

清大夜間路燈照明與行人安全之關係研究

研究人員：

許耿豪 109000103

張仔姍 109070029

蔡昀庭 109072229

吳昀瑾 109022107

張耀愷 107011125

目次

壹、緒論

- 一、研究動機
- 二、研究方法及流程

貳、相關文獻蒐集及整理

- 一、跟蹤事件始末
- 二、夜間照明及行人安全關係探討
- 三、夜間照明及犯罪心理的關係探討

參、實際測量及分析

- 一、路燈實測數據分析
- 二、問卷調查結果分析

肆、總結

- 一、研究結果統整及結論
- 二、建議及反思

伍、附錄

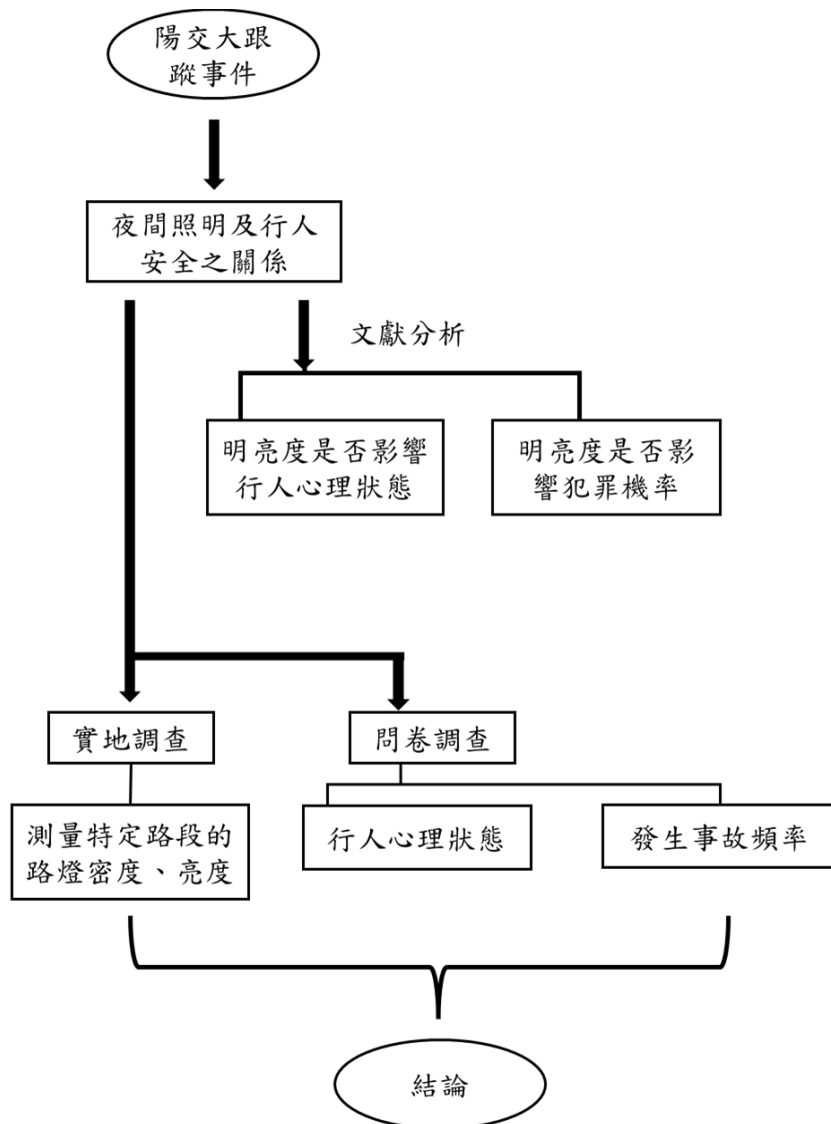
陸、參考文獻

壹、緒論

一、研究動機：

數月前交通陽明大學發生女學生夜間安全事件，清大同學認為夜間照明對於路人安全有一定的影響，因此馬上對夜間校園路段照明做調查，期間收穫共 112 則回應，校方也立即對相關的重點路段做出改善(例如：改善清陽交小徑前道路照明)。因此基於此事件以及調查結果，我們想去探討影響行人安全的因素，以及夜間照明和路人實際安全、夜間照明和路人心理安全的關聯性。我們將透過問卷以及實地考察的結果，並且統整各種文獻，以討論校方作為優缺和是否能有效的減少類似事件發生的可能性。

二、研究方法及流程



(圖 1) 研究報告流程圖，為自行繪製。

貳、相關文獻蒐集及整理

一、跟蹤事件始末描述：

2021年11月初，陽明交通大學發生多起跟蹤尾隨事件，造成同學的驚嚇與不安，也增加學生夜間行走在校園內部的恐懼感。學生議會向軍訓室、學務處反應後，校方介入調查發現事件多發生在夜晚或清晨，並且案發地點有嚴重的夜間照明不足問題。此後，總務處允諾將立即處理，並且將於校安會討論相關措施，學務長也發布了尾隨騷擾情事的交戰手冊，提醒同學注意自身安全。

另一邊清華大學的學生會成員在11月2日曾在校務會議上與總務長溝通過清大夜間照明問題，11月8日，在事件爆發後，此學生會成員，藉此事件在清交二手拍上發文定設計表單，蒐集清大學生們對於各路段安全性的看法及建議，呼籲同學們注意自身安全，並且將此數據統整後歸納出多位同學有提出安全疑慮的路段，將此結果呈交給總務長，校方也在這些路段進行路燈施工，路段包括：行經昆明湖的橋、通往清陽交小徑前的路段。

上述事件中，兩間學校皆想藉由增加夜間照明，來改善校園安全的問題。然而，夜間照明和安全性的關聯性究竟有多高呢？學校增設、改善照明等改善措施是否能確實改善問題呢？

二、夜間照明及行人安全關係探討：

為了瞭解亮度與安全度的關係，這裡參考了部分文獻資料來已科學和客觀的角度切入並探討關聯與實際現象。

由 steve fotios 和 holly castleton 的論文中，他們首先討論增加照明的影響，並且引用了其他六篇研究論文：

- Atkins and others (1991)
- Blöbaum and Hunecke (2005)
- Boomsma and Steg (2014)
- Ishii and others (2007)
- Loewen and others (1993)
- Vrij and Winkel (1991)

研究人員	調查方法	調查結果
Atkins and others (1991)	實地研究；未指明的重新點火調查前後。照度增加四倍（未報告數值）。使用九分等級量表進行評估，從非常安全到非常不安全	女性顯著增加，但男性或男性和女性的總和沒有增加。資料不足以支援統計。
Blöbaum and Hunecke (2005)	對大學校園周圍的八個地點進行實地研究，選擇這些地點來代表高亮度和低亮度。使用關於安全感的五分等級量表進行評估（例如，我會獨自走在這個地方）	更明亮的位置與更高的安全感相關($P < 0.01$)
Boomsma and Steg (2014)	實驗室研究使用四個 40 年代的虛擬環境視頻，除了光照水準和道路寬度不同之外，其他完全相同。旨在表示 12 和 17 lx 的亮度級。使用評定量表進行評估：我覺得在這個地方很安全，(1) 為非常不同意至(5) 為非常同意	高亮度被認為是更安全的($P < 0.001$)。
Ishii and others (2007)	通過打開/關閉住宅門廊燈實現兩種情況的現場研究。0.7 和 1.4 勒克斯的水準照度；0.1 和 1.1 lx 的垂直照度。安全性評級從(1) 不安全到(6) 安全	隨著照明度的提高，安全等級提高，但缺乏統計分析來驗證效果。此外，樣本量較小($n = 12$)。
Loewen and others (1993)	實驗室研究。觀察照片，包括光線水準的變化（白天與夜晚的場景）。對感知安全性的評級，從(1) 一點也不安全到(5) 非常安全	白天场景被认为比夜间场景更安全($P < 0.001$)
Vrij and Winkel (1991)	實地研究。照度增加五倍的前後行人調查；例如，人行道上的 0.24 到 1.31 lx。評估包括“你在這裡有多安全？”從(1) 非常不安全到(10) 非常安全	照度越高，安全性等級越高($P < 0.01$)

(表 1) 各研究人員、研究內容與結論之統整。

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15502724.2016.1169931>，瀏覽日期：2021

年 12 月 25 日。

由上方(表 1)可以看出，有五個研究所得到的結果都是亮度越大，越能提高安全度的評測等級，唯有第一列的 Atkins and others [1991]所得到的結果為，此效應只有對女性有效果，但若是男性女性並存的系統則不會適用。

此外，上述的六項研究，都只有使用兩個照度去作探討，而且 [Vrij and van Winkel 1991] 與[Boomsma and Steg 2014]的研究相比，[Boomsma and Steg 2014]的實驗照度比[Vrij and van Winkel 1991]高上許多，故無法去結合兩者得出一個客觀的結論，上述表格的所有研究也無法得出一個 optimum illumination 也就是所謂的"最佳照度"。

也因此，後來有 Simons and others [1987]對 24 個行人道路對用路人提出一個分為九個等級由非常差(1)，差 (3)，普通 (5)，好 (7)，非常好(9)的評分標準，結果也顯示越明亮的道路其評分會越高，他佐證了第一個表的論述，也證實越明亮者和安全度有著正相關的關係。

有趣的是 Simons and others [1987]的研究和二十年前的 de Boer [1961]類似都是分為九個等級差 (1)，不足 (3)，標準 (5)，好(7)，非常好(9)去探討，以下就用表格去呈現兩者對三個等級下的比較：

作者	Simons and others		de Boer		
評估方式	ratings of "overall impression"		ratings of "general appraisal"		
量級分數	等級評估	亮度 (lx)	等級評估	單位面積亮度 (cd/m ²)	亮度 (lx)
7	好	10.0	好	1.5	21
5	普通	5.0	標準	0.4	5.7
4	差-普通	2.5	不足-標準	0.24	3.4

(表 2) 兩組研究人員對三種等級下的亮度標準比較。

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15502724.2016.1169931>，瀏覽日期：2021 年 12 月 25 日。

從上方(表 2)所呈現的資料可以得知：同樣都是 7 的等級，然而在 de Boer 呈現的光度數據卻高上許多(21、10.0lux)，在等級 5 時也是呈現相同的狀況，不過差距就不是特別顯著(5.7、5.0lux)，在等級 4 時也有同樣現象發生。而兩者的差異是因為 Simons and others [1987]是在英國做的研究而 de Boer [1961]是在美國而且 de Boer [1961]著重在汽車使用者(drivers)而 Simons and others [1987]則是著重在行人(pedestrians)，這邊便可以發現，必須要嚴謹地訂出一個嚴格的標準，才能去訂出一個更可去參考的數據資料。

此外"range bias"可能是影響兩者觀察到數據差異的原因之一，因為即便雙方都訂出了 9 個等級的評分標準，但是兩者數據還是有很大的差異，這便是 range bias 的現象，若是用安全度(safety)去評斷就很難去得到一個確切的數據，因為世界上並沒有一個作為所謂安全度的科學單位。

所以我們選擇去用光度作為我們的主要研究方向，以表單去蒐集學生對該路段的亮度做參考，也可能可以去發現一些特別的現象或是未發現的路段需要去被注意。

三、夜間照明及犯罪心理的關係探討：

從犯罪心理學角度切入，夜間照明影響潛在犯罪者行為分成兩種方式：

一、直接使潛在犯罪者感受到犯罪風險增加，例如：增加照明會使犯罪行目擊風險增加；二、藉由提升社區整體凝聚力、治安、社會控制程度，提升社區正面形象，使潛在犯罪者不選擇在此區域進行犯罪行為。所以，針對夜間照明是否對犯罪有所影響，我們可以列出以下幾種假設：

1. 夜間照明提升了能見度，潛在犯罪者所作所為被發現的風險增加，所以能降低犯罪率。
2. 夜間照明提升道路的使用率，使自然狀態下的監視者增加，同樣潛在犯罪者所作所為被發現的風險增加，所以能降低犯罪率。
3. 夜間照明的設置，對物理環境而言，塑造社區治安良好的正面形象，這樣的形象對潛在犯罪者而言有心理上的震懾效果，使潛在犯罪者減少犯罪行為，同時亦減少其他社區的潛在犯罪者進入該區的機率，所以能降低犯罪率。
4. 夜間照明的設置能夠增進社區的信賴程度，它代表當地的管轄機關投入社區的維護和經營，能夠在心理上降低對於犯罪的恐懼。

因此從犯罪心理的層面切入，可以肯定夜間照明的設置能夠降低犯罪率。

參、實測內容及分析

一、路燈研究方法說明與實測數據分析：



(圖 2) 校本部的缺乏照明路段與區域之分布圖。圖源取自:<https://hpd.site.nthu.edu.tw/p/404-1190-28880.php>，查閱日期:2021年12月24日。並自行繪製綠色之線條。

1. 路段選擇：

根據學校在日前對校園路段照明調查，總計共 112 則回覆並統計後發現，校園除南大校區分成本部與宿舍區共 21 個路段，參考附錄(一)，我們將所有路段標示於地圖上如下(圖 2)，其中綠色線段為有被納入統計資料的路段，綠色面域部分則是代表區域型而非單一路段之亮度不足，從中可以發現，多數是位於校園周圍，功能大多是連外道路，且經常性的會被使用。因此，我們根據幾點要素為首要考量，去篩選出值得跟入探討和調查之路段。其中，路段長度至少超過 50m、使用頻率相對高，另外為了降低他建築光害去影響實地調查結果和為提升路燈對該路段之重要性，選擇的路段必須盡可能的避免他建物或市區造成的光害，最後是考量路口數，這是因為理想狀況是基於人們會完整行經該路段，在路程上的一致性，才能使研究結果如對該路段安全度與亮度認同，或是計算時得出的整體平均亮度具有參考價值和意義。因此，我們最終選出以下五條路段，並對其中一個路段做更進一步分析，以找出前後差異與效益問題。

(1)成功湖畔

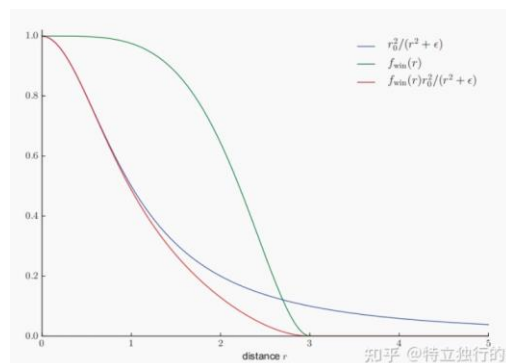
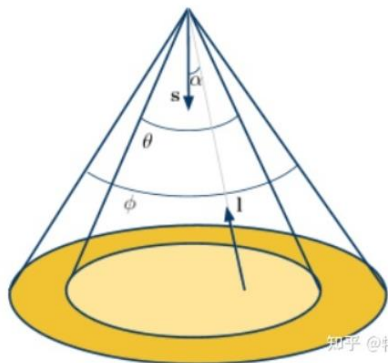
- (2) 籃球場至西門路段
- (3) 楓林小徑(女宿往人社院斜坡)
- (4) 六一花廊(綜三至昆明湖中間的小路)
- (5) 清交小徑(從碩齋開始)

因考量到前面說明的因素，第一點的成功湖設定為工一館旁的路口做為起點並延伸至溜冰場為止；第二點則是以警衛室作為出發點並延伸至廢水處理廠旁路口為止；第三點則是從駐警隊前延伸至相思湖旁路口；第四點則是考慮教育館前到普物實驗室旁的小路口為止；最後清交小徑部分則是以信齋前大馬路為始，一直延伸至小徑入口處，並以這條路段作為前後對照和分析選用對象。後面在各路段分析也會附上地圖參考。

2. 實地測量:

透過手機 app「光度計」，以膝蓋位置作為手機高度基準點，測量在 app 顯示特定光度下手機與路燈的距離，分類後記錄於 Excel 上，以便做日後的方程式模型預測和圖形模擬。

3. 數據計算:



(圖 3) 聚光燈之照明模型示意圖(研究者自行繪製) (圖 4) 三種距離衰減函數模型示意圖(研究者自行繪製)。

這裡由於路燈性質對於下方環境，是形同聚光燈的照明模型如上方(圖 3)，因此為了規劃出可視化的多光源系統，以探討系統實際整體亮度，這裡我們使用光與距離間之性質，也就是光的強度與距離平方呈現反比關係，再 Excel 的圖形模擬則是選用指數關係作圖，去找出各種路燈之亮度與距離的方程式與關係圖。根據現今在光模型模擬時，為確保亮度再距離為零時，亮度不會發散至無限大，在電腦模擬計算上，如 Excel 或光源模擬模型 Unreal Engine，常會選用以下距離衰減函數：

$$C_{light}(r) = C_{light0} \frac{r_0^2}{r^2 + \epsilon}$$

其中 C_{light0} 是距離為 r_0 的光照強度， r 與 C_{light} 則是我們計算上的變數。因此在數據計算上，我們會看是結果否符合距離衰減函數之圖形，如上方(圖 4)的紅色曲線，選和合適的方程式預測。

4. 調查數據:




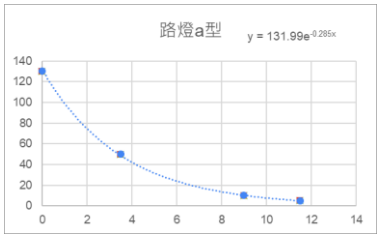
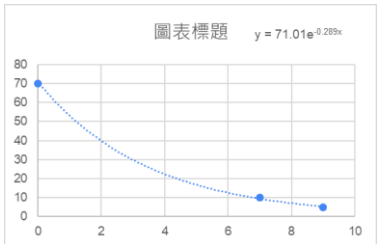
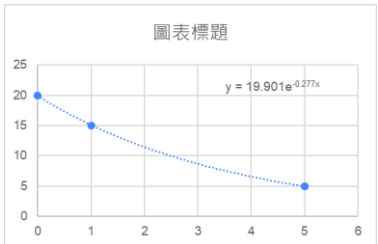
過程中我們會將五個調查區塊，分別拉出來展現紀錄與模擬結果，並先以該路段路燈模型再距離與亮度之測量數據與實際照片開始，再放出路燈照明的模型圖，注意以下皆是以距離(單位公尺 m)亮度(單位照度 Lux)作為 y 軸，最後再放路燈地圖與路段之路燈整體照明剖面圖，將路燈模型之方程式積分，代入剖面圖中計算總區域面積摒除與總長，即可得到路段德平均亮度，最後統計數據結果。

(一)、路段一：成功湖周圍

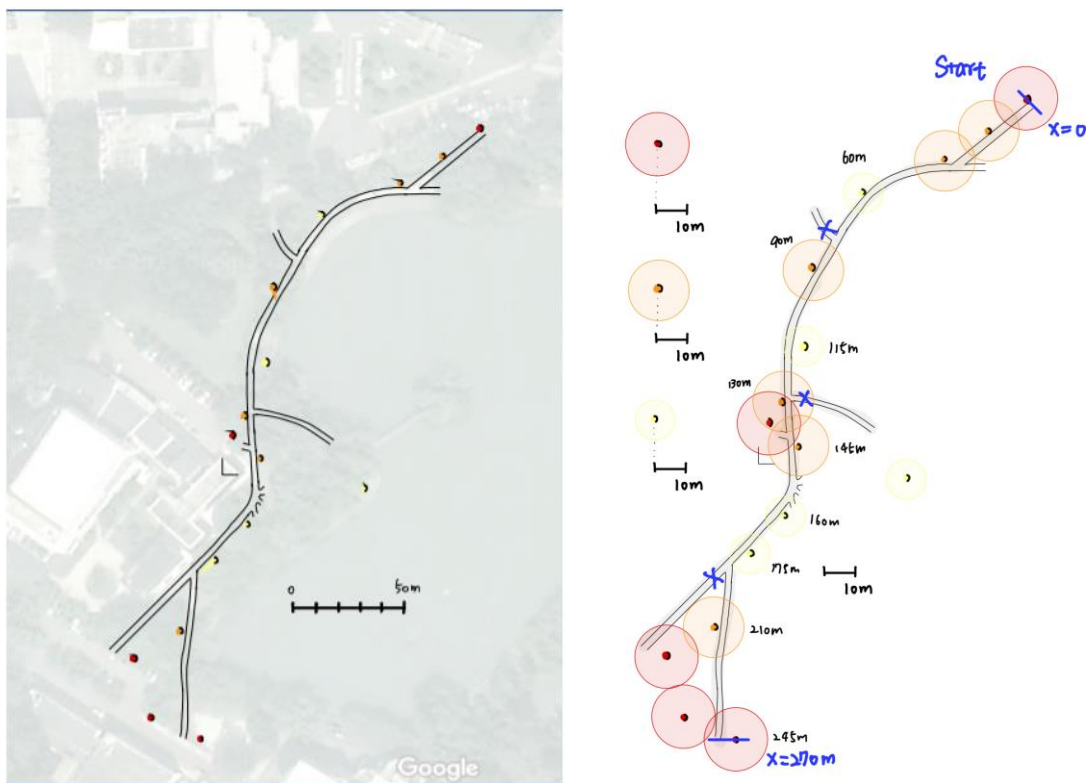
1. 不同種類路燈光度測量結果

路燈a型	距離 (m)	亮度 (Lux)	路燈b型	距離 (m)	亮度 (Lux)	路燈c型	距離 (m)	亮度 (Lux)
	0	130		0	70		0	20
	3.5	50		7	10		1	15
	9	10		9	5		5	5
	11.5	5						

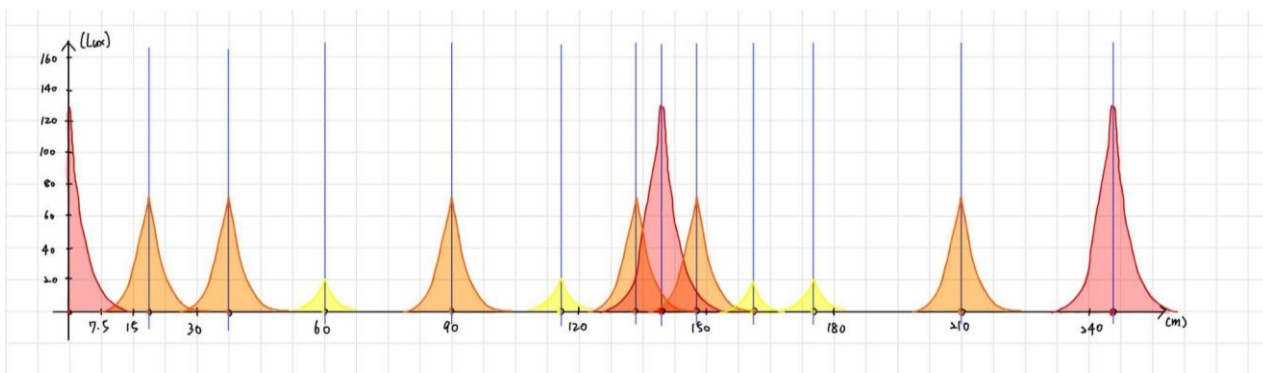
(表 3-1) 三種路燈距圓心的距離與亮度關係。

路燈 a 型	路燈 b 型	路燈 c 型
		
 <p>路燈a型 $y = 131.99e^{-0.285x}$</p>	 <p>圖表標題 $y = 71.01e^{-0.285x}$</p>	 <p>圖表標題 $y = 19.901e^{-0.277x}$</p>

(表 3-2) 上方為三種路燈的實拍圖，下方為亮度對距離作圖並指數分析其方程式。



(圖 5-1) 路燈地理位置分布圖(研究者自行繪製)。(圖 5-2) 路燈光度分布圖(研究者自行繪製)。




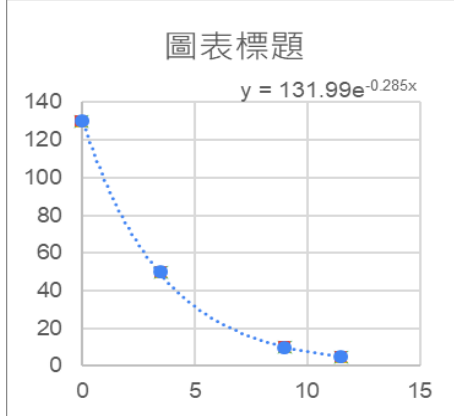
(圖 5-3) 路燈亮度與路徑剖面圖(研究者自行繪製)。

2. 測量結果分析

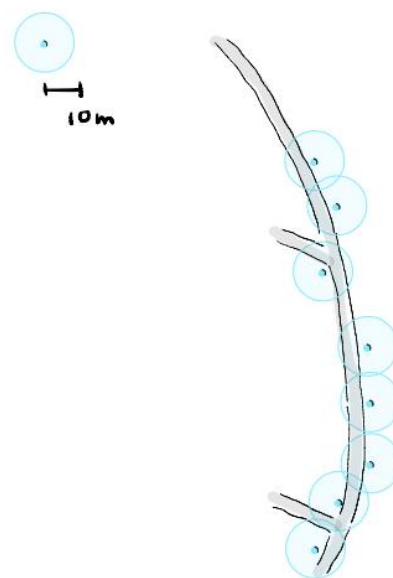
從剖面圖(圖 5-3)來看，照明情形分布不均，有明顯光亮處，也有不少缺乏亮度處參差於其中。最後經過計算後我們發現，成功湖路段的整體亮度面域是 $2921.671 \text{ lux} \cdot \text{m}$ ，除以路段全長 245 m ，最後得到的平均亮度達到 10.821 lux ，符合 Simons and others 亮度標準的好(7)。

(二)、路段四：台達館到西門

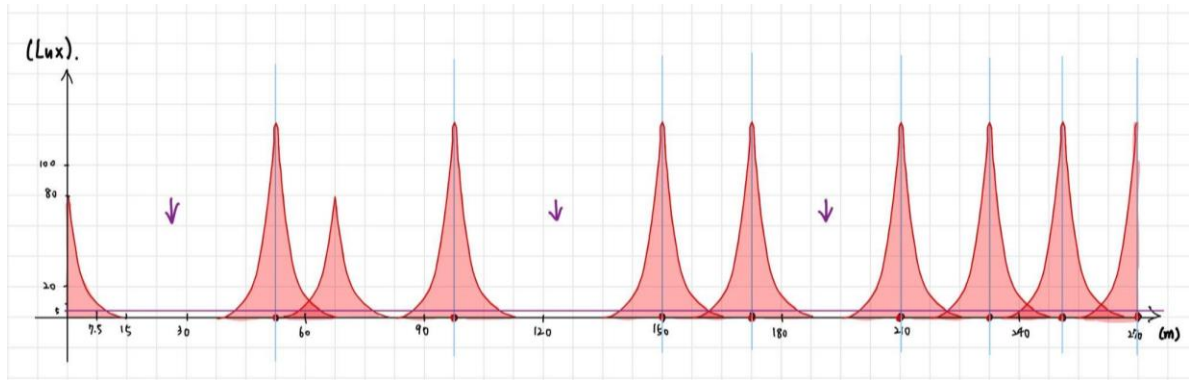
1. 不同種類路燈光度測量結果

調查數據		實體照片	亮度模型
距離 (m)	亮度 (Lux)		<p>圖表標題</p> 
0	130		
3.5	50		
9	10		
11.5	5		

(表 4) 三種路燈距圓心的距離與亮度關係，實體照片與亮度模型之方程式。



(圖 6-1) 路燈地理位置分布圖(研究者自行繪製)。(圖 6-2) 路燈光度分布圖(研究者自行繪製)。



(圖 6-3) 路燈亮度與路徑剖面圖(研究者自行繪製)。


這裡補充(圖 6-3)中較為小的錐形面域，是由於那兩處有其他光線源，一是起點處(x=0)警衛室前路口前 4 公尺處有一路燈源，中間路口處有一同類型的路燈源再距主路段也是 4 公尺處，經調查和計算其等效亮度圖形，我們選用這樣的圖形面域作為最終結果。


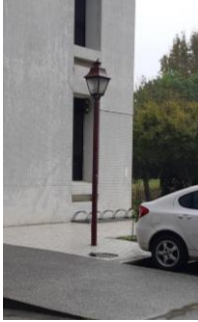
2. 測量結果分析

經過計算後我們發現，台達館到西門路段的整體亮度面域是 $4222.8 \text{ lux} \cdot \text{m}$ ，除以路段全長 270m，最後得到的平均亮度達到 15.64lux，符合 Simons and others 亮度標準的好(7)。但是在實體照片以及路燈亮度與路徑剖面圖中(圖 6-3)我們可以看到，路段中有三個部分明顯是沒有接受到照明，並低於標準亮度。

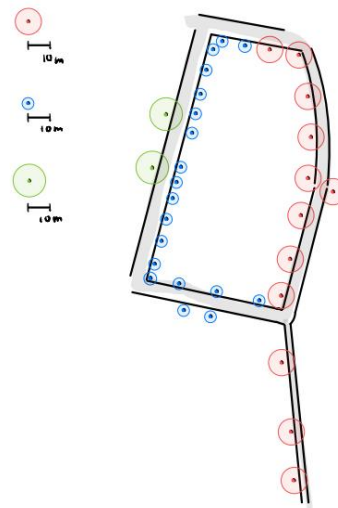
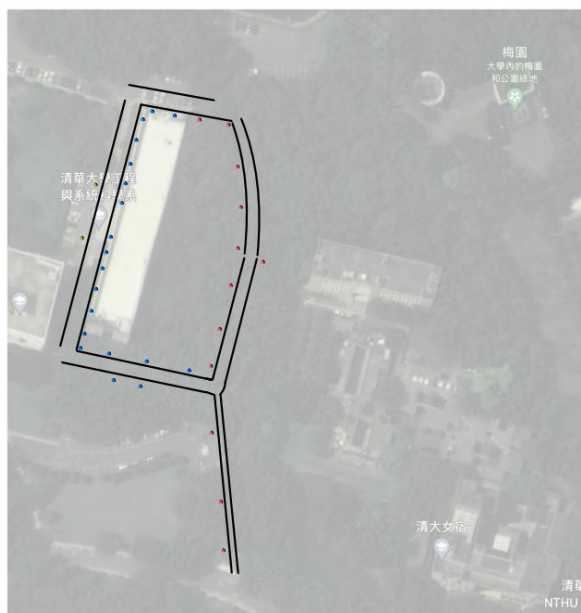
(三)、路段五：楓林小徑和工科館周圍

1. 不同種類路燈光度測量結果

路燈種類	在測到特定光度下與路燈的距離
	100 Lux : 3 m
	30 Lux : 5 m
	5 Lux : 6.5 m


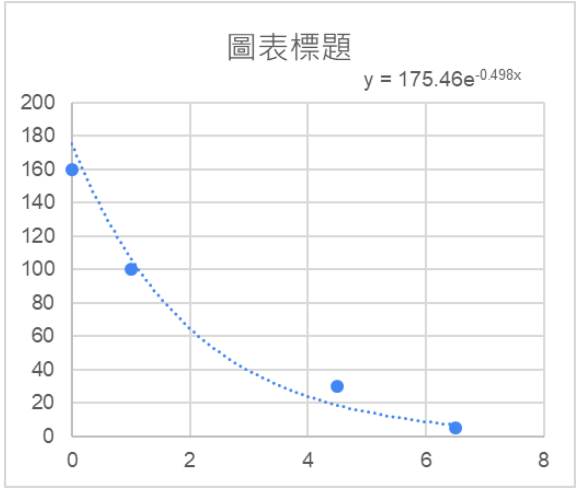
	<p>100 Lux : 3 m 30 Lux : 4.5 m 5 Lux : 5.5 m</p>
	<p>30 Lux : 1 m 5 Lux : 2.5 m</p>
	<p>100 Lux : 0.8 m 30 Lux : 1.2 m 5 Lux : 1.8 m</p>

(表 5) 楓林小徑與工科館附近之四種主要道路照明光源實拍圖，與其對亮度、距離之關係。

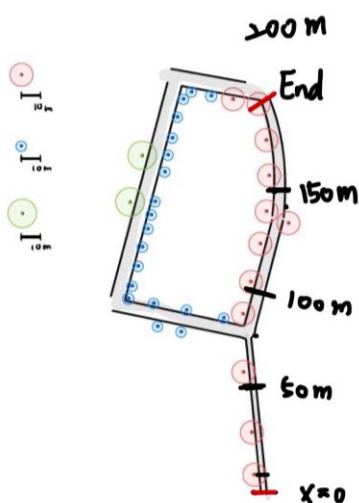


(圖 7-1) 路燈地理位置分布圖(研究者自行繪製)。(圖 7-2) 路燈光度分布圖(研究者自行繪製)。

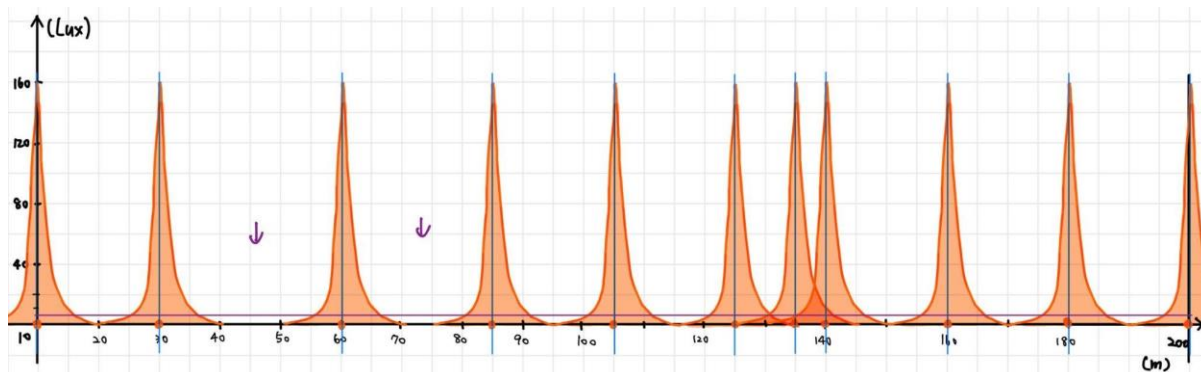
這裡在剖面圖上的分析，雖然還有涵蓋工科館周遭，但我們的問卷調查區塊是基於楓林小徑的用路人，因此選用下方圖 5-4 的路段(共長 200m)，並根據該路段的單一路燈種類數據如下(表 6)，做出計算。

調查數據		實體照片	亮度模型
距離 (m)	亮度 (Lux)		<p>圖表標題</p> $y = 175.46e^{-0.498x}$ 
0	160		
1	100		
4.5	30		
6.5	5		

(表 6) 楓林小徑主要路燈距離與亮度關係，實體照片與亮度模型之方程式。



(圖 7-3) 路燈光度分布圖，並明確標示採樣距離(研究者自行繪製)。



(圖 7-4) 路燈亮度與路徑剖面圖(研究者自行繪製)。




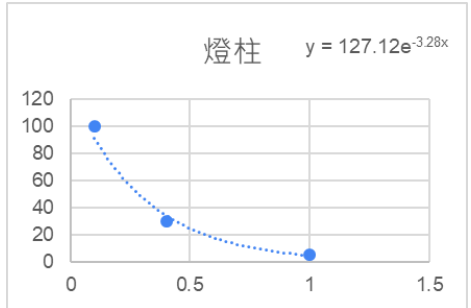
(圖 7-5) 楓林小徑夜晚實體照片。

2. 測量結果分析

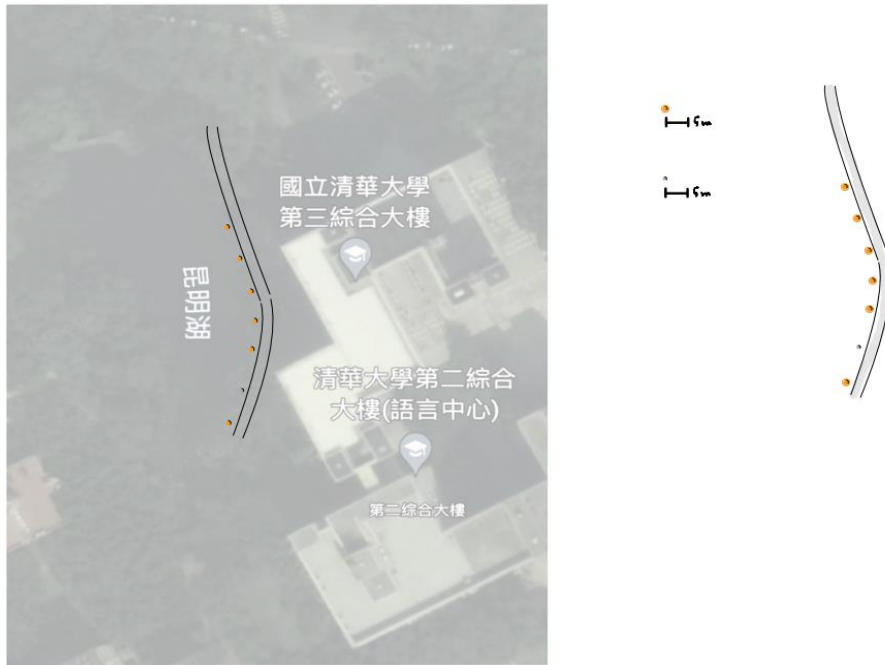
經過計算後我們發現，楓林小徑路段的整體亮度面域是 $3524 \text{lux} \cdot \text{m}$ ，除以路段全長 200m ，最後得到的平均亮度達到 17.62lux ，符合 Simons and others 亮度標準的好(7)。但是在實體照片以及路燈亮度與路徑剖面圖中(圖 7-4)我們可以看到，路段中有好幾個部分都是沒有接收到光照的，並且也都明顯低於亮度不足的 $3-5 \text{lux}$ 。

(四)、路段三：昆明湖

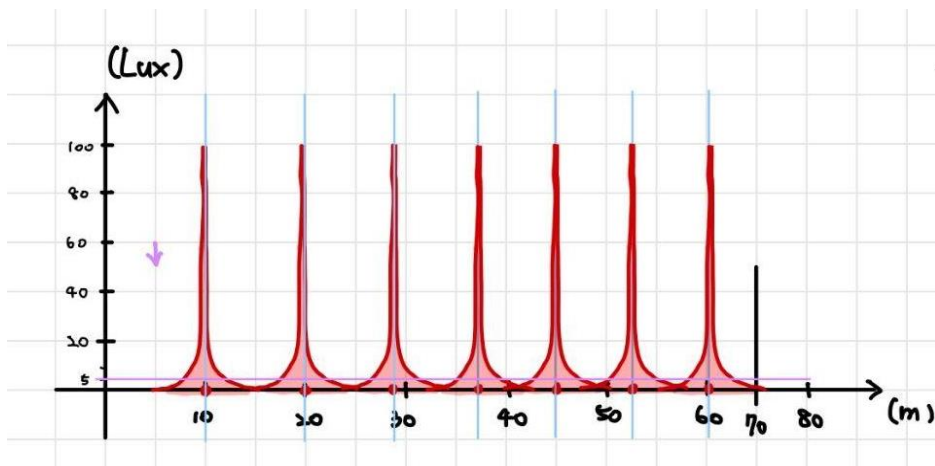
1. 不同種類路燈光度測量結果

調查數據		實體照片	亮度模型
距離 (m)	亮度 (Lux)		
0.1	100		
0.4	30		
1	5		

(表 7) 昆明湖旁主要路燈距離與亮度關係，實體照片與亮度模型之方程式。



(圖 8-1) 路燈地理位置分布圖(研究者自行繪製)。(圖 8-2) 路燈光度分布圖(研究者自行繪製)。



(圖 8-3) 路燈亮度與路徑剖面圖(研究者自行繪製)。



2. 測量結果分析

注意到(圖 8-3)，不止前段亮度普遍不足標準的 3-5lux，大部分路燈區間也都是屬於亮度缺乏之路段。

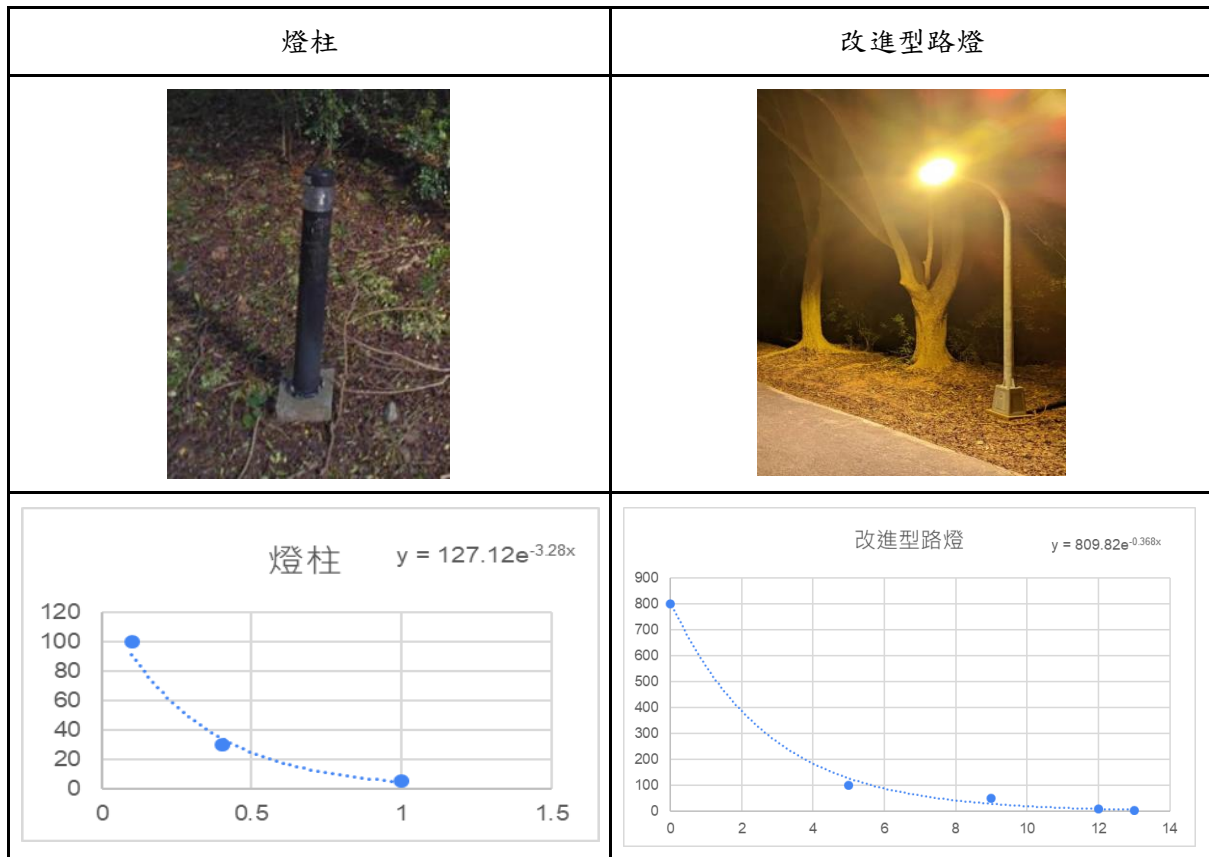
最後經過計算後我們發現，昆明湖路段的平均亮度達到 3.872lux，符合 Simons and others 亮度標準的差-普通(4)。

(五)、路段二：通往清交小徑的道路

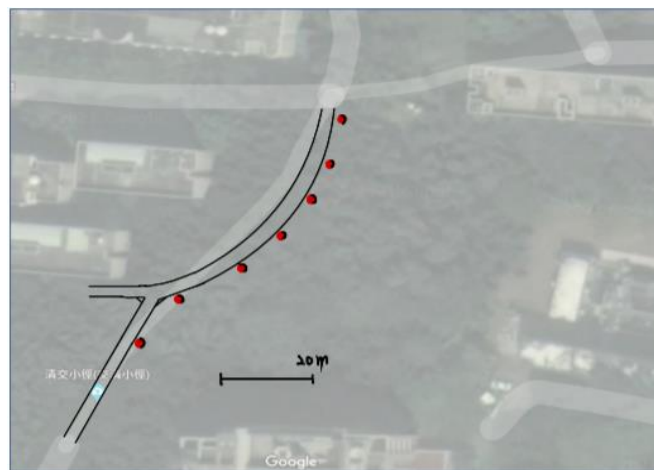
1. 不同種類路燈光度測量結果

清交小徑 改善前			清交小徑 改善後		
燈柱	距離 (m)	亮度 (Lux)	改進型路燈	距離 (m)	亮度 (Lux)
	0.1	100		0	800
	0.4	30		5	100
	1	5		9	50
				12	10
				13	5

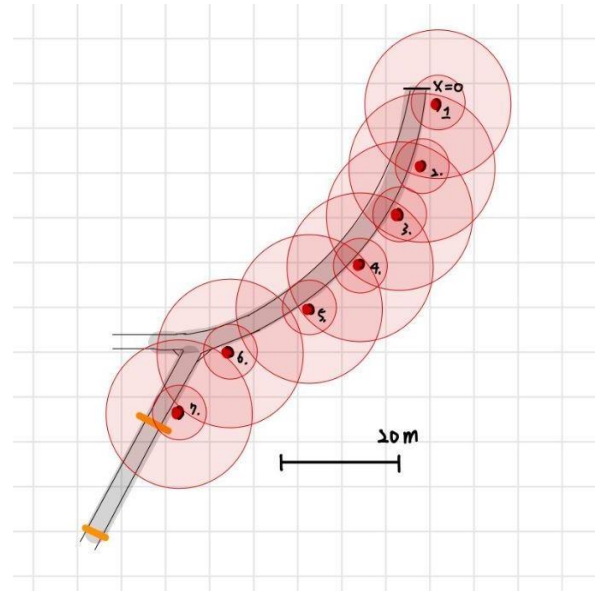
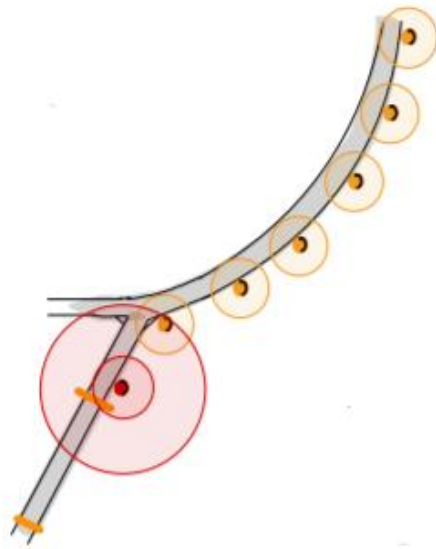
(表 8-1) 改善前後兩種路燈的距離與亮度關係。



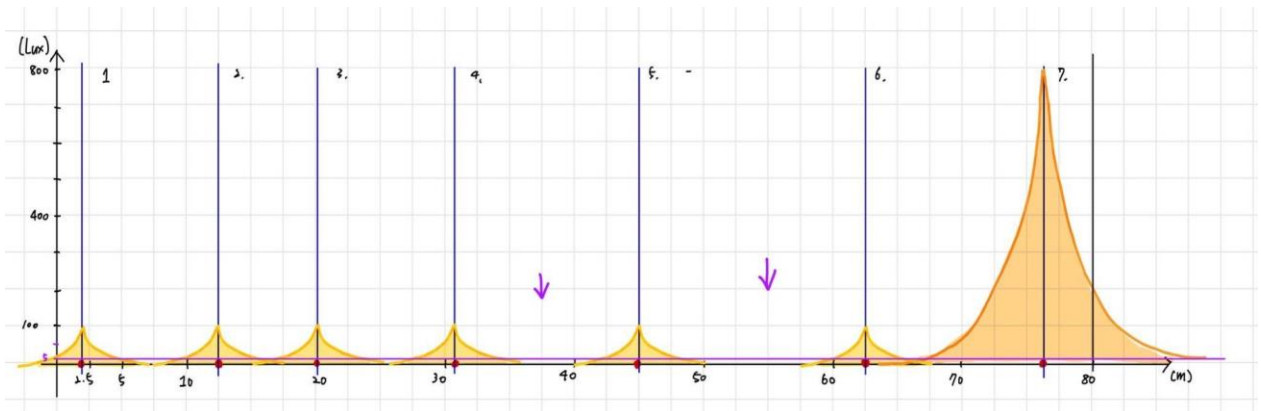
(表 8-1) 改善前後兩種路燈的實體照片與亮度模型之方程式。



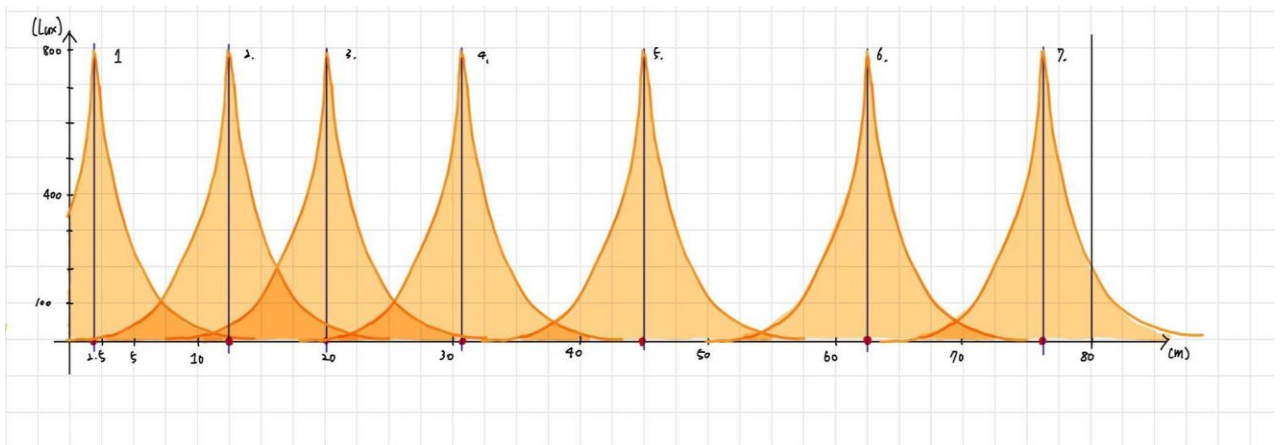
(圖 9-1) 路燈地理位置分布圖(研究者自行繪製)。



(圖 9-2) 改善前路燈光度分布圖(研究者自行繪製)。(圖 9-3) 改善後路燈光度分布圖(研究者自行繪製)。



(圖 9-4) 改善前路燈亮度與路徑剖面圖(研究者自行繪製)。



(圖 9-5) 改善後路燈亮度與路徑剖面圖(研究者自行繪製)。

2. 測量結果分析

注意(改善前)路燈亮度與路徑剖面圖(圖 9-4)的紫色箭頭處，可發現該區段是普遍小於前面部分提到的 3-5lux 標準，因此也被視為亮度缺乏區段。對比改善後的剖面圖(9-5)，可觀察到亮度普遍大於標準值，因此也被視為亮度充足之路段。

經過計算後，改善後的清交小徑路段的整體亮度面域是 30801lux·m，除以路段全長 80m，最後得到的平均亮度達到 10.82lux 清交小徑路段改善後的平均亮度達到 385.28lux，遠比改善前的 10.82lux 足足高出了 35 倍之多，符合 Simons and others 亮度標準的**非常好** (9)。因此從數據與圖表能說明，小徑在前後有明顯的改善。

二、問卷調查結果分析

研究方式說明：我們對清大學生進行問卷調查，內容分別是針對以上五個路段這學期每週經過頻率(針對路段經過頻率與人數進行權重計算，得出平均每人當周經過該路段之次數)、主觀對於該路段安全性認知，以及在該路段發生過意外次數。並對發生意外之原因進行調查。其中安全度和亮度也各分為五種標準，分別是**十分不安**(1)、**有點不安**(2)、**沒有感覺**(3)、**還算安全**(4)、**十分安全**(5)，以及**十分暗**(1)、**昏暗**(2)、**普通**(3)、**明亮**(4)、**十分亮**(5)，同樣對這兩項進行權重計算。

路段	亮度標準	經過人次	主觀亮度	安全性	意外發生人次 (次數/調查人數)
成功湖	好 (7)	1.45	2.80	2.84	15/40=0.375
台達-西門	好 (7)	0.31	2.59	2.91	10/32=0.3125
楓林小徑	好 (7)	1.17	2.72	3.17	9/29=0.31
清交小徑(前)	差-普通(4)	0.22	2.56	2.89	0/9
清交小徑(後)	非常好(9)	0.22	3.70	3.80	2/10=0.2

(表 9) 亮度與安全性之間卷調查結果。

1. 亮度標準與問卷結果分析

我們可以看到成功湖、台達-西門、楓林小徑以及改善前的清交小徑，受測對象對於這四者的主觀亮度和安全性都差不多，所以我們或許可以大膽假設，亮度和安全性是呈現正相關的關係。儘管改善前的清交小徑它經過測量後的亮度標準和其他三者不同，也可能是因為受測對象經過人次稀少，和清交小徑本身路段不長或其他種種因素影響，所以主觀亮度和安全性才會提高。

但是在改善前的清交小徑以及改善後的清交小徑，兩者的安全性仍然和主觀亮度呈現正相關的關係，不僅如此，兩者標準亮度的差異也顯現在問卷結果上面。改善後的清交小徑在亮度標準上，比改善前的清交小徑高出了五個等級，對於安全性的認知，受測對象也明顯給出了改善後的清交小徑較安全的答案。所以在這邊，我們可以檢視我們的假說，亮度和安全性是呈現正相關的關係是可信的。

2. 亮度標準和意外發生人次間之關係

我們可以從下方(表 10)中看到，主觀的安全性遞增，意外發生人次同時遞減，所以我們經由調查得出的安全性是可直接套用在下方論述中的。而改善後的清交小徑因為它的亮度標準是非常好(9)，比其他三者好(7)等級更高，它的意外發生人次也明顯比其他三者低。因此我們調查得出的亮度標準和主觀亮度、安全性都有正相關性，而與意外發生人次有負相關性。

路段	安全性	路線熟悉程度	路面平整程度	光線充足程度	沿路景物	有人同行	聊天	路上行人數	有蛇
楓林小徑	3.17	15	9	18	7	1	1	0	1
台達-西門	2.91	17	8	19	9	3	1	1	0
成功湖	2.84	18	13	26	6	0	1	2	0
清交小徑 (改善前)	2.89	5	2	6	2	0	0	0	0
清交小徑 (改善後)	3.80	4	3	9	2	0	0	0	0

(表 10) 安全性與相關事故之問卷調查結果。

3. 主觀因素對於安全性的影響

因為我們研究的假設是路段的亮度會影響行人的安全，所以我們以受測對象的幾項主觀因素為我們的安全性做一個輔助定義。其中我們可以看到，各個路段都是光線充足程度占最大宗，其次才是路線熟悉程度和路面平整程度。因此我們假定光線充足程度的確會影響用路人心裡對該路段的安全性等級。這個研究結果也和我們上方的文獻研究結果相同，都是亮度越大，越能提高安全度的等級。至於改善後的清交小徑儘管他的平均亮度達到了 300lux 以上，仍有人認為該路段的光線充足程度是有問題的。這個可能是因為亮度太亮，反而造成陰暗處更暗的心理錯覺。

路段	絆倒	撞到人	撞到物	車禍	被跟蹤	意外發生人次 (次數/調查人數)
成功湖	9	4	2	0	0	15/40
台達-西門	7	0	2	0	1	10/32
楓林小徑	5	1	1	1	1	9/29
清交小徑 (改善前)	0	0	0	0	0	0/9
清交小徑 (改善後)	2	0	0	0	0	2/10

(表 11) 各種事故計次之問卷調查結果。

路段	路面不平	光線不充足	路線不熟悉	個人未注意	其他	亮度標準
成功湖	13	10	0	3	4	好 (7)
台達-西門	11	7	3	3	2	好 (7)
楓林小徑	5	8	3	1	1	好 (7)
清交小徑 (改善前)	0	0	0	0	0	差-普通(4)
清交小徑 (改善後)	0	1	0	0	0	非常好 (9)

(表 12) 事故與亮度標準統計之問卷調查結果。

4. 客觀因素對於安全性的影響

因為我們研究的假設是路段的亮度會影響行人的安全，所以我們以受測對象的幾項客觀因素為我們的安全性做一個輔助定義。而我們的調查結果發現，多數人在該

路段發生過的意外都是絆倒，發生原因也主要是因為路面不平和光線不充足所導致。承上，我們在主觀因素對於安全性的影響得出的結論是，光線充足程度最大的影響用路人的安全程度，但在此處得出的結論是，會發生意外的主因不是光線不足，而是因為路面不平。儘管在我們的問卷調查結果得出的兩者差異不大，我們還是可以得出，行人對於該路段安全程度，心理影響因素最大的是光線充足程度，而實際上發生的意外大多是因外在路面不平所致。所以若是害怕被跟蹤學校進行路燈改善，增加行人在該路段心理安全性程度，這項方案的確是可行的；但是校內發生實際意外多是因路面不平絆倒，對於實際安全程度可往改善路面平穩程度方面進行。

而在我們收集到的問卷調查中，有兩條路段有被跟蹤的數據，分別是台達館到西門和楓林小徑。而這兩條路線也是在我們的光度調查中，未被照明的路段長度最長的兩條路線。套用前述夜間照明及犯罪心理的關係探討，的確在陰暗處被跟蹤的機率會上升，所以若是要打造一條安全的路段，除了平均亮度要達到一定亮度標準以外，未被照明的路段長度也要考慮進去。單單僅在特定範圍中很亮，而同樣路段中仍有未被照明的區域，也是沒辦法達到保護行人的目的。

5. 行人在發生事故後做出的行動

我們調查有在以上路段發生事故的行人，曾經做出的行動。參考下方(表 13)，近六成以上的人沒有採取任何行動，在蒐集的樣本中 0 人向校方或學生會反應。其中的原因可能是，大部分的事件是由多重因素構成，例如，人為因素造成(路線不熟悉、個人未注意、遇上可疑人物)、地理因素(路線不平整、照明不足)，多數人認為只要事件嚴重程度不高，就可以已透過降低人為因素改善；另一方面，可能是多數人對於學校的通報方式不熟悉，或是認為通報流程太過繁瑣。

事件發生後行動	累計人數
和校方反應	0
和學生會反應	0
提醒朋友	6
再次經過時會找同伴	9
沒有做出任何行動	22

(表 13) 問卷對象事後作為之統計。

肆、總結

一、研究結果統整及結論

在陽明交通大學跟蹤案事件後，清、交大校方都分別對於夜間的路燈照明不足問題做出改善，希望能降低行人對於安全的疑慮。為瞭解夜間照明及行人安全之間的關聯強度，本研究參考了國外探討行人心理安全感與照明度之關係的文獻，瞭解到夜間的照明度於安全度有正向的關係；另外從犯罪心理學切入，推論出照明對於確實能夠從物理及心理上，降低犯罪率。

另外，基於最初的研究動機，也就是跟蹤事件本體，我們從清大校內選出四條路段作為調查樣本，也就是典型的四條亮度明顯不足且行人使用率高的路段，測量其路燈亮度及分佈，將夜間照明程度量化，並且以問卷調查路人物理、生理安全度，綜合前述分析討論提出結論與建議。

1. 路燈的亮度和行人主觀認知的安全性呈正相關。因此可以透過改善照明，增加行人的安心感。
2. 明亮程度和事故次數呈現負相關符合我們原本的假設，但是因為樣本數較少，需要再進一步觀察。
3. 清交小徑前的路段在清大校方改善照明前後，不論是主觀還是實際測到的亮度都是有明顯增加的，可見校方有成功透過改善照明增加行人安全感。但實際的安全性，因為調查樣本不夠，還不能蓋棺定論，需要再進一步觀察。

二、建議及反思

本研究僅針對清大的夜間照明進行調查以及提出建議及準則。陽明交大跟蹤案後，清大校方在學生會成員主動成交提案後，進行評估及改善。除了透過學生會蒐集資料上呈之外，清大校方目前的事務通報方式有兩種：1. 以電話方式通報駐警隊 2. 上校園

通報網(<https://reach.nthu.edu.tw/>)填寫通報表。以上都是由通報後校方才進行改善，校方並未有主動改善夜間照明的固定流程。為了要能夠防患未然，在事件發生前應透過「預防性策略」將校園危險性降到最低。以下是我們提供校方評估改良照明流程以及定期檢測的標準建議：

1. 裝設夜間照明設備，除了選擇有足夠亮度的路燈外，在裝設的位置上，應考量是否仍有路燈照不到的區域，而不是僅考慮平均的照明亮度。
2. 對於實際的行人安全，在道路意外（如：絆倒）上，照明是否充足沒有實際顯著效果，路面不平更容易影響其道路意外發生率；在跟蹤行為上，整體平均照明影響不大，關鍵點在於未被照明路段的長度。若要改善行人實際安全，除了提升整體平均照明外，應改善道路平整程度，以及考量未被照明的路段是否過長。
3. 在進行實地探訪時，有觀察到部分路燈有閃爍或亮度不足他同種路燈的狀況，因此除了依靠同學在校園通報網上通報外，例行檢查和維護可以再加強（目前是於每月第三周全體檢查校園路燈是否有無不亮之處），以確保該路段的照明系統皆是理想的運作。
4. 在實驗數據的收集上，若有不同燈種的存在，其測量數據都會有所偏差，如果在做量測前沒有考慮到會造成實驗數據蒐集上的困難。（例如：不同燈種，卻使用同種燈泡，那麼其所量測的標準需要重新去做調整）
5. 在進行實地探訪前，有組員們主觀判定該路段非常暗的區域（事件發生前，學校作出改善舉動前），以為這段的實驗數據會起到非常大的作用，到了現場卻發現整條的亮度非常明亮（例如：清交小徑），無法得到改善前後的數據差異，就只能依賴表單得到的數據去做判定，就相對的較不客觀及不準確。
6. 希望學校能統一校內燈泡的規格，成功湖畔的路燈的亮度差異非常明顯：有些使用新型的白強光燈泡，有些則是使用舊的黃光的燈泡，不同亮度的燈光照射下，容易產生視野盲區並增加意外發生的機率。

伍、附錄

(一)本部與宿舍相關之路段照明回報統計。

1. 楓林小徑(女宿往人社院斜坡)
2. 奕園至南門停車場路段(週末不亮燈)
3. 六一花廊(綜三至昆明湖中間的小路)
4. 旺宏至綜二之間(鴿子廣場無路燈)
5. 機車塔旁的小路(靠近光復高中側)
6. 成功湖畔、水木旁停車場
7. 奕園停車場(同位素館前)往宿舍區的樓梯
8. 西門停車場(無路燈)
9. 工一館前門路段
10. 清交小徑(從碩齋開始)
11. 人社圖至停車場路段(無路燈)
12. 人社至公車站大樓梯
13. 人社二樓 A 至 C 區空橋
14. 籃球場至西門路段
15. 梅園通往相思湖階梯
16. 機車塔外圍停車區域
17. 旺宏南側階梯(近綜一側)
18. 醫環館附近停車場
19. 奕園至後山路段
20. 駐警隊至醫環館路段
21. 新創新育成至原子爐路段

宿舍相關

1. 新齋後門的長樓梯
2. 二一坡至誠齋垃圾場路段
3. 女宿至文齋的斜坡(無路燈)
4. 儒齋至禮齋路段
5. 女宿前方路段、木棧道
6. 學齋前方、後方路段

7. 鴻齋後方路段
8. 義齋往新齋路段
9. 仁齋往清交小徑路段
10. 碩齋後方通往 227 路段

陸、參考文獻

[1] Jim Uttley, Aleksandra Liachenko Monteiro, Steve Fotios. (2018) The science of street lights: what makes people feel safe at night.

(<https://theconversation.com/the-science-of-street-lights-what-makes-people-feel-safe-at-night-103805>)

[2] Steve Fotios, Holly Castleton. (2016) Specifying Enough Light to Feel Reassured on Pedestrian Footpaths.

(<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15502724.2016.1169931>)

[3] Jim Uttley. (2017) Vanishing act: why pedestrians and cyclists disappear when it starts getting dark. ([https://theconversation.com/vanishing-act-why-](https://theconversation.com/vanishing-act-why-pedestrians-and-cyclists-disappear-when-it-starts-getting-dark-84938)

[pedestrians-and-cyclists-disappear-when-it-starts-getting-dark-84938](https://theconversation.com/vanishing-act-why-pedestrians-and-cyclists-disappear-when-it-starts-getting-dark-84938))

[4] National Aeronautics and Space Administration. (n.d.) More on Brightness as a Function of Distance.

(https://imagine.gsfc.nasa.gov/features/yba/M31_velocity/lightcurve/more.html)