

ゲーム学会第21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.21, No.1 (September, 2023)

Game and Education Research Division Workshop

2022-GE-2 (January, 2023), 2023-GE-1 (July, 2023)

Game Amusement Society
21ST Joint Research Conference
Osaka Electro-Communication University (Online)
September 2, 2023

Game Amusement Society
Game and Education Research Division Workshop
Kagawa University (Online)
January 27, 2023 (2022-GE-2)
July 28, 2023 (2023-GE-1)

ゲーム学会第 21 回合同研究会

開催日：2023 年 9 月 2 日（土）

会 場：大阪電気通信大学（オンライン開催）

目 次

【口頭発表】

1. 親子で学ぶ SNS 処方箋 ボードゲームの開発と検証
松本多恵（人間文化研究機構総合地球環境学研究所） 1
2. Minecraft ビデオ美学品質評価モデル
長谷川稜介, Thawonmas Ruck（立命館大学） 4
3. 漢詩「西江月 打雙陸例」における「煙梁」の意味
木子香（大阪電気通信大学） 6
4. 大型将棋復刻研究の現状
～平安京の復原、日本書紀の紀年復原、チェスの起源問題への発展～
高見友幸（大阪電気通信大学） 8
5. A Simulated Fantasy Microworld for Learning Abduction ※日本語で発表
Toshihiro Hayashi, Naka Gotoda, Shuhei Fujisawa (Kagawa University),
Kazuhiro Ura (Ehime University), Masanori Fukui (Tokushima University),
Kaori Kishi (Osaka Electro-Communication University) 12
6. 模倣学習エージェントからのゲーム戦略の可視化に基づく支援
植野雅之, 高見友幸（大阪電気通信大学） 15
7. 3DCG Technical Artist を情報系大学で育成する試み
渡辺 涼太, 三宮丈二, 大森典子, 殿谷遥, 服部元史（神奈川工科大学） 17
8. 高齢者のための簡易ゲームの試作と評価
荒平高章, 西上航平（九州情報大学） 19

親子で学ぶ SNS 処方箋ボードゲームの開発と検証

Development and validation of SNS prescription board game for parents and children

松本多恵
Tae Matsumoto
tmatumot@chikyu.ac.jp

人間文化研究機構 総合地球環境学研究所
National Institutes for the Humanities,
Research Institute for Humanity and Nature

要約：保護者の多くが「小・中学生にスマートフォンを持たせるべきかどうか」非常に苦慮している。現在、多くの小学校や中学校でもインターネットのリスク等を指導しているが、家庭内でのリテラシー教育が重要であると考えられる。しかし、保護者の情報リテラシー格差があり、どのように子どもに教えればよいか苦慮している現状がある。このような背景のもと、本研究は、日常起こりえるインターネットのリスクをボードゲームに用いて楽しく学ぶことができる「親子で学ぶ SNS 処方箋」を開発し、親子参加型ワークショップを通して、小学生・中学生、保護者の情報リテラシー向上を目指し、ネット犯罪に巻き込まれない知識を身につけさせる。

キーワード：インターネットリスク、ボードゲーム、SNS、Gamification design、小学生

1. はじめに

近年、緊急時の連絡等のため小学生の頃からスマートフォンを持たせている保護者が多い。それに伴い、年々ネットトラブルに遭遇する小学生が増加している。多くの保護者にとって「小・中学生にスマートフォンを持たせるべきかどうか」非常に苦慮する悩みである。

SNS に関しては、基本的に 13 歳未満は利用禁止である。これは、児童オンライン保護法 (Child Online Protection Act : 以下 COPPA と表記する) が、1998 年から 2009 年にかけてアメリカ合衆国に存在していると言われている。COPPA とは、オンラインプラットフォームが広告のターゲティングやトラッキングのために、13 歳未満の子どもの個人情報を収集することを防止するのが目的である。しかし、実際は、親アカウントなどを用いた抜け道をい用い SNS を利用する小学生低学年の 34%、小学生高学年の 51% と高く、さらに、小学生は LINE の利用率が高く、小学生低学年では「TikTok」が上昇し、「LINE」と同水準であると指摘している[1]。

多くの小学校や中学校でもインターネットのリスク等を指導しているが、やはり保護者の情報リテラシーを向上し、家庭内でのリテラシー教育が重要であると考えられる。しかし、保護者の情報リテラシー格差がある。誰でもが気軽に楽しめる学習ツールとしてボードゲームに着目した。

このような背景のもと、本研究は、日常起こりえるインターネットのリスクを楽しく学ぶことができる「親子で学ぶ SNS 処方箋」ボードゲームを開発し、

親子参加型ワークショップを通して、小学生・中学生、保護者の情報リテラシー向上を目指し、ネット犯罪に巻き込まれない知識を身につけさせる。

2. 親子で学ぶ SNS 処方箋のボードゲームを開発

2.1 ボードゲーム

ボードゲームには、子どもたちのコミュニケーション能力の伸長、相手の立場になって物事を考える経験を積むことのできる有益なツールである。

ボードゲームは、勝敗そのものよりもその過程を楽しむコミュニケーションを重視した作品も少なくない。ボードゲームにはさまざまなジャンルがある。その分類、分け方も何通りもあるため人によってジャンル分けが異なる。

インターネットリスク等を学ぶボードゲームもすでに多く開発されているが、その多くが、WEB ページから PDF をダウンロードするような形状で作成されている。その一例として、警視庁が作成したサイバーセキュリティ学習用ボードゲームがある[2]。これらのボードゲームは印刷したものを組み合わせ、はさみなどの刃物で切って作り上げなければならない。ひと手間が必要であり、小さな子どもには手を切るなどの危険が伴う場合もある。

本研究では、WEB ページから PDF 等をダウンロードする形ではなく、盤上のボードゲームを作成する。いつでも、どこでもすぐに始められ、楽しめる盤上型のボードゲームの開発を試みる。

2.2 Gamification design

盤上のボードゲームを作成するにあたり、より魅力的なものに仕上げるために、Gamification を取り入れる。Gamification とは、ゲームデザインの要素ゲーム以外の文脈に用いることである[3]。2010 年代に入り、今度はメディアとしてのゲームの枠組みにとらわれない形で、ゲームの要素を社会活動やサービスアプリケーションの開発に取り入れていく動きが「Gamification」という呼び方で普及した。

著者が 2010 年から Gamification に関する研究を行い、その調査結果から下記に示すの 8 つの要素を Gamification design と定義する。

- ① 目標ゴールの明確化
- ② 明確に定義されたプレイ・ルールの整備
- ③ 小さな成功体験を実感させる仕組み
- ④ 偶発性
- ⑤ 報酬の明確化
- ⑥ ソーシャルリワード
- ⑦ 親しみやすいキャラクター
- ⑧ ストーリー性

3. 開発したボードゲームの概要

本研究で開発するボードゲームには、Gamification design を用いた工夫を行った。一例として、下記に示す。本ボードゲーム用にキャラクターを開発し、久しみやすさを引き出した (図 1)。また、本研究で開発するボードゲームは おはじきとビリヤードが混じったようなゲームで、四角い盤上で円筒形の玉を指で弾いて四隅の穴に入れる「カロム」[4] (図 2) から着想を得て、次のような形に作り上げた (図 3)。



図 1 4 つのキャラクター

4. 検証フェーズ

4.1 開発したボードゲームを用いた親子参加型ワークショップ

著者は、開発したボードゲームを用いたワークショップを所属する弊所の所員（保護者）複数人と小学生 1 年生から 6 年生（11 名）を対象としたワークショップを 2023 年 8 月 1 日に実施した。



カロム盤

図 2 カロム[4]

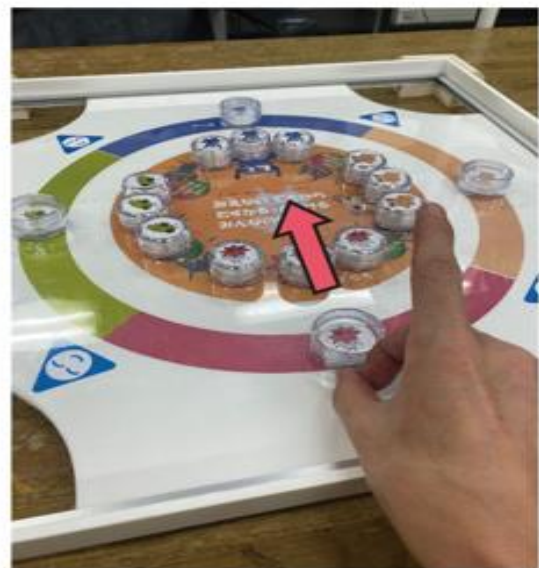


図 3 新しいボードゲーム

ワークショップのスケジュールとして、初めて会う子どもたちもいたので、RoBoHoN（以下、ロボホンと表記する）と一緒に、準備運動を行い一体感を高めた。これは、ゲームを開始する前プレイヤー間で一体感を与えることで、より話しやすい環境づくりを与える目的として行った。

準備運動は、「ラジオ体操第 1」を用いた。ラジオ体操第 1 を知らない、初めて体験する子どももいた

ので、ロボホンにラジオ体操第1のお手本を披露してもらった。お手本と音声に沿ってみんなでラジオ体操第1を行った。

次に、開発したゲームのルールについて、ルールの説明書事前に作成し、さらに、口頭による解説を行った。

事前に参加の有無を確認しており、参加者が11名以上いることが分かっていたため、今回2台の試作品を作成した。

プレイ時間 30分（休憩 10分）プレイ時間 30分
開発したボードゲームを子どもたちに体験してもらった。

ワークショップのプログラム

- 準備運動 10分（ロボホンと一緒に踊ろう）
- ゲームのルール説明 10分
- 第1回目体験 30分
- 休憩 10分
- 第2回目体験 30分
- 著作権について（マンガを使って）15分

著者は、その様子を事前に許可を得て撮影を行った。

さらに、「真の声」を得るために、著者らは、ゲームを体験している子どもたちに話しかけ、問題点やこうしたいよという子どもたちの率直な意見を聞く取り組みを行った。

また、本ワークショップは、弊所の所員（保護者）に参加してもらったので、親目線での本ボードゲームの問題点などの聞き取り調査を行い、問題点や改善点の洗い出しを行った。

最後に、幅広い参加者の年齢層（小学1年生から6年生）に考慮して、著者は、著作権に関するマンガを作成し、A3に拡大して、ホワイトボードに貼り、参加者に著作権の大切さを解説した。作成したマンガは、著者が以前開発した親しみやすいキャラクターを用いた[5]。

5. おわり

インターネット社会の中、インターネットを介したSNS等の利用は、小・中学生において、さまざまな能力向上形成や人格の形成において、また将来必ず使いこなさなければならないツールとして、その利用は避けることが出来ない。しかしながら、インターネットは大きなメリットがある一方で、小・中学生にとって有害な情報に触れるリスクや、誤った使い方による失敗、いじめ等、加害者にも被害者にもなる危うさがある側面もあるルーツである。

教育現場によるインターネットリテラシー教育だけでなく、家庭内でのリテラシー教育が重要であると考ええる。しかし、保護者の情報リテラシー格差がある。本研究は、誰でもが気軽に楽しめる学習ツールとしてボードゲームに着目し、日常起こりえるインターネットのリスクを楽しく学ぶことができる「親子で学ぶ

SNS 処方箋」ボードゲームを開発し、開発したボードゲームを用いて親子参加型ワークショップを開催した。

ワークショップでは、開発したボードゲームを最大限楽しんで体験できるように、さまざまな工夫（ロボホンとダンスをする。マンガを用いた解説など）を施し、参加者が一体感を持ち、楽しめる工夫を行ったことは、参加者から好感を得ることができた。

本研究は、ボードゲームを通してインターネットリテラシーを身につけさせる取り組みを行った。しかし、開発したボードゲームは、まだまだ改善が必要であり、より多くの小・中学生に利用してもらえるように工夫が必要であると考ええる。

謝辞

本研究は、一般社団法人安心ネットづくり促進協議会「2022年度 研究支援」の一環として実施した。

ボードゲーム開発にご尽力、ご協力いただいた株式会社ワイエスデザインに感謝の意を示す。

参考文献

- [1] モバイル社会研究所「子どものスマートフォン所有率上昇小学生でキッズケータイ所有を上回るのは調査開始以来初」2022年2月28日
<https://www.mobaken.jp/project/children/kodomo20220228.html>（参照：2023/8/17）
- [2] 警視庁
「サイバーセキュリティ学習用ボードゲーム」
<https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kurashi/cyber/joho/csboardgame.html>（参照：2023/8/17）
- [3] Deterding, S., et al. Gamification: Toward a Definition. C. Gamification Workshop Proceedings, Vancouver, BC, 7-12 May 2011, 1-4.
- [4] 日本カロム協会
<https://www.biwako.ne.jp/~carom/index.html>（参照：2023/8/17）
- [5] 松本多恵「ADDIEモデルに基づくWebマンガ教材の開発とその評価」人間文化研究科年報 26 251-259 2011年3月

Minecraft ビデオ美学品質評価モデル

Minecraft Video Aesthetics Quality Assessment Model

長谷川 稜介

Ryosuke Hasegawa
is0519hv@ed.ritsumeikan.ac.jp

立命館大学情報理工学研究科
GISE, Ritsumeikan University

THAWONMAS Ruck

ruck@is.ritsumeikan.ac.jp

立命館大学情報理工学部
ISE, Ritsumeikan University

要約：本稿では、Minecraft ビデオ美学品質評価モデル (MCVQA) を構築することについて述べる。Minecraft ワールド内の 1 つの建築物を撮影したビデオ (MC ビデオ) を美学的な観点で評価することが目的である。モデル構築において、Minecraft ビデオデータセットを作成し、そのデータセットを用いて MCVQA を構築した。将来的には、ユーザ評価を用いて、その有用性を検証する予定である。

キーワード：Minecraft, MCVQA, MC ビデオ

1. はじめに

Minecraft は 3D のオープンワールドゲームである。Minecraft ワールドとは、様々なバイオームによって構成された 1 つのゲーム世界を指します。また、Generative Design in Minecraft competition (GDMC) という Minecraft の未知の世界上に AI プログラムによって自動生成された集落を適応性、機能性、ストーリー性、美学の 4 つの観点で競う大会がある [1]。この大会の現行の評価方法では審査員が手動で行う。そのため、参加者の増加に伴い対応が困難であるという問題がある。この問題を解決するために提案された群衆評価のためのビデオ品質評価による Minecraft 集落の自動撮影システム (MC システム) がある [2]。本研究では、ビデオ撮影システムとビデオ合成システムからなる MC システムにおいて、未実装のビデオ品質評価モデルに代わるビデオ美学品質評価モデルを提案する。

本研究の目的は、MC ビデオを美学的な観点で評価をする回帰モデルの構築である。この回帰モデルを構築するにあたって、Minecraft の建物のビデオを美学評価したラベルが付いたデータセットの作成をする。そして、このデータセットに基づいた回帰モデルの構築を目指す。

2. 関連研究

2.1 MC システム

MC システムはビデオ撮影システムとビデオ合成システムの 2 つの部分に分けることができる。ビデオ撮影システムでは、撮影対象物との距離とカメラの動きという 2 つのパラメータを設定することで、自動撮影が行われる。撮影対象物との距離は 3 種類、カメラの動きは 7 種類あり、それらの組み合わせで 21 種類のショットタイプがある。ビデオ合成システムでは、撮影された複数のビデオクリップから適切なパラメータの組み合わせで撮影されたビデオを選択し、合成ビデオを出力する。

2.2 ビデオ品質評価モデル

本研究の評価対象である MC ビデオはユーザ生成コンテンツ (UGC) と呼ばれる。そして、UGC 品質評価問題に関する研究は既に行われている。本研究では、Rapid and Accurate Video Quality Prediction of User Generated Content (RAPIQUE) と呼ばれるビデオ品質評価モデルを用いる [3]。RAPIQUE のシステムフローは特徴量抽出が 2 ブロックから構成されている。まず、1 つ目のブロックは空間的・時間的 NSS (Natural Scene Statistics) 特徴抽出ブランチであり、2 つ目のブロックは CNN (Convolutional Neural Network) 特徴抽出ブランチである。NSS 特徴量は主にビデオの知覚品質に着目した特徴量であり、RAPIQUE は主にビデオの知覚品質を評価する。

しかし、MC ビデオには歪みや手ブレなどの知覚品質に関連するノイズが生じにくいいため、RAPIQUE が出力したスコアに大方差がない。つまり、RAPIQUE は MC システム内のビデオ品質評価モデルには利用できない。そのため、本研究では、この問題を解決するためにビデオの知覚品質ではなく、美学品質を評価することに着目する。

3. 提案システム

本研究で提案したシステムについて説明する。提案システムは 2 つのブロックに分けることができる。まず、1 つ目のブロックでは Minecraft 美学ビデオデータセットを作成する。そして、2 つ目のブロックでは作成したデータセットと RAPIQUE の CNN 特徴抽出ブランチを用いて MCVQA (図 1) を構築する。

3.1 Minecraft 美学データセット作成

撮影対象物は、2022 年度 GDMC への参加チームの集落内の 1 つの特徴的な建物である。図 2 に撮影対象物例を示す。

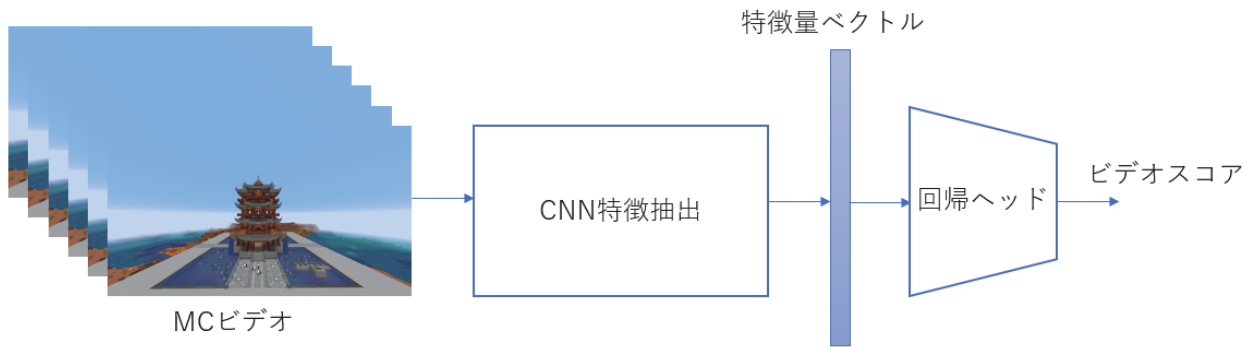


図1 MCVQA のアーキテクチャ

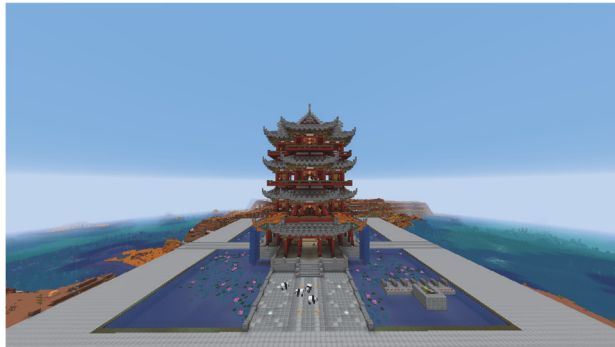


図2 撮影対象物例

1つの撮影対象物に対して6つのショットタイプで撮影した。表1にショットタイプの詳細を示す。

ショットタイプ	撮影方法	パラメータ指定方法	
		距離	カメラの動き
A	手動	撮影者による	
B		キーボードとマウスの入力	
C	自動 (MCシステム)	撮影者の主観	
D		ランダム (C以外)	
E		ランダム (C&D以外)	
F		ランダム (C&D&E以外)	

表1 ショットタイプの詳細

本研究のアンケートによるユーザ評価では、被験者は6つのショットタイプの10秒の動画を視聴する。その後、撮影対象物に対して、「最も優れている撮影」と「最も劣っている撮影」を選択した。この評価を用いて、ラベル作成のためベストワーストスケールリング（以下 BWS）を利用した [4]。そして、最小値1 最大値5に正規化を行う。表2にラベル作成の計算過程例を示す。

	A	B	C	D	E	F
Best に選ばれた回数	2	0	2	0	1	0
Worst に選ばれた回数	1	1	0	1	1	1
BWS	1	-1	2	-1	0	-1
正規化 (Min-Max normalization)	3.7	1	5	1	2.3	1
最終スコア	3.7	1	5	1	2.3	1

表2 ラベル作成の計算過程例

3.2 モデル構築・性能検証

本研究では、最小値と最大値のラベルがついたデータセットを82個使用して、ビデオ品質評価モデルを構築する。ハイパーパラメータCと ϵ の探索を行い、交差検証法で最適な組み合わせを選択する。回帰モデルの汎用性を二乗平均平方根誤差(RMSE)で測定し、その結果は0.9672である。ここで、RAPIQUEの4つの異なるデータセットに対するRMSEの最小値は0.3623であり、最大値は10.518である。そのことから、提案モデルはRAPIQUEよりも高い性能を示すとはいえないが、MCシステムに実装できる可能性がある。

4. 終わりに

本稿では、MCVQAを提案した。具体的には、Minecraft 美学ビデオデータセットの作成し、そのデータセットとRAPIQUEのCNN特徴抽出ブロックを用いて回帰モデルを構築した。将来的には、ユーザ評価を用いて、その有用性を検証する予定である。

5. 参考文献

1. Christoph Salge, Michael Cerny Green, Rodrigo Canaan, and Julian Togelius. Generative design in minecraft (gdmc): Settlement generation competition. In Proceedings of the 13th International Conference on the Foundations of Digital Games, FDG '18, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
2. Hao Jia and Ruck Thawonmas. ビデオ品質評価による minecraft 集落の自動撮影. Proceedings of Game Amusement Society 20th National Convention Osaka Electro-Communication University, 2022.
3. Zhengzhong Tu, Xiangxu Yu, Yilin Wang, Neil Birkbeck, Balu Adsumilli, and Alan C. Bovik. Rapique: Rapid and accurate video quality prediction of user generated content. IEEE Open Journal of Signal Processing, Vol. 2, pp. 425–440, 2021.
4. Jordan J Louviere, Terry N Flynn, and Anthony Alfred John Marley. Best-worst scaling: Theory, methods and applications. Cambridge University Press, 2015.

漢詩「西江月 打雙陸例」における「煙梁」の意味

The meaning of '煙梁' in the Chinese poem 'Xi Jiang Yue: An Example of Playing ShuangLu'

木子 香

Kaori Kishi

kishi@osakac.ac.jp

大阪電気通信大学

Osaka Electro-Communication University

要旨：中国では盤双六を「雙陸」と呼び、約3世紀頃にその存在が伝わったとされている。中国古代文学作品の中には、雙陸に関する言及が多く見られ、漢詩にも登場する。雙陸をプレイする情景や雙陸遊戲具について詠われた詩も存在するが、一方で未だに解明していない句もある。本稿では、中国南宋文獻《事林廣記》に記載されている漢詩「西江月 打雙陸例」を取り上げ、その中に登場する「煙梁」の意味を解析する。言葉の意味を正しく理解することは、詩の内容を正確に把握する上で重要な役割を果たす。

キーワード： 雙陸 漢詩 事林廣記 煙梁

1 はじめに

雙陸は、2人で対戦する競争ゲームである。白黒の馬（駒）をそれぞれ15個ずつ配置された24梁（マス）に描かれた長方形の盤上で行われ、各プレイヤーは自分の馬をゴールに進めることを競い合う（図1、図1にある○は枡目の位置のしるしである）。このような競うゲームは古くから存在しており、古代エジプトの遺跡から出土された遊戲盤セネトは雙陸の祖型とされている[1]。雙陸は、中国に伝わって以来、1500年遊び続けていた[2]。歴代に渡り、詩をもって雙陸が詠まれてきた。しかし、意味が解明されていない句も存在し、宋の時代に書かれた「西江月 打雙陸例」はその一つである。本稿は、詩の中にある「煙梁」の意味を解析し、詩の内容を正確に把握することを目指したい。

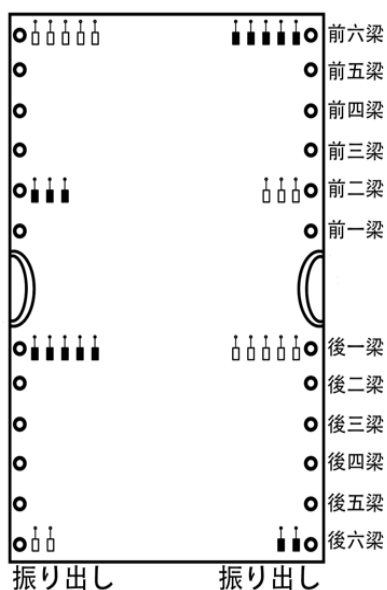


図1. 初期配置

2 「西江月 打雙陸例」の「煙梁」について

南宋陳元靚が編纂された《新編群書類要事林廣記・戊集卷二》に、南宋時代の無名氏が書かれた「西江月 打雙陸例」が収録されている。

西江月・打雙陸例[3]

無名氏

么六把門已定，二四三五成梁。
須知四六做煙梁，五六單行無障。
擲得么三采出，填胘此处高強。
到家先起妙無双，号曰金赢取賞。

詩の大義は「1,6の出目で把門を定め、2,4と3,5の出目は成梁を作る。4,6の出目は煙梁を作ることを知るべし、5,6の出目で馬の単行が支障ない。1,3の出目が出たら、填胘に使うのに最強。家（自分の陣地）に着いたら、駒を盤から取り除くことができ、勝利すれば報酬を受け取ることができる」。

これまで、この詩の内容は雙陸の技法を表現していると認識されているものの、具体的にどのような技法であるかは解明できていない。1151年に出された雙陸の専門書『譜双』によると、2個の馬が一つの梁にある状態は「成梁」という。前一梁は「門」ともいい、2個の馬が門の位置にある状態は「把門」という。後一梁は「胘」ともいい、後二梁は「胘屋」という。2個の馬が胘の位置にある状態は「把胘」という。後一梁から後六梁の区間は「宮」や「家」と呼ばれ（図2）「4」。『譜双』の記述によって、詩の中の「把門」，「成梁」，「填胘」，「到家」の意味が理解できる。しかし、「煙梁」の意味は不明であり、盤面での位置も把握できない。

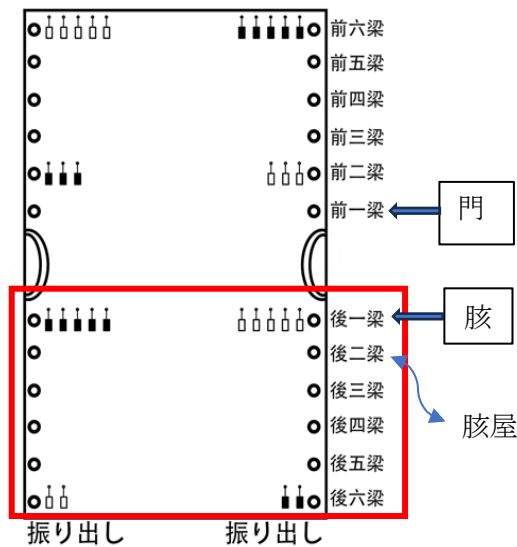


図2 門, 肘, 肘屋の位置.

漢字「煙」の元の意味は「けむり」である。『説文解字』では、「煙：火気也。从火 堇聲。」と説明されている[5]。また、『史記・律書』に「鳴雞吠狗，煙火萬里」とあるように、「煙火」は炊事をする際に立ち上げる「炊煙」のことを指し、さらに、その派生的に家々の生活を意味することもある[6]。家との関連から、「梁」について考えてみる。「檐梁」と言う名前の梁があり、これは軒桁の位置にする梁である。中国語では、「檐」と「煙」は同音異字であるため、もし「檐梁」を考慮すると、雙陸盤面の位置がわかる可能性がある。図2に示したように、雙陸の盤面の後一梁から後六梁の区間は「宮」や「家」と呼ばれており、いずれも盤面を建物と見立てている。「檐梁」は、家屋の軒だけの部分に当たる「梁」であるので、雙陸の盤面に置き換えると後五梁に対応すると考えられる(図3)。

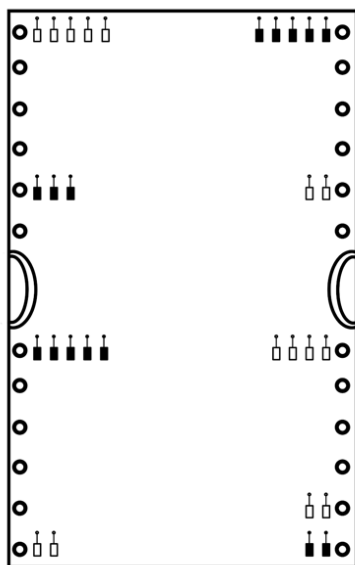


図3 「煙梁」の位置.

この推論に従えば、「須知四六做煙梁」という意味の元で馬の動きが明確に理解できる。骰子の出目[4, 6]の場合は、後一梁の白馬と前二梁の白馬は後五梁を移動し、その結果、後五梁に白馬が二つ並ぶことになり、「檐梁」が形成される。白馬2つ並ぶ場合は、黒馬に切られることもなく、また、後五梁に置かれることもないため、戦術的にも有利な指手と言えよう。

3 終わりに

中国古代の詩歌の中には、雙陸を詠まれたものが少なくない。その内容は、遊戯そのものを詠んだものや雙陸をプレイする情景を描いたものもある。詩の中で使用される言葉の意味を正しく理解することは、重要である。本稿では、初めて南宋時代の無名氏によって書かれた漢詩「西江月 打雙陸例」における「煙梁」の意味を解析することができた。今回の解析によって得られた結論は、今後この詩の内容を正確に把握する際に役立ちたい。

参考文献

- [1] 増川宏一、『盤上遊戯』, 法政大学出版 (1978)
- [2] 木子香, 『譜雙』の日本語訳及び盤双六史に関する考察, 大阪電気通信大学人間科学研究 第19号, pp. 79-94 (Mar. 2017)
- [3] 新編群書類要事林廣記 戊集卷二 P373, 中国哲学書電子化計画.
- [4] 洪遵, 『譜双』, 早稲田大学図書館所蔵 (1846)
- [5] 許慎, 『説文解字』, 中国哲学書電子化計画.
- [6] 司馬遷, 『史記・律書』, 中国哲学書電子化計画.

大型将棋復刻研究の現状

～平安京の復原／日本書紀の紀年復原／チェスの起源問題への発展～

Current Status of Research on Large Shogi Reprints :

Development into Restoration of Heian-kyo, Chronological Restoration of Nihonshoki, and the Problem of the Origin of Chess

高見 友幸

Tomoyuki Takami
takami@osakac.ac.jp

大阪電気通信大学 総合情報学部
Osaka Electro-Communication University

要約：摩訶大将棋, 中将棋, 平安大将棋の3種の大型将棋について, 復刻の現状について述べる. 大型将棋の復刻研究は, 各将棋のルール原典とも言うべき古文書がなく, 文献史学だけでは解決を見ない. 研究は将棋史だけの究明に留まらず, 周辺分野との学際的研究とならざるを得ない. 本稿では, 最近の復刻(ルール変更)を簡単に紹介したあと, 復刻と連携している, 平安京の復原, 日本書紀の紀年復原, チェスの起源問題も含め, 復刻の全体像を発表する. 特に, 日本書紀の紀年復原については, 今回がはじめての発表になるため, 重点的に発表したい.

キーワード：摩訶大将棋, 平安大将棋, 中国象棋, チェスの起源, 平安京, 日本書紀

1. はじめに

大型将棋の復刻研究は, 2012 年の摩訶大将棋(まかおしょうぎ)のルール復刻に始まる. その後, 摩訶大将棋だけでなく, 大型将棋全般の復刻研究に移行するとともに, 将棋の起源の研究に着手し, 次いで, 中国象棋とチェスの起源の研究へと発展した次第である.

図1に大型将棋の発展過程の一案を示す. 大型将棋は摩訶大将棋を起源とし, 一定の規則に則って小型化する方向へと発展するという結論/仮説(以下, 摩訶大将棋起源説[1][2])が, これまでの我々の研究で提示されている. ただし, 歴史関連学会が全面的にこの結論を支持あるいは賛同しているというわけではない. 文献史学, 考古学からの究明は困難であり, 将棋の起源については諸説が並立する. 通説(学術から得られ

た結論ではない説)では, 将棋は始めに小さい将棋が存在し, その後, 次第に大型化した, 流行することなく廃れたとされる. 同じように, チェスの起源の通説は, 古代インドのチャトランガとされることが多い. しかし, 将棋もチェスの場合でも, 明確な根拠が提示されているわけではなく, 通説であるということに注意されたい.

図1のとおり, 摩訶大将棋起源説では, 原摩訶大将棋(96枚)/摩訶大将棋(96枚)を起源の将棋とし, そこから平安大将棋(34枚)に至る過程で駒数は順次31枚ずつ減少する. 平安大将棋は, ここでさらに駒が2分割されて, 最終的に中国象棋16枚とチェス16枚になったと考える(以下, 中国象棋とチェスの成立仮説[3]). なお, 中将棋への発展は100枚(両側)の減少となる. 大大将棋への発展では, 31枚減少し, 31枚の新しい駒種が入るため駒数の増減はない.

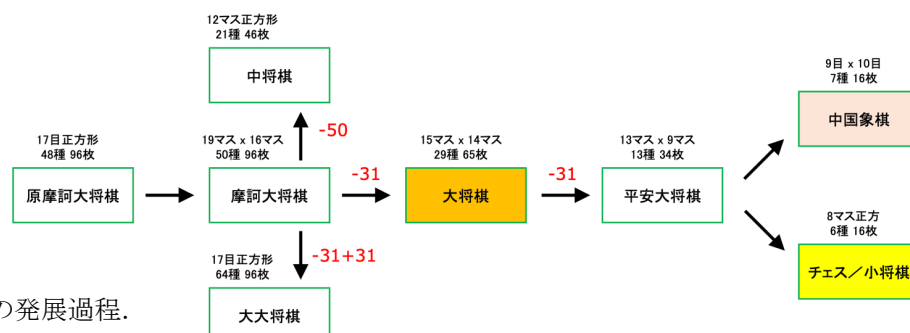


図1. 大型将棋の発展過程.

本研究の目的は、前ページの図1の検証がすべてである。なお、2) 中国象棋とチェスの成立仮説は、1) 摩訶大將棋起源説を前提として成立すべきものであり、2) だけの成立は考えにくい。本研究に関連して考察すべき仮説は、1) と2) の他、3) 初期平安京の正方形仮説[4][5], 4) 唐長安城の正方形仮説[6][7], 5) 原日本書紀の存在仮説[8][9]を合わせ全部で5つの仮説がある。このうち、1) ~ 4) の仮説は、すでに論文発表されており、本稿では3) と4) の要点のみ3節にて紹介する。各仮説の詳細については、本稿最後に挙げた文献を参照されたい。

2 節では、3 種の大型将棋の復刻の最新状況のみを述べる（上記と同様、これまでの復刻については文献を参照されたい）。4 節では、未発表である 5）の仮説（日本書紀の紀年問題）の要点を紹介する。

2. 復刻の最新状況

2.1 摩訶大將棋

2019 年に古文書の断簡「摩訶大将棋の圖」が発見された．この古文書の記述に従って，1) 将棋盤のサイズ，2) 師子と狛犬の動きにルール，の 2 点の変更がなされた[10]．1) は縦横 19 マスから，横 19 マス縦 16 マスへの変更である．2) は，師子と狛犬が敵駒を取るときは居喰いのみとする変更である．つまり，師子と狛犬が動くときは敵駒を取ることはできない．

「摩訶大将棋の圖」では、奔王・鉤行・摩カツ・師子・狛犬の5駒を不成の駒としている。つまり、この5駒が勝負を決める駒とされていた可能性もあるだろう。今後の検討課題としたい。

2.2 平安大將棋

平安大將棋の駒の動きは、だいたいにおいては、中国象棋とチェスの成立仮説に沿う。しかしながら、若干の遊戯性を加味し、平安大將棋の成立当初の駒の動きに変更を加え、一部では、現代の中国象棋やチェスで採用されている駒の動きを採用している[11]。したがって、平安大將棋については、厳密な意味では復刻された将棋での対局を実施しているわけではない。復刻されたルールと現状の対局ルールの差異は次のとおりである。

- 1) 歩兵は斜め1マスの敵駒を取る．最下段に達したときは金将（クイーンの動き）になる．
- 2) 金将は2駒ともクイーンの動きである．
- 3) 桂馬はチェスのナイトの動きである（中国象棋の馬の動きではない）．
- 4) 銅将は，飛龍と猛牛の動きの融合である（前後左右斜め2マスの踊り駒）．
- 5) 鉄将は中国象棋の砲の動きである．

2.3 中将棋

現在に伝わる中将棋のルール（江戸時代のルール）が、中世の中将棋のルールと同じだったかどうかは確かではないと考えており、現状、我々の研究室では、摩訶大将棋と同様のルールで対局を行っている[12]。つまり、勝敗は玉将を詰ますことではなく、奔王と師子のいずれかが敵陣に無事突入することで決まると

いうルールが採用されている.

摩訶大将棋と同様、師子は2駒同時の居喰いが可能である。また、動くときには敵駒を取ることはできない。仲人の捕獲についてであるが、これも摩訶大将棋と同様、師子の居喰いでのみ取ることができる。師子に関する特殊ルールをどのようにすべきかについては検討中であるが、現状、摩訶大将棋の師子と同じルールで対局がなされている。

3. 摩訶大将棋の将棋盤と都城の正方形仮説

大型将棋史から波及した研究成果として、摩訶大將棋の将棋盤が初期平安京の条坊だったとする仮説がある。この仮説は、その後、唐長安城の正方形仮説へと発展した。

平安京や藤原京は、基盤目状の唐長安城を模した都とされてきたのであるが、実は、寸法までを含めて厳密に模写されたようである。つまり、都城の思想への深い信奉とともに、数値に対する大きな信奉の現れでもある。

3.1 初期平安京の正方形

原摩訶大将棋の将棋盤は正方形でなければならない。それも、縦横 17 目の正方形でなければならない、これが、ちょうど初期平安京の正方形の条坊と一致する。この様子を図 2 左図に示した。その後、平安京は南北方向に伸長し長方形となる。このときの条坊（横 19 目縦 16 目）を将棋盤としたのが摩訶大将棋である。

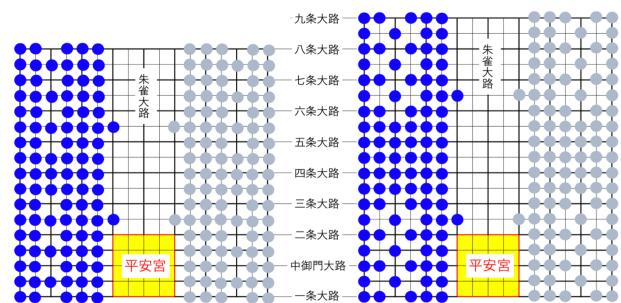


図 2. 原摩訶大将棋 (左), 摩訶大将棋 (右) の将棋盤.

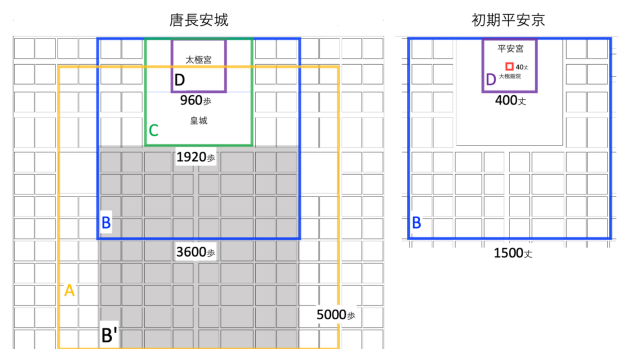


図3. 唐長安城と初期平安京の京城および宮城の比較.

初期平安京の正方形仮説では、初期平安京を一辺1500丈(=3600歩)の正方形と想定する。都城を厳密に正方形に作るのは、都市工学からではなく、呪術であって、古代中国の天円地方の思想に基づくものである。正方形の階層構造を作ること、地の中心を明示する。天帝は天の中心にあり、天子は地の中心に

る。都城の正方形は、天に見せるための正方形なのである。

図3右図に、初期平安京に出現する正方形の階層構造を示した。一辺400丈(=960歩)正方形の平安宮の中心に、一辺40丈(=96歩)正方形の大極殿院があり、ここが地の中心となる。

3.2 唐長安城の正方形

設計に好んで使用される「呪術的数値」とも言うべき数値がある。それが960と360である。唐長安城の宮城皇城エリアの一辺960歩の正方形が、同じ寸法で初期平安宮の正方形となっている。また、唐長安の基本区画は一辺360歩の正方形である。3600歩と96歩の正方形は唐長安城にも平安京にも現れるのである。図3左図に唐長安城における正方形の階層構造を示した。

960, 360, 96といった数値は、呪術的に、つまり、理屈抜きに信奉され、それが古代における日中の都城で中心的な設計値として採用された。本節では、これらの数値が、次節で述べるように非常に重要な数値であることをこの時点で強調しておきたい。

4. 日本書紀の紀年問題

日本書紀の紀年復原に関してこれまでに多くの研究がなされてきたが、いまだ一定の結論へと収束する状況にはない。我々の研究では、基本的には1953年に提起された笠井倭人氏の仮説に沿い、これに近年の伊藤雅文氏の考え方を加えた。編纂当初には編年体の史書(以下、原日本書紀と呼ぶ)が存在したであろうというのが笠井説・伊藤説の中心をなす仮説である。

我々の説では、次の3点が新しい視点となる。

1) 神武天皇および欠史八代の紀年を無視することはせず、紀年の始めを神武天皇からとして紀年解明を試みた。これにより、立太子年およびその年齢から多くの復原情報を得ることができる。たとえば、「次代の即位年=立太子年の翌々年」という基本シナリオが組み込まれていると結論できる。得られた結果(後述)の整合性は完璧に近いので、立太子年およびその年齢は、日本書紀の編纂者がきちんと意図した設計値であると見ることができる。

また、立太子の翌年に崩御する皇后にも注目すべきである。播磨稲日大郎姫、磐之媛命は立太子年の翌年の崩御であり、天皇相当であろう(原日本書紀では、天皇は立太子年の翌年に崩御)。また、変則的ではあるが、衣通郎姫(古事記)、飯豊青皇女も該当するであろうか。神功皇后(とされた別の女王)がそうであるように、上記4人は女王であった可能性がある。

2) 原日本書紀の定点を301年の崇神天皇即位年、日本書紀の定点を201年の神功皇后即位年に設定した。これにより、紀年全体の整合性を取ることができるため、この仮定は正当と考える。なお、本稿では、定点の意味を、紀年と史実の想定年とが一致する年としている。したがって、神武天皇の即位年BC.660年は定点にならないことに注意されたい。201年を定点として在位期間ごとに遡ればBC.660年に一致するという

だけのことである。

また、紀年延長を解除することにより原日本書紀の紀年を抽出している以上(日本書紀の定点はシフトする)、原日本書紀での神功皇后即位(356年)は、神功皇后以外の女王(あるいは天皇)の即位にならざるを得ない。神功皇后紀の一部分は日本書紀の方が正しい紀年であり(239, 240, 243, 266, 269年がこれに該当する)、それ以外(三国史記からの記事引用年を除いて)の紀年については、原日本書紀が正しいと見るべきである。紀年論の諸説は、神功皇后紀69年間を一次元的な見方で解説しているため、干支二巡=120年シフトさせるという非論理的な適用をしているが、この方法論は正当ではない。

3) 二王朝並立を仮定した。5世紀までに限れば、a) 崇神紀(全期間)と垂仁紀、b) 垂仁紀と景行紀(始めの4年間)、c) 仲哀紀(全期間)と神功紀において、二王朝並立が実現したと考える。この場合、並立期間中には、二王朝のそれぞれの事績が王朝ごとに記載されることになる。紀年延長操作に応じて、当然、原日本書紀と日本書紀の事績の内容は大きく変更されていると予想されるわけであるが、実はそうではなく、多くの場合で類似点を見つけることができるのである。どうしてなのであろう。立太子年およびその年齢のところでも述べたのと同じく、この点でも、日本書紀に施された設計意図を見ることができよう。詳細については、今後の論文に譲ることにするが、いくつかの紀年での類似をキーワードを挙げ、以下に示した。カッコ内がキーワードである。以下の6例とも二王朝並立の期間であり、原日本書紀の年表では同じ紀年であることに注意されたい。

a) 崇神10年—垂仁25年:(倭迹迹日百襲姫命の予知—倭姫命を依代)、崇神62年—垂仁35年:(池)

b) 垂仁99年—景行4年:(纏向宮—纏向に都)、垂仁99年の翌年—景行12年:(八竿八縷—八握劍・八咫鏡・八咫瓊)

c) 仲哀元年—神功5年:(白鳥を焼けば—檻に火を放って)、仲哀2年—神功13年:(角鹿に箭飯宮—角鹿の箭飯大神)

類似する事績を接着剤として、二王朝の同一年を結びつけているのではないだろうか。

上記1)~3)のルールを適用した結果、神武紀から応神紀までの整然とした新しい紀年を復原することができた。得られた紀年は古事記の崩年干支とよい一致を示すばかりか、記紀の宝算の値に仕組まれた意図を説明する。たとえば、201年の崇神天皇誕生(後述)は古事記の宝算168歳から導かれたものである。

原日本書紀から以下7例の紀年のみ列举する。原日本書紀によれば、たとえば、開化天皇と誉津別命が同じ誕生年であったり、天日槍が現れた年に応神天皇が誕生する。こうした紀年からは、非常に多彩な古代史シナリオが展開されそうではないか。この他にも、特筆すべき紀年は多数あるが、詳細は今後の論文に譲る。

201年: 神武天皇・崇神天皇・応神天皇 誕生

201年(日本書紀): 神功皇后 即位

239 年：孝元天皇 誕生
239 年（日本書紀）：倭迹迹日百襲姫命 即位
249 年：倭迹迹日百襲姫命 崩御
249 年：綏靖天皇・崇神天皇 誕生
252 年：神武天皇 即位
279 年：孝昭天皇 崩御，開化天皇・磐津別命 誕生
301 年：崇神天皇・垂仁天皇 即位
303 年：天日槍 現る，応神天皇 誕生

たとえば，上記のとおり 201 年には，4 人の事績が並ぶ。漢風諡号に「神」が入る天皇・皇后はこの 4 人だけであることに注意されたい。それが史実かどうかはともかく，日本書紀が設計されていることの現れである。同時に「原日本書紀の存在仮説」が正しいことの立証にもなる。

ここで，前節で述べた，960，360，96 の数値を思い出していただきたい。これらの数値は，藤原京の時代に編纂が開始された日本書紀の中に，重要な役割で使われているのである。たとえば，次の 4 例を挙げる。a と b の間隔は 360 年，c は 960 年，d は 96 年である。

- a) 天智天皇即位 (661) と崇神天皇即位 (301)
- b) 天武天皇即位 (673) と仁徳天皇即位 (313)
- c) 崇神天皇即位 (301) と神武天皇即位 (BC.660)
- d) 崇神天皇即位 (301) と仁徳天皇即位 (397)

なお，上記で，天智天皇・天武天皇の即位年は史実，301，397 は原日本書紀の紀年，313 と BC.660 は日本書紀の紀年である。313，BC.660 はもちろんのこと，史実の年からちょうど呪術的数値の 360 年だけ遡った 301 年と 397 年に重要な史実が想定されたということである。

5. まとめ

大型将棋史の研究およびその関連研究において提示されている大きな仮説は次の 5 つである。

- 1) 摩訶大将棋起源説
- 2) 中国象棋とチェスの成立仮説
- 3) 初期平安京の正方形仮説
- 4) 唐長安城の正方形仮説
- 5) 原日本書紀の存在仮説

これらの仮説は互いに連携しており，各仮説の個々の根拠が束になって全仮説の立証を目指すという感がある。中国象棋とチェスの成立仮説を除く 4 仮説について言えば，これらの 4 仮説が仮に成立するのだとすれば，一挙に成立する可能性もあるだろう。

1) の検証には，初期平安京に組み込まれた 960 と 360 の数値を持つ正方形の存在を示せばよい。次いで，平安京の正方形は長方形に変化する。これで原摩訶大将棋から摩訶大将棋への将棋盤の発展が説明できると同時に，駒の交点置きからマス置きへの変更も説明することができる。

3) と 4) の説については，両都城のサイズが数値として完全一致すること，全く同様の階層構造を示すことで検証することができる。

5) の仮説は他との連携を必要とせず，独立性も強い。しかし，紀年にも見られる「呪術的数値」960，360，96 が，1)，3)，4) の仮説成立を支援する。

これらの 5 仮説の検証は，一般的な文献史学と考古学の手法を離れて行われてきた。重要な紀年の間隔が 360 ですと主張するだけでは，とても賛同は得られないが，同じ数値が日中の三都城で重要視され，元を迎れば，その数値は天皇家の呪術である摩訶大将棋とも関連する。古代の人たちの，数値に対する強い信奉ということで，現状は納得している次第である。この数値が，摩訶大将棋と平安京と日本書紀の復原を合わせて一挙に検証してくれるのかどうか。

謝辞

本研究の一部は，2023 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，「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.
- [3] 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.
- [4] 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，Vol.23，1-13，2021.
- [5] 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，83-104，2023.
- [6] 高見友幸，唐長安城の正方形仮説：初期平安京との関連性，考古学ジャーナル，2023 年 2 月号，39-45，2023.
- [7] 高見友幸，唐長安城の数理モデル ～唐長安城の正方形仮説補遺～，考古学ジャーナル，2023 年 3 月号，34-40，2023.
- [8] 高見友幸，日本書紀の紀年問題に関する考察，日本国史学第 20 号，2023.（投稿中）
- [9] 高見友幸，データサイエンスとしての日本書紀紀年問題 ～神武天皇，崇神天皇，応神天皇の解説～，第 14 回 IIARS 研究会講演論文集，2023.（投稿中）
- [10] 高見友幸，最近発見された摩訶大将棋に関する古文書，IR*ゲーミング学会ニューズレター，No.38，8-11，2019.
- [11] T. Takami and M. Kiyama, Development of Computer Heian Large Shogi, Proceedings of the International Conference on ICT Application Research, 2023. (accepted)
- [12] 高見友幸，中世における中将棋のルール復刻～摩訶大将棋起源説の検証～，第 7 回 IIARS 全国大会 Web 予稿集，2022.

A Simulated Fantasy Microworld for Learning Abduction

Toshihiro Hayashi, Naka Gotoda, Shuhei Fujisawa (Kagawa University)

Kazuhiro Ura (Ehime University)

Masanori Fukui (Tokushima University)

Kaori Kishi (Osaka Electro-Communication University)

Abstract: In recent years, web novel submission platforms have emerged in Japan. Numerous online narratives centered around fantasy worlds (or alternate worlds) have also seen publication. These works, collectively known as “*Isekai*,” are a defining facet of contemporary youth culture in Japan. Our focus is directed towards exploring the possibility of introducing educational practices rooted in scientific and logical thinking by using magic in fantasy worlds. A spotlight is also cast on the educational potential of harnessing generative AI. Our objective is to refine scientific interpretations concerning the principles and mechanisms of magical occurrences through interactive dialogues between virtual learners powered by generative AI and real human students. Furthermore, we place significant emphasis on utilizing microworld as a platform to materialize this style of learning. This paper describes the construction and utilization of a simulated fantasy microworld featuring virtual learners, with the intention of facilitating abduction-based learning.

Keywords: fantasy world, magic, scientific interpretation, abduction-based learning, generative AI

1. Introduction

In recent years, numerous web novel submission sites have emerged in Japan. A plethora of online novels featuring fantasy worlds (or alternate worlds) has also seen the light of day. Several well-received pieces have been adapted into novels, comics (manga), and even animated series. Collectively known as “*Isekai*” [1], these manga, novels, and animations stand as defining elements of contemporary Japanese youth culture.

With this background, we are considering the feasibility of introducing an educational approach focused on scientific and logical thinking within a university course centered around magic in fantasy worlds. As the first investigation, our exploration involved assessing how university students comprehend the underlying principles of magical occurrences within these fantasy worlds [2]. We assigned them the task of explaining the principles and mechanisms governing magical phenomena known as “fireballs” in such fantasy world. We observed that some of the explanations were lacking in depth. We recognized that no rationale was presented to explain the occurrences of magical abilities and phenomena. Consequently, it appears that a straightforward application of our proposed educational methodology may not sufficiently cultivate a profound understanding of scientific and logical reasoning.

We particularly emphasize the concept of abduction in the context of fostering scientific and logical thinking. Abduction, also known as hypothetical reasoning, involves a process of analogical reasoning wherein hypotheses (ideas) are formulated to successfully account for observed phenomena using preexisting knowledge. Abduction is also recognized as an effective approach in addressing complicated problems. When our established knowledge of the physical laws governing the actual world is applied, the observed phenomena pertain to magical occurrences. By concentrating on a fitting *Isekai* novel, these magical phenomena can be considered as facts of a distinct alternate world. Additionally, a hypothesis can be

constructed to serve as an explanatory framework for the occurrence of these magical phenomena.

To establish a conducive learning for the application of abduction, we put forth the idea of leveraging generative AI for educational environment [3]. Recently, generative AI is strongly expected in education [4]. Our objective is to enhance the precision of scientific interpretations related to magical principles and mechanisms through an interactive exchange between virtual learners employing generative AI and actual human students. Generative AI produces explanations that may carry an element of uncertainty, thereby mandating the need for factual validation. Nonetheless, considering the subject matter revolves around magical occurrences in fantasy worlds, an exhaustive grasp of formal knowledge is not imperative. Instead, the unanticipated explanations generated by the AI could potentially serve as valuable tools for real students, aiding them in refining their skills in scientific and logical thinking.

We are examining two distinct approaches to abduction-based learning: (1) a form that highlights the procedure of hypothesis generation and (2) an approach involving hypothesis inference learning via microworlds. In the first approach, the initially generated hypothesis is presumed to be accurate, and subsequently, it undergoes a process of refinement. Conversely, the second approach establishes a virtual learning space (microworld) in which learners can autonomously experiment with magical phenomena and engage in abduction. However, both methodologies might encounter challenges in achieving effective learning outcomes based on the participants’ individual capacities.

Particularly, we emphasize on the latter form of learning. We introduce a “learning companion” in the shape of a virtual learner, facilitated by generative AI. This approach centers on enhancing the precision of scientific interpretations concerning magical principles and mechanisms through an interaction between a generative AI-powered virtual learner and a real student, within the

context of a microworld. The generative AI generates explanations with an element of uncertainty, necessitating verification. Nevertheless, considering the context revolves around a fantasy world, exhaustive factual accuracy is not needed. Instead, the introduction of extraordinary explanations beyond students' conventional thinking might be instrumental in refining their scientific and logical reasoning skills. Furthermore, this approach holds the potential to overcome potential learning plateaus within the microworld. This paper describes a simulated fantasy microworld incorporating virtual learners, designed for abduction-based learning.

2. Simulated fantasy microworld

Fantasy worlds are imaginary worlds where things and phenomena that do not exist in the real world, such as fairies and magic, exist. However, there exist (or are presumed to exist) physical laws like those of the real world. In addition, such world is augmented with fairies and magic. The fantasy world has similarity with the real world. It can be accepted as natural. In many fantasy works, "magic" exists. Many works not only consider magic as a black box with only activation conditions and phenomena, but also refer to why magic occurs and the mechanism by which magic occurs by assuming particles called "magic elements" called 魔素(maso) in Japanese that do not exist in the real world. Some of such works focus on the structure and principles of magic.

Fantasy worlds encompass imaginative worlds where elements and phenomena that are absent in the real world, such as fairies and magic, come to life. Nevertheless, even in these fictional domains, there are implied (or presumed) physical laws resembling those of the actual world. The augmentation of such a world is realized through the incorporation of fairies and magic. This feature brings about parallels between the fantasy realm and our reality. The notion of an "Isekai" can be embraced as a natural extension. Within the framework of numerous fantasy works, the concept of "magic" holds a central place. While many works treat magic as a mysterious enigma with mere activation criteria and outcomes, there are instances where explanations for the occurrence and the mechanics underlying magic are elaborated. This is often achieved by introducing hypothetical particles termed "magic elements", which are absent from the confines of reality. Some of these literary works delve into the very structure and underlying principles that govern the functioning of magic.

Taking inspiration from such narrative frameworks, we embark on the design and development of a simulated fantasy realm replete with magical phenomena. We believe that this configuration can be formulated by layering virtual rules governing magical occurrences upon a simulated version of the real world governed by physical laws. Furthermore, we envision the inclusion of virtual human entities to serve as

learning companions (virtual learners) within this environment.

3. Abduction in fantasy world

Illustratively, we consider the magical phenomenon of "fireballs" shown in **Fig. 1**. A plausible hypothesis could posit that "*Magic elements, present in the atmosphere, serve as foundational particles. These elements catalyze the generation of magical power, which in turn, is channeled to create fireballs and heat.*" Nonetheless, the mechanics underlying why magical power manifests as fireballs and heat remains unresolved, presenting itself as a black box.



Fig.1 Magic of fireballs

To delve deeper, one might develop a supplementary hypothesis to elucidate this magical occurrence. Yet, if the enigma persists, the formulation of further hypotheses becomes a viable route. Given that the generation of diverse hypotheses is an intrinsic feature within the boundaries of the target fictional universe, we hold the perspective that honing the skill of generating detailed hypotheses can stand as an invaluable learning experience, contributing to the acquisition of adept abduction skills.

We focus on a hypothesis inference learning facilitated through microworlds for abduction-based learning. This approach establishes a virtual learning environment, a microworld, where learners possess the autonomy to engage in independent experimentation with magical phenomena and partake in abduction processes. However, it is important to acknowledge that the effectiveness of this method might be limited by the individual capabilities of the participating learners.

Consequently, our primary emphasis is directed towards harnessing the educational potential of generative AI. Our objective is to enhance the comprehension of magical principles and mechanisms by facilitating an interaction between a virtual learner powered by generative AI and a real human student. An illustrated depiction of this concept, outlined in **Fig. 2**,

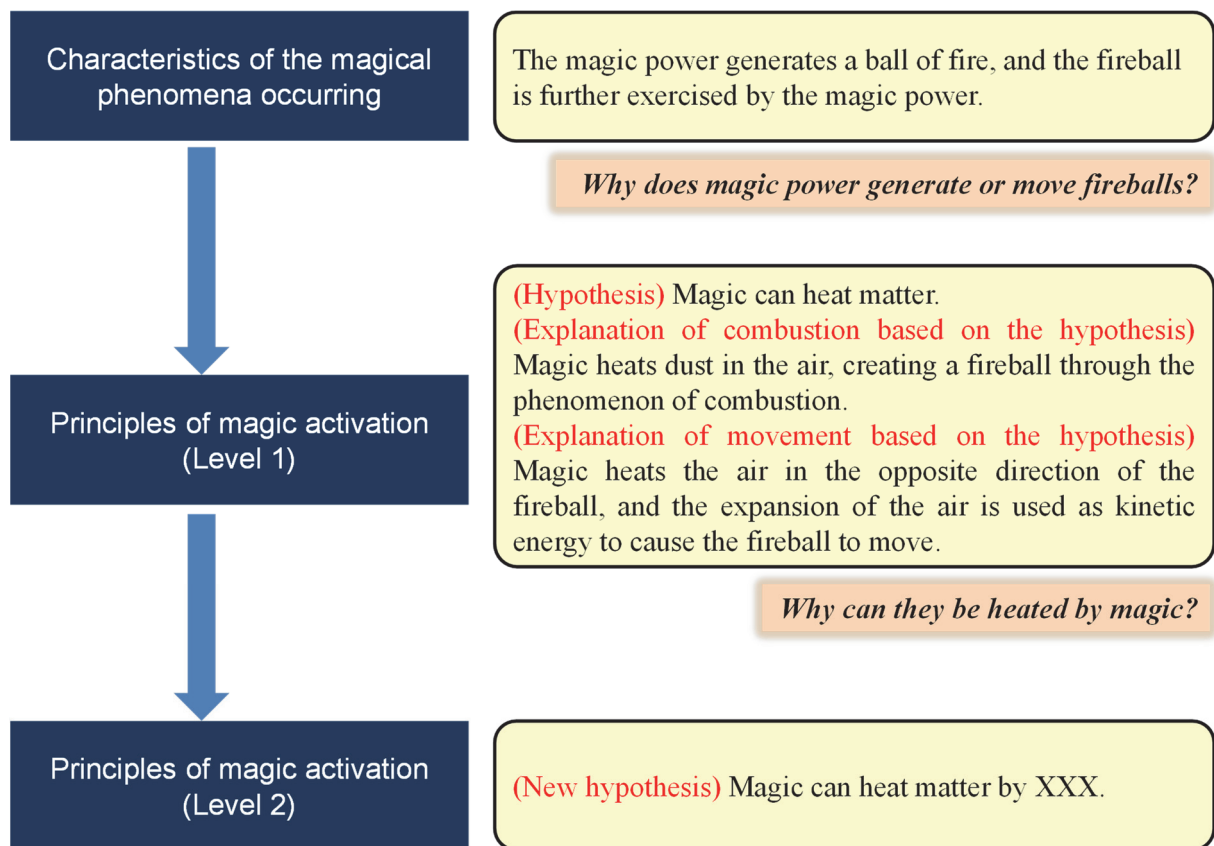


Fig.2 Explanation of magical phenomena using hypotheses

elucidates how magic phenomena can be explained through the engagement with a virtual learner. The statements in the orange box are the questions from the virtual learner to the real learner. S/he introduces XXX as a new element or new concept in the answer for the second question.

Incorporating generative AI introduces the aspect of uncertain explanations. However, it is important to note that, given the context of an alternate world, the strict adherence to conventional factual accuracy is not a paramount concern. Instead, the introduction of unconventional explanations beyond the conventional scope might prove instrumental in refining students' skills in scientific and logical thinking. This approach also holds the potential to overcome potential learning plateaus within the microworld context.

4. Summary

We are currently in the process of implementing an educational framework that fosters scientific and logical thinking specifically within the context of magic occurrences in alternate worlds. Our exploration centers around the potential implementation of abduction-based learning, wherein the focal objective revolves around elucidating the principles and mechanics underlying the magical elements present in fantasy worlds. To this end, we are considering the utilization of microworlds as a

platform for learning. In this paper, we detailed the construction of a simulated fantasy microworld that features the incorporation of virtual learners, all conceived with the aim of facilitating abduction-based learning. It's worth noting that the pursuit of this research is made possible through the support of the Kagawa University Research Promotion Program Grant (Number 23K0E002).

- [1] Isekai, <https://en.wikipedia.org/wiki/Isekai> (access 23/08/25)
- [2] Toshihiro Hayashi: "Scientific Interpretation of Magic Phenomena in Fantasy Worlds - How University Students Think about It? -", GAS Game and Education Research Division Workshop, 2021-GE-1, pp.14-15(2022) in *Japanese*.
- [3] Toshihiro Hayashi, Naka Gotoda, Shuhei Fujisawa, Kazuhiro Ura, Masanori Fukui, Kaori Kishi: "Scientific Interpretation of Magic Phenomena in Fantasy Worlds - How Generative AI as a Virtual Learner Thinks about It? -", GAS Game and Education Research Division Workshop 2023-GE-1, pp.10-12(2023).
- [4] Cem Dilmegani: "Top 6 Use Cases of Generative AI in Education", <https://research.aimultiple.com/generative-ai-in-education/> (access 23/08/25)

模倣学習エージェントからのゲーム戦略の可視化に基づく支援

Visualization-based Support Functions of Game Strategies from 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持つ戦略は XAI 技術を用いることにより, 特定の盤面状況に対して, 盤面各部がどのように影響するかを可視化することができる. この情報を用いることでより高度な支援が可能になると考えられる.

キーワード: 模倣学習エージェント, ゲーム戦略学習, XAI, 局所説明

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.

3. 説明可能な AI とそれによる支援

説明可能な AI(XAI: eXplainable AI)は, 機械学習などによって学習した内容を説明することを可能にする技術である. 「説明」の方式としては様々なものが考えられるが, ここでは特に関連する局所説明

(Local Explanations)を取り扱う. 局所説明は, 個々の予測結果の判断理由を理解することを目的とする説明で, 与えられる一つ一つの事例に対する予測過程を説明するものである. 例えば, 画像認識においては, ある画像を認識したとき, その画像のどの部分が大きく影響したかなどを示すなどである.

具体的な XAI 技術の実装としては, LIME(Local Interpretable Model-agnostic Explanations)⁽²⁾などが有名である. LIME は局所説明をおこなうためのモデル不問型の実装で, 説明対象データを摂動させて, 近傍データを生成し, 対象 AI に入力した結果をもとに解釈可能なモデルを獲得するという手法である. 例えば, 画像などを対象にする場合には, 画像をセグメントと呼ばれる領域に分割することで, 各セグメントの寄与度を算出するという処理をおこなうことで局所説明を生成することができる.

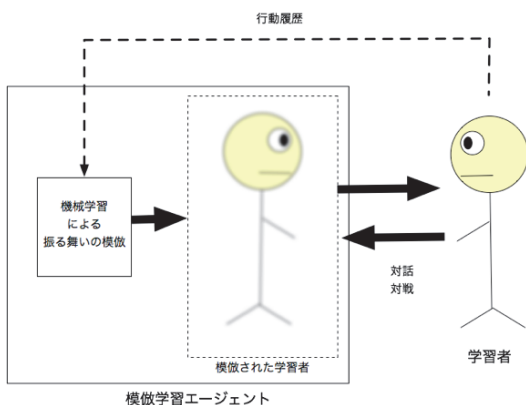


図1 模倣学習エージェント

4. 模倣学習エージェントの構築と LIME の適用結果

模倣学習エージェントの構築では、被験者との対戦結果の棋譜を蓄積し、逆強化学習アルゴリズム GAIL により模倣学習をおこなった。この模倣学習エージェントに対してモデル不問型で局所説明を得ることができる XAI 技術である LIME アルゴリズムを、図 3 左の盤面状態の白手番で F6 に打つ場合に適用したところ、図 3 中央の局所説明が得られた(盤面情報はデジタルだが、これを画像として扱って入力している)。なお、図上で赤がプラスの影響がある部分、青がマイナスの影響がある部分となっている。

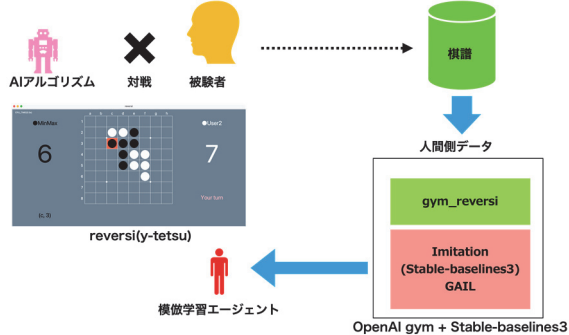


図 2 模倣学習エージェントの構築

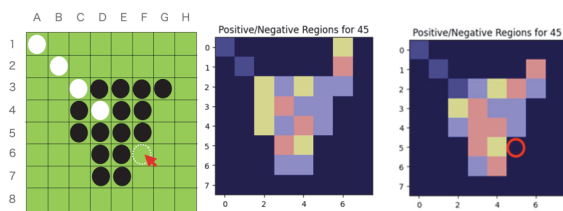


図 3 左：盤面の状態
中：局所説明（人間モデル）
右：局所説明（Greedy モデル）

5. 局所説明を用いた支援

局所説明により、この模倣学習エージェントが持っている各箇所の位置づけを読み取ることが可能となった。一方でこの画像だけ見てもなかなかその解釈は困難であり、何かを読み取ることは難しいかもしれない。一方で他のエージェントの局所説明との比較によって、ある程度読み取ることが可能ではある。図 3 右は、同じ局面で Greedy アルゴリズムから学習した模倣学習エージェントの局所説明である。これと図 3 中央の人間から学習した模倣学習エージェントの局所説明を比較すると Greedy は結果的にとれるようになるようなコマを意識しているといったことを読み取ることができる。

比較するエージェントが存在しない場合には、盤面に対する各合法手の局所説明を利用することが可能である。図 4 に Greedy モデルから生成した確率的に高い局所説明を示した。Greedy アルゴリズムは多く取れる手を取ろうとするアルゴリズムであるが、その判断基準が模倣学習エージェントからの局所説明の評価値として表現されることになることは逆強化学習の効果として興味深い。この評価マップを統合化することにより、より多くとろうとする姿勢が抽出できるようになる可能性がある。

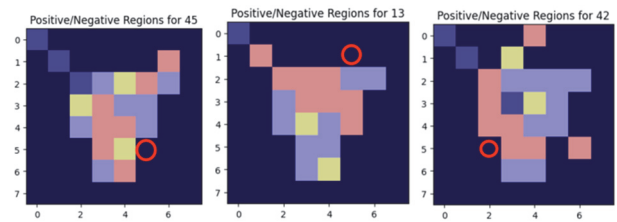


図 4 図 3 左の盤面で上位 3 件の合法手について、生成した局所説明（Greedy モデル）

6. 結論と展望

リバーシゲームにおいて、棋譜を収集して、これから逆強化学習をおこなうことにより模倣学習エージェントを実装した。また、この模倣学習エージェントが特定の盤面状況に対して、どのような評価をおこなっているかを LIME アルゴリズムで可視化をおこなうことができた。これにより単に模倣学習エージェントとの自己対戦が可能になるだけでなく、自分がどのような盤面に対してどのように評価するかという「戦略」を可視化がおこなえるようになった。これは、自分の戦略というこれまで不可視であったものを可視化する手段として AI 技術を利用するというのである。この可視化により自分の対戦を振り返る場合でも、より深い意味で評価し、内省をおこなうことが可能になった。これは AI 技術の教育的利用として新しい利用方法であると言えるのではないかと考えている。

複数の局所説明の統合化については、大規模言語モデルの利用を検討中である。これにより模倣学習エージェントを踏まえながら、対話的に利用することも可能になると考えられる。

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, 高見, 模倣学習エージェントの性能評価について, ゲーム学会第 21 回研究報告, 2022
- (4) Ueno, M., Takami T., Learning Support by Visualizing Game Strategies From Imitation Learning Agents, Proc. of 2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), DOI: 10.1109/GCCE56475.2022.10014419
- (5) 植野, 高見, 模倣学習エージェントからのゲーム戦略の可視化と支援機能, ゲーム学会第 21 回全国大会, 2023

3DCG Technical Artist を情報系大学で育成する試み

Curriculums to 3DCG Technical Artist in a Computer Technology Department

渡辺 涼太, 三宮 丈二 大森 典子, 殿谷 遥, 服部 元史

(神奈川工科大学 情報メディア学科)

Ryota WATANABE, Joji SANNOMIYA, Noriko OMORI, Haruka TONoya, and M. HATTORI

(Kanagawa Institute of Technology)

要約 : 大学卒業後も 3DCG Art Design を志し大学に在籍し続けて修行を続けて行くメンバー達にとって、将来性のある産業分野に繋がる形で 創作・研究を続けたいところである。ゲーム開発エンジン Unity が普及することによって、3DCG を多用する Virtual Reality コンテンツを 比較的 簡単に開発できるように成ったため、筆者達の研究室でも 産学連携に繋がる形で 卒業後の創作活動・研究活動を模索している。それら幾つかの事例を紹介することで、ゲーム学会における これら人材達の活躍に向けて g 御指導いただきたく お願い致します。

キーワード : Virtual Reality, Augmented Reality, 3DCG, Art Design, Technical Art

1. はじめに

著者達が学んでいる情報メディア学科を卒業してから、プログラム開発者として就職して行く卒業生が圧倒的に多い中を、3次元 Computer Graphics の Art Designer として就職して活躍し続ける卒業生も(著者達のように)少人数いる。

著者達が卒業研究で制作した「等身大 初音ミク VR Live Stage」を振り返って、情報系大学における 3DCG Art Design 教育について考察する。



図1 Head Mounted Display HTC 社 Vive Pro Eye



図2 仮想空間と現実空間を重ねる赤外線計測

2. 等身大 初音ミク VR Live Stage 創作

筆者達が使用している Head Mounted Display(HMD)は、図1に示す HTC 社 Vive Pro Eye である。ゲーム開発エンジン Unity で開発した仮想空間を 現実の物理空間と整合的に重ねるために、図2に示す赤外線計測装置を HTC 社 Vive Pro Eye は 使用している。

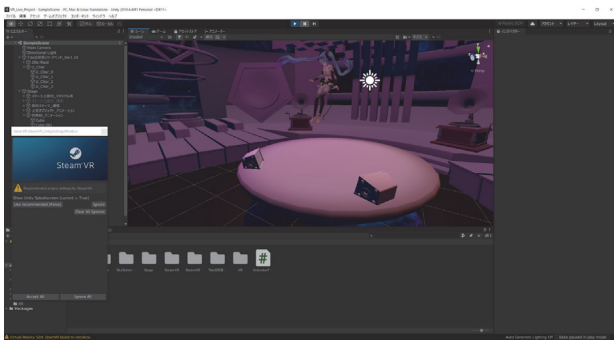


図3 等身大 初音ミク Live Stage を Unity で実装

3. 初音ミク Animation 状態遷移

等身大 初音ミク Live Stage を Head Mounted Display を通じて 見える内容を、2023 年 9/2 土曜 ゲーム学会 合同研究会の折に、Zoom 画面共有で示す。誰もい無かった舞台に 初音ミクが登場し(図5)・待機してから(図6)・やがて歌いながらダンスする。ダンスが終わると 手を振ってくれる(図7)。図4に示すような Unity における状態遷移を 初音ミクに 貼り付け attach している。

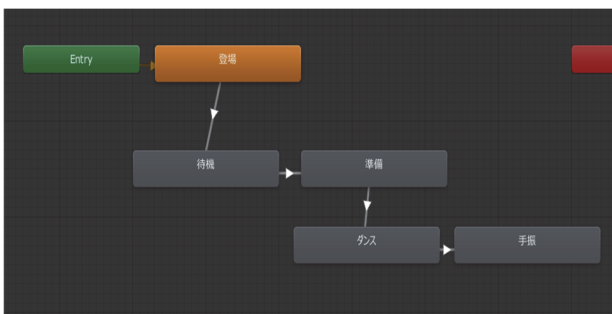


図4 初音ミク Animator Controller

このような空気の流が生じている時間帯
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5 初音ミク 登場

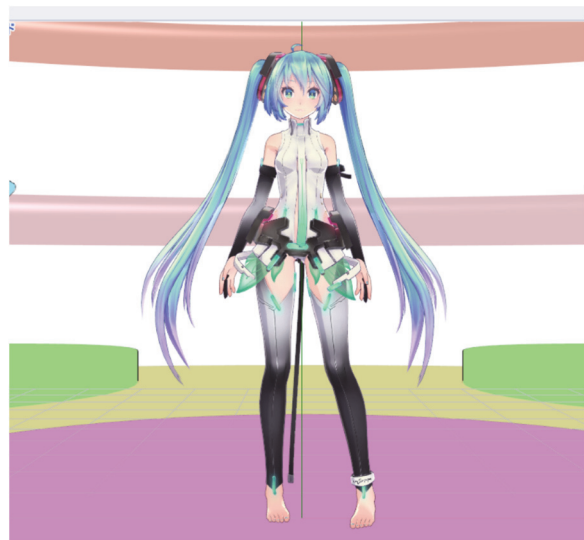


図6 初音ミク 待機

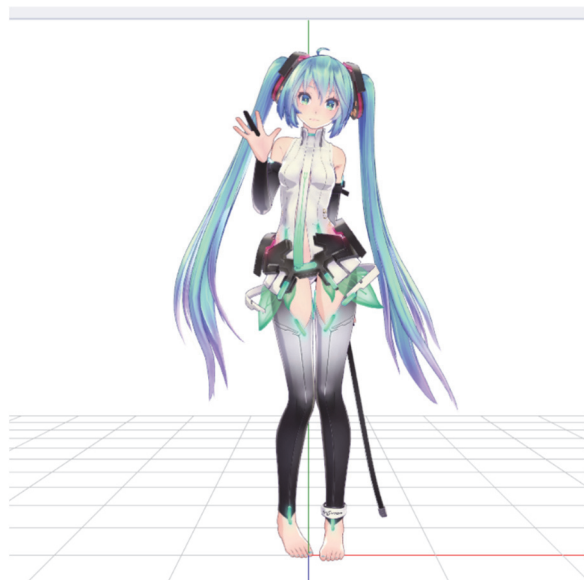


図7 初音ミク 手振り

7. おわりに

上記のような卒業研究を成し遂げ 大学を卒業した後も 何らかの形で大学に在籍を続けながら 3DCG Art Design を続けている 筆者達の状況・努力を報告し、情報系大学における 3DCG Art Design 教育を問題提起する。

9. 今後の展望

3DCG Art Design 修行の成果に加えて Unity C# Script 開発を強化し、「保育士 育成のための VR/AR システム」を開発しているので、今後のゲーム学会にて報告させて頂く予定である。

謝辞 「保育学へ VR/AR を応用する研究」を御指導くださる 坂内 祐一 特任教授(浦和大学 こども学科)へ深謝いたします。

高齢者のための簡易ゲームの試作と評価

Evaluation and production of simple game for elderly people

荒平 高章
Takaaki Arahira
Arahira@kiis.ac.jp

西上 航平
Kohei Nishigami

九州情報大学
Kyushu Institute of Information and Sciences

九州情報大学
Kyushu Institute of Information and Sciences

要約：本研究では、デジタル機器の操作が得意ではない高齢者等を想定し、認知機能向上を目的とした簡易ゲームを作成し、そのゲームの認知機能向上の可能性について基礎的検討を行った。簡易ゲームを実施することでゲーム群の半数以上がリラックス状態から緊張状態に移行することが示された。一方、コントロール群においても、同様の傾向を示す被験者が半数確認された。今後は、アミラーゼ活性値の測定方法、記憶力検証用課題の検討、コントロール群のリラックス時の指示方法などに関してより詳細に検討していく必要がある。

キーワード：認知症、脳機能、ゲーム、python、記憶力、プログラミング

1. 研究背景

超高齢化社会を迎えているわが国では、高齢者の認知機能の低下や運動機能の低下による QOL の低下が問題となっている。厚生労働省の調査によると、2025 年には、高齢者の 5 人に 1 人は認知症になると予想されている[1]。認知症を発症すると、日常生活に支障をきたすだけでなく、周囲の人の経済的負担や身体的負担、心理的負担につながる。この問題を解決するためには、認知症の発症を予防すること、発症した場合でも進行を遅らせることが有効と考えられている。

一方、デジタル機器を利用したゲームは、様々な趣向を凝らしたものがあり、中には脳トレに特化したゲームも存在する。しかし、高齢者にとってはまだデジタル機器に対するハードルが高く、ゲームにとっても同様であるのが現状である。認知機能を改善させることを目的とした先行研究では、パズルや体を使った動きなどを取り入れたものが多い[2, 3]。しかし、デジタル機器を使ったゲームは、視覚・聴覚といった五感に訴えかけるものを作成することができるため、あまり動くことができない高齢者を含め、認知機能を向上させることが期待できる。

そこで、本研究では、デジタル機器の操作が得意ではない高齢者なども想定し、認知機能向上を目的とした簡易ゲームを作成し、そのゲームの認知機能向上の可能性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 簡易ゲームの概要

本研究では Python (ver 3.8)を用いて文献[4]を参考にゲームを作成した。今回作成したゲームはブロック崩しゲームであり、そのゲームの仕様を以下に箇条書きで示す。

- 画面下部にある白いバーで黄色のボールを反射させ、画面上部のブロックにあてブロックを崩す。
- ボールがバーより下にいくとゲームオーバーとなる。
- ブロックをすべて崩したらステージクリアとなる。次のステージになるとブロックの層が増える。

図 1 にゲームのスタート画面を示す。崩すブロックは 1 層×10 個の合計 10 個のブロックとなっている。ステージをクリアするごとに 1 層ずつ増えていき、最後は 5 層×10 個の合計 50 個のブロックとなる。プレイヤーは下にある白いバーを操作し、黄色いボールをバーより下へいくことが無いようにする。全てのブロックに黄色いボールが触れるとゲームクリアとなり次のステージへ移行する。今回は、ステージクリア時や時間経過によるボールの速度は変わらないものとする。



図 1 ゲーム画面

2.2 評価実験

九州情報大学の教職員 9 名 (20 代～60 代) を対象に、9 名をゲーム群 5 名、コントロール群 4 名に分けて実験を行った。指定座席に着席後、研究実施者が口頭で実験参加同意書および同意取得説明文書について説明を行った。座席は被験者のストレスがかからないように十分な距離を取っている。その後、同意を得られた場合は本文書に署名をもらい、同意が得られない場合は退出をもらった。また、研究協力は本人の自由意思によって決定され、途中で辞退することは可能であること、得られたデータ・情報については本研究以外では使用しないことを伝えた。その後、図 2 に示すような手順で認知機能評価実験を実施した。実施項目としては、アミラーゼ活性値の計測と記憶力の検証である。また、コントロール群については、簡易ゲームを実施する 5 分間で何も指示を与えず、リラックスしてもらった。以下にそれぞれについて記述する。

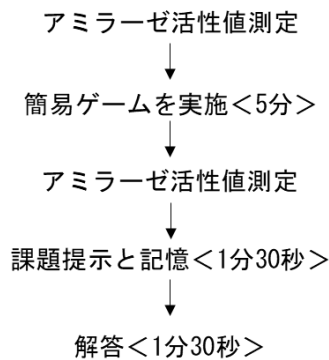


図 2 実験の手順

簡易ゲームの前後でストレスの度合いがどのように変化しているかを検証するためにアミラーゼ活性値を測定した。唾液アミラーゼ活性は交感神経活動の支配を受け、不快刺激によってアミラーゼ活性値は上昇し、快刺激によって減少すると報告されている[5]。本研究では、乾式臨床化学分析装置 唾液アミラーゼモニター (ニプロ株式会社, 医療機器届出番号: 27B1X00045000110) を用いた。測定するタイミングは、署名後、およびゲーム実施時間終了後とし、被験者間で計測する時間帯に差が生じないように配慮した。

図 3 に本研究で使用した記憶力検証のための課題シートを示す。全部で 15 個の図形 (丸, 三角, 四角), 15 色 (青, 黄, 緑) がランダムに設置されている。コントロール群は、5 分間のリラックス後、ゲーム群は 5 分間の簡易ゲーム実施後のアミラーゼ活性値測定後に図 3 の課題シートを提示し、1 分 30 秒後に図 4 の課題解答シートに解答を記入してもらった。解答結果は、図形 1 個、色 1 色を 1 点ずつとし、合計 30 点満点で算出した。

【課題指示】 次の図形の色・形と配置を覚えて下さい。

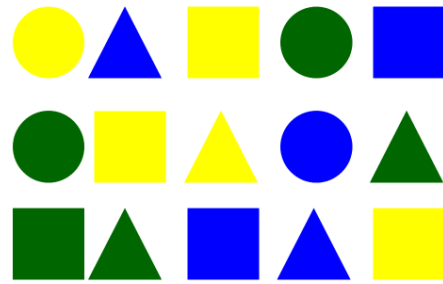
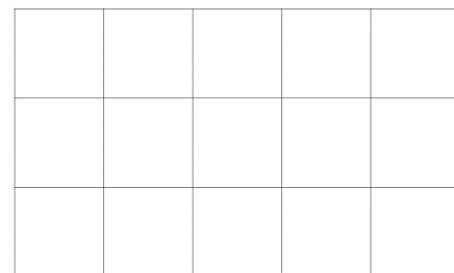


図 3 課題シート

【解答指示】 下のマスに覚えた図形の色・形と配置を記入して下さい。



被験者ID[]

図 4 課題解答シート

3. 結果と考察

ゲーム群、コントロール群ともに前後のアミラーゼ活性値は増加傾向を示した。両群において前後における有意差は認められなかった。被験者間のばらつきはゲーム群よりコントロール群の方が大きかった。また、両群の前後の平均の差を取ると、ゲーム群が 4.0 ± 3.6 、コントロール群が 3.75 ± 3.6 とゲーム群の方がわずかに高い数値を示した。

各被験者の図形と色の合計点の平均点についてゲーム群が 14.2 ± 4.5 点、コントロール群が 13.2 ± 4.7 点であり、両群間に有意差は認められなかった。また図形と色それぞれの得点の平均点も算出した。図形において、ゲーム群が 9.0 ± 2.8 点、コントロール群が 7.7 ± 3.6 点、色において、ゲーム群が 5.2 ± 1.9 点、コントロール群が 5.5 ± 1.6 点であり、双方とも両群で有意差は認められなかった。

本研究では、デジタル機器の操作が得意ではない高齢者なども想定し、認知機能向上を目的とした簡易ゲームを作成し、そのゲームの認知機能向上の可能性について検討を行った。本研究の被験者の対象年齢は 20 代から 60 代と幅広いが、各年代層において複数人での検証ができないため、より詳細に検討を実施しようとする、各年代層における被験者の人数を増やす必要がある。

今回作成した簡易ゲームは、被験者全員が問題なく操作できていた。特に 50 代以降の被験者は似たゲームをやった経験があり、スムーズに操作してお

り、30 代以下は、説明によりスムーズに操作できていた。したがって、本研究における簡易ゲームは高齢者でも適用できる可能性が示唆された。

4. 結論

本研究では、デジタル機器の操作が得意ではない高齢者なども想定し、認知機能向上を目的とした簡易ゲームを作成し、そのゲームの認知機能向上の可能性について検討を行った。簡易ゲームを実施することでゲーム群の半数以上がリラックス状態から緊張状態に移行することが示された。一方、コントロール群においても、同様の傾向を示す被験者が半数確認された。このことから、コントロール群における実験手技の改善が必要であると考えられる。アミラーゼ活性値の測定方法、記憶力検証用課題の検討、コントロール群のリラックス時の指示方法などに関してより詳細に検討していく必要がある。

謝辞

本研究は公益財団法人科学技術融合振興財団の助

成により実施されたものである。ここに記して謝意を表する。

本研究を実施するにあたり、ご協力頂きました九州情報大学の教職員の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 厚生労働省老健局(2020), 認知症施策の総合的な推進について(参考資料).
- [2] 東村篤(2019), パズルをツールとした認知症対応プロジェクトへの期待, 四日市大学論集, 31(2), 49-75.
- [3] 坂下みどり(2020), 認知症予防を期待した脳トレ, 体力科学, 69(1), 130.
- [4] 廣瀬豪(2019), Python でつくる ゲーム開発 入門講座.
- [5] 山口昌樹, 花輪尚子, 吉田博(2007), 唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能, 日本生体医工学会, 45(2), 161-168

ゲーム学会 研究報告

Game Amusement Society Research Report
Vol.21, No.1 (September, 2023)

発行日：令和 5 年 9 月 2 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（2022-GE-2）

2023 年 1 月 27 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 17 回研究会

テーマ：ゲームと教育／一般

開催日：2023 年 1 月 27 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. ゲーム理論におけるナッシュ交渉解の応用

高橋正（甲南大学），宮寺良平（啓明学院），
尹亮太，下西章弘，田中一義，野中滉介（甲南大学） …………… 1

2. 唐長安城の条坊と中国象棋の盤 ～唐長安城の復原試案～

高見友幸（大阪電気通信大学） …………… 3

3. 多様な学習者情報を扱う教育支援システム - 拡張性を備えたインタフェースの開発 -

前田竜弥，八重樫理人，藤本憲市，後藤田中（香川大学），
裏和宏（愛媛大学），米谷雄介，藤澤修平，林敏浩（香川大学） …………… 6

ゲーム理論におけるナッシュ交渉解の応用

Applications of Nash Bargaining Solutions in Game Theory

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：ゲーム理論におけるナッシュ交渉解は、個人的な立場からの意見や利己主義的判断も踏まえ、そのうえで全体のバランスを考慮した結果を考える手立てである。Mathematicaを用いたプログラムで上記のことを、「COVID-19」の現象を対象として可視化する。そのうえで「COVID-19」の現象を、ゲーム理論を用いて示すことで、現実の問題をゲーム理論として考えることを目指す。

キーワード：ゲーム理論, ナッシュ交渉解, COVID-19 の現象

1. はじめに

様々なゲーム的状况ではプレイヤーの意思決定は相互に関連しプレイヤーが得る利得は自分自身の戦略だけでなく他のプレイヤーの戦略にも依存する。このようなプレイヤーの相互依存関係を表現する基本的なモデルが、戦略形ゲームである。

仲裁者の立場に立って、プレイヤー間の効用を相互比較する場合、まず、はじめにきめなければならないことは、各プレイヤー共通の「原点」(交渉原点)をどこに置かかということである。すべてのプレイヤーの効用が、仲裁者の目から見てゼロ値と定義できる状態を定めなければならない。[1]

2. ナッシュ解

ナッシュ解は、交渉領域において、2人のプレイヤーの基準点からの利得増加分の積を最大化する点を妥結点とするナッシュが導出した交渉解である。正アフィン変換からの独立性、対称性、妥結点のパレート最適性、無関連な代替案からの独立性の公理を満たす交渉解である。[2]

3. COVID-19の死者数データからの分析

ナッシュ交渉解を社会現象のなかで応用できな

† 甲南大学知能情報学部

†† 啓明学院

いかと考え、2019年12月から流行し社会現象の一

つである「COVID-19」を対象として、ナッシュ交渉解の応用を考えた。COVID-19の死者数に関するデータを Johns Hopkins 大学が集積しているデータ[3]を使用した。

死亡者一人に対してある単位の感染者数があると仮定して、感染者に必要な対策予算を使われるとし、日数を変数とする関数(多項式)で近似する。そして、営利活動自粛に対する補償金額も日数を変数とする関数(多項式)で近似する。この2つの関数(多項式)を用いて、医療機関の予算残額と営利活動自粛に対する補償金額を利得として求め、交渉原点からのずれを求め、社会的合意との整合性を考える。Mathematica[4]を用いて、Johns Hopkins 大学が公開している死亡者数のデータを取得する。

第3波～第7波の死亡者数のグラフを見て、いずれか1つの初期から終息を考察することを考え、以下、第5波を対象として考察することにした。

(COVID-19の第5波の死亡者が初めてでた220日目から385日目までの165日間のグラフを考察することにした。)

4. ナッシュ交渉解の応用

以上のようなCOVID-19の死者数データからの分析を基に、ナッシュ交渉解の応用を考える。

交渉原点として第5波のピークから一週間を経過した時点で、医療機関の医療費の使用及び営利活動への自粛に対する補償を止めることを考え、

その結果から医療期間及び営利活動の補償を受ける人々の利得の差を求め、ナッシュ交渉解の社会的意義を考察する。その際、以下の仮説の下で考察する。

ある医療機関のCOVID-19の第5波で国から予算措置されている金額を 500 億円とし、医療機関が感染者に必要な対策費（治療費等）を死亡者 1 人に対して 1000 万円とする。この算定は、死亡者 u 数と感染者数が相関しており、死亡者数から感染者数を対応させるという前述の仮定を踏襲することに対応する。

医療機関の対策予算残額を up とし、
 $p = 5000 - h1$ （金額の単位は、一千万円）
 $h1$ は、第 5 波の総死亡者数の関数（0~4901）とおき、
 営利活動自粛に対する補償金額を us とし、
 $us = 14.28x - 0.000215699x^3$

（補償金額は日数を x とするとき、165 日で 1500（金額の単位は、一千万円）となり、 $\sin$ のように増えると仮定し、 $1500\sin(\pi x/330)$ を級数展開して 3 次の項までの多項式とする。）とおく。

これらの仮定の基で、ある地域での最適戦略を明らかにする。具体的には、死亡者一人当たりに対する医療機関の対策予算と国が 1 日に補償する金額の合計を求め、その合計の推移を考える。医療機関は COVID-19 の第 5 波に対する対策費として国から 500 億円の予算措置を受けているが、COVID-19 の死亡者数が増えることによって、この対策費は減少する。そして、国は COVID-19 の第 5 波が始まってから営利活動の自粛に対して 1 日に 150 億円補償しなければならず、費用は増加する。その結果、社会全体から考えた場合どのようにすべきか？

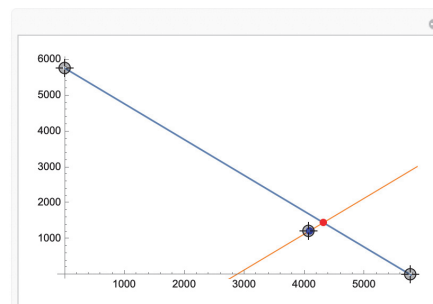
一方、感染症は変異が起きる可能性があるため、医療機関は次の変異株に向けて対策費をできるだけ多く残しておきたい。このとき、社会的合意（コンセンサス）をどのように形成するかを考えるために、ナッシュの交渉理論を応用する。医療機関の対策予算と営利活動自粛に対する補償の間では、所得転移による補償が可能であるとして、社会的総便益を $up + us$ として考える。

医療機関と補償を受ける人々の間で、パレート最適性を実現するには、 $up + us$ を最大にすることが、この関数を微分することで最大解を得ることができる。（0, 165）の間の最大値を取る x の解は 70.4248 であることが分かる。 $up + us$ を最大にする x を、70 とする。

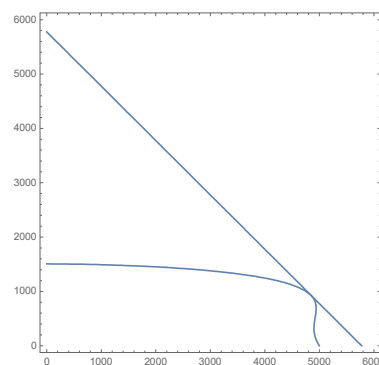
医療機関の対策費と補償額について話し合いをするときの交渉の原点を、101 日（94 日+7 日）とする。（COVID-19 の第 5 波が始まって 101 日目で、医療機関と国が、対策費用と補償を止めるのが、ナッシュ交渉解の観点から、どのような解釈（社会的な観点からの解釈）になるかを考えることができ

る。101 日目で、医療機関と国が、対策費用と補償を止めたときの、 $up + us$ の値は、5776.25 である。

Mathematica を用いて、以下のプログラムで上記の現象についてナッシュ交渉解を可視化することが出来る。



そして、グレブナ基底を用いて社会的総便益 $up + us$ のグラフを求めると以下ようになる。



このようなナッシュ交渉解の考え方は、当該関係者の利得と全体的視野における利得（ある意味、社会全体の利得）とのバランスを考えることである。ゲーム理論は、このような現象の説明及びある種の規範を説明することに役立つ。

5. 考察

このような観点は、個人的な立場からの意見や利己主義的判断からは程遠い。そのような観点を仲裁者の立場で考え、全体として考える機会を与えてくれる。Mathematica を用いて、以下のプログラムで上記の現象についてナッシュ交渉解を可視化することが出来る。

参考文献

- [1] 岡田 章(2021). 『ゲーム理論』. 有斐閣
- [2] 佐伯 胖(2018). 『「きめ方」の論理・社会的決定理論への招待』. 筑摩書房
- [3] <https://coronavirus.jhu.edu/region/japan>
- [4] <https://ja.wikipedia.org/wiki/Mathematica>

唐長安城の条坊と中国象棋の盤 ～唐長安城の復原試案～

Tang Chang'an Castle and Chinese Chess Board

-Tang Chang'an Castle Restoration Proposal-

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： 最近提起された唐長安城の復原研究によれば，唐長安城もまた藤原京や初期平安京のように，厳密な正方形の条坊を基本区画にもつ都城であるとの仮説が提起されている．この仮説は，摩訶大將棋が平安京の条坊の数と合致する将棋盤を使うという説とも連動する．本稿では，造営当初における唐長安城の条坊も同様に中国象棋の盤として使われた可能性を指摘する．

キーワード：中国象棋 唐長安城 初期平安京 摩訶大將棋起源説 初期平安京正方形仮説

1. はじめに

我々の研究グループでは，将棋の起源に関する問題をここ 10 年に渡り考えてきた．現時点では，将棋の起源は原摩訶大將棋（仮称）であるとの考え方に達している．将棋の駒は十二支と十干を組み合わせた六十干支の易占と関連し，将棋盤は初期平安京の条坊を写したものと見る（図 1）．日本古代に存在した大型将棋は呪術としての将棋であろう [1] [2] [3]．

古代の都城は，地を治める天子が自らの資格を天に明示するために設計し造営するものとされる．都城を盤に擬えたとすれば，その盤を使う将棋は天子の遊戯である．事実，14 世紀までの将棋は，天皇あるいは天皇周辺でのみ行われたことが古文書の記述からわかっている．

ここで問題となるのは，上述した，原摩訶大將棋や摩訶大將棋の将棋盤が初期平安京の条坊と同じマス目をもつという前提である．この前提は，初期平安京の新たな復原案（平安京正方形仮説：以下，正方形仮説と呼ぶ）として，我々が提起した研究であり今も進展の最中であるが，考古学あるいは文献史学からの立証はなされていない（詳細については関連論文を参照されたい）．そのため，正方形仮説は，関連学会が認知する段階までには至っていない．しかしながら，大型将棋の問題と正方形仮説が連動していると考えれば，次の未解決問題が相補的に解決する．1）将棋の伝来元である中国象棋が交点置きであるのに，日本の将棋はなぜマス置きなのか，2）都城設計のもと

になった天円地方の思想および周礼の都城モデルは正方形が基本であるのに，現在に残る唐長安城や平安京はなぜ長方形なのか，という 2 つの問題である．

本稿では，まず最近提起された唐長安城の復原研究を速報する [4] [5]．この研究によれば，唐長安城もまた藤原京や初期平安京のように，厳密な正方形の条坊を基本区画にもつことがわかる．これは，日本の都城が，唐の都城設計に倣った結果であることを考えれば，当然であろう．正方形仮説が平安京で厳密に成立している以上，唐長安城においてもそれは本来的に成立していたと見なければならぬ [6] [7]．

本稿で示された唐長安城の新たな復原案は様々な古代史の究明に波及する．ここでは，中国象棋の盤が，唐長安城の条坊に現れることを提起する．これは，摩訶大將棋の盤が平安京の条坊に現れているのと同様の経緯であると考ええる．

2. 唐長安城の正方形仮説

図 2 に唐長安城の復原案を示した．寸法の詳細および正方形領域の抽出については文献 [5] [6] [7] を参照されたい．区画や道幅の寸法は考古学や文献史学の方法論とは全く異なる導き方ではあるが，次の観点から，唐長安城の正方形仮説は正当であると考えた次第である．

- 1) 周囲長 10000 丈の正方形がある．
- 2) 周囲長 1000 丈の正方形がある．
- 3) 都城の中心を幅 100 歩の朱雀大街が貫く．

- 4) 1 辺 3600 歩 (=10 里) の正方形がある。
5) 基本区画として 1 辺 360 歩 (=1 里) の正方形が多数を占める。

上記したように 10000, 1000, 100, 10, 1 と現れる完数の寸法は意図された設計の結果であると思えるを得ない。唐長安城の設計を倣った藤原京や平安京では、唐長安城の設計数値そのままが使われていることにも注目すべきである (図 3)。

こうした定量的な一致は、日本の都城の京城だけでなく宮の内部に見られる。また、正方形の階層構造についても同様な一致がある。たとえば、唐長安城では、条坊を構成する 360 歩の基本正方形を、宮城の中央に配置する。初期平安京においても、1 辺 40 丈の基本区画を、平安宮中央の大極殿院の正方形に使っているのである。

唐長安城と日本の都城の厳密な一致は、都城設計の単なる模倣と見るよりも、むしろ古代中国の思想に対する深い信奉の現れと考えることが重要となろう。こうした考察は、日本古代史全般の究明に繋がることに注目されたい。たとえば、藤原京、平城京、平安京へと続く京と宮の移転の問題や古代大王家の系譜の問題とも密接に関連し、今後の大きな研究課題である [8]。

3. 結論

原摩訶大将棋および摩訶大将棋の将棋盤は初期平安京の条坊の変遷と対応しているが、同じように、中国象棋の盤も唐長安城の条坊ときれいに一致する。本稿で提示された唐長安城の新たな復原案の成否は今後の議論を待たねばならないが、ともあれ唐長安城と中国象棋との関連性は意識しておくべきであろう。

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, 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 高見友幸, 唐長安城の正方形仮説 ～初期平安京との関連性～, 考古学ジャーナル, 2023 年 2 月号, 2023.
- [5] 高見友幸, 唐長安城の復原 (補遺) ～宮城内部の復原～, 考古学ジャーナル, 2023 年 3 月号, 2023. (受理)
- [6] 高見友幸, 唐長安城の復原 ～藤原京の位置に関する考察～, 考古学ジャーナル, 2022 年 5 月臨時増刊号, 138-144, 2022.
- [7] 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 利用研究学会論文誌, 第 5 巻第 1 号, 26-33, 2022.
- [8] 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, 2023. (受理)

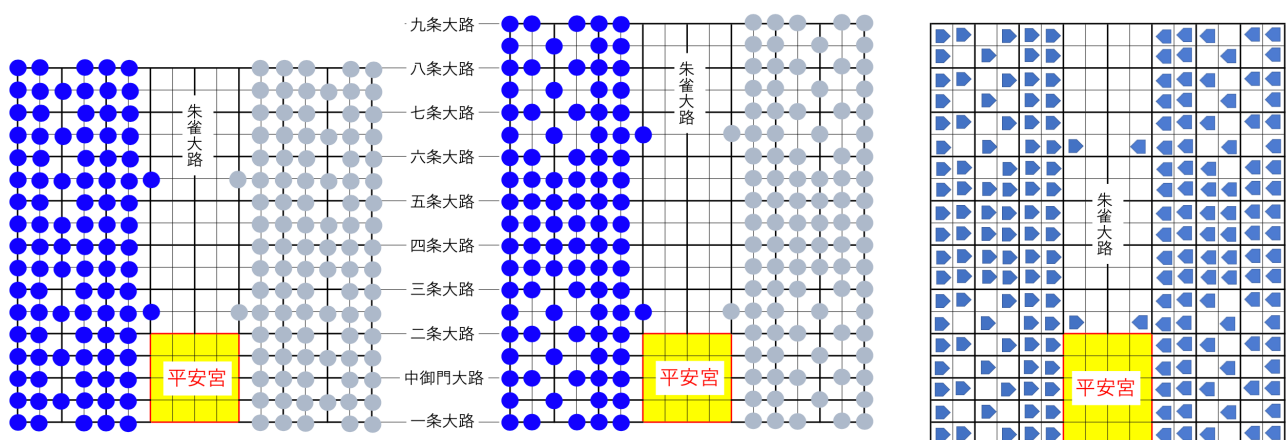


図 1. 左) 原摩訶大将棋 (縦横 17 目), 中) 摩訶大将棋 (交点置き版: 横 19 目・縦 17 目), 右) 摩訶大将棋 (マス置き版: 横 19 マス・縦 16 マス) の将棋盤と平安京の条坊との対応。平安京の条坊は、左図, 中図, 右図の順に拡張していくという仮説を前提に、各時代の条坊を将棋盤に見立て、駒が並べられている。駒数はどの場合も 192 枚である。

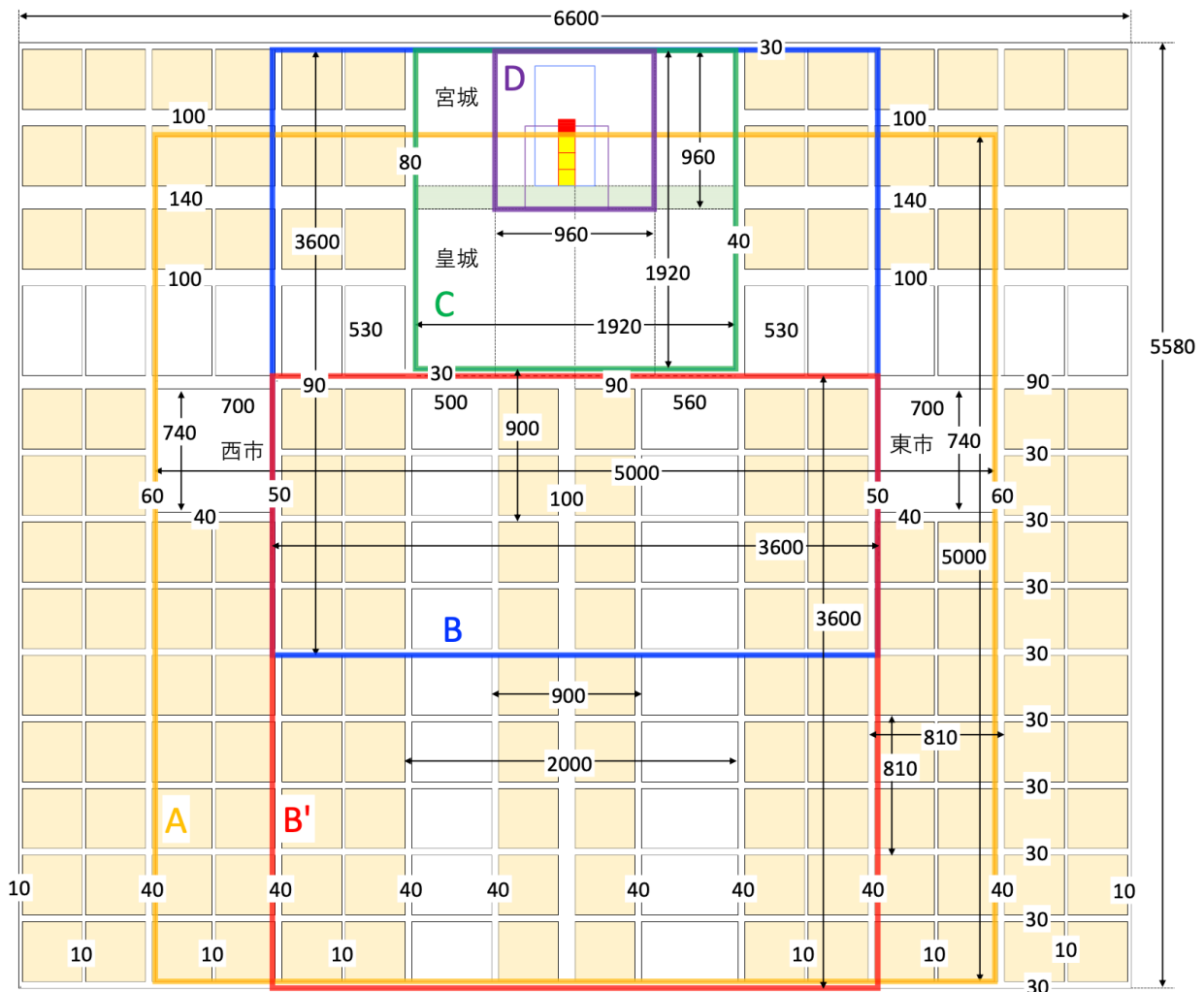


図2. 唐長安城の復原案. 数値の単位は歩（1歩＝唐尺5尺）である. 橙色の正方形Aは1辺5000歩（＝周囲長10000丈）, 青の正方形Bおよび赤の正方形B'はともに1辺3600歩（＝10里・高麗尺1500丈）, 緑の正方形Cは1辺1920歩（＝高麗尺800丈）, 紫の正方形Dは1辺960歩（＝高麗尺400丈）である. 正方形B'が中国象棋の盤（横9目・縦10目, 対局は南北方向）に対応すると見る.

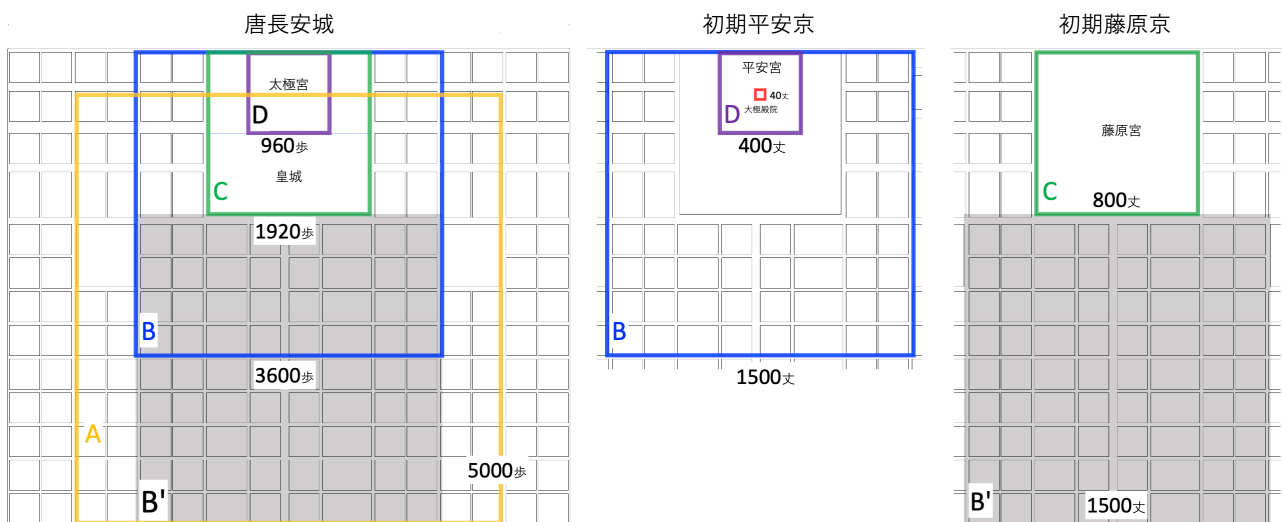


図3. 唐長安城, 初期平安京, 初期藤原京の京城および宮城の比較. 唐長安城に内在する正方形BとDは, 同じ数値で, その寸法が初期平安京と初期平安宮に継承される. 同様に, 正方形B'とCは, 藤原京と初期藤原宮に取り込まれたものと考え.

多様な学習者情報を扱う教育支援システム - 拡張性を備えたインタフェースの開発 -

An Educational Support System

Using Various Kinds of Cognitive Characteristic Information

- Development of Extensible Interface -

前田 竜弥†
Tatsuya Maeda

八重樫 理人†
Rihito Yaegashi

藤本 憲市†
Ken'ichi Fujimoto

後藤田 中†
Naka Gotoda

裏 和宏††
Kazuhiro Ura

米谷 雄介†
Yusuke Kometani

藤澤 修平†
Shuheï Fujisawa

林 敏浩†
Toshihiro Hayashi

香川大学†
Kagawa University

愛媛大学††
Ehime University

要約：既存の教育支援システムの学習者情報の取得・推定手法は個別的であり，人間の教師のように多様な視点で学習者を把握できるとは言えない．我々は，学習から取得可能な多様な情報に基づき学習支援する教育支援システム COCORO (COgnitive Characteristics ORiented Online-learning support system) を開発する．本稿では，多様な学習者情報を扱うための教育支援システムの拡張性を備えたインタフェースの設計とシステムの試作について述べる．また，試作したシステムに対して行った検証とその結果について述べる．

キーワード：多様な学習者情報，インタフェース，COCORO，教育支援システム

1. はじめに

近年，教育支援システムは人工知能，情報ネットワークや入出力デバイスなどその時代の新技術を活用しながら高度化している．しかし，良い教育支援システムか否かは「どの程度，学習者の状態や状況を把握できるか」という観点から見なければ意味をなさないと考えられる．[1~3]の研究のように，教育支援システムの研究・開発を通して学習履歴による学習分岐，知識推定による教授方略制御，新しい入力デバイスで取得した非言語情報をを用いた教育制御など多様な学習者情報の取得・推定手法が実現されてきた．しかし，「どの程度，学習者の状態や状況を把握できるか」という観点からは，学習者情報の取得・推定手法は個別的であり，人間の教師のように多様な視点で学習者を把握できているとは言えない．我々は，学習から取得可能な多様な学習者情報に基づき学習支援する教育支援システム COCORO (COgnitive

Characteristics ORiented Online-learning support system) を開発する[4]．

COCORO では多様な学習者情報を扱う事を想定しており，扱う学習者情報の要素数は従来のシステムより多くなると考える．また，新しい入力デバイスの登場や運用現場によって入力システムが増減する可能性があり，拡張性のないシステム構成は避けるべきである．このため我々は様々な入力や入力システムの増減に対応できる，教育支援システムのインタフェースを設計する．本稿では多様な学習者情報を扱うための拡張性を備えたインタフェースの設計やインタフェースが拡張性を備えていることを確認するために試作したシステムについて述べる．また，試作システムに対して行った検証の結果について述べる．

2. インタフェースとシステムの設計

本章では COCORO のインタフェースとインタフェースが拡張性を備えていることを確認する

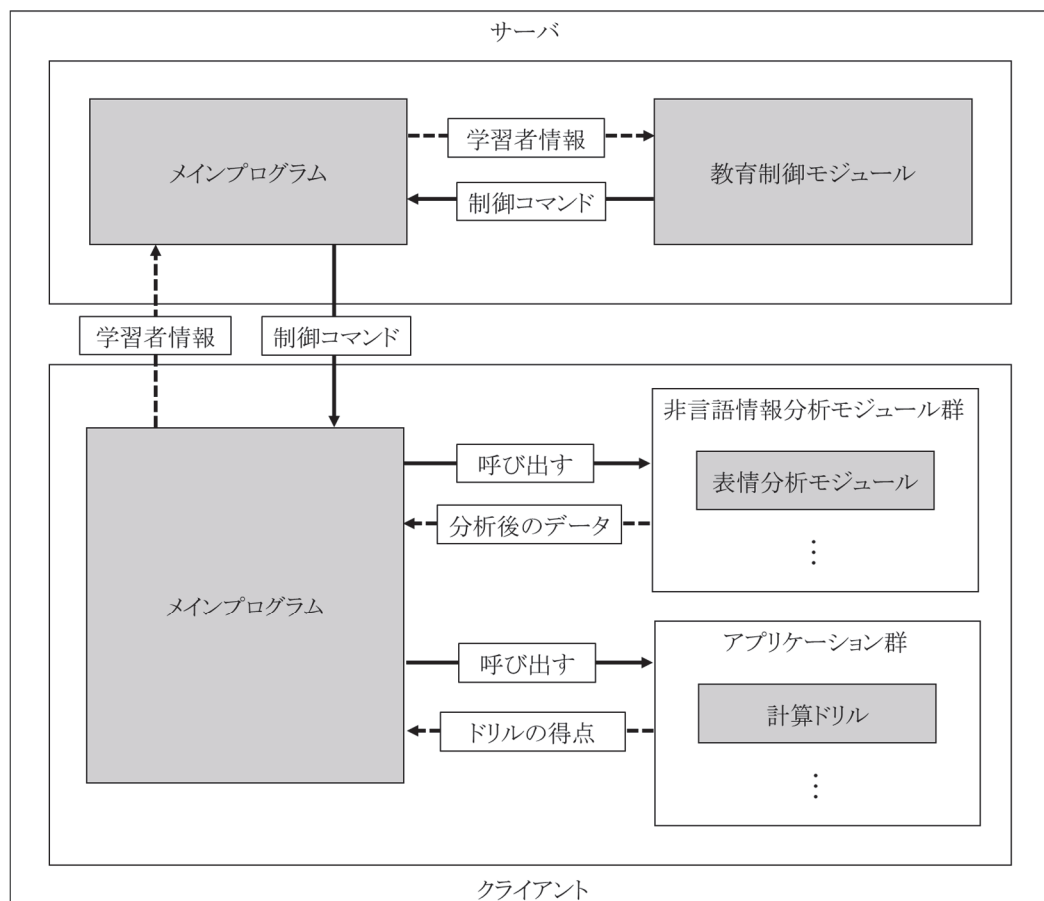


図1 試作システム構成

ために試作したシステムの構成や試作のために実装した各機能について説明する。

2.1 システム構成

COCORO では多様な学習者情報を扱うことを想定しており、扱う学習者情報の要素数は従来の教育支援システムより多くなると考えられる。また要素数だけでなく、バイナリ形式やテキスト形式と言った異なる形式のデータのやり取りが発生すると考えられ、新しい入力デバイスの登場や運用現場によって入力システムが増減する可能性も考えられる。データの流れやプログラムの依存関係が複雑で拡張性の低いシステム構成は避けるべきである。これらの課題点を踏まえ、様々な種類の入力や入力システムの増減などに対応できる拡張性を備えたインタフェースを設計し、拡張性を確認するためにシステムを試作する。

図1に試作するシステムの構成とデータの流れを示す。COCORO をクライアントサーバシステムとする。また、学習者情報に基づいて教育制御

を行う機能や、学習者情報を蓄積する機能を持つ側のコンピュータをサーバ、学習者が扱う端末でありユーザインタフェースの提供や入力デバイスによる学習者情報を収集し、分析する機能を持つ側のコンピュータをクライアントとする。クライアントは以下の要素で構成される。

(1) メインプログラム

サーバとの通信や学習者情報の送信、サーバからのコマンド受信と処理など、クライアントのメイン処理を担当する。また必要に応じて非言語情報を分析するモジュールやアプリケーションを呼び出す機能を持つ。

(2) 非言語情報分析モジュール群

画像データや音声データなどを分析するモジュールの集まりである。サーバから呼び出しのコマンドをメインプログラムが受信した場合に呼び出され、画像や音声データなどを分析した結果をテキスト形式で返却する。

(3) アプリケーション群

学習者が自由に選択でき、利用できる機能の集まりである。例えば計算ドリルやその他の学習内容を提供する機能を格納する。

また、サーバは以下の要素で構成される。

(1) メインプログラム

クライアントとの通信や学習者情報の受信、クライアントへの制御コマンド送信など、サーバのメイン処理を担当する。

(2) 教育制御モジュール

受信した学習者情報に基づき、学習内容を判断し、制御コマンドを送信する。また、選択したアプリケーションによって必要な学習者情報の収集のために非言語情報分析モジュールを呼び出す制御コマンドを、メインプログラムを介してクライアントに送信する。

2.2 システム試作のための機能

システム試作のために、クライアントサーバ間通信プログラム、表情分析機能、計算ドリル、教育制御モジュールを実装する。

2.2.1 クライアントサーバ間通信プログラム

クライアントとサーバ間の通信にはソケット通信を使用する。クライアントの基本処理を図 2 に示す。クライアントはサーバに接続した後、サーバへのデータ送信のループ処理とサーバからのコマンドを受信した場合にコマンドに応じた処理をする機能を並行して実行する。サーバの基本処理を図 3 に示す。サーバはクライアントとの接続が確立されれば、クライアントからのデータ受信のループ処理とクライアントへのコマンド送信の機能を並行して実行する。クライアントからの通信切断処理があれば通信を切断する。

また、クライアントがサーバへの接続を確立した際、学習者の今の調子はどうか訪ねるメッセージを出力する機能を実装する。今の調子は「良い」、「普通」、「悪い」で選択してサーバに送信される。

2.2.2 表情分析モジュール

カメラから学習者の顔を撮影した画像データを取得し、画像データから学習者の顔を検出し表情を分析する。表情分析結果では anger, disgust, fear, happiness, sadness, surprise, neutral の 7

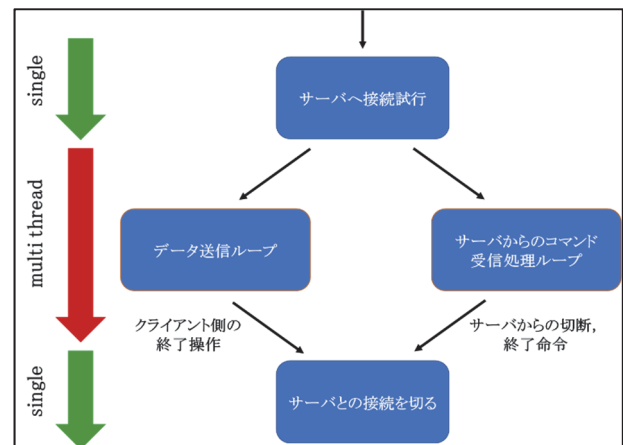


図 2 クライアントの基本処理

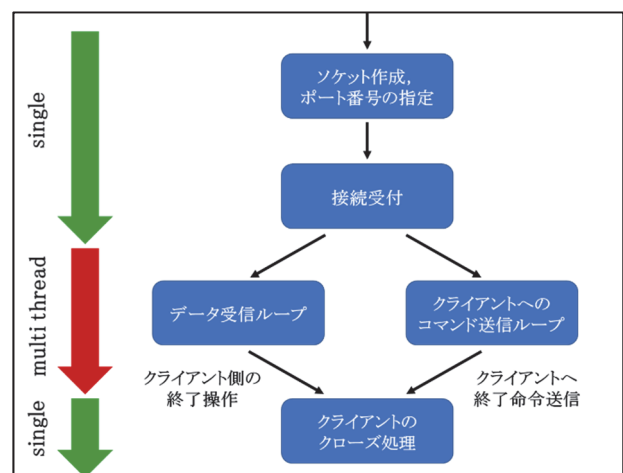


図 3 サーバの基本処理

つに分類された表情の度合いを表す数値を得られる。このモジュールは最も数値の大きい表情を、学習者の表情として返却する。

2.2.3 計算ドリルと教育制御モジュール

計算ドリルの機能を実装する。計算ドリルの内容は 2 つの自然数の加算であり、2 つの自然数はランダムに出力される。出題数は 15 問、10 問、5 問の 3 段階あり、難易度は easy, normal, hard の 3 段階ある。easy は 1 桁の自然数の加算、normal は 2 桁の自然数の加算、hard は 3 桁の自然数の加算となっている。解答を入力すると解答に対する正誤が表示され、問題をすべて解き終わると、ドリルの得点を返り値として返却する。

教育制御モジュールは、収集した学習者情報を基に計算ドリルの出題数と難易度を設定する機能を持つ。具体的には学習者の表情から以下の基

準で出題数を設定する。

(1) 出題数：15

表情が happiness

(2) 出題数：10

表情が surprise, neutral

(3) 出題数：5

表情が anger, disgust, fear, sadness

前回の計算ドリルの得点、計算ドリルの得点データがない場合は学習者の今の調子から計算ドリルの難易度を設定する。

(1) 難易度：hard

得点が 7 割以上または調子が「良い」

(2) 難易度：normal

得点が 3 割以上 7 割未満または調子が「普通」

(3) 難易度：easy

得点が 3 割未満または調子が「悪い」

3. システムの利用

システムを利用して計算ドリルの問題を解くまでの流れについて述べる。システム利用の全体像として、流れ図を図 4 に示す。最初に学習者とのインタラクションが発生する。学習者の今の調子を訪ねるメッセージと「良い」、「普通」、「悪い」の選択肢が表示されるのでいずれかを選択する。次に、アプリケーションのリストが表示される。学習者はリストに表示されているアプリケーションを自由に選択できる。計算ドリルを選択した

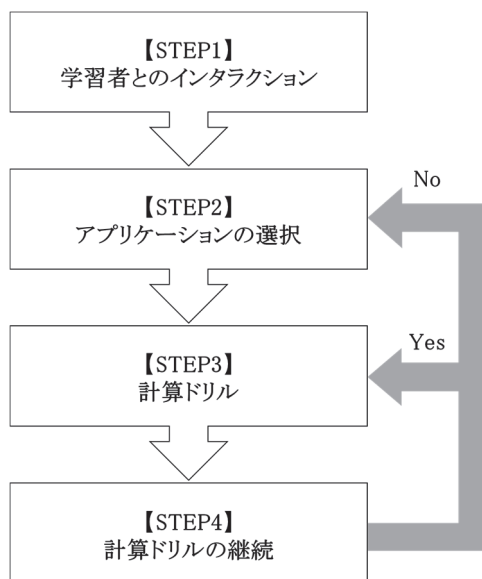


図 4 システム利用の流れ図

場合は計算ドリルの出題数を表示し次に問題を表示する。出題数分の問題を解き終われば得点を表示し計算ドリルは終了する。終了後に計算ドリルをもう一度解くかどうか確認する画面が表示される。継続する場合は出題数と難易度が再設定された計算ドリルの問題を再度解くが、継続しない場合はアプリケーションリストの画面に戻る。

4. システムの検証

本章では試作したシステムに対して行った 2 つの検証について内容や結果について述べる。検証の目的は以下の 2 点を確認するためである。

- 試作したシステムは、複数の学習者情報から教育制御できるか
- インタフェースは拡張性を備えているか

4.1 教育制御についての検証

4.1.1 検証内容

本検証は、試作したシステムは複数の学習者情報から教育制御できるかを確認するために行う。

計算ドリルを様々な学習者情報の組み合わせで実施し、システムの振る舞いを確認する。初回に計算ドリルを実施する場合と 2 回目以降の計算ドリルでは参照する学習者情報が異なるため分けて検証する。また検証のために、サーバが受信したデータや教育制御モジュールにて決定した計算ドリルの出題数と難易度設定をログとして表示する機能をサーバの機能として実装した。実際のログ表示画面を図 5 に示す。このログを参照しシステムの振る舞いを調査する。

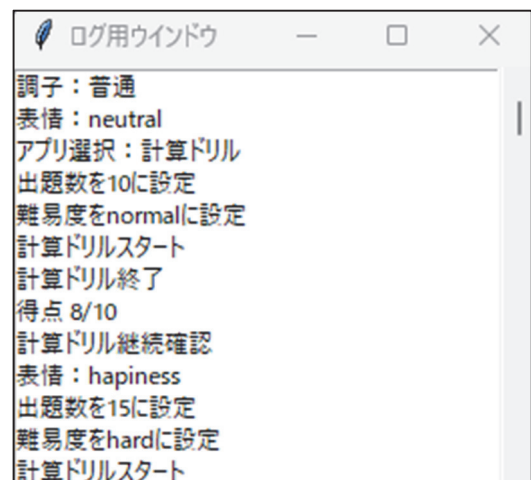


図 5 ログ表示画面

4.1.2 検証結果

初回に計算ドリルを実施した場合の結果を表 1 に、2 回目以降に計算ドリルを実施した場合の結果を表 2 に示す。表 1、表 2 では学習者の表情をポジティブ (happiness)、ネガティブ (anger, disgust, fear, sadness)、ニュートラル (surprise, neutral) の 3 つに分類している。表 1、2 より表情がポジティブな場合は出題数が 15、ニュートラルな場合は 10、ネガティブな場合は 5 となっているとわかる。表 1 から、初回実施の計算ドリルでは、調子が良い場合は難易度が hard、普通の場合は normal、悪い場合は easy となっており、表

2 から、2 回目以降の場合、前回の計算ドリルの得点が 7 割以上の場合は難易度が hard、3 割以上 7 割未満の場合は normal、3 割未満の場合は easy に設定されているとわかる。

結果より、学習者の調子のデータや表情データ、計算ドリルの得点データといった複数の学習者情報から教育制御できていると考える。

4.2 拡張性の検証

4.2.1 検証内容

本検証は、設計したインタフェースが拡張性を備えていることを確認するために行う。非言語情報分析モジュールやアプリケーションを、クライ

表 1 計算ドリル初回の検証結果

		表情		
		ポジティブ	ニュートラル	ネガティブ
調子	良い	出題数 : 15 難易度 : hard	出題数 : 10 難易度 : hard	出題数 : 5 難易度 : hard
	普通	出題数 : 15 難易度 : normal	出題数 : 10 難易度 : normal	出題数 : 5 難易度 : normal
	悪い	出題数 : 15 難易度 : easy	出題数 : 10 難易度 : easy	出題数 : 5 難易度 : easy

表 2 計算ドリル 2 回目以降の検証結果

		表情		
		ポジティブ	ニュートラル	ネガティブ
ドリルの得点	7 割以上	出題数 : 15 難易度 : hard	出題数 : 10 難易度 : hard	出題数 : 5 難易度 : hard
	3~7 割未満	出題数 : 15 難易度 : normal	出題数 : 10 難易度 : normal	出題数 : 5 難易度 : normal
	3 割未満	出題数 : 15 難易度 : easy	出題数 : 10 難易度 : easy	出題数 : 5 難易度 : easy

アントとサーバのメインプログラムへの変更なしで個別に開発し新規追加できるか検証する。検証用の非言語情報分析モジュールやアプリケーションを作成する。入力デバイスの制御や非言語情報の分析処理は特に行わず、学習者情報の代わりに「検証用」、「学習者情報」のテキストデータを返却するよう非言語情報分析モジュールを作成する。アプリケーションは「test.py」のファイル名で作成し、起動すると「検証用アプリケーションです。」のメッセージ付きダイアログを表示し、ボタンを押すと終了するように作成する。また、教育制御モジュールに検証用アプリケーションが選択された情報を受信すれば、検証用非言語情報分析モジュールを呼び出すように制御コマンドを送信する機能を追加実装する。

検証用アプリケーションをユーザが自由に選択し起動できるか、選択時にサーバに学習者情報として検証用非言語情報分析モジュールの戻り値が送信されているかを確認し、問題なく非言語情報分析モジュールとアプリケーションを追加できれば、システムの拡張が容易であるとする。

4.2.2 検証結果

検証用非言語分析モジュールとアプリケーションを追加した後のアプリケーションリストの画面を図6に示す。図6より、アプリケーションリストに「test」の選択肢が追加されているとわかる。次に、アプリケーションリストから「test」を選択した際に表示されたダイアログを図7に示す。検証用のメッセージが表示されており、検証用アプリケーションを呼び出せたとわかる。また、ダイアログのボタンを押した後のサーバのログ表示画面を図8に示す。「アプリ選択：test」のログの後に「検証用：学習者情報」のログが表示されており、検証用アプリケーションを選択した情報が送信されて学習者情報として検証用非言語情報分析モジュールの戻り値が送信されているとわかる。よって、非言語情報分析モジュールやアプリケーションを、クライアントとサーバのメインプログラムへの変更なしで個別に開発し新規に追加できたとと言える。

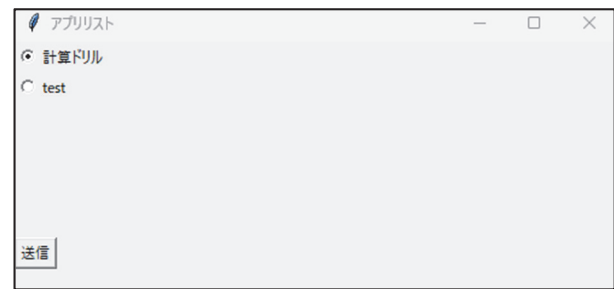


図6 アプリケーションリスト



図7 検証用アプリケーション選択結果

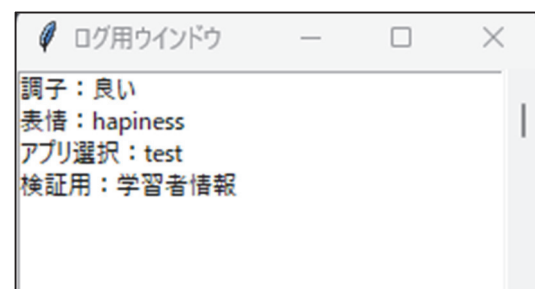


図8 アプリケーション
選択後のサーバログ

5. まとめ

本稿では、学習から取得可能な多様な情報に基づき学習支援する教育支援システム COCORO について述べた。特に、多様な学習者情報を扱うために拡張性を備えたインタフェースを設計し、インタフェースの拡張性を確認するためにシステムを試作した。また、試作したシステムに対して複数の学習者情報から教育制御できるか、設計したインタフェースは拡張性を備えているか検証した。検証結果より、多様な学習者情報を扱うための教育支援システムの拡張性を備えたインタフェースを設計できたと考える。本研究で設計したインタフェースを基に、教育制御モジュールの改良や扱える学習者情報や分析機能の追加に

より COCORO は多様な学習者情報を扱え、より適応的な教育制御ができると考える。本研究は、2022 年度科学研究費補助金基盤研究 (C)「人間の心的特性に着目した教育支援システムの開発」(課題番号 20K12109) の補助を受けている。

参考文献

- [1] W. Li, Y. Zhang, and Y. Fu: Speech emotion recognition in e-learning system based on affective computing, Proc. 3rd Conf. on Natural Computation, Vol.5, No.2(2007).
- [2] Andeade, A., Delandshere, G. and Danish, J. A.: Using Multimodal Learning Analytics to Model Student Behaviour: A Systematic Analysis of Behavioural Framing, Journal of Learning Analytics, Vol.3, No.2, pp.282-306(2016).
- [3] Chaouachi, Maher et al.: Adapting to Learners' Mental States Using a Physiological Computing Approach, FLAIRS Conference, pp.257-262(2015).
- [4] 林敏浩, 八重樫理人, 藤本憲市, 後藤田中, 裏和宏, 米谷雄介, 藤澤修平: 多様な心的特性情報を利用する教育支援システムの開発, 日本科学教育学会第 44 回年会論文集, pp.621-622(2020).

本報告は、ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第 17 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

ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会
研究会報告（2023-GE-1）
【23. 08. 09 訂正版】

2023 年 7 月 28 日

於 香川大学

（オンライン開催）

ゲーム学会

[http://www. gameamusementociety. org/](http://www.gameamusementociety.org/)

ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第 18 回研究会

テーマ：ゲームと教育／一般

開催日：令和 5 年 7 月 28 日（金）

会 場：香川大学幸町キャンパス

※オンライン開催

目 次

1. ジェンダーバイアスに着目した女性向けプログラミング学習システムの開発
内田奈穂，後藤田中，松岡久美，林敏浩（香川大学） …………… 1
2. 先延ばし行動改善のための自己認識を促す学業支援システムの設計
岡本大輝，米谷雄介，宮崎英一，後藤田中，林敏浩（香川大学） …………… 4
3. HMD に装着する嗅覚ディスプレイの試作
瀧本法子，大貫 光一，瀬田 陽平，坂内 祐一，服部 元史（神奈川工科大学） …………… 6
4. Scientific Interpretation of Magic Phenomena in Fantasy Worlds
- How Generative AI as a Virtual Learner Thinks about It?
Toshihiro Hayashi, Naka Gotoda, Shuhei Fujisawa (Kagawa University),
Kazuhiro Ura (Ehime University), Masanori Fukui (Tokushima University),
Kaori Kishi (Osaka Electro-Communication University) …………… 10

ジェンダーバイアスに着目した 女性向けプログラミング学習システムの開発

Development of a Programming Learning System for Women Focusing on Gender Bias

内田 奈穂
Naho Uchida

後藤田 中
Naka Gotoda

松岡 久美
Kumi Matsuoka

林 敏浩
Toshihiro Hayashi

香川大学
Kagawa University

要約：本研究でジェンダーバイアスに着目し、プログラミング学習において生まれている性差をジェンダーバイアス逆に利用して解消するための学習システムを開発する。現在、プログラマとして働いている社会人は男性が多く、さらに理系学問に進む学生も男性が多い。このような環境を生み出している原因をジェンダーバイアスと仮定する。我々が開発するプログラミング学習システムでは、女性にとって親しみやすい題材としてケーキ作りをテーマとしており、C言語プログラミングについて初歩的な内容から応用的な内容まで幅広く学べる。

キーワード：プログラミング学習、ジェンダーバイアス、女性

1. はじめに

世界的にみると、日本は女性のプログラマが少なく、社会問題と認識されている。その大きな原因として理系学部に進む女性が少ないという現状がある。さらに、大学でプログラミングを学ぼうという意欲があっても、挫折してしまう学生が多い。このような複合要因により、日本では女性プログラマが少なくなる。このような性差が出てくる原因として、男女の脳の機能が違うのではないかという主張もあるが、実際に脳の性差は大変曖昧なものであり、脳の性差と女性プログラマの因果関係を主張するのは難しい。これに対して、本研究ではジェンダー・ステレオタイプ[1]によるジェンダーバイアスが本質的な原因であると考え、ジェンダーバイアスは性的な偏見であり、例えば、「理系科目は男性が学ぶもの」というような偏見がジェンダーバイアスである。

本研究では、女性がこれまでに社会的に受けてきたジェンダーバイアスで形成された「性差が原因として主張される学習障壁」の解消の観点から、特に女性学習者を対象としたプログラミング学習を支援するための学習システムを開発する。また、対象とする女性学習者は、まだジェンダーバイアスを受けきっていない若い世代ではなく、これまでに受けてきている世代（現在大学の女子学生）とする。

このような観点でプログラミング学習システムを開発する場合、いかにジェンダーバイアスを解消するかが一般的には重要になる。しかし、本研究ではジェンダーバイアスによる思考傾向を学習のモチベーションに利用する。つまり、必要に応じてジェンダーバイアスを逆手にとり利用することを考える。そこで、我々は、プログラミング学習システムで扱うテーマ（プログラミング課題）を女性が親しみやすい題材とする。具体的には、現在開発中のプログラミング学習システムでは、学習者はケーキ作りの

プロセスをC言語でプログラムしながら、最終結果としてケーキを完成させる。一方、ジェンダーバイアスの解消の観点から学習内容をデザインする。本システムは、ケーキの材料は構造体変数も使用して表現するなど初歩的な内容を越える学習内容になっている。このようなプログラミングの経験を通して、「女性にはプログラミングは難しい」というジェンダーバイアスの解消を狙っている。

本稿では、女性にとって親しみやすい題材としてケーキ作りをテーマとしたC言語プログラミング学習システムの開発について報告する。

2. ジェンダーバイアスとプログラミング

図1に学生の性差に着目したプログラミングへの理解度や意欲を示す。黒い矢印が上に行くほどプログラミングへの理解度や意欲が高い。教員との理解度の差があり、男子学生と女子学生の間にも理解度の差がある。この差がジェンダーバイアスを受けて成長とともに形成された差になる。

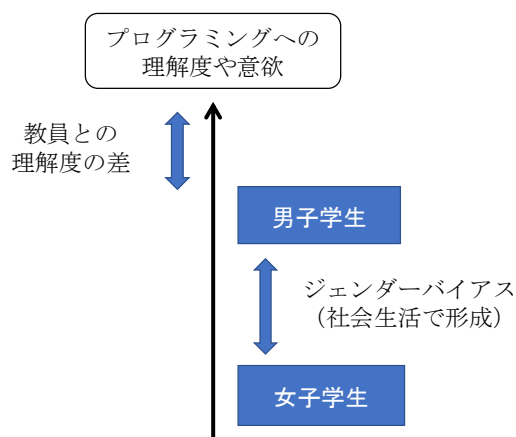


図1：プログラミングの理解度・意欲

表 1：ケーキ作りの手続きを記述した関数

#	ケーキ作りの手順	#	ケーキ作りの手順
1	スポンジケーキの材料の準備、ケーキ型の選択	11	ケーキプレートに必要な要素の設定
スポンジケーキに必要な材料の量を数字で入力、使いたいケーキの型を選んで入力		トッピングに使うケーキプレートに必要な要素を設定入力	
2	用意した材料をボウルの中に入れる (putbowl)	12	プレートを作る (checkplate)
3	ボウルに入れた材料を混ぜてケーキ生地にする (cakemix)	13	12 で制作したプレートをトッピング (setPlate)
4	3 で作ったケーキ生地を選んだケーキ型に流し込む (putcaketype)	14	フルーツのトッピング (setFruits)
5	焼く温度、焼き時間を設定	置きたいフルーツと、カット数、場所を入力	
スポンジケーキを焼く温度と時間を入力		15	トッピングが終わり完成したケーキを表示 (showCakeStatus)
6	ケーキを焼く (bakecake)	16	ドリンクを完成する要素の設定
7	クリームの材料を準備、味の設定	コーヒーとミルクの割合、カップの色を入力	
クリームの制作に必要な材料の量を数字で入力、クリームの味を選んで入力		17	ドリンクの制作 (makeDrink)
8	用意したクリームの材料をボウルの中に入れる (creamputbowl)	18	フォーク、ナイフ、皿、テーブルクロスの設定
9	クリームの混ぜる時間を設定	設置したいアクセサリーのデザインを入力	
混ぜる時間を (分) を入力		19	18 で設定した要素をセットする (setFork, setKnife, setDish, setTablecloth)
10	クリームを混ぜる (creammix)		

3. お菓子作りをテーマにしたプログラミング学習

本プログラミング学習システムでは、学習者にサンプルとして C 言語のソースコードを与える。学習者はソースコードを編集してケーキ作成のプログラムを完成させることになる。そのため、お菓子作り（ケーキ作り）において、学習者の最も基本的な操作は、材料として与えられた変数やケーキ作りの手続きを記述した関数群(表 1)の引数の設定である。

このようなプログラムの改変作業を通して、自分で編集したプログラムが正常に動くという経験をできる。さらに、計算や文法、構造体などを感覚的に学ぶことができる。与えられたソースコードを編集により初歩的な内容から学習できるので、プログラミング学習への関心を高めることが期待される。

また、ケーキの材料は構造体変数も使用して表現するなど初歩的な内容を越える学習内容であり、高

度な内容の学習にもつながる。さらに与えられた関数そのものも編集可能であり、関数の改変するプログラミングにより応用的な学習も期待できる。

4. ケーキ作りのプログラム

ケーキ作りのプログラムの基本的な編集作業として、学習者は main 関数で宣言された変数（構造体を含む）の値を変更する。図 2 は与えられたソースプログラムの main 関数（冒頭部分）である。main 関数内の小麦粉の量、砂糖の量、卵の個数、ケーキ型について、学習者は変数や関数群の引数を編集できる。なお、学習者が初学者であれば、ソースプログラムを見てどこに何を入力（編集）すべきかわからない場合がある。そのために、どこを編集したらよいか容易に判断できるように、詳細なヒントや補足説明を記述したコメント文が配置されている。

```

int main(void)
{
    struct Spongecake spongecake;
    struct Bowl bowl = {0.0, 0.0, 0, 0.0, 0.0}; //構造体の初期化（最初、ボウルの中には何も入っていない状態）

    //①材料の準備、ケーキ型の選択
    spongecake.flour = 60.0; //小麦粉の量を設定
    spongecake.sugar = 60.0; //砂糖の量を設定
    spongecake.egg = 2; //卵の個数を設定

    /*
    ---焼く際のケーキ型を選択---
    ・丸型 0
    ・四角型 1
    ・星型 2
    ・花型 3
    ・くま型 4
    */
    spongecake.caketype = 1;

    putbowl(spongecake, &bowl); //ボールにスポンジケーキの材料を投入
    cakemix(&spongecake, &bowl); //ボールの中身を混ぜる
    putcaketype(spongecake); //混ぜた材料を型を選んで中に入れる
}

```

図 2：ソースプログラム（main 関数の冒頭部分）

```

/*
ポウルに入れた材料を混ぜてケーキ生地になる作業の状態を表示。
用意した小麦粉、砂糖、卵の量が正しければ、ケーキ生地が出来上がる。
正しくない量を入れると、違う物質が完成してしまう。
-----*/
void cakemix(struct Spongecake *spongecake, struct Bowl *bowl)
{
    /*用意した材料の量が正しい時*/
    if (spongecake->flour==60&& spongecake->sugar==60&& spongecake->egg==2) {
        spongecake->cakematerial = bowl->flourinbowl + bowl->sugarinbowl + bowl->egginbowl * 60; //完成したケーキ生地の量
        bowl->flourinbowl = 0;
        bowl->sugarinbowl = 0;
        bowl->egginbowl = 0;
        /*
        上記3つの用意した材料は、ケーキ生地になったため 0 になっている。
        */
        printf("%3.1fgの生地が完成しました。¥n", spongecake->cakematerial);
    }

    /*失敗したとき*/
    else {
        spongecake->cakematerial = bowl->flourinbowl + bowl->sugarinbowl + bowl->egginbowl * 60; //完成したケーキ生地の量
        bowl->flourinbowl = 0;
        bowl->sugarinbowl = 0;
        bowl->egginbowl = 0;
        printf("%3.1fgの変な物質が完成しました。¥n", spongecake->cakematerial);
    }
}

```

図 3：ソースプログラム (cakemix 関数の一部)

各関数の最初の数行にコメント文で、この関数はケーキ作りにおいてどのような手順を記述しているのか説明する。図 3 に cakemix 関数の一部を示す。最初の 3 行がコメント文で、cakemix 関数の機能が簡潔に説明されている。学習者はこの情報を頼りに関数の中身を理解したり、応用的なプログラミングではソースコードを改変すると考える。cakemix 関数は main 関数で学習者が編集した引数で関数呼び出しされ、混ぜ合わせる材料からケーキ生地に変化させる。cakemix 関数の中には、条件分岐や if 文など簡単なコードが記述されており、このような関数を使ったり、試行錯誤的に引数を編集して感覚的に関数の機能を学ぶことも期待できる。

表 1 のようにケーキ作りの手続きはいくつかの関数で表現されている。これに合わせて、ケーキ作りの手続きごとにソースファイルを分けている。main 関数内のコメント文を参考にそれぞれのソースファイルで、詳しく中身を見たり書き換えたりすることもできる。このようなプログラミングを通して、女性学習者にとって多様で自由なプログラミング学習ができると考える。

プログラムの実行結果である「できあがったケーキ」の表示方法について、現在は、ケーキの特徴（「イチゴがケーキの中央にトッピングされている」など）はテキストで簡易表示されるが、今後は、3DCG や画像生成 AI による画像（図 4）など、見て楽しめるビジュアルで表示していきたいと考えている。特に画像生成 AI による画像は、現在、簡易表示のテキストをプロンプトとして与えることを想定している。そうすると、いかに適切なプロンプトを生成するかということが新たな学習課題になるので、学習者本人が各関数の中

のテキスト出力部分の改良を行うなど、応用的なプログラミングにもつながると期待できる。



図 4：画像生成 AI による完成したケーキの一例

5. まとめ

本稿では、プログラミング学習におけるジェンダーバイアスを解消するための学習システムについて述べた。女性が好む傾向のある題材とプログラミングの対応付けすることにより、ジェンダーバイアスで発生するプログラミングの理解度・意欲のギャップを逆にジェンダーバイアスを利用して解消する。本学習システムは、女性学習者にとって完成したケーキを見たいというモチベーションに基づき、楽しみながら達成感も感じられる学習環境となっている。

参考文献

- [1] 森永康子:”ジェンダー・ステレオタイプと科学教育：社会心理学的研究からの示唆”,日本科学教育学会年会論文集, 43(0), pp.7-8, 2019.

先延ばし行動改善のための自己認識を促す学業支援システムの設計

Design of a Learning Support System for Promoting Self-awareness to Improve Procrastination Behavior

岡本 大輝
Daiki Okamoto

米谷 雄介
Yusuke Kometani

宮崎 英一
Eiichi Miyazaki

後藤田 中
Naka Gotoda

林 敏浩
Toshihiro Hayashi

香川大学
Kagawa University

要約：学習領域における課題先延ばしは大学生に一般的に見られる行動である。先延ばしは学業パフォーマンスの低下や精神的健康への悪影響を及ぼすことが知られている。このような先延ばしに対して支援や介入の方法が研究されており、近年では認知行動療法を基にした支援・介入手法の有効性が報告されている。本稿では、認知行動療法を参考にし、大学生のオンライン講義における先延ばし行動の改善のための学業支援システムについて報告する。

キーワード：先延ばし行動、支援システム、認知行動療法、オンライン講義

1. はじめに

コロナ禍における授業手法として多くの教育機関で対面講義の多くがオンライン講義で代替された。これによりオンライン授業の普及が一気に進み、特に大学では、今後も対面講義とともにオンライン講義が継続的に実施されると言われている。

しかし、オンライン講義では課題先延ばし行動が大学生に一般的に見られる[1]。先延ばし行動は我々のほとんどが経験する不適応的な行動であり、学業などのタスクに対するパフォーマンスの低下や精神的健康に悪影響を及ぼすことが知られている。このような先延ばし行動を抑制するために、支援や介入の方法について研究が多く続けられている。近

年、支援・介入方法の一つとして「認知行動療法」を基にした手法の有効性が報告されている。

我々は、認知行動療法を参考にし、大学生のオンライン講義における先延ばし行動を改善するための学業支援システムを開発している。特に本稿では学業支援システムの設計について述べる。

2. 大学生の先延ばしについて

先延ばしとは「行動の遅延によって事態がいつそう悪化するにもかかわらず、自発的に遅らせること」という定義が多くの研究で用いられる[2]。先延ばしの原因は図1のような特性に関係するとされている[3]。このように、先延ばしはさまざま

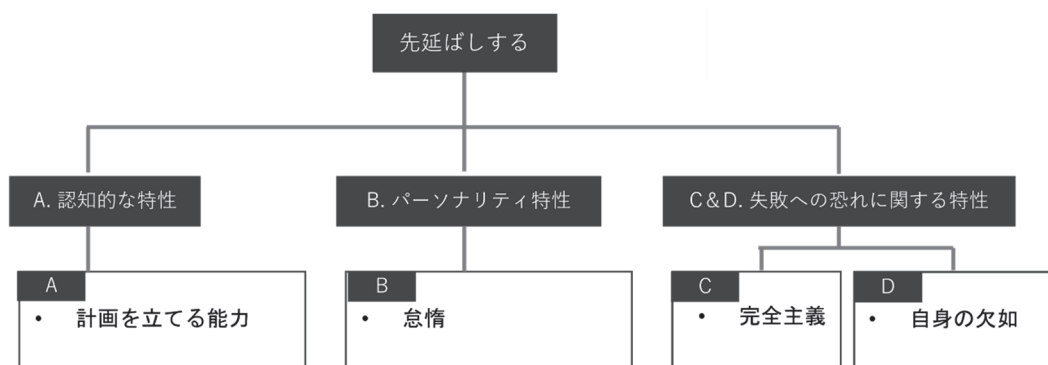


図1：先延ばしの原因

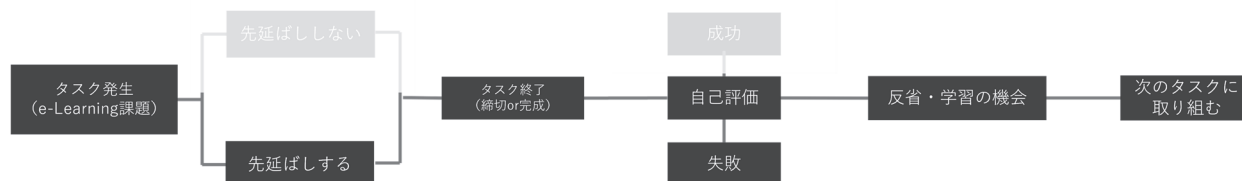


図2：大学生の課題の取り組みの流れ

な要因が重なって起きる現象であると言える。

また、オンライン講義において一般に想定される大学生（学習者）の e-Learning 課題の取り組みの流れを図 2 に示す。学習者それぞれ、先延ばしの有無や e-Learning 課題の取り組み後の反省の有無などに違いにより流れが分岐する。

3. 先延ばし発生時の支援の流れ

先延ばし行動によって e-Learning 課題の提出に遅延が生じた学習者に対して、どのようなプロセスで支援するかについて図 3 に示す。現時点でのプロトタイプシステムで想定する支援プロセスの開始タイミングは、e-Learning 課題が締め切りまでに提出完了できなかった時である。現システムは、遅延の発生ではなく遅延の結果（提出完了できなかった）を支援開始のトリガとしている点に注意されたい。

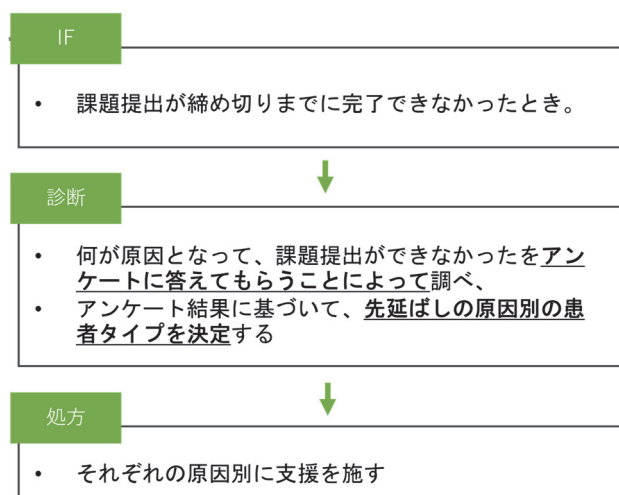


図 3 先延ばし発生時の支援の流れ

これまで述べた先延ばしの特徴を踏まえ、先延ばし改善のためにはどのような支援が必要か検討する。まず、最初に必要となるのは、先延ばしの原因を特定である。我々が開発する学業支援システムは、先延ばし行動の原因特定のために先延ばし発生後に診断プロセスを実行する。具体的には学習者に対してアンケートにより先延ばしの原因について調査する。

アンケートの質問数は計 5 問である。質問の内容について、「さまざまな先延ばしの原因のそれぞれが

どれほど自分に当てはまっているか」として、5 段階の心理尺度で回答する。このアンケートの質問の 1 つを図 4 に示す。

このように診断プロセスでは、複雑かつ学習者それぞれの先延ばしの原因を特定するために、学習者にアンケート回答させる。そのアンケート結果を踏まえて先延ばしの原因別の学習者タイプ（今回は紙面の都合上説明を割愛する）を決定する。学習者のタイプが決定したのちに、「処方」のプロセスとして、それぞれのタイプに応じた適切な支援を行う。

4. まとめ

本稿では、大学生のオンライン講義における学習課題先延ばし行動の改善のための学業支援システムの設計について報告した。先延ばしは我々のほとんどが経験する不適応的な行動であり、さまざまな要因が重なって起きる現象と考えられる。また、先延ばしは学業などのタスクパフォーマンスの低下や精神的健康への悪影響等の問題があり、適切な支援が必要である。その支援方法として、我々は学業支援システムによる「診断と処方」プロセスを設計した。

我々は、3. で述べたようにオンライン講義における大学生の先延ばし行動の改善について、「診断と処方」プロセスによる実現を目指している。現在、プロトタイプシステムの「診断」の部分、すなわち先延ばし行動の原因の特定についての設計を重点的に行っている。「処方」の部分、すなわち実際の支援の方法についてはまだ十分に検討できていない。この点については今後に残された課題である。

参考文献

- [1] 藤田正：“メタ認知的方略と学習課題先延ばし行動の関係”，奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, Vol.19, pp.81-86 (2010).
- [2] 井森萌子，大屋藍子：“大学生の先延ばしに対する認知・行動療法の展望”，心理臨床科学 = Doshisha Clinical Psychology : therapy and research, Vol.11, No.1, pp.63-76(2021).
- [3] 藤田正，岸田麻里：“学生における先延ばし行動とその原因について”，奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, Vol.15, pp.71-75(2006).

1.あなたは計画を立てる能力に自信がありますか。

1 2 3 4 5

自信がある ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ 自信がない

[選択を解除](#)

図 4 アンケートの質問の例

HMD に装着する嗅覚ディスプレイの試作

瀧本 法子, 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

概要: インターネット上に構築される仮想空間であるメタバースの世界を視ているユーザが、仮想世界の香りを感じたり 仮想世界で風を感じたりできれば、現実の物理空間に近い様々な体験を メタバース空間で演出できると期待される。そこで、「現実の物理空間」と「Unity Project で創られる仮想空間」とを完全に重ねることのできる Head Mounted Display (HTC 社 Vive Pro Eye) に装着できる嗅覚ディスプレイを試作した。Head Mounted Display に装着できる嗅覚ディスプレイの可能性を追求するべく、香りと風とを駆使する VR 3D Gallery を Unity Scene として制作し、この VR 3D Gallery 内で 生体計測実験を実施した。

An attempt to HMD attachment Olfactory Displays

Noriko Takimoto, Koichi Onuki, Yohei Seta, Yuichi Bannai, and Motofumi Hattori

Kanagawa Institute of Technology, Department of Information Media

Abstract: Metaverse is a virtual space which is constructed on internet. It is very meaningful that a user (who is looking at the world of the metaverse) also can feel scent of metaverse world and can feel winds in metaverse world. If these are satisfied, the user can experience many important effects. These effects in metaverse will be similar to the effects which the user can experience in the real physical world. Since the Head Mounted Display (HTC Vive Pro Eye) can unify the real physical world and the virtual world made by Unity, the authors developed an olfactory display which can be attached to the Head Mounted Display (HTC Vive Pro Eye). Since this Head Mounted Display has Eye Tracking System, the authors 巻めあすれ the position where the user is looking at in the virtual world. The ability of the developed olfactory display is checked in VR 3D Gallery which was made as a Unity scene. The authors conduct many experiments about scent in metaverse and wind in metaverse.

1. はじめに

インターネット上に構築される仮想空間であるメタバースの世界をユーザが視るためには、図 1 のような Head Mounted Display (HMD) を使用する。メタバース世界の音響をユーザが聴くために Head Mounted Display には head phone も装着されている。ゲーム開発エンジン Unity で制作することのできる 3 次元 Computer Graphics や立体音響によって、視覚 VR や聴覚 VR はかなりのレベルの高さに到達している

視覚 VR や聴覚 VR のレベルの高さに比べるならば、香り VR は 相対的に遅れている。そこで、メタバース世界の香りを感じるために、香り情報を提示する嗅覚ディスプレイが様々な研究グループによって提案・研究・開発されている。

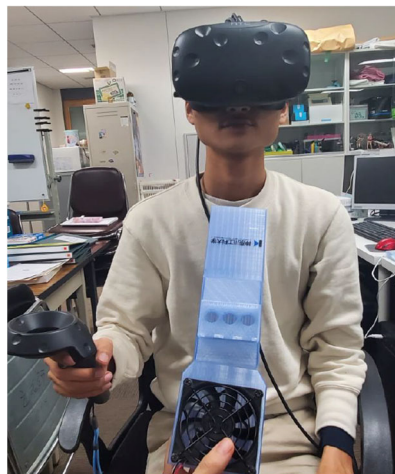


図 1 仮想空間で香りを感じる嗅覚ディスプレイ

筆者らの研究グループにおいても、次節に詳細を示すように、圧電素子型の嗅覚ディスプレイを提案し、研究・改良を続けている[1] [2] [3]。



図2 仮想空間で香りと風を感じる

メタバース世界の香りを感じながら、図2のように、さらに風も感じることができれば有意義である。そのために、風の影響を受けることなく香りを提示できる嗅覚ディスプレイを Head Mounted Display へ装着できる機構で試作した。

筆者らの研究グループで開発を続けている「ピエゾ圧電素子を用いた据え置き型の嗅覚ディスプレイ」を活かしながら、Head Mounted Display 装着型の嗅覚ディスプレイを試作した。

据え置き型の嗅覚ディスプレイの仕組みについては、参考文献[1][2]を参照いただきたい。

2. 仮想空間を視ながら香りを感じる

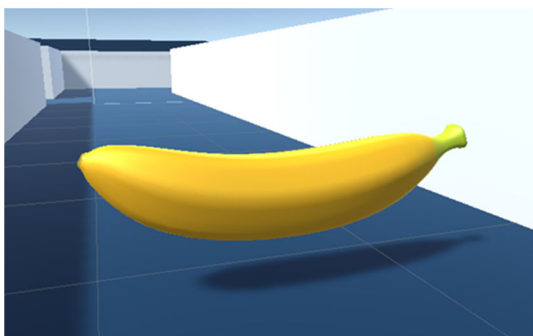


図3 バナナに近づくと バナナの香りがする

Unity Project から嗅覚ディスプレイを駆動できるようになったため、仮想空間でユーザが視ている内容に応じた香りを ユーザへ提示できるよ

うに成った[1]。例えば、図3に示すように、ユーザがバナナに近づいた時に、バナナの香りをユーザへ与えることができる。図4に示すように、ユーザがレモンに近づいた時に、レモンの香りをユーザへ与えることができる。

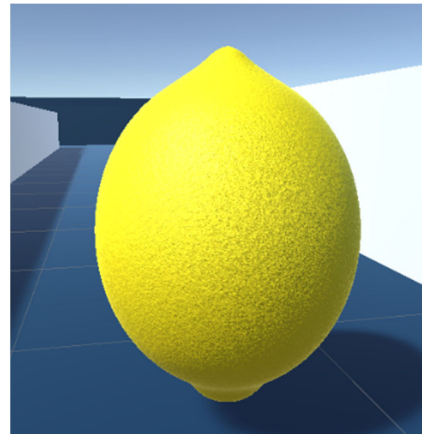


図4 レモンに近づくと レモンの香りがする

3. Head Mounted Display 装着の嗅覚ディスプレイ

図2のように現実の物理空間でダイソン扇風機から風を与えることで、メタバース世界で香りを感じながら 風も感じられるような嗅覚ディスプレイを 図5のように試作した。その仕組みは図6に示すように、香料タンクから 液体香料を滴下・噴霧し 芳香気体へと気化させて、ユーザの鼻元へ届けている。

現実の物理空間で ダイソンの扇風機から与える風の影響を受け無いで 芳香気体(香り気体) を ユーザの鼻元に届けられるように、嗅覚ディスプレイの流路を図7の如く制作している。

「据え置き型の嗅覚ディスプレイ」には 空気の流れを 流路に起こす 小さな扇風機(Desk Top PC の CPU を冷やす PC fan)が搭載されているのに対して[1]、Head Mounted Display に装着する嗅覚ディスプレイには 小さな扇風機は無く、香料タンクから滴下・噴霧される 香りの飛沫 Spray が自然に 芳香気体(香り気体)へ気化する現象に頼っている。試行実験を行って 様々な香りを一応はユーザが感じられているが、香りを提

示する能力を更に調査する必要がある。



図5 HMDに嗅覚ディスプレイを装着する

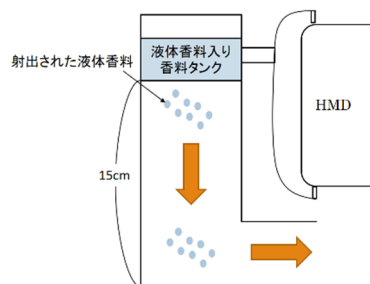


図6 HMD装着 嗅覚ディスプレイの仕組み

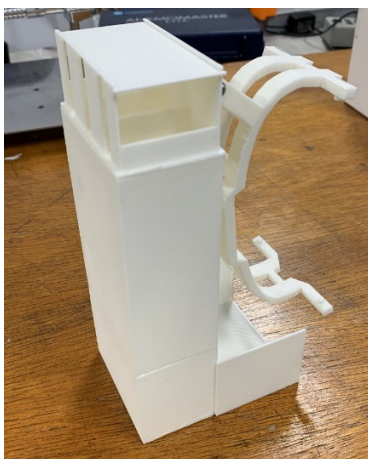


図7 HMD装着 嗅覚ディスプレイの写真

Head Mounted Displayへ装着できる嗅覚ディスプレイの流路の高さを決めるために、
図8や図9のように香料タンクから滴下・噴霧される香り飛沫 Sprayを画像計測した。

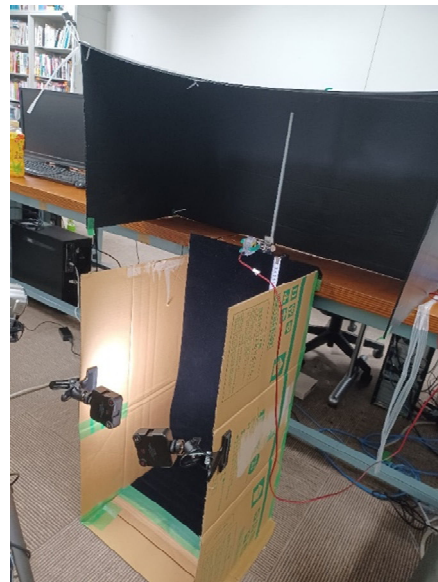


図8 香り飛沫を画像計測する

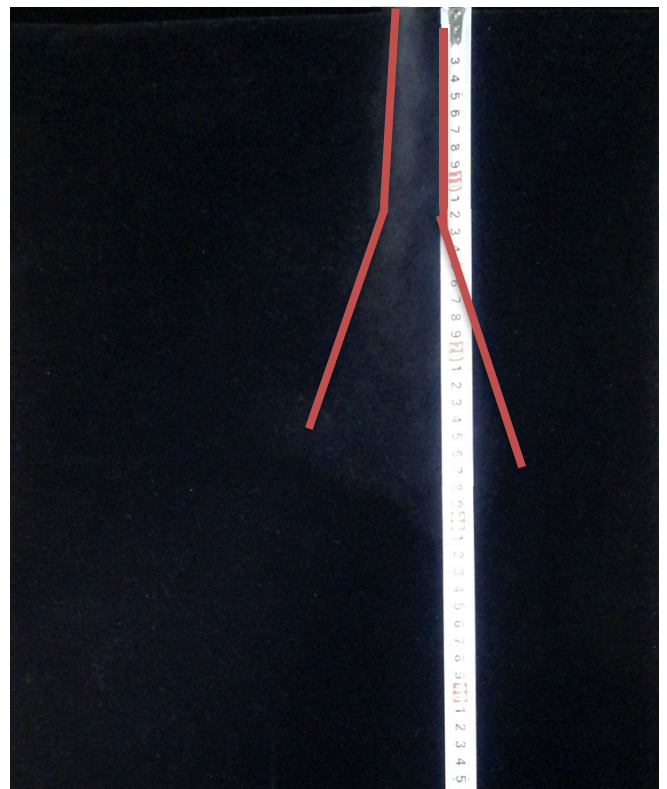


図9 香り飛沫を画像計測する

4. ユーザの視線を計測

現実の物理空間に置いたダイソン扇風機から風をユーザに与えることで、仮想空間で風を感じさせるという計画から、現実の物理空間と Unity Project が創り出す仮想空間とを完全に重ねるために、Head Mounted Display としては HCC 社の Vive Pro Eye を使用している。図 10 に示すように、高所から 2 台の赤外線計測装置で Head Mounted Display の位置と姿勢を計測できるので、物理空間と仮想空間とを完全に重ねることができる。

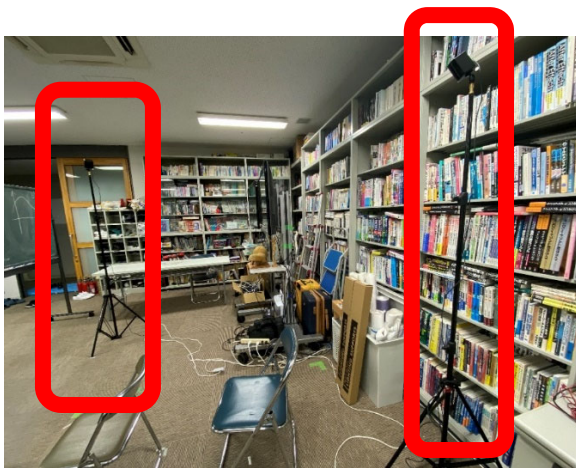


図 10 物理空間と仮想空間を重ねる計測装置

また HTC 社 HMD の Vive Pro Eye には Eye Tracking 機能が搭載されているので、3次元の仮想空間におけるどの位置をユーザが視ているのかその視線を Real Time に計算するための機能も、Unity C# Script で実装した。



図 11 HMD Eye Tracking による視線計測

5. おわりに

現実の物理空間と Unity Project が創り出す仮想空間とを完全に重ねられる Head Mounted Display を駆使しながらユーザが仮想空間を視ている状況において、香りも感じられるように Head Mounted Display に装着できる嗅覚ディスプレイを試作した。更に VR 3D Gallery を Unity scene として制作した。

現実の物理空間のダイソン扇風機から与える風が仮想空間における風として感じられる効果や、嗅覚ディスプレイからユーザに与える香りの効果について、上記 VR 3D Gallery 内で調査する。

Head Mounted Display を装着しているユーザの顔へ正面からダイソン扇風機で風を当てても、Head Mounted Display に風が遮られてユーザの顔では風を感じるができ無い。仮想空間で風を与える技法についても、今後に追及して行く。

参考文献

- [1] 瀧本, 大貫, 瀬田陽平, 坂内祐一, 服部元史
HMD に装着する嗅覚ディスプレイ開発への基礎研究
日本バーチャルリアリティ学会研究報告
香り・味と生体情報研究委員会 SBR 2023-4
2023 年 2 月 27 日
- [2] 瀬田陽平, 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のための簡易風洞を用いた噴霧液滴の可視化
日本バーチャルリアリティ学会研究報告
香り・味と生体情報研究委員会 SBR 2023-3
2023 年 2 月 27 日
- [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, Volume 14, Number 1,
pp.7-12 (2021 年 1 月 31 日)

Scientific Interpretation of Magic Phenomena in Fantasy Worlds - How Generative AI as a Virtual Learner Thinks about It?

Toshihiro Hayashi, Naka Gotoda, Shuhei Fujisawa (Kagawa University)
Kazuhiro Ura (Ehime University)
Masanori Fukui (Tokushima University)
Kaori Kishi (Osaka Electro-Communication University)

Abstract: In recent years, there have been many web novel submission sites in Japan. Many online novels about fantasy worlds (or otherworld) have also been published. Many media products called "Isekai[1]" are one of the characteristics of today's youth Japanese culture. We consider if it would be possible to implement an educational practice of scientific and logical thinking in a university class about magic appearing in fantasy worlds. We will especially focus on the educational use of generative AI. The goal is to refine scientific interpretations of magical principles and mechanisms through interaction by dialogue between virtual learners using generative AI and real(human) student. This paper discusses what explanation generative AI as virtual learner can generate as scientific interpretations of magical phenomena.

Keywords: fantasy world, magic, scientific interpretation, abduction learning, generative AI

1. Introduction

In recent years, there have been many web novel submission sites in Japan. Many online novels about fantasy worlds (or otherworld) have also been published. Some popular works have been novelized, comicalized(made into manga), and made into animation. Manga, novels, and animation programs called "Isekai[1]" are one of the characteristics of today's youth Japanese culture.

With this background, we consider if it would be possible to implement an educational practice of scientific and logical thinking in a university class about magic in fantasy worlds. First, we investigated how university students understand the principles of magical phenomena in fantasy worlds[2]. We gave them the task of explaining the principles and mechanisms of magic called "fireballs" shown in Fig.1 in fantasy worlds. As a result, we found that some of the explanations were black-box. In other words, we found that no explanation why magics and magic powers can occur matter and phenomena. For this reason, we think that simple implementation of our proposed educational practices is unlikely to lead to enough experience in scientific and logical thinking.



Fig. 1: Fireballs generate by Stable Diffusion XL

As an extension of this educational practice, we will focus on the educational use of generative AI. The goal is to refine scientific interpretations of magical principles and mechanisms through interaction through dialogue between virtual learners using generative AI and real student(human). Generative AI generates uncertain explanations, so fact-checking is necessary. However, since the target subject is magic in fantasy world, they do not need rigor of knowledge need. Rather, unexpected explanations by generative AI could be useful for real students to refine scientific and logical thinking. This paper discusses what explanation generative AI as virtual learners can generate as scientific interpretations of magical phenomena.

2. Fantasy world and magic

Fantasy worlds are imaginary worlds where things and phenomena that do not exist in the real world, such as fairies and magic, exist. However, there exist (or are presumed to exist) physical laws like those of the real world. In addition, such world is augmented with fairies and magic. The fantasy world has similarity with the real world. Otherworld can be accepted as natural. In many fantasy works, "magic" exists. Many works not only consider magic as a black box with only activation conditions and phenomena, but also refer to why magic occurs and the mechanism by which magic occurs by assuming particles called "magic elements" that do not exist in the real world. Some of such works focus on the structure and principles of magic.

Magics that appear in online novels is strongly influenced by video game called RPG, as same as the concepts of level, experience, and status. In some works, the types, characteristics, activation methods, principles, and mechanisms of magic are explained in detail. Typical concepts of magic activation principles are "magical power(魔力)" and "magical elements(魔

Table 1: Typical magics ChatGPT output

Magic name	Phenomena
Divination	Gaining knowledge of the future or unseen through magical means.
Fireball	A spell that conjures and hurls a ball of fire at the target.
Healing Touch	A spell or ability that restores health and heals wounds.
Mind Control	The power to influence or control the thoughts and actions of others.
Necromancy	The dark art of manipulating and controlling the dead.
Time Manipulation	The ability to alter or control the flow of time.

素).” The definitions of these concepts vary from work to work. For example, some works explain that magical elements are particles that exist in the air (and do not exist in the real world), and that magical power is generated from magical elements, and that magical power is used to invoke magic that interferes with the world.

3. Abduction learning with generative AI

Abduction (hypothetical reasoning) is a method of reasoning by analogy, in which hypotheses (ideas) that can successfully explain observed facts based on existing knowledge. It is also said that abduction is an effective approach to solving complex problems recent VUCA world. If the existing knowledge is our knowledge of the physical laws of the real world, the observed facts are magical phenomena. This magical phenomenon can be treated as a fact of a certain other world by focusing on an appropriate *Isekai* novel. A hypothesis can also be taken as an explanation of why the magical phenomenon occurs.

As for the phenomenon of magic called “fireballs”, we can hypothesize it like “Magic elements are particles that exist in the air. Then, magic power is generated from magic elements. Finally, magic power is used to generate fireballs and heat”. However, it has not been explained why magic power can generate fireballs and heat, leaving it as a black box. We can further formulate a hypothesis to explain the magic phenomenon. If the black box is still not fully explained, further hypotheses can be formulated. Since various

hypotheses can be generated in only the target novel world, we believe that generating hypothesis in detailed can be used as a learning experience for acquiring proper abduction skills.

We consider two specific forms of abduction learning: (1) abduction learning that emphasizes the process of hypothesis generation, and (2) hypothesis inference learning using microworlds. In the former, the hypothesis generated is assumed to be correct, and the hypothesis is refined. The latter, on the other hand, prepares a virtual learning environment (microworld) in which learners can independently experiment with magical phenomena and perform abduction. Both methods may fail to learn well due to the ability of the participating learners.

Therefore, we focus on the educational use of generative AI. We aim to refine the scientific interpretation of magical principles and mechanisms through a virtual learner interaction between a generative AI and the student. Generative AI generates uncertain explanations, so fact-checking is necessary. However, since the subject being handled is other world, rigor of knowledge need not be a concern. Rather, outlandish explanations that students do not conceive of could be useful for refining scientific and logical thinking. It is also possible to escape from the situation of learning plateau in the microworld

4. Virtual student by generative AI

We are currently investigating how virtual learners with generative AI generate explanations as scientific

Table 2: Why fireballs cannot be occurred?

Element	Reason about difficulty
Ignition Source	Fire requires an initial ignition source to start. In the case of a fireball spell, the fire seems to appear out of thin air without any visible source of ignition. In reality, fire requires a fuel source (such as wood or gas) and a heat source (such as a spark or flame) to initiate combustion.
Combustion	Fireballs are typically depicted as self-sustaining, meaning they continue to burn and emit flames until they dissipate or hit a target. In reality, sustained combustion requires a continuous supply of fuel and oxygen. Without a visible source of fuel, it is challenging to sustain a fireball for an extended period.
Flight	Fireballs are often shown flying through the air, propelled towards their targets. However, fire alone does not possess inherent propulsion capabilities. Objects typically require a force or an engine to propel them through the air, such as an explosion or mechanical means like a rocket engine.
Shape and Stability	Fireballs in fantasy often have a defined spherical shape, maintaining their structure as they travel. Flames in reality tend to be chaotic and irregular, lacking the stability required to maintain a consistent shape.

interpretations of magical phenomena. This paper describes the basic knowledge of generative AI about magic in other world. Based on examples of scientific interpretations of magical phenomena, we also discuss the potential of virtual learners with generative AI in learning abduction.

We investigated what knowledge of magic in the other worlds the generated AI has, by giving it a prompt “In the fantasy world represented in light novels and other works, a wide variety of magic exists. Please provide at least 20 examples of names and phenomena of typical magic used in fantasy worlds” 10 times. **Table 1** lists the magic that appeared in every answer. These are well-known magic in fantasy worlds. Although the sample is too small to determine whether the generative AI has proper knowledge of magic in other worlds, we believe that it provides some supporting evidence.

Next, we investigated what scientific interpretations of magical phenomena the generative AI outputs. The following is an example of ChatGPT’s answer, by giving it a prompt “Fireball is a typical magic in the fantasy world. Please explain how fireballs are generated and fly.” This answer can be divided into three parts: (1) negation based on physical laws, (2) list of specific reasons for the negation, and (3) supplement to the negation. The following text is the output sentence (1).

In the real world, the concept of generating and throwing fireballs as depicted in fantasy is not possible using the laws of physics and chemistry as we currently understand them. Fireballs, as commonly portrayed in fantasy, typically involve the instantaneous creation and manipulation of fire without any physical fuel source.

Table 2 shows the output sentences for (2) edited into a table (ChatGPT did not automatically output the table). The following is the output statement (3).

It's worth noting that in the realm of fantasy, the laws of physics and chemistry are often suspended or altered to allow for magical phenomena like

fireballs. These concepts are part of the imaginative world-building and storytelling aspects of fantasy literature, movies, and games, rather than being based on scientific principles.

While we can appreciate the creativity and excitement of magical fireballs in fantasy settings, it's important to recognize that they don't align with our current understanding of the natural world.

ChatGPT's explanation is well-reasoned and we believe it is helpful for expressing one's opinion well, but it is not appropriate for abduction because it is a negative opinion. Depending on how the prompt is given, ChatGPT may explain magical phenomena based on abduction. Although the appropriate prompts are still under our research, we believe that the possibility of introducing virtual learners with generative AI into abduction learning will increase.

5. Summary

We are designing an educational practice of scientific and logical thinking for magic that appears in other worlds. We examine the possibility of abduction learning in which the task is to explain the principles and mechanisms of magic appearing in fantasy worlds. Abduction learning that emphasizes hypothesis generation and abduction learning using microworlds will be used as specific learning methods. This paper described the possibility of introducing virtual learners with generative AI to abduction learning. This research is supported by Kagawa University Research Promotion Program Grant Number 23K0E002.

- [1] Isekai, <https://en.wikipedia.org/wiki/Isekai> (access 23/07/21)
- [2] Toshihiro Hayashi: “Scientific Interpretation of Magic Phenomena in Fantasy Worlds - How University Students Think about It? -”, Game and Education Research Division Workshop, 2021-GE-1, pp.14-15(2022) in Japanese.

本報告は、ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第 18 回研究会当日配布用に用意した予稿集です。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