

単一ナノ粒子光散乱観察によるミクロンスケールの流速計測法の開発

Development of novel flow velocimetry method in microscale area by observing light scattering from single nanoparticles

産業技術総合研究所 ○松浦 有祐, 中村 文子, 加藤 晴久

AIST °Yusuke Matsuura, Ayako Nakamura, Haruhisa Kato

E-mail: y-matsuura@aist.go.jp

インクジェットやマイクロ流路デバイスに代表されるように液体プロセスの微細化が近年進んでおり、流路の精密設計、流体プロセスのモニタリングへの応用としてミクロンスケールの流速分布計測技術が重要となっている。流速分布の計測には、ミクロン/サブミクロンサイズのトレーサ粒子を光学顕微鏡で観察し、粒子の運動から流速を得る Particle tracking Velocimetry (PTV)法が一般的に使用されるが、ミクロンスケールの流路においてはトレーサ粒子が流れ場に影響を与えることが問題となる。

本研究では、上記した粒子サイズが流れ場に与える影響を低減し得る、ナノ粒子をトレーサに使用することによるミクロンスケールに適用可能な流速計測法(Nanoparticle tracking velocimetry)の開発を行った[1]。蛍光ラベリングされていない一般的なナノ粒子をトレーサに使用するために、まず、ミクロンスケールの視野で個々のナノ粒子の運動を観察するための光学系を検討した(Figure 1a)。流路中の粒子にレーザー光を照射し、粒子からの散乱光像を光学顕微鏡と CCD カメラによって撮像することで、個々のナノ粒子をミクロンサイズの輝点として観測可能となり(Figure 1b)、ミクロンスケールの流速分布が計測可能となった。この新規光学系ではナノ粒子の材質を問わないため、ナノ材料製造における目的粒子や混入した異物などをトレーサに使用でき、任意の流路に適用可能である。

一方でナノ粒子はミクロン/サブミクロン粒子よりもブラウン運動が速く、流速計測の不確かさが大きくなるという課題があるため、本研究では次に、ブラウン運動を補正して高精度に流速分布を求める方法について検討を行った。個々の粒子の変位をアンサンブル平均することによりランダムなブラウン運動の成分が低減され、真の流速値に収束することを確認した。加えて、二次元の流速分布を求めるための手法について検討し、Figure 2 に示すような非対称な流速分布に関しても流速分布が得られることを確かめた[2]。

[1] Y. Matsuura, et al., Sens. Actuators, B 256 (2018) 1078–1085.

[2] Y. Matsuura, et al., Anal. Chem. 90 (2018) 4182–4187.

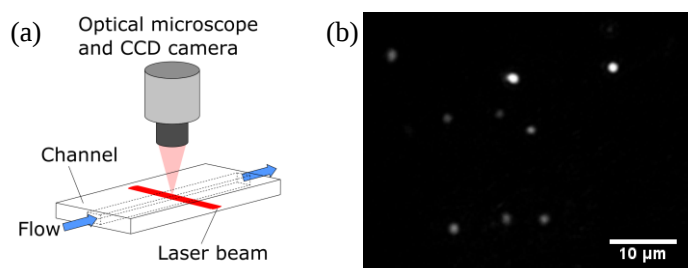


Figure 1. (a)Schematic view of developed optical system. (b)Particle image captured by CCD camera. Individual particles are observed as micron-sized bright spots.

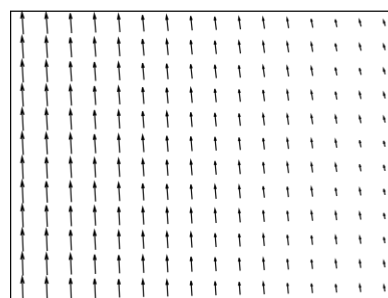


Figure 2. Example of velocity profile obtained in this study.