

携帯端末用高性能内蔵アンテナ — 電流対称平面アンテナ

High-Performance Internal Antenna for Handsets - Rotationally Symmetric Current Planar Antenna

溝口 聡 鈴木 裕道 天野 隆

■ MIZOGUCHI Satoshi ■ SUZUKI Hiromichi ■ AMANO Takashi

携帯端末用内蔵アンテナとして、端末正面方向への放射を抑制した電流対称平面アンテナを開発した。

基板上の不平衡電流を低減するために、平衡給電のダイポールアンテナを基本とし、端末背面から見て点対称な電流が流れるように同一平面内に寄生素子を配置した。自由空間におけるアンテナ特性は、モーメント法による数値計算から明らかにし、モーメント法で得られる電流分布から、端末正面方向の放射を抑制する効果を説明した。また、通話時におけるアンテナ特性は、FDTD (有限差分時間領域) 法を用いて明らかにした。計算結果から、一般的なモノポールアンテナと比較して通話時の放射効率が低いことを示し、実験により計算結果の妥当性を検証した。

In this paper, Toshiba proposes a novel rotationally symmetric current planar antenna with suppression of radiation toward the operator, for use in handsets. We use dipole antennas with balanced feed basically to reduce unbalanced current on the printed circuit board ground (PCB-GND), and parasitic elements in the same plane to obtain rotationally symmetric current. The performance of the antenna in free space was calculated by the method of moments (MoM). The current distribution calculated by MoM was used to elucidate the effect of suppression of radiation toward the operator. The performance of the antenna at the talking position was calculated by the finite difference time domain (FDTD) method. Measurements were carried out to confirm the calculations. The calculation results showed that this antenna has higher radiation efficiency at the talking position than the conventional monopole antenna.

1 まえがき

近年、携帯電話を中心とした携帯端末が、機器の高機能化や低価格化に伴って爆発的に普及している。現在では、画面の大型化が可能な折り畳み型(クラムシェル型)が主流となっているが、今後は、その機能や用途に合わせて様々なデザインの携帯端末が開発されると予想される。

携帯端末では一般的に、1/4波長モノポールアンテナに代表される外部アンテナが使用されているが、今後は、端末デザインの自由度が高い内蔵アンテナが主流となってくる。

モノポールアンテナに代表される外部アンテナは、水平面内の放射指向性がほぼ無指向性(円状)であるため、携帯電話のような通話姿勢をとる場合(以下、通話時と呼ぶ)、端末正面方向への放射は通話者(損失性媒質)による損失となり、自由空間に置かれた場合と比較して放射特性が大きく劣化することが知られている。また、現在主流の折り畳み型の携帯端末においてモノポールアンテナを搭載した場合、筐体(きょうたい)内の基板上に不平衡電流が流れるため、端末開閉時に特性変動が発生することも知られている。

そのため携帯端末向けには、次のような特長を持つ内蔵アンテナが求められている。

- (1) 筐体の薄型化に対応できる。
- (2) 筐体開閉時(筐体開き時と折り畳み時)の特性変動が

小さい。

- (3) 通話時の放射効率が低い。

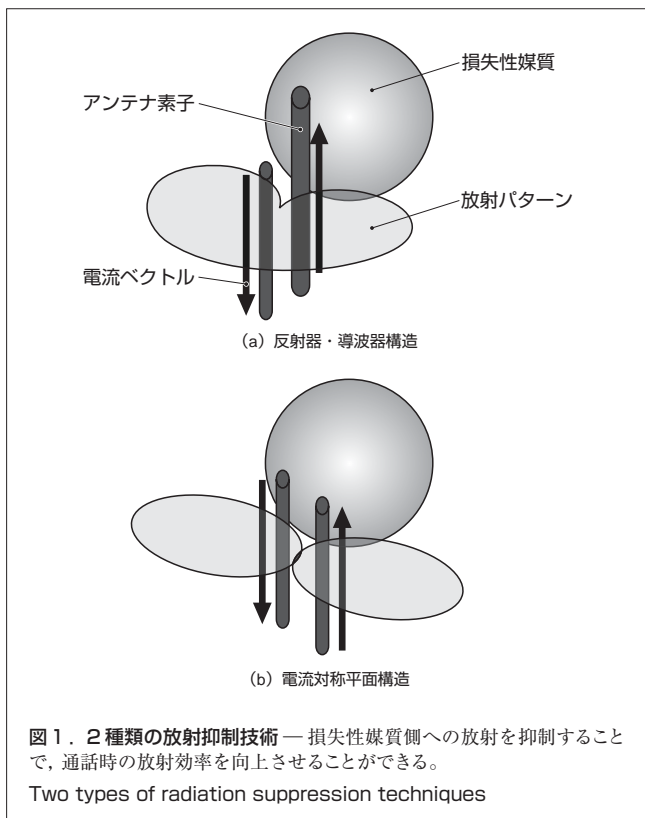
東芝は、これらに対応するため、端末正面方向への放射を抑制して通話時特性を向上した、次のような特長を持つ携帯端末用電流対称平面アンテナを開発した。

- (1) 筐体の薄型化に対応して、平面でアンテナを構成
- (2) 筐体開閉時の特性変動を低減するために、平衡給電のダイポールアンテナを基本として基板上の不平衡電流を低減
- (3) 通話時の放射効率を増加させるために、端末背面から見て点対称な電流が流れるように、寄生素子を同一平面内に配置して、端末の正面方向と直角方向の指向性を持つここではその動作原理や放射特性について述べる^{(1),(2)}。

2 電流対称平面構造とH型ダイポールアンテナ

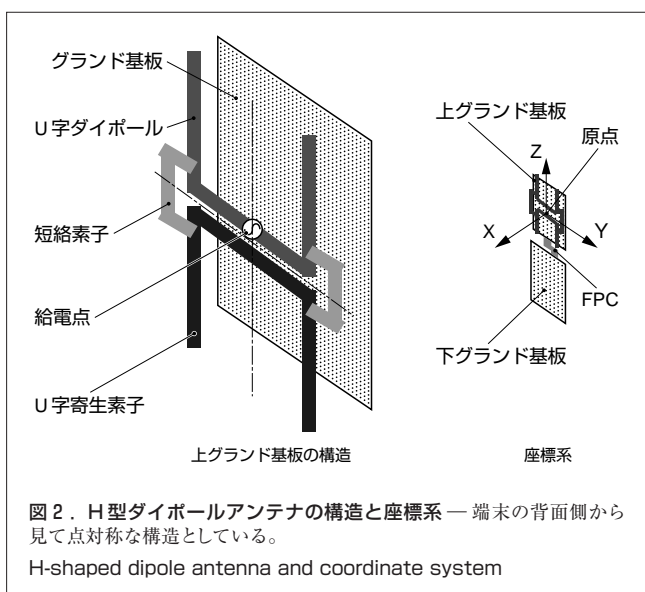
携帯電話用アンテナの特性として重要なものに、通話時の放射効率がある。通話時の放射効率を向上する方法の一つとして、損失性媒質側への放射の抑制がある。

損失性媒質側への放射抑制構造の例を図1に示す。(a)は、テレビ(TV)用に広く用いられている八木アンテナに代表されるような、反射器・導波器構造である。この構造は、損失性媒質側への放射だけを抑制することが原理的には可能で



あるが、厚み方向に素子を配置する必要があるため、薄型化に工夫が必要である。(b)はここで提案する電流対称平面構造である。この構造は、損失性媒質側だけでなく背面側にもヌル(電波放射の強度が0又は著しく減少している点)ができてしまうという課題があるが、平面構造で構成できるため、端末の薄型化に適しているという利点がある。

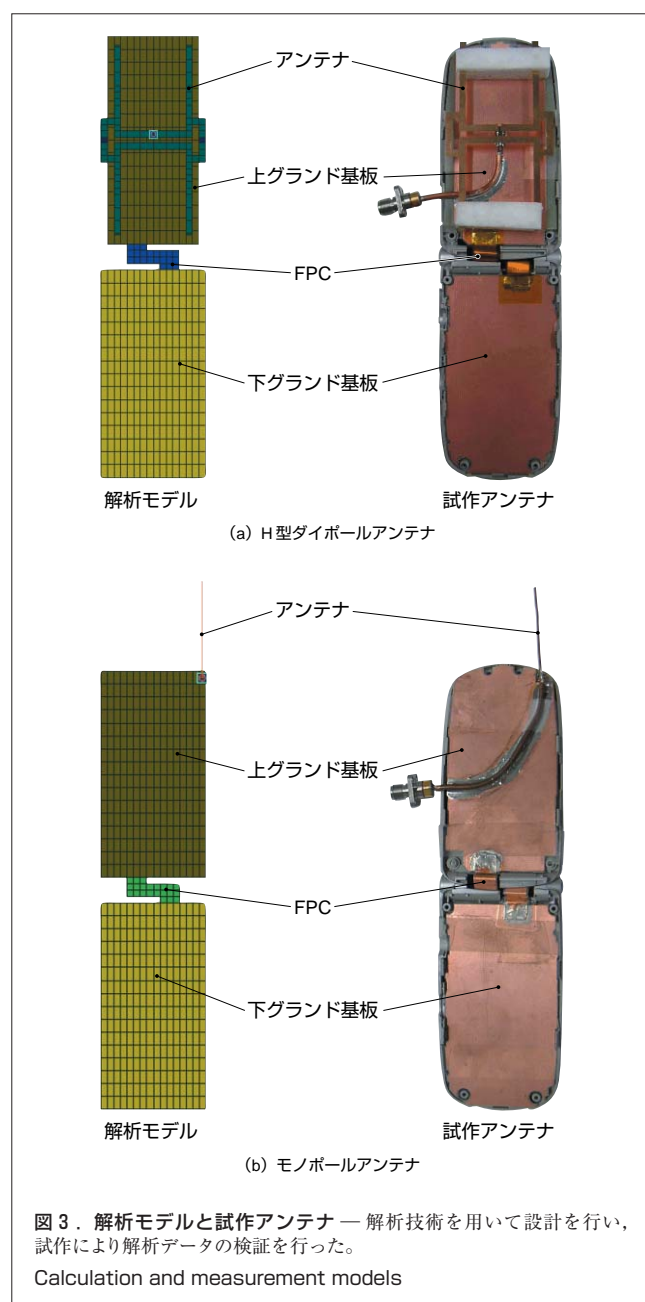
電流対称平面構造を持つH型ダイポールアンテナの構造(折畳み型携帯端末の上基板部だけ)を図2に示す。試験



周波数は2GHzで、構成要素は、U字に折り曲げた1/2波長ダイポールアンテナ、それと対称に配置した1/2波長寄生素子、及びそれらを対称に接続した二つの短絡素子である。

給電は平衡給電を用いた。一般的な携帯電話への実装を想定して基板を考慮している。更に、FPC(Flexible Printed Circuit)ケーブルを介して下側筐体を模擬した基板を接続した。基板の大きさは、現在製品化されている折畳み型携帯電話の代表的な値を用いている。座標系において、アンテナはX軸の正の方向に配置しており、負の方向が端末の正面方向(通話者方向)となる。

検討に用いた解析モデルと実際に試作したH型ダイポールアンテナを図3(a)に示す。また、比較に用いたモノポール



アンテナを図3(b)に示す。H型ダイポールアンテナとまったく同一の上グラウンド基板の隅に、1/4波長モノポールアンテナを配置した。

3 動作原理

動作原理を確認するために、自由空間での解析を実施した。解析にはモーメント法を用い、導体は完全導体として扱った。

図2に示した構造を用いることで、図4に示したように、X軸の負の方向から見て点対称な電流分布を得ることができる。特に、短絡素子の追加により、電流強度は短絡素子の

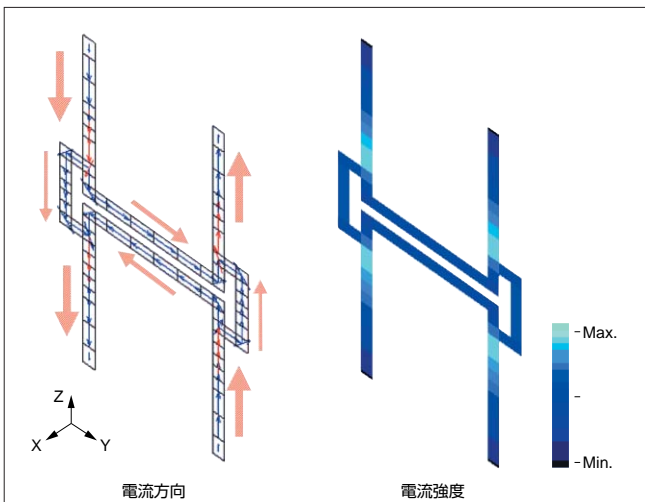


図4. アンテナ上の電流分布(解析データ) — 構造を工夫することで、給電点を1個しか用いずに点対称な電流分布を実現した。
Current distribution on antenna (calculation)

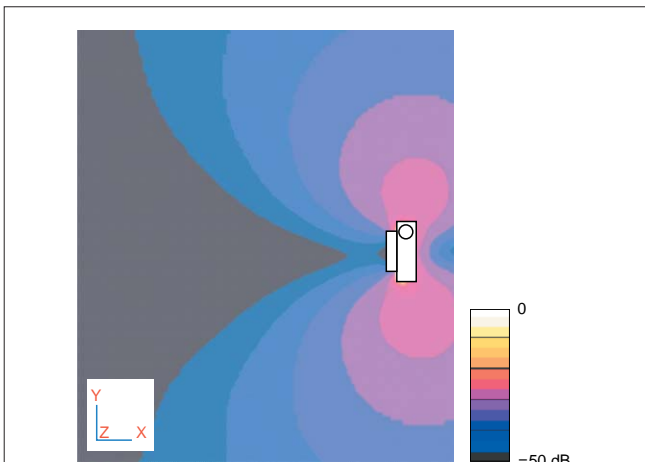


図5. アンテナ近傍の電界分布(解析データ) — 点対称な電流分布により、端末正面方向の放射を抑制できるようにした。
Electrical field distribution (calculation)

接続部付近で最大となり、給電点付近は比較的小さくなる。その結果、短絡素子追加後は、追加前と比較してインピーダンスを増加させ整合をとることができるようになる。

XY面内でのアンテナ近傍の電界分布を図5に示す。筐体の正面方向(X軸の負の方向)への放射が抑制できていることがわかる。これは図4に示した点対称な電流分布により、筐体正面方向の電界が相殺できたためと考えられる。

4 放射特性

4.1 自由空間における特性

自由空間における放射パターンを図6に示す。図4に示した点対称な電流分布により、 E_θ (垂直偏波) 成分はX軸方向にヌルのある特性となっている。また、 E_ϕ (水平偏波) 成分は、アンテナ中央の水平方向の素子部から主に放射するが、上下の素子を近接させることで、水平面内の放射を抑制している。

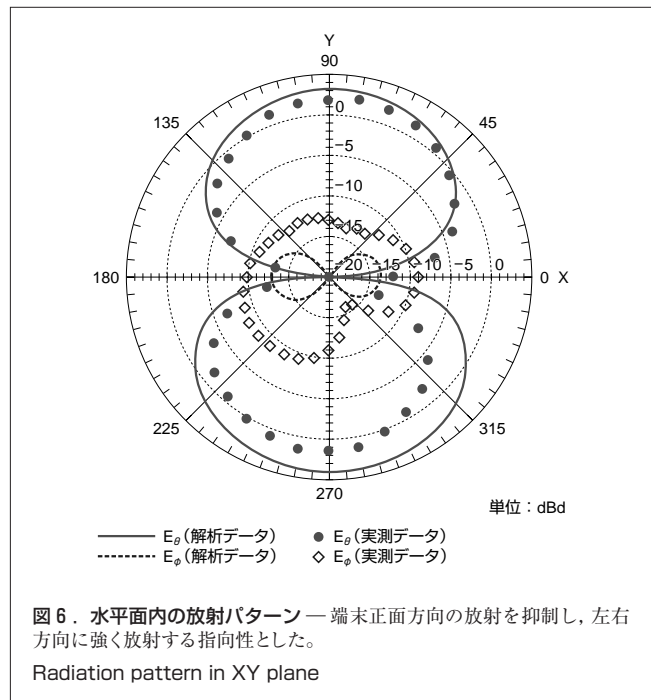


図6. 水平面内の放射パターン — 端末正面方向の放射を抑制し、左右方向に強く放射する指向性とした。
Radiation pattern in XY plane

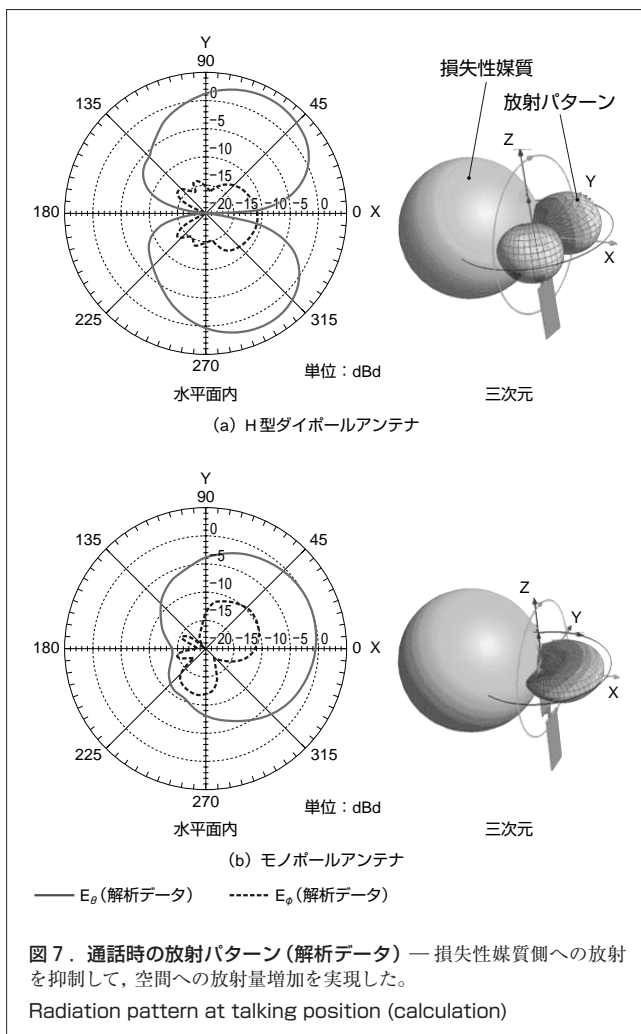
解析と実測のデータには同様な傾向が見られた。実測データはバラン(平衡-不平衡変換器)を含めた特性を示した。パターン形状に関する両者の差異は、主に測定に用いた給電ケーブルの引出し方法及びバランの挿入損失の差異の影響と、解析において金属を完全導体として扱ったことによるものと考えられる。

4.2 通話時における特性

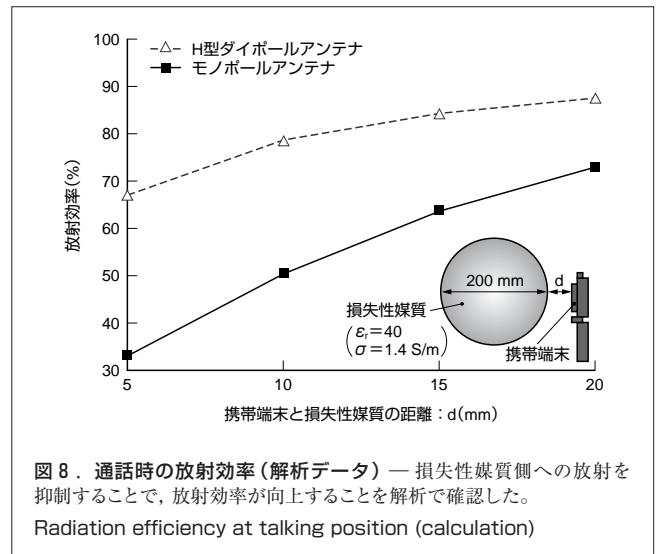
通話者の頭部を模擬した損失性媒質と携帯端末(グラウンド基板)の距離を5mmにした場合の放射パターン(水平面

及び三次元)を図7に示す。損失性媒質は一般的なCOST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) 244^(注1)モデルに準拠し、直径200 mm、比誘電率 $\epsilon_r = 40$ 、導電率 $\sigma = 1.4 \text{ S/m}$ の球形とした。解析はFDTD法を用いた。H型ダイポールアンテナの特性(a)では、(b)のモノポールアンテナと比較して、通話者側(180°方向付近)の放射を抑制できていることがわかる。

損失性媒質と携帯端末の距離を変化させた場合における通話時の放射効率の比較を図8に示す。H型ダイポールアンテナはモノポールアンテナと比較して、特に損失性媒質と携帯端末の距離が近い場合に通話時の放射効率が高い。これは図7で示したように、H型ダイポールアンテナの指向性が通話者側への放射を抑制し、放射効率を向上するように設計しているためである。



(注1) 人体頭部の規範モデルの策定など、電磁界の生体への影響に関するヨーロッパ共通規格の策定に関するCOSTの活動。



5 あとがき

携帯端末用高性能内蔵アンテナとして、通話時の放射特性を向上可能な電流対称平面アンテナの一種であるH型ダイポールアンテナを開発し、この種のアンテナが端末正面方向への放射を抑制できることを確認した。

今後は、送受信帯で望ましい特性を得るための広帯域化(多共振化)、及び900 MHz帯域での使用を想定した小型化(低周波化)の検討を行っていく。

文献

- 溝口 聡,ほか.“電流対称平面アンテナの放射特性”. 2003年電子情報通信学会総合大会. 仙台, 2003-03, 電子情報通信学会. 2003, B-1-203.
- Mizoguchi, S., et al. “A Novel Rotationally Symmetric Current Planer Antenna”. 2003 Asia-Pacific Microwave Conference. Seoul, 2003-11, Korea Electromagnetic Engineering Society. 2003, WA4-2.



溝口 聡 MIZOGUCHI Satoshi

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター モバイルテクノロジーセンター主務。携帯電話用アンテナの研究・開発及びEMI低減技術の開発に従事。電子情報通信学会会員。Core Technology Center



鈴木 裕道 SUZUKI Hiromichi

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター モバイルテクノロジーセンター。携帯電話用アンテナの研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。Core Technology Center



天野 隆 AMANO Takashi

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター モバイルテクノロジーセンターグループ長。携帯電話用アンテナ及びアンテナ評価システムの開発に従事。電子情報通信学会会員。Core Technology Center