

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以魚體運動模式為基礎構建機車運動行為模式之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-032-014-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：淡江大學運輸管理學系

計畫主持人：范俊海

計畫參與人員：莊劍嵐、邱德紋

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

摘要

早期在車流的相關研究中，皆以一維座標的概念探討，但僅能對跟車的情形詳加分析，對於變換車道行為則無法描述，之後研究者引用二維座標的概念，使其對變換車道的行為能加以描述，而有了所謂橫向位移的產生。本研究認為橫向位移的產生是由偏向角所導致，若能了解影響偏向角的因素，便能預測其偏向方向與偏向角度。對於運動方式較無一定規則可循的機車，則能以此表達其運動狀態。

自從有人提出車流類似流體的概念後，日後以流體為基礎的車流模式漸漸增多，有鑑於此，本研究以車輛在流體中類似魚群在水中游為啟發，認為車輛行進時，有如魚類一般，由視覺蒐集資訊以做出行進的決策，故在魚體運動模式的研究中發現一篇針對偏向角為主的運動模式，符合本研究的概念，故藉此概念為基礎，以發展一套機車運動推進模式，藉以描述其運動狀態。

經過反覆的研究，本研究將機車運動推進模式分為縱向推進與橫向推進兩部分，而導致其分做兩部分的為偏向角，故若模式的橫向位移與縱向位移與真實機車運動軌跡越接近時，代表其透過模式所得到的偏向角度與真實機車的偏向角度將會越接近，本研究在橫向位移的表現上，皆有六成達到可接受範圍，即誤差範圍在 0.2 公尺內，有八成五以上誤差範圍則在 0.4 公尺內，而在縱向位移的部分，有超過六成的誤差範圍在 0.005 公尺內，亦有八成以上誤差範圍在 0.01 公尺內。而本研究最後也應用模式進而求得最小安全超車距離，即當相對速度為 10 公里/小時，其可安全超車之最小縱向距離為 5 公尺、橫向距離為 0.6 公尺，相當於相對距離為 5.04 公尺，且此時之偏向角度為 -0.8275 度，而當相對速度為 20 公里/小時，其可安全超車之最小縱向距離為 3 公尺、橫向距離為 0.4 公尺，相當於相對距離為 3.03 公尺，且此時之偏向角度為 -0.9862 度。

本研究首度引用魚體運動模式中參考點與重心法的概念來構建機車運動推進模式，再經過參數校估及模式驗證後，證明本研究以魚體運動模式概念所構建的機車運動推進模式確實具有可行性。

關鍵詞：機車運動推進模式

Abstract

It's a special traffic about mixed traffic flow, especially mixed lanes. As a result the motorcycles are high mobility and can overtake a car with enough space, it is more important than the cars on safety. The numbers of motorcycles on the roads in the overseas are not a lot, so the greater part of the traffic models developed on cars. It is very important to research the traffic flow of motorcycles due to the number of the motorcycles in Taiwan are high proportion.

It is to attempt the motion model of fish to build the traffic flow model of motorcycles in this research. We use the similar properties to research deeply like high mobility, the lower sense of lanes, easier lane changing, etc and according to the motion model of fish in the overseas to build the traffic model of motorcycles. We hope more understand on the motion properties of motorcycles by this and to build the traffic model of motorcycles to conform to the real world. It also can be a tool to estimate to offer traffic engineer to plan and control in traffic and attempt to use it in the simulation software in the future.

This article got the following results:

1. To compare the some characteristics of fish group and motorcycles.
2. To establish the model of motorcycles motion.
3. To build the feasibility of motorcycles motion model (MMM).

4. To interpret the behavior of motorcycle motion states.

Keywords: Motorcycles motion model

一、緒論

1.1 研究動機

早期在車流的相關研究中，皆以一維座標的概念探討，但僅能對跟車的情形詳加分析，對於變換車道行為則無法描述，之後有黃泰林、許添本等人[13]引用二維座標的概念，使其對變換車道的行為能加以描述，而有了所謂橫向位移的產生。橫向位移的產生是由偏向角所導致，而偏向角的發生大部分來自於三種狀況，第一、車輛欲超車時而變換方向，第二、車輛行駛至路口時需作的轉向，第三、當車輛行駛時，為閃避障礙物改變方向而產生。在一般車輛行駛於道路時，除了以上所提的自主性偏向外，還有所謂非自主性的自然偏向，即車輛直行時，駕駛人的操控、車輛的性能甚至道路的平坦與否等因素，皆會影響車輛產生些微的偏向，即所謂的自然偏向，一般會將其忽略，視為直行。

自從有人提出車流類似流體的概念後，日後以流體為基礎的車流模式漸漸增多，有鑑於此，本研究以車輛在流體中類似魚群在水中游為啟發，認為車輛行進時，有如魚類一般，由視覺蒐集資訊以做出行進的決策，故在魚體運動模式的研究中發現一篇針對偏向角為主的運動模式，符合本研究的概念，故藉此概念為基礎，以發展一套機車運動推進模式，藉以描述其運動狀態。

1.2 研究目的

機車的運動方式較無一定的規則可循，此部分一直是國內交通上無法掌控的問題之一，加上國外機車甚少且於國內的性質不相同，以致於引進的車流模式皆是以汽車車流為主，對於沒有跟車行為的機車而言幫助實為有限。本研究欲藉此以加強瞭解機車在車流中的互動情形，且在經過深入探討後，根據其互動的情形，以得知其干擾狀況，亦可以利用此模式推導其運動軌跡，確認偏向角的準確性，進而求出最小超車安全間距，以作為交通工程上的依據。

1.3 研究方法

車流的相關研究，需實地的進行觀察，再由觀察中找出問題與可改善的空間，進而做進一步的探討。本研究亦先進行道路的觀察與拍攝，而拍攝的地點將選定在一機車專用道上，以便減低汽車干擾之因素。在拍攝後的資料，會先將其分類處理，進而作為構建模式之樣本，之後再將此模式進行驗證，以評估其適用性。

1.4 研究範圍

本研究針對單純機車車流且選定一段有分隔島之機車專用道，以避免汽車之干擾，達到所謂的「單純」機車車流行為。

二、文獻回顧

2.1 車流理論

2.1.1 車流行為之研究方法

一般在研究車流行為的方法，大致可分為以下幾種[14]：

1. 現場控制之實驗 (Controlled Test-track Experiment)
2. 理論模式推導 (Theoretical Simulation)
3. 現場觀察 (Studies of Phenomena)
4. 電腦模擬 (Computer Simulation)

2.1.2 跟車理論

所謂跟車理論即在探討前、後車之互動關係，亦即假設後車在行駛過程中，與前車保持一最小安全距離，此一最小安全距離需在發生緊急狀況時足以使後車及時煞停，不至於與前車產生碰撞。早期發展跟車理論是由 1950 年代的 Reuschel 和 Pipes 兩人，之後便有許多學者投入此方面的研究，如著名的通用汽車公司 (General Motors, 通稱 GM) 的研究群等人。

2.2 魚體運動模式回顧

2.2.1 魚體運動模式之概述

魚體運動模式是魚類在水中游動時表現出的運動狀態所發展出來的運動模式，在國外文獻中，對於魚的運動模式，有許多不同的描述，如當魚群受到掠食者的攻擊時所顯現的運動狀態，亦有在彎曲的小溪流中，所顯現的運動狀態等。文獻中所針對的運動模式方面，主要分為個體、群體、二維、三維等四大類，由於機車在行駛時屬於二維運動，故本研究不考慮三維的部份，加上機車的運動行為與魚類的運動行為不完全相似，因此本研究嘗試先以二維的個體運動模式之概念發展二維的機車運動推進模式。魚類在行進時，也有如同駕駛人一般由視覺蒐集資訊的行為，如圖 2.2-2，亦是本研究採用魚體運動模式之概念的原因之一。而在文獻中有提及二維的個體模式，兩篇大部分針對運動特性中的位置、速度、角度作為主要變數，但影響機車運動的變數不單單只是如此，所以本研究將以此篇的運動模式概念為基礎，再從調查後的資料分析其影響變數，進而構建機車運動推進模式。其中文獻所提的二維個體模式較為精簡，無法完整描述機車推進狀態，而文獻中之模式描述則較為詳細且較為符合，故本研究將以文獻的運動模式概念為啟發，作為本研究構建機車運動推進模式之基礎。 [29][30][32][34]

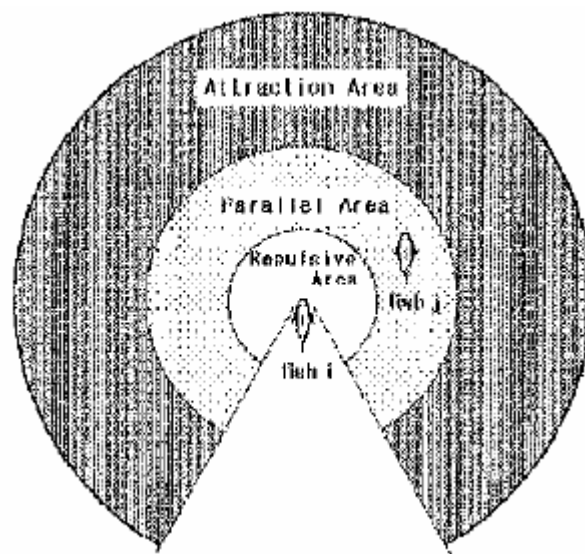


圖 2.2-1 魚類視覺範圍

2.2.2 魚體運動模式之分類

依照空間概念與數量大小做區分，大致可分為四類：

一、二維空間

由於魚類的運動行為是在水中發生的，而有些研究為了簡化以利研究，僅以 X 座標與 Y 座標之二維平面來作分析，由於二維平面的狀態較為單純，即不考慮上下方向的移動，故很多人以此作為初步研究之用。

二、三維空間

一般在水中的魚，皆是以三度空間做運動，即以 X、Y 與 Z 座標來描述，此情況較難處理但較符合實際情形。

三、個體模式

主要針對單一魚體與其他魚體互動的運動模式，除了考慮自身的位置、速度、偏向角等變數，再與周邊的環境及影響因素加以互動，來描述個體的運動模式。

四、群體模式

即針對整個魚群的運動模式，其中考量的不是單一個體的運動行為，而是群體中各魚之間所存在的互動關係，或是所謂的牽引力概念，進而探討整體魚群的運動行為。

2.2.3 魚之運動模式之模式架構

一、個體運動模式

由 Yoshinobu Inada, Keiji Kawachi[29]等人所提出的二維個體運動模式，主要是應用在海洋中的魚在遭遇到掠食者的攻擊時所造成的運動行為，文中先是以二維個體的運動磨視為依據，再將其發展成群體運動模式來模擬當魚群遭受掠食者攻擊時所做出逃離的動作。其個體運動模式如下：

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \Delta t \cdot v_i(t)$$

$$v_i(t) = (v_i(t), \theta_i(t))$$

$$\theta_i(t) = \theta_i(t-1) + \phi_i(t)$$

x_i : i 魚的 x 座標

t : 時間

v : 魚之速度

θ : 為 j 魚行進方向與 x 軸夾角(如下圖所示)

ϕ : i 魚行進方向所改變的夾角(如下圖所示)

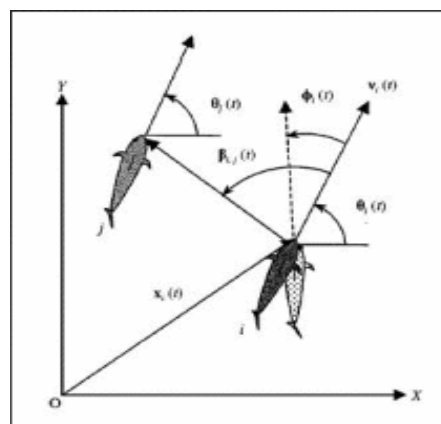


圖 2.2-2 魚體互動示意圖

由 Kiyohiko Hattori 等人所發展的二維個體運動模式，文中提到在魚群中並沒有領導者的概念，完全是藉著周圍個別的魚而做出反應。本篇主要也是應用在魚群遭掠食者攻擊時所做出的動作。個體運動模式如下：

側線資訊

$$\alpha_n = \frac{\sum_j \theta_j D_{ij}^{-3}}{\sum_j D_{ij}^{-3}}$$

α : 側線資訊

n : 周圍之魚的數量

θ : 周圍的魚與本身行進方向的夾角

D_{ij} : 從 i 到 j 的距離

運動模式

$$x_i(t + \Delta) = x_i(t) + v_i(t) \cos \alpha_i(t)$$

$$y_i(t + \Delta) = y_i(t) + v_i(t) \sin \alpha_i(t)$$

x_i : i 魚的 x 座標

y_i : j 魚的 x 座標

t : 時間

v : 魚之速度

二、群體運動模式

由 Hiro-Sato Niwa 在 1991 年所發展的 3D 魚之運動模式，作者欲了解魚群中的相互關係，應用了移動力 $F_i^{(l)}$ 、吸引力 $F_i^{(g)}$ 與平行力 $F_i^{(p)}$ 以發展一套魚群的動態模式。

$$\frac{dv_i}{dt} = F_i^{(l)} + F_i^{(g)} + F_i^{(p)} + \eta_i$$

$F_i^{(l)}$: 移動力，結合結合前方的推力與水的托力

$F_i^{(g)}$: 吸引力，由魚群中其他個體的魚所產生的

$F_i^{(p)}$: 平行力，與兩鄰近的魚以相等速度行進

η_i : 隨機力，一般來說將其平均值設為 0

亦由 Hiro-Sato Niwa 於 1996 所發展的 3D 魚之運動模式，作者以牛頓模式發展一套魚群的組織行為，更以波動力 $\eta(t)$ 取代了吸引力 $F_i^{(g)}$ 與平行力 $F_i^{(p)}$ ，而僅以移動力 $f(v)$ 與波動力 $\eta(t)$ 來描述魚群游泳的動態行為。

$$\frac{dv}{dt} = f(v) + \eta(t)$$

$f(v)$: 移動力，結合 x, y, z 三方向之力所組成的

$\eta(t)$: 波動力，由魚的預測行為所產生的

三、機車相關特性分析

機車的機動性與便利性是機車數量不斷增加的主因，加上國內環境的因素，機車在某些方面確實較汽車佔有優勢。本研究選定之變數，將以前車偏向角度、縱向距離、橫向距離與距車道緣之距離為模式輸入變數。

3.1 機車前車偏向與縱向距離之分析

根據資料分析後，由圖顯示，在所有資料下，前車偏向與縱向距離的關係較不明顯，故在分為偏左偏右兩部分來分析，結果顯示，偏向為左時，亦較看不出其規則，而在偏右時，有距離越遠偏向越大的趨勢，可視為前車與後車的縱向距離越遠時，較不受到束縛。

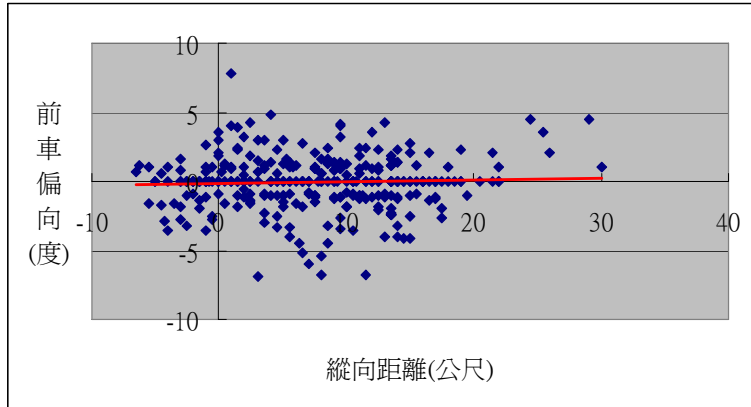


圖 3.1 前車偏向與縱向距離(所有資料)

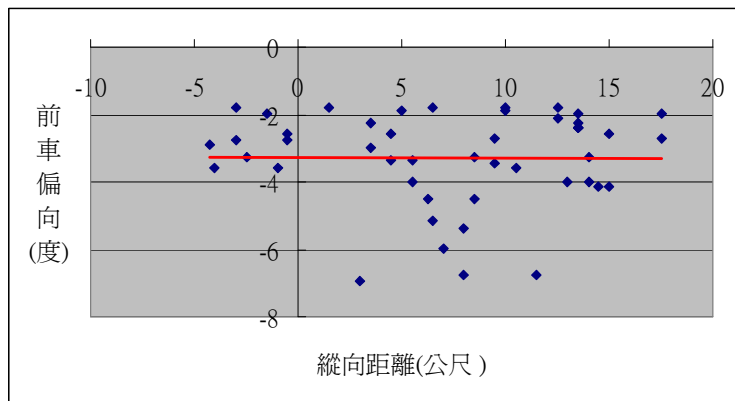


圖 3.2 前車偏左與縱向距離

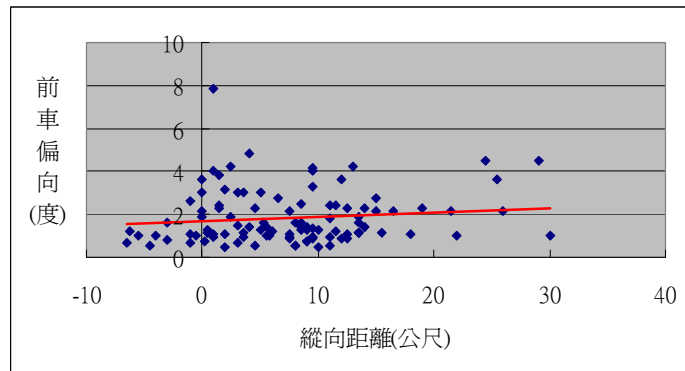


圖 3.3 前車偏右與縱向距離

3.2 前車偏向與橫向距離

由下圖可知，所有資料下，前車偏向與橫向距離的分佈較為平均，而若與縱向距離為 0，即所謂並排的情形，則與後車偏向的圖形差異不大，即距離越小，偏向亦越小。

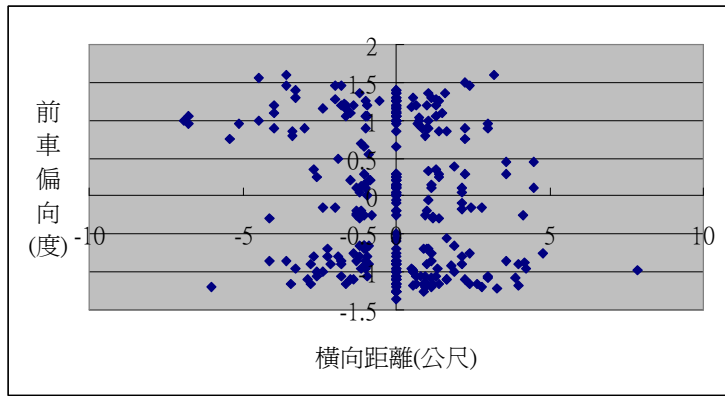


圖 3.4 前車偏向與橫向距離(所有資料)

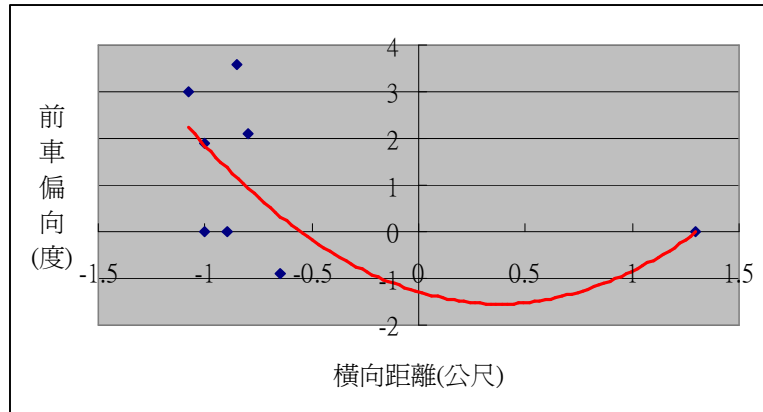


圖 3.5 前車偏向與橫向距離(縱向距離為 0)

3.3 前車偏向與距車道緣之距離

由於在距車道緣最小的所有資料分析中，並無明顯的趨勢，即資料分佈較為平均。

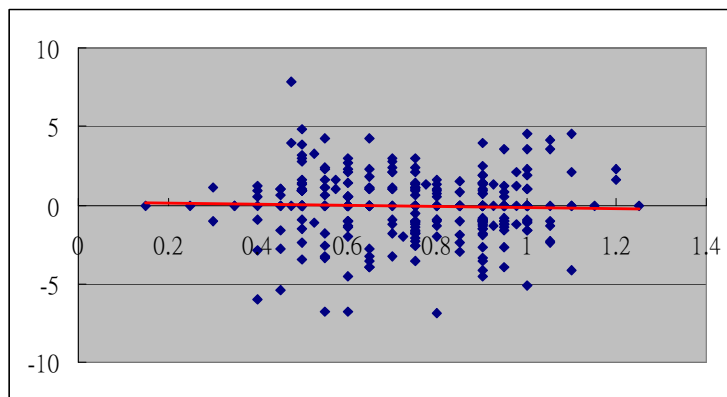


圖 3.6 前車偏向與距車道緣之距離

3.4 橫向距離與縱向距離

本研究認為縱向距離與橫向距離兩者無相對關係。分析圖顯示兩者亦無特定關係。

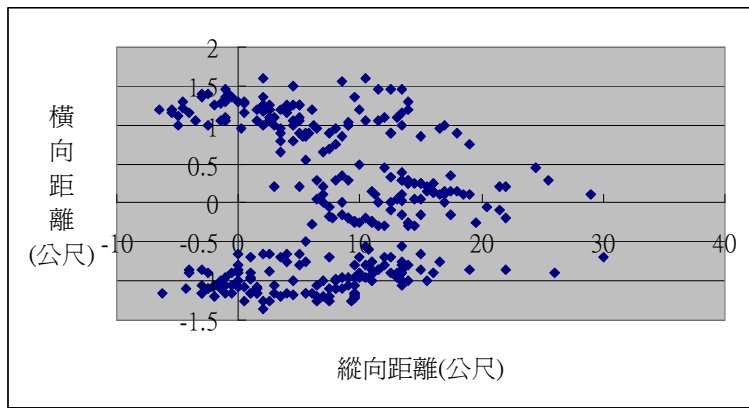


圖 3.7 縱向距離與橫向距離

此兩變數除了正前方有機車(橫向距離為 0)與並行(縱向距離為 0)兩種情形外，可說是相互影響的。而其影響情況分為四類，第一、當縱向距離小且橫向距離大時，第二、當縱向距離小且橫向距離小時，第三、當縱向距離大且橫向距離大時，第四、當縱向距離大且橫向距離小時。此四種情形除了第二種外，其餘三種對後車偏向的影響將不會太大。分析表如下：

表 3.1 縱向與橫向距離分析表(單位:公尺)

縱向距離\橫向距離	0~1	1~2
0~10	1.6693 *	1.4804
10~20	1.2971	1.1411

3.5 橫向距離與距車道緣之距離

由於橫向距離與距車道緣之距離較無直接關係，故本研究認為橫向距離與距車道緣之距離兩者相互獨立。

3.6 縱向距離與距車道緣之距離

由於縱向距離與距車道緣之距離亦較無直接關係，故本研究認為縱向距離與距車道緣之距離兩者相互獨立。

根據以上分析，整理如下：

1. 由於前車偏向與縱向距離看不出其明顯關係，故假設其兩者無明顯相關，亦即駕駛人對後方情形敏感度甚小。
2. 在前車偏向與橫向距離的部分，由於皆為縱向距離為 0，與後車偏向同，故假設橫向影響距離在 1.5 公尺內。
3. 在其他變數間的關係，皆假設互相獨立。

四、模式建立與參數校估

4.1 模式假設

由於影響車流的人、車、路與交通控制四大項是相當複雜的，某些因素更是研究中無法掌握與控制的，故研究中需要對其作一些假設，簡化對車流影響的複雜程度。

1. 駕駛人因素

本研究假設駕駛人的特性皆無明顯差異，即不考慮性別、年齡職業等，且駕駛行為均合乎理性。

2. 車輛特性因素

由於一般重型與輕型機車的體積與性能差別不大，且路段上一般重型車行駛速度輕型車亦可以達到，故本研究將輕型與重型機車視為相同，而在 150CC 以上的重型機車，由於數量極少，本研究也不列入考慮。

3. 道路因素

在道路坡度與視線障礙的情形，本研究也將不考慮，並假設其無坡度與無視線障礙，而道路上偶而有腳踏車與三輪車出現，亦假設無此因素存在。

4. 車流因素

本研究係針對車流密度低的情形作初步探討，故影響的車輛數亦較少，在這方面本研究假設周圍影響車輛最多為兩輛，且分為幾種情形進行討論。

4.2 模式構建

本研究之模式是藉由魚體運動模式之概念建立，由於兩者間有差異存在，故在機車運動推進模式的變數上，需依照先前所分析的關係來作構建的依據，而構建前先對魚體運動模式的概念基礎作探討，以利之後的構建工作。

4.2.1 模式背景及概念

此理論來自於文獻中對於掠食者攻擊魚群時，魚群為躲避掠食者而發展出的運動模式。其概念為當魚群在躲避時，研究魚因為周圍魚群的運動方向導致其運動方向的影響。模式中，作者以二維個體的概念建立，建立時的輸入變數包括前方魚的偏相角度、後方魚與前方魚之相對距離與魚游行之速度，輸出變數則為後方魚的偏向角度與行進時 X 與 Y 方向之距離。其模式如下：

$$\alpha = \frac{\sum \theta \times D^{-3}}{\sum D^{-3}}$$

α ：後車偏向角度

θ ：前車偏向角度

D ：相對距離

模式概念

其概念是以參考點與重心法求得其所要之應變數，即當研究魚周圍有三隻魚的情況下，偏向角度分別為 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 且相對距離分別為 D_1 、 D_2 、 D_3 ，而研究魚的偏向角度之求法如圖 4.5-1 所示：

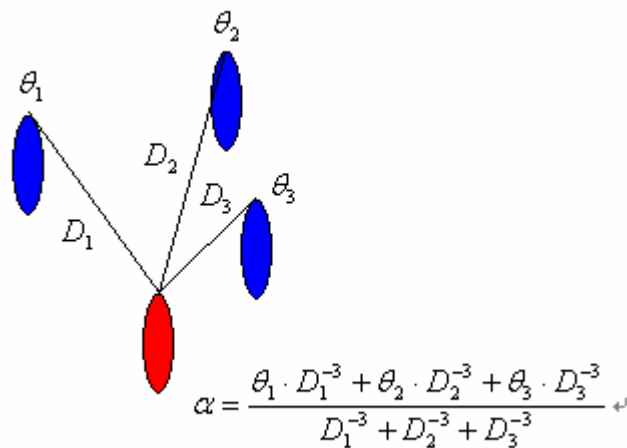


圖 4.1 魚體運動模式概念示意圖

4.2.2 模式構建

在魚體運動模式中，其概念為將周圍影響之魚當作各個參考點，故有相對距離的概念，但是單單以相對距離來探討，將會有以某一相對距離的值為半徑下所得到半圓範圍，後方機車的偏向角度皆會相同，這與現實並不吻合，故本研究將相對距離分作縱向距離與橫向距離。而根據之前的變數分析結果：

表 4.1 變數間之關係表

自變數與應變數	自變數與自變數
θ 為 α 的依據	θ 與 D_x 無相關
$\alpha \propto \frac{1}{D_x^f}$	$\theta \propto D_y^g$
$\alpha \propto D_y^g$	D_x, D_y 則分別與 D_l 獨立
$\alpha \propto D_l$	

模式中各變數分析如下：

1. 相對距離

本模式中將相對距離分為縱向距離與橫向距離，在兩變數中存在有縱向距離越小，偏向角有越大的趨勢，而橫向距離越小，偏向角度亦越小的趨勢，而兩者有相互影響的關係，即縱向距離與橫向距離同時變小時，對後車偏向角度的影響為最大，故在表示時，將兩者相乘，由於縱向距離與後車偏向角度成反比，而橫向距離與後車偏向角度成正比，故分別在此項加入次方之參數：

$$(D_y^g / D_x^f)$$

2. 距車道緣之距離

研究中機車距車道緣之距離是以距最近的一方為參考點，亦即縱向距離必為 0，且當機車在道路中央時距車道緣距離最大為 1.25 公尺。此變數影響其後車偏向角度不如相對距離來的大，且與後車偏向的線性或非線性關係差異不大，為了簡化其複雜性，將以線性關係作探討。

3. 參考點之偏向角度

模式中共分為兩組參考點，一為前車，一為車道緣。在前車偏向的部分，由之前的分析得知，將以其為後車偏向的依據，故在每項變數前將加入一前車偏向變數以作調整，並加入一參數以校估。而偏向角度即為兩者個別的偏向角度，分為前車偏向 θ_1 與車道緣偏向 θ_2 ，由於車道緣本身並不會有偏向，即 $\theta_2=0$ ，故模式中此相將會消去。

$$a \cdot \theta_1 \cdot (D_y^g / D_x^f)$$

$$b \cdot \theta_2 \cdot D_l$$

基本模式

在模式中，本研究亦以魚體運動模式中參考點的概念構建，將前方機車與路緣為兩組參考點，再以重心法求得：

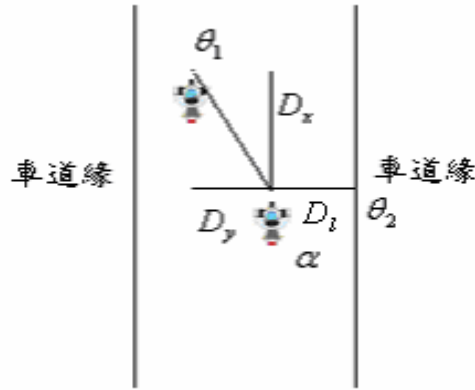


圖 4.5-1 模式示意圖

$$\alpha = \frac{a \cdot \theta_1 \cdot (D_y^g / D_x^f) + b \cdot \theta_2 \cdot D_l}{c \cdot (D_y^g / D_x^f) + d \cdot D_l}$$

$\because \theta_2 = 0$ 故分母第二項消去，則

$$\alpha = \frac{a \cdot \theta_1 \cdot (D_y^g / D_x^f)}{c \cdot (D_y^g / D_x^f) + d \cdot D_l}$$

將欲探討的情形分為五種，左方有機車(一輛與兩輛)、右方有機車(一輛與兩輛)與左方與右方各有一輛機車。歸納成一般化模式為：

$$\alpha = \frac{p_1 \cdot \sum_{i_1}^{n_1} (a_1 \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{g_1} / D_x^{f_1}) + b_1 \cdot \phi_1 \cdot D_l) + p_2 \cdot \sum_{i_2}^{n_2} (a_2 \cdot \theta_2 \cdot (D_y^{g_2} / D_x^{f_2}) + b_2 \cdot \phi_2 \cdot D_l)}{p_1 \cdot \sum_{i_1}^{n_1} (c_1 \cdot (D_y^{g_1} / D_x^{f_1}) + d_1 \cdot D_l) + p_2 \cdot \sum_{i_2}^{n_2} (c_2 \cdot (D_y^{g_2} / D_x^{f_2}) + d_2 \cdot D_l)}$$

α ：後車偏向角度

θ ：前車偏向角度

ϕ ：車道緣之偏向角度

D_x : 縱向距離

D_y : 橫向距離

D_l : 距車道緣之距離

p_1, p_2 : 左右車之虛擬變數, 0 為無車, 1 為有車

n_1, n_2 : 車之數量, 1 為一輛, 2 為兩輛

a_1, b_1, c_1, d_1 : 左方各參數

a_2, b_2, c_2, d_2 : 右方各參數

f_1, f_2 : 縱向距離之次方參數

g_1, g_2 : 橫向距離之次方參數

限制條件

1. α 與 θ 之上限值為 10 度
2. ϕ 在此為 0 度 (\because 本研究路段之車道緣無縮減或漸寬之直線車道)
3. D_x 最大值為 10 公尺
4. D_y 最大值為 1.5 公尺
5. D_l 最大不超過 1.25 公尺
6. n_1, n_2 最大不超過 2, 且相加後亦不超過 2

一般化之參數校估

在一般化的參數校估中, 僅針對左方有車(一輛)與右方有車(一輛)兩部分作校估, 輸入資料則是兩類中個別的所有資料。而在左方有車(兩輛)、右方有車(兩輛)與左右各一輛車三種, 則由左方有車(一輛)與右方有車(一輛)合併而成。分類表如下:

表 4.2 左方與右方有車(一輛)之參數表

	$p_1 = 1, n$	$p_2 = 1, n$
a_1, a_2	25.56 96	138.5 547
b_1, b_2	-	-
c_1, c_2	50.15 00	366.3 264
d_1, d_2	0.429	0.716

	1	5
f_1, f_2	3.003	4.185
	6	1
$g_1,$	4.321	3.542
g_2	8	9

表 4.3 左方、右方有車(兩輛)與左右各一之參數表

	$p_1 = 1, n_1 = 2$	$p_2 = 1, n_2 = 2$	$p_1 = 1, n_1 = 1$ $p_2 = 1, n_2 = 1$
a_1, a_2	25.5696	138.5547	25.5696/138.5547
b_1, b_2	-	-	-
c_1, c_2	50.1500	366.3264	50.1500/366.3264
d_1, d_2	0.4291	0.7165	0.4291/0.7165
f_1, f_2	3.0036	4.1851	3.0036/4.1851
g_1, g_2	4.3218	3.5429	4.3218/3.5429

4.3 模式校估

本研究中的模式係針對車流密度低的情況作初步探討，而主要針對的情形為縱向距離在 10 公尺內，橫向距離在 1.5 公尺內，車速則是以 30~70 公里/小時等條件下進行模式的參數校估。

4.3.1 參數校估

根據以上的資料，對左方有車與右方有車兩部分分別以 SPSS 統計軟體作參數校估，至於左方兩輛車、右方兩輛車與左右各一輛三種則由左方有車與右方有車合併而成。假設左、右方有車(一輛)校估後之參數如表 4.6-2，當左、右方各有一輛機車時，且兩輛機車同時

與研究車之縱向距離在 10 公尺且橫向距離在 1.5 公尺的區域內，則後車偏向則以參數 A+B 合併而成。

表 4.4 驗證說明表

	左方 0~10(公尺)	右方 0~10(公尺)
參數組	A	B

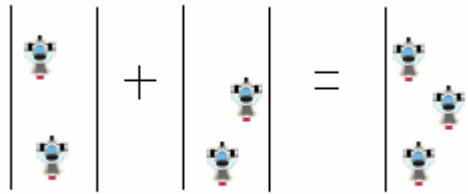


圖 4.6-1 驗證示意圖

各情形之參數校估

1. $p_1=1, n_1=1$ 左方有車(一輛)

表 4.5 左方有車(一輛)參數總表

(左車 1)	$a_1=3.8533$
縱向距離 0~10 公尺	$b_1=-$
且橫向距離 0~1.5 公尺	$c_1=9.3618$
	$d_1=-0.0013$
	$f_1=4.0935$
	$g_1=5.0001$

2. $p_2=1, n_2=1$ 右方有車(一輛)

表 4.6 右方有車(一輛)參數總表

(右車 1)	$a_2=0.9126$
縱向距離 0~10 公尺	$b_2=-$
且橫向距離 0~1.5	$c_2=0.1460$
公尺	$d_2=3.2085$
	$f_2=3.1297$
	$g_2=1.3791$

3. $p_1=1, n_1=2$ 左方有車(兩輛)

表 4.7 左方有車(兩輛)參數總表

(左車 1)	$a_1=3.8533$
縱向距離 0~10 公尺	$b_1=-$
且橫向距離 0~1.5	$c_1=9.3618$
公尺	$d_1=-0.0013$
	$f_1=4.0935$
	$g_1=5.0001$
(左車 2)	$a_1=3.8533$
縱向距離 0~10 公尺	$b_1=-$
	$c_1=9.3618$

且橫向距離 0~1.5 公尺	$d_1 = -0.0013$ $f_1 = 4.0935$ $g_1 = 5.0001$
-------------------	---

4. $p_2 = 1, n_2 = 2$ 右方有車(兩輛)

表 4.8 右方有車(兩輛)參數總表

(右車 1) 縱向距離 0~10 公尺 且橫向距離 0~1.5 公尺	$a_2 = 0.9126$ $b_2 = -$ $c_2 = 0.1460$ $d_2 = 3.2085$ $f_2 = 3.1297$ $g_2 = 1.3791$
(右車 2) 縱向距離 0~10 公尺 且橫向距離 0~1.5 公尺	$a_2 = 0.9126$ $b_2 = -$ $c_2 = 0.1460$ $d_2 = 3.2085$ $f_2 = 3.1297$ $g_2 = 1.3791$

5. $p_1 = 1, n_1 = 1$ 且 $p_2 = 1, n_2 = 1$ 左右各一

表 4.6-6 左右各一參數總表

(左車 1) 縱向距離 0~10 公尺 且橫向距離 0~1.5 公尺	$a_1=3.8533$
	$b_1=-$
	$c_1=9.3618$
	$d_1=-0.0013$
	$f_1=4.0935$
	$g_1=5.0001$
(右車 1) 縱向距離 0~10 公尺 且橫向距離 0~1.5 公尺	$a_2=0.9126$
	$b_2=-$
	$c_2=0.1460$
	$d_2=3.2085$
	$f_2=3.1297$
	$g_2=1.3791$

4.4 模式檢定

在所有模式中的參數皆校估完之後，為了確認模式的可行性，本研究以統計檢定方法，作各情形下模式的檢定，各檢定如下(其中 θ 為真實偏向角， θ_0 為模式所得之偏向角)：

1. $p_1=1, n_1=1$ 左方有車(一輛)

R-square : 0.49267

$$H_0 : \theta = \theta_0 \quad H_1 : \theta \neq \theta_0 \quad \alpha = 0.05$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} = 0.8561 < 1.645$$

Accept H_0 接受虛無假設 $\theta = \theta_0$

2. $p_2=1, n_2=1$ 右方有車(一輛)

R-square : 0.32767

$$H_0 : \theta = \theta_0 \quad H_1 : \theta \neq \theta_0 \quad \alpha = 0.05$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} = 1.560 < 1.645$$

Accept H_0 接受虛無假設 $\theta = \theta_0$

3. $p_1 = 1, n_1 = 2$ 左方有車(兩輛)

$$H_0 : \theta = \theta_0 \quad H_1 : \theta \neq \theta_0 \quad \alpha = 0.05$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} = 1.856 > 1.645$$

Reject H_0 拒絕虛無假設 $\theta = \theta_0$ ，表示 θ, θ_0 有顯著不同

$$\text{若 } \alpha = 0.025 \text{ 時，則 } Z = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} = 1.856 < 1.96$$

則可以接受虛無假設 $\theta = \theta_0$

4. $p_2 = 1, n_2 = 2$ 右方有車(兩輛)

$$H_0 : \theta = \theta_0 \quad H_1 : \theta \neq \theta_0 \quad \alpha = 0.05$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} = 0.616 < 1.645$$

Accept H_0 接受虛無假設 $\theta = \theta_0$

5. $p_1 = 1, n_1 = 1$ 且 $p_2 = 1, n_2 = 1$ 左右各一

$$H_0 : \theta = \theta_0 \quad H_1 : \theta \neq \theta_0 \quad \alpha = 0.05$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} = 0.3774 < 1.645$$

Accept H_0 接受虛無假設 $\theta = \theta_0$

R-square 值在左方有車(一輛)為 0.49267，而在右方有車(一輛)為 0.32767，相較之下，在右方有車(一輛)的情形下則較低些，由於其他三種狀況是由前兩種推論而得，故無 R-square 值可參考。在假設檢定的部分，除了左方有車(兩輛)在 $\alpha = 0.05$ 時，虛無假設會被拒絕外，其餘的都能接受虛無假設 $\theta = \theta_0$ ，但若當 $\alpha = 0.025$ 時，則所有情形皆能接受虛無假設。

4.5 校估完成之模式

在參數校估之後，將各參數一一代入各模式中，整理如下：

1. $p_1 = 1, n_1 = 1$ 左方有車(一輛)

$$\alpha = \frac{(3.8533) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935})}{(9.3618) \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935}) + (-0.0013) \cdot D_l}$$

2. $p_2 = 1, n_2 = 1$ 右方有車(一輛)

$$\alpha = \frac{(0.9126) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297})}{(0.1460) \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297}) + (3.2085) \cdot D_l}$$

3. $p_1 = 1, n_1 = 2$ 左方有車(兩輛)

$$\alpha = \frac{(3.8533) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935}) + (3.5833) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935})}{((9.3618) \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935}) + (-0.0013) \cdot D_l) + ((9.3618) \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935}) + (-0.0013) \cdot D_l)}$$

4. $p_2 = 1, n_2 = 2$ 右方有車(兩輛)

$$\alpha = \frac{(0.9126) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297}) + (0.9126) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297})}{((0.1460) \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297}) + (3.2085) \cdot D_l) + ((0.1460) \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297}) + (3.2085) \cdot D_l)}$$

5. $p_1 = 1, n_1 = 1$ 且 $p_2 = 1, n_2 = 1$ 左右各一

$$\alpha = \frac{(3.8533) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935}) + (0.9126) \cdot \theta_1 \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297})}{((9.3618) \cdot (D_y^{5.0001} / D_x^{4.0935}) + (-0.0013) \cdot D_l) + ((0.1460) \cdot (D_y^{1.3791} / D_x^{3.1297}) + (3.2085) \cdot D_l)}$$

五、模式驗證

主要分為五個部分做個別的驗證，前兩個部分為左方與右方分別有車的情形，後三的部分則是由前兩個部分推論而得。假設左右各一輛影響車輛情形下，當左、右方機車各與後方研究車之縱向距離在 10 公尺且橫向距離在 1.5 公尺的區域內，則後車偏向則以 A+B 兩組參數合併而成。

表 5.1 驗證說明表

	左方 0~10(公尺)	右方 0~10(公尺)
參數組	A	B

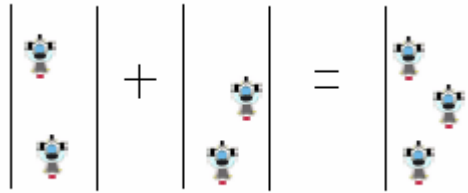


圖 5.1 驗證示意圖

5.1 偏向驗證

在偏向驗證的部分主要是將真實資料的偏向與模式所得之方向作一比較，以測試模式對於方向預測的準確性。而驗證結果顯示，除了右方有車(一輛)與左右各一的情形下，偏向的準確性有偏低傾向，另外三種情形皆有近 6 成或超過 6 成的準確性。如表 5.1-2。

表 5.2 偏向驗證比例

各類情形	準確比例(%)
左方有車(一輛)	57.73
右方有車(一輛)	34.78
左方有車(兩輛)	70.00
右方有車(兩輛)	64.22

5.2 角度驗證

在角度驗證的部份則是以模式所得到的偏向角度值與真實資料作比較，而在比較時則分為縱向位移與橫向位移兩部份，若兩距離誤差越小則代表其行進軌跡越符合真實車流之運動軌跡，亦即模式所得到的偏向角度有較高的準確度。如圖 5.1-2 所示，在一定的單位時間內，假設細黑線為真實機車的直行運動軌跡，而粗黑線為透過模式所得到之運動軌跡，其中 Δy 即為橫向位移的誤差，而 Δx 為縱向位移的誤差，當偏向角度 α 值越近似真實機車之偏向角度時，則 Δy 與 Δx 兩誤差的值會越小，則兩軌跡亦將近似重疊，即模式能正確的表達真實的運動軌跡。

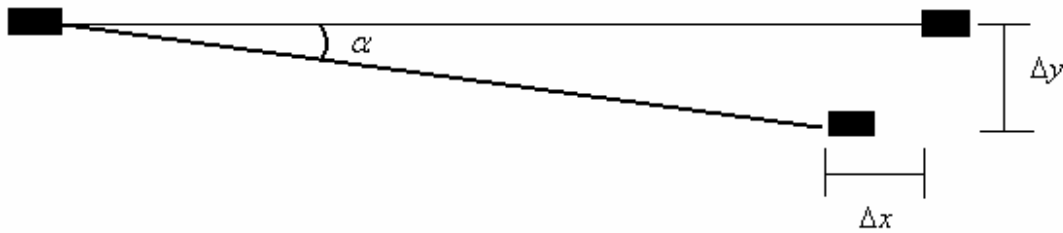


圖 5.2 驗證誤差示意圖

在縱向位移有九成落在 0.01 公尺的範圍內，而橫向位移則有六成以上達到可接受範圍內。

縱向位移

表 5.3 左邊有車(一輛)—縱向位移

縱向 範圍(公尺)	左一 樣本數	總 比例(%)
-0.01~	8	4.94
-0.005~-0.01	23	14.20
0~-0.005	59	36.42
0	25	15.43
0~0.005	41	25.31
0.005~0.01	2	1.23
0.01~	4	2.47
總計	162	100.00

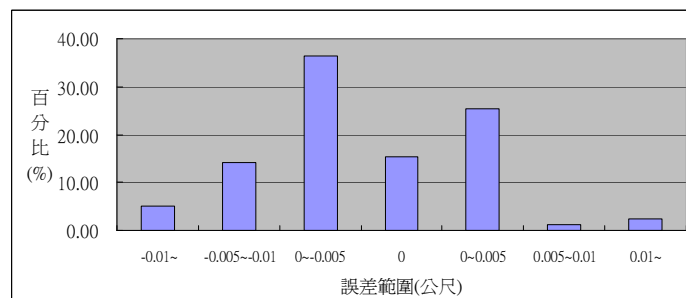


圖 5.3 左邊有車(一輛)--縱向位移誤差比例圖

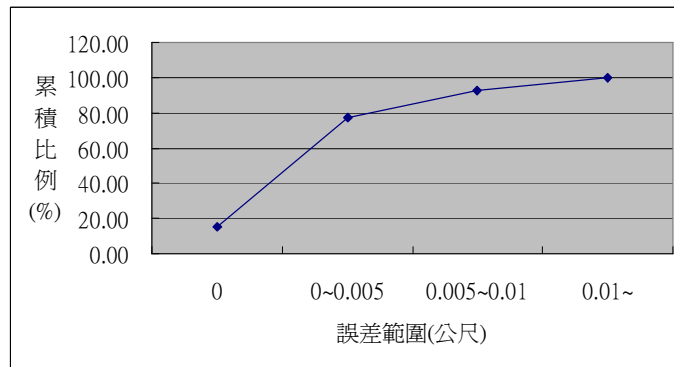


圖 5.4 左邊有車(一輛)--縱向位移絕對誤差累積比例圖

橫向位移

表 5.4 左邊有車(一輛)--橫向位移

橫向 範圍(公尺)	左一 樣本數	總 比例(%)
-0.40~	7	4.32
-0.20~-0.40	22	13.58
0~-0.20	43	26.54
0	25	15.43
0~0.20	36	22.22
0.20~0.40	19	11.73
0.40~	10	6.17
總計	162	100.00

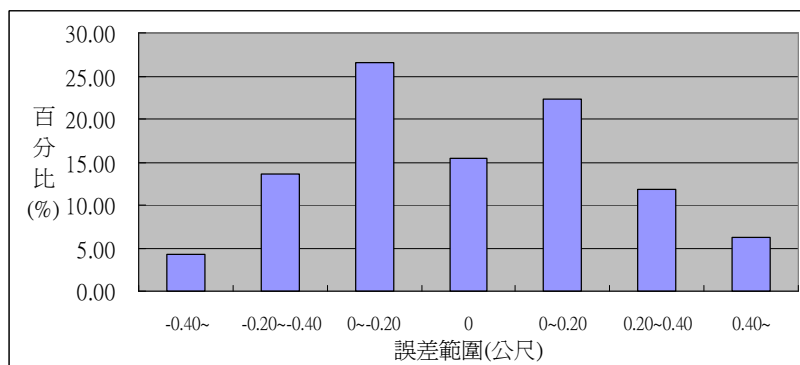


圖 5.5 左邊有車(一輛)--橫向位移誤差比例圖

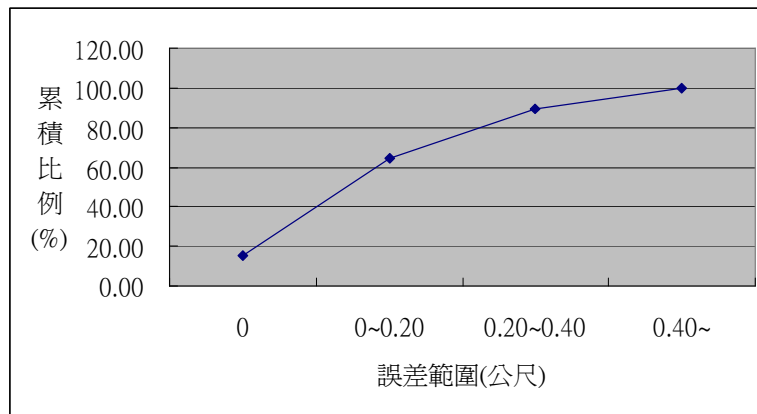


圖 5.6 左邊有車(一輛)一橫向位移絕對誤差累積比例圖

透過以上的驗證之後，得知在橫向位移的表現上，皆有六成達到可接受範圍，即誤差範圍在 0.2 公尺內，有八成五以上誤差範圍則在 0.4 公尺內，而在縱向位移的部分，有超過六成的誤差範圍在 0.005 公尺內，亦有八成以上誤差範圍在 0.01 公尺內。

5.3 與其他模式驗證結果比較

本研究認為機車在行駛過程中必有自然偏向產生，而偏向後所產生的橫向位移若能小於最小安全間距，將不會導致碰撞的發生。經分析後得知，一般機車的自然偏向角為 1.25 度，依據不同速度所產生的橫向位移如下表所示：

表 5.2-1 自然偏向與時速對照表

速度 (km/hr)	速度 (m/s)	自然偏向 (m)
30	8.33	0.18
40	11.11	0.24
50	13.89	0.30
60	16.67	0.36
70	19.44	0.42
80	22.22	0.48
90	25	0.56

為了證明此結果的可行性，將對文獻中的模式驗證結果作比較。陳世泉以行為門檻值所構建之機車行為門檻中，最小側向間距：

$$BW = \begin{cases} AW & (0 \leq V < 35.08) \\ 2.0 \times (ZF_2 - 0.5) \times 0.738 + 0.111 + 0.025 \times V & (35.08 \leq V < 46.04) \\ 2 \times PW = 2 \times 0.81 = 1.62 & (V \geq 46.04) \end{cases}$$

其中

BW ：機車運動時與鄰車之最小側向間距(公尺)

AW ：靜態側向間距(公尺)

ZF_2 ：歌記因子

PW ：靜態機車寬度(公尺)

V ：機車車速(公里/小時)

透過上式的計算得知其最小側向間距介於 0.15~1.749 公尺，而在林育瑞的研究中，其最小側向間距為 0.9 公尺，與本研究自然偏向比較下，其值皆能小於文獻中的驗證結果，亦可

表示車輛的自然偏向不會造成碰撞的發生。

六、結論與建議

6.1 結論

1. 本研究首度引用魚體運動模式中參考點與重心法的概念來構建機車運動推進模式，再經過參數校估及模式驗證後，證明本研究以魚體運動模式概念所構建的機車運動推進模式確實具有可行性。
2. 在行駛中的機車，當車速越高時，偏向角度有越小的趨勢，而在自然偏向角上，透過對單一機車行駛的資料中，其平均的自然偏向角為 1.25 度。
3. 前後車的縱向距離與橫向距離的影響關係，經過了資料分析與趨勢線顯示，可得知縱向距離越遠時，對後車偏向的影響越小，而橫向距離越小，則後車偏向角度亦有偏小的趨勢，且縱向距離與橫向距離兩者會同時對後車偏向角度產生影響。
4. 由於機車之車流行為較為複雜，機動性較一般汽車高外，偏向的次數亦較頻繁，本研究所構建的機車運動推進模式在其方向的預測上，除了在左方有車(一輛)、左方有車(兩輛)與右方有車(兩輛)三部份有近六成與超過六成的準確度，在右方有車(一輛)與左右各一兩的情形，在預測的部份，則較顯得不太理想。
5. 本研究之模式目前所適用之情況為在低流量密度的情況下，車速範圍在 30~70 公里/小時，而縱向距離與橫向距離分別在 10 公尺內與 1.5 公尺內，專用車道寬為 2.5 公尺之條件下方可採用，未來也可對不同的車道寬等其他不同條件下加強本模式。
6. 在考量一樣的相對距離所包括的範圍為整個以相對距離為半徑的圓形區域，無法清楚表達實際的確切位置，故本研究將相對距離分為縱向距離與橫向距離兩部分，且由於當縱向位移與橫向位移誤差越小時，亦代表透過模式所得到的偏向角度越符合真實資料的偏向角度，而在所構建完成之模式，也能達到六成的橫向位移誤差能在 0.2 公尺內，有八成五以上誤差範圍則在 0.4 公尺內，而在縱向位移的部分，有超過六成的誤差範圍在 0.005 公尺內，亦有八成以上誤差範圍在 0.01 公尺內。
7. 在針對最小安全超車距離的分析中，本研究以左方有車(一輛)為例，假設在近距離的各種情境下，最後所得結果為兩種，即當相對速度為 10 公里/小時，其可安全超車之最小縱向距離為 5 公尺、橫向距離為 0.6 公尺，相當於相對距離為 5.04 公尺，且此時之偏向角度為 -0.8275 度，而當相對速度為 20 公里/小時，其可安全超車之最小縱向距離為 3 公尺、橫向距離為 0.4 公尺，相當於相對距離為 3.03 公尺，且此時之偏向角度為 -0.9862 度。

6.2 建議

1. 在讀取座標時，由於是以人工判讀，可能會產生判讀上的誤差，且非常耗時耗力，若能由錄影再利用電腦技術處理，將可以提高精確度與減少人力資源的浪費。
2. 本研究目前針對的車流密度是屬於低流量密度的狀態，而發展的機車運動推進模式也具有可行性，未來可以朝高密度流量的狀態作更深入的探討，以使整個機車運動模式更為完整。
3. 本研究所發展的機車運動推進模式是針對純機車車流作探討，未來也可以嘗試應用在混合車流的情況下，與汽車的車流理論作結合，以發展一套混合車流情況下的機車運動推進模式。
4. 本研究以攝影的方式蒐集某時段的車流資料，故在有些車流特性的資料較難蒐集，同時

在機車與駕駛人的特性亦尚未考慮，將來若有足夠的人力與時間，亦建議能將機車與假使人的特性一併納入模式之中，以求得更符合真實情況的車流模式。

七、參考文獻

1. 王義川，「機車交通空間之分流設計」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 91 年 6 月。
2. 「中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集」，民國 90 年 4 月
3. 何佳娟，「微觀汽機車混合車流模式之研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系，民國 91 年 6 月。
4. 李樑監，「建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所，民國 82 年。
5. 林育瑞，「利用類神經網路構建機車車流模式之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 91 年 6 月。
6. 林國顯、張瓊文，「機車車流模式之初步研究」，中華民國運輸學會第 18 屆論文研討會，民國 92 年 12 月，p1092~p1101。
7. 周玉如，「混合車流中汽車防撞策略之研究---以視覺模擬為例」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 89 年 6 月。
8. 胡順章，「高速公路雙車道路段變換車道行為之研究」，私立淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，民國 82 年 7 月。
9. 許添本、許敦淵、王義川，「市區幹道混合車流之機車車流干擾分析」，中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集，民國 90 年 4 月，p69~p78。
10. 許添本、周玉如，「考量機車之混合車流汽車防撞系統」，中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集，民國 90 年 4 月，p99~p119。
11. 許添本，「交通智慧化發展策略」，台灣地區智慧型運輸系統推動策略研討會，民國 87 年。
12. 許添本，「機車交通工程」問題對策與分析，第一屆機車交通與安全研討會，民國 85 年 11 月。
13. 許敦淵，「混合車流下路段機車安全評估之建立」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 89 年 6 月。
14. 黃泰林，「構建智慧型適應性網路號誌控制模式之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國 84 年 6 月。
15. 黃月貞，「模糊微觀混合車流下幹道號誌連鎖策略之研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系，民國 91 年 6 月。
16. 黃燦煌，「先進式車流模擬器—PARAMICS 應用於國內機車交通特性分析」，中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集，民國 90 年 4 月，p135~p154。
17. 陳天賜，「公車站位長度對車流延滯影響之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 71 年 6 月。
18. 陳柏榮，「高速公路微觀車流模擬模式雛形建立之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 83 年 6 月。
19. 陳世泉，「混合車流中機車駕駛行為之分析」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 82 年 6 月。
20. 張庭瑜，「高速公路施工路段車流模式之研究」，私立淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，民國 88 年 7 月。

21. 張子傑，應用統計學，民國 93 年 3 月。
22. 張紹勳，SPSS FOR WINDOWS 多變量統計分析，民國 83 年。
23. 傅耀南，「以混合車流模擬方法設計單一交叉路口號誌時制之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 77 年 6 月。
24. 湯儒彥，「純機車車流路口疏解型態之研究」，中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集，民國 90 年 4 月，p43~p54。
25. 詹維敏，「雙向跟車行為模式之研究」，私立淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，民國 89 年 7 月。
26. 蔣靜宜，「機車專用道飽和流率探討與模擬參數校估之應用」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 91 年 6 月。
27. 藍武王、張瓊文，「快慢分隔道路機車行車模式與特性之研究」，中華民國第三屆機車交通與安全研討會論文集，民國 90 年 4 月，p1~p16。
28. Charles C Branas, M. Margaret Knudson, "Helmet laws and motorcycle rider death rates", 2001.
29. Hiro-Sato Niwa, "Self-organizing Dynamic Model of Fish Schooling", 1994.
30. Hiro-Sato Niwa, "Newtonian Dynamical Approach to Fish School", 1996.
31. Jianping Wu, Mark Brackstone, Mike McDonald, "FUZZY SETS AND SYSTEMS FOR A MOTORWAY MICROSCOPIC SIMULATION MODEL", 1999.
32. Kiyohiko Hattori, "Self-organized critical behavior of fish school and emergence of group intelligence", 1999.
33. Rathi, A. K. and Nemeth, Z. A., "FREESIM: a microscopic simulation model of freeway lane closures." 1986.
34. Yoshinobu Inada, Keiji Kawachi, "Order and Flexibility in the Motion of Fish School", 2002.