



Title	Designing Multisensory VR Games for Enhancing the Health of Older Adults
Author(s)	李, 曉旋
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/101589
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (LI XIAOXUAN)	
Title	Designing Multisensory VR Games for Enhancing the Health of Older Adults (高齢者の健康増進のための多感覚 VR ゲームの設計)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Simultaneous declines in visual function (e.g., dynamic visual acuity, DVA), cognitive ability (e.g., cognitive control/multitasking), and physical function (e.g., balance) are common symptoms of aging that impact synergistically on the daily lives of older adults. These functions are not only closely linked but also have significant impacts on independence in performing basic daily living tasks and in maintaining the quality of life. On the other hand, immersive virtual reality (VR) technology not only has the unique value of health intervention but also effectively facilitates the combination and synergy of these multisensory modalities.</p> <p>However, existing intervention approaches (e.g., traditional cognitive/physical training, DVA training, video games, and VR games) are designed to account for cognitive ability (cognitive modality) or physical function (physical modality), or a combination of both, while overlooking one crucial sense modality, which is DVA function for older adults. Considering the potential and synergistic impacts available in integrating dynamic vision, cognitive, and physical modalities to assist older adults, we consider neglect of the potential of all three modalities when designing digital health interventions (e.g., cognitive enhancement) for older adults to be unreasonable.</p> <p>Therefore, this dissertation proposes a multisensory (multimodal) integrated approach. This approach integrates DVA, cognitive, and physical modalities into an engaging, interesting, and immersive VR environment. This dissertation aims to explore and validate this innovative health intervention approach in the effect of enhancing the health of older adults. To achieve this, this dissertation is structured into two parts. Part I reviews theoretical studies on a multisensory integrated approach, introducing the relationship among DVA, cognitive and physical modalities, and the unique value of VR based on a literature review (Chapter 2), and identifies the design characteristics and potential synergistic impact of multisensory in current VR gaming systems (Chapter 3). Part II focuses on empirical studies, presenting the design mechanism and empirical evidence for the acceptability of our multisensory VR game (Chapter 4) and exploring the effect of the multisensory VR game on DVA, cognitive, and physical health for older adults (Chapter 5).</p> <p>Building on these works, we observed that:</p> <p>(1) Current VR games integrating cognitive and physical modalities show diverse designs, but none focus on dynamic visual acuity, with only two incorporating dynamic visual stimuli. However, incorporating dynamic visual stimuli suggests potential synergistic benefits across modalities.</p> <p>(2) The synergistic multisensory game design is highly accepted by older adults and provides greater benefits for them compared to young adults. It also highlights the advantages of</p>	

multisensory VR games over traditional cognitive interventions, such as PC-based cognitive tasks, in supporting older adults.

(3) Our multisensory VR game training shows the positive potential impacts on dynamic visual acuity, the processing speed in response inhibition, static balance, and lower limb strength.

(4) The synergistic value of the multisensory (multimodal) integration approach is also identified in this dissertation.

The main contributions of this dissertation are as follows:

(1) Introducing a novel health intervention perspective: we propose the multisensory integration approach as a new method for health interventions.

(2) Developing an innovative VR game system: we present the first multisensory VR game system that synergistically integrates cognitive, physical, and DVA modalities. The findings offer empirical evidence supporting the acceptability of such systems for older adults.

(3) Demonstrating long-term benefits: through a long-term intervention experiment, it provides the first empirical evidence of the effectiveness of multisensory VR game training in enhancing cognitive, physical, and DVA health among older adults.

(4) Conducting a groundbreaking systematic review: the systematic review in this dissertation is the first to focus specifically on this field, offering a unique motivational perspective on multimodality in VR games for older adults.

(5) We identified the synergistic value of the multisensory (multimodal) integration approach.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (L I X I A O X U A N)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	権藤 恭之
	副 査	教授	篠原 一光
	副 査	准教授	中川 威

論文審査の結果の要旨

高齢期には視覚機能（例：動体視力）、認知能力（例：認知制御やマルチタスク）、および身体機能（例：バランス）が同時に低下し、基本的な日常生活動作や生活の質の維持に対してもネガティブな影響を与える。現在、加齢に伴う機能低下を介入によって抑制する方法が探られている。近年発展してきた没入型のバーチャルリアリティ（VR）技術は、健康介入に対して利用可能であると考えられているが、系統立てたシステムの開発は行われていない。VR技術で可能となる、複数の機能に対する同時刺激は、各機能の維持、向上に対して相乗効果を持つ可能性を有している。しかしながら、既存の介入方法（例：従来の認知や身体トレーニング、DVA(Dynamic Visual Acuity)トレーニング、ビデオゲーム、VRゲーム）は、認知モダリティまたは身体モダリティ単体、もしくはそれら2つの組み合わせに焦点を当てており、高齢者にとって重要な感覚モダリティである動体視力機能が十分に考慮されていない。

本論文の目的は、VRを使ったマルチモジュールな統合的健康介入アプローチが高齢者の健康向上に及ぼす効果を探求し、実証することであった。論文は二部で構成されている。第一部では、統合的アプローチに関する理論的研究をレビューし、DVA、認知、身体モダリティ間の関係およびVRを利用することの有用性について文献レビューを行った（第2章）。さらに、現在のVRゲームシステムにおけるマルチセンサーの設計の特性と相乗効果の可能性について言及した（第3章）。その結果、現在のVRゲームは認知および身体モダリティを統合しているものの、動体視力に焦点を当てた設計はほとんど見られず、動体視力刺激を取り入れたものは2つのみであること、動体視力刺激を取り入れることにより、モダリティ間の相乗効果が得られる可能性が示唆された。

第二部では、実証研究を行った。実験1として高齢者のVRゲームの受容性に関する設計および利用可能性に関する研究を行った（第4章）。その結果、新しく開発したゲームは高齢者に受け入れられること、若年者と比較して高齢者に対してより大きな利点をもたらすことが確認された。また、PCベースの認知タスクなどの従来の認知介入と比較して、VRゲームで介入効果が大きいことが確認された。実験2として、高齢者を対象とした長期間の介入実験を行った（第5章）。その結果、新しく開発したVRゲームのトレーニングは、動体視力、反応抑制における処理速度、静的バランス、および下肢筋力の改善を促すことが確認できた。

以上のように、本研究は先行研究のレビューに基づき、介入効果を実証可能な新しいゲームデザインの提案したことで学術的に大きな貢献をした。さらに、新しいVRゲームの高齢者の受容可能性の検証を行ったうえで、長期の介入実験によりその効果を証明した点でも、新しい技術の社会実装という応用的な側面からも高く評価できる研究である。

審査の結果、本論文は博士（人間科学）の学位を授与するにふさわしいと判定した。