

アルツハイマー型認知症を早期発見するための Minecraft の MOD の提案

伊藤 聡子¹⁾ ターウォンマツ ラック^{2),a)} パリヤワン プージャナー^{3),b)}

1) 立命館大学 情報理工学研究科

2) 立命館大学 情報理工学部

3) 立命館大学総合科学技術研究機構

Toward Early Detection of Alzheimer's Disease Using a Minecraft Mod

Satoko Ito¹⁾ Ruck Thawonmas^{2),a)} Pujana Paliyawan^{3),b)}

1) Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

2) College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

3) Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University

a) ruck@is.ritsumeai.ac.jp

b) pujana.p@gmail.com

概要

本論文では Minecraft を用いてのアルツハイマー型認知症 (AD) を早期発見するためのシステムを提案し、先行研究より開発された Sea Hero Quest と比較することでその有用性を評価した。近年、認知症は世界的に社会問題とされている。早ければ未成年の頃より発症すると言われている若年性アルツハイマー症も同様で、これら認知症は早期発見が重要視されている。また、空間ナビゲーションは AD を早期発見するために重要な項目とされており、これはゲームにおける移動距離として考えることができる。今回比較対象とした既存のゲームは既にリリースが停止しており、独自ゲームのため普及可能性が低いという問題点がある。そこで、本論文では Minecraft を用いてこの問題点を解決することができる新たなシステムを構築し、両ゲームのプレイ履歴相関分析およびユーザ評価を行うことで、提案システムにおける AD 早期発見の有用性を確認することができた。

Abstract

This paper proposes a system using a Minecraft mod for early detection of Alzheimer's disease (AD). In recent years, dementia, including AD, has become a social problem worldwide, and early detection, in particular among young population, is regarded as an important way to prevent it, where spatial navigation is a crucial key. The proposed system is compared with a recent existing and thoroughly studied system using a game called Sea Hero Quest (SHQ), by analyzing spatial navigational patterns of players and their play experiences. Results show that spatial navigational patterns in both systems are highly correlated, indicating that the proposed system should be as effective as the SHQ system for the detection task. In addition, play experiences in the former are better for most investigated factors.

1 はじめに

認知症は世界的に社会問題となっており、その患者数は世界で約 5,000 万人とされている。毎年約 1,000 万人が発症し、2050 年には 1 億 5,200 万人に増加することも予想されている [1]。また、この認知症は高齢者のみの疾患ではない。早ければ 17 歳ごろから発症すると言われており、幅広い鑑別診断が必要であるが、その難易度も高い [2], [3]。さらに、認知症は症状が軽いほど、あるいは発見が早いほど回復する可能性が高いと言われており [4]。そのため、認知症の早期発見が重要である。

認知症、特にアルツハイマー病 (AD) の早期発見のために開発されたゲームは数多く存在する [5–8]。ゲームを活用することで、データの収集・管理が容易になり定期的な検査がしやすくなることや [9]、評価の過程に遊びの要素があることで評価の妥当性が高まることなどがメリットとして挙げられている [10]。

前述のゲームの中でも、ビッグデータに含まれるナビゲーションパターンと、高齢者の実験室コホートから得られたパターンを比較した分析結果 [5] から、Sea Hero Quest (SHQ) を用いたシステムが最も有望な候補であると判断した。我々の研究の主な目的は、Minecraft のような知名度と人気のあるゲームを用いて、AD の早期発見の検出浸透率を高めることである。特に、最初の神経病理学的な脳の病変から AD の最初の症状発症までの期間である前臨床 AD に焦点を当てる [11]。本研究はこの目的に向けた第一歩であり、以下に研究課題を示す。

1. 提案システムと SHQ システムのナビゲーションの結果には高い相関関係があるか。
2. 提案システムは SHQ よりも優れたプレイヤー体験を提供するか。

双方ともに良い結果が出れば、提案システムを用いて前述の目的を達成できる可能性があると言える。

また、研究仮説を以下に示す。

1. SHQ と Minecraft の移動距離に相関がある。
2. ユーザ評価にて、“楽しさ”という評価項目について Minecraft の方が優位である。

2 関連研究

2.1 AD 検出のためのゲーム

Coughlan ら [5] の研究では、空間的なナビゲーションが前臨床 AD を検出するための重要なポイントであることが示されている。ゲームにおいて空間ナビゲーションは、プレイヤーがプレイ中に移動した距離と考えることができる。この考えに基づき、前臨床 AD を検出するために SHQ が開発された。Coughlan らは、このゲームをリリースし、イギリスの 50~75 歳の健康な高齢者を代表するプレイヤーのビッグデータ ($n = 27,108$) を取得した後、APOE 遺伝子型 e3 キャリアと e4 キャリア (AD リスクは前者の 3~4 倍) のプレイ実験の結果および前述のビッグデータを照合した。その結果、SHQ は移動距離によって健康な高齢者と AD リスクの高い人を区別できることが確認されている。しかし、SHQ は前臨床 AD を検出する目的で開発されたゲームであるため、Minecraft のような一般的なゲームを用いた他システムと比較した際に、その普及率は低いと考えられる。

認知症検査用のゲームは他にも開発されている。Valldares らによる Panoramix [6] は、タブレット端末で遊べるタッチ式のゲームである。しかし、典型的な認知症テストの特徴を色濃く受け継いでおり、ゲームというよりも認知症テストの色が強く出ている。Groppell らの BrainCheck [7] は、タブレット端末や Web 上で手軽に遊ぶことができる。しかし、テスト項目に空間ナビゲーションに関する項目がないため、前臨床 AD の検出に対して期待することができない。Tarnanas らによる VR タイプのゲーム [8] も SHQ と同様に空間ナビゲーションを利用しているが、このシステムではプレイする際にプロジェクターとコントローラーが必要であるため普及率が見込めない。

2.2 Minecraft

本研究にて対象としているゲームである Minecraft は、プレイヤーに人気があるだけでなく、研究にも使用されている [12, 13]。このゲームは、立方体のブロックで構成された世界で、自由に建築や探検などを行うことができるサンドボックス型のゲームである。累計販売本数は 2 億本を超え、発売から 10 年近く経った今でも、世界で最も人気のある PC ゲームとしても知られてい

る*1. そして、プレイヤーの平均年齢は24歳であり、若い世代を中心に楽しられている*2ため、ゲームとしてのエンターテインメント性が非常に高いことが期待できる。また、ユーザーが自由に開発できる拡張パック“MOD”があることにより、ゲームシステムレベルでの改造することができる。Minecraftは多くの人に親しまれているゲームであるため、本研究のような本格的な認知症検査のために開発されたMODが普及する可能性は高いと考える。

3 提案システム

3.1 プレイ方法

Minecraftにおいてプレイヤーは自由にゲーム空間を探索し住居の建築や、酪農や高原での農業、地中での石炭や鉱物の探索などを行う。本研究ではMinecraftのプレイスタイルを可能な限り維持しつつ、SHQに似たゲーム性(図1)をデザインすることが重要である。そのため、このMODはシングルプレイであり、そのプレイ方法は以下のようになる。

まず、プレイヤーがワールド(他のゲームでステージと呼ばれる)に入ると、図2.aのように、プレイヤーの目の前に地図と看板が設置されている。地図にはスタート地点とチェックポイントの位置が表示され、それぞれに訪問順序を示す番号が付けられている。看板には、各チェックポイントでプレイヤーが入手しなければならないアイテムが1つずつ表示されている。プレイヤーは、どこに行き何を手に入れたいのかを把握した上で、そのワールドの最初のチェックポイントに移動する。

次に、チェックポイントに近づくと図2.bのように、地面がレンガ色のエリアが現れる。これがチェックポイントである。各チェックポイントには、チェストと看板が設置されており、最終チェックポイントでは図2.cのようにチェストと看板の他に作業台が置かれている(看板の数字は、現在のチェックポイントのIDを表している)。チェストを開けると、図2.dのようなポップアップが表示される。上3段がチェストの中身、下4段が獲得したアイテムを保管するインベントリと呼ばれる領域である。プレイヤーは、自分が正しいと思うアイテムを

チェストから取り出し、インベントリに移動させることでアイテムを入手する。

すべてのチェックポイントにあるチェストからアイテムを入手した後、最終チェックポイントにある作業台でクラフトを行う。本研究では、入手したアイテムを使って新しいアイテムを作ることをクラフトと呼ぶ。プレイヤーが作業台を開くと、図2.eのようなポップアップが表示される。上半分が作業台のクラフトエリアで、下半分にはインベントリが表示されている。入手したすべてのアイテムをクラフトエリアの3×3のセルのいずれかに移動させると、矢印の右側に新しいアイテムが作成される。この時、各チェックポイントで目的のアイテムを正しく入手していた場合にのみ最終アイテムが生成され、そうでない場合は異なるのアイテムが生成される。生成されたアイテムは、インベントリ内の任意のマスに移動された後、そのワールドでのプレイが終了となる。

3.2 MODとワールド

本MODは、Javaで書かれた3つのプログラムファイルと、JSON形式のレシピで構成されている。1番目のプログラムは、さまざまなデータ(プレイヤーの座標・ピッチ・ヨー、入手したアイテム、チェスト・作業台を開けたタイミング、並びにそれぞれに対するタイムスタンプ)の取得、それらの初期化、およびチェストが開かれたときの2番目のプログラム起動を担っている。2番目のプログラムの役割は、開かれたチェストの情報を取得し、どのチェックポイントのものが開けられたのかを判断することで、正しい順序でチェストが開けられているかを判断するためのものである。3番目のプログラムは、取得したすべてのデータをファイルに書き出すためのものである。レシピには、クラフトに必要なアイテムと、そのクラフト結果の情報が組み込まれており、プレイヤーによるクラフトを容易にするために使用している。

次に作成したワールドについて述べる。本システムでは、Coughlanら[5]の研究で用いられたSHQのレベル1, 2, 6, 8, 11にそれぞれ対応する5つのワールド(難易度の昇順にレベル1~5)を設計・作成した。つまり、Minecraftのあるレベルのチェックポイントの配置は、図3の通り、SHQのそれと同じように設計されたものである。

*1 <https://www.statista.com/statistics/680139/minecraft-active-players-worldwide/>

*2 <https://www.pcgamesn.com/minecraft/player-age>

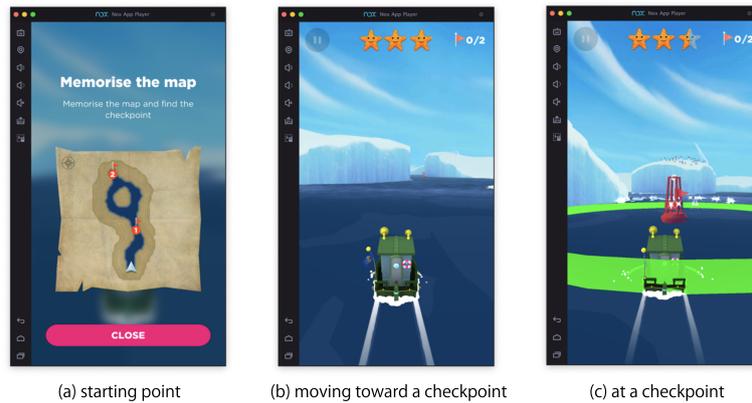


図1 SHQ プレイ時のゲーム画面



図2 MODを使用したMinecraftプレイ時のゲーム画面

4 実験

本実験の目的は、第1節の最後に挙げた2つの研究課題を調査することである。実験参加者は10名であった。年齢は20～26歳、性別は男性6名、女性4名、所属は大学生9名、社会人1名であった*3。この実験参加者数に留まったのは、本実験においてユーザ評価にて最も注目した評価項目である“楽しさ”において0.8以上の大きい効果量(表1, [14])が得られたためである。参加者を2つのグループに分け、2つのゲームをそれぞれ異なる順序でプレイしていただいた。SHQとMinecraftの全レベルのレイアウト、提案したシステムのソースコード、使用したアンケート(4.3節を参照)および各参加者

のアンケートの生データ(ただし、個人を特定できるようなものを除く)、MODのゲームプレイのデモ映像については、補足ページ*4を参照されたい。

4.1 実験環境

提案システムの普及率を高めるため、表2のように特定のチャットメッセージ(コマンドメッセージ)を送信することで、プレイヤーが個別にMODをプレイできるシステムのTwitchでの公開を予定している。本実験では、SHQとMinecraftの双方をTwitchで配信し、SHQをプレイする際には表3のようなコマンドメッセージを示した。Twitchのリアルタイムチャット機能を用いたこの操作方法では、ユーザが入力したコマンドがほぼリアルタイムで当該ゲームのキー入力またはマウス入

*3 著者らが所属する大学の研究倫理指針に基づいて作成したインフォームド・コンセントを参加者全員から得た。

*4 <https://osf.io/u5yn8/>

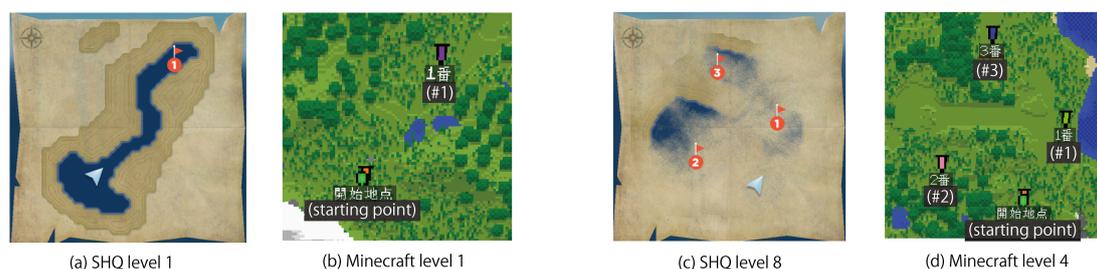


図3 SHQ と Minecraft のマップ (一部掲載)

力に変換，操作へ反映されるため，移動経路への影響が無いと考える。しかし，ストリーミングの際に SHQ のような速い反応を要するゲームに対し，Twitch はゲームの操作から画面表示までに影響が出るほどのラグがある。そのため，ラグの少ない Zoom でゲーム画面を表示し，Twitch のチャットよりコマンドを入力することで，SHQ を操作可能にした。また，公正な実験を行うために，Minecraft にも同様な操作方法を導入した。両ゲームにて記録される移動経路への影響が無いよう，実験時の SHQ と Minecraft の両ゲームにこの実験環境を適用した (図 4)。

4.2 相関関係の分析

本研究の MOD が SHQ と同じ空間ナビゲーションパターンを持っているかどうかを確認するため，SHQ と Minecraft のプレイ中に移動した距離を正規化し，それより相関係数および効果量を導き出した。Coughlan ら [5] で行われたように，各ゲームの前半 2 つのレベルはプレイヤーのトレーニング，および，プレイスキルの偏りをなくすための距離の正規化に使用する。双方のゲームとも距離の正規化は以下の式に従って行う。

$$Dist(L_i) = \frac{Dist(L_i)}{Dist(L_1) + Dist(L_2)} \quad (1)$$

ここで， $Dist(L_i)$ はプレイヤーがレベル i で移動した距離を表している。

4.3 ユーザ評価

プレイヤーの体験は，Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS) [15] に基づいて設計されたユーザアンケートに従い評価を行った。個人情報に関する質問の後，GUESS の評価項目である“ユーザビリティ・プレイアビリティ”，“没入感”，“楽しさ”，“創造性自由

度”，“個人的な満足感”についてそれぞれ 3 つの質問 (表 4) を設けた。これらの評価項目は，GUESS が元々持つ 9 つの評価項目の中から両ゲームに適用可能なものを選択し，回答時間を短縮するために各質問数は，ファクターローディングの上位 3 つに限定した。

4.4 結果と考察

表 5 は，SHQ と Minecraft の全参加者の各レベルにおける平均距離の相関関係を示している。また，被験者全体の移動距離の平均値および中央値を用いて相関を求めた結果 (図 5 と 6)，それぞれの相関係数は 0.95 および 0.96 となったことから，非常に高い相関性を示していることが分かる (表 6 [16])。この結果より，提案したシステムを用いることで，前臨床 AD の発症リスクが高い人物を検出することができる可能性があると示唆される。

次に，次に図 7 に示したように，提案システムは“没入感”では 4.2(0.4) 対 3.77(0.45)， $d = 1.02$ ，“楽しさ”では 4.17(0.64) 対 3.67(0.45)， $d = 0.91$ という有意差ありで SHQ を上回った。ここで $x(y)$ はそれぞれ平均値と標準偏差を， d は効果量を表す。有意ではなかったものの，“創造自由度”において 3.47(0.74) 対 3.03(0.28)，“個人的な満足度”において 4.2(0.56) 対 4.07(0.55) と Minecraft が上回った。また，“ユーザビリティ/プレイアビリティ”において 3.9(0.68) 対 4.03(0.69) と SHQ の方が高い値を示した。その結果，提案システムは，“ユーザビリティ/プレイアビリティ”の向上を条件に，普及という観点においては，SHQ よりも優れたプレイヤー体験を提供することができるといえる。

表 2 と 3 に示している通り，提案システムは SHQ に比べてコマンドメッセージの数が多くなっている。これがユーザビリティ・プレイアビリティの結果につながっ

表1 効果量の基準

値	効果量
$d = 0.2$	小
$d = 0.5$	中
$0.8 \leq d$	大

たと考えられる。この問題が解決できれば、本システムを使用した前臨床 AD 検出の普及率が高まると期待できる。

5 結論と今後の展望

Minecraft を用いた前臨床アルツハイマー型認知症の検出の第一歩として、Minecraft の MOD を用いたシステムを提案・開発し、そのプレイ時の移動距離と SHQ のプレイ時の移動距離を比較した。その結果、双方の移動距離には強い相関関係があることがわかり、SHQ と同様に提案したシステムが前記の目的のために利用できるという結果が得られた。実際の前臨床 AD の検出にあたっては、未検証のためどれほど影響があるか不明であるが、本来のプレイから行動が制限されていても、Minecraft は SHQ よりも優れたプレイヤー体験を提供することでできた。これは、実施したユーザ評価で用いたほぼすべての評価項目にて、特に“没入感”と“楽しさ”において有意差が結果より確認できた。また、効果量大という有望な結果も確認することができたからである。

今後の課題としては、ユーザ評価で唯一 SHQ に劣る“ユーザビリティ・プレイアビリティ”を向上させることや、Minecraft MOD を用いての移動距離のビッグデータを取得すること、現在のプレイヤーの移動距離とビッグデータ上の他のプレイヤーの移動距離を比較することでリアルタイムに診断結果を表示する機能などを追加することが挙げられる。また、移動可能範囲全体が高い壁で囲われている SHQ のように、Minecraft でも柵などで検査の対象とする範囲を囲うなど、プレイヤーが誤って範囲外に移動してしまい、誤検出が生じないようにワールドの改良が必要であると考えられる。

謝辞

有益なご指摘を賜りました査読者の方々に深く謝意を表します。なお、本研究の一部は科研費基盤研究 (C)

(課題番号：19K12291) の助成を受けて行われたものである。

参考文献

- [1] World Health Organization. Dementia, 2021 年 7 月 4 日閲覧. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>.
- [2] Brendan J Kelley, Bradley F Boeve, and Keith A Josephs. Young-onset dementia: Demographic and etiologic characteristics of 235 patients. *Archives of Neurology*, Vol. 65, No. 11, pp. 1502–1508, 2008.
- [3] 栗田主一. 若年性認知症の有病率・生活実態把握と多元的データ共有システム. Technical report, 地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター研究所, 2020.
- [4] Noora Lindgrén. Early detection of Alzheimer’s disease—Twin Study on Episodic Memory and Imaging Biomarkers of Neuroinflammation and β -Amyloid. PhD thesis, University of Turku, February 2021.
- [5] Gillian Coughlan, Antoine Coutrot, Mizanur Khondoker, Anne-Marie Minihane, Hugo Spiers, and Michael Hornberger. Toward personalized cognitive diagnostics of at-genetic-risk alzheimer’s disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 116, No. 19, pp. 9285–9292, 2019.
- [6] Sonia Valladares-Rodriguez, Manuel J Fernández-Iglesias, Luis Anido-Rifón, David Facal, Carlos Rivas-Costa, and Roberto Pérez-Rodríguez. Touchscreen games to detect cognitive impairment in senior adults. a user-interaction pilot study. *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 127, pp. 52–62, 2019.
- [7] Samantha Groppe, Karina M Soto-Ruiz, Benjamin Flores, William Dawkins, Isabella Smith, David M Eagleman, and Yael Katz. A rapid, mobile neurocognitive screening test to aid in identifying cognitive impairment and dementia (braincheck): Cohort study. *JMIR Aging*, Vol. 2, No. 1, p. e12615, 2019.

表 2 Minecraft コマンド表

概要		コマンド	概要		コマンド
基本コマンド・移動	前進/上	w	オプション	短距離移動	o
	左	a		視界操作	v
	後退/下	s		マウскарソル操作	m
	右	d	チェスト・作業台の操作	開ける	op
移動	停止	st		閉じる	cl
マウス操作	クリック	c	オプションは各コマンドのはじめにつける 例：ow, mt		

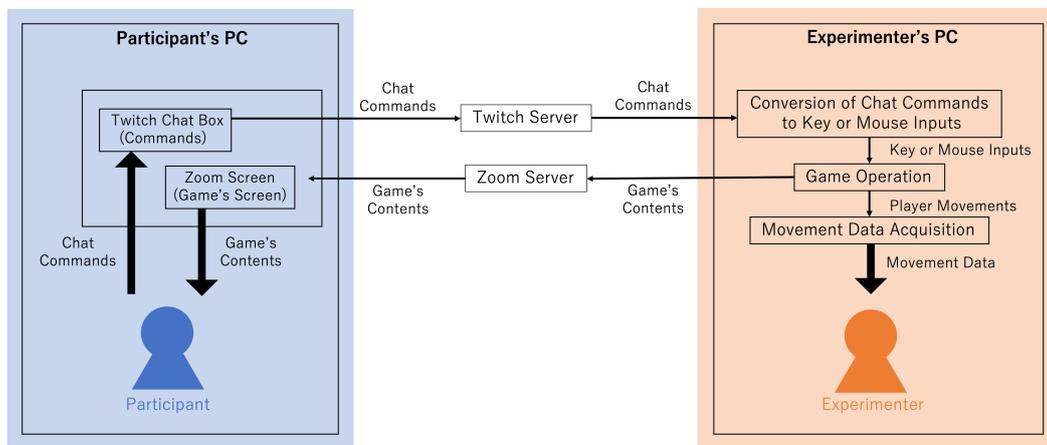


図 4 実験環境の構成図

表 3 SHQ コマンド表

概要		コマンド
プレイヤー操作コマンド	右折	d
	左折	a

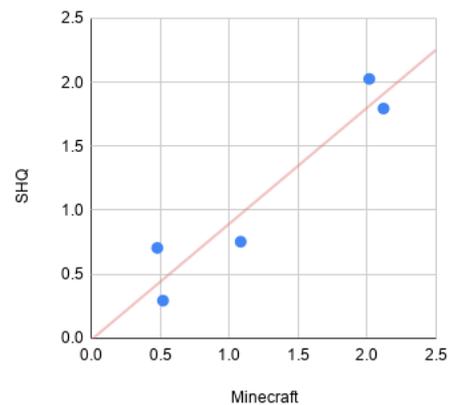


図 5 SHQ と Minecraft におけるゲーム内移動距離による平均値の相関グラフ

- [8] Ioannis Tarnanas, Nikos Laskaris, Magda Tso-laki, René Muri, Tobias Nef, and Urs P Mosi-mann. On the comparison of a novel serious game and electroencephalography biomarkers for early dementia screening. In *GeNeDis 2014. Advances in Experimental Medicine and Biology*, Vol. 821, pp. 63–77. Springer, 2015.
- [9] Andrea Wilkinson, Tiffany Tong, Atefeh Zare, Marc Kanik, and Mark Chignell. Monitoring health status in long term care through the use

of ambient technologies and serious games. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*,

表 4 各項目の質問

Factor	Questions
ユーザビリティ ・プレイアビリティ	<ul style="list-style-type: none"> ● チャットメッセージの操作によるこのゲームのプレイ方法は学びやすいと思った ● チャットメッセージの送信によるこのゲームの操作方法は直感的だと感じた ● このゲーム内の自分の課題・目標を達成する方法を常に把握できた
没入感	<ul style="list-style-type: none"> ● このゲームをプレイしている間、ゲーム以外のことから意識が切り離されたと感じた ● このゲームは、プレイしている間、周りのことが気にならなかった ● このゲームは、プレイしている間、疲れていると感じなかった
楽しさ	<ul style="list-style-type: none"> ● このゲームは面白いと思った ● このゲームをプレイすることは楽しかった ● このゲームは退屈だと感じた
創造自由度	<ul style="list-style-type: none"> ● このゲームは、想像を膨らませてくれるゲームだと感じた ● このゲームをプレイしている間、創造的になった ● このゲームは、自分が好きなように行動するのに十分な自由を与えてくれた
個人的な満足度	<ul style="list-style-type: none"> ● このゲームのプレイ中、ゲームプレイがうまくいくかどうかハラハラした ● このゲームは、ゲーム中の困難を乗り越えたとき、達成感を得た ● このゲームのプレイ中はできるだけ良いプレイがしたいと思った

表 5 各被験者の相関係数

被験者番号	性別	年齢	相関係数
1	男性	20	0.77
2	男性	26	0.78
3	男性	24	0.96
4	男性	21	0.87
5	女性	22	0.94
6	女性	20	0.39
7	女性	21	0.62
8	男性	21	0.88
9	女性	22	0.90
10	男性	23	0.75

表 6 相関係数の強度目安

値	強度
$r \leq 0.35$	弱い相関
$0.35 < r \leq 0.68$	中程度の相関
$0.68 < r \leq 1.0$	強い相関
$0.9 \leq r$	非常に強い相関

Vol. 22, No. 6, pp. 1807–1813, 2018.

[10] Pamela M Kato and Sebastiaan de Klerk. Serious games for assessment: Welcome to the jungle. *Journal of Applied Testing Technology*, Vol.

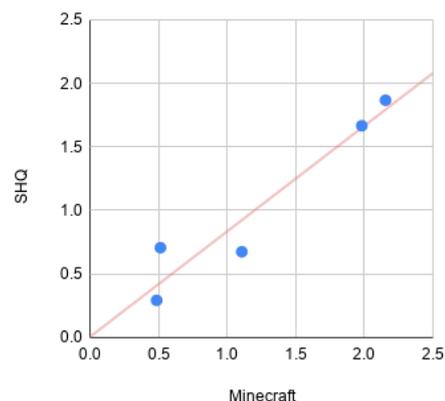


図 6 SHQ と Minecraft におけるゲーム内移動距離による中央値の相関グラフ

18 (S1), pp. 1–6, 2017.

[11] Bruno Dubois, Harald Hampel, Howard H Feldman, Philip Scheltens, Paul Aisen, Sandrine Andrieu, Hovagim Bakardjian, Habib Benali, Lars Bertram, Kaj Blennow, et al. Preclinical alzheimer’s disease: definition, natural history, and diagnostic criteria. *Alzheimer’s & Dementia*, Vol. 12, No. 3, pp. 292–323, 2016.

[12] William H Guss, Brandon Houghton, Nicholay Topin, Phillip Wang, Cayden Codel, Manuela

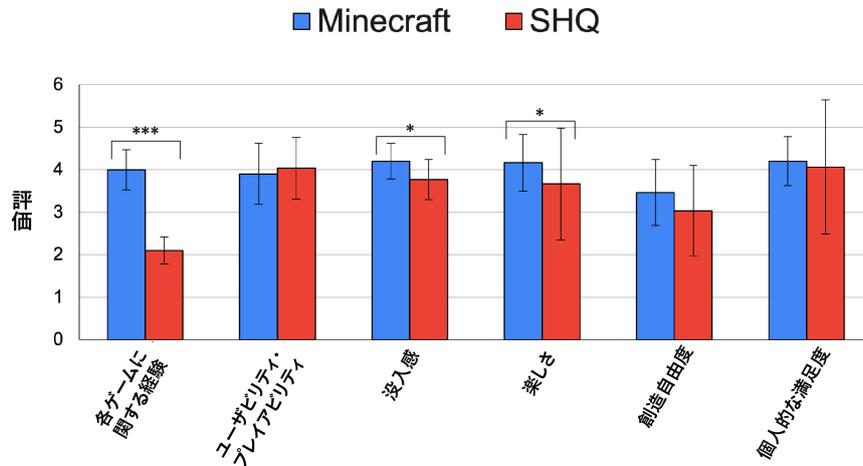


図7 アンケート結果

Veloso, and Ruslan Salakhutdinov. Minerl: A large-scale dataset of minecraft demonstrations. *Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-19)*, pp. 2442–2448, 2019.

- [13] Christoph Salge, Michael Cerny Green, Rodrigo Canaan, Filip Skwarski, Rafael Fritsch, Adrian Brightmoore, Shaofang Ye, Changxing Cao, and Julian Togelius. The AI settlement generation challenge in minecraft. *KI-Künstliche Intelligenz*, Vol. 34, No. 1, pp. 19–31, 2020.
- [14] Shinichi Nakagawa. A farewell to bonferroni: the problems of low statistical power and publication bias. *Behavioral Ecology*, Vol. 15, No. 6, pp. 1044–1045, 2004.
- [15] Mikki H Phan, Joseph R Keebler, and Barbara S Chaparro. The development and validation of the game user experience satisfaction scale (guess). *Human Factors*, Vol. 58, No. 8, pp. 1217–1247, 2016.
- [16] Richard Taylor. Interpretation of the correlation coefficient: a basic review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, Vol. 6, No. 1, pp. 35–39, 1990.

伊藤 聡子



2021年3月立命館大学情報理工学部情報理工学科卒業。現在、同大学大学院情報理工学研究科情報理工学専攻博士前期課程に在籍。ゲームを用いた認知症早期発見の研究に従事。

ターウォンマツト ラック



1994年東北大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了。博士(工学)。2004年4月より立命館大学情報理工学部知能情報学科教授。AI及びゲームによる健康促進などの研究に従事。

パリヤワン プージャーナー



2018 年立命館大学大学院情報科学研究科博士課程修了。
博士（工学）。2019 年 4 月より立命館大学総合科学技術
研究機構研究員。AI, HCI, 及びゲームによる健康促進
などの研究に従事。