

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

最佳空間分段下之高速公路事故頻次模式
Freeway Crash Frequency Modeling with an
Optimal Spatial Segmentation



指導教授：邱裕鈞 博士

研究生：鍾佩儒

中華民國一〇〇年六月

最佳空間分段下之高速公路事故頻次模式

Freeway Crash Frequency Modeling with an Optimal Spatial Segmentation

研究生：鍾佩儒

Student: Pei-Ju Chung


指導教授：邱裕鈞

Advisor: Dr. Yu-Chiun Chiou

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文



A Thesis
Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
In Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of
Master
in
Traffic and Transportation
June 2011
Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇〇年六月

最佳空間分段下之高速公路事故頻次模式

學生：鍾佩儒

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學交通運輸研究所碩士班

摘要

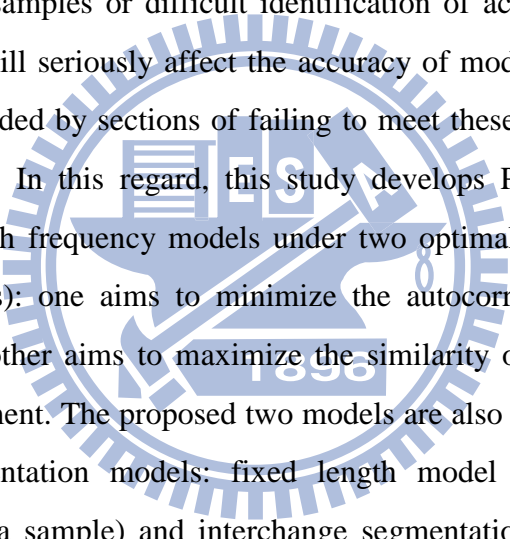
事故頻次分析必須將事故資料依空間加分割，但由於在空間上相鄰路段的幾何設計及交通環境大致相同，易導致樣本間之自我相關性(autocorrelation)問題；其次，空間上因路段分割未能配合地理環境、沿線土地使用及道路幾何設計等因素，而忽略樣本空間異質性(heterogeneous)問題。以上兩項問題將嚴重影響模式參數推估之正確性，在實務上亦會因路段分割未能配合環境因素而難以施行。

基此，本研究利用基因演算法分別以空間自我相關最小及空間同質性最高兩項目標，分別進行路段分割，並與另外兩種常用的路段分割方式：固定路段模式（1公里路段視為一個樣本）及交流道模式（兩兩交流道間之路段視為一個樣本），進行比較。路段分割後，再以卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式作為構建事故頻次模式之基礎。最後，以中山高速公路作為實例應用。結果顯示，以 MAPE 值而言，固定路段模式表現最佳，而本研究所提出的空間自我相關最小模式及空間同質性最高模式則次之。但若以空間自我相關係數觀之，主觀路段分割模式均呈現相當高的自我相關係數，而本研究所提出的兩種空間分割模式則能維持相當低的自我相關係數，避免可能產生的推估誤差。

關鍵字：卜瓦松迴歸、負二項迴歸、高速公路事故頻次、最佳空間分段。

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract



To conduct an aggregate crash frequency analysis, the whole study area (e.g. a freeway or a city network) should be segmented into several smaller areas each of which is then treated as one sample so as to model building. Most of previous studies tend to subjectively segment the study area without considering the spatial correlation and similarity among segmentations, resulting into the potential estimation errors due to correlation among samples or difficult identification of accident-prone locations. These two problems will seriously affect the accuracy of model parameter estimates in practice will be divided by sections of failing to meet these environmental factors and difficult to apply. In this regard, this study develops Poisson regression and negative binomial crash frequency models under two optimal spatial segmentations (by genetic algorithms): one aims to minimize the autocorrelation of consecutive segmentations and another aims to maximize the similarity of explanatory variable values within one segment. The proposed two models are also compared with another two subjective segmentation models: fixed length model (every one kilometer segment is treated as a sample) and interchange segmentation model (the segment between two consecutive interchanges is treated as a sample). A case study on Taiwan No.1 freeway is conducted. Results show that in terms of mean absolute percentage error (MAPE), the fixed length model performs best due to its largest sample size, followed by the proposed two models. However, in terms of spatial correlation coefficient, the proposed two models exhibit rather low autocorrelation but the subjective segmentation models have much higher correlation coefficient.

Keywords: Poisson regression, negative binomial regression, crash frequency modeling, optimal spatial segmentation.

誌謝

日月如梭，韶光飛逝，充實的碩士生涯即將劃下句點。回顧兩年來的生活，這一路上歷經許多波折及磨練，期間受到許多人的支持與鼓勵，內心充滿無限的感恩。首先，非常感謝指導教授邱裕鈞老師，在忙碌之餘不遺餘力的給予指導與策進，您對學生的問題不厭其煩的解釋與提點，讓學生獲益良多，希望老師升等後，在繁忙工作中仍不忘照顧身體健康。同時，也感謝黃承傳老師及陳穆臻老師於論文研討時的指教，經由與老師的問答，使學生能夠發現並釐清研究所產生的盲點，並對學生的研究內容提供許多寶貴的意見。感謝口試委員暨南大學周榮昌教授、成功大學陳勁甫教授及逢甲大學溫傑華教授於百忙之中撥冗審閱論文，並惠予寶貴的意見與指證，使本論文內容更臻完善。

此外，我要感謝傅強學長於當兵期間，仍願意多次抽空幫我們檢視模式，當我們遇到問題時，亦與我們一起討論抽絲剝繭找到癥結點，在此祝福學長一切順利。感謝博士班季森學長及裕文學長，在論文上給予的啟發和協助，實令我受用無窮。感謝既是交研又是逢甲前輩的阿勳學長及螃蟹學長，無論在研究生活或論文方面，皆親切且耐心的給我很多資訊和建議。另外，感謝同是邱家人的尼尼、小白、Robert、小鬼和小邱，一年來密集 Meeting 和趕進度壓力下，相互鼓勵患難與共的光陰，在研究生生活裡最難以忘懷。感謝大黃家的阿欽和派翠克，你們的熱心幫助真的讓我十分感動。馮家女孩首先感謝雅方，口試當天義不容辭遠從淡水趕來幫我紀錄；再感謝大蘇在我想找人聊聊時，妳都能用妳獨特的方式鼓勵我。此外，感謝遠在竹交的小 p 當我在論文遇到瓶頸時，即時的伸出援手。最後，感謝交研大家庭所有成員們，深深覺得能認識大家真是我的福氣，還有在這過程中許多幫助我陪伴我的好朋友，雖然無法在此一一道出，但是我由衷的感謝你們。

最重要的是，要感謝我摯愛的家人，因為有你們的支持與關懷，讓我於求學時仍能無後顧之憂的學習，在我無論得意或失意時，你們永遠是最溫暖的避風港，我真的十分幸福，希望你們身體健康平安，事事順心。同時，也感謝一直以來最包容我的峻明，你總是能適時地給我鼓勵與力量，在我開心時一起哈哈大笑，遇到挫折感到無助時給予安慰，有你的陪伴很快樂，希望你平安順心。

鍾佩儒 謹誌於

國立交通大學交通運輸研究所

中華民國一〇〇年六月

目錄

摘要.....	i
<i>Abstract</i>	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
一、緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究流程.....	3
1.4 研究內容.....	4
二、文獻回顧.....	6
2.1 事故頻次模式.....	6
2.2 基因演算法之應用.....	24
2.2.1 分群.....	24
2.2.2 路段分割.....	25
三、研究方法.....	28
3.1 文獻彙析法.....	28
3.2 事故頻次模式.....	28
3.3 路段分割演算法.....	29
四、資料蒐集與分析.....	33
4.1 事故資料統計.....	33
4.2 交通流量與組成.....	33
4.3 道路幾何因素.....	34
五、路段分割.....	36
5.1 樣本處理.....	36
5.2 路段分割方式.....	36
5.3 分割結果比較.....	37

六、模式建構與分析.....	41
6.1 模式建構.....	41
6.2 模式估計.....	42
6.2.1 事故頻次模式推估—一般線性迴歸.....	43
6.2.2 事故頻次模式推估—對數線性迴歸.....	51
6.3 事故頻次模式之預測能力推估.....	59
6.3.1 一般線性模式.....	59
6.3.2 對數線性模式.....	65
6.4 模式比較.....	71
6.4.1 一般線性迴歸.....	71
6.4.2 對數線性迴歸.....	71
七、結論與建議.....	73
7.1 結論.....	73
7.2 建議.....	74
附錄一：94 年度國道一號平均每日交通量.....	75
附錄二：國道一號道路幾何資料.....	81
參考文獻.....	85



表目錄

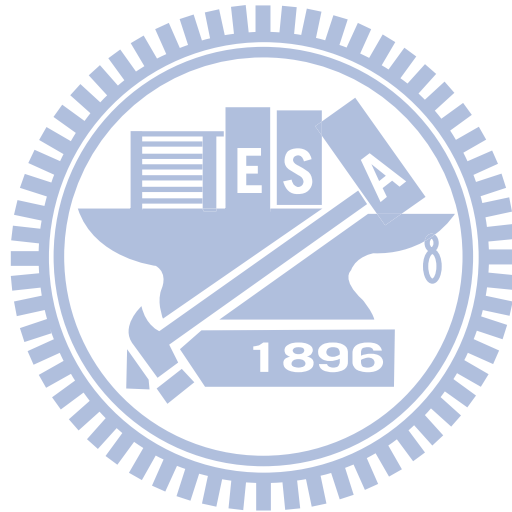
表 2-1 事故頻次模式文獻彙整	15
表 2-2 基因演算法文獻彙整	27
表 4-1 各事故類型之事故件數統計表	33
表 4-2 民國 94 年度各車輛類型年平均交通流量統計表	34
表 4-3 民國 94 年度交通流量及幾何設計整理	35
表 5-1 各樣本劃分方式之分割結果比較表	38
表 5-2 路段分割後之事故件數彙整	39
表 5-3 各路段分割方式之事故件數統計	40
表 6-1 以 1 公里為樣本單位下之一般線性事故頻次模式	44
表 6-2 以兩兩交流道為樣本單位下之一般線性事故頻次模式	46
表 6-3 以空間自我相關最低為樣本單位下之一般線性事故頻次模式	48
表 6-4 以空間同質性最高為樣本單位下之一般線性事故頻次模式	50
表 6-5 以 1 公里為樣本單位下之對數線性事故頻次模式	52
表 6-6 以兩兩交流道為樣本單位下之對數線性事故頻次模式	54
表 6-7 以空間自我相關最低為樣本單位下之對數線性事故頻次模式	56
表 6-8 以空間同質性最高為樣本單位下之對數線性事故頻次模式	58
表 6-9 以 1 公里為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表	60
表 6-10 以 1 公里為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	60
表 6-11 以兩兩交流道為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表	61
表 6-12 以兩兩交流道為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	62
表 6-13 以空間自相關最小為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表	62
表 6-14 以空間自相關最小為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	63
表 6-15 以空間同質性最大為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表	64
表 6-16 以空間同質性最大為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	64
表 6-17 以 1 公里為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表	65
表 6-18 以 1 公里為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	66
表 6-19 以兩兩交流道為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表	67
表 6-20 以兩兩交流道為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	67

表 6-21 以空間自相關最小為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表	68
表 6-22 以空間自相關最小為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	69
表 6-23 以空間同質性最大為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表	69
表 6-24 以空間同質性最大為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表	70
表 6-25 一般線性迴歸模式推估結果及預測分析比較表	71
表 6-26 對數線性迴歸模式推估結果及預測分析比較表	72



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	3
圖 3-1 原始問題與 GAs 的關係.....	30
圖 3-2 蒙地卡羅轉盤選擇示意圖	30
圖 3-3 三種交配方式示意圖	31
圖 3-4 兩種突變方式示意圖	32
圖 3-5 全長 20 公里的高速公路之空間分割案例	32



一、緒論

1.1 研究背景與動機

事故分析與預測(accident analysis and prediction)對於事故肇因之確認及預防，具有相當重要之意義，至今已吸引諸多學者投入此議題之研究，無不希望能將主要肇因加以確認，進而提出改善策略，俾以降低事故發生頻率或減輕事故嚴重性。由於事故資料多來自員警現場製作之事故調查報告建檔而成，該報告大致包括幾項資料：駕駛人社經背景、車輛基本資料、駕駛人違規狀況、現場環境背景及碰撞型態等。為能釐清事故肇因，並據以研擬改善對策，故諸多研究乃基於這些事故資料進行模化、分析及預測。

因事故分析與預測需將事故之樣本資料依空間予以分割，為避免平滑效果(smoothing-out effect)導致許多重要變異資訊損失，通常在資料許可的情況下，會採用較小的空間區段作為分析樣本。例如，以較短的長度(例如，2公里)取代兩兩交流道區段，但由於在空間上鄰近路段的幾何設計及交通環境大致相同(尤以高速公路為例)，易導致樣本間之自我相關性(autocorrelation)問題。所謂事故樣本間之自我相關問題，即當道路被分割成多個區段後，若發現鄰近路段內所發生之事故件數相近，表示可能出現此些鄰近路段存在空間環境相關性，此時這幾個鄰近路段不應被劃分成多個路段，而應視為同一路段來進行事故分析。另外，在空間上亦常因路段分割未能配合地理環境、沿線土地使用及道路幾何設計等因素，而忽略樣本空間異質性(heterogeneous)問題。所謂樣本空間異質性問題，即當道路分隔成多個路段後，其路段內之道路幾何設計混雜，並且路段間之道路幾何設計無法做明顯區隔，此時應盡量使路段內之道路幾何呈現單純，而路段間道路幾何設計則應盡量具有顯著差異。因以上兩項問題將嚴重影響模式參數推估之正確性，即使目前已推衍出許多模式可處理事故頻次分析問題，但實務上若依據模式分析結果研提改善策略時，會因路段分割未能配合上述環境因素而難以施行，於是必要在構建模式前，先透過資料優先處理程序，合理切割分析資料，以避免事故樣本自我相關性及樣本空間異質性問題的產生，是為本研究動機之一。

因國內尚未提出以客觀切割樣本資料推估之高速公路事故頻次模式，為使高

速公路事故分析所提出之改善措施能夠獲得明顯成效，本研究將藉由研究動機之一之空間區段分割結果，套用我國之高速公路事故資料，進而推擬出適用於國內高速公路事故分析模式，是為本研究之研究動機之二。

本研究根據國內交通特性(例如：AADT 及交通組成等)，並考量道路幾何設計及交通管理準則等，以及至今事故頻次模式之沿革，發現事故分析模式之發展已相當精細，模式的運用亦已符合實際事故資料之構成，且經由這些模式之分析，其結果將更具效率及效度，對發展道路事故分析及預測有顯著貢獻，但各國家交通特性、地理環境及交通管理方式皆不同，因此，需將模式予以重新校估，加入可充分描述我國事故之解釋因子，建構適合國內高速公路的事故頻次模式。

1.2 研究目的

本研究依據過去研究之事故頻次統計模式，包含卜瓦松迴歸、負二項迴歸、零膨脹卜瓦松迴歸(zero-inflated Poisson, ZIP)、零膨脹負二項迴歸(zero-inflated negative binomial, ZINB)等模式，歸納彙整模式應用於實際案例分析之成果，提出符合我國高速公路之事故頻次模式，並於模式中加入路段之交通特性及道路幾何特性等重要解釋變數，為此，本研究需先行對事故頻次之空間分割方式進行研擬，以保障研究路段之重要特性不被忽略或錯估，使事故分析結果近乎真實。

本研究目的如下：

1. 建構我國高速公路之事故頻次模式。
2. 以樣本間空間相關性最低為目標，提出我國高速公路事故分析之事故空間分段模式，以提高事故頻次模式之預測績效。
3. 以同一路段內之解釋變數同質性最高為目標，提出我國高速公路事故分析之事故空間分段模式，以提升主管機關對路段安全改善策略之成效。
4. 以實際肇事資料套用至本研究建構之事故頻次模式，進而獲得符合真實事故情形之頻次模式。
5. 探討以傳統分割路段方式及本研究所提出之兩種空間分段模式建構之事故頻次，並進行模式特性比較與分析。

1.3 研究流程

本研究之流程如圖 1-1 所示。

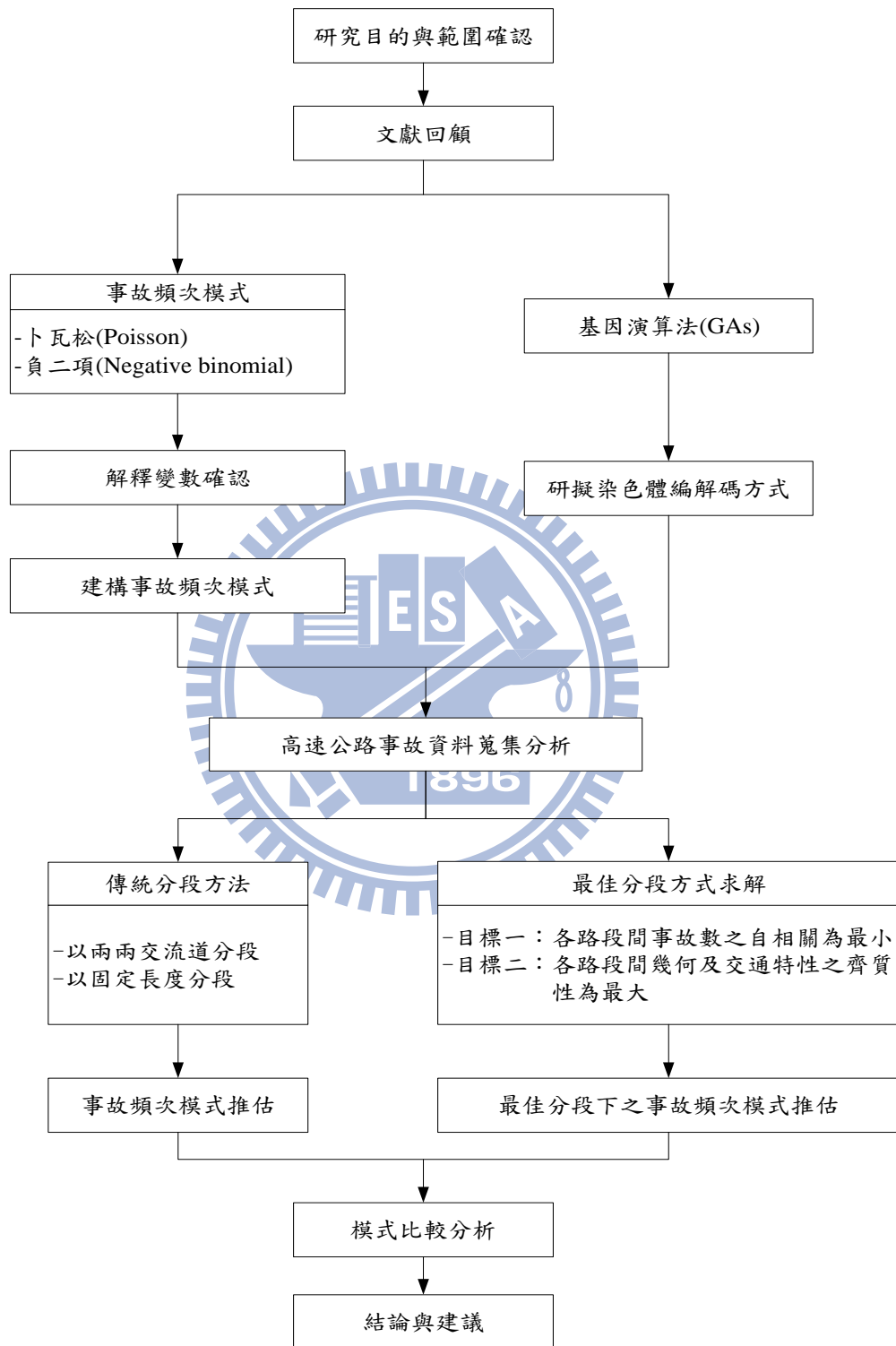


圖 1-1 研究流程圖

1.4 研究內容

本研究目的為推估我國高速公路之事故頻次模式，並藉由實際道路資料進行模式參數推估，分析比較由不同分割樣本方式所推估之事故頻次模式結果，並透過模式推估之結果應用於事故分析上，以提供相關分析研究之參考。茲將本研究之研究內容分述如下：

1. 研究目的與範圍確立

確立本研究主要研究目的及範圍。

2. 相關文獻回顧

本研究擬利用數位圖書館及網際網路等資源，檢索有關卜瓦松迴歸分析及負二項迴歸分析等事故分析與預測文獻，以及基因演算法相關文獻資料，用以提供本研究進行模式建構與比較分析參考。

3. 解釋變數確認及模式建構

歸納文獻回顧時，肇事分析相關研究所納入之解釋變數，並初步確認重要解釋變數，進而設定事故頻次模式之型式。

4. 研擬基因演算法染色體編解碼方式

應用遺傳演算法進行事故資料時空分割時，以染色體方式表達之編解碼技術(encoding and decoding)分割空間。例如，將高速公路全長每 1 公里以一個基因表之，其值為 1 即代表分割點，因此各路段即是以兩個基因值為 1 的位置做為路段分割的界線。有關之染色體編解碼方式將於 3.3 節作進一步介紹。

5. 蒐集高速公路事故資料、交通量資料及道路幾何資料

蒐集民國 94 年之國道一號之肇事資料，並將事故資料分為 A1(死亡事故)、A2(受傷事故)、A3(財損事故)三大類，獲得全年共計 9,311 件。其中，A1 事故 67 件，A2 事故 509 件，A3 事故 8,735 件。事故資料包括：事故發生時間地點、當時天候狀況、事故類型、主要肇事原因、傷亡狀況、交通管制狀況、駕駛人行為與違規狀況等。

蒐集民國 94 年國道一號之交通量資料及道路幾何資料。其中，交通量資料是以兩兩交流道為蒐集單位，交通量資料包括：全年交通量(小車、大車及聯結車)、AADT(小車、大車及聯結車)。道路幾何資料亦是以兩兩交流道為資料蒐集單位，包含：縱坡度(最大上坡、最大下坡)、曲率半徑、克羅梭曲線參數、車道數、有無設置收費站及有無設置休息站等。

6. 分別建構以傳統分段法及最佳分段方式下之事故頻次模式

首先以兩兩交通交流道及固定長度為一路段之傳統分割方式，將事故資料予以分割，再以卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式進行模式參數推估，以了解不同模式對事故頻次之解釋能力。

接著，進一步利用遺傳演算法所建立高速公路事故空間資料之最佳分割方式，並將分割所得樣本為基礎，重新推估事故頻次模式。

7. 模式比較與分析

以兩兩交流道及固定長度之傳統分割方式所得樣本所推估結果，並與以「最佳分割」樣本為基礎之模式推估結果進行比較分析，以了解經由最適分割後，結果解釋度提昇情況，並據以研提進行總體事故頻次模化時，樣本分割之最適處理方式。

8. 結論與建議

由本研究經驗與求解結果，研提具體研究結論以及研究結果於安全上意涵之建議。

二、文獻回顧

有關事故頻次(crash frequency)之分析與預測，以總體之角度(彙整某一路段或一交叉路口於一段期間內之事故件數)進行分析者，大多採用卜瓦松迴歸(Poisson regression, PO)及負二項迴歸(negative binomial regression, NB)進行分析。但若以一路段或一路口為單位所蒐集之事故資料，常存在零事故過多之情況，故上述之統計方法亦常搭配零膨脹模式(zero-inflated, ZI)進行事故頻次分析。

基因演算法(Genetic algorithms, GAs)為樣本資料進行分割或分群的方法之一，其基於尋優理論達成最佳化的目標，即 GAs 會在尋優過程中去蕪存菁，剔除原始問題較差的決策變數，最後僅保留較優良的決策變數。

因此，本章首先將於過去的研究中，對空間分割的方式及選用之事故頻次模式進行彙析，接著彙整基因演算法相關應用，兩項主題之文獻回顧分將以下兩小節說明。

2.1 事故頻次模式

Hadi *et al.* (1995)指出肇事資料可能存在過度離散現象，使用卜瓦松迴歸模式雖可以校估出一致性的參數，惟參數之變異數將不符合一致性；故建立負二項迴歸模式探討公路橫斷面設計對肇事之影響。其蒐集 1988 至 1991 年間佛羅里達州道路、交通及肇事資料，並依劃分路段加以整理，其納入之解釋變數包含：路段長度、AADT、車道寬、內側及外側之路肩鋪面與寬度、中央分隔帶寬度及類型、立體交叉數、速限及是否有鋪設路邊石等。路段劃分原則係採道路幾何特性相似者即劃為同一路段，並為避免短路段可能受比鄰路段影響而將路段長度設定在 0.05 英哩(約 0.0804 公里)以上。

Shankar *et al.* (1995)欲探討道路幾何設計與天候相關因素對事故發生頻率之影響，其蒐集 1988 年 1 月至 1993 年 5 月於華盛頓州 90 號州際高速公路之事故及氣候資料，事故資料係以每年之各個月份為單位，共獲得 2,225 筆事故數；天候則以每月所獲得的資料為分析依據。作者將長約 61 公里的公路成長度皆為 6.1 公里之 10 個路段，接著對分析路段進行編號，並針對分析路段的總肇事頻率建立負二項迴歸模式，再根據碰撞類型(如側撞、追撞、撞及路邊停等車輛、撞

及固定物體與其他碰撞類型)各自分別建立負二項迴歸模式；對翻車事故則建立卜瓦松迴歸模式，接著比較並歸納顯著變數進行分析。研究結果發現，分析路段之界定存在地域性，且氣候則會影響時間之切割等現象。

Shankar *et al.* (1997)認為以 zero-altered 類型的分析模式，如零膨脹卜瓦松迴歸(zero-inflated Poisson, ZIP)模式、零膨脹負二項迴歸(zero-inflated negative binomial, ZINB)模式更能符合描述實際的肇事資料。由於過去進行肇事頻次分析時，僅考慮路段上發生之肇事次數，但實際資料卻顯示，在相同觀測期間下仍有部分路段是未發生事故的。作者以連續 2 年(1992~1993)華盛頓州高速公路事故資料進行實證，並將肇事地點區分為主要幹道、小型幹道及聯絡幹道三種，各道路類型之平均路段長分別為 0.097 公里、0.090 公里及 0.154 公里，其所納入之解釋變數包含：路段長度、行車度限、每年每日的平均交通量(AADT)、水平曲率、轉彎半徑、切線長度、急彎數及車道數等。分析結果發現，主要幹道上的肇事資料較符合負二項迴歸模式、小型幹道肇事資料較符合 ZINB 模式，而聯絡幹道資料較符合 ZIP 模式。

就肇事資料需使用卜瓦松迴歸(Poisson regression, PO)模式或負二項迴歸(negative binomial regression, NB)模式或零膨脹卜瓦松迴歸(zero-inflated Poisson, ZIP)模式，抑或是零膨脹負二項迴歸(zero-inflated negative binomial, ZINB)模式進行分析之判斷，可利用 α 值之 t 檢定顯著與否加以判別應採用 PO 或 NB 模式；當 Vuong 統計量值大於 1.96 時，需採用 ZINB 模式，而 Vuong 統計量值小於-1.96 時，需採用 NB 模式；當 Vuong 統計量值介於-1.96~1.96 之間時則是無法判別。

戚培芳(1997)以 1991~1995 年之列管肇事為研究對象，為使模式得以掌握實際肇事特性，其首先針對中山高速公路肇事變動趨勢、肇事發生分配型態及肇事影響因素進行分析，以作為模式構建之基礎；接著採用一般化線性模式(generalized linear model, GLM)中之卜瓦松迴歸及負二項迴歸分析技術，並考量公路供給特性、交通特性及管制措施三大類肇事影響因素，分別構建高速公路三種路段(主線、交流道及收費站)之肇事分析模式。其研究結果發現，三種路段之肇事分析模式有所差異，除模式解釋變數不全然相同外，亦各有不同之適用模式，例如收費站路段適用卜瓦松迴歸模式，而主線及交流道路段則以負二項迴歸模式較佳；顯示主線及交流道路段之肇事發生存在過度離散(即肇事發生次數之變異數大於平均數)情形。

經由肇事因果分析，作者獲得以下結論：(1)公路幾何特性對於肇事之發生有顯著影響，不僅受路段本身幾何特性影響，亦受到毗鄰路段之影響；避免陡下坡及曲度差距過大之設計、減少交流道路段之衝突點數及廢除戰備跑道均有助於減少肇事之發生。(2)肇事次數隨每車道車公里數及重車比例之增加而增加。(3)提高速限有助於減少主線路段之肇事發生。

Abdel-Aty *et al.* (2000)使用負二項迴歸模式將交通事故發生頻率加以模化，並利用 1992 至 1994 年間於佛羅里達 50 號國道所蒐集之 1,606 筆事故資料進行模式校估，此條連結佛羅里達東西部之高速公路總長 227 公里，作者以地理環境或道路幾何(例如車道數及中央分隔寬度等)的改變作為分段依據，共分割成 566 個事故分析路段。其納入考量之解釋變數包含每年每日的平均交通量(AADT)、車道數、水平曲率、中央分隔型式、路肩寬度、道路鋪面、行車速度以及是否為城際道路等。研究結果顯示當 AADT 增加、超速、道路寬度縮減、多車道以及是為城際道路等變數對提高事故發生機率有顯著影響。

Lee *et al.* (2002)藉由 ZINB 模式進行事故頻次分析，進而探討以公路幾何設計、路肩寬度、中央分隔寬度、橫豎曲線及交通特性為解釋變數時，對事故發生頻率之影響。作者蒐集 1994 至 1996 年間華盛頓州 3 號州際高速公路南向之道路、交通及事故資料，以劃分路段的方式進行資料整理，研究路長共 96.6 公里，而路段劃分原則為固定長度 805 公尺為一路段，總共分為 120 個路段，獲得之事故資料共 489 筆，以每一路段之每個月之資料作為基礎構建事故頻次模式。

此篇研究結果發現，當行車速度超過 85 公里/小時、路邊非連續之行道樹數目越多、路肩寬度越寬、路肩外側至欄杆的距離越寬等因素，對事故發生頻率有顯著增加之影響；當中央安全島的寬度越寬、路肩外側至路燈距離越寬等因素則會降低事故發生的頻率。最後作者建議減緩路段坡度、減少非連續行道樹之存在、增加路肩外側至路燈距離及減少路肩外側至欄杆距離，將會有效減少事故發生的頻率。

Lee *et al.* (2002)欲探討年輕駕駛發生事故之潛在因素，其透過 1,174 位持有駕照滿 12 個月之年輕駕駛為研究對象，透過問卷調查方式得知受測者之駕駛特性、習慣及肇事紀錄等。研究方法係以卜瓦松迴歸、負二項迴歸及零膨脹卜瓦松迴歸(zero-inflated Poisson, ZIP)模式進行事故分析，並透過概似比檢定(likelihood ratio test)結果得知，負二項迴歸與 ZIP 均比卜瓦松迴歸更為適合進行此次事故分

析，且負二項迴歸與 ZIP 透過皮爾森配適度檢定(Pearson goodness-of-fit)之結果相同；而在計數資料中若零次過多時，ZIP 較為適合進行事故分析。研究結果發現，駕駛技術因素並不顯著影響事故發生，性別亦與喜愛冒險之特性無關，而持有學習駕照者會較具有冒險特性，其在取得駕照後之 1 年內會有較高的事故發生機率，若先使用學習駕照駕駛後才獲得駕照者，其發生事故機率比過去沒有學習駕照者來的高。

Qin *et al.* (2004) 蒐集 1994~1997 年密西根州高速公路道路及事故資料，並以位於較鄉間之兩線車道且未包含重要交會路口為研究對象，進而將研究道路隨機的分成 29,800 個路段，路段長度約為 0.016~12.51 公里，平均長度為 0.992 公里。作者先將事故資料分成四種形式，包含同向單一車輛事故、同向多車輛事故、反向多車輛事故及交會多車輛事故，再利用 ZIP 進行事故預測模式之構建，進而推論交通及道路特性對各類型事故頻次之相互關係，其所納入考量之解釋變數包括：AADT、路段長度、速限、車道寬以及路肩寬度等。

研究結果發現，事故頻次與 AADT 呈現非線性關係，且兩者之相互關聯會依事故形式之不同而異，例如同向單一車輛事故頻次與 AADT 呈反向關係，同向多車輛事故頻次與 AADT 呈正向關係，反向多車輛事故頻次與 AADT 呈正向近似線性關係，而交會多車輛事故頻次與 AADT 呈反向關係。於事故頻次與路段長度之探討中得知，兩者間亦為非線性，並且在四種事故形式中，路段長度對交會多車輛事故頻次之影響最小。

吳易真(2004)以基隆市轄區 2000 至 2002 年間所發生之肇事案件為分析對象，其將肇事地點區分為路口與路段二部份，先以因子分析中之主成分分析整併相關肇事因素，再以一般化線性模式(GLM)中的卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式分別構建基隆市路口及路段之肇事分析模式。研究結果顯示基隆市路口及路段之肇事模式皆以負二項迴歸模式較為適合。

由肇事因果分析關係發現，於路口部分，以能見度因子、交通量因子、路面狀況因子、道路型態因子、視線因子、號誌因子等六個解釋變數與肇事次數呈現顯著相關；而在路段部分，則以路面狀況因子、視線因子、道路限制因子、道路型態因子、分向設施因子等五個解釋變數與肇事次數呈顯著相關，惟能見度因子與肇事次數之關係較不顯著。

Lord *et al.* (2005) 蒐集 1994~1998 年之魁北克高速公路肇事資料，利用卜瓦

松迴歸分析及負二項迴歸分析建構與車流特性相關之事故預測模式，考量之解釋變數包括每小時之交通量、每小時之車輛密度及每小時之 V/C 比。作者定義之研究路段分別位於都會及鄉間區域，都會路段為一段長 5 公里 6 車道之路段，鄉間路段則分成八段，長度約為 1.5~9.4 公里，八個路段的其中六段為 4 車道，其餘兩段為 6 車道；都會路段之肇事次數共 2,817 件，鄉間路段共 1,865 件。

研究結果顯示，若只將交通量作為建構預測模式之變異因子，則此模式無法適當的解釋高速公路路段上之事故特性；然而將車輛密度及 V/C 納入預測模式之建構時，則較能夠適當的解釋事故特性，故提出當車輛密度及 V/C 較高時，事故風險及肇事次數亦會增加。最後作者認為，無論係選擇交通量或車輛密度抑或是 V/C 之函數作為建構預測模式之解釋變數，都應將單一車輛事故及多車輛事故分別進行模式之探討。

Lord *et al.* (2005) 欲說明無論於分析事故肇因或者建構預測模式時，如何在許多常用的事故分析模式中，選用較適當的統計模式分析事故資料，其並以基本的統計方法作為基礎推導出各模式間之統計關係，進而提供強而有力的思考邏輯，以引導後進應如何適當的使用事故分析模式。其所提出適合進行事故分析之統計模式包含卜瓦松迴歸模式、負二項迴歸模式、ZIP 模式及 ZINB 模式。由於事故計數資料中經常出現零事故資料過多的問題，作者亦針對此問題之成因進行分析，即觀測點具有低曝光量、高風險及高異質性的特性，以及在分析事故資料時，取決之時間或空間尺度過小，接著就成因提出改善對策，分別為使用 small-area 統計方法、投入原來未觀察到之異質性項目進入負二項迴歸及卜瓦松迴歸模式之中，以及變更分析時間或空間之尺度。

Sittikariya *et al.* (2005) 指出事故資料可能存在時間序列相關及零膨脹的現象，此篇研究分別利用負多項迴歸(negative multinomial regression, NM)及 ZIP 構建事故分析模式，以避免此兩種現象致使肇因特性之誤判。作者並以連續 5 年 (1990~1994) 於華盛頓州穿越中線事故之計數資料進行模式演練，並以高速公路未設置中央護欄路段為研究對象，依此條件下可將道路分成 275 個路段，路段長度皆超過 800 公尺，演練所納入之解釋變數包括：AADT、大車比、速限、中央分隔帶寬度、路段長度、車道寬、公路橫豎曲線、立體交叉個數以及降雪深度等。

實例演練結果發現，AADT 及立體交叉個數對穿越中線之事故頻次有顯著影響，而路段長度與中央分隔帶寬度，以及每月氣候與每英哩(mile)之水平曲線數

之兩兩交互作用，對穿越中線之事故頻次之預測具有重要意義。經由研究結果得知，此次建構穿越中線事故頻次之預測中，ZIP 模式預測效果良好。

Aguero-Valverde *et al.* (2006)藉由連續 5 年(1996~2000)賓州地區道路事故造成之受傷及死亡資料，分別利用負二項迴歸模式及貝氏層級模式進行事故與空間是否具相關性的分析。其所考量之解釋變數包含：人口-社經背景、天候狀況及運輸相關特性(道路等級、每日車輛行駛里程及交通特性)等。

研究結果顯示，當此區域貧窮人口比例較高，0~14 歲、15~24 歲及 64 歲以上之人口比例較高，路段長度及道路密度較高時，會使事故風險顯著增加。作者亦表示受傷事故頻次具有明顯空間相關性，而死亡事故頻次則否；並且相較於死亡事故頻次，對受傷事故頻次具高度影響之解釋變數較多。兩種模式之比較方面，一般而言，在負二項迴歸模式有顯著影響之解釋變數，在貝氏層級模式中亦會顯著；另一方面，在負二項迴歸模式中僅有較小影響之變數，其於貝氏層級模式中便呈現不顯著。

Lord(2006)指出負二項迴歸模式常被使用於分析肇事資料，但若當事故資料存在低樣本平均數(low mean problem, LMP)及樣本數太小的問題時，就會對模式的校估造成顯著影響。此篇研究首要探討當運用負二項迴歸模式進行事故資料的分析時，於低樣本平均數及樣本數太小之情況下，對估計固定傳播參數(fixed dispersion parameter)的影響為何，次要探討當利用不可靠的傳播參數進行高速公路事故分析研究時，其對於分析結果之影響為何；其中作者用以估計模式參數的方法包含：動差估計法、加權迴歸估計法及最大概似估計法。

作者首先利用 1990~1995 年加拿大多倫多市 59 個未號誌化路口之碰撞造成受傷與死亡肇事資料，共 345 個觀察值進行事故模化分析，接著運用相同年份(上述 59 個觀測點以外)之肇事資料，分別以另外兩個樣本集合(各 50 個觀測值)進行模化分析，進而對兩項探究之問題提出研究結果推論。

研究結果顯示，第一，若肇事資料具有低樣本平均數及樣本數太小之特性，則對估計傳播參數有嚴重的影響；以最大概似估計法為例，其所估計之參數將因此成為錯估參數，進而導致事故資料具有不正確的傳統卜瓦松分配特性，此錯估之參數亦將影響接續之事故分析研究。第二，若使用錯估之參數進行高速公路肇事分析，則會致使分析結果受到嚴重破壞，且若決策者採用不正確的模化結果進行道路設計或改善方案，最終將影響用路者的安全。

Caliendo *et al.* (2007) 蒐集連續 5 年(1999~2003)義大利高速公路之事故資料，共取得 1,916 筆肇事樣本，欲藉由卜瓦松迴歸分析、負二項迴歸分析及負多項迴歸(negative multinomial regression, NM)分析建立事故分析與預測模式，其所納入事故分析模式之解釋變數包括：路段長度、公路橫豎曲線、坡度、日平均交通量、視距、鋪面摩擦係數以及雨量等。此研究對象為 0.069~1.695 公里之路段所組成，全長共 46.6 公里，路段平均長度為 0.350 公里。作者分別建立以總事故數為基礎之分析模式，以及以嚴重(傷亡)事故為基礎之分析模式，並比較兩模式之係數顯著性及差異。

研究結果之比較顯示，卜瓦松迴歸分析不適用於模化存在計數資料過度離散問題之肇事資料；負多項迴歸分析較負二項迴歸分析擁有更高的解釋力，因此負二項迴歸分析不適用於模化跨年度且於具多個觀察值之相同路段肇事分析；負二項迴歸分析及負多項迴歸分析在「各路段之過散參數與路段長度成比例」時，此兩種分析模式之解釋力皆會增強。

Lord *et al.* (2007)針對 Lord *et al.*(2005)進一步對 ZI 模式應用於高速公路安全議題發表注意事項及提醒，其建議若欲使用 ZI 模式進行模式的建構，則僅以事故預測為目的時 ZI 模式之效果會最好。

Wong *et al.* (2007)蒐集香港 2002 及 2003 年之 262 個號誌化交叉路口事故率資料，分為輕微受傷事故(slight injury)以及死亡與重傷事故(killed and severe injury, KSI)兩大類，並分別利用負二項迴歸分析及卜瓦松迴歸分析進行模化分析，進而推論哪些因素分別對此兩大類事故發生頻率造成顯著影響。其所考量之解釋變數包括：AADT、臨近路口數、臨近車道數、衝突點數、車道寬、水平曲率、號誌控制時制、商用車輛比例以及是否有電車或輕軌車站等。

Li *et al.* (2008)蒐集連續 11 年(1992~2002)猶他州之駕駛執照發放、駕駛者違規及肇事資料，其中擁有駕駛執照之駕駛者共 1,603,305 筆資料，肇事資料共 597,894 筆，接著作者選用 ZINB 模式建構因道路競速造成之事故頻次模型，所考量之解釋變數包含：駕駛人違規特性(駕駛人無違規紀錄、駕駛人無競速違規紀錄及駕駛人有競速違規紀錄)，駕駛違規次數(0 次、1 次、2 次、3 次及大於等於 4 次)，駕駛人年齡(15~19 歲、20~24 歲及大於等於 25 歲)，駕駛人性別(男性及女性)，以及發照地區(都市及鄉村)。

其研究結果顯示，駕駛者無違規紀錄之發生事故風險近似 0 風險，而有競速

違規紀錄者其易發生事故之風險幾乎為無違規紀錄者的 3 倍，並且，有競速違規紀錄之駕駛者比無違規紀錄者以及無競速違規紀錄者更為可能發生事故，然而，無競速違規紀錄者之其他違規(非競速違規)紀錄若持續增加，其發生事故之風險亦會漸漸與有競速違規紀錄者相當。

Anastasopoulos *et al.* (2009)蒐集 1995~1999 年之印第安那州州際高速公路事故資料，作者將高速公路分成 322 個路段，路段長度介於 0.1~11.53 英哩(約 0.16~18.56 公里)，平均長度為 0.9 英哩(約 1.45 公里)，每一路段自起點至終點具有相同之道路特徵，包含路肩內外寬度、中央分隔帶寬度、道路鋪面、車道數及速限，接著藉由隨機參數之負二項迴歸分析進行事故資料分析，進而推論哪些解釋因素對事故發生頻率造成顯著影響。其納入之變數包括：路段長度、路面水平曲率、鋪面粗糙指數、日平均交通量、內側路肩寬度、中央分隔帶寬度以及是否有中央分隔護欄等。

研究結果發現，隨機參數之負二項迴歸模式可解決計數資料之異質性，並藉由分析得知道路鋪面特性、路段幾何特性及交通特性對路段發生事故之頻次有顯著影響。

Wang *et al.* (2009)藉由英國 M25 環狀高速公路 2004 至 2006 年之肇事資料及 2006 年之交通特性資料(包含平均旅行時間、平均旅行速度以及總車輛延滯)，並對其他可能導致事故之相關因素(包含路段長度、車道數以及公路橫豎曲線等)加以控制之下，分別建構以卜瓦松分配為基礎之非空間分析模式，(卜瓦松-對數常態模式與負二項模式)以及空間分析模式(自迴歸條件(conditional autoregressive, CAR)假定下之卜瓦松-對數常態模式)，探究交通壅塞對道路事故頻率之影響。作者以進出高速公路之匝道作為劃分路段之依據，並依此將道路劃分成 70 個路段，路段長度介於 24.96~1815.26 公里間，平均長度為 749.6679 公里。其納入考量之解釋變數包括：道路擁擠指數、每日平均交通量、平均速度、路段長度、最小轉彎半徑、坡度、車道數及車輛行駛方向等。其研究結果顯示，交通擁塞情形對於 M25 高速公路之事故頻次僅有少許影響。

Lord *et al.* (2010)對事故頻次資料及應用的模式易衍伸之問題進行解釋，亦藉由數年來諸多研究應用之肇事頻次作模式介紹及說明，並列舉各模式之優勢及劣勢，以便事故頻次研究者於選擇模式時，能夠依資料的組成與類型進行模式選擇與評估，使模式對資料之解釋能力提升。其列舉之事故頻次模式包括：卜瓦松迴

歸、負二項迴歸、負多項迴歸、ZIB 及 ZINB 等。

歸納以上文獻可知，因事故件數之分配明顯屬於計數資料(count data)，不符常態分配之要求，無法適用一般迴歸模式進行分析，因此，與事故頻次之相關研究大多以卜瓦松迴歸及負二項迴歸建構事故頻次模式，若事故件數出現零次數過多時，亦會搭配零膨脹模式進行模式推估，例如：ZIP 及 ZINB。若欲劃分資料類別(例如事故類型)，常見的作法為依據界定項目區隔總頻次，進而各自建構頻次模式，藉此比較不同類別下發生頻次的變異。另一方面，經由以上文獻可發現，諸多研究為蒐集跨多年期或多區域之事故資料，但卻鮮少有研究對其樣本資料切割方式作更深入的探討或進一步說明，故在進行事故分析及預測時易出現較不合理的結果。



表 2-1 事故頻次模式文獻彙整

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Hadi <i>et al.</i>	1995	<ul style="list-style-type: none"> ● 負二項迴歸 	<ul style="list-style-type: none"> ● AADT ● 路段長度 ● 車道寬 ● 內側及外側之路肩鋪面與寬度 ● 中央分隔帶類型及寬度 ● 立體交叉數(或交叉路口數) ● 速限 ● 是否有鋪設路邊邊石 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 以 0.05 英哩 (約 0.0804 公里)以上為一路段。 	4 年(1988~1991), 以每年資料為分析樣本。	沒有說明
Shankar <i>et al.</i>	1995	<ul style="list-style-type: none"> ● 碰撞類型- 負二項迴歸 ● 翻車事故- 卜瓦松迴歸 	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路幾何設計 ● 天候情況 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 以 6.1 公里為一路段。 	5 年 5 個月(1988 年 1 月~1993 年 5 月), 以每月資料為分析樣本。	2,225

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Shankar <i>et al.</i>	1997	<ul style="list-style-type: none"> ● ZIP ● ZINB 	<ul style="list-style-type: none"> ● 路段長度 ● 行車度限 ● AADT ● 水平曲率 ● 轉彎半徑 ● 切線長度 ● 急彎數 ● 車道數 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要幹道 (平均長度 0.097 公里) ● 小型幹道 (平均長度 0.090 公里) ● 聯絡幹道 (平均長度 0.154 公里) 	2 年(1992~1993)	沒有說明
戚培芳	1997	<ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松迴歸 ● 負二項迴歸 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公路幾何特性 ● 車行距離 ● 重車比 ● 速限 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 主線 ● 交流道 ● 收費站 	5 年(1991~1995)	沒有說明

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Abdel-Aty <i>et al.</i>	2000	● 負二項迴歸	<ul style="list-style-type: none"> ● AADT ● 車道數 ● 水平曲率 ● 中央分隔型式 ● 路肩寬度 ● 道路鋪面 ● 行車速度 ● 是否為城際道路 	高速公路	● 以地理環境或道路幾何改變作分段依據，共 566 個路段。	3 年(1992~1994)	1,606
Lee <i>et al.</i>	2002	● ZINB	<ul style="list-style-type: none"> ● 公路幾何設計 ● 路肩寬度 ● 中央分隔寬度 ● 橫豎曲線 ● 交通特性 	高速公路	● 805 公尺為一路段，共 120 個路段。	3 年(1994 至 1996)，以每一路段之每月資料為分析樣本。	489
Lee <i>et al.</i>	2002	<ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松迴歸 ● 負二項迴歸 ● ZIP 	<ul style="list-style-type: none"> ● 駕駛人特性 ● 駕駛習慣 ● 駕駛人肇事紀錄 	沒有說明	—	—	1,174

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Qin <i>et al.</i>	2004	<ul style="list-style-type: none"> ● ZIP 	<ul style="list-style-type: none"> ● AADT ● 路段長度 ● 速限 ● 車道寬 ● 路肩寬度 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 路段為隨機劃分，長度介於 0.016~12.51 公里，平均長度 0.992 公里，共 29,800 個路段。 	4 年(1994~1997)	沒有說明
吳易真	2004	<ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松迴歸 ● 負二項迴歸 	路口部分： <ul style="list-style-type: none"> ● 能見度 ● 路面狀況 ● 交通量 ● 道路型態 ● 視線因子 ● 號誌因子 路段部分： <ul style="list-style-type: none"> ● 能見度 ● 路面狀況 ● 視線因子、道路限制 ● 道路型態 ● 分向設施 	市區道路	<ul style="list-style-type: none"> ● 僅分路口及路段 	3 年(2000~2002)	沒有說明

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Lord <i>et al.</i>	2005	<ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松迴歸 ● 負二項迴歸 	<ul style="list-style-type: none"> ● 每小時交通量、 ● 每小時車輛密度 ● 每小時 V/C 比 	高速公路	都會區域： <ul style="list-style-type: none"> ● 5 公里 6 車道，共一路段。 鄉間區域： <ul style="list-style-type: none"> ● 長度介於 1.5~9.4 公里，共八段；其中六段為 4 車道，另兩段為 6 車道。 	5 年 (1994~1998)，蒐集方式分周一~周五、周六及周日三種，統計時間皆以 72 小時為一樣本。	2,817(都會) 1,865(鄉間)
Lord	2005	<ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松迴歸 ● 負二項迴歸 ● ZIP ● ZINB 	—	—	—	—	—

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Sittikariya <i>et al.</i>	2005	<ul style="list-style-type: none"> ● NM ● ZIP 	<ul style="list-style-type: none"> ● AADT ● 大車比 ● 速限 ● 中央分隔帶寬度 ● 路段長度 ● 車道寬 ● 公路橫豎曲線 ● 立體交叉個數 ● 降雪深度 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 路長超過 800 公尺，且未設置中央護欄路段之路段，共 275 個路段。 	5 年 (1990~1994)，以每年資料為分析樣本。	沒有說明
Aguero-Valverde <i>et al.</i>	2006	<ul style="list-style-type: none"> ● 負二項迴歸 ● 貝氏層級模式 	<ul style="list-style-type: none"> ● 人口-社經背景 ● 天候狀況 ● 運輸相關特性(道路等級、每日車輛行駛里程及交通特性) 	地區道路	—	5 年(1996~2000)	沒有說明
Lord <i>et al.</i>	2007	<ul style="list-style-type: none"> ● ZI 模式(包括 ZIP 及 ZINB) 	—	高速公路	—	—	—

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

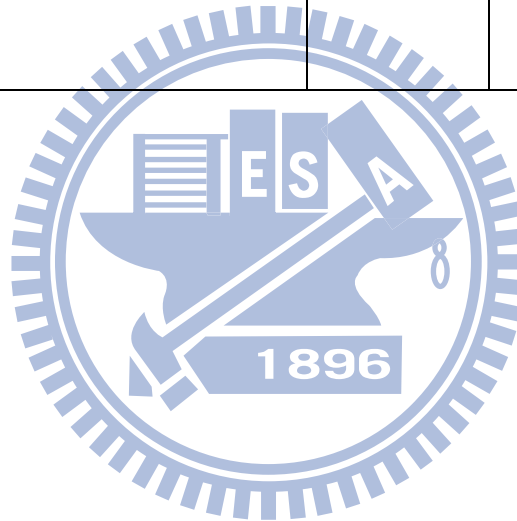
作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Wong <i>et al.</i>	2007	<ul style="list-style-type: none"> ● 負二項迴歸 ● 卜瓦松迴歸 	<ul style="list-style-type: none"> ● AADT ● 臨近路口數 ● 臨近車道數 ● 衝突點數 ● 車道寬 ● 水平曲率 ● 號誌控制時制 ● 商用車輛比例 ● 是否有電車或輕軌車站 	市區道路	<ul style="list-style-type: none"> ● 262 個號誌化交叉路口。 	2 年(2002~2003)	沒有說明
Li <i>et al.</i>	2008	<ul style="list-style-type: none"> ● ZINB 	<ul style="list-style-type: none"> ● 駕駛人違規特性 ● 駕駛違規次數 ● 駕駛人年齡 ● 駕駛人性別 ● 發照地區 	—	—	11 年(1992~2002)	1,603,305 (駕駛執照) 597,894 (肇事資料)

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Anastasopoulos <i>et al.</i>	2009	<ul style="list-style-type: none"> ● 隨機參數之負二項迴歸分析 	<ul style="list-style-type: none"> ● 路段長度 ● 水平曲率 ● 鋪面粗糙指數 ● 日平均交通量 ● 內側路肩寬度 ● 中央分隔帶寬度 ● 是否有中央分隔護欄 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 每路段自起點至終點具有相同之路邊或路面設施，路段長度介於 0.16~18.56 公里，平均長度 1.45 公里，共 322 個路段。 	5 年(1995~1999)	329(最大樣本) 0(最小樣本) 17.561(樣本平均數)
Wang <i>et al.</i>	2009	非空間分析模式： <ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松-對數常態模式 ● 負二項模式 空間分析模式： <ul style="list-style-type: none"> ● CAR 假定下之卜瓦松-對數常態模式 	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路擁擠指數 ● 每日平均交通量 ● 平均速度 ● 路段長度 ● 最小轉彎半徑 ● 坡度 ● 車道數 ● 車輛行駛方向 	高速公路	<ul style="list-style-type: none"> ● 匝道與匝道之間為一路段，長度介於 24.96~1815.26 公里，共 70 個路段，平均長度為 749.6679 公里。 	肇事資料：3 年(2004~2006)之及 交通特性資料：2006 年	沒有說明

表 2-1 事故頻次模式文獻彙整(續)

作者	年份	模式		樣本			
		模式型態	解釋變數	道路性質	路段定義	資料蒐集期間	總樣本數
Lord <i>et al.</i>	2010	<ul style="list-style-type: none"> ● 卜瓦松迴歸 ● 負二項迴歸 ● NM ● ZIB ● ZINB 	—	—	—	—	—



2.2 基因演算法之應用

基因演算法(Genetic algorithms, GAs)由 Holland 於 1975 年提出，是基於「物競天擇」及「遺傳法則」構建而成的尋優理論。而「物競天擇」的操作方式則是模仿遺傳學複製、交配及突變等三大法則，故稱之為基因演算法或遺傳演算法。

近年來，許多研究運用基因演算法的尋優特性，進而對研究樣本進行分割或分群，使樣本可藉由基因演算法之特性獲得符合目標式之最佳化結果，以下內容分就基因演算法之分群及路段分割應用進行文獻整理。

2.2.1 分群

謝欣宏(2002)利用基因演算法進行鐵路司機員排班規劃，此篇研究對象為高雄機務段司機員排班作業，在考慮薪資、合理的工作、休息時間、以及行車作業規定等因素下，其內容可以分為排班與輪班兩個階段。在排班方面，將問題分為(1)可行工作班產生與(2)工作班選擇，共兩個子問題處理。前者以網路產生啟發式方法來排除限制條件並產生合法的工作班組合，再藉由參數控制的方式從所有的工作班組合當中篩選出績效較佳的可行工作班集合；後者則視為一集合涵蓋問題，從可行工作班集合中選擇能涵蓋所有乘務的工作班解集合，基於多目標決策的需要，此步驟以基因演算法為主。在輪班方面，定義為改良式的推銷員旅行問題，在工作班均需執行過一遍的概念下，求取總週期最小等目標，這個階段也是以基因演算法來求解。

此篇研究有以下幾點結論：(1)對於實務問題，最佳化方法因模式表達方式的限制，所得到的結論可能不全然是決策者心中的理想結果。(2)基因演算法配合啟發式方法能考慮多個決策指標，並在短時間內能得到許多不錯的解，較能反映實務需要。(3)研究結果證明可用基因演算等啟發式方法來代替傳統人工作業方式，並能得到不錯效果。

徐皓庭(2004)建立多物料多分公司之最佳存貨模型，以求解使總成本(包含訂購、倉儲、配送及購買等四項成本)最低之各種物料最佳訂購比例，以及各種物料的訂購與倉儲方式。基於訂購及倉儲兩個層面，作者研擬四種存貨策略，分別為「獨立訂購分散倉儲」、「獨立訂購集中倉儲」、「聯合訂購分散倉儲」，以及「聯

合訂購集中倉儲」四種方式，並推導此四種方式下總成本最低時之各項物料訂購量，及進行四種存貨方式之比較分析與成本相關參數之敏感度分析。之後，利用分群方式將物料予以分群之後，就各群採取適用之存貨方式。分群方式主要有兩種，一為傳統統計分群方式，另一為基因演算法分群方式。

以簡例驗證之研究結果發現，若統一利用同一存貨方式，採用「聯合訂購集中倉儲」的情況下，在訂購、倉儲及運送成本方面最低；而「聯合訂購分散倉儲」則在購買成本上最低。若採取分群方式，統計分群的方式與不予分群的方式相差 39,776,908 元，差異為 0.68%。基因分群與不予分群方式相差 41,091,964 元，差異為 0.71%。故利用基因分群的方式可較統計分群方式容易研擬出最佳之存貨策略。

陳俊宇(2007)欲藉由推理邏輯規則(If-then logic rules)為一普遍運用之專家系統，基因演算法(genetic algorithms, GAs)之學習功能，可利用樣本學習方式，自動產生最佳邏輯規則組成，以淬取鑑定委員之推理邏輯規則，以提升鑑定經驗之傳承與鑑定原理之探究助益。作者以 89~91 年兩車碰撞事故案例，共計 538 件、1076 位當事人作為研究對象，透過卡方檢定共評選出 12 個關鍵鑑定變數，以作為潛在之狀態變數，控制變數則設定為鑑定責任。研究結果發現，道路型態、超速、飲酒及路權則為多數規則所參引，顯示此四項變數為鑑定之重要參考變數。

蔡佩珊(2007)利用螞蟻演算法及基因演算法進行分群演算之建構與驗證。由於統計分群是基於相似性的概念，但卻經常因問題複雜程度擴大而產生求解效率不佳的情況且分群效果較無法求得保證。基因分群雖有優良的搜尋最佳分群數。螞蟻分群在求解過程中最困難的為決定分群的群數。因此，作者嘗試透過基因演算法之選擇、交換、突變的特性先決定出最佳的分群數，並決定螞蟻起始位置，再透過螞蟻理論求解出最佳的分群結果。經過此篇研究之多方面之測試及分析後，可以確定 GACA 適用於 p-Median 問題及容量限制問題上，如此 GACA 應亦適用於求解銷售員旅行問題、時窗限制問題...等，並了解 GACA 之應用範圍確實相當廣泛。

2.2.2 路段分割

李志華(2003)對於以地震為主之天然災害重要救災功能之路網與運輸系統，進行緊急救援工作效率之改善。有效率地使用有限之工程資源協助路網緊急搶修

工作將是首要評估指標。受制於時間以及資源品質與數量，緊急救援管理者必須決定一最適排程計畫提出時間與空間規劃以指派工程資源處理路網搶修作業。作者為有效解決此一組合最佳化問題，遂選以基因演算法為架構乃提出兩子模式加以解決相關問題。首先，以模糊數定義方式加以考慮搶修處理時間之模糊性。於演算法設計上整合模糊數排序方法於執行流程中，期許產製一實務可行以資排程決策。其二，以有限資源排程問題角度，採取共生式進化演算法架構為求解演算法機制，有效考慮多重專案與多單位工程資源之路網搶修排程問題。此研究各以設計範例以測試所提演算法之合理性，經由數值結果顯示求解效果良好，此一演算法確實可資路網搶修排程規劃。

賴宇軒(2005)欲建立一個不確定環境下之多目標救災路徑與交通管制整合模式。由於大規模災害剛發生時，由於電力、通訊及道路系統之破壞，災區道路損壞程度之判斷資訊具有相當之不確定性，但救災決策者又不能等資訊蒐集齊全後，再進行救援之決策。故作者建立一個不確定環境下之多目標救災路徑與交通管制整合模式。包括三個子模式與三項目標。其中，第一個子模式是非災民災後交通量指派預測模式，因災害發生後，用路人會因應道路損壞程度資訊與發佈之交通管制路徑，而改變原先的路徑選擇行為。而這些正常旅次之改變，也對道路形成負荷，進而影響衝擊救災與交管路段之選擇，因此有必要在規劃救災路徑予以一併考量。第二個子模式是交通管制模式，其以路段為管制單元，而在規劃路網上選擇部份路段實施交通管制，管制非救援車輛之使用。其求解方法係利用遺傳演算法(genetic algorithms)，以 0-1 編碼方式選擇管制路段。第三個子模式則是救援車輛最短路徑模式，其在給定之路徑連接模糊可靠度要求水準下，求解最短之救災路徑。至於三項目標則分別為救災路徑旅行時間最小化、交通管制警力最少化，以及非災民干擾程度最小化。模式測試方面，作者透過 50 節點與 85 條節線之假設路網，並以三種情境(實施交管、實施部分交管、實施全線交管)進行求解。

求解結果顯示在不實施交通管制措施時，其最短路徑成本為 110.5 分鐘；實施全線交管，其最短路徑成本為 49.1 分鐘，但所需交管警力為 26 位，非災民干擾程度為 432 車小時；實施交通管制措施，其最短路徑成本為 49.5 分鐘，但所需交管警力為 18 位，非災民干擾程度為 419 車小時。三種情境中，以本研究模式所求解之實施部分交管情境所得到之目標函數值為最佳。在實例應用與驗證方

面，將以 921 地震中受損較為嚴重之南投災區為研究範圍，同樣以三種情境進行求解，而結果顯示，此篇研究之模式仍較其他情境有較佳之目標函數值。

表 2-2 基因演算法文獻彙整

作者	年分	研究議題	解釋變數	模式	模式用途
謝欣宏	2002	鐵路司機員排班規劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 薪資 ● 合理工作時間 ● 合理休息時間 ● 行車作業規定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 網路產生啟發式方法 ● 基因演算法 	分群
李志華	2003	路網搶修排程	<ul style="list-style-type: none"> ● 時間 ● 有限資源 	<ul style="list-style-type: none"> ● 基因演算法 	時空分割
徐皓庭	2004	倉儲存貨	<ul style="list-style-type: none"> ● 訂購成本 ● 倉儲成本 ● 配送成本 ● 購買成本 	<ul style="list-style-type: none"> ● 傳統統計分群方式 ● 基因演算法分群方式 	分群
賴宇軒	2005	救災路徑與交通管制	<ul style="list-style-type: none"> ● 救災路徑旅行時間 ● 交通管制警力數量 ● 非災民干擾程度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 非災民災後交通量指派預測模式 ● 交通管制模式 ● 救援車輛最短路徑模式 	路段分割
陳俊宇	2007	肇事鑑定	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路型態 ● 超速 ● 飲酒 ● 路權 	<ul style="list-style-type: none"> ● 推理邏輯規則 ● 基因演算法 	分群
蔡佩珊	2007	分群演算驗證及構建	—	<ul style="list-style-type: none"> ● 螞蟻演算法 ● 基因演算法 	分群

歸納以上文獻可知，可經由基因演算法之交配與突變特性將樣本資料作最優化求解，故為避免在進行空間樣本分割時導致之自我相關問題，以及樣本空間內解釋變數變異過大問題，本研究將利用基因演算法進行高速公路事故資料之最佳化切割，以達成被解釋變數(事件頻次)之自我相關性最小化，以及同一分割樣本中，解釋變數同質性最大化之目的。

三、研究方法

本研究之研究方法包括：文獻彙析法、頻次迴歸方法(卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式)，並藉由上述兩項方法推估事故頻次模式，但由於本研究之研究重點在於建立「事故空間最佳分段模式」，故目標函數將嘗試兩類：(1)事故件數分佈之自我相關係數最小化，(2)同一路段內之所有解釋變數值同質性最大化，並計畫利用基因演算法求解最佳化問題。完成空間分割後，將利用分割後之樣本，重新推估事故頻次模式，進而對模式進行比較與分析。故主要研究方法除前述兩種方法外，應另外再增加一項基因演算法。

故本研究之主要研究方法包括文獻彙析法、事故頻次模式(卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式)、路段分割演算法(基因演算法)等三項方法。分述如下：

3.1 文獻彙析法

本研究藉由數位圖書館及網際網路等資源，檢索事故分析與預測及本研究主要研究方法之相關文獻資料，以進行模式建構與比較分析之參考。另也進行高速公路事故資料之彙整，並加以電子化，以便相關變數因應不同空間切割方式後之自動輸出功能。

3.2 事故頻次模式

由於事故資料具備隨機性、間斷性、稀少性及非負性，因此無法以一般服從常態分配之迴歸模式進行事故頻次之模化，以下內容為卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式之特性說明。(Lee *et al.*(2002)及蔡孟紋(2005))

1. 卜瓦松迴歸模式(Poisson regression Model)

在肇事頻次模式的構建上，研究者關切為單位時間(一周、一月或一年)分析路段(路口)事故件數的變化；其中，事故件數的資料性質是以一種隨機、離散並且非負的型態呈現，故無法適用於一般傳統的迴歸方法，屬於另一套稱為計數資料模式(Count-data modeling)的範疇，常見的分析模式如卜瓦松(Poisson, PO)與負二項(Negative binomial, NB)。

PO模式奠定卜瓦松分配之假設，因此符合事故件數的資料特質，為計數模式

發展上起源最早亦最基礎的模式，後續計數模式之發展或實證上或多或少會以其為一開始的切入點。PO模式的機率分配型態如式(1)。

$$f(y_i) = \frac{\lambda_i^{y_i} e^{-\lambda_i}}{y_i!} \quad (1)$$

其中， $f(y_i)$ 為單位時間下分析路段(路口) i 的事故件數。 λ_i 為該分析路段期望次數的發生機率，為保持其非負，其與函數內影響頻次的解釋變數向量 X_i 與其影響參數向量 β 之關係式，通常假定如式(2)，取指數的型態。

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i) \quad (2)$$

1. 負二項迴歸模式(Negative Binomial Model)

在卜瓦松迴歸模式的另一項假設上，限制其變異數等於平均數，故當觀察資料呈現過度離散(overdispersion)性質時，上述假設即不切合實際，此時應選用可克服此一問題的NB模式；NB模式是於原PO模式的期望值內額外考量一誤差項，如式(3)所示。

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (3)$$

對此，誤差項 $\exp(\varepsilon_i)$ 會進一步假定平均值為1變異數為 η 的Gamma分配，故NB模式亦稱Poisson-gamma模式。NB模式的完整積分式，如式(4)所示。

$$f(y_i|\beta) = \frac{\Gamma[(1/\eta) + y_i]}{\Gamma(1/\eta) y_i!} \left(\frac{1/\eta}{(1/\eta) + \lambda_i}\right)^{1/\eta} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\eta) + \lambda_i}\right)^{y_i} \quad (4)$$

其中， Γ 指Gamma分配， η 為離散係數(Overdispersion parameter)，其它符號則參照前述之說明。式(5)為負二項分配假設下的變異數展開式，其說明了NB模式與PO模式之關係，PO模式是為當NB模式之離散係數 η 等於0時的特例。

$$V(y_i) = E(y_i)(1 + \eta E(y_i)) = E(y_i) + \eta E(y_i)^2 \quad (5)$$

因此，分析時選擇使用卜瓦松迴歸模式或負二項迴歸模式的基準在於透過t統計量檢定離散係數 η 是否顯著異於零。若離散係數 η 為零，則採用卜瓦松迴歸模式建構模式；若 η 不為零，則應採用負二項迴歸模式進行模式構建。

3.3 路段分割演算法

建立「事故時空最佳分段模式」是為本研究之目的，故計畫利用基因演算法之尋優特性求解以下兩項目標函數：事故件數分佈之自我相關係數最小化，以及同一路段內之所有變數值同質性最大化(變異最小化)。

基因演算法(Genetic algorithms, GAs)係利用基因代表原始問題的決策變數，

因此將決策變數轉換為 GAs 的基因，稱為編碼；反之，將基因轉換回決策變數值則稱為解碼。由此可知，編碼與解碼是 GAs 與原始問題的溝通橋樑，如圖 3-1 所示。

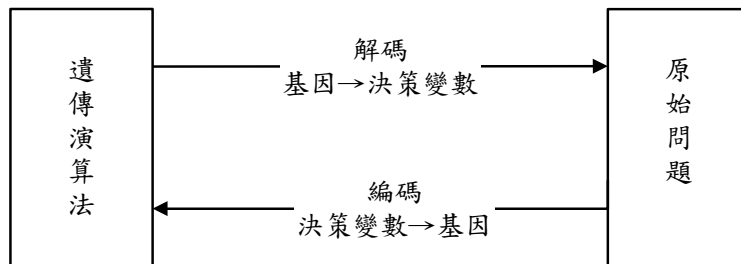


圖 3-1 原始問題與 GAs 的關係

原始問題決策變數的基因編碼方式一旦決定，每一基因值的型態及染色體長度便已確定，可進行基因遺傳法則的運算。遺傳法則有三個，分述如下：

6. 複製或稱選擇(Selection)

複製(選擇)係依據每一染色體之適合度高低，決定其繁衍子代多寡之機制。其處理方式多以蒙地卡羅轉盤(Monte Carlo wheel)之概念加以篩選(如圖 3-2)，即每一染色體被選中進行繁衍後代之機率為該染色體之適合度值占族群每一染色體之適合度值總和之比例：

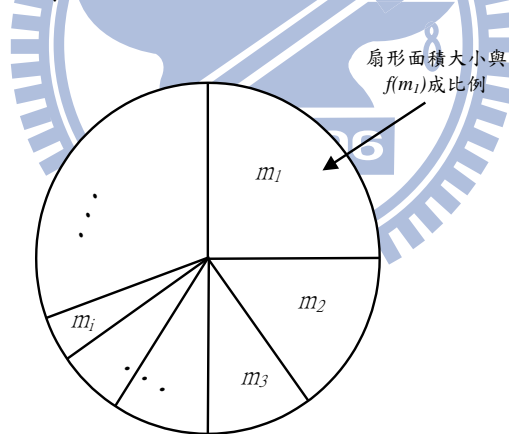


圖 3-2 蒙地卡羅轉盤選擇示意圖

$$P(m_j) = \frac{f(m_j)}{\sum_{i=1}^n f(m_i)} \quad (6)$$

其中， m_j 表第 j 個染色體， $P(m_j)$ 表第 j 個染色體被選中之機率， $f(m_i)$ 表第 i 個染色體之適合度值， n 為族群數。因此，適合度較高的染色體被選中用來產生下一代的機率亦較高，故使得較「優良」之遺傳因子得以流傳與繼承。

7. 交配

交配乃是將經過複製過程篩選出之成對染色體以一設定機率(交配率)決定是否進行配對，再經由彼此間所進行之基因交換行為產生子代。以隨機方式產生的 0-1 均勻分配(uniform distribution)亂數值若低於交配率，則進行交配，以新的子代取代母代。反之，則被挑選的母代不進行交配，直接置入新的族群中。藉由交配機制，子代可同時具有母代雙方的優良基因，合組成更具適應能力之染色體。其處理方式主要有兩步驟：(1)進行篩選後族群之隨機配對；(2)隨機產生成對染色體之配對點，再依配對點之位置，進行基因互換。交配的方法亦有數種，較常採用的方法有三：單點交配(one-point crossover)、雙點交配(two-point crossover)以及均勻交配(uniform crossover)，如圖 3-3 所示。

交配率的高低會影響母代能否繼續生存於下一世代的機率。交配率愈高，母代會被強迫以子代取代。交配率愈低，則產生子代的比率則會較低。一般交配率設定為 0.8~0.9 間。但如果交配的機制是由兩個母代產生兩個子代時，不一定以子代取代母代，而是挑選適合度值較高的兩個置回族群，另外兩個加以剔除，則不必另設交配率。

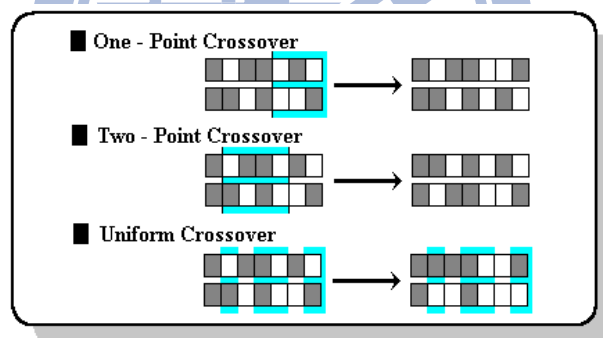


圖 3-3 三種交配方式示意圖

8. 突變

突變乃是針對子代之遺傳基因以一定機率(通常很低)，更動某一基因值(0→1 或 1→0)，以防止染色體於複製及交配過程中，遺漏重要訊息或落入局部最佳解，亦即預防族群內各染色體之僵化。以隨機方式產生的 0-1 均勻分配亂數值若低於突變率，則該子代進行突變。反之，則子代不進行突變，可保留其交配結果的基因組合。一般而言，突變的處理方式有二：(1)基因突變(gene mutation)，即當產生之亂數低於設定之突變率時，即隨機更動某一基因值；(2)移轉突變(shift mutation)，即變動同一染色體內各基因之位置，而不改變其值，如圖 3-4 所示。突變率之設定影響尋優甚大，該值過小，將無法發揮突變之功能，可能發生族群

僵化現象。反之，則可能破壞子代繼承母代之優良基因，而無法獲得較佳之解。一般建議設定突變率等於族群數之倒數，或設定為 0.01~0.03 間。

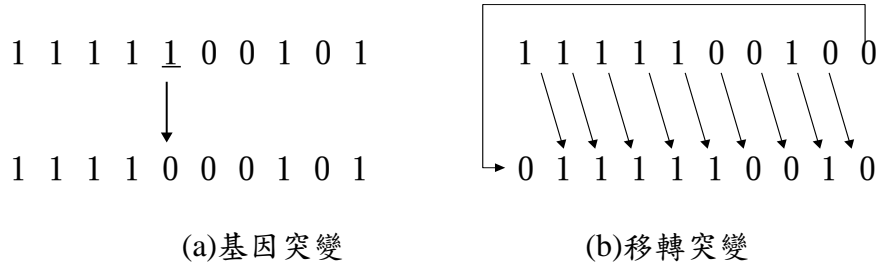


圖 3-4 兩種突變方式示意圖

最後，本研究將建立基因演算法染色體編解碼方式。應用基因演算法進行事故資料時空分割時，最重要的即是如何將分割方式以染色體方式表達，即編解碼技術(encoding and decoding)。以空間分割為例，可將高速公路全長每 1 公里以一個基因表之，其值為 1 即代表分割點。因此，各路段即是兩個基因值為 1 的地點間所分隔之路段。以 20 公里長之高速公路為例，其染色體長度為 20 個基因，如圖 3-5 所示。由圖 3-5 知，此一高速公路可分為 5 個路段，分別為第 1~3K(3 公里長)、4~5K(2 公里長)、6~10K(5 公里長)、11~17K(7 公里長)，以及 18~20K(3 公里長)，即 5 個樣本。因此，以國道一號北向為例(高速公路南北向因為完全區隔，可視為不同樣本分別處理)，其全長為 373 公里，因此，其染色體長度為 373 個基因。

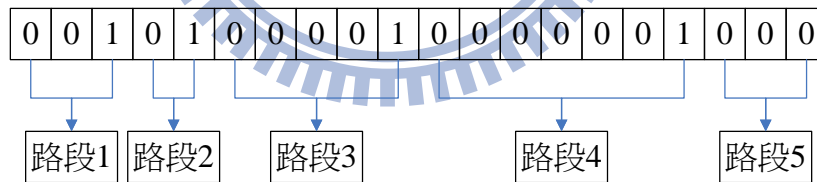


圖 3-5 全長 20 公里的高速公路之空間分割案例

四、資料蒐集與分析

本研究用以建構事故頻次模式之資料是採用民國 94 年度發生於國道一號之事故資料，以及民國 94 年國道一號道路幾何及設施佈設資料，將以此兩項資料為基礎作為建構模式依據。有關交通流量與組成之相關資料，此項資料是由民國 94 年國道一號道路幾何及設施佈設資料中取出而得。以下小節將依序分述事故資料、交通流量資料及道路幾何資料之主要內容。

4.1 事故資料統計

肇事資料內容為 94 年度發生於國道一號之碰撞事故資料共 9,311 件案例，每件碰撞事故皆依照事故類型(A1、A2 及 A3)進行分類，並註記事故發生之車道方向及所在位置。其中 A1(死亡事故)共 67 件，佔總事故件數 0.7%；A2(受傷事故)共 509 件，佔總事故件數 5.5%；A3(財損事故)共 8,735 件，佔總事故件數 93.8%。表 4-1 是為依照各事故類型所統計之事故件數統計表。

表 4-1 各事故類型之事故件數統計表

事故類型	事故件數	百分比
A1(死亡事故)	67	0.7
A2(受傷事故)	509	5.5
A3(財損事故)	8,735	93.8
總計	9,311	100

4.2 交通流量與組成

台灣高速公路之交通組成主要是以小型車(包含小客車及小貨車)、大型車(大客車及大貨車)以及聯結車三種類型車輛所組成，因此可將影響事故發生的因素分為小型車流量、大型車流量及聯結車流量，進而利用交通組成因素得知是否因某種類型之車流量多寡，會明顯影響路段內事故之發生次數。

藉由民國 94 年度國道一號交通流量資料，可計算此三種車輛類型佔國道一號總交通流量的比例，本研究是依年平均每日交通量進行估算，由下表可知於

94 年時，行駛於國道一號之車種以小型車為最多，佔年平均每日交通總量的 80.9%；大型車次之，其佔年平均每日交通總量的 10.4%；聯結車則為 8.7%。表 4-2 為民國 94 年度各車輛類型之年平均交通流量統計表。

表 4-2 民國 94 年度各車輛類型年平均交通流量統計表

車輛類型	年平均每日交通量 (AADT)	百分比 (%)
小型車	37401	80.9
大型車	4809	10.4
聯結車	3997	8.7
總計	46207	100

4.3 道路幾何因素

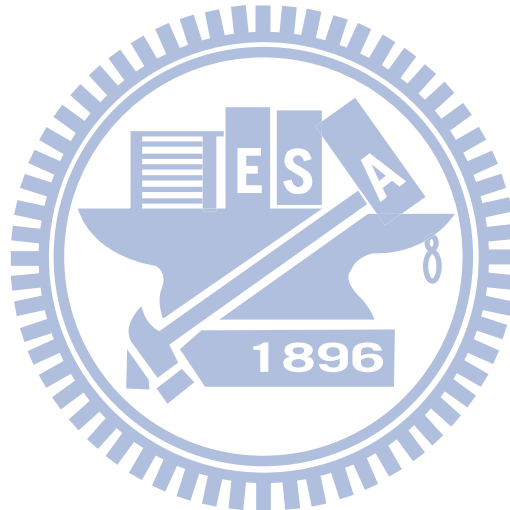
民國 94 年國道一號之道路幾何資料亦是以兩兩交流道為資料蒐集單位，資料內容包含：縱坡度(最大上坡、最大下坡)、曲率半徑、克羅梭曲線參數、車道數、收費站及休息站座數等。

有關收費站休息站座數部分，本研究係假設當路段內有此兩設施之設置，將容易出現車流交織、匯入及匯出等情形，所以於設施設置之里程位置前後一公里處，皆易發生事故。故於資料輸入時，若收費站位於某一里程處，其前後一公里位置皆假設有收費站之設置，並以 1 表示之，反之里程處無收費站設置時則以 0 表示；休息站之資料輸入方式與休息站亦然。資料輸入完成後，再將路段內之收費站及休息站座數進行相加，便可得到用於模式推估之收費站及休息站座數。

由表 4-3 民國 94 年度交通流量及幾何設計整理中可看出，以兩兩交流道為蒐集資料單位下，小型車 AADT 最多可達 107,192 輛，大型車 AADT 最多為 10,186 輛，而聯結車最多為 8,299 輛。路段內最大上坡度之最大值為 5.3%，最大下坡度為大值為-5.2。曲率半徑最大值出現於道路為直線時，曲率是為 ∞ ，但在資料輸入時，本研究將直線路段以 0 作輸入方式。緩和曲線之克羅梭曲線參數最大值為 3,250。兩兩交流道間之車道數最少為 2，最多時為 4 車道。收費站及休息站座數最大值為 6，表示某兩兩交流道之間，可能同時存在一收費站及一休息站。

表 4-3 民國 94 年度交通流量及幾何設計整理

變數名稱		Min	Max
AADT(輛)	小型車	6457	107192
	大型車	477	10186
	聯結車	665	8299
縱坡度(%)	最大上坡	0	5.3
	最大下坡	-5.2	0
曲率半徑(m)		140	∞
克羅梭曲線參數 A		0	3250
車道數		2	4
收費站及休息站座數		0	6



五、路段分割

本研究旨在對高速公路進行最佳空間分段下之事故頻次模式推估，故在事故頻次模式建構之前，本章將對處理事故與道路幾何資料方式，以及路段如何進行分割與分段後之相關比較，於以下小節作更進一步的說明。

5.1 樣本處理

首先，分別將國道一號之北上方向及南下方向視為兩條高速公路，由北上方向國道在前，南下方向國道為後，串連為全長為 746 公里的一條高速公路。訂定路段分割條件後，使 746 公里的國道一號得以劃分成多個樣本空間，可獲得每一路段中之 A1、A2 及 A3 事故件數。進行事故頻次模式推估前，本研究擬利用每一樣本空間中之事故總和作為事故頻次模式之應變數，故需計算每一樣本空間中，A1 事故件數、A2 事故件數及 A3 事故件數相加之總和。

關於 A1 事故件數、A2 事故件數及 A3 事故件數的加總方式是以將每一樣本空間中之 A1、A2 及 A3 事故件數直接作加總，加總後的數值即為此樣本空間內的事故件數。

用於推估事故頻次模式之自變數部分，由於本研究所使用之民國 94 年度平均每日交通量及道路幾何資料，其統計方式是以兩兩交流道為單位，故兩兩交流道間之平均每日交通量及道路幾何資料會相同。於路段分割後，擬依據分段後之路段劃分位置，對照此路段位於哪兩兩交流道之間，即可獲得此路段內之交通流量及道路幾何設計；若此路段為跨交流道之路段，則取該路段橫跨區域內之交通流量及道路幾何資料之平均數，依此方式整理出不同分段下，每一樣本空間中之小型車 AADT、大型車 AADT、聯結車 AADT、最大上坡度、最大下坡度、曲率半徑、克羅梭曲線及車道數資料。關於收費站及休息站座數的計數方式則是使用加總進行累加，是故若路段內包含一個收費站一個休息站，則路段內收費站及休息站變數之座數將以 6 表示之。

5.2 路段分割方式

先前所述之傳統路段分割方式指的是以固定長度(例如，5 公里)以及兩兩交

流道為單位下，對道路劃分的方式，但由於高速公路在空間上因鄰近路段其幾何設計大致相同，若以主觀方式切割路段易導致樣本之間產生事故樣本自我相關性問題；另外，在空間上亦因傳統路段分割方式未能配合地理環境及道路幾何設計等因素，而出現樣本空間異質性問題，此兩點問題將嚴重影響模式參數推估之正確性。為解決上述問題，本研究分別提出以「路段間事故件數自我相關最低」以及「路段內解釋變數同質性最高」為路段分割之原則，並使用遺傳演算法求解軟體—Evolver 進行最佳化求解，以達成高速公路最佳空間分段之目的。

關於「路段間事故件數自我相關最低」以及「路段內解釋變數同質性最高」兩項路段分割之作法方式說明如下。

1. 「路段間事故件數自我相關最低」：先分別計算 A1 事故件數、A2 事故件數及 A3 事故件數，於第一個樣本空間至第 n 個樣本空間以及第二個樣本空間至第 n+1 個樣本空間之事故件數相關係數，便可獲得 A1 事故件數、A2 事故件數及 A3 事故件數之自我相關係數值，接著對三個自我相關係數值取平均數，此自我相關係數平均數即為路段間事故件數自我相關最低之依據，進而使用 Evolver 作自我相關係數平均數最小化之分段求解，以達到「路段間事故件數自我相關最低」的目標，此後將以空間自我相關最低簡稱之。
2. 「路段內解釋變數同質性最高」：先個別計算每一樣本空間下，A1、A2 及 A3 事故件數之標準差及變異數，接著構建整條高速公路路段之間之 ANOVA 表，藉由 ANOVA 表中之檢定統計量 F 值，計算群間變異及群內變異，此 F 值即為路段內解釋變數變異最小之依據，進而使用 Evolver 作自 F 值最大化之分段求解，以達到「路段內解釋變數同質性最高」的目標，此後將以空間同質性最高表示之。

5.3 分割結果比較

本研究提出四種分割路段之方法：1 公里、兩兩交流道、空間自我相關最低及空間同質性最高，經由路段分割後，可將用於建構事故頻次模式之國道一號劃分成數個路段，並能夠依據分段方式計算各路段分割後之參考指標—自我相關值及 F 值。

如表 5-1 所示，以 1 公里為樣本空間單位時，可將國道一號劃分成 746 個路

段(包含 0 公里處)，其路段長度最短及最長皆為 1 公里，各樣本間之自我相關係數值為 0.2982，路段間解釋變數之 F 值為 0.7095。以兩兩交流道為樣本空間單位時，國道一號則劃分成 124 個路段，其路段長度最短為 1 公里，最長為 23 公里，各樣本間之自我相關係數值為 0.3460，路段間解釋變數之 F 值為 0.4922。若是以「路段間事件數自我相關最低」為目標時，國道一號則被劃分成 398 個路段，其路段長度最短為 1 公里，最長為 45 公里，各樣本間之自我相關係數值為 0.0010，路段間解釋變數之 F 值為 1.0689。以「路段內解釋變數同質性最高」為目標時，國道一號被劃分成 437 個路段，其路段長度最短為 1 公里，最長亦為 45 公里，各樣本間之自我相關係數值為 0.0194，路段間解釋變數之 F 值為 1.0815。

表 5-1 各樣本劃分方式之分割結果比較表

路段分割方式	路段數	路段長度(m)		參考指標	
		Min	Max	自我相關值	F 值
1 公里	746	1000	1000	0.2982	0.7095
兩兩交流道	124	1000	23,000	0.3460	0.4922
空間自我相關最低	398	1000	45,000	0.0010	1.0689
空間同質性最高	437	1000	45,000	0.0194	1.0815

路段分割後便能夠藉由各種樣本空間之劃分方式，分別計算出 A1 事故、A2 事故及 A3 事故之件數。由表 5-2 可知，以 1 公里為樣本空間單位時，路段中 A1、A2 及 A3 事故件數最少皆為 0 件，最多分別為 2 件、7 件及 140 件。以兩兩交流道為樣本空間單位時，路段中 A1、A2 及 A3 事故件數最少亦皆為 0 件，最多分別為 4 件、17 件及 296 件。以「空間自我相關最低」為樣本空間劃分之單位時，路段中 A1、A2 及 A3 事故件數最少皆為 0 件，最多分別為 11 件、53 件及 1634 件。而以「空間同質性最高」為樣本空間劃分之單位時，路段中 A1、A2 及 A3 事故件數最少亦皆為 0 件，最多之件數亦與以「空間自我相關最低」為樣本空間劃分之單位時相同，分別為 11 件、53 件及 1634 件。

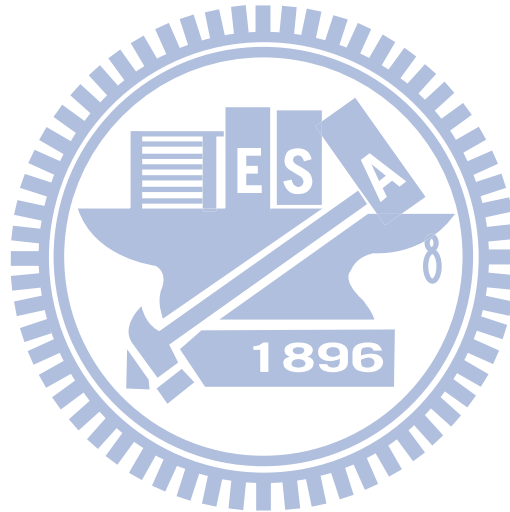
表 5-2 路段分割後之事故件數彙整

路段分割方式	事故類型	事故件數	
		Min	Max
1 公里	A1	0	2
	A2	0	7
	A3	0	140
兩兩交流道	A1	0	4
	A2	0	17
	A3	0	296
空間自我相關最低	A1	0	11
	A2	0	53
	A3	0	1634
空間同質性最高	A1	0	11
	A2	0	53
	A3	0	1634

經四種路段分割方式完成國道一號劃分後，接著使用於 5.1 小節說明之加總 A1、A2 及 A3 事故件數方式，可計算出各樣本空間下之事故件數。下表 5-3 即為以各分割方式下之事故件數統計表。當以 1 公里為一樣本空間單位時，其事故件數最少為 0 件，最多為 145 件，零事故之樣本佔總樣本 3%，事故件數的平均數及標準差分別為 12.48 及 16.56。以兩兩交流道公里為樣本空間單位時，其 A1+A2+A3 事故件數最少為 6 件，最多為 307 件，零事故之樣本佔總樣本 0%，事故件數的平均數及標準差分別為 12.48 及 38.36。若是以「空間自我相關最低」為劃分樣本空間單位之標準時，事故件數最少為 0 件，最多為 1698 件，零事故之樣本佔總樣本 2%，事故件數的平均數及標準差分別為 12.48 及 73.73。而以「空間同質性最高」為劃分樣本空間單位之標準時，其事故件數最少為 0 件，最多為 1698 件，零事故之樣本佔總樣本 3%，事故件數的平均數及標準差分別為 12.48 及 75.84。由事故件數平均數與標準差得知，四種路段分割方式之標準差皆大於平均數，表示事故件數的分佈可能存在過度離散的現象。

表 5-3 各路段分割方式之事故件數統計

路段分割方式	事故類型	事故件數		零事件比例 (%)	平均數 (標準差)
		Min	Max		
1 公里	A1+A2+A3	0	145	3	12.48 (16.56)
兩兩交流道	A1+A2+A3	6	307	0	12.48 (38.36)
空間自我相關最低	A1+A2+A3	0	1698	2	12.48 (73.73)
空間同質性最高	A1+A2+A3	0	1698	3	12.48 (75.84)



六、模式建構與分析

本章擬用一般化線性迴歸模式(Generalized Linear Model, GLM)之卜瓦松迴歸模式(Poisson Regression Model, PO)及負二項迴歸模式(Negative Binomial Regression Model, NB)，對民國 94 年度國道一號之事故頻次進行模式建構，並進行模式係數估計，最後對本研究建構之事故頻次模式加以比較分析。

6.1 模式建構

在進行肇事次數分析時，經常使用統計方法建構事故頻次模式，但由於事故發生次數具備隨機性、間斷性、稀少性、及非負整數性，故建構事故頻次模式時，基於誤差項為常態分配之傳統線性迴歸模式將不適用。因此，諸多肇事分析研究的學者提出可使用卜瓦松迴歸模式進行模式推估，但在構建卜瓦松迴歸模式時卻易受變數資料遺漏及不確定性等因素影響，而存在事故資料過度離散的情形，使得卜瓦松模式之「平均數等於變異數」假設無法成立，此時取而代之的是打破「平均數等於變異數」假設的負二項迴歸模式，或者在零次數過多時必須使用的零膨脹迴歸模式。依前一章之內容所述，本研究用以建構事故頻次模式之應變數為各類型事故件數的加總，並且零事故樣本佔總樣本之百分比皆小於等於 3%，可知事故數並不會出現零次數過多的情形，故將嘗試使用卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式建構事故頻次模式。

選定迴歸模式後，接著需設定用以推估模式之應變數，擬採用各樣本空間下之 $A1+A2+A3$ 事故件數總和數進行模式估計。解釋變數則以交通量及道路幾何設計為主，關於解釋變數設定如下列九項：

1. SADT：小型車 AADT。
2. MADT：大型車 AADT。
3. LADT：聯結車 AADT。
4. USlope：最大上坡坡度。
5. DSlope：最大下坡坡度。
6. Ratio：曲率半徑。
7. Curve：克羅梭曲線參數。

8. Lane：車道數。
9. TollnRest：路段內收費站及休息站座數。

預期上述各項參數應具備以下特性：小型車車流量越多，事故件數會越多；大型車車流量越多，事故件數也越多；聯結車流量越多，事故件數則越多。最大上坡坡度越大(上坡越陡)，事故件數越多，最大下坡坡度越小(下坡越陡)，事故件數越多。曲率半徑越小，事故件數就越多。克羅梭曲線參數越大，事故件數越多。車道數越多，事故件數越多。如路段內收費站及休息站座數越多，事故件數亦越多。

6.2 模式估計

本研究將運用 Gauss 軟體對事故頻次模式之係數及績效值進行估計。進行模式估計之前，除了前述之利用負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式建構事故頻次模式外，亦嘗試使用兩種不同之迴歸形式推估事故頻次模式，第一種為一般線性迴歸(Linear Regression Analysis)，第二種為對數線性迴歸(Nonlinear Regression Analysis)，對這兩種迴歸分析之說明如下。

一般線性迴歸分析為執行預測(Prediction)與因果分析(Causal Analysis)時目前最易於使用的一項工具。用於預測研究時，線性迴歸分析可將許多變數結合起來進行多項變因下之最佳預測；用於因果分析研究時，線性迴歸分析可將每一項變數對應變數的影響分開探討。所以在此次事故分析中，將一般線性迴歸分析列為其中一種形式。

對數線性迴歸分析是一般線性迴歸分析的延伸，由於在一般線性迴歸模式推估過程中，模式之績效指標 $Adj-Ro^2$ 值有偏低的情形，對這種類現象本研究擬利用資料調整後之數值進行模式推估，進而希望藉由調整資料提高模式之績效指標 $Adj-Ro^2$ 值。因此，於此次事故分析時，亦將對數線性迴歸分析列入考量。在資料調整時，經常使用的方法有三項：(1)開根號(Square Root)，(2)取平方(Square)，以及(3)取對數(Log)，第三項方法將應用於此次的對數線型迴歸分析之中。

關於對數線性迴歸中對數取決的方法，主要是利用試誤法(Try and Error)來挑選取對數的參數，經過多次嘗試後發現，SADT、MADT、LADT、USlope 及 Ratio 等五項解釋變數於取對數後，能夠有效提升變數的顯著性；DSlope 因資料為負數，故無法對其取對數；Curve、Lane 及 TollnRest 則是在取對數後，易造成

模式無法收斂，故在作對數線性迴歸分析時，僅將 SADT、MADT、LADT、USlope 及 Ratio 等五項解釋變數取對數後，再進行事故頻次模式之推估。

6.2.1 事故頻次模式推估—一般線性迴歸

本研究對線性迴歸分析之迴歸式設定如第(7)式：

$$y = a_0 + a_1 \times \text{SADT} + a_2 \times \text{MADT} + a_3 \times \text{LADT} + a_4 \times \text{USlope} + a_5 \times \text{DSlpoe} + a_6 \times \text{Ratio} + a_7 \times \text{Curve} + a_8 \times \text{Lane} + a_9 \times \text{TollnRest} \quad (7)$$

線性迴歸式確認後，便分別對四種分割路段之方法：1 公里、兩兩交流道、路段間事故件數自我相關最低及路段內解釋變數同質性最高，進行卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式的估計。其中，應變數 y 將以各樣本空間中之 A1、A2 及 A3 事故總和進行模式推估。

1. 路段分割方式：1 公里

由表 6-1 知，以一般線性迴歸為事故分析為基礎時，在 1 公里為一樣本單位下之事故頻次模式以負二項迴歸模式的解釋能力較佳，其 Adj-Ro² 為 0.20，由迴歸估計結果得知，其共有 5 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、聯結車 AADT、最大上坡坡度、最大下坡坡度及克羅梭曲線參數。其中小型車 AADT 之係數值為 0.197，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.163，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多。但聯結車 AADT、最大上坡坡度及克羅梭曲線參數之係數值皆為負值，表示此些解釋變數與事故件數呈反向連動關係，即聯結車車流量越少、最大上坡坡度越緩及克羅梭曲線參數越小，事故件數就越多，此結果與原設定之邏輯不合。

表 6-1 以 1 公里為樣本單位下之一般線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	0.870	2.74***	0.907	3.06***
α 值	0.111	3.28***		
SADT	0.197	5.75***	0.195	7.17***
MADT	-0.026	-0.06	0.009	0.03
LADT	-1.618	-3.64***	-1.692	-4.21***
USlope	-0.108	-3.88***	-0.113	-4.48***
DSlope	0.163	5.73***	0.159	6.11***
Ratio	0.002	0.16	0.004	0.37
Curve	-0.282	-5.81***	-0.296	-6.45***
Lane	-0.074	-0.78	-0.078	-0.88
TollnRest	-0.001	-0.01	-0.013	-0.13
樣本數		746		746
變數個數		11		10
BIC		1999.867		2009.359
AIC		1955.720		1969.826
LL(M)		-1201.898		-1201.898
LL(β)		-966.860		-974.913
Adj-Ro ²		0.20		0.19

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

2. 路段分割方式：兩兩交流道

由表 6-2 知，以一般線性迴歸為事故分析為基礎時，在兩兩交流道為一樣本單位下之事故頻次模式以負二項迴歸模式的解釋能力較佳，其 Adj-Ro² 為 0.33，由迴歸估計結果得知，其共有 4 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT 及聯結車 AADT、最大下坡坡度及曲率半徑。其中小型車 AADT 之係數值為 0.186，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.063，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；曲率半徑之係數值為 0.041，表示曲率半徑與事故件數存在正向關係，故曲率半徑越小，事故就越多。但聯結車 AADT 之係數值為 -1.664，表示聯結車車流量與事故件數間呈現反向關係，即聯結車車流量越少，事故件數就越多，此結果與原設定之邏輯不合。



表 6-2 以兩兩交流道為樣本單位下之一般線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	2.171	4.66***	2.250	8.28***
α 值	0.289	5.06***		
SADT	0.186	3.55***	0.195	6.91***
MADT	-0.055	-0.09	-0.097	-0.28
LADT	-1.664	-2.59***	-1.851	-4.61***
USlope	-0.024	-0.48	-0.042	-1.56*
DSlope	0.063	1.28*	0.062	2.31***
Ratio	0.041	1.89**	0.035	3.41***
Curve	-0.005	-0.07	-0.001	-0.01
Lane	-0.128	-0.91	-0.124	-1.51*
TollnRest	0.033	0.71	0.037	1.46*
樣本數		124		124
變數個數		11		10
BIC		744.587		846.073
AIC		718.384		822.691
LL(M)		-516.342		-516.342
LL(β)		-348.192		-401.345
Adj-Ro ²		0.33		0.22

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

3. 路段分割方式：空間自我相關最低

由表 6-3 知，以一般線性迴歸為事故分析為基礎時，以空間自我相關最低為目標之樣本分割下之事故頻次模式，負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式的解釋能力表現相當，其 Adj-Ro² 為 0.31，由迴歸估計結果得知，其共有 6 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、聯結車 AADT、最大上坡坡度、最大下坡坡度、克羅梭曲線參數及收費站與休息站座數。其中小型車 AADT 之係數值分別為 0.308 及 0.306，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.219 及 0.218，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；另外，收費站及休息站座數之係數值為 0.336 及 0.339，表示收費站及休息站座數與事故件數存在正向關係，故收費站及休息站座數越多，事故件數就越多。但聯結車 AADT、最大上坡坡度及克羅梭曲線參數之係數值皆為負值，表示此三項解釋變數與事故件數呈反向關係，故聯結車車流量越少、最大上坡坡度越緩及克羅梭曲線參數越小，事故件數就越多，此結果與原設定之邏輯不合。



表 6-3 以空間自我相關最低為樣本單位下之一般線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	-0.777	-0.75	-0.768	-0.79
α 值	0.055	0.49		
SADT	0.308	2.71***	0.306	2.83***
MADT	0.131	0.09	0.204	0.15
LADT	-2.486	-1.64*	-2.544	-1.74**
USlope	-0.232	-2.37***	-0.239	-2.51***
DSlope	0.219	2.07**	0.218	2.12**
Ratio	0.000	0.00	0.000	0.01
Curve	-0.308	-2.00**	-0.310	-2.03**
Lane	-0.081	-0.27	-0.085	-0.30
TollnRest	0.336	7.01***	0.339	8.44***
樣本數		398		398
變數個數		11		10
BIC		420.905		415.109
AIC		383.040		381.231
LL(M)		-262.565		-262.565
LL(β)		-180.520		-180.615
Adj-Ro ²		0.31		0.31

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

4. 路段分割方式：空間同質性最高

由表 6-4 知，以一般線性迴歸為事故分析為基礎時，以空間同質性最高為目標之樣本分割下之事故頻次模式，負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式的解釋能力皆表現良好，Adj-Ro² 為 0.35。由迴歸估計結果得知，負二項迴歸模式共有 4 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、最大下坡坡度、克羅梭曲線參數及收費站與休息站座數。其中小型車 AADT 之係數值為 0.422，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.310，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；另外，收費站及休息站座數之係數值為 0.453，表示收費站及休息站座數與事故件數存在正向關係，故收費站及休息站座數越多，事故件數就越多。但克羅梭曲線參數之係數值為-0.284，表示與事故件數呈反向關係，故克羅梭曲線參數越大，事故件數就越少，與原先設定之邏輯不符。

卜瓦松迴歸模式共有 5 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、聯結車 AADT、最大下坡坡度、克羅梭曲線參數及收費站與休息站座數。其中小型車 AADT 之係數值為 0.420，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.308，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；另外，收費站及休息站座數之係數值為 0.453，表示收費站及休息站座數與事故件數存在正向關係，故收費站及休息站座數越多，事故件數就越多。但聯結車 AADT 及克羅梭曲線參數之係數值分別為-2.167 及-0.286，表示與事故件數呈反向關係，故聯結車車流量越多及克羅梭曲線參數越大，事故件數就越少，與原先設定之邏輯不符。

表 6-4 以空間同質性最高為樣本單位下之一般線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	-1.509	-0.77	-1.510	-1.50*
α 值	0.033	0.44		
SADT	0.422	3.78***	0.420	3.87***
MADT	-0.377	-0.29	-0.314	-0.26
LADT	-2.145	-1.18	-2.167	-1.59*
USlope	-0.052	-0.49	-0.055	-0.53
DSlope	0.310	2.67***	0.308	2.93***
Ratio	0.014	0.46	0.015	0.47
Curve	-0.284	-1.81**	-0.286	-1.83**
Lane	-0.016	-0.02	-0.020	-0.07
TollnRest	0.453	5.98***	0.453	6.47***
樣本數		437		437
變數個數		11		10
BIC		416.677		410.659
AIC		377.877		375.940
LL(M)		-275.61		-275.61
LL(β)		-177.939		-177.970
Adj-Ro ²		0.35		0.35

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

6.2.2 事故頻次模式推估－對數線性迴歸

本研究之對數線性迴歸式設定如第(8)式：

$$y = a_0 + a_1 \times \ln(\text{SADT}) + a_2 \times \ln(\text{MADT}) + a_3 \times \ln(\text{LADT}) + a_4 \times \ln(\text{USlope}) + a_5 \times \text{DSLpoe} + a_6 \times \ln(\text{Ratio}) + a_7 \times \text{Curve} + a_8 \times \text{Lane} + a_9 \times \text{TollnRest} \quad (8)$$

對數線性迴歸式確認後，進而分別對四種分割路段之方法：1 公里、兩兩交流道、空間自我相關最低及空間同質性最高，進行卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式的估計。其中，應變數 y 亦是以各樣本空間中之 A1、A2 及 A3 事故總和進行模式推估。

1. 路段分割方式：1 公里

由表 6-5 知，以非線性迴歸為事故分析為基礎時，在 1 公里為一樣本單位下對數線性事故頻次模式是以負二項迴歸模式的解釋能力較佳，其 Adj-Ro² 為 0.37，由迴歸估計結果得知，其共有 8 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、大型車 AADT、聯結車 AADT、最大上坡坡度、最大下坡坡度、曲率半徑、克羅梭曲線參數及車道數。其中小型車 AADT 之係數值為 0.886，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；大型車 AADT 之係數值為 0.426，表示大型車車流量與事故件數存在正向關係，故大型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.071，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；另外，曲率半徑之係數值為 0.141，表示曲率半徑與事故件數存在正向關係，故曲率半徑越小，事故件數就越多。但聯結車 AADT、最大上坡坡度、克羅梭曲線參數及車道數之係數值皆為負值，表示這幾項解釋變數與事故件數呈反向關係，故聯結車車流量越多、最大上坡坡度越陡、克羅梭曲線參數越大及車道數越多，事故件數就越少，與原先設定之邏輯不符。

表 6-5 以 1 公里為樣本單位下之對數線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	-2.110	-1.57*	-2.159	-1.70**
α 值	0.098	2.73***		
SADT	0.886	5.81***	0.858	6.03***
MADT	0.426	1.98**	0.470	2.29**
LADT	-1.250	-5.30***	-1.248	-5.67***
USlope	-0.173	-3.40***	-0.164	-3.55***
DSlope	0.071	1.79**	0.068	1.83**
Ratio	0.141	2.55***	0.141	2.73***
Curve	-0.264	-4.36***	-0.281	-4.92***
Lane	-0.424	-2.97***	-0.433	-3.14***
TollnRest	0.057	0.48	0.040	0.37
樣本數		746		746
變數個數		11		10
BIC		1584.075		1588.530
AIC		1539.928		1548.998
LL(M)		-1201.898		-1201.898
LL(β)		-758.964		-764.499
Adj-Ro ²		0.37		0.36

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

2. 路段分割方式：兩兩交流道

由表 6-6 知，以對數線性迴歸為事故分析為基礎時，在兩兩交流道為樣本單位下之事故頻次模式以負二項迴歸模式的解釋能力較佳，其 Adj-Ro² 為 0.51，由迴歸估計結果得知，其共有 6 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、大型車 AADT、聯結車 AADT、最大上坡坡度、曲率半徑及車道數。其中小型車 AADT 之係數值為 0.490，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；大型車 AADT 之係數值為 0.951，表示大型車車流量與事故件數存在正向關係，故大型車車流量越多，事故件數就越多；曲率半徑之係數值為 0.239，表示曲率半徑與事故件數存在正向關係，故曲率半徑越小，事故件數就越多。

但聯結車 AADT、最大上坡坡度及車道數之係數值皆為負值，表示這幾項解釋變數與事故件數呈反向關係，故聯結車車流量越多、最大上坡坡度越陡及車道數越多，事故件數就越少，此結果與原設定之邏輯不合。



表 6-6 以兩兩交流道為樣本單位下之對數線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	0.807	0.44	-0.381	-0.33
α 值	0.163	3.63***		
SADT	0.490	2.26**	0.610	4.27***
MADT	0.951	3.30***	0.939	4.61***
LADT	-1.599	-5.51***	-1.568	-7.72***
USlope	-0.115	-1.61*	-0.103	-2.17**
DSlope	-0.067	-1.20	-0.056	-1.54*
Ratio	0.239	3.21***	0.233	4.70***
Curve	0.061	0.76	0.082	1.48*
Lane	-0.378	-2.33***	-0.454	-3.52***
TollnRest	0.043	1.03	0.057	2.07**
樣本數		124		124
變數個數		11		10
BIC		558.379		593.996
AIC		532.176		570.613
LL(M)		-516.342		-516.342
LL(β)		-255.088		275.306
Adj-Ro ²		0.51		0.47

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

3. 路段分割方式：空間自我相關最低

由表 6-7 知，以對數線性迴歸為事故分析為基礎時，以空間自我相關最低為目標之樣本分割下之事故頻次模式，負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式的解釋能力相當，其 Adj-Ro² 皆為 0.43，經由迴歸估計結果得知，其皆有 4 個顯著的解釋變數，並且顯著變數皆相同，分別為小型車 AADT、最大上坡坡度、克羅梭曲線參數及收費站與休息站座數。其中小型車 AADT 之係數值分別為 1.627 及 1.658，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；收費站及休息站座數之係數值分別為 0.370 及 0.377，表示收費站及休息站座數與事故件數存在正向關係，故收費站及休息站座數越多，事故件數就越多。但最大上坡坡度及克羅梭曲線參數之係數值分別為 -0.407 及 -0.278，表示最大上坡坡度及克羅梭曲線參數與事故件數呈反向關係，即最大上坡坡度越陡，克羅梭曲線參數越大，事故件數就越少，與原先設定之邏輯不符。



表 6-7 以空間自我相關最低為樣本單位下之對數線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	-12.060	-2.16**	-12.381	-2.24**
α 值	0.108	0.80		
SADT	1.627	2.92***	1.658	3.01***
MADT	-0.461	-0.66	-0.495	-0.71
LADT	-0.485	-0.67	-0.457	-0.65
USlope	-0.407	-2.66***	-0.421	-2.82***
DSlope	0.110	0.81	0.106	0.81
Ratio	0.187	1.14	0.183	1.15
Curve	-0.278	-1.51*	-0.272	-1.50*
Lane	0.109	0.28	0.137	0.35
TollnRest	0.370	6.60***	0.377	8.67***
樣本數		398		398
變數個數		11		10
BIC		357.111		351.813
AIC		319.247		317.935
LL(M)		-262.565		-262.565
LL(β)		-148.623		-148.967
Adj-Ro ²		0.43		0.43

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

4. 路段分割方式：空間同質性最高

由表 6-8 知，以對數線性迴歸為事故分析為基礎時，以空間同質性最高為目標之樣本分割下之事故頻次模式，負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式的解釋能力皆相當，其 Adj-Ro² 皆為 0.47。由迴歸估計結果得知，負二項迴歸模式共有 6 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、最大上坡坡度、最大下坡坡度、曲率半徑、克羅梭曲線參數及收費站與休息站座數。其中小型車 AADT 之係數值為 1.619，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.185，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；曲率半徑之係數值為 0.297，表示曲率半徑與事故件數存在正向關係，故曲率半徑越小，事故件數就越多；另外，收費站及休息站座數之係數值為 0.532，表示收費站及休息站座數與事故件數存在正向關係，故收費站及休息站座數越多，事故件數就越多。但最大上坡坡度及克羅梭曲線參數之係數值為負值，表示與事故件數呈反向關係，故最大上坡坡度越陡及克羅梭曲線參數越大，事故件數就越少，與原先設定之邏輯不符。

卜瓦松迴歸模式共有 7 個顯著的解釋變數，分別為小型車 AADT、最大上坡坡度、最大下坡坡度、曲率半徑、克羅梭曲線參數、車道數及收費站與休息站座數。其中小型車 AADT 之係數值為 1.637，表示小型車車流量與事故件數存在正向關係，故小型車車流量越多，事故件數就越多；最大下坡坡度之係數值為 0.185，表示下坡坡度與事故件數存在正向關係，是故最大下坡坡度越陡，事故就越多；曲率半徑之係數值為 0.295，表示曲率半徑與事故件數存在正向關係，故曲率半徑越小，事故件數就越多；車道數之係數值為 0.536，表示車道數與事故件數存在正向關係，故車道數越多，事故件數就越多；另外，收費站及休息站座數之係數值為 0.535，表示收費站及休息站座數與事故件數存在正向關係，故收費站及休息站座數越多，事故件數就越多。但最大上坡坡度及克羅梭曲線參數之係數值分別為 -0.333 及 -0.345，表示與事故件數呈反向關係，故最大上坡坡度越陡及克羅梭曲線參數越大，事故件數就越少，與原先設定之邏輯不符。

表 6-8 以空間同質性最高為樣本單位下之對數線性事故頻次模式

模式名稱	負二項迴歸模式		卜瓦松迴歸模式	
	Estimates	t value	Estimates	t value
常數項	-13.283	-2.28**	-13.749	-2.38***
α 值	0.103	0.73		
SADT	1.619	3.01***	1.637	3.10***
MADT	-0.433	-0.64	-0.446	-0.67
LADT	-0.568	-0.79	-0.531	-0.78
USlope	-0.326	-1.93**	-0.333	-1.99**
DSlope	0.185	1.38*	0.185	1.42*
Ratio	0.297	1.86**	0.295	1.92**
Curve	-0.343	-1.90**	-0.345	-1.95**
Lane	0.496	1.24	0.536	1.39*
TollnRest	0.532	6.23***	0.535	7.41***
樣本數		437		437
變數個數		11		10
BIC		351.879		346.433
AIC		313.079		311.714
LL(M)		-275.61		-275.61
LL(β)		-145.540		-145.857
Adj-Ro ²		0.47		0.47

註： $\alpha = 0.01$ ***

$\alpha = 0.05$ **

$\alpha = 0.1$ *

6.3 事故頻次模式之預測能力推估

以一般線性迴歸模式及對數線性迴歸模式進行事故頻次推估後，可知各路段劃分方式下之模式績效，以及合理之解釋個數多寡，但由於本研究共舉出四種不同的路段分割方式，故將會造成四種不同的樣本，使得模式績效僅能在同一樣本下之模式比較才具有效力。例如，以 1 公里為劃分原則下，可比較負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式的績效優劣，但無法比較分別以 1 公里及兩兩交流道為劃分原則下，兩者之間是何種分段方式下之負二項迴歸模式表現較優，故 $Adj-Ro^2$ 僅能視為一項各路段分割方式下之相對性指標。

在進行空間最佳分段之事故頻次模式選取時，勢必得以至少一項絕對性指標來當做空間最佳分段方式之選擇基礎，所以本研究擬將先前推估之 16 個事故頻次模式進行「事故頻次」的預測能力推估，比較推估而得之事故頻次模式是否與真實資料符合，與實際事故資料符合程度越大者，表示其預測能力越佳，故研究中所採用平均絕對百分誤差—MAPE(mean absolute percentage error, MAPE)作為事故頻次預測能力之指標，即 MAPE 越小者，表示模式之預測能力越佳。

6.3.1 一般線性模式

分別以四種路段分割方式下之負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式進行預測能力推估，並列出五個樣本資料作為對照，樣本資料包含實際事故發生件數及解釋變數實際資料，並列出於 6.2 節所推估之 8 個一般線性模式，分別在各樣本空間下使用實際解釋變數資料作預測後之事故件數多寡，最後利用 MAPE 獲得模式之事故件數預測能力。

1. 路段分割方式：1 公里

(1) 負二項迴歸模式

由 1 公里為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 7.77。如表 6-9 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 6.9 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 12.2 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故

件數皆為 9.3 件，實際事故件數則分別為 14 件、3 件及 8 件。

表 6-9 以 1 公里為樣本單位下之一般線性一負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	6.9	55	24037	2452	3453	4.9	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	12.2	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	9.3	14	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	9.3	3	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	9.3	8	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
MAPE	7.77										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由 1 公里為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 7.79。如表 6-10 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 6.9 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 12.4 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 9.5 件，實際事故件數則分別為 14 件、3 件及 8 件。

表 6-10 以 1 公里為樣本單位下之一般線性一卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	6.9	55	24037	2452	3453	4.9	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	12.4	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	9.5	14	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	9.5	3	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	9.5	8	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
MAPE	7.79										

2. 路段分割方式：兩兩交流道

(1) 負二項迴歸模式

由兩兩交流道為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 36.64。如表 6-11 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 46.3 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 53.9 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 53.5 次，實際發生事故件數為 45 件；樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數分別為 65.9 及 66.7 件，實際事故件數則分別為 26 件及 19 件。

表 6-11 以兩兩交流道為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料									
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest	
樣本 1	46.3	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0	
樣本 2	53.9	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0	
樣本 3	53.5	45	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0	
樣本 4	65.9	26	29324	2932	3875	0.50	-0.89	1500	1000	2	3	
樣本 5	66.7	19	31366	3055	3674	0.20	0	850	450	2	0	
MAPE	36.64											

(2) 卜瓦松迴歸模式

由兩兩交流道為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 36.36。如表 6-12 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 43.8 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 55.8 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 54.7 次，實際發生事故件數為 45 件；樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數分別為 67.9 及 68.5 件，實際事故件數則分別為 26 件及 19 件。

表 6-12 以兩兩交流道為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	43.8	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	55.8	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	54.7	45	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	67.9	26	29324	2932	3875	0.50	-0.89	1500	1000	2	3
樣本 5	68.5	19	31366	3055	3674	0.20	0	850	450	2	0
MAPE	36.36										

3. 路段分割方式：空間自相關最小

(1) 負二項迴歸模式

由空間自相關最小為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 17.53。如表 6-13 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 6.3 次，而實際發生事故件數為 65 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 12.8 次，實際發生事故件數為 14 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 12.8 件，實際事故件數則分別為 3 件、8 件及 3 件。

表 6-13 以空間自相關最小為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	6.3	65	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	12.8	14	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 3	12.8	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	12.8	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	12.8	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	17.53										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由空間自相關最小為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 17.37。如表 6-14 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 6.1 次，而實際發生事故件數為 65 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 12.8 次，實際發生事故件數為 14 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 12.8 件，實際事故件數則分別為 3 件、8 件及 3 件。

表 6-14 以空間自相關最小為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	6.1	65	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	12.8	14	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 3	12.8	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	12.8	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	12.8	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	17.37										

4. 路段分割方式：空間同質性最大

(1) 負二項迴歸模式

由空間自相關最小為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 14.50。如表 6-15 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 9.0 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 12.4 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 8.8 件，實際事故件數則分別為 17 件、8 件及 3 件。

表 6-15 以空間同質性最大為樣本單位下之一般線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	9.0	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	12.4	10	17654	1850	2820	0.35	-1.60	800	400	2	0
樣本 3	8.8	17	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	8.8	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	8.8	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	14.50										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由空間同質性最大為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 14.46。如表 6-16 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 8.8 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 12.3 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 8.8 件，實際事故件數則分別為 17 件、8 件及 3 件。

表 6-16 以空間同質性最大為樣本單位下之一般線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	8.8	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	12.3	10	17654	1850	2820	0.35	-1.60	800	400	2	0
樣本 3	8.8	17	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	8.8	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	8.8	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	14.46										

6.3.2 對數線性模式

分別以四種路段分割方式下之負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式進行預測能力推估，並列出五個樣本資料作為對照，樣本資料包含實際事故發生件數及解釋變數實際資料，並列出於 6.2 節所推估之 8 個對數線性模式，分別在各樣本空間下使用實際解釋變數資料作預測後之事故件數多寡，最後利用 MAPE 獲得各模式之事故件數預測能力。

1. 路段分割方式：1 公里

(1) 負二項迴歸模式

由 1 公里為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 7.67。如表 6-17 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 5.9 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 8.9 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 9.3 件，實際事故件數則分別為 14 件、3 件及 8 件。

表 6-17 以 1 公里為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	5.9	55	24037	2452	3453	4.9	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	8.9	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	9.3	14	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	9.3	3	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	9.3	8	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
MAPE	7.67										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由 1 公里為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 7.67。如表 6-18 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 6.0 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 8.9 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 9.4 件，實際事故件數則分別為 14 件、3 件及 8 件。

表 6-18 以 1 公里為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	6.0	55	24037	2452	3453	4.9	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	8.9	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	9.4	14	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	9.4	3	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	9.4	8	25134	2573	2664	1.6	-3.56	400	350	2	0
MAPE	7.67										

2. 路段分割方式：兩兩交流道

(1) 負二項迴歸模式

由兩兩交流道為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 36.69。如表 6-19 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 23.7 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 31.3 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 45.1 次，實際發生事故件數為 45 件；樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數分別為 47.1 及 42.8 件，實際事故件數則分別為 26 件及 19 件。

表 6-19 以兩兩交流道為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	23.7	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	31.3	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	45.1	45	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	47.1	26	29324	2932	3875	0.50	-0.89	1500	1000	2	3
樣本 5	42.8	19	31366	3055	3674	0.20	0	850	450	2	0
MAPE	36.69										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由兩兩交流道為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 36.43。如表 6-20 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 23.6 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 29.1 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 43.6 次，實際發生事故件數為 45 件；樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數分別為 49.7 及 43.2 件，實際事故件數則分別為 26 件及 19 件。

表 6-20 以兩兩交流道為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	23.6	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	29.1	10	17654	1850	2820	0.35	-1.6	800	400	2	0
樣本 3	43.6	45	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	49.7	26	29324	2932	3875	0.50	-0.89	1500	1000	2	3
樣本 5	43.2	19	31366	3055	3674	0.20	0	850	450	2	0
MAPE	36.43										

3. 路段分割方式：空間自相關最小

(1) 負二項迴歸模式

由空間自相關最小為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 17.29。如表 6-21 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 6.0 次，而實際發生事故件數為 65 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 9.4 次，實際發生事故件數為 14 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 9.4 件，實際事故件數則分別為 3 件、8 件及 3 件。

表 6-21 以空間自相關最小為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	6.0	65	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	9.4	14	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 3	9.4	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	9.4	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	9.4	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	17.29										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由空間自相關最小為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 17.07。如表 6-22 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 5.8 次，而實際發生事故件數為 65 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 9.3 次，實際發生事故件數為 14 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 9.3 件，實際事故件數則分別為 3 件、8 件及 3 件。

表 6-22 以空間自相關最小為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	5.8	65	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	9.3	14	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 3	9.3	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	9.3	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	9.3	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	17.07										

4. 路段分割方式：空間同質性最大

(1) 負二項迴歸模式

由空間自相關最小為一路段下之劃分原則下，以負二項迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 15.55。如表 6-23 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 4.2 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 9.7 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 5.4 件，實際事故件數則分別為 17 件、8 件及 3 件。

表 6-23 以空間同質性最大為樣本單位下之對數線性—負二項迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	4.2	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	9.7	10	17654	1850	2820	0.35	-1.60	800	400	2	0
樣本 3	5.4	17	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	5.4	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	5.4	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	15.55										

(2) 卜瓦松迴歸模式

由空間同質性最大為一路段下之劃分原則下，以卜瓦松迴歸模式進行事故頻次模式推估時，此模式之 MAPE 為 15.52。如表 6-24 所示，以樣本空間 1 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測的事故件數為 4.0 次，而實際發生事故件數為 55 件；以樣本空間 2 實際解釋變數資料做事故頻次預測時，預測事故件數為 9.5 次，實際發生事故件數為 10 件；樣本空間 3、樣本空間 4 及樣本空間 5 之預測事故件數皆為 5.2 件，實際事故件數則分別為 17 件、8 件及 3 件。

表 6-24 以空間同質性最大為樣本單位下之對數線性—卜瓦松迴歸模式預測結果表

	預測 次數	實際 次數	解釋變數資料								
			SADT	MADT	LADT	USlope	DSlope	Ratio	Curve	Lane	TollnRest
樣本 1	4.0	55	24037	2452	3453	4.90	-2.27	500	350	2	0
樣本 2	9.5	10	17654	1850	2820	0.35	-1.60	800	400	2	0
樣本 3	5.2	17	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 4	5.2	8	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
樣本 5	5.2	3	25134	2573	2664	1.60	-3.56	400	350	2	0
MAPE	15.52										

6.4 模式比較

中山高速公路經四種路段分割方式化分路段後，以應變數為各樣本空間下之 A1+A2+A3 總和進行一般線性迴歸與對數線性迴歸之比較分析，以下將分就「一般線性迴歸」及「對數線性迴歸」列表比較之。

6.4.1 一般線性迴歸

如表 6-25 所示，於一般線性迴歸中，以「1 公里」為路段劃分原則下之負二項迴歸模式 MAPE 為最低，其合理之顯著解釋變數為 2 項，分別為小型車 AADT 及最大下坡坡度，故在一般線性迴歸時，以「1 公里」為路段劃分原則下之負二項迴歸模式為最佳。

表 6-25 一般線性迴歸模式推估結果及預測分析比較表

	負二項迴歸模式			卜瓦松迴歸模式		
	合理之顯著解釋變數個數	Adj-Ro ²	MAPE	合理之顯著解釋變數個數	Adj-Ro ²	MAPE
1 公里	2	0.20	7.77	2	0.19	7.79
兩兩交流道	3	0.33	36.64	4	0.22	36.36
空間自我相關最低	3	0.31	17.53	3	0.31	17.37
空間同質性最高	3	0.35	14.50	3	0.35	14.46

6.4.2 對數線性迴歸

如表 6-26 所示，於對數線性迴歸中，以「1 公里」為路段劃分原則下之負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式之 MAPE 為最低，其合理之顯著解釋變數為 4 項，分別為小型車 AADT、大型車 AADT、最大下坡坡度及曲率半徑，但由於負二項迴歸中之模式績效指標—Adj-Ro² 較卜瓦松迴歸模式高，故在對數線性迴歸時，以「1 公里」為路段劃分原則下之負二項迴歸模式表現最佳。

表 6-26 對數線性迴歸模式推估結果及預測分析比較表

	負二項迴歸模式			卜瓦松迴歸模式		
	合理之顯著解釋變數個數	Adj- Ro ²	MAPE	合理之顯著解釋變數個數	Adj-Ro ²	MAPE
1 公里	4	0.37	7.67	4	0.36	7.67
兩兩交流道	3	0.51	36.69	5	0.47	36.43
空間自我相關最低	2	0.43	17.29	2	0.43	17.07
空間同質性最高	4	0.47	15.55	5	0.47	15.52

由表 6-25 及表 6-26 可知，以「1 公里」為路段劃分原則下，相較一般線性迴歸及對數線性迴歸之負二項迴歸模式，又以對數線性迴歸之負二項迴歸模式表現較佳，其無論在 MAPE、Adj-Ro² 及合理之顯著解釋變數個數皆優於一般線性迴歸之負二項迴歸模式，故由上述結果推得，四種路段分割方式中，以「1 公里」最能夠合理劃分空間樣本，並且以「對數線性迴歸之負二項迴歸模式」最能提升解釋變數對事故頻次對的解釋能力，且有最佳事故頻次預測能力。



七、結論與建議

本研究採用線性迴歸模式之卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式，來建構最佳空間分段下之高速公路事故頻次模式，蒐集民國 94 年度國道一號事故資料以及交通流量與道路幾何資料後，透過事故頻次模式的構建，以進行傳統路段分割及最佳化空間分段下之事故分析。並藉最佳化空間分段下，觀察其與傳統分段方式之事故分析結果，進而探討交通改善策略後，以供未來進行高速公路安全改善之參考。綜合前述各章節之分析與探討，將本研究之結果與建議分述如下。

7.1 結論

1. 根據 MAPE，真正影響預測結果的因素應為樣本數大小，故導致四種樣本空間分割方式中，以「1 公里」之 MAPE 值為最小，「空間同質性最高」次之，接著是「空間自我相關最小」，最後為「兩兩交流道」。
2. 以 MAPE 結果推論，於一般線性迴歸中，以「1 公里」分段下之負二項迴歸模式 MAPE 最低為 7.77，在以絕對指標判斷下，可知在一般線性迴歸時，以「1 公里」分段下之負二項迴歸模式表現最佳。
3. 以 MAPE 結果推論，於對數線性迴歸中，以「1 公里」為路段劃分原則下之負二項迴歸模式及卜瓦松迴歸模式之 MAPE 為最低為 7.67，但負二項迴歸模式中之績效指標 $Adj-Ro^2$ 又比卜瓦松迴歸模式高，其合理之顯著解釋變數為 4 項，分別為小型車 AADT、大型車 AADT、最大下坡坡度及曲率半徑，故在對數線性迴歸時，以「1 公里」為路段劃分原則下之負二項迴歸模式表現最佳。
4. 四種路段分割方式中，以「1 公里」的 MAPE 為最低，故有最佳事故頻次預測能力，並且以「對數線性迴歸之負二項迴歸模式」較能提升解釋變數對事故頻次的解釋能力，推斷以此原則下最能夠合理劃分空間樣本。
5. 以「1 公里」為劃分空間樣本原則下，經由負二項迴歸模式推估結果可知，小型車 AADT、大型車 AADT、最大下坡坡度及曲率半徑對事故件數有顯著影響。
6. 為減少事故發生，可進行以下改善策略：

- (1) 管理層面可利用費率調整，控管小型車及大型車車車流量，減少此兩種車型於國道一號的使用率，進而降低事故發生次數。
- (2) 工程層面可減緩下坡坡度，使車輛於下坡時，車速較易於控制，另一方面亦可減少道路曲率線形的設置，使車輛在高速行進時，較易掌握前方路況。

7.2 建議

1. 本研究所用以建構事故頻次模式的資料為民國 94 年之國道一號事故資料，由於時間較久遠，部分道路幾何設計已有所更動，例如道路拓寬等，故未來欲建構我國高速公路事故頻次時，建議使用較近期的事故資料進行模式之推估。
2. 由於本研究所使用的道路幾何資料為兩兩交流道為單位之資料，希望能夠蒐集以 1 公里為單位之國道道路幾何資料並將資料數位化，俾使研究結果更為周延。
3. 未來進行「路段內解釋變數同質性最大」之研究時，建議使用幾何設計變數作為路段切割最佳化的依據，使路段內解釋變數同質性最大的目的能夠確實完成。
4. 本研究於「路段內解釋變數同質性最大」分析時，其事故頻次模式之配適度相對較高，有可能是因要求路段內的解釋變數變異最小，使得變數之間存在共線性而導致績效值膨脹，故未來在進行事故頻次分析研究時，可將解釋變數是否存在共線性納入考量。
5. 本研究係使用 MAPE 作為選用最佳模式的絕對性指標，進行後續肇事分析研究時，可進一步研擬其他可用以評比模式優劣之絕對性績效指標。

附錄一：94 年度國道一號平均每日交通量

民國 94 年度平均每日交通量(北上)

路段	小車流量	大車流量	聯結車流量
基隆端~基隆交流道	24037	2452	3453
基隆~八堵	17654	1850	2820
八堵~五堵	25134	2573	3664
五堵~汐止	29324	2932	3875
汐止~汐止系統交流道	31366	3055	3674
汐止系統交流道~汐五高架汐止端	30372	2925	3366
汐五高架汐止端~東湖	40633	3789	3790
東湖~內湖	26395	2404	2136
內湖~圓山	45803	4076	3156
圓山~台北	44110	3808	2366
台北~三重	51158	4347	2338
三重~五股	53082	4407	1832
五股~林口	101146	8302	3302
林口~桃園	107192	9668	3988
桃園~機場	96141	9469	4025
機場~內壢	87646	9377	4087
內壢~中壢	78037	9028	4020
中壢~平鎮	70122	8737	3963
平鎮~幼獅	12977	1735	800
幼獅~楊梅	68217	9759	4563
楊梅~湖口	43402	6276	3116
湖口~竹北	45831	6690	3420
竹北~新竹	40235	5923	3135
新竹~新竹系統交流道	41869	8081	3130
新竹系統交流道~頭份	29837	2646	2874
頭份~苗栗	15972	2930	1634

民國 94 年度平均每日交通量(北上)(續)

路段	小車流量	大車流量	聯結車流量
苗栗~三義	18635	2528	2743
三義~后里	23104	2072	2572
后里~台中系統交流道	48797	4991	4670
台中系統交流道~豐原	48797	4991	4670
豐原~大雅	43673	4223	3823
大雅~台中交流道	43119	4488	3608
台中交流道~南屯	40782	4536	3639
南屯~王田	29357	3156	2463
王田~彰化系統交流道	38461	5005	4049
彰化系統交流道~彰化交流道	38461	5005	4049
彰化交流道~埔鹽	39141	5812	3767
埔鹽~員林	27124	4131	4235
員林~北斗	26388	4802	5492
北斗~西螺	23075	4732	5164
西螺~斗南	19955	4731	4926
斗南~雲林	19345	4412	4872
雲林~大林	15309	2903	3745
大林~嘉義	19532	4072	5310
嘉義~水上	17194	3727	4723
水上~嘉義系統交流道	20176	4561	5841
嘉義系統交流道~新營	11513	2866	3408
新營~麻豆	15425	4691	4137
麻豆~安定	24357	4649	5291
安定~台南系統交流道	19208	3279	4656
台南系統交流道~永康	30015	4071	4867
永康~台南	35356	4897	6011
台南~仁德	23245	5808	4093
仁德~路竹	29249	3846	5162

民國 94 年度平均每日交通量(北上)(續)

路段	小車流量	大車流量	聯結車流量
路竹~岡山	26287	3230	4738
岡山~楠梓	36316	4412	5962
楠梓~鼎金	23062	2243	2833
鼎金~高雄	46623	5086	3800
高雄~瑞隆路	22166	3674	3694
瑞隆路~五甲系統交流道	22166	3674	3694
五甲系統交流道~五甲	22166	3674	3694
五甲~高雄端	28915	5016	5155



民國 94 年度平均每日交通量(南下)

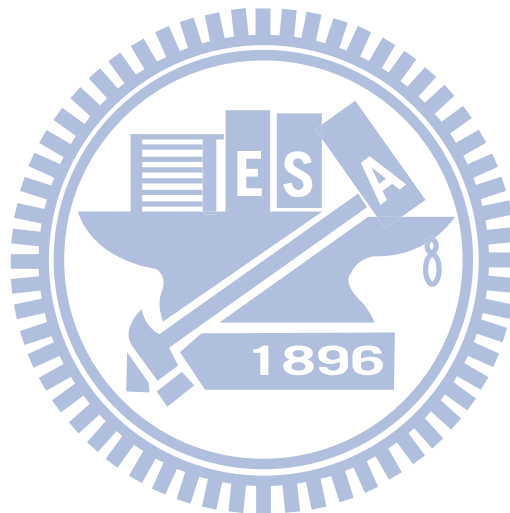
路段	小車流量	大車流量	聯結車流量
基隆端~基隆交流道	26863	2883	4678
基隆~八堵	25946	2719	4145
八堵~五堵	29953	3066	4366
五堵~汐止	38091	3809	5034
汐止~汐止系統交流道	69824	6821	8299
汐止系統交流道~汐五高架汐止端	43536	4184	4778
汐五高架汐止端~東湖	34083	3178	3179
東湖~內湖	32145	2928	2602
內湖~圓山	48387	4306	3334
圓山~台北	33457	2909	1913
台北~三重	33471	2844	1530
三重~五股	69319	5754	2392
五股~林口	102016	8373	3330
林口~桃園	106877	9639	3976
桃園~機場	103414	10186	4330
機場~內壢	81491	8719	3800
內壢~中壢	74247	8590	3825
中壢~平鎮	51684	6440	2921
平鎮~幼獅	56111	7173	3315
幼獅~楊梅	55788	7486	3445
楊梅~湖口	42725	6178	3067
湖口~竹北	54496	8735	3965
竹北~新竹	57205	10093	4218
新竹~新竹系統交流道	41729	8054	3119
新竹系統交流道~頭份	29420	3485	3439
頭份~苗栗	18336	2589	2525
苗栗~三義	25508	1926	2047
后里~台中系統交流道	32483	8283	7139

民國 94 年度平均每日交通量(南下)(續)

路段	小車流量	大車流量	聯結車流量
台中系統交流道~豐原	32483	8283	7139
豐原~大雅	37605	3867	2877
大雅~台中交流道	45552	4812	2855
台中交流道~南屯	38146	4417	2832
南屯~王田	28910	3141	1994
王田~彰化系統交流道	33160	4517	3432
彰化系統交流道~彰化交流道	33160	4517	3432
彰化交流道~埔鹽	41050	5457	4438
埔鹽~員林	24644	3556	3781
員林~北斗	20894	3950	4341
北斗~西螺	26112	5066	5646
西螺~斗南	24659	4572	5483
斗南~雲林	16599	3974	3204
雲林~大林	18150	4064	5222
大林~嘉義	20985	3999	5715
嘉義~水上	22381	4340	5881
水上~嘉義系統交流道	15416	4264	4104
嘉義系統交流道~新營	13923	3325	4435
新營~麻豆	16717	2168	2713
麻豆~安定	17166	4003	4518
安定~台南系統交流道	19654	3506	4703
台南系統交流道~永康	26215	4056	3080
永康~台南	36426	5245	6082
台南~仁德	33829	4451	5730
仁德~路竹	32829	4528	5436
路竹~岡山	29480	3787	5477
岡山~楠梓	39545	4698	6274
楠梓~鼎金	6457	477	665

民國 94 年度平均每日交通量(南下)(續)

路段	小車流量	大車流量	聯結車流量
鼎金~高雄	43514	4067	5043
高雄~瑞隆路	18535	2245	2959
瑞隆路~五甲系統交流道	18535	2245	2959
五甲系統交流道~五甲	22768	3794	3735
五甲~高雄端	22768	3794	3735



附錄二：國道一號道路幾何資料

路段	縱坡度% (最大上坡)	縱坡度% (最大下坡)	曲率半徑 R(m)	克羅梭曲線參數 A		車道數	收費站	收費站/休 息站名稱	休息站
基隆端~基隆交流道	4.9	-2.27	500	350		2	0		0
基隆~八堵	0.35	-1.6	800	400		2	0		0
八堵~五堵	1.6	-3.56	400	350		2	0		0
五堵~汐止	0.5	-0.89	1500	1000		2	1	汐止收費站	0
汐止~汐止系統交流道	0.2	0	850	450		2	0		0
汐止系統交流道~汐五高架汐止端	0.28	0	850	450		2	0		0
汐五高架汐止端~東湖	0.54	-0.82	1000	500		2	0		0
東湖~內湖	2.2	-0.1	2000	632		2	0		0
內湖~圓山	0.61	-0.6	1000	632		2	0		0
圓山~台北	1.47	-1.14	600	300		2	0		0
台北~三重	0.45	-1	4000	0		3	0		0
三重~五股	0.44	-0.36	1800	700		3	0		0
五股~林口	5.3	-0.53	3500	700		3	1	泰山收費站	0
林口~桃園	0.504	-5.2	140	818		3	0		0
桃園~機場	1.19	0	10000	150		3	0		0
機場~內壢	1.3	0	6000	180		3	0	中壢服務區	1
內壢~中壢	0.95	0	2500	700		3	0		0

國道一號道路幾何資料(續)

路段	縱坡度% (最大上坡)	縱坡度% (最大下坡)	曲率半徑 R(m)	克羅梭曲線參數 A		車道數	收費站	收費站/休 息站名稱	休息站
中壢~平鎮	1.32	-0.39	1800	0		3	0		0
平鎮~幼獅	2.75	0	1800	0		3	0		0
幼獅~楊梅	2.05	-3	∞	300		3	0		0
楊梅~湖口	0.5	-2	200	2000		3	1	楊梅收費站	0
湖口~竹北	1.1	-5	800	700		3	0	湖口服務區	1
竹北~新竹	2.2	-3	1000	1100		3	0		0
新竹~新竹系統交流道	5	-0.5	900	900		3	0		0
新竹系統交流道~頭份	3	-5	1000	1100		3	0		0
頭份~苗栗	4	-5	800	1100		3	1	造橋收費站	0
苗栗~三義	5	-2.7	1300	1350		3	0		0
三義~后里	4	-4.84	4000	2500		3	0	三義服務區	1
后里~台中系統交流道	1.3	0	∞	0		3	1	后里收費站	0
台中系統交流道~豐原	1.37	0	∞	3250		3	0		0
豐原~大雅	1.42	-1.26	4000	2250		3	0		0
大雅~台中交流道	0	-1.97	2500	1250		3	0		0
台中交流道~南屯	0.31	-1.45	2500	1500	1000	3	0		0
南屯~王田	0.86	-1.37	1000	900	750	3	0		0
王田~彰化系統交流道	0	-1.452	1500	750		3	0		0

國道一號道路幾何資料(續)

路段	縱坡度% (最大上坡)	縱坡度% (最大下坡)	曲率半徑 R(m)	克羅梭曲線參數 A		車道數	收費站	收費站/休 息站名稱	休息站
彰化系統交流道~彰化交流道	0	-1.062	1500	750		4	0		0
彰化交流道~埔鹽	0.93	-0.95	6500	2500	2250	3	0		0
埔鹽~員林	0.71	-1.21	7000	2500		3	0		0
員林~北斗	0.62	-0.51	3500	1750	1500	2	1	員林收費站	0
北斗~西螺	0.44	-0.95	6000	2500	2000	2	0	西螺服務區	1
西螺~斗南	0.44	-0.361	5000	2000		2	0		0
斗南~雲林	0	-0.64	∞	0		2	0		0
雲林~大林	0.55	-0.18	7500	3250		2	1	斗南收費站	0
大林~嘉義	0.9	-1.13	7500	3000		2	0		0
嘉義~水上	0.43	-1.95	6500	2000		2	0		0
水上~嘉義系統交流道	0.65	-0.9	6000	2400		2	0		0
嘉義系統交流道~新營	0.6	-0.8	6000	2000		2	1	新營收費站 新營服務區	1
新營~麻豆	0.4	-0.27	4000	1350		2	0		0
麻豆~安定	0.2	-0.6	10000	2500		2	0		0
安定~台南系統交流道	0.35	-0.35	10000	0		2	1	新市收費站	0
台南系統交流道~永康	0.4	-0.25	7000	0		2	0		0
永康~台南	0	-1.312	1200	489.898		2	0		0

國道一號道路幾何資料(續)

路段	縱坡度% (最大上坡)	縱坡度% (最大下坡)	曲率半徑 R(m)	克羅梭曲線參數 A	車道數	收費站	收費站/休 息站名稱	休息站
台南~仁德	0.907	0	5000	0	2	0		0
仁德~路竹	0.286	0	20000	0	2	0	仁德服務區	1
路竹~岡山	0	-0.097	4000	0	2	1	岡山收費站	0
岡山~楠梓	0	-0.122	3800	0	2	0		0
楠梓~鼎金	0	-0.237	4000	0	3	0		0
鼎金~高雄	0	-0.149	4600	0	3	0		0
高雄~瑞隆路	0.075	0	4600	0	3	0		0
瑞隆路~五甲系統交流道	0.075	0	700	0	4	0		0
五甲系統交流道~五甲	0	-0.808	4500	0	3	0		0
五甲~高雄端	0	-0.808	4500	0	3	0		0

參考文獻

中文部份

- 戚培芳(1997)，中山高速公路肇事分析模式之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士班，碩士論文。
- 謝欣宏(2002)，台鐵司機員排班與輪班問題之研究-以基因演算法求解，國立成功大學交通管理學系碩士班，碩士論文。
- 李志華(2003)，基因演算法於震災路網搶修排程問題之研究，國立成功大學交通管理學系碩士班，碩士論文。
- 吳易真(2004)，基隆市交通肇事分析及安全改善之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士班，碩士論文。
- 徐皓庭(2004)，基因分群之經濟訂購量模式—多物料及多分公司存貨管理，國立交通大學交通運輸研究所碩士班，碩士論文。
- 蔡孟紋(2005)，平交道事故分析之研究，國立成功大學交通管理學系碩士班，碩士論文。
- 賴宇軒(2005)，不確定環境下多目標救災路徑與交通管制整合模式，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，碩士論文。
- 陳俊宇(2007)，兩車碰撞事故鑑定之基因探勘規則模式，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，碩士論文。
- 蔡佩珊(2007)，基因螞蟻分群演算法之建構與驗證，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，碩士論文。

英文部分

- Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. 2000. Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention*, 32(5): 633-642.
- Aguero-Valverde, J., & Jovanis, P. P. 2006. Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Accident Analysis & Prevention*, 38(3): 618-625.
- Anastasopoulos, P. C., & Mannering, F. L. 2009. A note on modeling vehicle accident frequencies with random-parameters count models. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1): 153-159.

- Caliendo, C., Guida, M., & Parisi, A. 2007. A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis and Prevention*, 39(4): 657-670.
- Hadi, M., Aruldas, J., Chow, L., & Wattleworth, J. 1995. Estimating safety effects of cross-section design for various highway types using negative binomial regression. *Transportation Research Record*: 169-177.
- Lee, A. H., Stevenson, M. R., Wang, K., & Yau, K. K. W. 2002. Modeling young driver motor vehicle crashes: data with extra zeros. *Accident Analysis & Prevention*, 34(4): 515-521.
- Lee, J., & Mannering, F. 2002. Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 34(2): 149-161.
- Li, Z., Knight, S., Cook, L. J., Hyde, L. K., Holubkov, R., & Olson, L. M. 2008. Modeling motor vehicle crashes for street racers using zero-inflated models. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2): 835-839.
- Lord, D. 2006. Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: Examining the effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter. *Accident Analysis & Prevention*, 38(4): 751-766.
- Lord, D., Manar, A., & Vizioli, A. 2005. Modeling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments. *Accident Analysis & Prevention*, 37(1): 185-199.
- Lord, D., & Mannering, F. 2010. The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5): 291-305.
- Lord, D., Washington, S., & Ivan, J. N. 2007. Further notes on the application of zero-inflated models in highway safety. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1): 53-57.
- Lord, D., Washington, S. P., & Ivan, J. N. 2005. Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. *Accident Analysis & Prevention*, 37(1): 35-46.

- Qin, X., Ivan, J. N., & Ravishanker, N. 2004. Selecting exposure measures in crash rate prediction for two-lane highway segments. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2): 183-191.
- Shankar, V., Mannering, F., & Barfield, W. 1995. Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies. *Accident Analysis & Prevention*, 27(3): 371-389.
- Shankar, V., Milton, J., & Mannering, F. 1997. Modeling accident frequencies as zero-altered probability processes: An empirical inquiry. *Accident Analysis & Prevention*, 29(6): 829-837.
- SITTIKARIYA, S., SHANKAR, V. N., SHYU, M.-B., & CHAYANAN, S. 2005. Accounting for Serial Correlation in Count Models of Traffic Safety. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6: 3645 - 3657.
- Wang, C., Quddus, M. A., & Ison, S. G. 2009. Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4): 798-808.
- Wong, S. C., Sze, N. N., & Li, Y. C. 2007. Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6): 1107-1113.