T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	全天球画像観察のための球面ディスプレイに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	宮藤詩緒
Author(English)	Shio Miyafuji
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11482号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小池 英樹,德永 健伸,篠田 浩一,下坂 正倫,伊藤 勇太
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11482号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報工学 系 情報工学 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of （ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	宮藤詩緒	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	小池英樹 教授
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文では，「全天球画像観察のための球面ディスプレイに関する研究」と題し，全天球画像表示を行う際の既存のディスプレイの問題点を解決するため，全天球画像の特徴を活かした球面ディスプレイの操作と表示手法を提案し，実際のシステム構築による実証を行っている．本論文は全 7 章からなる．

第 1 章では「序論」と題し，本論文の背景であるディスプレイの発展と全天球画像の登場について述べ，その問題点を明確にしている．全天球カメラの登場により，デジタル写真の形状は，平面の矩形型形状からカメラの全周囲の全天球画像へと変化している．しかし，全天球カメラで撮影された全天球画像を既存の表示手法で平面ディスプレイ上に表示すると，全天球画像全体の把握が不可能であるという問題や，端の部分で画像が歪み，画像内の物体の認識が難しくなるという問題が存在していることを指摘し，本論文の目的を全天球画像の特徴を活かした表示手法の提案としている．

第 2 章では「関連研究」と題し，全天球画像の表示を行うディスプレイや表示手法として，平面ディスプレイ，没入型ディスプレイ，筒型ディスプレイ，球体型ディスプレイ，360 度動画観察のためのソフトウェアを紹介し，その問題点を明確にしている．

第 3 章では「球体型インタラクティブディスプレイの提案」と題し，第 2 章の関連研究で挙げられた問題点をもとに，全天球画像の特徴を考察し，その特徴を最大限に活かすための球面ディスプレイの提案を行っている．特に全天球画像の特徴を活かすためには，全天球画像の一部分だけではなく，全体を球面上に立体的に配置し，球体特有の操作を組み込むことが必要であると指摘し，全天球カメラ周囲の方向を容易に把握可能である，球面を用いたディスプレイとして，凸型球面ディスプレイと凹型半球面ディスプレイへの表示手法を提案している．また，提案する表示手法により，「全天球画像は球面へ表示することで表示された物体の正しい形状の把握が容易となる．」，「全天球画像は没入型での表示ではなく，人間の有効視野角に入れることで状況の理解度が高まる．」，「手や体を動かしながら観察を行うことで，位置関係の理解が深まる．」という主題をもとに研究を行うと述べている．

第 4 章では「凸型球面ディスプレイ」と題し，凸型球面ディスプレイによる完全球体型インタラクティブディスプレイ Qoom による球体型ディスプレイを実装し，球状画像と人間の新しいインタラクション手法を探求している．ディスプレイの実装は，ディスプレイ本体のワイアレスかつ軽量化を実現するため，カルマンフィルタを用いた球体の運動予測を用いた外部プロジェクタから動的物体への実時間追跡と実時間投影手法を提案している．また，全天球画像をユーザの両手で扱い，ボールを回転させるように画像を回転させる操作によって，全天球画像内の探索や，全天球画像内の対象部分をもう一人のユーザに見せる，といった行動を全天球画像操作の一部として利用することが可能となることを確認している．そして，これらのディスプレイによる球体型情報の操作方法について提案を行い，提案手法が遠隔通信の空間認識とユーザの視線認識を高め，遠隔コラボレーション支援に有効であることを実証している．

第 5 章では「凹型半球面ディスプレイ」と題し，凹型半球面ディスプレイ DisplayBowl を実装し，全天球画像

の新たな全体表示手法を提案し，既存表示手法との比較を行った．この比較により，それぞれのディスプレイの利点と欠点を明確にし，半透過凹型半球面ディスプレイの利用場面を提示している．さらに，第 4 章で球体型ディスプレイにおいて有効な操作であると示唆された，両手による回転の操作を操作方法として採用した遠隔操縦用デバイスの実装を行い，実際に遠隔の場所にあるロボットを操縦するシステムを構築している．また，本提案の実装を利用した比較実験によって，半透過凹型半球面ディスプレイによる全天球画像表示は他ディスプレイの表示手法に比べ，全周囲の把握が容易になると同時に物体の認識が正確となることから、周辺環境を確認しながら作業を行う際の安全性が高いことを確認している．

第 6 章では「考察」と題し，第 4 章と第 5 章で行った提案手法の考察を行い，更なる利用場面として，凸型球面ディスプレイでは遠隔通信における個人の表示，凹型半球面ディスプレイでは遠隔会議における複数人の表示が例として挙げられている．

以上，本論文では，全天球画像表示を行う際の既存のディスプレイの問題点を明確にし，全天球画像の特徴を活かした新しい球面ディスプレイの操作と表示手法を提案し，実システム構築を通じてその有効性を確認している．

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報工学 系 情報工学 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	宮藤詩緒	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	小池英樹 教授
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

With the advance of the omnidirectional camera, the shape of digital photographs has changed from flat shape to spherical shape. Omnidirectional images taken with the omnidirectional camera are usually displayed on a flat display. However, with the traditional display, it is difficult to recognize the whole image at once and the edge of the image is distorted. On the other hand, there is a spherical shaped display that takes advantage of characters of the spherical shape which displays the whole image on a spherical surface without distortion. However, the interaction methods of the current spherical display stick to the methods of the flat display, and it is difficult to understand the surroundings because the direction is reversed on the display.

This dissertation proposes designs and implementation of the interactive spherical display that utilizes the characteristics of omnidirectional images to solve the problems of existing displays for omnidirectional images.

Two variations of display methods using a spherical shape are proposed: a convex spherical display and a concave hemispherical display. Both displays enable users to easily recognize the directional information of the image by displaying the entire three-dimensionally arranged on the spherical surface and implementing operations unique to the spherical surface.

To implement a wireless and lightweight convex independent spherical display, a real-time tracking and projection methods are utilized. The proposed Kalman filter based projection method predicts the motion of the sphere display to reduce the projection delay. Also, novel interaction designs to manipulate displaying information are proposed, for instance handling the omnidirectional image by rotating like a ball with two hands.

For concave hemispherical display, a new display method that transforms spherical images to hemispherical is proposed and the method is evaluated with the existing display methods. Through this evaluation, the advantages and disadvantages of each display method are clarified, and the use cases of the concave hemispherical display are presented. Also, a remote control device that adopts a rotation operation with both hands as an operation method is demonstrated. Besides, in a comparative experiment, the display of a spherical image on a concave hemispherical display makes it easier to recognize the entire surroundings and the object recognition is more accurate than the display methods of other displays. Therefore, its safety is confirmed especially when users need to check the surrounding environment.

The main contributions of this study are to present novel interaction methods between humans and spherical information and to improve the understanding of spherical images by displaying spherical images on a spherical display.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).