

	やんぱんやーのん せくさーん	
氏 名	Yanpanyanon Sakeson	
本籍（国籍）	タイ	
学位の種類	博士(芸術工学)	
学位記番号	工博 第319号	
学位授与年月日	令和2年3月23日	
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士	
研究科及び専攻	工学研究科 デザイン・メディア工学専攻	
学位論文 題目	THE AUGMENTED REALITY (AR) ENHANCEMENT FOR CUBE PUZZLE ASSEMBLING COGNITION（組木の組 み立て認知における拡張現実(AR)の向上）	
学位審査委員	主査 教授	田中 隆充
	副査 教授	今野 晃市
	副査 教授	藤本 忠博

論 文 内 容 の 要 旨

Augmented Reality (AR) is considered to have a high potential to enhance assembling cognition. The visibility of 3D objects merges with the actual environment in AR facilitates and enhances spatial ability that never seen before such as DIY furniture assembling. A process for instruction or manual that contains text, photos, 2D & 3D illustration or diagram to explain the assembly sequence in a step by step from the beginning to the end. Recently, the most instructions or manuals are made by the paper or digital platform such as toy or furniture's manual is typically used to guide for assembly. Thus, people who do not have spatial skills get trouble while follows the manual. They get confused, misunderstand and mistake or error while following the diagram or 3D image in the manual. Especially, different experiences and knowledge have a different spatial skill thus, AR technology will reduce the distinction of different experiences by allowing those people to see accurately interactive 3D objects and the assembly process in 360 degrees. Therefore, this technology provides people to improve spatial ability and mental ability.

Currently, the interactive application comes to help facilitate many different aspects. Such as Navigator, 3D GPS, and Application in various smartphones. The interactive application has a variety of different formats. Mix media technologies are being used in combination with the application such as VR and AR. As well as in education, mix media have increasingly used such technology by using AR in combination with teaching so that students

can learn to understand more than studying in the book. They used with difficult and complex subjects such as sciences and mathematics that needs to memorize various chemical formulas and volume calculated by using AR to create the 3D image and interactive to explain in the complex section and show as a virtual image for understanding more clearly. In addition, disassembling and maintenance for the complex engine (such as aircraft and car engines) are required the specialist. By using the AR can facilitate assemble the complex mechanism and reduce the error and do not require the specialist who specializes in that work.

This study takes advantage of the AR technology to reduce the confusion and error while assembling the cube puzzle in the both previous work "*Investigating affecting the difficulty in assembling a joint of a cube puzzle*" and "*Joint, Space and Volume study by Interactive Cube Puzzle*", that have similar result was the similar shapes, space, and volume confused people to make a mistake and error assembling. Therefore, this experiment takes advantage of the AR technology to enhance assembly ability skills. We choose the most error assembling the cube puzzle of both previous works for this experiment and comparing it with design and non-design ideas because they are different in their thinking and perspective. In particular, the cube puzzle has similar shapes, space, and volume in each part that makes the participant confused when assembling them. Thus, the AR application with interactive 3D cube puzzle can help the different thinking and perspective in design and non-design ideas assemble the actual cube puzzle have similar or different behavior and result while following step by step in the AR application. This experiment uses the same process as previous work by provide the participant assembly the cube puzzle, measure the time of assembly, and record video to analyze the behavior of assembly. The difference is the participant doesn't know while measuring the time and record video because when they know about that it makes them nervous and can't concentrate on the AR application. Finally, the participant has to fill in the satisfaction questionnaire about the AR application easy to use, 3D cube puzzle easy to understand, and graphic help to assembly, etc., by choosing the score +3 (helpful) to -3 (less helpful) respectively.

In this experiment, both ideas can be assembled without confusion or error and the duration time of assembling is almost similar to the previous work. In particular, the non-design groups' assembling duration time was more than the design groups' assembling duration time but the measurement of time showed that some in the non-design group spent less time than the design group because they could not use their imagination when they assembled. They focused on the graphic image of the 3D cube puzzle by looking at the shape and profile more than space and volume and compared it with the actual cube puzzle. Especially, the graphic with 3D modeling facilitates and enhances the assembly cognition of similar shapes, space, and volume. In addition, this is an initial study of the AR application to help assemble DIY furniture or Flat-Pack Design those have the most problem assembly about the various

similar rectangular shape in the next session by assembling the actual size of furniture with different graphics in the AR application.

論文審査結果の要旨

本論文は、建築や家具の分野で部品同士を釘やネジ等を使用せずに互いに接合させる構造の造形要素を組み立て家具へのデザインに応用するための基礎研究であり、ユーザに可能な限り組立の負担を軽減させるために、拡張現実(AR)を用いてその可能性を論じたものである。研究ではスマートフォンで起動するARのアプリケーションを制作し、立体的なパズルとユーザ自身で組み立てられる椅子を対象として、組み立てる際の効率性やその過程での完成されるべき製品の全体的な造形をユーザがイメージ可能な空間の認識のあり方について実験を通して分析し考察した結果を報告したものである。

現在、ユーザに可能な限り組立の負担を軽減させるために、釘やネジ等を使用せずに継手等で容易に組み立てる家具が増加傾向にある。しかし、継手という木材加工技術は職人から受け継いだものが多く、家具の分野に応用される場合、その形状はユーザが直感的に組み立て易い比較的単純な直面状で多くは構成されている。しかし、部品数が増加し、組み立て方法が複雑になると、ユーザは取り扱い説明書を参考にしても、組み立て順序を間違えストレスが発生することが多々ある。本論文ではユーザがスマートフォンのカメラのレンズを組み立て前の部品に焦点をあてることで、スマートフォンのスクリーンに組み立てる手順をコンピュータグラフィックスで示し、ユーザの組み立ての支援の可能性とその効果を実験、分析している。接合部分の形状を見ただけで、認知的な能力を刺激し、直感的に組み立てることが出来る接合部分の形状デザインの研究のアプローチは多々ある。しかし、ARを応用して、ユーザサイドからの認知的なアプローチでその効率性や検証を行った学術的な研究はない。

本論文の構成は以下のようなものである。

本論文の第1章は序論であり、本研究の背景と目的、及び本論文で用いる用語の定義について述べている。

第2章では、本研究と関連の深い先行研究を整理して述べている。

第3章では、本研究における実験方法について述べている。実験では先行研究で使用された組み立ての難易度が高い立体パズルを使い、観察実験を考察している。実験は25才から45才まで30名に対して行い、立体パズルを空間認識できるグループとそうでないグループにそれぞれ15名ずつに分かれて行っている。実験では全てビデオによる撮影を行い、実験後には被験者全員にアンケートで組み立てプロセスでの課題点等をヒアリングしている。

第4章では、本研究の実験結果を含めた分析情報を示している。被験者が立体パズルを間違えて組み立てた原因や組み立てる際の持続時間、エラー数、部品の回転回数等の要素を見つけるために、撮影した映像を解析し被験者の組み立てる際の行動

やARの効果を把握するために、部品同士の空間認識の変化を統計的に分析している。

第5章では、組み立て式の椅子を対象とした実験を行っている。立体パズルよりも多くの部品を要するため、各部品に白黒のマーカーを貼り付け、第3章と同じ条件で実験を行い、統計的に分析している。

第6章は、結論であり、本論文をまとめるとともに、今後の展開に残された課題について述べている。

以上、本論文は、組み立て家具のデザインを行う上で重要な要素である、ユーザの組み立て方法で間違いを減らす、また組み立てスピードを向上させるためのインストラクションの方法の一つとして、ARを応用してデザインを行うことが目標である。本研究では、課題を解決するために、立体パズルを使って実験を行い、継手の造形要素によるユーザの組み立てる際の認知的な行動や効率性変化について分析している。これらの研究は製品に付加価値をもたらす有効な要因を明らかにしたものであり、デザイン分野、特に家具デザイン分野の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（芸術工学）の学位論文として合格と認める。

原著論文名（1編を記載）

Sakeson YANPANYANON, Thongthai WONGWICHAI, Takamitsu

TANAKA : AUGMENTED REALITY (AR) APPLICATION FOR CUBE PUZZLE

ASSEMBLING, Journal of the Science of Design, Vol. 4 No. 1, 2020年5月（2019年9月18日採択済み）