



「高速公路計程電子收費成功實施後對台灣社會/經濟/環境/產業之影響」研討會

主辦單位：臺灣師範大學管理學院

合辦單位：中華智慧運輸協會、

台灣民意調查學會

104年9月11日



研討會議程

時間	內容
14:00-14:30	<u>計程電子收費後經濟暨環境效益評估分析</u> 臺灣師範大學管理學院 陳敦基 教授
14:30-14:45	<u>計程電子收費後社會民意調查暨趨勢分析</u> 台灣民意學會 鍾岳勳 副秘書長
14:45-15:00	<u>ETC相關產業及輸出分析</u> 鼎漢國際工程顧問股份有限公司 林宜達 副總經理
15:00-15:15	<u>Coffee Break</u>
15:15-17:00	<u>綜合評析及討論</u> 主持人:臺灣師範大學管理學院院長 陳敦基 與談人: 中華智慧運輸協會理事長 王國材、 交通大學交通運輸研究所教授 黃台生、台灣大學土木工程研究所教授 張學孔、 交通部國道高公局公路局副局長 吳木富、交通部運輸研究所副所長 陳天賜、 鼎漢國際工程顧問公司董事長 李俊賢、遠通電收公司總經理 張永昌



計程電子收費後經濟暨環境效益評估分析

主講人：陳敦基 教授

臺灣師範大學管理學院

104 年9 月 11 日



簡報大綱

壹、前言

貳、國內外實施經驗及應用案例

參、相關效益評估文獻回顧

肆、ETC效益評估模式

伍、計程收費後之社會經濟效益分析

陸、計程收費後需求彈性之推估

柒、20 km優惠里程對國道收入之衝擊



壹、台灣ETC成功的果實

探討在實施高速公路計程收費方式前後，其是否可有效導引車流，增加道路系統使用效率。並進一步透過計程收費前後國道交通量變化及各種用路人調查來了解國道服務水準、平均旅行時間變化，以及實施後不同時期之民眾滿意度等。

藉由嚴謹專業評估探討計程收費之實施對於交通量分布影響、旅行時間節省效益、節能減碳環境效益、民眾使用滿意度之分析，經由事前事後比較研究衡量其增進社會、經濟、環境等層面之效益等。

遠通電收的ETC系統技術及計程收費制度，在台灣國道的成功實施經驗，將有機會將相關建置、營運技術及經驗，以及eTag應用輸出至國外市場，以為台灣創造產業效益。

探討議題：
◆ 經濟暨環境效益評估
分析

探討議題：
◆ 社會民意調查暨趨勢
分析

探討議題：
◆ ETC產業與輸出
分析



貳、國內外實施經驗及應用案例



2-1 ETC國外實施經驗—應用道路電子收費(1/2)

國外案例-國外道路收費管理技術及架構

國家	新加坡	香港	日本	美國	加拿大	德國	挪威	澳洲
系統名稱	ERP	Autotoll	ETC	E-Z Pass	Highway 407	Toll Collect	Autopass	MCL
通訊技術	DSRC 微波 2.45GHz	DSRC	DSRC 微波 5.8GHz	DSRC 微波 915MHz	DSRC 微波 900MHz	GPS/GSM DSRC 紅外線	DSRC 微波 5.8GHz	DSRC 微波 5.8GHz
運作方式	多車道 自由流	單車道 自由流	單車道 柵欄式	單車道 自由流	多車道 自由流	多車道 自由流	單車道 自由流	多車道 自由流
車輛辨識	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
車輛分類	◎	◎	※	◎	◎	◎	◎	◎
執法設備	Video	Video	Video※	Video	Video	Video DSRC	Video	Video
車內設備	OBU	RF Tag	OBU	RF Tag	RF Tag	OBU	OBU	OBU

◎表示有此功能；※表選用設備



2-1 ETC國外實施經驗—應用道路電子收費(2/2)

國外案例-國外道路收費及營運管理

國家	新加坡	香港	日本	美國	加拿大	德國	挪威	澳洲
系統名稱	ERP	Autotoll	ETC	E-Z Pass	Highway407	Toll Collect	Autopass	MCL
單位	政府	民營	道路公團	民營	民營	民營	民營	民營
地區	全國	全區	全國	紐約等六州	多倫多	全國	中/南部	墨爾本
實施道路	高速公路, 幹道, 地區道路	隧道, 幹線	高速公路, 橋樑	高速公路, 橋樑, 隧道	高速公路	高速公路	N/A	高速公路
收費								
營運規模	45收費點	50車道	900車道	195匝道	128匝道	5200 路段	N/A	8 收費點
計費標準	計次	計程	計程	計程	計程	計程	計次	計程
付費方式	預付	預付	預/後付	預/後付	預/後付	預/後付	預/後付	預/後付
車種	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
時段	◎	N/A	◎	◎	◎	X	◎	◎
路段	◎	◎	◎	◎	X	X	◎	◎

◎表示有此功能；N/A表示查無資料；X表示無此功能



2-2 ETC國外實施經驗—應用高速公路電子里程收費(1/4)

加拿大實施高速公路電子收費與里程收費經驗

- 實施範圍及營運規模：多倫多；128匝道。
- 系統名稱：Highway407。
- 通訊技術：DSRC/微波(900MHz)。
- 車內設備單元：RF Tag。
- 運作方式：多車道自由流(Multilane Freeflow)。
- 收費區位：匝道。
- 收費標準/方式：計程收費並依車種及時段收取不同費用；預/後付。



澳洲實施高速公路電子收費與里程收費經驗

- 實施範圍及營運規模：墨爾本；8收費點。
- 系統名稱：MCL。
- 通訊技術：DSRC/微波(5.8GHz)。
- 車內設備單元：OBU。
- 運作方式：多車道自由流(Multilane Freeflow)。
- 收費區位：主線。
- 收費標準/方式：計程並依車種、時段及路段收取不同費用；預/後付。





2-2 ETC國外實施經驗—應用高速公路電子里程收費(2/4)

德國實施高速公路電子收費與里程收費經驗

- 實施範圍及營運規模：全國；5,200路段。
- 系統名稱：Toll Collect。
- 通訊技術：GPS/GSM DSRC紅外線。
- 車內設備單元：OBU。
- 運作方式：多車道自由流(Multilane Freeflow)。
- 收費區位：主線。
- 收費標準/方式：計程收費並依車種收取不同費用；預/後付。



日本實施高速公路電子收費與里程收費經驗

- 實施範圍及營運規模：全國；900車道。
- 系統名稱：ETC。
- 通訊技術：DSRC/微波(5.8GHz)。
- 車內設備單元：OBU。
- 運作方式：單車道柵欄式(Lane-base)。
- 收費區位：匝道。
- 收費標準/方式：計程並依車種、時段及路段收取不同費用；預/後付。





2-2 ETC國外實施經驗_應用區域性擁擠收費 (3/4)

國外運用ETC實施區域性擁擠收費檢視

- 新加坡(1998)、倫敦(2003)、斯德哥爾摩(2006)、達拉謨(2002)、米蘭(2008)、羅馬(2001)、瓦萊塔(2007)都已**制定了不同形式的擁擠收費政策或收費許可制度**。
- 荷蘭、哥本哈根、布達佩斯、克羅地亞、雅加達、舊金山正在研究擁擠收費政策並考慮實施。紐約、曼徹斯特、愛丁堡等城市曾試圖實施擁擠收費但失敗。

斯德哥爾摩(2006年實施)實施區域性壅擠收費經驗

- 收費範圍：斯德哥爾摩市區面積約30平方公里
- 收費對象：進出收費邊界的機動車輛；其中**公車、混合燃料車輛、特種車輛(救護車、外交車輛)**，以及**國外註冊車輛**，均免費通行
- 收費時段：週一至週五6:30-18:30，例假日不收費
- 收費費率：
 - ✓ 尖峰時段(7:30-8:30；16:00-17:30)為20克朗；尖峰時段前後30分鐘為15克朗；其餘時段皆為10克朗
 - ✓ 收費方式為**雙向收費**(例：尖峰時段往返收費區域一次的費用為40克朗)；**每天收費上限為60克朗**



Vardagar (ej dag före söndag och helgdag)	
Kl	Kr
0630 - 0659	10,-
0700 - 0729	15,-
0730 - 0829	20,-
0830 - 0859	15,-
0900 - 1529	10,-
1530 - 1559	15,-
1600 - 1729	20,-
1730 - 1759	15,-
1800 - 1829	10,-



2-2 ETC國外實施經驗—應用區域性擁擠收費 (4/4)

新加坡(1998年實施)實施區域性壅擠收費經驗

- 收費範圍：新加坡市區約725公頃，周邊道路設置預告標誌示意收費區域。
- 收費對象：小客車、計程車、公車、貨車、機車等。
- 收費時段：週一至週五7:30-18:30，週六7:30-14:00。
- 收費費率：新加坡陸運局(LTA)每3個月檢討1次費率；依不同道路等級、時段、路段、車種訂定不同的收費標準，尖峰時段及大型車的費率較高。



英國倫敦(2003年實施)實施區域性壅擠收費經驗(自動車牌辨識系統)

- 收費範圍：倫敦市中心面積約21平方公里，周邊道路均設置指示標誌及地面標線標示收費區域。
- 收費對象：區域內行駛車輛、停放於非私人停車空間車輛、停放的車輛不論有無行駛，均納入收費；針對車輛屬性不同給以90%的折扣或全免；收費時段：週一至週五7:00-18:30，例假日不收費。
- 收費費率：5英鎊/每天，可多次進出區內。





2-3 ETC應用道路電子收費之效益分析回顧

國別	各國ETC實行之效益分析經驗
新加坡	新加坡實施道路定價(擁擠稅(congestion tax)後，驗證能 有效降低交通量(降低17%) ，有效提高公路行車效率。
倫敦	<ul style="list-style-type: none">• 倫敦實施道路定價(擁擠費)6個月以來的成效，為與實施前比較平均少了6萬多車次交通量進入倫敦市中心區。• 約50~60%轉移至大眾運輸、20~30%避免進入市中心、15~25%轉利用小客車共乘、共享。• 旅行時間可大幅縮短14%。
加拿大	加拿大多倫多和漢密爾頓地區(GTHA)上班族使用407號高速公路， 平均每天可節省26分鐘 。
日本	當日本 ETC使用率超過50%以上 ，將不會有收費站壅塞的現象，可以維持高速公路車流的順暢。
斯德哥爾摩	斯德哥爾摩在實施分區收費(摺用電子收費系統與車輛辨識系統)後， <ul style="list-style-type: none">• 總車流量在分區最多可減少達21%；車輛排隊時間縮短了30%~50%；排放汙染物減少了14%
美國加州SR91號道路與聖地牙哥公路	當高速公路上之高承載使用者增加時， 道路容量會提高，並提升交通安全



2-4 ETC應用經驗—交通資訊管理(1/4)

日本ETC2.0服務實施經驗

- ETC2.0服務，可將**高速公路況資訊**、**交通事故**、**交通壅塞**等資訊及畫面，透過路側設備傳輸到用路人申裝的ETC設備，其為世界第一個車輛與路側設施的整合性服務。
- 隨著**大數據(Big Data)時代的來臨**，大量資訊的蒐集與分析應用，可提供更完整的交通資訊並提昇駕駛人的安全性。
- 日本統計實施ETC前後，透過大數據提供更精準的資訊，可節省用路人踩煞車的次數，每年亦可減少20%交通事故的發生。

高速公路智慧化應用

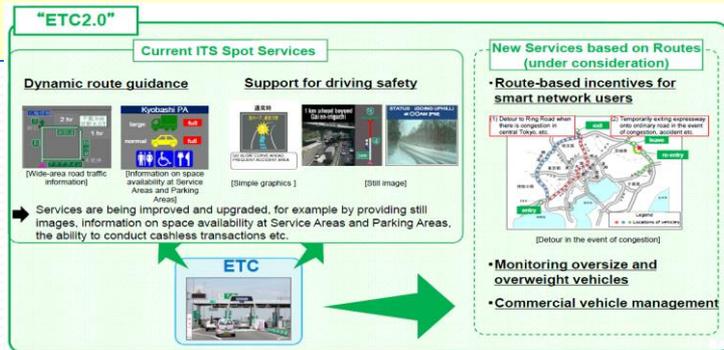
- 鼓勵駕駛人**依據交通壅塞狀況選擇最佳路徑**。

監控超大型或超重車輛監控

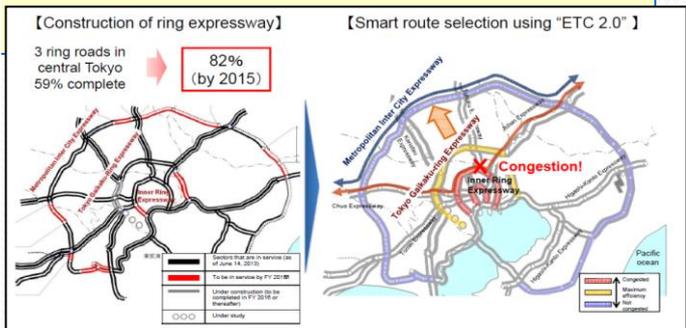
- 超重車輛是造成道路結構惡化的主要原因，因此需要針對該種車輛進行監控，並於指定的路線行駛。**藉由ETC2.0的OBU大型車輛於指定的路線行駛，可授予的權限時間較長。**

商用車隊管理

- 透過使用探測數據，物流公司可在物流中心管理車輛動向，並**提高卸貨與轉運業務的效率。**



ETC2.0服務類型



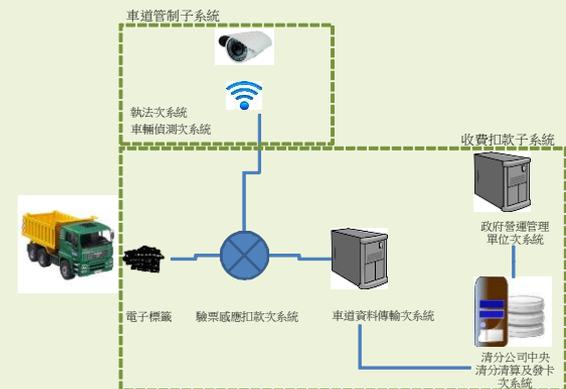
高速公路智慧化應用範圍



2-4 ETC應用經驗—產業運輸道路砂石車收費(2/4)

南投縣產業運輸道路收費站規劃設計

- ▶ 計畫緣起：南投縣政府為解決砂石車運輸的問題，特別開闢產業運輸道路，但是龐大的道路維護費用，造成縣府負擔，因此依**產業運輸道路使用者付費原則**，進行本計畫推動。
- ▶ 收費站設置型式規劃:以**單件式預付系統**優選方案進行配置。
- ▶ 收費系統-單件式預付系統:參考我國高速公路**ETC電子收費系統eTag**，包括**天線感應設備、eTag 或訊號發送器、攝影取像設備、攝影補光設備、以及辨識模組**。
- ▶ **單件式預付系統收費規劃**
 - ✓ 收費系統規劃前提條件:收費站配置三車道，往採區方向規劃一車道，離開採區方向則規劃兩車道，均為收費車道。
 - ✓ 收費系統架構規劃:
 - ✓ 車道管制子系統
 - ✓ 收費扣款子系統
 - **清分公司中央清分清算**及
 - **電子標籤發卡**次系統





2-4 ETC應用經驗—智慧化停車管理(3/4)

■ 中科台積電停車場

(相同案例：三重正義國小、中和民樂國中、台中榮總停車場等。)

➤ 技術應用：

- ✓ **RFID**偵測技術為基礎，於停車場主出入口、各樓層車道建置結合**eTag**的感應器(RFID Reader)。
- ✓ 即時回傳每一台車**eTag**識別碼至管理系統，具**停車場監視**、**保全**、**進出自動識別**、**智慧停車導引分流**及**尋車查詢**的整合式多功能管理系統。

➤ 智慧化主功能：**入場安全辨識**、**停車方向與空車位的快速導引**、**車輛智慧分流**、**車輛尋車查詢**。

■ 研華智能停車解決方案

- 整合**車牌辨識**，**車輛導引**及**尋車系統**，並加上**停車預約**與智能燈控功能，加強E化管理和節能，提供使用者全自動連貫式服務。
- 此外，亦應用**智能停車導引系統**、**智能尋車電子看板**、**停車場智能收費系統**、**線上停車預約**等技術與服務，提供智慧化停車管理服務。



2-4 ETC應用經驗—旅行時間推估及加值(4/4)

桃園縣102/103年度幹道時制重整暨智慧號控系統計畫

▶ 計畫說明：

- ✓ 透過幹道旅行時間監控系統，即建置自動車輛辨識系統(AVI)，其建置設備為eTag，以進行旅行時間推估。
- ✓ 透過資訊可變標誌(CMS)發布旅行時間推估結果，以提供用路人即時的旅行時間。
- ✓ 透過網頁發布旅行時間推估結果，結合地圖顯示路段績效。

▶ 旅行時間推估方式：

- ✓ 第一階段：原始AVI偵測資料處理
- ✓ 第二階段：即時AVI偵測資料處理

往中壢交流道			
經文化街			
約		分鐘	

往中壢交流道			
經民族路壅塞			
約		分鐘	

往中壢交流道	經		
文化街			分鐘
民族路			分鐘





參、相關效益評估文獻回顧



3-1 國內外ETC評估相關研究

研究名稱	評估方法	評估項目		備註
Saffarzadeh et al. (2006)	線性公式	效益面 ● 旅行時間節省 ● 燃料消耗節省 ● 人事成本節省		● 將評估項目貨幣化 ● 屬 ETC效益評估 ● 以代表日單日效益評估全年效益
B. Bartin et al. (2007)	微觀模擬模式	效益面 ● 空氣汙染節省效益 (CO、HC、NO _x 、PM10)		● 未將評估項目貨幣化 ● 屬 ETC環境效益評估 ● 整合運輸規劃與微觀模擬模式 ● 僅進行上午尖峰評估
王玉貝 (2008)	線性公式及工程經濟	成本面 ● OBU設備費用 ● OBU利息費用 ● 初始成本 ● 營運成本 ● 投資者委辦服務費支出	效益面 ● 時間節省 ● 燃料節省 ● 委辦服務費收入 ● 人員編制減少 ● 環境汙染減少 ● 車輛廢氣之降低 (CO, HC, NO _x)	● 將評估項目貨幣化 ● 屬 ETC可行性評估 ● 並未評估無ETC之情境 ● 以四類利害關係人之立場進行分析 ● 考慮建設期與營運期 ● 以益本比為評估指標 ● 以收費站總通行車輛數為基礎，並未針對各收費站進行逐個評估，亦未探討車道配置等細微議題
吳昌翰 (2011)	線性公式	成本面 ● OBU採購成本	效益面 ● 節約免費票證印製費用 ● 旅客節約時間效益 ● 燃油消耗節約效益 ● 減少二氧化碳排放效益	● 將評估項目貨幣化 ● 以國軍行政車輛之立場，考慮建設期與營運期之成本效益，屬 ETC可行性評估 ● 以損益兩平時間為指標 ● 綜合評估時並未將二氧化碳排放列入
沈育樹 (2011)	微觀模擬模式	● 收費亭前的等待時間 ● CO、HC與NO _x 排放 ● 導入ETC後之能源消耗		● 未將評估項目貨幣化 ● 未評估無ETC之情境，因此屬於 局部改善建議之研究 ● 以泰山收費站南下方向為研究標的，進行單位小時分析



3-2 國內ETC計程收費效益評估研究

計程電子收費系統實施後之永續效益影響評估(永續能源研究基金會，2014)

➤ 節能減碳與環境面

- ✓ 透過泰山及善化收費站之車流與行車速度數據，計算國道計程電子收費實施後，各型車輛通過收費站原址時污染氣體及溫室氣體排放變化
- ✓ 各型車輛之耗油量、CO₂、SO_x、CO與THC等排放皆顯著減少，幅度約在32~42%
- ✓ 各型車輛之TSP排放量無顯著變化
- ✓ 實施國道計程電子收費後，行車速度顯著加快，導致NO_x排放大幅增加，各型車輛增加幅度約在10~80%

➤ 經濟面

- ✓ 以泰山收費站為標的計算旅行時間、行車成本節省、空氣汙染節省、二氧化碳節省等項目
- ✓ 依據不同車型，每次通過計程電子收費約可帶來6.32~58.10元旅行時間節省價值、1.57~5.07元之燃油節能價值、0.06~0.25元之二氧化碳減排價值。至於空氣汙染減排價值則約在-0.02~0.16元間



3-3 ETC應用效益評估方法

2011年公路容量手冊

- ✓ 曾對國內高速公路收費站在不同收費方式下，提出數值與模擬兩類績效分析模型
- ✓ 僅提出延滯、車隊長度、平均速率等評估指標，而耗油量與二氧化碳排放僅以小型車之實測資料為評估基準，且未列入空氣汙染排放之評估方式
- ✓ 本研究將以「數值分析模型」為基礎，在考慮大車與小車兩類不同運具之情形下，進行全國收費站採用不同收費方式(回數票、現金找零、ETC)之績效
- ✓ 本研究引入大型車耗油量、二氧化碳排放及大/小型車空氣汙染排放等評估指標進行修正，令模型更燦完善

車輛動態能源消耗與溫室氣體排放特性之研究—以大客車為例(2-2)

- ✓ 透過實測，歸納大客車行駛於市區道路、高速公路時，在不同道路性質(道路類別與坡度)、不同速率下之能源消耗與二氧化碳排放
- ✓ 本研究透過計算大型車通過收費站之加/減速曲線，配合此文獻產出之速度-油耗對照表評估大型車油耗，並藉由其建議之排放參數評估二氧化碳排放量

行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2-2)

- ✓ 此文獻建構了國內行車成本(包含燃料、非燃料)、經濟效益評估(包含時間價值、肇事成本、空氣汙染、二氧化碳、土地利用.....等)方法與參數
- ✓ 本研究透過計算大/小型車通過收費站之加/減速曲線，配合此文獻產出之大/小型車速度-空氣汙染排放對照表，評估不同收費方式之空氣汙染排放量
- ✓ 本研究引用此文獻產出之時間價值、油耗價值、二氧化碳價值、空氣汙染價值等參數，進行貨幣化評估



肆、ETC效益評估模式



4-1 經濟效益評估效益項目

■ 時間效益方面:

- ✓ 路段延滯推估
- ✓ 停等延滯推估

■ 能源效益方面:

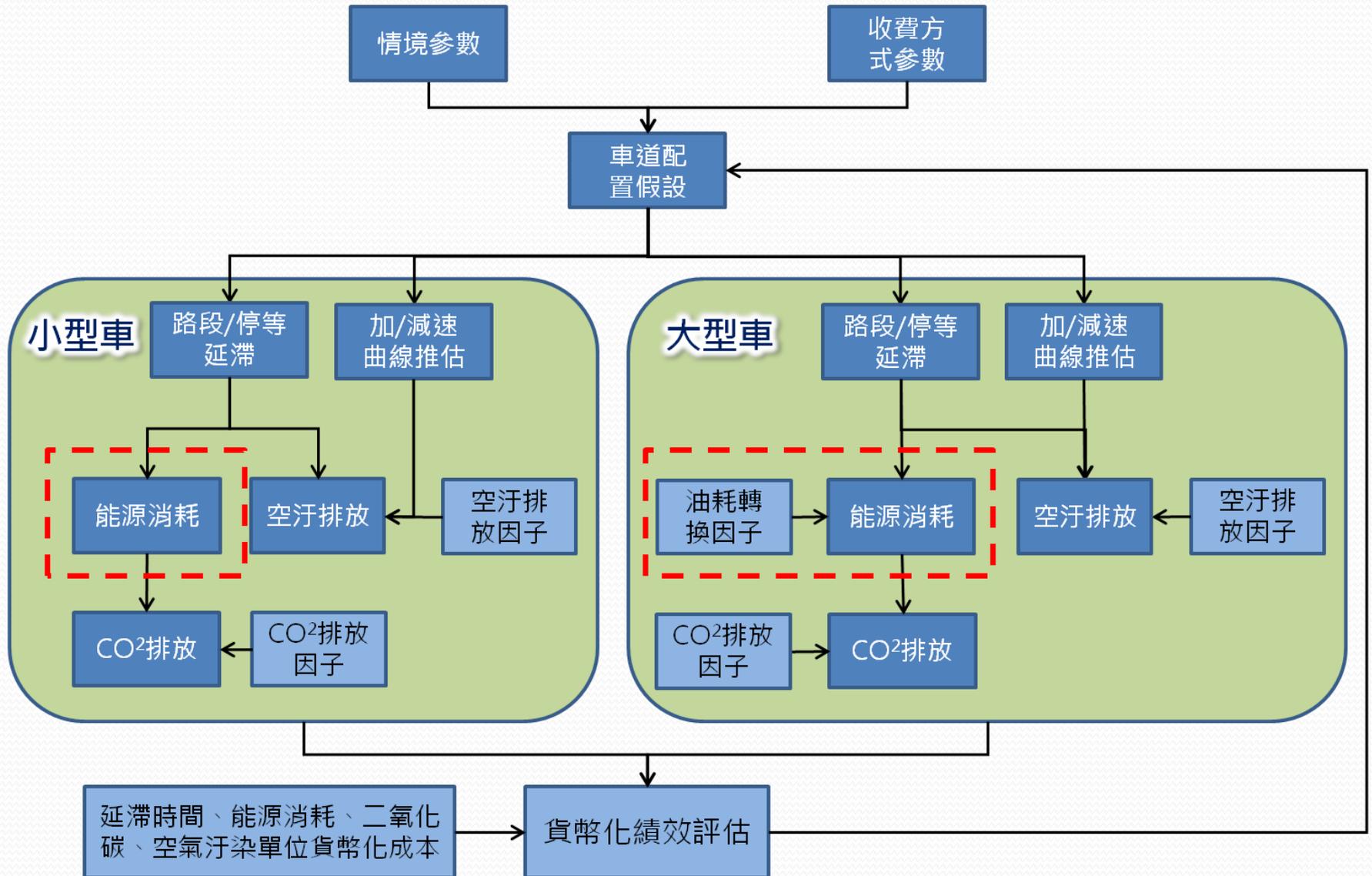
- ✓ 能源消耗推估

■ 環境效益方面:

- ✓ 二氧化碳排放推估
- ✓ 空氣汙染排放推估
(SO_x、NO_x、CO)



4-2 評估流程





4-3 延滯推估模式

路段延滯估計

自由旅行狀況下因減速所產生之延滯

因加速所產生之延滯

$$D_k = \underbrace{\frac{V_f - V_k}{3.6B_1}}_{(1)} - \underbrace{\frac{3.6S}{V_f}}_{(2)} + \underbrace{T_k}_{(3)} + 900T \left[\underbrace{X_k - 1 + \sqrt{(X_k - 1)^2 + \frac{fB_2X_k}{C_k n_k T}}}_{(4)} + \underbrace{\frac{V_f - V_k}{3.6A_1}}_{(5)} + \underbrace{\frac{3.6dis_a}{V_f}}_{(6)} \right]$$

手冊建議
評估項目

- (1) 速率自主線 V_f 降至收費亭地點 V_k 所需時間
- (2) 以穩定速率 V_f 行走減速距離 S 所需時間
- (3) 停車付費時間
- (4) 因到達車間距不均勻而且有時(短時間或長時間內)到達率超過容量造成之額外延滯

本計畫增
加評估

- (5) 速率自收費亭地點 V_k 提升至主線 V_f 所需時間
- (6) 以穩定速率 V_f 行走加速距離 dis_a 所需時間

停等延滯估計

收費車道類型	停等延滯 D_s (秒/輛)
大車或小車找零	$D_s = -19.7 + 1.074D_a$
小車電子收費	若 $D_a \leq 30$ · $D_s = 0$
	若 $30 < D_a \leq 60$ · $D_s = -1.2 + 0.04D_a$
	若 $60 < D_a$ · $D_s = 1 + 0.0028D_a$
大車電子收費	若 $D_a \leq 30$ · $D_s = 0$
	若 $30 < D_a \leq 60$ · $D_s = -3 + 0.1D_a$
	若 $60 < D_a$ · $D_s = 2.77 + 3.45 * 10^{-4} D_a^2$
大車或小車回數票	$D_s = -25.8 + 1.278D_a - 3.763 * 10^{-4} D_a^2 - 1.78 * 10^{-6} D_a^3$

註：
Da=路段延滯
(1)+(2)+(3)+(4)

4-4 能源消耗推估模式

依據公路容量手冊評估

透過建構加減速曲線評估

項目	小型車	大型車
評估依據	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「2011年公路容量手冊」(運輸研究所) 僅探討小型車能源消耗評估方式 ✓ 研究範圍為收費亭上游1,400 m到下游1,000 m之行車距離 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 依據「車輛動態能源消耗與溫室氣體排放特性之研究—以大客車為例(2-2)」(運輸研究所)研究參數進行評估
怠速	$F1_1 = 0.317 \sum_{k=1}^M n_k D_s Q_k$	$F2_1 = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \frac{3.77917151 * R_{idle} * D_s}{\text{實驗大客車實際能耗值(g/s) 停等轉換因子(%) 停等延滯(s)}}$
穩定速率	$F1_2 = \left(0.127 + 0.193e^{\frac{V_c}{51.859}}\right) \left[\sum_{k=1}^M (n_k Q_k) \frac{3.6S_a}{V_c}\right]$	$F2_4 = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \frac{3.77917151 * FI^{Field} * \frac{3.6 * (2400 - (dis_a + S))}{V_f}}{\text{實驗大客車實際能耗值(g/s) 道路、速率轉換因子(%) 穩定速率行駛時間(s)}}$
減速期間 增加耗能	$F1_3 = \sum_{k=1}^M n_k Q_k H_k$	$F2_2 = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \sum_{q=1}^{\frac{V_f - V_k}{3.6B_1}} \frac{3.77917151 * FI^{Field}}{\text{實驗大客車實際能耗值(g/s) 減速時間(s) 道路、速率轉換因子(%)}}$
加速期間 增加耗能	$F1_4 = \sum_{k=1}^M n_k Q_k G_k$	$F2_3 = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \sum_{q=1}^{\frac{V_f - V_k}{3.6A_1}} \frac{3.77917151 * FI^{Field}}{\text{實驗大客車實際能耗值(g/s) 加速時間(s) 道路、速率轉換因子(%)}}$



4-5 二氧化碳與空氣汙染排放推估模式

二氧化碳排放估計

小型車二氧化碳排放量

- ✓ 依據「2011年公路容量手冊」之測試，設定小型車CO₂排放參數為3.167公克CO₂/公克汽油

$$CO_{2-s} = 3.167 \sum_{i=1}^4 F1_i$$

大型車二氧化碳排放量

- ✓ 依據「車輛動態能源消耗與溫室氣體排放特性之研究—以大客車為例(2-2)」研究結果，設定大型車CO₂排放參數為3.127公克CO₂/公克柴油

$$CO_{2-B} = 3.127 \sum_{i=1}^4 F2_i$$

空氣汙染排放估計(大型車與小型車評估方式相同)

- ✓ 依據「行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2-2)」建議，選取SO_x、NO_x及CO作為空氣汙染評估項目
- ✓ 參考「台灣空氣汙染排放量[TEDS8]線源排放量推估手冊」，選取自用汽油小客車及柴油大客車排放係數為評估參數
- ✓ 由於原始資料係依據各縣市進行分類，故本研究以各縣市車輛登記數進行加權平均

怠速SO _x 排放	$P2_{1-SOx} = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \frac{Z2_{SOx} * D_s}{\text{大車單位速率、停等延滯(s) 汙染排放(g/s)}}$	穩定速率 SO _x 排放	$P2_{4-SOx} = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \frac{Z2_{SOx} * \frac{3.6 * (2400 - (dis_a + S))}{V_f}}{\text{大車單位速率、穩定速率行駛時間(s) 汙染排放(g/s)}}$
減速期間 SO _x 排放	$P2_{2-SOx} = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \sum_{q=1}^{\frac{V_f - V_k}{3.6B_1} \text{減速時間(s)}} Z2_{SOx}$ <p>大車單位速率、汙染排放(g/s)</p>	減速期間 SO _x 排放	$P2_{3-SOx} = \sum_{k=1}^M n_k * Q_k * \sum_{q=1}^{\frac{V_f - V_k}{3.6A_1} \text{加速時間(s)}} Z2_{SOx}$ <p>大車單位速率、汙染排放(g/s)</p>



4-6 貨幣化評估方法

時間延滯成本

- ✓ 小客車、小貨車、大貨車(包含聯結車)依據「行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2-2)」(運輸研究所)建議之方式評估
- ✓ **大客車以旅客單位時間價值配合2014年公路客運平均宰客人數加權估算**

各收費情境時間延滯成本=

小客車單位時間價值參數*(小客車車輛數*小型車平均路段延滯)+
 小貨車單位時間價值參數*(小貨車車輛數*小型車平均路段延滯)+
 大貨車單位時間價值參數*(大貨車車輛數*大型車平均路段延滯)+
 大客車單位時間價值參數*(大客車車輛數*大型車平均路段延滯)

運具別(2014年幣值)	旅客1	小客車2	小貨車2	大貨車2	大客車2
城際一般化時間價值	3.26	5.77	5.55	5.55	63.39

單位：1.元/每人每分鐘、2.元/每車每分鐘

能源消耗成本

- ✓ 依據「行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2-2)」(運輸研究所)建議之評估方式

各收費情境能源消耗成本=

(小車總能源消耗*小車單位燃油成本)+(大車總能源消耗*大車單位燃油成本)

燃料別(2014年幣值)	小車 (元/公升)	大車 (元/公升)
單位燃油成本	32.08	30.85



4-6 貨幣化評估方法

二氧化碳排放成本

- ✓ 依據「行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2-2)」(運輸研究所)建議之評估方式
- ✓ 二氧化碳損害參數=0.000651元/克(2014年幣值)

各收費情境二氧化碳排放成本 =
 (小車總二氧化碳排放量 + 大車總二氧化碳排放量) * 二氧化碳損害參數

空氣汙染成本

- ✓ 依據「行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2-2)」(運輸研究所)建議之評估方式
- ✓ 評估項目包含NOx、SOx、CO

各收費情境空氣汙染成本 =
 (小車總空氣汙染排放量 * 城際排放調整因數 * 空氣汙染損害參數) +
 (大車總空氣汙染排放量 * 城際排放調整因數 * 空氣汙染損害參數)

類別(2014年幣值)	NOx (元/克)	SOx (元/克)	CO (元/克)
汙染損害參數	0.111890	0.279095	0.001323

類別	城際 (倍)
排放調整因數	0.18

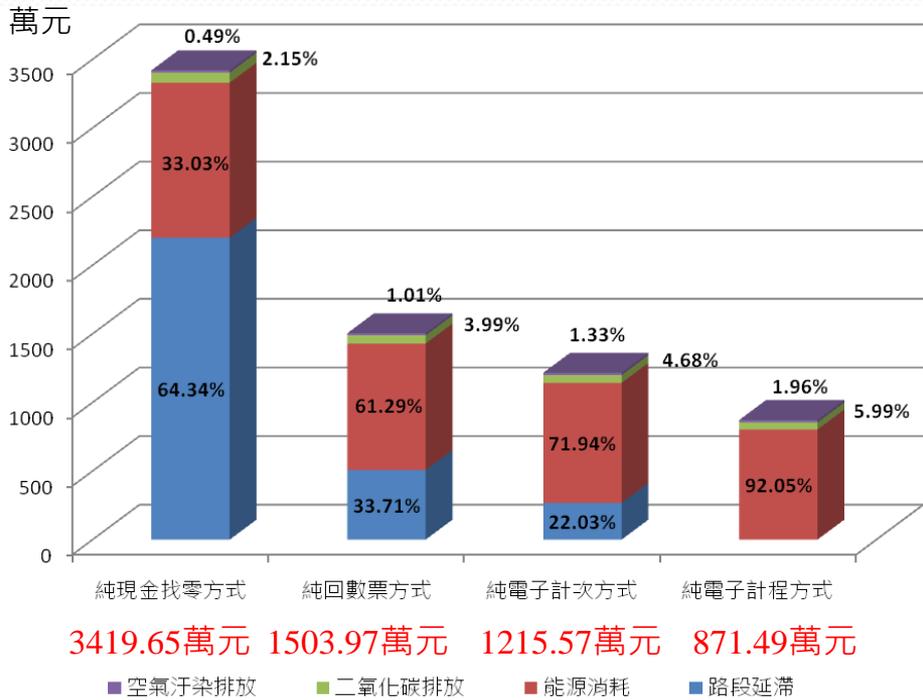


伍、計程收費後之社會經濟效益分析

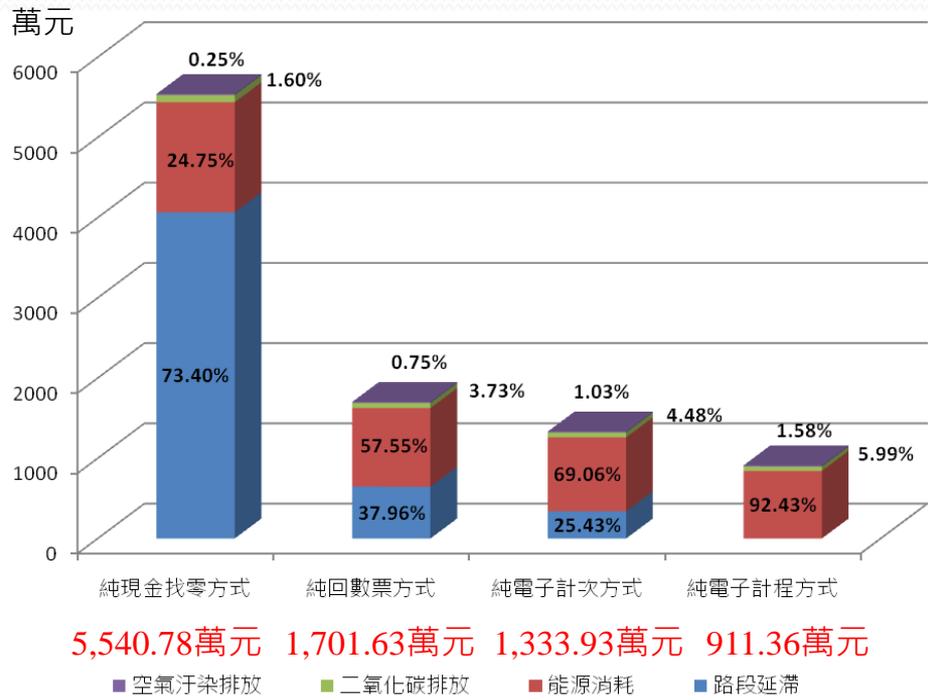


5-1 不同收費方式日型別社會成本結構之比較

平日



假日





5-2 不同收費方式日型別社會成本節省之比較

平日

收費方式 成本項目	與純現金找零收費相比		與純回數票收費相比		與純電子計次收費相比	
	節省社會成本(萬元)	比例(%)	節省社會成本(萬元)	比例(%)	節省社會成本(萬元)	比例(%)
路段延滯	2,200.05	86.34%	506.99	80.16%	267.85	77.85%
能源消耗	327.36	12.85%	119.51	18.90%	72.29	21.01%
二氧化碳排放	21.19	0.83%	7.75	1.23%	4.70	1.37%
空氣汙染排放	-0.43	-0.02%	-1.76	-0.28%	-0.75	-0.22%
總計	2,548.16	100.00%	632.48	100.00%	344.08	100.00%

假日

收費方式 成本項目	與純現金找零收費相比		與純回數票收費相比		與純電子計次收費相比	
	節省社會成本(萬元)	比例(%)	節省社會成本(萬元)	比例(%)	節省社會成本(萬元)	比例(%)
路段延滯	4,067.17	87.85%	646.02	81.75%	339.16	80.26%
能源消耗	528.76	11.42%	136.89	17.32%	78.91	18.67%
二氧化碳排放	34.05	0.74%	8.85	1.12%	5.11	1.21%
空氣汙染排放	-0.55	-0.02%	-1.48	-0.19%	-0.6	-0.14%
總計	4,629.42	100.00%	790.27	100.00%	422.57	100.00%



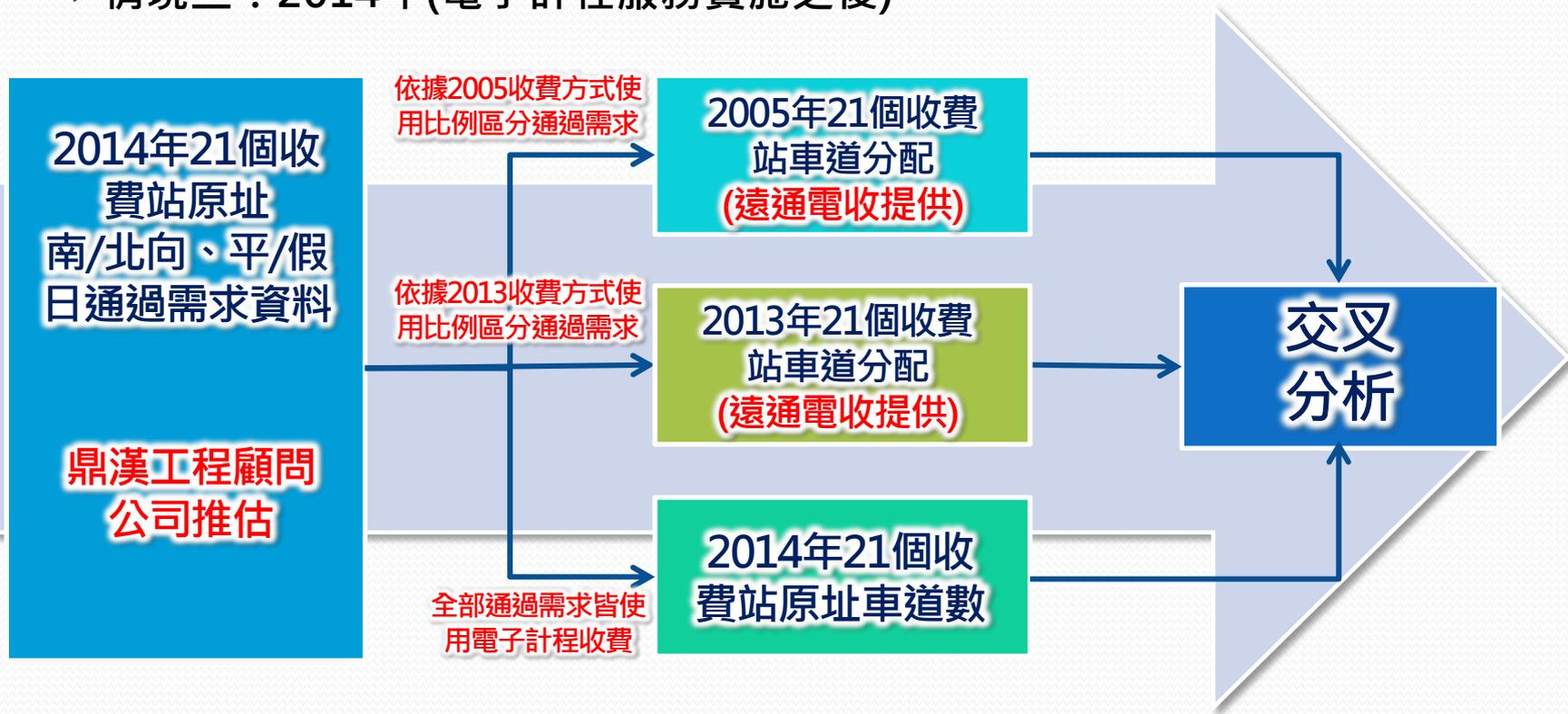
5-3 不同收費方式組合

分析情境

- ✓ 情境一：混合收費模式(現金找零+回數票收費方式)
- ✓ 情境二：混合收費模式(現金找零+回數票+電子計次收費方式)
- ✓ 情境三：全面電子收費模式(電子計程收費方式)

情境設計

- ✓ 情境一：2005年(電子計次服務實施之前)
- ✓ 情境二：2013年(電子計程服務實施之前)
- ✓ 情境三：2014年(電子計程服務實施之後)



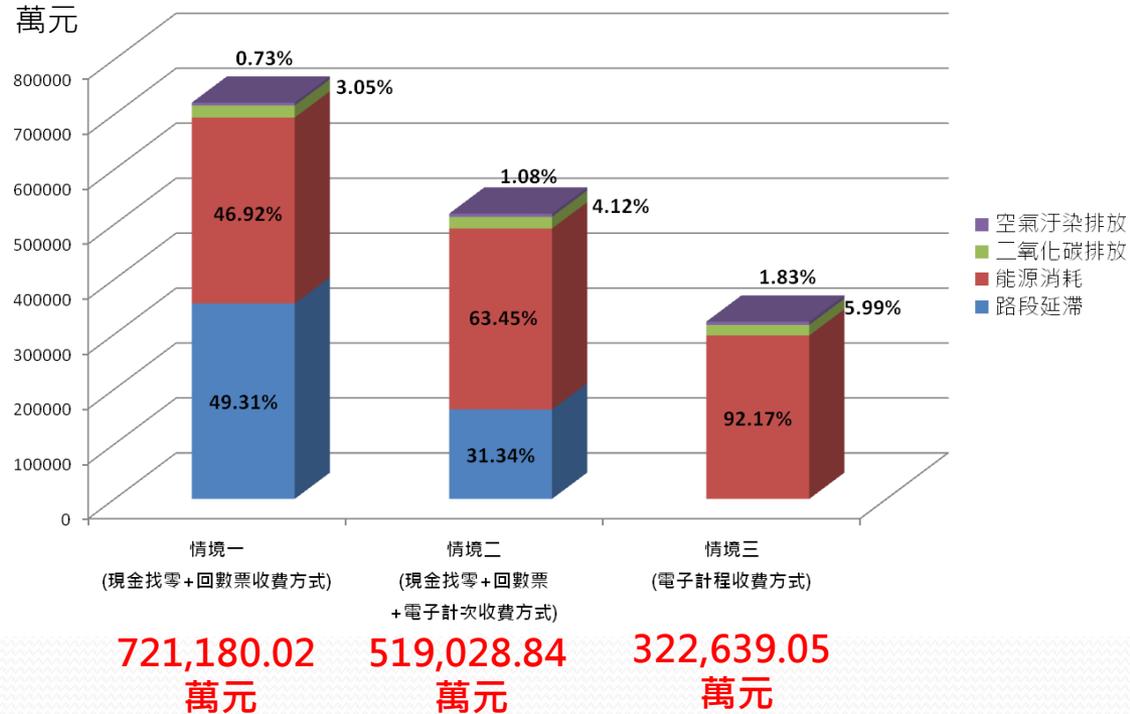


5-4 不同收費方式組合社會成本結構分析

評估結果

- ✓ 依據2014年平假日天數進行加權(平日251天、假日114天)
- ✓ 情境一
 - 2014全年社會成本72億元
 - 以路段延滯(49.3%)及能源消耗(46.9%)佔比最高
- ✓ 情境二
 - 2014全年社會成本51億元
 - 以能源消耗佔比最高(63.4%)，路段延滯次之(31.3%)
- ✓ 情境三
 - 2014全年社會成本32億元
 - 已無路段延滯成本，能源消耗佔比最高(92.1%)

2014年全年社會成本





5-5 不同收費方式組合社會成本節省分析

差異分析結果

✓ 情境一與情境二

- 情境二可節省20.21億元社會成本，其中95.43%為路段延滯
- 情境二SO_x及NO_x排放社會成本較情境一為高

✓ 情境一與情境三

- 情境三可節省39.85億元社會成本，其中89.23%為路段延滯、10.28%為能源消耗
- 情境三SO_x及NO_x排放社會成本較情境一為高

✓ 情境二與情境三

- 情境三可節省19.64億元社會成本，其中82.84%為路段延滯、16.26%為能源消耗
- 情境三NO_x排放社會成本較情境二為高

收費方式 成本項目	差異分析：情境一V.S情境二		差異分析：情境一V.S情境三		差異分析：情境二V.S情境三	
	節省社會成本 (萬元)	比例(%)	節省社會成本 (萬元)	比例(%)	節省社會成本 (萬元)	比例(%)
路段延滯	192,916.52	95.43%	355,598.83	89.23%	162,682.31	82.84%
能源消耗	9,027.56	4.47%	40,956.86	10.28%	31,929.30	16.26%
二氧化碳排放	588.42	0.29%	2,657.46	0.67%	2,069.03	1.05%
空氣汙染排放	-381.32	-0.19%	-672.18	-0.17%	-290.85	-0.15%
總計	202,151.18	100.00%	398,540.97	100.00%	196,389.79	100.00%



陸、計程收費後需求彈性之推估



6-1 計程收費實施後需求彈性分析前提

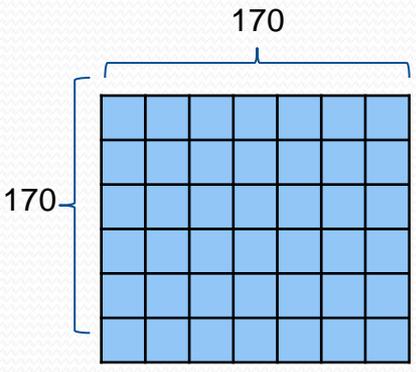
- 國道計程收費於103年實施後，至今未有一種可銜接兩種收費之需求彈性研究
- 計次、計程收費之概念有所不同，但需求彈性須以共同比較基礎方能計算，故計算彈性時需先將兩種方式轉換為同類
 - ✓ 計次轉為計程
 - ✓ 計程轉為計次
- “計次轉為計程”須以過去每年高速公路OD表，由於資料無法取得，故本研究選擇“計程轉為計次”為需求彈性評估方式
 - ✓ 本研究以收費站原址作為屏柵線進行計程費率與旅次量之轉換
- 聯結車替代道路選擇較少，對通行費率敏感度較低，且旅次量容易受其他經濟指標影響
 - ✓ 本研究僅針對小型車、大型車進行評估



6-1 計程收費實施後需求彈性分析前提

旅次量分群方式

- ✓ 未通過收費站原址之旅次不列入
- ✓ 同國道內未通過收費站旅次
 - ✓ 如：國道一號臺中系統至員林互為OD之旅次
- ✓ 跨國道未通過收費站旅次
 - ✓ 如：國一員林至國三沙鹿



OD矩陣



上限 (km)	下限 (km)	旅次量 (輛)
0	5	Xxx
5	10	xxx
10	15	XXX
∧	∧	∧
495	500	XXX

旅次長度群組





6-2 計程收費實施後需求彈性公式

依據97至102年收費站通過量，推估計次收費延續至103年之通過量(分日型、車種)

依據103年計程收費上路後之實際OD表，計算通過收費站原址之車流量(分日型、車種)

$$\epsilon_{D,C} = \frac{(Q_{D,C,P_{D,C,1}} - Q_{D,C,P_{D,C,2}}) / Q_{D,C,P_{D,C,1}}}{(P_{D,C,1} - P_{D,C,2}) / P_{D,C,1}}$$

小汽車：45元/次
大客貨車：50元/次

將計程費率轉換為計次費率(分日型、分車種)

$\epsilon_{D,C}$ = 日型D下，車種C之需求彈性

$Q_{D,C,P_{D,C,1}}$ = 日型D下，車種C在通行費為 $P_{D,C,1}$ 之通過量(輛)

$Q_{D,C,P_{D,C,2}}$ = 日型D下，車種C在通行費為 $P_{D,C,2}$ 之通過量(輛)

$P_{D,C,1}$ = 車種C通行費(元/次)

$P_{D,C,2}$ = 車種C通行費(元/次)



6-3 計程費率轉換為計次之調整公式

考慮20公里免費對之費率折減效果，故以加權平均法調整

$$P_{D,C,2} = \frac{\sum_{i=1}^{100} Q_{D,C,i} * (P_{C,i,20free} * R_{D,C,20free} + P_{C,i,non-20free} * R_{D,C,non-20free})}{\sum_{i=1}^{100} Q_{D,C,i}} * D_{avg}$$

$Q_{D,C,i}$ = 日型D下，車種C在第i群組內之旅次量(輛)

$P_{C,i,20free}$ = 20公里免費下，車種C在第i群組內之單位公里費率(元/公里)

$P_{C,i,non-20free}$ = 沒有20公里免費下，車種C在第i群組內之單位公里費率(元/公里)

$R_{D,C,20free}$ = 103日型D下，年車種C，未收費延車公里比例(%)

$R_{D,C,non-20free}$ = 103年日型D下，車種C，收費延車公里比例(%)

D_{avg} = 收費站原址平均間距(公里)



6-4 計程費率轉換為計次之調整公式

計程通行費與行駛里程成正比，故本研究以5公里為單位將通過收費站原址之旅次量區分為100個群組

為反應20公里免費政策對費率之影響，本研究乃以103年收費/未收費延車公里之比例進行加權

$$P_{D,C,2} = \frac{\sum_{i=1}^{100} Q_{D,C,i} * (p_{C,i,20free} * R_{D,C,20free} + p_{C,i,non-20free} * R_{D,C,non-20free})}{\sum_{i=1}^{100} Q_{D,C,i}} * D_{avg}$$

因20公里免費政策係“**每天每車**”而非“**每一旅次**”，故本研究依據各群組里程計算有無20公里免費下之單位公里費率（已考慮200公里以上75折之優惠）

將單位公里費率乘以收費站原址平均間距（38.675公里），轉換為計次費率



6-5 計程收費實施後需求彈性計算結果

平日需求彈性

項目	車種	小型車	大型車
	103年平日計次收費旅次量(輛) (以自然成長率推估)		1,147,931
103年平日計程收費旅次量(輛) (以103年實際OD表推估)		1,090,626	139,559
計次收費費率(元/次)		40	50
計程收費費率轉換為計次費率(元/次)		44.02	57.20
平日需求彈性		-0.50	-1.41

假日需求彈性

項目	車種	小型車	大型車
	103年假日計次收費旅次量(輛) (以自然成長率推估)		1,509,450
103年假日計程收費旅次量(輛) (以103年實際OD表推估)		1,438,705	117,430
計次收費費率(元/次)		40	50
計程收費費率轉換為計次費率(元/次)		44.85	57.24
假日需求彈性		-0.39	-0.39



柒、20 km優惠里程對國道收入之衝擊



7-1 20 km優惠里程對國道收入面之衝擊分析

103年	實際收入	未收到之收入 (費率1.2元/km)	未收到之收入 (費率0.9元/ km)	未收到之收入佔 總收入比例 (費率0.9元/km)
小型車	17,184,701,301	2,210,990,539	1,658,242,904	9.65%
大型車	1,890,165,540	62,073,881	46,555,411	2.46%
聯結車	2,172,152,903	15,177,993	11,383,495	0.52%
總計	21,247,019,744	2,288,242,413	1,716,181,810	8.08%

103年	總延車公里數	暫停收費之延車公里數	未收費之延車公里數	未收費之 延車公里比例
小型車	26,018,292,109	377,007,526	1,842,492,116	7.19%
大型車	2,254,338,208	12,933,057	41,382,587	1.85%
聯結車	1,656,163,524	12,317,872	8,432,219	0.51%
總計	29,928,793,840	402,258,454	1,892,306,922	6.41%



7-2 20 km優惠里程對平常日、例假日 國道收入面之衝擊分析

103年	平常日總延車公里數	平常日未收費之延車公里數	未收到之收入 (費率1.2元/ km)	未收到之收入 (費率0.9元/ km)	未收費之延車公里比例
小型車	16,474,165,671	1,381,955,455	1,658,346,546	1,243,759,910	8.39%
大型車	1,734,773,851	34,180,282	51,270,423	38,452,817	1.97%
聯結車	1,359,583,957	6,708,806	12,075,850	9,056,887	0.49%
總計	19,568,523,479	1,422,844,543	1,721,692,819	1,291,269,614	7.27%

103年	例假日總延車公里數	例假日未收費之延車公里數	未收到之收入 (費率1.2元/ km)	未收到之收入 (費率0.9元/ km)	未收費之延車公里比例
小型車	7,618,727,988	460,536,661	552,643,993	414,482,995	6.04%
大型車	452,805,285	7,202,305	10,803,458	8,102,593	1.59%
聯結車	260,716,235	1,723,413	3,102,144	2,326,608	0.66%
總計	8,332,249,508	469,462,379	566,549,594	424,912,196	5.63%



簡報結束 敬請指教