

F 5 レーザーレーダー用簡易軽量受光望遠鏡の試作

A simple light weight receiving telescope to use lidar measurement

清水浩 杉本伸夫 飯倉善和 (国立公害研究所)
 Hiroshi Shimizu Nobuo Sugimoto Yoshikazu Iikura
 (National institute for environmental studies)

1. はじめに レーザーレーダーの性能は受信望遠鏡の面積に大きく依存する。このため、大口径の望遠鏡を使用することが望ましいが、従来の製作方法では価格や重量が面積に対して非線形に増大することが問題だった。

ところで、筆者らは円形の縁に、薄い光反射膜を張り、その面の前後に圧力差を持たせると、凹面鏡が形成できることを利用し、これをレーザーレーダー用の受信望遠鏡として使用することを提案した¹⁾。この提案に基づき、100 μ mのポリエステルフィルムにアルミ蒸着を施した材料を用いて、直径15cmと90cmの凹面鏡を形成した。ここでは、この凹面鏡の特性と、これを用いた、レーザーレーダー信号の測定結果について述べる。

2) 凹面鏡の基本的特性 ここで製作した凹面鏡の構成は図1に示すように、縁が丸い、密閉容器の縁に、フィルムを貼りつけ、これの内圧を少し低くしたものである。

この凹面鏡の形状を理論的に近似する式として、円形の平面に垂直に一様な力が作用する場合のたわみを示す式を導入する。

$$w = \frac{p}{64D} \left\{ 1 - 2 \left(\frac{R}{a} \right)^2 + \left(\frac{R}{a} \right)^4 \right\} \quad (1)$$

ここで、 w はたわみの大きさ、 p は加重、 a は面の半径、 D は曲げ剛性、 R は中心からの距離である。(1)式より、 w は R の4次式となるが、中心付近では2次式に近似できる。また、凹面鏡では、力の方向は膜面に垂直であり、(

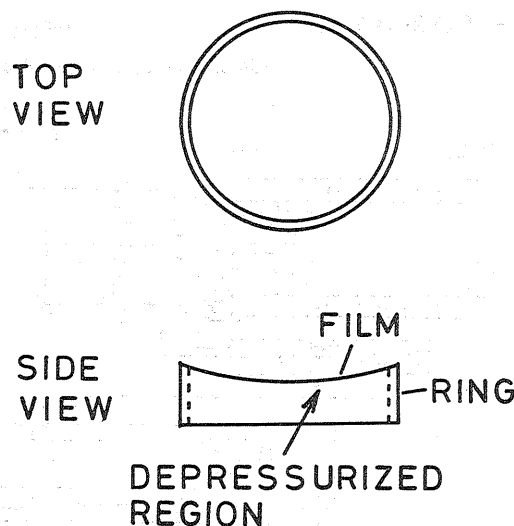


図1 試作した凹面鏡の構成図

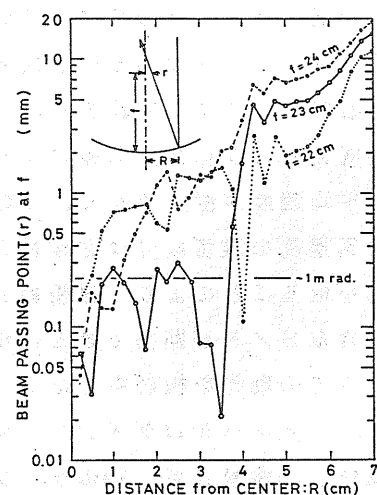


図2 試作した15cm凹面鏡の形状の測定結果

1) 式は正確には凹面鏡の形状を示していないが、たわみが小さい場合、(1)式での近似が可能である。

凹面鏡の形状を見るため、HeNeレーザーを用いて測定を行った。HeNeレーザー光は鏡面の縁がなす平面に垂直に入射させ、入射光と反射光の間の角度を測定した。そして、この測定を面上の各点について行った。焦点距離を約23cmに設定して測定した結果を図2に示す。同図では横軸を中心からの距離にとり、縦軸を同図で示す r の値にとってある。収差のない望遠鏡の受信視野角 δ と、焦点距離 f 、および、焦点でのスポット径 d の間には $d = \delta f$ の関係がある。この関係式より、 $\delta = d/f$ が成立すれば δ の広がりを持つ入射光は f の位置でほぼ半径 r 内に集光できる。NASAの報告²⁾では、宇宙からのレーザーレーダー観測を行う場合、受信望遠鏡の視野として1mradを仮定して計算が行なわれている。この条件に従うものとする、図2の結果で $f = 23\text{cm}$ とした場合 $r = 0.23\text{mm}$ が必要になるが、この条件を満たす R の範囲は3.5cmまでとなる。いかえれば、この凹面鏡は中心から半分までの部分はレーザーレーダー用受信鏡として使用可能である。なお、この測定は $F = f/a = 23/15 = 1.53$ という小さな値で行ったものであり、 F を大きくすれば、より広い面積が有効に使用可能となる。

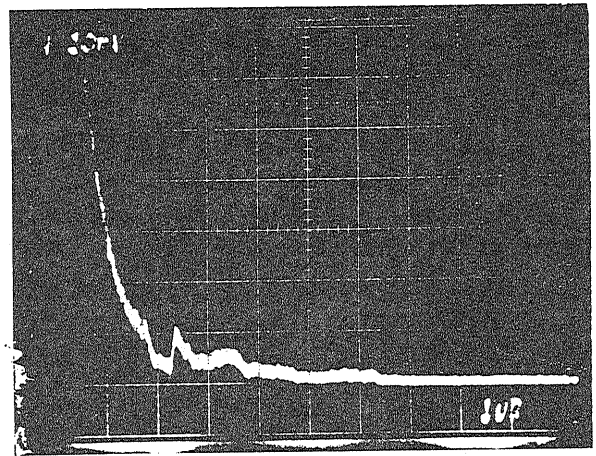


図3 試作した90cm凹面鏡によるレーザーレーダー信号

3) 凹面鏡によるレーザーレーダー観測

基礎実験の結果に基づき、直径90cmの凹面鏡を試作した。この鏡面内部の外部との気圧差を10Torrとすると、焦点距離は約1.5mとなった。この凹面鏡を用いて行ったレーザーレーダー観測の結果を図3に示す。この観測には出力100mJのYAGレーザーを用い、受信の構成としては凹面鏡の焦点の位置にS-1タイプの光電子増倍管を置き、その直前に、 $1.064\mu\text{m}$ 用の干渉フィルターを取りつけた。図3は昼間の測定であるが1発のレーザーパルスにたいして、1km以上までの高度の信号が明瞭に受信されている。

4) 結論と今後の可能性 ここで試作した凹面鏡の特徴は 1) 軽量であること、2) 大口径のものが容易に作れること、3) 空気圧で焦点距離が可変であること、4) 作り方によっては折畳みが可能であること、5) 安価であることなどである。一方、問題点としては外気圧や気温で焦点距離が変化することが挙げられる。

この凹面鏡の特徴を十分に生かすには宇宙からのレーザーレーダー観測に応用するのが適当であると考えられるが、今後その可能性についても検討してゆきたい。

文献 1) 清水浩 杉本伸夫 飯倉善和、CLEO85 to be presented.

2) Final report of atmospheric lidar working group, NASA SP-433(1979).