

Title	ゲームにおける不確定性ダイナミクスおよび遊戯的活動の評価
Author(s)	高, 月賢
Citation	
Issue Date	2021-12
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/17597">http://hdl.handle.net/10119/17597</a>
Rights	
Description	Supervisor:飯田 弘之, 先端科学技術研究科, 博士

氏 名	GAO, Yuexian		
学 位 の 種 類	博士（情報科学）		
学 位 記 番 号	博情第 458 号		
学 位 授 与 年 月 日	令和 3 年 12 月 24 日		
論 文 題 目	Uncertainty dynamics in games and its implication to entertaining activity assessment		
論 文 審 査 委 員	主査 飯田 弘之	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	池田 心	同	教授
	Nguyen Le Minh	同	教授
	吉村 仁	静岡大学	名誉教授
	Shun-Chin Hsu	国立台湾大学	名誉教授

## 論文の内容の要旨

A scientific theory's beauty is its ability to describe a vast area of knowledge from a few basic principles and make experimentally testable predictions. Such a notion aligned with employing game to access the world of the mind and established the law of motion in mind via game-playing, which formalized by considering the game progress model.

A theoretical analysis using empirical data confirms such a model's effectiveness, where reasonable game length is determined based on the definition of a gamified experience.

The discussion underlies correlations to physics in mind and physics in the real world as established by Newton, Einstein, and Hawking et al, which profoundly change how people perceive the world and how the players relate to games.

This dissertation focuses on the uncertainty dynamics in games and its implication to analyzing entertaining activity. (1) Firstly, the human player-versus-human player rules based card game is firstly discussed, which can be competed by multiple players at the same time but can maintain the same competition for each player. This study set experiments and simulate DouDiZhu self-play. The preliminary simulation results revealed that three-player DouDiZhu is perfectly refined with sophistication, entertainment, and fairness on the measurement of game refinement at  $DouDiZhu[(3, 1, 2)(20, 17, 17)]$ . Cooperation is essential to maintain the fairness and uncertainty of both sides. (2) It then explores single-player arcade games where human players simply compete against the rules of the game and can significantly observe individual player skill improvement through practice.

Four popular arcade games are selected and analyzed as benchmark. The application scope of the theory of motion in mind is expanded by incorporating relative velocity and resultant force. A feasible scheme of potential growth rate is proposed to measure the single-agent arcade games that were unquantifiable before because these kinds of games have no definitive game length. It found jerk's dynamics would affect game's uncertainty to a great extent and is the essential factor to sustain the game's engagement. (3) Then we discuss idle games, which are not competitive and even encourage players not to participate in the progress of the game. Uncertainty is the expectation to closing the gap between income and cost in idle game domain. It also found that not only the equations of motion in mind model would help to analyze the idle games, but

also the derivatives of the functions are also able to. Motives in mind ( $E_q$ ) and predictive motion tendency ( $\rightarrow P_2$ ) are found to be the most important parameter when applied to the entertainment without much interaction. Moreover, long-term jerk was found able to maintain the freshness to the player. Synchronization can also help to maintain the engagement of the player.

From chapter to chapter, the model of motion in mind is also established, optimized its range, and evolved into a relative sophisticated shape. Taking different games and recreational activities as objects and using the construction of physical models in the mind as media, this study explores the effects of dynamic changes of uncertainty on the entertainment and attraction of games and recreational activities. Through the physical modeling of the motion in mind, this dissertation innovatively constructs the operation mode of the human mind world, provides a brand-new understanding and angle for the study of either human beings themselves or the nature of entertainment in different areas of the motion in mind model and is meaningful to establish entertainment science.

**Keyword:** *Game; Entertainment; Uncertainty; Information dynamics; Engagement; DouDiZhu; Arcade; Idle game*

## 論文審査の結果の要旨

本博士論文はゲームにおける不確定性ダイナミクスに着目することで遊戯目的の諸活動の評価法の確立を目指すものである。本研究の背景には、ニュートン力学のアナロジーとして提案されたゲーム洗練度理論 (Iida et al. 2004) および思考の世界の力学 (Iida and Khalid 2020) に基づくエンタテインメント科学の発展がある。これらの数理モデルから洗練度 (GR) など遊戯性を定量的に評価する指標が導出された。本研究は、先に提案された評価指標の有効性をより多くの分野で検証し、より発展的な指標を探索し、様々な形で提供される遊戯システムの魅力の本質的要素を明らかにするものである。最初に本研究の課題を明確に説明し、具体的な研究課題を提起し、次に当該分野の背景および類似研究について詳述し、本研究の主たる内容を展開するために必要となる数理モデルなどの準備について詳述した。

第三章では多人数カードゲームである DouDiZhu およびその多くの変種を題材として遊戯性評価を実施した。DouDiZhu は大貧民のようなカードゲームであるが、麻雀のように親と子の概念があり、子の側では生き残るために他者との協調行為が必要となる。開発した AI のシミュレーション実験を通して、多数の変種がある中で現在最も人気の DouDiZhu が GR ゾーン値をとることを明らかにした。

第四章では様々なアーケードゲームを題材としてその面白さの要素を分析した。思考の世界の力学モデルから理論的に特定される難易度のゲームは高い没入感が得られ人気を博していることを明らかにした。ゲームの報酬関数に相当する思考の世界の速度に対して、相対速度の概念を考案し、当該ゲームのポテンシャルに相当する指標となり得ることを検証した。相対速度は万能プレイヤーと当該プレイヤーの速度の差であり、ゲームにおける客観と主観の差に相当する。相対速度、すなわち、速度の差が妥当な範囲にあるとき高い没入感が得られることを明らかにした。

第五章では Idle ゲームと呼ばれる最近人気ジャンルのゲームを題材として、思考の世界の力学モデルおよび当該モデルから導出される様々な物理量を計測して分析を実施した結果、長期的視野では、驚きや斬新さあるいは予想不可能性となる加加速度が根本要素であることを特定した。

以上，本論文は，エンタテインメント科学の分野で従来の遊戯性評価法を合理的に拡張したものであり，学術的に貢献するところが大きい．よって博士（情報科学）の学位論文として十分価値あるものと認めた．