

デジタル放送受信折り畳み型フィルムアンテナ

光電子技術研究所 官 寧¹・細野 亮平²・田山 博育²
電子部品開発センター 古屋 洋高³

A Folded Film Antenna for Digital Terrestrial Television Reception

N. Guan, R. Hosono, H. Tayama, and H. Furuya

携帯電話やノートPC等で地上デジタル放送の受信に用いられるアンテナには、小型、軽量でありながら広帯域な周波数帯における良好な動作が求められる。フィルムアンテナは軽量で体積が小さくかつフレキシブルであるため、小型電子機器に搭載されるアンテナの有力な候補の一つである。われわれは、地上デジタル放送の周波数帯において動作する平面フィルムアンテナをベースとした折り畳み型アンテナを開発した。平面アンテナ自体はサイズが $78 \times 56 \text{ mm}^2$ で小型でありながら、470 MHzから890 MHzまでの地上デジタル放送の周波数帯で動作する。われわれはそのアンテナをさらに折り畳んでも動作するように最適化した。その結果、アンテナの寸法が $78 \times 20 \times 4 \text{ mm}^3$ となり、さらに小さくなくても地上デジタル放送の周波数帯をカバーできるようになった。

In recent years, many countries are shifting their terrestrial television broadcasting from analog to digital, and there is a strong demand that the antenna installed into electrical devices such as mobile phones and notebook PCs should be compact, light weight, and operate at broad frequencies. To this end, we have developed a planar film antenna operating at a broadcasting frequency of 470 to 890 MHz. In spite of the compact size of $78 \times 56 \text{ mm}^2$, the antenna operated at a broadband covering the broadcasting frequencies. In this paper, the antenna was further folded into a dimension of $78 \times 20 \times 4 \text{ mm}^3$ and the operation is confirmed at the broadcasting frequencies.

1. ま え が き

近年日本のみならず、世界各国で地上テレビアナログ放送から地上デジタル放送への移行が進んでいる。図1に示すように地上デジタル放送の規格は幾つか並立しているが、図2が示すようにその割り当て周波数帯はUHF帯でほぼオーバーラップしている。また、携帯電話やノートPC等の移動端末でも地上デジタル放送の視聴の需要が急速に高まっており、それら電子機器に搭載されるアンテナには小型、軽量でありながら広帯域な周波数帯での良好な動作が求められる。しかしながら、従来の地上デジタル放送用アンテナは狭帯域でしか動作しない、あるいはサイズの大きいものであった^{1), 2), 3)}。

われわれは、地上デジタル放送における周波数帯で動作するようなフィルムアンテナを開発した⁴⁾。フィルムアンテナは薄型で、電子機器等の搭載に適している。ここでは、フィルムアンテナをさらに折り畳んでも特性が劣化しないように最適化した。その結果、サイズが $78 \times 56 \text{ mm}^2$ から $78 \times 20 \times 4 \text{ mm}^3$ に変わり、一段と小型電子機器に搭載しやすくなった。また、折り畳んだアン



図1 世界各国の地上デジタル放送の規格採用状況
Fig. 1. Adoption of digital television broadcasting in the world.

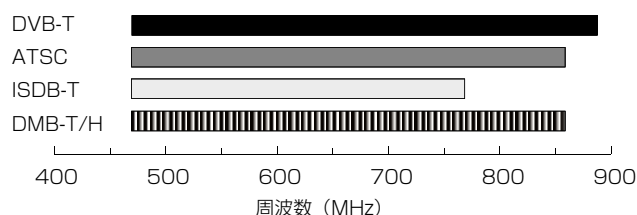


図2 各種地上デジタル放送の割り当て周波数帯
Fig. 2. Frequency occupation of digital television broadcasting.

1 応用電磁気研究室 フェロー室長 (学術博士)
2 応用電磁気研究室
3 電子材料開発部

略語・専門用語リスト

略語・専門用語	正式表記	説明
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial	日本国内で用いられる地上デジタル放送の標準規格
ATSC	Advanced Television Systems Committee	米国で開始されたデジタル放送の標準規格。韓国やカナダでも使用される
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast	中国にて独自に開発されたデジタル放送の標準規格
DMB-T/H	Digital Multimedia Broadcasting - Terrestrial/Handheld	中国におけるデジタルテレビ放送規格の一つ
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial	欧州にて独自に開発されたデジタル放送の標準規格
モーメント法	Method of Moment	電磁界解析において、物理量を未知数として対象物に離散化し、境界条件により行列方程式に帰着して求める手法
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio	アンテナと給電部間に生じる反射による定在波における最大電圧と最小電圧の比。この値が低い程低反射であることを意味する
放射効率	Radiation Efficiency	アンテナへ入力した電力と放射に寄与した電力の比

テナは 470 から 890 MHz までの周波数帯域で放射特性を維持し、図 2 で示した世界各国で使用されている地上デジタル放送の規格 (ISDB-T, ATSC, DTMB, DVB-T) の周波数帯をカバーしている。

2. アンテナの構造と設計

図 3 にアンテナの平面構造を示す。アンテナの寸法は $78 \times 56 \text{ mm}^2$ となっており、470 MHz における波長で計るとわずか 0.12×0.09 波長のサイズになる。アンテナは基本的にループアンテナであるが、小型化を図るためにメアンダ構造が採用されている。また、くし型構

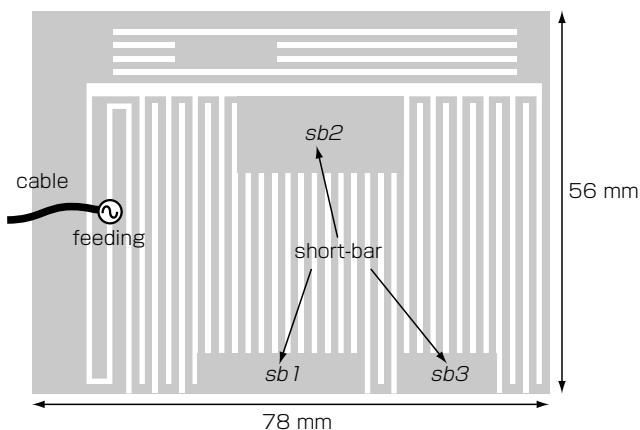


図3 アンテナの平面構造
Fig. 3. Developed antenna in planar form.

造の給電部も広帯域化に寄与している。しかし、単純にループ構造だけでは、それぞれ独立した狭帯域の共振しか得られない。そこでループ構造の上にさらに数個のショートバーを設けることで広帯域化を図ることにした。図 4 のようにメアンダ構造にショートバーを設けると異なる周波数における電流が異なる経路を通ることがあり、動作周波数の拡大が期待される。実際には、ショートバーの数、形状及び位置はアンテナが所定の周波数帯域で動作できるように最適化されている。

ショートバーの効果を示すために、図 5 に示すよう

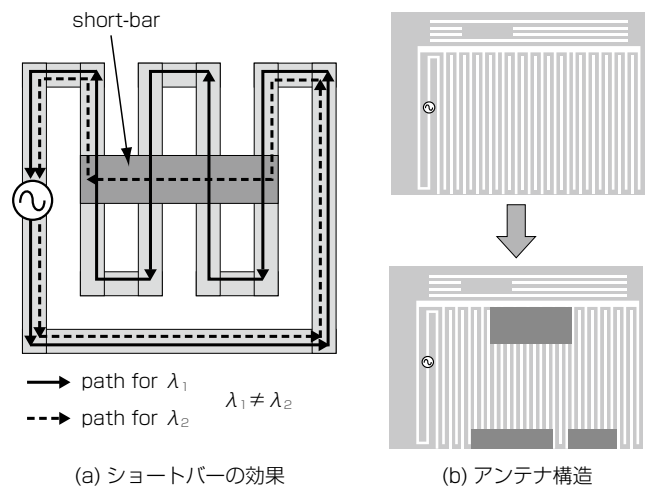


図4 ショートバーによる電流経路の変化
Fig. 4. Variation of current flow by adding short-bar.

な 2 つのアンテナについてシミュレーションを行い、その入力特性を図 6 に比較した。なお、シミュレーションにはモーメント法を用いた。図 6 の結果よりショートバーがない場合はループアンテナ自身の実効長さおよびメアンダ素子間の電磁結合により 700 から 800 MHz および 1000 から 1100 MHz の帯域においてそれぞれ共振があらわれているが、個々の共振は離れており、それらは狭帯域であった。それに対してショートバーが加わった場合はそれらの共振とともにショートバーで加わった電流経路による共振が複合され広帯域特性が表れていることがわかる。ただし、シミュレーションには実際の

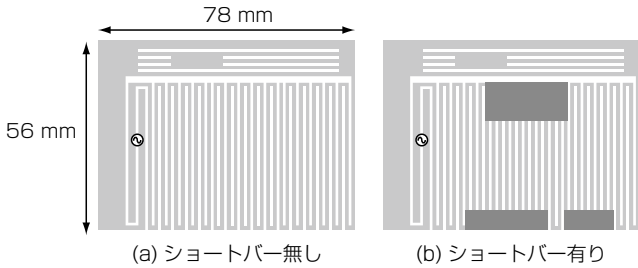


図5 ショートバーを変えたアンテナ
Fig. 5. Antennas with and without short-bars for simulation.

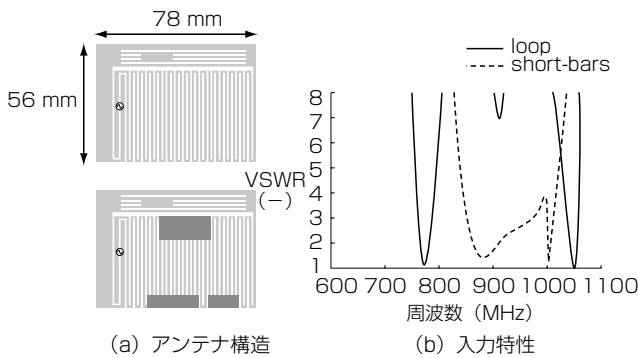


図6 ショートバーの有無によるアンテナのVSWRの比較
Fig. 6. Comparison of VSWR between antennas with and without short-bar.

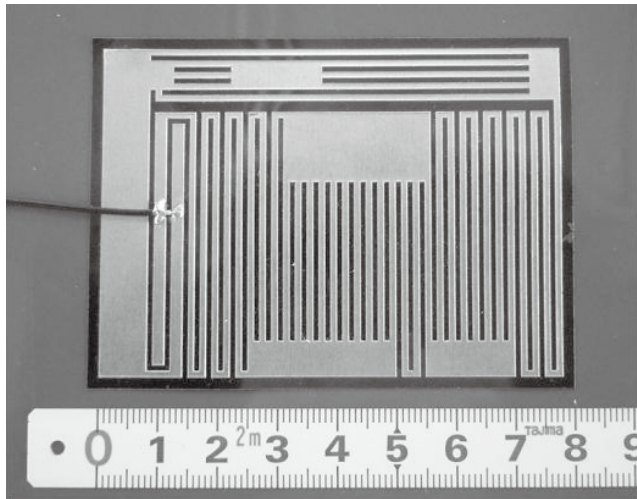


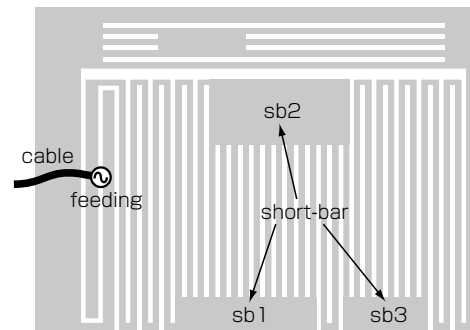
図7 試作したフィルムアンテナ
Fig. 7. Fabricated film antenna.

アンテナに取り付けられている誘電体シートが考慮されておらず、共振周波数は実測値より高めに現れている。

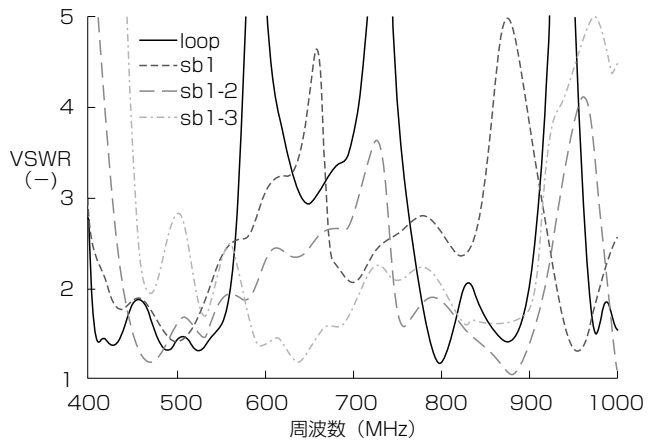
3. アンテナの試作結果

試作したアンテナを図 7 に示す。アンテナは厚さが $35 \mu\text{m}$ の銅箔で形成されており、それが厚さ $100 \mu\text{m}$ のポリイミドフィルムに接着している。また給電は $\phi 1.13 \text{ mm}$ 、長さ 200 mm の同軸ケーブルを使用している。図 8 にループアンテナにショートバーを 1 個ずつ加えたアンテナの入力特性を測定した結果を示す。図 6 の傾向同様にショートバーがないループアンテナの場合共振が独立して生じているのに対して、ショートバーを用いることで共振が複合し広帯域特性が得られていることが確認できる。3 個のショートバーをすべて加えたアンテナは 470 から 970 MHz で VSWR が 3 以下になっていることがわかる。

次に、良好な特性を維持して更なる小型化を行うため、図 9 に示すようにアンテナを折り畳み小型化した。図 10 はショートバーをすべて与えた場合の平面型アンテナと折り畳んだアンテナとの測定した入力特性の比較である。折り畳んだことによる電磁結合の影響により入



(a) アンテナ構造



(b) 入力特性

図8 ショートバーを加えたアンテナの入力特性の測定結果

Fig. 8. Measured input characteristics of fabricated antennas by changing short-bars.

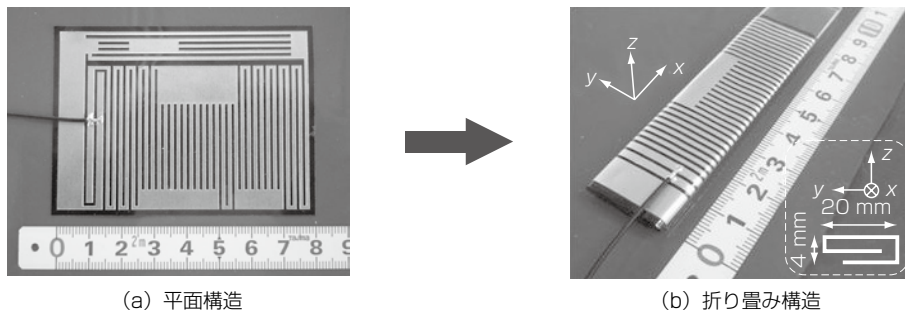


図9 折り畳むことで小型化されたアンテナ
Fig. 9. Miniaturized antenna by folding.

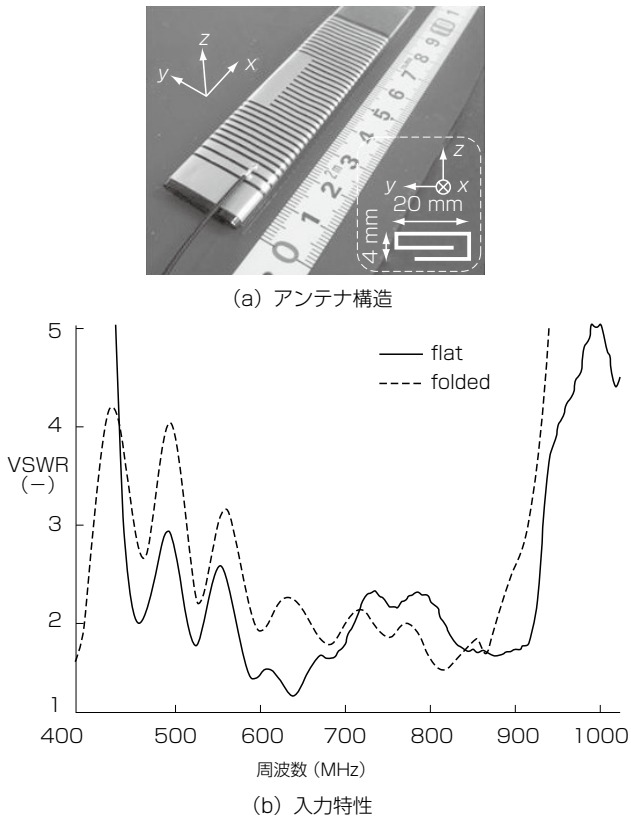


図10 平面型と折り畳み型アンテナの入力特性の測定値
Fig. 10. Measured input characteristics for planar and folded antennas.

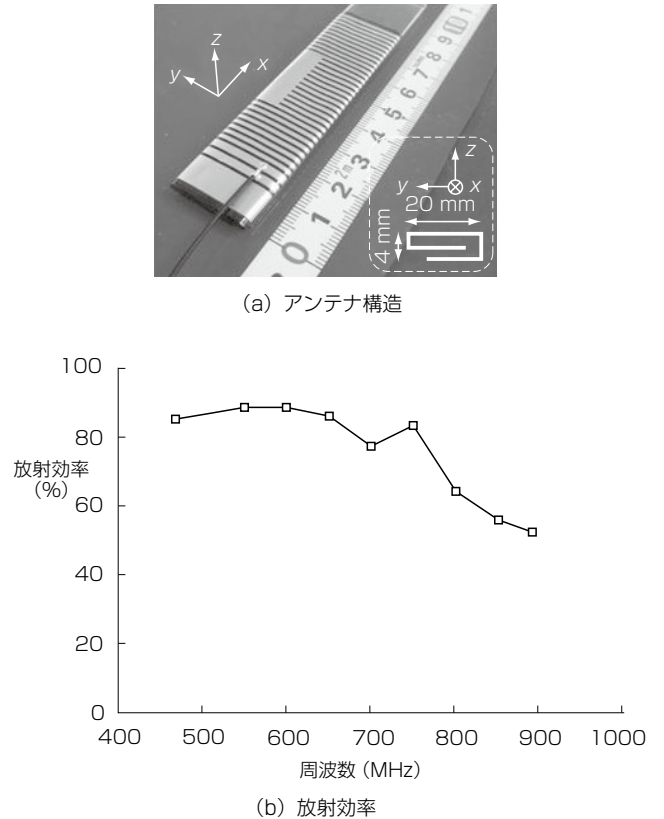


図11 折り畳み型アンテナの放射効率の測定値
Fig. 11. Measured radiation efficiency for folded antenna.

力特性は平面型の場合より劣化するものの、470 から 890 MHzまでのVSWRが4以下に入っており、全世界の地上デジタルテレビ放送をカバーできることがわかる。

次に、折り畳んだ形状における放射特性を評価した結果について述べる。図11は折り畳み型アンテナの放射効率の測定結果であり、地上デジタルテレビ放送の周波数帯域において放射効率が50%以上を有しており非常に良好な動作をしていることがわかる。また、図12は600 MHzにおける放射特性を示しており、各測定面において無指向な特性が得られている。さらに、図13は複数周波数帯における全電界の放射パターンを示し、全周波数にわたり安定した放射が得られていることがわかる。

最後に実際に本アンテナを用いて地上デジタル放送の

受信を確認した。東京タワーから45 km離れた当社佐倉事業所内のテレビを視聴した所、全放送番組においてフルセグメントの放送電波の受信が確認できた。

4. む す び

われわれは、小型無線機器への搭載に適した地上デジタル放送向けの折り畳み型フィルムアンテナを開発した。このアンテナは平面型に構成した場合 $78 \times 56 \text{ mm}^2$ 、折り畳み型で構成した場合は $78 \times 20 \times 4 \text{ mm}^3$ となっており非常に小型である。また、いずれの場合においても無指向で良好に動作すること、実際の地上デジタル放送の受信を実際の放送電波を用い屋外試験にて確認した。

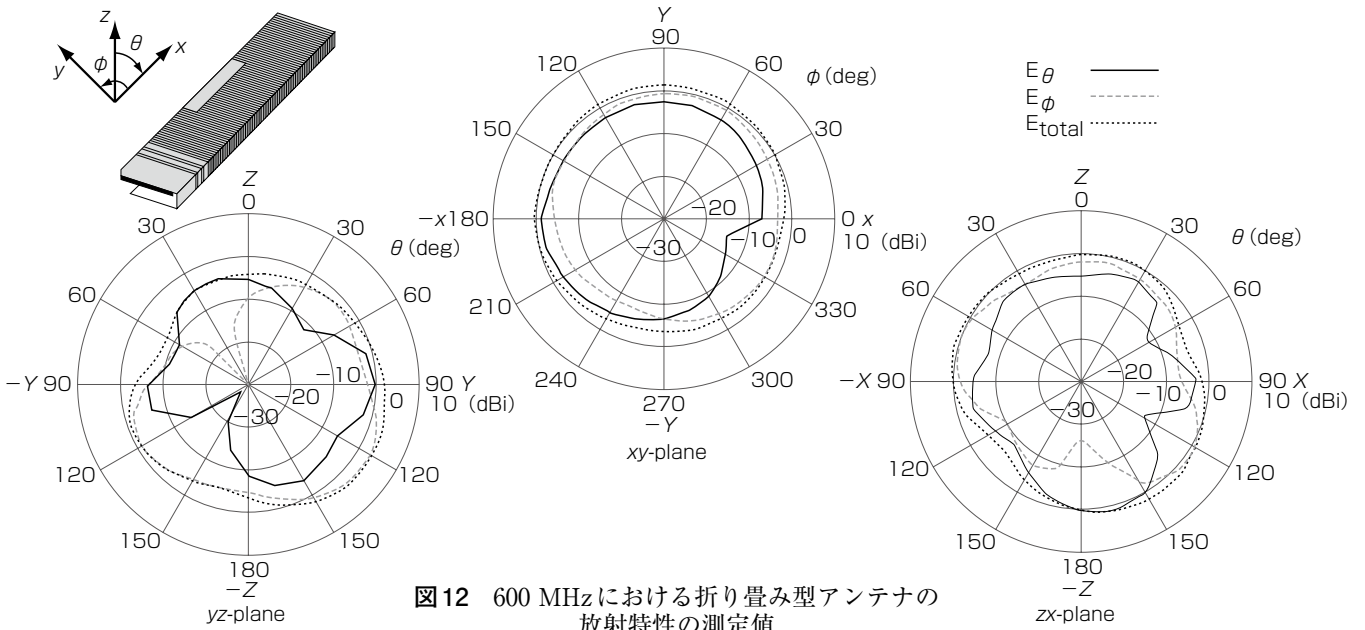


図12 600 MHzにおける折り畳み型アンテナの放射特性の測定値
Fig. 12. Measured radiation pattern at 600 MHz.

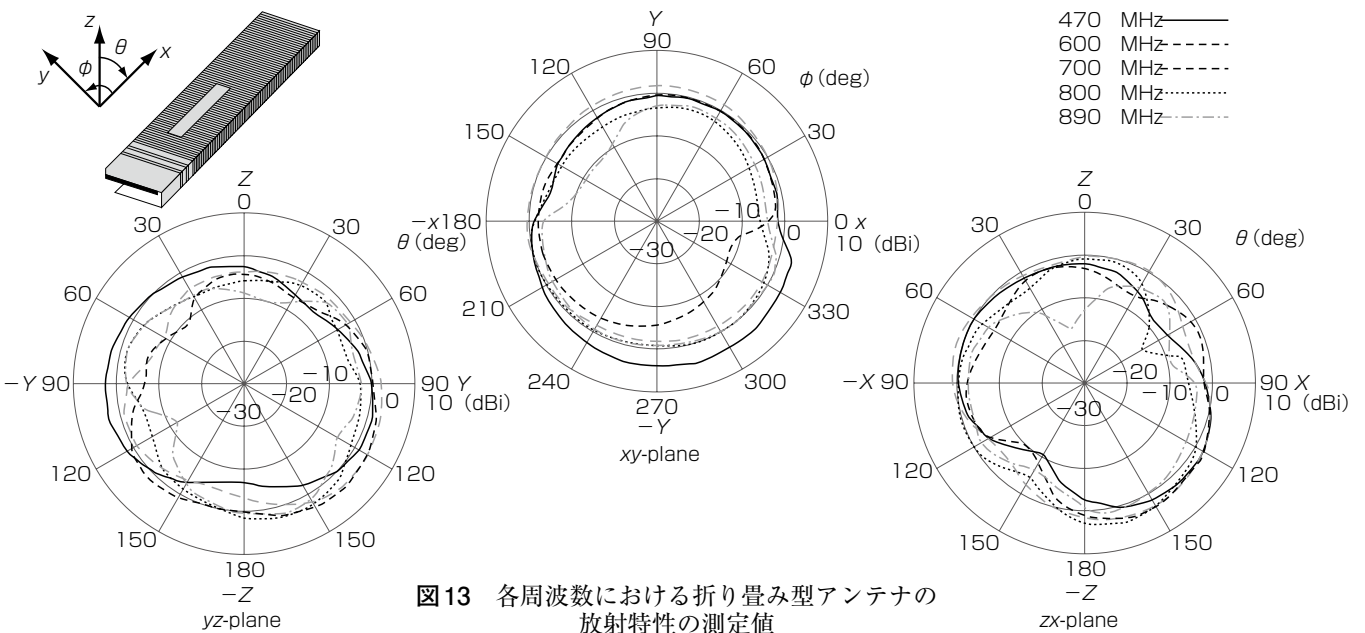


図13 各周波数における折り畳み型アンテナの放射特性の測定値
Fig. 13. Measured radiation pattern at several frequencies.

参考文献

- 1) J. Holopainen, O. Kivekäs, C. Icheln, and P. Vainikainen : "Internal broadband antennas for digital television receiver in mobile terminals," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 58, No. 10, pp. 3363-3374, 2010
- 2) H-Y. Chen, C-H. Lai, Y-Y. Chen, P-W. Chen, K-Y. Su, Y-T. Lin, C-F. Yang, and T-G. Ma : "A miniaturized built-in antenna for USB digital television (DTV) tuners," Proc. 2010 IEEE Int. Symp. Antennas and Propag., Toronto, Canada, 422.1, July 2010
- 3) T. Suzuki, H. Iwasaki, S. Yamamoto, E. Hankui, T. Taura, T. Harada, and A. Kuramoto : "A study of wearable loop antenna for one segment broadcasting reception," Proc. 2009 Int. Symp. Antennas and Propag., Bangkok, Thailand, pp.409-412, Oct. 2009
- 4) N. Guan, H. Tayama, and K. Ito : "A film antenna for digital terrestrial television reception," Proc. 2010 IEEE Int. Symp. AP-S, Toronto, Canada, 422.10, July 2010