

内発的動機付けに基づいた高速道路運転行動の誘発

Influencing Driver Behavior Based on Intrinsic Motivation

岡田直弥 *¹

Naoya Okada

竹内俊貴 *¹

Toshiki Takeuchi

谷川智洋 *¹

Tomohiro Tanikawa

鳴海拓志 *¹

Takuji Narumi

廣瀬通孝 *¹

Michitaka Hirose

*¹ 東京大学大学院 情報理工学系研究科

Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

Uncontrollability of automobiles is one factor in a traffic jam on an expressway. Incentive to intrinsic motivation, especially, is effective in influencing behavior decisions. Gamification is a method of providing motivation, which introduces game design elements into other contexts. In this paper, we propose a method of inducing a driver on an expressway to rest using gamification based on intrinsic motivation. We implemented the method as a smartphone application. A driver takes a break at a rest area to achieve missions given by the application and spontaneously avoids a traffic jam. The result of an experiment showed that our system induced significantly long rest compared to a presentation of traffic jam prediction. The result of a user study on a real expressway indicated rest events were realized by the system with 80% possibility in the best case.

1. 研究の背景と目的

高速道路では、しばしば交通渋滞が発生する。交通渋滞による経済損失額は年間 12 兆円 [国交省 06] と試算されており、交通渋滞を解消する意義は大きい。渋滞の対策として、渋滞予測を提示することでドライバの休憩行動を誘発し、交通需要を分散させる方法がある [Okada 15]。しかし、この方法では休憩場所・時間の選択はドライバ次第であり、渋滞緩和に有効な行動を選択するとは限らない。したがって、渋滞予測に基づいた理想的な休憩行動をシステムが提案し、ドライバに休憩をとらせるための動機付けを与える必要がある。

一方で、個人に動機付けを与える方法として、ゲーム以外の文脈にゲーム要素を取り入れるゲーミフィケーションという手法がある。ゲーミフィケーションを用いて人々の移動行動を変容させようとした例はいくつかあるが [Kracheel 15]、このような例では金銭的な報酬を与えることでゲーミフィケーションを行っているため、金銭的コストがかかる。また、金銭的報酬は行動の外に理由を求める外発的動機付けであるため、その効果は長続きしない。対して、ある行動で得られる楽しさや満足感による動機付けである内発的動機付けの効果は継続しやすい。

本研究では、内発的動機付けに基づくゲーミフィケーション手法を用いることで、高速道路を走行するドライバに理想的な休憩行動を誘発するシステムを構築することを目的とする。ドライバが旅程の中で渋滞に巻き込まれている時間が最小となるような休憩行動を行うことで、交通需要が分散され渋滞緩和につながると考えられる。

2. 関連研究

2.1 動機付け

人の行動がどのようにして喚起されるのかに関して、心理学や社会科学の分野で様々な研究がなされており、様々な動機付け理論が独自のアプローチを用いて発展してきた [上淵 04]。多様な心理現象を説明するために多様な理論が展開されている

が、動機付けは大きく分けて「内発的動機付け」と「外発的動機付け」の 2 種類に分類できる [Ryan 00]。

外発的動機付けとは、ある行動とは別の理由（評価・賞罰・強制などの外部要因）によってモチベーションを持つことである。たとえば、映画館で無料のポップコーンが配られるから特に見たいと思っていない映画に行く、職場の飲み会の幹事をやりたくないがその仕事が割り振られてしまったといったものが外発的動機付けにあたる。その行動が楽しいから取り組むのではなく、ポップコーンがもらえるから、仕事の必要条件だからというように、別の理由でモチベーションを持つ。

対して、内発的動機付けとは、ある行動に対して興味・感心や意欲が内面に湧き起こり、その行動がしたいからするという動機付けである。例えば、友人と交流する、配偶者や家族と素晴らしい時間を過ごす、スポーツをする、好きな仕事をする、食べたり眠ったりする、読書をする、夕暮れに浜辺を散歩する、といった行動は、その行為を行うこと自体が楽しいという動機付けによって喚起される。

外発的動機付けによって得た幸せは長続きしない。報酬に対する耐性がつき、もっと欲しいと感じるようになった結果、同じだけの満足感や喜びを感じるために、より大きく、より高い報酬が必要になる [Brickman 71]。Kohn は、教育現場において、ある活動を奨励しようとして大きな報酬を与えたせいで、逆に熱心にやらなくなってしまう、というケースがよく起こることを示している [Kohn 99]。

一方、内発的な欲求によって達成された活動によって人は幸せや喜びといったポジティブな感情になる。Csikszentmihalyi は「何かを創造的に達成することや高度な能力を発揮して満足した、爽快な感覚」を「フロー」と名付けている [Csikszentmihalyi 91]。フロー体験は日常生活においては欠けているが、ゲームやゲーム的な活動には多く存在し、ある行動に対する内発的動機付けの効果は継続する。

2.2 ゲーミフィケーション

ここ数年で、ゲーミフィケーションと呼ばれる技術が様々な場面で取り入れられるようになってきた。ゲーミフィケーションという言葉が現在の意味で使われ始めたのは 2011 年の Deterding らの研究 [Deterding 11] であり、彼らはゲーミフィケーションを「ゲーム以外の文脈でゲーム要素やゲームデザイ

連絡先: 竹内俊貴, 東京大学大学院 情報理工学系研究科, 東京都文京区本郷 7-3-1, 03-5841-6367, take@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

ン技術を使用すること」であると定義している。

実世界の移動、交通という文脈においてゲーミフィケーションの導入を想定したアンケート調査や、実際にゲーミフィケーションが取り入れられた事例はいくつかある。大都市圏の都市鉄道では、通勤利用者が集中するピーク時に非常に高い混雑率となる問題がある。植原らは、通勤利用者にインセンティブを与えることによって通勤時間帯をオフピークにシフトさせる可能性を明らかにするために、乗車ポイント、アクセス費用割引、専用ラウンジ、車内混雑緩和の4つのインセンティブ案に対する通勤時刻の転換意向を尋ねる表明選好（SP）調査を実施した [植原 09]。

東京メトロ東西線では通勤時間帯の電車内の混雑を避けるため、通勤時間のピークよりも早い電車に乗った人には景品がもらえる早起きキャンペーンを2007年度より実施している [東京地下鉄]。IC乗車券を使って早めの電車に乗ったあと、駅に設置されている専用端末にタッチするとメダルを獲得できる。メダルは何枚かためると商品券に交換できる。2008年度のキャンペーンでは、景品交換対象者3,700人のアンケートにおいて約半数の人が出勤時間が変化したと回答している。

海外においても、たとえばシンガポールでは、鉄道の乗車率のピーク時間帯を避けて通勤した利用者に金銭的報酬を与えることで、実際にピーク時間帯の混雑率を下げることに成功したINSINCと呼ばれるプロジェクトがある [Pluntke 13]。

このように、ゲーミフィケーションを用いて何らかの動機付けを行い、実世界の人々の移動行動を変容させることに成功している事例はいくつか存在する。しかし、これらは金銭的報酬という外発的動機付けを主軸に置いた設計であるため、コストがかかる上に長期間の運用には向いていない。

3. ゲーミフィケーションを用いた休憩行動誘発システム

前章で述べたように、一般的に外発的動機付けよりも内発的動機付けのほうが効果が強く、継続しやすい。本研究では、内発的動機付けに基いてゲーミフィケーションを設計し、高速道路上のサービスエリア（SA）やパーキングエリア（PA）での休憩行動を誘発するシステムを構築する。

3.1 ゲーミフィケーションの設計

個々のドライバーに対して休憩行動を誘発するためのフィードバックを与えるために、近年では一般的に普及しているスマートフォン上で動作するアプリケーションをベースとしたシステムを開発した。このシステムでは、高速道路における休憩行動を誘発するために、

- ミッション、クエスト
- ドライブポイント
- クリアランク

の3つのゲーム要素を取り入れている。

まず、「出発インターチェンジ（IC）から目的ICまでの走行」をミッション、「走行中、指定された休憩場所で指定された時間以上休憩すること」をクエストとして提示する。ドライバーが提示される休憩クエスト通りに休憩行動をとると、ドライブポイントが与えられる。これらは、現実世界のタスクとゲーム世界の課題を関連付け、自らの選択した行動でクエストが達成されるというフィードバックが、達成感・気持ちよさという内発的動機付けを与える。



図 1: スマートフォンアプリ「東名クエスト」の画面サンプル：クエスト一覧画面（左）、ミッション達成画面（右）

ドライバーが目的地に到着すると、走行ミッションが達成され、クリアランクと呼ばれる4段階のランクが与えられる。これは休憩クエストで獲得したドライブポイントに応じて決定され、1回の走行ミッションにおいてより高いランクを目指すという内発的動機付けとなる。

3.2 ゲーミフィケーションの実装

これらの設計をAndroid端末上で動作するスマートフォンアプリケーション「東名クエスト」として実装した。スマートフォンは、高速道路上でのリアルタイムな位置情報の取得やネットワーク通信を容易に実現できるだけでなく、ドライバー個人個人にフィードバックを与えることができる点で有効である。

東名クエストを使用するドライバーは、まず運転を開始する前に出発ICおよび目的ICを設定する。これにより走行ミッションが作成されるので、その後実際に運転を開始する。走行ミッションには「浜名湖SAで15分休憩せよ!」といったクエストが複数含まれており（図1左）、ドライバーはクエストの条件を達成することでポイントを獲得できる。IC通過クエストおよびSA/PA休憩クエストの達成は、スマートフォンの位置情報を利用して自動的に判定されるため、ドライバーが走行中に操作をする必要はない。SA/PAでの休憩時にアプリを開いてクエスト状況を確認しつつ、旅程を進めるようになっている。クエストをクリアしつつ目的ICに到着するとミッションクリアとなり、合計獲得ドライブポイントとそれに応じたクリアランクが表示される（図1右）。

クエストとして提示される休憩場所と休憩時間は、過去5年間の統計情報を用いて算出した東名高速道路の渋滞予測に基づき、渋滞時間が最小になるように決定する。したがって、ドライバーが実際にあるSAで20分休憩すると、その後に遭遇していたであろう渋滞を避けることができる。ただし、渋滞に遭遇しないと予測された場合、定期的に適度な休憩をとるように休憩クエストが設定される。

高速道路上の渋滞状況の予測には、2009年から2013年までの5年間の高速道路の速度データを用いた統計的予測を行った。具体的には、まず1日ごとに平日、休日、土曜、日曜などの21クラスに分類し、クラスごとの平均速度の時系列データを求める。次に21クラス全てでクラス間の相関係数を算出し、

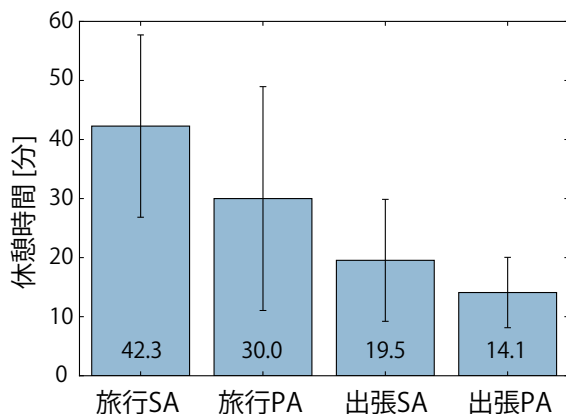


図 2: 許容休憩時間の最大値

相関係数の高いクラス同士を結合して、クラス数を圧縮した。その結果として、平日全て、休日の各曜日（月曜から金曜）、土曜、日曜、三連休の土曜、三連休の日曜、元日、年末年始（12月28日～1月3日）、ゴールデンウィーク（5月3日～5月5日）、お盆休み（8月13日～8月16日）、クリスマスイブ（12月24日）の15クラスとなった。予測対象日のクラスの時系列の平均速度を予測結果とし、ドライバが渋滞にはまっている時間が最小になるように休憩場所・時間が決定される。

4. 休憩誘発効果を検証する想定実験

4.1 実験概要

従来の渋滞予測提示と比べて、提案手法を使用することによりどの程度の休憩行動が誘発できるかを検証するため、男女11名を被験者として想定実験を行った。被験者は全員運転免許を持っており、自動車を運転する頻度は週に1日程度の者から半年に1日程度の者まで様々であった。

被験者は高速道路を運転しているという想定をし、渋滞する場所と時間の予測をそのまま提示する場合（従来手法）と、提案システムを使用する場合においてどのような行動をとるかを回答する。従来手法では、東名高速道路の全てのIC、SA、PAの場所が記された地図を提示し、地図上の一部の区間で特定の時間に渋滞が発生しているという情報を記載した。被験者には、具体的な出発地、目的地を指定して実際の走行シチュエーションを想像させ、道中にどこで何分休憩すると思うかを答えさせた。提案手法では、同様の走行シチュエーションを想像させ、アプリで提示されるクエストをクリアする（実際に休憩する）かしないかを全てのクエストに対して答えさせた。

走行シチュエーションとしては、時間的制約のない旅行条件、時間的制約のある出張条件の2条件を想定した。渋滞区間直前の休憩クエスト（ターゲットクエスト）の休憩時間を5分、10分、15分、30分、45分、60分の6パターン、ターゲットクエストの種類をSA休憩とPA休憩の2パターン提示した。

4.2 実験結果

図2は、提案手法において、ターゲットクエストに関して被験者が許容する休憩時間の最大値を条件別に示したものである。旅行条件・SAクエストについては、平均で最大42分までの休憩クエストならば、被験者の実際の休憩行動を誘発できることがわかった。また、出張条件ではSAで約20分、PA

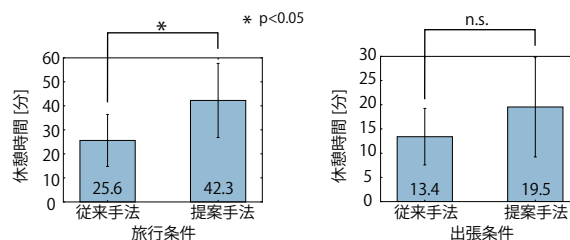


図 3: 渋滞前の平均休憩時間

で約14分までとなっており、旅行条件に比べておよそ半分の時間しか休憩しないことがわかる。

図3は、従来手法と提案手法において渋滞前に休憩する平均時間を比較したものである。提案手法では最も長い休憩誘発が期待できたSA休憩条件における平均を比較対象とした。旅行・出張それぞれの条件でも検定を行ったところ、旅行条件においては有意に長い時間の休憩が誘発できることが示され（ $p = 0.01$ ）、出張条件では有意差はみられなかった。

本実験により、運転目的および休憩場所の条件ごとにドライバが許容できる休憩時間が明らかになった。時間的制約のあるドライバについても考慮した場合、休憩時間の上限をSAクエストで20分程度、PAクエストで10分程度に設定するという指針が得られた。

5. 高速道路における実証実験

5.1 実験概要

実際に高速道路を利用するドライバに対して、提案手法を用いることでどの程度休憩行動を誘発することができるかを検証し、ユーザの行動を分析するため、実装したアプリ「東名クエスト」を一般公開して実証実験を行った。実験期間は2015年11月13日から2016年1月20日までの約2ヶ月間である。東京IC・名古屋IC間の東名高速道路のうち任意の区間を走行する際に利用することができる。提案する休憩クエストの休憩時間の上限は、想定実験の出張条件の結果を用い、SAクエストで20分、PAクエストで10分を上限とした。

5.2 実験結果

実験期間中、本アプリをインストール、使用したユーザは全体で28人であった。そのうち1回以上走行ミッションに参加したユーザは20人、実際に高速道路を走行したユーザは17人であり、全体で27回の走行ミッションのデータが得られた。本実験ではこの27ミッションを有効ミッションとし、解析の対象とした。

図4は、全ミッションの中で提案された休憩クエスト63クエスト中のクリアされたクエストの割合を旅行/出張条件およびSA/PAクエスト別に算出したものである。旅行条件と出張条件についてカイ2乗検定を行った結果、全クエストおよびSAクエストの場合に旅行条件の方が有意にクリア率が高くなった（ $p < 0.01$ ）。旅行条件・SAクエストではその8割がクリアされており、時間的制約のないドライバに対しては、提案システムが有効に働き、一定の休憩誘発効果を与えられたと考えられる。一方で、出張等の時間的制約のある場合ではあまり行動を変容させることができなかった。

図5は、休憩クエストで提示された休憩時間と、実際にドライバが休憩した時間の関係である。比較のため、クエストで提示された休憩時間を赤色の破線であらわしている。5分間の休憩クエストでは、SAクエストで平均14分、PAクエストで

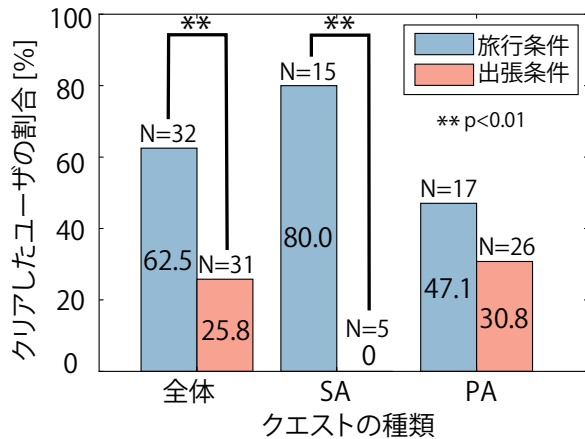


図 4: 条件別のクエストクリア率

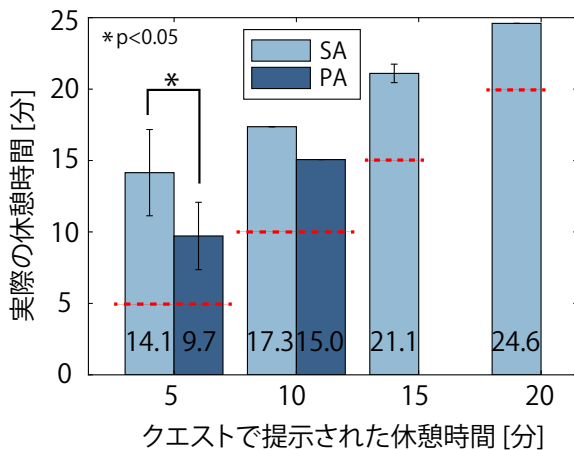


図 5: クエストで提示された休憩時間と実際にユーザが休憩した時間の関係

平均 10 分程度休憩しており、提案する休憩時間が短時間の場合でもある程度長い時間の休憩行動が誘発できることがわかった。また、t 検定を行ったところ、SA のほうが有意に長い時間の休憩を行っていることがわかった ($p = 0.01$)。

6. 結論

本研究では、内発的動機付けに基づくゲーミフィケーションを用いて、高速道路のドライバーに適切な休憩行動を誘発するシステムを構築した。想定実験によって、提案システムは渋滞予測を単に提示する従来手法と比べて有意に長い時間の休憩を誘発できることが示された。実証実験においては、最良条件で 8 割の確率で休憩行動を誘発できることがわかり、本システムが実際の環境でも機能する可能性が示唆された。

今後は、バッジやアバタ、アイテムなどの他のゲーミフィケーション手法を用いて休憩誘発効果を強化した上で、期待できる渋滞解消効果を定量的に分析する。本研究では内発的動機付けのみを対象としたが、ランキングなどの外発的動機付けを組み合わせることで、より多くの誘発を引き起こせる可能性がある。また、ゲーミフィケーションによる継続的な行動誘発の効果を調べるため、長期的な実証実験を行いたい。

謝辞

本研究の実施にあたり、中日本高速道路株式会社の皆様には有用なデータを提供していただきました。心より感謝いたします。

参考文献

- [国交省 06] 国土交通省: 道路交通を円滑化する, <https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-perform/h18/07.pdf> (2006)
- [Okada 15] Okada, N., Nakazato, N., Takeuchi, T., Narumi, T., Tanikawa, T., and Hirose, M.: Interactive interface for expressway travel planning with traffic predictions. Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers, pp. 13–16 (2015)
- [Kracheel 15] Kracheel, M., McCall, R., and Koenig, V.: Playing with Traffic: An Emerging Methodology for Developing. Emerging Perspectives on the Design, Use, and Evaluation of Mobile and Handheld Devices, pp. 105 (2015)
- [上淵 04] 上淵寿: 動機づけ研究の最前線. 北大路書房, (2004)
- [Ryan 00] Ryan, R. M. and Deci, E. L.: Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. Contemporary educational psychology, Vol. 25, pp. 54–67 (2000)
- [Brickman 71] Brickman, P. and Campbell, D. T.: Hedonic relativism and planning the good society. Adaptation-level theory, pp. 287–305 (1971)
- [Kohn 99] Kohn, A.: Punished by rewards: The trouble with gold stars, incentive plans, A's, praise, and other bribes. Houghton Mifflin Harcourt, (1999)
- [Csikszentmihalyi 91] Csikszentmihalyi, M.: Flow: The psychology of optimal experience. HarperPerennial New York, (1991).
- [Deterding 11] 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, pp. 9–15 (2011)
- [植原 09] 植原 慶太, 中村 文彦, 岡村 敏之: インセンティブ導入による通勤時刻転換意向に関する研究. 運輸政策研究, Vol. 11, No. 4, pp. 2–9 (2009)
- [東京地下鉄] 東京地下鉄株式会社: 東西線早起きキャンペーン, <https://metro-hayaoki.jp/>
- [Pluntke 13] Pluntke, C. and Prabhakar, B.: INSINC: A Platform for Managing Peak Demand in Public Transit. JOURNEYS, Land Transport Authority Academy of Singapore, pp. 31–39 (2013)