

無接点超小型マイクロモーター：直流駆動型

背景

スマートフォンに代表される精密機器、内視鏡やカテーテルなどの低侵襲医療機器、産業ロボットのアーム部などの、さらなる高機能化、小型軽量化のためには、駆動源となるmm以下の、超小型アクチュエータ(モーター)の開発が必須である。

課題

- ・mm以下のスケールでは、モーターの回転軸の摩擦の寄与が大きくなるため、これまで実用化されたモーターはない。
- ・低電圧駆動、制御性に優れたモーターの開発。

ダウンサイジングの新規コンセプト (直流駆動型)

(1) ミクロ液滴の周期的な回転運動

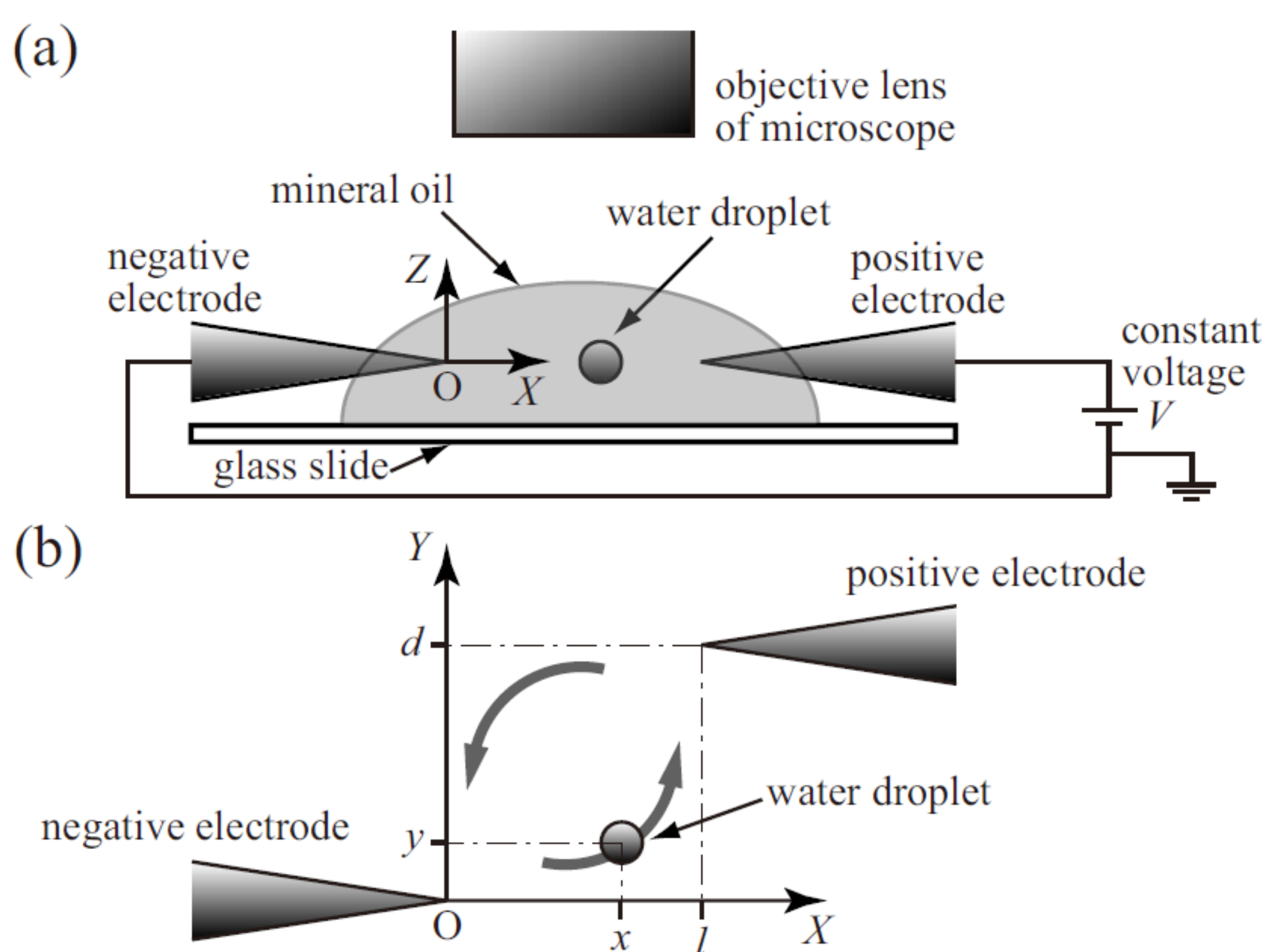


図1. 油相中のマイクロサイズ液滴の回転運動 [1].
(a) 実験装置 (b) ミクロ液滴の回転運動の概略図

電極に直流電圧を印加することで誘電体(水滴)の自律的な回転運動を取り出すことが可能であり、従来のモーターの概念と全く異なる機構で、ダウンサイズが可能である。

(2) ミクロ液滴の周期的な往復運動

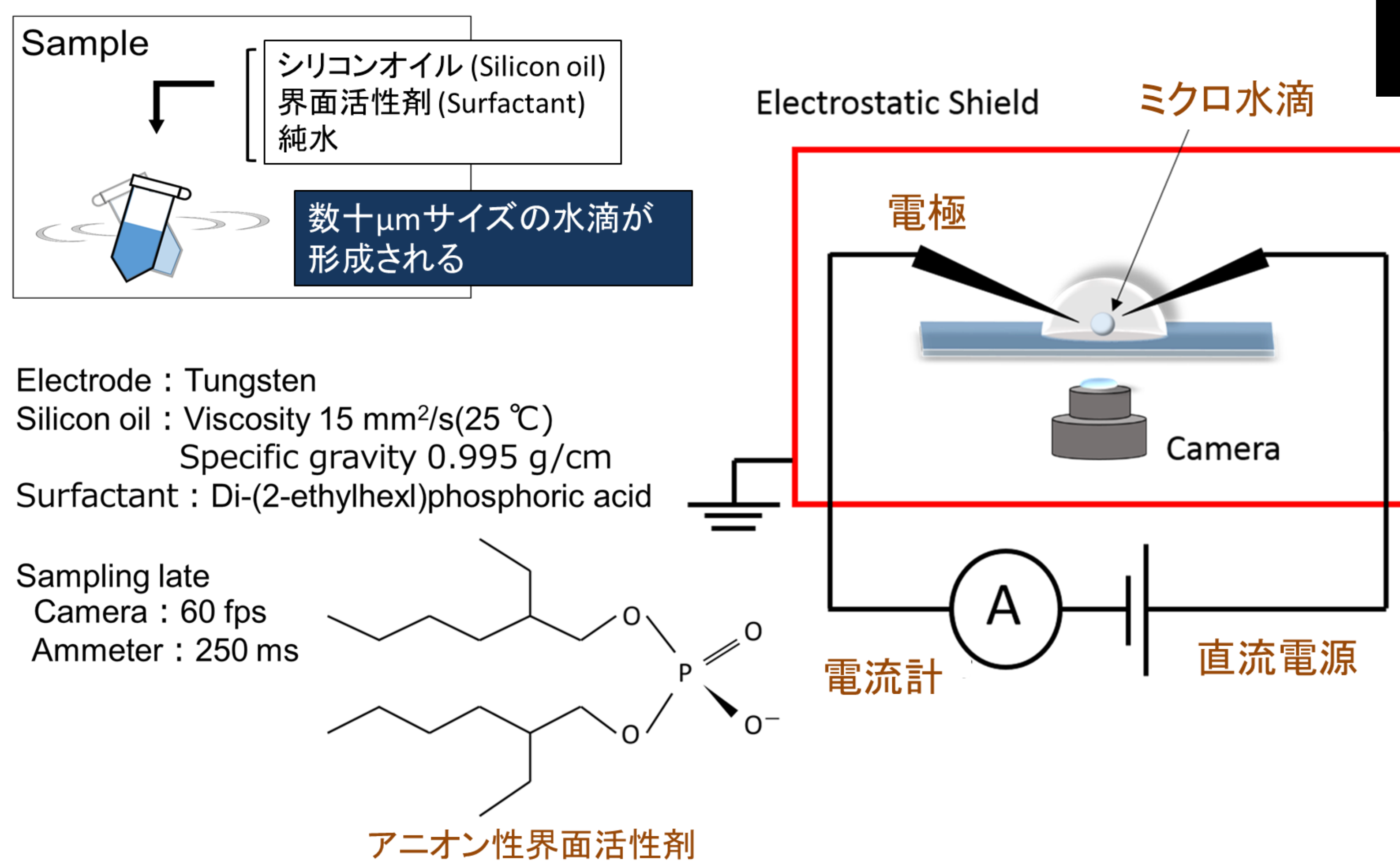


図4. 実験に使用したサンプルと実験装置。

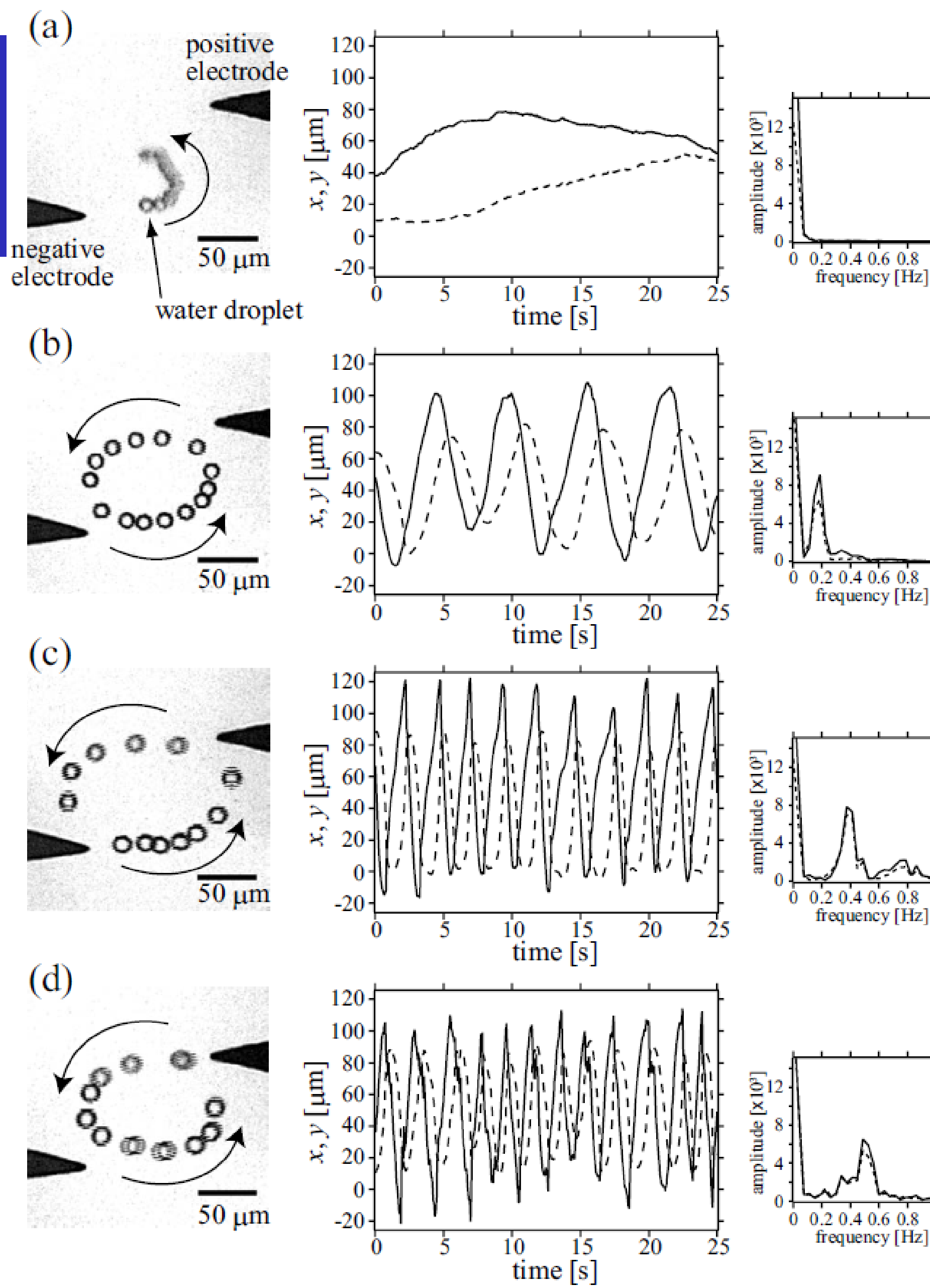


図2. ミクロ液滴の回転運動の実験結果 ($d=l=100\text{ }\mu\text{m}$, ミクロ液滴サイズ $17.1\text{ }\mu\text{m}$) [1].
(a) 印加電圧: 20 V, 0 Hz (b) 印加電圧: 60 V, 約0.2 Hz
(c) 印加電圧: 120 V, 約0.4 Hz (d) 印加電圧: 160 V, 約0.5 Hz

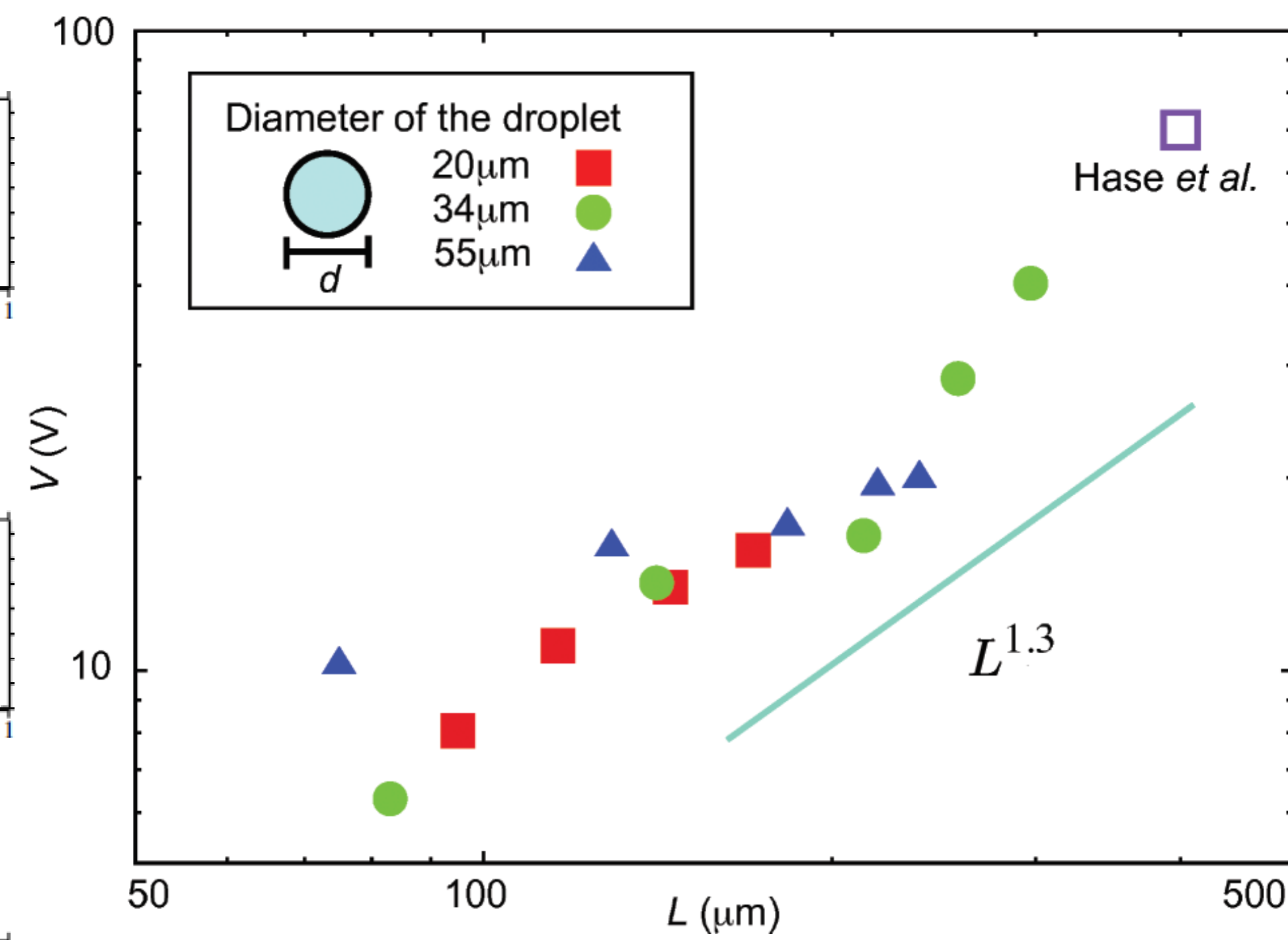


図3. ミクロ液滴の回転運動の電極間距離と印可電圧の関係 [2][3].

電極間の距離が μm オーダーになると、電圧が0.1 V程度となることが予想され、これは、細胞膜の膜電位に匹敵し、これまでにない超低電圧駆動モーターの創出が可能である。

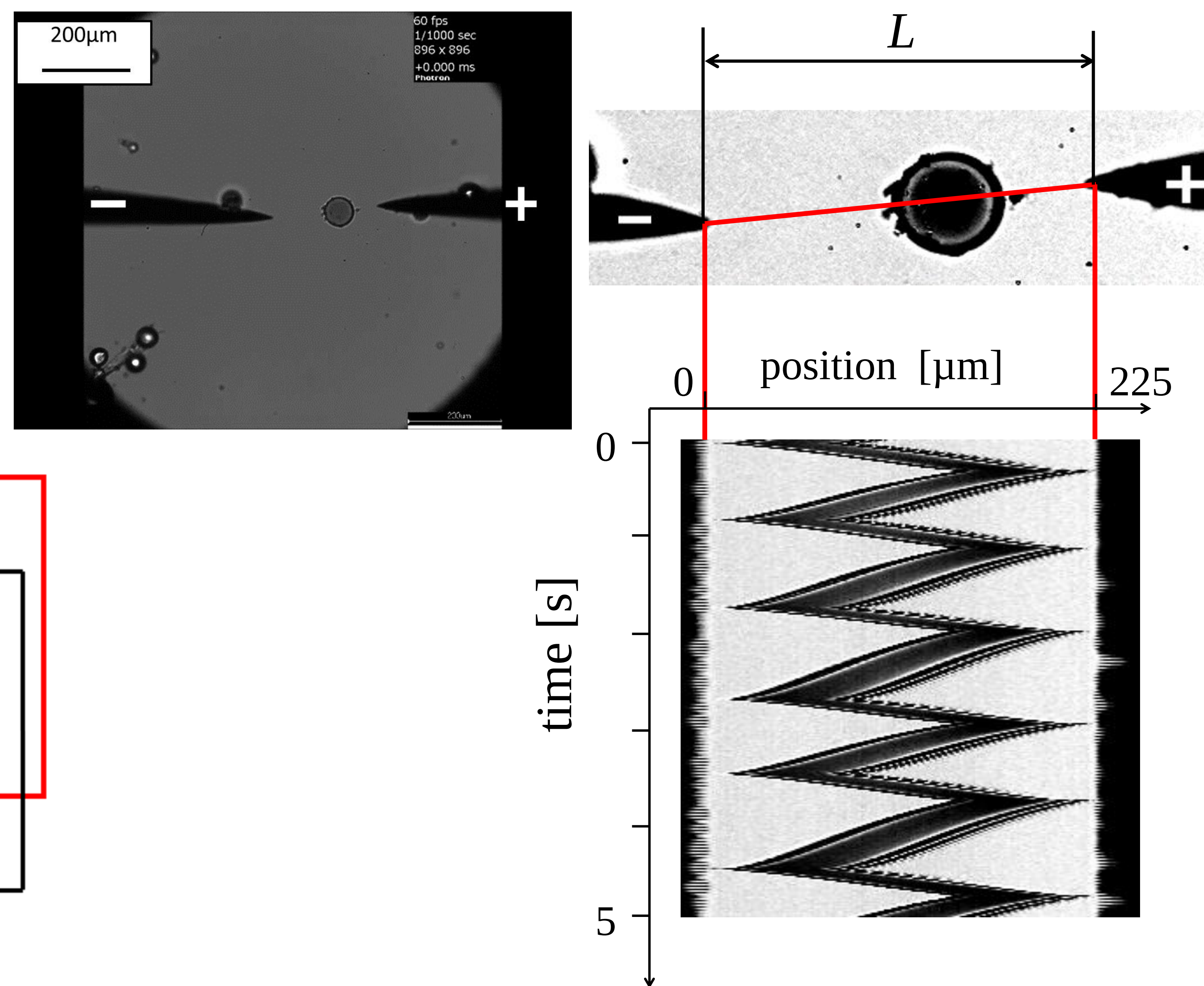


図5. ミクロ液滴の周期的往復運動(印可電圧50 V, 周期: 約1 s)

・クランク構造などを適用することにより、回転運動にも変換可能。
・ON/OFFのスイッチング機構としても、適用可能。

無接点超小型マイクロモーター：直流駆動型

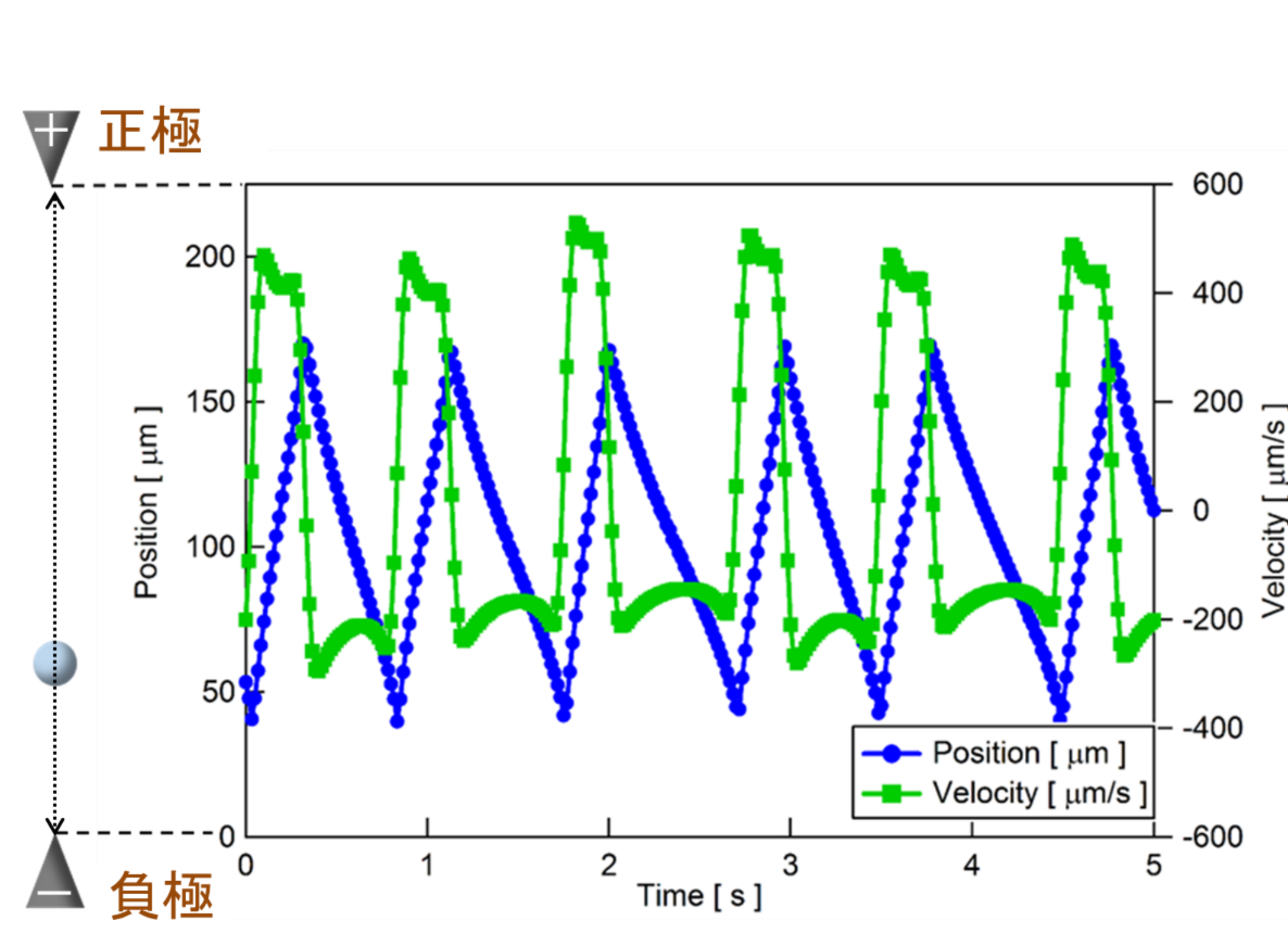


図6. ミクロ液滴の往復運動の速度(印可電圧50 V, 周期: 約1 s).

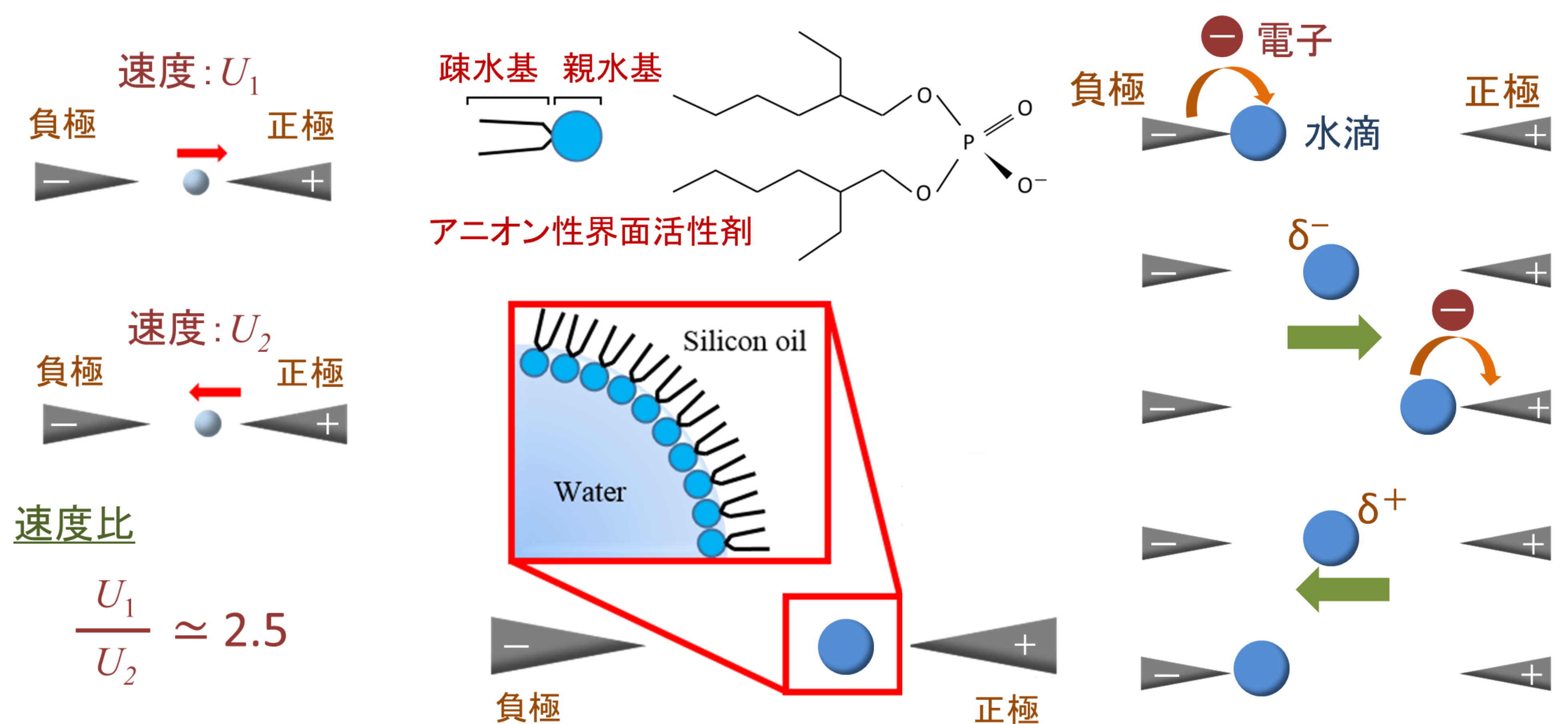


図7. 直流電場におけるミクロ液滴の往復運動メカニズム.

(3) プラスチック粒子の周期的な回転運動(ポリエチレン(PE)、ポリスチレン(PS))

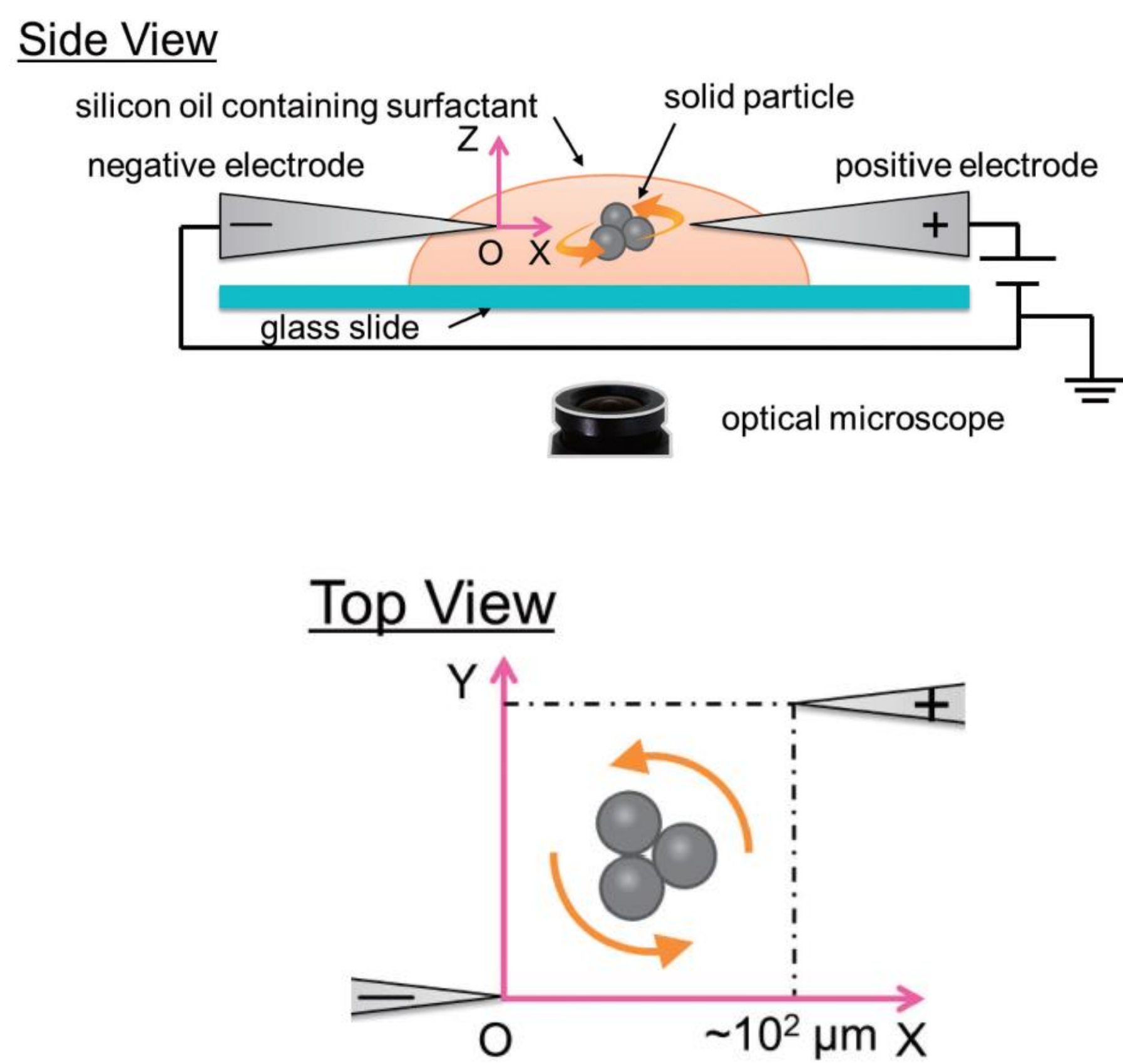


図8. 油相中のPS粒子(粒径52 μm)の回転運動 [4]. 実験装置とPS粒子の自転運動の概略図.

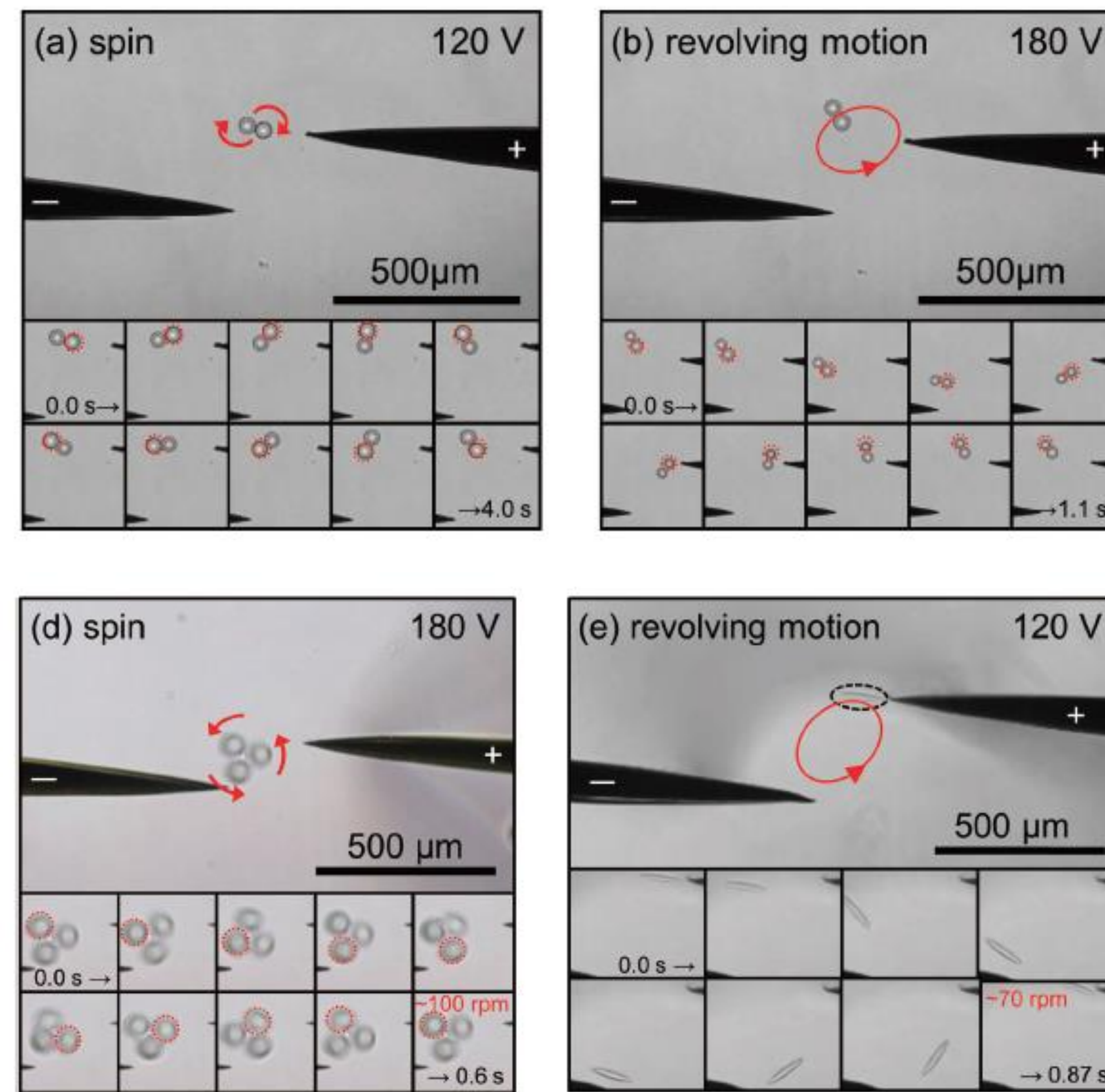


図9. 油相中のPS粒子の回転運動 [4]. (a) 自転運動: 印可電圧120 V (b) 公転運動: 印可電圧180 V (c) 印可電圧と運動モードの関係 (d) 自転運動: 印可電圧180 V (e) 公転運動: 印可電圧120 V.

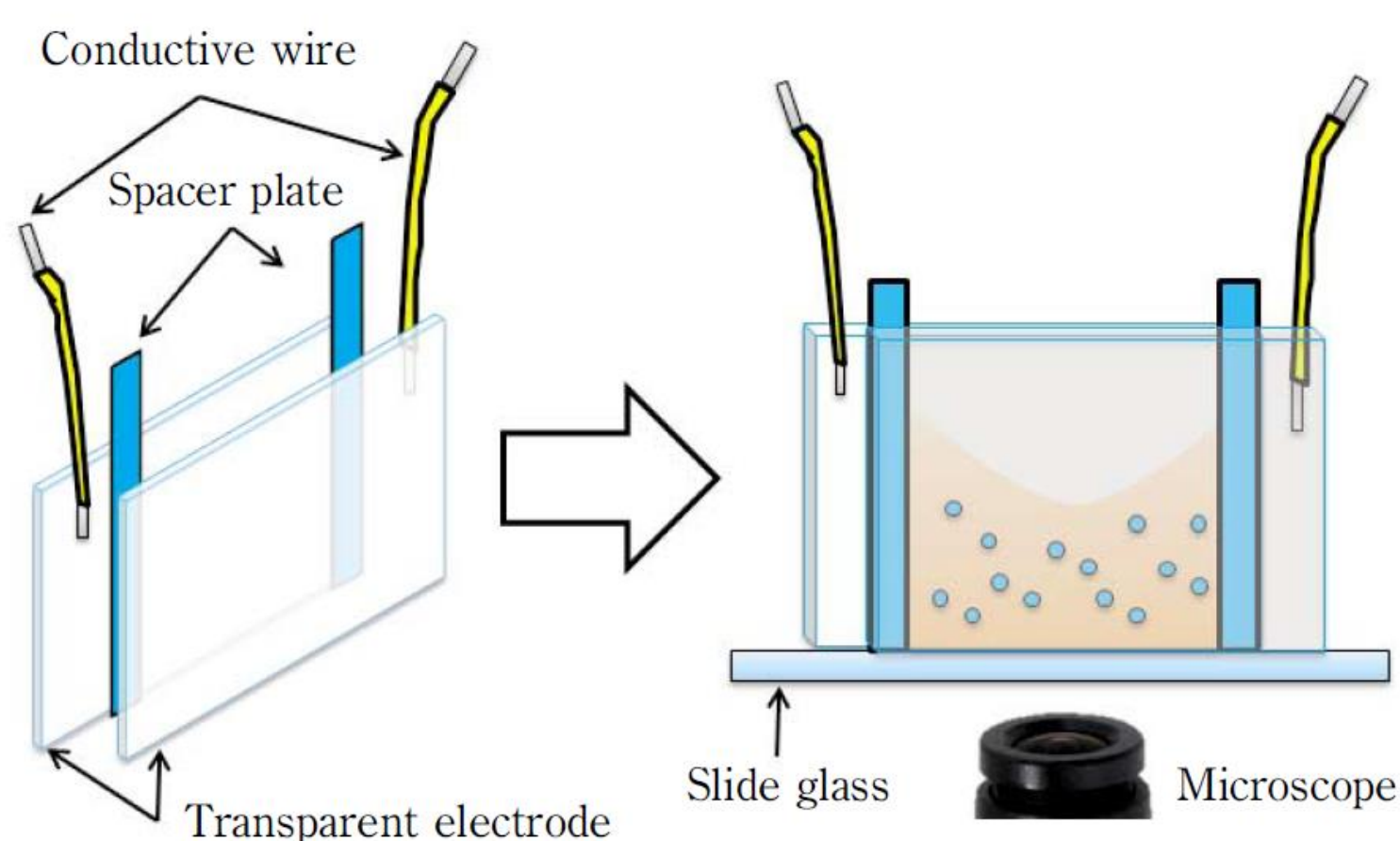
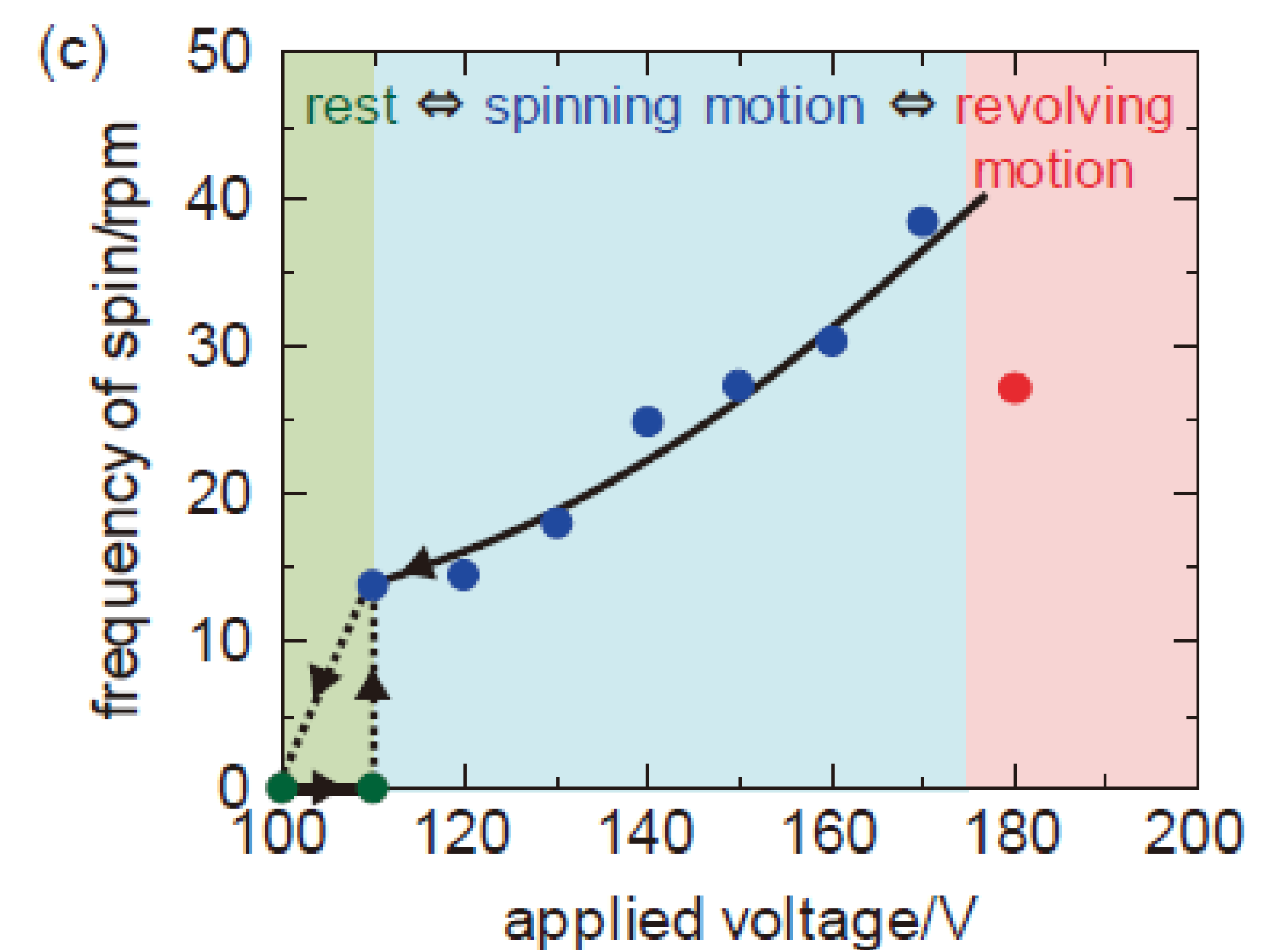


図10. 酸化インジウムスズガラスコート透明電極版を用いた実験装置 [5].

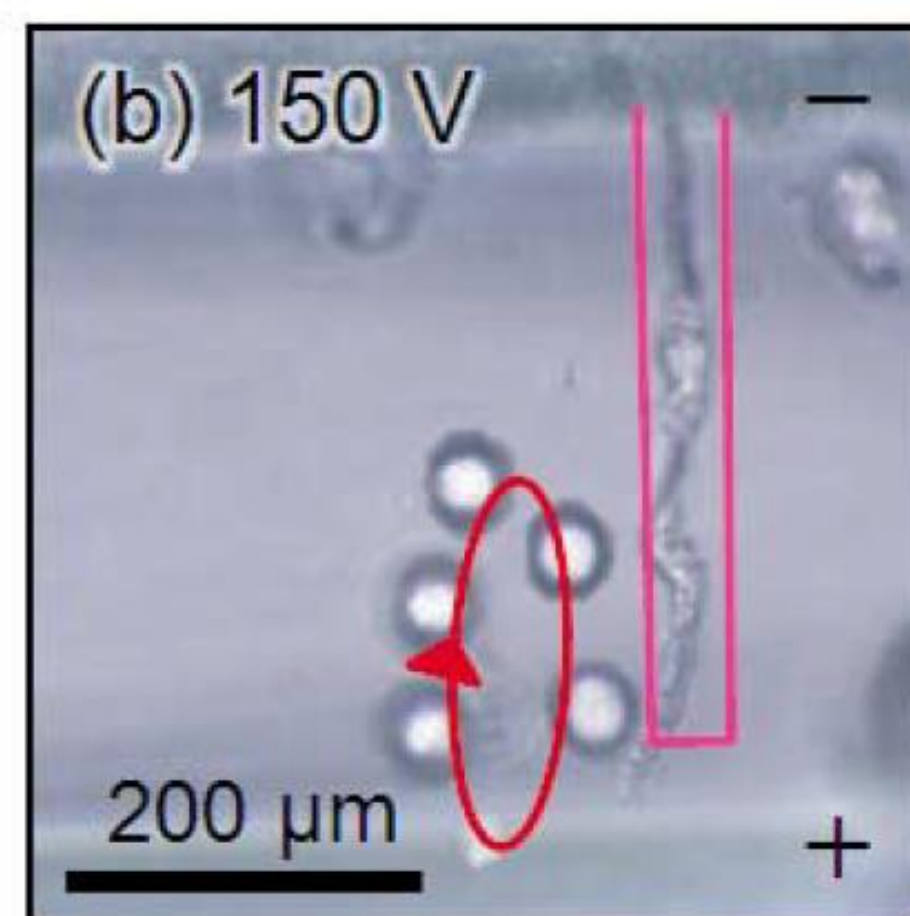


図11. 電極板間におけるPE粒子(粒径175 μm)の公転運動[5].

まとめ

- ☑ ミクロ液滴、プラスチック粒子を直流駆動で操作するという、これまでにない 全く 新しいコンセプトによって、mmサイズ以下の無接点超小型 モーターの創出が可能である。
- ☑ 電極配置、印可電圧を調整することによって、回転運動や往復運動など、運動モードを制御することが可能である。
- ☑ 印可電圧1 V以下の細胞の膜電位に匹敵するような、超低電圧駆動モーターの創出が可能である。

References

- [1] M. Takinoue, et al., Appl. Phys. Lett., 96, 104105(2010).
- [2] M. Hase, et al., Phys. Rev. E, 74, 046301 (2006).
- [3] T. Kurimura, et al., Phys. Rev. E, 88, 042918 (2013).
- [4] D. Yamamoto, et al., Chem. Lett., 46, 1470(2017).
- [5] R. Yamamoto, et al., 粉体工学会誌, 51, 19, (2014).

図12. 電極板間におけるPS粒子の公転運動[5].

