

氏名	嘎日瑪蓋		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第10448号		
学位授与年月日	令和4年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査学術院	理工情報生命学術院		
学位論文題目	High resolution autostereoscopic displays with time-multiplexed directional backlight for multiple viewers（時分割指向性バックライトを用いた複数人用高精細裸眼立体ディスプレイ）		
主査	筑波大学 准教授	博士（工学）	掛谷 英紀
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	亀田 能成
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	矢野 博明
副査	筑波大学 准教授	博士（情報科学） 博士（デザイン学）	星野 准一
副査	筑波大学 助教	博士（工学）	川口 一画

## 論文の要旨

裸眼立体ディスプレイは、特殊な眼鏡を着用する煩わしさがなく、互いにアイコンタクトを維持しながら同じ3次元空間を共有できる共同作業環境を可能にする。しかしながら、従来の裸眼立体ディスプレイの多くは、提示できる立体像の解像度が低い、同時に観察できる人数が一人に限定されるなどの問題を抱えていた。そこで本論文では、複数人が同時に観察できるハイビジョンクラスの高解像度を有する裸眼立体ディスプレイを新たに複数提案し、それぞれの方式について実機を製作してその有効性を評価している。

まず、本論文の第2章と第3章では、凸レンズアレイと垂直方向に指向性を有する拡散板を用いた時分割指向性バックライト式裸眼立体ディスプレイの改良を提案している。この方式は既に知られたものであるが、従来のシステムはクロストークが大きい、視域が狭いなどの問題点があった。これらの問題を解決するため、本論文では偏心レンズアレイの利用、および曲面的に配置されたレンズアレイの利用を提案している。それらの提案をプロトタイプシステムに実装し、クロストークが低減することを実験的に確かめている。さらに、要素レンズを台形にすることで、画面の均一度が向上することも確認している。

上述の手法では指向性拡散を用いるため、光の利用効率が悪い、頭を傾けると立体視が崩れるなどの問題がある。そこで、本論文の第4章では、この問題を解決する手法として、入り合い構造を持つフレネルレンズを要素レンズとするレンズアレイを用いた時分割指向性バックライトを提案している。この方式により、隣り合う要素レンズを経由する光が混ざり合うため、指向性拡散板を用いずともバックライトの輝度均一化が実現され、結果として水平方向だけでなく垂直方向にも視差を提示することが可能になる。この方式についても実機を製作し、輝度が高レベルで均一化され、クロストーク

クも低減されることを定量的に確認している。

続いて、本論文の第5章では、上述のレンズアレイを斜めに傾けることで、横方向の視域を拡大する方法を提案している。これにより、同時に2人が互いに干渉せず立体視を維持することが可能となっている。さらに、時分割指向性バックライトと画面を240 Hzで同期させ、2人の観察者の左右両眼用の計4種類の画像を提示することにより、観察者2名がそれぞれ固有視点からの立体像を観察できるシステムを構築し、その有効性を実機の製作により確認している。

最後に、本論文の第6章では、より多くの観察者が同時に裸眼立体視できるディスプレイを実現するため、セグメント単位で透過と白濁を制御できる多層PDLCスクリーン、大口径レンズ、および高リフレッシュレートで駆動するDLCプロジェクタを組み合わせた時分割指向性バックライトを提案している。これにより、異なる奥行きにいる複数の観察者に対して、同時に立体映像を裸眼で提供することが可能になることをプロトタイプシステムの製作と評価により確認している。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本論文では、複数の高解像度裸眼立体ディスプレイ実現方法が提案されており、その全てについて実機を製作して評価を行っている。いずれの装置も、設計および製作に相当の時間を要するもので、その仕事量の多さは特筆すべきものである。

また、提案した手法の中でも、入り合い構造を持つフレネルレンズによる均一輝度をもつ指向性バックライトの実現は、独創性の高い研究であり、国際会議で表彰されるとともに、高いインパクトファクターを有する学術誌へ掲載されるなど、学会でも高く評価されている。ここで提案されたレンズは、今後他の用途にも応用される可能性を有するものである。

さらに、入り合い構造をもつレンズアレイを傾けて配置することで視域を広げ、2人の観察者が高い空間解像度を有する立体像をそれぞれの固有視点から観察できるようにしたシステムは、2人の作業者が横に並んで同じ3次元空間を共有しながら作業できる環境を実現しており、今後の広い実用が見込まれる成果といえる。

論文全体の構成については改善の余地が全くないわけではないが、数多くの成果がある中、それらを互いに関連付けながらまとめている点は評価できる。

以上の点を総合的に鑑み、本論文は博士の学位を与えるに足るレベルは十分満たしていると考えられる。

### 【最終試験の結果】

令和4年2月9日、理工情報生命学術院において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とシステム情報工学研究群知能機能システム学位プログラムにおける達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。