

# 認知症徘徊者検知用インソールアンテナの研究

佐藤 昂大<sup>†</sup> 佐藤 弘康<sup>‡</sup> 陳 強<sup>‡</sup> 鈴木 和浩<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 東北大学工学研究科 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05  
TEL: 022-795-7099

E-mail: <sup>†</sup> sato.kodai.p7@dc.tohoku.ac.jp

## Research on Insole Antennas For Detecting Wandering Dementia Patients

Kodai SATO<sup>†</sup> Hiroyasu SATO<sup>‡</sup> Qiang Chen and Kazuhiro Suzuki<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Engineering, Tohoku University

6-6-05 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai-shi, 980-8579 Japan

TEL: 022-795-7099

E-mail: <sup>†</sup> sato.kodai.p7@dc.tohoku.ac.jp

**あらまし** 認知症による徘徊者を検知することを目的として、靴のインソールに装着した 2.45 GHz 帯ボウタイモノポールアンテナを提案し、放射特性を実験的に求めた結果を述べている。アンテナを靴のインソールに挿入した場合、アンテナと地面の距離が近いためにクロスオーバーポイントが近距離となり受信電力が低下する課題がある。そこで本研究では、受信アンテナの設置高さの最適化およびダイバーシティ技術の利用により受信電力を向上した結果を述べる。

**キーワード** インソールアンテナ, 徘徊検知, ダイバーシティ

### 1. まえがき

近年、認知症患者の徘徊事例が増加しており、屋外に出た徘徊者の検知技術が求められている[1, 2]。対策の一つとして、患者への GPS 機器の装着が考えられるが、消費電力が大きく頻繁な充電が必要となること、患者自身が機器を容易に外せることなどの課題がある。

本報告では、これらの課題を解決する検知技術として、靴に挿入可能なインソールアンテナを提案する。この方法では、靴のインソールにアンテナを挿入することで患者にアンテナを常時付帯させることができ、靴に埋め込んだ圧電素子を用いた給電を想定しているため充電の必要性もない。一方、アンテナが地面に近い場合通信可能距離が小さくなってしまいう課題がある。

本報告では、放射特性を実験的に求めた結果を示すとともに、受信アンテナの高さの最適化およびダイバーシティの活用による通信範囲の拡大について検討した結果を述べる。

### 2. インソールボウタイモノポールアンテナの設計

インソールアンテナには、人体の土踏まずに設置した場合に、より高利得を示す垂直偏波アンテナを使用する。インソールにアンテナを挿入することを想定して、物理的な大きさの観点と高い放射効率を得るために、図 1 のボウタイモノポールアンテナを設計した。

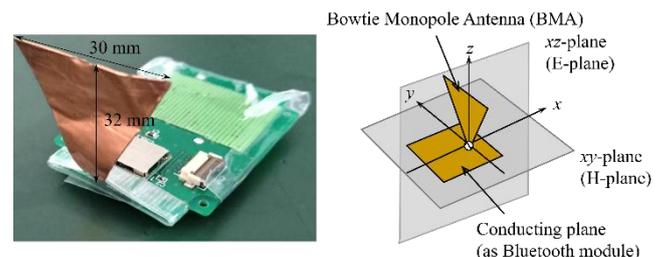


図 1 設計した 2.45 GHz 帯ボウタイモノポールアンテナ

設計したボウタイモノポールアンテナの動作利得パターンを測定した。測定は図2のようにネットワークアナライザのPort1にボウタイモノポールアンテナ、Port2にAPFAを接続し、電波暗室で行った。動作利得は標準ダイポールの $S_{21}$ をもとに以下の式で導出した。

$$G[\text{dBi}] = |S_{21}|_{\text{ANT}}[\text{dB}] - |S_{21}|_{\text{DIPOLE}}[\text{dB}] + 2.15 \quad (1)$$

結果を図3に示す。アンテナの $xz$ 面について $z$ 軸からの傾き角を $\theta_b$ とすると $\theta_b = 0^\circ$ のとき、最も強い水平方向への放射が得られたため、モノポールモードが最適といえる。

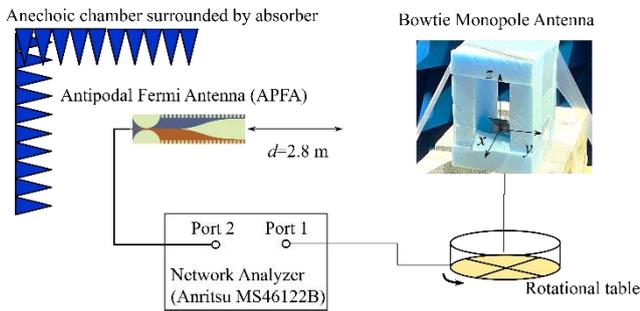


図2 動作利得測定の実験系

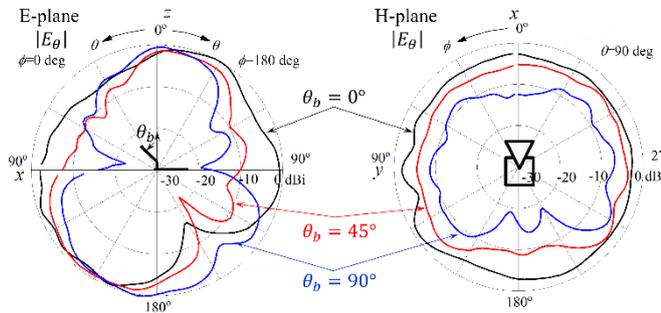


図3 ボウタイモノポールアンテナの動作利得パターン

### 3. 受信アンテナ高に対する受信電力

送信アンテナを靴に挿入した場合、アンテナと地面の距離が近いために、受信電力が低下してしまう課題がある。これに対し、本報告では受信アンテナの高さを上げることで受信電力を増加させることを試みた。実験においては、送信にボウタイモノポールアンテナ、受信にパッチアンテナを用いた。動作周波数は2.45 GHzとする。図4の実験系において送信インソールアンテナを発泡スチロールで移動用ロボットに固定し、ロボットを $x$ 軸正方向に $v = 0.1 \text{ m/s}$ で移動させたときの受信パッチアンテナにおける受信電力を測定した。送信インソールアンテナの地面からの高さを $h_T = 2 \text{ cm}$

に固定した際の、受信パッチアンテナの高さが $h_R = 33 \text{ cm}$ ,  $3 \text{ m}$ ,  $6.89 \text{ m}$ の各場合における受信電力の距離特性の結果を図5に示す。この結果から、受信アンテナの高さが高いほど受信電力が向上することがわかった。

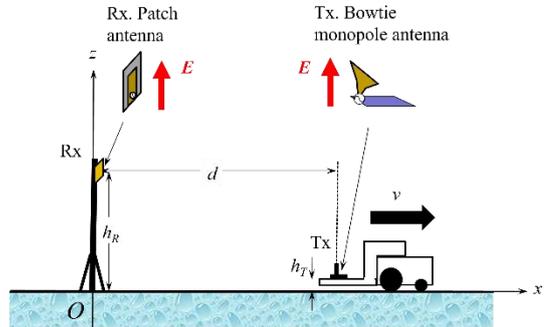


図4 受信電力の距離特性評価用実験系

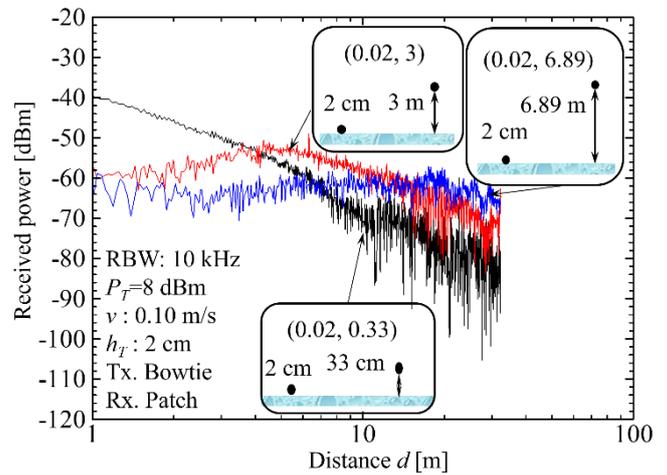


図5 受信電力の距離特性

2波モデルにおいて、受信電力が距離の-2乗の減衰から距離の-4乗の減衰に変化するクロスオーバーポイント

$$d_c = \frac{4\pi h_T h_R}{\lambda_0} \quad (2)$$

が存在する。通信可能距離を大きくするにはこのクロスオーバーポイントを大きくすることが重要であり、(2)式から受信アンテナの高さ $h_R$ とクロスオーバーポイント $d_c$ が比例関係にあること、 $h_R$ が大きいほど通信距離を大きくできることがわかる。 $(h_T, h_R) = (0.02, 0.33)$ ,  $(0.02, 3)$ ,  $(0.02, 6.89)$ のときの $d_c$ はそれぞれ0.68 m, 6.16 m, 14.1 mとなり、 $h_R$ が大きいほど $d_c$ が大きいため受信電力が向上したものと考えられる。

### 4. 両足のインソールアンテナを用いた選択ダ

## イバーシティ

送信インソールアンテナを靴に挿入した状態で歩行すると、足の高さの変動によって受信電力は大きく増減を繰り返す。そこで、送信インソールアンテナを両足に挿入し、二つの信号のうち受信電力の高い方を選択して利用する選択ダイバーシティを試みた。図5の実験系において $x = 5\text{ m}$ 地点を $y$ 軸負方向に歩行した場合の受信パッチアンテナにおける受信電力を測定した。送信インソールアンテナを両足に挿入した場合と右足にのみ挿入した場合の実験を行い、受信パッチアンテナの高さは $0.75\text{ m}$ 、歩行は1秒間に1歩の速度で実施した。各場合における受信電力を比較した結果を図7に示す。両足に挿入した場合は片足のみの場合と比較して、全体的に高い受信電力を得ることができた。

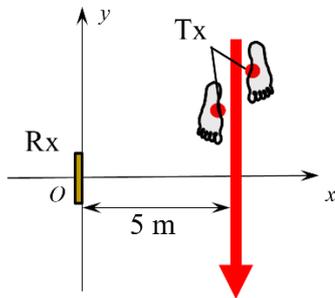


図6 選択ダイバーシティ評価用実験系

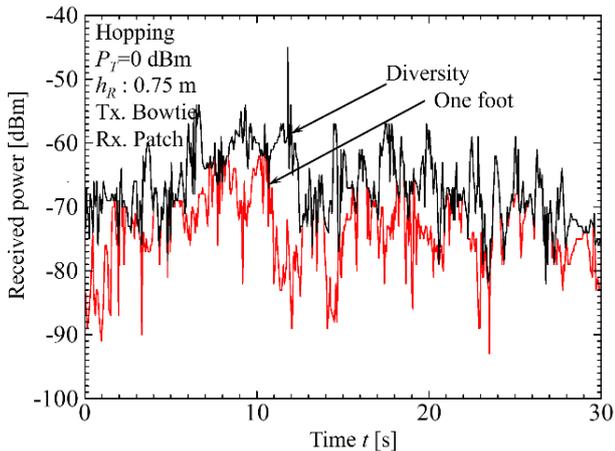


図7 選択ダイバーシティを用いた受信電力の時間特性

## 5. まとめ

本報告では、認知症徘徊者を検知することを目的としたインソールアンテナとして、ボウタイモノポールアンテナを設計した。また、受信アンテナの高さを上げること、および選択ダイバーシティの適用により、

インソールアンテナにおける通信距離を改善できることを示した。

## 6. 謝辞

本研究の一部は経済産業省成長型中小企業等研究開発支援事業(Go-Tech 事業)JPJ005698の支援を受けて行われた。

## 文献

- [1] J. Xu, M. Motoyoshi, H. Sato, N. Suematsu, K. Yasui, and Q. Chen: "A Low-Loss and Compact UHF RFID Tag Antenna for Implanted Denture," IEEE Journal of Radio Frequency Identification, Vol.6, No.3, pp.210–218 (2022)
- [2] Vatankhah Varnoosfaderani, M., Ammann, M. J., John, M., and Elsdon, M.: "A suspended shorted patch capacitively fed using an inverted L-shape feed is a compact antenna for wearable wireless sensors," Proc. International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), pp.896–897 (2015)