21 対象者別ギャンブル関連の心理・習慣的特徴

項目	A	B	C	D	E	F	G	H	I
用事を後回しにした経験	ある	ある	ある	ない	ある	ない	ある	ある	ある
お金を借りてパチンコに行った経験	ある	ない	ない	ない	ない	ない	ある	ある	ある
罪悪感	すごく 感じる	少し感 じる	全く感 じない	全く感 じない	考えた ことも なかっ た	全く 感じ ない	少し感 じる	少し感 じる	全く感 じない

行く前の期待度 (1～5)	4	4	5	4	3	5	5	3	4
パチンコをして いることを隠し た経験	ある	ある	ある	ない	ある	ある	ある	ある	ない
勝敗について嘘 をついた経験	ある	ある	ない	ない	ない	ない	ある	ない	ない
パチンコ中に感 じる感情の強さ (楽しさ) 1～5	5	4	2	5	4	2	5	5	5
パチンコ中に感 じる感情の強さ (興奮) 1～5	5	5	3	5	3	4	5	3	5
パチンコ中に感 じる感情の強さ (悔しさ) 1～5	5	3	5	3	4	2	4	3	1

パチンコ中に感じる感情の強さ (不安) 1～5	3	3	3	2	3	3	4	5	5
喫煙の有無	はい	はい	はい	はい	いいえ	はい	はい	はい	はい
パチンコ時の喫煙量は普段と比べて	増える	増える	ほとんど変わらない	増える	該当なし	増える	増える	増える	ほとんど変わらない

本調査では、対象者9名について、現在の来店頻度、最もハマっていた時期の来店頻度、1回あたりの平均滞在時間、最もハマっていた時期の平均滞在時間、現在の平均投資額、最もハマっていた時期の平均投資額を整理した（表20）。

また、心理・習慣的行動に関する項目として、用事を後回しにした経験、お金を借りてパチンコに行った経験、罪悪感、行く前の期待度、パチンコをしていることを隠した経験、勝敗について嘘をついた経験、パチンコ中に感じる感情の強さ（楽しさ・興奮・悔しさ・不安）、喫煙の有無、パチンコ時の喫煙量を整理した（表21）。

SOGS 得点の分布は、問題なし0名、リスク群1名、問題傾向8名であった。

行動面に関しては、現在の来店頻度は月1回未満が5名、月1～3回が2名、週4回

以上が2名であった。最もハマっていた時期の来店頻度は、週2～3回が4名、週4回

以上が4名、週1回が1名であった。1回あたりの平均滞在時間は2～4時間が5名、4～6時間が4名、6時間以上が2名であり、最もハマっていた時期の平均滞在時間は2～4時間が2名、4～6時間が5名、6時間以上が2名であった。

平均投資額は、現在の段階で5,000円未満が3名、5,000～1万円が4名、1～3万円が1名、1～2万円が1名であり、最もハマっていた時期は5,000円未満が1名、5,000～1万円が2名、1～2万円が2名、2～3万円が3名、3万円以上が2名であった。

心理・習慣的行動に関しては、用事を後回しにした経験は7名、ないが2名であり、お金を借りてパチンコに行った経験は4名、ないが5名であった。罪悪感については「すごく感じる」が1名、「少し感じる」が3名、「全く感じない」が4名、「考えたこともなかった」が1名であった。行く前の期待度（1～5）は平均4程度であった。パチンコをしていることを隠した経験は7名、ないが2名であり、勝敗について嘘をついた経験は3名、ないが6名であった。

パチンコ中の感情については、楽しさ・興奮・悔しさ・不安の各項目で個人差が大きく、統一的な傾向は見られなかった。喫煙の有無は8名が喫煙者であり、喫煙量は6名が普段より増えると回答した。

第4章 考察

本調査の結果、対象者別の来店頻度、滞在時間、投資額の変化と、SOGS 得点に基づく心理・習慣的行動との関連にはいくつかの傾向が確認できた。

まず、来店頻度については、ピーク時に週4回以上来店していた対象者の多くが、現在は週1～3回や月1回未満となるなど、行動の減少が確認された。一方で、もともと低頻度であった対象者は現在も同程度の来店頻度を維持しており、行動の変化は個人差があることが示された。滞在時間については、対象者によっては短縮傾向がみられたものの、全体的には大きな変化は少なかった。投資額は、ピーク時に比べて現在は低めに推移しており、過去に高額投資をしていた対象者でも現在は5,000円～1～2万円程度にとどまっている。このことから、ピーク時の行動と現在の行動の比較により、本人の意思や状況の変化に伴う行動抑制の程度を把握することが可能であることが示唆された。

次に、SOGS 得点と自作アンケートで得られた心理・習慣的行動との関連を整理すると、いくつかの傾向がみられた。用事を後回しにした経験がある7名は比較的得点が高く、行動の先延ばしと依存傾向に一定の関連が示唆されたが、低得点者の中にも後回し経験がある場合があり、単純な一対一の関係ではないことも確認された。お金を借りてパチンコに行った経験では、借りた経験がある対象者の中に高得点者が含まれる一方、借りた経験がない者にも高得点者が存在するため、依存度の評価において単

独指標としては不十分であった。

罪悪感については、得点の高い対象者ほど「すごく感じる」「少し感じる」と回答しており、罪悪感の強さと SOGS 得点の高さには一定の関連が示唆された。行く前の期待度は低得点者・高得点者ともに概ね均一であり、依存傾向の指標として明確な差異は見られなかった。パチンコをしていることを隠した経験や勝敗について嘘をついた経験では、隠す・嘘をつく行動をとった者が比較的高得点に分布しており、自己開示抑制や自己正当化行動と依存傾向の関連がうかがえた。

一方、パチンコ中に感じる感情の強さ（楽しさ・興奮・悔しさ・不安）や喫煙習慣、パチンコ時の喫煙量の増減については個人差が大きく、SOGS 得点との直接的な関連は確認されなかった。

以上より、ピーク時と現在の行動比較、および心理・習慣的行動の分析から、SOGS 得点と自作アンケート項目の間には部分的な関連が認められるものの、単一の行動や感情項目だけで依存傾向を評価することは困難であることが示された。複数の行動・心理的指標を併せて分析することが、依存傾向の把握において重要であると考えられる。

本調査における喫煙行動については、対象者の多くが喫煙者であり、パチンコ中に喫煙量が増えると回答した者が多数を占めた。このような傾向は、先行研究でも報告されている。例えば、英国の大規模調査では、喫煙者は非喫煙者と比較して過去 1

年にギャンブル活動に参加した割合が高く、喫煙者は非喫煙者よりも問題ギャンブルの可能性が高いことが示されている。

また、カナダで実施された疫学研究でも、喫煙状態のギャンブラーは非喫煙ギャンブラーと比較して問題ギャンブルの指標が高く、ギャンブル関連の支出が多いといった関連が確認されていることが報告されている。さらに、最新の疫学研究では、ギャンブル行動とタバコ使用は他の健康リスクとともにクラスタリング（行動が複合的に現れる）しやすいことが示されており、ギャンブルと喫煙は単独ではなく生活習慣の一部として関連することが示唆されている。

こうした先行研究の知見を踏まえると、本調査で観察された「パチンコ中に喫煙量が増える傾向」は単なる偶然ではなく、ギャンブル利用者における喫煙行動の特徴として社会的・心理的に共通した傾向がある可能性がある。なお、本研究のデータでは喫煙行動と SOGS 得点との明確な相関は認められなかったが、喫煙行動はギャンブル行動の背景にある心理的刺激や習慣性を評価する補助的指標として活用できると考えられる。

第 5 章 まとめと今後の課題

本研究では、パチンコ経験者 9 名を対象に、自作アンケートおよび SOGS を用い

て、依存傾向と心理・行動特性の関係を調査した。その結果、SOGS 得点が高い対象者でも、来店頻度や平均投資額、滞在時間の減少など、行動面での抑制が見られることが確認された。

具体的には、ピーク時に週 4 回以上来店していた対象者の多くは、現在では月 1 回未満や週 1～3 回に減少しており、来店頻度が低かった対象者は現状でもほぼ同程度の頻度を維持していた。滞在時間は個人差はあるものの、ピーク時の 4～6 時間程度を維持する者が多く、短縮傾向が見られる対象者も存在した。投資額については、ピーク時に比べて現在は 5,000 円～1～2 万円程度に抑制されており、高額投資者でも行動の抑制が確認された。

心理・習慣的行動の項目では、用事を後回しにした経験は 7 名が「ある」と回答し、SOGS 得点が高い傾向にあった。パチンコをしていることを隠した経験や勝敗について嘘をついた経験も、得点の高い対象者に多く見られた。一方、行く前の期待度やパチンコ中に感じる楽しさ・興奮・悔しさ・不安、喫煙習慣との関連は明確ではなかった。特に、喫煙者は 9 名中 8 名で、そのうち 6 名が普段より喫煙量が増えると回答しているが、SOGS 得点とは明確な関連は見られなかった。

以上より、単一の心理・行動指標だけで依存傾向を評価することは難しいことが示され、来店頻度・滞在時間・投資額など行動面の指標を併せて分析することが依存傾向の把握には重要であると考えられる。

本研究は対象者が9名と少数であるため、結果の一般化には限界がある。また、自己申告によるアンケートであることから、記憶の曖昧さや社会的望ましさによる回答の影響が完全には排除できない。

今後の課題として、対象者数を増やすことでより多様なケースを把握することが求められる。また、来店頻度・滞在時間・投資額といった行動指標に加え、心理・習慣的行動や喫煙傾向など複数の要素を組み合わせた分析により、SOGS得点との関連性や依存傾向の理解をより詳細かつ多角的に深めることが可能となる。さらに、依存度の評価精度を高めるため、従来のSOGSに加えてPGSI (Problem Gambling Severity Index) を用いたアンケート回答を得ることが望ましい。これにより、尺度による評価だけでなく、行動面や心理面の情報と組み合わせたより高精度な依存傾向の把握が可能となる。

また、対象者の行動や心理状態をより確実に把握するために、質問項目の追加や内容の見直しを行い、アンケートの精度向上を図ることも重要である。

参考文献

1. オンラインギャンブルとは <https://gracelord.jp/pages/141/>
2. ギャンブル等依存症問題啓発週間 依存症の理解を深めよう。回復を応援し受け入れる社会へ <https://izonsho.mhlw.go.jp/campaign/>
3. 2020 National Survey of Gambling Addiction in Japan Executive Summary
https://kurihama.hosp.go.jp/english/2020-NationalSurvey-ofGamblingAddiction-inJapanExecutiveSummary.pdf?utm_source=chatgpt.com
4. 病的ギャンブルの診断・統計マニュアル - 病的ギャンブル - NCBI ブックシェルフ
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK230632/?utm_source=chatgpt.com
5. DSM-5 - PMC における病的ギャンブルに関する提案された変更の概要と理由
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3722301/?utm_source=chatgpt.com
6. 第2期北海道ギャンブル等依存症対策推進計画.pdf
https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/1/2/1/3/2/6/7/0/_/%E7%AC%AC2%E6%9C%9F%E5%8C%97%E6%B5%B7%E9%81%93%E3%82%AE%E3%83%A3%E3%83%B3%E3%83%96%E3%83%AB%E7%AD%89%E4%BE%9D%E5%AD%98%E7%97%87%E5%AF%BE%E7%AD%96%E6%8E%A8%E9%80%B2%E8%A8%88%E7%94%BB.pdf?utm_source=chatgpt.com
7. 統計 | 警察庁 Web サイト

<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/index.html>

8. R6fuuzokukannkeijihannitorisimarijyoukyou.pdf

https://www.npa.go.jp/bureau/safetylife/hoan/jinshintorihiki/R6fuuzokukannkeijihannitorisimarijyoukyou.pdf?utm_source=chatgpt.com

9. 依存関連疫学調査・研究報告書等 - 依存症対策全国センター <https://www.ncasa-japan.jp/docs/research-report>

10. 日本におけるパチンコとスロットマシン中毒 | Nippon.com

https://www.nippon.com/en/features/h00252/?utm_source=chatgpt.com

11. 【日本の「パチンコ」または「スロット」ユーザーにおける病的ギャンブラーの特性と社会的支持】 - PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25098151/>

12. 「レジャー白書 2025」パチンコ参加人口は 30 万人増の 690 万人 | パチンコ設備修理| フィールド・サービス

[https://www.fieldservice.store/business-](https://www.fieldservice.store/business-topics/%E3%80%8C%E3%83%AC%E3%82%B8%E3%83%A3%E3%83%BC%E7%99%BD%E6%9B%B82025%E3%80%8D%E3%83%91%E3%83%81%E3%83%B3%E3%82%B3%E5%8F%82%E5%8A%A0%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E3%81%AF30%E4%B8%87%E4%BA%BA%E5%A2%97%E3%81%AE690?utm_source=chatgpt.com)

[topics/%E3%80%8C%E3%83%AC%E3%82%B8%E3%83%A3%E3%83%BC%E7%99%BD%E6%9B%B82025%E3%80%8D%E3%83%91%E3%83%81%E3%83%B3%E3%82%B3%E5%8F%82%E5%8A%A0%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E3%81%AF30%E4%B8%87%E4%BA%BA%E5%A2%97%E3%81%AE690?utm_source=chatgpt.com](https://www.fieldservice.store/business-topics/%E3%80%8C%E3%83%AC%E3%82%B8%E3%83%A3%E3%83%BC%E7%99%BD%E6%9B%B82025%E3%80%8D%E3%83%91%E3%83%81%E3%83%B3%E3%82%B3%E5%8F%82%E5%8A%A0%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E3%81%AF30%E4%B8%87%E4%BA%BA%E5%A2%97%E3%81%AE690?utm_source=chatgpt.com)

13. 638d55828e7d0268f05adc96_2017ncrg_annualfnl.pdf

<https://assets-global.website->

[files.com/638d55828e7d02a27d5adb47/638d55828e7d0268f05adc96_2017ncrg_annual_fnl.pdf?utm_source=chatgpt.com](https://assets-global.website-files.com/638d55828e7d02a27d5adb47/638d55828e7d0268f05adc96_2017ncrg_annual_fnl.pdf?utm_source=chatgpt.com)

14. 過度なギャンブルの害を減らすための ICRG 研究

https://jackpotsounds.com/icrg/?utm_source=chatgpt.com

15. ギャンブル、アルコール、消費、喫煙、健康:2007 年英国ギャンブル有病率調査の結果 - バーミンガム大学

https://research.birmingham.ac.uk/en/publications/gambling-alcohol-consumption-cigarette-smoking-and-health-finding/?utm_source=chatgpt.com

16. 喫煙者と非喫煙者のギャンブル行動、問題ギャンブル指数、ギャンブルの理由の比較:州のギャンブル有病率調査からの証拠 |ニコチン・タバコ研究 |オックスフォード・アカデミック

https://academic.oup.com/ntr/article-abstract/14/7/833/1123262?utm_source=chatgpt.com

17. イングランド成人人口におけるアルコール摂取、ギャンブル、喫煙、過体重の有病率とクラスター化 - ScienceDirect

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743523002633?utm_source=chatgpt.com

付録 A 自作アンケート用紙(未記入)

卒業研究用アンケート

Q1. パチンコを始めたきっかけ（最も近いもの1つ）

- ☐ 友人・知人に誘われた
- ☐ 興味本位
- ☐ ストレス解消
- ☐ お金を増やしたかった
- ☐ その他 ()

Q2. 現在の来店頻度

- ☐ 月1回未満
☐ 月1~3回
☐ 週1回
☐ 週2~3回
☐ 週4回以上

Q3. 最もハマっていた時期の来店頻度

- ☐ 月1回未満
☐ 月1~3回
☐ 週1回
☐ 週2~3回
☐ 週4回以上

Q4. 1 回あたりの平均滞在時間

- ☐ 1 時間未満
☐ 1～2 時間
☐ 2～4 時間
☐ 4～6 時間
☐ 6 時間以上

Q5. 最もハマっていた時期の平均滞在時間

- ☐ 1 時間未満
☐ 1～2 時間
☐ 2～4 時間

- ☐ 4～6 時間
- ☐ 6 時間以上

Q6. 用事を後回し・キャンセルしてパチンコに行った経験

- ☐ ある
- ☐ ない
- ☐ その他（状況が判断しづらい場合は記入してください）

理由・状況： _____

Q7. 現在の平均投資額

- ☐ 5,000 円未満
- ☐ 5,000～1 万円
- ☐ 1～2 万円
- ☐ 2～3 万円
- ☐ 3 万円以上

Q8. 最もハマっていた時期の平均投資額

- ☐ 5,000 円未満
- ☐ 5,000～1 万円
- ☐ 1～2 万円
- ☐ 2～3 万円
- ☐ 3 万円以上

Q9. 始めた頃と比べた現在の投資額（理由もあれば記入）

- ☐ 減った
- ☐ 変わらない
- ☐ 増えた

理由： _____

Q10. 所持金に対する投資割合

- ☐ 所持金の 10%未満
- ☐ 10～30%
- ☐ 30～50%
- ☐ 50%以上

Q11. お金を借りてパチンコに行った経験

- ☐ ある
☐ ない
☐ その他（状況が判断しづらい場合は記入してください）

理由・状況： _____

Q12. 過去最大の勝ち額

_____円

Q13. 過去最大の負け額

_____円

Q14. パチンコ中に感じる感情の強さ（5段階）

※ 1=全く感じない ～ 5=非常に強い

楽しさ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

興奮 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

悔しさ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

不安 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Q15. 打っている最中に考えること（複数回答可）

例：帰りたい、もう少しで当たりそう、もう金がない 等

Q16. 行く前・負けた後に罪悪感を感じるか（理由もあれば記入）

- ☐ 全く感じない
☐ 少し感じる
☐ すごく感じる
☐ 考えたこともなかった

理由： _____

Q17. 店に入る前・行く前の期待感（5段階）

※ 1=期待しない ～ 5=非常に期待する

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

その他感じること： _____

Q18. 勝った時の行動（複数選択）

- ☐ すぐ帰る
- ☐ 追加で打つ
- ☐ 貯金する
- ☐ 飲食・買い物に使う
- ☐ その他（ ）

Q19. 負けた時の行動（複数選択）

- ☐ すぐ帰る
- ☐ 取り返そうと続ける
- ☐ 次回の資金を考える
- ☐ その他 ()

Q20. パチンコをしていることを人に隠した経験

- ☐ ある
- ☐ ない

Q21. 勝敗について嘘をついたことがあるか

- ☐ ある
- ☐ ない

Q22. 喫煙の有無

- ☐ はい
- ☐ いいえ

Q23. パチンコ時の喫煙量は普段と比べて

- ☐ 減る
- ☐ ほとんど変わらない
- ☐ 増える

付録 B SOGS アンケート(未記入)

卒研アンケート (SOGS)

質問 1

ギャンブルで負けたとき、負けた分を取り返そうとして別の日にまたギャンブルをしたか。

- ☐ しない
- ☐ 2 回に 1 回はする
- ☐ たいていそうする
- ☐ いつもそうする

質問 2

ギャンブルで負けたときも、勝っていると嘘をついたことがあるか。

- ☐ ない
- ☐ 半分はそうする
- ☐ たいていそうする

質問 3

ギャンブルのために何か問題が生じたことがあるか。

- ☐ ない
- ☐ 以前はあったが今はない
- ☐ ある

質問 4

自分がしようと思った以上にギャンブルにはまったことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 5

ギャンブルのために人から非難を受けたことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 6

自分のギャンブル癖やその結果生じた事柄に対して、悪いなと感じたことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 7

ギャンブルをやめようと思っても、不可能だと感じたことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 8

ギャンブルの証拠となる券などを、家族の目に触れぬように隠したことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 9

ギャンブルに使う金に関して、家族と口論になったことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 10

借りた金をギャンブルに使ってしまい、返せなくなったことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 11

ギャンブルのために、仕事や学業をさぼったことがあるか。

- ☐ ある
- ☐ ない

質問 12

ギャンブルに使う金はどのようにして作ったか。またどのようにして借金をしたか。

(該当するものすべてに□をつけてください)

- ☐ 生活費を削って
- ☐ 配偶者から
- ☐ 親類・知人から
- ☐ 銀行から
- ☐ 定期預金の解約

- ☐ 保険の解約
- ☐ 家財を売ったり質に入れて
- ☐ 消費者金融から
- ☐ ヤミ金融から