

論文内容の要旨

博士論文題目

General Software Platform for Assembly and Maintenance Task
Based on Augmented Reality

氏名

Yiming Shen

(論文内容の要旨)

Augmented reality (AR) support systems have been proven to be effective in supporting various tasks but have not been widely used in real-world applications due to their high development costs and requirements for multiple skills. Several low-code or no-code AR authoring tools for content development have been proposed to solve this problem. However, most AR systems developed using these tools are not well compatible with industrial environments and task types, which means that the system adaptability of the program is insufficient. In addition, the visualization method of the system interaction interface and content is not flexible enough to fully support end users to use the program more freely in the task, and it cannot provide sufficient task content and cognitive information assistance. Thereby limiting the quality of task and reducing user experience. In this study, firstly, in the development of AR authoring tools, the degree of freedom of the software platform and the visualization method of the content description format is expanded, and secondly, the design strategy of "environment, task and user-centered" is integrated into the design process of the software platform. This combined system solution aims to improve the adaptability of the AR system generated by the platform. In this paper, we mainly focus on expressing the proposed method in software platform development. The user study was conducted to evaluate the task performance including processing time and errors and the user experience including the perceived cognitive load and usability of our solution by comparing it with a conventional system. The results show that the proposed software platform could improve the compatibility with industrial environments and tasks, and reduce the workload and cognitive effort, although the task performance was the same as the conventional AR system.

氏名	Yiming Shen
----	-------------

(論文審査結果の要旨)

令和5年2月6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を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。

Yiming Shen 君は、本博士論文において、多様な組み立て・メンテナンス作業に対する、拡張現実感 (Augmented reality、以下 AR) による作業支援システムの開発を容易にする汎用ソフトウェアプラットフォームに関する研究を行った。

拡張現実感を用いた組み立て・メンテナンス作業は、作業者の手順理解を容易にし、手順の誤りを減少させる等の効果がこれまで多くの研究により明らかになっている一方で、実社会に広く普及しているとは言い難い。この一因は、多種多様な作業に利用可能な作業支援システムは存在せず、また高品質な AR 作業支援システムを一から開発するのは、多くの人にとって非常に困難であることにある。本博士論文研究においては、これまで解決されていなかったこの問題に対し、以下の2段階で、豊富な AR 開発経験を有さないユーザに対して、実践的な解決策を提案した点が評価できる。

1) タスク・ユーザ分析に基づく汎用ソフトウェアプラットフォームの開発

同研究室でこれまでに提案した、各作業の工程や各工程において提示する情報を記述するための XML ベースの独自フォーマット (以下、コンテンツ記述フォーマット) と組み合わせることで、高品質な AR 作業支援システムの開発コストを大幅に削減可能な汎用ソフトウェアプラットフォームを提案した。第一段階として、デザイン工学のアプローチを導入し、対象とする組み立て作業やメンテナンス作業の動画と、対象ユーザの特性の分析を通して、汎用 AR 作業支援システムに必要な要件を徹底的に洗い出した。次に、既存の類似ソフトウェアの機能やユーザインタフェース (UI) を分析し、提案プラットフォームに必要な機能と UI を定義し実装した。最後に、特定の作業に対して、提案プラットフォームを使用して構築した AR 作業支援システムを被験者に使用させ、得られたシステムユーザビリティ評価やコメントを基にプラットフォームを再設計・再実装するというプロセスを複数の作業に繰り返し適用することで、その品質改善と適用対象作業の拡大を図った。

2) 作業者の支援方法の自由度向上とその効果検証

既存手法の分析により、現在の作業支援方法の不足機能を明らかにするとともに、それらを提案ソフトウェアプラットフォームに組み込むことで、支援方法の自由度を高めた。主な具体例として、(A)基準マーカの逐次更新機能、(B)情報表示補助パネルの複数配置機能を組み込んだ。(A)により、対象物が、作業者の行動により意図せず動いてしまった場合にも、適切な位置に情報を表示することが可能となる。(B)により、環境中の異なる位置にある複数の対象物を理解する必要がある複雑な作業工程において、各位置に関連付けた表示が可能となる。最終的に、従来手法を模倣したシステムとの比較実験により、追加機能が、被験者の認知負荷を減少させる等のポジティブな効果を有することを確認した。

以上の成果から、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。