

論文内容の要旨

申請者氏名 LUGTENBERG GEERT

The challenge with video see-through displays such as smartphones and tablets as a medium for augmented imagery is that they do not present the physical world in a natural way, which complicates interaction with the physical environment seen through the display. This issue also hinders the effective integration of such *magic-lens* (ML) displays with the real environment. Achieving a natural viewing experience involves making the ML display appear transparent. In this dissertation, I present two technical contributions toward this goal: first, I propose a prototype for geometrically correct rendering on off-the-shelf devices. This prototype tracks the user's eye to align the view on the ML display with the surrounding environment, making it appear transparent and restoring motion parallax. Second, I enable stereoscopic and varifocal capabilities on the ML display to match its vergence and accommodation distances with those of the surrounding environment. In two user studies, I investigated how these prototypes perform regarding spatial awareness and context integration. In the first study, I found that geometric correction immediately improves the accuracy of haptic interactions, particularly in scenarios where depth information from the surrounding visual context or tactile feedback was absent. In conventional ML displays (without geometric correction), a learning effect on depth accuracy was observed, indicating that the prototype display is particularly beneficial for tasks requiring immediate precision. In the second study, I employed two viewing strategies to integrate the ML with its surroundings: rapid switching and viewing them as a cohesive whole. In a visual-acuity experiment, I found that minimizing the accommodation difference between the ML display and its surroundings is crucial for rapid gaze shifting, whereas minimizing the vergence distance is more important when viewing the ML and its surroundings as a single context. Conflicting vergence and accommodation distances did not significantly affect cognitive task load nor did they play a pivotal role in the accuracy of context integration.

氏 名	Geert Lugtenberg
-----	------------------

(論文審査結果の要旨)

令和6年8月29日に本博士論文の最終審査を行った。その結果、本博士論文は、提出者が独立した研究者として研究活動が続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める。

Geert Lugtenberg 君は、本博士論文において、スマートフォンやタブレットなどのハンドヘルドデバイスを表示に用いるビデオシースルー型の拡張現実感システム (ML: Magic Lens) において、カメラ視点での映像を用いる方法 (DP: Device-perspective Rendering) の問題点を指摘し、その問題を解決するユーザー視点に変換した映像を用いる方法 (UP: User-perspective Rendering) を実現する技術を開発し、評価実験を通じて、その方法の有効性を検証した。

本論文における彼の学術的貢献は、以下の3つである。

- 1) 現在一般的な方法で一般消費者が入手可能なデバイスを用いて UP を実現する方法を考案した。ハンドヘルドデバイスに搭載されている両面のカメラの内、ユーザ側のカメラの映像からカメラ位置に対するユーザの視点を計測し、環境側のカメラ映像 (RGBD 画像) をユーザー視点にリアルタイムに変換する方法を提案した。また、評価実験を通じてその精度を明らかにした。
- 2) ML ディスプレイを介して実環境を観察しているユーザが、実物体に対する作業を実施する場合において、UP を用いた場合が DP を用いた場合より作業の精度が高くなることを明らかにした。また、周囲の視覚コンテキストの有無による精度の差や学習効果の特性も明らかにした。
- 3) ML ディスプレイを用いてユーザが作業を行う場合、ML ディスプレイに表示された情報とディスプレイ外の周辺環境をユーザは同時に観察する必要がある。この際、ML ディスプレイの実現方法に応じて、輻輳距離や調節距離に不一致が生じる。従来の研究では、調節距離の不一致が大きな問題となっていたが、実験を通じて輻輳距離の不一致がより大きな問題となっていることを明らかにした。

これらの成果は、拡張現実感という技術分野の発展に大きく貢献するとともに、その普及に向けて重要となる知見を有している。以上から、本論文は、博士 (工学) の学位論文として、メディア情報学分野における十分な学術的価値を有することが認められると判断した。