The Japan Society of Mechanical Engineers

227　マイクロマニピュレーションにおける組立技術の研究 —接着剤の微量吐出装置の開発—

Research on assemble technology by micro manipulator
—development of dispensing system for micro adhesive joining—

○　後藤　剛紀・日本工業大学
Takanori GOTOU
Nippon Institute of Technology

小林　俊介
Syunsuke KOBAYASHI
Nippon Institute of Technology

判多　勝宏
Katuhiro HANDA
Nippon Institute of Technology

正　中里　裕一
Yuuichi NAKAZATO
Nippon Institute of Technology

1. 緒言

現在、１Åから１０ｎｍのサイズ（原子やクラスタ、超微粒子の大きさ）の領域にはSTM・AFMによるハンドリング（持ち上げて上下左右に運んだり、置いたり、転がしたりする技術）の操作が確立し、１００μｍ以上のサイズ（卵細胞や粒子の大きさ）の領域には光学顕微鏡下での細胞ハンドリングなどがあるが、１０ｎｍ～１００μｍのサイズはハンドリングする技術が確立していない空白の領域があるといわれている[(1)]。そのため、上記のサイズをハンドリングするマニピュレータ（マイクロマニピュレータ）が必要となる。また、ハンドリングしマイクロメカニズムを組み立てる際、微小パーツをはめ合いで組み立てようとするならば、パーツの寸法公差の許容値を非常に小さくしなければならず、現実的でない。そこで、一般に寸法効果により、マイクロプ剤の接合には接着による接合で十分であることが報告されている。[(2)] 本研究もこの考え方に従い、微小パーツを固定する方法を採る。

接着剤に限らず、微量吐出の方法としていくつかの方法がある。代表的なものとして、よくプリンタに用いられているピエゾ方式、並びにバブルジェット方式の２方式が挙げられる。これら２方式の相違点は、液滴の吐出に必要な動力源の違いにある。ピエゾ方式は電圧を加えることにより変形するピエゾ素子を用い、その変形により管内の液体に圧力をかけ、微小な管より吐出を行う。一方、バブルジェット方式は内部の吐出液を加熱し、気化させ蒸気圧によって吐出を行っている。しかし、ピエゾ方式で一滴だけ吐出を行うには精度の高い圧力制御が求められ、吐出量がpl（1×10^{-12}）と本研究の目的よりも大きすぎてしまう。また、バブルジェット方式では管内に熱を加えなくてはならないため、内容物が接着剤の場合では硬化を促進させてしまう可能性が考えられる。このことから、本研究では積層形圧電素子を用いて、管内の液体に慣性力を働かせることにより微量な吐出を行う吐出方式を採用する。

さらに超音波振動を加え、管内面と液体の摩擦抵抗を減少させる。原理図を図１に示す。

図１に示した吐出装置の特徴は、超音波振動子に積層型圧電素子を接続し、この圧電素子に直列にマイクロピペットを直接固定した構造を持たせた点である。超音波振動子が振動し、積層型圧電素子とマイクロピペットに超音波を伝え管内摩擦抵抗を減少させる。そして、積層型圧電素子が静止状態から急速に収縮し、圧電素子に固定されたマイクロピペットも高速で移動するため、ピペット内の液体は、その場に居続けようとするために、移動とは反対方向への慣性力が働き、その結果先端から液体が吐出される。この方法では、積層形圧電素子の急激な移動、つまり高い加速度が必要である。そこで、液体を吐出するのに必要な加速度を求めるために、２種類の実験装置を使って実験を行う。

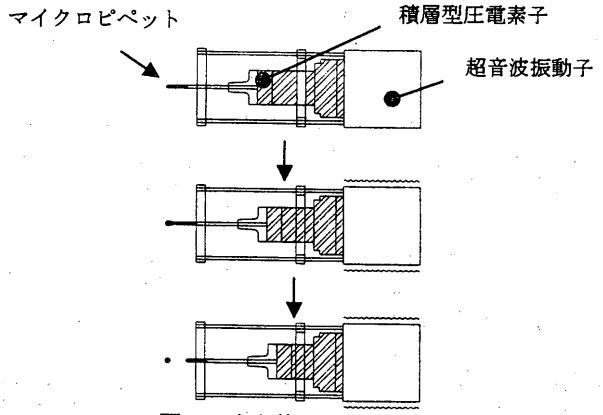

図１．吐出装置の原理図

2. 研究概要

2-1. 吐出実験装置

積層形圧電素子を用いたマイクロピペットで液体を吐出させるには、液体がピペットに追随できない加速度を必要とする。そこで、液体を吐出するに必要な加速度を実験によって求める。加速度を得るための吐出実験装置は２種類、重力を利用した吐出装置、バネを利用した吐出装置を製作した。重力を利用した吐出装置の原理図を図２、外観を図３、バネを利用した吐出装置の原理図を図４に示す。

2-2. 重力を利用した吐出装置

重力を利用した吐出装置は、１４ｇの重りにマイクロピペッ

NII-Electronic Library Service

トを取り付け、それを垂直に立てた管の中に入れ、管の底から上へ1cmから47cmまでの高さまで、1cm毎に高さを変えて落下させ、プレパラート上に任意の液滴を吐出する。マイクロピペットの内径を13．75μm、12．5μm、11．25μm、8．75μm、7．5μmの4種類の実験を行った。

図2　重力を利用した吐出装置の原理図

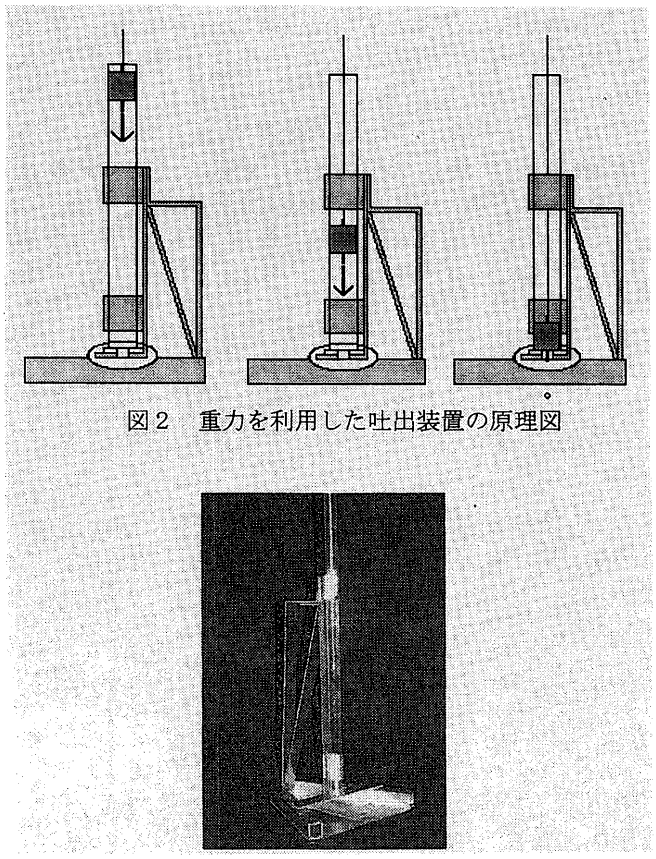

図3　重力を利用した吐出装置

2-3. バネを利用した吐出装置

4種類の圧縮バネ、0．59N/mm、0．65N/mm、1．93N/mm、3．32N/mmのものを用いて実験を行った。バネのタワミ量が45mmの時、それぞれの最大速度は257m/s(0．59N/mm)、270m/s(0．65N/mm)、465m/s(1．93N/mm)、611m/s(3．32N/mm)である。バネのタワミ量を変えることにより、吐出時の最大速度を調節した。マイクロピペットの内径は、重力を利用した吐出装置で実験を行った結果、内径7．5mmで最小の液滴を吐出することが出来たので、同じ内径のものを使用し実験を行った。

2-4. 接着剤の選定

市販されている瞬間接着剤などは水分、酸素、二酸化炭素などといった空気中の成分と反応し硬化するため、微小な液量を扱う場合、接着剤を垂らした後に部品の移動などを行う暇もなく、一瞬で硬化してしまい、マイクロ部品の組立に向いていないと考えられる。そのため、光硬化性接着剤の中の、可視光ではなく、紫外線を照射することで硬化する紫外線硬化性接着剤を使用する。紫外線硬化性接着剤の粘度は6cps（25℃）から30，000cps（25℃）までさまざまであるが、その中から、光が照射されない部品と部品の接地面でも硬化する性質（嫌気性）を備えていて、低粘度な300～450cpsの接着剤を選定した。

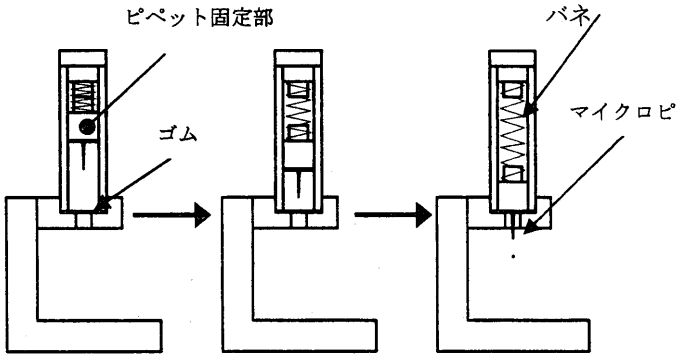

図4.バネによる吐出装置の原理図

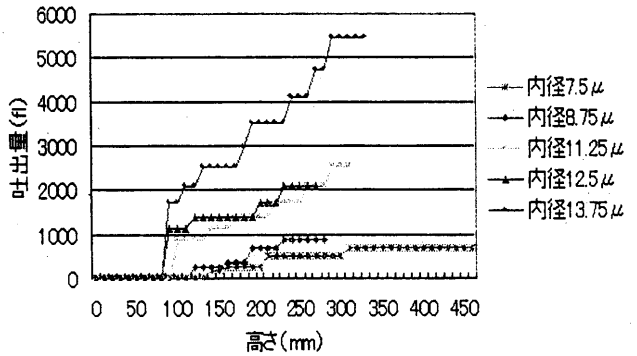

図5　重力を利用した吐出実験の結果

3. 結論

重力を利用した吐出装置の実験結果を図5に示す。落下させるマイクロピペットの内径を、小さくすれば小さくするほど少量の液滴を吐出することができ、落下高さが高ければ高いほど接着剤の吐出量が増加するという結果が出た。しかし、ある程度の高さ（約80mm）を越えないと、液滴の吐出を確認することが出来なかった。

バネを利用した吐出装置では、バネのタワミ量を多く取れば取るほど液滴の吐出量が増加するという結果が出た。しかし、バネのタワミ量を増やすと、吐出する液滴が分散するという現象が起きてしまった。

今後の予定として、さらにマイクロピペットの内径を小さくし、粘度の高いものでも吐出できる加速度を求める。液滴の分散を抑えるために、マイクロピペットの固定方法を再度検討する。また、重力を利用した吐出実験とバネを利用した吐出実験の違い、マイクロピペットの初速の違いが、マイクロピペット内の接着剤にどういう風に影響しているかも、検証する。

4. 参考文献

（1）宮崎英樹、手作りマイクロピラミッド、日本学会誌、1997.6、vol.100、p.948
（2）中里　他、形状記憶合金アクチュエータを用いたダイヤモンド製マイクロマニピュレータの開発、日本機械学会[No.01-11]第1回機素潤滑設計部門講演会講演論

NII-Electronic Library Service