

2016/04/17

デジタル音楽の初歩

1. 良い音とは

1) 音の良さを測る指標 アンプの例

項目	例	意味	良
周波数特性	10Hz~40kHz (+0.5dB、-3dB)	再生可能周波数	広
S N比	70dB	ノイズの大きさ	大
歪率	0.005%	入出力の差	小

2) dB とは基準値との比較を表す単位で音や物理量などに用いられる。

dB	3	6	10	20	40	60	80
+	1.4	2	3.2	10	100	1000	10000
-	0.7	0.5	0.32	0.1	0.01	0.001	0.0001
	1kHz-0-3dB.mp3	1kHz-0-6dB.mp3	1kHz-0-10dB.m	1kHz-0-20dB.m	1kHz-0-40dB.m	1kHz-0-60dB.m	-
	3	3	p3	p3	p3	p3	

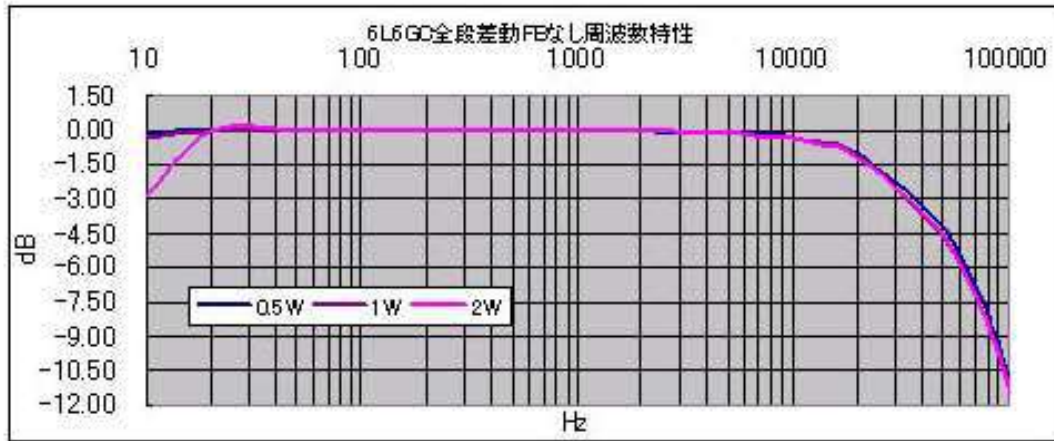
3) 周波数とは

周波数 (Hz)	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6300
サンプル	T-125Hz.mp3	T-250Hz.mp3	T-500Hz.mp3	T-1000Hz.mp3	T-2000Hz.mp3	T-3000Hz.mp3	T-4000Hz.mp3	T-6300Hz.mp3

参考 (小数点以下四捨五入)

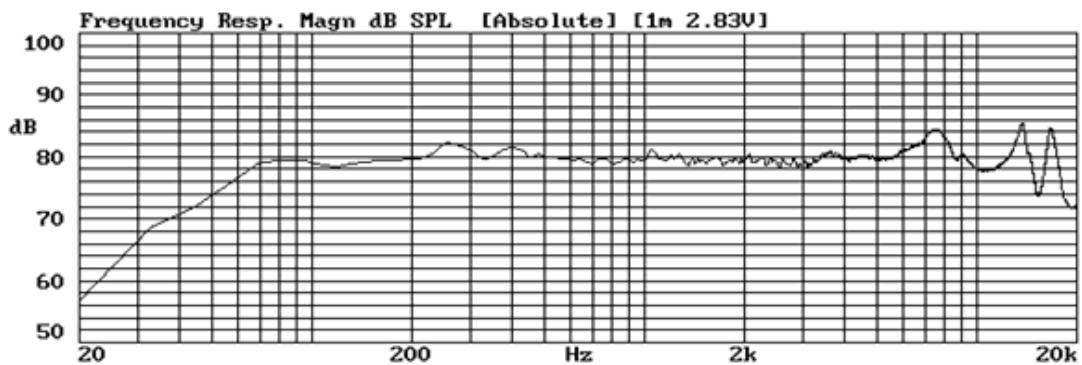
音階	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
周波数(Hz)	523	587	659	698	784	880	988	1047





スピーカーの周波数特性例 (かなり良い例)

ARI 社 NS3-193-8A 同社 HP より



4) 歪率 (全高調波歪率/THD) とは

入力と出力の波形がどの程度違っているかの指標です。 歌歪サンプル試聴

T-250Hz.WAV と T-250Hz_歪 10%.wav の周波数分析を比較すると、後者の方に高い周波数成分が現れている。これは波形歪により発生したものです。

歪率 = 「高い周波数成分の合計」 ÷

「基本波成分 (ここでは 250Hz の成分)」 × 100 [%] で表されます。

5) SN 比とは

S (信号) と N (ノイズ) の比 (N ÷ S) で dB で表します。

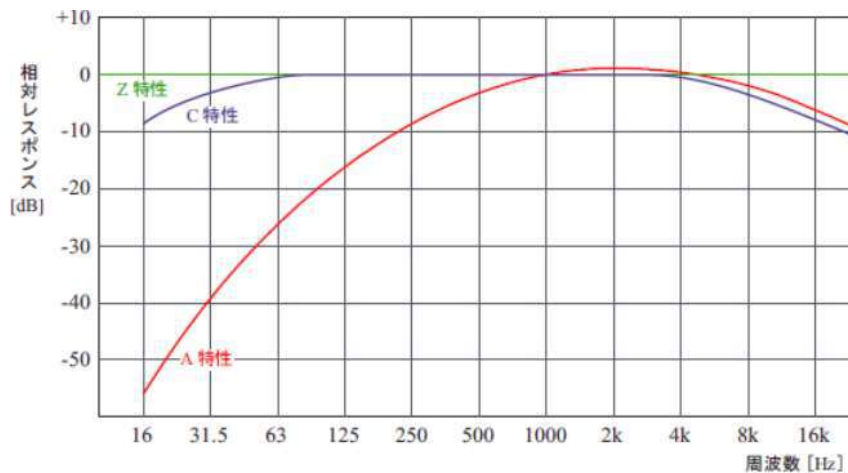
測定はアンプの最大出力付近で行いますので、通常の使用時の SN 比は悪くなります。大出力のアンプを小さな音で聞くときには、ノイズが気になるかも知れません。

6) 良い音とは

上記の指標が良ければ (周波数特性が広く、歪率が低く、SN 比が大きい) 良い音に近づきます。指標が良いから良い音がするとは限りませんが、指標が悪い物で良い音がすることは無いようです。が、例えば「真空管 (アナログ) の音は温かみがある」など、人間の聴覚は深淵です。

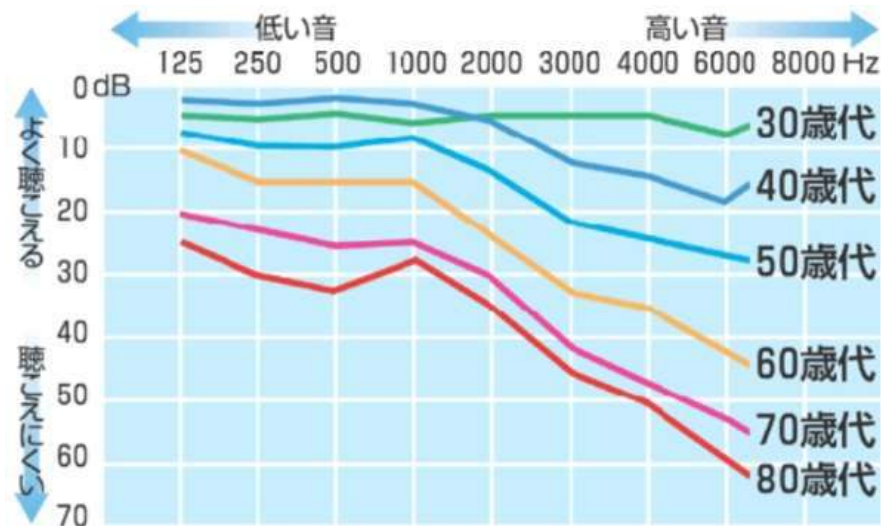
2. 人間の耳の特性は

1) 騒音測定時の補正 (JIS A 特性) 小野測器 HP より



2) 年齢によるもの

引用：汐入耳鼻咽喉科 > 病気の話 > 耳の病気・老人性難聴



日本人の年齢別による聴力低下(聴覚検査法により)

3. 身の回りの音質は

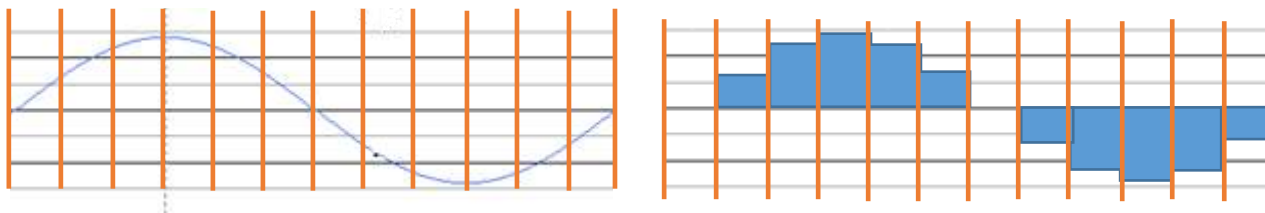
電話 (黒電話の頃)	300 Hz ~ 3300 Hz
AM放送	100 Hz ~ 7.5 kHz 程度
FM放送	50 Hz ~ 15 kHz 程度
レコード	40 Hz ~ 18 kHz
カセットテープ	~ 10 kHz / 20 kHz (テープによる)
CD	2 Hz ~ 22 kHz
ハイレゾ	~ 100 kHz
地デジ	一般の mp3 より良いが CD より悪い

と言われていますが、機材や放送局さらに番組などによる差が大きい。

(TV ではコマーシャルの音が良い)

実際の音の波形は [正弦波](#) [ドミソ](#) [人間の声](#) 歌の例

4. アナログ ⇒ デジタル ⇒ アナログ

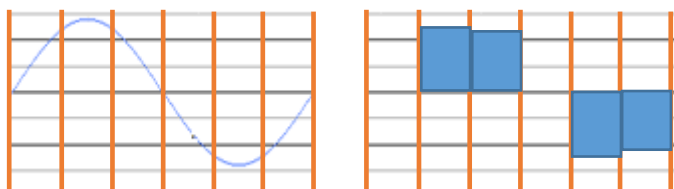


正弦波がアナログ⇒デジタル変換回路 (A/D コンバーター) に入力されたとします。左図の青色の線が入力されたアナログ波形です。

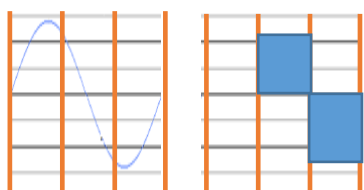
A/D コンバーターでは一定時間ごとにアナログ信号をデジタル値に変換します。この一定時間をサンプリング周波数と言います。1秒間に1回変換とする場合は、サンプリング周波数は1 Hzになります。1秒間に千回では1kHz。CDでは44.1kHz。サンプリング周波数を高くすれば精度は上がりますが、データ量が増大することと、処理能力が問題となることがあります。

デジタルでは連続値を取りえませんが、1データ当たりのBit数を増やすほど分解能が上がり、返還誤差が小さくなります。4Bitでは16が最大数ですから、1/16の精度となります。実際には16Bit (分解能 1/65,536) が一般的ですが、高音質を謳うものでは24Bit (分解能 1/16,777,216) が使われます。Bit数を増やせば精度は上がりますが、データ量が増えてしまいます。

デジタル⇒アナログ変換回路 (D/A コンバーター) では、サンプリング周波数ごとにアナログ電圧を出力します。右図参照。この時、変換間隔は当然サンプリング周波数と同じとします。右図参照。この階段波をフィルタでなまして元の波形に近いものとします。



入力周波数が上図の倍の場合は、左図の様になります。出力波形が元のようになるかちょっと心もとないですね。



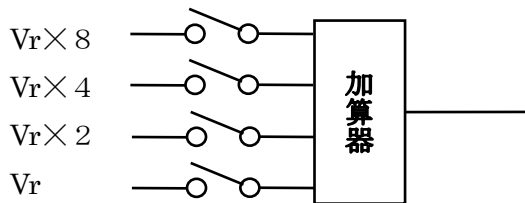
もっと入力周波数を高くしてみました。さらに入力周波数が高くなると、波形の一つの山の間にサンプリングが行われなくなります。すると、その部分は再生されない事となります。つまり、サンプリング周波数の半分より高い周波数成分は再生されない事となります。

3. 項で、CDの音質が2 Hz～22 kHzと記載されているのは、サンプリング周波数44.1kHzの半分の22kHz (端数切捨て表示) が最高ということなのです。

1) D/A コンバーター

4 Bit の構成例を示します。

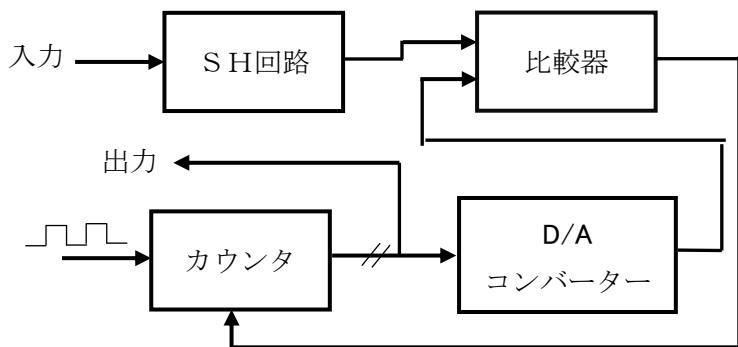
- V_r は基準電圧です。
- 入力されたデジタル信号に応じてスイッチが開閉（1の時閉じ、0の時開く）します。下側が小さな値に対応します。
- 加算器では入力された電圧を加算（たし算）します。



例えば5（4 Bit 2進数で0101）が入力されたとすると、 V_r と $V_r \times 4$ に対応するスイッチが閉じます。 V_r が1Vであるとする、加算器の出力は $1V + 4V$ で5Vとなります。

2) A/D コンバーター

A/D コンバーターの構成例



SH 回路は入力のアナログ信号を一時的に記憶しておく回路で、サンプリング周波数毎に記憶します。続いてカウンタが入力パルス数を数え始め、その出力が D/A コンバーターに入力されます。

すると、D/A コンバーターの出力電圧が上昇します。

比較器では、SH 回路と D/A コンバーターの電圧を比較し、D/A コンバーターの電圧の方が高くなると出力を発生し、カウンタの係数動作が停止します。この時点でのカウンタの出力を読取れば、入力電圧に応じたデジタル値が得られます。

5. デジタル信号の圧縮

アナログ信号をデジタル化したままではデータ量が多く、記憶媒体の容量に限りがあった時代では種々の圧縮方法が考案されてきました。現在では大容量の記憶媒体が安価に入手可能となり通信速度も速くなって圧縮は不要とも思えますが、コピーガードの関係か有料のものでは圧縮ファイルが使われ続けています。

無圧縮（WAV 形式）1分あたり約 10.1MB（16bit、44.1kHz、ステレオ）、

CD 1枚 600MB として、計算上約 60分収納可能

代表的な圧縮方式を次表に示します。音質はあれが良い、これが良いとの話もありますが、個人的には録音品質、再生機器（特にスピーカーやイヤホン）の差の方が大きいように思います。

形式名	拡張子	備考
WAVE(WAV)	.wav	Windows の標準音声形式。圧縮する前の元形式になる。 サンプリング周波数 44.1kHz、分解能 16bit が一般的 (設定で変更できる)
MP3	.mp3	今まで圧倒的に多かった圧縮形式。
Ogg Vorbis	.ogg	MP3 の次世代形式として人気がある。
AAC	.aac .mp4 .m4a	iPod および携帯電話の着うた、デジタル放送などに使用されている。
ATRAC3	.at3	ソニー関連の製品、サービスに使用されている形式。
ATRAC3plus	.at3 .oma	ATRAC3 のアップグレード。圧縮率を高めている
AC3	.ac3	DVD、LD の音声部分に使用されている。

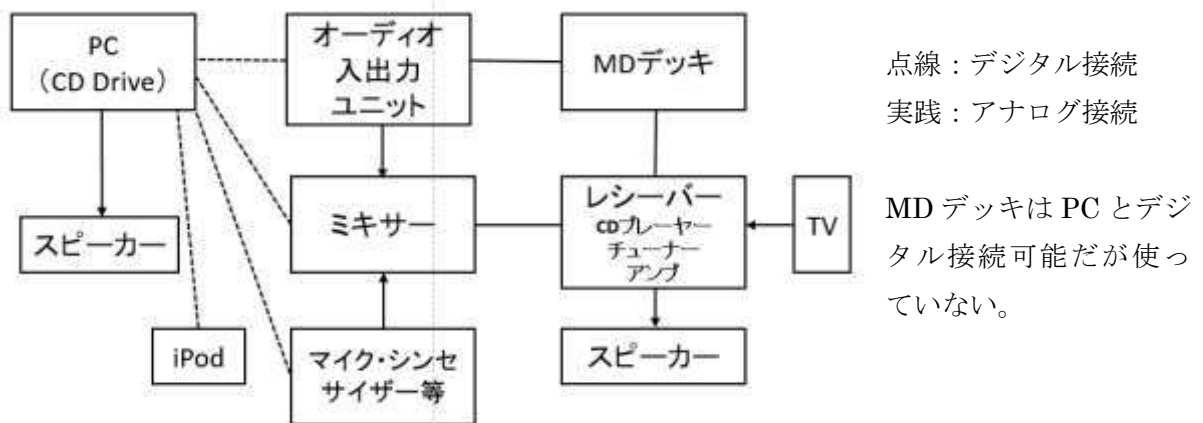
WAVE 形式は無圧縮でその他はすべて非可逆圧縮
圧縮時のファイルサイズは概ね WAVE の 1/10 程度

6. その他

1) 最近ハイレゾ（「96kHz/24bit」や「192kHz/24bit」）と言う高音質の機器・音源が出回ってきています。音源については下記のようなものもあるようですので注意が必要です。

- ① ハイレゾ対応機器で最近録音されたもの 十分な性能を発揮
- ② CD 音質以上の録音機材で過去に録音されたもの ある程度良い
- ③ 古い録音を多少の加工を行ったもの ?

2) 私の環境を参考までに示します。(レコード、カセットテープ、MD などのデジタル化などに使用)



オーディオ入出力ユニット：CREATIVE 社 USB Sound Blaster HD-R2

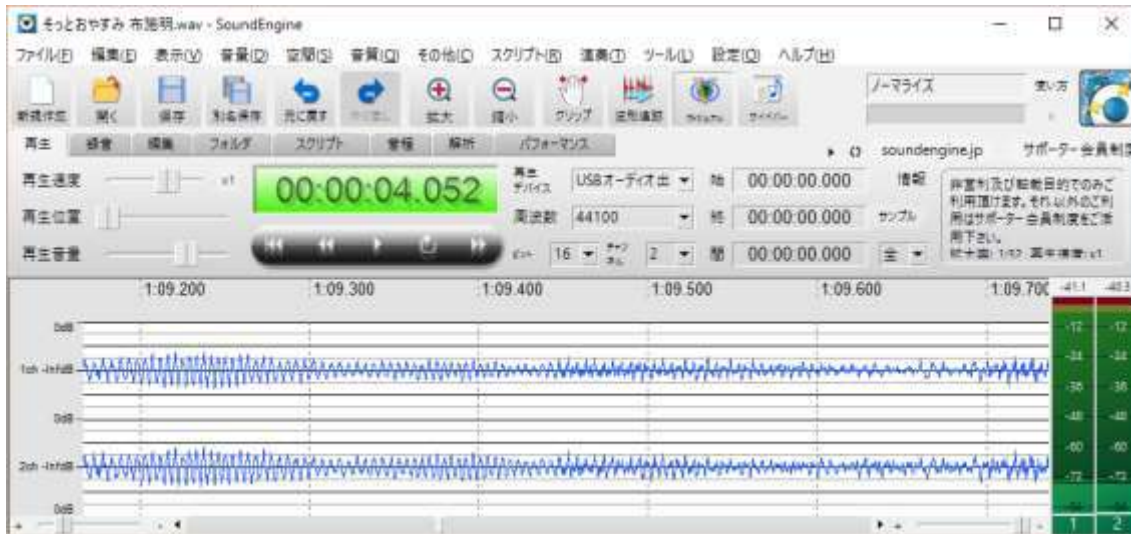
ミキサー：BEHRINGER 社 XENYX 302USB

ソフト：下記以外に KAWAI 製 スコアメーカー（楽譜作成支援）、

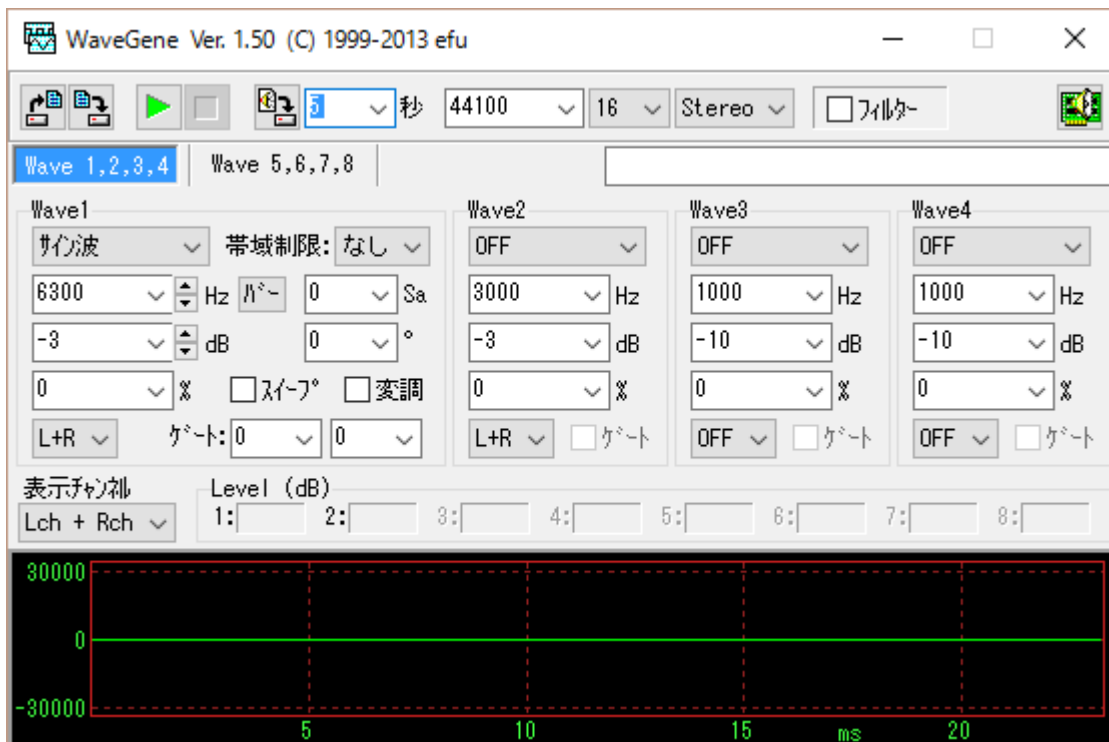
Radikool（ネットラジオ録音）、WavePad（WAV,MP3 編集）等

参考：今回の資料作成に使用したソフト

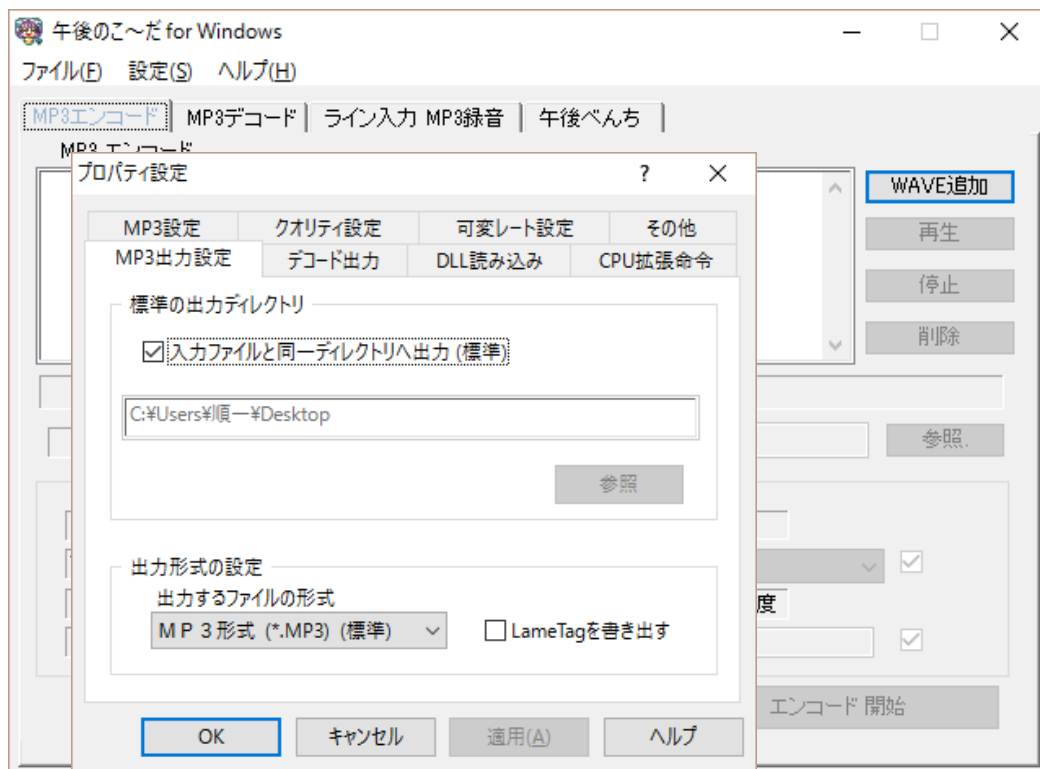
Sound Engine フリー：WAV 編集



WaveGene (フリー)：波形発生器



午後のこ〜だ for Windows (フリー) : MP3 エンコード/デコード



スマートレコーダー : アナログ信号の録音 (オーディオ入出力ユニット付属)

