

出國報告（出國類別：進修 線上訓練課程）

參加國際道路協會(IRF)「碰撞分析和 道路安全績效」線上課程報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：陳昌顯/公路調查組調查官

曾婕茵/公路調查組副調查官

徐瑀彤/公路調查組副調查官

潘垣壽/公路調查組副調查官

派赴國家：臺灣，中華民國（線上訓練課程）

線上訓練期間：民國 111 年 05 月 23 日至 05 月 31 日

報告日期：民國 111 年 08 月 22 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加國際道路協會(IRF)「碰撞分析和道路安全績效」線上課程報告

頁數：52 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02) 7727-6228

出國人員姓名：陳昌顯

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：公路調查組

職稱：調查官

電話：(02) 7727-6275

出國人員姓名：曾婕茵

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：公路調查組

職稱：副調查官

電話：(02) 7727-6277

出國人員姓名：徐瑀彤

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：公路調查組

職稱：副調查官

電話：(02) 7727-6276

出國人員姓名：潘垣壽

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：公路調查組

職稱：副調查官

電話：(02) 7727-6274

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 視察 6 訪問 7 開會 8 談判
9 其他

出國期間：民國 111 年 05 月 23 日至 05 月 31 日

出國地區：臺灣，中華民國（線上訓練課程）

報告日期：民國 111 年 08 月 22 日

分類號/目

關鍵詞：碰撞分析、道路安全績效、事故調查、事故重建、自動駕駛

內容摘要：

國際道路協會（International Roads Federation；IRF）基於全世界每年都會發生數以百萬計的道路交通事故，而每一交通事故的肇因可能多達十數種或更多，為協助調查人員確實釐清每一交通事故之肇因，了解車輛碰撞原理精確重建事故現場，並研擬防範未然之改善對策，特辦理碰撞分析和道路安全績效(Collision Analysis & Road Safety Performance)訓練課程，課程內容包含車輛碰撞的基本原理、安全績效指標介紹、安全數據類型（定性和定量）及其來源、先進的數據收集方法、主動安全和自動駕駛汽車的挑戰、肇事修正係數（CMF）、安全性測量方法、經濟評估、路網篩選及其主要組成、安全效益評估等。本報告將針對課程中各主題進行重點摘要整理，並就其觀念及方法導入國內公路運輸安全調查之可行性進行初步評估分析。

目次

壹、	目的.....	1
貳、	過程.....	2
參、	課程摘要與心得.....	5
肆、	建議.....	51

壹、 目的

我國於 107 年 10 月 21 日發生臺鐵第 6432 次車新馬站重大鐵道事故，造成 18 人死亡、291 人輕重傷，政府因而決定由飛航安全調查委員會改制成立國家運輸安全調查委員會（以下簡稱本會），調查業務從航空擴充至水路、鐵道及公路重大事故。本會為提升公路運輸安全調查能量，特派公路調查組 4 名新進人員參與本訓練課程。

本次線上碰撞分析和道路安全績效(Collision Analysis & Road Safety Performance)訓練課程由國際道路協會（International Roads Federation；IRF）辦理，內容包含車輛碰撞的基本原理、安全績效指標介紹、安全數據類型（定性和定量）及其來源、先進的數據收集方法、主動安全和自動駕駛汽車的挑戰、安全數據收集、品質和管理、肇事修正係數 (CMF)、安全性測量方法、經濟評估、路網篩選及其主要組成、安全效益評估等，本訓練課程之學習目標有：

- 關注因道路缺陷所導致嚴重和致命的傷害。
- 了解碰撞調查和分析的主要概念。
- 界定不同路網安全管理工具和安全績效函數來診斷安全績效。
- 確定可用於支援決策的數據來源及如何克服資料的完整性和品質議題
- 使用先進的方法來預測和分析交通安全狀況
- 建立強大的商業案例來支持道路安全投資

貳、過程

一、課程

本次線上課程由國際道路協會（IRF）舉辦，日期為民國 111 年 05 月 23、24 日及 05 月 30、31 日，共計 4 日，每日 4 小時(台灣時間 14:00~18:00)，第一日介紹車輛碰撞的基本原理、安全績效指標介紹、安全數據類型（定性和定量）及其來源，第二日介紹先進的數據收集方法、主動安全和自動駕駛汽車的挑戰、安全數據收集、品質和管理，第三日介紹安全性測量方法、安全績效函數 SPF、肇事修正係數 (CMF)，第四日介紹經濟評估、路網篩選及其主要組成、安全效益評估，課程架構如圖 2-1 所示。

Schedule	
Mondays & Tuesdays, 08:00 AM– 12:00 AM Central European Time	
May 23	<ul style="list-style-type: none">• Fundamentals of Vehicle Collisions• Types of safety data (qualitative and quantitative) and their sources• Introduction to Safety Performance Indicators
May 24	<ul style="list-style-type: none">• Advanced data collection methods• Safety data collection, quality, and management• Challenges for active safety and automated vehicles
May 30	<ul style="list-style-type: none">• Methods of measuring safety• Collision Modification Factors (CMFs)• Safety Performance Functions (SPFs) and their application
May 31	<ul style="list-style-type: none">• Network screening and its main components• Safety effectiveness evaluation• Economic appraisal

圖 2-1 課程架構圖

二、參與人員及講師

本次線上課程參與學員共計 30 名，其中 4 名為本會公路調查組調查官及副調查官，其餘學員為外國從事公路運輸安全之相關專業人員。講師 Rob Thomson 博士是查爾姆斯(Chalmers)大學車輛安全教授，主要專長為碰撞測試、事故分析、數值建模和分析車輛測試數據。講師專業背景介紹如圖 2-2 所示。

Lead Instructor



Dr. Rob Thomson, Professor of Vehicle Safety, Chalmers University

My research in road safety began in 1988 when I began post graduate studies with the UBC Accident Research Team in Vancouver, B.C., Canada. Since then I have worked in almost all areas of road and traffic safety. Crash testing, accident analysis, numerical modeling, and analyzing vehicle test data have been my methods to understand why and how we are injured in a crash.

圖 2-2 課程講師專業背景

三、授課方式

由於新冠肺炎 (covid-19) 疫情，本次課程採線上視訊會議方式進行，使用之授課平台為 **webex training**；課程講師透過此平台分享簡報並與學員互動問答。**webex training** 可即時配合課程需要讓學員使用系統提供之按鍵快速表示意見，或對某主題發表文字看法。此外，上課過程如遇問題亦可隨時透過按鍵顯示舉起虛擬手 (**virtual hand**) 圖示讓講師知道，或使用麥克風對問題作出回應。再者，**webex training** 有提供線上白板功能，使學員進行問題討論時可將答案或意見撰寫於白板上，使小組討論過程能即時產出腦力激盪之產物；圖 2-3 為本次課程上課即時畫面概況。

課程錄影資料鏈結：

課程 1：(密碼 RSP_May23)

<https://irf.webex.com/irf/lsr.php?RCID=edf4f5aef5dd896dad1658201fb7a9ad>

課程 2：(密碼 RSP_May24)

<https://irf.webex.com/irf/lsr.php?RCID=956ce6a61b00f2f5fffc30b34b9e45fd>

課程 3：(密碼 RSP_May30)

<https://irf.webex.com/irf/lsr.php?RCID=8bfea24f0092ea1b5a52a1e1448b7c5b>

課程 4：(密碼 RSP_May31)

<https://irf.webex.com/irf/lsr.php?RCID=8ead26795cdb2f32195f761504ed240d>

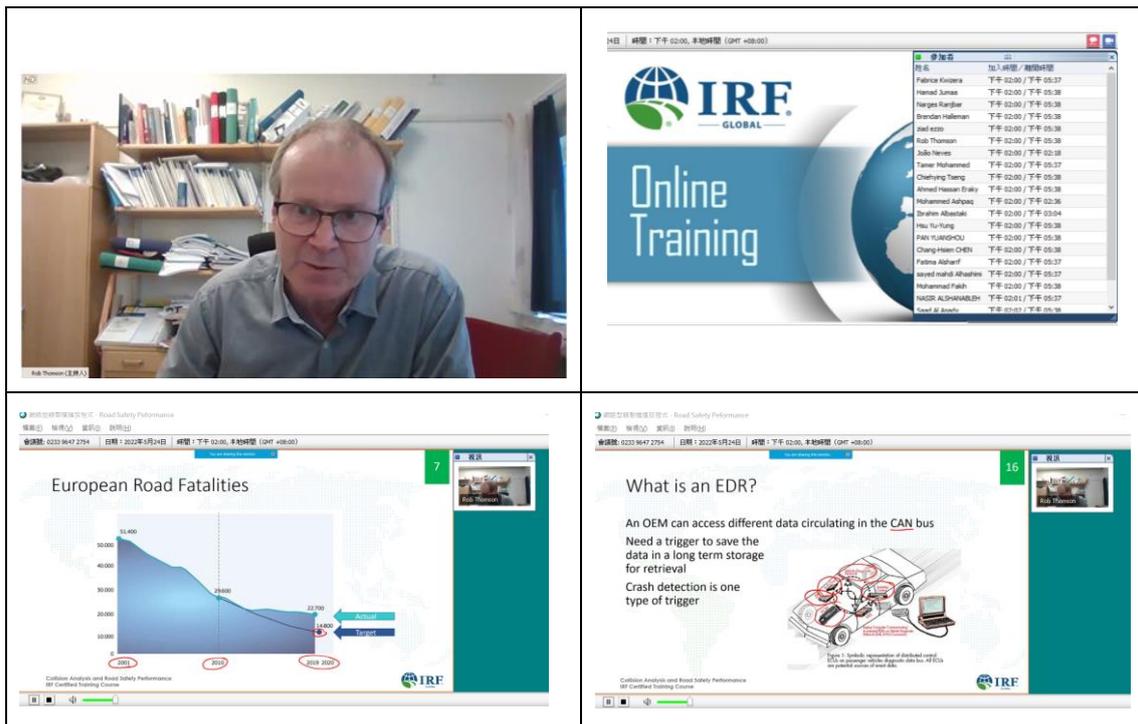


圖 2-3 課程上課實況

參、課程摘要與心得

一、車輛碰撞的基本原理（Fundamentals of Vehicle Collisions）

車輛碰撞基本原理之學習目標

- 解釋機動車輛碰撞過程的概念
- 描述乘客在碰撞過程中如何移動
- 解釋汽車碰撞的物理原理
- 提供如何重建碰撞過程的案例
- 提供如何記錄碰撞過程的案例
- 介紹事故重建技術的案例

1. 車輛碰撞資料收集與碰撞移動過程

資料取得主要來源為二級資料收集與事故現場調查，資料項目包含事故類型、車輛相關資料、事故傷害狀況、車輛和乘客整體的移動狀況..等。事故資料取得主要目的在重建事故現場，需計算事故的嚴重程度，詳細分析所取得之事故資料，利用動態系統模擬重建事故發生過程。

交通事故碰撞結果主要是受兩不同方向”力”交互作用的過程，其基本原理分析案例如圖 3-1 所示。車輛碰撞後移動方向受兩車行駛速率與方向影響，即兩股主要力的方向(PDOF)交互作用後產生位移，如圖 3-1 V_i' 方向，而影響車禍的嚴重程度主要為撞擊前後之速度差(ΔV)或平均加(減)速度($\Delta V/\Delta t$)，在不同速度撞擊後，當其速度差相同時，其加(減)速度的分布型態相同，詳圖 3-2。

車輛碰撞後車上乘客之移動，相對地面時係順著原車行駛方向移動；相對車輛則平行主要撞擊力的方向且朝向撞擊點移動，詳圖 3-1。

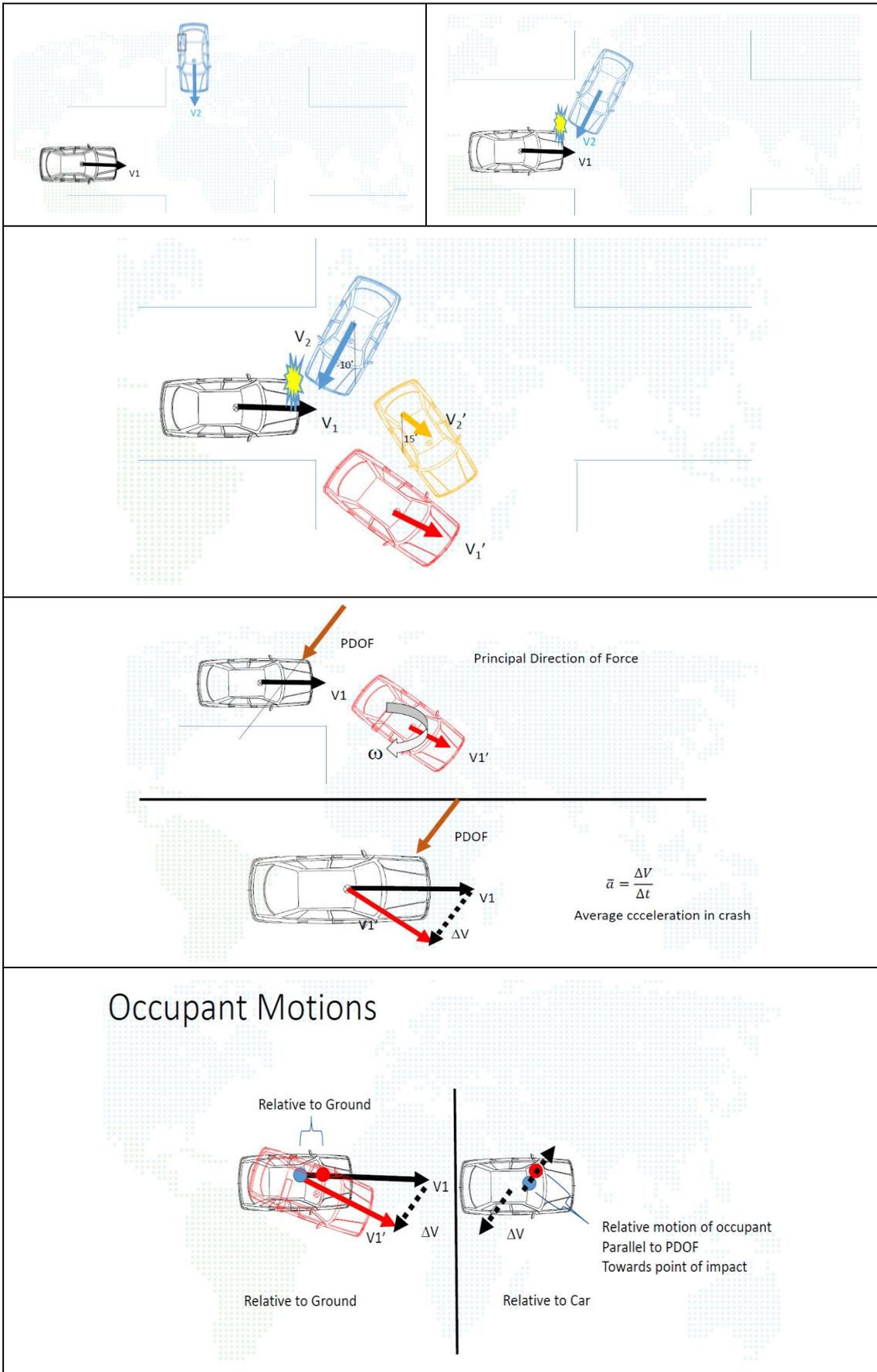


圖 3-1 車輛碰撞後人車移動方向

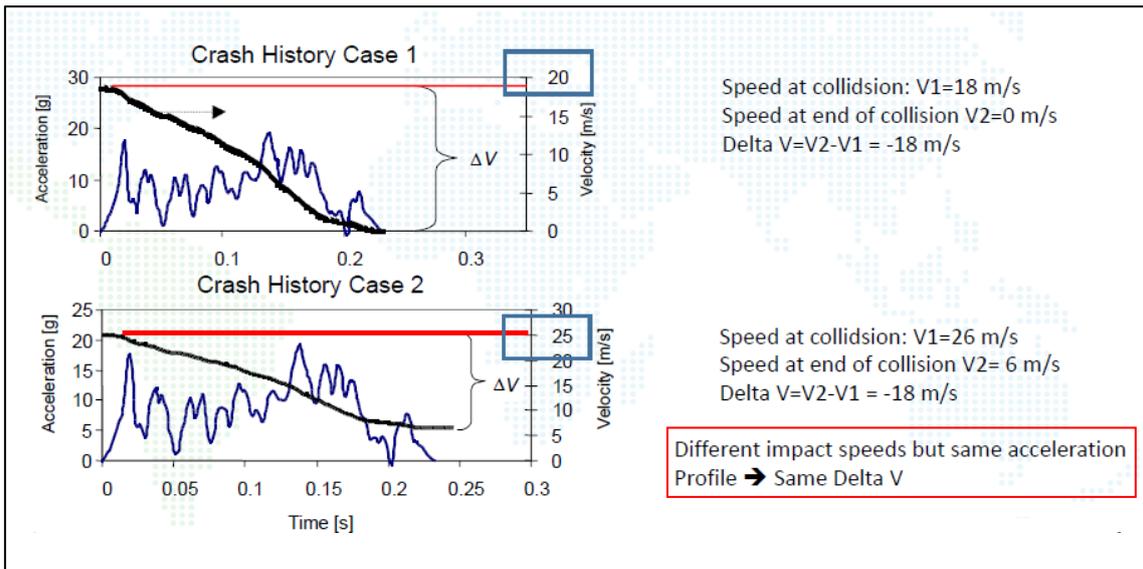


圖 3-2 不同行車速率車輛碰撞後加速度之分布型態

2. 車輛碰撞的物理原理與重建

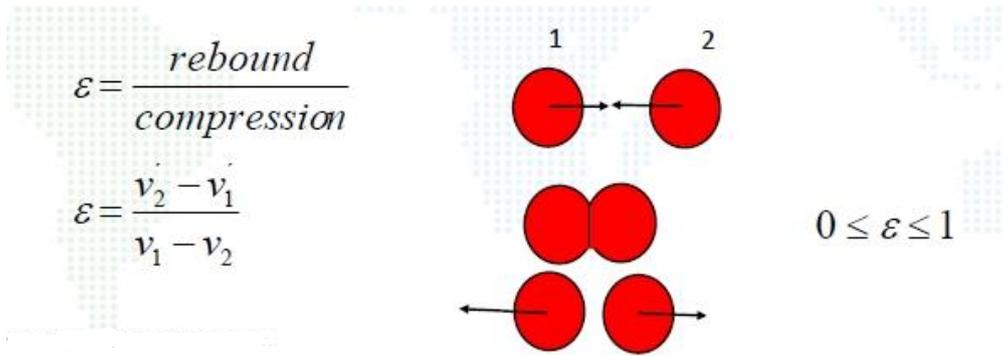
在碰撞動力學中，估計碰撞嚴重程度有利用動量(Momentum)及能量(Energy)兩種分析方法。動量分析需要的資料包含：準確的現場證據、車輛的質量(重量)、估計衝擊前速度(速度限制)……等。能量分析需要的資料包含：車輛剛性數據（來自實驗）、車輛損壞的測量等資料。

動量重建(Momentum Reconstructions)

需要現場的資訊包含路況、天氣、位置、道路幾何、撞擊時的車輛方向、車輛靜止或其位置等及車輛撞擊前的資訊。依動量守恆的原理進行行駛速率估算。

$$\sum m_i v_i = \sum m_i v_i'$$

在質量已知，行駛速率未知的情況下，可利用碰撞恢復關係求解，恢復係數為碰撞過程反彈與壓縮之比例，恢復係數=1 為彈性碰撞、恢復係數介於 0~1 間為非彈性碰撞、恢復係數=0 為完全非彈性碰撞。



於車輛碰撞測試實驗得到恢復係數與行駛速率間之關係如圖 3-3。

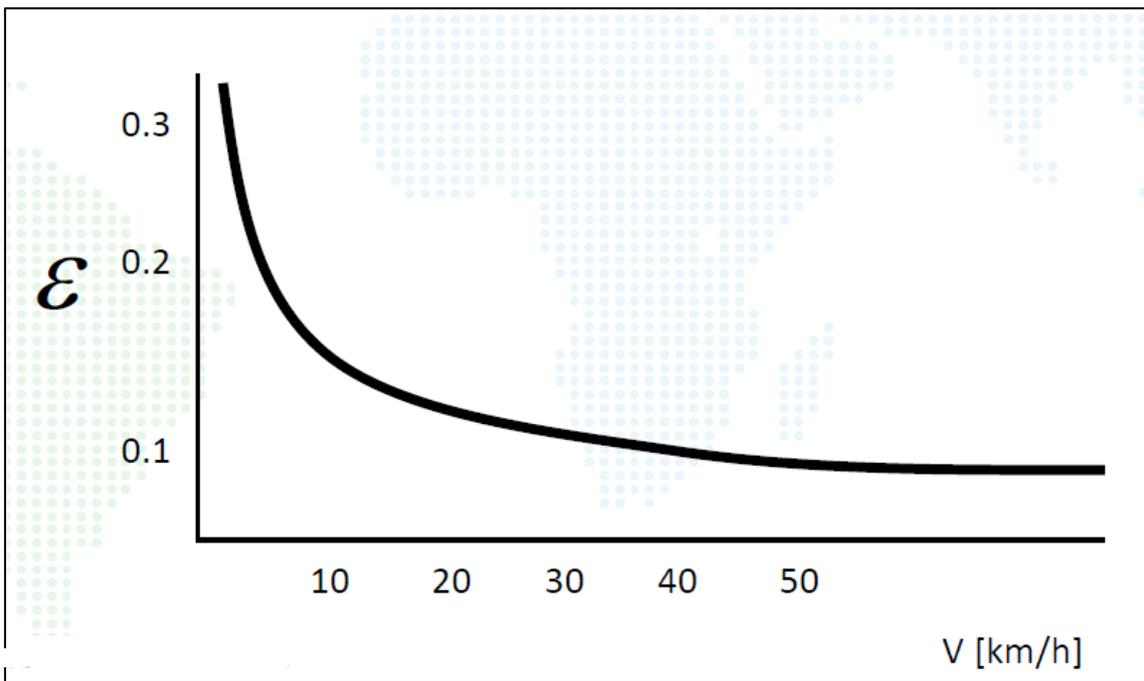


圖 3-3 恢復係數與行駛速率關係

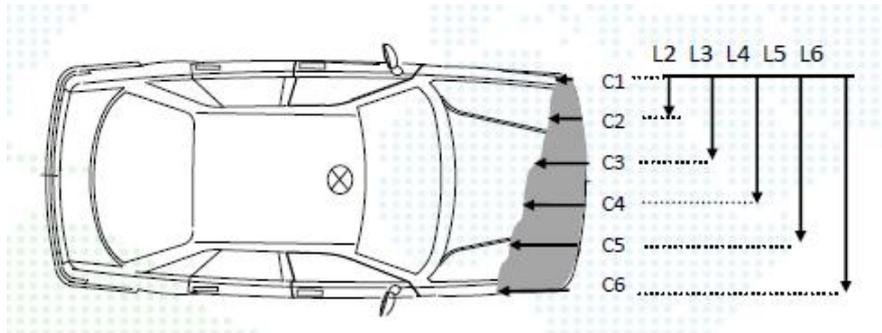
能量重建(Energy Reconstructions)

可以通過估計車輛結構吸收的能量來描述碰撞的嚴重程度，車輛損壞所吸收的能量以當量速度(equivalent speed)表示。

$$E = \frac{1}{2} MV^2$$

$V = \text{Equivalent velocity}$

能量碰撞模型建立是由一系列的碰撞測試數據來估算事故的嚴重性，碰撞測試結果顯示車輛的損壞程度與碰撞速度呈線性關係。能量之計算式如下，能量大小與車輛變形面積有關，其關係與對剛性牆壁進行的碰撞測試時，車輛所產生的損壞相同。



$$E = \int_0^l \left(AC(x) + \frac{B}{2} C(x)^2 + G \right) dx$$
$$E = \frac{1}{2} mv^2$$
$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad v \text{ is known as Equivalent Energy Speed}$$

3. 事故傷害紀錄

碰撞事故傷害紀錄主要用來描述傷害的類型、來源及嚴重程度。

傷害類型：骨折、割傷、挫傷。

傷害來源：外部接觸所造成如汽車外部部件、道路環境等；內部接觸所造成如內部表面、約束系統等；慣性載荷所造成如安全帶固定身體，但由於高加速度造成內傷。

傷害嚴重性：依警方描述分無、輕微、嚴重、死亡四等級；依 **Abbreviated Injury Scale** 定從 0（無傷害）到 6（致命傷害）等級。

二、安全數據類型(Types of safety data)

安全數據類型之學習目標

- 辨識數據來源
- 了解數據來源的優勢和劣勢
- 介紹整併數據來源的可能性

1.事故發生的背景因素

事故發生是不同因素相互作用的結果，其背景因素包含：訓練、安全文化、車隊特性等；事故的特定因素包含：道路使用者類型、發生事故的位置、道路使用者的軌跡。事故發生背景因素分析是利用安全系統方法(起司理論)逆向作業分析其肇因，詳圖 3-4。

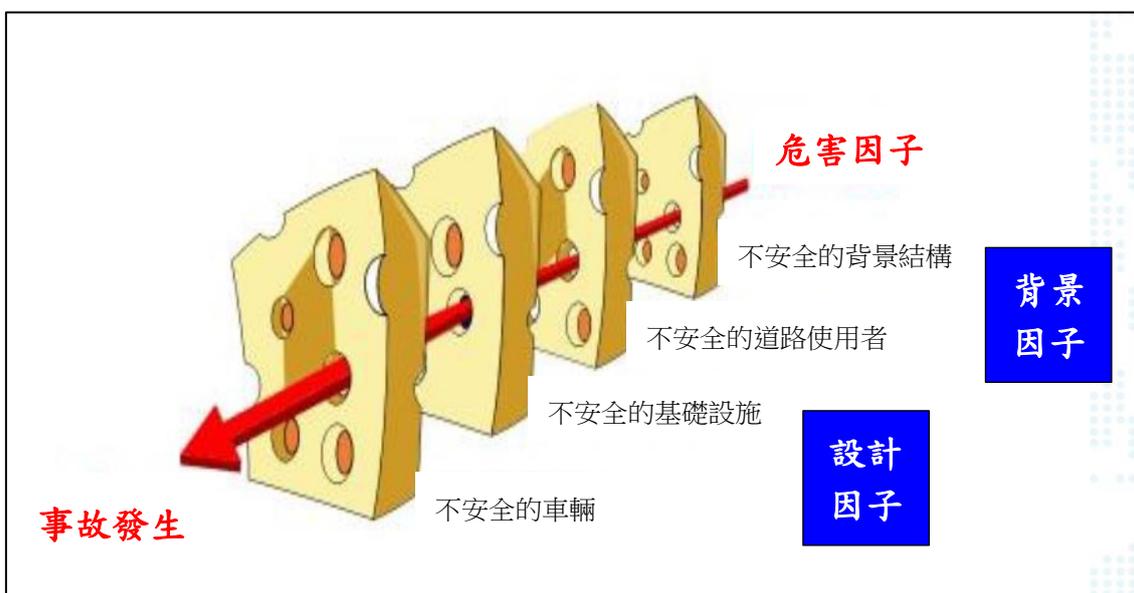


圖 3-4 起司理論安全系統分析方法

2.事故資料之樣本規模與詳細度

肇因分析所需的資料很多，包含事故地點環境條件即事故發生不同元素的交互作用數據等，而不同的資訊可能需要不同的來源，不同來源的資料結構差異性很大，將不同資料來源的詳細度進行比較如圖 3-5。



圖 3-5 不同資料樣本規模與詳細度比較

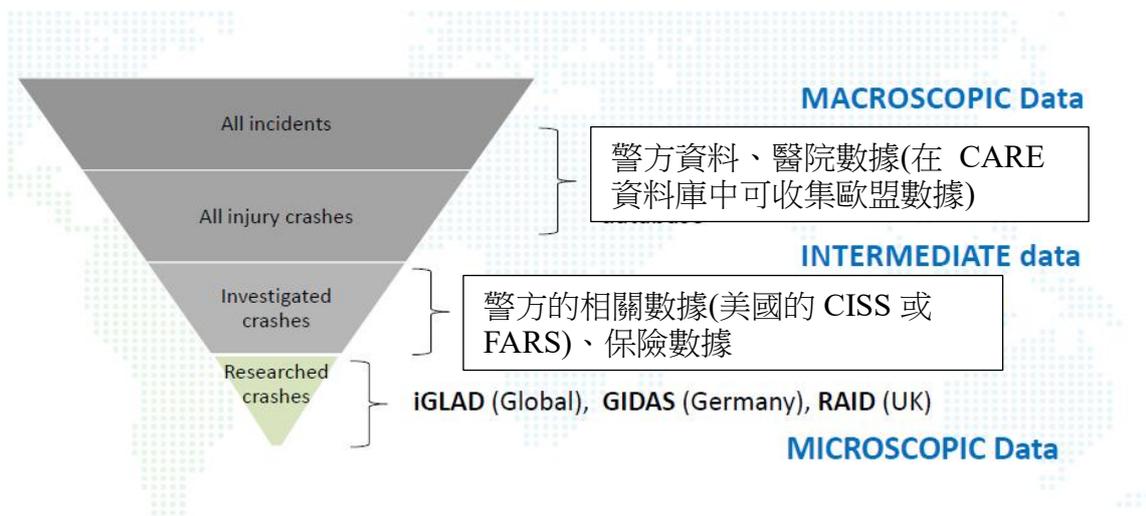


圖 3-6 不同資料樣本及其來源

3.其他數據來源

全國旅運調查：對具有代表性的家戶(人口)樣本的旅運需求資料進行分析

觀察性研究：守法率、違規率（例如不繫安全帶的百分比）

自動流量計數器 ATC：系統自動記錄速度和流量

車載資通訊(Telematics)：測量車輛的速度、加速度、轉彎和制動

國家統計機構：人口統計、年齡...等

網頁瀏覽器(Mosaic)：市場區隔、就業、住戶和通訊偏好等。

4.資料取得來源之優缺點

資料取得來源	優點	缺點
警方/國家資料	有很多標準格式的案例 提供基本的 Who、What、When 和 一些 How	資料品質不一致
調查/保險	部分元素調查詳細訪談/製圖 訓練有素的調查員	人力密集 昂貴
事故研究	部分元素調查詳細訪談/製圖 專家分析	人力密集 非常昂貴
全國旅運調查	良好的洞察力 以使用者英里數衡量風險 可以幫助衡量報告中碰撞數據不 足的程度	限用於小區域
觀察性研究 (守法率)	對守法率有很好的了解 執法數據通常只會提供正在執法 的數量。	人力密集
自動交通計數 器(ATC)	非常具體的站台 包括所有流量 有良好的細節水平	需要很多地點才能獲得適 用於其他地方的趨勢
車載資通訊 (Telematics)	有良好的細節水平 駕駛員輸入測量 覆蓋所經路網	受車隊特徵影響 非常大的數據,需要計算能 力和專業知識才能使用
國家統計單位	數據質量好 可與其他資料庫相匹配	限用於小區域
網路瀏覽器 (Mosaic)	其他地方無法獲得的資訊 特定的通訊活動	適用於區域局部地區,而非 個人

5.事故調查資料需要知道”為什麼”，定性與定量數據的特性



定性(Qualitative)資料特性	定量(Quantitative)資料特性
上下文前後關聯 詳細且具體 為描述行文字 較難進行整體分析	分類 可能缺乏細節 概括性數據 易於統計分
可依性質分類後再以類別資料進行定量分析	可整合定性資料輔助解釋分析

6. 碰撞事故資料分析案例

事故資料需求	事故經過/資料來源	案例
When and Where	何時何地發生？ 簡單的事件日誌	2020 年 6 月 12 日晚上 10:23 在 Zayed The First Street 橋下的 Promenade 發生碰撞。
What and Who	發生了什麼，誰造成？ 現場查詢	55 歲男性駕駛的貨車駛離路面， 撞到橋柱，造成司機肋骨骨折、腿 骨折和內出血。
How	是如何發生的？ 警方的調查資料可得到 大部分事故如何發生的 直接原因。	卡車司機在方向盤上睡著後失去 了對車輛的控制。沒有障礙物阻 止卡車離開道路。
Why	為什麼會發生的直接原因？ 需要進行根本原因分 析，這通常超出了警方 調查的範圍。	司機怎麼睡著了？.....他累了。 為什麼他累了？.... 他的老闆給他 施加了長時間工作的壓力。 為什麼他的老闆要給他壓力？..... 行業內的文化比安全立法更有影 響力。

7. 碰撞事故資料的組成及來源

碰撞事故調查資料的組成及其來源如下表

資料類別	資料組成	資料來源
緊急應變	應變速度、傷害嚴重程度、處理結 果、起訴證據、收集資料的品質	救護理人員資料、創傷資料 指揮和控制系統。
人為因素	速度、是否分心、技能和知識、損 傷、錯誤、危險操作、年齡和經驗。	碰撞資料(警方)、學術研究、 駕駛違規資料。
車輛特性	安全特性（預防和保護）、道路適 用性和維護、弱勢使用者、性能。	警方致命調查、汽車製造商、 車輛檢驗機構
道路環境	能見度、危害因子、易用性、道路 混合使用者、速度限制、外觀和感 覺（影響人類行為）、執法水平	公路管理當局記錄、車載資 通訊/交通計數器 人口普查和人口調查

三、安全績效指標介紹(Introduction to Safety Performance Indicators)

安全績效指標之學習目標

- 導入道路安全指標
- 以瑞典道路安全績效指標的應用為例

1.道路安全指標及替代對策(Road Safety Indicators, Surrogate measures)

道路安全績效指標之建立，除可運用某些國家、區域或地區性的交通事故數據外，尚可考慮以下交通安全指標或替代安全參數之建立：

- ◇ 安全帶的使用比例
- ◇ 交通違規超速的比例
- ◇ 具有良好安全等級車輛的比例
- ◇ 道路有實質中央分隔的比例

基本假設(Underlying assumption)：道路安全指標訂定並實行後。交通事故傷亡人數會隨時間而降低，如下圖。



交通事故數據具有回溯性：必須在事故發生及人們受傷前，進行問題了解並想辦法解決問題。

道路安全指標可用於評估診斷道路的安全水平，而不需依賴因交通事故而撞傷的人數。

道路安全指標係基於可量測或可觀察的參數為基礎。

2.道路安全指標及替代對策案例

安全帶的使用比例

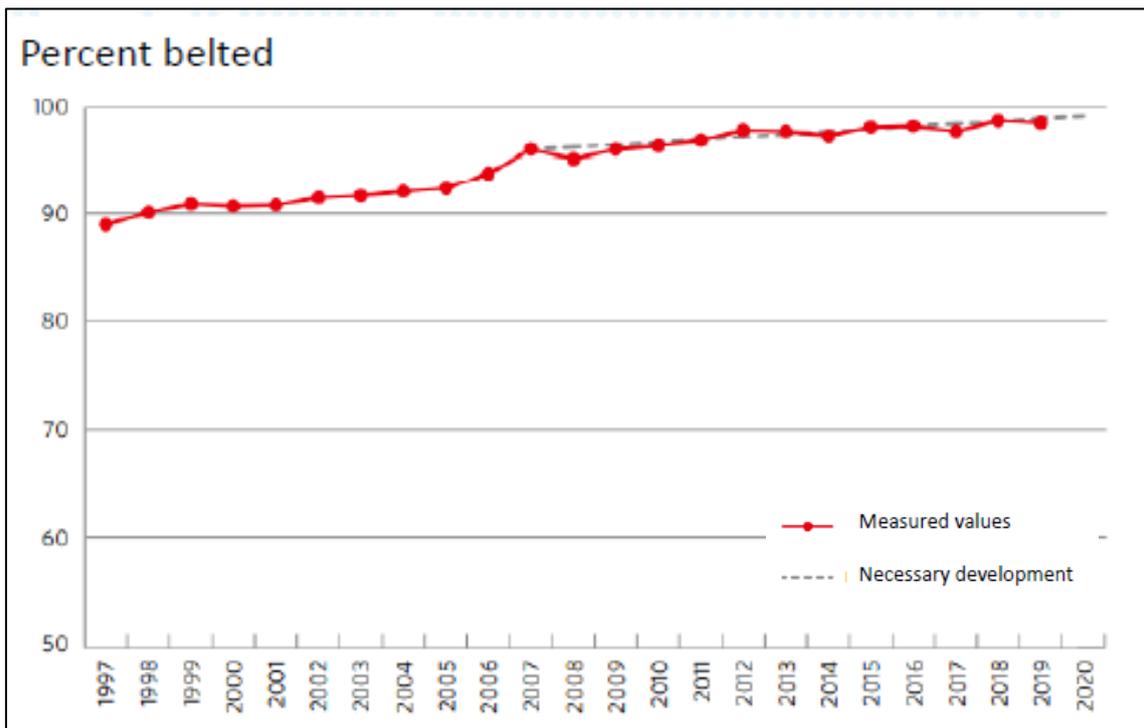


圖 3-7 1997~2020 年觀察座乘客繫安全帶的百分比

基礎設施指標

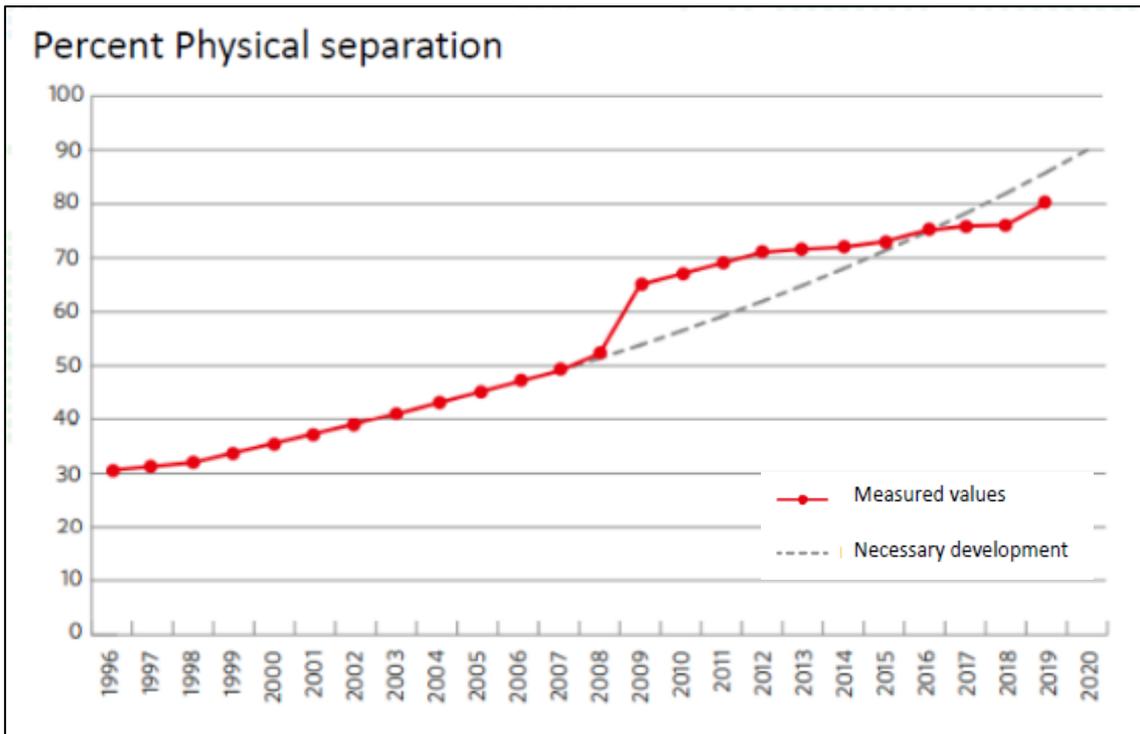


圖 3-8 1996~2020 年公佈的限速超過 80 KPH 且有實質中央分隔道路的百分比

使用者遵守交通規則的指標

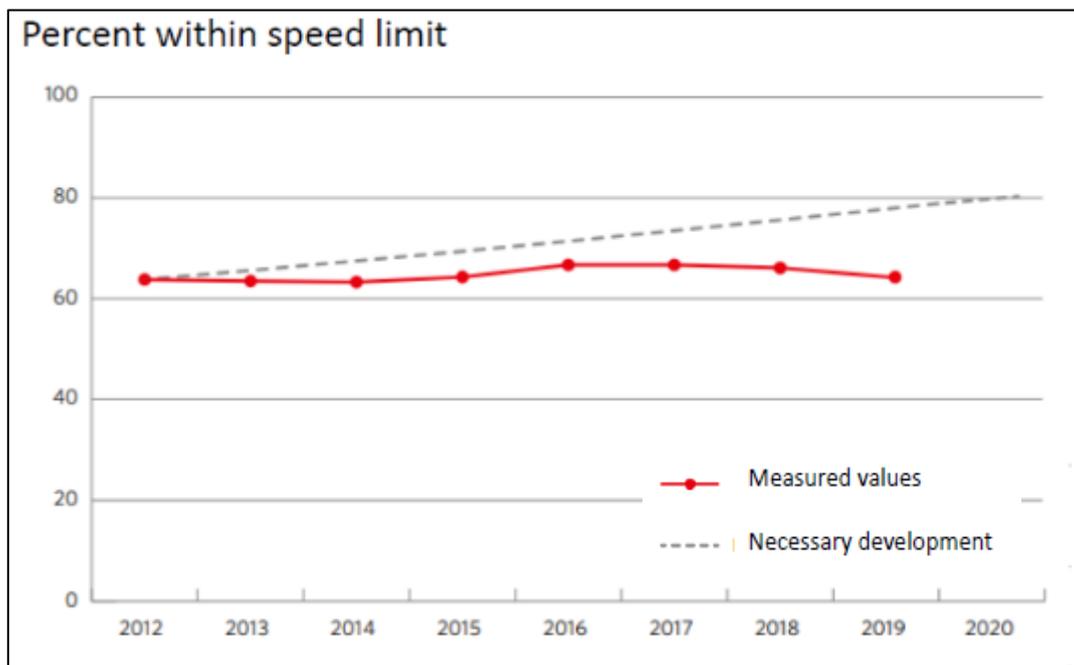


圖 3-9 2012~2020 年公佈行駛速率在限速範圍內的交通量百分比

基礎設施指標

指標無法直接預測交通事故之次數。

可提供衡量道路路網是否“健康”的指引。

可幫助識別研擬改善對策類型。

可提供附加資訊以支持問題和改善對策的識別。

3.瑞典交通管理局使用的道路安全指標：

- 遵守速度限制（速度限制內的交通量百分比）
- 酒醉駕駛（清醒/無毒司機之百分比）
- 安全帶使用（繫安全帶之百分比）
- 自行車頭盔使用率（帶頭盔的百分比）
- 安全車輛（現代車輛百分比，良好的 EuroNCAP）
- 更安全的摩托車/PTW 司機（使用頭盔、正確的執照、在限速內）
- 更安全的道路（限速 > 80 公里/小時的道路百分比，中間有障礙物）
- 更安全的行人、自行車、輕機車行車處（道路交叉口 < 35 公里/小時之%）
- 人行道和自行車道的維護（標準化維護的社區百分比）
- 系統交通安全 ISO 39001（建議指標）

評估安全帶、自行車頭盔使用的方法

- 當地志願者觀察主要城市的交通情況
- 選擇交通量大行駛速率慢的十字路口
- 選擇每年的特定時期

四、進階資料收集方法(Advanced data collection methods)

進階資料收集方法之學習目標

- 補充數據收集簡介
 - 新的收集技術
 - 被動安全
 - 主動安全
- 了解碰撞數據和非碰撞數據間的區別
- 審視自動駕駛車輛的關鍵問題

1.道路安全之發展與資料需求

道路安全方面的進展有賴於一可提供正確數據的技術，在 1980 年代、1990 年代、2000 年代的道路安全性有大幅進步，其主要來自被動安全(Passive Safety)，而被動資料的發展需要實際公路事故傷害數據，自 2010 年後道路安全發展在歐洲有停滯不前之現象，歐洲道路死亡人數如圖 3-10。欲改善道路安全性的挑戰有下列幾項關鍵議題，主動安全(Active Safety)與被動安全之主要差異在於如何預防交通事故的發生，詳圖 3-11 之關聯性與比較分析。

- “傳統”的被動安全和道路設計仍有改進的機會
- 藉由避免碰撞（主動安全）或自動駕駛汽車來提高道路安全性的機會
 - 主動安全可以被認為是較低級別的自動化
 - 駕駛輔助
- 主動安全將改善道路安全性
 - 隨著市場(消費者)滲透率的提高(車隊中車輛裝置主動安全設備的百分比)
 - 需要資料進行車輛設計和功能的改進

主動安全有不同的數據需求，在資訊檢測階段要充分了解”需要檢測什麼”及”什麼時候需要檢測”；在資訊決策階段則須掌握”警告司機的最佳時間”及”車輛自動系統何時須介入”，這些問題需要在事故發生前獲得重要資訊，傳統事故調查報告中並沒有這些訊息。

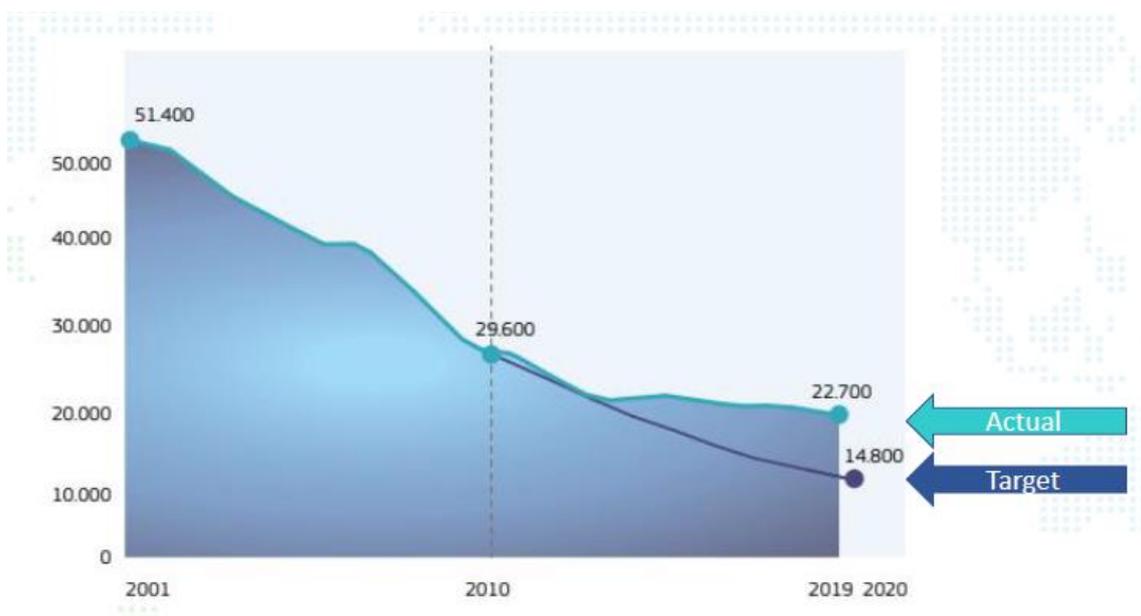


圖 3-10 2001~2020 年歐洲道路死亡人數分布

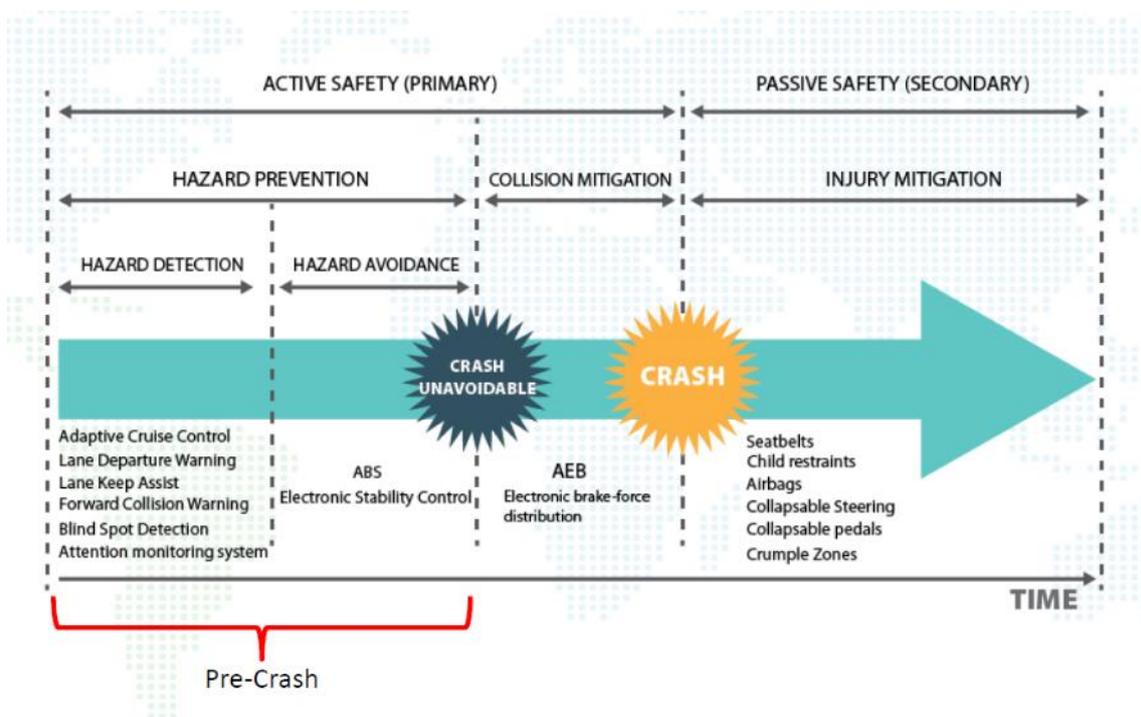


圖 3-11 主動安全與被動安全之關聯分析

2.進階資料蒐集來源

隨著資通訊技術快速發展，進階運輸安全相關資料來源有事件資料記錄器（EDR 汽車黑盒子）、研究用車輛行車紀錄器、製造商安裝的車載監控記錄器及道路基礎設施監控系統。

事故資料記錄器（Event data recorder；EDR）

EDR 是一個安裝在汽車上，用於記錄駕駛狀態等資訊的設備以便在交通事故時提供證據。在現代的柴油卡車中，車禍往往發生在發動機出現故障或車速陡然變化的時候，事故資料記錄器便在這時候記錄下資料。車禍發生後，從事故資料記錄器上收集到的資料可以用於分析事故原因和肇事責任。此設備具有防篡改和可讀寫特性，與飛機上的黑盒子作用相似。通常又稱作「汽車黑盒子」（它和磁帶記錄器、警車上用的攝像頭等不是同一類設備）。

EDR 記錄與傳感器（通常是車輛加速度）達到門檻值時會啟動蒐集車輛碰撞的相關數據，並觸發系統存儲信息以供以後檢索。碰撞記錄儀、黑盒子等都是 EDR 類型的設備，但 EDR 條款本質上僅限於車輛的委託成品製造商(OEM)安裝，而不是售後市場或第三方系統。EDR 是某些特定組織和研究人員的主要裝備，以記錄和分析在車禍時所記錄的車輛資料。

NHTSA（美國國家公路交通安全管理局）自 1998 年以來分析了 EDR 及其對道路安全的影響，並發布了新的法律要求在 2012 年 9 月 1 日之後所有車輛都須配備 EDR，並遵守數據採樣要求的規定(聯邦管制法規 CFR 第 563 部分的約束)。NHTSA 負責維護事故調查程序，該程序會在可能的情況下下載 EDR 數據以補充開放文件的可用性。

EDR 收集哪些資料？

EDR 的第一個版本只關注正面碰撞，包含碰撞前資料和一段碰撞時之資料，在事件前 5 秒每秒採樣 1 次(@ 1Hz)，儲存碰撞事件前後的車輛行車資訊。

EDR 紀錄資料之應用和限制

主動安全系統的開發和評估需要準確的車速、轉向和制動等知識，但聯邦管制法規 CFR 第 563 部分中指定的採樣率和變量限制了碰撞前分析，無法作為主動安全系統的開發和評估所需之資訊，除非 OEM 已升級超過第 563 部分的資料記錄，速度、轉向及制動狀態之資料以每秒至少紀錄 2 次以上方為可用資訊，另應考慮增加偏航率及橫向加速度的資料紀錄。另 EDR 沒影像資料可協助確認事故發生時的車外狀況也是其限制因素。另一方面可由蒐集到資料來描述系統的功能需求，如從後側撞擊瞬間撞擊車輛的速度變化，如圖 3-12，此對設計自動駕駛系統非常重要。

由於 OEM EDR 僅記錄由碰撞事件觸發的碰撞事件相關的資料，基於此碰撞事故 EDR 的限制，要怎麼下達急剎車或轉向動作指令以避免碰撞，可蒐集“接近碰撞事件”及“安全關鍵事件”(Safety Critical Even；SCE)之資訊，其可能是設計主動安全設施關鍵資訊，安全關鍵事件發生期間的影像和車輛資料，對於車輛和基礎設施的設計很重要。安全關鍵事件是類似基礎設施分析中的“衝突分析”技術，如對交叉路口觀察記錄之急剎車或接近碰撞事件的數量。其使用假設系有大量安全關鍵事件的位置或狀況，也可能有更高的碰撞事故率。

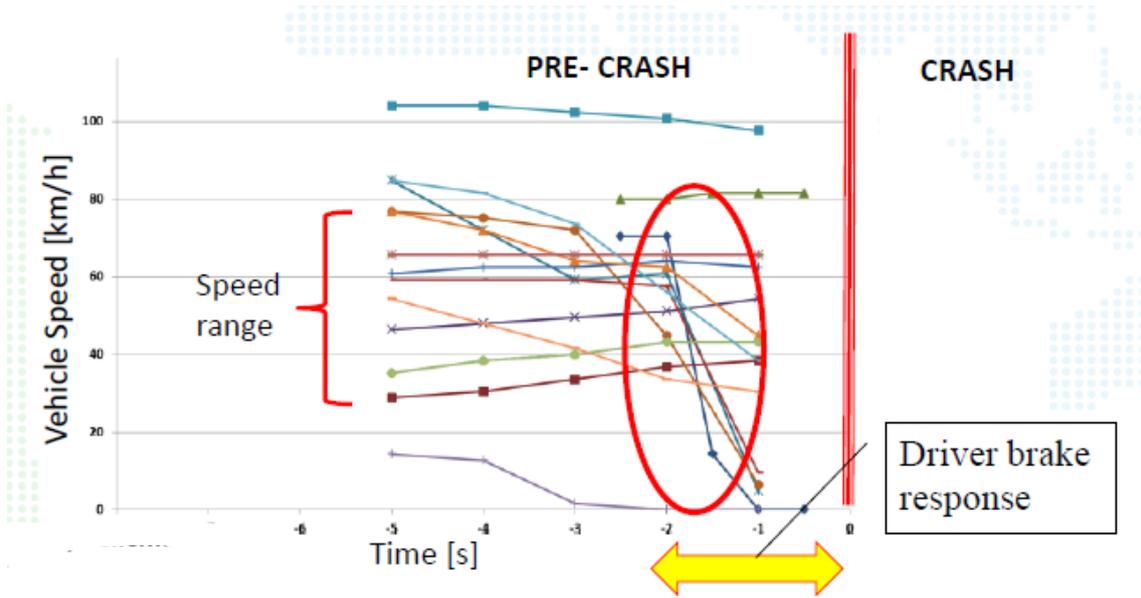
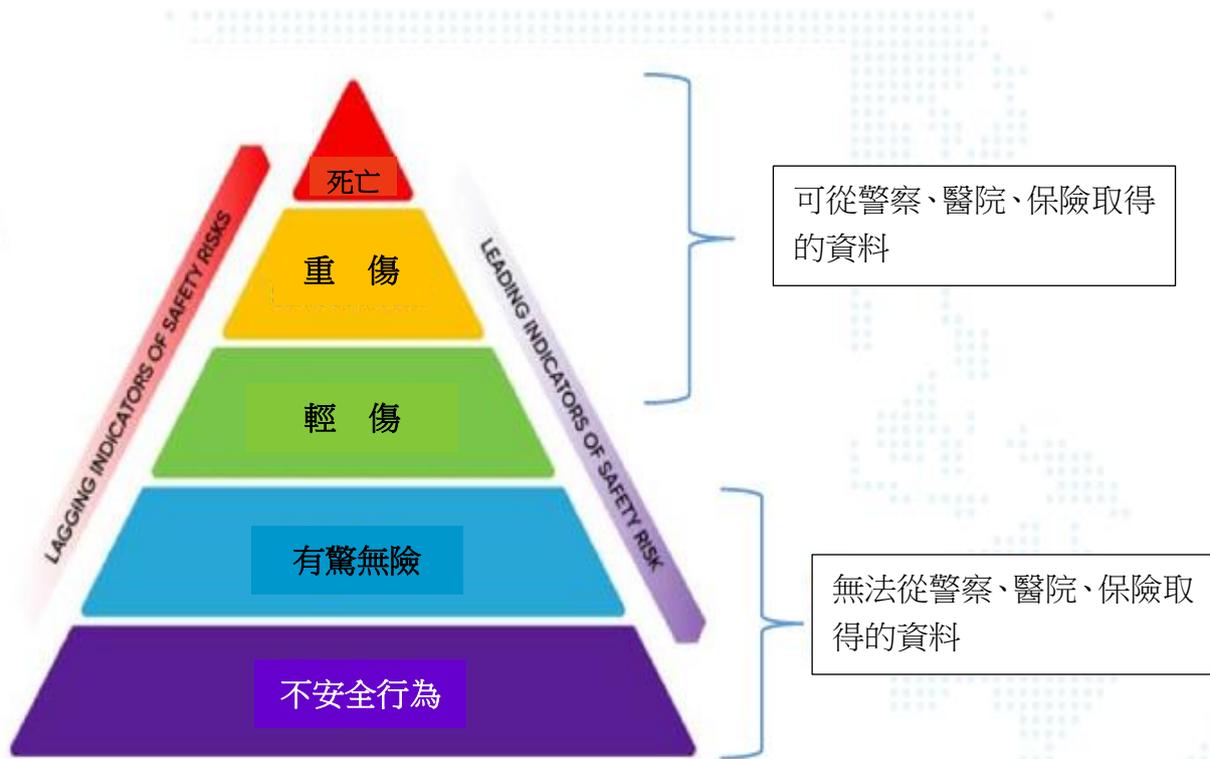


圖 3-11 事故發生前碰撞車輛速度變化狀況分布

安全理論- Heinrich's Triangle Theory



連續性事件資料記錄器

研究安全關鍵事件需要取得碰撞和接近碰撞的資訊，但 EDR 並無法提供完整的資訊，此可藉行車影像紀錄器的資料來串連資料連續性，可藉由行車紀錄器的影資料分析碰撞事故前：司機在做什麼？他們在看哪裡？速度是多少？其他道路設施在哪裡？

3.自然駕駛資料(Naturalistic Driving Data)

自然駕駛資料 (NDD) 係以儀表描述車輛在正常交通狀態運行的最近行駛資訊，其主要起源於原型車的測試。

自然駕駛研究 (NDS)指在自然交通環境下駕駛時，使用不顯眼的觀察進行的研究。

現場操作測試 (FOT)研究，旨在使用準實驗方法以主測試車輛(原型車輛)在一般交通環境中正常操作的條件下，評估一個或多個功能。

NDS 和 FOT 之間的主要區別在於 FOT 具有正在研究的特定系統並且可能包含原型車輛。

資料蒐集方法

將傳感器和攝影機安裝在車輛上，日常駕駛以不引人注意的方式觀察幾個月到幾年，記錄資料包含有關車輛操作的速度、加速/減速、方向；駕駛員的眼睛、頭部和手部動作；及車輛外部條件的道路幾何、交通組成和天氣特徵等。

以深入了解道路使用者的行為和風險因素，如在一般情況下和（接近）碰撞事故下，駕駛者與車輛、道路和其他道路使用者之互動狀況。

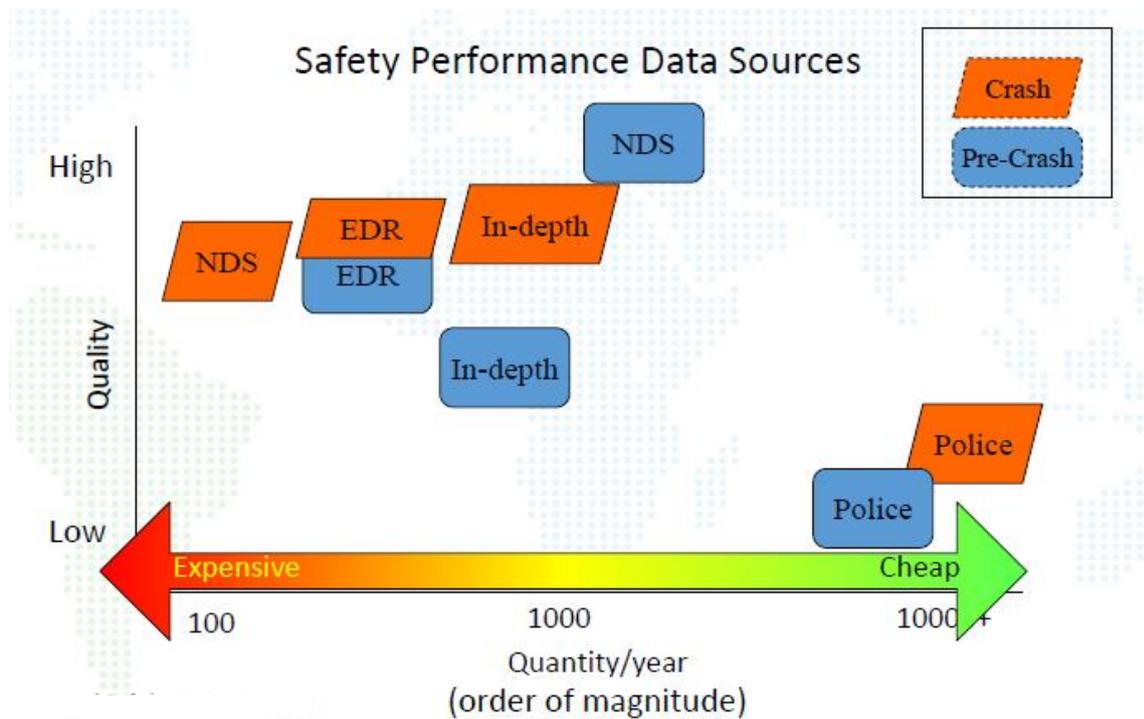
NDD 的附加值

- 沒有實驗性的干擾
- 自然交通環境中的“自然”行為
- 直接觀察衝突和（接近）碰撞事故
 - 事前精確和詳細的資訊
 - 事後報告沒有偏見

比較傳統的研究方法：

- 實驗室
- 駕駛模擬器研究
- 儀表汽車研究

4.資料質量和數量比較



5. 主動安全和自動駕駛汽車的挑戰

- 需要為未來車輛訂定性能設計準則
- 識別不安全條件與安全關鍵事件和實際碰撞之間的關聯性
- 記錄車輛和周圍的影像資料，以識別車輛基礎設施的依存關係
 - 制定安全操作規範

道路實質資料選項

- 並非所有實質數據都需要從車輛中收集
- 基於基礎設施的系統已經存在
 - 在地行車速度測量
- 可擴展視頻監控和視頻處理

五、資料品質與管理(Safety data collection, quality, and management)

資料品質與管理之學習目標

- 識別資料品質問題的類型
- 評估質量問題
- 確定提高資料質量的方法

1.資料品質問題

資料缺失問題：

- 阻止我們了解正在發生的事情
- 低估問題的規模
- 不能證明需要資金

資料不準確的問題：

- 比遺失資料更糟糕--有浪費資源或適得其反引導方式的風險

易肇事路段，可以工程方案解決其問題點，但..

碰撞事故資料若沒被記錄，則其問題將繼續存在。

碰撞事故資料若沒被正確記錄(繪製)，則將誤導錯誤的交通工程解決方案

資料品質低的原因

- 資訊不可用：如碰撞前速度缺乏精度。
- 資料收集者後其他優先事項影響
 - 例如：現場警員救人、保存證據、公共秩序……然後收集數據
- 錯誤：人為錯誤和模稜兩可的形式要求
- 缺乏動力：看不到好處
- 延遲：處理時間太長，資料越舊越沒用

2.量測資料品質的評估準則

- 內部一致性：
 - 例如免費資料內容是否與其他領域取得資料匹配，“汽車進入了自行車道的環形交叉路口”，車輛表格僅記錄汽車，沒有記錄自行車。
- 與其他資料比較
 - 例：警方顯示顯示死亡人數減少，但醫院資料卻顯示死亡人數保持不變。
- 非必填資料格的填寫紀錄程度如何？
- 與事件當事人訪談，他們獲得可靠資訊的難易程度。
- 時效性。

3.改善資料品質的方法

- 紀錄精簡，避免陷入捷徑誘惑。
- 現實紀錄，資料收集者要知道其合理性。
- 不斷精進學習更精準之資料蒐集方法
- 減少歧異：
 - 例：STATS19 中的欄位稱為“住院”。無論受傷情況如何，這都會自動將嚴重程度升級為“嚴重”。但“住院”是指住院病人（即過夜）。當人們只是去急診室就診時，這欄位就會被打勾，導致嚴重傷亡的人數統計錯誤。故其欄位已更改為“病人在醫院過夜”。
- 使用必填欄位
- 自動化
 - 例：可以開發應用程式，使用警官手機的 GPS 位置和地理資料庫來填報大部分位置和道路環境資料。
- 稽核；內部一致性檢查

- 例：碰撞摘要說它發生在環形交叉路口，但路口欄位描述說“不在路口”。連接點描述字串手動更新為“環形交叉路口”。

- 建立夥伴關係以共享資料！

- 如果對問題有相同的理解，執法、教育和工程可以互相幫助做得更好。
- 有相同的理解需要有相同的資訊。
- 但也需要信任，有信心挑戰彼此對資料的解釋。

六、安全性測量方法(Methods of measuring safety)

- 測量安全性的方法

- 風險與事故率(肇事率)

- 預測安全

- 安全性能功能：各級路網的肇事率
- 碰撞修正因素：影響碰撞率的因素

安全性測量方法之學習目標

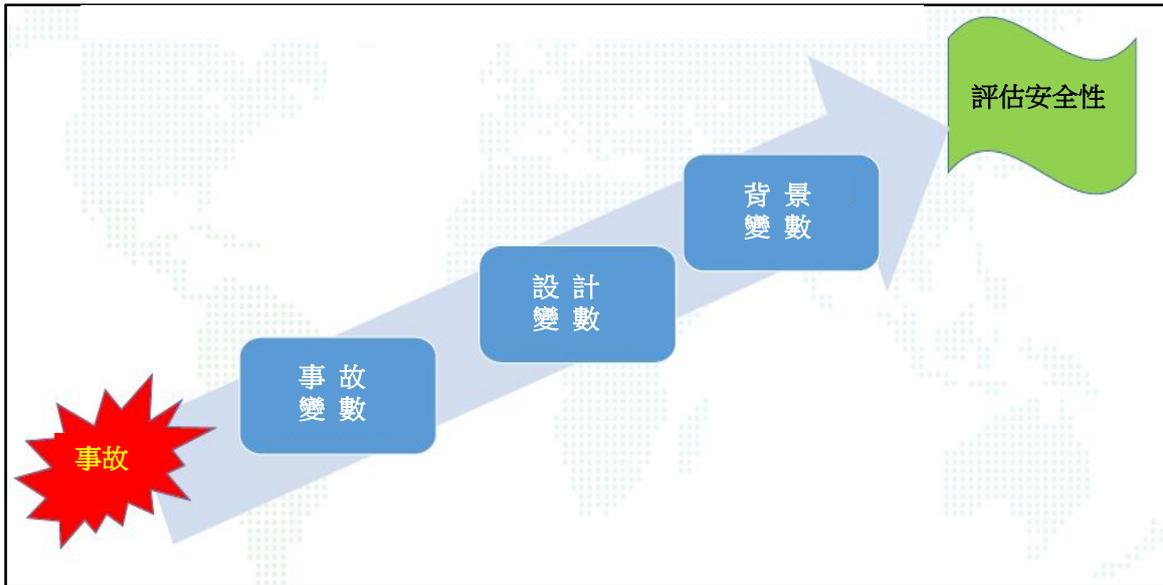
- 測量安全性的方法

- 如何使用所蒐集的資料來評估安全性
- 使用了哪些典型測量值
- 有哪些可替代事故資料的方案？
- 應該注意什麼

- 如何預測未來的安全性

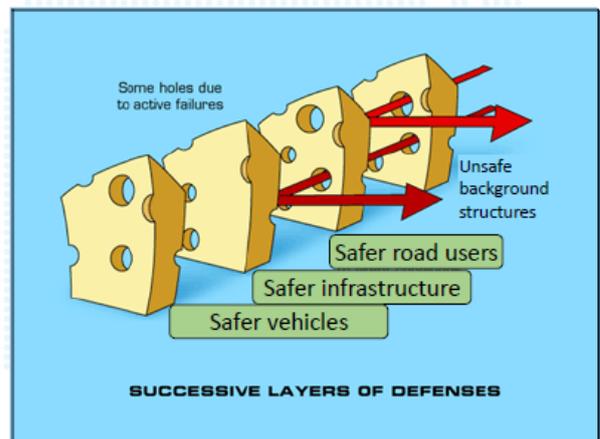
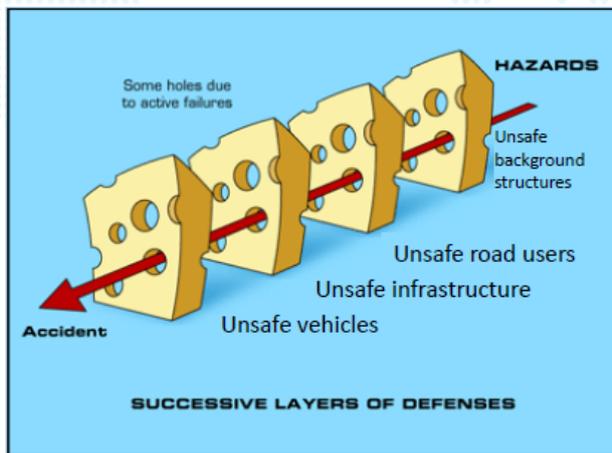
- 安全性能功能（SPF）安全績效函數
- 碰撞修正係數（CMF）

1. 事故發生影響因素之處理



安全系統方法

透過系統中的對策堵住不安全漏洞來防止碰撞事故。



計算項目及方法



文件關聯性很重要

- 與相關規範比較，有多少事故是“壞的”
- 比較路線和車輛類型的比率
 - 例：城市道路上較高的弱勢道路使用者相對於交通量的比率（安全性能函數）
- 比較更廣泛社區的風險
 - 例：比較鄉村間人口統計的結果：富裕社區和農村的風險程度

2.肇事率和風險(Rates and Risk)

肇事率衡量指標： 發生車禍的頻率與交通流量之比例。

風險衡量母體： 特定群組成員受傷的機率。

兩者都很有用，但其衡量的並不是同一件事。

(1) 肇事率計算基礎

在已知距離兩個間點計算車輛數，一年內平均日的交通量，即年平均每日流量 AADT (traffic)。

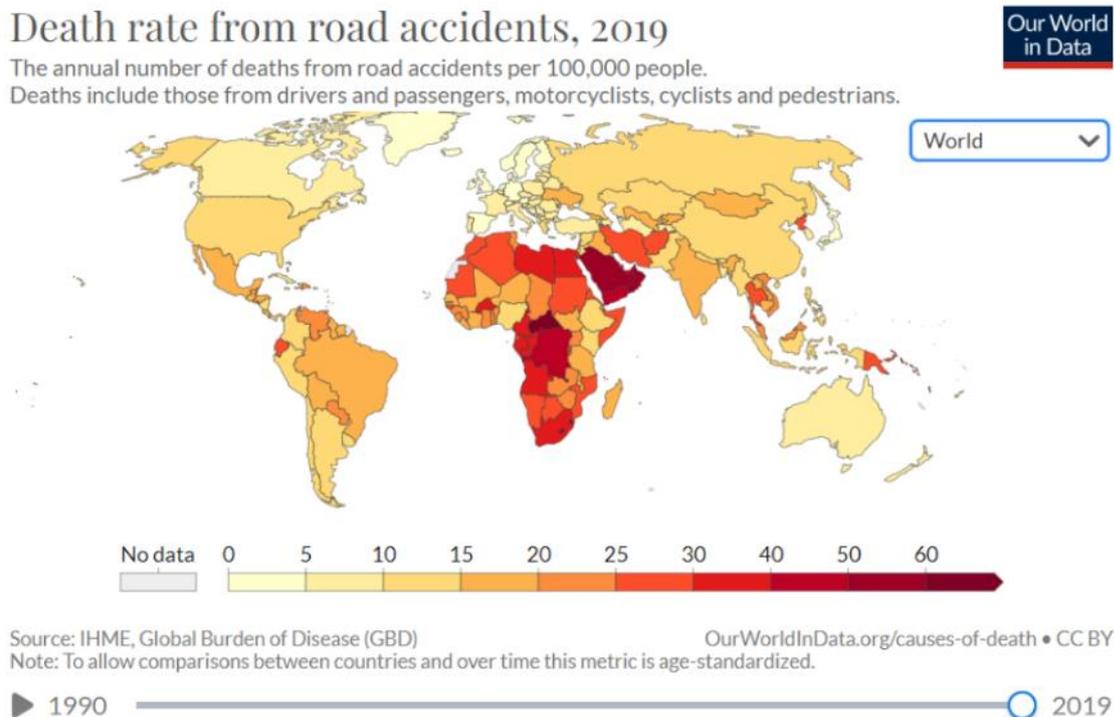
$$\text{AADF(交通量)} * \text{距離(公里)} * 365 \text{ 日(年)} = \text{年車公里數}$$

$$\text{肇事率(Rate)} = \text{年事故數量} / \text{年車公里數(百萬公里)}$$

(2) 風險計算基礎

$$\text{風險} = \text{傷亡人數} / \text{人口數(百萬人)}$$

歐盟統計全球 2019 年道路意外事件每 10 萬人之死亡人數，如下圖。



風險評估之規模問題

- 人群的暴露程度不同
 - 在國家層面：忽略外國遊客
 - 在地方層面：不僅當地人使用當地道路
 - 在個人層面：並非所有人都有相同的車輛或運輸方式
- 由於是車輛存在所造成的傷亡而不是人
 - 車隊規模
 - 車輛類型
- 負責全路網安全的部門
 - 路網長度
 - 道路類型

3. 肇事率和風險選擇

- 傷亡是人：最好是按人口計算的風險
 - 陷阱：暴露不均（人流量與車輛司機）
- 車輛行駛的距離不同：最佳按車輛距離計算
 - 陷阱：不同類型的車輛行駛不同的距離，取決於地點和時間
- 衝突是系統故障：最好針對網絡規模
 - 陷阱：道路等級和區域之間的工程和使用差異

4. 評估安全帶安全性的課題與對策

課題：

- 確定是評估風險或肇事率
 - 重傷風險
 - 發生的頻率（速率）
- 用什麼作為母體
 - 全國人口數
 - 特定事故次數
 - 事故次數

對策：

- 藉由比較安全帶的有效性來評估風險（不是行人碰撞，可能不是追撞）
- 比較繫安全帶和不繫安全帶
 - 不繫安全帶將是用作參考的“控制”組
 - 需要選擇相似的條件（坐姿、性別）

需要注意什麼

碰撞事故是受多種因素影響的事件包含天氣、道路使用者年齡、一天中的時間、車輛類型、道路類型、交通狀況等。

觀察到的碰撞性能

肇事率容易受到“回歸均值”的影響，故對事故數量進行點估計時，需要注意碰撞事故是一個隨機過程，變數採樣可能蒐集到極端高值或低值進行分析。瑞典十年死亡率分布及趨勢預測如圖 3-12。

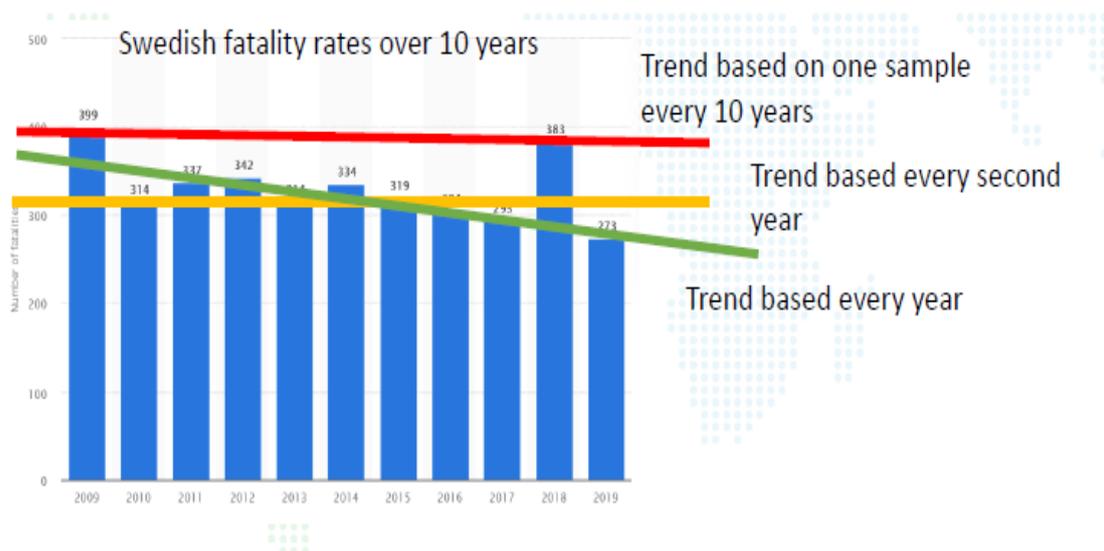


圖 3-12 瑞典近十年死亡率分布及趨勢預測

七、安全性預測(Predicting Safety)

安全性預測之學習目標

- 未來安全績效模式化。安全績效函數 (SPF) 肇事修正係數 (CMF)
- 如何預測改善對策對安全績效的變化。

1.安全績效函數(Safety Performance Functions)

安全績效函數之預測，主要是以過去歷史肇事資料來建構模式，預測未來的肇事率(肇事數/公里/年)，所需的解釋變數有流量、重型車輛百分比、車道數、車道寬度等資料。安全績效函數係按流量來模擬肇事頻率，即以過去平均肇事頻率來預測未來肇事頻率，主要以特定道路或交叉路口類型的肇事頻率為基礎，以當地交通量與道路基本條件進行校估，其關係式如下：

平均肇事頻率 * 校估參數 * 相關肇事修正係數 CMF = 預測的碰撞頻率

一般路段安全績效函數模式結構：

$$\lambda_i = e^{\beta_0} \times L \times AADT^{\beta_1} \times e^{(\beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}$$

where:

λ_i	=	路段 i 的預期肇事次數
e	=	指數函數
β_0	=	回歸係數常數
L	=	路段長度 (英里)
$AADT$	=	年平均日交通量 (輛/日)
β_1	=	AADT 變數的回歸參數
β_2, \dots, β_n	=	解釋變數的回歸參數, $i=2,3,\dots,n$;
X_2, \dots, X_n	=	幾何設計向量、交通量和其他肇事點的特定變數

路口安全績效函數模式結構：

$$\lambda_i = e^{\beta_0} \times AADT_{major}^{\beta_1} \times AADT_{minor}^{\beta_2} \times e^{(\beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n)}$$

where:

- λ_i = 路段 i 的預期肇事次數
- e = 指數函數
- β_0 = 回歸係數常數
- $AADT_{major}$ = 主要道路年平均日交通量 (輛/日)
- $AADT_{minor}$ = 次要道路年平均日交通量 (輛/日)
- β_1, β_2 = 分別為主要及次要道路 AADT 變數的回歸參數
- β_3, \dots, β_n = 解釋變數的回歸參數, $i=2,3,\dots,n$;
- X_3, \dots, X_n = 幾何設計向量和其他肇事點的特定變數

安全績效函數優點和缺點

優點	缺點
可預估實際站點的潛在改善對策 不假設碰撞事故僅取決於流量 可解釋從回歸到均值的偏差 模式建構基於各解釋變數之長期平均值	應用的複雜性高 無法確認隨機的人為因素

安全績效函數較估參數資料來源

基於具有相似屬性的大群組肇事點：例如

- 市區四向號誌化交叉口
- 郊區雙向兩車道公路

由群組中所有肇事點取得的年度資料，如：肇事記錄、交通量

由統計分析過程找到最適函數

安全績效函數的應用

如果環境僅隨探索性變量而變化，則 SPF 可用於預測未來行為，但如果作為改變或想要改變道路型態，如拓寬道路增加車道數，就不是那麼有用。

安全績效函數預測未來表現

- 如果道路有 SPF，並且想要評估管制、對策、活動，則可以使用以前的研究。
- 如果對管制/升級進行事前/事後研究，則可以測量事前和事後的肇事狀況。
- 系統可描述肇事率的變化。

2. 肇事修正係數 (Crash Modification Factors ;CMF)

肇事修正係數 CMF 特定肇事現場分析

可利用肇事修正係數 CMF 估計改善措施的效益，為一係數，當 $CMF < 1.0$ 時表示減少潛在肇事率，也可以表示為肇事率減少因子(Crash Reduction Factor ;CRF)，即道路改善措施實施後之肇事率變化百分比， $CRF < 0\%$ 表示潛在肇事率減少。其計算式：

$$\text{改善前的肇事率} * CMF = \text{改善後的預期肇事率}$$

肇事修正係數 CMF 有兩資料來源可供查詢，其一為 **CMF 訊息交換所**(CMF Clearinghouse ; http://www.cmfclearinghouse.org/using_cmfs.cfm)，另一為**道路安全措施手冊**(Handbook of Road Safety Measures)。為這些資料僅能國內參考，無法直接引用，因台灣地區道路設施、環境、交通組成及交通量，差異甚大。

建構肇事修正係數 CMF 主要是要與安全績效函數 SPF 一起使用而開發，否則可直接以肇事件數的減少百分比取代。CMF 與 SPF 的關係式如下：

$$N_{pred,i} = N_{SPF,i} \times (CMF_{1,i} \times CMF_{2,i} \times \dots \times iCMF_{y,i}) \times C$$

安全績效函數 SPF 可於預測有或沒有改善措施的肇事次數。另不同改善措施的 CMF 可以將它們相乘組合來修正安全績效函數。如將用於增加車道寬度的 CMF 和用於增加路肩寬的 CMF 結合起來，以獲得不同橫斷面改善措施對肇事件數的綜合影響。此外，亦可以將一個地區的 SPF 和 CMF 應用到另一個地區，主要根據當地道路交通條件校估當地的 SPF 進而導出常數“C”。

SPF 校估程序

可以根據當地條件校估 SPF 確定要校估的預測模式 (SPF)，其校估程序如下：

- (1) 確定要校估的 SPF 模式
- (2) 選擇用於預測模型校估的肇事點資料。
- (3) 獲取校估週期內每組校估點的資料 (N_{觀察})
- (4) 應用適當的預測模型來預測的平均肇事頻率 (N_{預測})
- (5) 重複第 3 步驟和第 4 步驟的輸出值計算校估因子

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{all\ sites} N_{observed}}{\sum_{i=1}^{all\ sites} N_{predicted}}$$

注意事項

- SPF 可以特定於肇事類型 (跑出道路、交叉路口、致死等)。
- 以下等式中的 i 指的是特定的碰撞類型。

$$N_{pred,i} = N_{SPF,i} \times (CMF_{1,i} \times CMF_{2,i} \times \dots \times iCMF_{y,i}) \times C$$

- CMF 和 SPF 應該兼容碰撞類型。
- 須了解函數之品質
 - CMF 訊息交換所(CMF Clearinghouse) 提供指標。
 - 內部開發人員可以從模式的適合度辨識其品質。

預估肇事件數之期望

- 事前觀察到的肇事事務只是歷史數據，SPF 可以預測未來。
- 沒有 SPF 模式是完美的。
- 可利用回歸均值整合這些方法。
- 可以使用觀察到的肇事歷史資料對預測的肇事值進行統計校正。
- 貝葉斯統計(Bayesian statistics)使用系統或過程的先驗知識來更新系統或過程的統計模型（知識）
- 經驗貝葉斯方法

$$Crash_{expected} = Crash_{predicted} + (1 - w)Crash_{observed}$$


$$w = \frac{1}{1 + k Crash_{predicted}}$$

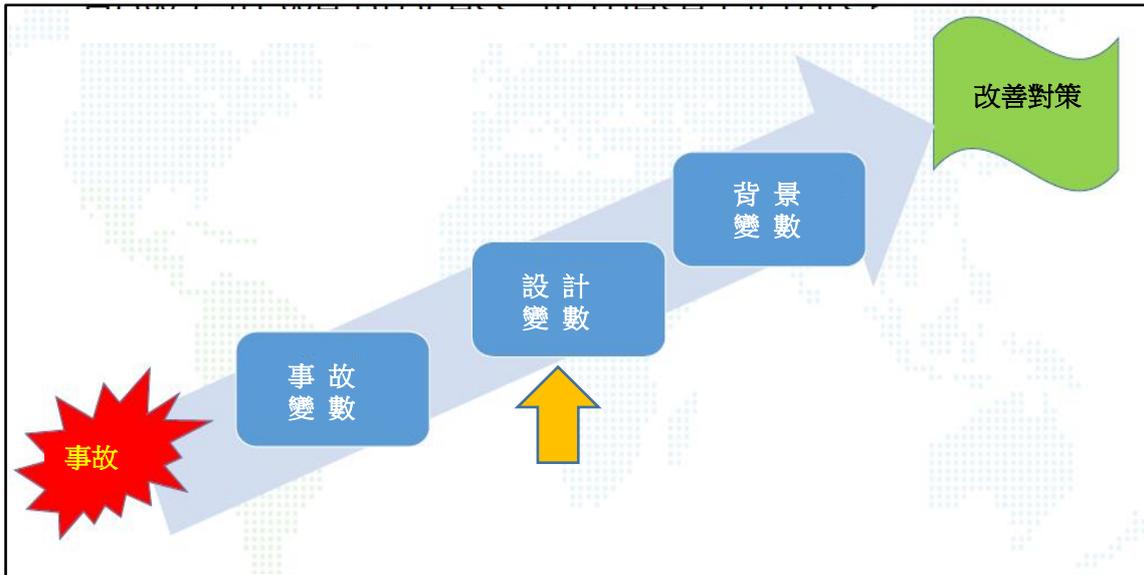
其中 k 是 SPF 的質量，須由 SPF 和 CMF 報告中取得。

八、路網篩選(Network screening)

路網篩選之學習目標

- 交通事故黑點分析(Black Spot Analysis)
- 預測肇事件數
- 計算肇事件數期望值

肇事影響因素及改善對策



路網篩選工具(Network Screening Tools)

隨著分析方法不斷地精進發展，路網篩選工具可以提供更多詳細的資料，可考慮下列 3 種不同的方法來評估道路路網的安全績效。

- 觀察到的肇事屬性（也稱為“交通事故黑點分析”“Black Spot Analysis”）
- 預測的肇事屬性
- 肇事數量的期望值

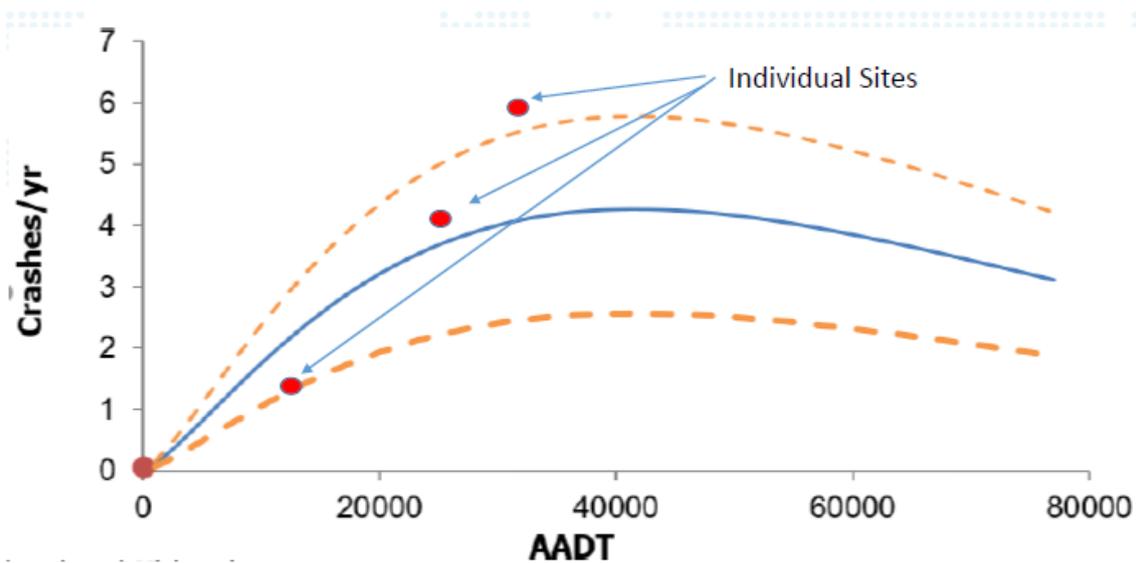
1. 網絡篩選 - 觀察到的肇事屬性(交通事故黑點分析)

從初步的交通事故黑點分析和肇事型態，可以找到一些趨勢，進一步辨識劃分肇事群落(clusters)，並將其分成不同的肇事類型。使用交通事故黑點分析的優缺點如下表。肇事率容易受到“回歸均值”的影響，進行肇事點估計時，需要注意肇事一個隨機過程，變異可能意味著進行採樣時可取到短暫性的高值或低值。

優點	缺點
使用通常已經確認可用的資料 比較簡單的工具（可視化工具、Excel） 可反映區域/地區/地點的歷史特性 有利於發現問題	使用回歸均值不考慮實際波動狀況 無法解釋流量變化的影響

2. 網絡篩選 - 預測的肇事屬性

觀察到的碰撞屬性只是回顧性的，其預測能力有限。使用肇事屬性模式即可以預測肇事屬性，具有安全績效函數的預測肇事模式，以肇事數量和道路特徵之間的關係式，提升肇事數的預測能力。安全績效函數 SPF 以年平均日交通量(AADT)與肇事數間信賴界限預測路網肇事率，如下圖所示，可就個別肇事站點與一般路網性能進行比較。



以一般市區道路之號誌化路口為例，可就交叉路口的型態(十字 T 字路口)、主要道路交通量(AADT)、次要道路交通量(AADT)、觀察到的平均肇事頻率(受傷)、SPF 預測的平均肇事頻率(受傷)、觀察到的平均肇事頻率(僅財損)、SPF 預測的平均肇事頻率(僅財損)等數據進行評估，可以超額肇事數量(Excess crashes)進行排序，評估各路口之安全績效。

$$\text{超額肇事數量} = \text{觀察到的平均肇事數量} - \text{SPF 預測的平均肇事數量}$$

將傷害事故的超額量和進財損事故的超額數量相加，即可得到觀察到的事故發生數量，進而評估路口的安全性或不安全性。安全績效函數 SPF 類似於黑點識

別，增強了當地的參考資訊，可識別出肇事過多的局部區域，SPF 的預測能力意味著可以預測因系統變化而導致的未來安全績效的變動，如流量增加、道路新特徵(設施)的描述。

預測肇事數分析的優點在於可計算出因道路交通量及道路特徵的變化而產生的影響；其主要的限制在於需要大量資料來對重點路段路口之 SPF 進行模式校估，因而失去特殊肇事型態之個別資訊。

3. 網絡篩選 - 肇事數量的期望值

前述交通事故黑點分析可描述過去某地區的肇事屬性，而安全績效函數 SPF 則可預測未來的肇事數量，但這裡兩種方法皆有其缺陷，肇事屬性的期望值則結合前述兩種分析方法，利用貝斯經驗法則，對過去肇事資料及 SPF 預測的肇事數值進行統計校正。貝葉斯經驗法則(Empirical Bayes Method)估計式如下：

$$\text{肇事數量的期望值} = \text{預測肇事量} + (1-\omega)\text{觀察肇事量}$$

式中 $\omega=1/(1+k \text{ 預測肇事量})$ k 是安全績效函數的可靠度由 SPF 報告取得。

依過去經驗以葉斯經驗法則計算肇事數量期望值後，對分析路口之安全性進行排序結果，與前述兩種方法之排名結果會有些微差異。使用肇事屬性期望值的效益與限制如下：

效益	限制
<ul style="list-style-type: none"> • 將觀察到的資訊與預測工具相結合 • 同時考量交通量與道路特徵的變化，同時納入時間的變化趨勢，有更佳的排序依據。 	<ul style="list-style-type: none"> • 需要大量資料來進行 SPF 模式校估 • 無法考量特殊肇事型態之個別資訊

安全路網篩選

- 所有方法都可以幫助確定解決肇事問題行動計劃的優先序。
- 所提出的方法可以藉由肇事嚴重程度的加權因子來增強安全路網篩選精準度。

九、安全效益評估(Safety Effectiveness Evaluations)

可以藉由傷害減少、肇事量減少及死亡人數減少等不同層次的資料進行安全效益評估，這些分析需要有事前的研究資訊，以反應改善策略對安全性變化的影響。主要資料來源為肇事修正係數(CMF) 訊息交換所(CMF Clearinghouse)及道路安全措施手冊(Handbook of Road Safety Measures)。有關肇事修正係數 (Crash Modification Factors ;CMF)之說明詳見第七部分。

1. 安全效益分析(safety benefit analysis)

安全效益分析主要在於評比道路交通安全改善措施執行前後之差異狀況。其計算式有二，一為效益(肇事件數之增減)，另為效率(肇事件數增減之百分比)，正數表示有效益。

$$\text{效益} = \text{肇事件數}_{\text{無改善措施}} - \text{肇事件數}_{\text{改善措施實施後}}$$

$$\text{效率(\%)} = \frac{(\text{肇事件數}_{\text{無改善措施}} - \text{肇事件數}_{\text{改善措施實施後}}) / \text{肇事件數}_{\text{無改善措施}}}{1} * 100$$

SPF 和 CMF 的優勢與限制

優勢	限制
<ul style="list-style-type: none">• SPF 可預測有或沒有改善措施的肇事次數。• CMF 可預測實施一種或多種改善措施後的肇事數量。• 在已知改善措施績效的情況下，可作為預測改善前後肇事數量變化（安全效益）的工具。	<ul style="list-style-type: none">• 模式所預測的肇事數量無法反映實際的肇事屬性。• 改善措施實施前後的肇事預測可能忽略了其他會影響 SPF 結果的其他因素，如道路幾何條件與交通量的變化。• SPF 的預測能力僅能解釋某些變化條件。

模式假設的檢核

- SPF 係以路網上分佈的肇事數量為基礎建構模式，其無法詳細預測肇事的型態。
- CMF 模式可能基於其他地區的數據，無法反映所預測地點相關措施對肇事數量有相同的變化關係。
- 根據 SPF，可能只有減少肇事的資訊，若欲預估確定死亡人數或傷害嚴重程度的減少，則需要更具體的數據。

2. 預測肇事的嚴重性

SPF 預測主要有所有肇事（數量）、所有致命的肇事數、所有受傷肇事數、僅財產損失肇事數等四種情況。其嚴重級別的變化不易被確認，此可以不同的肇事修正係數 CMF 及安全績效函數 SPF 之預測結果進行比較，以進一步確認肇事之嚴重性。

肇事的嚴重程度

- 確定嚴重性分佈變化的另一種方法是使用詳細的肇事分佈數據來增強分析。

- 肇事細節的統計（碰撞速度、碰撞角度）可以提供做為碰撞類型參照。
- 將肇事的結果與修正常數進行比較，可以獲得更詳細地比較輸出結果。

改善措施對傷害嚴重程度的影響

- 若可以事先了解改善措施對不同碰撞嚴重程度的影響，就可以確定該改善措施是否有能力或按設計執行。
- 在道路管制系統（或安全護欄）的案例中，可知其容量有上限。
- 了解影響嚴重性的預期分佈，即可以預測超出系統容量的肇事情況。
- 要在安全評估中使用以上之影響因素。

3.安全效益分析方法

- (1) 識別網絡篩選的問題
- (2) 創建評估平台（SPF/CMF）
- (3) 確定可能的對策並找到它們的規範和 CMF
- (4) 使用基線和對策介紹對預測的崩潰進行比較
- (5) 審查輸出並確定欲實現的安全效益，如肇事數量、減少死亡人數、傷害分佈調整（補充分析）

十、經濟分析(Economic Analysis)

經濟評估之學習目標

- 成本效益分析
- 生命週期分析

經濟和生命週期分析目標

- 了解改善措施的生命週期成本
- 確認改善措施的財務組成
- 將該概念應用於車輛控制系統選擇的評估

1.改善措施的生命週期成本

所有改善措施都有與生命週期相關的成本，這些成本可以分為 3 個主要類別：
期初資本/建置/實施、營運、維修/服務中斷費用等。

期初資本/建置/實施成本

改善措施的概要成本

- 必要的設計和開發行為或宣導的成本：如廣告、培訓課程、必要時提供標誌/設備
- 車輛基本的宣導成本：如必須制定報廢激勵措施（汰除舊車輛）、技術檢驗設備和站點。
- 基礎設施系統成本：硬體/鋪面/標誌的設計和施工等。

運營成本

改善措施在其使用壽命期間的運作成本

- 必要的設計和開發行為或推廣成本：廣告時間支付、更新材料/贈品、向公眾回饋等成本。
- 車輛宣導成本：每輛車檢查的成本、路邊檢查費用/車輛等成本。
- 基礎設施系統的成本：清潔費用、割草/除草、物理元素的磨損/退化等成本。

維修/服務中斷成本

因特定事件而採取的改善措施成本

- 執行行為或宣導成本：除非嚴重的國家危機，否則通常不是問題；如果路邊採訪或檢查導致交通緩慢，則須包括在內。
- 車輛基本宣導成本：通常只是由於檢查/車輛技術的巨大變化
- 基礎設施系統成本：每次肇事的成本（維修現場的員工成本、更換零件、服務中斷成本）

經濟效益比較分析方法

(1) 成本效益分析 (CBA)

主要成本項為改善措施之建置和營運成本，效益則為改善措施對財務的節省，其計算式如下：

$$CBA = \text{改善措施對財務的節省金額} - \text{改善措施之建置和營運成本}$$

CBA>0 表示改善措施有政效益，但 CBA 可能是難以與其他改善措施進行比較的絕對數字。

(2) 成本效益比 (CBR)：將效益與成本相除進行比較

$$CBR = \text{改善措施對財務的節省金額} / \text{改善措施之建置和營運成本}$$

CBR>1 表示改善措施有正效益，但在成本較低的改善措施，可能得到過於樂觀的比率。

CBA 及 CBR 兩方法之分析重點，在於如何計算成本項目和可節省的財務項目。

2. 確認改善措施的財務組成

改善措施成本

可由供應商的經驗和資訊獲取有關改善措施建置及營運成本的資料，亦可由其他轄區所提供更詳細有關運營和維修/服務中斷的成本資訊。

改善措施維修成本

可以使用 SPF/CMF 模型更新有關維修成本的資訊；或依經驗及所蒐集的統計資料建置維修成本對照表，亦可由 SPF/CMF 預測服務生命週期間之維修成本的期望值。

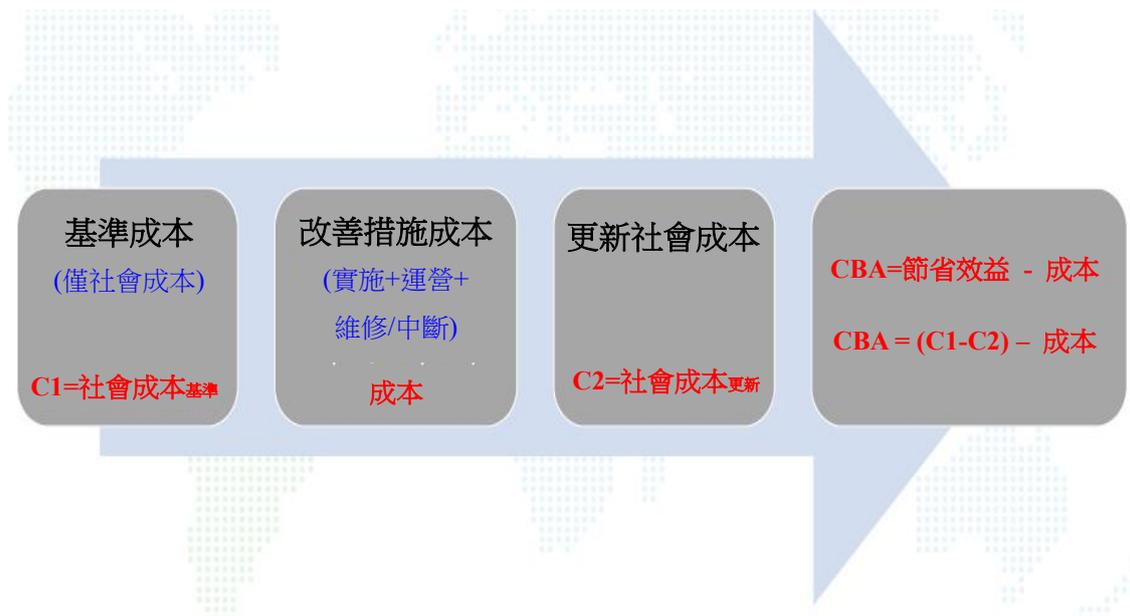
可根據生命週期成本之期望值及所建立的執行改善對策總成本，建立個別改善措施類型之經濟模型。

節省(肇事成本減少之效益)

大多數模型係基於減少肇事數量或傷害的財務節省型態，因此，需要建立每一地區更具體的成本對照表，來描述每次肇事的成本。估算架構如下圖。

計算工具

改善計畫生命週期的完整 CBA/CBR 分析程序需要的關鍵資源有：安全績效函數 SPF、肇事修正係數 CMF、改善措施成本資訊、社會成本等資料，若要更詳細的分析則須有額外嚴重性結果的分布型態。



3.將此概念應用於車輛控制系統選擇的評估

就相關案例觀察之結論如下：

- (1) 結果高度依賴於肇事條件和預測改善措施的有效性。
- (2) 重要的是要考慮改善計畫生命週期內的運營和維修成本。
- (3) 這些分析結果可作為確保做出正確決策的重要依據。

肆、 建議

本次參與國際道路協會辦理的碰撞分析和道路安全績效(Collision Analysis & Road Safety Performance) 線上訓練課程內容相當充實，使學員獲益良多，課後建議事項如下：

- 本課程內容包含車輛碰撞的基本原理、安全績效指標介紹、安全數據類型(定性和定量)及其來源;先進的數據收集方法、主動安全和自動駕駛汽車的挑戰、安全數據收集、品質和管理;安全性測量方法、安全績效函數 SPF、肇事修正係數 (CMF);經濟評估、路網篩選及其主要組成、安全效益評估等，這些概念對公路組進行運輸安全調查程序、資料收集、調查報告分析與改善對策建議皆有所助益，但如果將這些車輛碰撞的基本原理與道路安全改善措施績效之評估方法導入至道路規劃、建設、營運管理機關，對營造更安全的交通環境之助益更為顯著。
- 交通部道路交通安全督導委員會所建置道安資訊網之肇事事務資料庫，樣本規模大且詳細，建議可依地區別、肇事點道路幾何條件及肇事屬性類型建立 SPF 及 CMF 模式，以作為公路管理單位針對易肇事路段進行擬訂改善措施之評估依據。

參加國際道路協會(IRF)「碰撞分析和道路安全績效」線上課程報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：公路調查組調查官

姓 名：陳昌顯

出 國 人 職 稱：公路調查組副調查官

姓 名：曾婕茵

出 國 人 職 稱：公路調查組副調查官

姓 名：徐瑀彤

出 國 人 職 稱：公路調查組副調查官

姓 名：潘垣壽

出 國 地 區：臺灣，中華民國（線上訓練課程）

出 國 期 間：民國 111 年 05 月 23 日至 05 月 31 日

報 告 日 期：民國 111 年 08 月 22 日