

## 博士学位論文審査要旨

氏名	沈 星 潤			
学位の種類	博士 (理学)			
学位記番号	博甲第 271 号			
学位授与の日付	2021 年 3 月 31 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
学位論文の題目	The use and effect of virtual reality technology in life health and life safety			
論文審査委員	主査	神奈川大学	教授	張 善 俊
	副査	神奈川大学	教授	桑 原 恒 夫
	副査	神奈川大学	教授	斉 藤 和 巳
	副査	神奈川大学	教授	海 谷 治 彦
	副査	神奈川工科大学	教授	吉 野 和 芳

### 【論文内容の要旨】

The use and effect of virtual reality technology in life health and life safety  
(ライフヘルスと生命の安全におけるバーチャルリアリティ技術の使用及び効果)

**研究背景：**自然災害が多い国において、防災教育は重大な課題である。日本では少子高齢化が加速し、高齢化率は 28.4% になった。震災が多発している日本では、地震に伴い火事の高リスクが高い。火事の際に、高齢者や体の不自由な方は動きづらくて、避難が遅れることがよくある。火災から避難失敗の原因を調査した総務省のデータによると、平成 29 年中火事でなくなった人の中に、約半分の人は逃げ遅れが原因である。火事は短時間で人の動き能力を奪ってしまう。避難を成功させるため、できるだけ時間を稼ぐことが重要である。火事の経験がない人は、強い恐怖感や無力感の影響で避難が遅れることがよくある。今までの解決策として各自治体、学校や施設などで事前に模擬火災訓練を行っているが、費用が掛かっているわりに、効果は限られている。近年火災模擬の効果を上げるために、仮想現実の技術が注目されている。先行研究によれば、仮想現実 (VR)、増強現実 (AR) 及び混合現実 (MR) の技術を使って避難訓練に活用する研究が進んでいる。

**問題点：**これまでの避難訓練の 2 つの問題点に着目した。1 つ目は、高齢者や体の不自由な方は動きがとて遅くて、避難訓練を受ける体力を持たないと避難の成功率が低い。また、動きにくいから訓練に参加する意欲が低くなる傾向が問題になる。2 つ目の問題点は、精神的な問題になる。実際の火災の時、強い恐怖感や無力感などで、パニックになるリスクがあり、それは逃げるチャンスを失う要因である。安全な環境下でいかにリアルな火災を再現させるかは問題点になる。

本研究は、仮想現実 (VR) 技術と混合現実 (MR) 技術を使って、行動力のトレーニングとリアルな防災訓練を実施するシステムを構築し、防災教育における有効性を検討した。本研究は主に二つの部分に分けて行われている。まずは、退屈になりがちなトレーニングシステムに参加してもらうための興味と動機を付けるための工夫をした。次に、パニックにならないように火災現場を混

合現実（MR）技術を使ったシステムを構築した。参加者によりリアルな火災体験させる仕組みを作った。

本論文は5章からなる。

第1章は研究の背景と関連研究を述べている。

第2章はVR技術を駆使し、参加者の興味誘導によりトレーニングシステムを構築し、実験を通してその効果を検討する。VR健康トレーニングは高齢者や体不自由の方に向けて、行動力の方面から改善する。システムの中心は、参加者の動作を誘導して一連の指定されたアクションを完了させるように設計されている。また、Kinectとビデオを使用して参加者の動きを記録する。実験の中で上手く参加者の興味を引いて、かなり良い効果が確認できた。

第3章はMR技術を利用し、現実環境と融合したリアルな避難訓練シミュレーションシステムを構築した。限られた計算資源とリアルな火災現場の実現におけるトレードオフを検討し、火災模擬の効率性を検討した。

第4章は傍観者を導入し、第三者の参画によって火災シミュレーションシステムの改善を行った。防災訓練システムに傍観者を加えることで、参加者に緊張感を与えられるとともに、適切な指導を参加者に与えられる仕組みができた。傍観者は中央コントロールを通じて、仮想空間でのパフォーマンスをより深く理解できるように設計されている。

第5章は結論と将来の課題について述べている。VR/MRを使って、興味深い画面と臨場感で辛い訓練を楽しみにできるようにし、高齢者でも安全で楽しくトレーニングを受けられ、防災訓練を積極的に参加させる結論を得た。そして指導者を加えて、自由度高い防災訓練は全体的に安全教育の効果を高めることが期待できる。今後は、5G通信技術の開発と設備性能の向上により、屋内だけでなくどこでも集団防災訓練を実施可能になり、参加者の表現や避難経路をデータベースに収集し、より安全な生活を実現することができる。センサーシステムで匂い発生装置と温度調節を設置しますと、より参加者に臨場感を高めるようにシステム拡張を図る。

## 【論文審査の結果の要旨】

本論文は、震災が多発している国の高齢化社会の現実に立脚し、高齢者や体の不自由な方の体力作りやリハビリテーションのための訓練システムをVR技術で実現し、参加者の興味や、好奇心及び参加意欲を引き立てる仕組みを構築した。またマイクロソフト社が開発したHoloLensを利用して実環境と融合した混合現実の火災シミュレーションシステムを実現した。大規模な火災現場をできるだけリアルに実現することとHoloLensの限られた計算資源のトレードオフを実現するためのアルゴリズムを考案した。参加者の周りに疑似的に火炎と煙を発生させ、現実の環境に存在する物体の燃焼をMR技術で実現し、防災訓練に参加した人間の火災の臨場感を高めるように工夫した。また、画像認識の技術を使って、普段設置した避難マークを識別し、火炎の中でそのマークを表示するように工夫を施し、リアルな火災の中で、参加者の避難通路の誘導を実現できている。また、模擬火災現場に参加する参加者のほか、ネットワークによって接続された傍観者をシステムに導入し、参加者の緊張感を与えられるように、また参加者に指示を与えられるような仕組みを構築した。将来はHoloLensを装着したマルチエージェントの相互通信や匂いセンサーや温度センサーを5G通信網で連結し、よりリアルな大規模の火災シミュレーションシステムの構築を将来の課題である。

本論文で提案したVRとMRを活用した訓練システムおよび計算資源節約のアルゴリズムはほかに報告されていなく、安価の防災システムとしてある程度有意義な試みであると認められる。審査員全員は博士論文に値すると認定した。