

褥瘡検出システムにおける送受信アンテナ分離の検討

Examination of Transmission and Reception Antenna Separation for Pressure Ulcer Detection

小川 日鶴† 浅野 佑介† 小林 大希† 高橋 応明†

Hizuru OGAWA† Yusuke ASANO† Hiroki KOBAYASHI† Masaharu TAKAHASHI†

† 千葉大学

† Chiba University

1. はじめに

褥瘡とは、長時間皮膚に圧力がかかり、血流が低下することで生じる局所的な皮膚及び皮下組織の損傷である。褥瘡は進行すると治療が長期化し、場合によっては外科手術が必要とされる。そのため、早期発見により患者の身体及び治療する医療従事者の負担を軽減することができる。そこで本研究では、ベッドマット下等にアンテナを設置し、マイクロ波を用いて褥瘡発生時の皮下組織の変化を検出することにより、非接触式での褥瘡の早期発見を目指す。

先行研究[1]では、アンテナ1素子のみで検出していたため精度に限りがあった。そのため、本研究ではアンテナを送信アンテナと受信アンテナに分けて検出することで精度向上を目指す。本稿では、送信アンテナと受信アンテナを分離した状態で、褥瘡の検出が可能か調査したため報告する。

2. 解析モデル

今回作成したパッチアンテナを図1に示す。マイクロストリップ線路を用いた平面給電としてアンテナを設計し、所望周波数 10.5 GHz において S_{11} は -34.0 dB、最大動作利得は 5.75 dBi と良好な結果が得られた。

また、本稿では設計したアンテナ2素子を図2のように並べ、片方のみ励振させることで送信アンテナと受信アンテナとして解析を行った。簡易皮膚モデルは皮膚、脂肪、筋肉、骨、そして血液から構成される層構造モデルとして作成した。褥瘡部に関して、皮膚層に厚さ 1 mm の血液層を挿入したステージ 1、深さ 2.6 mm、5.8 mm、8.8 mm の欠損の底面に厚さ 1 mm の血液層を挿入したステージ 2~4 の計 4 段階とした。また、褥瘡の一边の大きさ L は 10 mm、アンテナ間距離を 0~40 mm まで、2 mm 刻みで計 21 カ所の解析を行った。

作成したモデルにおける透過係数(S_{21})をそれぞれ算出し、健康皮膚モデルと褥瘡皮膚モデルの透過係数差 $|\Delta S_{21}|$ を式(1)により算出した。

$$|\Delta S_{21}| = |S_{21}(\text{褥瘡皮膚}) - S_{21}(\text{健康皮膚})| \cdots (1)$$

褥瘡検出が可能と判断する $|\Delta S_{21}|$ は、人体が動くことを考慮して 3 dB 以上とした。

3. 解析結果

所望周波数での解析結果を図3に示す。ステージ 2~4 において、アンテナ間距離が 10 mm を除いた 4 mm~14 mm 前後の際に $|\Delta S_{21}|$ が 3 dB を超えたが、ステージ 1 ではアンテナ間距離が変化しても 3 dB を超えなかった。また、各ステージにおいて、アンテナ間距離が 10 mm の際に 8 mm、12 mm の際に比べて $|\Delta S_{21}|$ が低い値となるのは ΔS_{21} の符号が変わる点であるためだと考えられる。

4. まとめと今後の展望

本稿では送信アンテナと受信アンテナを分離した状態で、褥瘡の検出が可能か調査した。解析結果より、送信アンテナ間の距離を特定の値にすることで、ステージ 1 以外の褥瘡が検出可能ということが分かった。今後は、生体ファントムを用いて実証実験をする予定である。

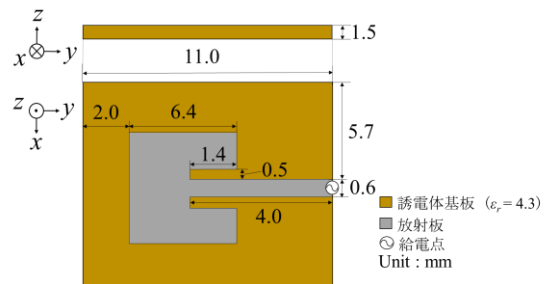


図1 パッチアンテナ

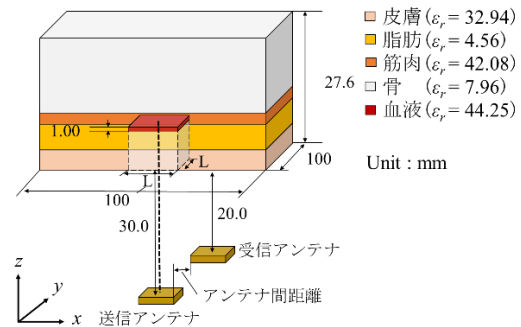


図2 モデル俯瞰図

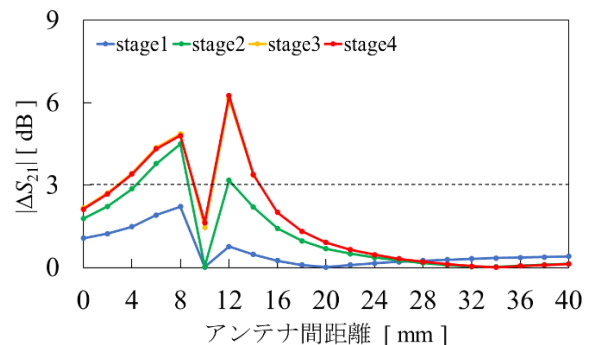


図3 透過係数の差

参考文献

- [1] Miki Kosaka and Masaharu Takahashi, "Stage identification using electromagnetic waves for noncontact bedsores detectionsystem," 2019 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Xi'an, China, 2019, pp.1-3.