埋め込み粒子を含む液滴の特性評価

L. Li [1], S. Rosenkranz [2], W. Schaefer [3], C. Tropea [1]

1 ダルムシュタット工科大学　2 AOM-Systems　3 ai-quanton

[1] L. Li, S. Rosenkranz, W. Schaefer, and C. Tropea, “Light scattering from a drop with an embedded particle and its exploitation in the time-shift technique,” *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, vol. 227, pp. 20–31, 2019, doi: 10.1016/j.jqsrt.2019.01.022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2019.01.022

論文

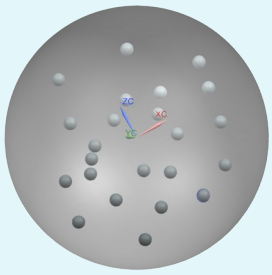
[2] W. Schäfer, *Time-Shift Technique for Particle Characterization in Sprays*. Ph.D. dissertation, Technische Universität Darmstadt, Germany, 2012. Book edition: Berlin, Germany, 2013, ISBN 979-8161309988. [Online]. Available: https://amzn.eu/d/08dPYjDf

書籍

多様な産業プロセスにおいて、**分散相を内包する液滴**の特性評価が求められている。例として、金属ナノ粒子を分散させた燃料、アルミニウムフレークを含む金属塗料、コロイド液滴（例：インクジェット印刷）、医薬品用途に典型的な、液体層で粒子を覆ったカプセル化粒子が挙げられる。

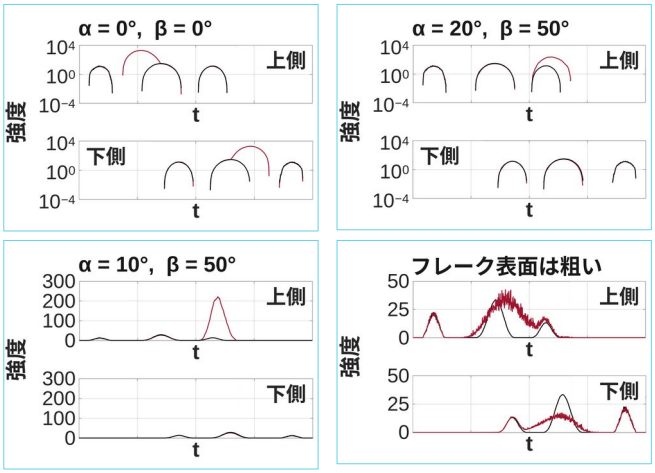
1 フレークを内包する液滴からのTSTOF信号のシミュレーション

液滴内でのフレークの向きを変えた場合の、フレークを内包する液滴のTSTOF信号のシミュレーション結果。信号はフレーク検出用の参照信号と比較している（α：天頂角、β：方位角）[1, 2]。



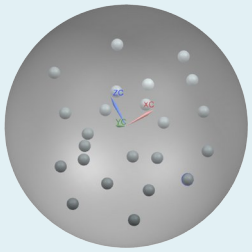
検出器信号
参照信号
上側／下側：レーザービームの上側または下側の検出器

- 反射散乱による信号ピークの強度が著しく高くなる。
- 反射ピークの信号幅が著しく広がる。
- レーザービームの上側と下側の検出器の信号は対称性を失う。



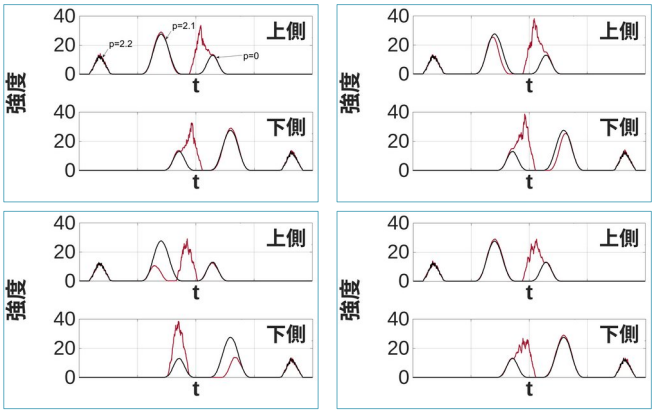
2 球を内包する液滴からのTSTOF信号のシミュレーション

内包された球の位置を変えた場合の、球を内包する液滴のTSTOF信号のシミュレーション結果を示す [1, 2]。



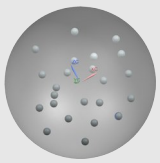
検出器信号
参照信号
上側／下側：レーザービームの上側または下側の検出器

- 反射散乱による信号ピークの強度が著しく高くなる。
- 2次屈折信号ピークの振幅が著しく低下する。
- レーザービームの上側と下側の検出器の信号は対称性を失う。



3 コロイド粒子を含む液滴からのTSTOF信号のシミュレーション

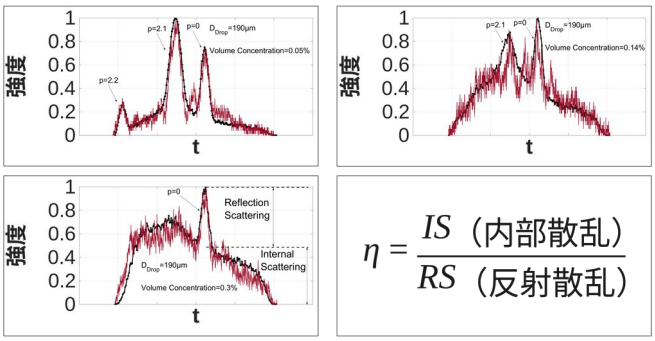
3Dモンテカルロ光線追跡モデルで光散乱をシミュレーションする。入射レーザーシートは多数の偏光光線として扱い、各光線のストークスベクトルは、散乱のたびに回転行列とミュラー行列を乗じて追跡する [1, 2]。



シミュレーションTSTOF信号
測定TSTOF信号

- ηはコロイド粒子の体積濃度に依存する。同じサイズの液滴では、コロイド粒子の体積濃度が増すとηも増加する。

$$\begin{pmatrix} I_{sca} \\ Q_{sca} \\ U_{sca} \\ V_{sca} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\varphi & -\sin 2\varphi & 0 \\ 0 & \sin 2\varphi & \cos 2\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_i \\ Q_i \\ U_i \\ V_i \end{pmatrix}$$



$$\eta = \frac{IS\ (\text{内部散乱})}{RS\ (\text{反射散乱})}$$