

## イベント相関イメージングを用いた微粒子粒径測定 Measurements of fine-particle-size using the event correlation imaging method

荒井 政彦<sup>†</sup> 矢内 正美<sup>‡</sup> 青柳 宜生<sup>†</sup> 椿 光太郎<sup>†</sup>  
Masahiko Arai Masami Yanai Nobuo Aoyagi Kotaro Tsubaki

### 1. はじめに

微粒子は粒径が小さな粒子の総称であり、液体、気体、固体の微粒子がある。液体微粒子は内燃機関、機械工作、塗装、噴霧冷却の分野で重要であり、固体微粒子は造粒、PM2.5 観測分野等で近年注目され、こうした微粒子の粒径計測は大事な技術である[1-3]。

しかしながら従来の粒径測定装置は、計測機器の大きさ、コストの面で問題があるため容易に導入することができなかった。本論文では、画像処理技術を駆使し、新たな簡便な測定方法を提案し、従来の測定装置と異なり、測定装置の小型化が可能になることを述べる[4]。

本提案および従来粒径測定に使われているレーザー光微粒子散乱法による粒径測定法について図1に説明する。

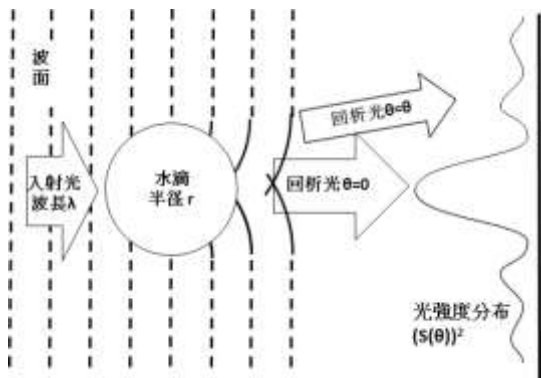


図.1 レーザー光微粒子光散乱法を説明する図。

図1で、水滴に入射した波長λのレーザー光の一部は水滴を透過し、そして残りのレーザー光は水滴で回折される。その結果角度θ方向に散乱される光散乱強度  $S(\theta)^2$  は、

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

と表される[5]。式より、粒径が大きな場合は全体的に散乱強度が大きく特に前方散乱光強度が大きい。粒径が小さくなるに従い全体的に散乱光強度が弱くなり前方散乱光も急速に弱まる[5]。このため粒径が小さな粒子の散乱光観測の場合、従来は側方・後方散乱光を観測して粒径を求めている。本論文では、粒径は小さい時の微弱な散乱光を観測す

<sup>†</sup> 東洋大学総合情報学部 Faculty of Information Sciences and Arts Toyo University

<sup>‡</sup> (株)フジコミュニケーション FUJICOMMUNICATION CO. LTD

るために、イベント相関イメージング法という方法を提案して、微粒子粒径の測定に成功した。

### 2. 実験方法

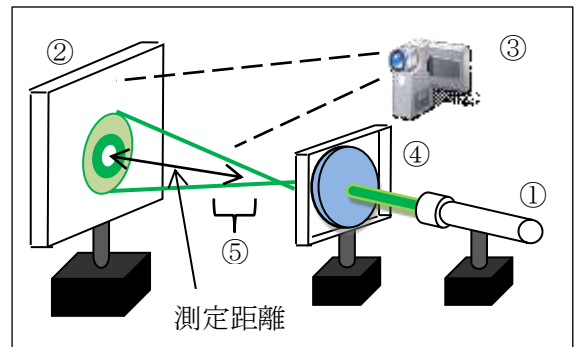


図.2 粒径計測実験の配置構成図

測定系は主に3つの機器(レーザー、ビデオカメラ、スクリーン)で構成した。光信号測定にビデオカメラを使ったため、画素数分の情報を一度に取得できる。

図2に示すように①赤色レーザー(波長 635nm)又は緑色レーザー(波長 532nm)を②スクリーンへ照射し、スクリーンに映し出された回折・散乱光現象を③ビデオカメラで観測した。回折されなかったレーザー光の強度がスクリーン上で減衰されるように、④両凸レンズ(焦点距離 100mm)を配置した。⑤両凸レンズとスクリーンの間で粒子を散布した。図2で示すように粒子を散布した地点からスクリーンまでの距離が測定距離である。

本実験では、レーザービームから約5cm離れた場所に霧発生装置のノズルを置いて水の粒子を散布し、回折・散乱光現象をビデオカメラで撮影した。本実験のビデオカメラの画素数は1280×720画素、最大フレームレート数は29fps(frames per second)である。したがって、霧発生装置にて霧を発生させている間(約1秒間)に、約10回の粒径測定が可能である。

### 3. イベント相関イメージング法

イベント相関イメージング法は、微弱な散乱光を含んだ画像と散乱前の画像を比較し、散乱光成分のみを抽出し、グラフィック表示する方法である。

図3Aは、レーザー光とスクリーンの間に粒子を噴霧していない状態を示すイメージ図である。回折・散乱光現象

が発生していないため、スクリーンにはレーザー光が映し出されている。図 3 A を比較するための基準画像とする。次に、図 3 B はレーザー光とスクリーンに間に粒子を噴霧した状態を示すイメージ図である。回折・散乱光現象が発生した図 3 B の場合は、図 1 に示すように同心円状のパターンをスクリーンに映し出す。スクリーンに映る像は回折光を含むので、図 3 A よりも半径が大きくなり映り出される。図 3 B は回折・散乱成分を含んだ画像である。2 枚の画像(図 3 A, 図 3 B)の差分をとった結果、図 3 C に示す回折・散乱光成分のみが得られる。

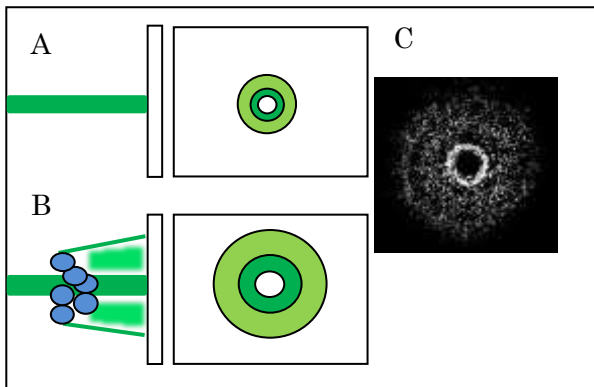


図.3 イベント発生のイメージ図

#### 4. 粒径測定結果と考察

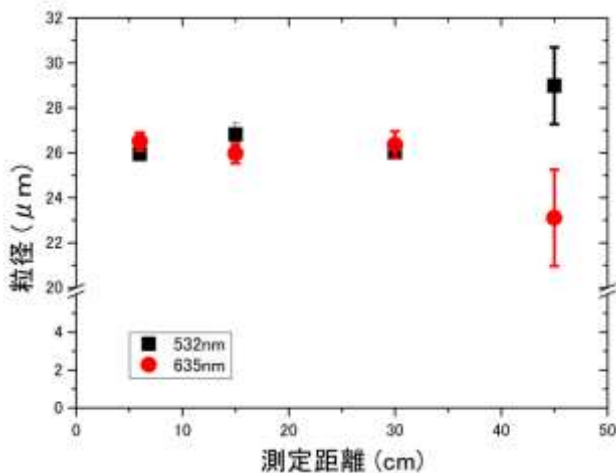


図.4 粒径測定結果

図 4 は霧発生装置を使って発生させた水微粒子の粒径を赤色レーザーと緑色レーザーを使用して測定した結果である。今回の実験では、測定距離を 4 点(6cm, 15cm, 30cm, 45cm)とした。

測定距離 6cm, 15cm, 30cm の場合では、回折・散乱光の強度が十分あり、粒径測定の結果は安定していて、誤差も小さく信憑性の高い結果が得られた。

測定距離 45cm の場合では、回折・散乱光の強度が減衰して弱くなり同心円の同定が困難となり、誤差も大きいという結果となった。

信憑性の高い測定距離 6cm, 15cm, 30cm の場合の粒径は緑色レーザーおよび赤色レーザーのいずれの場合も、すべて同じで約 26 μm となった。

#### 5. まとめ

本実験では、光の回折・散乱現象に関連するイベント相関イメージング法を用いて水微粒子の粒径を測定し、イベント相関イメージング法の有用性を実証した。少ない機器で回折・散乱光の観測に成功したことで装置の小型化が望めること、画像処理技術を駆使したことで簡易に測定できると思われる。今後は、更なる測定精度の向上に努める必要性がある。

#### 謝辞

本研究に協力頂いた、東洋大学 神田雄一氏、同産学共同教育センター 大石芳孝氏、株式会社フジコミュニケーション山崎喜久男氏、澤田一夫氏に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1]河原伸幸, 富田栄三, “位相ドップラ法 (PDA/PDPA) を用いた噴霧粒子径および速度の同時計測”, ながれ 27, 303-310 (2008).
- [2]今井健太, 小金井稔元, “液体の粒子化技術と社会ニーズ Liquid atomization technology and social needs”, 技術革新と社会変革, 第 5 巻, 第 1 号, pp.34-39 (2012).
- [3]安井 さおり, 山中 俊夫, 相良 和伸, 甲谷 寿史, 桃井 良尚, “空気中における噴霧水粒子の挙動解析に関する基礎的研究(環境)” 日本建築学会近畿支部研究報告集. 環境系 (51), pp.77-80, (2011).
- [4] <http://www.nikkiso.co.jp/products/particle/size/microtrac.html>, <http://www.an.shimadzu.co.jp/powder/products/01s2300/index.htm>.
- [5] Philip Laven, “The optics of a water drop, Diffraction by a sphere”, <http://www.philiplaven.com/p8c.html>.