

フェムト秒レーザー励起マイクロクラウドボクセルによる体積像の描画

宇都宮大学 早崎研究室 修士一年

沼澤啓亮(ぬまざわけいすけ)

【概要】近年、3D 映像を表示する技術として、体積映像表示が注目されている。この技術は、左右の眼に別々の 2D 映像を表示させることで映像を立体的に見せているものとは異なり、実空間に直接 3D 映像が出力されるので、裸眼でも違和感のない 3D 映像を表示させることができる。我々は、微小な水滴を実空間に 3 次元的に配置し、3D 映像を作り出すディスプレイを提案する。

【栃木を元気にするには】体積的ディスプレイは、あらゆる角度から、3D メガネなどの特殊な装置不要で視認できる像を表示する装置である。この装置は、広告やコミュニケーションツールなどへの応用が期待される。人の興味を惹く演出や、新たなツールとして活用していくことは、社会貢献やビジネスへの可能性を感じられる。

これまで、SF 映画の未来技術として想像されてきた、映像と人間のインタラクションのような世界観を夢見て、多くの 3D 映像表示技術が研究されてきた。しかし、既存の 3D 映像は、両眼視差やホログラフィのような 2D 平面への映像表示の工夫によるものであり、人間が生活する実空間に直接 3D 映像が出力される世界観とのギャップは未だ大きい。そこで我々は、実空間 3D 映像を実現できる次世代の映像インタフェースになりうる技術として、体積映像表示に着目している。この技術は、画素（ボクセル）を実空間上に 3 次元的に生成し、体積的映像を表示させる技術である。この技術は、広い視野とヒトの奥行き知覚を満足する体積的映像の表示を特徴とする。表示方法としては、ボクセル自身が発光する自発光型と、照明光を導入してボクセルを可視化する光散乱型が提案されている。特に、光散乱型は、照明光の色変化のみでボクセルの色を変化させることができるため、像のカラー化に有利である。光散乱型には、光ピンセットにより捕縛された粒子をボクセルとする方式 1) や微小な泡をボクセルとして利用する方式 2) など、様々な方式が提案されている。

マイクロクラウドボクセルは、空気と極性分子の過飽和蒸気で満たされた霧箱内に生成される。霧箱は、もともと荷電粒子の軌跡を観察するためのツールとして開発された。フェムト秒レーザーを霧箱内に集光すると、その高いピーク強度が多光子励起を引き起こし、空気はイオン化される。マイクロクラウドは、イオン化された空気を凝結核として形成される微小な液滴の集合体で、集光点近傍でのみ生成される。照明光によって可視化されたこれらの液滴は、光散乱型ボクセルとして機能する。レーザー光が走査されると、飛行機雲のようにその場に一定時間残存するため、人間の目にとってのリアルタイム体積映像を描画できることが期待される。

我々は、霧箱内で像を描画する実験を行った。図 1 に実験光学系を示す。このシステムは、主に、フェムト秒レーザー(Micra and Legend Elite Duo, Coherent)、チョップパ(5584A, NF corporation)、メカニカルシャッタ(LS055, NM Laser Products)、ガルバノスキャナ(Canon, GM-1010)、F θ レンズ(Sill Optics, S4LFT3162/094)、霧箱で構成されている。霧箱内の側面上部にはスポンジテープが接着された。スポンジには無水エタノールが浸されている。霧箱の底はドライアイスで冷やされ、エタノールの過飽和状態が出来やすい環境が作られている。中心波長 800nm、繰り返し周波数 1kHz のフェムト秒レーザーは、ガルバノスキャナによって走査され、F θ レンズにて霧箱内に集光された。

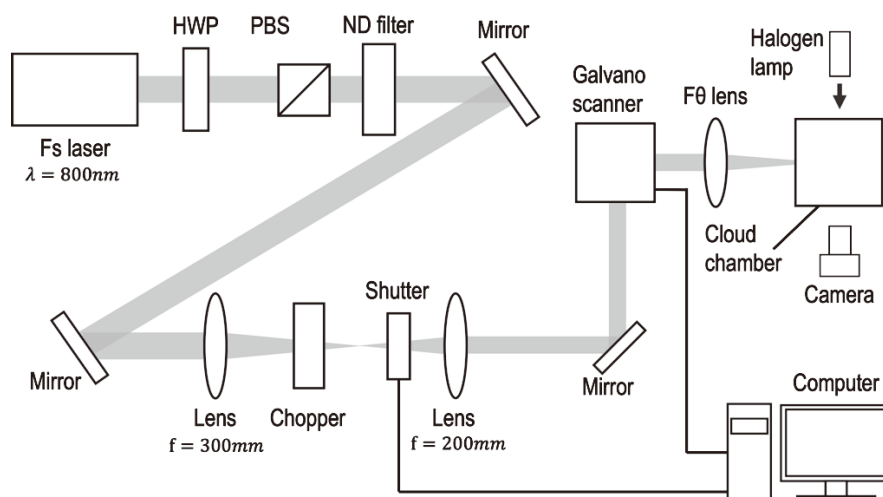


図1 実験光学系

図2は、霧箱内に生成された2次元像の時間変化であり、ハロゲンランプ照明下で斜め上から撮影された(ISO : 2500, F 値 5.6). 経過時間は、レーザー照射が開始された時間を0秒とされた. 図から, 描画された像は1秒ほど形を留めて空間に残存する様子が確認できる. その後, 像は形を崩して霧箱の底へ落下した. 我々は, マイクロクラウドボクセルを用いた2次元像の描画に成功した.

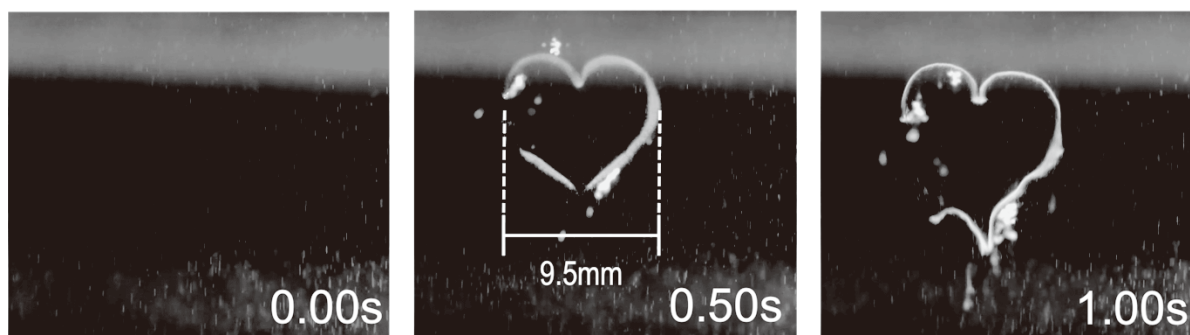


図2 生成された像の時間経過

参考文献

- 1) D. E. Smalley, E. Nygaard, K. Squire, J. Van Wagoner, J. Rasmussen, S. Gneiting, K. Qaderi, J. Goodsell, W. Rogers, M. Lindsey, K. Costner, A. Monk, M. Pearson, B. Haymore, and J. Peatross, "A photophoretic-trap volumetric display," *Nature* **553**, 486-490 (2018)
- 2) K. Kumagai, S. Hasegawa, and Y. Hayasaki, "Volumetric bubble display," *Optica* **4**(3), 298-302 (2017).