

# ゲームニクス理論に基づく高速道路走行ゲームの構築

–制限速度と走行速度情報に基づく報酬の獲得が促す行動変容–

Construction of Expressway Driving Game Based on Gamenics Theory  
–Reward Acquisition Based on Speed limit and Running Speed Encourages Behavioral Change–

平岡敏洋\*<sup>1</sup> 高田翔太\*<sup>2</sup> サイトウアキヒロ\*<sup>3</sup>  
Toshihiro Hiraoka Shota Takada Akihiro Saito

\*<sup>1</sup>京都大学大学院 情報学研究科 Graduate School of Informatics, Kyoto University  
\*<sup>2</sup>西日本高速道路エンジニアリング関西 West Nippon Expressway Engineering Kansai Co., Ltd.

\*<sup>3</sup>亜細亜大学都市創造学部  
Faculty of Urban Innovation, Asia University

The present study made an expressway driving game in order to encourage drivers to go the speed limit spontaneously. Drivers can get points and collect various items, if they drive within the speed limit in the target area. Gamenics theory, which is one of the interface design methods to attract user's interests, will be applied to improve user's acceptability and usage motivation. Actual vehicle experiments were performed to investigate impacts of the game on driving behaviors.

## 1. はじめに

平成 26 年中の全交通死亡事故における最高速度違反は 5.3% であった [1]. また, 高速道路の交通死亡事故における最高速度違反は 11.1% であり, 一般道に比べると速度超過によって死亡事故に至る割合が高い. 高速道路の実勢速度を調べた研究 [2] では, 制限速度 100[km/h] 地点において非降雨時には 6 割以上が制限速度を超過していたとの報告がある. 以上より, 速度超過をいかに抑制するかということは, 高速道路における重要な事故対策の一つといえる.

高速道路における速度超過対策としては, 注意喚起標識や自動速度取締機の設置などが一般的であるが, それらが設置されている地点のみ速度を落とすだけに留まるドライバも少なくない. これは, 制限速度遵守よりも実勢速度に合わせることを是とする風潮が少なからずとも影響を与えており, 制限速度遵守行動に対する意識をいかに高めるかという対策が望まれる.

その一つの対策として, 運転の安全度をリアルタイムで点数化するシステム [3, 4] が提案されており, その効果を示す結果が得られている. また, オランダで行われた実験 [5] では, 安全な速度や車間距離を維持したドライバに対して金銭的報酬を与えることで安全運転が促されることが確認された.

そこで本研究では, テレビゲーム開発における種々のノウハウをゲーム以外のユーザインタフェース設計に活用可能な指針として体系化したゲームニクス理論 [6] を援用することで, 制限速度遵守行動の対価として『楽しさ』を提供する高速道路走行ゲームを構築し, ドライバに対して自発的に高速道路の制限速度遵守走行を促すことを目指す.

## 2. ゲームニクス理論

ゲームニクス理論 [6] は, ゲーム開発における操作性・娯楽性向上のノウハウを体系化したものであり, ゲームのみならず各種システムに応用可能である. ゲームニクス理論の主目的は, 1) マニュアルを読まなくてもシステムの操作方法を直感的に理解できる (直感的な操作性), 2) システムの複雑な機

能を, ストレスを感じることなく自然に・段階的に理解できる (段階的な学習効果) の 2 点を実現することである.

ゲームニクス理論は, 1) 直感的で快適なユーザインタフェース, 2) マニュアル不要のユーザビリティ, 3) はまる演出, 4) 段階的な学習効果, 5) 仮想世界と現実世界のリンクの 5 原則から構成され, 各原則はさらに詳細で具体的な設計ノウハウへと分割される.

## 3. 高速道路走行ゲームの概要

本稿で述べる高速道路走行ゲームは, iPhone (iOS) アプリケーションとして開発した. ゲームの対象となる高速道路は関西圏の 10 路線 (延長約 350km) を予定している. 本ゲームは, 走行モード (機能 1) と走行履歴・コレクション閲覧モード (機能 2) で構成される. それぞれの詳細について以下に述べる. なお, ゲームの各機能とゲームニクス理論の対応については, 既報 [7] を参照されたい.

### 3.1 走行モード

#### (1) 概要

走行モードでは, 高速道路上でのドライバの運転行動を評価し, アニメーション・効果音・音声によるフィードバックを与える. 運転行動の評価結果に応じて, ドライバはポイントとアイテムを獲得する. なお, ドライバが高速道路を走行しているか否かは, iPhone の位置情報サービスと流入流出のアルゴリズムに基づいて自動的に判定する. 運転行動の評価は, 制限速度の遵守度 (指標 I) と制限速度近傍での速度の安定度 (指標 II) の 2 指標により行われる.

図 1 に評価のイメージを示す. ドライバが制限速度 ( $V_L(t)$ ) 以下で走行するとポイントが加算され, 制限速度近傍 ( $V_L(t) - \theta$  から  $V_L(t)$  の間) で走行した場合は高評価となる. 制限速度を若干超過 ( $V_L(t)$  から  $V_L(t) + \theta$  の間) するとポイントは加算されなくなり, さらに超過すると制限速度からの超過量に応じてポイントが減点される. なお  $\theta$  の初期値は 10[km/h] であり, 後述するレベルに応じて変動する.

#### (2) ゲームニクス理論に基づく情報提示

ドライバが対象エリアに進入すると, 音声案内が流れて, 画面全体が明るくなって制限速度が表示されると同時に, 進行方

連絡先: 平岡敏洋, 京都大学, 京都市左京区吉田本町, TEL: 075-753-3592, E-mail: hiraoka@sys.i.kyoto-u.ac.jp

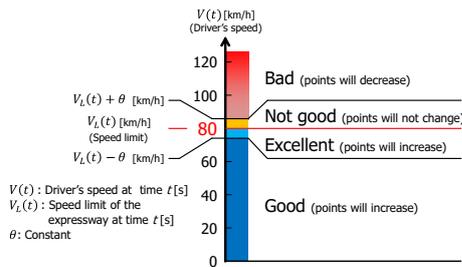


図 1: 運転評価のイメージ

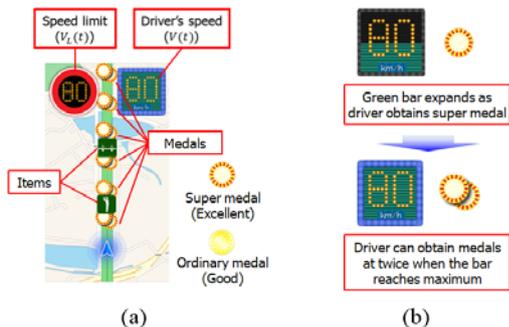


図 2: 高速道路走行時の情報提示

向に沿って 100[m] 間隔でメダルが表示される (図 2 (a)). メダルには通常メダルとスーパーメダルの 2 種類が存在し、図 1 に示した評価結果に対応する。ドライバーがメダルの位置を通過する際、制限速度以下であれば効果音・アニメーションとともに評価に応じたメダルを獲得できる。なお、通常メダルとスーパーメダルで効果音を変えて、スーパーメダル獲得時の方が直感的に点数が高いことを想起するような音とした。

スーパーメダルを一つ獲得するごとに、現在速度表示部の背面にある緑色のバー (以下、速度維持バー) が伸展する。これが 10 に達すると現在速度表示部の外周が青枠で強調されるとともに、一度に獲得できるメダル数が 2 倍になる仕組みとなっている (図 2(b)). この速度維持バーは、制限速度を超過するとリセットされる。また、走行中には高速道路上のジャンクション・橋梁・トンネル・標識などのアイテムが適宜出現し、アイテムの位置を通過する際に制限速度以下であればそのアイテムを獲得する。また、インターチェンジ (以下、IC) 通過時、トンネル通過時、制限速度変化時には、その内容に応じたアニメーション・効果音 (イベント) が提示される。

### (3) メダルとポイント

このゲームでは、IC がチェックポイントとなっており、IC を通過する際に、一つ前の IC から獲得したメダルがポイントに変換される。換算率は、通常メダル = 1 ポイント、スーパーメダル = 10 ポイント、である。ポイントが一定値 (レベルに応じて変わる) 以上貯まるとレベルが上がり、レベルが一つ上がると 3.1 (1) で述べた  $\theta$  が 1[km/h] 減少する。この設定により、徐々にスーパーメダルの獲得が困難になると同時に、制限速度超過時の非減点ゾーンが狭くなる。すなわち、段階的な学習効果を図る。

なお、制限速度を  $\theta$ [km/h] 以上超過した場合は、注意喚起の効果音とともに超過量に応じてポイントが減点される。

### (4) 画面消灯モード

視覚情報の提示を負担に感じるドライバーのために画面消灯モードを用意した。走行モード使用中に画面をタップすることで、視覚情報を一切表示しないモードと、制限速度・現在速度のみ表示するモードに切り替えることができる (図 3)。ただ



図 3: 画面消灯モード

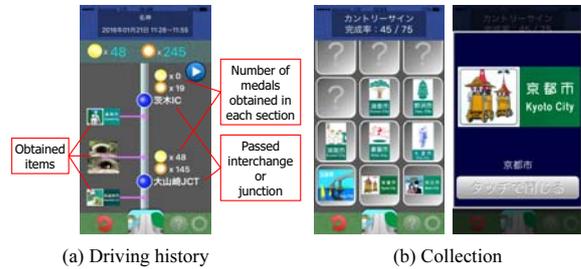


図 4: 走行履歴・コレクション閲覧モード

し、いずれのモードでも効果音は通常通り提示される。

## 3.2 走行履歴・コレクション閲覧モード

ドライバーの過去の走行履歴として、走行区間・日時・獲得アイテム・各区間での獲得メダル数などの情報を閲覧できる (図 4(a)). また、これまでの走行で獲得したアイテムを一覧できる画面も用意している (図 4(b)).

## 4. 走行実験の概要

試作版ゲーム (以下、アプリ) が運転行動に与える影響について、高速道路上での実車実験により検証する。

### 4.1 実験条件

#### (1) 実験参加者

実験参加者は月に数回以上自動車を運転する 22 歳 ~ 36 歳の男性 14 名 (平均年齢 28.4 歳) であり、実験前のインフォームドコンセントにより実験参加の同意を得た。

#### (2) 実験コース

名神高速道路・吹田 IC または茨木 IC から瀬田西 IC を実験コースとして選定した。なお、実験参加者 1 ~ 8 は茨木 IC から、実験参加者 9 ~ 14 は吹田 IC をスタート地点とした。

#### (3) ゲームの提示

アプリをインストールした iPhone6 を専用のホルダーでハンドル右前方に固定した。なお、実験走行中は、カーナビ・オーディオ等の電源を切った。

#### (4) 視線計測

トビー・テクノロジー社製 Tobii Pro Glass2 を用いて走行中の視線データを記録した。

### 4.2 実験手順

実験のスタート地点となる IC (吹田 IC もしくは茨木 IC) まで走行した後、瀬田西 IC までを往復して出発地に帰着する。途中、桂川 PA (往路)、大津 SA (復路) で休憩をとるが、実験参加者が希望した場合には大津 SA (往路)、桂川 PA (復路) でも休憩をとることができる。高速道路上の走行時間は休憩時間も含め 1 時間半程度であった。ただし、実験参加者 4, 5 は、大雪による除雪作業に伴う渋滞の影響を受けたため、順調に走行できた区間はコース全体の 2/3 程度であった。

実験コース、視線計測、アプリの概要等について出発前に実験者が説明を行った。さらに、走行中の安全を確保するために、実験者が同乗して道案内等を行った。アプリの概要につい

ては、アプリのヘルプ画面と、走行中の動作を確認できるデモを用いて説明した。ただし、アプリを積極的に活用する旨の指示や実験の目的についての説明は一切行っていない。

なお、画面消灯モード (3.1(4)) についても口頭で説明を行ったが、出発時から本機能を使用した実験参加者はいなかった。

### 4.3 教示内容

実験参加者に対して以下の教示を行った。

- 1) アプリ使用中は、常に画面が表示され、音声や効果音が提示される。
- 2) アプリの使用に危険を感じた場合は、最寄りの休憩施設で停車し、使用をやめることができる。
- 3) 視線計測機器の装着に危険を感じた場合は、最寄りの休憩施設で停車し、使用をやめることができる。
- 4) アプリの履歴画面・ヘルプ画面等は休憩中に自由に閲覧して良いが、走行中の操作は絶対に行わないこと。
- 5) 走行中も含め、実験実施者には適宜質問等をして良いが、実験内容に関わる質問には回答できない場合がある。

## 5. 実験結果

本稿では、1) ゲームアプリの娯楽性、インタフェースの適切さ、アプリの使用が安全運転に与える影響、などに関するアンケートの結果、および、2) 視線データの解析結果に基づく安全性に対する影響 (視認負荷) について報告する。

### 5.1 アンケートデータ

#### (1) 質問内容

5段階評価の質問 1-a ~ 3-b を設定した。質問 1-b では具体的な運転行動の変化について、質問 2-a, 2-d, 2-e, 3-a, 3-b では評価の理由について、各々自由記述の設問も設けている。

- 1-a) アプリを活用したか。
- 1-b) アプリの存在によって運転行動が変化したと思うか。
- 2-a) 走行中のアプリの動作について、事前にヘルプやデモを見なくても理解できたと思うか。
- 2-b) メダルを取るために努力したか。
- 2-c) メダルを取れる速度を維持するのは簡単だったか。
- 2-d) アプリを使用して「楽しい」と感じたか。
- 2-e) 本アプリが無料だとしたら、利用したいか。
- 3-a) アプリを使用して、「普段よりも客観的に見て運転が安全になった」と思うか。
- 3-b) 走行中にアプリを使用することに危険を感じたか。

#### (2) アプリの活用状況

図 5 に質問 1-a および 1-b に対する評点の人数分布を示す。全実験参加者が 4 点または 5 点と回答している。質問 1-c に関する自由記述では、ほとんどの実験参加者が「速度を意識した」、「制限速度を守るようにした (速度を抑えた)」と回答した。とくに実験参加者 5 は「制限速度 - 5[km/h] ~ 制限速度の範囲で速度を調節した」と回答しており、スーパーメダルを獲得するための速度を維持していたと見られる。

#### (3) アプリの娯楽性・インタフェースの適切さ

質問 2-a ~ 2-e の結果を図 6 に示す。質問 2-b, 2-c については、通常メダルとスーパーメダルそれぞれについて質問し、両者の違いがわからなかった実験参加者 2, 4, 7 の 3 名は集計対象外とした。

質問 2-a では、6 名の実験参加者が 5 点と回答しており、自由記述でも「アニメーションや効果音は直観的でわかりやすかった」などと報告している。一方で、同じく 6 名が 2 点と

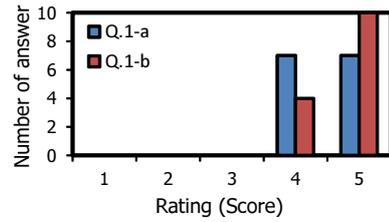


図 5: アプリの活用状況 (質問 1-a, 1-b)

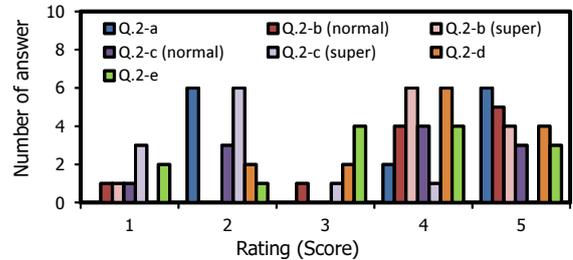


図 6: 娯楽性・インタフェースの適切さ (質問 2-a ~ 2-e)

回答しており、「メダルの違いによる効果音の違いに気付かなかった」といった回答が得られた。この点に関しては、効果音の改良に加えて初心者に対し音声によるチュートリアルを充実させるなどの改善が必要である。

質問 2-b, 2-c の結果より、多くの実験参加者がメダルを獲得しようとして意識していたが、スーパーメダルを獲得できる速度を維持することは決して容易なタスクではないと感じていたことがわかる。このことは、アプリの難易度が簡単には飽和しないことを意味しており、3.1 (3) で述べたようにドライバのレベルに応じて難易度を調節することで、段階的な習熟を促す余地があるといえる。

アプリの娯楽性について問う質問 2-d および 2-e では、4 点または 5 点と回答した実験参加者がそれぞれ 10 名、7 名存在し、「ゲーム感覚で楽しめる」、「メダル・コレクションの獲得により達成感を感じる」、「高速道路を利用する目的の一つになる」といった肯定的な意見が得られた。その一方で、1 点または 2 点と回答した人がそれぞれ 2 名、3 名存在しており、「ゲームとしては単調で、途中で飽きてしまう」、「速度維持バーがリセットされるとき効果音が不快である」などの報告があった。

また、実験参加者 10 は、「画面表示が少なからず運転に影響する」と回答し、質問 2-e で 1 点と回答している。このことについては、次項および 5.2 節の視線データの分析でも考察する。

#### (4) アプリの使用が安全運転に与える影響

図 7 に、質問 3-a および 3-b の結果を示す。質問 3-a では、4 点または 5 点と回答した実験参加者が 9 名存在し、「速度超過が抑えられる」、「速度を意識するようになる」、「速度が安定するようになる」といった選択理由を挙げている。一方、実験参加者 10, 13 はそれぞれ 2 点、1 点と回答し、その理由として「速度を意識するあまり、減速が増える / 状況確認が疎かになる」と述べた。

また、質問 3-b では 4 名の実験参加者が 4 点 (少し危険を感じた) と回答した。その理由として、「制限速度を守ろうとすると後続車からのプレッシャーを感じる」、「メダル獲得のために車間距離を詰めてしまう」、「速度維持バーがリセットされるとき効果音に驚いてしまう」などが挙げられている。

以上より、「制限速度の遵守」による安全性の向上効果を認める意見が多数得られたが、危険な運転行動を誘発しうる恐れがあることも判明した。したがって、車間距離など他車両との衝突安全性を考慮した評価指標の導入が今後望まれる。また、

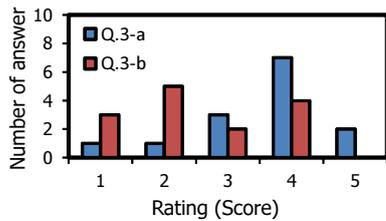


図 7: 安全性への影響 (質問 3-a, 3-b)

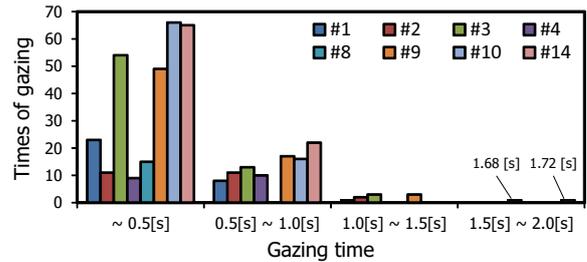


図 8: 注視時間別の画面注視回数

表 1: 画面注視時間・注視頻度

Participant	Times of gazing	Gazing time [s]		Mean time between gazing [s]	Rate of gazing [%]
		total	average		
#1	32	11.32	0.35	13.2	2.7
#2	24	13.28	0.55	15.9	3.2
#3	70	28.72	0.41	5.6	7.0
#4	20	10.84	0.54	20.7	2.7
#8	15	3.68	0.25	25.2	0.9
#9	69	28.12	0.41	6.4	6.3
#10	82	34.24	0.42	5.3	7.8
#14	88	38.24	0.43	4.9	8.8
Average	50	21.06	0.42	8.16	5.0

ドライバにとって不快感の少ない効果音の実装も必要である。

## 5.2 視線データ

### (1) 分析対象

全実験参加者の全区間分のデータは膨大であり、参加者によっては逆光や瞬目などの影響で分析が困難であったため、本稿では暫定的に下記の参加者・範囲に限定して分析を行った。なお、同区間の走行時間は約 7 分間 (分析対象者の平均: 423 秒) であった。

分析対象区間) 復路の京都南 IC (IC 出口部手前)  
～ 大山崎 IC (天王山トンネル手前)

分析対象者) 実験参加者 1 ~ 4, 8, 9, 10, 14 の 8 名

### (2) アプリ画面の注視時間および注視頻度

表 1 に、分析対象区間におけるアプリ画面の注視回数、注視時間、画面を注視してから次回注視するまでの平均時間、走行時間に占める画面注視時間の割合を示す。実験参加者 10, 14 は画面消灯モード (速度のみ表示) を使用しており、斜字体で示している。図 8 は注視時間区分ごとの画面注視回数を示している。なお、1 回あたりの注視時間の最大値は実験参加者 14 の 1.72 秒であった。

表 1 より、実験参加者 3, 9, 10, 14 は平均で 5 秒 ~ 6 秒に 1 回程度と高い頻度で画面を注視しているが、注視時間の平均は 0.4 秒程度となっている。また、注視時間が 1 秒を超えることは稀で、ほとんどが 0.5 秒未満となっていることが図 8 から読み取れる。

### (3) 安全性への影響

上述の結果より、一般に危険といわれる 2 秒以上の画面注視 [8] は確認されなかったものの、画面注視の頻度が高い実験参加者が少なからず存在した。そのうち実験参加者 10 は、前節のアンケートにて安全性への影響に関する懸念を述べている。

このように注視回数が多くなっている理由として、iPhone の位置情報サービスにより計算されるアプリ画面上の速度と、車両の速度計の速度が一致しないため、メダル獲得のためにアプリ画面上の速度を度々確認していることが考えられ、今後の検討課題といえる。

本稿では一部の区間に限って分析を行っており、習熟や画面消灯モード使用による注視回数の変化、どのような場面でとくに注視が生じやすいか、などについて引き続き分析が必要である。これらの結果については、今後随時報告を行っていく。

## 6. おわりに

本研究では、高速道路上で自発的に制限速度遵守行動を促すことを目的とした高速道路走行ゲームを提案した。ゲームニクス理論の援用により、既存の類似システムと比較して操作性・娯楽性の高いシステムとなることを目指した。

試作版ゲームが運転行動に与える影響について実車実験を行ったところ、1) ゲームを活用して制限速度を維持するように行動変容が促された、2) 娯楽性や利用動機づけが高いという主観評価結果が得られた、3) 安全性を損なうような長時間の画面注視は無かった。

しかしながら、一部の実験参加者からは、ゲーム内容が単調であるといった意見や、制限速度遵守意識が強くなりすぎること危険な運轉行動が誘発するといった意見が出た。これらの課題については早急に解決すべき対策を検討していく。

## 参考文献

- [1] 警察庁交通局：平成 26 年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について (2015)
- [2] 洪性俊, 大口敬：高速道路における実勢速度の実態分析, 第 31 回土木計画学研究発表会・講演集 (2005)
- [3] 平岡敏洋, 高田翔太, 川上浩司：自発的な行動変容を促す安全運轉評価システム (第 1 報) —衝突回避減速度を用いた評価指標の提案—, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.1, 665-671 (2013)
- [4] J. Zhang, Y. Jiang, K. Sasaki, M. Tsubouchi, T. Matsusita, T. Kawai, A. Fujisawa: A GPS-enabled smart phone app with simplified diagnosis functions of driving safety and warning information provision, Proceedings of 21st ITS World Congress, CD-ROM (2014)
- [5] U. Mazurek, J. V. Hatten: Rewards for safe driving behavior - Influence on following distance and speed -, Journal of the Transportation Research Board, No.1980, 31-38 (2006)
- [6] サイトウアキヒロ：ビジネスを変える「ゲームニクス」, 日経 BP 社 (2013)
- [7] 平岡敏洋, 高田翔太, サイトウアキヒロ, 藤井豊一, 安時亨：ゲームニクス理論に基づく高速道路用安全運轉評価システム, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2015 (SSI2015) 講演論文集, pp.550-553 (2015)
- [8] H. T. Zwahlen, C. C. Adams, D. P. DeBals: Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles, Vision in Vehicles II: Proceedings of the 2nd International Conference, pp.335-344 (1988)