

Title	可変比率強化スケジュールに基づくゲームの心理学的側面の分析
Author(s)	XIAOHAN, KANG
Citation	
Issue Date	2023-06
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/18705">http://hdl.handle.net/10119/18705</a>
Rights	
Description	Supervisor:飯田 弘之, 先端科学技術研究科, 博士

氏名	Kang, Xiaohan		
学位の種類	博士 (情報科学)		
学位記番号	博情第 506 号		
学位授与年月日	令和 5 年 6 月 23 日		
論文題目	Using Games to Study Psychological Aspects based on Variable Ratio Reinforcement Schedule		
論文審査委員	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
	白井 清昭	同	准教授
	吉村 仁	静岡大学	名誉教授
	Bing Han	西安电子科技大学	教授

### 論文の内容の要旨

The Japanese proverb “好きこそ物の上手なれ” means “What one likes, one will do well.” Arnold J. Toynbee referred to a related issue when he said: “The supreme accomplishment is to blur the line between work and play”. Gamification is the strategic attempt to enhance systems, services, organizations, and activities by creating similar experiences to those experienced when playing games. Reward mechanisms are the most important part of this, with studies in animals showing that reward is associated with the activation of multiple dopamine systems and the orbitofrontal cortex. Unlike animals, humans are adept at predicting how reward signals will occur, so the uncertainty associated with reward mechanisms is even more difficult for humans to control. Uncertainty about not getting a reward causes people to produce more dopamine and thus more pleasure, which leads to a more robust reinforcement of the player feedback mechanism. This effect of reward uncertainty has been suggested to explain why humans are attracted to gambling and games of chance. However, it is difficult to quantify this pleasure and feeling based on this uncertainty, making it difficult to apply it precisely to reward mechanisms in various fields such as gaming, education and business.

An important question that needs to be answered is how to effectively increase the comfort and motivation of players in a way that can be maintained over time. In order to accomplish this objective, it is necessary to investigate the player’s psychology and quantify the motions in mind. In the past, researchers have been able to successfully develop a model of motion in mind that is based on the motor actions that take place during play. However, additional research is required to find generalizable patterns for it.

This dissertation proposes a player satisfaction model that has been validated based primarily on variable ratio schedules with the definition of velocity in motion in mind model. It proposes to view gaming as a learning process, where players master the rules of the game by learning and adapting. The reward frequency variable is proposed in terms of the unpredictability of rewards in terms of acceleration or ‘gravity’ in the mind, analogous to the acceleration of gravity on the earth. The model establishes a relationship between the effort a player must make and the level of challenge of the game and calculates the gravity associated with various games as they evolve throughout history. The difference between

intuitive and real likelihood, expressed by the positive energy differential, was discovered to be the source of player incentive. This dissertation examines how game refinement theory and the motion-in-mind model can be used to analyze energy changes and energy flows between games and players. Additionally, it proposes a new approach to unlock the harmonious relationship that exists between the game and the player by balancing the weights of player satisfaction and pleasure. The primary focus of the analysis is on applications not only in games but also in non-gaming domains such as autopilot and addiction, both of which are highly driven by the subjectivity of the player.

*Keyword: game uncertainty, player psychology, game refinement theory, schedules of reinforcement, motion in mind*

### 論文審査の結果の要旨

本博士論文は、強化学習における変動型強化スケジュールの頻度に着目することでゲームの心理学的な側面を探求した。本研究では、位置の時間変位を速度として定義するニュートン力学に対し、ゲーム情報の時間変位を速度として、つまり、変動型強化スケジュールで報酬を受ける頻度  $N$  に対し、速度  $v=1/N$  と解釈することで、ゲーム洗練度理論から思考の世界の力学 (motion in mind) へ発展させた。さらに、物事の質量を  $m+v=1$  として定義し、運動量や位置エネルギーなど、ニュートン力学に対応する物理量を導入し、ゲームにおけるプレイヤ体験の心理学的な側面を考察した。一例として、位置エネルギーに相当する強化エネルギーの概念を提案し、強化の観点からプレイヤがゲームに惹かれる度合いの指標として適用した。この値の大小に応じてプレイヤの没入感が強くなるという仮説を立て、様々なゲームから実データを収集し当該仮説の検証を試みた。特に、思考の世界の力学における運動量とフォースの等価関係に着目し「プレイヤ満足度モデル」を構築し、遊びの重力 (gravity of play) の概念とその指標を導出した。その指標を適用して、伝統的な思考ゲームの囲碁やチェスを題材として千年以上のスパンでの進化論的変遷を考察した。その結果、紀元前では遊びの重力 (スリル体験の度合い) が減少する方向で進化したのに対し、紀元後は逆に増大する方向で進化したことを解き明かした (第3章)。これらの結果は、情報科学と文化 (遊戯史) の学際的研究として高く評価され IEEE Access 誌に掲載されプレスリリースの対象となった。これらの研究結果をベースとして、確率的なゲームにおけるプレイヤとゲームの関係 (第4章)、また、自動運転文脈でのドライバの振る舞いの分類などの応用事例 (第5章) を考察し、それらの結果を国際ジャーナルで発表した。本研究での多岐にわたる独創的な取り組みは当該分野を発展させる先駆的業績と言える。公聴会ではこれらの研究成果を示した後、審査員等からの質問に的確に回答した。

以上、本博士論文は、ゲーム情報学と心理学 (強化学習理論と強化スケジュール) の架け橋となり得るプレイヤ満足度モデルを提案し、自動運転等における応用例を論じたものであり、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。