カプセル型内視鏡用経皮エネルギー伝送システム
 —小型扁平型体外コイルによるカプセル位置検出の基礎的検討—
 Transcutaneous Energy Transmission System for a Capsule Endoscope
 —Basic Investigation of Detecting the Position of Secondary Coil
 Using Small Flat Type Primary Coils—

○関屋英明¹, 青木広宙¹, 越地耕二¹

1. 東京理科大学大学院

○Hideaki Sekiya¹ and Hirooki Aoki¹ and Kohji Koshiji¹

1. Tokyo University of Science

1. はじめに

現在、消化器系内部の撮影時における受診者の苦痛・負担を低減する方法として、カプセル型内視鏡システムの研究開発が行われている。このシステムは長い消化器系全体、特に小腸を撮影することを目的としており、多くの撮影を行うためのエネルギーを長時間、安定して供給することが必要となる。これを行う方法として、電磁誘導作用を用いた経皮エネルギー伝送システムが有効である。

これまでに小型扁平型 1 次(体外)コイルの形状・周波数検討を行うことにより、エネルギー伝送効率を改善してきた。カプセル型内視鏡においてエネルギーはカメラや情報伝送、位置センサなどに用いられる。しかしながら、カプセルのサイズやエネルギー配分を考慮すると、カプセルに内蔵する素子は出来る限り少ないほうが良い。そこで、カプセルに位置センサを搭載せず、体外側で検出できる情報のみでカプセルの位置を特定することができれば、カプセルの小型化が可能になり、さらに位置センサ分の消費エネルギーが不要となる。本稿では、エネルギー伝送の際に、2 次コイル位置(カプセル位置)の変化にともなう 1 次コイルの電圧変化をとらえることによる、2 次コイルの位置検出の基礎的検討を行った。

2. 原理と実験方法

2 次コイルの位置が変化すると 1 次・2 次コイル間の結合状態が変化する。これにより 1 次コイルの端子間電圧が変化する。そこで、Fig.1 のように小型扁平型 1 次コイル(51 μ H, 巻数 15 回, 直径 10 cm, 厚さ 2 mm)を 4 つ並列接続で配置し、エネルギー伝送を行った状態において、2 次コイルの位置を変化させながら、各 1 次コイルの端子間電圧を測定した。

Fig.1 Definition of measuring points and plane

なお●を座標原点とする。測定平面は測定板の位置を Fig.1 に示すように(i) 1 次コイル 1, 2 の直径上の平面と、(ii) 1 次コイル 3, 4 の直径上の平面の 2 通りについて測定を行った。

3. 結果

Fig.2 に測定板配置(i), $Z=2.5$ cm における 1 次コイルの端子間電圧の変化率を示す。ここで、図中の変化率は 2 次コイルを結合させていない状態の各 1 次コイルの端子間電圧を基準とした場合の変化率である。

これより、1 次コイル 1 の直径にあたる $-10 \leq X \leq 0$ の領域で 2 次コイルからの距離が最も近い 1 次コイル 1 の端子間電圧の減少が最も大きく、距離が最も遠い 1 次コイル 4 の端子間電圧の増加が最も大きいことがわかる。また、 $0 < X \leq 10$ の領域においても 1 次コイル 2, 3 について同様の現象が確認できた。

また高さ方向についてはここには結果を載せていないが、 $Z=7.5$ cm 程度までは端子間電圧の変化を確認できた。

これにより、小型扁平型 1 次コイルの直径と同程度の分解能は十分に有するといえる。このため、小腸の直径(3 cm)程度の 1 次コイルを用いることにより、小腸内部の患部特定も十分可能であると考えられる。また、1 次コイルとして小型扁平型コイルを敷き詰めた構造を用い、結合状態の良いコイルのみでエネルギー伝送を行うことで、生体に対する SAR の減少も期待できる。

4. まとめ

本稿における検討から、小型扁平型 1 次コイルを使用し、2 次コイルの位置変化に対する 1 次コイルの端子間電圧の変化率を測定することにより、体外において得られる情報のみを用いて 2 次コイルの位置検出の可能性が示された。

Fig. 2 Rate of change of coil voltage as a function of position of secondary coil