

平成21年6月1日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760182
 研究課題名（和文） 加減圧可能マイクロポンプチップを組み込んだ1入力多分岐型マイクロ分注システムの開発
 研究課題名（英文） Development of multi-directional micro dispenser system with pressurization and decompression switchable micro pump chip
 研究代表者
 長谷川 忠大（HASEGAWA TADAIHIRO）
 芝浦工業大学・工学部・准教授
 研究者番号：10340605

研究成果の概要：

血液検査などの携帯用ヘルスケアデバイスへの応用を目指して提案した nL オーダーで切り分け可能なマイクロ分注システムを開発してきた。その研究成果として、携帯可能にするための最大の課題である加減圧可能マイクロポンプチップの開発とマイクロ分注チップの切り分け精度を nL オーダーに向上させることに成功した。さらに、構成要素であるマイクロ多分岐切替バルブチップの実用化へ向けた改良にも成功した。また、これらチップを結合・集積化したマイクロ分注システムの検証実験により実用性を確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,800,000	0	2,800,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	180,000	3,580,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：マイクロメカトロニクスシステム、精密機械システム、マイクロ化学システム、医用マイクロマシン

1. 研究開始当初の背景

マイクロマシンを利用した医療用デバイスの研究として μ -TAS (Micro Total Analysis Systems) という新しい分野がある μ -TAS とは、従来の検査室で行われている化学・生化学分析のための全操作をガラスやプラスチック製のチップ上に集積し自動化する研究である。これにより、単に小型軽量になるだけでなく、高価な試薬が微量でコスト削減ができ、廃液の大幅減量化により環境にも優しく、さ

らに反応時間の短縮など様々な利点がある。以上のことから、欧米を中心に急速に発展し、1990年代には DNA チップやマイクロ電気泳動チップが開発・市販され、オーダーメイド医療などに大きな期待が寄せられている。しかし、現状の μ -TAS 研究では、反応場・分析場にマイクロ流路を利用しているのみで装置全体としては大きく、マイクロ流体を計量・供給・制御を行うための有効なマイクロ流体制御デバイスの開発が主要課題の1つである。

また、マイクロポンプやマイクロバルブ単体の研究開発例は数多く報告されているが、シーズオリエンティッドなものが多く、ニーズオリエンティッドに開発されたものは少ない。このため、試料を一定量に切り取り、チップ内へ注入する用途に適していない。これに対して、サブ μL オーダーで導入可能な市販のマイクロインジェクターもあるが、装置全体が大きくなることに加えて、流路導入の際のデッドボリュームが問題になりチップ内で計量・輸送できるマイクロ流体制御デバイスのニーズが高い。一方、チップ内で試料導入する研究報告としては、十字型マイクロ流路を利用する方法などがあるが、流速分布や残余圧力の影響で再現性が悪い。また、分注毎に無駄になる試料が存在する。このため、微量な試料を無駄なく正確に計量し、目的のチップへ輸送できる有効なマイクロ分注システムを開発することで、携帯性に優れ、いつでもどこでもリアルタイム分析が可能になり、応用範囲が飛躍的に拡大する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、血液検査などの携帯用ヘルスケアデバイスへの応用を目指して提案した nL オーダーで切り分け可能なマイクロ分注システムを開発することである。これは、これまで開発してきた分注システムを血液検査などのヘルスケアデバイスへの応用に焦点を絞り再構成した。さらに、携帯可能にするための最大の課題であるマイクロポンプに関して、上記の研究成果である切換バルブを駆使し加減圧可能なマイクロポンプを提案している。

本システムの駆動原理は、まず、マイクロポンプの減圧動作により、血球分離した血液などの試料を分注チップ内のチェックバルブを通りマイクロ流路内に供給する。つぎに、マイクロ流路内に設置したセンサで流体を検知すると同時に、ポンプチップ内の切換バルブにより加圧動作に切り替える。これにより、試料はもう一方のチェックバルブを通り無駄なく切り分けられ分注される。さらに、多分岐切換バルブによって流路を切り替えることにより、切り分けた試料を輸送するチップを選択できる。

3. 研究の方法

研究方法としては、図1に示す分注システムの構成要素である各チップの開発を中心に遂行した。さらに、各々のチップを結合・集積化した分注システムとしての検証実験も実施した。以下に、具体的に実施した研究をまとめる。

- 1) 加減圧可能マイクロポンプチップの開発
- 2) マイクロ分注チップの切り分け精度を nL オーダーへ向上

- 3) バイアス機構内蔵型多分岐切換バルブチップの製作
- 4) 各々のチップを結合・集積化し、マイクロ分注システムの検証実験により実用性を検討

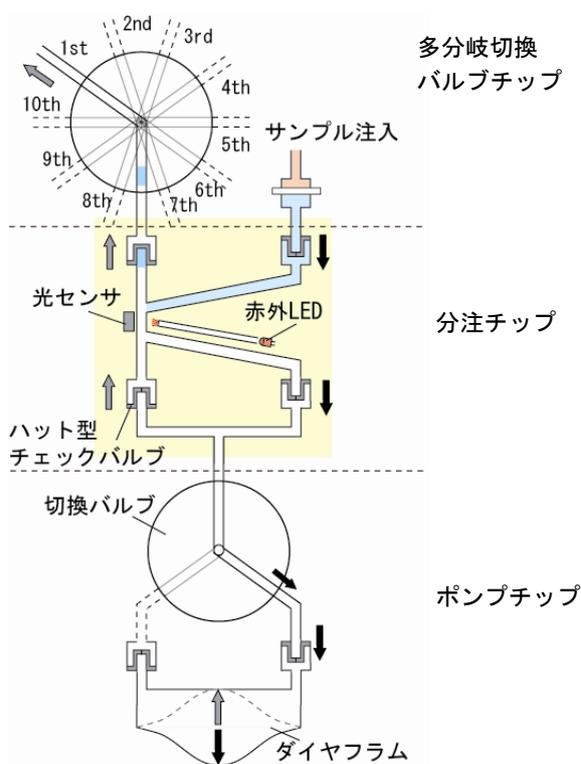


図1 加減圧可能マイクロポンプチップを組込んだ1入力多出力型マイクロ分注システム

4. 研究成果

以下に、研究成果を整理する。

- 1) 手動でも駆動できる加減圧切換マイクロポンプの開発

これまで開発してきたダイヤフラム型マイクロポンプとロータリ型切換バルブを応用し、ポンプの流入口と流出口を切り替えることにより加減圧可能なマイクロポンプを開発した。さらに、実用化を目指し手動でも本マイクロポンプのポンピング動作させるため、指のマクロ操作をポンプのマイクロ動作に変換するインターフェースを開発した。これにより、マイクロポンプと組み合わせた検証実験によりマイクロ分注システムにおける実用性を実証した。また、ポンプの流入出口の切り換えは、分注チップで流体検知した信号をトリガーにできるため、自動化も容易に実現できた。

- 2) 10nL 毎に切り分け可能な PDMS 製マイクロ分注チップの開発 (図 2)

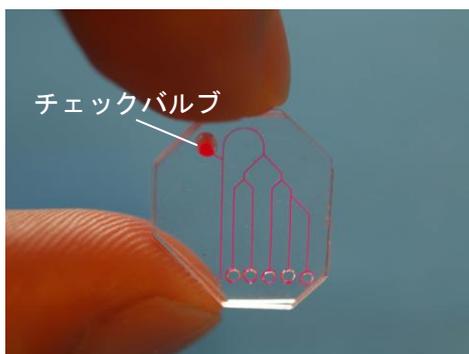


図 2 10nL 毎の切り分け可能なマイクロ分注チップ
(確認出来るよう流路内に蛍光塗料を注入)

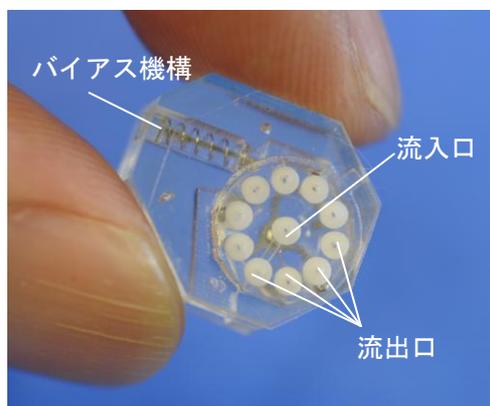


図 3 バイアス機構内蔵型マイクロ多分岐切換バルブチップ

サンプルを 10nL 毎に切り分け可能な PDMS 製マイクロ分注チップの開発に成功した。これまで、PDMS 製のチップの流路を $100\mu\text{m}$ 以下に設計して分注動作を実施した場合、流路内が全て負圧になることや流路表面の性質、マイクロポンプの開放圧の影響により、サンプルを安定に切り分けることが困難であった。しかし、流路内の特定個所にオリフィスを設けることにより、安定に分注動作を実施できることを見出し改良することに成功した。また、実用化のため使い捨てを考慮し、チップ材料をこれまでのプラスチックから低コストで製作が容易な PDMS へ変更した分注チップの作製方法を検討した。これにより、一方向受動バルブなどが組み込まれた PDMS 製分注チップの試作に成功した。

- 3) 微調整不要の多分岐切換バルブチップの開発 (図 3) とソレノイド完全内蔵モデルのための円弧状マイクロソレノイドの作製・検証
ソレノイド完全内蔵モデルのバルブの開

発に当たり、微調整が不要なバイアス機構を組み込んだ切換バルブチップと内蔵用の円弧状マイクロソレノイドの開発に別研究を進めた。これにより、バイアス機構を内蔵した多分岐切換バルブチップの開発に成功した。また、円弧状マイクロソレノイドの製作方法を確認した。これにより、円弧状マイクロソレノイドを試作し、性能を測定した結果から、いくつかの課題を見出した。

- 4) 全チップを組み合わせたマイクロ分注システムによる実証実験 (図 4, 5)

本研究課題で提案しているマイクロ分注システムの構成要素である 1) ~ 3) のチップを組み合わせて、分注システムの実証実験を行った。これにより、システムにすることで問題になるいくつかの課題を見出すことができた。

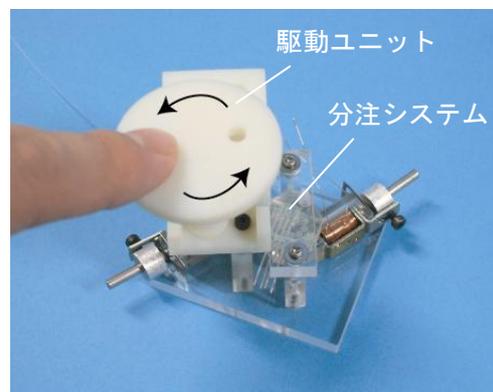


図 4 空気圧駆動マイクロ分注システム (駆動ユニット付)

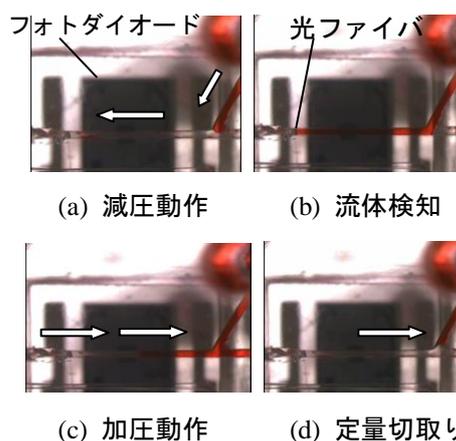


図 5 手動動作による分注実験

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

[1] Tadahiro Hasegawa, Kenichiro Nakashima, Fumiyuki Omatsu and Koji Ikuta, "Multi-directional Micro Switching Valve Chip with Rotary Mechanism", Sensors and Actuators: A. Physical 143, pp.390-398 (2008)

[2] 長谷川忠大, 中嶋健一郎, 尾松史之, 生田幸士, "多分岐切替用ロータリ型マイクロバルブチップ (第2報) ソレノイドを利用した自動切替機構の提案", 日本機械学会論文集 C 編 Vol.73, No.731, pp.193-199, 2007年7月

[学会発表] (計 12件)

<査読付国際会議>

[1] Tadahiro Hasegawa, Fumiyuki Omatsu, and Koji Ikuta, "PORTABLE MICRO LIQUID DISPENSER SYSTEM WITH PRESSURIZATION AND DECOMPRESSION SWITCHABLE MICRO PUMP CHIP", The 12th International Symposium on Micro Total Analysis System (μ -TAS 2008), pp.384-386, (October 13th, 2008), San Diego

[2] Tadahiro Hasegawa, Fumiyuki Omatsu, Kenichiro Nakashima, and Koji Ikuta, "Multi-switchable micro valve chip for portable micro chemical devices", The International Conference on Electrical Engineering 2008 (ICEE2008), No.O-220, pp.1-5 (July 9th, 2008), Okinawa

[3] Tadahiro Hasegawa, Fumiyuki Omatsu, Toshiyuki Tsuji, and Koji Ikuta, "MULTI-SWITCHABLE MICRO DISPENSER CHIP-SET FOR PORTABLE HEALTH CARE DEVICES", 2007 International Symposium on Micromechatronics and Human Science (MHS2007), pp.505-510, (November 13th, 2007), Nagoya

[4] Koji Ikuta, Tadahiro Hasegawa, and Takao Adachi, "SMA Micro Pump Chip to Flow Liquids and Gases", The International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies (December 3rd, 2007) (in press), Tsukuba

[5] Koji Ikuta, Tadahiro Hasegawa, and Takao Adachi, "SMA Micro Switching Valve Chip for Biochemical IC Family", The International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies (December 3rd, 2007) (in press), Tsukuba

<国内発表>

[1] 長谷川忠大, 尾松史之, 生田幸士, "携帯型マイクロ分析装置のためのマイクロディスペンサーシステムの開発", 第17回化学とマイクロ・ナノシステム研究会, pp.25(FP21), 2008年5月20日, 九

州

[2] 長谷川 忠大, 尾松 史之, 生田 幸士, "ポータブル・マイクロ分注システムの提案と実証", 第26回日本ロボット学会学術講演会, 2008年9月11日, 神戸

[3] 長谷川忠大, 木下就介, 竹島秀幸, 生田幸士, "マイクロ多分岐切替バルブチップの開発 --駆動機構の改良とバルブ性能測定--", ロボティクス・メカトロニクス講演会'08講演, 2P1-D24, 2008年6月7日, 長野

[4] 長谷川忠大, 尾松史之, 阪本雅宜, 生田幸士, "加減圧切替マイクロポンプチップを組み込んだマイクロ分注システムの開発", ロボティクス・メカトロニクス講演会'08講演, 2P1-D23, 2008年6月7日, 長野

[5] 長谷川忠大, 尾松史之, 生田幸士, "マルチ切替マイクロディスペンサーシステムの開発", 第15回化学とマイクロ・ナノシステム研究会, pp.86 (SP24), 2007年5月26日, 仙台

[6] 長谷川忠大, 尾松史之, 生田幸士, "空気圧駆動マイクロ分注システムの開発", ロボティクス・メカトロニクス講演会'07講演, 1P1-N02, 2007年5月11日, 秋田

[7] 長谷川忠大, 辻本将隆, "受動2足歩行ロボット用シミュレータを利用した脚形状による歩行効率の検証", ロボティクス・メカトロニクス講演会'07講演, 1P1-E06, 2007年5月11日, 秋田

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1件)

名称: マイクロ分注装置

発明者: 長谷川 忠大

権利者: 芝浦工業大学

種類: 特許権

番号: 特願 2008-209555

取得年月日: 2008年8月18日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0件)

[その他]

日刊工業新聞「手のひらサイズの携帯型ディスペンサーシステムの開発」の記事掲載 (2008年7月17日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 忠大 (HASEGAWA TADAIRO)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号：10340605

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし