

回折像を用いた簡便な微粒子粒径計測

Simple particle-size-measurement by using the diffraction image

○ 椿 光太郎¹ (1 東洋大総情)

○ Kotaro Tsubaki¹ (1.Toyo Univ.)

E-mail: tsubaki-k@toyo.jp

初めに 液体微粒子は内燃機関、機械工作等で、固体微粒子は造粒、PM2.5 観測等で注目され微粒子粒径計測は重要な技術である。我々は民生用カメラで微粒子回折像を撮影し、その画像から画像解析技術を駆使して回折円を抽出し、回折円半径から微粒子粒径を算出する手法を考案し、霧中の水微粒子の成長過程を測定した。[1] この方法は、カメラで撮影した画像を撮影後に PC に取り込むこと、次に撮影画像の画像解析に計算資源が費やされ微粒子粒径算出時間が画像 1 枚当たり約 0.2 秒である等の課題があった。本講演ではこれらの課題を克服する手法を提案する。[2]

提案手法の原理 1 個の微粒子 (半径 r) に波長 λ のレーザー光を入射し角度 θ 方向に回折される光強度 $S(\theta)^2$ は

$$[S(\theta)]^2 = \left(\frac{2\pi r}{\lambda} \right)^2 \left[\frac{1 + \cos \theta}{2} \frac{J_1\left(\frac{2\pi r}{\lambda} \sin \theta\right)}{\sin \theta} \right]^2$$

と表され、強度がピークとなる回折角 θ_1, θ_2 を使って、半径 r は

$$r = \frac{5.136 \lambda}{2\pi \sin \theta_1} = \frac{8.417 \lambda}{2\pi \sin \theta_2}$$

と求められる。全強度 i は $S(\theta)^2$ を積分して

$$i = \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} \int_0^{2\pi} [S(\theta)]^2 d\phi d\theta \approx k' \frac{2\pi r}{\lambda} + \text{osc. term}$$

となり半径 r にほぼ比例する。 k' はレーザー光強度、レンズ口径等に依存する定数である。

定まった空間に N 個の水微粒子からなる霧があるとすると。水微粒子体積 $\frac{4\pi}{3}r^3$ と N の積 $\frac{4\pi}{3}r^3N$ が一定より、水微粒子全体から発せられる全光

強度 $I = iN$ は、 $I \approx k/r^2$ (k : 実験条件によって定まる比例定数) となる。よって r は画像解析を使わずに $r = \sqrt{k/I}$ により求められる。なお測定に先立ち 1 回だけ画像解析を行い r と I を求め比例定数 $k = Ir^2$ を定める。

測定結果と考察 図 1 上図は抽出した霧の回折像で、測定領域を白点線で示し、積分の上限下限である $\theta_{\max}, \theta_{\min}$ を示す。左下図は 300 秒間に 9 千回測定した水微粒子の成長の様子を示す。右下図は I と r の関係を示す測定結果で、理論通り $I \approx k/r^2$ となっている。

参考文献 [1] 椿 光太郎, ケミカルエンジニアリング **60**, 667 (2015). [2] K. Tsubaki, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, No.8S3 (2016).

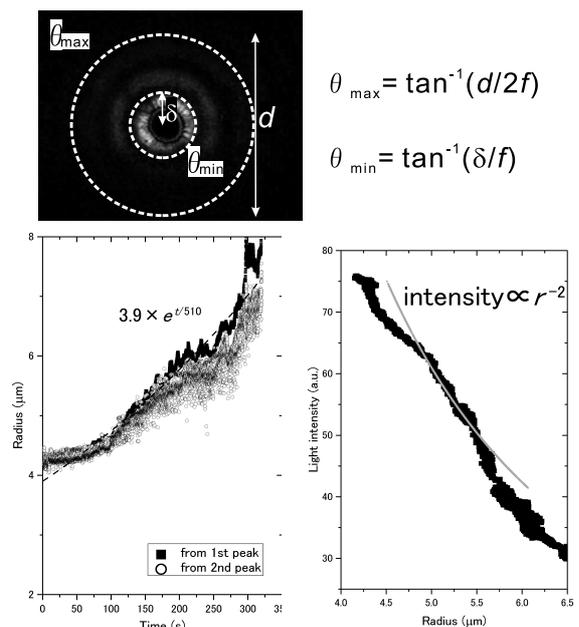


図 1