

オフセットヘリカルアンテナの解析

A Study on offset Helical Antenna

佐藤 太一・藤岡 丈志*・川名子 文弥**

Taichi SATO, Takesi FUJIOKA, Fumiya KAWANAKO

1. 目的

ヘリカルアンテナは、ヘリックスの直径が波長に比べ小さいときはダイポールアンテナと等価になり、ヘリックスの巻軸(中央軸)に対して垂直な方向に放射する。ヘリックスの1周囲長が波長程度になるとヘリックス線上に進行波が乗り、ヘリックスの中央軸方向に円偏波を放射する。このように周囲長が波長程度のヘリカルアンテナは円偏波指向性アンテナとして多用されている。しかし、このアンテナのインピーダンス特性は必ずしも十分でなく⁽¹⁾、実際に使用するときにはアンテナと送受信機との間に整合器が必要である。

本研究では、このヘリカルアンテナについて、巻数、巻のピッチ数、線の太さ等のパラメータを変化させ、このアンテナの設計資料を得ると共に、ヘリカルアンテナの性能向上を図っている。

2. アンテナの構造と寸法

2. 1 構造

(1) ヘリカルアンテナ

このアンテナは図1に示すように、ヘリカル中央軸をアース板の中央に一致するように配置し、アース板の中央に給電点を設け、給電点にヘリカル的一端から給電線で接続した構造をしている。この基準としたヘリカルアンテナの設計仕様は、中心周波数1.2GHzとし、それぞれのパラメータは、巻数： $T=8$ 、ヘリックスの直径： $D=0.31\lambda$ 、ヘリックスのピッチ間隔： $S=0.24\lambda$ 、アース板からヘリックス間での距離： $g=0.13\lambda$ 、アース板の直径： $W=0.8\lambda$ 、ヘリックス線の半径：

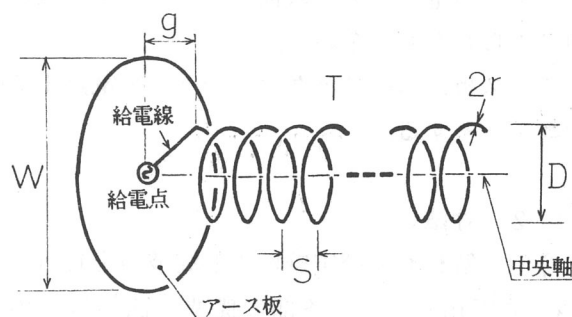


図1 ヘリカルアンテナ

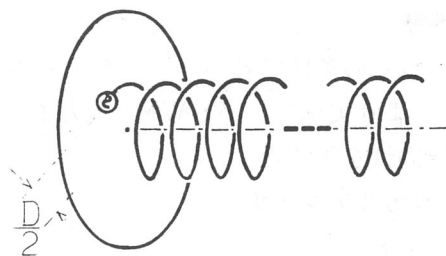


図2 オフセット給電ヘリカルアンテナ

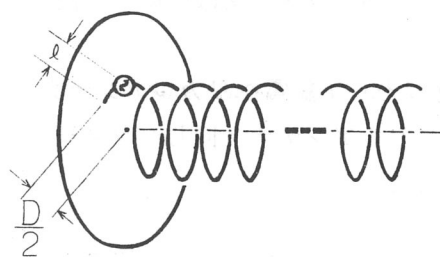


図3 線上給電オフセットヘリカルアンテナ

* : 平成9年度電子制御工学科卒業生

** : 平成10年度電子制御工学科卒業生

$r = 0.0025\lambda$ である。

(2) オフセット給電ヘリカルアンテナ

図2にオフセット給電ヘリカルアンテナを示す。オフセット給電ヘリカルアンテナは図に示すように、ヘリックスの一端がアース板に接するところに給電点を設け、特別に給電線を設けていない。このため、放射時に給電線からの放射がヘリカル線の放射を乱すことがない。

このアンテナでは、 $g = 0$ とした他、各パラメータは基準のヘリカルアンテナと同じである。

(3) 線上給電オフセットヘリカルアンテナ

図3に線上給電オフセットヘリカルアンテナを示す。このアンテナはオフセット給電ヘリカルアンテナの給電点をアース板からヘリックス線の途中にずらしたものをいう。

アース板からヘリックスに沿って給電点までの距離を ℓ とする。

2. 2 寸法

今回の解析および実験は中心周波数を1.2GHz ($\lambda = 0.25\text{m}$)とし、各部の標準寸法等は次の通りである。

$$\begin{aligned} T &= 8 \text{ 巻}, D = 0.0775\text{m}, \\ S &= 0.06\text{m}, g = 0.0325\text{m}, \\ r &= 0.000625\text{m}, W = 0.2\text{m} \end{aligned}$$

3. 理論解析

解析は、以下の条件で各パラメータを変えモーメント法⁽³⁾により実施し、VSWR、入力インピーダンス、指向性を求めた。

3. 1 ヘリカルアンテナ

$$\begin{aligned} T &: 8 \sim 1 \text{ 巻} \\ S &: 70 \sim 130\% \\ g &: 5 \sim 150\% \\ r &: 1 \sim 10 \text{ 倍} \end{aligned}$$

変化させないパラメータは標準とした。

3. 2 オフセット給電ヘリカルアンテナ

上記ヘリカルアンテナと同じパラメータの他、 $g = 0$ とした。

3. 3 線上給電オフセットヘリカルアンテナ

上記オフセット給電ヘリカルアンテナと同じパラメータの他、 $\ell = 1.25 \sim 5\text{mm}$ とした。

4. アンテナの製作・測定

解析の条件と同じパラメータでヘリカルアンテナ、オフセット給電ヘリカルアンテナおよび線上給電オフセットヘリカルアンテナを製作し、VSWR、入力インピーダンス、指向性を測定した。ただし、ヘリックス線の太さ(半径: r)が太い線の場合、最適な太さのパイプの入手と太いパイプの加工が難しいことから等価半径の定義⁽²⁾により、線の太さに等価な薄い帯状銅板を用いた。

また、アンテナは直径7.8cmの発泡スチロール棒に銅線または銅帯板を巻き付けることにより、ヘリカル線とした。

5. 解析結果

5. 1 ヘリカルアンテナ

5. 1. 1 周波数 f 対利得 G

- (1) 巻数 T と f 対 G (図4)
- (2) ピッチ間隔 S と f 対 G (図5)
- (3) アース・ヘリックス間 g と f 対 G (図6)
- (4) ヘリックス線の太さ r と f 対 G (図7)

5. 1. 2 周波数 f 対 VSWR

- (1) T と f 対 VSWR (図8)
- (2) S と f 対 VSWR (図9)
- (3) g と f 対 VSWR (図10)
- (4) r と f 対 VSWR (図11)

5. 1. 3 指向性

中心周波数1200MHzにおいて、巻数 T を変化させたときの水平偏波と垂直偏波のヘリカルアンテナの指向性を図12に示す。

5. 1. 4 実験値との比較

図13に8巻ヘリカルアンテナの実験値と理論値の入力インピーダンス、VSWRおよび指向性の比較を示す。

5. 2 オフセット給電ヘリカルアンテナ

5. 2. 1 周波数 f 対利得 G

- (1) アース・ヘリックス間 g と f 対 G (図14)
- (2) ヘリックス線の太さ r と f 対 G (図15)

5. 2. 2 周波数 f 対 VSWR

- (1) g と f 対 VSWR (図16)
- (2) r と f 対 VSWR (図17)

5. 2. 3 指向性

ヘリカルアンテナの指向性は図12に示すように、

オフセットヘリカルアンテナの解析

水平偏波と垂直偏波の違いがあるが、オフセット給電ヘリカルアンテナの指向性は水平偏波と垂直偏波の違いにはほとんど差がなかった。

5. 2. 4 実験値との比較

図18にオフセット給電ヘリカルアンテナの実験値と理論値の入力インピーダンス、VSWRおよび指向性の比較を示す。

5. 3 線上給電オフセットヘリカルアンテナ

本アンテナの入力インピーダンス、VSWRは以下の総合比較中で示す。

5. 4 各アンテナの入力インピーダンスおよびVSWRの特性の総合比較

5. 4. 1 各アンテナと入力インピーダンス

各ヘリカルアンテナの入力インピーダンスの計算結果を図19に示す。図13と図18に示す入力インピーダンスの周波数による軌跡の中心を三角、四

角、丸等で示している。この結果から、従来のヘリカルアンテナ(三角)に比べ、オフセット給電ヘリカルアンテナ(四角)の方が、さらに線上給電オフセットヘリカルアンテナ(各種丸)の方が整合が良くできることが分かる。

5. 4. 2 ヘリックスの太さとVSWR

図20には、ヘリックス線の太さ(半径) $r=0.625\text{mm}$ を基準とし、その太さを変化させたときのVSWRの計算結果を示す。本研究の結果からは、太さが基準の7倍付近がもっとも良い結果を示している。

5. 4. 3 各アンテナの周波数特性

図21に基準とした太さと基準の7倍の太さのオフセット給電ヘリカルアンテナと、もっとも良い結果を示した線上給電オフセットヘリカルアンテナのVSWRの周波数特性の計算結果を示す。

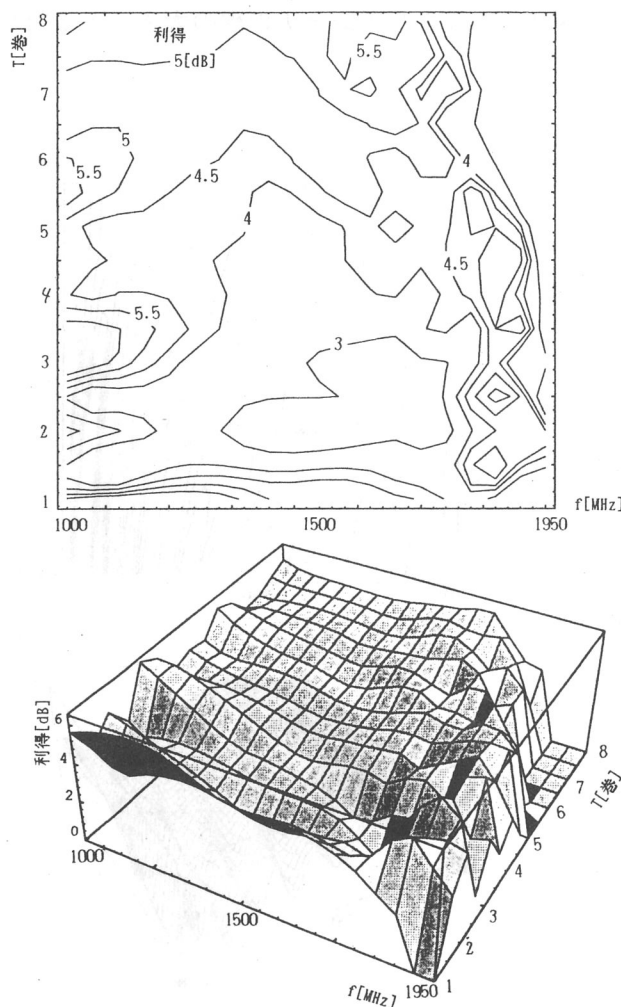


図4 ヘリカルアンテナの巻数Tと周波数f対利得G

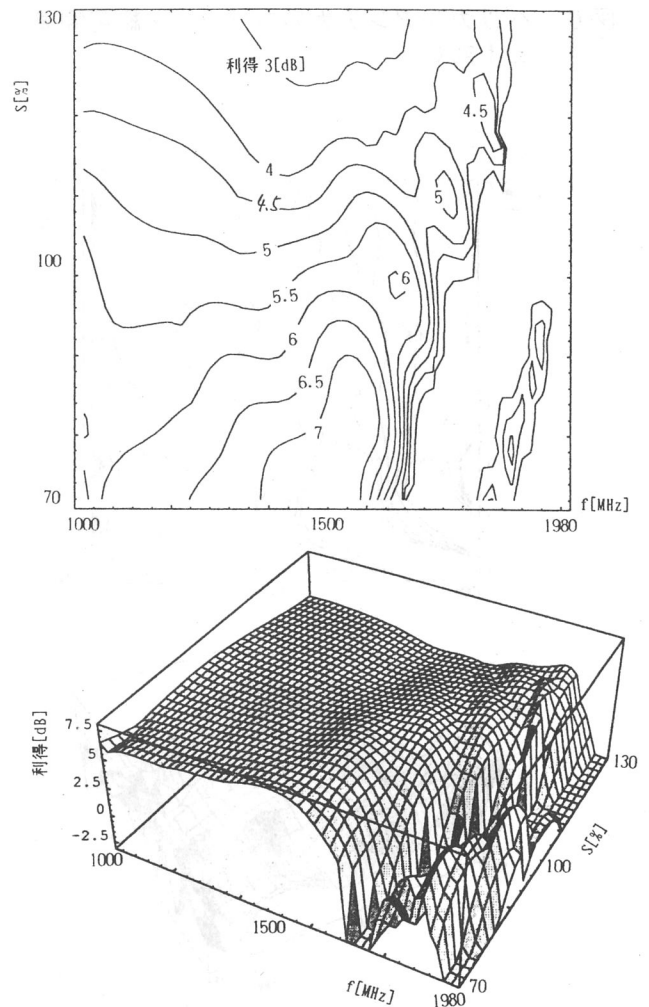


図5 ヘリカルアンテナのピッチSとf対G

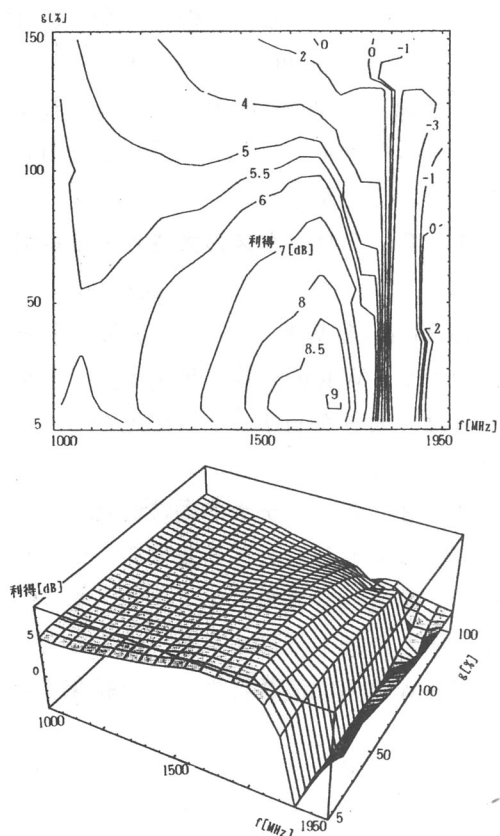


図6 ヘリカルアンテナのヘリカル・給電間隔 g と f 対 G

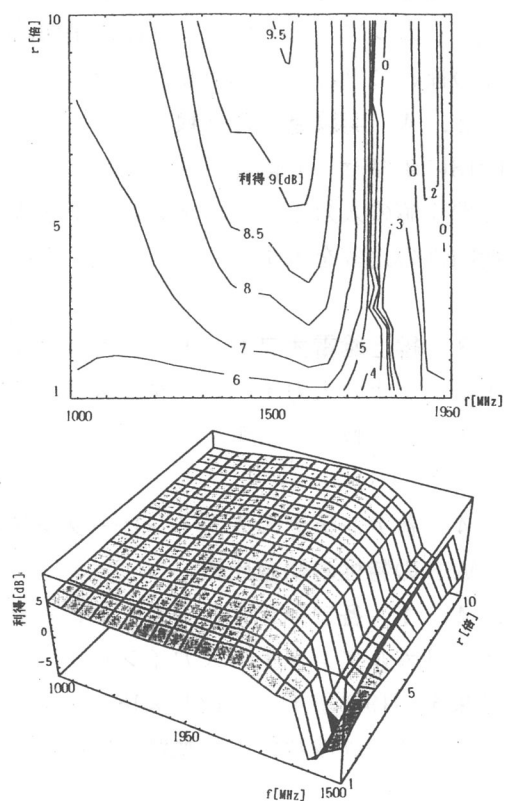


図7 ヘリカルアンテナの線の太さ r と f 対 G

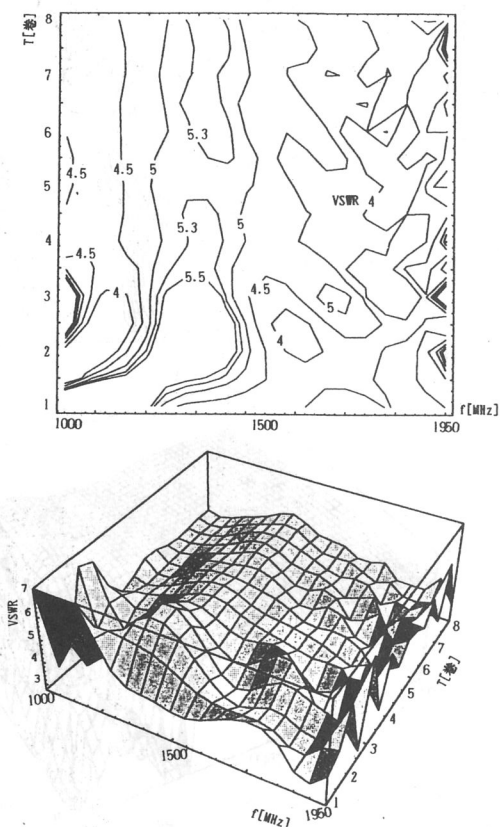


図8 ヘリカルアンテナの T と f 対 $VSWR$

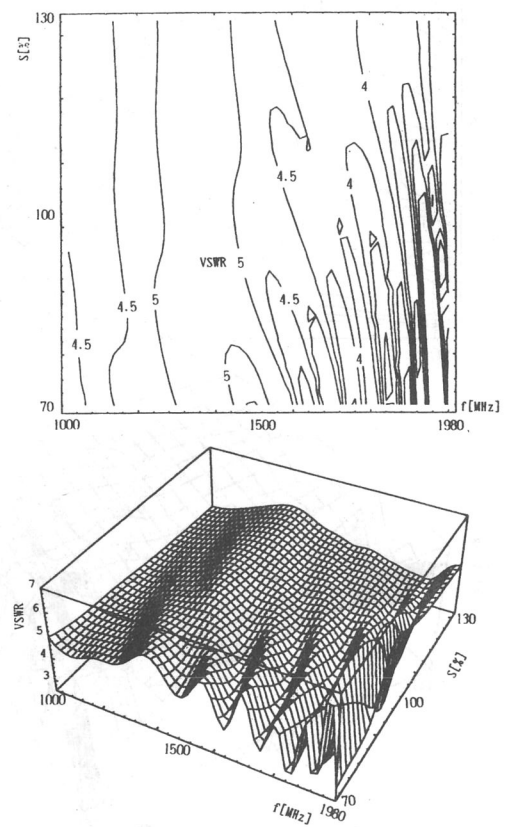
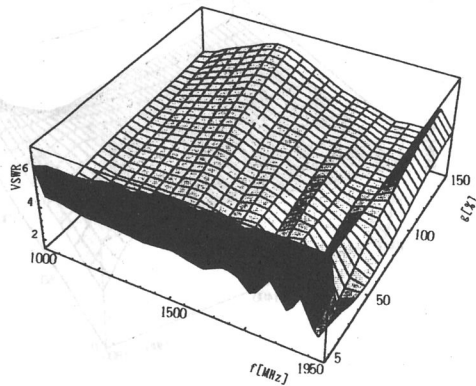
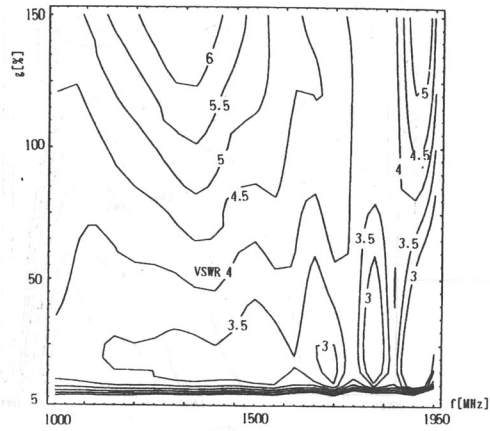
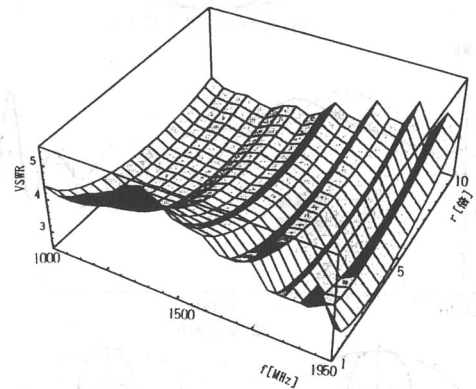
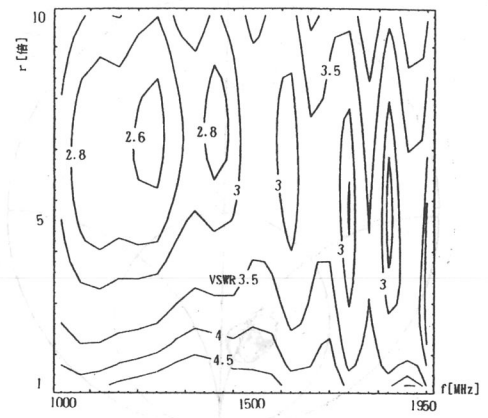
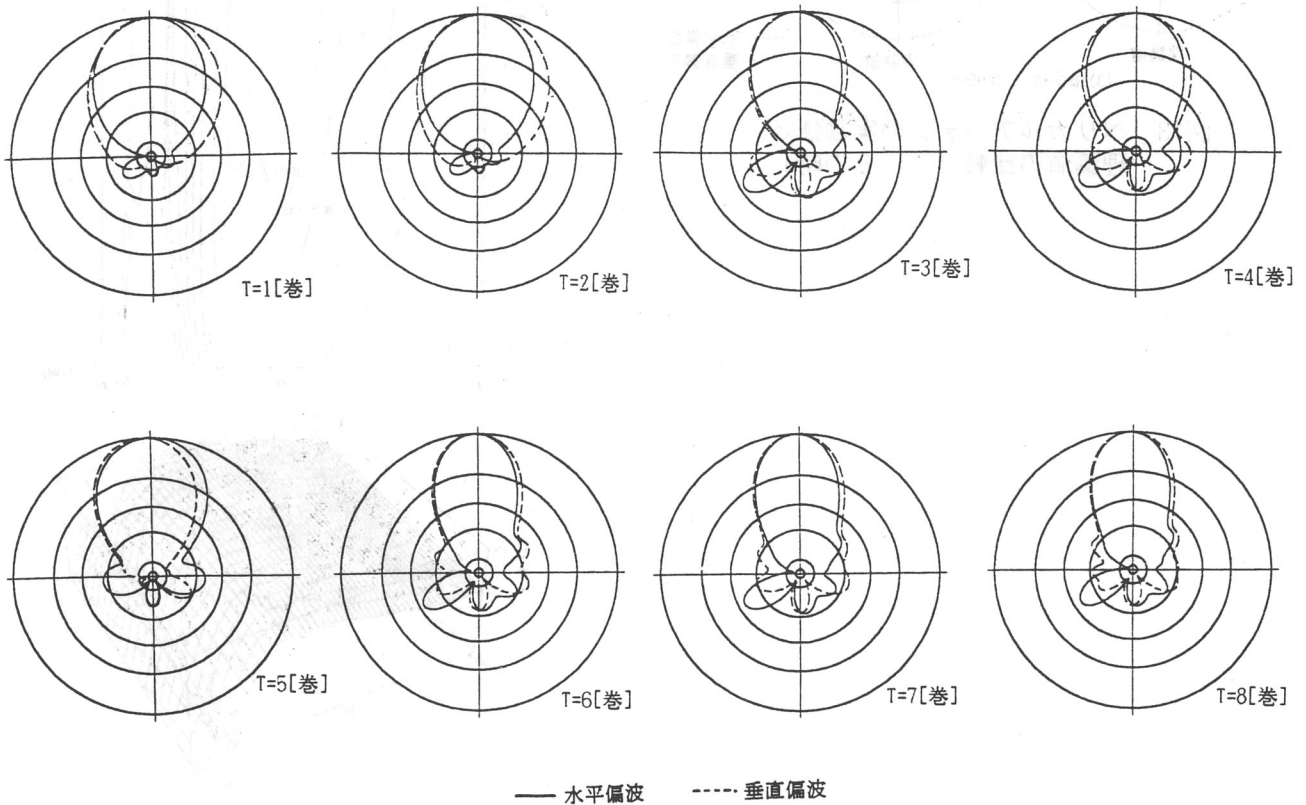


図9 ヘリカルアンテナの S と f 対 $VSWR$

オフセットヘリカルアンテナの解析

図10 ヘリカルアンテナの g と f 対 VSWR図11 ヘリカルアンテナの r と f 対 VSWR図12 T を変化させたときの指向性 (1200MHz)

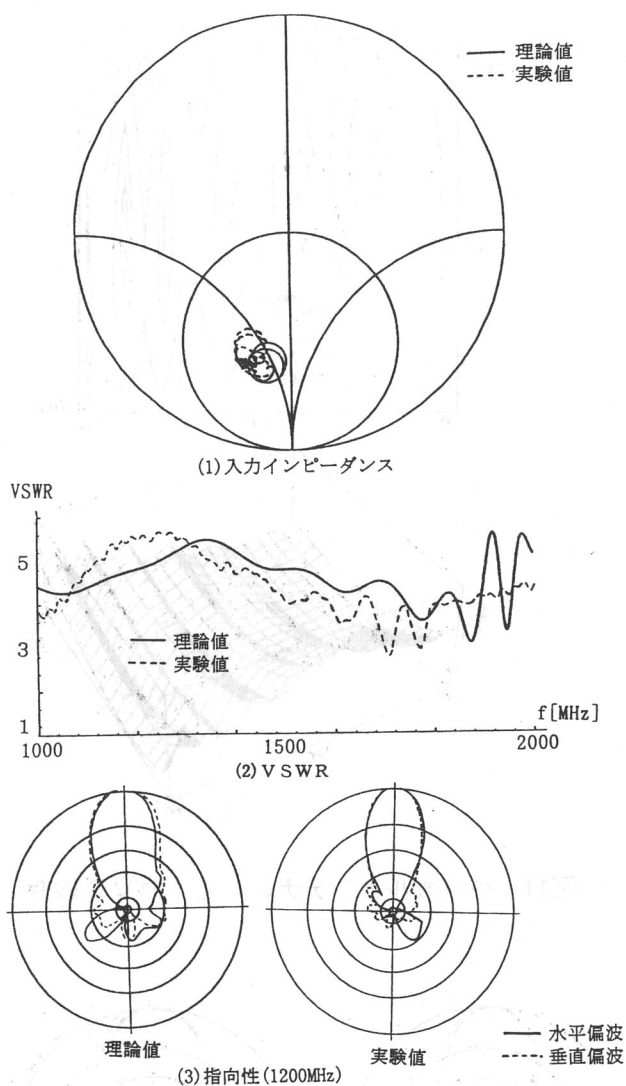


図13 ヘリカルアンテナの実験値と理論値の比較 ($T=8$ の時)

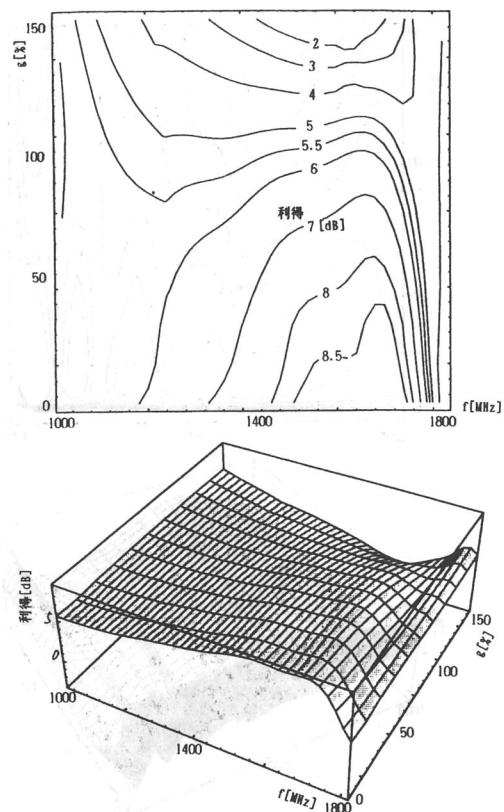


図14 オffset給電ヘリカルアンテナの g と f 対 G

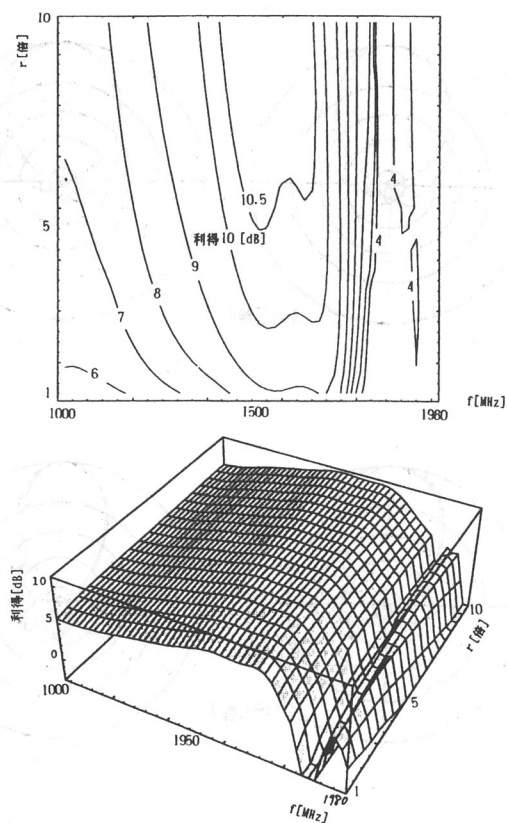
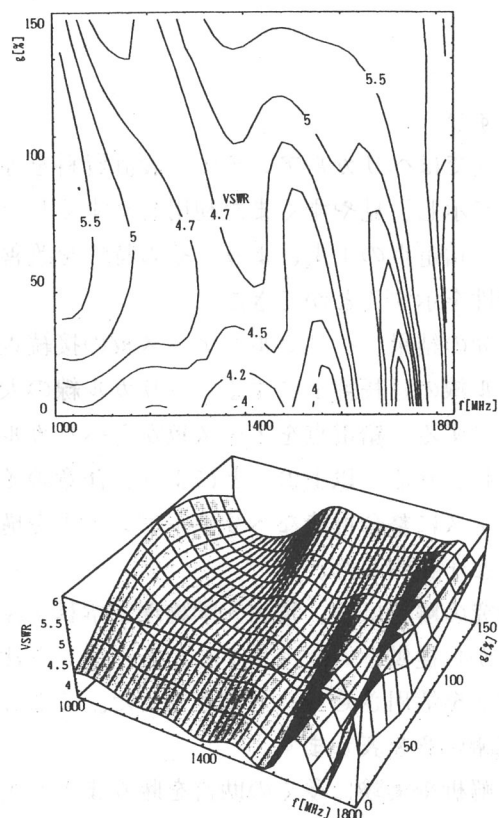
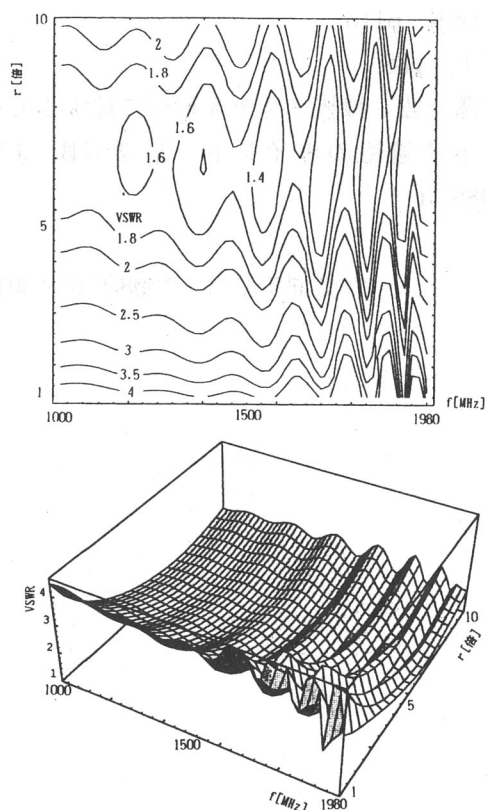
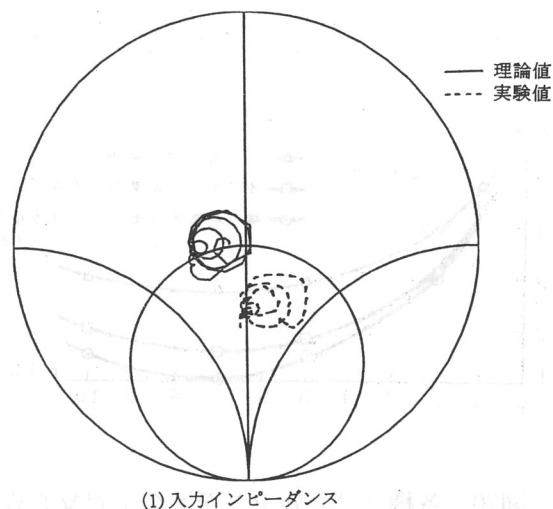
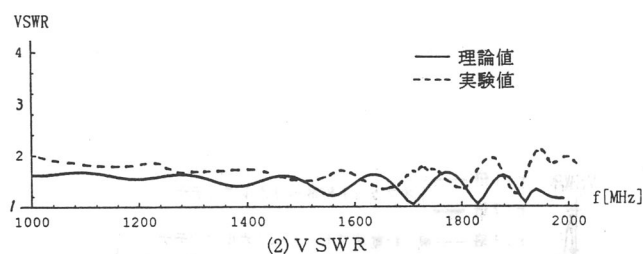


図15 オffset給電ヘリカルアンテナの r と f 対 G

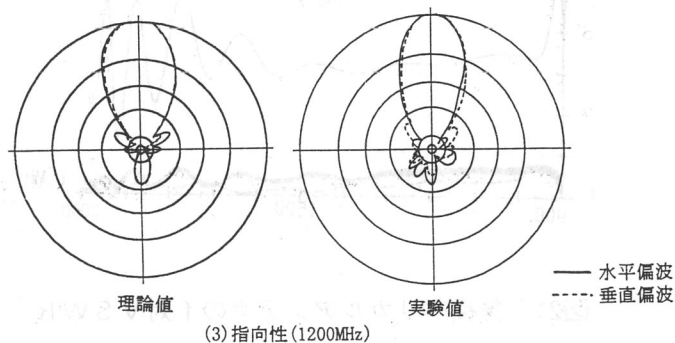
オフセットヘリカルアンテナの解析

図16 オフセット給電ヘリカルアンテナの g と f 対 VSWR図17 オフセット給電ヘリカルアンテナの r と f 対 VSWR

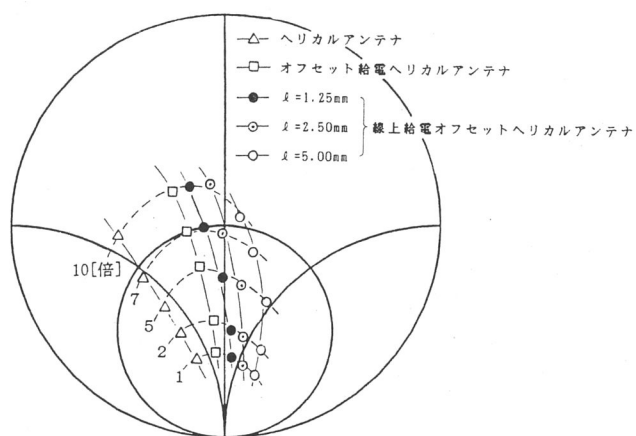
(1) 入力インピーダンス

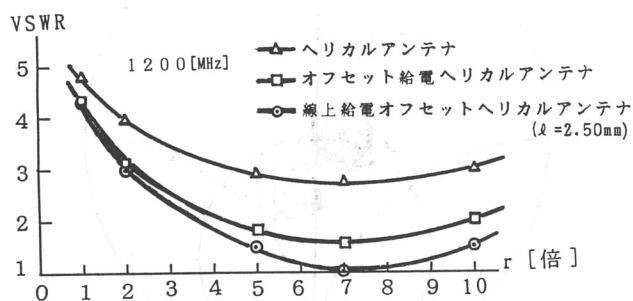
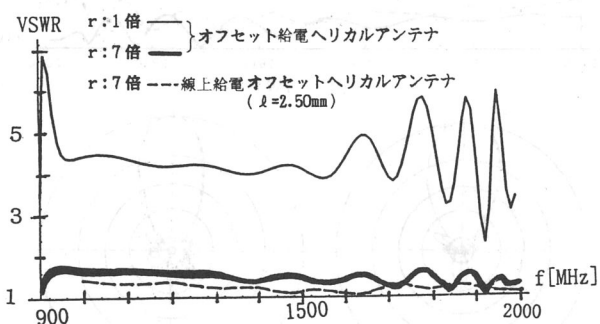


(2) VSWR



(3) 指向性 (1200MHz)

図18 オフセット給電ヘリカルアンテナの実験値と理論値の比較 (r が 7 [倍] の時)図19 各種ヘリカルアンテナの r と入力インピーダンス

図20 各種ヘリカルアンテナの r 対 VSWR図21 各種ヘリカルアンテナの f 対 VSWR

6. むすび

本研究ではヘリカルアンテナの設計資料を等高線図等で示し、見やすくまた利用しやすくした。さらに、給電点の工夫により、その特性を改善する可能性を示すことができた。

本研究の結果、ヘリカルとアース板の接続点をヘリカル線の延長線上にする。ヘリカル線の太さを適当にする。給電点をアース板からヘリカル線に移動させる。以上のことにより、任意のインピーダンスに整合可能なヘリカルアンテナを構成することが判明した。

本研究の解析には、筑波大学物理工学科平澤一紘教授から提供をいただきましたモーメント法解析ソフトを活用させていただきました。ここに心から感謝の意を表します。

また、解析や実験に多くの助言を賜りました筑波大学学生沼澤健氏に感謝いたします。

文献

- 1 安達三郎、佐藤太一：電波工学、森北出版、1998.6、p113
- 2 同上、p88
- 3 平澤一紘：線状アンテナ解析に対するモーメント法適用のポイント、信学論B、J71-B、1988.11

(受理年月日 1998年9月30日)