第十二章 人工智慧

遊戲中常見**人工智慧**一詞，什麼是人工智慧呢？不外是我們希望遊戲中某些角色由電腦所控制，並且適當的表現出如同我們人類一般的智慧，因故稱之為人工智慧。

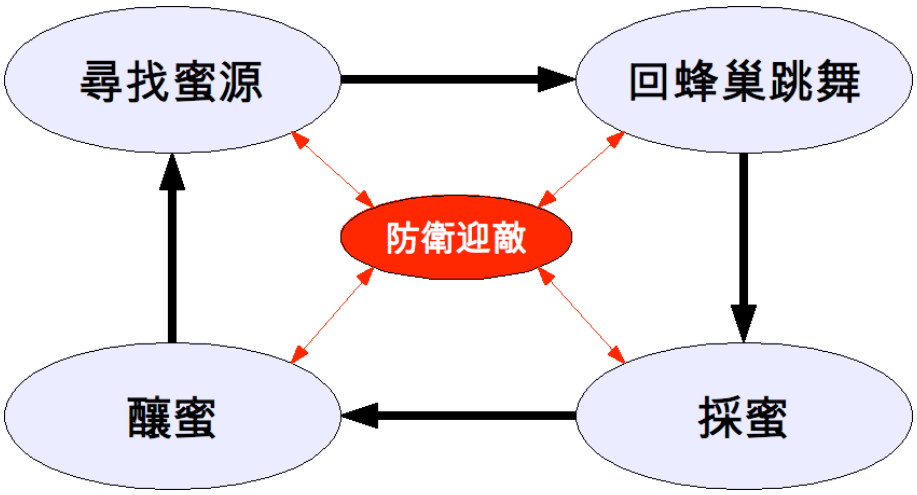
角色可以是對手（或敵對），也可以是夥伴，端視遊戲規劃而定。其實，上一章中我們所加入的灰色球拍已經可以算是簡單的人工智慧了。怎麼說呢？player1control()函數中，當球的y座標遞減到400以下的時候，我們設定的灰色球拍便開始隨球的x座標移動，球往左，灰色球拍也往左，同樣的，球向右，灰色球拍也朝右邊移動。

乍看之下灰色球拍彷彿具有一定的智能，可以看得到球的位置，然後隨著球移動的方向嘗試去接球。不論灰色球拍是不是真的很聰明，仍是表現出具有智能的行為，我們若沒有對「智慧」有嚴格的定義與申論，我們說灰色球拍已經具備人工的「智慧」。

程式設計中所謂的人工智慧原文為artificial intelligence，實際的詞意比較接近中文的「人造的智能」，這裡，我們沿用的是常用的「人工智慧」一詞。以日常的用語而言，不論是智慧還是智能，某種程度上來說，好像都是只有我們人類所獨有，正因我們人類有智慧（或智能），利用雙手創造工具，並以工具輔助各種日常事務，從而有人說萬物之靈、統治地球之類讚頌詞語。

但是由觀察其他生物如何去討生活，我們會發現如蜜蜂，工蜂每天在早上離開蜂巢尋找蜜源，找到後便回到蜂巢以跳舞的方式告知其他工蜂蜜源的方向及距離，然後大批工蜂前往採蜜。除了出外採蜜的工蜂，蜂巢內的工蜂也沒閒著，除了照顧女王蜂外，還要餵食幼蟲直到化蛹。若是突然有外來者入侵蜂巢，大批工蜂便會群起攻擊。

我們可以說工蜂每天都處於不同的**狀態**，譬如出外採蜜的工蜂，尋找蜜源、找到後回蜂巢跳舞，接著出外採蜜分別屬於三種狀態，工蜂的行為往往就是完成一個狀態的工作後，從原先的狀態轉換到另一種狀態。採蜜工作完成後就是釀蜜，這是屬於第四種狀態。我們將這四種狀態的輪替用下圖表示。



偶有突發狀態則是外來者入侵，蜜蜂為了防衛而進行攻擊，所以「防衛迎敵」是個特別的狀態，只要發生就會主動在這四個主要狀態間切換。工蜂每天週而復始的在尋找蜜源、找到蜜源後回蜂巢跳舞、工蜂往蜜源處採蜜、採蜜完成回蜂巢釀蜜，這四個狀態間循環。

許多生物的行為都能以各種狀態分別來解析，因為某些條件的改變，所以從原先的狀態轉換到另一種狀態。我們規劃遊戲角色的時候亦同，除了賦予特定角色專屬的能力與責任，使其依能力盡到他的責任，而且該角色也會在不同狀態間切換。例如即時戰略遊戲中士兵會進行探索，該士兵發現敵人後便進行攻擊，探索、攻擊便分屬兩個不同的狀態。

那如果我們要用程式模擬具有狀態轉換的行為，應該要怎麼設計呢？

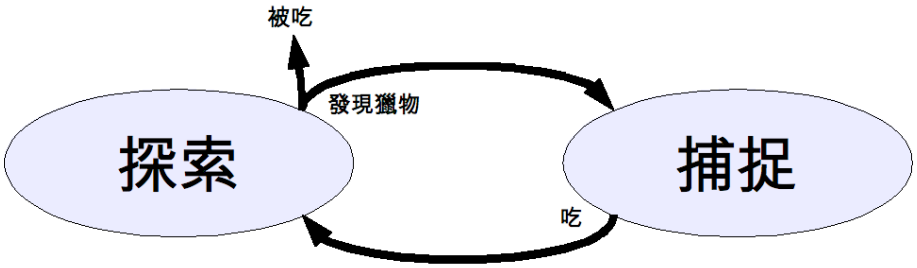
回顧鬥獸棋

乒乓球遊戲我們全以函數發展，這是因為我們事前由模擬球的移動，然後一步一步的將遊戲所需的各個元件加入，由於各個元件的需求都很清楚，所以在構築整個遊戲的時候，除了使用Pygame內建的物件以外，大都是以函數來發展。

發展程式的方法哪一種好呢？函數還是自訂新的物件型態？我們建議依需求而定，函數通常單純的做一些事情，物件可以帶有更多的附加屬性，其內定義的方法則提供做事情的能力。新物件可以讓我們跳脫Pygame模組庫的層次，反倒是以遊戲本身的概念進行規劃，從而可以簡化程式的開發過程。

這就跟第四章開始發展的鬥獸棋遊戲一樣，我們自己定義新的型態（新的物件）後，便能將許多資訊封裝、隱藏到型態內，需要用到時再以小數點記號的方式存取或利用。接下來，我們把這個遊戲轉換到Pygame視窗上，同時也讓遊戲多一點趣味。

鬥獸棋的生存遊戲原本在4×4棋盤上，現在我們將四隻動物分別用圖片代替，然後移到800×600的視窗上，並讓每隻動物「探索」整個區域，某隻動物若發現獵物，就會進行「捕捉」。因此，各個角色都會在「探索」與「捕捉」兩種狀態間切換，如下圖。



每一隻動物在遊戲開始的時候都處於「探索」狀態，會依兩種情況而改變狀態，發現獵物後直接轉換為「捕捉」狀態，若是被吃則停止遊戲中的活動，這時圖示可改為灰階，或是不再顯示該圖片，藉以表示該動物已經被吃掉。

「捕捉」狀態下，若是吃到獵物，狀態就會切換回「探索」，每隻動物在遊戲中就會不斷在「探索」與「捕捉」兩種狀態間進行，直到只剩下最後一隻動物為止。

我們會以自訂型態的方式定義狀態，然後以**狀態機器**處理狀態的改變。當然，每一隻動物都也都屬於各自的型態，但由於基本的性質相同，所以我們會先定義一個Animal型態，囊括所有共通的屬性。

這將會有表示象、虎、貓、鼠四個物件，除此之外，四隻動物所在的世界，也就是包括背景圖的整個區域，我們同樣以定義物件（新的型態）的方式來統籌處理，使各個物件負擔各自的工作，實際Pygame圖形處理的資訊則被隱藏到新物件的定義之中。

建立World

我們定義World型態處理遊戲的世界，先以一個簡單的例子說明整體的運作模式，程式碼如下。

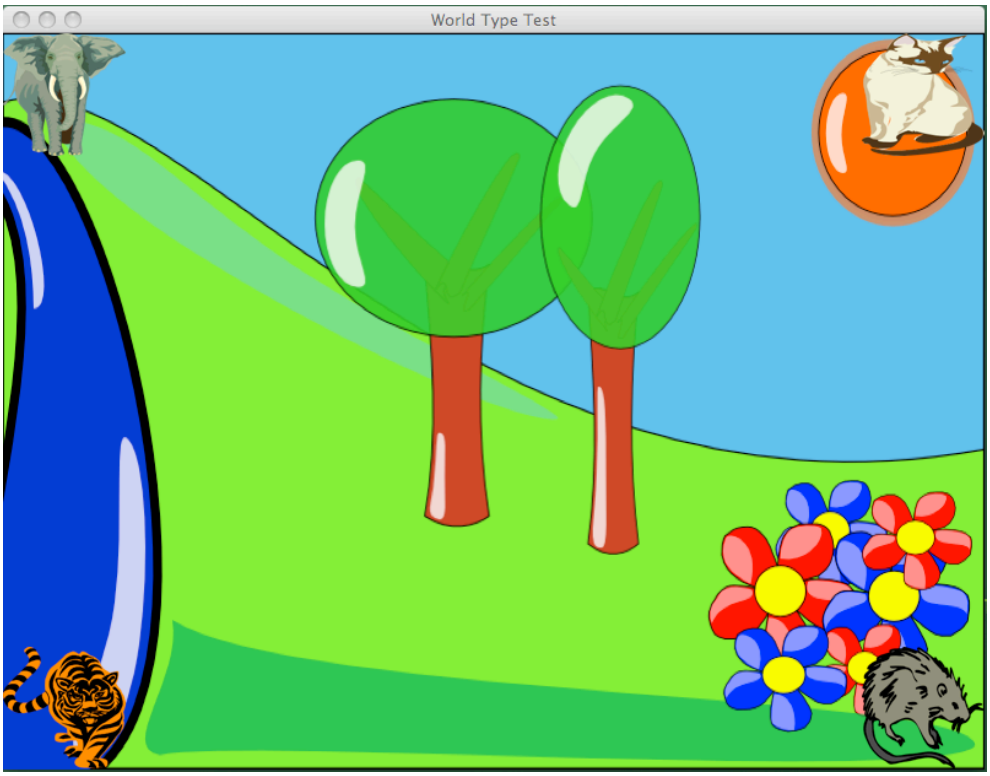
```
import pygame
from pygame.locals import *

from sys import exit
```

```
from gameobjects.vector2 import Vector2

screen_size = (800, 600)
title = "World Type Test"
background_image_file = "background.png"
elephant_image_file = "ge.png"
tiger_image_file = "gt.png"
cat_image_file = "gc.png"
mouse_image_file = "gm.png"

class World(object):
    def __init__(self):
        self.background = pygame.image.load(background_image_file).convert()

        elephant_image = pygame.image.load(elephant_image_file).convert_alpha()
        tiger_image = pygame.image.load(tiger_image_file).convert_alpha()
        cat_image = pygame.image.load(cat_image_file).convert_alpha()
        mouse_image = pygame.image.load(mouse_image_file).convert_alpha()

        w, h = screen_size
        elephant_data = [elephant_image, Vector2(0, 0)]
        tiger_data = [tiger_image, Vector2(0, h-tiger_image.get_height())]
        cat_data = [cat_image, Vector2(w-cat_image.get_width(), 0)]
        mouse_data = [mouse_image, Vector2(w-mouse_image.get_width(), \
                                           h-mouse_image.get_height())]

        self.species = {"elephant":elephant_data, "tiger":tiger_data, \
                        "cat":cat_data, "mouse":mouse_data}

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.background, (0, 0))
        for being in self.species.values():
            screen.blit(being[0], being[1])

def run():
    pygame.init()

    screen = pygame.display.set_mode(screen_size, 0, 32)
    pygame.display.set_caption(title)

    world = World()

    while True:
        for event in pygame.event.get():
            if event.type == QUIT:
                exit()

        world.render(screen)
        pygame.display.update()

if __name__ == "__main__":
    run()
```

World型態裡頭定義了兩個屬性，background就是背景圖的部份，而species用來儲存四隻動物的資料，由於我們要在800×600視窗的四個角落個別放置象、虎、貓、鼠，因此變數elephant_data、tiger_data、cat_data與mouse_data包含圖形轉換後的Surface物件，以及計算個別的座標值。

我們處理座標用了Google Code中gameobjects專案釋出的Vector2型態，這是為了稍後計算座標的兩點距離....等等之用，此專案以New BSD License授權。

另外在World型態中定義了render()方法，用來進行個別圖檔輸出到視窗中的動作。因為這個例子的目的在於把四隻動物放到視窗中，所以，run()函數裡先建立World()型態的變數world，然後主要遊戲迴圈只是簡單的呼叫render()方法，結果如下圖。



第一篇中的鬥獸棋遊戲的主要進行模式寫在handle()函數之中，這裡，我們利用自行定義的World物件來涵蓋處理遊戲世界的一切，因此，render()方法處理Pygame的繪圖工作，我們稍後會另外定義process()方法囊括遊戲的進行模式。

建立Animal

前面的例子說明World物件的用處，接下來我們要替四隻動物規劃共通的特性，也就是定義Animal型態，如下。

```
class Animal(object):
    def __init__(self, name, image, pos):
        self.alive = True
        self.name = name
        self.image = image
        self.location = pos
        self.speed = 100.

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.image, self.location)
```

屬性alive表示存活情況，若是被吃掉以後則會轉為False，name為名稱，分別會以象、虎、貓、鼠的英文“elephant”、“tiger”、“cat”、“mouse”表示，image為載入的圖檔，location是圖檔在視窗的位置座標，speed則是圖檔移動的速度，雖然這裡還不會用到，但是我們先做定義。

Animal型態也有render()方法，主要的原因為圖檔及圖檔的位置座標都為其屬性，因而render()方法需要在Animal型態內定義。

我們還需要定義繼承自Animal型態的Elephant、Tiger、Cat、Mouse四種型態，作為表示象、虎、貓、鼠等動物之用。

```
class Elephant(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "elephant", image, pos)
        self.food = ["tiger", "cat"]

class Tiger(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "tiger", image, pos)
        self.food = ["cat", "mouse"]

class Cat(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "cat", image, pos)
        self.food = ["mouse"]

class Mouse(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "mouse", image, pos)
        self.food = ["elephant"]
```

除了名稱作為預設的參數外，另外增加了屬性food，其儲存該隻動物可以吃的其他動物。

我們這裡將四隻動物改由Elephant、Tiger、Cat、Mouse等物件來建立，因此World型態的初始化方法也要有所改變，如下。

```
class World(object):
    def __init__(self, image):
        self.background = image
        self.species = {}

    def add_being(self, being):
        self.species[being.name] = being

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.background, (0, 0))
        for being in self.species.values():
            being.render(screen)
```

屬性background與Animal型態的屬性image相同，直接以轉換完的Surface物件作為參數，species改為空的字典，所以多定義了add_being()，用以增加新的動物，也就是Elephant、Tiger、Cat、Mouse等物件。

新版World型態的render()方法與之前稍有不同，這裡是呼叫species中每個物件，然後執行各自的render()方法。

由於圖檔的Surface物件都被當成參數，所以轉換圖檔的工作要在主要遊戲迴圈開始之前，所有的程式碼如下。

```
import pygame
from pygame.locals import *

from sys import exit

from gameobjects.vector2 import Vector2

screen_size = (800, 600)
title = "Aminal Type Test"
background_image_file = "background.png"
elephant_image_file = "ge.png"
```

```
tiger_image_file = "gt.png"
cat_image_file = "gc.png"
mouse_image_file = "gm.png"

class World(object):
    def __init__(self, image):
        self.background = image
        self.species = {}

    def add_being(self, being):
        self.species[being.name] = being

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.background, (0, 0))
        for being in self.species.values():
            being.render(screen)

class Animal(object):
    def __init__(self, name, image, pos):
        self.alive = True
        self.name = name
        self.image = image
        self.location = pos

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.image, self.location)

class Elephant(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "elephant", image, pos)
        self.food = ["tiger", "cat"]

class Tiger(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "tiger", image, pos)
        self.food = ["cat", "mouse"]

class Cat(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "cat", image, pos)
        self.food = ["mouse"]

class Mouse(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "mouse", image, pos)
        self.food = ["elephant"]

def run():
    pygame.init()

    screen = pygame.display.set_mode(screen_size, 0, 32)
    pygame.display.set_caption(title)

    background_image = pygame.image.load(background_image_file).convert()
    elephant_image = pygame.image.load(elephant_image_file).convert_alpha()
    tiger_image = pygame.image.load(tiger_image_file).convert_alpha()
    cat_image = pygame.image.load(cat_image_file).convert_alpha()
    mouse_image = pygame.image.load(mouse_image_file).convert_alpha()

    w, h = screen_size
```

```
    world = World(background_image)
    world.add_being(Elephant(elephant_image, Vector2(0, 0)))
    world.add_being(Tiger(tiger_image, \
           Vector2(0, h-tiger_image.get_height())))
    world.add_being(Cat(cat_image, Vector2(w-cat_image.get_width(), 0)))
    world.add_being(Mouse(mouse_image, \
           Vector2(w-mouse_image.get_width(), h-mouse_image.get_height())))

    while True:
        for event in pygame.event.get():
            if event.type == QUIT:
                exit()

        world.render(screen)
        pygame.display.update()

if __name__ == "__main__":
    run()
```

新程式的執行結果會與稍早相同，接下來，我們開始思考如何讓每隻動物進行探索。

探索：隨機的在視窗中移動

我們的每隻動物在Pygame視窗中分別都是一張圖檔，若是要讓每隻動物進行探索的工作，實際上也就是讓該張代表動物的圖檔隨機的在視窗中移動。這該怎麼寫出程式呢？我們設想在Animal型態中增加一個behave()方法，用來表現出該隻動物的行為。

因為探索的行為具有隨機性，我們先寫一個在Animal型態中決定隨機移動方向的方法。

```
def random_destination(self):
    w, h = screen_size
    if randint(1, 20) == 1:
        self.destination = Vector2(randint(1, w-1), randint(1, h-1))
```

我們增加了一個destination屬性，其作為目的地的位置座標，所以random_destination()方法有二十分之一的機率，可以隨機的指派視窗中的座標值給屬性destination，也就是x座標介於1到799，y座標介於1到599之間的位置。

因為用了randint()函數，所以在前面引入模組的地方要加上

```
from random import randint
```

behave()方法的定義中要先呼叫random_destination()方法。

```
def behave(self, time):
    self.random_destination()

    if self.speed > 0.0 and self.location != self.destination:
        destination_vector = self.destination - self.location
        destination_distance = destination_vector.get_length()
        heading = destination_vector.get_normalized()
        travel_distance = min(destination_distance, time * self.speed)
        self.location += travel_distance * heading
```

behave()方法需要一個time參數，這是用為控制每一次視窗的重新繪圖所經過的時間。呼叫random_destination()方法後，接著做一個條件判斷，假設速度大於0，並且必須是目的座標與所在的位置座標不相等，然後做一些數學計算，將動物圖檔移動的距離算出來，儲存到變數travel_distance之中，再將這個距離與location屬性相加。

那我們要在哪裡呼叫behave()方法呢？雖然可以直接寫在World型態的render()方法之內，但是這樣有點不完全符合render()方法的用途，所以我們要在World型態中另外定義process()方法，其內呼叫Animal物件的behave()方法，如下。

```
  def process(self, time):
      for being in self.species.values():
          being.behave(time)
```

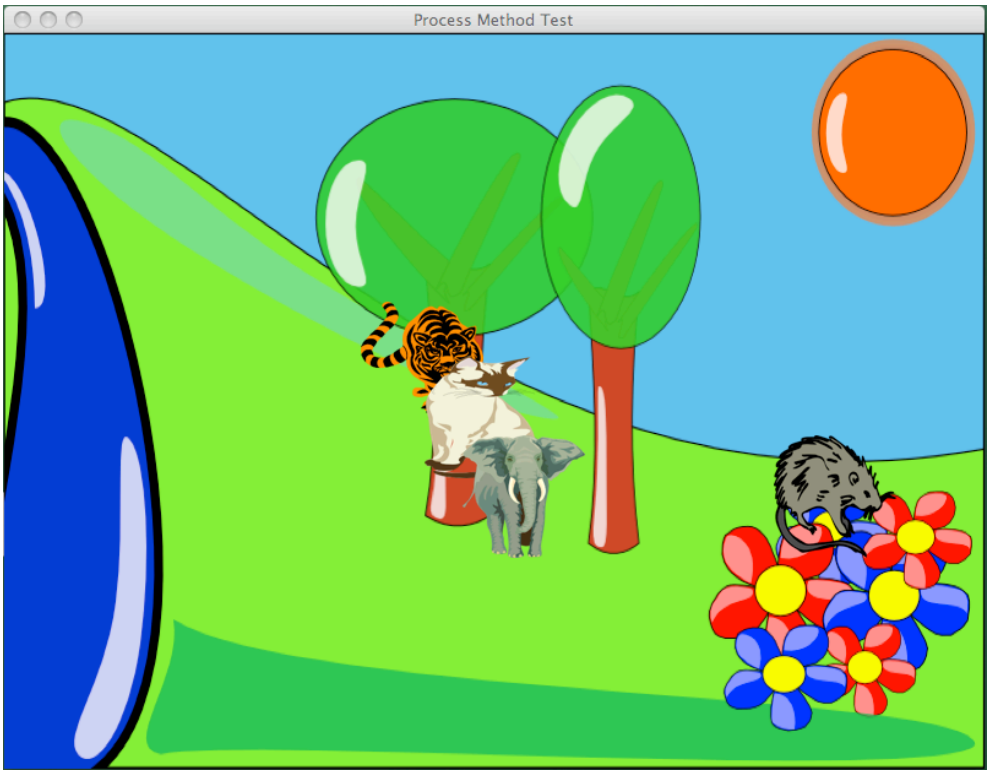
別忘了進入主要遊戲迴圈之前要先建立控制時間的clock變數，我們將到目前為止的程式碼摘錄如下。

```
  import pygame
  from pygame.locals import *

  from sys import exit
  from random import randint

  from gameobjects.vector2 import Vector2

  screen_size = (800, 600)
  title = "Process Method Test"
  background_image_file = "background.png"
  elephant_image_file = "ge.png"
  tiger_image_file = "gt.png"
  cat_image_file = "gc.png"
  mouse_image_file = "gm.png"

  class World(object):
      def __init__(self, image):
          self.background = image
          self.species = {}

      def add_being(self, being):
          self.species[being.name] = being

      def render(self, screen):
          screen.blit(self.background, (0, 0))
          for being in self.species.values():
              being.render(screen)

      def process(self, time):
          for being in self.species.values():
              being.behave(time)

  class Animal(object):
      def __init__(self, name, image, pos):
          self.alive = True
          self.name = name
          self.image = image

          self.location = pos

          w, h = screen_size
          self.destination = Vector2(randint(1, w), randint(1, h))
          self.speed = 100.0

      def render(self, screen):
          screen.blit(self.image, self.location)

      def random_destination(self):
          w, h = screen_size
          if randint(1, 20) == 1:
```

```
            self.destination = Vector2(randint(1, w), randint(1, h))

    def behave(self, time):
        self.random_destination()

        if self.speed > 0.0 and self.location != self.destination:
            destination_vector = self.destination - self.location
            destination_distance = destination_vector.get_length()
            heading = destination_vector.get_normalized()
            travel_distance = min(destination_distance, time * self.speed)
            self.location += travel_distance * heading


class Elephant(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "elephant", image, pos)
        self.food = ["tiger", "cat"]

class Tiger(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "tiger", image, pos)
        self.food = ["cat", "mouse"]

class Cat(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "cat", image, pos)
        self.food = ["mouse"]

class Mouse(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "mouse", image, pos)
        self.food = ["elephant"]


def run():
    pygame.init()

    screen = pygame.display.set_mode(screen_size, 0, 32)
    pygame.display.set_caption(title)

    background_image = pygame.image.load(background_image_file).convert()
    elephant_image = pygame.image.load(elephant_image_file).convert_alpha()
    tiger_image = pygame.image.load(tiger_image_file).convert_alpha()
    cat_image = pygame.image.load(cat_image_file).convert_alpha()
    mouse_image = pygame.image.load(mouse_image_file).convert_alpha()

    w, h = screen_size
    world = World(background_image)
    world.add_being(Elephant(elephant_image, Vector2(0, 0)))
    world.add_being(Tiger(tiger_image, \
           Vector2(0, h-tiger_image.get_height())))
    world.add_being(Cat(cat_image, Vector2(w-cat_image.get_width(), 0)))
    world.add_being(Mouse(mouse_image, \
           Vector2(w-mouse_image.get_width(), h-mouse_image.get_height())))

    clock = pygame.time.Clock()

    while True:
        for event in pygame.event.get():
            if event.type == QUIT:
```

```
                    exit()

            seconds = clock.tick(30) / 1000.0

            world.process(seconds)
            world.render(screen)
            pygame.display.update()

    if __name__ == "__main__":
        run()
```

執行結果如下圖。



建立Exploring

上一節中，我們將動物的行為（隨機的在視窗中移動）寫在Animal型態的behave()方法裡，這一節我們將之改以狀態及狀態機器的設計方式。

首先，我們以State型態，將各種狀態共通的方法、屬性先行定義。

```
    class State(object):
        def __init__(self, name):
            self.name = name

        def do_actions(self):
            pass
```

屬性name為狀態的名稱，方法do_actions()則在此狀態下的行為，底下的pass陳述表示在這裡不做任何事情，我們寫出來的意義是說明State及繼承自State的型態會有方法do_actions()，至於實際do_actions()的內容，稍後定義繼承State的新型態再做定義。

接下來我們定義作為探索的Exploring型態。

```
    class Exploring(State):
```

```
    def __init__(self, being):
        State.__init__(self, "exploring")
        self.being = being

    def random_destination(self):
        w, h = screen_size
        if randint(1, 20) == 1:
            self.being.destination = \
                    Vector2(randint(1, w-1), randint(1, h-1))

    def do_actions(self, time):
        self.random_destination()

        if self.being.speed > 0.0 and self.being.location != \
                                        self.being.destination:
            destination_vector = self.being.destination - \
                                        self.being.location
            destination_distance = destination_vector.get_length()
            heading = destination_vector.get_normalized()
            travel_distance = min(destination_distance, \
                                        time * self.being.speed)
            self.being.location += travel_distance * heading
```

繼承自State型態，同時需要多一個參數，這個參數為動物的物件型態。為什麼要有一個動物的物件型態做參數呢？這是因為我們要將之前定義在Animal型態中的random_destination()及behave()方法移過來，後者的內容放到do_actions()方法之內，由於座標是屬於動物的物件屬性，所以在Exploring型態需要用動物的物件型態做參數。

於是原本behave()方法中的speed、location等屬性，到了do_actions()方法中都要改為being.speed、being.location等，這使Elephant、Tiger、Cat、Mouse等物件中的座標屬性值跟著程式進行而改變。

另外，我們需要一個狀態機器來管理所有的狀態，這需要定義的是StateMachine型態。

```
class StateMachine(object):
    def __init__(self):
        self.states = {}
        self.active_state = None

    def add_state(self, state):
        self.states[state.name]= state

    def think(self, time):
        if self.active_state is None:
            return

        self.active_state.do_actions(time)

    def set_state(self, new_state_name):
        self.active_state = self.states[new_state_name]
```

所有的狀態用屬性states來儲存，而目前的狀態則是以active_state來表示，add_state()方法替狀態機器（StateMachine型態）加入新的狀態，set_state()方法則設定目前的狀態，think()方法使物件判斷該做什麼事情，包括程式進行時控制狀態的改變，由於目前只有一種狀態，所以think()就只有簡單的呼叫do_actions()方法。

我們還要替原先的Animal型態增加一個屬性brain。

```
self.brain = StateMachine()
```

然後其內原先behave()方法則改為呼叫think()方法。

```
def behave(self, time):
```

```
        self.brain.think(time)
```

如此我們有了一個狀態，讓動物隨機的探索視窗區域，同時可以繼續延伸讓狀態改變，從而讓動物表現不同的行為，到目前為所有的程式如下。

```
import pygame
from pygame.locals import *

from sys import exit
from random import randint

from gameobjects.vector2 import Vector2

screen_size = (800, 600)
title = "State Type Test"
background_image_file = "background.png"
elephant_image_file = "ge.png"
tiger_image_file = "gt.png"
cat_image_file = "gc.png"
mouse_image_file = "gm.png"

class State(object):
    def __init__(self, name):
        self.name = name

    def do_actions(self):
        pass

class Exploring(State):
    def __init__(self, being):
        State.__init__(self, "exploring")

        self.being = being

    def random_destination(self):
        w, h = screen_size
        if randint(1, 20) == 1:
            self.being.destination = \
                    Vector2(randint(1, w-1), randint(1, h-1))

    def do_actions(self, time):
        self.random_destination()

        if self.being.speed > 0.0 and self.being.location != \
                                        self.being.destination:
            destination_vector = self.being.destination - \
                                        self.being.location
            destination_distance = destination_vector.get_length()
            heading = destination_vector.get_normalized()
            travel_distance = min(destination_distance, \
                                        time * self.being.speed)
            self.being.location += travel_distance * heading

class StateMachine(object):
    def __init__(self):
        self.states = {}
        self.active_state = None

    def add_state(self, state):
        self.states[state.name]= state
```

```
    def think(self, time):
        if self.active_state is None:
            return

        self.active_state.do_actions(time)

    def set_state(self, new_state_name):
        self.active_state = self.states[new_state_name]

class World(object):
    def __init__(self, image):
        self.background = image
        self.species = {}

    def add_being(self, being):
        self.species[being.name] = being

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.background, (0, 0))
        for being in self.species.values():
            being.render(screen)

    def process(self, time):
        for being in self.species.values():
            being.behave(time)

class Animal(object):
    def __init__(self, name, image, pos):
        self.alive = True
        self.name = name
        self.image = image

        self.location = pos

        w, h = screen_size
        self.destination = Vector2(randint(1, w), randint(1, h))
        self.speed = 100.0

        self.brain = StateMachine()

    def render(self, screen):
        screen.blit(self.image, self.location)

    def behave(self, time):
        self.brain.think(time)

class Elephant(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "elephant", image, pos)
        self.food = ["tiger", "cat"]

        self.brain.add_state(Exploring(self))

class Tiger(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "tiger", image, pos)
        self.food = ["cat", "mouse"]

        self.brain.add_state(Exploring(self))
```

```
class Cat(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "cat", image, pos)
        self.food = ["mouse"]

        self.brain.add_state(Exploring(self))

class Mouse(Animal):
    def __init__(self, image, pos):
        Animal.__init__(self, "mouse", image, pos)
        self.food = ["elephant"]

        self.brain.add_state(Exploring(self))

def run():
    pygame.init()

    screen = pygame.display.set_mode(screen_size, 0, 32)
    pygame.display.set_caption(title)

    background_image = pygame.image.load(background_image_file).convert()
    elephant_image = pygame.image.load(elephant_image_file).convert_alpha()
    tiger_image = pygame.image.load(tiger_image_file).convert_alpha()
    cat_image = pygame.image.load(cat_image_file).convert_alpha()
    mouse_image = pygame.image.load(mouse_image_file).convert_alpha()

    world = World(background_image)

    w, h = screen_size
    elephant = Elephant(elephant_image, Vector2(0, 0))
    elephant.brain.set_state("exploring")
    world.add_being(elephant)

    tiger = Tiger(tiger_image, Vector2(0, h-tiger_image.get_height()))
    tiger.brain.set_state("exploring")
    world.add_being(tiger)

    cat = Cat(cat_image, Vector2(w-cat_image.get_width(), 0))
    cat.brain.set_state("exploring")
    world.add_being(cat)

    mouse = Mouse(mouse_image, \
            Vector2(w-mouse_image.get_width(), h-mouse_image.get_height()))
    mouse.brain.set_state("exploring")
    world.add_being(mouse)

    clock = pygame.time.Clock()

    while True:
        for event in pygame.event.get():
            if event.type == QUIT:
                exit()

        seconds = clock.tick(30) / 1000.0

        world.process(seconds)
        world.render(screen)
        pygame.display.update()

if __name__ == "__main__":
```

```
run()
```

結果會與上一節相同。

重提State

我們若是繼續發展，State型態也需要適當的擴充，如下。

```
class State(object):
    def __init__(self, name):
        self.name = name

    def entry_actions(self):
        pass

    def do_actions(self):
        pass

    def exit_actions(self):
        pass

    def check_conditions(self):
        pass
```

進入某一狀態就呼叫entry_actions()方法，離開狀態呼叫exit_actions()方法，在該狀態裡面則是執行do_actions()方法，另外利用check_conditions()方法進行狀態的改變的檢查。

所以StateMachine型態的think()方法要更改如下。

```
def think(self, time):
    if self.active_state is None:
        return

    self.active_state.do_actions()

    new_state_name = self.active_state.check_conditions()
    if new_state_name is not None:
        self.set_state(new_state_name)
```

主要是增加了狀態的條件檢查，也就是呼叫check_conditions()方法，若是條件符合另一種狀態時，譬如「貓」走近到「虎」的附近，我們使「虎」感知到「貓」的靠近，於是「虎」的狀態由「探索」轉變為「捕捉」，「貓」的所在座標就變成「虎」的目的座標，形成「捕捉」的行為。

這時候set_state()方法也要稍微修改。

```
def set_state(self, new_state_name):
    if self.active_state is not None:
        self.active_state.exit_actions()

    self.active_state = self.states[new_state_name]
    self.active_state.entry_actions()
```

狀態改變前先呼叫exit_actions()方法，如「虎」大叫一聲，然後設定成新的捕捉狀態，接著呼叫entry_actions()方法，這時如「虎」加快速度，往「貓」跑去的動作就是呼叫捕捉狀態的do_actions()方法。

我們遊戲的人工智慧大致發展到這裡，同時也說明了以物件為主的程式發展。

下一步

Pygame模組庫除了圖形顯示外，還有許多其他的功能，如Mixer可以載入與處理音效，Joystick可以設定遊戲控制桿等……，我們的介紹以程式設計的概念與發展為主軸，因此還有許多Pygame精彩的地方只好略去不提了。

若是對Pygame想要深入研究，官網上的Tutorials頁提供了其他的教材，另外官網所建議的Beginning Game Development with Python and Pygame: From Novice to Professional也是一本絕佳的參考書籍。

下一章，我們開始介紹另一個圖形介面的模組庫 --- wxPython，來看看如何利用Python發展應用程式介面。