高速道路利用者の表明選好に基づく ゲーミフィケーションによる 行動変更促進可能性に関する分析

松尾　悠[1]・木村　優介[2]・宇野　伸宏[3]・松中　亮治[4]・田中　皓介[5]

[1]学生会員 京都大学 大学院工学研究科都市社会工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1）
E-mail: matsuo.yu.88m@st.kyoto-u.ac.jp

[2]正会員 大阪工業大学特任准教授 工学部都市デザイン工学科（〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1）
E-mail: yusuke.kimura@oit.ac.jp

[3]正会員 京都大学教授 大学院工学研究科都市社会工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1）
E-mail: uno.nobuhiro.2v@kyoto-u.ac.jp

[4]正会員 京都大学准教授 大学院工学研究科都市社会工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1）
E-mail: matsunaka.ryoji.3v@kyoto-u.ac.jp

[5]正会員 京都大学助教 大学院工学研究科都市社会工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1）
E-mail: tanaka.kosuke.6k@kyoto-u.ac.jp

日本の高速道路では依然として渋滞が頻発するとともに，老朽化に伴う大規模更新による通行規制も避けられず，適切な交通マネジメント施策がますます重要となっている．本研究では，社会課題の解決において活用が進んでいるゲーミフィケーションを用いた高速道路利用者の行動変更促進施策として構築された渋滞緩和ゲームを用いて，様々な交通状況やゲーム条件下での利用行動を問う表明選好調査を主とするアンケート調査の結果から，高速道路利用者特性及び行動変更に対する獲得リワードの条件と行動変更可能性の関係について分析した．その結果，渋滞緩和ゲームの導入により行動変更が促進される利用者特性が明らかになるとともに，渋滞緩和ゲームの導入にあたってはリワードの金銭的価値がない状況において導入することが望ましいことが明らかとなった．

Key Words: *gamification, stated preference, traffic congestion, route change, departure time change*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

日本では，高速道路は物流と人流の両面において重要な役割を担っているが，高速道路では依然として渋滞が頻発している．渋滞の発生は，時間的及び経済的損失や環境への悪影響などの様々な社会的損失を生み出している．また，高速道路では近年老朽化が進行しており，大規模修繕などによる通行止め規制を伴うような交通マネジメントが，今後ますます実施されることが想定される．このような状況下において，円滑な道路交通の実現に向け，適切かつ実効性の高い交通マネジメント施策がますます重要となっている．

このように，日本において高速道路上の渋滞問題が重要な社会課題の一つとなっている中で，近年注目を集めている社会課題解決へのアプローチとしてゲーミフィケーションがある．ゲーミフィケーションとは，「ゲームの考え方やデザイン・メカニクスなどの要素を，ゲーム以外の社会的な活動やサービスに利用すること」[注 1)]であり，ゲーム要素を取り入れることでゲーム以外の分野の課題解決を目指すという概念である．ここでのゲーム要素については山崎 [1)]が，「明確な目標」，「直接的なフィードバック」，「課題が達成できる見通し」，「レベルアップ，レベルデザイン」，「スコア（ポイント）やランキング」，「バッジや実績」，「競争」，「協力」，「ストーリー」，「視覚化」の 10 項目について，これらのゲーム要素がしばしばゲーミフィケーションに必要なものとしてあげられるとしている．

近年，ゲーミフィケーションは様々な分野の課題解決に活用されている．交通分野もその一つであり，ゲーミフィケーションを活用した事例が存在する[注2)][注3)][注4)]．しかし，高速道路における渋滞問題の解決においてゲーミフィケーションの活用が進んできているとは言いがたいというのが現状である．

高速道路を含めた道路交通における渋滞発生の主な原因である超過需要は時間とともに累積されることが分かっており，わずかな需要の超過が深刻な渋滞の発生につながる可能性が指摘されている [2]．すなわち，全体のうちわずか数パーセントの需要を調整しただけであっても一定程度の渋滞緩和効果が期待される．ゲームの特性を考慮すると，ゲーミフィケーションの活用が高速道路利用者全般に効果的であるとは考えにくいが，限られた利用者をターゲットとした需要調整であっても，高速道路においては渋滞緩和効果が見込めるため，ゲーミフィケーションの活用が渋滞緩和に貢献することが期待できる．

以上の背景から，本研究では，高速道路の渋滞緩和に向けたゲーミフィケーションを用いた行動変更促進施策として構築された渋滞緩和ゲームのプロトタイプを用いて，被験者にそれを提示した上で，様々な交通状況およびゲーム条件下での高速道路利用行動を問う表明選好調査を主としたアンケート調査を実施した．そのアンケート調査結果を分析することにより，行動変更に対するリワード（reward：報酬）の多寡や金銭的価値の有無等のゲーム条件と行動変更可能性の関係，ならびに，渋滞緩和ゲームの導入により行動変更の可能性が高まる高速道路利用者の特性について明らかにする．これにより，行動変更に対するリワード条件および利用者特性の観点から，ゲーミフィケーションを用いた高速道路利用者の行動変更促進施策の有効性について予備的に検討する．

(2) 既往研究の整理および本研究の位置づけ

高速道路での混雑時において利用者への情報提供が利用行動に及ぼす影響について分析した研究は数多く存在する．尾上ら [3]は，交通量変動の解析およびアンケート調査結果の分析を行うことにより，高速道路利用者が経路選択において，渋滞関連情報及び所要時間関連情報に敏感に反応していることを明らかにした．宇野ら [4]は，テーラーメイド型 SP 調査を実施しその結果を分析することによって，代替経路の利用経験がある高速道路利用者の経路選択について，所要時間増加傾向情報の提供が影響を及ぼすことを明らかにした．

本研究では，高速道路利用者の行動変更を目指して，このような利用者への情報提供に取って代わる手法としてゲーミフィケーションの活用を提案し，ゲーミフィケーションを用いた施策の導入が高速道路利用者の利用行動に及ぼす影響について分析を行っており，この点が本研究の特徴であるといえる．

ゲーミフィケーションの活用の有効性については，これまで様々な分野において研究が行われてきた．防災分野におけるゲーミフィケーションの活用として，末澤ら [5]は，ゲーミフィケーションを用いた施策として災害時における避難についてのシミュレーションゲームを提案し，そのゲームを用いた訓練を実際に行うことにより施策の有効性を検証した．上杉ら [6]は，平時から災害が発生した際の避難行動を学ぶことができるスマートフォンゲームアプリ「防災 Go!」を提案し，実際にそのアプリを用いた実験と被験者へのアンケート調査の結果を分析することにより施策の有効性を検証した．観光分野におけるゲーミフィケーションの活用として，古賀・山本 [7]はゲーミフィケーションによって快適で効率的な観光計画の作成を支援するシステムを提案し，システム利用者のログデータ及び利用者に対するアンケート調査の結果を分析することにより施策の有効性を検証した．楽ら [8]は，ゲーミフィケーションを用いて観光地域における混雑の緩和を目指す WEB 型アプリを提案し，ゲーム性を持ったミッションや混雑情報の提供によって計画外の立ち寄りが増加し，観光地域の混雑が緩和される可能性を示した．その他の分野として，教育分野や健康分野におけるゲーミフィケーションの活用についてもこれまでにその有効性が研究されている [9][10]．

交通分野においても，ゲーミフィケーションの活用の有効性について研究が行われてきた．中嶋ら [11]は，スマートフォン型歩数計測アプリを提案し，ランキング機能をアプリに導入した上で，歩数に関するアプリログデータ及びアプリ利用者の性格や交通に対する意識などを尋ねたアンケート調査の結果を分析することにより，歩数計測アプリを用いた施策のモビリティマネジメントとしての有効性を検証した．さらに，高速道路における渋滞問題の解決におけるゲーミフィケーション活用の有効性を検証した研究として，岡田ら [12]は，内発的動機付けによってサービスエリアやパーキングエリアでの休憩を促進するスマートフォン型アプリを提案し，休憩誘発効果に関して想定実験及び高速道路での実証実験の 2 つの実験結果を分析することにより，従来型の渋滞予測情報の提供と比較してアプリによる提案は休憩行動が促進され，長時間の休憩を誘発することを示した．

以上述べたように，様々な分野における課題に対してゲーミフィケーションの活用が検討されており，高速道路の渋滞緩和に向けたゲーミフィケーションの活用についての研究も存在するが，高速道路の渋滞緩和を目指すにあたって，ゲーム条件や利用者特性の観点に基づいたゲーミフィケーション施策の有効性についてはこれまでに研究が進んでいるとは言いがたい．本研究では，高速道路の渋滞緩和を目指したゲーミフィケーション施策と

して構築された渋滞緩和ゲームを提示し，ゲーム条件および利用者特性の観点から施策の有効性を被験者の表明選好データに基づき明らかにしており，この点が本研究の特徴であるといえる．

2. アンケート調査によるデータ収集および整理

(1) 分析対象区間の設定

本アンケート調査における分析対象区間として，**図-1** に示すように山陽自動車道の広島東 IC～西条 IC を設定した．この区間では，平日の朝方の時間帯において慢性的に渋滞が発生しているだけでなく，その区間の利用を代替するような迂回路が複数存在しており，経路変更や出発時刻変更などいくつかの行動変更の選択肢が考えられる．よって，当該区間はゲーミフィケーションを用いた行動変更促進施策を検討するにあたって適切な区間であると考えた．

(2) ゲームプロトタイプの概要

本アンケート調査を実施するにあたり，渋滞緩和を目的としたゲームとして，「おおいもん勝ち～渋滞緩和ゲーム～」が別途考案され，WEB 版のゲームプロトタイプが構築された．ここでは，そのゲーム概要について述べる．

渋滞緩和ゲームでは，主に「宣言」「投票」「走行」「振り返り」の 4 つのアクションを毎日繰り返すことによってゲーム内のコインを運用しゲームを進めていく．

夜に行う「宣言」では，翌日（走行当日）のゲーム対象区間走行予定の有無を回答した上で，イラストで示される翌日の予想混雑レベル（4 段階）をもとに，「一般道で行く」「混雑時間を避けて高速道路で行く」「そのまま高速道路で行く」の中から 1 つを選択し，翌日の行動を宣言する．この行動宣言を行うことによりコインが獲得できる．

夜に「宣言」に続いて行われる「投票」では，人の好みに関する 4 択の中から 1 つの選択肢を選んでコインをベットする．この 4 択の選択割合に応じて，翌日のおおいもん勝ちルーレットの選択肢の面積が決まる．すなわち，おおいもん勝ちルーレットは，選択者が多いほど当選しやすいルーレット抽選となっている．

朝に行われる「走行」では，実際にゲーム対象区間を走行する．走行中はゲーム内ではゲームシステムが発話のみを行う．発話内容としては，一般道路上のコイン獲得スポットを通過することによるコイン獲得に関するもの，ゲーム起動後の予想混雑レベル（4 段階）に基づいた一般道路利用を促すもの（前日に高速道路利用を宣言している場合），高速道路走行中の交通状況に基づいた，



図-1 分析対象区間（国土地理院淡色地図に加筆）

ゲーム対象区間途中の志和 IC での一般道路への流出を促すものがある．

走行当日の夜に行う「振り返り」では，前日の夜の「投票」に基づくルーレット抽選が実施され，当選するとコインが加算される．また，前日の夜に宣言した行動変更を実際に行ったことが認められると，行動内容に応じたコインを獲得できる．さらに，実際に行動変更することにより，行動変更したゲーム参加者数に応じた協力ボーナスコインを獲得できる．

渋滞緩和ゲームでは，これらの 4 つのアクション以外にも，「ランキング」「バッジ」「達成度表示」といった様々なゲーム要素を設定している．ランキングについては，行動変更回数および獲得コイン数の 2 種類を設けている．バッジについては，経路変更回数，出発時刻変更回数，累計獲得コイン数，抽選参加回数，抽選当選数の 5 種類について，それぞれ銅銀金の 3 段階のバッジを設定している．また，達成度表示については，渋滞緩和を目指した協力ゲームとして，ゲーム参加者の総獲得コイン数に応じて架空の世界の快適運転レベル（4 段階）が向上するよう設定されている．

(3) アンケート調査の設計

a) アンケート調査の概要

アンケート調査の対象は，ゲーミフィケーションに関する予備アンケート調査（山陽自動車道利用者を対象，2021 年 2 月～3 月実施）において，その後の調査への協力について承諾した方ならびにその紹介者とした．本アンケート調査は前期と後期の 2 回に分けて行った．各期における調査項目は以下の通りである．

＜前期＞

- 被験者の個人属性｜性別，年齢，職業，居住地郵便番号
- 被験者の基本特性｜日常的な自動車運転頻度，自動車の主な利用目的，SNS 等のツールの利用傾向，ゲームの利用経験・親しみ

・分析対象区間の利用状況｜利用 OD，利用目的，利用頻度，利用曜日，利用時間帯，利用車種，利用時の移動条件，分析対象区間途絶時の対応，分析対象区間の代替路の利用可能性
・「おおいもん勝ち～渋滞緩和ゲーム～」への参加を想定した表明選好調査（その 1）

＜後期＞

・「おおいもん勝ち～渋滞緩和ゲーム～」への参加を想定した表明選好調査（その 2）

b) 「おおいもん勝ち～渋滞緩和ゲーム～」への参加を想定した表明選好調査の概要

ここでは，前項で述べたアンケート調査項目の中で，ゲーミフィケーションを活用し，プロトタイプが構築された「おおいもん勝ち～渋滞緩和ゲーム～」への参加を想定した時の表明選好調査の概要について述べる．

まず，調査対象ルートについて，本アンケート調査では，広島市街地中心部を出発地とするルートと廿日市 IC 付近を出発地とするルートの 2 つを設定した．目的地はどちらのルートも広島空港とし，被験者によりなじみのあるルートを選択して回答していただく形式とした．

本アンケート調査では，行動変更場面について，経路選択と出発時刻選択を対象とした．経路選択については，出発地から目的地に高速道路を利用して向かうルートと一般道路を利用して向かうルートの 2 つを設定し，高速道路利用ルートの料金と距離，ならびに一般道路利用ルートの料金と距離，所要時間を提示した上で，「高速道路利用から一般道路利用に経路選択が変化するような高速道路利用時の所要時間」を尋ねた．出発時刻選択については，出発地を予定通りの時刻に出発し高速道路を利用し目的地に向かう場合と，出発地を予定より早く出発し高速道路を利用して目的地に向かう場合の 2 つを設定し，予定通り出発する場合の所要時間と混雑のピーク時間帯に通行するという情報，ならびに予定より早く出発する場合に混雑のピーク時間帯を避けて通行できるという情報を提示した上で，「予定通りの出発から予定より早い出発に出発時刻選択が変化するような出発時刻調整時の所要時間」を尋ねた．ここでは，アンケート調査での設問順序による被験者の回答への影響を考慮し，被験者を 2 つに分けた上で，一方の被験者には経路選択に関する設問を前期に，出発時刻選択に関する設問を後期に尋ね，他方の被験者にはそれらを入れ替えて尋ねることとした．また，経路選択における一般道路所要時間および出発時刻選択における出発時刻調整幅については，小，中，大の 3 つの水準を設け，被験者をさらに 3 つに分けた上でそれぞれに異なる水準を提示した．

その上で，ゲームの有無およびリワードの金銭的価値の有無によって 4 つのパターンを設定し，ゲームなしかつ金銭的リワードなしをパターン 1，ゲームなしかつ金銭的リワードありをパターン 2，ゲームありかつ金銭的リワードなしをパターン 3，ゲームありかつ金銭的リワードありをパターン 4 とした．パターン 2,，パターン 3, パターン 4 については，行動変更（経路選択：一般道路を利用，出発時刻選択：予定より早く出発）した場合にコインが獲得できるとし，ゲームありの場合は獲得コインをおおいもん勝ちルーレットに投票することができ，金銭的リワードありの場合は 10 コインを 1 円相当のポイントに還元できるとした．ゲームの提示については，前節で述べたゲームプロトタイプを用いたゲーム概要動画を視聴いただくこととした．また，これらのパターンの提示方法によって被験者を 2 つのグループに分け，グループ 1 では，パターン 1 の設問，パターン 2 の設問，ゲーム概要動画，パターン 4 の設問の順に提示し被験者の回答を求めた．グループ 2 では，パターン 1 の設問，ゲーム概要動画，パターン 3 の設問，パターン 4 の設問の順に提示し被験者の回答を求めた．行動変更によるコイン獲得があるパターン 2，パターン 3，パターン 4 では，行動変更による獲得コイン量を 3 水準（50 コイン，100 コイン，300 コイン）設け，各パターンにおいて 3 水準の獲得コイン量をランダムに提示して同じ設問を 3 問繰り返した．

(4) アンケート調査の実施および調査データの整理

アンケート調査は前期後期ともに 2023 年 1 月に実施し，前期 144 サンプル，後期 74 サンプルが得られた．

分析の前に，調査結果データを整理した．まず，同一被験者が複数回回答しているサンプルについて，2 回目以降の回答サンプルを分析対象から除外した．これは，2 回目以降の回答が，すでに渋滞緩和ゲームの概要を認識した上での回答となるためである．次に，前期調査において，分析対象区間の利用状況についての設問までで回答を中断し，ゲーミフィケーションに関する表明選好調査に一切回答していないサンプルを分析対象から除外した．以上のデータ整理により，経路選択については 101 サンプル，出発時刻選択については 92 サンプルが分析対象サンプルとなった．

3. 二元配置分散分析によるリワード量及び金銭的価値の有無に関する行動変更可能性の分析

(1) 分析対象サンプル

前章で述べた分析対象サンプル（経路選択：101 サンプル，出発時刻選択：92 サンプル）の中で，パターン 4（ゲームありかつ金銭的リワードありのケース）までの全てのパターンの設問に回答しているサンプルは，経路選択について 90 サンプル，出発時刻調整について 86 サ

ンプルであった．その中で，経路選択において一般道路所要時間よりも高速道路所要時間の方を大きく回答しているサンプルや，出発時刻選択において通常時所要時間よりも出発時刻調整時所要時間の方を大きく回答しているサンプルについては，設問の状況を誤って認識している可能性が高いと考えられたため，分析対象から除外した．以上のデータ整理により，本章における分析対象サンプル数は，経路選択についてはグループ 1 が 31 サンプル，グループ 2 が 38 サンプル，出発時刻選択についてはグループ 1 が 38 サンプル，出発時刻選択が 38 サンプルとなった．

(2) 分析手法

前節で述べた分析対象サンプルを用いて，経路選択と出発時刻選択のそれぞれについて，パターンとコイン量（リワード量）を 2 つの因子として，行動変更可能性に関して二元配置分散分析を行った．本アンケート調査では，パターンの提示順が異なる 2 つのグループを設定していることから，グループごとに分析を行った．具体的には，グループ 1 ではパターン 2 およびパターン 4，グループ 2 ではパターン 3 およびパターン 4 を分析対象とした．コイン量については，両グループとも 50 コイン，100 コイン，300 コインの 3 水準を分析対象とした．また，行動変更可能性に関する指標については，以下に述べるように経路選択と出発時刻選択で異なる指標を用いた．

経路選択では，行動変更可能性に関する指標として，単位費用あたりの所要時間差を用いた．ここでの所要時間差とは，一般道路利用時の所要時間から高速道路利用時の所要時間を引いた値である．所要時間差が大きいことは，一般道路への経路変更による高速道路利用時からの所要時間増加幅が大きかったとしても経路変更を行うことを意味している．すなわち，所要時間差が大きいほど行動変更可能性が高いと考えられる．本アンケート調査では，表明選好調査の対象ルートとして，広島市街地中心部を出発点とするルートと廿日市 IC 付近を出発点とするルートの 2 つを設定しており，ルートにより高速道路利用料金が異なる．そこで，2 つのルートの費用差を標準化するため，単位費用あたりの所要時間差を行動変更可能性に関する指標とした．

出発時刻選択では，行動変更可能性に関する指標として，所要時間差を用いた．ここでの所要時間差とは，通常時所要時間（予定通りの時刻に出発した場合の移動における所要時間）から出発時刻調整時所要時間（予定よりも出発時刻を早めた場合の移動における所要時間）を引いた値である．所要時間差が小さいことは，出発時刻調整による通常時からの所要時間短縮幅が小さかったとしても出発時刻調整を行うことを意味している．すなわち，所要時間差が小さいほど行動変更可能性が高いと考えられる．出発時刻選択では 2 つの対象ルートの間に費用差はないため，行動変更可能性に関する指標として所要時間差をそのまま用いた．

(3) 分析結果および考察

二元配置分散分析の結果を**図-2**～**図-5**，**表-1**，**表-2** に示す．まず，コイン量に着目すると，グループ 1 については，**表-1** および**表-2** より，経路選択と出発時刻選択のどちらにおいても，有意水準 5%でコイン量の主効果が認められ，**図-2** および**図-4** より，コイン量が増加するほど行動変更可能性が高まる傾向にあることが読み取れる．グループ 1 では，コインに金銭的価値を持たせたパターン 2 を提示した後に，さらにゲームを加えたパターン 4 を提示した．よって，コインが金銭的価値を持つ，すなわちコイン獲得が実質的な料金割引であるということが強く印象付けられることで，ゲームの有無に関わらず，コイン量が増加するほど行動変更可能性が高まったと考えられる．

一方，グループ 2 については，**表-1** および**表-2** より，コイン量の主効果は認められなかった．特に，経路選択のパターン 3 において，**図-3** よりコイン量が 100 コインのときに行動変更可能性が最大となっていることが分かるように，ゲーム導入下においては，コイン量を増加させたとしても必ずしも行動変更可能性が増加するわけではないことが読み取れる．本アンケート調査では，ゲームについて「1 日に投票できる回数は 1 回までであり，1 回の投票に最低 100 コインが必要」と設定しており，毎日投票するのに必要な最低コイン数さえ獲得すればゲームを十分楽しめると考えた回答者がいたことが考えられる．

次に，パターンに着目すると，グループ 1 において，**表-1** および**表-2** より，パターンの主効果は認められず，統計的に有意とはならなかったが，**図-2** および**図-4** より，経路選択と出発時刻選択のどちらにおいても，パターン 2 よりもパターン 4 の方が行動変更可能性が低くなっている．先ほど述べたように，グループ 1 では金銭的リワードのみを導入したパターン 2 の提示後にパターン 4 を提示しており，コインが金銭的価値を持つことが強く印象付けられている可能性を考えると，金銭的リワードを獲得できるのであればわざわざゲームに参加する必要はないと考え，ゲームを導入することにより行動変更意欲が失われて行動変更可能性が低くなった可能性が考えられる．

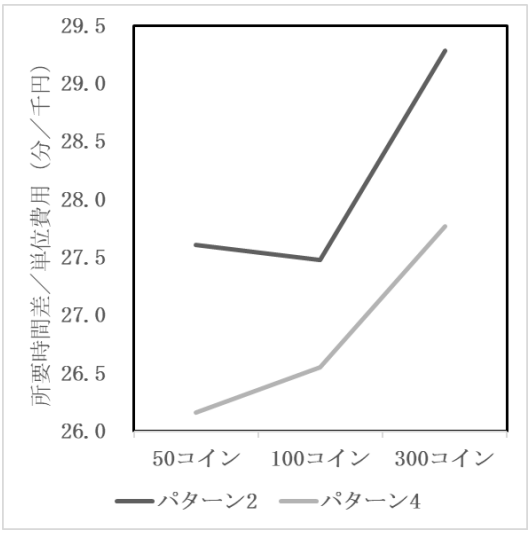


図-2 単位費用あたりの所要時間差（N＝31）
（経路選択／グループ１）

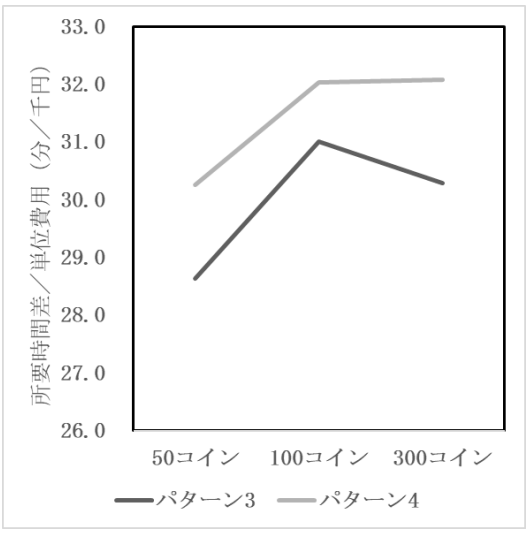


図-3 単位費用あたりの所要時間差（N＝38）
（経路選択／グループ２）

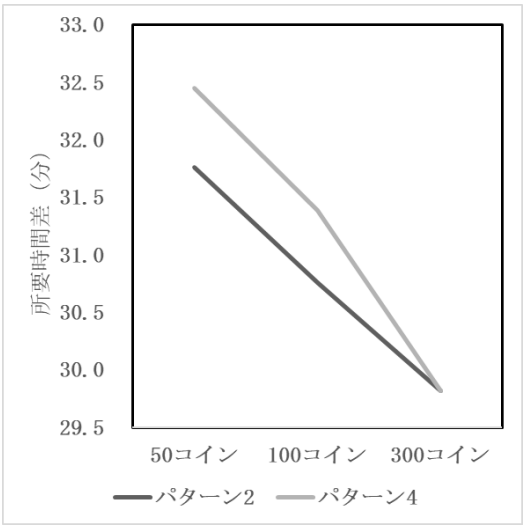


図-4 所要時間差（N＝38）（出発時刻選択／グループ１）

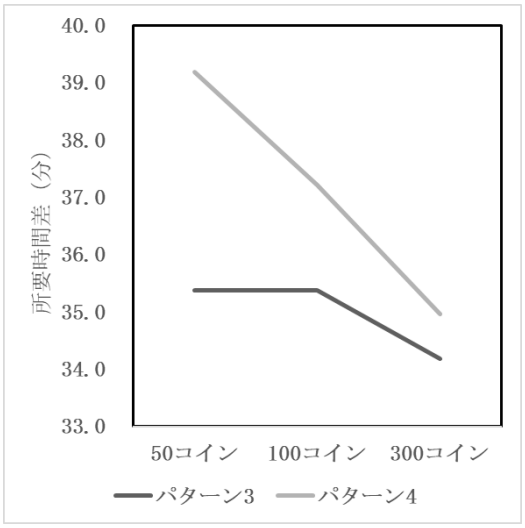


図-5 所要時間差（N＝38）（出発時刻選択／グループ２）

表-1 二元配置分散分析結果（経路選択）（*p＜0.05）

項目	グループ１ N＝31	グループ２ N＝38
パターン主効果	p＝0.194	p＝0.147
コイン量主効果	p＝0.018＊	p＝0.292
交互作用	p＝0.860	p＝0.870

表-2 二元配置分散分析結果（出発時刻選択）（*p＜0.05）

項目	グループ１ N＝38	グループ２ N＝38
パターン主効果	p＝0.603	p＝0.184
コイン量主効果	p＝0.024＊	p＝0.141
交互作用	p＝0.710	p＝0.140

4. 利用者特性及びリワード条件と行動変更可能性との関連分析

(1) ゲームの利用に関する回答サンプルの分類

a) 分析手法

本アンケート調査では，ゲームの利用経験・親しみについての設問として，13 種類のゲームの利用経験を尋ねた．ここではゲームの利用に関する被験者特性をより明確に分類するため，これら 13 種類の変数を用いてクラスター分析を行った．クラスタリングには，階層クラスタリング手法であるウォード法を用いた．

クラスター分析の対象サンプルについては，2 章で述べた分析対象サンプル（経路選択：101 サンプル，出発時刻選択：92 サンプル）の中で，経路選択において，

表-3 ゲーム利用に関するクラスターの特性（経路選択）

項目	クラスター１ N＝19	クラスター２ N＝54
アイテム集めゲーム	78.9％	35.2％
カードゲーム	68.4％	20.4％
クイズゲーム	42.1％	20.4％
すごろくゲーム	73.7％	35.2％
テーブルゲーム	57.9％	40.7％
パズルゲーム	94.7％	38.9％
レースゲーム	89.5％	38.9％
スポーツゲーム	78.9％	27.8％
アクションゲーム	94.7％	33.3％
ロールプレイングゲーム	89.5％	29.6％
育成ゲーム	94.7％	3.7％
位置情報ゲーム	52.6％	13.0％
FPS ゲーム	21.1％	9.3％
平均	72.1％	26.7％

表-4 ゲーム利用に関するクラスターの特性（出発時刻選択）

項目	クラスター１ N=23	クラスター２ N=54
アイテム集めゲーム	95.7％	40.7％
カードゲーム	60.9％	24.1％
クイズゲーム	52.2％	18.5％
すごろくゲーム	78.3％	31.5％
テーブルゲーム	52.2％	29.6％
パズルゲーム	95.7％	29.6％
レースゲーム	87.0％	31.5％
スポーツゲーム	78.3％	22.2％
アクションゲーム	91.3％	25.9％
ロールプレイングゲーム	87.0％	25.9％
育成ゲーム	91.3％	5.6％
位置情報ゲーム	65.2％	13.0％
FPS ゲーム	4.3％	7.4％
平均	72.3％	23.5％

回答した全てのパターンで一般道路所要時間よりも高速道路所要時間の方を大きく回答しているサンプルや，出発時刻選択において，回答した全てのパターンで通常時所要時間よりも出発時刻調整時所要時間の方を大きく回答しているサンプルについては，前章と同様の理由で分析対象から除外した．以上のデータ整理により，経路選択については 73 サンプル，出発時刻選択については 77 サンプルが分析対象サンプルとなった．

b) 分析結果

クラスター分析の結果を**表-3**および**表-4**に示す．クラスタリングのデンドログラムを確認し，経路選択と出発時刻選択ともにクラスター数を 2 と決定した．分析結果の表におけるそれぞれの値は，各クラスターの全サンプルの中で，それぞれのゲームを楽しくプレイした経験があると回答したサンプルの割合である．

分析の結果，経路選択と出発時刻選択ともに，クラスター1 が比較的ゲームの利用割合が高く，クラスター2 が比較的ゲームの利用割合が低くなった．そこで，クラスター1 を「ゲーム利用型」とし，クラスター2 を「ゲーム非利用型」と命名した．

(2) ゲーム導入による行動変更可能性の変化についてのロジスティック回帰分析

a) 分析手法

ここでは，ゲームを導入することによって行動変更可能性が高まるような利用者特性およびリワード条件について，ロジスティック回帰分析を用いて明らかにする．

目的変数については，ゲームを導入することによる行動変更可能性（経路選択：単位費用あたりの所要時間差，出発時刻選択：所要時間差）の変化とした．具体的には，グループ 1 では，パターン 2 よりもパターン 4 の行動変更可能性が高いと 1，それ以外を 0 として変数を設定し，グループ 2 では，パターン 1 よりもパターン 3 の行動変更可能性が高いと 1，それ以外を 0 として変数を設定した．なお，パターン 2，パターン 3，パターン 4 における行動変更可能性については，行動変更に対する 3 水準の獲得コイン量（50 コイン／100 コイン／300 コイン）の各水準に対する行動変更可能性（経路選択：単位費用あたりの所要時間差，出発時刻選択：所要時間差）を平均した値を用いた．

分析対象サンプルについては，2 章で述べた分析対象サンプル（経路選択：101 サンプル，出発時刻選択：92 サンプル）の中で，グループ 1 ではパターン 2 もしくはパターン 4 の行動変更可能性（経路選択：単位費用あたりの所要時間差，出発時刻選択：所要時間差）の値が負であるサンプル，グループ 2 ではパターン 1 もしくはパターン 3 の行動変更可能性の値が負であるサンプルについて，前章と同様の理由で分析対象から除外した．以上のデータ整理により，経路選択については 61 サンプル，出発時刻選択については 68 サンプルが分析対象サンプルとなった．ここでは，経路選択と出発時刻選択をまとめて分析を行うため，本分析における分析対象サンプル数は 129 サンプルとなった．

説明変数については，その候補として以下の変数を設定した．

・被験者の個人属性｜性別，年齢，職業
・被験者の基本特性｜日常的な自動車運転頻度，自動車の主な利用目的，SNS 等のツールの利用傾向，ゲーム

表-5 ゲーム導入による行動変更可能性の変化を目的変数としたロジスティック回帰分析結果
（N＝129，判別的中率：89.1％，***p＜0.001，**p＜0.01，*p＜0.05）

設問	項目	偏回帰係数	オッズ比（95%信頼区間）
（切片）		1.241	3.46（0.37, 32.37）
【被験者の基本特性】			
自動車の主な利用目的　＜カテゴリー＞	業務	2.042	7.71＊（1.36, 43.70）
≪基準≫　通勤・通学	その他	2.459	11.69＊（1.66, 82.21）
ゲーム利用に関するクラスター　＜ダミー＞ ≪基準≫　ゲーム非利用型	ゲーム利用型	1.418	4.13＊（1.03, 16.60）
【分析対象区間の利用状況】			
広島都市圏 IC 利用有無　＜ダミー＞ ≪基準≫　利用なし	利用あり	-2.383	0.09＊（0.01, 0.66）
分析対象区間利用距離　＜連続値＞		-0.015	0.98＊（0.97, 1.00）
分析対象区間利用車種　＜ダミー＞ ≪基準≫　普通車・軽自動車	特大車・大型車・中型車	-2.740	0.06＊（0.01, 0.71）
【表明選好調査条件】			
表明選好調査対象ルート　＜ダミー＞ ≪基準≫　廿日市 IC 付近発	広島市街地中心部発	-0.369	0.69（0.10, 4.85）
行動変更負担　＜ダミー＞ ≪基準≫　負担小	負担大	-1.342	0.26（0.06, 1.07）
金銭的リワードの有無　＜ダミー＞ ≪基準≫　金銭的リワードなし	金銭的リワードあり	-1.626	0.20＊（0.05, 0.77）
行動変更種類　＜ダミー＞ ≪基準≫　経路選択	出発時刻選択	0.743	2.1（0.64, 6.89）

の利用に関するクラスター

・分析対象区間の利用状況｜利用距離，利用目的，利用頻度，広島都市圏 IC（五日市 IC／広島 IC，広島東 IC）利用有無，利用曜日・時間帯，利用車種，利用時の移動条件

・表明選好調査条件｜調査対象ルート，行動変更種類，行動変更負担，金銭的リワードの有無

なお，説明変数候補の一つである行動変更負担については，経路選択では一般道路所要時間を用い，出発時刻選択では出発時刻調整幅を用いた．アンケート調査では，一般道路所要時間と出発時刻調整幅ともに被験者を 3 つに分けてそれぞれ小・中・大を尋ねる形で設定したが，ここでは中と大をまとめて大とし，小と大のダミー変数として行動変更負担に関する変数を設定した．

以上の説明変数候補を用いて，モデルの説明力を高めるため，ステップワイズ法により説明変数候補を増減させて調整し，パラメータ推定を行った．ステップワイズ法とは，モデルの説明力を評価する指標を用いて，説明力を改善できるよう，説明変数を自動的に取捨選択する方法である．ここでは，モデルの評価指標として，AIC（Akaike's Information Criterion，赤池情報量規準）を用いた．また，表明選好調査条件に関する説明変数候補については，目的変数への影響の有無を明らかにするため，全て説明変数としてモデルに投入した．

b) 分析結果および考察

ロジスティック回帰分析の結果を**表-5** に示す．分析結果の表におけるオッズ比は，偏回帰係数を自然対数の底で指数変換したものであり，当該説明変数以外が一定のもとで，当該説明変数を 1 増加させたときの前後のオッズの比を表す．なお，カテゴリー変数におけるオッズ比は，基準となるカテゴリーに対する当該カテゴリーのオッズ比を表している．

まず，高速道路利用者特性（**表-5** における被験者の基本特性及び分析対象区間の利用状況）に関して，有意水準 5%のもとで目的変数に影響していることが示された変数に着目する．ゲーム利用については，ゲーム非利用型に比べて，ゲーム利用型の方がゲーム導入によって行動変更可能性が高まっている．ゲーム利用経験がありゲームへの親しみを持っている人ほど渋滞緩和ゲームについても関心が高く，ゲームの導入を肯定的に捉えたと考えられる．自動車の主な利用目的については，通勤・通学目的以外の方が通勤・通学目的と比べてゲーム導入によって行動変更可能性が高まっている．通勤・通学目的の利用者は時間に余裕がないために，ゲームの導入効果が低いと考えられる．しかし，渋滞が発生している平日朝方の利用者には通勤・通学目的が多いことを考えると，今後の課題として，時間的に余裕のない通勤・通学目的の利用者を少しでも行動変更に導くようなゲーミフィケ

ーション施策の構築が必要である．分析対象区間利用距離については，短距離利用者の方が，分析対象区間利用車種については，普通車・軽自動車の方がゲームの導入によって行動変更可能性が高まっている．これらの利用者は比較的運転の負担が少ないと考えられ，ゲーム参加へのハードルが低いため，ゲームの導入を肯定的に捉えたと考えられる．

次に，**表-5** における表明選好調査条件に関して，有意水準 5%のもとで目的変数に影響していることが示された変数に着目する．金銭的リワードの有無については，金銭的リワードがない方がゲーム導入によって行動変更可能性が高まっている．前章における分析でも述べたように，金銭的リワードがある状況では，金銭的リワードを獲得できるのであれば，わざわざゲームに参加する必要はないと考えることで，ゲームの導入に肯定的な反応を示しにくくなる傾向があるものと考えられる．よって，ゲーミフィケーションを用いた行動変更促進施策により期待される効果を大きくするためには，金銭的リワードがない状況下での施策の導入が望ましいと考えられる．

5. おわりに

本研究では，ゲーミフィケーションという概念を活用した高速道路利用者の行動変更促進施策として別途構築された渋滞緩和ゲームを活用し，利用者特性やリワード条件と行動変更可能性との関係を分析することによって，高速道路の渋滞緩和を目指すにあたってのゲーミフィケーション施策の有効性を明らかにした．高速道路利用者の表明選好に関するアンケート調査の結果を用いた分析の結果，以下に示す成果が得られた．

- ゲーミフィケーション施策の導入によって行動変更が促進される主な高速道路利用者特性として，ゲーム利用，短距離利用者，普通車および軽自動車利用者が挙げられた．これらの特性を持つ高速道路利用者をゲーミフィケーション施策を用いた行動変更促進のターゲット層とすることが効果的であると考えられる．
- 金銭的リワードがある状況下でのゲーミフィケーション施策の導入は行動変更促進効果が低く，むしろ行動変更可能性を低下させる可能性があることが明らかとなった．ゲーミフィケーションを用いた行動変更促進施策により期待される効果を大きくするためには，金銭的リワードがない状況下での施策の導入が望ましいと考えられる．

課題として，現時点ではゲーム概要動画の視聴という形でゲーミフィケーション施策を提示しているため，実際にゲームを体験した場合とはゲームの認識に違いがある可能性がある．よって，今後実際にゲームを使用して体験してもらった上での行動変更可能性について調査を行い，ゲーミフィケーション施策の導入によって行動変更がどれほど促進されるのかについて明らかにすることができれば，ゲーミフィケーション施策の有効性に関してより有用な示唆が得られると考えられる．

謝辞：本研究は，国土交通省道路局「道路政策の質の向上に資する技術研究開発（課題名：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，研究代表者：倉内文孝　岐阜大学教授）」の助成を受けたものである．アンケート調査の実施に際しては，倉内文孝教授（岐阜大学），中村俊之准教授（岐阜大学），東善朗氏（一般社団法人 Do It Yourself）ほか研究会メンバーの協力を得た．記して謝意を表する．

NOTES

注1) 井上明人：ゲーミフィケーション―＜ゲーム＞がビジネスを変える，NHK 出版，2012．[Inoue, A.: *Gamification*, NHK Publishing, Inc, 2012.]

注2) NEXCO 東日本：～あなただけの高速道路を完成させよう～越後道へ GO：https://www.driveplaza.com/special/echigomichi/，最終アクセス日：2023 年 10 月 12 日．

注3) NEXCO 東日本：WEB ゲーム「越後道（えちごみち）へ GO」を実施します！：https://www.e-nexco.co.jp/pressroom/niigata/2023/0421/00012479.html，最終アクセス日：2023 年 10 月 12 日．

注4) BOUKEN WORKS：勇者コーナンと魔法使いオーワニーのナゾトキクエスト：https://bouken-works.co.jp/event/konan2/，最終アクセス日：2023 年 10 月 12 日．

REFERENCES

1) 山崎和子：ゲーミフィケーション，知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌），Vol. 25，No. 3，pp. 93，2013．[Yamasaki, K.: Gamification, *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, Vol. 25, No. 3, pp. 93, 2013.]

2) 桑原雅夫：渋滞現象と需要解析，土木計画学研究・論文集，Vol. 21，pp. 1-9，2004．[Kuwahara, M..: Demand Analysis considering Traffic Congestion, *Journal of Japan Society of Civil Engineers (Infrastructure Planning and Management)*, Vol. 21, pp. 1-9, 2004.]

3) 尾上一馬，永田恭裕，黒岡亮，長谷川利治：道路交通情報の提供が交通対応行動に及ぼす影響に関する事例研究，土木計画学研究・論文集，Vol. 17，pp. 567-574，2000．[Onoue, K. Nagata, Y. Kurooka, A. and Hasegawa, T.: Case Study on Inpact of Providing Traffic Information on Driver's Attitude, *Journal of Japan Society of Civil Engineers (Infrastructure Planning and Management)*, Vol. 17, pp. 567-574, 2000.]

4) 宇野伸宏，中村俊之，馬場悠介，山崎浩気，倉内文孝：テーラーメイド型 SP 調査による所要時間傾向情報提供時の経路選択行動分析，土木計画学研究・論文

集，第 32 巻，Vol. 71，No. 5，pp. I_467-I_479，2015. [Uno, N. Nakamura, T. Baba, Y. Yamazaki, H. and Kurauchi, F.: A Behavioural Analysis on Effect of Trend Information of Travel Time by Tailor-Made Stated Preference Survey, *Journal of Japan Society of Civil Engineers (Infrastructure Planning and Management)*, 32, Vol. 71, No. 5, pp. I_467-I_479, 2015.]

5) 末澤弘太，山城新吾，木村泰之，浜大吾郎，正部洋典，中野晋，佐藤章仁：避難シミュレーションゲームを用いた防災啓発，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol. 68，No. 2，pp. I_193-I_200，2012. [Suezawa, K. Yamashiro, S. Kimura, Y. Hama, D. Syoubu, Y. Nakano, S. and Sato, A.: Educational Activity for Disaster Prevention by Using Evacuation Simulation Game, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 68, No. 2, pp. I_193-I_200, 2012.]
6) 上杉昌也，森山聡之，小山和孝，和田亨，新山悠紀，石本俊亮：平常時からの地域防災に向けた現地散策型アプリの開発とその有効性の検証，都市計画論文集，Vol. 57，No. 3，pp. 1431-1438，2022. [Uesugi, M. Moriyama, T. Koyama, K. Wada, T. Shinyama, Y. and Ishimoto, T.: Development and Evaluation of a Mobile Application Using Gamification for Regional Disaster Prevention, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol. 57, No. 3, pp. 1431-1438, 2022.]
7) 古賀友朗，山本佳世子：ゲーミフィケーションを活用した観光計画作成支援システム，地理情報システム学会全国大会講演論文集，第 83 回，pp. 579-580，2021. [Koga, Y. and Yamamoto, K.: Sightseeing Planning Support System Adopting Gamification, *Proceedings of the 83rd National Convention of Geographic Information System Association*, pp. 579-580, 2021.]
8) 楽奕平，滝田勝吾，青柳西蔵，清水哲夫：観光分野における行動変容に向けたゲーミフィケーションの活用に関する実証研究，土木計画学研究・講演集，Vol. 66，2022，CD-ROM. [Le, Y. Takita, S. Aoyagi, S. and Shimizu, T.: An Empirical Study on the Utilization of Gamification for Behavior Change in the Tourism Field, *Proceedings of Japan Society of Civil Engineers (Infrastructure Planning and Management)*, Vol. 66, 2022, CD-ROM.]
9) 初谷拓郎，伊與田光宏：計算能力向上を目的とするゲーミフィケーションの提案と評価，情報処理学会全国大会講演論文集，第 76 回，No. 1，pp. 633-635，2014. [Hatsugai, T. and Iyoda, M.: A Method that Gamification Aimed at Increasing Mathematical Ability, *Proceedings of the 76th National Convention of Information Processing Society of Japan*, No. 1, pp. 633-635, 2014.]
10) 松隈浩之，荻野宏実：健康増進を目的としたゲーミフィケーションによる行動変容技法の実証研究，日本デジタルゲーム学会年次大会予稿集，第 12 回， pp. 120-123， 2022. [Matsuguma, H. and Ogino, H.: Empirical Study of Gamification for Promoting Health Behaviors, *Proceedings of the 12th Annual Conference of Digital Games Research Association Japan*, pp. 120-123, 2022.]
11) 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，Vol. 52， 2015，CD-ROM. [Nakashima, R. Sato, T. and Maruyama, T.: Development and Validation of Smartphone-Based Travel Behavior Modification Program Using Gamification, *Proceedings of Japan Society of Civil Engineers (Infrastructure Planning and Management)*, Vol. 52, 2015, CD-ROM.]
12) 岡田直弥，竹内俊貴，谷川智洋，鳴海拓志，廣瀬通孝：内発的動機付けに基づいた高速道路運転行動の誘発，人工知能学会全国大会論文集，第 31 回，3L1-OS-12a-2， 2017. [Okada, N. Takeuchi, T. Tanikawa, T. Narumi, T. and Hirose, M.: Influencing Driver Behavior Based on Intrinsic Motivation, *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, 3L1-OS-12a-2, 2017.]

AN ANALYSIS OF POTENTIAL OF GAMIFICATION TO ENHANCE BEHAVIORAL CHANGE BASED ON STATED PREFERENCE OF INTERCITY EXPRESSWAY USERS

Yu MATSUO, Yusuke KIMURA, Nobuhiro UNO, Ryoji MATSUNAKA and Kosuke TANAKA