

# 以社會傳播模型模擬人群之集體社會行為 Simulating Collective Behaviors for Virtual Crowds with Social Communication Model

趙偉銘

國立政治大學資訊科學系  
台北市指南路二段 64 號  
96753008@nccu.edu.tw

李蔡彥

國立政治大學資訊科學系  
台北市指南路二段 64 號  
li@nccu.edu.tw

## ABSTRACT

近年來，無論在電腦動畫、電玩或電影產業，利用電腦製作壯觀的人群場景已逐漸成為不可或缺的要素之一。然而，傳統手工編輯關鍵格(key frame)逐一調整角色動作製作人群場景的方式，過程曠日費時，故利用電腦自動產生擬真的人群互動已是時勢所趨。

在電腦動畫的領域，人群模擬的研究日漸豐碩，但過去的研究大部分著重於碰撞避免及路徑導航(navigation)，對於個體在群體中的互動模式則鮮少貢獻。我們引用過去的社會心理學與群眾心理學文獻，藉由 bottom-up 的方式，建立一個具溝通機制的即時人群模擬平台。本系統中的 agent 因擁有一個個別化的行為參數而具異質性，並可藉由訊息傳遞的過程，達到群體運動的可控制及客製化(customization)為目的。我們在此論文中將以動畫實例說明此人群模擬模型的有效性，並在 3D 動畫軟體中具體呈現。

## Keywords

傳播模型、情緒感染、門檻模型、人群模擬、ABM

## 1. 簡介

在電腦動畫的領域，即時擬真的人群模擬一直不斷接受新的挑戰。儘管閃避碰撞及簡單的人群運動已可用模仿生物的方式做不錯的呈現，但如何設計出令人信服的人群互動行為，仍是一項艱鉅的工作。

人群互動、結群的過程，一直是許多心理學者與社會學者所關心的課題。Le Bon Gustave 早在 1895 年便對群體行為有細緻的描述[9]，認為群體通常是處在一種期待注意的狀態中，因此很容易受人“暗示”。最初的暗示，通過“相互傳染”的過程得到傳播，一旦被廣泛傳播，意識形態就滲透到群眾中個體的心理層次，使個體喪失獨特的人格意識。然後群體情感將暗示的觀念轉化為行動傾向，最後個體不再是原先的獨立心理狀態，而是受群體意志支配的一致心理狀態。近年來，社會心理學有不少文獻證實人在與他人互動時，會因應對方的內心狀態，不斷調整自身並接受對方的影響[5][16]。社會學家 Mark Granovetter 曾提出群眾行為的門檻模型(threshold model)[11]，認為面對任何特定情況，每個人內心都會有某個門檻值，它反映出個體決定參與某特定事件時的臨界點。而此臨界點除了與個人的偏好有關，還取決於有多少人參與此事件。

過去人群模擬的研究成果，主要偏重在移動中的碰撞避免及路徑導航；人群間個體的訊息傳遞機制研究仍屬少見。本論文的研究目的，在於依據已知的社會心理學文獻，建立

合理適當的傳播模型，賦與我們過去已建置的異質性多代理人系統(multi-agent system)[20]具有彼此傳遞訊息的影響能力。尤其我們特別從傳染過程的時間、空間與群體結構因素，來呈現群體行為的差異。至於個體內在的心理模型，則不在本論文探討的範圍內。

人群模擬的研究可應用在許多領域上。如在電影製作過程，成千上萬的人群特效透過視覺的呈現，已大大震撼觀眾的感官，逐漸成為電影賣座不可或缺的要素之一。在電腦遊戲中，人群模擬可使 NPC(Non-Player Control)擬真的彼此互動，並依玩家的參與方式，產生不同的群體行為，使玩家能從虛擬世界中得到更深刻的體驗。在安全科學與社會學領域中，過去往往利用觀察的方法來進行人群行為的研究，但真實人群的互動過程不但難以確實掌握發生的時機，製造或重現人群行為更是困難不可行。利用電腦人群模擬的技術，將可克服上述的問題，進而提升人群行為實驗的更多可能性；例如，警察相關機關在人民集會遊行前的管控模擬推演，建築物的逃生動線規劃等，可以供做有效的事前評估。

下一節將大致介紹過去人群模擬的相關研究；第三節將對已知相關的社會文獻做探討。第四節介紹系統架構與角色和環境的基本設計。第五節則特別描述我們依據社會學文獻，所建立的傳播模型。第六節將呈現實驗成果。第七節是本研究的結論與未來發展。

## 2. 相關研究

群體模擬的研究在電腦動畫的領域已經進展多年。其中最具有代表性的研究，便是 Reynolds 在 1987 年提出的鳥群模型(flocking model)[2]。在 flocking model 中，每一個體都具有自主性(autonomous)，當其它個體進入它的區域視野範圍時，它們便會利用三種區域性規則(local rule)產生互動，分別是排斥力(Separation)、凝聚力(Cohesion)、對齊力(Alignment)，使得類鳥群(boids)得以維持相同的速度與間距，呈現群體式的運動。此模型最令人津津樂道之處，在於不需事先規畫所有個體的運動來達到群體運動目的，而是透過賦與個體簡單的規則，並藉由彼此的互動來突現(emerge)未經規畫的群體行為。是故此模型不僅在電腦動畫領域令人驚豔不已，同時也在許多領域引起巨大的回響，如：人工生命、機器人、物理學、計算社會學。Reynolds 於 1999 年將原本的模型做延伸實作，賦與自主性個體更多的區域性規則，像是找尋(seek)、躲避(flee)、追逐(pursuit)、漫遊(wander)、及碰撞偵測(obstacle avoidance)等轉向行為(steering behavior)，當這些行為被整合起來後，便可產生相當複雜的群體行為[1]。

涂曉媛以 Reynolds 的 flocking model 為基礎模擬魚群，學術界稱之為“曉媛的魚”[21]。曉媛的魚被賦於內心狀態，如：性慾、饑餓感、恐懼感等。魚群可隨時間及環境改變，自動產生各種不同擬真的行為，如：尋覓食物，吞嚥食物；會尋求配偶，進行求愛；發現危險，會進行逃避等。自此群體模擬始被賦與人工生命的色彩。其後，Shao 延伸曉媛的魚，並結合 cognitive model 與 hierarchy environmental modeling framework[19]。充分賦與個體豐富的人工生命行為，如口渴會排隊投飲料、走累了會坐在長椅上休息片刻、進車站前會先排隊購票、並會受到街頭表演的吸引而佇立觀賞。相當擬真地模擬了賓州車站來來去去的人潮。

Helbing 以物理力學建置行人動力(Pedestrian Dynamics)模型。[3]提出社會力(social force)的概念，agent 的運動將行為由下列四種力交互影響所決定：1.前往目標的自身驅力；2.為閃避他人的排斥力；3.為避開牆壁的排斥力；4.逃生門的吸引力。Helbing 使用社會力模擬人群逃生(escape panic)，實驗結果呈現逃生人群以弧形堵塞於門口處，與現實情況一致，並指出增設逃生門對於人群逃生率並無顯著改善[4]。

Musse 及 Thalmann 集中在團體與個體之間的互動關係，並定義了 rule-based 系統來決定每個個體歸屬於哪個團體。如每個個體擁有自己的 interest point，個體之間透過彼此 interest point 的比較後，相似者將被歸為同一團體。每個團體都由 leader 來決定方向與下一個移動目標，而其它的成員則一邊跟隨 leader 移動，一邊計算碰撞偵測與避免，以模擬博物館的參觀人潮[17]。Villamil et al. 延伸 rule-based model 及 Social Force model，並賦與個體心理屬性，促使虛擬人群呈現 Group Dynamics[8]。個體每次互動，都會累計彼此間的交談次數及好感度，這些值將影響個體形成群體的形式，如跟隨、選擇團員及組團(grouping)[10]。

Pelechano 近幾年做了一系列建築物逃生的群體模擬。她的個體運動主要延伸了 Social Force Model，並利用兩個屬性：leadership 與 training 來定義三種角色：消防員(對火場路線熟悉，亦積極救援他人)、冷靜的人(對火場路線不熟悉，但積極找尋逃生路線並救援他人)、跟隨者(不熟火場路線，走到死路便停下來等救援)。此外每個個體都有一個心智圖(metal graph)用來記載已搜尋過的路徑，並可透過溝通的方式結合他人的心智圖以獲得新的火場資訊。實驗結果表示當逃難現場有愈多冷靜的人時，將提升人群疏散的逃生速度[14]。此外她亦結合 psychological and geometrical rules 及稍作增修的 Social Forces model，以實現高密度人群的推擠、排隊、跌倒，並解決 Social Forces Model 在原地來回震動的現象。較令人深刻的是當警鈴響起，有一些個體啟動逃難模式(panic mode)，開始加速移動及推擠，他們的行為將可能因為影響了週遭人的密度與推擠程度，導致週遭人也被逐一開啟逃難模式，呈現出逃難行為的傳遞(propagation)過程。[13]。

### 3. 社會學文獻探討

本論文的研究目的在於產生更擬真的群體模擬，是故有必要從已知的社會心理學文獻中找尋解釋群體行為的依據，並將之適當地整合至我們系統的溝通模型。群體行為的研究在心理學、社會學、社會心理學、群眾心理學、甚至腦神經科學歷年來都有各種不同學派的觀點，但本研究以群體行為視覺化為最終目的，現行僅針對較易觀察與表達的情緒傳染與門檻模型做討論與實作。

### 3.1 情緒傳染

Le Bon Gustave 在 1895 年出版了“The Crowd” [9]一書，是最早對人類群體行為進行闡釋的著作。書中對群體行為的定義為“偶然聚集成群的人，他們本身自覺的個性消失，感情和思想轉向一個不同的方向，形成一種暫時又十分明確的集體心理”。後來的社會心理學家將 Le Bon 解釋的群體行為歸類為“偶集的群眾(casual crowds)”。Le Bon 認為偶集群眾的形成主因有三個主要原因：

一、群眾的匿名性，造成了責任擴散，使群眾勇於敢做平常不敢做的事。

二、情緒的傳染性(Emotional Contagion)，群體中的每種感情和行動都有傳染性，使得旁人有樣學樣，行動一致。

三、易受暗示性(suggestibility)，由於群眾位於含糊不清的環境，本能易於接受他人的暗示，並模仿旁人的反應，來解除從眾的壓力。

因此，Le Bon 亦提出有效動員群眾的手段：斷言法、重覆法與傳染法。首先做出簡潔有力的斷言(如：口號和標語)，再反覆的暗示群眾直到進入潛意識，最後透過傳染的過程，達到支配控制群眾的行為。

雖然 Le Bon 的說法大部分來自觀察當時的社會動態，但情緒傳染的說法已獲當代心理學與腦神科學家相當程度的探討與實證。[5][6][16]

### 3.2 門檻模型(Threshold Model)

Mark Granovetter 於 1978 年提出群體行為的門檻模型，用來解釋為何在同樣的情境下，群體的表現總是矛盾不一[11]。Granovetter 認為面對任何特定的情況，每個人心中都會有某個門檻值(threshold)，只是這個門檻值很難實際量化。門檻值是指須有多少數量或比例的人先參與此行動，個體才會決定行動。Granovetter 以暴動為例，在任何一群人中，都有一些人永遠不會騷動，有一些人則是幾乎隨時都準備要騷動，但是大部分的人都介於兩者之間。他們願不願意騷動，要看群眾中其他人的行為而定。尤其要看群眾中有多少人在騷動而定。當愈多人起騷動，就有愈多人決定他們也願意加入騷動。但真正能決定結果的，在於群眾的組合部分

假設有一百人，每個人對加入一場暴動的門檻值分別是從 0 到 99，即有一個人的門檻值是 0，第二個人是 1，有三個人是 2，依此類推。在這種情況下，大型暴動是無可避免的。因為門檻值為 0 的人，會率先引起騷動，並且吸引門檻值為 1 的人加入行列，接著門檻值為 2 的人也會加入，就像骨牌一般的前仆後繼，直到第一百個人也加入暴動。但若把門檻值為 1 的那個人移除，當門檻 0 的人開始鼓噪、動手時，其他的人只會觀望。如果沒有第二個人加入暴動，就沒有後續的連鎖反應了，因此，其中某一個人的門檻值稍微改變一點，就可能對群體行為產生很大的改變。而過去的群體研究總把結果歸因到群體的整體特質，而漏失掉這種微妙的細節。

前述的門檻模型有一個隱含假設一環境中的人不具移動性，但因擁有全局的資訊而彼此連結，因此環境中每個人的行為都會影響其它所有人的行動。然而在現實情境中的人們具有移動性，且往往只能掌握局部的資訊，群體聚散的時空考量是不可忽略的分析要素。

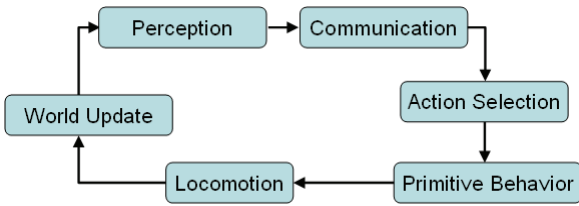
Agent-based Model(ABM)可以輕易描述時空因素下的個體與其它個體及環境間的互動，同時易於透過視覺化的呈

現，供人類肉眼做空間上的模式觀察[12][15]。本研究以 ABM 為建構群體運動模型的基礎，並賦與 agent 個別化的行為參數，得以有效建置及呈現前述的情緒感染與門檻模型。下一章節將有詳細說明。

## 4. 群體運動模型

### 4.1. 系統架構

本模擬系統主要參考了 Reynolds 的 flocking model[2]和 steering behavior[1]，建置一個具有自主性(autonomous)行為的多代理人系統。並依據上節所描述的情緒傳染及門檻理論，建立合理的傳播模型，以擬真的產生及控制群體運動，系統架構如圖一所示。除了溝通機制將於第五節做特別的探討外，其餘各層所扮演之角色將分別於下面小節逐一介紹。



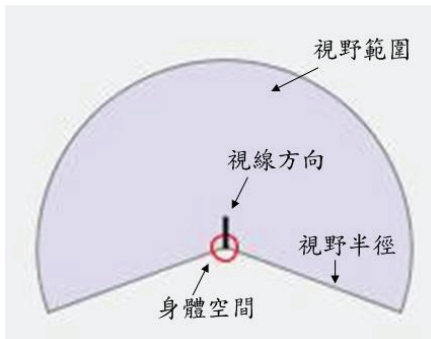
圖一、系統架構

### 4.2. 運動模型(Locomotion)及角色屬性

我們假設本系統中的 agent 具有剛體運動 (rigid body motion) 的特性，可透過合力、力矩的計算，得到 agent 的速度及角速度，進而計算每回合 agent 移動的位置及方向。如此便可呈現連續空間的運動視覺效果。除了物理屬性外，agent 亦具有可客製化的角色屬性(character attributes)，如身體的胖瘦、視野範圍、領導魅力、理性程度、行動門檻等。

### 4.3. 感知能力(Perception)

自主性的 agent 需具備環境的感知能力，方能接收環境的資訊，做進一步的行為決策，以動態調整自己的運動行為。其中感知能力的範圍，主要由視線的方向、視野的角度及視野的半徑共同決定，其中視線的方向由運動模型每回合計算得出，視野的角度與視野的範圍則可供客製化設定初始值 (如圖二所示)。



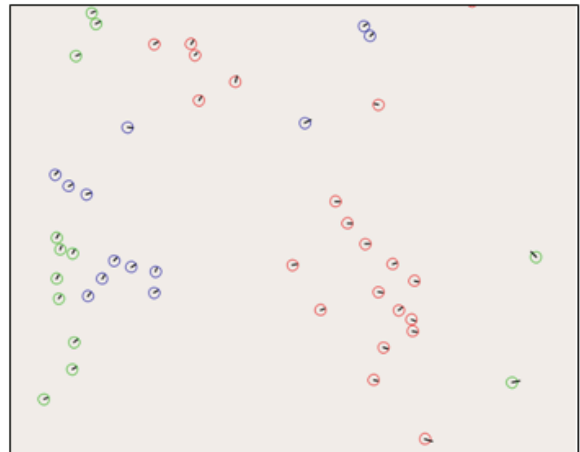
圖二、agent 的感知範圍。

### 4.4. 初級行為(Primitive Behavior)

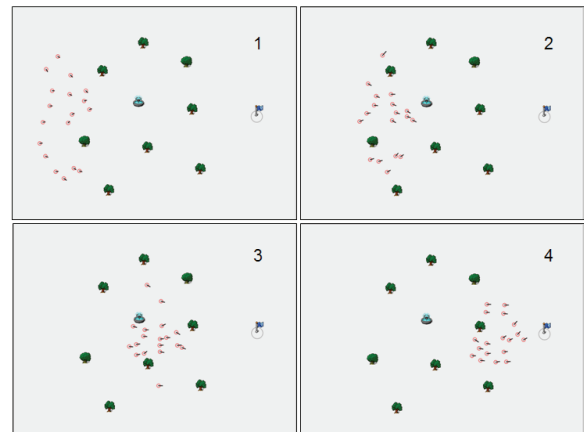
擬真的群體運動模擬，必須根據 agent 感知範圍所獲得的資訊，賦與其必要的反應行為，方可使虛擬個體具自主性的表現。我們參考[1][2]實作了八種行為：找尋(seek)、閃躲(flee)、抵達(arrival)、群聚(flocking)、障礙物避免(obstacle avoidance)、碰撞預測(collision prediction)、漫遊(wander)及跟隨領導者(follow leader)等行為，系統中的 agent 將根據不同的環境資訊採用之。此八種行為主要透過虛擬力來影響 agent 的合力與力矩計算，以改變 agent 的運動行為。

由於篇幅的限制，以下僅對八種行為的功能與使用時機做介紹，實作細節則不在此處做探討。

- 找尋：當環境中有目標物(goal)時，agent 會向目標物移動。若環境中有多個目標物時，agent 每到達一個目標物，便會從中隨機選取下一個目標物移動。
- 閃躲：當環境中出現具威脅性的目標時，agent 會向其反方向運動。
- 抵達：與找尋唯一的差異是此行為會使 agent 移動至目標物後停止運動。
- 群聚：透過排斥力、凝聚力與對齊力的計算，可使 agent 具有群聚的運動效果(請參考圖三)。
- 障礙物避免：當環境中出現障礙物時，agent 會邊移動邊閃避障礙 (請參考圖四)。



圖三、圖中不同顏色的 agent 呈現群聚移動的趨勢。



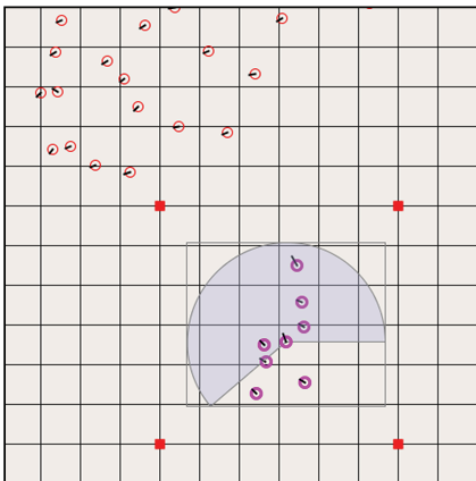
圖四、agent 在運動中避開障礙物，並朝向 goal 移動。



圖五、群體跟隨領導人的運動行為

- 碰撞預測：當環境中的 agent 開始四處移動時，很可能與其它 agent 發生碰撞。利用碰撞預測，將有助於減少 agent 間的碰撞。
- 漫遊：漫遊行為可賦與 agent 在漫無目的獨自移動時，不至於只會呆板的朝直線前進。
- 跟隨領導者：當環境中出現領導者時，agent 會傾向跟隨領導者移動。（請參考圖五）

由於當 agent 在檢查環境中的其它 agent 是否在感知範圍內時，往往需利用 all-pair 的方式做逐一計算，故時間複雜度為  $O(n^2)$ ，是系統中最大的效率瓶頸所在。於是我們利用常見的空間切割(spatial partition)手法，將環境切割成適當大小的格子地圖(grid map)，並記錄每回合所有 agent 的位置資訊。於是當 agent 在做感知範圍的檢查時，只需對包覆感知範圍 bounding box 的格子做查詢便可(請參考圖六)。如此在平均情況下，可使其時間複雜度降至  $O(n)$ ，但在最壞的情況下(所有的 agent 都擠在一起時)，時間複雜度仍接近  $O(n^2)$ 。

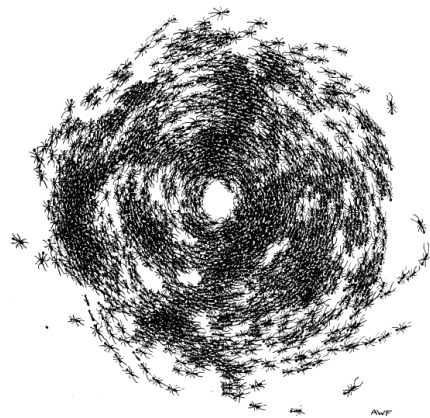


圖六、利用空間切割的方式，僅需對包覆感知範圍 bounding box 的格子做查詢便可，故不需對左上角的那群 agent 做檢查。

另外附帶一提的是，當本系統僅賦與 agent 群聚行為時，經過一段時間的模擬，環境中的 agent 時常會呈現一種有趣的突現群體行為(emergent collective behavior)，它們逐漸圍成一個圈並重覆循環的不停繞行(如圖七所示)。很巧合的我們在《The Wisdom of Crowds》[7]一書中發現生物界有一著名的現象稱做 Circular Mill，描述一群螞蟻不停地兜圈子，直到大部分螞蟻力竭身亡的自然現象[18]。而之所以會形成 Circular Mill，是因為螞蟻找不到原來的蟻群時，就會遵循一項極簡單的規則：緊緊跟隨前面的螞蟻。結果就形成了一個在原地打轉的大圓圈(如圖八所示)。與本系統的突現群體行為有異曲同工之妙。



圖七、本系統時常出現的突現行為。



圖八、生物界的突現行為，稱做 Circular Mill。(圖片來源：[18])

#### 4.5. 行動選擇(Action Selection)

在本系統中，agent 被設計擁有兩組反應行為，一組是自主意識下的行為  $B_a$ ，另一種則是群體意識下的行為  $B_c$ ，agent 一般依自主意識行動，但在遭受情緒感染後，將有可能依群體意識行動。 $B_a$  與  $B_c$  皆以反應行為的 bit string 形式表示如下：

$$B_a = \{behavior_1, behavior_2, behavior_3, \dots\}$$

$$B_c = \{behavior_1, behavior_2, behavior_3, \dots\}$$

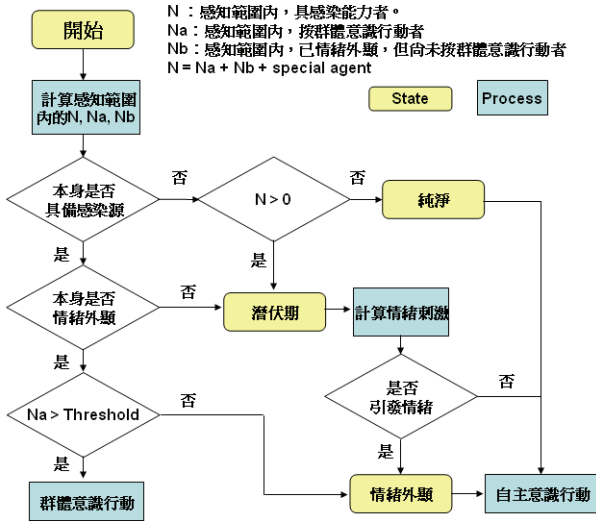
agent 的自主意識行為，可在初始 agent 時客製設定；而 agent 的群體意識行為，則需藉由在環境中設定感染源的方



式，再依賴系統中的傳播機制間接給定。此外，群體意識行為具有時效性，當 agent 的情緒感染解除後，身上的群體意識行為會被移除，並恢復自主意識行為。下一節將介紹本系統架構中的傳播機制。

## 5. 群體的傳播機制

圖九為本系統的傳播機制流程圖，在每一個模擬的回合中，所有的 agent 都會執行一次該流程，以選擇按自主意識行動或群體意識行動。



圖九、群體的傳播機制流程圖

《Emotional Contagion》[5]中有一段敘述：『情緒也有帶原者，他們很善於表達自己的喜怒哀樂，也有人特別能夠接納別人的情緒。情緒感染並不是一種疾病，但是感染的機制卻和生理疾病一樣。』

依據前段的描述，我們依情緒感染將 agent 類比為三種狀態，純淨、潛伏期及情緒外顯。純淨狀態的 agent 即身上無任何感染的 agent。在環境中無感染源時，所有的 agent 皆屬純淨狀態。agent 若曾接觸過感染源，便進入潛伏期狀態，外表看似與純淨狀態無異，但經過情緒刺激的累積，將有可能引發情緒成為情緒外顯狀態。此外，系統中以可客製化的 special agent 扮演情緒的帶原者。special agent 與一般 agent 的差別在於 special agent 在初始感染源型態後，便永久帶著感染源在環境中不斷嘗試感染他人。類似現實情境中叫喚、帶頭或推銷的人，藉由透過反覆的暗示來影響他人的行動。

除了 Le Bon 的情緒感染，我們也考量 Granovetter 的門檻模型，使得 agent 在引發情緒後需視其它人的行動，來依狀況決定自己的行動。在系統中，每個 agent 都具有獨自的行動門檻屬性，當 agent 屬於情緒外顯期，並感知到周圍依群體意識行動的人數超過自己心中的行動門檻值時，agent 便轉換為群體意識行動。至於執行何種群體意識行動，則視 special agent 的感染源型態而定。感染源擁有三個重要的屬性：行為症狀、情緒激發回合數  $\alpha$  及發病回合數  $\beta$ 。行為症狀亦是反應行為的 bit string 形式表示，它會指定給前述 agent 的  $B_c$ ，所以 agent 的群體意識行動即是感染源中的行為症狀。 $\alpha$  與感染源激發情緒的速度成反比，愈易激發情緒的感染源， $\alpha$  應愈小。此外，被感染者  $agent_i$  的理性程度  $\gamma_i$  亦影響感染源在  $agent_i$  潛伏的回合數  $\alpha_i$ ，計算方式為  $\alpha_i =$

$\alpha \cdot (1 + \gamma_i / 2)$ 。 $\beta$  則影響 agent 執行群體意識行為的回合數，愈具吸引力的感染源  $\beta$  愈大。當 agent 執行群體意識行為的回合數到達  $\beta$  時，agent 便會移除身上的感染源回復至純淨的狀態。

系統中除了 special agent 具有傳染能力外，依群體意識行動的 agent 及情緒外顯的 agent 亦同樣具有傳染能力。他們不只將傳染源傳給附近純淨狀態的 agent，它們亦刺激附近潛伏期狀態的 agent，縮短他們潛伏期的時間。因此當 agent 聚集的密度愈高時，情緒感染的速度愈快，因為愈易達到情緒外顯的狀態。

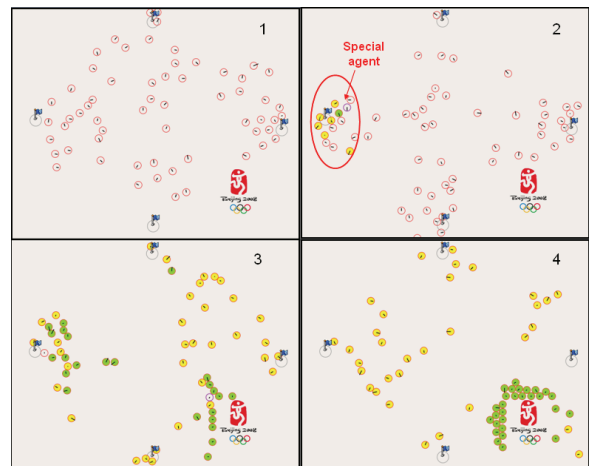
在達到情緒外顯後，若沒有 agent 依群體意識行動，將無法引起群眾行為的變化。所以環境中必須有行動門檻值較低的 agent，即較衝動、勇於嘗試或冒險的人，才有機會引起群眾相繼起而效之的漣漪效應(ripple effect)。是故行動門檻值的隨機分配  $\pi$  亦是本系統中影響群眾行為的重要因素，本系統提供兩種方式設定行動門檻值的隨機分配，一種是均勻分配(uniform distribution)，另一種則是常態分配(normal distribution)。

是故本系統的傳播流程可簡單描述如下：將具有特定任務的 special agent 置於環境中，經由反覆暗示的手段，逐漸激發其它 agent 的情緒至情緒外顯狀態，並引發行動門檻值為 0 或 1 的 agent 依感染源的暗示而採取群眾意識行為。接著這些情緒外顯及採取群眾意識行為的 agent 便開始促長群眾間情緒感染的速度，以呈現漣漪效應。其中影響群眾傳播行為的重要參數為情緒激發回合數  $\alpha$ 、發病回合數  $\beta$  及行動門檻值的隨機分配  $\pi$ 。

## 6. 實驗結果

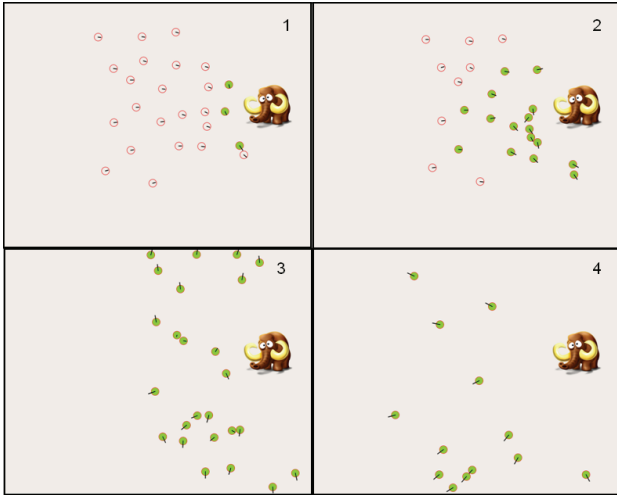
在系統中我們分別以紅色表示純淨狀態或潛伏期的 agent，黃色代表情緒外顯的 agent，綠色則代表按群體意識行為的 agent。

第一個例子我們將  $\alpha$  設為 1000， $\beta$  設為 3000， $\pi$  是 [0, 25] 的均勻分配，感染源的行為症狀是 {前往北京奧運}。藉由設置 special agent 將感染源帶進環境中，使原本在環境中四個目標物之間來回走動的 agent，透過系統傳播機制，使 agent 逐漸呈現圍觀北京奧運的群體行為(請參考圖十)。



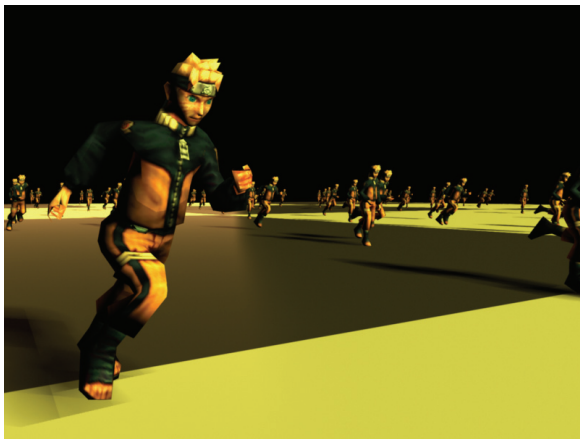
圖十、群眾的圍觀行為。影格一、agent 在上下左右四方的目標物間來回移動。影格二、於環境中置放 special agent，向其它 agent 不斷宣傳右下角的北京奧運。影格三、環境中的 agent 開始相互情緒傳染，並有多個 agent 開始圍觀北京奧運。影格四、圍觀的人群吸引愈來愈多 agent 圍觀。

第二個例子我們將  $\alpha$  設為 200， $\beta$  設為 1500， $\pi$  是平均數為 3，標準差為 2 的常態分配，感染源的行為症狀是{躲避長毛象，加速移動}。我們在長毛象的下方藏置十隻 special agent，目的在於使最前方的 agent 看到長毛象時能儘快展開躲避的反應，並開始將此行為逐漸向後傳遞給尚未接近長毛象的 agent 們，形成電影災難場景中常見的人群恐慌四處逃難景象。

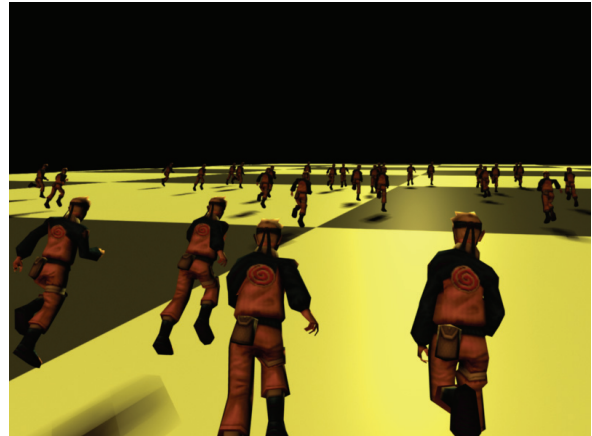


圖十一、群眾恐慌引起的逃難行為。影格一、最前方的 agent 看到長毛象開始展開躲避的行為。影格二、前方的躲避行為逐漸影響後方的 agent。影格三、環境中的 agent 在慌亂中開始逃難。影格四、群眾們皆迅速遠離長毛象。

此外，我們撰寫了動畫軟體 Maya 的 MEL Script 以匯入本模擬平台產生的 frame data，做為人群動畫的 global motion。再利用 MoCap 的跑步資料，輔以 Maya Trax Editor 製作三組 Cycle Clip 做為人群的 local motion。最後以 Mel Script 控制 global 與 local motion 便可迅速製作擬真之 3D 人群動畫，如圖十二。



(a)



(b)

圖十二：利用 Mel Script 將本模擬平台產生的 frame data 匯入 Maya，可迅速製作擬真之 3D 人群動畫。(a) 人群動畫的正面截圖；(b) 背照圖

## 7. 結論及未來發展

本文藉由回顧心理學與社會學的相關文獻，以 Le Bon 的情緒感染與 Granovetter 的門檻理論為基礎來建立一個具溝通機制的即時人群模擬平台。我們能夠以客製感染源的方式，在模擬過程透過 agent 訊息傳遞的機制，呈現突發群體行為(emergent collective behavior)的漣漪效應，並達到群體運動的可控制及客製化的目的。此外，當本系統僅賦與環境中的 agent 群聚能力時，往往會呈現生物學上有趣的 Circular Mill 突現群體行為。

本系統目前建置的傳播模型，雖可有效的模擬群體情緒感染與條件式行動的群眾行為，但僅侷限對單一感染源的模擬。在現實社會中常常同時存在多個感染源，並複雜交織地影響群眾行為，本系統未來將對這方面做進一步的設計。此外環境中的社會關係與結構如何改變群眾間的傳播方式，在社會學領域已有多年的探討，亦是值得我們未來考量的重要因素。

## 8. REFERENCES

- [1] C. W. Reynolds (1999) "Steering behaviors for autonomous characters," *Proc. of Game Developers Conference*.
- [2] C. W. Reynolds (1987) "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model," *Proc. of the 14<sup>th</sup> annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM Press, pp. 25-34.
- [3] D. Helbing and P. Molnar (1995) "Social Force Model for Pedestrian Dynamics," *Physical Review*, pp.4282-4286.
- [4] D. Helbing, I. Farkas and T. Vicsek (2000) "Simulating Dynamical Features of Escape Panic," *Nature*, 407(28):487-490.
- [5] D. Keltner and O. P. John (2003) "Emotional Convergence Between People over Time," *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, no.5, pp. 1054-68.
- [6] E. Hatfield, J. T. Cacioppo, R. L. Rapson (1994) *Emotional Contagion*, Cambridge University Press.
- [7] J. Surowiecki (2004) *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations* Little, Brown ISBN 0-316-86173-1
- [8] K. Lewin (1935) *A Dynamic Theory of Personality*, New York: McGraw Hill Custom Publishing.

- [9] L. B. Gustave (1895) *The Crowd : A Study of the Popular Mind*.
- [10] M. B. Villamil, A. Braun and S. R. Musse (2003) "A Rules-Based Model Used to Describe Group Dynamics for Games," *Proc. of SIBGRAPI 2003*, IEEE, São Paulo, Brazil.
- [11] M. Granovetter (1978) "Threshold Models of Collective Behavior," *American Journal of Sociology*, 83, no.6, pp. 1420-43.
- [12] M. W. Macy and R. Willer (2002) "From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling," *Annu. Rev. Sociol.* 28, 143–166.
- [13] N. Pelechano, J. Allbeck, N. Badler (2007) "Controlling Individual Agents in High-Density Crowd Simulation," in *Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation*.
- [14] N. Pelechano, N. Badler (2006) "Modeling Crowd and Trained Leader Behavior During Building Evacuation," *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26 (6):80-86.
- [15] R. L. Goldstone and M. A. Janssen (2005) Computational Models of Collective Behavior," *Trends in Cognitive Sciences*, 9(9):424-430.
- [16] R. Neumann and F. Strack (2000) "Mood Contagion: The Automatic Transfer of Mood Between Persons," *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(2):211-223.
- [17] S. R. Musse and D. Thalmann (1997) "A model of human crowd behavior: Group inter-relationship and collision detection analysis," in *Proc Workshop of Computer Animation and Simulation of Eurographics'97*.
- [18] T.C. Schneirla (1944) "A unique case of circular milling in ants, considered in relation to trail following and the general problem of orientation," *American Museum Novitates*, 1253:1–26.
- [19] W. Shao, D. Terzopoulos (2005) "Autonomous Pedestrians," in *Proc. of Eurographics / ACM SIGGRAPH SOC*.
- [20] W.M. Chao and T.Y. Li (2007) "A Crowd Simulation Platform with Communication Mechanism and Customized Events," in *Proc. of Computer Graphic Workshop, Taiwan*
- [21] X. Tu, and D. Terzopoulos (1994) "Artificial Fishes: Physics, Locomotion, Perception, Behavior," in *Proc. of SIGGRAPH'94*.