

外部磁界で駆動する生検機構を備えたカプセル型医療機器の試作

松井 利樹 本田 崇
(九州工業大学)

1 はじめに

近年、飲むだけで消化管内をワイヤレスで観察できるカプセル内視鏡が、国内外で広く臨床に使用されるようになった。しかし、その機能は観察にとどまり、一般的な消化管内視鏡が有する診断や治療の機能は備えていない。そこで本研究では、カプセル内視鏡に診断の機能を付与することを目的に、直交する2つの回転磁界を利用することで、その場に停滞するための拡張アンカーを駆動し、さらに円筒状カッターで生検を行うことを試みたので報告する。

2 素子構成と動作原理

図 1 に初期状態の素子構成を示す。拡張アンカーは、カプセル管体の一部を立ち上がらせて小腸を拡張しその場に停滞するもので、カプセル上部に1つと左右側面に1つずつの3個備える。同図では説明の都合で上部のアンカーのみを示しており、アンカー一端のヒンジを支点に立ち上がる。アンカー機構のアクチュエータにはリードスクリュータイプを採用し、両端をブッシュで支えた PC 製ボルト(M2)をカプセル中心軸に配置し、スライダとして PC 製ナット(M2)を取り付け構成している。ボルトの左端には駆動源として直径方向に磁化された円盤状 NdFeB 磁石($\phi 8\text{mm} \times 2\text{mm}$)を固定した。スライダとアンカーの内側は、図のように厚さ 0.075mm のリボン状 PET フィルム(2mm \times 13mm)で接続した。生検機構は、ボルト(M2)の一端に直径 2mm の円筒状カッターを有する生検トレパン、他端に直径方向に磁化された円柱状 NdFeB 磁石($\phi 2\text{mm} \times 2\text{mm}$)を取り付けたもので、カプセルの長軸方向に対して垂直に固定したナット(M2)に挿入される。生検トレパンの突出する開口部が小腸内壁に押しつけられるように、上部アンカーと反対側になるよう設置される。

次に、カプセル内視鏡を小腸内で停滞させ、小腸内壁の組織を切り取り採取する動作について述べる。図 2 にアンカー機構と生検機構の動作原理を、座標軸と共に示す。アンカー機構は、Z-X 面の回転磁界で駆動する。磁石が磁界から受ける磁気トルクによってアンカー機構用ボルトが回転し、スライダが+Y 方向に移動すると、PET フィルムがアンカーを押し上げ、カプセル側面から大きく突出する。その結果、アンカー機構が小腸を拡張し、カプセルはその場に停滞すると共に、生検機構の開口部のあるカプセル下部が小腸内壁に押しつけられる。この状態で、回転磁界を X-Y 面に切り替えると、磁気トルクによって生検機構用のボルトが回転し、先端の生検トレパンが回転しながら、生体組織を切り取る。その後、逆方向の回転磁界を順に印加することで、組織の回収とアンカーの格納を行う。

3 実験結果

ここではアンカー機構と生検機構を個別に評価した結果を述べる。上部アンカーによる突出長は最大 8.5 mm、また、左右のアンカー先端間の距離は 28.9 mm であり、小腸内径と同程度の大きさを確保できることを確認した。このときにスライダの移動距離は 4 mm (10 回転)であった。無負荷状態におけるアンカー機構の駆動磁界は 2Hz で 700e 以上であった。また、生検機構の駆動磁界は 2Hz 時において 900e 以上必要であり、突出長は 6 mm であった。今後は実際のブタ小腸内における評価を行う予定である。

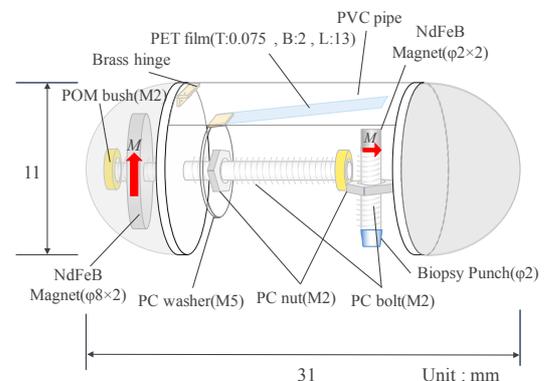


図 1 素子構成

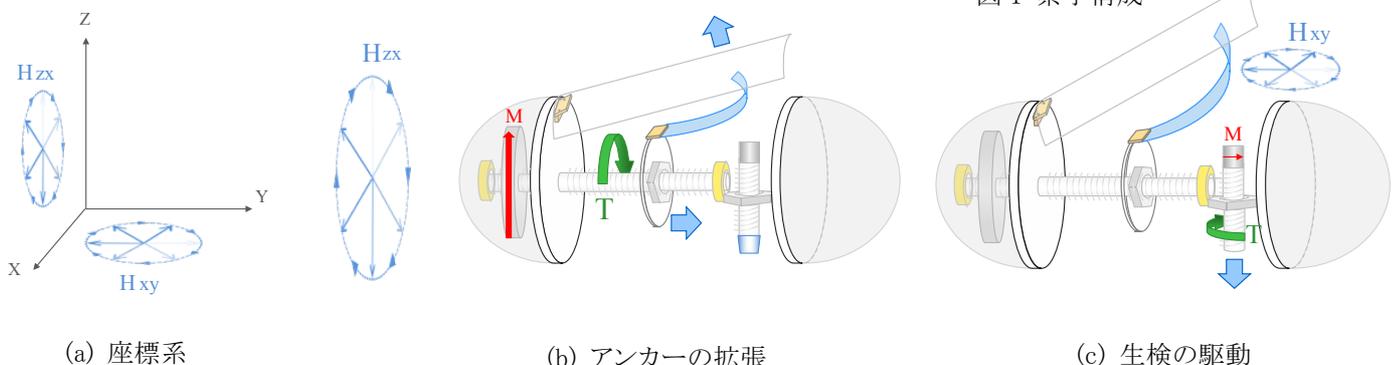


図 2 動作原理