

Computer Music 2

- 第8回 -

担当：小林良穂

Computer Music 2

本日の内容

- 変調合成
- 周波数変調(FM)
- 複数オペレータの接続
- ポリフォニー／和音の生成

Computer Music 2

変調合成

Computer Music 2

変調(モジュレーション)とは

- 信号を別の信号によって変化させること
- 音(特に音響合成)の世界では“音をゆらす”ことと理解して差し支えない
- 音の何をゆらすのか……
 - 音量をゆらす → 振幅変調(AM)
 - 音高をゆらす → 周波数変調(FM)

Computer Music 2

ビブラート

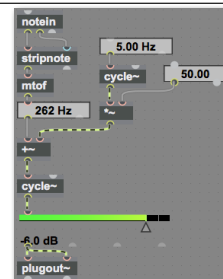
- 音高(ピッチ)を周期的に変化させる(震えさせる)
- 周波数をサイン波で変化させることで表現できる

$$A \sin(2\pi f_c t + I \sin(2\pi f_m t))$$

Computer Music 2

step1. オシレーターを作る

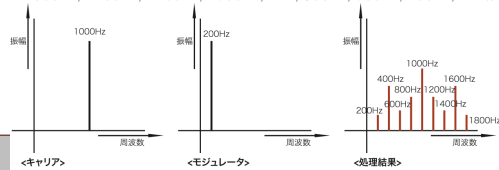
- **cycle~** の入力(周波数)を **cycle~** でゆらす
- ゆらされる方がキャリア、ゆらす方がモジュレータ
- モジュレータの周波数が小さい場合はビブラート



Computer Music 2

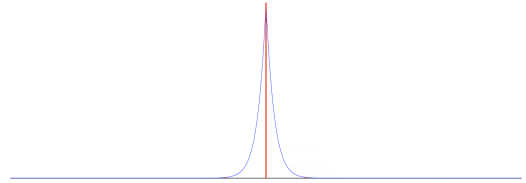
周波数変調(FM)

- ピッチの変化を速くすると音色が変化する
 - キャリア周波数を f_c 、モジュレーション周波数を f_m とすると、 $f_c, f_c+f_m, f_c-f_m, f_c+2f_m, f_c-2f_m, f_c+3f_m, f_c-3f_m, \dots$ のサイン波が発生
 - 周波数成分(サイン波)の振幅は第1種ベッセル関数によって決定される(AMのように単純には表せないで耳で効果を確認した方がよい)
- 例) キャリア周波数1000Hz、モジュレーション周波数200Hzの場合、1000Hz, 1200Hz, 1400Hz, 1600Hz, ……、800Hz, 600Hz, 400Hz, ……が発生



puter Music 2

FMで発生する周波数成分



Computer Music 2

実例

- FM合成の一般化には**YAMAHA DXシリーズ**の影響が大きい
- DX7 (1983発売)**
- 当時主流だったアナログシンセサイザーに比べて高性能/低価格
 - 1980年代中盤以降のポピュラーミュージックには欠かせない存在に
 - オペレータ(サイン波等の波を出力するもの)の数は6、接続のアルゴリズムは32種類



Computer Music 2

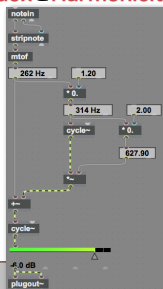
FMのパラメータ

- 発生するサイン波(側帯波)の数や振幅、キャリアとモジュレータの周波数の関係を制御するために、一般的に以下のパラメータが用いられる
- モジュレーション・インデックス(Modulation Index)**
モジュレータの振幅をモジュレータの周波数に比例させる
周波数を f_m 、モジュレーション・インデックスを I とすると、振幅 A_m は
$$A_m = I \times f_m$$
- ハーモニシティ・レシオ(Harmonicity Ratio)**
モジュレータの周波数をキャリアの周波数との比によって決定する
キャリアの周波数を f_c 、ハーモニシティ・レシオを R とすると、モジュレータの周波数を f_m は
$$f_m = R \times f_c$$

Computer Music 2

step2. 制御用パラメータの導入

- Modulation Index**と**Harmonicity Ratio**を導入する



Computer Music 2

倍音構成の時間変化

- FMを使うと小さな計算コストでたくさんの周波数成分(倍音)を作り出すことができる
- 一般的に、**モジュレーション・インデックス**を大きくすると周波数成分は増える
- この性質を利用し、**モジュレーション・インデックス**を時間変化させると、音を構成する周波数成分を時間的に変化させられる

Computer Music 2

step3. エンベロープの適用

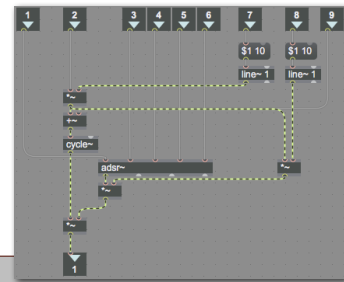
- **Modulation Index** にエンベロープを適用する



Computer Music 2

step4. モジュール化

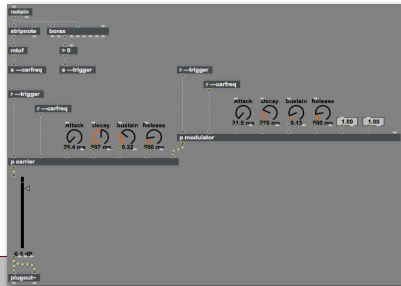
- **オペレータ**をサブパッチにまとめる



Computer Music 2

step5. オペレータの接続

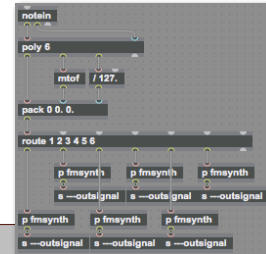
- 最下段は必ずキャリアにする



Computer Music 2

step6. 和音

- **poly** を使って和音を出せるようにする
- これまでの単音用のシンセをサブパッチに入れる



Computer Music 2

poly

- 連続してノートインを受け取ると1から順に番号を振る
- ノートオフが送られた場合、対応する番号を解放
- 割り当てられた番号によって分岐させれば和音が出せる
→ リスト化してから **route** で分岐させる

Computer Music 2

第8回課題

• FMを利用した表現

- 2つのMIDIトラックを用意して下記のパートに割り当てる
 1. リズム
 2. メロディ
- 曲は1分以内に収める

ヒント：

FMは複雑な倍音をたくさん含んだ“きらびやかな音”が特徴ですが、設定次第で応用の幅は広いです。フィルター、ノイズ等のこれまでの授業で得た知識を組み合わせると構いませんが、**変調合成**が主役になるように心がけてください。

Computer Music 2

第8回課題

<提出方法>

Liveのファイルを“**cm2-08_学籍番号.als**”で保存
プロジェクトフォルダを**ZIPで圧縮**して提出

<提出期限>

12月5日(火) 23:59

<質問>

ryoho@sfc.keio.ac.jp