

大きさの異なる微粒子を連続的に選別・整列・固定した. その方法とは?

Abstract:

Size-dependent continuous filtration of microparticles using magnetically driven microtool (MMT) and centrifugal force in a microfluidic chip was developed. Microparticles having different sizes flow in spiral microchannels and separated according to their sizes by the graduated gaps between sidewall and bottom by centrifugal force. By flow control, size-classified microparticles can also be aligned in the microchannel and retrieved. We demonstrated filtration of the microparticles using 3D-MMT rotation and centrifugal force and trap of the size-classified microparticles in a chip.

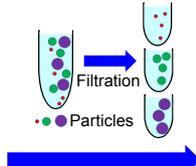
Background:

Application of particle filtration

医療分野 : 血液診断
生命・化学 : 細胞分離
工業分野 : ベアリングボールの選別

Merit of continuous filtration

大量のサンプルの処理の自動化が可能
粒子を含む溶液の導入により、粒子の分離・濃縮が可能



従来技術
流体力・遠心力
磁力等による選別

Purpose

ロボチップを用いて圧力変動に対してロバストな連続微粒子選別を行う

Robot-on-a-chip(略称ロボチップ)

単一細胞レベルでの各種計測・分析・クローニング・解剖操作を目的とし、細胞ソーティングなどの微細作業を行うためのマイクロ・ナノロボットを搭載したマイクロ流体チップをロボチップと呼ぶ

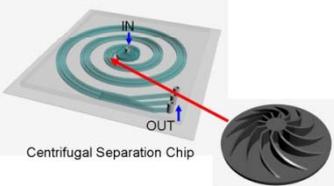
Problems

- ・内部圧力の変動に影響を受けやすい(流体力)
- ・チップの回転のため連続分離が困難(遠心力)
- ・分離のために対象への磁気修飾が必要(磁気)
- ・分離中の粒子への処理・計測ができない

圧力変動に対しロバストで連続分離が可能で、選別中・後に計測可能なシステムを構築する

Concept:

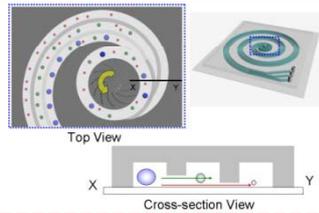
Schematic of separation chip



Advantage of this chip

- 1.遠心力による連続粒子選別
- 2.機械的拘束による選別(内部圧力変動に対してロバスト)
- 3.MMTの回転による粒子選別能の向上・粒子詰まり抑制
- 4.粒子選別と共に粒子固定が可能 → 計測への展開

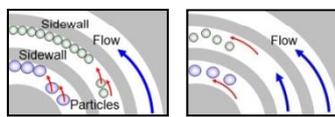
Principle of size-dependent particle filtration



Filtration process

- 1.中央のチャンバから粒子溶液を導入
- 2.螺旋流路中で遠心力により微粒子が外側に移動
- 3.サイズに応じて微粒子が内壁に拘束
- 4.ドレインより粒子を回収

Principle of particle trapping in microchannels



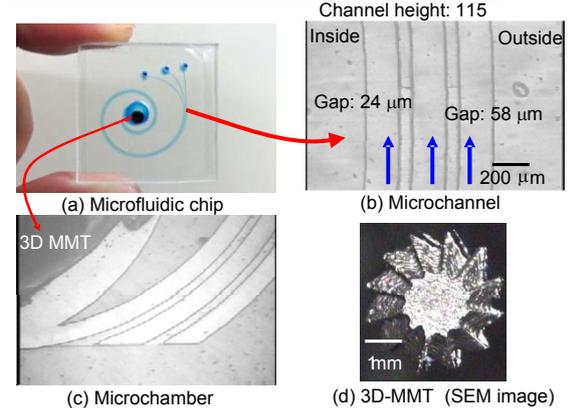
(a) Particle trapping

(b) Particle release

Filtration process

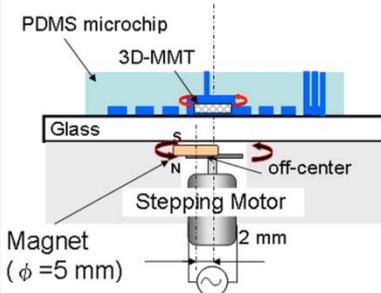
- 1.目的のサイズ粒子用流路のドレインを閉鎖
- 2.目的サイズの粒子が内壁に整列して固定される。
- 3.ドレインを開放し回収する

Fabrication of microfluidic chip and 3-D MMT



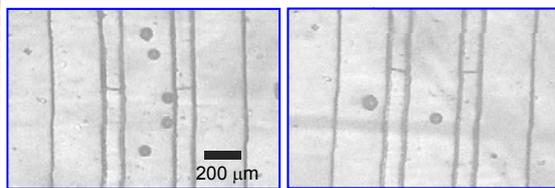
Experiments:

Experimental setup



MMTの回転速度: 3000 rpm
実験に用いた粒子: ポリスチレンビーズ
20 μm, 50 μm, 70 μm

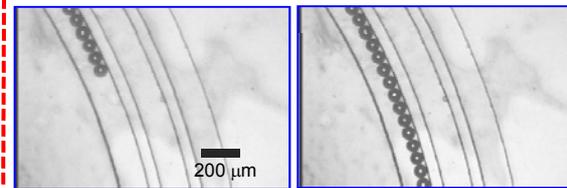
Continuous particle filtration in microfluidic chip



(a) Separation of 50 μm (b) Separation of 20 μm, 50 μm, 70 μm
Comparison of filtering efficiency between with MMT rotation and without MMT rotation.

Particle size	20 μm		50 μm		70 μm	
	Without	With	Without	With	Without	With
MMT rotation						
Outer channel	24%	38%	0%	0	0%	0%
Middle channel	43%	32%	64%	81%	0%	0%
Inner channel	33%	30%	36%	19%	100%	100%

Continuous particle filtration in microfluidic chip



(a) Trapping 70 μm beads

(b) After trapping

Summary of experiments

本選別システムの処理性能: それぞれの流路で360個/秒
MMTの利用により分離能が約50%向上
粒子固定後、ドレインの開放により粒子の回収が可能
細胞やリボソーム等の生体粒子への適用が今後の課題

Conclusions:

- ・段階的に異なる高さの内壁を有する螺旋状マイクロ流体チップを用いて微粒子の連続選別に成功した(毎秒360個/各流路)。
- ・3D-MMTの導入により粒子詰まりの抑制と分離効率向上に成功した(約50%向上)。
- ・流体制御によりサイズ選別した粒子の粒子内での整列・固定に成功した。

References:

Hisataka MARUYAMA, Shinya SAKUMA, Benoit CHAPURLAT, Yoko YAMANISHI, Fumihito ARAI, "Magnetically Driven Robot-on-a-chip (MDRoC) - Part 3: Continuous Microparticle Filtration Using Magnetically Driven Microtool-", Proc. 2009 JEMS Conf. on Robotics and Mechatronics (ROBOMECH2009), 2A2-L10, Fukuoka, 2009