



Title	レーザー放射圧：動的光散乱における影響
Author(s)	原田, 康浩; 朝倉, 利光
Citation	電子科学研究, 1, 81-83
Issue Date	1993
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24289
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_P81-83.pdf



レーザー放射圧 —— 動的散乱における影響 ——

光システム計測研究分野 原田 康 浩, 朝 倉 利 光

測定対象の場を乱さないと認識されている光波散乱微粒子センシング法の中で、測定対象の運動形態がその測定原理に密接に関連する動的散乱法をとりあげ、そこでのレーザー放射圧の測定結果への影響の存在を実験的に明示するとともに、その影響の粒径依存性に注目して解析する。

1. はじめに

コロイド分散のようにランダム運動を伴う多粒子系の構造や大きさ、運動形態などの情報を抽出する光学的手法に動的散乱法[1,2]がある。この場合、照射光波は多粒子系のランダムな位置変動にもなって位相変調を受けるだけで、対象物体の動態を乱すことは無いと仮定されている。一方で、レーザー光の放射圧を利用したマイクロオーダーの微小粒子のトラッピング法とその応用技術に関する研究[3]が活発に行なわれており、ここでは光波と微粒子との間の散乱現象を介した運動量に関する相互作用を主題にしている。したがって、先の動的散乱法においても、照明系の設計如何によってはこの相互作用が顕在化する可能性がある。本研究では、動的散乱法におけるこの相互作用を明確にするために、比較的高出力のレーザーで照射された微粒子懸濁液に対して、異なる波長の低出力レーザーをプローブ光として照射し、その動的散乱光をホモダインおよびヘテロダイン検出する方式により、最終的に得られる光電子相関関数に現れる光の放射圧の効果を実験的に調べた[4]。

2. 実験系

Fig.1 に実験系の概略を示す。放射圧に寄与する照明光波として出力が可変の Ar⁺ レーザー ($\lambda = 514.5 \text{ nm}$, スポットサイズ $7.32 \mu\text{m}$) を、そのビームウエスト部でポリスチレン標準粒子の蒸留水懸濁液が充填された厚さ 2 mm のガラスセルに照射する。これと

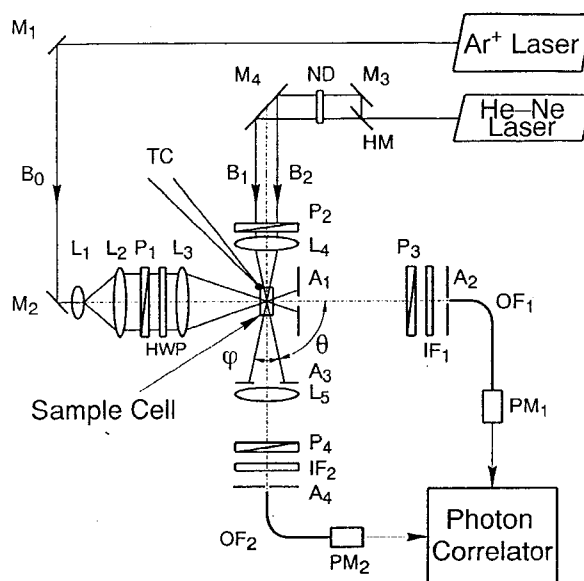


Figure 1 Schematic diagram of the experimental setup.

直交する方向から、プローブ光として He-Ne レーザービーム B_1, B_2 ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$, 交差角度 10 度, ホモダイン検出時はビーム B_1 のみ) を照射する。微粒子懸濁液からのプローブ光の動的散乱光は、ホモダイン検出時には右側の光学配置で、ヘテロダイン検出時には下に配した光学系においてそれぞれ光電子増倍管 PM により検出され、光電子パルス列に変換された後、光電子パルス数の時間相関関数 (光電子相関関数) が光子相関計において測定される。

3. 実験結果

直径 $2.062 \mu\text{m}$ のポリスチレン標準粒子を用いた実験で得られた相関関数のアルゴンレーザーパワーへの依存性を Fig.2(ホモダイン検出)および Fig.3(ヘテロダイン検出)に示す。ホモダイン検出時には、測定された相関関数の形状と相関値が $1/e$ に低下する遅延時間で定義される相関時間から、多粒子系の相互の位置関係の時間的変動(ブラウン運動)の速さが議論でき、ヘテロダイン検出時の相関関数からは微粒子系全体での一定速度運動が推定できる。なわち、これらの図より、1)レーザービーム内に微粒子がトラップされることにより、多粒子系の流体および熱力学的条件で決定されるブラウン運動が抑制され、2) Ar^+ レーザー光の伝播方向への微粒子系全体にわたる一定速度運動が誘起されていることがわかる。

一方、照射レーザーのパワーとホモダイン検出時の相関時間の関係を示した Fig.4 から、粒径の大きな粒子ほどレーザー放射圧によるブラウン運動の抑制効果が顕著に現れていることが分かる。すなわち、動的光散乱法による微粒子分散系の拡散定数や微粒子粒径の測定においては、高々出力数十 mW のレーザー光による測定であっても、照明光波によるこれら放射圧の影響

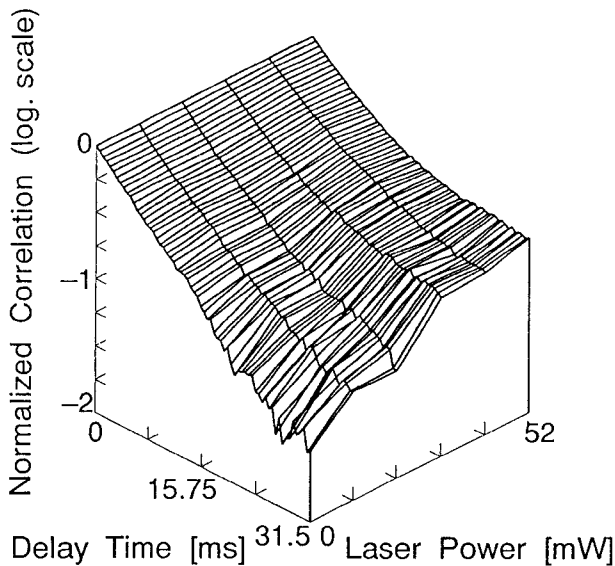


Figure 2 Evolution of normalized photon correlation functions of the light scattered by the particle suspension having the diameter of $2.062 \mu\text{m}$ for six different powers of the Ar^+ laser.

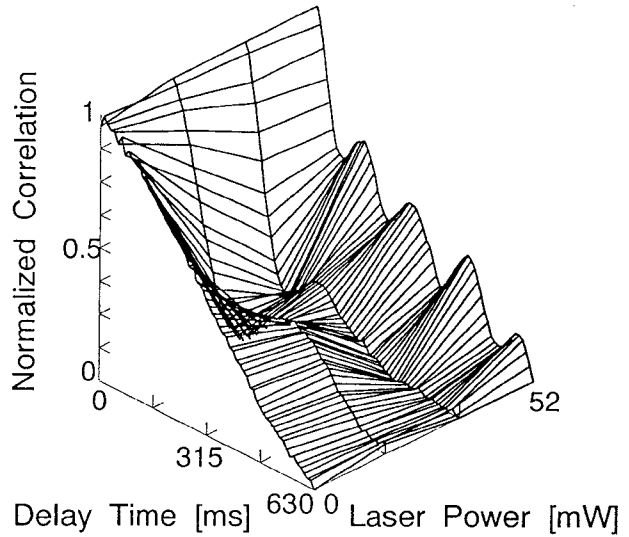


Figure 3 Evolution of normalized photon correlation functions of the light scattered by the particle suspension having the diameter of $2.062 \mu\text{m}$ for four different powers of the Ar^+ laser by the use of the optical configuration of photon correlation velocimetry.

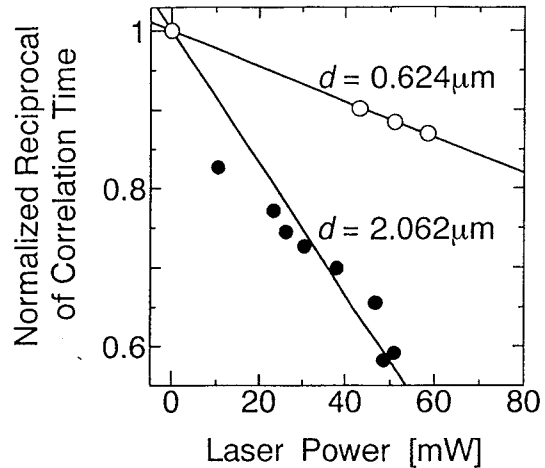


Figure 4 Dependence of the normalized reciprocal of the correlation time on the Ar^+ laser power: Symbols (●) for $2.062 \mu\text{m}$ and (○) for $0.624 \mu\text{m}$ in particle diameter, respectively.

響を考慮する必要があることを示している。

4. おわりに

動的光散乱法におけるレーザー放射圧の影響を、その粒径依存性に注目して実験的に解析した。その結果は、プローブとしてのレーザー光が測定対象の運動形

態を変えてしまうと言う意味で、本来この影響は望ましくないものであるが、一方でレーザーによる測定対象運動形態の積極的な外部制御に基づく能動的な光散乱

微粒子計測法へと発展する可能性をも示唆するものである。

【参考文献】

- [1] B. J. Berne and R. Pecora, *Dynamic Light Scattering* (Wiley, New York, 1976).
- [2] K. S. Schmitz, *An Introduction to Dynamic Light Scattering by Macromolecules* (Academic, San Diego, 1990).
- [3] K. Sasaki, M. Koshioka, H. Misawa, N. Kitamura, and H. Masuhara, *Opt. Lett.* **16** 1463 (1991).
- [4] Y. Harada, T. Asakura, and K. Enomoto, *Proc. SPIE* **1983** 323 (1993).