

2011年度 卒業論文

プレイヤーの脳波分析による  
リズムゲームのレベル設計支援

指導教員：渡辺 大地 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト  
学籍番号 M0106515  
生杉 直也

**2011年度 卒業論文概要**

**論文題目**

プレイヤーの脳波分析による  
リズムゲームのレベル設計支援

**メディア学部**

**学籍番号：M0106515**

**氏名**

生杉 直也

**指導  
教員**

渡辺 大地 講師

**キーワード**

レベルデザイン、デジタルゲーム、脳波、  
音楽ゲーム、プレイヤー体験

昨今のデジタルゲームの開発において、プレイヤー体験を中心としたゲームデザインが盛んである。しかし、プレイヤー体験に関する知識や知見は未だ形式化されておらず、他の設計者と知識を共有することは難しい。また、その知識のゲームデザインへの利用法についても同様である。

そこで、Schellはゲームの制作論であるInterest curveという概念を提唱している。これは、プレイヤーの興味度が高い時と低い時を交互に繰り返すようなレベルデザインを行うことで、ゲームを面白くするといったものである。しかしSchellは具体的にどのようにプレイヤーの興味度を操作するかまでは言及していない。

このような問題に対して、ChanはFPSゲームにおいて脳波測定という科学的手法を用いることで、プレイヤー体験の形式化を行った。また、実際に形式化したプレイヤー体験のデータを用いて、SchellのInterest curveを利用した具体的なレベルデザイン手法を提案した。しかし、Chanの手法がFPSゲーム以外のジャンルのゲーム制作において有効であるかは、実証されていない。

これを踏まえて本研究では、リズムゲームに注目し、Chanの手法を利用することで、まずリズムゲームでプレイヤーの脳波を計測し、そこからプレイヤーの興味度が変化する状況を特定した。更に、その結果をChanの結果と比較することで、リズムゲームにおけるプレイヤー体験の形式化を行った。次に形式化したデータの有効性を確認するために検証実験を行った。その結果、リズムゲームにおいてもChanの提案した手法の有効性を実証し、Chanの手法の汎用性の拡大に成功した。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	4
<b>第2章</b>	<b>リズムゲームについて</b>	<b>5</b>
2.1	音楽ゲームの種類	5
2.2	本研究の対象となるリズムゲーム	6
<b>第3章</b>	<b>プレイヤーの興味度の計測</b>	<b>9</b>
3.1	脳波について	9
3.2	脳波の種類	10
3.3	測定機材	11
<b>第4章</b>	<b>脳波の分析手法</b>	<b>14</b>
4.1	Chan の分析手法	14
4.2	FPS ゲームにおけるトリガー	15
<b>第5章</b>	<b>リズムゲームにおけるプレイヤー体験の形式化</b>	<b>17</b>
5.1	リズムゲームでの脳波の計測実験	17
5.2	リズムゲームでのPCHIの分析	18
5.3	検証	21
5.4	評価及び考察	22
<b>第6章</b>	<b>まとめ</b>	<b>25</b>
	<b>謝辞</b>	<b>26</b>
	<b>参考文献</b>	<b>27</b>

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景と目的

近年、デジタルゲームにおいてレベルデザインの研究が盛んである。レベルという用語は、元々は一区切りのゲームプレイのことを指し、その区切りは多くのゲームにおいて1つのマップやステージによるものであった。従って、レベルは「マップ」または「ステージ」と同義となり、レベルデザインとはマップまたはステージの作成を意味していた [1]。しかし近年ではそれが転じて、プレイヤーにマップまたはステージをどのように遊ばせるかの設計といった広い意味を持つようになった。例えば、アクションゲームでレベルデザインを行う場合は、ゲーム中のステージの地形や空間の環境等の設計、作成や、敵となるキャラクターやプレイヤーキャラクターのパラメータ調整による難易度調整、演出等を行うことになる。本論文で述べているマップ及びステージとは、デジタルゲームにおいてある始まりと終わりのある区間を意味し、地図や地形のみを指した言葉ではない。レベルデザインの目的は、プレイヤーがゲームをプレイした時に抱く、達成感や爽快感、緊張やストレスといった感情等の精神状態をバランスよくコントロールすることである。これらの制御が不十分であると、ゲームが飽きやすくなる要因となる。レベルデザインに関する研究の例として次のようなものが挙げられる。Hullett ら [2] は、FPS ゲームにおけるレベルの設計要素を分析することで、地形や敵の配置の

レベル設計のパターンを分類化し、FPSゲームにおけるレベルデザインの支援を行った。

本論文では、前述したプレイヤーがゲームをプレイした時の精神状態のことをプレイヤー体験という言葉で捉えている。昨今のゲームデザインにおいて、このプレイヤー体験に対する関心は高く、プレイヤー体験を中心としたゲームデザインが盛んである。それはGame Developer's Conference (GDC) のアーカイブであるGDC Vault や、Digital Games Research Association (DiGRA) のデジタルライブラリー等で、多くの関連する論文や講演資料を公開していることから明らかである。近年ではプレイヤー体験を中心としたプロセスが盛んである。LeBlancら[3]はプレイヤー体験を中心としたゲームデザインプロセスを示した。従来のゲーム開発プロセスでは、制作者がまず始めに楽しいと想定したゲームの仕様を決定し、その仕様を中心に開発を始めていた。このプロセスでは、制作者が想定した仕様をプレイヤーがどのように触れるかはプレイヤーに依存するため、制作者の視点からでは未知である。つまり従来のプロセスでは、プレイヤー体験がどのようなものになるかは、ゲームを制作し終えた時点で知る手段がない。一方、プレイヤー体験を中心としたプロセスの場合は、プレイヤーがどのような体験が出来るかを考える。そして、そのためにはプレイヤーはどういった行動を起こす必要があり、その行動をするためにはどのような仕様が必要であるかを考えるといった従来のプロセスとは、異なる手順を辿る。プレイヤー体験を中心としたプロセスの利点は、デザイナーがゲームの制作段階である程度、意図した通りにプレイヤー体験を操作できることにある。つまり、デザイナーの経験や知識によっては、ゲームを飽きにくくするようなプレイヤー体験等を考えて設計を行うことが可能となる。しかし、このようなプロセスで優れたレベルデザインを行うには、デザイナーはプレイヤー体験の一連の構成がどのようになれば良いかを理解している必要がある。

実際にどのようなプレイヤー体験の構成が優れていると言えるのかを提唱しているものが次のものになる。Valve Software[4]では、プレイヤー体験の緩急の重要性

について分析し、実際にこの緩急を動的に作成するシステムを実装した Left4Dead では世界的な成功を収めている。また、レベルデザイナーである Feil[5] もゲームを面白くする要素として、似たような概念を提唱している。ゲームデザイナーである Schell[6] はプレイヤーが常に興味を持ち続けるような設計のゲームは飽きやすいといった点を問題視し、ゲームを面白くする要素として interest curve といった制作論を提唱している。これはプレイヤーの興味の度合いに緩急を持たせる設計を行うことでゲームを面白くする手法である。Schell は interest curve の正当性について具体的な証明はしていないが、前述した Valve Software や Feil の例が存在することから、本研究では適切な理論であると考えた。しかし、Schell はどういったものがプレイヤーの興味を引くかまでは言及しておらず、ゲーム制作における具体的な interest curve の使用法も提案していない。また、それらを形式化した研究も存在しない。そこで、Chan[7] は、FPS ゲームにおいてプレイヤーの脳波を測定することで、プレイヤーが興味を示す要素を特定することで、プレイヤー体験の形式化を行った。また、実際にそれらの要素を使ってレベルデザインしたゲームステージを用意し、検証を行いゲーム中での interest curve を利用したレベルデザイン手法を提案した。しかし、Chan の研究は FPS ゲームというジャンルに限定しており、これらの手法が多ジャンルのレベルデザインにおいても使えるかどうかは実証していない。同様に Chan が行ったプレイヤー体験の形式化は、あくまで FPS ゲームにおけるものであるため、その他のジャンルのゲーム制作においてもそれらを利用することが可能であるかは不明である。この問題に対して、2D の横視点スクロールゲームにおいて Chan の手法の有効性を検証する研究を行っているが、それ以外については未だ不明である。

そこで本研究では、まだ検証していないゲームジャンルの1つであるリズムゲームに注目し、リズムゲームにおいてプレイヤーの興味を高める要素をプレイヤーの脳波から分析した。リズムゲームについては第2章に記述する。次に分析したデータの正当性を確認するために、そのデータを利用した検証実験を行った。その結果、リズムゲームにおける Chan の手法の有効性を実証し、Chan の手法の汎

用性の拡大に成功した。従って、リズムゲームにおけるプレイヤー体験を形式化したと言える。

## 1.2 論文構成

本論文は、本章を含め全6章からなる。第2章では本件で扱うリズムゲームについて述べ、第3章でプレイヤーの興味度の計測方法について述べる。第4章では本研究で利用した既存手法を述べ、第5章で本研究で行ったリズムゲームにおけるプレイヤー体験の形式化について述べる。最後に第6章で本研究の成果をまとめる。

## 第 2 章

# リズムゲームについて

リズムゲームとは音楽ゲームの1つである。また、音楽ゲームとは音や音楽を題材にデザインしたゲームのことである。本章では音楽ゲームの種類と本研究で扱うリズムゲームについて述べる。

### 2.1 音楽ゲームの種類

音楽ゲームは大きく分けて以下の3つのタイプに分類することが出来る [8]。まず、1つ目は本研究で注目したリズムゲームである。リズムゲームとは、プレイヤーが音楽やリズムに合わせて要求される操作を行うことで進行するタイプのゲームである。3つのタイプの中で最もメジャーなものであり、音楽ゲームと言えればリズムゲームを連想する場合が多い。1996年にソニー・コンピュータエンタテインメントが発売したパラッパラッパー [9] がリズムゲームのルーツと言える作品であり、爆発的な大ブームを起こした。また、beatmania シリーズ [10] や太鼓の達人シリーズ [11] 等、専用のインターフェイスデバイスを持つ作品も多く存在する。以下の図 2.1 および図 2.2 はゲームセンターで実際に使っている筐体になる。

2つ目は音との演出に重点を置いたゲームである。これはプレイヤーの操作や現在のゲームの状況から BGM に合わせて効果音を再生したり、エフェクトの演出を行う。シューティングゲームに音楽の要素を合わせた Rez [12] や、同じくパズルゲームに音楽の要素を合わせたルミネス [13] といった作品がある。



図 2.1: beatmaniaIIDX 1999,KONAMI



図 2.2: 太鼓の達人 13 2009, ナムコ

最後となる3つ目のタイプは、プロシージャル技術を用いたタイプのゲームである。ゲームにおけるプロシージャル技術とは一般に自動生成のことを指したもので、このタイプの音楽ゲームはCDや楽曲のデータ等、音楽のデータを用いてゲームステージ等を自動生成する。CDの波形データからステージを生成するビブリボン [14] 等がある。

## 2.2 本研究の対象となるリズムゲーム

2.1 節で紹介した2つ目と3つ目のタイプのゲームに関しては、音楽ゲーム以外のジャンルの要素を含む。また、各々のゲームのルールに差がありすぎるため、本研究で取り扱うのは適切ではない。その上、音楽ゲームの中では1つ目のタイプが大多数を占め、一般に音楽ゲームといえば1つ目のタイプのリズムゲームを連想することが多い。また、Martin らの研究 [15] では、音楽ゲームにおいて各々が相互作用する7つの要素を分析し、これらの要素を振り分けることで既存の音楽ゲームのパターン化を行っている。その結果から、音楽ゲームはリズムゲームと

それ以外の2のパターンに分類出来ることを示している。従って、これらの理由から本研究では、1つ目のリズムゲームを取り扱うことにした。

本研究で対象としているリズムゲームは、各々のゲームによって入力系統や方式、演出やリズムの取り方による差異はあるが、「リズムや音楽に合わせて操作を行うことでゲームが進行する」といった基本となる遊び方に大きな変化はない。本研究では、この基本となるルールに限定したプレイヤー体験の形式化を行う。従って本研究で述べる手法は、一般的なリズムゲームであればどのようなタイプでも利用出来ると考えられる。

リズムゲームでは、プレイヤーがタイミング良くリズムに合った操作を行えば得点が加点となり、逆にリズムと外れていれば減点となるルールが一般的である。リズムゲームでは、楽曲の1つがステージの1つに該当し、ステージ終了時に設定されている目標点数を得点が上回ればステージクリアとなる。ゲームによっては操作があまりにリズムと外れすぎるとステージの途中でも強制的にゲームオーバーとなるタイプや、ステージの進行状況やプレイヤーの操作のタイミングに一定のノルマが課せられ、そのノルマを達成出来ない場合にゲームオーバーとなるタイプのゲームが存在する。

本研究では、これらのリズムゲームの1つである太鼓の達人 ぼ〜たぶる DX（以下太鼓の達人）[11]を取り扱った。太鼓の達人では、プレイヤーはまず難易度を設定した後、プレイする楽曲を選択することでリズムゲームをプレイすることになる。また、操作方法は基本的に2種類だが、これらの操作を組み合わせた操作も存在する。基本的なルールは、前述した一般的なリズムゲームのルールと同様であるが、ステージの途中で強制的にゲームオーバーとならず、最後までプレイ可能である。太鼓の達人は、これらの覚えやすい操作方法とステージの途中でゲームオーバーにならないといった点から、リズムゲームが得意ではない人にとってもプレイしやすいゲームである。従って、プレイヤーの技術の差による脳波への影響を抑えることが出来ると考え、本研究で取り扱うことにした。また、同様に既存のリズムゲームの1つである初音ミク -Project DIVA-（以下 Diva）[16]も取

り扱った。Divaでは、プレイする楽曲を選択し、後に難易度を決定した後、リズムゲームをプレイすることになる。操作方法は基本的に4種類だが、これらの操作を組み合わせた操作も存在する。基本的なルールは、一般的なリズムゲームのルールと同様である。Divaは、歌のリズムに合わせて操作を行う場面が多いことが特徴である。従って、リズムがとりやすくリズムゲームが得意ではない人にとってもプレイしやすいゲームである。

## 第 3 章

# プレイヤーの興味度の計測

本研究の目的は、リズムゲームにおいて Chan の手法の有効性を検証することである。そのためには、リズムゲームにおけるプレイヤー体験を形式化する必要がある。従って、Chan の科学的アプローチによるプレイヤー体験の形式化手法を利用し、リズムゲームにおけるプレイヤー体験の形式化を行った。これは、プレイヤーのゲームプレイ中の脳波を計測した後、そのデータとプレイ動画を比較し、分析する手法である。本手法では、ゲーム中におけるプレイヤーの興味度の遷移を分析することで、プレイヤー体験を捉える。従って今回の実験は、プレイヤーの興味度を客観的に調査するためのものになる。脳波を使った手法では、プレイヤーの意思に関係なくデータを得ることができるため、通常では客観的なデータを得ることが難しい興味度についても、問題なく計測することが可能である。本章では、脳波の簡単な説明の後、本研究で脳波の計測に使用した設備について述べる。

### 3.1 脳波について

ヒトや動物の脳から生じる電気活動を捉えたものの1つが脳波 (electroencephalogram EEG) である。脳内のあらゆる領野で、電流が様々な方向に絶えず発生しており、頭皮上に設置した電極を用いてそれを読み取り、記録する。また、脳波を

測定、記録する装置を脳波計と呼び、それを用いた脳波検査は従来、医療での臨床検査や医学、生理学、心理学、工学領域での研究方法として用いる [17]。図 3.1 は、国際式の電極配置法である 10-20 法における実際の電極の配置を示している。通常の見査や実験では、図 3.1 の配置に従って電極を設置するのが一般的である。しかし研究目的によっては、より多くの電極を配置したり、逆にモニタリング目的等では少数の電極を用いる場合もある。

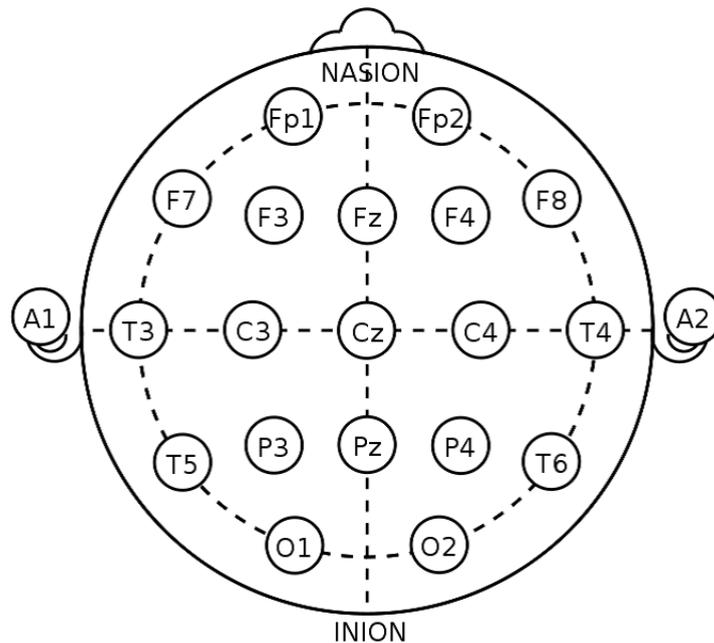


図 3.1: 国際 10-20 法の電極配置図

## 3.2 脳波の種類

脳波は  $\delta$  (デルタ) 波、 $\theta$  (シータ) 波、 $\alpha$  (アルファ) 波、 $\beta$  (ベータ) 波の 4 つに分類できる [17]。以下にそれぞれの脳波の簡単な説明を述べる。

- $\delta$  (デルタ) 波

周波数帯域は 0.5-4Hz 未満であり、ノンレム睡眠時に見ることができる脳波である。

- $\theta$  (シータ) 波

周波数帯域は 4-8Hz 未満であり、眠くなって来た時に見ることができる脳波である。

- $\alpha$  (アルファ) 波

周波数帯域は 8-13Hz 未満であり、健康な成人の安静、リラックス、閉眼時に後頭部に見ることができる脳波である。前頭部にはあまり見られない。 $\alpha$  波は開眼時には消えてしまい、次の  $\beta$  波へと変化してしまう。この現象は今まで休んでいた後頭部の視覚野が活発に働き出すためである。

- $\beta$  (ベータ) 波

周波数帯域は 13-40Hz 未満であり、精神活動をしている部位に見ることができる脳波である。

### 3.3 測定機材

本研究では、Chan と同様に NeuroSky 社の簡易的な脳波計設備である Mindset[18] を用いることにした。図 3.2 は Mindset の画像である。MindSet と他の脳波計設



図 3.2: Mindset Neurosky 社

備の最大の違いは、一般の人々が容易に使えるように設計していることにある。

MindSet は安価に入手することができ、ヘッドセットタイプのため脳波の測定自体が容易に可能である。また、NeuroSky 社が独自に開発したデータ解析アルゴリズム（eSense アルゴリズム） [19] を用いることで、得られた脳波が何を意味するのか理解出来る形へと変換できるため、測定データの解析にも専門的な知識を必要としない。

Mindset では額に置いた 1 個の脳波センサーが脳から発信する電気信号を測定する。そして脳波信号を増幅し環境雑音と筋肉の動きを除去した後に eSense アルゴリズムによって残った信号に適用し、集中度とリラックス度という 2 つのパラメータに変換する。集中度とリラックス度について NeuroSky 社は、以下のように定義している [19]。

- 集中度

集中度は高度に集中しているときや精神活動等を行っている間に生じるユーザーの心の「集中」または「注意」の度合いを示したものである。

- リラックス度

リラックス度は心の「平穏」または「リラクゼーション」の度合いを示したものである。リラックス度は脳内のアクティブな精神過程の活性低下に関係する。

石桁ら [20] は大学の講義において受講者の意識調査を行うことで、集中度は興味度と密接な関係があることを実証している。また、Chan の研究においても集中度をそのまま興味度と捉えていることから、本研究でも集中度を興味度と置き換えることとする。

本研究の脳波測定は被験者の興味度を調査することが目的である。従って今回の実験に用いる設備として適切であると判断した。なお、eSense の具体的なアルゴリズムについては公開していない [21]。

また、NeuroSky 社のラボでは、研究用として標準的な BIOPAC SYSTEM 社の

脳波計設備を用いた NeuroSky 社の脳波センサーと比較する様々な実験や実用テストを行っており、MindSet の有効性を実証している [21]。

# 第 4 章

## 脳波の分析手法

本章では本研究で使用した Chan の FPS ゲームにおける脳波の分析手法及び、Chan の定義した FPS ゲームにおけるプレイヤーの興味度が上昇する要因について述べる。

### 4.1 Chan の分析手法

Chan の提案したプレイヤーの興味度の分析手法は次のようになる。まずゲームをプレイした際のプレイヤーの脳波を計測することで、プレイ中のプレイヤーの興味度を調べる。そして Chan はプレイヤーの興味度の高かった場所を Point s of High Interest(以下 PHI) と定義している。次に PHI をゲームのプレイ動画と照合し、プレイヤーに何が起きたのかを被験者別に記録する。多くの PHI はプレイヤーの操作と環境との相互作用から、自然発生したものである。これらはプレイヤーごとに異なる要因であるため、Chan は取り扱っていない。従って Chan の分析手法では、多くの実験者に共通して存在する PHI を対象に分析を行う。更に Chan はこれら多くの被験者において共通した PHI を Points of Common High Interest (以下 PCHI) と定義している。最後に特定した PCHI に対して状況分析を行うことで共通点やパターンを探り、プレイヤーの興味度が上昇する要因の分析と分類を行う。その際に Chan は次の 2 つの基準を用いている。

1. PCHI が起きた時点で、プレイヤーに与えられている影響から主観的に分類する
2. PCHI が起きた時点での「興味度」の上昇速度、維持時間及び減少速度を参考に分類する

## 4.2 FPS ゲームにおけるトリガー

4.1 項で述べた PCHI の分類結果から、Chan が実際に定義した FPS ゲームにおけるプレイヤーの興味度が上昇する要因について説明する。それらの要因はトリガーと呼び、次の6つのものに分類できる。

- 期待

プレイヤーが何らかの予測済みの結果を待ち望む状況を「期待」トリガーと定義している。プレイヤーがある結果の必然性を感じた瞬間から、実際にそれが起きる瞬間まで興味度が上昇する。

- 驚き

環境が急激に変化し、プレイヤーが瞬時に状況を理解したうえで、対応しなければならない状況を「驚き」トリガーと定義している。またはプレイヤーのゲームに対する「常識」が破られた場合も、このトリガーに分類する。

- 集中

プレイヤーが解決方法が分かっているにも関わらず、すぐにはやり遂げない何かしらのタスクを実行しようとする状況を「集中」トリガーと定義している。また、プレイヤーは必ず安全にタスクを実行できる環境にいななければならない。

- 挫折

プレイヤーが思うのと違う形でことが進む、或るいは予想とは違う結果に辿りついた場合を「挫折」トリガーと定義している。

- 恐怖

プレイヤーが差し迫った失敗に対する危機感を確実に感じる、或いは失敗する場合を「恐怖」トリガーと定義している。

- 圧倒

プレイヤーが処理しきれない状況や、当面危険があるとは限らないが、自体が改善しなければ失敗に繋がる可能性がある場面を「圧倒」トリガーと定義している。「圧倒」と「恐怖」は似て非なるものである。「圧倒」は現状が続くと失敗に繋がる可能性が生じるに過ぎないが、「恐怖」では現状を瞬時に対応しなければ失敗する確率が非常に高い。

次にこれらのトリガーの特徴を表 4.1 に示す。

表 4.1: FPS ゲームにおけるトリガーの特徴

トリガー	特徴
期待	プレイヤーの興味度はトリガーの対象となるその結果が起こる直前まで上昇し、その直後に急速に減少する
驚き	プレイヤーの興味度はトリガーが発生した直後、急速に上昇し、その後少しずつ減少する
集中	プレイヤーの興味度の高ぶりの持続時間はその他のトリガーに比べ長い
挫折	プレイヤーの興味度の変化は驚きと同様で、プレイヤーの興味度の高ぶりの持続時間が長めである
恐怖	プレイヤーの興味度の変化は驚き及び挫折と同様である
圧倒	特になし

## 第 5 章

# リズムゲームにおけるプレイヤー体験の形式化

本章では、4章で述べた手法を利用して、リズムゲームにおけるプレイヤーの興味度を上昇させる要因を分析及び検証した。

### 5.1 リズムゲームでの脳波の計測実験

まず、本研究で行ったリズムゲームにおける脳波の計測実験について説明する。実験方法を次に述べる。

1. 全ての被験者は、こちらで指定したゲームステージをプレイする。
2. プレイ中のゲーム画面と被験者の脳波を記録する。

実験で指定したステージは、途中で曲の変化するメドレータイプの楽曲である。

次に、実験環境について述べる。脳波への外的要因を抑えるため、パーティションによって仕切られたブースで実験を行った。本研究で対象としたゲームは2.2節でも述べたように太鼓の達人で、携帯型ゲームハードであるプレイステーションポータブル（以下 PSP）のタイトルである。PSP の映像や音声をモニターや PC へ出力することはケーブル類を利用することで可能ではある。しかし、本研究では音楽ゲームを取り扱うため音声を出力した場合に生じる多少の遅延がゲームプ

レイに影響する恐れがある。そこで、本実験ではPSPにイヤホンを接続し、イヤホンを装着した上からMindsetを装着することとした。また、現在PSPでは音声と映像を分けて出力することは困難である。よってイヤホンを用いる場合はゲーム画面をモニターへ出力することが出来ず、ゲーム画面の記録はWebカメラを用いてPSPのモニターを直接撮影した。

次に被験者の情報を述べる。年齢や性別、習熟度によるノイズを無くするために被験者は全て20-30代の男性で、音楽ゲームの経験者を選んだ。また、本実験の対象となる太鼓の達人において熟達した腕をもっていないものとした。

## 5.2 リズムゲームでのPCHIの分析

実験で得たプレイヤーの興味度のデータから、リズムゲームでのPCHIの特定を行った。そのままの興味度のデータでは、PCHIの特定が困難であったため、興味度の変化量のグラフを作成し、そのグラフを元にPCHIを特定した。図5.1は、実際に作成した興味度の変化量のグラフの一部である。黒い丸で囲っている場所

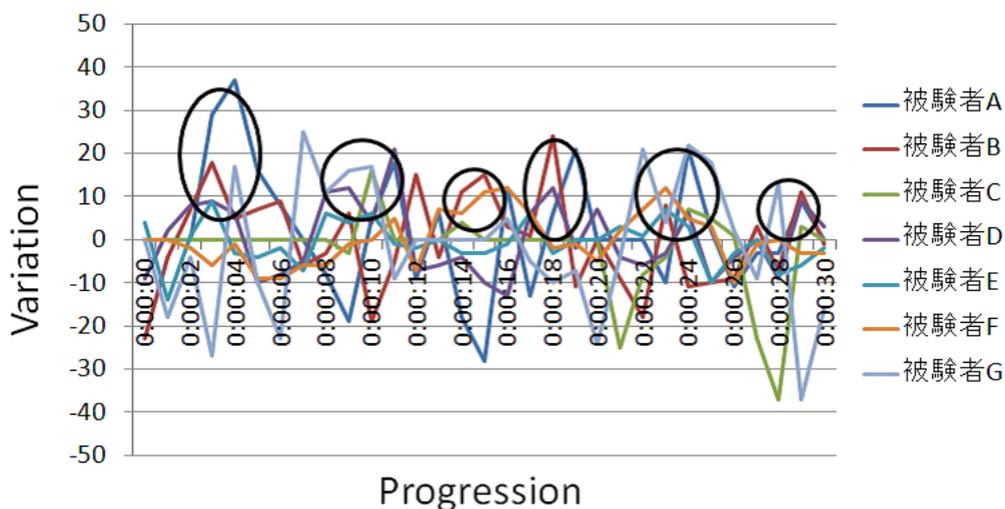


図 5.1: 実験ステージにおける興味度の変化量に見る PCHI の例

は、多数の被験者で共通して上昇が見られたポイントで、これがPCHIとなる。一般に音楽ゲームでは、同じステージであれば時間軸は全てのプレイヤーを通して

同様になる。従って本研究では、単純に時間的に近いタイミングにおいて共通して確認できた PHI を PCHI として捉えている。

次に特定したリズムゲームでの PCHI から、本研究でも、Chan と同様にトリガーの分析を行った。まず、リズムゲームにおける PCHI の箇所において、ゲームのプレイ動画を参照しながら状況分析を行った。その結果、プレイヤーの興味度が上昇する要因として次のようなものが判明した。

1. 連打操作が必要になる。
2. 曲が変わった。
3. 直前まで続いていた操作と違った操作が必要になる。

本研究では、これらを Factors of Interest (以下 FOI) と定義し、列挙順に FOI-1、FOI-2、FOI-3 と呼ぶこととする。

次に FOI と 4.2 項で述べた FPS ゲームにおけるプレイヤーの興味度を上昇するトリガーを比較し、分類した。比較には、Chan がトリガーを分類する時に用いた 2 つの基準を用いた。図 5.2 は、FOI-1 の状況における被験者の興味度を示したグラフの 1 つである。橙色で囲った部分が連打操作が必要な期間になる。ほとんどの被験者において興味度の上昇が確認できた。興味度の高まりの持続時間が長く、連打操作が必要な期間を過ぎると減少が確認できたことから、集中のトリガーの内容に合致する。同様に図 5.3 は、FOI-2 の状況における被験者の興味度を示したグラフである。黄色のラインが曲が変化した場所になる。その直後にほとんどの被験者において興味度の上昇が確認できた。その後、興味度は徐々に減少していく傾向が見えることから、驚きのトリガーの内容に合致する。図 5.4 は、FOI-3 の状況における被験者の興味度を示したグラフである。黄色のラインがトリガーの発生した場所である。多くの被験者に共通して、興味度の上昇が確認できる。トリガー発生後、興味度は徐々に減少していく傾向を見ることができ、FOI-2 と同様に驚きのトリガーの内容に合致する。表 5.1 にこれらの比較結果を示す。

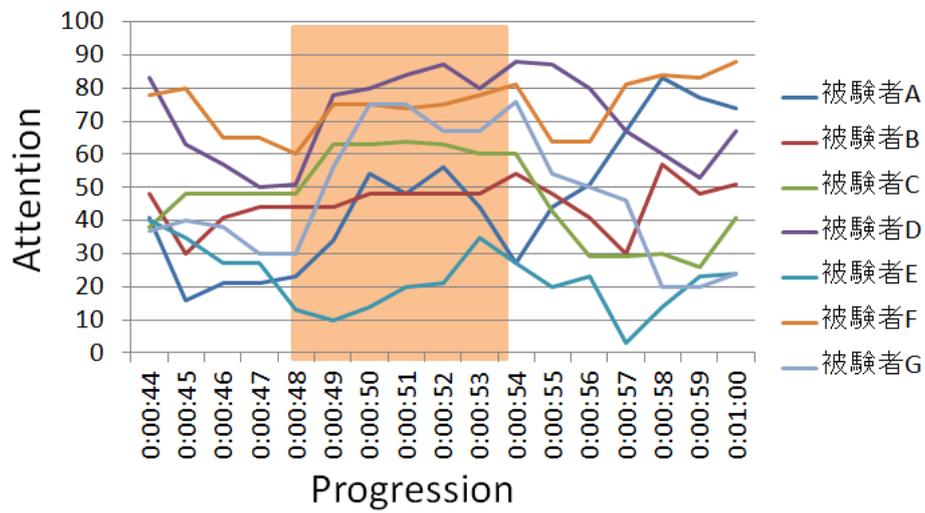


図 5.2: FOI-1 における被験者の興味度の遷移

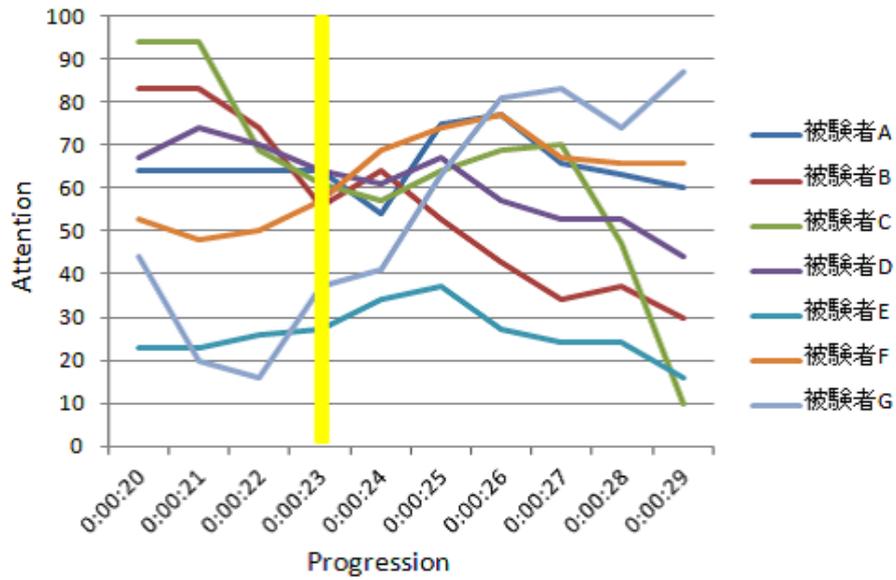


図 5.3: FOI-2 における被験者の興味度の遷移

これらの結果から、音楽ゲームにおけるトリガーは集中と驚きのトリガーに分類できると想定した。

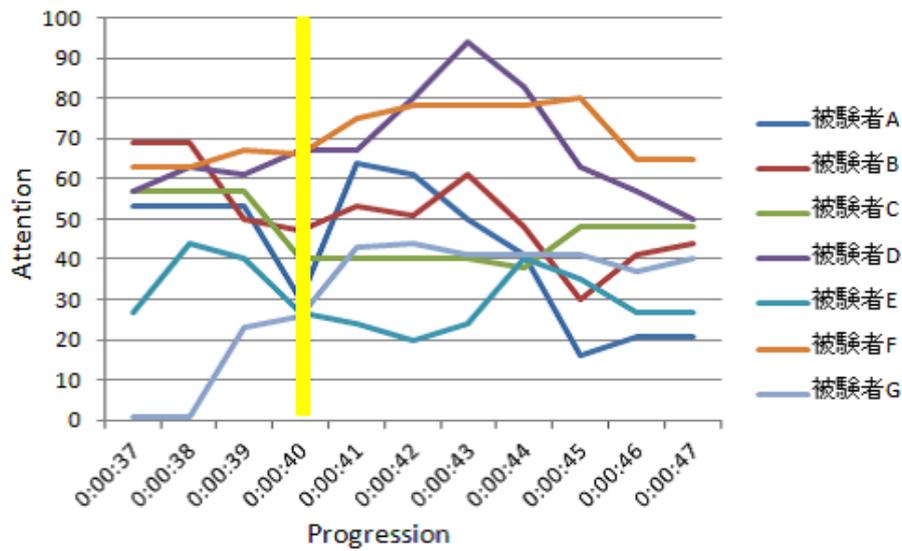


図 5.4: FOI-3 における被験者の興味度の遷移

表 5.1: FOI に合致するトリガー

FOI	Trigger of FPS
FOI-1	集中
FOI-2	驚き
FOI-3	驚き

## 5.3 検証

5.1 項の実験で用いた楽曲と別の楽曲においても、同様の結果が確認出来るならば、5.2 項で想定した音楽ゲームにおけるトリガーの分類の正当性を示すことが可能であると考えた。従って、検証実験を行った。基本的な実験方法は 5.1 節で述べたものと同様である。以下に詳細を述べる。

1. 全ての被験者は、こちらで指定したゲームステージをプレイする。
2. プレイ中のゲーム画面と被験者の脳波を記録する。

実験に使用したゲームは、太鼓の達人と Diva である。Diva を用いた理由は、太鼓の達人の楽曲においてメドレータイプの楽曲のように曲調が明らかに変化する

FOI-2を含んだ楽曲が、他に存在しなかったためである。そこでDivaの曲調が大きく変化する楽曲で代用することにした。太鼓の達人で使用した楽曲を検証ステージ1、Divaで使用した楽曲を検証ステージ2と表す。実験環境と被験者については、5.1節のものと同様である。

## 5.4 評価及び考察

まず、検証実験の結果から得た被験者のゲーム動画から各FOIに該当する部分を特定する。そして、その部分における被験者の脳波のデータを参照し、期待するトリガーの特徴を見ることができるか確認した。FOI-1では、連打操作が必要な場面において、被験者の脳波のデータを参照した。図5.5は検証用ステージ1におけるFOI-1に該当する部分のプレイヤーの興味度のグラフの1つである。橙色で

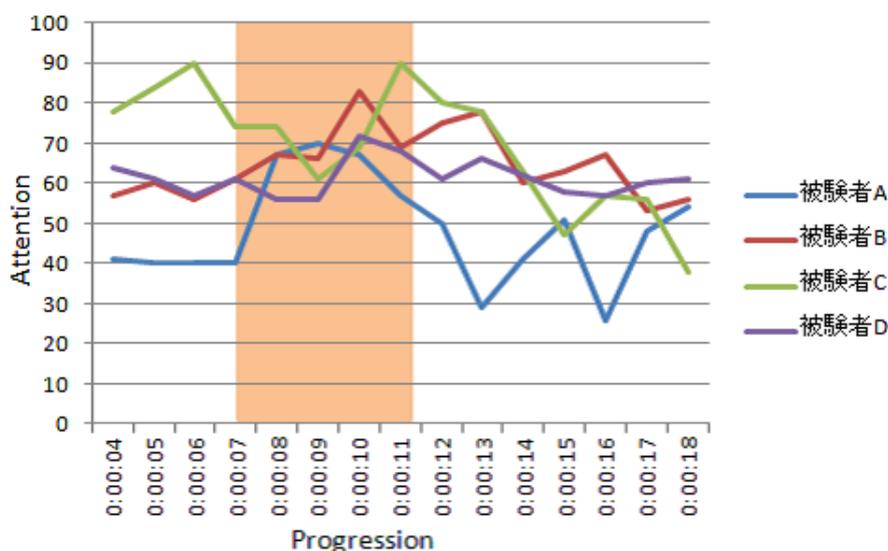


図 5.5: FOI-1 に該当する場面での被験者の脳波の遷移

囲んだ部分が連打操作が必要な期間である。FOI-1に該当するトリガーは集中のトリガーである。連打操作が必要な期間における興味度の高まりの持続及び、連打操作が必要な期間が終わった後、興味度の低下が確認できる。これらのことからトリガーの特徴に合致していることが解る。FOI-2では、曲のテンポが変わる場

面において、被験者の脳波のデータを参照した。図 5.6 は検証用ステージ 2 における FOI-2 に該当する部分のプレイヤーの興味度のグラフである。黄色のラインで

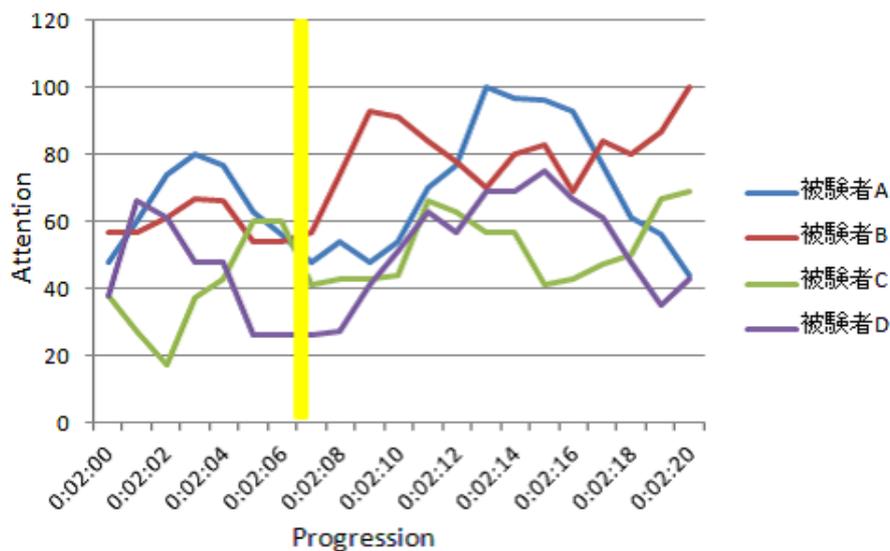


図 5.6: FOI-2 に該当する場面での被験者の脳波の遷移

曲のテンポが変わっている。FOI-2 に該当するトリガーは驚きのトリガーである。トリガー発生後、多くの被験者で興味度の急激な上昇と、その後徐々に興味度が低下していることが確認できる。これらのことからトリガーの特徴に合致していることが解る。FOI-3 では、直前まで続いていた操作と違った操作が出現した場面において、被験者の脳波のデータを参照した。図 5.7 は検証用ステージ 1 における FOI-3 に該当する部分のプレイヤーの興味度のグラフである。黄色のラインがトリガーの発生場所である。FOI-3 に該当するトリガーは驚きのトリガーである。被験者 A と C については、もともと興味度が高い状態であったため、あまり変化を確認出来なかったが、トリガー発生後、被験者 B と D で共通した興味度の上昇と、その後徐々に興味度が低下していることが確認できる。これらのことからトリガーの特徴に合致していることが解る。

以上のことから、各 FOI の場面において該当トリガーの特徴を脳波のデータから確認でき、リズムゲームにおけるトリガーの分類が正当であることを実証した。

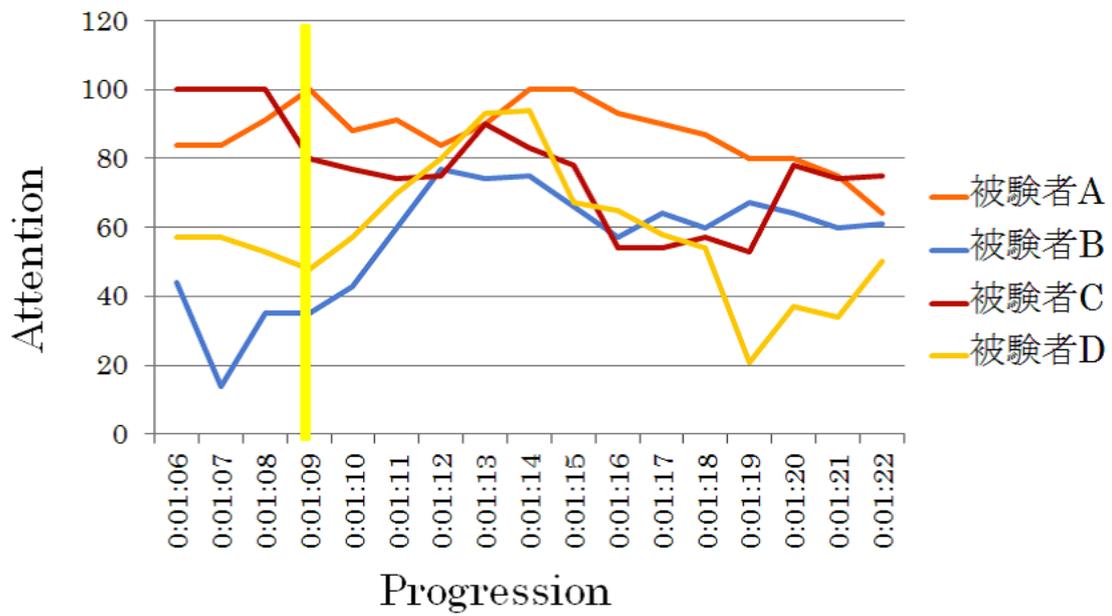


図 5.7: FOI-3 に該当する場面での被験者の脳波の遷移

従って、リズムゲームにおけるプレイヤー体験を形式化することができた。

## 第 6 章

### まとめ

本研究では、リズムゲームにおいて脳波の測定データからプレイヤーの興味度が上昇する要因を分析し、分析結果から得た FOI を Chan が定義したトリガーで分類することができた。従って、本研究の目的である Chan の手法の汎用性の拡大を達成した。今後、本研究の結果を利用することで、リズムゲームにおける interest curve を利用した具体的なレベルデザイン手法の提案や、デザイナー間でのリズムゲームにおけるプレイヤー体験の知識の共有が期待できる。

また、今回はリズムゲームの専用入力デバイスを利用することの影響を考慮していない。今後、これらの影響を考慮したプレイヤー体験の形式化が出来れば、更にリズムゲームのプレイヤー体験に対する理解を深めることが可能だろう。

# 謝辞

本研究を執筆するにあたり、本研究を進める上で多大なるご指導を頂きました渡辺大地講師、及び三上浩司講師に心より感謝いたします。また実験設備をお貸し下さったコンテンツプロデュースプロジェクトのメンバーの方にも深く御礼申し上げます。最後に、助言や実験に協力していただいたゲームサイエンスプロジェクトのメンバーの方にも感謝いたします。皆様の協力で何とかここまで研究を進めることができました。大変有難うございました。

## 参考文献

- [1] Edward Byrne. *Game Level Design*. Game Development Series. Charles River Media, 2005.
- [2] Kenneth Hullett and Jim Whitehead. Design patterns in fps levels. In *Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games*, FDG '10, pp. 78–85, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [3] Hunicke Robin, Leblanc Marc, and Zubek Robert. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. 2004.
- [4] Michael Booth. The ai systems of left 4 dead. <http://www.valvesoftware.com/publications.html>, 2009. Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
- [5] John Feil and Marc Scattergood. *Beginning Game Level Design*. Premier Press Game Development. Course Technology, 2005.
- [6] Jesse Schell. Understanding entertainment: story and gameplay are one. *Comput. Entertain.*, Vol. 3, pp. 6–6, January 2005.
- [7] Kenneth Chan. プレイヤーの脳波に基づく fps ゲームのレベル設計支援. 修士論文, 東京工科大学大学院, 2011.

- [8] 大野功二. サウンドゲームとプロシージャル.  
[http://o-planning.xii.jp/IGDA/CEDEC2009/CEDEC2009\\_PG1060.pdf](http://o-planning.xii.jp/IGDA/CEDEC2009/CEDEC2009_PG1060.pdf).  
CEDEC2009 講演資料.
- [9] Sony Computer Entertainment Inc. パラッパラッパー, 1996. Video Game.
- [10] Ltd. Konami Digital Entertainment Co. beatmania シリーズ, 1997-2011.  
Video Game.
- [11] NAMCO BANDAI Games Inc. 太鼓の達人シリーズ, 2001-2011. Video Game.
- [12] SEGA Corporation. Rez, 2001. Video Game.
- [13] Q Entertainment Inc. ルミネス, 2004. Video Game.
- [14] Sony Computer Entertainment Inc. ビブリアン, 1999. Video Game.
- [15] Martin Pichlmair and Fares Kayali. Levels of sound: On the principles of interactivity in music video games. In Baba Akira, editor, *Situated Play: Proceedings of the 2007 Digital Games Research Association Conference*, pp. 424–430, Tokyo, September 2007. The University of Tokyo.
- [16] SEGA Corporation. 初音ミク -project diva-シリーズ, 2009-2011. Video Game.
- [17] 市川忠彦. 脳波の旅への誘い-楽しく学べるわかりやすい脳波入門. 星和書店, 1993.
- [18] NeuroSky Inc. Mindset.  
<http://www.neurosky.com/>. EEG device.
- [19] NeuroSky Inc. Mindset 取り扱い説明書.  
[http://developer.neurosky.com/docs/lib/exe/fetch.php?media=mindset\\_instruction\\_manual\\_jp.pdf](http://developer.neurosky.com/docs/lib/exe/fetch.php?media=mindset_instruction_manual_jp.pdf).

- [20] 石桁正士, 吉川博史, 中村幸博, 秋尾保子. 講義に対する興味度・集中度の調査. テレビジョン学会技術報告, Vol. 9, No. 34, pp. 23–28, 1985-12.
- [21] NeuroSky Inc. Neurosky's esense meters and detection of mental state. <http://www.neurosky.com/Documents/Document.pdf?DocumentID=1809fde40-0fa6-4ab6-b7ad-2ec27027e4e>, 2009. EEG device.