

科技與社會期末報告

探討校園內 oloo 車輛分布不均的現象及其背後成因，從空間、時間、行為等角度分析

第二組

陳柏亨(113033210)

殷振翔(111034001)

袁翊展(113061217)

莊智亦(110193074)

鄭毅(112062319)

指導教授：林宗德

摘要

近年來，共享微型交通工具快速興起，清華大學自 2022 年引進 oloo 無樁式共享電動滑板車後，極大地提升了校內通勤的便利性。然而隨著使用者數量增加，校內逐漸出現車輛分布失衡的問題，熱門站點(如化學館、小吃部、工一館)在尖峰時段常無車可借，而冷門站點則長期車輛閒置，導致借車困難、亂停現象頻發與整體使用體驗不佳。由於學生無法直接干預營運決策，本研究以「使用者視角」切入，探討造成車輛分布不均的成因，並嘗試提出在不干預營運政策前提下的可行改善建議。

本研究結合問卷調查、模擬器資料擷取、實地場勘與官方客服訪談，從「使用者行為」、「空間特性」與「營運邏輯」三大面向進行交叉分析。透過高斯函數擬合各站點每日車輛變化趨勢，顯示每日車流受到 2 至 6 個特定活動時段主導，與課程、飲食、交通轉乘等行為強相關；另有超過六成使用者表示以目的地為導向選擇借車站點，且可接受的步行補償距離普遍低於 3 分鐘，加劇了熱門站點的集中效應。

此外，我們發現官方補車機制雖結合系統分析與人工調度，但仍受限於尖峰時段路況與作業資源，無法即時回應高度波動的實際需求。針對上述問題，研究提出三項建議：一、設計熱門站點容量上限，以抑制過度囤車並促進資源分散；二、於高需求區域設置「緩衝站」以縮短鄰近站點間距離，提升使用者接受度；三、導入誘因制度(如點數回饋、遊戲化任務)，提升冷門站點吸引力，改善借還分布失衡現象。

目錄

緒論	4
1-1 研究背景	
1-2 研究動機與目的	
1-3 研究問題	
1-4 範圍與限制	
研究方法	6
2-1 研究架構與流程	
2-2 數據蒐集	
結果與分析	9
3-1 各資料分析結果及詮釋	
3-2 給oloo官方的建議	26
結論	34
4-1 總結研究發現	
4-2 未來展望	
參考資料	36

緒論

1-1 研究背景

oloo 作為清華校園內主要的共享電動滑板車服務，其快速、無樁式的特性原本旨在提升校內通勤便利性。然而在實際使用中，我們發現車輛分布存在嚴重失衡現象，熱門站點(如教學館、化學館)在尖峰時段經常缺車，冷門站點則長期閒置，導致：

- 有人「借不到車」或「還不了車」
- 熱站周圍亂停、壅塞現象頻繁
- 使用體驗落差加劇，不公平感升高

等情形反覆出現，進一步惡化使用者體驗。

然而，由於學生無法直接干預營運決策或改變公司政策，因此本研究選擇以觀察與分析為主軸，探討導致 oloo 車輛分布不均的多重成因，並進一步提出改善建議而非干預實驗。

1-2 研究動機與目的

作為使用者，雖無權修改 oloo 的營運策略或系統演算法，卻能透過觀察與分析，試圖理解這些現象背後的原因。本研究以「使用者角度」出發，結合站點資料觀察、問卷調查、客服訪談與數學建模，深入探討車輛分布不均的行為、空間與營運成因，並在不干預現行制度的前提下，提出可行的資訊設計與引導建議，希望為校園共享交通提供一套可行的改善方向，提升整體公平性與流動效率。

1-3 研究問題

- 1.清大各站點在不同時段的車輛分布情形為何？是否存在特定熱點與冷點？
- 2.使用者的借還習慣、資訊認知與行為偏好是否導致車輛過度集中於特定站點？
- 3.站點周邊的空間環境(如地理位置、設施分布)是否影響其吸引力與車輛使用程度？
- 4.目前 oloo 的補車調度策略、能力與時段選擇是否足以緩解熱門站點的缺車問題？
- 5.是否能設計出理想的站點容量上限 K ，以理論引導車輛分布更趨平衡？

1-4 範圍與限制

1.研究範圍

本研究以國立清華大學校園內 oloo(共享電動滑板車)系統為研究場域，聚焦探討站點車輛分布不均現象的成因，並嘗試提出在不干預營運政策的前提下，改善分布狀況的可能建議。研究涵蓋範圍如下：

- 站點範圍：限於清大校園內共 9 個正式設置的 oloo 站點
- 調差客群：限於清大之學生及使用者
- 資料範圍：包含使用者問卷調查、模擬器畫面截圖擷取之車輛數據、實地場勘量測與客服訪談內容
- 分析層面：涵蓋時間(使用高峰段)、空間(地理分布與人為活動)、行為(使用者偏好)、營運(補車邏輯)四大面向

2. 研究限制

本研究受限於研究者身份、資源與可接觸資料範圍，存在以下限制：

- (1)無介入實驗設計：為避免涉及倫理審查風險，研究未進行任何實地推力設計或視覺導流實驗，僅以觀察與模擬推導為主。
- (2)資料擷取限制：原擬使用 OCR 技術¹擷取每 15 分鐘站點車輛數變化，但模擬器不穩導致部分資料無法穩定取得，已盡可能以圖像過濾方式排除無效截圖，只採用禮拜一、禮拜四、禮拜五、禮拜六、禮拜日數據，並改以問卷補充。
- (3)缺乏車輛轉移流向資料：因成本與技術限制未進行車牌追蹤，無法取得車輛實際起訖站點資料，僅能透過使用者問卷起訖偏好作為替代。
- (4)問卷樣本數與代表性：雖以抽獎方式提升填答意願，但樣本仍可能存在偏誤(部分宿舍過度集中)。
- (5)營運資料僅限訪談資訊：未能取得營運後台完整調度資料，補車機制主要來自客服，可能與實際系統判斷有誤差，但已採交叉驗證方式補強。
- (6)研究角色：本研究以「校內使用者」視角觀察 oloo 系統運作與分布狀況，非以營運單位或學校行政立場進行分析。

¹ 光學字元辨識 (OCR) 是一種技術，用來將影像中的文字轉換為可編輯的數位文字資料。資料來源：
<https://aws.amazon.com/tw/what-is/ocr/>

研究方法

2-1 研究架構與流程

本研究旨在探討清華大學校園內共享電動滑板車 oloo 車輛分布不均的成因，並提出不干預營運政策的可行性建議。研究設計共分為四大階段，整體架構如下：

1. 資料蒐集階段

- (1) 透過自動截圖與 OCR 擷取清大九個站點在不同時段的車輛數資料，並以問卷調查方式收集使用者的租借習慣、站點偏好、心理因素與行為選擇。
- (2) 同時進行實地場勘紀錄各站地理位置與周邊設施，並訪談 oloo 客服以了解補車機制與調度策略及可能缺漏。

2. 成因分析階段

- (1) 從三大構面切入進行分析：
 - (a) 行為層面：透過問卷資料分析使用者站點偏好、距離容忍度與資訊熟悉度。
 - (b) 空間層面：結合站點位置、距離建物與周邊設施，建立站點活動模型。
 - (c) 營運層面：彙整訪談內容，釐清補車限制與制度盲點。
- (2) 此階段亦進行統計交叉比對，找出最顯著的成因組合。

3. 模型推導階段

- (1) 設計數學最佳化模型，計算各站點的理想容量限制值 K ，作為後續分流引導的基礎。
- (2) 目標為最小化全站點在所有時段內的非流動車輛 C ，使站點車輛數符合實際使用情形，避免出現囤積狀況。

本研究透過行為、空間與營運三軸交錯分析，不僅釐清 oloo 分布不均的系統性成因，也提出一套適合使用者角色的可行改善方向。

2-2 數據蒐集

1. 數據蒐集方式

- (1) 問卷資料：設計 Google 表單問卷，以量化收集學生對 oloo 的使用行為、站點偏好、資訊認知、困擾經驗與心理傾向等資料。問卷包含選擇式與開放式題項，

涵蓋借還站點選擇、行為反應、資訊熟悉度與建議偏好，作為行為心理成因分析依據。

(2)程式觀察資料：原計畫透過模擬器畫面每 15 分鐘自動截圖並以 OCR 擷取站點車輛數，並得出一個禮拜各天各小時之分布，但因模擬器穩定性不足，最終僅擷取部分有效樣本，所有樣本約40000多筆，但有效樣本數約為14000筆。最終通過濃縮成一天各個小時的資料進行分析。

(3)訪談資料：訪談對象包含 oloo 客服，了解補車機制、搬運、熱門站點補車頻率與調度條件等。所得資料主要用於補充營運端視角下的潛在缺漏，並分析為何未能解決實際分布問題。

2.樣本選取

本研究問卷以清華大學在學學生為主要對象，透過社群轉傳、群組群發進行問卷招募，並設計抽獎機制提升回覆率。

(1)樣本數：共回收有效問卷 90 份。

(2)樣本篩選條件：

(a)確認填答者為清華大學學生。

(b)有實際使用或觀察oloos 經驗者方列入分析。

3.樣本代表性檢驗

本研究整合三類資料來源：一為校內 oloo 使用者之網路問卷調查，共計回收有效樣本 90 份；二為研究團隊主動聯繫 oloo 營運單位所取得之官方回覆；三為透過模擬器、自動化程式，每 15 分鐘進行畫面截圖，並以 OCR 技術擷取各站點即時車輛數量之觀察資料。

首先，就問卷樣本而言，雖無法嚴格控制受訪者在性別、年級、學系上之比例，惟本研究重點著重於使用行為與站點觀察，人口背景並不影響分析核心，故可接受其偏離母體的結構差異。然而，由於問卷設計含抽獎機制，可能產生使用頻率偏誤與填答動機偏誤。

其次，官方回覆資料雖屬單一管道提供之制度性內容，內容涵蓋九項實際運作細節，反映營運邏輯與補車策略核心，具備制度解釋力。惟須指出，其所描述之流程多為理想化標準操作，與實際執行狀況仍可能存在偏差，應視為輔助參照依據。

最後，程式觀察資料源於模擬器畫面自動截圖與 OCR 擷取，能提供客觀、持續性之定量資料。然而該資料蒐集方式同樣存在限制，包括模擬器系統不穩定、畫面卡頓導致資料重複、OCR擷取誤差等問題，使得部分時段資料出現空缺或明顯異

常。雖透過數據濾除進行調整，但整體資料仍無法完全等同於實地紀錄，代表性需謹慎對待。

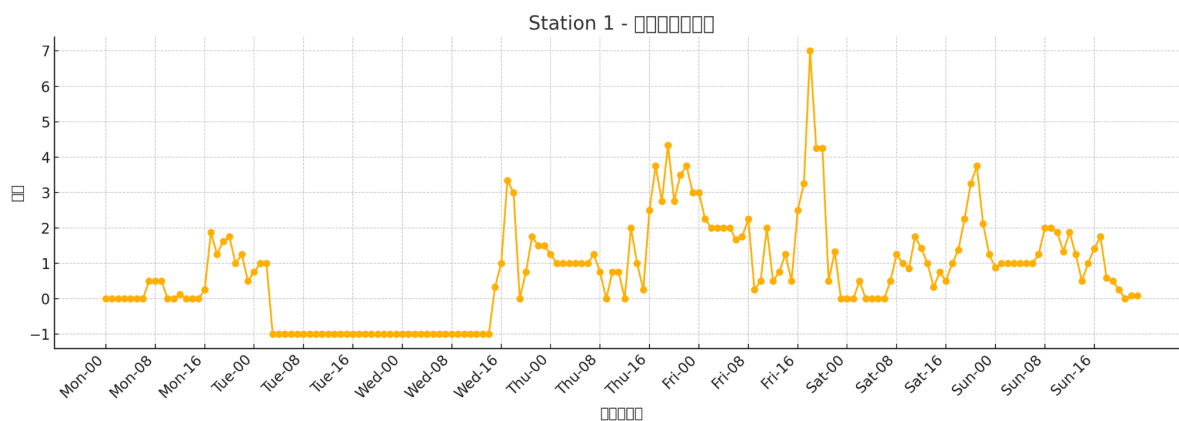
2-3分析方法和工具

類別	方法／技術	用途
統計描述	百分比、柱狀圖、交叉分析	問卷使用者偏好、起訖站點頻率、困擾經驗統計
空間分析	實地、地圖距離測量、觀察、問卷得到之使用者行為	分析站點吸引力：與教室／宿舍／餐廳的空間關聯
行為建模	使用者偏好 × 空間距離 × 借還習慣 → 建立高斯函數疊加圖	建立活動函數並評估站點為何成為熱點、取得非流動車輛數 C
質性分析	oloo 營運單位官方回覆、問卷資料	彙整補車邏輯、制度限制、搬運操作流程
容量上限分析	使用公式： $K=A \cdot V_{trim}$	計算各熱門站點所設計之最大可容納車輛數

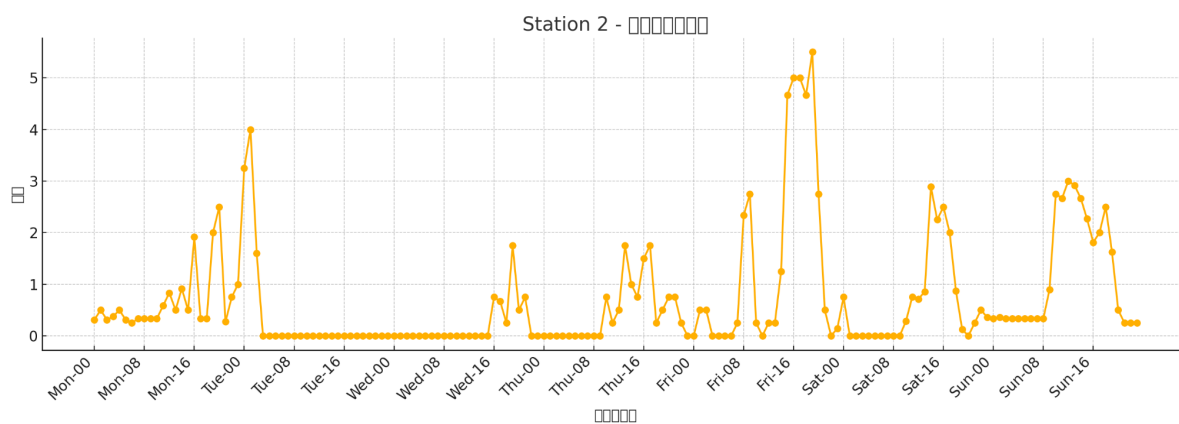
結果與分析

3-1各資料分析結果及詮釋

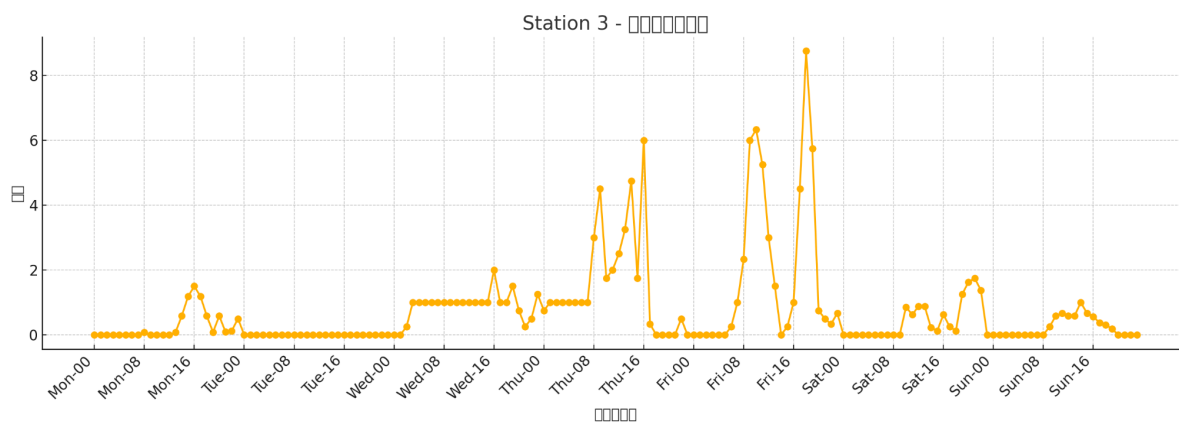
1.一週內車輛變化原始資料



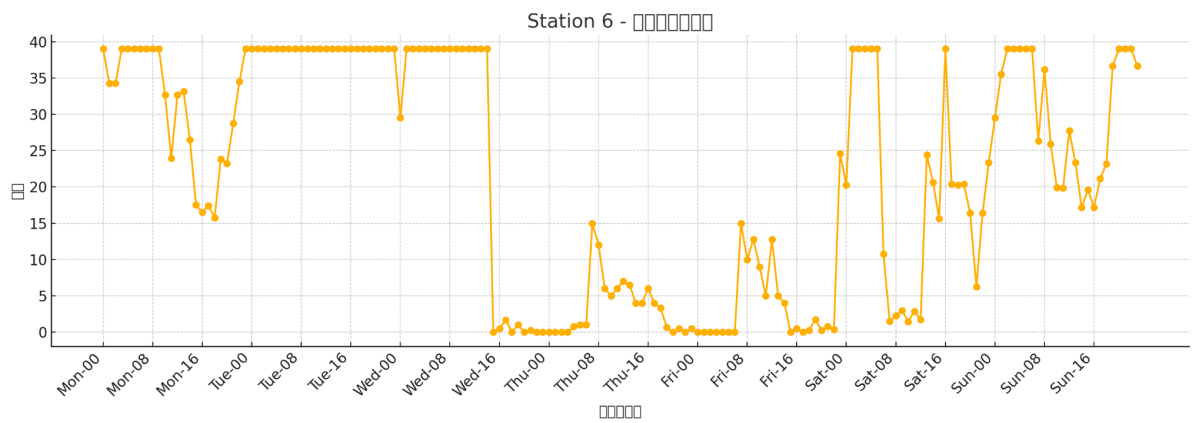
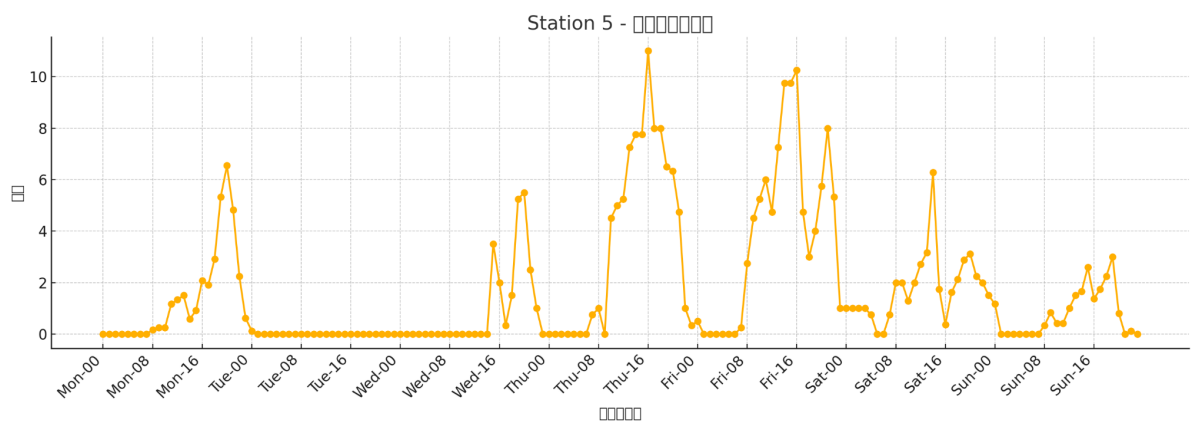
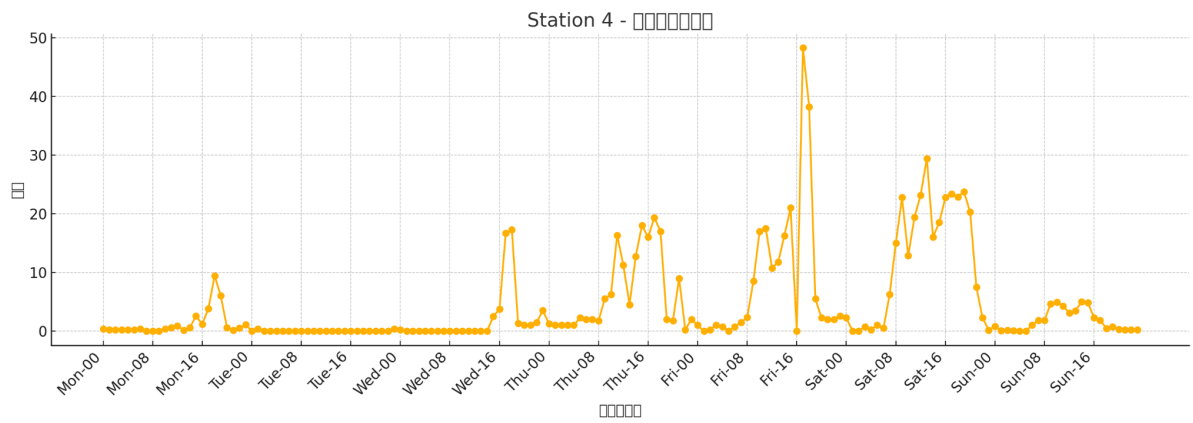
圖一 清華會館站一週內車輛變化原始資料

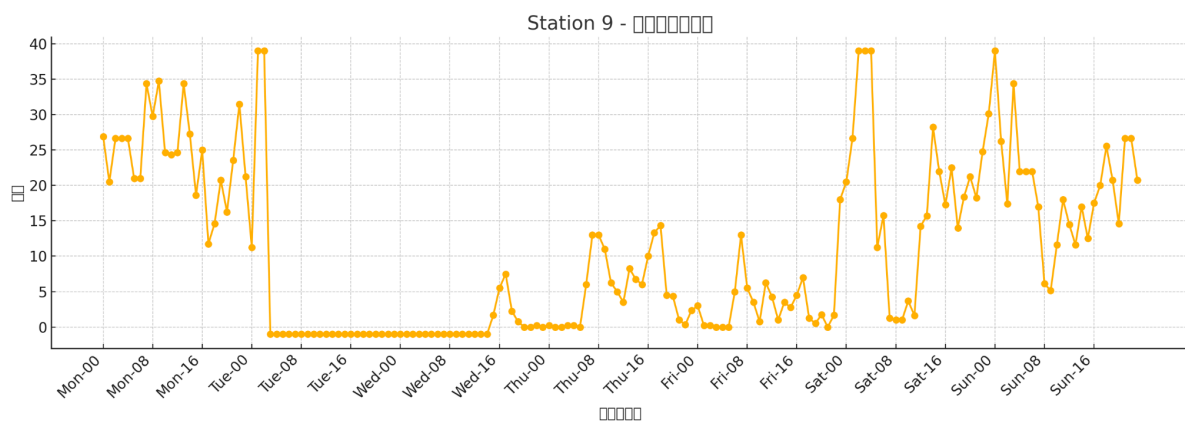
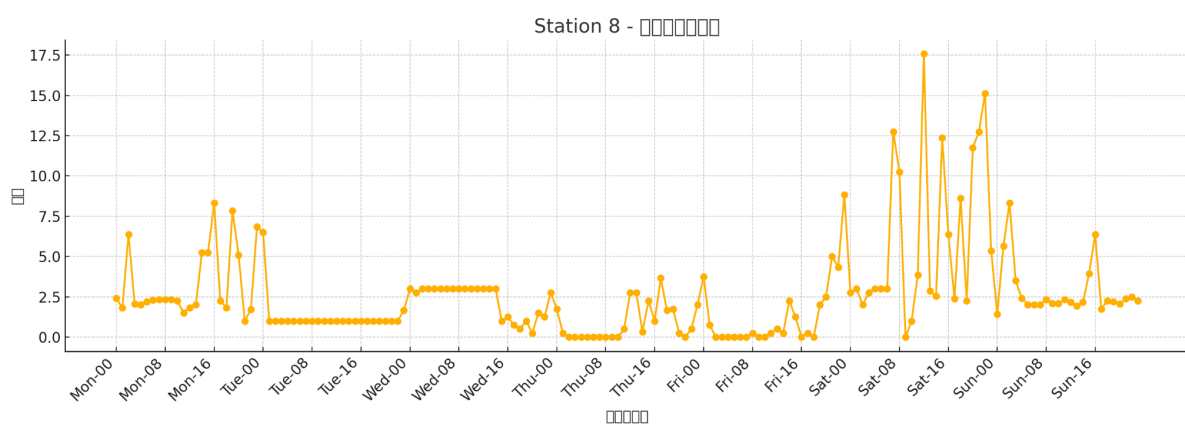
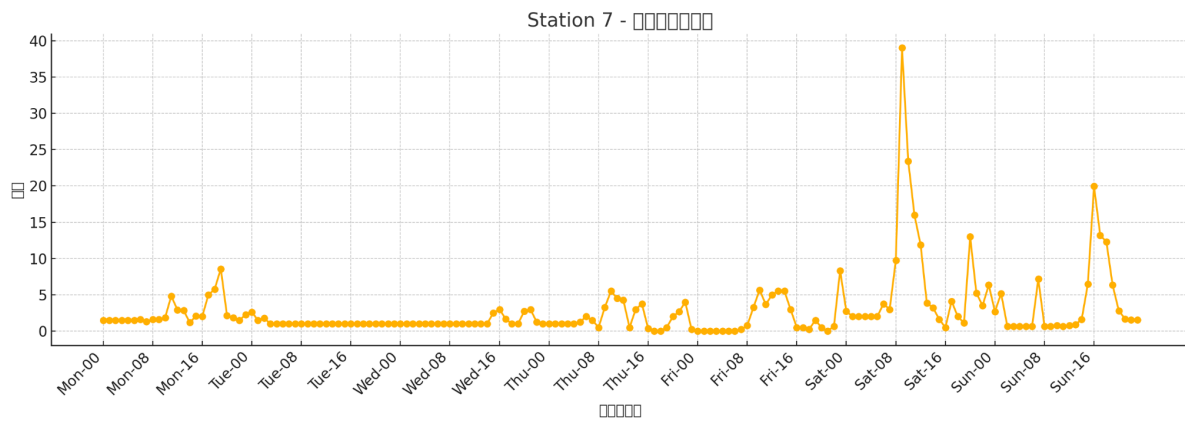


圖二 材料館站一週內車輛變化原始資料

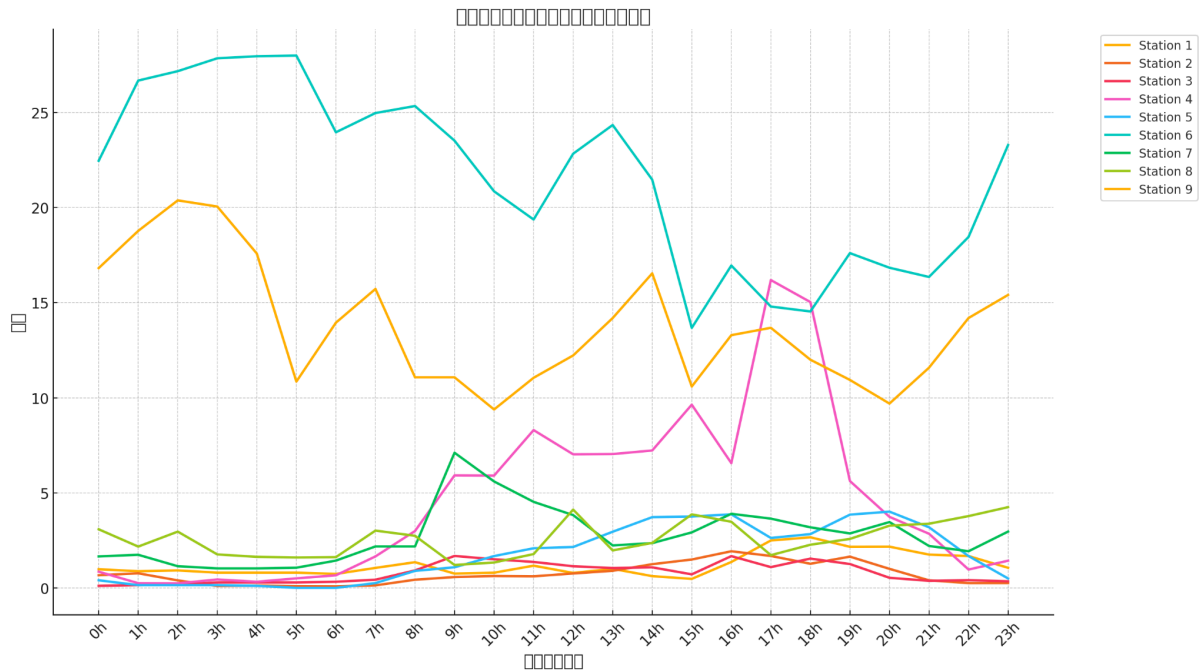


圖三 教育館站一週內車輛變化原始資料





2.車輛平均值

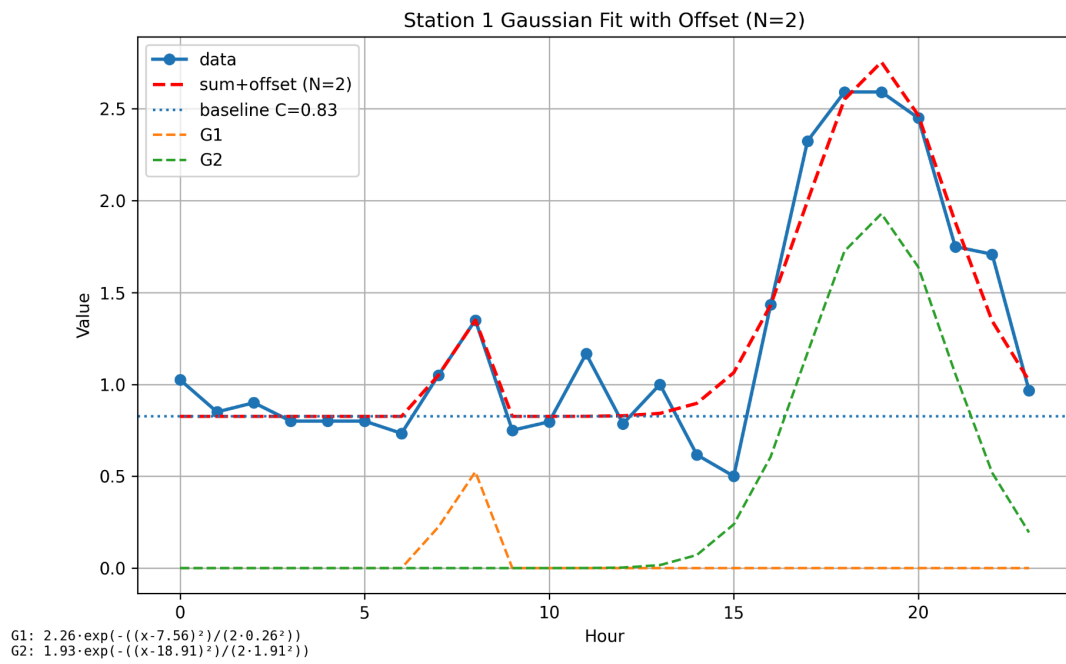


圖十 各站平均一天車輛變化圖

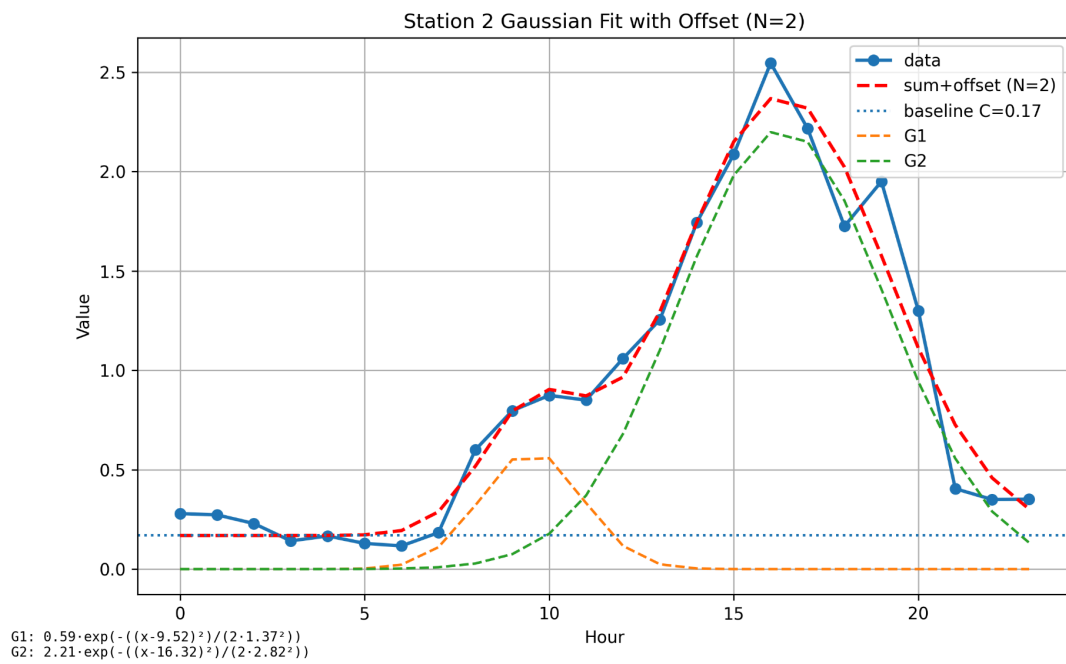
由於模擬系統在週二、週三出現異常，導致資料重複或長時間停留在固定畫面，判定為異常，無法反映真實車輛流動狀況。另一方面，根據實測數據觀察，站點於不同日子可能因各周活動、天氣等外部變因，產生顯著的流量波動，使得每周車輛分布具高度歧異性，無法直接擬合統一模型。

因此，為剔除異常並平衡事件所導致的極端值，我們採用跨週平均法，將多週資料合併後，計算每日每小時之平均值，進而構成代表性的一日分布。此方法可有效平滑隨機變異與異常尖峰，萃取出背景穩定量，作為非流動車輛數 C 之估計基礎。

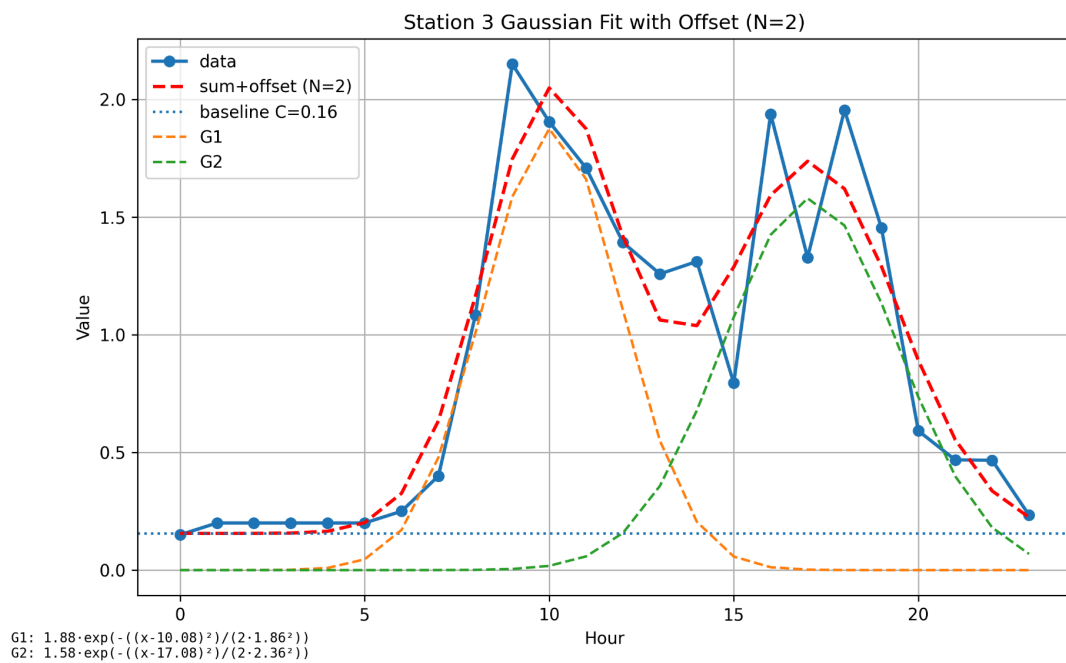
3. 擬和高斯函數擬和原始數據



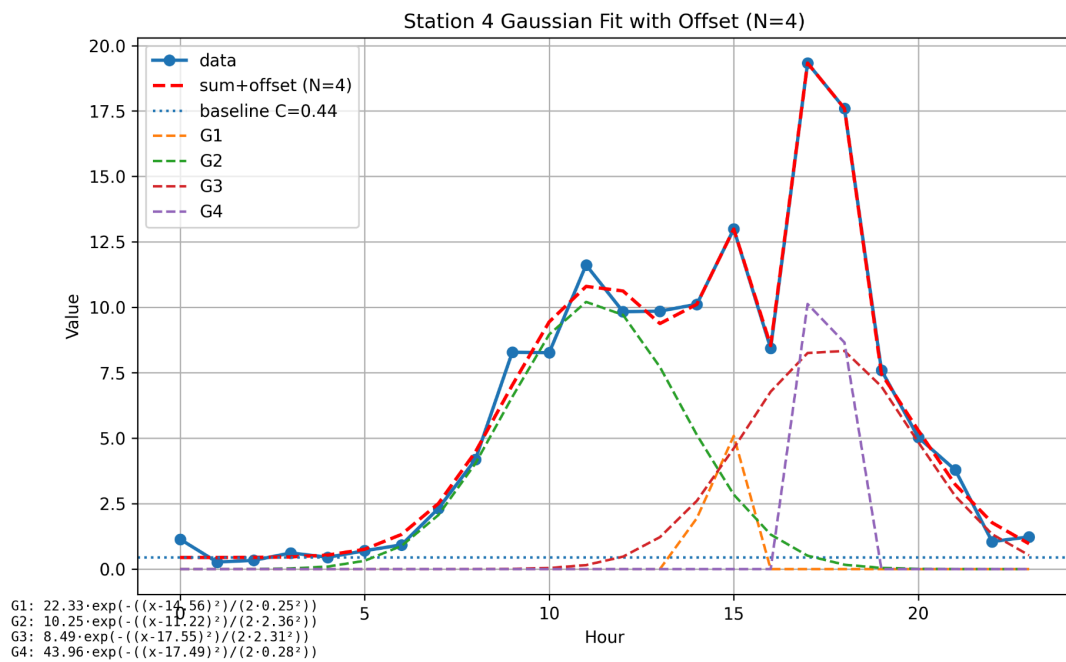
圖十一 擬和高斯函數擬和清華會館站的一天車輛數量變化圖



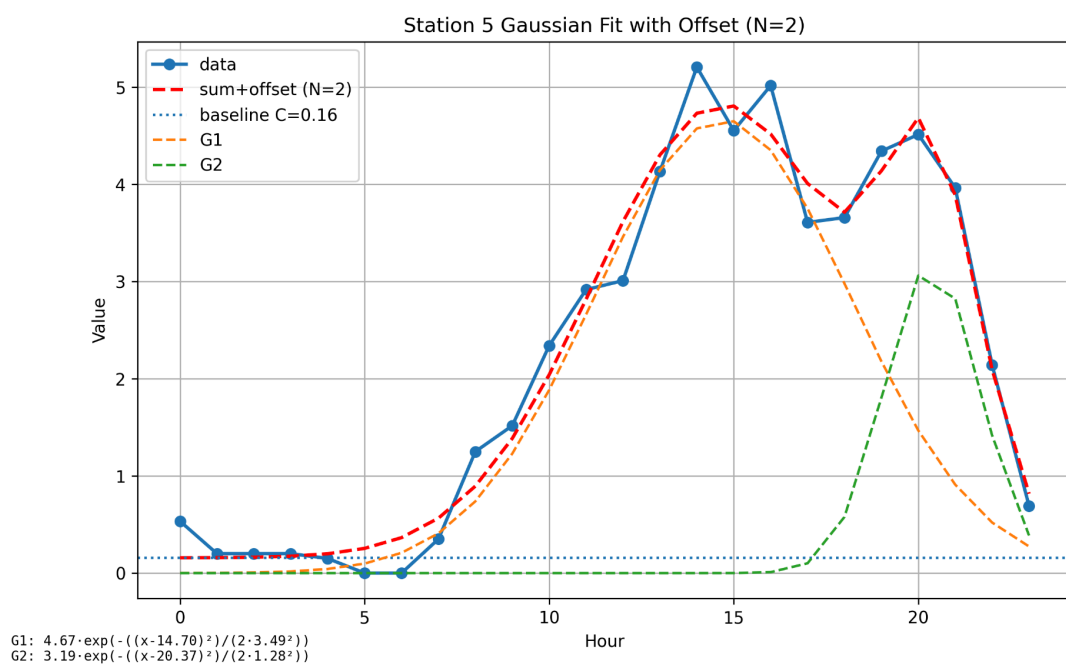
圖十二 擬和高斯函數擬和材料館站的一天車輛數量變化圖



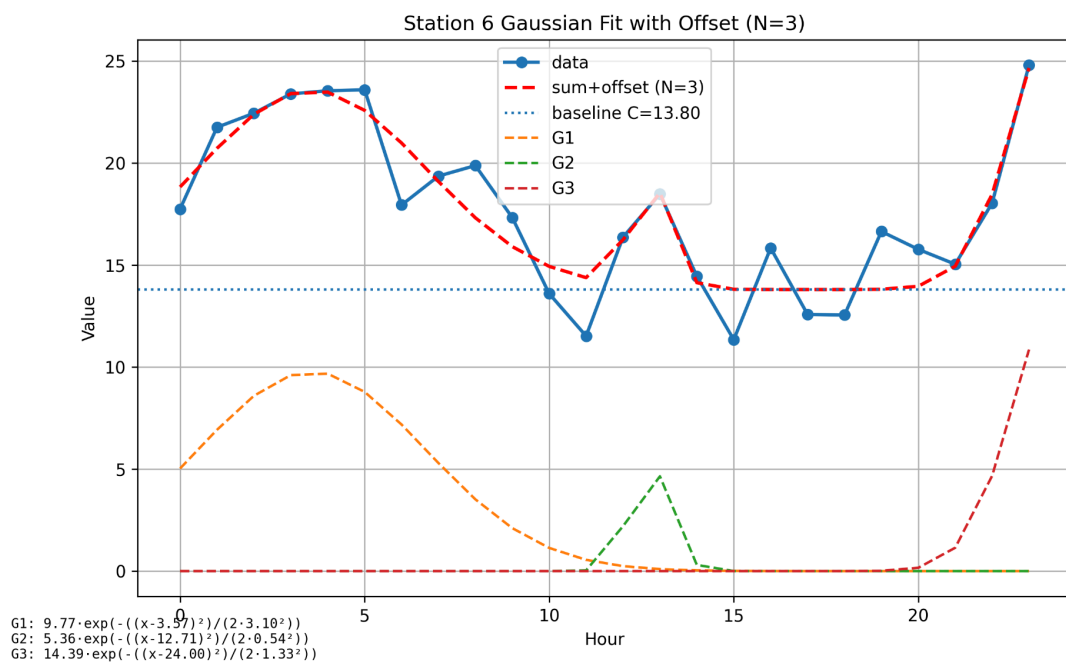
圖十三 擬和高斯函數擬和教育館站的一天車輛數量變化圖



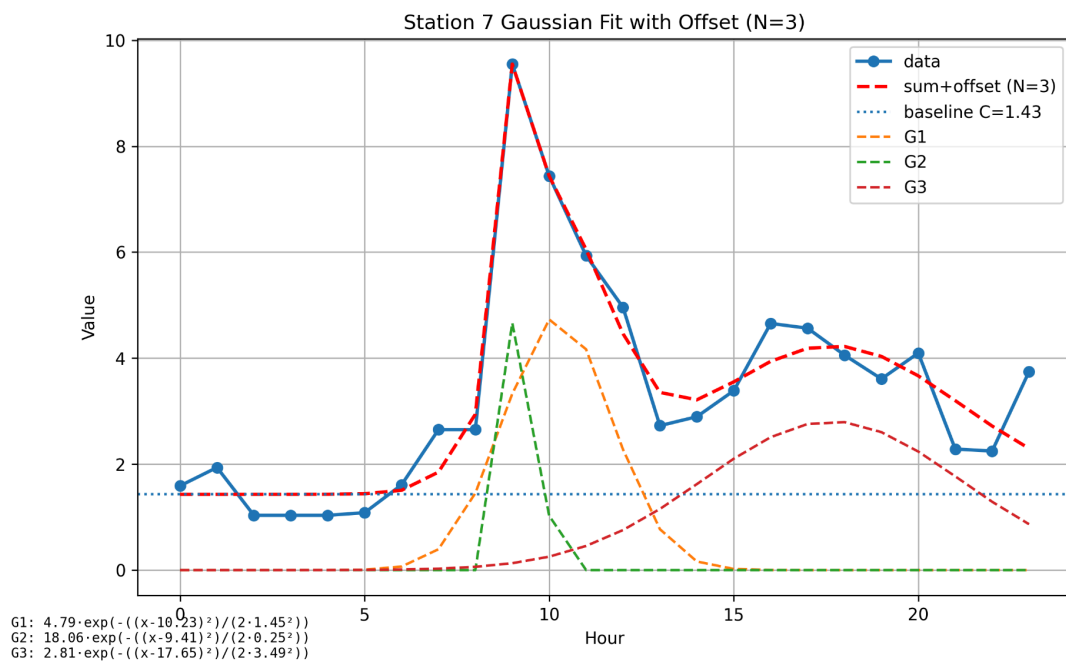
圖十四 擬和高斯函數擬和工一館站的一天車輛數量變化圖



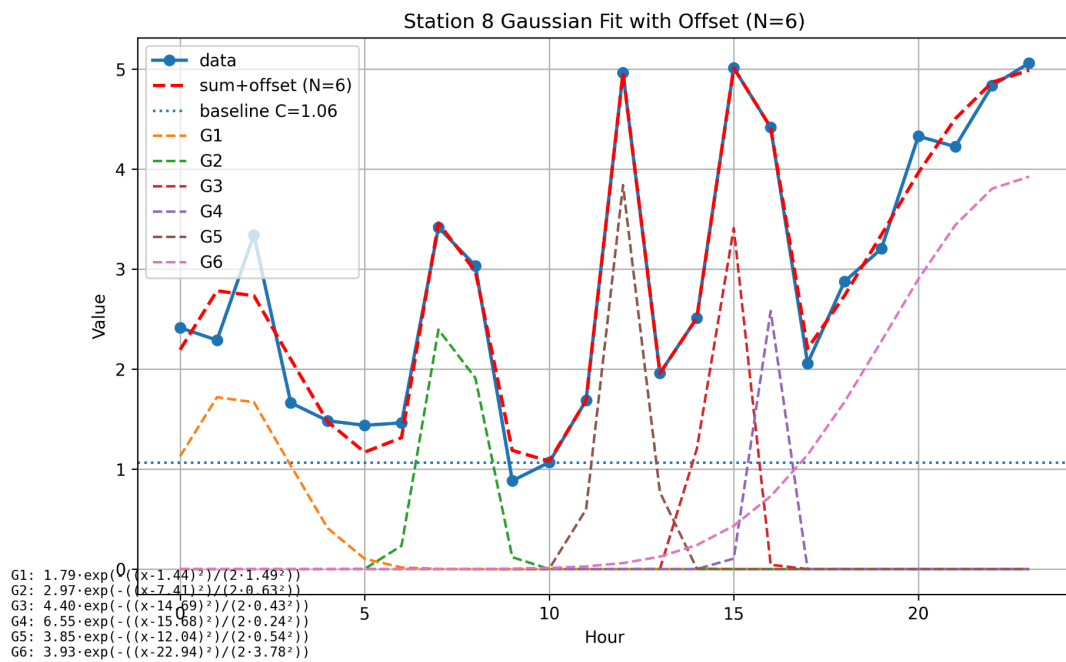
圖十五 擬和高斯函數擬和蒙民偉樓站的一天車輛數量變化圖



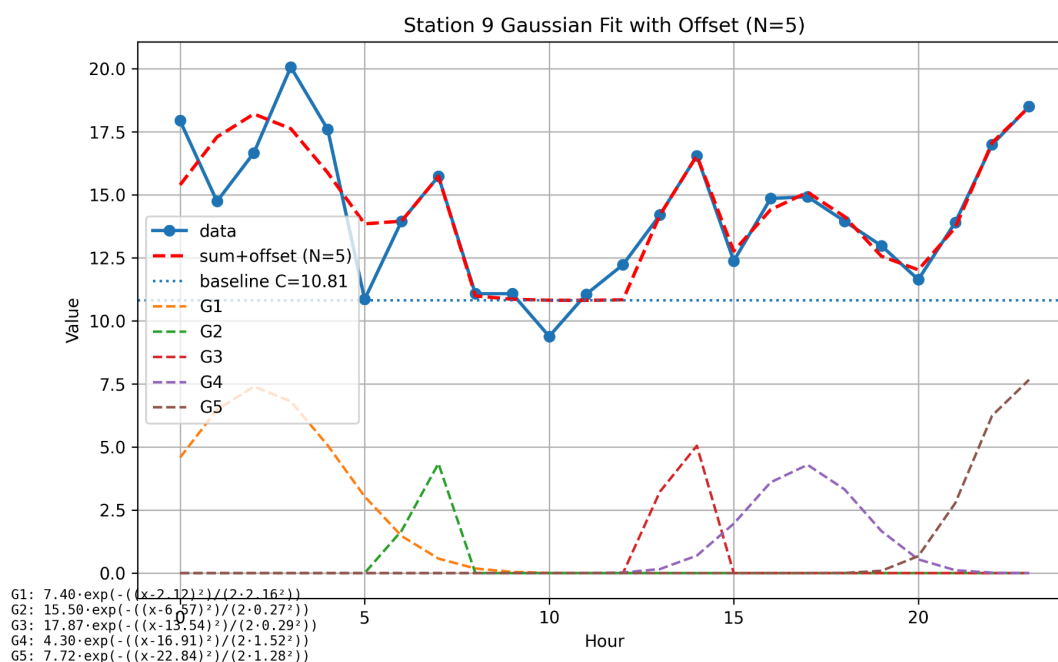
圖十六 擬和高斯函數擬和的小吃部站的一天車輛數量變化圖



圖十七 擬和高斯函數擬和駐警隊站的一天車輛數量變化圖



圖十八 擬和高斯函數擬和仁齋站的一天車輛數量變化圖



圖十九 擬和高斯函數擬和化學館站的一天車輛數量變化圖

為了更有效率地進行觀測資料的統計分析與解釋，本研究選擇以高斯函數 (Gaussian Function)²進行數據擬合。常態分布(Normal Distribution)³在描述自然界中隨機事件的變化行為上具備良好的適用性，而高斯函數正為其數學形式。每一個高斯項可視為一個特定事件的「活動函數」，亦即車輛數量隨時間分佈的吸引力模式。

本研究基於對站點活動的前期觀察與事件分析，假設每日的交通變化可由若干個主要事件所驅動。進一步地，將這些事件視為具有時間集中性的高斯分布現象，故設定擬合中使用N個高斯函數以對應N個主要事件，事件的推斷主要以表單得到之使用者行為為準。如此一來，總體車輛數據得以表示為一組高斯函數與一基準常數項(C)的加總，進而提高模型在描述真實變化趨勢上的解釋力與泛化能力。

各時段「活動函數」分析釋義如下(對照表單回應)：

(1)清華會館(圖一)

8：00 轉乘其他交通工具(離校)；18~19：00 轉乘其他交通工具(離校)

² 高斯函數，也稱為正態分佈或高斯分佈，是一種在數學、統計學、物理學和工程學中廣泛使用的函數。它的公式為 $f(x) = a \cdot e^{-((x-b)^2)/(2 \cdot c^2)}$ ，其中a、b和c是常數，分別影響函數的高度、中心和寬度。資料來源：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%AB%98%E6%96%AF%E5%87%BD%E6%95%B0>

³ 常態分布(normal distribution)，又叫常態曲線或鐘形曲線，是一種在統計中很常見的連續機率分布。它的特徵是資料大多集中在平均值附近，越遠離平均值的情況越少見。資料來源：

<https://www.jmp.com/zh-hant/statistics-knowledge-portal/measures-of-central-tendency-and-variability/normal-distribution>

(2)材料館(圖二)

16:00 轉乘其他交通工具(離校); 19:00 吃飯(宵夜)

(3)教育三館(圖三)

9:00 上課; 16~18:00 上課

(4)工一(圖四)

9~10:00 上課; 11:00 吃飯(去校外); 15:00 上課; 17~18:00 轉乘其他交通工具(離校)

(5)蒙民偉樓(圖五)

14~16:00 上課(體育課); 19~21:00 校隊練習和社團活動

(6)小吃部(圖六)

1~5:00 吃飯(宵夜); 12~13:00 吃飯; 23:00 吃飯(宵夜)

(7)駐警隊(圖七)

9:00 上課(去山上); 16:00 回宿舍; 20:00 吃飯(宵夜)

(8)仁齋(圖八)

2:00 回宿舍(夜生活歸來); 7:00 工程車; 12:00 回宿舍(吃飯); 15:00 下課; 16:00 回宿舍; 20~23:00 回宿舍(夜生活歸來)

(9)化學館(圖九)

23~0:00 吃飯(去校外吃宵夜); 3:00 (去校外玩); 7~9:00 上課; 13~14:00 上課; 16:00 轉乘其他交通工具(實驗室或離校)

我們還需要解釋擬和的曲線為何適合原始數據，因此假設檢定中的適合度檢定 (goodness-of-fit test)⁴是必要的，它可以檢測一個母體是否貼合一個理論分布。其中 H_0 即貼合， H_1 則相反，利用卡方檢定和 p 值去判斷是否要拒絕 H_0 。首先確定的值為 $\chi^2(0.05, 23) = 35.172$ ，以及 α (顯著水準) = 0.05。以下是各站的 χ^2 以及 p 值：

站點	χ^2	p 值
清華會館站	0.81	≈ 1
材料館站	0.62	≈ 1
教育館站	0.99	≈ 1

⁴ 適合度檢定，又稱配適度檢定，是用來檢驗樣本資料的分布是否符合特定理論分布的一種統計方法。資料來源：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%9A%A%E7%88%BE%E6%A3%AE%E5%8D%A1%E6%96%B9%E6%AA%A2%E5%AE%9A%E9%81%A9%E5%90%88%E5%BA%A6%E6%AA%A2%E5%AE%9A>

工一館站	2.47	0.996
蒙民偉樓站	2.11	≈ 1
小吃部站	3.73	0.997
駐警隊站	2.44	0.999
仁齋站	0.57	0.989
化學館站	2.54	0.96

從上述的表格中，再對照適合度檢定的規定，發現所有的：

(1) $\chi^2 < 35.172 \rightarrow$ 不拒絕 H_0 。

(2) $p > 0.05 \rightarrow$ 不拒絕 H_0 。

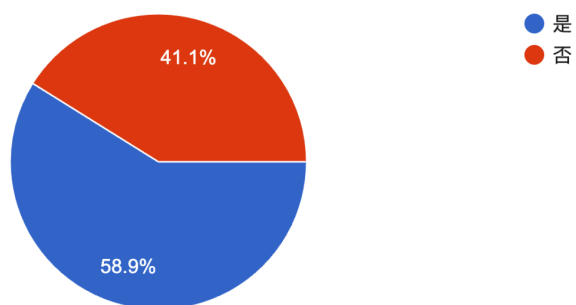
因此，我們可以得出結論：不拒絕 H_0 ，也就是貼合一個理論分布。因此證明我們的高斯曲線有效。

4.問卷資料分析

我們透過問卷取得校內90位學生的回覆，包含有騎乘oloo跟沒有騎乘oloo的人。透過他們騎乘oloo或觀察校內oloo車輛分布的經驗，我們繪製出以下圖表了解校內oloo的車輛流動概況。

在學校是否會騎oloo?

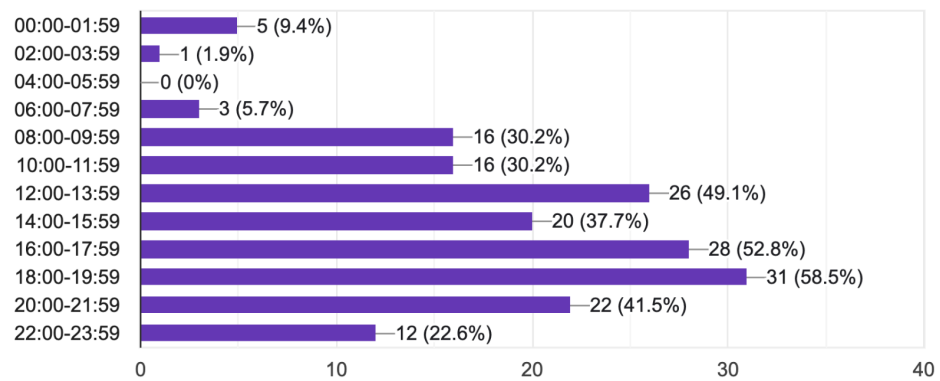
90 則回應



圖二十 受訪者騎乘oloo與否的比例

一整天中會騎乘oloo的時段 (可複選)

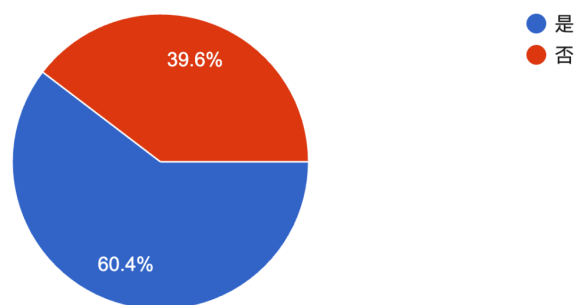
53 則回應



圖二十一 騎乘oloo者的騎乘時段分布

當你騎乘oloo到達你的目的地後，從目的地返程一樣會騎乘oloo嗎？

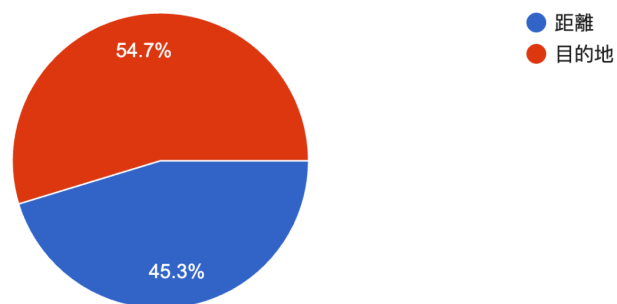
53 則回應



圖二十二 受訪者騎乘oloo與否的比例

你騎oloo比較在意騎乘距離還是騎乘目的地？

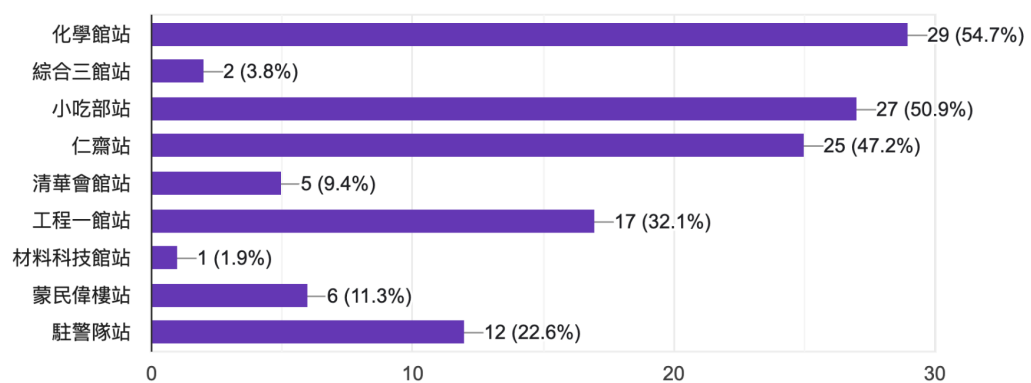
53 則回應



圖二十三 受訪者騎乘oloo關注的目標

你最常開始租借oloo的站點？至多選三個

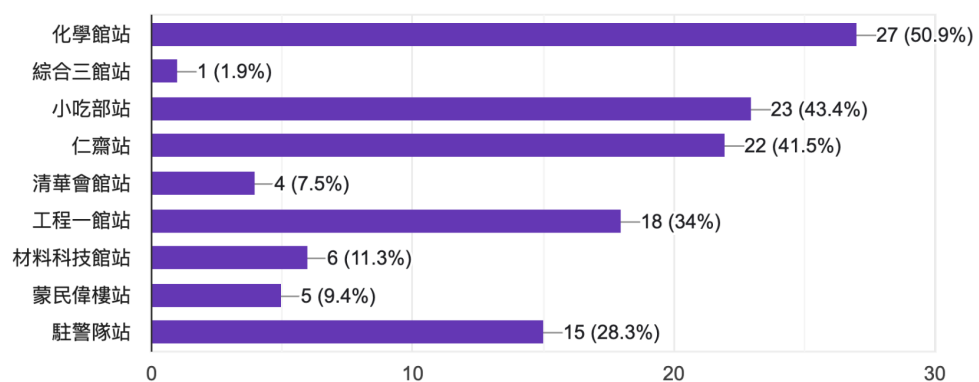
53 則回應



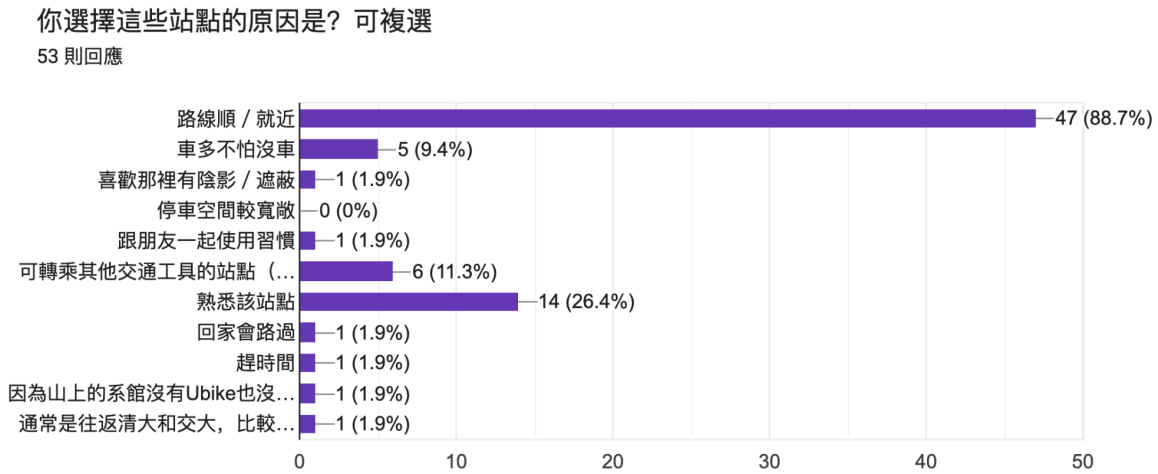
圖二十四 受訪者騎乘oloo最常用的起始站

你最常歸還oloo的站點？至多選三個

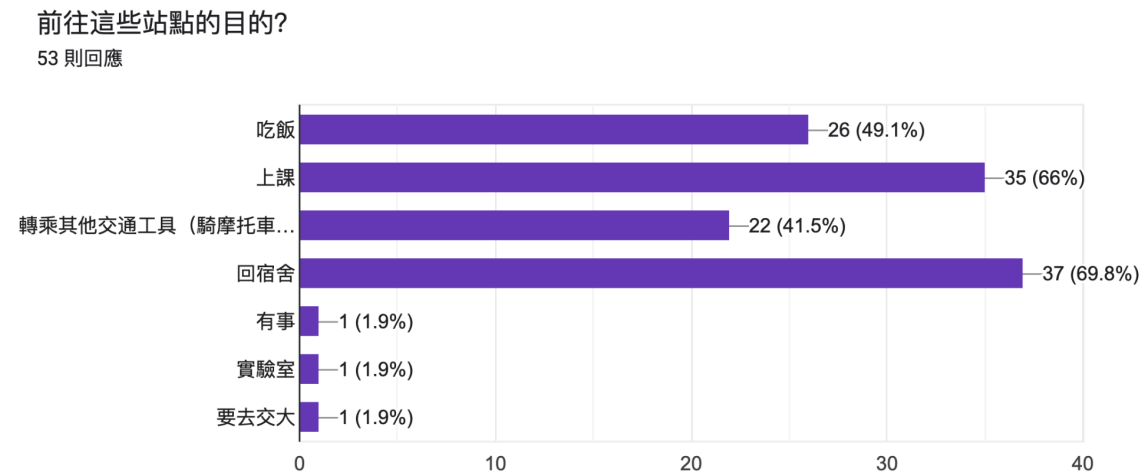
53 則回應



圖二十五 受訪者騎乘oloo最常用的還車站



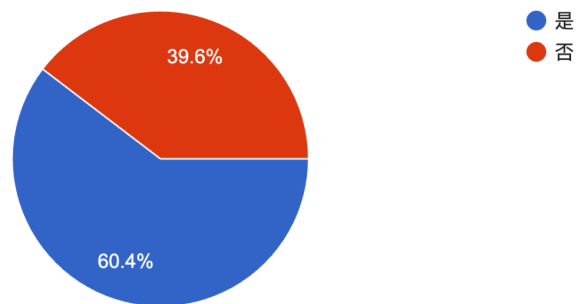
圖二十六 受訪者騎乘oloo選擇以上站點的原因



圖二十七 受訪者騎乘oloo選擇以上站點的目的

當你騎乘oloo到達你的目的地後，從目的地返程一樣會騎乘oloo嗎？

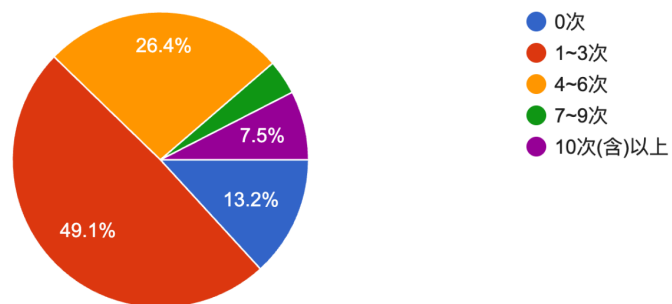
53 則回應



圖二十八 受訪者從目的地返程一樣騎乘oloo的比例

你在借車時，一周內碰到一個站點無車可借的頻率？

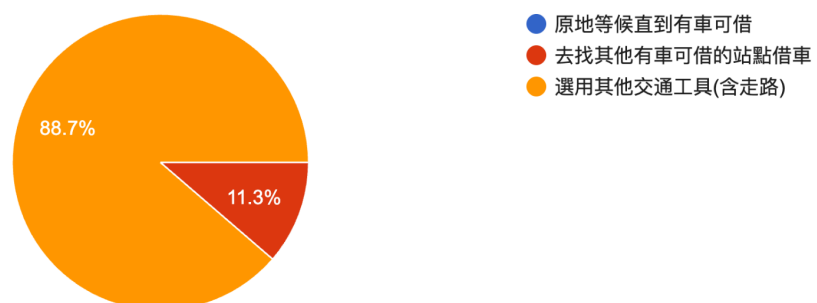
53 則回應



圖二十九 受訪者騎乘oloo碰到無車可借的頻率

如果你要借車的站點沒有可以借用的車，你會怎麼做？

53 則回應



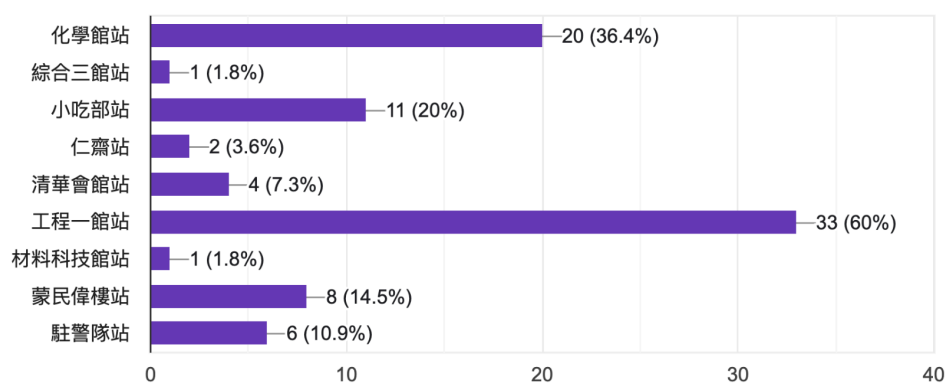
圖三十 受訪者騎乘oloo碰到無車可借時的替代方案



圖三十一 受訪者騎乘oloo碰到無車可借時願意走路前往目的地的時間分布圖

承上題，你曾注意到哪些站點有很多車？（可複選）

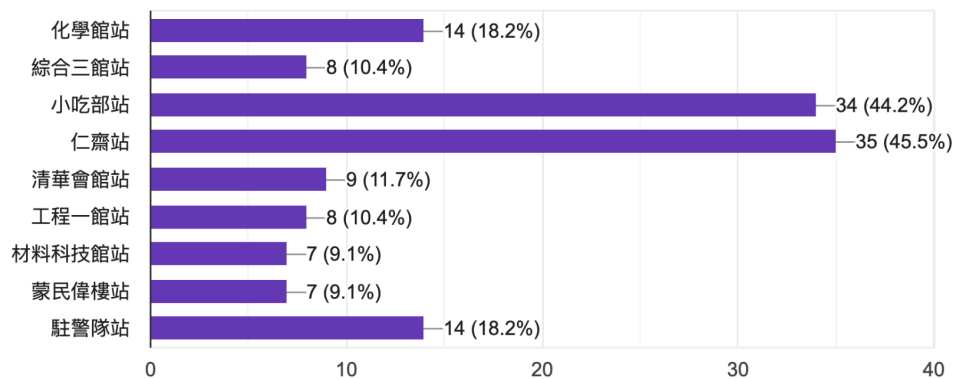
55 則回應



圖三十二 受訪者騎乘oloo曾遇到很多車的站點

承上題，你曾注意到哪些站點完全沒有車？（可複選）

77 則回應



圖三十三 受訪者騎乘oloo曾遇到沒有車的站點

透過以上的問卷調查，我們從其中53位會騎oloo的受訪者中，得出清大校內的oloo以化學館、小吃部、工程一館、駐警隊、仁齋五個站點的使用率最高，是校內九個oloo站點中的熱門站點，其餘四個站點則較為冷門。五個熱門站點中又以化學館、小吃部、仁齋三個站點為受訪者最常借還車的站點。考量到就近順路、經常有車、可以轉乘其他交通工具等因素，從這些因素能夠得知對於站點的資訊熟悉度會影響使用者決策，這一點與 Zhang 等人(2017)⁵對中國中山市共享單車系統的實證結果一致，該研究指出，使用者在選擇站點時會強烈偏好熟悉、靠近目的地，且資訊透明的站點。大家在吃飯、上課、轉乘或回宿舍時經常會在這三個站點借還車。這可能也說明為何有超過一半的使用者(29位)騎乘oloo是目的地取向，優先考量欲前往的目的地而不是騎乘的距離。並且有6成的使用者(32位)從目的地返程時一樣會騎乘oloo，而剩下4成將導致車輛堆積。

根據受訪者的回應，我們得知清大校內的oloo車輛經常聚集在工程一館站點，因為從此站開始借車的人少於小吃部、化學館、仁齋三個站點，卻又經常出現很多車輛；小吃部和化學館則是有時候很多車，有時候完全沒車；駐警隊和仁齋則是經常沒有車，卻又經常被想要租借的人使用，推測這兩處站點是最常缺車的。而從有騎乘oloo的受訪者中得知，大約一半的人每週會碰到1~3次無車可借的情況，約四分之一的人會遇到無車可借4~6次。當碰到站點沒車的時候，僅有6位使用者會選擇就近尋找其他站點租借oloo車輛，但大多數人可接受的步行時間都在3分鐘內，推測原因為鄰近站點距離過遠，剩下的使用者則是直接選擇改用其他交通工具。也沒有人會原地等候直到有車可借。

⁵ 參考資料:[2] Zhang, Y., Thomas, T., Brussel, M., & van Maarseveen, M. (2017). Exploring the impact of factors influencing bike-sharing usage: Case study of Zhongshan, China. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(4), 238–248.

5.官方回覆

我們針對oloo站點以及車輛有一些問題，因此我們藉由發送信件的方式詢問oloo官方，以下是我們問題以及得到的官方回覆。

(1)補車任務啟動方式

- (a)補車任務係根據系統數據分析、管理單位安排與現場突發情況進行調度。
- (b)尖峰時段(如光復路及寶山路通勤高峰)將盡量避開，以提升運送效率與安全性。

(2)補車通知常見時段

- (a)依據日常排程與即時狀況調整，不固定於特定時段。
- (b)如遇活動舉辦或使用高峰期，現場人員將進行彈性應變。

(3)單次搬運車輛數量

大型工務車：安全範圍可載 12 台車輛。

(4)最常需補車之清大站點(依起租量排名)

- (a)化學館站。
- (b)工程一館站。
- (c)清華小吃部站。

補車安排將依用戶長期作息與遊客使用模式進行調度。

(5)搬車判斷標準

並非單純依照剩餘車輛數量，而是綜合考量下列因素：

- (a)熱門站點之預期需求。
- (b)系統分析數據。
- (c)定期檢查與保養排程。
- (d)現場即時狀況(活動、人潮等)。

(6)搬車或調度之常見情境

- (a)於熱門使用時段前預先調度。
- (b)如遇交通尖峰時段(光復路、寶山路)則常需耗時 0.5~1 小時。
- (c)為提升效率，調度將避免尖峰時段進行。

(7)司機接收任務方式

搬車任務之指派來源包括：

- (a)系統通知(依據即時數據)
- (b)管理單位之人工排程與現場指示

(8)通知與任務派送系統

補車通知來源分為二：

- (a)系統演算提示(即時數據判斷)

(b)公司內部人員派送指令

(9)出車時間安排原則

並無固定出車時間，排程依據：

(a)當日各站點即時狀況

(b)避開尖峰交通時段

(c)綜合系統分析與人員調度決策

儘管 oloo 補車機制結合了即時狀況回報、人工判斷與系統演算法等多元資訊來源，但根據本研究之程式觀察與使用者問卷回覆，仍時常出現車輛數量不足或特定站點車輛集中之現象。進一步分析站點之車輛變化資料顯示，部分站點的車輛數在不同時段內出現高度波動，其趨勢不易預測，顯示活動干擾、天候變化或臨時性需求均可能對原有模式造成顯著擾動。此外，車輛補調任務亦易受交通瓶頸(如尖峰時段道路壅塞)影響，導致調度延遲，進而加劇使用者在高需求時段無車可借或無位可停之困境。

3-2 給oloo官方的建議

1.設計各站點最大上限值

根據 George 與 Xia(2011)⁶以封閉排隊網路建立之車輛共享系統模型，車輛總數與站點容量對系統服務可用性有顯著影響。類似地，本研究亦在固定總車輛數前提下設計熱門站點容量上限，期望提升整體流動效率並降低非流動車輛總量。

因應官方可能無法及時調度而設計，假設校園內可用車輛總量於同一時間範圍內為固定值的前提下，若能有效降低熱門站點的車輛集中度，則可促進整體站點間，的車輛分布均衡。為達成此目標，本文提出設計熱門站最大容納上限值之方法，藉此限制過度集中現象。我們透過實際觀測到之最大瞬時變化率得到實際站點須應付的最大值。

基於上述資料，我們設計最大停車上限 K ，其估算公式如下：

$$K=A \cdot V_{trim} \quad (1)$$

K ：該熱門站點所設計之最大可容納車輛數。

V_{trim} ：為避免因高斯微分結果出現不合理的尖峰變化率，將該站實際觀測到之最大瞬時變化率進行裁切，設定為其90%，即

⁶ 參考資料:[3] George, D. K., & Xia, C. H. (2011). Fleet-sizing and service availability for a vehicle rental system via closed queueing networks. *European Journal of Operational Research*, 211(1), 198–207.

$$V_{\text{trim}} = \text{Max}(dN/dt) \times 0.9 \quad (2)$$

A ：安全係數，設定為1.2，以保留部分容量緩衝空間應對突發性需求。安全係數 $A=1.2$ 為實務中常用之線性放大參數，對應於約 95% 的服務水準，根據經典安全庫存理論⁷中 $z=1.645$ 的轉換結果，提供緩衝以因應需求變化或預測偏差。由於我們擬和出來的曲線並非完美的正態分布，因此我們是參考庫存理論中的保障水準設計。

因此，利用公式(1)計算熱門站點(工一館、化學館、小吃部)的最大容量上限，並無條件進位 (三個熱門站點的 $\text{Max}(dN/dt)$ 分別是：33、28、13)：

工一館： $K=1.2 \times 33 \times 0.9=35.64$ ，因此工一館最大容量上限為**36**格。

化學館： $K=1.2 \times 28 \times 0.9=30.24$ ，因此化學館最大容量上限為**31**格。

小吃部： $K=1.2 \times 13 \times 0.9=14.04$ ，因此小吃部最大容量上限為**15**格。

上述公式與實際需求對齊。

dN/dt 描述每小時的車輛淨變動量，為「需求變化速率」之近似。使用其極值乘以 0.9，即為實務裁切後的最大瞬時需求速率，可視為短時間內系統必須處理的最大淨流入量。將此速率乘以一常數 A ，即為滿足該變動所需的最小穩態容量。

安全係數 A 的設計對應庫存理論。借用安全庫存理論(Safety Stock Theory) $A=1.2$ 相當於設計冗餘，提供額外緩衝以應對波動或預測誤差，避免「過快滿車」或「無法還車」。避免極端擬合偏誤⁸，高斯函數的微分可能出現不合理尖峰(導數奇異點)，透過裁切尖峰(以實測極值為準)，提升模型的現實適配性，避免資源錯配。

與非流動車輛數 C 之互動關係：熱門站點因無限制累積車輛時，將導致非流動車輛比例上升，表現為總車量中「閒置量」的成長，即 C 增大。透過設計 K ，限制累積行為並導引車流動態分散至低負載站點，可有效降低整體 C 值，使車輛使用效率

最大化。此上限設計機制可作為平衡熱點與冷點站點車輛分布的調控依據，亦有助於提升調度資源配置效率，進一步降低非流動車輛總量常數 C 。

2.設置緩衝站

根據吸引力的強度以及時間，並針對熱門站點長時間滿載問題，可建立「緩衝站」機制，引導使用者移動至鄰近站點停車。

⁷ 經典安全庫存理論是指在不確定性環境下，為應對需求波動和供應鏈提前期等因素，確保企業在需要時仍有庫存可用的策略。簡單來說，就是設定額外的庫存量，以防止缺貨。資料來源：

https://en.wikipedia.org/wiki/Safety_stock

⁸ 在統計或機器學習中，指模型過度符合訓練資料，連同資料中的雜訊也學進去，導致無法正確預測新資料。資料來源：<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E9%81%8E%E9%81%A9>

根據表單統計可知大多數使用者在希望借車站點沒車的情況下最多只走3分鐘到下一站點借車，根據我們平均出的走路速度約為1.4m/s，3分鐘走180s*1.4m/s約等於250m，根據該資訊我們先透過地圖方式選址，選址方式為：

- 需在熱門站點間並且在250公尺直徑圓區域內
- 必須有直接路徑
- 透過附近站點活動推得其活動函數

根據 Zhang 等人(2017)⁹對中國中山市共享單車系統的實證研究，使用者對站點的可達性表現出高度敏感，尤其是在步行距離方面。該研究指出，共享單車使用者傾向選擇距離目的地 300 公尺以內的站點，超過此距離將顯著降低使用意願與使用率。因此，本研究設計緩衝站點時，亦以「250 公尺半徑」作為主要空間篩選依據，符合使用者可接受的步行範圍，並可有效分散熱門站點尖峰時段的過量需求。

⁹ 參考資料:[2] Zhang, Y., Thomas, T., Brussel, M., & van Maarseveen, M. (2017). Exploring the impact of factors influencing bike-sharing usage: Case study of Zhongshan, China. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(4), 238–248.

透過該圖



圖三十四 各站有效範圍



圖三十五 化學館、小吃部、工一館三個熱門站點的有效範圍

熱門站點:化學館、小吃部、工一館，可得知候選位置有2(藍色圓圈圓心)



圖三十六 兩個預測點的位置其有效範圍

第一個是圖書館，位在工一館、化學館、教育三館間的位置，具有建設空間，鄰近圖書館具高吸引力，涵蓋兩個熱門站點，能夠有效分流，能減少間步程超過3分鐘的比例。

第二個是位在化學館、小吃部、工一館間的位置，選擇該位置能夠涵蓋最多其他站點有效範圍，大幅減少站點間步程超過3分鐘的比例，但由於鄰近馬路及成功湖環湖步道缺乏空間。

第一個位置選址位置可行性較高，具有建造空間、良好的地理位置本文將針在圖書館新增站點進行分析，設定其圓圈有效範圍內之活動會影響站點車數，我們透過附近站點的活動函數來推測其數輛隨時間分布，時段接近的函數會被疊加成一個新的函數，強度則透過原函數強度除以距離平方，為了讓距離與權重有實際意義，我

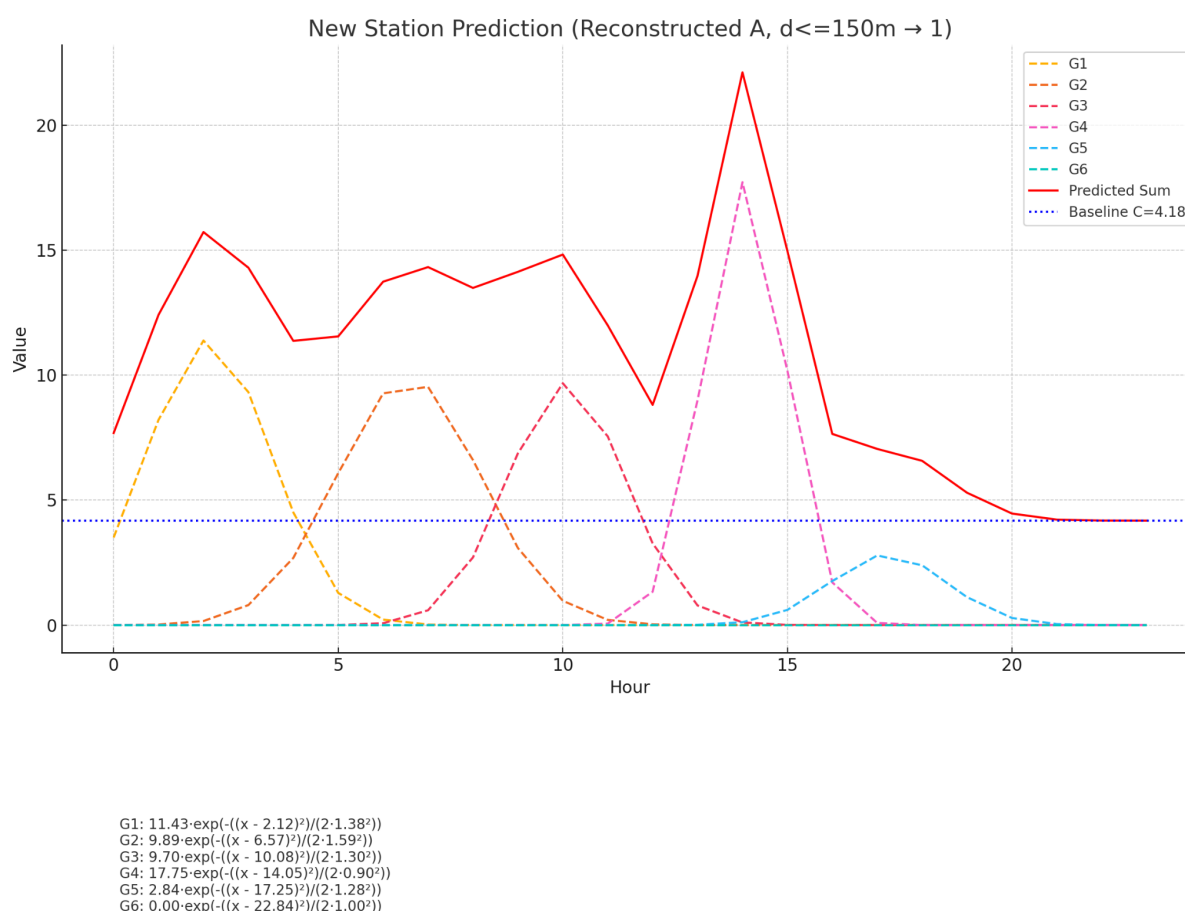
們定義空間影響尺度 D 為 150 公尺，表示當站點相距 150 公尺時，其貢獻權重為 1。如此設計能夠讓鄰近站點擁有合理的活動主導權，而 250 公尺外的站點事件則不納入，確保預測結果的空間正確性。

附近站點距離:距工一館站 144m 距化學館站 87m 距教育三館站 177m。

有效範圍內事件峰值時間為：

$t=[2.12, 6.57, 10.08, 13.54, 14.56, 16.91, 17.08, 17.22, 17.49, 17.55, 22.84]$

對相似峰值時間事件做平均得到一個新函數的峰值時間為："G1": 2.12, "G2": 6.57, "G3": 10.08, "G4": 14.05, "G5": 17.25, "G6": 22.84



圖三十七 新站點活動函數預測

此為在圖書館件緩衝站之推測結果，強度透過距離平方重新調整，使用量測距離除以 D 得到 D' 再將原始 A 值除以 D'^2 ，若量測距離小於 D 則設 $D' = 1$

假設車輛數在同時段不變，在熱門站點之間設置緩衝站，同時緩衝站也具備高吸引力，有助於於尖峰時段有效分散車輛集中現象。此舉可降低熱門站點因瞬間高需求而產生的飽和問題，進而提升整體車輛流動的穩定性。此外，緩衝站的存在也可提升使用者體驗，讓使用者在原目標站點無車可借或無位可還的情況下，仍可於鄰近地區完成使用行程。

更進一步，緩衝站的導入也有助於最大容量上限機制的實際運作。當熱門站點達到其容量上限時，若無周邊站點可供還車，易造成使用者無法完成還車操作，導致服務體驗受損。透過緩衝站的設置，可在空間上提供額外緩衝容積，減少使用者受限於單一站點容量的風險，強化整體系統的容錯能力，並提升高需求區域之服務穩定性與使用者滿意度。

預估影響，設定

$$\rho = A_{\text{new}} / A_{\text{origin}} \tag{3}$$

用以量化分流效果。

A_{new} ：該事件在「新增站」的強度(Gaussian amplitude)

A_{origin} ：該事件在原站中的強度

表一 工一館站影響預測

事件	原始強度 A_{origin}	預測強度	ρ
G1	22.33	11.43	51 %
G2+G3(時間相近)	10.25 + 8.49	9.70	$\approx$ 52 %
G4	43.96(明顯尖峰)	17.75	40 %

工一站原為以短時流動需求為主之站點，其非流動車輛常數C 值相對較低。然該站於特定時段(如午後 17 點左右)存在顯著尖峰現象，導致瞬時車輛數暴增，對用戶體驗與補車反應形成壓力。新增站點的設置有效削減此尖峰，根據高斯擬合結果，最高幅度事件(G4)之強度下降幅度達 40%，顯示其具備緩解尖峰之功能，可降低用戶於觀測期內所見車輛數劇烈變化。

表二 化學館站影響預測

事件	原始強度 A_{origin}	預測強度	ρ
G1	7.40	11.4	154%
G2	15.50	9.89	64 %
G3	17.87	9.70	54 %
G4	4.30	2.84	66 %
G5	7.72	0	0

相對而言，化學站(Station 9)原本承擔大量穩定且非流動性高之車輛停放，其 C 值顯著高於工一站。透過新增站點分流機制，化學站於多個時段之高斯事件幅度下降幅度皆達 50% 以上，>100%則顯示該事件距緩衝站本身較近，顯示新增站點對其具有良好之分流效果，可望分擔近一半之流量負載，有助於降低該站因車輛積壓所造成之空間壓力與調度風險。

3.提升冷門站點的吸引力

我們建議導入基於「古典制約¹⁰」與「行為經濟學」的誘因策略，提升冷門站點與緩衝站的吸引力，引導使用者更均衡地分佈車輛。

(1)利用古典制約提升偏好性

古典制約(Classical Conditioning)強調「刺激—反應」的學習機制，我們可以透過以下方式形成使用者對冷門站點的正向聯想：

(a)點數回饋制度：使用者若於冷門站點還車或取車，即可獲得 oloo 點數，點數可用於折抵未來使用費、兌換咖啡券或文創商品。這是一種「強化刺激」，可促進行為形成與重複。

(b)任務挑戰與徽章系統：設定如「三天內於站點 X 還車三次可獲徽章與額外點數」等任務，透過遊戲化(Gamification)提高使用黏著度。

(c)預約/集點抽獎機制：於冷門站點操作達一定次數可參加抽獎，例如抽中校園便利商店折價券、小禮物等，提升趣味性與期待值。

(2)搭配數據動態調整誘因強度

誘因機制應根據每日與每週的站點使用分布自動調整。例如：當附近熱門站點即將到達高強度吸引力，則自動提高該站點的點數回饋。

¹⁰ 一種學習理論，指個體透過刺激的重複配對，使原本中性的刺激獲得引發特定反應的能力。資料來源：
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8F%A4%E5%85%B8%E5%88%B6%E7%B4%84>

結論

4-1 總結研究發現

本篇報告主要探究oloo系統存在顯著之站點車輛失衡現象，並與使用者行為與時空特徵高度相關。熱門站點(如化學館、小吃部、工一館)，特定時段車輛囤積，導致車輛資源無法有效流動。因此，我們想探究其原因，並提出可行解決方案。

資料蒐集的部分，我們透過問卷資料、程式觀察資料以及訪談資料再進行樣本選取，了解到了 oloo 使用者的使用習慣、使用者常去的站點以及原因、每個站點內的車輛數資料、官方對於補車方法的眾多資訊。再利用這些資訊進行統計與分析。

我們對各站點一天內每小時車輛數平均進行高斯函數擬合，結果顯示，每日車輛數變化可由 2 至 6 個活動尖峰所主導，該尖峰與用戶行為具高度關聯性。另外，問卷結果顯示，逾六成使用者為目的地導向型使用者，僅有極少數願意為借還車行為步行超過三分鐘，進一步強化車輛集中趨勢，顯示鄰近站點間距離過大將不利車輛再分配。此外，資訊熟悉度、心理傾向與對特定站點的偏好也會造成借還行為的不對稱性。由於官方回應目前 oloo 補車調度策略與系統實際需求呈現落差，難以即時應對變動需求。根據營運單位回覆與觀察資料，補車作業通常避免於尖峰時段進行，並受到人工排程與路況限制影響，導致實際補車效果有限。雖調度參考系統數據與預期需求，惟缺乏有效的容量控制與預測演算機制，致使熱門站點易形成囤車與缺車交錯現象。

根據官方給出的答覆以及我們得到的吸引力的強度與時間，我們給予oloo官方幾個建議：首先是引入容量上限模型可作為熱點站點之控制策略，有助於降低非流動車輛比例；再來是緩衝站設計，結合距離影響函數與活動疊加模式，能有效預測其分流潛力；最後是冷門站點可透過誘因設計提升吸引力，導引使用者進行更合理之借還選擇。

4-2 未來展望

- 1.技術深化與資料整合：若能取得完整的即時後台資料與車輛流向資訊(如 GPS 或 RFID 資料)，將有助於建構更精準的動態模型，並進行多時段、多天氣情境下的車輛流動模擬。
- 2.推力與導流實驗設計：在符合倫理與校方規範下，未來可嘗試進行視覺提示、動線設計或實地「緩衝站」導引實驗，以驗證不同設計對車流分布的影響。
- 3.引入即時反饋機制：若未來系統能與使用者互動(例如提示距離最近可用車輛或鼓勵至冷門站點借車)，將有望即時調節行為偏好，提升整體動態調控效能。

4.跨校或跨場域比較研究：本研究聚焦於清大校園內案例，未來可擴及其他大學或城市中的微型運具系統，進行不同場域特性的比較分析，發展更具普適性的配置原則。

5.社會影響評估：可進一步探討使用者對公平性與滿意度的認知，結合行為經濟學與科技接受模型(TAM)，了解誘因設計在長期使用行為上的潛在效果。

參考資料

- [1] Shaheen, S., Guzman, S., & Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future. *Transportation Research Record*, 2143(1), 159–167.
- [2] Zhang, Y., Thomas, T., Brussel, M., & van Maarseveen, M. (2017). Exploring the impact of factors influencing bike-sharing usage: Case study of Zhongshan, China. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(4), 238–248.
- [3] George, D. K., & Xia, C. H. (2011). Fleet-sizing and service availability for a vehicle rental system via closed queueing networks. *European Journal of Operational Research*, 211(1), 198–207.