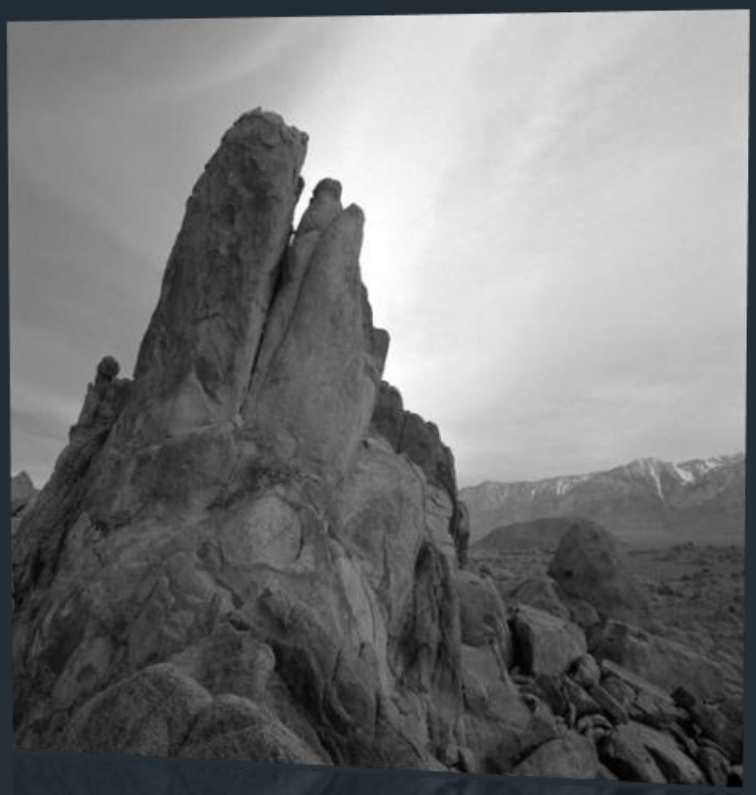


gプログラミング for 大きなゲーム

大きなゲームのためのプログラムとデザインパターン for XNA/C#

野村 周平

目次

はじめに

皆さんこんにちは。野村 周平です。この度はこの本にご興味を持って戴き、誠にありがとうございます。あなたはこの本に興味を持って戴いたということは、多少はゲーム製作に興味があることと存じます。これから実際にゲームを作りながら教えていきたいと思いますので、宜しくお願いします。

私はサラリーマンしながら副業として専門学校でゲームプログラミングの講師をやっています。講師の方は始めてからたったの一年間ですが、教える側としても色々なことがわかりました。知り合いから専門学校の学生はバカばかり、特にここ暫くはゆとりの程度が酷い、と散々なことを吹き込まれて、正直なところ自分もそういう先入観を持っていましたが、いざ蓋を開けてみると実は彼らはレベルが高いんです。例えばクラスとは何者か一応それなりに判っているみたいですし、そこいらの入門サイトレベルの内容なら判るし組めるのです。ゲームもしょうもないワンキーゲーム程度のものでしたらちょこちょこと作れるようです。でも、その学生さんは決まってちょっと大きなゲーム（ここではマリオブラザーズは大きなゲームだと見て良いでしょう）を作らせようとすると、あっという間に破綻してしまうのです。

私はその時学生さんたちのソースコードを見て、なぜ作れないか一目で理解できました。彼らは小さなゲームの作り方しか知らないのです。それも入門サイトのサンプルコードから推察したような作り方ばかり。そこで私は書店へ行き、大きなゲームの作り方を解説している書籍を探しました。確かに幾つかの書籍は、私の教えたい内容に極めて近いものがありましたが、それらは総じて深く考えずに「ゲーム作るぞー！」と意気だっている人が、興味を持って手に取るようなものではありませんでした。そこで、私は筆を執り、彼ら学生さんと独学でゲームを作ろうと勉強している方々のための、大きなゲームプログラムの教科書を作ろうと決意しました。

少々前置きが長くなってしまいましたね。ここから本編に入っていきますので、皆さんどうか宜しくお願いします。最後に、本書を書くきっかけとなりました、東京デザイナー学院ゲームクリエイター科の皆様に感謝します。

野村 周平

この本の立ち位置・読者対象

本書は「大きなゲームプログラミング」の入門書です。(しつこいかもしれませんがマリオブラザーズは大きなゲームだと見て良いでしょう) 今回少ないおまじないでゲームが作れるように、と C#言語及び Microsoft XNA Framework 3.1 を選択しましたが、本書はこれらの入門書ではありません。プログラムが本当に初めてである場合は、まず C#言語の入門書と XNA の入門書をお探しの上で、本書を読むことを推奨します。下記に改めて読者対象を要約します。

- 「猫でもわかるプログラミング[1]」など入門サイト程度のレベルのプログラムの基本が理解できる。(変数・配列・ポインタ・構造体・制御構文。オブジェクト指向の知識も少しはあると尚良い)
- C#と XNA の基本が理解している。
  (キー入力でグラフィックを動かすだけの XNA アプリが自力で作れれば十分です)
- でも、これがどう組み合わせればゲームになるのかわからない。あるいは少しでも大きなゲームを作ろうとすると、あっという間に破綻してしまう。

もしあなたが上記のレベルに満たない場合、C#、または XNA の入門書と併読すると大変わかりやすいでしょう。一方、上記のレベルとほぼ同じくらいのな方でしたら、きっとこの本は一番あなたのために役立つものと思います。

[1] 初心者向けプログラミング解説サイトとして有名。 http://www.kumei.ne.jp/c_lang/

まずはゲームを作ってみよう

本書はゲームプログラミングの入門書ですので、早速何かゲームを作ってみましょう。しかし、いきなりプログラムを組んでしまうとすぐに破綻してしまいます。一旦プログラムから目を逸らし、「何を作るか」を決めましょう。

何を作ろうか考えよう

あなたはどんなゲームを作るか決めていますか？もし決めていない場合、まずは何を作るか考えてみましょう。パズルでしょうか？アクションでしょうか？クイズゲームも良いでしょうし、シューティングも悪くありません。ここで一番好きなジャンルを選ぶと、後々モチベーションを維持しやすいです。ただし、RPG は少々おすすめできません。アドベンチャーも脚本と原画が既に出来上がっているとかでなければ、やめた方が良いでしょう。理由は次節で説明します。

作るゲームを決めたら、それの製作ブック専用としてノートを一冊買って、メモを取っておきましょう。この際 Word や Excel を使うことはあまりお勧めできません。画面構造や簡単なラフをこれらのツールで描くのは、手書きよりもはるかに多くの時間を浪費してしまい、その間に折角のインスピレーションを逃がしてしまう場合もあります。どうしても Word や Excel でまとめたい場合、一旦ノートに取ってから、本決まりした項目だけをそれらツールで清書していくと良いでしょう。

そのゲーム、何日で作れる？

人月計算の公式:
工数 = 工期 × 人数

あなたは本書を見ているということは、少なくとも家庭用ビデオゲームを一度くらいは遊んだことありますよね？一作品でも良いので全解きしたことのある方でしたら、最後のスタッフロールを見たことがあるかと思います。普段はぼけーっと読み飛ばしてしまうかと思いますが、ここには実は製作に関わる重要な情報が隠れているのです。ゲーム雑誌とか見ると「製作期間〇〇カ月」とかたまに載っていますが、もし製作期間（専門用語では、「工期」と言います）とスタッフロールの人数、両方知っている場合はその二つをかけ合わせてみましょう。一つの数値が出てきましたね。これがゲームの規模「**工数**」です。

少々判りにくいかと思いますので、一つ例題を出しましょう。開発メンバーが 7 人いて、彼らが 5 日間でゲームを仕上げる場合、7×5=35 となります。この 35 が工数です。単位は「人日」と言います。人数と日数をかけているため人日です。月数でかければ人月です。例えばこれと同じゲームを 7 人ではなく 5 人で作る場合、逆に 35 から 5 で割った数値、7 日間が工期、すなわち製作時間です。1 人だけでし

たらもっと単純ですね。35 を 1 で割るので、そのまま 35 日間かかることになります。このような計算手法を「人月計算[2]」と言います。

さて、それではあなたの今考えたゲームは、どの位の製作時間を要するのでしょうか？予想してみましょう。もし初めてのゲーム製作で何カ月もかかりそうだと思う場合、それは企画を改めた方が良いでしょう。最初に作るゲームは 1 か月程度の工数が望ましいです。そのくらいなら途中で萎えずにモチベーションが高いまま完成を迎えられるでしょう。ゲーム製作は、あなたの想像以上に飽きやすいものです。簡単なゲームなら 1 か月で行けるかもしれませんが、RPG などは 1 か月では少々厳しいですね。ちなみに、このようにゲーム製作にかかる工数を製作開始前に予想、あるいは計算することを「工数見積もり」と言います。これはプロのプログラマになるためには避けては通れない知識[3]なので、できれば今のうちに覚えておいて、何か作る前に見積もりをしておくと練習になるかもしれません。

大きなゲームは、小さな機能の複合体である

さて、では実際に予想してみろといきなり言われても、「そんなの大きすぎて予想できないよ！」と言う方が多いのではないでしょうか？では一旦この話は置いといて、別のソフトウェアを見積もってみましょう。

あなたは「Hello, world」をご存知でしょうか？これは画面に「Hello, world!」という文字を表示するだけのソフトウェアで、プログラム言語の習得のために最初に作るコードです。この程度のソフトウェアなら簡単に予想できますよね？早い人なら 1 分程度かもしれませんし、逆にいくら遅い人でも、恐らく 1 時間はかからないでしょう。

```
using System;
class Program
{
  static void Main(string[] args)
  {
    Console.WriteLine("Hello, world!");
  }
}
```

そろそろ話を戻しましょうか。例えばあなたが、マリオブラザーズのクローンゲームを作りたいとしましょう。でも「そんなの大きすぎて予想できないよ！」となってしまった場合、予想できる範囲までゲームを分割してしまえばよいのです。

分割するためには、まずそのゲームにどんなキャラクタがいるかをリストアップして、ノートに書き込

[2]実際はメンバーの能力差もありますし、お互い認識の誤差もあるでしょう。それを埋めるために打ち合わせが要りますし、そうすればその分の時間のロスが生じます。人月計算はメンバーが少ないほど、また規模が小さいほど正確に出やすくなります。

[3] 教えておきながらなんですが、私個人的には人月計算は大嫌いです。
もしメンバーが 2100 人いたら 1 分でゲームが作れますか？

んでいきます。マリオ以外にも色々いますよね、ハエとかカメとか、あと床や POW[4]など当たり判定のある物体もキャラクタに含みます。次にそれぞれのキャラクタの機能をリストアップします。例えばマリオの場合、左右へ走る、ジャンプする、床や POW を突き上げる、倒れている敵に体当たりして敵を倒す、動いている敵に体当たりして死ぬなどの機能がありますね。おっとキャラクタの描画も忘れてはいけません。この調子でほかのキャラクタもすべてリストアップしてみましょう。面倒だと投げ出す人もいるかもしれませんが、このリストは後でも使用するので、今のうちにやっておくとよいでしょう。それにゲームプログラミングはこの数倍面倒なので、この程度で面倒だと投げ出すと後々大変ですよ？さて、話を戻してキャラクタ以外の機能についても、忘れずにリストアップしましょう。例えばスコア計算や残機情報の管理及び表示、ゲームオーバー判定もありますよね？

ここまで分割できたら、そろそろ一機能単位の工数が予想できるのではないでしょうか？まだ予想が難しいようなら分割が足りない証拠でしょう。全項目の工数が予想できたら、それを全部足し合わせます[5]。そうして出てきた数字が、そのゲームの「工数[6]」となります。出た工数は忘れないようにノートに書いておきましょう。合計値だけではなく、機能ごとの工数もすべて書き記しておきます。そして、一つの機能を完成させたときにどのくらいの時間がかかったのか（「実績」と言います）、また実績と予想との誤差を別の色のペンで書き記します。これを専門用語で「予実管理」と言いますが、これを繰り返すうちにどの程度の誤差が出るか判るようになり、より正確な見積もりが出せるようになります。正確な見積もりが出せると、いつリリースできるかがはっきりしますし、期限に間に合うかどうかが製作開始前に判るため、機能の調整なども簡単にできます。コミックマーケット直前で間に合わなくなって、落としてしまうなんてこともなくなります！

仕様書を作る癖を付けよう

前回の機能分割の項目までで、おのずとそのゲームの大まかな機能一覧が見えてきたと思いますので、それをさらに事細かく書き足して、「仕様書」を作ります。また面倒だと思う人もいるかもしれませんが、仕様書がないと、集団で作るときに各個人の脳内イメージが大きくずれて大変困ります。また、一人で作るときでも仕様書があると、何を以て完成するかが把握しやすいため、面倒でも作っておきましょう。

---

[4] 下から突き上げると画面中の敵が全員ひっくり返る特殊な床です。

[5] 実際仕事でやる場合は、もう少し水増ししたりします。それぞれの機能を繋げるのにも時間がかかりますし、複数人数でやる場合は打ち合わせによるロスもありますし。経験上一人で作る場合は 2 倍、数人で作る場合は 3 倍くらいにすると後々言うこともなく快適に開発が進められます。

[6] ここでは実装だけの工数だけを説明しています。実際にはグラフィック製作やサウンド製作、テストプレイやマニュアル作成、果ては特設ウェブサイト製作も工数に含みます。

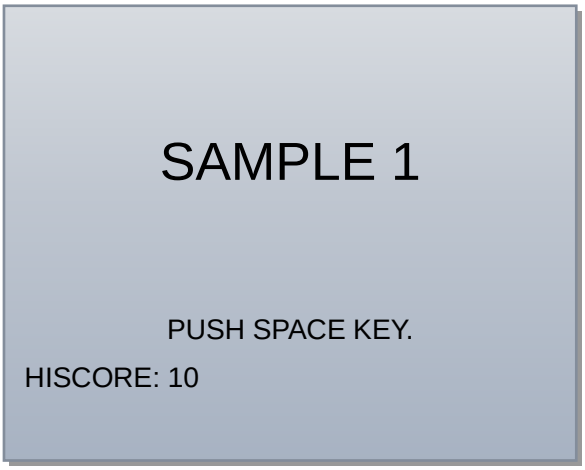
360°弾避けゲームを作ってみよう

本書ではサンプル 1 として 360°弾避けゲームを作ることにします。以下にこれを選んでみた理由を示しておきます。

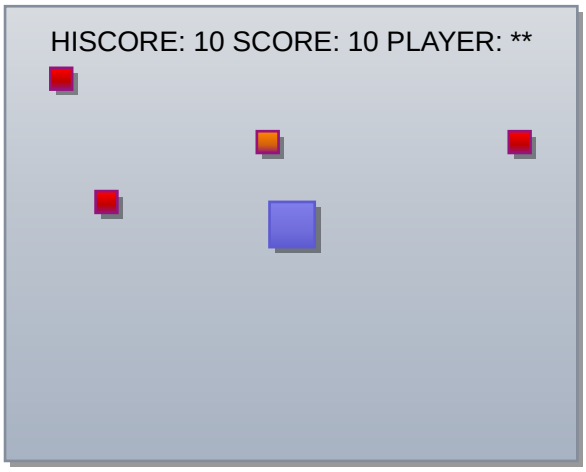
1. 「小さなゲーム」でありながら「大きなゲーム」の要素を含んでいること。
   （「大きなゲームの作り方」を知らなくても、辛うじて作れる程度である）
2. 全くプログラムを知らないのでなければ、1 か月以内には作れるはずであること。
3. 後述するが、プログラムを習得したばかりの人が陥りやすいミスを再現した、問題点のあるソースコードを書きやすいこと[7]。またその際に恐ろしく長くならないこと。

ゲーム仕様

- シーン
  - タイトル画面
    - ゲーム名は「SAMPLE 1」
    - タイトルとハイスコアを表示。
    - キーボードのスペースキーを押すとゲームシーンへ移行、ESC キーでゲーム終了。
  - ゲーム画面
    - ゲームオーバー時にタイトルシーンへ移行。



- キャラクタ
  - 主人公
    - 初期状態で画面中心にいる。
    - 大きさは 64 ピクセル。
    - キーボードの十字キーで上下左右に動く。画面外に移動することはできない。
    - 弾に接触するとミス。画面中の弾はクリアされる。
    - 主人公に初期状態で 3 回ミス猶予があり、猶予がなくなるとゲームオーバー。



[7] あまり大きなゲームでこれをやると、筆者ですら発狂しそうで怖い。

- 敵機
  - 全方位の画面端の任意の位置(ランダム)から弾が出る。
  - 大きさは主人公の半分の 32 ピクセル。
  - ランダム等速度の自機狙い。最初は遅いが徐々に高速化。
  - 直進タイプと発射後 1 秒間ホーミングするタイプの 2 種類。比率は 8:2。
  - 直進タイプは赤色、ホーミングタイプは橙色。
  - 1 発発射ごとにスコア+10 点。
  - 最初は毎秒 1 発だが徐々に激化する。

- スコア
  - ゲーム開始時は 0 点。
  - 500 点ごとにミス猶予が 1 回追加される。
  - 最高スコアを更新した場合、ハイスコアとしてゲーム終了時まで保持される。
- HUD
  - スコア・ハイスコア
  - ミス猶予数(残機)を星の数で表示。

まずは何も考えずに組んでみる

そろそろ「いつになったらプログラムが組めるんだ」、と突っ込みが来そうですね。でも、もう我慢する必要はありません、皆さんお待ちかねのプログラミングの時間が来ました。XNA ゲームのプロジェクトを作成し、思うがままソースコードを VisualStudio へ書き殴っていってください。

```
// Game.cs

using System;
using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
using Microsoft.Xna.Framework.Input;
namespace Sample1_01
{
  /// <summary>
  /// This is the main type for your game
  /// </summary>
  public class Game1
    : Game
  {
```

```
GraphicsDeviceManager graphics;
SpriteBatch spriteBatch;
Texture2D gameThumbnail;
SpriteFont spriteFont;
bool game;
int counter;
int score;
int prevScore;
int hiScore;
int playerAmount;
float playerX;
float playerY;
float[] enemyX = new float[100];
float[] enemyY = new float[100];
float[] enemySpeed = new float[100];
double[] enemyAngle = new double[100];
int[] enemyHomingAmount = new int[100];
bool[] enemyHoming = new bool[100];

public Game1()
{
  graphics = new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
}

/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  // Create a new SpriteBatch, which can be used to draw textures.
  spriteBatch = new SpriteBatch(GraphicsDevice);
  gameThumbnail = Content.Load<Texture2D>("GameThumbnail");
  spriteFont = Content.Load<SpriteFont>("SpriteFont");
}
```

```
/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
  if (game)
  {
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Left))
    {
      playerX -= 3;
    }
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Right))
    {
      playerX += 3;
    }
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Up))
    {
      playerY -= 3;
    }
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Down))
    {
      playerY += 3;
    }
    if (playerX < 0)
    {
      playerX = 0;
    }
    if (playerX > 800)
    {
      playerX = 800;
    }
```

```
if (playerY < 0)
{
  playerY = 0;
}
if (playerY > 600)
{
  playerY = 600;
}

if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0)
{
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    if(enemyX[i] > 800 || enemyX[i] < 0 &&
      enemyY[i] > 600 || enemyY[i] < 0)
    {
      Random rnd = new Random();
      int p = rnd.Next((800 + 600) * 2);
      if (p < 800 || p >= 1400 && p < 2200)
      {
        enemyX[i] = p % 800;
        enemyY[i] = p < 1400 ? 0 : 600;
      }
      else
      {
        enemyX[i] = p < 1400 ? 0 : 800;
        enemyY[i] = p % 600;
      }
      enemySpeed[i] = rnd.Next(1, 3) + counter * 0.001f;
      enemyAngle[i] = Math.Atan2(
        playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
      enemyHoming[i] = rnd.Next(100) >= 80;
      enemyHomingAmount[i] = enemyHoming[i] ? 60 : 0;
      score += 10;
```

```
        if (score % 500 < prevScore % 500)
        {
          playerAmount++;
        }
        prevScore = score;
        if (hiScore < score)
        {
          hiScore = score;
        }
        break;
      }
    }
  }

  bool hit = false;
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    if (Math.Abs(playerX - enemyX[i]) < 48 &&
      Math.Abs(playerY - enemyY[i]) < 48)
    {
      hit = true;
      game = --playerAmount >= 0;
      break;
    }

    if (--enemyHomingAmount[i] > 0)
    {
      enemyAngle[i] = Math.Atan2(
        playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
    }
    enemyX[i] += (float)Math.Cos(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
    enemyY[i] += (float)Math.Sin(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
  }
```

```
        if (hit)
        {
          for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
          {
            enemyX[i] = -32;
            enemyY[i] = -32;
            enemySpeed[i] = 0;
          }
        }
        counter++;
      }
      else
      {
        if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
        {
          Exit();
        }
        if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
        {
          game = true;
          playerX = 400;
          playerY = 300;
          counter = 0;
          score = 0;
          prevScore = 0;
          playerAmount = 2;
          for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
          {
            enemyX[i] = -32;
            enemyY[i] = -32;
            enemySpeed[i] = 0;
          }
        }
      }
      base.Update(gameTime);
    }
```

```
/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  spriteBatch.Begin();
  if (game)
  {
    spriteBatch.Draw(
      gameThumbnail, new Vector2(playerX, playerY), null,
      Color.White, 0f, new Vector2(32, 32), 1f,
      SpriteEffects.None, 0f);
    for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
    {
      spriteBatch.Draw(
        gameThumbnail, new Vector2(enemyX[i], enemyY[i]), null,
        enemyHoming[i] ? Color.Orange : Color.Red, 0f,
        new Vector2(32, 32), 0.5f, SpriteEffects.None, 0f);
    }
    spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SCORE: " + score.ToString(),
      new Vector2(300, 560), Color.Black);
    spriteBatch.DrawString(spriteFont,
      "PLAYER: " + new string('*', playerAmount),
      new Vector2(600, 560), Color.Black);
  }
  else
  {
    spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SAMPLE 1", new
      Vector2(200, 100), Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f,
      SpriteEffects.None, 0f);
    spriteBatch.DrawString(spriteFont, "PUSH SPACE KEY.",
      new Vector2(340, 400), Color.Black);
  }
```

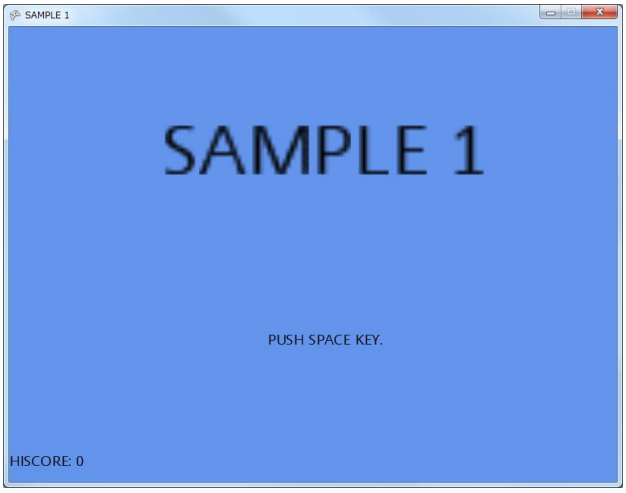
```
      spriteBatch.DrawString(spriteFont, "HISCORE: " + hiScore.ToString(),
        new Vector2(0, 560), Color.Black);
      spriteBatch.End();
      base.Draw(gameTime);
    }
  }
}
```

```
// Program.cs

using System;

namespace Sample1_01
{
  static class Program
  {
    /// <summary>
    /// The main entry point for the application.
    /// </summary>
    static void Main(string[] args)
    {
      using (Game1 game = new Game1())
      {
        game.Run();
      }
    }
  }
}
```

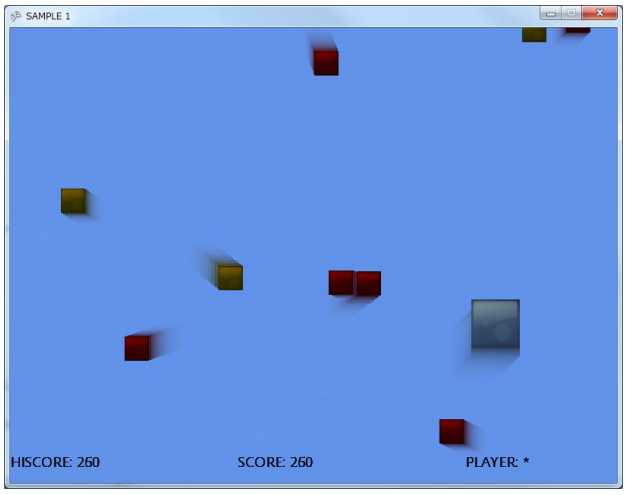
上記コードはすべて XNA プロジェクト作成時に自動的に作成される Game1.cs をベースに書き足しています。(Sample1_01)また、コンテンツとして GameThumbnail(サムネイル画像をコピー)と SpriteFont(デフォルト状態のスプライトフォント)を追加しています。

完成したら動かしてみよう

さて完成したので、早速ですが動かしてみましょう。



どうやら、ちゃんと動いているようですね[8]。仕様通り自機は十字キーで動き、赤弾は直進、橙弾はホーミングで自機を目指して飛んできます。残機が 500 点ごとに増えていき、逆に残機がない状態でミスをするとゲームオーバーとなり、タイトル画面に戻ります。ハイスコアはソフトウェア終了時までちゃんと保持されますね。



では、ここまでできたところで、早速このゲームをさらに改造してやりこみ要素や追加ステージ、はたまた協力プレー機能――などを組み込んでいくと、**あっという間にソースコードが破綻して**しまいます。その前にするべきことがあるのです。それを確認するために、次章から書いたソースコードを確認していきましょう。

[8] 参考までに、筆者は 1,430 点までいけました。

問題点を探そう

前章で一つゲームのソースコードを書きましたが、ここではそれの問題点を探して、修正してみましょう。ここから先を読む前に、皆さんも何がまずいのか、予め予想してみて、メモしましょう。

大きなゲームと小さなゲームの違い

前章のソースコードはいくつかの問題点を孕んでいますが、中でも最も大きいのが、「**小さいゲーム向けのソースコードの組み方である**」ことです。大きなゲームを作るためには、大きなゲームに適したプログラミングをすることが必要です。小さいゲーム向けのプログラミング手法のままで大きなゲームを書くと、大抵途中で破綻します[9]。では、大きなゲーム向けのソースコードとは一体どのようなものなのでしょうか？

実際には、そんな一言で言えるほど簡単な正解ではありませんが、誤解を恐れず極論を言うと、「**小さいソースコードを書くこと**」が正解です。「なぜ大きなゲームを作るのに小さいソースコードを書かなきゃいけないんだ？どう考えても逆じゃないか？これは禅問答か？」と、疑問に思う方も多いのではないかと思いますが、謎かけでも頓智でも何でもなく、大きいゲームを作るためには小さいソースコードを書いて、その小さいソースコード同士を繋げていくことにより大きくしていくのが、破綻せずに完成させる最大の近道なのです。

それでは、大きいソースコードと小さいソースコードの違いとは何なのでしょうか？正解を挙げたところで、前章のソースコードをもう一度見てみましょう。そして、最初に挙げた「Hello, world」も見て、両者のソースコードの違いをよく考えてみましょう。「Hello, world」の方が圧倒的に見やすいことに、恐らく皆さんは気付くはずです。そうです、小さいソースコードを書くと、その分見やすくなるのです。実際に前章のソースコードにある、各メソッドの行数を数えると、下記のようになります。

- Game1 コンストラクタ 2 行
- LoadContent メソッド 4 行
- Update メソッド 125 行
- Draw メソッド 34 行

Game1 コンストラクタと LoadContent メソッドは良いとしても、Update メソッドは多すぎですね。1 メソッドだけで 125 行と、相当な行数を消費しています。Draw メソッドもやや膨れていますね。このゲームを選定した理由として、コードが長くなり過ぎないことと言いましたが、それでも何も考えずに書くと、

[9] 実際、これを書くだけでも結構疲れました。

ここまで膨れ上がってしまいました。私個人的には 1 メソッド内のコード量は多くても 30 行～40 行、できるなら 20 行弱に抑えるべきだと思います。それ以上増えると、ソースコードの可読性が大きく落ちます。可読性が悪いと改修するのも大変です。下手すると右を叩けば左が出て、左を叩けば右が出て、と目も当てられない状況に陥ることもあります。ちなみに、そのような可読性の低下を補うために、コメントやドキュメンテーション[10]がありますが、これに頼りすぎてコードの短縮化を怠ることは、正直な話推奨しません。

少々私の経験談となりますが、2006 年の晩夏、私がサラリーマンとしてプログラマを始めたばかりの頃、ある現場に派遣されて、そこで Web アプリケーションの改修作業に従事させられました。その時使用していた言語は C#ではなく Java (J2EE1.3)でしたが、1 メソッド辺り数千行はあるソースコードが平気で出てくるのです。そしてメソッド内のコードも、お世辞にも洗練されているとは言えず、私は一目見て、そのコードを読むのをやめました。そのメソッドのドキュメンテーション、即ち上っ面だけを見て、そういう機能なのだろうと思ってそのメソッドを利用していたのですが、どうも想定通りの動作をしてくれないのです。最初自分のところのコードの書き方、あるいは呼び出し方がおかしいのかと思っていたのですが、そのメソッドの代わりにスタブを呼んでみたりしたところ、どうやらそうでもないのです。まさかなぁ……と思いそのメソッドを作った人に事情を聴いたら、なんと今は内部構造が変わって全く別のメソッドになっていたとのことです。つまりそのコメントは良く言えば古いバージョン用の解説、悪く言えば全くの嘘っぱちだったのです。このときはすぐ近くに当事者がいたため助かりましたが、もしそうでもなかったことを考えると、ぞっとします。

ここまで読んで、「コメントとソースコードの同期を、徹底化すればいいじゃないか」と思う方が恐らく多いのではないでしょうか。事実それが正解です。しかし実際のところ、ドキュメンテーション、あるいはコメントとソースコードを同期させ続けるのは、かなりの体力と時間の浪費が必要です。私はそうまでして無理してコメントを同期させるより、コメントはシンプルに書き（それこそ「〇〇します」の一言程度で十分）、余った作業時間を内部ソースコードの短縮化・洗練化に充てた方が有意義だと思います。あなたがゲームライブラリやエンジンを作っているわけでなければ、大量のコメントとドキュメンテーションで説明されるより、とても短くてユーザが 3 秒そのメソッドの中身を見れば、その機能がなんであるかを理解できるのが私にとっての理想です[11]。

そう言うと稀に、行数を縮めるために横に伸ばす人も見かけますが、これは一層可読性を落としてしまい本末転倒です。桁数も 100～120 桁程度[12]に抑えるのが望ましいでしょう。

---

[10] コメントの一種だが、専用ツールを使用してメソッドやフィールドと紐づけたコメントを文書化できる特殊なコメントのこと。Javadoc や POD など、言語ごとに実装は異なる。

[11]本当に理想であり、夢物語なんですけどね。1 分ならまだ望みはあっても、3 秒は流石に……。

[12] 以前は 1 行 80 桁まで、とよく言われていましたが、流石に今時では短すぎるでしょう。ちなみに MS-DOS や N-88 BASIC の画面が横 80 桁だったところから由来していたりします。

どうでもいい話ですが、私が鼻水垂らして小学校通っていた頃は、ソースコードの単価は印刷した紙のグラム単位で、金額を水増しするために、ループなどをすべてインライン展開してコード量を増やしていたそうです。そんな話を年配の方々からよく聞きますが、私はきっと都市伝説だろう、と信じています。

それでは少々話がそれてしまいましたが、次のページからは「では小さいソースコードにするためにはどのようにすればよいのか」を解説していきたいと思います。

プログラムの改良をしよう

本章では、サンプル 1「360° 弾避けゲーム」について、前章で挙げた問題点を修正していきます。とは言っても、いきなり大きく改変したりすることはありません。そんなことしても、きっと皆さんは混乱してしまうでしょう[13]。みなさんが理解しやすいよう、少しずつ改変していきます。

ステップ 1:機能ごとに分けよう

前章では「大きなゲームを作るためには、小さいソースコードを書く」と述べましたね。では、ゲームの大きさを維持したままソースコードを小さくするにはどうすればよいでしょう[14]？何も、ソースコード全体を縮める必要はありません。ゲームを機能ごとに分割すれば、小さく見えますよね？

コメントを付ける

私は前章でも述べたとおり、あまり几帳面にコメントを書きすぎることは、あまり望ましくないと考えています。しかし、自分用の一時的なメモ書き程度なら、積極的に活用するのも問題ないでしょう。一方ドキュメンテーションは private なメソッドやフィールドであっても、一応書いておくべきです。但し、やはり内容はゲームライブラリ(ゲームエンジン)などを作っているわけでない場合「〇〇をします」程度で十分でしょう。

下記に示したコードでは、前回のサンプルから変更を加えていない部分については省略しています。(Sample1_02)

```
// フィールド宣言

  /// <summary>スプライト バッチ。</summary>
  SpriteBatch spriteBatch;

  /// <summary>キャラクタ用画像。</summary>
  Texture2D gameThumbnail;
```

[13] 勇気ある方は完成版をいきなり見てみるのも良いでしょう。
[14] 「フォントサイズを小さくすれば良い」と答えた方がいました。折角なのでユーモア賞としてここに掲載しておきましょう。

```
/// <summary>フォント画像。</summary>
SpriteFont spriteFont;

/// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
bool game;

/// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
int counter;

/// <summary>現在のスコア。</summary>
int score;

/// <summary>前フレームのスコア。</summary>
int prevScore;

/// <summary>ハイスコア。</summary>
int hiScore;

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
int playerAmount;

/// <summary>プレイヤーのX座標。</summary>
float playerX;

/// <summary>プレイヤーのY座標。</summary>
float playerY;

/// <summary>敵のX座標一覧。</summary>
float[] enemyX = new float[100];

/// <summary>敵のY座標一覧。</summary>
float[] enemyY = new float[100];

/// <summary>敵の移動速度一覧。</summary>
float[] enemySpeed = new float[100];
```

```
  /// <summary>敵の移動角度一覧。</summary>
  double[] enemyAngle = new double[100];

  /// <summary>敵のホーミング有効時間。</summary>
  int[] enemyHomingAmount = new int[100];

  /// <summary>ホーミング対応の敵かどうか。</summary>
  bool[] enemyHoming = new bool[100];
```

```
// Update()メソッド内部

KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
if (game)
{
  // ゲーム画面
  // プレイヤー移動処理
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Left))
  {
    playerX -= 3;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Right))
  {
    playerX += 3;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Up))
  {
    playerY -= 3;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Down))
  {
    playerY += 3;
  }
  if (playerX < 0)
  {
    playerX = 0;
  }
```

```
if (playerX > 800)
{
  playerX = 800;
}
if (playerY < 0)
{
  playerY = 0;
}
if (playerY > 600)
{
  playerY = 600;
}

// 弾の生成
if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0)
{
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    if (enemyX[i] > 800 || enemyX[i] < 0 &&
      enemyY[i] > 600 || enemyY[i] < 0)
    {
      Random rnd = new Random();
      int p = rnd.Next((800 + 600) * 2);
      if (p < 800 || p >= 1400 && p < 2200)
      {
        enemyX[i] = p % 800;
        enemyY[i] = p < 1400 ? 0 : 600;
      }
      else
      {
        enemyX[i] = p < 1400 ? 0 : 800;
        enemyY[i] = p % 600;
      }
      enemySpeed[i] = rnd.Next(1, 3) + counter * 0.001f;
      enemyAngle[i] = Math.Atan2(
        playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
```

```
        enemyHoming[i] = rnd.Next(100) >= 80;
        enemyHomingAmount[i] = enemyHoming[i] ? 60 : 0;
        score += 10;
        if (score % 500 < prevScore % 500)
        {
          playerAmount++;
        }
        prevScore = score;
        if (hiScore < score)
        {
          hiScore = score;
        }
        break;
      }
    }
  }

  // 弾の移動、及び接触判定
  bool hit = false;
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    if (Math.Abs(playerX - enemyX[i]) < 48 &&
      Math.Abs(playerY - enemyY[i]) < 48)
    {
      hit = true;
      game = --playerAmount >= 0;
      break;
    }
    if (--enemyHomingAmount[i] > 0)
    {
      enemyAngle[i] = Math.Atan2(
        playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
    }
    enemyX[i] += (float)Math.Cos(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
    enemyY[i] += (float)Math.Sin(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
  }
```

```
  if (hit)
  {
    for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
    {
      enemyX[i] = -32;
      enemyY[i] = -32;
      enemySpeed[i] = 0;
    }
  }
  counter++;
}
else
{
  // タイトル画面
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
  {
    Exit();
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
  {
    // ゲーム開始
    game = true;
    playerX = 400;
    playerY = 300;
    counter = 0;
    score = 0;
    prevScore = 0;
    playerAmount = 2;
    for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
    {
      enemyX[i] = -32;
      enemyY[i] = -32;
      enemySpeed[i] = 0;
    }
  }
}
```

```
base.Update(gameTime);
```

```
// Draw()メソッド内

GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
spriteBatch.Begin();
if (game)
{
  // ゲーム描画

  // 自機の描画
  spriteBatch.Draw(
    gameThumbnail, new Vector2(playerX, playerY), null,
    Color.White, 0f, new Vector2(32, 32), 1f,
    SpriteEffects.None, 0f);
  // 敵機の描画
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    spriteBatch.Draw(
      gameThumbnail, new Vector2(enemyX[i], enemyY[i]), null,
      enemyHoming[i] ? Color.Orange : Color.Red, 0f,
      new Vector2(32, 32), 0.5f, SpriteEffects.None, 0f);
  }
  // HUD の描画
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SCORE: " + score.ToString(),
    new Vector2(300, 560), Color.Black);
  spriteBatch.DrawString(spriteFont,
    "PLAYER: " + new string('*', playerAmount),
    new Vector2(600, 560), Color.Black);
}
else
{
  // タイトル画面
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SAMPLE 1", new
    Vector2(200, 100), Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f,
    SpriteEffects.None, 0f);
```

```
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "PUSH SPACE KEY.",
    new Vector2(340, 400), Color.Black);
}
spriteBatch.DrawString(spriteFont, "HISCORE: " + hiScore.ToString(),
  new Vector2(0, 560), Color.Black);
spriteBatch.End();
base.Draw(gameTime);
```

Game1 クラスの全フィールドにドキュメンテーションを追加し、また Update メソッドや Draw メソッドの大まかな機能の区切りの部分にコメントを加えました。また、一部不要な変数を削除しています。

サブルーチンで分割する

サブルーチンとは、端的に述べるとプログラム上における、一定の機能の集合体のことです。サブルーチンというキーワードは、最近では耳にしないですね。今風にいうとメソッドとか言います。サブルーチンで分割することは、特に難しいことではありません。すでに Update メソッドと Draw メソッドに分かれているので、それをさらに細分化してやるだけです。

さて、前回機能ごとの大まかな区切りでコメントを付けましたので、今度はそれを目印にサブルーチンで分割していきます(Sample1_03)。

```
/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
  if (game)
  {
    movePlayer(keyState);
    createEnemy();
```

```
    if (enemyMoveAndHitTest())
    {
      enemyReset();
    }
    counter++;
  }
  else
  {
    updateTitle(keyState);
  }
  base.Update(gameTime);
}

/// <summary>
/// 自機を移動します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void movePlayer(KeyboardState keyState)
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Left))
  {
    playerX -= 3;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Right))
  {
    playerX += 3;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Up))
  {
    playerY -= 3;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Down))
  {
    playerY += 3;
  }
  if (playerX < 0)
```

```
  {
    playerX = 0;
  }
  if (playerX > 800)
  {
    playerX = 800;
  }
  if (playerY < 0)
  {
    playerY = 0;
  }
  if (playerY > 600)
  {
    playerY = 600;
  }
}

/// <summary>
/// 敵機を作成します。
/// </summary>
private void createEnemy()
{
  if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0)
  {
    for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
    {
      if (enemyX[i] > 800 || enemyX[i] < 0 &&
        enemyY[i] > 600 || enemyY[i] < 0)
      {
        Random rnd = new Random();
        int p = rnd.Next((800 + 600) * 2);
        if (p < 800 || p >= 1400 && p < 2200)
        {
          enemyX[i] = p % 800;
          enemyY[i] = p < 1400 ? 0 : 600;
        }
```

```
        else
        {
          enemyX[i] = p < 1400 ? 0 : 800;
          enemyY[i] = p % 600;
        }
        enemySpeed[i] = rnd.Next(1, 3) + counter * 0.001f;
        enemyAngle[i] = Math.Atan2(
          playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
        enemyHoming[i] = rnd.Next(100) >= 80;
        enemyHomingAmount[i] = enemyHoming[i] ? 60 : 0;
        score += 10;
        if (score % 500 < prevScore % 500)
        {
          playerAmount++;
        }
        prevScore = score;
        if (hiScore < score)
        {
          hiScore = score;
        }
        break;
      }
    }
  }
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
private bool enemyMoveAndHitTest()
{
  bool hit = false;
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
```

```
    if (Math.Abs(playerX - enemyX[i]) < 48 &&
      Math.Abs(playerY - enemyY[i]) < 48)
    {
      hit = true;
      game = --playerAmount >= 0;
      break;
    }
    if (--enemyHomingAmount[i] > 0)
    {
      enemyAngle[i] = Math.Atan2(
        playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
    }
    enemyX[i] += (float)Math.Cos(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
    enemyY[i] += (float)Math.Sin(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 敵機を初期状態にリセットします。
/// </summary>
private void enemyReset()
{
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    enemyX[i] = -32;
    enemyY[i] = -32;
    enemySpeed[i] = 0;
  }
}

/// <summary>
/// タイトル画面を更新します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void updateTitle(KeyboardState keyState)
```

```
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
  {
    Exit();
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
  {
    // ゲーム開始
    game = true;
    playerX = 400;
    playerY = 300;
    counter = 0;
    score = 0;
    prevScore = 0;
    playerAmount = 2;
    enemyReset();
  }
}

/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  spriteBatch.Begin();
  if (game)
  {
    drawGame();
  }
  else
  {
    drawTitle();
  }
```

```
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "HISCORE: " + hiScore.ToString(),
    new Vector2(0, 560), Color.Black);
  spriteBatch.End();
  base.Draw(gameTime);
}

/// <summary>
/// タイトル画面を描画します。
/// </summary>
private void drawTitle()
{
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SAMPLE 1", new
    Vector2(200, 100), Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f,
    SpriteEffects.None, 0f);
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "PUSH SPACE KEY.",
    new Vector2(340, 400), Color.Black);
}

/// <summary>
/// ゲーム画面を描画します。
/// </summary>
private void drawGame()
{
  drawPlayer();
  drawEnemy();
  drawHUD();
}

/// <summary>
/// 自機を描画します。
/// </summary>
private void drawPlayer()
{
  spriteBatch.Draw(
    gameThumbnail, new Vector2(playerX, playerY), null,
    Color.White, 0f, new Vector2(32, 32), 1f, SpriteEffects.None, 0f);
```

```
}

/// <summary>
/// 敵機を描画します。
/// </summary>
private void drawEnemy()
{
  for (int i = 0; i < enemyX.Length; i++)
  {
    spriteBatch.Draw(
      gameThumbnail, new Vector2(enemyX[i], enemyY[i]), null,
      enemyHoming[i] ? Color.Orange : Color.Red, 0f,
      new Vector2(32, 32), 0.5f, SpriteEffects.None, 0f);
  }
}

/// <summary>
/// HUD を描画します。
/// </summary>
private void drawHUD()
{
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SCORE: " + score.ToString(),
    new Vector2(300, 560), Color.Black);
  spriteBatch.DrawString(spriteFont,
    "PLAYER: " + new string('*', playerAmount),
    new Vector2(600, 560), Color.Black);
}
```

これだけでもUpdateメソッドとDrawメソッドは相当にすっきりしてきましたね。サブルーチン化することによって、以前のサンプルでは複数個所にあった敵の位置初期化処理も、一つに共通化されています。次節からこのコードをさらに整理していきます。

マジックナンバーの定数化

XNA はプロジェクトを自動生成すると、初期設定では画面サイズが SVGA(800×600)となっていま

す。今回これに合わせて作っていきましたが、もし例えばここで「やっぱ VGA(640×480)の方が昔からのゲームの標準だから、そっちに合わせて」などと言われたら、あなたならどのように対応しますか？このゲームの場合、座標を決め打ちで入れている個所は、どう少なく見積もっても 10 箇所は上回ります。1 個 1 個手入力で直していきますか？もし仮にそれで対応できたとしても、後になって「やっぱ XBOX360 でワイド表示に対応させるために 720p(1280×720)にして」とか言われたら、まさに発狂ものでしょう。今の話は極端な例えでしたが、実際にそうでなくても一つ一つ手入力での修正は、修正漏れや誤入力などのミスの大きな原因となりえます。また、このように何の脈絡もなく現れる数値のことを「マジックナンバー」と呼び、可読性の低下を招きます。

このようなマジックナンバーには、人間に理解しやすい別名を与えるべきです。これを一般的に「定数化」と言います。例えばいきなり「800」と言う数値が出てきても、そのコードの作者でない誰かが見た場合、もしかしたら前後の文脈から判断して、画面サイズの横幅と気付く人もいるかもしれませんが、あなたがトリッキーな呪文を書くことを好む場合、前後の文脈から判断しきれず、それは謎の数値として見做されてしまうでしょう。そこで「SCREEN_WIDTH」などと別名を与えてやると、そこだけ見てこれは画面の横幅か、と誰が見ても即座に認識できるようになります。

下記のサンプル（Sample1_04）では、マジックナンバーを const 定数、または readonly 変数で定義していますが、場合によっては列挙体を使用したり、Singleton パターン[15]を応用した静的なインスタンスを使ったりした方がスマートな場合もあるでしょう。また、その箇所でしか使用しないことが明白なマジックナンバーは、定数をローカルスコープで定義する方が良いでしょう。また、このサンプルは前節のもの（Sample1_03）をベースとしているので、どこが異なるかよく比較してみましょう。

```
// Game1 クラス内

/// <summary>自機サイズ。</summary>
const float RECT_SIZE = 64;

/// <summary>自機の移動速度。</summary>
const float PLAYER_SPEED = 3;

/// <summary>自機の初期残機。</summary>
const int PLAYER_AMOUNT = 2;
```

[15] 本書の中盤～後半で詳しく解説しますが、そのクラスのインスタンスが、一つないし固定数存在することが保障されるアルゴリズムのことです。

```
/// <summary>画面横幅。</summary>
const float SCREEN_WIDTH = 800;

/// <summary>画面縦幅。</summary>
const float SCREEN_HEIGHT = 600;

/// <summary>画面左端。</summary>
const float SCREEN_LEFT = 0;

/// <summary>画面上端。</summary>
const float SCREEN_TOP = 0;

/// <summary>画面右端。</summary>
const float SCREEN_RIGHT = SCREEN_LEFT + SCREEN_WIDTH;

/// <summary>画面下端。</summary>
const float SCREEN_BOTTOM = SCREEN_TOP + SCREEN_HEIGHT;

/// <summary>エクステンドの閾値。</summary>
const int EXTEND_THRESHOLD = 500;

/// <summary>敵機の最大数。</summary>
const int ENEMY_MAX = 100;

/// <summary>敵機の自機に対する大きさ。</summary>
const float ENEMY_SCALE = 0.5f;

/// <summary>ホーミング確率。</summary>
const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

/// <summary>ホーミング時間。</summary>
const int HOMING_LIMIT = 60;

/// <summary>グラフィック デバイス構成管理。</summary>
GraphicsDeviceManager graphics;
```

```
/// <summary>スプライト バッチ。</summary>
SpriteBatch spriteBatch;

/// <summary>キャラクタ用画像。</summary>
Texture2D gameThumbnail;

/// <summary>フォント画像。</summary>
SpriteFont spriteFont;

/// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
bool game;

/// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
int counter;

/// <summary>現在のスコア。</summary>
int score;

/// <summary>前フレームのスコア。</summary>
int prevScore;

/// <summary>ハイスコア。</summary>
int hiScore;

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
int playerAmount;

/// <summary>プレイヤーの X 座標。</summary>
float playerX;

/// <summary>プレイヤーの Y 座標。</summary>
float playerY;

/// <summary>敵の X 座標一覧。</summary>
float[] enemyX = new float[ENEMY_MAX];
```

```
/// <summary>敵のＹ座標一覧。</summary>
float[] enemyY = new float[ENEMY_MAX];

/// <summary>敵の移動速度一覧。</summary>
float[] enemySpeed = new float[ENEMY_MAX];

/// <summary>敵の移動角度一覧。</summary>
double[] enemyAngle = new double[ENEMY_MAX];

/// <summary>敵のホーミング有効時間。</summary>
int[] enemyHomingAmount = new int[ENEMY_MAX];

/// <summary>ホーミング対応の敵かどうか。</summary>
bool[] enemyHoming = new bool[ENEMY_MAX];

/// <summary>
/// Constructor.
/// </summary>
public Game1()
{
  graphics = new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
}

/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  // Create a new SpriteBatch, which can be used to draw textures.
  spriteBatch = new SpriteBatch(GraphicsDevice);

  gameThumbnail = Content.Load<Texture2D>("GameThumbnail");
  spriteFont = Content.Load<SpriteFont>("SpriteFont");
}
```

```
/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
  if (game)
  {
    movePlayer(keyState);
    createEnemy();
    if (enemyMoveAndHitTest())
    {
      enemyReset();
    }
    counter++;
  }
  else
  {
    updateTitle(keyState);
  }

  base.Update(gameTime);
}

/// <summary>
/// 自機を移動します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void movePlayer(KeyboardState keyState)
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Left))
  {
    playerX -= PLAYER_SPEED;
  }
```

```
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Right))
  {
    playerX += PLAYER_SPEED;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Up))
  {
    playerY -= PLAYER_SPEED;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Down))
  {
    playerY += PLAYER_SPEED;
  }
  if (playerX < SCREEN_LEFT)
  {
    playerX = SCREEN_LEFT;
  }
  if (playerX > SCREEN_RIGHT)
  {
    playerX = SCREEN_RIGHT;
  }
  if (playerY < SCREEN_TOP)
  {
    playerY = SCREEN_TOP;
  }
  if (playerY < SCREEN_BOTTOM)
  {
    playerY = SCREEN_BOTTOM;
  }
  base.Update(gameTime);
}

/// <summary>
/// 自機を移動します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void movePlayer(KeyboardState keyState)
```

```
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Left))
  {
    playerX -= PLAYER_SPEED;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Right))
  {
    playerX += PLAYER_SPEED;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Up))
  {
    playerY -= PLAYER_SPEED;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Down))
  {
    playerY += PLAYER_SPEED;
  }
  if (playerX < SCREEN_LEFT)
  {
    playerX = SCREEN_LEFT;
  }
  if (playerX > SCREEN_RIGHT)
  {
    playerX = SCREEN_RIGHT;
  }
  if (playerY < SCREEN_TOP)
  {
    playerY = SCREEN_TOP;
  }
  if (playerY > SCREEN_BOTTOM)
  {
    playerY = SCREEN_BOTTOM;
  }
}
```

```
/// <summary>
/// 敵機を作成します。
/// </summary>
private void createEnemy()
{
  if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0)
  {
    const float AROUND_HALF = SCREEN_WIDTH + SCREEN_HEIGHT;
    const float AROUND_HALF_QUARTER = SCREEN_WIDTH * 2 + SCREEN_HEIGHT;
    const int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
    for (int i = 0; i < ENEMY_MAX; i++)
    {
      if ((enemyX[i] > SCREEN_RIGHT || enemyX[i] < SCREEN_LEFT) &&
        (enemyY[i] > SCREEN_BOTTOM || enemyY[i] < SCREEN_TOP))
      {
        Random rnd = new Random();
        int p = rnd.Next(AROUND);
        if (p < SCREEN_WIDTH || p >= AROUND_HALF &&
          p < AROUND_HALF_QUARTER)
        {
          enemyX[i] = p % SCREEN_WIDTH;
          enemyY[i] = p < AROUND_HALF ? 0 : SCREEN_HEIGHT;
        }
        else
        {
          enemyX[i] = p < AROUND_HALF ? 0 : SCREEN_WIDTH;
          enemyY[i] = p % SCREEN_HEIGHT;
        }
        enemySpeed[i] = rnd.Next(1, 3) + counter * 0.001f;
        enemyAngle[i] = Math.Atan2(
          playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
        enemyHoming[i] = rnd.Next(100) < HOMING_PERCENTAGE;
        enemyHomingAmount[i] = enemyHoming[i] ? HOMING_LIMIT : 0;
        score += 10;
        if (score % EXTEND_THRESHOLD < prevScore % EXTEND_THRESHOLD)
        {
```

```
          playerAmount++;
        }
        prevScore = score;
        if (hiScore < score)
        {
          hiScore = score;
        }
        break;
      }
    }
  }
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
private bool enemyMoveAndHitTest()
{
  bool hit = false;
  const float HITAREA = RECT_SIZE * 0.5f + RECT_SIZE * ENEMY_SCALE * 0.5f;
  for (int i = 0; i < ENEMY_MAX; i++)
  {
    if (Math.Abs(playerX - enemyX[i]) < HITAREA &&
      Math.Abs(playerY - enemyY[i]) < HITAREA)
    {
      hit = true;
      game = --playerAmount >= 0;
      break;
    }
    if (--enemyHomingAmount[i] > 0)
    {
      enemyAngle[i] = Math.Atan2(
        playerY - enemyY[i], playerX - enemyX[i]);
    }
    enemyX[i] += (float)Math.Cos(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
```

```
    enemyY[i] += (float)Math.Sin(enemyAngle[i]) * enemySpeed[i];
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 敵機を初期状態にリセットします。
/// </summary>
private void enemyReset()
{
  const float FIRST_POSITION = -RECT_SIZE * ENEMY_SCALE;
  for (int i = 0; i < ENEMY_MAX; i++)
  {
    enemyX[i] = FIRST_POSITION;
    enemyY[i] = FIRST_POSITION;
    enemySpeed[i] = 0;
  }
}

/// <summary>
/// タイトル画面を更新します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void updateTitle(KeyboardState keyState)
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
  {
    Exit();
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
  {
    // ゲーム開始
    game = true;
    playerX = SCREEN_LEFT + SCREEN_WIDTH * 0.5f;
    playerY = SCREEN_TOP + SCREEN_HEIGHT * 0.5f;
    counter = 0;
```

```
    score = 0;
    prevScore = 0;
    playerAmount = PLAYER_AMOUNT;
    enemyReset();
  }
}

/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  spriteBatch.Begin();
  if (game)
  {
    drawGame();
  }
  else
  {
    drawTitle();
  }
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "HISCORE: " + hiScore.ToString(),
    new Vector2(0, 560), Color.Black);
  spriteBatch.End();
  base.Draw(gameTime);
}

/// <summary>
/// タイトル画面を描画します。
/// </summary>
private void drawTitle()
{
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SAMPLE 1", new Vector2(200, 100),
    Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f, SpriteEffects.None, 0f);
```

```
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "PUSH SPACE KEY.",
    new Vector2(340, 400), Color.Black);
}

/// <summary>
/// ゲーム画面を描画します。
/// </summary>
private void drawGame()
{
  drawPlayer();
  drawEnemy();
  drawHUD();
}

/// <summary>
/// 自機を描画します。
/// </summary>
private void drawPlayer()
{
  spriteBatch.Draw(
    gameThumbnail, new Vector2(playerX, playerY), null,
    Color.White, 0f, new Vector2(RECT_SIZE * 0.5f), 1f,
    SpriteEffects.None, 0f);
}

/// <summary>
/// 敵機を描画します。
/// </summary>
private void drawEnemy()
{
  for (int i = 0; i < ENEMY_MAX; i++)
  {
    spriteBatch.Draw(
      gameThumbnail, new Vector2(enemyX[i], enemyY[i]), null,
        enemyHoming[i] ? Color.Orange : Color.Red, 0f,
        new Vector2(RECT_SIZE * 0.5f), ENEMY_SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
```

```
  }
}

/// <summary>
/// HUD を描画します。
/// </summary>
private void drawHUD()
{
  spriteBatch.DrawString(spriteFont, "SCORE: " + score.ToString(),
    new Vector2(300, 560), Color.Black);
  spriteBatch.DrawString(spriteFont,
    "PLAYER: " + new string('*', playerAmount),
    new Vector2(600, 560), Color.Black);
}
```

ステップ 2:データごとにまとめよう

このゲームでは最大 100 個の弾が自機目がけて襲い掛かってきます。100 個の弾を同時に動かすためには、100 個分の位置、100 個分の速度、100 個分の角度が必要となります。さらにこのゲームではホーミング弾かどうかと、ホーミングの残り持続時間もそれぞれ 100 個分必要となりますね。ところで、これらのデータにアクセスするためには、どのようにやっていたか思い出してください。例えばここでは 58 番目の弾のデータを取り出すと仮定しましょう。日本語で示すと大体下記のような感じだったはずです。

1. X 座標一覧のうち 58 番目の値を取り出す。
2. Y 座標一覧のうち 58 番目の値を取り出す。
3. 速度一覧のうち 58 番目の値を取り出す。
4. 角度一覧のうち 58 番目の値を取り出す。
5. ホーミングフラグ一覧のうち 58 番目の値を取り出す。
6. ホーミング持続時間残数一覧のうち 58 番目の値を取り出す。

これでもまぁ、悪くはないと思いますが、下記のやり方の方がスマートに見えませんか？

1. 弾情報ファイル一覧のうち、58 番目の弾情報データを取り出す。
2. 1 で取り出したデータから X 座標を取り出す。
3. 1 で取り出したデータから Y 座標を取り出す。
4. 1 で取り出したデータから速度を取り出す。
5. 1 で取り出したデータから角度を取り出す。
6. 1 で取り出したデータからホーミングフラグを取り出す。
7. 1 で取り出したデータからホーミング持続時間残数を取り出す。

一つのデータに複数の値を入れるにはどうすればよいでしょうか？プログラミングの基本を勉強してきたあなたなら判るでしょう。構造体を使えばよいのです。

```
// Enemy.cs

namespace Sample1_05
{

  /// <summary>
```

```
  /// 敵機の情報。
  /// </summary>
  struct Enemy
  {

    /// <summary>大きさ。</summary>
    public const float SIZE = 32;

    /// <summary>最大数。</summary>
    public const int MAX = 100;

    /// <summary>ホーミング確率。</summary>
    public const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

    /// <summary>ホーミング時間。</summary>
    public const int HOMING_LIMIT = 60;

    /// <summary>X 座標。</summary>
    public float x;

    /// <summary>Y 座標。</summary>
    public float y;

    /// <summary>移動速度。</summary>
    public float speed;

    /// <summary>移動角度。</summary>
    public double angle;

    /// <summary>ホーミング対応かどうか。</summary>
    public bool homing;

    /// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
    public int homingAmount;
  }
}
```

今までゲームクラスでは弾のＸ座標・Ｙ座標・速度・角度などを個別に管理していましたが、このサンプル（Sample1_05）では弾情報の構造体のみを管理すればよいようになります。

構造体の宣言は Game1.cs とは別ファイルにするとよいでしょう。そのクラスでしか使わず、外部に公開したくないなど、よほど強い理由がない限りは極力１ファイル１クラス、または１構造体にすることを心がけましょう。この場合、ファイル名はクラス名、または構造体名に合わせます。また、もしフォルダを刻みたい場合、名前空間名に合わせるとよいでしょう。

ではこの調子で残りのコードを書いていきす。敵以外にもいくつかのデータを構造体化してみました。こうすると今まで散乱していたデーター覧が、ある程度まとまって見えるでしょう。

```
// Graphics.cs

using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;

namespace Sample1_05
{

  /// <summary>
  /// スプライト バッチやコンテンツなど描画周りのデーター覧。
  /// </summary>
  struct Graphics
  {

    /// <summary>スプライト バッチ。</summary>
    public SpriteBatch spriteBatch;

    /// <summary>キャラクタ用画像。</summary>
    public Texture2D gameThumbnail;

    /// <summary>フォント画像。</summary>
    public SpriteFont spriteFont;
  }
}
```

```
// Score.cs

namespace Sample1_05
{

  /// <summary>
  /// スコア情報。
  /// </summary>
  struct Score
  {

    /// <summary>エクステンドの閾値。</summary>
    public const int EXTEND_THRESHOLD = 500;

    /// <summary>現在のスコア。</summary>
    public int now;

    /// <summary>前フレームのスコア。</summary>
    public int prev;

    /// <summary>ハイスコア。</summary>
    public int highest;
  }
}
```

```
// Player.cs

namespace Sample1_05
{

  /// <summary>
  /// 自機の情報。
  /// </summary>
  struct Player
  {
```

```
    /// <summary>大きさ。</summary>
    public const float SIZE = 64;

    /// <summary>移動速度。</summary>
    public const float SPEED = 3;

    /// <summary>自機の初期残機。</summary>
    public const int DEFAULT_AMOUNT = 2;

    /// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
    public int amount;

    /// <summary>X 座標。</summary>
    public float x;

    /// <summary>Y 座標。</summary>
    public float y;
  }
}
```

```
// Game1.cs

using System;
using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
using Microsoft.Xna.Framework.Input;

namespace Sample1_05
{

  /// <summary>
  /// This is the main type for your game
  /// </summary>
  public class Game1
    : Game
  {
```

```
/// <summary>画像サイズ。</summary>
const float RECT = 64;

/// <summary>画面横幅。</summary>
const float SCREEN_WIDTH = 800;

/// <summary>画面縦幅。</summary>
const float SCREEN_HEIGHT = 600;

/// <summary>画面左端。</summary>
const float SCREEN_LEFT = 0;

/// <summary>画面上端。</summary>
const float SCREEN_TOP = 0;

/// <summary>画面右端。</summary>
const float SCREEN_RIGHT = SCREEN_LEFT + SCREEN_WIDTH;

/// <summary>画面下端。</summary>
const float SCREEN_BOTTOM = SCREEN_TOP + SCREEN_HEIGHT;

/// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
bool game;

/// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
int counter;

/// <summary>描画周りデータ。</summary>
Graphics graphics = new Graphics();

/// <summary>スコア データ。</summary>
Score score = new Score();

/// <summary>自機 データ。</summary>
Player player = new Player();
```

```
/// <summary>敵機一覧データ。</summary>
Enemy[] enemies = new Enemy[Enemy.MAX];

/// <summary>
/// Constructor.
/// </summary>
public Game1()
{
  new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
}

/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  // Create a new SpriteBatch, which can be used to draw textures.
  graphics.spriteBatch = new SpriteBatch(GraphicsDevice);

  graphics.gameThumbnail = Content.Load<Texture2D>("GameThumbnail");
  graphics.spriteFont = Content.Load<SpriteFont>("SpriteFont");
}

/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
  if (game)
  {
    movePlayer(keyState);
```

```
        createEnemy();
        if (enemyMoveAndHitTest())
        {
          enemyReset();
        }
        counter++;
      }
      else
      {
        updateTitle(keyState);
      }
      base.Update(gameTime);
    }

    /// <summary>
    /// 自機を移動します。
    /// </summary>
    /// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
    private void movePlayer(KeyboardState keyState)
    {
      if (keyState.IsKeyDown(Keys.Left))
      {
        player.x -= Player.SPEED;
      }
      if (keyState.IsKeyDown(Keys.Right))
      {
        player.x += Player.SPEED;
      }
      if (keyState.IsKeyDown(Keys.Up))
      {
        player.y -= Player.SPEED;
      }
      if (keyState.IsKeyDown(Keys.Down))
      {
        player.y += Player.SPEED;
      }
```

```
    if (player.x < SCREEN_LEFT)
    {
      player.x = SCREEN_LEFT;
    }
    if (player.x > SCREEN_RIGHT)
    {
      player.x = SCREEN_RIGHT;
    }
    if (player.y < SCREEN_TOP)
    {
      player.y = SCREEN_TOP;
    }
    if (player.y > SCREEN_BOTTOM)
    {
      player.y = SCREEN_BOTTOM;
    }
  }

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  private void createEnemy()
  {
    if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0)
    {
      const float AROUND_HALF = SCREEN_WIDTH + SCREEN_HEIGHT;
      const float AROUND_HALF_QUARTER = SCREEN_WIDTH * 2 + SCREEN_HEIGHT;
      const int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
      for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
      {
        if ((enemies[i].x > SCREEN_RIGHT || enemies[i].x < SCREEN_LEFT) &&
          (enemies[i].y > SCREEN_BOTTOM || enemies[i].y < SCREEN_TOP))
        {
```

```
            Random rnd = new Random();
            int p = rnd.Next(AROUND);
            if (p < SCREEN_WIDTH || p >= AROUND_HALF &&
              p < AROUND_HALF_QUARTER)
            {
              enemies[i].x = p % SCREEN_WIDTH;
              enemies[i].y = p < AROUND_HALF ? 0 : SCREEN_HEIGHT;
            }
            else
            {
              enemies[i].x = p < AROUND_HALF ? 0 : SCREEN_WIDTH;
              enemies[i].y = p % SCREEN_HEIGHT;
            }
            enemies[i].speed = rnd.Next(1, 3) + counter * 0.001f;
            enemies[i].angle = Math.Atan2(
              player.y - enemies[i].y, player.x - enemies[i].x);
            enemies[i].homing = rnd.Next(100) < Enemy.HOMING_PERCENTAGE;
            enemies[i].homingAmount =
              enemies[i].homing ? Enemy.HOMING_LIMIT : 0;
            score.now += 10;
            if (score.now % Score.EXTEND_THRESHOLD <
              score.prev % Score.EXTEND_THRESHOLD)
            {
              player.amount++;
            }
            score.prev = score.now;
            if (score.highest < score.now)
            {
              score.highest = score.now;
            }
            break;
          }
        }
      }
    }
```

```
/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
private bool enemyMoveAndHitTest()
{
  bool hit = false;
  const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + Enemy.SIZE * 0.5f;
  for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
  {
    if (Math.Abs(player.x - enemies[i].x) < HITAREA &&
      Math.Abs(player.y - enemies[i].y) < HITAREA)
    {
      hit = true;
      game = --player.amount >= 0;
      break;
    }
    if (--enemies[i].homingAmount > 0)
    {
      enemies[i].angle = Math.Atan2(
        player.y - enemies[i].y, player.x - enemies[i].x);
    }
    enemies[i].x += (float)Math.Cos(enemies[i].angle) * enemies[i].speed;
    enemies[i].y += (float)Math.Sin(enemies[i].angle) * enemies[i].speed;
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 敵機を初期状態にリセットします。
/// </summary>
private void enemyReset()
{
  const float FIRST_POSITION = -Enemy.SIZE;
  for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
  {
```

```
        enemies[i].x = FIRST_POSITION;
        enemies[i].y = FIRST_POSITION;
        enemies[i].speed = 0;
      }
    }

    /// <summary>
    /// タイトル画面を更新します。
    /// </summary>
    /// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
    private void updateTitle(KeyboardState keyState)
    {
      if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
      {
        Exit();
      }
      if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
      {
        // ゲーム開始
        game = true;
        player.x = SCREEN_LEFT + SCREEN_WIDTH * 0.5f;
        player.y = SCREEN_TOP + SCREEN_HEIGHT * 0.5f;
        counter = 0;
        score.now = 0;
        score.prev = 0;
        player.amount = Player.DEFAULT_AMOUNT;
        enemyReset();
      }
    }

    /// <summary>
    /// This is called when the game should draw itself.
    /// </summary>
    /// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
    protected override void Draw(GameTime gameTime)
    {
```

```
    GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
    graphics.spriteBatch.Begin();
    if (game)
    {
      drawGame();
    }
    else
    {
      drawTitle();
    }
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "HISCORE: " + score.highest.ToString(),
      new Vector2(0, 560), Color.Black);
    graphics.spriteBatch.End();
    base.Draw(gameTime);
  }

  /// <summary>
  /// タイトル画面を描画します。
  /// </summary>
  private void drawTitle()
  {
    graphics.spriteBatch.DrawString(
      graphics.spriteFont, "SAMPLE 1", new Vector2(200, 100),
      Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f, SpriteEffects.None, 0f);
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "PUSH SPACE KEY.", new Vector2(340, 400), Color.Black);
  }

  /// <summary>
  /// ゲーム画面を描画します。
  /// </summary>
  private void drawGame()
  {
    drawPlayer();
```

```
    drawEnemy();
    drawHUD();
  }

  /// <summary>
  /// 自機を描画します。
  /// </summary>
  private void drawPlayer()
  {
    graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail,
      new Vector2(player.x, player.y), null, Color.White, 0f,
      new Vector2(RECT * 0.5f), Player.SIZE / RECT, SpriteEffects.None, 0f);
  }

  /// <summary>
  /// 敵機を描画します。
  /// </summary>
  private void drawEnemy()
  {
    const float SCALE = Enemy.SIZE / RECT;
    Vector2 origin = new Vector2(RECT * 0.5f);
    for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
    {
      graphics.spriteBatch.Draw(
        graphics.gameThumbnail, new Vector2(enemies[i].x, enemies[i].y),
        null, enemies[i].homing ? Color.Orange : Color.Red,
        0f, origin, SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
    }
  }

  /// <summary>
  /// HUD を描画します。
  /// </summary>
  private void drawHUD()
  {
```

```
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "SCORE: " + score.now.ToString(),
        new Vector2(300, 560), Color.Black);
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "PLAYER: " + new string('*', player.amount),
        new Vector2(600, 560), Color.Black);
    }
  }
}
```

あるものは使おう

「車輪の再発明」と言う慣用句をご存知ですか？その名の通り、すでに存在しているものをもう一度作ってしまうことを指します。例えばパソコンで動作する OS と聞くと何を思い浮かべますか？読者の皆さんなら、恐らく真っ先に Windows が出てくるかと思います。他にも挙げてみましょう。Mac の標準 OS「OS X」があります。他にも Linux や BSD など UNIX ベースの OS もあります（OS X も BSD の仲間です）。もうちょっとマイナーどころとなると、BeOS や MonaOS なんかもありますね。車輪の再発明とは、これらの OS が信用できない、あるいはほかの理由で自家製 OS を作ってしまうことです。これがもっとひどくなると、社内では自家製・または自社製ソフトウェアしか価値を認めず、存在を認めず、当然運用も認めない[16]などとなり、「自前主義」とか「NIH 症候群」などと呼ばれるようになります。

車輪の再発明は、学習・研究目的で行う場合は、ブラックボックスの内部構造が理解できるなど、あなたにとってメリットとなることが多いでしょう。但し、それ以外の目的で行うことはデメリットの方が大きく、お勧めできません。例えば「使いたいソフトウェアの品質が目に余るほど低く、それの代替版を作る」などの明確な目的がある場合を除き、再発明版の方がクオリティの低いソフトウェアとなってしまう場合が殆どです[17]。私は、そのような車輪の再発明に労力を割くくらいなら、類似しているソフトウェアを探し、仕様を把握してそれに合わせた構造を作る方が、有意義な時間を使えると考えます。

少々脱線しかけたので話を戻しましょう。前項では弾の情報を管理するために、構造体を作りましたね。そこでは X 座標と Y 座標、速度と角度、そしてホーミング制御用のデータが 2 つの合計 6 つのデータがありました。しかし XNA に標準で入っている Vector2 型を使用すると、これが 4 つのデータで済みます。Vector2 型には X と Y の二つの変数があり、それを使い位置情報を保持できるだけでなく、速度

[16] 2008 年頃にそういう現場の経験もあります。ちなみに OS は Windows2000 でした。Word97 や Excel97 を使っていて、96 年頃の Lotus Notes を使っていました。堂々と NIH を謳っていた割に、この辺は別にいいのかなぁ。どうでもいい雑学でした。

[17] これを「四角い車輪の再発明」という人も、少なからずいるようです。

や方角を保持するためにも活用することができます。型名を見る限り、むしろこちらの使い方が本来のものであることに気づきますね。

下記のソースコード(Sample1_06)では、自機と弾の座標と速度角度管理に Vector2 型を使用しています。速度角度計算に三角関数を使わず、ベクトル計算で代用していたり、さらに処理を分割していたりするところなど、細部でいろいろな変更を施していますので、その辺もよく比較してみてください。

```
// Player.cs

using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Input;
using System.Collections.Generic;

namespace Sample1_06
{

  /// <summary>
  /// 自機の情報。
  /// </summary>
  struct Player
  {
    /// <summary>大きさ。</summary>
    public const float SIZE = 64;

    /// <summary>移動速度。</summary>
    public const float SPEED = 3;

    /// <summary>自機の初期残機。</summary>
    public const int DEFAULT_AMOUNT = 2;

    /// <summary>入力を受け付けるキー一覧。</summary>
    public Keys[] acceptInputKeyList;
```

```
    /// <summary>キー入力に対応した移動方向。</summary>
    public Dictionary<Keys, Vector2> velocity;

    /// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
    public int amount;

    /// <summary>現在座標。</summary>
    public Vector2 position;
  }
}
```

```
//Enemy.cs

using Microsoft.Xna.Framework;

namespace Sample1_06
{

  /// <summary>
  /// 敵機の情報。
  /// </summary>
  struct Enemy
  {

    /// <summary>大きさ。</summary>
    public const float SIZE = 32;

    /// <summary>最大数。</summary>
    public const int MAX = 100;

    /// <summary>ホーミング確率。</summary>
    public const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

    /// <summary>ホーミング時間。</summary>
    public const int HOMING_LIMIT = 60;
```

```
    /// <summary>現在座標。</summary>
    public Vector2 position;

    /// <summary>移動速度と方角。</summary>
    public Vector2 velocity;

    /// <summary>ホーミング対応かどうか。</summary>
    public bool homing;

    /// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
    public int homingAmount;
  }
}
```

```
// Game1.cs

using System;
using System.Collections.Generic;
using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
using Microsoft.Xna.Framework.Input;

namespace Sample1_06
{

  /// <summary>
  /// This is the main type for your game
  /// </summary>
  public class Game1
    : Game
  {
    /// <summary>画像サイズ。</summary>
    const float RECT = 64;

    /// <summary>画面矩形情報。</summary>
    Rectangle SCREEN = new Rectangle(0, 0, 800, 600);
```

```
/// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
bool game;

/// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
int counter;

/// <summary>描画周りデータ。</summary>
Graphics graphics = new Graphics();

/// <summary>スコア データ。</summary>
Score score = new Score();

/// <summary>自機 データ。</summary>
Player player = new Player();

/// <summary>敵機一覧データ。</summary>
Enemy[] enemies = new Enemy[Enemy.MAX];

/// <summary>
/// Constructor.
/// </summary>
public Game1()
{
  new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
}

/// <summary>
/// Allows the game to perform any initialization it needs to before starting to run.
/// This is where it can query for any required services and load any non-graphic
/// related content.  Calling base.Initialize will enumerate through any components
/// and initialize them as well.
/// </summary>
protected override void Initialize()
{
```

```
    player.acceptInputKeyList =
      new Keys[] { Keys.Up, Keys.Down, Keys.Left, Keys.Right };
    player.velocity = new Dictionary<Keys, Vector2>();
    player.velocity.Add(Keys.Up, new Vector2(0, -Player.SPEED));
    player.velocity.Add(Keys.Down, new Vector2(0, Player.SPEED));
    player.velocity.Add(Keys.Left, new Vector2(-Player.SPEED, 0));
    player.velocity.Add(Keys.Right, new Vector2(Player.SPEED, 0));
    base.Initialize();
  }

  /// <summary>
  /// LoadContent will be called once per game and is the place to load
  /// all of your content.
  /// </summary>
  protected override void LoadContent()
  {
    // Create a new SpriteBatch, which can be used to draw textures.
    graphics.spriteBatch = new SpriteBatch(GraphicsDevice);

    graphics.gameThumbnail = Content.Load<Texture2D>("GameThumbnail");
    graphics.spriteFont = Content.Load<SpriteFont>("SpriteFont");
  }

  /// <summary>
  /// Allows the game to run logic such as updating the world,
  /// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
  /// </summary>
  /// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
  protected override void Update(GameTime gameTime)
  {
    KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
    if (game)
    {
      movePlayer(keyState);
```

```
      createEnemy();
      if (enemyMoveAndHitTest())
      {
        enemyReset();
      }
      counter++;
    }
    else
    {
      updateTitle(keyState);
    }
    base.Update(gameTime);
  }

  /// <summary>
  /// 自機を移動します。
  /// </summary>
  /// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
  private void movePlayer(KeyboardState keyState)
  {
    Vector2 prev = player.position;
    for (int i = 0; i < player.acceptInputKeyList.Length; i++)
    {
      Keys key = player.acceptInputKeyList[i];
      if (keyState.IsKeyDown(key))
      {
        player.position += player.velocity[key];
      }
    }
    if (!SCREEN.Contains((int)player.position.X, (int)player.position.Y))
    {
      player.position = prev;
    }
  }
```

```
/// <summary>
/// 敵機を作成します。
/// </summary>
private void createEnemy()
{
  if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0)
  {
    float AROUND_HALF = SCREEN.Width + SCREEN.Height;
    float AROUND_HALF_QUARTER = SCREEN.Width * 2 + SCREEN.Height;
    int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
    for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
    {
      if (!SCREEN.Contains(
        (int)enemies[i].position.X, (int)enemies[i].position.Y))
      {
        Random rnd = new Random();
        int p = rnd.Next(AROUND);
        if (p < SCREEN.Width || p >= AROUND_HALF &&
          p < AROUND_HALF_QUARTER)
        {
          enemies[i].position.X = p % SCREEN.Width;
          enemies[i].position.Y = p < AROUND_HALF ? 0 : SCREEN.Height;
        }
        else
        {
          enemies[i].position.X = p < AROUND_HALF ? 0 : SCREEN.Width;
          enemies[i].position.Y = p % SCREEN.Height;
        }
        enemies[i].velocity = createVelocity(
          enemies[i].position, rnd.Next(1, 3) + counter * 0.001f);
        enemies[i].homing = rnd.Next(100) < Enemy.HOMING_PERCENTAGE;
        enemies[i].homingAmount = Enemy.HOMING_LIMIT;
        addScore(10);
        break;
      }
    }
```

```
  }
}

/// <summary>
/// スコアを加算します。
/// </summary>
/// <param name="add">加算されるスコア値。</param>
private void addScore(int add)
{
  score.now += add;
  if (score.now % Score.EXTEND_THRESHOLD <
    score.prev % Score.EXTEND_THRESHOLD)
  {
    player.amount++;
  }
  score.prev = score.now;
  if (score.highest < score.now)
  {
    score.highest = score.now;
  }
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
private bool enemyMoveAndHitTest()
{
  bool hit = false;
  const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + Enemy.SIZE * 0.5f;
  const float HITAREA_SQUARED = HITAREA * HITAREA;
  for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
  {
    if (Vector2.DistanceSquared(enemies[i].position, player.position) <
      HITAREA_SQUARED)
```

```
      {
        hit = true;
        game = --player.amount >= 0;
        break;
      }
      if (enemies[i].homing && --enemies[i].homingAmount > 0)
      {
        enemies[i].velocity =
          createVelocity(enemies[i].position, enemies[i].velocity.Length());
      }
      enemies[i].position += enemies[i].velocity;
    }
    return hit;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動速度と方角を計算します。
  /// </summary>
  /// <param name="position">位置。</param>
  /// <param name="speed">速度。</param>
  /// <returns>計算された敵機の新しい移動速度と方角。</returns>
  private Vector2 createVelocity(Vector2 position, float speed)
  {
    Vector2 velocity = player.position - position;
    if (velocity == Vector2.Zero)
    {
      // 長さが0だと単位ベクトル計算時にNaNが出るため対策
      velocity = Vector2.UnitX;
    }
    velocity.Normalize();
    return (velocity * speed);
  }

  /// <summary>
  /// 敵機を初期状態にリセットします。
  /// </summary>
```

```
private void enemyReset()
{
  Vector2 firstPosition = new Vector2(-Enemy.SIZE);
  for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
  {
    enemies[i].position = firstPosition;
    enemies[i].velocity = Vector2.Zero;
  }
}

/// <summary>
/// タイトル画面を更新します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void updateTitle(KeyboardState keyState)
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
  {
    Exit();
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
  {
    // ゲーム開始
    game = true;
    Point center = SCREEN.Center;
    player.position = new Vector2(center.X, center.Y);
    counter = 0;
    score.now = 0;
    score.prev = 0;
    player.amount = Player.DEFAULT_AMOUNT;
    enemyReset();
  }
}
```

```
/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  graphics.spriteBatch.Begin();
  if (game)
  {
    drawGame();
  }
  else
  {
    drawTitle();
  }
  graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
    "HISCORE: " + score.highest.ToString(), new Vector2(0, 560), Color.Black);
  graphics.spriteBatch.End();
  base.Draw(gameTime);
}

/// <summary>
/// タイトル画面を描画します。
/// </summary>
private void drawTitle()
{
  graphics.spriteBatch.DrawString(
    graphics.spriteFont, "SAMPLE 1", new Vector2(200, 100),
    Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f, SpriteEffects.None, 0f);
  graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
    "PUSH SPACE KEY.", new Vector2(340, 400), Color.Black);
}
```

```
/// <summary>
/// ゲーム画面を描画します。
/// </summary>
private void drawGame()
{
  drawPlayer();
  drawEnemy();
  drawHUD();
}

/// <summary>
/// 自機を描画します。
/// </summary>
private void drawPlayer()
{
  graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, player.position,
    null, Color.White, 0f, new Vector2(RECT * 0.5f),
    Player.SIZE / RECT, SpriteEffects.None, 0f);
}

/// <summary>
/// 敵機を描画します。
/// </summary>
private void drawEnemy()
{
  const float SCALE = Enemy.SIZE / RECT;
  Vector2 origin = new Vector2(RECT * 0.5f);
  for (int i = 0; i < Enemy.MAX; i++)
  {
    graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, enemies[i].position,
      null, enemies[i].homing ? Color.Orange : Color.Red,
      0f, origin, SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
  }
}
```

```
    /// <summary>
    /// HUD を描画します。
    /// </summary>
    private void drawHUD()
    {
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "SCORE: " + score.now.ToString(),
        new Vector2(300, 560), Color.Black);
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "PLAYER: " + new string('*', player.amount),
        new Vector2(600, 560), Color.Black);
    }
  }
}
```

オブジェクト指向への第一歩

前々回で座標や速度などの弾情報を構造体という形で 1 つのデータとしてまとめました。ところで、構造体にはどのようなものが入れられるのでしょうか？列挙してみましょう。

- 変数
- 関数(メソッド)
- プロパティやインデクサ(アクセサ)
- イベント

構造体には上記のように変数以外のもの、例えば関数なども入れることができます。事実上クラスとほぼ同じものが入れられるのです。そうすると、前章で分割したサブルーチンの一部は、構造体の中に埋め込んでしまった方が自然に見えますよね？このように構造体の中に埋め込むことは、他のメリット(カプセル化やポリモーフィズムなど)もあるのですが、それは次節で紹介しますので、ここでは早速コードを書き直してみましょう(Sample1_07)。

```
// Graphics.cs

using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
```

```
namespace Sample1_07
{

  /// <summary>
  /// スプライト バッチやコンテンツなど描画周りのデーター覧。
  /// </summary>
  class Graphics
  {

    /// <summary>画像サイズ。</summary>
    public const float RECT = 64;

    /// <summary>スプライト バッチ。</summary>
    public SpriteBatch spriteBatch;

    /// <summary>キャラクタ用画像。</summary>
    public Texture2D gameThumbnail;

    /// <summary>フォント画像。</summary>
    public SpriteFont spriteFont;

    /// <summary>
    /// コンストラクタ。
    /// コンテンツを読み込みます。
    /// </summary>
    /// <param name="game">ゲーム メイン オブジェクト。</param>
    public Graphics(Game game)
    {
      spriteBatch = new SpriteBatch(game.GraphicsDevice);
      gameThumbnail = game.Content.Load<Texture2D>("GameThumbnail");
      spriteFont = game.Content.Load<SpriteFont>("SpriteFont");
    }
  }
}
```

```
// Score.cs

namespace Sample1_07
{

  /// <summary>
  /// スコア情報。
  /// </summary>
  class Score
  {

    /// <summary>エクステンドの閾値。</summary>
    public const int EXTEND_THRESHOLD = 500;

    /// <summary>現在のスコア。</summary>
    public int now;

    /// <summary>前フレームのスコア。</summary>
    public int prev;

    /// <summary>ハイスコア。</summary>
    public int highest;

    /// <summary>
    /// スコアをリセットします。
    /// </summary>
    public void reset()
    {
      now = 0;
      prev = 0;
    }

    /// <summary>
    /// スコアを加算します。
    /// </summary>
    /// <param name="score">加算されるスコア値。</param>
```

```
    public bool add(int score)
    {
      now += score;
      bool extend = now % EXTEND_THRESHOLD < prev % EXTEND_THRESHOLD;
      prev = now;
      if (highest < now)
      {
        highest = now;
      }
      return extend;
    }
  }
}
```

```
// Player.cs

using System.Collections.Generic;
using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
using Microsoft.Xna.Framework.Input;

namespace Sample1_07
{

  /// <summary>
  /// 自機の情報。
  /// </summary>
  class Player
  {

    /// <summary>大きさ。</summary>
    public const float SIZE = 64;

    /// <summary>移動速度。</summary>
    public const float SPEED = 3;
```

```
/// <summary>自機の初期残機。</summary>
public const int DEFAULT_AMOUNT = 2;

/// <summary>入力を受け付けるキー一覧。</summary>
public Keys[] acceptInputKeyList;

/// <summary>キー入力に対応した移動方向。</summary>
public Dictionary<Keys, Vector2> velocity;

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
public int amount;

/// <summary>現在座標。</summary>
public Vector2 position;

/// <summary>
/// 各種値を初期化します。
/// </summary>
public Player()
{
  acceptInputKeyList =
    new Keys[] { Keys.Up, Keys.Down, Keys.Left, Keys.Right };
  velocity = new Dictionary<Keys, Vector2>();
  velocity.Add(Keys.Up, new Vector2(0, -Player.SPEED));
  velocity.Add(Keys.Down, new Vector2(0, Player.SPEED));
  velocity.Add(Keys.Left, new Vector2(-Player.SPEED, 0));
  velocity.Add(Keys.Right, new Vector2(Player.SPEED, 0));
}

/// <summary>
/// キー入力に応じて移動します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
public void move(KeyboardState keyState)
{
  Vector2 prev = position;
```

```
      for (int i = 0; i < acceptInputKeyList.Length; i++)
      {
        Keys key = acceptInputKeyList[i];
        if (keyState.IsKeyDown(key))
        {
          position += velocity[key];
        }
      }
      if (!Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y))
      {
        position = prev;
      }
    }

    /// <summary>
    /// 描画します。
    /// </summary>
    /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
    public void draw(Graphics graphics)
    {
      graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position,
        null, Color.White, 0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f),
        Player.SIZE / Graphics.RECT, SpriteEffects.None, 0f);
    }
  }
}
```

```
// Enemies.cs

using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;

namespace Sample1_07
{
```

```
/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
class Enemies
{

  /// <summary>最大数。</summary>
  public const int MAX = 100;

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  public Enemy[] list = new Enemy[MAX];

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
  /// <returns>敵機を作成できた場合、true。</returns>
  public bool create(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    bool result = false;
    for (int i = 0; !result && i < MAX; i++)
    {
      result = list[i].start(playerPosition, speed);
    }
    return result;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動、及び接触判定をします。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <returns>接触した場合、true。</returns>
  public bool moveAndHitTest(Vector2 playerPosition)
  {
```

```
    bool hit = false;
    for (int i = 0; !hit && i < MAX; i++)
    {
      hit = list[i]._moveAndHitTest(playerPosition);
    }
    if (hit)
    {
      reset();
    }
    return hit;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機を初期状態にリセットします。
  /// </summary>
  public void reset()
  {
    Vector2 firstPosition = new Vector2(-Enemy.SIZE);
    for (int i = 0; i < MAX; i++)
    {
      list[i].position = firstPosition;
      list[i].velocity = Vector2.Zero;
    }
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    const float SCALE = -Enemy.SIZE / Graphics.RECT;
    Vector2 origin = new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f);
    for (int i = 0; i < MAX; i++)
    {
```

```
      {
        graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, list[i].position,
          null, list[i].homing ? Color.Orange : Color.Red,
          0f, origin, SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
      }
    }
  }
}
```

```
// Enemy.cs

using System;
using Microsoft.Xna.Framework;

namespace Sample1_07
{

  /// <summary>
  /// 敵機の情報。
  /// </summary>
  struct Enemy
  {

    /// <summary>大きさ。</summary>
    public const float SIZE = 32;

    /// <summary>ホーミング確率。</summary>
    public const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

    /// <summary>ホーミング時間。</summary>
    public const int HOMING_LIMIT = 60;

    /// <summary>現在座標。</summary>
    public Vector2 position;
```

```
/// <summary>移動速度と方角。</summary>
public Vector2 velocity;

/// <summary>ホーミング対応かどうか。</summary>
public bool homing;

/// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
public int homingAmount;

/// <summary>
/// 敵機をアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
/// <returns>敵機をアクティブにできた場合、true。</returns>
public bool start(Vector2 playerPosition, float speed)
{
  bool result = !Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y);
  if (result)
  {
    startForce(playerPosition, speed);
  }
  return result;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
public void startForce(Vector2 playerPosition, float speed)
{
  Random rnd = new Random();
  float AROUND_HALF = Game1.SCREEN.Width + Game1.SCREEN.Height;
  float AROUND_HALF_QUARTER = Game1.SCREEN.Width * 2 + Game1.SCREEN.Height;
```

```
    int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
    int p = rnd.Next(AROUND);
    if (p < Game1.SCREEN.Width || p >= AROUND_HALF &&
      p < AROUND_HALF_QUARTER)
    {
      position.X = p % Game1.SCREEN.Width;
      position.Y = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Height;
    }
    else
    {
      position.X = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Width;
      position.Y = p % Game1.SCREEN.Height;
    }
    initVelocity(playerPosition, rnd.Next(1, 3) + speed);
    homing = rnd.Next(100) < Enemy.HOMING_PERCENTAGE;
    homingAmount = Enemy.HOMING_LIMIT;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動、及び接触判定をします。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <returns>接触した場合、true。</returns>
  public bool _moveAndHitTest(Vector2 playerPosition)
  {
    const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + SIZE * 0.5f;
    const float HITAREA_SQUARED = HITAREA * HITAREA;
    bool hit = (HITAREA_SQUARED > Vector2.DistanceSquared(position, playerPosition));
    if (homing && --homingAmount > 0)
    {
      initVelocity(playerPosition, velocity.Length());
    }
    position += velocity;
    return hit;
  }
```

```
    /// <summary>
    /// 敵機の移動速度と方角を初期化します。
    /// </summary>
    /// <param name="playerPosition">プレイヤーの位置。</param>
    /// <param name="speed">速度。</param>
    public void initVelocity(Vector2 playerPosition, float speed)
    {
      Vector2 v = playerPosition - position;
      if (v == Vector2.Zero)
      {
        // 長さが0だと単位ベクトル計算時にNaNが出るため対策
        v = Vector2.UnitX;
      }
      v.Normalize();
      velocity = v * speed;
    }
  }
}
```

```
// Game1.cs

using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
using Microsoft.Xna.Framework.Input;

namespace Sample1_07
{

  /// <summary>
  /// This is the main type for your game
  /// </summary>
  public class Game1
    : Game
  {
```

```
/// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
bool game;

/// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
int counter;

/// <summary>描画周りデータ。</summary>
Graphics graphics;

/// <summary>スコア データ。</summary>
Score score = new Score();

/// <summary>敵機一覧データ。</summary>
Enemies enemies = new Enemies();

/// <summary>自機データ。</summary>
Player player = new Player();

/// <summary>
/// Constructor.
/// </summary>
public Game1()
{
  new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
}

/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  graphics = new Graphics(this);
}
```

```
/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
  if (game)
  {
    player.move(keyState);
    createEnemy();
    if (enemies.moveAndHitTest(player.position))
    {
      game = --player.amount >= 0;
    }
    counter++;
  }
  else
  {
    updateTitle(keyState);
  }
  base.Update(gameTime);
}

/// <summary>
/// 敵機を作成します。
/// </summary>
private void createEnemy()
{
  if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0 &&
    enemies.create(player.position, counter * 0.001f) &&
    score.add(10))
  {
    player.amount++;
  }
```

```
}

/// <summary>
/// タイトル画面を更新します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void updateTitle(KeyboardState keyState)
{
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
  {
    Exit();
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
  {
    // ゲーム開始
    game = true;
    Point center = SCREEN.Center;
    player.position = new Vector2(center.X, center.Y);
    counter = 0;
    score.reset();
    player.amount = Player.DEFAULT_AMOUNT;
    enemies.reset();
  }
}

/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  graphics.spriteBatch.Begin();
  if (game)
  {
```

```
      drawGame();
    }
    else
    {
      drawTitle();
    }
    drawHUD(game);
    graphics.spriteBatch.End();
    base.Draw(gameTime);
  }

  /// <summary>
  /// HUD を描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="all">全情報を描画するかどうか。</param>
  private void drawHUD(bool all)
  {
    if (all)
    {
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "SCORE: " + score.now.ToString(),
        new Vector2(300, 560), Color.Black);
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "PLAYER: " + new string('*', player.amount),
        new Vector2(600, 560), Color.Black);
    }
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "HISCORE: " + score.highest.ToString(), new Vector2(0, 560), Color.Black);
  }

  /// <summary>
  /// タイトル画面を描画します。
  /// </summary>
  private void drawTitle()
  {
```

```
      graphics.spriteBatch.DrawString(
        graphics.spriteFont, "SAMPLE 1", new Vector2(200, 100),
        Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f, SpriteEffects.None, 0f);
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "PUSH SPACE KEY.", new Vector2(340, 400), Color.Black);
    }

    /// <summary>
    /// ゲーム画面を描画します。
    /// </summary>
    private void drawGame()
    {
      player.draw(graphics);
      enemies.draw(graphics);
    }
  }
}
```

このサンプルでは、一部サブルーチンを各構造体へ埋め込んだだけでなく、同時に敵以外のすべての構造体をクラスに置き換えた上、敵クラスと敵一覧クラスに分割してています。C#における構造体とクラスの違いや、置き換えることによりどのようなメリット・デメリットがあるかなど、各自で挙げてみましょう。

カプセル化

前節では、変数のほかにメソッドなども、各クラス(または構造体)の中へ入れてしまいました。その結果、一部の変数などはそのクラスの中でしか使用しないものなども出てきました。そのような変数は積極的に隠してしまいましょう。また、クラス外でも使われる変数についても、極力直接書き換えられないようにすべきです。

なぜこのような、不便になりかねないようなことをすべきなのでしょうか？たとえばプレイヤーのクラス(以下 Player クラス)には残機情報「amount」が入っていますね。これをインクリメント[18]することによりエクステンドし、デクリメントすることでミス扱いにしています。この制御はメインである Game1 クラス内で行っています。また、残機情報は完全に公開されていて、Player クラスのオブジェクトにアクセスで

[18] 整数型の値を 1 増やすことをインクリメントと言います。逆に 1 減らすことをデクリメントと言います。

きれば誰でも残機情報を改変することができます。極端に言ってしまうと、Game1 クラスの気分次第で、プレイヤーの残機を 1 個減らすべきところで 2 個減らしたり、強制的に 0 にしたりも出来るわけです。Player クラスさんにとって、これは迷惑な話ですよね？開発者にとっても、余りに何でも出来すぎてしまうと思わぬバグの原因となってしまう可能性があります。

例えば二人のプログラマが協力して一つのゲームを作っているところを想像してください。私が前節で作った Player クラスを操作する機能を誰かが作ると仮定しましょう。Player クラスには現在位置を示す position という変数があり、その変数の値は好き勝手に変更できるようです。するとそのプログラマは、position は禁止されていない以上は好き勝手に変更できるものだろうと考えて、直接値を挿入してしまうものです。これは困りますね。折角 Player クラス内で position を制御するコードを書いたのに、これではその意味がなくなってしまいます。こうならないようにするためには、position の書き換えをコードレベルで禁止すればよいのです。アクセス指定子 private を使用すれば、position は Player クラスの中からしか見ることができなくなります。もしどうしても書き換えたい、たとえば「ミスと判定されたらプレイヤーを画面中央に戻したい」場合、その処理を Player クラスの中に追加してあげましょう。

```
/// <summary>
/// 残機を減らします。
/// </summary>
/// <returns>ゲームが続行可能である場合、true。</returns>
public bool miss()
{
  resetPosition();
  return --amount >= 0;
}

/// <summary>
/// 現在位置を初期化します。
/// </summary>
private void resetPosition()
{
  Point center = Game1.SCREEN.Center;
  position = new Vector2(center.X, center.Y);
}
```

このようにデータを隠蔽したり、場合によってはメソッドなどを隠蔽したりすることを「カプセル化」と言

います。全面的にデータ隠蔽を施したサンプルを用意しましたので、前節のサンプルとの違いをよく比較してみてください。(Sample1_08)

```
// Game1.cs

/// <summary>
/// This is the main type for your game
/// </summary>
public class Game1
  : Game
{

  /// <summary>画面矩形情報。</summary>
  public static readonly Rectangle SCREEN = new Rectangle(0, 0, 800, 600);

  /// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
  private bool game;

  /// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
  private int counter;

  /// <summary>描画周りデータ。</summary>
  private Graphics graphics;

  /// <summary>スコア データ。</summary>
  private readonly Score score = new Score();

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  private readonly Enemies enemies = new Enemies();

  /// <summary>自機データ。</summary>
  private readonly Player player = new Player();

  /// <summary>
  /// Constructor.
  /// </summary>
```

```
public Game1()
{
  new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
}

/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  graphics = new Graphics(this);
}

/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = Keyboard.GetState();
  if (game)
  {
    player.move(keyState);
    createEnemy();
    if (enemies.moveAndHitTest(player.position))
    {
      game = player.miss();
    }
    counter++;
  }
  else
  {
    updateTitle(keyState);
```

```
    }
    base.Update(gameTime);
  }

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  private void createEnemy()
  {
    if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0 &&
      enemies.create(player.position, counter * 0.001f) &&
      score.add(10))
    {
      player.extend();
    }
  }

  /// <summary>
  /// タイトル画面を更新します。
  /// </summary>
  /// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
  private void updateTitle(KeyboardState keyState)
  {
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
    {
      Exit();
    }
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
    {
      // ゲーム開始
      game = true;
      counter = 0;
      score.reset();
      player.reset();
      enemies.reset();
    }
```

```
}

/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  graphics.spriteBatch.Begin();
  if (game)
  {
    drawGame();
  }
  else
  {
    drawTitle();
  }
  drawHUD(game);
  graphics.spriteBatch.End();
  base.Draw(gameTime);
}

/// <summary>
/// HUD を描画します。
/// </summary>
/// <param name="all">全情報を描画するかどうか。</param>
private void drawHUD(bool all)
{
  if (all)
  {
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "PLAYER: " + player.amountString,
      new Vector2(600, 560), Color.Black);
  }
  score.draw(graphics, all);
```

```
  }

  /// <summary>
  /// タイトル画面を描画します。
  /// </summary>
  private void drawTitle()
  {
    graphics.spriteBatch.DrawString(
      graphics.spriteFont, "SAMPLE 1", new Vector2(200, 100),
      Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f, SpriteEffects.None, 0f);
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "PUSH SPACE KEY.", new Vector2(340, 400), Color.Black);
  }

  /// <summary>
  /// ゲーム画面を描画します。
  /// </summary>
  private void drawGame()
  {
    player.draw(graphics);
    enemies.draw(graphics);
  }
}
```

```
// Graphics.cs

/// <summary>
/// スプライト バッチやコンテンツなど描画周りのデーター覧。
/// </summary>
class Graphics
{

  /// <summary>画像サイズ。</summary>
  public const float RECT = 64;
```

```
  /// <summary>スプライト バッチ。</summary>
  public readonly SpriteBatch spriteBatch;

  /// <summary>キャラクタ用画像。</summary>
  public readonly Texture2D gameThumbnail;

  /// <summary>フォント画像。</summary>
  public readonly SpriteFont spriteFont;

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// コンテンツを読み込みます。
  /// </summary>
  /// <param name="game">ゲーム メイン オブジェクト。</param>
  public Graphics(Game game)
  {
    spriteBatch = new SpriteBatch(game.GraphicsDevice);
    gameThumbnail = game.Content.Load<Texture2D>("GameThumbnail");
    spriteFont = game.Content.Load<SpriteFont>("SpriteFont");
  }
}
```

```
// Score.cs

/// <summary>
/// スコア情報。
/// </summary>
class Score
{

  /// <summary>エクステンドの閾値。</summary>
  private const int EXTEND_THRESHOLD = 500;

  /// <summary>前フレームのスコア。</summary>
  private int prev;
```

```
/// <summary>現在のスコア。</summary>
public int now
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>ハイスコア。</summary>
public int highest
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// スコアをリセットします。
/// </summary>
public void reset()
{
  now = 0;
  prev = 0;
}

/// <summary>
/// スコアを加算します。
/// </summary>
/// <param name="score">加算されるスコア値。</param>
/// <returns>エクステンド該当となる場合、true。</returns>
public bool add(int score)
{
  now += score;
  bool extend = now % EXTEND_THRESHOLD < prev % EXTEND_THRESHOLD;
  prev = now;
  if (highest < now)
  {
    highest = now;
```

```
    }
    return extend;
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  /// <param name="nowScore">現在のスコアも描画するかどうか。</param>
  public void draw(Graphics graphics, bool nowScore)
  {
    if (nowScore)
    {
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "SCORE: " + now.ToString(),
        new Vector2(300, 560), Color.Black);
    }
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "HISCORE: " + highest.ToString(), new Vector2(0, 560), Color.Black);
  }
}
```

```
// Player.cs

/// <summary>
/// 自機の情報。
/// </summary>
class Player
{

  /// <summary>大きさ。</summary>
  public const float SIZE = 64;

  /// <summary>移動速度。</summary>
  private const float SPEED = 3;
```

```
/// <summary>自機の初期残機。</summary>
private const int DEFAULT_AMOUNT = 2;

/// <summary>入力を受け付けるキー一覧。</summary>
private readonly Keys[] acceptInputKeyList;

/// <summary>キー入力に対応した移動方向。</summary>
private readonly Dictionary<Keys, Vector2> velocity;

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
private int m_amount;

/// <summary>現在座標。</summary>
public Vector2 position
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
public int amount
{
  get
  {
    return m_amount;
  }
  private set
  {
    m_amount = value;
    amountString = value < 0 ? string.Empty : new string('*', value);
  }
}

/// <summary>ミス猶予(残機)数の文字列による表現。</summary>
public string amountString
{
```

```
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// 各種値を初期化します。
/// </summary>
public Player()
{
  acceptInputKeyList =
    new Keys[] { Keys.Up, Keys.Down, Keys.Left, Keys.Right };
  velocity = new Dictionary<Keys, Vector2>();
  velocity.Add(Keys.Up, new Vector2(0, -Player.SPEED));
  velocity.Add(Keys.Down, new Vector2(0, Player.SPEED));
  velocity.Add(Keys.Left, new Vector2(-Player.SPEED, 0));
  velocity.Add(Keys.Right, new Vector2(Player.SPEED, 0));
}

/// <summary>
/// 残機を増やします。
/// </summary>
public void extend()
{
  amount++;
}

/// <summary>
/// 残機を減らします。
/// </summary>
/// <returns>ゲームが続行可能である場合、true。</returns>
public bool miss()
{
  // ミスするとプレイヤーは元の座標へと戻る
  resetPosition();
  return --amount >= 0;
}
```

```
/// <summary>
/// 現在位置を初期化します。
/// </summary>
private void resetPosition()
{
  Point center = Game1.SCREEN.Center;
  position = new Vector2(center.X, center.Y);
}

/// <summary>
/// 座標や残機情報を初期化します。
/// </summary>
public void reset()
{
  resetPosition();
  amount = DEFAULT_AMOUNT;
}

/// <summary>
/// キー入力に応じて移動します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
public void move(KeyboardState keyState)
{
  Vector2 prev = position;
  for (int i = 0; i < acceptInputKeyList.Length; i++)
  {
    Keys key = acceptInputKeyList[i];
    if (keyState.IsKeyDown(key))
    {
      position += velocity[key];
    }
  }
  if (!Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y))
  {
    position = prev;
```

```
    }
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position,
      null, Color.White, 0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f),
      Player.SIZE / Graphics.RECT, SpriteEffects.None, 0f);
  }
}
```

```
// Enemies.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
class Enemies
{

  /// <summary>最大数。</summary>
  private const int MAX = 100;

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  private Enemy[] list = new Enemy[MAX];

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
  /// <returns>敵機を作成できた場合、true。</returns>
  public bool create(Vector2 playerPosition, float speed)
```

```
{
  bool result = false;
  for (int i = 0; !result && i < MAX; i++)
  {
    result = list[i].start(playerPosition, speed);
  }
  return result;
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool moveAndHitTest(Vector2 playerPosition)
{
  bool hit = false;
  for (int i = 0; !hit && i < MAX; i++)
  {
    hit = list[i].moveAndHitTest(playerPosition);
  }
  if (hit)
  {
    reset();
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 敵機を初期状態にリセットします。
/// </summary>
public void reset()
{
  Vector2 firstPosition = new Vector2(-Enemy.SIZE);
  for (int i = 0; i < MAX; i++)
  {
```

```
      list[i].sleep();
    }
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    for (int i = 0; i < MAX; i++)
    {
      list[i].draw(graphics);
    }
  }
}
```

```
// Enemy.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
struct Enemy
{

  /// <summary>大きさ。</summary>
  public const float SIZE = 32;

  /// <summary>ホーミング確率。</summary>
  private const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

  /// <summary>ホーミング時間。</summary>
  private const int HOMING_LIMIT = 60;

  /// <summary>初期位置。</summary>
  private static readonly Vector2 firstPosition = new Vector2(-SIZE);
```

```
/// <summary>移動速度と方角。</summary>
private Vector2 velocity;

/// <summary>ホーミング対応かどうか。</summary>
private bool homing;

/// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
private int homingAmount;

/// <summary>現在座標。</summary>
public Vector2 position
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>色。</summary>
public Color color
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool moveAndHitTest(Vector2 playerPosition)
{
  const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + SIZE * 0.5f;
  const float HITAREA_SQUARED = HITAREA * HITAREA;
  bool hit = (HITAREA_SQUARED > Vector2.DistanceSquared(position, playerPosition));
  if (homing && --homingAmount > 0)
  {
    initVelocity(playerPosition, velocity.Length());
```

```
    }
    position += velocity;
    return hit;
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    const float SCALE = SIZE / Graphics.RECT;
    Vector2 origin = new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f);
    graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position, null, color,
      0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f), SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
  }

  /// <summary>
  /// 敵機をアクティブにします。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
  /// <returns>敵機をアクティブにできた場合、true。</returns>
  public bool start(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    bool result = !Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y);
    if (result)
    {
      startForce(playerPosition, speed);
    }
    return result;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機を強制的にスリープにします。
  /// </summary>
```

```
public void sleep()
{
  position = firstPosition;
  velocity = Vector2.Zero;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
private void startForce(Vector2 playerPosition, float speed)
{
  Random rnd = new Random();
  float AROUND_HALF = Game1.SCREEN.Width + Game1.SCREEN.Height;
  float AROUND_HALF_QUARTER = Game1.SCREEN.Width * 2 + Game1.SCREEN.Height;
  int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
  int p = rnd.Next(AROUND);
  Vector2 pos;
  if (p < Game1.SCREEN.Width || p >= AROUND_HALF &&
    p < AROUND_HALF_QUARTER)
  {
    pos.X = p % Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Height;
  }
  else
  {
    pos.X = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p % Game1.SCREEN.Height;
  }
  position = pos;
  initVelocity(playerPosition, rnd.Next(1, 3) + speed);
  homing = rnd.Next(100) < Enemy.HOMING_PERCENTAGE;
  color = homing ? Color.Orange : Color.Red;
  homingAmount = Enemy.HOMING_LIMIT;
}
```

```
  /// <summary>
  /// 敵機の移動速度と方角を初期化します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">プレイヤーの位置。</param>
  /// <param name="speed">速度。</param>
  private void initVelocity(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    Vector2 v = playerPosition - position;
    if (v == Vector2.Zero)
    {
      // 長さが0だと単位ベクトル計算時にNaNが出るため対策
      v = Vector2.UnitX;
    }
    v.Normalize();
    velocity = v * speed;
  }
}
```

ステップ 3:「動け！」だけで勝手に動くようにしよう

ステップ 2 までは、恐らくこれを見ている皆さんも、ある程度自力で実践できていた、という人も多いのではないのでしょうか。実際に、大きなゲームが作れる人とすぐ破綻する人の差は、ここステップ 3 が理解できているか否か[19]によるものと思います。

ポリモーフィズム

ところで、オブジェクト指向を構成する性質には、以下の 3 つがあります。

- カプセル化
- インヘリタンス（継承）
- ポリモーフィズム（多態性）

カプセル化は前章でも触れましたね。オブジェクト指向プログラミングの入門本などを見ていると、継承（と、少しだけカプセル化）だけが犬や猫の例えを出してしつこく解説され、ポリモーフィズムはリモコンの電源ボタンなどに例えた概念をちょっとだけ紹介しておしまい、な傾向があった[20]気がします。でも、オブジェクト指向の一番凄いところはポリモーフィズムだったりするのです。

例えば、前章までに作ってきたサンプルゲームにおいて、ゲームプレイ中に毎フレーム行わなければならない処理は何があるでしょうか？列挙してみましょう。

1. キーの入力状態を更新する。
2. そのキーの入力状態をもとに、自機を移動する。
3. 一定間隔で敵機を作成する。
4. 敵機を一斉に移動する。
5. 敵機と自機との接触判定を行う。
6. その結果接触と判定された場合、自機を一機減らし、ゲーム続行可能か判定する。
7. 画面をクリアする
8. 自機を描画する。
9. 敵機を描画する。
10. 残機数を描画する。
11. スコアを描画する。

[19] 尤も、さらに大きなゲームになると、プログラミング以外の要素も多くなってくるのですが……。
[20] 少なくとも、4～5 年前はそうでした。今時の入門本はどうなのでしょう？

こうして改めて列挙してみると、たった 1 フレームの間だけでも、結構やるべきことが多いことに気付きますね。コードの可読性を維持し、思わぬバグを生み出さないためにもちょっと処理量を減らす必要がありそうです。とは言え、コードを見る限り削減できそうな無駄な処理は見当たりません。そうすると次はメソッドの分割が思いつきますが、ここではもう一つの方法を用います。前頁にも挙がっていたポリモーフィズムを使います。

実践に先立って軽くポリモーフィズムのおさらいをしましょう。よくある例えですが、テレビとパソコンが目の前にあったとします。一度でも分解したことのある人なら理解できると思いますが、両者の内部構造は全く異なります。しかしその本体に「通電した状態で電源ボタンを押す」と言う手続きを経ることにより、どちらも動作を始めます。つまり、パソコンやテレビの動作原理を知らなくても、「通電する」ことと「電源ボタンを押す」ことだけさえ理解していればパソコンやテレビは動作を始めることができるのです。

このようなことをポリモーフィズムと言います。しかし、これをどうこのサンプルゲームに適用すればよいでしょうか？先ほどまとめた毎フレーム行う処理をデータごとに区切ると、以下のようにまとめられそうです。

- キー入力
- 自機
- 敵機
- スコア

これらのクラスに共通する基底クラス、またはインターフェイスを作り、そこに「更新する」「描画する」の二つのメソッドが存在することを保証しまえばよさそうですね。クラス名は「タスク」辺りがよさそうですね。

```
/// <summary>
/// タスク インターフェイス。
/// </summary>
interface ITask
{
  /// <summary>
  /// 初期化を行います。
  /// </summary>
  void reset();
```

```
    /// <summary>
    /// 1 フレーム分の更新を行います。
    /// </summary>
    /// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
    void update(KeyboardState keyState);

    /// <summary>
    /// 1 フレーム分の描画を行います。
    /// </summary>
    /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
    void draw(Graphics graphics);
}
```

ここでは基底クラスではなくインターフェイスを使用し、また更新・描画に加えて「初期化」機能も追加しました。ところでインターフェイスを使用したことはありますか？本書を読んでいるレベルと言うことは恐らく「勉強したものの、使ったことがないから実際どういう者かよくわからない」と言う方が多いのではないのでしょうか？軽くおさらいをしておきましょう。

インターフェイスとは、異なる者同士が通信するために使う取り決めを指します。例えば、人同士が通信しあうために自然言語があります。つまり自然言語は人対人のインターフェイスとなるわけです。しかし、お互いに話せる言語が一致していないと、たとえ人種や特徴がそっくりでも、その人とはまともに通信できません。一方で、相手は日本語が通じるということが予め判ってさえいれば、人種が違っていようと、またどんな容姿が異なっていようと[21]、通信は簡単に行うことができます。これはプログラミングでも同じです。ITask というインターフェイスは先ほどの自然言語に例えると初期化、更新、そして描画と言う三つの命令だけを受け付ける言語の一種である、と言えるでしょう。たとえそこに謎のオブジェクト A があったとしても、もしそれが ITask インターフェイスを実装していると判ってしまえば、中身はよくわからなくても初期化、更新、そして描画を命令することができるのです。つまり、インターフェイスは使う側で、そのオブジェクトはどんなやつだろうと三つの命令を持っていることを保障する証明書のようなものなのです。その一方で、そのインターフェイスを組み込む側は、それに記述された命令、メソッドをすべて実装しないとエラーとなってしまい、プログラムは動作しません。このように使う側に機能の保証、組み込む側に機能の義務をそれぞれ与えるのがプログラミングにおけるインターフェイスの役割です。

[21] 極端な話、日本語が通じると判っていれば相手は人間である必要ですらないのです。ドラえもんやアトム、初音ミク（有志が絶対に作ってくれるはずだ！）でも構わないのです。この例えはポリモーフィズムを理解するうえでとても重要です。

少々話が長引いてしまいましたね。では、このITaskインターフェイスを前頁で挙げた四つのクラスに組み込んで、一斉に動かしてみましょう。(Sample1_09)

```
// Game1.cs
/// <summary>
/// This is the main type for your game
/// </summary>
public class Game1
  : Game
{

  /// <summary>画面矩形情報。</summary>
  public static readonly Rectangle SCREEN = new Rectangle(0, 0, 800, 600);

  /// <summary>ゲーム中かどうか。</summary>
  private bool game;

  /// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
  private int counter;

  /// <summary>描画周りデータ。</summary>
  private Graphics graphics;

  /// <summary>キー入力管理クラス。</summary>
  private readonly KeyState mgrInput = new KeyState();

  /// <summary>スコア データ。</summary>
  private readonly Score score = new Score();

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  private readonly Enemies enemies = new Enemies();

  /// <summary>自機データ。</summary>
  private readonly Player player = new Player();

  /// <summary>タイトル画面のタスク一覧。</summary>
  private readonly ITask[] taskTitle;
```

```
/// <summary>ゲームプレイ画面のタスク一覧。</summary>
private readonly ITask[] taskGame;

/// <summary>
/// Constructor.
/// </summary>
public Game1()
{
  new GraphicsDeviceManager(this);
  Content.RootDirectory = "Content";
  taskTitle = new ITask[] { score, mgrInput };
  taskGame = new ITask[] { enemies, player, score, mgrInput };
}

/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  graphics = new Graphics(this);
}

/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  KeyboardState keyState = mgrInput.keyboardState;
  ITask[] tasks = game ? taskGame : taskTitle;
  for (int i = 0; i < tasks.Length; i++)
  {
    tasks[i].update(keyState);
  }
```

```
    if (game)
    {
      createEnemy();
      if (enemies.hitTest(player.position))
      {
        game = player.miss();
        score.drawNowScore = game;
      }
      counter++;
    }
    else
    {
      updateTitle(keyState);
    }
    base.Update(gameTime);
}

/// <summary>
/// 敵機を作成します。
/// </summary>
private void createEnemy()
{
    if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0 &&
      enemies.create(player.position, counter * 0.001f) &&
      score.add(10))
    {
      player.extend();
    }
}

/// <summary>
/// タイトル画面を更新します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
private void updateTitle(KeyboardState keyState)
{
```

```
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
    {
      Exit();
    }
    if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
    {
      // ゲーム開始
      game = true;
      counter = 0;
      for (int i = 0; i < taskGame.Length; i++)
      {
        taskGame[i].reset();
      }
    }
  }

  /// <summary>
  /// This is called when the game should draw itself.
  /// </summary>
  /// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
  protected override void Draw(GameTime gameTime)
  {
    GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
    graphics.spriteBatch.Begin();
    ITask[] tasks = game ? taskGame : taskTitle;
    for (int i = 0; i < tasks.Length; i++)
    {
      tasks[i].draw(graphics);
    }
    if (!game)
    {
      drawTitle();
    }
    graphics.spriteBatch.End();
    base.Draw(gameTime);
  }
```

```
  /// <summary>
  /// タイトル画面を描画します。
  /// </summary>
  private void drawTitle()
  {
    graphics.spriteBatch.DrawString(
      graphics.spriteFont, "SAMPLE 1", new Vector2(200, 100),
      Color.Black, 0f, Vector2.Zero, 5f, SpriteEffects.None, 0f);
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "PUSH SPACE KEY.", new Vector2(340, 400), Color.Black);
  }
}
```

```
// KeyState.cs

/// <summary>
/// キー入力管理クラス。
/// </summary>
class KeyState
  : ITask
{

  /// <summary>キーボードの入力状態。</summary>
  public KeyboardState keyboardState
  {
    get;
    private set;
  }

  /// <summary>
  /// タスクを開始します。
  /// </summary>
  public void reset()
  {
    // 特にすることはない。
  }
```

```
  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  public void update(KeyboardState keyState)
  {
    keyboardState = Keyboard.GetState();
  }

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の描画を行います。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    // このクラスでは別段何かを描画する必要はない。
  }
}
```

```
// Enemy.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
struct Enemy
  : ITask
{

  /// <summary>大きさ。</summary>
  public const float SIZE = 32;

  /// <summary>ホーミング確率。</summary>
  private const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

  /// <summary>ホーミング時間。</summary>
  private const int HOMING_LIMIT = 60;
```

```
/// <summary>初期位置。</summary>
private static readonly Vector2 firstPosition = new Vector2(-SIZE);

/// <summary>移動速度と方角。</summary>
private Vector2 velocity;

/// <summary>ホーミング対応かどうか。</summary>
private bool homing;

/// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
private int homingAmount;

/// <summary>現在座標。</summary>
public Vector2 position
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>色。</summary>
public Color color
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
public void update(KeyboardState keyState)
{
  position += velocity;
}
```

```
/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool hitTest(Vector2 playerPosition)
{
  const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + SIZE * 0.5f;
  const float HITAREA_SQUARED = HITAREA * HITAREA;
  bool hit = (HITAREA_SQUARED > Vector2.DistanceSquared(position, playerPosition));
  if (homing && --homingAmount > 0)
  {
    initVelocity(playerPosition, velocity.Length());
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
  const float SCALE = SIZE / Graphics.RECT;
  Vector2 origin = new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f);
  graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position, null, color,
    0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f), SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
}

/// <summary>
/// 敵機をアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
/// <returns>敵機をアクティブにできた場合、true。</returns>
public bool start(Vector2 playerPosition, float speed)
```

```
{
  bool result = !Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y);
  if (result)
  {
    startForce(playerPosition, speed);
  }
  return result;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にスリープにします。
/// </summary>
public void reset()
{
  position = firstPosition;
  velocity = Vector2.Zero;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
private void startForce(Vector2 playerPosition, float speed)
{
  Random rnd = new Random();
  float AROUND_HALF = Game1.SCREEN.Width + Game1.SCREEN.Height;
  float AROUND_HALF_QUARTER = Game1.SCREEN.Width * 2 + Game1.SCREEN.Height;
  int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
  int p = rnd.Next(AROUND);
  Vector2 pos;
  if (p < Game1.SCREEN.Width || p >= AROUND_HALF &&
    p < AROUND_HALF_QUARTER)
  {
    pos.X = p % Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Height;
```

```
    }
    else
    {
      pos.X = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Width;
      pos.Y = p % Game1.SCREEN.Height;
    }
    position = pos;
    initVelocity(playerPosition, rnd.Next(1, 3) + speed);
    homing = rnd.Next(100) < Enemy.HOMING_PERCENTAGE;
    color = homing ? Color.Orange : Color.Red;
    homingAmount = Enemy.HOMING_LIMIT;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動速度と方角を初期化します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">プレイヤーの位置。</param>
  /// <param name="speed">速度。</param>
  private void initVelocity(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    Vector2 v = playerPosition - position;
    if (v == Vector2.Zero)
    {
      // 長さが0だと単位ベクトル計算時にNaNが出るため対策
      v = Vector2.UnitX;
    }
    v.Normalize();
    velocity = v * speed;
  }
}
```

```
// Enemies.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
```

```
class Enemies
  : ITask
{

  /// <summary>最大数。</summary>
  private const int MAX = 100;

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  private Enemy[] list = new Enemy[MAX];

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
  /// <returns>敵機を作成できた場合、true。</returns>
  public bool create(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    bool result = false;
    for (int i = 0; !result && i < MAX; i++)
    {
      result = list[i].start(playerPosition, speed);
    }
    return result;
  }

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  /// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
  public void update(KeyboardState keyState)
  {
    for (int i = 0; i < MAX; i++)
    {
      list[i].update(keyState);
    }
```

```
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool hitTest(Vector2 playerPosition)
{
  bool hit = false;
  for (int i = 0; !hit && i < MAX; i++)
  {
    hit = list[i].hitTest(playerPosition);
  }
  if (hit)
  {
    reset();
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 敵機を初期状態にリセットします。
/// </summary>
public void reset()
{
  Vector2 firstPosition = new Vector2(-Enemy.SIZE);
  for (int i = 0; i < MAX; i++)
  {
    list[i].reset();
  }
}
```

```
  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    for (int i = 0; i < MAX; i++)
    {
      list[i].draw(graphics);
    }
  }
}
```

```
// Player.cs

/// <summary>
/// 自機の情報。
/// </summary>
class Player
  : ITask
{

  /// <summary>大きさ。</summary>
  public const float SIZE = 64;

  /// <summary>移動速度。</summary>
  private const float SPEED = 3;

  /// <summary>自機の初期残機。</summary>
  private const int DEFAULT_AMOUNT = 2;

  /// <summary>入力を受け付けるキー一覧。</summary>
  private readonly Keys[] acceptInputKeyList;

  /// <summary>キー入力に対応した移動方向。</summary>
  private readonly Dictionary<Keys, Vector2> velocity;
```

```
/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
private int m_amount;

/// <summary>現在座標。</summary>
public Vector2 position
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
public int amount
{
  get
  {
    return m_amount;
  }
  private set
  {
    m_amount = value;
    amountString = value < 0 ? string.Empty : new string('*', value);
  }
}

/// <summary>ミス猶予(残機)数の文字列による表現。</summary>
public string amountString
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// 各種値を初期化します。
/// </summary>
public Player()
{
```

```
    acceptInputKeyList =
      new Keys[] { Keys.Up, Keys.Down, Keys.Left, Keys.Right };
    velocity = new Dictionary<Keys, Vector2>();
    velocity.Add(Keys.Up, new Vector2(0, -Player.SPEED));
    velocity.Add(Keys.Down, new Vector2(0, Player.SPEED));
    velocity.Add(Keys.Left, new Vector2(-Player.SPEED, 0));
    velocity.Add(Keys.Right, new Vector2(Player.SPEED, 0));
  }

  /// <summary>
  /// 残機を増やします。
  /// </summary>
  public void extend()
  {
    amount++;
  }

  /// <summary>
  /// 残機を減らします。
  /// </summary>
  /// <returns>ゲームが続行可能である場合、true。</returns>
  public bool miss()
  {
    // ミスするとプレイヤーは元の座標へと戻る
    resetPosition();
    return --amount >= 0;
  }

  /// <summary>
  /// 現在位置を初期化します。
  /// </summary>
  private void resetPosition()
  {
    Point center = Game1.SCREEN.Center;
    position = new Vector2(center.X, center.Y);
  }
```

```
/// <summary>
/// 座標や残機情報を初期化します。
/// </summary>
public void reset()
{
  resetPosition();
  amount = DEFAULT_AMOUNT;
}

/// <summary>
/// キー入力に応じて移動します。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
public void update(KeyboardState keyState)
{
  Vector2 prev = position;
  for (int i = 0; i < acceptInputKeyList.Length; i++)
  {
    Keys key = acceptInputKeyList[i];
    if (keyState.IsKeyDown(key))
    {
      position += velocity[key];
    }
  }
  if (!Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y))
  {
    position = prev;
  }
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
```

```
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "PLAYER: " + amountString, new Vector2(600, 560), Color.Black);
    graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position,
      null, Color.White, 0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f),
      Player.SIZE / Graphics.RECT, SpriteEffects.None, 0f);
  }
}
```

```
// Score.cs

/// <summary>
/// スコア情報。
/// </summary>
class Score
  : ITask
{

  /// <summary>エクステンドの閾値。</summary>
  private const int EXTEND_THRESHOLD = 500;

  /// <summary>現在のスコアを描画するかどうか。</summary>
  public bool drawNowScore = false;

  /// <summary>前フレームのスコア。</summary>
  private int prev;

  /// <summary>現在のスコア。</summary>
  public int now
  {
    get;
    private set;
  }

  /// <summary>ハイスコア。</summary>
  public int highest
  {
```

```
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// スコアをリセットします。
/// </summary>
public void reset()
{
  now = 0;
  prev = 0;
  drawNowScore = true;
}

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
/// <param name="keyState">現在のキー入力状態。</param>
public void update(KeyboardState keyState)
{
  // スコアクラスは別段毎フレーム更新するようなものはない。
}

/// <summary>
/// スコアを加算します。
/// </summary>
/// <param name="score">加算されるスコア値。</param>
/// <returns>エクステンド該当となる場合、true。</returns>
public bool add(int score)
{
  now += score;
  bool extend = now % EXTEND_THRESHOLD < prev % EXTEND_THRESHOLD;
  prev = now;
  if (highest < now)
  {
    highest = now;
```

```
    }
    return extend;
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    if (drawNowScore)
    {
      graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
        "SCORE: " + now.ToString(),
        new Vector2(300, 560), Color.Black);
    }
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "HISCORE: " + highest.ToString(), new Vector2(0, 560), Color.Black);
  }
}
```

シーン管理とタスク管理

前節でポリモーフィズムの実践例を提示しました。しかし、実はまだほかにも改良できる部分があります。たとえばこのゲームにはいくつのシーンがありますか？シーンは画面とも読み替えてかまいません。

- タイトルシーン
- ゲームフィールドシーン

以上の二つですね。現在シーンはこの二つしかないため、if 文を使用してゲーム フィールドの状態か否か(前節に挙げたコードで言うところの bool game 変数ですね)で分岐しています。しかし、ここでもしランキングシーンとクレジット表示シーン、あとゲームオーバー演出シーンを加えたと仮定した場合、どのように実装しましょうか？まず真っ先に思いつく方法として、switch ステートメントでとシーン番号によって分岐する手段がありますね。いかに例を示してみます。

```
// switch を使用した分岐の一例
public int scene;
public const int SCENE_TITLE = 0;
public const int SCENE_GAME = 1;
public const int SCENE_CREDIT = 2;
// ……(中略)……
switch (scene)
{
  case SCENE_TITLE:
    updateTitle();
    break;
  case SCENE_GAME:
    updateGame();
    break;
  case SCENE_CREDIT:
    updateCredit();
    break;
  // ……(中略)……
}
```

これはシーンが増えると一つのメソッドが長くなりそうで嫌ですね。ほかの方法がないかどうか、考えてみましょう。ここでもポリモーフィズムが活用できそうです。さっそく書き換えてみましょう。

```
// ITask.cs

/// <summary>
/// タスク インターフェイス。
/// </summary>
interface ITask
{

  /// <summary>
  /// タスクを開始します。
  /// </summary>
  void setup();

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  void update();

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の描画を行います。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  void draw(Graphics graphics);

}
```

```
// IScene.cs

/// <summary>
/// シーン インターフェイス。
/// </summary>
```

```
interface IScene
  : ITask
{

  /// <summary>次に遷移するシーン。</summary>
  IScene next
  {
    get;
  }
}
```

```
// Title.cs

/// <summary>
/// タイトル画面。
/// </summary>
class Title
  : IScene
{

  /// <summary>クラス オブジェクト。</summary>
  public static readonly IScene instance = new Title();

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  private Title()
  {
    next = this;
  }

  /// <summary>次に遷移するシーン。</summary>
  public IScene next
  {
    get;
    private set;
```

```
}

/// <summary>
/// ゲーム シーンの初期化を行います。
/// </summary>
public void setup()
{
  Score.instance.drawNowScore = false;
}

/// <summary>
/// 1 フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
public void update()
{
  next = this;
  KeyboardState keyState = KeyState.instance.keyboardState;
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Escape))
  {
    next = null;
  }
  if (keyState.IsKeyDown(Keys.Space))
  {
    // ゲーム開始
    next = GamePlay.instance;
  }
}

/// <summary>
/// 1 フレーム分の描画を行います。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
```

```
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "PUSH SPACE KEY.", new Vector2(340, 400), Color.Black);
    Score.instance.draw(graphics);
  }
}
```

```
// GamePlay.cs

/// <summary>
/// ゲームプレイ画面。
/// </summary>
class GamePlay
  : IScene
{

  /// <summary>クラス オブジェクト。</summary>
  public static readonly IScene instance = new GamePlay();

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  private readonly Enemies enemies = new Enemies();

  /// <summary>自機データ。</summary>
  private readonly Player player = new Player();

  /// <summary>タスク管理クラス。</summary>
  private readonly TaskManager mgrTask;

  /// <summary>ゲームの進行カウンタ。</summary>
  private int counter;

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  private GamePlay()
  {
    next = this;
```

```
  mgrTask = new TaskManager(new ITask[] { enemies, player, Score.instance });
}

/// <summary>次に遷移するシーン。</summary>
public IScene next
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// ゲーム シーンの初期化を行います。
/// </summary>
public void setup()
{
  mgrTask.setup();
  counter = 0;
}

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
public void update()
{
  next = this;
  mgrTask.update();
  createEnemy();
  next = (enemies.hitTest(player.position) && !player.miss()) ?
    Title.instance : this;
  counter++;
}

/// <summary>
/// 敵機を作成します。
/// </summary>
private void createEnemy()
```

```
  {
    if (counter % (int)MathHelper.Max(60 - counter * 0.01f, 1) == 0 &&
      enemies.create(player.position, counter * 0.001f) &&
      Score.instance.add(10))
    {
      player.extend();
    }
  }

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の描画を行います。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    mgrTask.draw(graphics);
  }
}
```

```
// SceneManager.cs

/// <summary>
/// シーン管理クラス。
/// </summary>
class SceneManager
  : ITask
{

  /// <summary>現在のシーン。</summary>
  public IScene nowScene
  {
    get;
    private set;
  }
```

```
/// <summary>
/// コンストラクタ。
/// </summary>
/// <param name="first">最初のシーン。</param>
public SceneManager(IScene first)
{
  changeScene(first);
}

/// <summary>
/// タスクを開始します。
/// </summary>
public void setup()
{
  // 特にすることはない。
}

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
public void update()
{
  nowScene.update();
  changeScene(nowScene.next);
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
  nowScene.draw(graphics);
}
```

```
  /// <summary>
  /// シーンを切り替えます。
  /// </summary>
  /// <param name="next">次のシーン。</param>
  private void changeScene(IScene next)
  {
    if (nowScene != next)
    {
      nowScene = next;
      if (next != null)
      {
        next.setup();
      }
    }
  }
}
```

```
// TaskManager.cs

/// <summary>
/// タスク管理クラス。
/// </summary>
class TaskManager
  : ITask
{

  /// <summary>タスク一覧。</summary>
  private readonly ITask[] tasks;

  /// <summary>タスク数。</summary>
  private readonly int length;

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  /// <param name="tasks">タスク一覧。</param>
```

```
public TaskManager(ITask[] tasks)
{
  this.tasks = tasks;
  length = tasks.Length;
}

/// <summary>
/// タスクを開始します。
/// </summary>
public void setup()
{
  for (int i = 0; i < length; i++)
  {
    tasks[i].setup();
  }
}

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
public void update()
{
  for (int i = 0; i < length; i++)
  {
    tasks[i].update();
  }
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
  for (int i = 0; i < length; i++)
  {
```

```
      tasks[i].draw(graphics);
    }
  }
}
```

```
// Game1.cs

/// <summary>
/// This is the main type for your game
/// </summary>
public class Game1
  : Game
{

  /// <summary>画面矩形情報。</summary>
  public static readonly Rectangle SCREEN = new Rectangle(0, 0, 800, 600);

  /// <summary>描画周りデータ。</summary>
  private Graphics graphics;

  /// <summary>シーン管理クラス。</summary>
  private SceneManager mgrScene = new SceneManager(Title.instance);

  /// <summary>タスク管理クラス。</summary>
  private readonly TaskManager mgrTask;

  /// <summary>
  /// Constructor.
  /// </summary>
  public Game1()
  {
    new GraphicsDeviceManager(this);
    Content.RootDirectory = "Content";
    mgrTask = new TaskManager(new ITask[] { KeyState.instance, mgrScene });
  }
```

```
/// <summary>
/// LoadContent will be called once per game and is the place to load
/// all of your content.
/// </summary>
protected override void LoadContent()
{
  graphics = new Graphics(this);
  mgrTask.setup();
}

/// <summary>
/// Allows the game to run logic such as updating the world,
/// checking for collisions, gathering input, and playing audio.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Update(GameTime gameTime)
{
  mgrTask.update();
  if (mgrScene.nowScene == null)
  {
    Exit();
  }
  base.Update(gameTime);
}

/// <summary>
/// This is called when the game should draw itself.
/// </summary>
/// <param name="gameTime">Provides a snapshot of timing values.</param>
protected override void Draw(GameTime gameTime)
{
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  graphics.spriteBatch.Begin();
  mgrTask.draw(graphics);
  graphics.spriteBatch.End();
}
```

```
}
```

```
// KeyState.cs

/// <summary>
/// キー入力管理クラス。
/// </summary>
class KeyState
  : ITask
{

  /// <summary>クラス オブジェクト。</summary>
  public static readonly KeyState instance = new KeyState();

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  private KeyState()
  {
  }

  /// <summary>キーボードの入力状態。</summary>
  public KeyboardState keyboardState
  {
    get;
    private set;
  }

  /// <summary>
  /// タスクを開始します。
  /// </summary>
  public void setup()
  {
    // 特にすることはない。
  }
```

```
  /// <summary>
  /// 1 フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  public void update()
  {
    keyboardState = Keyboard.GetState();
  }

  /// <summary>
  /// 1 フレーム分の描画を行います。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    // このクラスでは別段何かを描画する必要はない。
  }
}
```

```
// Score.cs

/// <summary>
/// スコア情報。
/// </summary>
class Score
  : ITask
{

  /// <summary>クラス オブジェクト。</summary>
  public static readonly Score instance = new Score();

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  private Score()
  {
  }
```

```
/// <summary>エクステンドの閾値。</summary>
private const int EXTEND_THRESHOLD = 500;

/// <summary>現在のスコアを描画するかどうか。</summary>
public bool drawNowScore = false;

/// <summary>前フレームのスコア。</summary>
private int prev;

/// <summary>現在のスコア。</summary>
public int now
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>ハイスコア。</summary>
public int highest
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// スコアをリセットします。
/// </summary>
public void setup()
{
  now = 0;
  prev = 0;
  drawNowScore = true;
}

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
```

```
public void update()
{
  // スコアクラスは別段毎フレーム更新するようなものはない。
}

/// <summary>
/// スコアを加算します。
/// </summary>
/// <param name="score">加算されるスコア値。</param>
/// <returns>エクステンド該当となる場合、true。</returns>
public bool add(int score)
{
  now += score;
  bool extend = now % EXTEND_THRESHOLD < prev % EXTEND_THRESHOLD;
  prev = now;
  if (highest < now)
  {
    highest = now;
  }
  return extend;
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
  if (drawNowScore)
  {
    graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
      "SCORE: " + now.ToString(),
      new Vector2(300, 560), Color.Black);
  }
  graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
    "HISCORE: " + highest.ToString(), new Vector2(0, 560), Color.Black);
```

```
  }
}
```

```
// Player.cs

/// <summary>
/// 自機の情報。
/// </summary>
class Player
  : ITask
{

  /// <summary>大きさ。</summary>
  public const float SIZE = 64;

  /// <summary>移動速度。</summary>
  private const float SPEED = 3;

  /// <summary>自機の初期残機。</summary>
  private const int DEFAULT_AMOUNT = 2;

  /// <summary>入力を受け付けるキー一覧。</summary>
  private readonly Keys[] acceptInputKeyList;

  /// <summary>キー入力に対応した移動方向。</summary>
  private readonly Dictionary<Keys, Vector2> velocity;

  /// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
  private int m_amount;

  /// <summary>現在座標。</summary>
  public Vector2 position
  {
    get;
```

```
  private set;
}

/// <summary>ミス猶予(残機)数。</summary>
public int amount
{
  get
  {
    return m_amount;
  }
  private set
  {
    m_amount = value;
    amountString = value < 0 ? string.Empty : new string('*', value);
  }
}

/// <summary>ミス猶予(残機)数の文字列による表現。</summary>
public string amountString
{
  get;
  private set;
}

/// <summary>
/// 各種値を初期化します。
/// </summary>
public Player()
{
  acceptInputKeyList =
    new Keys[] { Keys.Up, Keys.Down, Keys.Left, Keys.Right };
  velocity = new Dictionary<Keys, Vector2>();
  velocity.Add(Keys.Up, new Vector2(0, -Player.SPEED));
  velocity.Add(Keys.Down, new Vector2(0, Player.SPEED));
  velocity.Add(Keys.Left, new Vector2(-Player.SPEED, 0));
  velocity.Add(Keys.Right, new Vector2(Player.SPEED, 0));
```

```
}

/// <summary>
/// 残機を増やします。
/// </summary>
public void extend()
{
  amount++;
}

/// <summary>
/// 残機を減らします。
/// </summary>
/// <returns>ゲームが続行可能である場合、true。</returns>
public bool miss()
{
  // ミスするとプレイヤーは元の座標へと戻る
  resetPosition();
  return --amount >= 0;
}

/// <summary>
/// 現在位置を初期化します。
/// </summary>
private void resetPosition()
{
  Point center = Game1.SCREEN.Center;
  position = new Vector2(center.X, center.Y);
}

/// <summary>
/// 座標や残機情報を初期化します。
/// </summary>
public void setup()
{
  resetPosition();
```

```
  amount = DEFAULT_AMOUNT;
}

/// <summary>
/// キー入力に応じて移動します。
/// </summary>
public void update()
{
  KeyboardState keyState = KeyState.instance.keyboardState;
  Vector2 prev = position;
  for (int i = 0; i < acceptInputKeyList.Length; i++)
  {
    Keys key = acceptInputKeyList[i];
    if (keyState.IsKeyDown(key))
    {
      position += velocity[key];
    }
  }
  if (!Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y))
  {
    position = prev;
  }
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
  graphics.spriteBatch.DrawString(graphics.spriteFont,
    "PLAYER: " + amountString, new Vector2(600, 560), Color.Black);
  graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position,
    null, Color.White, 0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f),
    Player.SIZE / Graphics.RECT, SpriteEffects.None, 0f);
}
```

```
}
```

```
// Enemies.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
class Enemies
  : ITask
{

  /// <summary>最大数。</summary>
  private const int MAX = 100;

  /// <summary>敵機一覧データ。</summary>
  private Enemy[] list = new Enemy[MAX];

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
  /// <returns>敵機を作成できた場合、true。</returns>
  public bool create(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    bool result = false;
    for (int i = 0; !result && i < MAX; i++)
    {
      result = list[i].start(playerPosition, speed);
    }
    return result;
  }

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
```

```
public void update()
{
  for (int i = 0; i < MAX; i++)
  {
    list[i].update();
  }
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool hitTest(Vector2 playerPosition)
{
  bool hit = false;
  for (int i = 0; !hit && i < MAX; i++)
  {
    hit = list[i].hitTest(playerPosition);
  }
  if (hit)
  {
    setup();
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 敵機を初期状態にリセットします。
/// </summary>
public void setup()
{
  for (int i = 0; i < MAX; i++)
  {
    list[i].setup();
  }
```

```
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    for (int i = 0; i < MAX; i++)
    {
      list[i].draw(graphics);
    }
  }
}
```

```
// Enemy.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
struct Enemy
  : ITask
{

  /// <summary>大きさ。</summary>
  private const float SIZE = 32;

  /// <summary>ホーミング確率。</summary>
  private const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

  /// <summary>ホーミング時間。</summary>
  private const int HOMING_LIMIT = 60;

  /// <summary>初期位置。</summary>
  private static readonly Vector2 firstPosition = new Vector2(-SIZE);
```

```
/// <summary>移動速度と方角。</summary>
private Vector2 velocity;

/// <summary>ホーミング対応かどうか。</summary>
private bool homing;

/// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
private int homingAmount;

/// <summary>現在座標。</summary>
private Vector2 position;

/// <summary>色。</summary>
private Color color;

/// <summary>
/// 1フレーム分の更新を行います。
/// </summary>
public void update()
{
  position += velocity;
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool hitTest(Vector2 playerPosition)
{
  const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + SIZE * 0.5f;
  const float HITAREA_SQUARED = HITAREA * HITAREA;
  bool hit = (HITAREA_SQUARED > Vector2.DistanceSquared(position, playerPosition));
  if (homing && --homingAmount > 0)
  {
    initVelocity(playerPosition, velocity.Length());
```

```
  }
  return hit;
}

/// <summary>
/// 描画します。
/// </summary>
/// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
public void draw(Graphics graphics)
{
  const float SCALE = SIZE / Graphics.RECT;
  Vector2 origin = new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f);
  graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position, null, color,
    0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f), SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
}

/// <summary>
/// 敵機をアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
/// <returns>敵機をアクティブにできた場合、true。</returns>
public bool start(Vector2 playerPosition, float speed)
{
  bool result = !Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y);
  if (result)
  {
    startForce(playerPosition, speed);
  }
  return result;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にスリープにします。
/// </summary>
public void setup()
```

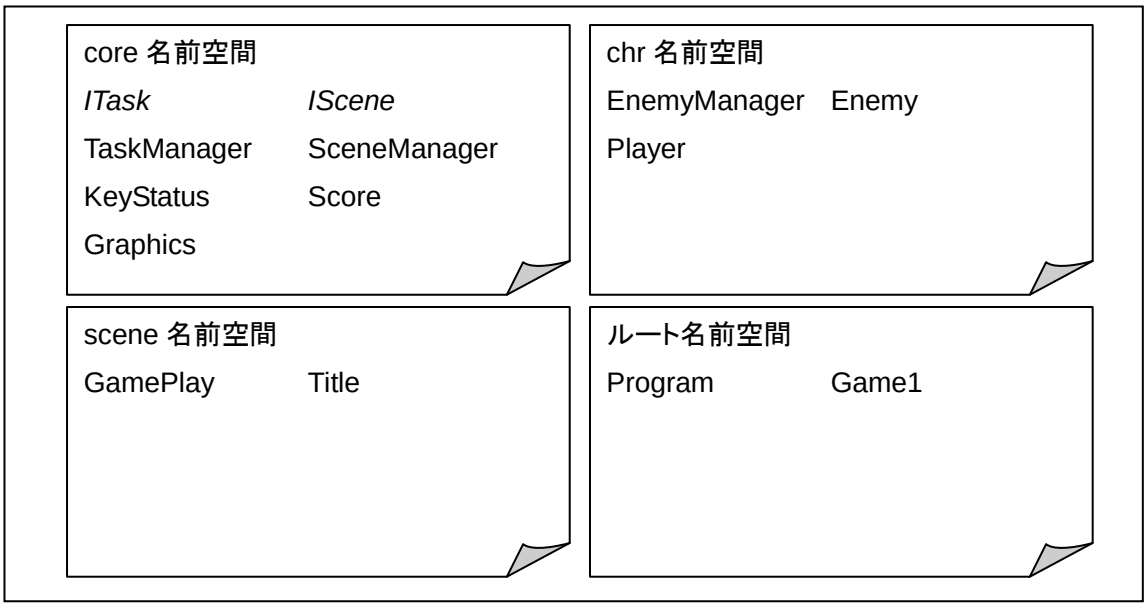
```
{
  position = firstPosition;
  velocity = Vector2.Zero;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="playerPosition">自機の座標。</param>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
private void startForce(Vector2 playerPosition, float speed)
{
  Random rnd = new Random();
  float AROUND_HALF = Game1.SCREEN.Width + Game1.SCREEN.Height;
  float AROUND_HALF_QUARTER = Game1.SCREEN.Width * 2 + Game1.SCREEN.Height;
  int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
  int p = rnd.Next(AROUND);
  Vector2 pos;
  if (p < Game1.SCREEN.Width || p >= AROUND_HALF &&
    p < AROUND_HALF_QUARTER)
  {
    pos.X = p % Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Height;
  }
  else
  {
    pos.X = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p % Game1.SCREEN.Height;
  }
  position = pos;
  initVelocity(playerPosition, rnd.Next(1, 3) + speed);
  homing = rnd.Next(100) < Enemy.HOMING_PERCENTAGE;
  color = homing ? Color.Orange : Color.Red;
  homingAmount = Enemy.HOMING_LIMIT;
}
```

```
  /// <summary>
  /// 敵機の移動速度と方角を初期化します。
  /// </summary>
  /// <param name="playerPosition">プレイヤーの位置。</param>
  /// <param name="speed">速度。</param>
  private void initVelocity(Vector2 playerPosition, float speed)
  {
    Vector2 v = playerPosition - position;
    if (v == Vector2.Zero)
    {
      // 長さが 0 だと単位ベクトル計算時に NaN が出るため対策
      v = Vector2.UnitX;
    }
    v.Normalize();
    velocity = v * speed;
  }
}
```

名前空間を使って整理する

switch によるコード分岐を使用すると一つのメソッドが長くなる欠点があるように、ポリモーフィズムを使った場合にも、必然的にクラス数が増えていくという別の欠点があります。C#では原則 1 クラス 1 ファイル[22]なので、クラス名が増えるということは、ファイル数も増えていくことになります。ファイルごとにそれぞれ解りやすい名前がついているためまだましに思えるかもしれませんが、それでも増えていくと大変見づらくなると思います。また、ポリモーフィズムを使うとコードのコピー＆ペースト（以下コピペ）が増えてしまう懸念があります。コピペが増えてくると、前章で紹介したマジックナンバーと同じこと、すなわち誤修正などのミスが起きる大きな要因となってしまいます。

まずは増えすぎたクラス、即ち増えすぎたファイルを整理しましょう。これには、名前空間を使用するのが得策です。C#では原則 1 名前空間 1 フォルダ[23]なので、見た目はかなりすっきりしますね。今回は一階層のみですが、名前空間は二階層、三階層ともっと深く刻むことができます。（例えば Microsoft.Xna.Framework.Graphics 名前空間は、Microsoft/Xna/Framework/Graphics/なので四階層ですね）



次にコピペ問題も解決しましょう。例えば前節のサンプルでは TaskManager クラスと Enemies クラスとの内容が半分被っていました。そこで今回被っている部分を TaskManager に統合し、Enemies 固有の部分は TaskManager を継承する形で実装して、名前も EnemyManager として改めてみました。

[22] Java などと違い強制ではありません。私でも関連するクラスはまとめてしまうことがあります。
[23] こちらも Java などと違い強制ではありません。

```
// TaskManager.cs

/// <summary>
/// タスク管理クラス。
/// </summary>
class TaskManager<T>
  : ITask
  where T : ITask
{

  /// <summary>タスク一覧。</summary>
  public readonly List<T> tasks = new List<T>();

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  public TaskManager()
  {
  }

  /// <summary>
  /// タスクを開始します。
  /// </summary>
  public void setup()
  {
    int length = tasks.Count;
    for (int i = 0; i < length; i++)
    {
      tasks[i].setup();
    }
  }
```

```
  /// <summary>
  /// 1 フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  public void update()
  {
    int length = tasks.Count;
    for (int i = 0; i < length; i++)
    {
      tasks[i].update();
    }
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    int length = tasks.Count;
    for (int i = 0; i < length; i++)
    {
      tasks[i].draw(graphics);
    }
  }
}
```

```
// ITask.cs

/// <summary>
/// タスク インターフェイス。
/// </summary>
interface ITask
{
  /// <summary>
  /// タスクを開始します。
  /// </summary>
```

```
  void setup();

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  void update();

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の描画を行います。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  void draw(Graphics graphics);
}
```

```
// EnemyManager.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
class EnemyManager
  : TaskManager<Enemy>
{

  /// <summary>ホーミング敵機の確率。</summary>
  private const int HOMING_PERCENTAGE = 20;

  /// <summary>粗悪精度敵機の確率。</summary>
  private const int INFERIORITY_PERCENTAGE = 30;

  /// <summary>疑似乱数ジェネレータ。</summary>
  private readonly Random rnd = new Random();

  /// <summary>
  /// 敵機を作成します。
  /// </summary>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
```

```
public void create(float speed)
{
  Enemy result = null;
  int percentage = rnd.Next(100);
  if (percentage - HOMING_PERCENTAGE < 0)
  {
    result = new EnemyHoming();
  }
  else if (percentage - INFERIORITY_PERCENTAGE < 0)
  {
    result = new EnemyInferiority();
  }
  else
  {
    result = new EnemyStraight();
  }
  if (result != null)
  {
    result.start(speed);
    tasks.Add(result);
  }
}

/// <summary>
/// 敵機の移動、及び接触判定をします。
/// </summary>
/// <returns>接触した場合、true。</returns>
public bool hitTest()
{
  bool hit = false;
  int length = tasks.Count;
  for (int i = 0; !hit && i < length; i++)
  {
    hit = tasks[i].hitTest();
  }
  if (hit)
```

```
    {
      tasks.Clear();
    }
    return hit;
  }
}
```

もしかしたら初めて見る記述かもしれませんが、今回から TaskManager クラスも若干改造を加え、総称型（ジェネリックスとも言います）[24]を使用しています。そして中を見ると、T と言う型をクラス内のあちこちで使用しているように見受けられますが、これが総称型です。これは継承先や使用先でクラス名が変化する特殊な型で、たとえば「new TaskManager<Player>();」と記述して作られたオブジェクトではＴ型はすべて Player 型に置き換えられますし、EnemyManager は TaskManager<Enemy>を継承しているので、スーパークラスの T 型はすべて Enemy 型に置き換えられます。EnemyManager 内にてキャストを使用せずとも hitTest()が使用できるのはそのためです。

少々話がそれましたので戻しましょう。EnemyManager クラスは TaskManager クラスの機能を積んだ上で、敵管理に特化した独自機能を積んでいます。このように継承を使って機能を分割することにより、大半の処理がの処理が被っている場合にロジックのコピペをしなくて済むようになります。

継承を使った機能分割をもう少し練習してみましょう。そこで今回のサンプルからは敵機の種類を増やし、従来の自機狙い直線とホーミングに加え、ちょっと精度の悪い自機狙いの直線タイプ（赤紫色）加えました。（Sample1_11）

```
// Enemy.cs

/// <summary>
/// 敵機の情報。
/// </summary>
abstract class Enemy
  : ITask
{
```

[24] 参考までに、C++ではテンプレートと呼びます。機能はほぼ一緒です。
（内部的な話になってくるとかなり違ってくるのですが、本書では割愛します）

```
/// <summary>大きさ。</summary>
private const float SIZE = 32;

/// <summary>疑似乱数ジェネレータ。</summary>
protected static readonly Random rnd = new Random();

/// <summary>初期位置。</summary>
private static readonly Vector2 firstPosition = new Vector2(-SIZE);

/// <summary>移動速度と方角。</summary>
protected Vector2 velocity = Vector2.Zero;

/// <summary>現在座標。</summary>
private Vector2 position = firstPosition;

/// <summary>色。</summary>
private Color color;

/// <summary>
/// コンストラクタ。
/// </summary>
/// <param name="color">色。</param>
public Enemy(Color color)
{
  this.color = color;
}

/// <summary>
/// タスクを開始します。
/// </summary>
public void setup()
{
  // 特にすることはない。
}
```

```
  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  public virtual void update()
  {
    position += velocity;
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動、及び接触判定をします。
  /// </summary>
  /// <returns>接触した場合、true。</returns>
  public bool hitTest()
  {
    const float HITAREA = Player.SIZE * 0.5f + SIZE * 0.5f;
    const float HITAREA_SQUARED = HITAREA * HITAREA;
          bool    hit    =    (HITAREA_SQUARED    >    Vector2.DistanceSquared(position,
Player.instance.position));
    return hit;
  }

  /// <summary>
  /// 描画します。
  /// </summary>
  /// <param name="graphics">グラフィック データ。</param>
  public void draw(Graphics graphics)
  {
    const float SCALE = SIZE / Graphics.RECT;
    Vector2 origin = new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f);
    graphics.spriteBatch.Draw(graphics.gameThumbnail, position, null, color,
      0f, new Vector2(Graphics.RECT * 0.5f), SCALE, SpriteEffects.None, 0f);
  }
```

```
/// <summary>
/// 敵機をアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
/// <returns>敵機をアクティブにできた場合、true。</returns>
public virtual bool start(float speed)
{
  bool result = !Game1.SCREEN.Contains((int)position.X, (int)position.Y);
  if (result)
  {
    startForce(speed);
  }
  return result;
}

/// <summary>
/// 敵機を強制的にアクティブにします。
/// </summary>
/// <param name="speed">基準速度。</param>
private void startForce(float speed)
{
  float AROUND_HALF = Game1.SCREEN.Width + Game1.SCREEN.Height;
  float AROUND_HALF_QUARTER = Game1.SCREEN.Width * 2 + Game1.SCREEN.Height;
  int AROUND = (int)AROUND_HALF * 2;
  int p = rnd.Next(AROUND);
  Vector2 pos;
  if (p < Game1.SCREEN.Width || p >= AROUND_HALF &&
    p < AROUND_HALF_QUARTER)
  {
    pos.X = p % Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Height;
  }
  else
  {
    pos.X = p < AROUND_HALF ? 0 : Game1.SCREEN.Width;
    pos.Y = p % Game1.SCREEN.Height;
```

```
    }
    position = pos;
    initVelocity(rnd.Next(1, 3) + speed);
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動速度と方角を初期化します。
  /// </summary>
  /// <param name="speed">速度。</param>
  protected virtual void initVelocity(float speed)
  {
    Vector2 v = Player.instance.position - position;
    if (v == Vector2.Zero)
    {
      // 長さが0だと単位ベクトル計算時にNaNが出るため対策
      v = Vector2.UnitX;
    }
    v.Normalize();
    velocity = v * speed;
  }
}
```

```
// EnemyStraight.cs

/// <summary>
/// 自機めがけて直進する敵機の情報。
/// </summary>
class EnemyStraight
  : Enemy
{

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  public EnemyStraight() :
    base(Color.Red)
```

```
  {
  }
}
```

```
// EnemyInferiority.cs

/// <summary>
/// 粗悪な精度で自機めがけて直進する敵機の情報。
/// </summary>
class EnemyInferiority
  : Enemy
{

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  public EnemyInferiority() :
    base(Color.Magenta)
  {
  }

  /// <summary>
  /// 敵機の移動速度と方角を初期化します。
  /// </summary>
  /// <param name="speed">速度。</param>
  protected override void initVelocity(float speed)
  {
    base.initVelocity(speed);
    // ここでベクトルをわざと乱して、精度を落とす
    Quaternion q = Quaternion.CreateFromAxisAngle(
      Vector3.UnitZ, (float)rnd.NextDouble() - 0.5f);
    velocity = Vector2.Transform(velocity, q);
  }
}
```

```
// EnemyHoming.cs
```

```
/// <summary>
/// 自機めがけてホーミングする敵機の情報。
/// </summary>
class EnemyHoming
  : Enemy
{

  /// <summary>ホーミング時間。</summary>
  private const int HOMING_LIMIT = 60;

  /// <summary>ホーミング有効時間。</summary>
  private int homingAmount;

  /// <summary>
  /// コンストラクタ。
  /// </summary>
  public EnemyHoming() :
    base(Color.Orange)
  {
  }

  /// <summary>
  /// 1フレーム分の更新を行います。
  /// </summary>
  public override void update()
  {
    base.update();
    if (--homingAmount > 0)
    {
      initVelocity(velocity.Length());
    }
  }
```

```
  /// <summary>
  /// 敵機をアクティブにします。
  /// </summary>
  /// <param name="speed">基準速度。</param>
  /// <returns>敵機をアクティブにできた場合、true。</returns>
  public override bool start(float speed)
  {
    bool result = base.start(speed);
    if (result)
    {
      homingAmount = HOMING_LIMIT;
    }
    return result;
  }
}
```

ところで、大きなゲームを作るにはまず不可欠だろうと言えるタスク管理クラスですが、こんな便利な機能がゲーム開発に特化しているはずの XNA で提供されていないのでしょうか？結論から言うと、存在します。Game クラスの中を(または MSDN の API マニュアルを眺めていると)Component と言うプロパティが出てくることに気付きますが、これがまさしくタスク管理クラスとほぼ同等のものです。ここではタスクのことをゲーム コンポーネントと呼び、DrawableGameComponent クラス[25]、またはそれを継承したクラスのオブジェクトを Game.Component に食わせてやると、そのクラスの Update()と Draw()の二つのメソッドが毎フレーム呼ばれるようになります。実際に使ってみると気付くかと思いますが、構造が Game クラスそっくりなので、あたかも複数の Game クラスが同時に動いているかのように見えるでしょう。

こんな便利な機能があるのに、なぜ使用しないのでしょうか？まず第一の理由として中身の構造を理解してもらうためです。ゲーム制作において、車輪の再発明はあまり良いことではないと前章で説明しましたね。ただし、それにはいくつか例外があり、学習目的であえて車輪の再発明を行うことは決して悪いことではありません。また、既存のものが相当に遅いとか、その他致命的な欠点がある場合も作り直したほうが手っ取り早い場合もあります。今回のゲーム コンポーネントは両方に当てはまります。ゲーム コンポーネントは敵機など、大量のコンポーネントを登録するとパフォーマンスに大きく影響してしまいます。これが第二の理由となるのですが、その詳しい理由などは次章で説明しましょう。

[25] 描画機能を削った GameComponent クラスもあります。

次章へ続く前に、最後にちょっとだけ脱線します。今回練習用に新しいタイプの敵機を追加しましたが、むやみな新キャラクタや武器などの追加は、ゲームバランス崩壊の原因[26]になりますので、やりすぎには注意しましょう。

Singleton パターン

次章に続く前に、もう少しだけ前節のサンプルについて解説します。前節のサンプルからは、Player など一部のクラスにおいて Singleton パターン（シングルトン、と読みます）を使っています。これはその読みから「一匹の豚」などと半分冗談めいた例え方をされますが、豚……ここで言うインスタンスが、実行中終了するまで常に一定数（厳密には起動から終了ではなく、「最初に呼び出されてから」プログラムが終了するまでです）存在していて、絶対に増えたり減ったりしないことを保証するロジックのことを指します。

```
// Singleton パターンの最も単純な実装例
sealed class Foo
{
  public static readonly Foo instance = new Foo();
  private Foo() {}
  ...
}
```

例えばこの Player クラスには instance と言う静的な変数にこのクラスのオブジェクトが入っています。では、この Player クラスを弄らずにもう一つオブジェクトを作ってみることを想定してみてください。そんなの素直に new Player()すれば良いのでは、と思われるかもしれませんが、実はこれはうまくいきません。クラスの new 可能な範囲は、コンストラクタのアクセス修飾子によって決定されます。例えばこれが public ならどこからでも new できますが、private だとそのクラスの中でしか new できません。では Player クラスにおけるコンストラクタのアクセス修飾子はどうなっているかといいますと、private となっています。よって Player クラスの外部からは絶対に new できません。他にも継承して使う方法もありますが、これもだめです。継承するためにはコンストラクタが public か、protected でなければいけません。

Singleton パターンを使用すると、例えばこのサンプルの場合はプログラム中のどこからでも Player クラスのオブジェクトを参照できます。オブジェクトを参照できると言うことは、Player 内のパラメータ、すなわち座標や残気数などの情報にアクセスできることになります。これは応用次第ではゲーム全体で共有する情報、例えばハイスコア情報やゲームの起動時間などを記録するのに大変役立ちそうです。でも、ゲーム全体で値を共有する方法は他にももう一つありますよね？そうです、静的クラスを使用する方法です。実際、見比べてみると確かに両者の使い道や使い方はかなり似通っています。しかし、Singleton パターンには静的クラスにないメリットがいくつもあります。

[26] 今回のバージョンでは、筆者は 1,730 点取ることができました。

まず、Singleton パターンではほかのクラスからの継承や、インターフェイスの実装が可能です。使い方こそ静的クラスでも実態はインスタンスなので、通常のクラスと同様に継承が行えます。また、実態はインスタンスなので、特定のインターフェイスを実装したいくつかの Singleton クラスを別のクラスの変数にアップキャストする形で登録して、その値を入れ替えることで全く違うクラスにアクセスさせたりすることもできます（これは次章で出てくる State パターンを理解するために大変重要です）。

他のメリットとして、静的クラスは変数一つにつき絶対に一つしか値を登録できませんが、Singleton パターンでは、変数一つにつきオブジェクトを用意した数だけの数の値を登録することもできます。Singleton、と言う名前に惑わされそうですが、オブジェクトは必ず一つでなければならないというルールはありません。

```
// Singleton パターンで 1 つの変数に複数の値を登録する例
sealed class Score
{
  public static readonly Score playerA = new Score();
  public static readonly Score playerB = new Score();
  private Score(){}

  public int hiScore;
  ...
}
```

このように静的クラスに比べていいとこづくめの Singleton パターンですが、逆に短所はあるのでしょうか？実は短所はあるにはあるのですが、大した短所はありません。

1. 少しおまじないコードが増える
2. 値を参照するためのコードがやや長くなる
3. オブジェクト 1 個分のメモリ占有量が増える

	Static	Singleton
継承/実装	×	○
複数	×	○
参照渡し	×	○
容量	Field の数	Field の数+1

思いつく限り列挙してもこの程度です。もしかしたら 3 のメモリ占有量が増える、と言う短所が気になる方もいるかもしれませんが、これも結論から言うと大きな問題ではありません。オブジェクト一つで使われるメモリの量は、C#言語の場合精々数十バイトです。百回 Singleton パターンを使っても数キロバイト。確かに昔の開発現場は「1 バイトは血の一滴」などとよく言われていましたが、今時の環境でしたら全く気にする必要はないと言って良いでしょう。これを気にするくらいなら、まずは画像サイズ[27]を削ることから検討したほうが有意義でしょう。次章で述べますが、ゲーム プログラムに

[27]例えば GameThumbnail はゲーム用に圧縮をかけても 4.6 キロバイトになります。これはオブジェクト

とっては、メモリ内に常に居座り続けるよりも、頻繁に確保したり解放したりするほうが、パフォーマンスに大きな影響を与えるのです。

約百個分にも相当します。

ステップ 4：パフォーマンス

　前章でゲーム コンポーネントの極端な多用や頻繁なメモリ確保・解放はパフォーマンスに悪影響を及ぼすと説明しましたね。ここでは、その理由と解決策を説明していきます。

メモリ管理

XBOX360 で動かすと遅い

解決策

Flyweight パターン

State パターン

継承よりも移譲

分岐よりも移譲

もっとスマートに美しく書こう

コーディングスタイル

入口 1 つに出口 1 つ

ネーミングセンス

たとえば、弾を作る処理

コピペはバグの温床

Builder パターン

せっかちな人は Façade パターン

バグ対策

テストをしよう

手動より自動

ユニットテストツール紹介

あとがき

ゲームプログラミングの心得

できるだけ小さく作れ

小さなゲームでも大きなゲームの作り方を

ただし学習中に限る

プログラムに限った話ではない

バシバシ公開して叩かれろ

ソースも公開してしまえ

付録

サンプルプログラム紹介

- ゲーム 1:「360° 弾避けゲーム」(ゲーム 1 は駄目なコーディング例付き)
- ゲーム 2:「某パズルゲームのクローン(とことんモードのみ)」

SVN リポジトリ(仮設/仮設版は一般非公開): http://3535.rei.mu/GameOOP/
TODO: 本公開はエクスポートの上 Zip 化する。

開発環境の設定

索引

筆者自己紹介

野村 周平　P/N：眞久 秀（略してまく）
三十路間近の公私共にプログラマ。中学校の部活動で触らされた N-88 日本語 BASIC がきっかけで、それ以来今に至るまでどっぷりとゲームプログラミングの世界に入り込み、同人やフリーでいくつかの作品をリリースした。
業務での開発歴は五年程度。ウェブアプリと PC ゲームを 2:1 位の比率で開発してきた。副業で専門学校にてゲームプログラミングの講師をやっている。こちらはまだ始めて一年の新人です。

筆者 Web サイト「danmaq」
http://danmaq.com/

プログラミング for 大きなゲーム
大きなゲームのためのプログラムとデザインパターン for XNA/C#
2011 年 5 月 8 日 初版発行

著者：野村 周平
発行元：danmaq
東京都墨田区東向島 2-36-12
オリエントビル 57 1115 号室

内容の不明点などご意見は
メールでお気軽にどうぞ。
info@danmaq.com