

ベクションとキャラクターによる 半自動運転の補助エージェントの通知タイミングに関する調査

Notification timing of agent with vection and character for semi-automatic wheelchair operation

榎波 晃一^{1*} 奥岡 耕平¹ 秋田 祥平¹ 今井 倫太¹
Kouichi Enami¹ Kohei Okuoka¹ Shohei Akita Michita Imai¹¹

¹ 慶應義塾大学 情報工学科

¹ Keio University

Abstract: In this aging society, to improve operability and safety 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 links to gain adjustment system and informs 'when' and 'why' gain changes, and reduces anxiety of driver. In this paper, we conducted an experiment of changing presentation timing of Mizusaki system, within the scope of -3.0s to +1.5s. As a result of the experiment, we found that earlier presentation makes driver feel more reliable.

1 はじめに

電動車椅子の需要は高齢化に伴い増加している。また、それに伴い車椅子に搭載する運転支援エージェントの需要も高まり、様々な研究が行われている。車椅子に限らず、乗り物の運転者を支援するエージェントは、必要に応じて前を向いている運転者の注意を惹き、情報を正確に伝えるというミッションがある。

運転支援エージェントの作成においては、様々なアプローチが取られている。Fukudaらは電動車椅子にロボットを搭載し、振る舞いによって情報を伝達している[Fukuda *et al.* 18]。Shiomiらは電動車椅子の自動運転において、音声を用いて狭い通路やエレベータの案内を行っている[Shiomi *et al.* 14]。また、自動車の運転支援エージェントに目を向ければ、運転支援エージェントとしてTanakaらはロボットと画面内エージェント、音声エージェントを比較し、ロボット、画面内エージェント、音声エージェントの順でユーザーに好印象を与え、また画面内エージェントはロボットと比較し注視時間が長いと述べている[Tanaka *et al.* 17]。

従来研究で未解決の点を述べる。[Fukuda *et al.* 18]においてはエージェントとして車椅子に取り付けられたロボットを用意しているが、広く普及するためには市販のタブレット端末を用いたエージェントと比較し

コストが高く、汎用的でない。[Shiomi *et al.* 14]においては音声を用いた通知を行っているが、音声は騒音のある環境下では認識しづらく、またヘッドホンやイヤホンをつけると環境音が聞こえず安全運転に支障をきたす。[Tanaka *et al.* 17]においては比較されている画面内エージェントは比較対象のロボットを模したものになっているが、姿勢の変化だけで表現しており色彩や形状の変化が小さく、変化を正確に認知するためには中心視野を必要とする。

本研究では、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、自動で速度調節がなされる電動車椅子を想定し、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。

運転支援エージェントの組み立てにおいて、一つの重

*連絡先：慶應大学 情報工学科
〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14-1
E-mail: enami@ailab.ics.keio.ac.jp

要な要素が「情報の通知タイミング」である。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 システムの機能は、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。

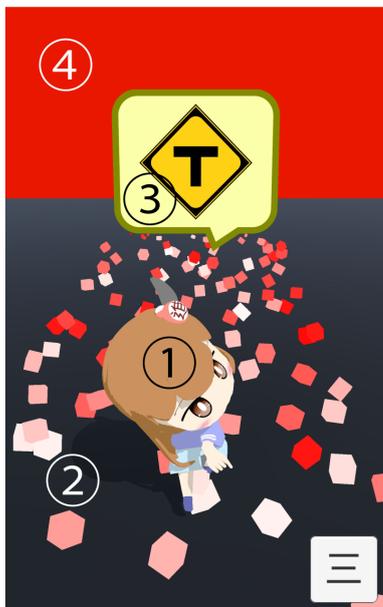


図 1: Mizusaki システムの画面構成例

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. ベクション
3. 吹き出し
4. 背景色

ベクション及び背景色は「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 ベクション

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。ベクショ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。ベクショ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、本研究においては社会的コンテキストが浸透しており人間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。本研究で採用した交通標識と周囲環境の割当を表1に示す。

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。色とゲインの対応を表2に示す。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。

表 1: Mizusaki システムで使用している標識の一覧

標識	周囲環境
	広くまっすぐな道
	狭い道
	T 字路
	直角のコーナーが複数回続く道

3 評価実験

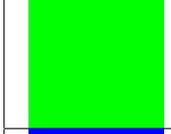
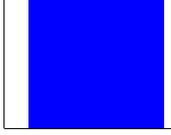
本稿では Mizusaki システムの通知機能における最適な提示タイミングを得るために実験を行った。Mizusaki システムを提示タイミングを変えて実装した車椅子を参加者に乗り比べてもらい、最適な提示タイミングを調べる。

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、本研究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

表 2: Mizusaki システムで使用している色とゲインの対応

色	カラーコード	ゲイン
	#FF0000	0.7
	#00FF00	1.0(基準値)
	#0000FF	1.5

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。

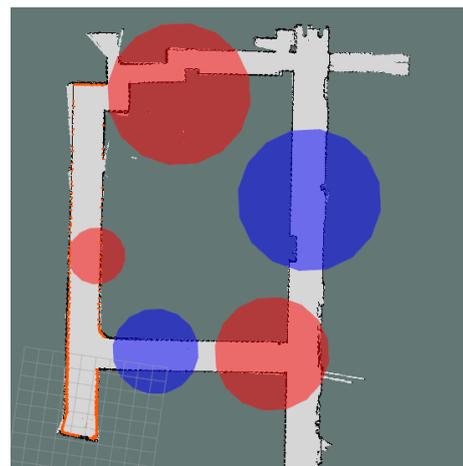


図 2: ゲインマップ

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3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、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 将来研究

今回の実験でわかった問題点と今後の実験設計について述べる。

4.1 最適な提示タイミングに関する追加実験

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。

現在想定している追加実験においては、今回の実験と同様の電動車椅子、およびタブレットを使用する。コースに関しては未定であるが、室内であり、今回と同様「広くまっすぐな道」を理由とした2回のゲイン増加エリアと「交通集中」「操作困難」「障害物」をそれぞれ理由とした3回のゲイン減少エリアを設ける。各エリアの進入時と退出時にゲインの変化が発生するため、Mizusaki システムの提示回数は10回である。ゲイン変化の値も今回と同じく増加箇所が1.5、減少箇所が0.7とする。提示時間の条件は、

- 提示時間 -6.0 秒
- 提示時間 -4.5 秒
- 提示時間 -3.0 秒
- 提示時間 -1.5 秒

とする。実験参加者のシステムへの慣れの影響を避けるために条件を今回と同じ4つに留める一方で、今回の

表 3: 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

実験で-1.5秒と-3.0秒の間には多くの項目で有意差が出ていないことを考慮し、条件には-1.5秒を加えている。

4.2 画面効果ごとの提示タイミングのズレの実験

考察にあるとおり、画面効果をキャラクター・吹き出しからなる「情報提示」とベクション・背景色からなる「注意喚起」に分け、それぞれ独立したタイミングで提示する実験が必要である。

本実験に関しては、前述の追加実験と同様の電動車椅子、タブレット、コース、ゲインエリア、ゲインの値で実験を行う。また、提示時間の条件に関しては本稿の実験、および前述の追加実験を参考にして決定する。2つの実験により決定した最適な提示時間を n 秒とすると、条件は

- 情報提示の提示時間 n 秒 / 注意喚起の提示時間 n 秒
- 情報提示の提示時間 $n + 1.5$ 秒 / 注意喚起の提示時間 n 秒
- 情報提示の提示時間 n 秒 / 注意喚起の提示時間 $n + 1.5$ 秒

とする。

5 おわりに

本研究では、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。

参考文献

- [Fukuda *et al.* 18] Hisato Fukuda, Keiichi Yamazaki, Akiko Yamazaki, Yosuke Saito, Emi Iiyama, Seiji Yamazaki, Yoshinori Kobayashi, Yoshinori Kuno, and Keiko Ikeda. Enhancing multiparty cooperative movements: a robotic wheelchair that assists in predicting next actions. *ACM International Conference on Multimodal Interaction*, pp. 409–417, 2018.
- [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.
- [Shiomi *et al.* 14] Masahiro Shiomi, Takamasa Iio, Koji Kamei, Chandraprakash Sharma, and Norihiro Hagita. User-friendly autonomous wheelchair

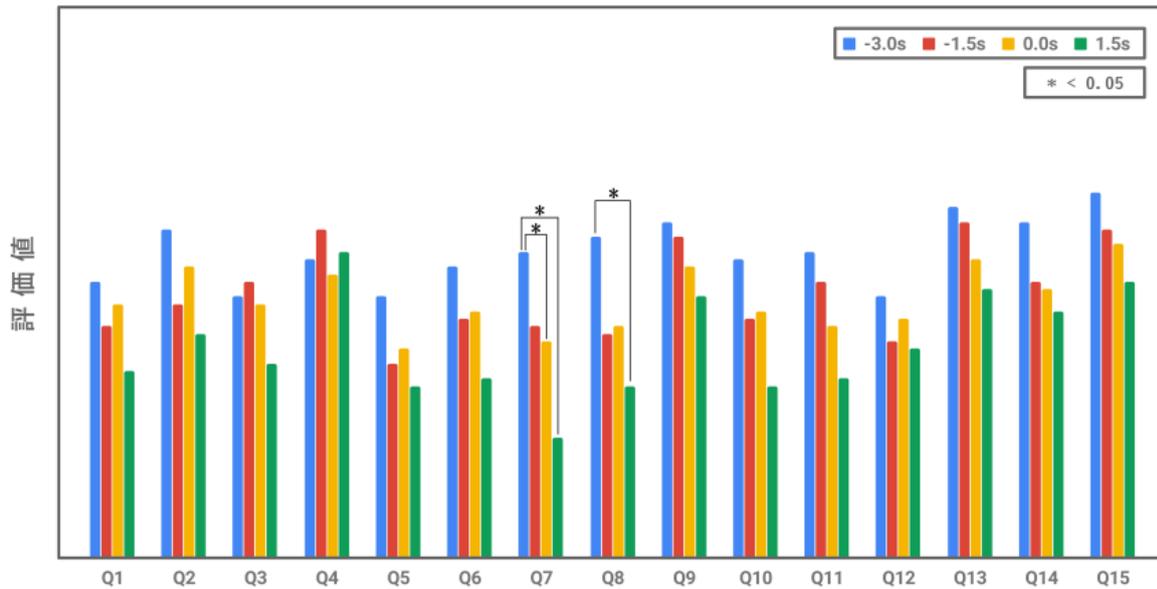


図 3: Mizusaki システム試乗後のアンケート結果

for elderly care using ubiquitous network robot platform. *Human-agent interaction*, pp. 17–22, 2014.

[Tanaka *et al.* 17] Takahiro Tanaka, Kazuhiro Fujikake, Takashi Yonekawa, Misako Yamagishi, Makoto Inagami, Fumiya Kinoshita, Hirofumi Aoki, and Hitoshi Kanamori. Driver agent for encouraging safe driving behavior for the elderly. *Human-agent interaction*, pp. 71–79, 2017.

[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.