

人間と遊び

財団レポート 2019・2020



研究者募集
社会を変えるゲームと遊びの研究

募集期間 2019年7月15日(月)～2019年10月15日(火)

調査研究委託者募集
募集期間: 2020年4月1日～2021年3月31日
研究費: 総額700万円以内

助成研究募集
募集期間: 2020年3月1日～2021年2月28日

研究費	研究費
助成研究A: 総額 2,800万円以内	助成研究B: 総額 840万円以内
助成研究C: 総額 112万円以内	

研究テーマ

- 助成研究A: 最新の研究、サステナブルなゲーム、最新の・基礎的研究、ゲームに関する各種研究
- 助成研究B: 「人間と遊び」に関する各種研究
- 助成研究C: (参加) 年々 助成費

公益財団法人中山隼雄科学技術文化財団
TEL 03-6226-6161 | E-MAIL info@nakayama-zaidan.or.jp
中山財団 | <http://www.nakayama-zaidan.or.jp/>

ごあいさつ

中山隼雄名誉会長が当財団を創立してから、優に四半世紀を超えました。この間に助成した研究件数は753件、助成金の総額は15億円以上に上っておりますが、昨年度は新型コロナウイルス感染症が蔓延する中で当財団の活動も大きな制約を受け非常に厳しい状況でした。そうした中で独立財団として「人間と遊び」というユニークな研究テーマを掲げた事業活動は、現在のコロナ環境下において世の中に少しでも明るい兆しをもたらすための活動として更にその重要性を増しつつあります。

当財団は東京大学において「人間と遊び」をキーワードにした「中山未来ファクトリー」プロジェクトを積極的に取り組んでいます。このプロジェクトの拠点は、東京大学における〈工房・広場〉をイメージした情報学環オープンスタジオで、ワークショップや展覧会など社会に開かれた創発的な研究教育活動に資する場です。そこで、主に東京大学の学生を対象としたアイデアソン・ワークショップ・展覧会に加え、文京区の小学生を対象とした体験的なプログラミング教室などさまざまなイベントを実施しています。

2020年からは東京大学の授業として「ゲームデザイン論－先端技術が生み出す新しいあそびー」を開講し、著名なゲームクリエイターやエンジニアを講師に招き、さまざまな「ゲームデザイン」に関する講義を行うだけでなく、学生たちが自分たちで「まったく新しいゲームの企画書」を0から作り上げるグループワークも行っています。

一方、当財団の継続的な活動として8年前から研究の間口と奥行きを広げるため、小学生を含む一般の人々に呼びかけ「夢のゲーム研究アイディア」の募集をしてまいりました。例年安定的に特に小・中学生から多数の応募をいただき、当財団が主導する調査研究のテーマ設定の一助として大いに参考にさせていただいています。

「人間と遊び」は、私達人間の精神活動の分野において、有史以前から強い結びつきを有しており、未来においても無限の可能性をもたらしてくれるでしょう。

私共は、「人間と遊び」の公益活動により、現状のコロナ禍の環境下においても社会に明るい火を灯す存在でありたいと念願しています。

代表理事・理事長

中山晴喜





設立趣意書 (抜粋)

「人間文化は遊びのなかにおいて遊びとして発生し、発展してきた」(ホイジンガ「ホモルーデンス」)とも言われているように、“遊び”は本来人間文化に大きな係わりを持ってきたものであります。わが国が高度に発展させてきた科学技術を、“遊び”をキーワードとする新しい文化のパラダイムへと昇華させ、これによって国際社会における摩擦を減少し、心身共に健康な個人を、豊かで活力ある社会を築き上げることこそ、今後わが国に課せられる大きな使命と言えましょう。

このような情勢に鑑み、中山隼雄科学技術文化財団を設立し、「人間と遊び」という視点に立った科学技術の調査研究、研究開発への助成、学会・研究会などに対する助成および国際交流への助成などの事業を行い、より広く社会文化の発展と人類の福祉の増進に貢献することといたした次第であります。

平成4年7月21日設立

目次

ごあいさつ	2
設立趣意書 (抜粋)	3
2019 年度・2020 年度 事業活動のあらまし	4
2021 年度 事業計画のあらまし	15
財団の歩み	18
2019 年度 研究成果報告	20
2020 年度 研究成果報告	92
役員・評議員等	124

2019年度・2020年度 事業活動のあらまし

1. 主要な事業の内容

当法人の主要な事業の内容は、次表のとおりであります。

事業	主要な事業の内容
調査研究事業	「人間と遊び」という視点に立った科学技術に関する調査、研究及び開発の推進
研究助成事業	「人間と遊び」という視点に立った科学技術に関する調査、研究及び開発に対する次の助成 助成研究 A： ゲームの分野の研究 助成研究 B： 「人間と遊び」一般に関する研究 国際交流： ゲームに関する国際会議の開催又は参加
普及啓発事業	「人間と遊び」という視点に立った科学技術に関する普及啓発

2. 調査研究事業の経過及びその成果

調査研究事業は、定款第4条第1項第1号の目的である「財団自らが能動的に解決又は実現を図るべきと思料する課題」に関する研究等の事業であります。

(1) 2019年度からの継続事業

当年度はありません。

(2) 2020年度の新規事業

2020年度調査研究事業は1組を採択し、応募者に研究を委託して研究継続しています。

氏名 所属・肩書	応募研究課題	期間（年）	研究費（千円）
齋藤 大輔 早稲田大学 基幹理工学部・講師	課題①* 遊びながら自律的にプログラミング的思考を 育成可能なゲームの提案および学習効果の評価	2	3,000
合 計			3,000

※選択研究課題

課題①プログラミング的思考力育成ゲーム

課題②生活のゲームデザイン

3. 研究助成事業の概要

2019年度・2020年度の研究課題別助成の件数及び金額は次表の通りです。

研究課題	2019		2020	
	採択数	助成金額（千円）	採択数	助成金額（千円）
助成研究 A-1	8	13,470	3	5,200
助成研究 A-2	5	9,450	4	2,950
A-1・A-2 中間評価	2	3,165	7	5,750
助成研究 B	13	9,670	4	2,000
国際交流 1 回	1	387	0	0
合計	29	36,142	18	15,900

※ 2018年度の研究報告書本誌をご希望の方は、当財団事務局にご請求ください。

※ 採択時点での件数及び金額ベースで記載

4. 研究助成事業の課題別経過及び成果

(1) 助成研究A

① 中間評価と継続助成

2019年度

3組の中間評価対象者に対する審査の結果、次の2組の継続採択が決定し、助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	助成額 (千円)
笥 康明 東京大学大学院 情報学環・准教授	音でプレイするオーディオゲームセンター実現のためのインタフェース研究	1,700
安本 匡佑 神奈川工科大学 情報学部・准教授	フィジカルe-Sportsの実現に向けたインターフェースと身体性の関係の解析と検討	1,465

2020年度

7組の中間評価対象者に対する審査の結果、次の7組の継続採択が決定し、助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	助成額 (千円)
萩野谷 俊平 法政大学大学院 ライフスキル教育研究所 特任研究員	シリアスゲーム「アバタートレーニング」による 児童虐待面接訓練	1,400
西田 佳史 東京工業大学 工学院機械系・教授	転落誘発特徴の遊具化に基づく 子どもの行動予測モデル開発	1,050
仲田 知弘 第一工業大学 工学部・准教授	ゲームの要素を導入した排出権取引市場のモデル化	800

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	助成額 (千円)
久保山 力也 大阪大谷大学 人間社会学部・講師	ゲーミングによるインクルーシブな日本社会の創造	600
福本 壘 長岡造形大学 造形学部・助教	都市の持続性に寄与する空き空間活用ゲームの 開発と評価	1,000
森本 有紀 九州大学 芸術工学研究院・助教	中型から大型の動植物を対象とした 動的プロジェクションマッピングの自動生成	600
渋谷 明子 創価大学 文学部・教授	ゲーム文化の多様性と共存の実現に向けた内容分析	300
合 計		5,750

②新規事業

重点研究と基礎的・基盤的研究に分類して募集しました。

A-1：重点研究

2019年度

募集課題：サステナビリティにつながるゲーム

【課題設定背景】

現在社会において、サステナビリティ（持続可能性）が強く求められています。例えば、現状の化石エネルギーに依存する経済活動を続けていけば、21世紀末に、地球上の人類は悲劇的な状態を迎えると予測されています。また、人類は貧困、差別等の社会的問題もかかえています。

このような危機に対し、国連は持続可能な社会への移行のための指針、SDGs（Sustainable Development Goals）を示しました。SDGsは17のターゲットと169のゴールからなり、移行のための詳細が設定されています。現在、世界中の国、企業、教育機関はこのサステナビリティにどう向き合うかという課題に向き合っています。

さて、ゲームは人類の歴史の中で人が楽しむ道具として進歩してきました。一方、ゲームは教育の分野においても人々に貢献してきました。今後は、サステナビリティに対してもゲームが貢献することが期待されます。

そこで、サステナビリティを広義に考え、ゲームや遊びを利用したサステナビリティに対する貢献に関する研究を公募いたしたく存じます。様々な分野の方からの応募を期待いたしております。

25組の応募があり、15課題を本審査した結果、次の8組に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	希望期間	1年目助成額 (千円)
萩野谷 俊平 法政大学大学院 ライフスキル教育研究所・特任研究員	シリアスゲーム「アバタートレーニング」 による児童虐待面接訓練	2	2,900
西田 佳史 東京工業大学 工学院機械系・教授	転落誘発特徴の遊具化に基づく 子どもの行動予測モデル開発	2	1,500
植山 祐樹 防衛大学校 機械工学科・講師	リアルタイム三人称視点映像による 投擲能力の向上	1	2,000

仲田 知弘 第一工業大学 工学部・准教授	ゲームの要素を導入した 排出権取引市場のモデル化	2	1,500
藤本 雄一郎 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科・助教	音楽ゲームフィクションとARを用いて 長期継続利用を促進する手指運動訓練システム	1	2,000
久保山 力也 大分工業高等専門学校 一般科・講師	ゲーミングによるインクルーシブな 日本社会の創造	2	1,270
福本 壘 長岡造形大学 造形学部・助教	都市の持続性に寄与する 空き空間活用ゲームの開発と評価	2	1,000
竹本 拓治 福井大学地域創生推進本部 (大学院工学研究科)・教授	デザインワークショップによる ゲームのSDGs応用類型化と検討	1	1,300
合 計			13,470

2020年度

募集課題：楽しいニューノーマル世界へようこそ

【課題設定背景】

2020年の初頭から世界に一気に広がったCOVID-19は、私たちの生活を大きく変えました。当初でこそ目の前の対応に追われていましたが、いつしかニューノーマルという表現で、新しい時代の幕開けを表現するようになりました。この表現も、やがては「アールヌーボー」や「ポストモダン」のように、これからの時代を表す言葉として定着するのかもしれませんが。ヒトは他の動物と違い、将来のイメージをもち、それに向 かって進むことができます。そして今より良いものが先にはあると信じて前進してきました。今回の「楽しいニューノーマル」とは、まさに私たちがもう少しで手にできる時代だと思います。

皆さんには、一足先にそちらの様子を見てきて、こんな時代が待っている、こんなことが可能になっていると、私たちに教えていただきたいです。

COVID-19との共存にやや疲弊気味の私たちに勇気や希望を与えてくれるゲームに関する研究の提案をお待ちしています。

19組の応募があり、本審査した結果、次の3組に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	希望期間	1年目助成額 (千円)
太田 和彦 総合地球環境学研究所・ FEASTプロジェクト・助教	図書館でシリアスボードゲームジャム ーゲーム開発を通じた社会構想と相互学習	1	1,800
松井 崇 筑波大学 体育系・助教	eスポーツは活力と絆を育むか？ ：ニューノーマルススポーツ開発	1	2,000
御手洗 彰 京都産業大学大学院 先端情報学研究科・ 博士後期課程1年生	家族間コミュニケーションを促す レクリエーション援助ロボットの開発	1	1,400
合 計			5,200

A-2：基礎的・基盤的研究

募集課題：「ゲームの本質に関する研究」、「ゲームと人間に関する研究」「ゲームと社会に関する研究」及び「ゲームと技術に関する研究」

2019年度

29組の応募があり、本審査した結果、次の5課題に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	希望期間	1年目助成額 (千円)
森本 有紀 九州大学 芸術工学研究院・助教	中型から大型の動植物を対象とした 動的プロジェクションマッピングの自動生成	2	3,000
渋谷 明子 創価大学 文学部・教授	ゲーム文化の多様性と 共存の実現に向けた内容分析	2	2,300
大本 義正 静岡大学 情報学部・准教授	同調認知による没入的体験効果の向上	1	2,000
謝 浩然 北陸先端科学技術大学院大学 ヒューマンライフデザイン領域・助教	プロジェクションマッピングによる ゲーム支援技術の研究	1	1,500
牛田 啓太 工学院大学 情報学部・准教授	手遊び・影絵を用いた CG・ロボット操作 手法の知育・アミューズメントへの発展	1	650
合 計			9,450

2020年度

27組の応募があり、本審査した結果、次の4組に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	希望期間	1年目助成額 (千円)
毛利 仁美 立命館大学大学院 文学研究科・ リサーチアシスタント	ビデオゲーム関連資料の保存意義に関する 研究：小学館の学年別学習雑誌を事例として	1	1,000
飯沼 瑞穂 東京工科大学メディア学部・准教授	親子で遊べるソーシャル・デザイン教材： 持続可能な社会の実現に向けた学習	1	600
今 悠気 電気通信大学 情報理工学研究科 博士後期課程学生	調和的なVR体験を実現する視触覚運動誘発 錯覚現象相互作用制御技術の構築	1	1,000
山根 信二 東京国際工科専門職大学 工科学部・ 講師	ゲーム用語のグローバル対応に関する研究： ゲーム教育基盤の観点から	1	350
合 計			2,950

(2) 助成研究B:「人間と遊び」に関する研究に対する助成

募集課題:「遊びの本質及び影響に関する研究」、「遊びの社会的諸活動への応用に関する研究」及び「助成研究A又はBのいずれの課題にも属さない『人間と遊び』の研究」

人間と遊びをテーマにした研究であればどのような専門分野からでも応募できるように配慮しました。

助成研究Bの研究期間は、単年度のみであります。

2019年度

29組の応募があり、本審査した結果、次の13組に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	助成額 (千円)
水野 智美 筑波大学 医学医療系・准教授	ゲームセンターの高齢者の実態分析とそれを基にした高齢者が楽しめるゲームの提案	1,000
平野 成樹 千葉大学大学院医学研究院 脳神経内科学・講師	認知症ボードゲーム「ワスレログ」を用いた学童期・青年期への疾患教育が認知症の症状に及ぼす効果介入研究	900
大西 克彦 大阪電気通信大学 総合情報学部・准教授	展示楽器に対する興味誘発および持続性を考慮した演奏システムの開発	500
津田 彩乃 京都大学大学院 教育学研究科・博士後期課程2年	協力型ボードゲームの教育現場における効果の検討	700
小田 裕樹 国立文化財機構 奈良文化財研究所 都城発掘調査部・研究員	「遊戯考古学」の構築に向けた実践的研究 ～平城京出土遊戯具を対象として～	870
勝本 雄一郎 東京電機大学 理工学部・助教	線状の物体で語句を表示するサイネージの実現	700
西道 実 武庫川女子大学 経営学部・教授	英語学習における「心理的安全」を担保するゲーム手法のモジュール化とその効果について	700
青木 孝子 東海大学現代教養センター・専任講師	空間把握力育成のための多面体紙工作の教材研究	700
川本 哲也 東京大学大学院 教育学研究科・特任助教	人の生涯発達過程における遊びの発達の意義の解明	700
青山 真人 宇都宮大学 農学部・准教授	ウシやヤギにおける「闘いのルール」の解明と、一般人への啓発2	500
田中 拓海 慶應義塾大学大学院 社会学研究科 後期博士課程3年	遊びにおける主体性の役割と促進要因に関する実験心理学的研究	1,000
藤井 浩光 千葉工業大学 先進工学部・准教授	錯視効果とプロジェクションマッピングによる2D-3D提示システム	700
福地 健太郎 明治大学総合数理学部・専任教授	柴野拓美関係文書の調査による日本SFコミュニティ形成過程の研究	700
合 計		9,670

2020年度

23組の応募があり、本審査した結果、次の4組に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	研 究 課 題	助成額 (千円)
鈴木 馨 東京農工大学フィールドサイエンスセンター 准教授	自分でつくる・できる身体あそび	500
平木 剛史 大阪大学 大学院基礎工学研究科 日本学術振興会特別研究員	造形後に物体表面の色と模様を制御可能な 立体物造形手法	500
川野 麻衣子 北摂こども文化協会附属研究機関 日本こども未来研究所 研究所長（兼協会理事長）	学童期の余暇における遊びの本質 －権利としての遊びを捉える視点	600
貝原 千馨枝 津田塾大学大学院国際関係学研究科 後期博士課程	障害児向け英語学習カードゲーム「44まなキキ」の 開発	400
合 計		2,000

(3) 国際交流：遊び・ゲーム等に関する国際会議等の活動

募集課題：遊び・ゲーム等に関する国際会議に参加し研究成果を発表する

2019年度

2組の応募があり、本審査した結果、次の1組に対して助成しました。

氏 名 所属・肩書	会議等の名称 開催期間・場所	助成額 (千円)
太田 和彦 総合地球環境学研究所・研究員	International GamiFIN Conference 2020 フィンランド・レヴィ・会場未定 2020/04/01～04/03	387
合 計		387

2020年度

応募課題1組を本審査した結果、採用を見送ることとなりました。

5. 普及啓発事業

普及啓発は、当法人が自ら主体的に行う「調査研究」及び当法人が助成して研究者が行う「助成研究」の成果を、広く一般に公開しその普及を促進する事業です。2017年度からこの分野を3本目の事業の柱として位置付けるため、経営資源の投下を含む拡充に努めてまいりました。

(1) 社会を変える「夢のゲーム」研究アイデア大募集

様々な社会的課題を「ゲームの面白さや手法を使って、みんなでゲームを楽しみながら協力して解決していけるような、新しいゲームの創生」(夢のゲーム)のアイデアを一般人から小学生まで広く公募し、審査のうえ入賞作品を決定します。毎年多くの方々からご応募いただき、2020年度は390件(うち小中学生217件)の実績でした。当財団ではこれまで8年間「夢のゲームのアイデア」募集を継続して行い、毎年約20件前後の表彰を実施してきました。

社会を変える
「夢のゲーム」
研究アイデア
大募集!!

結果発表!!

(2) 小中学生を主な対象とする「ゲーム開発体験ワークショップ」

当初3年間は、小中学生を対象として、楽しく遊びながら論理的思考を醸成させること、長期的な観点で人材育成するため指導者も同時に参加させること、全国的な規模で数年にわたり実施し地域間格差を縮小することなどを目的として、事業を展開してまいりました。

第2期に当たる2020年度までの2年間はコロナ禍の中で延期も相次ぎましたが、特定非営利法人 IGDA日本と連携し、「ゲーム開発体験ワークショップ」を開催することができました。



(3) 特別普及活動の開始

当財団は東京大学情報学環の求めに応じ、東京大学総合図書館内の「中山未来ファクトリー」プロジェクトに積極的に取り組んでいます。このプロジェクトの拠点である情報学環オープンスタジオでは、学生を対象としたアイデアソン・ワークショップ・展覧会を行っており、それに加え文京区の小学生を対象とした体験的なプログラミング教室などさまざまなイベントを実施しています。



(4) ウェブサイトの高度情報化

当法人のウェブサイトは、当法人の公益活動を広報すること並びに業務機能を補完し効率化すること、という異なった二つの目標を達成するため重要な役割を担っており、コンテンツの質を上げるため数年ごとに全面リニューアルしています。

年報「人間と遊び」に収載した研究成果の概要は当法人ウェブサイトでも公開し、一定の条件の下に誰でもがその成果を利用することをできる体制を構築しています。

調査研究や助成研究の、募集、応募、審査、通知、報告等をほぼ一貫してウェブ上で行うことにより、研究者と当法人のコミュニケーションツールとしても大きな役割を果たしており、事務効率の向上と迅速化に威力を発揮しています。



6. 財産及び損益の状況

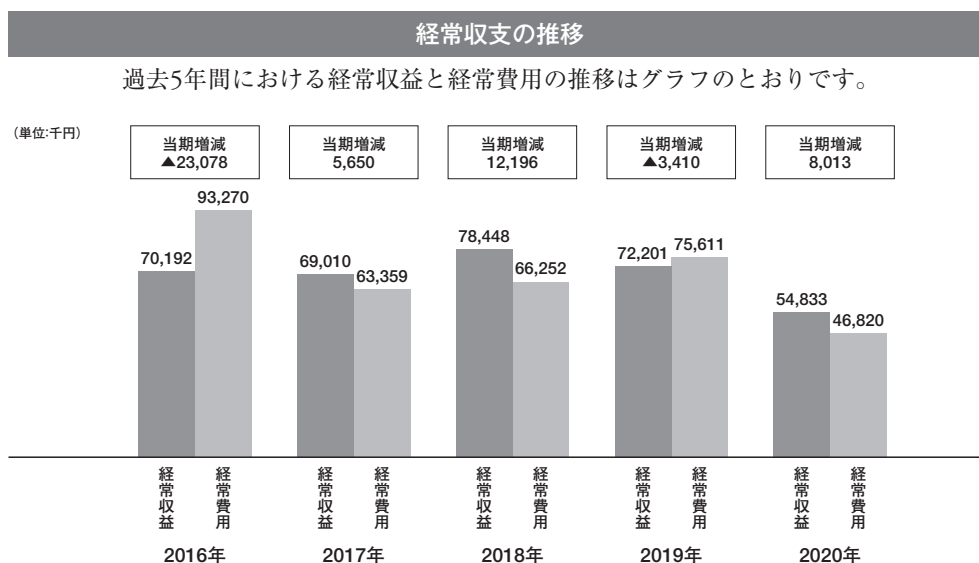
2020年度の総事業費は46,820千円（前年度比38.1%減）、うち公益目的事業費は39,366千円（前年度比39.5%減）、法人管理費は7,454千円（前年度比29.3%減）となりました。

一方、収益面につきましては、基本財産の株式配当が25%減配となり9,500千円減少し、事業安定基金及び資産活用基金につきましても、金融情勢が一段と厳しさを増す中、安全性を最優先にしつつ運用に努めた結果大幅に減少し、経常収益は54,833千円（前年度比24.1%減）となりました。

これらにより、経常収益は経常費用を8,013千円上回りました。

当年度経常増減額は、上記の減額8,013千円に、保有株式等基本財産の評価益375,290千円及び特定資産の評価益152,965千円を合算して536,268千円の増額となりました。

これらの結果、正味財産期末残高は、3,080,581千円（前年比121.1%増）となりました。



7. 当財団が対処すべき課題

(1) 基本方針

公益財団の基本思想に忠実であることを前提としつつ、「行動規範」に定める厳正な倫理に則り、公正かつ適切な事業活動を展開する、という基本方針を引き続き事業活動の中核に据えてまいります。

今年度は、コロナ禍と言われている現下の金融情勢に対処して資金の運用を一層慎重にし、事業を計画・実施・評価のPDSを回していくことにより、法人の継続性に留意しつつ安定的に事業を実施してまいります。種々の要因により、結果的に収支相償を実現できない場合には、翌年以降の公益事業費に充当します。

① 公益法人としてのコーポレート・ガバナンス及びコンプライアンス・マネジメントの徹底

当法人の公益法人化は、比較的早期に実現したため、当初はガバナンス・システムが概して保守的に設計されておりましたが、定款を始めとする主要規定から順次必要な制改定を進めた結果ほぼ満足できる水準に達したと判断しています。

今年度も、引き続き日常の事業活動に影響のある規定等について、法の許容する範囲で合理的な柔軟化を図ることを主眼にしつつ、小規模組織で運営する法人に相応しい意思決定システムを実現する一方、決定したルールは、規定の有無に限らず法の趣旨に照らして厳密に運用し、コンプライアンス・マネジメントを徹底させてまいります。

② 事業活動の規模に関する戦略

当法人は、全ての事業活動の原資を金融財産の各年度の運用益に依存しております。このため、金融市場の変動によって過去には数年間にわたり事業資金が得られず、やむなく大幅に公益事業活動を圧縮し、なおかつ基本財産を取崩さざるを得ない事態に追い込まれる苦い体験をしました。このことは、毎年研究助成を待ち望んでおられる多くの研究者の期待を損ねるものでした。この経験から事業活動の規模の原則を「予算規模を運用益の範囲とし、基本財産と基金の取り崩しは、やむを得ない例外的な場合を除き厳に慎む。」としていますが、この方針は堅持します。

なお、当法人の従事比率は80%対20%に据え置きます。

(2) 公益目的事業

当法人の主要な公益目的事業は、調査、研究、開発の推進及びこれらの助成並びに普及啓発の3分野ですが、そのすべてが「人間と遊び」というユニークな視点に立った科学技術の振興に関する事業であるため、相互に有機的に関連付けられ、支え合って効果を増大させる必要があります。普及啓発の分野では、「遊びを通じて子供たちの成長を促す」という視点での取り組みを中期的な視点をもって地道に継続する必要があります。

3分野の事業実施に当たっては、限りある資金を有効に生かすため、より有為な使用方法、時宜にかなった研究テーマの設定、公平な助成先の選定等について、ますます工夫が必要です。

① 調査研究事業

現在わが国には、多くの解決すべき社会問題が存在していますが、社会的に重要かつ喫緊の課題であって、「ゲームを用いて、社会の問題を解決する。」ことが可能な研究課題を、研究者のみならず一般市民の知恵を借りながら深耕していくことを当面の基本方針としています。

今年度は、「夢のゲーム」研究アイデア公募も8回目を数えることになるので、入賞作品のアイデアを基に、当法人の事業活動の実態にも通暁した学識経験者7名からなる企画委員会が、さらに研究者の研究意欲を掻き立てるような課題を設定することとしています。

又、「夢のゲーム」の公募自体も回を重ねる毎に図らずも広告塔としての効果が注目されるようになったため、この側面を積極的に評価して、相乗効果を図ることとしています。

② 助成研究事業

当法人の中核的事业であり、広く各層の研究者から助成を期待されているので、公平・公正な審査により適切な助成活動を行うことが重要です。そのため、外部学識経験者10名による「選考委員会」に実質的な決定権を委ね、その自律的な活動により、助成対象者を決定します。助成研究のテーマ設定につきましても、基本的には、本年度の方針を踏襲し、分野別に次の基本方針で臨みますが、具体的な課題設定は、選考委員会の決定するところによります。

なお、限りある資金を生かすために、調査研究、助成研究の各事業に関しては、事業予算の基準値に上下40%の範囲で上限値と下限値を設け、相対的により有為な研究に資金を提供できるよう、弾力的な配分を行います。

助成研究 A：骨太でゲームの根本に迫る課題に重点化し、研究テーマを細分化せず応募者の研究の自由性を保証します。

助成研究 B：「人間と遊び」をテーマにする広い分野の研究に、まんべんなく助成することにより、又、異分野の研究者同士の共同研究によりユニークな研究を引き出します。

国際交流：「コンピュータゲーム」に関する国際交流に参加する、比較的若い研究者を支援することとし、年2回助成することにより、研究者の利便性に配慮します。

③ 普及啓発事業

「研究成果発表会」、年報「人間と遊び」の発行、ウェブサイトの刷新等による多様な情報発信により、当法人の事業活動及びその成果を広く一般の人々に周知させて利用を促し、啓発の効果を高めていくことが肝要です。

昨年度はコロナ禍においていくつかの事業を中止せざるを得ない状況でしたが、今後は情勢に左右されずに研究成果を発表する場が必要だと判断し、Webシステムを利用した発表会を開催するなど新たな方向性も打ち出していきます。

一方では、小中学生を対象とし、コンピュータゲームの制作を通じて楽しく遊びながら論理的思考を醸成させることや、長期的な点で人材育成することを目的として、「ゲーム開発体験ワークショップ」を、第三者機関である非営利法人と連携して展開していますが、中期的な観点に立ち、今後も地道に活動してまいります。

広報の多様化による公益活動の周知とこれを通じて質量ともに充実した助成研究希望者を発掘、これらに伴い当法人に対する積極的な評価の獲得を目指すことは、普及啓発のために重要な事業です。又、公益活動の展開の中でSR（Social Responsibility）活動にも引き続き目を向けていく必要があります。

(3) 法人管理事業

優先順位を明確にしたうえで業務の合理化を徹底し、以下の課題に取り組んで参ります。

① 正確かつタイムリーな経理情報
の作成と有効活用

② 関係諸団体との交流促進による
有用情報の入手と活用

③ 普及啓発事業を3本目のゆる
ぎない柱とするための施策

(4) 資金運用

当法人は、事業活動資金の全額を事実上財団の基本財産、特定資産（事業安定基金、資産活用基金）及びその他金融財産の運用利益に依存しています。

又、公益財団には、寄付金の獲得が推奨されていますが、当法人は事業目的との関係もあって、広く一般に寄付者を見出すことは困難です。

これらの実情に鑑み、当法人は基本財産、両基金及びその他財産の特性に応じた運用基準により、安全性に極力配慮しつつ、資金別に運用利回りの目標を具体的に定めて、可能な限り高い運用益を目指すこととしてまいりました。

長引く金利水準の低迷は、安全確実な資金運用を不可能とし、一定のリスクを覚悟した資金運用を余儀なくされています。従って、出来る限り基本財産等の毀損を招かないよう、従来以上に運用姿勢を慎重にし、状況によっては事業規模を圧縮していくことも必要です。

2021年度 事業計画のあらまし

I. 基本方針

当法人は、公益財団の基本思想に忠実であることを前提としつつ、「行動規範」に定める厳正な倫理に則り、公正かつ公平な活動を展開することをもって基本方針とし、引続き事業活動の中核に据えていきます。

本年度は、昨年からの新型コロナウイルスの収束の兆しが見えず、全ての活動が大きく停滞する中でスタートすることとなりました。その厳しい余波は、当財団の事業活動にも今までにない深刻な悪影響をもたらしており、原点に立ち戻って事業を再構築する必要があります。

この状況は国内のみならず全世界に及びつつあり、当分の間は見通しが立たない状況です。

従って、収支相償のバランスを考慮して、この原則から大きな乖離が発生しないように努めるとともに、前年度までに計画が確定している事業についても大胆に見直しをすることとします。

新たな取り組みとして、開始した特別普及活動などの将来を嘱望される事業についても、一旦は本流回帰を優先し、ウイルスの流行が収まったところで再度対応を検討することとせざるを得ない状況です。

II. 公益目的事業

当法人の事業目的は「人間と遊び」という視点に立った科学技術の振興に資する事業を行い、ゆとりと活力のある社会の構築に貢献することにあります。

1. 調査研究事業

(1) 「夢のゲーム」研究アイデアの公募目的の発展的変更

自由な発想で社会を豊かにする「夢のゲーム」研究アイデアの公募は、本年度で8回目となり、当法人の主要事業の一角を占める重要イベントに成長しました。

3月1日から4月18日の間に実施し、小学生から社会人まで、総数で390件（うち小中学生217件）のご応募をいただきました。

厳正なる審査の結果、最優秀賞1点、優秀賞10点、ジュニア賞10点が入賞しました。

又、図らずも当財団の広告塔としての効果が人口に膾炙されるようになったため、この側面も積極的に評価していただいております。

(2) 研究受託者の募集

上記の通り、これまで8年間「夢のゲームのアイデア」を募集し、毎年約20件前後を表彰してきました。ここでは、どのようなゲームがあったらいいかだけを問い、いかにしてそれを実現実装するかは不問にしています。設計制作の制約を外すことで、自由な発想をしていただくことがねらいでした。入賞作には、本当に実現実装できたらと思うものがいくつもあります。そこで今年度の調査研究として、過去3年間（第6回2019年度-第8回2021年度）の入賞作からひとつを選び、プロトタイプを制作することを課題にしました。

2021年10月15日に募集を締め切り、企画委員会と選考委員会の審査を経て、2022年1月末に採択者を決定、4月から研究に着手していただく予定です。

2. 助成研究事業

(1) 助成対象者の拡大

助成研究に関しては、助成研究A、助成研究Bの2分野に設定しました。

2021年10月15日で研究助成の実施希望者の募集を締め切り、選考委員会の書類審査と口頭審査を経て2022年1月末に採択者を決定、3月から研究に着手していただく予定です。

① 助成研究A-1：コンピュータゲームの分野に関する研究（重点研究テーマ：誰一人取り残さないためのゲーム）

助成研究A-1に関しては「骨太でゲームの根本に迫る課題」に重点化することを大枠の方針として助成しています。

② 助成研究A-2：コンピュータゲームの基礎的・基盤的研究

助成研究A-2に関しては「ユニークな基礎的・基盤的研究」に対して若手研究者や、専門外の研究者の研究を支援することも視野に入れて助成しています。

③ 助成研究B：『人間と遊び』の分野全般に関する研究

「ゲームの本質及び影響に関する研究」、「遊びの社会的諸活動への応用に関する研究」及び「助成研究A又はいずれの課題にも属さない『人間と遊び』の研究」

3. 普及啓発事業

老若男女誰でもがコンピュータを、学び、作り、利用し、楽しむことができる社会が到来し、「人間と遊び」という視点に立った科学技術の普及啓発の重要性が一段と増大してきました。

文部科学省が小学校3年生に対するコンピュータ教育を2020年から必須科目にすることなど、当法人の普及啓発事業は可能性と必要性に富んでいます。

当法人としても一公益事業法人の力のみでは限界があるので、他の法人との協働により、普及啓発事業を名実共に、調査研究、助成研究に続く3本目の柱として育成してまいります。

(1) IGDA日本との協働による事業

特定非営利法人 国際ゲーム開発者協会日本（以下「IGDA日本」という）との協働で、小中学生を主な対象とした普及啓発活動を継続してきました。しかしながら現状環境下やむなく2021年度は2020年度から延期されたワークショップ1件につき支援することとします。

(2) 研究成果発表会の開催

調査研究者及び助成研究者に成果の報告を義務付けるだけでなく発表の機会を与え、研究者相互はもとより一般の参加者との交流の場を提供するため、設立以来毎年研究成果発表会を開催してきました。昨年は奇しくもコロナ禍の状況で開催を中止せざるを得ない状況でしたが、本年は「第27回研究成果発表会」を11月2日に開催します。

(3) 年報「人間と遊び」継続の発行

第8号となる「財団レポート2019・2020」を発行することにより、研究成果を広く一般に普及・啓発すると共に、当法人の正史として記録します。

(4) 中山未来ファクトリーにおける特別普及活動

当法人の創業者・中山隼雄名誉会長の寄付等に応じ、東京大学総合図書館内に2017年に設置された「中山未来ファクトリー」において、昨年から特別普及活動を企画・開催しております。

この活動は、子供達や一般人が東京大学において〈あそび〉と〈文化〉を結ぶ新しく開かれた〈知の場所〉を創ることを目的としており、子供、学生、研究者が、学びや創造を体験するプレイヤーとなっており、技術と遊び、知の未来を生み出す主人公となる場を提供しようとするものです。

実現のために当法人選考委員会の大きな支援が期待されます。

(5) 財団活動の広報

当法人の公益事業の実績と計画を広報し、正当な評価を得ることは重要な活動であります。2012年度より積極的な広報活動の展開に着手し、2～3年毎にウェブサイトを更新してきましたが、インターネットの閲覧環境がPCからスマートフォンに急速に変化することに対応し、2018年1月からSNSの配信を開始しています。本年度はホームページを改修し、SNSへの導線を設置することとしています。

Ⅲ. 事業予算

本年度の事業予算は、基本財産中のセガサミーホールディングス株式会社株式の配当金を38百万円、その他の金融資産の期待運用利回りを16百万円等とする等により、計54百万円計上しました。これに対して、法人管理費は可能な限り圧縮して6.5百万円とし、従来同様の公益目的事業費は43.7百万円を計画しました。総事業費は50百万円となります。

(単位：千円)

科 目	2021 年度 (計画)	2020 年度 (実績)
経常収益	54,497	54,833
経常費用	50,302	46,820
事業費	43,727	39,366
管理費	6,575	7,454

調査研究及び助成研究に係る事業費の内直接費の総額は、22.1百万円を見込んでおります。なお、より優れた研究テーマを採択するため研究分野相互の予算を一部共通化し、個々の研究課題分野ごとに基準値の最大上下約40%の範囲で、弾力的な配分を行うことを可能にしております。

(単位：千円)

研究分野	下限値	基準値	上限値
調査研究	1,500	2,500	3,500
助成研究－ A	9,000	15,000	21,000
助成研究－ B	2,790	4,650	6,510

財団の歩み

1992-2020

1992

内閣総理大臣から7月21日に設立許可を受け、財団法人 中山隼雄科学技術文化財団を設置。「研究開発助成」、「国際交流助成」について助成事業開始



中山 隼雄

1932年生まれ。東京都出身。私財200億円余りを投じて当財団を設立し理事長に就任、2006年より名誉会長。(株)セガ・エンタープライゼス元社長。(株)パソナ元会長。(株)アミューズキャピタル会長としてゲーム事業・人材事業・IT事業分野に投資し、若手経営者の育成と企業価値の増大を支援。

1997

子どもの生命力活性化と遊びとの関係に関する研究結果を基に、PHP研究所から『子供の心を強くする本』発刊



2002

「財団リポート」10周年記念号発刊



1998

子どもの優しさ育成に関する研究結果を基に、PHP研究所から『子供のやさしさを育む本』発刊



1996

子どもの心の発達と遊びとの関係に関する研究結果を基に、PHP研究所から『遊びが育てる子どもの心』発刊

2000

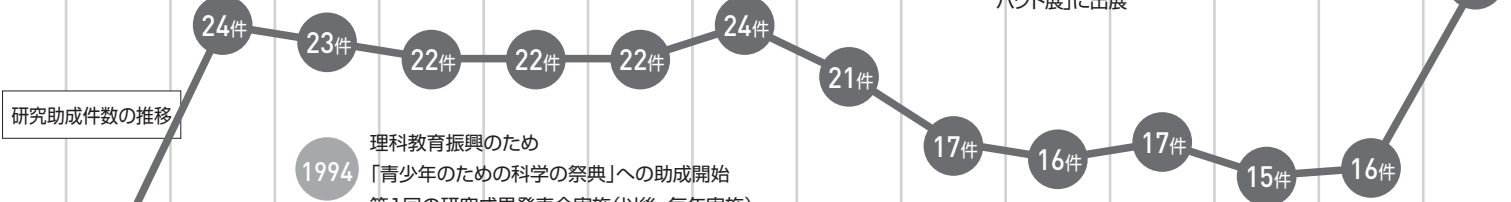
高齢者の福祉・介護に向けたゲームソフト「めんそーれ沖縄」を試作、「暮らしのデジタルインバクト展」に出展

2003

「ゲームが脳に与える影響」についての調査研究を実施

2005

研究助成件数の推移



1994

理科教育振興のため「青少年のための科学の祭典」への助成開始
第1回研究成果発表会実施(以後、毎年実施)

1993

委託による「調査研究」を開始
ゲームと脳・身体との関係などの研究を推進
財団の活動報告誌「財団リポート」第1号発刊

START

ゲーム業界の動き

社会の動き

1992
平成4年

●スーパーファミコンが台頭し、多人数プレイ用アダプタの登場で、多人数プレイ時代に突入

1993
平成5年

●「ニンテンドーコンピュータエンタテインメント」が設立され、次世代ゲーム機の開発に着手

1994
平成6年

●家庭用ゲーム機「プレイステーション」や「セガサターン」等、新ハードの度重なる発売により社会現象に

1995
平成7年

●Windows 95が発売されたのをきつかけに急速にインターネットが拡大

1996
平成8年

●「ロードオブモンスターズ」のサービス開始で、日本でのブラウザゲームが幕開け

1997
平成9年

●ゲームソフトがコンビニでも販売され、ゲームの流通形態が大きく変貌

1998
平成10年

●「ドリームキャスト」発売。ゲームハードとしては初めてモデムを標準搭載し、買つてすぐにインターネットが出来る高性能マシンが登場

1999
平成11年

●通話中心の携帯電話が「i-mode」の登場で手のひらサイズのインターネットデバイスへさまざまなコンテンツの提供

2000
平成12年

●新ハード機「プレイステーション2」発売で、クオリティの高いゲームソフトが実現

2001
平成13年

●新ゲーム機「ゲームボーイアドバンス」、「ゲームキューブ」発売

2002
平成14年

●「リテラックオンライン」の日本での大ヒットによりオンラインゲーム市場が拡大

2003
平成15年

●セガとサミーが事業統合を発表

2004
平成16年

●本格的なSNSの始まり

2005
平成17年

●家庭用ゲーム機「Xbox 360」発売

●毛利さん宇宙へ
アメリカ大統領選でクリントン氏当選

●皇太子、雅子さまと成婚

●大江健三郎氏がノーベル文学賞受賞

●阪神淡路大震災
EU新体制発足

●消費税5%に

●ユーロが始動

●三宅島噴火
ロシア大統領にプーチン氏当選

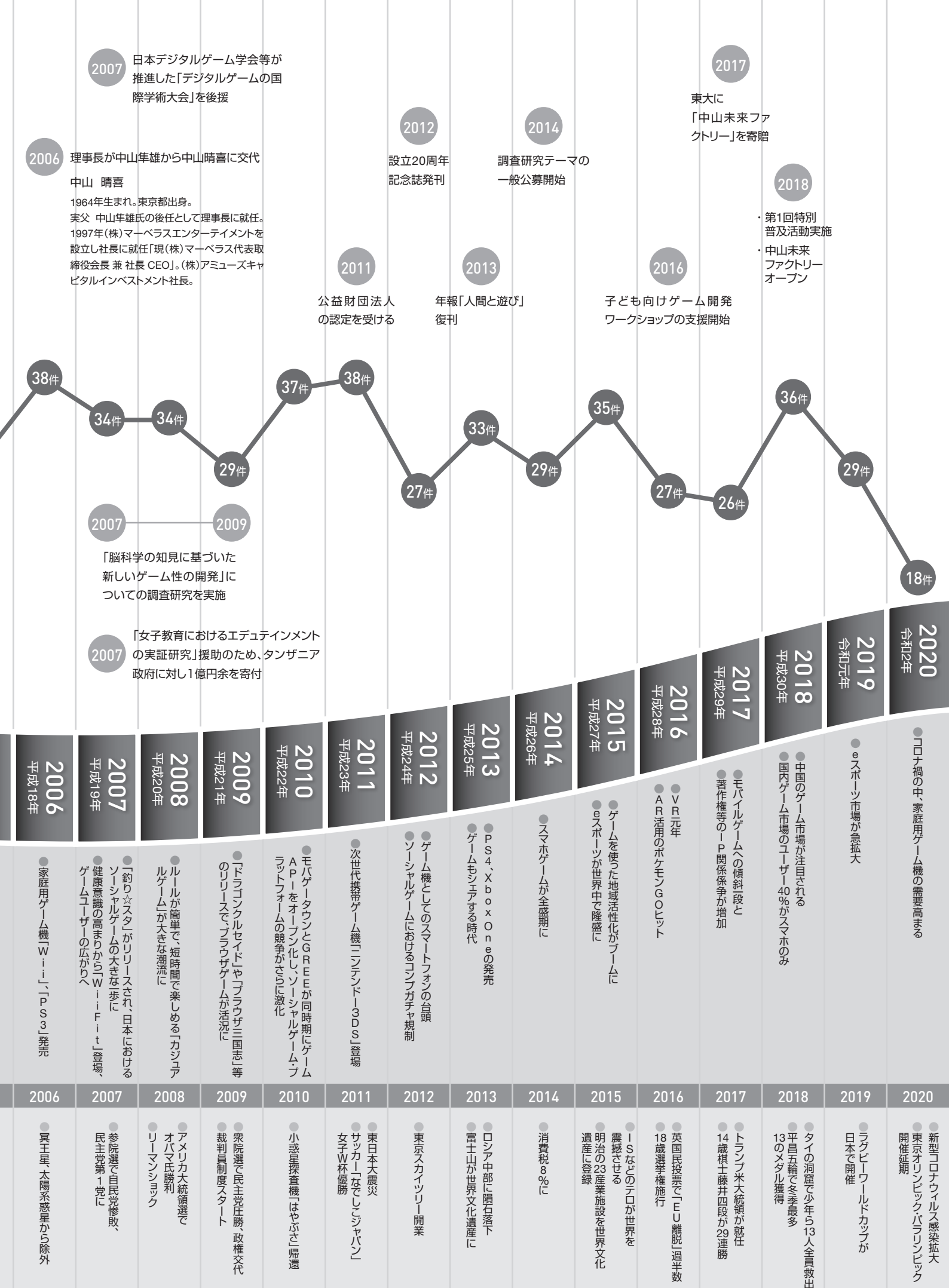
●小泉内閣が発足
アメリカで同時多発テロ

●サッカーW杯日韓共同開催

●ヒトゲノムの解読完了
アメリカ、イギリス軍がイラク攻撃

●アテネで10年ぶりに五輪開催

●愛知万博開催



2019 年度 研究成果報告

調査研究:指定課題②

仮想同行体験システムに関する研究

～コミュニケーションの多様化に対応する技術

- 博物館におけるソーシャルインクルージョンを実現する
テレコミュニケーションロボットのデザイン
松村 耕平 22

助成研究A-1(2年間):

重点研究「超高齢化社会におけるゲームデザイン」

- HMD 空間における体外離脱の誘発に関する研究
小鷹 研理 24

助成研究A-2(2年間):

基礎的・基盤的研究

- 新産業生成としてのビデオゲームビジネスの
オーラル・ヒストリー
清水 洋 26
- 実世界人狼ゲームのデータセット作成と
対話技能習得過程の分析
大澤 博隆 28
- プレイヤー自身の感情制御を余儀なくされる
対戦型ゲームの開発
有本 泰子 30
- ドローンレースの娯楽性を向上させる配信技法の研究
末田 航 32
- 日本・中国・欧州のデジタルゲーム文化・市場の
比較調査研究
小林 信重 34

助成研究A-1(1年間):

重点研究「社会と向き合う/人とつながるゲーム」

- 伝統的色彩語彙を増やすカードゲームの研究
日高 杏子 36
- Control-Aided Reality 技術による
ビリヤードゲームのデザイン
南 裕樹 38
- 森林の循環利用を学ぶためのカードゲーム開発
北橋 善範 40

※本誌では研究成果報告の概要書を掲載しています。
報告書本文をご希望の方は財団事務局にご請求ください。

※助成研究 A : ゲーム分野の研究に対する助成

※助成研究 B : 「人間と遊び」に関する各種研究に対する助成

▪ 対戦型ゲームと見守り機構を通した 対話の活性化にもとづく包括的介護予防の枠組構築 北越 大輔	42
▪ 人とのつながりの中で進化し続けるカードゲームの 実証研究 萩原 憲二	44
▪ 砂場インタフェースによる津波防災まちづくりゲーム 佐瀬 一弥	46
▪ Positive Aging に向けた高齢者の体験デザインと行動変容 南澤 孝太	48
▪ ゲームフィケーションによるサービスロボット操作への エンターテインメント性の付与 中西 英之	50

助成研究A-2(1年間):

基礎的・基盤的研究

▪ ゲーム開発ツールリポジトリの調査と構築 今給黎 隆	52
▪ HMD 機器による視覚誘導性自己運動感覚の研究 蘆田 宏	54
▪ ゲームプレイ時の姿勢がプレイヤーの行動に与える影響 福島 宏器	56
▪ 深層カプセルネットワークを用いた 高精度アイトラッキングとユーザ情動推定への応用 河合 新	58
▪ 準天頂衛星システム“みちびき”を用いた空間楽器の試み 古川 聖	60
▪ ゲーム内の攻撃行動を伴う向社会的行動が プレイヤーの向社会的性と攻撃性に与える影響 林 志修	62
▪ 個人の感覚特性に応じた VR 空間における擬似触覚認知 福井 隆雄	64

助成研究 B

▪ ギリシアの初期鉄器時代における土製玩具とその社会的背景 高橋 裕子	66
▪ ディープラーニングを活用した ゲームプレイヤーに与える音・振動情報の最適化 寺島 修	68
▪ 自律的に創造した遊びを通じて成長する人間型知能の開発 田中 一敏	70
▪ 将棋東南アジア伝来説の提唱者アレックス・ランドルフと 日本 清水 康二	72
▪ 外部電源不要・不特定交換型ソーシャル音楽システムの制作 藤木 淳	74
▪ ルールの変更が生み出す新たなプレイの実験的解明： スリーオンスリーバスケットボールを対象として 関 博紀	76
▪ ウシやヤギにおける「闘いのルール」の解明と、 一般人への啓発 青山 真人	78
▪ 「遊び」の構成要素の分析の試み 須藤 勲	80
▪ 将棋の起源および大型将棋の呪術性に関する研究 高見 友幸	82

国際交流 (参加)

▪ 2019 International GamiFIND Conference (Gamification in University Education in Hong Kong, Taiwan, and Japan) Chia-huei Tseng	84
▪ Proposal of Creativity Evaluation Method Using Well-Structured Problems (International Conference on Computational Creativity 2019) 福井 昌則	86
▪ 50th Anniversary International Simulation and Gaming Association Conference 横山 実紀	88
▪ International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA) 謝 浩然	90



博物館におけるソーシャルインクルージョンを実現する テレコミュニケーションロボットのデザイン

立命館大学 情報理工学部

講師 松村 耕平

はじめに テレコミュニケーションロボット、ないし、テレプレゼンスロボットとは、簡単に言えば、カメラとディスプレイを介したテレビ会議システムと移動能力を持ったロボットを組み合わせたもので、利用者はロボットを介して遠隔地に「存在」し、コミュニケーションをとることができます。

これらは、多忙なビジネスマンが遠隔会議の用途で使うだけでなくあらゆるヒトが使える技術となりつつあります。ロボットによって、例えば身体の不自由があったり、育児中であったり、あるいは、ビザの取得の困難や疫病の流行により離れた場所へ移動することができないような人々が、世界中のどこへでも仮想的に旅をすることができるようになってきています。

このようなテレコミュニケーションロボットは今後いろいろな場所に置かれることになると思いますが、例えば博物館に導入される未来を考えてみましょう。そんな未来では、例えば日本に住む私たちが、遠くパリのルーブル美術館を楽しむだけでなく、関連のある展示物同士がつながり、掲掲ジャパン日本興亜美術館にあるゴッホの「ひまわり」を見たあとで、ロンドンのナショナルギャラリーに収蔵される同作品、アムステルダム・ゴッホ美術館に収蔵される同作品を見て比べるといった、今までは到底できなかったような鑑賞体験を得ることができます。私はそのような「つながる」ミュージアムをどのように実現するか、という研究を続けています。

今回の研究課題を含むもう一つのキーワード「ソーシャルインクルージョン」とは、社会的に弱い立場にいる人たちも含めて、あらゆるひとを排除や摩擦、孤独や孤立から守り、社会の一員として取り込んで支え合おうとする考え方です。

私たちの社会には、様々な考え方を持った人や、様々な身体的特性を持った人がいます。それらの特性を必ずしも受け入れられる社会システムになっていないのが今の実情です。例えば、先天的な疾患や、病気で家や病院から出歩くことができない人は社会との接点が限られてしまいます。

この研究課題では、博物館においてソーシャルインクルージョンを実現するためにテレコミュニケーションロボットがどのような役割を果たすのかを、ワークショップを通じて調査し、適用

可能性を検討します。また、博物館でのテレコミュニケーションロボットがどのような機能や外観を備えるべきか、インタラクションデザインの手法を用いて検討します。

研究の方法 この研究課題の目的をまとめると「博物館におけるソーシャルインクルージョンを実現するためのロボットをどのようにデザインすればよいのか」という知見を得ることです。

この目的を叶えるために、(1) 現状の理解、(2) 課題の発見、(3) デザイン、(4) 評価という4つのステップで研究をすすめることにしました。以下、それぞれについて簡単に説明します。

(1) 現状の理解

既に存在しているテレコミュニケーションロボットを実際の博物館に持ち込み、それを実際の現場でつかってみることで、どんな使われ方がされるのか、どんな困難が生じるのかなどの知見を得ます。具体的には吹田市立博物館および吹田市民病院の協力を得て、吹田市民病院に入院する患者が吹田市立博物館で開催される企画展の展示解説にロボットを通じて参加するワークショップを実施します。ワークショップでは博物館で参加する学芸員、および、病院側から参加した患者に対して半構造化インタビューを行います。

(2) 課題の発見

(1)で行ったインタビューの内容から、ロボットを介したコミュニケーションへの要求やシステムの可能性を明らかにします。特にここでは、インタビューなどの質的データに対する分析手法である主題分析法を用いて、その分析を試み、テレコミュニケーションロボットをもちいた博物館イベントにおける課題や要求を定義します。

(3) ロボットのデザイン

(2)で明らかになった課題や要求を満たすロボットをデザインします。博物館におけるテレコミュニケーションロボットの一つの在り方の例が示されます。

(4) システムの評価

(3)でデザインされたロボットが果たして課題を解決することができるのか、新たな課題、あるいは、新しい使われ方の発見はないだろうか、といった視点を持って評価します。

結果 以下、それぞれの結果を説明します。

(1) 現状の理解

吹田市立博物館および吹田市民病院の協力を得て、吹田市民病院に入院する患者が吹田市立博物館で開催される企画展の展示解説にロボットを通じて参加するワークショップを実施しました。ワークショップにはSuitable Technology社のロボット Beam を用い、博物館側からは展示解説ツアーを行う学芸員1名、病院側からは20名の患者が参加しました。博物館では学芸員の他に20名程度の参加者がロボットと一緒に展示解説ツアーを体験しました。病院側の患者は、ロボットを介して展示物や展示解説を体験しました。



図 2 ワークショップの様子

図 2 はワークショップの様子を表しています。ロボットが博物館での展示解説に参加していることがわかります。ワークショップは博物館側、病院側それぞれで半構造化インタビューを実施しました。博物館側には展示解説を行った学芸員を含め、博物館の職員4名が、病院では患者2名がインタビューに参加しました。インタビューは録音され、30分から1時間程度行われました。録音されたデータは後日文字起こししました。なお、ワークショップは取材され、テレビ放映されました。

(2) 課題の発見

文字起こしされたインタビューデータを質的分析の手法である主題分析法を用いて分析しました。主題分析は文をコードという意味断片に区切り、コードのまとまりであるハイオーダーコードの生成、主題の構成という段階を経て考えや課題を明らかにする手法です。主題として「a. 非対称メディアとしてのロボット」、「b. 変化を前向きに捉える」、そして、「c. そこにいること繋がること」という3つが導かれました。それぞれ、a. ロボットと来館者や学芸員、病院のワークショップ参加者の間に生まれた非対称性と、それらを繋ぐ役割をしたロボットに関する主題、b. 入院などによって生活を変えることを余儀なくされたことに対してポジティブに向き合おうとする姿勢に関する主題、c. は地域性やその場での役割を持った施設や仕組みがあり、それらがロボットを介して双方向に繋がることの意味に関する主題となります。これらの

主題やコードの分析を通してロボットの担うべき役割や問題が明らかになりました。

(3) ロボットのデザイン

主題分析からロボットは様々な「非対称性」に対応するための外観およびインタラクションデザインが必要であることがわかりました。例えば、ロボットが1台であるのに対して、病院では複数の参加者がおり、その存在を博物館で表現できていませんでした。あるいは人間とロボットの移動の方法が異なり、またその動きを予測できないという非対称性もありました。

本研究ではこれらの非対称性を解決ないし改善するためのロボットのデザインを行いました。



図 1 デザイン

図 1 はロボットを3Dモデルとして表現したものです。ロボットには6面のディスプレイが取り付けられ、複数人が同時にロボットを介して遠隔地に存在、コミュニケーションを取ることができます。また、この6面に展示物を映すことで、ロボットの周囲にいる人々は、普段見られない展示物の裏側などをロボットを介して見ることができます。ここで説明した以外にも「非対称性」を改善、ないし、活用するための機能・インタラクションデザインを行いました。

(4) システムの評価

私たちはデザインしたロボットを実現するために作業を進めているところですが、開発には多少の時間が必要です。一方でシステムの有用性を評価することは少なからず進めなくてはなりません。そのため私たちはロボットを3Dでも及び博物館をバーチャルリアリティ（VR）環境として構築してその評価を行うための仕組みを作りました。



図 3 VR シミュレータ

図 3 は作成したVR環境の一部です。ロボットの画面には複数のカメラ映像が写り、遠隔参加者を模擬できます。VR ヘッドマウントディスプレイなどを用いて没入的にこの空間に参加することで評価実験を実施することができます。

まとめ 博物館におけるソーシャルインクルージョンを実現するためのロボットのデザインをワークショップの実施とその分析から行い、評価のためのVRシミュレータを開発しました。ロボットとして実装した上で、その検証を進めたいと考えます。



HMD 空間における体外離脱の誘発に関する研究

名古屋市立大学芸術工学研究科

准教授 小鷹 研理

1. 研究背景

仮想空間において、対面や距離的にもレンジの広い状況が想定されうるアバターに対して、プレイヤーの身体所有感を投射することは原理的に不可能である (Blanke, 2012)。つまり、身体所有感の投射に拘る限り、プレイヤーは、仮想空間でアバターに生じた出来事を文字通り自分自身の身体に生じたものとして受け止めることができない。他方、幽体離脱は、身体から視点が空間的に分離してもなお、大元の身体に対する所有意識が損なわれない認知現象である。従って、幽体離脱中に自分の身体を俯瞰する認知モードを、プレイヤーの視点とアバターの視覚イメージとの関係に適用することは有用である (小鷹 2017)。種々の文献によれば、健常者が遭遇する幽体離脱の 73%、脳疾患に起因する幽体離脱の 80%が、仰向けの状態で経験されていることが指摘されている。さらに、この際、身体から切り離された視点は、多くの場合、(実環境においても実験環境においても) 上方へと移動し、天井からぶら下がるようにして自分自身を見下ろすような主観的状態がとられる (Blanke, 2002)。このとき、寝ている身体を見下ろす主観的な水準の身体の姿勢 (うつ伏せ) は、実際の物理状態 (仰向け) を (正中線を軸として) 180 度回転させた形をとっている。すなわち、典型的な幽体離脱では、主観的に感じられる重力の方向が反転していることがわかる。こうした重力反転は、実験室において Full Body Illusion を誘発する VR 環境で確認されている (図1の down-group)。Ionta らは、仰向け状態

で HMD を装着した被験者が、視線の先に呈示された、(被験者と同じ方向を向いている) アバターをちょうど背面から凝視するとき、1/3 程度の被験者が、アバターを上から見降ろしているような主観状態に転ずることを明らかにした (Ionta, 2011)。この実験パラダイムは、その後、Pfeiffer らによる一連の実験に引き継がれ、そのような重力反転の起こる頻度は、呈示されるアバターの傾き、視覚的に暗示される重力の方向によって影響を受けること、さらに、重力反転の起こりやすさに関わる個人差は、Rod-Frame Test で分類される「場依存・場独立」の対立で部分的に説明できることを明らかにしてきた。

以上の知見は、Full Body Illusion の実験パラダイムを基礎とするものであるため、アバターと HMD 装着者の身体の向きが揃っていることが前提となっている。実際、Pfeiffer らの実験系では、被験者は常にうつ伏せ状態で Full Body Illusion を誘発される。前記のように、実際の幽体離脱の多くが、うつ伏せ状態かつ対面状況で生じていることを鑑みれば、Pfeiffer らが見出した重力反転の誘発頻度が、HMD 装着者とアバターとの空間関係に依ってどのように変化するかを検証することは、幽体離脱と重力反転との関係を明らかにするにあたって有用である。以上の観点から、本研究は2つの実験を行なった。

2. 実験1

三つの姿勢「仰向け」「立位」「うつ伏せ」のいずれかの姿勢をとった被験者に対して、HMD を通して2つの方向 (Fall/Rise) のvection を誘発するオプティカルフロー映像を呈示する。実験手順は、映像を見せる前に、重力整合または重力反転のいずれかの一方の移動イメージを想像するよう注意を促したうえで、いずれかの向きの視覚刺激 (Fall or Rise) を 20 秒間呈示した後、7 段階で移動感覚の強度を評価させた。

図2下に実験結果 (N=7) を示す。各要因の効果を検証するため、被験者の姿勢と重力反転の有無を要因とする二要因の被験者内分散分析を、Fall と Rise のそれぞれの視覚刺激に対して行った。まず、Fall の場合、重力反転の主効果が得られたが ($F(1,6)=16.72, p<0.007$)、その他の主効果・交互作用は確認されなかった。より詳しい分析を行うため、各姿勢における重力反転の効果を対応のある t 検定で比較したところ、立位状態とうつ

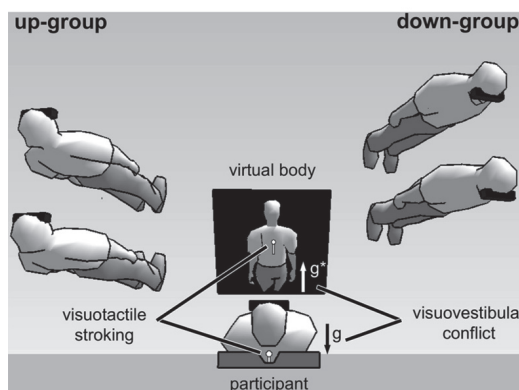


図1 Full-Body-Illusion における重力反転 (Pfeiffer による図を修正)

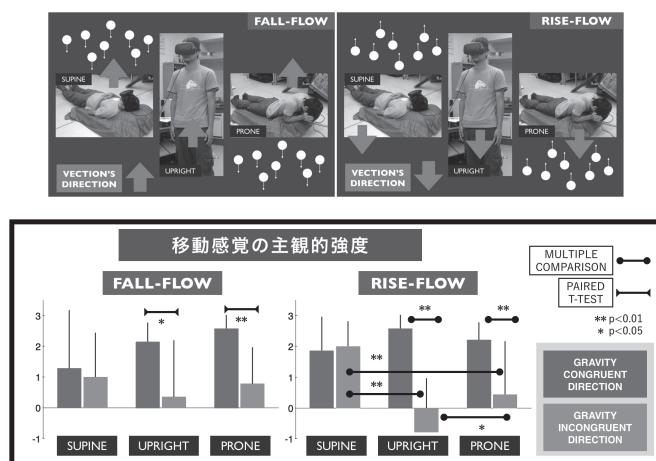


図2 実験1のセットアップ・実験結果

伏せ状態では、重力反転運動と比較して、重力整合運動に対応する移動感覚が有意に高い結果が得られた（立位状態： $t(6)=3.32$, $p<0.02$ ；うつ伏せ状態： $t(6)=5.55$, $p<0.01$ ）。Riseの視覚刺激の場合、重力反転の主効果（ $F(1,6)=29.17$, $p<0.003$ ）と姿勢の主効果（ $F(2,12)=3.79$, $p<0.01$ ）に加え、交互作用の主効果（ $F(2,12)=8.56$, $p<0.005$ ）が確認された。さらに、多重比較の結果、立位状態とうつ伏せ状態においては、重力反転によって有意な水準で移動感覚が減少することが分かった（ともに $p<0.01$ ）。加えて、重力反転運動における移動感覚に着目したところ、全ての姿勢条件間で有意な差を確認した。とりわけ、仰向け状態の移動感覚は、他の二つの姿勢の移動感覚よりも有意に高い（ともに $p<0.01$ ）。なお、いずれの視覚刺激に関しても、仰向け状態においては、重力反転の有無が移動感覚の大きさを有意に変えることはない。平均値の水準で見ても、重力反転がvectionの強度に与える影響も与えていないのは一目瞭然である。以上の結果より、うつ伏せ状態は、他の姿勢と比較して、主観的に反転した姿勢のイメージ（とそれに伴う重力方向の主観的反転）が経験されやすいことを示すものである。

3. 実験2

被験者は、うつ伏せの状態でちょうど天井を見上げるかたちでHMDを装着する。HMD内の映像は、実験1と同様に、大量のパーティクルが下降（Fall）、または上昇（Rise）するものである。この際、HMDの視点の1.5m前方（つまりうつ伏せ状態の被験者のちょうど1.5m上方の位置）に、アバターまたはサッカーボールを固定する。この際、アバターは、図4に示すように、Front、Back、Above（2種類）、Below（2種類）のいずれかの向きで固定される。被験者のタスクは、視点の先に見えるアバターに関する2方向の運動イメージを想像してもらった後、なるべく早く「どちらの運動イメージが、自分にとってより自然に受

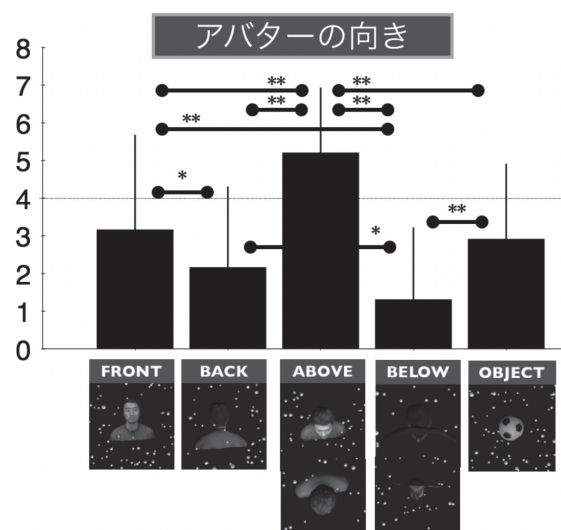


図3 実験2の結果（重力反転報告の頻度）

け入れられやすいか」を、二択で解答することである。図4に実験2の実験結果（ $N=24$ ）を示す。

実験の結果のうち、二種類の「視覚刺激の向き」条件（Fall vs Rise）で重力反転頻度を比較したところ、Rise（上昇感覚）の方が、有意な水準で、より多くの重力反転を引き起こすことが示された（ $t(23)=2.92$, $p<0.01$ ）。さらに、「アバターの向き」を要因とする被験者内分散分析を行ったところ、アバターの向きの主効果が確認された（ $F(4,92)=25.61$, $p<0.01$ ）。さらに多重比較（Ryan's Method）により、それぞれの「アバターの向き」による重力反転頻度を比較したところ、Aboveは、他のどの条件と比較しても、有意な水準で頻繁に重力反転を誘発することが分かった（全て、 $p<0.01$ ）。すなわち、上下の反転を示唆するアバターの映像は、重力反転の強化因子となることが明らかとなった。

4. おわりに

本実験における最も重要な知見は、上下の感覚があべこべとなるような主観的な方向感覚の反転は、寝転がっている姿勢のときに最も強く生じることを実験心理的な手法で示した点にある。本報告書では述べたが、実験1で得られた結果は、その後に行なった30人を超す被験者による追試でも、同様に再現されている。こうした結果は、仰向けの状態では、映像空間の視点操作に対して適応性が高いことを示唆しており、HMDを含むような一人称的映像体験において、姿勢の影響を考慮することの重要性を強く提起するものである。さらに、こうした結果は、体外離脱感・寝転がっている状態で多く報告されていることとも整合的である。今後、体外離脱感における認知研究・症例研究とVRにおける工学研究が相互に手を取り合うことで、より興味深い社会的実装へと近づくことが期待される。本研究が、そうした分野横断的展開の一助となれば幸いである。



新産業生成としてのビデオゲームビジネスのオーラル・ヒストリー

早稲田大学商学大学院

教授 清水 洋

1. プロジェクトの目的と研究体制

このプロジェクトは、ゲームビジネスの草創期に活躍した人物のオーラル・ヒストリーを収集することを目的としている。コンピュータを利用したゲームはアメリカで生まれ、タイトーの『スペースインベーダー』や任天堂の『ファミリーコンピュータ』とその対応ソフトなどによってビジネスとして成立した。その後、日本の市場と企業によって育てられて世界的なビジネスになり、現在の様々なコンピュータのゲームに影響を及ぼしている。日本のコンピュータ・ゲームとそのビジネスは、世界的なインパクトを有するイノベーションである。

その一方でこのようなイノベーションがどのような経緯を経て生成してきたのかは十分に明らかになっていない。そこで、このプロジェクトでは、ゲームという娯楽がどのように産業化されてきたのかについて聞き取りをしていく。

2. 研究期間（2019年度～2020年度）での取り組み

このプロジェクトは、一橋大学と立命館大学、そして筑波大学が共同事業として、2016年度から文化庁のメディア芸術連携推進事業を得て、スタートしたものである。公益財団法人中山隼雄科学技術文化財団からは2018年度から2年間助成を頂いている。

申請書でも書かせていただいたように、文化庁の事業の性質上、実質的には4ヶ月間しか聞き取り調査を行うことができないため、年間を通じて着実に聞き取り調査を実施していくようなものには共同事業に向かないことが分かってきた。そのため、今回、貴財団の助成を受け、年間を通じて安定的に聞き取り調査を行えたことは大きな成果であった。

聞き取り調査は、ゲームの黎明期からゲームの開発された方々（佐藤秀樹氏、岩谷徹氏、中本博通氏、内藤時浩氏、呉英二氏、石山隼行氏、吉井田清氏）、ハードの開発に携わっていた方（高橋豊文氏、齋藤利治氏）、アーケードゲームのオペレーションに携わった方（高井一美氏）、ゲームを産業として成り立たせるうえで欠かせない役割を担ったと考えられるメディア関係者（石井ぜんじ氏、大橋太郎氏、西村吉雄氏）へ行った。聞き取り調査は、1回、3～4時間程度、同一人物に複数回なされており、内容

の濃いものとなっている。

聞き取り調査はテープ起こしを行った後、専門的な用語についての確認、校閲を行った後、聞き取り対象者の確認を経た後、一橋大学イノベーション研究センターのリサーチライブラリ (<http://pubs.iir.hit-u.ac.jp/>) において公開した。この2019年～2020年までの2年間で、聞き取り調査の結果として33本のワーキングペーパーを公開することができた。本プロジェクトの成果であるオーラルヒストリーのワーキングペーパーのダウンロード数は、通常のワーキングペーパーよりも多く、資料として注目されていると言える。

3. 研究期間で明らかになってきたこと

これまでの聞き取り調査において、①新産業が生成する上でのメディアの役割、②補完的な経営資源の利用可能性などが明らかになってきた。

①新産業が生成する上でのメディアの役割

ゲーム産業が立ち上がる前には、新聞や雑誌が、コンピュータやプログラミングなどについての情報を媒介する重要なメディアとなっていた。それらのメディアがアマチュアのマイコン愛好家のコミュニティを形成するのを促進し、そのプロセスで職業としてのプログラマーなどゲーム産業の形成に必要な要素が形作られていった。多くの人物が聞き取り調査を行うことによって、このメディアのコミュニティ形成機能が明らかになった。

②補完的な経営資源の利用可能性

新しい産業が生成する際には、その産業のためにつくられた部品やその産業に特殊な専門性をもった人材などが事前に存在しているわけでもない。そのため、新しい製品やサービスを生み出していくためには、既存の部品やスキルを転用する必要がある。換言すれば、転用できる経営資源が利用可能であることは、新しい産業が生成する上で重要である。ゲーム産業が生成する上でも、汎用的なCPUが利用可能になったことや、既存の流通網の活用など、補完的に転用可能な経営資源が利用できたことが産業の生成のあり方に大きな影響を与えていた。

4. 今後の研究への展開

オーラルヒストリーのプロジェクトにより、産業が生成するプロセスでは多様な新規参入企業や撤退企業が存在していたことが分かってきた。しかし、オーラルヒストリーを通じた聞き取り調査では、どうしても新規参入企業や撤退企業については体系的な情報収集ができるわけではない。より体系的な情報の収集が必要となる。しかしながら、多くの企業は上場しておらず、財務諸表などの情報が開示されているわけではない。

文化庁のメディア芸術データベースでは、これまで発売されたゲームのソフトウェアやハードウェアについての情報が網羅されている。しかしながら、タイトルや企業名は網羅されているものの、それらの企業についての情報はない。そこで、帝国データバンクの企業情報をメディア芸術データベースに接合し、新たな研究を進めていくプロジェクトを計画している。一橋大学と帝国データバンクとの共同研究の枠組みにおいて、『イノベーションと新産業生成：ゲーム・ビジネスにおけるイノベーションと新産業の生成に関する実証研究』として量的な実証研究として発展させていくこととなっている。

5. 2019～2020年に公開したオーラルヒストリーのリスト

全てのリストは一橋大学イノベーション研究センターのリサーチライブラリ (<http://pubs.iir.hit-u.ac.jp/>) で閲覧できる。

1. 佐藤秀樹第4回インタビュー前半：セガのゲーム開発の歴史と社風
2. 佐藤秀樹第4回インタビュー後半：セガのゲーム開発の歴史と社風
3. 石井ぜんじ第2回インタビュー前半：アーケードゲーム専門誌『ゲームスト』の独創的な誌面作りとアーケードゲーム論
4. 石井ぜんじ第2回インタビュー後半：アーケードゲーム専門誌『ゲームスト』の独創的な誌面作りとアーケードゲーム論
5. 岩谷徹第2回インタビュー前半：ナムコビデオゲーム黎明期の開発体制
6. 岩谷徹第2回インタビュー後半：ナムコビデオゲーム黎明期の開発体制
7. 岩谷徹第3回インタビュー前半：『キューティQ』『パックマン』におけるゲーム開発・企画の手法
8. 岩谷徹第3回インタビュー後半：『キューティQ』『パックマン』におけるゲーム開発・企画の手法
9. 岩谷徹第4回インタビュー前半：ナムコビデオゲーム開発の歴史と発想法
10. 岩谷徹第4回インタビュー後半：ナムコビデオゲーム開発の歴史と発想法
11. 高橋豊文第1回インタビュー前半：生い立ち～リコーでゲーム開発業務に携わるまでの証言
12. 高橋豊文第1回インタビュー後半：生い立ち～リコーでゲーム開発業務に携わるまでの証言
13. 高橋豊文第2回インタビュー前半：任天堂の家庭用ゲーム開発時の証言
14. 高橋豊文第2回インタビュー後半：任天堂の家庭用ゲーム開発時の証言
15. 大橋太郎第3回インタビュー前半：電波新聞社のゲームソフトとグッズの流通、および販売についての証言
16. 大橋太郎第3回インタビュー後半：電波新聞社のゲームソフトとグッズの流通、および販売についての証言
17. 斎藤利治第1回インタビュー前半：デジタル通信技術とゲーム開発の歴史の証言
18. 斎藤利治第1回インタビュー後半：デジタル通信技術とゲーム開発の歴史の証言
19. 斎藤利治第2回インタビュー：携帯電話用プラットフォームとドリームキャストのハード開発
20. 中本専通インタビュー前半：データイースト在職時の証言
21. 中本専通インタビュー後半：データイースト在職時の証言
22. 西村吉雄インタビュー：ジャーナリズムの視点から見た、日本のエレクトロニクス産業のゲームとの関わり
23. 内藤時浩インタビュー前半：ティーアンドイーソフトにおけるゲーム開発の証言
24. 内藤時浩インタビュー後半：ティーアンドイーソフトにおけるゲーム開発の証言
25. 呉英二インタビュー前半：呉ソフトウェア工場の設立とゲーム開発についての証言
26. 呉英二インタビュー後半：呉ソフトウェア工場の設立とゲーム開発についての証言
27. 高井美インタビュー：アーケードゲームのオペレーション、およびレンタル業務などについての証言
28. 石山隼行インタビュー前半：アスキー在籍時の業務内容と、MMOゲーム黎明期の開発・運営に関する証言
29. 石山隼行インタビュー後半：アスキー在籍時の業務内容と、MMOゲーム黎明期の開発・運営に関する証言
30. 吉井正晴インタビュー前半：セガおよびゲーム業界黎明期のゲーム開発、業界事情についての証言
31. 吉井正晴インタビュー後半：セガおよびゲーム業界黎明期のゲーム開発、業界事情についての証言
32. 吉井正晴インタビュー第2回前半：セガおよびセガ・オブ・アメリカにおけるゲーム開発・販売業務についての証言
33. 吉井正晴インタビュー第2回後半：セガおよびセガ・オブ・アメリカにおけるゲーム開発・販売業務についての証言

実世界人狼ゲームのデータセット作成と対話技能習得過程の分析



筑波大学 システム情報系

助教 大澤 博隆

1. 研究目的

本研究では実世界上の人狼ゲームのデータセットを作成し、コミュニケーション技能獲得過程を分析する。多人数議論からスパイを発見する人狼ゲームは他者の意図を読むという、人間の社会的な知能が試される課題であり、チェスや囲碁に続く新たな指標的ゲーム研究課題として、人工知能分野で注目が集まっている。また人狼は、企業内研修や言語教育など、コミュニケーション技能を教育するための手法としても注目が集まっている。オンラインゲームとしての人狼はログが残るため、提案者の過去の助成研究（人狼知能の開発）では、こうしたオンラインゲームの分析を元に人狼ゲームをモデル化し、人工知能で扱うためのプラットフォームを作成してきた。しかし対人の人狼ゲームはリアルタイムのコミュニケーションが展開するため、標準的な計測手法、良質なデータが存在しないことが複数の研究者から問題として挙げられている。そのため上記の教育手法としても、学術的な知見・根拠が少なく、人狼ゲームのプロによる経験を通じた教授法に留まっている。人狼ゲームの教育的な効果を測定するためには、良質のデータに基づく分析が必要となる。本研究ではゲーム中の行動を取得するためのプラットフォームを開発し、実際の人間行動を記録したデータセットを作成する。これを用いて人狼ゲームにおけるどのような行動が説得技術の向上に結びついているか、分析する。

2. 測定システムの開発

我々の考慮する測定が十分にできるかどうか、まずプロトタイプを作成した。VR 人狼渋谷

と連携し、事前評価のための環境を整え、協力者である VR 人狼渋谷の高橋氏、のりたま氏との調整の元、2018 年 4 月にゲームデータの取得を行った。本研究では、人狼ゲームをプレイする様子を撮影し、動画を解析することで、実世界人狼ゲームの姿勢情報を取得した。

本システムでは、撮影用の 360° カメラに PixPro SP360 4K を用いた。フレームレートは 29.97fps、画質は 2880*2880pixel である。画面の歪みは Adobe 社の After Effects でパノラマ画像へと変換した。変換の際の情報の不足は、バイキュービック法で補った。変換したパノラマ画像は OpenPose によって処理し、姿勢情報を取得する。OpenPose は人間の各関節の座標データを二次元で出力する。対応する関節は鼻・首・右肩・右肘・右手・左肩・左肘・左手・右腰・右膝・右足・左腰・左膝・左足・右目・左目・右耳・左耳の全 18 点である。

本研究では、人狼ゲーム中の非言語情報を定量的に解析するための指標として、プレイヤーが表出する特徴的な動作をいくつか挙げ、定式化した。動画の 1 フレームごとに各指標を測定し、1 ゲームごとにその平均値を取る。測定の対象となるフレームは、各ゲームの昼の議論時間に該当する箇所を対象とした。

3. 特徴的な分析結果

分析結果の詳細は文献[1]に記載がある。本稿ではその一部を紹介する。狂人と占い師の arms_degree に着目する。Cashdan では、腕の開き具合とその場のコミュニケーションでのリーダーシップとの関係性を指摘している。arms_degree が大きいほど、人狼ゲームの議論の場において強い影響力を持っていると考えられる。狂人と占い師の arms_degree を比較し

た所、占い師と狂人のどちらがリーダーシップを持つかで1ターン目でのゲームの展開において、どちらの陣営が有利になるかに影響することがわかった。また、2ターン目になると、両者のarms_degreeによる影響は見受けられなくなる。1ターン目と2ターン目のコミュニケーションの性質が変容していることが考えられる。

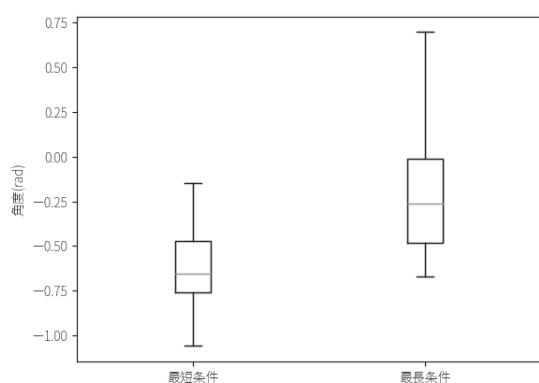


図 1: ターン数で比較した狂人の arms_degree

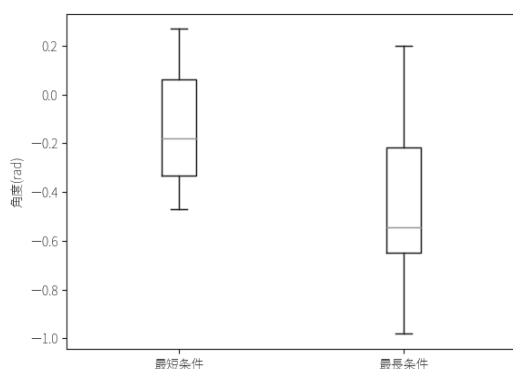


図 2: ターン数で比較した占い師の arms_degree

図 1 から、1 ターンでゲームが終了した場合、狂人の arms_degree が有意に小さくなっていることがわかる。arms_degree が小さくなることは、狂人が腕を閉じていることを意味する。1 ターンで終了したゲームはすべて、狂人にとって敗北したゲームである。ここから、人狼陣営である狂人が、リーダーシップを持てなかったため大差で負けてしまい、それが arms_degree に表れたと考えられる。反対に図 2 からは 1 ターンで終了した時、すなわち占い師が人狼陣営に勝った時、腕を開く傾向にあることがわかる。

占い師がリーダーシップを持ち、ゲームを村人陣営が有利な方へ導いたためだと考えられる。

また勝敗で比較したときの arms_degree に着目する。占い師の arms_degree に有意な差は見られなかったが、狂人は敗北条件のほうが有意に低い傾向が見られた。勝敗で比較した場合は、ターン数で比較した場合とは異なり、arms_degree に有意な差は見られない。可能性としては、1 ターン目においては、狂人と占い師の影響力がゲームの流れへの強い決定力を持つが 2 ターン目以降はその決定力が弱まる、といったことが考えられる。

4. 研究成果発表と今後について

本分析結果について日本の人工知能学会全国大会[1]、さらにマカオで開かれた人工知能の国際会議学会である IJCAI にて併設ワークショップを開催し、その中で研究成果発表[2]を行った。今後はこれらの非言語情報の結果を用いて、ユーザに対し説得を行う際の非言語的振る舞いを教育するためのシステムを作成する。

5. 参考文献

- [1] 高山周太郎 and 大澤博隆, “実世界人狼ゲームのジェスチャーの分析,” in 人工知能学会全国大会, 2019, pp. 3F3-0S-14a-01.
- [2] H. Osawa, T. Otsuki, C. de C. Aranha, and F. Toriumi, “Negotiation in Hidden Identity: Designing Protocol for Werewolf Game,” in *Twelfth International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations*, 2019, pp. 1-4.



プレイヤー自身の感情制御を余儀なくされる
対戦型ゲームの開発

千葉工業大学情報科学部情報工学科
准教授 有本 泰子

助成研究 A2 (2年間)

1. はじめに

ヘッドマウントディスプレイなどで VR を利用したゲーム開発が人気を集める中、ゲームに対する没入感を向上させ、よりリアルなバーチャル空間を実現することが求められている。本研究では、対戦型ゲームのプレイ中に無意識に表出する感情を入力とし、アバターの状態をプレイヤーの意図に関わらず強制的に変更（ヒットポイントの増減や対戦相手への攻撃、場面転換など）する「感情入力インタフェース」の開発を目指す。本システムにおける感情表出は音声に含まれる Affect Burst を対象とする。Affect Burst とは音声の非言語的使用による感情の急激な表出のことで、無意識な叫び声や笑い声、泣き声や、「ゲッ」「おっ！」など言語音として意識的に制御下にあるものを含む[1]。本システムは、ゲーム中の笑い声や叫び声を検出・識別する Affect Burst 検出部と、検出された Affect Burst の種類をもとめてゲーム内の状態を変化させるリアクション生成部の二つのモジュールで構成される。

本研究課題では、Affect Burst 検出実験と、主観評価実験によりプレイヤーの没入感を向上させるリアクションについて検討した。本報告書ではその成果についてまとめる。

2. Affect Burst 検出実験

プレイヤーが思わず発する Affect Burst を、その音響的特徴から機械学習によって検出する仕組みを構築する。本研究で使用する笑い声および叫び声は、ゲーム中のユーザのリアルな対話を収録した二つのコーパスを使用している[2][3]。

2.1. 叫び声識別実験

叫び声検出に向けて、まずは人手により叫び声区間とそれ以外の発話区間を区切ったデータを機械学習により識別する実験を行った。使用したコーパスに含まれる発話数は14,124 発話で、そのうち叫び声の数 1,427 発話である。openSMILE[4]の Interspeech 2013 ComParE Challenge baseline feature set を使って、基本周波数・MFCC の一次係数・音圧レベルなどを含む 6,373 次元の特徴量を抽出した。識別器には 5 層の隠れ層（2048 ユニット）とそれに続く Dropout 層を持つディープニュー

表 1 叫び声の識別結果

	正解率	適合率	再現率	F-measure
学習用	97.7%	87.1%	90.3%	88.7%
検証用	96.7%	84.5%	82.8%	83.7%
評価用	96.0%	80.4%	82.2%	81.3%

表 2 笑い声の検出結果

	適合率	再現率	F-measure
笑い声	79%	74%	76%
発話	91%	91%	91%
無音	97%	97%	97%

ラルネットワーク（DNN）を用いた。識別の結果、学習用・検証用・評価用の各データに対する正解率・適合率・再現率・F-measure を表 1 に示す。評価用データの再現率が 82.2%であることから、叫び声はある程度の精度で笑いの発話と識別可能であることが示された[5]。

2.2. 笑い声検出実験

対話中にいつ笑い声が出現したかを検出するモデルを作成した。対話音声を一秒ごとに笑い声区間・発話区間・無音区間と区切ってラベルを付与し、叫び声と同じく openSMILE を用いた 6,373 次元の音響的特徴量を抽出した。笑い声の比率は全体の 6.07% である。検出器には 6 層の隠れ層（2048 ユニット）とそれに続く Dropout 層（Dropout 率は 0.2）を持つ DNN を用いた。検出の結果、笑い声・発話・無音の各区間に対する適合率・再現率・F-measure を表 2 に示す。笑い声の再現率は 74% であることから、ある程度の笑い声検出は可能であるものの改善の余地があることが示された[6]。

3. 笑い声に適切なリアクションの選定

プレイヤーが思わず発した叫び声や笑い声に対してどのようなリアクションを返すことが適切か決定する必要がある。しかしながら、どのようなリアクションを返すとプレイヤーがよりゲームに没入するか明らかになっていない。そのため、まずはプレイヤーにとって有利（ポジティブ）なリアクションを返すべきか、不利（ネガティブ）なリアクションを返すべきかという大きな枠組みで検証実験を行った。

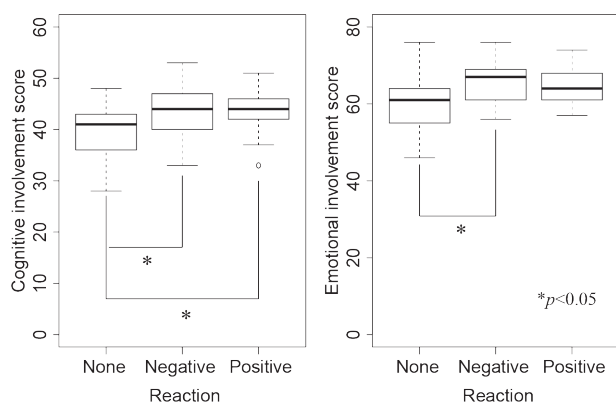


図 1 主観評価実験の結果

実験に利用するゲームを Minecraft[7]に限定し、Modification (MOD) 開発を行って、いくつかのイベントを利用可能にした。さらに、実装したリアクションの種類を、笑い声を発したプレイヤーにとってポジティブなリアクションとネガティブなリアクションに分類した。

被験者 12 名にこれらのリアクションを返すゲームプレイを行わせた。各被験者にはリアクションなし・ネガティブリアクション有り・ポジティブリアクション有りのすべての条件でゲームプレイさせ、それぞれの条件に対してどの程度没入したかを計測する主観評価を行わせた。各条件の没入感を評価するために使用した質問紙はゲームの没入感を評価するために開発された Immersive Experience Questionnaire (IEQ) [8]である。IEQ は 5 因子から構成されており、積極的に関与と注意を測定する Cognitive Involvement、感情と不安を測定する Emotional Involvement、周囲や現実世界にいるという認識の欠如を測定する Real World Dissociation、ユーザがゲームにどれだけの困難を感じたかを測定する Challenge、ゲームインターフェースの使い易さを測定する Control で構成されている。

主観評価実験の結果の一部を図 1 に示す。図 1 にはリアクションなし (None)・ネガティブリアクション有り (Negative)・ポジティブリアクション有り (Positive) の条件ごとに、Cognitive Involvement と Emotional Involvement の各因子のスコアを箱ひげ図で示している。プレイヤーの笑い声に対してネガティブなリアクションを返した方が、リアクションが全くないよりも認知的にも感情的にもゲームに引き付けられることが示された。また、ポジティブなリアクションを返した場合は、認知的にゲームに引き込まれるものの、感情的には引き付けられないことが明らかになった[9]。

Cognitive Involvement のスコアがリアクションの種類にかかわらずリアクションなし条件より高くなったのは、笑い声に対して何らかのリアクションを発生させると無意識に注意がゲームに

向けられ、積極的に関与してゲームをコントロールしようとした結果であることが考えられる。一方で、Emotional Involvement のスコアがネガティブリアクションを提示したときに高くなった理由は、プレイヤーにとって不利なリアクションが思わず発生したために、不快な感情が強く表れた結果であると考えられる。

4. まとめ

無意識に表出する感情を入力とし、その内容によってアバターの状態をプレイヤーの意図に関わらず自動的に変更する「感情入力インタフェース」の開発に向けた検証を行った。その結果、叫び声は 82.2% の精度で識別し、笑い声は 74% の精度で検出が可能であることを示した。また、プレイヤーが思わず笑ってしまったときに、よりゲームに没入させるリアクションはプレイヤーにとって不利になるリアクションであることが分かった。

参考文献

- [1] M. Schröder, "Experimental study of affect bursts," *Speech Communication*, vol.40, no.1-2, pp.99-116, 2003.
- [2] 菊地佑樹, 森大毅, "音声コミュニケーションにおける叫び声," 日本音響学会 2017 年秋季研究発表会講演論文集, pp.399-400, 2017.
- [3] Y. Arimoto, H. Kawatsu, S. Ohno, and H. Iida, "Naturalistic emotional speech collection paradigm with online game and its psychological and acoustical assessment," *Acoustical Science and Technology*, vol.33, no.6, pp.359-369, 2012.
- [4] F. Eyben, M. Woellmer, B. Schuller, openSMILE the Munich open Speech and Music Interpretation by Large Space Extraction toolkit (2010).
- [5] 金子裕亮, 有本泰子, "音響的特徴量によるゲームプレイ中の叫び声の識別," 日本音響学会 2020 年春季研究発表会講演論文集, pp.995-996, 2020.
- [6] クー ユエン, 有本泰子, "ゲームプレイ中の笑い声検出モデルの構築," 日本音響学会 2020 年春季研究発表会講演論文集, pp.1005-1006, 2020.
- [7] Mojang, Minecraft, <https://www.minecraft.net/ja-jp/>
- [8] C. I. Jennett, "Is Game Immersion Just Another Form of Selective Attention? An Empirical Investigation of Real World Dissociation in Computer Game Immersion," Doctoral thesis, University College London, 2010.
- [9] 深澤多聞, "無意識な笑い声にリアクションするゲームの開発に向けたゲームイベントの実装とその評価," 帝京大学学士論文, 2020.



ドローンレースの娯楽性を向上させる配信技法の研究

デジタルハリウッド大学 メディアサイエンス研究所

研究員 末田 航

本研究の目的は、ドローンとそのパイロットを関連付け、観客がレースの状況を把握し楽しむための配信技術と、それによって娯楽性を高める（観客がレースの状況を楽しく円滑に把握可能にする）アプリケーションを開発することである。

本研究の背景：

2020 年までの娯楽・メディア部門でのドローン市場は 88 億ドルの市場規模（産業全体で 1300 億ドル程度）になると予想されている¹。そして、パイロットの操縦技術向上や機体の性能向上を図る目的で開催されるドローンレースは最近大きな盛り上がりを見せている。世界各地でドローンレースが開催され優勝賞金 1 億円以上のレースイベントが開催されるなど、すでに興行化が始まっている。

Pain(課題)：

しかし、観客がレースの状況を把握し楽しむための配信技術が整っていない。例えばドローン自体が小型なため、広いレース会場の中でドローンからの FPV (First Person View) 映像と対応する実機の姿とを関連付けて同時に認識・俯瞰しながら鑑賞することが難しく、観客自身がまだレースの楽しみ方や醍醐味を享受できていない。

目的：

この課題を解決するため、本研究ではドローン自体をディスプレイとみなしたり、FPV と外部視点とを円滑に提示する配信技術（映像最適化・実況なども含む）を利用したりすることで、観客がレースの状況を楽しく円滑に把握可能にするアプリケーションを研究開発を行った。

空間連動する 2 つのカメラ視点を用いたドローン操縦インタフェースの拡張

ドローンレースの配信などの動的な空撮・操縦作業を実施するパイロットが、障害物がある空間で心理的な負担を少なく衝突や誤操作を防ぐためには、パイロットのドローン周囲への理解 (Situational Awareness) 重要になる。そこで操縦を行う上で空間的に連動する 2 台のドローンを利用して従来のドローン操縦インタフェースを拡張するインタフェースを提案した。本インタフェースでは主たる操縦対象のドローン（主ドローン）カメラによる一人称視点に加えて、主ドローンに空間連動する副ドローン

を用いて広域な三人称視点を提供することで、パイロットのドローン周囲への理解 (Situational Awareness) を高め、ドローンの操縦や飛行経路描画をより簡単にする。主・副ドローンの位置関係は、座標系対応法を応用して、パイロットの視点位置とコントローラ上に設置された主ドローンの模型との位置関係と同等となるように自動的に制御される。パイロットは、スティックコントローラで主ドローンを従来通りの方法で操作することが可能で、そして、必要に応じてその模型の姿勢を操作して副ドローンの位置（三人称視点）を変更することが出来る。我々は、この提案インタフェースのプロトタイプをプログラマブルなドローンを用いて実装し、ドローン操縦経験の異なる複数の参加者群によるユーザスタディを実施してその有用性を検証した。その結果、提案インタフェースが参加者から概して好まれたことがわかり、ドローン操縦における Situational Awareness を十分に高めるが高められることが示唆された。本研究は、情報処理学会の「インタラクション 2019」に採択及び、推薦論文候補として選定された [1]。また、ACMUIST などの国際会議に採択された [2]。

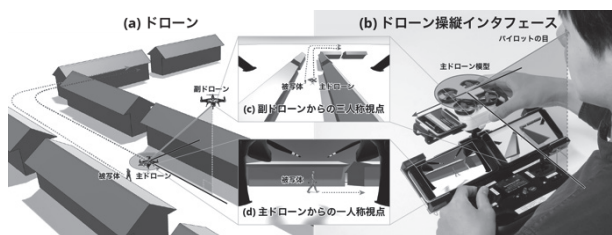


図 1: 空間連動する 2 つのカメラ視点を用いたドローン操縦インタフェースの概要

レースとパイロットの状況把握を支援する、鑑賞者向けのインタラクション技術の検討

ドローンレースの状況を観客が円滑に把握可能にすると共にドローンレースのショーとしてのエンタテインメント性を高めるために、ドローン自体を LED アレイを使った残像ディスプレイとし、ドローンレースの状況をリアルタイムに可視化するシステムの実装を行った (図 2)。また、日本 VR 学会

¹ World Drone Market Seen Nearing \$127 Billion in 2020, PwC Says - Bloomberg. <https://goo.gl/KduWMY>

大会にて本システムの成果の口頭発表と技術デモを実施した[5]。コンセプトとその効果については概ねポジティブなフィードバックを得られた。一方で、鑑賞者がドローンの機体を注視・追尾をしやすい状況（観客から離れた飛行空間や、単調な背景の場所など）では、残像イメージが認識されにくく、コースの障害物の配置や、状況に応じてイメージ提示手段（音声、プロジェクションマッピング）との組み合わせによる最適化の必要性が明らかになった。



図 2: LED アレイ搭載レース用ドローン

そこで本研究では、モーションキャプチャによってリアルタイムにドローンを認識追尾し、ドローンが飛行している近傍の地面や壁面にプロジェクションマッピングをすることによる、ドローンとレースの状況表示や観客とパイロットとの対話を可能にするインタラクションを検討している（図 3）。これを実現するためには、リアルタイムの機体トラッキングの他に、機体の個体識別が必要となる。本件の現時点では、ドローンの搭載している FPV 映像の送信電波（機体ごとにチャンネルが割り振られている）を識別 ID として利用し、機体ごとのコンテンツ提示の実現を試みている。

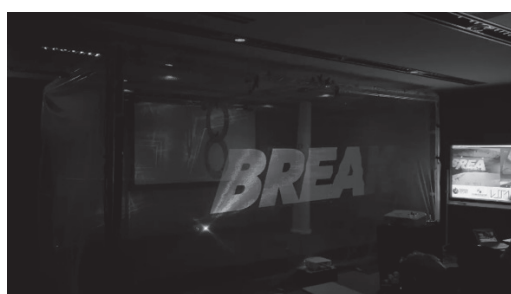


図 3: リアルタイムプロジェクションマッピングによるインタラクティブな情報提示システムの構成(上)と SIGGRAPH Asia 2018 BoF セッション[3,4]でのリアルタイムプロジェクションマッピング付き飛行デモの様子(下)。

スポーツ配信におけるプロの実況解説者は、鑑賞者のゲームの状況把握を補助するだけでなく、競技への理解や、楽しさを提供し、興行的にも重要な役割を果たしている。本プロジェクトでは、在日本大使館 Japan Creative Centre の文化イベントとして

「J Drone Madness @ JCC」を開催、自動音声によるレース状況情報提示と、その技術デモ、日本国外での鑑賞者のフィードバック獲得を目的としたバーチャルヒューマンエージェントを用いたレースの自動実況を行った(図 4)。イベント参加者のアンケートでは、約半数が自動実況の役割や効果を認識、またレースの配信技術として自動実況機能をポジティブに評価した。本システムの将来的な方向性として、CG やロボットの AI 実況者とプロの実況者の掛け合いスタイルを想定している。



図 4: J Drone Madness @ JCC の様子バーチャルヒューマンエージェントを用いたドローンレース自動実況の様子とクーガー社のヒューマンエージェント「コネクトーム」(左)パイロット機体の位置を把握しやすくなる特撮型のセット(中央・no)

主な成果:

1. 天間 遼太郎, 高嶋和毅, 末田 航, 藤田 和之, 北村 喜文, 空間運動する2つのカメラ視点を用いたドローン機体インタフェースの拡張 情報処理学会シンポジウムインタラクション論文集, 2019, 102-111, 2019年3月(論文誌推薦と奨励賞受賞).
2. Ryotaro Temma, Kazuki Takashima, Kazuyuki Fujita, Koh Sueda, and Yoshifumi Kitamura. 2019. Third-Person Piloting: Increasing Situational Awareness using a Spatially Coupled Second Drone. In Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 507-519. DOI:<https://doi.org/10.1145/3332165.3347953>
3. Koh Sueda, Takashi Kitada, Yushin Suzuki, and Taiki Wada. 2018. Research and development of augmented FPV drone racing system. In SIGGRAPH Asia 2018 Posters
4. (SA'18). ACM, New York, NY, USA, Article 9, 2 pages, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1145/3283289.3283322>
5. Koh SUEDE et al, "Introduction Of Augmented FPV Drone Racing", In SIGGRAPH Asia 2018 Birds of a Feather (SA'18), 2018 <https://sa2018.siggraph.org/en/attendees/birds-of-a-feather/session/204>
6. 鈴木由信, "ドローンレースの娯楽性を向上させる機載式ディスプレイ"第23回日本バーチャルリアリティ学会大会口頭発表, 仙台, 2018



日本・中国・欧州のデジタルゲーム文化・市場の比較調査研究

東北学院大学教養学部

准教授 小林 信重

1. 調査研究の概要

日本・中国・欧州のデジタルゲーム文化・市場の比較調査研究のため、質問紙調査と統計分析を行った。まず、先行研究を読みこんだ後、本研究の共同研究者である小山友介氏（芝浦工業大学）、田中絵麻氏（明治大学）との議論に基づいて、質問文と回答選択肢を作成した。次に、東北学院大学と明治大学でGoogle フォームを用いた予備調査を大学生に実施し、質問文や回答選択肢の不備などを確認した。その後、株式会社マクロミルに依頼し、日本・中国・英国でのWeb調査を実施した。マクロミルの10～50代のモニター会員から、性別と年齢に基づく割り当て法によって日本調査では2,000人、中国調査では500人、英国調査では500人、合計3,000人を標本として抽出した。

Web調査で収集したデータは、概ね次のものである。

- ・ITリテラシー・所有に関する質問
- ・パソコン、スマートフォン、ゲームの利用頻度 など
- ・今遊んでいるゲームのタイトルと、それを主に遊ぶ機種
- ・普段行っているゲームに関する活動（ゲームプレイ、コミュニケーション、プレイ動画やeスポーツの視聴、デジタルゲームの改造やプログラミング、ファンアート作成など）
- ・ゲームや人生に関する考え方
- ・ゲームプレイ動画や攻略動画の視聴頻度
- ・ゲームプレイ・攻略動画の視聴で利用しているサイト
- ・ゲームや趣味に使う金額
- ・ゲームへの課金の理由
- ・望ましくないと考えるゲームへの支払方法や広告表示方法
- ・ゲームプレイで重視すること など
- ・フェイス質問（居住都市規模、最終学歴、職業、年収）

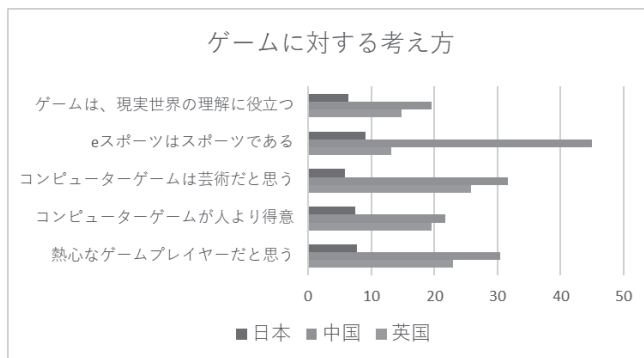
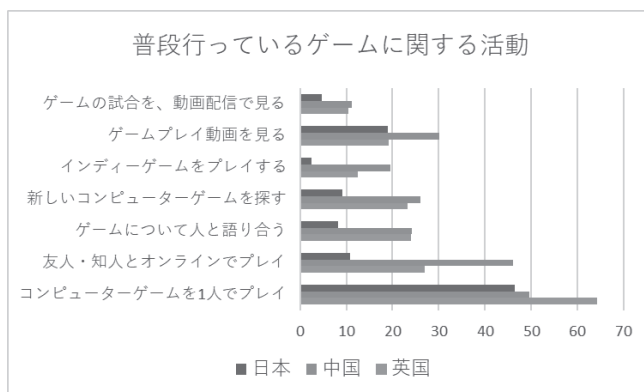
2. 調査研究の成果

調査から得られた主な単純集計結果は、次の通りである。

- ・日本では携帯型ゲーム機、中国ではPC・タブレット、英国では据置型ゲーム機・タブレットでプレイする者が多い。
- ・日本より中国・英国で、デジタルゲームに関する活動が全般的に活発である。また、ゲームに関する評価が高い。

- ・日本より中国・英国で、デジタルゲームに使う金額が高い。

分析結果を象徴的に示す図を二つ示した。日本で一般的に考えられているイメージと異なり、中国・英国に比べ、日本ではゲームプレイ活動が活発でなく、ゲームに対する評価も低いことが明らかになった。



3. 業績一覧

研究成果を発表予定だった学会・研究会が新型コロナウイルス感染拡大の影響で中止・延期になってしまったため、発表・論文を公開できていなかったが、今後分析結果とその考察を、日本デジタルゲーム学会をはじめとする国内・国際会議で発表していく予定である。

伝統的色彩語彙を増やすカードゲームの研究



芝浦工業大学 デザイン工学部

准教授 日高 杏子

1. はじめに

本研究では、色彩論とシリアスゲームの視座から日本の伝統的色彩語彙を増やす知育玩具カードゲームを制作する。既存のカードゲームとして、古来から貝合わせ、百人一首、かるたが知られる。かるたはポルトガル由来ともいわれる。これら古来のカードゲームのルールを応用し、日本の伝統色名（慣用色名）を記憶しながら得点獲得するゲームの研究である。色名に馴染みのある・なしに基づき、色彩の記憶についてゲーム難易度を確定していく。デジタルの伝統色アプリは、海外でも日本でも作られている。だが伝統色に特化したゲーム、色名の語彙増加を目指したアナログゲームは限られている。このカードゲームで遊べば遊ぶほど、日本の伝統色の知識が増える。

古来から日本で伝わる伝統色名例えば浅葱色、蘇比色、柿色、缥色などがある。これらの色自体と伝統色名は和風プロダクトや文房具のデザインに使われ、京都や金沢、浅草などの土産物店で販売されている。しかし日常会話では、多くの外来色名例えばグレー、ピンク、ボルドーシラーなどの普及により、日本の伝統色名が日常会話に現れることは減少した。本研究では、この問題を知育カードゲームを通じて解決したいと考えた。

本研究ゲームを通じ、日本古来の「伝統色名」と「工芸素材」の卓越性を遊ぶ人たちに再認識してもらうと共に、色名と色を一致させ、色彩語彙を増やす。材料としては和紙と金箔を使うことを考えた。平安時代からの伝統的遊びである貝合わせと容器である漆塗りの貝桶は、明治維新以前は嫁入り道具でもあった。金箔を塗り、絵画を描いたハマグりで出来た貝合わせは、日本の美意識を表す遊びの典型例であろう。本研究では、材料面でも、日本産コウゾの和紙を使うことで、伝統的工芸である和紙生産業へも貢献できる。

研究目的は、日本語の数多い伝統色名をゲーミフィケーション形式で楽しく覚える点にある。色名にまつわる逸話や和歌、物語などをカードやマニュアルに記す。色彩論の知育カードゲームを作ることによって大人も子供も楽しめ、伝統的な日本語の色彩語彙を増やすためのゲームの目標は楽しめるカードゲームで、色彩の記憶、文化として豊かな伝統色名の語彙増加と、日本の伝統工芸の価値

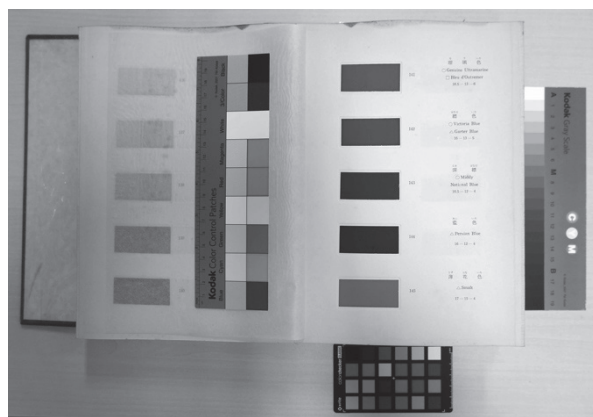


図1 日本色彩研究所編「色名大辞典」

見直しを目指す。

2. 方法

本カードゲーム作成に向け、日本の伝統的な色名と測色データのリストを作成し、色名を現在でも比較的理解できるものと、ほとんど使われていないものを段階的に分類した。次に、親しみやすさを基準に色を分けて難易度を設定した。素材やインク顔料については、カード上での色の再現性の高さを基準に伝統色を選択している。

2019年4～7月、アルバイト学生と共に、コニカミノルタ社色彩計CR-20を使い、日本色彩研究所編「色名大辞典」(1954)(図1)所載の全200色の色票の機械測色、およびエクセルデータベース作成を行った。(図2)長崎「日本の伝統色—その色名と色調」(2006)と沖森「色彩語の史的研究」(2010)を基に、日本の伝統的な色名を時系列に並べたリストを分析した。また、多摩美術大学元教授・太田幸夫氏の協力を得て、株式会社竹尾の和紙用和紙の研究とデータベース化を進めてきた。2019年8月9日、立命館大学ゲーム研究センター主催国際会議 Replaying Japan 2019において、研究発表をした。ここでは、ルールと得点加算方法の検討を行った。作成した伝統色名データベースと、和紙への色再現実験を元に、200枚の実物カードを印刷する。既にカードゲームのプロトタイプ的设计をしてきた。(図3)

[illegible]

図2 伝統色データベース



図3 カードゲームプロトタイプ

3. 色彩とカードゲームの先行研究

先行研究として、国内では古くから国文学研究の一環として、百人一首研究が存在する。また、ゲーミフィケーションによる学習は、教育学分野で検討されてきた。カードゲーム研究は、遊戯王やポケモンの実践と検討がなされている。電原のいらないアナログゲームだけを展示販売するゲームマーケットは、基本的に1年3回開催されている。(東京で春と秋に、関西方面で冬に開催) 国外では、ロンドン大学(University College of London)情報学部のみヨナスが、他の人と色名を当て合い、一致させるカードゲーム「バシロオブカラー」を開発した。国籍・言語を超え、色名を相手と一致させるカードゲームである。Paint Chip Poetry は大人でも子供でも楽しめるゲームとして、まず色と詩のお題を与え、自分の好きな色を取り、そのカードに書いてある語と色から連想し、詩と配色を作るカードゲームである。

小職は、バーリン&ケイ著「基本の色彩語—普遍性と進化について」(2016)の翻訳出版を行い、色彩語の進化、外来語や翻訳の影響、伝統色、色彩語彙と生活習慣の関関係の研究をしてきた。中でも、外来語が日本語の色彩語へ及ぼす影響を分析している。

4 考察

本研究では、先行研究と調査データ、アルソイト学生による難易度設定、印刷配色の分析を通じ、ゲーミフィケーションとして、以下のように編纂した。

①レール

読み札が色名で、取り札が色カード（表が色、裏に正解あり、平安時代のハマグリ製貝合わせの様子、正解は読み札と形が合う）にする。2組の200色のカードで、片方を色名の読み札、もう片方を取り札とする。読み手が色名を読み上げ、(例:「藤色」)取り手がそれに合ったカードの中から、同じ色のカードを見つけ出す。ほとんど使われない色名は難易度が高いものとする。難易度の高い色カードを最も多く集めた人が勝者である。あまり知られていない色名(例:「黄檗染」)のカードに書かれたポイントを多く集めた者が勝ちとなる。

②素材と印刷

上質和紙や金箔を使ったカードに印刷し、ケースに入れる。また、本カードゲーム本体の付録として、各色名の起源や時代、染料や顔料と逸話を記したゲームマニュアル兼、解説本を作成する。日本の伝統色だけでなく、古典的遊びを想起させるゲームにする。

5. まとめ

日常生活で使われなくなった日本の伝統色名を意識しながら
覚え、なまかな和の工芸的価値も再認識できるゲームとなる。電
源のいらないアナログゲームだけを展示販売するゲームマーケ
ットは基本的に1年3回開催され、本研究成果はこのマーケッ
トに出品を目指している。今後の課題として、小職は、AFT 色
彩検定の教科書記述指導書に携わっているため、色彩検定受験者が
試験勉強用の学習教材としての本カードゲームの利用も考えて
いる。さらに2020年4月現在、新型コロナウイルスの影響で外
出自粛が求められている環境にあり、本カードゲームをオンライ
ンゲーム化、そして対戦状況をゲーム実況して公開することへの
展開も期待できる。

参考文献

- [1] 日高：『日本の伝統的色彩語彙を増やすカードゲームの研究』Replaying Japan 2019、立命館大学ゲーム研究センター (2019)
- [2] バーリンケイ、日高訳：『基本の色彩語——普遍性と進化について』法政大学出版局 (2016)
- [3] 沖森紅美：『色彩語の史的研究』おうふう (2010)
- [4] 長崎盛輝『日本の伝統色—その色名と色調』青幻舎 (2006)
- [5] 日本色彩研究所 編：『色名大辞典』東京創元社 (1954)



Control-Aided Reality 技術による ビリヤードゲームのデザイン

大阪大学大学院 工学研究科

准教授 南 裕樹

1. 研究背景と目的

Virtual Reality (VR) や Augmented Reality (AR) などの情報技術の発展に伴い、ゲームの形態が進化している。しかしながら、図1に示すように、VRやARでは、情報世界が主体であり、現実世界に情報を付加するものである。本質的に現実世界の力学系に影響を与えない。一方、「制御」技術（センシングやアクチュエーションを含む）を利用することで、現実世界の物体の力学的特性を変えることができる。たとえば、摩擦の影響で減速する物体に（こっそり）力を加えて等速で動かせば、あたかも摩擦が働いていないように見せることができる。そのような、目の前の物体が期待している物理法則を無視した動きをすれば、人間は非日常を体験することになる。

本研究では、現実世界の物体の力学的特性や、人間がそれに触れることによって得られる感覚情報を「制御」によって意図的に書き換えるデジタル技術を「Control-Aided Reality」と呼び、それをアナログゲームに応用する。とくに、「光によって物体を制御する技術」を用いたビリヤードゲームの提案とその基礎技術の開発を目的とする。

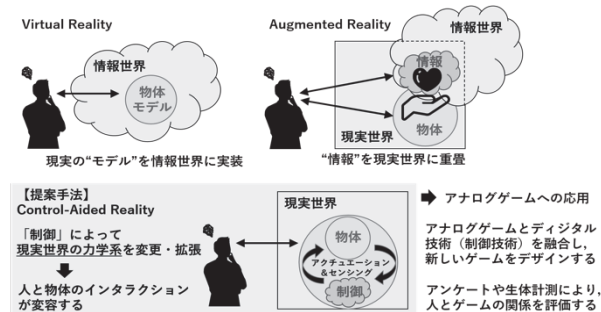


図1 本研究で注目する Control-Aided Reality 技術

2. 研究方法

本研究では、図2に示すようなビリヤードゲームを提案する。このシステムは、球体型移動ロボットとプロジェクタから構成されている。ビリヤードゲームのボールが球体ロボットで、フィールド上にデジタルイメージがプロジェクタを介して投影される。球体ロボットはキューで叩くことで動くが、それだけでなく、

く、搭載される光センサでプロジェクタの光をセンシングし、その情報とロボットに組み込まれている行動規則により、減速したり、加速したり、さらにはある軌道に沿って動いたりできる。つまり、従来の物理法則に従う動きと、物理法則に従わない（ように見える）動きを実現することができる。

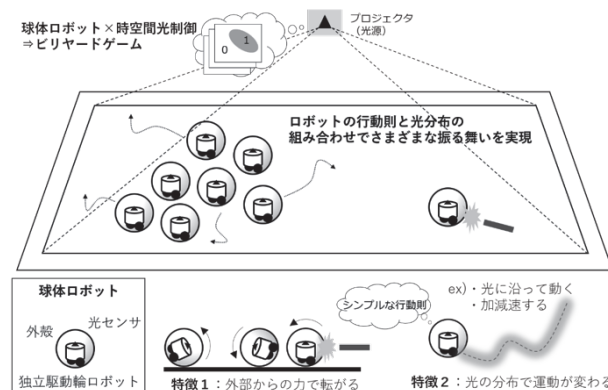


図2 本研究で提案するビリヤードゲームシステム

現実世界の力学系（運動方程式や作用反作用の法則）をデジタル技術（ロボット行動規則や光の分布のプログラム）によって意図的に書き換えることで、それをプレーする人間は、非日常を体験することになると考えられる。また、その書き換えを積極的に利用すれば、新しいルールや遊び方が生まれ、さらにそれによって、プレイヤーの行動や遊び方が変容する可能性がある。

研究開発当初の計画では、(1) 球体ロボットの制御、とくに、光の分布を変えることで様々な動きを実現するためのアルゴリズムの構築、(2) ビリヤードゲームの新しいルールや遊び方のデザイン、(3) 製作したシステムの評価、に取り組むことを目標としていた。一方、実際の研究では、すべての課題に取り組むのではなく、(1) のロボットの制御アルゴリズムの構築をメインにすることにした。その理由としては、著者らがこれまで開発してきた光でロボットを操る技術「時空間光ナビゲーション技術」を単独に応用できず、レベルアップが必要となることが判明したためである。具体的に、先行研究では、対象とする移動ロボットは独立駆動輪型であったが、本研究では、球体型である。

この構造の違いが移動ロボットの制御を難しくしている。さらに、先行研究では、移動ロボットを1台に限定していたが、本研究ではビリヤードゲームということで、複数台の移動ロボット（球）を対象としなければならない。そのため、光分布をダイナミックに制御する方法などを検討する必要がある。上記のことから、本研究では、以下の三つの課題に取り組むことにした。

- 実験システムの構築
- 球体ロボットの時空間光ナビゲーションによる制御
- 複数台の移動ロボットの制御（本稿では省略する）

3 研究成果

本研究で製作した実験システムを図3に示す。このシステムは、1830×915×790mmのビリヤード台、プロジェクタ（RICOH PJ WX3351N）、球体型移動ロボット（Sphero BOLT）から構成されている。



図3 製作した実験システム

ビリヤードゲームを球体ロボットを用いて行う際、球体ロボットに行わせたい動きとしては、ある経路に沿って動くことや、加減速をしながら動くこと、などが挙げられる。たとえば、ロボットの経路自体制御ができれば、コーナースポットに必ず球（ロボット）が入る状況や必ず入らない状況を創り出すことができる。さらに、加減速ができれば、他の球に当たるときのスピードを調整することができる。

まず、球体ロボットの経路自体制御を検討した。図4に示すように、白黒の縞模様の画像をプロジェクタを介して投影し、さらにその画像を時間とともに動かすことによって、球体ロボットの旋回方向を制御する。球体ロボットを移動させる経路の両端に縞模様を配置し、それらを逆向きに動かす。さらに、縞模様の移動速度を1.2[m/s]、球体ロボットの移動速度を0.1[m/s]で固定し、ロボットが感知する明暗の周期が0.5[s]より長いなら左旋回、短いなら右旋回するような行重則をロボットに実装する。これにより、ロボットが二つの縞模様の間を右から左に移動することが期待できる。このときの実験結果が図5である。実際、複数

回実験を行ったところ、概ね期待通りの結果が得られた（図4中に記載の線はロボットの軌跡を表している）。一方、全体的に曲がるタイミングが遅れることが多く、旋回しすぎるが多かった。これは、ロボットが球体型であるために、慣性の影響が大きいためであると考えられる。

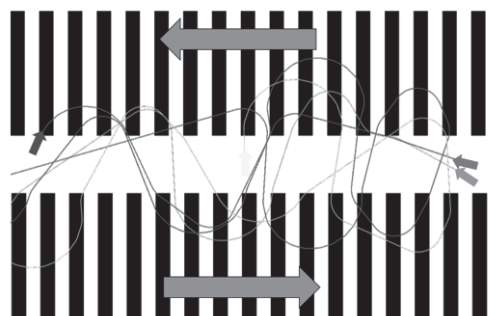


図4 旋回制御実験の結果

つぎに、明暗による移動ロボットの速度制御を検討した。ロボットの行重則を「光があったと前進」「光がなかったと停止」とすることで、白の画像を投影すると移動ロボットが前進し続け、黒の画像を投影すると移動ロボットが停止し続ける、という状況を創り出すことができる。また、白黒の縞模様の投影すれば、白と黒の密度によって移動ロボットの速度を変えることができる。このことを確認するために、実機実験を行った。その結果を図5に示す。上から下に時間が流れており、左図は白の画像を投影した場合、右図は白黒の縞模様の画像を投影したときの結果である。図5より、縞模様の画像を投影することで、白の画像のみを用いたときより、移動ロボットがゆっくり移動していることがわかる。

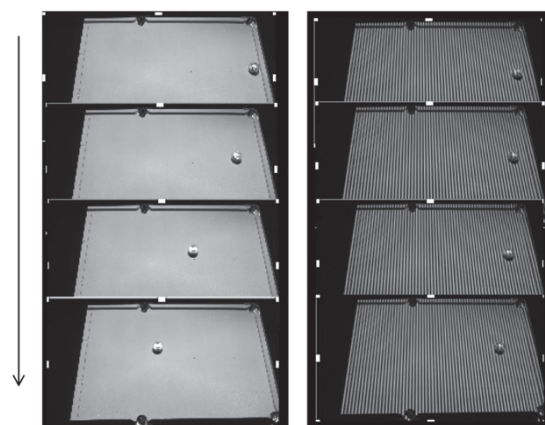


図5 速度制御実験の結果

4 まとめ

本研究では、光を用いたロボット制御技術に応用したビリヤードゲームを提案した。そして、システムのプロトタイプを製作するとともに、ゲームを実現するための基礎技術を構築した。



森林の循環利用を学ぶためのカードゲーム開発

北海道立総合研究機構 林産試験場 技術部
研究主任 北橋 善範

1. 背景と目的

林業・林産業は木質資源の生産と森林の適切な維持管理を担う重要な産業であるが、一方で「自然を破壊する略奪的産業」として否定的に認識される場合も少なくない。特に児童において「木材利用は環境破壊につながる」という負のイメージが定着しており、正しい知識の普及が必要である。

このような状況の中、平成16年に北海道において「木育」の理念が提唱され、平成18年に閣議決定された森林・林業基本計画に「木材利用に関する教育活動である『木育』の促進」が明記されて以降、有志の積極的な働きにより森づくりの大切さや木の優しさを伝える活動は全国に広がってきている。しかし、木育という名目で行われる活動はほとんどが森林体験もしくは木工体験であるなど、そのプログラム内容が限定的で、目新しい活動が生まれておらず、より効率的に木育を進めるための新たなツールの開発が求められている。

そこで本研究では児童に対し森林保全と林業・林産業の関係性や重要性、森林の循環利用（図1）の必要性を楽しくわかりやすい形で伝えるため、学校教育や木育普及事業で活用可能なアナログ型のカードゲームを開発し、森林の維持管理や木材とのつながりについて児童の興味や理解を得ることを目的とした。

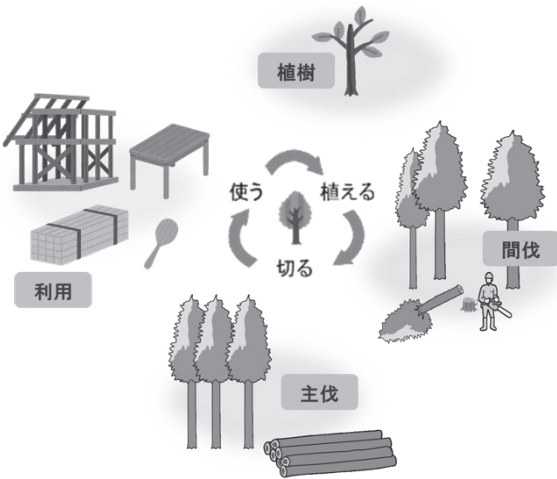


図1 森林の循環利用 概念図

2. 研究内容

(1) 森林・木材に関する学習指導内容の調査と絞り込み

学校教育および木育活動の現状や児童が学ぶべき森林・木材に関する知識等を把握するため、関連図書・学習指導要領・教科書等の調査、教員・行政・木育マイスター等への聞き取りを行った。過去（昭和20年～昭和50年）と近年（平成元年～20年）の教科書の比較から、過去には林業に関する記述は木材生産についての内容が主であったが、近年では「環境を守り、木材を生産する仕事」とされ、その役割に関する記述がより詳細なものになっていることが明らかになった（図2）。また、教員・木育マイスター等への聞き取り調査からは、Ⅰ. 学習指導要領が求める子供の能力育成の変化（考える力の育成を重視）、Ⅱ. 林業の姿をイメージしやすく伝えることの困難性、Ⅲ. 森林・林業における基礎的項目（伐採や植林の意義等）への理解の難しさ、が示された。これらより本研究で開発するカードゲームには、①森林・林業に関わる基礎を理解しやすく伝える、②ゲームであっても林業を実感できる内容とする、③学習指導要領が求める「考える力の育成」を念頭こ、ゲームをプレイする中で参加者が考える場面を確保する、④実際の森林・林業に対する興味や問題意識をもたらす内容とする、の4点が必要と考えられた。

	昭和20年	昭和30年	昭和40年	昭和50年	平成元年	平成10年	平成20年
低学年	山で働く人たち 山村のくらしの様子						
高学年	日本各地の林業 国内の木材生産				環境を守る仕事 林業	環境を守り木材をつくる仕事 林業 人工林と天然林	
			公害問題 自然保護		環境問題 地球温暖化・防災		
					森林の公益性 水源・土砂・生物・空気		

図2 戦後の教科書における記載内容の変化
（小学校社会科）

(2) カードゲームの試作と補助資料の作成

上記(1)での調査結果を踏まえ、カードゲームの試作を行った。ゲームは森林を循環利用しながら持続可能な多様性のある森をつくる(SDGs No.15に対応)ことを目的とし、①基本プレイ人数は4名、ターン制(5ターン)とする、②人工林を模した「山林ボード」(写真1)上に「樹木カード」を配置し、「アクションカード」より【保護する】【伐る】【植える】【育てる】を順次選択しながら、山林ボード上に樹齢や樹種構成の異なる多様性の高い森を作り上げていく、③【伐る】で伐採した樹木は樹齢・樹種に応じて様々な「製品カード(木製)」(写真2)に交換できる、④ゲームの勝敗はアクションカード使用時およびゲーム終了時に得られる「フォレスターメダル」(写真2)による得点で決まる、とした。加えて、調査により必要性が明らかになった、児童が自ら考える力を養成するための仕組みとして「理想の森ポイント」を導入し、ターン毎に現在やこれまでの森林の状況を振り返る作業を加えた。この作業は、自ら考える力を養うことに加え、残りのターンで森林をどう運営していくかを参加者全員で考えることのきっかけとして、児童間コミュニケーションの活性化を促す効果が期待できる。加えて、理想の森ポイントはターン毎に増減があり、最終ターンでマイナスになっていると所持している製品カードの価値がゼロになる(フォレスターメダルに交換できない)ため、伐りすぎを抑制するという役割もある。

補助資料としては、ゲーム進行用の説明書のほか、出前授業での活用を想定した「人工林と天然林の違い」「日本や北海道の森林の現状」「伐った木から作られる木製品の紹介」等を内容とした事前・事後解説用スライドを作成した。



写真1 試作品とプレイの様子

3) 試作品の実証試験とフィードバック

試作品について、北海道教育大学 技術教育専攻の大学生6名および大学教員2名、森林や木材と関わりのない一般大学生5名、計13名を対象にテストプレイを行い、事後アンケート・聞き取りによるゲームの所感、児童向けツールとしての適性について

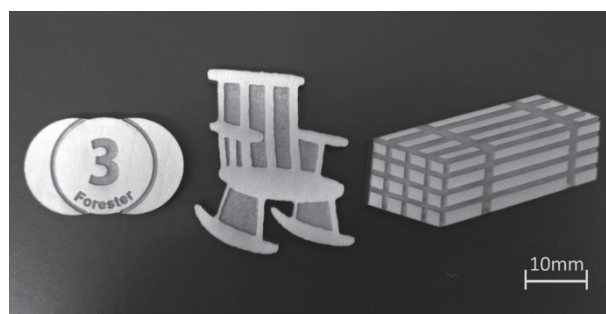


写真2 製品カード(中:家具 右:角材)とフォレスターメダル(左)の木製版

で確認を行った。ゲーム後の主なコメントとしては「小学校高学年の授業内で使える内容だと思う」「小中学生にプレイしてもらいたい」(以上、教育大生)、「森の使い方に関心が高まった」「山に木を植えて育てることの必要性が理解できた」(以上、一般大学生)等の好意的な意見が挙がった一方、「ゲーム開始時、最終的にどのような森がよいのか理想的なのが見えにくい」「【植える】【育てる】に対して、【伐る】のメリットが薄いのでは」等の意見も出された。

アンケートは主にゲームをプレイして感じたこと、理解できたことを問う構成とした(「そう思う」「ややそう思う」「あまり思わない」「思わない」の4段階評価、単回答)。結果、「楽しかったか」「またプレイしたいか」「木を伐ることの必要性が理解できたか」等の問いには前向きな回答が多く得られたが、一方で「ゲームは難しかったか」という問いには「ややそう思う」とする回答が多く(45%)、難易度に関しては再考を要すると考えられた。

3. おわりに

本研究で開発した森林の循環利用を学ぶためのカードゲームは、今後難易度調整等を行ったのち、北海道庁が認定する木育普及員である木育マイスターへの周知を図ると共にゲームのブラッシュアップを行い、将来的には全国へ展開していく予定である。

4. 参考文献

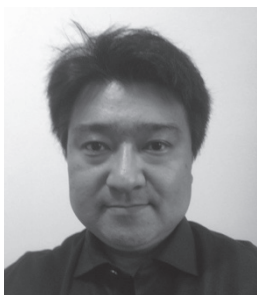
1) 日本木材総合情報センター: 木育に関する児童・生徒へのアンケート調査実施報告書(2008)

5. 共同研究者

小宮加裕子(札幌市立大学)

日高青志、万城目聡、印南小冬(以上、道総研 工業試験場)

佐藤孝弘(道総研 林業試験場)



対戦型ゲームと見守り機構を通した対話の活性化にもとづく包括的介護予防の枠組構築

東京工業高等専門学校 情報工学科

准教授 北越 大輔

1. はじめに

日本の高齢化率（65歳以上人口の全体に占める割合）は2018年時点で28%に達し、医療費の増加は国の財政を圧迫している。そのような中、主に高齢者が要支援・要介護状態となることを防ぐ“介護予防”の取組が、日本をはじめとする先進国で盛んである。一方、介護予防の実現には長期継続的な取組が必要のため、取組に従事する高齢者の肉体的・精神的負担をいかに軽減するかが課題となる。上記の問題に対して我々は、高齢者がロボットやエージェントとゲームや対話を楽しみながら、習慣的に介護予防に取り組み可能となることを目指す、介護予防システムの開発を進めてきた。

本研究では我々がこれまで開発してきた、認知訓練と見守りを目的とした介護予防システムを統合した、包括的介護予防システム（Comprehensive Preventive Care System：CPCS）を開発する。CPCSを用いることで、多様な高齢者の状況に応じた適切な介護予防プログラムの提供や、高齢者の家族をはじめとする周囲と連携した効果的な見守りを実現する環境構築を目指す。

2. 包括的介護予防システム（CPCS）

提案する包括的介護予防システム（CPCS）は主に、タブレット端末を用いた認知訓練機構と、センサおよびスマートスピーカからなる対話機構から構成される（図1）。上記の各機構はこれまで、認知訓練システム、知的対話システムとして独自に開発が進められてきた。各機構について簡潔に紹介する。

【認知訓練機構】 利用者（高齢者）がタブレット端末に実装したソフトウェアエージェントと対話を繰り返しながら記憶力ゲームを実施することで、楽しみながら認知訓練を継続的に実施可能となることを目指す（図2）。利用者の習熟度や疲労度、利用傾向に応じた適切な難易度を強化学習アルゴリズムによって調整し、利用者にとって適宜に手強い相手との対戦環境を構築する。プレイ結果のフィードバックによって自身の成長を実感し、ゲームへの継続的な挑戦意欲を刺激するとともに、同じシステムを利用する友人との対話活性化による認知症予防効果も期待できる。

【対話機構】 知的対話エージェントと利用者との対話を通して、

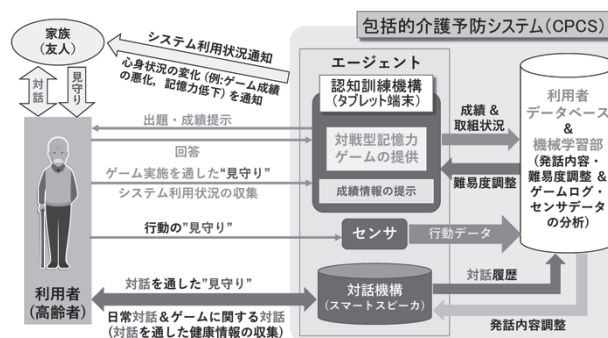


図1 包括的介護予防システムの最終的な構成

認知訓練をはじめとする介護予防の取組実施・継続への意欲を促進することに加え、服薬をはじめとする日々のスケジュールの確認や、利用者の動きを検知する焦電センサと連携した体調管理、振舞や体調の変化を検知した際の家族への通知といった見守り機能の実現も目指す。利用者に応じて興味のある対話内容や対話頻度を強化学習アルゴリズムにより調整する。現在、対話機能を実現する主要部分にはスマートスピーカを用いているが、機能上の制約が大きく、今後対話機構を自作することを計画している。

CPCSでは上記二つの機構を連携させ、各機構で収集したデータ（例：ゲームの実施履歴、焦電センサによる利用者の行動ログ等）の相互利用によって、利用者の状況により特化した柔軟な介護予防プログラムの提供や見守りの実現を目指している。本研究では、CPCSの基本的特徴・性能や利用者の当該システムへの印象などを調査するため、試作版CPCSを開発した。試作版CPCSは、難易度調整機能を実装した認知訓練機構と、焦電センサとスマートスピーカより構成される発話内容調整機能が実装された対話機構から構成される（利用者の状況を周囲へ通知する機能については現時点で未実装）。試作版CPCSの評価に先立ち、本研究では、(1) 認知訓練機構における難易度調整機能の改良の効果、および、(2) 対話（見守り）機構における発話内容調整機能の特徴と有効性を評価した。

3. 本研究の成果

(1) 認知訓練機構における難易度調整機能の改良について

これまでの研究で用いられてきた難易度調整機能では、利用



図2 認知訓練の初期画面(左)と解答画面(右)

者の習熟度に着目して一定の学習効果を得た一方、集中度(疲労度)には着目してこなかったため、「疲れてきたから(気分転換のため)ゲームの難易度を下げたくても、変更できない」と言ったコメントが確認された。一方で、認知訓練の効果を得るため、簡単(難易)過ぎるゲームの実施に臨む必要があるため、本研究では利用者の集中度を推測する尺度として、ゲームの正答率、記憶時間、解答時間の差分を活用した難易度調整を実施した。

高齢者(男性1名、女性4名、平均年齢79.2歳)を対象とした10日間の実験の結果、高齢者がシステムを終了する理由として“集中度の低下”を挙げる割合が減ったことから、難易度を適切に調整することで、認知訓練を継続しやすい環境の構築に貢献したと考えられる。

(2) 対話機構における発話内容調整機能の実装とその評価

高齢者への適用に先立ち、学生6名を対象に発話内容調整機能の妥当性について評価した。時刻や天気、ニュースといった6カテゴリの話題を出力した際の学生からの評価をもとに、各自の好みのカテゴリに応じた発話傾向を獲得できるか、6日間こわたり調査した。実験では対話にかける時間を短縮するため、テキストベースのチャットボットを活用してやりとりを実施した。

実験の結果、発話内容調整機能は、各協力者が興味を持っているカテゴリに対する発話確率が高くなるような振舞い獲得できた。協力者である学生は普段学校で友人など対話する機会が多いことから、対話可能なエージェントの存在意義に対する評価は芳しくなかったものの、同様の調査を高齢者へ実施した際(図3)、話し相手となる対象の存在に高い興味を示したことから、特に独居の高齢者に対して当該機構は有効な機能すると期待される。

(3) 試作版CPCSの基本的特性・有効性について

上記の結果を踏まえ、試作版CPCSに関する実験を実施した。本研究では安全性を考慮し協力者を学生9名とし、各自の自宅にCPCSを持ち帰ってもらい6日間利用してもらった。認知訓練の実施状況やセンサログ、および実験実施後のアンケートの結果、認知訓練とセンサのログの双方を活用することで、利用者のより具体的な活動推測が可能となることがわかった。また、学生にとっては必要性が低いと予想された認知訓練機構に対する継続利用意欲が高く、対話機構に対する評価が高いことも確認さ



図3 対話機構に関するヒアリング風景

れた。この結果は(2)における結果と同一であり、同様に、高齢者に対する包括的介護予防システムに対する期待が大きいことも事前調査から確認できた。本研究における実験を通して対話機構、CPCSともに高齢者への適用に問題がないことを確認できたことから、今後は高齢者への適用を通じたより実践的な状況下での印象・特性評価を実施していく。

4. おわりに

本研究では、認知訓練機構と見守り機構からなる包括的介護予防システムを提案し、試作版の開発と、高齢者、学生を対象に実施した実験による当該システムの印象、および基本的特性の評価を実施した。実験の結果、包括的介護予防の枠組が高齢者の習慣的介護予防の取組継続に有効であることを確認した。

今後は認知訓練機構と対話機構で得られるデータを相互利用し、各利用者の状況をより詳細に把握した上で、当該情報を活用した介護予防プログラムの提供を図る。また、得られたデータを活用して、利用者の家族や周囲の友人と情報を共有することで、家族・地域を巻き込んだ実践的な見守り環境の構築を進める。最終的には、我々が開発するもう一つの介護予防システムである転倒予防システムを統合対象とし、心身両面での介護予防をCPCS一つで実現可能な、文字通りの包括的介護予防の枠組を完成させるため、研究開発を進めていきたい。

5. 関連情報

共同研究者：山下晃弘、鈴木雅人(東京高専)、鈴木健太郎(杏林大学)

本研究に関する主な業績：

1. 廣瀬、北越ら、包括的介護予防システムの基本的特性評価に関する研究—知的対話エージェントと認知訓練システムの併用効果—、第47回知能システムシンポジウム、is47_B3-2, 2020.
2. D. Kitakoshi et al., Development of an Intelligent Dialogue Agent for Older Adults: Evaluation of Functions to Control Spontaneous Talk and Coordinate Speech Content, Proc. 2019 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence, pp. 1–6, 2019.



人とのつながりの中で進化し続ける カードゲームの実証研究

大阪青山大学 健康科学部

教授 萩原 憲二

1 はじめに

「トンボの大冒険」は、プログラミング教育の基礎を含みながら柔軟に遊ぶ人の工夫を取り込むことができるボードゲームである。遊びながら改良し続け、楽しむことができる本ゲームは、ボードゲームを一つの「文化」として位置づけることが可能であると考えている。遊んでいるグループ毎で改良された遊び方が作られることが、創造性の育成にも寄与すると考えられる。

「トンボの大冒険」は、「指示カード」を並べていくつかの障害物を回避しながらゴールに到達するボードゲームである。本ゲームでは、目的達成のために「コーディング」「シーケンス」「アルゴリズム」といったプログラミングの基礎を培うことも可能である。また、本ゲームは、ゲームの楽しさとともに、ルールの「可塑性」が特徴である。つまり、ゲームを楽しむ子ども達が、自分たちでゲームを発展させていくことが可能であると考えた。

このような「人とのつながりの中で進化し続けるゲーム」の有効性を探るために多くの検証を行い、成果と課題を明確にすることを目標に本研究を行った。

2 研究の目的

「トンボの大冒険」を単にプログラミング教育のアンプラグドの教材として取り扱うのではなく、ゲームにおいて「プログラミング的思考」が実現可能なのかということと「人とのつながり」を深化させながらもゲーム自体も進化していくのかを明らかにしようと考え研究テーマを「人とのつながりの中で進化し続けるカードゲームの実証研究」とした。このテーマに沿って幼児から小学生においてゲームの進化を実証検証することと、小学校の教育現場でのプログラミング教育に利用することができるのかということも検証することを目的に研究することにした。

3 ボードゲーム「トンボの大冒険」の概要

(1) ゲームの設定

- ・2人1組の計4チームで行う。
- ・2人1組で協力し自分たちの色のゴールカードに他のチームより少ない枚数でゴールしたチームが勝ち。

(2) ゲームで使用するカード類

- ① ゲーム盤 (8×8面×10×10面)
- ② 指示カード (コード・カード)
- ③ ボート配置のカードの種類
 - ・駒カード (各4色: 赤、オレンジ、青、緑)
 - ・ゴールカード (各4色: 赤、オレンジ、青、緑)
- ④ 障害物カード 「カマキリ」、「蜘蛛の巣」、「竜巻」の三種類



図 1 トンボの大冒険の盤面

4 ボードゲーム「トンボの大冒険」で育成可能な内容

(1) コミュニケーションに関わるもの

このゲームは、2人1組のチームで行う事を前提としている。また、最大4組で競い合う内容である。障害物を回避しながらゴールに進んでいく方略を2人で相談する中で、ペアや対戦相手の思考に触れていく。方略を決定する上で、コミュニケーションをとることが必須になっていく。コミュニケーションがうまくとれれば、方略もうまくいき、結果としてコミュニケーションがより円滑になるという循環を生むのである。

(2) プログラミングに関わるもの

平成29年7月告示の学習指導要領総則には、プログラミング教育の実施が述べられている。プログラミング教育において重要にしている「プログラミング的思考」の重要な要素は、コーディング、シーケンス、アルゴリズムの3つであり、「トンボの大冒

険」にはその全てが含まれている。

5 ゲームの改良の検証

高学年での検証において、自ら盤面の大きさの変更することや新たなルールを相談して導入できる「新定義カード」を作ることができるのかを検証することにした。

イベントで初めて出会った4年生(2名)5年生(3名)と6年生(3名)で効果検証を行った。

(1) ゲームの内容

基本的なゲーム内容での実施後にゲームの改良を可能にした。「新定義カード」や繰り返しのためのコインを用意した。

(2) 活動の様子

1回目のゲームの後に子ども達もゲームの改良の提案をする、盤面の大きさを10×10にすることと新定義のカードを作りたいという意見が出て、全員でいくつかの案を出し合った。その中で繰り返しというルールが採用され、何回かの繰り返しの指示物が必要だという事になったので、コインを提示した。指示カードの上に繰り返したい数のコインを置くことになった。



図2 高学年の活動の様子

(3) 検証の結果

- ・アンケートの結果(8名)
- ・ゲームに対する好感度 8名
- ・ゲームでできたこと、できなかったこと(8名)

内容	達成 (人)	未達成(人)
① ゴールすること	7	0
② コーディング的思考	6	0
③ シーケンス的思考	6	0
④ 協力的姿勢	6	1
⑤ アルゴリズム的思考	7	1
⑥ 障害物カードの設置	7	2

⑦その他

- ・新しい指示カードの作成(繰り返しカード 6名)

- ・ルールの変更 6名
- ・盤面の変更 5名

(4) 効果検証の考察

2時間という長い時間で、3度の活動をし、その間に相談する時間を十分にとったので、ゲームの変更について、多くの意見が出された。ペアの人間関係も映像での観察を通してのみ、良好であるが、特に5年生と6年生の2組については、初めて出会ったとは思えないほどであった。

ペア間の意見の統一とグループ全体の意見の集約がスムーズであったということである。「倍カード」という繰り返しの導入は、6年生が意見を出しながら全員が賛同していた。

6 本研究のまとめ

本研究で設定した仮説の検証結果は以下のとおりである。

- ・2人1組でゲームを行うことによって、人間関係に正の感情が生じた。
- ・2人ペアでの集団ゲームで、ゲームの楽しさとゲームを改良することに楽しさを感じることができた。
- ・ゲーム実施のペアの親和性が高まるにつれて、ゲームに対する熟達度が高まり、ルールの工夫に対する関心が高まり、実際に工夫することができた。

以上の3つについては、アンケート結果や活動の様子から読み取ることができた。

- ・「トンボの大冒険」によって小学生がコーディング・シーケンス・アルゴリズムの思考を利活用することができる。

ゲーム内容とプログラミングについては、活動前半の説明を行う事によって関係が深まっていたように感じる。

研究課題として、人間関係の親和性が高まるにつれて、多くの新しい考えが出てくることは確かである。ゲーム自体の可塑性に起因するかどうかは、更なる検証を行いたい。

7 おわりに

5才児から小学校6年生まで、延べ200名を超える子ども達の協力を得て、研究を進め、大きな成果を上げることができた。ボードゲーム「トンボの大冒険」は、子どもがゲームを通して、人とのつながりを深め、新しいゲームの内容を共同作業の中で創り出していくという「文化の創造」を支えるものであると確言している。

本研究を進めるに当たって、協力いただいた幼稚園、小学校、イベントへ参加し、快く協力していただいた全ての子ども達とご家族様にお礼を申しあげます。



砂場インタフェースによる津波防災まちづくりゲーム

東北学院大学工学部

准教授 佐瀬 一弥

1. はじめに

災害記憶は年月が経つにつれて失われていき、市民の防災意識は低下していく。そのため、災害記憶伝承が重要だが、文書や映像では実感が湧きにくい。災害記憶を追体験することが可能なCGコンテンツもあるが、恐怖を煽る内容では市民が進んで体験を希望せず普及が難しい。そこで我々は、災害記録を直感的かつ客観的にとらえられ、子供でもすすんで学ぶことを促せるような災害記憶伝承メディアの開発を目指し、津波防災まちづくりゲームの開発を行っている。これは楽しく防災知識を学べるという教材としての側面だけでなく、過去の地形や街並みをゲーム上で再現可能とし、当時の状況や被害を客観視できるような伝承メディアの側面を意図したものである。特に、恐怖感の煽りに頼らないプレイ意欲の喚起を基本思想としている。本研究課題で、砂場や模型をゲームUIとした津波防災まちづくりゲームの実現を目的とした。図1にゲームの初期構想の概念図を示す。プレイヤーは砂場を変形させたり堤防模型を配置したりして、津波が強い「街」を作成する。街はカメラにより読み込んで認識され、PCで津波の数値解析が行われる。解析結果である津波の動きはプロジェクタでゲームフィールド上に投影される。津波から家を守るなどの条件をクリア条件とし、堤防の意味やコスト、地形と浸水リスクを学べるゲームの実現を目指した。

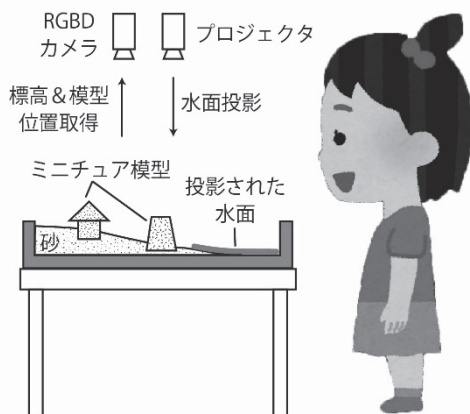


図1 ゲームの初期構想

2. ゲームシステム

2.1. 筐体

図2に開発したゲーム筐体の概要を示す。図2aは筐体の外観である。ゲームフィールドはスタイロフォームに大判プリンタで模造紙を貼り付けたものであり、模造紙には海や街を印刷して用いることができる。筐体フレームにはプロジェクタとミラーが固定されており、プロジェクタ光はミラーで反射されゲームフィールド上に投影される。図2bは全面に白い光を投影した様子を示しているが、適切な津波映像を投影することで動的な津波の挙動を投影できる。図2cはゲームフィールドの拡大写真である。模造紙に避難経路が印刷されている。また、避難所、海岸林、堤防の模型が置かれており、避難所以外はプレイヤーが目的に応じて移動できる。さらに、避難経路は赤の紙テープを設置することで拡張できる。図2dは粘土のように自由に成形可能な砂（ラングスジャパン販売・Kinetic Sand）を利用して自由形状の堤防を作成した例である。これらの模型・砂はフレーム上部に取り付けたRGBDカメラによって認識される。堤防は四角柱の木材であり上面に堤防高さに対応した色紙が貼りつけてある。この色をカメラで読み取ることで堤防の位置と高さを認識する。海岸林の模型は人工芝であり、これもカメラで色を判別することで認識する。砂の堤防はRGBDカメラの深度画像を用いて測定する。ただし、カメラから不可視な部分の形状が測定できないなどの課題があり、現状では色による模型検出が、信頼性が高く実用的である。以上により、ユーザが配置した模型の位置をPCで扱い、津波の数値計算の入力条件として用いることが可能である。

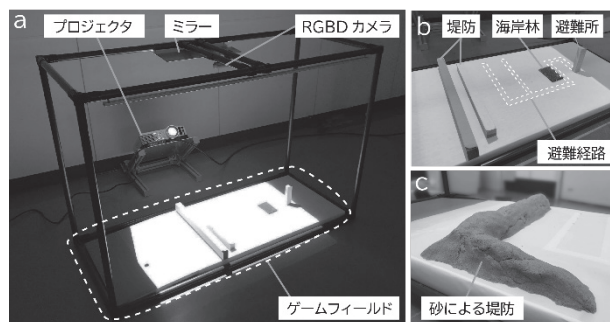


図2 開発したゲーム筐体

2.2 津波シミュレーション

津波シミュレーション手法として一般的に用いられる、浅水流法方程式と連続式に基づいた平面二次元津波遡上計算手法を用いた。堤防の越流公式を、海岸林の粗度係数を高くすることで組み込んだ。津波が防護対象である避難所に到達した場合、津波被害関数に基づいた被害率によって建物へのダメージが計算される。適切に堤防・防災林を配置すれば建物のダメージを減少させることができ、防災の視点におけるハード対策を表現可能とした。また、防災においては避難者の行動も重要となる。そこで、避難経路上に避難者を配置し、避難所への移動する避難行動シミュレーションも実装した。避難経路はユーザが拡張できるため避難のためのハード対策も表現可能である。さらに、避難開始時刻や避難速度も避難者の防災意識に関連すると考えられる。そこで、プレイヤーはハザードマップや防災無線などのソフト対策も実行可能とした。これらによって避難者がより迅速に避難するように導くことができる。このように、避難者が避難できたかどうかという点もゲームで表現可能とした。なお、本節記載の機曾は共同研究者である三戸部佑太が主に担当した。

2.3 ゲームデザイン

ゲームの目的は津波から街と避難者を守ることである。ただし、まちづくりでは費用の観点も重要である。例えば、大きい堤防は津波を防ぐ効果は大きいがい、膨大な費用がかかる。そこで本ゲームでは、防護対象建築物（避難所）のダメージ、避難者の避難完了時間、まちづくりにかかった費用を総合的に評価し、100点満点の点数でプレイ結果を表示する。費用を表現するために、本ゲームでは予算ポイントという概念を導入し、堤防の高さ・長さ、海岸林の面積、追加した避難経路の長さに対して、消費予算ポイントを設定した。ソフト対策についても現実と似た消費予算を設定した。プレイヤーは事前に消費予算ポイントを見積もることができ、十分に検討してからまちづくりに臨める。プレイヤーが街に模型を配置した後、カメラによる画像認識が実行され、津波の数値計算が行われる。その結果が映像としてユーザに表示され、その後点数が提示される。点数を高くするのに適する模型の種類や位置などを試行錯誤する必要がある、その過程で防災まちづくりの知識を習得させることを狙いとしている。また、ステージ設定として、地形を震災の被災地にしたり、海からくる津波の高さの条件を震災時の記録と合わせたりすることで、過去の災害時の状況をゲームで再現できる。これにより、新しい形での災害記憶伝承の形となることが期待される。

3. 科学イベントにおける出展

本課題で開発したゲームの試作機を学都「仙台・宮城」サイエンスデイ 2019 で展示した（図3）。会場には多くの市民が訪れ、主に小学生を中心とした子供にプレイしていただいた。なお、本

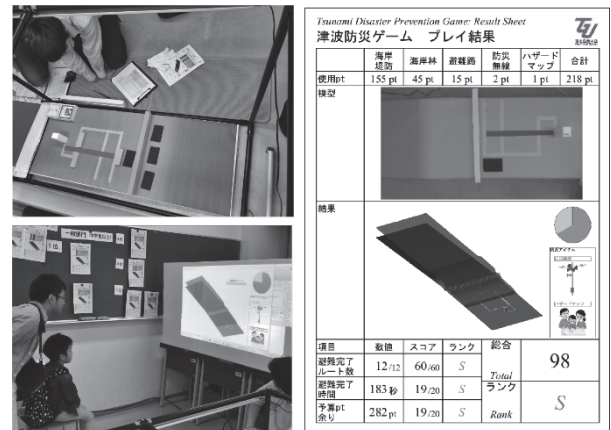


図3 イベント出展の様子

展示ではできるだけ多くの方に参加していただくため、設置時間のかかる砂の利用は行わなかった。プレイの流れは以下のとおりである。プレイヤーは、まず、ゲームのルール説明を受け、置き方の検討、予算ポイントの見積もりを10分程度で行う。その後、模型の配置を行い（図3左上）、津波シミュレーションを実行する。その結果は周りの参加者によく見えるよう、今回は模型でなくスクリーンにプロジェクタ投影した（図3左下）。プレイの結果の点数などはA4用紙で印刷して返却した（図3右）。その後、説明員が助言し再挑戦させた。高得点の場合はランキングに掲示され、これにより参加者の競争を促し意欲喚起した。終了後、簡単なアンケートとして、最も当てはまる感想を、「たのしかった」、「むずかしかった」、「わからなかった」の3択から選べた。また、感想の自由回答も収集した。

結果として、36人（小学生23人、中学生6人、高校生以上7人）の参加があった。アンケートでは「たのしかった」28人、「むずかしかった」8人、「わからなかった」0人となり、楽しんで頂いたことと試行錯誤の中で苦戦した人がいたことが示唆された。また、「わからなかった」という参加者がいなかったことからゲームのルールをよく理解していただいたことが分かる。自由回答の例として、「ストラテジゲームを想起させ、いかに予算を抑えて人々を避難所に導き被害を抑えるかを考えさせられ、とても興味深かった」、「津波のシミュレーションでとても分かりやすく学べるものだと感じました。様々な要素を考えて配置したので、とても難しく思いましたが、とても楽しかったです。」などの回答があった。否定的な感想はなかったが、難易度設定や予算管理の目安提示など、改善につながる回答があった。また、本出展はイベント審査員に評価され仙台市長賞を受賞した。

4. まとめ

本研究では、砂場や模型をゲームUIとする津波防災まちづくりゲームを開発し、イベント出展により評価を行った。砂の利用には課題があるが、模型UIによるゲームの有用性が示唆された。



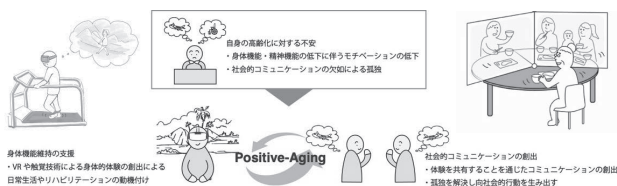
Positive Aging に向けた高齢者の体験デザインと行動変容

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

教授 南澤 孝太

1. 超高齢化社会における Positive Aging の創出

社会の高齢化は日本だけでなく世界的な問題へと発展しており、病気や障碍、経済的問題などから、年齢を重ねる事に対してネガティブに捉えている人が多い。WHO[1]においても、高齢者の Well-being を実現するためには身体と精神の機能を効果的に維持する方法が必要であると指摘されている。そこで、我々は高齢者が身体と精神の機能を効果的な維持に必要な課題を見つけるため、介護付き高齢者ホームのフィールドワークやその仕事に関わるステークホルダーにインタビューを行い2つの課題を導き出した。1つは高齢者の身体維持に必要な運動やリハビリテーションを継続するためのモチベーション不足である。高齢者施設の中は身体的な刺激が少なく、新たなことを始めるきっかけや運動を継続するためのモチベーションの維持が難しいことがわかった。2つ目は高齢者同士の新たな関係を築くためのコミュニケーション創出機会の不足である。高齢者ホームで暮らす高齢者のバックグラウンドは様々であり、一緒に長い時間を過ごしても、なかなかお互いが関わる機会が少なく、新しい人的関係性を生み出すことが難しいことが課題であるとわかった。そこで本研究ではこの2つの課題に着目し、高齢者やその他の人々が歳を取ることにに対してポジティブなマインドを持てるような“Positive Aging”(図1)を実現することを目指し、高齢者ケア施設の運営や訪問医療事業を行う株式会社メディヴァ、および介護付き高齢者ホーム・ヒルデモアとの連携のもと、デザイン思考のプロセスに基づき、フィールドワークで得た気付きに基づきプロトタイプを設計・開発し、現場でのユーザテストを通じて効果検証を行った。



2. Positive Aging に向けた体験デザイン

2.1 VR 技術や触覚伝送技術を活用した身体的体験

1つ目の課題である運動やリハビリテーションに対するモチベーション維持において、VR 技術や触覚伝送技術の応用可能性を検討するため、実際のターゲットユーザーである高齢者を巻き込み、我々がこれまで開発してきた身体性メディア技術がどのように受け入れられるか調査を行なった。介護付き高齢者ホームにて入居者を対象としたワークショップ及びデモンストレーションを行なった様子を図2に示す。例えば、ヘッドマウントディスプレイと温冷感を提示できる触覚ディスプレイを組み合わせ、VR 空間でシャワーを浴びると実際にシャワーの感覚を振動と温度感覚で伝えられる LiquidVR[2]の体験においては、参加者の驚きの表情と、「爽快だった」「シャワーなんてあまり浴びられないから気持ちよかった」といった発言が得られた。また触覚振動クッション[3]を用いて、花火大会や電車に乗る様子、あるいはダンスを踊る映像をクッションから伝わる触覚と共に体験した参加者が、「あの場所にもう一度行きたい」「もう一度踊りたい」と、外出や身体運動に対する自発的なモチベーションが引き出されている様子が観察された。特にタップダンスの映像をタップの触覚と共に感じていた車椅子ユーザの方が、不自由な脚を自発的に動かしている様子が見られたことは、施設職員にも驚きをもって好意的に受け入れられていた。



図2 VR 技術や触覚伝送技術を体験する参加者
(下段) ダンスの映像と触覚を感じて足踏みをする様子

2.2 触覚を伴う身体的記憶を共有する本“Haptic Remembrance Book”

もう1つの課題である高齢者の社会的コミュニケーションの欠如については、近年一人暮らしの高齢者や家族と離れて暮らす高齢者が増加しており、かつたとえ共同で暮らしていても、高齢者同士が新たなコミュニティを築くことが難しいことがわかってきた。特に認知症を伴う高齢者は、だんだんと家族や同居者、スタッフとのコミュニケーションが難しくなるため、そのような高齢者の認知症の進行を遅らせるためにも、周囲の人々のコミュニケーションを活性化させるテクノロジーが必要とされている。そこで、触覚提示技術を活用して、高齢者の記憶に残っている身体的経験を他者に共有することを可能にする、身体的記憶を残す本「Haptic Remembrance Book」(図3)を構想し開発した。

Haptic Remembrance Book のデザインプロセスにおいては、まず対象となる高齢者やその家族へのインタビューを通じて、本人の記憶に刻まれている身体的経験を抽出し、実素材を用いたアナログな触覚体験、および触感振動を通じたデジタルな触覚体験としてデザインし、個人毎に異なる本を制作した。日米の高齢者施設において、軽度の認知症を有する複数の入居者を対象として Haptic Remembrance Book を制作し、本人やその家族および介護スタッフに体験していただいたところ、日頃あまり自ら発話しない高齢者が娘の手をとって一緒に触ることを促したり、触っているうちに昔飼っていたペットの名前を思い出したり、他の入居者に本を触らせながら当時の話を始めたりするなど、多様な社会的コミュニケーションが誘発されることが確認され、特に軽度認知症患者において良好な効果が観測された。

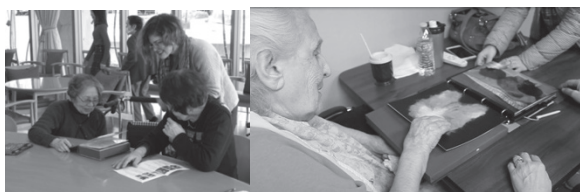
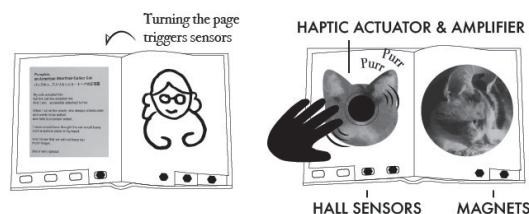


図3 Haptic Remembrance Book のシステム構成および日米の高齢者施設でのユーザテスト

3.おわりに

本研究では、高齢者の運動へのモチベーション向上に向けた VR 技術の活用可能性や、社会的コミュニケーションの活性化における触覚提示技術による身体的なインタラクションの活用可能性について、システムの試作と当事者を対象としたユーザテストを通じて、有用な効果が得られる可能性を示唆する結果が得られた。

Haptic Remembrance Book の提案およびデザインプロセスについては、ACM CHI 2019 の Student Design Competition において発表[4]し最優秀賞を受賞したほか、IEEE World Haptics 2019 において触覚技術の高齢者応用としての具体的設計[5]を、ACM CHI 2020 Case Studies において当事者への検証結果も含めた論文[6]の発表を行った。これらの活動成果を元に、高齢者ホームにおける具体的活用を検討するための実証実験段階に至ることができたが、その直後から、新型コロナウイルス感染症の発生に伴い、高いリスクを抱える高齢者を対象とした実証実験を進めることが困難な状況となってしまった。一方で Social Distancing を必要とされる現在の社会状況において、このような技術を活用して外出できない高齢者に運動機会を提供し、また社会的な孤立を防ぐことが急務であり、安全性を確保できる条件下において可能な限り速やかに本研究結果の現場での活用を進めてきたいと考えている。

謝辞

本研究の実施においては、株式会社の大石佳能子氏、飯塚以和夫氏、三島千明医師、ヒルデモアたまプラーザの職員および入居者、そしてそのご家族の皆様に多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

[1] WHO, What is Healthy Ageing?
<http://www.who.int/ageing/healthy-ageing/en/>

[2] Shirota, K. et al. (2018) Liquid-VR - Wetness Sensations for Immersive Virtual Reality Experiences. In Proc. AsiaHaptics 2018, Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol.535, pp.252-255, Springer, Verlag

[3] Shibasaki M. et al. (2020) Interest Arousal by Haptic Feedback During a Storytelling for Kindergarten Children. In Proc. EuroHaptics 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12272. Springer, Cham

[4] Elaine Czech, Mina Shibasaki, and Keitaro Tsuchiya. (2019) Haptic Remembrance Book Series. In Extended Abstracts of CHI 2019, Paper SDC08, ACM

[5] Czech, E. et al. (2019) Multi-modal Design to Promote Social Engagement with Dementia Patients. In Proc. 2019 IEEE World Haptics Conference 2019, pp.43-48, IEEE

[6] Czech, E. et al. (2020) Discovering Narratives: Multi-sensory Approach Towards Designing with People with Dementia. In Extended Abstracts of CHI 2020, ACM



ゲーミフィケーションによるサービスロボット操作へのエンターテインメント性の付与

大阪大学大学院工学研究科

准教授 中西 英之

1. はじめに

本研究では接客ロボットを遠隔操作するための不特定多数向けシステムを開発した。遠隔操作ロボットには操作者が必要であることから、人件費削減などのロボットの利点を十分に活かすことができない。そこで、オンライン上で不特定多数のユーザがエンターテインメントとしてロボットを遠隔操作する状況を実現することを試みた。まず実店舗での実験において接客に有効なロボットの行動を調査し、接客の状態遷移モデルを構築した。そして、それに基づく接客ロボット操作インタフェースを作成した。さらに、そのインタフェースにゲーミフィケーションを付与し、操作へのモチベーションが向上するかどうかについて調査した。

2. 状態遷移モデル

不特定多数のユーザによる接客ロボットの操作を可能とするため、ユーザがあらかじめ決められた規則に沿って操作するだけのシステムが望ましい。そこで、実際の店舗においてロボットが訪問客に接客を行う実験を行い、客とロボットとのインタラクションを状態遷移モデル化した。この実験は京都府錦市場にある七味専門店「ちんたら」において計20日間実施し、330組の訪問客に対して接客を行った。ロボットが訪問客に対してサービスを提供するためには、まず訪問客と会話を始める必要がある。本研究では訪問客からの反応を得るために、訪問客がロボットの発言に返答する確率であるエンゲージメントを推定し、その値が大きければロボットが訪問客に挨拶をするという自動挨拶機能を実装した。しかしながら、ロボットが挨拶できるほどエンゲージメントの値が大きくなる場合がある。そこで、そのような場合は、リズムカルな発話音声はインタラクションの継続欲求を向上させるという知見に基づき、ロボットがラップ歌唱を行うようにした。ここで、どのようなタイミングでラップ歌唱を行うべきなのかを調査する必要があるため、自動挨拶機能を使用した際の訪問客の反応を調査した。訪問客73組をロボットが挨拶することができた組とロボットが挨拶する前に店を退出してしまった組の2グループに分類したところ、入店から21~30秒が経過した以降は、挨拶できた組の数を挨拶できなかった組の数が上回ることが判明した。そこで、21~30秒の間である25秒を経

過してもエンゲージメントが一定値を超えない場合にラップ歌唱を行うようにした。

この実験では様々な会話を試みた。例えば、出身地を訪ねる、一緒に写真を撮ろうと誘う、などである。会話を継続させるには訪問客の返答を正確に聞き取る必要があり、さらにその返答に対する反応として適切なロボットの言動を選択する必要がある。このような操作は熟練を要するため、訪問客の返答が想定でき、容易に聞き取れるものとして、握手の要求を導入した。ロボットと会話を開始した訪問客の組に対して握手の要求を行ったとき、握手に応じたのは128組中117組であり約91%であった。

上記では訪問客の注意をロボットに向ける方法を論じてきたが、購買を促進するためにはロボットに集めた注意を商品に向ける必要がある。そこで実験ではそのような方法として、まず16組に対してロボットによる試食提案を試した。すると、8組が試食提案に応じた。これらの組の視線について調べたところ、試食用サンプルを見ていた7組のうち全ての組が試食をした一方で、サンプルを見ていなかった9組のうち試食をしたのは1組だけであった。よって、訪問客がサンプルを見ているときにロボットが試食提案をするべきであることが分かった。

次に訪問客にサンプルを見てもらうのに適切な発話タイミングを調査した。96組に対して試食説明を行い、その際の訪問客の視線を分析した。すると、試食説明時ロボットを見ていた42組ではそのうちの39組がその後サンプルを見た一方で、ロボットを見ていなかった54組ではたった8組しかサンプルを見なかった。よって、訪問客がロボットを見ている時に試食説明をし、それによってサンプルを見てもらうことができれば、高い確率で試食をしてもらうことができることが分かった。

以上の結果に基づいて訪問客と接客ロボットとのインタラクションの状態遷移モデルを、挨拶、握手、試食説明の3段階で構成し、訪問客の反応を条件としてインタラクションの状態が遷移するように設計した。まず、訪問客のエンゲージメントを推定し、その訪問客のロボットへの注目度合いが十分高くなった時に挨拶を行う。また、エンゲージメントが十分に高くないまま訪問客の入店から25秒以上経過した場合、ラップを行うことで

客の注意を引き付ける。次に、挨拶をした訪問客に対して握手を要求することによって会話を継続させる。ここで訪問客が握手に応じない場合にもラップ歌唱を行い、注意を引きつける。そして、訪問客がロボットに注目し続けている場合、試食の説明を行うことで商品へと注意を誘導する。その後、訪問客が試食用サンプルに注目した場合は試食を促す。ここで訪問客がサンプルではなくロボットに注目している場合は商品の説明を行い、訪問客がサンプルに注目した時点で試食を促す。また、訪問客がサンプルにもロボットにも注目していない場合はラップ歌唱を行い、訪問客の注意をロボットへと戻すことを試みる。このような状態遷移に基づいて、画面に表示されるいくつかの条件のうち現在の訪問客の状態に該当する条件が存在する場合はその条件に対応するボタンを押下する、という操作を繰り返すだけでロボットを操作することが可能な操作インタフェースを作成した。

上記の接客ロボット操作システムを実験者が使用し、10日間の実店舗での実験において状態遷移モデルの有効性を検証した。状態遷移モデルに基づいた操作インタフェースと、状態遷移モデルを用いずに全てのロボットの機能に随時アクセスできる操作インタフェースを比較し、訪問客がロボットの試食提案に応じる確率を比較した。その結果、状態遷移モデルを用いた場合に試食提案に応じた組は177組中18組で10.1%である一方、状態遷移モデルを用いない場合に試食提案に応じた組は172組中5組で2.9%であった。

3. ゲーミフィケーションの付与

ロボット操作の経験の無いユーザによる操作でもロボットに高いサービス提供能力を発揮させることができるのかどうか、また、ゲーミフィケーションの付与によって操作者の操作に対するモチベーションが向上するのかどうか、という点について調査した実験では、ロボットのパフォーマンスに応じて獲得できるポイントを提示する場合と提示しない場合を比較した。ポイントが提示される条件では、ロボット操作用ディスプレイのすぐ隣に現在の獲得ポイント数を表示するディスプレイを設置した。被験者は関西圏在住の18歳から24歳の大学学部生8名であり、2条件の実験を被験者間実験として行った。

被験者は操作方法の説明を10分間聞いた後、ロボットを60分間操作した。操作方法の説明の内容は、現地の映像を見て画面に表示された条件で現地の状況が当てはまるかどうかを判断し、当てはまる場合はその条件に対応するボタンをマウスでクリックする、というシンプルなものである。ポイントあり条件ではそれに加えて、ロボットのパフォーマンスに応じてポイントが獲得でき、そのポイント数が表示されるということを説明した。操作終了後、操作に対する印象をアンケートで尋ねた。このアンケートの結果を対応のないt検定によって比較したところ、「もっと

操作したいか」という質問において、ポイントあり条件の方がポイントなし条件より有意にスコアが高くなった ($t(6)=2.61, p<0.05$)。

上記とは別の方法で被験者の操作に対するモチベーションを評価するため、行動分析を行った。操作に対するモチベーションが低下することによって、マウスからより頻繁に手を離すという行動が見られると予想した。そこで、操作時間中に被験者がマウスから手を離した回数を数え、条件間の違いを調べた。アンケート結果と同様にt検定によって比較したところ、ポイントあり条件においてマウスから手を離した回数が有意に少なかった ($t(6)=2.71, p<0.05$)。

モチベーションの分析に加えて、ロボット操作の経験のない操作者による操作であってもロボットが効果的なサービスを提供できるのかどうかを調べるため、状態遷移モデルに基づいた被験者の操作、状態遷移モデルに基づいた実験者の操作、状態遷移モデルに基づかない実験者の操作の3条件において、訪問客がロボットの試食提案に応じた割合をFisherの正確確率検定によって比較した。その結果、これらの3条件の間で有意差があり ($p<0.05$)、ボンフェローニ補正による多重比較を行ったところ、状態遷移モデルに基づく2条件のどちらにおいても、状態遷移モデルに基づかない操作に比べて有意に高い割合で試食に応じてもらうことができたという結果が得られた。

成果発表

1. Masaya Iwasaki, Mizuki Ikeda, Tatsuyuki Kawamura and Hideyuki Nakanishi. State-Transition Modeling of Human-Robot Interaction for Easy Crowdsourced Robot Control. *Sensors*, Vol 20, No. 22, 6529, 2020.
2. 池田 瑞 岩崎 雅矢, 河村 竜幸, 中西 英之. 不特定多数による遠隔操作の実現に向けた接客ロボットと客とのインタラクションの状態遷移モデル化 HAI シンポジウム2020, G-11, 2020. 優秀論文賞(ロング)
3. Masaya Iwasaki, Jian Zhou, Mizuki Ikeda, Yuya Onishi, Tatsuyuki Kawamura and Hideyuki Nakanishi. Acting as if Being Aware of Visitors' Attention Strengthens a Robotic Salesperson's Social Presence. *International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2019)*, pp. 19-27, 2019. Best Paper Award
4. Masaya Iwasaki, Jian Zhou, Mizuki Ikeda, Yuki Koike, Yuya Onishi, Tatsuyuki Kawamura and Hideyuki Nakanishi. "That Robot Stared Back at Me!": Demonstrating Perceptual Ability is Key to Successful Human-Robot Interactions. *Frontiers in Robotics and AI*, 6:85, 2019.



ゲーム開発ツールリポジトリの調査と構築

東京工芸大学 芸術学部 ゲーム学科

准教授 今給黎 隆

デジタルゲーム開発において、「ゲーム開発」という対象に対する研究が進んでいるとは言えない。しかしながら、使用する開発ツールの選択を始めとする開発体制はリリースするゲームの質に大きく影響する。しかしながら、良いツールがあったとしても、それを知らなければ使うことはできない。すなわち、開発時のツール情報の多寡はゲームの品質に影響を及ぼしているはずである。ゲーム会社各社は、開発者イベントでの講演などによる情報から、開発する際の手法・ツールの情報を入手し、それぞれのチームに合わせて好ましいツールを導入しているものと思われる。これらの情報は、有名タイトルであれば開発者向けカンファレンスや勉強会での講演として情報が周知され、その模様がWebのニュースサイトで紹介される。しかし、Webサイトはプル型の情報取得方法であり、日々の開発業務に殺されるゲーム開発者が情報を取得する機会を設けるのが難しい場合も多い。情報の入手の遅延は、開発体制の改善の頻度の低下を招き、最終的にリリースされるゲームの品質が低下する。

この問題を解決するには、ゲーム開発の情報が一覧できるように集約されれば良いと思われる。しかしながら、現状、そのような都合の良いサイト・書籍は存在しない。既存情報として、ゲームのツールやサービスを行っている企業によるツールリストや、有志によるブログ記事^{2,3)}は存在するが、企業によるリストは、その企業と関連するツール外の領域をサポートすることが出来ず、有志によるリストは、一時的な情報となりやすい。本研究は、上記の状況を踏まえ、商業製品のゲームで使用されている開発ツールを調査・整理、公開することで、ゲーム開発の開発情報を記録するとともに、ゲーム会社各社の開発環境を改善への貢献を目指した試みと、その結果の調査分析である。ゲーム開発ツールに関する情報をオープンにすることにより、新たなゲーム研究の分野を切り開いていきたい。これは、従来のゲーム学が扱ってきたような、コンテンツの本質や、そこから導かれる行動について探求するものではなく、如何にすればゲーム開発を効率的にし、品質の高いゲームを作れるのかを探求するための分野で、手法の改良にとどまらず、社会学的な研究を進めることによって、より現場の実際を取り入れた研究分野へと育てていきたい。

研究方法としては、実際に現場で使われているツールを確認するため、ゲーム開発のカンファレンスでの講演の資料および確認して、各タイトル別に使われているツールを抽出した。ツールの抽出において、他社での適応が難しいことから、独自ツール及び、独自エンジンは含めなかった。また、特定の開発会社で全社的に使われているツールについても、実際にタイトルで使用されているのか不明なため、使用事例に含めなかった。調査したそれぞれのツールはジャンルでタグ付けし、情報を公開した際の可読性を高める仕組みを導入する。それぞれのジャンルに上手く当てはまらないツールもあるため、その都度ジャンルの追加を行いながらデータの分析を進めた。

得られたツールの情報は、webサイト(<https://gdev.info>)を構築し、公開をしている。サイトはデータが検索・フィルタリングできるようにwebアプリケーションとしてサイトを構築した。使用事例の発表のデータベースも作成し、2つの情報を組み合わせることで、各社で導入判断する際の材料としての情報を構築した。

ゲーム開発情報

表示項目 ツール ▼▲		
ツール ▼▲	タイトル ▼▲	セッションID ▼▲
Cocos2d-x	アナザーエデン	60
Cocos2d-x	ダンメモ	60
Jenkins	アナザーエデン	60
Jenkins	ダンメモ	60
Ansible	アナザーエデン	60
Ansible	ダンメモ	60
Amazon EBS	アナザーエデン	60
Amazon EBS	ダンメモ	60
Amazon EC2	アナザーエデン	60
Amazon EC2	ダンメモ	60
Maya	ONE PIECE WORLD SEEKER	99
IronPython	ONE PIECE WORLD SEEKER	99
CRI ADX2	EARTH DEFENSE FORCE IRON RAIN	41
Unreal Engine 4	EARTH DEFENSE FORCE IRON RAIN	41
BigQuery	逆転オセロニア	47
Google Compute Engine	逆転オセロニア	47
Kubernetes	逆転オセロニア	47
Python	逆転オセロニア	47
Unity	逆転オセロニア	47
Remix	CryptoNinja	14
Ganache	CryptoNinja	14
Docker	CryptoNinja	14
Spline	プリンセスコネクト! Re:Dive	147

図 1. 構築サイト (<https://gdev.info>).

サイトではプルダウンメニューで表示項目を切り替えられる。プルダウンの「講演」情報では、各カンファレンスにおける調査した講演の情報が現れる。それぞれの講演への資料サイトへのリンクを張っているため、情報のトレースを容易に行うことが可能である。プルダウンの「ツール」情報では、各ツールが使われているゲームタイトルが紹介され、その情報がどの講演で紹介されたのか示されている。サイトの構築はまだ発展途上の状態であり、ツールの情報の詳細やフィルタリングとしての閲覧がまだできておらず、今後拡張を進めていきたい。

ツール情報の調査は、代表的なゲーム開発のカンファレンスとして、Game Developer Conference 2019 (GDC 2019)とコンピュータエンターテインメントデベロッパーズカンファレンス 2019 (CEDEC 2019) を対象として選定した。GDC 2019 は GDC Vault から、CEDEC 2019 は、CEDiL から講演資料を取得し、資料内部を精査した。Game Developer Conference は、毎年3月頃にアメリカのサンフランシスコで開催される国際的なカンファレンスである。CEDEC は、毎年9月頃、パシフィコ横浜で開催されるゲーム開発者を主ターゲットとした国内最大のカンファレンスである。この二つのカンファレンスを比較することで、日本国内と全世界との開発の違いを評価できることが、これからカンファレンスを選定した理由である。

調査した講演数は、GDC 2019 が 279 セッション、CEDEC 2019 は 160 セッションである。これらは各カンファレンスの全てのセッションではなく、資料が得られた一部のセッションとなる。それらセッションから見つけられたツールの情報は、GDC 2019 が 95 ツール・タイトル、CEDEC 2019 が 148 ツール・タイトルであった。ここで、ツール・タイトル数はタイトル別・ツール別にユニークな組み合わせの数である。各ツールは複数のタイトルで用いられているため、このような単位を導入した。なお、ツール・タイトル数を公演数で割った平均ツール・タイトル数は、GDC 2019 が 0.34 ツール・タイトル/セッション、CEDEC 2019 が 0.93 ツール・タイトル/セッションであり、国内の発表の方がツールの紹介が 3 倍ほど多い結果となった。ただし、GDC では、企業展示のブースや隣接する場所でツールメーカーのセミナーが開催されており、これだけでは日本がツールを紹介することが好きだと結論付けることはできない。

図2は、それぞれのカンファレンスで紹介されたツールのジャンルごとの累積分布である。DCC ツール、ゲームエンジン、オーディオツールは GDC と CEDEC の両方で紹介されているが、データベースやネットワークのツールは GDC ではあまり紹介されていないことが目立つ。それぞれのジャンルを詳細に分析すると、もっとも多く紹介されている DCC ツールでは、Maya が非常に多く、類似ツールの同 Autodesk 社の 3DS Max よりも

はるかに多い結果であった。地域間の差異としては、画像圧縮をするツールである **OPTiX ImageStudio** が多く使われていることが日本特有の結果として見て取れる。ゲームエンジンとしては、**Unity** と **Unreal Engine 4** が多かった。これらはよく知られていることであるが、**GDC 2019** では、**Cocos2d-x** 等の他のゲームエンジンが全く紹介されていなかった。商用ゲームエンジンは寡占化が進んでいるようである。オーディオツールとしては、**Wwise** が広く使われている。そして、それ以外のツールは広く使われているツールが少ないというのが特徴的である。それ以外の分野では、**モノビットエンジン** と **Jenkin** が非常に多い。モノビットエンジンはモノビットエンジン社のセッションで事例紹介されたために数が増えているが、使われていることも確かであろう。**Jenkins** は、特に **Windows** 環境では **CI** ツールとしてメジャーな存在である。同様なツールとして **Circle CI** 等が存在するが、ゲーム開発はクローズドな開発環境も多く、オンプレで検証できるツールが好まれている。事例が少ないツールが今後発展する可能性が高いが、それらの分析は今後実践していく。

まとめとして、本研究では、2つのカンファレンスの資料から、ゲーム開発ツールが使用されているゲームタイトルを調べ、その情報を一般に使われるように公開した。調査した、カンファレンス数は少なく、公開サイトも不十分な状態であるが、今後、ゲーム開発に関する研究を行うための基礎固めの一つが行えた。本研究の課題として、ツールのジャンルの分類は恣意的であり、標準的な分類方法を構築する必要がある。また、具体的なタイトル名と紐づけたため、全社的に展開されている情報を除外したが、実際の開発の上では貴重な情報であるので、情報を整理する必要がある。今後、他のカンファレンスの情報を追加しながら分析することで、過去との比較やカンファレンスごとの特徴抽出を行いたい。特に、GDC 2020 は、COVID-19 の影響により夏に延期されたため、調査を実施できなかったのが残念である。また、単に多く使われているツールを調査するだけでなく、今回の情報をより詳細に分析することで、各社におすすめツールを予想するなど新たな価値を創出していきたい。

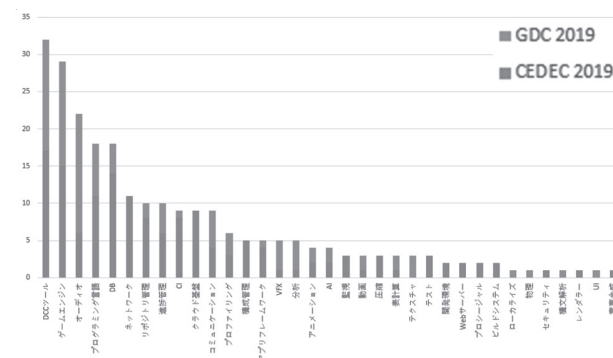


図 2. イベントでのツール紹介分布.



HMD 機器による視覚誘導性自己運動感覚の研究

京都大学大学院文学研究科

教授 蘆田 宏

目的

近年、仮想現実(virtual reality: VR)環境を手軽に得ることができるヘッドマウント型のディスプレイ(head mounted display: HMD)が世界的に安価に利用できるようになってきた。その恩恵を受け、様々な分野でVRの活用が進められているが、ゲーム、アミューズメント用途が依然としてVR市場の大部分を占めての頭や身体の動きに従った画像を生成できるシステムにより、HMDを用いたゲームでは高い没入感を得ることができる。

フィクションの世界では、VRゲームの未来像として、五感など感覚入力がいまや完全に再現され、見た目だけでなく身体能力も拡張された形で新たな世界に生きる様子が描かれている作品が数多く発表されている。しかしながら、現状ではVRと言っても精細に表現されるのは視覚のみであり、聴覚は与えられるものの原理的に世界の奥行きを十分に再現することは難しい。味覚、嗅覚や触覚の再現もまだ実現がはるかに遠い。視覚以外の感覚再現技術が未だ発展途上であるにもかかわらず、現時点のVR体験でもなかなかの臨場感が得られるのは、人間が視覚に頼って生きていることの表れだろう。中でも、VRのプレゼンスを支える身体運動感覚は、これまでの心理学的知見から、視覚の影響が非常に強いことが示されている。身体の動きは耳の前庭器官が検知するが、得られるのは加速・減速情報のみである。そのため高速で安定飛行する飛行機の中でおもった動きを感じられぬ。それを補うため視覚だけでかなり強い自己運動感覚が生成され、それはベクション(vection)と称される。

ベクションの研究は心理学において長く研究されてきた。しかしながら、多くの研究ではベクションの測定を主観的報告に頼っており(そもそも主観的現象であるから)、動く視覚刺激が主観的效果と無意識的な身体制御のそれぞれどのように影響するかについて、十分な検討がなされてきたとは言えない。姿勢制御については運動生理学の分野で幅広く研究されてきたが、心理的效果との関係は必ずしも重視されておらず、研究を進める必要がある。また、視覚により加速感も得られるが、それは前庭感覚と矛盾を生じるので不快感のもとにもなる。無意識の身体制御の解明により不快感の軽減につながる可能性もあるだろう。

最近のVR用HMDは、有機ELディスプレイによる精細な

動画像提示とヘッドトラッキングを行えるため、視覚によるベクションと姿勢制御を調べるための実験ツールとして有用である。本研究では、主にOculus社のHMDを用いて、視覚運動とベクション、身体運動を統合的に検討する実験を行った。

方法

VR環境作成に適したソフトウェアであるUnityを用いて、HMD(Oculus Rift)に動くランダムドットのオプティックフロー刺激を30-60秒間提示し(図1)、ヘッドトラッキング機能により刺激観察中の頭部位置を記録した。実験によっては、ボタンかジョイスティック機器を用いて実験参加者に自己運動感をオンラインで報告してもらった上、各試行後にベクションの強さと方向の主観評価を求めた。研究3ではHMDとしてHTC Viveを用いた。特に記さない限り、参加者は立位姿勢でHMDを装着し、視覚刺激を観察した。

実験は、京都大学心の先端研究ユニット倫理審査委員会の承認を受け、大学生、大学院生の参加者に対して実施した。

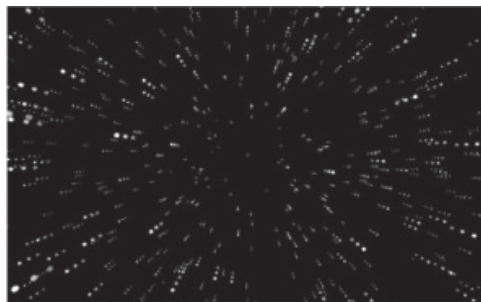


図1 視覚刺激の様子。残像を重ねて動きを表現しているが、実際にはほとんど残像が生じない。文献[1]より。

研究1 上下視野と前後運動

ベクション生起の効果は上視野より下視野の方が強く、また、拡大運動より縮小運動のほうが強いことが知られている。本実験では、HMDを用いて上下視野と前後運動方向の違いを調べた結果、頭部運動においても同様に縮小運動と下視野の効果が大きいことがわかった(図2)。ベクション評定は下視野のみより全視野のほうが強かったが、頭部運動では下視野と全視野で大きな差がな

かった。

通常、地面(床面)がある下視野の効果が強いことは理解できる。縮小運動は身体が後退することを意味し、拡大運動(前向き)

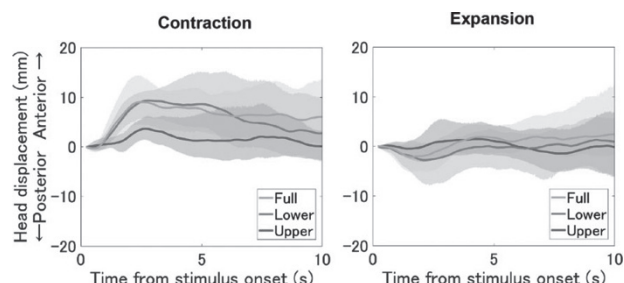


図2 オプティックフロー刺激観察時の頭部運動。左:縮小、右:拡大。全視野(Full)、上視野(Upper)、下視野(Lower)別に図示。

に比べて経験が浅いため、前庭感覚等による補正が生じにくく、後ろ向きの転倒がより危険であることから大きな効果に意味があると推測される。(文献[1]論文発表済)

研究2 立位と座位における姿勢制御

家庭では座ってHMDを着用することも多いと考えられるが、これまでの研究では立位での測定がほとんどであった。本実験では、研究1と同様のベクションと頭部運動の測定を立位と座位で行い、比較した(全視野のみ)。

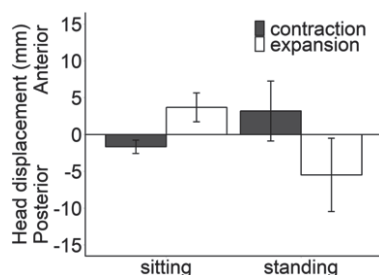


図3 立位と座位における頭部運動の平均値。移動方向が逆になることが見て取れる。文献[2]より。

ベクションにおいては立位と座位で顕著な差がみられなかった。頭部運動について、立位ではこれまで知られているとおり、視覚運動によって誘導される身体運動感覚の逆方向に体が動いた。つまり、転倒しないために身体感覚と逆で動いてバランスを取っていると解釈できる。一方、座位では全く逆で、身体運動感覚と同方向への頭部運動が観察された。また、拡大刺激の効果が大きかった。特に逆方向に動くのかは明らかでないが、座位では立位のようにバランスを取らなくても転倒の恐れはなく、他の要因が優先になると考えられる。たとえば、乗り物の座席に座って加速するとき、若干前に傾いた方が安定するが、後退後

ろ向きに倒れることは考えにくいだろう。

いずれにしても、立位と座位で身体反応が異なることは、ゲーム等でも利用姿勢によって視覚刺激の効果が潜在的に異なることを示唆するため、さらに検討することで想定する姿勢に応じた不快感の軽減などの応用につながるかもしれない。(初期データを学会発表[2]、追加実験を含む論文[3]が審査中)

研究3 側臥位におけるベクションと重力方向の影響

研究1で示された上下視野の違いは、網膜位置の制約によるのか、あるいは、外界の上下を計算に入れているのだろうか。この違いは網膜位置と環境位置が一致しない場合に現れるため、本研究では実験参加者に側臥位でHMDを着用してもらい、上下左右の半視野にフロー刺激を呈示した。研究1, 2とは異なる、地面あるいは壁のように見えるテクスチャ面を用いた。側臥位では有意な頭部運動が生じないため主観評価のみとした。

得られた効果の大部分は網膜位置に依存するものであった。つまり、姿勢によらず網膜位置の下半分への呈示によるベクションが有効だった。しかしながら、側臥位における環境位置の影響は小さいながらも有意に見られ、意識的なベクションにおいては環境位置の上下が影響することが示された。(論文投稿準備中)

結論

一連の実験より、HMD機器が視覚運動情報による身体制御の研究に有用であることが再確認された。得られた基礎科学的な知見を実際のゲーム制作などのように応用するかは今後の課題となるが、評価指標の一つとして、追加機器が必要なヘッドトラッキング測定が有効であることが示された。

謝辞

実験実施に際し、京都大学大学院文学研究科博士課程、藤本花音氏の多大な協力を得た。

文献

- [1] Fujimoto, K. & Ashida, H. (2019) Larger head displacement to optic flow presented in the lower visual field. *i-Perception*, 10(6) 1-17.
- [2] 藤本花音・蘆田宏 2019 座位姿勢下と立位姿勢下におけるオプティックフローへの異なる姿勢反応 信学技報, vol. 118, no. 493, HIP2018-87, pp. 25-28.
- [3] Fujimoto, K. & Ashida, H. (under review). Different head sway responses to optic flow in sitting and standing postures with a head mounted display. *i-Perception*.



ゲームプレイ時の姿勢がプレイヤーの行動に与える影響

関西大学 社会学部
教授 福島 宏器

1. はじめに

かつてコンピュータ端末を利用する際の姿勢は座位が中心であったが、モバイル端末の普及により、現在では様々な姿勢で端末を利用することが可能となった。座位はもちろんのこと、電車の中で立ったまま、家の中ではソファやベッドで横になりながら端末を操作する人も多いのではないだろうか。心理学の分野では、姿勢が認知や感情に影響を与えることは古くから知られている。例えば前屈姿勢していると自信が低下し[1]、脚をテーブルに乗せた尊大な姿勢で座ると一層リスクが高い判断をするようになる[2]。こうした姿勢による認知や感情に対する影響が、モバイル端末を利用する際の行動や意思決定に影響を及ぼしている可能性は十分に考えられる。例えばソーシャルゲームの中でも「ガチャ」と呼ばれる課金システムはギャンブル性が高く、依存者を生み出していることで社会問題となっているが、リスクが高い判断をする姿勢による操作を避けることで、ガチャへの過度な課金を減らせるのかもしれない。そこで本研究では、スマートフォン利用時の姿勢とリスク判断の関係を明らかにすることを目的とし、スマートフォン利用時の主な姿勢を把握するためのインターネット調査と、姿勢とリスク判断傾向の関連性を明らかにするための実験を行うこととした。しかしながら新型コロナウイルスの感染拡大防止のために予定していた実験を実施できていないため、本報告書ではインターネット調査の結果のみを記す。インターネット調査ではスマートフォン操作時の姿勢のほかにゲームアプリへの課金額も問うことで、姿勢と課金の関連性も検討することを目指した。

2. 方法

2.1. 参加者

インターネット調査会社に登録され、自分用のスマートフォンを所持している15歳以上69歳以下の男女600名が回答した。10代から60代の各年齢層が男女50名ずつになるように先着順で回答が締め切られた。本研究は関西大学大学院心理科学研究科の倫理委員会において承認されており、参加者には事前に研究目的やデータの取り扱い方法などについて文書で説明した上で、同意

した場合のみ回答を送信するよう依頼した。

2.2. 質問項目

質問項目を表1にまとめた。いずれの質問項目も回答は選択式であった。スマートフォンの機種名からは、カタログ上の液晶サイズと重量を求めた。

2.3. 手続き

参加者は調査会社から配信されたメールに記載されたURLにアクセスし、本研究に関する説明文に目を通した。その後、スクリーニングとして性別、年齢、スマートフォンの所持に関する質問が送られ、対象者のみ本調査へと進んだ。

表1. インターネット調査の質問項目

問	質問項目
1	現在主に使用しているスマートフォンの機種名
2	画面を見ながらスマートフォンを利用する時間 (最近1ヶ月の1日平均)
3	スマートフォンの主な利用目的 (複数可)
4	5分以上スマートフォンを利用するときの主な姿勢 (複数可)
5	最も長い時間行っている姿勢
6	利き手
7	スマートフォンの主な操作方法 (複数可)
8	最も長い時間行う操作方法
9	ゲームアプリを利用する時間 (最近1ヶ月の1日平均)
10	ゲームアプリへの課金額 (最近1ヶ月)
11	ゲームアプリ使用時に最も多い姿勢

3. 結果

3.1. スマートフォンのサイズ・重量の年齢差と男女差

年齢層 (10~60代) と性別を要因とした二要因分散分析を行った結果、年齢層や性別によって液晶サイズや重量に顕著な違いはなかった。全体の平均値は液晶サイズが5.3インチ、重量が158.7gであった。

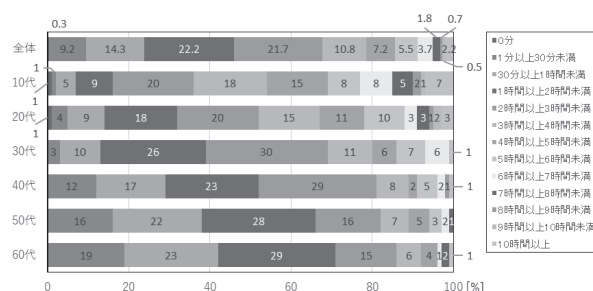


図1 画面を見ながらスマートフォンを利用する時間（最近1ヶ月の1日平均）

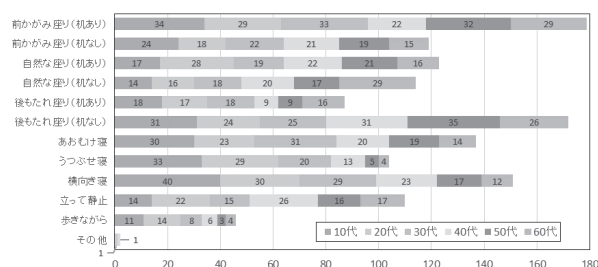


図2 5分以上スマートフォンを利用するときの主な姿勢

3.2. 利用時間（図1）

年齢と利用時間の順立関係を求めたところ、有意な負の相関が見られた（ $\rho = -.429, p < .01$ ）。つまり年齢が若いほど利用時間が長い傾向が見られた。

3.3. 主な利用目的

LINEの利用率が全体の75.3%と最も高く、ウェブ検索・ネットサーフィン（65.2%）と電子メール（48.0%）および音声通話（47.8%）がそれに続いた。ゲームアプリの利用者は全体の37.6%であり、10代の利用率が62.0%と最も高かった。

3.4. 5分以上利用するときの主な姿勢（図2）

全体では机に手を置いて前かがみに座る姿勢が最も多く（29.8%）、次いで机を使わず後ろにもたれて座る姿勢（28.7%）、横向きに寝る姿勢（25.2%）となっていた。最も長時間行う姿勢も同様に、机を使い前かがみに座る姿勢（18.0%）と机を使わずに後ろにもたれて座る姿勢（17.8%）の選択率が高かった。

3.5. 主な操作方法（図3）

全体で最も多かったのが左手で本体を持ち、右手の指で操作する方法であった（60.6%）。次いで右手で本体を持ちながら右手の指で操作する方法が多かった（29.8%）。最も長い時間行う操作方法も同様に左手持ち・右手操作、右手持ち・右手操作の順で多かった（順に55.5%、21.8%）。

3.6. ゲームアプリの利用時間

ゲームアプリの利用時間と年齢の順立関係を求めたところ、有意な負の相関が見られた（ $\rho = -.328, p < .01$ ）。つまり年齢が若いほどゲームアプリの利用時間が長い傾向が見られた。

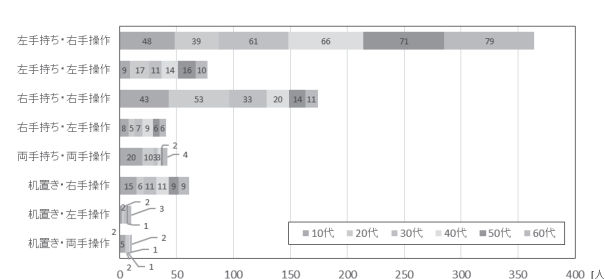


図3 スマートフォンの主な操作方法

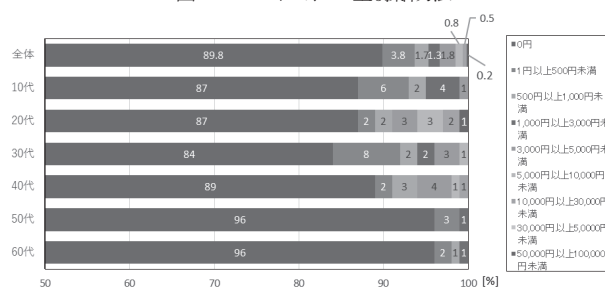


図4 ゲームアプリへの課金額（最近1ヶ月）

3.7. ゲームアプリへの課金額（図4）

一切課金していない人が全体の89.8%を占めていた。1ヶ月に5,000円を超える高額な課金をしていたのは20代に6名、30代に1名、40代に2名の計9名のみであった。

4. 考察

本研究ではスマートフォン利用時の姿勢を明らかにするため、10代から60代までの計600名にインターネット調査を実施した。その結果、机の上に手を置き前かがみに座る姿勢と、机を使わずに後ろにもたれる姿勢で操作することが最も多く、時間も長いことが半明した。また、操作方法では左手で本体を持ち、右手の指で操作する方法が最も多く、時間も長いことが半明した。

スマートフォン利用時の姿勢に影響を与える要因を検査するため、姿勢と他の変数（年齢、性別、スマートフォンの重量など）との関連性を様々な方法で分析してみたが、有意な変数は見出されなかった。少なくとも本研究で測定した変数とスマートフォン利用時の姿勢には、関連性が見られなかった。また、姿勢が課金額に影響を与えている可能性の検討も試みたが、高額課金者の数が少なかったこともあり、一貫した傾向は見られなかった。

引用文献

- [1] Carney, D. R., Cuddy, A. J., & Yap, A. J. (2010). Power posing: Brief nonverbal displays affect neuroendocrine levels and risk tolerance. *Psychological science*, 21(10), 1363-1368.
- [2] Stepper, S., & Strack, F. (1993). Proprioceptive determinants of emotional and nonemotional feelings. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64(2), 211.

（共同研究者：松田 剛、関西大学 社会学部 准教授）



深層カプセルネットワークを用いた 高精度アイトラッキングとユーザ情動推定への応用

筑波大学システム情報系

助教 河合 新

1. 研究課題の概説

本研究課題の目的は、1) スマートフォンのインカメラをターゲットデバイスとした深層カプセルネットワークを利用した高精度アイトラッキング技術の開発と 2) そのデータを用いた情動推定手法の開発によって、ゲームとユーザ・社会の関わりを評価するために必要な基礎的な技術を実現すること、の2点である。スマートフォン上のゲームとユーザ・社会との関係を明らかにするためには、ゲームがユーザに与える影響の解析が必要である。本研究課題では、そのような解析手法としてアイトラッキングによる情動推定を提案する。アイトラッキングとは人の視線挙動を計測する技術である。この計測に従来は大掛かりな計測装置を必要としており、そのため、多くのユーザの情報を収集し解析することは困難であった。この計測をスマートフォンのインカメラで実現できれば、あらゆるスマートフォンユーザの情動推定が可能となる。

スマートフォンのインカメラをアイトラッキングのターゲットデバイスとした理由は、スマートフォンを用いた生体情報の計測が容易で身近なものとなってきたためである。近年スマートフォンの保有状況は5年間で約4倍になるなど、その普及が急速に進み、1人が1台を持つ情報端末としてその地位を確固たるものとしてきている。それに付随して、スマートフォンはもともと身近であり、かつ、その使用に抵抗のないデバイスとなってきた。また、従来のアイトラッキングのデバイスは、いずれも高価かつユーザをなんらかの形で拘束するものであった。一方、それらに比べてスマートフォンは安価かつ拘束がないという特徴があり、生体情報計測デバイスとしても最も理想的なものであると言える。このような状況を鑑み、本研究ではスマートフォンのインカメラをアイトラッキングのためのデバイスとして使用した。

また、対象をスマートフォン上で駆動するゲームとした理由は、これらのゲームの普及にある。スマートフォンの普及に伴って、スマートフォン上で駆動するゲームの利用者も増えている。例えば、そのようなゲームで遊んだ経験者は68.9%という統計報告がなされている。したがって、これらのゲームの利用動向に

も変化が生じていることは想像が難くない。特に、スマートフォンの普及はインターネットへの接続を容易とし、オンラインでのゲームによる人や社会とのつながりを密にしている。そのため、これらのゲームが果たすべき役割を明らかにすることは、ゲームとユーザ・社会との関わりを考えるために重要な項目であると考え、本研究ではこれを対象と想定した。

本研究課題の目的を達成するため、本研究では、i) 深層カプセルネットワークの学習時間短縮手法の提案、ii) AI的アプローチによるアイトラッキング技術精度改善のための可視化手法の提案、の2項目を実施した。スマートフォンのインカメラのアイトラッキング技術の開発は、MIT が先駆けとなっているが、十分な精度が得られていない。その原因として、空間情報を失ってしまう畳み込みNNの使用が考えられる。そこで、本研究では深層カプセルネットワークを用いることで、従来よりも高い精度を実現する。また、カプセルネットワークをアイトラッキングというタスクに用いること自体がこれまでになく、新しい独創的な枠組みでもある。

2. 深層カプセルネットワークの学習時間短縮手法の提案

畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN) は画像認識の分野で一般的な手法として広く認識され使用されているが、幾つかの欠点も指摘されている。CNNは、特徴抽出を行う畳み込み層とシフト不変性のためのプーリング層を繰り返す構造によって線の傾き、太さや色などの低レベルの特徴を認識し、これらの特徴から顔画像などにおける目や口などの高レベルの特徴を認識する。一方、CNNは同じオブジェクトであっても異なる姿勢のときに正しく認識するためには、大規模なデータ拡張と非常に深いネットワークが必要になることが知られている。これは、CNNのプーリング層が抽出した特徴間の位相構造を保存しないため、同じオブジェクトでも姿勢が異なると全く異なる内部表現になるために生じている。そのため、様々な姿勢に対応する認識を実現するためにはCNNでは学習に非常に時間を要する。

CNNのこのような問題の解決として、Google Brainのチームによって提案されているカプセルネットワーク (Capsule

Network: CapsNet) に本研究では着目する。CNN の中間層である特徴マップのピクセルは、対応する場所の特徴が存在しているか否かを出力する。一方、CapsNet の中間層であるカプセルは、オブジェクトの部分の情報をベクトルとして出力する。

これまでのCapsNetは学習に非常に時間を要しているが、これを解決しCNNが大規模なデータ拡張と非常に深いネットワークを必要とする問題を解決できる。従来のCapsNetが学習に時間を要する原因は、CapsNetが分類クラスごとに特徴空間を生成するため、クラスが増えるほどパラメータが増大することである。しかしながら、CapsNetはカプセルに姿勢を含むオブジェクトの特徴を保持するため、同じオブジェクトであれば異なる姿勢であっても正しく認識できると考えられる。そのため、異なる姿勢のオブジェクトを正しく認識するためにCNNでは必要であった大規模なデータ拡張と深いネットワークが不要である。

そこで、本研究ではCapsNetのパラメータを削減することで、学習時間の短縮を図る。そのための手段として、CapsNetの一部にL1正則化を適用し、その後、閾値以下の値を0とすることによるスパース化をCapsNetの学習手法として提案する。また、副次的な効果として、パラメータの削減によって単純で過学習に強いモデルの獲得が期待できる。

従来手法に比べ提案手法ではパラメータの削減とテストデータの微小変形の有無に関わらず精度の向上が確認できた。これは提案手法によって過学習が抑えられ、CapsNetの汎化性能が向上したためだと考えられる。

3. AI 的アプローチによるアイトラッキング技術精度改善のための可視化手法の提案

視線は人間の情動に関する重要な情報が含まれており個性を容易に反映していることから、その推定が望まれ多くの研究がなされている。視線は表情から読み取れない人間の内部情報が含まれている。そのため、視線を正確に測定できれば、その情報は情報推薦や医学など幅広い分野で活用できる。特に、スマートデバイスYate(Smartpho25)を使用して推定できる場合、視線情報は多くの分野でイノベーションを促進することが期待できる。

本研究では、概観ベースの視線推定手法の1種であるCNNを使用する手法に焦点を当てる。視線推定には、モデルベース（瞳孔の向きを使用して視線を推定）と外観ベース（眼の画像から視線を推定）の2つの方法がある。概観ベースの1種であるCNNを用いた手法は、顔の画像と注視位置で構成される大規模なデータセットを学習して視線を推定する。この手法では、視線を推定するのに人が判断して使用するのが難しい微細な特徴を捉えられる。また、多数のパターンを学習することでロバストな推定が可能である。

ただし、CNNを使用したディープラーニングの推論プロセスはブラックボックスであるため、推定が正しい場合でも、その判断の背後にある推論を決定することはできない。そして、モデルの推論の根拠が明確でないため、ユーザはモデルが適切に特徴を捉えた上で目の特徴を推定しているかどうかを判断できない。したがって、ディープラーニングでは、モデルの視覚化はモデルのパフォーマンスを評価する上で不可欠な要素である。

Grad-CAMは、CNNがどこを調べて何を推定したかを可視化する方法である。複数の出力をもつ多クラス分類や確率的出力などの問題で使用できる。Grad-CAMは、特徴マップに関する出力の勾配の符号が正である位置を視覚化する。ただし、勾配の符号が負であっても視覚化が必要な場合があるため、視線推定の回帰問題には適用できない。

本研究では、CNNを用いた視線推定モデルを可視化する回帰問題にGrad-CAMを利用できる新たな可視化手法を提案する。提案された方法は、勾配の符号を考慮して、推定に使用される特徴を視覚化できる。提案する可視化手法は、2次元の値を出力する回帰問題で使用できる。

提案されたGrad-CAMの拡張によって、視線推定モデルの可視化を実行できた。その結果、データのクレンジング、画像のカッティングテクニックの改善、および入力画像の削減が、モデルの精度向上と軽量化のために必要であることを明らかにした。今後、入力画像の推定結果への寄与を調べ、手法の有効性を高める。

4. おわりに

本研究課題は、1) スマートフォンのインカメラによる深層カプセルネットワークを利用した高精度アイトラッキング技術の開発と2) そのデータを用いた情動推定手法の開発によって、ゲームとユーザ・社会の関わりを評価するために必要な基礎的な技術を実現すること、の2点を目的として、i) 深層カプセルネットワークの学習時間短縮手法の提案、ii) AI 的アプローチによるアイトラッキング技術精度改善のための可視化手法の提案の2項目を実施した。これらの成果により、視線推定を大掛かりな従来の計測装置ではなく、スマートフォンのインカメラで実現しあらゆるスマートフォンユーザの情動推定を可能とする基盤を開発した。

共同研究者

筑波大学システム情報系 准教授 延原 肇



準天頂衛星システム”みちびき”を用いた空間楽器の試み

東京藝術大学 先端芸術表現科

教授 古川 聖

1. プロジェクトの概要

2018年11月に準天頂衛星システム“みちびき”の運用がスタートした。私たちは既存のGPSとこれらの新測位システムの技術を利用し、風景と音と一緒に楽しむプロジェクト“ソニックウォーク（SonicWalk）”の準備を2018年度よりはじめ、2019年3月よりこのプロジェクトのために、助成金を使用し、アプリケーション開発をスタートした。改良を重ね、8月



プロジェクトはこのアプリケーションを用い、私たちが生活する都市空間、公園、庭園、森などの風景の中に仮想アプリケーション/

sonicwalk の音のオブジェクトを置き、その音のオブジェクトで満たされた現実の空間をスマートフォンと共に歩き回することで、空間を楽器として身体・空間・音が一体となったサウンドアートの体験をするというものがある。このプロジェクトでは、既存の測位シ

ステムとみちびきとの併用により得られる高い空間分解能により可能となる、私たちにとって未知の精密かつ繊細な仮想音空間体験の検証と感受性の開発をも視野に入れ、私たちの環境、生活空間への音の付加を通して、風景や自然、文化的空間へのあたらしい意味づけを行い、その場所や歴史と身体的に深く関わり、私達の生活環境を再発見する契機としていく。

2. プロジェクトの特徴

技術とアートの文脈の両面から、プロジェクト・ソニックウォークの特徴を次に示す。

2.1. 高精度の位置測定と音空間構成

準天頂衛星システム“みちびき”の運用がスタートし（公式サイト- 内閣府 <https://qzss.go.jp/>）これに対応した端末を利用することで精度の向上が期待される。専用の機器を使用すればセンチメートル級精度での位置測定も可能となる。現在流通するみちびき対応(部分的)のスマートフォンは既存の測位システムと併せて測定を行うものであり、実測で1m～5m 程度の誤差にまで抑えられることを本プロジェクトの検証で確認している。

2.2. あそびと空間楽器

本プロジェクトは我々の生活空間と仮想空間に置かれた音を重ね、音と音、音と場所を関係づけ、いわば、街や風景などの都市空間（例えば渋谷の街角から、龍安寺の石庭のよ

うな美的空間も想定）、**その空間自体が楽器となるような、あたらしい“音と身体と空間の遊び”**の提案を行う。

2.3. 身体性と自己と世界

空間を深く体験することは、不可避免的にその場所のもつ記憶、歴史、文化、そしてその社会の現在と未来へと向かい合うことでもある。本プロジェクトは感じること、把握すること、理解することを通して、場所と身体とのつながりを確認し、自己の確認、全体性の回復へとむかうアートの総合的な体験のデザインをも志向している。

2.4. 未体験の空間、感受性の開発

本プロジェクトの最も特質的な点は「やってみなくてはわからない」という試みを組織的、多角的に実際に行ってみる点にある。しかしそれは単なる技術開発ではなく、“みちびき”によってもたらされるあたらしいテクノロジーの持つ可能性がもたらす、ゲームだけでなくアートや私達の生活空間や生活自体を広げ、意識さえも変えてしまうかもしれない、というあたらしい事態の探索でもある。このような精密な野外空間の音デザインは私達にとって全く未知の領域であり、あらたな意識、感受性の開発であるともいえる。

2.5. 電子音響音楽の新しい表現媒体として

本プロジェクトを行なっている古川は電子音響音楽の分野でも作品発表を行なってきたが、このプロジェクトの出発点のひとつは電子音響音楽の表現形式、方法に関する表現上の発想にあった。電子音響音楽は現在、多くの場合はコンサートホールなどの室内でスピーカーを配置して行うものが多いのだが、現代のあたらしいメディアを使ったほかの方法

は無い、模索をつづけてきた。“ソニックウォーク”を使うことによって電子音響音楽の表現をコンサートホールの外に出し、身体や場所と関係付けることにより、あらたな表現が開かれ、生まれることに大きな期待をよせている。

3. 課題と展望

2018年11月には、アプリケーションの基本的な部分の開発は完了し、12月には展覧会「装置とはかぎらない」において東京藝術大学美術館と上野公園を舞台に一般公開された。

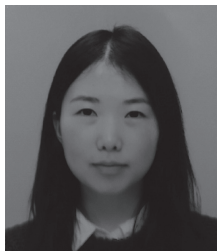
(https://amc.geidai.ac.jp/exhibition/#artist_list)

(<https://coton.tech/amc2019/?manual=1>)

すでに述べたようにこのプロジェクトは「やってみなくてはわからない」という側面が大きく実際に使ってみてわかることも多い。そしてアートという見地からすれば、その行く先にはおそらくアート表現の主体性の問題が横たわっているを感じる。W.フルッサー(1996)が書いたように、現代において創造とは「主体(サブジェクト)」とか「客体」のような区別ではなく、機能のネットワークの中で新たな「事態」を「デザイン」し、新たな関係性を「投企(プロジェクト)」することであるのかもしれない。このプロジェクトにおいてプロジェクトの実行者である筆者は機能の中の結節点であり、表現の主体は筆者らを起点としながらもそこを離れ各方面へ広がっていくだろう。そのようなアспектも視野にいれながらこのプロジェクトを継続していきたいと思う。

参考文献：ヴィレム・フルッサー／村上淳一（訳）(1996)

『サブジェクトからプロジェクトへ』東京大学出版会



ゲーム内の攻撃行動を伴う向社会的行動が プレイヤーの向社会性と攻撃性に与える影響

獨協大学 法学部・情報学研究所

助手 林 志修

1. はじめに

ゲームは広く遊ばれており、ゲーム内の表現がプレイヤーに及ぼす影響については、社会からの関心が高い。過去の研究では、一般学習モデルを用いてゲーム内の暴力や性表現が攻撃性と向社会性に与えるネガティブな影響に関する研究が多いものの、向社会的行動や協力行動が向社会性や社会的スキルに与えるポジティブな影響に関する研究も増えつつある。

向社会的行動と攻撃行動は一般的には排他的なものと考えられがちであるが、ゲームでは、味方を助けるために敵を倒すなど、向社会的行動と攻撃行動が一緒に描かれていることが多い。その文脈は複雑であるが、既存の研究が行動を一元的に捉えるものがほとんどである。

本研究は、ゲームにおける文脈を(1)向社会性と攻撃性の同時表現に着目し、(2)向社会性と攻撃性をそれぞれ多次的にとらえ、異なる文脈の行動について、プレイヤーの向社会性と攻撃性にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする。

発達心理学における向社会的行動研究の観点からは異なる種類の向社会的行動への露出は異なる影響を及ぼすと考えられるため、メディアの向社会的行動の表現を多次的にとらえ分析する必要性が示唆されている。

また、ゲーム研究の分野においては内容分析の方法の確立や今まで相互排他的だと思われることが多かったゲーム内の向社会的行動と暴力とその影響に新しい観点を与えられる。

本研究では多次的観点をを用いることでそれぞれ対応する影響が観測できると予想される。具体的に以下のように仮説を立てる。

- ・向社会的行動のみが描かれたゲームをプレイすると向社会性は上昇する。その変化は他の条件に比べてもっとも大きい。
- ・攻撃行動を伴う向社会的行動が描かれたゲームをプレイすると向社会性と攻撃性もどちらも上昇する。

2. 方法

本研究では、上記の目的を果たすために内容分析、質問紙調査

と実験を行った。

2.1 内容分析

内容分析では過去10年間の人気のゲームタイトルの中の向社会的行動と攻撃行動の表現の文脈、頻度を記録した。まず、広く遊ばれているゲームにおける向社会的行動と攻撃行動をみるために過去10年間の各年の年間売り上げ本数上位5位のゲームを対象に内容分析を行った。売り上げの本数に関してはメディアクリエイトの『ゲーム産業白書』(メディアクリエイト、2012・2019)を参考にした。2009年から2018年までの各年の売り上げ本数上位5位のソフトの中で重複するタイトルとゲーム内容がほぼ同じだと思われるタイトルに関しては売り上げ本数が多い方、元のタイトルに内容が追加されたタイトルに関してはより最近に発売された方だけを分析対象とした。

本研究では向社会的行動が攻撃行動を伴うのかどうかということに焦点を当てた。それに加えてゲームの中の向社会的行動が誰に対して行われているのか、どれくらいの頻度で描かれているのかを観測した。

具体的には、まず、分析対象に選ばれたゲームタイトルのプレイを録画した。チュートリアルなどを除外して、ゲームプレイ画面を1時間ぐらい録画した。コーディングは著者がメインコーダーとして行った。ゲームの中の主人公キャラクターが意図的に他キャラクターに利益を与える行動を向社会的行動とし、意図的に他キャラクターに害を与える行動を攻撃行動とした。ゲームの中のキャラクターとはプレイヤーキャラクターとノンプレイヤーキャラクターをすべて含む擬人化されたオブジェクトを示す。キャラクターの行動が偶然に他のキャラクターの役に立ったり害を与えたりした場合は向社会的行動/攻撃行動とはみなさない。1人のキャラクターが他のキャラクターの役に立つ行動を1回したら向社会的行動が1回あったと数えた。各向社会的行動と攻撃行動に関してはそれがどのように描かれたのかその内容を記録した。

2.2 質問紙調査

質問紙調査では、内容分析の結果に基づき向社会的行動のみが

多く描かれているゲームと攻撃行動を伴う向社会的行動が多く描かれているゲームを選び、それらのゲームの総プレイ時間とプレイヤーの向社会的性・攻撃性の関係を調べた。質問紙はSurvey Monkey を使い作成した。回答者はCrowdWorks とLancers を使い募集した。回答者(男性553名、女性440名、その他3名)の平均年齢は32.93歳(SD=9.09、16歳~70歳)であった。ゲームを遊んだことがないと答えた人は10名と少なかったが、それは質問紙のタイトルからゲームに関する調査だと分かるため、ゲームを遊んだことがない人はそもそも参加しなかったと考えられる。

質問紙調査では、向社会的行動と攻撃行動、いずれのものが多く描かれているゲーム、攻撃行動を伴う向社会的行動が多く描かれているゲームのそれぞれプレイ時間と、プレイヤーの向社会的性と攻撃性の相関をみた。向社会的行動のものが多く描かれているゲームには『トモダチコレクション 新生活』(任天堂、2013)と『とびだせ どうぶつの森』(任天堂、2012)、攻撃行動を伴う向社会的行動が多く描かれているゲームには『妖怪ウォッチバスターズ 白犬隊』(レベルファイブ、2015)と『ドラゴンクエスト IX 星の守り人』(スクウェア・エニックス、2009)、攻撃行動のものが多く描かれているゲームには『モンスターハンターポータブル 3rd』(カプコン、2010)と『大乱闘スマッシュブラザーズ for ニンテンドー3DS』(任天堂、2014)を挙げた。向社会的性をみるためにゲームにおける向社会的行動の頻度を聞く質問項目(Lim, 2017)と現実における向社会的行動の頻度をみる向社会的行動尺度(Prosocial Tendencies Measure, PTM ; Carlo, Hausmann, Chritiansen, & Randall, 2003)を、攻撃性に関してはBuss-Perry 攻撃性質問紙(BAQ)の日本語版(安藤 功, 1999)を用いた。

2.3 実験

実験では内容分析の結果に基づき向社会的行動のものが多く描かれているゲームと攻撃行動を伴う向社会的行動が多く描かれているゲームとどちらも描かれていないゲームを選び、60人を対象に遊んだゲームのタイトルとプレイヤーの向社会的性・攻撃性の関係を調べた。参加者はSNSの掲示板を使い募集した。

参加者は『トモダチコレクション 新生活』(任天堂、2013; 向社会的行動のものが多く)、『妖怪ウォッチバスターズ 白犬隊』(レベルファイブ、2015; 攻撃行動を伴う向社会的行動が多く)、『どうぶつの森 ハッピーホームデザイナー』(任天堂、2015; どちらの行動も少ない)のいずれかのゲームを遊び、向社会的行動尺度と攻撃性質問紙に答えた。具体的に以下のように仮説を立て、その立証を試みた。

○仮説1: 実験群1(向社会的行動のみ)は実験群2(攻撃行動を伴う向社会的行動)に比べて事前と事後の向社会的性の差が大きい。

○仮説2: 実験群1と実験群2の向社会的性は上昇する。

○仮説3: 実験群1の攻撃性は変化せず、実験群2の攻撃性は上昇する。

○仮説4: 統制群においては向社会的性と攻撃性の変化はみられない。

3. 分析と結果

内容分析の結果、分析したゲームの70%のゲームで最低1回の向社会的行動の表現がみられた。攻撃行動に関しては、89%のゲームで最低1回のその表現がみられた。すべてのゲームにおいて最低1回の向社会的行動または攻撃行動がみられた。

質問紙調査と実験の結果、いくつかの項目において、ゲームの内容とプレイヤーの向社会的性と攻撃性との相関がみられた。例えば、向社会的行動のものが多く描かれたゲームのプレイ時間と利他性との有意な相関がみられた($R=.10, p<.01$)。

4. 考察

これらのタイトルからみられた向社会的行動と攻撃行動のゲームデザインとの関係から、以下の図1のように特徴づけることができると分かった。

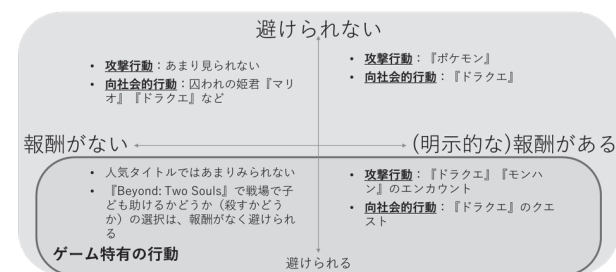


図1 ゲームデザインとしての攻撃行動・向社会的行動

質問紙調査と実験においてはゲーム内容とプレイヤーの向社会的性・攻撃性の相関がみられたが、多くの項目において相関は小程度であり、実験においてどのようにゲームを遊んだのか(主人公に感情移入したのか、思い入れなく遊んだのかなど)の態度に関する項目と一緒に分析する必要があると思われる。

本研究は、今まで相互排他的だと思われることが多かったゲームにおける向社会的行動と攻撃行動の同時表現に着目し、それそれぞれに対する影響を観測することでゲーム内の向社会的行動と暴力とその影響で新しい観点を与えられたと思われる。今後はそれぞれの行動に対するプレイヤーの態度とその影響について考察していく予定である。



個人の感覚特性に応じた VR 空間における擬似触覚認知

東京都立大（旧首都大学東京） システムデザイン学部

准教授 福井 隆雄

1. はじめに

HMD (Head Mounted Display, ヘッドマウントディスプレイ) の低価格化はともない、HMD を用いた VR ゲームも急速に発展している。一方で、VR 空間への没入感には個人差があり、VR 酔いが見られるなど、いまだ技術的改良の余地は大きく、VR 空間における（個人特性も考慮した）知覚・認知・行動特性に関する研究が十分に行われているとはいえない。

ヒトは外界とのインタラクションにおいて、視覚、聴覚、触覚、自己受容感覚など、さまざまな感覚モダリティを利用している。本研究では、視覚と自己受容感覚間の不整合のために生じる、擬似触覚 (pseudo-haptics) と呼ばれる現象に注目した。例えば、コンピュータのマウスを動かす、PC スクリーン上に提示された球体をポインタでなぞる際、自身の手によるマウスの動きに対して、球体の中心に向かう時のポインタの速度を遅くする、あるいは速くすることで、手が平面上を動いているにも関わらず、参加者は凸と凹の感覚を経験するというものである (Lécuyer, Burkhardt, & Etienne, 2004)。また、Pusch, Martin, and Coquillart (2009) は、VR 空間上でチューブ内を粒子が流れる映像の中に手を入れ、手を静止させることで手が流される感覚（擬似力覚）を生成し、Watanabe (2013) は視覚映像の背景の速度を調節することにより（指先への）衝突感を生成させ、速度の変化量が大きい程、擬似触覚の強度が大きくなることを示した。

本研究は、擬似触覚をうまく利用することにより、バーチャルリアリティ空間をより『リアル』にするための基礎的知見を提供することを目指し、個人特性を考慮した、VR 空間内での擬似触覚の認知過程について検討する。具体的には、HMD を装着した参加者に、静止した手腕モデルと（そのモデルに）接近する移動物体を提示し、移動物体の速度変化により VR 空間における擬似触覚を経験させた上で、移動物体が手腕モデルへ衝突する際の速度変化やその位置が、擬似触覚の生起強度などのように影響するかを検討した。個人特性の 1 つとして、内受容感覚の精度 (Schandry, 1981) を考慮した。さらに、自閉スペクトラム症の方は、定型発達者と異なる感覚特性（感覚過敏、感覚鈍麻）を持ち、多感覚統合の困難さも指摘されている (e.g., Cascio et al., 2008) ので、定型発達者の自閉傾向を評価する自閉症スペクトラム指数 (AQ

スコア) (Baron-Cohen, Wheelwright, Skinner, Martin, Clubley, 2001; 日本語版は若林、東條, Baron-Cohen, Wheelwright, 2004) を算出し、これらの個人特性と擬似触覚強度との関連も検討した。

2. 方法

実験参加者：右利きの男性 12 名（平均年齢 [±SD]: 22.3 ± 1.6 歳）が実験に参加した。実験実施にあたり、首都大学東京日野キャンパス研究倫理委員会の承認を受けた。

装置及び刺激：ソフトウェア unity により VR 空間において移動物体と静止した手腕モデルとの衝突の映像を作成し、HMD (Oculus Rift CV1) を用いて実験参加者に提示した (図 1)。内受容感覚精度の算出のための心拍数カウント課題については、Polymate VAP5148 (ミユキ技研) を用いて実施した。

手続：参加者は実験前に AQ スコアの日本語版に回答した。そして、Schandry (1981) と同じ方法により内受容感覚精度を測定した。実験では、図 2A に示すように VR 空間を左から右に水平に移動する灰色の円柱物体が白い円柱物体に沿って一定の速さで流れ、白い物体に触れている手腕モデルの周辺の所定の位置（6 条件、図 2B）で初速度 23 deg/s から 0.3、0.5、0.7 倍に減速する映像を提示した。参加者は VR 空間の手腕モデルと一致するように手腕を台の上に置き（図 1）、各試行後に灰色の棒が右手に接触した際に、右手に何か違和感のようなもの（擬似触覚）を感じたかを 1 から 5 の 5 件法（1: 全く感じない、5: とても強く感じる）により主観的評価を行った。また、18 試行を 1 セット（ランダム

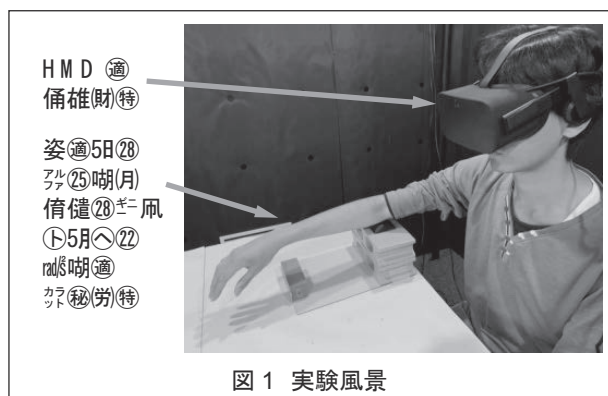
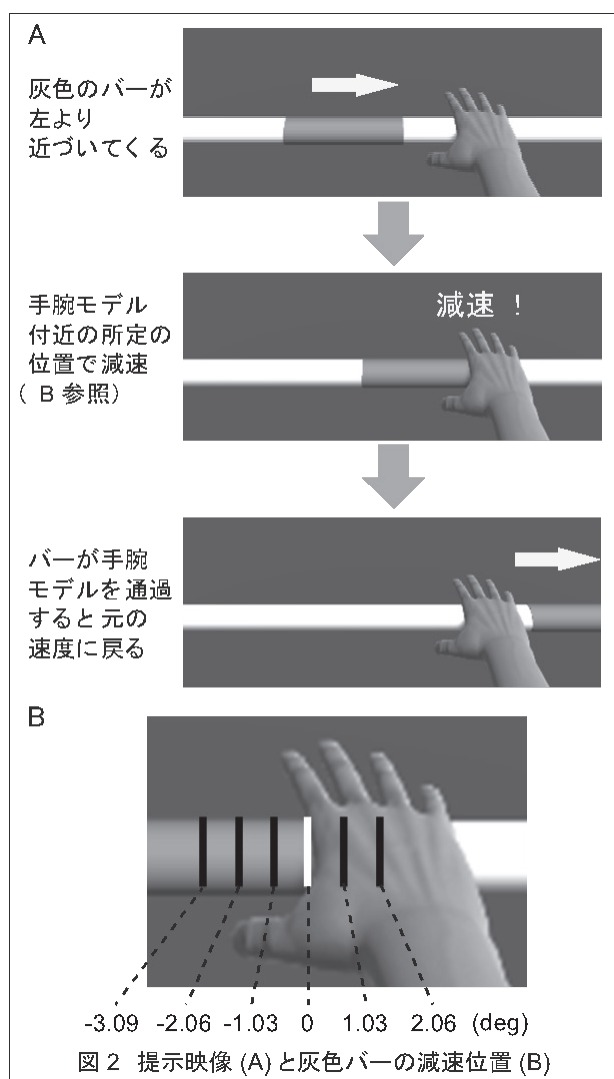


図 1 実験風景



ム提示) とし、計10セット (180 試行) 行った。

分析: 灰色の棒の移動速度変化率と変化位置を要因とする2 要因分散分析 (Ryan の方法、有意水準5%) を行い、主観的評価値への影響を分析した。また、主観的評価と AQ スコア、主観的評価と内受容感覚精度の関数を探るため、独立変数として減速の最も小さい 0.7 倍条件の評価値 (X1)、0.3 倍条件と 0.7 倍条件の評価値の差 (X2)、従属変数として AQ スコアあるいは内受容感覚精度 (Y) を用いて重回帰分析を行った。

3. 結果

主観的評価値に対する速度変化率の主効果について有意差が認められたが [$F(2, 215) = 10.273, p = 0.001$]、変化位置の主効果については有意差が認められなかった [$F(5, 215) = 1.431, p = 0.228$]。多重比較の結果、0.3 倍条件と 0.7 倍条件の間、0.5 倍条件と 0.7 倍条件の間に有意差が認められた。AQ スコアを従属変数として行った重回帰分析について、決定係数 $0.549 (p = 0.028)$ であり、重回帰式は $Y = -14.319 X_1 + 15.300 X_2 + 39.755$ となった。

内受容感覚の精度は 0 から 1 の値をとり、1 に近いほど自分の身体の内臓感覚を正確に把握していることを示す。今回の参加者の内受容感覚の値は 0.779 ± 0.151 (平均 $[\pm SD]$) であった。内受容感覚の値が約 0.9 と自分の体を正確に把握している人もいれば、約 0.6 とあまり正確でない人もいた。また、AQ と同様に、主観的評価値との関数を探るため、同様の重回帰分析を行ったが、決定係数 $0.063 (p = 0.746)$ であり、有意な関数認められなかった。

4. 考察

分散分析の結果より、移動物体の手腕モデル接触時の速度変化率が大きいほど、強い擬似触覚が生成されることが示された。これは、Suzuki and Fukui (2019) の結果とも一致している。本研究では速度変化位置についても検討したが、変化位置が 3 deg 程度のずれの場合には擬似触覚の生成に影響を及ぼさないことが示唆された。

また、重回帰分析より、AQ スコアに対して、0.7 倍条件の主観的評価は負の、0.3 倍条件と 0.7 倍条件の評価値の差は正の有意な関数を示した。自閉傾向が高いほど、速度変化率が小さい場合には擬似触覚は起こりにくい一方で、減速率が大きくなるにつれて擬似触覚が生じやすくなる可能性が示された。一方で、本研究では主観的評価と内受容感覚精度との関数認められなかった。以上より、減速率に応じた擬似触覚は自閉傾向により調節される可能性が示唆された。

謝辞 本研究の実施にあたり、研究助成(A-2)に採択くださった中山雄雄科学技術文化財団に感謝申し上げます。

参考文献

- Baron-Cohen, S. et al. (2001). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 5-17.
- Cascio, C. et al. (2008). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(1), 127-137.
- Lécuyer, A. et al. (2004). *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 239-246.
- Pusch, A. et al. (2009). *International Journal of Human-Computer Studies*, 67(3), 256-268.
- Schandy, R. (1981). *Psychophysiology*, 18(4), 483-488.
- Suzuki, K. & Fukui, T. (2019). *Perception*, 48(2S), 103.
- 若林 明雄ら (2004). *心理学研究*, 75(1), 78-84.
- Watanabe, J. (2013). *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 1(2), 199-202.



ギリシアの初期鉄器時代における土製玩具とその社会的背景

立教大学 学校・社会教育講座学芸員課程

兼任講師 高橋 裕子

I：本研究の背景と目的

ギリシアの初期鉄器時代（前 11～8 世紀）とは、前 12 世紀にミケーネ文化が崩壊したあとのほぼ四世紀に当たり、かつては暗黒時代とも言われた時期である。ミケーネ時代に比べて遺跡数は減少しているのみならず、堅牢な城壁に囲まれた大規模建造物も発見されておらず、ひと昔前までは当時の人々に取っても現在の研究者に取っても、闇に包まれた謎の時代と見なされていた。ただしここ数十年においては調査や研究が飛躍的に進展し、資料の数も種類も増加すると同時にその時代像は徐々に解明されるようになった。

かかる研究の進展にもかかわらず、当時の人々の具体的な生活に関してはなかなか研究が進まなかった。そのような状況に一石を投じる著作がアメリカ人研究者 S・ラングドンによって発表されたのは、ようやく 2008 年になってからのことである (*Art and Identity in Dark Age, 1100-700 B.C.E.*, Cambridge)。ラングドンは従来とは異なる視座から当該期の土器の図像を分析し、初期鉄器時代の図像表現には社会的なメッセージが込められていると主張した。とりわけ少年期の後半から青年期に至る人々に対して、ジェンダーの役割に即した理念やイデオロギーを明確に伝える機能を有していたと結論している。より具体的には、男性に対しては英雄的な行動規範や倫理観、一方女性に対しては結婚の重要性を伝える役割を果たしていたという。ラングドンの研究は資料解釈に際しては当時の人たちの人生や生活を具体的にイメージすることが重要であることを示し、その功績は諸家の間で高く評価されている。

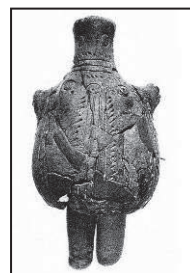
かかる研究傾向の高まりを受けて、本研究は当該期の子供用の玩具から時代像を探ることを試みた。玩具というものは大人が子供に作って与えるもの

であり、それを分析するということは当時の社会に関して何らかの有益な示唆を得ることが可能であろう。初期鉄器時代の玩具に焦点を当て、その社会的意義や背景を検討することにより、当時の子供をめぐる状況について考察することを目的とした。

II：分析対象の設定

ギリシアの初期鉄器時代、とりわけその前半期においては、まだ金属製品は豊富ではなく、一般に玩具と推測される資料はすべて土製品である。ただし、土製品をめぐる解釈は必ずしも容易ではない。それが玩具であったか否かを判断することも時として難しい。

かかる事例としては、例えば、ふっくらとした胴部を持つ土製人形が言及される。一見子供用の玩具のようにも見えるが、その用途や機能を断定できるだけのデータは存在しない。一般に女性や子供の墓から副葬品として出土することが知られているが、それだけではこの種の土製人形が玩具であったか否かを判断することは不可能であろう。



（出典：B.Vierneisel-Schlörb, *Kerameikos: Ergebnisse der Ausgrabungen XV — Die figürlichen Terrakotten I. Spätmykenisch bis späthellenistisch*, München, 1997, pl.1:4)

そこで本研究においては、当該期の土製品の中でも玩具という見解が広く定着している車輪が付い

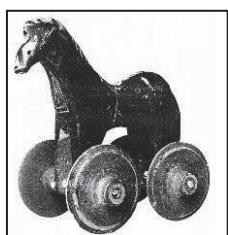
た土製品に焦点を絞ることとした。これらの資料は車輪が付されている上に、顔に穴が開けられていておそらく紐を通して引っ張ることが可能な作りとなっていることから、一般に玩具と見なされている。

III：車輪付き土製品の種類とその検討

資料を収集した結果、初期鉄器時代の車輪付き土製品には下記の種類があることが明らかとなった。

1) 動物形タイプ

馬もしくはロバなどの動物を象った土製品に車輪が付いているタイプである。



(出典：B.Vierneisel-Schlörb, *Kerameikos: Ergebnisse der Ausgrabungen XV — Die figürlichen Terrakotten I. Spätmykenisch bis späthellenistisch*, München, 1997, pl.92:11) .

2) 容器を背負った動物形タイプ

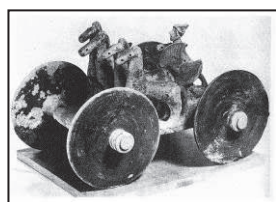
容器（アンフォラ）を背負った動物を象った土製品に車輪が付いているタイプである。



(出典：J.N.Coldstream, “A Protogeometric Toy Horse from Lefkandi”, *Mediterranean Archaeology*, 17, 2004, pl.1:1)

3) 戦車形タイプ

御者を乗せ、馬に引かせた戦車の形をしたタイプである。他の二つのタイプに比べて、手の込んだ豪華な作りの場合が多い。



(出典：R.A.Higgins, *Greek Terracottas*, London, 1967, pl.8:B)

IV：分析結果と結論

初期鉄器時代の車輪が付いた土製品は、墓の副葬品として発見された事例が多い。小児用の玩具であったとは推察されているが、実生活で使用されたものか否かは必ずしも明らかではなく、元来副葬品として制作された可能性も否定できない。おそらく実生活では現代には残っていない木製品の玩具などが使用され、それと同形のものが副葬品として粘土で制作された可能性が考えられる。

さらに現今の資料によれば初期鉄器時代でも最初期に関してはかかる遺物は発見されておらず、ミケーネ文化崩壊による混乱や不安定な状況からある程度脱してから制作されるようになったと見なしう。また出土している遺構が副葬品の豊富な墓である事例が複数確認されていることを考えるならば、生活に余裕がある富裕層が求める希少価値の高い品であった可能性が推察されよう。

種類としては、動物形タイプ、容器を背負った動物形タイプ、戦車形タイプの三つに分類される。私見によればそれぞれが固有の意味を持っていたと思われ、動物形の中で最も数が多い馬を象った土製品は馬が象徴する高貴さや社会的地位、そして容器を背負った動物形タイプは交易や繁栄と関わりがあったのではない。

そして最も社会の変化と密接に関わりがあったタイプが、戦車形土製品である。このタイプは後期幾何学文様期になると急激に増加し、また豪華かつ精緻な作品が登場する。後期幾何学文様期はいわゆるポリス成立期であり、集落の合従連衡がギリシア各地で頻発し、近隣の集落同士で戦争が行われることも少なくなかったと推察されている。また新しい政治体制や社会システムが誕生していったとも言われる時期である。かかる社会変動に際して戦車形土製品が富裕層の間で注目された背景には、子供（男児）に対して成長した暁には勇敢な戦士として活躍することが強く求められるような社会へと変質していったことが推察されよう。

初期鉄器時代の車輪付き土製品が小児用の玩具であったとしても、それを制作したのは大人である。そこには子供に対する期待や社会の要請が強く反映されていたと結論される。



ディープラーニングを活用したゲームプレイヤーに与える音・振動情報の最適化

富山県立大学 工学部

准教授 寺島 修

1. 緒言

一般的にゲームのプレイヤーは操作をするためのコントローラを使用し、映像を見ながら、そして音を聞きながらプレイすることが多い。また、コントローラには振動発生機能を有するものも多くみられるようになった。しかし、我々が事前に数名の学生に対して行ったアンケートでは、必ずしもゲームプレイ中の音や振動がプレイヤーに対してポジティブな印象を与えていないことが明らかとなった。例えば、同一のゲームをプレイする場合でも、ある被験者は音が無い方が良く、またある被験者は振動がある方が良いなど、プレイヤーによって好ましい状態が大きく異なるものとなった。これはすなわち、いいゲームサウンドを作ってもプレイの邪魔にしかならない場合もあり、精度の高い振動発生機能をコントローラにもたせても同様にプレイの妨げにしかならない場合もあることを意味している。

このような背景から、本研究ではゲームをより一層多くの人たちに100%楽しんでもらうため、ゲームプレイ中の音・振動情報の最適化技術の構築を目指すこととした。この理由は、これまでにはプレイヤー自身が、自身の好みや自身のプレイ環境に応じてゲームプレイ中の音や振動を、自身の手で調整・制御していたが、ゲーム機自体がプレイヤーに合わせて音と振動を発生することができればプレイヤーはそのシチュエーションによらず、いつでも100%そのゲームを楽しむことができると考えられるためである。また、この技術の確立により、そのゲームやゲーム機、ひいてはゲームを製作する企業に対してのイメージがよりポジティブなものになることも期待できる。

2. 方法

本研究では、運動状態を再現することが可能なゲーム環境を構築して研究を進めた。ゲーム環境映像を映すためのディスプレイ、音声出力するためのスピーカ、車両を操作するためのステアリング・アクセル・ブレーキ・クラッチペダル・シフトレバーを模倣したコントローラで構成し、これらを防音室内に設置した構築したシステムの写真を図1に、被験者がプレイする様子を図2に示す。それぞれの図に示すように、プレイ中に発生させる音

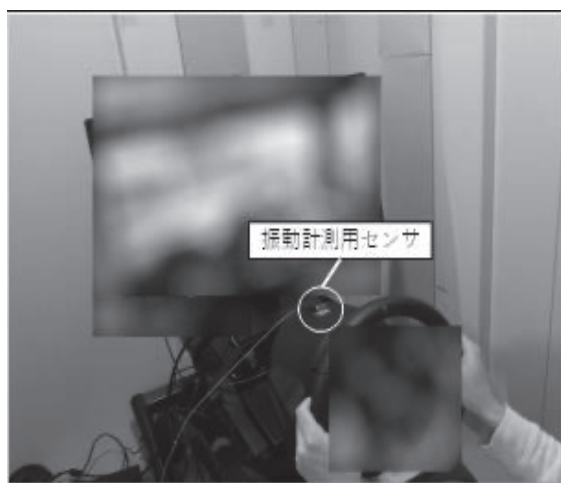


図1 構築したシステム



図2 被験者のゲームプレイ中の様子

・振動情報をモニタリングするためのセンサをコントローラや被験者の周囲に設置した。

音・振動情報の最適化はプレイヤーの生体信号・生体反応を基

にして行った。生体信号の取得は、被験者となるゲームプレイヤーにワイヤレス式の生体信号計測装置をとりつけ、脳波、脈波、筋電などの信号を計測する形で行った。生体計測用のセンサの受感部は手首や耳たぶ、後頭部に取り付けられた。なお、これらの実験は人を対象とする実験となるため、富山県立大学「人を対象とする研究」倫理審査部会にて審査・実施承認を得るとともに、被験者と実験内容に関して同意した上で実験を行った。

本研究では、ゲームプレイヤーに、異なる音・振動環境条件の下でゲームをプレイしてもらい、その時の被験者の生体信号・生体反応と、発生している音・振動状態の相関関係を調べた。そしてその結果を基に、機械学習理論に基づく特徴量抽出・特徴量決定を行い、そのゲームプレイヤーが快適または不快に感じる音・振動の信号の決定を試みた。上記の音・振動環境条件は、(1) 音と振動のある状態でプレイ、(2) 音のみある状態でプレイ、(3) 振動のみある状態でプレイ、(4) 映像のみの状態(非プレイ)、(5) 音のみの状態(非プレイ)、(6) 音も振動もない状態(非プレイ)、の6種類とした。非プレイ状態の脳波の計測を行うことで、より被験者の音・振動に対する反応を明確に抽出できるようにした。

3. 結果と考察

図3に上記の6つの条件のうち、(1)、(2)、(3)、(5)に示した条件の時の被験者の脳波の計測結果を示す。この図の横軸は周波数、縦軸は脳波の信号のパワースペクトル密度(PSD)を表している。なお、PSDは上記の条件(6)の結果を1としたもの、すなわち、安静時の脳波の計測結果により正規化したものを表している。このうち、一般的に8-12Hzのものがα波、13-30Hzのものがβ波によるものと大別されている。図3より、ゲームをプレイすることでα波、β波ともに大きく変化していることがわかる。また、この被験者は音のみの状態でプレイした場合にα波、β波ともに小さくなっていることから、これら3つの比較の観点で考えると、

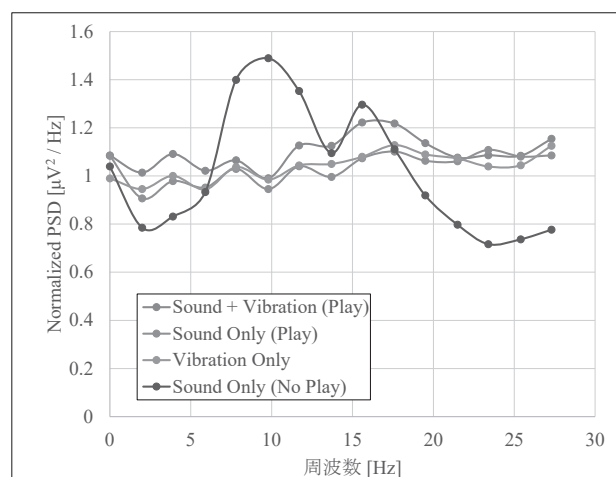


図3 脳波のパワースペクトル密度

音のみの場合は最もリラックスができず、集中もできていない状態であるといえる。その一方、音のみを聞き、ゲームをプレイしない状態ではα波が顕著に大きくなり、β波が小さくなっていることから、プレイ中の音自体がこの被験者に対して悪影響を与えておらず、むしろ音自体は被験者に心地よさとストレスの低下を与えているといえる。すなわち、ゲームの音自体は被験者にとって好ましいものであるが、被験者によってはゲームプレイ中の妨げになることを示唆している。このように、ゲームプレイ中の被験者にとって好ましい音は、人それぞれ、ゲームをプレイするシチュエーションにより異なるが、それを生体信号の計測により定量的に評価することが可能であることが明らかとなった。

図3の結果より、ゲームプレイ中の被験者の生体信号により、ゲームプレイ中の音や振動が被験者にとって好ましいものか、好ましくないものかを大別できることが明らかとなった。ここで重要なのは、これはあくまでも「大別」であって「区別・識別」ではない点である。すなわち、正確に被験者の好まない音や振動を「区別・識別」するためには生体信号の繰り返し計測による特徴量抽出が必要不可欠である。ここで有効になるのが本誌話題となっている機械学習や深層学習の理論である。計測した多数の音・振動・生体信号を繰り返し学習することで、その被験者が好まない音や振動の特定が比較的簡易に自動的に行うことができるようになる。その一例が図4に示す音の時系列信号である。上述のシチュエーションでの計測結果からこの被験者がゲームプレイ中に特に不快に感じる音の状態(周波数・音圧・音の時間変化)を知ることができる。この結果を用いて、不快の原因となっている音の状態を改善することで、よりプレイヤーがゲームを楽しむことができるようになると思われる。

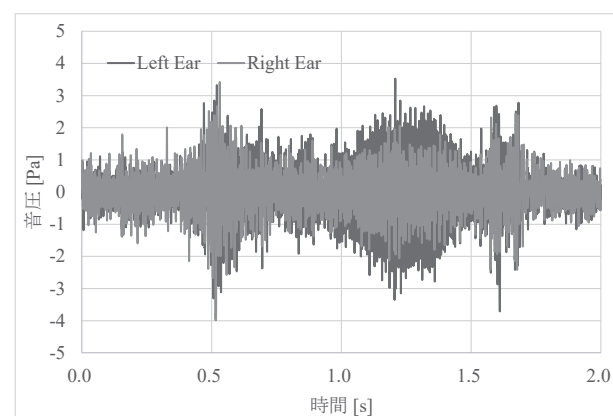


図4 音の時系列信号

4. まとめと今後の展開

今後はこれら一連の計測・処理フローを基にした音・振動制御システム・アルゴリズムの構築を行う予定である。



自律的に創造した遊びを通じて成長する人間型知能の開発

東京大学

特任研究員 田中 一敏

研究目的

人間が遊びを通じて多くのことを学び、育つ。特に、乳幼児は自ら遊びを創造し、創造した遊びを通じて、自分の身体を動かす方法、物体を扱う方法、他人の心を察する方法などを学び、運動能力、認知能力、社会能力を発達させる。このため同様に、自律的に遊びを創造し、創造した遊びを通じて成長する知能のモデルを構築できれば、人間が楽しむ遊びの本質を機械論的な観点から理解できる。加えて、人間と同様に様々な課題を解決できる人工知能の実現に貢献できる。さらに、人間の発達を理解するためのモデルを提供できる。これまで、与えられた目標を達成するために副目標を自律的に設定する方法が研究されてきた。しかし、目標自体を自ら設定することや、人間が行う多様な振る舞いは考慮されていない。このため本研究の大目標は、自律的に遊びを創造し、創造した遊びを通じて成長する、人間型の知能を開発することである。

この大目標を達成するために、まずすべきこととして、自身の能力を踏まえながら、適切な難易度の目標を設定し、達成することを繰り返しながら、変動する目標を達成する、汎用的な問題解決能力を自ら鍛える枠組みを構築することである。このため、そのような枠組みの構築が本研究の目的である。

研究の特徴

これまで、与えられた目標を達成するために副目標を設定する方法が研究されてきた。対して本研究は、機械が自ら目標や規則を設定する方法を研究する。

他に、四肢のない、少数の関節しか持たない身体を備え、刺激を求めて遊ぶ知能について研究されてきた。対して本研究は、四肢と多数の関節を備えたより複雑な人間型の身体を有する知能を扱う。本研究が遊びを創造し、成長する知能を開発する。そこで、どのような知能がどう発達したか、どのような遊びが生まれ、どう遊ばれるかが示される。このため、遊びに関する新しい仮説や人間が発達する原理を提示することが期待される。

本研究において設計者は、開発する知能が達成すべき目標を設定しない。このため、開発した知能は、遊びを通じて獲得した範囲のあらゆる問題に対して解答を出せる。ゆえに、汎用人工知能の実現に貢献することが期待される。

関連研究

現在、知能の運動をシミュレーションすることで、多様な運動を獲得する知能について盛んに研究されている。そこでは、平らな床における動物型の身体運動がシミュレーションされる。すなわち、現実世界にある環境の複雑さが欠落している。対して本研究では、複雑な環境において知能が生み出す多様な振る舞いを扱う。それにより、人間型の高度な知能を開発する。

他に、知能が音楽や画像や映像を生成する研究が活発に行われている。そこでは、ある画家の筆致と他の画家の構図を組み合わせで新しい絵画を作成する方法、与えられた顔画像から別の表情を生成する方法などが開発された。対して本研究では、知能によって遊びが生成される。それにより、人類がこれまで体験したことのない遊びが生み出される可能性がある。加えて、既存の遊びを類型化するための知見も期待される。

本研究に取り組んだ経緯

これまでで私は、ロボットと機械学習と統計の技術を用いて、人間が行う運動を再現し、解析し、シミュレーションしてきた。具体的には、人間のスポーツ動作を再現するロボットの開発、卓球を行う人間の運動予測方法の開発、発達に伴う乳児の運動変化の潜在原理の探求、多様な運動を獲得する知能の開発などである。そこで得た技術と知識を活用することで、本研究において知能が遊びを創造し、学習し、経験を蓄積するアルゴリズムを構築し、シミュレーションを行うことに挑んだ。

実験内容

強化学習のマウンテンカー環境を用いた。エージェントの課題は、通常通りに目標到達位置が山の上になるのではなく、ランダムに発生する目標に対して、その位置に到達する振る舞いをエージェントが学習する問題として改変した。その中で、エージェントは自ら目標を設定し、達成に取り組むことを繰り返すことで、変動する目標を達成する能力を鍛える。エージェントは、Deep Deterministic Policy Gradient を用いて方策を学習した。提案手法と比較するため、ランダムに目標位置を選択する場合と比較した。このランダムな比較は、現在の最善の手法でもある。

提案手法 (図1)

まず、ありうる目標を多数設定し、それらの目標ごとの取り組み、成功か失敗かの結果を記憶し、目標と成否の対応関係の表を作る。次に、目標と成否との関係を Support Vector Machine を用いて近似し、成功するか失敗するか分からない領域を抽象する。続いて、抽出した領域の中から目標を選択して取り組み、以上を繰り返すことで、変動する目標に対する行動を学習する。学習の過程で適切な難易度の問題に取り組むことが期待できる。

実験結果 (図2)

エピソードごとの、目標位置と成功率との関係を示す。図から、多くの目標位置に対して、提案手法の方が早く成功することが分かる。この結果から、提案手法が変動する目標に対する振る舞いを高効率で学習できると分かった。

今後の展望

本研究において、変動する目標に対する振る舞いを、自己の能力を省みて目標を自ら設定して取り組むことで学ぶ方法を構築できた。以上の成果は査読付き国際会議 International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics に採択され、発表された。

現在、目標設定のたびに目標ごとに成功するか試す必要があるため、今後、試すことなく結果を予測できるように改良する。他のより複雑なタスクを解るように手法を拡張する。人間型の身体と、人間の暮らす複雑な環境でも、同様の遊びを生成できるように、発展させていく。

Task space

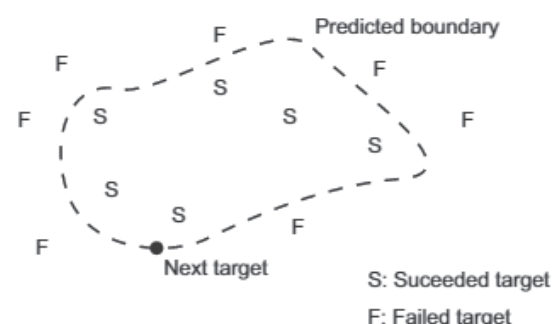


図1：目標選択 [1]

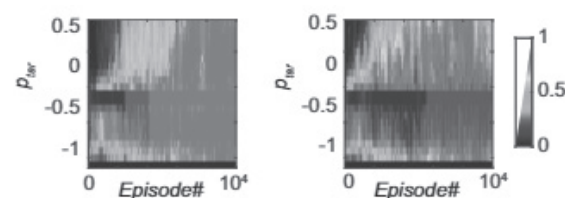


図2：成功率 [1]

参考文献

- [1] Learning Multiple Tasks by Self-Goal-Setting Based on Self-Evaluation, K. Tanaka, I. Karino, H. Kanazawa, R. Niiyama, Y. Kuniyoshi, The 9th Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics, 2019.



将棋東南アジア伝来説の提唱者アレックス・ランドルフと日本

奈良県立橿原考古学研究所 調査部

指導研究員 清水 康二

I. はじめに

人気ゲームのTwixTやGeisterを創作したアレックス・ランドルフ (Alexander Randolph, 1922-2004) は、81年の生涯で数多くのゲームを創り出し、ゲーム大国のドイツでもっとも権威のある「ドイツ年間ゲーム大賞 (Spiel des Jahres)」では1979年以後2001年まで、ほぼ毎年のように受賞候補に挙げられ、各部門で合計5回の受賞を果たしている。現代ゲーム史を語る上で欠かすことのできないゲーム作家であるものの、ランドルフが1966-1972年の6年間こたって高度経済成長期の日本に居住していたことは、意外と知られていない。

さらにランドルフは、将棋史研究においても大きな足跡を残している。将棋伝来経路の有力な仮説として、インドから中国を経由して日本列島に伝来したという「中国伝来説」とインドから東南アジアを経由して日本列島へ将棋が伝来したという「東南アジア伝来説」がある。この「東南アジア伝来説」を日本において最初に発表したものがランドルフである (ランドルフ1971)。この事実はその後、日本の将棋史研究では忘れ去られてしまったが、このようなゲームの起源に迫るような思索は、ランドルフがゲームの本質を意識しつつ創作をおこなっていたことを示しているのではないだろうか。

伝記の出版のほかヨーロッパ全域に目をひろげると幾人かの研究者により、ランドルフを対象として研究が進められている。しかしながら、これらの研究は、日本語という言語の壁の存在もあり、日本滞在時を詳細に扱ったものではない上に、ランドルフが日本将棋の伝来に関して重要な示唆を与えたことがまったく記されていない。しかしながら、ランドルフは日本滞在中に将棋界の人物と交流したことがわかっており、日本文化、将棋や囲碁がランドルフのゲーム制作に与えた影響を探ることが重要であることは言うまでもない。

小説家、画家、音楽家などの芸術家が研究対象となるように、現代社会ではゲーム作家がその作品の評価と共にそのライフヒストリーや「東南アジア将棋伝来説」のような重要な思索に関して研究対象と為されるべきである。

日本においても2019年度の文化功労者としてゲーム業界から

宮本茂が初めて選出されるなど、これまで日本文化の構成要素としては等閑視されてきたゲーム文化に注目が集まっている。日本のゲームが世界に誇る貴重な文化構成要素とすれば、芸術家の生涯を研究すると同様に、ゲーム作家の作品を理解するには、その人物の伝記的研究が不可欠である。

II. 日本でのランドルフ

イタリアのローマから日本の仙台へ移るのが1966年のことで、その動機は、ランドルフが日本の将棋を詳しく知るためであったとされる (Evrard 2012, p.111)。来日の最終年である1972年にはアメリカで、チェスに持ち駒使用のルールを加味、改変したNeo-Chessが発表されていることから、来日動機は将棋への強い関心であったろう。

仙台の居住地に関しては、当時の住宅地図をあたることで、ランドルフ宅の候補地を見つけることができた。現在の住所表記で、宮城県仙台市青葉区の一画にあたる。東京でのランドルフ宅は、新宿区の一画であることが確実である。

ランドルフと日本人との交流については、米長邦雄永世棋聖や田丸昇九段との関係が著名である。田丸によると、1969年秋の時点でランドルフは東京に居を構えており、二人は将棋連盟の将棋道場で知り合ったとのことである。二人が英語と将棋の交換教授をする過程で、米長が英語学習に興味を持ち、ランドルフと親密な関係になり、米長の自宅を訪問するようになった。

ランドルフと将棋関係記者であった東公平がNeo-Chessの実験相手として面会したことがあるとの情報を得た。で更に言えばランドルフは仙台市から来たということで、Neo-Chess創作中に、将棋に詳しいうえに、当時の日本チェス界での実力者であった東の意見を聞きたかったのであろう。

ランドルフの将棋の腕前としては、初段を持っていたことは伝記で明記されているが、これに関連して1969年9月号の『将棋世界』にランドルフの棋譜と山田道美九段による観戦記が掲載されており、「ランドルフさんの棋力は初段くらいで、目下、田丸三段に週2回教わっている。」と書かれている。これによると対局日は不明なものの、週に2回の将棋教授がおこなわれていたことからすれば、少なくとも1969年8月以前には、仙台から東京

へ居宅を移していたことは確実である。

6年間という決して短くはない期間を日本で過ごしたランドルフであったが、1972年に日本を離れイタリアのヴェニスに移っている。その動機は、ランドルフの来日目的が将棋をよく知ることであったとされるが、それは将棋への興味と共に自身のゲーム創作に将棋の知識を利用することもあったのではなかろうか。その点からすると、1972年にNeo-Chessを作り上げたことから初期の目的を達成したものと思われる。

ランドルフの日本滞在中にはNeo-Chess以外にも、Castile (Stancraft 社、1969)、Spots (エポック社、1970)、Dozo (Stancraft 社、1970) が発売され、折り紙に着想を得た Topolotoy の試作もおこなわれている (Evrard 2012, pp.52-53)。

もう一つの離日理由は、経済的なものと思われる。1971年8月、「ドル・ショック」による経済環境の悪化も離日を促す要因であったのではなかろうか。

III. ランドルフと「将棋の東南アジア伝來說」

ランドルフのゲーム作家以外の側面として、ゲームに関する歴史的な考察をあげることができる。将棋の来歴を探ることで、ランドルフは日本の将棋が東南アジアから伝わったという「将棋の東南アジア伝來說」を初めて提唱することになった (ランドルフ 1971)。

文章掲載については、中島一郎の勧めがあったのではなかろうかと想像する。わずか見開き2頁のものであるが、その翻訳者は中島一郎で、実力名人戦論戦に深く関わった中島富治の令息である。中島一郎はチェスに詳しいこととランドルフの文章を翻訳していることからしても英語に堪能であったろう。

日本列島への将棋伝来については、中国伝來說と東南アジア伝來說がある。東南アジア伝來說の提唱は、マックルックと日本の将棋の類似であるが、これについてはランドルフの文章以前に既に指摘されていたことであった。19世紀末には日本の将棋とマックルックの類似がフォークナーによって注目されていた。地理的な関係が考慮されておらず、将棋がタイのマックルックに影響を与えたと説明されている (Falkener 1892, p.192)。これに対して将棋類の歴史を体系的に研究したマレイの『A History of Chess』においては、両者の類似をおそらくは偶然によるものと説明している (Murray 1913, pp.115-116・138)。

日本の将棋史研究は明治後半期に幸田露伴によって始められており、その後、金田一京助もその研究に新たな知見を加えている (幸田 1900、金田一 1910)。明治後半期に発表された二人の論文以来、日本将棋の起源と伝播に関する有力説は発表されていないが、1971年に至ってランドルフが提起したマックルックと将棋の類似をもとにした「将棋の東南アジア伝來說」は、日本将棋が中国あるいは韓半島から伝わったというこれまでの

認識を根底から疑うものであった。連載が1回で終了したこともあり、東南アジアから日本列島への将棋の伝播経路についての詳細な議論はなかったが、将棋の東南アジア伝來說を最初に日本で主張したものとしてよいであろう。仮説の正否如何として、将棋研究史に極めて重要な意味をもつものと言って良い。

1971年のランドルフの仮説提唱から2013年に筆者がランドルフの将棋研究史上の再評価をおこなうまで (清水 2013)、ランドルフの業績が取り上げられたのは、増川宏一が『将棋の起源』に短く触れるのみである (増川 1996, pp.198-199)。

ゲームの歴史を研究するには、そのゲームのルールを検証することで、過去のゲームの形態を類推し、変遷を明らかにすることができる。ランドルフは、ボードゲームの遊戯法に対する理解力の大きさとゲーム創作の経験から、わずか2頁の小文であるにも関わらず、その後のマックルックと将棋の類似性に関する論議の概要をすてき指摘している。

アレックス・ランドルフが的確に指摘したマックルックと将棋の3つの共通点以下のとおりである。

- ・「歩兵相当駒の三段目初期配置」
- ・「歩兵相当駒の成駒反転」
- ・「象の問題 (銀将相当駒の共通する動き)」

「歩兵相当駒の三段目初期配置」「象の問題」に関してはフォークナーによる指摘はあるものの (Falkener 1892, p.192)、類似点に「歩兵相当駒の成駒反転」を加えて、「将棋の東南アジア伝來說」の端緒を開いた業績は大きい。さらに、注意すべきことは単にマックルックとの類似性のみを説くのではなく、しっかりと将棋と象棋の類似性をも記載していることである。

マックルックとの類似、象棋、チャンギ (朝鮮将棋) との類似という相反する伝来経路に関わる要素をどのように解釈していたのか、第二部以後を知りたいところである。将棋の持つ東アジアの将棋類との類似性、東南アジアの将棋類との類似性に関わる伝来経路の問題は、ランドルフの仮説提唱からおよそ五十年を過ぎようとしている現在も未決である。

IV. まとめ

今回の共同研究では、不十分ながらもアレックス・ランドルフの日本滞在時の足跡の一部を明らかにすることができた。著名なゲーム作家であるアレックス・ランドルフの人生のうち、6年間という日本滞在は決して短いものではない。このことが彼のゲーム製作やその後の生涯に与えた影響を究明していくことは、ゲーム文化が日本の重要な構成要素であるとするならば、意義あることであるし、日本人研究者が積極的に関わっていくべきではないことと考える。

(参考文献は紙幅の関係で省略した。)



外部電源不要・不特定交換型ソーシャル音楽システムの制作

札幌市立大学
教授 藤木 淳

1. はじめに

災害時においてもゲームは被災者の心身を支えるツールとして人々から求められている。特に近年では停電により電気エネルギーの使用が制限される中において、ボードゲームなどのアナログゲームの需要が増している[1,2]。一方、デジタル技術は電子制御により動的振動が可能、通言により長距離通言が可能といった特徴がある。

このような中、ゲーミフィケーションにより発電のモチベーション向上を図るシステムが登場している[3]。他方、近年ではエネルギーハーベスティング[4]と呼ばれる、我々の身の回りにある熱や振動など微小なエネルギーを集め電気エネルギーに変換する技術研究が進められている[5]。ゲーミフィケーションとエネルギーハーベスティングのアプローチを応用し、外部電源を全く必要とせずにコンテンツの変化に必要な電気を無意識に発電させるシステムデザインは、停電時もデジタル技術を用いた楽しさが提供可能となると考える。以上を踏まえ、本研究で外部電源を必要とせずに発電のみで持続稼働可能なデジタルエンターテインメントシステムの開発を目的とする。本稿では、この目的を達成するために検討しているシステムと体験のデザインについて紹介する。

2. システム設計の方針

プレイに要する発電のために継続した運動を体験者に要するシステムは体験者に大きな負荷を与える。また、楽しさを持続するためにはコンテンツが体験者の予想を超えて変化していくことが重要と考える。そのことを踏まえ、本研究では以下の要件を満たすエンターテインメントシステムを目指す。

- ① 電気を必要とせずにプレイ可能
- ② ①のプレイが発電を引き起こす
- ③ ②により充電された電気を用いて周囲ネットワークに接続する
- ④ ③で接続したユーザー間で曲データを交換する

本研究では音楽を対象としてこの要件を満たすシステムをデ

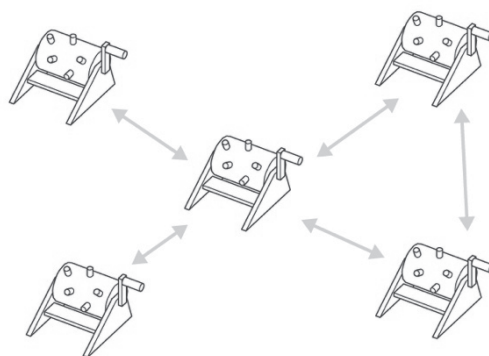


図1. システムイメージ

ザインする。具体的には、データの概念を持ったアナログ演奏デバイスである手回しオルガン（オルゴール）に着目したソーシャル音楽システムである。本研究のシステムイメージを図1に示す。

3. システム利用を想定したストーリー

本システムを用いた体験の期待するストーリーを述べる。奏者はデバイスに付属したハンドルを回すことでDJのように即興で曲を操作する。デバイスは手回しにより発電された電気を用いて、同じく発電により電気が充電されたデバイスと偶然的にアドホックなデジタルネットワークを形成し、デバイスの曲データを交換する。デバイスは曲データに基づき演奏に要する突起形状の高さを動的に変更する。本システムは、DJのように手回し運動により曲を操作するクリエイティブ性、次にどんな曲が入ってくるかというワクワク感、偶然的に充電がたまりネットワークに接続したことによるハッピーアイスクリームのような一体感により、持続的に楽しさを継続させる狙いである。

4. デバイスの概要

図2が装置の構成図である。本デバイスのハンドル部は手回し発電機を用い、発電で得た電気を接続先のリチウム電池に充電すると共に、発電機の回転ギヤを利用してオルゴールのドラムの回転させる仕組みとする。オルゴールのドラムは、40個の自己保持型ソレノイドで構成される。自己保持型ソレノイドは一度電気

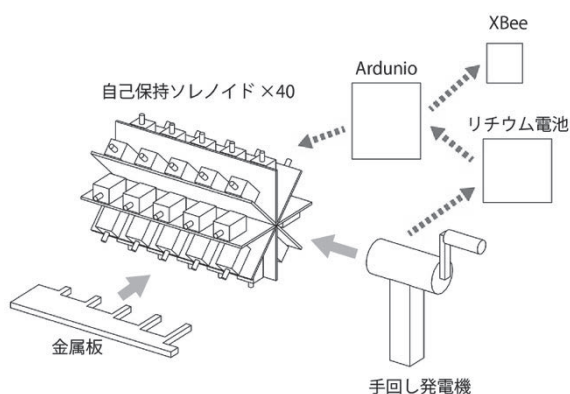


図2. デバイスの構成図

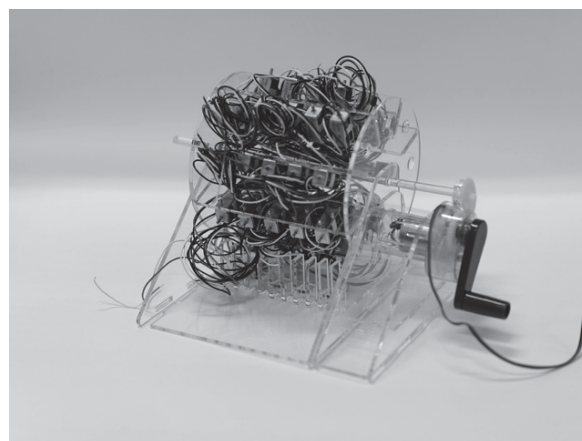


図3. プロトタイプの外観

を流して突起形状の位置を変更すると、永久磁石により電気を流さなくてもその位置に突起形状を保持しつづける電子部品である。オルゴールの仕組みと同様に、自己保持ソレノイドの突起が金属板と接することで音が鳴る。リチウム電池に溜まった電気は、汎用電子基板 Arduino と通信モジュール XBee と自己保持ソレノイドを駆動するために使われる。リチウム電池に一定量の電気が溜まった時点で、Arduino、XBee、自己保持ソレノイドに電気を流すとシステムの動作が始まる。システムはまず、XBee で周囲の同システムを探索し、見つかった場合にネットワークを接続する。次に、曲データを交換し、Arduino により自己保持ソレノイドのピンの出し入れを制御することにより、新しい曲が演奏可能とする仕組みとする。

5. プロトタイプの開発と結果

図3に本システムのプロトタイプの外観を示す。プロトタイプにおいて、以下の挙動を確認した。

1. 手回し発電機によるリチウム電池の充電
2. 充電したリチウム電池による Arduino 駆動による自己保持ソレノイドの制御
3. 充電したリチウム電池による Arduino および XBee 駆動によるネットワークを介したデータ交換

6. まとめと今後の展望

プロトタイプの開発結果により本設計方針である①電気を必要とせずにプレイ可能、②①のプレイが発電を引き起こす、③②により充電された電気を用いて周囲ネットワークに接続する、④③で接続したユーザー間で曲データを交換する、を満たしていることから、本システムが実現可能であることを確認した。プロトタイプでは金属板は音程が考慮されていない。今後は、音程を考慮して金属板を加工し、実践的に稼働可能な状態へと紹介させ

る予定である。なお、本研究成果を2020年2月15日(土)に開催された感生フォーラム2020において発表した。発表において「子供のみならず大人も楽しめる夢のある提案である」とのコメントが得られたことから、研究の意図が明確に伝わったことを確認した。

参考文献

- [1] 災害時に「子どもの遊び場」の確保が重視される理由：
<https://diamond.jp/articles/amp/168454>
2020年2月7日（アクセス日）
- [2] 娯楽がないと人間でいられない：
<https://www.nhk.or.jp/seikatsu-blog/1100/307942.html>
2020年2月7日（アクセス日）
- [3] 松本 多恵, “ゲーミフィケーションを活用したeラーニング教育の可能性について”, 教育システム情報学会研究報告 27(3), p.p.35-40, 2012-09
- [4] エネルギーハーベスティングとは：<https://www.nttdata-strategy.com/ehc/about/>
2020年2月7日（アクセス日）
- [5] 海老原 樹, 村田 翔太郎, 田中 博, 松尾 啓利, 小池 真由美, 久保田 昌彦, “創性電力マネジメントシステムの定常利用のためのシステム改善と利用状況”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 14巻 4号, p.p.375-76, 2015
- [6] 藤木 淳, 荒俣 蓮, 三上 拓哉, “外部電源不要・不特定交換型ソーシャル音楽システムの検討”, 感生フォーラム札幌2020（平成32年2月）

ルールの変更が生み出す新たなプレイの実験的解明： スリーオンスリーバスケットボールを対象として

東京都市大学 メディア情報学部

准教授 関 博紀

1. 背景と目的

遊びはルールと表裏一体である(カイヨワ, 1990 など)。したがってルールが変われば、新たな遊びが出現すると考えられる。本研究はこのメカニズムを、典型的な遊びの一つである球技を通じて確かめることを目的とした。「人間と遊び」の関係を創造性という観点から分析し、革新的な変化(イノベーション)を生み出す要因として広く議論されながらも、実証的な知見の少ない、人間の振る舞いとルールとの創造的な関係の解明につなげることが、より大きな目的である。対象とした球技は、バスケットボール競技の1種目であるスリーオンスリーである。球技におけるプレイとルール(制約)との関係は、スポーツにおける運動学習やコーチングの分野で検討されつつある。なかでも、両者の関係を重視した知見に Davids ら(2007)の「制約的アプローチ」がある。近年ではこのアプローチを用いて、サッカーやテニス、野球の運動技術が実証的に検討されており、本研究が扱うバスケットボールにおいても攻守の関係に注目した知見がある。これらの先行研究を踏まえて、本研究は、ボールの性質やコートの広さといった主要なルールを変えた際に、ゲームの様相がどのように変わるかを実験的に確かめた。

2. 対象と方法

スリーオンスリーの実際の競技場面を対象とした実験を行い、主要なルールを変更した際に、ゲームの様相がどのように変わるかを確かめた。

実験計画と分析手法 スリーオンスリーのルールから3つの要因を選んで実験を行い、通常条件で競技した場合と比較した。要因は、ボールの性質に関わる2種(反発力、形状)と、コートの広さ(広・狭)とした。ゲームの様相は、基本的な3つのプレイ(ドリブル、パス、シュート)に生じる4種の変化(プレイの質的特徴、プレイの外的特徴、出現頻度、プレイ同士の関係)を通じて把握

した。実験の様子は映像で記録しデータ化した。得られたデータから条件間の比較を行い、ルールとゲームの様相との関係を確かめた。

実験場所・参加者 申請者が所属する大学の体育館を利用し、フル規格のバスケットボールコートで行った。実験参加者は十分な競技経験を持つ20代の男子大学生12名であった。ゲームごとに3名ずつ2組をランダムに組んでチームを作り、各条件6試行、計30ゲームを行った。

3. 結果と分析

結果は現在解析中である。新型コロナウイルスの影響により研究実施場所に制約が生じ、当初の予定に遅れが生じたためである。しかし、現時点で得られた結果は、いずれも条件間で有意な差を示している(Fig.1)。

4. 今後の展望

ひきつづき解析を行い成果をまとめる。その上で、得られた知見を、しかるべき場所に発表する。将来的には、本研究の成果を、広義の遊びとして、経営学や教育、工学などで議論されている、革新的な変化(イノベーション)を生み出す要因と合わせて考察する予定である。

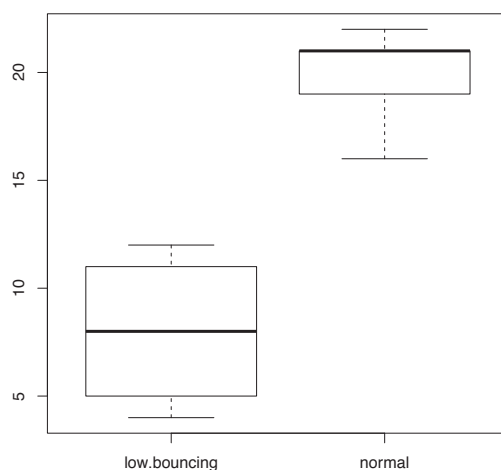


Fig.1 ドリブルの生起頻度(通常条件と低反発条件)



ウシやヤギにおける「闘いのルール」の解明と、一般人への啓発

宇都宮大学農学部
准教授 青山 真人

【背景と目的】

人は「闘い」を観戦するのが好きである。スポーツ観戦のみならず、映画や漫画、アニメ等でも闘いを題材にしたものは人気が高い。さらに、動物同士を闘争させてこれを楽しむ例も多い。特にウシ科動物（ウシ、ヤギなど）のオス同士を闘争させる事業は世界中に存在する。我が国においても、いくつかの地で闘牛が行なわれている。また、沖縄では「ヒージャーオーラセー」と呼ばれる闘ヤギが存在する。これらの事業は、その地に根付いた文化としての側面がある（特に新潟の闘牛は「角突き」と呼ばれ、国の重要無形民俗文化財として指定されている）。一方で、動物愛護の観点からこれらを否定する人も多い。

ウシやヤギのオス同士の闘争は、本来は正常な行動であり、野生時代に獲得した本能的な「ルール」に従って行なわれている。このルールが最も顕著なウシ科の動物はおそらくヤギであろう。ヤギの闘争には「リアークラッシュ」と呼ばれる行動がある。これは、両方、あるいは一方のヤギが後肢で立ち上がり、前に倒れる勢いを利用して角（頸部）を相手の角にぶつける「技」である（図1A、B）。また、この行動には「角で攻撃しても良い部位は相手の角だけ」という、生得的なルールが存在する。例えば、一方が攻撃のために後肢で立ち上がっても（図1C）、相手が受ける構えができていない場合は、そのまま攻撃を中断し（図1D）、相手の体勢が整うのを待つ。

しかし、彼らの闘いのルールがあることは、一般の人にはほとんど知られていない。本研究の目的は、ウシ科の主だった幾つかの種類について、その闘い方、特にそのルールを行動解析によって明確にし、動画の公開や科学的な説明などによって、彼らの闘いには本能により守られたルールがあることを、広く一般に啓蒙することである。この研究は、自然の巧妙さについての啓蒙となり、また、動物同士を闘わせる事業のあり方について、動物行動学的な視点からの提言ができることが期待できる。

【材料と方法】

新潟県小千谷市で行われた「おぢや牛の角突き」において、34頭、合計25回の対戦について観察し、解析を行なった。ヤギに

ついては、宇都宮大学農学部附属農場で飼育されている18か月齢〜7歳のシマヤギ8頭を用いた。体格の近い任意の2頭を対戦させ、計14回の対戦について解析した。

ヤギについては、特にリアークラッシュに注目した。今回は「一方のみが立ち上がったリアークラッシュ」に限定し、立ち上がらなかった、受ける個体の状態について検討した。以下の2つの「角度」について検討した。

- * 二個体間角度：対戦している二個体の頸部を結ぶ直線と、立ち上がらなかった個体の頸部の向き（頸部の正中線）が成す角度
- * 受ける個体の体軸角度：立ち上がらなかった個体の、肩部から頸部への直線と肩部から尾への直線が成す角度。

【結果と考察】

ウシの闘争行動のレパートリー（技）について観察されたものを紹介する。

- * 短い距離から、頸部あるいは角を相手の頸部にぶつける。
新潟の闘牛の言葉で「ハタキ」と呼ばれる。
- * 押し合い。角を相手の角に合わせ、互いに押し合う。
- * 角を相手の角にかけて頸部をねじる、または相手の上体を持ち上げて体勢を崩す。新潟の闘牛の言葉で「カケ」と呼ばれる。
- * 相手の頸部や腹部を横から押して突進する。お互いに相手の頸部の横を狙ってお互いに回ることを、新潟の闘牛の言葉で「まくり合い」と呼ぶ。
- * 相手に対して横を向いて立ち上がることで威嚇をする。新潟の闘牛の言葉で「ネリを踏む」という。

ヤギの闘争行動のレパートリーについては、図1に示すリアークラッシュの他に、お互いに角を絡めて押し合う「スパーリング」、角を相手の角にかけて頸部をねじる「ヘッドレスリング」が観察できた。ヤギにおいては、ウシのように相手の横回り頸部や腹部を攻撃することは一度も観察されなかった。

ヤギのリアークラッシュの解析について結果を述べる。ヤギの14例の対戦中で観察されたリアークラッシュの総数は160回であった。両方の個体が立ち上がったのは35回、一方のみが立ち上がったのは125回であった。

一方の個体のみが立ち上がり、その頭部が最も高い位置に達した瞬間について、「二個体間角度」と「受ける個体の体軸角度」について解析を行なった。

二個体間角度については、角度が180度に近づく、すなわち、立ち上がりずに相手の攻撃を受ける個体が立ち上がった個体に頭部を向けているほど、リアークラッシュが完了する頻度が増加した(図2A)。カイ二乗検定の結果、二個体間角度の大きさと完了/未完了の割合に有意な差があった($P<0.01$)。

受ける個体の体軸角度については、150~180度、すなわち受ける個体の体軸が直線に近いときに、完了する頻度が多かった(図2B)。受ける個体の体軸の角度と、完了/未完了の割合に有意な差があった($P<0.01$ 、カイ二乗検定)。

今回のこの結果を簡単にまとめると、「一方のみが立ち上がるリアークラッシュにおいて、立ち上がりずに受ける個体が立ち上がった個体に対し、体軸を真直ぐにして頭部を相手に向けているときに、完了する割合が多い」となる。攻撃を継続するか中止するかを決定するのは立ち上がった個体である。立ち上がった個体は、相手の体や頭部の向きをみて、継続するか否かの決定を下しているのかも知れない。一方、頻度が少ないが、二個体間角度が120度以下の場合や、受ける個体の体軸角度が120度以下のときにも、リアークラッシュが完了することがあった。これは、立ち上がった個体が倒れ始めてから倒れ切る前に受ける個体が素早く頭部の向きを変えることによって攻撃を受けたためである。今後のさらに詳しい解析が必要であるが、おそらくこの場合においても立ち上がった個体は、相手が攻撃を受ける用意があることを、頭部や体軸の角度とけりの特徴から察知していたのかと考えられた。

謝辞

ウシの闘争行動観察の場として、小千谷の角突きを利用することを了承頂いた小千谷闘牛振興協議会(闘牛会)の皆様ご挨拶致します。また、闘牛会に申請者をご紹介頂きました東京大学大東洋文化研究所の菅豊先生に感謝申し上げます。

宇都宮大学農学部生物資源科学科の清水大資氏および石崎由梨氏は、卒業論文の研究として特にヤギの闘争行動の解析を丁寧に行なってくれました。

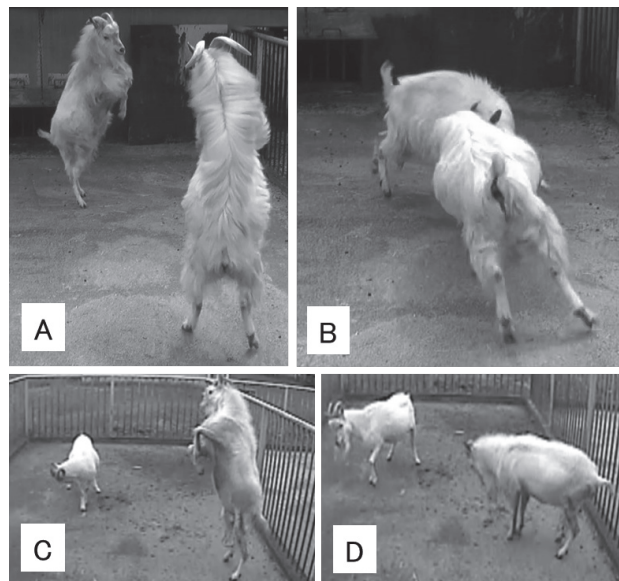


図1 ヤギの闘争行動「リアークラッシュ」。A、B：攻撃が完了したリアークラッシュの例。2頭もいずれも後肢で立ち上がり、前に倒れる勢いを利用してお互いの角をぶつけ合う。C、D：攻撃が完了しなかったリアークラッシュの例。片方の個体が立ち上がる(C)が、相手が攻撃を受ける用意ができていなければ相手を打たず、攻撃を中断する(D)。

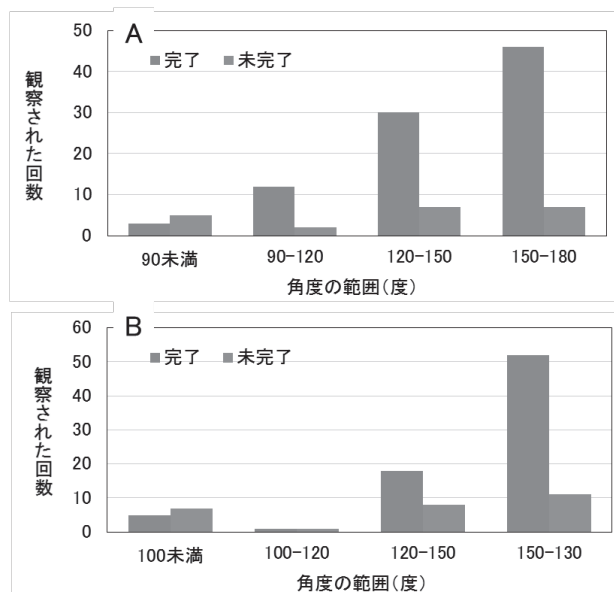


図2 ヤギの闘争行動、リアークラッシュの完了の成否と、各角度との関係。A：二個体間角度、B：受ける個体の体軸角度。各項目の角範囲については本文および図2を参照。いずれの項目においても、角度とリアークラッシュ完了の成否の割合に有意な関係がみられた($P<0.01$ 、カイ二乗検定)。



「遊び」の構成要素の分析の試み

千葉工業大学 社会システム科学部

教授 須藤 勲

0. はじめに

「遊び」とは何か、ということについては、今まで様々な角度から分析がなされている。その際分析の対象となるのは、小さな子どもがするような素朴で形式やルールも決まっていないような遊びから、明確なルールのもとに行われるスポーツであったり、台本に沿って演じられる演劇のように、広範囲に及ぶものであった。（本研究では、遊びという言葉の範囲を広くとり、英語のPlayやドイツ語のSpielに相当するような、遊びや演劇、スポーツ、楽器の演奏など広い意味で用いることとする。）遊びとは、そのように多様な姿を持つため、分析が難しいという面を持つ。本研究では、遊びというものがどのような要素から成り立っているかを分析し、その結果から、社会の中においてどのように位置づけられているか、それぞれの遊びの研究がどのように応用できるかを明らかにすることを目的とする。遊びを、「管理者」、「参加者」、「評価者」の三つの要素からなるものとして考え、遊びの様々な形態を把握するための基礎を作る。この遊びを三つの要素に分けて考える方法を使い、遊びとはどのようなものか、社会においてどのような意味を持っているか考えることが目的である。

1. 遊びの構成要素、三者の関係

遊びの構成要素について、「遊びを作るのは誰か?」、「遊ぶのは誰か?」、「遊びを楽しむのは誰か?」という視点から遊びを成立させる要素について分析を行う。

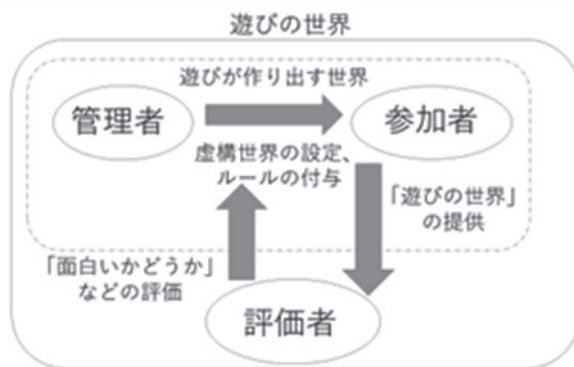
・「**管理者の要素**」とは、遊びの世界を作り出すための遊びの世界（虚構的世界）の設定や独自のルールを作り出す要素である。スポーツのようなルールのある遊びの場合には判定を行うなど、遊びの世界を管理する役割を担う。

・「**参加者の要素**」とは、実際の遊びの遂行者である。「参加者」は、「管理者」から与えられた虚構世界の設定やルールを受け、それに合わせた行動をとる（＝遊ぶ、演じる）。外部から見た場合、遊んでいるのはこの要素を担う人物である。

・「**評価者の要素**」は、管理者と参加者の共同作業により作られた遊びを鑑賞し、楽しむ（＝評価する）要素である。この「評価者」の評価によって、その遊びが成功かどうか決まる。遊びを心の問題であると考えたら、この要素がないものは遊びではない

いといえる。

以上のような三つの要素をそれぞれ「誰が担っているのか」という点から考えることにより、遊びの様態を説明することが可能になる。これらの要素は、遊びの種類や状況により、一人の人間がすべてを担う場合もあれば、それぞれの別の人間によって担われる場合もある。



2. 三者の要素からの遊びの分析例

それでは、遊びの構成要素としての三者の要素から、個々の遊びの形態について分析を行う。

・かけっこからスポーツへ

ごっこ遊びと同じように、小さな子どもがするような、思いつきで始まり明確なルールの決まっていないかけっこや追いかけっこのような遊びでは、三者の要素のすべてを子どもたち自身が担っているといえる。子どもたちは自分たちでルールを決め、自分たちで遊び、自分たちが楽しむのである。

一方、きちんとしたルールを決め（＝社会化）したものである陸上競技では、「管理者」と「参加者」は別の人間が担当している。「評価者」に関しては、個人で楽しむスポーツの場合は「参加者」が兼ねているし、外部の観客が担っている場合（プロスポーツ）もある。

・ごっこ遊びと演劇

（単数の複数の）子どもの行う遊びに「ごっこ遊び」がある。ごっこ遊びでの三者の関係を見ると、すべてを子ども（たち）自身が担っていることがわかる。つまり、子どもたち自身で遊びの

ルールや虚構（ごっこの設定など）を決め（管理者の要素）、自分たちが「参加者」として遊びを実行し、自分たちで楽しむ（評価者の要素）という構造である。

このような三者を同じ人物が兼ねるという形式は、子どもの遊びに多く見られるが、遊びが「社会化」していく中でその関係は変化していく。ごっこ遊びと同じく、演じる遊びである演劇では、三者の要素が別の人間によって分担されている。「管理者」を担うのは、舞台の外にいる演出家や脚本家といった存在であり、「参加者」は舞台上で演じる役者たちであり、それを楽しむ「評価者」は、観客ということになる。ただし、即興性の強い演劇の場合は、参加者が管理者の要素の一部を兼ねているといえる。

ごっこ遊びと演劇との違いは、前者が素朴で原始的ともいえる遊びの初期の段階であるのに対し、後者は社会化され、時には商業的な側面も持っている点である。

・祭りとテーマパーク

共同体の中で伝統的に行われてきた祭りは、原始的といえる形態を残している。目的がどこにあるかは祭りによっても違うが（本来宗教的意味合いを持つ場合が多い）、小さな共同体内の楽しみのための祭りを想定すると、住民が「管理者」となり祭りの形式や進行を決め、住民が「参加者」として祭りを実行し、自分たちが「評価者」として楽しむのである。それは共同体の中での非日常的空間を作り出す、特別な行事として行われてきた。

ホイジンガは、18世紀以降社会から遊びの要素が失われたと指摘している（ホイジンガ『ホモ・ルーデンス』1938）。その原因として、社会の分業化が進んだことが挙げられるだろう。この分業化は、遊びの産業化にも繋がっている。祭りが特定の日にだけ住民の協働によって非日常的空間を作り出していたとすれば、同じように非日常的空間を作り出しているといえる現代に見られるテーマパークはその構成要素が異なる。非日常空間を用意する（管理者の要素）のは運営する会社などの組織であり、そこに金を払い遊ぶ（参加者の要素）のは外からやってくる客たちで、楽しむのも（評価者の要素）その客たちである。テーマパークとは、気軽にいつでも訪れることができ虚構の世界を楽しめる商業的施設であり、日常から隔離され、限定された遊びの空間を提供しているのである。

・芸術家像の変化

社会の分業化の進行とともに、遊びにおいても自己完結した状態から分業化へと変化している傾向にあるといえる。一方、芸術家については、その逆の方向へ動いているようにも見える。

かつて絵画や彫刻などの制作を行う人間は、芸術家というより、依頼を受けて制作を行う職人に近い存在であったという。そこでは、依頼主の指示（管理者の要素）によって、依頼主（評価者の要素）のために制作を行う職人（参加者の要素）、という図式が

あった。

しかし、現代の芸術家とは、自らのインスピレーションに従い、自分のために制作を行うという、三者のすべてを兼ねる形式が一般的なイメージとなっている。つまり、このような芸術家とは、外部（他人）ではなく内部（自分）の評価によって自身の作品を判断しているということである。ここでは、社会における分業化とは逆の方向に三者の関係が変化した例を見ることができる。

以上に見てきたように、様々な遊びやそれに類するものの構成要素の分担を見ると、時代や状況において様々な関係にあったことがわかる。この関係はそれぞれの遊びにおいて不変というわけではなく、社会状況や遊びの目的によっても変化している。

カイヨワは、遊びの社会的有り様をパイディアとルドゥスという言葉で説明している（カイヨワ『遊びと人間』1958）。パイディアとは、「遊戯」的なものとされ、子どもがするような形式的ではない傾向にある遊びであり、ルドゥスとは明確なルールを持つスポーツや商業的なものである演劇など、社会的といえる傾向にある遊びを指しているが、それは三者の関係が、自己完結的な形態から、分業的形態への変化として説明できる。

3. 理想の遊びとは？

何のために人は遊ぶのか、という点については、様々な意見があり、明確な答えはないが、もし理想の遊びというものがあるとすれば、それはどのようなものだろうか。

ドイツの哲学者ニーチェは、古い価値観（道徳）に縛られることなく、自らの意志で新たな価値を創造できる人間像を理想とし、それを「超人」と呼んだ。超人への道を説明する彼のたとえに出てくるのは、自由に遊び、その中から創造する「子ども」であった。子どもの自由な遊びとは、三者の要素すべてを兼ねるものであり、それは新たな価値の創造へと繋がるとニーチェは考えていたことになる。三者をすべて兼ねるとは、自分で遊びを作り、自ら実行し、それを自分の価値判断に従い評価することである。

現代では、社会の様々な領域において、遊びの要素が目まぐるしく目されている。その際重要なのは、社会に新たな価値をもたらすことができるような、創造的遊びであると考えられるが、三者の要素の関係から遊びを見直すことで、そのヒントを得ることができるかもしれない。

参考文献

ヨハン・ホイジンガ（里見元一郎訳）『ホモ・ルーデンス 文化のもつ遊びの要素についてのある定義への試み』、講談社
ロジェ・カイヨワ（多田道太郎・塚崎幹夫訳）『遊びと人間』、講談社



将棋の起源および大型将棋の呪術性に関する研究

大阪電気通信大学 総合情報学部

教授 高見 友幸

1. はじめに

将棋の起源と伝承に関する問題は、近年までほぼ未解明の状態だったと言ってよい。その原因としては、古文獻や出土駒から得られる古い時代の情報が少なかつたということが大きい。また、次のような生入観の存在も影響したであろう。

- (1) 現代将棋と類似する小将棋が源初の将棋である。
- (2) 将棋は古代においても遊戯である。

そのため、存在が広く知られていた大型将棋については、それが遊戯として成立していない(実際はこの考え方も間違っているのであるか)という理由も加わって、大型将棋の起源の候補となることはなかったのである。ところが、我々の最近の研究からは、上述の2点とは全く対立した次の命題が立証されつつある。

- (1') 原初の将棋は大型将棋であり、将棋の発展に伴って駒数は順次減り小将棋が成立した。
- (2') 原初の大型将棋は遊戯であるとともに、呪術としての機能を持つ。

我々の研究では、当初、大型呪具の遊戯性という観点から研究が始められているが、その研究過程で、大型呪具は本来的に呪術性を持つことがわかってきた[1]。ただ、呪術という題材の性質上、学術的な研究あるいは美的な表現は必ずしも難しいというのが問題であった。

2. 将棋の駒と盤に見られる呪術性

大型将棋と呪術との結びつきは、いろいろな観点から言及できるが、その中で最も直接的で具体的な現れとして次の2点を挙げる事ができる[2]。

- a) 摩訶大将棋の駒を、陰陽、五行、十二支の駒に分類することで六十干支を構成することができる。また、六十干支への同様の分類は、駒種が大きく異なる大大将棋についても成立する。
- b) 平安京の条方を南北19目東西17目の将棋盤とみると、摩訶大将棋(初期配置は横19目)については南北方向に、大大将棋(初期配置は横17目)については東西方向に、ぴったりと駒を並べることができる。

上記a)で、もし大型将棋が純粋に遊戯だったとすれば、十干

や十二支の駒グループが現れることはあり得ない。六十干支の分類が2つの大型将棋で実現していること自体、すでに呪術としての将棋の現れであろう。

さて、将棋の駒が呪術生が含まれているとわかった以上、上記 b) で、平安京の条坊と将棋盤ききちんとした対応があることは、不思議でもなく偶然でもない。図1に、大大将棋の駒が平安京の条坊と並んだ様子を示した。ここで注意すべきことは、図1の平安京が瀧浪貞子氏の提起した第一次平安京[3]でなければならぬという点である（ただし、本稿では、宮城を北闕型と想定している。この場合、通説の平安京よりも南北の長さは2町だけ短い）。青龍と白虎の駒の位置に注目された。図1からわかるとおり、青龍は東の端、白虎は西の端にあり、五行と色彩の関係に一致している。二条大路の朱雀門の位置に南旗の駒が立つ。また、大内裏の形に沿うように左将、金将、銀将、銅将の駒が並ぶ。

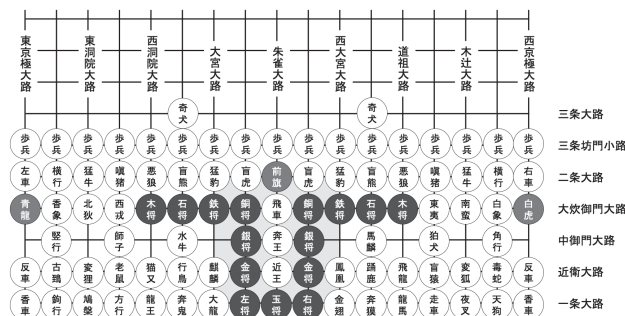


図1. 第一次平安京と大大将棋の初期配置.

3. 第一次平安京における朝堂院の復原

前節では、大型将棋の盤と駒に見られる呪術性の一端を示したが、本研究では、盤と平安京の条坊との合致について、平安京の側からの検討も行った。平安京が雲陽直に基づいて造営された都であるとされているものの、現状の平安京の復原結果からは呪術的要素が大きく現れているとは言い難い。平安京自体の呪術性を究明することは、平安京と密接な対応関係にある将棋の呪術性を同時に立証することになるであろう。

本研究にて得られた平安宮の復原の概要を図2に示した。平安宮には、北端の一条大路を宮城内部の道として含めている。復原

は、陽明文庫本『宮城図』に記載される寸法と発掘調査による実測値から推定されている。図2は第一次平安京の復原であることに注意されたい（導出の詳細については、研究報告書を参照のこと）。以下に、得られた復原の結果をいくつか列挙する。

- 1) 大極殿は大内裏の北端からちょうど200丈の位置にある。
- 2) 大内裏は正方形（東西幅384丈、南北幅383丈）。
- 3) 大極殿院の大きさは一辺40丈の正方形。
- 4) 朝堂は建造物のない一辺40丈の正方形の広場。
- 5) 朱雀門から昭慶門までは実測のとおり200丈であるが、この間には40丈の正方形5つが連続なく並ぶ設計となっている。
- 6) 会昌門から応天門の櫓間までの領域も一辺40丈の正方形。

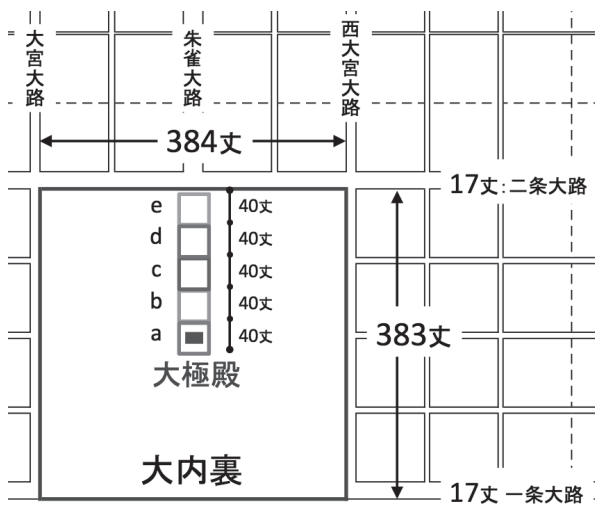


図2. 第一次平安京の大内裏と大極殿 上が南の方向である。

4. 天円地方の思想

前節で一例として示した、平安京に現れる正方形の階層構造は、古代中国における天円地方の思想に深く関連していると思われる。天空の様相を地上の都に写すというのが都城の思想である[4]。さらに、その方形の都の全体を、手元で一望できる将棋盤に再現したものが将棋である。将棋は天子南面して見る遊戯であり、対局は天皇の御前にて東西方向で行われた。では、将棋が呪術であるとはどういうことか。天（天帝）と地（天子）との通言により、盤上遊戯の対局で神意を聞くというのがそのひとつの回答となるであろう。この様子を、図3に模式図として示した。天円地方の考え方が将棋に反映されているという点においては、日本の大型将棋と同様、中国象棋と都城との対応にも現れていることに注意されたい（研究報告書参照）。

5. まとめ

大型将棋の呪術性の究明は、将棋の駒および将棋盤というふたつの観点からのアプローチに分かれる。駒については、駒名と動きに注目することで、駒を五行、陰陽、十二支の駒グループに分類することができる。この成果は遊戯史的な考察（ルールの解

明）に負うところが大きい。一方、将棋盤に関する呪術性については、大型将棋の将棋盤と第一次平安京の条坊が完全に合致するという発見が辻発点となっているため、本論文では、第一次平安京の存在についても検討した。将棋の呪術性は、将棋盤の本体である平安京それ自体が持つ呪術性により検証されたものと考ええる。また、この呪術性の問題と連動し、原初の将棋は摩訶大將棋であり、その伝承は遅くとも9世紀中頃であると推定できる。

最後に、本研究に派生して得られた非常に興味深い2件に短く触れておきたい。まず、平安京の初期の造営では、地面を測る物差し（1尺=29.8cm）の他に、朝堂院を測る物差し（1尺=28.1cm）が存在する可能性を提起した。これは法隆寺や三十三間堂で使用されたとされる物差しと一致する。この物差しは倭国で使われた尺で、百済の道教の流れを組むものとする見方がある。

2件目は、大嘗祭のときに大極殿の中に置かれる高御座と、舒明天皇陵や天智天皇陵に見られる八角形の墳丘との関連性である。平安京は自身の方形の中に、大内裏、大極殿院、大極殿の方形階層構造を作り、その階層の頂点に八角形の高御座を置かれる。こうした構造は、多層の方形壇の一番上が八角墳である天皇陵の構造（上八角下方墳）と類似するのである。天円地方の思想において、八角形を天の円形と地の方形を結ぶ仲介の形と見るならば、方壇の上の八角墳、大極殿の中の高御座は、天と地との通信のコネクタという意味合いをもつのかも知れない。

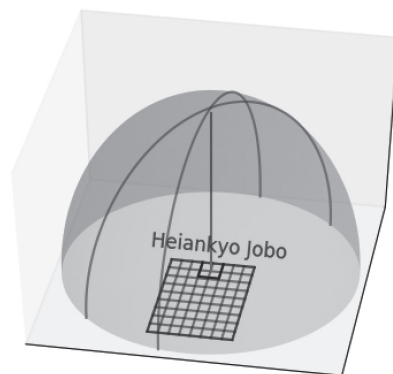


図3. 平安京の条坊と天円地方の模式図（妹尾達彦氏による「宇宙の都」を原図として、高見が作図）。

参考文献

- [1] 高見友幸、摩訶大將棋の復刻・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研究叢書第19巻、2019。
- [2] 高見友幸、中根康之、木子香、原久子、呪術としての大型将棋に関する考察、大阪電気通信大学人間科学研究、Vol.22、13-24、2020。
- [3] 瀧良貞子、初期平安京の構造・第一次平安京と第二次平安京、京都市歴史資料館紀要 創刊号、1984。
- [4] 妹尾達彦、長安の都市計画、講談社選書メチエ、2001。



2019 International GamiFIND Conference (Gamification in University Education in Hong Kong, Taiwan, and Japan)

東北大学電気通信研究所

准教授 Chia-huei Tseng チャーフエイ ツェン

It was a great honor to receive travel supported to attend 2019 GamiFIN, a leading international conference for gamification research held in Levi. Lapland, Finland. I presented my research work on how to apply gamification to enrich the university education in Asia.

One major goal of higher education is to prepare students to integrate knowledge and transfer it to future life and work-related challenges. However, this is usually a wishful thinking as the majority of university curriculum nowadays is still module-based. To fill in this gap, we will demonstrate an integrated milestone educational program to engage and empower university students in educational outreach activities in a format called “Room Escape (RE)”.

In RE, participating students design a big-scale interactive game called “Room Escape,” aiming to educate the general public on participating students’ major subjects (e.g. psychology, engineering, and etc). Different from museum exhibition or public lectures, RE is an adventurous game that requires players to apply

teamwork, communication, and delegation as well as critical thinking, attention to detail, and lateral thinking to accomplish a specific goal (usually escape from the room) within limited time frame.

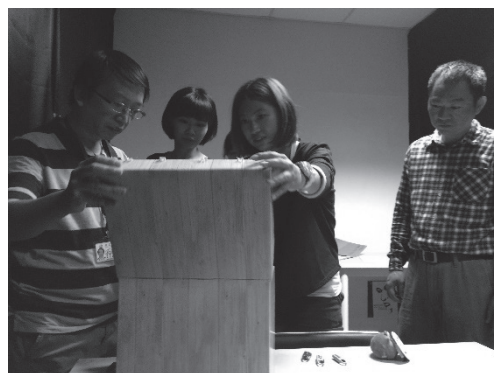


Figure 1. RE can be integrated into community engagement events as well as educational curriculum.

In the process of taking charge of this type of educational outreach, students are given a rare opportunity to (1) integrate academic knowledge, (2) communicate professional contents in laymen terms, (3) piece fragmental information into a coherent story line, (4) and enhance the educational experience in a gamification environment. In addition, with the

assistance of supervisors and schools, students are able to work with media and potential donors/sponsors to negotiate and secure resources.



Psychological Explanation : Why couldn't we spot the difference in facial features in a upside-down face?

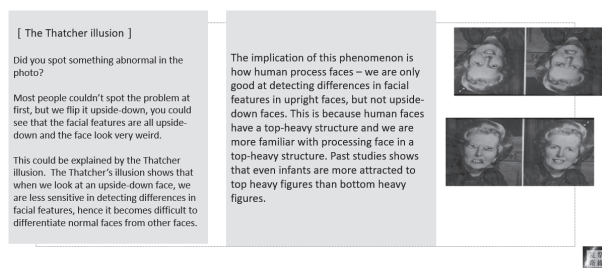


Figure 2. Educational Gamification integrates the scientific knowledge into the field of game play.

This educational format was tested locally in Hong Kong (2014), Taiwan (2015), and Japan (2017, 2018). These experiences later helped us extend it into an international curriculum where students from multiple Asian countries gathered together and hosted all together 783 international visitors during an academic conference (Asian-Pacific Conference on Vision, 2016). The added element of international collaboration and cultural competency are valuable for university students who will become our future leaders in the region. The participating

students are given a rare opportunity to (1) integrate academic knowledge, (2) communicate professional contents in laymen terms, (3) piece fragmental information into a coherent story line, (4) and enhance the educational experience in a gamification environment. In addition, with the assistance of supervisors and schools, students are able to work with media and potential donors/sponsors to negotiate and secure resources.

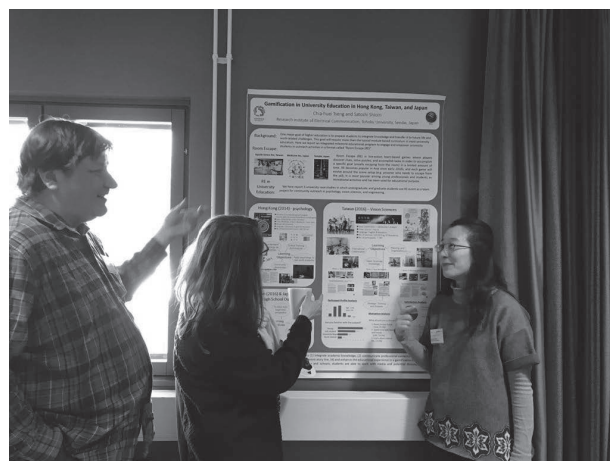


Figure 3. The academic exchange with international researchers was valuable.

In summary, as the few attendants from Far East Asia, this travel support has successfully increased the awareness of Educational Gamification Research in Asia and promoted the international collaboration in the future.



Proposal of Creativity Evaluation Method Using Well-Structured Problems (International Conference on Computational Creativity 2019)

広島大学工学研究科

博士課程後期学生 福井 昌則

1. はじめに

本研究は、ゲーム・パズルの変形改良に着目した、創造性を発揮するモデルを提案し、高校生と大学生の実態把握およびその比較を目的としている。

昨今、世界的に創造性の重要性が高まっており、創造性を定義した上で、どのように創造性を育成するかについて研究を進めることが重要な課題となっている。現在、創造性研究は盛んになされており、その内容も多岐に渡っている。創造性研究の現状として、創造性の定義についての厳密な指標は見出されていないこと、そして新規性と有用性を含む産物を生み出す態度、プロセス、環境間の相互作用であるということが共通していると指摘されている¹⁾。そのことを踏まえ、本研究では創造性として、恩田の自己実現の創造性、Csikszentmihalyiのlittle creativity、BodenのP-Creativityを援用し、「教員によって与えられた問題・課題の制約を、学生・生徒が分かりながら超えること（超えようとする）」と定義する。その上で新しい問題を学生・生徒がどのように作成するかを分析し、それを再現性のある形で他の問題にも適用していくような力をどのように育成するかについて検討を行う。このことは、偶然言ったことや考えたこと、本人が意図しないで行なったことが創造性を有していたということは対象とせず、「多くの生徒」が「自分自身にとって」「新しいこと」を「ある程度の段階」まで「再現性」のある形で行えるようにする方略を構築し、本研究における創造性を育成することを指向するものである。

その方法として、本研究では作問学習に着目する。作問学習とは、生徒が主体的に数学の問題を作成する活動のことである。しかし作問学習において、学生・生徒にとって実際に新しい問題を作成することを指向した研究は十分になされていない。よって、学生・生徒が新しい問題を作らせるプロセスを取り入れた創造性育成モデルの構築は重要であると考えられる。

2. 研究デザイン

本研究では、創造性を発揮するプロセスとして以下のモデルを提案した。本モデルは、3つの段階から構成されている。

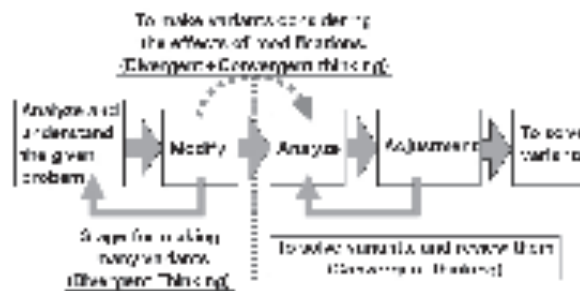


図1. 問題変形に着目した創造性発揮プロセス

(1) 多くの変形・改良を行い、その手法を身につける段階

元の問題を理解し、自身で問題を分解して変更箇所を見出す。そして、変形・改良を繰り返す。ここで変形候補として様々なパターンがあることを理解させた上で、変形・改良の基礎的な手法を身につけさせる。この段階では、変形・改良の質や、変形・改良がどのように問題に影響を及ぼすかについて説明をさせることはしない。この段階では発散的思考を育成することが期待できる。

(2) 変形・改良がどのように影響を与えるかを予想しながら、変形・改良を行う段階

変形・改良する際、その変形・改良が元の問題どのような影響を及ぼすかについて予測を立て、その理由を答えられるようにする。また、複数の変形・改良の結果から1つ選べ、その選んだ理由も答えさせる。この段階では、様々な問題を作成しつつ、その影響を想定することから発散的思考、収束的思考のいずれも育成することが期待できる。

(3) 解めるかどうかを検討し、実際に解く段階

変形・改良後の問題を、実際に計算やプレイなどを通して検証する。そして、後処理としてその問題に微調整を加えて最適化し、完成させる。場合によっては、その問題を解く作業を行う。この

段階では収束的思考の育成が期待できる。

このモデルでは、対象となる問題を理解し、それをどのように変形・改良するかについて計画を立てて実行し、その変形・改良が適切かについて振り返るというプロセスが行われている。

3. 研究方法

2018年7月および9月に、関西圏にある私立K高等学校および私立O大学(情報系でゲーム関連の専攻学科)の授業時間内に調査を行なった。ここで、コラッツ問題とロシアンルーレットを用いた。そして、時間内にどの程度与えられた問題を変形・改良するかについて、定量的に評価を行った。評価においては、それらのゲームの構造をUMLで表記し、その差分を求めた。

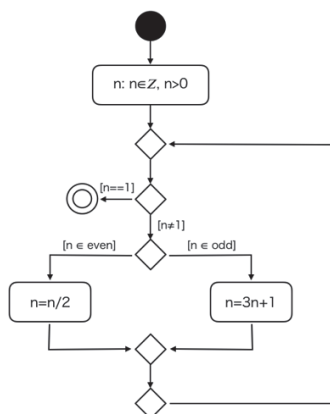


図2. コラッツ問題のUMLによる表現

4. 結果と考察

得られた概要について述べる。

コラッツ問題は、数をルールに従って単純に操作するものであり、元の問題文にゲーム性があまり見られない。一方、ロシアンルーレットは、実際に具体的なモノを用いてゲームをするという点でコラッツ問題と大きく異なる点である。これらのことから、コラッツ問題においては、高校生は具体的な変形をイメージしづらかった可能性がある。しかし、大学生はゲームについて専門的に学ぶ学科に属しており、授業内容や普段からのゲームへの親しみから、コラッツ問題の変形を行うことができた可能性がある。つまり、コラッツ問題のようにゲーム性をあまり有しない問題である場合、それまでの学習経験やゲームに対する接し方などが大きく関与する可能性があるのではないかと考えられる。

一方、ロシアンルーレットでは、コラッツ問題と比べて具体的なモノを使っていることから、それまでの授業内容やゲーム経験がそれほど影響しない可能性がある。

以上のことから、本研究における創造性を育成する際、対象者のそれまでの学習内容やゲーム経験を踏まえ、題材を変更する

必要があるのではないかと考えられる。

6. 国際学会における発表

上述した内容の一部を、International Conference on Computational Creativity 2019にて発表を行った。国際会議は、アメリカのノースカロライナ州にある、ノースカロライナ大学シャーロット校で開催された。申請者はアメリカに初上陸であり、喜びと不安の中、ワシントンのダラス国際空港経由でノースカロライナのシャーロット国際空港に降り立った。13時間の時差で頭がくらくらしていたが、どこかそれが心地よかった。

大学に着いたとき、キャンパスの大きさに圧倒された。さらに整備が行き届いており、日本との差について実感させられた。

発表では、多くのコメントをいただくことができた。そしてその後、大学の教授と1時間程度直接議論する機会をいただいた。そこで、Prof. Amilcar Cardoso (University of Coimbra, Portugal), Prof. John Garo (University of North Carolina at Charlotte) のお二人には特に有益な情報をいただくことができ、今後の研究に対する重要な示唆をいただいた。

ただ、創造性に関する内容を英語で説明し、から議論を行っていたため、ほとんど写真を撮ることができなかったのは残念でないが、非常に貴重な経験をさせていただくことができた。

この国際会議に参加できたことで、今後の研究が進展するだけでなく、海外の研究者と交流することを通して、気持ちの上でも大きく成長することができた。

謝辞

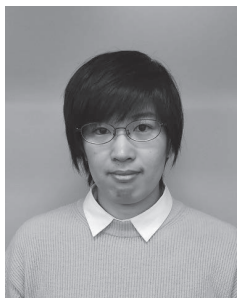
本研究の国際学会における発表は、中山雄雄(科学文化財団)様からのご支援があり実現しました。今回の結果をさらに発展させ、創造性の研究をさらに進めていく所存です。

成果報告(学会発表・論文)

Fukui, M., Kashiwagi, M., Miyadera, R., Hagikura, J., Sasaki, Y. and Hirashima, T. Proposal of Creativity Evaluation Method Using Well-Structured Problems, *International Conference on Computational Creativity 2019 (ICCC 2019)*, Charlotte (North Carolina), June 17-21, 2019. (unpublished) 査読あり

福井昌則他, 数学的要素を持つゲーム・パズルを題材とした創造性の分析, *The 23rd Game Programming Workshop 2018*, pp.80-86, 2018. 箱根. 査読あり

福井昌則他, ゲーム・パズルの変形・改良に着目した創造性発揮プロセスの実態把握, ゲーム学会「ゲームと教育」研究部会第12回研究会, 2019. 査読なし



50th Anniversary International Simulation and Gaming Association Conference

北海道大学文学院・日本学術振興会

博士課程 横山 実紀

1. 会議の概要

本報告は、ポーランドのコズミンスキ大学で開催された International Simulation and Gaming Association (ISAGA) の50回記念大会 (50th Anniversary ISAGA Conference) で発表された内容である。会議は2019年8月26日から2019年8月30日まで開催された。ISAGAは、複合的に複雑に絡み合った社会システムなどの問題へゲーミング&シミュレーションの方法を用いて取り組もうとする研究者や専門家、実践者が集まっている組織である。会議には工学、心理学、経済学、教育学など幅広い研究分野から、研究者だけでなく開発者や社会事業者など様々なバックグラウンドを有する人々が参集し、人文社会科学と自然科学の融合を目指し、ゲームを核として学際的に取り組む方々が集まる。



図1 会場の様子



図2 発表の様子

2. 本研究の内容

本研究の目的は、社会全体としては決まったほうが望ましいが、決めることで一部の個人や地域などに不利益が偏るために決定が困難な忌避施設立地問題 (Not In My Back Yard: NIMBY問題) の合意形成促進手法において無知のヴェールの有効性を検討することである。忌避施設は建設によって広範な地域が恩恵を受ける受益圏となる一方で、立地地域は社会全体からするとごく一部の受苦圏となり、負担分配の不公平が生じるという受益-受苦関係の問題となる。誰もが建設を望ましいと思ったとしても、誰もが引き受けたくないためどこにも建設できず、その結果として全員が施設建設による公益を受け取れなくなるという特徴を持っている。このような問題の合意形成において、自分の利害関係について知っている状態では、互いに自身の利害を主張し合うだけとなってしまう、話し合いが膠着してしまう。そこで、本研究は、自分の利害について知らないが、誰もが当事者になり得る状況、つまり誰もが建設地域や地域住民となり得るという潜在的当事者の状態で、決定プロセスについて合意しておくことが重要ではないかと考えた。この潜在的当事者は、「自分の利害関係について無知だが当事者となり得る状態」という哲学者Rawlsの無知のヴェールの考えに通ずる。無知のヴェールを被ることで、利害葛藤による話し合いの膠着を避け、社会全体の諸価値に基づいて議論することが出来るのではないかと検討した。

検討にあたり、「指定廃棄物処分立地ゲーム」を実施した。扱う忌避施設として、現在も話し合いが膠着している、福島第一原子力発電所の事故によって発生した一定濃度以上 (8000Bq/kg) の放射性物質を含む指定廃棄物の長期管理施設を取り上げた。参加者は、架空の県に住むとし、県内すべての市が指定廃棄物長期管理施設の建設候補地となり得るという状態で、「利害の代弁者」か、一般的な視点から価値を考える主体として「無知のヴェールに覆われた一般市民」となり、話し合いを行う。ここで、「利害の代弁者」は自地域の利害を知るが、「無知のヴェールに覆われた一般市民」は利害関係を知らない。各地域はそれぞれ建設時

に考慮すべき地域的特徴があり（表 1）、建設候補地を決めるために地域的特徴の重要度を話し合いによって順立付けしなければならない。

表 1 地域的特徴の配点例

立地に不適切な地域的特徴	A市	B市	C市	D市	E市	F市
指定廃棄物が少ない	5	2	1	3	2	1
温泉観光地に近い	1	5	2	1	3	2
埋蔵文化財が多い	2	1	5	2	1	3
自衛隊の演習場が近い	3	2	1	5	2	1
冬場の積雪が多い	1	3	2	1	5	2
特別養護施設が近い	2	1	3	2	1	5

数値が大きいほど地域的特徴が該当する

ゲームは練習ゲームと本番ゲームからなる。練習ゲームでは、全員が自地域の特徴を知っている利害の代弁者、すなわち市長として話し合う段階を設ける。ここでは、参加者全員が利害の代弁者として会議を行い、それでは合意形成が難しいという経験を経る。その一週間後に行う本番ゲームでは、利害の代弁者が候補地選定時に考慮すべき点を一般市民に伝え、一般市民が話し合う。参加者は市長か市民の役割に割り振られる。市長は自地域の地域的特徴の基準点を知り、自地域が候補地とならないようにどの地域的特徴が建設にふさわしくないかを主張する。市民は自分の市の市長が、市長会議を聞き、市長に対して一質問をする。その後、自分の市の利害関係を知らない状態（無知のヴェール状況下）の市民全員で地域的特徴の順立付けを行う。市民会議で順立付けされて出された各市の点数が最も低い地域が候補地となる。話し合いの結果、候補地が1カ所絞られた後、質問紙調査を行う。

ゲームの結果を、ゲーム観察および質問紙の自由記述の定性的分析によって検討した。無知のヴェールに覆われた一般市民が他の市を押し付けたり自地域の利害に固執したりせず、社会全体に公益的な視点から話し合うことができたかに着目して観察したところ、自地域の利害に偏り、他地域を押し付けたりすることなく、社会全体として考慮すべき点に基づいて話し合っていた。また、参加者が無知のヴェールの合意形成の前後で、NIMBYの合意形成に対する考えがどのように変化したかを検討するために、参加者の自由記述をKJ法により分類した（図3、図4）。無知のヴェール下での決定前には、ステークホルダーだけで決めればよい、市民が入っても話が進まないという意見が多かったのに対し、無知のヴェール下の決定を経験した後では、誰もが不利益を被る状態で決めることを公正と考える意見が見られ、利害に偏らない市民が決定に関与することが必要だとする意見が増えた。

ゲーミングを用いることで規範概念としての無知のヴェールを観察可能なものとし、現実場面では付きにくい利害への拘泥の理解を促し、合意形成問題を一歩前進させる可能性を示した。

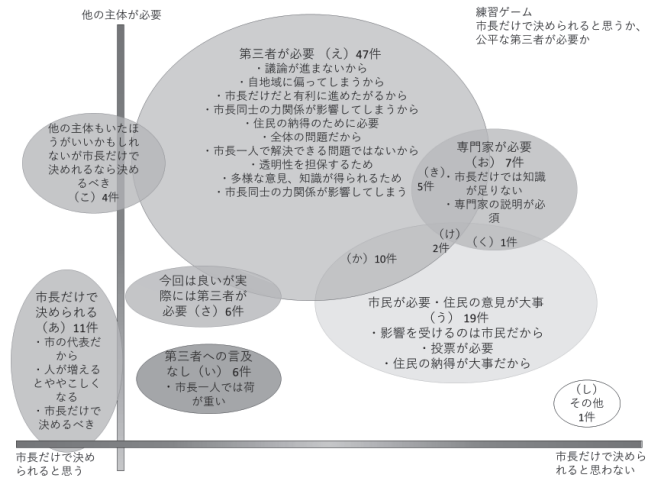


図3 市長だけで決められると思うか、公平な第三者が必要か（練習ゲーム）

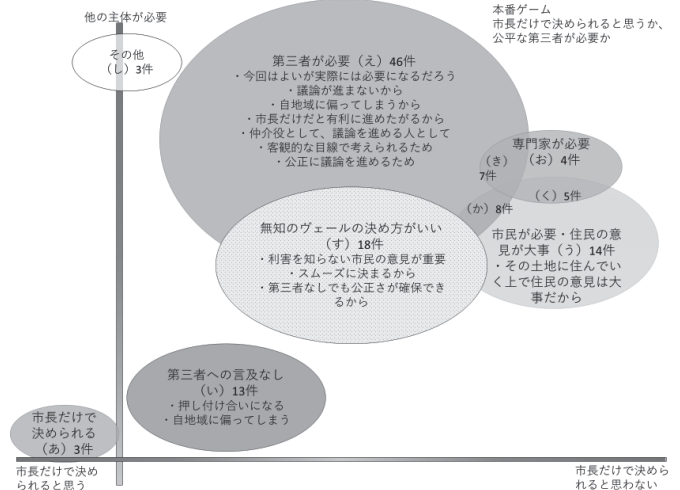


図4 市長だけで決められると思うか、公平な第三者が必要か（本番ゲーム）

3. 発表後の議論

大会発表時では、なぜこれをゲーミングで行う必要があるのかという趣旨のコメントをいただいた。コメントに対し、ゲーミングだからこそ、合意形成が失敗する経験を経ることができる、その経験が合意形成に必要なことを考えることができ、無知のヴェールの必要性を認識できると返答した。無知のヴェールを実装した合意形成の検討において、ただ想像するだけでなく実際に参加者がその経験を経ることができるという点で、ゲーミングを用いる意義がある。

4. 本研究についての成果

本研究の発表内容に関する原稿は、会議の Proceedings として刊行された。また、Springer 社の Lecture Notes in Computer Science にも掲載予定である。

International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA)



北陸先端科学技術大学院大学

助教 謝 浩然

1. 研究内容

簡単なスケッチ入力より深層学習を用いた流体の自動生成技術に関する口頭発表を実施した。本研究は、東京大学大学院情報理工学系研究科五十嵐健夫教授と福里司助教との共同研究であり、筆頭著者が修士2年生のZandy Hu（論文執筆時）、申請者が責任著者であった。発表論文のタイトルは「Sketch2VF: Sketch-based Flow Design with Conditional Generative Adversarial Network」である。

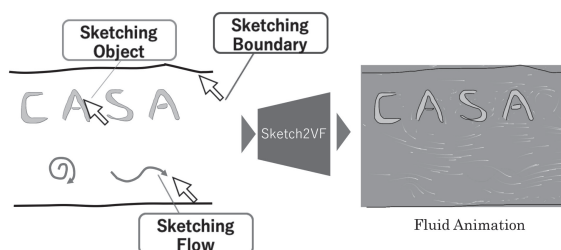


図1 提案システム Sketch2VF

近年、映画やアニメーションなどのコンピュータグラフィックス (CG) 映像中の流体表現に物理シミュレーションが用いられる例が増えています。流体シミュレーションは従来の物理学分野から格子法と粒子法を参考にし、市販の物理エンジンによく使われている手法より高品質な映像を生成できる。これらの物理シミュレーションには、調整パラメータが大量であり、拘束条件（例：速度場や圧力など）を設定する手間がある。初心者である一般ユーザが使いにくい現状である。また、物理シミュレーションの計算に時間がかかるため、シミュレーションパラメータを調整する過程で出力結果をインタラクティブに確認できないという問題がある。本研究は、これらの研究課題に向けて、初心者でも使える流体のデザインシステムを目指した。ユーザから簡単なスケッチを描きながら、複雑なシミュレーション結果が実時間に反映できるユーザインタフェースを開発した（図1）。本研究は特に二次元の流体デザインに着目して研究を行った。

アーティストは煙や炎などの不定形なエフェクト（特殊効果）を描く際、エネルギーを意識して「矢印」を書く方法がある。矢印は方向や長さを使って位置や、どれぐらい動くのかを表すのに

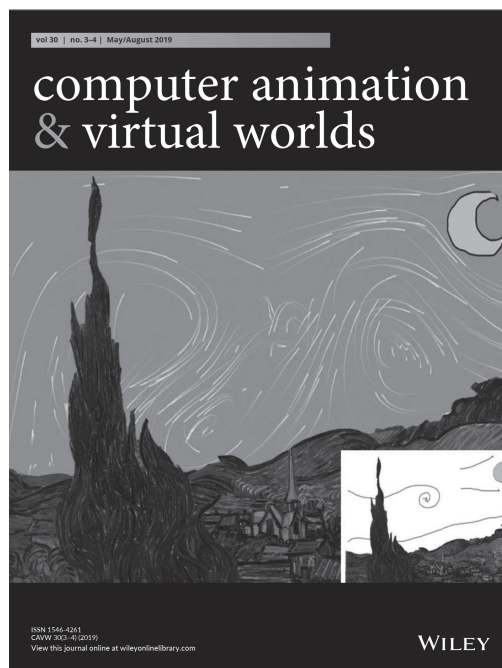


図2 スケッチによるゴッホの代表作である「星月夜」をリアルタイムにデザイン出来た。本研究成果が国際論文誌 Computer Animation and Virtual Worlds の表紙に採択。DOI: <https://doi.org/10.1002/cav.1912>

非常に便利なツールで、ユーザの設計意図に示すことができる。しかし、ユーザが描く矢印は物理的には必ずしも正しいわけではないので、物理シミュレーションにおける「条件」として直接用いることは無理である。もし「手描きの矢印線」と「物理ベースの流体表現における条件」の対応関係を構築できれば、矢印を条件の設定方法として利用できると。そこで、「手描きの矢印線」と「流体アニメーションにおける拘束条件」のペアで対応関係を条件付き敵対的生成ネットワーク Conditional GAN を用いて解決できた。

提案手法の研究結果が図2に示す。深層学習ネットワークの学習には、データセットの準備が必要である。本研究では、実験者に流体アニメーションを画面上に表示し、そのアニメーション

に対して、ユーザは（自分が正しいと思う）動きの矢印を描いてもらうことによりデータ収集を実施した。流体アニメーションを画面上に表示し、計1000パターンのペアを作成した。

ユーザは提案インタフェースを用いて、流れを表現する矢印線（図1のFlow）、シーン設計のためのオブジェクト（図1のObject）と境界線（図1のBoundary）を設計するツールを用意した。スケッチ入力より、提案したSketch2VFネットワークを利用することで、二次元の流体デザインが可能となった。

本研究はコンピュータグラフィックス分野にて挑戦的な研究課題である流体デザインに着眼し、深層学習技術を用いて簡単なスイッチ入力から流体の編集が可能となる技術を提案した。

2. 発表場所

国際会議 32th International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA)は、コンピュータグラフィックス研究分野におけるコンピュータアニメーションに関する最も権威ある国際会議である。1988年に国際学術コミュニティ Computer Graphics Society よりスイス・ジュネーブにて設立されて、今年は32回目であり、フランス国立科学研究センター-CNRSにて開催された。本国際会議では、22ヶ国からコンピュータアニメーション技術をはじめ、ゲーム開発、バーチャル・ヒューマン、仮想現実及び拡張現実等の専門家が参加し、研究発表と議論を行う。

今回は、本申請者らの研究成果がフルペーパーとして採択され、25分間の口頭発表を実施した。ならびに、研究成果はWiley社刊行Computer Animation and Virtual Worlds 国際論文誌（インパクトファクターIF=0.644）Volume 30、Issue3-4（DOI: <https://doi.org/10.1002/cav.1889>）に掲載され、論文誌の表紙に採択された。

3. 発表経緯

申請者が2019年7月1日から3日まで本国際会議に参加し、口頭発表およびポスター発表がある充実したプログラムであった。発表場所はフランスのパリであり、百人以上の参加者が参加する有意義の研究交流ができた。本研究は深層学習の手法であり、「Image Processing and Computer Vision」というセッションにて発表した。図3は口頭発表の様子を示す。

口頭発表では、仮想現実VR、バーチャルヒューマン、自然現象のシミュレーション等の研究発表があるが、本研究発表のような深層学習を代表とする機械学習を用いた画像処理とアニメーションの研究は特に多いである。「Image Processing and Computer Vision」セッションが4つあった。海外の研究機関の研究者との研究交流が積極的に行った。今回は本発表を含む日本



図3 口頭発表の様子

からの発表は2つしかずい、海外（特に中国）は日本より研究活動が活発であることを感じた。

また、基調講演と表章式は昔のヨーロッパの縁日を体感できるパリの縁日博物館（Musée des Arts Forains）で行われた。本研究発表は42件の研究発表からBest Paper Nominee賞に選出された。本受賞について申請書の所属大学の受賞ニュースにも取り上げられた。図4は受賞式の様子を示す。



図4 表章式の様子（申請者：左から3人目）

4. 今後の展望

申請者はCASA2019において、深層学習を用いた流体デザインに関する研究発表を実施した。本研究成果を世界に発信し、良い評価が得られた。さらに、今後の研究成果を展開し、敵対的生成ネットワーク等の生成モデルを利用することでメディアコンテンツの作成支援の研究を行う予定である。本研究助成により、多くの研究成果を得られたと考えられる。

また、本研究の詳細について以下のページにて公開されている。<http://www.jaist.ac.jp/~xie/sketch2vf.html>。

2020 年度 研究成果報告

助成研究A-1(2年間):

重点研究「社会と向き合う/人とつながるゲーム」

- 音でプレイするオーディオゲームセンター実現のための
インタフェース研究
寛 康明 94

助成研究A-2(2年間):

基礎的・基盤的研究

- フィジカル e-Sports の実現に向けたインターフェースと
身体性の関係の解析と検討
安本 匡佑 96

助成研究A-1(1年間):

重点研究「サステナビリティにつながるゲーム」

- リアルタイム三人称視点映像による投擲能力の向上
植山 祐樹 98

助成研究A-2(1年間):

基礎的・基盤的研究

- 同調認知による没入的体験効果の向上
大本 義正 100
- プロジェクションマッピングによるゲーム支援技術の研究
謝 浩然 102
- 手遊び・影絵を用いた CG・ロボット操作手法の
知育・アミューズメントへの展開
牛田 啓太 104

※本誌では研究成果報告の概要書を掲載しています。
報告書本文をご希望の方は財団事務局にご請求ください。

※助成研究 A : ゲーム分野の研究に対する助成

※助成研究 B : 「人間と遊び」に関する各種研究に対する助成

助成研究 B

- 認知症ボードゲーム「ワスレログ」を用いた
学童期・青年期への疾患教育が認知症の症状に及ぼす
効果介入研究
平野 成樹 106
- 展示楽器に対する興味誘発および持続性を考慮した
演奏システムの開発
大西 克彦 108
- 「遊戯考古学」の構築に向けた実践的研究
～平城京出土遊戯具を対象として～
小田 裕樹 110
- 空間把握力育成のための多面体紙工作の教材研究
青木 孝子 112
- 人の生涯発達過程における遊びの発達の意義の解明
川本 哲也 114
- 遊びにおける主体性の役割と促進要因に関する
実験心理学的研究
田中 拓海 116
- 錯視効果とプロジェクションマッピングによる
2D-3D 提示システム
藤井 浩光 118
- 柴野拓美関係文書の調査による
日本 SF コミュニティ形成過程の研究
福地 健太郎 120

普及啓発

- ゲームエンジンを用いた遊びの協業制作体験(4～5年目)
小野 憲史 122



音でプレイするオーディオゲームセンター実現のためのインタフェース研究

東京大学 大学院情報学環

准教授 筧 康明

1. 背景と目的

本研究では、ゲームジャンルの一つであるオーディオゲームに注目する。オーディオゲームは、モニターなどの視覚情報を用いることなく音声情報を主としてプレイする点が特徴であり、従来より視覚障がい者のコミュニティを中心に親しまれ、多様なコンテンツが開発されてきた。筆者らは、オーディオゲームを中心とする音体験の場としてオーディオゲームセンターの実現に向けて、ゲーム創造、技術開発、コミュニティ創生に取り組んできた。

今回の研究では、主にオーディオゲームの操作インタフェースに注目する。多くはPCキーボードなど既存の汎用デバイスを用い、身体性や空間性、物理性を有するインタラクションを積極的に取り込んだゲームや、対面で多人数で遊べるゲームは多くない。そこで本研究では、オーディオゲームの体験の幅を広げるために、タンジブルで身体動作を入力に組み込むインタフェースを介したオーディオゲームの創出に取り組む。

2. 身体動作を介する空間的オーディオゲームの提案と制作

まずはじめに本研究では、ワークショップを介してゲーム開発者や視覚障がい者などと議論やプロトタイピングの場をつくり、アイデアや課題の整理を行い、その上で具体的に3つのゲームおよびインタフェース開発を行なった。

2.1 シューティングゲーム「モスキートが来る！」とスプレーインタフェース

一つ目に、音声のみを頼りにプレイするシューティングゲーム「モスキートが来る！」の設計と開発を行なった（ゲームデザイ

ンは野沢幸男が担当）。本ゲームでは、プレイヤーはヘッドフォンを装着し、後述するスプレーインタフェースを持つ。ヘッドフォンを通して身体の周辺にモスキート（蚊）が飛び回る音が聞こえ、プレイヤーはその音が聞こえる向きにスプレーを向け、ボタンを押すことで殺虫剤を撒く。うまく殺虫剤を当てると、次第に羽音が小さくなり倒すことができる。難易度に応じて、モスキートの数や速度が変わる。

本研究では、このゲーム体験のためにVSLAM方式のトラッキングカメラ（Intel RealSense T265）を内蔵したスプレー型インタフェースを開発した。外部のカメラやマーカとの位置関係を意識することなくプレイできる。

本ゲームは2019年9月12日～15日にかけて幕張メッセで開催された東京ゲームショウ2019インディーゲームコーナーにて出展し、数百人の来場者に体験の機会を提供し、フィードバックを集めた（図2左）。

2.2 音のパンニングによる誘導とハンドル操作によるレーシングゲーム「大爆走！オーディオレーシング」

次に、レーシングゲームに代表されるようなメーチャル空間内の移動を伴うゲームに注目する。周囲を見回し俯瞰できる視覚と異なり、音情報のみでは位置や周辺形状など空間的に複合的な情報は難しく、従来のオーディオゲームではプレイヤーの行動の自由度を制限するなどの制約が必要であった。これに対し本研究では、プレイヤーがより自由に空間的な移動・回転が可能なオーディオゲームの制作を試みた（ゲームデザインは高友康が担当）。

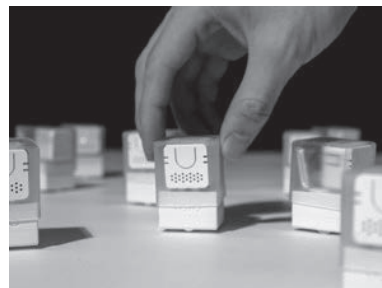


図1: (左)モスキートが来る, (中央) 大爆走! オーディオレーシング, (右) Tabletop Sound Swarm

プレイヤーはヘッドフォンを着用し、ハンドルコントローラを使用してプレイする。これは、ヘッドフォンから聞こえる誘導音を主な手がかりとし、コース上を連続的に向きを変え、移動しながら走行する。誘導音は音の左右のステレオパンニングによる音像定位により提示され、プレイヤーはそれを追いかけるようにハンドルを操作することで、設計されたコースに沿って走行ができる。実装においては、誘導音の距離による走行への影響などを調査した。また、誘導音に加え、音声効果やコース上に配置したオブジェクトの効果音などを付与し、プレイヤーへの状況把握や、次に来るカーブ等の予告、コーナリング等の走行の出来に関するフィードバックの情報を提供し、走行を補助する。逆に、爆発音など誘導音への追従を阻害するサウンドデザインを施すことで、難易度を調整することもできる。

操作にはLogicool G ステアリングコントローラ G923 を導入し、体験者は実車と同様の操作での体験を実装した。本助成期間後の実施となるが、2021年6月26日から7月18日にかけてGINZA SONY PARK で行われた展覧会「AUDIO GAME CENTER+」において、本ゲームの展示を行い、会期中に約2500名の来場者が本作品を体験した（図2中央）。

2.3 可動式卓上小型スピーカ群Tabletop Sound Swarm とタンジブルオーディオゲーム【オーディオもぐらたたき】

3つめとして、スピーカを搭載した群ロボットによる卓上インタラクションの創出に取り組んだ。上記のゲームでも、プレイヤーへのヘッドフォンの装着を前提としたが、本研究では、卓上に配置される小型のスピーカに可動性を付与することにより、音を発するスピーカ群とのタンジブルなインタラクションを介するオーディオゲームへの応用に取り組む。これは、同じ場で複数人のプレイヤーや観客と一緒に体験するなど、ヘッドフォン等の装着が不要な多人数参加型オーディオゲームとして展開できる。

具体的には、モータ駆動型の小型ロボット（ソニー・インタラクティブエンタテインメント社製toio）と無線通信可能な小型スピーカ（ATOM Echo）を組み合わせたスピーカ型群ロボット

Tabletop Sound Swarm の実装を行った

このシステムを用いたオーディオゲームの一つとして、音を発したもぐら（スピーカ）を探してたたき「オーディオもぐらたたき」を制作した（ゲームデザインは藤波秀磨が担当）。プレイヤーは、卓上にある多数のスピーカ群の中から音を発している個体を見つけ、それに手で触ることで「たたき」ことができる。本ゲームは、その進行に応じて、スピーカ群は卓上を動き配置を変える。スピーカ同士が重なっている場合は音源識別が容易だが、近づくにつれて難しくなる。本研究では、スピーカの左右前後の位置や距離に応じた音源の識別の精度についてユーザスタディを行い、ゲーム設計へと活かした。今後本システムは、作業支援や、楽器空間演出等、さらなる応用が見込まれる。

3. むすびに～オーディオゲームセンター実現に向けて～

本研究では、身体動作を伴うインタラクションを伴うインタフェースを通じたオーディオゲームを開発した。さらに助成期間中およびその後、本研究の成果を体験展示する機会を設けた。中でも「AUDIO GAME CENTER+」は、本研究の成果を含む複数のオーディオゲームが並ぶ一般展示としてオーディオゲームセンターのコンセプトを体現する場となった（図2右）。

今後は、これらの展示を通して、ユーザから得たフィードバックや、操作ログなどのデータを解析し、定性的考察に加えて、定量的な知見としてまとめることが次のステップである。また、展示に際しては体験者に如何に遊び方を伝えるかなどゲーム前後の体験設計も知見をまとめた。さらに、ある程度の回数・期間プレイすることによる熟達や、視覚の障がいの有無による違い等に関しても研究を進めたい。その上で、オーディオゲームのさらなる普及に向けてコンテンツや体験のバリエーションを広げる取り組みへと接続する。

発表文献 高友康、筑康男、大爆走！オーディオレーシング：音楽のパンニングを通した方向提示によるレーシング型オーディオゲームの提案、エンタテインメントコンピューティング2021（2021.8発表予定）



図2: (左)東京ゲームショウでの「モスキートが来る！」の展示、(中央) (右) AUDIO GAME CENTER+ 展および「大爆走！オーディオレーシング」の展示の様子



フィジカル e-Sports の実現に向けたインターフェースと身体性の関係の解析と検討

神奈川工科大学 情報学部 情報メディア学科
准教授 安本 匡佑

1. 目的

本研究の目的は身体性を重視し、身体を鍛えることで上達し、身体を全力で動かし、現実と同様の能力を使ってプレイできる新たなスポーツを実現することであり、そこに様々なxR技術を組み込むことで新たな面白さを生み出す。これまでに実績のある弓をモチーフとして、すでに国内外での発表や展示の実績のあるVAIR Fieldで用いているVAIR Bowをベースに、現実に近い体験を実現するために、インターフェースと身体性の関係を解析し、改良した新たな弓形のデバイスあるいはシステムを制作することである。このため弓の正確なセンシング手法の確立と弓の挙動を明らかにし、身体計測により弓デバイスと実際のアーチェリーの違いを明らかにし、弓デバイスの制作の方向性を明らかにする。

2. ひずみと弦の正確な関係

これまでの弓デバイスでは歪ゲージにより弦の引き量を推定していたが、その値は正確ではなかった。弓（リカーブボウ）のシミュレータとしてトレーニングにも使用可能なものとするため、より正確な推定手法を確立する必要がある。まずは歪ゲージと弦の引き量、力の関係を明らかにするため、Fig. 1の専用の計測装置をアルミフレームで制作し、そこに弓を固定し、フォースゲージによって弦の引く力と引き量、弓のグリップに装着した歪ゲージの値を同時に計測できるようにした。また弦の引く位置を変えて計測も行った。

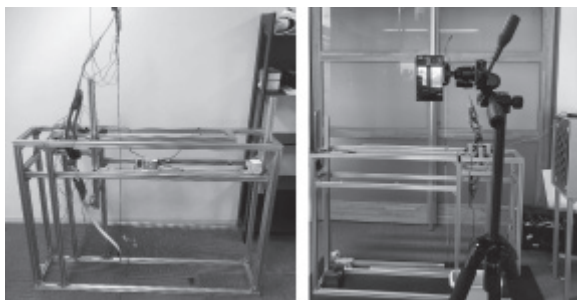


Fig. 1 弓固定台 (左) と射撃計測装置 (右)

実験に先立ち歪ゲージの位置の検討を行い、グリップ上部のリムの固定部分の複数箇所歪ゲージを張り付けて位置の調整も行った。これらの実験から、弦の引く量と引く力は弦を引く位置に影響されることなく正比例していること、歪ゲージの位置によ

り値は変わるが引き量と歪ゲージの値は比例していることが分かった。

次に歪ゲージをグリップの上下に張り付け、それを同時に計測した。これにより弦を引く位置により上下の値が変化することが分かり、2カ所の値の比率から弦のどの位置を引いているのかを推定できるようになった。

3. センサにかかる衝撃の軽減

弓の位置計測にはVive Trackerを使用しているが、射撃時の衝撃でセンシングが狂うことが分かっており、これを解決するためにショックアブソーバ、リニアブッシュ、構造や形状を変えることで安定したVive Trackerの弓への固定方法を模索した。

4. 矢の有無による差異

矢の有無により射撃時に弓にどのような差異があるのかを明らかにした。これまでに頻りに弓の空射ちが危険という指摘がされていたが、洋弓ベースの参式電子弓やVAIR Bowではこれまでに一度も弓の破損が確認されておらず、その安全性を客観的に示すことが必要であると考えたからである。

測定は専用の射撃台を制作し、そこにM5Stickを装着した弓を固定した。計測はM5内蔵の加速度センサ、グリップのリム取り付け部直下で上下2カ所の歪ゲージと2つのHX711、さらに外部から960fpsでの高速度撮影によって実施した。高速度撮影した映像はAfter Effectsで1フレーム毎にトラッキングを行い、リム先端部と弦の矢をつがえる箇所（2カ所）について分析を行い、結果はFig. 2のようになった。

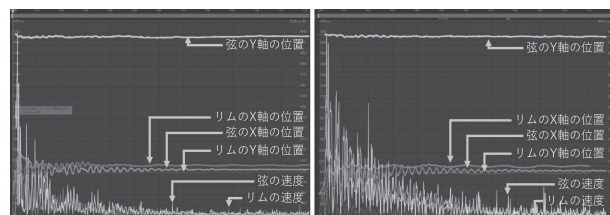


Fig. 2 トラッキングの分析結果 (左が矢未使用、右が矢を使用)
弦はトリガー型のリリーサーで引き、リリーサーにはスイッチを固定しており、トリガーを引くことで自動的に電氣的に有線マイコンに信号が送られ一定時間記録が行われる。フレームレートはおおよそ85.5fpsで記録され、記録が終了したらデータは自動で

PCに送信される。弦の引き量、射撃台に固定した定規で毎回正確に50cmを引いて射撃を行い、矢使用時、矢止めを設置した。矢使用時と未使用時でそれぞれ10射の試行を行い、結果の分析を行った。

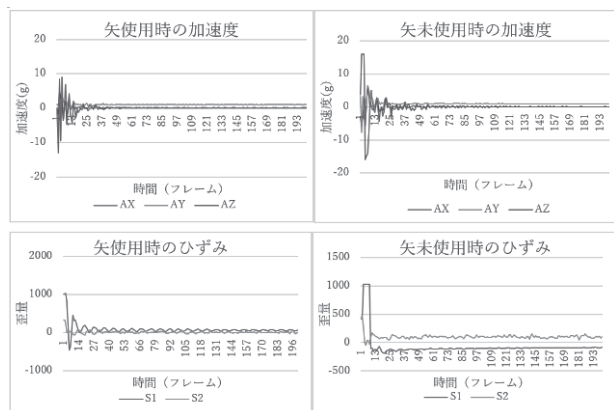


Fig. 3 矢使用時と未使用時の加速度とひずみの関係

高速撮影から、矢を使用しない場合は弦のX軸方向（矢の進行方向）の振動が不規則になること、リムのX軸方向の振動が増加すること、リムの速度が低下し、早く収束することが判明した。Fig. 3のように加速度ではグリップにかかるZ軸方向（矢の進行方向）の変化が最も大きく、矢を使用しない場合、加速度が計測上限の±16gを超えて矢を使用した場合よりも衝撃が大きく収束する時間がわかることが分かった。歪の計測からは矢を使用しない場合は歪も異常値を示し、不安定であることが分かった。これらのことから矢の有無によりグリップに伝わる衝撃そのものが違うため、矢を使用するか矢の発射を防止することが有効である可能性が示唆され、防止装置を制作したが1回の射撃で破損したため、今後の課題としたい。また合わせて空射ちを数百射行い、弓の破損や弦が切れることがないことを確認した。これらのことから12ポンドのリムでは矢を使用しない場合でも十分に安全であることが確認されたが、弓の威力が十分にあることも確認されたので、フィジカルスポーツとして人口に向けて使用する場合は空射ちやより小型の弓にしたほうが良いだろう。

5. 身体性の検討と生体計測



Fig. 4 計測の様子（左上：パターン1、右上：2、下：3）

本物のアーチェリーと矢を使用しない弓デバイスにどのような違いがあるのかを明らかにするため、複数の生体計測を実施した。被験者は男子学生のアーチェリーアスリートである。実験方法としては室内練習用の矢止めの的に向かって次の3パターンで射撃を行った。

1. 40ポンドの競技用リカーブボウ、矢ありで的を射る
2. 12ポンドの競技用リカーブボウ、矢なしで的を射る
3. 12ポンドのVAIR Bow、矢なしでMRの的を射る

Fig. 4のように計測は全身の動きを慣性式モーションキャプチャXsense MVNで、視線計測をメガネ型のPupil Coreで、表面筋電をBioSignals Pluxで同時実施した。

動きの分析から弓に矢をつがえる射撃動作の時間に大きな違いがみられたが、矢の有無やリムの強度による有意差は認められなかった。

視線の分析からは矢を使用する際は矢をつがえるため、手元が中心点になること、物理的な的がある場合は構え始めると同時に的からは視線が動かないが、パターン3の場合は実物のMRマーカーとなるVive Trackerを見た後にVAIR Bowに取り付けたスマートフォン上の的に視線が移動する。

表面筋電は左僧帽筋、左菱形筋、左大胸筋、左上腕三頭筋、左前腕筋、右僧帽筋、右大胸筋、右前腕筋の8カ所を被験者からのヒアリングをもとに使用していると思しき箇所の測定をおこなったが、有意な結果は得られなかった。

現行システムを改良し、全身の動き、表面筋電、弓の加速度、ひずみ、位置を同期してリアルタイムで取得できるシステムを開発しており、実験が可能となったら人を使った計測を行いたい。

6. コンテンツへの応用

本研究の成果をもとに、VAIR Fieldを拡張する形で現在コンテンツの制作を行っており、Photonを使用したネットワークでの対戦や、より高精度な弓のシミュレーションが実現可能となるだろう。

7. 展示・発表

本研究の成果は国内外で以下の発表展示を行った。SIGGRAPH ASIA 2019、Emerging Technologiesでの展示及び発表“Physical e-Sports in VAIR Field system”、HCI International 2020での発表“Possibility of Using High-quality Bow Interface in VAIR Field”、DCEXPO2019での展示。また本研究の成果のうち弓の弦の引く位置の推定に関して特許申請を行った。

8. 謝辞

本研究に際して多大な助成を頂いたことに対して感謝の意を表します。



リアルタイム三人称視点映像による投擲能力の向上

防衛大学校 機械工学科

講師 植山 祐樹

1. 研究背景

ヒトと他の生物との大きな違いの1つとして、高度な投擲能力の有無がある。しかし、現代日本において、若年層における体力の上昇に反し、ハンドボール投げ等で計測される投擲能力は低下の一途をたどっている。この原因として、幼少期において投擲を必要とした運動経験の有無が考えられ、後年の訓練による投擲能力の改善は非常に困難である。

一方で、近年、ヘッドマウントディスプレイ (Head mounted display: HMD) 等のバーチャルリアリティ (Virtual reality: VR) 機器の高性能化および低価格化によって、一般にも広く普及したことから、学習や教育分野への応用が期待されている。

2. 研究目的

本研究は、投擲能力の向上を目指し、HMDを使用した訓練方法の開発を目的とする。そのために、自身の身体を背後から俯瞰した3人称視点 (Third person perspective: 3PP) 映像を応用する。それにより、自己の投擲動作を客観的に確認することができ、技能の向上につながると思われる。

一般に、投擲能力には1)対象を目標に正確に到達させるための技術、および2)対象をより遠く (または速く) に到達させるための技術の2つの能力に分類されると考えられるが、本研究では、1つ目の投擲技能に対して、ダーツを用いた実験を行う。

3. 実験内容

防衛大学校の倫理審査委員会による承認を得た上で、40名の健康な被験者を対象に実験を行った。被験者をHMDによって生成された1人称視点 (First person perspective: 1PP) 映像または3PP映像のどちらかの条件でダーツを投擲する20名ずつの2グループに無作為に分け、それぞれのグループを1PP群および3PP群とする (図A)。3PP映像は、被験者の背後に設置した全天球カメラの映像をHMD上にリアルタイムに投影することで実現する (図B)。全天球カメラを使用しているため、HMDの映像は、HMDを装着した被験者の頭部の動きと同期しながら回転移動する視点となる (図C)。また、1PP映像は、

HMDに搭載されたステレオカメラによるものを使用する (図D)。

実験はHMD装着前のPre、HMDを装着する介入期、およびHMDを外したPostの3段階に分けられる (図E)。すべての段階において、被験者はダーツボードの中心円 (ブルズアイ) を狙ってダーツを20回投擲し、ダーツボードの中心からダーツが刺さったボード上の位置までの距離を誤差として計測する。PreおよびPostではどちらの群も同様に実施し、HMDを装着する介入期では、被験者には各群に応じた1PPまたは3PPのどちらの映像が提示される。PreとPostでの成績を比較することで、HMDを用いた1PPおよび3PP映像が投擲技能におよぼす影響を評価する。

4. 実験結果

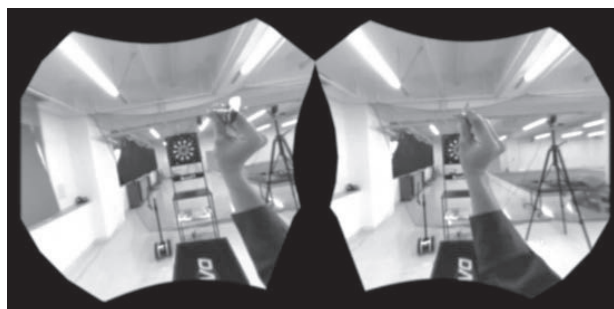
1PP群と3PP群のどちらの群においても、HMDを装着することで一時的に誤差が大きくなり、その後、誤差は徐々に減少していった (図F)。しかし、1PP群ではPostにおいてPreよりも統計的に有意に誤差が大きくなったが、3PP群においてはPostとPreの間に有意な差を確認することができなかった (図G)。このことから、1PP映像でのダーツの投擲は、その後においても影響が持続するが、3PPを使用した場合には、その影響はその後に引き継がれることなく、すぐに消失すると考えられる。

5. 結論

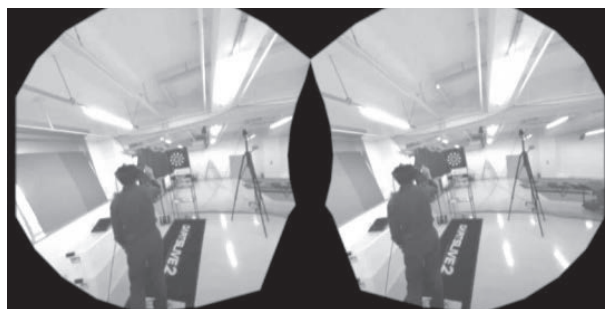
1PP映像に対して3PP映像の優位性を見出すことはできなかった。しかし、1PP条件での訓練は、HMDを外した後においてもその効果が持続するが、3PPにおいて学習した効果はすぐに消失してしまうことから、視点の違いは、その後の運動技能に及ぼす影響も異なったものになると考えられる。

以上より、1PPを用いたゲーム等は実世界における身体運動にも影響を及ぼす可能性があるが、3PPではその影響が限定されたものとなることが考えられる。これには、3PPでの運動主体感および身体所有感と呼ばれる身体感覚が次落しているためだと考えられる。

A 1人称視点 (First-person perspective: 1PP)



B 3人称視点 (Third-person perspective: 3PP)



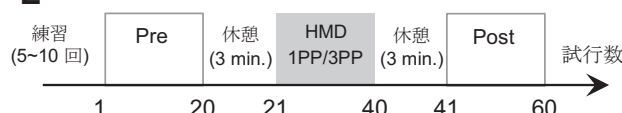
C



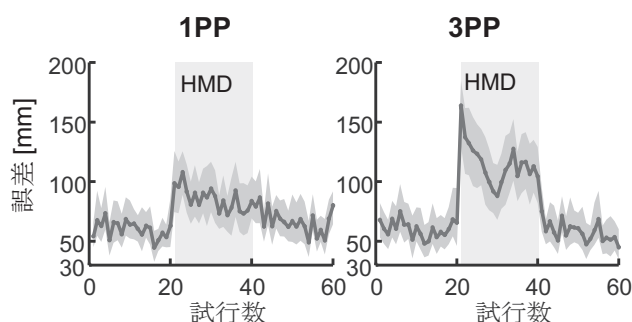
D



E



F



G

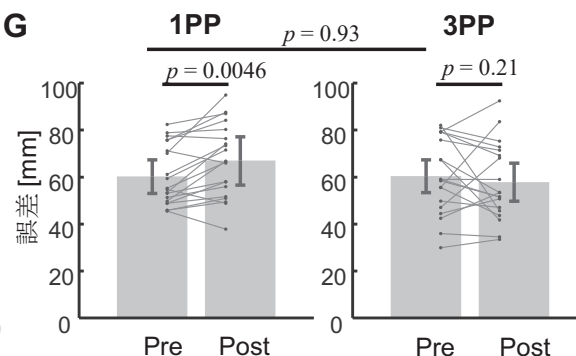


図 ダーツ実験。ヘッドマウントディスプレイ (HMD) に表示される (A) 1 人称視点 (1PP) 映像、および (B) 3 人称視点 (3PP) 映像。(C) 実験の様子。(D) HMD に搭載されたステレオカメラ。(E) 実験の流れ。介入時のみ HMD を装着し、1PP または 3PP 映像によるダーツの投擲を行う。(F) 試行ごとのダーツ技能の変化。赤の実線は被験者平均で影部分は 90% の信頼区間を示す。(G) 介入の前後における Pre および Post 条件時のダーツ技能の比較。縦棒および縦線は平均と標準偏差であり、赤点は各被験者の値を示す。横線の上部の値は t 検定によって計算された p 値で、1PP では Pre と Post の間に統計的有意差が確認できる。

研究成果

- **Ueyama Y** and Harada M. Effects of first- and third-person perspectives created using a head-mounted display on dart-throwing accuracy, *Virtual Reality*, 9 pages, 2021 (in press).
<https://doi.org/10.1007/s10055-021-00562-x>
- **植山祐樹**. VR 装置を使用したダーツ投てき時の 1 人称視点と 3 人称視点の比較, 公益財団法人自

動車技術会第 1 回車両特性デザイン部門委員会 (2020-2021 年度), オンライン, 2020 年 11 月 (招待講演)。

- **Ueyama Y** and Harada M. A third-person view may improve performance of precise aiming in dart-throwing, 第 43 回日本神経科学大会, オンライン, 2020 年 7-8 月 (動画発表)。



同調認知による没入的体験効果の向上

静岡大学 情報学部

准教授 大本 義正

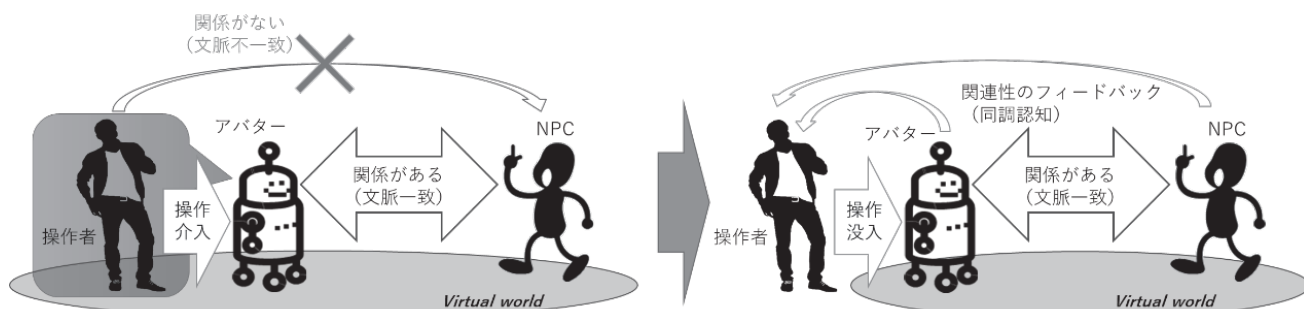


図1：アバターと人間および仮想空間における文脈の違い

1. 本研究の目的

没入感の高い仮想現実を用いたゲームは、現実で容易に得られない場面の技能や能力の習得に有用である。しかし、仮想空間での経験と現実空間での経験とは異なり、物理的だけでなく、仮想空間で操作するアバター（および、コンテンツ）と現実空間での自分の間には、埋めがたい文脈の違いが存在する。このような文脈の違いは、ゲームにおける没入的体験を「ゲームだから」に集約される感覚に低減させてしまう。

本研究では、文脈が異なるゲーム場面における没入的体験の効果を、人間・アバター・ゲーム環境の3者が統合的に同調していることを認知させることで、向上させることを目指した。仮想エージェントと人間のインタラクションを通じた「随機的応答」と「仮想世界の文脈解釈の同調」を元に、時間的な関連性を拡張することで、タスク自体へのエンゲージメントやエージェントとのインタラクションにおける没入状態を改善する（図1）。

2. 背景

没入状態は人間が感じる文脈の基盤であり、与えられた文脈の解釈が自然と行われている状態であると言える。没入感を整理すると、感覚を通した認知（認知的没入）、認知情報による再構築（投影的没入）、再構築された世界から情感への影響（情感的没入）、に分けられる。アバターと操作者の文脈の不一致に対して、多くのアプローチでは直感的な操作や、提示情報の質感の向上により、操作者に与える情報を現実と近づける、認知的没入の改善で対応している。一方、投影的没入や情感的没入については、これらが高いことによる影響が調べられているものの、これらに影響を与える方法に関する試みは多くない。しかし、人間に影響を

与えるのは情感的没入の部分であり、ゲームを通じた体験において没入的体験効果を向上させるならば、情感的没入そのものの、情感的没入に影響を与える投影的没入の改善が重要である。

3. 本研究の概要

本研究では、人間の認知情報の再構築過程（投影的没入）に影響を与えることで情感的没入を改善し、没入的体験効果を向上させることを目指した。先行研究において様々な知見が存在するが、人間が慣れてしまったり、エージェントが状況にそぐわない行動をしてしまったりすると、その効果が急速に低減するという問題がある。これを解決するために、人間・アバター・ゲーム環境の3者が統合的に同調していることを持続的に認知させること（これを「同調認知」と呼ぶ）を考えた。そのためには、時系列に沿って人間の心的状態の変化を推測し、影響を与えている同調関係や因果関係に対応するようにアバターやゲーム環境を変化させる必要がある。そこで本研究では、人間の心的状態を反映するとされている複数の生理指標やアバターの行動系列、ゲーム環境における変化データ等を元に、エージェントやアバターの行動を時間的に発展させていくを試み、その影響を調べた。

4. 時間的な同調認知を伴うインタラクション

本研究では、ユーザとエージェントの間で行われるインタラクションを通して、ユーザとエージェントの間で共有される認識が、時間的に同調して発展していく様子を認識させることで、エージェントとのインタラクション体験に対する没入感（この研究では「エンゲージメント」）を向上させることを試みた。

本研究で提案するエージェントモデルでは、タスク中のインタラクションにおける文脈を踏まえて、エージェントが動的に戦略

変更を行い、その理由を過去のインタラクションによるものであることを提示することで、共有している認識の発展的な変化を認識させた。時間発展性を考慮したインタラクションを実現するために、インタラクションを行うフェーズと、動的にインタラクション戦略を変更しながらタスクを遂行するフェーズがあることを想定し、インタラクションフェーズで共有されたユーザの情報を、タスク遂行フェーズにおける行動戦略に組み込み、ユーザに理由を提示するシステムを作成した。

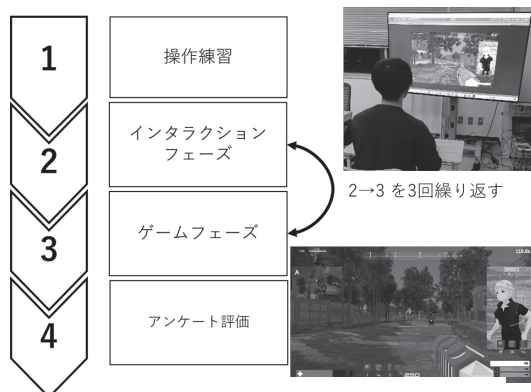


図2：実験1の手順と画面

提案モデルの検証として、日本人大学生20名(19歳から24歳)に対して、エージェントとスコアを競い合う「ファーストパーソン・シューティングゲーム(FPS)」を用いて実験1を行った(図2)。実験1ではユーザのタスクへのエンゲージメント、ゲーム内のフィールド移動量、エージェントへの動機づけの自律度、エージェントの印象、ゲーミングタスクの負荷などについて調査を行った。その結果、1) ユーザのタスク中の作業量やタスクへの専念度合いを向上させることができる、2) タスク中にユーザにエージェントの考え・行動を意識させてエージェントに対する共感を有意に向上させることができる、などが明らかとなった。これらの結果から、ユーザ・エージェント間において時間発展的なインタラクションを行うことが、タスクへのエンゲージメント向上に有効であることが示唆された。

5. 随時的表現による同調認知の誘発

本研究では、体験者が半信に入り込むための橋渡しとなるアバターに対して動きとストレス状態を反映することで、自己をアバターに投影するようになる同調認知を誘発することを試みた。

本研究で提案するシステムでは、動きとストレス状態を同期・反映することによって、体験者とアバターの文脈が明確になっている状況であっても速やかな自己投影がなされ、没入的体験を向上させることを狙った。動きはモーションキャプチャによって反映し、ストレス状態は生理指標測測から推測した。

提案システムの検証のために、「結婚式場でのアルバイト」と「片付け業者でのアルバイト」に参加するというストーリーを体

験するという設定の実験2を行った(図3)。ここで「職務をこなすアルバイトという文脈に沿った反応を体験者が見せるのか」「体験者が操作アバターと同一化したような反応を見せるのか」という2つについて注目して検証した。



図3：実験2の画面と実験の様子

参加者は日本人大学生20名(19歳から24歳)で、操作者の身体的な動きを随時反映して精神状態に応じたモーションを表出するアバターを操作してもらう反映条件と、身体動作も精神状態も反映しないアバターを操作してもらう対照条件を両方とも体験してもらった上で、客観指標と主観的指標により分析を行った。

実験2の結果、生理指標としてSCRとLF/HFを分析したところ、反映条件が対照条件よりも有意に多く反応していることがわかった。さらに、NASA-TLXによる主観的作業負荷において多くの項目で反映条件の方が高い値を示した。これは、反映条件の方がゲームからより強くストレスを受けていることを示唆しており、自分のことのように感じて真剣に取り組んでいるためであると考えられる。また、参加者の自発的な発言や顔きなどのインタラクション行動指標を分析したところ、特に2回目において、反映条件の方が高い傾向があるという結果が得られた。反映条件では参加者の自発的な行動が促進されていることを示唆している。これらより、参加者は操作したアバターに対して同調認知を誘発し、タスクへの没入度を高めて作業に真剣に取り組む、仮想空間内での体験からより深い影響を受けることに、提案システムが寄与したことを示唆していると考えられる。

6. まとめと今後の展望

実施した二つの実験から、生理指標やアバターの行動系列、ゲーム環境における変化データ等を元に、エージェントやアバターの行動を時間的に発展させていくことで人間の同調認知を誘発し、タスクへのエンゲージメントや主観的な没入感、あるいは人間が仮想体験をより自らに影響するものとして感じる感覚に、持続的な影響を与えることができる可能性が示唆された。今回の結果は実験条件で確認されたことなので、実際にシリアスゲームなどに実装する方法を開発する必要がある。また、技能修得やゲームプレイへの動機づけに対して効果があるかどうかを検討することを考えている。



プロジェクションマッピングによる
ゲーム支援技術の研究

北陸先端科学技術大学院大学
講師 謝 浩然

1. 研究目的

本研究では、プロジェクションマッピングを代表とする空間拡張現実技術(Spatial Augmented Reality)を用いることで、ゲーム要素を取り入れた日常生活活動を支援する目的の達成を目指した。ゲーム開発や促進のためには、ユーザガイダンスを提示することで3次元ユーザインタフェースの開発を行った。具体的には、生活支援と制作支援の研究プロジェクトを推進した。生活支援には、インタラクティブプロジェクションマッピングによるルービックキューブ解法支援、ダンス練習支援や弁当具配置支援システムを開発した。制作支援には、ドミノ及び新聞紙アート制作支援システムを提案した。本研究では、現実空間と仮想空間をシームレスに繋ぐ、ゲーム要素の設計支援と体験支援技術を提案することで、生活の多様化と生活の質の向上に貢献できる。

2. 提案手法と成果

本研究では、空間 AR 技術を用いてゲーム要素を取り入れた支援技術基盤を確立するため以下の研究プロジェクトを推進した。

(1) *GhostCube*: 逆再生によるルービックキューブ解法支援
本プロジェクトでは、ルービックキューブ完成の過程で誤った操作を行った際、復元が困難である点に注目し、直感的な操作性を担保しながら、過去の手順を遡ることで苦手箇所を重点的に練習できる、空間インターフェースを活用した「逆再生」支援を提案した(図1)。提案システムがユーザの学習体験に与える影響を及ぼすかを検証し、被験者はルービックキューブの構造への理解が深まり、誤操作を認識しやすくなる結果が得られた。

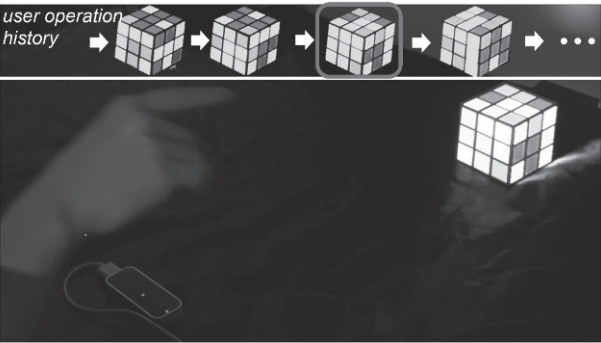


図1. ルービックキューブ解法支援

(2) *Sketch2Domino*: スケッチによるドミノ制作支援

本プロジェクトでは、ユーザが描いた絵からリアルタイムでドミノの配置図を自動生成し、プロジェクションマッピングを用いて実際のドミノ作成支援システムを提案した(図2)。提案フレームワークは赤外線トラッキングによる軌跡の検出、ドミノ倒しを可能にするデータ整形、プロジェクションマッピングによるガイダンス、および赤外線トラッキングによるドミノ検出という4つのステップで構成した。評価実験では、本提案手法がドミノ制作支援に有効であると確認した。

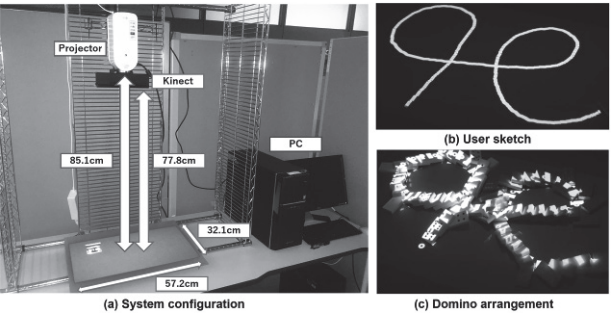


図2. ドミノ生活支援システム

(3) *NewsFab*: 大規模新聞紙アート制作支援

本プロジェクトでは、形状を変化させやすく手に入りやすい新聞紙に着目し、一般ユーザでも形の整った立体作品を作ることができる造形支援を提案する(図3)。提案システムでは、作品の形状を維持するためのスケルトン構造や造形物の製作ガイダンスをユーザに提示し、複雑な形状の新聞紙アートを容易に製作できる。

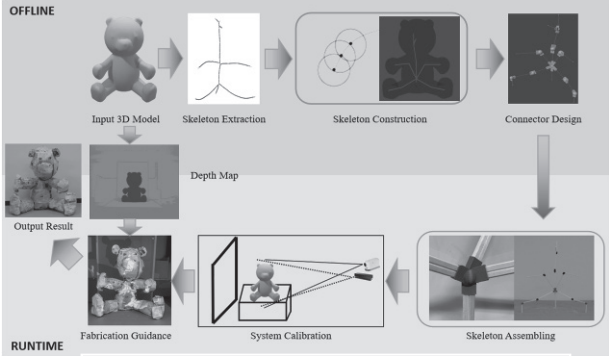


図3. 新聞紙アート制作支援システム

ように支援するまた、深度差分情報を造形中の製作物に投影することにより、積層構造で新聞紙の造形に必要なガイドを提示した

(4) FreeDance: 適応型ダンス練習支援

本プロジェクトでは、適応型ダンス練習支援システムを提案し、ダンス練習の動機づけを促す。そのため、三面壁型透明スクリーンを取り入れることで没入感の向上を図った。加えて、ユーザのダンスに対し動きの判定機能を設け、キャラクターからの応援インタラクションをユーザに伝えることを実現した(図4)。また、ユーザが選択したキャラクターは、ユーザの動きに合わせて、ダンス速度を調整する。これにより、一面的なダンス指導ではなく、ユーザの選択に合わせたダンス練習が可能となり、キャラクターと共にダンスを楽しむ環境を提供する。これらを考慮し、モチベーション向上の仕組みを取り入れ、ユーザは楽しみながらダンスを継続し、結果として健康維持が期待できる。



図4. ダンス練習支援システム

(5) Sketch2Bento: スケッチによる弁当具配置支援

本プロジェクトでは、ユーザの手書きスケッチを入力とし、具材の配置を支援するガイダンスシステム Sketch2Bento を提案する(図5)。提案システムは、空間拡張現実技術を用いて、弁当箱にユーザの作業状況に応じた配置ガイダンスをインタラクティブに提示する。また、本システムによる支援がユーザへどのような影響を与えるのか評価実験を行い、有効性を検証した。

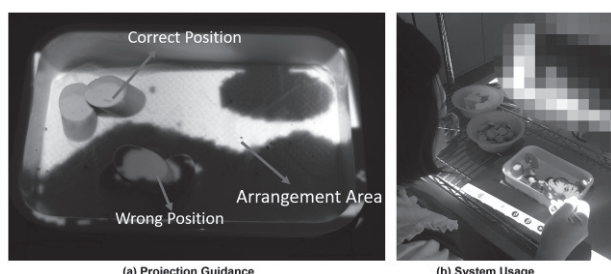


図5. 弁当具材配置支援システム

3. おわりに

本研究では、現実空間における空間拡張現実インタフェースによるガイダンスシステムを用いてユーザが容易に作業するシステム、および仮想空間における計算技術を用いてユーザがシステム

の楽しさを体験できるシステムを考案した。本研究では、「人間中心」の考え方でユーザがより楽しく日常活動を支援するシステムを目指す。提案技術を検証するために、具体的な適用事例として典型的なゲーム(ドミノ倒しとルービックキューブ)を挙げているが、これらのゲームに限定せず、多種多様な活動(ダンス、アート創作、弁当作り)に対する支援技術を開発した。

本研究の実施にあたり、同大学先端科学技術研究科宮田一乗教授より甚大なサポートを受け、宮田研究室の大学院生18名はプロジェクトの研究開発に参加した。また、本研究助成の他、同大学研究拠点形成支援事業萌芽的研究支援、リサーチコア協生AI×デザイン拠点の支援を受けていた。

3. 主な研究業績*責任著者

本研究の研究成果は、コンピュータグラフィックス研究分野における有名な国際会議NICOGRAPH International等の国際研究発表9本、ヒューマンコンピュータインタラクション研究分野における国内最大の学会であるインタラクション等の国内研究会発表9本、最優秀論文賞等の受賞3件の業績が挙げられた。ここで、主な研究業績を以下にリストしている。

[1] H. Xie*, Y. Peng, H. Wang, K. Miyata, SketchMeHow: Interactive Projection Guided Task Instruction with User Sketches, 23rd International Conference on Human Computer Interaction (HCI2021), full paper, 2021.07.

[2] S. Li, S. Yoshida, K. Arihara, K. Nakashima, Y. Peng, H. Xie*, T. Sato and K. Miyata, Skeleton-Based Interactive Fabrication for Large-Scale Newspaper Sculpture, NICOGRAPH International 2021, full paper, 2021.07.

[3] H. Wang, H. Kanayama, Y. Peng, S. Yoshida, H. Xie*, S. Okada, K. Miyata, Sketch2Bento: Sketch-based Arrangement Guidance for Lunch Boxes, NICOGRAPH International 2021, poster, 2021.07.

[4] Y. He, X. Zheng, A. Yagami, Y. Peng, S. Yoshida, H. Xie*, H. Kanai, K. Miyata, Interactive Dance Support System Using Spatial Augmented Reality, NICOGRAPH International 2021, full paper, 2021.07.

[5] Y. Peng, Y. Mishima, Y. Igarashi, R. Miyauchi, M. Okawa, H. Xie* and K. Miyata, Sketch2Domino: Interactive Chain Reaction Design and Guidance, NICOGRAPH International 2020, full paper, Tokyo, 2020.06

[6] S. Ajisaka, S. Hara, M. Matsuchi, S. Luo, S. Yoshida, H. Xie* and K. Miyata, Learning Rubik's Cube through User Operation History, NICOGRAPH International 2020, short paper, Tokyo, 2020.06.



手遊び・影絵を用いた CG・ロボット操作手法の 知育・アミューズメントへの展開

工学院大学 情報学部 情報通信工学科

准教授 牛田 啓太

1. はじめに

影絵・手遊び（手の動き）を CG やトイロボットの動きに対応付け、動作させる仕組みを開発してきた（図 1）。動かすキャラクタの形を、手で真似をしたり影絵で表したりして操作することは、直感的であり、影絵の知識も使える。そのため、詳細を教えられなくても（特にゲームパッドなどより）直接的に操作できる利点がある。おもな使用機材は手指の動きを計測するセンサ（Leap Motion センサ）で、コストが低いことも特徴である。

これまで、コンセプトに基づき実装を行い、おもに子どもを対象とした体験展示を通じて、本手法が狙いどおりのわかりやすさと操作性を備えていることを確かめた。また、アニメーション制作、遠隔コミュニケーション、アミューズメントへの応用を模索してきた。

本研究課題では、本手法を、「ゲームパッド、モーションキャプチャとは異なる、操作方法の選択肢として発展させる」ことを目指し、アミューズメントへの応用を中心に、次の 2 点を重点的に実施した。

- 本操作手法を用いたゲームを実践的に製作するとともに、操作方法の特徴や本手法が有効なコンテンツを考察する
- 本手法をコンテンツ・アプリケーション製作者も活用できるよう環境を整える

2. 手遊び・影絵の操作手法のアミューズメントへの展開

まず、本手法を導入済みの 3D モデルの「鳥」と「ワニ」を使って、「鳥を羽ばたかせてエサを獲る」「流れてくる物体にワニが噛みつく」内容の簡単なゲームを製作した。試遊してもらい、そのようなコメントから、「操作のストレスを感じないこと」「『動き』を重視した、アクション性が高く精緻な操作は不要なコンテンツ」が重要と考えた。

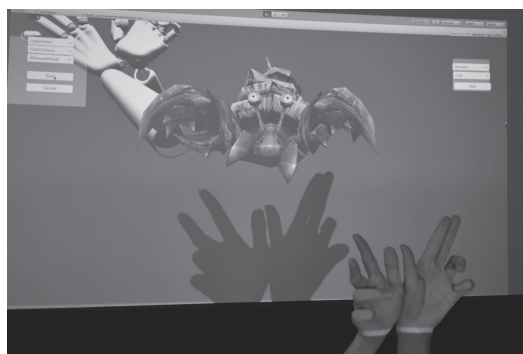


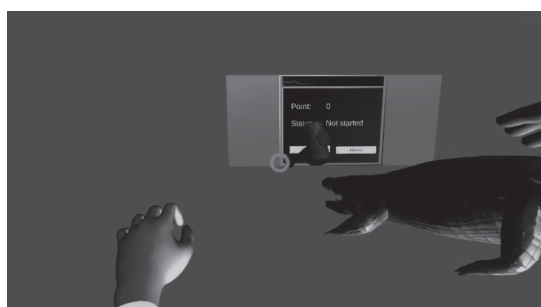
図 1：カニの影絵で 3D モデルのカニを動かす



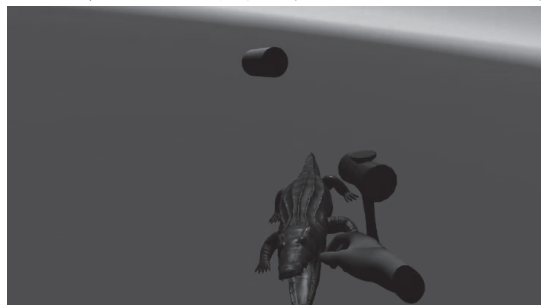
図 2：試作ゲーム（HMD 版）のプレイ画面

一方で、VR ヘッドセット（HMD）の普及を鑑み、本手法を Oculus Quest シリーズに対応させた。これらは手指の動きの計測機能を備えるため、このほかに追加の機器は必要ない。これまでのコンテンツを HMD 対応に移植した（図 2）。HMD 版では広い視野と没入感でコンテンツが楽しめることはもちろん、操作における齟齬が少なく、3D モデルとの一体感が増すように見受けられた（この検証は今後の課題）。HMD 版は本手法と相性がよいと見込んで、デスクトップ版と並行して開発することにした。

ここまでの成果について、学会にて議論し、「HMD の特徴を活かして（各プレーヤの視点から）対戦できるようにする」「操作する楽しさを前面に



(a) ワニ役のプレイ画面（ハンマーから逃げる）



(b) ハンマー役のプレイ画面（ワニを叩く）

図 3：対戦型 VR ゲームの各プレーヤからの画面

出す」といった意見をもらった。これを踏まえて、さらに 1 本のゲームを製作した。

これは、VR 環境で 2 人で対戦するもので、一方がワニ役、もう一方がハンマー役になる。ワニはハンマーに叩かれないように逃げるといったものである（図 3）。プレーヤは、影絵等からの類推ですぐに操作を習得し、プレイできていた。アクション性が高く、駆け引きも見られた。

本コンテンツについては、学会では、好奇心の刺激など「効果」を狙ったコンテンツへの発展や、VR ならではの表現も取り入れられるとよいという意見が得られた。これらの意見は、整理して今後の開発の参考にしていく。

3. コンテンツ開発者向けの環境の整備

3D モデルを本手法で操作できるようにするには、事前の設定が必要である。この設定では、モデルの部位と手指の動きを（影絵や手遊びに合うように）対応づける。これまで、この作業は実装ソフトウェアの内部の知識が必要で、コーディングも必要だった。これを、本手法を広く使われるものにすること狙い、設定手順とインタフェースを大幅改良した。

本手法は Unity 上で実装されており、コンテンツもこの上で開発することを想定している。そのコンテンツ開発者（3DCG の知識とプログラミング技術の基本を有する程度）が、本手法の実装の内部に触

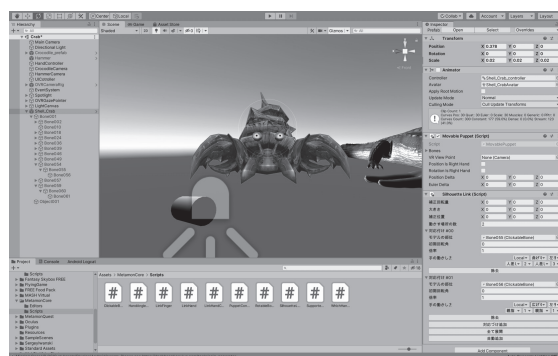


図 4：CG モデルの動きの設定画面（GUI）

れずに済むように設定手順をパッケージングした。

具体的には、図 4 に示すように、GUI で 3D モデルの動かす部位を指定し、ドラッグ&ドロップで設定していく。パラメータ等は、右ペインのリストから選択したり数値入力したりする。コーディングは必要ない。

これによって、筆者らのほかにも本手法を活用できる環境が整えられた。ゲーム開発者などが活用できるようならきかけていきたい。

4. その他の成果

前記の重点とした 2 点のほかに、これまでの研究の整理やブラッシュアップを実施した。結果、本稿末尾記載のように発表できる成果としてまとめられたものもある。

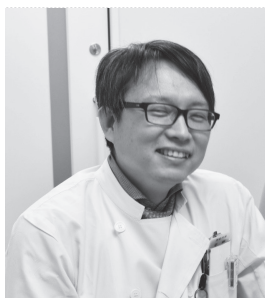
5. むすび

研究期間後の進展として、興味を示してくださった企業からお話をいただいている。また、産学連携のシーズとして「イノベーション・ジャパン 2021」に採択された。国際会議での発表予定もある。

今後は、コンテンツ開発ノウハウを蓄え、製作に活用できる手法として広く提案することを目指す。

発表文献

- ・ 辻、牛田：「手遊び・影絵による 3D モデル操作の VR 環境への対応とコンテンツの検討」、情報処理学会研究報告、Vol. 2020-EC-58、No. 2、2020
- ・ 辻、牛田：「手遊び・影絵による 3D モデル操作を用いた VR アミューズメントコンテンツの開発とその環境開発」、電子情報通信学会技術報告、MVE-2020-48、2021
- ・ A. Tsuji, K. Ushida: "A Telepresence System using Toy Robots the Users can Assemble and Manipulate with Finger Plays and Hand Shadow", IEEE VR 2021, pp. 661–662, 2021



認知症ボードゲーム「ワスレログ」を用いた学童期・青年期への疾患教育が認知症の症状に及ぼす効果介入研究

千葉大学医学部附属病院 認知症疾患医療センター

医師 平野成樹

1. はじめに

我が国の認知症人口は2025年には700万人にのぼると予測されており、今後も更に増加することが予想されている。従って、将来認知症になっても安心して暮らせる地域コミュニティの形成は国全体の課題と言える。

認知症は後天的な原因で認知機能が低下し、社会生活に支障が生じる状況を指す。認知症は様々な原因疾患があるが、中でもアルツハイマー病を中心とした認知症の人口は多く、心理・行動症状（Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia：BPSD）が出現することがある。BPSDは認知症の主な症状である記憶力障害、注意障害、遂行機能障害といった中核症状を経験することで生じる不安、抑うつ、戸惑い、怒り等様々な心理症状から発展していくと考えられる。また、BPSDの治療では保険適応や重篤な副作用といった点から、可能な限り周囲の介護者や家族の疾患理解と適切なケアによる非薬物療法的治療の選択が望ましい。

BPSDは認知症の人自身、介護者・家族にとっても辛く苦しい状態であることが多い。周囲がBPSDを生じさせない、また悪化させない環境の在り方やケアの方法として、認知症の疾患や症状についてよく理解しておくことが最重要である。また、認知症の人が過ごしやすさや生き甲斐、楽しさを感じるような工夫をすることでBPSDが改善し、家族の介護負担軽減にも繋がると考えられる。そのような観点から、2015年に厚生労働省が発表した新オレンジプラン、2019年6月に発表された認知症施策推進大綱では、子どもの認知症教育の必要性や「共生」を目指すことの重要性が明記され、地域全体で認知症の人が住みやすい環境づくりをする必要性が示されている。

2. 目的

一般に、不安、焦燥などの症状がある認知症の人や子どもとの交流においては落ち着いて過ごすことができる人が多く、2015年に我々が実施した疫学調査においては、認知症の人に対する評価は肯定的な印象が高齢者では高いのに反して子供では相対的に低く、理解や関わり方が低いことが示唆された（Hirano S, 2020）。児童の多くは12～13歳頃まですでに老いに対する否定的な態度を形成するという旨の社会心理学の知見も存在して

いる（Tuckman, 1954）。一方で、日本の児童に対して検証を行った研究では、幼児期や小学校時代に高齢者と継続的な交流のあった子どもは保育園・幼稚園児から高校生までの年齢層においても肯定的な認識を醸成しているという結果を示している（広井ほか、2000）。これらを踏まえ、学童期の子どもに対して認知症に関する適切な教育を行い、それをもとに交流を促すことが肯定的な認識の育成につながる。そこで、認知症について楽しく学習でき、交流にもつながるツールとしてボードゲームの開発を着想した。認知症ボードゲームとして、水戸市東部高齢者センターが2016年に制作した「認知症456(すごろく)」が存在する。これは身体を動かすなど遊びながら認知症の予防や症状を学べるものとなっている。他にも東根市社会福祉協議会が制作した認知症すごろく（認知症ケアパス）なども存在しているが、対象者は主に高齢者であり、子どもを対象としたゲームは存在しない。また、当センターでは2013年より学童期の子どもを対象とした認知症教育活動「認知症こどもカプロジェクト」に取り組んでいる。

以上を踏まえ、本研究では子どもが楽しく認知症を学べるボードゲームを開発し教育介入に用いることで、理解向上を目指すとともに、実際に遊びを介した交流が認知症の人の症状や心理状態へどのような影響があるかを検証する。

3. 方法

3.1. 対象者

当院通院中で、認知症であると診断された者であり、同居または週に1回以上面会する二親等、三親等の孫（小学校高学年～大学生）がいる者を対象とした。

3.2. 実施期間、頻度

令和2年4月～令和3年2月。

認知症ボードゲーム「ワスレログ」を作成し、それを用いながら学童期の子どもを対象に教育介入を行う。隔週1回で4か月間実施し、介入終了後3か月後にフォローアップ評価を実施する。

3.3. 実施方法

研究1. 認知症ボードゲーム「ワスレログ」製作

すごろくの仕様で作成。認知症になっても困らない家族関係作り、認知症になったときの備えについて学び、認知症の人との共生社会の実現につながるようなエンドオブライフの考え方に

沿ってマスを作成する。

サイコロを振り、ゴールを目指す。ゴールが目標ではなく、それに至る過程でいかに他者交流において充実した生活を送っていたかを示すスコアで勝敗を競う。

研究2. 子どもへの教育介入

認知症ボードゲームを用いた8回の教育介入を実施する。#4、#8には被験者、主介護者も交えて実施する。#8以降は介入後12週時点までに自宅にて被験者と子どもとで数回実施していただく(回数、被験者の状態、子どもの社会状況によって個々に検討する)。

【講義内容】

#1 『認知症の概論』

#2 『認知症の症状の不思議』 + ビデオ学習

#3 『コミュニケーションの取り方Ⅰ』

#4 『コミュニケーションの取り方Ⅱ』

#5 『関わりで期待できることと対処法』 + ビデオ学習

#6 『それお病気のなか、それとも違うのか』 + ビデオ学習

#7 『認知症人とのかわり方～自分のできること～』 + ビデオ学習

#8 『まとめと振り返り』

※各回60分とし、それぞれ前半の30分は講義、後半の30分は認知症ボードゲーム、質疑、個別相談とする。

		介入前	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	介入後12週
被験者	医師による診察	●								●	●
	神経心理検査	●								●	●
	半構造化面接	●								●	●
主介護者	心理症状、QOLアンケート	●								●	●
	半構造化面接	●								●	●
学童、学生	教育介入		●	●	●	●	●	●	●	●	
	アンケート	●								●	●
	半構造化面接	●								●	●

研究3. 半構造化面接による質的検討

介入前、#8、介入後12週時に被験者、介護者、家族系世代の子どもそれぞれに半構造化面接を用いて面談を行う。質問項目としては、①最近の気持ちの変化、②家族に対する思い、を用いる。各回は全て録音し、発話内容についてはRIAS医療コミュニケーション分析法を用いて質的解析を行う。

4. 結果

研究1. 認知症ボードゲーム「ワスレログ」製作

【製作過程】

認知症専門医2名、臨床心理士2名、精神保健福祉士1名によって「認知症になる前に知っておきたかったこと」「困った症

状の対応方法」「笑えるおもしろエピソード」など、初期から進行期にかけての困りごとについて過去の診療での経験を踏まえながら意見を出し合った。その後、困りごとに対する対処方法について数回に分けて検討を行い、マスの作成、選定を行った。ルール の考案やゲームバランスの調整、デザインまでを当科職員で行い、制作は専門の企業に印刷製造を委託し、40セット発注した。

【仕様】

背景としては、もの忘れをするニワトリがログ神様の助けを借りながら、幸せな人生を過ごすというストーリー。すごろく仕様でサイコロを振って、自分のコマ(ニワトリ)を用いてマスをすすめていく。マスはほとんどが困難なイベントマスで構成されているため、ログ神様カードを用いて、他プレイヤーと協力しながら、ログポイントを集めてゴールを目指す。全員ゴール時に最もログポイントが多かった者の勝利。

※ログポイント：ログ神様カードを使用して、困難なマスを乗り越えた際や他の参加者に対して、困難なマスの回避を手伝った時にもらえる。マスのイベントでももらえる。

※ログ神様カード：『忘れ物をしたため2マス戻る』といった困難マスに自他がとまった際使用可能なカード。使用すると困難が無効化され、ログポイントが獲得できる。カードを使用した場合、マスをめくるとその困難への解決策が記載されている(例：忘れたことは指摘しないことで混乱を防ぐことが出来る等)。

研究2、3は、covid-19の流行に伴い、ボードゲームという対面でのやり取りが必須である特性上、参加者を募ることが困難であったため、実施できなかった。

5. 今後の展望

認知症ボードゲームは他自治体で製作したものは存在するが、症状についての記述が多く、その対処に関わりを同時に学ぶ、かつ楽しめるものは少なかった。従って、知識だけでなく関わり方を学ぶことで実際の症状緩和に寄与する可能性があるのが本ボードゲーム「ワスレログ」の特徴である。また、関わり方を学んだ子ども達によって認知症高齢者との交流機会が増加することで、行動心理症状の低減、予防、QOL向上、ひいては早期発見・対応につながるが見込まれる。本ボードゲームの経験は未来の認知症早期発見や認知症疾患理解の拡大につながり、子供のみならず成人にも適応されることが期待される。

副次的な効果としては「いじめ予防」が期待される。「認知症＝理解ができない存在」と観念で、社会的に排除をする構図は自分とは異質な者を受け入れないという意味で学校のいじめの構図と似ている部分がある。この「ワスレログ」で他者への寛容も学ぶことが期待される。

展示楽器に対する興味誘発および持続性を考慮した演奏システムの開発



大阪電気通信大学 総合情報学部

教授 大西 克彦

1. はじめに

民族楽器などの楽器を展示している博物館では、来場者に展示物の背景知識をさらに知ってもらうために展示楽器に触れ実際に音を鳴らすことができる展示をしている。しかし、それらの楽器が奏でるリズムを来場者が再現して実際のリズム演奏を体験することは難しい。そこで、本研究では博物館などでの滞留時間の増加や、展示されている楽器に対する興味を誘発するためのインタラクティブな展示支援システムを開発する。従来の展示支援システムではビデオの再生などが多く、来場者からのフィードバックなどのインタラクションがなく一方的な提示のため興味を誘発することが難しい場合が多い。近年ではHMDなどを利用したバーチャルな環境での展示物とのインタラクションを付与した支援システムも多く実現されているが、装置を装着する必要などがあり手軽に体験できるシステムは少ない。

本研究では、手軽に体験ができる展示支援システムとして、タブレット端末を利用して、任意の展示楽器のリズム演奏を任意のタイミングで再生できるシステムの構築を目指した。

2. 提案システムと課題

提案システムと課題の概要を図1に示す。本研究では、まず手軽な体験で興味誘発が期待できるように、タブレットPCを利用したインタラクティブコンテンツを作成した。そして、展示されている楽器を利用した操作性を実現するためにタブレットPCによる3次元オブジェクトの認識方法について検討した。さ

らに、博物館などのパブリックスペースで複数人が視聴、体験できることを考慮し、球状ディスプレイへの表示手法についても検討した。

3. インタラクティブコンテンツの作成

本研究では、展示楽器に対する興味を誘発し、できる限りそのモチベーションを維持できるようなコンテンツとして、バーチャルな環境内でキャラクタを操作して楽器マーカを探し出すインタラクティブなコンテンツを作成した[1]。図2と図3にその画面例を示す。ユーザーは図2に示すようなタブレット画面に表示されるUIを用いてキャラクタを操作していく。環境内では図3のように複数の楽器を用意して楽器を探していく。探し出せたために楽器オブジェクトとの距離が近くなるとその楽器で演奏されたリズムが再生され、さらに楽器を見つけると、図4に示すようにその楽器の説明などを表示する。



図 2. 操作画面例



図 3. 楽器掲載画面例

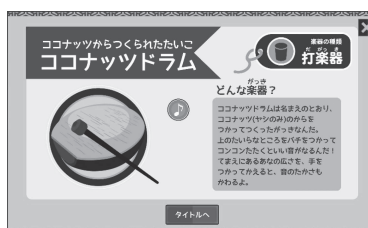
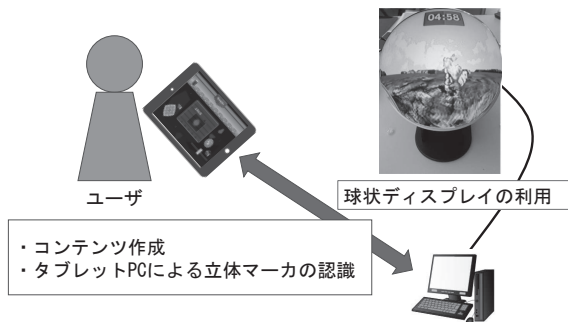


図 4. 楽器説明画面例



4. 3次元オブジェクトの認識手法の検討

本研究では、展示される実際の楽器をタブレットPCのカメラで認識することで楽器のリズムを再生し楽器の情報を表示する手法について検討した。我々がこれまで開発してきた楽器画像を用いたリズム演奏システム[2]を基にした認識処理を実現した立体マーカを楽器の3次元形状の特徴点をあらかじめ登録して、3次元オブジェクトを認識するライブラリ Vuforia Object Scanner[3]を利用した。図5に示すように、本システムで認識物をあらかじめ登録しておくことで、登録された楽器を認識すると3Dモデルを重畳表示する。本システムを利用して6種類の楽器の認識を試みた。その結果、認識可能な大きさや、明るさ、形状によって認識性能に違いがでることが分かった。



図 7. 認識結果例

5. 球状ディスプレイの利用

最後に、博物館などのパブリックスペースでの複数人でのシステムの体験や視聴できることを考慮し、球状ディスプレイへの表示手法について検討した。球状ディスプレイに奥行き感のあるインタラクティブコンテンツの画面を表示するため、正距方位図法による投影を検討した。コンテンツ内のバーチャルな環境での通常のカメラ方向に向かって、上下左右と前方向のカメラ映像を利用したキューブマップを作成し球状ディスプレイに投影した。これらの投影処理を実行し、球状ディスプレイに表示した例と、平面ディスプレイに表示した例を図6と図7に示す。

6. おわりに

本研究では、展示楽器に対する興味誘発と持続性を考慮した展示支援システムとして、展示楽器のリズム演奏を再生し楽器の背景知識や楽器そのものに対する興味を誘発できるシステムの開発を試みた。具体的な課題としては、インタラクティブコンテンツを作成し、楽器そのものを認識できる3次元オブジェクト認



図 5. 球状ディスプレイ表示例



図 6. 平面ディスプレイ表示例

識手法を検討した。さらに、複数人でのシステム体験や視聴できることを考慮した球状ディスプレイを用いた奥行き感の表示手法についても検討した。その結果、各課題についての有用性を確認できた。今後の課題としては、一般展示に向けてのシステムの改良や、実際に博物館などで展示した際の性能評価などが挙げられる。

参考文献

- [1] A, Maeda, K, Onishi, A, Yamaji: "Development of Interactive Exhibit Game for Musical Instruments", in Proc. of the International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), PI-141 (Jan. 2021).
- [2] A, Maeda, K, Onishi, A, Yamaji: "Interactive Rhythm Making System by using Tablet and Large Scale Display", in Proc. of the 7th International Conference on Serious Games and Applications for Health (IEEE SeGAH 2019), P9 (Aug. 2019).
- [3] Vuforia Developer Library:
<https://library.vuforia.com/articles/Training/Vuforia-Object-Scanner-Users-Guide.html>



「遊戯考古学」の構築に向けた実践的研究 ～平城京出土遊戯具を対象として～

奈良文化財研究所 都城発掘調査部

主任研究員 小田 裕樹

はじめに

本研究は考古資料という過去の人間が遺した遺物を通じて「人間と遊び」という研究テーマに取り組むものである。本研究では平城京出土遊戯具を出発点として、体系的をもった学問分野としての「遊戯考古学」の構築を目指す基礎的な研究を実施した。

1. 本研究の背景と目的

筆者は中山雄雄科学技术文化財団平成29年度研究助成を受けて平城京出土遊戯具の集成と分析をおこなった(小田2019)。この際、考古学的手法により人間と遊びの関係の変遷を明らかにする新たな学問分野の構築が必要との問題意識をもった。

前回の研究では基礎資料の整理を主眼としたため、平城京出土遊戯具を歴史的に位置づける視点が不十分であった。そこで、過去の人間が遺した遺物に基づいて、考古学的な視点で過去から現代に至る人間と遊びの歴史を位置づける体系的な学問分野である「遊戯考古学」の構築を目指すことを目的とし、本研究期間内では平城宮・京出土遊戯具を「日本人と遊び」の歴史の中で位置づけること、研究成果の社会還元方法を検討することを通じて、「遊戯考古学」の実践を試みた。

2 研究の方法と経過

本研究開始直後から新型コロナウイルスの感染拡大が顕著になり、当初予定していた研究計画の遂行に制限が生じた。そこで、以下のように当初の研究計画を変更・修正し、本研究を実施した。

- ① 対象遺跡・時期を限定し、出土遊戯具の集成を実施した。
- ② 感染が落ち着いている地域・時期に資料調査を実施した。
- ③ 古代の遊戯「かりうち」体験用遊戯具の試作と公式レールの検討をおこない、小規模なテストプレイを実施した。

3. 研究の成果

(1) 出土遊戯具の実見調査

陸奥国分寺跡出土石製品 陸奥国分寺跡 SX37 出土「囲碁盤」(仙台市教育委員会2007『郡山遺跡27』仙台市文化財調査報告書第307集)は、古代における「囲碁盤」の報告例としては唯一である。SX37は創建期の遺構とされ、奈良時代に遡る資料である可能性もある(ただし共存遺物を見ると、9世紀代の土器も出土しており、創建期までおぼろしいと思われる)。しかしながら、

実見したところ古代の遺物として、いくつかの疑問点が生じた。

本資料は厚さ3mmと薄く成形されており、端部には上下両方向からの研磨調整が施されている。これらの薄く加工する技術や端部の研磨技術は古代の石材加工としては類例が皆無であり、より新しい時代の産物である可能性がある。また本資料は破片接合資料であり、注記を確認するとSX37出土の破片と近現代の遺構から出土した大型の破片が接合したものであった。

これらを考え合わせると、本資料を古代に属するとみる必然性はなく、近現代の遺物である可能性が浮上する。特に、明治期に伝来し小学校教育で使用された「石板」と酷似しており、本資料は近代の「石板」の破片が古代の遺構に混入した可能性が高く、古代の「囲碁盤」とする評価は難しいと考えた。

(2) 「かりうち」体験と遺跡活用への応用について

かりうち体験プログラム 筆者は平城京出土土器に記された記号の考古学的検討をもとに、現代韓国のユンノリと呼ばれるボードゲームと『万葉集』研究の成果をふまえ、古代の盤上遊戯「かりうち(碁蒲)」の盤面であることを明らかにした(小田裕樹2016「盤上遊戯「碁蒲(かりうち)」の基礎的研究」『考古学研究』63-1)。このとき、盤上の駒の動かし方についても検討しており、実際に「かりうち」で遊ぶことが可能であるとの見通しを得ていた。

そこで「かりうち」体験・大会の開催を通じてゲームを楽しむ一つ「遺跡から出土した遺物と上代文学・民俗学など関連分野の調査・研究の総合化により復元された遊戯の追体験」ができる仕掛けを組み込んだ体験プログラムの企画を目指した。

体験用キットの試作 須恵器・土師器のレプリカ製作、再現須恵器の焼成、紙製の簡易な盤面を試作した。さいころにあたる「かり」は平城宮東方官衙出土木製品をベースに製作した。重さ・長さにより、現生ツツジの加工品・市販の竹製半裁棒・アイスの棒(転用)・ユンノリ棒(ユツ)を作成・使用した。「駒」は出土遺物や文献史料によっても材質・形状は特定できない。現代韓国では基石や木製駒・プラスチック駒など多様な駒が存在することから、基石・自然石・おぼじきを転用し、木製平盤を作成した。

以上の盤面・かり・駒の組合せから体験キットを試作した。これらは出土資料の実物に代えてより当時の遊びの姿に近づく



図1 再現須恵器を用いた体験キット(試作品)

方向性(図1)と、出土遺物に拘らずゲームそのものを楽しめる方向性を両極とし、各要素のバランスを調整することとした。

テストプレイの実施 2020年11月11日に関係者のみでの小規模なテストプレイを実施した(図2)。終了後、参加者に対して公式ルールおよび体験用キットの使い心地等についてのアンケート調査をおこなった。

これらの結果をふまえ「かりうち」体験プログラムでは、遺跡現地における当時の道具立てによる歴史ファンのニーズを対象としたA類型、ゲームとしての「かりうち」の競技性を前面に出したC類型、両者の中間で兼価かつ子供でも親しみやすいC類型の3類型を設け、それぞれの特性を活かすプログラムを作成する方向性が適切であるとの見通しを得た。今後、実際の製作・販売コストを念頭に置きつつ、より効果的な「かりうち」体験プログラムの構築を進めたい。

4. 「遊戯考古学」の可能性

日本における遊戯史研究の現状 日本における遊戯史研究は文献史料や伝世品に基づくものが主流である。考古資料(出土遊戯具)を扱い特定の遊戯の歴史を対象とする研究も進められているが、時代を通じかつ多様な遊戯を射程に入れて、考古資料に基づく体系的な遊戯史研究が進められているとはいえず、難しい。

出土遺物に基づいた「遊戯考古学」の構築 そこで考古資料・考古学的方法論を軸に過去の遊戯の特質を明らかにする学問分野としての「遊戯考古学」を提唱したい。

考古学は出土遺物の分析から過去の人間の営為を復元するとともに、その変化の過程を明らかにできる強みがある。遊びは人間がより楽しみを感じる方向へと変化する特性をもつことから

(増川宏一2006『遊戯』法政大学出版局)、遊戯史研究において考古学が寄与する可能性は極めて大きい。また出土資料は遊びに使われた時期を決定できる直接的証拠として重要である。各時代の定点となる出土遊戯具を正しく抽出し、比較することにより、遊びと人間の関わり方の変化を明らかにすることができる。



図2 「かりうち」テストプレイの実施

このような方法により、現代日本の遊戯のルーツと古代から現代に至る日本の歴史的特質を解明できると考える。これは世界史上の日本の位置づけにも一石を投じることができる可能性があるだろう。本研究は日本文化史研究にも資する重要な研究分野となる可能性を秘めている。

研究成果の社会還元 また、本研究は古代の遊戯・遊戯具を対象とするため、その遊びを体験するイベント等を通じて一般市民に研究成果を伝えやすい特質をもつ。古代の遊び体験は、今後博物館や遺跡公園における歴史体験イベントの主要コンテンツとして遺跡や文化財への関心の向上を促す効果が期待できる。「遊戯考古学」の実践と社会還元の方法を探ることは、遺跡や文化財保護への理解につながる社会的側面も有している。

今後の課題 遊戯考古学の推進のためには、まずは基礎的な資料の整理が不可欠である。今回は限定的な範囲に留まったが、従来単発的に報告されてきた全国の出土遊戯具を集成し、考古学的情報を整理する必要がある。そのうえで民俗資料や文献・絵画資料との比較を通じ、時代的な変遷を明らかにする段階へと進みたい。これらの基礎的な研究の先に「人間と遊び」の関わり方の歴史が新たな視点で見えてくると思われる。今後も研究を推進し、「遊戯考古学」の体系化を目指したい。

研究成果

小田裕樹2020a「平城宮・京出土の遊戯具(1)」『奈良文化財研究所紀要2020』

小田裕樹2020b「平城京の暮らし-娯楽と遊戯-」『奈良の都の暮らしぶり-平城京の生活誌-』

小田裕樹2020c「平城京の暮らし-娯楽と遊戯-」『奈良文化財研究所第12回東京講演会 奈良の都の暮らしぶり』動画配信

<https://www.youtube.com/watch?v=kuIddXLMEWY>





空間把握力育成のための多面体紙工作の教材研究

東海大学

講師 青木 孝子

1. はじめに

空間把握力育成のために多面体を紙工作するワークショップを行って10年ほどが経過した。その多面体工作の教材を開発している。多面体は、数学史の歴史としては古くから存在し、古代ギリシア時代から知られていた。正多面体5種類はプラトンの立体と呼ばれ、半正多面体13種類はアルキメデスの立体と呼ばれている。それらは対称性があり、外接球が存在する。従来型の白の正六角形と黒の正五角形のサッカーボールは切頂二十面体と呼ばれ、半正多面体のうちの1つである。紙工作活動でも、人気のある多面体の1つである。

2. 亀甲模様の菱形多面体（黄金比）の教材

静岡科学館・く・るでのサイエンス玉手箱の出展のための教材として、亀甲模様の菱形多面体（黄金比）の教材を作ることができた。菱形十二面体の紙工作を行った。単独空間するため、それを経験できる出展であった。

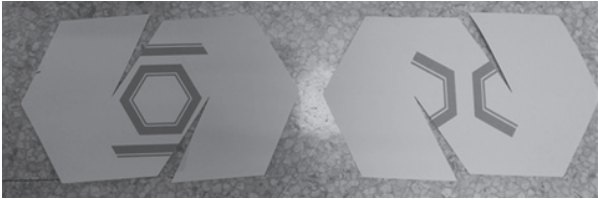


図1 亀甲模様の菱形多面体の教材

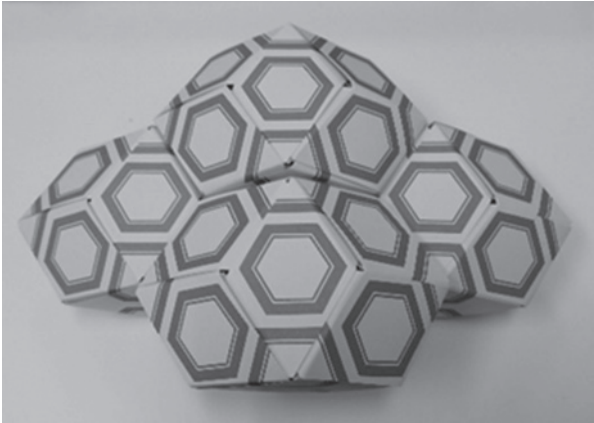


図2 菱形十二面体の空間充填

この教材で出来る菱形多面体を表にまとめてみると、以下のようになった。全部で5種類の多面体ができ、模様の出力は8通りである。模範はすべてつながるため、模様の形を見ることで、頂点の形状がわかりやすくなった。

多面体	菱形三十面体	菱形二十面体	菱形十二面体	平行六面体(長)	平行六面体(平)
模様の種類	2通り	1通り	2通り	1通り	2通り
使用枚数	右30枚または左30枚	右10枚と左10枚	右10枚と左2枚またはその逆	右3枚と左3枚	右6枚または左6枚
出現する模様	六角形20と正五角形12 六角形20	六角形20と正五角形1	六角形10、折れた六角形4、ならびに折れた菱形2 六角形6と折れた六角形4	六角形6と正三角形1	六角形6と折れた菱形3 六角形2と折れた六角形3
備考			今回の出展		

表1 菱形多面体（黄金比）の亀甲模様教材のまとめ

3. 鶴菱模様の菱形多面体（白銀比）の教材

亀の次は鶴菱模様の菱形多面体（白銀比）の教材を作製した。

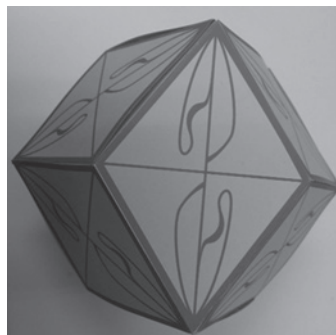


図3 鶴菱模様の菱形多面体（白銀比）

鶴が黄金比であったので、鶴は白銀比にした。対角線比が白銀比の菱形多面体は、菱形十二面体1つだけである。この菱形に対角線を引くと、短い対角線が立方体の辺の位置あり、長い対角線が正八面体の辺の位置になる。数学的に、この多面体の仕組みも分かるものをデザインの中に取り入れた。この短い対角線で菱形を2つに分けると、2つの二等辺三角形ができる。底辺を下、頂角を上になるように見ると、鶴が両翼を上に掲げているようにデザインをした。このときの鶴は、陸こいて、求愛をしていたり、大地を翔けていたりする様子をデザインした。次に、長い対角線のまわで菱形を2つに分けて、やはり底辺が下、頂角が上になるように二等辺三角形を見ると、鶴が両翼を広げて、大空を水平飛行しているようなデザインにした。

今まで作製した多面体教材のうち、半正多面体（アルキメデスの立体）を全て作製できる「花形正多角形の教材」のシリーズも完結した。それと同じ構成面を持つ凸多面体はジョンソンの立体と呼ばれ、92種類あることが知られている。名称は分かりやすいものではないので、背番号を付けてJ1～J92と呼ばれている。

4. 花形正多角形の教材

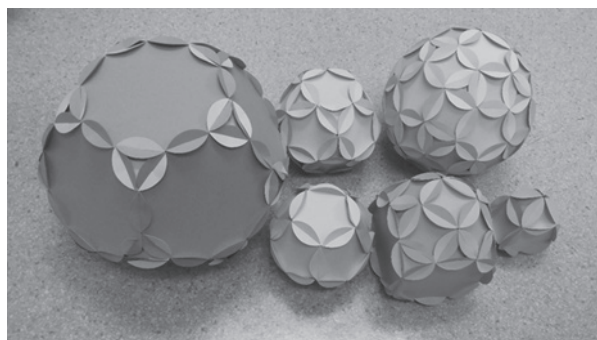


図4 花形正多角形の教材を使用した多面体

花形正多角形とは、教材業者の品名の登録として、便宜上使用したもので数学の用語ではない。花形正多角形の教材を使用して、6つの多面体を並べたものである。前列の右から3番目は、正多面体（プラトンの立体）で、正十二面体である。一番左と後列の合計3つは、半正多面体（アルキメデスの立体）で、左から順番に、切頂十二面体、二十・十二面体、ならびに斜方二十・十二面体である。十二面体系のものを作製してみた。前列の一番右と右から2番目は、ジョンソンの立体である。一番右は側錐五角柱（J54）で、五角柱の1つの正方形の側面に四角錐の帽子がのっけている多面体である。右から2番目は側台塔切頂立方体（J66）で、切頂立方体に正八角形の帽子がのっけているものである。今回試作をして分かったことは、色画用紙は3段階の厚さがあり、差し込むにはゆるみも必要になるため、厚さは薄いもので作製をしていた。今回、正八角形と正十角形を抜型から製作ところ、正多角形が大きくなるにつれて、多面体が自身の重さで自立しにくくなることが分かった。よって、正八角形と正十角形は極厚紙の色画用紙とし、正六角形と正五角形は特厚紙を使用し、正方形と正三角形は一番薄い厚さの色画用紙で作製をした。ジョンソンの立体は92種類あるため、まだ全てを作製してはいない。また、この花びらのような部分を外に出さず、中に入れて作製することも可能である。ジョンソンの立体に限ったことではないが、多面体は作製をしてみて、初めてその特徴に気が付くことは多い。

ジョンソンの立体は、違う教材で作製したことがあるが、半正多面体に類似していて、改めて美しい多面体であると感じた。何を美しいと思うかについて、客観性のないものの、ある程度の対称性があり、正多角形からなる多面体は、どこか美しく感じられると考える。この帽子と呼ばれる部分に着目して、類型化することが可能なのではないかと考えているので、今後の課題としたい。

5. まとめ

多面体の工作をするワークショップを継続させるべく、リモートでの出展を行い、それに使用する教材開発を行った。それは亀甲模様の菱形多面体（黄金比）の教材になり、模様を入れることで発展的なことに気が付くこともできた。それに続いて、鶴菱模様の菱形多面体（白銀比）の教材も作製できた。

また、今までの教材で完結していない教材として、花形多角形と名称を付けた教材の作製もでき、それも完結させることができた。これは正多面体（プラトンの立体）5種類、半正多面体（アルキメデスの立体）13種類、ならびにジョンソンの立体92種類を作製することができる。ジョンソンの立体については、今後作製をしながら、その性質についての造詣を深めていきたいと考えている。



人の生涯発達過程における遊びの発達の意義の解明

国士舘大学文学部

講師 川本 哲也

近年、発達心理学の領域では、進化的見地からの論考・解釈が重要視されており、生涯にわたる発達の時間とプロセスを人間進化の産物として解釈する試みが進められてきている (Buss & Penke, 2015)。他の動物種と比較して、人の生涯発達における児童期の長さは特徴的であり (e.g., Konner, 2010)、児童期が人の生涯発達においてどのような適応的な機能性をもたらすのか、議論が続けられている (Bjorklund & Pellegrini, 2011)。

人の「遊び」は児童期の子どもに広く見られる行動であり、遊びがもたらす生涯発達の適応的意義は遅延適応 (deferred adaptation) という観点から考察されている (Bjorklund & Pellegrini, 2011)。子ども達遊びの中で経験する多様な試行錯誤を通じて、自分たちが生活する環境において何が重要であるのかを学び、その環境の中で生きるために必要な能力やスキルなどを身につけることが可能である。ゆえに遊びは、生涯発達の視点から見るとその個人の適応に寄与する重要な行動であるといえることができるのである (Greve & Thomsen, 2016)。

しかし、遊びに興じるのは児童期の子どもだけでなく、青年期以降の成人も、その内容や程度に個人差はあるものの、遊びに時間を費している。これまでの研究では、その成人における遊びの適応的な意義に関し、具体的な検討はなされていない。そこで本研究は、特に成人の「遊び」行動がどのような生涯発達の視点からどのような適応的意義をもたらすのか、複数の調査をもとに検討することを目的とした。

研究1

心理的なウェルビーイングや身体的な健康状態は、その人の適応度を反映する重要な指標である。研究1では日本人成人を対象として、日常生活での「遊び」の経験と、その人の心理的なウェルビーイングや身体的な健康状態との関連性を、横断調査をもとに検討をすることで、「遊び」と適応度との関連性の検証を行った。

【方法】被調査者: 2021年1月、ウェブ調査会社 (MyVoice Communications, Inc.) に依頼し、リサーチ会社の調査パネルに登録されている日本人成人824人 (男性466人、女性358人; $M_{age} = 48.22$, $SD_{age} = 5.17$; range 36-56) から回答を得た。分

析項目: A) 予備調査において項目収集を行った60項目からなる遊び行動尺度 (最近5年間で60個の各項目の遊びをどれほど経験したかについて、「全くない」～「いつも」の5件法で回答を求めた) B) K-6 (Kessler et al., 2002; Furukawa et al., 2008) C) 全般的健康度 (「全般的にみて、あなたの健康状態はおおむねどのような状態と思われますか?」という設問に対し、「悪い」～「とても良い」の5件法で回答を求めた) D) デモグラフィック項目 年齢・性別 (0 = male; 1 = female) **分析方法:** 遊び行動尺度の回答について、「全くない」の選択肢を選んだ回答者の割合が90%を超したものは分析から除外した。その後、探索的因子分析 (最大法、オブリミン回転) を行い、6因子を抽出した。その後、6因子の各因子に強く負荷している項目得点の加重平均を用い、6個の下位尺度得点を算出した。そして、ウェルビーイングや全般的健康度との関連性を相関分析によって評価した。

【結果】 分析の結果、アウトドア活動 (バーベキュー、キャンプ、海水浴など)、家庭内での遊び (折り紙・ペーパークラフト、ハンドクラフト、カードゲーム・トランプなど)、レトロな遊び (パチンコ・パチスロ、ゴルフ、将棋など)、健康増進活動 (ウォーキング、ジョギング・ランニング、サイクリング) については、全般的健康度と弱い正の関連性が確認された ($r_s = 0.11-0.15$, $p_s < 0.02$)。しかし文化的活動 (博物館へ行く、美術館へ行く、読書) やインドアな遊び (テレビゲーム・スマホゲーム・オンラインゲーム、音楽鑑賞、DVD・ブルーレイ鑑賞など) については健康度との統計的に有意な関連性が確認できなかった。また、ウェルビーイングとの関連性については、レトロな遊びのみ統計的に有意な負の関連性が確認された ($r = -0.12$, $p = 0.004$)。

研究2

研究2では、成人が行っている「遊び」行動それ自体が生涯発達過程においてどのような段階変化を見せるのか、また成人の人格特性のような社会情緒的な特性や認知的能力との間、どのような関連性があるのかを実証的に検討することを目的とした。

【方法】被調査者: 2021年1月、ウェブ調査会社 (Cross Marketing Inc.) に依頼し、日本人成人3,000人 (男性1,500人、女性1,500人; $M_{age} = 44.85$, $SD_{age} = 13.90$; range 20-69) か

ら回答を得た。 **分析項目**: A) 遊び行動尺度 B) NEO-FFI 人格検査 (Costa & McCrae, 1992; 下仲・中里・榎藤・高山, 2011) C) BAROCO-Short (Shikishima et al., 2011) D) デモグラフィック項目 年齢・性別 (0 = male; 1 = female) **分析方法**: 研究 1 の分析で得られた遊び行動尺度の因子構造の確認のために、6 因子を仮定した確率的因子分析モデルを遊び行動尺度の回答データに当てはめた。その後、遊び項目尺度の下位尺度得点が年齢、人格特性、認知的能力とどのように関連しているかを検討した。

【結果】 遊び行動尺度の得点に対して 6 因子構造の確率的因子分析モデルを当てはめた結果、モデルのあてはまりはおおむね良好であった (CFI = 0.880, RMSEA = 0.058, SRMR = 0.049)。各因子に負荷する項目の標準化された因子負荷は全て 0.4 を超えており、研究 1 で得られた因子構造の妥当性が支持された。続いて年齢との関連については、家庭内での遊び、レトロな遊び、インドアな遊びは年齢と負の関連性が見られたのに対し ($\beta = -0.21 \sim -0.13$, $p < 0.001$)、文化的活動は年齢と正の相関が確認された ($r = 0.10$, $p < 0.001$)。人格特性との関連については、特に外向性がインドアな遊びを除く 5 つの遊び行動と正の関連を示した ($\beta = 0.12 \sim 0.30$, $p < 0.001$)。また開放性と誠実性はレトロな遊びを除く 5 つの遊び行動と正の関連を示した ($\beta = 0.07 \sim 0.33$, $p < 0.001$)。最後に認知的能力との関連については、文化的活動とインドアな遊びが認知的能力の高さと正の関連を示した ($\beta = 0.11 \sim 0.12$, $p < 0.001$)。

研究3

生涯発達過程における成人の「遊び」は、「遊び」そのものが自分自身の適応度を高めることに寄与するだけでなく、特に子育てにおいて自身の子どもの適応度を高めることにも寄与すると思われる。したがって、「遊び」の進化的意義を検討するため、特に成人が子育て中に子どもと経験する「遊び」に焦点をあて、その適応的な意義を検討することを研究 3 の目的とした。そこで子育て中の成人とその子どもを対象とし、子どもとともに経験する「遊び」と子どもの社会情緒的能力の発達との関連性を検証した。その際、単に両者の関連性を検討するだけでは、遺伝要因と環境要因が交絡してしまう。そこで本研究は双生児の家庭を対象とした調査データを用い、行動遺伝学的な分析を試みた。

【方法】 利用データ: 2020 年 1-3 月に慶應義塾大学ふたご行動発達研究センター内の首都圏ふたごプロジェクトに登録されている家庭 (学齢期の双生児とその両親、計 740 世帯を対象に行われた、「学力と生きる力のふたご家族調査」の二時点目データ。

分析利用項目: A) 親子でよくする遊びについての項目 (ベネッセ教育総合研究所, 2016) B) 情動的知能質問紙 (小松・箱田, 2012) C) デモグラフィック項目 学年・性別 (0 = male; 1 = female)・卵生情報 (1 = 一卵生双生児; 2 = 二卵生双生児) **分析**

方法: 母親との遊び、父親との遊び、子どもの情動的知能の 3 変数について、学年と性別を統制し、それぞれの残差を用いた 3 変量コレスキー分解モデルによる行動遺伝学的分析を試みた。

【結果】 3 変量コレスキーモデルを用いた行動遺伝学的分析の結果、母親の子どもとの遊び行動が環境要因として子どもの情動的知能と関連していることが明らかとなった (詳細は図 1 を参照)。一方、父親の子どもとの遊び行動は、子どもの情動的知能とは関連が見られなかった。

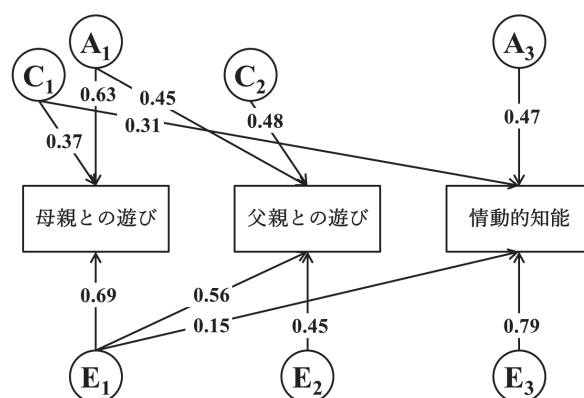


図 1.3 変量コレスキーモデルとその推定値

注 統計的に有意でないパスは省略した。A は補助的遺伝効果、C は共有環境効果、E は非共有環境効果を表す。

考察

本研究の結果より、生涯発達過程において成人は多様な遊び行動をとっており、種類によっては個人の健康を増進するものであることが示唆された。また加齢に伴い傾倒する遊びの種類が変化していく可能性も示唆された。加えて、特に子育て期において子どもと遊ぶことが、本人のみならず子どもの社会情緒的発達に対してもポジティブな影響を与えることは、遊び行動の適応的意義を支持するものといえるだろう。

本研究の限界点として、遊び行動が自己評定による本人の主観的な指標として測定された点、3 つの研究が全て横断的な調査データであった点があげられる。今後の研究の展望として、例えば日誌法を用い、その日にどのような遊び行動をとったかを測定すること、特に配偶者がいる場合など配偶者による他者評定を組み合わせて遊び行動を測定することなどが、より正確な成人の遊び行動の測定につながると考えられる。また縦断的な調査から、成人の遊びの経験が、例えばその後の老化などどのように関わるかなど、実証的に明らかにしていくことが必要といえるだろう。

謝辞

研究実施へのご支援を頂いた公益財団法人中山隼雄科学技術財団、ならびに調査にご協力頂いた方々に深く感謝いたします。



遊びにおける主体性の役割と促進要因に関する実験心理学的研究

東京大学大学院人文社会学系研究科

特任研究員 田中 拓海

1. 研究の背景・目的

なぜヒトは遊ぶのだろうか？遊びとはそもそも何だろうか？主体性はこれらの本質的問いに関わる要素の一つであると考えられる。「遊び」とは本質的に主体的・能動的な営みであり、他者に強要されるような遊びは基本的に存在しない。また、生物の子供が遊びを通して体の動かし方や外界の反応を学ぶといった議論はあるが、特にヒトは十分に成長しても余暇に多くの時間を費やす (Cheatum & Hammond, 2000)。このように、ヒトの遊びは通常、外的な報酬や罰（例：食料や金銭など）なしに、主体的に行動を持続させる心理過程によって駆動されることに特徴がある。

近年の心理学・神経科学では、ヒトの主体的行動を動機づけるメカニズムの実証的研究が進展してきた。その成果の一つとして、行動に対する感覚的なフィードバックの存在が主体的行動を促進するということが明らかになっている。すなわち、「自分の行動が外界に何らかの結果を引き起こした」という主体的経験（主体感； sense of agency, Gallagher, 2002）それ自体が、個体にとってある種の報酬となり、モチベーションやパフォーマンスの向上を促すという考えである。この現象は、非常に単純化されたゲームのような実験課題でも再現されている (Eitam et al., 2013)。例えば、画面上部から落ちてくる刺激の位置にしたがってキーを押す課題において、押した直後に刺激が消えるとき（即時フィードバック）の方が、キーを押しても何も起こらないときや、時間が経ってから刺激が消える（遅延フィードバック）ときよりも速く反応できるようになる。

しかし、このような「意味のないフィードバックによる主体的行動の促進」がどのようなメカニズムで生じるのかについては明らかになっていない。そこで、本研究課題の一環として、行動促進のメカニ

ズムについて3つの仮説を立て、その妥当性を検証した。第一に、フィードバックを生じさせた行動自体が強化され、以降その行動がスムーズに選択/実行される可能性が考えられる。この場合、「何に対して」反応するかが重要なのではなく、どのような行動を取るかに応じて促進の有無が決定する。第二に、フィードバックの出現を期待させる刺激を検出することで反応が動機づけられ、促進される可能性もある。この場合、実際にどのような行動によって反応するかは重要ではなく、刺激の種類に応じて促進が生じると予測される。最後に、そのどちらの要素にも依存した形で、特定の刺激-反応関係に限定的な促進が生じている可能性が考えられる。

2. 1. 実験1

実験1は、Eitam et al. (2013) の追試実験であった。実験参加者 ($N = 72$) は、コンピュータのスクリーン上枠の左右4箇所のいずれかから出現し、下枠へと垂直に移動（落下）する赤いドット（ターゲット）の提示後、できるだけ早くその出現位置に対応するキー（左から D/F/J/K）を押すことが求められた。参加者はキー押しによりターゲットが消えるか、また消えるまでに遅延があるか（フィードバックなし条件/即時フィードバック条件/600ms 遅延フィードバック条件）によって3群に分けられた（図1）。反応の正誤と無関係にターゲットは消失するが、正反応によってのみ課題スコアが増加することが参加者に伝えられた。条件および前試行における反応時間に関わらず、1つのターゲットが出現してから次のターゲットが出現するまでの時間間隔は 1250ms であった。各 40 試行を 12 ブロック、計 480 試行を実施し、キー押しの反応時間の中央値を分析の対象とした。先行研究の通り、フィードバックなし条件や遅延フィードバック条件でゲームに取り組んだ参加者よりも、即時フィードバックを与えられた参加者の方が早く刺激に反応していた。

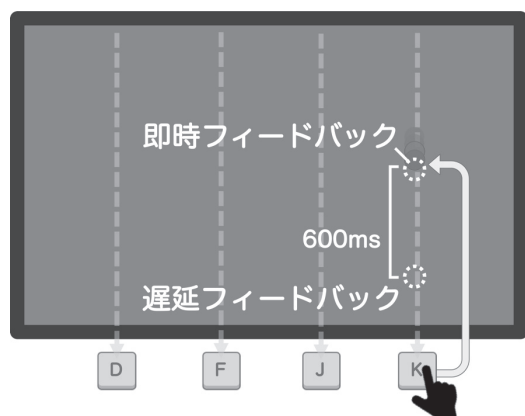


図1. 実験課題とされた単純反応ゲーム

2.3. 実験2

24名が実験に参加した。実験1同様の課題において、4つのキーのうち、参加者があらかじめ決められた2つのキーのいずれかを押した場合にはターゲットは即時に消失し、残りの2つのキーのいずれかを押した場合には600msの遅延の後に消失した。ターゲット刺激は全て赤色のドットであった。キーと遅延条件の組み合わせは、参加者間でカウンターバランスが組まれた。結果、参加者は遅延フィードバックを生じさせる行動よりも、即時フィードバックを引き起こす行動をより素早く行った。

2.2. 実験3

24名が実験に参加した。実験1同様の課題において、赤色か緑色のターゲット刺激がそれぞれの位置に同頻度かつランダムな順番で提示された。各参加者内において、いずれかの色のターゲットはキー押し直後に消失したが、もう一方の色のターゲットは600ms後に消失した。色と遅延条件の組み合わせは、参加者間でカウンターバランスが組まれた。結果、刺激の種類に依存したフィードバックの差は反応時間に影響を与えなかった。

2.4. 実験4

24名が実験に参加した。上記の3つの実験とは異なり、実験4では刺激の位置だけでなく、その種類にも依存して求められる行動が決定された。具体的には、円の代わりに左右どちらかを向いた矢印が落下し、参加者はその位置から見て矢印方向にずれたキーを押すことが求められた（例：左から2列目に右向きの矢印が出現した場合、左から3つ目のJキーを押す）。また、この刺激と行動の組み合わせに依存して、即時フィードバックあるいは遅延フィード

バックが提示された。これにより、たとえ同じ行動をしても、刺激の種類によって与えられるフィードバックが異なる状況を生み出した（例：左端の列に提示された右矢印に対してFキーを押したときは即時フィードバック、3列目の左矢印に対してFキーを押したときは遅延フィードバック）。その結果、即時フィードバックを引き起こす刺激—行動の組み合わせに選択的な促進が見られた。

3. 研究成果

本研究では、先行研究で示唆されていた即時的な感覚フィードバックの存在による行動の促進を確認した上で、その生起条件を明らかにした。感覚フィードバックの影響は参加者内において遅延を反応キーごとに変化させた場合には観察されたが、ターゲット刺激ごとに変化させた場合には消失した。さらに、たとえ同じ行動でも、フィードバックが期待される状況では促進が生じ、そうでない場合には生じなかった。これらの結果から、ヒトが「どのような状況で何をすれば効果的に外界に影響を与えるのか」を自動的に判断し、行動のモチベーションとしていることが示唆された。

本実験におけるフィードバックは行動の成否（スコア）や実験による報酬とは無関連であった。したがって、今回見られた促進は「自分の行動が結果を引き起こした」という主体的経験それ自体による内的動機づけの向上を反映すると考えられる。本課題では他にもフィードバックの存在により運動の正確性が増すこと、自分の行動によって生じた知覚結果がより記憶に残りやすいことなどを明らかにしており、受動的に刺激を受け取るだけでなく、主体として外界に働きかけることが報酬に囚われない豊かな活動・経験につながっていることを示した。

4. 引用

- Cheatum, B. A., & Hammond, A. A. (2000). *Physical activities for improving children's learning and behavior: A guide to sensory motor development*. Human Kinetics.
- Eitam, B., Kennedy, P. M., & Higgins, E. T. (2013). Motivation from control. *Experimental brain research*, 229(3), 475-484.
- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in cognitive sciences*, 4(1), 14-21.



錯視効果とプロジェクションマッピングによる 2D-3D 提示システム

千葉工業大学 先進工学部
准教授 藤井 浩光

1. 研究背景

幼少期は、生涯に渡る人間形成の基礎を培う重要な時期である。子供の遊びや日常生活を通して成長をするため、幼少期における教育は成長に大きな影響を与える。特に我々の生活空間は3次元の立体で構成されており、その形状を他者と共通のものとして認識することは必須である。幼少時から空間認識能力を育む目的で、積み木や嵌め合いパズルなどの知育玩具が提案・開発されてきているが、効果的な学習のためには実際に触れ合っただけでは対象を変化させフィードバックを得るインタラクティブな体験が重要である。現在、児童向けの遊園施設などのアトラクションでは、周囲環境をセンシングし、その形状に応じたテクスチャをプロジェクションマッピングにより投影することで、ユーザとのインタラクションを実現している。このようなシステムは、子供の空間認識能力とともに創造性を育む「遊び」道具として注目されている。しかし、一般に大規模な装置が必要であり大型遊園地などでしか体験できない。家庭で日常的に提供可能な、インタラクティブな教材が必要とされている。

絵本は、幼少期から想像力や知的好奇心を育む教育目的で広く利用されている。特に、仕掛け絵本と呼ばれる、本を開くと絵本の登場人物や建物が飛び出す仕掛けが施された絵本は、想像力などと同時に空間認識能力も鍛えることが出来るため、教育効果の高い教材である。しかし、1ページを製作するにも台紙となる部分や、飛び出すための仕掛けとなる部分などの、複雑な構造を実現する必要がある。また、仕掛けの部分は本を閉じたときに折りたたまれることから、使用する紙の強度が求められ、仕掛け絵本の作成には高い技術力や多くの紙資源を必要とする。

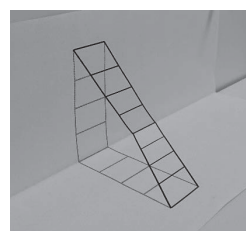
以上の背景から、本研究では家庭などで手軽に実現可能な仕掛け絵本提示システムの構築を目的として取り組んだ。

2. 要求仕様と課題に対するアプローチ

実現にあたって、我々の研究グループでは一般家庭におけるデジタルコンテンツの鑑賞手段として、プロジェクタの普及が急速に進んでいることに着目した。例えば、4K・8K コンテンツなど



(a) 1 平面上の図



(b) 2 平面上の描画

図 1：アナモルフォーシスの例

流通する映像コンテンツの高解像度化を背景に、大画面での鑑賞用に高解像度対応なプロジェクタが市場で登場してきている。さらに、昨今の新型ウイルスによる感染症対策により自宅で過ごす時間が増加する中で、ホームシアターなどの用途で一般家庭プロジェクタの需要は益々高まり、市場も拡大してきている。このような状況下で、プロジェクタを用いたアプリケーションも多様性が増している。例えば、従来の映画やビデオなどの映像鑑賞以外にも、スクリーンの形状に合わせてコンテンツを提示するプロジェクションマッピングや、人感センサやカメラなどと併用してインタラクティブな体験を可能とした教育向けコンテンツが提案されてきている。

本研究では、以上の背景を基に、一般家庭における幼児向け教材としてのプロジェクタを利用したプロジェクションマッピングによる電子的な仕掛け絵本を提案した（研究業績 [1] - [5]）。プロジェクタによる投影は大画面での提示に適しており、鑑賞するのに子供に特別な機器の装着を必要としない。そのため、ヘッドマウントディスプレイで指摘されている眼精疲労や斜視のリスクも低減でき、子供向けコンテンツの提示方法として適切である。また、既存の娯楽コンテンツなどにも見られるように、プロジェクタと人感センサやカメラなどと併用することでインタラクティブな体験が可能である。特に本研究では、アナモルフォーシスと呼ばれる錯視を利用した絵画技術を用いて、2次元画像を3次元的に提示する映像コンテンツ生成技術を開発した。例えば、図 1 はタブレット端末などモバイル機器に搭載される単眼カメラ

を通して鑑賞することで、2 次元的なコンテンツを立体的に示した例である。特に、図 1 (b)は、壁と床などの交差する 2 平面などのプリミティブな形状をもつ物体に歪んだ図形を描いて特定の角度から提示することで立体的に見せた例である。本研究では、このアナモルフォーシス技法を幾何学的に定式化し、センシングにより得られるユーザの位置姿勢から立体的に見える映像を生成した。

アナモルフォーシスによる錯視には、プロジェクタで投影する提示映像を鑑賞者の位置に応じて生成する必要がある。提案システムでは Computer Graphics (CG) 環境内でピンホールカメラモデルとしてカメラおよびプロジェクタのモデルを作成し、スクリーン平面に対する両モデルの位置姿勢関係に基づく射影変換により錯視映像を生成した。具体的には、鑑賞者の位置から観測したスクリーン上に透視射影変換されたシーンをプロジェクタの位置から観測されるスクリーン上の映像に射影変換し、実環境において CG 内と同様に配置したプロジェクタから投影することで立体視映像を提示した。またアナモルフォーシスは、特定の位置から鑑賞した際立体的に見えるような図を平面状に描画する絵画技法であるが、その鑑賞においては人の有する両眼視差が立体感を阻害することが課題となる。本研究では鑑賞者の位置をトラッキングすることで提示映像上に運動視差を再現し、より立体的に鑑賞可能な手法を提案した。

本助成の研究期間において、以上の機能を備えた電子的な仕掛け絵本を、一般家庭向けのプロジェクタ・カメラシステムとして構築した。特に、プロジェクションマッピングにおいては、プロジェクタから投影する映像が実環境のスクリーンに位置ずれなく投影されることが重要である。このような位置ずれの補正をプロジェクタの位置姿勢などで試行錯誤的に調整することは利用者の負担が大きく、設置スペースに限りのある一般家庭向けのシステムとしても適切ではない。本研究では提案したプロジェクタ・カメラシステムでは、これらの補正を自動で行うためのキャリブレーション手法も提案した。

3. 検証結果と研究成果

構築したシステムを図 2 に示す。本研究では立体視の効果を高めるために多面スクリーンを設計し、家庭用プロジェクタを用いてシステムを構築した。提案システムでは、スクリーン上部のカメラで鑑賞者の位置姿勢をリアルタイムで計測し、鑑賞者からの視点から立体的に見えるアナモルフォーシス画像を提示した。そのため、鑑賞者以外からは立体的には見えず図 3 のような外観となる。鑑賞者視点から見た場合の投影結果について、図 4 に示す。両図の比較から、鑑賞者の視点から立体的に見える映像が提示できたことを確認した。

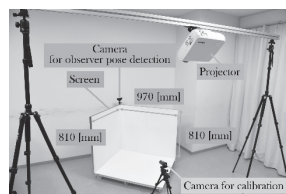


図 2：投影システム



図 3：別視点からの鑑賞結果



図 4：2 画面への投影結果（“桃太郎”より）

本研究の成果は、本報告書最後の「本研究助成金に関わる業績」に示した 5 つの国内外の学会において報告済み（[5] は採択済み、報告予定）である。

本研究助成金に関わる業績

- [1] 戸田 沙也香, 藤井 浩光: “仕掛け絵本の電子化のための錯視効果を用いたプロジェクションマッピング”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会’20 講演論文集 (ROBOMECH2020), 1A1-L02, 金沢, May 2020. [doi:10.1145/3415264.3425470]
- [2] Sayaka Toda, Hiromitsu Fujii, “Projection Mapped Gimmick Picture Book by Optical Illusion-Based Stereoscopic Vision”, The 13th ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics & Interactive Technique in Asia (SIGGRAPH Asia 2020), Article No. 34. [doi:10.1145/3415264.3425470]
- [3] 戸田 沙也香, 藤井 浩光: “プロジェクションマッピングによる仕掛け絵本のための錯視効果を用いた立体視映像提示システム”, 第 21 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集 (SI2020), 3E3-01, December 2020.
- [4] 戸田 沙也香, 藤井 浩光: “錯視効果を用いた仕掛け絵本提示のためのプロジェクタ・カメラシステム”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会’21 講演論文集 (ROBOMECH2021), 2A1-M09, 大阪 (オンライン), June 2021.
- [5] Sayaka Toda, Hiromitsu Fujii, “AR-Based Gimmick Picture Book for Household Use by Projection Mapping”, Proceedings of the 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2021), Kyoto (Japan), October 2021.



柴野拓美関係文書の調査による日本 SF コミュニティ形成過程の研究

明治大学総合数理学部

教授 福地 健太郎

本研究は、日本サイエンス・フィクション (SF) のファンコミュニティ形成に他大な貢献をなし、「日本 SF コミュニティの父」とされる故柴野拓美氏より寄贈を受けた資料群 (以下「柴野資料」) を整理し、日本の初期(1950~60 年代)SF コミュニティ形成過程の研究に資するデータベースを構築し、また最初期のコミュニティ形成過程を調査することも目的としている。

日本において、マンガ・アニメ・ビデオゲームに代表される日本発のポップカルチャーについての研究を進める上で重要なのが SF コミュニティの理解である。これは、コミックマーケットやアニメブーム、ゲームファンコミュニティの形成過程において、多くの人脈が SF コミュニティに端を発しており、また SF コミュニティで醸成された文化がそれらポップカルチャーコミュニティに移入されたためである。

しかしながら、SF コミュニティ黎明期・揺籃期についての一次資料はまとまった形で整理されておらず、その生態の解明は困難であった。特に、初期 SF コミュニティの形成・拡大に寄与したと考えられる、推理小説や大衆文学の作家達との交流や、当時勃興しつつあったテレビ業界との関係については資料が不足しており調査を阻んできた。

柴野拓美氏は日本で最初期に創刊され最有力を誇った SF 同人「宇宙塵」の主宰であり、各地の SF ファンコミュニティと精力的に交流を持ち、また作家達との幅広い交流で知られる。さらに海外 SF 小説の翻訳を数多く手がけ、世界中の SF 作家や SF ファンコミュニティと交流を持っていた。加えて、テレビアニメーション番組における科学考証を多く手がけるなど、日本のポップカルチャーに SF を根づかせた功労者である。

柴野資料にはそうした活動にまつわる貴重な史



図 1 柴野資料より、日本最初の SF 同人誌『宇宙塵』バックナンバー。

料が数多く含まれており (図 1)、これらを整理し公開することで、日本のポップカルチャー史研究への多大な貢献が期待できる。しかしながら史料点数は膨大でありその全容は明らかになっていなかった。

本報告ではこれまでの研究の進展として、柴野史料データベースの構築状況、および史料の予備調査からわかったことを報告する。

データベースの構築については、史料の予備調査の結果から作業の優先度を定めた。具体的にはコミュニティ形成の調査に資することが期待される書簡類および写真類を優先することとし、また次いで「科学考証」という分野の開拓に関連する史料群を優先することとした。これを受け、データベースに人物関連データを取り入れることを決定した。データベースには史料公開の利便性を検討した結果、「Omeka S」を採用した。Omeka S を利用するにあたって、史料登録のコストを低減し、また日本語での検索に対応すべくソフトウェアの改良を行った。具体的には Omeka S が標準で使用しているデータベースエンジンを日本語含む多言語での全文検索に対応したものに変更するようシステムを修正した。また、登録データのデフォルト値を設定可

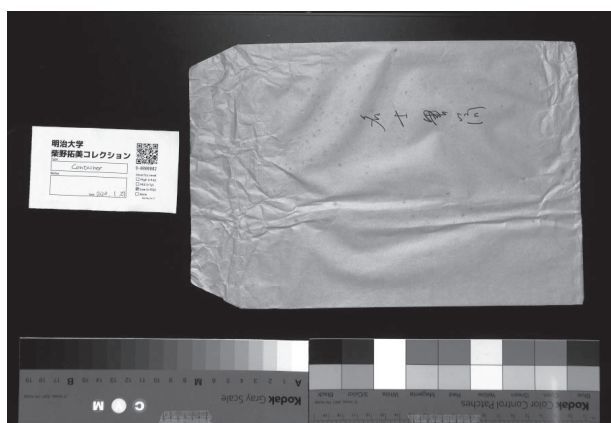


図 2 データベースに登録された史料外観画像。データ登録支援のための二次元バーコードが記載されたラベルがあわせて撮影されている。

能とする・性質のよく似たデータの登録を簡便化するためのデータ複製機能を追加する、などの拡張を行った。加えて、史料の外観を撮影する際に資料の登録番号や種別を記載したラベルをあわせて撮影することで、撮影された画像をデータベースに自動登録する機能を開発した(図2)。これらの機能拡張を元に現在史料の登録作業を進めている。

史料の予備調査については、主に書簡類を対象に行った。その結果、推理小説作家でSF小説にも関わった大下宇陀児からの書簡が発見された。この中で小説作法やSF小説の未来についての大下の論が述べられており、日本の大衆小説史に資するものと期待される。推理小説作家との交流を示す史料として他には江戸川乱歩からの書簡もあわせて発見されており、あわせて今後重点的に調査を進める予定である。また、三島由紀夫からの書簡が発見され、その中で三島が注目したSF作品について述べられている箇所が認められた。三島へのSFの影響は近年あらためて注目されており、三島研究への貢献が期待できる。その他、国内外のSF作家との書簡で特に重要と認められるものについて現在整理を進めている。

科学考証関連史料としては、『宇宙エース』『科学忍者隊ガッチャマン』などのテレビアニメーション作品における科学考証報告やシナリオ会議の議事録などが発見された。(図3)

写真類は、その多くがSFファンの会合の様子を収めたものであり、柴野氏が撮影したもののみならず、他のSFファンから送られてきた写真が多い。特に、初期の日本SF大会の様子を収めた写真が大

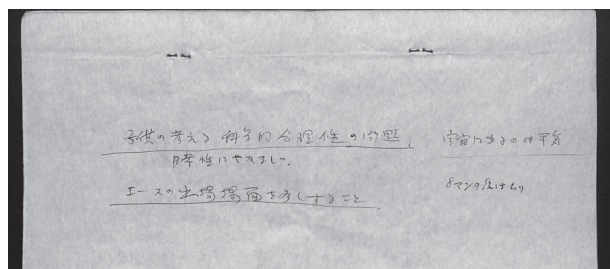


図 3 『宇宙エース』梗概の青焼きコピーの裏に書かれたメモ。

量に発見された。また、1970年に小松左京が実行委員長をつとめた「第1回国際SFシンポジウム」の記録写真が、柴野の注釈つきで発見された。シンポジウムの様子を収めた公式記録としての写真はすでによく知られたものがあるが、柴野資料の写真はシンポジウムの前後での作家間の交遊の様子が収められたものが多く含まれており、そのほとんどがこれまで存在を知られていなかったものであることがわかった。これらの写真は点数が多いため、今回の調査ではそのごく一部、約1100点を試験的にデジタル化する作業を行った。写真には存命人物も多く写っており、広く公開することは権利上十分に配慮・検討が必要であるため、写っている人物を特定し、どの写真にどの人物が写っているかをデータ化しそれを公開することが望ましい。そのため、現在は権利上の問題の解決を図るかたわら、自動顔認識エンジンを用いての人物特定のための仕組みの開発を進めている。

今期の研究ではここまで報告した通り、柴野資料の予備調査とデータベースシステムの開発を行った。その結果として同資料には日本の文学史・ポップカルチャー史の研究に資する重要資料が多く含まれていることがわかった

今後の計画としては、同資料の重要性に鑑み、データベースへの登録作業を引き続き行い、また数年内のデータベースの公開を目指す。なお、資料点数が多い一方でコスト上の問題から、重要度の高いものから作業を行う必要があるため、新型コロナウイルス感染症の沈静化を待った上で、関係者への聴取調査を早い時期に再開したいと考えている。



ゲームエンジンを用いた遊びの協業制作体験（4～5 年目）

特定非営利活動法人 国際ゲーム開発者協会日本

事務局長・名誉理事 小野憲史

特定非営利活動法人 国際ゲーム開発者協会日本 (IGDA 日本) はゲーム開発者個人を対象とした国際 NPO 団体の日本支部である。本法人では SIG-for Next Generation (SIG-4NG) という専門部会を通して、次世代のゲーム開発者育成の取り組みを推進している。本法人はまた、2016 年度より財団からの助成を受けて、ゲームエンジンを用いた遊びの協業制作体験「デジタルからくり装置づくりワークショップ」を開催中である。

開催4年目にあたる2019年度はワークショップの教材を刷新した上で、島根県仁多郡と東京都文京区の2会場で実施した(当初は3月に東京都立川市でも実施予定だったが、コロナ禍の影響を受けて中止した)。また、東京都調布市でもワークショップの一部を実施した。

開催5年目の2020年度は指導者向けのオンラインワークショップを実施したほか、香川県高松市で対面ワークショップを行った。なお、高松市の対面ワークショップはコロナ禍に伴い、当初計画していた2020年3月から2021年7月11日に順延開催している。本講では、これらの概要と成果を報告する。

背景とねらい

2020 年度から開始された「小学校におけるプログラミング教育必修化」にともない、全国各地でさまざまなプログラミング教育が実施されている。また、コロナ禍にともない GIGA スクール構想が前倒しで進められた結果、全国の公立小中学校で一人一台の端末普及が進展しており、学校内でのプログラミング演習などの環境が整備されつつある。しかしハードウェアの整備と比べて、ソフトウェアの整備や子供たちの学習体験の整備が遅れている。中でも過去の報告書で論じたとおり、その多くは下記の課題を内包しており、いまだ解決されていない。

- ①児童または生徒による個人単位での制作体験が中心である。
- ②ゲーム制作を題材とするケースが多いが、ゲーム開発者の知見が十分に活かされていない。
- ③首都圏をはじめとした大都市圏に体験機会が偏りがちで、地域差がみられる。

そこで本法人はグループワークを主体としたデジタルコンテンツの制作体験支援環境を教材開発し、日本各地でワークショップを実施することで、ゲーム開発の基本である「デジタル技術に支援された環境下で実施される、協働によるコンテンツ開発体験」を提供することとした。

なお、実施については中山財団からの助成金に加えて、株式会社サードウェーブ・デジノスと株式会社 Project White からの機材提供を受けた。

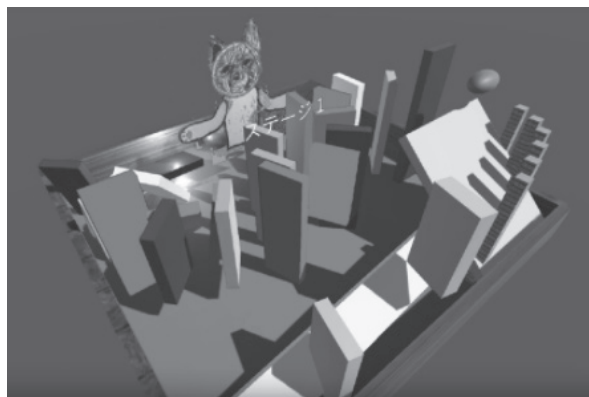
教材の更新

本ワークショップはゲームエンジン「Unity」を使用し、いわゆる「ドミノ倒し」制作をグループ制作するもので、2016～2018 年の実施を通して継続的に改良を行ってきた。その過程で中山財団より下記3点の指摘を受けた。

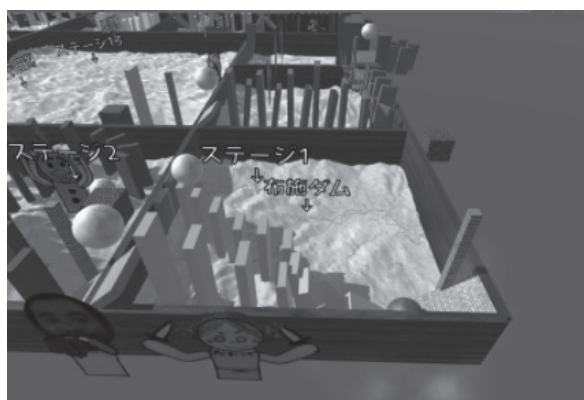
- ①「ドミノ倒し」にかわる、新しい教材の開発
- ②広報展開の強化
- ③女子参加者の比率拡大

そこで2019 年度から、ベースとなる協働体験はそのままに、地域の立体地図上で「ドミノ倒し」ができるように教材を改良した。ベースとなる3D 地図データは国土地理院が Web 上で公開しているオープンデータを使用しており、実施会場に合わせて任意に変更できるように配慮されている。

また、地域の地図を使用することで、ワークショップの導入部で地域の名所・旧跡や、実施会場を探してステージ上に仮想のラベルを張るなど、社会科との接続を意識したプログラムを組み込むようになった。これにより従来の理科色を薄め、女子参加者に対しても敷居を下げるように配慮した。



教材 (2016～2018年度)



教材 (2019年度)

参加者数の推移

2016年度	50名 (3会場)
2017年度	40名 (3会場)
2018年度	74名 (4会場)
2019年度	39名 (2会場)
2020年度	29名 (2会場) ※うち1会場はオンライン

前述の通りコロナ禍の影響により開催回数が減少したため、2019年度の参加者は39名と前年対比52.7%に留まった。一方で女子参加者の比率については、2018年度の18.9% (74名中14名) から28.2% (39名中11名) に上昇した。

また、2020年度はコロナ禍の中、新たな試みとして本教材を用いた指導者向けのオンラインワークショップを開催した。ワークショップでは子ども向けプログラミング教室を広域展開している世界的組織「CodorDojo」と連携し、地域コーディネーター9名を招いて二日間こわたり開催した。

このほか2020年3月に開催予定だった香川県高松市でのワークショップを、コロナ禍によって2021年7月11日に順延して実施した。こちらでは会場となった「情報通信交流館 eとびあ

かがみ」のスタッフや、地域のゲーム開発者サークル「讃岐ゲーム」の協力を得て、これまでひびく充実したワークショップが開催できた。女子参加者の比率は30% (20人中6人) で、うち2名が成人 (教育関係者+Webデザイナー) だった。ともにアンケートの内容が好評で、成人向けの教材として活用できる可能性が得られた。

他に2018年度に引き続き、クレヨンでキャラクターを描き、ステージ上に配置する機能だけを取り出して、調布市で2019年9月に開催された「YDAS2019 第17回こどもあそび博覧会」に出展した。本イベントは調布市内の小学生・未就学児童を対象に、市内のNPOやボランティア団体が合同出展し、さまざまなアクティビティを提供するという催しで、クレヨンで描いたキャラクターが画面上に表示されると、その場で歓声上がるなど、参加した子供たちや保護者に好評だった。

成果と展望について

以上のように2019年度と2020年度に改定した教材を用いてワークショップを実施し、一定の成果をみた。特に実施会場の周辺地図を教材に盛り込んだことで、子供たちの興味関心を増すことができた。並行して教材の操作性などの改良も進めた結果、より使いやすい教材に仕上げることができた。なお、教材とワークショップ内容についてはWeb上で無償公開し、誰でも使用可能な状況にしている (<https://github.com/mnagaku/sig4ngws>)。

一方で本ワークショップが一般利用者に継続運用されるためには、ベースとなるゲームエンジン「Unity」のバージョンアップにあわせた教材の保守運用コストが課題となる。Unityの操作に慣れていない指導者に対する、効果的なトレーニング方法の開発も課題となる。コロナ禍で対面ワークショップが困難な状況が続く中、オンラインでの開催も検討課題の一つとなるだろう。プログラミング教育が進む中、ゲームエンジンを用いた遊びの協業制作体験の未来像について、今後も研究を続けていきたい。

共同研究者

長久勝 (ライフマティックス、IGDA 日本)
後藤誠 (ゲームフォーイット、IGDA 日本)
湊和久 (ユービーアイ、IGDA 日本)

役員・評議員・委員会

名誉会長 中山 隼雄

理事及び監事

(2021年9月1日現在)

代表理事 理事長	中山 晴喜	(公財) 中山隼雄科学技術文化財団
常務理事	藤森 健也	(株) アミューズキャピタル 取締役副社長
常務理事 事務局長	高倉 潔	(公財) 中山隼雄科学技術文化財団
理 事	稲増 龍夫	法政大学社会学部 教授
理 事	大熊 健司	(国研) 科学技術振興機構先端融合評価作業部会 前委員
理 事	香山 リカ (中塚 尚子)	立教大学現代心理学部映像身体学科 教授
理 事	坂元 章	お茶の水女子大学基幹研究院人間科学系 教授
理 事	出口 弘	千葉商科大学大学院商経学部 教授
理 事	渡邊 一衛	成蹊大学 名誉教授
監 事	鈴木 正明	鈴木正明事務所 所長・公認会計士
監 事	田中 克郎	TMI 総合法律事務所 代表パートナー弁護士

評議員

(2021年9月1日現在)

有澤 誠	慶應義塾大学 名誉教授
出澤 正徳	電気通信大学 名誉教授
稲見 昌彦	東京大学先端科学技術センター 教授
内田 伸子	IPU・環太平洋大学次世代教育学部 / お茶の水女子大学 教授・名誉教授
小野 忠彦	(株) マーベラス 前監査役
残間 里江子	(株) キャンディッド・プロデュース 代表取締役社長
長谷川 良平	独立行政法人産業技術総合研究所人間情報研究部門 研究グループ長
中村 俊一	(株) アミューズキャピタル 代表取締役社長

委員会

(2021年9月1日現在)

名称	委員長
企画委員会	有澤 誠
選考委員会	渡邊 一衛

公益財団法人 中山隼雄科学技術文化財団
財団レポート 2019・2020 人間と遊び

2021 年 10 月 発行

公益財団法人 中山隼雄科学技術文化財団

〒104-0061 東京都中央区銀座三丁目 15 番 8 号 銀座プラザビル 3 階

TEL : 03-6226-6161

FAX : 03-6226-6162

E-mail アドレス : mail@nakayama-zaidan.or.jp

ホームページ : <https://www.nakayama-zaidan.or.jp/>

