

胃腔用磁気誘導カプセルの試作

本田崇、田中祥恵
(九工大)

Fabrication of magnetically navigated capsule-type medical device for stomach inspection

T. Honda and S. Tanaka
(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

現在、国内で認可されているカプセル内視鏡は、小腸や大腸を検査対象としており、消化管の蠕動運動によって受動的に移動する。そのため、胃腔内のような広く複雑な形状の消化器には不向きとされる。そこで本研究では、胃腔に適用可能なカプセル内視鏡を実現するために、胃腔内を水で満たした条件下で、外部磁界によって駆動する推進機構をカプセルに組み込むことで誘導機能を付与したので報告する。

素子構成と動作原理

Fig.1 に素子構成を座標軸と共に示す。カプセルは初期状態で水面に直立し、水面に上部 1mm 程度を出して浮ぶ。カプセルは全長 30mm、直径 11mm、重さ 2.462 g で、内部には実際のカプセル内視鏡を想定し電子部品・バッテリー等を模した構造物を搭載する。このカプセルの側面中央部に推進機構を取り付けた。推進機構は、NdFeB 磁石 ($\phi 5\text{mm} \times 1\text{mm}$ を 2 個、厚さ方向に着磁)、捻りばね(PET、厚さ $25\mu\text{m}$ 、長さ 8mm、幅 1mm)、推進力を発生するフィルム (PET、厚さ $25\mu\text{m}$ 、長さ 11mm、幅 4mm) から構成される。

Fig.2 に 3 つの基本動作を示す。同図(a)は、基本となる水面での水平移動である。z 方向の交流磁界 H_{zAC} を印加すると、磁石が磁気トルクを受け回転振動をする。これによって PET フィルムが上下に揺動し、水を押し出すことで推進力を得る。移動させたい方向(xy 平面内)に直流磁界 (方向制御磁界) を印加すると移動方向が定まる。次に、同図(b)にカプセルを傾けるチルティングの動作を示す。z 方向の直流磁界- H_{zDC} を印加すると磁石に加わる磁気トルクは、磁石を捻りばねを中心に回転させるとともに、カプセル本体を傾かせる。このときのチルト角は、捻りばねの復元トルクとカプセルの浮心と重心の位置で決まる復元トルクの和が、磁気トルクとバランスする角度で決まる。最後に、同図(c)に潜行の原理を示す。 H_{zAC} に対し-z 方向の直流磁界(- H_{zDC})を重畳すると、PET フィルムが上方に偏った状態で振動し-z 方向の推力が発生する。

評価結果

駆動実験では、直径 220mm のコイル (z 軸方向の磁界) の巻かれた円筒水槽と、その周囲に配置した一辺 440mm の 2 組の正方形ヘルムホルツコイル (xy 平面内の磁界) を使用した。評価実験の結果、想定した 3 つの基本動作を実現することができた。各基本動作に適した駆動条件は、以下の通りである。水平移動 (直進) : $H_{zAC}=50\text{Oe}$ (20Hz) で直進速度が 35mm/s、チルティング : $H_{zDC} \geq 14\text{Oe}$ でチルト角が 20° 以上、潜行 : $H_{zAC}=20\text{Oe}$ (50Hz), $H_{zDC}=-16\text{Oe}$ で潜行角が 81° 。なお、各動作に共通する水平面内の方向制御磁界は、50Oe 程度の低磁界で十分機能することを確認した。

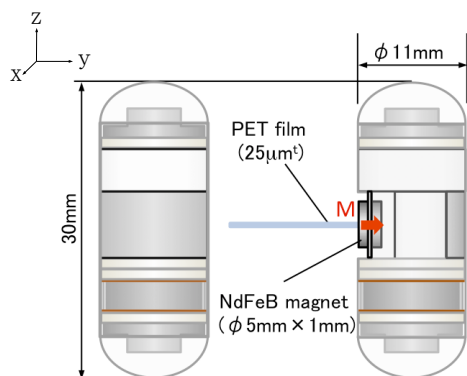


Fig.1 Structure of capsule.

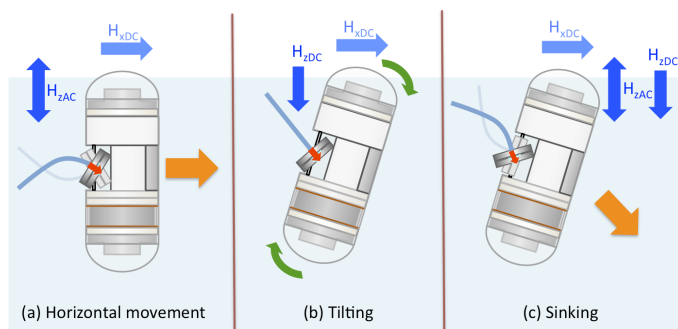


Fig.2 Basic three modes of actuation.