

エクセルで遊ぼう

関数とグラフとを活用

実験で得られたデータ解析に用いると云つたエクセルで様々な現象による変化量をグラフ化し「見える化」を行う事はごく普通に行われております。

それとは逆に、既に確立した理論をグラフで「見える化」して体験すれば、より確かな理解の助けになります

ここでは、周波数の異なる2つの正弦波を重ねるとそれらの差の周波数を包絡線にもつ唸り波が観察される事を「見える化」して体験します

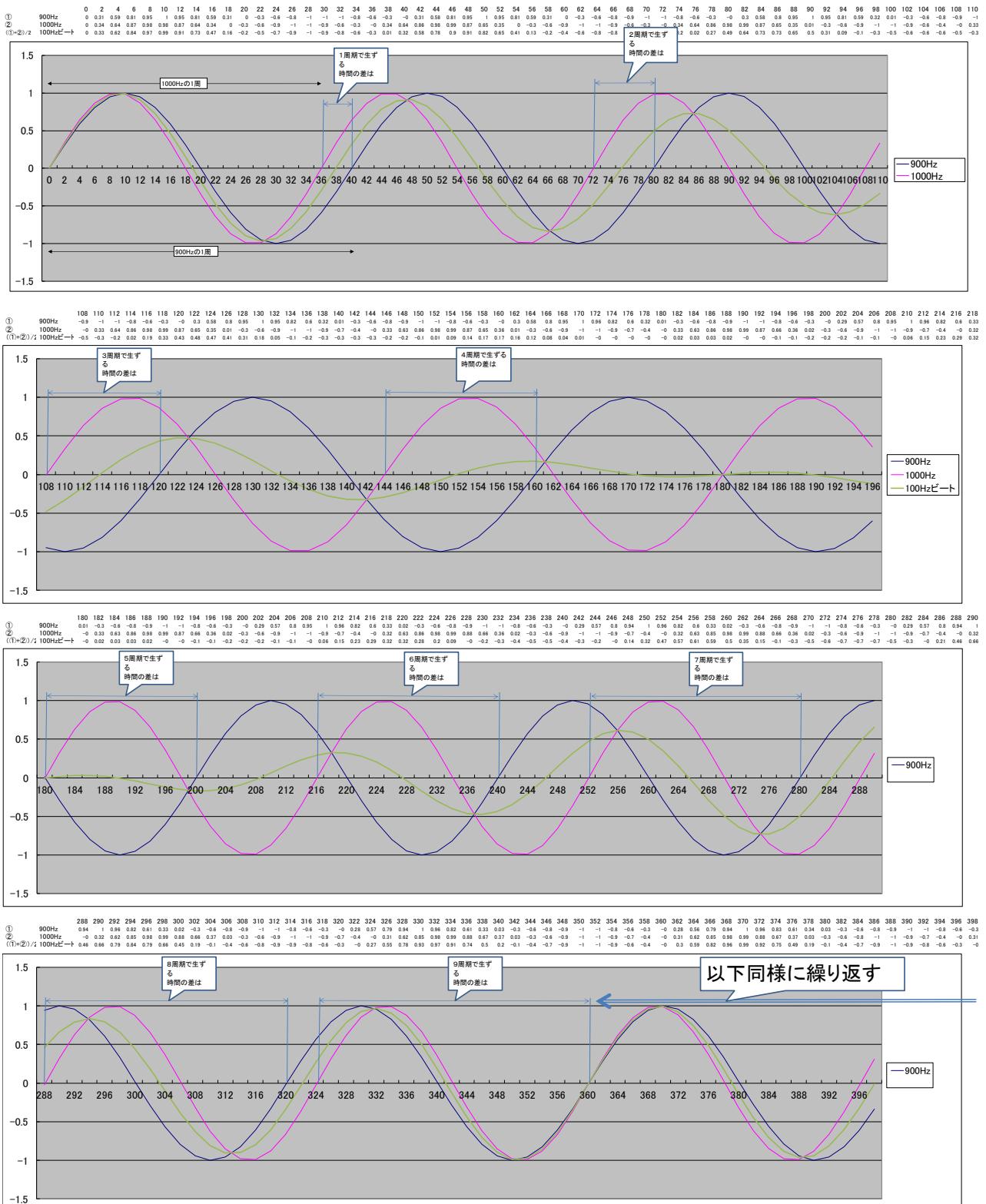
パソコンに備わっている汎用ソフトを活用するだけで実際に様々な現象を「見える化」し体験するのはやろうと思えば直ぐにできる面白い遊びです

頭の中だけで理解するのはイメージが湧かない場合もありますので理解の助けとして自然科学の面白さを体験できる方法として「見える化」をお薦めします

「見える化」して楽しむ事が出来そうな物理現象は、例えば波に関するものだけでも興味深いものがありますので、回を分けて体験して参りましょう

- ・波の干渉縞の観察
- ・正弦波の高調波を重ねると矩形波が出来る実感
- ・正弦波の実効値は何故最大値の $1/\sqrt{2}$ の実感
- ・三角関数の公式、加法定理、倍角公式の実感
- ・整流回路、平滑回路、電源回路のしくみ実感
- ・時定数の変化による入出力波形変化の実感

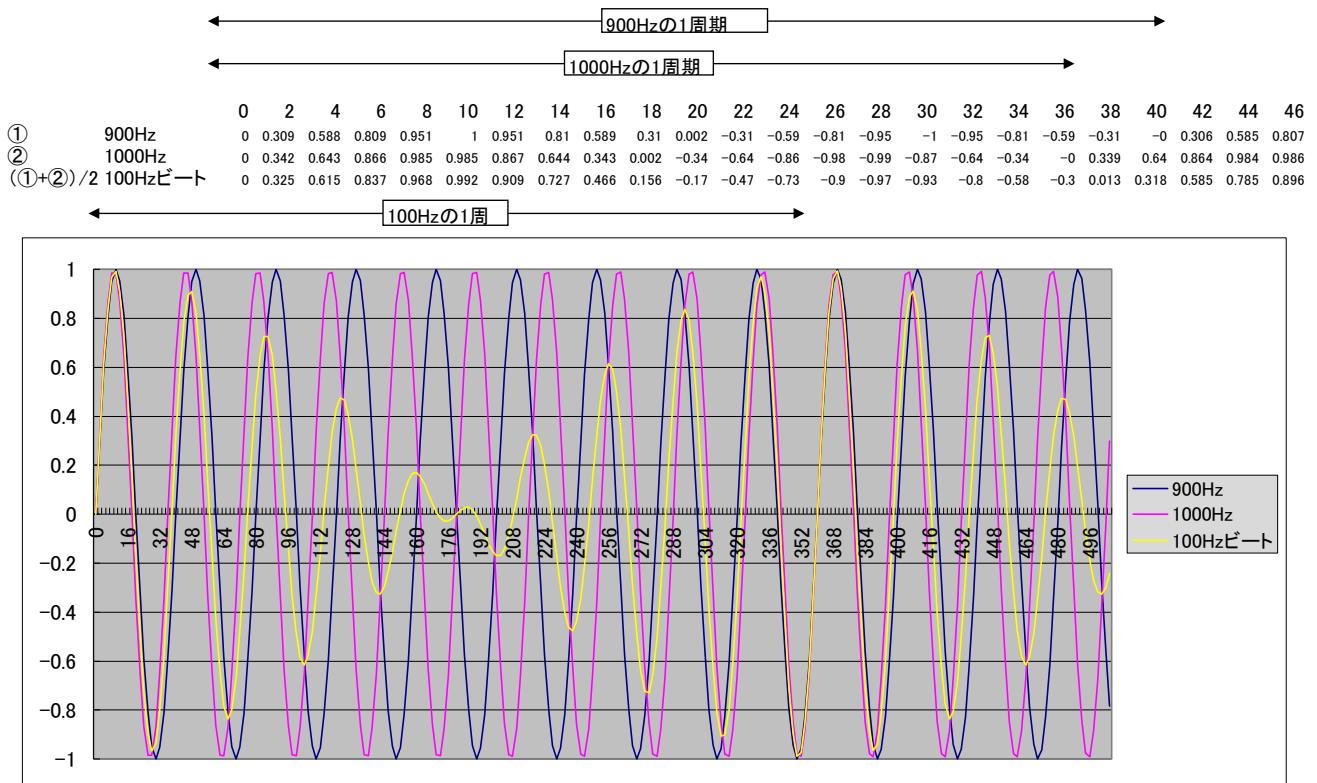
素朴な方法ですが、実際に数値を代入してその値の変化で結果がどの様に変化するかを観察します



※ この実例では、 t_1 と t_2 との最小公倍数の時間は
 t_1 の9倍、 t_2 の10倍となり
その時間が唸りの1周期分の時間に相当する事が判りました

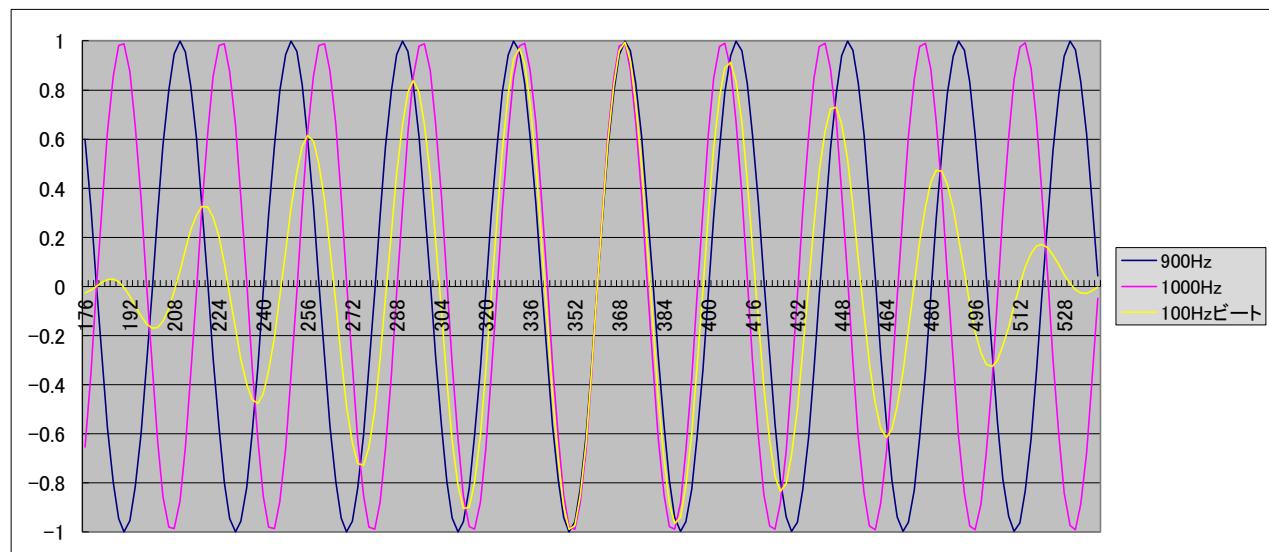
$$\begin{aligned}
 & f_1 < f_2 \text{ すなわち } t_1 > t_2 \text{ の場合} \\
 & t_1 \text{の1周期の間に} (t_1 - t_2) \text{が整数個キツチリ収まる場合} \\
 & T = (t_1 / (t_1 - t_2)) * t_2 = (t_2 * t_1) / (t_1 - t_2) \text{ここに} \\
 & t_1 = 1/f_1 \\
 & t_2 = 1/f_2 \\
 & T = 1/F \\
 & F = 1/T = (t_1 - t_2) / (t_2 * t_1) = 1/t_2 - 1/t_1 \\
 & \therefore F = f_2 - f_1
 \end{aligned}$$

時間軸の横軸を縮小し沢山の周期を見てみましょう



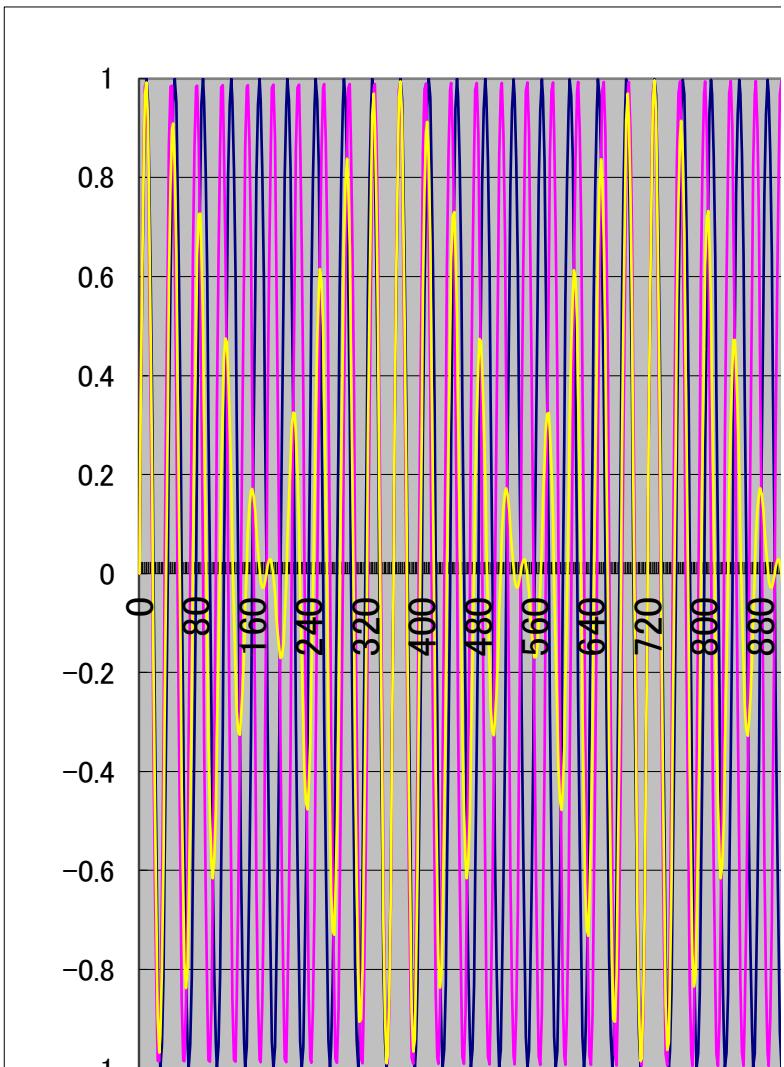
① 900Hz	176 178 180 182 184 186 188 190 192 194 196 198 200 202 204 206 208 210 212 214 216 218 220 222
② 1000Hz	0.599 0.322 0.014 -0.3 -0.58 -0.8 -0.95 -1 -0.96 -0.82 -0.6 -0.32 -0.02 0.294 0.575 0.799 0.946 1 0.956 0.819 0.602 0.325 0.018 -0.29
(①+②)/2 100Hzビート	-0.65 -0.36 -0.02 0.327 0.63 0.858 0.982 0.988 0.874 0.656 0.358 0.018 -0.33 -0.63 -0.86 -0.98 -0.99 -0.88 -0.66 -0.36 -0.02 0.324 0.628 0.856

黄色のグラフの包絡線が唸り波で1000Hz—900Hzすなわち100Hzは、その包絡線で表される波の周波数である



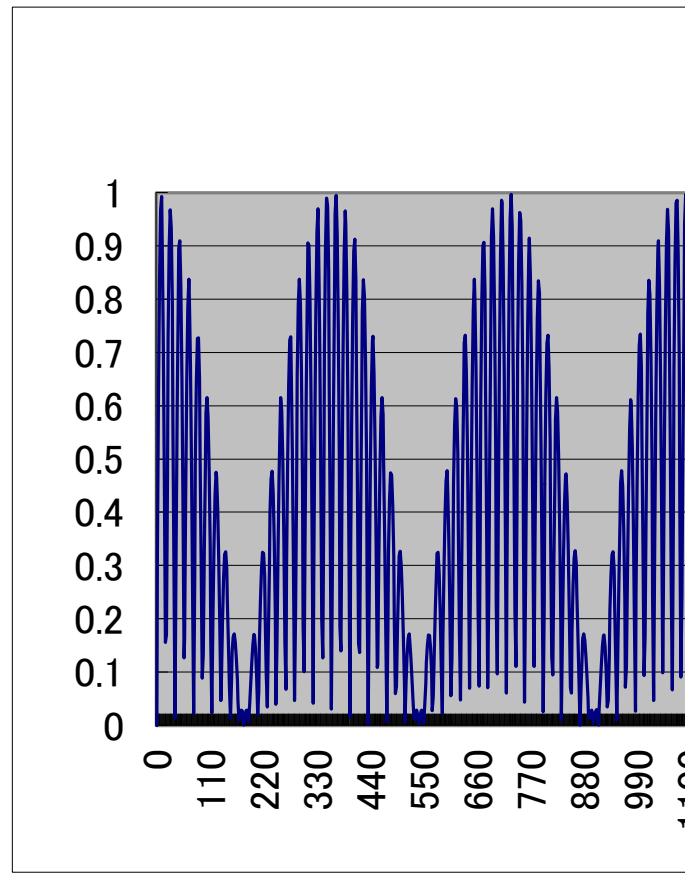
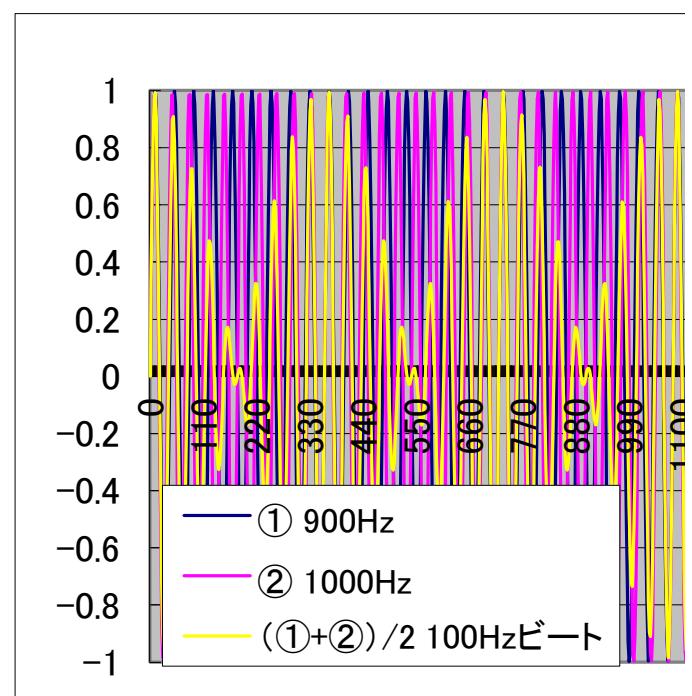
もっと沢山の周期を見てみましょう

	① 900Hz	② 1000Hz	(①+②)/2 100Hzビート
0	0	0	0
2	0.30886552	0.341853849	0.325359684
4	0.587527526	0.642516449	0.615021987
6	0.808736061	0.865759839	0.83724795
8	0.950859461	0.98468459	0.967772025
10	0.999999683	0.984961013	0.992480348
12	0.951351376	0.8665558	0.908953588
14	0.809671788	0.643736039	0.726703914
16	0.588815562	0.343350116	0.466082839
18	0.31037991	0.001592653	0.155986281
20	0.001592653	-0.34035671	-0.16938203
22	-0.30735035	-0.64129523	-0.47432279
24	-0.586238	-0.86496168	-0.72559984
26	-0.80779828	-0.98440567	-0.89610198
28	-0.95036513	-0.98523494	-0.96780003
30	-0.99999715	-0.86734956	-0.93367335
32	-0.95184088	-0.644954	-0.79839744
34	-0.81060546	-0.34484551	-0.57772549
36	-0.5901021	-0.0031853	-0.2966437
38	-0.31189351	0.338858717	0.013482603
40	-0.0031853	0.640072382	0.31844354
42	0.305834394	0.864161332	0.584997863
44	0.584946986	0.984124253	0.784535619
46	0.806858453	0.985506362	0.896182408
48	0.949868395	0.868141125	0.90900476
50	0.999992073	0.646170318	0.823081196
52	0.952327967	0.346340033	0.649334
54	0.81153708	0.004777943	0.408157511
56	0.591387151	-0.33735986	0.127013645
58	0.313406323	-0.63884791	-0.16272079
60	0.004777943	-0.86335879	-0.42929042
62	-0.30431767	-0.98384034	-0.644079
64	-0.58365449	-0.98577529	-0.78471489
66	-0.80591658	-0.86893049	-0.83742353



100Hzビート波の両波整流 プラス側のみにする

	① 900Hz	② 1000Hz	(①+②)/2 100Hz ビートの 両波整流 プラス側 のみにする
0	0	0	0
2	0.30886552	0.341853849	0.325359684
4	0.587527526	0.642516449	0.615021987
6	0.808736061	0.865759839	0.83724795
8	0.950859461	0.98468459	0.967772025
10	0.999999683	0.984961013	0.992480348
12	0.951351376	0.8665558	0.908953588
14	0.809671788	0.643736039	0.726703914
16	0.588815562	0.343350116	0.466082839
18	0.31037991	0.001592653	0.155986281
20	0.001592653	-0.34035671	0.169382031
22	-0.30735035	-0.64129523	0.474322788
24	-0.586238	-0.86496168	0.725599841
26	-0.80779828	-0.98440567	0.896101976
28	-0.95036513	-0.98523494	0.967800035
30	-0.99999715	-0.86734956	0.933673354
32	-0.95184088	-0.644954	0.798397438
34	-0.81060546	-0.34484551	0.577725487
36	-0.5901021	-0.0031853	0.296643703
38	-0.31189351	0.338858717	0.013482603
40	-0.0031853	0.640072382	0.31844354
42	0.305834394	0.864161332	0.584997863
44	0.584946986	0.984124253	0.784535619
46	0.806858453	0.985506362	0.896182408
48	0.949868395	0.868141125	0.90900476
50	0.999992073	0.646170318	0.823081196
52	0.952327967	0.346340033	0.649334
54	0.81153708	0.004777943	0.408157511
56	0.591387151	-0.33735986	0.127013645
58	0.313406323	-0.63884791	0.162720794
60	0.004777943	-0.86335879	0.429290424
62	-0.30431767	-0.98384034	0.644079003

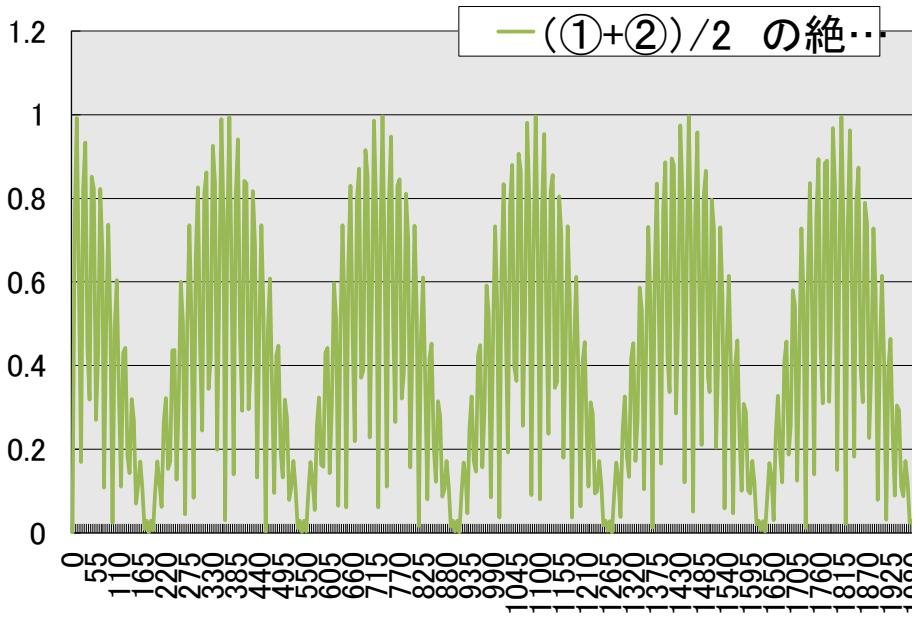


包絡線がビート波(唸り波)です 音だと大きさが 周期的に変動します

これが①の正弦波と②の正弦波の周波数の差を周波数とする「うなり」

	①	②	$\frac{①+②}{2}$ の絶対値
0	0	0	0
5	0.706825181	0.765759996	0.736292589
10	0.999999683	0.984961013	0.992480348
15	0.707950909	0.501148958	0.604549933
20	0.001952653	-0.34035671	0.169382031
25	-0.70569766	-0.93893377	0.822315714
30	-0.99999715	-0.86734956	0.933673354
35	-0.70907484	-0.17669712	0.44288598
40	-0.0031853	0.640072382	0.31843454
45	0.70456835	0.999992073	0.852280212
50	0.999992073	0.646170318	0.823081196
55	0.710196974	-0.16885363	0.270671671
60	0.004777943	-0.86335879	0.429290424
65	-0.70343725	-0.94164411	0.822540682
70	-0.99998446	-0.34783368	0.67390907
75	-0.71131731	0.494242039	0.108537633
80	-0.00637057	0.98355393	0.488591679
85	0.702304371	0.770857051	0.736580711
90	0.999974318	0.007963184	0.503968751
95	0.712435833	-0.76061438	0.024089275
100	0.007963184	-0.98630564	0.489171226
105	-0.70116971	-0.5080241	0.604596902
110	-0.99996163	0.33285817	0.333551733
115	-0.71355255	0.936163882	0.111305664
120	-0.00955578	0.871285334	0.430864779
125	0.700033265	0.184529402	0.442281333
130	0.999984616	-0.63393386	0.18300628
135	0.714667464	-0.99992866	0.142630598
140	0.011148344	-0.65222728	0.320539467
145	-0.69889505	0.160999436	0.268947806
150	-0.99992866	0.859313268	0.073037696
155	-0.71578056	0.944294744	0.114257091
160	-0.01274088	0.35528858	0.171273848
165	0.697755057	-0.48730378	0.105225639
170	0.999908369	-0.98208448	0.008911946
175	0.716891843	-0.77590522	0.02950669
180	0.014333391	-0.01592586	0.000796236
185	-0.6966133	0.755420536	0.029403619
190	-0.99988554	0.987587714	0.006148913
195	-0.71800131	0.514867021	0.101567143
200	-0.01592586	-0.32533852	0.17063219
205	0.69546977	-0.93333463	0.118932431
210	0.999860176	-0.87516585	0.062347161
215	0.719108949	-0.19234998	0.263379483
220	0.017518293	0.627755132	0.322636713
225	-0.69432448	0.999801839	0.15273868
230	-0.99983228	0.658242878	0.170794699
235	-0.72021477	-0.15313503	0.436674899
240	-0.01911068	-0.85521326	0.437161967
245	0.693177426	-0.94688549	0.126854034
250	0.999801839	-0.36272095	0.318540442
255	0.721318759	0.480334617	0.600826688
260	0.020703017	0.980552746	0.500627882
265	-0.69202862	0.780904192	0.044437788
270	-0.99976887	0.023887532	0.487940667
275	-0.72242092	-0.75017879	0.736299853
280	-0.0222953	-0.98880717	0.505551234
285	0.690878049	-0.5216773	0.084600377
290	0.999733358	0.317798235	0.658765796
295	0.72352125	0.930446195	0.826983722
300	0.023887532	0.878990877	0.451439204
305	-0.68972573	0.200158366	0.244783682

(①+②)/2 のピーク値の包絡線

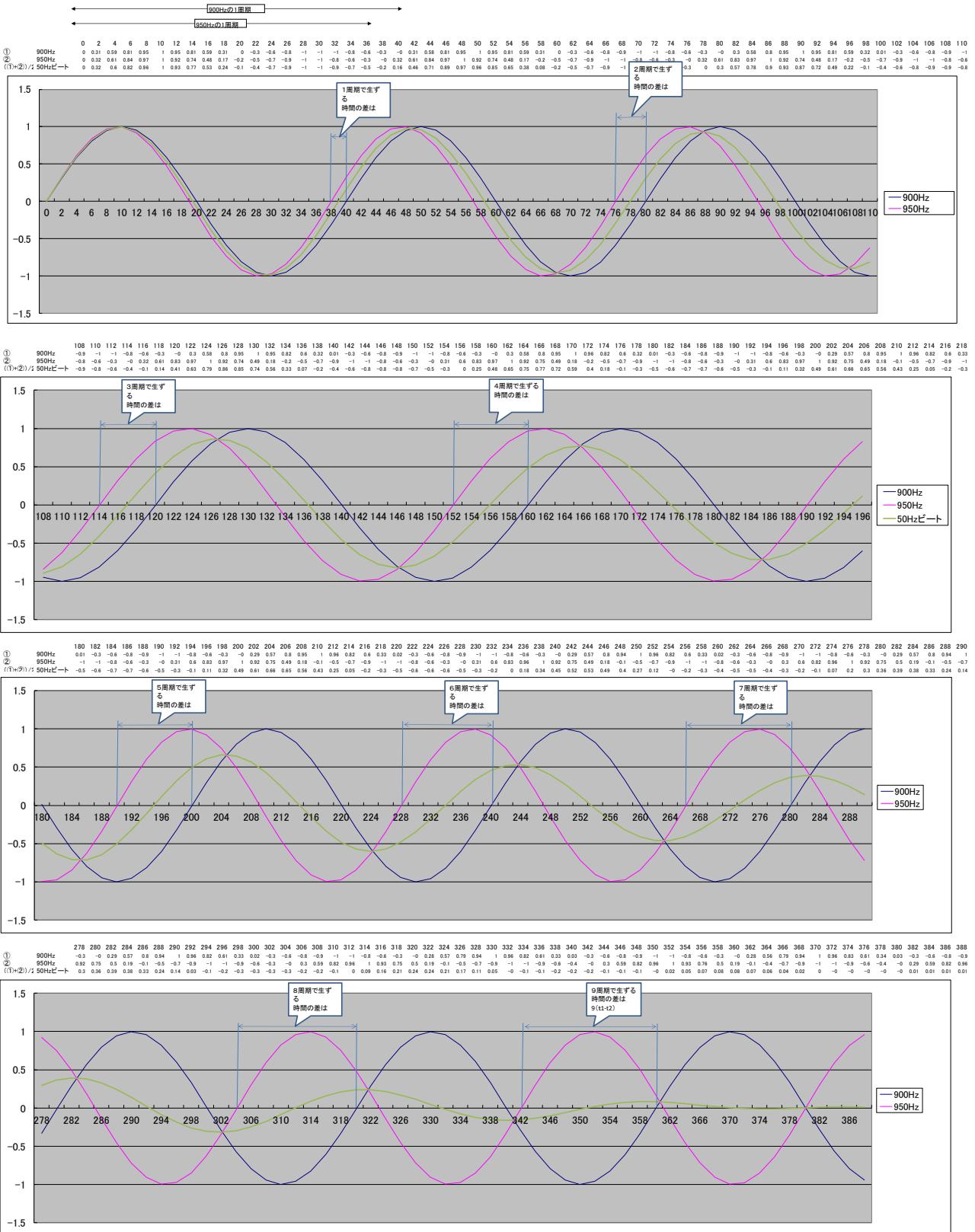


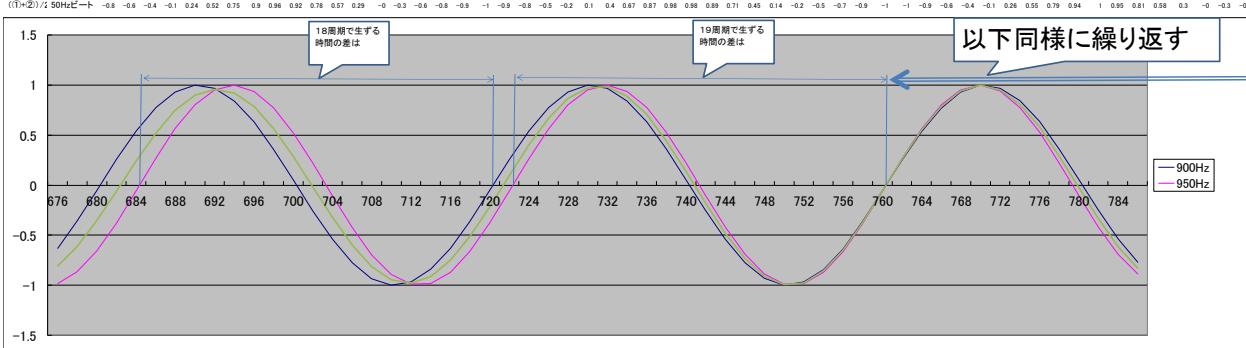
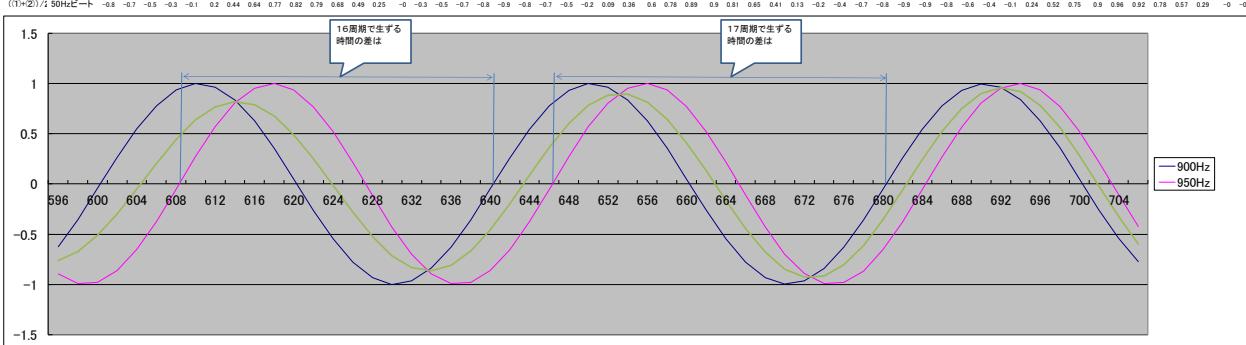
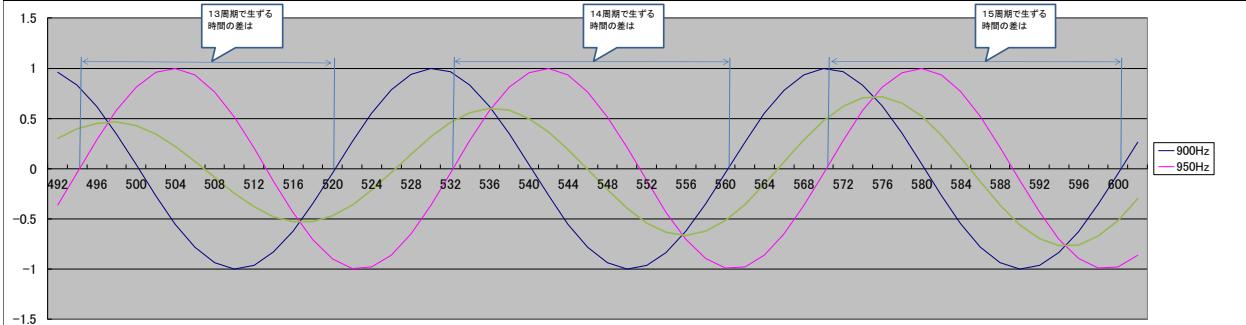
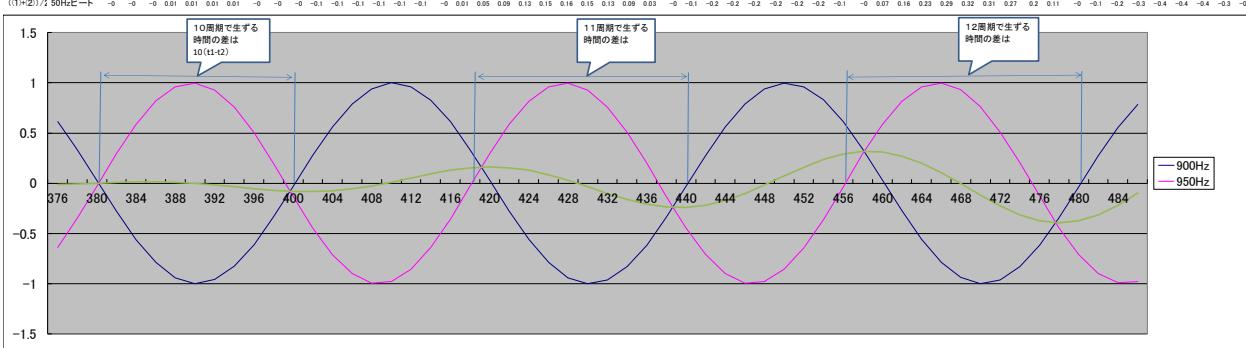
電波すなわち高周波も波ですから周波数の異なる2つの高周波を重ねるとビート波の周波数の波が与えられます

ローパスフィルターで包絡線で与えられるビート波だけを分離する事が出来ます

これは、受信した電波の周波数を中間周波数455kHzに変換する方法としてラジオに使われています

もう1例やってみます
900Hzと950Hzとの組も同様です
要は2つの波の周期の最小公倍数の周期が
唸り波の周期となる事がこの見える化で実感





この実例では、 t_1 と t_2 との最小公倍数の時間は
 t_1 の19倍、 t_2 の20倍となり
その時間が唸りの1周期分の時間に相当する事が判りました
皆さんもこの様な方法で「見える化」による実感を体験してみて下さい

※ 御意見、御質問はこのホームページの「お問合せフォーム」からどうぞ