

Title	レーザーディスプレイにおけるスペックル低減に関する研究
Author(s)	山田, 裕貴
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/77496
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (山 田 裕 貴)

論文題名

レーザーディスプレイにおけるスペックル低減に関する研究

論文内容の要旨

本論文は著者が行ったレーザーディスプレイにおけるスペックル低減に関する研究をまとめたものであり、以下の6章から構成される。

第1章は序論であり、スペックルに関する基礎理論と本論文の研究目的を述べた。

第2章では、スペックルを評価するための測定系を構築し、測定系のパラメータがスペックルに与える影響を評価した。また、構築したスペックル測定系を用いて角度多重・波長多重・偏光多重によるスペックル低減効果の検証を行った。従来の研究では波長多重によるスペックル低減と角度多重によるスペックル低減はそれぞれ独立であるとされていたが、本研究はこれらに相互依存性があることを初めて実験的に示した。

第3章では波長多重と角度多重の相互依存性を考慮したスペックル低減の理論モデルを構築した。まず、スペックル場の振幅の相関関数を用いたスペックルコントラストの表式を導出した。次にスペックル場の振幅の相関関数を導出し、スクリーン入射光のスペクトルが複数のデルタ関数の和で表され、角度分布がトップハット型である場合についてスペックルコントラストを求め、導出した理論モデルにおいても角度多重と波長多重の相互依存性が生じることを示した。

第4章では、第3章で導出した理論モデルの実験的検証を実施し、理論モデルの妥当性を示した。まず、波長多重が無視できる場合について角度多重度を変化させてスペックルコントラストを測定したところ、スペックルコントラストがスクリーンからカメラのアパチャーを見込む立体角と投影レンズを見込む立体角に依存することがわかった。次に、波長の異なる2つのレーザーを用いることで、波長多重と角度多重の両方によってスペックルが低減される場合についてスペックルコントラストを測定したところ、波長多重によるスペックル低減効果がスクリーン入射光の入射角や発散角、スクリーンに対するカメラの測定角に依存することがわかった。いずれの場合も理論計算により実験結果がよく再現できた。

第5章では、上記理論モデルがプロジェクターでのスペックル低減に適応できることを示した。まず、プロジェクターの光源に波長の異なる5つのレーザーを使用した場合のスペックル低減効果を測定し、理論モデルとの比較を行った。スクリーンにはマットスクリーンとシルバースクリーンの2種類を用いたが、いずれの場合も理論計算により実験結果がよく再現できた。次に、同じプロジェクターで光源にXeランプを用いた場合についてスペックルコントラストを測定した。理論計算によってXeランプを用いた実験結果もよく再現でき、第3章で導出した理論モデルがレーザープロジェクターだけでなくランププロジェクターにも適用できることを示した。さらに、コストの高いスクリーン振動によってスペックルを低減している映画館において、スペックルコントラストの実測と理論計算を行うことで、スクリーン振動なしでスペックルを十分低減するための波長構成を示した。

第6章では、本研究で得られた結果を総括するとともに、将来の展望について記述し、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (山 田 裕 貴)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教授	山本 和久
	副 査	教授	近藤 正彦
	副 査	准教授	藤岡 加奈
	副 査	教授	森 勇介
	副 査	教授	片山 光浩
	副 査	教授	片山 竜二
	副 査	教授	尾崎 雅則
	副 査	教授	森 伸也
	副 査	教授	廣瀬 哲也
	副 査	教授	八木 哲也

論文審査の結果の要旨

本論文は、レーザーディスプレイにおけるスペックル低減に関する研究を行ったもので、全部で6章から構成されている。

第1章は序論であり、スペックルに関する基礎理論を紹介したのち、本論文の研究背景及び目的を述べている。

第2章では、スペックルを評価するための測定系を構築し、測定系のパラメータがスペックルに与える影響を評価している。また、構築したスペックル測定系を用いて角度多重・波長多重・偏光多重によるスペックル低減効果の検証を行っている。従来の研究では波長多重と角度多重によるスペックル低減は独立であると考えられていたが、本研究において角度多重と波長多重によるスペックル低減効果に相互依存性があることを初めて実験的に示している。

第3章では波長多重と角度多重の相互依存性を考慮したスペックル低減の理論モデルを構築している。まず、スペックル場の振幅の相関関数を用いたスペックルコントラストの表式を導出している。次にスペックル場の振幅の相関関数を導出し、スクリーン入射光のスペクトルが複数のデルタ関数の和で表され、角度分布がトップハット型である場合についてスペックルコントラストを求めている。導出した理論モデルにおいて角度多重と波長多重の依存性が生じることを示している。

第4章では、第3章で導出した理論モデルの実験的検証を実施している。まず、波長多重が無視できる場合について角度多重度を変化させてスペックルコントラストを測定している。次に、波長の異なる2つのレーザーを用いることで、波長多重と角度多重の両方によってスペックルが低減される場合についてスペックルコントラストを測定し、波長多重によるスペックル低減効果がスクリーン入射光の入射角や発散角、スクリーンに対するカメラの測定角に依存することを実験的に示している。第3章で導出した理論モデルを用いることでこれらの実験結果をよく再現する理論計算結果が得られ、理論モデルの妥当性を示している。

第5章では、理論モデルが実際のプロジェクターでのスペックル低減に適用できることを示している。まず、プロジェクターの光源に波長の異なる5つのレーザーを使用した場合のスペックル低減効果を測定し、理論モデルとの比較を行っている。スクリーンにはマットスクリーンとシルバースクリーンの2種類を用いたが、いずれの場合も理論計算により実験結果がよく再現できている。次に、同じプロジェクターで光源にXeランプを用いた場合についてスペックルコントラストの測定を行っている。理論計算によってXeランプを用いた実験結果もよく再現できることを示し、第3章で導出した理論モデルがレーザープロジェクターだけでなくランププロジェクターにも適用できることを示唆している。また、実際の映画館での応用として、コストの高いスクリーン振動によってスペックルを低減している映画館において、スペックルコントラストの実測と理論計算を行うことでスクリーン振動なしでスペックルを十分低減するための波長構成を示している。

第6章では、本研究で得られた結果を総括するとともに、将来の展望について記述し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は波長多重・角度多重によるスペックル低減が独立でないことを初めて実験的に示し、波長多重・角度多重によるスペックル低減の依存性を考慮した新しい理論モデルを導出している。また、導出した理論モデルにより実験結果をよく再現できることを明らかにし、理論モデルの妥当性を示している。さらに、プロジェクターを用いた実験結果から、理論モデルが実際のプロジェクターに適用可能であることを示している。波長多重と角度多重によるスペックル低減の依存性は理論的にも実験的にも本論文において初めて明らかになったものであり、スクリーンによるスペックル低減効果の違いと合わせて、今後レーザーディスプレイにおけるスペックル低減に大きく貢献することが期待される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。