

ナッジ効果を用いた運転支援システムの 提示タイミングの決定

To determine the display timing of driving assistant using Nudge

榎波 晃一^{*1}
Kouichi Enami

今井 倫太^{*1}
Michita Imai

奥岡 耕平^{*1}
Kohei Okuoka

秋田 祥平^{*1}
Shohei Akita

^{*1}慶應義塾大学 理工学部 情報工学科

Keio University, Faculty of Science and Technology, Department of Information and Computer Science

In this aging society, to improve convenience of electric wheelchairs is an issue. Especially how to adapt automatic operating systems, which has developed in recent years, to electric wheelchairs is important. In this paper, we propose Mizusaki system, a screen agent that informs drivers gain changes in an electric wheelchair with automatic gain adjustment system. Mizusaki system, based on the Nudge effect, aims to improve operability and safety not with directly teaching how to drive, but with presenting surrounding environment and internal information. Since Mizusaki system uses a screen effect that is easily recognized even in peripheral vision such as vection and color, it can attract the attention of the driver even while driving, and expect that it will not request gazing at unnecessary time. In designing Mizusaki system, in order to investigate the optimum presentation timing, we conducted an evaluation experiment of the system by changing the presentation timing. As a result of the experiment, we found that when presenting at an earlier timing, drivers give better impressions.

1. はじめに

電動車椅子の操作を支援する運転支援エージェントは、電動車椅子の需要に伴い求められている。エージェントは運転者の運転と周囲環境に基づき、運転者に様々な指示を与えることで操作性・安全性の向上を図ることができる。また、衝突防止や障害物検知といった運転支援システムと組み合わせることで、運転者とシステムの連携を高めるといったことも可能である。

運転支援エージェントの態度に関しては、既に研究がなされている。Tanaka らは運転者の評価が低い運転指導員と高い指導員を比較し、評価が低い指導員が運転者に運転方法を直接指示する発言を多用しているのに対し、評価が高い指導員は注意喚起を多く行っていることを示した [田中 他 15]。エージェントにおいても、運転者にそれとなく最適な行動を示唆する「ナッジ効果」[Sunstein 14] に基づいた設計を行うことで運転者の評価を高められるのではないと思われる。

ナッジ効果の研究 [リチャード 他 09] では、人の選択行動へ介入する様々なさりげないデザインが紹介されている。保険の選択や投資の選択といった場面を例に、人の認知バイアスの観点からナッジ効果の有効性を解説している。

一方で、本稿が対象とする運転支援は契約の選択行動の場面と異なり時間的制約が強く影響する場面である。運転操作では走行状態の予測の元で人が乗り物を操作しており、実時間で予測と選択行動が行われている。運転支援エージェントによる運転支援を考える際には、人の予測の部分に介入しナッジを与えることが重要であると考えられる。特に本稿では、自律的に車椅子の操作ゲインを変更し個人適応する車椅子 [Furuya *et al.*] に運転支援エージェントを導入することを考えており、車椅子の自律的なゲイン変化によって生じる恐れがある人の予測と車椅子の操作ゲインのズレの解消にナッジ効果を用いることができると考えている。

本稿では、電動車椅子に画面内エージェントを搭載し、地図

情報から取得できた周辺状況と自動調節される速度情報を伝達する Mizusaki システムを提案する。Mizusaki システムでは、自動速度調節という運転支援システムと組み合わせることを想定し、速度調節がなされる度に速度が変化する旨と「なぜ速度を変化させる必要があるのか」という理由をタブレット端末に表示されたエージェントが運転者に伝達する。Mizusaki システムは実験環境として汎用的な Android タブレットを使用しており、特別な設備やメンテナンスを必要としない。また、音声による通知ではなく画面の変化による通知を行うため、騒音の出る環境や音が出せない環境においても問題なく扱うことが出来る。動きや色彩の変化は周辺視野においても感知しやすいことから、エージェントは「ベクション」と「色彩」を利用して伝達を行い、中心視野で見なくとも変化が読み取れるようになっている。

ナッジ効果を利用した運転支援エージェントの組み立てにおいて、一つの重要な要素が「情報の通知タイミング」である。運転支援エージェントからの通知タイミングを調整することで、車椅子の操作ゲインに対する人の予測を修正するナッジ効果が得られると考えられる。運転者はエージェントから状況の変化を事前に伝えられることで、後に起きる変化に対してスムーズに対応することができる。状況の変化の例としては、車椅子の速度の変化、道路状況の変化などが挙げられる。通知タイミングが遅すぎる、あるいは早すぎることは運転者のスムーズな対応を阻害することになる。なぜなら、遅すぎる通知は運転者にとって対応するための十分な時間を設けないことに繋がり、早すぎる通知は通知から変化までの長時間運転者を緊張状態に晒すことになり不要な注意を惹いてしまうためである。本稿では Mizusaki システムを作成するにあたり、通知を遡る時間と運転者の印象について比較し、最適な提示時間を調べる。

2. Mizusaki システム

Mizusaki システムは、電動車椅子及び電動車椅子の前方に取り付けられたタブレットで動作する。また、Mizusaki システムは [Furuya *et al.*] に代表される操作ゲイン調整システムと連携して動作させることを前提としている。Mizusaki シス

連絡先: 榎波晃一, 慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 今井研究室, 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 26-203, enami@ailab.ics.keio.ac.jp

ムの機能は、ゲイン調整システムによって変化するゲインを変化前に運転者に通知することである。通知は「変化予定のゲインのレベル」と「ゲインが変化する理由」の2つから構成される。これにより、運転者のゲイン調整システムへの適応コストを下げ、信頼を向上することを目的とする。Mizusaki システムの画面構成例を図1に示す。

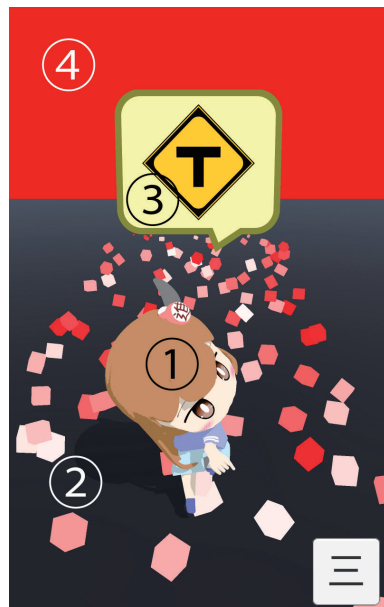


図 1: Mizusaki システムの画面構成例

画面を構成するオブジェクト、画面効果を以下のように呼称する。

1. キャラクター
2. ベクシオン
3. 吹き出し
4. 背景色

ベクシオン及び背景色は「ゲインが変化する理由」の通知、キャラクター及び吹き出しは「変化予定のゲインのレベル」を通知するために使われる。それぞれの詳細を以下に記載する。

2.1 キャラクター

画面中央に存在する、人形の 3D モデルを指す。モデルには Unity の Humanoid avatar が導入されており、アニメーションが適用できる他、三次元座標を指定して注視させることが可能である。表示されているモデルは平時は常に画面奥を向き、画面奥に向かって走るアニメーションが適用されている。後述する通知機能の発火時には運転者の方、すなわちキャラクターにとって後方を向くことで、運転者に伝えたいことがあると知らせる。

2.2 ベクシオン

キャラクターの下方、走っている床にあたる部分に表示される立方体のパーティクルの集合を指す。ベクシオンは射出速度を変えることでゲインの変化を表現する他、背景色と連動して色を変える。ベクシオンの射出速度をゲインと比例させることで、運転者が加速・減速を直感的に理解することを目指す。

2.3 吹き出し

キャラクターの上方に吹き出しを表示する。常時表示されているわけではなく、通知機能の発火時のみ表示する。吹き出しには任意の画像が描画できるが、本稿においては社会的コンテキストが浸透しており人工工学に基づいてデザインされているとされる日本国の交通標識を採用する。

2.4 背景色

画面上方の色を変化させることで、ゲインの変化を通知する。色は青・緑・赤の3色を用いているが、これは [Sakurai *et al.* 02] によって得られた結果を参考に、判別しやすい色を選択した。

3. 評価実験

本稿では Mizusaki システムの通知機能における最適な提示タイミングを得るために実験を行った。Mizusaki システムを提示タイミングを変えて実装した車椅子を参加者に乗り比べてもらい、最適な提示タイミングを調べる。

3.1 実験環境

本稿で提案する Mizusaki システムは、ゲイン自動調整機能付き電動車椅子 (ゲイン調整車椅子) に搭載することを前提としている。そのため、本章ではゲイン調整車椅子に関しても共に述べる。

ゲイン調整車椅子は、周辺環境、または運転者の運転特性、あるいは双方をセンシングし、運転者にとって安全で運転しやすいゲインに、運転者の指示なしに調整する機能を付与した電動車椅子を指す。ゲイン調整車椅子においては、操作は運転者の持つジョイスティックにて行われる。ゲインとは、ジョイスティックの入力値に対してどれくらいモーターを動かすかの係数である。ジョイスティックを同じだけ傾けたときの電動車椅子の速さは、ゲインに比例する。[Furuya *et al.*] ではレーザーレンジファインダーとユーザーのジョイスティック操作の傾向からゲインを調整している一方で、本稿では実験への影響を最小限に留めるべく、あらかじめマッピングしたゲインマップへの参照を行う方式としている。図2に本実験で使用したゲインマップを示す。赤で示された範囲がゲイン 0.7、青で示された範囲がゲイン 1.5、どちらでもない範囲がゲイン 1.0 である。

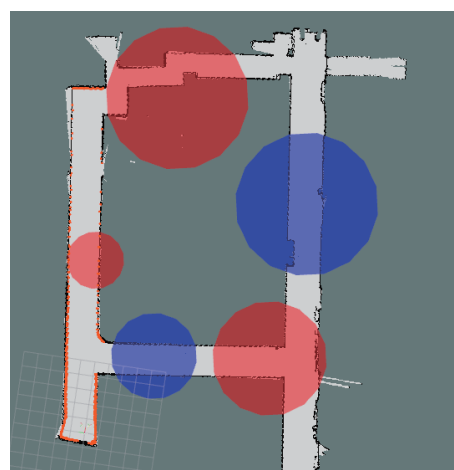


図 2: ゲインマップ

3.2 実験条件

本実験は 20~24 歳の男性参加者 10 名、女性参加者 2 名に、Mizusaki システムを搭載した電動車椅子で室内コースを

走ってもらうというものである。コース上には T 字路、ジグザグ道、障害物といったゲインを上下させる要因が存在し、計 10 回のゲインの変動と、それに伴う Mizusaki システムの通知が発生する。条件の順序は、順序効果を考慮しラテン方格法に基づいて並べ替えている。4 条件は、

- 提示時間 -3.0 秒
- 提示時間 -1.5 秒
- 提示時間 0.0 秒
- 提示時間 +1.5 秒

である。提示時間は「実際にゲインの変化が発生する時間との差」で表している。すなわち提示時間-3 秒はゲインが変化する 3 秒前に Mizusaki システムでの通知を行うことを表す。実験参加者ごとに各条件の車椅子を操縦し、計 4 回コースを走行してもらった。実験後表 1 に示すアンケートを取り、参加者がシステムに対して抱いた印象を調べる。

3.3 結果

図 3 にアンケート結果のグラフを載せる。

「車椅子に意図を感じた」「車椅子に安心感を抱いた」を除くすべての質問において、-3.0 秒が最もよい印象を与え、+1.5 秒が最も悪い印象を与えている。「車椅子に安心感を抱いた」においても、+1.5 秒が最も悪い印象を与えており、0.0 秒、-3.0 秒、-1.5 秒が続いている。「ナビに情報を表示するタイミングは適切であった」という質問に対しては、+1.5 秒と-3.0 秒、+1.5 秒と 0.0 秒の間には有意な差があった。「ナビは信頼できる」という質問に対しては、+1.5 秒と-3.0 秒の間で有意な差があった。

3.4 考察

全体を通して、提示する時間がより早ければ早いほど、運転者に良い印象を与えていることがわかった。特にゲインが変化した後に通知を行う+1.5 秒や 0.0 秒に関しては、「すでに自分がゲインの変化を知ってしまっていたため、エージェントが意味をなしていない」とするコメントが複数寄せられた。ゲインの変化前に通知を行った方が良い印象を与えやすく、実際にゲインが変化するより前に通知できるような、レンジが広く予測可能なセンシングを行うシステムが求められている。

今回の実験では、-3.0 秒より前に通知を行う場合の実験は行わなかった。しかし、今回の実験の結果、-3.0 秒がおおむね最も優れている提示時間だと示されたため、最適な提示時間を得るためには-3.0 秒より前に関しても調べる必要がある。ただし、より前の提示時間を実現するためには、より長く精度の高い状態予測が必要である。

一部参加者からは「ベクションと背景色の提示はキャラクターと吹き出しの提示と趣旨が異なるため、変えても良いのではないか」という意見が出された。今回の実験では、ベクション、背景色、キャラクター、吹き出しといった全ての画面効果を同時に提示した。しかし、ベクション・背景色と比較し、キャラクターと吹き出しは性質が大きく異なる。ベクションや背景色は、既存研究により周辺視野においても変化が知覚しやすいことが分かっている [Sakurai *et al.* 02][福田 79]。対して、キャラクターの振る舞いや吹き出しといったものは周辺視野においても特別認識しやすいとは言えず、詳細な情報を読み取るためにはある程度の注視を必要とする。ベクション・背景色が周辺視野において運転者の注意を惹く役割を果たし、キャラクター・吹き出しは情報を詳細に伝達する役割を果たしている。また、キャラクター・吹き出しが提示する情報である「ゲインを変化

させる理由」というのは、ゲインが変化するということが、及び変化するゲインの値と比べ即時で伝える必要性はあまりない。そのため、ベクション・背景色とキャラクター・吹き出しの提示タイミングは同期するのではなく、独立して考慮する必要があると思われる。

4. おわりに

本稿では、ゲイン調整機能付き電動車椅子に搭載し、ゲインが変化する値と理由を運転者に知らせる Mizusaki システムを提案する。Mizusaki システムの評価の一部として、システムの提示タイミングを変化させる実験を行った。結果として、実際にゲインが変化する 3 秒前 1.5 秒後の範囲においては、提示タイミングは早ければ早いほど運転者に良い印象を与える可能性が示唆された。Mizusaki は、運転支援エージェントからの情報提示タイミングの形で、車椅子の状態に対する人の予測を修正し、人の運転行動を変化させる実時間のナッジ効果を与えることができた。

参考文献

- [Furuya *et al.*] Seigo Furuya, and Michita Imai. 車椅子のための個人の操作特性と環境情報に基づいたコントロールゲイン調整システム.
- [Sakurai *et al.* 02] Masato Sakurai, Takayuki Koseki, Hirofumi Hayashi, and Miyoshi Ayama. Color appearance in peripheral vision: Effects of test stimulus and surround luminance. *Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan*, pp. 9–18, 2002.
- [Sunstein 14] Cass R. Sunstein. Nudging: A very short guide. *J. Consumer Pol'y*, p. 583, 2014.
- [リチャード 他 09] リチャードセイラー, キャスサンステイン. 実践 行動経済学. 日経 BP 社, 7 2009.
- [田中 他 15] 田中貴紘, 米川隆, 吉原佑器, 竹内栄二郎, 山岸未沙子, 高橋一誠, 青木宏文, 二宮芳樹, 金森等. 高齢ドライバ支援エージェントの提案—運転指導員による指導方法の分析—. 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集, Vol. 31, pp. 375–378, 2015.
- [福田 79] 福田忠彦. 運動知覚における中心視と周辺視の機能差. *The Institute of Image Information and Television Engineers*, pp. 479–484, 1979.

表 1: アンケートの項目一覧

Q1	車椅子の動きを快適に感じた
Q2	車椅子を便利に感じた
Q3	車椅子に安心感を抱いた
Q4	車椅子に意図を感じた
Q5	車椅子が自分に合わせていると感じた
Q6	この車椅子を今後も利用したい
Q7	ナビに情報を表示するタイミングは適切であった
Q8	ナビは信頼できる
Q9	ナビは親しみが持てる
Q10	ナビを今後も利用したい
Q11	ナビは役に立つ
Q12	ナビによって安全運転ができた
Q13	ナビは不快ではなかった
Q14	ナビは邪魔ではなかった
Q15	ナビの伝えたいことはすぐに理解できた

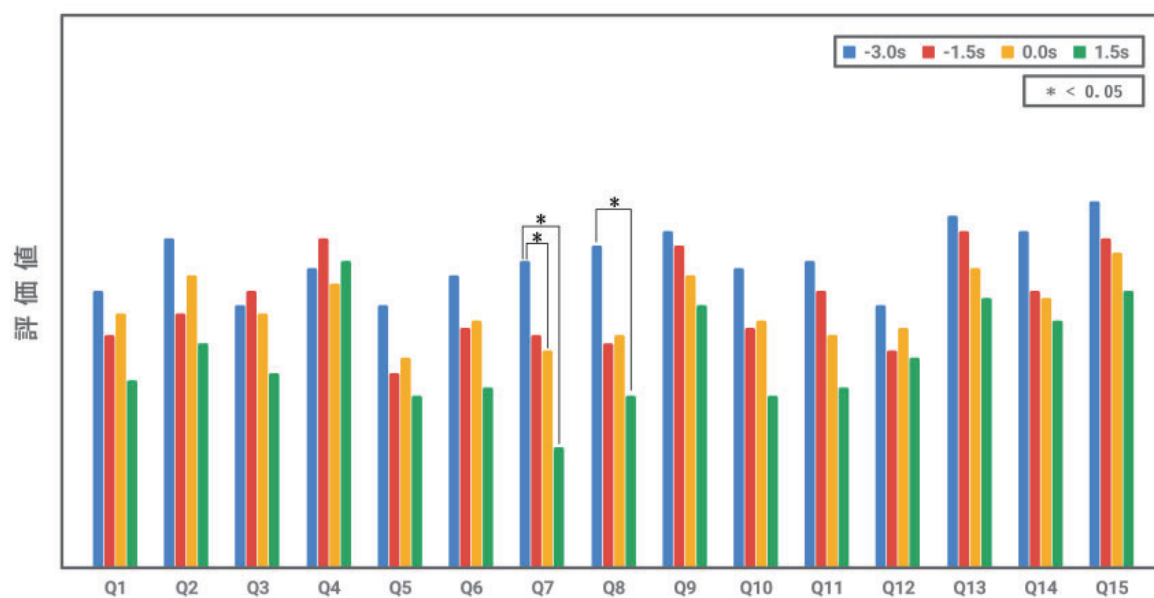


図 3: Mizusaki システム試乗後のアンケート結果