

前方光散乱を用いた微小飛翔液滴の高精度サイズ測定

Accurate size measurement of airborne microdroplets using forward light scattering

東大生研¹ ○早川 大智¹, 松浦 有祐¹, 美谷 周二朗¹, 酒井 啓司¹

IIS, Univ. of Tokyo¹ ○Daich Hayakawa¹, Yusuke Matsuura¹, Shujiro Mitani¹, Keiji Sakai¹

E-mail: hdaichi@iis.u-tokyo.ac.jp

インクジェット技術は細いノズルの先端から液体を射出することで、微小な液滴の大量作製を可能にするものである。インクジェット装置を用いた液滴生成手法は、液滴径の分散が少なく、再現性が高いため、微小構造体の製造手法の一つとして注目されている。その実現に向けて、微小かつ高速なスケールにおける液体のダイナミクスを定量的に理解する必要がある。

しかし、生成される微小液滴の大きさは数 $10\ \mu\text{m}$ と小さいにもかかわらず、その飛翔速度は $10\ \text{m/s}$ にも達するため、飛翔中の液滴の物性を評価するのは困難である。これは、液滴径の測定に関しても同様である。

インクジェット装置では、従来、液体の流量変化率と液滴の生成周波数を比較することで液滴径を求めていた。しかし、この手法は間接的な測定手法であるため、飛翔中の液滴の体積変化を追うことはできない。よって、本研究では液滴の光散乱パターンから直接液滴径を評価した。

インクジェット装置によって生成される数 $10\ \mu\text{m}$ 程度の液滴による散乱は、Mie 散乱と呼ばれ Maxwell 方程式の厳密解で与えられる。我々は Mie 散乱の中でも、前方散乱が回折理論で近似できることを用いてこれを評価した。実験で得られた前方散乱パターンを Fig.1 に示す。Fig.1 において、動径方向に現れる暗線の位置を回折理論と照らし合わせることで、液滴径を見積もった。

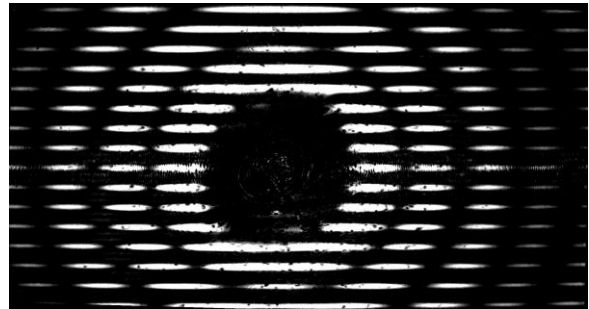


Fig. 1 Observed light scattering pattern

また、測定手法の精度を高めるため、Mie 散乱を回折理論で近似する際に生じる誤差を見積もった。Fig.2 にある通り、暗線の位置は Mie 散乱理論と Fraunhofer 回折理論で誤差が生じる。本研究では、この誤差を系統的に評価することで、誤差を最小に抑えるアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムによる補正を行うことで、誤差 1%以内で液滴径を測定することに成功した。

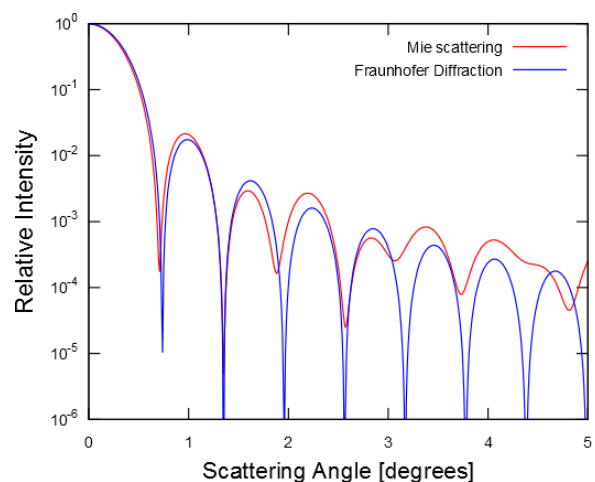


Fig. 2 Calculated relative intensity of Mie scattering and Fraunhofer diffraction for $30\ \mu\text{m}$ water droplet in He-Ne laser beam.