

回転磁界を利用したカプセル内視鏡の多機能化

村田里史、足達亮太、本田崇
(九工大)

Multi-functionalization of capsule endoscope using rotating magnetic field

S. Murata, R. Adachi, T. Honda

(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

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使用されるようになった。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、カプセルに複数の機能を持たせることを試みたので報告する。

素子構成と動作原理

ここでは多機能化の一例として、カプセル内視鏡（母船）を十二指腸内に停滞させ、胆管へ組織採取用の子機を放出・回収する動作について述べる。Fig.1 に外壁を外し機構が剥き出しの素子構成を示す。母船となるカプセルの先端部に子機を内蔵する筒を設置した構成である。母船は、3本のリンクが外側（左右と上部）に広がる停滞機構を有する。停滞機構用アクチュエータは、カプセル長軸方向と平行に設置したネジ(M2.6)に、NdFeB 磁石($\phi 5\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 、2個)を固定した六角ナット(M2.6)とブッシュを挿入し構成される。その反対側にはジョイントとリングを有する3本のCu線(左右2本:16mm長、上部1本:25mm長)を取り付け、リングとアクチュエータのブッシュを3本のリボン状PET(幅2mm、長さ15mm、0.1mm厚)で接続した。また、ブッシュには復元力のための超弾性線を設置した。

子機には粘度の高い胆汁内を推進することを想定し、らせん機構を採用した。Alパイプ($\phi 2\text{mm} \times 6\text{mm}$)に、Cu線($\phi 0.2\text{mm}$)をらせん状に 45° で2条巻き付け、その両端にNdFeB磁石($\phi 2\text{mm} \times 2\text{mm}$)を配置している。なお、NdFeB磁石の磁化は、らせん軸に対して垂直な方向である。

Fig.2 に母船と子機の動作原理を示す。母船は、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ナットが回転しながらブッシュを押し込むと、PETフィルムのだわみによってリンクが押し上げられカプセル側面から大きく突出し、カプセルを停滞させる。この際、上部リンクによりカプセルは下方向に押しつけられる。この状態で引き続きX-Y面に回転磁界を印加すると、子機が回転しらせん構造による抵抗力推進で胆管内を移動する。子機の回収と停滞機構の解除は、回転磁界を逆回転することで行う。

実験結果

実験は十二指腸・胆管モデルを利用し、胆管内部を100cStのシリコーンオイルで満たして行った。母船の停滞機構のリンクの最大突出長は約30mmであり、十二指腸モデル内で停滞し、胆管のある側にカプセルを押しつけることができた。停滞機構の駆動は周波数1Hz、150Oeで行ったが、誤って子機が放出されることはなかった。子機は70Oeの回転磁界で駆動させ、鉛直方向に対する放出と回収も可能であった。

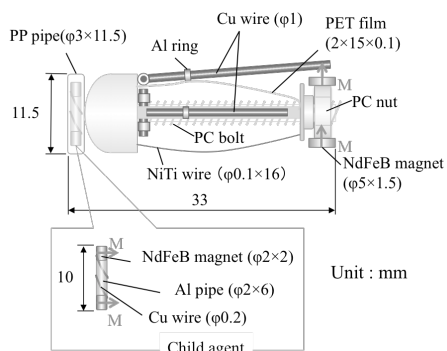


Fig.1 Capsule with child agent.

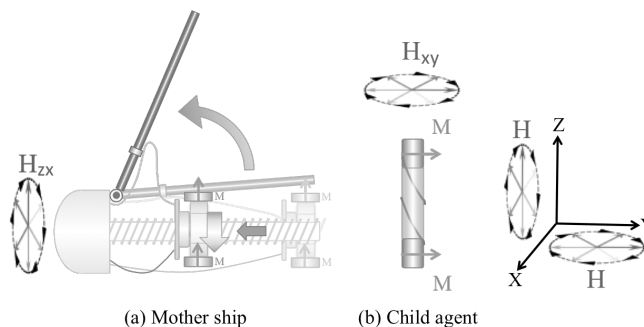


Fig.2 Actuation principle.