

負の誘電率を有する物質装荷によるアンテナの小形化の検討

A Study on Miniaturization of Antenna by Loading Negative Permittivity Material

○ビーソティア¹, 柴田国明², 三枝健二²Bee Sothea¹, Kuniaki Shibata², Kenji Saegusa²

Abstract: Due to the advancement of technology, the trend of the wireless communication device technology has been dramatically decreased the weight and size. According to enhancement in this trend, the antenna must be designed to be smaller and more efficiency. Therefore, the objective of this paper is to make the antenna become smaller in term of size by applying meta-material that has negative permittivity on the element of monopole antenna.

1. まえがき

近年、携帯電話や携帯ゲーム機など無線通信を行う機器の需要が増加している。これらは小形なものも多く、内蔵されているアンテナも小形であることが望まれる。アンテナの小形化は様々な方法でなされている[1]。その中で、アンテナの小形化に寄与できる負の透磁率や誘電率を有するメタマテリアルの研究が注目を集めている[2]。先の研究では、負の透磁率を有する物質を用いてパッチアンテナの小形化の検討を行った。本稿では、負の誘電率を有する物質を用いてモノポールアンテナの小形化の検討を行う。

2. 装荷物質と使用アンテナ

負の誘電率を有する物質は銅 (Cu) と PPS 樹脂の複合材で実現し得る。複合率の例として Cu30PPS70 は、Cu30%、PPS70%の複合で、以降 Cu30 と表記する。CuPPS の比誘電率の測定結果を図 1 に示す。図 1 により、負の誘電率を持つ物質を現実に作製することが可能であると確認される。

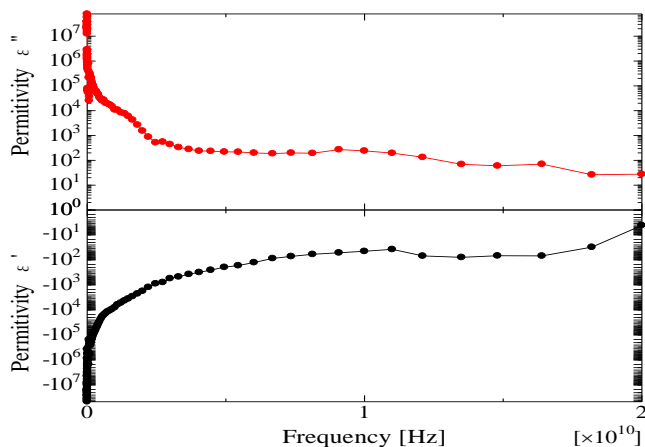


Fig. 1 CuPPS の比誘電率による周波数特性

ここではモノポールアンテナに負の誘電率を有する物質を装荷し、アンテナの小形化を図る。使用するモノポー

ルアンテナは 20GHz のものを対象とした。アンテナの寸法は反射板 200x200mm, エレメント 3.75mm である。20GHz のアンテナに負の誘電率を持つ物質 CuPPS を装荷した解析モデルを図 2 に示す。

装荷方法は CuPPS の中心に穴が空いており、モノポールアンテナのエレメント部分にかぶせるように装荷する。CuPPS の外観を図 3 に示す。

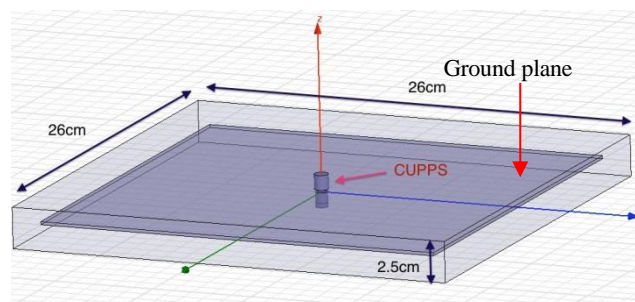


Fig.2 モノポールアンテナ解析モデル

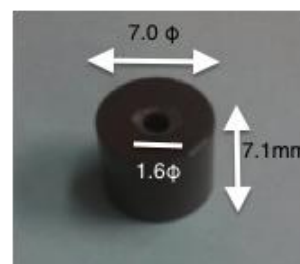


Fig.3 CuPPS 外観

3. 負の比誘電率によるリターンロス解析

ここではどのような誘電率の値であれば小形化がなされるかの検討を行う。負の比誘電率の実数部 ϵ_r' (-200, -100, -50, -1) を固定して比誘電率の虚数部 ϵ_r'' を変化させてリターンロスの解析を行った。この結果を図 4 に示す。結果より、 $\epsilon_r' = -200$, $\epsilon_r' = -100$, $\epsilon_r' = -50$ の場合では、 ϵ_r'' の値はどんな変化をしても、リターンロスがゼロに近い、ほぼ全反射となった。しかし、 $\epsilon_r' = -1$, $\epsilon_r'' = 4$ のとき、リターンロスは -37dB で共振周波数は 5GHz となっており、75%小形化できるとわかった。

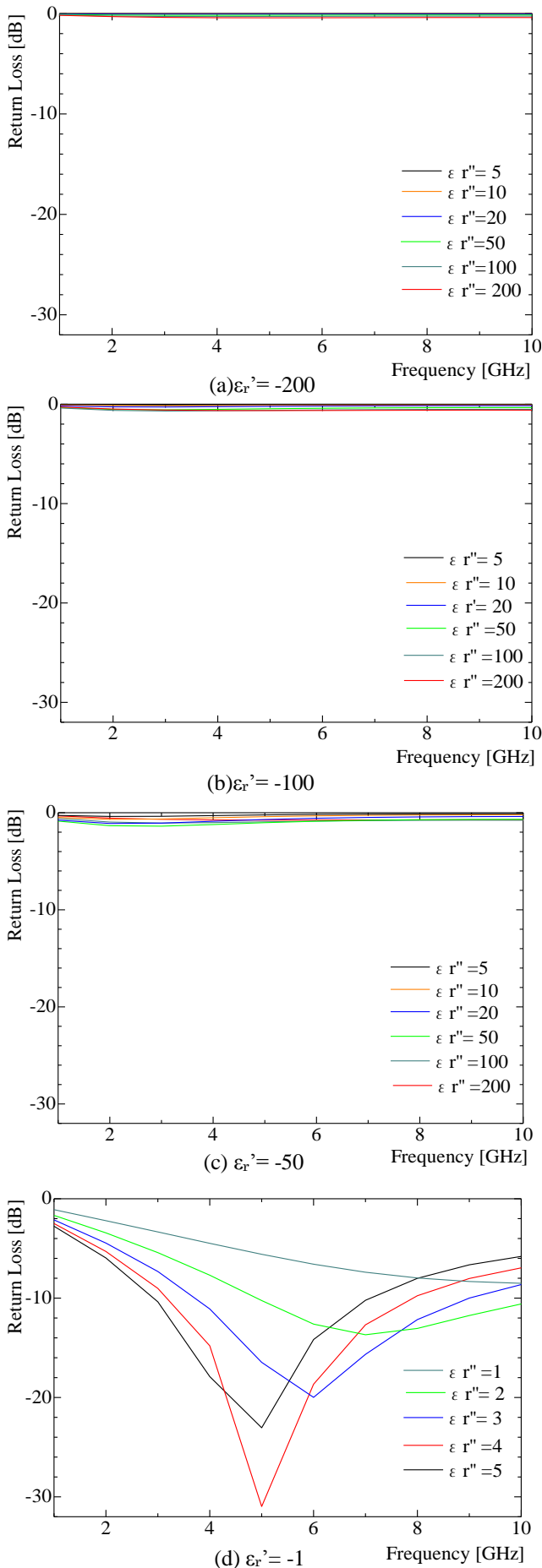


Fig.4 Return Loss

4. 入力リアクタンスの解析

物質の装荷前後の入力インピーダンスの変化について検討を行う。20GHzで設計したモノポールアンテナに負の誘電率の物質(CuPPS, $\epsilon_r' = -1$, $\epsilon_r'' = 4$)を装荷する前後のインピーダンスそれぞれを解析し、リアクタンスの差を検討する。

図5にモノポールアンテナにCuPPSを装荷する前後のリアクタンスを示す。赤線はアンテナ単体のリアクタンスであり、青線はCuPPS装荷後のリアクタンスである。さらに黒の実線はCuPPS装荷後のリアクタンスから装荷前のリアクタンスを減算したものである。

CuPPSが負の誘電率として動作している場合、CuPPS装荷後のリアクタンスは装荷前に対して誘導性になると予測できる。図5の黒線を見ると、約1GHz~9GHzでリアクタンスの差が正の値で誘導性の変化をしており、CuPPSが負の誘電率で動作していることが確認される。

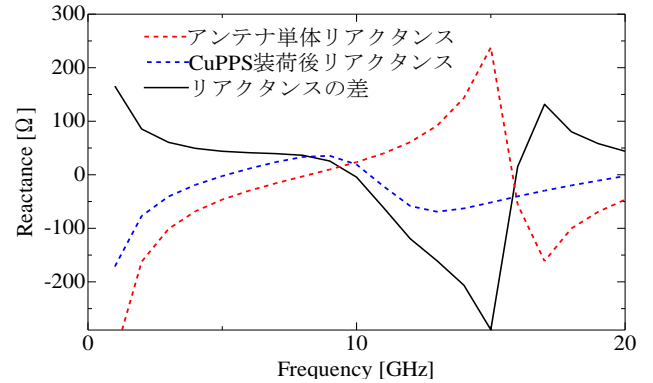


Fig.5 Reactance difference 解析

5. まとめ

比誘電率の実数部 ϵ_r' (負) を大きくし、虚数部 ϵ_r'' (正) を小さくすることによってリターンロスが低下し、共振周波数が低域化することがわかった。そして $\epsilon_r' = -1$, $\epsilon_r'' = 4$ とする CuPPS を作製することが可能であれば、アンテナの小形化が可能であると考えられる。

最後に貴重な材料を提供していただいた広島大学の 蔦岡教授に、またご討論いただく筑波大学の藤本名誉教授に深謝いたします。

6. 参考文献

- [1] 松崎明, 遠藤進也, 森下久, 野村壮史, 佐藤和夫, "アンテナの小形化を目的とした装荷電磁材料の構造最適化に関する検討", 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J90-C, No.12 pp. 913-921, 2007
- [2] Ho-Yong Kim, "The Design of a Small Monopole Type Antenna using Negative Permittivity Meta-material Structure", IEEE. 10.1109/IWAT.2008.4511335, pp.275-278, 2008