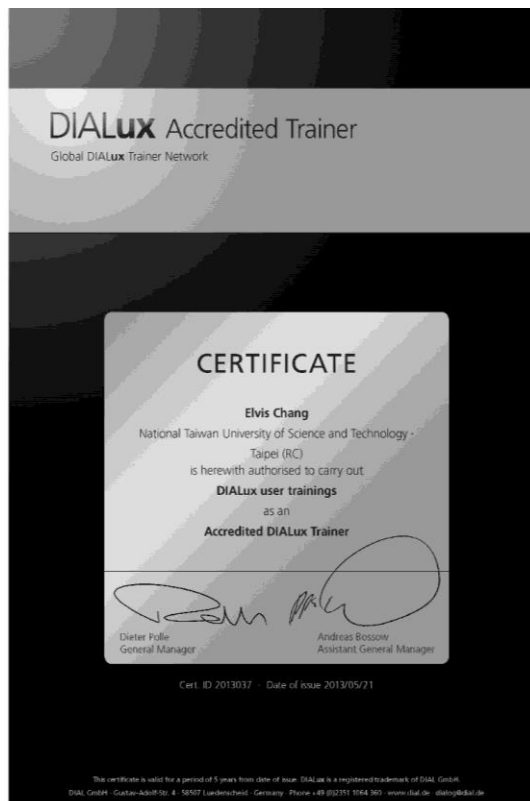




隧道(道路)照明品質分析

Introduction

新思代科技 LIDlight INC. 於2017年3月成立，母公司晶睿通訊為網路安控 (IP surveillance) 方案解決製造商。新思代科技專長於影像與照明光學設計，以及機電整合技術開發，近幾年成功將照明光學技術導入安控產品，有效與攝影機結合，提供良好的夜視效果與創新的應用，多項結合照明光學技術的產品皆榮獲台灣精品獎。



2017~ 新思代科技 照明技術總監

2015~2017 晶睿通訊 技術副理

2012~2015 木林森照明 營銷中心技術總監

DIALux Accredited Trainer (Lighting design)

云知光照明學院 簽約講師 (Optical design)

台灣科技大學 電機系 業界講師 (Lighting engineering)

???????



光通量 lumen

眩光指數 UGR

照度 lux

光強度 candela

輝度 nit

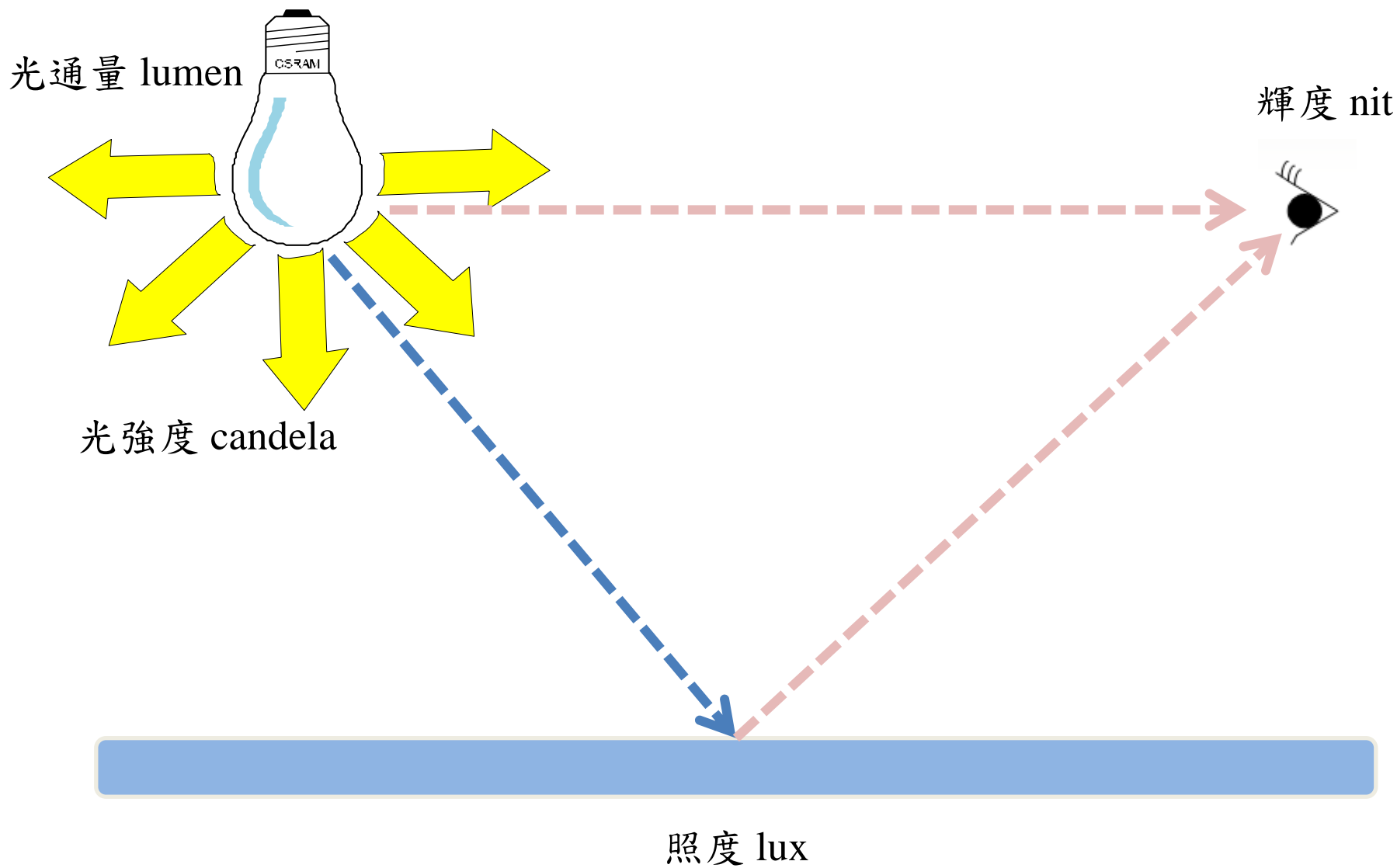
色溫 CCT

演色性 CRI

用電密度 LPD

發光效率 lm/W

Relationship



What is driver's requirement ?



Icon: Two white figures on a blue background.

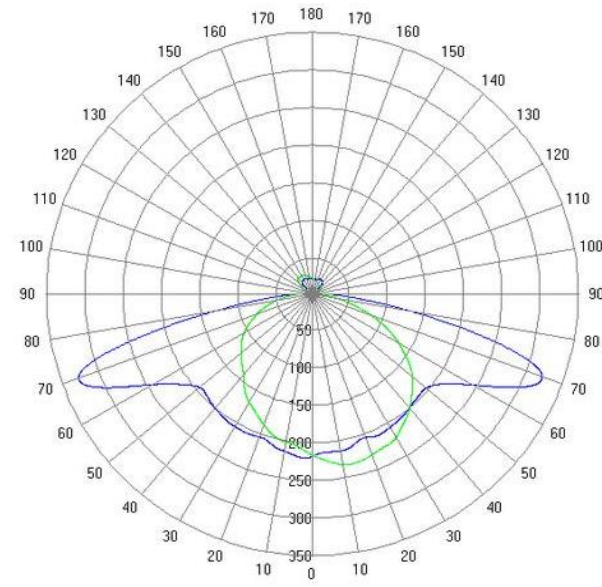
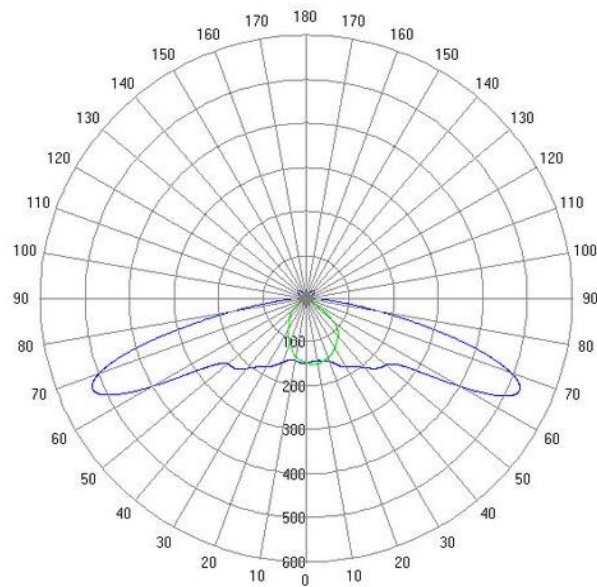
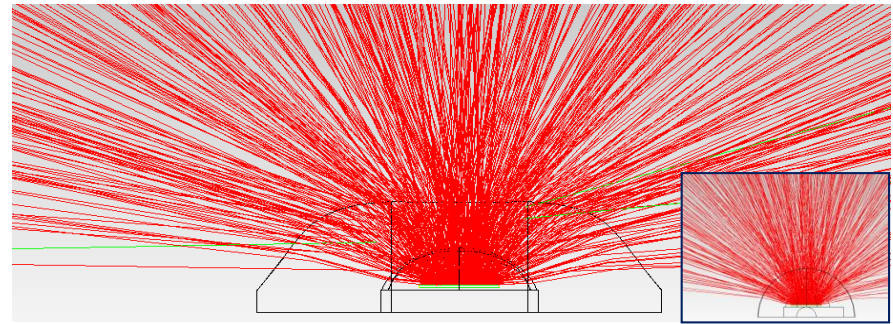
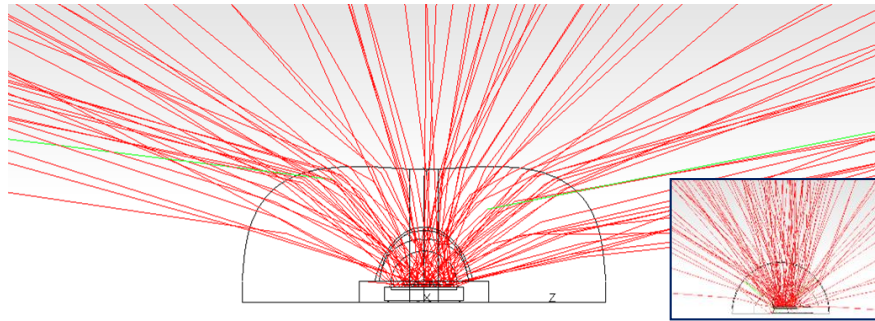
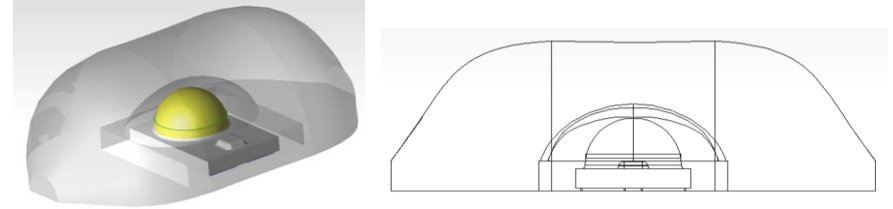
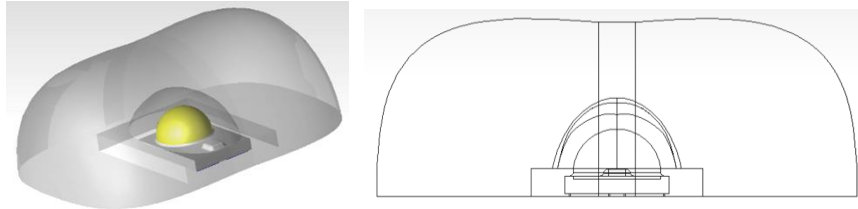
Keep on moving

- Uniform, glare-free lighting:
- Early anticipation when driving
- Smother traffic flow
- Relaxed drivers
- Increased road capacity

Luminance or Illuminance ?

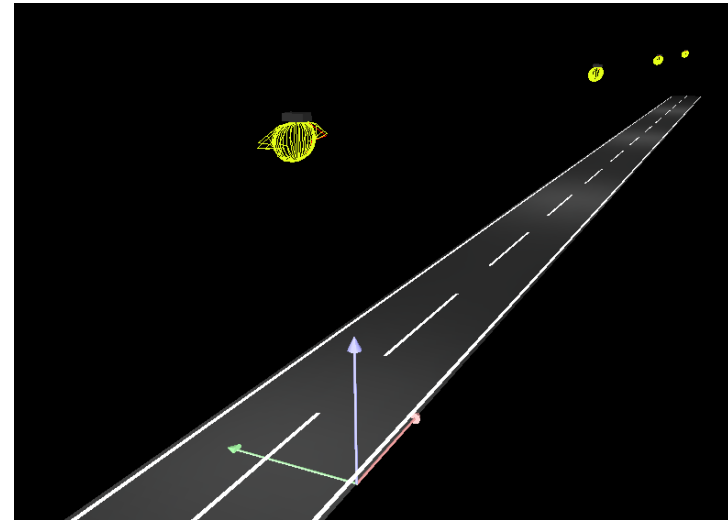
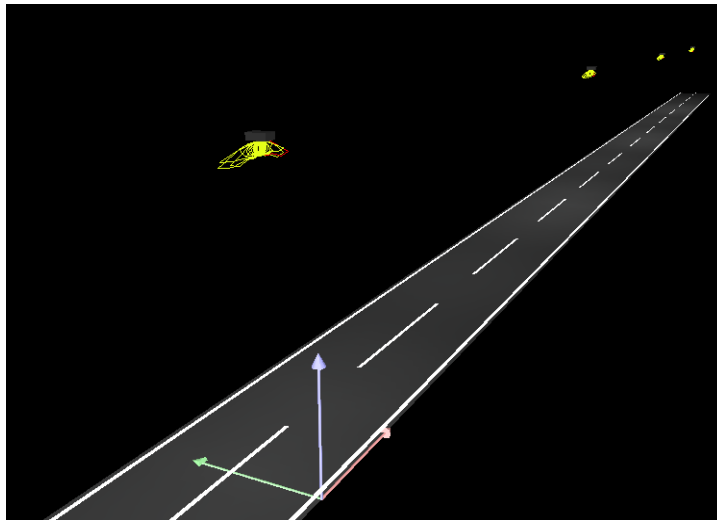


Which photometric curve is better ?

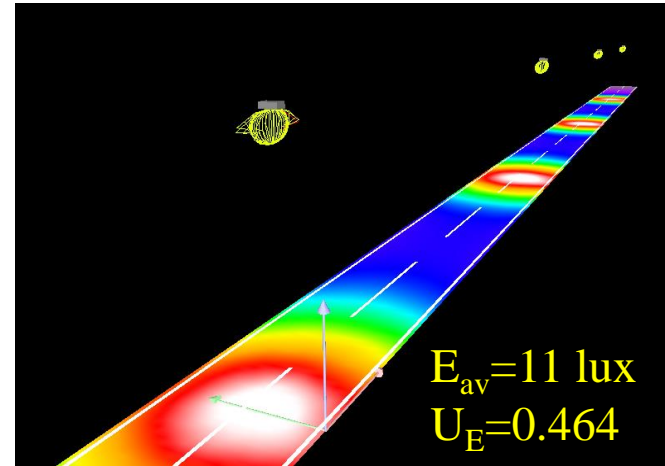
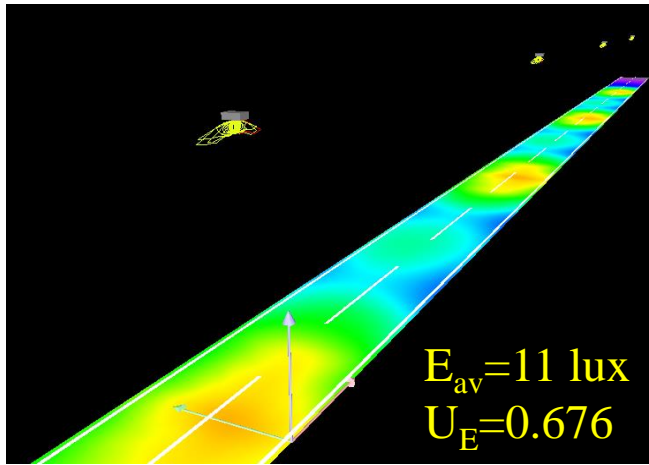


DIALux simulation

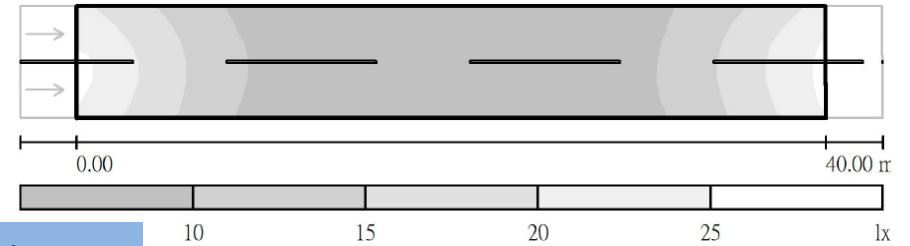
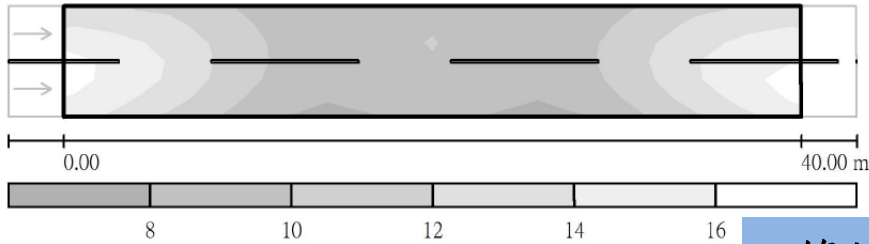
LED燈具功率	150 W
維護係數	0.7
道路寬度	6 m
燈具安裝方式	單側排列
燈具安裝高度	10 m
燈具安裝間距	4倍安裝高度(40 m)
桿臂長度/傾斜角	1.5 m / 0°
照明規範	ME4a



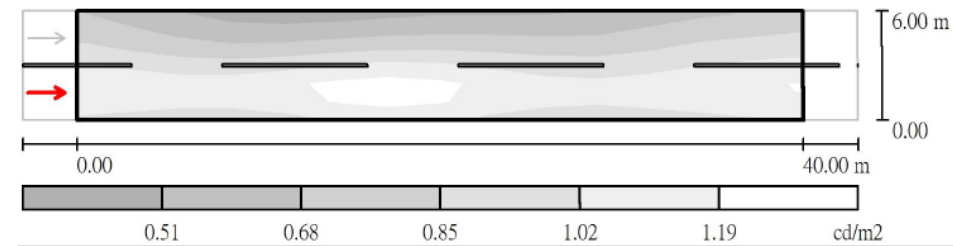
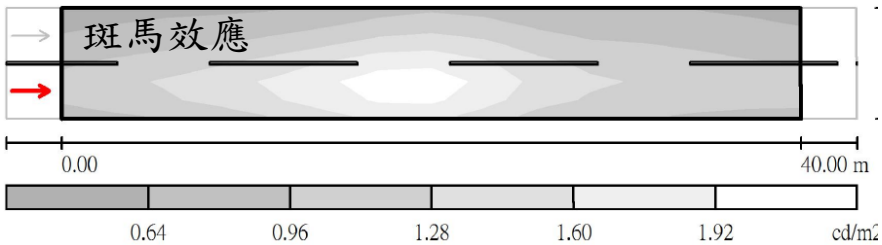
Comparison



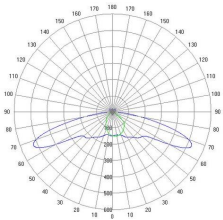
等照度圖



等輝度圖



ME4a classification



塗層: R3, q0: 0.070
選擇的照明等級: ME4a

(滿足所有光度測量的要求。)

計算出的實際值: 1.20
等級額定值: ≥ 0.75
滿足 / 未滿足:

平均輝度 [cd/m^2]

1.20

≥ 0.75



U0	UI
0.48	0.52
≥ 0.40	≥ 0.60
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TI [%]

15

≤ 15



周邊照度係數

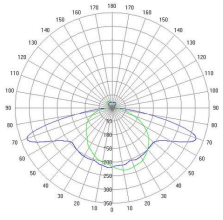
0.72

≥ 0.50



從屬觀察者 (2 數量):

編號	觀察器	位置 [m]	平均輝度 [cd/m^2]	U0	UI	TI [%]
1	觀察器 1	(-60.000, 1.500, 1.500)	1.20	0.48	0.52	15
2	觀察器 2	(-60.000, 4.500, 1.500)	1.26	0.53	0.55	15



塗層: R3, q0: 0.070
選擇的照明等級: ME4a

(滿足所有光度測量的要求。)

計算出的實際值: 0.92
等級額定值: ≥ 0.75
滿足 / 未滿足:

平均輝度 [cd/m^2]

0.92

≥ 0.75



U0	UI
0.52	0.81
≥ 0.40	≥ 0.60
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

TI [%]

14

≤ 15



周邊照度係數

0.79

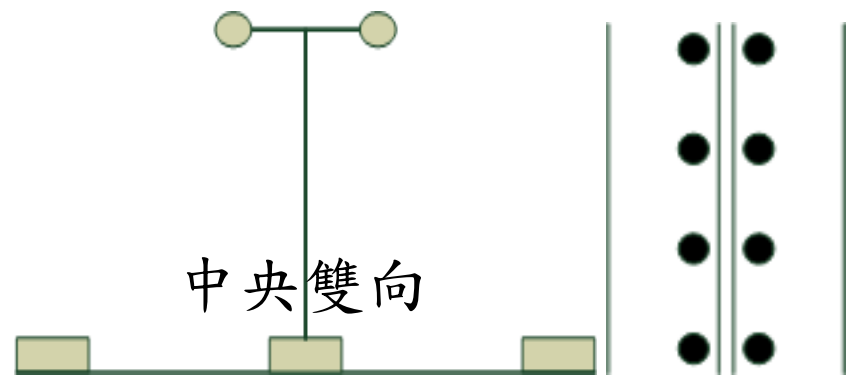
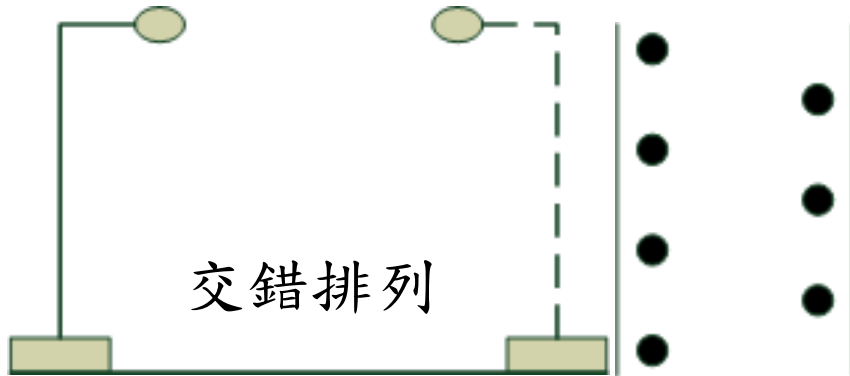
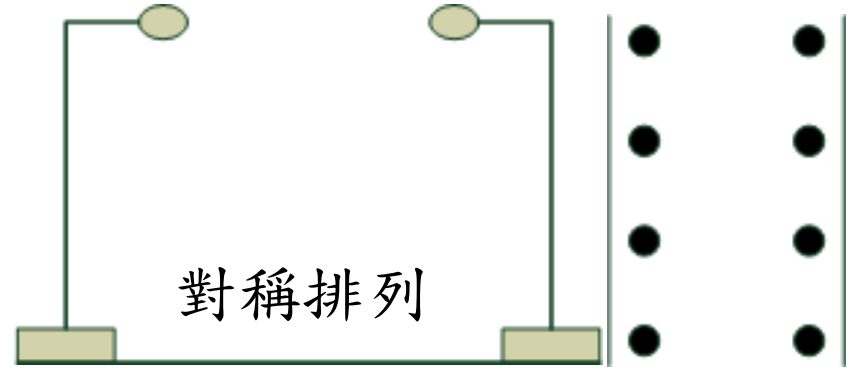
≥ 0.50



從屬觀察者 (2 數量):

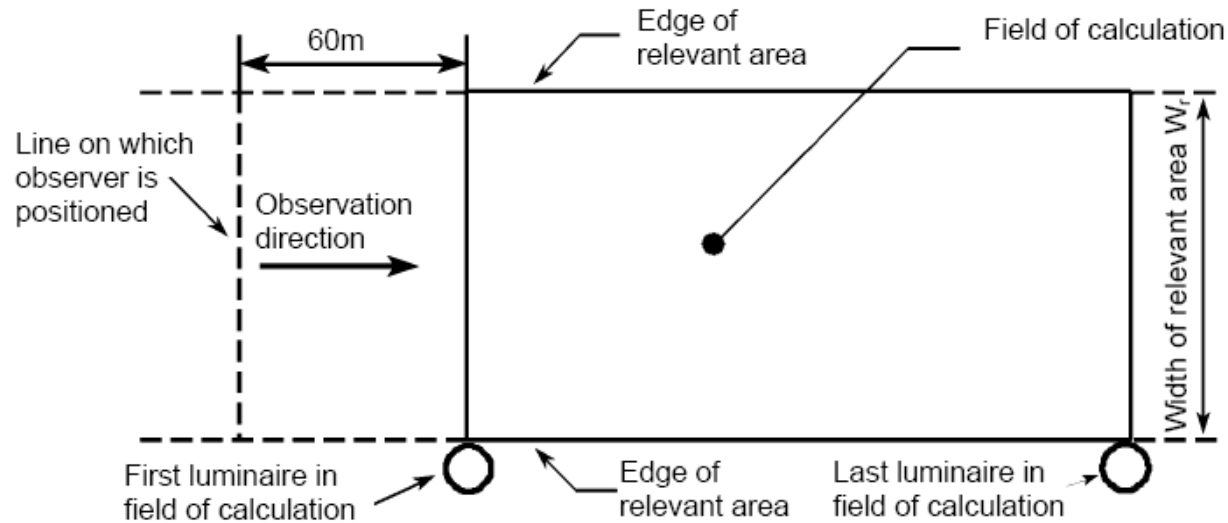
編號	觀察器	位置 [m]	平均輝度 [cd/m^2]	U0	UI	TI [%]
1	觀察器 1	(-60.000, 1.500, 1.500)	0.92	0.52	0.83	14
2	觀察器 2	(-60.000, 4.500, 1.500)	0.96	0.62	0.81	12

Roadway lighting arrangement

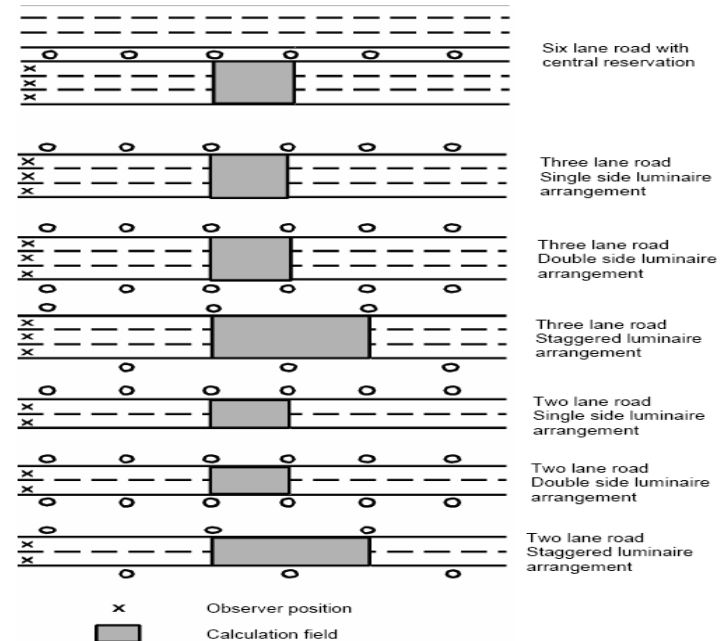


Reference: Leadray

Luminance measurement



- 架設高度 1.5 m
- 水準視角 $0.5^\circ \sim 1^\circ$
- 距離 60 m 處架設輝度計
- 至少觀測 30 取樣點



CIE140 Roadway lighting calculations

➤ 平均輝度 $L_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i$

➤ 全區輝度均勻度 $U_O = \frac{L_{min}}{L_{ave}}$

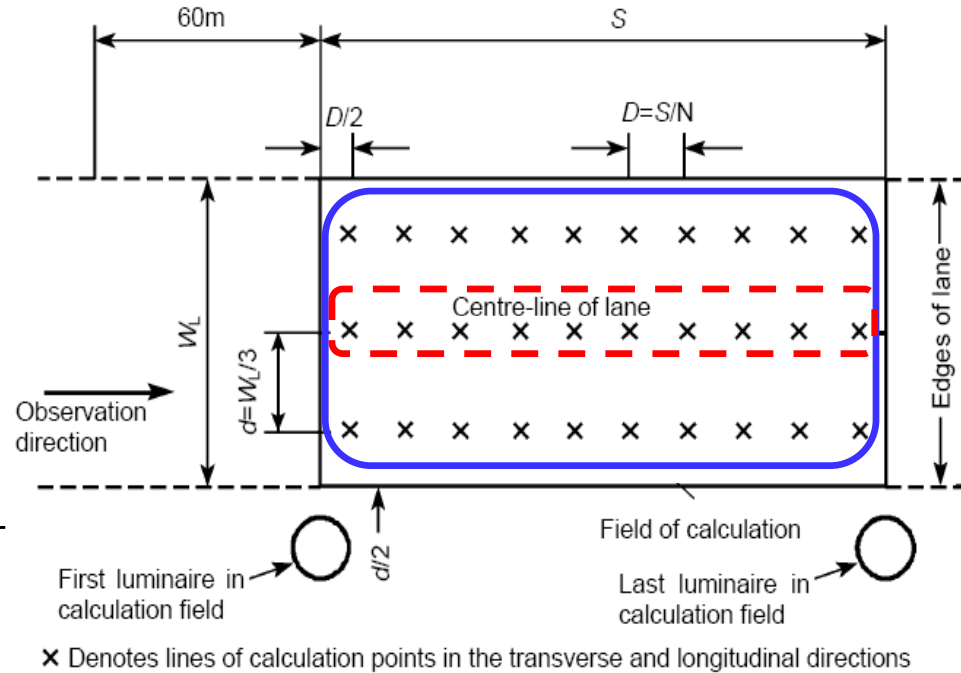
➤ 縱向輝度均勻度 $U_L = \frac{L_{min(center)}}{L_{max(center)}}$

➤ 平均照度 $E_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_i$

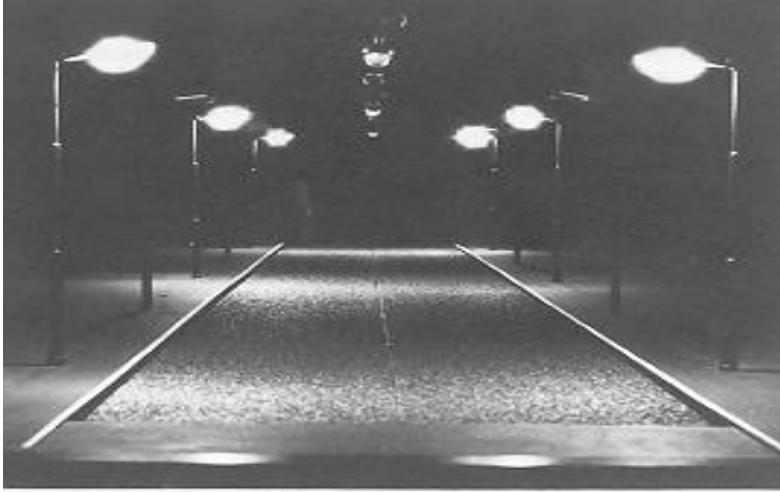
➤ 照度均勻度 $U_E = \frac{E_{min}}{E_{ave}}$

➤ 眩光門檻增量值 $T.I. = \frac{K \times E_e}{L_{av}^{0.8} \Theta^2} (\%)$

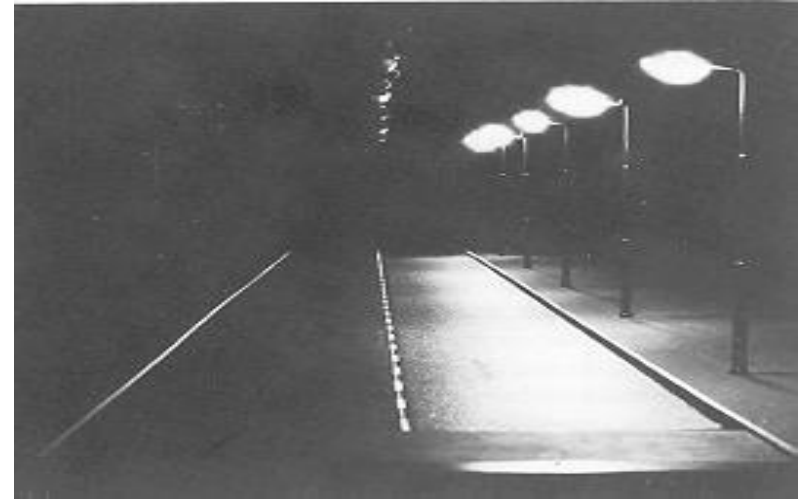
➤ 周圍環境照度比 $SR = \frac{E_{ave(carriageway)}}{E_{ave(main road)}}$



Roadway lighting Quality



U_L 低形成「斑馬效應」



U_L 高 U_0 低造成辨識能力下降



SR 高則整體視野清晰



SR 低僅主要車道清晰

IES & CIE classification

道路種類及分類	平均輝度值 (cd/m ²)	均勻度		光幕輝度比	備註
		平均輝度/ 最小輝度	最高輝度/ 最小輝度	光幕輝度/ 平均輝度	
高速公路 A	0.6	≤3.5	≤6	≤0.3	交流道
高速公路 B	0.4	≤3.5	≤6	≤0.3	
快速道路	商業區	1.0	≤3	≤5	≤0.3
	混合區	0.8	≤3	≤5	
	住宅區	0.6	≤3.5	≤6	
主要道路	商業區	1.2	≤3	≤5	≤0.3
	混合區	0.9	≤3	≤5	
	住宅區	0.6	≤3.5	≤6	
次要道路	商業區	0.8	≤3	≤5	≤0.3
	混合區	0.6	≤3.5	≤6	
	住宅區	0.4	≤4	≤8	
其他道路	商業區	0.6	≤6	≤10	≤0.3
	混合區	0.5	≤6	≤10	
	住宅區	0.3	≤6	≤10	

道路種類	道路型態	EN 13201 CLASS	Lavg (cd/m ²)	U _o U _l TI
F	車流量大且速度快 車流量大且時速中 車流量不多也不塞車 車流量小	ME1	2	0.4 0.7 10
		ME2	1.5	0.4 0.7 10
		ME3a	1	0.4 0.7 15
		ME4a	0.75	0.4 0.6 15
M	車流量大 車流量中 車流量小	ME2	1.5	0.4 0.7 10
		ME3a	1	0.4 0.7 15
		ME4a	0.75	0.4 0.6 15
道路種類	道路型態	EN 13201 CLASS	Eavg (Lux)	U _{min} E _{min}
S	車流量多 車流量中 車流量小	CE1	20	0.4
		CE2	15	0.4
		CE4	10	0.4
	車流量大 車流量中 車流量小	S2	10	3
		S4	5	1
		S6	2	0.6

级别	道路类型	路面亮度			路面照度		眩光限制 阈值增量 TI (%) 最大 初始值	环境比 SR 最小值
		平均亮度 L_{av} (cd/m^2) 维持值	总均匀度 U_0 最小值	纵向均匀度 U_L 最小值	平均照度 $E_{h,av}$ (lx) 维持值	均匀度 U_E 最小值		
I	快速路、主干路	1.50/2.00	0.4	0.7	20/30	0.4	10	0.5
II	次干路	1.00/1.50	0.4	0.5	15/20	0.4	10	0.5
III	支路	0.50/0.75	0.4	—	8/10	0.3	15	—

交会区类型	路面平均照度 $E_{h,av}$ (lx), 维持值	照度均匀度 U_E	眩光限制
主干路与主干路交会	30/50	0.4	在驾驶员观看灯具的方位角上, 灯具在 90° 和 80° 高度角方向上的光强分别不得超过 $10cd/1000lm$ 和 $30cd/1000lm$
主干路与次干路交会			
主干路与支路交会			
次干路与次干路交会	20/30		
次干路与支路交会			
支路与支路交会	15/20		

全臺設置 LED 路燈技術規範

7. 模擬報告參數設定

- (1) 照度均勻度模擬應以 DIALUX 4.8 版以上軟體，並由檢測機構於燈具檢驗後實施，並將模擬報告結果併於燈具檢測報告內，同時檢具該燈具之 IES 檔以供驗證。
- (2) 模擬報告應包含計畫日期、照明器具表、測光結果、照度曲線資料表、等照度圖(照度)及參數設定情形，並須包含平均照度及照度均勻度值。
- (3) 道路設置參數
 - (a) LED 燈具維護係數：0.7
 - (b) 道路寬度：6 米及 8 米(燈具功率 \leq 100W 時)；
8 米及 10 米(燈具功率 \leq 150W 時)
 - (c) 線道數量：2
 - (d) 覆蓋層：R3
 - (e) 柏油均勻度潮濕車道：W3
 - (f) 觀察員的平均年齡：23
 - (g) 照度種類：ME4a
 - (h) 網格點：20x12
- (4) 燈具設置參數
 - (a) 燈具安裝高度：6 米及 8 米(燈具功率 \leq 100W 時)；
8 米及 10 米(燈具功率 \leq 150W 時)
 - (b) 與工作面距離：6 米及 8 米(燈具功率 \leq 100W 時)；
8 米及 10 米(燈具功率 \leq 150W 時)
 - (c) 每一支燈桿上的燈具數量：1
 - (d) 兩支燈桿之間的距離：4 倍安裝高度
 - (e) 縱向位移：0 米
 - (f) 燈桿與燈具的距離：2 米
 - (g) 燈具傾斜度：製造廠商自訂角度(\leq 15°)
 - (h) 燈桿與道路之間的距離：0.5 米
 - (i) 燈具排列方式：單側排列

附件二 市區道路照度要求

單位：勒克斯(Lux)

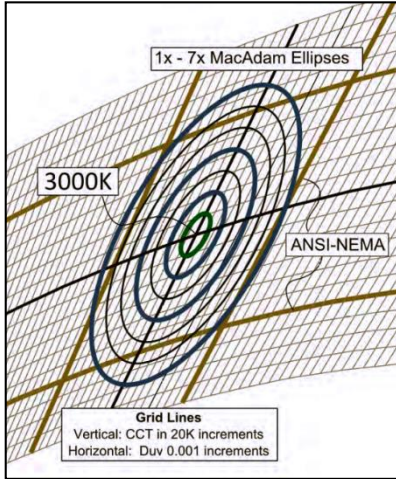
道路功能分類	商業區	住商混合區	住宅區
快速道路	15(10)	10(7)	7(5)
主要道路	15(10)	10(7)	7(5)
次要道路	10(7)	7(5)	6(4)

註：表內 括弧內為水泥混凝土或路面較淺色之平均照度

說明：本表摘錄自內政部營建署『市區道路及附屬工程設計規範』(98 年 4 月公布)，若有誤植以該規範為遵循依據。

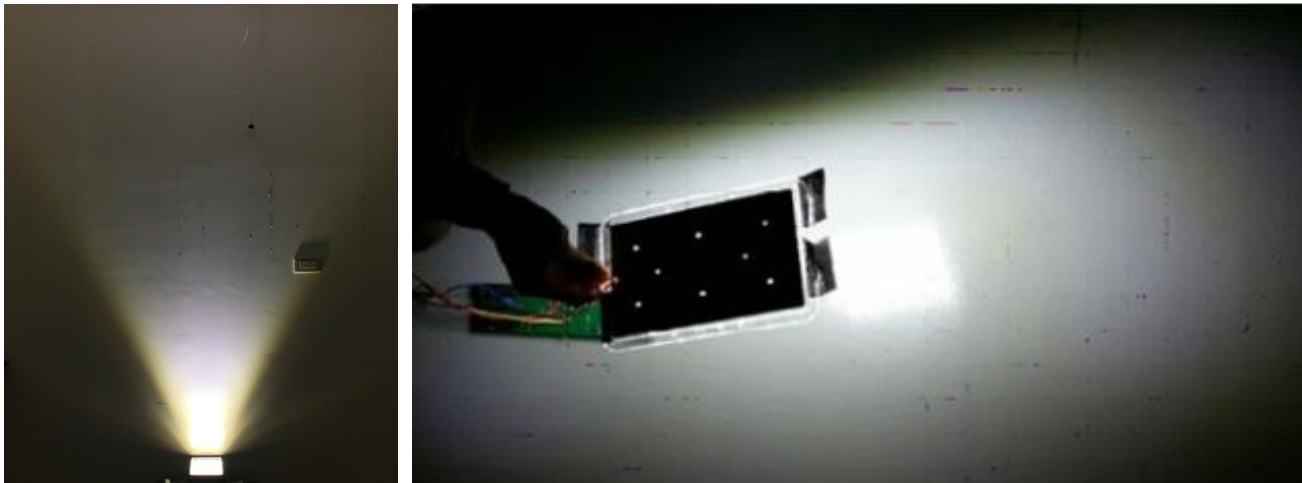
Chromaticity quality is also important

➤ 色容差 (SDCM)



<https://www.cnledw.com/inter/upload/2015010721152373843.pdf>

➤ 色散 (黃圈)

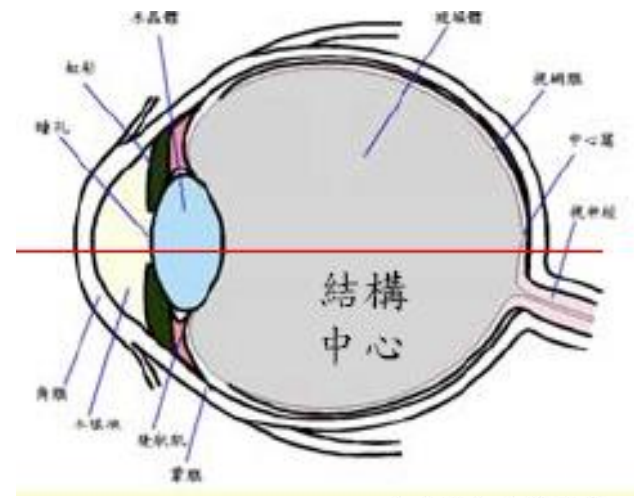
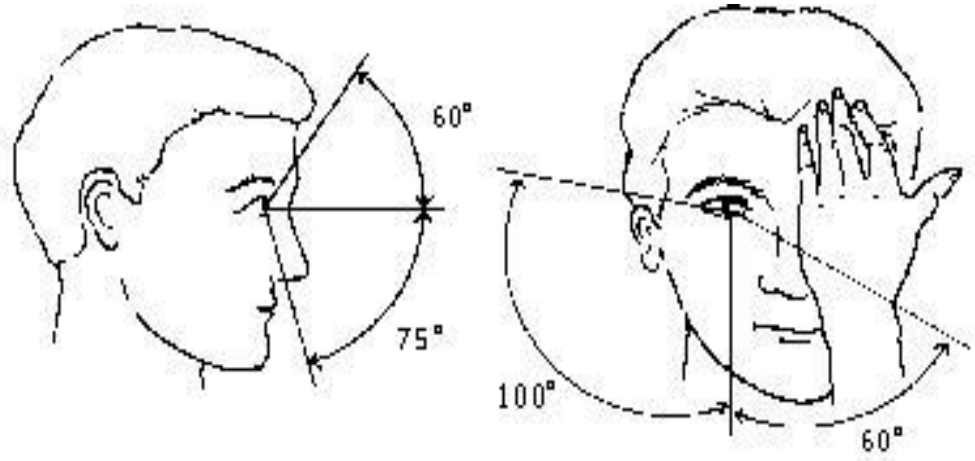


<https://read01.com/zh-tw/KOJxe7.html#.Wr9XPS5uaUk>

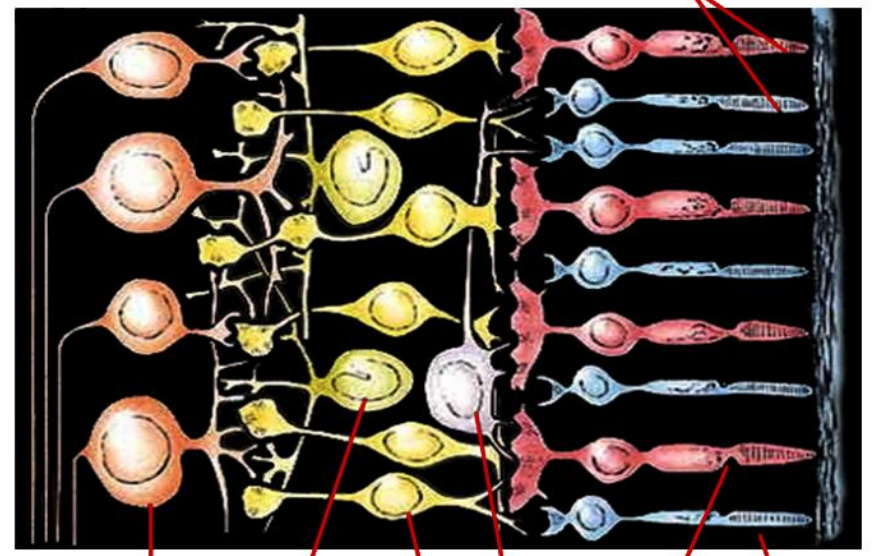
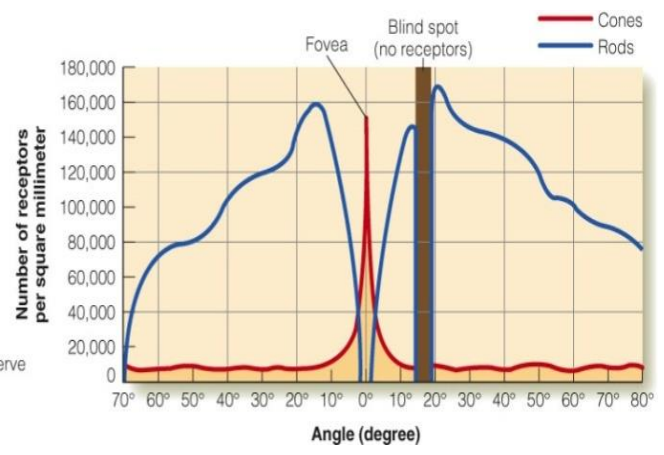
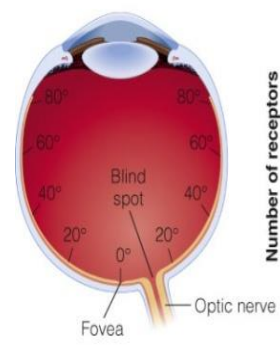
Vision affection

- 💡 輝度—光源或被照物體反射進入眼睛的亮度
- 💡 對比—物體與背景的亮度明暗比
- 💡 形狀大小—被照物體的輪廓外觀
- 💡 辨識時間—大腦對於物體的反應時間
- 💡 物體顏色(明視覺) —對於光源演色性有絕對因素

Human vision



在此做光化學反應



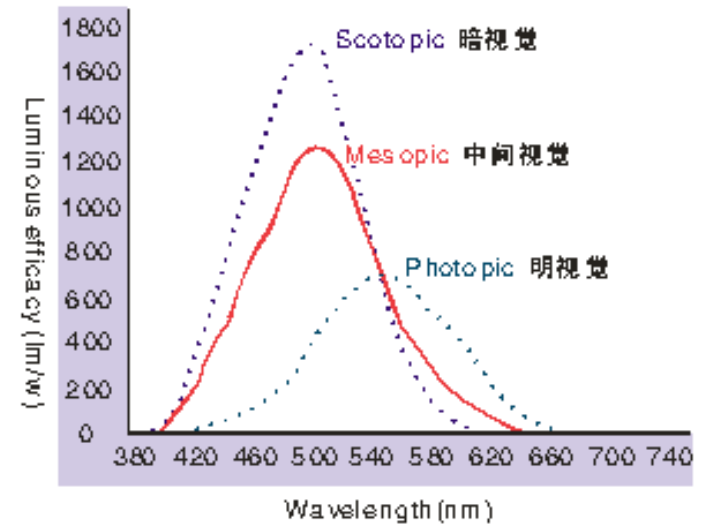
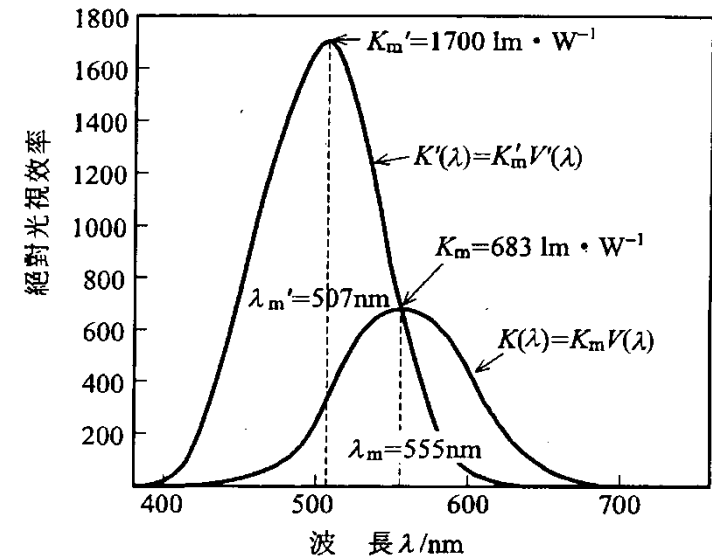
神經節細胞 阿馬克蘭細胞 雙極細胞 水平細胞 錐狀體 桿狀體

Cone & Rod cell

錐狀細胞(Cone)	杆狀細胞(Rod)	錐/杆狀細胞並行
白晝視覺	夜晚視覺	微光(twilight)視覺
明視覺	暗視覺	中間視覺
$3.4 \sim 10^6 \text{ cd/m}^2$	$0.034 \sim 3.4 \times 10^{-6} \text{ cd/m}^2$	$0.034 \sim 3.4 \text{ cd/m}^2$
對 555 nm 光波最靈敏 (每瓦達 683lm)	對 507 nm 光波最靈敏 (每瓦達 1700lm)	隨亮度降低而光波靈敏度 由 555nm 向 507nm 作偏移 (普金耶效應)
視銳度佳	視銳度差	視銳度隨亮度降低減弱
彩色視覺	明暗視覺，無彩色	辨色力減弱
明適應	暗適應	過渡期
半數集中於視網膜小窩 周邊數量減少	主要集中於視網膜周邊 不存在於小窩	

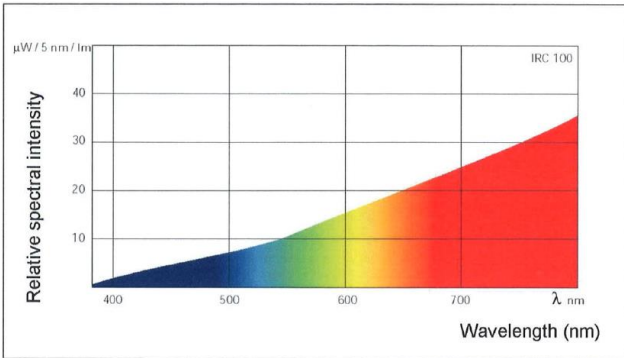
$V(\lambda)$ photopic luminosity function

波長 λ (nm)	明視光效 V_λ	明視轉換 流明/瓦	暗視光效 V'_λ	暗視轉換 流明/瓦
410	0.001210	0.826	0.034840	59.228
460	0.060000	40.980	0.567000	963.900
500	0.323000	220.609	0.982000	1669.400
507	0.444310	303.464	1.000000	1700.000
530	0.862000	588.746	0.811000	1378.700
555	1.000000	683.000	0.402000	683.000
560	0.995000	679.585	0.328800	558.960
570	0.952000	650.216	0.207600	352.920
580	0.870000	594.210	0.121200	206.040
590	0.757000	517.031	0.065500	111.350
600	0.631000	430.973	0.033150	56.355

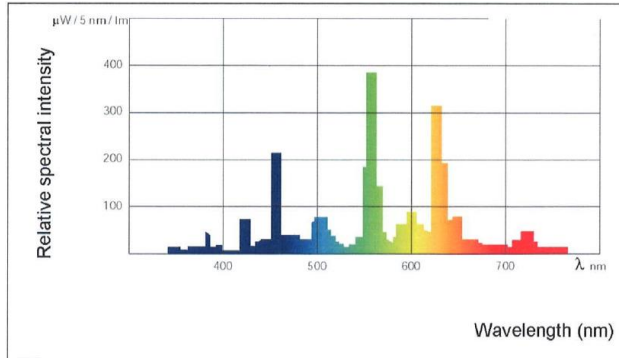


Lighting source spectrum

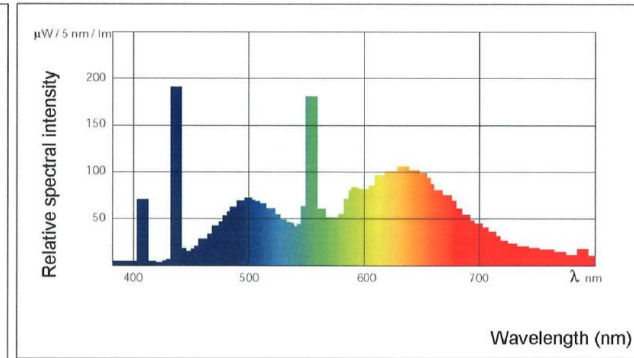
白熾燈



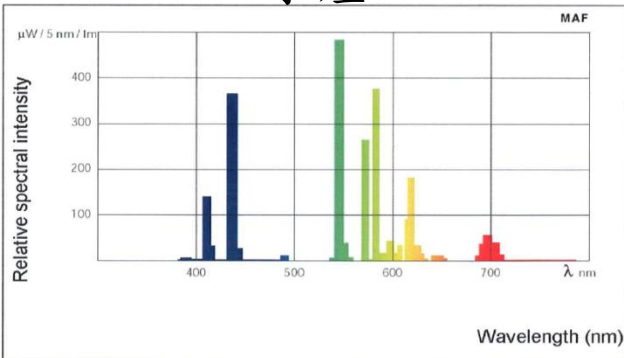
T8(840)



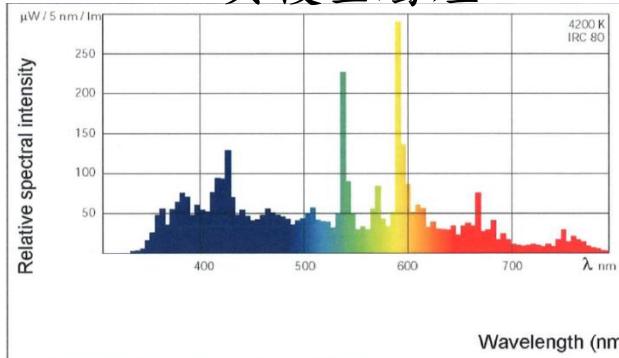
T8(940)



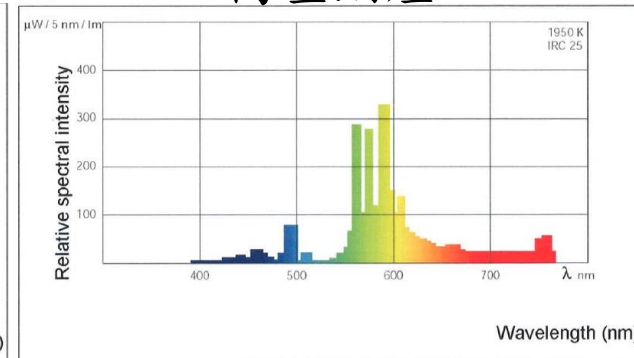
汞燈



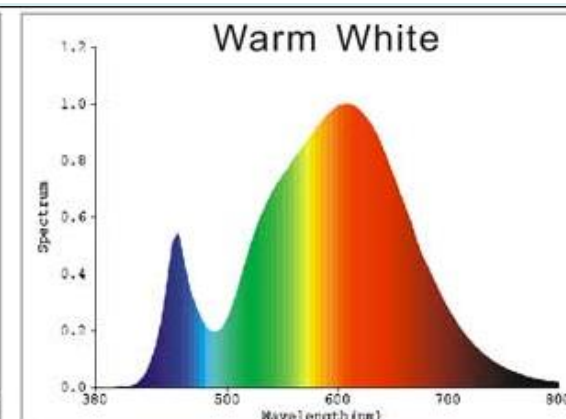
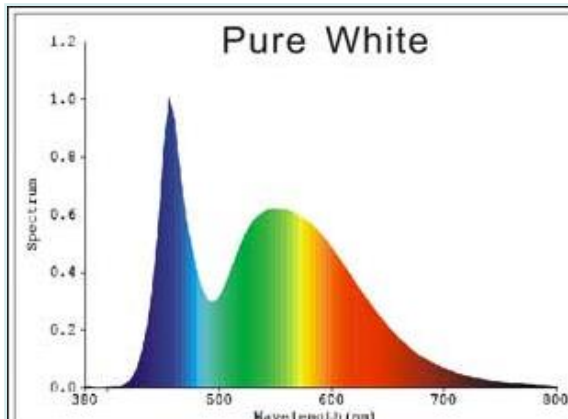
石英複金屬燈



高壓鈉燈

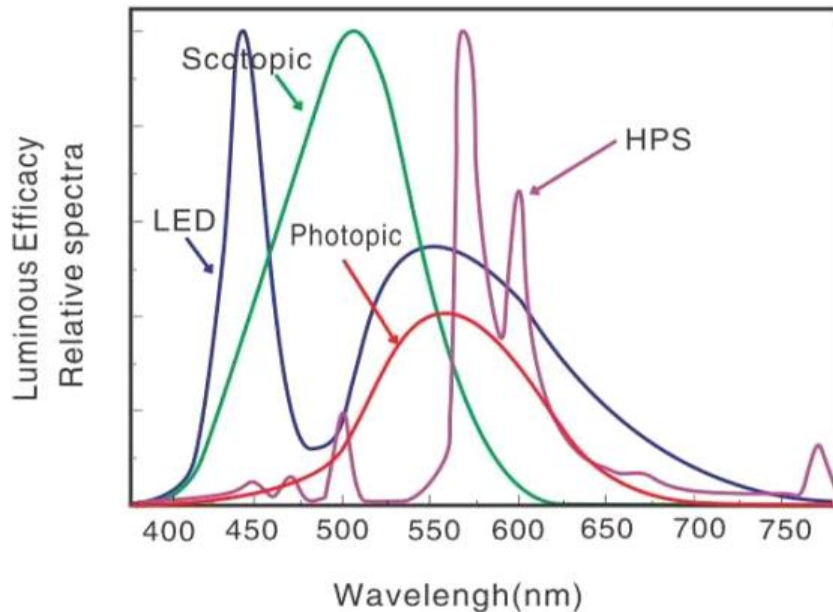


LED



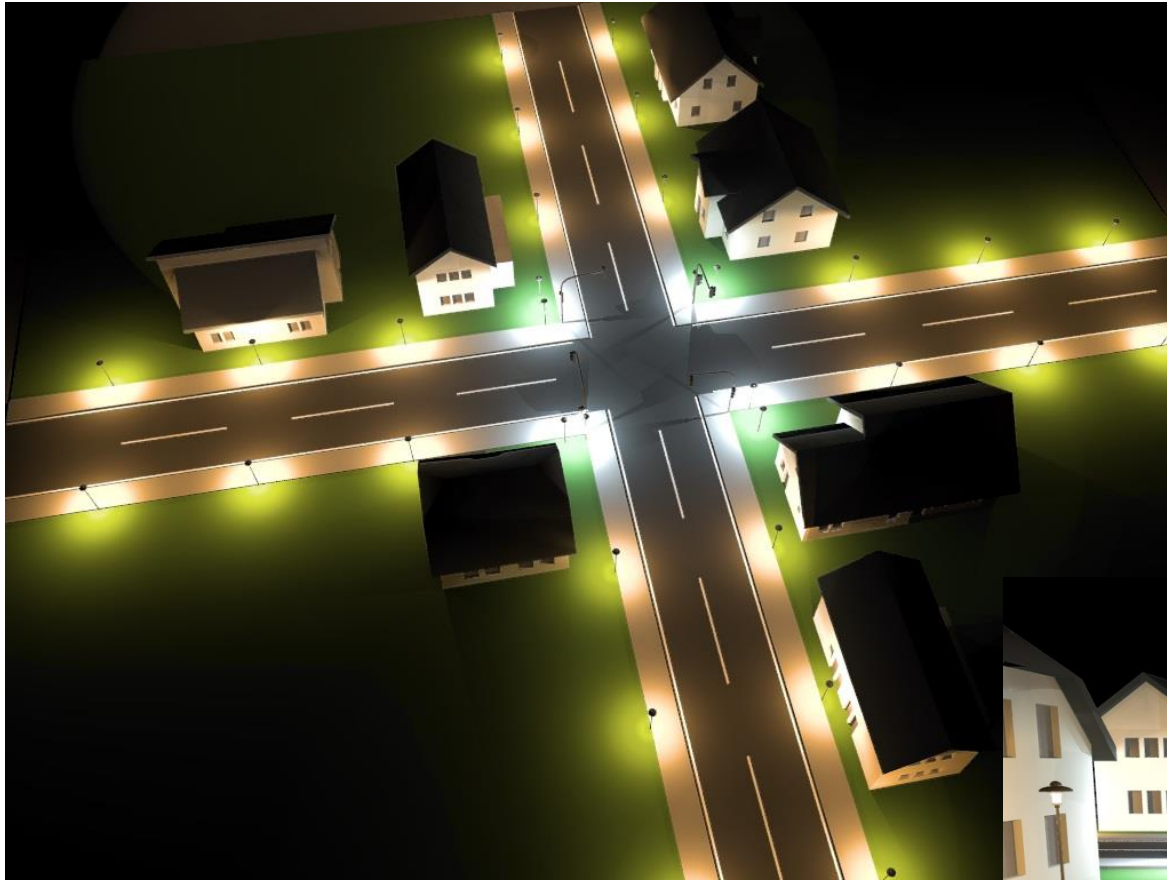
Scotopic / Photopic (S/P) Ratio

- 2010 CIE中間視覺亮度學系統
- CIE: 人眼對於高S/P光源反應時間短，適合戶外場所
- CN/UK: 高S/P光源照度可降低一個等級
- CIE-TW: 中間視覺條件，白光LED需求能量低於HPS 30%



Lighting source	S/P
Low-pressure sodium	0.2
High-pressure sodium	0.4~0.6
Halogen headlamp	1.4
Linear fluorescent	1.3~2.3
Metal halide	1.2~2.1
Warm white LED	1.2
Cool white LED	2.0

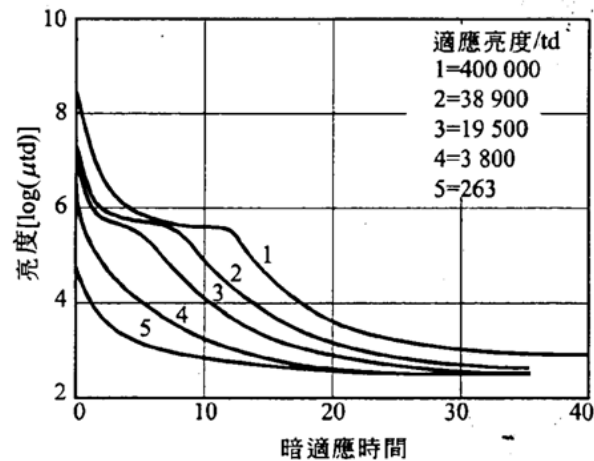
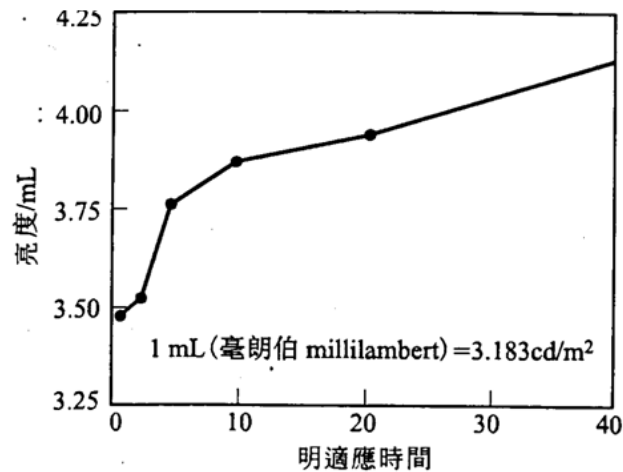
Another design idea



Black hole effect & adaption

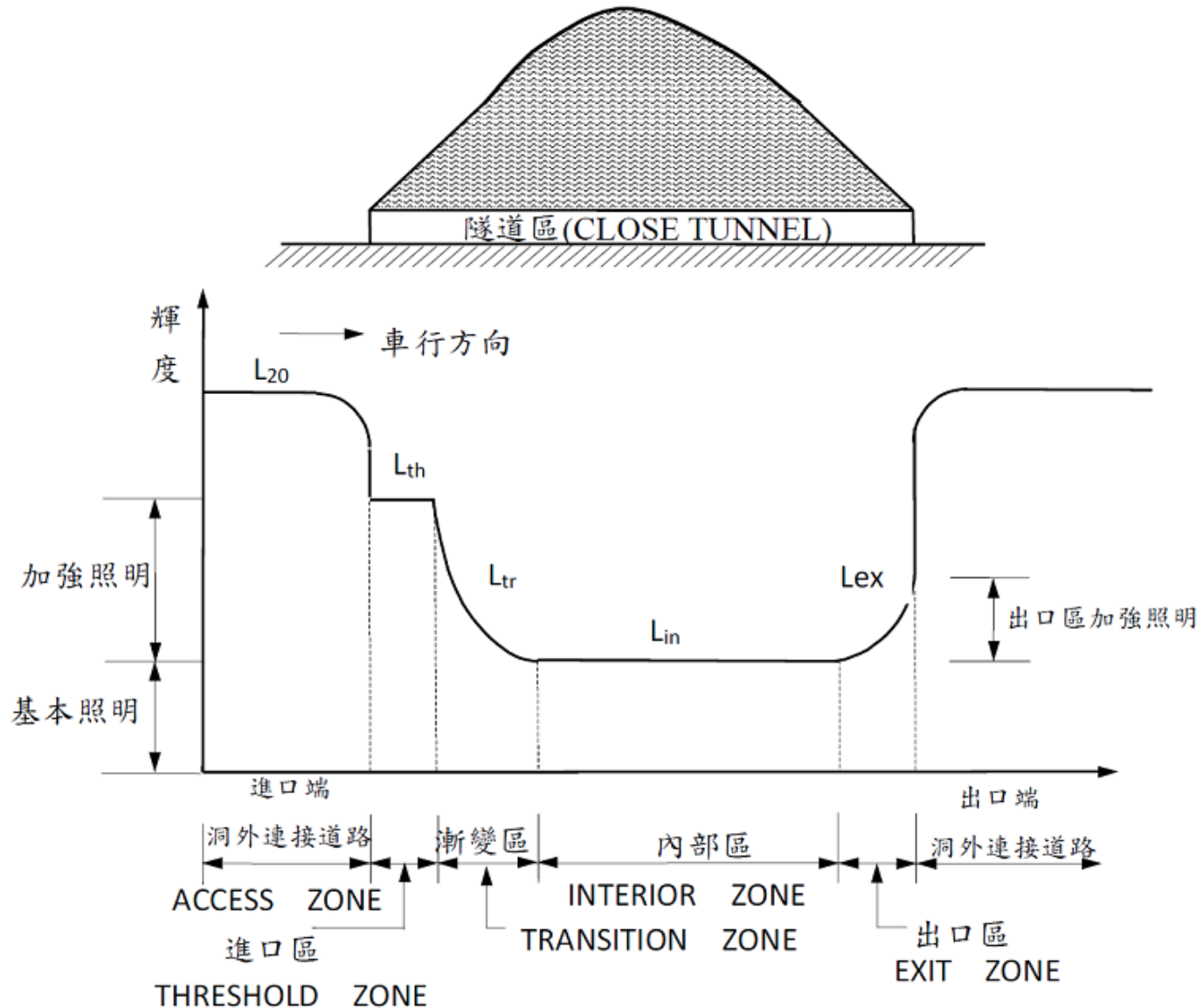


- 明適應：黑暗環境→明亮環境(錐狀細胞作用)
- 暗適應：明亮環境→黑暗環境(桿狀細胞作用)

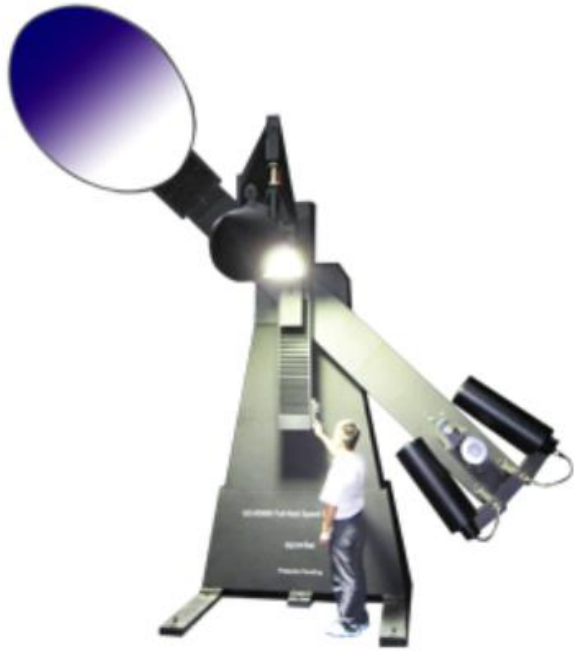


CIE 88-2004

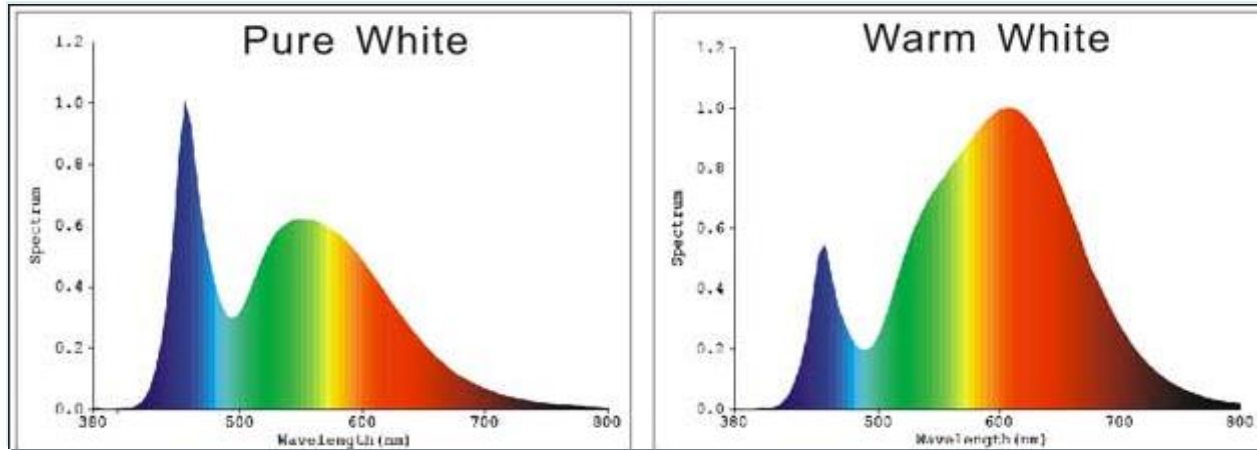
➤ GUIDE FOR THE LIGHTING OF ROAD TUNNELS AND UNDERPASSES



Measurement for luminaire

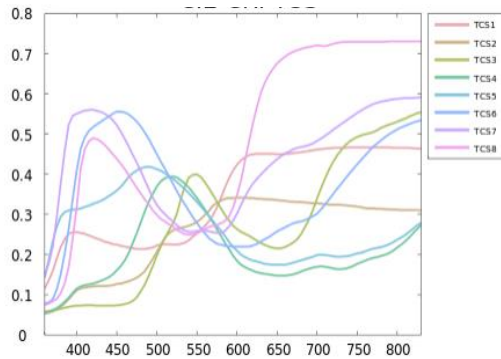


Why spectrum is important?



$$\Phi_v = 683.002 \text{ lm/W} \cdot \int_0^\infty \bar{y}(\lambda) \Phi_{e,\lambda}(\lambda) d\lambda,$$

CIE CRI TCS



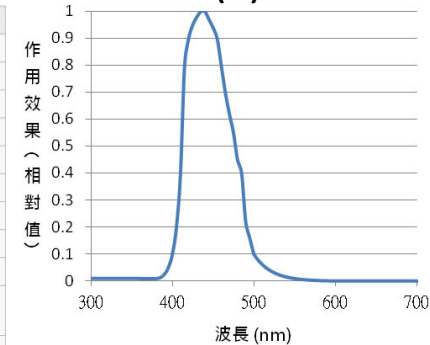
IES TM-30-15



CCT

Temperature	Source
1700 K	Match flame, low pressure sodium lamps (LPS/SOX)
1850 K	Candle flame, sunset/sunrise
2400 K	Standard incandescent lamps
2550 K	Soft white incandescent lamps
2700 K	"Soft white" compact fluorescent and LED lamps
3000 K	Warm white compact fluorescent and LED lamps
3200 K	Studio lamps, photofloods, etc.
3350 K	Studio "CP" light
5000 K	Horizon daylight
5000 K	Tubular fluorescent lamps or cool white/daylight compact fluorescent lamps (CFL)
5500 – 6000 K	Vertical daylight, electronic flash
6200 K	Xenon short-arc lamp ^[3]
6500 K	Daylight, overcast
6500 – 9500 K	LCD or CRT screen
15,000 – 27,000 K	Clear blue poleward sky

B(λ)



<https://en.wikipedia.org/wiki>

<https://www.uprtek.com/zh-TW/product/-/MK350S-Premium-Spectrometer.html>

Illuminance measurement



人工記錄



電腦記錄(網路)



App記錄(wifi)

luminance measurement



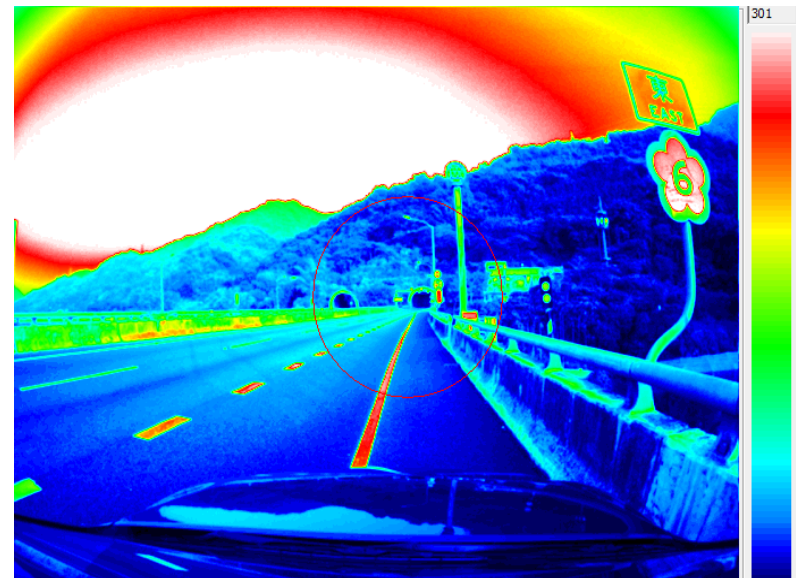
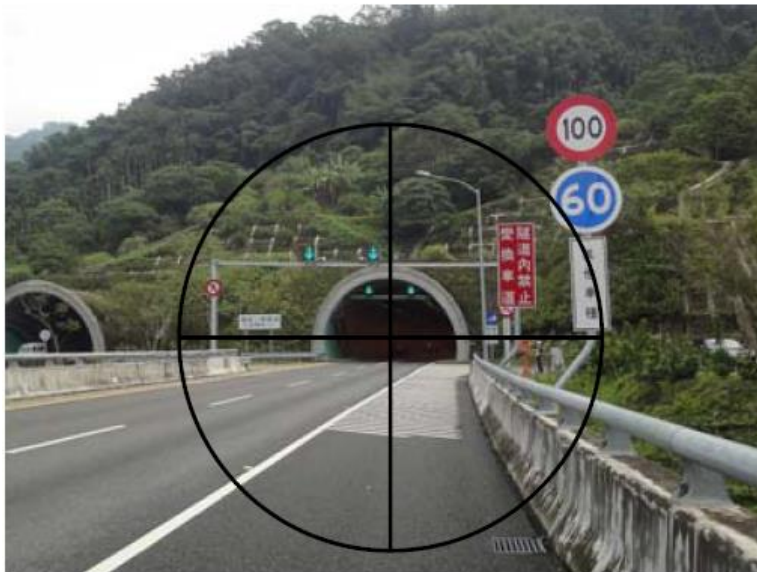
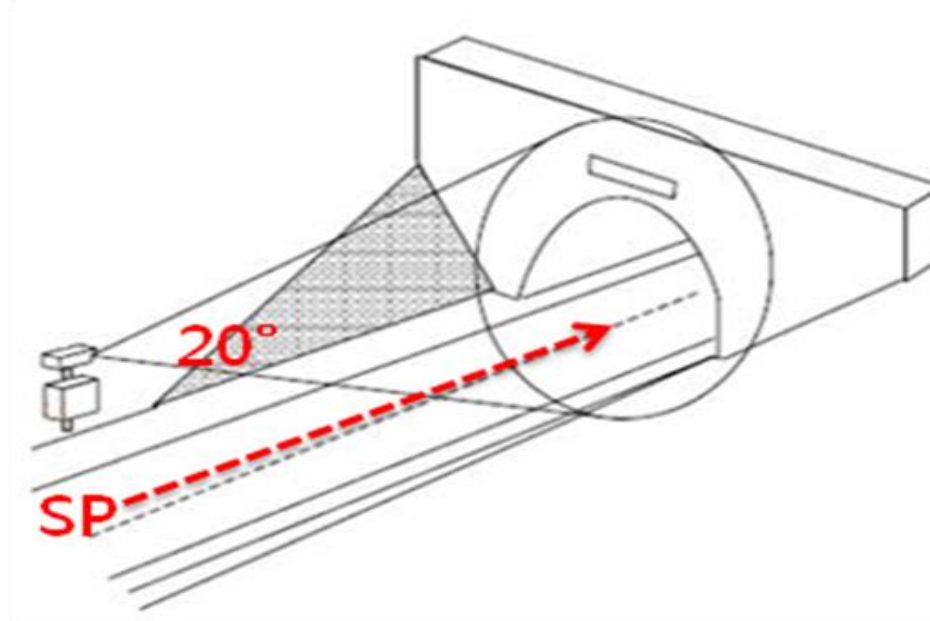
單點量測



影像式全面量測

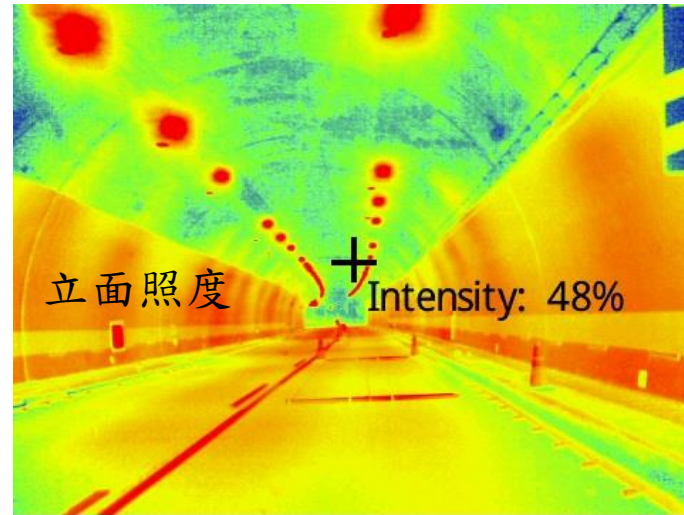


L_{20} luminance meter



False color(ILM vs. Lux G)

➤ For calculating reflection index of vertical surface





Thank you
for your attention