

氏 名 坂村 祐希

学位の種類 博士（人間情報学）

学位記番号 博甲第 10430 号

学位授与年月 令和 4 年 3 月 25 日

学位授与の要件 学位規則 第4条第1項該当（昭和28年4月1日文部省令第9号）

審査組織 グローバル教育院

学位論文題目 拡張現実型情報提示を用いた自動走行車両の搭乗シミュレータに関する研究

	(大学名 職名)	(学位)	(氏名)
主査	筑波大学 教授	博士（工学）	北原 格
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	亀田 能成
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	矢野 博明
副査	筑波大学 教授	教育学博士	原田 悦子
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	伊藤 誠

論文の要旨

本論文では、自動走行車両が搭乗者に与える安心感の計測、および、その向上を目的とした拡張現実提示を用いた自動走行車両搭乗シミュレータ実現に関する方法について論じている。目的の達成に向けて「課題 I：自動走行車両の搭乗シミュレータによる安心感の動的な計測」、「課題 II：搭乗者の安心感を向上させる視覚情報提示」、「課題 III：全方位画像を用いたシミュレーション環境の構築」を設定し、各々について実現法を考案している。

課題 I では、安心感の動的な計測を困難とする原因として計測法の時間分解能の欠如やシミュレータによって視覚が占有される点を指摘し、搭乗者が視覚以外の感覚情報を介して安心感を動的に回答可能なシミュレーション環境を構築している。実証実験を通じて搭乗者の安心感と走行環境（車両速度、走行区間、障害物）との関係を明らかにしている。課題 II では、搭乗者が予期しない自動走行車両の挙動が安心感を低下すると考え、課題 I で構築したシミュレータ上で、自動走行車両の進行方向および挙動タイミングを提示する機能を実装した。実証実験を通じて搭乗者の安心感と視覚情報提示との関係を明らかにしている。課題 III では、課題 I で構築したシミュレータに3次元的な視覚情報提示機能を実現するために、多視点全方位画像から車両周辺環境の3次元情報を高精度に推定する多視点ステレオ法を考案している。全方位画像の射影幾何に基づくエピポラ方程式の導出により、歪みの影響を軽減し、かつ、撮影画像の情報量を有効に活用する多視点ステレオ法を実現している。

序論となる第1章では、本論文の主題である自動走行車両の搭乗シミュレータの必要性について述べ

た後、実現に向けた三つの課題について論じている。第2章では関連研究のサーベイを通じ、本論文で提案する手法の独自性および優位性について論じている。第3章では、課題IからIIIの関係性を俯瞰的に論じている。第4章では、課題Iに対して自動走行車両の搭乗シミュレータを用いた搭乗者の安心感の動的な計測法を考案し、評価実験を通じてその有効性を確認している。第5章では、構築したシミュレータに自動走行車両の進行方向および挙動タイミングを拡張現実提示することでオートメーションサプライズを軽減する手法について論じ、評価実験によってその有効性を確認している。第6章では、3次元視覚情報提示機能の実現のために、全方位画像群から車両周辺の3次元形状を高精度に復元する手法を考案すると共に、復元情報を用いて悪天候下での視覚を再現する手法について論じている。第7章は、結論として論文全体のまとめ、および、提案手法が自動走行車両の発展に与える影響に関する考察が述べられている。

審査の要旨

【批評】

計測制御技術の発展を背景に自動走行車両の実用化が急速に進んでいる。本論文は、自動走行車両の搭乗に関するアンケート調査から更なる普及にはハードウェア開発に加え、搭乗者の快適性に関するソフトウェアの改善が重要であるという独創的な着眼点に立脚し、そのために検討すべき課題を俯瞰的に設定し、的確かつ先進的な研究開発によって課題解決を達成し、今後の自動走行車両開発に有益な知見を示す優れた研究であることが、博士学位論文審査会で確認された。

ソフトウェア改善には、高速走行や緊急制御など実際に発生させることが困難な状況を実体験に近い状態で知覚させる必要があるため、VR技術を用いた自動走行車両搭乗シミュレータの実現が必要となる。これまでもVR搭乗シミュレータの開発事例は存在するが、利用時に受ける感覚をリアルタムで取得することが困難であった。視認を要さずに感覚量を入力可能なレバー装置をシミュレータに導入することでこの課題を解消し、実証実験を通じてその有効性を確認した点は、安心感指標の策定のためのデータ収集手段としての活用も期待できる優れた成果である。オートメーションサプライズは自動走行車両の安心感を損なう原因の一つである。本論文では、自動走行車両の進行方向および挙動タイミングを拡張現実提示するオートメーションサプライズ軽減法を考案し、評価実験を通じて有効性を示している。視覚情報提示が搭乗者の安心感を向上に有効であるという知見は今後の自動走行車両開発にとって有益であり、本論文で対象としたコーナリング以外への応用が期待できる優れた成果である。幾何学的整合性の実現など高度な視覚情報提示には、車両周辺の3次元情報が必要である。周囲の視覚情報の取得には全方位カメラが適しているが、一般的な透視投影カメラとは射影幾何が異なるため、従来の多視点ステレオ法の適用が困難である。本論文では、全方位画像面(球面)の空間分解能が最も高い赤道上でステレオマッチングを行うことで、全方位画像の歪みを除去し高精度な3次元推定を実現している。この成果は、全方位カメラを用いて広域の3次元情報を推定する状況に広く適用可能な優れたものである。

実走行車両を用いた評価実験、撮影からVRコンテンツ生成までに要する時間および処理コストや、車両周辺環境の3次元形状の複雑さが3次元推定精度に与える影響の検討など、実用化に向けて必要となる踏み込んだ議論が不足している印象は否めないが、博士論文として十分な水準にあると認められる。

【最終試験の結果】

令和4年1月24日、専門委員会において、専門委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、専門委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(人間情報学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。