

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。

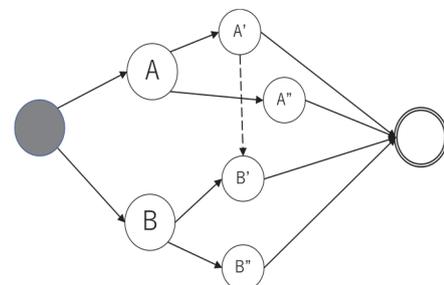


図1 プロットの流れ

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的事实、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。

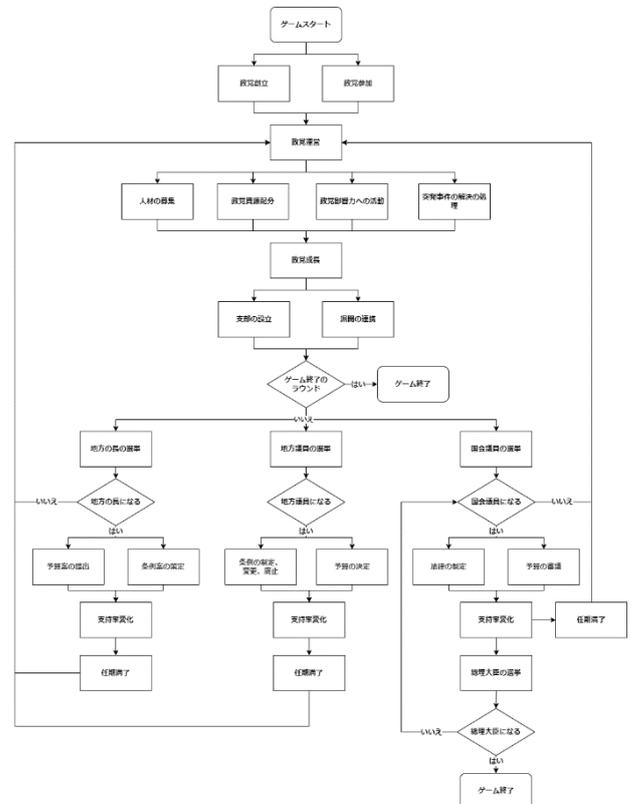


図1 ゲームシナリオのフロー図

・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。

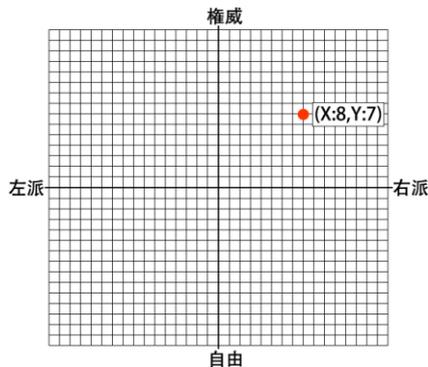


図2 政党の政治座標例

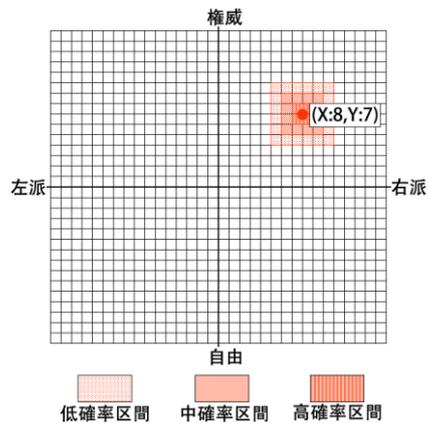


図3 党員の政治座標例

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。

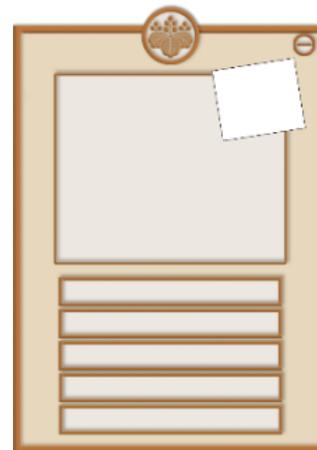


図4 事件インターフェース

・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]。

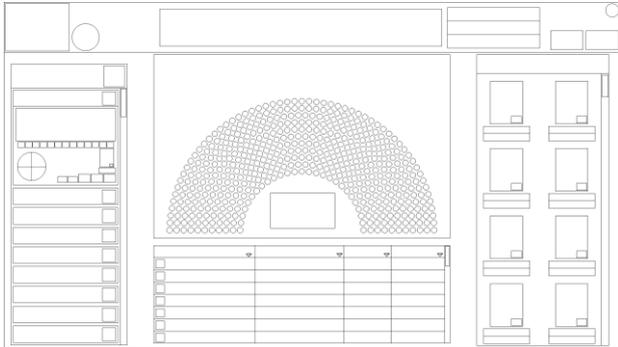


図5 衆議院平面図

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2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} → 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. 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 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.

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 BANNAL, 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。

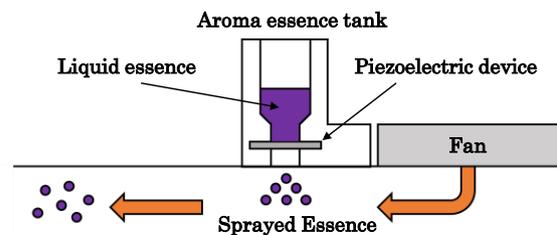


図1 嗅覚 Display の構造

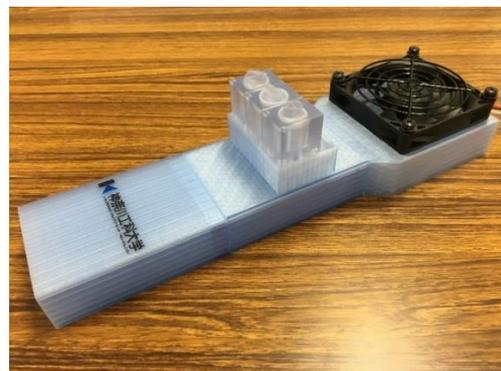


図2 嗅覚 Display の実例

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。

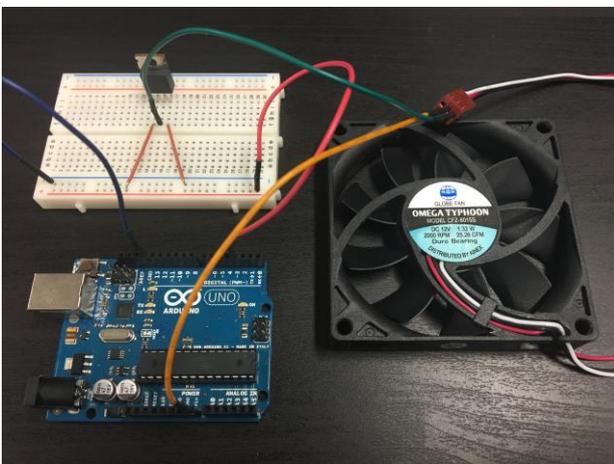


図3 Arduino 回路(左)と 空気ながれ Fan

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。

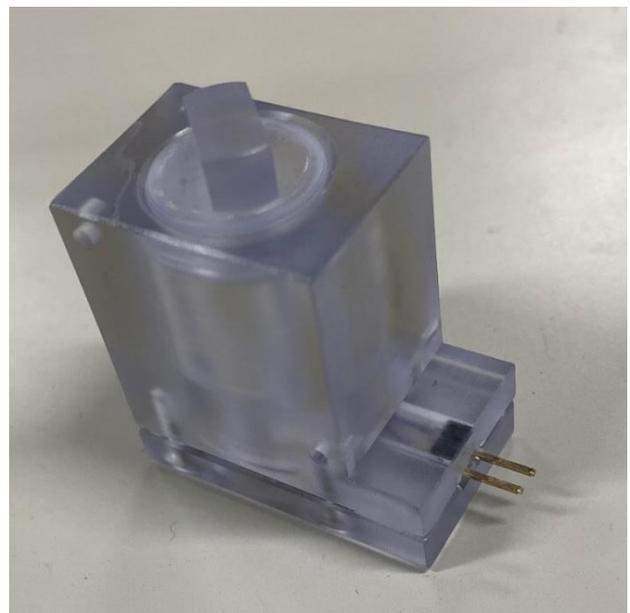


図5 1個の香料 Tank

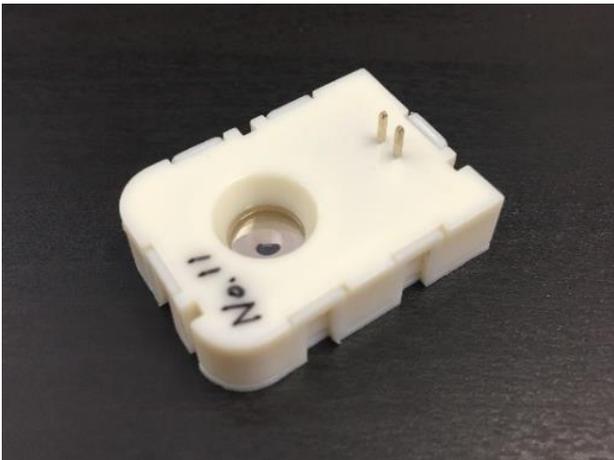


図6 Piezo 圧電素子 Cartridge(香料 Tank 下方に搭載)

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)。

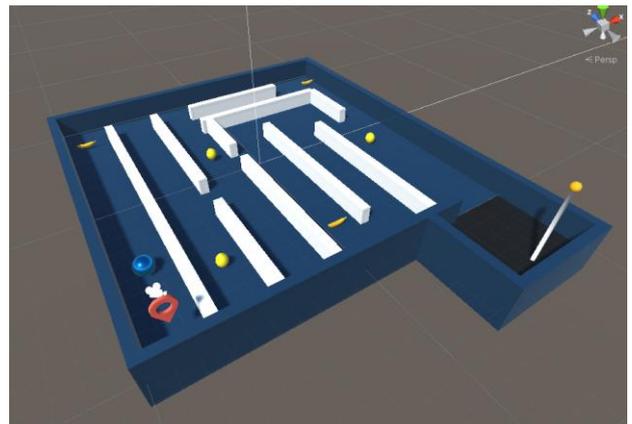


図8 複数の果物を迷路の中に配置する



図9 複数の果物を迷路の中に配置する

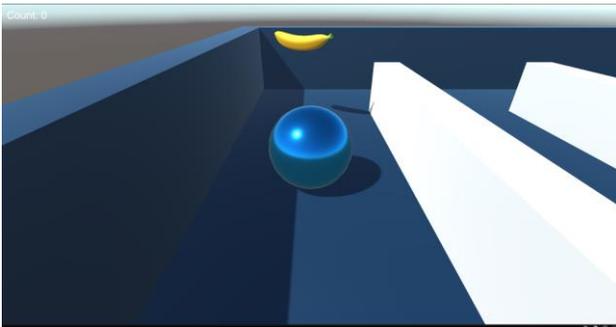


図 10 果物を求めて昆虫を操作する

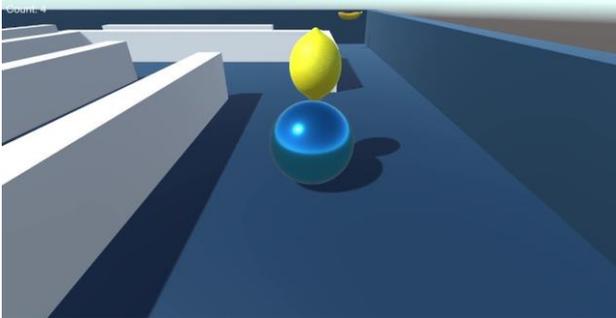


図 11 果物を求めて昆虫を操作する

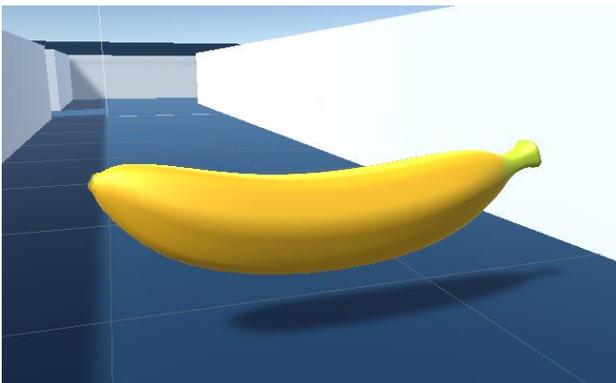


図 12 バナナに到達すると バナナの香りがする

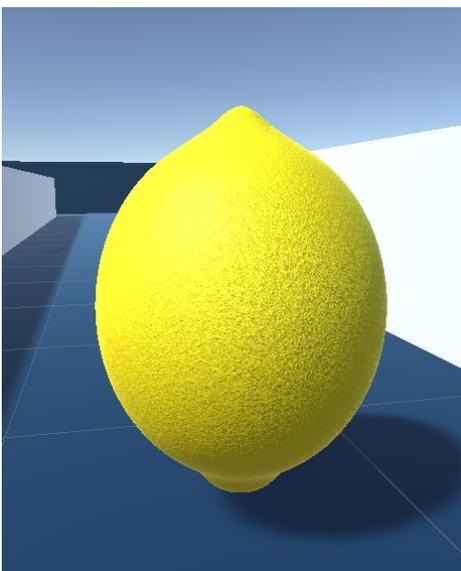


図 13 レモンに到達すると レモンの香りがする

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

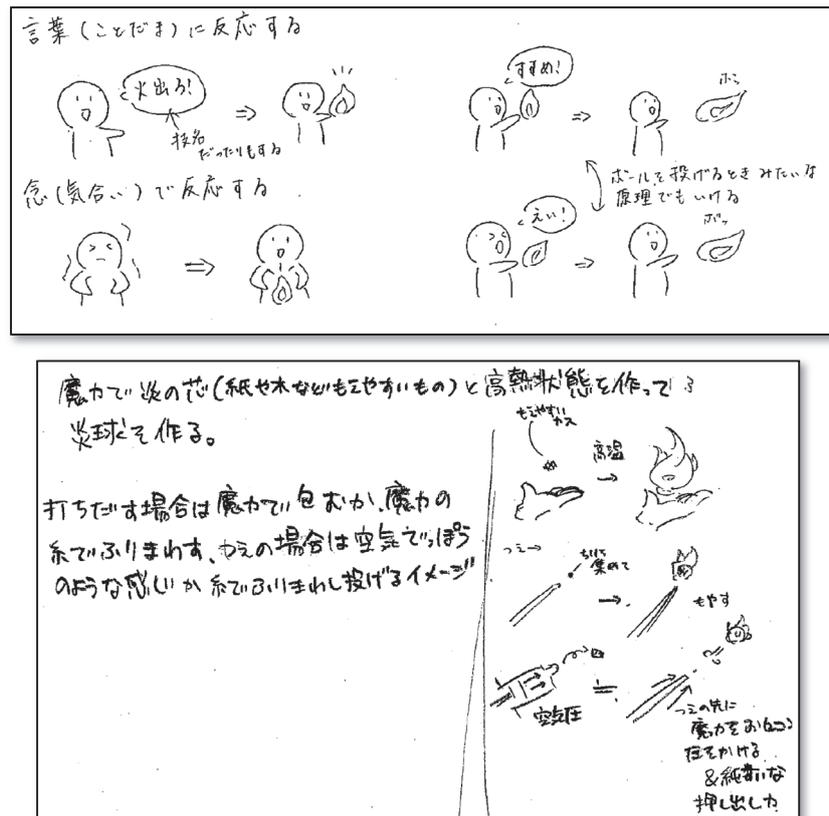


図1：ファイアーボールの説明

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(のような何か)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