

■キーワード

マイクロ流路 1細胞解析 液滴封入 整列 タイミング制御

■研究の概要

近年、Lab-on-a-chipやmicro-Total-Analysis-Systemsと呼ばれる微細加工技術を活用した超小型分析機器の開発と実用化が進められています。これらの機器では、マイクロ流路に各種センサ、分取技術、液滴封入（カプセル化）技術、そのほか捕獲・操作・反応・刺激・抽出等の各種機能を実装することで、1細胞単位という高い分解能で細胞の特性評価と診断が可能となり、機器の測定精度が飛躍的に向上し測定時間も短縮できます。一方、このようなマイクロ流体デバイスとも呼ばれる技術では、各機能要素の高度化・高感度化に伴い、流路における粒子・細胞の位置決め・同期精度が機器の性能と信頼度を決める重要な要素となります。本研究では時間と空間の両方に対して周期的に力を粒子や細胞に作用することで流れにおける粒子を等間隔に整列し、その速度を制御できる技術を開発しました。これを液滴封入（カプセル化）技術に実装することで、収率100%の性能を実現しました。

■研究・技術のプロセス／研究事例

本研究の粒子や細胞を整列しタイミング制御を行う技術は、正と負の力場を主流方向に周期的に生成し、それを周期的に発現することにより実現します。これにより、流れの中の粒子を間欠的なつり合いの位置（周期的な位置）に捉えることで、粒子の間隔と速度が制御できます。さらに粒子に付加する力の時刻を調整することで、粒子が局所位置を通過するタイミングも任意の位相で制御できます。この技術はマイクロ流体デバイスにおける流路の下流に位置する各機能要素の高精度化・高性能化を実現するものであり、さながらマイクロ流路における精密「ピッチングマシン」であると言えます（図1）。

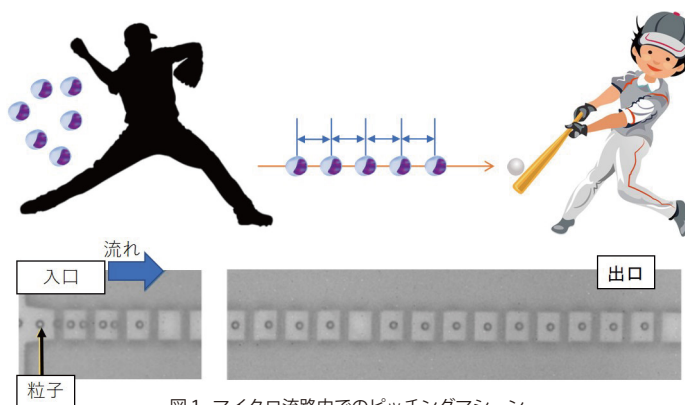


図1 マイクロ流路内でのピッチングマシン

力場には電気力・流体力・音波・光圧等が適用可能ですが、本研究では誘電泳動力を用いています。数値解析に基づいて粒子の加速・減速ならびに粒子同士の離隔作用を効果的に生成できる電極形状として、Boxcar型電極を設計しました。この技術をFlow-focusing型の液滴生成機構と合わせてマイクロ流体デバイスに実装することで、1液滴に1粒子を収率100%で封入できる技術開発に成功しました（図2）。これは粒子を制御せず供給した場合に対して収率を飛躍的に向上させ、不良率をゼロにできることを指します。

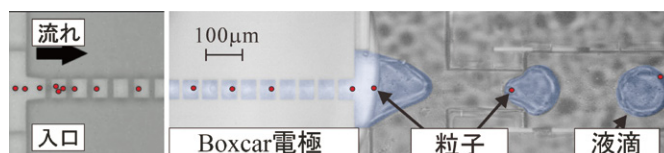


図2 カプセル化技術の収率・性能向上

■セールスポイント

マイクロ流路内を流れる粒子・細胞の間隔・速度・タイミングを制御することが可能であり、センサ・分取技術・カプセル化技術等と組み合わせて実装することで、デバイスの高精度化・高性能化が可能となります。

粒子・細胞の運動制御によるデバイスの高性能化
マイクロ流体デバイスにおけるピッチングマシンとカプセル化技術