

# ゲームアーキテクチャ

はい、ゲームアーキテクチャというヨクワカラナイ授業が今年から追加されました。  
担当は、昨年まで常勤やってたけど、今年から非常勤になった川野です。

基本的に1年生からは隔離されていたので、初めて目にする人も多いと思いますので、自己紹介しとこう。

名前…川野 竜一(Kawano Ryuichi)

前々職…大阪の某ゲーム会社で KOF とかの格闘ゲームを作っていました

教える内容:だいたい数学とか、ゲームアルゴリズムとか、CG のアルゴリズムとか周り

現在…フリーランスで非常勤なのに週 10 コマも担当しつつ、レンダリングエンジンの開発のお仕事とかやっています

趣味…ボクシングと自転車と猫と、CEDEC とかの公募に応募する事、あとなんかゲーム作りのコンテストとかに応募する事…とにかく目立ちたい

著書に『DirectX12 の魔導書』があります。あと、Cedil で僕の名前で検索するといくつか出てきます。何故か『まんがとイラストで分かる GPU 最適化』って本の後ろに僕の名前が載ってます。

な感じ。では始めましょう。

## 目次

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| はじめに .....                         | 5  |
| 習慣について .....                       | 6  |
| 戦略について .....                       | 7  |
| 技術へのアンテナについて .....                 | 10 |
| 授業の流れについて .....                    | 10 |
| 環境とか VisualStudio とかコマンドについて ..... | 11 |
| 環境変数 .....                         | 11 |
| VisualStudio のプロジェクト設定 .....       | 18 |
| プロジェクト設定の前に… .....                 | 18 |
| Debug と Release .....              | 18 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 32bit と 64bit について.....               | 19 |
| プロジェクト設定.....                         | 22 |
| C/C++ 編 .....                         | 23 |
| リンカ 編 .....                           | 29 |
| VisualStudio のデバッグ機能.....             | 31 |
| ブレークポイント.....                         | 31 |
| ステップ実行 .....                          | 31 |
| デバッグカーソル(?)をドラッグできちゃう.....            | 32 |
| デバッグ中に値の変更もできちゃう...できちゃう.....         | 33 |
| 呼び出し履歴(コールスタック).....                  | 35 |
| 発展的ブレークポイント.....                      | 35 |
| 条件付きブレークポイント.....                     | 35 |
| データブレークポイント.....                      | 36 |
| メモリの中身を見る.....                        | 38 |
| 出カウインドウ .....                         | 39 |
| ビルド...コンパイル/リンク.....                  | 40 |
| まずそもそもさあ...exe の場所、あんだけど、見ていかない?..... | 40 |
| コンパイルとは.....                          | 41 |
| リンクとは.....                            | 43 |
| #include 文について .....                  | 44 |
| #include のしくみ .....                   | 44 |
| インクルードガード.....                        | 46 |
| 相互依存への対処とプロトタイプ宣言(前方宣言).....          | 48 |
| #include<>と#include""の違い.....         | 51 |
| ヘッダ側に関数の実体や変数の実体を置いちゃダメな理由.....       | 53 |
| 特殊なプロトタイプ宣言.....                      | 55 |
| プリプロセッサについて.....                      | 56 |
| #include.....                         | 56 |
| #define .....                         | 56 |
| コマンドラインについて.....                      | 57 |
| 基本コマンド(コマンドラインで).....                 | 58 |
| 就活の時に意外と役に立つ tree の活用法.....           | 59 |
| コマンドラインでも変数、関数、ループが使えるぞ?.....         | 60 |
| ループ .....                             | 61 |
| 例:特定のフォルダの中の png ファイルを連番にリネームする.....  | 62 |
| コマンドラインで使える便利系ソフト.....                | 63 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Git(GitHub)について .....                    | 64  |
| 概要 .....                                 | 64  |
| Git 本体について .....                         | 65  |
| TortoiseGit について .....                   | 66  |
| GitHub について .....                        | 67  |
| テキストファイルとバイナリファイルについて ... ..             | 68  |
| 改行コードについて .....                          | 69  |
| ごたくはいいからとっとと使おうぜ!! .....                 | 70  |
| Git の基本的な利用方法 .....                      | 71  |
| クローン .....                               | 71  |
| ソースコードの変更 .....                          | 72  |
| コミット .....                               | 72  |
| プッシュ .....                               | 72  |
| チームメンバーを招待 .....                         | 72  |
| GitHub プロジェクトについて .....                  | 74  |
| 課題① .....                                | 74  |
| 基礎知識 .....                               | 75  |
| 文字列にかかわる事 .....                          | 75  |
| A と W .....                              | 75  |
| 数値を文字列化する .....                          | 75  |
| プログラミングテクニック .....                       | 77  |
| DxLib の Draw 系について .....                 | 77  |
| DrawRotaGraph2 .....                     | 77  |
| DrawRotaGraph2 系の反転について .....            | 78  |
| DrawModiGraph をつかってぐにゃぐにゃさせよう .....      | 81  |
| DrawRectModiGraph .....                  | 93  |
| 1 枚絵をぐにゃぐにゃさせる .....                     | 98  |
| ホーミングレーザー .....                          | 99  |
| まずはホーミング弾から .....                        | 100 |
| 簡易版ホーミング弾 .....                          | 103 |
| 軌跡(Trail) .....                          | 104 |
| 大量のホーミングレーザーを出してもドローコールを一定にしてしまう方法 ..... | 105 |
| 継承プロジェクト .....                           | 106 |
| ちょっと待ておい!(意外と知らない事多すぎ) .....             | 108 |
| 文法どれくらい知ってる? .....                       | 108 |
| とっても便利な auto くん .....                    | 108 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 範囲 for 文とは…                  | 109 |
| ラムダ式                         | 111 |
| 概要                           | 111 |
| もっとも簡単なラムダ式                  | 112 |
| 当然です。関数オブジェクトですから            | 112 |
| 引数ありのラムダ式                    | 113 |
| 『キャプチャ』について…お話しします           | 114 |
| ラムダ式について評価する前に…ちょっといいかな？     | 115 |
| ラムダ式に関する注意                   | 115 |
| 自重しないラムダ式について解説              | 117 |
| constexpr                    | 117 |
| マジックナンバーの例                   | 117 |
| #define による定数定義(C 言語)        | 119 |
| C++では constexpr など が推奨されるように | 119 |
| constexpr の登場                | 120 |
| enum と enum class について       | 121 |
| enum class/enum struct       | 122 |
| 実は(比較的)新しい nullptr くん        | 124 |
| 課題②                          | 126 |
| GitHub 死んだ？                  | 127 |

## はじめに

この授業が何のための授業かという事なんですが…まあ、正直頼まれた内容がふわっとしすぎてて、僕としてもなんて言ったらいいのかわかりません。

昨年までは最上級コースの開発全部見てた感じだったんだけど、非常勤だから『なんかクオリティアップにつなげられるような内容にしてください』という、本っ当にふわっとした要求。なめとんのか!!

しかも、まあぶっちゃけた話、学生さんのプログラミングレベルにかなり差があるという…これが一番つらいんだけど僕としてもいちいち別々に授業組む余裕もないので、ある程度は統一します。

進度と深度をちょっと変えるくらいかな。

基本的に僕はゲームのプログラムしか教えられんので、この時点で IT 系に行くとか、一般職に行くとか言う人に対応しません。

色んな学生さんがいるって事は知ってるので、全員が全員ゲームプログラムを目指しているわけじゃないのは分かってるけど、それはそれとして、課題はきっちり出してもらいます。

ともかく『みんながゲームプログラムを目指している』という体(てい)で授業しますし、お話しします。そもそも目指してない人は何でここにいるの?って感じなんだけど、まあ何かしらの事情があるんでしょう。とはいえ、高学費と、1 日のうちの何時間も消費してる事は自覚して、きちんとそれだけの対価を支払ってるという認識を持ってください。

その結果、ここにいるべきかどうかを判断するのは自分です。もう二十歳くらいにはなってるんだから、その選択については自分で責任を持ってください。

『目指さないんだったら出ていけ』と言ってるわけじゃないですよ?全然目指してなくてもなんとかなる 3 年なり 4 年やり過ごしてただ卒業する意味があった事例もたくさんありますからね。

ただ、特に次年度就職年次の方は、少し覚悟をしてもらった方がいいと思います。生半可な覚悟だと精神的にきついんです。今のうちに言っておきます。

何でこういう事言うのかというと、昨年までに悲しい、つらい状況を沢山見てきたからなん

だよ。もし本当に目指す気があるんだったら、作る事を習慣づけたうえで、きちんと戦略を練ってください。

## 習慣について

何でここでいきなり習慣の話をするのかというと、失敗する奴ってのは無理をしがちだからです。たまに無理をするのならまだいいのですが、目標そのものが不可能な目標だったり、そもそも自分でも到達できると思ってなかったりしてて全くもって意味がない事になってる事が多いんですよ。

とりあえず次年度の人は今4月でしょ？で、就職活動がだいたい2月半ばくらいから始まります。つーわけで約10ヵ月。この間に就職活動ができるだけのゲームを作れるようになってる(そして実際に作ってる)必要があるわけです。

10ヵ月というと約300日…土日を含めるか含めないかはお任せしますが、300日まるまる使えるわけじゃないと考えると約220日くらい？の間にどこまで行けるかがカギなのですが、できない奴ほど無理をしようとしてます。

ちょっと言っておくと、できない奴ほど、ほんの少しずつほんの少しずつでいいからできるようになる事を考えてください。いきなりは無理!!

**現実の世界に覚醒とか…ないから!!**

授業で分からなかった部分を放課後に30分だけ復習するとか、そんなんでいいです。それすら難しいとは思いますが、ただこの30分を怠ると課題提出前に何時間も、集中力もないまま苦痛な時間を過ごした挙句に何の成果もなく、能力も進歩しないってのはよくある事です。

無理をしないように、30分がきついならまずは10分でも5分でもいいので、ちょっとだけ残って他の人が遊んでいる間に復習しましょう。何度も言いますがここで無理してはいけません。最初はモチベーション高いんで3時間とかやっちゃいますがだいたいすぐ挫折します。3時間くらいが当たり前の人は良いですが、今現在できてない人にとっては30分すら大変なはず。10分から始めましょう。

よくいるのが3~4年ゲームプログラミングやってきたのにif文やfor文も分からない人がいます。うん、全くの無駄なので、まずはそういう部分だけでも理解する所からやっていきましょう。

とにかく無理をせず、『最初は習慣作り』と思って『なめとんのか?』ってくらいゆっくり始めましょう。まだまだスタート地点です。エンジン全開まではまだ早い。

ゲームプログラマになりたいきゃほんの少しずつでいいからそこに近づく努力をすることを習慣化しましょう。意志の力だけでは…無理です。

そしてぶくぶくたまになら無茶をしてもいいです。たまには無茶をしましょう。

さて、じゃあガムシャラに習慣化して努力してりゃいいのかということそうでもない。アホは戦略も立てずにやろうとして徒勞に終わる。

## 戦略について

戦略って何かっちゅーと、最終目標に到達するためのやり方って事ね。で、これは人によって違う。その人の特性によって違うから、自分で考えなきゃいかんわけ。

さっきも言ったけど、次年度なら残り 10 カ月。この 10 カ月の間に何を用意するのか…簡単に言うと計画なんだけど、計画を立てるだけでもダメなんだよね。自分の持ち味をどう活かすのかを考えないと。

多分、皆さん少なくとも 1 年以上はプログラムしてるからもう薄々分かってると思うけど、同級生の中には『クッソ強いやつ』がいると思う。到底こいつには勝てないな…と。

こういう奴と張り合う必要はないです。

どうも就職活動を学校のテストと同じように思ってる人がいるかもしれんけど、ちよつと違う…いや、そんなに離れてるわけじゃないと思うけど違うのよね。何が違うのかというと、会社によってそもそものニーズが違うし、自分の特性上としても伸ばせる部分とそうじゃない部分があるわけ。

まず戦略のポイントとしては

- 会社(大雑把でいい)選び
- 自分の何をウリにするのか

この2つがポイントなのよね。まあ〜だ実感がないかもしれないので、やれ任天堂だ、バンナムだ、サイゲームズだなんて出てくると思うんですが、そんなん就活考えてるとは言えないわけ。

あ、レベルが高すぎるって意味じゃないよ？確かにレベルが高いけどさ、こういう会社の名前が出て来るって事は正直その会社について…その会社の開発の仕事についてな～んも分かってないって事。小学生が自分の希望を言ってるのと変わらないわけ。

そんなんじゃうまくいかないんだ。例えば『橋本環奈と結婚した～い』なんてアホがいたとする。こいつがうまくいかないのは、別に不細工だからでも高望みだからでもなく、上辺だけしか見てないわけですよ。そんなんじゃうまくいくわけないんですよ。

当たり前だよなあ。

当たり前なのに、就活になると途端にそれと同じことを言う奴がホイホイ出てくる。じゃあ分かった、任天堂、バンナム、サイゲームズを受けたいのは良いけど、その会社の特性とかニーズって知ってる？って話よ。大抵答えられんのよ。

今回は例として大きな会社を言ったけど、その会社が何に強みを持ってて、自分はどういう面で貢献をしたいのかという所がはっきりしてないと、戦略も立てられんのよ。

とはいえ、会社の細かいところまで知るのは大変。だからまずは手始めに『何系を目指そう』くらいでいいから、イメージしてみよう。

- CG が凄いとこでシェータとか書きたい
- AI が凄いとこでディープラーニングって奴で何とかしたい
- とにかくたくさんゲームを作りたい
- メモリとかスレッドとかシステム周りをやりたい
- ゲームエンジンを作りたい

と言ったところから固めて来ると自分の方針も決まってくるし、どういう所を重要視してる会社かを考えながら探すとうまくいきやすい。こういうのを知りたい人は就職年次の担任の先生とか就職決まってる先輩に聞いてみよう。

で、前述の何系って話だけど、もっと大雑把に言うなら

- とにかく数をこなそう
- 技術力をつきつめよう

てな話になると思います。ゲームを沢山作ればそれだけ技術力も上がると思いますが、浅く広くって感じになるかなと思います。

逆に技術力を突き詰めるってのは、深く深くって感じです。深く深くの場合はちょっと気を付



けておかないと、自分に向いてなかったり会社のニーズが無かったりすると大外れになるので、それも就職年次の先輩とかに相談するといいいと思います。

数をこなす人は 10 カ月の間に何本作れるのか…それを考えてください。技術力に自信がないなら、小さなゲームを沢山、とにかくたくさん作るのがいいいでしょう。

あと技術系の人にお勧めなのは、CG の見た目に関わる部分を突き詰めるのはお勧めです。何故かというとなんと見が派手だと企業の人目に留まりやすいからです。何だかんだ言っても売込みっていいじなので。シェータ書けるようになってポストエフェクトとかできるようになるとかなり強いです。

あと AI 系の人にちょっと言うておくけど、よほどのことがない限りディープラーニングはやめておいた方がいいいです。基本の理屈がそもそも高難易度なので、最初は経路探索(ダイクストラ法とか、それ以前の計算幾何学とか)とか、それでも難しければ AI というよりきめられたパターンで動くもの。それも状態遷移を用いて動かすものから作った方がいいいでしょう。よく AIAI 人工知能っていう人は何か勘違いして失敗することが多いです。思ったよりもややこしく、概念そのものを勘違いしていることが多いです。

とはいえ、たぶん大半の人は数をこなした方がいいいでしょう。つまるところ、技術を突き詰めるよりもたくさん作った方がいいいと思います。その中で何かのめり込めるテーマがあったら、それを突き詰めてもいいでしょう。ただし、ニーズが全然ないものを突き詰めても意味がないので、自信がない人は誰かに相談しましょう。

その際にきれいなプログラミングを心がけて欲しい所ですが、それで手が止まったら元も子もないので、まずは沢山作って、企業に出す前に『リファクタリング』がみましょう。

あと、企業の人目に停めてもらう回数が多ければ多いほど有利になりますので、魅せるためのデザイン的な所は軽くていいからお勉強しておきましょう。

あと、できるだけコンテスト等に応募したり、twitter 等で活動を公開したりしてとにかく露出を増やしましょう。それが現代の戦略ってもんです。

まあ色々と話してきましたが、この残り 10 カ月をどう過ごせばムリなく最大効果を得られるのかを考えながら行動しましょう。

それをやらない人は多分 10 か月後に後悔すると思います(就職年次の先輩の半数が後悔しています)

## 技術へのアンテナについて

皆さんはゲームプログラマーを目指しているので、アンテナを技術に向けて立てておきましょう。

そもそもゲームでどういう技術が使用されているのか？どういう技術が必要なのか？どんな本やサイトを見ればいいのか？

クソ下らねえ芸能人とか Youtuber のゴシップ見てる暇があったら、そういうのにアンテナを張ってください。というかここにいる以上、そういう生き方にもう片足突っ込んでる自覚を持ってください。

ちなみにアンテナの参考になるのが

Qiita

<https://qiita.com/>

SlideShare

<https://www.slideshare.net/>

SpeakerDeck

<https://speakerdeck.com/>

ゲームつくろー

<http://marupeke296.com/GameMain.html>

Cedil

<https://cedil.cesa.or.jp/>

あと twitter つよつよエンジニア系のひととかフォローしとこう。でもあんまりツヨツヨばかり見てると自分の未熟さに嫌気がさすのでほどほどに。

## 授業の流れについて

で、ここまで色々と話してきましたが、この授業自体は、皆の開発の面倒を見るという感じで

はなく、様々な開発のテクニックを伝授するものです。なので、それをどう活用するかは皆さん次第だし、前述の戦略を自分で立てて、役立つと思ったらメツチャ利用してほしいし、そうでないと判断したら、単位を取るためだけにこなしていけばいいかなと思います。

プログラミング系では多分この学校では一番利用者が多いであろう DxLib で説明していこうと思います。ですが、他の環境でも応用できる話にする予定です。あくまでも DxLib を使うというだけ。

あと、昨年の授業で『他校が DxLib で 3D やってるのにビビっちゃった』学生さんがいたので、DxLib で 3D を軽くやっとうかと思っています。本当に軽くな。

で、流れですが(ある意味ここがコマシラバスね)

1. まず開発環境 VisualStudio について(設定とかデバッグとかコマンドラインとか)
2. Git とか GitHub とかについて(チーム制作以外でも)
3. DxLib 使いつくしてる? DrawGraph くらいしか使ってなくね?
4. DxLib で簡単なポストエフェクト(シェータとか使わない)
5. DxLib で簡単なポストエフェクト(シェータ使ってみる)
6. DxLib で 3D やってみる
7. ちょっと特殊な当たり判定(題材は DxLib を使うが…)

こんな流れにしようかと思っています。週 2 コマのはずなんで上の 1 単元に 4 コマ使う感じで…みんなのレベルが高ければここに書いてる以上の事をやると思いますし、皆がボンクラーズなら全然進まないかなと思います。

あと余裕があれば合間合間で『色の話(効果/組み合わせ)』とか『フォントの話』をしようかなと思います。

どこまで進むかは皆さん次第です。せつくだからなるべく沢山僕から吸収してしまえよう。

## 環境とか VisualStudio とかコマンドについて

### 環境変数

意外とこれ知らない人が多いんで確認しておきますが、環境変数って知ってます?

3 年生はすでに分かっていると思うのですが、2 年生にとってはこれからお話しすることは初耳かもしれません。

『DxLib のフォルダは C:\DxLib や D:\DxLib とは限りません』

というか自宅で作業したことのある人ならわかると思いますが、DxLib のライブラリも自分でダウンロードすんだよ当然だろ。というのが2年生以降の話です。一応 PC をセットアップした時点で僕が学校内の全 PC の C か D の直下に置きましたが、それができない環境もあったりしますので、

『DxLib をどのフォルダに置いていても環境設定さえすればどの PC でも同じように使える』ということをお教えします。めんどくさそうですね。

なぜこういうのが必要かというと、就職活動などをする際に、相手方は C や D の直下に DxLib のフォルダなんてまず置きません(もっと言うとダウンロードもしないと思います)。

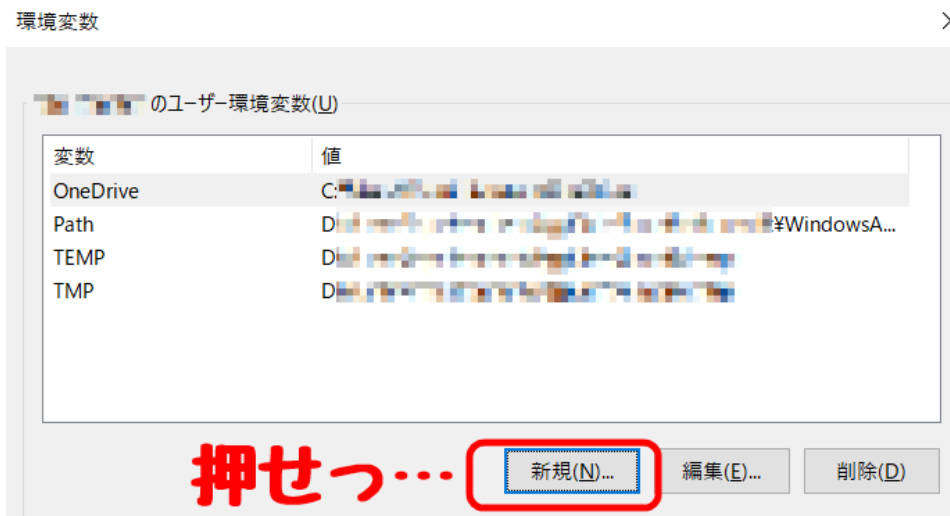
あと、新2年生にとってはライブラリのリンク経験は DxLib くらいしかないのかもしれませんが、今後のプログラミングをやって行くと分かると思いますが他にもいくらでもあります。

というわけで、今後はライブラリのフォルダを直で書くのはやめましょう。1年生の頃はね、覚えることが多かったからこういう細かいことは教わらなかったと思います。頭がフットーしちゃいますからね。

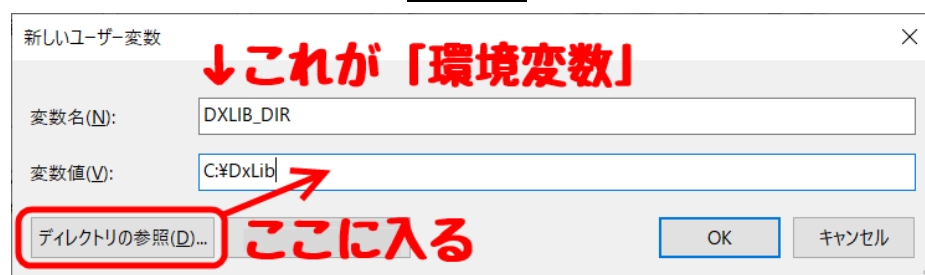
- ① まず自分の PC の DxLib のフォルダの場所を確認します。
- ② 次に Windows 左下の検索バーに『環境変数』と日本語で書き込みます
- ③ そうすると2つくらい候補が出てきますが『システムではないほう』を選択します。



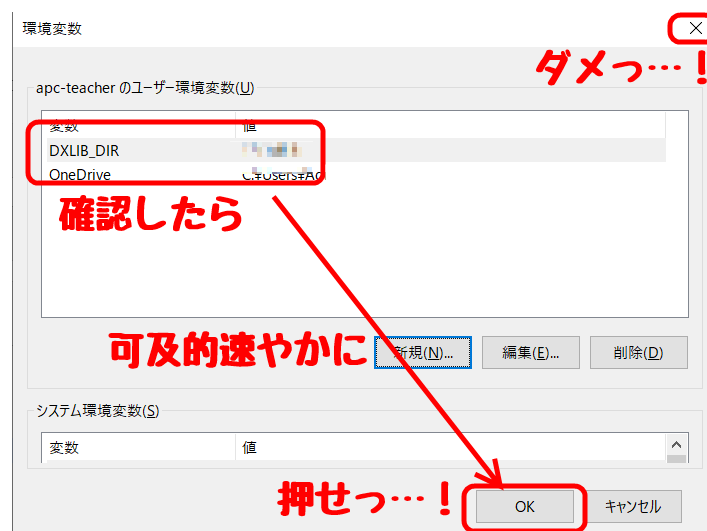
- ④ そうすると『環境変数』のウィンドウが立ち上がりますので、上下に分かれている画面の上側で『新規』というボタンを押します。押せよ！絶対押せよ！



- ⑤ そうすると新規で『環境変数』を作るためのウィンドウが出てきます。今回の環境変数はディレクトリのためのものなので『ディレクトリ』ボタンを押して、DxLib が置いてあるディレクトリを選択してください。
- また、上の段はそのディレクトリを表すマクロ変数みたいな感じになるので、そこに DXLIB\_DIR と書いておく。終わったら OK を押す(☆右上の×を押すなよ!絶対押すなよ!)



- ⑥ OK 押すと元のウィンドウに戻る。この時点で環境変数が出来上がっていると思うだろう? 素人はまんまと引っかかる。



ところが大間違いなんだ。よくやるやつが右上の×を押しちゃうやつ。違う...!!

ウィンドウを閉じるときに反射的に×を押したくなる気持ちはわかる…っ!!しかし…それが罠…!!!巧妙に仕掛けられた悪魔的…罠!!今までの作業が台無しになってしまう。必ず OK を押すようにしよう。

- ⑦ さて、これで話は終わりではない。コマンドプロンプトを立ち上げてくれ。何ィ? コマンドプロンプトを知らないだあ!? お前ここをカルチャーセンターと間違えてんじゃねえのかア?

コマンドプロンプトというやつは、システムコマンドを打ち込むためのものです。Linux とか使ったことのある人なら Linux コマンドは知っていると思うけど、ls だの cp だの cd だのというコマンドで OS に命令を出したり情報を引き出したりするためのものだ。

出し方はいたって簡単。ご注目! いきますよ〜よく見といてくださ〜い。

先ほど環境設定の時にやったように左下の検索バーに“cmd”と3文字打ち込んでくださ〜い。

いいですかー、しー、えむ、でーいー、ですよ〜。

はいこれで立ち上がります。見覚えのある人もいます。デフォルトが黒背景の白文字なので、説明では見づらさ軽減のために設定で白背景の黒文字で表記しますね。



- ⑧ コマンドプロンプト上で“echo %DXLIB\_DIR%”と打ってエンター。まともに設定できていれ

ば、完全なパスが表示される。表示されなければ設定に失敗してんだよもっかいやんだよ  
あくしろよ。

```
D:¥Users¥[redacted]>echo %DXLIB_DIR%  
%DXLIB_DIR%
```

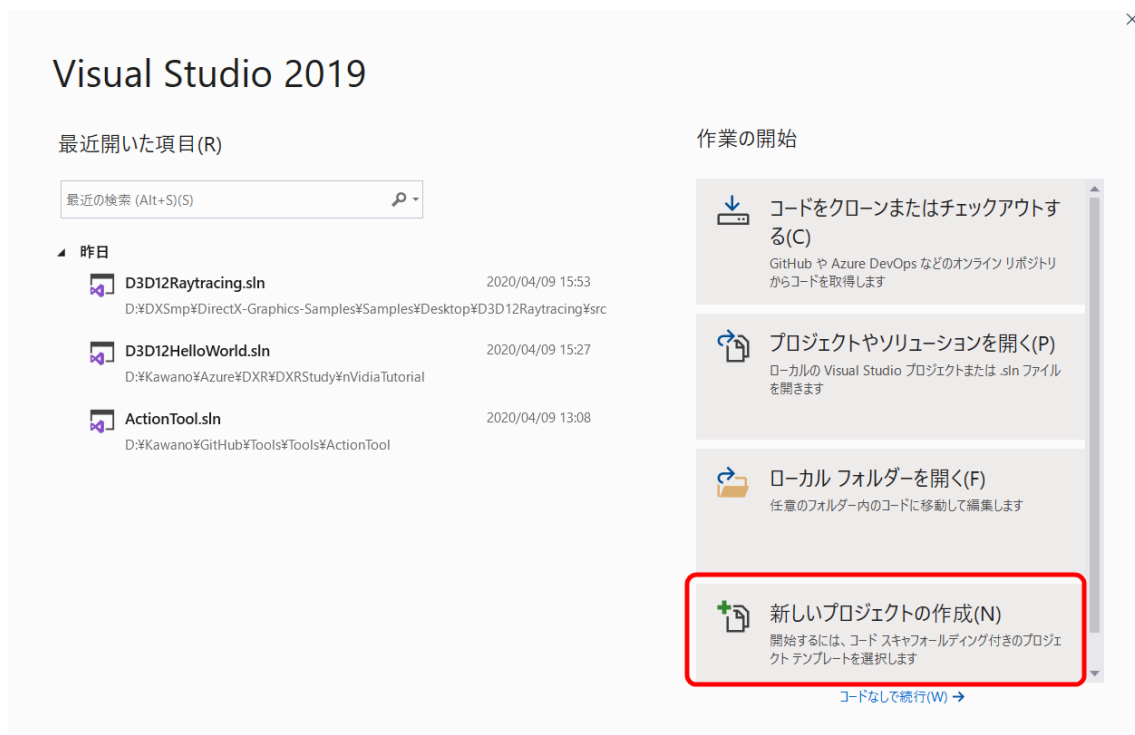
**ダメなパターン**

うまくいってればフルパスが表示されます。なお、やり直す際はいったん全てのコマン  
ドプロンプトを落としてもう一度立ち上げなおしてください。OK なら

```
D:¥Users¥[redacted]>echo %DXLIB_DIR%  
C:¥DxLib ← OK牧場
```

このようにフルパスになります。これで設定できていることが確認できました。

- ⑨ 次にもし VisualStudio を立ち上げているのであればすべて終了してください。一つでも  
立ち上がっている状態だと、この環境変数の変更の影響を受けないからです。
- ⑩ そして VisualStudio を再び立ち上げて  
新しいプロジェクトを作成します。

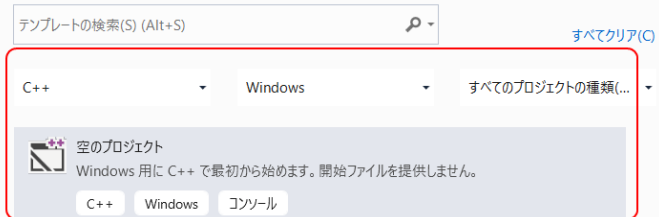


ここで作るのは『空のプロジェクト』(C++ Windows Console)です。

## 新しいプロジェクトの作成

最近使用したプロジェクト テンプレート(R)

最近アクセスしたテンプレートの一覧は、ここに表示されます。



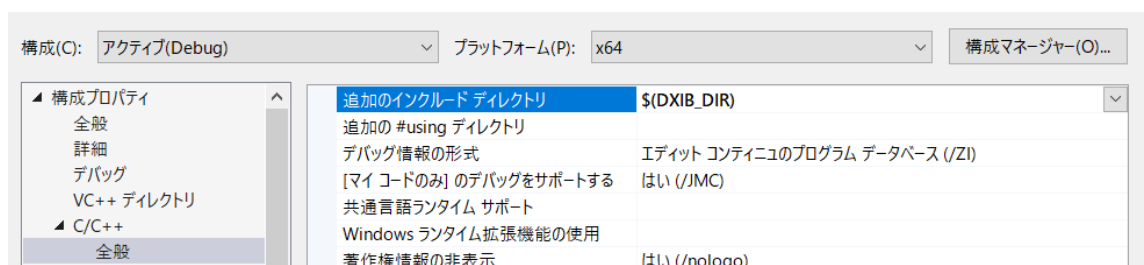
- ⑪ ソースコードとして main.cpp を追加してください。で、以下のコードを追加します。

```
#include<DxLib.h>
```

```
int WINAPI WinMain(HINSTANCE, HINSTANCE, LPSTR, int) {  
    DxLib::SetGraphMode(1280, 720, 32);  
    DxLib::ChangeWindowMode(true);  
    DxLib::SetWindowText(L"Ninja Sprit");  
    if (DxLib_Init()) {  
        return -1;  
    }  
    DxLib::SetDrawScreen(DX_SCREEN_BACK);  
    while (DxLib::ProcessMessage() == 0) {  
        DxLib::ScreenFlip();  
    }  
    return 0;  
}
```

まあ、言うてもこんな本質にはかわりないので、写経しようがなんしようが好きにすればいいです。

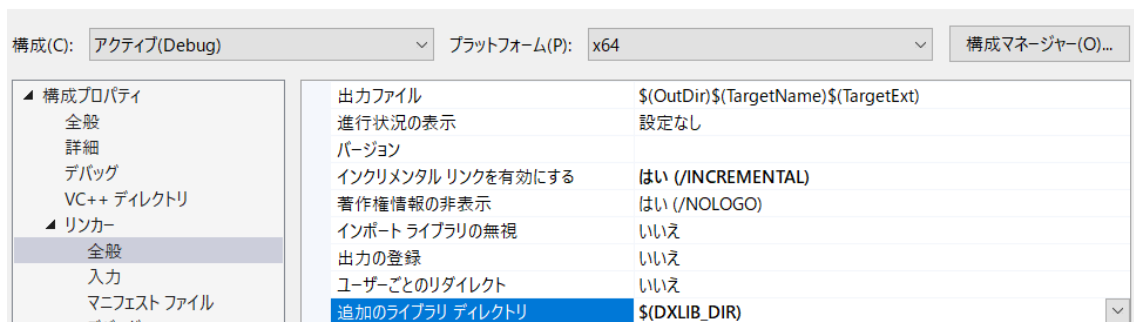
- ⑫ このままでは DxLib へのインクルードパスもリンクパスも通ってないので、動かすことができません。そこでプロジェクトの設定に移ります。設定のところで



追加のインクルードディレクトリで\$(さっき作った環境変数名)と書きます。この文字列が先ほど作った環境変数が表すディレクトリパス文字列に置換されます。



⑬ 次にリンク部分にも同じことをやります。



追加のライブラリディレクトリに\$(環境変数名)とします。

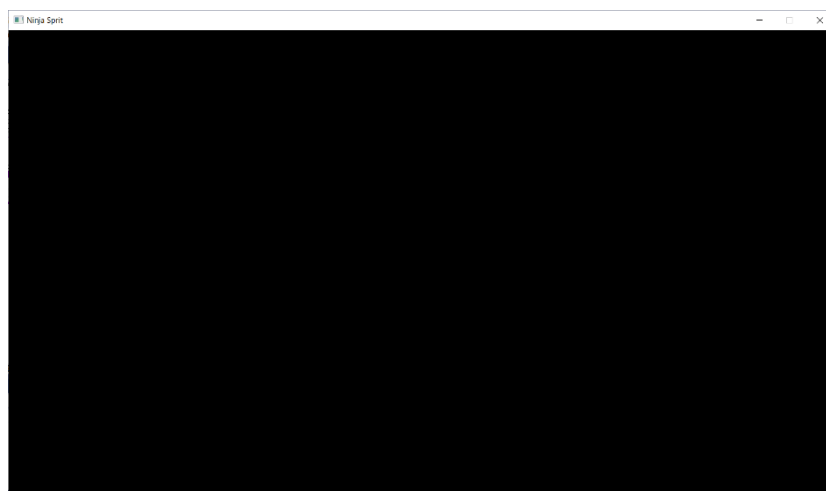
はい、一応これでスケルトンプロジェクトが立ち上がるはずです。簡単なのでさっさとやりましょう。全然プログラミングと関係ない部分です。

なお、インクルードとリンクの部分を話しましたが、そのうち『コンパイル』と『リンク』の意味についてもお話しします(大事なことです)。

で、実行しようとするときリンクエラーが起こることがあります。その場合はサブシステムが『CONSOLE』になっているので『WINDOWS』に変更してください。(なお、サブシステムはリンカーのシステムの項目を見ればあります)

あと、今回の授業では 64 ビットで統一しようと思います。皆さんはどちらを選んでてもかまいませんが、もし 32 ビットを選択して起きたトラブルに関してはご自分でご対応ください。よろしくお願ひいたします。

ともかく実行するとこんなウィンドウが出ます。



出ましたね？次行きます。

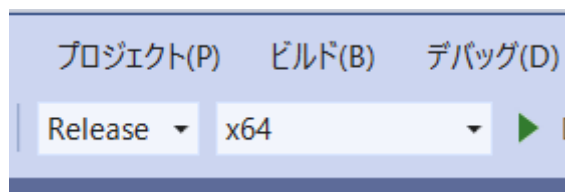
ちなみにコマンドラインのコマンドの echo は環境変数の真の姿を表示するものです。これは後述します。

じゃあまず、そもそもの道具の VisualStudio についての理解を教えてくださいな？

## VisualStudio のプロジェクト設定

### プロジェクト設定の前に…

そういえばプロジェクト設定の話の前にさ…



これ、きちんと気にしてます？これって、デバッグでもリリースでもとにかく実行ファイルを作るときに指定するものなんだけどね？そもそもデバッグとリリースの区別を知らん人がいるっぽいので説明しておく

#### Debug と Release

左のプルダウンメニューには通常『Debug/Release』があって、

- Debug はデバッグするための exe を作るモード
- Release は実際に配布するアプリとして exe を作るモード

なのよ。なのでコンテストに出す時とか企業に提出する時には Release モードでビルドしたものを提出してね。この辺キチンとしてないと『そんなのも知らないのブギヤー!』ってなって中身も見られずに落とされたりするからね。

あと、その右側の x64 ってあるけど、普通は x64 以外に Win32 か x86 ってあるけど、これは古い PC 向けって事ね(32bit マシンの事)今時 32bit しか受け付けないって PC の会社もないだろうし…というかそんな今時 32bit マシンの IT 人権のない会社にはいかない方がいいです。

なので、基本的には『x64』にしておきましょう。ここをまずは『Debug』『x64』にしておいてください。後述するプロジェクト設定はここに合わせてやることになります。

なお、面倒ですが、きっちり設定を使用と思ったら Debug の設定、Release の設定の2つを設定しなければならないためそれは把握しておきましょう。

## 32bit と 64bit について

そもそもなんで 32bit の指定が x86 で、64bit の指定が x64 なのさ。x64 はまだ理解できるけど、86 をど〜〜〜いじっても 32bit にならんじやろが!!!と思われるかもしれません。そりゃごもつともです。

何でと言われても、もうこりゃ歴史的経緯としか言いようがなく、32bit のプロセッサ…いや、16bit プロセッサをインテルが開発して、その名前が Intel8086 だったんですよ。そもそも、ここが始まりなのよね。で、何故かこの設計を元にした Intel のプロセッサは 86 系と呼ばれることになった。

ぜんぜん 32bit 関係ないやないか!!!いゝゝ加減にしろ!!!と思うかもしれないけど、そもそも 32bit プロセッサは 16bit プロセッサの拡張に過ぎなかったのだ。で、IA-32 って名前がついてたから、x32 ってすればいゝものを、通りがゝいゝからとそのまま x86 と言い続けてきたのが今に至るわけ。

で、64bit の時代になって、IA-64 というのが使われるようになったんだけど、こいつは 8086 と互換性がないため、もはや 86 と呼べなくなった。ということで、IA-64 から 64 をとって x64 って言ってるだけなのだよ。

そもそもこの 32bit だの 64bit だのってのはなんなのさ?何が 32bit で何が 64bit なん?

…ちょっとファミコン時代にさかのぼりましょうか。

ファミコン 8bit マシン 8bit=1byte

ファミコン時代のプロセッサはご存知 8bit でした。いやご存知ないかな、生まれる前だもんね。実物すら見たことないでしょう。

まあそれはともかくファミコン時代は 8bit マシンだったので、一度に計算できるデータの量が 1バイト(8bit)だったわけです。

一度に計算できる量が 8bit ということは、実は数値としては 8bit マシンでは  
00000000~11111111

しか扱えないのです。とはいえ、ファミコン時代にもシューティングゲームのハイスコア等を見れば分かりますが、256 以上の値を取り扱っています。これはどういうことなのでしょう  
か?

たとえば 16bit ならば 2 バイト。これが取り扱える値は

0000000000000000~1111111111111111

です。つまり 0~65535 ですね。レトロゲー好きなら分かると思いますが、昔のゲームのコンスト値でよく使われてた数値ですね、65535 ってのは。

まあ、それはともかく、8bit マシンでも 16bit の値を演算することは可能です。どうやるのかというと、上位 8bit と下位 8 ビットに分けます。

00000000,00000000~11111111,11111111

でそれぞれを 8bit として別々に演算します。で、キャリーオーバーというか、溢れた分は上位ビットに渡すためにぶっちゃけると 16bit 同士の加算でも 8bit 演算器が少なくとも 2 回は走ってたわけです(繰り上がりがあれば 3 回)

ということで、一度に計算できる量が 16bit になったのが 16bit マシンです。これの代表はメガドライブであったり、PC エンジンであったり、スーパーファミコンだったわけです。単純に考えて 2~3 回かかってた演算が 1 回で済むので、速度が倍になるというわけです。まあ、あくまでも単純な話ですが…。

まあ、実際にはそれだけじゃなくて、クロック周波数も上がってるから、比べ物にならないくらい性能が上がっているわけです。

最も大きな違いは色数で、ファミコンが 256 色のうちの 8 色しか使えないって感じなのですが、実際には 54 色のうちの 8 色です。まあ、ややこしい理由があるのです。

これに対してスーファミは 32768 色のうちの 256 色が使え、かなり表現力が上がりました。

まあ、いいことづくめに見えますが、デメリットもあります。

それは、1 回の演算の枠が広がっちゃったことで、それだけメモリを食うように、レジスタを食うように、ストレージも食うようになっちゃったわけです。

え？ちっちゃいものも共存できないの？

と思うかもしれませんが、CPU の特性上 1 回の演算自体が 16bit 演算になっているため、例えば

```
struct Sample{  
    char c;//8bit→1バイト
```

```
    short w;//16bit→2バイト  
};
```

等と書いた場合、素直にメモリ配置が行われ、1バイトの c の直後に 2 バイトの w が来てこれまた素直に演算機が動いてしまうと、困ったことになります。

メモリ上の配置が 16bit(2 バイト)の倍数になっていないばっかりに 2 個目の w の演算が 8bit と 8bit で別れてしまい、非常に非効率な計算になってしまうのです(バグらないだけマシ)。

このためコンパイラ君は非常に賢い事をやってのけます。

```
struct Sample{  
    char c;//8bit→1バイト  
    //目には見えない1バイトの空白  
    short w;//16bit→2バイト  
};
```

こういう配置にする事に酔って 1 バイト勿体ないですが、計算は効率的になります。計算自体はいいので、そこは基本的にはコンパイラ君にお任せしてればいいのですが、外部のバイナリファイルを使う時はそうもいかないのので注意してください。

ひとまず頭の片隅に『そういう事やってる事がある』という風に覚えておいてください。

だから、プロセッサの使用ビット数が上がれば上がるほど、それだけメモリも必要なわけです。

さて、それはさておき、Windows7 以降の PC はだんだんと 32bit から 64bit になってきて、今時は殆どが 64bit マシンになっています。

ここまで話したように、64bit と 32bit では CPU の仕様が違うため、32bit のアプリケーションは 64bit では動かないはずなのですが、そうなのですが、32bit のアプリケーションはまだまだ使用されており、64bit CPU 側では OS のお力添えで『エミュレート』してる状態なわけです。

このため、ProgramFiles を見てもらえばわかるように

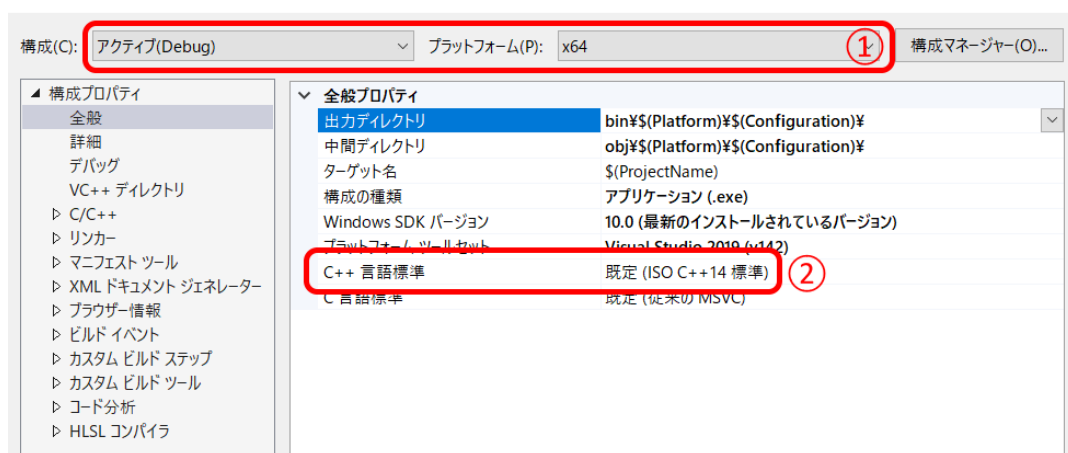
- Program Files
- Program Files (x86)
- Program Files (x64)

もはや別々に分けられています。ちなみに VisualStudio などはまだ今の所互換性を保つために x86 側に入っていますが、blender や画像処理ソフトなど、高速な演算が必要なものは順次 64bit 版に切り替わっています。

今時ゲームに関わる会社で 32bit マシンを探す方が大変なくらいなので、皆さんにとって高速化は大事な事でしょうから、プロジェクトは 64bit つまり x64 でつくるようにしましょう。

## プロジェクト設定

さてさて、プロジェクト設定の中身ですが開くとこんな感じになるかと思えます。



まず①は必ず確認しましょう。今設定中のものが Debug なのか Release なのか x86 なのか x64 なのか…ここを間違えるとせっかく設定したものが実行時に反映されておらず、あれ？あれ？ってなります。

次に②ですが、これは C++ の機能をどれ標準にするのかを設定します。今の Visual Studio 2019 ですと、C++14 が既定になっていますが、現代は C++17 が標準なので、ここは C++17 にしておくことをお勧めします。

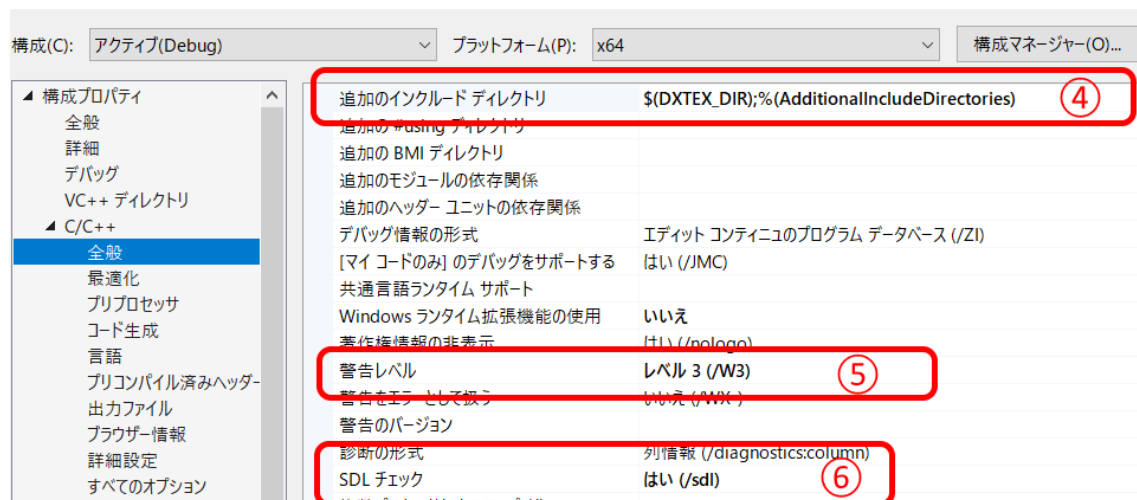
次は「詳細」をクリックしてください。ここは見るのは③の部分だけでいいです。



Unicode 文字セットとマルチバイト文字セットのどちらかを選択できます。

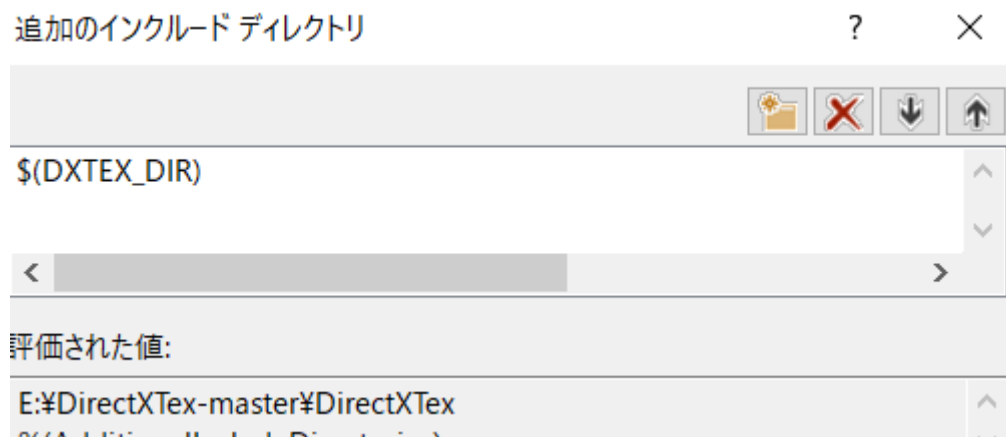
プログラミング初心者は『マルチバイト文字セット』がいいと思いますし、今後の拡張性を考えるなら『Unicode 文字セット』の方がいいと思います。

文字セットの話はちょっとややこしいので、ここでは2種類あるという事だけ把握しておいてください。次にC/C++です。



C/C++編

④はみんな大好き追加のインクルードディレクトリですね。おなじみですね。上では環境変数を入れてますが、④の枠の右にあるプルダウンメニューから編集と押すと



が出てきます。環境変数のDXTEX\_DIRの中身が見えていると思いますが、ここでパスがまちがっていないかどうか確認しましょう。

次に⑤ですが、これは警告レベルです。数値を上げれば上げる程警告が厳しくなります。セキュアなプログラミングをしたい場合には上げまくりましょう。

⑥もセキュリティ関するものです。ここを『はい』にしているとメモリアクセス系の標準関数

には\_sをつけたものを使用しないと怒られます。

scanf←SDL がハイの時は不可。scanf\_s とすべき。なんですが、これ MS でしか通用しないし、色々問題あるので、ぼくは『いいえ』にしておくことをお勧めします。

で、次の最適化の所は、Debug/Release の区別がついてりゃいいので、飛ばしてよくて、割と大事なものはその次の『プリプロセッサ』です。

プリプロセッサの細かい話は後述しますが、大雑把に言うと pre(前の)process(処理)からきてる言葉なので『前処理するやつ』みたいな意味です。

ここでは C/C++ 言語の中でよく見かける #〇〇に関わっていると思ってください。

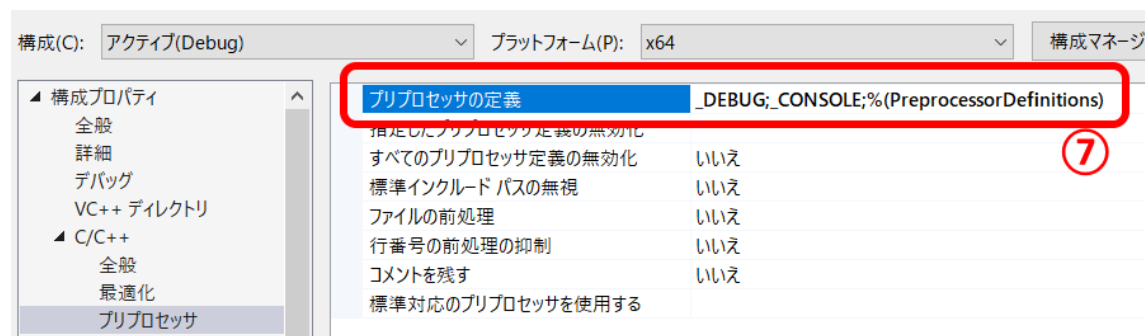
#include

#define

#pragma

#ifdef~#end

などですね。実際に設定画面を見てみましょう。



はい、基本的には↑の⑦…ここしかいじる所はございません。

『プリプロセッサの定義』なんて書いとりますけれどもこの『定義』ってのが define の直訳だという事に気づけば…あとはわかるな？

つまるところここで#defineと同じことができるわけ。なんだけどそこまで意識して使ってる人が何人いるのかなって感じもする。

ちなみに上のレイだと \_DEBUG やら \_CONSOLE やら書いてますが、最近はこれすら書かなくなってきたかな。デフォルトだと \_MBCS って書いてるけど、これは『マルチバイト文字セットを使用します』って事ですね。

通常の DxDlib を使用している分にはあまり見る事はありませんが、一つだけ覚えておいた方



が「定義」があります。それは

## NOMINMAX (農民マックス!)

です。これは何かというと

Windows 系の開発をしているときに Windows.h のクソマクロ(ファツキュー!!)の影響で min とか max のつく関数が誤動作を始めるのだ。恐ろしい恐ろしい…。

で、そもそもそのクソマクロを無効化してくれる「定義」なのだ。恐らくは Windows.h を作った側もこれが「クソマクロ」だという事は自覚しているのだろう…。

ちなみに朝にこれを twitter で呟いたらこういう事をつぶやいてる人がいまして…



LNSEAB  
@Inseab

...

windows.hでNOMINMAXは有名だけど、3DCGとかで引っかけたりするのはnearとfarでNOMINMAXみたいなまとめで無効にできるマクロないのでundefするしかない

午前7:44 · 2021年4月15日 · Twitter Web App

あー…near far もそうなのか。本当に define マクロは害悪だよ…と思いました。  
define マクロを知らない人のために軽くだけ説明しておく、define マクロとは define の機能を開散的な感じで使ってしまうというわけだ。

例えばこのように定義する

```
#define min(x,y) x<y?x:y
```

これが何やってるか分からない人はもう一回 C 言語を勉強しなおしましょう(三項演算子だよ)ね。

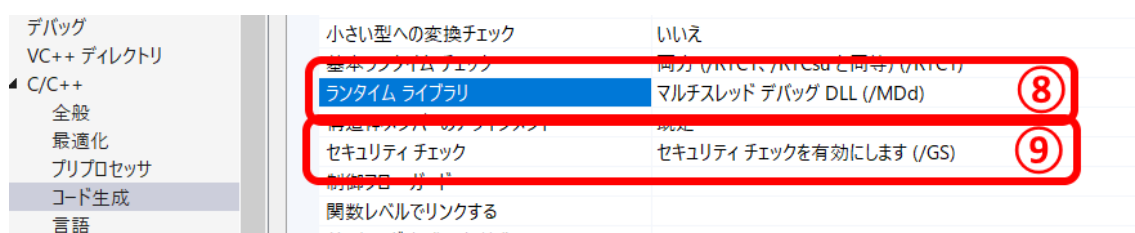
まあ、それはともかくこいつは副作用がヤバくてプログラム文中に min(0,0)という文字列を

見つけるや否や上の展開をしてしまうのだ。これの何がヤバいって

oremin(a,b)だろうが noumin(米,人参)だろうが問答無用で展開しやがる困った奴なのだ。ちなみにここで『いやでもそれをやっちゃうと min 関数と max 関数使えなくなるんでしょ?』と思われるかもしれないが心配ご無用!!

C++には安全な min と max がございますのでそれをお使いください。std::min(a,b)と std::max(c,d)というふうに。

次にコード生成です



これはコンパイル時にどのようなコード(ネイティブ機械語)を生成するのかが聞いてきます。意味が分からないと思いますので、気を付けておくべき設定を2か所言います。

⑧は、Windows の OS に関連した VisualStudio 標準ライブラリをどうリンクすべきかで機械語が変わってしまうのだ。意味が分からんと思うので、言っておくと⑧は DLL って書いてる奴と、DLL って書いてない奴がある。

で、大抵の場合は DLL って書いてないほうを選択した方がいれ。何でかという、DLL はダイナミックリンクライブラリ(動的にリンクするライブラリ)を使用するという意味で、今使用している VisualStudio に関連した DLL も添付して配布しなければならなくなる。

つまり exe 単品では動かない設定なのだ。何でこういうややこしい事をするのかというと、標準の物を DLL 化しておけば exe のサイズが小さくて済むからだ。しかし最近の潤沢な環境とそれぞれの環境の複雑さを考えると DLL 化はデメリットの方が大きいと言える。

しかし気を付けておかねばならないのが、この DLL がデフォルトという事だ。じゃあ片っ端から DLL じゃないやつにして行きやれいかということ、そうでもないのだ。何かというと、使用している外部ライブラリが DLL つきのやつでコンパイルされている場合、リンクエラーを起こすのだ。

このため DxLib ではどちらでもリンクできるように細工を施しています。が、世の中そんな気を使うライブラリばかりではないので、自分が使用するライブラリが DLL 系じゃないかどうかどう

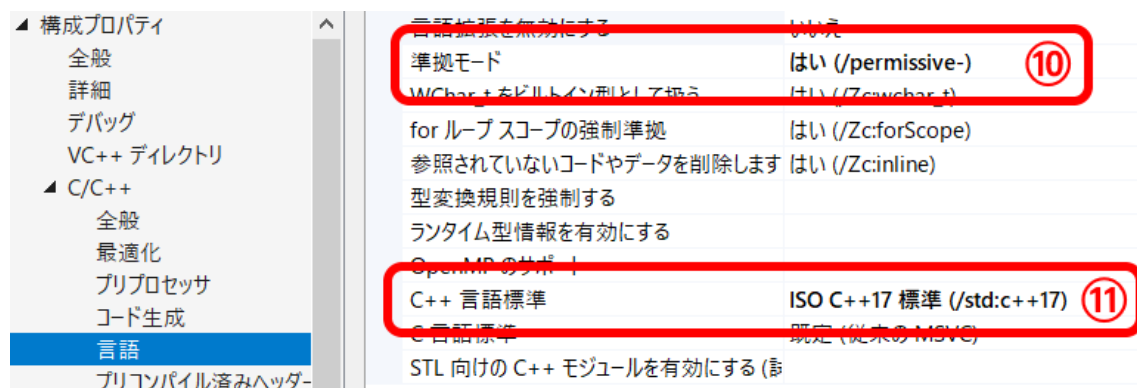
かだけは確認しておきましょう(最近は大抵のフリーの便利ライブラリの場合 GitHub でオープンソース化しているため、自前でコンパイルすることになりますが、そのライブラリのコンパイル時に、この DLL 使ってるかどうかの設定は合わせておかなければなりません)

次に⑨の『セキュリティチェック』ですが、こいつは基本的に ON にしておきましょう。これはランタイム時にバッファオーバーランを検出するとクラッシュしてくれます。え？クラッシュ？やめてよと思った人はまだ甘い。

バグがあるならさっさとクラッシュした方がいれ!! 事故現場に近い方が直しやすいのです。

はい次は言語について…

正直ココは全部把握してほしい所さんなのですが、プログラミング歴 1 年くらいの人にそれを言うのも酷なのでここでは知らないとな妙なバグに遭遇する原因になるかも…な 2 か所



はい、⑩は何かというと C++ の標準に準拠するかどうかという事です。意味が分からん人もいと思うので、プログラミング業界の闇…ではないけれども事情と歴史について少しだけ、お話します。

その昔、C++ のコンパイラってのは、各社が勝手に作って売っていました。

ところがそれだと問題が浮上するんですね。基本的な文法は C++ の考案者 Bjarne Stroustrup さんの設計に則ってはいるんですが、まだまだコンピュータサイエンスが、今ほど成熟していた時代ではなかったため、コンパイラが実際に生成する機械語というのは各社まちまちでした。

生成される機械語が本当に全然違ってて、全く互換性がありませんでした。これだけならまだしも、実務で使っていくうちに当然ながら『言語拡張』(特定の業務に合わせて文法を都合よく変えてしまう)などというものできてき始めました。

1990 年代はもうそういう会社が勝手にコンパイラを出しまくって、A 社と B 社で文法がかなり違って、これもう別言語じゃんみたいな感じになってました (MS もこの時好き勝手に拡張し

ていました。

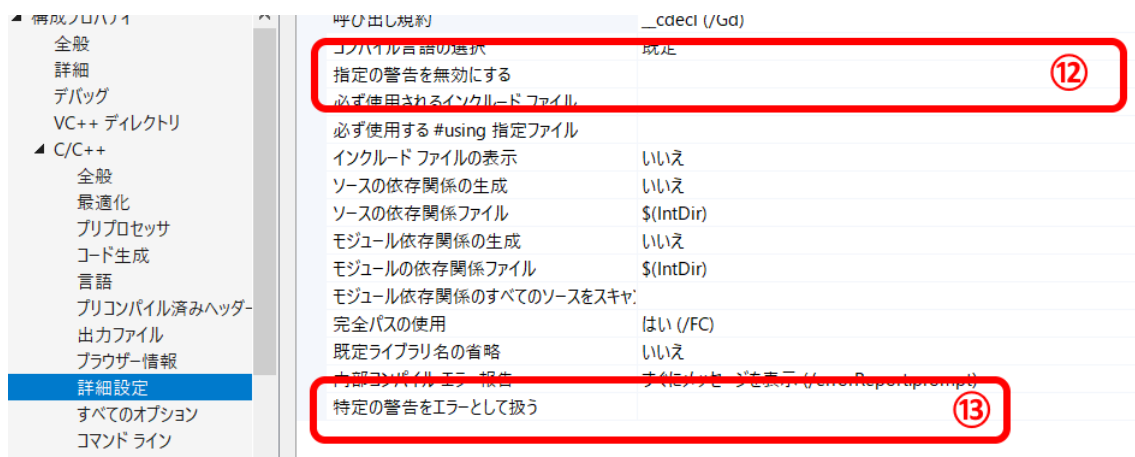
広く使われている言語になった C++において、これでは学習者はたまったものではありません。ということで『C++標準化委員会』というのが発足し、今でも会議が開かれています。MS は自分の所の優位性を保ちたいので、割と最近まで反抗していましたが、流石にそうも言ってもらえず、とはいえ MS 製品使用者とそれまでの互換性も必要だという事で、こういう部分で選択できるようになっています。

で、『はい』を選択すると、C++標準化委員会が決めている『標準』に合わせるということになります。これを選択すると MS のコンパイラでしか通らないコードというのがぐっと減ります(なくなるわけではない)。基本的に『はい』にしておきましょう。

次に C++言語標準ですが、前にも書いたのと同じです。C++というのは3年ごとに上記の『標準』の改正が行われており、基本的には便利な標準ライブラリが追加されていくという流れなのですが、たまに言語そのものが変わる事もありますので、これが『いつの』基準なのかは結構重要です。

最新の(C++20)に合わせよう!!といたいところですが、なんかまだドラフト状態なので C++17 に合わせておきましょう。

C/C++の最後に重要なのが『詳細設定』ですね。



見ておくべき場所は2か所。

指定の警告を無効にする⑫と、特定の警告をエラーとして扱う⑬です。

一部の人は『動きやいれんだよう!!』とエラーはともかく警告を無視しがちですが、プロとして働くことを考えると **基本的に警告は0にしてください**(エラーは当たり前ですが)。

とはいえ、使用しているライブラリ等の関係上、どうしても警告が消えなかったり、『これを対処するとプログラムが煩雑になりすぎて、よりバグの温床になりうる』といった場合は、特定の警告を無視する必要があります。

そういう時に使うのが⑩の特定の警告を無視するです。

使い方はというと、エラーや警告には特定の番号がついています。

warning C4244: '初期化中': 'float' から 'int' への変換です。データが失われる可能性があります。  
が終了しました。

例えばこういうものですが、この警告を消したい場合には C4244 の 4244 の部分を⑩の部分に入れます。

もし複数無視したい警告がある場合には、(セミコロン)で区切ります。もし入れるとしても本来に必要な…せいぜい2〜3個にとどめておいてください。

それに対して③はその逆ですね。皆さんも見に覚えがありまくると思いますが、警告は出ててもどうしても無視しがちです。ところがこの姿勢は見えないバグの温床となって、将来的に良くない結果を引き起こします。

なので、特にチーム制作をやるときなどがそうなのですが、チームメンバーにずぼらなやつがいて『あー、あいつは絶対警告は無視するだろうなあ…でもこれを許したらあかん』って時にこの③にその番号を書きます。そうすると無視したくてもエラーとなってしまいますので、対処せざるを得ません。

こちら⑩と同じで番号を書くだけです。

さて、これで C/C++ 編は終わりです。次にリンクです。こちらはそれほど多くありません。

### リンク編

|           |                 |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|
| ブラウザ情報    | 出力の登録           | いいえ             |
| 詳細設定      | ユーザーごとのサマリー     | いいえ             |
| すべてのオプション | 追加のライブラリ ディレクトリ | \$(DXLIB_DIR) ① |
| コマンドライン   | ライブラリ依存関係のリンク   | はい              |
| ▲ リンカー    | ライブラリ依存関係の入力の使用 | いいえ             |
| 全般        | リンク ステータス       |                 |
| 入力        |                 |                 |

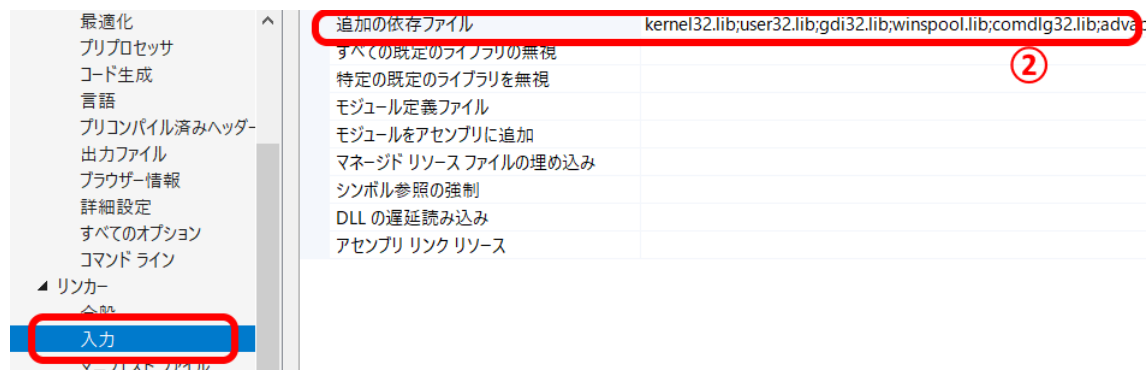
はい、まず何よりもここですね。DxLib など、外部のライブラリを使用する場合は、ここを必ず設定する必要があります。これ DXLIB しか書いたことないから、複数書くやり方が分からない人もいるかと思いますが、それはセミコロンで区切れます。

ここで注意点ですが、

**リンクのパスに絶対パスを指定してはいけません**

まあ、これは追加のインクルードディレクトリも同様ですが、可搬性(よそに持って言った時にきちんと動く確率)が酷く低下します。

以前にもお話した、環境変数を使うか『相対パス』で指定してください。相対パスで指定できると言っても、プロジェクトフォルダの下のフォルダか、プロジェクトの一個上+Lib フォルダ等にしてください。それ以上遠ければ環境変数を使用してください。



次ですが入力→追加の依存ファイルです。まず最初っから色々入ってますが、これは

**絶対に消さないでください！**

下手をすると普通の HelloWorld すら通らなくなります。

で、ここは何をする所かという、詳細は後述しますがアプリケーション(exe)を作る際に、コンパイルとリンクという作業を行います(これを合わせてビルドと言います)。

で、このリンクというときに、obj ファイルやら lib ファイルやらを合成していくんですが、その時に必要な lib ファイルをここに書きます。

たとえば DxDiag 以外に Effekseer などを使用する場合はここに Effekseer.lib などを書くこととなります。その際にその外部のライブラリには『パスが通ってる』必要がありますのでご注意ください。

『あれれ〜？DxDiag ってライブラリじゃないの？なんでここに名前が無いの？』

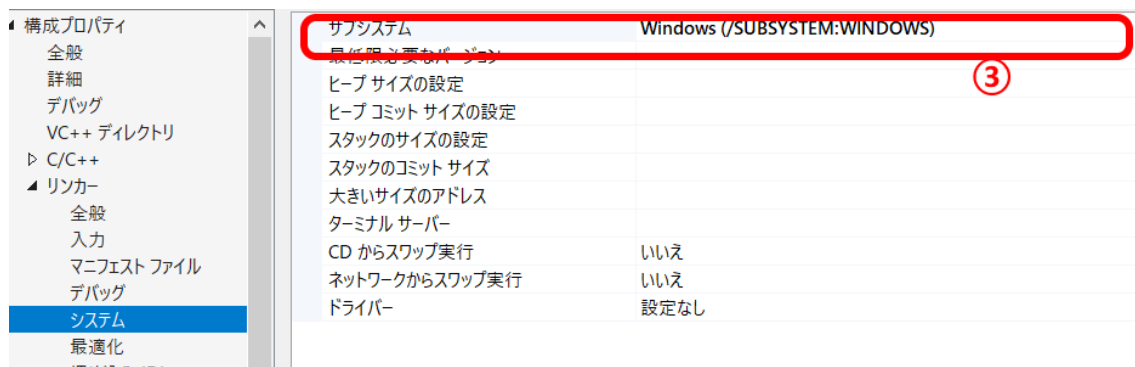
と思うかもしれませんが(うぜえ)、ライブラリのリンクはなんにもここでだけ行いうわけではなく、ソースコード文中のどこかに

```
#pragma comment(lib, "使用ライブラリ.lib")
```

と書くことでそのライブラリをリンクすることができます。まあそれはまたあとでお話します。DxDiag は初心者向けライブラリなので、自分のヘッダファイルの中にこれを書いてくれてるんですね。

次で最後です。サブシステムです





はい、これはexeの元になるシステムが何かという所です。基本的にはコンソール(CONSOLE)か、ウィンドウス(WINDOWS)かです。

コマンドラインが出てくるのが CONSOLE。出てこないで自分の設定したウィンドウだけがでてくるのが WINDOWS です。

これ知らない人が結構多くてびっくりするんですが重要なので、しっかり把握しておきましょう。

ひとまず把握したい方がいれば設定はこのくらいなので次行きます。

## VisualStudio のデバッグ機能

うーん。意外と VisualStudio のデバッグ機能についてきちんと知らない人が多いみたいなので、んで、これ知っているとバグ起きた時の対処の時間が大幅に短縮されるので、簡単なはずだけど、もしかしたらちよいと難しいかもしれないけど、パパパッと説明しますね。

### ブレークポイント

デバッグの基本のブレークポイント…これ、正しく扱えてますか？当然ながらブレークポイントをソースコードの特定の行に置けば、そこでコードの実行は中断されまあす！

ブレークしてからですが、そこで F5 を押せば中断したところから再実行されます。

### ステップ実行

F10 を押せばステップ実行と言って、1行ずつ進めることができます。ただし関数の中には入らず、関数の呼び出し行で F10 を押せばその関数が実行されたことになって、次の行に進みます。

ここで F11 を押せば関数の中に入ります。ただし常に F11 を押してるといちいち関数の中に入るので面倒ではあります。例えば

```
Function(Func1(),Func2());
```

こんな関数を書いてある行で F11 を押せば関数の出入りを 3 回繰り返すのでウザいです。こういう場合は、この関数を書いてある部分にブレークポイントを置いておいて、一旦止めておいて、怪しいと思う関数の中にまたブレークポイントを置いて F10 実行した方がいいです。

ちなみに F10 をステップオーバー実行、F11 をステップイン実行と言ったりします。いちおうどちらも『ステップ実行』と言います。

ここまでは知ってる人がほとんどなんじゃないかなと思います。知らなかった人は覚えてね。で、次は半数くらいの方がびっくり!! するだろう

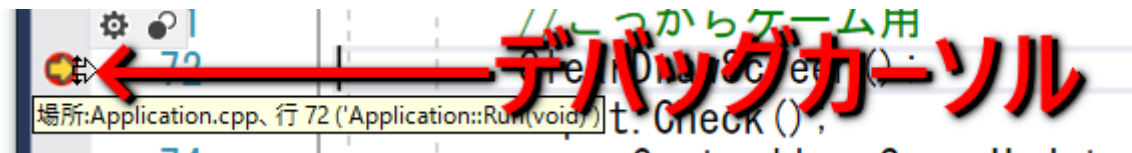
## デバッグカーソル(?)をドラッグできちゃう

知ってた?

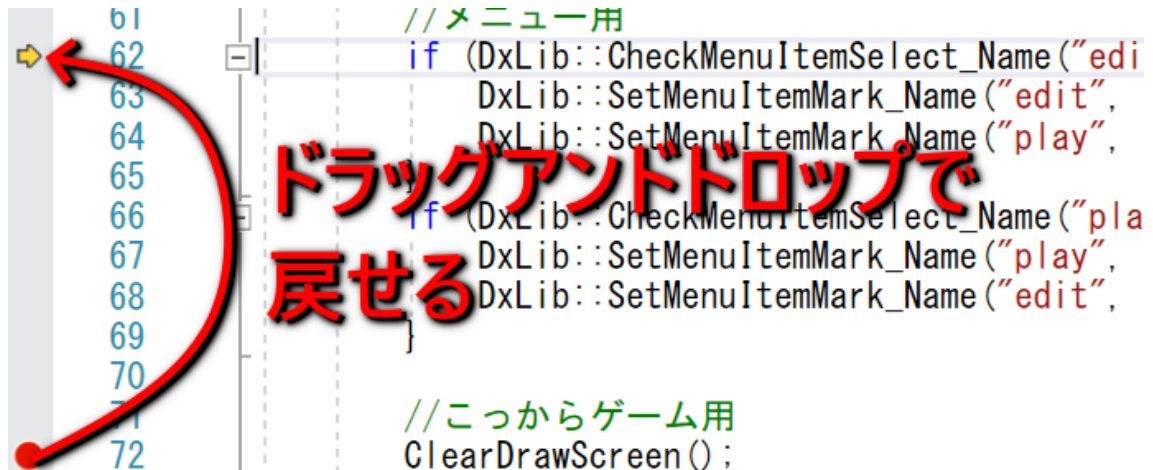
あっ、そう!!! まあ、それはそれとして解説しよう。

まず、どっかでブレークポイントしかけて、止まってる状態にしてみよう。そしたらデバッグカーソルが黄色で表示されているはずだ。

ここに対して、自分のマウスポインタを合わせてみよう。



驚くべきことに…こいつをドラッグアンドドロップできるのです。嘘だと思ふんならドラッ





グアンドドロップしてください。

ドラッグアンドドロップで戻せるし、逆に進めることもできます。あと、目的の行でコントロールキーを押してると黄色い矢印ボタンが出るので、それを押してもらってデバッグカーソルがそこに飛びます。

どういう時に役に立つのかと言うと、F10 でステップ実行して、うっかり目的の行を素通りしちゃうことがあります。これで戻せばいいわけですね。

ただし注意点として F10 で一度実行されてる処理は、カーソルを戻しても『なかったコトに!』はできません。そらそうだ。

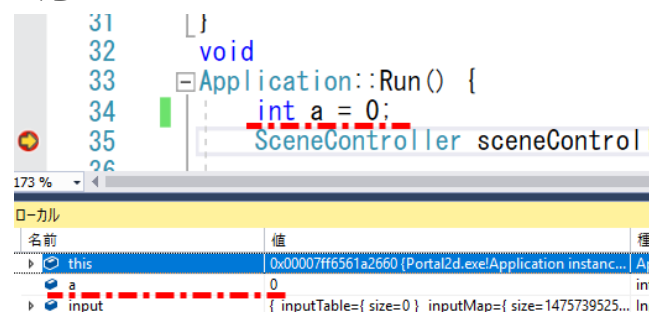
この機能を用いると、デバッグ情報の信頼性が著しく低下するので、使うのはなるべくやめておいた方がいいとは思いますが、でも便利なので、デバッグの信頼性が下がっても大して問題ない時は利用してもいいと思います。

結局使う人のスキル次第。よくこういうのは『教えない方がいい!』と言う人がいますが、知ったうえで使わないのと、知らないから使わないのでは意味が違います。知ったうえで、その危険性は認識しておくべきだと思います。

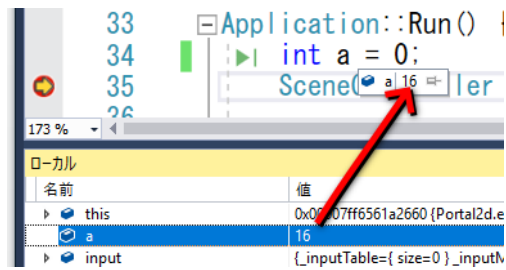
それではそういうデバッグの信頼性を下げるけど、便利な機能をもう一つ…

## デバッグ中に値の変更もできちゃう…できちゃう

例えば以下のような場合



当然ながら変数aの中身は0です。この中身を変更できるでしょうか？できますんよ。ローカルもしくはウォッチでaを探すと、名前と値の表がありますが、この『値』に適当な値…16でも入れてあげましょう。

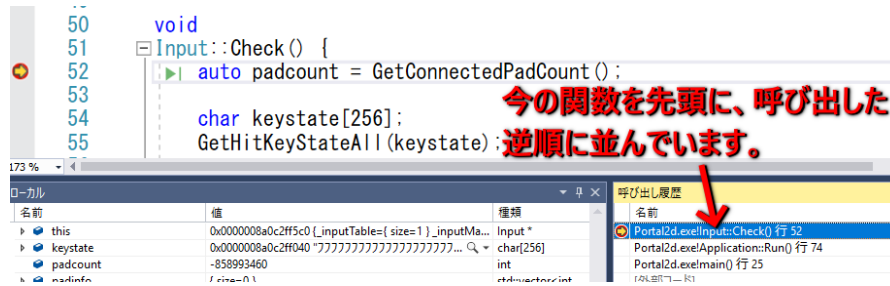


こんなことができます

ま、これもお分かりのようにデバッグの信頼性を損なうので、ホントにテスト的な事をやる目的以外には使用しないようにしましょう。

## 呼び出し履歴(コールスタック)

まま、これは分かり切ってると思うんで、軽く流しますが、例えばどこかでブレークポイントさせるか、どこかでアサーション起こすと、当然処理が止まるのですがその時に呼び出し履歴(コールスタック)ウィンドウを表示させると



で、右下のコールスタックの各行をダブルクリックすると、その関数に飛び、さらにはその関数呼び出し時の周囲のローカル変数なども参照できます。非常に重宝します。

## 発展的ブレークポイント

さて、再びのブレークポイントですが、使い方をもう一歩進めると、非常にバグの検出の役に立ちます。

## 条件付きブレークポイント

例えばこんなコードを考えてみる。例えばだよ？このコードに対して意味なんてないよ。

```
#include<iostream>
```

```
using namespace std;
```

```
int main() {
```

```
    int arr[] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 };
```

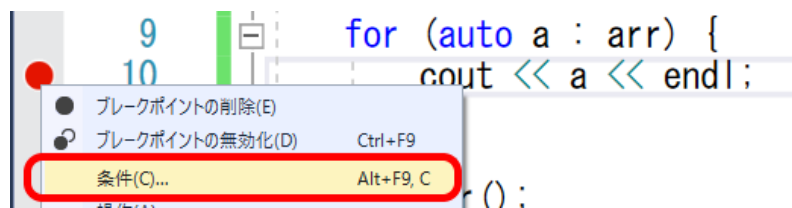
```
    for (auto a : arr) {  
        cout << a << endl;  
    }
```

```
    getchar();
```

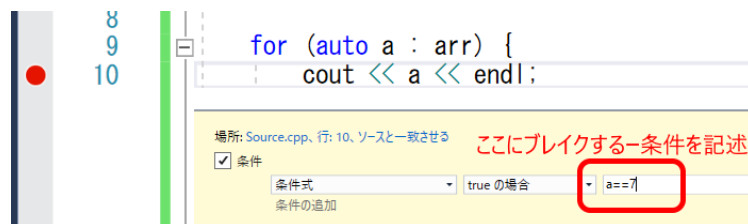
```
    return 0;
}
```

さて、なんかしらの理由で、要素が 7 の時の状況を知りたいとする。君だったらどうするだろう？ 7 回ループを回す？それじゃあもしこれが 1298 ループ目の状況を知りたいときだったらどうするんだろう…。

まあ、現実的じゃないね。そんなときに役に立つのが条件付きブレークポイントだ。まずいつものようにブレークポイントを仕掛けてみる。そして、ブレークポイント上で右クリックしてみる。



そして『条件』という項目をクリックすると…



こんなのが出てくるので、ブレイクさせたい条件を記述する。そうすると条件が一致した時だけブレイクするため、特定の条件で止めたいときは重宝します。ただし副作用として、条件ブレイクを置いている箇所は若干処理スピードが落ちます。まあ、バグった時にしか使わないから問題ないと思います。

## データブレークポイント

それでは次に、ちょっと難しいのを紹介します。『データブレークポイント』です。

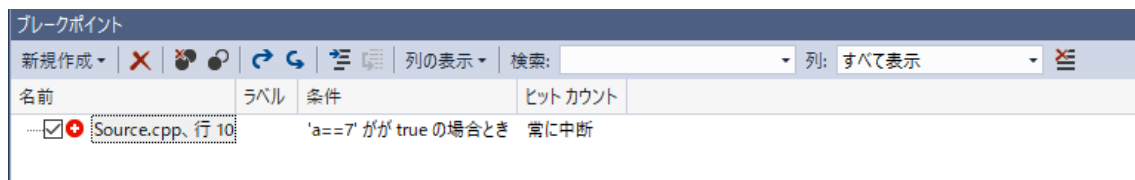
例えば、なんかの値が変化した瞬間を捕まえたいときってありますよね？そういう時に役に立つ機能です。

よくあるトラブルとして、値を代入した覚えもないのに値が変わってるとか、あとは特にグローバル変数とかを使用してる場合ですが、ありとあらゆるところから変更されるため、誰が犯人が分からない…と言うのがあったと思います。そういう時に役に立つのがデータブレークポイントです。

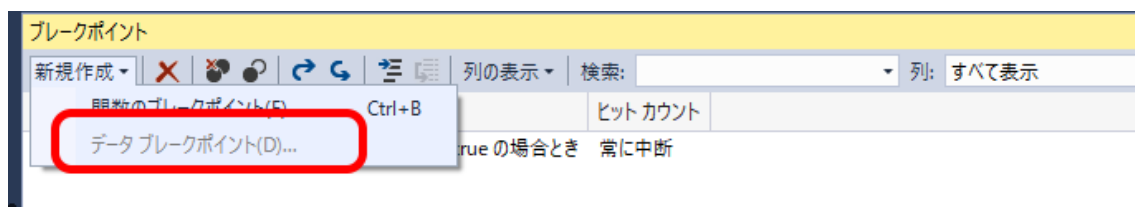
まず、デバッグ→ウィンドウ→ブレークポイントをクリック



はい、そうすると下にこんなウィンドウが出てと思います。



で、この新規作成をクリックするとデータブレークポイントって項目が出てきます。なお、これはデバッグ実行時しか有効ではないので、デバッグしてないときは



こんな感じで使用できません。为什么呢？というと、データの置き場所(つまり変数のアドレスなど)というのは、実行時にしか確定しないからです。

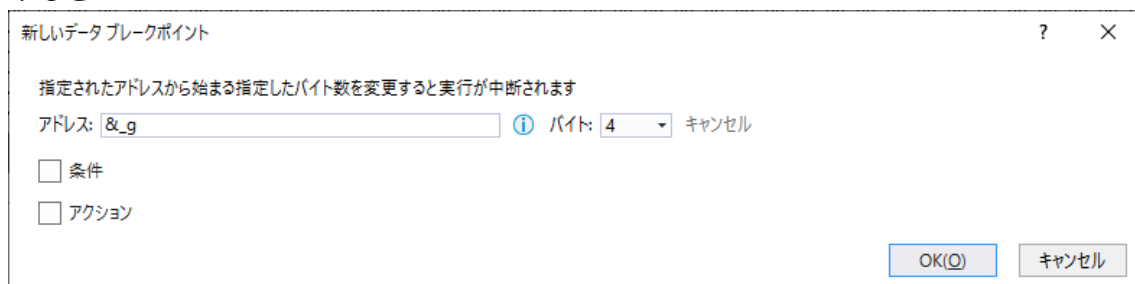
で、どうするのかというと、たとえばグローバルに

```
int _g=10;
```

なんてのがあったとします。

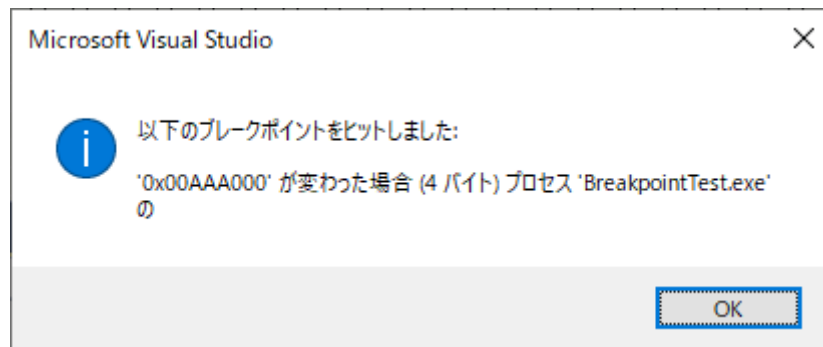
で、誰かがどこかでこれを変更しているのだが、誰だかどこだかわからない。それを知りたいとき…まあ、実行時にしか分からないので、main 関数の最初にでも普通のブレークポイントを置いて止めます。

そうしたら先ほどのデータブレークポイントが使えるようになってるので、選択します。そうすると



こういう画面が出てきますので、アドレスの部分に対象となる変数のアドレスを入れます。くれぐれも間違えないようにしてほしいのですが、アドレスです。なので上の例では `_g` では

なく,&\_gとしています。そうすると、変更されたタイミングで

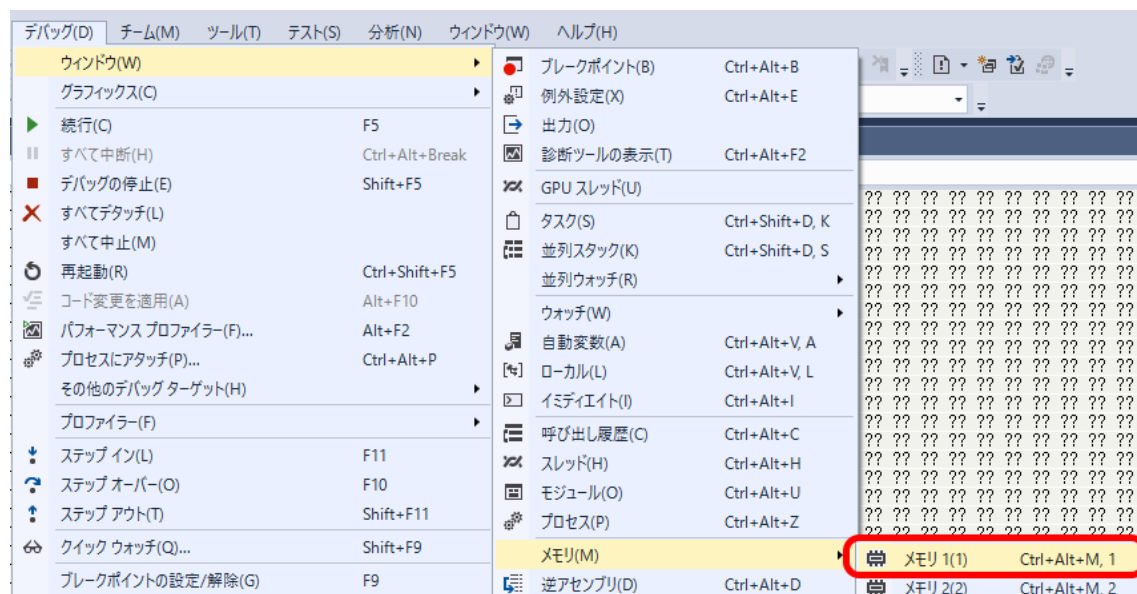


みたいなメッセージボックスとともに処理が中断されます。

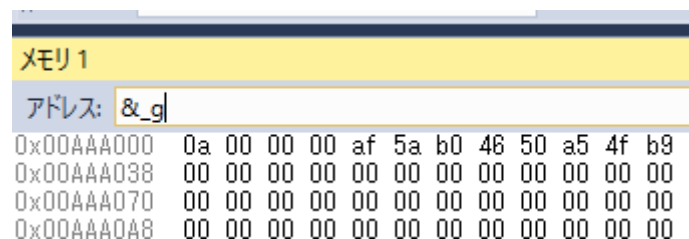
まあ、この便利さは、C++でクソみたいなバグに悩まされない、このありがたみは分からないともいいますが、このクラスで開発するなら、まあそのうちお目にかかれます。

## メモリの中身を見る

これまたデバッグ時にしか見れないものですが、



こんな感じでメモリを選択すると現在のメモリの状況が見れます。例えば先ほどの&\_g のアドレスを入れると…



メモリの中…アドレスさえ渡してあげれば、現在のメモリの状況を 16 進数で見ることがで

きます。これが何の役に立つのかというと、バイナリファイルの読み込みや、なんかしらのバイナリ計算の結果やアドレスの状況を知るために使えます。まだまだ高度すぎるかもしれませんが、そのうち役に立つと思います。

## 出力ウィンドウ

最後に忘れちゃいけないのが『出力ウィンドウ』です。これ意外と知らん人が多かったから描いておきます。

VisualStudio には『出力ウィンドウ』というものがあり、最初からウィンドウがある事も多いのですが、出てないときは

デバッグ→ウィンドウ→出力

出力ウィンドウを開く事ができます。コンソール対象時はどうせコマンドラインに文字出力できるので、そっちを使えばいいのですが、ウィンドウアプリを作るときはコマンドラインがないので、こちらに出力しましょう。

文字列の出力には

`OutputDebugString`

という関数がありますのでそれを利用します。ただしこの関数の役割は『文字列出力』のみですので、`printf` や `DrawFormatString` のようにフォーマット文字列を出力する機能はありません。どういうことかということ、数値などを出力することはできないということです。

このためなんかしらの数値情報を出力したければ `sprintf` や `stringstream` のお世話になる事になります。これも知らん人が多いっぽいので、後々解説します。

あと、`DxLib` や他の外部ライブラリは結構情報をここに出力しているので『なんか知らんが壊れた』みたいな時はまず出力ウィンドウになんかログが出てないか確かめておきましょう。

あと最後に注意点ですが、この出力ウィンドウへの出力は結構コストがかかりますのでデバッグ時以外には利用しない事と、毎フレーム固定で何行も出力するのはやめましょう。処理落ちの原因になったりします。

他にもスレッドだのなんだのありますが、それはもうちょっと先(就職してから実際のややこしいバグに悩まされてから)でいいでしょう。今回はこのくらいで十分だと思います。

## ビルド…コンパイル/リンク

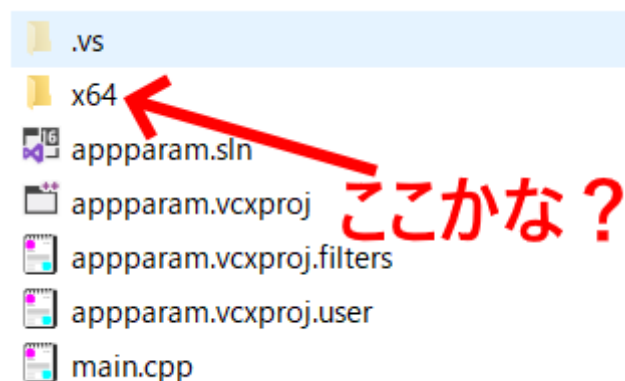
多分 2 年生になったばかりの皆さんはプログラム書いたら→デバッグ実行～ってな感じでや  
ってると思います。それはそれでいいです。全然問題ないしプロがやってる事もあまり変わり  
ありません。

それはそうなのですが、もう 1 ランク先に行くには…というかわけが分からないエラーに対  
応するためには、あのデバッグ実行ボタンを押した時に何が行われているかを知っておいた  
方がいいと思います。

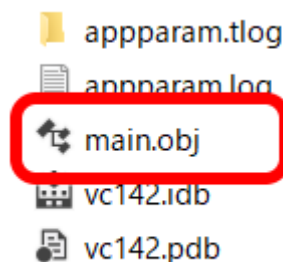
まずそもそもさあ…exe の場所、あんだけど、見ていけない？

ああ～、いいすねえ!! と条件反射で答えたい所さんですが、場所分かります？

慣れない人は cpp の場所を基準に探しに行くから見当たらないかもしれません…。



ココにある事もありますがたいていは違います。この中にあるのは後述する obj ファイルで  
す。



一旦はこの obj ファイルを頭に入れておいて、別の場所に行きましょう。cpp のまだ上のフォル  
ダに行くとソリューションフォルダがあって、その中にさっきと同様に x64 フォルダ→Debug フ  
ォルダがあると思います。

そこまで行くと漸く exe が見つかると思います。



基本的に僕の授業はソースコード提出はさせません。採点でソースコードなんて見てらんないからです。何人いると思ってんだよ……。

ソースコードがキレイか汚いか、どうやったら改善するかは

『リーダブルコード』と『ゲームプログラマのためのコーディング技術』を読んでおこう。

自分で改善する気が無ければどっちみちコードなんてきれいにならん。でもコードが汚い奴はゲーム業界には行けないと思ってください。

まあ心配だったら見せてくれてもいいけど、それは授業中にしてくれよ～頼むよ～～。

ともかくソースコードは見ないので、exe と、その exe がまともに動くためのリソースを提出するようにしてください。

exe は見つかりましたか？よろしい。

では次にコンパイルとリンクについて…お話しします。

## コンパイルとは…

さて、皆さん、コンパイルは知ってますかね？『エラーを報告するもの』ですか？違います。皆さんが記述するプログラミング言語を機械の言葉に変換するものです。この機会の言葉を機械語、マシン語と言います。

### 機械語

```
55
8B EC
81 EC E4 00 00 00
53
56
57
8D BD 1C FF FF FF
B9 39 00 00 00
B8 CC CC CC CC
```

『俺にとっては C 言語も機械の言葉だよ!!!』と思ってる人もいるかもしれませんが違います。機械語はガチ機械の言葉です。

それでも昔の人は直接これを書いたりしてたというのだから、まあやべーなと思いますが、これよりもうちょっとマシなのが、『アセンブラ(アセンブリ言語)』というやつです。

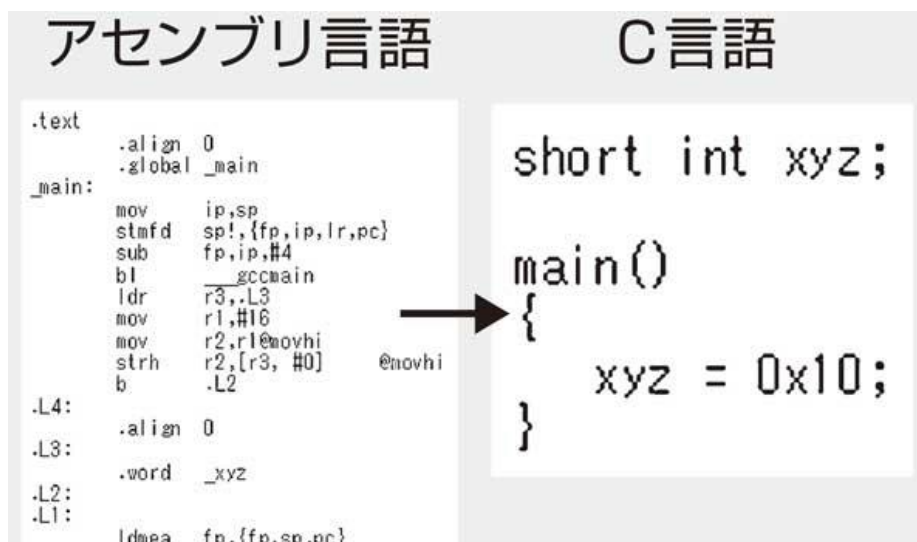
## アセンブリ

```
push    ebp
mov     ebp, esp
sub     esp, 0E4h
push    ebx
push    esi
push    edi
lea     edi, [ebp-0E4h]
mov     ecx, 39h
mov     eax, 0CCCCCCCCh
```

ファツ!?ぶざけるな!!なんだこれは、これが…言語か?言語なんですよねえ、これが。push はスタックに乗つける、mov は代入、sub は引き算ですね〜

いやいや、ちょっとまで、ちょっとまで…

となるので、もうちょっとマシになったのがC言語とかなんですね。



この流れを知ると、機械の言葉に見えてたC言語でもまあ〜〜〜だマシに思えてきませんかねえ〜

まあ、それはさておき、コンパイラってのはC言語を頑張ってさっきの機械語に変換する作業というのは分かっていたのかなと思います。

じゃあ、コンパイラだけでOKか?という、そうはいかないんですよ。使えるexeにするた

めにはリンク…という作業が必要になってきます。

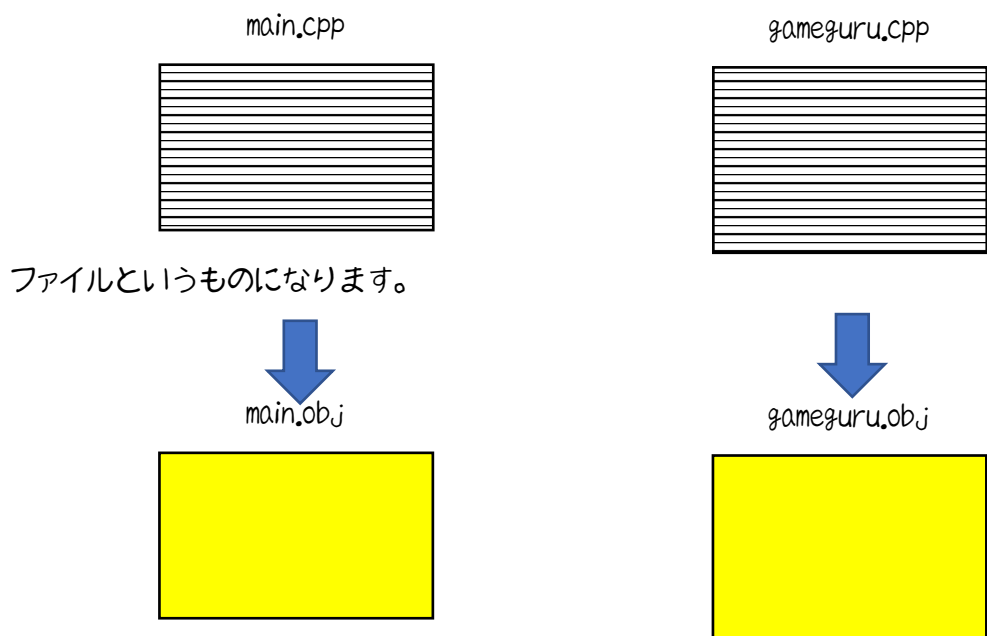
## リンクとは…

ゼルダの伝説の主人公じゃないですし、データ型でもありません。簡単に言うと、exe の元になる要素をギョツと固めて、起動可能な exe を錬成する作業です。なんでリンクというのかというと、cpp を変換すると obj ファイルというのになるんですが、ご存知の通り一つのプロジェクトに cpp ファイルが一つとは限りません。

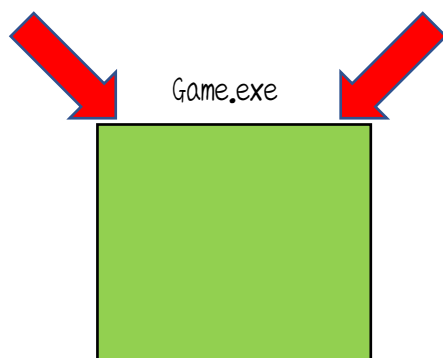
複数あります。

これを固めるのです。ついでに lib ファイルも一緒に固めてしまいます。1つしかファイルがなければ obj がそのまま exe の役割を果たすのですが、ゲーム作る上に置いて main.cpp しかないってのは稀なので、複数ファイルがある場合を考えます。

さて、ここに見えます main.cpp と gameguru.cpp ですが、これはコンパイルするとそれぞれ obj

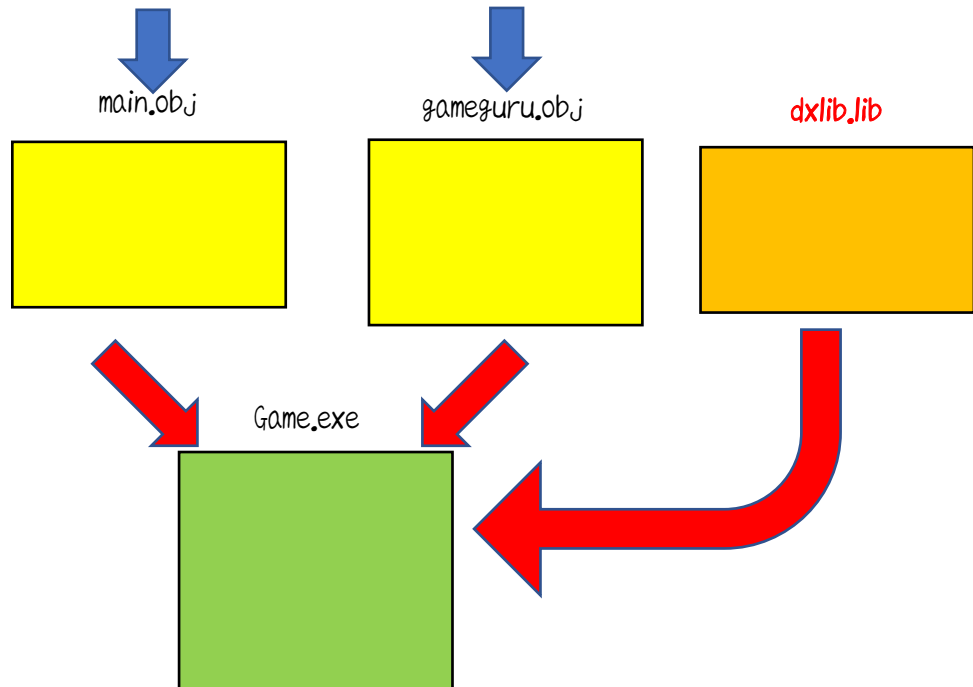


これらはバイナリです。なお obj フォルダに入っているはずなので、よかったら見てみて下さい。でもこれではバラバラの obj ファイルなので『リンク』という処理が必要になります。簡単に言うと、2つのバイナリを合成する作業です。特に何も考えずにただ合成されます。



こうやって動く exe ができているのです。

もうちょっと言うと、lib をリンクしている場合は



こんな感じに obj と一緒にたにされて exe ができあがっています。

ここまではわかりますね？ちよつとこの事を頭に置きながら、この後の話を聞いてください。直接は関係ないようですが、最終的に関係あります。

## #include 文について

はい、#include 文についてなんて、今更言われなくてもわかってるズエ…馬鹿にしすぎだズエ…と思っているかもしれませんが、分かってない人も結構いたりするので、あえて、軽くお話しいたします。

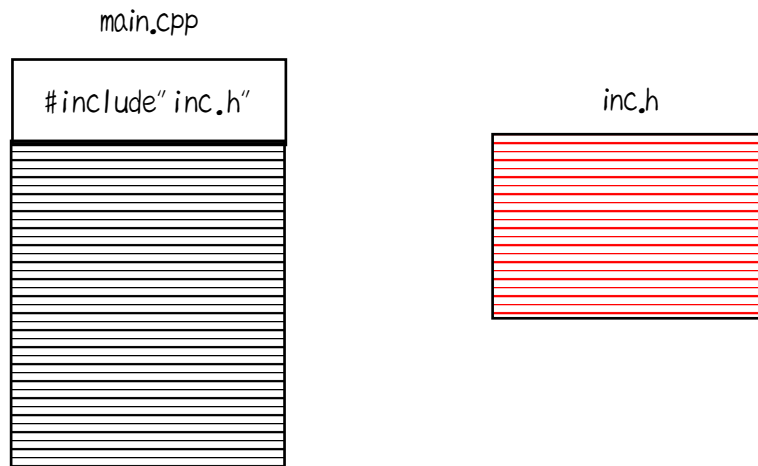
### #include のしくみ

#include…先頭にシャープがついてますね？ということはこれは#define の仲間で『プリプロセッサ』と呼ばれるものです。C 言語で頭に#がついてたら『プリプロセッサ』だと思ってください。

では『プリプロセッサ』とは何なのか？ご存じでしょうか？

pre-processor つまり、プロセッサ前の処理…コンパイル前に行われる事前処理のことなのです。#define もそうですね。コンパイル前に実際の値や式に変換されるのです。

では#include は何なのかというと、こいつは#include<>もしくは#include""で囲まれた部分に書いてあるファイル名を検索し、そのファイルの内容をコピーして、その#include と置換するのです。



例えば、main.cpp が inc.h をインクルードしていたとします。そうすると#include"inc.h"の部分が inc.h の内容そのものに置換され…プリプロセス後は

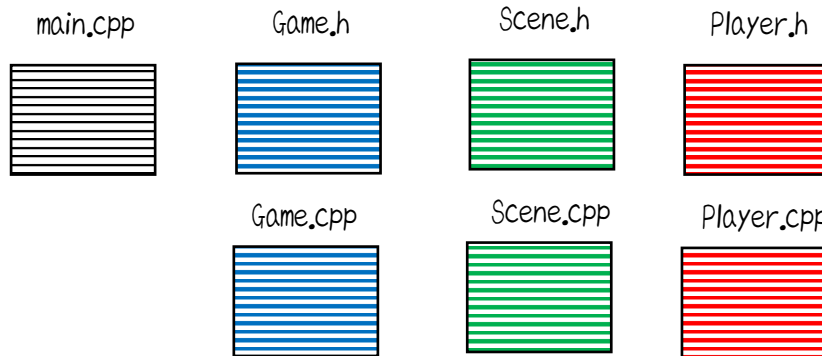


こうなります。なのでヘッダファイルに色々置きすぎるといろんなところでこのコピーが生成されプログラムサイズがでかくなります。さらに言うと、この後にお話しする翻訳単位(要はコンパイル対象)の関係上、ヘッダ側に実体が混ざっている場合に面倒なことになります(おなじみリンクエラー)。

さらに言うと、ファイルを複数のファイルに分割したとするとややこしい問題が発生します。

## インクルードガード

main.cpp と Game.cpp,Game.h,Scene.cpp,Scene.h,Player.cpp,Player.h があつたとします。

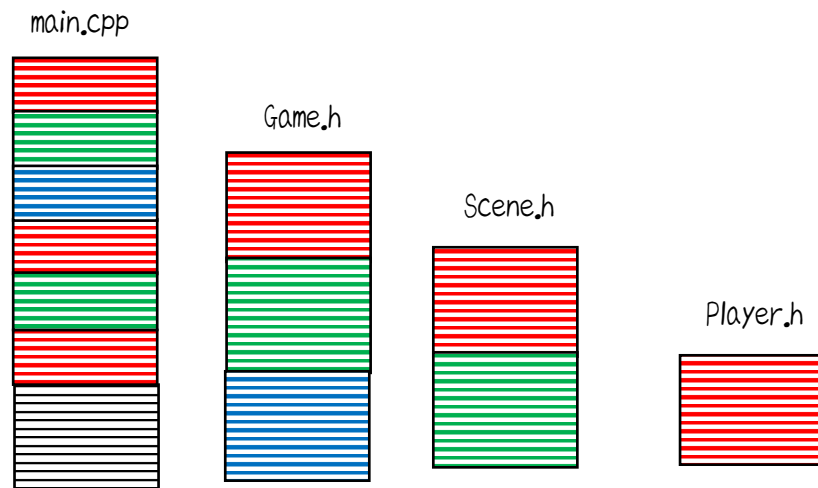


あ,cpp 書いてますが、今回の説明はどちらかというとヘッダ寄りなので,cpp との関連におけるややこしさは次の『リンカ』の話に回します。ヘッダに注意を向けてください。

よくあるパターンですね？ここで main.cpp は Game.h,Scene.h,Player.h をインクルードしているとします。

さらに,Scene では Player を操作するため(メンバに持つため)に Scene.h が Player.h をインクルードしているとします。

同様に Game.h も Scene.h をインクルードしているとします。そうするとプリプロセス後にどうなるかということ



ごっつい極端な例ですが、こうなります。前にも話したように#include はヘッダの中身をそのまま置換するため main.cpp がとんでもないことになっています。

じゃあ,main.cpp は Game.h だけインクルードすればいいじゃない!!と思われるかもしれませんが、これが確かに3~4個のファイルなら管理できるでしょうが最終的に何十、下手すると百個くらいの(場合によってはもっとある)構成になったときに、管理できるでしょうか？

これは理論上管理できないのです。組み合わせ爆発起こしますし。

ということで考え出されたのがインクルードガードです(とはいえこれも廃れますが)。  
と、インクルードガードの前にちょっとだけ#define まわりの説明追加

#define は『定義』を意味します。

```
#define FMAX 100000.0000f //定数
#define MAX(A,B) A>=B?A:B //マクロ
```

定数、マクロ、ときて最後に『ただ定義する』という役割もあります。

```
#define TEST
```

というのはプリプロセッサに『TEST』という言葉に『定義した』  
という事実を作ってる。何の役に立つのかというと

#ifdef などと組み合わせて利用することで、特定のプログラムを  
無視したりしなかったりする。

```
#define TEST
```

(中略)

```
#ifdef TEST
    コード①
#endif
```

上のコード①は#define TEST してないと、無視されます  
この逆をするのが#ifndef で

```
#ifndef
    コード②
#endif
```

上のコード②は#define TEST があると、無視されます。

これは通常の if 文のように始まりと終わりがありますが、C 言語とは違って  
}ではなく『#endif』です。

役割は『翻訳単位内で2回以上インクルードされないようにすること』です。  
やりかたはいたって簡単。

```
//Game.h
#ifndef GAME_H_INCLUDED
#define GAME_H_INCLUDED
    中略(ヘッダの内容)
#endif
```

はい、2回目以降は#ifndefと#endifで囲まれた部分が無視されます。理屈はお判りですかね？  
まず、ifndefの解説をしましょうか。

ifndefはifdefの否定形で、if not defineを意味しています。つまり『もしdefineされていないなら』ifとendifで囲まれた部分を解釈しコンパイルするという意味です。

となると、例えばこれが初回#includeされたときは当然defineされてないので#ifndefの中に入ります。

ただし2回目以降は既にGAME\_H\_INCLUDEDが定義されているためifndef以降は解釈されなくなります。

これがインクルードガードです。2010年くらいまでこのやり方が使用されていたのですが、その後にもうこれが決まり文句になっていたためファイル先頭に#pragma onceと書くようになりました。これ1行で先ほどのインクルードガードと同じ意味になります。

最近 VisualStudio でヘッダファイルを作ると自動で入るようになっていました。もし別のエディタ(sakura など)で作ったヘッダファイルを使うときには気を付けましょう。

しかしインクルードにおける問題がこれで終わったわけでもない。もう一つあるのが相互依存だ

### 相互依存への対処とプロトタイプ宣言(前方宣言)

色々なゲームを作っていると、あるファイルとあるファイルが相互参照していて#includeが循環参照してしまうことがあります。例えば Player と Enemy がそれぞれをメンバに持っているような感じですね。C++の話はまだなのでC言語における構造体の話をしますが…

```
//Player.h
struct Player{
```



```

        Enemy* enemy_; // 敵の情報
};

// Enemy.h
struct Enemy{
    Player* player_; // プレイヤーの情報
};

```

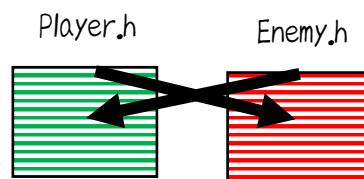
さて、こういう場合、相手の構造体を参照しようと

```

// Player.h
#include "Enemy.h"
struct Player{
    Enemy* enemy_; // 敵の情報
};

// Enemy.h
#include "Player.h"
struct Enemy{
    Player* player_; // プレイヤーの情報
};
なんてやると

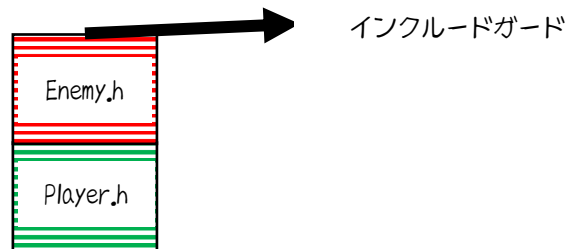
```



このような形で循環参照してしまう。もちろんこの場合にも『インクルードガード』は有効だ。だが、問題が残ってしまう。

Player.h を起点として考えてみよう。まず Player.h が起点なら #include 文により Enemy.h の内容が Player.h の先頭にコピーされる。

そして、Enemy.h の先頭でも#include"Player.h"をしているが、インクルードガードによって阻まれます。



めでたしめでたしに限りなく近い何か...とはいきません。

```
#include"Player.h"//←インクルードガードにより無効化
```

```
struct Enemy{
```

```
    Player* player_;//Player って...誰?何この型!?
```

```
};
```

だって、Enemy 構造体の定義の時点で、構造体 Player が見えないのだから...こういう時に役に立つのが前方宣言(プロトタイプ宣言)です。

もし構造体の持ち物が実体でないならばポインタ(4 バイト、64bit の場合 8 バイト)に必要なバイト数だけ確保すればいいため、型の中身が分からなくてもいいのです。ここでの約束事は『こういう名前の型が存在する。それは後で分かるから、お前は黙って 4 バイト(8 バイト)確保しとけ』という意味になります。

さて、プロトタイプ宣言ですが、この場合は

```
struct Player;//Player という名前の構造体があるよ!内容は後で分かるよ!
```

```
struct Enemy{
```

```
    Player* player_;//中身はわからんけど、4もしくは8バイト確保しとくわ
```

```
};
```

と書いておきます。ただし、これには型情報がまったくないため、メンバの呼び出しはできません。メンバを呼び出すのは Enemy.cpp 側でやってください。Enemy.cpp 側で#include"Player.h"をやっても、循環参照になることはありませんので大丈夫です。

ま、それはともかく次の話です。

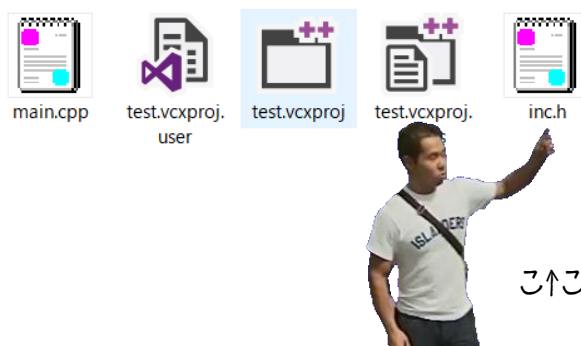
## #include<>と#include""の違い

#include は<>と""両方でインクルードするファイルを指定できますが、違いはわかりますか？  
そんなに難しくはないのですが…簡単に言うと『検索場所が違う』これだけです。

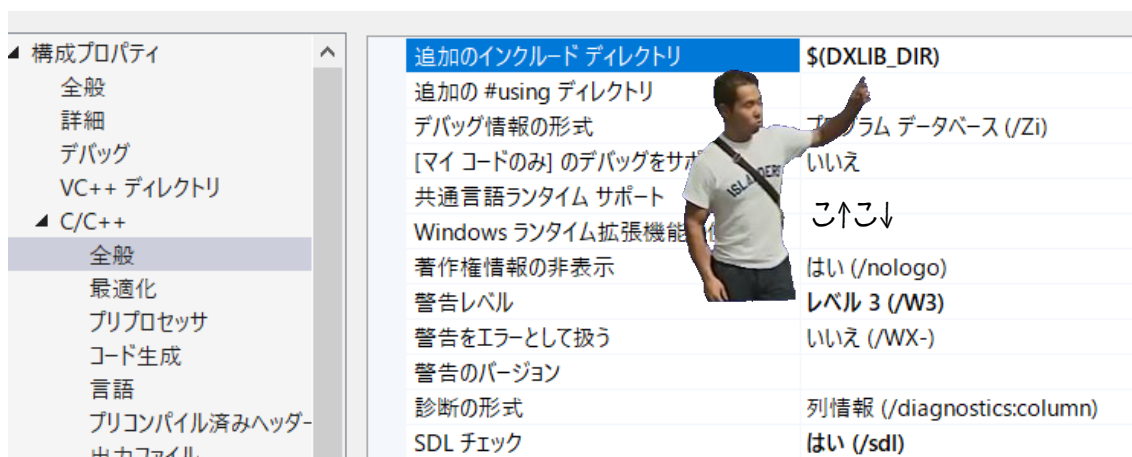
#include"〇〇"...その場を調べる

#include<〇〇>...設定されている場所を調べる

となります。""の例を見せますね？例えば main.cpp で inc.h を検索するといった場合



となります。main.cpp があるフォルダと同じフォルダから検索するんですね。次に<>の場合はどうかというと、プロジェクトの設定を開いてください。で、追加のインクルードディレクトリというのがあってと思いますが、



ここになります。で、ここだけで終わるかということ、そうではなくて



ここも含まれます(ここは studio などの基本ヘッダが入っている場所です)  
<>で指定すると、ここをもとに検索するという事です。

### ヘッダ側に関数の実体や変数の実体を置いちゃダメな理由

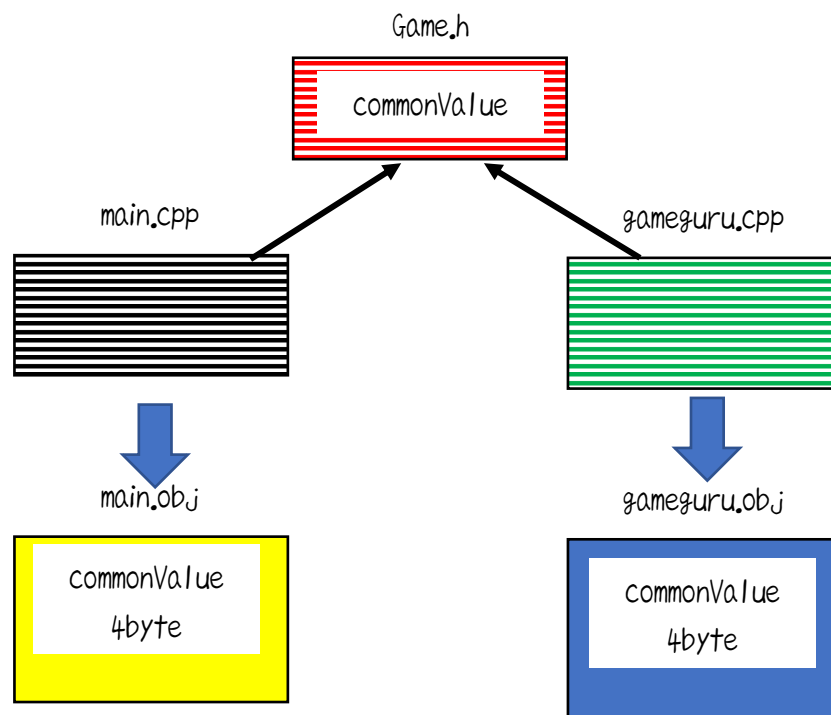
もし、2つの cpp が同じヘッダファイルをインクルードしていたとします。当然それはあり得ますよね？

これがただ単に型の定義やプロトタイプ宣言だけならば問題ないのですが、関数や変数の実体(関数なら中身の処理まで書くこと、変数なら通常の宣言があること)があるという事は、

### 「その名前でメモリを確保する。」という事になります。

「その何がアカンねん!!」あかんのですよ。どういうことが説明します。分かりやすいように変数が、共通のヘッダ Game.h 内で `int commonValue;` と宣言されていたと仮定します。

いいですか？これを宣言するという事は“commonValue”という名前で 4 バイト確保するという意味になります。



ここまではうまくいくのです。完全に別物として動いていますから。ところがこれを合成しようとする問題が生じます。何故なら“commonValue”で 2 か所のアドレスにメモリが確保されているからです。

リンカは『え?いや、お前この名前がぶつとるがな。どっちやねん!!はっきりせえ!!』と言って、リンカエラーを起こします。

そういう場合はどうするのかということご存じ extern 修飾子をつけます。この意味は『この名前の変数がどこかの obj(cpp)にあるから、それを探して使え』という意味になります。

例えば今回の場合などは Game.h には

```
extern int commonValue;
```

として宣言しておきます。しかしこれだけだと今度は『実体がないです』と言ってまたリンカエラーを起こします。めんどうですね。

そこで実体を main.cpp にも同じ名前で宣言します。

これによってメモリ上は main.cpp(main.obj)内に確保されるが、そのメモリを commonValue という名前として gameguru.cpp(gameguru.obj)も使えるようになるというわけです。

ここで覚えたいのは extern 宣言しても本体は存在してなくて、必ずどこかの翻訳単位に1つだけ本体を宣言する必要があるということです。

これは関数に関しても同様です。関数であってもメモリを使ってどこかに配置されますので、本体は一つだけ、他の翻訳単位でも使いたければ extern を使って指定をします。

なお、同様の働きをするものとして static がありますが、これは意味が決定的に違います。

```
static int commonValue;
```

と宣言をすると、これ自体が本体になります。メモリも確保されます。ではなぜ同じような挙動をして、さらにリンカエラーを起こさないかということ static には重要な性質がありますそれは

『この名前の変数はこのアプリケーション内でひとつだけ』

というわけです。ただこの場合、リンカの合成順序によって、main.obj 側なのか gameguru.obj 側なのかは分かりません。別に支障はないのですが気持ち悪いので static をこういう使い方しないほうがいいです。

extern とは明確に意味が違いますし、その意味を理解しないまま static を使うとまあ、確な事にならないからです。明確な理由がない限り extern を使って、本体はどこかの cpp に一つだけ置きましょう。

まとめると

#include 書くと、そのファイルが#include 文の位置にコピー(置換)されるので、原則的にヘッダファイルの中で#include は…しないようにしようね!!

ただし、基本的な型(Vector2/3 系とかの幾何学系)C++標準系(vector/map/algorithm など)は許可します。

あと、インクルードしないと、煩雑になりすぎる場合もやむを得ず許可します。

それよりも何よりもまず、『プロトタイプ宣言(前方宣言)』で回避できないか考えて、それが有効な場合は可能な限りプロトタイプ宣言しよう!!

### 特殊なプロトタイプ宣言

これ、意外と悩む人がおおいので、ちょっとテク的なところを伝えておきますが、プロトタイプ宣言したい型がライブラリ側の名前空間にある場合

『どうやってプロトタイプ宣言したらいいかわからない!!!』

というのがあります。例えば Effekseer などには内部の型のほとんどが Effekseer 名前空間がついているため、例えば Emitter なんてクラスを使いたい場合なんかは

```
class Emitter;
```

では前方宣言になりません。こういう場合はこれを Effekseer の名前空間でくくって、前方宣言をすればいいです。

```
namespace Effekseer{  
    class Emitter;  
}
```

とします。

## プリプロセッサについて

プリプロセッサとは、あれだよ。頭に#がついてる一連のアレだよ。ちょっと前に#include のところでも学びましたね？

どっかで言ったかもしれませんが、PreProcessor(前処理)の事なので、役目的には『本来のコンパイル』の前に行われる処理の事です。

なにそれ？と思われるかもしれませんが、しれっと使っているものです。よく使うものから紹介していきます。

```
#include
#define
#if~#else~#elif~#end
#ifdef
#endif
```

こいつらは、というかプリプロセッサはすべて『コンパイル前に処理される』のがポイントです。処理とは大半の場合『展開』となります。

### #include

#include はご存知の通り、#include の後に書かれるファイルをまんまその場所にコピーしてきます。このため、前述しておりますが、ヘッダに#include を書くのは必要最小限にしましょう。

ヘッダ側に#include を書く指針として

- 標準ライブラリは OK(流石にこれはね)
- 使用中の外部ライブラリのヘッダも、必要最小限なら OK
- 自作ライブラリの『共通基本型』は…できるだけプロトタイプ宣言してほしいけど#include 我慢したせいでよけいに煩雑になってしまうのなら、まあ OK
- 必要な自作関数や変数…ダメ。プロトタイプ宣言で回避してください

これに気を付けてれば特にいうことないです。

次は#define です。

### #define

#define には 3 種類の用途があります。以下に記します

- ① 定数や関数に別名をつける(副作用に注意…定数なら const か constexpr を使おう)



- ②マクロ関数を定義する(副作用に注意…テンプレート関数を使おう)
  - ③後述の`#ifdef` や`#ifndef` と組み合わせて、そもそものコードの挙動を変える
- まず①についてですが、

よくある使用例が

```
#define PI 3.14159265358979
```

です。あ、プリプロセッサについては`#include` と同様に、(セミコロン)をつけないようにしてください。必要ありません…ってかエラーになりますので注意。定数として使用する場合はそんなに深刻な副作用を引き起こしませんが、他の定数と名前が被ってしまって別の物に変換されても特にエラーもなんも出ず上書きされます(警告は出ます)

```
#define PI 3.1415925358979
```

```
#define PI 2.7
```

(※怒られません)

なお、C++的には `const` か `constexpr` を使いましょうとのこと。単なる定数なら `constexpr` の方を使いましょう。

```
constexpr float PI = 3.14159265358979f;
```

```
constexpr float PI = 2.7f; //再定義なのでコンパイルエラーが出ます
```

あと、『定数？なにそれ？おいしいの？』って人は 1 年生からやりなおしましょう。マジックナンバー(数値リテラルなどを名前も付けずそのまま使う事)はクソコードへの第一歩です。

## コマンドラインについて

新 2 年生はコマンドラインを使った経験もあまりないと思います。そもそもそんなのがある事すら知らなかった!って人もいるかもしれませんが、実は結構使います。

色々と理由はあるんですが、主な理由は

コマンドラインの方が手っ取り早いことがある

バッチファイルを作るため

コマンドラインでしか動かないアプリケーションがあるため

あと、ここで紹介する『コマンドライン』はあくまで初歩っていうか基本なので、実際の現場ではおそらく WindowsPowerShell(Win コマンドと Linux コマンド混ぜたようなやつ)とか、Python とかビルドツールの活用などが用いられると思います。

なお、WindowsPowerShell は標準で入っているので、試そうと思えば試せます。一番わかりやすいのは cmd で ls 書いても反応しませんが、WPS なら dir と同じ挙動をしてくれます。dir も通用します(そういう意味で Windows と Linux 混ぜたようなコマンドなのね)。他にもいろいろ強力なのがあるので、必要に応じて調べましょう。

また、Python なんかはやっぱり便利で、Python インストールして

```
python -m http.server 8000
```

とかって書くと、ローカルサーバが一発で立ち上がります。おそらく皆さんがゲーム業界や IT 業界に入った時には、サーバ関連にかかわる事も多いと思いますが、いきなり本番サーバに乗せるのは危険です。

そういう意味で、自分のローカルサーバで実験して、改めて上げる(いや、実際の話をするとか、さらに『テスト環境』という本番サーバを模したテストサーバを用意し、そこでさんざんテストしてからリリースします)ことになるわけです。

本番で失敗すると、炎上、わび石大量配布なんてことになり、社会的には大損害ですからね(笑)  
(なお、Python やりたきゃ各自でインストールしてください)

## 基本コマンド(コマンドラインで)

よく使う主なコマンド

- echo: 値を表示する
- cd: 現在のフォルダを変更する
- dir: 現在のフォルダ(指定したフォルダ)にあるファイル一覧を表示する
- mkdir: フォルダを作る
- rename(ren): ファイル名を変更する
- set: 変数に(一時的に)値を代入する
- copy: ファイルをコピーする(バックアップとかに使う)
- ping: 特定の ip アドレスに通信し通信できてるかどうか確認
- ipconfig: 自分のネットワーク設定を表示(自分以外もできる)

役に立つかもしれないコマンド

- tree: 現在のフォルダ以下のツリー構造を可視化する(文字列として出力)

- `cls`: コンソールのクリア
- `rm` ←これ Linux やった。Windows では `del` です: ファイルを削除
- `rmdir`: フォルダを削除

(※取扱注意)

てな感じのがあります。これ以外にももちろんありますが、危険だったり、使わなかったりする  
ので、だいたいこの辺で…。

あと、サブコマンドとして

`more`

ってのがあります。これは、表示系のコマンドや、やたらと長々とログやヘルプを吐くコマ  
ンドに対して、『一部表示』をしてくれます。

エンターで次の行に移ってくれますね。

さらに

>

という記号を使うと、コマンドラインが吐く文字列をファイルに格納してくれます。基本的  
にはアペンド(追加)書き込みなので、0から書き込みたい場合は元のファイルを削除してくだ  
さい。

例:

```
dir > directory.txt
```

なんてやるとディレクトリ一覧を `directory.txt` に格納することができます。

## 就活の時に意外と役に立つ `tree` の活用法

就活の際には自分の作品を、どっかファイル共有サービスに置くか、DVD-ROM に焼いて送ると  
思うのですが、向こうさん(企業の人)も見るのが大変です。

逆に言うとみてほしいものがどこにあるのか、ナビゲーションしてほしいのですが、たいてい  
はなんか `ReadMe.txt` に『就活作品です』って書いて終わりなのよねえ～。

うん、見る側の人にはたくさん見なきゃいけないし、通常業務もあるしで時間ないんだ。

なので、`Readme.txt` にはどこに何があるのかも明記してほしい。なので、フォルダ構成とかを  
書いといてほしいんだ。

そこで役に立つのが tree コマンド

自分の作品集を作った後でトップフォルダに移動し

```
tree > DirectoryTree.txt
```

など書くと、

フォルダー パスの一覧

ボリューム シリアル番号は 00AF-D147 です

D:

```
├── Asset
│   ├── Adventurer-Hand-Combat
│   └── IndividualSprites
└── Skelton
    ├── Skelton
    │   ├── x64
    │   └── Debug
    │       └── Skelton.tlog
    └── x64
        └── Debug
```

などと出力されます。ただし、このようにいらん情報まで出るので、可能な限り不要なフォルダを削除したうえで実行してほしい。無茶苦茶改裝が深くなると使い物にならないからだ。あと最初に書いてるボリュームとか D とかも必要ないですね。ということで、不要なフォルダを削除してもう一度やり直し、不要な情報を消すと

```
├── Asset
│   ├── Adventurer-Hand-Combat
│   └── IndividualSprites
└── Skelton
    └── Skelton
```

となります。あとはここに各自でコメント等で説明を書いていけばいいと思います。

## コマンドラインでも変数、関数、ループが使えるぞ？

正確に言うとコマンドラインというよりも『バッチファイル』内ですが、バッチファイル自体がコマンドラインコマンドをまとめたものといえるのでこれでいいでしょう。

## ループ

コマンドライン内ループは非常に便利です。数字でループするよりも、ファイルの数だけループするとかいう事が多いでしょうから

```
FOR %%変数 IN (*.txt) DO (  
    やりたい処理  
)
```

みたいにします。なお、変数名に%%がついてますが、コマンドラインの時に変数を使う時は  
%変数

なのですが、なぜかバッチファイルの時は%が増えて%%変数という扱いになります。

なお、このループの意味は、\*.txt つまり、拡張子が txt のファイル名でループします。%%変数にはそのファイル名が入ります。

今回しれっと『変数』を使用しましたが、バッチファイル中…いや、コマンドライン実行中に  
変数を使用することができます。FOR 分の場合は自動で入りますが、set で代入することも  
できます。

C 言語と違い宣言とかは必要なく、値を入れれば勝手に変数として機能します。

はい、それはともかくテストしてみましょう。

```
FOR %%F IN (*.txt) DO (  
    echo %%F  
)
```

このように書いてみて実行してみましょう。txt ファイルがすべて表示されたかなと思います。  
あ、ただ、いちいちコマンドプロンプトがひようじされてうざいので echo off と echo on で  
みましょう。

```
echo off  
FOR %%F IN (*.txt) DO (  
    echo %%F  
)  
echo on
```

はい、今回はただ表示するだけでしたので得も損もなかったのですが、先ほど紹介したファイ  
ルに対する様々なコマンドを試してみましょう。

もちろん、バックアップは取っておきましょう。

### 例:特定のフォルダの中の png ファイルを連番にリネームする

先に紹介したループができてたら、簡単にできそうなもんなんですが、意外と面倒です。普通に C 言語のループ内カウンタアップを考えると簡単なのですが、どうもそうはいかないようです。

まず、ループ内で演算して、それを次のループでも保持するためには事前に

```
setlocal enabledelayedexpansion
```

を記述する必要があります。なんだこれ…って感じなのですが、どうもファイルごとの処理は、溜めとしてマルチスレッド的に一気に実行しようとするようです。そのためカウンタアップの演算が残らず、すべて初期値になってしまいます。

長いので覚えづらいと思いますが、Enable Delayed Expansion と分けて覚えましょう(でも入力の際にはつなげないといけないのでづらい)

なお、変数の宣言は

```
set count=0
```

のようにします。

次にカウンタアップしていくわけですが、こいつがまた面倒で、そのままだと文字列の連結をしようとするので、最初に/a を書いておく必要があります、さらに、変数を!で囲む。つまり!変数名!でやる必要があります。

これを考慮してリネームコードを書くと、こう

```
echo off
```

```
setlocal enabledelayedexpansion
```

```
set /a count=0
```

```
FOR %%F IN (*.png) DO (
```

```
    set /a count=count+1
```

```
    echo %%F !count!.png
```

```
)
```

```
echo on
```

なお、実行は自己責任で行ってください。あ、do とか in とか、()の前でもきちんとスペース入れ

てください。どうもコマンドラインはスペースで意味を区切っているようです。

## コマンドラインで使える便利系ソフト

- ImageMagick: 画像処理ソフト
- ffmpeg: 動画処理ソフト

などがあり、前述のループコマンドと組み合わせると、例えば、フォルダ内のすべての画像や動画などを一括編集できます(サイズ、フォーマット、圧縮など)

# Git(GitHub)について

## 概要

Git について…お話しします。

Git…ってというのはね？バージョン管理システムなんだ。

バージョン管理システムって何？

例えば『ソースコードを変更しました』この時に  
変更の履歴を残すシステムである。

誰が変更したか

どこを変更したか

いつ変更したか

Git の特徴は、オリジナル+差分のみを DB に登録していくシステム  
これにより DB のサイズを小さく抑えられる。

複数人でプログラムしているとよくあるトラブル

→先祖返り(行った変更が『なかったこと』にされる)

→同時に同じファイルを変更したときにつじつまが合わなくなる

→変更の勇気が出なくなる

→先輩が後輩の首を絞める

個人開発でも…

履歴が残ることで『なんか壊れた』がほぼなくなる。

もし、昨日までは正しく動いてたとすると、今日の変更部分がバグってる  
バージョン管理システムを利用すると『差分』が分かるため、その  
変更部分をすぐ特定できる→バグの特定につながる。

学生さんにお勧めしたいのは Git+『Git をサポートしているサーバ』を利用する  
事で『ソースファイルの紛失』『なんか壊れた』『GW 後にどこまでやってたか忘れた』  
などというトラブルを回避できる。

この『Git をサポートしてるサーバ』のデファクトスタンダードが GitHub である。

ちなみにバージョン管理システムには Git 以外にも

•VisualSourceSafe(有料)

•subversion(無料)+trac or redmine

•Alienbrain(高い)

などがあります。



Git 本体については別紙を用意してるんでちょっとそっちを見てもらうとして…、急遽 GitHub の話をします。

なんかかという、なんか隔週リモートとかそんな風になったりするっぽいので早めに GitHub 運用を教えといたほうがいいと判断しました。

で、もういきなり使うところから行きますので、

<https://github.com/>

にアクセスしてアカウントを作りましょう。まずはそこからです。

## Git 本体について

で、使ったことある人はいいのですが、使ったことがない人には何が何やらだと思います。まず自分の PC に Git がインストールされているかどうかを確認してください。

コマンドプロンプトを立ち上げて Git と入力してみてください。

```
D:\>git
usage: git [--version] [--help] [-C <path>] [-c <name>=<value>]
          [--exec-path[=<path>]] [--html-path] [--man-path] [--info-path]
          [-p | --paginate | -P | --no-pager] [--no-replace-objects] [--bare]
          [--git-dir=<path>] [--work-tree=<path>] [--namespace=<name>]
          <command> [<args>]

These are common Git commands used in various situations:


start a working area (see also: git help tutorial)
  clone Clone a repository into a new directory
  init   Create an empty Git repository or reinitialize an existing one

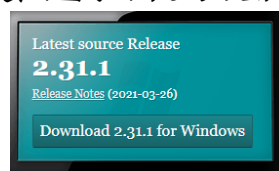
work on the current change (see also: git help everyday)
  add    Add file contents to the index
  mv     Move or rename a file, a directory, or a symlink
  restore Restore working tree files
  rm     Remove files from the working tree and from the index
  sparse-checkout Initialize and modify the sparse-checkout
```

こういうのが出てくれば準備ができてますが、どうでしょうね？

できてない人は

<https://git-scm.com/>

から落としてきておいてください。↓の画像のリンク先から落とせます。



さて、いかがでしょうか？

インストールできましたかね？

インストールできているかどうかはコマンドプロンプトを立ち上げて `git` と打ち込んでもらえれば OK です。

## TortoiseGit について

とはいえ、このままでは非常に使いづらい。いや、使いづらいことはないのですが、コマンドをいちいち覚えなさいといけなさい。おそらく 2 年生はコマンドライン自体に不慣れなのではないかなと思います。

というわけで、それを支援するためのツールを紹介します。TortoiseGit です。

<https://tortoisegit.org/download/>



ここからダウンロードしてください。おそらくほぼ全員が 64bit ウィンドウズなので、

for 64-bit Windows

[Download TortoiseGit 2.12.0 - 64-bit \(~19.6 MiB\)](#)

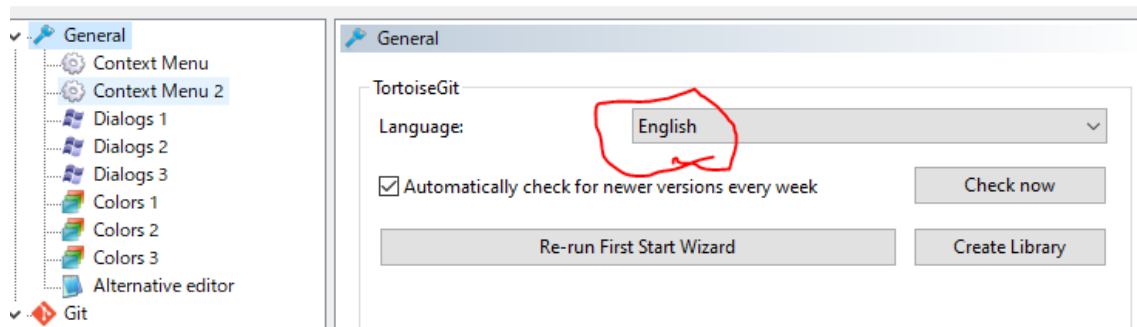
をクリックして落としてそのままインストールしていただければいいと思います。なお、学校から PC の貸し出しを受けてる人は、すでに入っているので、この作業の必要はありません。

次に、言語パックを落とします。そのままですと英語なので、中学英語すら苦手な人にとっては結構なハードルです。それで本筋が阻害されるのもよくないので日本語化します(留学生の方は自国のに合わせてもらって)

|                                                                                              |    |      |                                                                                             |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Japanese | ja | 100% |  Setup |  Setup |
|  English  | en | 85%  |  Setup |  Setup |

で、これもインストールします。で、これで日本語化してるかということはまだやる必要があります。

エクスプローラ立ち上げて、適当なところで右クリックするとメニューが出てきますが、すでに TortoiseGit の項目があると思います。日本語化されていなければ、この TortoiseGit の先に Setting というのがあったと思いますが、それを選択してください。



ここを日本語に設定しなれば日本語化完了です。終わったら OK を押してください。

## GitHub について

さて、今回は GitHub を利用しますので、

<https://github.co.jp/>

にアクセスしてください。アカウントを作っていない人は、アカウントを作ってください。

こんな感じの画面になってるかなと



で、Start a Project でプロジェクトを作っておいてください。まずは名前を決めてください。

あと

GitHub の Create Project で出てくる Project Template についてですが、これは元となる管理方式のことです。

そこで出てくる Kanban について...

所謂トヨタ看板方式ってやつです。ToDo / Doing / Done って感じで3つのレーンを用意する。必要な作業をすべて ToDo に入れておいて、作業中の項目は Doing に移動、終わったものは Done に移動する。

やるべきこと、やりかけのこと、終わったことが混乱しないようにする。

これが海外でも好評だったらしく、カンバン(Kanban)などとアルファベットで表記されます。似たようなのだと Kaizen(カイゼン)ってのもありますね。まあ、PM の授業ではないので、そこは各自調べてもらおうとして、この Kanban 方式が手動か自動かってあります。どっちでもいいですが、Auto Kanban にしておきましょう。

はい、プロジェクトができたらいったんトップページに戻って、リポジトリを作ります。

リポジトリ(repository)とは、ソースコードの履歴を記録するデータベースの定義のことです。

こいつに名前を付けることで、どの DB にどのプログラムの履歴が残ってるかを確認することができます。

とにかく今は名前を付けてください。テスト用に TestRepository とでも名前を付けておきましょう。チーム制作時は、チーム名かゲーム名かを入れましょう。

Add .gitignore について

これは『無視するファイル』のテンプレートを指定する。

Git などのバージョン管理システムは、差分をためていく方式なので、

**テキストファイルである必要があります。**

ですから、管理できないものは外します。その対象の名前や拡張子を .gitignore に登録するわけです。

ひとまずは VisualStudio を選択しておきましょう。

**あ、これを教えたのでサーバに余計なものを混ぜてたら減点します。**

## テキストファイルとバイナリファイルについて…

Git とか GitHub と直接関係はありませんが、これを知っておかないと GitHub 使う時にトラブルるんで解説します。

そもそも、テキストファイルって何？

Windows で取り扱うファイルには2種類あります。

テキストファイル / バイナリファイル

テキストファイルの特徴

人間が見て、わかる。←当たり前と思うかもしれませんが、コンピュータはテキストを見て理解しません。コンピュータが理解するのは

0101001010010101010010000010101001010101001010100101010

のみです。こんなもん人間が見てもわかんないし。

アルファベットだの、日本語だの、人間が読んでわかる状態のデータをテキストファイルといいます。

## バイナリファイルの特徴

テキストファイルの特徴の反対。一見何を意味してるのか分からない。  
プログラムで読み取る。例:画像ファイルや、音声ファイルなど  
すべて、数値データとしてみるため、例えば改行が 0A っていう数値として  
認識されてしまう。

## 改行コードについて

※バイナリとして解釈すると『改行コード』はありません。テキストとして解釈するから改行という風に使えるのです。

改行コードを改行とみなすのがテキスト  
では『改行コード』ってなんなの？

皆さんご存じ'¥n'が改行コードなんですが…  
¥n は改行コードなんだけど、改行を表すものが3種類あります。

- ①¥n: Linux
- ②¥r: Mac
- ③¥r¥n: Windows

SJIS のテキストエディタで最も使用されているのが③の  
¥r¥n なんですよ…。

¥r: Carriage Return (CR)

¥n: Line Feed (LF)

¥r¥n: Carriage Return Line Feed (CRLF)

というわけです。もはや何を言ってるのかわからないかもしれませんが、頭の片隅にでも置いとかないとこれでトラブルすることは結構あります。

さて、改行コードを Git の説明のところに書いたのは訳があって、

行番号をもとに差分を作っていく Git としては、改行を改行と認識しない  
バイナリファイルを扱うと非常にでかくなる。

GitHub の1チーム当たりの最大容量は 100MB です。お金払うとあげてくれますが、

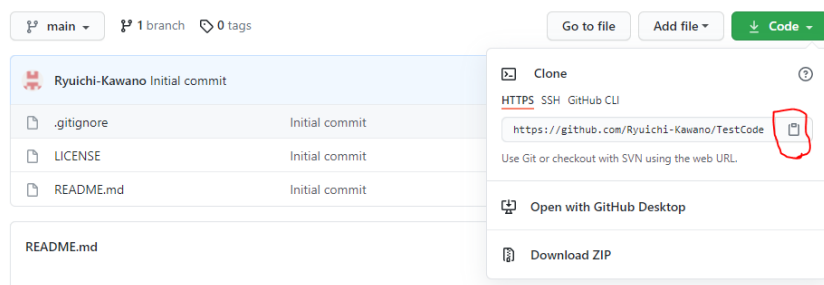
皆さんは無料で使うので、バイナリファイルを上げないようにしましょう。

ここで役に立つのが、`.gitignore` です。`.gitignore` に登録されている  
拡張子のものは、git 登録の際に無視します。最初に `exe` とか `png` とか、そういうものは外す設定をするのが `.gitignore` です。

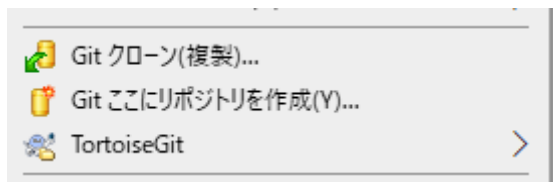
ごたくはいれからとっとと使おうぜ!!

さて、上のようにリポジトリができれば、さっそくクローンしましょう。

リポジトリに Code ってあるんで、そこプルダウンして、なんか変なマークをクリックします。

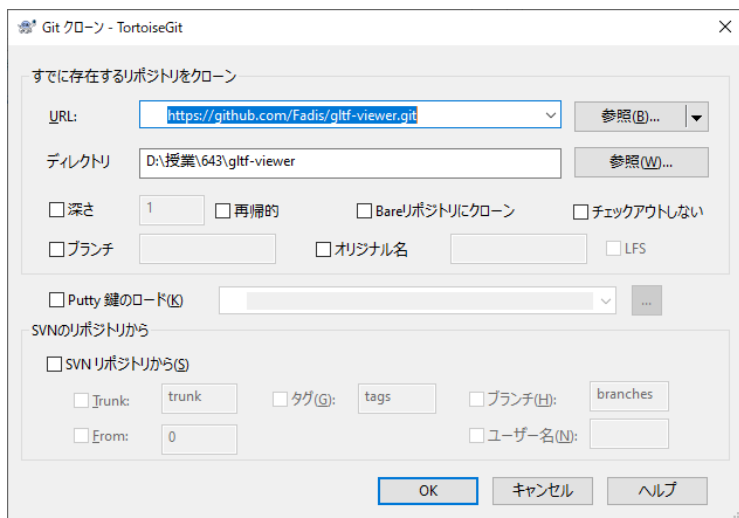


これはリポジトリのURLをコピーしています。



で、クローン

たいていは自動で張り付けられるので、そのまま OK



はい、いいかがでしょうか、ローカルに落ちましたね？

では適当に変更して、コミット&プッシュしてください。  
プッシュまでしないとサーバに反映されないのご注意ください。

## Git の基本的な利用方法

Git の基本的な利用サイクルは

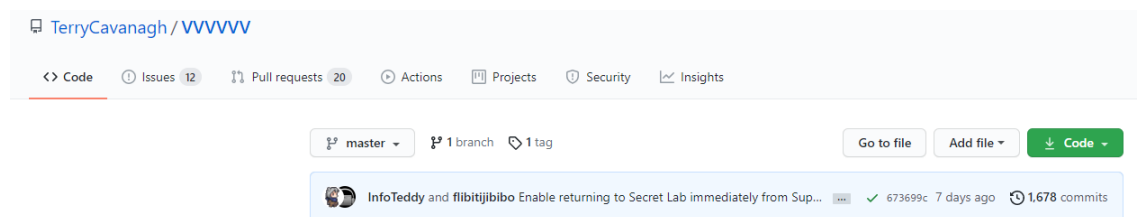
まずクローンをするところから始まりますので、これだけはできるようになっておきましょう。

### クローン

自分のプロジェクトをクローンするのはもちろんのこと、ゲームに関する(別にゲームに限らなくてもいいけど)ソースコードも『公開されていれば』落としてみるすることができます。

今朝見た記事だと WWW のソースコードが見れるようになってるらしく

<https://github.com/TerryCavanagh/vvvvvv>



うおおおお!!熱いぜ!!となります。この手の『実際に使われてるソースコード』はプログラマにとって非常に参考になります。このほかにも itch.io 系の公開プロジェクトなんかも見れたりするのでいろいろ参考にするといい。

<https://itch.io/>

あと、itch.io はリソースを集めてくるにも最適なサイトなので、定期的にチェックしておくといい。

<https://itch.io/game-assets>

そのほかにもゲームエンジンのソースコード

<https://github.com/stride3d/stride>

(stride3d...元 xenko)

<https://github.com/godotengine/godot>

Godot

<https://github.com/EpicGames/UnrealEngine>

UE4(Private だけど、Epic アカウント作れば見れるよ)

<https://github.com/cocos2d/cocos2d-x>

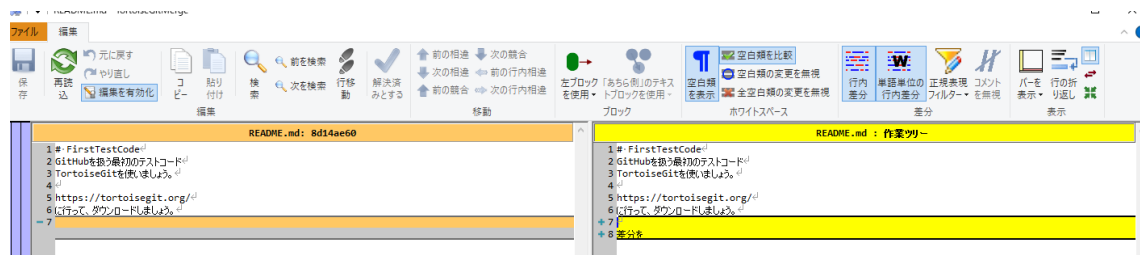
cocos2d-x

などなど、あと、Microsoft とか nVidia とか Google が公式で出してる GitHub とかもめっちゃ役に立つので興味があるプロジェクトをチェックしておきましょう。

クローンが作れたからって、本体の変更ができるかというとそうでもない。Collablator にしてもらわんといかんので、今は自分のチームだけにしておこう。

## ソースコードの変更

次に、落としてきたソースコードを変更して、『差分』をチェックすると、最後のコミット後にどこを変更したかがわかります。



## コミット

普通にコミットコマンドを実行すればいいです。これにより変更が確定し、差分がデータベースへ登録されます。

基本的に何か変更して動作確認できた時点でコミットしてほしいですが、あまりやると履歴が煩雑になるので、少なくとも1日の作業終了、もしくは授業終了を目安に『コミット』しましょう。

## プッシュ

GitHub などのリポジトリサーバを利用している場合は、コミットするだけではサーバに反映されません。Push コマンドを行うことでサーバに反映され、自分の変更がサーバ DB に保存されます。

## チームメンバーを招待

個人として使うなら、ここまでの話で十分でしょう。しかし、したい場合は、複数人で作るようになります。



このため、GitHub でチーム開発する際には誰かのアカウント内にリポジトリを作って、それをチームメンバーで寄ってたかっていじっていく必要があります。

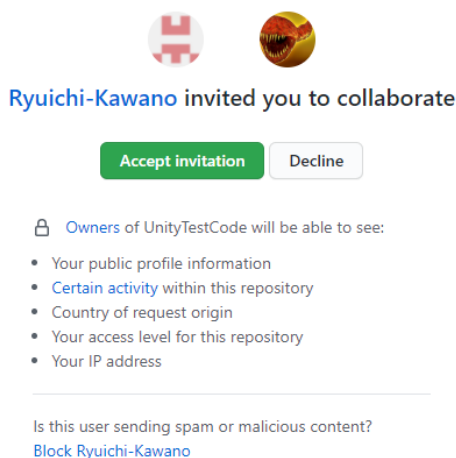
なので、自分以外にもそのリポジトリをいじれるようにする必要があります。  
やり方としては、リポジトリの Setting に行って、

Manage Access と言って、Invite a Collaborator で、ほかのメンバーのアカウントを指定して、招待してください。

で、これで終わりじゃなくて、招待された側のメアドに通知が届くので、そのメールから Invite の URL に飛んでください。

@Ryuichi-Kawano has invited you to collaborate on the Ryuichi-Kawano/UnityTestCode repository.  
Visit <https://github.com/Ryuichi-Kawano/UnityTestCode/invitations> to accept or decline this invitation.  
You can also head over to <https://github.com/Ryuichi-Kawano/UnityTestCode> to check out the repository or visit <https://github.com/Ryuichi-Kawano> to learn a bit more about @Ryuichi-Kawano.  
This invitation will expire in 7 days.  
Some helpful tips:  
- If you get a 404 page, make sure you're signed in as boxerprogrammer.  
- Too many emails from @Ryuichi-Kawano? You can block them by visiting [https://github.com/settings/blocked\\_users?block\\_user=Ryuichi-Kawano](https://github.com/settings/blocked_users?block_user=Ryuichi-Kawano) or report abuse at <https://github.com/contact/report-abuse?report=Ryuichi-Kawano>

そうすると以下のような画面になりますので、Accept Invite ボタンを押してください。  
Decline だと拒否できますが、そんなことやんな(笑)



はい。

## GitHub プロジェクトについて

### 課題①

ここまででいったん課題を出します。

- ① GitHub アカウントを作る事
- ② その中に自分のスケルトンプロジェクトを作る事
- ③ そのリポジトリを僕にチャットで送る事(メールは見ないのでチャットで)

あ、必ずしもスケルトンじゃなくてもいいです。なんかしら技術的なものがあるなら、それを課題として上げてください。

で、お願いします。

期限は来週末(5/28)とします。

僕のアドレスは [kawanory@s.aso.juku.ac.jp](mailto:kawanory@s.aso.juku.ac.jp) です。メールでなくてチャットでお願いします。

#### 提出の注意点

- ① 期限厳守(守れない場合は20~30点がつつり減点します。正当な理由なく遅れた場合は0点になることがあります)
- ② スケルトンプロジェクトのタイトルバーの左上に学籍番号、名前が入るプログラムにしてください(不正防止のためです…これができてない人はカンニングとみなし0点です)
- ③ リポジトリに余計なものが入らないようにしてください。obj や exe ファイルが上がっていれば減点します。

ちょっとここまで(5/25)提出状況を観察していますが、大半はまともに提出できていますが、確認してほしいことがありますので、お伝えしておきます。

- リポジトリが private になっていませんか?(private でもいいけど、僕を collaborator にしてください)
- .gitignore 設定してますか?(余計なものが上がっていますよ?)
- スケルトンプロジェクト上がってないですよ?(さすがに点をあげられんよ?)

あの一、なんかいいってもスケルトンプロジェクトをあげない人がいるんですが、わざと?話

聞いてない？字が読めない…？💢意味が分からない？

## 基礎知識

### 文字列にかかわる事

#### A と W

Windows 系の関数の中で文字列扱う系は W と A とがあります。

例えば

OutputDebugStringA と

OutputDebugStringW があり

A はシングルバイト(マルチバイト)文字列(char)

W はワイド文字列(wchar\_t)

ワイドは『文字列リテラルなら』前回言ったように L'' で表せます。

"abcde" ← シングル(マルチ)バイト文字列

L"abcde" ← ワイドバイト文字列

そもそも型が違う。で A 系がシングル、W 系がマルチなので

```
char cstr[]="hello world";
```

```
OutputDebugStringW(cstr)
```

というのは型が違うので怒られます。Unicode 指定をしていると自動で

```
#define OutputDebugString OutputDebugStringW
```

と定義されてしまうためです。

#### 数値を文字列化する

たぶん一部の 2 年生は sprintf 知らないんじゃないかな？

たぶん数値を文字列として出力する関数は

DrawFormatString と

printf

くらいしか習ってないんじゃないかな？と思います。どちらも共通点は

```
float pi=3.141592;
```

```
printf("フォーマット文字列=%f",pi);
```

```
DrawFormatString(x,y,0xffffffff,"フォーマット=%02.2f",pi);
```

のように関数内にフォーマット文字列を記述し『直接出力』してました。

ところが OutputDebugString のような関数は『文字列しか受け取らない』

フォーマットしてくれない。これに対して数値を出力したければ

「渡す文字をフォーマット済みにするしかない」

それをやるのが sprintf です。メモリ扱う都合上 SDL が有効になっていると sprintf\_s じゃないと

怒られます。SDL チェック外せば sprintf 使えますが、\_s で説明します。

```
sprintf(結果を書き込むためのメモリ,"フォーマット",数値);
```

```
sprintf_s(結果を書き込むためのメモリ,サイズ,"フォーマット",数値);
```

この第一引数にフォーマット済み文字列が書き込まれるので、それを OutputDebugStringA に渡します。

あれ？W は？と思われると思いますので、言っておくと、wsprintf というのを使用します。

wsprintf はワイドに対応した sprintf と思ってください。こいつには \_s バージョンがないので覚えておきましょう。

数値を文字列化するのは、sprintf だけではありません。

C++ の「ストリーム」について

文字列とか、データとかを流し込む、stream が「小川」とか「流れ」

を意味する。この流れが最終的にたまる場所…これが

標準出力(コマンドライン)だったり、文字列メモリだったりする。

だからストリームって言いながら、どんづまりな分けです。

実際は「ため池」みたいなところに、ちよろちよると水が流れ込んで

行くイメージ。で、ため池が文字列バッファか、標準出力かという違い

でしかない。

cout っていう、C++ のコマンドは、標準出力に溜めるというコマンドです。

C++ には stringstream というのがあって、これは

```
cout << "x=" << x << endl;
```

みたいなことを文字列ストリームに対してできる型である。

出力専門なら、ostringstream を使用します。

C 言語の sprintf とか違って、可変長文字列にも対応できる。

また C 言語で可変長文字列に柔軟に対応しようとすると malloc とか使用する

事となり、解放し忘れのリスクがある。あと、確保した以上に文字列が入ってきても危険だったりします。

文字列ストリームの偉いのは、入ってきた分だけ拡張していくのでメモリオーバーの心配がない(ただし HW 限界を超えた時は、知らん)これ自体がオブジェクトなので、ostringstream オブジェクトのスコープを抜けた時点でメモリは解放されます。

stringstream 自体は std::string を内包しています。

関数 str() で stringstream から string 型を得ることができます。

string 型は c\_str() 関数で、文字配列としての文字列(C 言語文字列)を得ることができます。

## プログラミングテクニック

いよいよ本題といったところに入っていきます。ここまでは前座というか準備ですね。

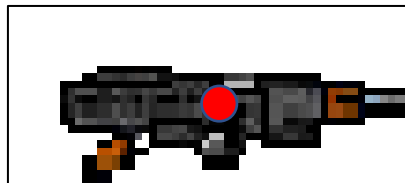
### DxLib の Draw 系について

みなさんは DxLib::Draw 系関数をどれくらいご存じでしょうか？たくさん知っている人が偉いわけでも何でもありませんが、表現の幅を広げておくと、ゲームのアイデアにもかかわってきますので、『どういう系列があるのか/どのように活用するのか』をある程度知っておきましょう。

#### DrawRotaGraph2

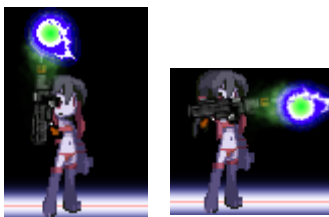
これはマニュアルにも載っている関数なので、ご存じかとは思いますが、こいつのミソは中心点を変更できることです。

通常の RotaGraph の場合、中心点は画像中心点です。



別にこれはこれで使い途があるんですが、例えば

このように銃をいろんな方向に向けて撃つときに例えば方に装着し、それを肩の動きに合わせて回転したかったら、銃画像の中心ではなく銃の持ち手のあたりを中心点とするなど、特定の場所で回転させたい場合があります。そういう時に使用するのが DrawRotaGraph2 です。



DrawRotaGraph3 なんていうのもあって、あれは縦と横で拡大率を変えるものですが、ドット絵の場合、見た目が変になるのであまり使わないですね。

どちらかというと

DrawRectRotaGraph2 のほうが使用するかと思います。

こいつは、DrawRectGraph と DrawRotaGraph2 の合わせ技で、本来の画像の一部分の実を抜き出して、回転して表示するものです。この関数はマニュアルには載っておらず引数とヘッダから類推するしかありません。

しかし、DxLib の Draw 系はこの『載ってない関数』に意外と有用なものが多いので、油断ならないのです。

## DrawRotaGraph2 系の反転について

ところで、DrawRotaGraph2 のこの中心点…あくまでも回転の中心点であって、水平反転の中心点ではないため注意が必要です。僕は知らずにはまりました。

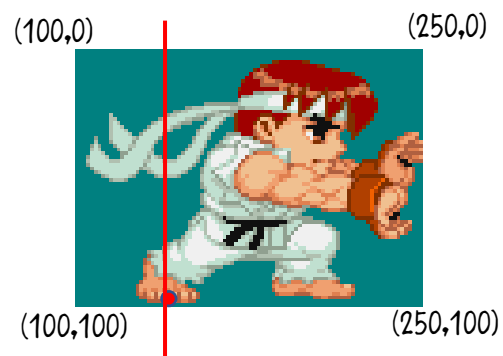
中心というからには水平方向の中心も兼ねているだろ？と思ったのですが、そうではありませんでした。

簡単に言うと画像そのものが反転するため、やっぱり真ん中中心に反転するのです。

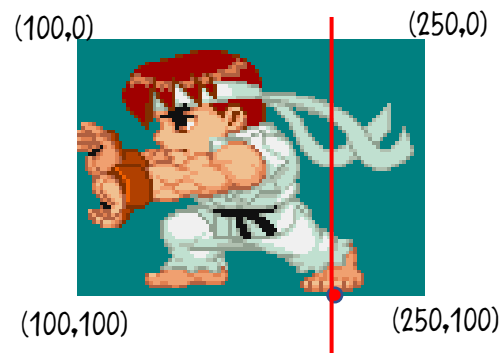
ライブラリを実装する側のことを考えれば納得はできるのですが、注意しなければならないポイントです。

反転した時に保持されるのは中心点ではなく矩形の4隅の座標なんですよ

例えば



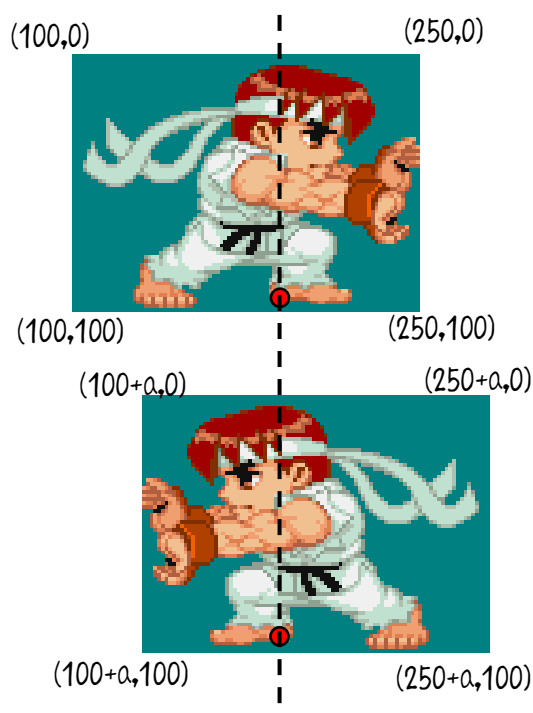
という配置になっているなら反転したところで



4 隅の表示座標は変わらない。つまり画像の中心に中心点がないような場合はズレズレになる。中心点が画像中心にあってもいいんですが、そうじゃないパターンも多い。例えば上の画像だったら軸足(後ろにしたほうの足を軸とする)を中心に反転してほしいわけ。

等幅であってもポーズによってはそうはいかないため、反転時の処理を特別に考えなきゃならない。

例えば、前足のかかとが中心になっているとすると以下のようにしてほしい。



いったいどうすればいいのでしょうか？

画像の反転自体は、画像の中心(ちょうど真ん中…上の例で言うと 100 と 250 の間… $\frac{100+250}{2}$ ) になっています。

そのうえで、第一引数および第二引数の x,y の座標に、第 7, 第 8 の x,y 座標を合わせるように配置されます。ああ、それだと一見大丈夫そうに思えてしまいますね。

順番は

① 1,2 引数の x,y 座標に 7,8 の中心座標を合わせる

② 画像の中心を中心に反転

となっていると考えたほうが分かりやすいですかね？

そうなるとう然ずれてしまいます。こういう時にどう計算すればいいのかというと、あるべき中心がそれだけずれる。左端からの座標が反転時は右端からの座標と一致すればいいという事になります。

つまり

- 非反転時はデータの中心 X 座標を中心点 X 座標とする
  - 反転時はデータの中心 X 座標を幅-中心点 X 座標とする
- としてみてください。



左を向いた時に自然に反転し、反転時にもガタつかなかったならば、それが正解です。喜んでおきましょう。

ぼくはこんな感じにしています。

```
int centerx = _isTurn ? cutrect.Width() - info.center.x : info.center.x;
```

を中心Xとして採用しています。

## DrawModiGraph をつかってぐにゃぐにゃさせよう

いよいよ標準関数でないものを使いましょう。とはいえ、ここで紹介する DrawRectModiGraph は DrawRectGraph と DrawModiGraph の合わせ技関数なので、それぞれのマニュアル見ながら使用を確認してください。

関数の確認は

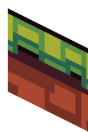
DrawRectModiGraph って書いて、右クリックして、宣言へジャンプすれば、引数の仕様などが見れますが、あまり親切ではありません。なのでこの辺の話はちょっと中上級者向けになるかなと思います。

で、ここで何をやりたいのかというと、

例えばこんな感じで使用します。

```
DrawRectModiGraphF(positions(0).x, positions(0).y, //表示4頂点
    positions(1).x, positions(1).y+50,
    positions(2).x, positions(2).y+50,
    positions(3).x, positions(3).y,
    64, 32, 32, 32, //切り取り矩形
    imgH,
    true);
```

そうすると



このようにゆがんだ形で表示することができるので、これを利用します。でもこの時点では「ぐにゃぐにゃ」って感じでもないですよね？じゃあどうすんのか？

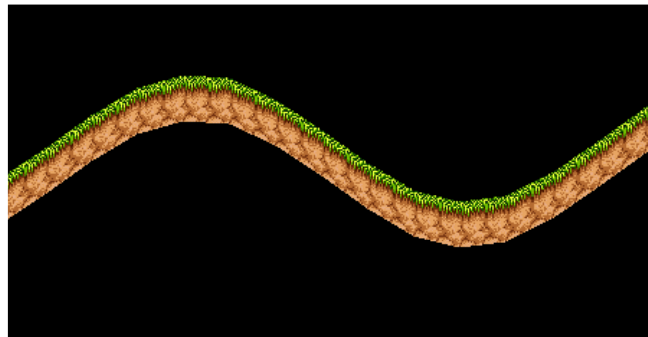
ポリゴンは、頂点と頂点をつないで作っていく以上『曲線』は作れません(今後はどうなるかわかりませんが)。

でも、世の中のゲームには、曲がった地形や、曲線レーザーなどがありますね？あれはどうやってるんでしょうか？

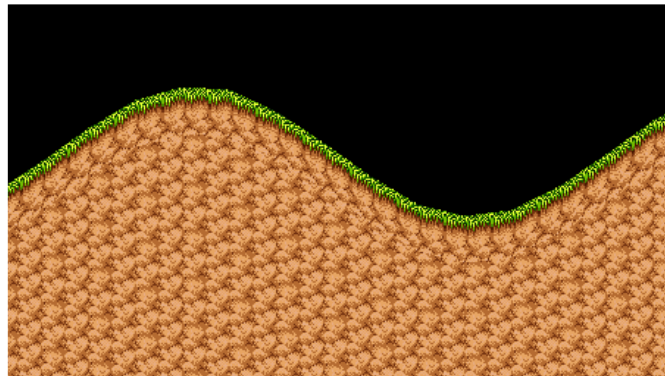
あれは、直線を細かく分割して、曲線の式に沿って曲げているだけです。これを応用すれば DrawModiGraph だけでも以下のような素材から



このようなことができます



あとはそれに沿って地面をつなげれば



ぐにゃぐにゃの地形っぽくなります

多分、1年の時に学んだ書き方だけではこれはいけません。

ちなみに DrawModiGraph ですが

画像ってのは、表示するときにはたいてい直方体の状態で描画するのですが、描画の際に描画先の4頂点を

指定することによって、変形した画像を描画することができます。3Dの書き方をしていると、Zの字に頂点を並べたくなりますが、DrawModiGraphの場合はコノ字型なので注意してください。

宣言 `int DrawModiGraph( int x1, int y1, int x2, int y2,`

```
int x3, int y3, int x4, int y4,  
int GrHandle , int TransFlag );
```

メモリに読みこんだグラフィックの自由変形描画

引数 x1,y1,x2,y2

x3,y3,x4,y4: x1から順に描画する画像の左上、右上、右下、左下の頂点の座標

GrHandle: 描画するグラフィックのハンドル

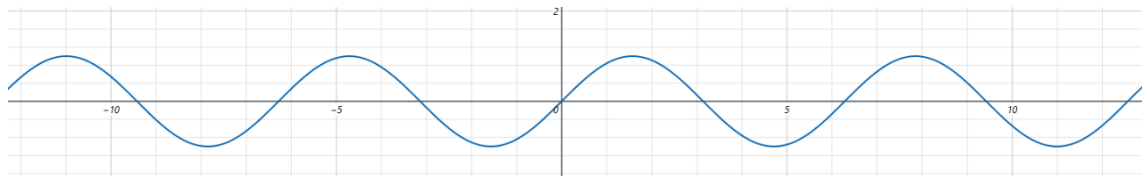
TransFlag: 透過色が有効か、フラグ(TRUEで有効FALSEで無効)

x1y1が左上、x2y2が右上、x3y3が左下、x4y4が右下。この4点を自由に配置している。このため、平行四辺形だけでなく、台形、菱形、どれでもない四角形として絵を描画することができる。

とまあ、なかなか柔軟性が高そうですし、実際高いです。回転も面倒ですがこの関数で代用できます。ていうか実際は4頂点の座標を指定して描画しているのでDxLibの助けがない場合は、自前でこれをやることになるわけです。

例えば、手っ取り早く曲線地形を作りたいことを考えるなら、sinカーブを作ってみましょうか。sinカーブの作り方はいたって簡単。

sin  $\theta$  のグラフが



こういう感じなので、まずx座標を角度とみなします。そうですね、度数法準拠でちょうどいいのではないのでしょうか？つまり360ピクセルで1周。しかしsin/cosはラジアンしか受け取りませんので、 $\frac{\pi}{180.0f}$ するのを忘れずに。

で、さっきの画像が1つあたり32x32ピクセルなんで



$360/32=11$  個+8ピクセルあまり...

こういう風に中途半端に余った時とかにDrawRectModiGraphを使用します。

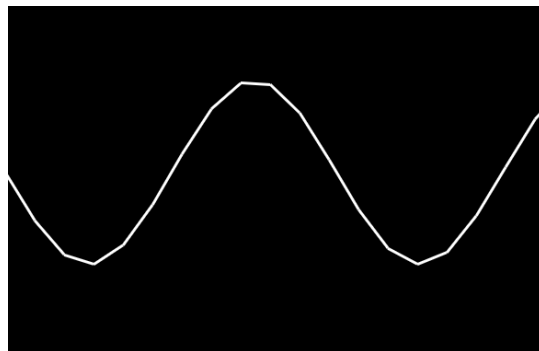
で、これを仮にグネグネ動かしたい場合はどうするのかというと、

$\sin(x+t)$ :後ろに動く

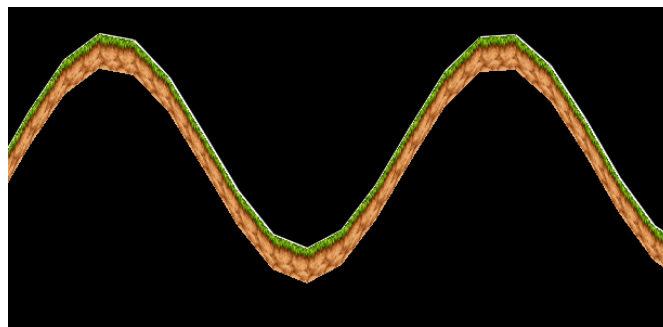
$\sin(x-t)$ :前に動く

てな感じになります。また、当然ながら、 $\sin$  だけだと 1 ピクセルで小さいのでスケールリングします。今一度言っておくと、 $\sin$  とか  $\cos$  に入れる値はラジアンなので、 $\frac{\pi}{180.0f}$  しておきましょう。

まずは画像をうんぬんする前にまずは線で試みましょうか。DrawLine で横 32 ピクセル分割でグネグネ表示してみてください。

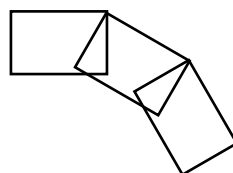


後はこれに合わせて地形を配置していきます。それでカクついて思えるなら、32 ではなく 16 分割とかにしてやってみましょう。



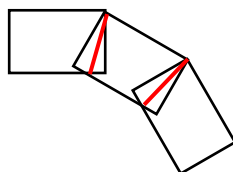
ただ、まあ、平行四辺形なので、何の工夫もせずにはやると、上の絵のように不自然になります。どうすればいいのでしょうか？(もうちょっとというと、周期がきつすぎますね、これもうちょっとゆるやかだったらまだ見れるはずです)

それは、4 点を自分自身と前後のラインの向きに合わせて調整してやればいいのです。これほぼ回転みたいなもんではあるんですが、回転では

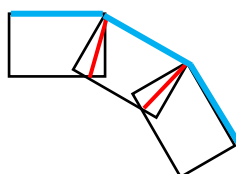


このように頂点が重なっておかしくなります。

そこで頂点の位置を調整してやります。



具体的には、間の辺が赤の線になるようにです。つまり台形の形になります。今回みたいな地形に使う場合は、上辺を基準に考えます。



一番左と一番右は上辺を 90°曲げとけばいいんですが、真ん中はどうするかというと、そんなに難しくなくて、たとえば一番最初のやつと次のやつと平均取ればいいです。角度で平均取ってもいいし、ベクトル平均→正規化→長さ調整でも構いません。

角度でやると sin/cos が発生するんで、僕はベクトル正規化使うほうがいいかなと思ってます。

ちなみに参考までに...

<http://ydot.ifdef.jp/programming/mathfunc.html>

<http://taustation.com/math-class-method-execution-time/>

あくまでも参考までであって、うのみにすべきではないけど、最終的には自分の環境で測定すべきだけど、面倒なんで... まあ、だいたい sin/cos より sqrt のほうが軽いのは確かっぽいので、正規化のほうがいいでしょう。

で、90°曲げるってのが sincos 使わないの? って思うかもしれませんが心配ご無用。90°ってわかってるわけですから

$$\begin{pmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$(-y, x)$

にしときゃいいわけですよ。例えば、同じ大きさのブロックを並べていると仮定します。そうすると上辺の計算式は

$$x, \sin(x) * h \rightarrow x + w, \sin(x + w) * h$$

みたいになってるかと思います。とすると、もともと上辺のベクトルが  $x$  ベクトルにあたるわけですから、このベクトル

$$V_0 = (w, (\sin(x + w) - \sin(x)) * h)$$

を 90°回転させると

$$V'_0 = (-(\sin(x + w) - \sin(x)) * h, w)$$

となるわけです。

で、ここまできて『ん?』となる人も多いと思います。そもそも平行四辺形状態なのおかしくね?と。

見た目がおかしいのは X 方向そのままに Y 方向を回転させてしまってる状態だからです。なので実際にはある点(x,y)の次の点というのは、次の点までの幅が w だとすると

$$P_0 = (x, y)$$

$$P_1 = P_0 + \text{normalized}(w, w * \sin(x + w)) * w$$

これも微妙によろしくないですが、まあいいでしょう。

で、ともかく現在のベクトル  $V_0$  と次のベクトル  $V_1$  を計算します。ここが上辺にあたります。

で、これをそれぞれ 90°回転させます。これを  $V_0^R, V_1^R$  とすると真ん中のベクトルは

$$\text{normalized}(V_0^R + V_1^R) * h$$

といった感じになります。normalized は長さを 1 にしてると思ってください。

ちょっと normalized 多くて嫌な感じですが、まあ仕方ないですね。正規化 2 回とかはこの世界じゃよくやります。

それだと



このように短くなり、また動きが気持ち悪くなります。とはいえ、実は最終目的が sin を滑らかに表示することではないため、これは許容します(許容しないと意外とややこしかった)

コードにするとこんな感じです。

```
auto p1 = p0;
p1 += Vector2(block_size,
               50.0f* sinf(0.5f*(float)(frameForAngle+block_size * i) * DX_PI_F / 180.0f)
               ).Normalized()*block_size;
```

//地面の表示

```
DrawLineAA(p0.x, p0.y, //始点
            p1.x, p1.y, //終点
            0xffffffff, 5.0f);
p0 = p1;
```

で、これに画像を乗つけるために、左下と右下を考えます。いきなり画像にするとわかりづらいため、今しばらくは DrawLine で。上辺ができてるから、右辺左辺は簡単ですね。90°曲げときゃいいわけです。

あ、その前に、もう Vector2 に Rotate90, Rotated90 なんて作っておいたほうが楽でしょう。

void

```
Vector2::Rotate90() { //90° 回転させる
    std::swap(x, y);
    x = -x;
}
```

Vector2

```
Vector2::Rotated90() const { //90° 回転させたベクトルを返す
    return { -y, x };
}
```

こんな感じ。

はい、

で、こんな感じで線表示

/////四角形表示

```
DrawLineAA(//上辺
            currentPos.x, currentPos.y, //始点
            nextPos.x, nextPos.y, //終点
            0xffffffff, 2.0f);
```

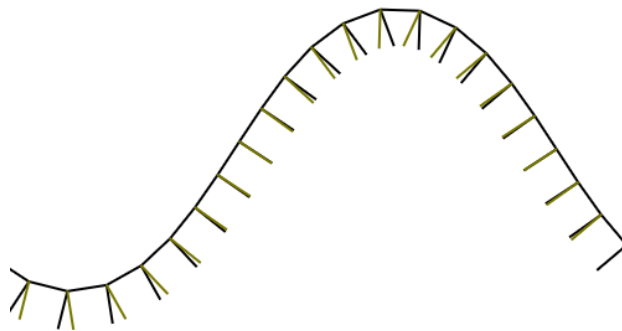
```

auto rightPos = nextPos+deltaVec.Rotated90();
DrawLineAA(//右辺
    nextPos.x, nextPos.y, //始点
    rightPos.x, rightPos.y, //終点
    0xffffffff, 2.0f);

auto leftPos = currentPos + deltaVec.Rotated90();
DrawLineAA(//左辺
    currentPos.x, currentPos.y, //始点
    leftPos.x, leftPos.y, //終点
    0x8888ff, 2.0f);

```

はい、その結果



こんな毛虫みたいになるわけですが、曲がり角が激しいところで隣の 90°との差が開いているのが分かりますね？

これはいただけないので、この中間地点をとります。どうするのか？そう…ベクトルを足し算して正規化ですね。

$$\frac{V_a + V_b}{\sqrt{V_a^2 + V_b^2}}$$

予め直前の 90°を保存しておき…

```
lastDeltaVec = deltaVec.Rotated90(); //直前のを保存
```

そして、それを今のと足して正規化し、そして本来の高さをかけてやるのです。

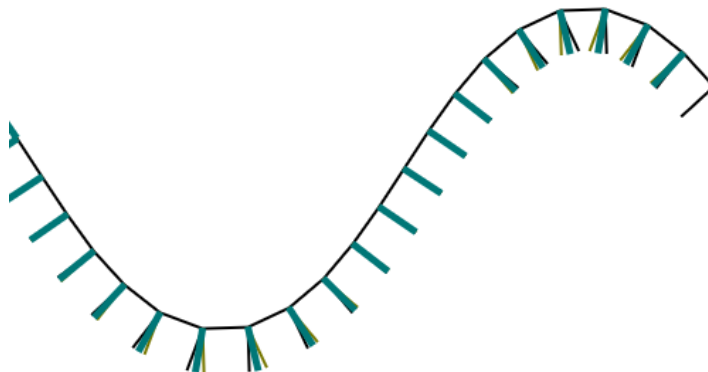
```

auto middleVec = deltaVec;
if (!(lastDeltaVec == Vector2(0.0f, 0.0f))) {
    middleVec = (deltaVec.Rotated90() + lastDeltaVec).Normalized() * block_size;
}

```



}



はい、これでよさそうですね…と思ったのですが、そうはいきませんでした。これで DrawModiGraph を使おうとすると問題が発生します。

線ならいいのですが、DrawModiGraph の場合、描画の時点でこの 4 点が決まっていなければならないので、このやりかただと左側は補正できて右側が補正できないので



こうなります。左が補正されて、右側が 90° のままなのがわかりますね。なので、描画する部分を「現在」とすると、「未来」と「過去」が必要になるのがわかります。とはいえ未来を考えるのはしんどいので、今、過去1、過去2として、過去1を描画という風に考えます。で、最初と最後はそのまま 90° を使えばいいという風に考えます。

ややこしいですね。書いてる僕もややこしいですが、後々のことを考えるとちょっとここはクリアしておきたい。

過去を配列にします。ああ、めんどく

```
Position2 lastDeltaVectors[2] = { {0.0f,0.0f},{0.0f,0.0f} };
```

```

auto middleVec0 = deltaVec;
if (!(lastDeltaVectors(0) == Vector2(0.0f, 0.0f))) {
    middleVec0 = (deltaVec.Rotated90() + lastDeltaVectors(0)).Normalized() *
block_size;
}
auto middleVec1 = deltaVec;
if (!(lastDeltaVectors(1) == Vector2(0.0f, 0.0f))) {
    middleVec1 = (lastDeltaVectors(0) + lastDeltaVectors(1)).Normalized() *
block_size;
}

```

とし

```

auto middlePosL = currentPos + middleVec1;
auto middlePosR = nextPos + middleVec0;

```

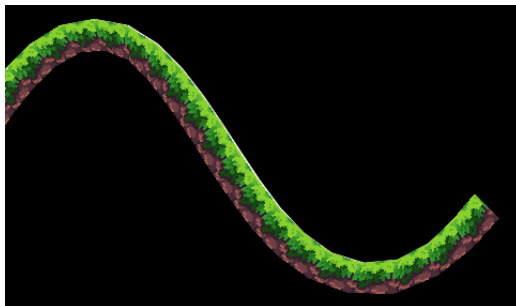
ってやって

```

DrawRectModiGraph(
    currentPos.x, currentPos.y, //左上
    nextPos.x, nextPos.y, //右上
    middlePosR.x, middlePosR.y, //右下
    middlePosL.x, middlePosL.y, //左下
    48, 0, //元画像の左上
    16, 16, //元画像の切り抜き幅、切り抜き高さ
    bgAssetH, true);

```

とやれば…



となります。あ、でもダメだ。過去1でやってるのに上辺がそのままだわ。

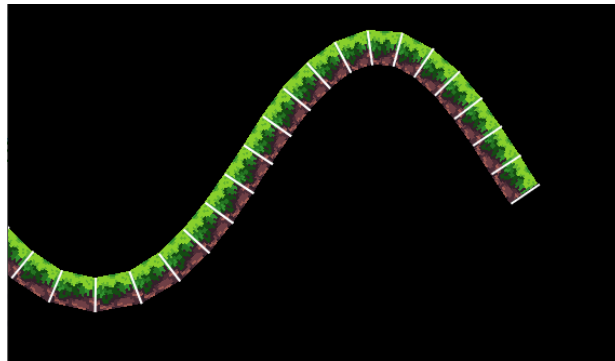
DrawModiGraphで見るとわかりづらいのですが、線を引いてみれば…



はい、ずれているため歪になっていることが分かります

というわけでひとつ前の座標も取っておいて、1つ過去の表示を行うようにしましょう。  
とはいえ、これだと右端が表示できないので、右端に来たら現在のを表示しましょう。

はい、そこまでやってやっと…



ただ、これだと、X 方向がほとんど進まなくなるため、やはり横方向は一定で、多少間延びしても厚さだけあればそれっぽく見えるので、それでいったほうがいいと思います。

コードはこんな感じです。

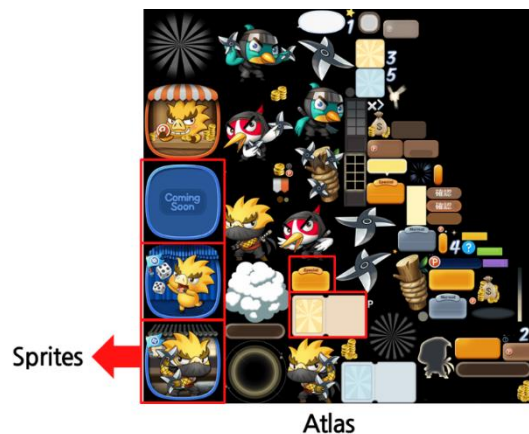
```
if (lastPos == Vector2(0.0f, 0.0f)) {
    auto middlePosL = currentPos + middleVecL;
    auto middlePosR = nextPos + middleVecR;
    DrawRectModiGraph(
        currentPos.x, currentPos.y, //左上
        nextPos.x, nextPos.y, //右上
        middlePosR.x, middlePosR.y, //右下
        middlePosL.x, middlePosL.y, //左下
        48, 0, //元画像の左上
```

```
        16, 16, //元画像の切り抜き幅、切り抜き高さ
        bgAssetH, true);
    }
    else {
        auto middlePosL = lastPos + middleVecL;
        auto middlePosR = currentPos + middleVecR;
        DrawRectModiGraph(
            lastPos.x, lastPos.y, //左上
            currentPos.x, currentPos.y, //右上
            middlePosR.x, middlePosR.y, //右下
            middlePosL.x, middlePosL.y, //左下
            48, 0, //元画像の左上
            16, 16, //元画像の切り抜き幅、切り抜き高さ
            bgAssetH, true);
    }
```

## DrawRectModiGraph

では DrawRectModiGraph がメインで使われる場合はどういう状況かというと…まずは前回の地形の状況においても、背景のデータが『パッキング』『アトラス化』されていることがあり、あ、アトラス化ってのは、1枚の絵にまとめられているやつね。

ちょっと適切な素材がなかったんで。用意してないんですが、

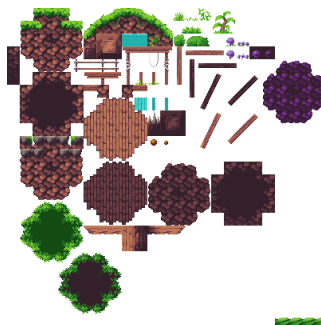


こういう風にまとまってるやつですね。ファイルに分かれてないので、RectGraph の機能で一部抜き出して、ModiGraph 等の機能でゆがませるわけです。

例えば

<https://anokolisa.itch.io/basic-140-tiles-grassland-and-mines>

を落としてくると



こんな構成になっています。

いや、斜めの地面あるじゃんと思うでしょうけど、こういう素材ばかりでもないの…。

では、試しに、先ほどぐにゃぐにゃさせた地面をこれを使って再現してみましよう。



この部分を使います

この素材、ちょっと小さくて、赤い部分が(48~64,0~16)なので多少引き延ばすことになりますが、まあいいでしょう。

というわけで、以下のように DrawRectModiGraph を使えば…

```
DrawRectModiGraph(x, y, //左上
    nextX, nextY, //右上
    nextX, nextY+32, //右下(右上から真下に落としてる)
    x, y+32, //左下(左上から真下に落としている)
    48, 0, //切り抜き元画像の左上
    16, 16, //元画像の幅、高さ
    bgAssetH, true);
```

以下のような結果になります。



はい、簡単ですね

で、この一部だけ抜き出してさらに変形するって部分なんですけど、itch.io とかのデータではそれなりに使用されてて、



チヨットこの例だと回転とかなくて詰まんないんですが、いいのなかった。で、この情報だけだとどこで切り取ればいいのかわからないので、json ファイルというのに保管されているんだ。

```
{ "frames": [
{
    "filename": "acorn-1",
    "frame": { "x": 16, "y": 2, "w": 10, "h": 13 },
    "rotated": false,
    "trimmed": true,
```

```

    "spriteSourceSize": {"x":3,"y":0,"w":10,"h":13},
    "sourceSize": {"w":16,"h":14},
    "pivot": {"x":0.5,"y":0.5}
  },
  { ...

```

こんなやつ。で、これってどういうツールを使っているかというと TexturePacker なんてのを  
使ったりするわけです。

<https://www.codeandweb.com/texturepacker>

その名の通りテクスチャをパッキングするやつです。等幅にすると無駄が多かったりします  
からね。ただ、こいつ、有料です。無料で使うこともできますが、機能制限があります。

で、こいつはエクスポート時にどこでぶった切ればいいかってのを出力してくれます。とはい  
え、有料じゃみんなにお勧めできないなということで、フリーってかオープンソースなの見つ  
けてきました。

<http://free-tex-packer.com/>

これ、ほぼ有料のやつと同じでうひょーって感じなんだけど、こいつ訴えられてなくなるかわか  
らないので、今のうちにソースコードを落とすとくのはありかも。で、

<https://free-tex-packer.com/app/>

ここで Web 版を使うことができるので使ってみよう。試しにやってみると



このように出力面積が最小になるように出力されます。もちろんこのままじゃ使えませんの  
で、Export します。すると...

```

    "rotated": false,
    "trimmed": true,
    "spriteSourceSize": {
      "x": 15,
      "y": 4,
      "w": 34,
      "h": 31
    },
    "sourceSize": {

```

```

        "w":50,
        "h":37
    },
    "pivot":{
        "x":0.5,
        "y":0.5
    }
},
"b.png":{
    "frame":{
        "x":140,
        "y":22,
        "w":27,
        "h":31
    },
    "rotated":true,
    "trimmed":true,
    "spriteSourceSize":{
        "x":5,
        "y":2,
        "w":27,
        "h":31
    },
    "sourceSize":{
        "w":50,
        "h":37
    },
    "pivot":{
        "x":0.5,

```

はい、こんな感じで出力されます。回転アリのものは Rotate が True になっていますね。また、Pivot ってのが、画像の中心点になりそうだな、というのも分ると思います。

あ、ちなみに C++ 側にこの json 読み取りコードを書くのはお勧めしません。めっちゃ手間がかかります。C++ はバイナリは得意だけど、テキストは苦手なんです。

一応 json 読み取りライブラリ自体はあるっぽいんですが…。



また、それ以外の用途としては曲がるレーザーなどに使われます。

例えば画像が仮に



こういう画像だったとします。もちろん蛇でもドラゴンでも構わないのですが…

これをいい感じに曲げたいとします。



2D なんでもこうはならんのですがとにかく曲げられます。こういうのはシューティングの『曲がるレーザー』などにもみられてて



古いゲームなのでたぶん実際のこのゲームの実装は授業で話す内容とは違うと思いますが、まあなるべく簡単に実装できるようお話しします。

もっとも手っ取り早くやるなら、単純に等分割します。



で、さっきと同じことをやります。たぶん意外と簡単かなと思います。ただ、さっきのと違って 1 つの繰り返しではないため、頭から尾に行くにしたがって、元画像の参照位置もずらしてあげなければいけないことに注意してください。

## 1 枚絵をぐにゃぐにゃさせる

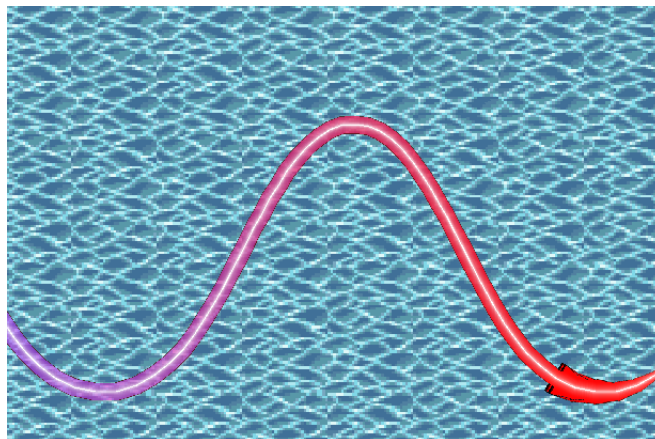
一応今までやってきたことの最終目的がこれだからね。頑張っていきましょう。

Teams サーバに



これを arrow.png って名前で置いてるので、とっておきましょう。

とりあえず、同じようにすると以下のようにできます。



但し画像の元の長さ以上には長くできないので、これは以下のような工夫をしています。

```
constexpr size_t block_size = 16;
constexpr size_t width = 1000;
auto count = width / block_size;
float weight = (float)800 / (float)width;
```

と書いておいて、

```
auto middlePosL = currentPos + middleVecL*2;
auto middlePosR = nextPos + middleVecR*2;
DrawRectModiGraph(
    currentPos.x, currentPos.y, //左上
```

```

nextPos.x, nextPos.y, //右上
middlePosR.x, middlePosR.y, //右下
middlePosL.x, middlePosL.y, //左下
i* block_size, 0, //元画像の左上
block_size, 64, //元画像の切り抜き幅、切り抜き高さ
arrowH, true);

```

てな感じに書きます。

あ、ちなみにゼロベクトルですが…

ヘッダーでこういう風を書いて

```

Vector2{
    (中略)
    static const Vector2 ZERO;
}

```

cpp 側でこう書いときます。

```
const Vector2 Vector2D::ZERO(0.0f,0.0f);
```

## ホーミングレーザー

はい、シューティングとかでよくあるホーミングレーザーやってみましょ。

というわけでまずは軌道から考えるんだけど、最初内積とか使ってたうんぬん考えたのよね。

で、こんな感じに書いてみたのですが…

```
//ホーミングレーザー
```

```

Vector2 laserVec = Vector2(1.0f, 0.5f).Normalized();
Vector2 dirVec = (enemypos - player.pos).Normalized();
Position2 laserP = player.pos;
while (true) {
    auto nextLaserP = laserP + laserVec * 32.0f;
    DrawLineAA(laserP.x, laserP.y, nextLaserP.x, nextLaserP.y, 0xff4444, 8.0f);
    auto tmpVec = (dirVec + laserVec).Normalized();
    while (Dot(tmpVec, laserVec) <= 0.9f) { //角度が離れすぎているなら採用しない

        tmpVec = (laserVec + tmpVec).Normalized();
    }
}

```

```

    }
    laserVec = tmpVec;
    laserP = nextLazerP;
    if (laserP.y < enemypos.y) {
        break;
    }
    dirVec = (enemypos - laserP).Normalized();
    auto dot = Dot(laserVec, dirVec);
    if (abs(dot) >= 0.995) {
        DrawLineAA(laserP.x, laserP.y, enemypos.x, enemypos.y, 0xff4444, 8.0f);
        break;
    }
}

```

まー、手間と可読性の悪さのわりにクオリティもよくない、処理速度もあまりよくないので「これは観念して atan2 を使ったほうがいいな」と思いました。

まあ、それはそれ、やりたいのはこういう事。

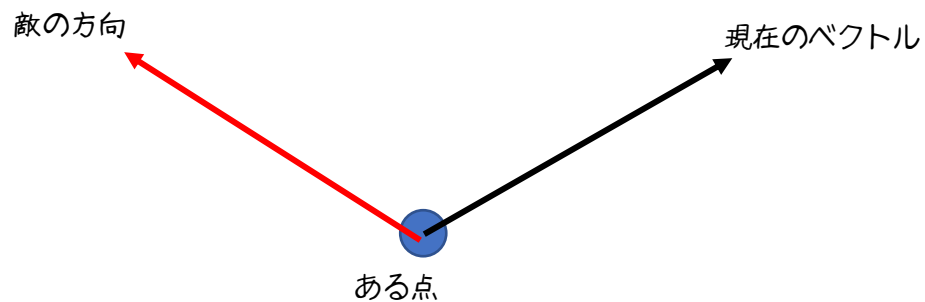


まるで桃みたいだあ…。

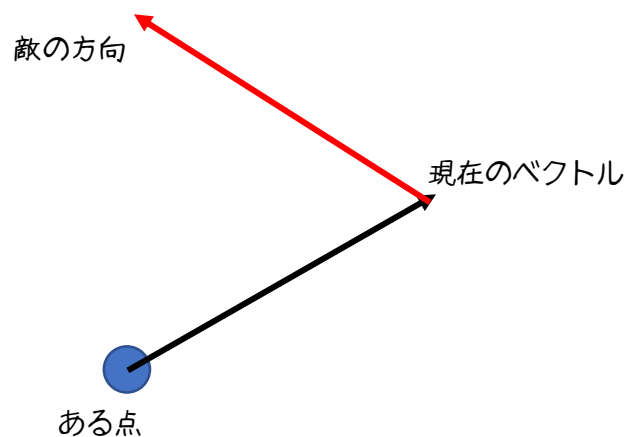
**まずはホーミング弾から**

はい、先ほども言ったように無理せず acos でやった方がシンプルだと思うので、理屈を書いていきます。

ある点において、



こういう関係になっていたとします。いくらホーミングとはいえ

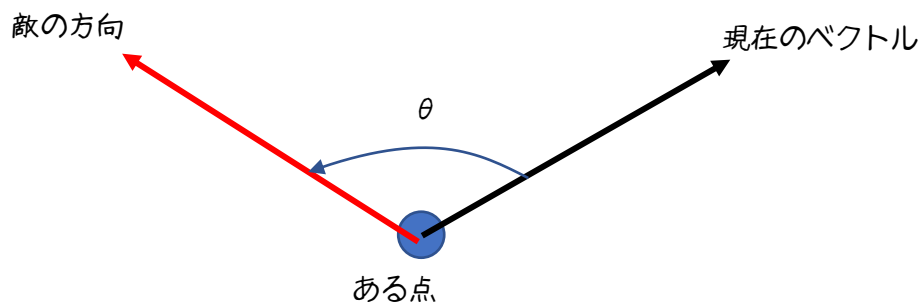


こういう動きをするのは不自然ですね？

そこで不自然にならない角度を決めておきます。ひとまず30度くらいを考えておきましょうか、 $\pi/6$ ですね。

まず、現在のベクトルを敵の方向に向かせるためにはどの程度角度をいじればいいのか考えましょう。

例えば敵方向ベクトルを  $E(e_x, e_y)$  で、現在のベクトルを  $V(v_x, v_y)$  とします。この場合、 $V$  から  $E$  に持っていきたいのですから



こうですが、この角度を求める事は  $\text{acos}$  で出来ます。ただし、 $0 \sim 180$  までしか測定できません

…が、それでいいのです。

$$\theta = \arccos(E \cdot V)$$

はい、これで左回りか右回りかわかりませんが、 $0 \sim 180$  までを知る事ができます。で、これの上限を  $\pi/6$  にします。つまり

$$\theta = \theta > \pi/6? \quad \pi/6: \theta$$

というわけです。もしくは

$$\theta = \min(\theta, \pi/6)$$

さて、これで一度に動く角度が制限されたわけですが、どちら回りかわかりません。しかしこれは意外と簡単なのです。

外積を使います。

$A \times B$  と  $B \times A$  が逆の結果になる事を利用します。

中学数学の座標系では反時計回りがプラスなので、それで説明すると

$A \rightarrow B$  がプラス方向の回転なら  $A \times B$  はプラスの結果を返します。逆ならマイナスです。わかりやすいですね。そこでこの結果の符号だけを取り出し、先ほどの  $\theta$  に乗算します。これで  $\theta$  or  $-\theta$  となります。

で、あとは

$$V += (\cos \theta, \sin \theta)$$

でゆっくりと、敵の方向に向かいます。

但し注意点…これで敵に当たるまでホーミングすると、ホーミングが一定の長さを持っている以上相手の周りをグルグル回って無限ループになる事があります。

これを防ぐためには、補正回数に制限を加える(10 回まで等)や、Y座標が敵を超えたらもう素通りする…などを行います。

あと、角度の差が無い場合( $\pi/10$  未満)は描画回数がもったいないので直進させるのもいいで

しょう。

### 簡易版ホーミング弾

もうこれでいいかなーっていうくらい割といい感じでホーミングしてるので、簡易版のホーミング弾を紹介しておきます。

```
hshot.vel = (hshot.vel + (enemypos - hshot.pos).Normalized()).Normalized()  
            * homing_shot_speed;
```

はい、ぶっちゃけ一行で済みます。短くシンプルってことは、処理速度的にも負担が軽いという事なので、試しにやってみたところが思わぬ発見です。

最初に予定していたやり方とは違うんですが、ちゃちゃっと書いてみたものがこのような結果になる事は実はよくあります。

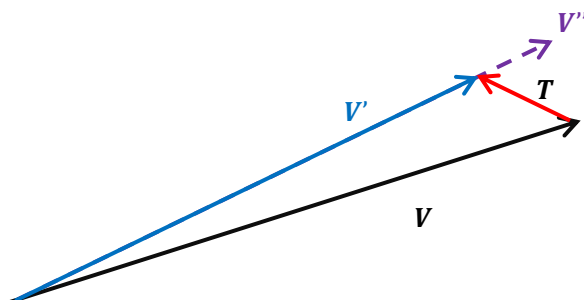
分かりやすいとは思いますが、一応数学的に言っておくと、もともとの弾速を  $V$  として、敵の方向を  $T$  とすると

$$V' = V + \frac{T}{|T|}$$

としています。 $V$  はもともと一応スピード 10 くらいだと考えてください。で、このままだとスピードが一定にならないため

$$V'' = \left( \frac{V'}{|V'|} \right) * speed$$

とすることで、一定のスピードを保っていると思ってください。なんでこれで曲がっていくのか分からない人に解説すると、最初の式を図形で書くとこんな感じです。



スピードを一定に保ちながら少しずつ敵のベクトルに近づいていくわけです。最初は弾速ベクトルが支配的ですが、これを繰り返すことで結局

$(V+nT)$ と同じことになり、 $V < nT$  の時に元のベクトルより敵の方向ベクトルが強くなって、これが行きつくところまで行くと、 $T$  そのものになるわけです。

## 軌跡(Trail)

で、このホーミング弾に『軌跡(Trail)』をつけたものがホーミングレーザーというわけです。  
なお、軌跡の英語は Trail だったり Track だったり Trace だったり、あと足跡という意味で Footprint だったりしますが、Unity とか UE4 が Trail と言ってるので、Trail という英単語を使用しておきます。

Trail の実装そのものは

<https://github.com/boxerprogrammer/TestCode/tree/master/TrailRender>

を参考にしようといいたいかなと思うのですが、現状敵の弾も自機弾も Bullet を使用しておりますが

```
struct HomingShot : public Bullet{  
    Trail trail  
}
```

という感じで作っていいかなと思います。なお、Trail 側には持ち主である HomingShot への参照を持たせておきたいので

```
class Trail{  
private:  
    HomingShot&owner_;  
public:  
    Trail(HomingShot&owner);  
    void Update();  
    void Draw();  
};
```

とします。なお、Trail のコンストラクタは

```
Trail::Trail(HomingShot&owner):owner_(owner){}
```

としますが、このテクはご存じですかね…？メンバに参照もたせる時には必須のテクです。  
まあ別に参照じゃなくてもいいんですけどね。

で、Trail がこうなると持ち主の HomingShot 側にもコンストラクタが必要になり

```
HomingShot():trail_(*this){}
```



とします。

はい、あとはここに Update() で履歴をためていくだけです。vector と list の違いはもういいですね？

履歴には list を使用します。上限を決めて一定にするため

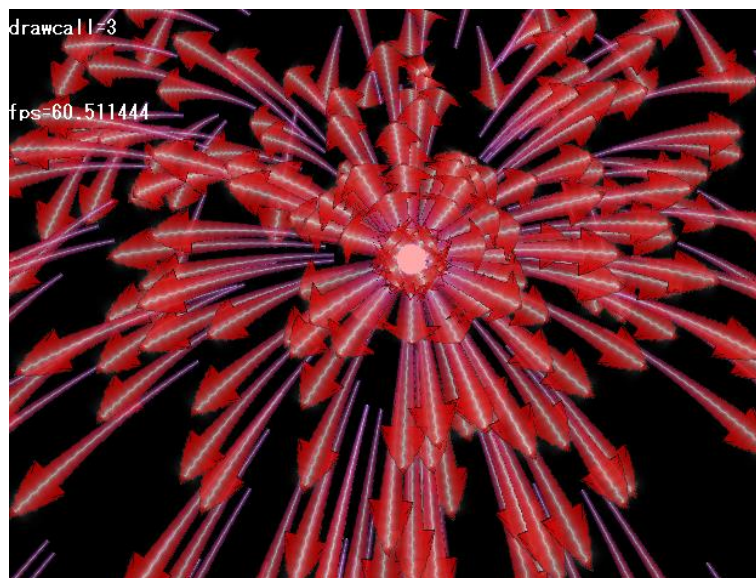
```
history_.push_front(owner_.pos);  
if(history_.size()>history_.limit){  
    history_.pop_back();  
}
```

とします。

## 大量のホーミングレーザーを出してもドローコールを一定に してしまう方法

ここまできるともう『秘伝のタレ』って感じになってきます(秘伝もなんも誰からも教わってないけどな)。決して簡単ではないので、義務ではありません。

このスクショを見てください。



左上の DrawCall を見てください

はい、こんだけホーミングレーザー出てるのに DrawCall は3です。いやいやこれだと 100 は超えてるでしょ？

って思われるかもしれませんが、実際に3なんです。前にも言ったように Drawcall は遅くなる原因なのでなるべく抑えておく必要があります。

え？もしかして、別バッチャに大量に描画しといて、その板ポリを見せてるだけ？  
いやいや、そんなズルはしません。

DrawRectModiGraph は(あれでも)簡単にするために、中で色々なことをやってくれています。しかしそのために最適化的なところは犠牲になったのだ…わかりやすさの犠牲にな。

つまりこういうことをやろうとすると今度は『わかりやすさを犠牲にするのだ』

はい、そこで使うのが

DrawPolygonIndexed2D

です。そうや/バ1関数にも見えませんが、隠し関数の一つです。

<https://densanken.com/wiki/index.php?dx%A5%E9%A5%A4%A5%D6%A5%E9%A5%EA%B1%A3%A4%B7%B4%D8%BF%F4%A4%CE%A5%DA%A1%BC%A5%B8>

まあ、どのみち DrawRectModiGraph の時点で隠し関数だったし、多少はね。

2D 用の関数ではありますが、3D の仕組みを使っていると思っていただいて結構です。  
インスタンスング？いや、そこまではしません。ただ単に『1回描画』で終わらせるだけです。

どうするのかというとすべて△ポリゴンで書きます。でもそんなことをすると頂点数が多くなりすぎます。それだと本末転倒です。

そこで『インデックス』というものをを使うわけです。

## 継承プロジェクト

はい、ちょっと授業の進行が遅くて申し訳ない。おそらく腹立たしく思っている人もいるかもしれない。

そんなあなたのために、僕のサンプルプロジェクトを公開します。

<https://github.com/boxerprogrammer/TestCode>

はい、テストコードって言うとかなりしょーもないイメージがありますが、数は多いので参考になるものも多いんじゃないかと思います(もともと授業のためのネタ帳用なので教えたいことが詰まってるはず)

まあ、一部アセットないと動かないので、動かしたいけどアセットで動かないという場合は中のコードを見てアセット集めてください。分からなければ聞いてください。

あと、数学的なのも上げときます。

<https://github.com/boxerprogrammer/Mathmatics>

あと、ゲーム系とか

[https://github.com/boxerprogrammer/2d\\_actiongame\\_samples](https://github.com/boxerprogrammer/2d_actiongame_samples)

[https://github.com/boxerprogrammer/game\\_samples](https://github.com/boxerprogrammer/game_samples)

この辺は、僕の過去のPDFと照らし合わせながら見といてください。まだ全然一部しか挙げてないので、今後ぼっちぼち上げていきたいかなと思います。

# ちょっと待ておい(意外と知らない事多すぎ)

## 文法どれくらい知ってる？

このところ授業やってて、しれっと範囲 for 文とか auto 使ってたんだけど、もしかして…習ってない？

### とっても便利な auto くん

はい、みんな大好き auto くんを紹介します。もう知ってると思いますけどね。便利すぎますもん。いいゾ～これ。

auto は自動で型を決定してくれる機能です。

つまり…

```
auto seisu=10;  
auto shosu=3.14f;
```

などと記述することが可能なのです。

え？そんなの C/C++ じゃないやい!!! と思うかもしれませんが、そこは大丈夫。C/C++ はそれでもまだ静的型付け言語ですよ。auto で宣言された変数もきちんと型を持っていますし、実行中に型を変更することはできないです。

タネを明かすと、

**auto で宣言される変数の型はプリコンパイル時に右辺値の型により決定される。**

です。つまり僕らにとっては『型なし』に見えるけど、コンパイラは右辺値を見て、あ int 型やな？ float 型やな？ ってやってくれるわけです。ですから前の例は

僕らには

```
auto seisu=10;  
auto shosu=3.14f;  
こう見えていますがコンパイラには  
int seisu=10;  
float shosu=3.14f;  
のように見えてるわけです。
```

これが auto です。便利でしょ？まあこの使い方だとまだ便利さは大して見えてこないのですが『ラムダ式』や『範囲 for 文』と組み合わせると結構便利に感じると思います。

ということで範囲 for 文から

## 範囲 for 文とは…

for 文を利用する場面を考えたとき、かなりの割合で『コレクション』（配列や vector などの総称）を巡回するのに使われます。for 文は初期値と終了条件と毎回のインクリメントなどを記載して作ります。

でもコレクション全部回るの分かっているのにあの定型句を書くのは無駄ですよ？ということで C++11 から追加された仕様が範囲 for 文です。

C++ では for(i=0; i<MAX; ++i) 的な for 文だけではなく、ちょっと変わった for 文が搭載されています。最近では大抵の言語で搭載されているんですが…言語によっては foreach なんて言い方をしたりします。

なんじゃそりゃ…と思うかもしれませんが、とりあえず C 言語の for 文を思い出してみましょう。

```
int a[]={1,3,5,7,9,2,8,4,6,0};
```

という配列を出力するには

```
for(int i=0; i<sizeof(a)/sizeof(int); ++i){  
    printf("%d\n", a[i]);  
}
```

とするでしょう？

こういうのをもう少しすっきり書く方法が C++ に追加されています。

文法は

```
for(型 変数名 : 配列とか){
```

配列の内容が変数に入った状態でループを回ります

```
}
```

という文法が追加されていますので、先ほどのループを書き換えると

```
for(int e : a){
```

```
        printf("%d\\n",e);  
    }
```

こうなります。シンプルでしょ？

さらに auto を使うと

```
for(auto e : a){  
    printf("%d\\n",e);  
}
```

と…実はこの書き方が最近の定番なので覚えておいたほうが良いかもしれません。

あ、この書き方の注意点ですけど…値の取得だけならこれで問題ないんですが、値の設定をしようとする上、上の書き方では問題あるんですね。例えば

```
for(auto e : a){  
    e=rand();  
}
```

としたとするじゃないですか？

そしたら、実際には a の配列の中身の値がランダムになってなきやいけないんですが、このやり方ではそうはなりません。何故なのでしょう？

それは e が『配列要素のコピー』に過ぎないからです。ですからループを抜けた後では代入の意味がなくなっちゃってるわけです。これに対処するには…

```
for(auto& e : a){  
    e=rand();  
}
```

アンパサンド(&)をつけます。もし for 内部で値の変更を行わないならば const をつけることでそれを回避できます。

```
for(const auto& e : a){
```

```
cout << e << endl; //ただし中身の変更はできないし const 以外の関数も呼べない  
}
```

あと、ごらんのように、コレクションのひとつひとつを auto で指定することもでき、いちいち配列とか vector の 1 要素の型を調べなくてもいいわけです。

まあ、この辺が余裕余裕という人はラムダ式も使おうね!

## ラムダ式

さあ、久々にくるぞ〜キツツいのが。

関数プログラミングでよく出てくる話なんですけど、関数プログラミングからのアプローチだとかなりややこしいので、結論から書くと…

### 概要

文法は

```
[キャプチャ](パラメータ){  
    ここに関数の中身を書く  
}
```

これは省略可能なものをすべて省略したシンプルなバージョンですね。フル文法は

```
[キャプチャ](パラメータ)mutable->戻り値{  
    ここに関数の中身を書く  
}
```

となっています。いや、どっちにしろわからん。



…何それ？関数名もないの？…ありません。

いわゆる『無名関数』となっており、変数に代入することもできます。分からんでしょうから使い方からやって行きましょう。

### もっとも簡単なラムダ式

一番簡単なラムダ式は

```
()(){}; // 角括弧、丸括弧、中括弧、セミコロン
```

という何もしない関数です。

### 当然です。関数オブジェクトですから

もちろんこれを変数に入れることもできます。当然です『関数オブジェクト』ですから。

```
auto function=(){ };
```

```
function();//呼び出し
```

などというふうにも使えます。使えますがこれでは大してうまあじではないようにみえますね？

例えば『何かを 10 回繰り返す関数』という相当アバウトなものがあつたとする。この『何か』つてのがここで代入するラムダ式だとすると

```
//とにかく 10 回繰り返すマン
```

```
void Repeat10Times(void(*func)()){ // 関数ポインタだがラムダ式でも OK
```

```
    for(int i=0; i<10; ++i){
```

```
        func();
```

```
    }
```



```
}
```

を予め作っておいて

```
Repeat10Times(()(){printf( " lambda\n" );});
```

なんて書くと lambda が 10 回出力されます。

何となく分かるだろうか？例えば cocos2d-x などではなんかしらのアクションを行う際に

```
ゲームオブジェクト->runAction(アクションオブジェクト);
```

という風な記法で記述していく。アクションそのものをオブジェクト化しているという非常にオブジェクト指向らしい構造をしていて、ここに Rotate だの Move だのから作ったオブジェクトが入ることにより回転したり移動したりします。

そこまではよくある話なんだけど、僕は 6 年くらい前(3.0 時代)に cocos2d-x を使ったときにおおースゲーと思ったのが、ここにラムダ式で作ったオブジェクトも入れられるってことだったんですね。

```
sprite->runAction(CallFunc::create([&])(){  
    //なんかしら処理  
}));
```

これができるようにするにはほかのオブジェクトも拡張可能に作っているわけで、何とも感心したものです。(ちなみに毎年出てくるのですが『俺はゲームエンジン作るゾ〜』って人、参考にするならこの cocos2d-x くらいがちょうどいいです。Unity や UE4 を目標にするのは、やめとけと言いたい。一生を費やすなら別だけど、その間に UE は 10 くらいになってるだろうし、不毛ですよ)。

### 引数ありのラムダ式

ちょっと横道にそれましたね。

では次に引数等について考えてみよう。引数は丸括弧の中を書く引数に 2 つの int を使うのならば

```
()(int a, int b) {  
    cout << a+b << endl;  
};
```

という風に記述する。普通の間数と同じですね。

通常は関数内関数なんてものは定義できないんですがラムダ式だけは定義できるのです。当然です『関数オブジェクト』ですから。

## 『キャプチャ』について…お話しします

では最後に角括弧は何を表しているんだろう。

各カッコに囲まれたパラメータ…これはキャプチャといいます。キャプチャというのは、これは『環境』や『クロージャ』と呼ばれるもので、C++ではこれを『キャプチャ』といいます。

このラムダ式を定義した時の周囲のオブジェクトそのものを、ラムダ式内で使えるようにするためのものなのです。基本的には周囲にある特定のオブジェクトをコピーして関数オブジェクト内に保持します(このため『束縛値』とも呼ばれます。)

通常はラムダ式の中からは引数に対してしかアクセス出来ませんが、この『キャプチャ』を使えば呼び出し側の持っている情報に直接アクセスできます(ラムダ式を作った時点の周囲のオブジェクトを内部にコピーして持っているため)

例えば

```
func=(this)(){  
    this->hensu=10;  
};
```

としてクライアント(呼び出し側は)が

```
func();
```

としたとすると this には呼び出し側の this オブジェクトが入るのです。正確に言うと this のアドレスをコピーして内部に持っています。

これが結構強力なツールになります。そのうち必要になるので何となく頭の片隅に入れておきましょう。欲キャプチャする代表的なもの

- 変数名：その変数の値をコピーします
- &変数名：その変数の参照をコピーします
- this：呼び出し側の this アドレスをコピーし、\*this を使える状態にします
- :: 周囲の変数をすべてコピーします
- & 呼び出し時点で得られる参照をすべてコピーします

もっともっといろいろとありますけど、頭パンクするでしょうしこんなもので。

### ラムダ式について評価する前に…ちょっといいかな？

こういうクラスを見てくれ…こいつをどう思う？

///ファンクタ

```
class Functor {
    private:
        int closure;//クロージャを模している
    public:
        ///()関数呼び出しオペレータオーバーロードがミソ…。
        int operator()(int param1, int param2) {
            return param1 + param2;
        }
};

Functor functor;
cout << functor(12, 14) << endl;
```

凄く…ラムダ式っぽいです…。そうなんです実はこいつがまあラムダ式の正体ともいえるんです。

ちなみにラムダ式の型はいつも auto で受け取っていますが、これ…auto じゃなかったらどんな型になるかお判りでしょうか？…知らん？そうですかあ…

知らねば教えて進ぜよう。

```
auto func={} (パラメータ)->戻り値の型{};
```

を受け取る型とは…

```
std::function<戻り値の型(パラメータ)>
```

でございます。こいつは先ほどの Functor みたいな型を作るテンプレートクラスとなっております。

とりあえず、ここまでが前提知識になるが…よろしいかな？

### ラムダ式に関する注意

ラムダ式…これはいいものだ。ただ、ラムダ式の正体を知らないと思わぬ落とし穴にハマる事もあるゾーこれ。ということで、先ほどラムダ式の招待を知ってもらいました。



すげえ邪悪な気を放ってる…はっきりわかんだね  
さて、ラムダ式のだいたいの構造が分かった事と思うが、ちょっとさっきの Functor クラスのコードを思い出してほしい

```
///ファンクタ  
class Functor {  
    private:  
        int closure; // クロージャを模している
```

さて…

クロージャってのは分かりますね？ラムダ式の角カッコ(=)の部分ですよ。こいつはこのラムダ式が定義されたタイミングで、周囲の環境のコピー(キャプチャ)を取ります。ですからクロージャは環境とかキャプチャとか言われたりします。

一見便利ですが…実際便利なのですが、よく考えてほしい。

キャプチャ…コピーを取るという事は、メモリをそれだけ食いつぶすという事だ。つまり不用意に(=)を使うとどうなるか？

```
void Function(){  
    Test t1(16), t2(12), t3(18);  
    t1.Out();  
    t2.Out();  
    t3.Out();  
    auto lambda = [=]() {}; // このラムダ式は内部に t1, t2, t3 を保持している  
    (中略)  
}
```

と言うコードは

```
class Functor{  
    private:
```

```

    Test _t1,_t2,_t3;//もったいないいなあ...
public:
    Functor(Test t1,Test t2,Test t3):_t1(t1),_t2,_t3(t3){}
    void operator()(void){
    }
};

```

に展開されるため、使わなくても sizeof(Test)\*3 ぶんメモリは自動で食いつぶされるわけです。イヤだねえ…。

### 自重しないラムダ式について解説

解説を書き忘れてましたが、自重しないラムダ式は

**(キャプチャ)(パラメータ)mutable->戻り値(decltype){中身};**

でした。さて、ここまでの解説をなんとかかんとかが理解いただけた皆様ならなんとなくわかりますよね？

新2年生には…辛いかも？

とりあえず mutable と戻り値は省略可能なんだけど、この mutable ですが、もう少しいうと mutable or const なのです。そしてデフォルトは const です。

何かというと『コピーキャプチャ』した変数の書き換えを可能にするかどうかです。ちなみに参照は書き換えても OK です。

そして、戻り値のところに書いてある decltype ですが、これはもし戻り値が記述されてない場合 return の式により戻り値の型を決めてくれるというものです。

ですから、よほど特殊なことがない限り戻り値指定は必要ありません。ただなんかしらの理由で型変換したいときには戻り値を明示的に指定します。

しかし、その場合は『キャストすればいいじゃん』と思うので、あまり必要ないですね。

これもこの辺にしとかなないとパンクしそうなので、あとは使いながら覚えていきましょう。

### constexpr

昔の参考書だと、『#define の代わりに const 型名=を使おう』と書かれていますが、これはいわゆるプログラミングの禁じ手『マジックナンバー』を避けるための指針です。

#### マジックナンバーの例

例えばよくあるコードかもしれませんが、

```
switch (playerStatus) {  
case 0: //ニュートラル  
    Neutral();  
    break;  
case 1: //ガード  
    Guard();  
    break;  
case 2: //ダメージ  
    Damage();  
    break;  
case 3: //攻撃中  
    Attack();  
    break;  
case 4: //ダウン  
    Down();  
    break;  
case 5: //死  
    Dead();  
    break;  
default:  
    assert(0);  
}
```

だいぶ縦長ですが…これはいけませんね？コメントを書けばいいってもんじゃないんです。就職面接練習でよく『コードをきれいに書くよう心がけています!!』みたいな人がいますが、

おれ『ホウ、具体的に何をしているのかな?』

学生『コメントをきちんと書きます!!』

もうね、これいやな予感しかないわけですよ。コメント書いてればいいってどっかで読んだのかそういう教育を受けたのか…はっきり言ってダメです。不採用。

多分どこかで後述しますが、クソコードを構成する要素の一つに『マジックナンバー』というものがあり、前述のコードのように 0,1,2,3,4,5 のステータスがいきなり出てくるわけです。このステータスを別で使おうと思ったらまた、参照しに行かなければならないわけですよ。

今回は実際に学生のコードで何度も見た switch の例を取り上げましたが、例えばこういうのもありました。

```
//着地
if(player.pos.y>456){
    player.vel.y=0;
    player.y=456;
}
```

ぼく「…ふざけるな!!!456 ってなんだよ。」

学生「地面の高さです。コメントで着地って書いてるじゃないですか」

ぼく「はあ〜、あ ほ く さ。辞めたらプログラマ。俺は今までお前のクソコードを我慢してきた。いまからそのちかえし(矯正)をしてやる」

### **#define による定数定義(C 言語)**

という具合に謎の数がバシバシ出てきます。はい、こういうのをなくすために C 言語では #define を用いて

```
#define GROUND_LINE 456
```

とし、

```
//着地
if(player.pos.y>GROUND_LINE){
    player.vel.y=0;
    player.y=GROUND_LINE;
}
```

としていました。

### **C++では const int などが推奨されるように**

しかし C++からはこういう場合は `const int GROUND_LINE=456;` が推奨されるようになりました。何故かというと define はコンパイル時にそのまま何も考えずにその数値に変換してしまうため副作用の心配がありました。

これによって `const 型名 定数名=リテラル;` というのが推奨されるようになりました。

しかし、既に見てきたように `const` の右辺値はコンパイル時に決定されるのではなく、実行時に決定するもので、厳密な意味での「定数」とはいえない状況でした。そこで出てきたのがこの `constexpr` です。

## constexpr の登場

これは constant-expression を略したもので「定数式」という意味です。const と違ってコンパイル時にリテラルとしてふるまうようになります。つまりコンパイル後は define と同じような挙動にはなるのですが、型チェックなどが行われるため、#define と const の双方の厳密性を混ぜたようなものだと思います。

これは「明らかな定数」に使用します。つまり先ほどの着地の場合ならば

```
constexpr int GROUND_LINE=456;
```

とし

```
//着地
```

```
if(player.pos.y>GROUND_LINE){  
    player.vel.y=0;  
    player.y=GROUND_LINE;  
}
```

とすればいいわけです。これがマジックナンバーの除去です。

なお、constexpr はコンパイル時解決ができない右辺値はコンパイルエラーを起こしますので

```
constexpr int GROUND_LINE = 456; //OK
```

```
constexpr int RANDOM_VALUE = std::rand(); //ダメ！！
```

下段のように実行時に値が決まる右辺値は認められません。

ちなみに最初の例で constexpr を用いるならば

```
constexpr int state_neutral=0;  
constexpr int state_guard=1;  
constexpr int state_damage=2;  
constexpr int state_attack=3;  
constexpr int state_down=4;  
constexpr int state_dead=5;
```

とすればいいでしょう。うーん、でもこんな風に連番で定義される定数なら enum のほうがいいんじゃない？

確かにそうです。次はその話をしていきます。



## enum と enum class について

enum と enum class ですが、これは知っておいたほうが良い。いやもう知ってると思いますが、活用してる人が少ないと思いますので、ぜひ使用してください。

使い方はいたって簡単

```
enum 型名{  
    要素1,  
    要素2,  
    :  
    :  
};
```

という風にぞろぞろ一つと並べていくものです。

で、Enum は内部的には int 型でできてて、それを enum 型と言っているに過ぎません。どうやりやすいのかというと、例えば敵のデータで

スライム=1

ドクロ=2

コウモリ=3

てな感じで番号によって表す敵が違おうとします。これを 1 とか 2 とかの数値のまま運用すると、この番号を覚えておかなければいけないし、番号の変更があった場合の手間が半端ないわけです。

これが enum で扱うなら

```
enum EnemyType{ //敵種別  
    et_none, //種別なし(0)  
    et_slime, //スライム(1)  
    et_skelton, //ドクロ(2)  
    et_bat //コウモリ(3)  
};
```

と言った具合に表すことができます。

enum は内部的には 0 番から開始して、通しで番号が入るようになっているので、int にキャストして使用することも可能です。

こいつは『マジックナンバー』を防ぐためにあります。例えばなんかしらのフラグとか種別番号とかで 189 とか 32 って数値を書いているバカがいますが、そんな奴はプロのゲームプログラマーとしては認められません⇒ゲーム会社に受からない。

ということ覚えておいてください。

なお、enum はあくまでも、通しの種別等に使用するのに向いているものなので、ビットマスクとか画面の固定幅を表すには const int 等を使ったほうが良いでしょう。

ともかく『マジックナンバー』は極力避けていきましょう。  
とりあえず『クソコード』と呼ばれるものには前述しましたが…

- マジックナンバー(わけわかんねー数字)
- クッソ長い関数(100行超えるな)
- ゾンビコード(消せっ…!)
- クソ深いネスト(深すぎるっ…!)
- コピペコード(関数化しろよクソがっ…!)
- バカコメント、嘘コメント(さようなら〜、そんな害悪は消えてしまえ)
- 名前が不適切(もっと頭使えよ…)

などがあります。しつこいのは、何度言ってもこれが出てくるからです。

プログラマーにとってソースコードは履歴書みたいなものです。いや…ゲーム会社ならば履歴書よりもその人のパーソナリティを表現するものだと思います。

とりあえず企業に提出するコードにこれらの欠点が含まれていたら、どんなに履歴書を綺麗に取り繕っても、面接でそつなく返答したとしても、クズコードを書く奴はクズなのだ扱いされますので、十分に気をつけてください。

`enum class/enum struct`

`enum`にもちよつとした弱点があります。それは、ぶっちゃけ単なる `const int` 定数と同じなので、名前がかぶってることがあるわけです。

```
enum Color
{
    RED,
    BLUE,
    PURPLE,
};
enum TrafficLight
{
    RED, //怒られますよ
    YELLOG,
    GREEN
};
```

という風に、同じ名称の定数を作ることができないのです。ですから今までだとこの場合 `cl_RED`

とか

tl\_RED

みたいな定数の書き方をしていました。これを解消するための仕組みが `enum class` です。↑  
の `enum` を `enumclass` に書き換えると…

```
enum class Color
{
    RED,
    BLUE,
    PURPLE,
};

enum class TrafficLight
{
    RED, //( ^ ω ^ )通るよ
    YELLO,
    GREEN
};
```

というわけです。

また、`enum class` の場合は `RED` を使おうとすると

`Color::RED`

`TrafficLight::RED`

のような書き方になります。

これも面倒な部分があると言えばあって、`enum` と違って `int` に暗黙変換してくれないのです。  
その場合は明示的にキャストする必要があります。

```
int col = static_cast<int>(Color::RED)
```

こうなってくるともう別物扱いですね。なお、`enumclass` と `enumstruct` は挙動が全く同じですので(何のためにあるんや…)、お好きなほうをお使いください。

前項の例を `enum class` で書くと

```
enum class PlayerState{
    neutral, //ニュートラル
```

```
guard, //ガード
damage, //ダメージ
attack, //攻撃中
down, //ダウン中
dead //死
};
と定義しておき、利用する側は
```

```
PlayerState playerStatus = PlayerState::neutral;
(中略)
switch (playerStatus) {
case PlayerState::neutral:    //ニュートラル
    break;
case PlayerState::guard:      //ガード
    break;
case PlayerState::damage:     //ダメージ
    break;
case PlayerState::attack:     //攻撃中
    break;
case PlayerState::down:       //ダウン
    break;
case PlayerState::dead:       //死
    break;
default:
    assert(0);
}
```

いちいち PlayerState::を書かなきゃならないのが面倒ですけどね。

## 実は(比較的)新しい nullptr くん

ぬるぽ。ガッ!!のあの nullptr です。当然何も無い番地を表す nullptr です。  
C 言語や昔の(C++11 以前の)C++の場合は無効メモリを示すために NULL を define 等で定義して使ってた。これは実は中身が 0 であり、厳密なヌルオブジェクトとは言えませんでした。

これはキモチワルイし将来的に色々困るかもしれませんので nullptr という正式なヌルオブジェクトが C++ で定義されました。ヌルポを指定する時に C++ では nullptr を指定しましよ

う。どっかの参考書やサンプルに載ってるからといって NULL を使ってはなりませんぞ？

## 課題②

はい、課題②です。必ず提出してください。

課題に加えて、ASO ゲームショウの作品ムービーの URL を教えてください。加対象とします。

課題について

期限…**8/6(金)18:00 まで**とします。期限厳守なので早めに提出してください。いつもギリギリでしかもできてない人が一定の割合でいます。そんなんでも単位を貰おうって、そんなんじゃ甘いよ。

提出方法…exe とリソースをまとめたフォルダに『学籍番号\_氏名』の名前を付けて、それで zip を作って、チャットにて提出してください。

レギュレーション…exe のタイトルバーの左上に『学籍番号\_氏名』が表示されていること  
あと、ともに動作すること。

あと、他人の学籍番号\_氏名を提出した人はその時点で 0 点とします。

課題内容:ホーミングレーザー

とはいえ、まあできる人できない人いると思いますので、幅を付けます。

- ① とにかくホーミング弾作ってください。これで最低点はあげます(最初の課題①を提出してない人はこれでは足りません。必死こいてレーザーまでやってください)
- ② ホーミング弾の軌跡からラインを作り、そのラインをもとに DrawRectModiGraph でも DrawPolygonIndexed2D でもなんでもいいので、ホーミングレーザーを描画してください
- ③ 自分なりのオリジナル要素で面白いのが入っていれば加点します
- ④ あと、見せたいものがあれば追加したらそれも加対象とします
- ⑤ 最初にも書きましたが ASO ゲームショウ用ゲームのムービーの URL もチャットで送って、その際に自分の担当箇所も書いてください。

※ホーミングレーザーは、ホーミング弾ができて

<https://github.com/boxerprogrammer/TestCode/tree/master/TrailRender>

を参考にすれば普通に作れるので、よほどやる気がないとかじゃない限りレーザーまでやっ  
といてください。

# GitHub 死んだ？

えーと、昨日くらいになんか学生さんが立て続けに悲鳴を上げていたので、ちょっとだけ解説します。

えーとですね、GitHub のやろう、セキュリティ強化のために、ユーザー名+パスワード方式辞めるってよ(まだやめてないが、段階的に試験的にやっつけてらしい)。  
の影響で、一部が一時的に TortoiseGit 使えなくなったりしています。マジかよ…。

<https://news.mynavi.jp/article/20201222-1604003/>

「現在、Git の操作にパスワード認証を利用している開発者は、2021 年 8 月 13 日までに、HTTPS または SSH キーを使用したパーソナルアクセストークンによる認証を導入しておく必要がある。」

だってお( ^ω^ )

じゃあ具体的にどうすんのかというと

<https://docs.github.com/ja/github/authenticating-to-github/keeping-your-account-and-data-secure/creating-a-personal-access-token>

に詳しく描いてるんだけど、PAT(個人アクセストークン)を生成してそれを使う必要があるらしい。

で、これって TortoiseGit で使えんの？って話ですが、

<https://stackoverflow.com/questions/14000173/tortoisegit-save-user-authentication-credentials/15351702#15351702>

が助けになるかな？どうか？

この記事はちょっと古いので、ここかな？↓

<https://qiita.com/idani/items/b6bb2c3348ce9c9d3ad2>