

簡單動畫

喬逸偉 (Yiwei Chiao)

1 前言

前一章嘗試了基本的 `canvas` 2D 繪圖，這一章開始進入**動畫** (*animation*) 的世界。

1.1 專案準備

和前一章比較，這一章開始將接觸到 `JavaScript` 的**物件** (*object*) 系統；`JavaScript` 的物件系統和 `C++/C#/Java` 等語言的物件系統非常不同；所以是個全新的開始。

目前專案執行畫面，如下圖 1：

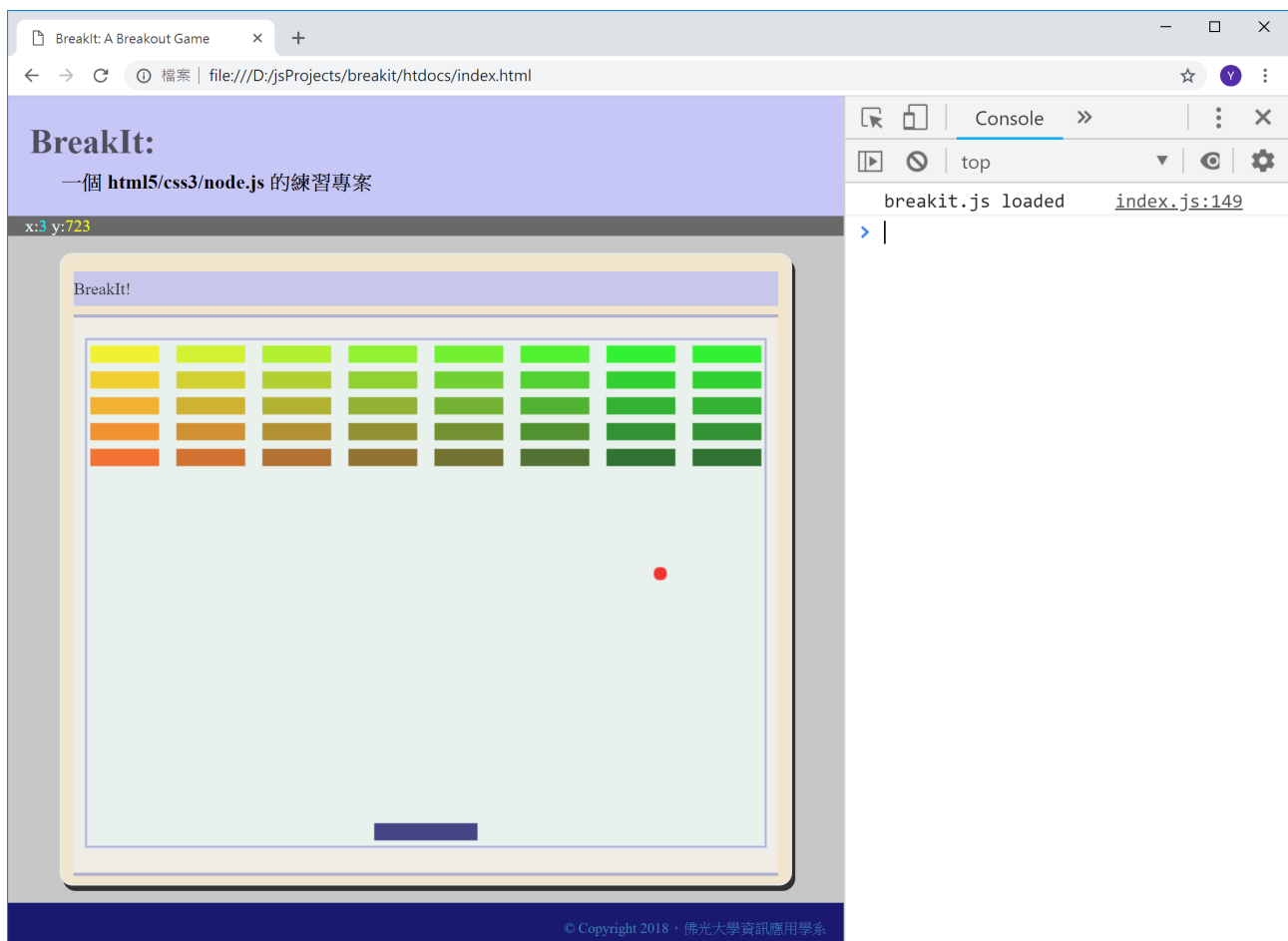


Figure 1: 基本遊戲動畫

1.2 JavaScript 的物件 (*object*)

先看遊戲內用來擊落磚塊的球 (*ball*) 的程式碼，共 44 行：

```
1. let ball = {
2.   _elapsed: 0,
3.
4.   x: 320,
5.
6.   y: 240,
7.
8.   offX: -2,
9.
10.  offY: 2,
11.
12.  paint: function (ctx) {
13.    ctx.save();
```

```

14.
15.     ctx.fillStyle = 'red';
16.
17.     ctx.beginPath();
18.     ctx.arc(this.x, this.y, 6, 0, 2 * Math.PI, true);
19.     ctx.closePath();
20.
21.     ctx.fill();
22.
23.     ctx.restore();
24. },
25.
26. update: function (drifts) {
27.     this._elapsed += drifts;
28.
29.     while (this._elapsed > 16) {
30.         this.x += this.offX;
31.         this.y += this.offY;
32.
33.         if (this.x < 20 || this.x > 620) {
34.             this.offX = - this.offX;
35.         }
36.
37.         if (this.y < 20 || this.y > 460) {
38.             this.offY = - this.offY;
39.         }
40.
41.         this._elapsed -= 16;
42.     }
43. }
44. };

```

這 44 行程式碼建立了一個**物件實體** (*object instance*)，並可以利用變數 `ball` 來存取這個物件實體 (*instance*)。

1.2.1 Object literal

先將 44 行程式碼簡化成如下兩行：

```

1. let ball = {
    ...
44. };

```

上面的程式碼建立了一個 JavaScript 的物件 (object)，同時將這個物件的參考 (reference) 指定 (assign) 給同時宣告的變數 *ball* 儲存。

具體的說，在 JavaScript 裡，除了數字 (如 1, 3.1415 等) 之類的純量 (scalar) 外，所有的程式元素都是物件 (object)，包括函數 (function) 都是物件。

最簡單建構一個物件的方法是寫 {}，然後將它指定給某個變數，如前所示。

這種建構物件的方法，稱為 *object literals*。Object literal 的優點是寫完了立刻可以用，不必另外再去呼叫建構函數 (constructor) 來建立物件實體 (instance)。

相對的，除非另外處理，否則利用 *object literal* 建立的物件實體 (instance) 傾向就是這唯一一個實體；程式並不需要第二個或更多的實體存在。

1.2.2 Object properties

{ } 只定義了一個空物件，因為在 { 和 } 之間，沒有寫任何東西。要讓 { } 物件有作用，必需替它加上一些物件屬性 (object property)。Object literal 裡的屬性 (property) 是一個用 : 隔開的 key: value 配對 (pair)；不同的屬性 (property) 間再利用 , 分隔；如下所示：

```
1. let ball = {
2.   _elapsed: 0,
3.
4.   x: 320,
5.
6.   y: 240,
7.
8.   offX: -2,
9.
10.  offY: 2,
11.
12.  paint: function (ctx) {
13.    ...
24.  },
25.
26.  update: function (drifts) {
27.    ...
43.  }
44. };
```

ball 物件定義 *_elapsed*, *x*, *y*, ..., *update* 等 7 (七) 個屬性。

而因為 JavaScript 裡，所有元素 (除了純量 *scalar*)，全部都是物件；所以不像 C++/C#/Java 等語言，物件的內部成員有分屬性 (property) 和方法 (method)；JavaScript 物件的內

部成員全部都只有：**屬性** (*property*)；只不過某些屬性剛好是**函數**，所以可以被呼叫執行而已。如同 ball 裡的 paint 和 update 屬性。

1.2.3 Object properties 存取

物件屬性的存取和其它語言相同，利用 `.` 運算子；

```
ball.x = 10;
```

如果那個屬性值是個函數物件，而且要呼叫執行，就和其它語言呼叫物件方法相同，使用 `()` 運算子：

```
ball.paint();
```

1.2.4 Object properties 存取控制

JavaScript 的物件屬性 (object property) 全部都是**公開** (*public*) 的；不像 C++/C#/Java 有 public/protected/private 之類的存取控制關鍵字。

有時為了備忘或作警示之用，會在屬性名稱前加上 `_` 符號，指出這個屬性是為了物件**內部使用**；不應在物件外直接存取。如程式碼列表裡的第 2 行：

```
2.    _elapsed: 0,
```

但那純粹是程式碼寫作的一種**慣例** (*convention*)；沒有任何語言層級的強制力。

1.3 JavaScript 的動畫 (*animation*)

任何**動畫**的原理都是利用人眼的**視覺暫留** (*persistence of vision*) 現象。電腦動畫因為要計算產生，不像影視作品是直接拍好，所以對硬體要較高的要求。

動畫的基本流程是：

```
while (true) {  
    updateData(); // 計算下一張畫面要呈現的資料  
  
    drawFrame(); // 更新下一張畫面 (frame)  
}
```

如果這個迴圈的每一次計算都能在 25ms 內完成，畫面就可以達到 40fps (frame/second)；人眼感受連續動畫的最低標準。但為了流暢性，現在一般定義的最低標準是 60fps，也就是約 16.66ms 內要完成圖片資料的計算和繪製。1ms 是 0.001 秒。

1.3.1 requestAnimationFrame()

現代的瀏覽器都支援 requestAnimationFrame() 這個 Web API，供 JavaScript 程式製作動畫使用。原則上，這個 requestAnimationFrame() 會儘可能的維持住 16.66ms 的間隔，也就是維持住 60fps 的動畫要求。

為理解 requestAnimationFrame 的使用，可以先準備下面的 JavaScript 程式碼：

```
1. 'use strict';
2.
3. let lastCalled = 0;
4.
5. let loop = function (ticks) {
6.   console.log(`${ticks - lastCalled}`);
7.
8.   lastCalled = ticks;
9.
10.  requestAnimationFrame(loop);
11. }
12.
13. requestAnimationFrame(loop);
```

將上面的程式碼存放在 htdosc/js/test.js 檔案內，再將 htdocs/index.html 裡的

```
13. <script src="js/index.js"></script>
```

改成：

```
13. <script src="js/test.js"></script>
```

用瀏覽器打開後，就會看到類似圖 2 的畫面：

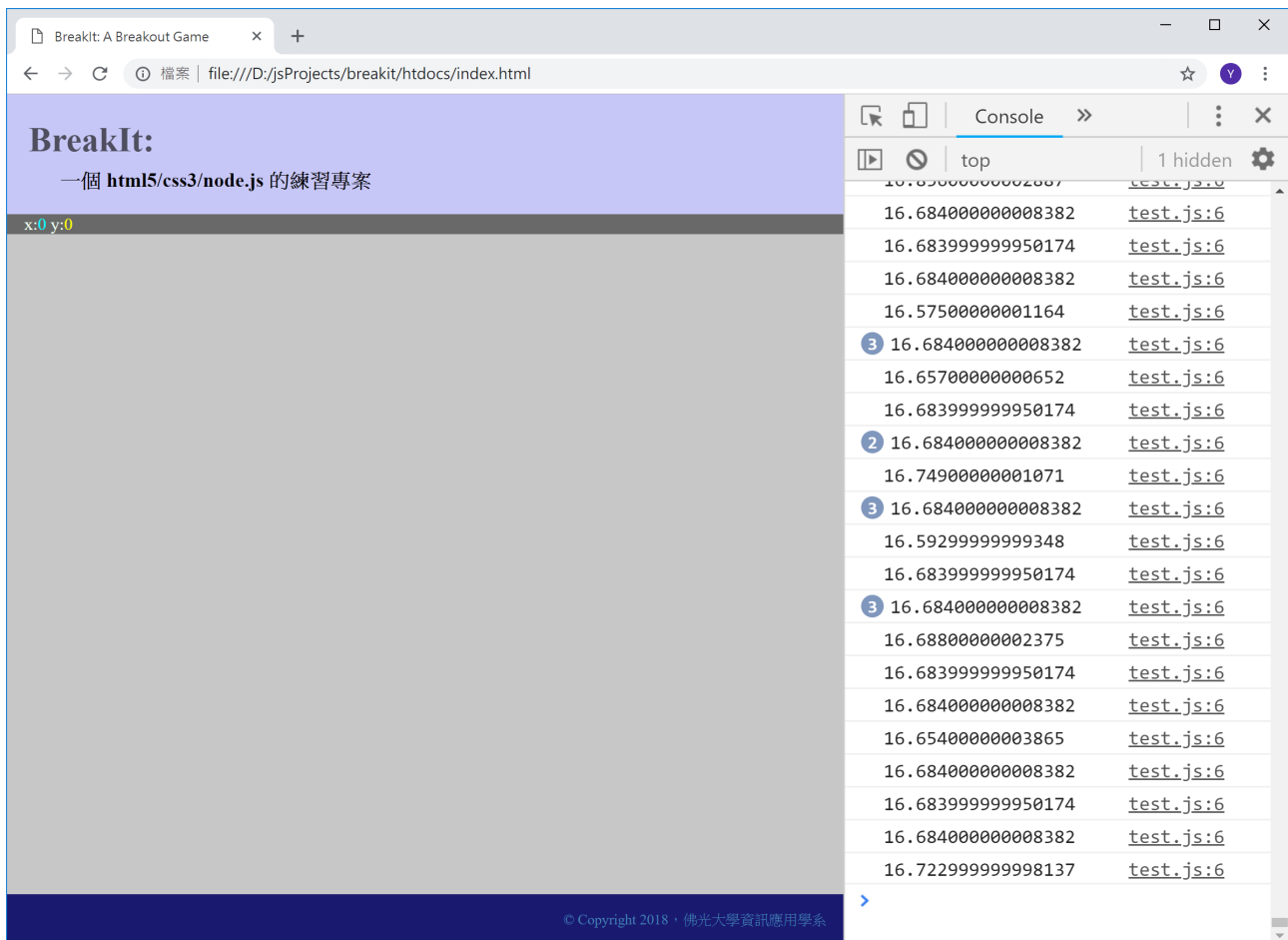


Figure 2: requestAnimationFrame() 測試

1.3.2 requestAnimationFrame() API 說明

`requestAnimationFrame(callback)` 要求一個參數 `callback`。這個 `callback` 本身必需是一個可呼叫執行的函數。因為 `requestAnimationFrame(callback)` 作的其實是類似 `addEventListener(e, callback)`，它的意思是說：

當下次 frame 更新前，請先呼叫執行 callback 函數

但是和 `addEventListener` 不同的是，這個 `callback` 只會生效**一次**；也就是說，只對呼叫後的**下一次** frame 更新有效；這是為什麼，前面測試程式裡，在 `loop()` 函數內，會有額外的一行：

```
10.    requestAnimationFrame(loop);
```

確保每個 frame 更新前都要執行一次 `callback`。

1.3.2.1 callback 函數

`requestAnimationFrame` 要求的 `callback` 函數接受一個參數，`ticks`，這個 `ticks`

代表當前網頁被載入後，到這個 callback 被呼叫時流逝的時間，單位是 ms (0.001 秒)。一般來說，這個值本身沒有太多用途，但是，**連續兩次**呼叫間的間隔，就剛好代表目前的 frame 刷新間隔；對控制動畫就很有用了。

所以，在測試程式裡，

```
3. let lastCalled = 0;
```

宣告一個變數 lastCalled 來保留**上一次**呼叫時的時間，

```
6. console.log(`${ticks - lastCalled}`);
```

顯示，這一次呼叫和上一次呼叫間的間隔。

```
8. lastCalled = ticks;
```

更新 lastCalled，給下一次呼叫使用。

1.3.3 breakit 物件

結合 JavaScript 的物件，動畫的基本原理，和 requestAnimationFrame()，有了 BreakIt 的遊戲物件如下：

```
1. let breakIt = {
2.   _loop: function (ticks) {
3.     if (!this._startAt) {
4.       this._startAt = ticks;
5.     };
6.
7.     this.update(ticks);
8.     paint();
9.
10.    requestAnimationFrame(this._loop.bind(this));
11.  },
12.
13.  pause: function () {
14.    cancelAnimationFrame(this._tickHandler);
15.  },
16.
17.  start: function () {
18.    this._tickHandler = requestAnimationFrame(this._loop.bind(this));
19.  },
20.
21.  update: function (ticks) {
22.    if (this._lastUpdate) {
```



```
23.         ball.update(ticks - this._lastUpdate);
24.     };
25.
26.     this._lastUpdate = ticks;
27. }
28. };
```

然後，在 index.js 的最後一行，換成：

```
203. breakIt.start();
```

就得到了一個一直在彈跳的球。

1.4 思考與練習

- 球的繪製，是在 index.js 裡的 81 到 87 行，嘗試利用網路資料去理解這幾行在寫些什麼。
- index.js 裡，ball = { ... } 和 breakit = { ... } 兩個物件定義裡，都有大量出現 this 這個關鍵字，由 this 這個英文字的意思 (this: 這，這個)，不難猜到，它指得就是**當前**這個物件實體 (object instance)；但 this 在 [JavaScript](#) 裡，其實是個有趣，又容易誤用的一個概念，嘗試利用網路資源對 this 作一些進一步的挖掘。
- 承上，在 index.js 的 121 行，使用了 bind() 函數，而它的參數就是 this；利用網路去查詢，bind() 函數的作用，進一步了解，this 在那裡的作用。