

令和 7 年 6 月 24 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020 ~ 2024

課題番号：20K12516

研究課題名 (和文) 生体情報を活用した高次元感情マップによる動的なゲームのレベルデザイン

研究課題名 (英文) Dynamic Design of a Game Level Using Higher-Dimensional Emotional Maps Using Biological Information

研究代表者

三上 浩司 (Mikami, Koji)

東京工科大学・メディア学部・教授

研究者番号：10386782

交付決定額 (研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000 円

研究成果の概要 (和文)：本研究では、プレイヤーの感情を測定する手法として「音声」「心拍数」「表情」を実験的に選択し、試作版コンテンツに実装して評価実験を行った。既存ゲームにおけるメタAIの事例から、プレイヤーの感情がPositiveかNegativeか判定を行い、個々のゲームに適したパラメータを調整していくことが分かった。そこで、本研究では生体情報を基に感情を推定し、ステージ形状の変更や敵の数量調整、AIのふるまい変更などを行った。研究はシューティングゲーム、ノベルゲーム、FPS、ポーカーで実施し良好な結果を得た。プレイヤーは感情に基づく調整を好意的に受け止め、ゲームの面白さの評価も変わらないことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、様々な生体情報やゲームのログを基にプレイヤーの感情を推察し、よりプレイヤーを楽しませるためにゲームに反映させる仕組みを提案した。単にプレイヤーに適切な難易度を提供するだけでなく、平静を保つことでプレイが有利に進んだり、あえて相手プレイヤーをだますような感情や状況の活用の提案には新規性があり、発表した学会においても多くの議論ができた。

2025年現在では、生成AIの発展などを背景に、プレイヤー個々に動的にカスタマイズさせプレイヤーを楽しませようとする取り組みの重要性が指摘され始めた。本研究はそうした機能実現のための土台になり得ると考えられる。

研究成果の概要 (英文)：In this study, we experimentally selected voice, heart rate, and facial expressions as modalities for measuring player emotions. These modalities were implemented into prototype game content and evaluated through empirical testing. Drawing on examples of meta-AI applications in existing games, we observed that emotional states -classified as either positive or negative- can inform dynamic parameter adjustments tailored to each game. Accordingly, we estimated emotional states using biometric data and applied adaptive modifications such as stage layout changes, enemy quantity adjustments, and alterations in AI behavior. The study was conducted across multiple genres, including shooting games, visual novels, first-person shooters (FPS), and poker, yielding favorable outcomes. Players responded positively to emotion-based adjustments, and their evaluations of game enjoyment remained consistent.

研究分野：ゲームデザイン、コンテンツ制作技術、AIによるコンテンツ制作

キーワード：動的難易度調整 メタAI レベルデザイン ゲームデザイン 生体情報

1. 研究開始当初の背景

ゲーム開発における AI の活用が進み、ゲーム開発者の間でも AI を利用したゲーム開発技術は重点分野として捉えられていた。ゲーム開発において利用される AI は、キャラクターの動作を決定するキャラクター AI、マップ上の経路を決定するナビゲーション AI、ゲーム全体を統括するメタ AI の 3 種類に大別できる。

メタ AI は他のゲームで利用される AI の上位に位置づけられている。また、ゲーム内のプレイログを基にプレイヤーやゲーム内の状況をモニタリングし、敵キャラクターの生成や配置、強さなどをコントロールする役割を担っている。ゲーム内をモニタリングする部分はセンサーなどとも呼ばれ、コントロールする部分はエフェクターとも呼ばれている。

コントロールする部分はキャラクターの配置やマップの構成などを研究するレベルデザインの領域が増えていた。キャラクターモデルや環境モデル、マップなどのゲーム内のオブジェクトや、ゲーム内のイベントなどを自動生成する取り組みもあった。

モニタリングする部分では、生体情報を利用する研究が進められていた。しかし、2020 年の研究開始時、得られた数値を基に、いくつかの用意した設定を読み込むような利用しかされていなかった。これに対し、スクウェアエニックスの技術開発部門に所属する里井らは特定の 2 次元マップの利用に取り組んでいた。生体情報やゲームプレイ中のユーザーのふるまいなどを基にプレイヤーの感情を推定し、エフェクター部と高度に連動しゲームのステージに変化を与えることは挑戦的な課題でもあった。

2. 研究の目的

本研究ではデジタルゲームにおいて利用可能なプレイヤーの感情測定手法を利用し、より高次元な感情をモデル化することを目的とした。さらに、そのモデルを基にゲームのレベルデザインに自動的に変更を加えて、プレイヤーの感情を反映したレベルの生成を実現する手法を開発する。現状は 1 次元や特定の 2 次元で推定されている感情マップのさらなる多次元化や汎用化を目指すことにより、よりプレイヤーを満足させるレベルの動的な生成を可能にする。

本研究の成果は、ゲームのみならず教育やリハビリテーションの分野において、利用者の感情を把握し、適切な課題を与えることで継続性や効率性を高めることにも応用可能であると考える。

3. 研究の方法

研究は次の項目を設定し、様々なゲームジャンルにおいて適切な方法を模索する形で研究、試作を行った

(1) 既存ゲームにおけるメタ AI の分析

既存ゲームの中で、メタ AI を活用していると公開されているゲームがいくつか存在する。これらのゲームのメタ AI について詳細な分析を行い、のちの感情マップ生成のための知見を得た。

(2) プレイヤーの感情推定手法の検討

ゲームをプレイしている最中のプレイヤーの感情を、随時取得するための手法について検討を行った。感情推定のための手法は、ゲーム内のログを利用する方法と、プレイヤーの生体情報を取得する方法とした。

(3) 感情推定のための取得データの絞り込み

プレイヤーの感情を推定できる指標として、プレイ中に取得可能かつメタ AI に反映可能な指標を探った。

(4) 感情マップと感情推定システムの試作

既存ゲームの分析と、心理学分野の分類などを参考に、ゲームプレイヤーの感情マップの設計を行い、実際に得られたデータを基にプレイヤーの感情を推定するシステムを試作した。

(5) 実証実験

実際にプレイヤーにプレイしてもらい、感情に応じた変化の有無について検証した。検証の際には、メタ AI によるゲームの調整に対する気づきがあったかどうかを確認を行った。先行研究では、自動的な難易度の調整に気づいた場合は、プレイヤーのモチベーションが下がるケースも報告されている。そのため、感情に対して合致していたかだけでなく、調整に気付いたかどうかについても調査した。

4. 研究成果

本研究を通じて、プレイヤーの感情を測定する手法として、先行研究などを参考に「プレイヤーのボタンを押下する際の強度」、「プレイヤーの音声」、「プレイヤーの心拍数」、「プレイヤーの表情」を選択し、それぞれの試作版コンテンツに実装を行い、評価実験を行った。

既存ゲームにおけるメタ AI の分析から、実際の調整の際には細かな感情に合わせた調整ではなく、プレイヤーに対し、感情が Positive か Negative かの判定を行い、それぞれのゲームの中で対応する調整項目が変化していることが分かった。そのため、今回取得したプレイヤーの感情

についても、最終的には Positive か Negative かを判定し、そのゲームに適した、自然でユーザーに気づかれにくい調整をすることとした。

感情マップについては、それぞれの感情測定手法により得られる感情や傾向が異なる。上記の手法の中でも、「プレイヤーの音声」、「プレイヤーの表情」については、Plutchic らの研究などを参考にした感情分類の事例がある。本研究では「HSEmotion」を用いて感情を分類し、それらを最終的に Negative/Positive さらには Normal のいずれかを判定し、メタ AI を用いて調整をする手法をとった。調整方法は、ステージの形状を変化させて難易度を調整する方法や、敵の数量などの数値情勢、敵プレイヤーを AI が制御している場合は、その挙動や確率の調整などを行った。

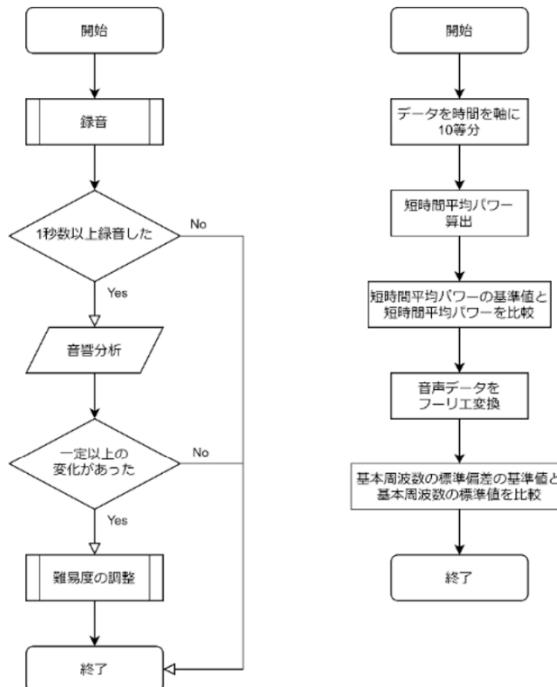
研究は、2D のシューティングゲーム、ノベルゲーム、ファーストパーシヨンシューター (FPS)、カードゲーム (ポーカー) などで実装を行った。実験の結果いずれも良好な結果を得ており、プレイヤーの感情を取得し、ゲームのレベルデザインに反映することが可能であることが分かった。また、プレイヤーはこの調整を概ね好意的に受け止めていることも分かった。

一方当初も懸念した、ゲームによる調整を感じることによって主体感が損なわれる問題についても、研究のディスカッションの中で指摘された。しかし、実証実験の中で調整に気づいた場合に具体的な調整項目を回答してもらう問い合わせについては、正答率がそれほど高くなかった。何か変化を感じていても、具体的にどこが調整されているかは不明である点が明らかになった。また、多くのプレイヤーにとって、調整されていることに気づいていたとしても、試作したゲームに対する面白さは変わらないということも分かった。

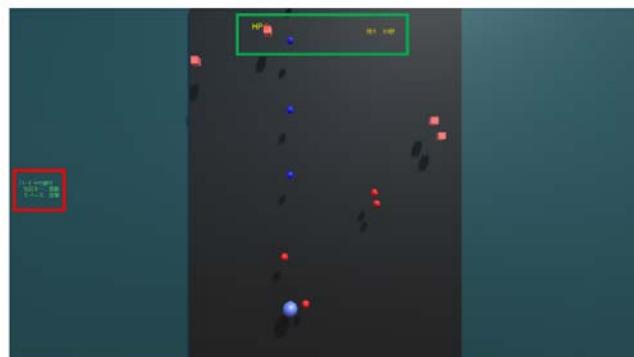
以下に実際に試作実験したコンテンツの例を示す。

(1) 2D シューティングゲームでの実験例

本実験では、プレイヤーのプレイ中の発話からプレイヤーの感情を抽出し、ポジティブ（余裕がある状態）とネガティブ（余裕がない状態）を判別して、動的に難易度を調整した。



プレイ中の発話から感情を抽出する際のフロー（左）と音響信号処理のフロー（右）



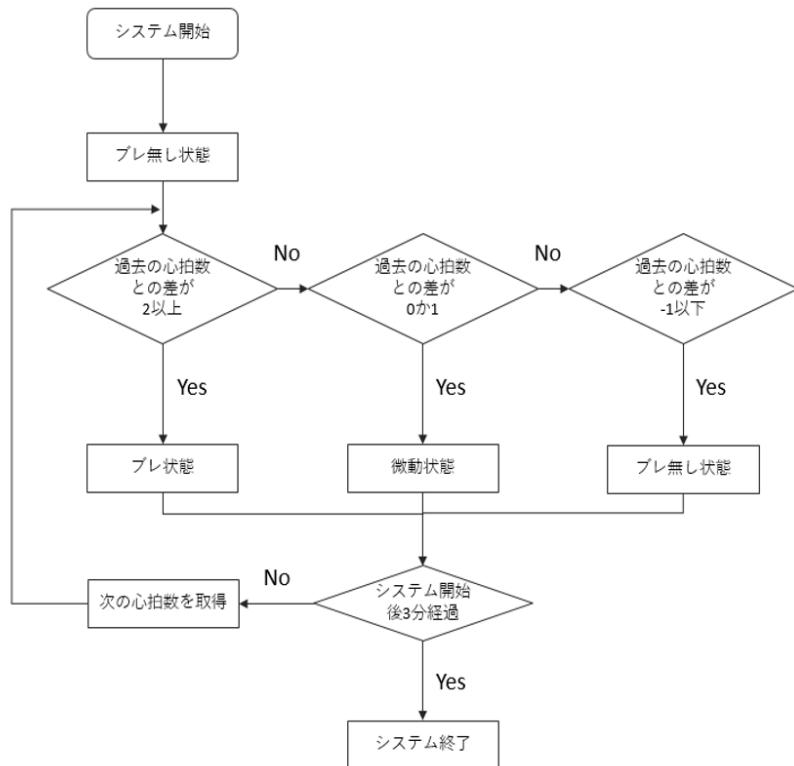
実験のために実装した、感情に応じて動的に難易度を調整する 2D シューティングゲームの例

(2) 心拍数を基にした感情推定と動的な調整の事例

本実験では、プレイヤーの心拍数を計測し、平穏状態にある場合には「照準」が安定し、心拍数が上昇した際に何らかの同様状態があると推定し、「照準」がぶれる視覚効果を与えた。これにより、プレイヤーが平静を保てばゲームが有利に進み、慌てるとペナルティが課されるゲームシステムを実現した。



FPS ゲームに実装した例



心拍計測とゲームシステムへのフィードバックのフロー

(3) ポーカーゲームにおいて感情を推察して AI に反映させる事例

本実験ではプレイ中のプレイヤーの表情から感情を認識し、その感情を HSEmotion により分析した。そして、分析した感情を基に敵 AI のふるまいを変化させた。このシステムをポーカーゲームに実装し、プレイヤーがわざと表情を作り、AI をだますような行為を行えることを目的とした。

画像の撮影

dlibによる顔領域の切り取り

HSEmotionによる表情分析



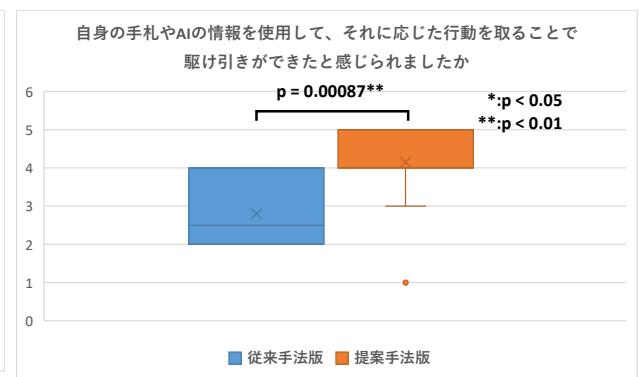
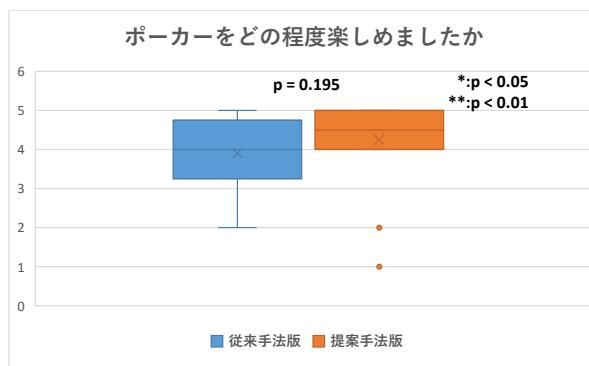
顔画像から表情認識をする例

分析された表情		ポジティブ表情				ネガティブ表情				中立表情	
指示した表情		Contempt	Happiness	Anger	Disgust	Fear	Sadness	Neutral	Surprise	正解率	
ポジティブ表情		9	12	0	1	1	2	4	1	70%	
ネガティブ表情		2	0	0	4	0	10	14	0	47%	

顔認識の精度（ネガティブ表示は中立と受け取られることが多かった）



提案手法を実装したポーカーゲーム



評価結果

(楽しめたかどうかの点では、提案手法のほうが平均は高いものの有意な差はみられない)
 (提案手法のほうが駆け引きを感じられることが分かった)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] 計1件 (うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件)

1. 著者名 Henry FERNANDEZ, Koji MIKAMI, Kunio KONDO	4. 巻 8(1)
2. 論文標題 Pressure Sensitivity Pattern Analysis Using Machine Learning Methods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing	6. 最初と最後の頁 27-34
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.11371/tievc.2020.8.1_27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 西村 韶, 兼松 祥央, 松吉 俊, 三上 浩司
2. 発表標題 プレイヤーの表情に基づき振る舞いを変えるポーカーゲームAI
3. 学会等名 情報処理学会エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木 海斗, 兼松 祥央, 松吉 俊, 三上 浩司
2. 発表標題 高難易度ゲームにおけるプレイヤーに気づかれにくい動的難易度調整手法
3. 学会等名 情報処理学会エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒田まりあ, 兼松祥央, 松吉俊, 安原広和, 三上浩司
2. 発表標題 ゲームにおける音響的特徴認識技術を利用したNPC感情表現
3. 学会等名 日本デジタルゲーム学会夏季研究発表大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西園佳紀, 兼松祥央, 三上浩司
2. 発表標題 心拍数の変動を利用したエイムシステムによるゲームのプレイ体験への影響
3. 学会等名 日本デジタルゲーム学会 第13回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三谷慧, 三上浩司
2. 発表標題 ノベルゲームにおけるテキストマイニングと心拍データを用いた感情推定
3. 学会等名 日本デジタルゲーム学会 第13回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒田まりあ, 兼松祥央, 松吉俊, 安原広和, 三上浩司
2. 発表標題 ゲームにおける音響的特徴認識技術を利用したゲーム内NPC反応の研究
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Romane Rakotovao, Hirokazu Yasuhara, Yoshihisa Kanematsu and Koji Mikami
2. 発表標題 Procedural Rhetoric to Challenge Emotional Intelligence and Encourage Empathy and Compassion
3. 学会等名 NICOGRAPH 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田和明, 兼松祥央, 茂木龍太, 三上浩司
2. 発表標題 プレイヤーのリアクションの音響的特徴量に基づく動的難易度調整
3. 学会等名 情報処理学会EC2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚 正樹, 兼松 祥央, 茂木 龍太, 三上 浩司
2. 発表標題 音声感情解析AIを用いた芝居における感情表現の自主稽古支援
3. 学会等名 NICOGRAPH2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田和明, 兼松祥央, 茂木龍太, 三上浩司
2. 発表標題 プレイヤーの音声リアクションに基づく動的難易度調整のための音響的特徴量抽出と解析
3. 学会等名 日本デジタルゲーム学会 第11回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木海斗, 栗原渉, 松吉俊, 兼松祥央, 安原広和, 三上浩司
2. 発表標題 高難易度アクションゲームにおけるプレイヤーに気づかれにくい動的難易度調整手法
3. 学会等名 日本デジタルゲーム学会夏季研究発表大会
4. 発表年 2024年

1 . 発表者名 西村響, 栗原渉, 兼松祥央, 松吉俊, 安原広和, 三上浩司
2 . 発表標題 ポーカーゲームAIにおける表情による駆け引きの実装
3 . 学会等名 日本デジタルゲーム学会夏季研究発表大会
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 越栄直希, 栗原渉, 兼松祥央, 松吉俊, 安原広和, 三上浩司
2 . 発表標題 協力型マルチプレイゲームにおける上級者が不満を感じにくい初級者支援手法の調査
3 . 学会等名 情報処理学会第38回DCC研究会
4 . 発表年 2025年

1 . 発表者名 中島来輝, 栗原渉, 兼松祥央, 三上浩司
2 . 発表標題 マルチプレイヤーによる駆け引き要素を含む落ち物パズルゲームの自動生成
3 . 学会等名 日本デジタルゲーム学会年次大会
4 . 発表年 2025年

1 . 発表者名 田野井匠, 栗原渉, 兼松祥央, 三上浩司
2 . 発表標題 ピッグファイブ理論の性格特性に基づく学習モデルを用いたNPC行動のリアルタイム制御
3 . 学会等名 日本デジタルゲーム学会年次大会
4 . 発表年 2025年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

mkmlab Koji Mikami Research Lab.
<http://mkmlab.net/>
東京工科大学教員業績
<https://gsdatabase.teu.ac.jp/teuhp/KgApp?kyoinId=yndggkynggo>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関