

ゲーミフィケーションの土木計画への 適用可能性に関する文献調査

倉内 文孝¹・東 善朗²

¹ 正会員 岐阜大学教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp (Corresponding Author)

² 正会員 (一社) Do It Yourself 代表理事/岐阜大学客員准教授 工学部社会基盤工学科

E-mail: azuma@do-it-yourself2014.com

近年、ゲームの要素をゲーム以外の文脈で活用すること、すなわちゲーミフィケーションが注目されている。土木計画学的な領域で考えると、ゲーム要素をうまく活用することによって、社会的に望ましい行動を促進させることへの活用が期待される。一方で、ポイントやランキングなどのゲーム要素を取り入れさえすればゲーミフィケーションであるといった認識も多く、ゲーミフィケーションの定義や要件、デザイン手法などに関して共通の認識を持っていない。本論文では、ゲーミフィケーションに関する様々な既往論文を調査し、ゲーミフィケーションの定義、ゲームのデザイン手法、ゲーミフィケーションの評価方法などを整理するとともに、ゲーミフィケーションのもたらす効果について行動心理学に沿って議論されている内容をまとめる。さらに、土木計画における事例調査を踏まえ、ゲーミフィケーションの土木計画への適用可能性を議論する。

Key Words: Gamification, MDA design, Game Design Heuristics, Self Determination Theory

1. はじめに：なぜゲーミフィケーションか

「ファミ通ゲーム白書 2021」¹⁾によれば、2020年の我が国のゲーム人口は 5,273 万人と推計されている。これは、全人口（2020年国勢調査）1億 2623 万人の 41%、母集団を 5～59 歳の 7,730 万人とすれば 68%がゲームに慣れ親しんでいるといえる。なお、ゲームは、コンピューターやスマートフォン、あるいは専用機によるものに限られるものではない。古くは、トランプ、花札、麻雀など様々な形でゲームは浸透している。また、相手と対面しない電子機器を介するゲームにおいても、プレイヤーのアクションに応じて異なる結果を応答することが可能である。これは、新聞、映画、TV などの片方向の情報提供手段と異なり、リアルタイム性を持ちつつ、プレイヤーとの双方向のコミュニケーションが可能というゲームの特徴である。したがって、ゲームを単に「娯楽」ではなく、「情報提供」や「意識づけ」、「コミュニケーション」の有力な手段として捉えることができる。このような背景の元、本論文ではゲームの要素を用いたアプローチをゲーミフィケーションと称し、土木計画の分野への適用に関する展望を整理したい。

本論文は、以下のように構成されている。まず、2.においては、本研究で取り扱うゲーム要素の活用、すなわち「ゲーミフィケーション」について、その定義を試みる。ゲーミフィケーションは近年多くの文脈で使用されているが、それぞれの意味するところが微妙に異なっている。本研究では、ゲーミフィケーションをより広義な概念として再定義する。続いて、3.では、ゲームデザインの手法について、MDA アプローチに関してとりまとめ、4.では、ゲームデザインの評価手法である Octalysis およびゲームデザインヒューリスティクスを紹介する。また、5.では、ゲーミフィケーションに期待される効果を既存の行動心理学的アプローチを通じて整理した一連の研究をレビューする。さらに、6.では、ゲームデザインにおけるエッセティクスと行動心理学で議論されている説得的技術の関連性を整理することで、ゲーミフィケーションに期待される行動変容促進への効果をまとめる。7.においては、土木計画へのゲーミフィケーションの活用に関する事例をいくつか参照しその効果についてまとめる。最後に、8.において本研究の成果をまとめるとともに、今後の土木計画へのゲーミフィケーションの活用可能性を論じる。

2. ゲーミフィケーションの定義

(1) ゲーム的であるとは

「ゲーム」という単語をデジタル大辞泉²⁾で調べると、「遊びごと、遊戯」、「競技・試合・勝負」などとある。したがって、「ゲーム的である」とは、遊び、遊戯などの楽しさを含むこと、あるいは何らかのルールに則り、競争、勝負をすることと読み取れる。なお、マクゴニカル³⁾や藤本⁴⁾は、すべてのゲームは以下のような共通する要素を持つと結論づけている。

- ・ 競争や運、模倣、非日常性といった遊びの要素を土台とする。
- ・ 日常生活の文脈とは異なるゴールとルールに規定され、参加者の起こした行動や判断に対し、その成否や優劣の結果が可視化されてフィードバックされるという性質を持つ。
- ・ 参加者は強制されず自発的な意思で活動に参加する。

(2) ゲームとプレイ

「ゲーム」と類似した言葉として、「プレイ」がある。「プレイ」は、「遊ぶこと、遊技」、「競技すること、競技」、「演劇、芝居」、「演奏」とあり⁵⁾、この記述から見れば、プレイはゲームの内容を包含しつつ、演劇、演奏といったより広い範囲を指す用語に見える。一方で、学術的にはゲームとプレイを厳密に分類したものがあ**る**。Flath⁶⁾によれば、プレイは、構造化されていない活動であり、「プレイ」しているときに、子供たちは勝手気ままに様々な創造的行動を行う。すなわち、プレイは、ルールやゴールがなく、純粋な遊びを指すといえる。一方で、「ゲーム」は、最低限のルールが設定され、そのルールの下で何らかのゴールを目指して競いあったり協力したりするものである。したがって、上記のマクゴニカル、藤本の定義する「ゲーム的である」ためには、何らかのルールに従ってゴールが設定されている必要がある。

(3) Deterding et al.⁷⁾による狭義のゲーミフィケーション

ゲーミフィケーションを定義するにあたっては、しばしば Deterding et al. の提案したものが引用される。この論文では、様々なゲームの種類を整理した上で以下のように定義している。

the use of game design elements in non-game contexts.

すなわち、「ゲームの要素をゲーム以外の文脈で活用すること」がゲーミフィケーションである。この定義を(2)で示したゲームの定義と照らし合わせて考えると、「何らかのルール、ゴールに規定されたゲームをゲーム以外の文脈で活用する」ことになり、「プレイ」の要素が排除された定義となっている。ゲーミフィケーションと「プレイ」の関係性を整理するために、様々なゲーム



図1 「ゲーミフィケーション」の立ち位置 (Deterding et al.⁷⁾の Figure 2 を著者が和訳)

の種類、プレイとゲーミフィケーションの関係を、Deterding et al.⁷⁾の示した「ゲーミフィケーションの立ち位置」の図を用いて考察していきたい。

(4) ゲーミフィケーションの立ち位置⁷⁾

図1が Deterding et al.⁷⁾により様々なゲームの種類とゲーミフィケーションの関係を示したものである。この図を詳しく見ていくことでゲームに関連する概念の全体像把握を試みる。

まず、上半分が「ゲームの活用」と位置づけられており、また左側に「本格ゲーム」、つまりゲームを遊ぶことが主たる目的となっているものが、右側に「ゲームの要素」、つまりゲームを遊ぶことが本当の目的ではなく、ゲームのもつ技術や要素を活用するものが整理されている。次に、「本格ゲーム」の中でも、ここでは「シリアスゲーム」のみを対象としている。日本語で「シリアス」というと、「重大、深刻」といった意味で捉えられることが多いが、元来「serious」には、「まじめな」という意味もあり、シリアスゲームとは、「純粋な娯楽目的ではなく、真面目なゴールが設定されたゲーム」と定義できる。例えば、魅力的な都市構築をめざす SimCity^{TM8)}もその一種であるといえるし、その他より正面から社会課

題に向き合うものとして、様々な災害から命を守る **Stop Disasters**⁹⁾などもこれに該当する。次に、上段右側には、「ゲーム要素 (の活用)」が位置づけられており、その中には「ゲーム技術」、「ゲームフルなデザイン (ゲーミフィケーション)」、「ゲーム実践」の3つがある。なお、文献7)では、ゲーミフィケーション以外の詳細説明がないため、推察の域を出ないが、一般に「ゲーム技術」とは、ゲームのために開発される技術といえ、例えばユーザーインターフェイスや操作のためのジェスチャー認識や顔認識、ウェアラブルデバイスなど様々なものを指す。また、「ゲーム実践」は、「シリアスゲーミング」と記載されていることもあることより、シリアスゲームを実践する、という意味であろう。いずれにせよ、この四角には、ゲームの一部の要素のみを取り出し活用することが列挙されており、前述のゲーミフィケーションもここに含まれている。

さらに、左下には、「ゲームの(現実側への)拡張」とし、「パーベイシブゲーム」を配置している。これらが「ゲームの活用」の外に位置づけられている理由は不明であるが、パーベイシブ (pervasive) は、「浸透した、普及した」ことを意味しており、パーベイシブゲームとは、「現実世界にゲームのフィールドが浸透し分離できないようなゲーム」と定義できる。そのため、この四角に含まれる要素として、Augmented Reality 技術を活用した「拡張現実ゲーム」、位置情報を活用し物理的位置とゲームの内容を関係づける「位置情報ゲーム」、サイバースペースでのロールプレイングゲーム、イベントなどを開催しプレイヤーが物理的に集結する「ライブRPG」などが位置づけられている。つまり、「ゲームの拡張」に位置づけられているものには、「本格ゲーム」ではないが、現実社会との関係性を意識し何らかの工夫を施したものである。

最後に、右下の黄緑の四角に「遊びに満ちた相互作用 (Playful Interaction)」があり、その他と区別されている。先に示した「プレイ」に位置づけられるものであり、ルールや競争の要素が排除された純粋な「遊び」に属する。例えば、「積み木」、「ブロック」などのような遊び方にルールのない玩具を用いて遊ぶことがここに含まれる。なお、このようなツールを用いつつ、社会課題に取り組むプレイも存在しており、それらは一般にシリアスプレイと呼ばれる。なかでも、レゴ®ブロック®を活用し、ブロックにより自分の考えを表現しつつ他の人たちとの意見交換をワークショップ形式で行うレゴ®シリアスプレイ®は、近年多くの企業の研修などに活用されており¹⁰⁾、また、まちづくりの文脈で地域課題を「自分ごと化」するツールとしての活用を提案するものもある¹¹⁾。

最後に、最下段に「遊戯の文化」という文言が入っている。この言葉は、Huizinga¹²⁾が定義した「プレイ (遊

戯)」の定義に基づくものであり、その定義の中では、プレイは、自由意思の活動 (voluntary activity) であり、日常生活あるいは現実世界から分離されているものとされている¹²⁾。すなわち、ゲーム要素を現実社会に取り入れるゲーミフィケーションと、Huizinga の定義するプレイとは相容れず、図1の中で不整合が生じているように思われる。

(5) サービスマーケティングからのゲーミフィケーションの定義

ここまでは、Deterding et al.⁷⁾について詳しく考察したが、一方でHuotari and Hamari¹³⁾は、ゲーミフィケーションをサービスマーケティングの文脈で整理しており、この文献では、

a process of enhancing a service with affordances for gameful experiences in order to support users' overall value creation,

すなわち、「利用者の価値創造を支援するためにゲームに満ちたアフォーダンスによりサービスを強化するプロセス」と定義している。アフォーダンスとは、直訳すれば「意味」となるが、一般には、「物体と行為者間の実行可能な特性¹⁴⁾」と定義される。つまり、ゲーミフィケーションとは、ゲームに満ちたデザインを採用することでアフォーダンスを高め、結果として利用者に新たな価値創造を提供するものと定義しており、ゲーム要素の活用により強化された動機付けのアフォーダンス (motivational affordance) により、心理的な成果や行動的な成果が実現する。ゲーミフィケーションを目的達成のための手段ではなく、目的、ゴールと捉えている。

(6) 土木計画への活用を見据えたゲーミフィケーションの定義

(4)では、文献7)に従い、ゲーミフィケーションの立ち位置を考察した。その中では、Deterding et al.⁷⁾の定義ではゲーミフィケーションの範疇に含まれないが、土木計画の文脈では十分効果的なものもあった。例えば、シリアスゲームである **Stop Disasters** やレゴ®シリアスプレイ®, 他にも桃太郎電鉄と東武鉄道がコラボし本年8月1日～10月31日まで実施されている「国民的まち遊び!リアル桃太郎電鉄～東武鉄道の旅 2022～」¹⁵⁾はパーベイシブゲームと位置づけることができ、多くの方に沿線に目を向けていただくことを企図したまちづくりの一環とも位置づけられる。したがって、文献7)におけるゲーミフィケーションの定義は、我々が活用できるゲーミフィケーションの活用、という観点からは対象とする範囲が小さすぎるといえる。したがって、図1に含まれるすべての要素は、遊び的な要素を現実の課題に取り入れる際の課題といえ、すべてのアイデアは有用となる可能性を秘めている。このことから、本稿ではこのような必ずしもル

ールやゴールが設定されない方法, さらにはシリアスゲーム, シリアスプレイも包含し, 「ゲーム」と「プレイ」の要素を含めた概念として, 広義のゲーミフィケーションを定義することとし議論を深めることとする。

3. ゲームのデザイン手法

(1) MDA フレームワーク

ゲームデザインにおいては, しばし Hunicke et al.¹⁶⁾が提案した, MDA フレームワークを活用することが多い。MDA とは, メカニクス (Mechanics), ダイナミクス (Dynamics), エスセティクス (Aesthetics) を意味し, それぞれの示す内容は以下の通りである。

メカニクス: ゲームの特定の構成要素

ダイナミクス: メカニクスを適切に配置し, 魅力的なゲームシステムを構築するプロセス

エスセティクス: プレイヤーが感じる感情的反応

MDA フレームワークでは, ゲームを手段というよりは, 加工品と捉える。つまり, ゲームはプレイヤーに向かって情報提供する手段ではなく, ゲームの振る舞いと考える。特に, ゲームにおいてはプレイヤーとの双方向の関係によりシステムとして機能するのである。

a) エスセティクス

ゲームによりどのような楽しみが得られるのであろうか。それを表現したものがエスセティクス (美意識, 美的感覚) である。エスセティクスにおける感情は, 以下の 8 つに分類される。

- Sensation (衝撃) : 衝撃的体験を楽しむ
- Fantasy (幻想世界) : 非現実な世界
- Narrative (物語, ドラマ) : プレイヤーを引きつけるものがたり
- Challenge (挑戦) : 困難な課題へ立ち向かう
- Fellowship (友情, 社会的フレームワーク) : プレイヤーが主体となるコミュニティ
- Discovery (発見) : ゲームの世界を探検する
- Expression (表現, 主張) : 自分自身をアバターなどで表現する
- Submission (服従) : 様々な制約にもかかわらずゲームにのめり込む

それぞれのゲームをプレイすることで得られる感情を上記の 8 つの視点から整理すれば, それぞれのゲームがどのような特性を持っているのかわかる。

b) メカニクス

メカニクスとは, ゲームの中でプレイヤーが実施できる様々なアクションやルールを表す。例えば, カードゲームのメカニクスは, シャッフル, トリック, ベットなどとなる。詳細は, (2) で示す。

表 1 ゲームの要素

名称	内容
ポイント	何らかの活動により得られるもの
バッジ	何らかの目標を達成したときに付与されるもの
リーダーボード	様々な視点での上位記録者のリスト
プログレス	進捗
チャレンジ	挑戦, 実現が難しい目標の提示
レベル	プレイヤーの習熟度
リワード	ポイントと引き換えに入手できる報償
タスクアンロック	途中でできること (タスク) がロック解除されること
チームプレイ	チームで協力して目標が達成できる
時間制限	チャレンジやバッジ獲得に一定の時間制約がある
ストーリーライン	物語
ソーシャルネットワークワーキング	SNS などにより社会, メンバーと連動している
仮想グッズ	ゲーム内でものを集めることができる
振り返り	今までのゲーム履歴を確認できる

c) ダイナミクス

ダイナミクスは, ゲームのメカニクスを適切に選択・組み合わせ, プレイヤーに価値のある感情を提供するしくみ (システム) を作り出すことである。

(2) ゲームの要素 (メカニクス)

ゲームを構成する要素は数多くあり, 例えば, 「ゲームメカニクス大全¹⁷⁾」には様々な著名なゲームに活用されているメカニクスが網羅的に紹介されている。一方で, ゲーミフィケーションという文脈で考える場合, まずは基本的な要素をおさえることが重要と考え, Khalil et al.¹⁸⁾が整理したものを紹介するにとどめる。Khalil et al. では, MOOC (Massive Open Online Course, 大規模公開オンライン講座) を対象とし, 文献レビューによりゲーミフィケーションの構成要素を整理している。ここでは, 複数の文献で採用されている要素を中心に類似している概念を整理した上で表 1 に示す。なお, 上位 3 つは, ゲームの PBL (Point, Badge, Leaderboard) と呼ばれており, ほぼすべてのゲームにおいて実装されている要素である。その他, 自身の成長が確認できる工夫である「プログレス」や「タスクアンロック」, やる気を起こさせる「チャレンジ」やその報酬である「リワード」, 「仮想グッズ」, 他者との関係性を強化する「チームプレイ」や「ソーシャルネットワークワーキング」など, 様々なゲームの要素を組み合わせ, エスセティクスとの関係性を整理しながらゲームのデザインを進めていく必要があるといえる。また, Miller et al.¹⁹⁾は, 慢性疾患のマネジメントのためのゲーミフィケーションの活用において, これらに加えてチャレンジ, ソーシャルネットワークワーキングが内発的動機付けを広げるために重要であると指摘している。

4. ゲームデザインの評価

ゲーミフィケーションの普及をうけ、ゲームデザインを評価するような取り組みも複数行われており、Tondello and Kappen²⁰⁾において整理されている。ここでは、ゲームのメカニズムを体系的に整理している Yu-kai Chou による Octalysis²¹⁾、および Octalysis を含め、多くのゲーム評価手法を統合した上で提案された Tondello and Kappen²⁰⁾ によるゲームデザインのヒューリスティクス評価について説明する。

(1) Octalysis²¹⁾

Octalysis とは、Yu-kai Chou により提案されたゲーミフィケーションをデザインするためのフレームワークであり、以下の 8 つの主要なドライブ (推進力) から評価するものである。また、それぞれのドライブに関連したメカニクスも整理されており、ゲームをデザインする際に参考になる。

a) Epic Meaning & Calling (叙事的意味と使命)

プレイヤーが自分自身より重要なことを行っていると信じること、あるいは自身がその行動をする「選ばれし者」であると感じること。例えば、Wikipedia に書き込みをしている人は、「人類の叡智」を守るといった壮大な意義づけをもって自発的に行っている。

メカニクス: Narrative (ものがたり), Elitism (エリート主義), Humanity Hero (正義の味方), ビギナーズブラックなど

b) Development & Accomplishment (発展と達成)

プレイを通じて進化し、スキルを向上させ、最終的にチャレンジを達成すること。ここで、「チャレンジ (挑戦)」という言葉が重要であり、何らかのチャレンジの結果得られるトロフィーやバッジが大事である。ゲームデザインの中で最も実装が容易であり、多くのゲームにおいて PBL により実装されている。

メカニクス: バッジ, リーダーボード, プロGRESSバーなど

c) Empowerment of Creativity & Feedback (創造性の譲渡とフィードバック)

プレイヤーが何らかの創造的プロセスを行うことができ、試行錯誤などによって新しい知見が得られること。また、その結果が後で確認できるようにフィードバックされることも重要である。特に、利用者がゲームの中で創造性を発揮することができるように適切にゲームをデザインすることができれば、ゲームデザイナーが手を入れなくてもゲームが永続的に機能することができる。

メカニクス: Milestone Unlock (マイルストーンアンロック), Booster (ブースター) など

d) Ownership & Possession (所有と占有)

ゲーム上で何らかを所有したりあるいは占有したりすることができること。実際の富だけでなく、ゲーム上の

仮想の通貨や仮想グッズを所有する形でもよい。また、自身のアバターをカスタマイズすることができれば、同様の効果が期待できる。

メカニクス: 交換可能なポイント, 仮想グッズ, アバターなど

e) Social Influence & Relatedness (社会的影響と関連性)

人々に動機付けを与える様々な社会的要素をさす。例えば、社会的需要、社会的フィードバック、帰属意識に加え、競争心や嫉妬心もこれに含まれる。もし友人が何らかの特筆すべきスキルを身につけていたり、レアグッズを持っていると、自分もそれを取得したくなるという感情が生まれる。

メカニクス: Group Quests (団体クエスト), Gifting (贈与) など

f) Scarcity & Impatience (希少性と焦慮)

人々は、それが稀少であったりすぐになくなってしまふものであれば欲しくなること。多くのゲームにおいて時間限定でのイベントなどが実施されていることもこれに基づく。また、一部の SNS でまずは招待者だけが利用可能とするのは、このドライブを活用したものと見える。

メカニクス: Appointment Dynamics (日付・時間限定), Dangling (ちらつかせ), カウントダウンタイマーなど

g) Unpredictability & Curiosity (予測不可能性と好奇心)

次に何が起こるか分からないことが継続的なゲームへの参加を促す。人がギャンブルにのめり込む典型的なドライブである。また、人々が映画や小説を楽しむのもこのドライブがゆえといえる。

メカニクス: Glowing Choice (選択肢の誘導), Rolling Rewards (ランダムな報酬) など

h) Loss & Avoidance (損失と回避)

このドライブは、負の影響が発生することを回避するものである。例えば、ここでゲームをやめてしまうと今までの努力が水泡に帰する、といった感情。

メカニクス: Rightful Heritage (正当な財産の没収), Evanescence Opportunity (つかの間のチャンス) など

(2) ゲームデザインのヒューリスティクス評価²⁰⁾

Tondello and Kappen は、Octalysis²¹⁾、HEXAD²²⁾、MDL²³⁾ など 6 つのゲームデザイン評価手法をレビューした上で、それらを統合し、内発的動機付けのための 14 のヒューリスティクス、外発的動機付けの 5 のヒューリスティクス、そして文脈依存の 7 のヒューリスティクスの合計 28 のゲームフルなデザインピックについてのガイドラインのヒューリスティクスが示されている。表 2 に Octalysis の分類と関係づけつつ整理した。多くの項目は Octalysis と類似していることが確認できるが、Immersion と Change and Disruption は他のデザイン手法より持ち込まれている。Immersion (没頭) は、Epic Meaning & Calling にも深く関係すると思われるが、より魅力的で没頭したくなるような物語を作り上げ、かつその一部に利用者が関

表 2 28 のゲームデザインヒューリスティクス²⁰⁾

内発的動機付けヒューリスティクス	
Epic Meaning & Calling (叙事的意味と使命)	
I1 Meaning	ユーザーに意味ある貢献が存在することを示す.
I2 Information and Reflection	ユーザーに情報を提供し、改善のための機会を与えること.
Development & Accomplishment (発展と達成)	
I3 Increasing Challenge	ユーザースキルを向上させるチャレンジを提供する.
I4 Onboarding	新参者にゲームの遊び方を理解できる初期チャレンジを準備する.
I5 Self-challenge	ユーザーが自分たちで新しいチャレンジを見つけたり、作り出したりすることができる.
I6 Progressive Goals	利用者に次の実行可能なゴールを提供する.
I7 Achievement	利用者が、現在までに達成した成果などをいつでも確認できる.
Empowerment of Creativity & Feedback (創造性の譲渡とフィードバック)	
I8 Choice	利用者に対して、実施可能な選択肢が示されており、かつそれぞれのユーザーの能力に応じて選択肢が限定されている.
I9 Self-expression	利用者が自分自身を表現できる.
I10 Freedom	利用者は、恐れや深刻な帰結なく異なる行動を探索することができる.
Social Influence & Relatedness (社会的影響と関連性)	
I11 Social Interaction	利用者は、社会とつながり対話できる.
I12 Social Cooperation	利用者は共通のゴールのために協力可能である.
I13 Social Competition	利用者は、他者と比較し競争することができる.
I14 Fairness	利用者全員が同様の成功の機会を持っており、新参者も楽しむことができる.
Immersion (没頭) : <i>Octalysis</i> にはない	
I15 Narrative	利用者に没頭できる物語を提供する.
I16 Perceived Fun	利用者が物語の一部に関係することができる.

外発的動機付けヒューリスティクス	
Ownership & Possession (所有と占有)	
E1 Ownership	利用者が、時間経過とともに獲得した仮想グッズや個人プロフィールを確認できる.
E2 Rewards	利用者は継続的にシステムを利用することで報酬を受けることができる.
E3 Virtual Economy	利用者は努力の結果得られる報酬を他のものに交換できる.
Scarcity & Impatience (希少性と焦慮)	
E4 Scarcity	利用者に、貴重、あるいは獲得しづらい報酬が提供されている.
Loss & Avoidance (損失と回避)	
E5 Loss Avoidance	利用者がすぐに対応しなければ損失が生じる恐れがあるような緊急事態を創造する.

文脈依存のヒューリスティクス	
Empowerment of Creativity & Feedback (創造性の譲渡とフィードバック)	
C1 Clear and Immediate Feedback	利用者に達成したチャレンジの結果をわかりやすい形で知らしめること.
C2 Actionable Feedback	利用者は、次に実施可能な行動を知ることができる.
C3 Grasable Progress	フィードバックにより利用者が現在の位置を理解し今後の改善の方向を認識している.
Unpredictability & Curiosity (予測不可能性と好奇心)	
C4 Varied Challenges	利用者に提供されるチャレンジやタスクが想定外に変更される.
C5 Varied Rewards	利用者に提供される報酬が想定外に変更される.
Change & Disruption (変化と破壊) : <i>Octalysis</i> にはない	
C6 Innovation	利用者からシステム改善のためのアイデアや内容、修正などの提案を受け付ける.
C7 Disruption Control	システムは利用者からのごまかしや不正行為などの操作から防御されている.

係することを求めている。また、Change and Disruption (変化と破壊) は、Empowerment of Creativity & Feedback と関係するが、システムの変更などに関して利用者が関与できることと、システムの中で不正が行われないように処理することを求めているものである。

筆者のレビューの限りでいえば、Tondello and Kappen によるゲームデザイン評価が他の方法を包含した統合的なものであるといえる。また、Octalysis では、デザイン手法とメカニクスの関係性を整理している。この二つを統合させることで、メカニクスとゲームデザインに求められるドライブを関連付けることが可能となる。

5. 行動変容に至る心理的メカニズムに関する理論フレーム

ここまでは、ゲームデザインの手法やゲームの評価方法について整理した。ゲーム (プレイも含めて) が人を引きつけていることは議論の余地はなく、その理論的背景について深い議論、考察をせずゲーミフィケーションの実施に主眼を置いた論文も多いが、より効果的なゲームデザインのあり方を議論するにあたり、その効果の発現するメカニズムについて、心理学等の知見を援用し整理しておくことが重要である。ゲーミフィケーションを活用する意図は、今まで行っていない何らかの行動を実

動機付け のタイプ	動機付けなし Amotivation	外発的動機付け Extrinsic Motivation				内発的動機付け Intrinsic Motivation
制御の タイプ	制御なし Non-regulation	外的制御 External	導入制御 Introjected	顕在制御 Identified	統合制御 Integrated	内発的制御 Intrinsic
行動の質	非自己決定 (Nonself-determined)				自己決定 (Self-determined)	

図2 動機付け、制御のタイプについての自己決定の連続領域 (Ryan and Deci¹⁶⁾の Figure 1.1 を筆者が和訳)

施するようになることであり、例えば健康的な行動、勉強、環境に優しい行動などになる。したがって、主たる興味は行動変容であり、ゲーミフィケーションの効果は、動機付け理論、中でも自己決定理論 (Self Determination Theory) により説明し、そして、プレイヤーの心理的な変化については多理論統合モデル (Transtheoretical Model)、さらに効果的なゲームデザインの効果やその設計に対しては、説得的技術 (Persuasive Technology) を援用することが多い。本章ではこれら関連する理論フレームについて整理しておく。

(1) 動機付け理論 (Motivation Theory)

当然ながら動機付けの方法はゲームに限定されるものではない。例えば、何らかのインセンティブを与え、行動変化を促す方法、あるいはその逆に罰 (punishment) を与える方法もある。このような介入 (interventiv) の効果を計測するための理論的フレームワークとして、動機付け理論 (motivation theory) がある。Khalil et al¹⁸⁾によれば、動機付けに関する5つの主な理論は以下の通りである。

- 1) Expectancy-value theory (期待値理論) : 動機をあるタスクを達成するときを得られるであろう効果の認識値と成功確率に関する信念により構成されるものとする理論
- 2) Social-cognitive theory (社会認知理論) : 動機は自己効力感 (self-efficacy)、つまり個人が十分対応可能であるという信念に基づくものとする理論
- 3) Goal orientation theory (目標指向型理論) : タスクの達成にこだわり行動を起こすことを前提とする理論
- 4) Self-determination theory (自己決定理論) : 動機は個人の有能さ (competence)、自律性 (autonomy) そして他者との関係性 (relatedness) に関連するとする理論。内発的動機付けへと至るまでの道筋を探求する理論
- 5) 帰属理論 (attribution theory) : 成功や失敗の原因の帰属を考える理論

ここでは、ゲーミフィケーションを分析する際に多用される自己決定論について説明する。

(2) 自己決定論 (Self Determination Theory) ²⁴⁾

a) 内発的動機と外発的動機

自己決定論 (SDT) は、人間の人格形成や行動の自己制御において、人間の内発的な資源の重要性に焦点をあてた生物学的メタ理論を適用した人間の動機付けと人格形成へのアプローチである。したがって、その領域は、人々の自己動機付けと人格統合の基礎となる成長傾向や生来の心理的欲求、ならびにそれらの前向きなプロセスを促進する条件を考究することにある。SDTにおいて、Ryan and Deci²⁵⁾は、3つの動機付けの状態、すなわち内発的に動機づけられている状態 (intrinsically motivated)、外発的に動機づけられている状態 (extrinsically motivated)、そして動機なし状態 (amotivated) を定義している (図2)。一番左には、動機なし状態があり、何も行動しないか、あるいは受動的に振る舞っている状態である。動機付けのない状態は、その状態を達成するための機会や能力がないと自身が感じる、あるいはその行動に関する結果に価値を見いだせない場合に生じる。残りの5つの状態は、何らかの動機付けされた行動を連続的に列挙したものである。最右端は、内発的動機付け状態であり、行動理由が自身のうちから湧き出る動機によって進められる状態である。次に、外発的動機付けについては、行動制御のタイプごとに連続的に4つ定義できる。「外的制御」とは、最も自発性の低い形態であり、何らかの報酬を得たり、罰を避けるために行動を行う状態であり、「導入制御」は、一部内部化された状態であり、例えば罪深さや恥をかくことを恐れて自発的に行動するものである。続いて、「顕在制御」は、外発的動機付けが自分の行動目的に合致していると感じている状態であり、「統合制御」は、外発的動機付けと内発的動機付けが統合された状態であり、内発的動機付けに近いものであるが、統合制御状態が自身にとって利益のある結果を求めた行動であるのに対し、内発的制御はうちから湧き出る興味や楽しみのための行動である点に違いがある。

b) 制御的動機付けと自律的動機付け ²⁶⁾

SDTにおいては、外発的動機付けを与えられた人々がそれらを本来自分が思っていたかのように内部化 (内発化) することを前提とする。このような効果がどの程度生じるかについては、外発的動機付けが元々の心理的ニーズと合致しているかどうかによって依存する。一般に外的制

御と導入制御下の人は類似した行動を行うことが知られており、これは顕在・統合制御下とは異なることが知られている。そのため、前者を「制御的動機付け (controlled motivation)」、後者を「自律的動機付け (autonomous motivation)」と呼ぶ。制御的動機付けと比較して、自律的動機付けは心理的な幸福、持続性と関連している。一方で、制御的動機付けは、その制御がなくなれば機能しなくなる。そのため、自律的動機付けはその効果が長続きするといわれており、より望ましい動機付けといえる。

c) 動機を形成する心理的欲求

SDT 理論において、外発的動機の内発化に寄与する心理的欲求は、自律性 (autonomy)、能力 (competence)、そして関与 (relatedness) であるとされている¹⁸⁾。これらの心理的欲求が満たされる場合には、内生性プロセスが発生する可能性が高く、結果として行動動機が持続する。逆に、心理的欲求を阻害するような活動や文脈は、初期の自律的動機付けのレベルを低下させる可能性が高い²⁴⁾。なお、ゲーミフィケーションにおいて安易に報酬を与えることは、内発的動機の外発化につながるという指摘²⁷⁾もあり、これはアンダーマイニング効果と呼ばれる。

(3) 多理論統合モデル (Transtheoretical Model)²⁸⁾

多理論統合モデルは、Prochaska and Velicer¹⁸⁾により、健康行動に関する行動変化のために、300 以上の精神療法学に散在する考え方を統合し、6つの行動変容のステージと 10 の行動変容のプロセスなどを明らかにしたものである。以下にステージとそのプロセスの概要を示す。

a) 行動変容の 6つのステージ

1. Precontemplation (前熟考期, 計画前)

予測可能な将来 (おおよそ 6ヶ月) の間は行動を起こす気持ちはない状態。この状態の人間は情報に興味がないか、あるいはそれを避けようとする。

2. Contemplation (熟考期, 計画中)

次の 6ヶ月で変化を起こそうと考えている段階。この段階では、行動変化の利点を認識しているが、一方でその欠点も十分理解している。

3. Preparation (準備期)

すぐに、例えば来月にでも行動を起こそうと思っている段階。このような人たちは今までにも同様の意義のある行動を起こしていることが多い。

4. Action (実行期)

この 6ヶ月程度ですでに行動を変更した段階。

5. Maintenance (維持期)

逆戻りせずずっと変化を継続できると考えている状態。維持状態は 6ヶ月から 5年ほど継続すると考えられる。

6. Termination (終結期)

この状態では、個人は全く誘惑に動じず、100%の自

己効力感 (自信) を持つ状態。

b) 10の行動変容のプロセス

1. Consciousness Raising (意識昂揚)

何らかの問題行動に関する原因、結果、そして治療について認識させること。

2. Dramatic relief (劇的な救済)

適切なアクションがとられたときに、感情的経験を生じさせること。

3. Self-reevaluation (自己再評価)

何らかの不適切な習慣の有無による自分の姿を評価できること。

4. Environmental Reevaluation (環境再評価)

何らかの不適切な習慣が周辺環境・社会にどのような影響を及ぼすかを評価すること。

5. Self-liberation (自己解放)

個人が自由に決定できることであり、それについての行動計画を宣言すること。

6. Social-liberation (社会解放)

特に貧困層など疎外されていた階級にも選択の機会が与えられること。

7. Counterconditioning (反対条件づけ)

問題のある行動を代替するよい行動について学ぶこと。

8. Stimulus control (刺激制御)

不適切な習慣へのきっかけを排除し、よりよい代替案への関心を強化すること。

9. Contingency management (随伴性マネジメント)

望ましい方向に促すための管理。望ましい行動に対して報酬を与えることなどを行う。

10. Help relationships (救援関係)

適切な変化を実現するための信頼、承諾や支援などの関係を構築すること。

(4) 説得的技術 (Persuasive Technology)

説得的技術は、強要せずに説得や社会的影響を通じてユーザーの行動や態度を変化させることを意図したものであり、1970~80年代にコンピュータが普及されてきたことを受け、健康増進や職場の生産性を向上させるために設計されはじめた。これら一連のものが Fogg²⁹⁾により captology (the study of Computer As Persuasive Technology, CAPT を用いた一連の方法) フレームワークとして体系づけられている。Captology は、スマートフォンを活用することでリアルタイムかつ双方向のやりとりが可能であることから、ICT と説得的技術を掛け合わせることで大きな効果が期待されるものとして注目されている。また、説得的技術は、近年 Oinan-Kukkonen³⁰⁾は、行動変容サポートシステム (Behavior Change Support System, BCSS) という概念を提案し、以下のように定義している。

A behavior change support system (BCSS) is an information system

designed to form, alter or reinforce attitudes, behaviors or an act of complying without using deception, coercion or inducements.

『行動変容サポートシステム (BCSS) とは、ごまかし、強制、誘導を用いず、態度、行動、あるいは遵守行為を形成、変更、強化するように設計された情報システムである』

我が国においては、モビリティ・マネジメントの文脈で様々な態度変容プログラムが提案されており、例えばトラベル・フィードバック・プログラム³⁰⁾は、コンピュータやスマートフォンアプリなどの情報デバイスを活用せずに行動変容を促すことを企図しており、一連の研究蓄積は、電子媒体を使用しない行動変容サポート手法といえるだろう。なお、Sunio and Schmöcker³²⁾は、交通という文脈で提案されている BCSS について文献レビューと評価を試みており、その中にはゲーミフィケーションの概念を援用したものも数多く含まれる。また、説得的システムデザイン (Persuasive Systems Design, PSD) モデル³³⁾を基本とし、関連研究を整理することで、21 の説得的技術を整理している。これらを元に、9 つの BCSS につ

いて、どのような戦略が採用されているかを分析している。

(5) 多理論統合モデルと説得的技術の関係性

多理論統合モデルは、人が実際の行動変容に至るまでの心理的プロセスを記述したものであり、一方で説得的技術については、人の行動変容に影響を及ぼす可能性のあるテクニックを整理している。この 2 つの関係性を明らかにすれば、個人の態度変容に関するステージごとにどのような働きかけが有効であるかがわかる。これについて、Cellina et al.³⁴⁾は BCSS フレームワークによって、環境配慮行動を促進するためのモバイルアプリの可能性を議論しており、その際に多理論統合モデルと説得的技術の関係を表 2 のように整理している。この表から、対象とするプレイヤーが行動変容に対してどのようなステージにいるのかに応じ、適切な説得的デザイン技術を確認できる。

表 2 GoEco!アプリの機能と多理論統合モデル、行動変容介入技術、説得的システムデザインとの関係 (Cellia et al.³⁴⁾の Table 1 を著者が和訳)

行動変容のステージ	行動変容のプロセス	GoEco!の機能	行動変容介入技術	説得的システムデザインフレームワーク
Precontemplation (前熟考期)	Consciousness Raising (意識昂揚)	個人の利用経路とベースラインの行動パターンのフィードバック	一般情報の提示 結果に関する提示 パフォーマンスに対するフィードバック	Self-monitoring (自己監視) Tailoring (仕立てる) Reduction (整理)
Contemplation (熟考期)	Self-reevaluation (自己再評価)	望ましい代替案と変化の可能性の提示	指示の提供 モデル行動をしめす	Simulation (模擬) Tailoring (仕立てる)
Preparation (準備期)	Social-liberation (社会解放)	目標設定	迅速な意思形成 迅速な目標設定	Reduction (整理) Personalization (個別化)
Action (実行期) Maintenance (維持期)	Counterconditioning (反対条件づけ)	チャレンジ	段階に分けた目標設定 指示の提供	Suggestion (助言) Reduction (整理) Rehearsal (リハーサル) Tunelling (トネリング)
		個人の進捗に関する週報	迅速な行動の自己監視 パフォーマンスに関するフィードバック	Self-monitoring (自己監視)
	Contingency management (随伴性マネジメント)	トロフィーとバッジ	状況に応じた報酬の提供	Praise (賞賛) Rewards (報酬)
		リーダーボードと栄誉の殿堂	社会比較のための機会を与える	Social comparison (社会比較) Recognition (認知) Competition (競争) Similarity (類似)
	Help relationships (救援関係)	行動管理を刺激するための注意喚起システム アプリ外での対面イベント	励みを与える 迅速な実践	Reminders (リマインド)
励みを与える			Social learning (社会学習) Social facilitation (社会的促進) Reminders (リマインド)	

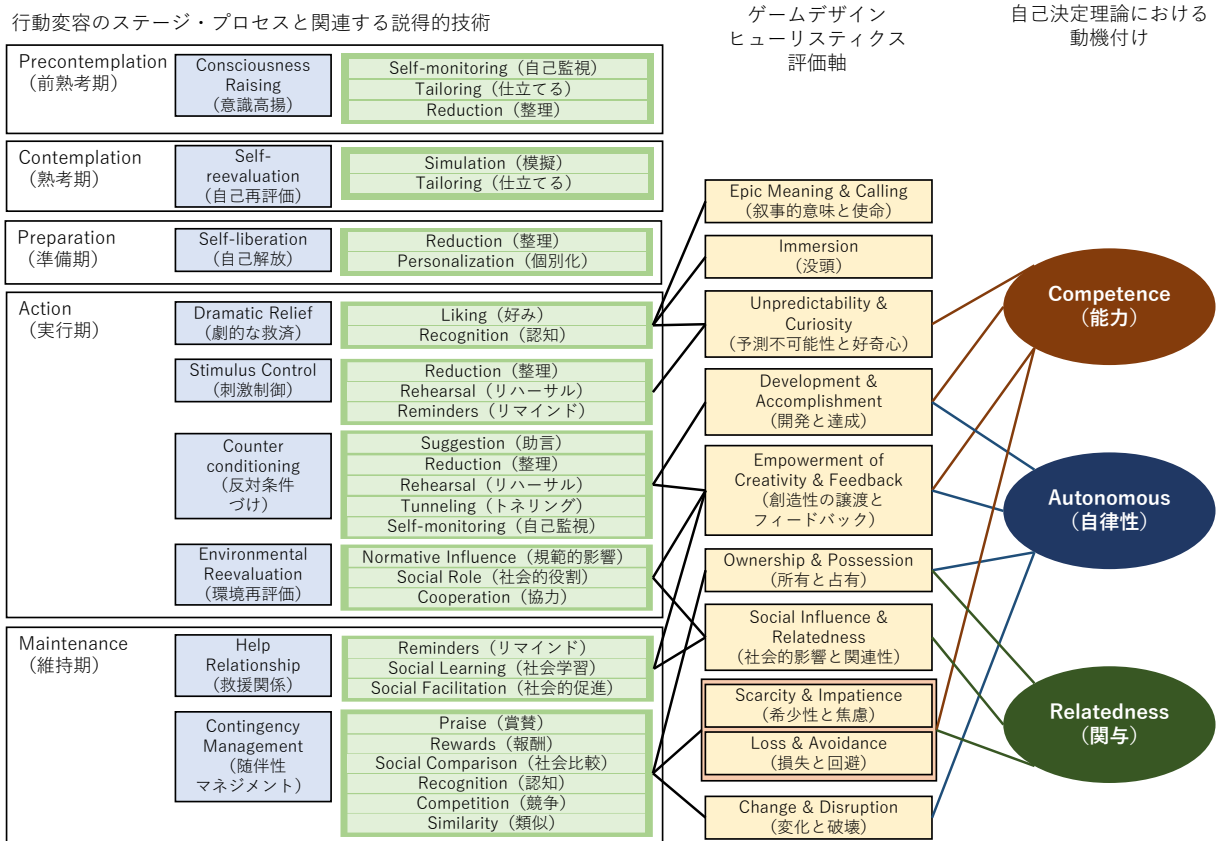


図3 説得的技術、動機付けのための欲求とゲームデザインヒューリスティクスの評価軸の関係

6. エスセティクスと行動心理学との関係性

ここまでで、魅力的なゲームをデザインするためのMDAフレームワークや、デザインの際のチェックリストであるゲームデザインヒューリスティクスが、魅力的なゲームデザインのための道しるべとなること、その際にはプレイヤーが価値を感じるエスセティクスを意識することが重要であることを明らかにするとともに、行動心理学的な視点からは、行動変容をサポートする際に用いられる積極的技術の活用による支援システムのデザインが重要であることを述べた。この2つの考え方において何らかの関係性を見いだすことができれば、ゲーミフィケーションが行動変容のための有効な手段であると考えられるだろう。説得的技術とゲームデザインヒューリスティクスの評価軸、およびSDT理論における動機付けのための心理的欲求の関係を整理したものが図3である。左に多理論統合モデルと説得的技術を、中央部にゲームデザインヒューリスティクスの評価軸を、右欄に動機付けのための心理的欲求を配置した。評価軸と説得的技術、あるいは動機付けのための欲求(能力、自律性、関与)との関係性を見いだすことができるため、ゲーミフィケーションは行動変容のための有効な手段であると考えられる。また、図からもわかるように、

ゲームデザインは、主に実行期および維持期に有効であると考えられる。

7. 土木計画分野での適用事例

前章までにおいて、ゲームデザインにおけるエスセティクスと行動心理学における行動変容ステージや説得的技術には密接な関係性が確認でき、ゲーミフィケーションが行動変容促進の手段として機能しうることを明らかにした。ここでは、土木計画分野におけるいくつかの社会課題についてのゲーミフィケーションの適用事例とそこから得られた知見を紹介する。

(1) 交通行動変容

自動車利用から公共交通利用への転換などは、ゲーミフィケーションと最も親和性の高い分野といえる。Yen et al.³⁹⁾は、交通行動の変容のための介入技術としてゲーミフィケーションを位置づけ、アクティブな交通手段(徒歩、自転車など)や公共交通の利用促進への活用事例を整理し、行動心理学との関係性を考察している。また、Harris and Crone³⁰⁾は、アクティブトラベルを促進するためのゲーミフィケーションの取り組みである、

「Beat the street」を対象にその効果を統計学的に検証し、有意な効果があることを確認している。また、Laine et al.³⁷⁾は、通勤へのアクティブ交通利用の促進のためのゲームを開発し、開発における UCD (User Centred Design) の有効性を指摘している。また、我が国においても、中嶋ら³⁸⁾が、モビリティマネジメントツールとしてスマホアプリを開発しており、その中でゲーム要素の導入を進めたり、野崎ら³⁹⁾の安全運転支援システム開発におけるゲーム要素の活用などの事例が見られる。このように、交通行動変容については、ゲーミフィケーションとの親和性は高い。また、倉内ら⁴⁰⁾は、現在高速道路の渋滞緩和を目指し、ゲーミフィケーションを活用した行動変容支援システムの開発を進めている。

(2) 防災教育

防災教育へのゲーミフィケーション活用も、普段意識しない行動への意識付けとして有効な手段である。高木・東は、アプリ『減災教室』⁴¹⁾を開発し、防災・減災を「わかる」から「できる」へ、をスローガンに事前行動の実践を促進することをめざしている。なお、この活動は、第 19 回国土技術開発賞創意開発技術賞を受賞している。その他、災害に遭遇した際の効率的な避難行動を学べるアプリとして、「防災 GO[®]」⁴²⁾や、津波避難訓練アプリ「逃げトレ」⁴³⁾など、様々なものが開発されている。このように、災害への備えも、頭では理解しているがなかなか行動に移せない分野であり、行動開始のきっかけにゲーム要素を活用することが有用といえる。

(3) まちづくり・観光振興

ゲーミフィケーションは、まちづくりや地域活性化、観光交流人口増加などの文脈で活用されることも多い。古賀・山本⁴⁴⁾は、ゲーミフィケーションの考え方を取り入れた、利用者が効率的かつ快適な観光計画を楽しみながら作成することを支援するシステムの構築を行っている。また、明石ら⁴⁵⁾は、地域の理解を深める動機付けのためにゲーミフィケーションに基づくクイズラリープラットフォームを試作している。このようなゲームアプリ自身の開発だけでなく、ゲーミフィケーションによってどのような行動変容が生じうるかをアンケート調査などで明らかにする取り組みも行われている⁴⁶⁾。

また、東・水谷⁴⁷⁾は、地域探検事業「ミタケ・クエスト」を地域課題解決に向けたゲームとしてデザインし、3 年間の取り組みを通じて、滞在時間の向上、商店の売上向上、まちのにぎわい創出、リピート来訪者の増加、新たな地域資源の発掘、鉄道存続問題の周知拡大等の効果を確認している。さらに、東⁴⁸⁾は、住民意識の向上、関与促進におけるゲーミフィケーションの可能性について様々な事例を通じて分析を進め、ゲーミフィケーシ

ョンには、新しい魅力を付加することで関心はあるが行動に移せていない人たちの行動を促進し関与層を広げる関与促進機能、ゲームを純粹に楽しむことで社会課題解決に向け貢献する間接的な社会貢献機能、無関心層が実体験をもって社会課題を認識することができる課題周知機能、そして将来の担い手を育む人材育成機能も併せ持つことを示している。

以上のように、現在においても土木計画分野における様々な社会課題にゲーミフィケーションを適用する取り組みは進められており、それらの研究の成果として、社会課題の一助となり得ることは確認されている。一方で、文献レビューで明らかとなったゲームデザインの技法などに則ったシステム構築を行った事例や、Octalysis やゲームデザインヒューリスティクスを用いてシステムを評価した事例は乏しく、今後の展開が期待されるといえる。

8. おわりに

本稿においては、土木計画における社会課題解決への援用をめざし、ゲーミフィケーションに関する共通認識を持つことを目的として、ゲーミフィケーションの定義、そのデザイン手法、評価手法およびゲーミフィケーションの及ぼす効果の行動心理学的解釈について、文献調査により整理した。現在においてもゲーミフィケーションを活用した行動変容アプリ、各種の防災ゲーム、まちづくり・観光振興を題材としたゲームが開発されているものの、ゲームデザイン技法に則ったものは少なく、今後これらのデザイン手法の普及により、より効率的かつ効果的なゲームデザインが実現することが期待される。

本稿では、現在様々提案されているゲーミフィケーションについて、ゲームデザインヒューリスティクスに則った評価ができておらず、それぞれの有する特長を分類・整理するところまではできなかった。今後、様々なゲーミフィケーション事例の評価とそれらのもたらした成果を分析することが重要と考えられる。

謝辞

本研究は、国土交通省道路局が設置する新道路技術会議の委託研究「高速道路における Proactive 型交通マネジメント方策についての研究開発」で行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) ファミ通ゲーム白書 2021, (株)角川アスキー総合研究所, 2021.
- 2) Weblio 辞書「デジタル大辞泉」(<https://www.weblio.jp>)

- /content/%E3%82%B2%E3%83%BC%E3%83%A0) , 2022/7/1 アクセス
- 3) ジェイン・マクゴニガル：“幸せな未来は「ゲーム」が創る”，早川書房，2011.
 - 4) 藤本徹：“ゲーム要素を取り入れた授業デザイン枠組の開発と実践”，日本教育工学論文誌，38(4)，35 1-461，2015
 - 5) Weblio 辞書「デジタル大辞泉」(<https://www.weblio.jp/content/%E3%82%B2%E3%83%BC%E3%83%A0>) , 2022/7/1 アクセス
 - 6) Horvath, G.: “Play, Games, Sports, and Athletics”, (<https://garyhorvath.com/sports-in-general/play-games-sports-athletics/>), 2022/7/1 アクセス
 - 7) Deterding, S, Dixon, D, Khaled, R and Nacke, L: “From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification””, Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, 9-15, 2011.9.
 - 8) Electronic Arts: 「SimCity シリーズ」, (<https://www.ea.com/ja-jp/games/simcity>) , 2022/7/1 アクセス.
 - 9) UN Office for Disaster Risk Reduction: “Stop Disasters!”, (https://www.stopdisastersgame.org/stop_disasters/), 2022/7/1 アクセス
 - 10) 例えば, ロバート・ラスムセン・アンド・アソシエイツ, (<http://www.seriousplay.jp/>), 2022/7/1 アクセス
 - 11) 岡本廉, 須藤順: 「コレクティブ・インパクトに基づく SDGs の「自分ごと化」の促進 -レゴ®シリアスプレイ®メソッドを活用した観光人材育成プログラム(高知県四万十町)を通じたアクションリサーチを基に-」, 高知大学学術研究報告, 70, 83-98, 2021.
 - 12) Huizinga, J.: “Homo Ludens: A study of the play-element in culture”, Routedledge & Kegan Paul, London, 1949.
 - 13) Huotari, K and Hamari, J.: “A definition for gamification: anchoring gamification in the service marketing literature”, Electron Markets, 27, 21-31, 2017.
 - 14) Gibson, J.J.: “The theory of affordances”, In R. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology*, 67-82, Erlbaum, 1977.
 - 15) 「国民的まち遊び！リアル桃太郎電鉄～東武鉄道の旅 2022～」, (<https://realmomotetsu.com/>) , 2022/7/1 アクセス.
 - 16) Hunicke, R., LeBlanc, M. and Zubek, R: “MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research”, Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI 4(1), 2004.
 - 17) Engelstein, G., Shalev I: 「ゲームメカニズム大全 ボードゲームに学ぶ「おもしろさ」の仕掛け」, 小野卓也訳, 翔泳社, 2020.
 - 18) Khalil, M., Wong, J., de Koning, B. and Ebner, M.: “Gamification in MOOCs: A Review of the State of the Art”, paper presented at the 2018 IEEE Global Engineering Education Conference, Santa Cruz de Tenerife, Spain, 2018.
 - 19) Miller, A. S., Cafazzo, J. A. and Seto, E.: “A game plan: Gamification design principles in mHealth applications for chronic disease management”, Health Informatics Journal, 22(2), 184-193, 2016.
 - 20) Tondello, G.F. and Kappen, D.L: “Heuristic Evaluation for Gameful Design”, Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts, 2016.
 - 21) Yu-kai Chou: “Actionable Gamification – Beyond Points, Badges, and Leaderboards”, Octalysis Media, 2015.
 - 22) Marczewski, A.: “Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking & Motivational Design”, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
 - 23) Deterding, S.: “The Lens of Intrinsic Skill Atoms: A Method for Gameful Design”, Human-Computer Interaction, 30 (3-4), 294–335, 2015.
 - 24) Ryan, R.M. and Deci, E.L.: “Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being”, American Psychologist, 55(1), 68-78, 2000.
 - 25) Ryan, R.M. and Deci, E.L.: “Handbook of Self-determination Research”, Rochester, NY: University Rochester Press, 2004.
 - 26) van Roy, R., & Zaman, B., “Why Gamification Fails in Education and How to Make it Successful: Introducing Nine Gamification Heuristics Based on Self-Determination Theory”, In Ma, M., & Oikonomou, A. (eds.), Serious Games and Edutainment Applications, Volume II, Springer, 485-509, 2017.
 - 27) Nicholson S.: “A User-Centered Theoretical Framework for Meaningful Gamification”, paper presented at Games+Learning+Society 8.0, Madison, 2021.
 - 28) Prochaska, J.O. and Velicer, W.F., “The Transtheoretical Model of Health Behavior Change”, American Journal of Health Promotion, 12(1), 38-48, 1997.
 - 29) Fogg, B.: “Persuasive Technology: Using computers to change what we think and do”, Morgan Kaufmann Publishers, 2002.
 - 30) Oinas-Kukkonen, H.: “Behavior change support systems: A research model and agenda. Persuasive Technology”, Berlin/Heidelberg: Springer, pp. 4–14, 2010.
 - 31) 谷口綾子, 藤井聡, 原文宏, 高野新栄, 加賀屋誠一: 「TDM の心理的方略としての TFP (トラベル・フィードバック・プログラム) -実務的課題と展望-」, 土木学会論文集, Vol. 737, pp.27-37, 2003.
 - 32) Sunio, V. and Schmöcker, J.-D.: “Can we promote sustainable behavior through mobile apps? Evaluation and review of evidence”, International Journal of Sustainable Transportation, 11(8), 553-566, 2017.
 - 33) Oinas-Kukkonen, H. and Harjumaa, M.: “Persuasive Systems Design: Key Issues, Process Model, and System Features”, Communications of the Association for Information Ssystems, 24(1), 28, 2009.
 - 34) Cellina, F., Bucher, D. Simão, J. V., Rudel, R. and Raubal, M.: “Beyond Limitations of Current Behaviour Change Apps for Sustainable Mobility: Insights from a User-Centered Design and Evaluation Process”, Sustainability, 11, 2281, 2019.
 - 35) Yen, B.T.H., Mulley, C. and Burke, M.: “Gamification in transport interventions: Another way to improve travel behavioural change”, Cities, 85, 140-149, 2019.
 - 36) Harris, M.A. and Crone, D. : “Using gamification to encourage active travel”, Journal of Transport & Health, 23,

- 101275, 2021.
- 37) Laine, T.H., Normark, J., Lindvall, H., Lindqvist, A.-K. and Rutberg, S. : “A Distributed Multiplayer Game to Promote Active Transport at Workplaces: User-Centered Design, Implementation ,and Lessons Learned”, IEEE Transaction on Games, 12(4), 386-397, 2020.
- 38) 中嶋諒太, 佐藤貴大, 円山琢也 : “ゲーミフィケーションを導入した交通行動変容アプリの開発と検証”, 土木計画学研究・講演集, 52, CD-ROM, 2015.
- 39) 野崎敬太, 平岡敏洋, 高田翔太, 川上浩司 : “安全運転に対する動機付けを高める運転支援システム”, 人工知能学会全国大会論文集, 27, 2013.
- 40) 倉内文孝他 : “高速道路における Proactive 型交通マネジメント方策についての研究開発”, 国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」, 2021~2023.
- 41) 高木朗義, 東善朗 : “アプリ「減災教室」を用いた非専門家による防災・減災の行動促進”, 日本自然災害学会学術講演会講演概要集, 37, CD-ROM, 2018
- 42) “「防災 GO®」ゲームで避難ルート学ぶアプリを開発”, 福岡工業大学ニュース, <https://www.fit.ac.jp/news/archives/3345> (2022/09/28 アクセス)
- 43) “津波避難アプリ 逃げトレ”, <https://nigetore.jp/> (2022/09/28 アクセス)
- 44) 古賀友明, 山本佳世子 : “ゲーミフィケーションを活用した観光計画支援システム”, 情報処理学会第 83 回全国大会, 5ZD-08, 4-579-4-580, 2021.
- 45) 明石拓哉他 : “ゲーミフィケーションに基づく地域理解動機付けのためのクイズラリープラットフォームの試作”, 信学技法, 121(229), SC2021-29, 31-36, 2021.
- 46) 楽奕平 : “観光混雑回避に向けた自発的行動変容を促すゲーミフィケーション導入に関する実証研究”, 科学研究費・基盤研究 (C), 20K12436, <https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-20K12436/>, 2020-2023.
- 47) 東善朗, 水谷香織 : “地域課題の解決に向けた地域探検ゲームの可能性と課題~岐阜県御嵩町地域探検事業「ミタケ・クエスト」を事例として~”, 土木計画学研究・講演集, 47, CD-ROM, 2013.
- 48) 東善朗 : “「まちづくり」に対する住民意識とゲーミフィケーションによる関与促進”, 岐阜大学博士論文, 乙第 83 号, 2022.3

REVIEWS ON POTENTIALS OF GAMIFICATION APPLICATION ON INFRASTRUCTURE PLANNING

Fumitaka KURAUCHI and Yoshiro AZUMA