

回転磁界を利用したカプセル内視鏡用停滞機構の開発

吉村亮哉、本田崇
(九工大)

Development of anchoring mechanism for capsule endoscope using rotating magnetic field

R. Yoshimura, T. Honda
(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

カプセル内視鏡は飲み込むだけで消化管内を観察できる画期的な医療機器である。その一方で体内のカプセルの移動は消化管の蠕動運動に支配されるため、病変部の詳細な観察ができないなどの課題がある。そこで新たに外部磁界で駆動する停滞機構を考案したので、そのプロトタイプについて報告する。

素子構成と動作原理

Fig.1 に初期状態の停滞機構の構成を示す。外径 10mm、長さ 35mm のカプセル管体内部に、ポリカーボネート製のネジ(M2.6)をカプセルの中心に長軸方向と平行に固定した。そのネジに、4 個の L 字金具を等間隔に取り付けたブッシュ (動力伝達部) と、ポリカーボネート製六角ナット(M2.6)に 2 個の NdFeB 磁石 ($\phi 4 \times 1.5\text{mm}$) を磁化方向が揃うように取り付けた回転型アクチュエータが装着される。また、動力伝達部の金具には、カプセル側面から外側に突出してカプセルを停滞させるためのリボン状の PET フィルム (幅 2mm、長さ 18mm、75 μm 厚) を 4 本取り付け、そのもう一端をカプセル外壁に接着した。

Fig.2 に動作原理を示す。2 軸コイルで発生する回転磁界をカプセルの長さ方向に対し垂直な面で印加すると、アクチュエータの磁石が磁気トルクを受け、六角ナットが時計周りに回転し、ネジが締まるように奥に進む。このときアクチュエータが動力伝達部を押し込み、その結果 PET フィルムが座屈し、そのたわみ部分がカプセル側面から大きく突出する。このときの消化管内壁との摩擦力によってカプセルはその場に停滞する。また、停滞を解除するには、反時計周りの回転磁界を引加し、ナットを逆回転させることでアクチュエータを初期位置まで移動させる。このとき動力伝達部は、PET フィルムの弾性力によって戻る。

実験結果

PET フィルムの座屈による突出長は、アクチュエータの軸方向の移動量に対し直線的に増加するが、移動量 4.5mm (六角ナットが 10 回転) 時に 6mm で飽和した。このときの外径は 22mm となり、初期状態から 2.2 倍まで拡大した。駆動磁界は、PET フィルムの必要座屈荷重とアクチュエータの軸方向の推力を測定し、70Oe と設定した。駆動に要する時間 (無負荷) は、10Hz で 1 秒、20Hz で 0.5 秒と高速である。これらの基礎特性を基に、ウシ小腸を用いた停滞能力の検証実験を行った。糸をつないだカプセルをウシ小腸内に入れ、引っ張ることで最大静止摩擦力を測定した。その結果、停滞機構駆動前の約 60mN であったのが、停滞機構駆動後にはおよそ 700~800mN まで増加し、提案した停滞機構の効果を示すことができた。

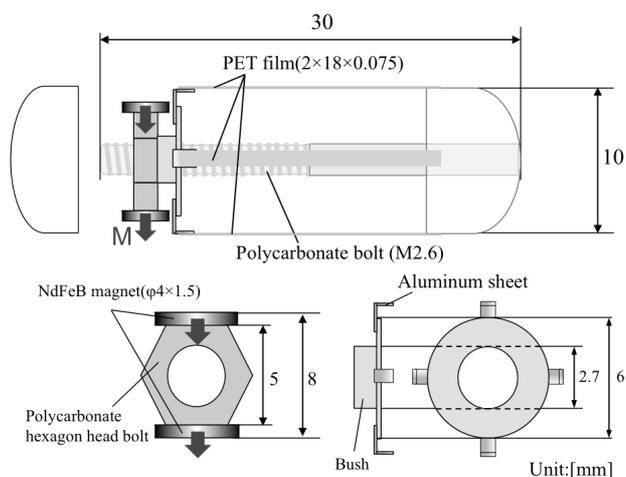


Fig.1 Structure of anchoring mechanism

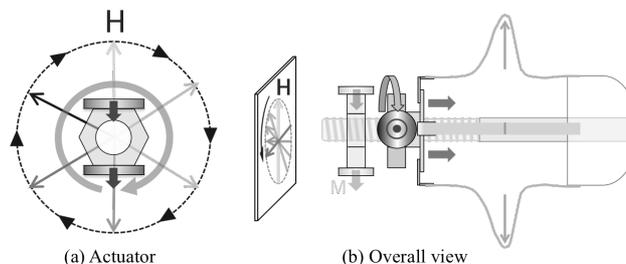


Fig.2 Actuation principle of anchoring mechanism