

レーザー散乱による微粒子径 新測定法の研究

Study of New Method Measuring Small Particles by Laser Scattering

丹野直弘、遠藤茂

(Naohiro Tanno, Sigeru Endou)

山形大学 工学部

(Faculty of Engineering, Yamagata University)

SYNOPSIS: We present a new method measuring small particles in a transparent medium. This method provides a size analyzer for searching unknown particles in the medium. The basic principle is due to counting periodicity of side-lobe of laser-scattered light by a particle.

1. はじめに

コヒーレントな光源であるレーザー散乱による微粒子の、粒径、粒度分布、粒子位置を測定する各種の方法が提案され、すでに一部は実用になっている。インラインホログラム法やフランホウハウ前方回折法等が用いられている。本研究では、粒子一個の粒径と位置を極めて簡便な方法で、測定できる方法を、提案し、その原理と実験について報告する。

2. 測定原理

ミー散乱理論から粒径が波長より大きい場合、後方散乱パターンはエアリーパターンになる事が知られている。そのサイドローブの周期性は、散乱粒径に依存する。Fig.1に示す様に粒子位置よりdだけ離れたZ軸沿線上の光散乱強度は、近似的に次式と求められる。

$$\begin{aligned} |U_i(z, d)|^2 &= 4\pi^2 a^4 / \lambda^2 (d^2 + z^2) \\ &\cdot [J_1(2\pi a d / \lambda \sqrt{d^2 + z^2}) / (2\pi a d / \lambda \sqrt{d^2 + z^2})]^2 \\ &= (a^2 / d^2) [J_1(2\pi a d / \lambda \sqrt{d^2 + z^2})]^2 \end{aligned}$$

ここでJ1は1次のベッセル関数で、aは粒子半径、λは波長である。透明物体からの出射光は全反射角で限定されることを考えると、周期の零点の数からFig.2に示すようにある範囲で、元の粒径を

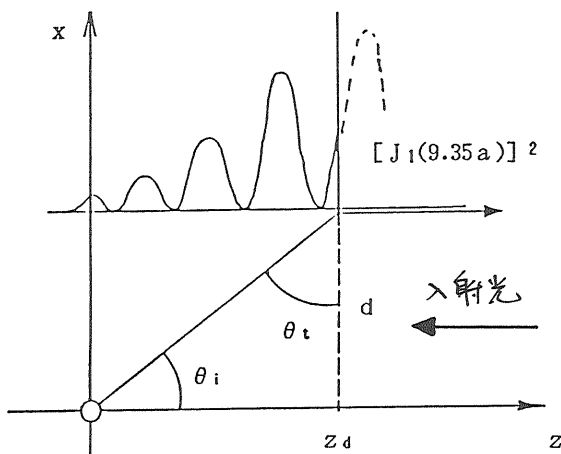


Fig.1 Schematic of side-lobe of laser-scattered light by a particle.

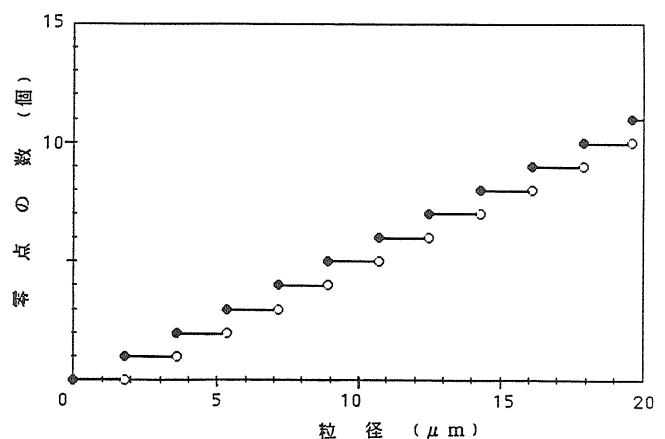


Fig.2 Particle radii vs zero-points of periodicity of the side-lobe.

算出できる。2ミクロン以下の粒径のものは、判定困難となるが、それ以上の大きさのものは測定可能となる。

3. レーザ散乱微粒子測定実験

アルゴンレーザを用い、ガラス中の気泡の粒計測定の実験を試みた。その構成をFig.3に示す。側面に散乱されたローブ光は、image line-sensor(15micron,2048elements)を用い光電変換して、マイコンで信号処理し表示した。ビジコンカメラで撮影した散乱パターンを、Fig.4にしめす。上方よりレーザビームが入射している。理論的に予想された散乱パターンにほぼ等しい事が判る。この場合、視野はレンズによる。

レンズによる視野を避けるために上記の実験では、line-sensorを用いている。測定結果の例をFig.5,6,7にそれぞれ示す。周期性と粒径は必ずしも一致しないが、ほぼ近い値が得られている。Line-sensorの感度や背景雑音光などにより、粒径に対して常に零点数は少なく測定されている。

4. まとめ

簡単な原理を用い、粒径を実時間で測定できる新測定法を提案した。Line-sensorとレーザビームを平行移動することで、位置の測定も可能なことが判る。多重に粒子がある場合は問題であるが、感度をあげ、強度も考慮すればミクロン以下の測定も可能となろう。

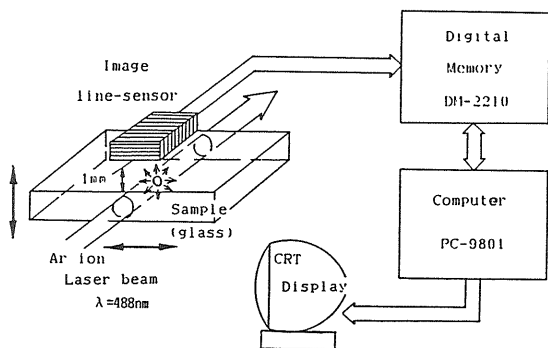


Fig.3 Experimental arrangement.

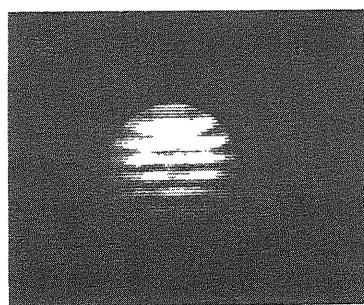


Fig.4 Photograph of side-lobe pattern.

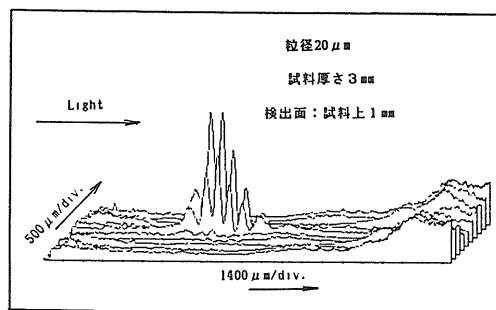


Fig.6 Measured pattern for 20 μm rad..

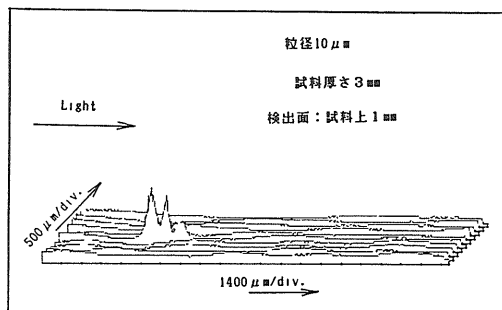


Fig.5 Measured pattern for 10 μm rad..

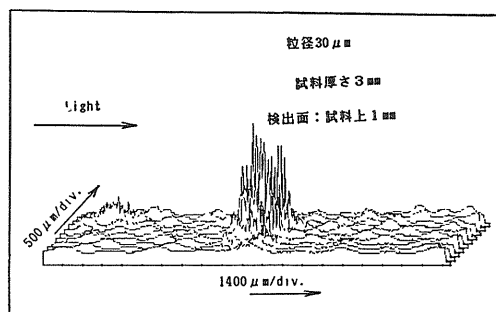


Fig.7 Measured pattern for 30 μm rad..