

ゲーム学会第 20 回合同研究会 「ゲームと教育」研究部会 研究報告

Game Amusement Society Research Report

Vol.20, No.1 (September, 2022)

Game and Education Research Division Workshop

2021-GE-1 (February, 2022), 2022-GE-1 (July, 2022)

Game Amusement Society
20th Joint Research Conference
Kagawa University (Online)
September 10, 2022

Game Amusement Society
Game and Education Research Division Workshop
Kagawa University (Online)
February 7, 2022 (2021-GE-1)
July 29, 2022 (2022-GE-1)

ゲーム学会第 20 回合同研究会

開催日：2022 年 9 月 10 日（土）

会 場：香川大学（オンライン開催）

目 次

【口頭発表】

1. 香りのする方向へ昆虫が進んでいくゲームへの検討
--- プレイヤーを球体から昆虫へ置き換えてアニメーションを実装 ---
大森典子，大貫光一，瀬田陽平，坂内祐一，服部元史（神奈川工科大学） …… 1
2. 模倣学習エージェントの性能評価について
植野雅之，高見友幸（大阪電気通信大学） …… 9
3. ファンタジー世界における魔法現象を対象とする教育実践の設計
林敏浩（香川大学），木子香（大阪電気通信大学），福井昌則（徳島大学） …… 11
4. 大学生のゲーム利用動機とガチャ課金動機の関連性に関する検討
福井昌則（徳島大学），大立博昭（鳥取大学），黒田昌克（神戸女子大学） …… 13
5. Python 競技プログラミングサイトの開発 ～レーシングゲーム方式の導入～
松本貴裕（大阪電気通信大学），福井昌則（徳島大学），
高見友幸（大阪電気通信大学） …… 17
6. 色葉字類抄から類推できる小将棋の駒種
高見友幸（大阪電気通信大学） …… 19
7. アローの定理に関する代数的考察
高橋正，下西章弘，田中一義（甲南大学） …… 21

香りのする方向へ昆虫が進んでいくゲームへの検討

--- プレイヤーを球体から昆虫へ置き換えてアニメーションを実装 ---

A trial to the games in which an insect search fruits by their scent

大森典子、大貫光一、瀬田陽平、坂内祐一、服部元史

(神奈川工科大学 情報メディア学科)

Noriko OMORI, Koichi ONUKI,

Yohei SETA, Yuichi BANNAI, and Motofumi HATTORI

(Kanagawa Institute of Technology, Dept of Information Media)

要約：様々な香りの気体(芳香気体)を空気流でユーザー(人間)の鼻まで輸送することで香り情報を提示する「嗅覚ディスプレイ」を、著者達は研究開発し続けている。Microsoft Visual C#で開発した嗅覚ディスプレイを駆動するProgramをDynamic Link Library (DLL)へ整備し直すことで、ゲーム開発エンジンUnityから嗅覚Displayを駆動することに成功した。応用として、香りと3DCGを同期し、迷路の中の果物を探索する昆虫ゲームを試作した。3DCGソフトBlenderで昆虫のモデルと昆虫のモーションを制作し、プレイヤーを球体から昆虫へ置き換えてアニメーションを実装した。

キーワード：ゲーム, Unity, Blender, Virtual Reality, 嗅覚ディスプレイ

1. はじめに

Display, Speaker, Sensor, Actuatorなどのハードウェアを駆使しながら、人間の五感へ情報を提示して行くVirtual Reality (VR)の研究において、視覚VRや聴覚VRに関する研究開発は、「一個人が購入できる低価格でHead Mounted Displayが商品化される」ような大衆化の成果を上げている。それに対して嗅覚VRの研究はまだ発展途上である。そこで、様々な種類の香りを提示できるVRデバイスとして「嗅覚Display」を筆者達の研究室で研究開発を続けている[1][2][3][4]。

Microsoft Visual C#で開発した嗅覚Displayを駆動するProgramをDynamic Link Library (DLL)へ整備し直すことで、Unity側で必要な設定を行い、ゲーム開発エンジンUnityから嗅覚Displayを駆動することに成功した。応用として、香りと3DCGを同期させ、迷路の中の果物を探索する昆虫

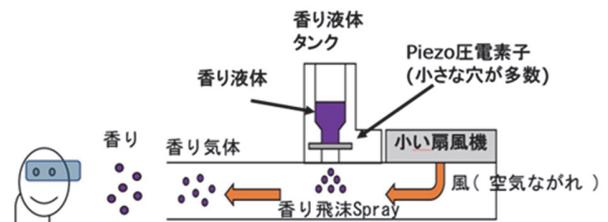


図1 嗅覚Displayの構造



図2 嗅覚Displayの実例

ゲームを試作した。試作の初期段階ではプレイヤーは球体で、「ユーザが球体(プレイヤー)を転がして、迷路のステージに配置されている果物をめざしていく」という内容だった。本論文のタイトル「香りのする方向へ昆虫が進んでいくゲームへの検討」とあるようにプレイヤーを昆虫にする必要があったため、我々は3DCGソフトBlenderで昆虫をモデリングし、いくつかのモーションを作成した。作成した昆虫モデルをUnityに取り込み、C#でモーションを制御することで昆虫のアニメーションも実装した。

2. 嗅覚ディスプレイの原理

筆者達の研究室は、様々な種類の香りを提示する嗅覚Displayを長年に渡って制作しながら改良を続けている[1][2][3][4]。嗅覚Displayの構造を図1に示し、嗅覚Displayの一例を図2に示す。図1のように、香り液体タンクから芳香飛沫Sprayを噴霧する質量や時間をPCから制御している。噴霧された香り飛沫SprayはPC Fan(小型扇風機)からの風(空気ながれ)によって気化され芳香気体と成って、人間の鼻元まで輸送される。

3. 空気ながれPC FanをArduino回路で制御

空気の流れを引き起こすためのPC Fanが図1の右側に存在するように(図2の右上に黒いPC Fanが存在するように)PC Fanが起こす空気の流れによって芳香気体を人間の鼻元まで輸送する。このような空気の流れが生じている時間帯を制御するために、そして、空気の流れの速度(空気の流速)も制御するために、図3左のようなArduino回路を用いている。図2の嗅覚Displayに対しては、Arduino UNO R3を使用している。breadboardとjumper cable wireを使用する事で、半田付けを未経験の情報系の大学生でもArduino回路を組み立てている。PC FanをArduino回路から駆動するプログラミング環境としてIDEを使用している。

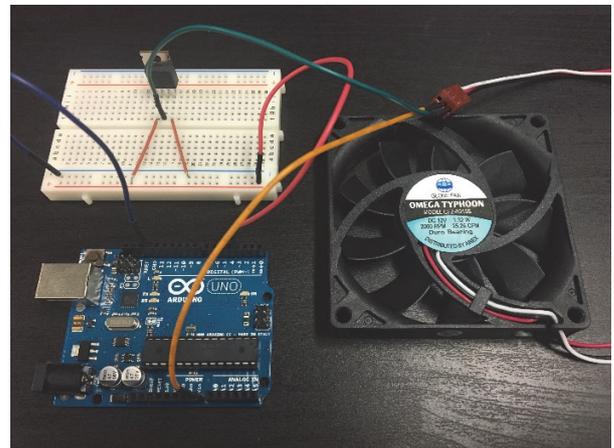


図3 Arduino回路(左)と空気ながれFan

4. 香料Tankから芳香気体を気化させる

図1の真ん中上方に描かれている香料Tankから香料を噴霧・滴下させる事によって香料を空気流に衝突させ、気化した香料(芳香気体)を空気流で人間の鼻元まで輸送する。

図2写真の嗅覚Displayの真ん中の上法に3つ並んでいる透明な部品が、3つの香料Tankである。図4 嗅覚Displayを部品に解体した写真において、一番左の上方に存在している3つの透明な部品が3つの香料Tankである。香料Tank1個の写真を図5に掲載する。図2

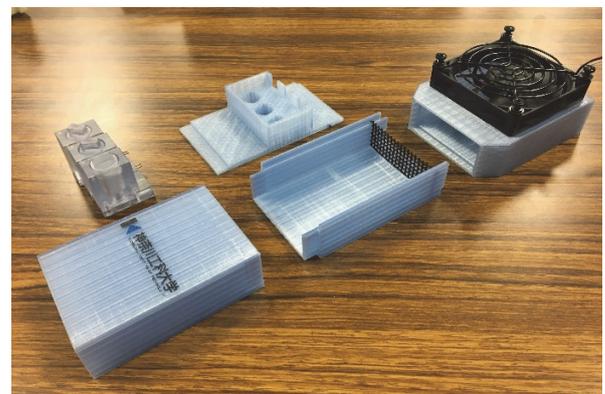


図4 嗅覚Displayを部品に解体した様子

や図4の嗅覚 Display には3種類の香料を搭載できるので、3種類の香りをそれぞれの香料 Tank から切り替えて提示できる。

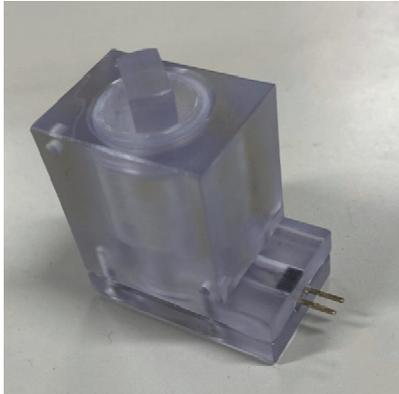


図5 1個の香料 Tank

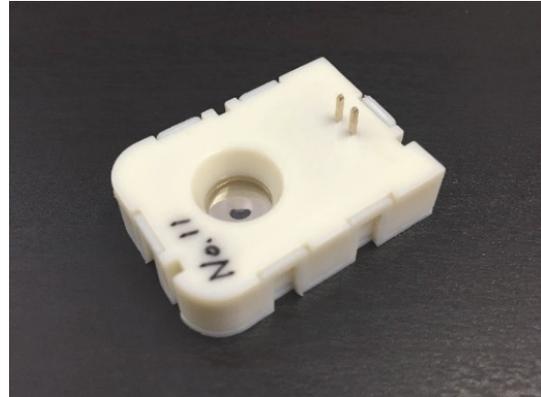


図6 Piezo 圧電素子 Cartridge (香料 Tank 下方に搭載)

図5に写真を掲載している香料 Tank の下方には、図6のような Piezo 圧電素子 Cartridge が搭載されている。定められた時間帯だけ 定められた強さの電圧を Piezo 圧電素子に加えることで、その時間帯だけ その大きさの量だけ 香料 Tank から香料を 噴霧・滴下することができる。

Piezo 圧電素子に電圧を加える制御 Program を、Microsoft Visual C#によって Dynamic Link Library (DLL)として開発し直し、3DCG ゲーム開発エンジン Unity から制御できるようにした。この仕組みによって、それぞれの香りに同期させた 3DCG 描画を Head Mounted Display を通じて 人間の目に見せるような「嗅覚への情報と視覚への情報を同期して提示する Unity コンテンツ」開発が可能になった。Head Mounted Display を人間の目に搭載し 嗅覚 Display を人間の鼻元に搭載した状態で、Graphics 情報と香り情報とを同期させながら提示して行く Unity コンテンツ開発は、新世代のゲーム・映画・アニメを創作する技術として有望である(図7)。



図7 嗅覚 Display を鼻へ HMD を眼へ

5. 迷路の中の果物を探索する昆虫ゲーム

Head Mounted Display を人間の目に搭載し 嗅覚 Display を人間の鼻元に搭載した状態で、3DCG と香り情報とを同期させながら提示して行く Unity コンテンツを開発する試みとして、香りを駆使する 3DCG ゲームを試作した。試作したゲームは、Unity の 3DCG 空間の中に迷路を構築し、2種類の果物(バナナとレモン)を迷路の中の数カ所に配置している(図8, 図9)。

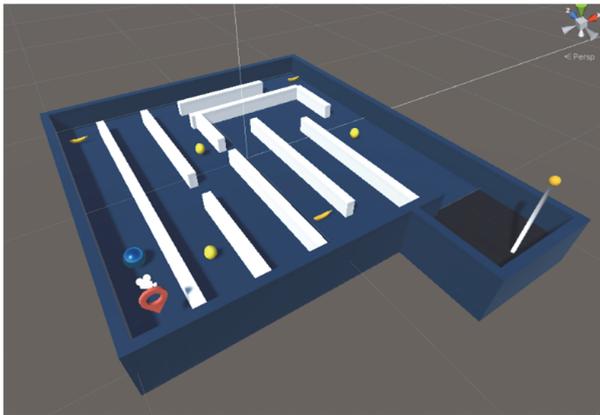


図8 複数の果物を迷路の中に配置する



図9 複数の果物を迷路の中に配置する

この迷路の中を歩き回る昆虫に成りきって、Game Player は一人称視点で 迷路の中を、果物を求めて探索して行く(図 10, 図 11)。Game Player たる昆虫を、図 10 のような黒い球で現時点では表現しているが、昆虫の 3DCG model に置き換えるべく 3DCG ソフト Blender で制作を進めているところである。昆虫がバナナに辿り着ければ バナナの香りが提供され、昆虫がレモンに到達すれば レモンの香りが提供されるように、嗅覚 Display を Unity から駆動している(図 12, 図 13)。

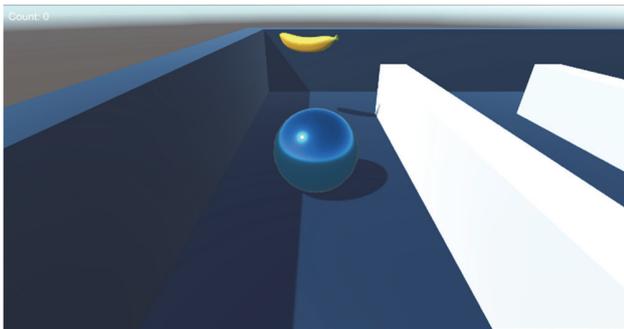


図 10 果物を求めて昆虫を操作する

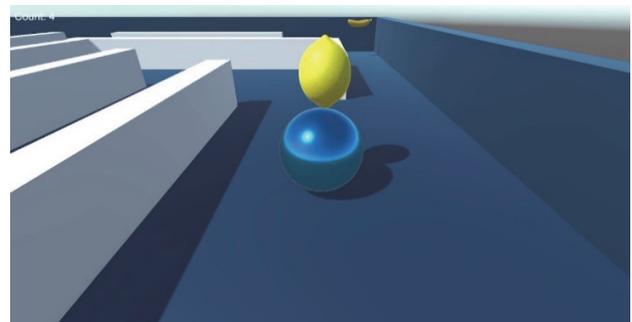


図 11 果物を求めて昆虫を操作する

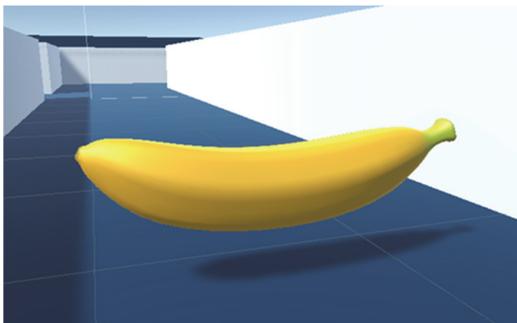


図 12 バナナに到達すると バナナの香りがする

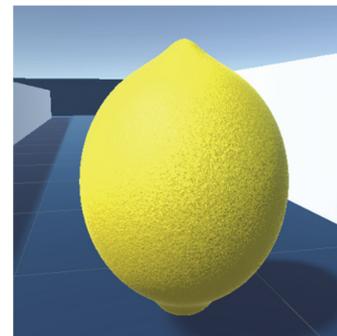


図 13 レモンに到達すると レモンの香りがする

球体がバナナに接触するとバナナの香料が射出され、レモンに接触するとレモンの香料が射出される。つまり、オブジェクト(果実)に接触したときだけその香りが射出されるようになっている。

6. プレイヤーを球体から昆虫へ置き換える

しかし、タイトルにもあるように昆虫が香りの方向へ進んでいくゲームを目指していくとあるのでプレイヤーを球体から昆虫にお置き換えて、アニメーションを実装する必要がある。そこで、3DCG ソフト Blender を使い、昆虫をモデリングした(図 14、図 15、図 16)。

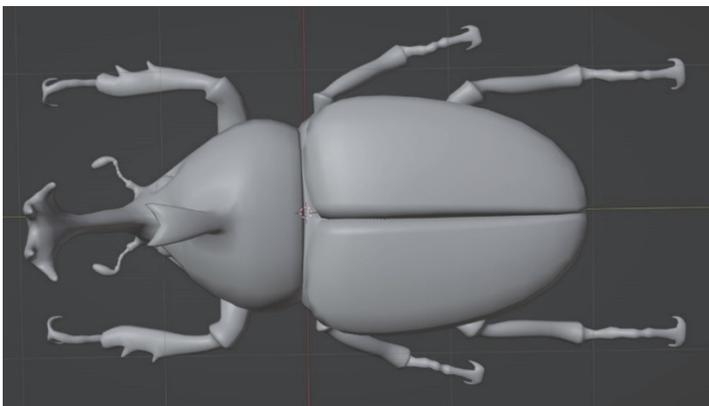


図 14 Blender で作成したモデル 真上から

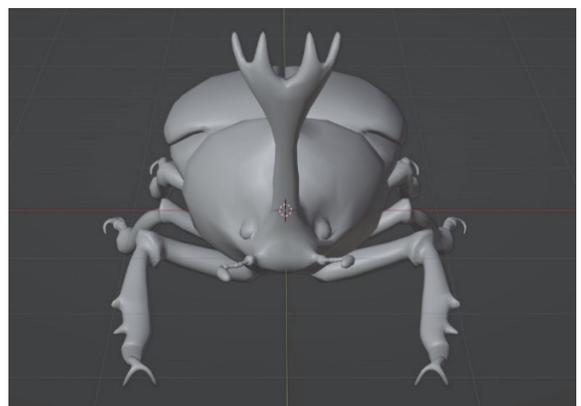


図 15 Blender で作成したモデル 正面から

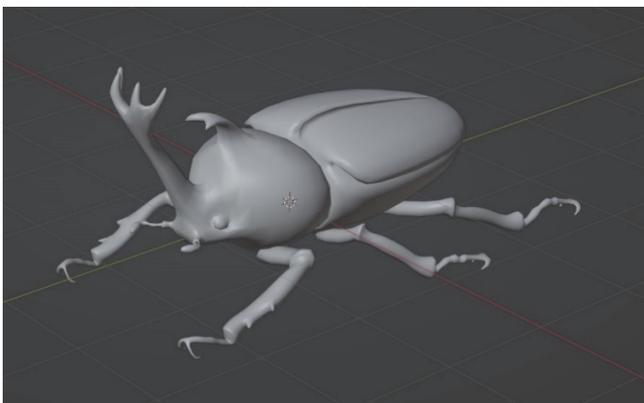


図 16 Blender で作成したモデル 斜め横から

足やかぎ爪は図 17 の画像を参考に作りこんだ。



図 17 モデルとなった昆虫の画像

モデリングにあたっては [5] Wikipedia “Japanese rhinoceros beetle” に掲載されている写真を参照した。モデリングした昆虫にボーンを埋め込み、キーフレームを打ちながら、静止状態のモーシオンと歩行モーシオンを作成した。

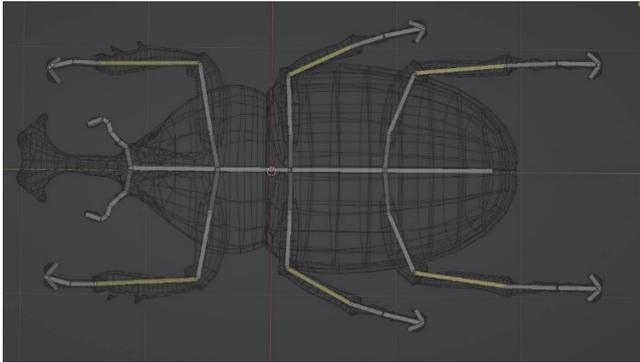


図 18 昆虫モデルにボーンを埋め込んだ

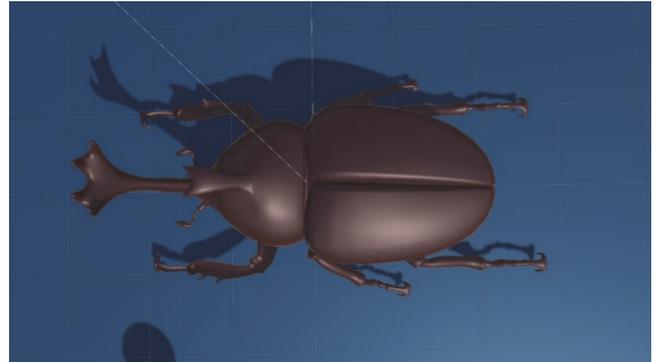


図 19 茶色の Material を作成してアタッチ

静止状態のモーション、歩行モーションの状態を追加して、アニメーションを実装するため AnimatorController を作成して、状態遷移を管理した(図 20)。

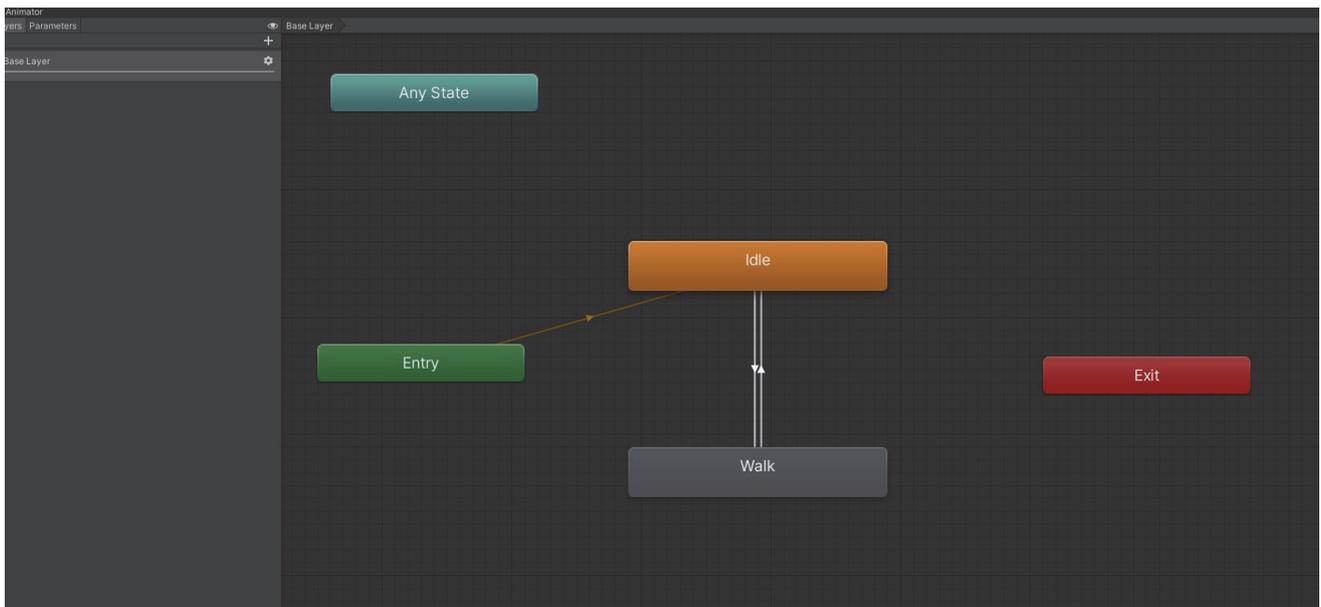


図 20 AnimatorController を作成して、状態遷移を管理している

AnimatorController で状態遷移を管理した後、C#でモーションが切り替わるタイミングを制御した。Idle には静止状態のモーションを、Walk には歩行モーションをアタッチし、Idle と Walk をそれぞれ矢印で結んで、遷移関係を作った。ゲーム開始時には Entry から入り、Idle に遷移して静止状態になる。移動方法は上下左右の矢印キーで、上下は 1 ~ (-1)、左右は (-1) ~ 1 の値を取る。上下で前後ろに、左右で左右に進んでいく。また、上下左右の矢印キーが入力されたとき Walk に遷移、つまり歩行モーションに移る。

Unity に昆虫のモデルを図 21 のように取り込んで、上下左右の矢印キーでモーションを制御し、図 21、図 22、図 23 のようにステージ内を移動できるようになったことで、昆虫(プレイヤー)が迷路の中の果物を自由に探索することができるようになった。昆虫が果物に接触すると、接触した果物の香料が香料タンクから射出される。

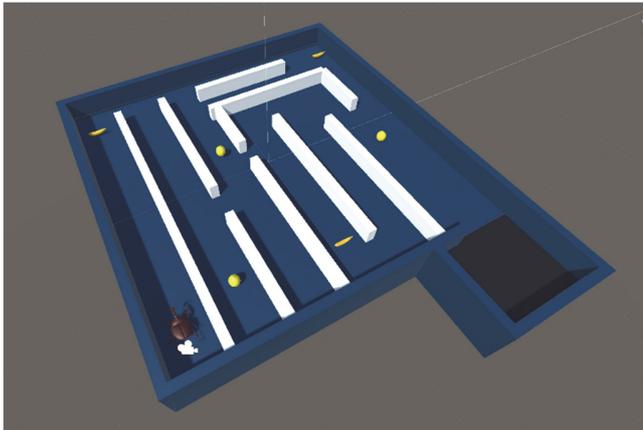


図 21 昆虫を迷路に配置



図 22 昆虫が迷路の中を移動

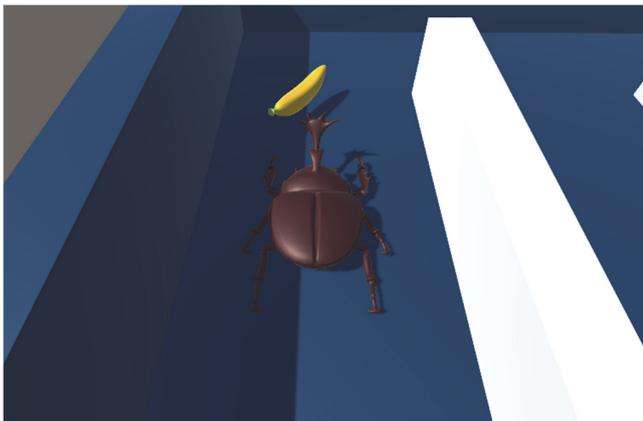


図 23 昆虫がバナナを取得

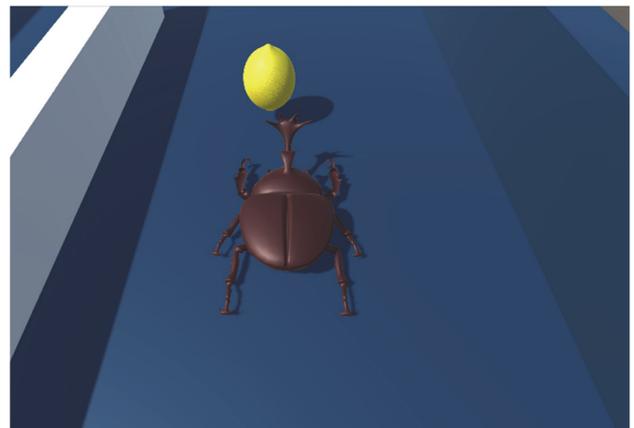


図 24 昆虫がレモンを取得

7. 現状での結論

香りのする方向へ昆虫が進んでいくゲームを作成する上で、プレイヤーを昆虫にする必要があったため、昆虫モデルを作成して、静止状態のモーションと、歩行状態のモーションを作成して、Unity に取り込み、C#でモーションの切り替えを制御することで、アニメーションを実装した。またプレイヤーである昆虫は上下左右の矢印で自由に移動できるようになったため、昆虫が迷路の中を探索して、オブジェクト(果物)に接触したときに香料タンクから香料が射出されるシステムを実装することができた。よって嗅覚と3DCGを同期させた初期段階の試作ゲームである迷路の中の果物を探索する昆虫ゲームが出来上がった。

8. 今後の課題

・昆虫の 3D モデルについて

昆虫の歩行モーションは動きが硬く足が上がっていないため、どこか弱々しく見えてしまうので、足のボーンの数を増やして、昆虫が元気に歩いている様子を表現する。また待機モーション中の触覚の動きがキビキビしすぎているので、歩行モーション移行時と同じように触覚の動きを控えめにする。

・嗅覚ディスプレイについて

1. 昆虫とオブジェクト(果物)の距離に応じて、香料の射出レベルを変化させていく。
2. 提示する香りの香料を作成して、実際に香料タンクから香りを感じられるようにする。
3. 射出レベルを決めるため、基準となる検知閾値を香料ごとに実験で求める。

謝辞

「嗅覚 Display 本体を制作する設計」において「嗅覚 Display を駆動する Program 開発」において、修士論文・卒業研究に従事された中村重明氏と大島鳳竜氏に深謝いたします。

参考文献

- [1] 瀬田陽平, 森直澄, 牧野光則, 坂内祐一, 服部元史:「液滴噴霧型嗅覚ディスプレイにおける流路内格子の整流効果の比較」, 情報処理学会 第 84 回 全国大会 予稿集, 一般セッション 2F-05 インタラクシオン. 2022 年 3 月 3 日 (木) 12:40-15:10
- [2] 瀬田陽平, 牧野光則, 坂内祐一, 服部元史:「流体挙動を考慮した圧電素子型嗅覚ディスプレイ流路構造の提案」, 日本 VR 学会 第 28 回 香り・味と生体情報 研究会 予稿集, 2022 年 3 月 1 日 (火)
- [3] 瀬田陽平, 牧野光則, 坂内祐一, 服部元史:「粒子法シミュレーションによる 嗅覚ディスプレイ性能評価のための芳香気体挙動の可視化」
ゲーム学会 和文論文誌 第 14 巻 第 1 号 pp. 7-12 2020 年 12 月
- [4] Yohei Seta, Mitsunori Makino, Yuichi Bannai, Motofumi Hattori: “Gas Flow Simulations for Olfactory Displays to Synchronize Videos”, Proceedings of 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020) October 13-16 2020
- [5] “Japanese rhinoceros beetle”. Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_rhinoceros_beetle (最終閲覧日 2022 年 8 月 27 日)

模倣学習エージェントの性能評価について

The Performance Evaluation of Imitation Learning Agents

植野 雅之^{*1}, 高見 友幸^{*1}

UENO Masayuki^{*1}, TAKAMI Tomoyuki^{*1}

^{*1}大阪電気通信大学 総合情報学部

^{*1} Osaka Electro Communication University, Faculty of Informatics

Email: ueno@osakac.ac.jp

あらまし: 人間の学習者がある状況のとき, どのような振る舞いをするかを機械学習させることができれば, それを用いて人間に似た振る舞いをするエージェントとして利用することが可能である. このような模倣学習エージェントは, 様々な教育的な利用が考えられる. さらに模倣学習エージェントが学習した構築できた段階で, 模倣学習エージェントが持つ戦略がどうなっているかを抽出できれば, 様々な支援機能を構築することが可能になると考えられる. このような模倣学習エージェントの性能評価について述べる.

キーワード: 模倣学習エージェント, 論理的ボードゲーム, ゲーム戦略学習, XAI, 説明可能な AI

1. 序

本研究の構想としては, 機械学習を用いて, 人間の学習者の振る舞いを模倣する能力を持つ教育エージェント「模倣学習エージェント」(図1)を構築し, 学習者にとって自分を振り返る教育的な意味での一種の「鏡」として機能させることである. また, 機械学習により構築することにより, 様々な支援が可能になる可能性がある. 相手が必要な学習, 例えば, 討論, 外国語会話, スポーツなどの対戦, ボードゲームなどの対局, 教師教育などの学習においては, このような教育エージェントを用意することで, 体験的・対話的な学習に用いることができる.

本研究では, 将棋・リバーシなどの論理的ボードゲームの戦術・戦略的スキルの学習を扱う.

2. 棋譜からの学習による模倣学習エージェントの構築

強化学習では, ①ある環境内に学習するエージェントが存在する. ②環境は状態を持ち, エージェントが正確に観測できる. ③エージェントは環境に対して

して何らかの行動を取ることができる. ④行動の結果として, 環境の状態は変化し, エージェントは報酬を受け取る場合がある. といったモデルを想定し, エージェントにとっての報酬を最大化するという目的の中で学習を定義するものである. すなわち, 強化学習は報酬関数と方策から最適な行動を得るための学習をおこなうものと解釈することができる. 対象者の行動から報酬関数と方策を導き出す模倣学習は, 逆強化学習と解釈される. 逆強化学習の手法としては, Deep IRL, Guided Cost Learning, AIRL, GAILなどが知られている.

例えば, GAILでは, 通常のGANと同様に生成ネットワークと判別ネットワークの2つのニューラルネットワークを用いる(図2). 生成ネットワークは現在の状態を入力された場合の行動の確率分布を出力する. 判別ネットワークは現在の状態と行動のペアを入力し, そのペアが学習するサンプルである確率を出力する. 学習時には, 判別ネットワークはサンプルされた状態と行動のペアが学習サンプルであるか, 生成ネットワークが生成したものかを見分けるようにパラメータを更新し, 生成ネットワークは判別ネットワークの出力をその状態と出力した行動に対する報酬として受け取り, 通常の強化学習の要領で学習をおこなう. すなわち, 判別ネットワーク

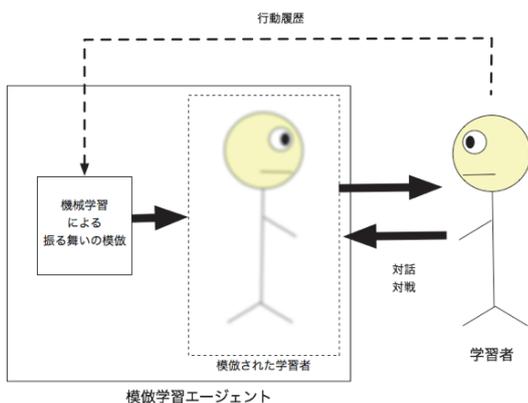


図1 模倣学習エージェント

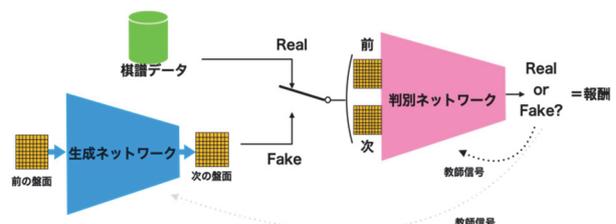


図2 GAILによる模倣学習

が出力した「学習サンプルに近い確率」が高い行動に対しては得られる報酬が高く、そうでない行動に対しては得られる報酬が低いものとして学習をおこなうことで、生成ネットワークはより判別ネットワークが騙されやすい方策を学習することになる。

3. 説明可能な AI の説明による支援

これまで模倣学習エージェントをベースにした様々な支援方法を提案してきたが、模倣学習エージェントが学習した内容に対して説明可能な AI を適用することで非常に効果的な支援を行える可能性がある。例えば、ある盤面状況に対して、ある手を指す場合、その局所説明を用いることで盤面のどの部分を気にしてその手を打ったのかなどを示すことが可能となる。もちろん、模倣学習が適切におこなわれているという仮定があるが、図 3 のように盤面のどの部分に回答したかということを示すことができれば、他者から得た模倣学習エージェントとの比較なども非常におこないやすくなる。

また、判断ルールによる説明をおこなうことができれば、自分自身の判断ルールを見ることができることになり、戦略の学習の意味では非常に興味深い。もちろん、人間の模倣学習エージェントだけでなく、学習済みの従来の AI などに対しても適用することも手法によっては可能であるので、その戦略などを分析することもこの技術を用いることによって可能となると思われる。

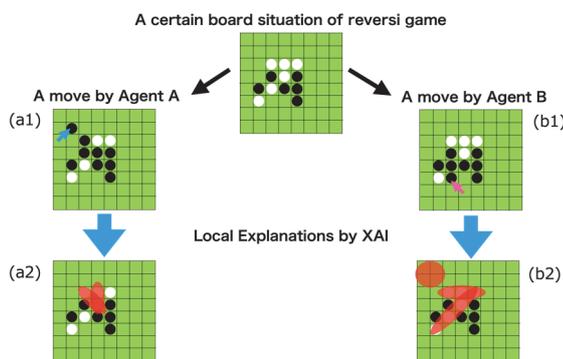


図 1 視点の可視化

4. 模倣学習エージェントの性能評価

本プロジェクトにおける模倣学習エージェントでは学習対象は戦略という抽象的なものであるため、性能評価は一筋縄におこなうことができない。ターン制のゲームでは先手・後手の問題もあるが、単純には自己対戦をおこなったときにほぼ互角となり、勝率が 0.5 に近づくなれば、模倣は大体うまくいっていると言える。但し、これでは模倣した人間の戦略は対戦によって繰り返すことになるので、必ずしも性能評価として良い評価法とは言えない。そこで複数の戦略アルゴリズムとの比較により、性能評価をおこなうことが考えられる。アルゴリズム A, B, 被験者 H で相互に対戦した場合にその強さ S が、

$$S(A) > S(H) > S(B)$$

の関係にある場合、被験者 H から得た模倣学習エージェント H' は模倣学習がうまくいっていれば、

$$S(A) > S(H') > S(B)$$

の関係となるはずである。この仮定のもとに戦略アルゴリズムとの比較によってもある程度の性能評価をおこなうことができると考えられる。また、オセロなどのゲームでは、評点も得られるので、勝ち方・負け方の点で取得コマ数も評価の一手段とすることができる。

5. 結論と展望

模倣学習エージェントの実装に至る過程でその性能評価をどのようにおこなうかが問題となってきた。本プロジェクトでは学習対象が「戦略」という抽象的なものであるため、評価の方法は必ずしも確定したものがない。今回の性能評価方法はその戦略の中身に踏み込まない、かなり大雑把なやり方であると言わざるを得ないが、最初に考える性能評価としては妥当であると考えている。戦略の中身に踏み込んだ評価としては、ゲームに依存した戦略の分析が考えられる。例えば、オセロでは「開放性」といった指標で分析することが可能とされており、今後、検討していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K12260 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) Jonathan Ho and Stefano Ermon: Generative Adversarial Imitation Learning, arXiv:1606.03476v1 [cs.LG] (2016)
- (2) Marco Tulio Ribeiro, Sameer Singh, Carlos Guestrin, "Why Should I Trust You?": Explaining the Predictions of Any Classifier, arXiv:1602.04938v3(2016)
- (3) 植野, 和田, 高見, 模倣学習エージェントを用いた教育的対戦環境とプレイ戦略分析システム, ゲーム学会第 19 回全国大会論文集, 2020
- (4) 植野, 高見, 模倣学習エージェント構築のための機械学習実装, ゲーム学会第 20 回研究報告, 2021
- (5) Ueno, M., Wada, S., Takami T., The Education Environment for Strategy using the Imitation Learning Agent that Mimics the Behavior of Human Player, Proc. of 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), DOI: 10.1109/GCCE46687.2019.9015289
- (6) Ueno, M., Wada, S., Takami T., A Virtual Play Environment and Game Strategy Analysis System Using Imitation Learning Agents, Proc. of 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), DOI: 10.1109/GCCE50665.2020.9291746
- (7) Ueno, M., Takami T., Construction of an Imitation Learning Agent Using Game Records of Unspecified Players, Proc. of 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), DOI: 10.1109/GCCE53005.2021.9622055

ファンタジー世界における魔法現象を対象とする 教育実践の設計

Design of Educational Practice by Using Magic Phenomena in Fantasy Worlds as the Target Domain

林 敏浩
Toshihiro Hayashi
hayashi.toshihiro@kagawa-u.ac.jp

香川大学
Kagawa University

木子 香
Kaori KISHI
kishik@osakac.ac.jp

大阪電気通信大学
Osaka Electro-
Communication University

福井 昌則
Masanori Fukui
f-masanori@tokushima-u.ac.jp

徳島大学
Tokushima University

要約：近年、ファンタジー世界を対象とする小説作品が多く発表されている。異世界を対象とする漫画や小説が書店にあふれており、アニメ番組が多く放映されている。我々は、大学での授業において、ファンタジー世界に登場する魔法の原理や仕組みを説明することを課題とする教育実践を検討している。これまでに、大学生がファンタジー世界の魔法現象に関してどのようにその原理を理解しているか調査を行った。これらを踏まえ、ファンタジー世界における魔法現象を対象とする教育実践案について報告する。

キーワード：ファンタジー世界、異世界、魔法現象、教育実践

1. はじめに

近年、ファンタジー世界を対象とするオンライン小説作品が多く発表されている。ノベライズ、コミカライズ、アニメ化される人気作品もある[1]。特に異世界モノと呼ばれる作品が、現在の若者の文化の特徴のひとつになっている。

ファンタジー世界を対象とした作品では、「魔法」が存在する物語が多い。ブラックボックス的に魔法を発動条件と現象のみで捉えるだけでなく、なぜ、魔法という現象が発現するのか、魔法が発現する仕組みとして魔法の構造や原理に着目する作品も多くなってきている。

このような背景を踏まえて、ファンタジー世界に登場する魔法を対象として、大学の授業として科学的思考や論理的思考の教育実践ができないかと考えた。まず、我々は、大学生がファンタジー世界の魔法現象に関していかにそ

の原理を理解しているか調査した[2,3]。魔法の原理や仕組みを説明することを課題として与えたが、説明の一部は依然ブラックボックスとして説明されていることがわかった。これらを踏まえ、物語作成支援システム[4]を利用して、ファンタジー世界における魔法現象を対象とする教育実践案について報告する。

2. 異世界と魔法

ファンタジー世界は妖精や魔法など現実の世界にないモノや現象が存在する空想世界である。しかし、そこには現実世界と同様な物理法則が存在しており、妖精や魔法などで拡張された世界となっている。ファンタジー世界は現実世界との一定の類似性が保たれており、自然に受け入れられる「異世界」となっている。

オンライン小説の魔法は、種類、特徴、発動

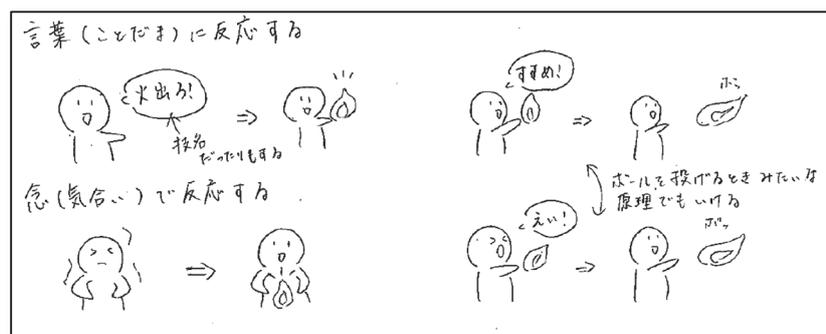


図1：ファイアーボールの説明（文献[3]の図1の一部を再掲）

方法、原理、仕組みなどが詳細に解説されている作品もある。魔法の発動原理の代表的な概念として「魔力」と「魔素」がある。これらの定義は作品ごとに多様である。例えば、魔素は空气中に存在する粒子であり、魔素から魔力を生成して、魔力を用いてその世界に干渉する魔法を発動すると説明される場合もある。

3. 魔法現象の解釈

大学生を対象としてファンタジー世界における魔法現象をどのように科学的に解釈しているか質問紙調査を実施した[1]。我々は物理法則に沿う現象と魔法独自の現象を組み合わせの説明に都合の良い魔法として、火の球を飛ばす魔法（ファイアーボール）を対象とした。全体的な回答傾向として、どのように魔法現象が発生するかの説明が主であり、魔法の現象の原理的な説明（なぜ、魔法で物質や火を生成できるのか）はこの調査では得られなかった。例えば、図1のように、火（燃焼物を含む？）が魔法により発生するが、火の移動は物理的な投射または、魔法による運動エネルギー（のような何か）が発生するという説明がなされている。

4. 教育実践の設計

我々は、大学での授業において、ファンタジー世界に登場する魔法の原理や仕組みを説明することを課題とする教育実践検討している。本稿では、物語作成支援システム[4]を利用して、ファンタジー世界における魔法現象を対象とする教育実践について説明する。

我々は小説作成の文脈を用いて魔法現象の科学的な理解を促す教育実践を検討する。具体的には小説のプロットの一つとして、その小説の世界に存在する魔法をどのように表現するかと言う点に着目する。小説執筆のための手順について多くの学生が不慣れであり十分な知識がないという問題がある。このような問題に対して物語作成支援システムによる小説作成の支援を行い、学生が当該小説における「魔法」のアイデア創出に注力できるようにする。

本実践で利用する物語作成支援システムは、図2、3に示すように質問形式で、創出したアイデアをつなげる工程を簡略し、抽象的なアイデアを具体化して小説作成をし易くする。学習者は、小説全体のアイデアではなく、例えば、魔法だけ、あるいは、ファンタジー世界と魔法だけというように、アイデア創出の対象を限定しても構わない。ただし、科学的に妥当と言えるアイデアであることが望ましいが、本教育実践では、その判断や逸脱した場合のフォローは本物語作成支援システムではなく実践を支援する教員の役割とする。

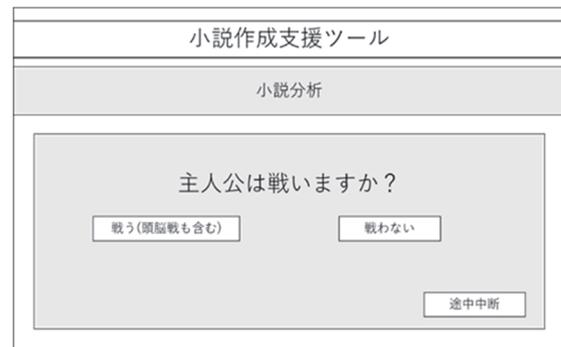


図2：小説の質問画面



図3：質問に基づく詳細結果

5. まとめ

本稿ではファンタジー世界における魔法現象を対象とする教育実践として、物語作成支援システムを利用して、ファンタジー世界や魔法を記述する教育実践を述べた。科学的に妥当な説明を担保するためには教師の役割が重要であり、今後の検討課題である。

参考文献

- [1] 石井ぜんじ, 太田祥暉, 松浦恵介: ライトノベルの新潮流, standards, pp.235-272, (2021).
- [2] 林敏浩: ファンタジー世界における魔法現象の科学的解釈 ～大学生を対象とした一次調査～, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.36, No.6, pp.69-72(2022).
- [3] 林敏浩: ファンタジー世界における魔法現象の科学的解釈 ～大学生の魔法の解釈の傾向～, ゲーム学会「ゲームと教育」部会研究会研究報告(2022-GE-1), pp.14-15(2022).
- [4] 森徳乃佳, 八重樫理人, 後藤田中, 藤澤修平, 林敏浩: 物語作成支援システムの開発とシステム評価の検討, ゲーム学会「ゲームと教育」部会研究会研究報告(2022-GE-1), pp.1-2(2022).

大学生のゲーム利用動機とガチャ課金動機の関連性に関する検討

A Study on the Relationship between the Uses for Gaming and Motivation for Charging for Gacha among the University Students

福井 昌則*
Masanori Fukui

大立 博昭**
Hiroaki Ohdachi

黒田 昌克***
Masakatsu Kuroda

*徳島大学
Tokushima University

**鳥取大学
Tottori University

***神戸女子大学
Kobe Women's University

要約：本研究の目的は、大学生の普段のゲームの利用動機とガチャ課金傾向の関連性を検討し、ガチャ課金への依存傾向を把握するための基礎的知見を得ることである。情報系学科に在籍する大学生 147 名を対象に、「ゲームの利用と満足」尺度、「ガチャを回す動機」の項目について調査し、相関分析、正準相関分析を用いてその関連性を検討した。その結果、ガチャを回す動機が強いユーザは、「自己満足のためにガチャを回すコレクター的な要素を持つユーザ」、「他者に認められたい・勝ちたい・自慢したいからガチャを回す承認欲求の強いユーザ」である可能性が示唆された。

キーワード：ガチャ、ガチャ課金、ゲームの利用動機、ガチャを回す動機、大学生

1. はじめに

1.1 本研究の目的

本研究の目的は、大学生のガチャ課金動機とゲームの利用動機の関連性について検討し、スマートフォンでプレイするゲームの適切な利用に向けた基礎的知見を得ることである。本研究で扱うゲームは、スマートフォンを主なプラットフォームとする課金によるガチャ要素を有したソーシャルゲームとする（以下、ガチャスマホゲームと略記）。

1.2 研究の背景

近年のスマートフォンの爆発的な普及に伴い、ゲーム市場も大きな変容を見せている。かつてはゲームソフトを購入してプレイするという形態が主流であったが、昨今では、ゲームを購入せずに遊ぶことができ、必要に応じてゲーム内でアイテムを購入することができるスマホゲームも多く見られる。

必要に応じてアイテムを購入するという行為は、アイテム課金と呼ばれるゲームの課金方式の一つである。ゲームの課金方式には、「パッケージ販売」、「ダウンロード販売」、「期間課金」、「アイテム課金」、そして「これらを組み合わせた課金方式」の 5 つがある[1]。中でも、ゲーム内で課金しアイテムを得ることは、一般的にガチャと呼ばれている。ガチャとは、「ランダム型アイテム提供方式：文字、絵、符号等を電磁的に表示した、オンラインゲーム上で使用できるキャラクター、アイテム等(以下、アイテム等)を、偶然性を利用してアイテム等の種類が決まる方法によって提供する方式」のことである[2]。また、特に課金してガチャを回すことは、「有料ガチャ」と呼ばれている。

ガチャは、アイテムを抽選、くじ引きによって購入する仕組みであり、今までと異なるゲームの楽しみ方を提供する一方、非常に多くの額を課金してしまう「重課金」、「廃課金」やそのサービスが問題視された「コンプリートガチャ」[3]など、依存性がある

ことが指摘されている。

新井[4]は、インターネット上のゲームを行うことに関してはネガティブに捉えられることが多いこと、課金までしてゲームをすることに関しては否定的な側面で語られることが多い一方で、課金してまでゲームをすること自体が問題なのではなく、行き過ぎた課金や自制できない課金行動が問題であると述べている。山口[5]は、ガチャを含むスマホゲームは、射幸心を煽るサービスであり、リスクを好むユーザほど月次課金額が増加している傾向があると述べている。

以上のように、ガチャ課金に関する報告がいくつか見られ、今後ガチャ課金の適切な利用を促すためにさらに研究を進めることが重要である。そのためには、ガチャに対する態度や適切な距離感の構築のみならず、ガチャ課金を行うユーザのゲームの利用動機や心理要因との関連性について検討することが有用となり得る。ゲームの利用動機に着目すると、ゲームのクリアに有利になるアイテムが欲しいから課金を行う学生、好きなキャラクターが欲しいから課金を行う学生、ゲームキャラの見た目を変えたいから課金を行う学生、さらに複数の動機が絡み合ったユーザの存在が想定される。このように、ゲームの利用動機と、ガチャを回す動機の間には関連性があると予測される。しかし、詳細については、不明な点が多い。

しかし、実際にはゲーム利用時間はユーザの自己申告であり、実際に依存状態にある場合、空いた時間にも、移動中にもガチャスマホゲームを行っている可能性がある。また、ガチャ課金額を正確に把握できていない場合も想定される。つまり、ユーザがガチャスマホゲームのプレイ時間や課金額を正確に把握できていない可能性がある。そのことから、ガチャ依存の傾向性を明らかにする上で、例えばゲームをどのようにプレイしているかという心理的要因に着目することが 1 つ有効である可能性がある。ゲームをどのようにプレイしているかという心理的要

因、すなわちゲームのプレイ利用方法が、ガチャスマホゲームに影響を与えていることが想定される。そして、ゲームの利用方法とガチャ課金動機の関連性を把握することで、ユーザのゲーム利用方法からガチャ課金の傾向が推察できることが期待される。

よって本研究では、ガチャを回す動機とゲームの利用動機の関連性についての検討を行い、スマホゲームの適切な利用に向けた基礎的知見を得ることとした。

2. 研究方法

2.1 調査対象者・調査の手続き

2021年12月に、オンライン調査を実施した。対象者は情報系の学科に所属する私立大学の1年生27名、2年生96名、3年生21名、4年生3名、平均年齢は19.54歳(SD 0.83)、ガチャ課金を行ったことがある学生は147名中104名(70.75%)であり、この104名を分析対象とした(1年生27名、2年生68名、3年生16名、4年生1名)。調査の実施時間は10分程度であり、調査実施にあたり、氏名、メールアドレス、学籍番号、性別などの個人を特定する情報に関する質問を設けなかった。調査実施前に、調査の概要を記した依頼書を示し、その内容に同意した場合のみ回答を求め、回答を持って同意とすることについて説明を行った。

2.2 用いた項目

まず、これまでに実際にガチャ課金を行っているかどうかについて質問する項目について質問を行い、ガチャスマホゲームを行っていないユーザを除外した。次に、ガチャ課金動機を把握するために、「ガチャを回す動機」に関する項目(表1)、ゲームの利用動機を把握するために、「ゲームの利用と満足」尺度27項目(表2)を準備した。いずれの項目についても、「5: とてもあてはまる」から「1: 全くあてはまらない」の5件法で回答を求めた。

表1. ガチャを回す動機 [6]

(1) 新しいキャラが欲しい	(8) 高いランクになりたい
(2) 強いキャラが欲しい	(9) ランキングで上位になりたい
(3) キャラのデザインが良い	(10) 他の人に勝ちたい
(4) キャラの声優が好き	(11) 他の人より強くなりたい
(5) イベントをクリアしたい	(12) 他の人に自慢がしたい
(6) ダンジョンをクリアしたい	(13) ガチャ確率UPイベント
(7) ゲーム内で優位に立ちたい	(14) 新しいガチャ、パッケージ

表2. ゲームの利用と満足尺度 [7]

因子I: 空想因子
・ゲームは現実とは違う世界で楽しむことができるから
・現実にはできないようなことができるから
・ゲームのキャラクターになりきるのが楽しいから
・ゲームの世界観に興味を惹かれるから
・ストーリーが面白いから
因子II: 承認因子
・巧く操作すると他の人から尊敬されて嬉しいから
・他の人より早くクリアして自慢したいから
・友達の中で最も上手なゲームプレイヤーになりたいから
・対戦ゲームで相手に負けたくないから
・対戦ゲームで相手を打ち負かすことが楽しいから
・世間で話題になっているゲームだから
因子III: 趣向因子
・好きなイラストレーターが描いているから
・好きな声優が出てくるから
・好きなキャラクターが出てくるから
・絵や映像が綺麗だから
・音や音楽に惹かれるから
因子IV: 達成因子
・ゲームの課題を達成することが嬉しいから
・難しい場面を乗り越えたら嬉しいから
・遊んでいるうちに上達するのが楽しいから
因子V: 友達因子
・友人と一緒にゲームで遊ぶのが楽しいから
・友人を誘ったり誘われたりしてゲームで遊ぶことがあるから
・友人とゲームのことで話題になることがあるから
因子VI: 学習因子
・ゲームを通じて難しいことでも理解できることがあるから
・勉強になるから
・ゲームで遊んでいると新しい知識を得ることができるから
因子VII: 気晴らし因子
・時間つぶしになるから
・他にやることがないから

2.3 分析の手続き

最初に、それぞれの項目について記述統計量を求め、ゲームの利用と満足の各因子、ガチャを回す動機の各項目間における相関分析を行った。さらに、ゲームの利用と満足尺度とガチャを回す動機との関連を包括的に検討するために、正準相関分析を行った。分析には IBM SPSS Statistics 28 を用いた。

3. 結果と考察

3.1 記述統計量

ガチャを回す動機、ゲームの利用と満足の記述統計量をそれぞれ表3,4に示す。「新しいキャラが欲しい」、「強いキャラが欲しい」、「キャラのデザインが良い」、「友達」では天井効果が見られたため、これらの項目、因子は参考として記す。ゲームの利用と満足の各因子の Cronbach の α 係数は 0.67~0.83 であり、利用には問題ないと判断された。

表 3. 記述統計量

	Mean	SD
(1) 新しいキャラが欲しい	3.88	1.45
(2) 強いキャラが欲しい	3.89	1.29
(3) キャラのデザインが良い	4.33	1.14
(4) キャラの声優が好き	3.35	1.52
(5) イベントをクリアしたい	3.18	1.45
(6) ダンジョンをクリアしたい	3.16	1.42
(7) ゲーム内で優位に立ちたい	3.13	1.48
(8) 高いランクになりたい	2.96	1.51
(9) ランキングで上位になりたい	2.40	1.39
(10) 他の人に勝ちたい	2.72	1.44
(11) 他の人より強くなりたい	2.81	1.43
(12) 他の人に自慢がしたい	2.85	1.47
(13) ガチャ確率UPイベント	3.51	1.39
(14) 新しいガチャ, パッケージ	3.02	1.47

(n = 104)

表 4. 記述統計量

	Mean	SD	α
空想	4.30	0.65	0.76
承認	3.23	0.94	0.78
趣向	3.81	0.78	0.70
達成	4.23	0.75	0.82
友達	4.27	0.94	0.83
学習	3.79	1.01	0.81
気晴らし	3.29	1.08	0.67

(n = 104)

3.2 各項目間の関連性

ガチャを回す動機の各項目とゲームの利用と満足尺度の各因子の関連性を把握するために、Pearson の積率相関係数を求めた。その結果を表 5 に示す。ガチャの回す動機と多く正の相関関係を持つゲームの利用と満足尺度の因子は、承認、趣向、達成であった。このことから、他者に認められたい、自己の趣向に沿う視覚・聴覚情報を獲得したい、課題をクリ

アすることで成長を感じたいといった欲求をゲームで満たしたいユーザの意識とガチャを回す動機には一定の関連があると考えられる。また、一般的にガチャはゲームから満足感を得るための手段であることを鑑みると、ゲームにおいて承認、趣向、達成を重視するユーザは、その他の因子を重視するユーザよりガチャを回す動機が高い可能性がある。

しかし、ゲームの利用動機は複合的なものである可能性が想定される。ここで、ガチャを回す動機とゲームの利用動機の関連を包括的に検討するために、ガチャを回す動機の多数の項目と関連性が認められた承認、趣向、達成の 3 変数を第 1 群、ガチャを回す動機で天井効果が見られた項目を除く 11 変数を第 2 群として正準相関分析を行った。正準相関係数の結果を表 6、正準負荷量を表 7 に示す。

表 6. 正準相関係数の結果

	相関係数	F 値	df (分子)	df (分母)	
λ_1	0.66	4.13	33.00	265.86	**
λ_2	0.62	3.44	20.00	182.00	**
λ_3	0.39	1.85	9.00	92.00	

** $p < .01$

表 7. 正準負荷量

第1群	λ_1	λ_2	第2群	λ_1	λ_2
承認	0.33	0.91	(4)	-0.79	0.40
趣向	-0.87	0.46	(5)	-0.46	0.29
承認	-0.17	0.28	(6)	-0.22	0.36
			(7)	-0.20	0.62
			(8)	-0.04	0.78
			(9)	0.19	0.62
			(10)	-0.11	0.79
			(11)	0.03	0.69
			(12)	0.21	0.67
			(13)	-0.24	0.29
			(14)	-0.22	0.57

表 5. 各項目間の相関係数

	空想	承認	趣向	達成	友達	学習	気晴らし	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
空想	--																					
承認	0.21*	--																				
趣向	0.15	0.09	--																			
達成	0.33**	0.42**	0.08	--																		
友達	0.21*	0.38**	0.05	0.49**	--																	
学習	0.35**	0.12	0.14	0.37**	0.25*	--																
気晴らし	0.28**	0.12	0.17	-0.05	0.07	0.00	--															
(1)	0.16	0.13	0.33**	0.19	0.13	0.06	0.00	--														
(2)	0.07	0.12	0.30**	0.17	0.03	0.15	0.01	0.48**	--													
(3)	0.13	0.01	0.37**	0.04	-0.03	-0.06	0.12	0.42**	0.46**	--												
(4)	-0.04	0.02	0.59**	0.03	0.03	0.02	-0.08	0.38**	0.35**	0.40**	--											
(5)	0.08	0.10	0.31**	0.25**	0.11	0.19	0.04	0.45**	0.59**	0.25**	0.25**	--										
(6)	0.07	0.21*	0.18	0.33**	0.17	0.25*	0.06	0.41**	0.55**	0.12	0.21*	0.67**	--									
(7)	0.11	0.34**	0.26**	0.25*	0.18	0.05	0.07	0.38**	0.57**	0.21*	0.33**	0.61**	0.54**	--								
(8)	0.16	0.45**	0.23*	0.23*	0.15	0.22*	0.12	0.30**	0.55**	0.22*	0.16	0.61**	0.56**	0.59**	--							
(9)	0.18	0.38**	0.08	0.04	0.16	0.08	0.03	0.29**	0.34**	0.14	0.11	0.47**	0.34**	0.52**	0.63**	--						
(10)	0.16	0.45**	0.26**	0.29**	0.15	0.16	0.12	0.28**	0.52**	0.15	0.20*	0.59**	0.51**	0.69**	0.74**	0.59**	--					
(11)	0.04	0.42**	0.15	0.23*	0.14	0.13	-0.02	0.21*	0.48**	0.06	0.19	0.57**	0.60**	0.68**	0.71**	0.65**	0.77**	--				
(12)	0.19	0.42**	0.07	0.10	0.24*	-0.07	0.13	0.45**	0.37**	0.29**	0.13	0.30**	0.31**	0.49**	0.49**	0.42**	0.45**	0.39**	--			
(13)	0.05	0.07	0.25*	-0.06	-0.11	-0.12	0.06	0.38**	0.35**	0.37**	0.43**	0.26**	0.14	0.28**	0.22*	0.30**	0.21*	0.19	0.23*	--		
(14)	0.15	0.26**	0.30**	0.07	-0.03	-0.01	0.05	0.53**	0.38**	0.39**	0.42**	0.27**	0.26**	0.35**	0.38**	0.37**	0.33**	0.30**	0.39**	0.54**	--	

** $p < .01$, * $p < .05$

(n = 104)

注: (1) 新しいキャラが欲しい, (2) 強いキャラが欲しい, (3) キャラのデザインが良い, (4) キャラの声優が好き, (5) イベントをクリアしたい, (6) ダンジョンをクリアしたい, (7) ゲーム内で優位に立ちたい (8) 高いランクになりたい, (9) ランキングで上位になりたい, (10) 他の人に勝ちたい, (11) 他の人より強くなりたい, (12) 他の人に自慢がしたい, (13) ガチャ確率UPイベント, (14) 新しいガチャ, パッケージ

算出された3つの正準相関係数のうち、 λ_1 、 λ_2 が有意であった。 λ_1 の第1群では、趣向が最も高い係数であり、承認は符号が異なっていた。このことから、好きなキャラクターや声優が出ているからゲームをプレイする一方、人に自慢したい・勝ちたいからといった理由からゲームをプレイする動機は低いと想定される。 λ_1 の第2群では「(4)キャラの声優が好き、(5)イベントをクリアしたい」で係数が高く、「(9)ランキングで上位になりたい、(12)他の人に自慢がしたい」の係数は符号が異なっていた。つまりこの正準変数は、自己満足のためにゲームをプレイする、アイテムを集めるといったコレクター的な要素を持つユーザを表していると考えられる。

λ_2 の第1群では、承認が最も高い係数であり、次いで趣向、達成であった。このことから、人に自慢したい・勝ちたい・認めてもらいたいからゲームをプレイする傾向があり、好きなキャラクターや声優が出ているから、ゲームを達成するのが嬉しいといった動機も含まれている可能性がある。 λ_2 の第2群では「(7)ゲーム内で優位に立ちたい、(9)ランキングで上位になりたい、(10)他の人に勝ちたい、(11)他の人より強くなりしたい、(12)他の人に自慢がしたい」などで高い係数であった。つまりこの正準変数は、ゲーム内でランクを上げて勝ちたい・強くなりしたい、イベントをクリアして自慢したいなど、承認欲求の強いユーザを表していると考えられる。

よって、ガチャを回す動機が強いユーザは、「①自己満足のためにガチャを回すコレクター的な要素を持つユーザ」、「②他者に認められたい・勝ちたい・自慢したいからガチャを回す承認欲求の強いユーザ」に大別できると想定される。

これらの結果から、スマホゲームの適切な利用のためには、時には気楽に気分転換目的でゲームをプレイする、ストーリーを楽しみながらゲームをプレイするなど、承認や趣向以外の複数のゲーム利用動機を持たせることや、多様なゲームをプレイさせることなどが有効である可能性が想定される。

4. まとめと今後の展望

本研究の目的は、大学生のガチャ課金動機とゲームの利用動機の関連性について検討し、スマホゲームの適切な利用に向けた基礎的知見を得ることであった。その結果、ゲームの利用動機によって、ガチャ課金動機に違いがあること、ガチャを回す動機が強いユーザは、コレクター的な要素を持つユーザもしくは承認欲求の強いユーザである可能性を指摘した。この結果は昨今のスマホゲームの適切な利用方法を構築するための基礎的知見として有用となり得る。また、ゲームの利用動機とガチャ課金動機の関連性について着目した研究はなされておらず、新規性、独自性がある。

しかし、本研究の調査対象者は情報系の学生のみであり、限定的な結果となっている。また、スマホゲームによってガチャを回す動機に違いが見られる可能性も想定される。今後、これらの点について明らかにしていくとともに、性別や年代による差異も

検討し、スマホゲームの適切な利用方法を模索する必要がある。それらについては今後の課題とする。

参考文献

- [1] 日本オンラインゲーム協会, 安全に楽しむために～決済・セキュリティ・犯罪予防～.
https://japanonlinegame.org/campaign_onlinegameguide/safety.html (参照日 2022.8.23)
- [2] コンピュータエンターテインメント協会ネットワークゲームにおけるランダム型アイテム提供方式運営ガイドライン. 2016.
<https://www.cesa.or.jp/uploads/2016/release20160427.pdf> (参照日 2022.8.23)
- [3] 消費者庁, オンラインゲームの「コンプガチャ」と景品表示法の景品規制について, 2016.
https://www.caa.go.jp/policies/policy/representation/fair_labeling/guideline/pdf/120518premiums_1.pdf (参照日 2022.8.23)
- [4] 新井範子, ソーシャルゲームにおけるユーザーの心理特性と課金行動の関連性について, 上智経済論集, 58(1・2), pp.277-287, 2013.
- [5] 山口真一, モバイルコンテンツへの支払い行動決定要因と依存性-ソーシャルゲームの実証分析と政策的合意-, 情報通信政策レビュー, 7:E1-E23, 2013.
- [6] 平松綾子, ソーシャルゲームにおける電子くじ確率表示の影響調査, 電気学会研究会資料, IS2017, pp.41-44, 2017.
- [7] 井口貴紀, 現代日本の大学生におけるゲームの利用と満足 -ゲームユーザー研究の構築に向けて-, 情報通信学会誌, 31(2), pp.67-76, 2013.

Python 競技プログラミングサイトの開発 ～レーシングゲーム方式の導入～ Development of Python Competitive Programming Sites ～Adoption of Racing Game Style～

松本 貴裕
Takahiro Matsumoto
dt21a001@oecu.jp

福井 昌則
Masanori Fukui
f-masanori@tokushima-u.ac.jp

高見 友幸
Tomoyuki Takami
takami@osakac.ac.jp

大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication
University

徳島大学
Tokushima University

大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication
University

要約：現在、競技プログラミングサイトは、学習やスキルの証明として、活用されている。しかし、他の参加者の存在が希薄であり、テストの側面が強い。また、問題はプログラミング言語が限定されておらず、汎用的なものである。更に、1問20分前後の問題が出題されるため、初学者の参加が難しくなっている。本研究では、制限時間以内に難易度の低い問題を解き進め順位を競うレーシングゲーム方式のサイトを開発した。また、学習サイトと連携を考慮して設計した。

キーワード：競技プログラミングサイト、Webアプリケーション、Python

1. はじめに

現在、競技プログラミングサイトは、学習やスキルの証明、高度なIT人材の採用手段として、活用されている。競技プログラミングとは、参加者全員に同時に同一課題が数題出題される。それに対応するプログラムを制限時間内に作成する。そして、プログラムの正解・不正解で点数を決め、合計点で競う。国内の代表的な競技プログラミングサイトとして、AtCoder[1]やAizuOnlineJudge[2]などが挙げられる。また、各サイトはオンラインジャッジシステムが採用されており、ソースコードをアップロードすることでプログラムの実行結果の判定を行っている。しかし、従来のサイトは、出題される問題、問題数、採点方法に問題点があると考えられる。出題される問題は、コンピュータサイエンスや数学の問題であり、論理的思考力を測定できるが、画像処理やWebスクレイピングといったエンジニアスキルを網羅的に測定できない。また、プログラミング言語が限定されておらず、様々な言語で回答できる問題に限定されるため、抽象的な問題となっている。問題数は、5つ前後である。問題難易度はその数問を1時間半前後で解ける難易度となっている。そのため、初学者にとって、ハードルが高くなっている。採点方法は、正解、不正解の他、一部正解の場合は部分点がある。だが、回答時間は、考慮されない。また、他の参加者の存在が希薄である。そのため、プログラミングのテストとの差異がない。

本研究では、競技プログラミングサイトをPython、クラウドサーバー、データベースを用い、Webアプリケーションとして開発した。コンテン

ツは、プログラミング言語のPythonに限定して、より実践的な問題を構築した。更に、他参加者の順位や点数を可視化し、レース形式にした。また、データをPython学習サイト[3]と共有する。

2. 競技プログラミングサイト

2.1 システム概要

本研究の競技プログラミングサイトは、従来のサイトとは異なり、数十個の簡単な問題を解き進め順位を競うレース形式である。また、テキストや画像などのファイルを扱うことができる。サイトは、ログイン、大会選択、問題回答のページで構成されている。問題回答ページではWeb上に表示されたエディタからプログラミングし回答する。提出ボタンを押すことでソースコードの採点が行われる。正解した場合は、ユーザーに点数が付与され、次の問題へ進むことができる。以上の機能を有する競技プログラミングサイトを構築した。また、プログラミング学習サイトとの相互連携も含め機能を構築した。

2.2 競技システム

競技システムでは、残り時間表示、残り問題数表示、レース順位表示を行う。残り時間表示、残り問題数表示は、図1上部に大会の残り時間と現在、自分が解いている問題の数が表示される。残り時間の算出にはクラウドサーバーの時間から算出される。レース順位表示は、図1左部に現在の自分の順位とTOP3のユーザーが表示される。表示はJavaScriptのAjaxを用い、データベースが更新された時、非同期通信を行い、リアルタイムで順位を表示させている。



図1. 問題回答ページ.

2.3 回答機能

2.3.1 概要

回答機能では、図1右部にある問題文を参照、エディタからプログラムを記述し、問題を解いていく。エディタは、JavaScriptのAceエディタを用いており、シンタックスハイライトや入力補完が行える。そのため、初学者でも容易にプログラミングが可能である。また、記述したプログラムはクラウドサーバー上で実行され、画面下部に結果が表示される。そのため、ユーザーは環境構築が必要ない他、デバイスを限定せず実行できる。

2.3.2 各機能

エディタには、実行、保存、提出、リセットのボタンがある。実行ボタンでは、記述したコードを実行し、エディタの下部に実行結果を表示する。この時点では、採点が行われない。保存ボタンでは、記述したコードを保存する。提出ボタンでは、記述したコードの採点し、正解、不正解を表示する。採点は、関数の戻り値から正誤を判断している。引数に様々な値を入れ、それぞれに対応した戻り値が返った時、正解となる。また、正解の場合は次の問題へのボタンが表示される。それを押すことで次の問題へと移動ができる。リセットボタンでは、エディタのコードをデフォルトに戻す。

2.3.3 独自モジュール

独自モジュールでは、プログラムの結果に画像やhtmlコードの表示を可能とした。画像表示は、表示させたい画像をpng形式にエンコードしメモリに保存、base64にエンコードし、htmlのimgタグで指定し画像を表示する。html表示関数は、htmlを文字実体参照に変換し表示する。以上の機能により、画像やグラフ、Webスクレイピングなどの問題を取り入れることが可能となる。

3. 収集データ

収集データでは、ユーザーソースコード、回答時間、問題の正答率のデータを収集した。これらを元に問題の内容や解説を考えることが可能である。また、それらのデータからユーザーの傾向分析や問題難易度を見出すことができる。更に、これらデータはPython学習サイトと共有しているため、相互連携し、内容を充実させることが可能である。

4. おわりに

本研究では、レーシングゲーム方式を取り入れた競技プログラミングシステムを構築した。競技プログラミングシステムでは、制限時間、順位表示、回答機能の実装を行った。各機能はPythonプログラミング用学習サイトの拡張であり、問題や正答率などのデータは競技プログラミングサイトと共有される。そのため、相互にデータを取得・活用することが可能である。今後の展望として、学習サイトと競技サイトが相互に連携するシステムの構築やゲーミフィケーションの強化、Computational Thinkingを考慮したPythonプログラミングサイトを目指す。

参考文献

- [1] AtCoder, <https://atcoder.jp>, (参照 2022年9月2日).
- [2] AIZU Online Judge, <http://judge.u-aizu.ac.jp/onlinejudge/>, (参照 2022年9月2日).
- [3] 松本貴裕, 福井昌則, 高見友幸, 「Pythonプログラミング用学習サイトのシステム設計・開発」, 国際ICT利用研究会論文誌 第5巻 第1号, pp.34-41, 2022.

いろはじるいしょう おしょうぎ
色葉字類抄から類推できる小将棋の駒種

Types of Pieces in Oshogi Deduced from Irohajiruisho

高見友幸

Tomoyuki Takami

大阪電気通信大学 総合情報学部 デジタルゲーム学科

Faculty of Information Science and Arts, Osaka Electro-Communication University

要約：横 13 マスの盤を使う平安大将棋は、摩訶大将棋を起源とする大型将棋のひとつであるが、この平安大将棋が 2 分割されて、中国象棋とチェスの原型になったとする説が最近になって提起された。また、チェスの原型となった将棋は、現代将棋のルーツとされる小将棋にも同定される将棋である。本稿では、平安時代の国語辞典である色葉字類抄を調査し、そこに記載のある将棋の駒名について考察した。色葉字類抄には、駒名と思われる駒は 8 種あるが、そのうち、6 種がチェスの原型＝小将棋の駒であることが明らかになった。色葉字類抄に桂馬の記載がない点は注目すべきである。チェスの原型には桂馬はなく、中世日本で流行した中将棋にも桂馬の駒はない。こうした結果は、チェスの原型が導かれたとする上記の仮説とよい整合性をもっており、仮説が支持される材料となるであろう。

キーワード：小将棋 色葉字類抄 平安大将棋 摩訶大将棋起源説 初期平安京正方形仮説

1. はじめに

中世の古文書に登場する将棋は駒数の多い順に、延年大将棋、摩訶大将棋、大大将棋、大将棋、中将棋、平安大将棋、平安将棋の 7 種である[1]。このうち、大将棋 (130 枚)、平安大将棋 (68 枚)、平安将棋 (32 枚または 36 枚) の 3 種の初期配置を図 1 に示した。

				仲人					仲人					
歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩
兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵
飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛	飛
龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍	龍
	猛		噴		悪	麒麟	獅子	鳳凰	悪		噴		猛	
	牛		猪		狼	麟	王	凰	狼		猪		牛	
反	猫		猛		盲	醉	盲	猛		猫		反		
車	又		豹		虎	象	虎	豹		又		車		
香	桂	石	鉄	銅	銀	金	玉	金	銀	銅	鉄	石	桂	香
車	馬	将	将	将	将	将	将	将	将	将	将	将	馬	車

大将棋 (横15マス)

				仲人					仲人				
歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩
兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵
反	飛			盲	横		盲		飛			反	
車	龍			虎	行		虎		龍			車	
香	桂	鉄	銅	銀	金	玉	金	銀	銅	鉄	桂	香	
車	馬	将	将	将	将	将	将	将	将	将	馬	車	

平安大将棋 (横13マス)

歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩
兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵	兵
香	銅	銀	金	玉	銀	銅	香
車	将	将	将	将	将	将	車

平安将棋(小将棋) (横8マス)

図 1. 3 将棋の初期配置。将の駒を赤字にした。

図 1 の平安将棋 (以下、小将棋と呼ぶ) については、横 8 マスカ 9 マスカという点と歩兵が下から 3 段目に並ぶか 2 段目に並ぶかという点で不確定性があるが、本稿の論点とは関連しない。図には横 8 マスで歩兵が 3 段目に並ぶ場合を示した。横 9 マスの場合には玉将の右横に 2 枚目の金将が入ることになる。類似する現代将棋と比較すると、飛車と角行がない他、桂馬がないことに注目されたい。最下段には、桂馬の代わりに大型将棋の駒である銅将が入っている。

小将棋を現代将棋のルーツとする説が従来は主流だったが、最近では、将棋のルーツは大型将棋であるとする説 (摩訶大将棋起源説) が提起されている。この説によれば、将棋は、摩訶大将棋を起源として、順次駒数を減らし、大将棋、平安大将棋へと発展し、最終的には、現代将棋の形が成立したとされる[2][3]。

ところで、2022 年 3 月のゲーム学会全国大会において発表された「中国象棋とチェスの起源に関する試案」では、摩訶大将棋から駒数を減らして平安大将棋にまで達した将棋は、この段階でさらに発展し、駒がきっちり 2 分割されて、中国象棋とチェスの原型になったとする説が提起されている。この詳細については、文献[4]を参照されたい。

2. 平安大将棋の駒の動き

平安大将棋は、通常、二中歴の記載内容に沿って復刻されている。しかし、二中歴の記載どおりだとすれば、盲虎、銅将、鉄将の動きは、大将棋や中将棋の動きとは全然違うのである。少しだけの違いではないという点が長らく疑問とされてきた。詳細については文献[]に譲るが、平安大将棋の盲虎、銅将、鉄将の動きは、大将棋からの進化の際に消えた猫又、嗔猪、悪狼の動きと実は同じなのである。これは次のような規則に基づくものである。1) 進化の際に名前が消えた駒は、名前が消える代わりとして、駒の動きは残される。2) 名前が残った駒は、もともとの駒の動きがなくなるのである。

3. 色葉字類抄

将棋種、駒名、駒の動きが記載された最古の古文書は二中歴（13世紀はじめに成立）である。しかし、駒名だけの記載であれば、二中歴よりも二巻本色葉字類抄（12世紀中頃に成立：以下、二巻本）の方が早い。色葉字類抄には、大将棋と小将棋の駒名が巻末にまとめて記載されている他、本文中にも、玉将、金将、銀将、銅将、香車、仲人、飛車、白駒の記載がある。ところが、三巻本色葉字類抄（12世紀後半に成立：以下、三巻本）では、仲人と飛車以外の駒名が削除されている。

二巻本のトの箇所、雑物の項に、銅将（この右下に小さな文字で裏横行）と記載がある。三巻本には銅将の記載はなく、暈字の項に、銅山、銅馬、銅鳥という「銅」の熟語として記載がある。

二巻本のキの箇所、雑物の項に、玉将、金将、銀将、香車の記載がある。三巻本にはこれらの駒の記載はない。金将と銀将の箇所について、二巻本（写本）の様子を図2の右側の列に示した。左側の列が、原本に書かれていたであろう記載である。上記の銅将の箇所でも説明したように、成駒の名前が右下に小さく記載されるべきである。

金将	裏飛車	金将	飛車
銀将	裏金	銀将	豎行
	裏豎行	金	

図2. 色葉字類抄の

つまり、金将（裏飛車）、銀将（裏金 裏豎行）とあるべきところ、写本を重ねるうちに、飛車と豎行の文字が大きくなって、ひとつの単語相当になったわけである。これは、ヒの飛車、シの豎行がキの項目に記載されていることから明らかである。

飛車に成る金将、豎行に成る銀将は中将棋の駒

である。二巻本の記載から中将棋の成立時期を推測すれば、最も早くも12世紀半ばということになる。この結果は、摩訶大将棋起源説と矛盾しない。

検討されるべき問題点は、駒名が後世の写本の段階で追加されたのか、原本からあったものなのかという点である。巻末に付けられた小将棋の駒リストについても同様である。ただし、大将棋の駒リストの方については、二巻本に中将棋の記載がある以上、原本からの記載だったと見てよいであろう。

4. おわりに

歩兵以外の小将棋（＝チェスの原型）の駒すべてが二巻本に記載されている。特に、桂馬がなく銅将があるという点が重要である。このことは、平安大将棋が2分割されて小将棋ができたとする仮説を支持するものである。

なお、本稿では補足できなかったが、摩訶大将棋起源説は平安京正方形仮説との密接な関連性を通じて、さらに広い史学分野へと波及していることに注目されたい[5][6]。

謝辞

本研究の一部は、2020年度科研費：挑戦的研究（萌芽）「古代日本の大型将棋に関する研究」および2022年度中山隼雄科学技術文化財団設立30周年記念研究助成「中国象棋とチェスの起源に関する研究」による助成を受けて行われている。

参考文献

- [1] 高見友幸, 摩訶大将棋の復刻 ～古代日本の大型将棋に関する考察～, 大阪商業大学アミューズメント産業研究所, 研究叢書第19巻, 2019.
- [2] 高見友幸, 大型将棋の将棋盤と平安京の条坊: 初期平安京の復原, 大阪電気通信大学人間科学研究, 第23号, 1-13, 2021.
- [3] 高見友幸, 「摩訶大将棋起源説反駁」に対する返答, 大阪商業大学アミューズメント産業研究所紀要, 第23号, 1-19, 2021.
- [4] 高見友幸, 摩訶大将棋起源説と初期平安京の復原 ～中国象棋とチェスの起源～, 考古学ジャーナル, 2021年11月号, 40-50, 2021.
- [5] 高見友幸, 唐長安城の復原 ～初期平安京の正方形仮説～, 国際ICT利用研究会論文誌, 第5巻第1号, 26-33, 2022.
- [6] 高見友幸, 古代大王家の系譜に関する仮説, 日本国史学第19号, (投稿中), 2022.

アローの定理に関する代数的考察

Algebraic Considerations on Arrow's Theorem

高橋 正†
Tadashi Takahashi

下西 章弘†
Shitanishi Akihiro

田中 一義†
Tanaka Kazuyoshi

要約: 社会的選好理論におけるアローの定理は広く知られているが、その定理の結果は代数的（群論的）に考察されていない。数式処理システムを用いて実験的なプログラムを作成し、アローの定理の結果を、群論の例題として考察することを試みる。数学の例題をゲーム理論と関連する内容を用いて示すことで、教育活動において情意的な刺激を与え、愉しんで数学を学習できる例題の作成を目指す。

キーワード: アローの定理, 数式処理システム, 群論

1. はじめに

数式処理システムは、数式をコンピュータ上で記号的に代数処理するソフトウェアである。一般的なコンピュータの計算が数値として処理し場合によっては数値的な近似値を求めるのに対して、数式処理システムでは、代数的に処理が可能な範囲では、代数処理を行う。

集団のなかでお互いが意思をうまく反映させた決定をするには、どのようにすれば良いか。特に、各人の考えがバラバラで、にもかかわらずそれらを集約して一つの判断を下さなければならないとき、望ましい決め方とはどのような方法なのか？これを理論として考えることが社会的選好理論である。

アローの定理は、社会的選好理論のなかで有名な定理である。この定理の結果に対し、その結果を代数学（群論）的に考察することは、教育活動において情意的な刺激を与えることに繋がる。数学を愉しんで学習できる例題を作成することは意義あることである。アローの定理を、数学の群論の例題として活用することを試みる。

2. 社会的選好理論

社会的選好理論は、社会の複数の行為者の意思を集約することに関わる問題の分析を主題としている。社会的選好理論においては、意思の集約をした結果、パラドックスを生じることがある。社会的選好理論では、特に断らない限り社会の構成員である個人は、対象である選択肢の集合に対して自由な選好を持ち、それは数学的に定義されている順序である。[1]

3. アローの定理

アローの一般可能性定理は、2人以上で3つ以上の選択肢を好ましい順に並べる合理的な決め方は、「誰かが独裁者になるしかない」という定理である。

この定理は、数学的な枠組みできちんと証明できる。この定理の合理性や独裁者という概念は、数学的な定理の表現としては、少し当惑する感覚ではある。しかし、数学教育的視点から考えると、数学が、社会的な現象を対象として機能していることを感じることができる。この定理は、以下の公理に基づいている。

アローの公理

公理 I: 個人選好の無制約性

社会の構成員はすべての選択肢に対してどのような選好順序を表明してもよい。

公理 II: 市民の主権性（パレート最適性）

社会の構成員が全員 X より Y がよいという場合、社会の決定もそれに従う。

公理 III: 無関係対象からの独立

両評価グループにおいてほかの選択肢に対する評価がどのように異なっていたとしても、当面の部分集合に関する限り、両グループにおける社会的決定は同一となっていなければならない。

公理 IV: 非独裁性

社会の構成員の中で、ただ一人の人物の選好順序が、他の構成員の選好の如何に関わらず常に社会的順序として採用されるということがあるてはならない。

† 甲南大学知能情報学部

ゲーム理論を用いて示すことで、教育活動において情意的な刺激を与え、愉しんで数学を学習できる例題として、ゲーム理論としても注目されているアローの定理を、数学の例題として作成することは意義あることである。

4. 数式処理システムを用いた試行

数式処理システム Mathematica を用いてアローの公理Ⅲの適用を、 X と Y について、公理Ⅱで決まらない場合は、 X と Y についての順位は多数決で決めることとして、2人、3人で3つの選択肢の場合の決定を選択肢1, 2, 3として計算した。試行の結果、2人で3つの選択肢の場合は、3次元体群と対応すること及び群論における互換・巡回に対応する現象が、社会的順序が決定できない場合であることが分かる。巡回に対応する現象が社会的選好理論における循環順序である。そして、3人で3つの選択肢の場合は、2人で3つの選択肢の場合を基に構成することも分かり、当然のことながら、この場合は、互換現象による社会的順序が決定できない場合はない。である。

5. アローの公理の緩和条件

アローの不可能性定理は、課されている公理や特性を緩めることで可能性定理に変えられることが知られている。このことに対して、最初期に注目された条件は、定義域を限定し、単純多数決制が、推移的な社会的評価を生成するものに絞り込むというものであった。アローとブラックは、単峰性 (single peaked preference) を提案し、個人がそのような選好を持つのであれば単純多数決制のもとで整合的な社会的決定が行われることを示した。[2]「選好の集まり」の下で「単峰型順序」であるとは、全ての投票者に関してある(任意に固定された) 選択肢より好ましい選択肢が右側と左側の同時に存在しないことである。単峰性は社会合理性のための十分条件である。多くの研究者が単峰性の条件を緩和する研究を行い、以下の成果が得られている。[1]

価値制限

「任意の三選択肢を選んだとき、そのうちのどれか特定の選択肢に関しては、ある判断を投票者全員が同意する」という条件である。

この条件と、投票者数が奇数であるという条件を付け加えれば、アローの定理の第Ⅰ公理以外の全ての公理を満たす。

価値制限における判断

少なくともこの中で最悪 (第3位) でない「少なくとも第1位もしくは第2位である」

少なくともこの中で中位 (第2位) でない「少な

くとも第1位もしくは第3位である」
少なくともこの中で最高 (第1位) でない「少なくとも第2位もしくは第3位である」

価値制限の例(1)

$A\{X, Y, Z\}, B\{Z, X, Y\}, C\{X, Y, Z\}$ の場合
投票者全員が $X>Y$ としているので、 $X>Y$ となる。
また、 Z は投票者全員が第1位か第3位にしているため、少なくとも中位ではない。
したがって、得られる選択肢は $\{X, Y, Z\}, \{Z, X, Y\}$ となる。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $\{X, Y, Z\}$ を支持するので、全体の決定としては $\{X, Y, Z\}$ となる。価値制限は、多数決前の条件整理として機能している。

価値制限の例(2)

$A\{X, Y, Z\}, B\{Z, Y, X\}, C\{Y, X, Z\}$ の場合
 A は $X>Y$ としているが、 B と C は $Y>X$ としているので X と Y の順位は決めることができない。
これは X と Z 、 Y と Z においても同じであるのでそれぞれ順位を決めることはできない。 Z は投票者全員が第1位か第3位にしているため少なくとも中位ではない。したがって、得られる選択肢は $\{X, Y, Z\}, \{Y, X, Z\}, \{Z, X, Y\}, \{Z, Y, X\}$ となる。
我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $Y>X$ を支持し、3名のうち2名が $X>Z$ を支持し、3名のうち2名が $Y>Z$ を支持しているため、全体の決定としては $\{Y, X, Z\}$ となる。この場合も価値制限は、多数決前の条件整理として機能している。

価値制限の例(3)

$\{X, Y, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\} \rightarrow$ 循環
 $\{X, Z, Y\}, \{Z, Y, X\}, \{Y, X, Z\} \rightarrow$ 循環
 Z が中位 (第2位) でない場合、循環順序が生じてしまうため、赤字の選択肢がタブーとなり選択できなくなる。よって、残りの4つの選択肢から3つを選択することとなる。したがって、循環現象を阻止している。

限定同意

任意の三選択肢に対しすべての投票者が、その中の特定の二つに関して「一方が他方よりも良いか少なくとも同程度に良い」という条件である。

価値制限の条件ときわめて類似しているが、全くの独立である。

限定同意の例(1)

$A\{X, Y, Z\}, B\{X, Z, Y\}, C\{X, Y, Z\}$ の場合、投票者全員が $X>Y, X>Z$ としているので、 $X>Y, X>Z$ となる。
しかし、 A と C は $Y>Z$ としているのに対し、 B は $Z>Y$ としているので、これは限定同意ではない。

したがって、得られる選択肢は $\{X, Y, Z\}$, $\{X, Z, Y\}$ となる。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $\{X, Y, Z\}$ を支持するので、全体の決定としては $\{X, Y, Z\}$ となる。限定同意は、多数決前の条件整理として機能している。

限定同意の例(2)

$A\{X, Y, Z\}, B\{X, Z, Y\}, C\{Z, Y, X\}$ の場合

X と Y , X と Z , Y と Z において投票者全員が同意する意見が存在しない。よってそれぞれの順位を決めることができず、得られる選択肢も $\{X, Y, Z\}$, $\{X, Z, Y\}$, $\{Y, X, Z\}$, $\{Y, Z, X\}$, $\{Z, X, Y\}$, $\{Z, Y, X\}$ となる。このように6つの場合で生じることが、この条件の特徴である。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $X>Y$ を支持し、3名のうち2名が $Z>Y$ を支持し、3名のうち2名が $X>Z$ を支持しているので、全体の決定としては $\{X, Z, Y\}$ となる。この場合も限定同意は、多数決前の条件整理として機能している。

限定同意の例(3)

$\{X, Y, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\}$ → 循環

$\{X, Z, Y\}, \{Z, Y, X\}, \{Y, X, Z\}$ → 循環

青文字の選択肢は $X>Y$ について限定同意を満たすので、選択可能になるが、循環現象が生じない。

極値制限

任意の三選択肢の中で、投票者の1人が $X>Y>Z$ としたとき、「その他の投票者は Z を1位に選好しない」または「 $\{Z, Y, X\}$ の選好順序を選択する」という条件である。

極値制限の例

$\{X, Y, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\}$ → 循環

$\{X, Z, Y\}, \{Z, Y, X\}, \{Y, X, Z\}$ → 循環

投票者の1人が $\{X, Y, Z\}$ を選んだ場合、 $\{Z, X, Y\}$ がタブーとなり、残りの2人が5選択肢の中から2つを選ぶこととなる。

6. 群論との関係

平面において、原点を固定して、回転、鏡映(頂点の互換)をあわせて、合同変換と呼び、それらがなす群を合同変換群と呼びます。二面体群は、合同変換群の部分群である。

正三角形をそれ自身に移す変換は、回転だけではなく、裏返しても三角形です。その軸に関する鏡映(頂点の互換)も、置換の一種である。

2つの要素のみを入れ替え、他を入れ替えないような置換を互換(transposition)と呼びます。どの鏡映も、二回行えばもとに戻ります。これで三角形の合同変換は、回転変換、鏡映変換を組み合わせた集まりです。

3 次の二面体群

3つ元に対する置換作用の全体

$S_3 = \{1, r, l, s, t, u\}$ (位数 $6(=3P_3)$)

に自然に同一視し、すべての置換が成す置換群が対称群である。

	1	r	l	s	t	u
1	1	r	l	s	t	u
r	r	l	1	u	s	t
l	l	1	r	t	u	s
s	s	t	u	1	r	l
t	t	u	s	l	1	r
u	u	s	t	r	l	1

上述のように、アローの公理Ⅲを我々の設定で実行した際、その実行した結果への対応を演算としたとき、2人で3選択肢に関する現象は、3次対称群の性質を用いて説明できる。この現象を、3人で3選択肢に関する現象にどのように適用できるかを考えることは、数学の教材開発として意義あることである。

7. 新たな課題と分析

上述の考察を踏まえた際、新たな課題と、その分析が必要になる。新たな課題は、アローの公理Ⅲを他のルールで適用したとき、どのような結果をえるのかという課題である。アローの公理Ⅲを

公理Ⅱで決まらない場合は、 X と Y についての順位は少数の方で決める

とすると58の循環する結果を得た(田中の試行)。この循環する結果を考察することが必要である。

また、更なる課題として4選択肢3人の場合に拡張することが考えられる。この場合、対応する群の構造は4次対象群となり、より複雑になる。この場合、6で示した現象と同様な表を作成すると以下のようなになる(下西の試行)。

これらの現象の分析を群論的に行なっている。

参考文献

- [1] 佐伯辟:「きめ方の理論」, 東京大学出版会, 1980.
- [2] Campbell, K. and J.S. Kelly (2002), Impossibility theorems in the Arrowian framework, in: K.J. Arrow, A.K. Sen, and K. Suzumura (eds.), Handbook of Social Choice and Welfare Vol.1, North-Holland, Amsterdam, 35-94.

ゲーム学会 研究報告

Game Amusement Society Research Report
Vol.20, No.1 (September, 2022)

発行日：令和4年9月10日

発行：ゲーム学会

(事務局) 〒575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70
大阪電気通信大学四條畷キャンパス ゲームサイエンスラボ内
TEL. 072-876-3317 (内線 5168) FAX. 072-876-5408
Mail : entry001@GameAmusementSociety.org
Web : <http://www.gameamusementsociety.org/>

ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会 研究会報告（2021-GE-1）

2022年2月7日

於 香川大学

（新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンライン開催）

ゲーム学会

<http://www.gameamusementociety.org/>

ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第15回研究会

テーマ：ゲームと教育／一般

開催日：2022年2月7日（土）

会場：香川大学幸町キャンパス

※新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンライン開催

目次

1. 大学生のガチャ課金動機とゲーム利用動機の関連性に関する探索的検討

福井昌則，工内麻緒（徳島大学），大立博昭（鳥取大学），黒田昌克（神戸女子大学） …………… 1

大学生のガチャ課金動機とゲーム利用動機の関連性に関する探索的検討

An Exploratory Study on the Relationship between the Action for Gacha System and the Motivation for Gaming among the University Students

福井 昌則*
Masanori Fukui

工内 麻緒*
Mao Kunouchi

大立 博昭**
Hiroaki Ohdachi

黒田 昌克***
Masakatsu Kuroda

*徳島大学
Tokushima University

**鳥取大学
Tottori University

***神戸女子大学
Kobe Women's University

要約：本研究の目的は、大学生のガチャ課金動機とゲームの利用動機の関連性について探索的に検討することである。ガチャ課金動機を把握するために平松のガチャを回す動機に関する項目、ゲームの利用動機を把握するために井口の「ゲームの利用と満足」尺度を把握する項目を準備し、情報系学科に在籍する大学生147名を対象とした調査を行った。その結果、ゲームの利用動機のうち、「承認」、「趣向」、「達成」ではガチャを回す動機と関連性が見られた。また、「友達」、「学習」ではガチャを回す動機の一部と関連性が見られ、「空想」、「気晴らし」では関連性が認められない傾向が示唆された。

キーワード：ゲームの利用動機、ガチャ課金、ゲームプレイ時間、ルートボックス、大学生

1. はじめに

1.1. 研究の目的

本研究の目的は、大学生のガチャ課金動機とゲームの利用動機の関連性について探索的に検討することである。本研究で扱うゲームは、全て「デジタルゲーム」であり、ガチャとは「ランダム型アイテム提供方式」[1]のこととする。

1.2. 研究の背景

近年のスマートフォンの爆発的な普及に伴い、ゲーム市場も大きな変容を見せている。かつては「ゲームソフトを購入してプレイする」という形態が主流であったが、昨今では、「ゲームを購入せずに遊ぶことができ、必要に応じてゲーム内でアイテムを購入することができる」という形態を持つスマートフォンのゲーム(以下、スマホゲーム。ソーシャルゲームも同義)も多く見られる。

購入せずに遊ぶことができるゲームは Free to Play やフリーミアムと呼ばれるビジュアルモデルであり、スマホゲームにおいて多くみられる。フリーミアムとは、「基本的なサービスを無料で提供し、付加的なサービスを有料で提供して収益を得るビジネスモデル」[2]のことであり、スマホゲームには、2つのフリーミアムがあると指摘されている[3]。具体的には、通信手段として購入したスマホがゲーム機になる「ゲーム機のフリーミアム」、ゲームプレイは基本無料である「ゲームのフリーミアム」の2つである。このように、スマホゲームはこれまでのゲームプラットフォームとは特徴が大きく異なっている。

そして、必要に応じてアイテムを購入するという行為は、アイテム課金と呼ばれている。アイテム課金は、ゲームの課金方式の一つである。日本オンラインゲーム協会[4]によれば、ゲームの課金方式には、ゲームをプレイするためにゲームのパッケージソフトを購入する「パッケージ販売」、ゲームをプレイするために、アプリやソフトを購入しダウンロードす

る「ダウンロード販売」、ゲームをプレイするために、一定の期間ごとにプレイ料金を支払う必要がある「期間課金」、ゲーム内のキャラクター、プレイを有利にする機能のあるアイテム、使用するキャラクターの姿形を変えることができるアバターアイテム等を、料金を支払うことにより取得する「アイテム課金」、そして「これらを組み合わせた課金方式」の5つがあるとしている。

この中でも、ゲーム内で課金しアイテムを得ることは、一般的に「ガチャ」と呼ばれている。ガチャとは「くじ引きのようなものであり、ユーザが課金することで、ゲーム内で使用出来るいくつかのアイテムの中からどれかをランダムで入手できるシステム」[5]、「ランダム型アイテム提供方式：一般的には「ガチャ」と呼ばれる、文字、絵、符号等を電磁的に表示した、オンラインゲーム上で使用できるキャラクター、アイテム等(以下、アイテム等)を、偶然性を利用してアイテム等の種類が決まる方法によって提供する方式」[1]と定義されている。つまり「スマートフォンのゲームなどで、アイテムを抽選、くじ引きによって購入する仕組み」のことであり、昨今のゲームユーザにとって馴染み深いものである。そして、お金を出してガチャを回すことは、特に「有料ガチャ」(利用者が有料で利用するランダム型アイテム提供方式)と呼ばれている[1]。ガチャには、「ランダム型アイテム提供方式」、「確定ガチャ」、「BOXガチャ」、「コンプリートガチャ」など、さまざまな種類が存在している。

ガチャ課金金額に関する実態として、IT media ビジネス ONLINE[6]によれば、20~30代のうち、1つのソーシャルゲームに課金した金額で多かったのは月額で「1万円以内」(61.25%)、「1万円~5万円程度」(18.75%)、「5万円~10万円程度」(8.25%)であったと報告されている。そして1万円以上の課金経験者は全体の約4割以上、5人に1人が1つのソーシャルゲームに5万円以上を遣っていると報告され

ており、若者の課金に対する実態が浮き彫りとなっている。そのような中、ガチャ課金に関する問題として、非常に多くの額を課金してしまう「重課金」、「廃課金」やそのサービスが問題視された「コンプリートガチャ」があげられる。「コンプリートガチャ」は、コンプガチャとも呼ばれ、「ガチャ」によって特定の数種類のアイテム等を全部揃える(「コンプリート」、「コンプ」する)と、オンラインゲーム上で使用することができる別のアイテム等を新たに入手できるという仕組み[7]のことであり、ユーザの射幸心を煽り何度も課金をしてしまう[8]ものとして、注意喚起がなされた。そしてコンプリートガチャが景品表示法違反となり、それらのサービスが終了した経緯がある[7,8]。

以上のように、ガチャ課金による悪影響やその依存性についての報告は多く見られる。また、ガチャ課金額やゲームプレイ時間などについての調査は多く見られ、ガチャと生活様式などの関連性についての先行研究[9]は存在しているが、ガチャ課金そのものが良くないから、スマホゲームプレイ時間が長くなりがちだからなど、根拠を持たず禁止するのではなく、依存に陥りやすいガチャの要素とそうでない要素に分割し、適切な利用を促すことが、ガチャに対する態度や適切な距離感の構築のみならず、広くゲームリテラシーの涵養につながると期待される。

これらのことを実現するために、ガチャ課金の依存性を有する要因と性格特性や心理要因、ゲームの利用動機などの関連性について把握することがその一助となり得る。例えば、ゲームの利用動機に着目すると、ゲームをクリアしたいから、クリアに有利になるアイテムを手に入れるためにガチャ課金を行う学生、好きなキャラクターが欲しいから課金を行う学生、キャラクターを得るためのガチャだけを回す学生、やりこんでいるゲームのキャラの見た目を変えてよりそのゲームを楽しみたいから課金を行う学生など、様々なユーザの存在が想定される。このように、ゲームの利用動機・ゲームの利用方法と、

ゲームの課金動機やガチャを回す動機との間にはある程度の関連性が予測される。しかし、これらの関連性について十分な検討はなされていない。

よって本研究では、ゲームの利用動機とガチャを回す動機の関連性に着目し、それらの関連性を探索的に検討した。そしてガチャ課金の依存解消への基礎的知見を得ることとした。

2. 研究方法

2.1. 調査対象者・調査の手続き

2021年12月に、オンライン調査を実施した。対象者は理数系・情報系の学科に所属する私立大学1年生27名、2年生96名、3年生21名、4年生3名、平均年齢は19.54歳(SD = 0.83)、ガチャ課金を行ったことがある学生は147名中104名(70.75%)であり、この104名を分析対象とした(1年生27名、2年生68名、3年生16名、4年生1名)。調査の実施時間は10分程度であった。調査実施にあたり、被験者の氏名、メールアドレス、学籍番号、性別などの個人を特定する情報に関する質問を設けなかった。調査実施前に、調査の概要を記した依頼書を示し、その内容に同意した場合のみ回答を求めた。また、回答の有無によって不利益が生じないこと、回答を持って同意とすることについて説明を行った。

2.2. 用いた項目

調査対象者のゲームプレイに関する実態を把握するために、ゲームプレイ時間(平日1日のゲームプレイ時間(1週間の平均)、平日1日のスマホゲームプレイ時間(1週間の平均)、休日・祝日1日のゲームプレイ時間(1週間の平均)、休日・祝日1日のスマホゲームプレイ時間(1週間の平均)の4項目)を数字(単位は時間)で入力させた。ここでスマホゲームプレイ時間については、1日のゲームプレイ時間(1週間の平均)の中で何時間スマホゲームをプレイしているかについて回答を求めた。そして、ゲームに対する利用金額を把握するために、ゲーム利用金額として「(ゲー

表 1. ゲームの利用と満足尺度 (井口, 2013)

因子I: 空想因子	因子IV: 達成因子
・ゲームは現実とは違う世界で楽しむことができるから	・ゲームの課題を達成することが嬉しいから
・現実にはできないようなことができるから	・難しい場面を乗り越えたら嬉しいから
・ゲームのキャラクターになりきるのが楽しいから	・遊んでいるうちに上達するのが楽しいから
・ゲームの世界観に興味を惹かれるから	因子V: 友達因子
・ストーリーが面白いから	・友人と一緒にゲームで遊ぶのが楽しいから
因子II: 承認因子	・友人を誘ったり誘われたりしてゲームで遊ぶことがあるから
・巧く操作すると他の人から尊敬されて嬉しいから	・友人とゲームのことで話題になることがあるから
・他の人より早くクリアして自慢したいから	因子VI: 学習因子
・友達の中で最も上手なゲームプレイヤーになりたいから	・ゲームを通じて難しいことでも理解できることがあるから
・対戦ゲームで相手に負けたくないから	・勉強になるから
・対戦ゲームで相手を打ち負かすことが楽しいから	・ゲームで遊んでいると新しい知識を得ることができるから
・世間で話題になっているゲームだから	因子VII: 気晴らし因子
因子III: 趣向因子	・時間つぶしになるから
・好きなイラストレーターが描いているから	・他にやることがないから
・好きな声優が出てくるから	
・好きなキャラクターが出てくるから	
・絵や映像が綺麗だから	
・音や音楽に惹かれるから	

ム機や周辺機器, パソコンの購入を除いた)毎月ゲームソフト購入に使う金額」, 「(ゲーム機や周辺機器, パソコン, ゲームソフトの購入を除いた)毎月ゲーム内で課金する金額」, 「(ゲーム機や周辺機器, パソコン, ゲームソフトの購入, ゲーム内課金の金額を除いた)毎月ゲームに使う金額(ゲームセンターやゲーム音楽 CD, ゲームグッズなど)」を準備した。

ゲームの利用動機を把握するために, 井口[10]の「ゲームの利用と満足」尺度 27 項目(表 1), ガチャ課金動機を把握するために, 平松[11]の「ガチャを回す動機」に関する項目(表 2)を準備した。ゲームの利用と満足尺度, ガチャを回す動機の各項目について「5: とてとてもあてはまる」から「1: 全くあてはまらない」の 5 件法で回答を求めた。

表 2. ガチャを回す動機 (平松, 2017)

- | | |
|------|---------------|
| (1) | 新しいキャラが欲しい |
| (2) | 強いキャラが欲しい |
| (3) | キャラのデザインが良い |
| (4) | キャラの声優が好き |
| (5) | イベントをクリアしたい |
| (6) | ダンジョンをクリアしたい |
| (7) | ゲーム内で優位に立ちたい |
| (8) | 高いランクになりたい |
| (9) | ランキングで上位になりたい |
| (10) | 他の人に勝ちたい |
| (11) | 他の人より強くなりたい |
| (12) | 他の人に自慢がしたい |
| (13) | ガチャ確率UPイベント |
| (14) | 新しいガチャ, パッケージ |

2.3. 分析の手続き

最初に, それぞれの項目について記述統計量を求めた。次にゲームの利用と満足の各因子, ガチャを回す動機それぞれの項目間における相関係数および p 値を求めた。統計的有意水準は 5%とし, 分析には Stata MP 16.1 を用いた。

ここで, ガチャの回す動機の各項目については, 単一項目で得点を算出しているため, ノンパラメトリックデータとして取り扱う。これに合わせて, 分析においてはノンパラメトリック分析を用いた。具体的には, 相関係数として Spearman の順位相関係数を求めた。ゲームの利用と満足の各因子についてはパラメトリックデータとして扱い, 正規性を有するかについて Shapiro-Wilk 検定を用いて評価を行った。

3. 結果と考察

3.1. 記述統計量

ゲームプレイ時間の記述統計量を表 3 に示す。平日 1 日のゲームプレイ時間および休日・祝日 1 日のゲームプレイ時間は, 1 日平均 4 時間以上であった。そのゲーム時間のうち, スマホゲームに当てている時間である平日 1 日のスマホゲームプレイ時間, 休日・祝日 1 日のスマホゲームプレイ時間は, 1 日平均 2 時間未満であった。

利用金額の記述統計量を表 4 に示す。毎月ゲーム

に利用している金額として, 「毎月ゲームソフト購入に使う金額」は平均 3000 円程度, 「毎月ゲーム内で課金する金額」, 「毎月ゲームセンターやゲーム音楽 CD, ゲームグッズなどに使う金額」は平均 2000 円程度であった。このような実態を持つ調査対象者であることを前提に分析を進める。

表 3. ゲームプレイ時間の記述統計量

	Mean	SD
平日1日のゲームプレイ時間	4.09	2.05
平日1日のスマホゲームプレイ時間	1.63	1.60
休日・祝日1日のゲームプレイ時間	6.12	2.47
休日・祝日1日のスマホゲームプレイ時間	1.99	1.87

(n = 104)

表 4. 利用金額の記述統計量

	Mean	SD
(ゲーム機や周辺機器, パソコンの購入を除き) 「毎月ゲームソフト購入に使う金額」	3238.94	4569.51
(ゲーム機や周辺機器, パソコン, ゲームソフトの購入を除き) 「毎月ゲーム内で課金する金額」	2117.12	4400.33
(ゲーム機や周辺機器, パソコン, ゲームソフトの購入, ゲーム内課金の金額を除き) 「毎月ゲームに使う金額(ゲームセンターやゲーム音楽CD, ゲームグッズなど)」	1937.98	5444.36

(n = 104)

ゲームの利用と満足の各因子の記述統計量を表 5 に示す。ゲームの利用と満足尺度のうち, 「友達」は平均値 +SD が取り得る値の最大値である 5.00 より大きくなる天井効果が見られた。また, 「空想」, 「達成」は平均値が 4.00 以上と, 他の因子より高い傾向が見られた。各因子について, Cronbach の α 係数を求めたところ, $\alpha = .67 \sim .83$ であり, 基準値として用いられる .60 よりいずれも大きく, 利用には問題ないと判断された。次に, 各因子が正規性を有するかについて Shapiro-Wilk 検定を用いて検討したところ, 「空想」は $z = 5.67$ ($p < .01$), 「承認」は $z = 1.02$ ($p > .05, n.s.$), 「趣向」は $z = 0.85$ ($p > .05, n.s.$), 「達成」は $z = 5.99$ ($p < .01$), 「友達」は $z = 6.09$ ($p < .01$), 「学習」は $z = 3.88$ ($p < .01$), 「気晴らし」は $z = 2.38$ ($p < .01$) であり, 「空想」, 「達成」, 「友達」, 「学習」, 「気晴らし」では p 値が 1%水準で高度に有意であった。よって, 以下の分析においてゲームの利用と満足尺度は, ノンパラメトリックデータとして扱う。また「友達」についての結果は参考値として記す。

表 5. ゲームの利用と満足尺度の記述統計量

	Mean	SD	α
空想	4.30	0.65	0.76
承認	3.23	0.94	0.78
趣向	3.81	0.78	0.70
達成	4.23	0.77	0.82
友達	4.27	0.94	0.83
学習	3.79	1.01	0.81
気晴らし	3.29	1.08	0.67

(n = 104)

表 6 に, ガチャを回す動機に関する記述統計量を示す。ガチャを回す動機はノンパラメトリックデータであるため, 平均および SD は参考として記す。表 5 より, 「新しいキャラが欲しい」「強いキャラが欲しい」「キャラの声優が好き」「ガチャ確率 UP イベント」は, 中央値が 4 であり, 他のガチャを回す

動機より高い傾向がみられた。一方、「ランキングで上位になりたい」「他の人に勝ちたい」は中央値が2もしくは2.5であり、他のガチャを回す動機より低い傾向が見られた。

表 6. ガチャを回す動機に関する記述統計量

	Mean	SD	1	2	3	4	5	Max	Min	Median	Mode
(1) 新しいキャラが欲しい	3.88	1.45	16	4	7	26	51	5	1	4	5
(2) 強いキャラが欲しい	3.89	1.29	11	5	11	34	43	5	1	4	5
(3) キャラのデザインが良い	4.33	1.14	7	2	7	22	66	5	1	5	5
(4) キャラの声優が好き	3.35	1.52	21	12	13	26	32	5	1	4	5
(5) イベントをクリアしたい	3.18	1.45	20	16	17	27	24	5	1	3	4
(6) ダンジョンをクリアしたい	3.16	1.42	22	9	25	26	22	5	1	3	4
(7) ゲーム内で優位に立ちたい	3.13	1.48	21	18	16	24	25	5	1	3	5
(8) 高いランクになりたい	2.96	1.51	28	15	14	27	20	5	1	3	1
(9) ランキングで上位になりたい	2.40	1.39	41	16	21	16	10	5	1	2	1
(10) 他の人に勝ちたい	2.72	1.44	28	24	18	17	17	5	1	2.5	1
(11) 他の人より強くなりしたい	2.81	1.43	24	27	16	19	18	5	1	3	2
(12) 他の人に自慢がしたい	2.85	1.47	28	17	21	19	19	5	1	3	1
(13) ガチャ確率UPイベント	3.51	1.39	18	6	12	41	27	5	1	4	4
(14) 新しいガチャ、パッケージ	3.02	1.47	26	13	18	27	20	5	1	3	4

3.2. 各項目間の関連性

ゲームの利用と満足尺度の各因子、ガチャを回す動機の関連性を把握するために、Spearman の順位相関係数およびp値を求めた。その結果を表7に示す。同一尺度間、同一カテゴリの項目間同士の関係を除いて有意な相関関係が認められたのは(表7の四角で囲った部分)、「承認」と「ダンジョンをクリアしたい」、「ゲーム内で優位に立ちたい」、「高いランクになりたい」、「ランキングで上位になりたい」、「他の人に勝ちたい」、「他の人より強くなりしたい」、「他の人に自慢がしたい」、「新しいガチャ、パッケージ」; 「趣向」と「新しいキャラが欲しい」、「強いキャラが欲しい」、「キャラのデザインが良い」、「キャラの声優が好き」、「イベントをクリアしたい」、「ゲーム内で優位に立ちたい」、「高いランクになりたい」、「他の人に勝ちたい」、「ガチャ確率UP イベント」、「新しいガチャ、パッケージ」; 「達成」と「新しいキャラが欲しい」、「強いキャラが欲しい」、「イベントをクリアしたい」、「ダンジョンをクリアしたい」、「ゲ

ーム内で優位に立ちたい」、「高いランクになりたい」、「他の人に勝ちたい」、「他の人より強くなりしたい」; 「友達」と「新しいキャラが欲しい」、「他の人に自慢がしたい」; 「学習」と「イベントをクリアしたい」、「ダンジョンをクリアしたい」、「高いランクになりたい」; 「空想」、「気晴らし」は、いずれもガチャを回す動機と関連性が認められなかった。これらの関係を図示したものを図1に示す。

3.3. 考察

以上得られた結果をもとに考察を行う。なお表7において、1%水準で有意な相関を持つ値には点線四角で囲っている。

ゲームの利用動機の中で、ガチャの回す動機と多く関連性を持つのは、「承認」、「趣向」、「達成」であった。人に認められたいからゲームをプレイするユーザは、ゲーム内で優位に立ちたい、ランキングをあげたい、他の人より強くなりしたい、自慢したいなどといった動機でガチャを回す傾向と関連性がある可能性がある。好きなキャラや声優が出ているからゲームをプレイするユーザは、新しいキャラが欲しいからガチャを回す傾向と関連性がある可能性がある。課題をクリアしたいからゲームをプレイするユーザは、イベントやダンジョンをクリアするためにガチャを回す傾向と関連性を持つ可能性がある。

以上のことから、人に認められたいから、好きなキャラや声優が出ているから、ゲームの課題をクリアしたいからという動機でゲームをプレイしているユーザは、ガチャを回す動機が強い可能性が想定される。またゲームの利用動機の違いによって、ガチャを回す動機には違いがあることから、ゲームの利用動機を把握することで、ガチャを回す動機の傾向性を把握できる可能性がある。さらに、上記のゲームの利用動機を持つユーザがガチャ課金をしている

表 7. ゲームの利用と満足尺度とガチャを回す動機の相関係数

	空想	承認	趣向	達成	友達	学習	気晴らし	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
空想	1.00																					
承認	0.15	1.00																				
趣向	0.17	0.10	1.00																			
達成	0.36	0.36**	0.11	1.00																		
友達	0.32	0.31**	0.07	0.32**	1.00																	
学習	0.31	0.11	0.11	0.36**	0.21*	1.00																
気晴らし	0.24	0.13	0.14	-0.03	0.11	0.01	1.00															
(1)	0.18	0.15	0.26**	0.25*	0.21*	0.04	-0.04	1.00														
(2)	0.13	0.15	0.20*	0.27**	0.14	0.17	0.05	0.39**	1.00													
(3)	0.19	0.01	0.29**	0.05	0.03	-0.08	0.11	0.37**	0.28**	1.00												
(4)	-0.02	0.04	0.59**	0.03	0.00	-0.01	-0.08	0.26**	0.20*	0.31**	1.00											
(5)	0.14	0.11	0.31**	0.28**	0.07	0.23*	0.04	0.40**	0.54**	0.14	0.22*	1.00										
(6)	0.14	0.21*	0.15	0.34**	0.11	0.24*	0.06	0.37**	0.54**	0.05	0.16	0.66**	1.00									
(7)	0.15	0.35**	0.25*	0.25*	0.15	0.05	0.08	0.33**	0.55**	0.09	0.29**	0.60**	0.52**	1.00								
(8)	0.16	0.44**	0.22*	0.25*	0.14	0.21*	0.15	0.27**	0.58**	0.16	0.15	0.60**	0.55**	0.60**	1.00							
(9)	0.18	0.37**	0.11	0.04	0.15	0.12	0.05	0.23*	0.30**	0.08	0.13	0.46**	0.32**	0.51**	0.63**	1.00						
(10)	0.16	0.44**	0.27**	0.28**	0.14	0.17	0.16	0.26**	0.52**	0.08	0.21*	0.60**	0.50**	0.69**	0.75**	0.60**	1.00					
(11)	0.08	0.42**	0.18	0.23*	0.09	0.13	0.01	0.19*	0.51**	0.01	0.20*	0.57**	0.61**	0.69**	0.72**	0.66**	0.77**	1.00				
(12)	0.17	0.41**	0.07	0.08	0.25*	-0.06	0.12	0.42**	0.35**	0.26**	0.13	0.31**	0.28**	0.50**	0.51**	0.42**	0.45**	0.41**	1.00			
(13)	0.03	0.06	0.24*	-0.03	-0.11	-0.11	0.03	0.25*	0.24*	0.20*	0.39**	0.25**	0.09	0.22*	0.19*	0.23*	0.20*	0.15	0.20*	1.00		
(14)	0.15	0.26**	0.28**	0.07	-0.07	-0.03	0.03	0.48**	0.33**	0.32**	0.40**	0.26**	0.23*	0.35**	0.38**	0.37**	0.35**	0.31**	0.39**	0.50**	1.00	

**p < .01, *p < .05

(n = 104)

(1) 新しいキャラが欲しい	(4) キャラの声優が好き	(7) ゲーム内で優位に立ちたい	(10) 他の人に勝ちたい	(13) ガチャ確率UPイベント
(2) 強いキャラが欲しい	(5) イベントをクリアしたい	(8) 高いランクになりたい	(11) 他の人より強くなりしたい	(14) 新しいガチャ、パッケージ
(3) キャラのデザインが良い	(6) ダンジョンをクリアしたい	(9) ランキングで上位になりたい	(12) 他の人に自慢がしたい	

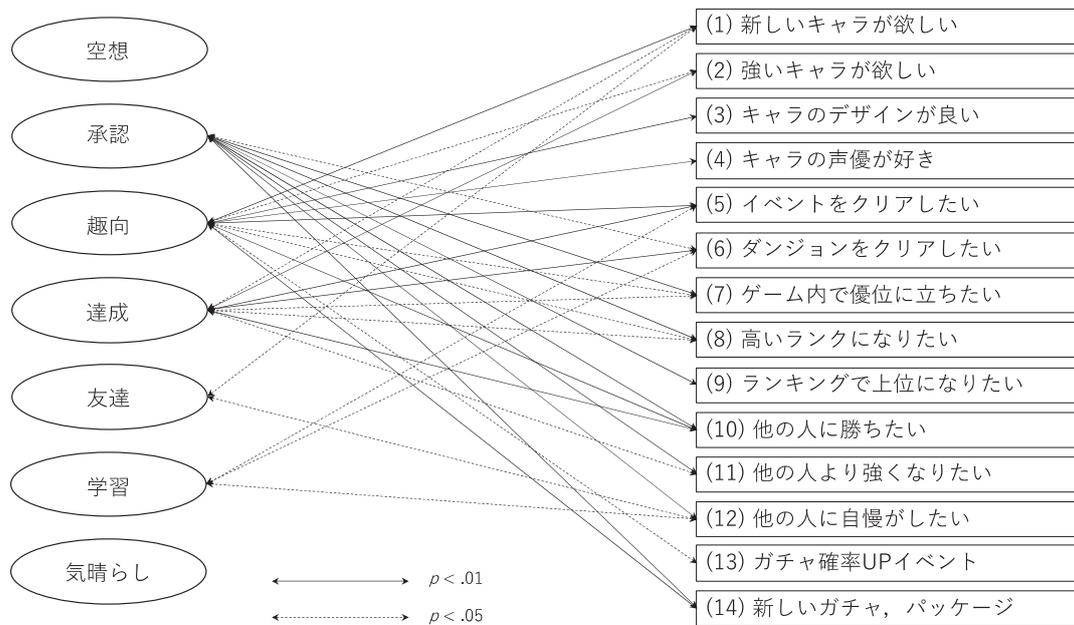


図1. ゲームの利用と満足尺度とガチャを回す動機の関連性

ときには、ガチャへの依存性が高い可能性も否定できない。

一方、ゲームの世界観が好きだから、他にすることがないからゲームをプレイしているユーザは、ガチャを回す動機が低い可能性がある。さらに、友達と一緒にゲームをプレイするから、勉強になるからといった動機でゲームをプレイしているユーザは、ガチャを回す動機がさほど高くない可能性がある。つまり、上記のゲームの利用動機を持つユーザがガチャ課金をしているときには、ガチャへの依存性がさほど高くない可能性が想定される。このことから、ガチャへの依存性が高い可能性があるゲームの利用動機を持つユーザには、時には気楽に気分転換目的でゲームをプレイする、ストーリーを楽しみながらゲームをプレイするなど、複数のゲーム利用動機を持たせることが有効である可能性がある。複数のゲーム利用動機を持たせるために、多様なゲームをプレイさせることも有効である可能性がある。

よって、ゲームの利用動機によって、ガチャ課金の動機に違いがあることが把握された。また、ガチャ課金の動機が高くガチャ課金への依存性が高くなる傾向を有するゲームの利用動機とそうでないゲームの利用動機の存在が示された。

4. まとめと今後の展望

本研究では、大学生のガチャ課金動機とゲームの利用動機の関連性について探索的に検討することを試みた。その結果、ゲームの利用動機のうち、「承認」、「趣向」、「達成」ではガチャを回す動機と関連性が見られた。また、「友達」、「学習」ではガチャを回す動機の一部と関連性が見られ、「空想」、「気晴らし」では関連性が認められない傾向を明らかにした。

この結果は、ガチャに対する適切な接し方を把握するための基礎的知見として有用であると想定される。このような研究は、これまでに詳細に検討され

ておらず新規性、独自性がある。

しかし、本研究にはいくつかの課題が残されている。1点目として、同じ時間同じゲームをプレイしているユーザ、同じ金額をガチャ課金しているユーザがいたとしても、ゲームに依存してしまう学生とそうでない学生の存在が想定されることから、それらの差異を把握する必要があることである。本研究では、ゲームの利用動機とガチャを回す動機の関連性を把握したが、ADHDを測定する尺度や性格要因を把握する心理尺度などを含めた再調査を実施し、それらの尺度とガチャを回す動機との関係を把握することが重要であると想定される。さらに課金ユーザと無課金ユーザの相違に着目すること、性差に着目することなども同様に重要であると考えられる。2点目として、「ガチャを含む」ゲームの利用と満足について検討する必要があることである。数名に対するインタビュー調査において、スマホゲームをプレイする動機として、「課金をしてよいアイテムを手に入れて友達に自慢したいから」といった回答が見られ、このような動機もスマホゲームをプレイする動機として組み込むことも重要であると想定される。また、ガチャを含むゲームをプレイする動機や出会ったことがないネット友達とプレイするゲームをプレイする動機などを広く含んだゲームの利用動機について広く捉える必要性が想定される。

他にも、課金の種類の相違や、どのようなゲームにどの程度課金したかなど、多様な項目を含めた調査を実施する必要がある。それらの結果をもとに、適切なスマホゲームへの接し方、スマホゲームを含めたゲームリテラシーの構築へと接続していく必要がある。これらについては今後の課題とする。

謝辞

本研究の一部は、2021年度科学技術融合振興財団研究助成により実施されたものである。研究遂行にあたり、大阪電気通信大学の横山宏先生、神奈川県

立津久井浜高等学校の野村新平先生，慶應義塾大学の佐々木雄司さん，関西学院大学の萩倉丈さんにご協力いただきました．ここに深謝いたします．

参考文献

- [1] 一般社団法人日本オンラインゲーム協会，安全に楽しむために ～決済・セキュリティ・犯罪予防～，https://japanonlinegame.org/campaign_onlinegameguide/safety.html
- [2] 消費者庁，インターネット消費者取引に係る広告表示に関する景品表示法上の問題点及び留意事項，https://www.caa.go.jp/policies/policy/representation/fair_labeling/e_commerce/pdf/koukoku.pdf
- [3] 内閣府消費者委員会，スマートフォンゲームをめぐる高額課金問題等に対する視点と解決の方向性，https://www.cao.go.jp/consumer/iinkai/2016/230/doc/20160802_shiryu2.pdf
- [4] 一般社団法人日本オンラインゲーム協会 ガイドラインワーキンググループ，ランダム型アイテム提供方式を利用したアイテム販売における表示および運営ガイドライン，Japan Online Game Association, 2016. <https://japanonlinegame.org/wp-content/uploads/2017/06/JOGA20160401.pdf>
- [5] 山口真一，モバイルコンテンツへの支払い行動決定要因と依存性-ソーシャルゲームの実証分析と政策的合意-，情報通信政策レビュー，7, pp. E1-E23, 2013.
- [6] IT media ビジネス ONLINE, 20代の4人に1人は「ソシャゲに5万円以上課金」，男女比は？, 2021. <https://www.itmedia.co.jp/business/articles/2106/02/news100.html>
- [7] 消費者庁，オンラインゲームの「コンプガチャ」と景品表示法の景品規制について，2016. https://www.caa.go.jp/policies/policy/representation/fair_labeling/guideline/pdf/120518premiums_1.pdf
- [8] 新井範子，ソーシャルゲームにおけるユーザーの心理特性と課金行動の関連性について，上智経済論集，58(1・2), pp.277-287, 2013.
- [9] 宮本康樹，依存につながるソーシャルゲームへの課金額を予測する要因の究明，法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編，58, pp.1-4, 2017.
- [10] 井口貴紀，現代日本の大学生におけるゲームの利用と満足 -ゲームユーザー研究の構築に向けて-，情報通信学会誌，31(2), pp.67-76, 2013.
- [11] 平松綾子，ソーシャルゲームにおける電子くじ確率表示の影響調査，電気学会研究会資料，IS2017, pp.41-44, 2017.

本報告は、ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第 15 回研究会当日配布用に用意したものです。本報告に掲載されている予稿は、ゲーム学会合同研究会論文集に合本掲載される予定です。本報告に関してお問い合わせなどがありましたら、下記の研究部会幹事までご連絡ください。

「ゲームと教育」研究部会幹事 林敏浩（香川大学）

TEL: 087-832-1525

E-mail: hayashi.toshihiro@kagawa-u.ac.jp

ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会 研究会報告（2022-GE-1）

2022年7月29日

於 香川大学

（新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンライン開催）

ゲーム学会

<http://www.gameamusementociety.org/>

ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第16回研究会

テーマ：ゲームと教育／一般

開催日：2022年7月29日（金）

会場：香川大学幸町キャンパス

※新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンライン開催

目次

1. 物語作成支援システムの開発とシステム評価の検討
森穂乃佳，八重樫理人，後藤田中，藤澤修平，林敏浩（香川大学） …… 1
2. 政治関心に促すシリアスゲームの開発
趙一（大阪電気通信大学），川島竜希（WAVE 合同会社），
佐藤礼華（大阪電気通信大学） …… 3
3. アローの定理の数学教材への応用
高橋正（甲南大学），宮寺良平（啓明学院），尹亮太，
下西章弘，佐藤礼華（大阪電気通信大学） …… 7
4. 香りとグラフィックスを同期するゲームへの検討
大森典子，大貫光一，瀬田陽平，坂内祐一，服部元史（神奈川工科大学） …… 10
5. ファンタジー世界における魔法現象の科学的解釈 ～大学生の魔法の解釈の傾向～
林敏浩（香川大学） …… 14

物語作成支援システムの開発と システム評価の検討

Development and evaluation study of a system to assist in creating a narrative

森 穂乃佳 後藤田中 八重樫理人 藤澤修平 林 敏浩
Honoka Mori Naka Gotoda Rihito Yaegashi Shuheji Fujisawa Toshihiro Hayashi

香川大学
Kagawa University

要約：近年、小説サイトが数多く開設されるなど、書いた小説を投稿する環境が整ってきており、誰でも簡単に始められる利点から、小説作成者は日々増加している。しかし、アイデアを引き出す方法は連想ゲームのように言葉を出していく方法が主流でありそれ以外の方法は使われていない。本稿では、抽象的なアイデアを具体化し小説作成を誘導する物語作成支援システムを開発しアイデアの具体化に焦点を当て、システムの評価方法を提案する。

キーワード：物語支援システム、オンライン小説、アイデアの具体化

1. はじめに

近年、小説サイトが数多く開設されるなど、書いた小説を投稿する環境が整ってきている。また、誰でも簡単に始められる利点から、小説作成者は日々増加している。しかし、アイデアを引き出す方法は連想ゲームのように言葉を出していく方法が主流でありそれ以外の方法は使われていない。この方法では出てきたアイデアをつなげる工程は作者自身が行う必要がある。このような問題を解消するため、抽象的なアイデアを具体化し小説作成を誘導するアプリケーションを開発する。本稿では、オンライン小説を対象とした物語作成支援システムを開発しそのシステムの評価方法を提案する。

2. 先行研究

物語作成支援システムにはアイデアの抽出から小説執筆まで支援する総合アプリがいくつも開発されている。文章を入力できるだけでなく、原稿を階層ごとに管理でき参考資料を保存できるシステム^[1]や、物語の流れをタイムラインで表示できるシステム^[2]、『人物』『場所』『アイテム』の設定を行え、物語中の場面と結び付け設定させることができるシステム^[3]もある。

これらの研究では、物語の作成及び保存、登場人物の設定をすることができる。また、物語作成に必要なアイデアを抽出、保存することが可能である。しかし、アイデアを引き出す方法は連想ゲームのように言葉を出していく方法が主流でありそれ以外の方法は使われておらず、出てきたアイデアを物語につなげる工程は作者自身が自力で行う必要がある。この点に注目し、本稿の研究では質問形式で作者が考えているアイデアを具体的に抽出し、あらすじのような形に落とし込むことでそのまま物語作成の際の使用

を可能とした。

3. 支援システムの実装

支援システムとしてはキャラクター作成や舞台作成からプロット作成、小説執筆までを支援するシステムを開発する。プロット作成ではしっかりと全体のプロットを作成できるように図1のような細かい分岐をプロット作成時に設定できるように支援を行う。

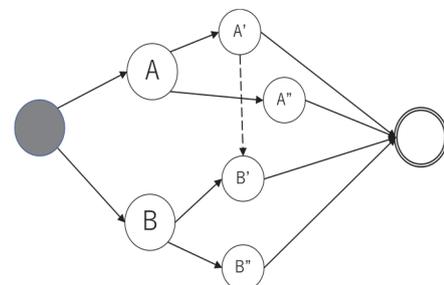


図1 プロットの流れ

本稿では、上記のシステムに加えて様々な質問を投げかけそれにこたえることで、作者の抽象的なイメージをより具体的に抽出していく支援を行う。図2では主人公が戦うかどうかを作者に返答させ、バトルがある物語なのかどうかを振り分けていっている。そのほかにもキャラクター作成では、キャラクターの好きな食べ物や口癖、座右の銘や好きなファッションなどを質問し、人生背景だけでなくそのキャラクター自身がより生きて設定することができる。^[4]

次に作者の答えた情報をもとにまとめを作成し表示させていく。キャラクターの設定や大まかな物語のあらすじなどを決定することができ、すべて短文にまとめて表示させる。図3では、図2での質問をもとに物語の大まかな流れとなるあらすじを表示させている。かっこ内が質問内容の返答にかかわって

きた言葉であり、この文章はいくつかのテンプレートを用意しておく。設定した内容は時系列やキャラクターごとに分類することで作者が参照しやすいように表示させる。

図2 質問画面

図3 結果画面

4. 支援システムの評価

本研究では、作者の抽象的なイメージを具体的に抽出し、文章でまとめることで物語作成につなげていく。そのため本稿ではシステムの評価としてイメージの具体化について注目し評価を行うための方法について提案を行う。

具体化の定義としては「はっきりとした実態をとらえている」ことである。つまり読んだ人がはっきりと理解をすることができるものが挙げられる。しかし、人によって程度の違いが存在してしまっているため、はっきりとしたものさしは存在していない。そこで本稿では基準を設定する。今回は、個人それぞれが文章だけで想像することができるかどうか基準を設定し、そのイメージについての質問を行うことで作者も読んだ人も答えることができるかどうかの評価を行っていく。

まず、作者に対して「カッコいいキャラクター」などの聞いただけでは想像が付きにくい抽象的な言葉を与える。そこから作者はシステムを使用し1人のキャラクターを設定する。次に、その設定したキャラクターを別の人数名に読ませ、具体的にそのキャラクターを想像することができたかを判断してもらう。その際に図4のようなプロフィール表を使用し、判断を行っていく。もちろん人によって認識の差はあるため、細かい内容の差は考慮せず、その人がは

っきりとそのキャラクターの人物像を感じることができたかを評価の基準とする。システムの使用有無で同じ実験を行い、比較を行ってもよい。

自己紹介	
氏名	
生年月日	
出身地	
得意なこと	
苦手なこと	
興味のあること	
目標	

図4 プロフィール表

5. 支援システムの評価

本稿ではオンライン小説を対象とした物語作成支援システムを開発しそのシステムの評価方法を提案を行った。アイデアの具体化に焦点を当て、読んだ人にはっきりとした想像をさせることができたかで評価を行う方法を提案した。今後残された課題はシステムの試作及び運用テスト、そして今回定義したシステム評価の有意性の確認である。

参考文献

- [1] Literature&Latte, 「Scrivener | Literature&Latte」
<https://www.literatureandlatte.com/scrivener/overview>(参照 2022-07-21)
- [2] Stand-alone Community 「創作支援ツール ArtOfWords-Stand- 」, <http://kienai.com/artofwords>(参照 2022-07-20)
- [3] Simon Haynes, 「yWriter6 by Spacejock Software」, <http://www.spacejock.com/yWriter6.html> (参照 2022-07-20)
- [4] 岡本ジュンイチ, 「MB ビジネス研究班. 一ヶ月で小説を書ききる本. 作品を完成させるのが苦手な人へ. 10分で読めるシリーズ」, 株式会社まんがびと(2016,10,21)

政治関心に促すシリアスゲームの開発

Development of a Serious Game that Encourages Political Interest

趙 一[†] 川島 竜希[‡] 佐藤 礼華[†]
Tyou Iti Kawasima Ryouki Satou Reika

[†] 大阪電気通信大学総合情報研究科
Osaka Electro-Communication University

[‡] WAVE 合同会社
WAVE Limited Liability Company

概要：若い世代が国政選挙にあまり無関心の日本の現状では、日本の民主政治の明日に危機感をもたらす。シリアスゲームは、このような社会課題の解決に取り組む新たなアプローチとして活用することが考えられる。本研究では、シリアスゲームの開発を通して若者の政治への関心を引き付ける応用手法としての有効性を検証していく。

キーワード：政治関心、シリアスゲーム、開発

1. 背景

政治への関心が薄い若者が多く現状^[1]について、政治に関する選挙システムや社会への影響の面などの知識不足、政治に関する教育内容と方法などの問題があると考えられる^[2]。

一方、シリアスゲームの開発と応用によって社会問題を解決するための一助になる可能性がある^[3]。ゲーム世代とする若者に対してシリアスゲームを用いた政治関心に促すような手法の有効性が試すため、本研究は政治関心に促すシリアスゲームを開発し、その有効性を検証していく。

2. シリアスゲームを用いた学習方法

2.1 政治無関心の問題

政治家は、考え方に従って様々な活動を行い、それによって憲法や政策方針などに影響している。政治家は選挙によって選出されるため、選挙に投票することは国民の責務であり、候補者の考え方を理解した上投票を行うべきである。どのような考え方がどのように政治に及ぼす影響を理解することは重要である。

保守とリベラル、安全保障、国家予算の使い道などについて理解できていないので興味が湧かないという認識がある。政治に関する知識は、様々な領域と関わり、学校教育で学ぶ内容が非常に不足している^[4]。

2.2 シリアスゲームの可能性

政党設立や参加するなどの活動がゲームプレイを通してシミュレートし、活動のプロセスを理解してもらう。

選挙を通して政治にどのような変化をもたらすか、どんな方法で変化するか、そして、選挙のプロセスをゲーム内に示し、プレイによって選挙の役割を理解してもらう。

選挙を通して総理大臣、政党総裁、国会議員などになって、政治活動を行い、様々な政策などに影響することをゲーム内に表し、選挙結果の重要性を理解してもらう。

経済、立法、イデオロギー、政党、選挙などの政治に関わる基礎的な知識をゲーム内に組み込み、プレイを通して理解してもらう^[4]。

3. シリアスゲームの構築

3.1 ゲームに含まれる基本内容

・プレイヤーの立場

政治家になって、直接政治に関わるようにプレイヤーの立場を設定する。様々な活動を通して政治の形態や活動の方法などを直感的に理解できるようになる。具体的に、政党の設立、政党を運営する立場に立つ人や政党への参加者として政治活動や次の選挙に立候補などを行う。

・政党運営活動

政党運営活動について、人材募集、ほかの政党との競争、政党資源の配分、事件が発生する場合の対

応を分けて活動を行う。これらの活動によって政党の発展に導く。そのプロセスの中で事件発生の問題を解決し、支部の設立などが可能にする。

・選挙参加

成長した政党の一員として、地方選挙か国会選挙に立候補し、選挙活動を行う。

・選挙勝利後の活動

自治体のトップ、国会議員、総理大臣になることによって、地方経済の発展、地方問題の解決、議案表決や議案提案などの活動を行う。

3.2 ゲームのシナリオ

ゲームスタートから、政党創立か政党参加に選び、政党運営のステップに入る。政党運営は、人材募集、政党資源配分、政党影響力への活動、突発事件の解決の処理に分け、処理の結果によって政党成長に至る。次のステップでは、支部の設立と派閥の連携の選択肢があり、その活動によって次のステップが変わる。ここまで基本的な政党運営を体験する。

続いて選挙活動を体験したい場合、選挙参加の項目を選び、地方の長、地方議員、国会議員などになり、その仕事を遂行する。仕事の内容は、予算案、条例策定案、修正案などの提出、審議によって支持率の変化に表す。一方、国会議員になる場合、法律や予算に関する政策や審議を行い、支持率の変化によって任期満了か、与党党首になり、総理大臣の座まで行く。

ゲーム内のこれらの流れは、戦後日本の政治状況と事件発生の実況、選挙の現状などに基づいてイベント処理を行う(図1)。

3.3 ゲームプレイによる学習内容

・政党運営の基本

政党の組織に、副総裁、幹事長、人事局、組織運営本部、広報本部などの長の職務を任命する。任命されたキャラクターの属性や能力によって、政党の様々な運営に及ぼす影響が異なる。

政党の一定の運営資金を配分するシミュレートの部分では、広報の配分額を上げることで支持率が高くなること、人事局の配分額を上げると、より多くの人材を獲得できること、組織運営の活動によって支持者の投票率を高めることなど、異なる配分案によって様々な影響をもたらす。限られた運営資金を最大限に有効活用する必要がある。

政治に関わる利益団体では、政治献金、請願、票集めなどの活動を行い、政党と利害関係者として社会的共同体になっている。様々な利益団体があり、

お互いに連携したり対立したりの関係になって、その有権者数の構成や一般人の共感度などによって政治献金や選挙などの政治活動に影響する。そのため、政党の運営にどのような影響が重視するかによって様々な利益団体の中から同盟者を選ぶ。

日本の戦後は、ロッキード事件、リクルート事件など様々な政治に関わる事件があった。ゲーム内でこのような政治事件をランダムで発生させ、政党運営者とするプレイヤーに対処方法の選択肢を与え、対処法によって政党の発展に影響する。

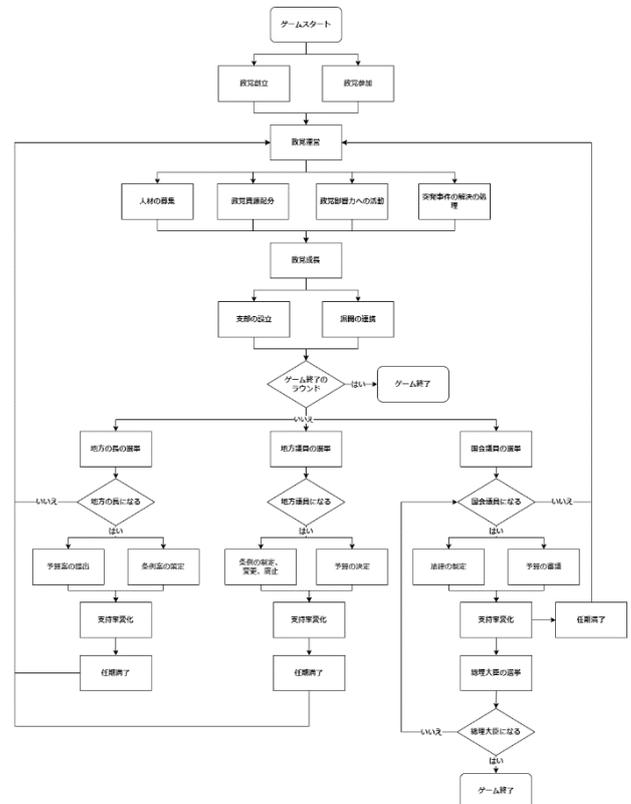


図1 ゲームシナリオのフロー図

・選挙システムの基本

ゲーム中の選挙は国会議員選挙、地方議員選挙、地方の長と総理大臣選挙の四つの公職選挙、及び政党の総裁選挙が設定する。

ゲームで公職選挙に影響に与える要素は四つである。政党のイデオロギーと政策、地域経済の発展、利益団体との関係と選挙活動に分けられ、具体的な内容が以下に記述する。

ゲームでは、各政党が異なる政策に対する支持の有無によって、政党に対応するイデオロギーが生成され、座標形式(図2)で表現される。政党と有権者のイデオロギーが近づくほど、獲得した支持率は高くなる。同時に、有権者は政党が支持する政策に基づいて投票する。党員座標の平均値は、この政党の政治座標であり、新しく生成した党員も政党座標内の

位置に基づいて政治座標を生成する。図3のように、
党員の状況によって政党に影響を与える党員の政治
座標を示す^[6]。

このようなデザインは、政党がゲームで単純な
概念ではなく、政党成員の変化によって変化する。

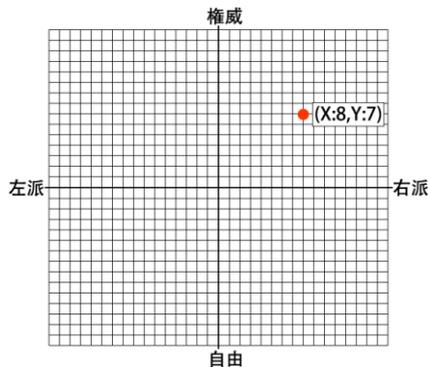


図2 政党の政治座標例

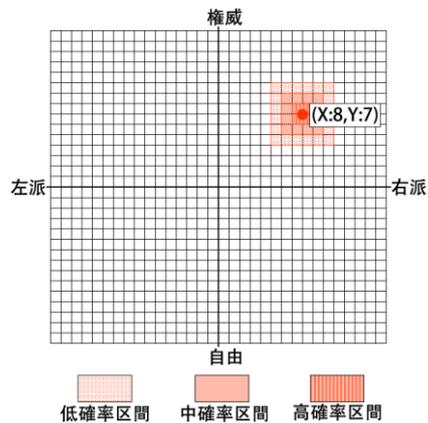


図3 党員の政治座標例

経済状況は有権者が政党を選ぶ根拠でもある。与
党になる地域では、地域経済発展の良し悪しが支持
率に影響する。地域経済発展が一定のレベルより高
い与党は、より高い支持率を持つことになる。

プレイヤーの利益団体との関係は、利益団体の有
権者の支持率に影響する^[7]。

選挙活動は支持率に影響される。組織内の地位や
活動内容、選挙資金の配分状況、事件への対処など
によって支持率への影響もある。

総裁選挙のメカニズムは国会選挙と類似している
が、投票者は国民から党員に変わるだけである。

総理大臣の選挙は国会議員の中から国会の議決で
指名され、投票の過半数が必要である。プレイヤー
は議員と協力して支持率を高めなければならない。
派閥との関係を高め、他の政党と同盟を結ぶことで、
議員の支持率も高まる。

・これまでの政治事件

歴史的に起こった多くの政治事件がゲームで再
現する^[8]。事件システムは歴史の模擬だけではなく、
歴史のさらなる演繹で設定する。

例えば、東大紛争という事件について、実際の解
決方法と違って、学生の訴えに応じることや、より
激しい手段で対応することなどの対処法を取る場合、
国への影響や変化が異なってくる。学生の訴えに折
る場合、次の赤軍事件が発生したとき、より激しい
衝突になり、社会へのさらなる対立を引き起こし、
学生に同情する人々がこの紛争に参加するか紛争を
拡大するかもしれない。

3.4 ゲームデザインの考え

・政治事件の説明

政治事件のインターフェースのデザインでは、文
章の説明と画像を組み合わせた内容を表示する。事
件インターフェース(図4)は、ポップアップ方式で
現れ、歴史感のあるデザインをした。

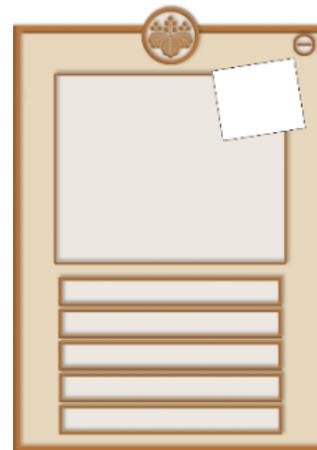


図4 事件インターフェース

・社会状況を反映するアイコン

社会治安、国民が政府に対する信頼度、経済状況
などの総合状況はアイコンで表す。例えば、不平な
立法、選挙、事件、政党運営などの発生状況によっ
て判断され、図5のように、春夏秋冬のアイコンで
社会状況のメタファーとして表現する。



図4 総合レベルのアイコン

・選挙地域の地図や議院平面図の表示

選挙地域の状況が小選挙区選挙と比例代表制選挙
による地図上での表示と加え、都道府県ごとに地元
のお土産、ランドマーク、文化遺産などの内容も入

れて、プレイヤーが所在地を識別できるようにデザインし、地域の特徴も表す。

議院の状況にも理解できるように、議院平面図も入れ、座席数などを直感的に認識でき(図5)、議案の提出から議員投票などのプロセスに沿って議院での活動を体験することができる^[9]。

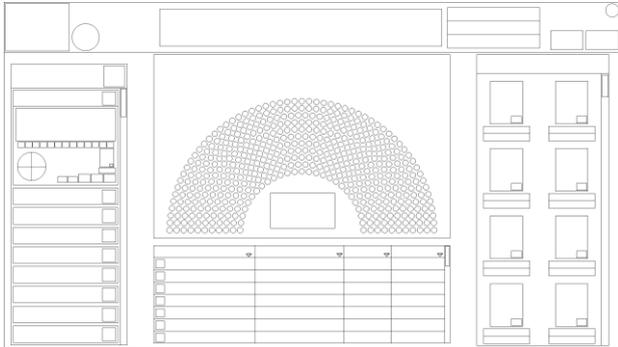


図5 衆議院平面図

4. 期待するシリアスゲームの応用効果

・政党運営の仕組み

政党の運営に関するプレイを通して、人材募集、資源配分、突発事件の対処など、政党運営の知識を学び、政党の機能をゲーム内の実践的な方法で理解を深める。

・選挙システムの基本

ゲーム内の選挙を経験することで、様々な選挙の流れと関連知識を体験し、立候補の視点で選挙制度の仕組みを理解する。

・戦後の政治事件

ゲーム内に戦後の政治事件の事例を埋め込み、事件の影響によって社会動向を左右したことについて理解する。そして、歴史と異なる選択肢も設定することによって、歴史で起こった出来事について異なる可能性や将来の政治事件に対応手法の多様性についても考えるようになる。

5. おわりに

本研究では、政治に関する様々な活動のシミュレーションを通して、政治家を育成し、選挙を戦うことに身近にすることが期待する。投票率が低く、国民は政治から離れ、結果は常識から外れた政治家も当選になることや日本は世界から取り残される状況を変えることなど、政治や選挙のイメージを少しでも変えるように、そして、戦後日本で発生した政治事件についてもわかるように、ゲームという手法を使って、政治に関する知識を身に着ける第一歩にすることを旨とする。

参考文献

- [1] 秦正樹. 若年層の政治関心に与える政治的社会化の効果: 学校と家庭における政治教育に注目して. 六甲台論集. 法学政治学篇 60(1), 15-36, 2013-09
- [2] 梶山守夫. 政治教育の意義・問題点と教育実践～政治的価値・政治的イデオロギーに注目して～. 城西大学教職課程センター紀要. 3 97-108, 2019-03
- [3] 杉田文章, 出原至道. シリアスゲームによる経済・経営体感学習の試み. 経営・情報研究 多摩大学研究紀要 16 49-60, 2012-03
- [4] 繁村長孝. 選挙と政治的無関心化の進行. 都市問題研究 26(5), 28-40, 1974-05
- [5] 藤村直史. 政党の選挙戦略と党内の資源配分. 年報政治学 67(2), 2_99_2_119, 2016
- [6] 高山裕二. フランス自由主義「第2世代」と「リベラル」の誕生. 年報政治学 71(2), 2_191_2_212, 2020
- [7] 山本英弘. 新自由主義時代における利益団体の政策選好. 選挙研究. 35-1 90-102, 2019
- [8] 国立国会図書館. 戦後の政治事件. 大空社. 1996
- [9] 中村竜彦. 衆議院の戦況制度を考える. 安保研レポート. 38 14-16, 2022

アローの定理の数学教材への応用

Application of Arrow's theorem to mathematical teaching materials

高橋 正†
Tadashi Takahashi

宮寺 良平††
Miyadera Ryohei

尹 亮太†
In Ryouta

下西 章弘†
Shitanishi Akihiro

田中 一義†
Tanaka Kazuyoshi

野中 滉介†
Nonaka Kousuke

要約：アローの定理は広く知られているが、その定理の応用を、数式処理システムを用いて実験的なプログラムを作成する活動は少ない。ゲーム理論としても興味あるテーマであるアローの定理を、数学の群論の例題として活用することを試みたい。数学の例題をゲーム理論と関連する内容を用いて示すことで教育活動において情意的な刺激を与え、愉しんで数学を学習できる例題の作成を目指す。

キーワード：アローの定理，数式処理システム，数学の例題への応用

1. はじめに

数式処理システムは、数式をコンピュータ上で記号的に代数処理するソフトウェアである。一般的なコンピュータの計算が数値として処理し場合によっては数値的な近似値を求めるのに対して、数式処理システムでは、代数的に処理が可能な範囲では、代数処理を行う。

集団のなかでお互いが意思をうまく反映させた決定をするには、どのようにすれば良いか。特に、各人の考えがバラバラで、にもかかわらずそれらを集約して一つの判断を下さなければならないとき、望ましい決め方とはどのような方法なのか？これを理論として考えることが社会的選好理論である。

数学の例題を、ゲーム理論と関連する内容を用いて示すことで、教育活動において情意的な刺激を与え、愉しんで数学を学習できる例題を作成することは意義あることである。アローの定理を、数学の群論の例題として活用することを試みる。

2. 社会的選好理論

社会的選好理論は社会の複数の行為者の意思を集約することに関わる問題の分析を主題としている。社会的選好理論においては、意思の集約をした結果、パラドックスを生じることがある。一般的に

† 甲南大学知能情報学部

†† 啓明学院

社会的決定理論では、特に断らない限り社会の構成員である個人は、対象である選択肢の集合に対して自由な選好を持ち、それは数学的に定義されている順序である。[1]を試みる。

3. アローの定理

アローの一般可能性定理は、2人以上で3つ以上の選択肢を好ましい順に並べる合理的な決め方は、「誰かが独裁者になるしかない」という定理である。

この定理は、数学的な枠組みできちんと証明できる。この定理の合理性や独裁者という概念は、数学的な定理の表現としては、少し当惑する感覚ではある。しかし、数学教育的視点から考えると、数学が、社会的な現象を対象として機能していることを感じることができる。この定理は、以下の公理に基づいている。

アローの公理

公理 I：個人選好の無制約性

社会の構成員はすべての選択肢に対してどのような選好順序を表明してもよい。

公理 II：市民の主権性（パレート最適性）

社会の構成員が全員 X より Y がよいという場合、社会の決定もそれに従う。

公理Ⅲ：無関係対象からの独立

両評価グループにおいてほかの選択肢に対する評価がどのように異なっていたとしても、当面の部分集合に関する限り、両グループにおける社会的決定は同一となっていなければならない。

公理Ⅳ：非独裁性

社会の構成員の中で、ただ一人の人物の選好順序が、他の構成員の選好の如何に関わらず常に社会的順序として採用されるということがあってはならない。

ゲーム理論を用いて示すことで、教育活動において情意的な刺激を与え、愉しんで数学を学習できる例題として、ゲーム理論としても注目されているアローの定理を、数学の例題として作成することは意義あることである。

4. 数式処理システムを用いた試行

数式処理システム Mathematica を用いてアローの公理Ⅲの適用を、 X と Y について、公理Ⅱで決まらない場合は、 X と Y についての順位は多数決で決めることとして、2人、3人で3つの選択肢の場合の決定を選択肢1, 2, 3として計算した。試行の結果、2人で3つの選択肢の場合、3次元面体群と対応すること及び群論における互換・巡回に対応する現象が、社会的順序が決定できない場合であることが分かる。巡回に対応する現象が社会的選好理論における循環順序である。そして、3人で3つの選択肢の場合、2人で3つの選択肢の場合を基に構成できることも分かり、当然のことながら、この場合は、互換現象による社会的順序が決定できない場合はない。である。

5. アローの公理の緩和条件

アローの不可能性定理は、課されている公理や特性を緩めることで可能性定理に変えられることが知られている。このことに対して、最初期に注目された条件は、定義域を限定し、単純多数決制が、推移的な社会的評価を生成するものに絞り込むというものであった。アローとブラックは、単峰性(single peaked preference)を提案し、個人がそのような選好を持つのであれば単純多数決制のもとで整合的な社会的決定が行われることを示した。[2]「選好の集まり」の下で「単峰型順序」であるとは、全ての投票者に関してある(任意に固定された)選択肢より好ましい選択肢が右側と左側の同時に存在しないことである。単峰性は社会合理性のための十分条件である。多くの研究者が単峰性の条件を緩和する研究を行い、以下の成果が得られている。[1]

価値制限

「任意の三選択肢を選んだとき、そのうちのどれか特定の選択肢に関しては、ある判断を投票者全員が同意する」という条件である。

この条件と、投票者数が奇数であるという条件を付け加えれば、アローの定理の第Ⅰ公理以外の全ての公理を満たす。

価値制限における判断

少なくともこの中で最悪(第3位)でない「少なくとも第1位もしくは第2位である」

少なくともこの中で中位(第2位)でない「少なくとも第1位もしくは第3位である」

少なくともこの中で最高(第1位)でない「少なくとも第2位もしくは第3位である」

価値制限の例(1)

$A\{X, Y, Z\}, B\{Z, X, Y\}, C\{X, Y, Z\}$ の場合

投票者全員が $X>Y$ としているので、 $X>Y$ となる。

また、 Z は投票者全員が第1位か第3位に

しているので、少なくとも中位ではない。

したがって、得られる選択肢は $\{X, Y, Z\}, \{Z, X, Y\}$

となる。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $\{X, Y, Z\}$ を支持するので、全体の決定としては $\{X, Y, Z\}$ となる。価値制限は、多数決前の条件整理として機能している。

価値制限の例(2)

$A\{X, Y, Z\}, B\{Z, Y, X\}, C\{Y, X, Z\}$ の場合

A は $X>Y$ としているが、 B と C は $Y>X$ としているので X と Y の順位は決めることができない。

これは X と Z 、 Y と Z においても同じであるのでそれぞれ順位を決めることはできない。 Z は投票者全員が第1位か第3位にしているので少なくとも中位ではない。

したがって、得られる選択肢は $\{X, Y, Z\}, \{Y, X, Z\}, \{Z, X, Y\}, \{Z, Y, X\}$ となる。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $Y>X$ を支持し、3名のうち2名が $X>Z$ を支持し、3名のうち2名が $Y>Z$ を支持しているため、全体の決定としては $\{Y, X, Z\}$ となる。この場合も価値制限は、多数決前の条件整理として機能している。

価値制限の例(3)

$\{X, Y, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\} \rightarrow$ 循環

$\{X, Z, Y\}, \{Z, Y, X\}, \{Y, X, Z\} \rightarrow$ 循環

Z が中位(第2位)でない場合、循環順序が生じてしまうため、赤字の選択肢がタブーとなり選択できなくなる。よって、残りの4つの選択肢から3つを選択することとなる。したがって、循環現象を阻止している。

限定同意

任意の三選択肢に対しすべての投票者が、その中の特定の二つに関して「一方が他方よりも良いか少なくとも同程度に良い」という条件である。

価値制限の条件ときわめて類似しているが、全くの独立である。

限定同意の例(1)

$A\{X, Y, Z\}, B\{X, Z, Y\}, C\{X, Y, Z\}$ の場合、投票者全員が $X>Y, X>Z$ としているので、 $X>Y, X>Z$ となる。

しかし、 A と C は $Y>Z$ としているのに対し、 B は $Z>Y$ としているので、これは限定同意ではない。したがって、得られる選択肢は $\{X, Y, Z\}, \{X, Z, Y\}$ となる。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $\{X, Y, Z\}$ を支持するので、全体の決定としては $\{X, Y, Z\}$ となる。限定同意は、多数決前の条件整理として機能している。

限定同意の例(2)

$A\{X, Y, Z\}, B\{X, Z, Y\}, C\{Z, Y, X\}$ の場合

X と Y, X と Z, Y と Z において投票者全員が同意する意見が存在しない。よってそれぞれの順位を決めることができず、得られる選択肢も $\{X, Y, Z\}, \{X, Z, Y\}, \{Y, X, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\}, \{Z, Y, X\}$ となる。このように6つの場合で生じることが、この条件の特徴である。

我々が今回試作したプログラムでは、3名のうち2名が $X>Y$ を支持し、3名のうち2名が $Z>Y$ を支持し、3名のうち2名が $X>Z$ を支持しているので、全体の決定としては $\{X, Z, Y\}$ となる。この場合も限定同意は、多数決前の条件整理として機能している。

限定同意の例(3)

$\{X, Y, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\} \rightarrow$ 循環

$\{X, Z, Y\}, \{Z, Y, X\}, \{Y, X, Z\} \rightarrow$ 循環

青文字の選択肢は $X>Y$ について限定同意を満たすので、選択可能になるが、循環現象が生じない。

極値制限

任意の三選択肢の中で、投票者の1人が $X>Y>Z$ としたとき、「その他の投票者は Z を1位に選好しない」または「 $\{Z, Y, X\}$ の選好順序を選択する」という条件である。

極値制限の例

$\{X, Y, Z\}, \{Y, Z, X\}, \{Z, X, Y\} \rightarrow$ 循環

$\{X, Z, Y\}, \{Z, Y, X\}, \{Y, X, Z\} \rightarrow$ 循環

投票者の1人が $\{X, Y, Z\}$ を選んだ場合、 $\{Z, X, Y\}$ がタブーとなり、残りの2人が5選択肢の中から2つを選ぶこととなる。

6. 群論との関係

平面において、原点を固定して、回転、鏡映(頂点の互換)をあわせて、合同変換と呼び、それらがなす群を合同変換群と呼びます。二面体群は、合同変換群の部分群である。

正三角形をそれ自身に移す変換は、回転だけではなく、裏返しても三角形です。その軸に関する鏡映(頂点の互換)も、置換の一種である。

2つの要素のみを入れ替え、他を入れ替えないような置換を互換(transposition)と呼びます。どの鏡映も、二回行えばもとに戻ります。これで三角形の合同変換は、回転変換、鏡映変換を組み合わせた集まりです。

3次の二面体群

3つ元に対する置換作用の全体

$S_3 = \{1, r, l, s, t, u\}$ (位数 $6(= {}_3P_3)$)

に自然に同一視し、すべての置換が成す置換群が対称群である。

	1	r	l	s	t	u
1	1	r	l	s	t	u
r	r	l	1	u	s	t
l	l	1	r	t	u	s
s	s	t	u	1	r	l
t	t	u	s	l	1	r
u	u	s	t	r	l	1

上述のように、アローの公理 III を我々の設定で実行した際、その実行した結果への対応を演算としたとき、2人で3選択肢に関する現象は、3次対称群の性質を用いて説明できる。この現象を、3人で3選択肢に関する現象にどのように適用できるかを考えることは、数学の教材開発として意義あることである。

7. 知的好奇心と満足感

近年のゲームは、エンターテインメントゲームが主流のようであるが、数式処理システムを用いて、社会的選好理論の応用を、数学の例題として作成する活動においても、ゲーム理論を愉しむ要素がある。

参考文献

- [1] 佐伯辟:「きめ方の理論」, 東京大学出版会, 1980.
[2] Campbell, K. and J.S. Kelly (2002), Impossibility theorems in the Arrovian framework, in: K.J. Arrow, A.K. Sen, and K. Suzumura (eds.), Handbook of Social Choice and Welfare Vol.1, North-Holland, Amsterdam, 35-94.

香りとグラフィックスを同期するゲームへの検討

--- 嗅覚ディスプレイを Unity から駆動して ---

A trial to the games by driving olfactory displays from Unity

大森典子, 大貫光一, 瀬田陽平, 坂内祐一, 服部元史

(神奈川工科大学 情報メディア学科)

Noriko OMORI, Koichi ONUKI,

Yohei SETA, Yuichi BANNAI, and Motofumi HATTORI

(Kanagawa Institute of Technology)

要約：様々な香りの気体(芳香気体)を空気流で ユーザー(人間)の鼻まで輸送することで 香り情報を提示する「嗅覚ディスプレイ」を、著者達は研究開発し続けている。Microsoft Visual C#で開発した Program によって 嗅覚 Display を駆動し続けて来たが、これらを Dynamic Link Library (DLL)へ整備し直すことによって、ゲーム開発エンジン Unity から嗅覚 Display を駆動できるようにした。この応用として、香りと Graphics を同期する 3DCG ゲームを Unity で試作している。

キーワード：ゲーム, Unity, Dynamic Link Library, Virtual Reality, 嗅覚ディスプレイ,

1. はじめに

Display, Speaker, Sensor, Actuator などの HardWare を駆使しながら、人間の五感へ情報を提示して行く Virtual Reality(VR)の研究において、視覚 VR や聴覚 VR に関する研究開発は、「一個人が購入できる低価格で Head Mounted Display が商品化される」ような 大衆化の成果を上げている。

それに対して嗅覚VRの研究は まだまだ遅れている。そこで、様々な種類の香りを提示できる VR デバイスとして「嗅覚 Display」を筆者達の研究室で研究開発を続けている[1][2][3][4]。

Microsoft Visual C#で開発した Program によって 嗅覚 Display を駆動し続けて来たが、これらを Dynamic Link Library (DLL)へ整備し直すことによって、ゲーム開発エンジン Unity から嗅覚 Display を駆動できるようにした。

この応用として、香りと Graphics を同期する 3DCG ゲームを Unity で試作している。

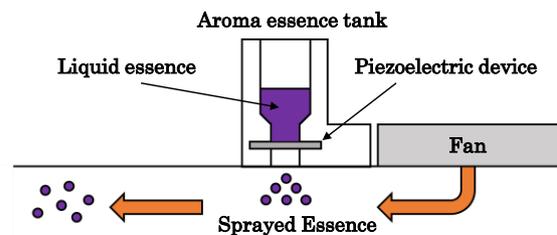


図1 嗅覚 Display の構造

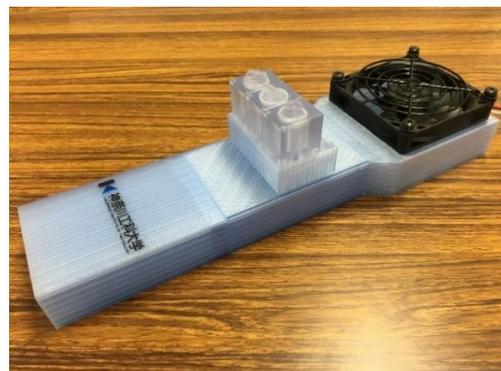


図2 嗅覚 Display の実例

2. 嗅覚 Display の原理

筆者達の研究室は、様々な種類の香りを提示する嗅覚 Display を長年に渡って制作しながら改良を続けている[1][2][3][4]。嗅覚 Display の構造を図1に示し、嗅覚 Display の一例を図2に示す。

図1のように、香料タンクから香料(芳香液体)を滴下する質量や時間を PC から制御している。滴下された香料(芳香液体)は PC Fan(小型扇風機)からの風(空気ながれ)によって気化され芳香気体と成って、人間の鼻元まで輸送される。

3. 空気ながれ PC Fan を Arduino 回路で制御

空気の流れを引き起こすための PC Fan が図1の右側に存在しているように(図2の右上に黒い PC Fan が存在しているように) PC Fan が起こす空気の流れによって 芳香気体を人間の鼻元まで輸送する。

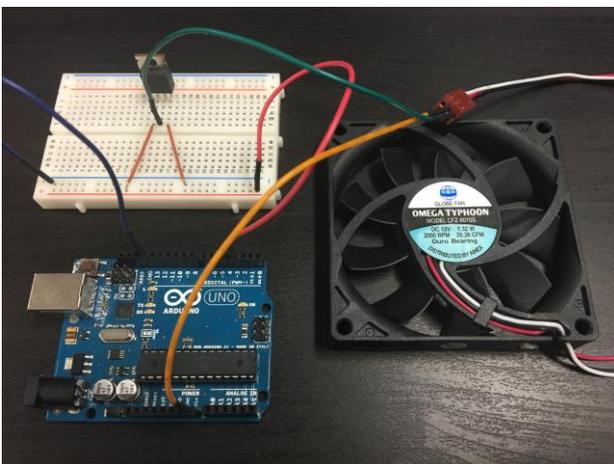


図3 Arduino 回路(左)と 空気ながれ Fan

このような空気の流れが生じている時間帯を制御するために、そして、空気の流れの速度(空気の流速)も制御するために、図3左のような Arduino 回路を用いている。図2の嗅覚 Display に対しては、Arduino UNO R3 を使用している。breadboard と jumper cable wire を使用する事で、半田付けを未経験の情報系の大学生でも Arduino 回路を組み立てている。

PC Fan を Arduino 回路から駆動する Programming 環境として IDE を使用している。



図4 嗅覚 Display を部品に解体した様子

4. 香料 Tank から芳香気体を気化させる

図1の真ん中 上方に描かれている 香料 Tank から 香料を噴霧・滴下させる事によって 香料を空気流に衝突させ、気化した香料(芳香気体)を空気流で 人間の鼻元まで輸送する。

図2 写真の嗅覚 Display の真ん中の上法に3つ並んでいる透明な部品が、3つの香料 Tank である。図4 嗅覚 Display を部品に解体した写真において、一番左の上方に存在している 3つの透明な部品が、3つの香料 Tank である。

香料 Tank 1 個の写真を図5に掲載する。

図2や図4の嗅覚 Display には 3種類の香料を搭載できるので、3種類の香りをそれぞれの香料 Tank から切り替えて提示できる。

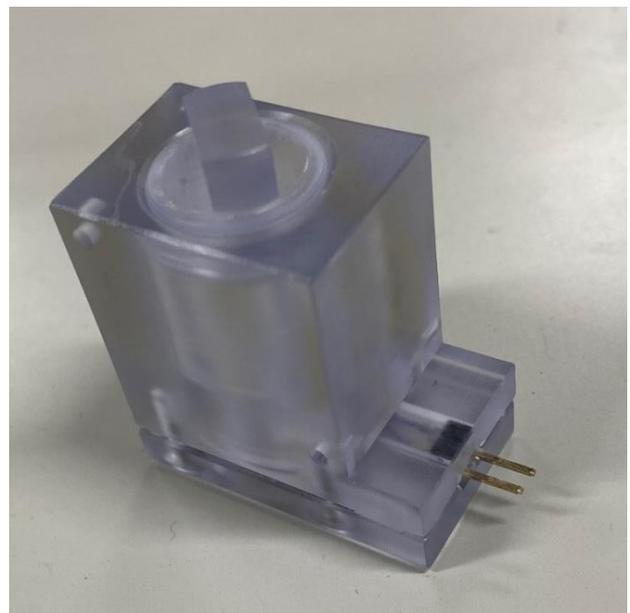


図5 1 個の香料 Tank

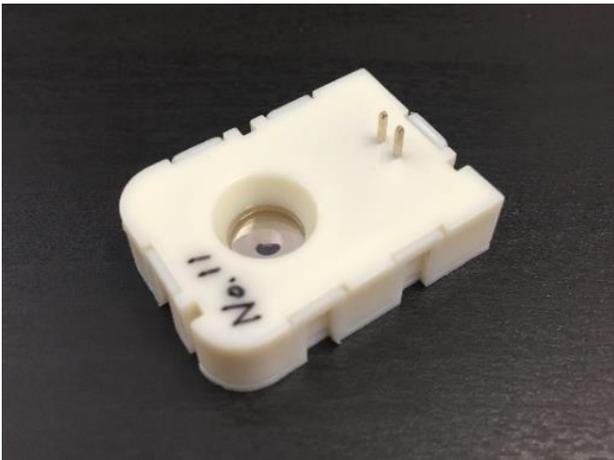


図6 Piezo 圧電素子 Cartridge(香料 Tank 下方に搭載)

図5に写真を掲載している香料 Tank の下方には、図6のような Piezo 圧電素子 Cartridge が搭載されている。定められた時間帯だけ 定められた強さの電圧を Piezo 圧電素子に加えることで、その時間帯だけ その大きさの量だけ 香料 Tank から香料を 噴霧・滴下することができる。

Piezo 圧電素子に電圧を加える制御 Program を、Microsoft Visual C# によって Dynamic Link Library (DLL) として開発し直し、3DCG ゲーム開発エンジン Unity から制御できるようにした。

この仕組みによって、それぞれの香りに同期させた 3DCG 描画を Head Mounted Display を通じて 人間の目に見せるような「嗅覚への情報と視覚への情報を 同期して提示する Unity コンテンツ」開発が可能になった。

Head Mounted Display を人間の目に搭載し 嗅覚 Display を人間の鼻元に搭載した状態で、Graphics 情報と香り情報とを 同期させながら提示して行く Unity コンテンツ開発は、新世代のゲーム・映画・アニメを創作する技術として有望である(図7)。



図7 嗅覚 Display を鼻へ HMD を眼へ

5. 迷路の中の果物を探索する昆虫ゲーム

Head Mounted Display を人間の目に搭載し 嗅覚 Display を人間の鼻元に搭載した状態で、Graphics 情報と香り情報とを 同期させながら提示して行く Unity コンテンツを開発する試みとして、香りを駆使する 3DCG ゲームを試作している。

試作しているゲームとしては、Unity の 3DCG 空間の中に迷路を構築し、2 種類の果物(バナナとレモン)を迷路の中の数カ所に配置している(図8, 図9)。

この迷路の中を歩き回る昆虫に成りきって、Game Player は一人称視点で 迷路の中を、果物を求めて探索して行く(図10, 図11)。

Game Player たる昆虫を、図10のような黒い球で現時点では表現しているが、昆虫の 3DCG model に置き換えるべく 3DCG ソフト Blender で制作を進めているところである。

昆虫がバナナに辿り着ければ バナナの香りが提供され、昆虫がレモンに到達すれば レモンの香りが提供されるように、嗅覚 Display を Unity から駆動している(図12, 図13)。

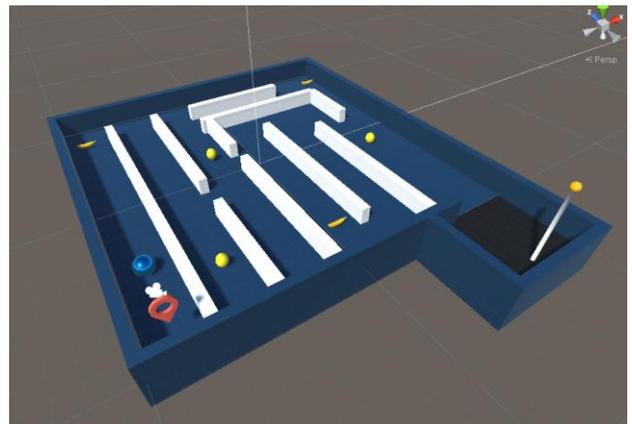


図8 複数の果物を迷路の中に配置する



図9 複数の果物を迷路の中に配置する

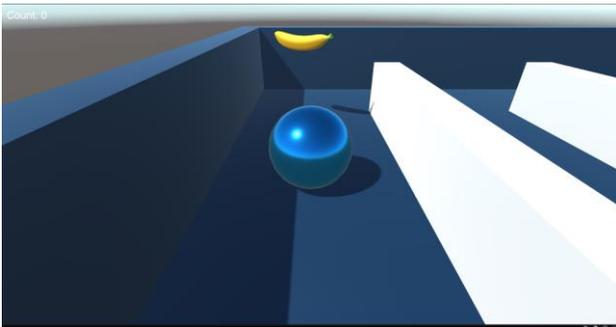


図 10 果物を求めて昆虫を操作する

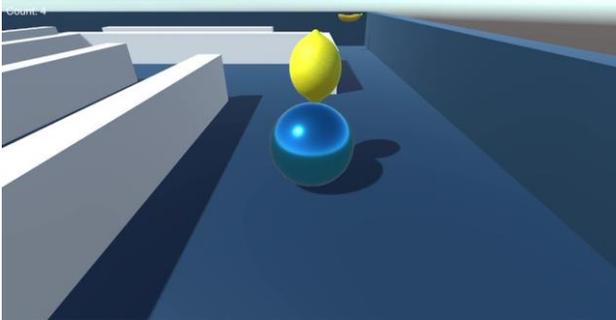


図 11 果物を求めて昆虫を操作する

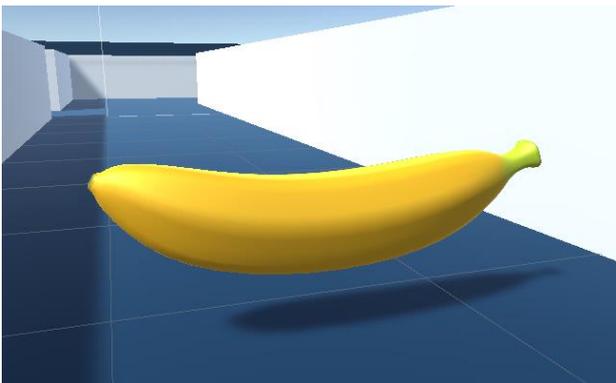


図 12 バナナに到達すると バナナの香りがする

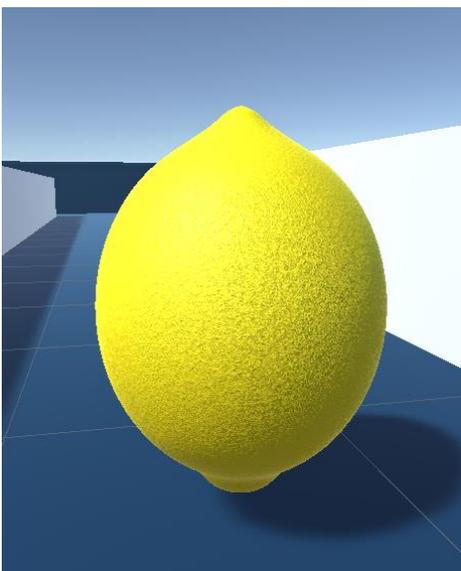


図 13 レモンに到達すると レモンの香りがする

7. 現状での結論

嗅覚 Display を駆動し続けて来た Visual C#プログラムを Dynamic Link Library (DLL)として整備し直した。この DLLを Unity から駆動する事によって、Head Mounted Displayへ Unity から描画する Graphics に同期して、様々な香りを 嗅覚 Display から提示できる。

このような試みの手始めとして、香りと Graphics とを同期する 3DCG ゲームを試作している。迷路の中に置かれている様々な果物を求めて昆虫が探索し、昆虫が果物に到達できれば その果物の香りを感じられるゲームを開発している。ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会 2022年 7/29(金)の時点で実装できている内容を報告する。

9. 今後の展望

Blender で制作している 3DCG モデルを更に改良し Unity へ import することで、3DCG ゲームの Graphics を更に改良して行く。

謝辞 「嗅覚 Display 本体を制作する設計」において 「嗅覚 Display を駆動する Program 開発」において、修士論文・卒業研究に従事された 中村重明氏と大島鳳竜氏に深謝いたします。

参考文献

[1] 瀬田陽平, 森直澄, 牧野光則, 坂内祐一, 服部元史: 「液滴噴霧型嗅覚ディスプレイにおける流路内格子の整流効果の比較」, 情報処理学会 第 84 回 全国大会 予稿集, 一般セッション 2F-05 インタラクション. 2022年 3月 3日(木) 12:40-15:10

[2] 瀬田陽平, 牧野光則, 坂内祐一, 服部元史: 「流体挙動を考慮した圧電素子型嗅覚ディスプレイ流路構造の提案」, 日本 VR 学会 第 28 回 香り・味と生体情報 研究会 予稿集, 2022年 3月 1日 (火)

[3] 瀬田陽平, 牧野光則, 坂内祐一, 服部元史: 「粒子法シミュレーションによる 嗅覚ディスプレイ性能評価のための芳香気体挙動の可視化」

ゲーム学会 和文論文誌 第 14 巻 第 1 号 pp. 7-12 2020年 12月

[4] Yohei Seta, Mitsunori Makino, Yuichi Bannai, Motofumi Hattori: "Gas Flow Simulations for Olfactory Displays to Synchronize Videos", Proceedings of 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020) October 13-16 2020

ファンタジー世界における魔法現象の科学的解釈 ～大学生の魔法の解釈の傾向～

Scientific Interpretation of Magic Phenomena in Fantasy Worlds - How University Students Think about It? -

林 敏浩

Toshihiro Hayashi

hayashi.toshihiro@kagawa-u.ac.jp

香川大学

Kagawa University

要約：近年、オンライン小説でファンタジー世界を対象とする作品が多く発表されている。特に、異世界モノの漫画や小説が書店にあふれており、同ジャンルのアニメ番組も多く放映されている。本研究では、大学での授業において、ファンタジー世界に登場する魔法の原理や仕組みを説明することを課題とする教育実践検討している。そのため、大学生がファンタジー世界の魔法現象に関してどのようにその原理を理解しているか調査を行った。本稿では大学生の魔法現象の解釈の傾向について報告する。

キーワード：ファンタジー世界、異世界、魔法、魔素、魔力、科学的解釈

1. はじめに

近年、多数のウェブ小説投稿サイトがあり、ファンタジー世界（異世界）を対象とするオンライン小説作品が多く発表されている。ノベライズ、コミカライズ、アニメ化される人気作品もある（石井他, 2021）。特に異世界モノと呼ばれる漫画や小説、さらにアニメ番組、現在の若者の文化の特徴のひとつになっている。

ファンタジー世界を対象とした作品では、「魔法」が存在する物語が多い。ブラックボックス的に魔法を発動条件と現象のみで捉えるだけでなく、「魔素」と呼ばれる現実世界には存在しない粒子を想定するなどして、なぜ、魔法という現象が発現するのか、魔法が発現する仕組みについて言及し、魔法の構造や原理に着目する作品も多くなってきている。

このような背景を踏まえて、ファンタジー世界に登場する魔法を対象として、大学の授業として科学的思考や論理的思考の教育実践ができないかと考えた。まず、我々は、大学生がファンタジー世界の魔法現象に関していかにその原理を理解しているか調査した（林, 2022）。ファンタジー世界に登場する魔法の原理や仕組みを説明することを課題として与えたが、説明の一部は依然ブラックボックスとして説明されていることがわかった。本報告では、得られた説明事例を参考に、魔法現象の説明構造を考察し、大学生の魔法の解釈の傾向を説明する。

2. 異世界と魔法

ファンタジー世界は妖精や魔法など現実の

世界にないモノや現象が存在する空想世界である。しかし、そこには現実世界と同様な物理法則が存在しており（あるいは、存在していると推察される）、妖精や魔法などで拡張された世界となっている。なお、ファンタジー世界は現実世界との一定の類似性が保たれており、自然に受け入れることのできる「異世界」となっている。近年、日本では「ファンタジー世界」より「異世界」という言葉の方がメジャーであり、ファンタジー世界を異世界と呼称する。

オンライン小説の魔法は、レベル、経験値、ステータスの概念と同様に、ビデオゲームのRPGの影響が色濃く反映されている。魔法は、種類、特徴、発動方法、原理、仕組みなどが詳細に解説されている作品もある。魔法の発動原理の代表的な概念として「魔力」と「魔素」がある。これらの定義は作品ごとに多様である。例えば、魔素は空気中に存在する粒子（現実世界には存在しない）であり、魔素から魔力を生成して、魔力を用いてその世界に干渉する魔法を発動すると説明される場合もある。

3. 調査方法

大学生（理系1年生 15名）を対象としてファンタジー世界における魔法現象をどのように科学的に解釈しているか質問紙調査を実施した（実施日：2022年4月27日）。以下、調査方法と内容について説明する。

我々は「異世界では現実の世界と同様な物理法則の従う現象と魔法独自の現象を組み合わせ実際の魔法が発動する」という仮説を設定し

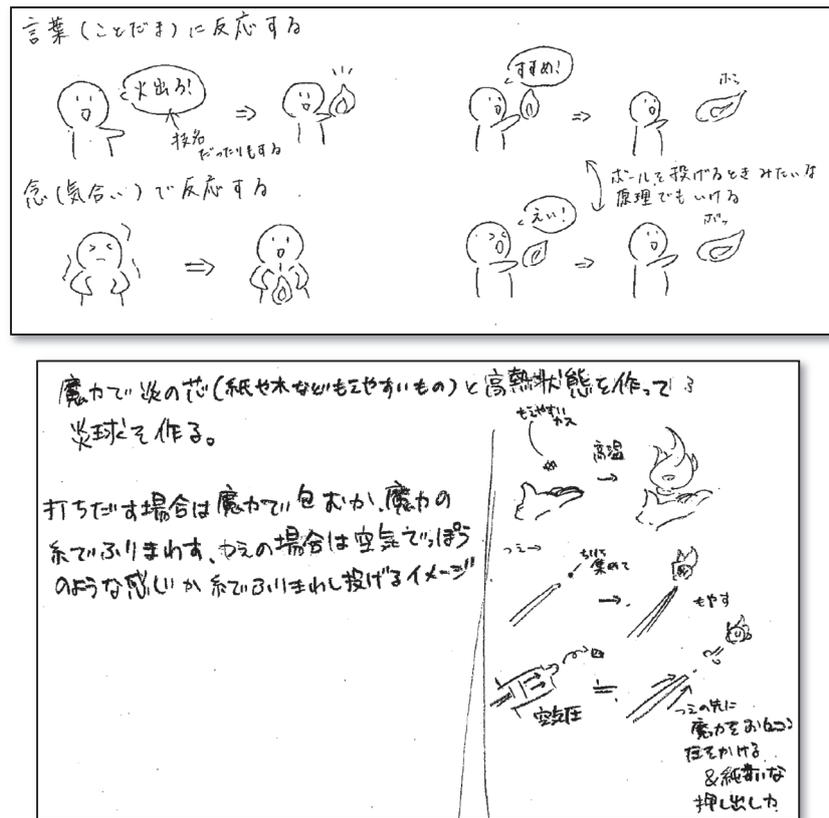


図1：ファイアーボールの説明

た。この仮説に基づき、物理法則の従う現象と魔法独自の現象を組み合わせの説明に都合の良い魔法を検討した結果、火の球を飛ばす魔法(以下、「ファイアーボール」と呼ぶ)を選択した。ファイアーボールの魔法は、火の球の生成と飛翔の現象が起こればよい。

ファイアーボールの魔法を対象として、現実世界における質問について、水平投射は「ボールを投げると前にボールが飛んでいきます。なぜ、前にボールが飛んでいくのか説明してください」、燃焼反応は「紙に火を付けると燃えて灰が残ります。紙が燃える現象を説明してください」とした。なお、現象の説明ができない場合も想定して、「わからない場合は「わからない」と回答ください」と補足した。

ファンタジー世界における質問について、「火の玉を敵に打ち出す魔法があります。この魔法において、なぜ、火の球が発生して、かつ、その火の球が前に飛んでいくのか説明してください。当然、現実世界には存在しない法則、物質などを仮定して説明していただいても結構です」とした。現実世界には存在しない法則、物質とは、魔力や魔素などを想定している。

4. 魔法現象の説明

全体的な回答傾向として、どのように魔法現象が発生するかについての説明が主であり、魔

法の現象の原理的な説明(なぜ、魔法や魔力で物質や火を生成できるのか)がある回答は今回の調査では得られなかった。以下、具体的な回答例を示す。図1(上段)では、火(燃焼物を含む?)が魔法によって発生するが、火の移動は物理的な方法(投射)または、魔法によって運動エネルギー(のよな何か)が発生するという説明がなされている。図1(下段)では、燃焼物が具体的に説明されている。また、火の球の移動は杖を空気鉄砲(空気を押し出す道具)のように使うという説明になっている。

5. まとめ

本稿ではファンタジー世界を対象とするメディアに触れている大学生が魔法現象に関してどのように原理等を理解しているか調査し、大学生の魔法現象の解釈の傾向を考察した。なぜ、魔法や魔力で物質や火を生成できるのかの説明がされていないことがわかった。

参考文献

- [1] 石井ぜんじ, 太田祥暉, 松浦恵介: ライトノベルの新潮流, standards, pp.235-272, (2021).
- [2] 林敏浩: ファンタジー世界における魔法現象の科学的解釈 ~大学生を対象とした一次調査~, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.36, No.6, pp.69-72(2022).

本報告は、ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第 16 回研究会当日配布用に用意したものです。本報告に掲載されている予稿は、ゲーム学会合同研究会論文集に合本掲載される予定です。本報告についてお問い合わせなどがありましたら、下記の研究部会幹事までご連絡ください。

「ゲームと教育」研究部会幹事 林敏浩（香川大学）

TEL: 087-832-1525

E-mail: hayashi.toshihiro@kagawa-u.ac.jp