

カプセル型医療機器に内蔵可能な磁気駆動細胞診ブラシの性能改善

大古場隆士、山崎悠貴、本田崇
(九工大)

Performance improvement of magnetically driven cytology brush built in capsule-type medical device
T. Okoba, Y. Yamasaki and T. Honda
(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

著者らは、カプセル内視鏡に診断機能を付与するために、外部磁界を利用することで細胞診ブラシをカプセルから突出し、前後に擦過する機構を提案している。本研究ではブラシの先端に永久磁石を追加し、従来までの前後の往復運動に回転振動を加えることによって、粘液の採取量を大幅に増加させることに成功した。本報ではそれらの動作や特性評価について報告する。

素子構成と動作原理

Fig.1 に本研究で開発した磁気駆動細胞診機構を示す。筐体やアンカー機構は省略している。NdFeB 磁石(φ8×2mm)を固定したボルトと直動ナットから構成され、ナットにはワッシャーと超弾性線(φ0.15mm、長さ 12mm)を介して細胞診ブラシが取り付けられている。まず往復運動の動作原理を示す。素子の長軸に垂直な面に回転磁界を印加すると、磁石が磁気トルクを受けボルトが回転する。ナットの回転は制限されており、ナットは長軸方向に直動する。これに伴い、ブラシがカプセルから突出する。回転磁界の回転方向を周期的に正転逆転することでブラシは往復運動する。

次に、回転振動の動作原理を示す。ブラシ先端には NdFeB 磁石(φ3×2mm)が取り付けられており、先程と同様に回転磁界を印加すると、回転磁界から受ける磁気トルクによって超弾性線が捻れる。超弾性線には捻り剛性があるため、捻れが追従できなくなると復元トルクによって捻れが戻る。回転磁界中ではこれを周期的に繰り返しブラシが回転振動する。以上より、ブラシは前後の往復運動による擦過に加え、回転振動が加わり、採取量の増加が期待される。

評価結果

はじめに本研究で新たに導入したブラシの回転振動が期待した動作をしているかを確認した。Fig.2 に、120Oe, 1Hz の回転磁界を印加したときのブラシの回転角度の時間変化の実測値を示す。同図には運動方程式から算出した計算値も示している。実測値と計算値はほぼ一致し、ブラシの回転角度はノコギリ波に近い変化であることがわかる。また、回転振動の振幅は約 180°であり、ブラシ全体が小腸内壁に接触できると期待される。

続いて、開いたブタ小腸の上に細胞診機構を設置し、採取実験を行なった。Fig.3 に擦過の往復回数と採取量の関係を、従来までの機構と比較して示す。回転振動を加えた本研究の機構では、従来機構の約 5 倍の採取量と大幅に改善することができた。

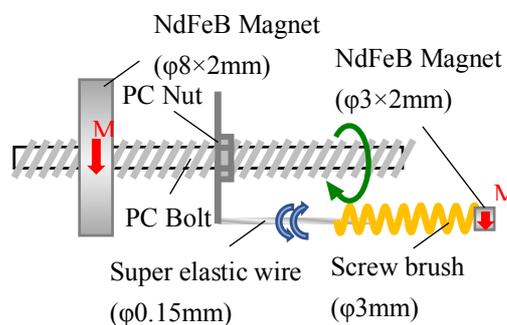


Fig.1 Configuration of brush scraping mechanism

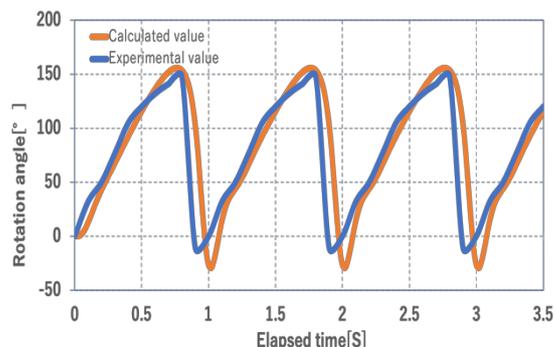


Fig.2 Time variation of rotation angle of brush

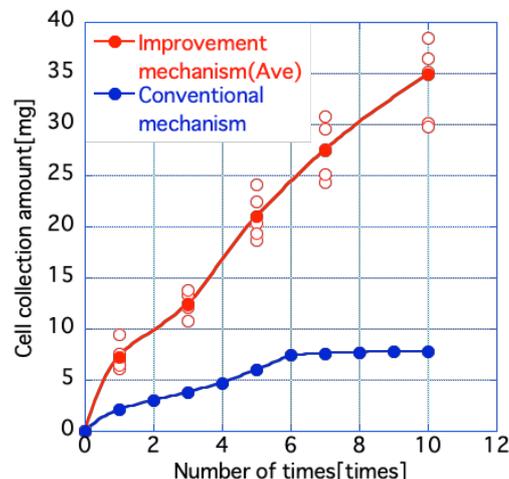


Fig.3 Relation between collection amount and number of times of scraping