



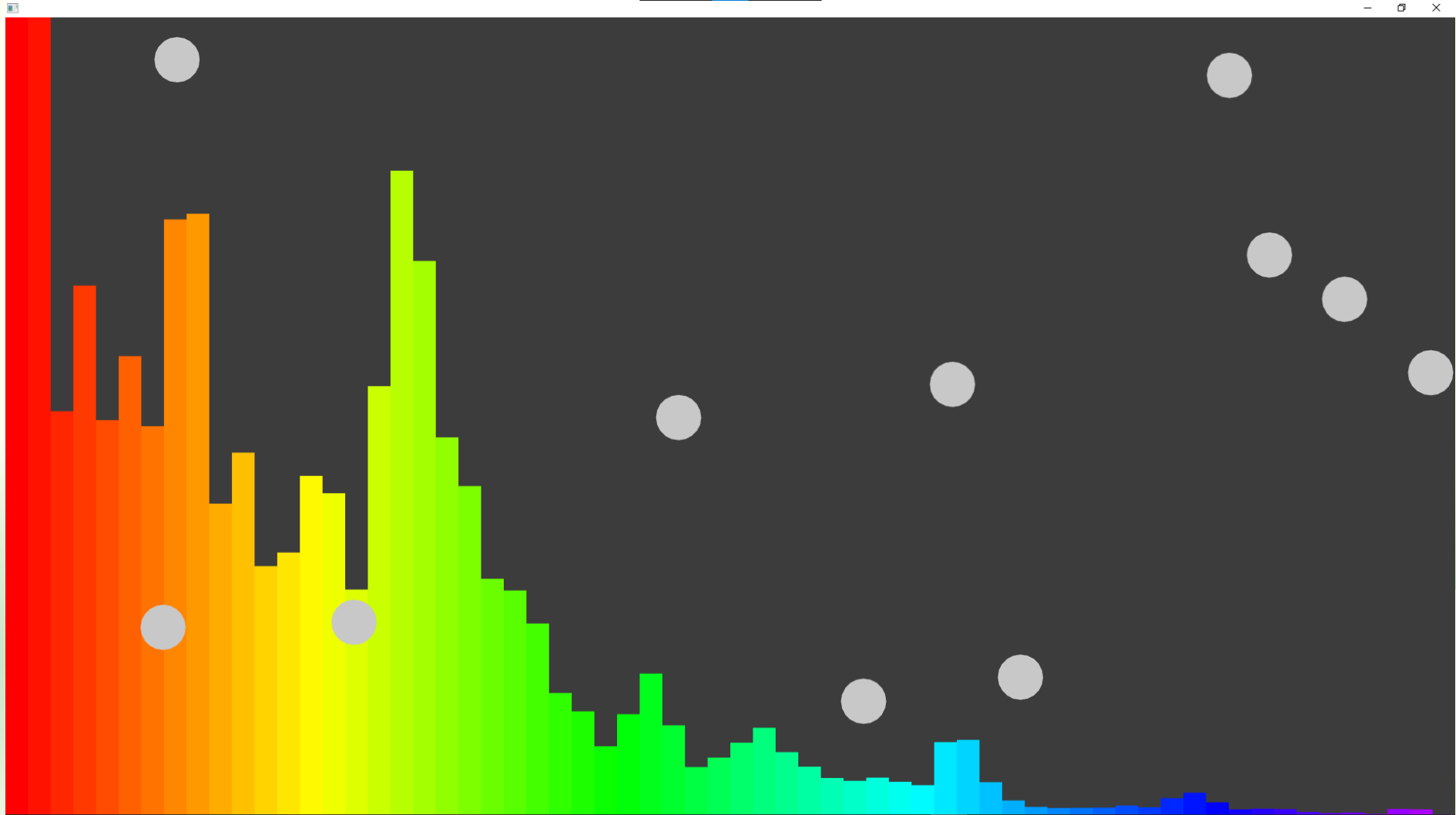
# メディアプログラミング演習

---

第6回

今回の課題の締め切りは本日 18 時です

# 本日はサウンドを使ったアプリの作成



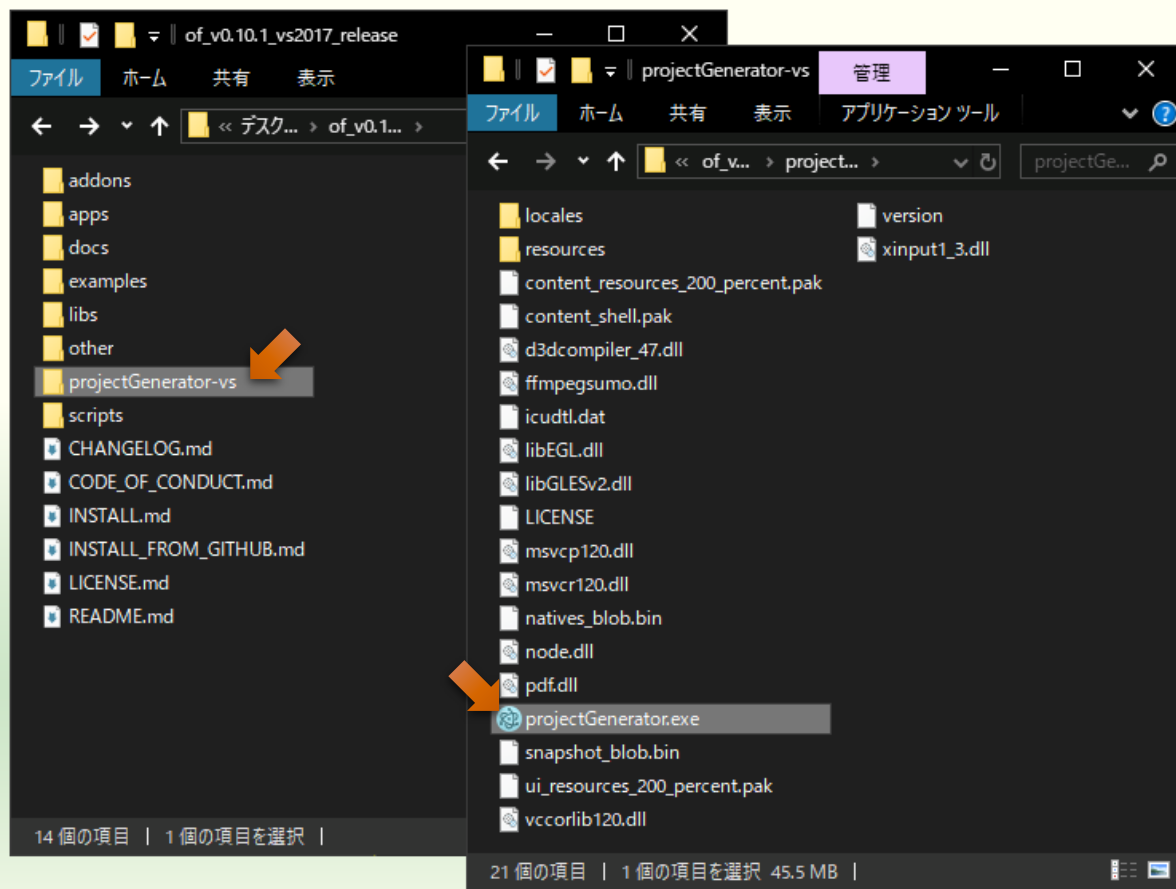


# 準備

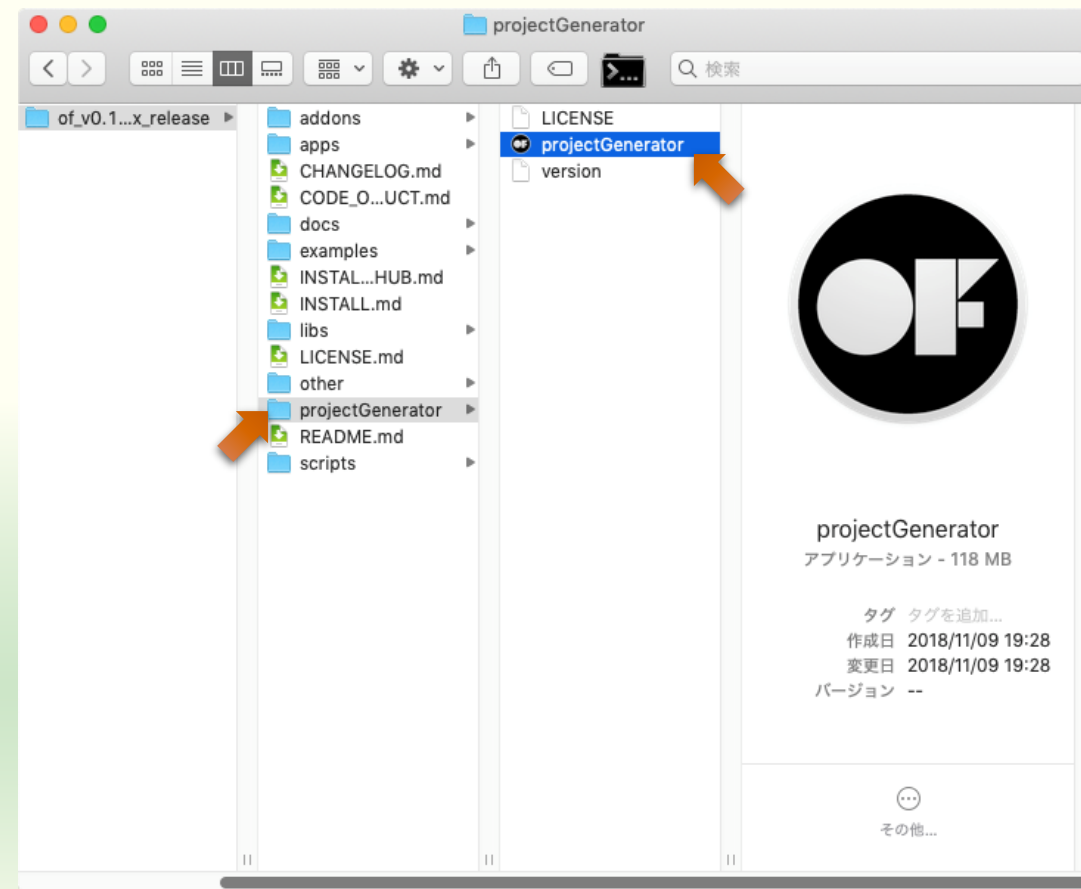
プロジェクトの作成

# projectGenerator を起動する

## windows 版のパッケージ



## macOS 版のパッケージ



# 空のプロジェクトの作成



The screenshot shows a web interface for creating a project. At the top, a dark bar contains a close button (x) and the text "create / update". Below this, the "Project name:" field contains "myBraveSketch" and an "import" button. The "Project path:" field contains "<openFrameworksの展開場所>%apps%myApps". The "Addons:" field is empty. The "Platforms:" field contains "Windows (Visual Studio 2017)". A green "Generate" button is at the bottom. Annotations in Japanese are present: a green speech bubble points to the "Project name:" field with the text "Project name はプロジェクトを作るたびに変わる (自分で設定しても可)"; an orange arrow points to the "Project path:" field with the text "そのまま"; another orange arrow points to the "Addons:" field with the text "空欄のまま"; a third orange arrow points to the "Platforms:" field with the text "そのまま"; and a final orange arrow points to the "Generate" button with the text "プロジェクト作成".

Project name: myBraveSketch import

Project path: <openFrameworksの展開場所>%apps%myApps

Addons: Addons...

Platforms: Windows (Visual Studio 2017) x

Generate

プロジェクト作成

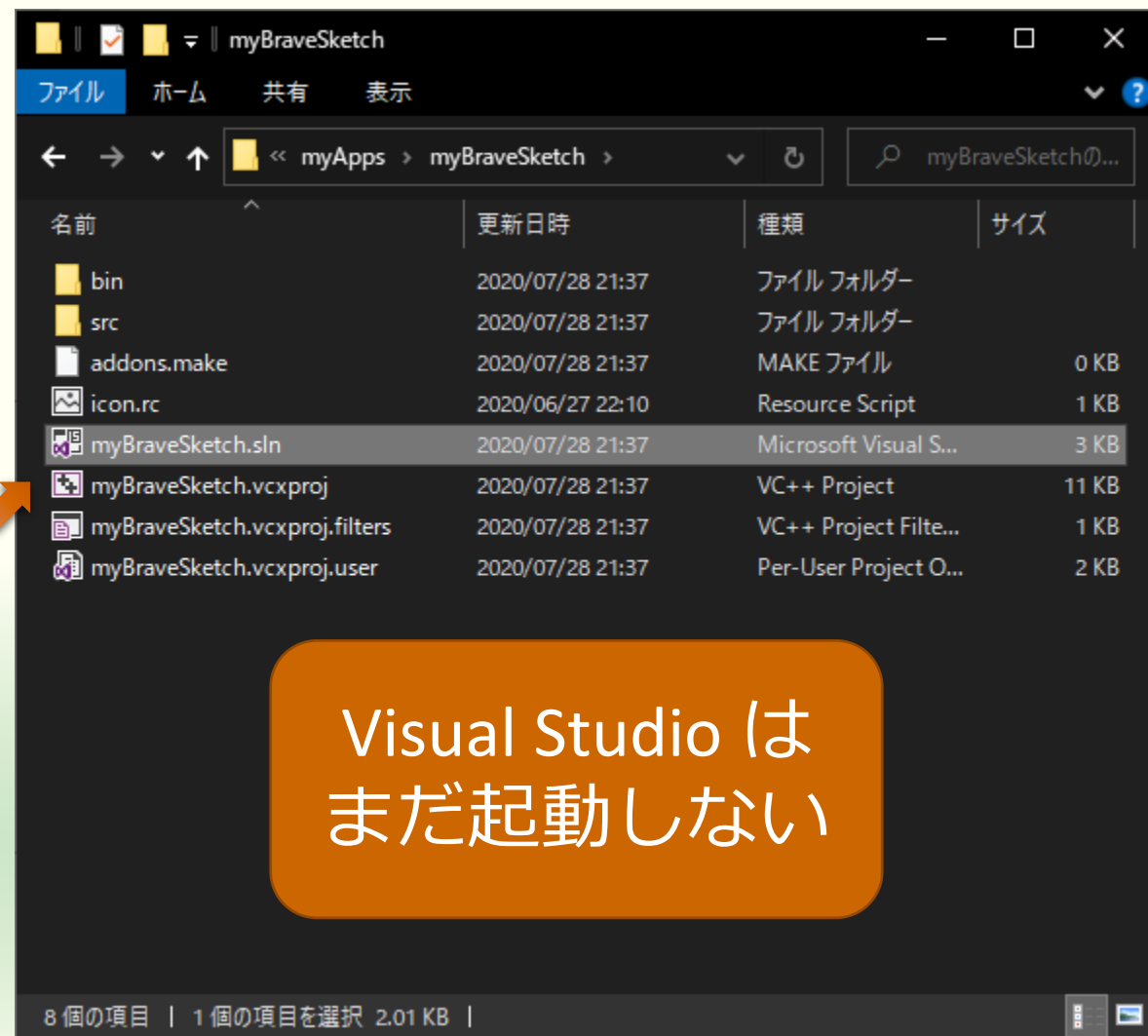
- Project name:
  - 作成するプロジェクト（プログラム）の名前
- Project path:
  - 作成するプロジェクトのファイルを置く場所
  - openFrameworks のパッケージを展開した場所の中の apps¥myApps



# プロジェクトの作成成功



クリックして開く



Visual Studio は  
まだ起動しない

# samples.zip のダウンロードと展開

## [第6回] 音声

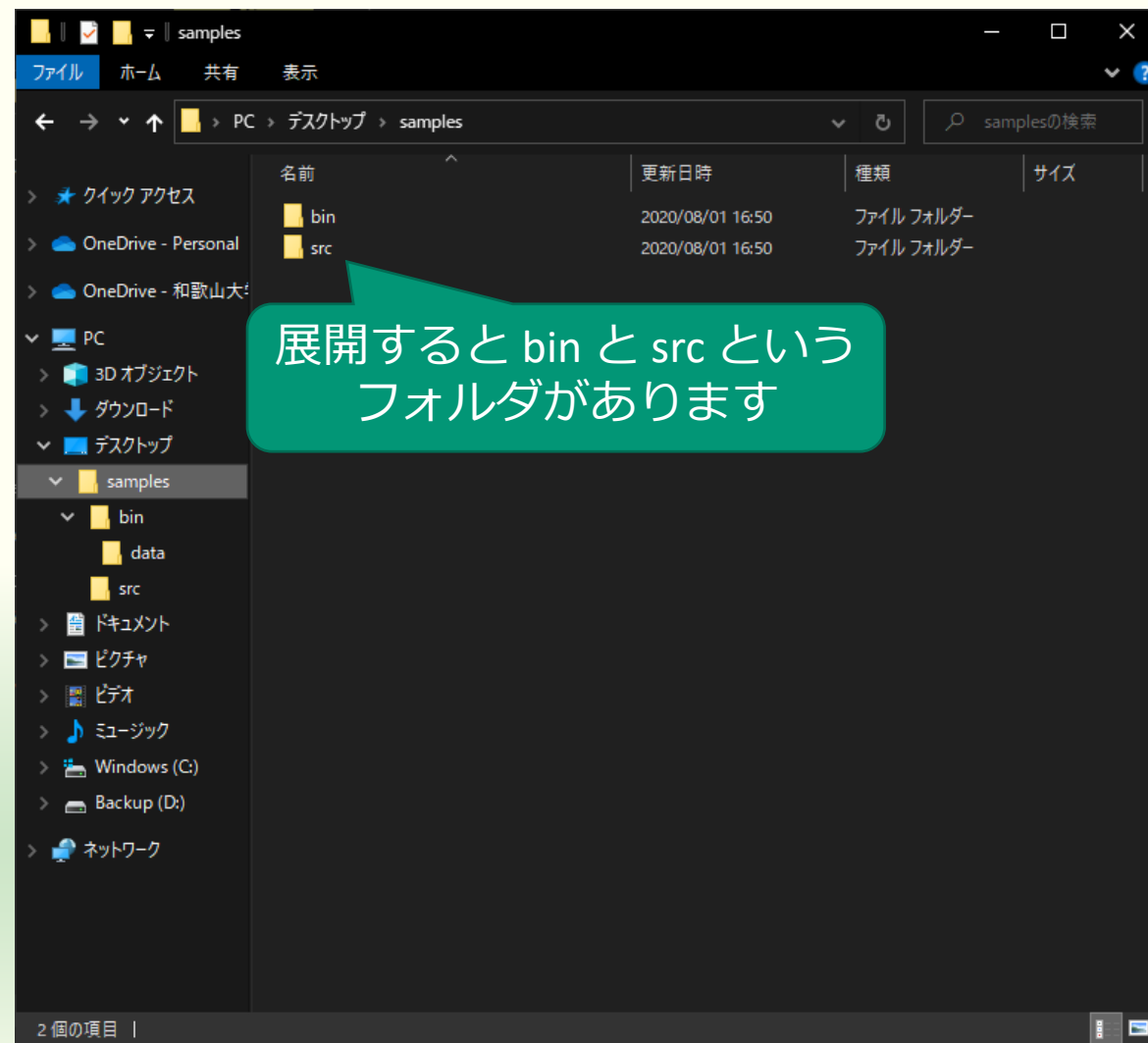
第6回資料

samples.zip

第6回課題

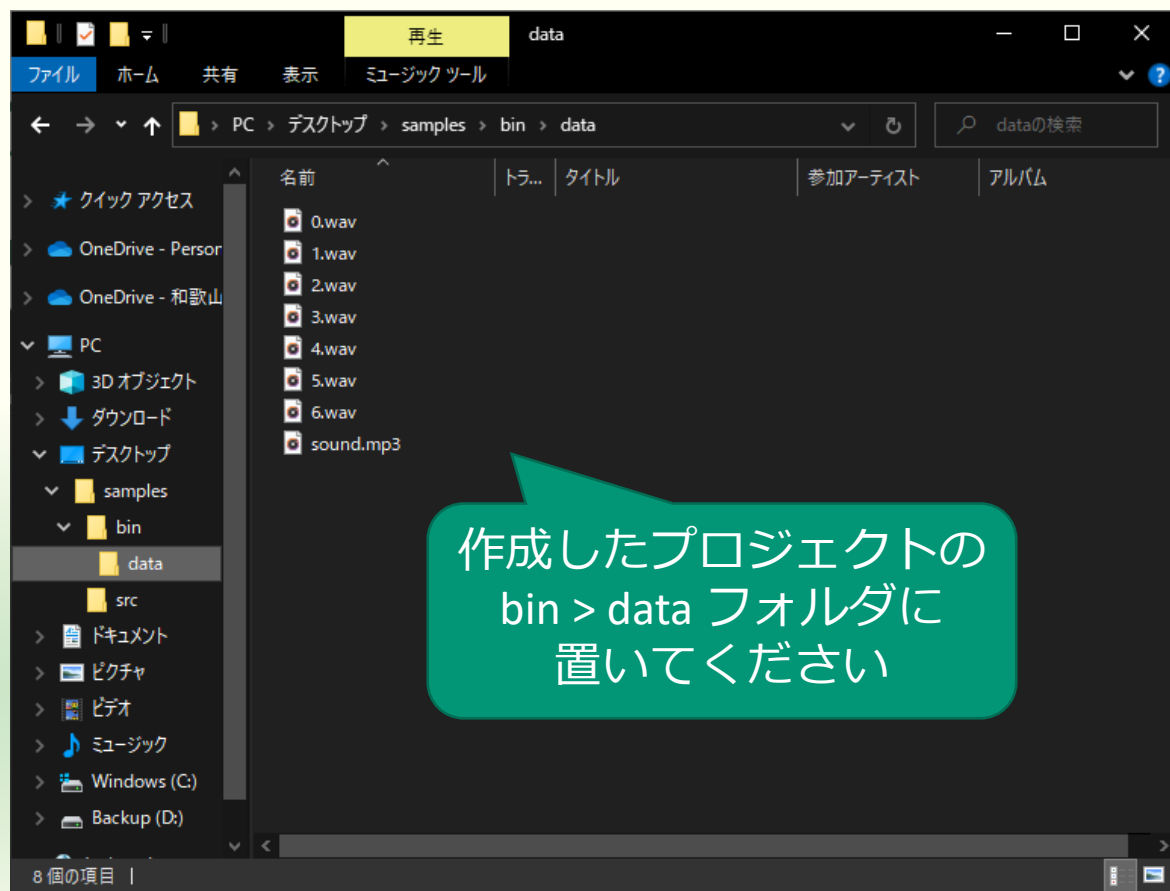
Moodle から [samples.zip](#) をダウンロードしてください

今回の課題の締め切りは本日 18 時です

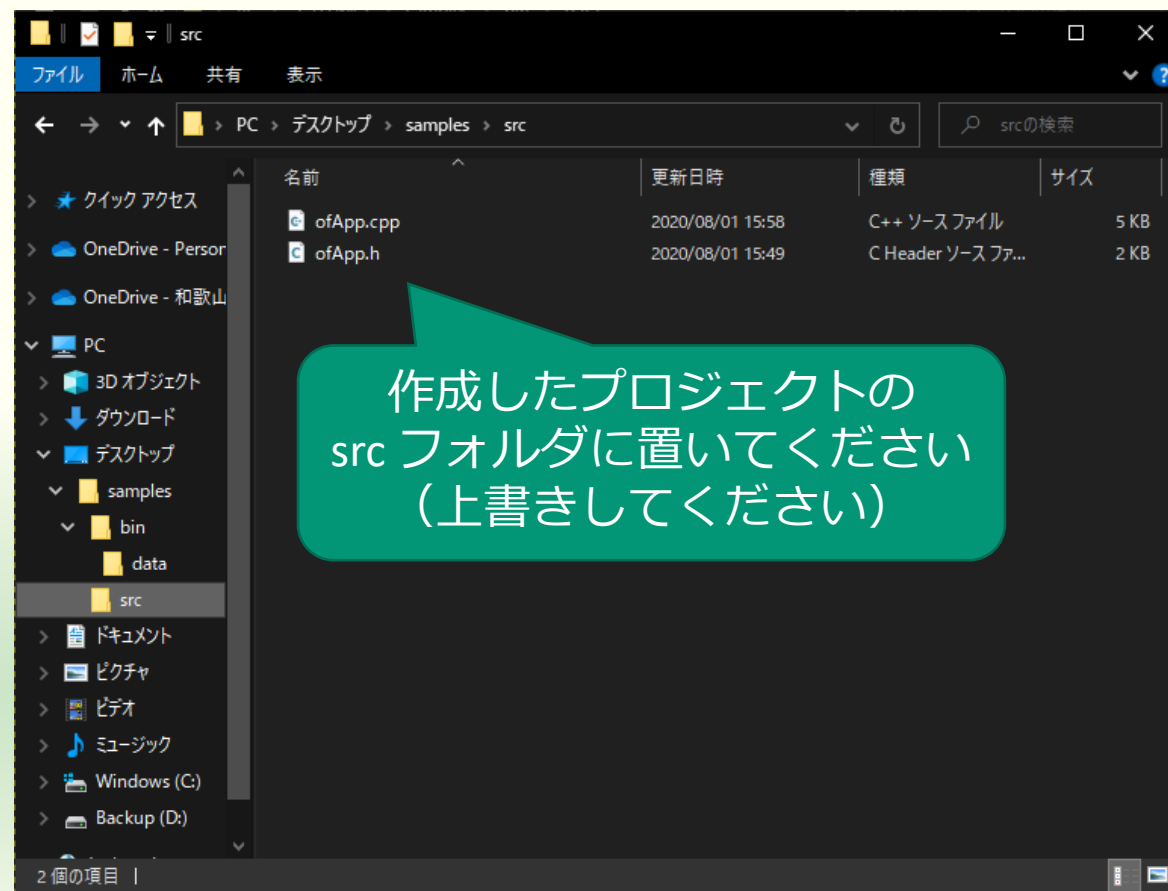


# ファイルの配置

## bin > data の内容

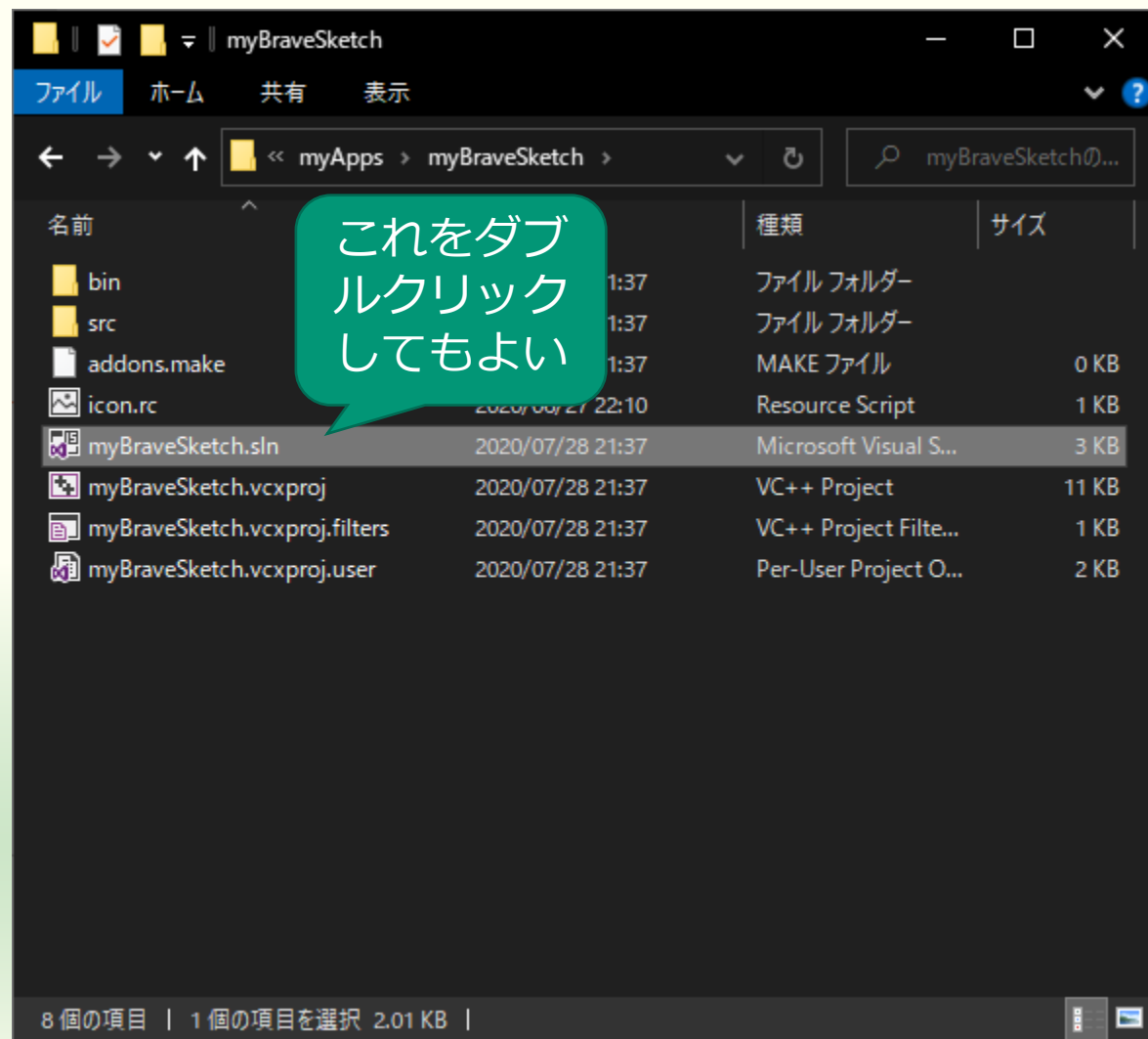


## src の内容





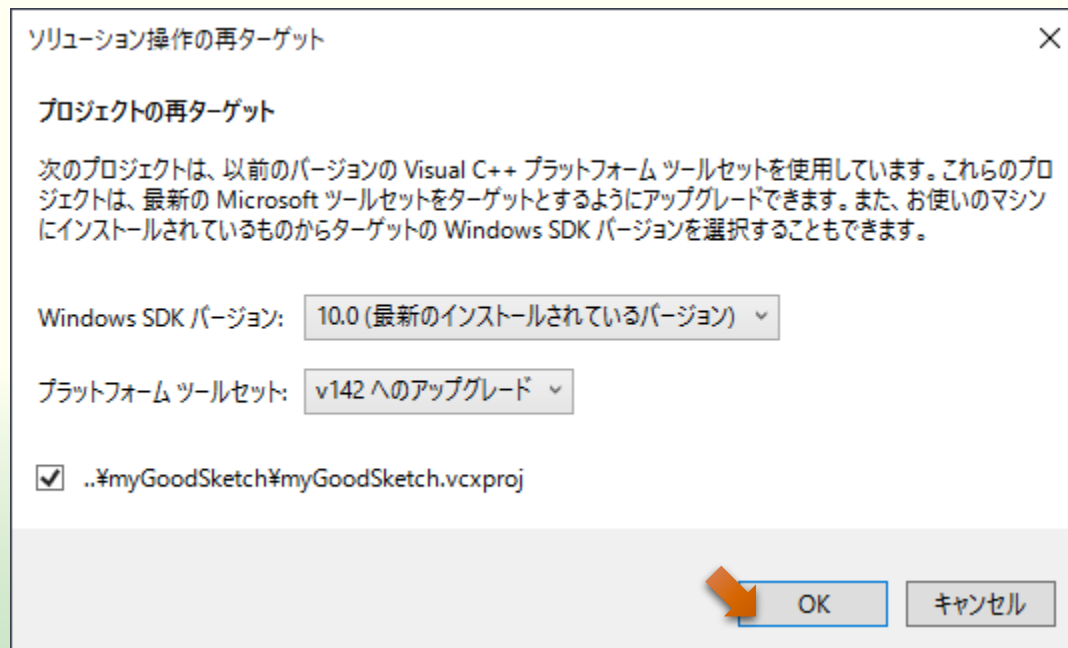
# ソリューションファイルを開く



# Visual Studio 2019 が起動する

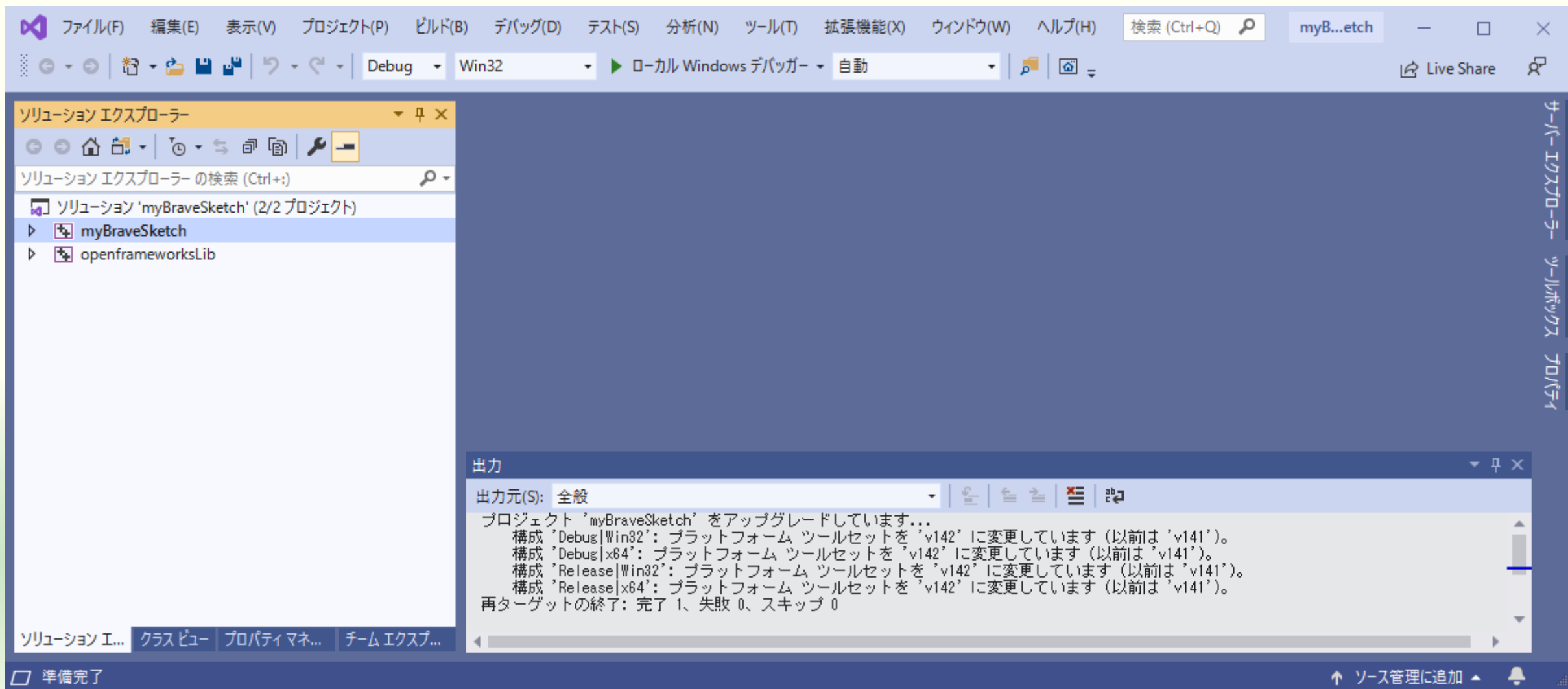


# ソリューションの再ターゲット

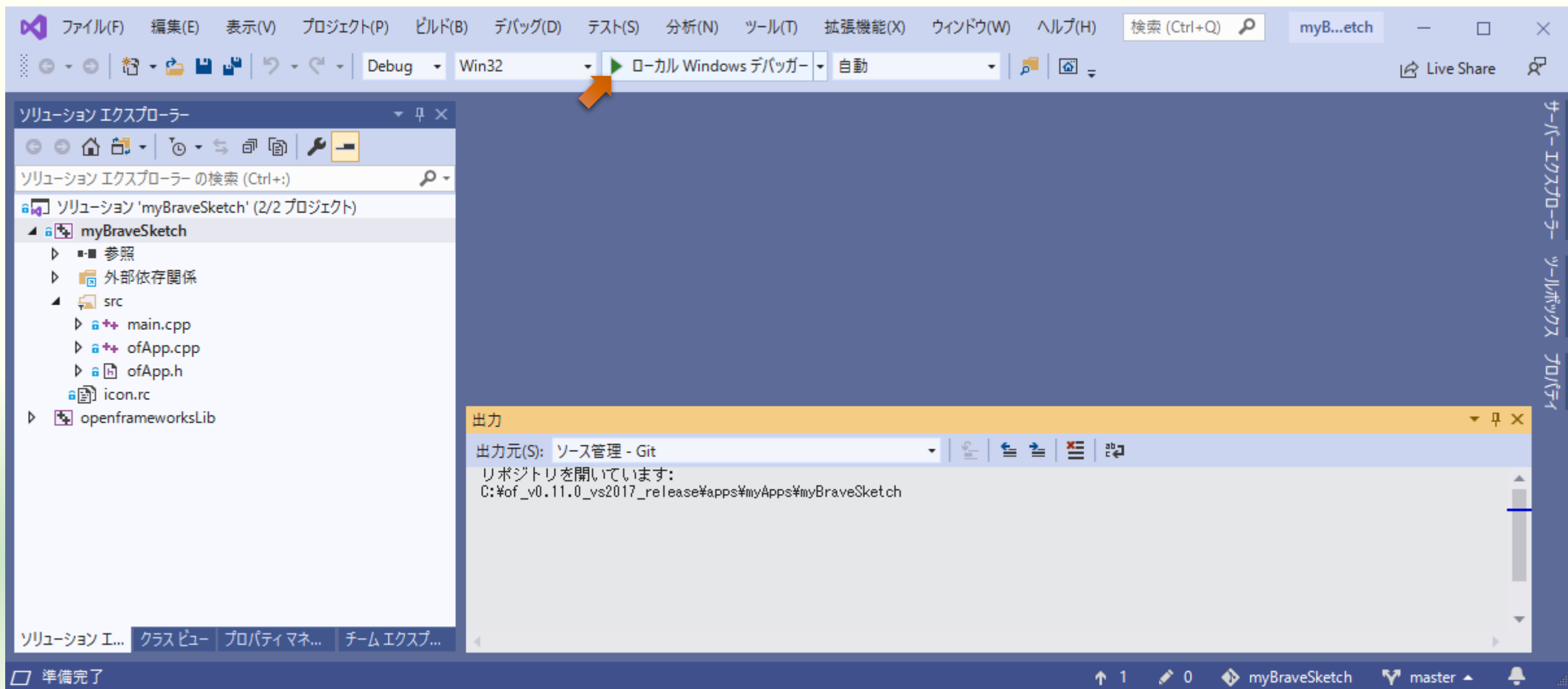


Visual Studio は頻繁に更新しているので皆さんがお使いの Visual Studio SDK のバージョンと合わない場合がある

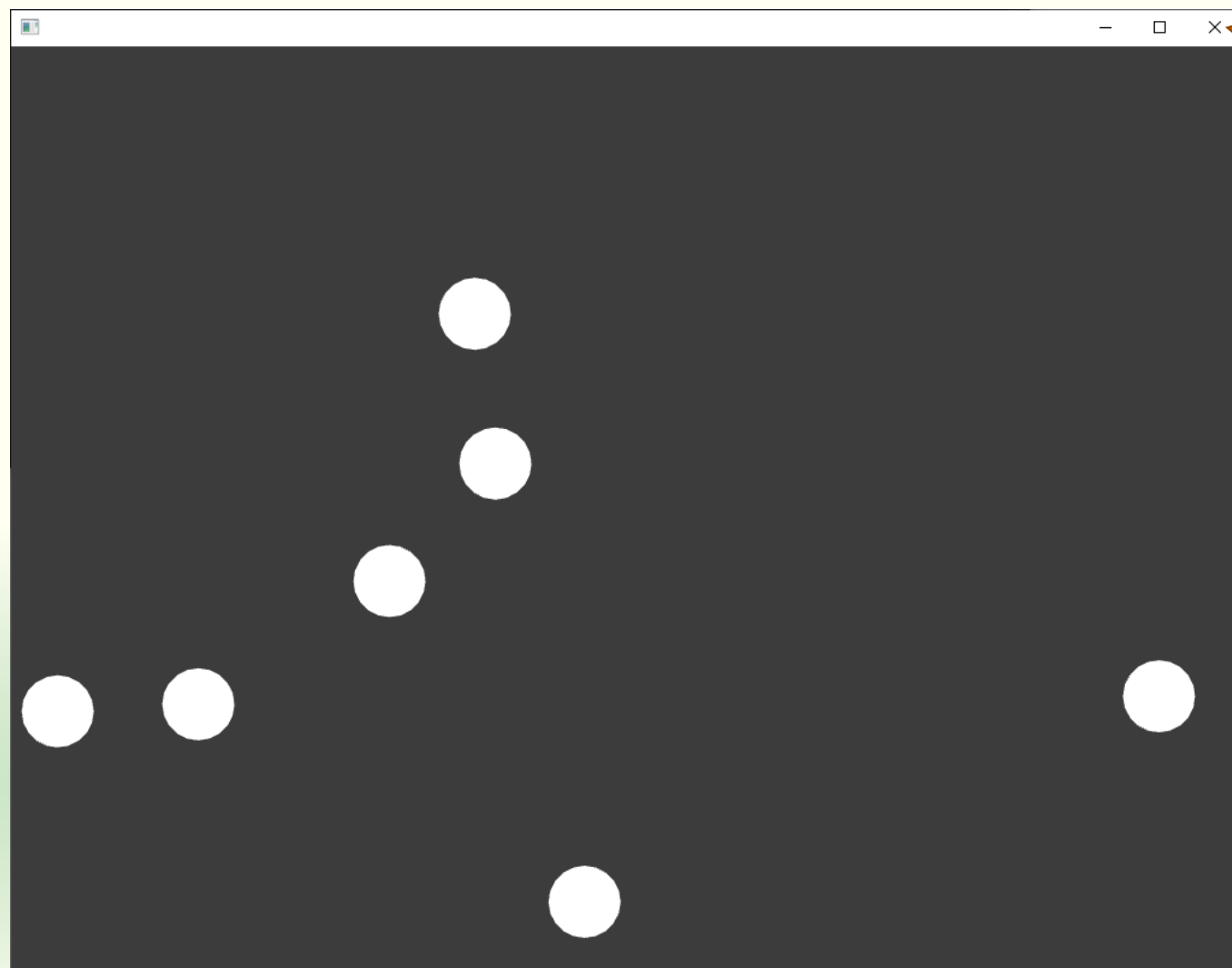
# Visual Studio 起動



# ビルドと実行



## 課題 2 – 5 を複数の円に対応したもの



動作を確認したら止める



# ofApp.h に Circle クラスの定義を追加している

```
#pragma once  
  
#include "ofMain.h"  
  
using namespace glm;
```

```
class Circle{  
public:  
    vec2 position;  
    vec2 velocity;  
    float radius;  
    ofColor color;  
};
```

ひとまとまりの  
データとして扱う

```
class ofApp : public ofBaseApp{  
    vector<Circle> circles;  
    vec2 startPosition;  
    float startTime;
```

(以下略)

position など円の4つのデータを  
1つの vector に保持できる

- class Circle { ... };

- Circle というクラスの定義

- メンバ変数: position (位置) velocity (速度) radius (半径) color (色)
    - public: 以降にあるメンバ変数・メンバ関数はメンバ関数以外から参照できる

- vector<Circle> circles;

- Circle クラスの vector として circles を宣言

- 個々の要素は position, velocity, radius, color のメンバを持つ

# マウスボタンが押されたときに円を生成する

```
//-----  
void ofApp::mousePressed(int x, int y, int button){  
    if (button == 0){  
        startTime = ofGetElapsedTimef();  
        startPosition = vec2{ x, y };  
        Circle circle;  
        circle.position = startPosition;  
        circle.velocity = vec2{ 0.0f, 0.0f };  
        circle.radius = 30.0f;  
        circle.color = ofColor{ 200, 200, 200 };  
        circles.push back(circle);  
    }  
}
```

ofApp::mousePressed() は Circle クラスのメンバではないが、position、velocity、radius、color は public: メンバなので、circle.position のように “.” (ドット演算子) を使ってメンバにアクセスできる

この場合は初期化を用いて以下のように書くこともできる

```
Circle circle{ startPosition, vec2{ 0.0f, 0.0f }, 30.0f, ofColor{ 200, 200, 200 } };
```

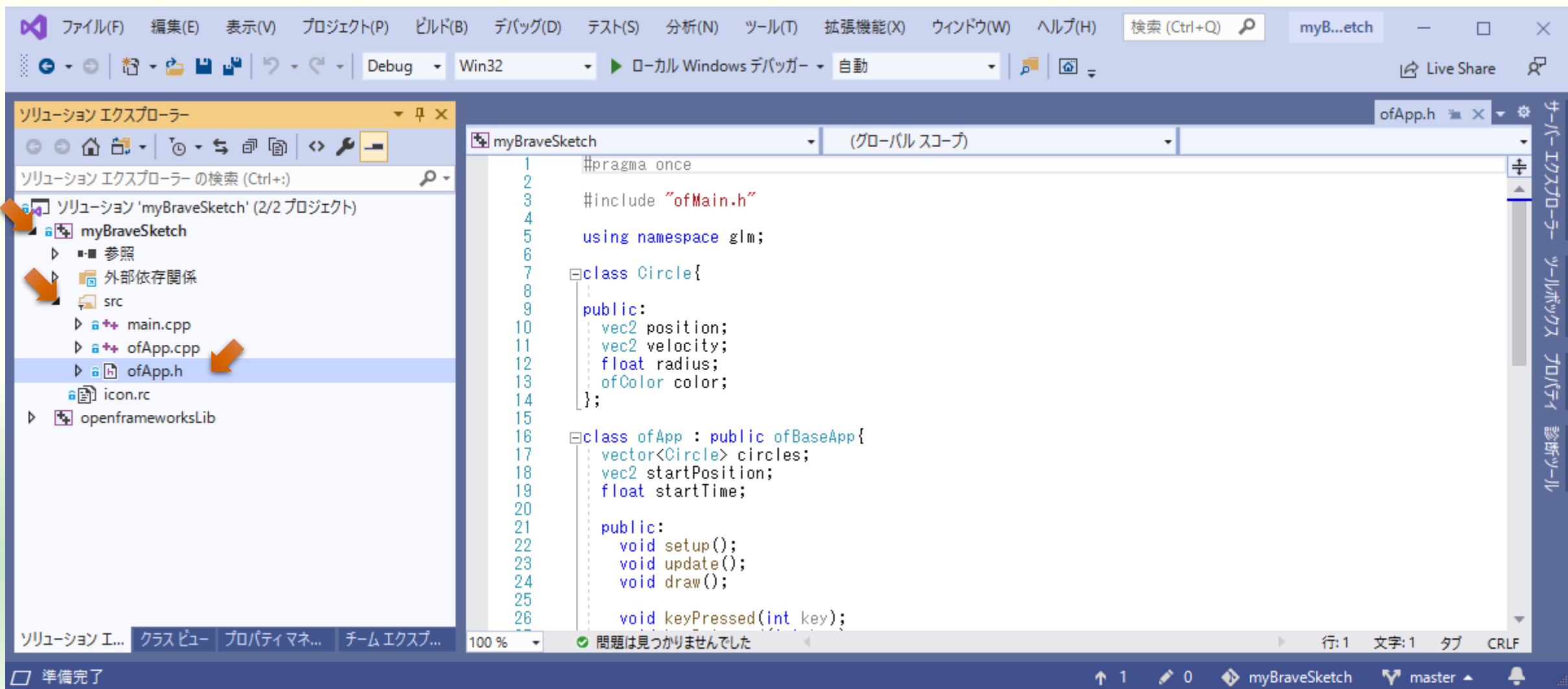




# 音声の再生

音声ファイルの読み込み

# ofApp.h を開く



# ofApp クラスに音声再生のメンバ変数を追加する

(以上略)

```
class ofApp : public ofBaseApp{  
    vector<Circle> circles;  
    vec2 startPosition;  
    float startTime;  
    ofSoundPlayer sound;  
  
public:  
    void setup();  
    void update();  
    void draw();  
};
```

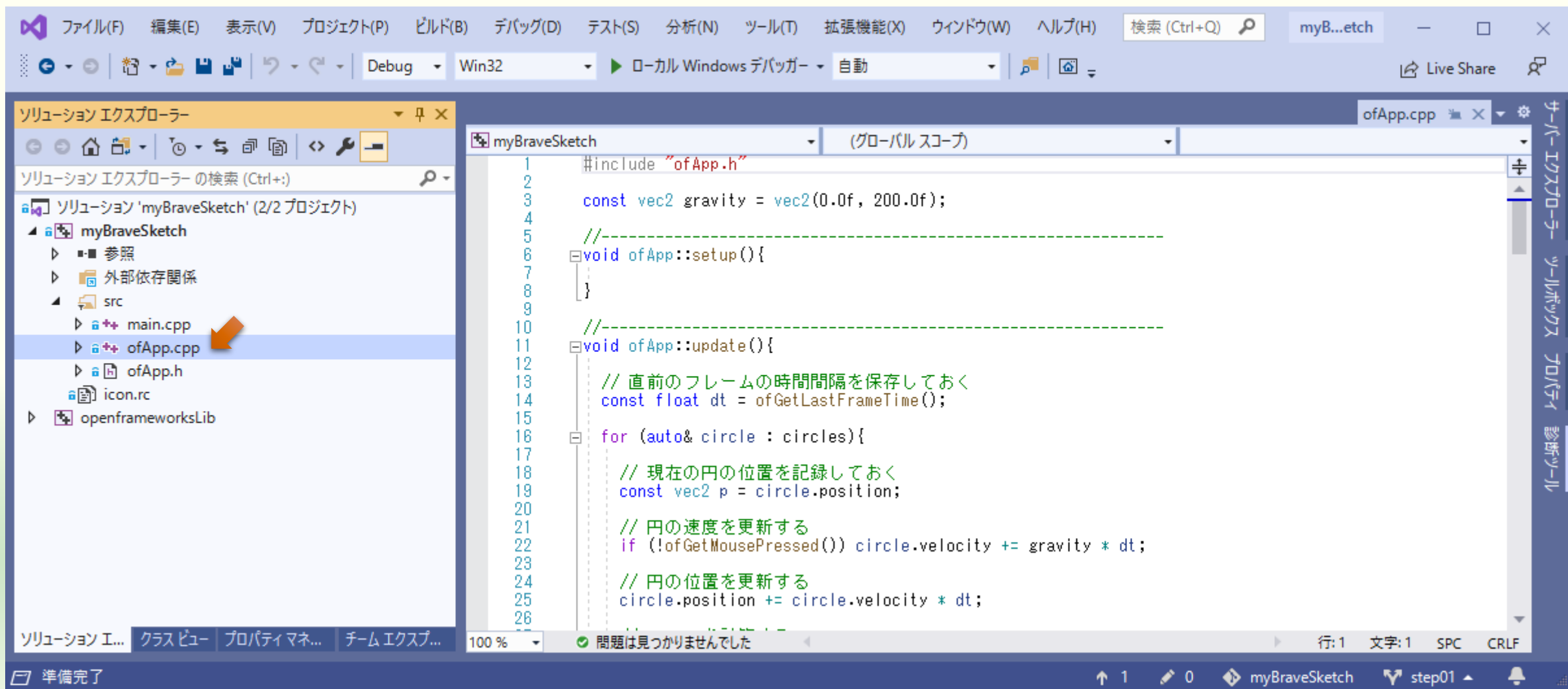
(以下略)

## ■ ofSoundPlayer

- サウンドファイルの読み込みと再生を行うクラス
  - ボリューム、パン、スピード、シーク、マルチプレイのコントロールが可能
  - プラットフォームごとに異なるサウンド再生機能に対して統一したインターフェイスを与えたもの



# ofApp.cpp を開く



# サウンドファイルを読み込む

```
#include "ofApp.h"
```

```
const vec2 gravity = vec2(0.0f, 200.0f);
```

```
//-----
```

```
void ofApp::setup(){
```

```
    sound.load("sound.mp3");
```

```
}
```

自分で音声ファイルを用意しても構わない

```
//-----
```

```
void ofApp::update(){
```

```
    ofSoundUpdate();
```

```
    (途中略)
```

```
}
```

```
(以下略)
```

- `sound.load("sound.mp3");`

- プロジェクトのフォルダの bin の data の中にある sound.mp3 という音声ファイルを sound に読み込む

- “sound.mp3” は音声ファイル名

- どんな音声ファイルが読み込めるかはプラットフォーム（Windows, macOS, Linux, ...）依存

- `ofSoundUpdate();`

- 音声エンジンの更新、毎フレーム呼び出す必要がある

# ‘p’ または ‘P’ キーのタイプでサウンドファイルを再生する

(以上略)

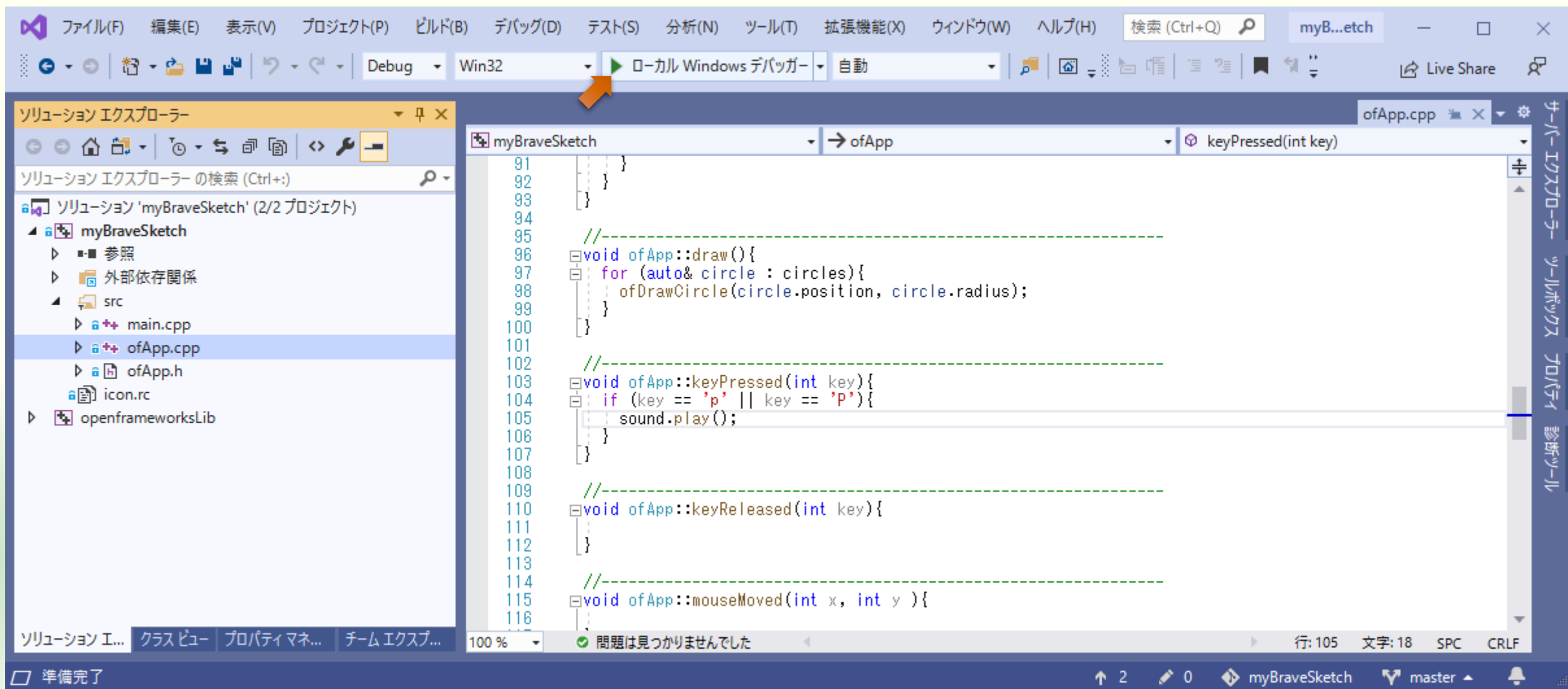
```
//-----  
void ofApp::draw(){  
    (途中略)  
}  
  
//-----  
void ofApp::keyPressed(int key){  
    if (key == 'p' || key == 'P'){  
        sound.play();  
    }  
}  
  
//-----  
void ofApp::keyReleased(int key){  
  
}
```

(以下略)

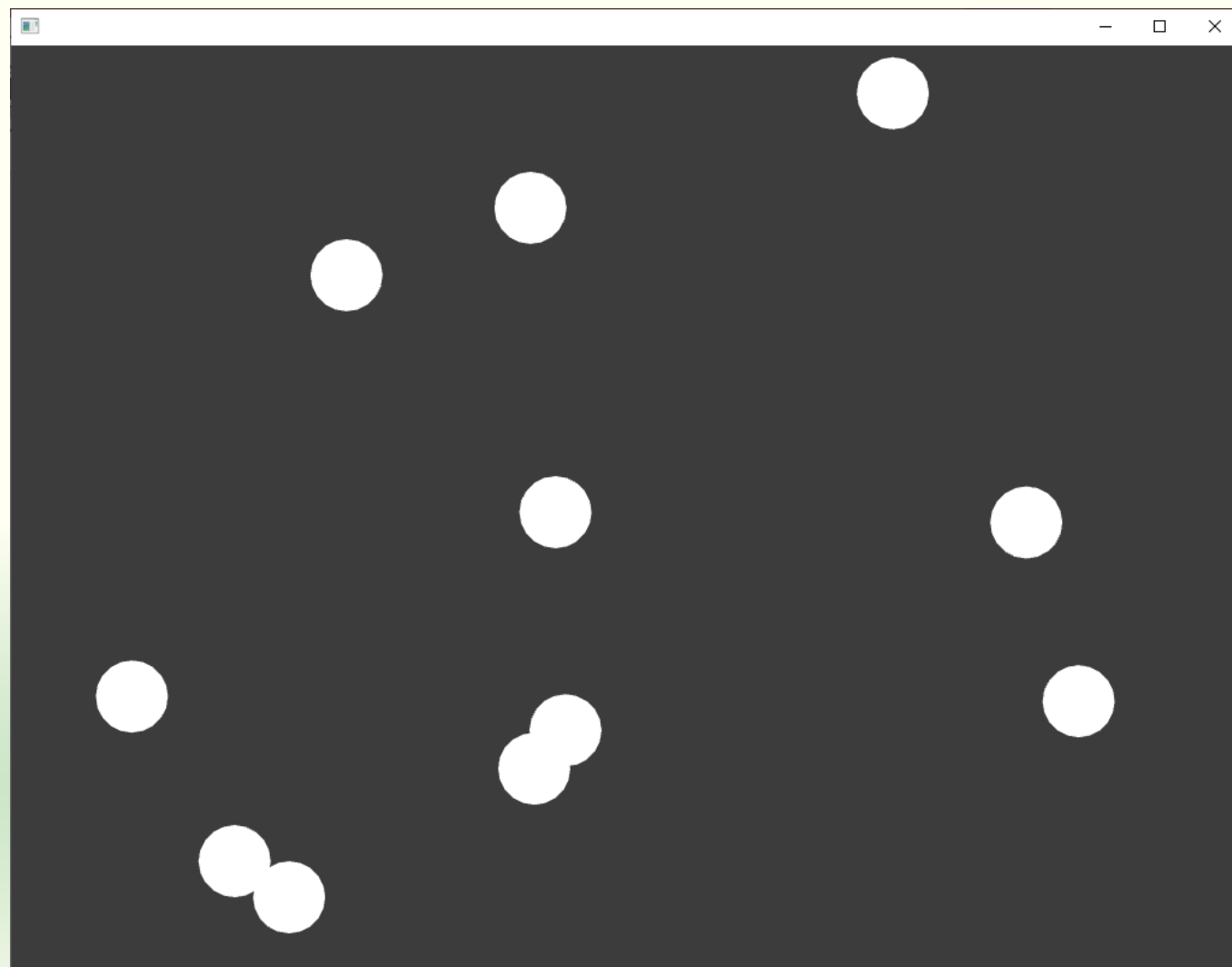
- sound.play();
  - sound に読み込んだ (load した) 音声ファイルを再生する
  - これを setup() で実行するとパソコンによってはうまく再生されないことがある



# ビルドと実行



‘p’ か ‘P’ をタイプしてサウンドを再生してみる







# 課題 6 – 1

跳ね返るときに音を出す

# 円が壁で跳ね返るときに効果音を再生しなさい

- bin > data に置いた 0.wav ~ 6.wav は 1 秒未満の短い音声ファイルである
- 円が壁で跳ね返るときにこれらを再生するようにしなさい
- 音声ファイルは自分で用意しても構わない
  - Windows の「ボイスレコーダー」アプリや macOS / iOS / iPadOS の「ボイスメモ」アプリで作成した AAC ファイル（拡張子 .m4a）は Windows の ofSoundPlayer クラスでは多分再生できない
  - mp3 か wav に変換する
- 同じ音を同時に鳴らすには load() した後に setMultiPlay(true)



# サウンドファイルをループ再生する

(以上略)

```
//-----  
void ofApp::setup(){  
    sound.load("sound.mp3");  
    sound.setLoop(true);  
}
```

(途中略)

```
//-----  
void ofApp::keyPressed(int key){  
    if (key == 'p' || key == 'P'){  
        sound.play();  
    }  
    else if (key == 's' || key == 'S'){  
        sound.stop();  
    }  
}
```

(以下略)

- sound.setLoop(true);
  - 音声ファイルをループ再生（エンドレス再生）するようにする
  - 引数の true が false の場合はループ再生しない
- sound.stop();
  - 音声ファイルの再生を停止する



# 課題のアップロード

- 作成したプログラムの実行中のウィンドウを **5 秒以内** で動画キャプチャして、**6-1.mp4** というファイル名で Moodle の第 6 回課題にアップロードしてください
- 動画のキャプチャができないときはスクリーンショットを撮って 6-1.png というファイル名でアップロードしてください



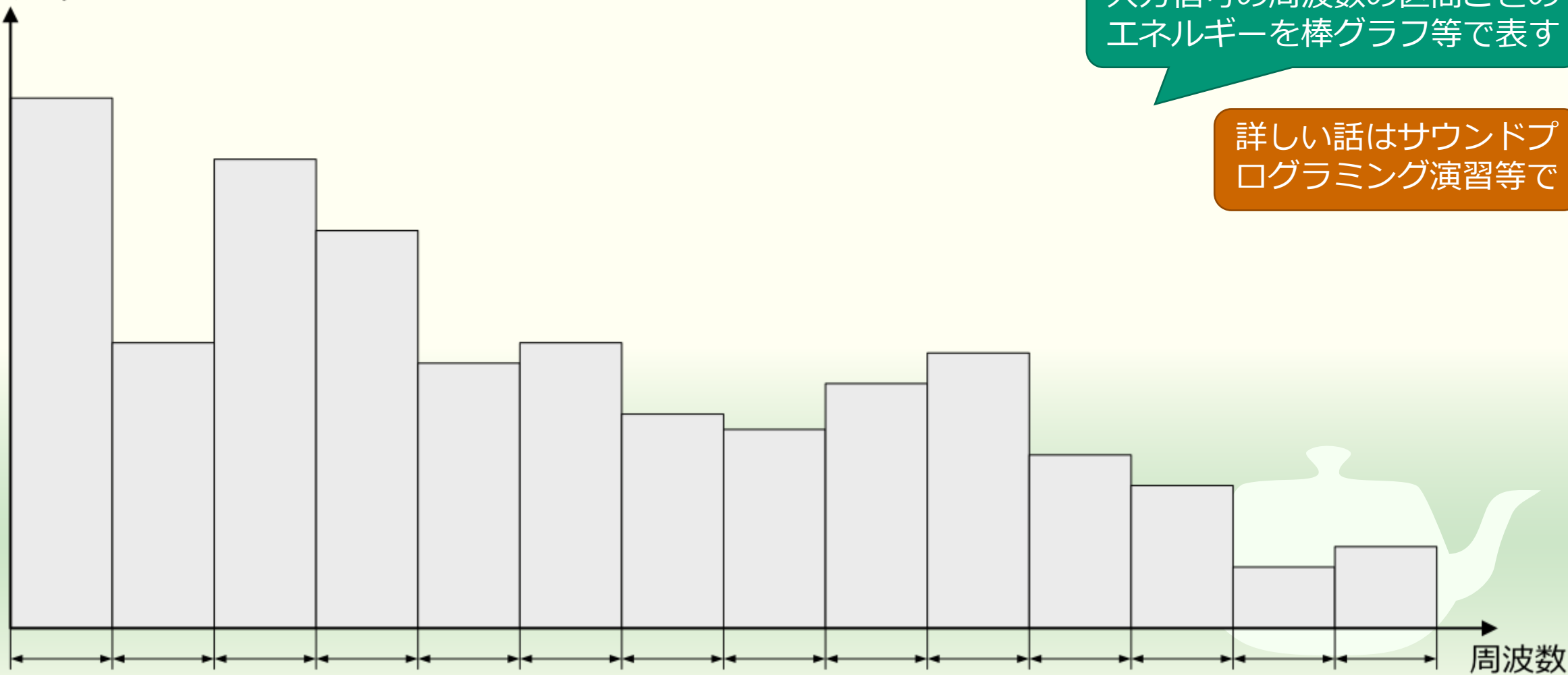


# スペクトル表示

音の周波数分布

# スペクトル分布

エネルギー



入力信号の周波数の区間ごとのエネルギーを棒グラフ等で表す

詳しい話はサウンドプログラミング演習等で

# スペクトル分布を格納するメンバ変数を追加

(以上略)

```
class ofApp : public ofAppBaseApp{
    vector<Circle> circles;
    vec2 startPosition;
    float startTime;
    ofSoundPlayer sound;
    array<float, 64> spectrum{};

public:
    void setup();
    void update();
    void draw();
```

(以下略)

■ `array<float, 64> spectrum{};`

■ `array` は**固定長**配列

- サイズ（要素の数）を指定して宣言することによりメモリを確保する
- `vector` のように後からデータを追加したり削除したりすることはできない
- この場合のサイズは 64、`spectrum[0]` ~ `spectrum[63]` の要素を持つ

■ `array` の初期化

■ 例) `array<int, 5> x{ 3, 1, 2 };`

- `x[0]` は 3、`x[1]` は 1、`x[2]` は 2 に初期化
- 初期値が指定されていない `x[3]`, `x[4]` は 0 で初期化される
- `{}` だと全部 0 で初期化される

# スペクトラム分布の抽出

(以上略)

```
//-----  
void ofApp::update(){  
    ofSoundUpdate();  
  
    const size_t nBands{ spectrum.size() };  
    const float *val{ ofSoundGetSpectrum(nBands) };
```

(次ページに続く)

- spectrum.size()
  - spectrum の要素数を返す
  - これを周波数の区間 nBands に使う
- float \*ofSoundGetSpectrum(int nBands)
  - 再生中の音声から高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform, FFT) を用いてスペクトル分布を求める
  - 結果が格納されたメモリへのポインタを返す
  - nBands は周波数の区間の数



# スペクトラム分布のグラフデータの作成

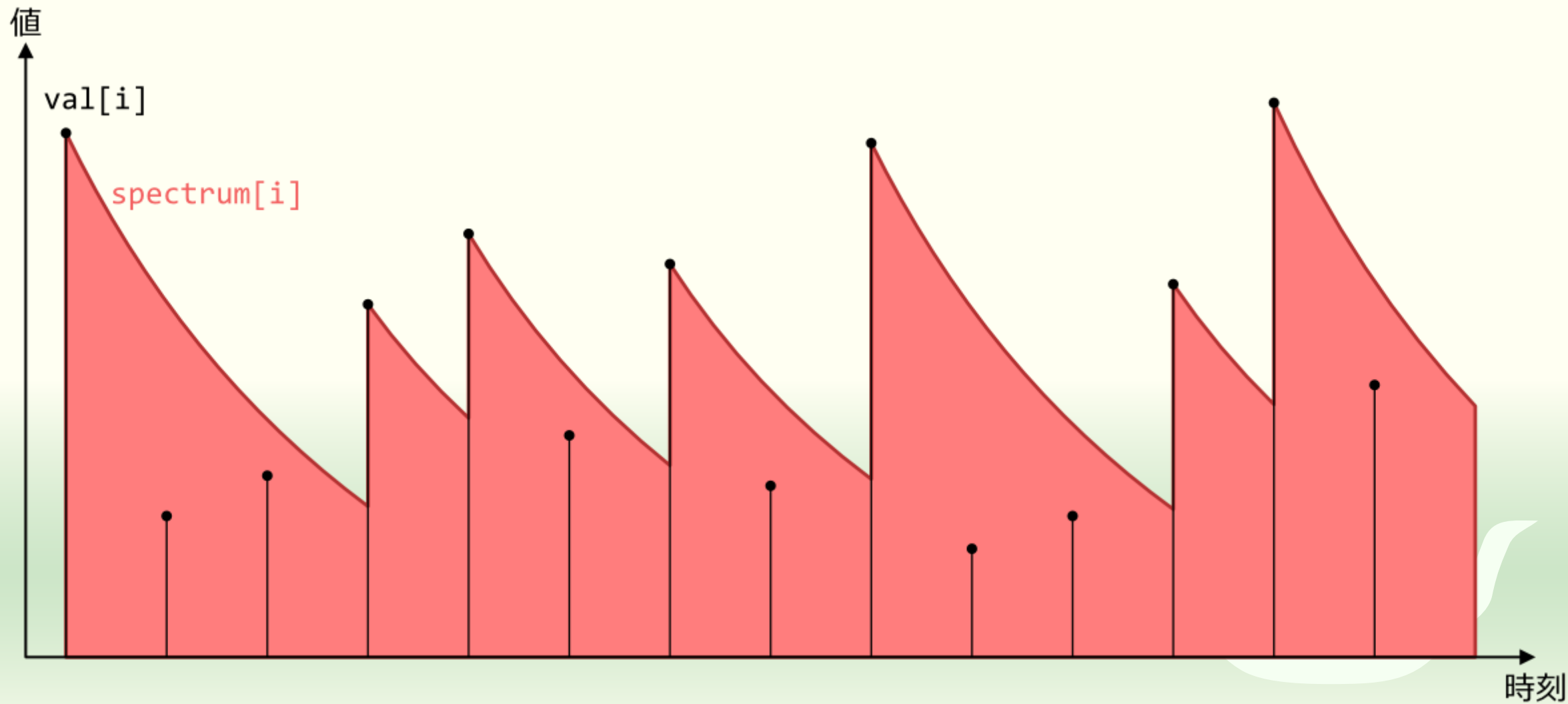
(全ページからの続き)

```
for (size_t i = 0; i < nBands; ++i){  
    spectrum[i] *= 0.96f;  
    if (spectrum[i] < val[i]){  
        spectrum[i] = val[i];  
    }  
}
```

(以下略)

- for (size\_t i = 0; i < nBands; ++i) {
  - i を 0 から nBands - 1 まで変化させながら {} 内を繰り返す
  - spectrum[i] \*= 0.96f;
    - 以前の値を 0.96 倍することで時間の経過に伴い値が指数関数的に減少する
  - if (spectrum[i] < val[i]){
  - もし入力信号の値 val[i] が現在の値 spectrum[i] を超えていたら
    - spectrum[i] = val[i];
    - spectrum[i] を入力信号の値 val[i] に更新する

# スペクトル分布のグラフの変化





# 課題 6 – 2

スペクトル分布のグラフを描く

# スペクトル分布の棒グラフを描きなさい

- spectrum の値を使ってウィンドウ上にスペクトル分布の棒グラフを円の下に描きなさい
- spectrum[i] には 0~1 の値が入っている
  - したがって棒グラフの高さを  $\text{spectrum}[i] * \text{ofGetHeight}()$  にすれば最大値がウィンドウの高さのグラフになる
  - ただし原点がウィンドウの上端にあるのでそのままではグラフの上下が反転してしまう
- 棒グラフの棒の数は nBands である
  - したがって 1 本の棒グラフの幅は  $\text{ofGetWidth}() / \text{nBands}$  になる

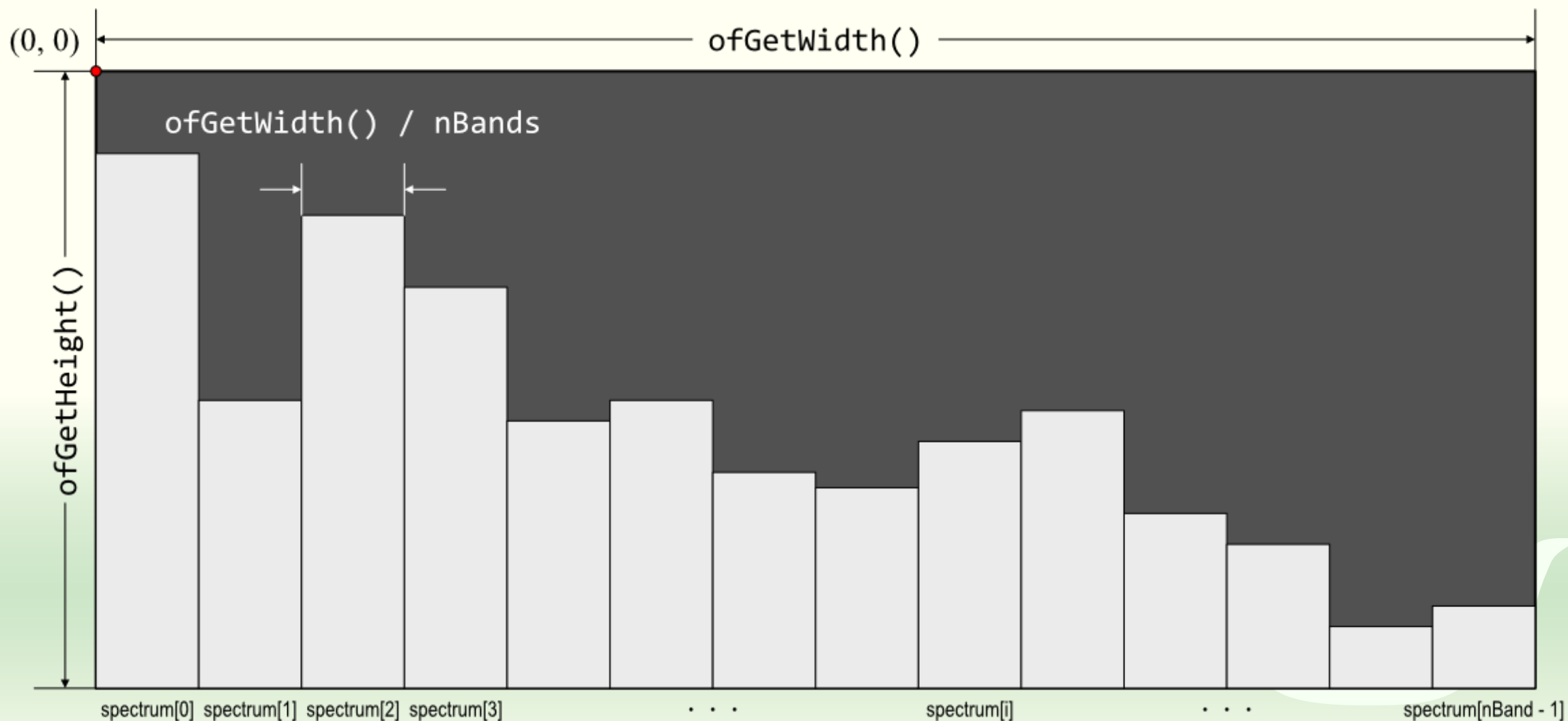


# 矩形の描画

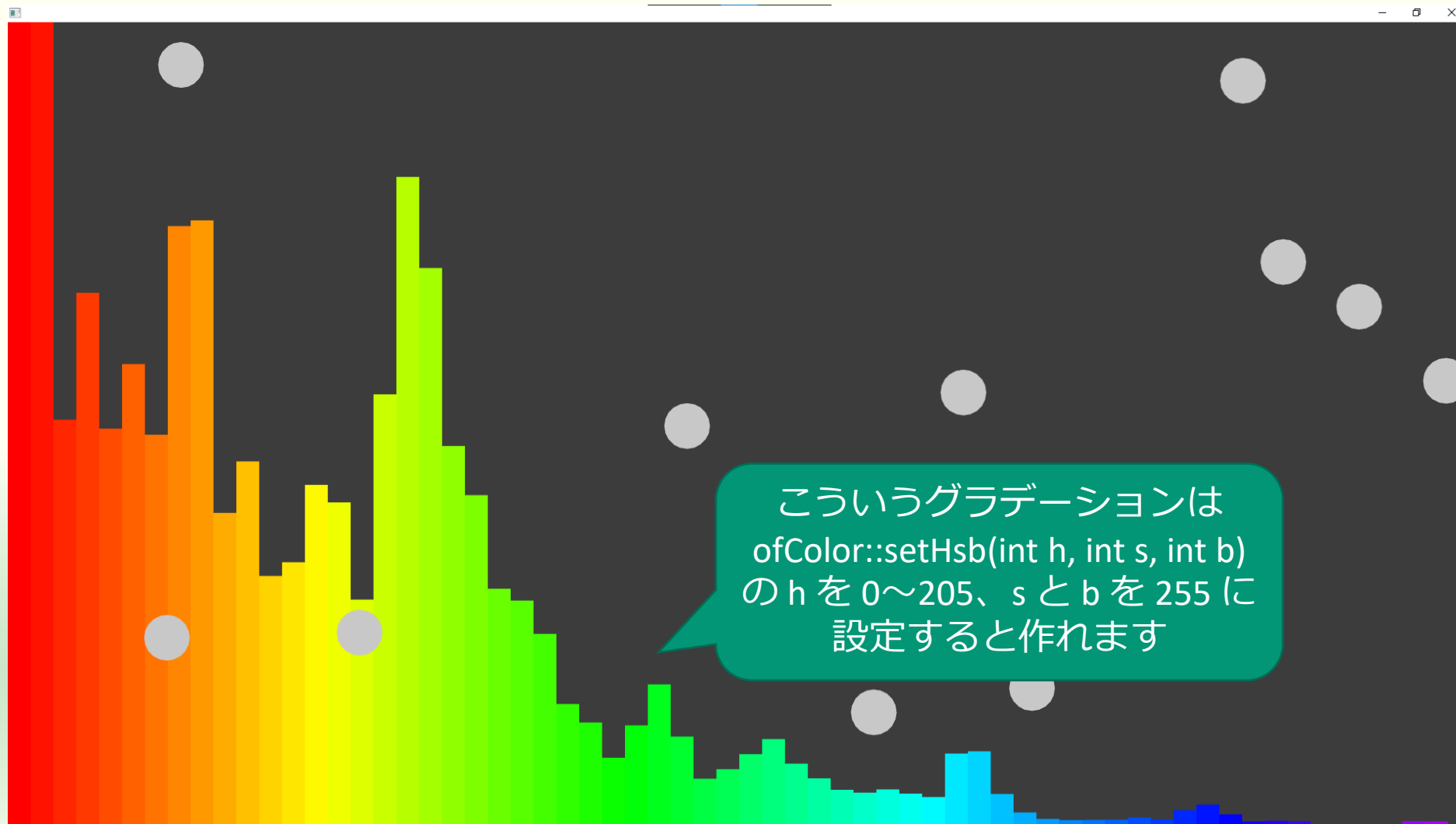
- `void ofDrawRectangle(const glm::vec2 &p, float w, float h)`
  - `p` を左上に幅 `w` 高さ `h` の矩形を描く
- `void ofDrawRectangle(float x1, float y1, float w, float h)`
  - `(x1, y1)` を左上に幅 `w` 高さ `h` の矩形を描く



# スペクトル分布の棒グラフのレイアウト



# 結果の例



# 課題のアップロード

- 作成したプログラムの実行中のウィンドウを **5 秒以内** で動画キャプチャして、**6-2.mp4** というファイル名で Moodle の第 6 回課題にアップロードしてください
- 動画のキャプチャができないときはスクリーンショットを撮って 6-2.png というファイル名でアップロードしてください





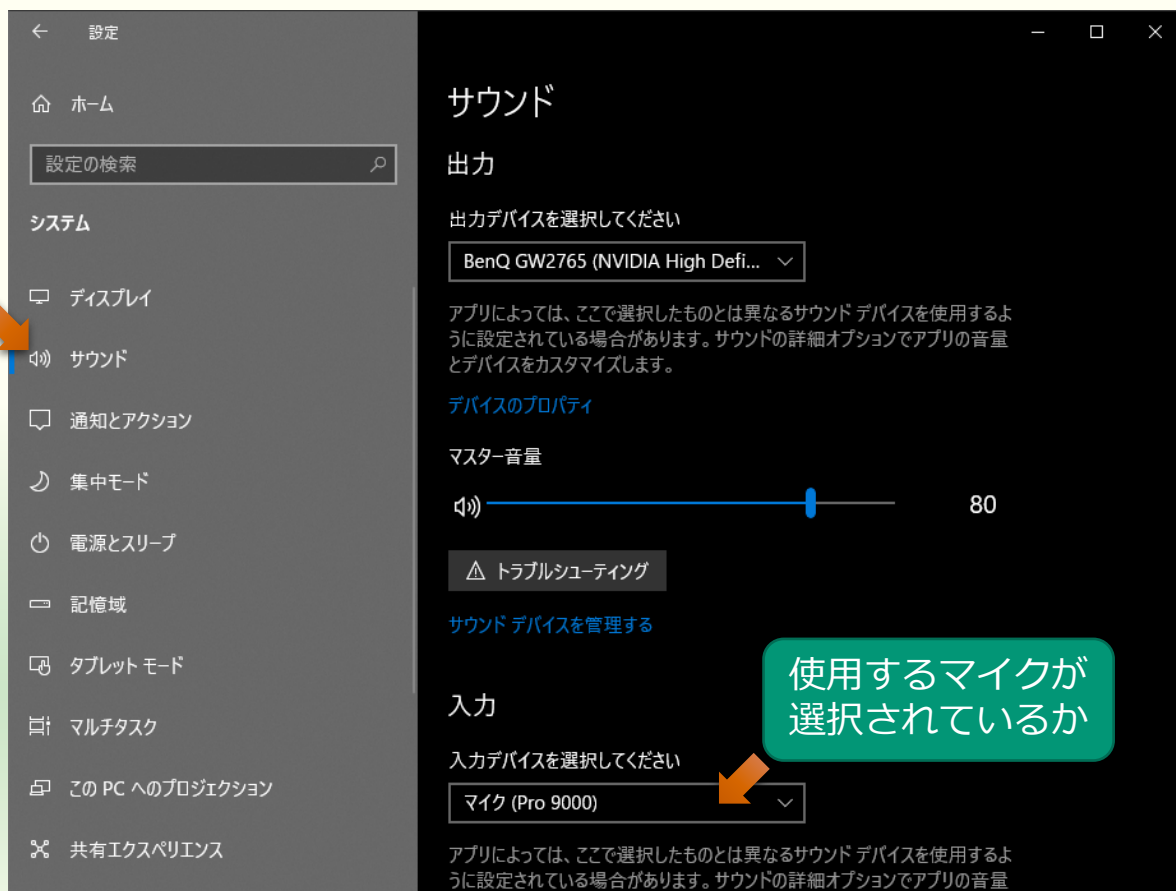


# 音声の入力

サウンドデータの取り扱い

# 「設定」でマイクの設定を確認する

## 「システム」→「サウンド」



## 「プライバシー」→「マイク」



# ofApp クラスに音声入力のメンバ変数を追加する

(以上略)

```
class ofApp : public ofAppBaseApp{
    vector<Circle> circles;
    vec2 startPosition;
    float startTime;
    ofSoundPlayer sound;
    vector<ofSoundPlayer> effect;
    array<float, 64> spectrum{};
    ofSoundStream soundStream;
    array<float, 256> buffer{};
    float volume;

public:
    void setup();
    void update();
    void draw();
    void audioIn(ofSoundBuffer &input);
```

(以下略)

- ofSoundStream
  - リアルタイムに音声の入出力を行うためのクラス
- void audioIn(ofSoundBuffer &input);
  - input に音声データが、CD 品質なら 44,100Hz で取得される
  - update() や draw() は画面表示のタイミングで実行される（60Hz のディスプレイなら 60秒間に1回）
  - タイミングが合わないので音声は画面表示と並行して処理する

# サウンド入力の設定

```
#include "ofApp.h"
```

```
const vec2 gravity = vec2(0.0f, 200.0f);
```

```
const int channels = 2;
```

2で音声が入らないときは  
1で試してください

```
//-----
```

```
void ofApp::setup(){  
    sound.load("sound.mp3");  
    sound.setLoop(true);  
    (途中略)
```

```
    ofSoundStreamSettings settings;
```

```
    settings.setInListener(this);
```

```
    settings.sampleRate = 44100;
```

```
    settings.numOutputChannels = 0;
```

```
    settings.numInputChannels = channels;
```

```
    settings.bufferSize = buffer.size() * channels;
```

```
    soundStream.setup(settings);
```

```
}
```

(以下略)

- settings.setInListener(this);
  - このオブジェクト (ofApp) の audioIn() を使って音声データを受け取る
- settings.sampleRate = 44100;
  - サンプリングレートを 44,100Hz (CD 品質) に設定する
- settings.numOutputChannels = 0;
  - このプログラムでは出力しないので出力チャンネル数は 0 にする
- settings.numInputChannels = channels;
  - 入力チャンネル数は 2 (ステレオ) にする
- settings.bufferSize = buffer.size() \* channels;
  - 取り出し用のメモリ (buffer) のチャンネル数のバッファ (一時メモリ) を確保する

# ofApp.cpp に追加するサウンド入力関数

```
//-----  
void ofApp::audioIn(ofSoundBuffer &input){  
  
    // 二乗和  
    float square = 0.0f;  
  
    for (size_t i = 0; i < input.getNumFrames(); i += channels){  
  
        // 左チャンネルだけを保存する  
        buffer[i / channels] = input[i];  
  
        // 二乗和を求める  
        square += input[i] * input[i];  
    }  
  
    // RMS (root mean square, 二乗平均平方根)  
    volume = sqrt(square * channels / input.getNumFrames());  
}
```

- void ofApp::audioIn(ofSoundBuffer &input){
  - バッファに入力音声データが満たされたら実行される
  - 入力音声データは input に格納されている
- input.getNumFrames()
  - input に格納されている入力音声データの数
    - 音声データはチャンネルごとに順番に入っている
    - チャンネル数が2なら、input[0] は左、input[1] は右、input[2] は左、input[3] は右、...
  - buffer[i / channels] = input[i];
    - 左チャンネルだけ使うので偶数番号のデータだけを buffer にコピーする
  - square += input[i] \* input[i];
    - 入力データの二乗和を求めておく
- volume = sqrt(square \* channels / <省略>);
  - volume にはバッファの中に格納されている音声データの**音量** (0~1) が入る

# 音量で円の大きさを制御する

```
#include "ofApp.h"
```

(途中略)

```
//-----  
void ofApp::draw(){  
    const float cx{ ofGetWidth() * 0.5f };  
    const float cy{ ofGetHeight() * 0.5f };  
    const float cr{ (cx < cy ? cx : cy) * volume };  
    ofSetColor(150, 150, 150);  
    ofDrawCircle(cx, cy, cr);
```

(途中略)

```
}
```

(以下略)

- `const float cx = ofGetWidth() * 0.5f;`
  - `cx` はウィンドウの横方向の中心
- `const float cy = ofGetHeight() * 0.5f;`
  - `cy` はウィンドウの縦方向の中心
- `cx < cy ? cx : cy`
  - `cx < cy` なら `cx`、でなければ `cy`
    - `cx` と `cy` の小さい方に `volume` を掛ける
- **3 項演算子**
  - 条件 ? 式 1 : 式 2
    - 条件が `true` なら式 1 の値を求め、そうでなければ式 2 の値を求める



# 課題 6 – 3

声で円を追加する

# 一定以上の音量で円を追加するようにしなさい

- マイクに向かって一定以上の声で叫ぶと円が追加されるようにしてください
- ヒント：update() で volume と適当な閾値を比較して volume が閾値を超えたら円を生成します
  - 初期位置はウィンドウの中心にするといいでしょう
  - 初速度の大きさを声の大きさに決定するのも面白いと思います
  - 初速度の方向を疑似乱数で決定するといろんな方向に移動します
    - `float ofRandom(float max), float ofRandom(float v0, float v1)`
      - それぞれ 0～max、v0～v1 の疑似乱数を返す





# 課題のアップロード

- 作成したプログラムの実行中のウィンドウを **5秒以内**で動画キャプチャして、**6-3.mp4** というファイル名で Moodle の第6回課題にアップロードしてください
  - 動画のキャプチャができないときはスクリーンショットを撮って6-3.png というファイル名でアップロードしてください
- ソースプログラム **ofApp.h** と **ofApp.cpp** を Moodle の第6回課題にアップロードしてください

