体内埋込型機器用経皮的通信のための小型アンテナ Miniaturized antenna for transcutaneous radio communication devices

○横井 啓太* 青木 広宙* 越地 耕二*

本間 章彦** 巽 英介** 妙中 義之**

○Keita YOKOI*, Hirooki AOKI*, Kohji KOSHIJI*,

Akihiko HONMA**, Eisuke TATSUMI**, Yoshiyuki TAENAKA**

東京理科大学大学院* 国立循環器病センター**

Tokyo University of Science graduate school*, Research Institute, National Cardiovascular Center**

1. まえがき

各種体内埋込機器システムを生体に埋め込んだ際、体外において動作状況を非侵襲に監視、制御することが必要である[1]。小型アンテナを用いる方法は従来のような生体の皮膚を貫くケーブルや結合素子の体表までのケーブルは不要になり、結合を気にするという煩わしさがなく QOL(Quality of Life)が向上し、通信可能距離の向上が期待できる[2]。アンテナを生体内に埋め込むため小型で性能の良いものが要求されるが、小型アンテナを生体付近に配置すると生体からの影響を受けその特性は変化してしまう。そこで生体付近に小型アンテナを配置した際の特性の検討を TLM 法(Transmission Line Modeling Method)による電磁界解析で行ったので報告する。

2. 容量装荷型ループアンテナ

2・1 周波数とアンテナの大きさ

アンテナ長は高周波の電波を使用するほどアンテナの大きさが小さく出来るが、一般に高周波は生体に吸収されやすく、電磁波の電界成分は生体に影響を及ぼしやすい。一方、透磁率は真空中の値に等しく皮膚の影響を受けにくい。本稿ではアンテナ近傍において磁界は優勢であり、皮膚の透過特性に優れたループアンテナを電氣的に小型化低周波化した容量装荷型ループアンテナを採用した[1][2]。

2・2 小型化の原理

Fig.1 に示したアンテナの等価回路を伝送線路とみなした終端に静電キャパシタ C を接続した時、入力インピーダンスは(1)式で与えられる。インピーダンスの整合時に(1)式の分子が 0 となるので、(2)式となる。ここで、キャパシタ容量 C が 0 であるとき、(2)式の右辺は、 $C \rightarrow 0: \tan \beta l = \infty$ これを満たす線路長は、 $l = \lambda/4$ となる。一方、キャパシタ容量 C がある有限値を持たば、(2)式を満たす $\tan \beta l$ の値は小さくなるので、伝送線路のリアクタンスを 0 とする線路長は、 $l < \lambda/4$ となり、(1/4)波長よりも短くすることが出来る。

3. 解析

Fig.2(a)(b)に示すチューニングループ(直径 $D_t=21$ [mm])、固定。ループ長 65.97[mm])からなるチューニング面と、(b)に示すピックアップループ(直径 $D_p=11$ [mm]、比誘電率 $\epsilon_r=2.17$, $\tan \delta=0.00085$)からなるピックアップ面が、表裏一体となった構造をもつ。このアンテナ近傍に筋肉モデル(50[mm]×50[mm]×3[mm])を配置した Fig.2 (c)(d)。筋肉との距離を t とした。

Fig.1 Equivalent circuit using transmission line

(a)Tuning loop (b)Pick up loop (c)parallel (d)perpendicular
Fig.2 Simulated models

4. 解析結果

Fig.3 にキャパシタ容量 2.2[pF]、平行、垂直に 2[mm]離して配置した時のリターンロス特性を示す。平行、垂直共にアンテナを筋肉付近に配置することによりアンテナのリターンロス特性は大きく変化し、ピーク値の周波数もシフトした。

Fig.3 Return loss (C=2.4[pF], t=2[mm])

これはアンテナを筋肉表面に配置することにより、アンテナの入力インピーダンスが大幅に変化しているためである。そこで、再度入力インピーダンスの実部が 50[Ω]付近でリアクタンスが 0 となるようにキャパシタ容量を平行時 15.83[pF]、垂直時 1.267[pF]増加させ整合を取り直した。整合を取り直すことによってアンテナのリターンロス特性は平行時では -26.9[dB]、垂直時では -23.4[dB]と大幅に改善された(Fig.4)。また、リターンロスの鋭さが異なるのは垂直時の入力インピーダンスが高いためである。

Fig.4 Return loss (Matched)(C=2.4[pF], t=2[mm])

5. あとがき

以上、本稿では生体表面にアンテナ配置し、その配置方向によりリターンロス特性が大きく変化したことを確認した。また、キャパシタで再度整合を取り直すことによってリターンロス特性のピーク値は無配置時と同等程度まで改善された。

6. 参考文献

- [1]小林健太, 柴健次, 越地耕二, 島田光功, 直野義昭, 妙中義之:「体内埋込型インスリン注入システム用経皮通信システムの試作・評価」, 人工臓器, Vol.32, No.2, S-164 (2003 年)
- [2]横井啓太, 青木広宙, 越地耕二, 本間章彦, 巽英介, 妙中義之:「体内埋込型機器用ワイヤレス通信のための小型アンテナの検討」, 第 18 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集, pp.125-128 (2006 年)