

OS2-3

体腔移動ロボットを用いた薬物送達システムの研究

Research of Robotic Drug Delivery System

○ 白石 確 (立命館大学) 野方 誠 (立命館大学)

Tsuyoshi SHIRAISHI, Ritsumeikan University

Makoto NOKATA, Ritsumeikan University

Abstract: Nowadays, medical technology is required to minimally invasive surgery. This research is to realize a robot which can deliver drug to the diseased part in body cavity. We have developed the robot which can move in abdominal cavity. It used magnetic field force. In this research, we added DDS (Drug Delivery System) function to our developed robot. We designed that satisfy movement to shot the injection and to push out the drug with magnetic field at once. We verified that function can be expecting movement with magnetic field. The verification was to apply magnetic field made of coil to robot. Consequently, when magnetic coil generated 0.256[T] for robot, this function could transform required form.

Key Words: Drug Delivery System, medical robot, magnetic field, injection

1. はじめに

近年、患者の体に負担を掛けずに診断・治療できる高度な医療技術が求められている。そのため、現在、低侵襲による診断・治療が可能な小型ロボットの開発が進められている。

本研究室では、体内ロボットと称する体腔内を移動・診断・治療できる小型ロボットの研究を行っている。[1] Fig. 1に示すように、長期にわたり腹腔・胸腔に留まり、診断動作・治療動作を行えることを目的としている。また、生体内を自由に移動するために、磁気誘導装置による遠隔システムが用いられている。また、低侵襲治療のひとつとして、薬物送達システム(Drug Delivery System, DDS と略す)という治療が注目されている。DDS とは Drug Delivery System の略であり、薬剤を目標とする患部にのみ効率的に投与する方法のことである。DDS の利点は少量の薬で、目的の患部だけに薬を導入できることである。従来の注射による薬液注入方法では全身に薬が回るため、患部意外に副作用症状が現れることがある。また、薬液によっては高価なものもあり、DDS により少量で安価に抑えることができる。

そこで本研究では、薬剤投与の機能を体内ロボットに搭載し、DDS 機能を有した体内ロボットの開発を行うことで、DDS 治療による体腔内での低侵襲治療を実現することを研究目的とする。

2. DDS 機能の実現方法

体内を移動し、患部に薬液導入するために必要な動作は、針を格納し、針を患部に突き刺し、薬液を注入し、再び針を格納する必要がある(Fig. 2)。

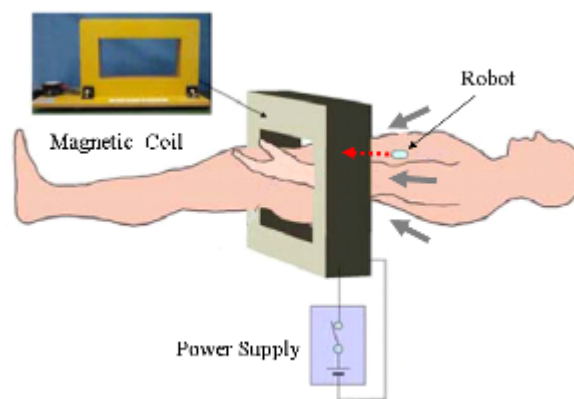


Fig. 1 Schematic drawing of robot

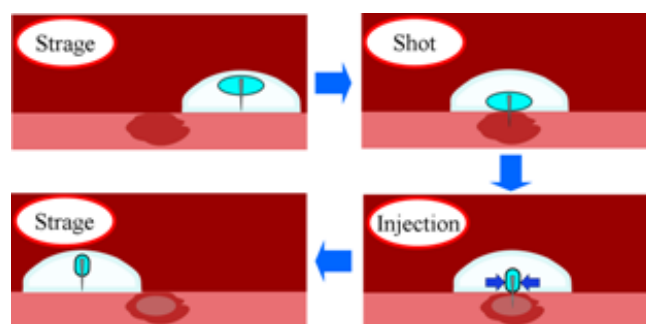


Fig. 2 Required movement

3. 治療機構の駆動力の発生方法

治療動作の機構に使用する力は体内ロボットの移動にも用いられている磁気力を使用する。磁性体を不均一磁場に置くことで、両端に磁極ができ、磁気力が発生する。

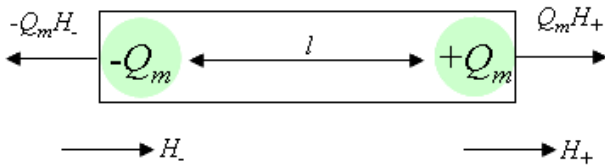


Fig. 3 Magnetic substance in non-uniform magnetic field

Fig. 3 のように磁性体を磁界に平行(x 方向)におき、磁界の強さが棒磁石の長さに沿って変化しているものとする。正磁極(強さ Q_m [Wb])の場所の磁界を H_+ [A/m]、負磁極(強さ $-Q_m$ [Wb])の場所の磁界を H_- [A/m] とすれば、磁性体にはたらく力の差だけ x 方向に移動力を受ける。

$$F_x = Q_m H_+ - Q_m H_- = Q_m l \frac{H_+ - H_-}{l} = m \frac{dH_x}{dx} \quad (1)$$

同様に、x, y, z 方向をまとめると、

$$\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{H}}{dx} \quad (2)$$

と表すことができる。磁化が外部磁界に比例するときには、みかけの磁化率を χ_{eff} [H/m] とし、磁性体の体積を v [m³] とするとき、

$$m = Mv = \chi_{\text{eff}} H v \quad (3)$$

であるから、式(2)の力は、

$$F = \chi_{\text{eff}} v H \frac{dH}{dx} = \frac{\chi_{\text{eff}} v}{2} \frac{dH^2}{dx} \quad (4)$$

となる。この式から発生力は磁性体の磁化率・体積、磁場勾配によって変化する。

4. 治療機構の動作原理と機構設計

既存の体内ロボットは水平方向への磁気力を使用することで、移動を実現させている。本研究では垂直方向への磁気力を使用することで磁性体を変形させ、治療動作となる針の突刺しと薬液の注入動作を実現させる(Fig. 4)。

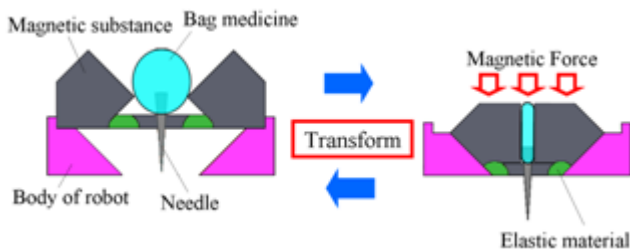


Fig. 4 Schematic drawing of mechanism

上記の機構を搭載した体内ロボットの設計を行った(Fig.

5)。また、各パーツに使用する材質を Table 1 に示す。

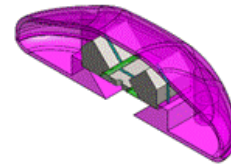


Fig. 5 An assembly drawing (Cross section)

Table 1 Quality of material

Magnetic substance	SS400
Elastic material	Silicone elastomer
Body of robot	FullCure720

5. 機構の動作検証実験

上記の設計を元に製作した実機を Fig. 6 に示す。この実機が治療動作に必要な動作を満たす変形動作を行うかについて検証を行った。Fig.

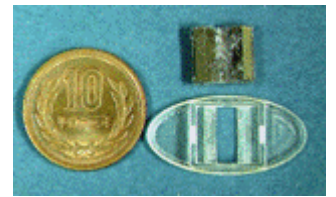


Fig. 6 Real machine

7 左のように実機の下からコイル磁場を発生させた。発生させる磁場を段階的に大きくしていった結果、0.256[T]に到達したとき、Fig. 7 右のように磁性体が屈曲する変形動作を確認することができた。

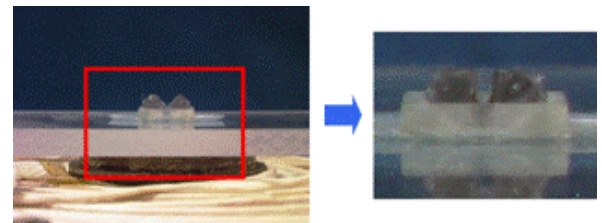


Fig. 7 Result of verification

6. おわりに

本研究では、薬剤投与の機能を体内ロボットに搭載し、DDS 機能を有した体内ロボットの実現を目指し、本報では穿刺治療機構の動作原理の提案と機構設計を行った。動作検証実験の結果では、不定期的に磁気モーメントによる磁性体の起立現象も発生した。そのため、磁性体を切り分け、長辺を小さくすることで、より正確な動作を行うように改善を行う。また今後、実機を用いた動物実験において有用性の検証も行う。

参考文献

- (1) M. Nokata and S. Kitamura, Capsule Type Medical Robot with Magnetic Drive in Abdominal Cavity, IEEE RAS / EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob 2008), pp.348-353, 2008.
- (2) 近角聰信, 強磁性体の物理(上)