



Title	正立等倍像を形成するレンズアレイの開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	山村, 明宏
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14428号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81186
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Akihiro_Yamamura_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 山村 明宏

学 位 論 文 題 名

正立等倍像を形成するレンズアレイの開発

(Development of lens array forming erected and unit magnification image)

電子写真方式の画像形成装置においては、印刷画像に対応した電位の像である静電潜像を形成するため、一様に帯電した感光材料に印刷画像に対応した光の像を形成する必要がある。複写機における光の像の形成は、複写元となる元画像を透過あるいは反射した光線を感光材料に投影することで得られる。一方、プリンタには、印刷画像を用紙の搬送方向に分割した電子データに応じた 1 次元の光の像を得るためにレーザー光線を走査させるレーザープリンタと、印刷画像の画素に応じた LED を線状に配列しその LED の点灯を制御して光の像を得る LED プリンタとがある。レーザープリンタでは印刷画像の走査方向の中央と端部とで画素の大きさが異なってしまう印刷画像の品質が低下するのに対し、LED プリンタでは配列した LED の像を感光材料上に投影するためにレンズアレイを用い、レーザープリンタで生じる問題を回避できる。しかしながら、レンズアレイの走査方向の位置と印刷画像の走査方向の位置が常に同じ位置となるため、レンズアレイの結像特性に不均一な部分があると、その結像特性が不均一な位置と他の位置とで印刷濃度が異なるため、印刷画像ではスジや帯として視認される。本論文は、LED プリンタに用いられるレンズアレイの配列の不均一性と結像特性の関係を解析し、均一な結像特性が得られるレンズアレイを検討する。本論文は以下の 4 章で構成される。

第 1 章においてレンズアレイの光学特性と印刷画像特性について示し、本研究においてロッドレンズアレイのアライメント精度と結像特性の相関について解析する目的と、新規のレンズアレイを開発する目的を示す。さらに、LED ヘッドの光量補正に触れ、LED ヘッドでは結像特性の不均一の 1 つである発光強度の不均一を均一に修正することができるが、コントラストの不均一については修正することができないため、ロッドレンズアレイの像のコントラストの不均一を低減する必要があることを述べる。

第 2 章では従来より LED ヘッドで用いられている屈折率分布型ロッドレンズをアレイに配列したロッドレンズアレイについて、コントラストの不均一が起こる原因を明らかにする。ロッドレンズアレイのアライメント誤差によって像のコントラストがどの程度劣化するのかを明らかにするため、光線マトリクスを用いて像を形成しているロッドレンズの光線追跡を行い、ロッドレンズアレイの中でロッドレンズの位置が光軸方向にずれた場合と、ロッドレンズが傾いた場合について、それぞれ結像特性がどのように変化するかを比較し、どちらの影響が大きいを明らかにする。そして、傾いているロッドレンズを含むロッドレンズアレイによる像の強度分布を算出し、ロッドレンズの傾きが大きいほど、像の強度分布に対する変化が大きいことを示し、ロッドレンズの傾きと像のコントラストの劣化の関係を明らかにする。

また、LED ヘッドに用いられているロッドレンズアレイのロッドレンズの傾きをロッドレンズの配列間隔から測定し、ロッドレンズの傾きの方向と傾きの大きさから算出した像の強度分布と、そのロッドレンズアレイによる像の強度分布を測定した結果を比較し、ロッドレンズアレイのロッドレンズの傾きをロッドレンズの配列間隔から正しく測定できることを示し、傾いたロッドレンズを含むロッドレンズアレイによる像を算出する方法が正しいことを示す。

第 3 章においてはロッドレンズアレイに変わる新規のレンズアレイとして、正立等倍像を形成するマイクロレンズアレイの検討について述べる。本方式をこれまで開発を検討してきたコリメート

レンズアレイと拡大レンズアレイとプロジェクター光学系と比較し、さらに他社で検討されてきたバイナリレンズアレイとルーフミラーレンズアレイと縮小レンズアレイと比較し、本方式が優れている点と開発を進めることにした理由を示す。

本研究で検討しているマイクロレンズアレイは、縮小倒立像を形成する非球面レンズをアレイに配列したレンズアレイを2つとレンズの配列と同様に開口を配列した2つの遮光部材から構成される。2つのレンズアレイは同一形状となっている。レンズアレイは非球面レンズと光軸方向に突き出たリブが一体に形成される。リブは光軸方向の位置とレンズアレイの真直度を高精度に保つ役割を担い、プラスチック射出成型によって非球面レンズの面形状とレンズどうしの配列間隔とリブの光軸方向の高さをそれぞれ同等の精度で形成できる。

マイクロレンズアレイは縮小倒立像を形成するレンズを2枚用いて正立等倍像を形成する。この2枚のレンズをレンズ対として考えると、本研究のマイクロレンズアレイはこのレンズ対がアレイに配列されているとも言える。このレンズ対の2枚のレンズの間では主光線が平行となるテレセントリックの構成となっており、このレンズ対の視野の大きさは1つのレンズの焦点距離によって決まる。LEDプリンタで使用されるレンズアレイは、LEDアレイの像が主走査方向に隙間なく形成されなければならない、本研究のマイクロレンズアレイにおいては、LEDアレイの像が2つのレンズ対によって形成され、それら2つの像が重なるようになっている。それによって個々のレンズ対のごくわずかな結像特性の違いが平均化されて均一となるため、LEDアレイの像のコントラストの不均一が低減されている。

マイクロレンズアレイの遮光部材は、1つ目のレンズアレイとLEDアレイの間と2つのレンズアレイの間の2か所に配列される。レンズアレイと同様に、遮光部材もレンズアレイのレンズと同様の配列間隔で形成される開口と、光軸方向の位置と真直度を高精度に保つリブが一体に形成される。遮光部材の開口は上述のレンズ対の1つ目のレンズと物体の間と、2つのレンズの間に配置される。1つ目のレンズと物体の間に配列された開口は、1つ目のレンズの視野を制限する視野絞りとして作用し、レンズ対の視野の外側から入射する光線を遮光する。2つのレンズの間の開口は、2つ目のレンズの視野絞りとなっていて、隣り合うレンズ対の間を通過するクロストーク光を遮光する。

本研究のレンズアレイのアライメント精度に関しては、結像側に配列されるレンズアレイのレンズが倒立拡大像を形成するため、レンズアレイのレンズの配列間隔に誤差があると、1個のレンズ対による結像の位置がずれて形成される。結像位置のずれは、レンズの配列誤差と結像側のレンズの倍率の積で表される。そのため、レンズアレイのレンズ配列間隔の精度を高くする必要があることを述べている。

第4章では本論文のまとめと将来展望について示し、従来のロッドレンズアレイにおいて、今後はロッドレンズの配列精度を高めロッドレンズアレイによる像のコントラストの不均一を低減することでLEDプリンタの印刷画質を向上させることに加え、ロッドレンズの傾きがある程度大きくてもコントラストの均一性が低下しないようなロッドレンズアレイの仕様等を検討していくことを述べている。また、新規の方式である正立等倍像を形成するマイクロレンズアレイの開発においては、LEDヘッドへの実装方法を改善し、レンズアレイの製造技術の向上や検査方法の検討によって、マイクロレンズアレイの生産技術の向上を進めていくことを述べている。