

捷運月台出口規劃與安全問題之探討

范俊海¹
葉 雍²

摘要

擁擠現象為影響捷運月台服務品質原因之一，動線空間配置與旅客行為因素造成捷運月台內的一處人群密度會無法事先預測的提升，而產生擁擠現象，並導致旅客行走速度呈延滯狀態，進而降低月台疏散旅客之效率。捷運月台內的旅客行為是一種複合式行為選擇，旅客在一連串動態行為選擇程序下，不斷修正自我的最適路徑及行走速度，其中包含了對出入口的選擇及人群密度的影響，這使的以往捷運月台規劃設計上，較難以從旅運量預測方面，得知人群密度與動線空間配置(如閘門、手扶梯、電扶梯)對旅客行走造成的延滯程度，甚至各不同動線及出入口之間的交互作用，這些因素均會對旅客行為選擇產生影響，並對捷運月台中造成無法預期的擁擠現象，使得捷運月台內存在著不安全的隱患。因此本研究於探討捷運月台出口配置，如電扶梯與手扶梯，針對月台旅客人潮擁擠與出口配置之間的關係進行分析，並提出具體改善意見與檢討，冀能對於捷運月台在規劃出口與配置方式時之參考。

關鍵詞：交織行為、旅客衝突、擁擠現象。

一、前言

在捷運月台規劃上存在著幾個重要的問題，如規劃月台的形式、電扶梯配置數、出入口配置的位置等。而在解決這些問題之前，一般會先預測月台上所需容納的旅客數，才能決定如何規劃月台。而本研究認為即使是精準的預測旅客數，也不一定規劃出能夠有效疏導旅客的月台。因為一般行人流會因為動線交會的情況，產生所謂延滯的現象，進而降低月台疏導旅客的效率。因此有必要對旅客與動線規劃上做一研究與探討。

二、行人理論

行人模擬為呈現其理論模型最主要的部份，為能夠描述接近「人」移動的過程，模型最後都必須藉由程式表現出來。理論的建構與移動的規則是相輔相成的，一般來說，模型切入的角度不同，其所能描述的情境和移動的現象皆有所差異。

¹ 淡江大學運輸管理系副教授（聯絡地址：新北市淡水區英專路151號，聯絡電話：0935545030，E-mail:chunhai@mail.tku.edu.tw）。

² 淡江大學運輸管理系碩士班研究生。

目前行人移動模擬模型主要可以分為兩類，一類是描述人與人之間與人與環境之間的模型，二類是藉由成熟的交通流理論模式發展而來。與交通流模擬模型相似，行人模擬根據模型對其系統描述的細節程度不同，模擬模型可以分為宏觀、中觀、微觀三種。

宏觀行人模擬模型著重從全局的角度來研究系統特性，對行人系統移動特性、個體運動、行為及其相互作用的細節描述的較為粗糙。在宏觀模型中，行人移動特性通過“速度—流量—密度”關係來描述，行人流被視為一個可壓縮的實體或流體，行人移動按照流體機制來處理，模型中不追蹤單個行人的移動。中觀行人模擬模型對行人系統移動特性、個體運動、行為及其相互作用的描述要詳細。中觀模型既可以描述宏觀模型中採用的時間與空間狀態特性(如密度、流量、速度等)，又能夠保留微觀模型中的模擬數據。微觀行人模擬模型能夠細緻描述行人個體的行為。模型以單個行人為研究對象，對行人個體在各種條件下所可能採取的移動方式進行描述，行人移動由行人特性(性別、年齡、心理等)、周圍環境等因素共同決定。

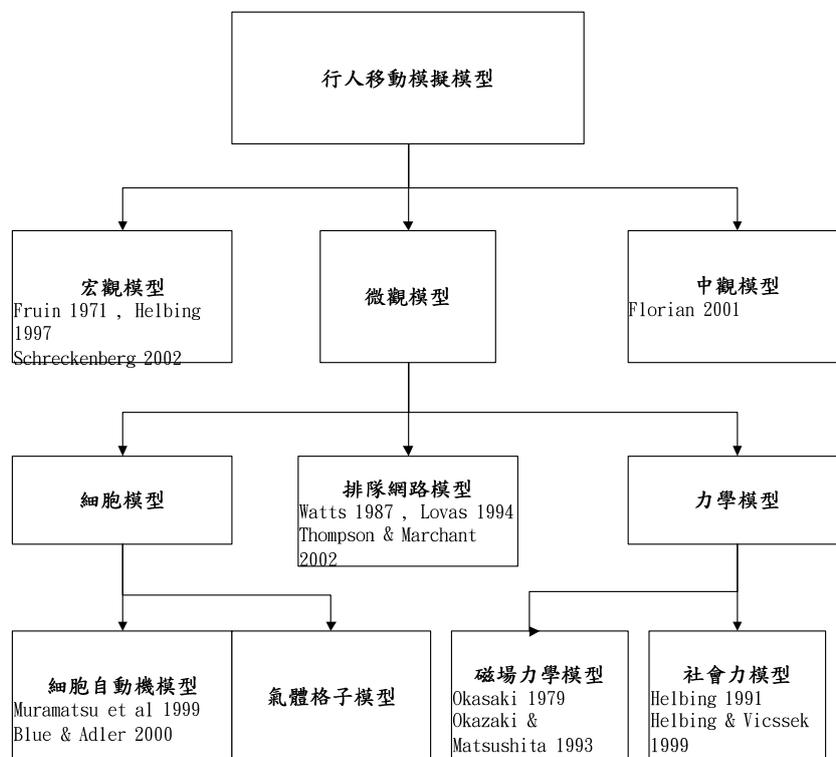


圖 1 行人理論模型發展圖

三、行為分類

3.1 交織行為

定義為不同方向之乘客動線或動線交會處所發生之行為。乘客會因視距內，四周乘客的行走狀況，而改變其自身行走路徑，但是其自身最終目的地仍不變，我們稱之為交織行為。交織行為模式的特性在於行人自身需考慮四

周行人對於自身的影響，而所考慮的對象並不一定會受到自身影響的條件下成立，是屬於雙向的行人之間作用影響。

3.2 跟隨行為

定義為同方向之乘客動線或動線交會處所發生之行為。乘客會因為某些原因而跟隨前方乘客之行為，我們稱之為跟隨行為。跟隨行為為理論的研究多著重在行人疏散方面，其理論與一般未考慮緊急事故的行人疏散不同，尚考慮了行人對於緊急狀況之心理層面。跟隨行為模式的特性在於行人自身需考慮前方行人對於自身的影響，而所考慮的對象並不會受到自身影響的條件下成立，與超越行為相同是屬於單向的行人之間作用影響。

3.3 超越行為

定義為同方向之乘客動線或動線交會處所發生之行為。乘客會因為前方乘客行走的狀況，其行走速度過慢或者其他原因，而選擇超越前方乘客之行為，我們稱之為超越行為。超越行為模式的特性在於行人自身需考慮前方行人對於自身的影響，而所考慮的對象並不會受到自身影響的條件下成立，是屬於單向的行人之間作用影響。

3.4 等候行為

定義為月台乘客之排隊現象，包括捷運月台門前之等候行為以及搭乘電扶梯之等候行為。乘客在車站內行走，最終的目的即是搭乘捷運或離開捷運站。乘客在人潮中行走，在經過不斷的行為轉換之後，大多會依據等候行為而搭上車廂或者漸漸離開捷運系統。等候行為模式的特性在於行人自身需考慮前方行人對於自身的影響，與其他行為不同的是，等候行為需考慮捷運內對於乘客的規範，這裡指的是月台等候白線及電扶梯靠左走靠右搭電扶梯等因素，以及捷運月台管理人員對於乘客的控管等需考慮在內。等候行為的發生是屬於一種自身或自身以外規範的行為，所以當人潮無法管制或者是停滯混亂的現象，並不屬於等候行為。其行為是屬於單向的行人之間作用影響。

3.5 迴避行為

定義為旅客因無法預知下一步即將碰上的狀況，而進行迴避的情況，我們稱之為迴避行為。本研究定義之行為皆屬特定情況與因素下發生，與迴避行為不同的是，迴避行為發生於任何情況不限制特定因素。因旅客是屬於實體，而在行進途中，並無法確保自己所決定的移動路徑完全不會與他人有所重疊，一旦雙方決定的行走路徑過於與他人接近甚至重疊，衝突便會發生。因此需要迴避行為避免旅客間行走途中與他人擦撞。以程式的角度而言，即是避免表示旅客之物件在模擬旅客行走時發生重疊現象。

四、模型描述

本研究構建之模式主要為描述旅客動線交織的情況。即模式能夠反應出旅客動線交織所產生的衝突與行走延滯，以至於產生旅客擁擠現象。因此，模式的核心價值在於觀察旅客動線交織時擁擠現象如何產生，以模擬的方式分析擁擠現象產生的原因來探討月台動線的規劃方式。

交織行為模式之假設來自於相關行人模擬研究與行為研究。模式假設旅客行走是受到目的地的吸引，因此其基本假設為旅客到達之目的地為已知且行走距離為最短距離，而行走路徑則會受到環境與他人的影響。在建構交織行為模式架構之前，則必須對交織行為產生的過程和考慮因素進行了解。交織行為是月台旅客行為其中一種，其行為產生過程依據的先前之分析。

本研究假設旅客交織行為產生的過程，為先考慮無其他旅客干擾的路徑，也就是在無其他旅客存在的月台環境，旅客到達目的地的方式，而目的地也為該旅客已知。接著則是考慮受其他旅客干擾的路徑，旅客雖然先考慮了到達目的地路徑，但後來可能會因其他旅客的干擾，導致該旅客必須再針對原先決定的路徑做修正，但決定到達之目的的位置仍不變。最後則是考慮旅客間的碰撞和衝突，跟上述不同的是，旅客間的碰撞屬於旅客自身無法事先決定的狀況，因為旅客也不知將會與其他旅客發生碰撞的地點和時間點。

交織行為產生的過程，為依據相關行人模擬文獻與觀察。因此此行為過程有固定的產生順序。由於本研究是假設旅客目的地為已知，在此假設前提下，如先考慮其他旅客對先前決定路徑之干擾則較不合理。因為其他旅客的移動位置仍隨時間不斷變化，旅客自身不會得知每一時間點其他旅客行走之位置。因此，旅客首先能考慮的路徑為，假設無其他旅客干擾的情況下之路徑，再者因時間因素，而不斷因其他旅客行走影響而逐步修正原先的路徑。最後則是因旅客間的碰撞與衝突產生的迴避行為，或暫時停止行走之狀況。

由交織行為產生的過程，本研究將交織行為假設為三步驟，依序為「決定自身目的地」、「考慮他人影響」、「旅客間衝突」三部分。

4.1 交織行為模式架構

依據行人行為產生過程之分析，模式架構分成期望路徑模式、修正路徑模式與衝突處理模式。

4.1.1 期望路徑模式

為旅客原先選擇之到達目的地之路徑，此路徑方向在此模式中不受他人旅客的影響，但是受行人設施的影響。此模式假設旅客在一開始選擇路徑的時候，其環境只有該旅客個體，因此選擇目的地之方式採用與出口最近之最短距離方向。

4.1.2 修正路徑模式

旅客在期望路徑模式選擇路徑之後，其行走過程卻因為他人旅客的影響而必須重新選擇路徑。模式的目的是為描述旅客在行走過程中不斷因他人影響而改變自我的路徑選擇。模式假設旅客到達目的地仍為不變。

4.1.3 衝突處理模式

即使是現實中的情況人們也無法預期什麼時候會與他人產生碰撞。因此此模式是目的為了解決旅客衝突與重疊，處理旅客行走過程中無法預期之碰撞情況。

4.2 期望路徑模式

期望路徑模式主要目的為描述旅客在無受其他旅客干擾的情況下，所選擇路徑的行為。模式假設旅客為已知到達之目的地，且行走方式選擇最短距離行進。期望路徑模式所考慮的因素有旅客採取到達目的地的方式，以及行走時會受到建築物或設施的影響。在此模式中，不考慮其他旅客對該旅客自身的影響。

期望模式構建原則主要分為兩部分。第一部分為期望路徑的選擇方式。本研究假設當旅客在獨自一人時，其到達目的地的方式為最短距離。因此旅客在行走直接進直線前進。此假設並未考慮其他旅客對該旅客行走時的干擾。

第二部分為建築物與設施的考量。當旅客在行走時，其行走路徑勢必會避免與建築物與設施位置重疊，因此旅客不會行走至與建築物或設施相同的位置。期望路徑模式在計算上會使旅客避開建築物與設施的位置，並且採取最短距離而到達目的地。

在實際情況中，由於旅客有時會因其他因素更改原先決定之目的地。如旅客行走至途中時，發現另一個出口或路徑到達目的地的距離比較短，或因為其他因素更改路徑以至另一個目的地。此種情況在期望路徑模式中無考慮在內，因在此模式中，並不包含其他旅客的因素存在。

模式構建上設定為八個可用方向， R 為視距。 D 為行人上一次搜尋之方向。第一次計算則隨機給予初始方向。

首先計算旅客與設施的距離與旅客與設施的方位。方位的計算是為了確定旅客與設施的相對位置。在本模式中，假設旅客在某一「反應距離」內，會對行人設施產生反應，並開始有繞徑的現象。即是旅客會避開設施選擇出口。為了能讓模擬中的旅客能反應此種現象，因此定義一些規則。

其關鍵在於如何讓旅客選擇避開設施的最近方向，以及如何讓旅客判定是否看的見出口，即是目的地。最近方向假設旅客形體為圓形，以此圓中心與半徑長所構成之方向位置座標，計算方向座標與出口位置形成的距離，其與出口距離最近之方向座標，即為最近方向。

4.3 修正路徑模式

修正路徑模式主要目的為描述旅客在經由第一次期望路徑模式選擇路徑方向之後，第二次經由修正路徑模式，修正因受其他旅客干擾而重新選擇之路徑方向。修正路徑模式計算方式參考 William, 2006 發表的個體選擇模式。

本模式參考該研究之部分構建原則。修正路徑模式主要的參數即為旅客視距。模式假設旅客行走時，會經由自身的視距範圍得知範圍內其他旅客的位置及方向，因而調整自身路徑的選擇。因此在此模式中，視距的大小，會影響旅客的反應能力與行走狀況。經由本研究觀察，當旅客視距較大時，其行走至目的地的距離會較遠，而當旅客視距較小時，其行走至目的地的距離則較近。因此視距的校估對旅客行走反應具有相當的重要性，本研究在後章節針對旅客視距進行分析與評估，以選擇較佳之視距參數值。

在方向格計算上，本研究參考 William, 2006 發表的個體選擇模式。該研究使用個體選擇模式描述雙向行人流不同角度動線的行走情形。其模式說明如下：

$$P_i^n = \frac{\exp\left[\lambda\left(\max\{0, \cos\beta_i^n\} - \sum_m f_i^{mn} - \sum_w f_i^{Wn}\right)\right]}{1 + \sum_{k=1}^{12} \exp\left[\lambda\left(\max\{0, \cos\beta_k^n\} - \sum_m f_k^{mn} - \sum_w f_k^{Wn}\right)\right]}, \quad i=1, \dots, n, \quad (1)$$

$$P_0^n = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{12} \exp\left[\lambda\left(\max\{0, \cos\beta_k^n\} - \sum_m f_k^{mn} - \sum_w f_k^{Wn}\right)\right]}, \quad (2)$$

$$f_i^{mn} = \begin{cases} \frac{\tau(\max\{0, \cos\omega\} + \xi)(\max\{0, \cos\varphi\} + \varepsilon)}{\max\{d_{mn} - r_m - r_n, \delta\}}, & (3) \\ 0, & \end{cases}$$

$$f_i^{Wn} = \begin{cases} \frac{\tau(\max\{0, \cos\omega\} + \xi)(1 + \varepsilon)}{\max\{d_{Wn} - r_n, \delta\}}, & (4) \\ 0, & \end{cases}$$

表 1 式子(1)(2)符號說明

符號	說明
P_i^{ns}	每個方向格之計算值。
P_0^{ns}	旅客自身之計算值。
$\cos \beta$	每個方向格與期望模式計算方向之角度。
f_i^{mn}	方向格內存在旅客與自身之影響。
f_i^{nm}	方向格內存在障礙物與自身影響。
N	方向數設定。

表 2 式子(3)符號說明

符號	說明
$\cos \omega$	方向格內行人 m 與行人 n 期望方向之角度。
$\cos \varphi$	方向格內行人 n 與行人 m 期望方向之角度。
d_{mn}	行人 m 與行人 n 之距離。
r_m	行人 m 之半徑長。
r_n	行人 n 之半徑長。

表 3 式子(4)符號說明

符號	說明
$\cos \omega$	方向格內障礙物與自身期望方向之角度。
d_{vn}	障礙物與自身之距離。
r_n	行人自身之半徑長。

本研究參考該研究部分模式，以進行捷運月台旅客行走動線情況模擬。本研究修正之模式說明如下。

William 模式中，式子(4)為描述行人與障礙物之間的作用影響。該研究設置地標劃分行人行走區域，因此其與真實的行人設施有些許落差。因此在本研究並不考慮式子(4)之部分。

在行人與建築物或行人設施之間的作用影響，本研究根據行人行為之分析認為此部分應屬於期望路徑模式，即行人在未受他人影響自身行走路徑之前，先依據自身所處環境判斷行走路徑，此環境即包括所處建築物或設施。因此在修正路徑模式中，應只考慮行人與行人之間的作用影響。

4.4 衝突處理模式

衝突處理模式主要目的為描述旅客在受到其他旅客碰撞時的衝突情況。一般旅客在受到衝突情況時，會產生迴避或停止行走的動作，而其發生衝突情況的位置及時間點又不如自身所預期，因此又屬於不可預期之行為。

衝突處理模式為一種觸發式模式，即當條件成立時，此模式才會予以計算。其條件的定義為判定旅客是否正與其他旅客發生衝突。一般在行人模擬

的規則中，當兩行人行走位置有所重疊時，即判定此兩行人發生衝突。而在本模式中，則考慮更細微的方式來判定旅客間是否有發生衝突情況。

本研究定義之衝突處理模式觸發條件，為考慮旅客「行走方向」與「目前位置」兩者因素，來判定旅客間衝突情況，與一般行人模擬的規則有些微差異。而在本模式中該旅客因與其他旅客發生衝突而閃避角度部分，則參考相關細胞自動機行人模擬研究之角度設定。

依據本研究的定義，衝突處理模式以及無法預期之情況，為說明實際環境中，旅客在進行路徑方向選擇的時候，因無法預測與其他旅客碰撞的時間點，或者是行走路徑與其他旅客之行走路徑在未來某時間點相互重疊而恰巧發生碰撞，而導致該旅客在短時間之內無法繼續行走之情況。因此，此模式為在模擬環境中特定條件及情況下才觸發之模式。在正常模擬環境中如果旅客未達到無法預期情況之條件，則此模式並不會啟動。

4.5 旅客行走規則

「期望路徑模式」、「修正路徑模式」、「衝突處理模式」皆為處理旅客行走路徑之方向。此三項子模式為處理旅客決定路徑之方向，因此並未給予速度使旅客行進。當旅客決定方向之後，在「旅客行走規則」部分，則依照資料調查的旅客行走速度，在旅客決定方向之後給予速度使旅客行進。

旅客行走規則部分包含兩個規則，第一個規則即是給予旅客行走速度，第二個規則即是在進行模擬時，決定旅客模擬的先後順序。由於在實際環境中，群體旅客行走是屬於一種時階同步的現象，而在電腦環境中，較難以真實的進行群體同步的模擬。因此本研究參考相關行人模擬研究，歸納出幾點處理同步模擬的方式，以使群體旅客模擬較接近真實模擬情況。

五、案例一月台出口配置模擬分析

本研究依照比例規劃相似於實際捷運車站月台之模擬環境，配置八個捷運月台門出入口以及兩出口，出口代表電扶梯或手扶梯。在此模擬環境中，我們主要為分析月台列車旅客進入月台時，行走至出口以至完成離去捷運月台所需時間以及行走情況。月台門配置位置為捷運月台上下，上方為 d1、d2、d3、d4，下方為 d5、d6、d7、d8。出口配置位置則為月台模擬空間左右方。

本研究進行月台模擬主要分成兩部分進行，依照出口配置的位置不同，研究中分別針對此兩部分進行分析，以下為第一部分之月台旅客模擬，模擬中配置之出口為貼近月台左右位置。

5.1 第一部份月台出口模擬

模擬環境中出口配置方式如圖 3 所示，進行模擬中的旅客人數為 100 人，

旅客行走速度依調查設定步伐為 60 公分。模擬次數進行五次，模擬時間單位為秒。在該模擬中，當模擬之旅客在此刻時階與上一次時階，計算之方向相同且位置相同，則定義為與他人旅客發生衝突一次。

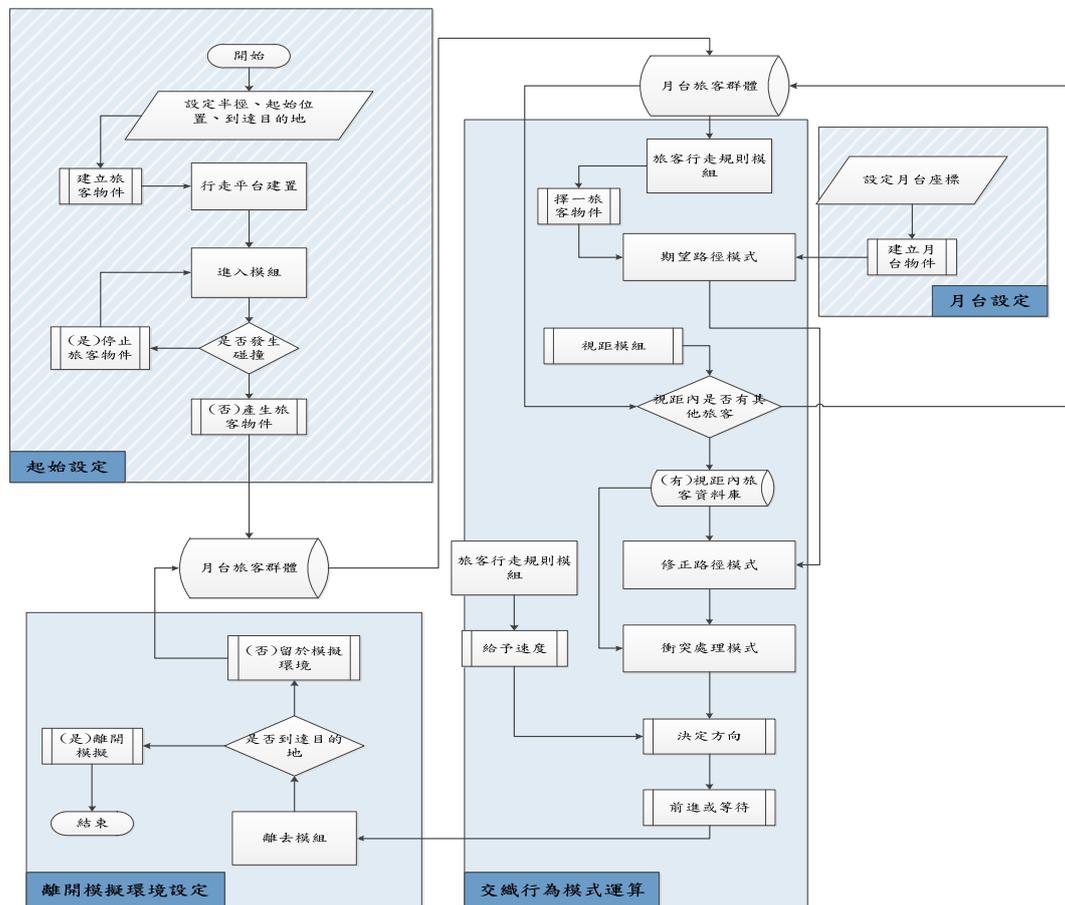


圖 2 模擬流程圖

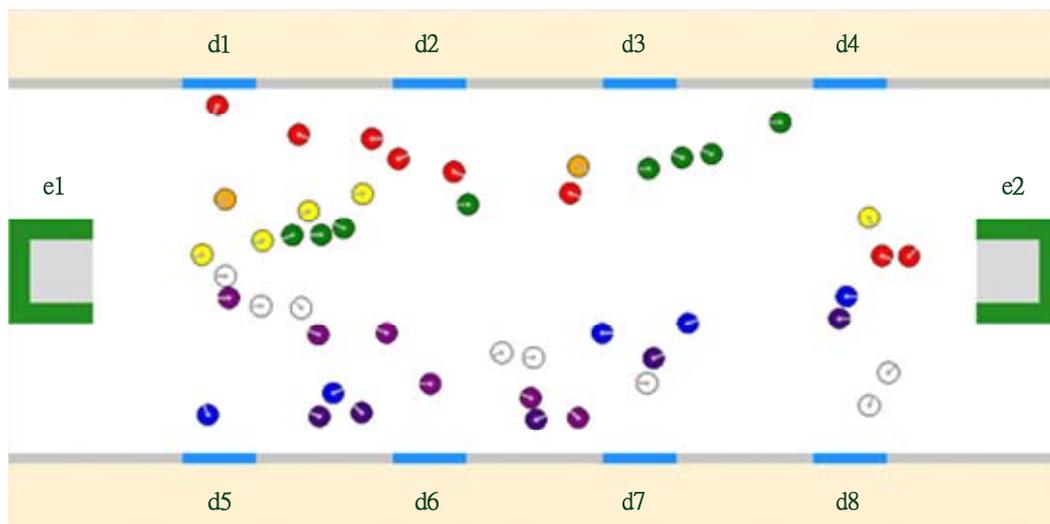


圖 3 捷運月台模擬空間配置圖

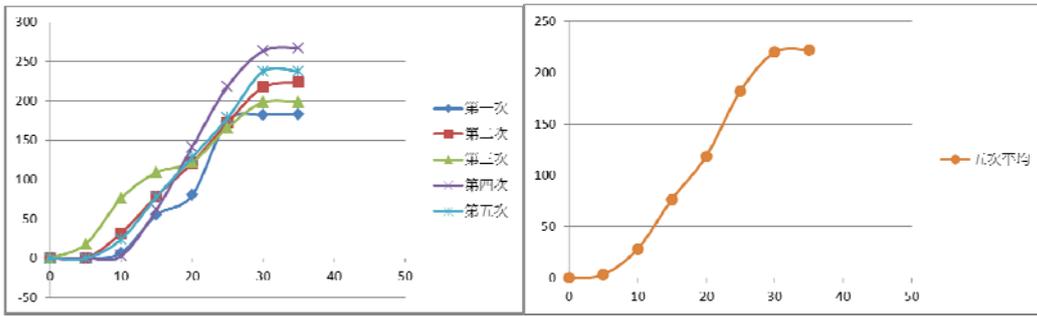


圖 4 月台旅客衝突次數分析圖(橫軸為時間，縱軸為衝突次數)

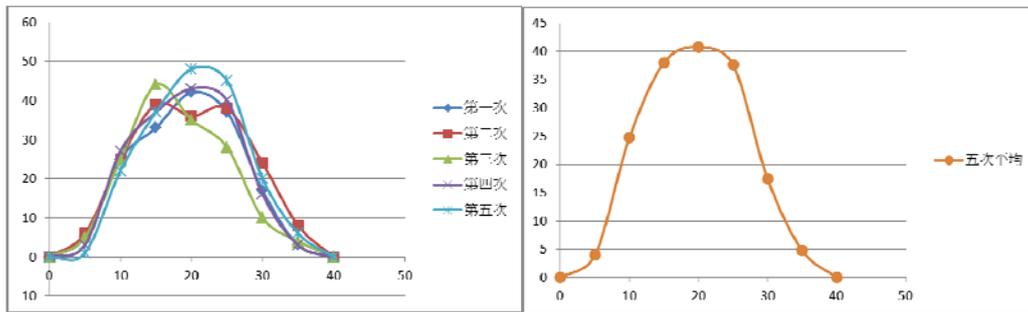


圖 5 月台旅客滞留人數分析圖(橫軸為時間，縱軸為滞留人數)

5.2 第二部份月台出口模擬

模擬環境中出口配置方式如圖 5-2 所示，進行模擬中的旅客人數同為第一部份 100 人，旅客行走速度依調查設定步伐為 60 公分。

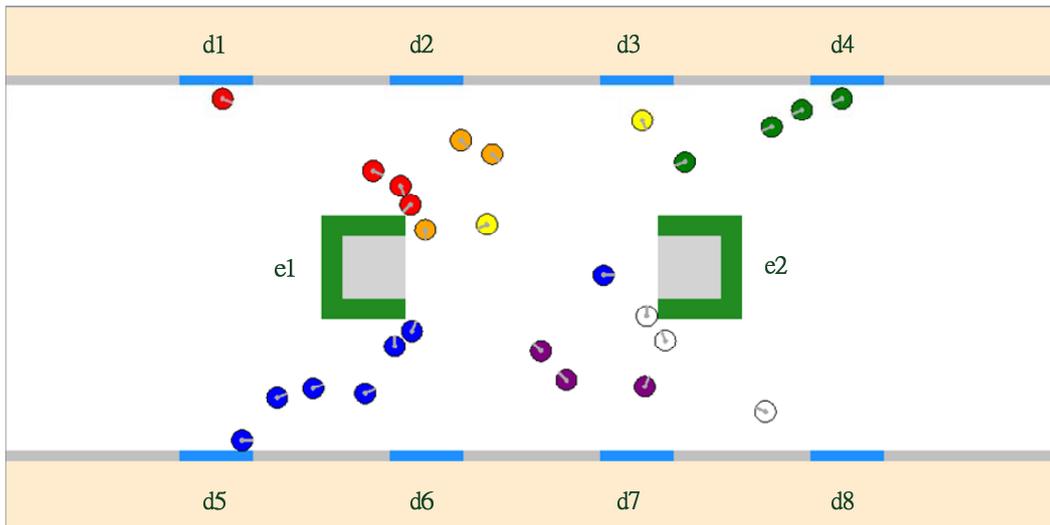


圖 6 捷運月台模擬空間配置圖

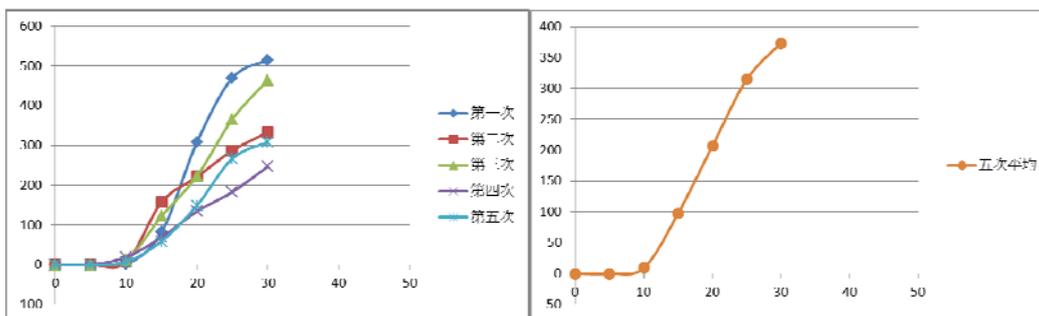


圖 7 月台旅客衝突次數分析圖(橫軸為時間，縱軸為衝突次數)

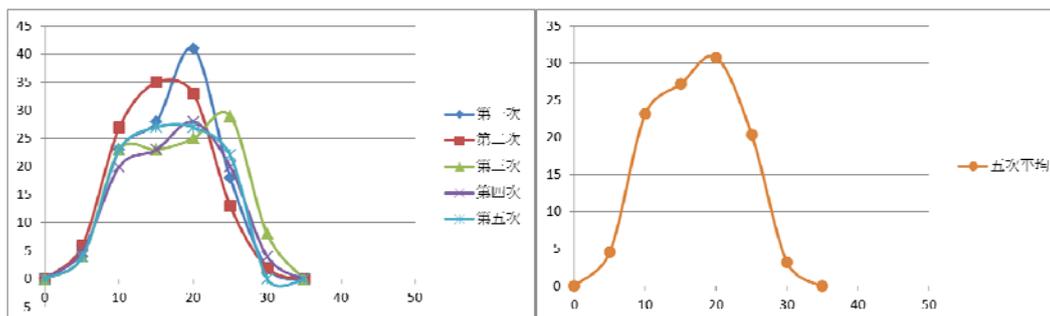


圖 8 月台旅客滞留人數分析圖(橫軸為時間，縱軸為滞留人數)

5.3 兩部份模擬結果比較分析

研究中依據出口配置之位置以及出口彼此之距離進行模擬，並以旅客間「衝突次數」作為月台出口配置之「安全性因子」。當旅客間衝突次數上升，及代表旅客間的擦撞更容易造成其他旅客行走上的影響以及旅客間行走時安全性的考量，研究中定義模擬之旅客兩次時階之模擬方向以及位置階不變，則判定與他人造成擦撞，即是衝突。而根據本研究之模擬結果可得以下結論。

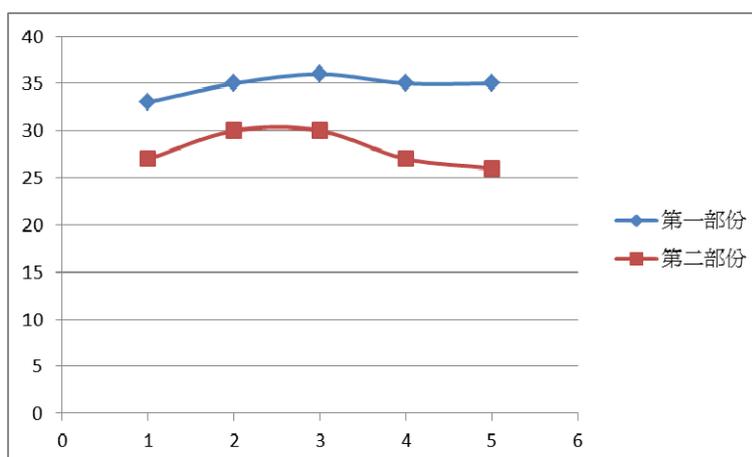


圖 9 所需模擬時間比較圖

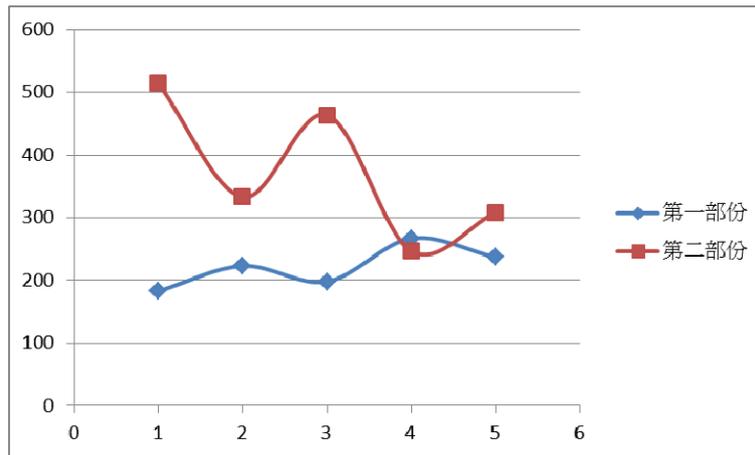


圖 10 月台衝突次數比較圖

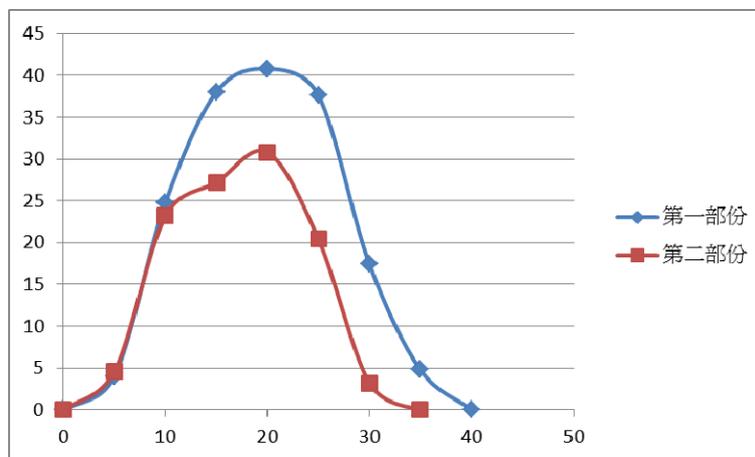


圖 11 月台旅客滯留人數比較

當月台上配置之出口彼此之間「距離較遠」時，相較於配置之出口彼此間「距離較近」的情況，出口間彼此距離較遠的模擬時間較長。即可表示當出口位於月台兩側時，旅客離去月台時間較長。而出口間彼此距離較近的模擬時間則較短，即當雙出口設置於較近於月台中間時，旅客離去月台的時間較短。

1. 當月台上配置之出口彼此間「距離較遠」時，相較於配置之出口彼此間「距離較近」的情況，其旅客間發生衝突次數明顯較少。即表示當出口間較遠的情況，旅客行走之安全性較高。反之當出口彼此距離較近時，旅客間行走較容易發生衝突與擦撞，即表示行走之安全性較低。
2. 在本研究中可發現，模擬之旅客離去月台之「所需時間」與旅客間行走之「衝突次數」成反比。當出口彼此配置距離較遠時，雖然旅客所需時間較長，但行走之安全性也較高，反之出口彼此配置距離較近時，旅客所需時間雖較短，但也更容易與其他旅客發生衝突與擦撞。

六、結果

此模式主要假設為旅客已知到達目的地的情況下，在每一時階之運算，分別依序計算期望路徑模式之最短路徑方向，與修正路徑模式之受他人行走影響之修正路徑方向，最後進行判定此一時階與前一時階是否構成衝突處理模式之條件。

因此此模式雖然可以模擬雙向旅客動線以及多旅客動線之交織情況，則先決條件為已知旅客到達之目的地。但是經由捷運月台動線調查可發現，有另一部分之旅客並不確定自己到達之目的地為何處，此部分旅客即為從電扶梯或手扶梯進入月台之旅客，而即將選擇前往之月台門已等候列車。因此，旅客選擇月台門已至到達等候之行為並不適用於交織行為模式，其主要原因為此模式之期望路徑模式中並不假設月台門之選擇情況。因此此模式之主要模擬對象為進入月台之旅客與動線已知目的地之情況假設。

交織行為模式其研究想法之起點來自於捷運月台。由多數文獻回顧與實際觀察已可得知，月台為捷運系統中最容易產生旅客衝突與行走延滯情況之地點。然而在旅客行走過程中，造成整體旅客延滯的因素不僅僅是因為旅客數過多，依據觀察得知有另一部分之因素是來自於旅客行走目的地之不同，導致行走動線不同。因此旅客數過多導致擁擠現象為非唯一的原因。其旅客行走目的地之不同也是另一導致擁擠現象之因素之一。如下圖所示。

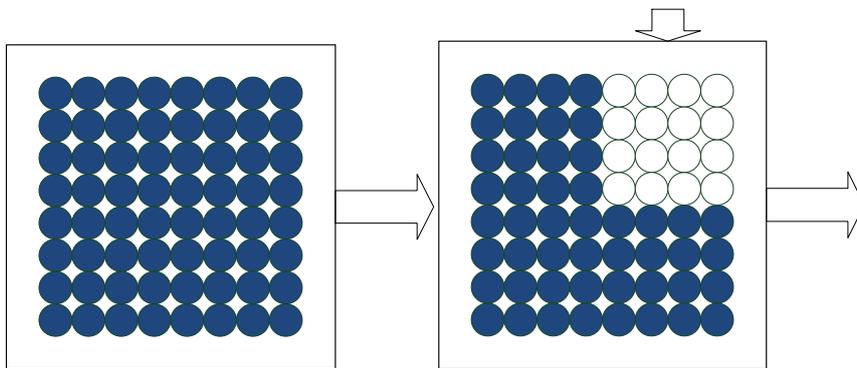


圖 11 旅客目的地一致

圖 12 旅客目的地不一致

由圖可知，當旅客目的地一致的情況下，即是動線相同之情況下，其該空間之滯留旅客數之時間會比圖 12 之情況來的少。因這是簡單模型的假設，因此可以容易預測圖 11 與圖 12 之情況。

但是在實際情況下，捷運月台為多動線密集且動線受列車班距之影響。因此，同一月台空間其動線交織情況並不固定，當月台空間為圖(a)情況時，月台旅客行走之衝突與延滯較少，而當月台空間處於圖(b)之情況時，則容易造成旅客行走之間的衝突與延滯，而當衝突與行走延滯趨向嚴重的時候，則會產生擁擠現象。如下圖圓圈部分所示。

因此，交織行為模式其意義為分析月台旅客行走過程，因衝突而延滯造成月台某一處產生擁擠現象，而影響整體旅客之行走速度。然而目前本研究針對月台旅客行走模擬只依據交織行為模式，因此尚無法較全面分析整體月

台旅客行走情形與滯留情況。

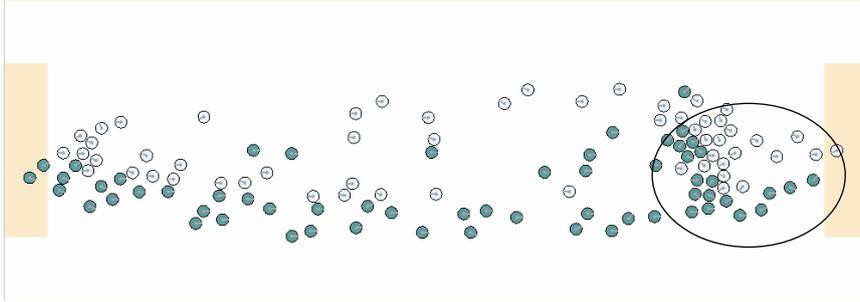


圖 13 擁擠現象(視距倍數 7 之第五次模擬擷圖)

七、結論建議

7.1 研究發現

本研究論文題目之起始想法來自於捷運忠孝復興站板南線月台，而為了針對此月台之擁擠現象進行研究而產生此題目。因此本研究由分析旅客交織行為之行走過程，探討擁擠現象中旅客動線交織之行走情況，以模擬旅客間之行走過程、衝突及碰撞。依據本研究結果，可得出以下結論：

1. 以細胞自動機(CA)的概念建立之動態網格平台，其結果證明此方法可以將行人移動描述得更為詳細，並可依據描述環境的不同使用多平台處理，由於是離散模型，因此未來也較容易進行模式擴充和修正，或發展不同行為模式。
2. 旅客行走行為過程之產生與影響因素，其結果說明可藉由三部分進行描述，即為先決定目的地，次為考慮其他旅客之影響，最後為旅客間衝突處理。本研究依此建構期望路徑模式、修正路徑模式與衝突處理模式。其行為建構過程可提供相關研究另一參考。
3. 旅客動線交織模擬，其研究結果發現九十度的動線交織呈現較多旅客衝突及延滯，一百八十度則較少發生旅客衝突及延滯。其主要原因為模擬之旅客在處理視距前方旅客相對於處理視距邊緣旅客其所受之影響程度不同，即模擬之旅客在處理視距前方旅客之反應能力較佳。
4. 針對月台旅客動線規劃，其研究結果說明旅客行走動線交織角度與衝突之間的關係，以現今完工且已營運之捷運月台而言，可藉由其他方式對旅客行走衝突進行改善，如電手扶梯的配置方式與運行方向、列車進站時盡量避免同時進站、動線分隔設施等措施，以避免旅客動線交織造成的衝突與影響。

7.2 交織行為模式之特性分析

依據相關行人模擬研究可發現，旅客行走是屬於空間上移動的現象。與一般粒子或物理現象移動的方式不同，旅客間的移動不只是因為方向與速度構成。以一般物理移動現象而言，其移動方式可歸納為某種作用力而導致其移動，而旅客間的移動不同，一般情況下旅客不會受外在因素而導致其移動。

在捷運月台上，旅客行走通常是受於其目的地的吸引，並因為旅客其視距的因素，可根據四周其他旅客行走狀況而修正其原先路徑。因此在本研究在構建旅客行走模式時，是依據「旅客行走行為」的角度進行觀察與構建。模式構建行為過程假設與行為產生的因素，目的為達到最接近旅客行走時的情況與現象。

而從過去行人模擬的研究可發現，行人模擬可分為「物理現象模型」，即假設行人為粒子或球體，並於基本細胞自動機平台中設定規則予以行進。或者為「作用力模型」，即依據人與人之間的作用力，而描述行人之間的行走過程，例如社會力模型或磁場力模型。或者以「行為過程模型」的角度進行模式構建，將模擬中之行人物件假設為實際的行人，此一行人物件在進行移動時的行為過程皆從實際行人行為的角度予以觀察並構建，以模擬最接近實際行走的情況。

交織行為模式是從旅客行為過程的角度進行構建，因此是屬於行為模式的一種。行為模式的特性是，其模式中包含子模式。子模式的構建是因行為產生的過程分別構建，因此一行為模式需藉由多子模式分別處理，以模擬旅客行走情況。

以相關行人模擬研究中，發現行人模擬主要的瓶頸在於，要使用一種模式即達成行人行走的情況有相當大的困難，即同時考慮建築物或設施、他人影響等因素。但從行為角度的觀點而言，一般行人在行走時並不會同時考慮一些因素，其行走時的考慮因素仍是有先後順序可依循，例如一行人行走時，先考慮目的地的位置，再考慮如何到達目的地，接著再觀察四周行人行走的狀況等。其行為模式的架構最主要的部份即為分析行人每一次行為的考慮因素，因此行為的過程假設與行為產生的考慮因素，會影響行為模式構件與模擬情況。而本研究之交織行為模式，也依據其行為分析步驟逐步構建完成。

參考文獻

- 朱藝、楊立中、李健(2007)，「不同房間結構下人員疏散的 CA 模擬研究」，*火災科學*，第 16 卷，第 3 期。
- 吳健生、王愛禎、陳俊穎、林士鈞、楊心喬(2005)，「台北捷運車站內進出電扶梯流量控制之研究」，*都市交通季刊*，第二十卷，第三期 17-29 頁。
- 翁文國、袁宏永、范維澄(2006)，「一種基於移動機器人行為的人員疏散的元胞自動機模型」，*科學通報*，第 51 卷，第 23 期。

- 郭謹一、劉爽、陳紹寬、毛保華，(2008)「行人運動仿真研究綜述」，*系統仿真學報*，第20卷第9期。
- 謝育錚(2008)，「捷運車站人行系統模擬模式之建立」，交通大學交通運輸研究所碩士論。
- 蘇育興、杜維昌(2008)，「使用細胞自動機於群體行為動畫模型與模擬方法」，義守大學資訊工程學系碩士論文。
- Blue V J, Embrechts M J, Alder J L(1997), “Cellular Automata modeling of Pedestrian Movements”, USA : IEEE · 3 : 2320~2323
- Gianluca Antonini(2006), Michel Bierlaire, Mats Weber, “Discrete choice models of pedestrian walking behavior”, *Transportation Research, Part B* 40, pp. 667–687.
- J. Izquierdo , I. Montalvo, R. Pérez, V.S. Fuertes(2009), “Forecasting pedestrian evacuation times by using swarm intelligence”, *Physics Letters A* 388, pp. 1213_1220.
- Takashi Nagatani(2009), “Freezing transition in bi-directional CA model for facing pedestrian traffic”, *Physics Letters A* 373, pp. 2917–2921.
- Victor J. Blue, Jeffrey L. Adler(2000), “Cellular automata microsimulation of bi-directional pedestrian flows”, *Transportation Research Board*. 1678, pp.135-141.
- Victor J. Blue, Jeffrey L. Adler(2001), “Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways”, *Transportation Research, Part B* 35 293-312.