

安全運転に対する動機づけを高める運転支援システム

Driver-assistance system to enhance driver's motivation for safe driving

野崎敬太*¹

Keita Nozaki

平岡敏洋*¹

Toshihiro Hiraoka

高田翔太*¹

Shota Takada

川上浩司*¹

Hiroshi Kawakami

*¹京都大学大学院情報学研究科

Graduate School of Informatics, Kyoto University

Systems to enhance driver's motivation for safe driving are thought to be effective in reducing the number of traffic accidents. According to the idea of gamification, the present study proposes an advanced driver-assistance system, which aims to encourage drivers to drive pleasantly and safely. The function to present a target value based on the driving history would improve driver's motivation for safe driving.

1. はじめに

近年、自動車事故での死者数は減少傾向にあるが、単位走行距離あたりの交通事故死傷者数はほぼ一定で推移している。交通事故低減策の一つとして、運転者自らが安全運転に対する動機づけを高めるシステムの導入がある。たとえば、先行研究 [1, 2] において、客観的な安全運転評価結果を運転者に提示するシステムを提案し、定量的かつ定性的に一定の効果が認められたが、情報提示法の検討は不十分であった。

また、エコドライブ支援システムの先行研究 [3] では、動機づけに関する心理学の理論に基づいて、娯楽的要素を加味した燃費情報の提示法を検討することで、燃費向上に対する動機づけが高まることを示した。

そこで本研究では、ゲーミフィケーション [4] の知見を活かした新たな安全運転支援システムを提案する。運転者が楽しみながら安全運転できる七つの“仕掛け” [5] を導入し、各仕掛けと動機づけを高める設計論の関係を考察する。

2. 動機づけを高めるシステム設計

2.1 心理学の理論背景 — 自己決定理論 —

心理学分野では、動機づけに関するさまざまな理論が確立されている。Deci と Ryan により構築された自己決定理論 [6] の枠組みでは、動機づけの源泉となる、1) **自律性**: 行動主体が自分であること、2) **有能さ**: 外界に対して効果的に作用できること、3) **関係性**: 周囲社会との関わり方、に対する欲求を満たすことで行動の外にあった価値が行動そのものに内在化され、自律的な行動を行うといわれている。

2.2 ゲームの設計論 — ゲーミフィケーション —

動機づけを高めるシステム設計の一つに、テレビゲームの楽しさを活用する手法がある。特定の問題を解決するために、テレビゲームの要素を考慮して、ユーザの行動変容を促す活動全般をゲーミフィケーションと呼ぶ [4]。

日本では、テレビゲームの設計原則を体系的に整理したゲームニクス理論 [7] が有名である。テレビゲームの成功事例から抽出された、行動変容を促すための設計原則は次の四つである。

原則 1) 直感的なユーザインターフェース

原則 2) マニュアル不要の操作理解

原則 3) はまる演出と段階的学習効果

原則 4) ゲームの外部的化

原則 4 は、仮想世界に現実感を与えることや、現実世界のシステムに対してシステム利用の動機づけを高めるゲーム要素を付加することを意味する。

また、Ryan ら [8] は自己決定理論の視点からテレビゲームの動機づけを考察している。自律的な行動を許し、行動の影響力が大きく、周囲と社会的な繋がりを持つ仮想環境の特徴が動機づけを高める要因と述べている。実環境においても、同様の特徴を有するシステム設計が望ましい。

3. 安全運転に対する動機づけ

3.1 リスク知覚論 — リスクホメオスタシス理論 —

心理学者の Wilde は、安全運転に対する動機づけを高めなければ交通全体の安全性は変わらないというリスクホメオスタシス理論 [9] を提唱した。運転者は知覚リスク量を一定の目標値に保つ性質を有するとして、安全装置の導入で一時的に知覚リスク量が低下しても目標標準が変動しなければ、知覚リスク量が目標に達するまで不安全行動を行うと述べている。運転の安全性を高めるためには、目標標準を低下させる方策、すなわち安全運転に対する動機づけが重要である。

3.2 運転の楽しさを重視する設計論 — 不利益 —

運転者の主観的な益（自律性、有能さ、関係性への欲求に対する満足感など）を重視するシステム設計論の一つとして、不利益 [10] という考え方が提唱されている。これは、運転者の手間を必要とするシステムの不便さが運転者の主観的な益向上に寄与すると指摘する考えであり、運転者が自ら安全運転を行う楽しさを重視する不便さを活かした設計が望ましい。

3.3 安全運転を促すシステム設計指針

先行研究 [11] で提案された安全運転を促すためのシステム設計指針を以下に示す。とくに、指針 1 と 2 は有能さへの欲求を満たす方策である。本研究では、本指針と 2.2 節で述べた 4 原則に基づくシステム設計を行う。

指針 1) 安全運転に対するインセンティブ

指針 2) 有能感を促進する娯楽性

指針 3) 連続的かつマルチモーダルな情報提示

指針 4) S-R 適合性を満たすインターフェース

指針 5) 直感的なシステムの制御則や仕組み

指針 6) 錯覚利用による知覚リスク量増加

連絡先: 野崎敬太, 京都大学, 京都市左京区吉田本町, TEL: 075-753-5042, E-mail: nozaki@sys.i.kyoto-u.ac.jp



図 1: 提案システムの表示.

4. 安全運転を促す運転支援システム

情報提供法を工夫して運転者の安全運転に対する動機づけを高める運転支援システムを提案する。本章では、提案システムの概要を述べ、動機づけを高める各種設計論との関係を示す。

4.1 設計方針

本稿では、「安全」を「危険ではないこと」と定義し、提案システムは『追従走行中*1に、運転者が楽しみながら予防的な安全運転（危険に近づかない運転）を行うこと』を支援する。

4.2 開発環境

先行研究 [2] と同じドライビングシミュレータ（以下 DS）を用いる。ハンドル左奥に設置した情報提供専用画面に安全運転評価結果を表示する（図 1）。

4.3 安全運転の評価指標

先行研究 [1] では、衝突回避減速度 (DCA: Deceleration for Collision Avoidance) を用いた安全運転評価指標を四つ提案した。各指標は 0~1 の数値で表され、大きい値ほど安全性の高い運転を表す。各指標の概要を以下に示す。

1) 顕在的危険に対する指標

適切な減速 I_F : 前方障害物回避のために適切に減速したか
後続車に配慮した減速 I_B : 自車に対する後続車の I_F

2) 潜在的危険に対する指標

無理のない加減速 I_A : 加速度指令値に対する実加速度の割合
安全な車間距離 I_D : 先行車の急減速に備えて車間を空けたか

4.4 安全運転を促す七つの仕掛け

安全運転に対する動機づけを高めるために、2.2 節の 4 原則と 3.3 節の 6 指針に基づいて、次の七つの仕掛けを導入する。

1) 実環境との対応づけ (← 原則 1, 2, 4 / 指針 4, 5)

提示画面の上下を実空間の前後に対応させる。表示内容を直感的に理解させて、間接的に安全に対する意識を高める。

- 1-1. 画面左の 2 本の白線間にアイコンを配置する（画面上から先行車、車間（両矢印）、自車、後続車）。
- 1-2. 自車のアイコンを他車より大きくして遠近感を与える。
- 1-3. 右側の白線を破線（中央線）にして進行方向（上）を示す。
- 1-4. $\{I_F, \text{先行車}\}, \{I_D, \text{車間}\}, \{I_A, \text{自車}\}, \{I_B, \text{後続車}\}$ を組にして、各指標の意味を直感的に理解させる。

2) 予防的な安全運転への焦点化 (← 原則 3, 4 / 指針 1, 2)

運転中の顕在的または潜在的な危険を可視化して、運転行動の結果のフィードバックを図り、予防安全の意識を高める。

*1 先行車に追従走行しており衝突リスクが潜在する状態のこと。先行車に対する自車の PDCA[1] が $2.0 \text{ [m/s}^2\text{]}$ 以上の状況とする。

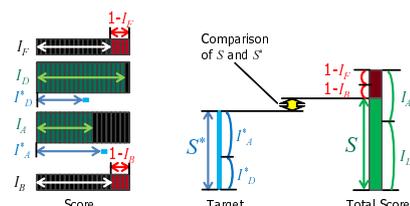


図 2: 各指標の表示と得点計算の概要.

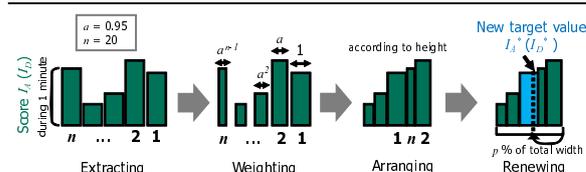
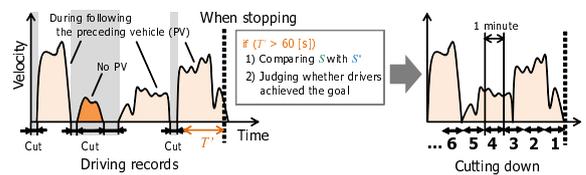


図 3: 評価区間の抽出（上段）と目標点 I_A^* , I_D^* の計算（下段）.

2-1. 運転行動の安全性を評価して、停車するたびにインターバル成績*2を画面に提示する。画面左寄りに、各評価指標の点数を数値バーで表示する（図 2 参照。画面上から I_F, I_D, I_A, I_B ）。バー左端を各指標の最小値 0、右端を最大値 1 とする。また、運転者の視認負荷を考慮して走行中には画面に何も表示しない。

2-2. 潜在的危険に対する指標 I_A, I_D の表示を、指標 I_F, I_B よりも大きくして、予防安全に焦点を当てる。

2-3. 追従走行中のみを評価対象とする。先行車が存在しないときは、指標 I_D を計算できないため評価対象としない。

2-4. インターバルの時間 T' が 60 秒以下のときは成績評価を表示しない。ただし、後述する目標値は更新される。

3) 達成可能な目標の提示 (← 原則 2, 3 / 指針 1, 2, 5)

運転者が達成できる難易度の運転目標を与えることで、安全運転の技能向上に対する動機づけを高める。

3-1. 指標 I_A, I_D に対して、運転技能に見合った目標値 I_A^*, I_D^* を算出する。まず運転履歴データから直近 20 分の追従走行区間を抽出する。つぎに指標 I_A, I_D に対して、1 分ごとのインターバル成績を用意し、現在から過去に遡るにつれて影響が弱くなるように重み付けて、達成の可能性が $p\%$ となる目標点 I_A^*, I_D^* を算出する（図 3 参照）。

3-2. バー下部に青色の標的として目標値 I_A^*, I_D^* を提示する。

3-3. 停車するたびに目標値 I_A^*, I_D^* を更新する。

4) 安全運転の継続に対する報酬 (← 原則 3 / 指針 1, 2)

予防的な安全運転を継続すると加点、危険が顕在化すると減点となる得点計算を行う。停車するたびに運転得点と目標点を同時に提示し、目標達成の可否を示すことで、安全運転の継続に対する意識を高める。システムの目標値達成判断および目標値更新手順を図 4 に示す。

4-1. 指標 I_A, I_D を加点対象、指標 I_F, I_B を減点対象とする（加点： I_A, I_D 、減点*3： $1 - I_F, 1 - I_B$ ）。

*2 発進から停車までの区間（インターバル）での平均成績のこと。
*3 運転行動の危険性を表す数値。走行中に顕在化した他車との衝突リスクのこと。

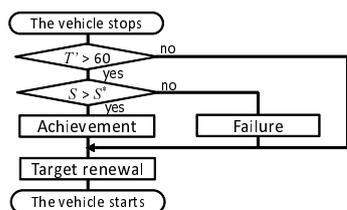


図 4: 目標達成判断および目標値更新のプロセス.

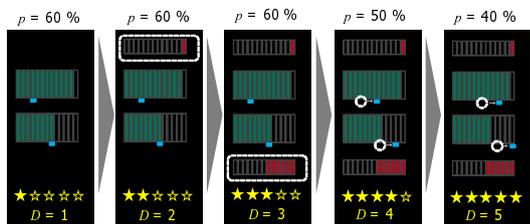


図 5: 各難易度 D における評価方法.

- 4-2. 加点領域を緑色で、減点領域を赤色で表示する.
- 4-3. 得点 S と更新前の目標点 S^* を表示する (図 2 参照).

$$\begin{cases} S = I_A + I_D - (1 - I_F) - (1 - I_B) \\ S^* = I_A^* + I_D^* \end{cases}$$

- 4-4. 画面右側に、得点 S と更新前の目標点 S^* を上下方向バーで表す (画面右から S, S^*).
- 4-5. 得点 S が目標点 S^* を上回れば目標達成と判断する (ただしインターバルの時間 T' が 60 秒以下のときを除く). さらに、図 3 の手順にしたがって、 I_A^*, I_D^* を更新する.

5) 段階的な習熟の促進 (← 原則 3 / 指針 1, 2, 5)

システムを使用するにつれて目標達成の難易度が上がる. 運転者は段階的に安全運転を習熟することで有能さへの欲求を満たすと期待される.

- 5-1. 難易度 D を 5 段階設定して、画面右上に黄色い星の数として提示する.
- 5-2. 目標を達成したときに青い星が 1 個増加し、目標を大きく下回るとき^{*4}に青い星が 1 個減少する. 目標の達成状況は、画面右下の人型アイコンにより通知される.
- 5-3. 青い星の数が 10 個になると難易度 D が 1 段階上がる.
- 5-4. 難易度 D に応じて運転評価方法を変える (図 5 参照).
 $D = 1$: 目標達成の可能性を $p = 60\%$ と設定して、潜在的危険に関する指標 I_A, I_D だけで運転評価を行う. 一切減点しない ($1 - I_F, 1 - I_B = 0$).
 $D = 2, 3$: p は一定で指標 I_F, I_B を順次減点対象に加える.
 $D = 4, 5$: p を 50%, 40% に下げて目標を段階的に高める.

6) 取扱説明書の不要化 (← 原則 2 / 指針 2)

システムを使用するなかで、システムの使用目的や使い方を理解させる. 運転者が取扱説明書を読む手間を省くことで、システム使用に対する動機づけを阻害しない.

- 6-1. システム使用開始時に、チュートリアル (システムに習熟するための学習プログラム) の説明文を表示する.
- 6-2. 運転者はハンドル横に設置された上下左右の 4 方向プッシュスイッチを操作して、説明文を読み進める.
- 6-3. 停車中であれば、既読の説明文をいつでも参照できる.

*4 得点 S が達成可能性 $p = 80\%$ の点数を下回るときのこと.

7) 自由意志でのシステム使用 (← 原則 3 / 指針 2)

システム使用, 不利用の権限をドライバーに与えて, 自律性への欲求を満たす設計とする.

- 7-1. 運転者はハンドル横に設置されたプッシュスイッチを操作することで, 1) 評価モード, 2) 練習モード, 3) 非表示を切り替えられる. 評価モードと練習モードの違いは運転評価, 目標点更新の有無である.

5. おわりに

ゲームの設計論を参考にして, 安全運転を促す七つの仕掛けを導入し, 楽しみながら安全運転できる運転支援システムを提案した. 動機づけ理論に基づく考察により, 提案システムが安全運転に対する動機づけを高める可能性を示した.

今後の展望として, 1) 情報の提示内容および提示方法の詳細設計, 2) DS 実験による有効性評価, 3) マルチモーダルに情報を提示して走行中に成績をフィードバックする方法の検討などが考えられる.

参考文献

- [1] 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転評価システム (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, pp.665–671 (2013).
- [2] 高田翔太, 平岡敏洋, 野崎敬太, 川上浩司: 自発的な行動変容を促す安全運転評価システム (第 2 報) —評価システムが運転行動に与える影響—, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.1, pp.673–678 (2013).
- [3] 野崎敬太, 平岡敏洋, 高田翔太, 塩瀬隆之, 川上浩司: エコドライブ支援システムにおける能動的工夫の余地が運転者の動機づけに与える影響, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.15, No.2 (2013) [印刷中].
- [4] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L.: From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”, Proceedings of MindTrek (2011).
- [5] 松村真宏: 仕掛学の試み, 第 25 回人工知能学会全国大会 (JSAI2011) 予稿集, CD-ROM (2011).
- [6] Deci, E. L., Ryan, R. M.: Handbook of self-determination research, University Rochester Press (2004).
- [7] サイトウアキヒロ: ゲームニクスとは何か, 幻冬舎 (2007).
- [8] Ryan, R. M., Rigby, C., Przybylski, A.: The motivational pull of videogames: a self determination theory approach, Motivation and Emotion, pp.347–363 (2006).
- [9] Wilde, G. J. S. (芳賀繁訳): 交通事故はなぜなくなるのか, 新曜社 (2007).
- [10] 川上浩司: 不便の効用に着目したシステムデザインに向けて, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.11, No.1, pp.125–133 (2009).
- [11] 平岡敏洋: ドライバに安全運転を促す運転支援システム, 計測と制御, Vol.51, No.8, pp.742–747 (2012).