

AM変調とパワースペクトラム

2009年12月8日

安島 巧

概要

AM変調を掛けたときのパワースペクトラムがどのようなになるかを実際に周波数分析してみた。また、変調度を一定にして、信号波形をサチらせた時のパワースペクトラムを求めた。さらに、変調率を上げていくに従いサチリが始まる様子も観察した。

方法

100MHzのキャリア（正弦波）に数十kHzの信号（正弦波）でAM変調を掛けFFTしてパワースペクトラムを求めた。サンプリング周波数は800MHzとした。本来であればもっと低い周波数（たとえば1kHz）で変調を掛けたかったが、メモリ容量の関係で断念した。変調信号周波数がキリの良い数字でないのは、FFTにかけるポイント数を2の倍数にして、少ないメモリ容量で計算精度を出すためである。サンプリング周波数をキャリア周波数の8倍にしたのもその理由である。

AM変調は、キャリアの正弦波と変調信号の正弦波を単純に掛け合わせることでおこなった。

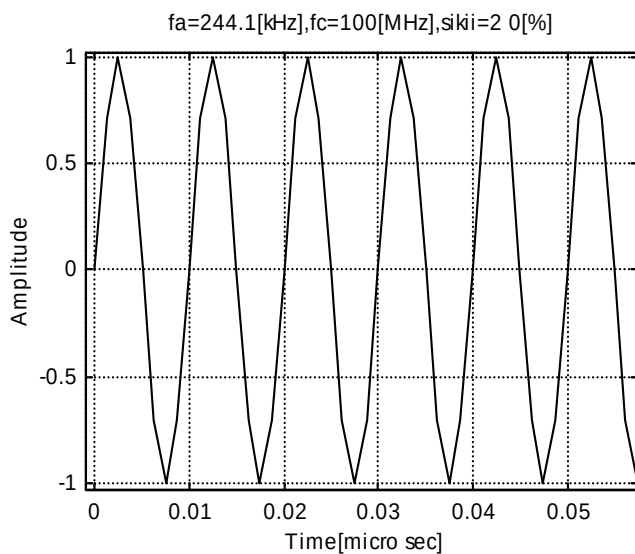


図 1

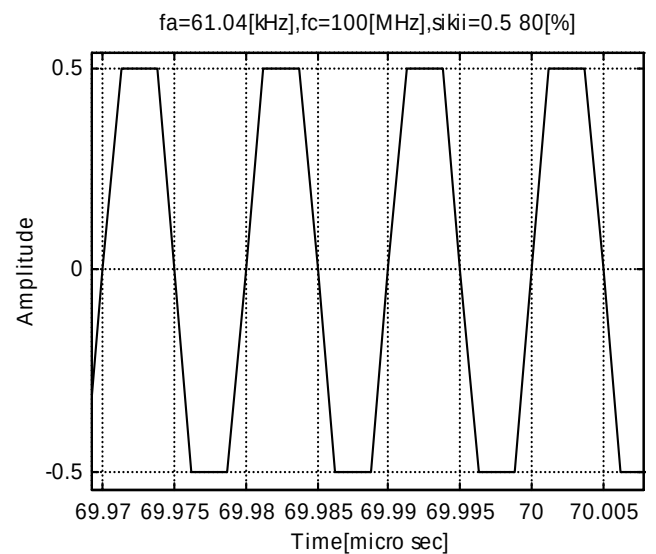


図 2

図 1 にキャリア波形を示す。1 波長中のサンプリングポイントが 8 つなので、多少波形がガタガタしているが解析には問題ない。図 2 は ± 0.5 で波形をサチらせた様子である。図中のタイトルに示している f_a は変調信号周波数、 f_c はキャリア周波数、 $siki$ はサチりの閾値すなわちダイナミックレンジを示している。その後の % は変調率である。なお、それぞれの図はスケールが異なる場合があるので注意を要する。そして断りがない限り左側が変調信号波形で右側がそのパワースペクトラムである。

最初にサチリなしで、変調を掛けたときのパワースペクトラムがどのように変化するかを見た。

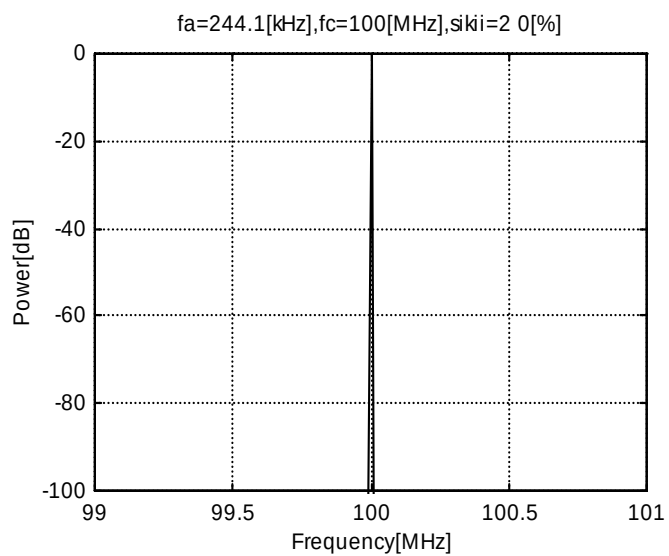
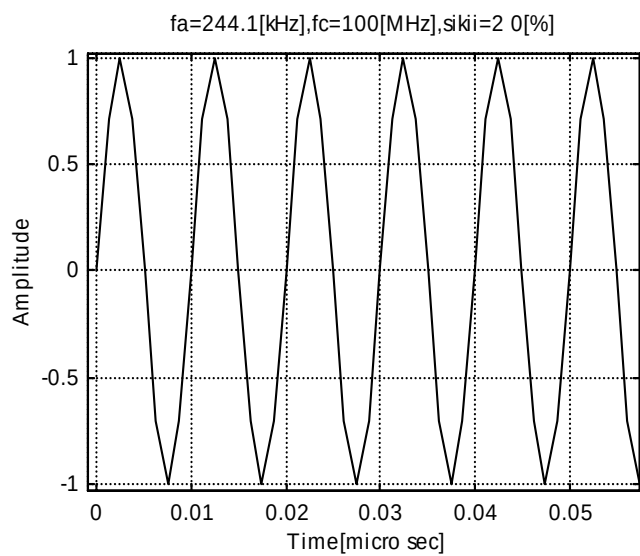


図 3 変調率 0 %

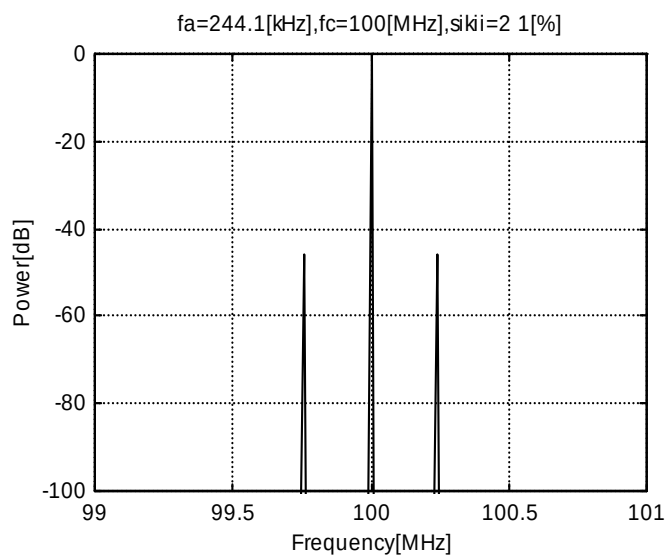
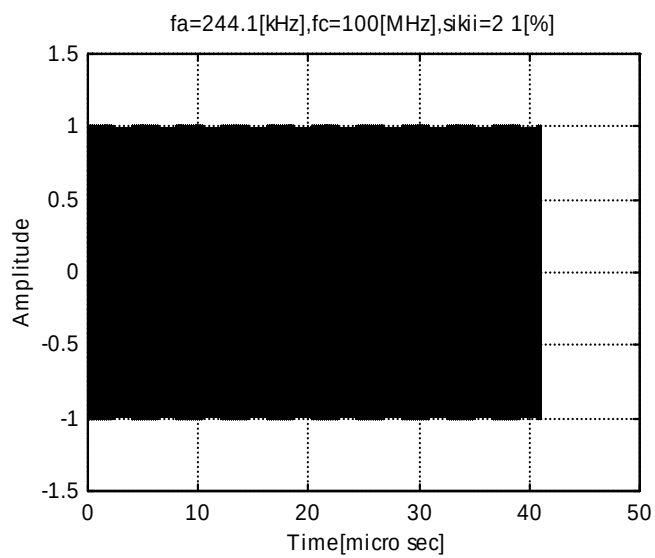


図 4 変調率 1 %

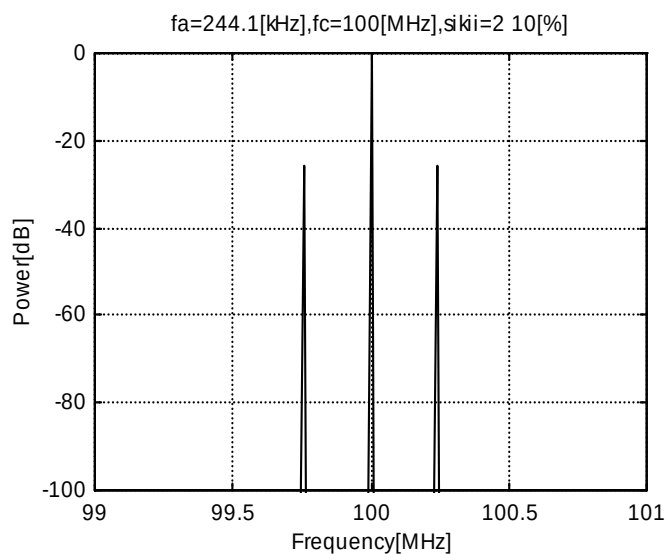
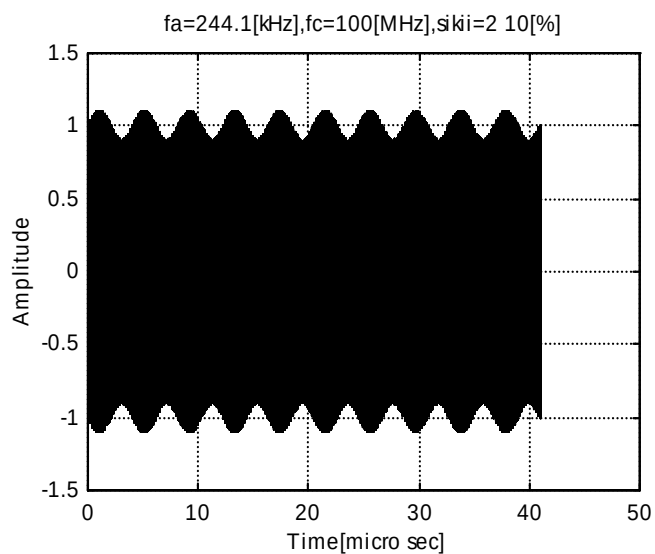


図 5 変調率 1 0 %

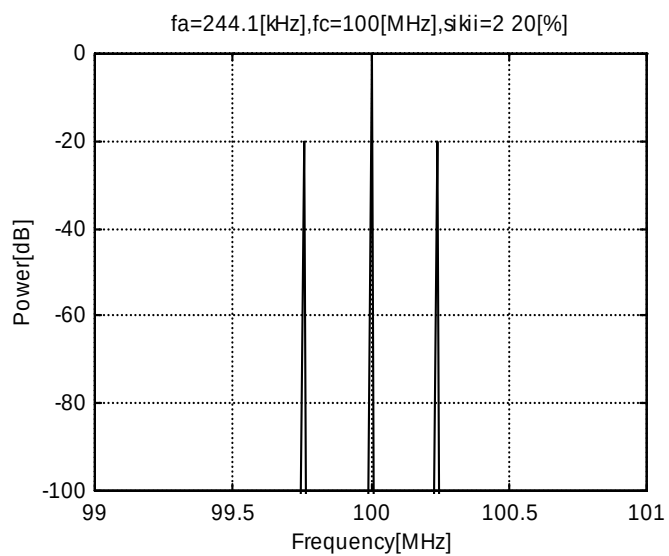
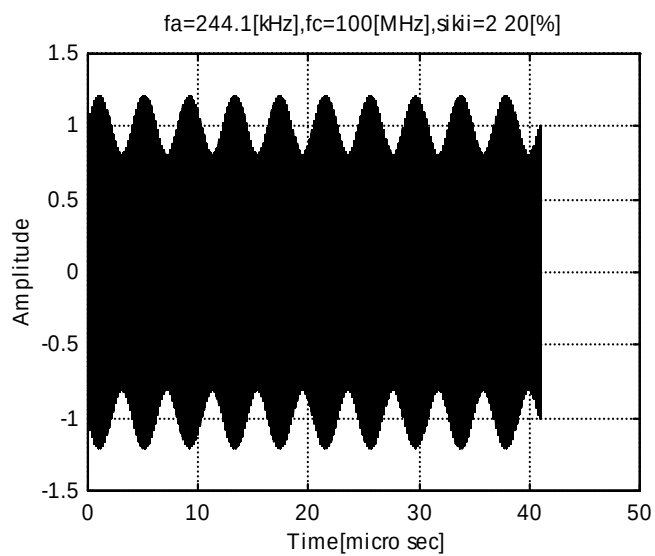


図 6 変調率 20 %

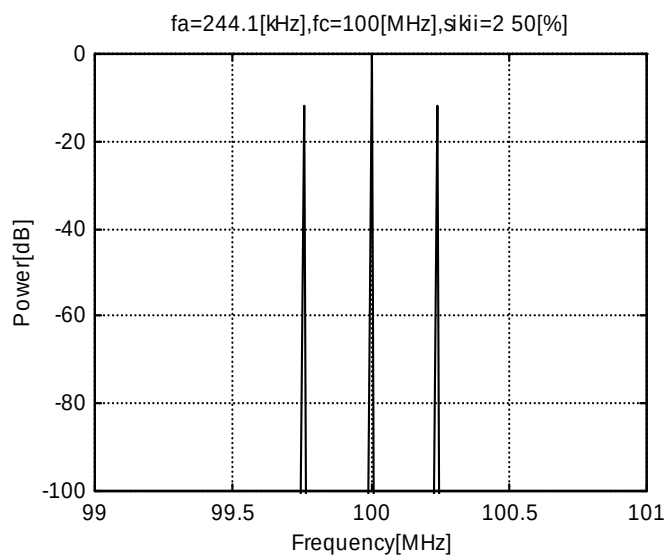
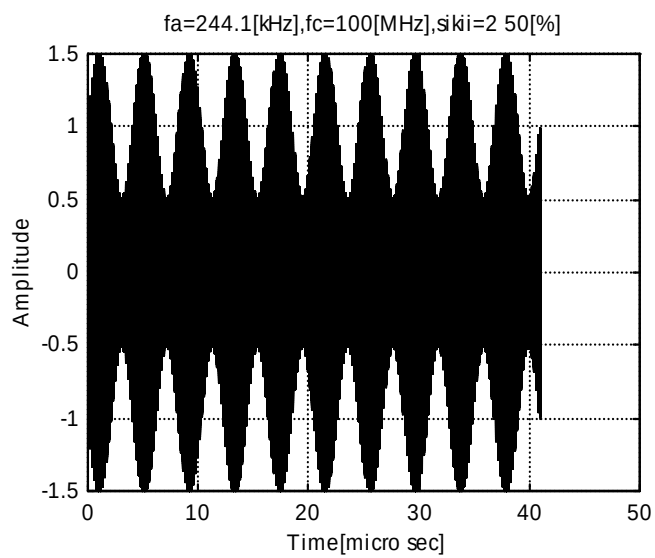


図 7 変調率 50 %

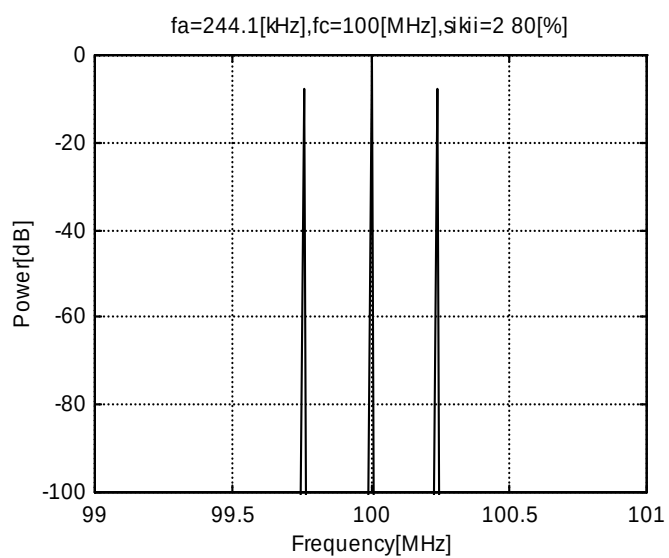
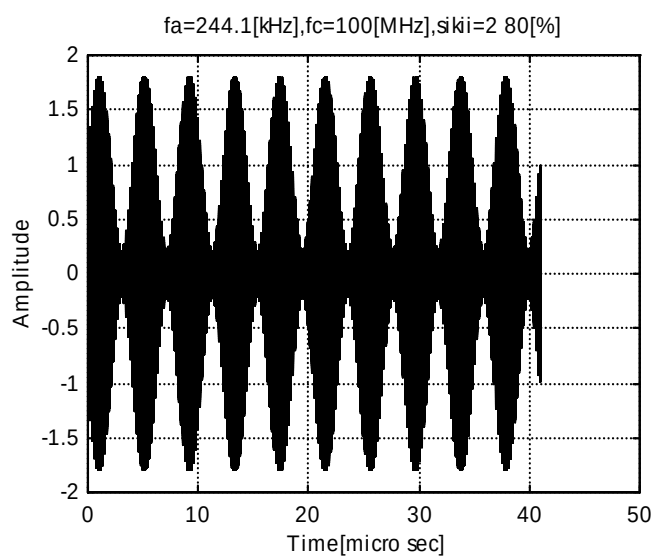


図 8 変調率 80 %

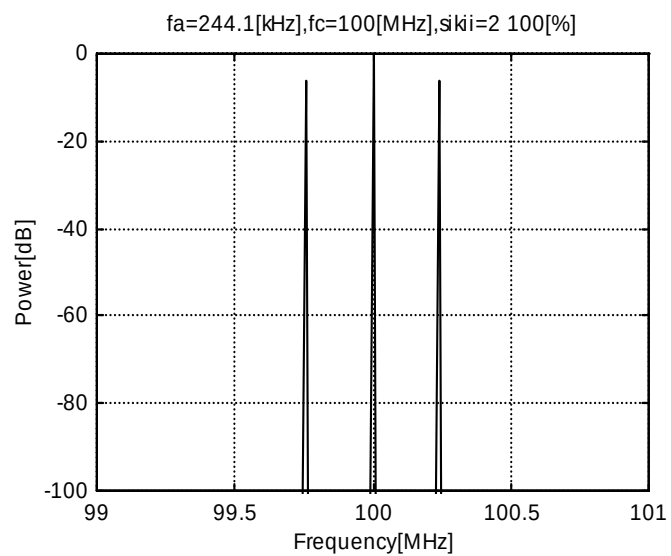
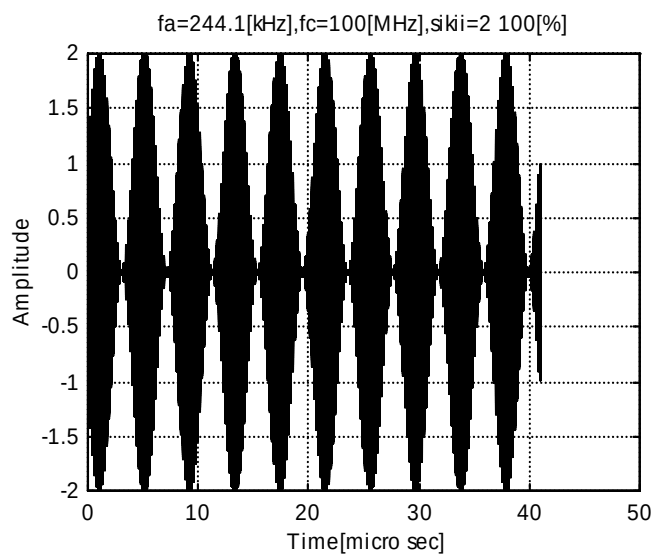


図 9 変調率 100%

次に変調率を100%にしたまま、サチりの閾値を下げていく。上記までは閾値が2.0であったのでサチリなし。

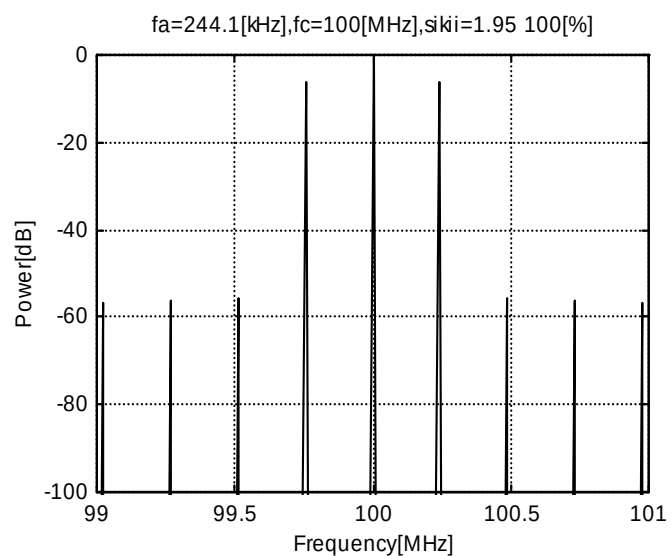
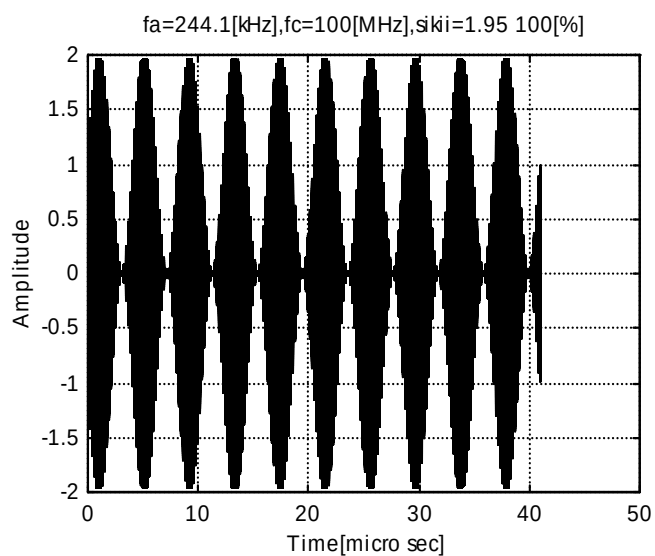


図 10 閾値 1.95

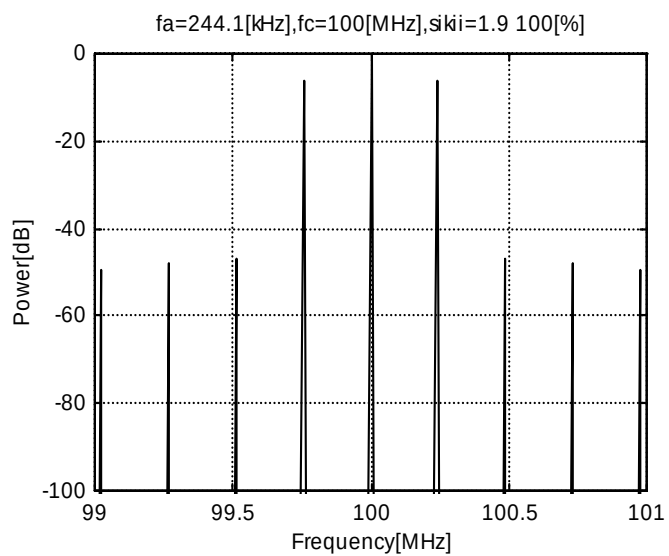
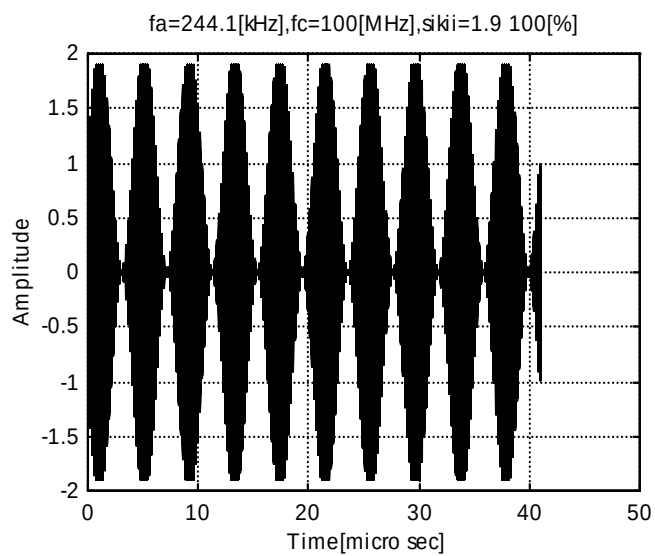


図 1 1 閾値 1. 9

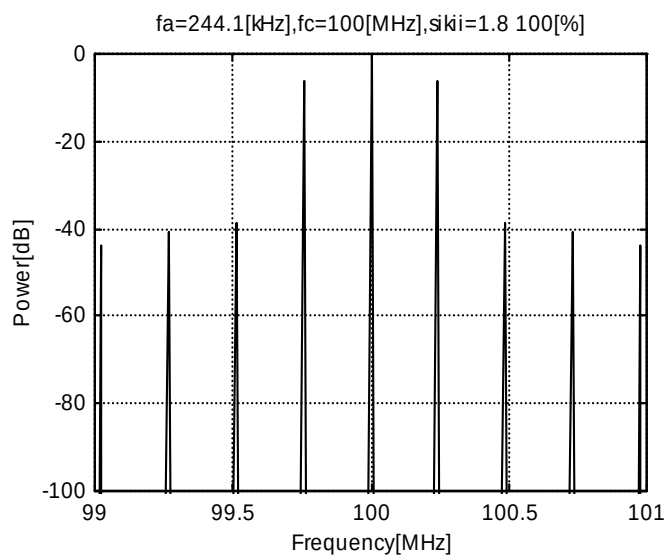
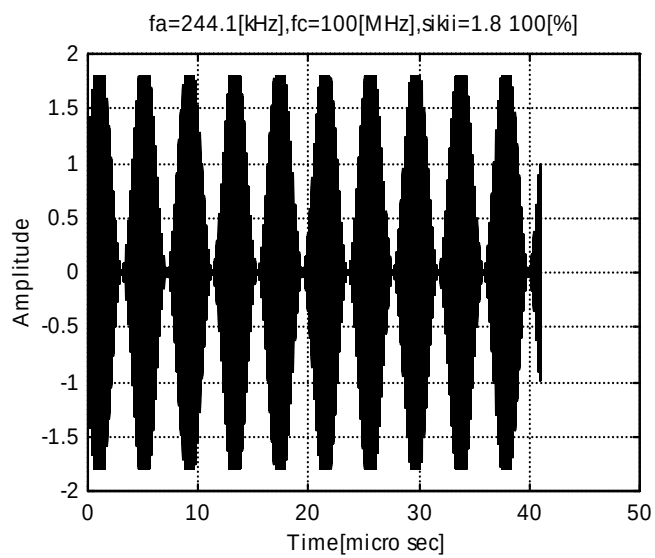


図 1 2 閾値 1. 8

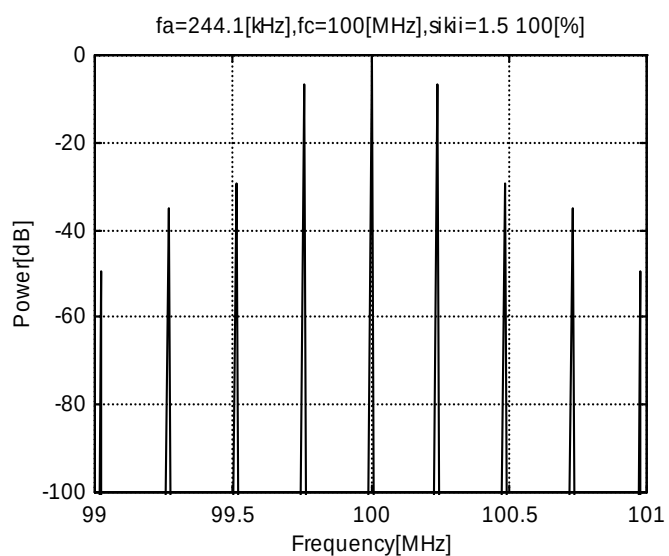
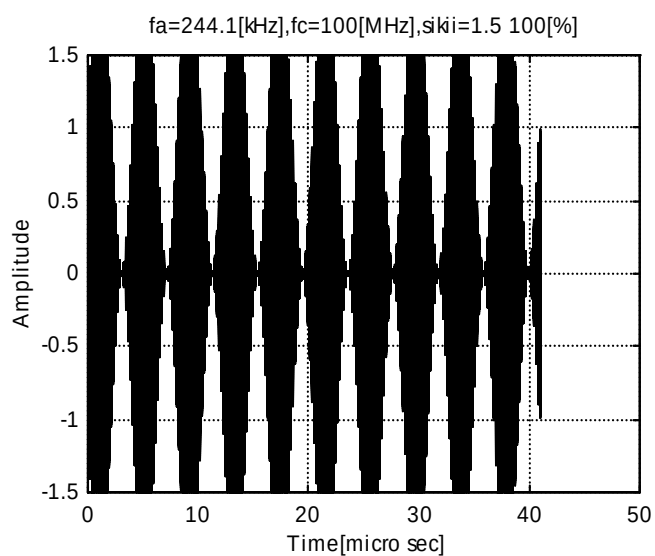


図 1 3 閾値 1. 5

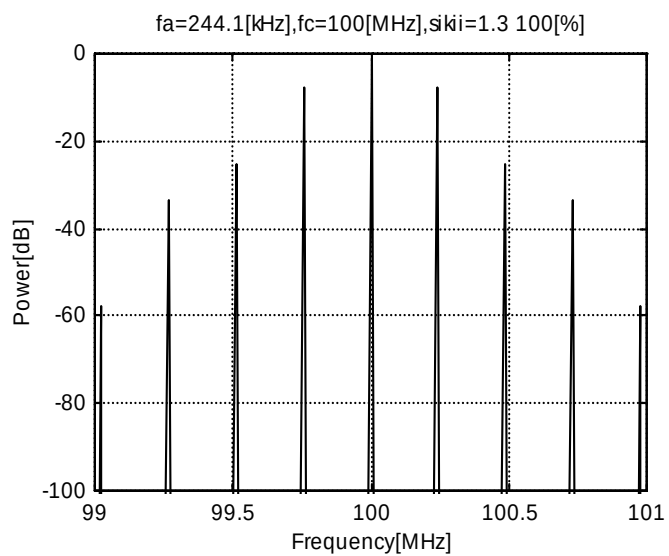
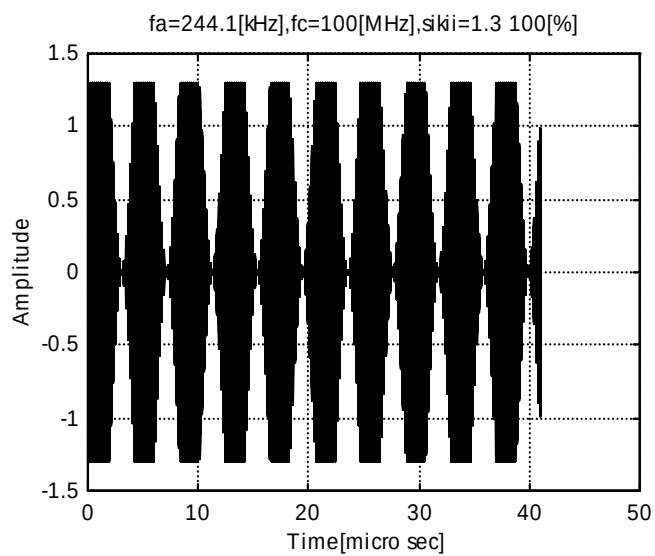


図 1 4 閾値 1. 3

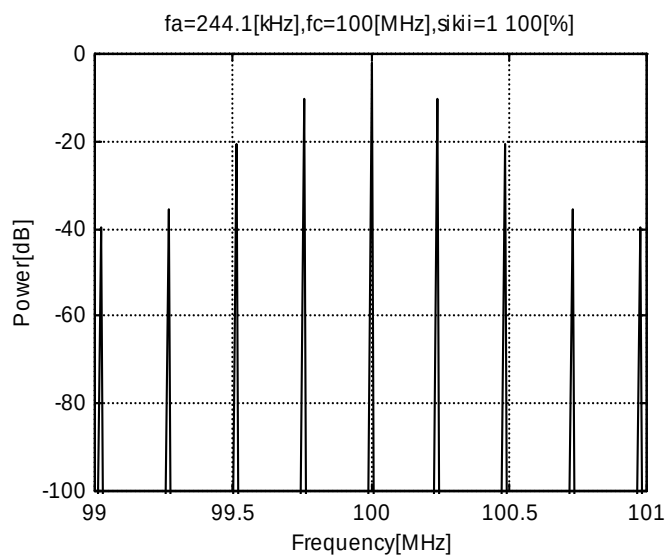
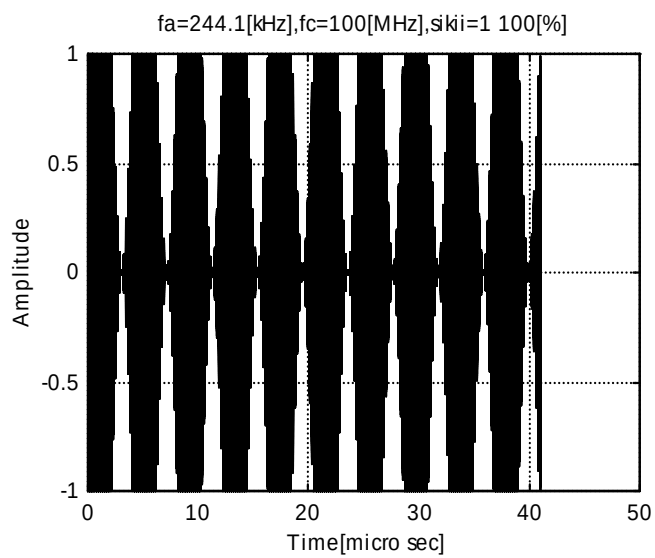


図 1 5 閾値 1. 0

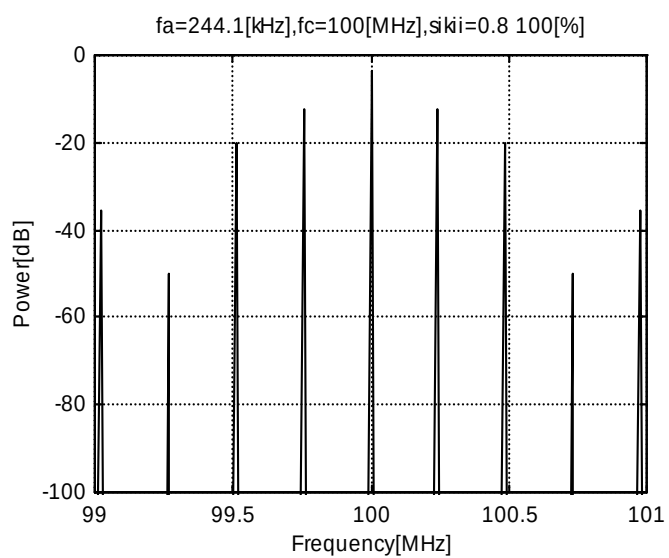
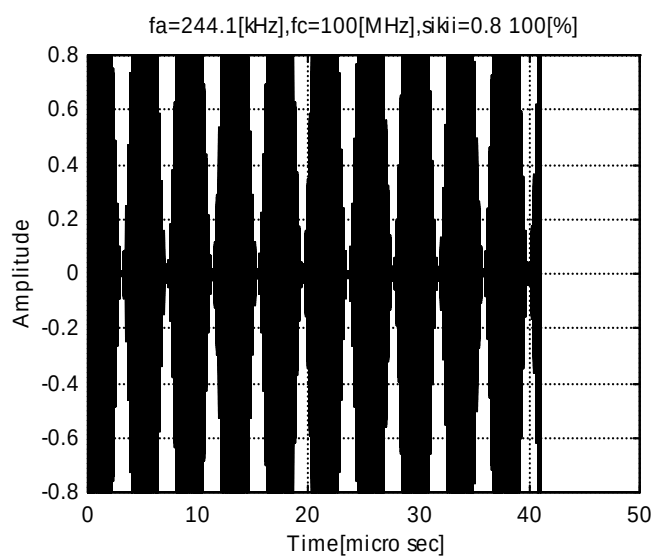


図 1 6 閾値 0. 8

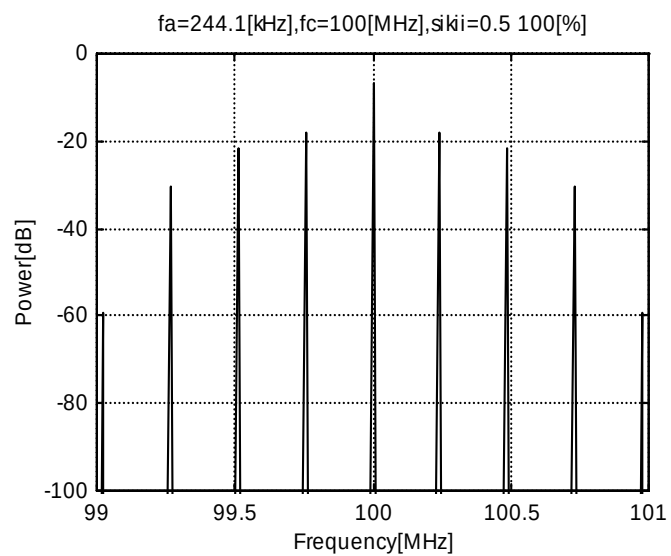
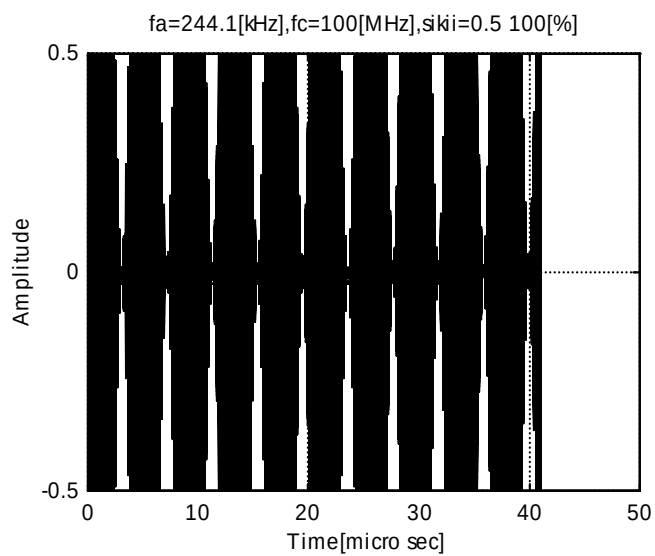


図 1 7 閾値 0. 5

次に変調周波数を下げてみる（約 6 1 k H z）

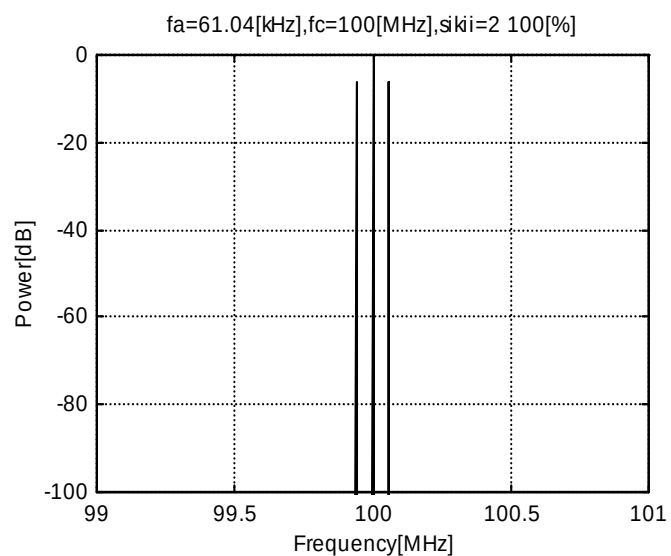
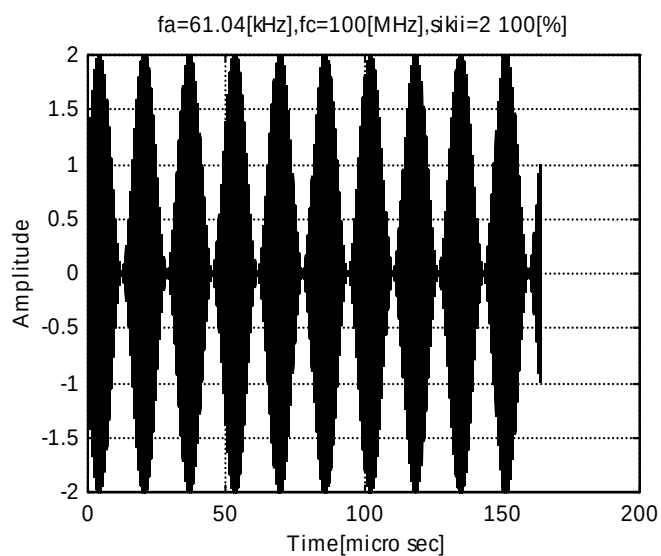


図 1 8 閾値 2（サチレーションぎりぎり）

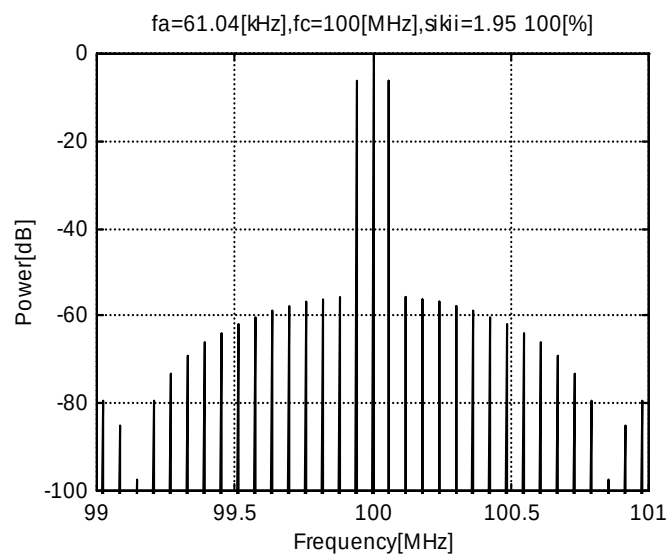
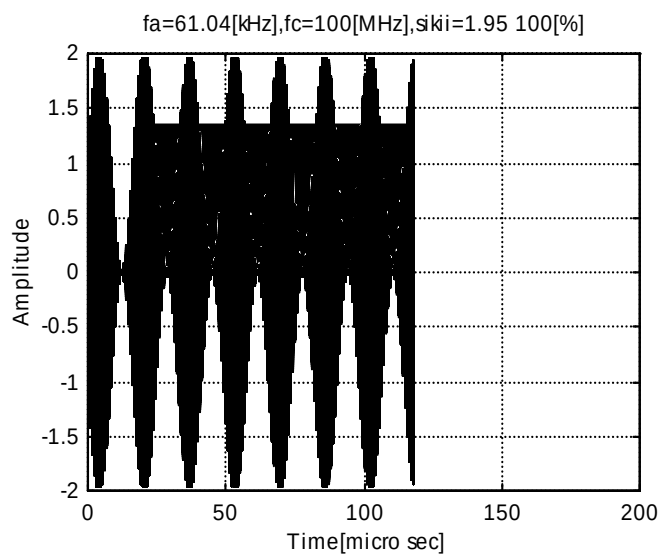


図 1 9 閾値 1. 9 5

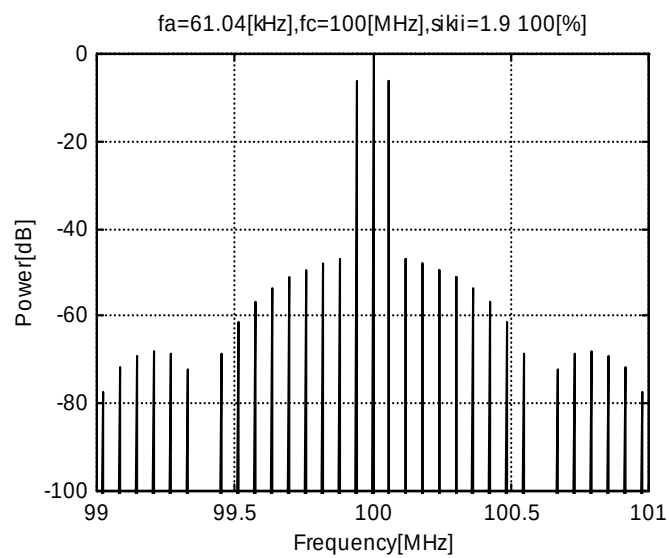
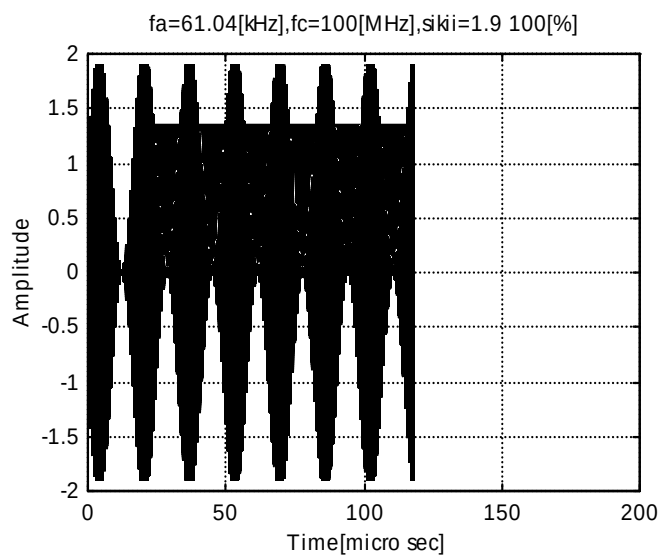


図 2 0 閾値 1. 9

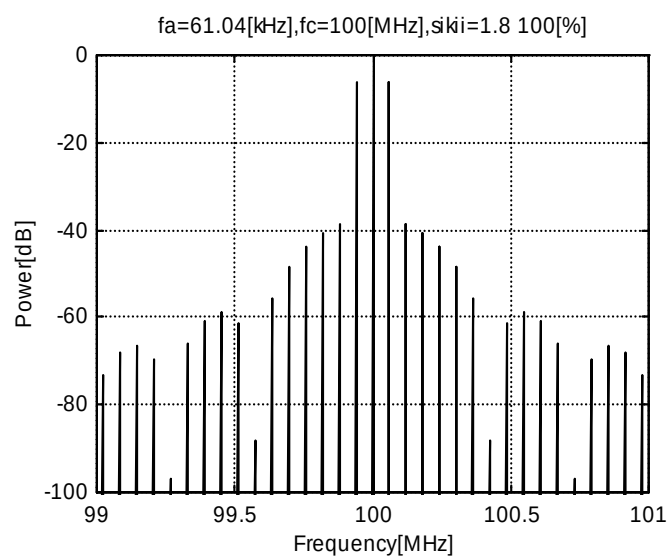
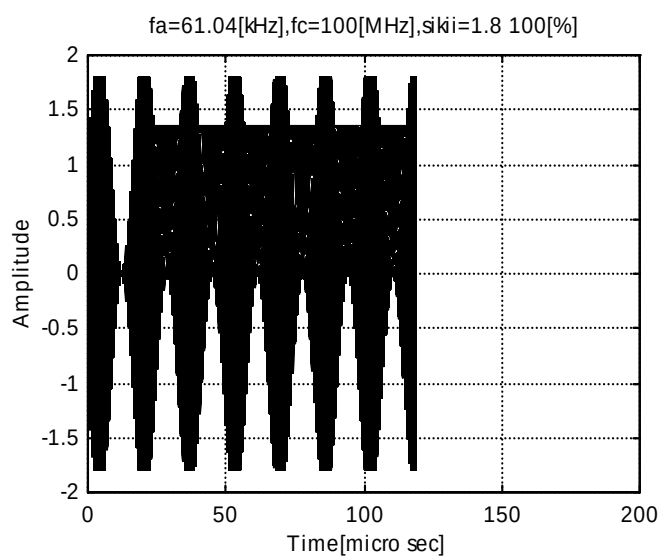


図 2 1 閾値 1. 8

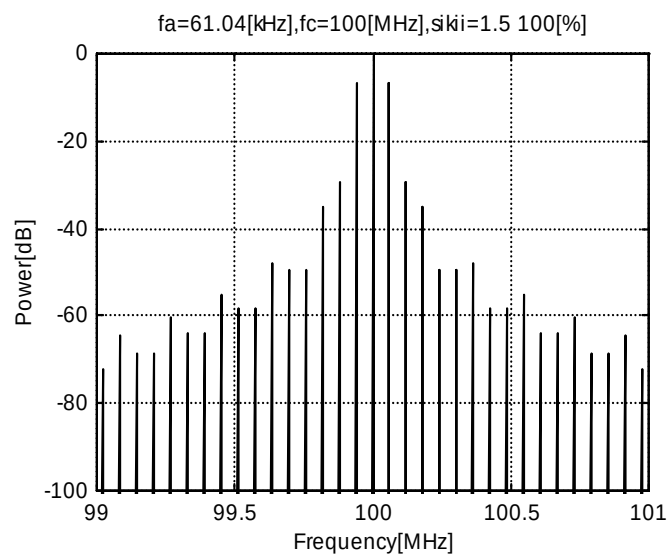
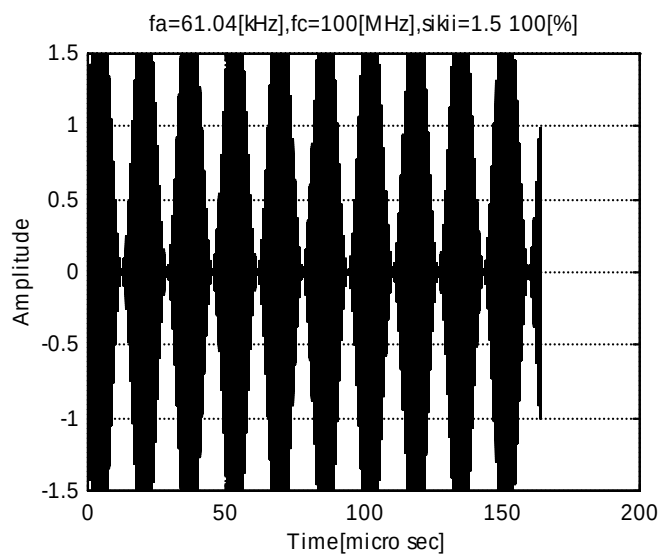


図 2 2 閾値 1. 5

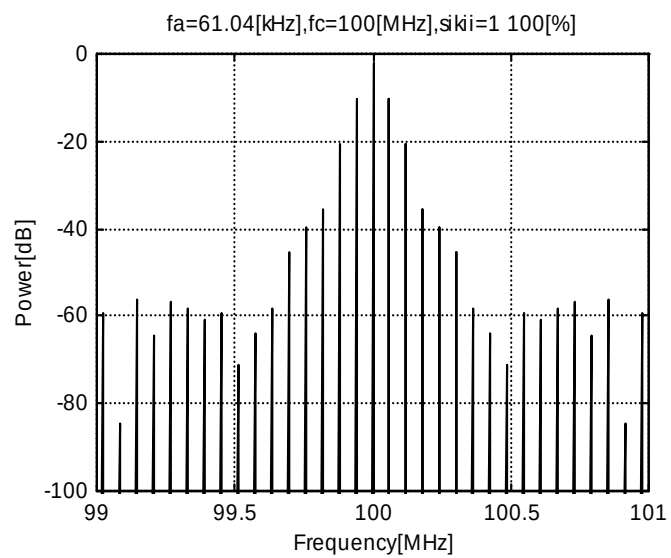
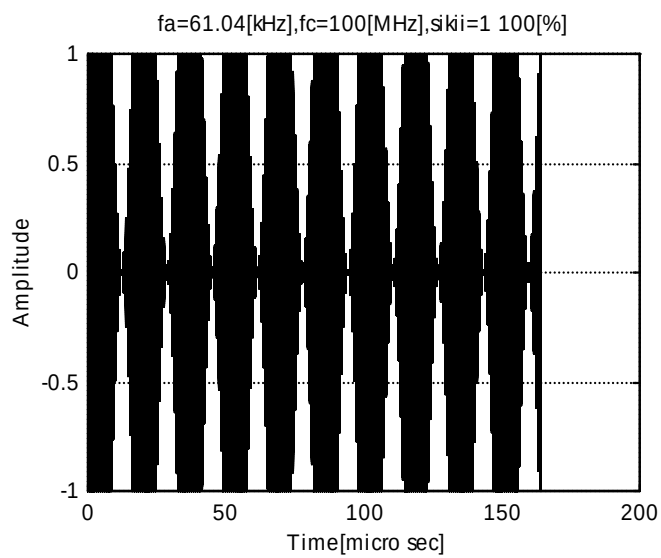


図 2 3 閾値 1. 0

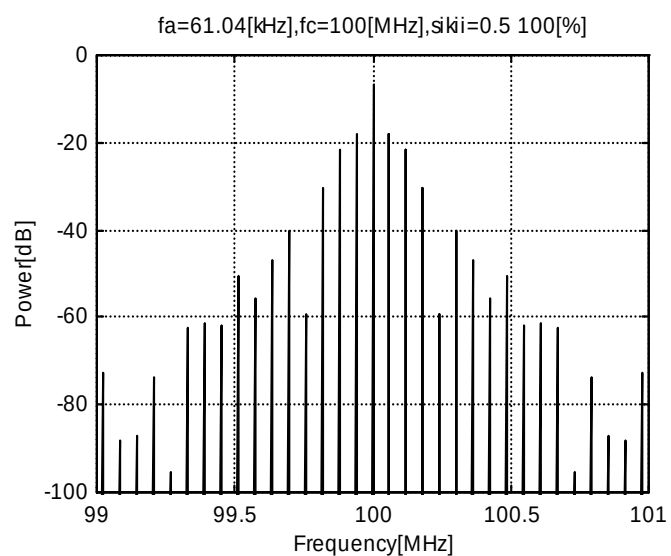
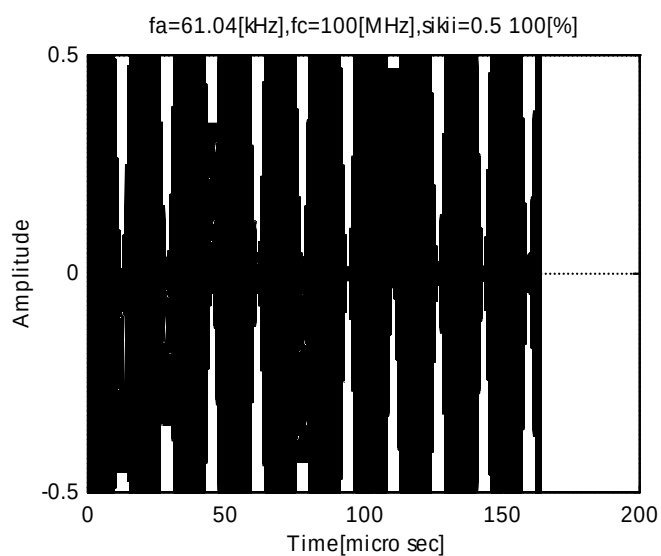


図 2 4 敷地 0. 5

次に、周波数帯域を広げて、広範囲のスペクトルを観察する。

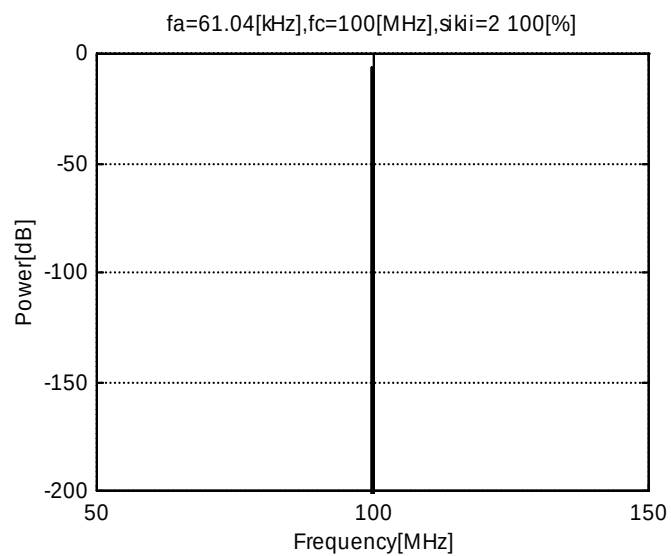
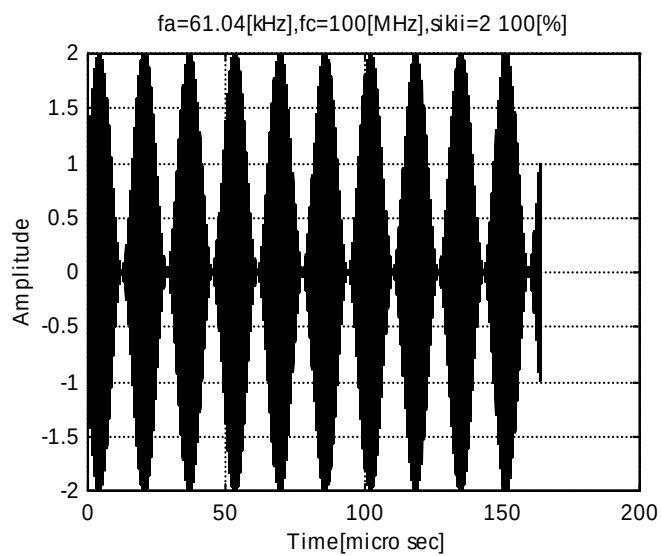


図 2 5 閾値 2. 0 (サチレーションギリギリ)

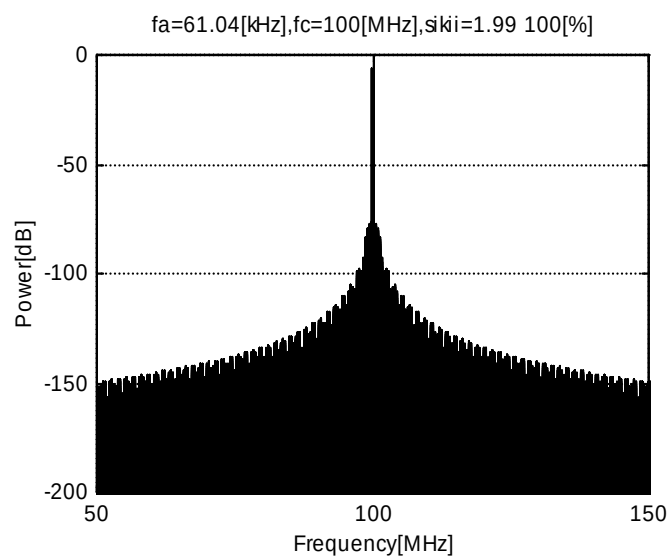
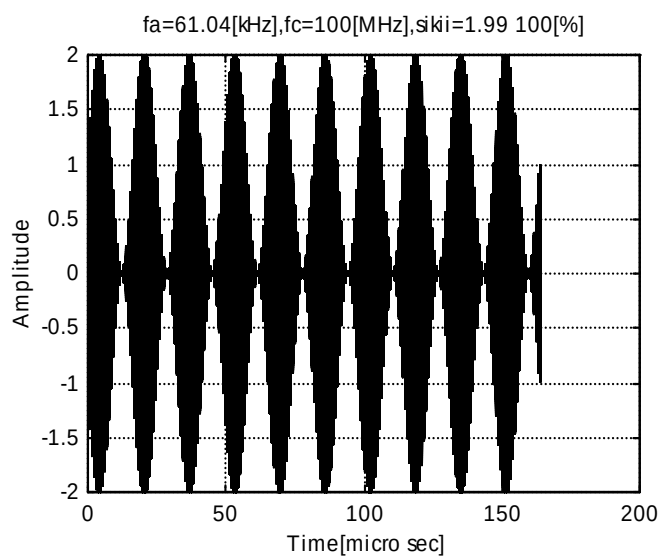


図 2 6 閾値 1. 9 9

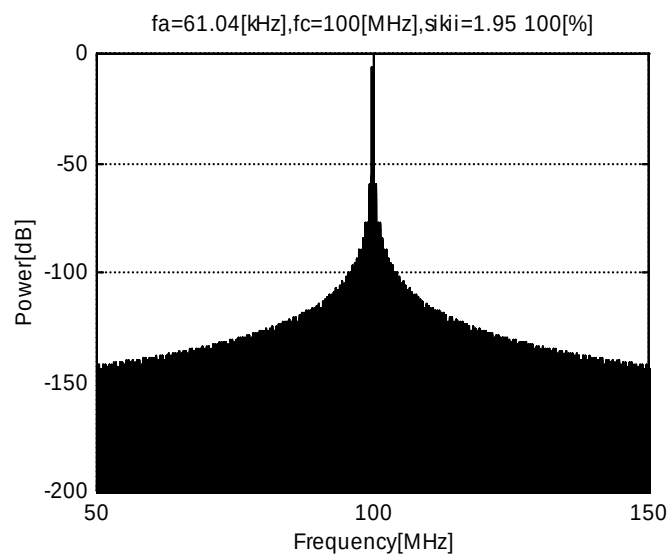
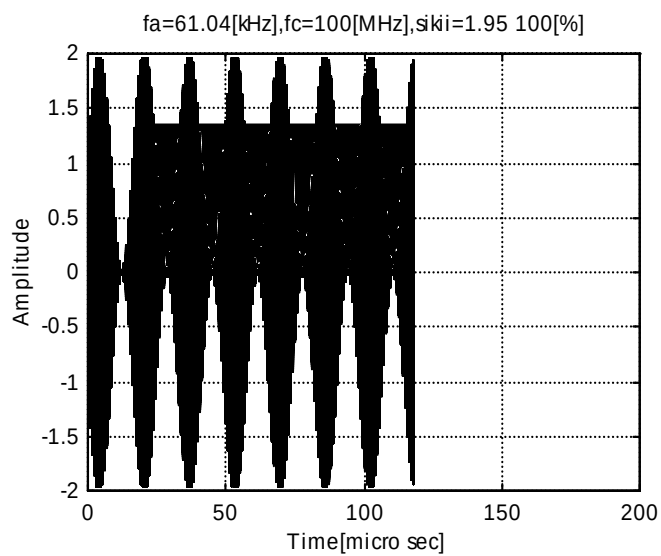


図 2 7 閾値 1. 9 5

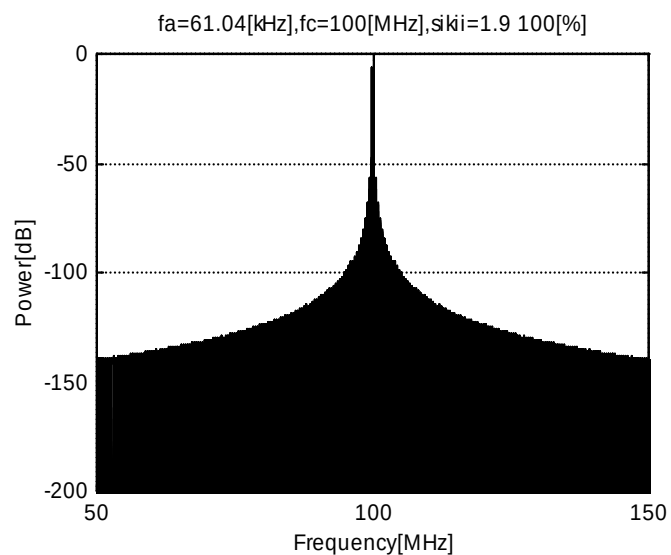
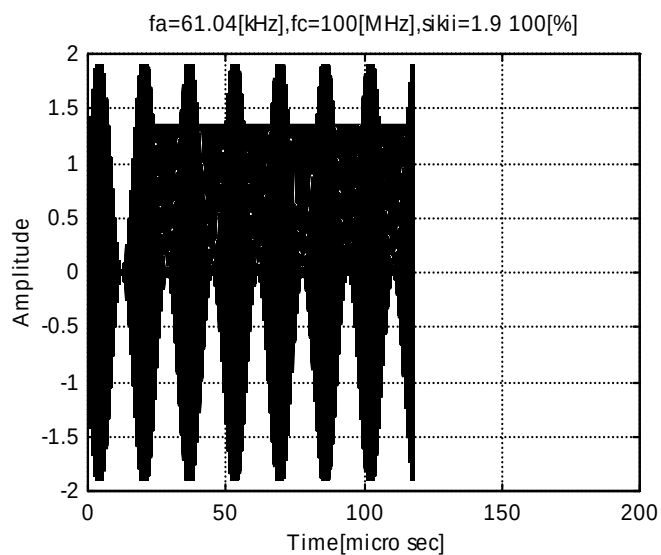


図 2 8 閾値 1. 9

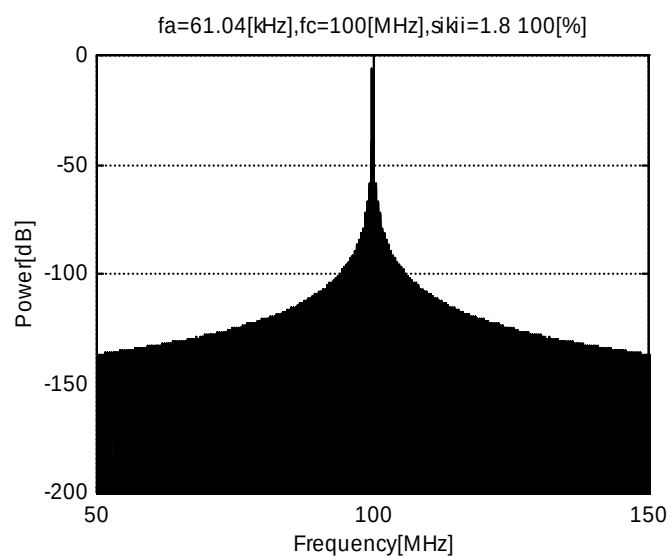
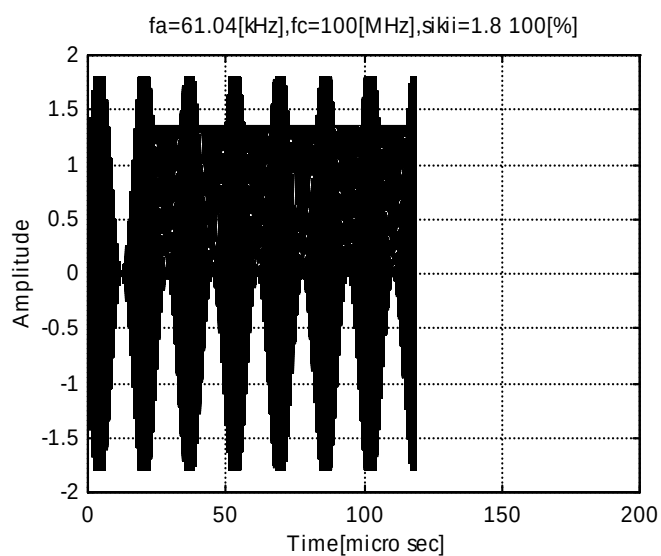


図 2 9 閾値 1. 8

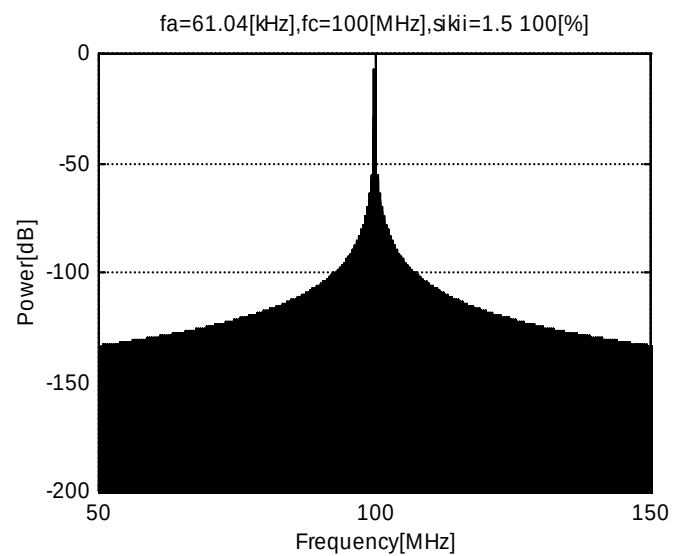
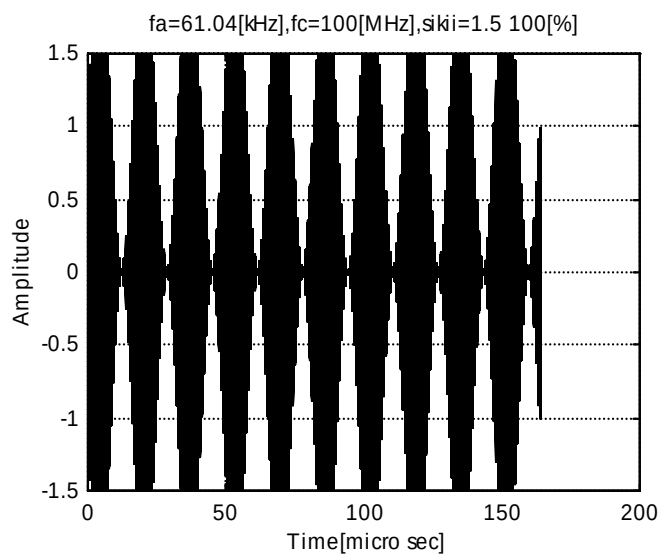


図 3 0 閾値 1. 5

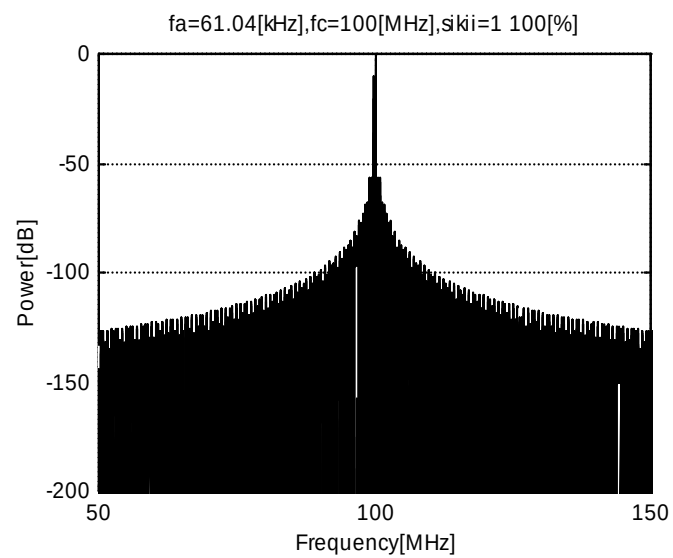
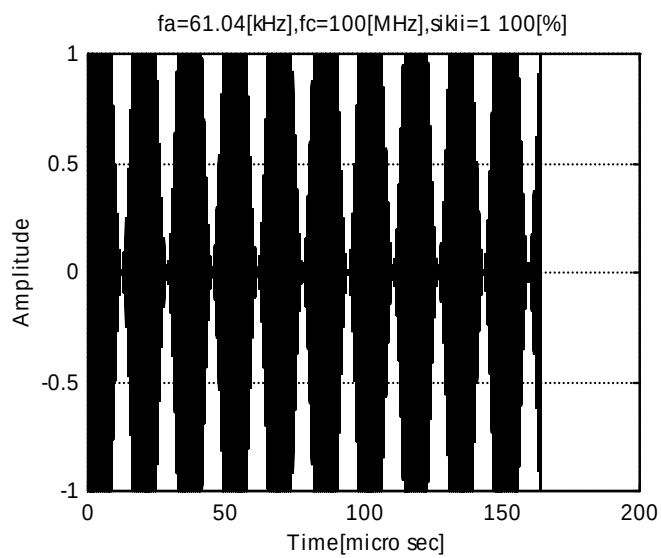


図 3 1 閾値 1

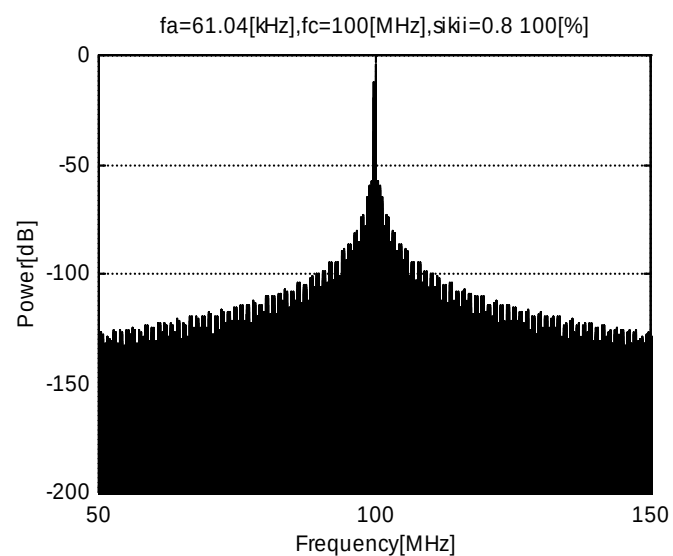
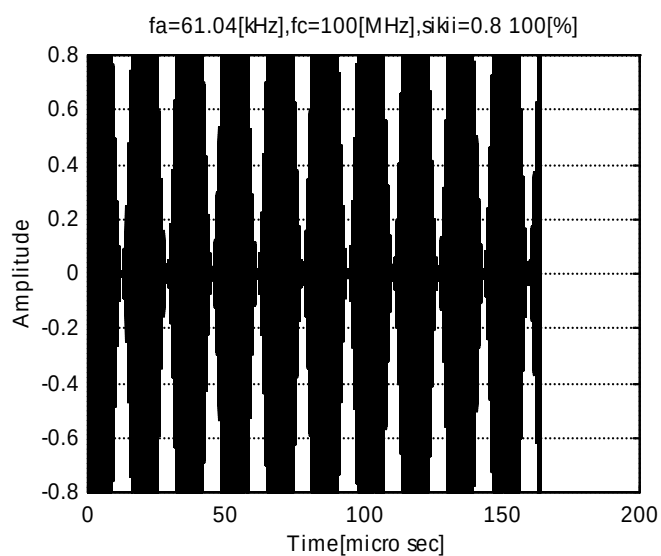


図 3 2 閾値 0. 8

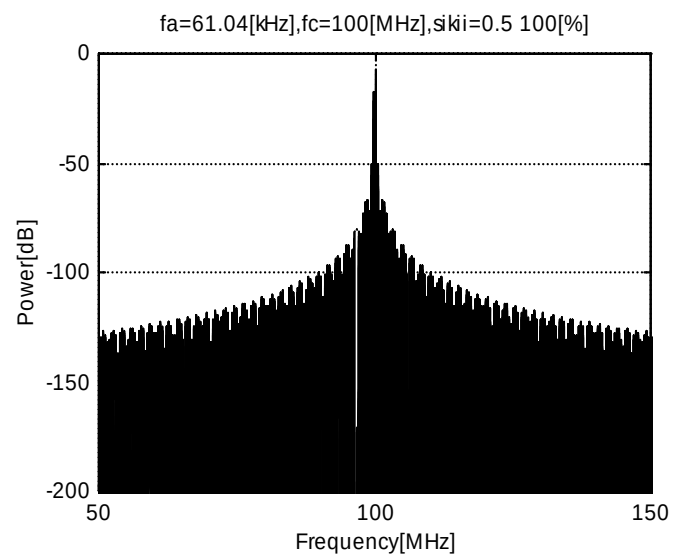
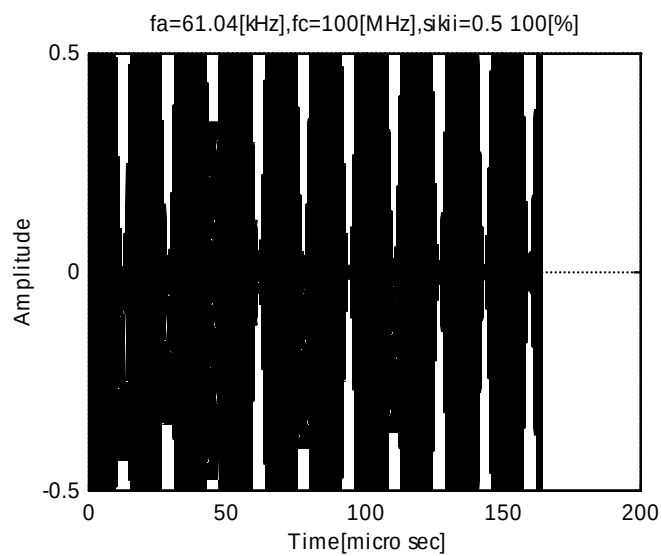


図 3 3 閾値 0. 5

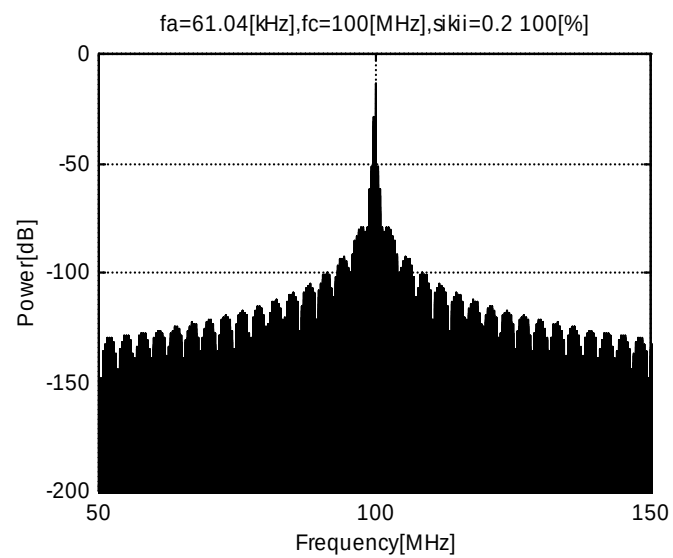
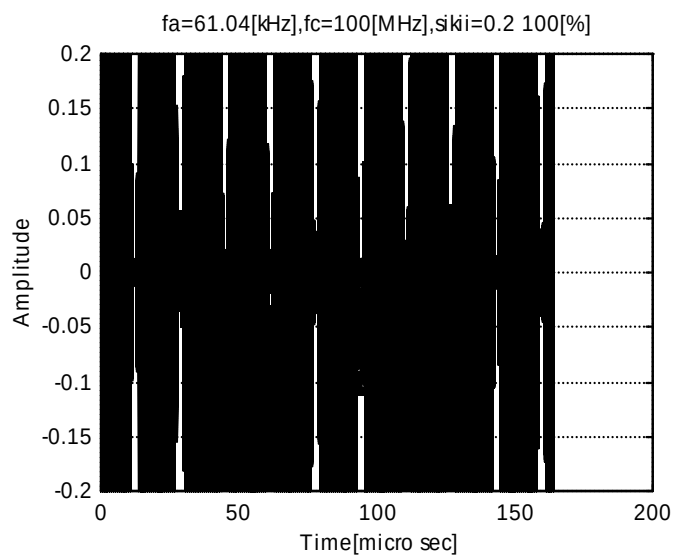


図 3 4 閾値 0. 2

次に、変調率を上げていくとともにサチリが発生する様子を観察する。

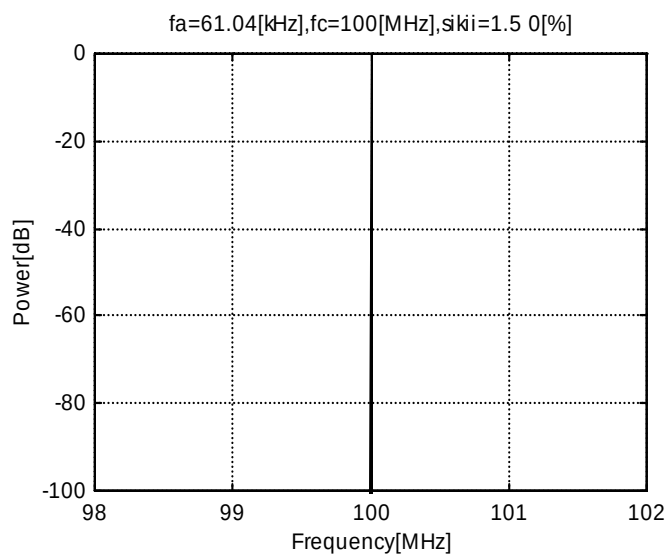
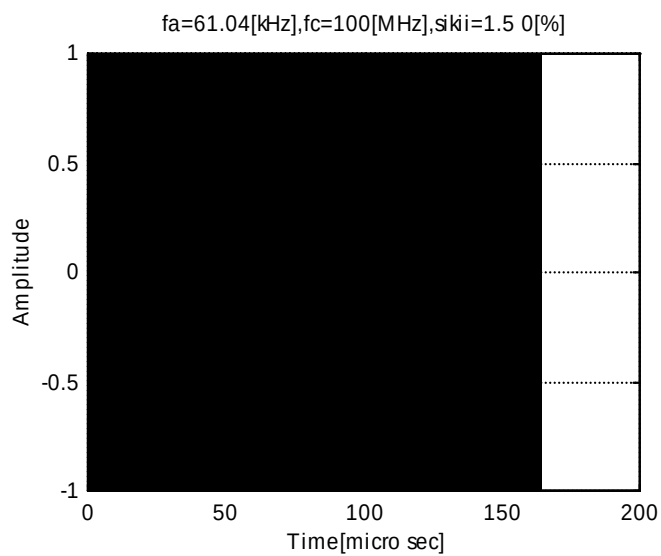


図 3 5 変調率 0 % (サチリなし)

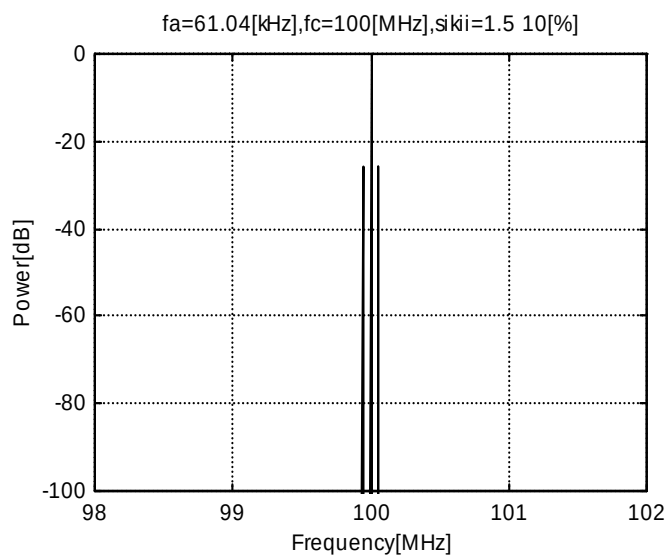
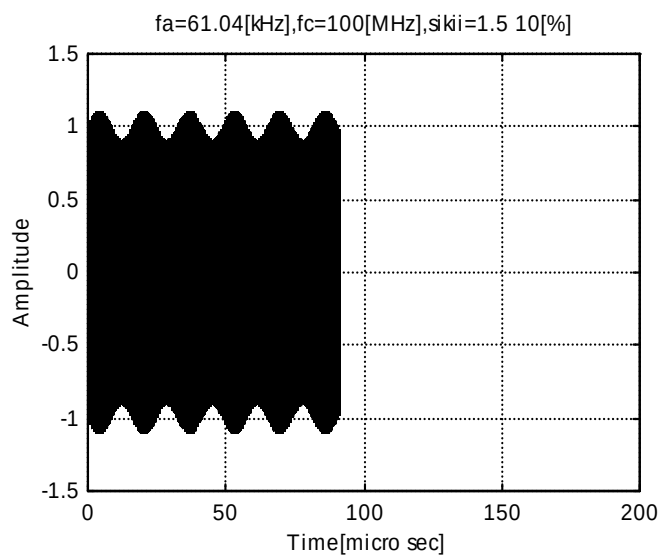


図 3 6 変調率 1 0 % (サチリなし)

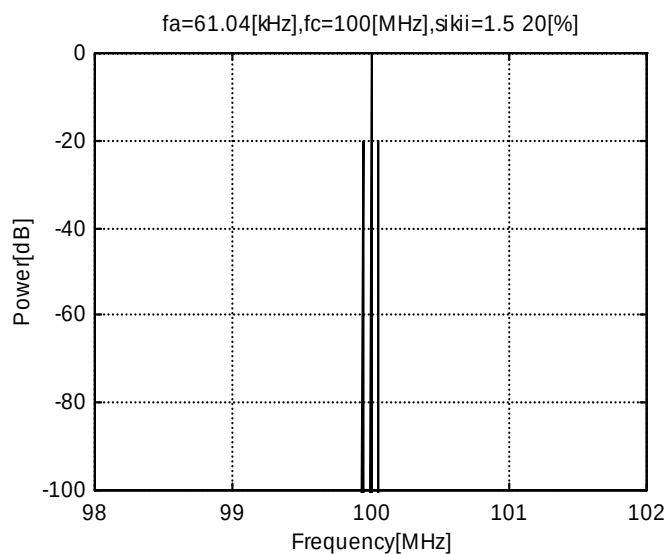
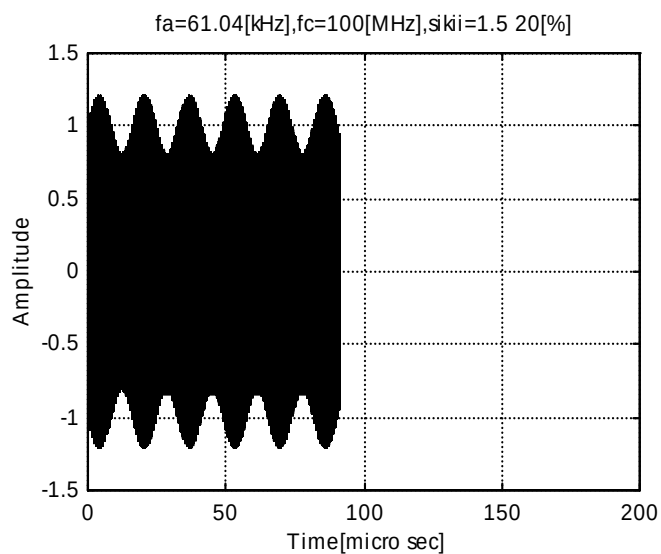


図 3 7 変調率 2 0 % (サチリなし)

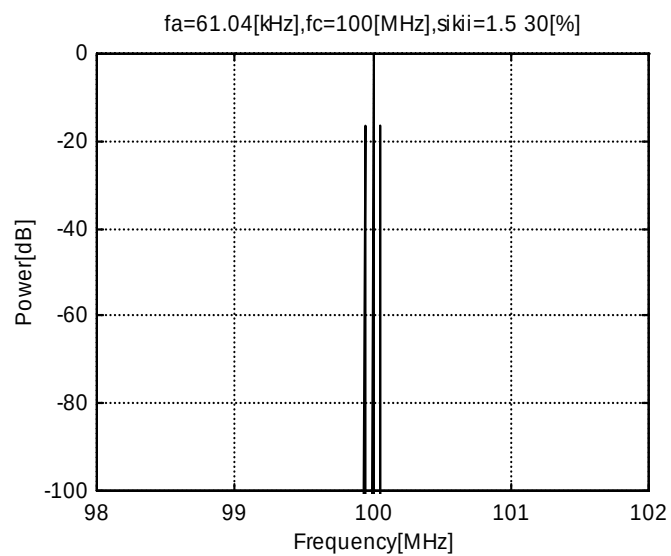
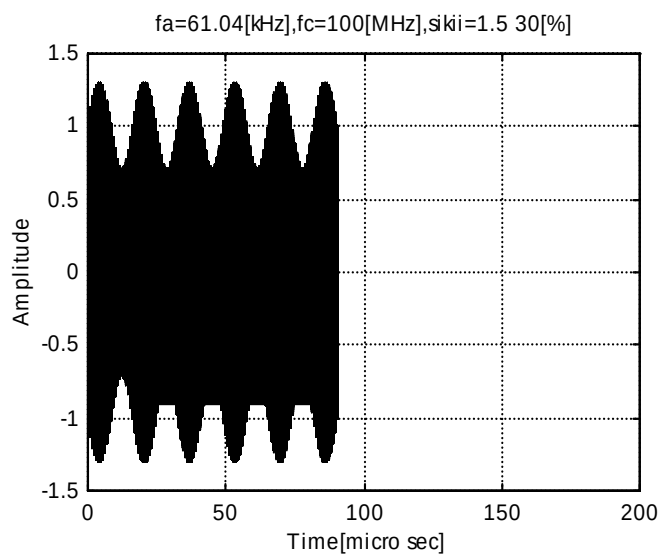


図 3 8 変調率 3 0 % (サチリなし)

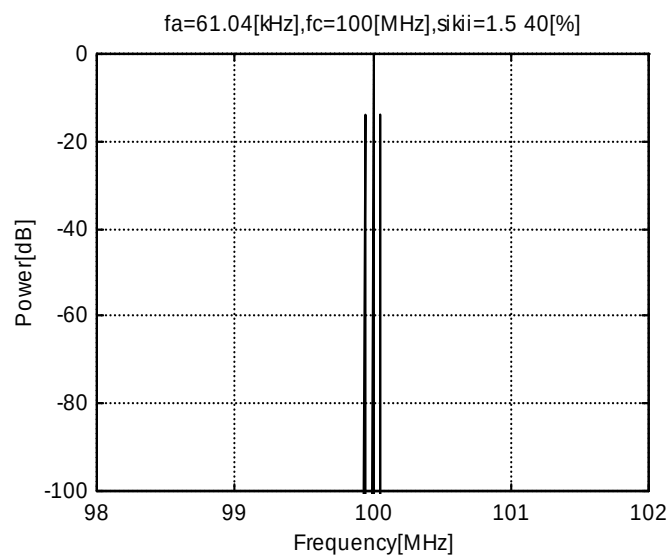
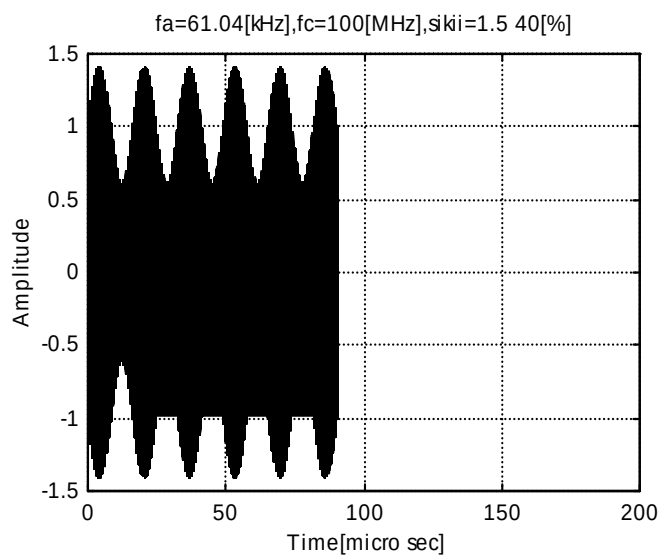


図 3 9 変調率 4 0 % (サチリなし)

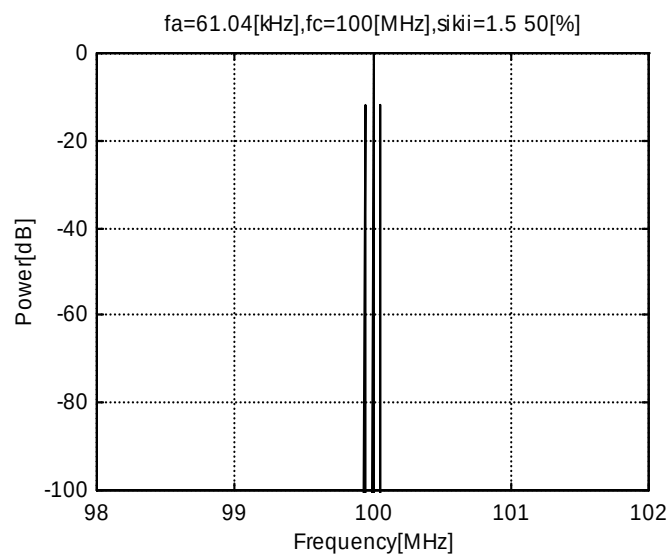
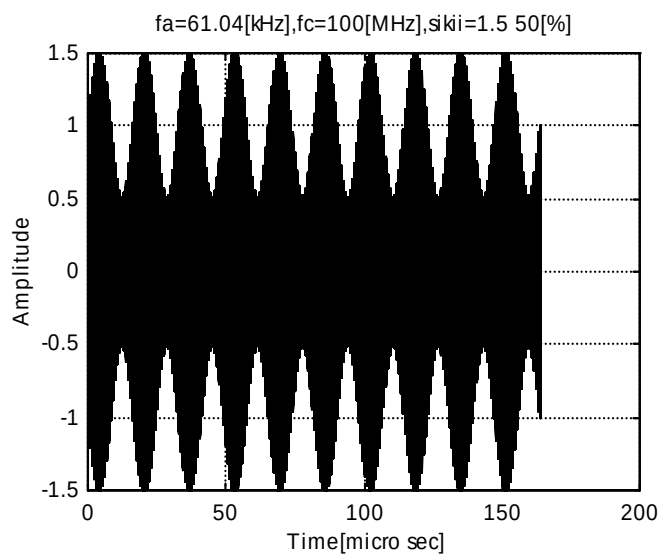


図 4 0 変調率 5 0 % (サチリなし、限界)

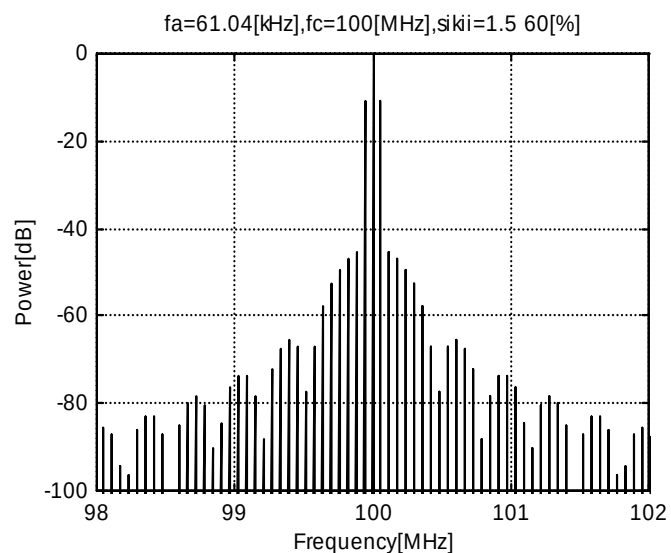
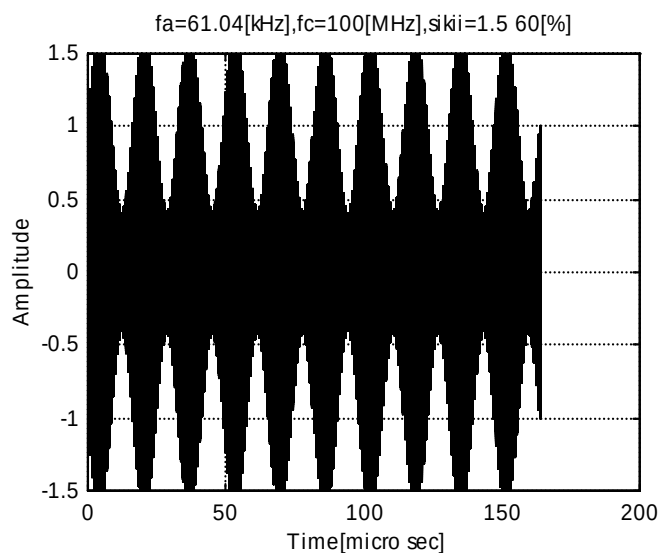


図 4 1 変調率 6 0 % (サチリ発生)

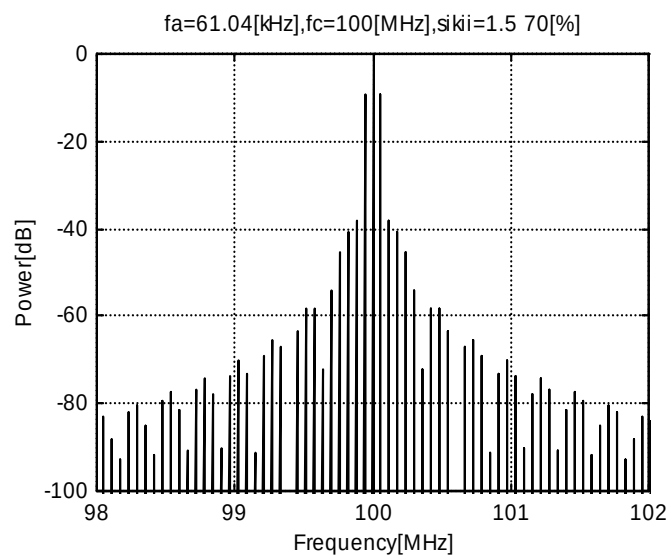
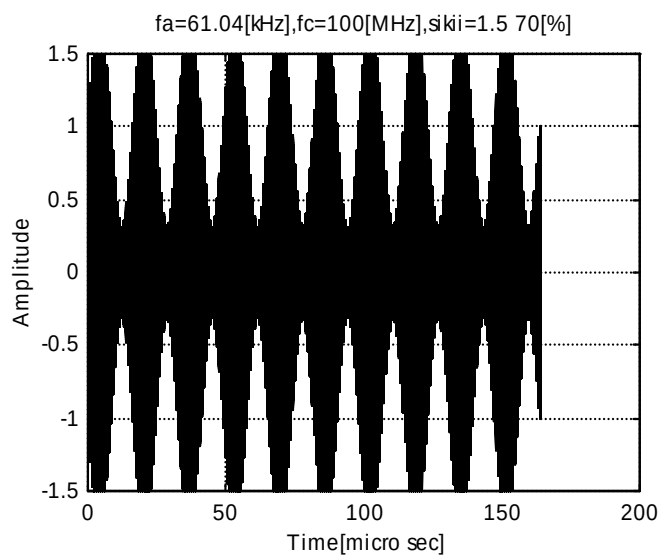


図 4 2 変調率 7 0 % (サチリあり)

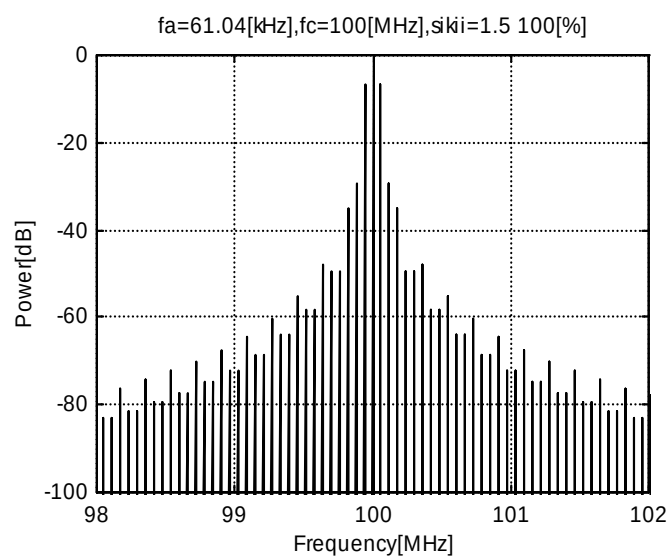
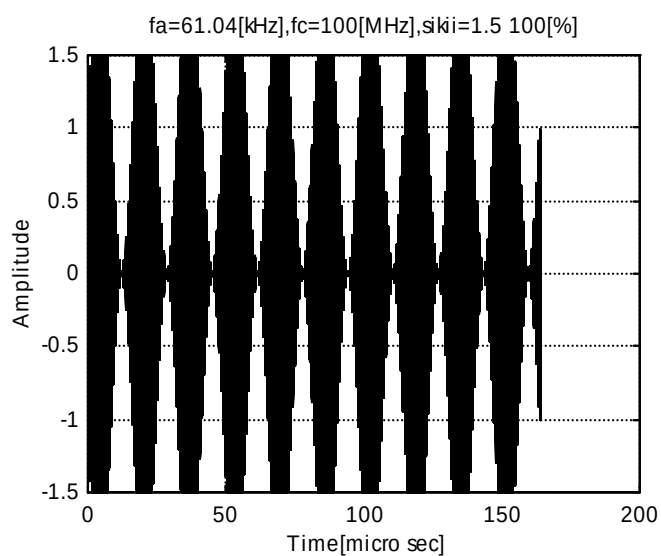


図 4 3 変調率 1 0 0 % (サチリあり)

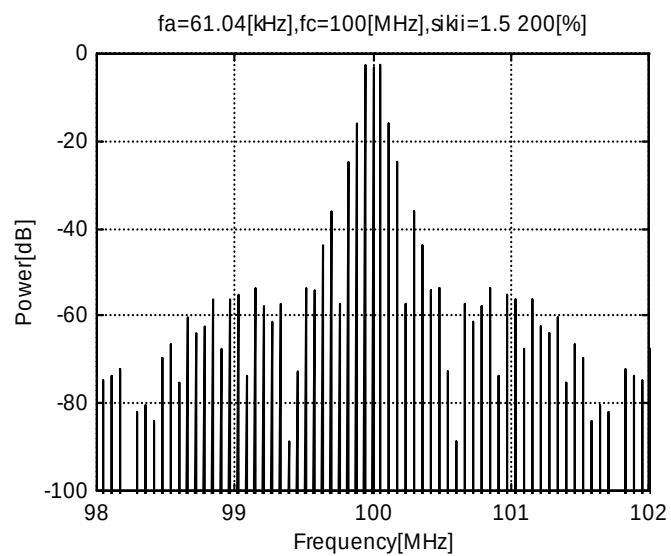
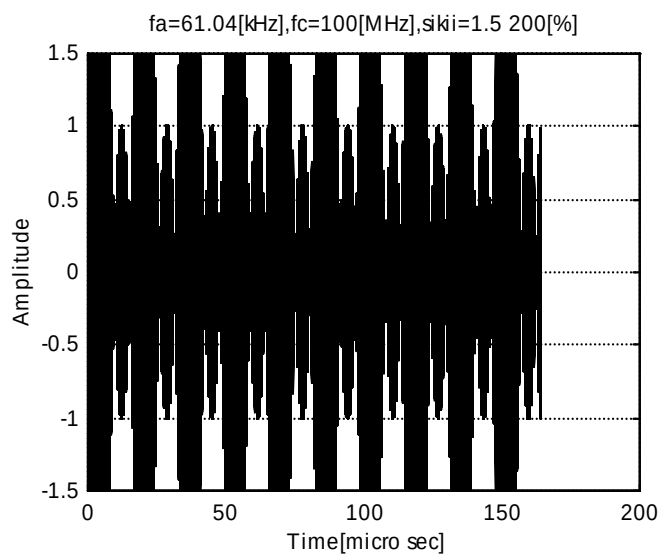


図 4 4 変調率 2 0 0 % (サチリあり)

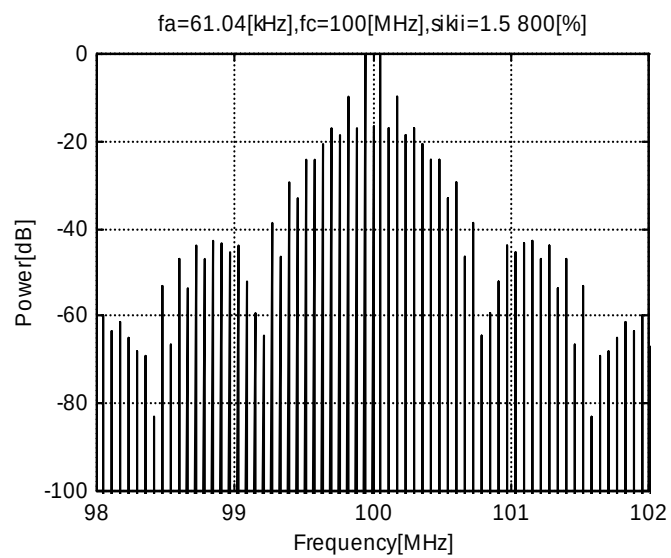
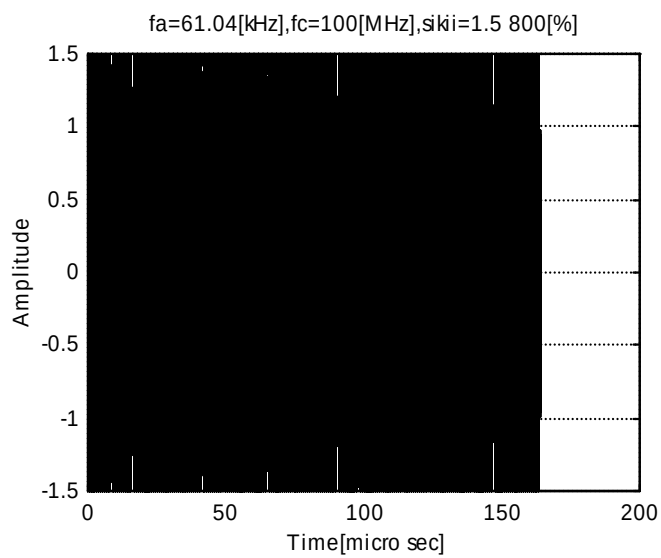


図 4 5 変調率 8 0 0 % (サチリあり)