

外部磁界で駆動可能なカプセル内視鏡用生検機構の開発

村田里史、花澤雄太、本田崇
(九工大)

Development of magnetically driven biopsy mechanism for capsule endoscope

S. Murata, Y. Hanazawa, T. Honda
(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

近年、飲むだけで消化管内を観察できるカプセル内視鏡が日本国内でも広く臨床に供せられるようになった。しかし、現状では観察機能しかないため、診断や治療の機能の実現が待たれている。本研究では回転磁界の回転面の違いを利用し、カプセルをその場に停滞させ、生検を行うことを試みたので報告する。

素子構成と動作原理

Fig.1 に筐体側面を外した素子構成を示す。停滞機構は、小腸内径 25-30mm に対応して、カプセル上部に1つと左右に1つずつの3個備えるが、ここでは紙面の都合で上部の停滞機構のみ示している。停滞機構は、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($\phi 8\text{mm} \times 1\text{mm}$)を固定した。スライダと筐体にはピンジョイントを介して、2本のリンク(銅線)を設置し、その先端にリボン状の PET フィルム($2\text{mm} \times 12\text{mm}$)を取り付けた。同図は停滞機構がたたまれている初期状態で、PET フィルムは両端から引っ張られ直線状になっている。生検機構は、ボルト(M2)の一端に直径 1mm の生検トレパン、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上部停滞機構と反対側になるよう設置される。

次に、カプセル内視鏡を消化管内で停滞させ、消化管内壁の組織を切り取り採取する動作について述べる。Fig.2 に停滞機構と生検機構の動作原理を、座標軸と共に示す。停滞機構は、回転磁界を Z-X 面に印加することで駆動する。磁気トルクによって停滞機構用ボルトが回転し、スライダが移動することにより、リンクがパンタグラフのように立ち上がり、先端の PET フィルムがカプセル側面から大きく突出する。その結果、停滞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、カプセルは下方向に押しつけられる。この状態で、X-Y 面に回転磁界を印加すると、生検機構用のボルトが回転し、先端の生検トレパンの円筒状カッターが回転しながら、生体組織を切り取り、回収する。

実験結果

ここでは停滞機構と生検機構を個別に評価した結果を述べる。上部停滞機構による突出長は最大 20mm、また、左右の停滞機構の突出長は 10mm であり、カプセル直径と合わせると、小腸内径を越える十分な大きさを確保できることを確認した。無負荷状態における停滞機構の駆動磁界は 700e 以上であった。次に、生検機構は、牛の小腸を使用して組織の採取実験を行った。900e、1Hz の駆動磁界で駆動した結果、2mm 程度の深さまで組織を採取できることを確認した。

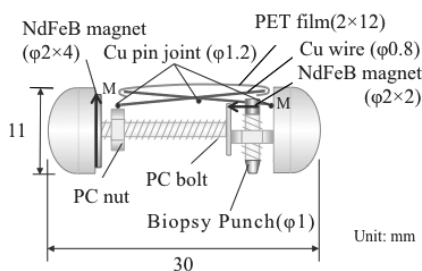


Fig.1 Structure of capsule.

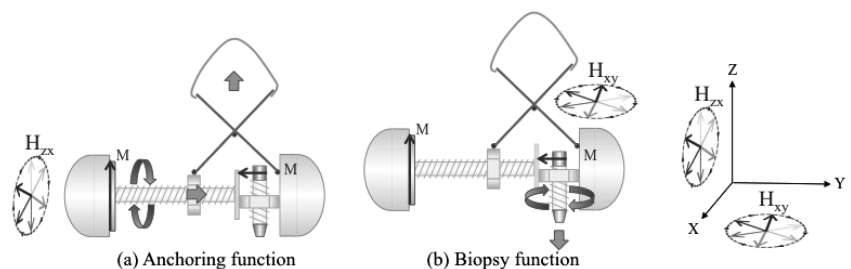


Fig.2 Actuation principle.