

M-16

負の誘電率を有する物質装荷によるダイポールアンテナの小形化の解析的検討 An Analytical Study on Miniaturization of Dipole Antenna by Loading Negative Permittivity Material

○甲斐将和¹, 三枝健二²
Masakazu Kai¹, Kenji Saegusa²

Abstract: Wireless devices used in recent years are often small in size for mobility. Therefore, it is necessary to miniaturize the antenna used for the wireless device. In this paper, the miniaturization of dipole antenna by loading material object with negative permittivity on the element of dipole antenna is studied analytically.

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。これらの機器は携帯しやすいように小形化が進んできている。そのため、機器に内蔵されているアンテナもそれに伴い小形化する必要がある。アンテナの小形化は様々な方法で行われているが、その内の1つとして負の誘電率を有する物質装荷によるアンテナ小形化の研究を行っている。

先行研究ではCuPPSという作成した材料のみを用いてアンテナの小形化の検討を行っていたが[1]、本稿ではさらなる小形化を追求し、装荷する物質の誘電率を変更することでアンテナの小形化を解析的検討する。

2. 提案アンテナ

小形化するアンテナは20GHzに共振点を持つダイポールアンテナとした。負の誘電率を有する物質の形状は中空の円柱状であり、寸法はCuPPSを装荷した場合にリターンロスが-10dBとなる最低周波数が最も低域化した高さ2mm、内径1.62mm、外径8mmとした[1]。

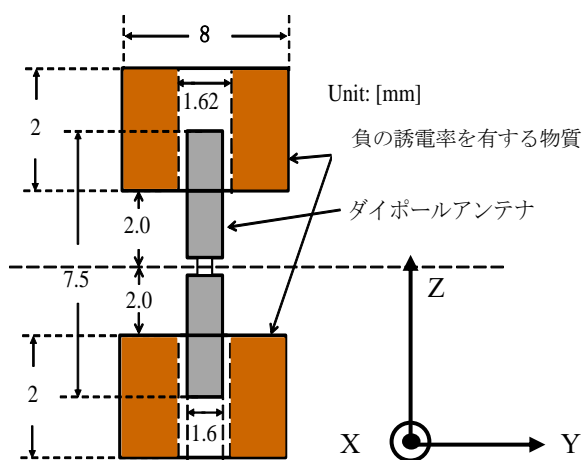


図1 提案アンテナの寸法

図1のように、2つの負の誘電率を有する物質をダイポールアンテナに被せるようにして装荷する。この際、負の誘電率を有する物質が金属を含む物質であることから電波の遮蔽を防ぐため、それぞれの負の誘電率を有する物質において、給電点中心から2mm程被せない部分を設けて装荷している。

3. 誘電率の最適化

先行研究では銅(Cu)30%とポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂70%を混ぜ合わせたCuPPSを装荷していたが、ここでは図1に示した装荷する物質の誘電率がどのような値であれば最も小形化に適しているのか検討を行う。装荷する物質の誘電率を変化させたときのリターンロスの変化から、リターンロスが-10dBとなる最低周波数を求め、その周波数に対応した半波長ダイポールアンテナの全長と提案アンテナの全長を比較し、どれだけ短縮されているかを確認する。

装荷する物質の誘電率を変化させたときの短縮率の変化を図2に示す。

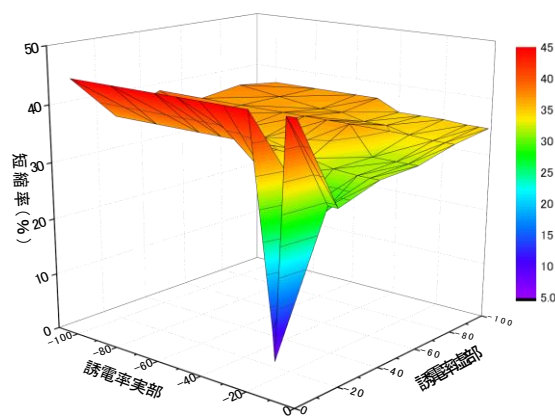


図2 誘電率を変化させたときの短縮率の変化

図2の結果より、誘電率が $-9-j1$ のとき提案アンテナの全長が最小となった。そのときの短縮の効果は6.34%

となり、目標である 10%を満足する結果となった。この誘電率を有する物質を実現できれば非常に小形のアンテナが実現可能になる。

4. 提案アンテナの放射特性

3章で求めた最適な誘電率の物質を図 1 のように装荷した提案アンテナの放射特性を図 3 に示す。図 3 から負の誘電率を有する物質を装荷した場合の絶対利得は-14.8dBi となった。負の誘電率を有する物質を装荷していない半波長ダイポールアンテナと比較すると、絶対利得は 16.6dB 低下したが、利得とアンテナの小形化はトレードオフの関係であるため利得の低下は避けられない。

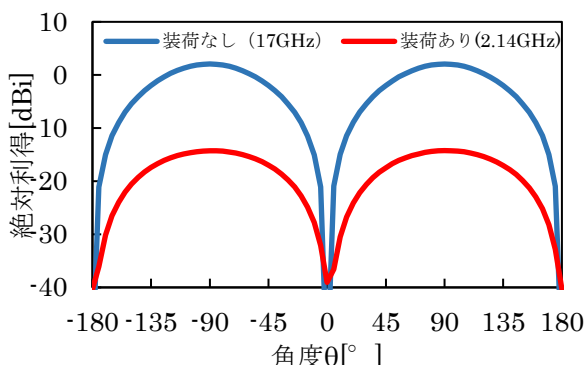


図 3 提案アンテナの放射特性

5. 形状の変更

今までは装荷する物質の形状は円柱でのみ行っていたが、形状の変化により更なる小形化を考え、装荷する物質の形状を円柱から四角柱へと変更する。四角柱でも円柱の場合と同様に小形化が可能なのかを確認するため、円柱での最適な寸法と同等な体積である高さ 2mm、奥行 7mm、幅 7mm とし、X 軸と Y 軸に四角柱の辺が平行になるように装荷し、同様にリターンロスの変化を確認した。また、このとき装荷する物質は CuPPS を用いている。そのときのリターンロスの変化を図 4 に示す。

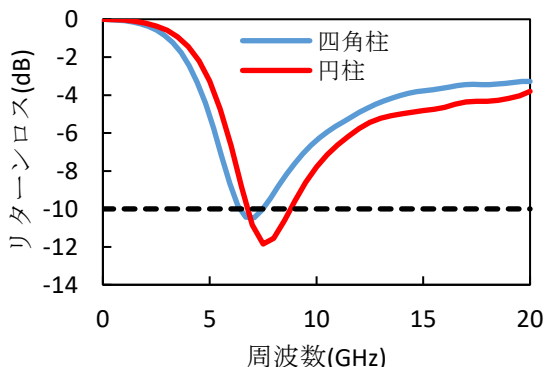


図 4 形状を変化させたときのリターンロスの変化

図 4 より円柱と同様にリターンロスが低域化していることが分かる。したがって、四角柱でもアンテナの小形化が可能であるといえる。

6. 四角柱での放射特性

四角柱を装荷した場合の提案アンテナの放射特性を図 5 に示す。円柱の場合と同様に物質装荷無しでのダイポールアンテナと同様な形状となり利得は約-1.2dBi となった。

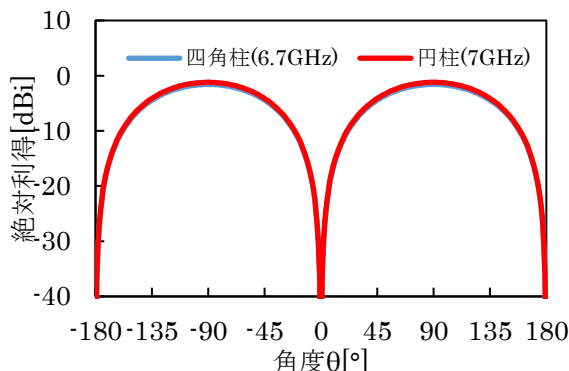


図 5 四角柱での放射特性 (θ 方向)

今までは装荷する物質の形状が円柱だったため φ 方向は考えず θ 方向のみを考えていたが、四角柱の場合では φ 方向も考慮する必要がある。そこで、奥行きと幅の比を極端に大きくした場合にどれだけの影響が出るかを確認するため、高さは 2mm のまま、奥行きを 4mm、幅を 12.5mm とした時の φ 方向の放射特性を確認した。このとき、θ 方向は 90° としている。四角柱を装荷した場合の提案アンテナの放射特性は φ に依存していた。しかし、利得の差は最大でも 0.16dB 以下なので影響は無いと考えられる。

7. まとめ

本検討において、装荷する物質の形状が円柱状の場合、誘電率は-9-j1 のときに短縮率は 6.34%となり、目標である 10%を満足することができた。放射特性に関しては負の誘電率を有する物質を装荷すると利得は低下したが、指向性形状は変わらない。また、装荷する物質の形状を四角柱へと変更しても同様に小形化が可能であり、φ 方向の影響もほとんどない。

参考文献

[1] 阿部豪太, 三枝健二:「負の誘電率を有する物質装荷によるダイポールアンテナの小形化の検討」, 第 61 回日本大学理工学部学術講演会, M-12