

超音波ドップラー法によるレオロジー物性の空間分布の定量可視化

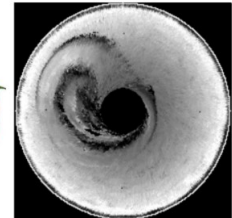
(北海道大学 工学研究院) 村井祐一, 芳田泰基, 田坂裕司

【はじめに】

液状または液相が主体となる混合物質のレオロジー物性を計測する新しい手法を開発した。媒体にせん断を与え、その流速分布から運動量拡散方程式を経由して求める方法である。この速度分布計測には超音波ドップラー流速分布測定法(UVP: Ultrasound Velocity Profiler)を用いる。これにより不透明媒体でも内部組成の空間分布に伴うせん断粘度、降伏応力などの物性値の分布が取得できる。これまでに著者らは[1]~[6]の手法を段階的に開発してきた。特に、粘弾性流体や気泡混合液体に対して、実効粘度、弾性率、降伏応力をわずか数秒で一括して計測可能であることが特徴である。化学反応や熱加工などで経時変化を伴う場合にも適用性が高く、オンライン計測に期待されている。

【結果と考察】

今回は食品や果物のレオロジー物性を測定する試みを行った。上図はトマト1つを円筒水槽にいれ 4MHz の超音波パルスの繰り返しによりドップラーシフト分布を検出し、



それを円筒座標系に復元したものである。この図は一見、トマトの CT 画像に似ているが、トマト表皮や内部の音響インピーダンスの情報が圧縮されている。例えば果実の硬度をこの情報から引き出し、しいては硬度と相関の高い糖度を推定することも可能となる。このほか牛乳、ヨーグルト、デンプン溶液、ゲル状食品（商品名はフルーチェ）、具を含むカレーのルーなどにも適用試験を実施し、実効粘度の空間分布や、フローカーブ（粘度特性曲線）、フローサーフェス（粘弾性特性曲面）などのレオロジー物性を抽出することに成功した。

【参考文献】

- (1) T.Shiratori, Y.Tasaka, Y.Murai, Rapid rheological characterization of a viscoelastic fluid based on spatiotemporal flow velocimetry, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 71, pp. 1-13 (2016)
- (2) Y.Murai, T.Shiratori, I.Kumagai, P.A. Ruehs, P.Fischer, Effective viscosity measurement of bubble/particle mixture at high volume fraction by interfacial rheometry, *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 41, pp. 121-128 (2016)
- (3) T.Nakashima, T.Shiratori, Y.Murai, Y.Tasaka, Y.Takeda, E.J.Windhab, Viscoelastic responses of flow driven by a permeable disk investigated by ultrasound velocity profiling technique, *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol.48, pp.97-103 (2016)
- (4) Y.Tasaka, T.Kimura, Y.Murai, Estimating the effective viscosity of bubble suspensions in oscillatory shear flows by means of ultrasonic spinning rheometry, *Experiments in Fluids*, Vol. 56: 1867(p13) (2015)
- (5) T.Shiratori, Y.Tasaka, Y.Oishi, Y.Murai, Ultrasonic velocity profiling rheometry based on a widened circular Couette flow, *Measurement Science and Technology*, Vol. 26: 085302 (2015)
- (6) T.Shiratori, Y.Tasaka, Y.Murai, Y.Takeda, Development of ultrasonic visualizer for capturing characteristics of viscoelastic fluids, *Journal of Visualization*, Vol. 16, pp. 275-286 (2013)