

# 112年度氣候變遷創意實作競賽

## 創意企劃書

隊伍編號：

(註：由執行單位統一填寫)

隊伍名稱：社會工學實驗室

作品中文名稱：**零淨校園**

作品英文名稱：**Calming Campus**

參賽學校：國立中山大學

系所名稱：人文暨科技跨領域學士學位學程、應用數學系

指導老師：夏皓清

團隊成員：張栢瑄、邱冠智、陳冠辰



## 摘要

「零淨校園」計畫的目標是將大學校園打造成以人為本的環境，來減少校園內的私人燃油運具使用率，以利於達成校園淨零排放和零死亡願景。在氣候變遷影響日益嚴峻的未來，本計畫之內容也可做為他校推動零淨校園的參考。

The goal of Calming Campus project is to reduce the use of private motor vehicles by making the campus a “Humanity-oriented” environment, to achieve “Net Zero” and “Vision Zero”.

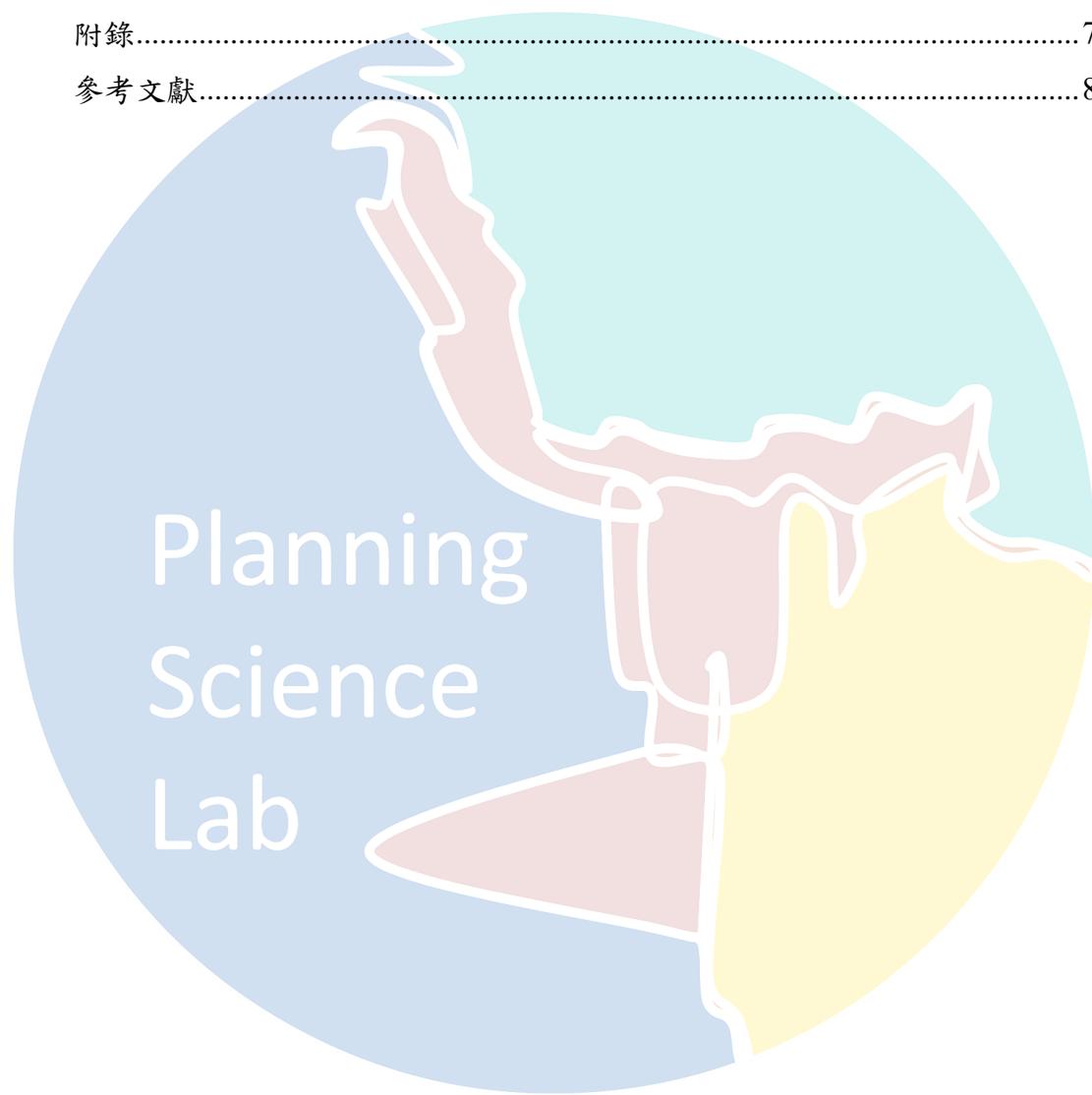
As climate change increasingly impacts our future, this project can be an example for other universities to take action on climate change.

關鍵字：人本交通、淨零排放、零死亡、智慧交通。



## 目錄

緒論.....	1
計畫簡介.....	3
可行性評估.....	4
預期效益.....	6
結語.....	7
附錄.....	7
參考文獻.....	8



## 緒論

一、隨著氣候變遷、極端氣候對人們的影響日益嚴重，以及交通安全與道路平權的意識抬頭，「環保」與「交通」的議題逐漸受到大眾關注

從 2010 年的紀錄片「正負 2 度 C」，到 2021 年在格拉斯哥舉行的「聯合國氣候變化會議」(COP26) 所著眼的 2030 中期減排目標，「2050 淨零碳排」已是全球共識。在 COP26 會議中，各地政府與產業著重規劃未來十年，即 2030 為目標的諸多減碳工作，如巴西及南韓分別將 2030 減排目標提升至 50% 及 40%；在 COP27 會議中，也是首次將氣候損失與損害納入議程，是邁向氣候正義重要的一步。雖然中國、印度和俄羅斯等發展中國家的二氧化碳排放當量，不論是在目前或將來一段時間內，仍可能是佔比最高的幾個國家；然而，當換算成人均二氧化碳排放當量，則可發現臺灣，以人均 10.96 噸二氧化碳當量位居全球第九。若就 2015 年聯合國宣布的永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)而言，臺灣在 SDG 13「氣候行動」中，依然有不少進步空間。

在此全球趨勢下，臺灣已於 2023 年 1 月 10 日通過《溫室氣體減量及管理法》修正案，將法案名稱修改為《氣候變遷因應法》，呼應 COP27 會議內容，將國家長期減碳目標修改為「**2050 年溫室氣體淨零排放**」，開始徵收碳費，並將公正轉型概念入法。

在臺灣，2019 年運輸部門之碳排放量佔總體約 12.9% (行政院環境保護署，2021)，而運輸部門的碳排放量中有 90.52% 是由私人機動運具<sup>1</sup>產生。雖然機車於全台碳排量占比約 1.58% (行政院環境保護署，2022)，但在 2015~2019 年之間(圖 1)<sup>2</sup>，在整體運輸部門碳排量減少 28.3 萬噸之際(-0.8%)，其中小客車碳排量減少 31.9 萬噸(-1.8%)，機車碳排量卻增加了 36.2 萬噸(8.7%)，高於其他公路運輸運具 (交通部運輸研究所，2022)。是故，降低燃油機動運具的使用，是台灣在推動降低碳排的過程中，不可忽視的一大環節。

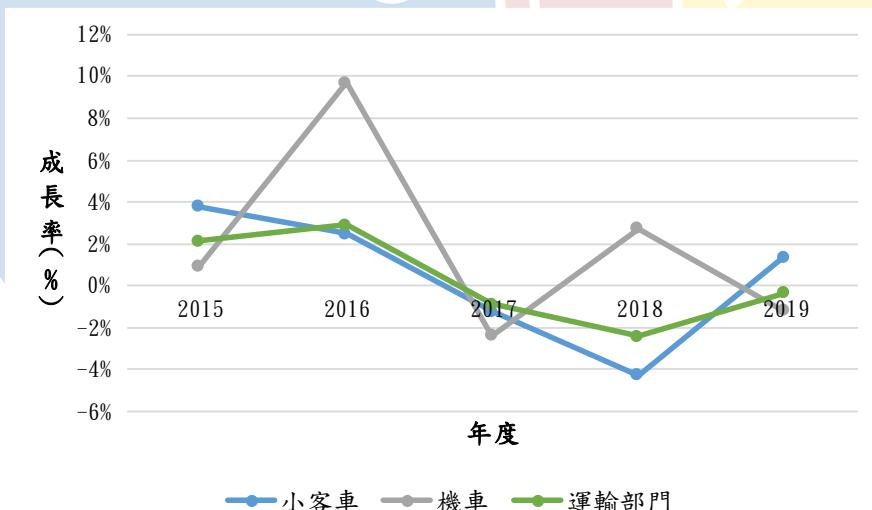


圖 1 去年同期二氧化碳排放量成長率<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 私人機動運具碳排放量含機車、小客車及大小貨車。

<sup>2</sup> 2015 年 7 月 1 日為《溫室氣體減量及管理法》公布日，係以 2015 年為基期年比較。該表係根據經濟部能源局 102 年 7 月公布之能源平衡表推估而得。推估方式係採用 2006 年 IPCC 之國家溫室氣體盤查指南第一級(Tier 1)，以運具之各項能源消耗量及排放係數進行推估。

<sup>3</sup> 資料來源：交通部運輸研究所(2022)、本團隊彙整。

## 二、改變，從關心日常生活環境開始

擁有私人機動運具是一個令人垂涎的特權，持有人仍會繼續使用，而負擔不起私有機動運具者，卻仍然得承受前者所造成的外部效果，如空污排放、交通壅塞、便利於機動運具，卻不利於行人、自行車的都市或交通計畫等，形成氣候不正義。「一座進步的城市不是讓窮人也能開車，而是讓有錢人也在搭乘大眾運輸」，如何有效降低私人機動運具，增加大眾運輸、綠色共享運具的使用率，是人在面對極端氣候環境下，刻不容緩的議題。究竟有什麼方法或措施，可以有效地降低因使用燃油機動運具及其衍生事物所造成的環境污染呢？身為大學生的我們，將目光放到了日常生活的場域——校園內。

在校園內使用燃油機動運具，除了產生排碳、空污之外，也衍生出許多對於環保不利的措施，如停車證、停車場使用狀況不均、指標系統紊亂等問題。年度換發的車證會造成許多廢棄物，還有指標設計不良、停車場區位缺乏即時資訊，也使車輛為了尋找目的地或車位而急速行駛的機會大增，連帶導致無謂的能源消耗與排放。

同時我們也在觀察、使用校園公車與共享運具之後，發覺仍有諸多不完善之處，導致校內師生仍需依賴私人燃油機動運具來作為代步工具，例如：站點位置是否得宜？班次時間、密度，或運具數量是否充足？各運具之間能否順暢銜接？而校園內的步行環境到處充滿著危險，與車爭道下的險象環生，不友善的步行環境與不會讓人想走的路，種種的環保和交通的問題讓我們開始反思，有沒有什麼解決的方案呢？

## 三、新科技 X 新設計，校園交通大改變

有鑑於上述各項交通環境的痛點，在本次「氣候變遷創意實作競賽」中，我們想要降低校園內「溫室氣體排放量」與提升「校園交通安全與運輸效率」，達成「2030 交通零死亡」與「2050 淨零排放」目標。我們希望透過一個涵蓋政策、軟體與硬體改善的計畫，搭配智慧型運輸系統為手段，如圖 2 所示，內圈以「私有運具抑制與轉移」及「大眾運輸及共享運具便利化」為主軸，加上外圈的「道路安全性改善」、「智能交通管理」、「運輸效率提升」、「人本交通」等子目標，期能提出讓校園交通環境更加環保、更有效率、更符合 SDGs 指標的實際策略與行動方案，也就是「零淨校園」計畫，這不僅有助於減少溫室氣體排放，還可以改善校園內學生和教職員工的整體健康和福祉；同時，更希望此計畫作為各地校園推廣「私有燃油機動運具減量」與「人本交通環境」的範本。



圖 2 計畫示意圖

## 計畫簡介

目前「零淨校園」的願景是推動校園人本交通計畫，以智慧運輸為手段，將校園打造成以人為本的環境；具體以綠能運輸、步行空間友善、私人機動運具減量、無車校園等為目標。透過文獻回顧(附錄)，我們提出的改善計畫分為三個面向：政策、硬體與軟體。

政策面向為我們所提出的「國立中山大學校園交通環境基本調查與先期規劃報告書」(以下簡稱白皮書)，以 2030 年為目標年，盤點校內環境與交通問題、過往政策與案例回顧，並提出硬體與軟體面向的解方，繼而依照可行性、實踐難易度分短、中、長期目標，在有限的資源下盡可能達成短期目標，從而在中長期邁向理想與願景，短期目標以軟體面向為主，期望能快速的解決校園交通議題。如圖 3 所示，團隊將聯合學校總務處、學生事務處等多個行政單位，以及學生會、學生議會等學生自治團體共同推動，確保全部計劃得以接續執行。

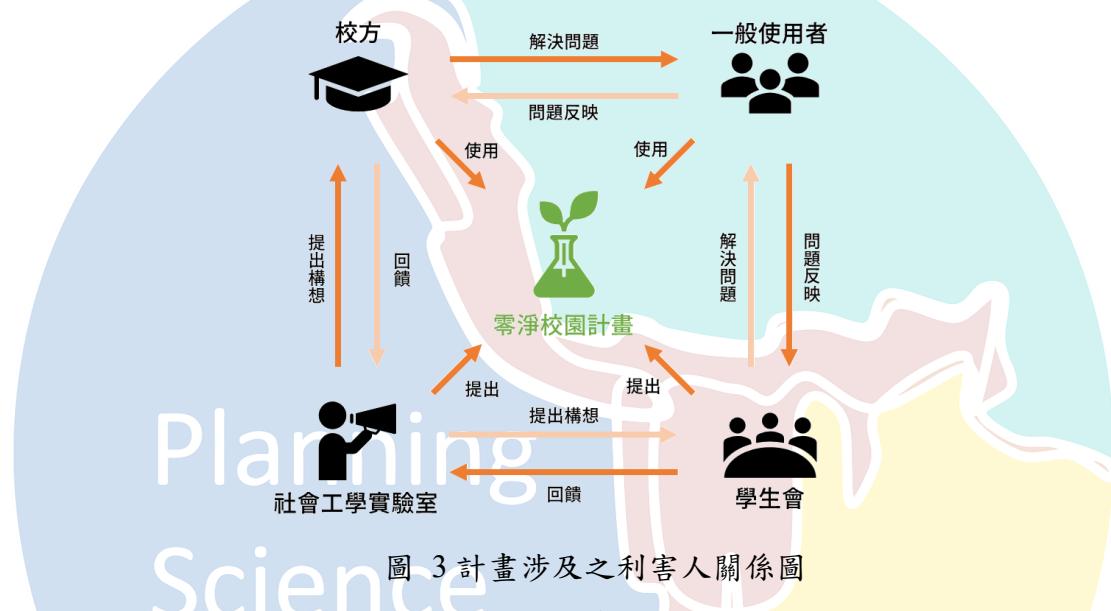


圖 3 計畫涉及之利害人關係圖

軟體面向則為動態先進路徑與交通資訊系統(Dynamic Advanced Routing and Traffic information System, DARTS)。DARTS 的特色是「以校園容易取得的資料」，如選課資料、停車場使用率、校園大眾運輸搭乘人數、校內共享運具站點使用狀態，搭配校園數值路徑模型(Campus Numeric Route Model)，來推估人潮之時變狀態，藉以輔助作為交通運輸策略之訂定與使用者路徑選擇的資訊依據，並著重於提升行人與自行車的輸送效率與舒適性。如圖 4 所示，其運算方式是，先將校園中的路線、建築節點與相關參數如坡度等，建立為「校園數值路徑模型」，再由我們透過實驗所提出的「等效路徑公式」，將校園數值路徑模型納入其他參數轉為「等效路徑模型」，最後再由該模型與輸入的數據運算後，產出如推薦旅行路徑、交通量預估、共享運具站點可用車輛數預估等數據。與傳統 GIS 軟體相比，DARTS 解算出來的結果更能符合實際使用上的感受，而決策端也能透過數據來科學化調整政策，如圖 5 所示。

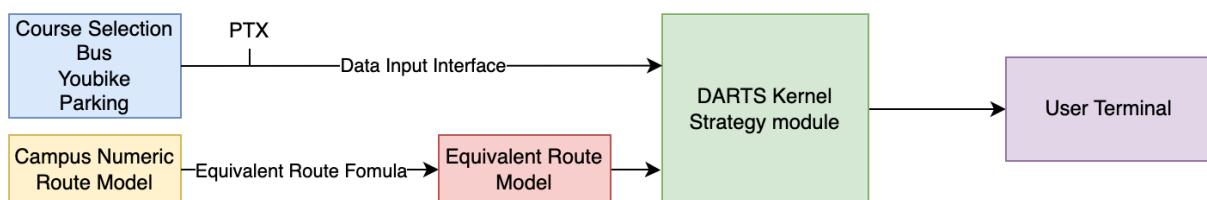


圖 4 DARTS 資料處理流程圖

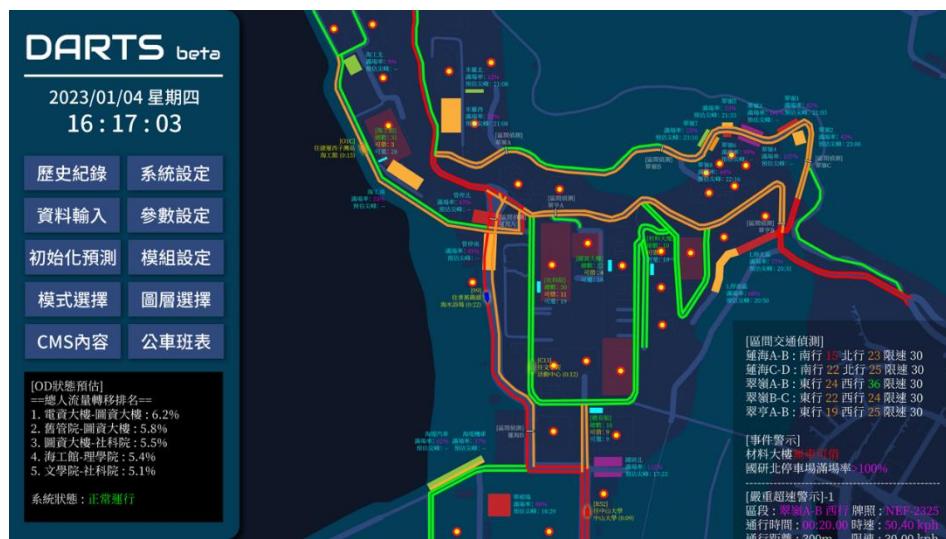


圖 5 DARTS 模擬示意圖

硬體面向則是以 DARTS 所需之設備來建置，如資訊可變式看板、車牌辨識系統、停車場進出偵測系統、公車車機、區間交通偵測等設備，增加 DARTS 系統的準確性與即時性。同時也透過 DARTS 解算出的結果，針對交通瓶頸或人流熱點以標線、標誌調整等低成本但效益高的方式一同改善，提升交通效率及行人安全。

## 可行性評估

本計畫考慮到學生的滯校時間，與各項設備建置及環境改善時間，預計以兩年作為生命週期(更新尺度)，亦即是每兩年提出相關報告，期能逐步讓校園交通環境往永續綠色交通的目標邁進；另外，本計畫以國立中山大學作為試驗場域及規劃範圍，本計畫之使用者(教職員生)通勤與通學必定使用到，易達性極大。

在計畫簡介中提到產品與服務模式的可行性，以下將透過市場、工程、財務、法律、環境影響等項目評估此計畫之可行性，並在表 1 彙整呈現。

在市場面向中，此產品與服務模式尚未落實於國內各大專院校，而國外多以攝影機等方式來獲取資料，在世界趨勢與中央政策下，2050 淨零排放已是各級學校必須面對的課題。此外國內亦有多所學校開放機車進入校園，因此本計畫模式具有潛在市場。即便是在與感測器為主的廠商競爭下，同樣可發揮此產品低成本、短工期與泛用性高的特性，適合各類型大專校院，在快速且有效的在抑制燃油機動運具同時，從根源解決環境污染，以更即時便利的替代運輸方式，鼓勵人們多走路少騎車也符合自然解方的特性。

在工程面向中，因為是使用自主技術與軟體來開發，過程中僅需花費時間成本，因此在財務面向可達到完全自償，而成本效益的衡量方式，是評估此計畫完成後影響的群體，以及其所降低的能源使用量、污染排放量，來衡量成本與效益，並在表 2 彙整呈現。

在法律面向中，團隊在標線與標誌改善中，同樣是根據現行法規與現有政府的改善案例，讓使用者不會無所適從，也較能說服校方施作；而軟體所需的學生資訊，同樣是透過校方所提供的去識別化資料來建構，顧及隱私權的同時，也能達到產品效果。

最後，在環境影響面向中，因團隊採用的方案並無大型土建工程，而本校也因鄰近壽山國家自然公園，對於環境影響更為要求，因此計畫大多採用標線與標誌來改善，硬體則建設於路側系統中，且同時降低汽機車的排放，對環境影響有正面效益。

表 1 可行性綜合評估彙整表

項目	結果	評估結果	可行性
市場	市場有一定需求及規模	具一定風險	可行
	具有潛在市場	可行	
	存在競爭對手	具一定風險	
	潛在廠商意向	可行	
工程	已有現有技術	可行	可行
財務	完全自償	可行	可行
	成本效益	可行	
法律	相關法規規定	可行	可行
環境影響	環境衝擊分析	可行	可行

表 2 成本效益項目彙整表

影響群體	影響項目	成本效益	說明
私人機動運具	機車使用者	通勤時間 肇事成本 行車成本	肇事機率減少，通勤延誤時間減少，碳排放當量減少。 因標線與標誌改善，校園交通環境改變，降低用路人肇事機率。 因標線與標誌改善，以及停車資訊導引完善，運輸效率提升，減少急速尋找停車位時間，碳排放當量下降。
	汽車使用者	通勤時間 肇事成本 行車成本	肇事機率減少，通勤延誤時間減少，碳排放當量減少。 因校園交通環境改變，降低用路人肇事機率。 因標線與標誌改善，以及停車資訊導引完善，運輸效率提升，減少急速尋找停車位時間，碳排放當量下降。
	公車使用者	通勤時間	更有效率的公車路線，與更加友善的候車亭規劃，提升其他私人運具使用者的轉換率，降低私人運具量，同時降低道路佔有率，維持高效率車流速率。
非機動運具	自行車使用者	通勤時間 肇事成本	更加友善的自行車路線與站點規劃，提升其他私人運具使用者的轉換率，降低私人運具總量。 因校園交通環境改變，降低汽機車駕駛肇事機率，使自行車使用者安心。
	行人	通勤時間 肇事成本	行人徒步環境友善與人本設計，降低通勤時間，提升行人效用。 因校園交通環境改變，降低用路人肇事機率，使行人安心。
	校安組 (管理單位)	建置成本	規劃設計、設備購買成本、現有環境(標線)改變。
		維修成本	設備機電維護。
		名譽	透過更多宣示性政策的實施，以及對於人本交通的關注，使中山校園成為大學交通典範，使本校校方可獲得更好的社會效益與經濟效益。

## 預期效益

### 1. 解決停車場使用率不均，讓校內停車空間的使用與管理更有效率

藉由 DARTS，使用者端可透過網路查詢當下時間的人流熱點、停車場滿場率及未來推估的停車場滿場率；並透過同一網站的其他運具資訊，或是相近可替代之停車場，提前規劃如何前往校園，或如何在校園內移動，分散停車場壓力，同時將部分人流引導至其他如大眾運輸等運具。

決策端也可透過人流模型，檢討現有課程教室分配，是否過度於某時段集中於某一地區，導致該地區匯集超出附近可容納之停車空間與交通量，進而調整分配方式。

### 2. 提高綠色運具與步行使用率

過去的先期調查中，得知使用者在使用校內大眾運輸與共享運具的痛點為，資訊不集中、不及時，無法一次完成旅程規劃，因此 DARTS 也整合校內大眾運輸與共享運具之資訊，同時納入公共運輸整合資訊流通服務平台(PTX)的資料，讓使用者端可一站式取得旅程中所需的一切資訊，包含各式運具的時刻表與路線、共享單車的站點租借情況、客製化步行路線、校園內停車場滿場率、交通流量預測等。行人可透過 DARTS 提供最佳、最舒適路徑，並也能經由系統上其他運具的資訊達到無縫轉乘。

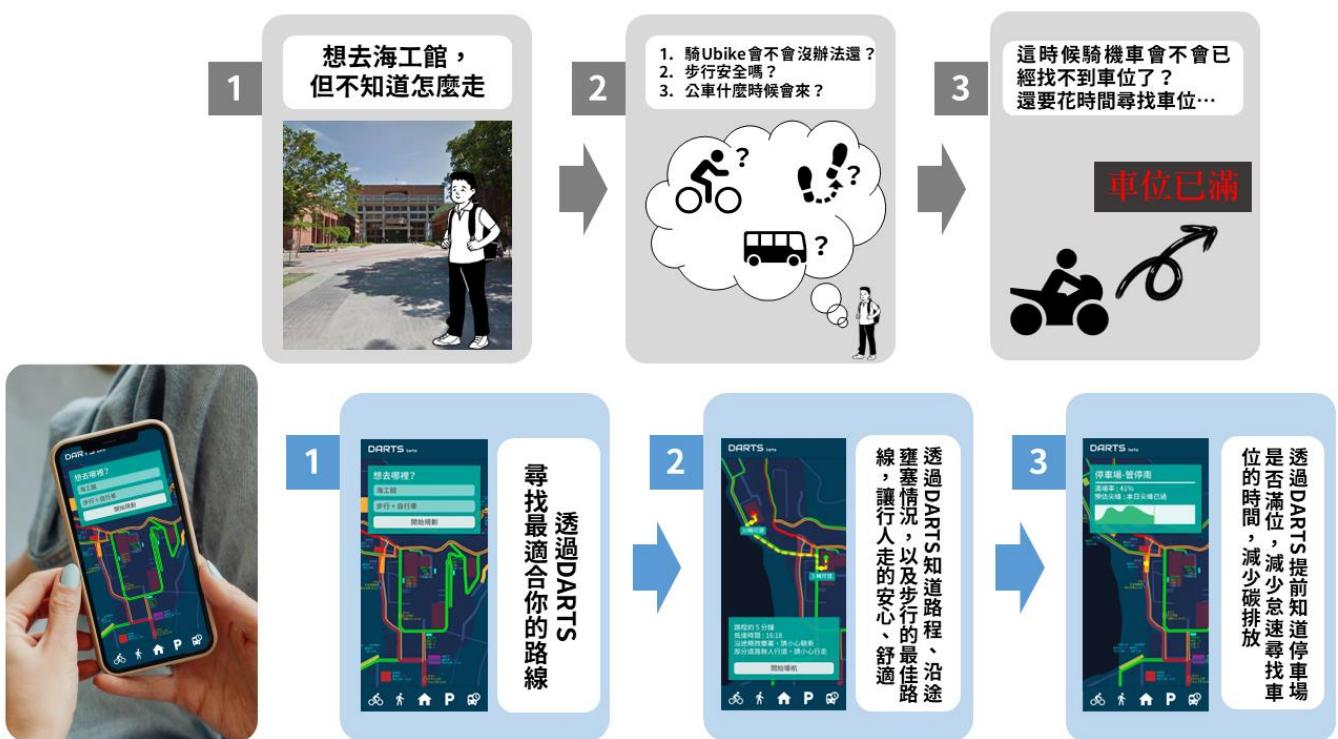


圖 6 DARTS 使用者情境圖

### 3. 提升校內交通效率，降低不必要的能源消耗與溫室氣體排放

為了滿足上述使用者端的需求，決策端可以透過 DARTS 來優化大眾運輸與共享運具的設置、調度，尤其是過去我們團隊曾與本校學生會進行校內 Youbike 調查，分別有七成與五成反應無車可借和無柱可還的情形，因此可透過 DARTS 的人流推估及 O/D 分析，調整調度模式與頻率，降低使用者在使用上的挫敗，提升使用上的便利性，讓教職員生在轉換使用大眾運輸及共享運具能有更大的誘因。

## 結語

氣候變遷是當今世界面臨最為重要且緊迫的議題之一，因此我們必須立即採取行動以減少碳排放，來減輕氣候變遷對生活的影響。我們希望藉由新科技與新設計，以智慧型運輸系統為手段，讓中山大學的交通更加便利、更符合人性，輔助使用者選擇更低碳的交通決策。而實施「零淨校園」需要全面性的考量，需要各利益關係人之間的協調與合作，以及校方強而有力的宣示性政策，從而改變使用者的行為與習慣，促進教職員生轉而使用公共運輸，達到「淨零排放」的目標。此外也希望藉由本校的案例，作為其他大專院校引進智慧型運輸系統時，可供借鑑參考的成功案例，也能證明低碳的大學校園生活是可以實現的。

## 附錄

### 1. 公共運輸潛在移轉運量推估

根據交通部運輸研究所在 2019 年彙整的資料來看，該報告依據交通部統計處民國 105 年「自用小客車使用況調查」及「機車使用狀況調查」相關調查結果與交叉分析結果，分別推算使用自用小客車及機車通勤(學)者未來 3 年內考慮轉移使用公共運輸之旅客數。因此對於本次計畫的核心目標「淨零排放」有相當大的參考價值。

自用小客車使用者潛在移轉公共運輸運量為 1.8 億人次，約占自用小客車每年旅次量 4%；機車使用者潛在移轉公共運輸運量為 4.1 億人次，約占機車每年旅次量 4% (吳玉珍、陳天賜、張朝能、蔡欽同，2019)。

改用公共運輸主要影響原因共同點為當具備讓民眾覺得便利完善的公共運輸服務，加上採取私人運具管制措施及處於高油價環境。推估結果顯示可以產生潛在移轉公共運輸運量 5.9 億人次。公共運輸相較於機車之競爭劣勢主要在於便利性(旅行時間及轉乘問題)及旅行成本(不利旅次頻率高及可共乘者)。

### 2. 停車導引資訊系統

根據交通部運輸研究所之研究報告(許照雄，1996)提出，道路上的繞行車流中約有 30% 是為了尋找停車位而產生，若能有效提供充分停車資訊，將尋找停車的車輛迅速導引至停車場，將對市區交通壅塞現象的改善，與減少駕駛者尋找停車時間有很大的幫助。而在校園內，常常需要在停車場內繞行以尋找車位，或是只能前往附近的停車場再尋找，尋找停車位的時間，與所排放的廢氣污染，都是其所產生的外部成本。

然而在財團法人車輛研究測試中心的一份報告(賴政廷、陳世昌，2009)也提到，動態停車導引資訊系統只能夠單方向地提供駕駛人關於目的地附近之停車資訊，如果駕駛人只是依照最短路徑、最多車位或平常習慣選擇停車位置，可能會造成某一停車場之擁塞，其他停車場閒置的情況。並提出下列幾項參考：

1. 「跨服務的互通與整合」可擴展產品及市場範圍。
2. 維持系統平台、使用者、店家平衡與互利關係。
3. 「體驗營造」創造另一個差異化。

## 參考文獻

1. 交通部運輸研究所(2022)。運輸部門歷年二氧化碳排放量推估。擷取自 政府資料開放平台：<https://data.gov.tw/dataset/8331>
2. 行政院環境保護署(2021)。2021 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告。擷取自 [https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw\\_nir\\_2021.php](https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw_nir_2021.php)
3. 行政院環境保護署(2022)。溫室氣體排放統計。擷取自 行政院環境保護署：<https://www.epa.gov.tw/Page/81825C40725F211C/6a1ad12a-4903-4b78-b246-8709e7f00c2b>
4. 吳玉珍、陳天賜、張朝能、蔡欽同(2019)。公共運輸發展成果檢討及推動策略研析(第一版)。交通部運輸研究所。擷取自 <https://www.iot.gov.tw/cp-78-199991-d5921-1.html>
5. 許照雄(1996)。停車場即時供給資訊系統之研究。臺北市：交通部運輸研究所。
6. 賴攷延、陳世昌(2009)。停車導引資訊系統創新事業模式研究。財團法人車輛研究測試中心。

