

# 캡슐 내시경의 나선 구동을 위한 회전 자계의 자동 보정 Automated alignment of the rotating magnetic field for capsule endoscopes in spiral motion

\*#홍예선<sup>1</sup>, 김지윤<sup>1</sup>

\*#Y. S. Hong(yshong@kau.ac.kr)<sup>1</sup>, J.Y. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과

Key words : Capsule endoscope, Spiral motion, Alignment of rotating magnetic field, Thread mechanism

## 1. 서론

인체 장기 안의 캡슐형 내시경을 능동적으로 이동시키기 위해 내시경 내부에 이동 메커니즘을 탑재시키는 방식과 외부에서 자력장을 캡슐에 인가하여 이동시키는 방식이 연구되어 오다가 최근에는 후자의 방법이 현실적 해법으로 받아들여지고 있다. 본 논문에서는 장기의 마찰 및 접촉 조건에 따라서 회전자계에 의한 나선 운동이나 흡인 자력에 의한 병진 운동이 모두 가능한 특수한 나선기구를 소개한다. 그리고 나선 운동을 유도하는 회전자계와 캡슐 내시경의 회전축을 자동으로 정렬하기 위해 외부에서 회전시키는 영구자석의 회전축을 자동으로 보정하는 제어 시스템을 소개하고 그 효과를 실험을 통해 입증하였다.

## 2. 회전자계의 발생 원리

캡슐 내시경의 나선 구동을 위해 캡슐의 내부에는 캡슐의 회전축에 직각 방향으로 자화된 디스크 형 영구자석을 내장하고 인체 외부에서 5 자유도 매니플레이터의 말단에 부착된 외부 영구자석을 회전시킨다. 인체의 표면을 따라서 외부 자석의 3 자유도 병진이동과 요우 및 롤 방향의 2 자유도 회전을 위해서는 5 축 이상의 다자유도 매니플레이터가 필요하다.

## 3. 가변 나선 기구의 작동 원리

본 논문의 가변 나선기구는 그림 1에서 보는 바와 같이 두개의 슬라이드 링, 중앙의

고정 링, 원호 형태의 나선 블레이드로 구성된다.

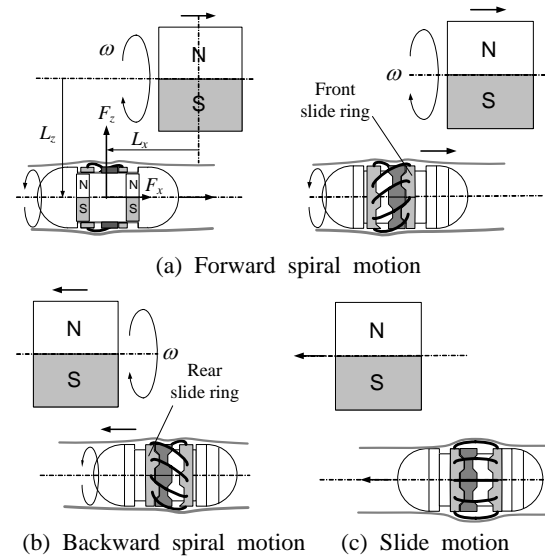


Fig. 1 Working principle of twistable thread module

영구자석이 캡슐의 전방에 위치하여 회전하면 캡슐은 나선 운동에 의해 무조건 전진한다(그림 1.a). 반대로 영구자석을 캡슐의 후방에서 회전시키면 캡슐은 항상 후진을 하게 된다(그림 1.b). 만일 영구자석이 회전하지 않고 일정 자력으로 끌어 당기면 캡슐은 순수한 병진운동으로 이동할 수 있다(그림 1.c).

## 4. 회전자계의 자동 보정 알고리즘

캡슐의 연속적인 나선 구동이 가능하도록

본 논문에서 개발한 알고리즘은 그림 2 와 같이, 캡슐 위치 측정, 영구자석 위치 보정, 나선 구동 및 견인의 3 단계로 구성된다. 캡슐의 위치 측정은 캡슐에 내장된 3 개의 자계센서에 의해 이루어진다. 캡슐의 위치가 측정되면 캡슐에 대해 최적의 회전 토크와 축방향 자력이 유도되도록 영구자석의 상대 위치를 매니플레이터에 의해 보정한다. 그리고 영구자석을 일정 시간 회전시키면 캡슐은 나선기구의 성능이 극대화되는 조건에서 이동할 수 있다.

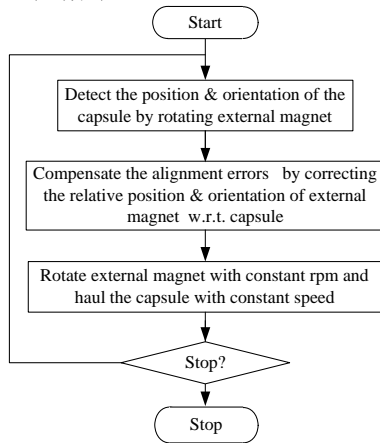


Fig. 2 Flow chart of control algorithm

### 5. 실험 결과

본 논문의 실험에서는 그림 3 과 같이 원호 형태의 인공장기를 사용하였다.

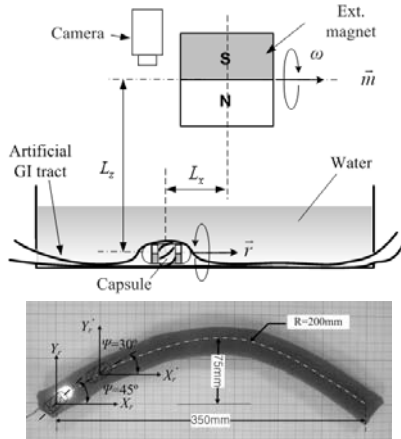


Fig. 3 Experimental apparatus with arc-shaped GI tract

캡슐과 영구자석 간의 상대 위치와 요우각을 보정한 실험 결과는 그림 4 와 같다.

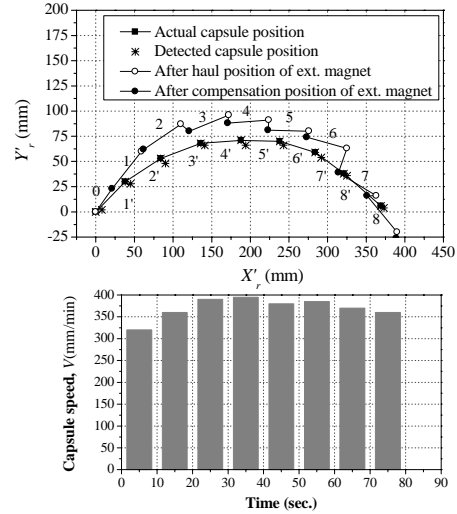


Fig. 4 Compensation effects on capsule speed and moving trajectory of external magnet

### 6. 결론

본 논문의 가변 나선기구를 장착한 캡슐 내시경이 원호 형태의 인공장기를 통과하도록 했을 때 캡슐과 영구자석 간의 상대위치와 요우각을 보정하지 않으면 캡슐은 100mm를 이동한 후 정지하였다. 그러나 본 논문의 자계 보정 알고리즘을 사용하면 캡슐은 최고 속도인 400mm/min 의 80% 이상으로 장기를 통과할 수 있었다.

### 참고문헌

- Sendoh, M., Ishiyama, K. and Arai, K. I., "Fabrication of Magnetic Actuator for Use in a Capsule Endoscope", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 39, No. 5, pp. 3232-3234, 2003.
- Lee, J. S, Kim, B. and Hong, Y.S., "A Flexible Chain-based Screw Propeller for Capsule Endoscopes," IJPEM, Vol. 10, No. 4, pp. 27-34, 2009.
- Kim, M.G., Hong, Y.S. and Lim, E.J., "Position and Orientation Detection of Capsule Endoscopes in Spiral Motion," IJPEM, Vol. 11, No. 1, pp. 31-37, 2010.