

報道解禁日時

2003年5月8日(木)
米国東部標準時、午後2時

問合せ先：大永理沙

+1-202-326-7088
lonaga@aaas.org

マイクロ流体研究から生まれる糖尿病治療法と流体メモリ - Science 誌掲載論文著者

小型化された配管で送られるポリマー溶液により、身体に埋め込まれたドラッグデリバリー装置の制御や、流体コンピュータ (liquid computer) 用のメモリ作製が実現するかもしれないという。

今回、ポリマー溶液の特殊な挙動を利用した小型の流体駆動デバイス (fluid drive device) が2種類作られた。1つは流れの制御を行うもの、もう1つは流体メモリ (fluidic memory) で使用するためのものである。これらの詳細については、は米国科学振興協会 (AAAS) が発行する「Science」誌の5月9日号に発表される。

「今回の研究の選択肢の1つとなるのは、糖尿病患者用の人工膵臓である。このデバイスで血糖値を測定し、適量のインスリンを放出する」と著者であるカリフォルニア工科大学 (カリフォルニア州パサデナ) の Stephen Quake は述べている。

当該技術を利用した埋め込み式デバイスは、ヒトの生理機能の状況をいずれは身体の内側からモニターし、それに応じて薬剤を放出するようになるだろう、と Quake は説明している。

「我々が作ったデバイスは実験用に過ぎないが、何らかの実用的なドラッグデリバリーへの応用は可能であろう」と筆頭著者である Alex Groisman (カリフォルニア州、ラホーヤ、カリフォルニア大学サンディエゴ校研究員) は述べている。

Groisman は、この新世代流体装置の働きについて、製薬への応用モデルを使って説明している。

「薬剤を入れると膨らむチャンバーを備えた埋め込み型の薬があるとする。もしマイクロ流体チャンネルを使って、この貯蔵器を体内の薬剤の受け取り場所につなげることができれば、圧力が下がっても比較的安定した薬剤の流れを達成することができるだろう。」

圧力の変化に左右されない一定した流れは、「フラックス・スタビライザー (flux stabilizer) と呼ばれる今回の新規デバイスの持つ特別な特長である。

「流れの速度が容認できない低下を示すことなく、薬剤の90%を放出することができるだろう。パーツを移動させる必要もない」と Groisman は述べている。

シリコンゴム製フラックス・スタビライザーの、カーブを描いたチャンバーの中で、ポリマー溶液の力学的特性がこの小さな機械を機能させているのである。

現在のフラックス・スタビライザーは縮んだマカロニの束のような形をしており、それぞれの端と端が接して並び、くねくねと曲がった形を形成している。彼らは各マカロニが接触している端の部分にピンの口を付けた。これにより、一連の拡張と収縮が生み出されるのである。

溶解したポリマー分子（反復するセグメントが鎖のように連結したもの）が各収縮を通して動くにつれ、長く伸び、ほぐれてくる。流速閾値を超えると、ポリマーは極めて迅速にほぐれ、液体の濃度を上昇させ、運動に対して抵抗を示す。圧力の変化に影響を受けることなく、この新しい流体回路からのポリマー溶液の出力を安定させているのはこの抵抗である。

今回の研究で使用したポリマーを、薬剤の流れを制御することが可能な生体適合性ポリマーと入れ換えることは、本技術の医療用デバイスへの応用を進める重要な一歩になるであろうと Quake は述べている。

彼らはまた、「フリップ・フロップ (flip flop)」という流体工学的メモリデバイスを構築するために、ポリマーの非線形という特性や革新的な流体チャンバーデザインも利用した。この小さな流体装置は「高い」あるいは「低い」状態を維持することができる。これはちょうど電子メモリで使う 1 と 0 に相当する。

「これらのデバイスはマイクロ流体コンピュータで制御回路として利用可能な基本的要素の選択肢の 1 つである。このようなデバイスに組み込み可能と考えられるバルブ、チューブ、その他の部品はたくさんある。しかし、全部をまとめ上げるための優れた制御システムがまだない」と Quake は述べている。

「フリップ・フロップ」の内部には、彼らの作った新しいメモリデバイスがある。つまり、ポリマー溶液の流れがコンピュータのバイナリと同じ働きをするのである。

「これは全く新しい、むしろ意外な設計である。ポリマー溶液を使った流体メモリデバイスの組立は、これまで提案されることはなかった」と Groisman は述べている。

同研究チームはチャンネルのレイアウトを何度も設計し直し、ポリマー溶液の持つ特殊な特性と調和するパターンを迫及した。

「目を細めて見ると、チャンネルを見ることができる」と流体チャンバーを説明しながら Quake は述べる。

ポリマーはまず長く続く廊下を最初に通じ、ピンの口を次から次へと通り抜けて行く。

スイミングゴーグルの調節を想像して欲しい。ポリマーはゴムヒモの部分で、ピンの口

がヒモの長さを調整するプラスチックのバックルにあたる。

ヒモをきつくするために引っ張ると、バックルを既に通り返している部分は伸びる。同じように、ポリマーがビンの口を超えて伸びると、ほぐれてくる。ほぐれたポリマーの流れがもうひとつのビンの口を通して移動し、流れのパターンが絡み合って形作られる。

今、流れは2つの安定した「状態 (state)」のうちの1つにある。溶液は、圧力の大きな変化が2番目の安定した状態へと動かすまで、この流れのパターンを維持する。

このように、ポリマーの流れは、最後に圧力がキックで道を教えてくれた場所を覚えている。システムが意図的にもう1つ別の圧力のパンチを加えないかぎり、流れはその方向を変えない。コンピュータメモリ中の「1」が、「0」になるよう指示されるまで「1」のままている、というのと全く同じである。

「これは医療用生物学的システムや生化学的システムに統合できる記憶デバイスである」と Groisman は述べている。

液体ポリマーを流体力学に取り入れることによって研究者達は、慣性を逃れ、回路のサイズを縮小することができるようになった。この小型化の傾向は今後も継続するであろうと著者らは考えている。

Alex Groisman はカリフォルニア大学サンディエゴ校に所属。Markus Enzelberger と Stephen Quake はカリフォルニア工科大学に籍を置く。

本研究は、国防総省高等研究計画局 (DARPA)、Marcus Enzelberger に対する北大西洋条約機構 (NTAO) ポスドク奨学金、および Alex Groisman に対するロスチャイルド奨学金より一部資金提供を受けている。

1848年に創設された米国科学振興協会 (AAAS) は、科学政策、科学教育、そして科学における国際的協調での各種プロジェクト、プログラムおよび出版物を通して、人々のウェルビーイングに向けた科学の進歩に取り組んできました。AAAS と 14 万にのぼる個人・法人購読者を擁する *Science* 誌は、およそ 130 を超える国々に 272 の提携機関を有し、総計 1,000 万人の皆様にサービスを提供しています。すなわち、AAAS は世界最大規模の科学者連盟なのです。*Science* 誌は世界で最も権威ある、編集上独立した、多くの専門分野にわたる、ピアレビューのある週刊誌です。AAAS は、科学技術の最新動向を取り上げたオンラインニュースサービス、EurekAlert! (<http://www.eurekalert.org>) を提供しています。