2014.11

Pure Data (Pd)　音の合成とエフェクトに関する例題

Pure Data Examples for Sound Synthesis and Effects

小泉　宣夫

このテキストは音の合成とエフェクトに関する例題を一通り体験するためのものです。読者はPure Dataに関する基礎が必要です。プログラミングについては説明していませんので、それぞれのサブパッチを開けて構造を理解する必要があります。

This text is prepared to run through basic techniques of sound synthesis and effects. The reader should know the basics of Pure Data. As programming is not described here, logics and programming can be learned by looking into each sub patch.

１．加算合成 Additive Synthesis

■６次までの倍音の合成 Adding sine waves up to 6th harmonics.　ex106b.pd

・のこぎり波、三角波、方形波のプリセット付

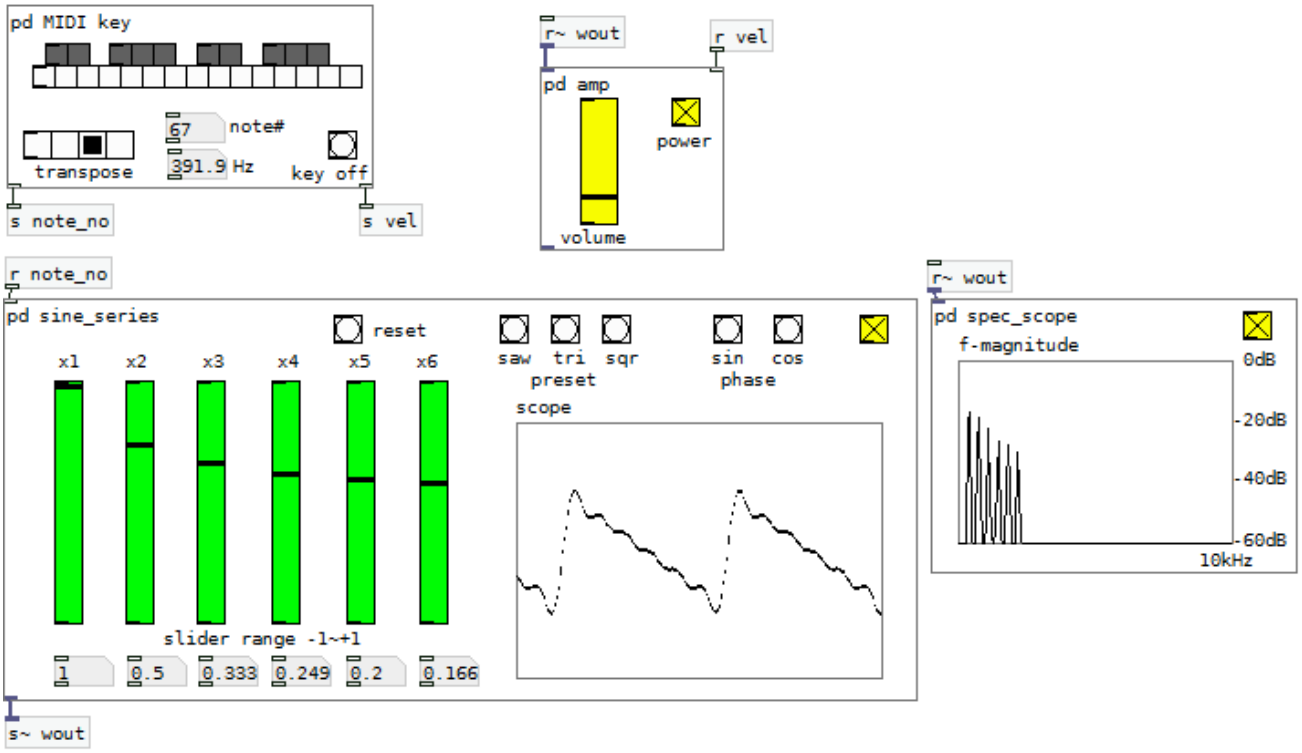
・波形、スペクトル、音を確認する。コサインの位相を選ぶと波形がかわる。

・スライダーの値は－１から１まで

With presets for saw tooth, triangular and square waves

Observe waveforms, and spectra. Cosine phase generates different waveforms.

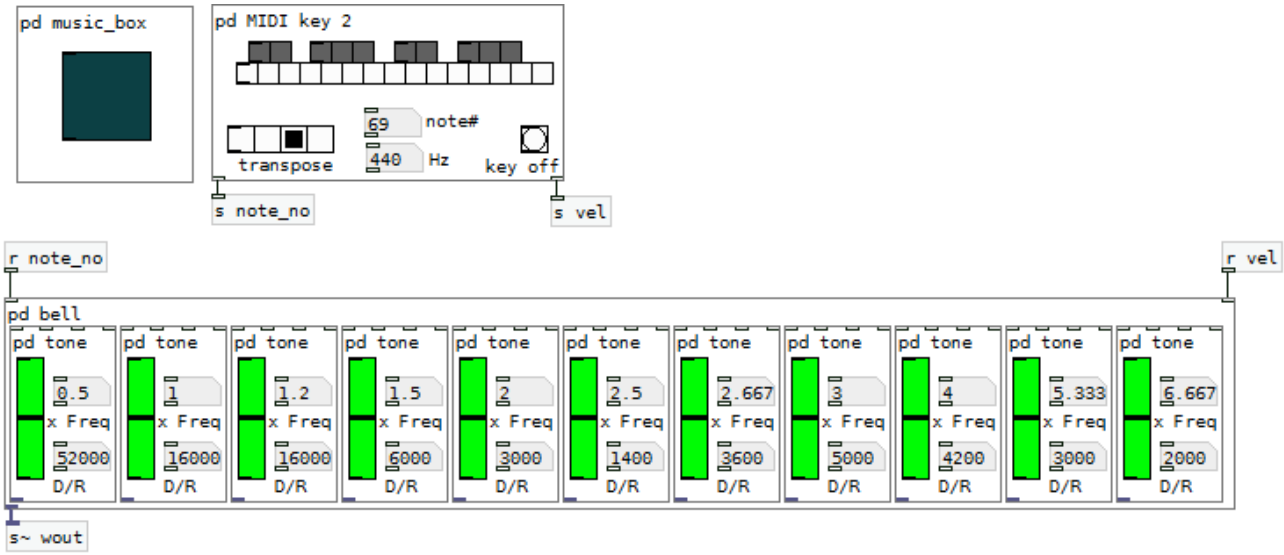
Sliders adjust values between -1 and 1.



■鐘の音　Bell sound　　ex112.pd

・高調波の周波数が倍数にない鐘などの音色の合成

Frequencies of higher harmonics are not multiples of fundamental frequency.



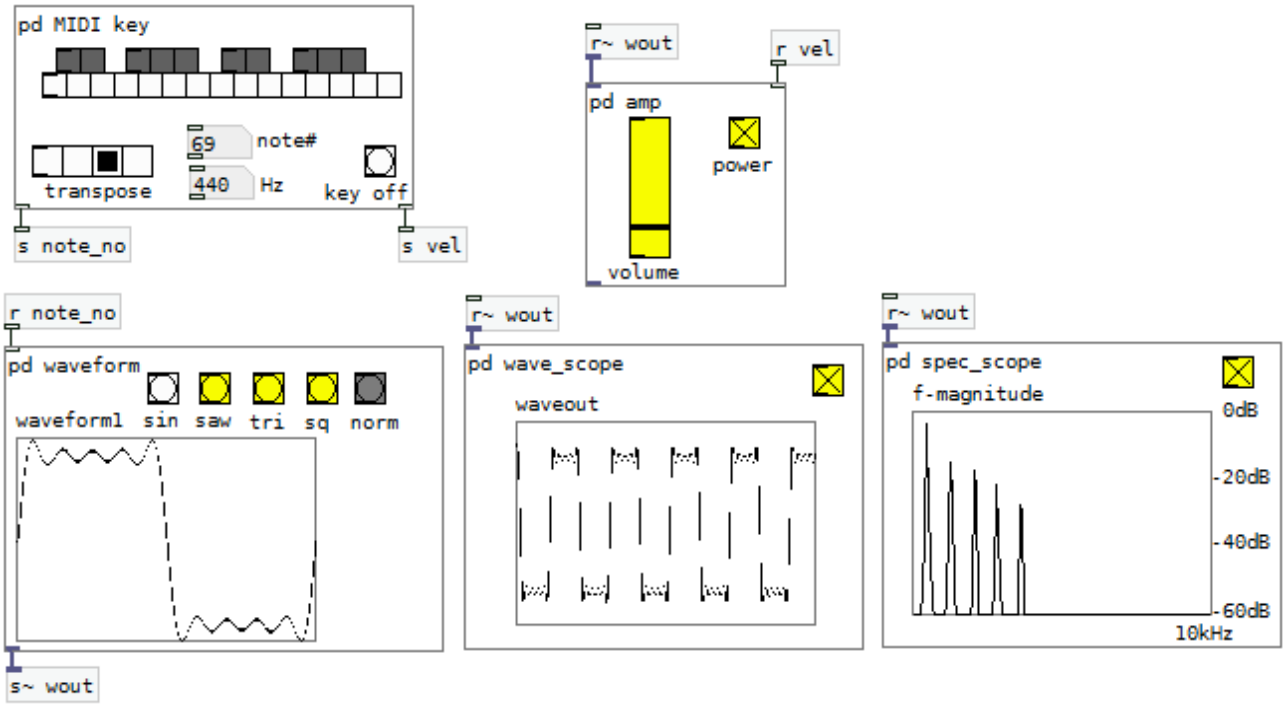
2．波形テーブルによる減算合成　Wave table synthesis

■波形テーブル合成 Wave table synthesizer　ex101.pd

・サイン波と、加算合成したのこぎり波、三角波、方形波を波形テーブルに登録

・波形テーブルには任意の波形を描くことができる。

Sine, saw tooth, triangular and square waves formed by additive synthesis, and imported to wave table. Arbitrary waveform can be written on wave table array.

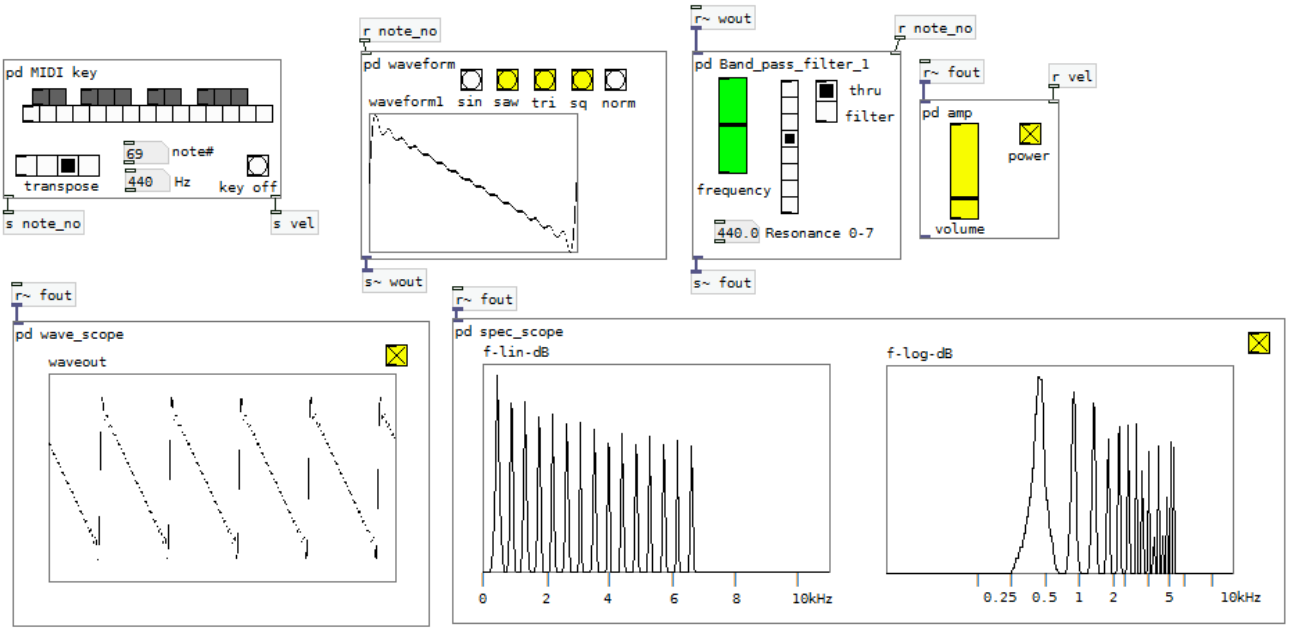


■バンドパスフィルターを加える　Adding band pass filter　　ex109b2.pd

band_pass_filter（左側のフィルター）を用いる

右側のボタンはレゾナンス（フィルターの山の鋭さ）である。一番上（0）では山はなく平坦である。したがってフィルターを使わない状態と同じである。下に移ると山は鋭くなる。

左側のスライダーは山となるバンドパスフィルターの中心周波数を調整する部分であるが、その値は鍵盤で選択した音高の基本周波数と連動して変化する。スライダーの中心は音高と同じ周波数で、前後にスライダーをうごかすことで 5 オクターブ上下に調整できる。すなわちフィルターの中心周波数は選択した鍵盤に対応する基本周波数に対して、1/32 から 32 倍の範囲で変化させることができる。



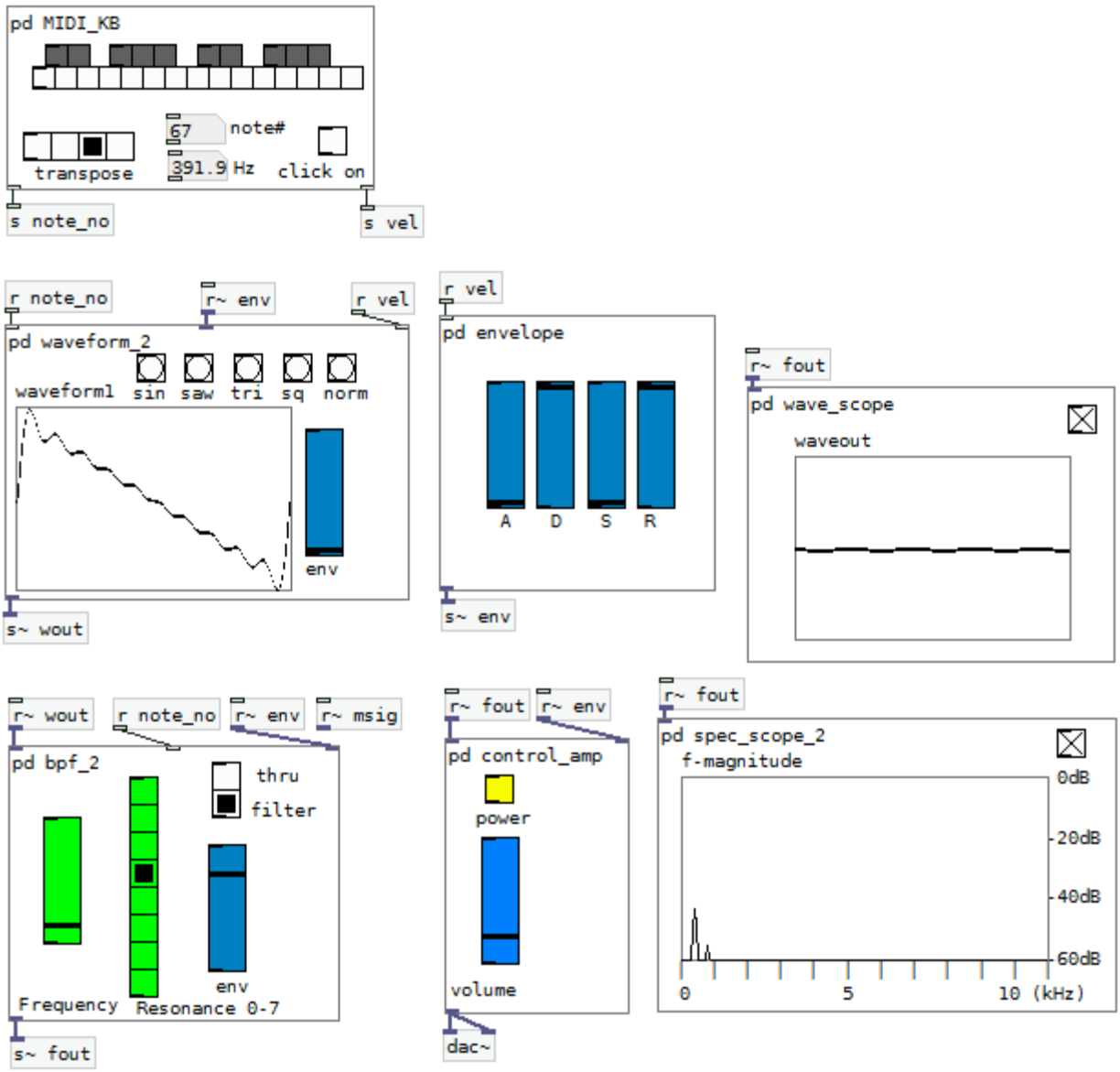
■エンベロープジェネレータを加える　Adding envelope generator　　ex111a.pd

・EG（エンベロープジェネレータ）を加える　（青いスライダー）

Attack(time), Decay(time), Sustain(level), Release(time)を調整して音の時間的な変化をつくる

オルガン：A=D=R=0, S=full　　ピアノ：A=S=0, D=R=full

・波形周波数（音高の変化）やフィルタ（音色の変化）にも適用することができる。



■変調用のサイン波発振器を加える　Adding sine wave oscillator for modulation　Synth_wt_02.pd

サイン波発振器による変調（赤いスライダー）を加えて波形テーブル基本構成が完成

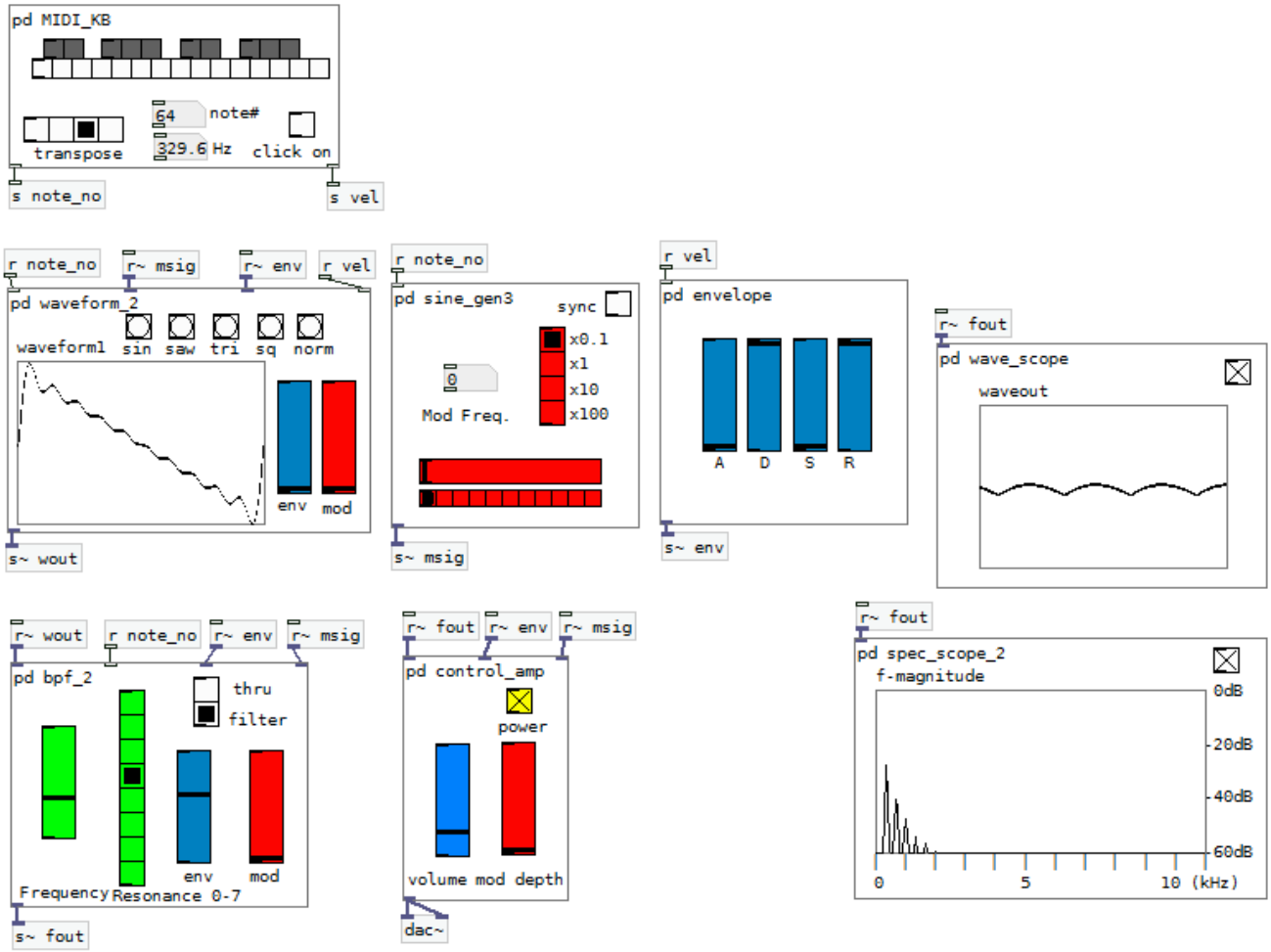
低周波数での変調を波形テーブルに与えるとビブラート、フィルタに与えるとワウワウ、アンプに与えるとトレモロの効果が得られる。

sine_gen の sync をオンにすると作られる周波数は元の周波数に対し指定した倍率で変化する。

waveform でサイン波を選び波形テーブルに与えると FM 合成が確認できる。

Basic configuration of the wave table synthesizer is complete by adding sine wave oscillator for modulation.

Low frequency modulation to wave table makes vibrato, to filter makes wah-wah, and to amp makes tremolo effects. Sync button on the oscillator generates frequency proportional to wave frequency, so that modulation to wave table (choose sine wave) generates higher harmonics so called FM synthesis.



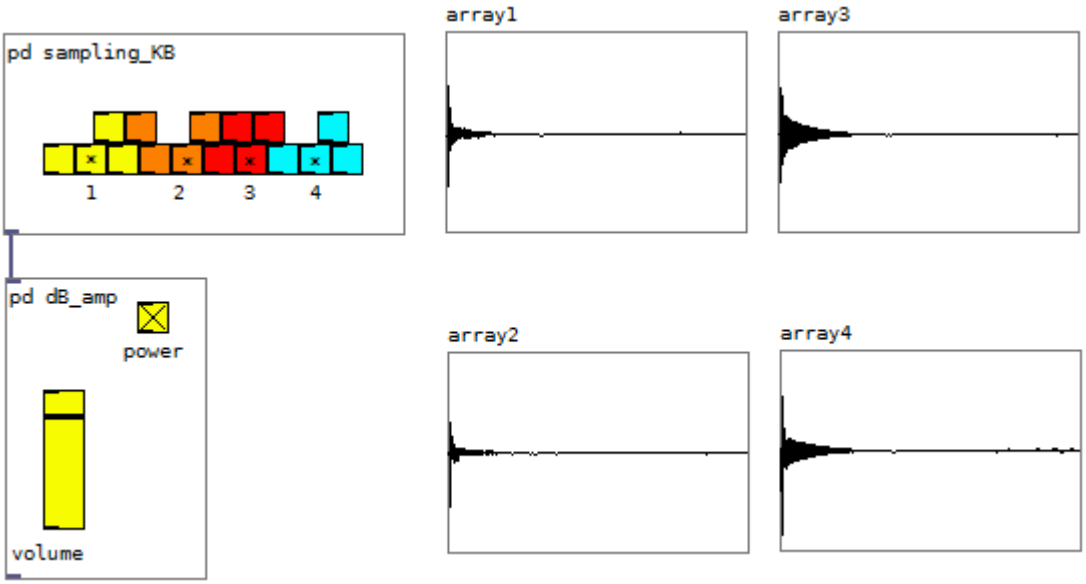
３．サンプリング音源　Sampling

■カリンバのサンプリング　Sampling of Kalimba(Mbira)　ex118.pd

サンプルファイル　mbira_c4, mbira_f, mbira_a, mbira_c5 を同じフォルダーに入れておく。これらのサンプルは array1, array2, array3, array4 に保存される。これらのサンプルはキーボードボタンの黄色、橙、赤、青の部分に割り当てられており*印がそれぞれのオリジナルサンプルである。

音域によってサンプルを用意し、近隣の音のみピッチ変換を利用した例である。共鳴箱に取り付けた金属の小片を指で弾く民族楽器がある。カリンバ、あるいはエムビーラなどと呼ばれている。音としてド、ファ、ラ、ドの 4 音をサンプルして 16 音を再生する。一つのサンプルは 4 音すなわち 1/3 オクターブを受け持ち、ピッチ変換している。素朴な楽器なのでサンプルひとつひとつに響きの違いがあるわかる、sampling_KB で 4 つのサンプルの受けもつ範囲を色で区別してある、*印が原音である。このように音域ごとにサンプルを割り当てるとピッチ変換による長さや音質の変化を抑えることができる。ただしエムビーラは素朴な楽器なので、それぞれのサンプルで響きがかなり異なる。サンプルが変わったところで音質の変化が明確に現れる。

Kalimba(Mbira) is a finger picking instrument with metal bars. Four sounds (notes are shown as x on octave keyboard) of Kalimba is recorded, and pitch is transformed to make chromatic scale. Each color of the key shows the range using same samples,



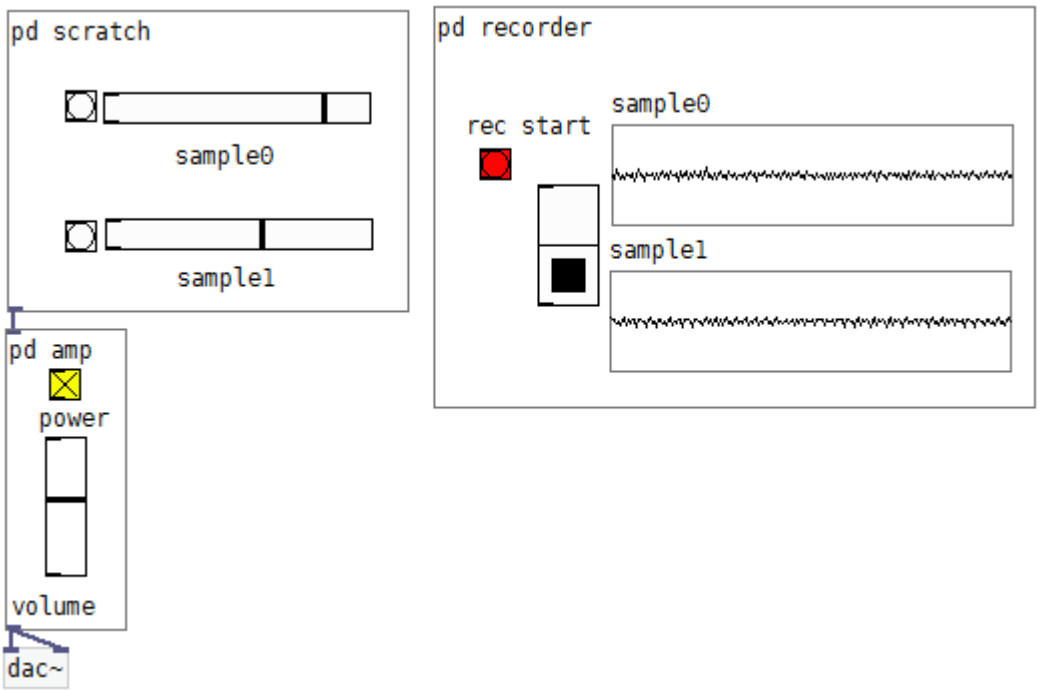
■スクラッチ・サウンド　Scratch sound　scratch_002a.pd

短い音片（声など）を複数記録し、スクラッチ音をつくる。

赤いボタンにより 1 秒間のマイク録音が始める。ボタンで 2 トラック選択して録音する。

左のボタンを録音した音片の再生、スライダーは任意速度による再生ができる。MIDI コントローラを使えば二つのスライダーの同時操作が可能である。

One second mic recording starts by pushing red button. Two tracks can be recorded separately. Left buttons play samples and sliders generates scratch sounds. Multiple sliders can be handled simultaneously by MIDI controller.



■グラニュラー合成　Granular synthesis (test version)　　ex119.pd

pd file_load のボタンでロードするファイルを選ぶ。まず次に２種類について試してみる。

voice_nk_201：ことばのサンプル

aaa220a：音声母音のサンプル

pd speed でサンプルを読み取るスピード（ピッチ）を調整する

－size ボタン:

グレインサイズ（セグメントの大きさ）を指定する。グレイン（セグメント）の大きさ(データ数)は 32 から 1012 まで変えられる。これは時間長にして 0.7ms～23ms、周波数にして 1400Hz～44Hz に相当するので、その中に周期性が含まれるかどうかで影響が異なる。

－grain 鍵盤ボタン／スライダー：

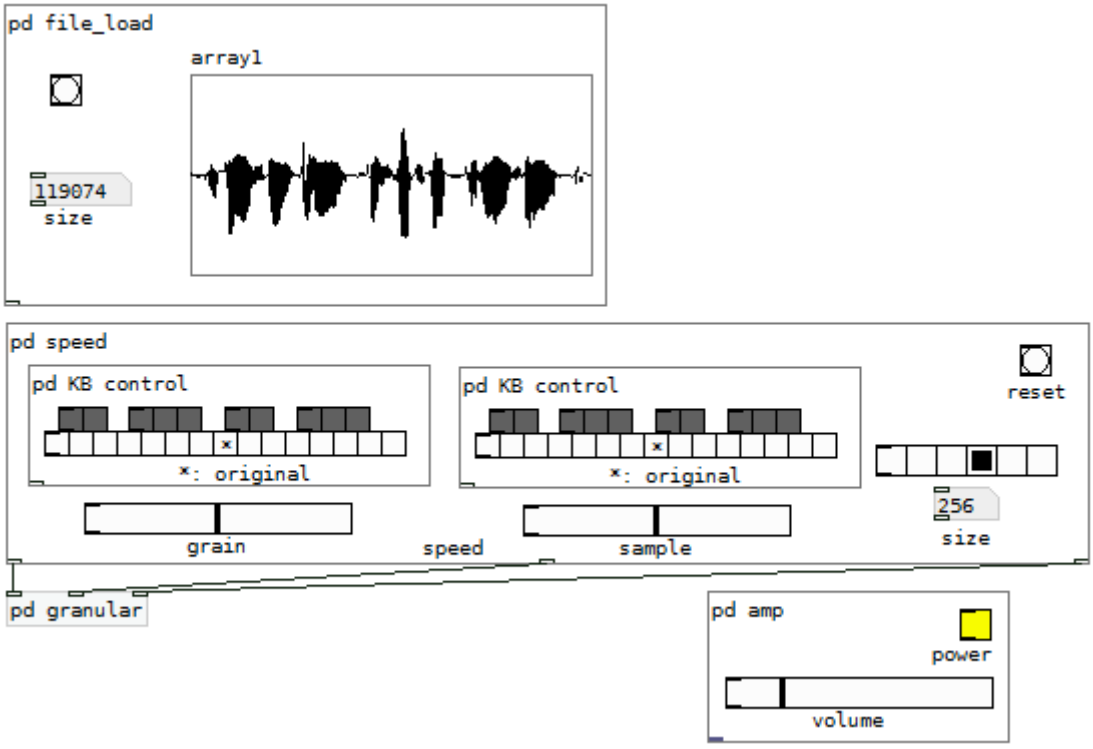
ひとつのグレインを読み取るピッチを調整する。中央*がオリジナルの値で、キーボードボタンがスライダーのどちらかを使って変更する。キーボードボタンは２オクターブ（1/2～2 倍)、スライダーは４オクターブ（1/4～4 倍）の範囲で調整できる。

ピッチを変えるとグレインを読み取る時間が変わる。しかし、波形テーブルにあるサンプル全体の再生時間は sample ボタンで指定されるので、ひとつのグラインが読み取られる度に読み込み位置を飛ばして調整している。この調整では、音の再生スピード（再生時間）を変えないで、音の高さを変えることができる。

－sample 鍵盤ボタン／スライダー：

波形テーブルを読み取るピッチを調整する。中央*がオリジナルの値で、キーボードボタンがスライダーのどちらかを使って変更する。キーボードボタンは２オクターブ（1/2～2 倍）、スライダーは４オクターブ（1/4～4 倍）の範囲で調整できる。この値に応じてグレインの読み始めの位置を調整している。この方法では音のピッチ感を変えずに、音の再生時間だけを変更することができる。音声を、スピードをかえて再生したいときに有用である。

pd file_load: choose sound file,
　voice_nk_201：voice sample
　aaa220a：vowel sample
pd speed: adjust reading speed
－size: g grain size is variable between 32-1012, means 0.7ms～23ms intervals、1400Hz～44Hz frequency. Influence changes if periodicity of the sample is within grain.
－grain keyboard and slider: adjust reading frequency of each grain
　*:original value
　keyboard adjust between 2 octaves（1/2～2）keyboard adjust between 4 octaves（1/4～4
　Pitch can be changed without changing playing speed.
－sample keyboard and slider: adjust reading frequency of wave table
　*:original value
　keyboard adjust between 2 octaves（1/2～2）keyboard adjust between 4 octaves（1/4～4）
　Playing speed can be changed without changing pitch.



４．ダイナミックレンジの調整　Dynamic Range Compression

■コンプレッサー　　compressor101.pd　＜教科書 7.1　図 7.3＞

小さい音の部分を強調し、大きな音の部分は抑えることで。全体的に音量を均一化するコンプレッサーである。

load file でファイルをロードする。推奨波形は　SQAM69n.wav（ポップサウンド）, SQAM58n.wav（ギター）

comp on をオンにして normal を選ぶと、コンプ回路を通過するが増幅率 ratio は 1 となり、変化がないのでそのまま再生される。

comp on をオンにして demo patch を選ぶと、

　アタック・リリース 40ms（コンプ比率を開始あるいは中止する時間遅れ）

　コンプ比率　3

　スレショルド　comp 比率を適用する最小と最大のレベルを 10ｄB～80ｄB

にセットされ、コンプレッサーの効果を聞くことができる。(教科書のスレショルドは最大レベルのこと)

これらの設定値は調整可能である。

コンプレッサー適用後の波形は保存され、waveout で見ることができる。

load file: Select SQAM69n.wav（pop sound）or SQAM58n.wav（guitar）

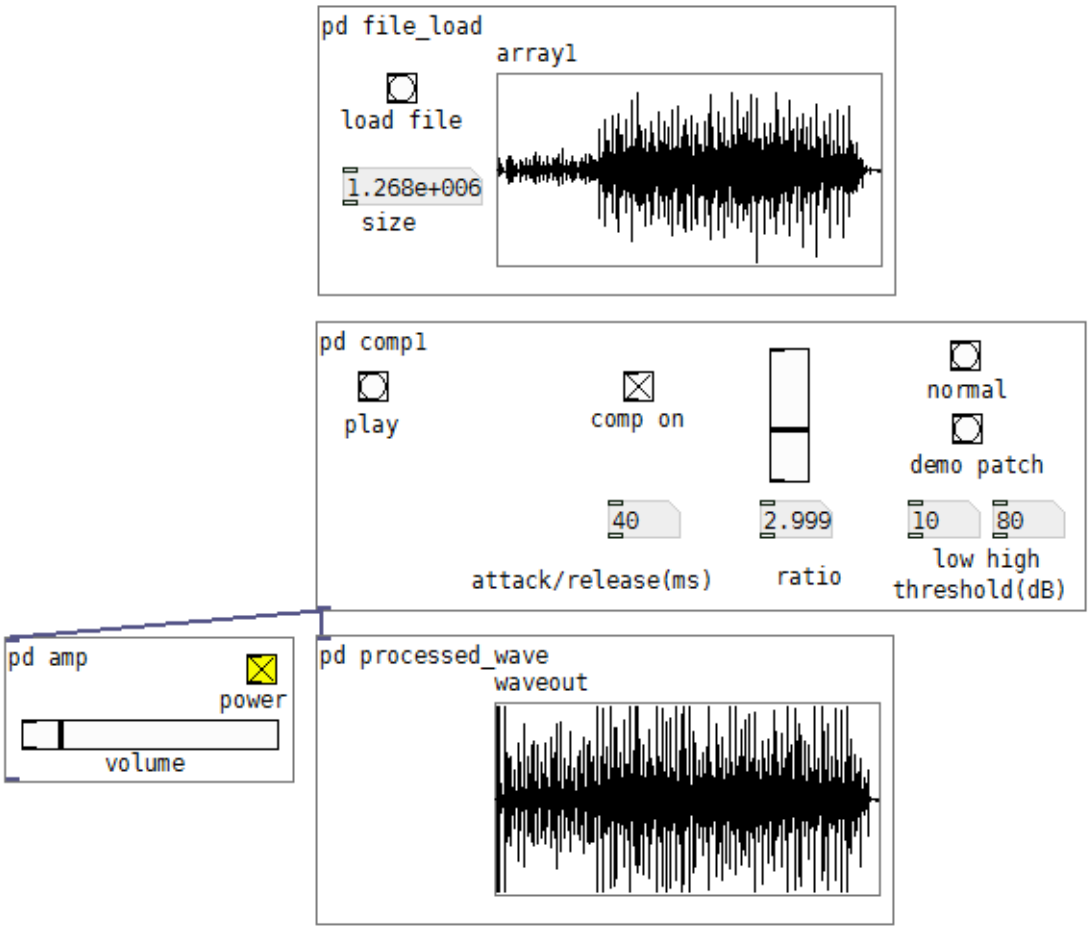
comp on; Choose normal, amplitude ratio is 1, thus no effects.

comp on: Choose demo patch を選ぶと、

　attack and release are set to 40ms (time delay to start/stop compression)

　compression ratio: 3

　threshold　minimum and maximum level to apply compression : 10ｄB～80ｄB



５．周波数特性の調整　Frequency Response Equalization

■周波数特性の補正　FFT を用いたグラフィックイコライザー　equalizer102.pd

イコライザーとは周波数特性を任意に調整するものである。信号はフーリエ変換（FFT）によってスペクトルに変換される。そのスペクトルはフーリエ逆変換によって元に戻される。スペクトルに変換された状態で、それぞれの係数を gain 画面で変更すると、フーリエ逆変換で信号は元には戻らない。フィルターと同じ働きをする。

fft_equalizer はスペクトルを表している。直線の場合は音に変化はないが、カーソルをあてて任意に周波数特性を変えることができる。

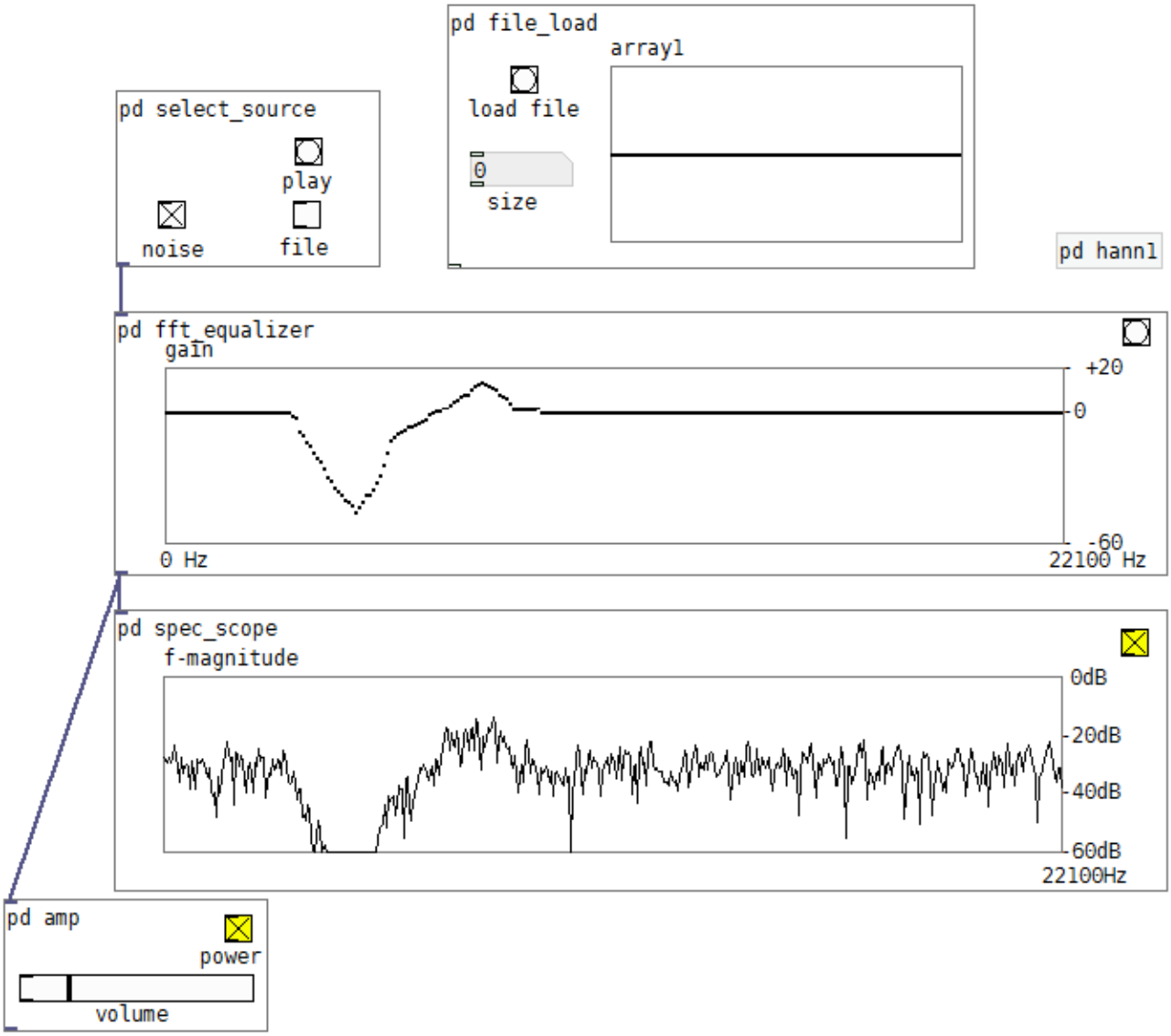
noise を選択すると、イコライザーの特性どおりにスペクトルが変化する様子がわかる。

file_load によって再生ファイルを選択することができる。

FFT (Fourier transform) is used to equalize (adjust) frequency response.

After FFT, each gain of spectrum components can be adjusted by tracing the curve, then inverse FFT outputs the results.

Noise source apparently shows the effect by comparing output spectrum to gain curve.



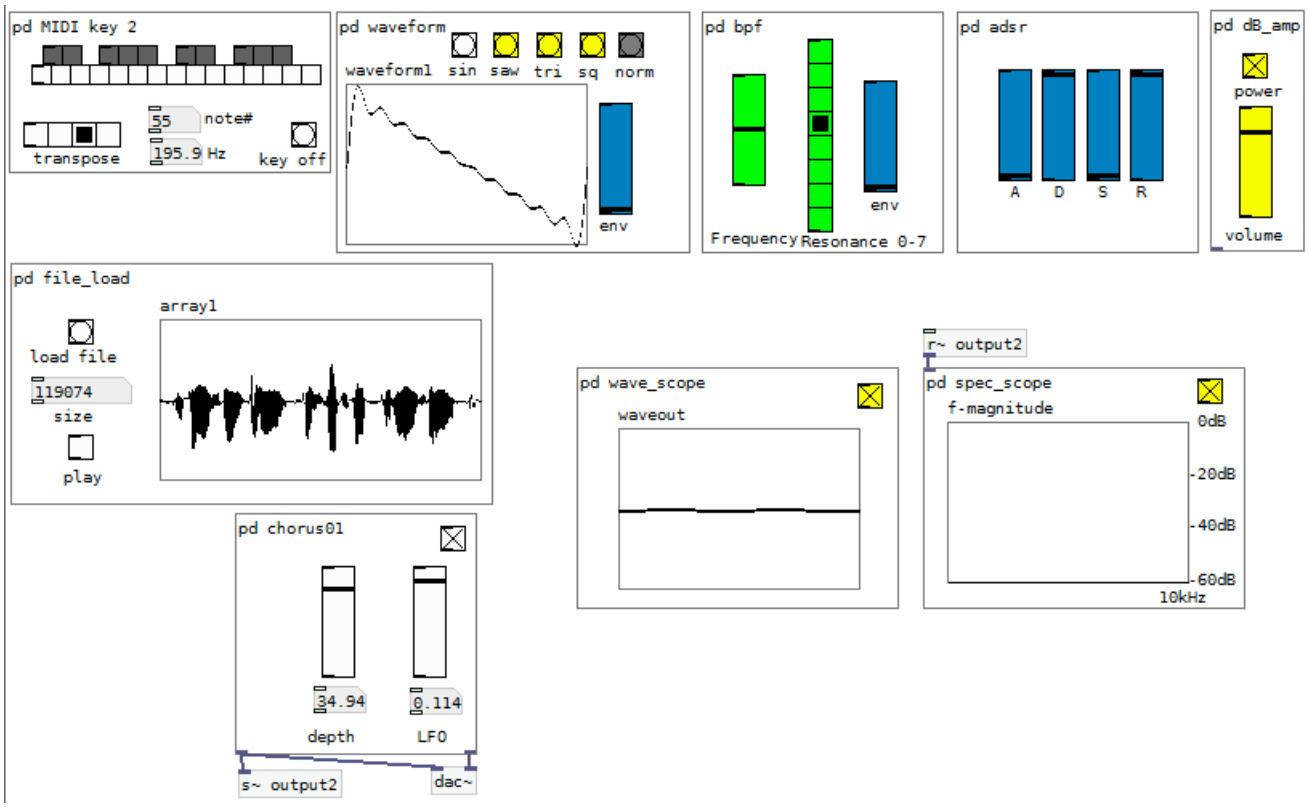
６．遅延と残響　Delay and Reverberation

■遅延によるコーラス効果　chorus by modulated delay time　　spatial_chorus02.pd

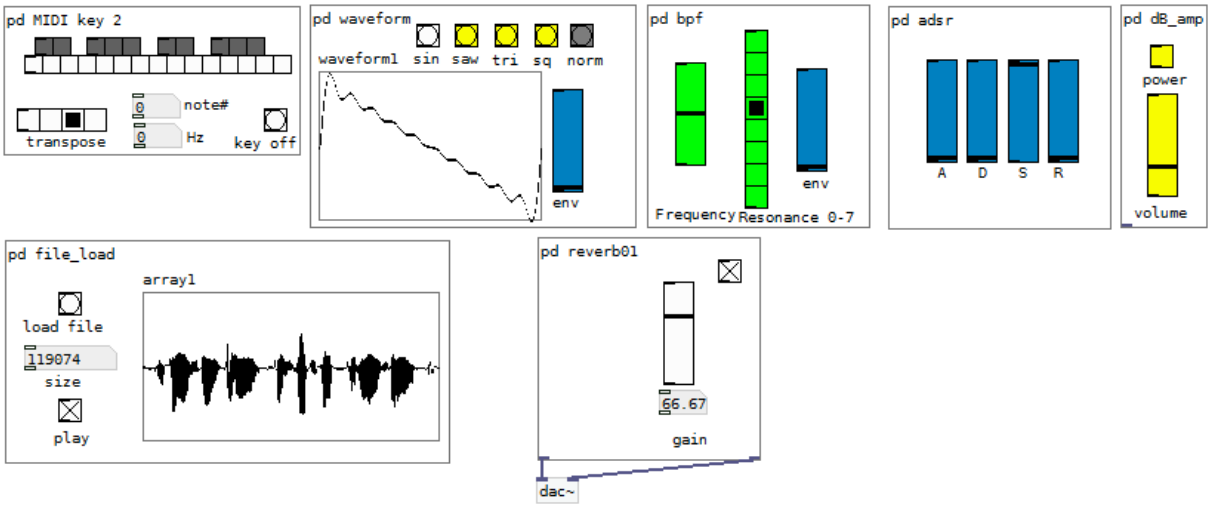
　サイン波で揺らせた信号を元の信号に重ねて、周期的なうなりをつくっている。左右で変調分を反転させているので空間的な効果が得られる。

　音源はシンセサイザーとファイルの両方から選べる。シンセサイザーを使う場合はパラメータを調整する。　chorus01 の depth スライダーは変調の深さ、LFO スライダーは変調に使うサイン波の周波数を調整する。

Source signal with delay modulated by sine wave is added over the original source. Spatial effect is emphasized by reversing the polarity of modulated signal between stereo outputs. Source can be selected from synthesizer or file. Modulation frequencies and depth can be adjusted.



■人工残響　Artificial reverberation　　spatial_reverb01.pd　(with reverb-echo.pd)

フィードバック形フィルターとフィードフォワード形フィルターを多段で接続し、周波数特性が平坦になるように構成して、人工的な残響をつくっている。

Feedback filters and feed forward filters are connected in multiple stage to make flat frequency reverberation.