



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	GAS LENSの結像作用
Author(s)	青木, 由直; Aoki, Yoshinao; 鈴木, 道雄 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 40, 87-93
Issue Date	1966-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40782
Type	departmental bulletin paper
File Information	40_87-94.pdf



GAS LENS の 結 像 作 用

青 木 由 直

鈴 木 道 雄

(北海道大学工学部電子工学科)

Imaging Action of Gas Lens

Yoshinao AOKI

Michio SUZUKI

(Department of Electronic Engineering, Faculty of
Engineering, Hokkaido University)

Abstract

A laminar flow type gas lens using the temperature gradients of air was made and some experiments on the imaging action of the gas lens were made.

The experiments were as follows,

(1) The appearance of real images by light rays through the gas lens were observed while altering the temperature of the surface of the metal pipe.

(2) The appearance of real images, were observed while changing the distance between the gas lens and the imaging plane.

(3) A Keplerian telescope arrangement was made using a gas lens for an object lens and a concave mirror for an eye lens.

As a result of the experiment, the imaging action of the gas lens was ascertained.

目 次

1. 緒 言	87
2. 実験装置及び方法	88
3. 実験結果	89
3-1. 温度の変化に対する結像の状態	89
3-2. 距離の変化に対する結像の状態	90
3-3. Gas Lens を利用した望遠鏡	91
4. 緒 言	92
文 献	93

1. 結 言

抵損失の光 beam guide として D. W. Berreman^{1),2)} により gas lens が提案され、以後この方面の研究が盛んである^{3)~8)}。しかしこれ等の研究においては、拡がってゆく laser 光をしぼる (又は guide する) という事を目的として理論的、実験的検討がなされている。筆者等は

実際に空気の温度勾配を利用した gas lens を製作して実験してゆく過程で, gas lens の結像作用に気がつき, 結像作用という事に焦点をあわせて実験し興味ある結果を得た。実験としては parameter である温度勾配, gas lens と像面までの距離, 風速 (風量) 等を変化させ結像の状態を調べてみた。又 gas lens が実像を結ぶ事より gas lens を利用した簡単な光学系として望遠鏡をつくり実験してみた。

2. 実験装置及び方法

製作した gas lens は空気の温度勾配を利用したもので, 寸法, 構造は Fig. 1 に示されている。構造は金属管 (真鍮, 内径 17 mm ϕ , 長さ 500 mm) に warming wire としてニクロム線 (4.5 Ω) を巻き, 電流を流して金属管壁を熱する。なお絶縁の為金属管に雲母をかぶせてある。金属管に流す gas としては室温の空気を利用し, fan (回転数, 2500 r.p.m. 風量 1000 l/min) により流し込み, 管壁附近と管軸附近の温度差により生ずる空気の密度勾配を利用して, lens の働きを持たせてある。管壁温度は金属管に取り付けられている温度計で測定し, 風速は熱線

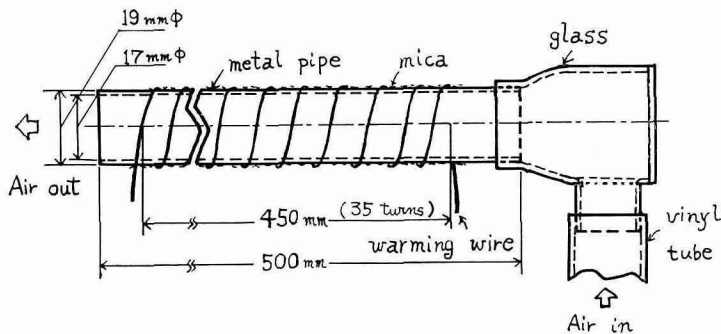


Fig. 1. Laminar flow tube gas lens using temperature gradients of air

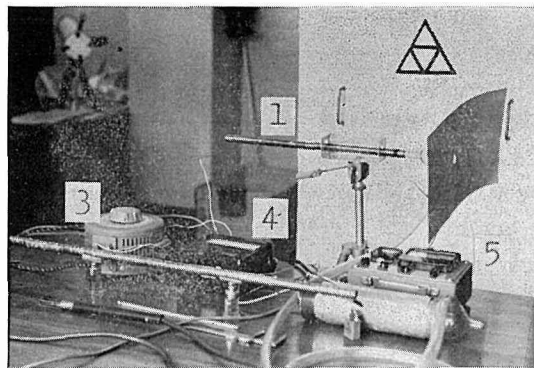


Fig. 2. Photograph of the gas lens and experimental equipments

- (1) gas lens (2) fan (3) slide rheostat
- (4) ammeter (5) hot wire anemometer

風速計で測定した。

製作した gas lens は中心に近づくに従って空気の密度が大きくなり、従って屈折率の大きな

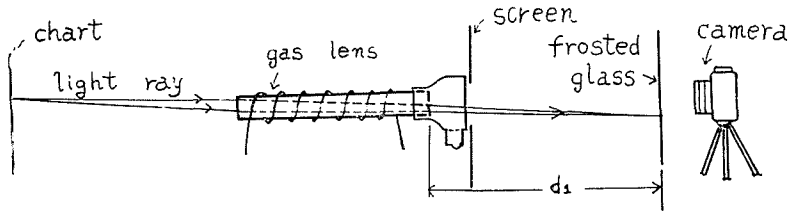


Fig. 3. Experimental arrangement for constructing real images by a gas lens

媒質となっている。このような媒質は凸 lens に似た働きを持つことになる。そこで Fig. 3 に示すように暗室で gas lens を通ってくる光をスリガラス上にあてて、各種 parameter (温度、風速、距離等) を変化させて結像の状態を調べてみた。次に Fig. 4 に示されるように、gas lens

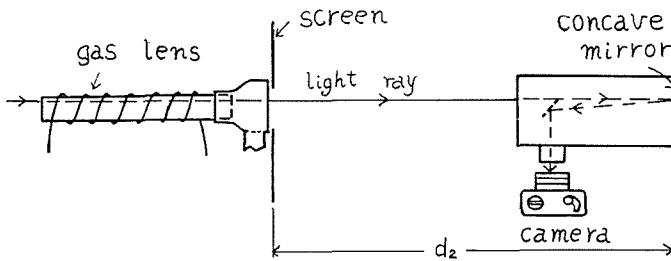


Fig. 4. Keplerian telescope with a gas lens for an object lens and a concave mirror for an eye lens

を対物 lens に、反射望遠鏡の凹面鏡 (焦点距離 $f = 840$ mm) を接眼 lens して、Kepler 式望遠鏡を製作して実験してみた。

3. 実験結果

3-1. 温度の変化に対する結像の状態

Gas lens に巻いてある抵抗線に流す電流の値を変化させ、金属管壁の温度 T_s (金属管壁温度一室温) を変化させていった場合、gas lens による結像の状態がどのようにかわるか調べてみた。先ず Fig. 3 のように像を結ばせる物体として、各種の chart を作り、gas lens の端より 8.8 m のところに置き、一方暗室に gas lens とその後方 5 m のところにスリガラスを置いて、gas lens を通って来た光がスリガラスの上に結ぶ chart の像を camera で撮った。Fig. 5-(a)~(d) は室温 14°C 、風速 0.32 m/sec で管壁温度 T_s を 0°C から 61°C まで変化させた場合の結像の状態をあらわしている。ここで Fig. 5-(a) は $T_s = 0^\circ\text{C}$ で gas lens 作用の無い場合であるが、この時にも解像度の悪い像が出来ている事がわかる。これは gas lens の管径が小さい為、解像度の悪い pin hole 効果があらわれている為である。

管壁温度 T_s をあげてゆくと次第にはっきりした像が出来てゆく事がわかり、凸 lens に似た作用が認められる。しかし Fig.5-(c) と (d) を比べると (d) の像の方がわずかにぼけて来ている。これは管壁の温度が高くなりすぎると、空気のゆらぎが激しくなり、像もゆらいでくる為である。

3-2. 距離の変化に対する結像の状態

Gas lens とスリガラスの間の距離 d_1 を変化させた場合結像の状態がどのように変わるかを調べてみた。但し室温 16°C 、管壁温度 $T_s = 61^\circ\text{C}$ 、風速 0.32 m/sec. 。得られた結果は Fig. 6-(a)~(e) である。Fig. 6 より結像のピントの点からいうと、距離 d_1 の変化に対して結像の状態にほとんど変化が認められず、これは gas lens の管径が小さい為 gas lens がきわめて焦点深度の深い lens になっている為と考えられる。よって結像の状態より gas lens の焦点距離を測定しようとしたが出来なかった。又像は d_1 に比例して大きくなってゆくが、これは pin hole の結像の仕方と同じで、焦点深度のきわめて深い点などとあわせて、利用の仕方種々の光学系に応用出来るのではないかと思われる。さらに風速についても 0 m/sec から 1 m/sec 程度まで変化させて結像の状態が風速によってどのように変化するか観測し、結像に最適の風速がある事を認めた。

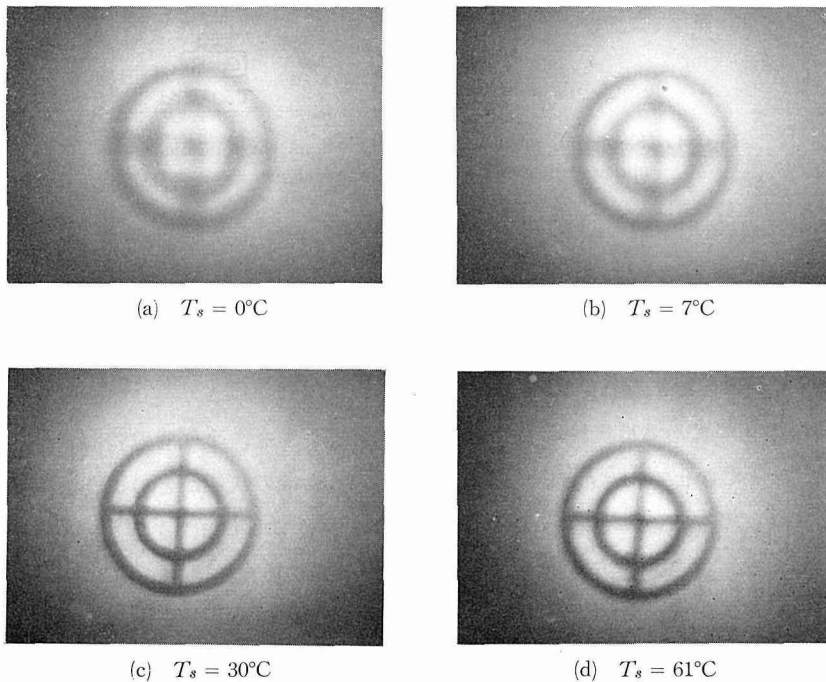


Fig. 5. Appearance of real images by the gas lens, changing the surface temperature T_s of the metal pipe. Room temperature was 14°C , distance d_1 was 5 m and wind velocity was 0.32 m/sec.

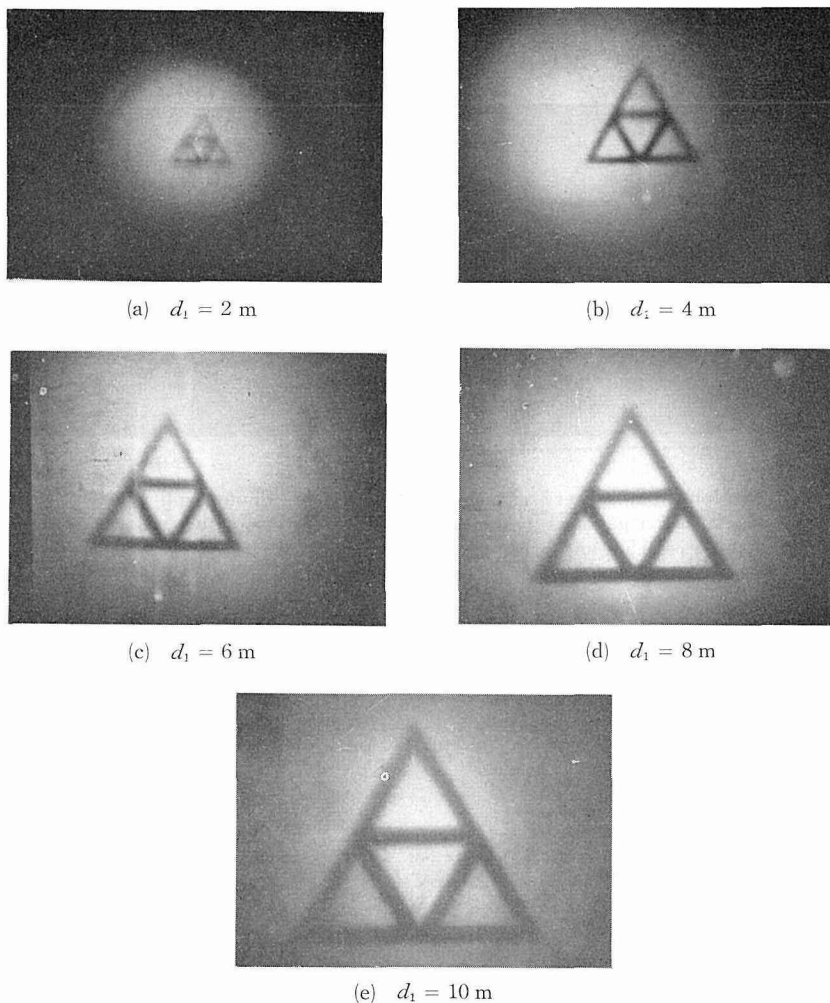
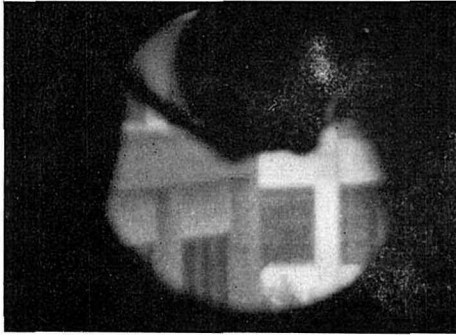


Fig. 6. Appearance of real images, changing the distance d_1 between the gas lens and the imaging plane. Room temperature was 16°C , $T_s = 61^\circ\text{C}$ and wind velocity was 0.32 m/sec .

3-3. Gas lens を利用した望遠鏡

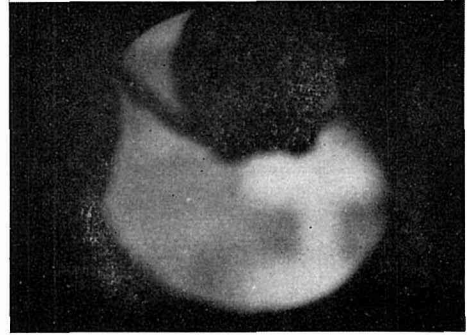
Fig. 4 に示すように gas lens を対物 lens に反射望遠鏡の凹面鏡を接眼 lens にして Kepler 式望遠鏡を製作し遠景をみてみた。但しここで使用した gas lens は管径 (内径) $13 \text{ mm } \phi$, 全長 960 mm のものである。Fig. 7-(a) は gas lens の端から凹面鏡の距離 $d_2 = 3.8 \text{ m}$, 室温 27°C , 管壁温度 $T_s = 16.5^\circ\text{C}$, 風速 1.35 m/sec である。Fig. 7-(b) は gas lens の作用を止めて撮った写真であり, ここでうっすらと像が見えるのは前述のきわめて解像度の悪い pin hole 効果によるものである。Fig. 7 より gas lens が明らかに対物 lens の役目をして望遠鏡になっている事がわかる。但し明るさの点でいうと, 反射望遠鏡で見た像より暗くなっている。距離 d_2 を 3 m 附近から 12 m 程度変化させて見たがはっきりした風景を見る事が出来た。その際 d_2 が大

きくなるにつれ視界がわずかずつ狭くなっていった。これは 3-2 の実験結果に示してあるように、gas lens より離れるに従って、大きな実像が出来ている事を考えれば当然である。



(a)

Fig. 7-(a). Photograph of a scenery as seen by the telescope using a gas lens Distance d_2 was 3.8 m, T_s was 16.5°C and wind velocity was 1.35 m/sec.



(b)

Fig. 7-(b) Photograph which was taken when the action of the gas was stopped

4. 結 言

Gas lens の結像作用という点に注目して実験を行ない、温度、距離等を変化させて結像の状態を調べてみた。その結果製作した gas lens が pin hole 効果と相まって焦点深度のきわめて深い、凸 lens に類似の働きをする lens になっている事を確かめた。又 gas lens を利用した簡単な光学系として望遠鏡を製作してみた。

Gas lens は媒質の密度勾配 (従って屈折率の勾配) のつけ方で種々の型の lens を作る事が出来、焦点深度のきわめて深い事、焦点距離がきわめて長いと予想される事等々で、これからの研究によっては種々の光学系に利用される可能性があると思われる。しかしその為には gas lens の応用に従ってどのような密度勾配 (屈折率勾配) が最適であるか等を理論的に又実験的に検討する事、さらに進んで任意の密度勾配を各種 parameter (気体の種類、温度勾配、風速、風量、gas lens の寸法等) により制御出来るようになる事が必要で、これ等の事はこれからの研究に負うところのものである。

最後に実験にあたり御便宜下さった北大応用電気研究所の西辻昭助教授をはじめ staff の方々、熱線風速計については工学部機械工学第二学科石黒亮二助教授、又実験に協力していただいた電子工学科大学院生吉田則信、学部学生藤原祥隆両君並びに他の方々に感謝します。

文 献

- 1) Berreman, D. W.: *Bell Syst. tech. J.*, **43**, 1469, (1964-07).
- 2) Berreman, D. W.,: *Bell Syst. tech. J.*, **43**, 1476 (1964-07).
- 3) Marcuse, D. and S. E. Miller: *Bell Syst. tech. J.*, **43**, 1759 (1965-07).
- 4) Beck, A. C.: *Bell Syst. tech. J.*, **43**, 1818 (1964-07).
- 5) Marcatile, E. A.J.: *Bell Syst. tech. J.*, **43**, 2887 (1964-11).
- 6) Tien, P. K., J. P. Gordon and J. R. Winnery: *IEEE*, **53**, 129 (1965-02).
- 7) 鈴木・青木: 北大工学部研究報告, **38**, 90 (1965-08).
- 8) 末松・吹抜: 電気通信学会誌, **48-10**, 58 (1965-10).