

基本的技術分野: レンズ光学

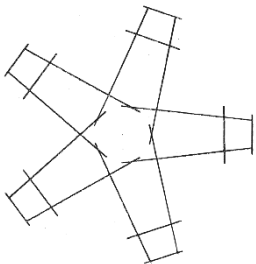
光軸がずれても高集光率の太陽光集光用フルネルレンズ

Solar collecting Fresnel lens reducing a decrease in efficiency caused by optical axis deviation

東京工芸大学 工学部 メディア画像学科
(旧東京写真大学 写真工学科)

渋谷 真人

Masato SHIBUYA, Tokyo Polytechnic University



写真大学の伝統の上に、最新のレンズ光学・画像工学を学ぶ
古くて新しい、いつまでも輝くレンズ光学

I 本発明の背景

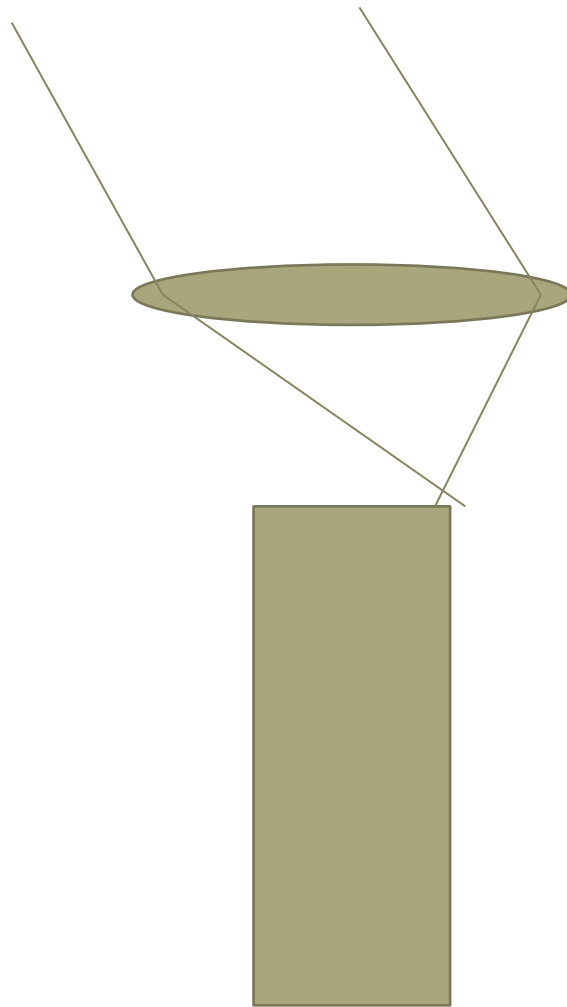
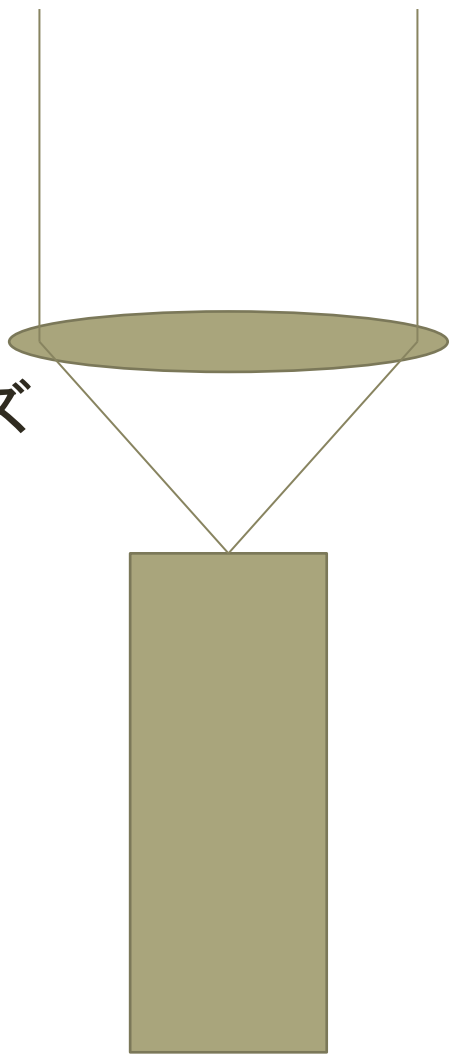
具体的目的

太陽光を光学系(レンズ)によって集光し、集めた光をガラスロッドあるいは中空ロッドを通して、光電変換デバイスあるいは熱機関に導くシステムがある。しかしながら、太陽がレンズ光軸から外れた場合に、ロッド入射面での集光がぼやけてしまい、入射面外にはみ出してしまう危惧がある(図参照)。

ロッドサイズを調整するなどの方法で、入射面については解決できるかもしれないが、全体最適化の自由度を高めるには、レンズの集光がぼやけないようにすることが望ましいであろう。

集光レンズ

ロッド



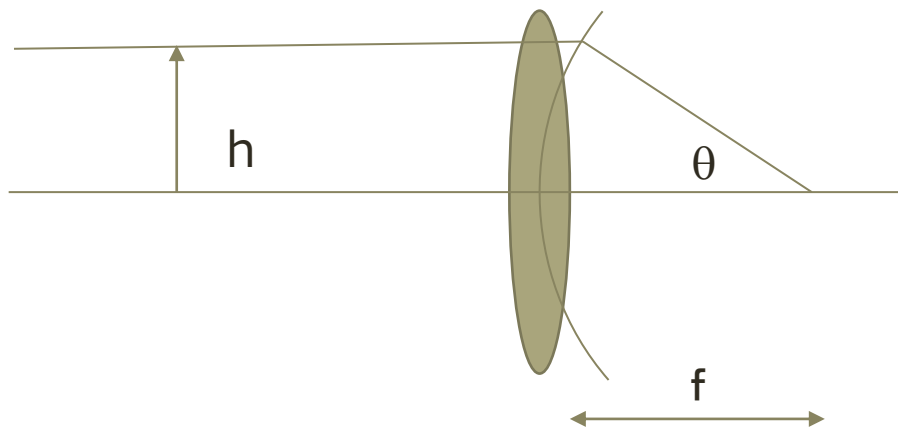
I 本発明の背景

レンズ設計上の課題

光軸から太陽が外れたときに発生する収差は、コマ収差である。コマ収差の発生を抑えるには正弦条件を満足させれば良いことは、一般的良く知られている(図参照)。

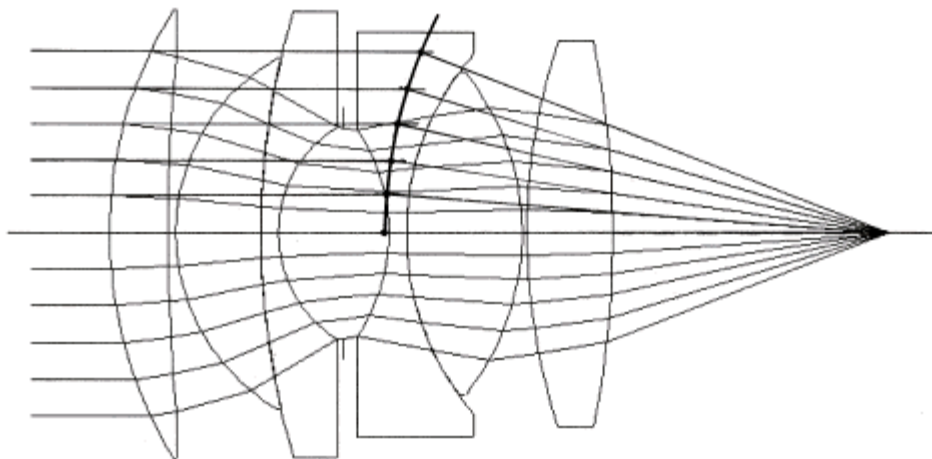
これを満足させるために、従来の太陽光集光フレネルレンズは基本形状が球面であった(図参照)。

しかしながら、一見するとこの手法で良い様に見えるが、詳細に検討すると、実はかなり不十分であることが分かる(図参照)。

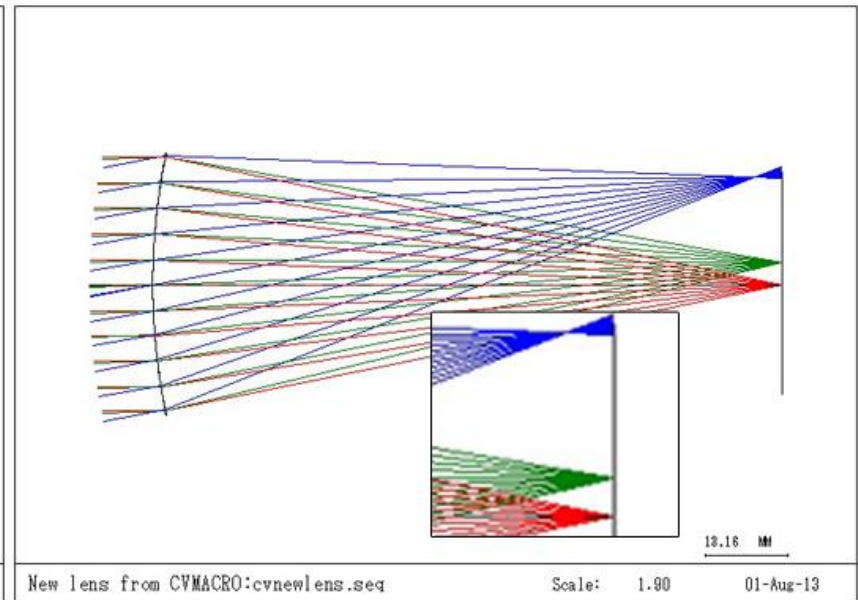
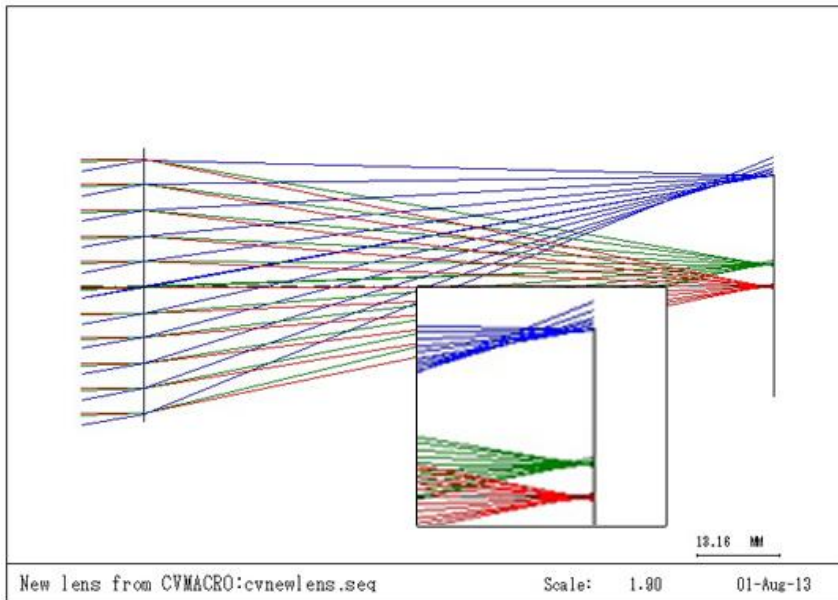


正弦条件

$$h = f \cdot \sin \theta$$

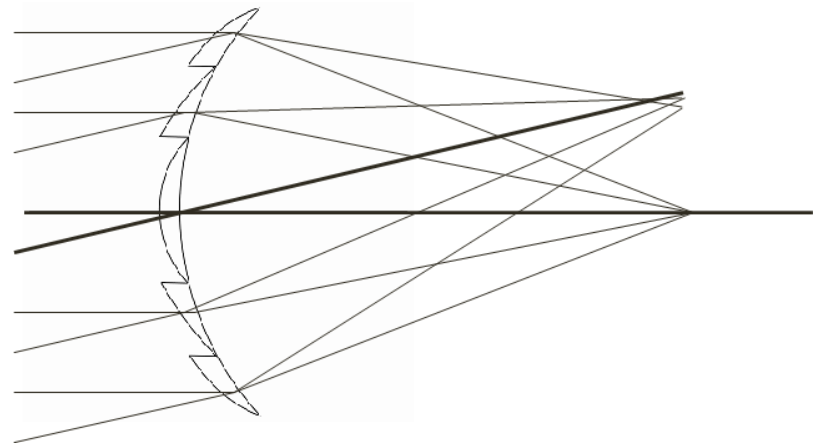
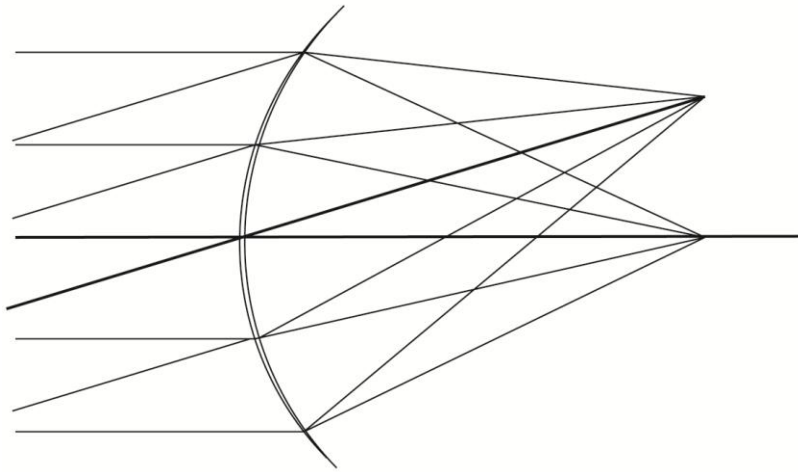


実際のレンズでの正弦条件が成り立っている様子



左の平板型はコマ収差が発生してしまっているが、右の球面型にすることによって正弦条件を満足させ、コマ収差の発生が抑えられている。

ただし、高屈折率法で設計している。

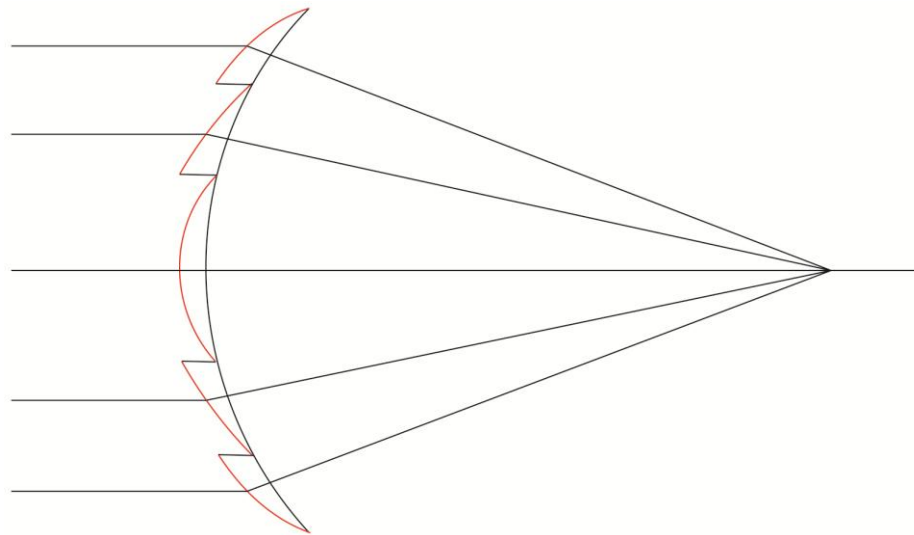


- 太陽光集光レンズにおいて、光路差関数を理想的に扱う高屈折率法では正弦条件を満足しコマ収差は出ていない。
- しかしながら、光路差関数から実形状に変換してみると、光軸上では無収差で集光するが、軸から外れるとコマ収差が発生する。

Ⅱ 課題の解決

問題点の本質

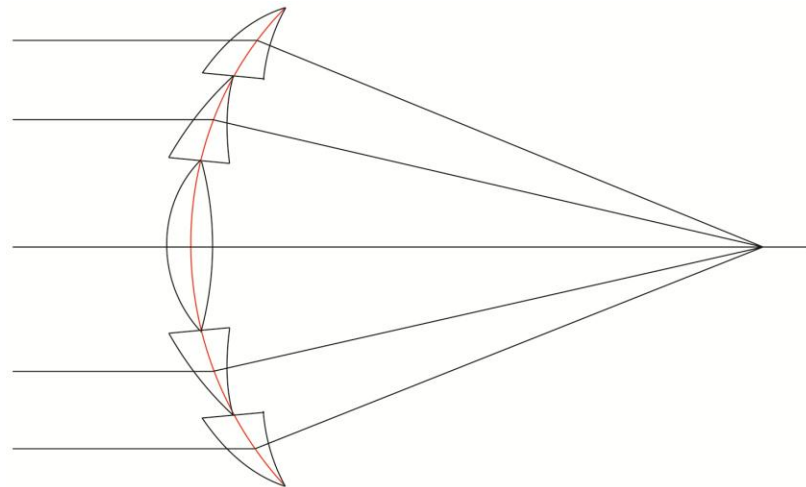
光軸に平行に入射した光線の延長と、射出光線の延長との交点は、入射面と射出面の中間にある曲線をなす(図参照)。すなわち厳密な意味での正弦条件は満足していない。



Ⅱ 課題の解決

解決の基本的方針

光軸に平行に入射した光線の延長と、射出光線の延長との交点が、焦点を中心とした球面になるように、両面ブレイズ型のフレネルレンズとした(図参照)。



Ⅲ手法の正しさの確認

数学的照明

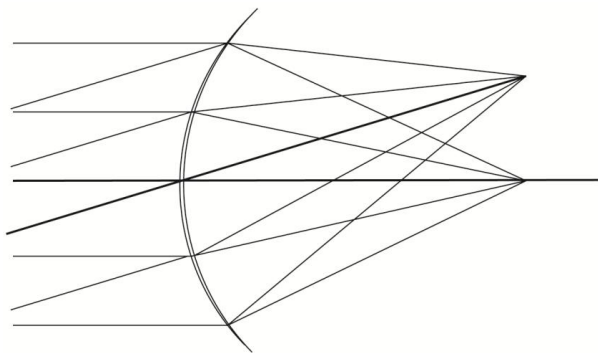
斜めに入射した光線が本当にコマ収差が発生しないかを、数学的に確認した。

Ⅲ手法の正しさの確認

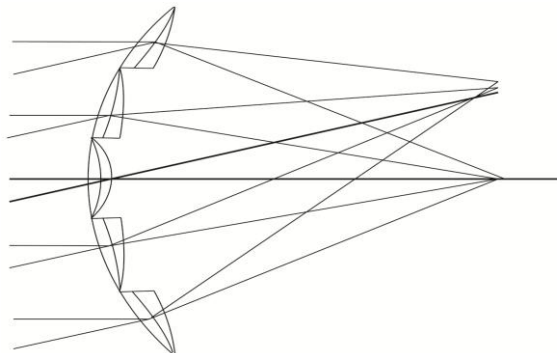
レンズ設計での確認

完全なブレード形状ではなく、一つのブレード形状について光線収差によって確認した。

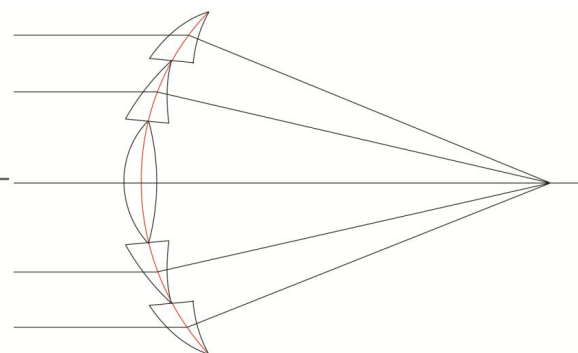
基本的な確認データでF/5と暗く、実際のパラメーターでの設計ではもっと大きな効果があると考えている。



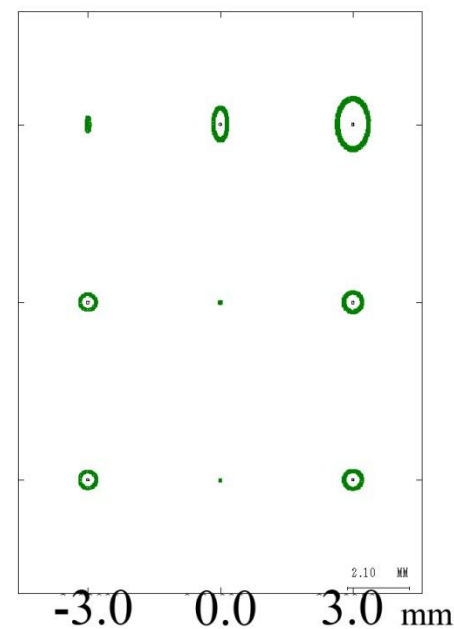
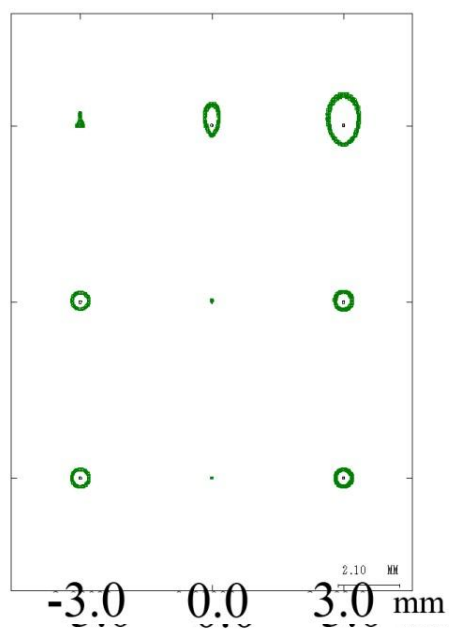
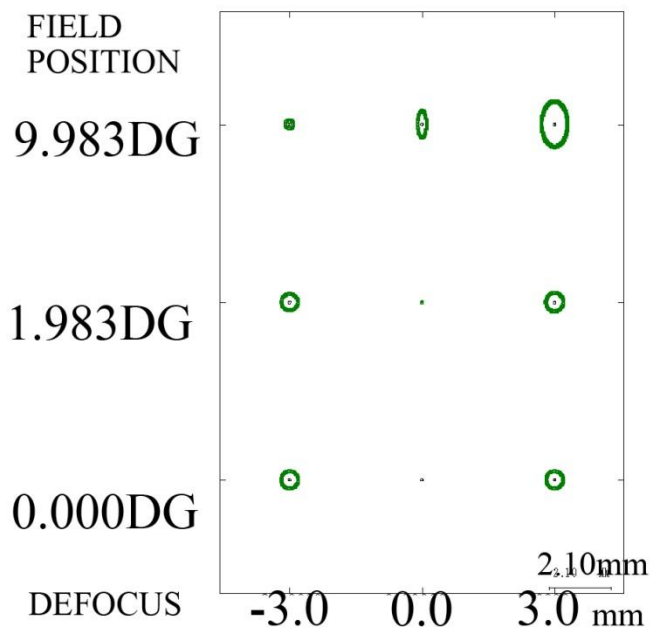
高屈折率法



片側ブレイズ(従来)



両側ブレイズ



IV 応用

太陽光集光光学系を具体的な対象として考えて発明したものである。

レンズ設計者の観点からは、太陽光集光レンズに限らず、画角のあまり大きくないレンズに適用できると考えている。

V お問い合わせ先

■ 東京工芸大学

教育研究支援課 山口 泰夫

Tel : 046-242-9964

Fax : 042-242-3000

E-mail : er-support@office.t-kougei.ac.jp

■ タマティーエルオー株式会社

研究成果移転事業部 松永 義則

Tel : 042-570-7240

Fax : 042-570-7241

E-mail : matsunaga@tama-tlo.com

Que Sera, Sera!

KOOGEI

東京工芸大学 TOKYO POLYTECHNIC UNIVERSITY

写真大学の伝統の上に、最新のレンズ光学・画像工学を学ぶ。
古くて新しい、いつまでも輝くレンズ光学。