



自動走行マルチモーダル MR システムを用いた 移動感覚の隠消現実

澤邊太志¹⁾, 神原誠之¹⁾, 藤本雄一郎¹⁾, 加藤 博一¹⁾

1) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

(〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5, {t.sawabe, kanbara, yfujimoto, kato}@is.naist.jp)

概要: 自動走行を体験する機会が増えているが, 社会的受容という観点から, 従来の安全性や効率性だけでなく, 搭乗者の快適性についても考える必要がある. 本研究では, 自動走行環境内での視覚や力覚提示が可能なマルチモーダル MR システムを用いて, 走行時の加速度刺激によって搭乗者が感じる移動感覚の隠消現実を行うことで快適性の向上を目的とする. 視覚による移動感覚提示とモーションプラットフォームによる, 発生した加速度刺激を軽減する制御手法によって, 快適な自動走行環境の実現を目指す.

キーワード: 移動感覚, 隠消現実, マルチモーダル MR システム, 自動運転



図 1: マルチモーダル MR システムの概要 (自動走行車両 (左), 搭乗者が見ている HMD 内の走行映像 (真ん中), 視覚・力覚提示が可能な車内 MR システム (右))

1. はじめに

近年, 研究機関や企業による自動運転の実証実験や一般車両への自動運転システムの導入に伴い, 自動運転環境を一般の人でも体験することができるようになってきている [1]. これらの自動運転分野の研究では, 自動運転の実利用のための安全性や効率性を第一とした研究が多い [2]. しかし, 自動運転車両の社会的受容や継続的利用における普及という点において, 安全性や効率性だけでなく, 搭乗者の快適性についても考慮することが必要不可欠である [4].

従来運転手であった人が, 自動運転化によって搭乗者の一人となることより, 助手席に座っている人と同様に, 自車の車両挙動の予測が困難となる. 予測が難しい車両挙動からの異なる加速度刺激を継続的に受けることで, 不安感からくる自動走行ストレスや自動走行酔いが増加するとされている [4]. これら快適性を阻害する不快要因の軽減・抑制手法として, 車両挙動や発生した加速度刺激と搭乗者の感覚の矛盾を少なくすることが効果的であると考えられている.

そこで本研究では, 搭乗者に対して, 自動走行時に受ける加速度刺激からくる移動感覚を隠消現実させることによ

り, あたかも移動していないかのような状態にすることで, 快適な自動走行車両の実現を目指す.

2. マルチモーダル MR システムによる移動感覚の隠消現実

2.1 自動走行マルチモーダル MR システム

本研究で用いる自動走行マルチモーダル MR システムは, これまでに開発された XR モビリティプラットフォームを用いる. このシステムは, 自動走行機能に加え, 没入型 VR・シースルー型 AR 提示が可能なシステムである. 図 1 の左には, ミニバンタイプの車両に走行制御のためのオープンソースソフトウェア Autoware を利用して, 自動走行機能を有した車両を示し, 図真ん中には, 走行中のヘッドマウントディスプレイ (HMD) 内の再生されている走行映像を示し, 図右には, 車内のマルチモーダル MR システムとして, HMD による視覚提示とモーションプラットフォームによる力覚提示の装置を示す.

2.2 移動感覚の隠消現実

図 2 に視覚・力覚提示による移動感覚の隠消現実の制御手法を示す. 力覚では, 座席の傾きの有無によって 2 つの

		力覚による移動感覚提示	
		あり	なし
視覚による移動感覚提示		あり	なし
		座席傾きなし	座席傾きあり
あり	走行映像あり	A	B
	走行映像なし	C	D

図 2: 視覚・力覚による移動感覚提示の有無

状態があり、視覚でも、走行映像の有無によって2つの状態があることから、全部で4状態における移動感覚の検証を行う。座席の傾きがある場合は、発生した加速度刺激に対して、軽減する方向に座席を傾けることで移動感覚を隠消する。Aは、座席の傾きがなく、走行映像があることから、搭乗者は、力覚と視覚両方に刺激が伝わり、移動感覚が大きくなると考えられる。一方Dは、加速度刺激を軽減するように座席が傾き、走行映像が静止画であることより、搭乗者は、あたかも移動していないような感覚を受け、移動感覚が少なくなると考えられる。

3. 自動走行環境での移動感覚の隠消現実評価実験

3.1 実験概要

本実験では、自動走行環境内で発生する加速度刺激に対して、視覚提示やその刺激を軽減するような力覚提示を行うことで、発生した加速度刺激によって搭乗者が感じる移動感覚を隠消現実させる制御手法の検証を行う。走行環境は、予め生成した楕円形の経路で走行開始地点から、直進し、左から右へ半円を描く様にUターンして、さらに直進し、行きと同様に左から右へ半円を描く様にUターンすることで、開始地点へ戻るような経路を走行する。全体の経路は、行き帰りそれぞれ100m程の経路を走行する。試行数は、全部で4つあり、力覚では、座席傾きありとなし、視覚では、走行映像ありとなしである。被験者は、全3名で成人男性（年齢は22-23歳）に参加してもらう。

3.2 実験手順

以下の手順で実験を行う。まず、被験者に運転経験や酔いに関するアンケートに回答してもらい、その後自動走行車両内の座席に座ってもらう。整合性、快適性、移動感覚に関するアンケートの説明をし、1試行終了毎にアンケートに回答してもらう。全4試行が終了後に酔いに関するSSQアンケートを行い、実験を終了する。

3.3 アンケート評価とSSQによる評価方法

移動感覚や酔いを含む快適性の評価方法として、各試行後にアンケートに回答してもらうことや、VR酔いの評価

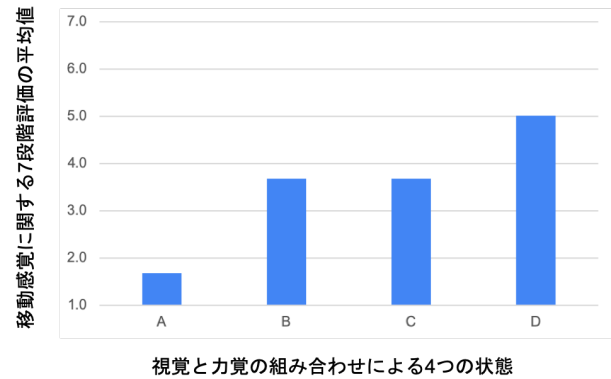


図 3: 移動感覚の隠消現実に関するアンケート結果（1が移動感覚が大きく、7が移動感覚が少ない）

指標としてよく用いられているSSQ(Simulator Sickness Questionnaire)に回答してもらうことで、評価を行った。アンケート項目として、被験者の特徴に関する項目では、日頃の運転頻度や車酔い・VR酔いのかかりやすさなどの項目、各試行に対する項目では、整合性に関しての一致/不一致や、快適性に関しての快/不快、移動感覚に関しての移動感覚の有/無に関する項目に回答してもらう。また、SSQでは、16項目の症状について回答し、3つの下位指標となるNausea(悪心)、Oculomotor(眼精疲労)、Disorientation(失見当認)と総合スコアを算出することでVR酔いによる影響を評価する。

4. 結果と考察

アンケート内では、整合性、快適性、移動感覚の3つの項目について、7段階評価で回答してもらった。特に移動感覚については、今回の主な評価対象となっていることから、図3に移動感覚に関する3名の平均値の結果を示す。縦軸は、7段階評価の平均値、横軸は、A, B, C, Dの4つの状態を示す。結果から移動感覚が最も少ないと感じられた状態は、Dの座席の傾きがあることで、力覚を感じないかつ、走行映像が止まっている情報が視覚へ伝わっている状態である。一方、移動感覚が最も大きいと感じられた状態は、Aの座席の傾きがないことで、力覚を感じながら、走行映像の情報が視覚へ伝わっている状態である。

このことから、自動走行環境において、発生している加速度刺激に対して、軽減するように座席を傾けることで、搭乗者へ力覚を感じさせないようにし、かつ視覚の制御も行うことで、移動感覚を隠消現実することができることが示唆された。

5. まとめと今後

本研究では、自動走行環境内でマルチモーダルMRシステムを用いることで、搭乗者が車両挙動から受ける加速度刺激によって感じる移動感覚の隠消現実を行う手法を提案し、視覚・力覚の組み合わせの中でも、Dの座席傾きありで

力覚をなくし、走行映像なしで視覚の変化をなくすことで移動感覚の隠消現実が可能であることを示唆した。今後は、被験者数を増やすことで、移動感覚の隠消現実を行う制御手法の確立と、その時の搭乗者の個人特徴との関係より、視覚優位や力覚優位についても明らかにしていくことで、快適で酔いが少ない自動走行車両システムの実現を目指す。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 21H03484 の助成による。

参考文献

- [1] 自動走行ビジネス検討会: “「自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針」 Version 5.0 ～レベル4自動運転サービスの社会実装を目指して～,” pp.1-120, 2021.
- [2] Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.: “Automated Driving Safety Evaluation Framework Ver.1.0,” AD Safety Assurance Expert Group, pp.1-110, 2020.
- [3] T. Sawabe, M. Kanbara, and N. Hagita: “Comfortable Intelligence for Evaluating Passenger Characteristics in Autonomous Wheelchairs,” IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E101-A, No.9, pp.1308-1316, 2018.
- [4] T. Sawabe, M. Kanbara, and N. Hagita: “Comfort Intelligence for Autonomous Vehicles,” 2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), pp.350-353, 2018.
- [5] 澤邊 太志, 神原 誠之, 藤本 雄一郎, 加藤 博一: “自動走行時の快適性向上を目的とした XR モビリティプラットフォームの構築,” 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会 (CNR), Vol.121, No.93, pp.4-7, Online, 2021.