

模擬不同環境條件對視認可變資訊標誌之影響

莊育鑫^{***} 李傳房^{**} 楊旻洲^{*}

^{*}大葉大學工業設計學系

^{**}國立雲林科技大學設計學研究所

摘要

現今高速公路採用的 LED 可變式資訊系統 (VMS) 顯示面板由於本身設計特性以及外在環境干擾，會影響駕駛者的視認度；因此，探討駕駛者對於可變式資訊系統字體色彩的視認角度並比較年輕及高齡駕駛者對可變式資訊系統的視認能力為本研究之目的。實驗條件包括：模擬不同明暗的可變式資訊系統背景色、黃昏低色溫環境、起霧的環境、日照及夜間環境等條件。研究採實驗室模擬，量測受測者視認可變式資訊系統文字的視角的最小絕對閾值。實驗結果顯示，現有標準紅色字體的視認性不佳。若以黑色為背景，其視認角度以黃色最佳，藍色最差，紅色次差；若以白色為底，則結果相反。視認角度主要受明暗對比之影響。年輕及高齡者兩受測族群的視認能力有顯著差異，高齡受測者的視認能力僅約為年輕受測者的二分之一。此外，在白色背景的文字視認度低於黑色背景，而在夜間環境視認度高於日照環境。高齡者在多數實驗中未能達到理想視認距離，尤其以霧氣環境中為最嚴重，若從通用設計的角度來看，在限速 110km/hr 下，須考慮將現有標誌提先安置於 37.8 公尺，或改變現有標誌高度尺寸，從 1.2 增大至 1.8 公尺，才能達到高齡者的理想視認距離。

關鍵詞：高齡者、可變式資訊系統、視認、字體、視認距離。

1. 緒論

近年來可變資訊標誌VMS (Variable Message Signs) 已經普遍運用於高速公路上，而目前國道VMS採LED式顯示面板(圖1)雖有較佳的顯示效果，但在不同環境的影響下會產生不同的視認結果，其中包含受環境光源影響產生的演色性及受到霧氣、日照等因素干擾，均會影響VMS的視認性，而這些環境條件不僅影響駕駛的視認性，嚴重者更導致交通事故，尤其對於高齡者而言影響更甚。



圖1 國道高速公路VMS看板

因此，針對VMS文字色彩視認性在不同的環境及對於年輕與高齡者的視認性的探討實有其必要性。

有關VMS視認性的因素，根據本研究的前期間卷調查結果，發現霧氣、色溫及日、夜間不同環境照明均會影響VMS的視認性。

有關環境變化對於視認性的影響，在Kline等人(1990)的研究中發現白天的照度狀況下交通標誌的觀測距離會比黃昏遠，可見黃昏時段，色溫約2500K (Berns, 2000) 的視認性較差。在Shinar and Drory (1983) 的研究指出，傳統交通標誌的視認性，在白天會高於夜間，但針對LED式VMS的相關研究則較為缺乏。至於文字與背景的明暗對比於視認性方面的研究，朱祖祥與曹立人(1994)和陳明德(1997)的研究中發現若以深色為背景，淺色為目標，在視覺績效上較好。Snyder (1988) 認為適當的色彩使用則有助提升視認度，嚴國端(2004)也指出駕駛者對VMS中文字顏色對反應時間及正確率有顯著影響，其主觀性偏好色彩為紅色與橙色。在藤田晃弘(2002)「模擬霧環境下でのLED視認性研究」中，曾針對現有LED燈在霧氣環境中實測其穿

^{***}就讀於國立雲林科技大學設計學研究所博士班

透率，結果顯示黃綠色的穿透率最高約0.026%，其次為白色0.022%，黃色為0.019%，綠色為0.015%，青色為0.011%，紅色為0.008%。

至於高齡者在視認特性上，Sanders和McCormick (1992) 曾指出在下列四種情況下，對於人的視認能力較具影響性：1. 當觀看條件不利時；2. 當資訊是重要或緊急時；3. 在遠距離觀看時；4. 針對視力不良者，本研究則是基於以上之論述，針對遠距及視認不利之環境條件進行字體色彩的視認性探討，且現有多數相關文字色彩之視認性研究，是建立在以近距的視認條件為基準和遠距的VMS視認特性並不相同；因此，對於遠距的VMS文字色彩視認性的探討有其必要性。

在陳澤澎與陳金源 (1993) 的研究中曾定義VMS理想的視認距離，本研究則藉此論點瞭解在不同的環境中，何種VMS的字體及色彩未能達到理想的視認距離？在該研究中同時也指出高速公路VMS的LED顯示面板在設計上須考慮視認角度與可視距離等兩種要素，而此兩要素亦為本實驗所探討視認能力的首要條件。另外Bohwa等人 (2011) 的研究指出，隨著行車速度的增加，會降低駕駛者對道路資訊之視覺認知，因此，本研究同時針對在不同車速下各標誌是否達到理想視認距離進行探討。

在高齡者的視覺能力上，因高齡者的水晶體的調節能力降低 (Fisk, et al., 2004)，導致對立體或景深知覺逐漸喪失、色彩的區辨能力降低 (Werner and Steele, 1988; Kline and Scialfa, 1996) 及色彩知覺的範圍狹窄 (Okajima, et al., 2002) 等因素，均會嚴重影響高齡者的知覺能力，而李傳房 (2005) 也指出若色彩的明度過於接近，會影響高齡者視認能力，可見年輕人和高齡者之間存在著懸殊的視認差異性 (Shinar and Drory, 1983)，Sivak、Olson與Pastalan (1981) 的研究中更指出，在夜間時，高齡者視認度僅為年輕受試者的65-77%。Mark等人 (2011) 認為年長者駕駛能力會隨年齡而逐漸變差，且較缺乏危險感受意識。詹凱翔 (2011) 則認為中年以上的駕駛者必須花費較多的時間搜尋視覺目標，而駕駛在日照環境中的閱讀錯誤率則偏高。

本研究針對不利於VMS視認的環境條件因素進行模擬及探討，本研究目的為：

1. 探討各種文字色彩在各種模擬環境條件下之視認角度。
2. 探討在日夜間環境與不同明暗的VMS背景中，尋找符合理想視認性之文字色彩。
3. 探討年輕及高齡族群，其視認能力之差異程度。
4. 探討各種的字體色彩的視認角度在不同環境中，是否達

到最小安全視認距離，並從通用設計的角度，提出理想的標誌安置距離及建議VMS的看板尺寸。

II. 研究方法

本研究針對各種VMS的文字色彩於不同環境之視認角度探討，其實驗變項如表1所示，詳細研究方法說明如下：

表1 本研究之實驗變項

自變項	依變項
不同年齡 (年輕及高齡者)	VMS 文字視認角度
不同環境影響 (四種環境)	VMS 文字視認角度
不同文字背景顏色 (黑、白)	VMS 文字視認角度

2.1 實驗對象

為探討不同環境之VMS字體的視認性，本研究招募18-24歲青年人，共70位，平均年齡21.5歲，為中部大學生。而高齡者為65歲以上，共35位，平均年齡67.5歲，為社區活動中心之成員；所有受測者視力需正常或經過視力矯正後正常者，正常視力範圍為0.8-1.2，且通過色盲檢測。以上受測者均具駕照及駕駛經驗。

2.2 實驗設備

本研究的主要設備包括：

1. 顯示器：BENQ G2412HD 23.6吋LCD液晶顯示器，長寬比例16:9，對比:40000:1，亮度300 cd/m²，點距:0.276mm。
2. 色度計：DataColor Spider III用於實驗用螢幕進行色彩與亮度之校調，並記錄實驗畫面各色彩條件。
3. 距離固定器支架：使受測者與顯示器間保持6公尺之觀測距離。
4. 數位單眼相機：Canon EOS 20D + Canon EF 70-200mm f4 L鏡頭，作為VMS環境實景記錄與分析之用途。
5. 實驗軟體：以Rapid及Authorware撰寫實驗模擬介面，包含圖形資料庫建立，並以SPSS軟體作為資料統計與分析之用。
6. 視力檢測：採Snellen氏E視力檢驗表用來檢測受測者之視力，另外，石原氏色盲檢測表則用於受測者色盲之檢測。

2.4 實驗內容

本實驗之變項詳細說明如下：

1. 受測族群之變項：分為年輕及高齡者受測者兩個水準。
2. VMS LED之色彩變項，共分為五種水準分別為：紅色、橙色、黃色、綠色、藍色。



3. 環境條件影響之變項：此五種環境條件之建立，先經由前期主觀性量表問卷調查，調查對象計43位男性及30位女性，平均年齡為37.2歲，針對影響VMS文字色彩視認之主要因素進行問卷調查，統計各影響因素所占百分比，其排序為：(1) 受日照、夜間環境影響29%；(2) 受霧氣干擾25%；(3) 受黃昏環境影響18%；(4) 受看板背景色影響16%；(5) 其他因素：如下雨等因素影響12%，最後將上述五種影響因素，轉換為五種實驗條件，如表2所示：(1) 實驗一：日照環境 (採6500k環境色溫) 為受日照光線照射所影響；(2) 實驗二：夜間環境 (環境背景為黑色)；(3) 實驗三：起霧的環境 (採25%的能見度，經前測50%能見度之干擾並不明顯)；(4) 實驗四：黃昏低色溫環境 (2500k色溫)；(5) 實驗五：不同的VMS背景色，採用白色為看板的背景色。

表2 各實驗條件之設定

實驗名稱	實驗名稱
實驗一	VMS 在日照環境之視認角度
實驗二	VMS 在夜間環境之視認角度
實驗三	VMS 受霧氣干擾環境之視認角度
實驗四	VMS 於黃昏環境條件之視認角度
實驗五	VMS 於白色看板背景之視認角度

2.5 統計方法

本研究採三因子混合設計變異數分析，其中三因子分別為年齡因子、顏色因子、環境因子，共為2×5×5之三因子設計，藉以測試各因子之間的交互作用關係，其因子間的交互作用關係，如表3所示。

表3 各因子之間的交互作用關係表

因子	年齡	環境	文字色彩
水準	1. 年輕人	1. 日照環境	1. 紅色光
		2. 夜間環境	2. 橙色光
	2. 高齡者	3. 霧氣環境	3. 黃色光
		4. 黃昏環境	4. 綠色光
		5. 白色背景	5. 藍色光

2.6 實驗工具

本實驗之設計樣本是參照高速公路局 (2006)「資訊顯示系統—第16612章」之工程規範法令，其顯示器之規格為：單行8個字，共兩行，字高64cm x字寬64cm，其標準字體為中黑體，LED零件直徑為8±2mm，LED燈泡與燈泡之間距為10±2mm，現有紅色LED光波長為620-670nm。

本研究選用的字體為現有VMS的標準字體—中黑體，採以華康中黑字體，測試文字內容為「注意—前方—車輛—動態」四組文字，在不同實驗變項中將其內容錯置並組合，以CorelDraw軟體繪製64x64點陣字型，如圖2所示。各實驗之環境建構則以數位相機實拍VMS之受環境干擾的原始

RAW (為單眼相機拍攝原始圖檔) 圖片檔，以Adobe Light Room分析其色彩及色溫、雨天、起霧等環境條件，再透過平面軟體CorelDraw及影像軟體PhotoShop予以調整色彩及實景模擬，如圖3所示。為消弭實驗先後順序所造成的學習效應，在同一環境的實驗中，不同顏色的文字色彩將同時並置於同一畫面中，供受測者視認，如圖4所示。

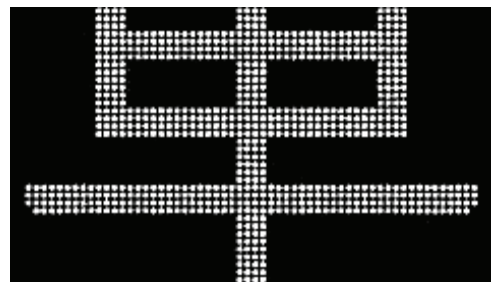


圖2 64X64點陣繪製成LED看板文字



圖3 VMS看板模擬畫面



圖4 實驗模擬畫面

表4 本實驗LED色彩之定義

文字色彩	標準制定單位	波長	R	G	B
紅色光	高速公路局	645	255	0	0
橙色光	LED 論壇	605	255	157	0
黃色光	LED 論壇	590	255	216	0
綠色光	高速公路局	525	55	255	0
藍色光	高速公路局	455	0	76	255

註：波長單位：nm，RGB為電腦RGB值由0至255。

表5 各實驗的色彩CIE Lab量測值

實驗名稱	紅色 (L,a,b)	橙色 (L,a,b)	黃色 (L,a,b)	綠色 (L,a,b)	藍色 (L,a,b)	VMS 背景色彩
實驗一 日照環境	36.4, 57.7, 38.6	50.7, 11.4, 43.3	59.4, -9.0, 47.7	51.3, -66.5, 38.1	23.2, 19.8, -60.8	66.4, 7.3, 14.3
實驗二 夜間環境	36.4, 57.7, 38.6	50.7, 11.4, 43.3	59.4, -9.0, 47.7	51.3, -66.5, 38.1	23.2, 19.8, -60.8	2.5, 1.3, -3.7
實驗三 霧氣環境	101.4, 10.2, -4.4	107.4, -1.6, 2.5	108.0, -7.4, 4.4	107.6, -20.1, 0.4	100.8, -3.7, -24.2	66.4, 7.3, 14.3
實驗四 黃昏環境	77.7, 42.0, 29.5	91.6, 5.7, 42.6	95.7, -0.4, 46.4	90.9, -29.0, 39.1	77.7, -1.3, -18.3	66.4, 7.3, 14.3
實驗五 白色背景	95.2, 50.8, 16.5	110.4, 9.2, 34.0	117.9, -5.5, 40.6	111.3, -66.1, 36.0	87.4, 5.1, -71.6	125.0, -1.3, -18.5

註：CIE Lab：L表示顏色的明度，a表示顏色的綠、紅值，b表示顏色的藍、黃值。L單位為燭光。環境背景色彩除實驗二「夜間環境」為：2.5, 1.3, -3.7，其餘為125.0, -1.3, -18。

2.7 實驗光源及色彩

本研究之實驗於受控制的環境中進行，環境光源亮度為345 lux，實驗中所選用之LED色彩，主要是以高速公路局中所定義的VMS LED標準色彩為主（高速公路局，2006），而高速公路局未定義的LED色彩，則參照LED論壇所定義之LED色彩，並將其色彩波長值轉為RGB值，再由電腦軟體中繪製模擬，如表4所示，而在螢幕中所顯色之CIE Lab值請參照表5。

2.8 實驗情境與程序

本實驗情境如圖5所示，受測者的下巴以托架固定並與螢幕保持6m距離。本實驗流程如圖6所示，其程序如下：1. 受測者先通過視力檢測後接受測驗；2. 圖片由小至大依序播放，字高從10mm至50mm；3. 每張畫面播放時間限制為5秒，若確認文字內容正確無誤則完成該項實驗，但若未能在限定時間內決定，則直接進入下一個畫面；4. 記錄受測者最小文字視認高度（即最小視認角度），之後轉換為視角弧度以作為比對。

本實驗在實驗過程中採以口語解說方式（Verbally Explain），來確認使用者對於該標誌是否正確視認。至於訊息內容的視認角度，是針對能否清楚視認標誌文字的最小程度，即最小絕對閾值，而非針對文字內容的理解程度。

而為消弭實驗先後順序所造成的學習效應，實驗過程分別將實驗一至實驗五畫面採隨機播放，供受測者視認。所有受測者須經受測兩次實驗，最終取其兩次實驗之平均值做為比對，其視角單位為度。

2.9 VMS理想視認距離之換算

本研究藉由可視認距離的計算，了解在不同環境條件下的各種字體彩，是否達到理想的視認距離。其VMS理想的視認距離公式（陳澤澎，陳金源，1993），如圖7所示，可視距離 $D_v = D_d + D_r$ ，其中 D_d 為消失距離， D_r 為閱讀距離， V 為汽車時速， t 為閱讀資訊所需時間，單位為秒。至於消失距離 $D_d = h + h_d - h_e / \tan \alpha$ ，其中 h_e 為駕駛人眼高度約1.2m， h_d 為顯示幕高度約1.2m， h 為顯示幕離地高度約6m， α 為駕

駛者在車內可觀看之最大仰角約 7° ，所得消失距離約為 $D_d = 48.87m$ 。而閱讀距離 $D_r = V \times t / 3.6$ ，以現有高速公路VMS看板為上下兩行8+8共16個字，透過內插法計算，其閱讀時間2.05秒。若以時速100km來推算其閱讀距離56.9m，其視認距離105.8m；若時速為110km，其視認距離為111.51m。

2.10 視角與視認距離之換算

本研究所量測的文字高度，經由三角函數計算，可得視角之角度，其公式整理如下：

視角 = 字高mm / (2 x π x 受測距離6000mm) x 360度，單位為度，視角愈小，表視認效果愈好。

至於視認距離的計算公式如下：

受測者視認文字高度 (PH) / 受測距離6000mm (TD)
= 現有VMS高度1.2m (SH) / 視認距離(RD)

由此推算出視認距離 $RD = TD \times SH / PH$

2.11 建議提前安置距離與標誌尺寸

本研究以通用設計為觀點，針對高齡受測者在不同速限下何者文字色彩未能達到理想的視認距離來進行探討，而提出提前安置標誌距離之建議，藉由將現有的標誌位置提前安置，以符合達到理想視距，如圖8所示。

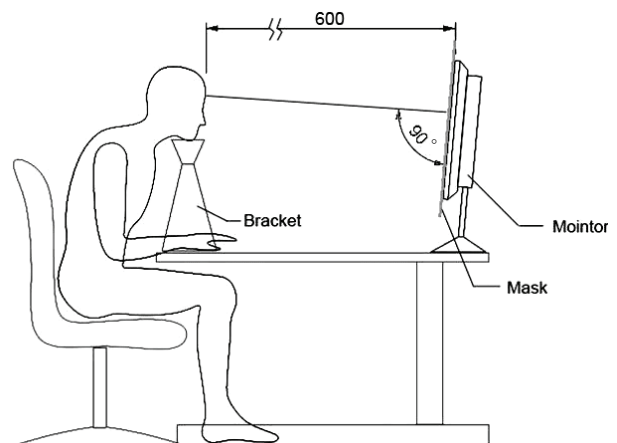


圖5 實驗情境模擬圖 (cm)



III. 結果與分析

3.1 各因子間交互作用之探討

本研究採三因子混合設計變異數分析 (Three-way Mixed Design ANOVA)，探討各因子間的交互作用，其因子分別為：年齡因子 (A)、顏色因子 (B) 和環境因子 (C)，採 $2 \times 5 \times 5$ 三因子設計，測試各因子之間的交互作用關係，根據統計結果顯示，如表6所示，在三因子間的交互作用上，年齡 (A) x 環境 (B) x 文字色彩 (C) 三者存在顯著的差異性，其 $F(16,1460)=11.131, p=0.000 < 0.05$ 。

再繼續探討兩因子間的交互作用，其相互關係如下：年齡 (A) x 環境 (B) 兩因子存在著顯著性差異，其 $F(4,365)=7.31, p=0.000 < 0.05$ ，可見兩族群的視認特性會受到環境條件的不同而有所影響。而年齡 (A) x 文字色彩 (C) 兩因子同樣存在著差異性，其 $F(4,1460)=52.16, p=0.000 < 0.05$ ，這也代表著不同的文字色彩會影響到兩族群的視認性。另外環境 (B) x 文字色彩 (C) 兩因子存在著差異性，其 $F(16,1460)=104.3, p=0.000 < 0.05$ ，這代表著不同的環境條件會影響到文字色彩的視認性。

至於個別因子方面：年齡因子 (A)，其 $F(1,365)=578.25, p=0.000 < 0.05$ ，已達顯著差異，可見年輕及高齡受測者，對於LED文字色彩的視認上是有顯著性的差異。至於環境因子 (B)，其 $F(4,365)=65.41, p=0.000 < 0.05$ ，呈現顯著性差異，再透過該因子單純主要效果考驗，各水準均呈現顯著差異性，由此可見，不同環境條件之間的視認性是存在著差異性的。另外，色彩因子 (C)，其 $F(4,1460)=585.61, p=0.000 < 0.05$ ，已達到顯著水準，再透過該因子單純主要效果考驗，各水準均呈現顯著差異性，由此可見，不同的文字色彩間是存在視認差異性的。

3.2 不同文字色彩在各種環境中之視認角度探討

經由上述統計得知年齡、環境、文字色彩三因子間存在著顯著差異性，再透過事後比較，比對不同的LED色彩在不

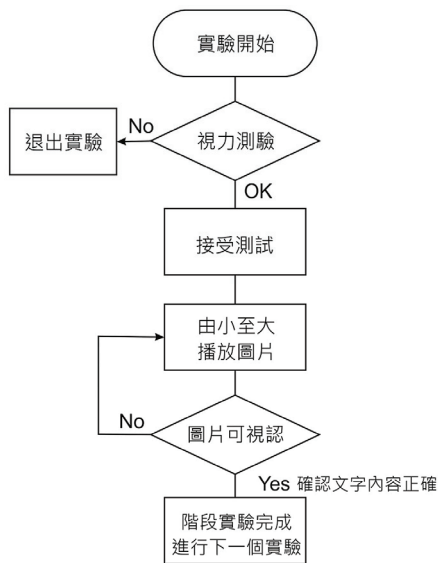


圖6 實驗流程圖

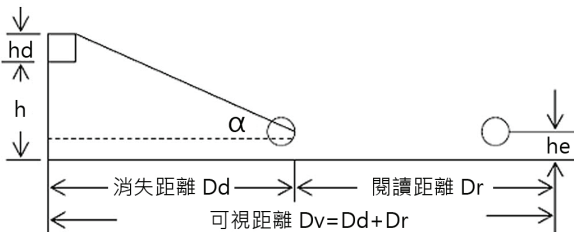


圖7 VMS理想視認距離 (陳澤澎, 陳金源, 1993)

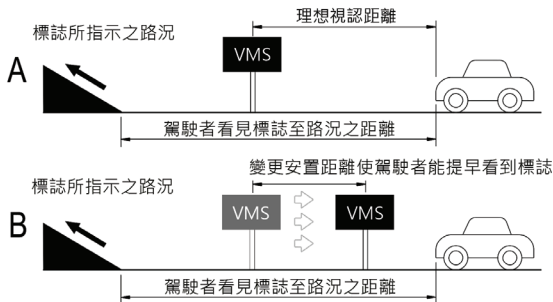


圖8 標誌提前安置距離說明圖

表6 年齡、環境、文字色彩三因子變異數分析摘要表

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
年齡 (A)	7.727	1	7.727	578.25	***
環境 (B)	3.496	4	.874	65.41	***
色彩 (C)	1.844	4	.461	585.611	***
A x B	.391	4	.098	7.31	***
A x C	.164	4	.041	52.160	***
B x C	1.314	16	.082	104.308	***
A x B x C	.140	16	.009	11.131	***
誤差					
受試者間	4.877	365	.013		
受試者內	1.149	1460	.001		

*** p < 0.001

表7 不同年齡受測者在不同的環境下視認不同顏色LED文字之視認角度

年齡	環境	顏色	平均數	標準差	CIE L 值	年齡	環境	顏色	平均數	標準差	CIE L 值
年輕人	實驗一 日照 條件	紅色	0.199	0.040	36.4	高齡者	實驗一 日照 條件	紅色	0.338	0.082	36.4
		橙色	0.178	0.038	50.7			橙色	0.292	0.078	50.7
		黃色	0.151	0.042	59.4			黃色	0.264	0.088	59.4
		綠色	0.172	0.045	51.3			綠色	0.287	0.081	51.3
		藍色	0.287	0.065	23.2			藍色	0.478	0.126	23.2
	實驗二 夜間 條件	紅色	0.110	0.023	36.4		實驗二 夜間 條件	紅色	0.222	0.075	36.4
		橙色	0.104	0.021	50.7			橙色	0.198	0.074	50.7
		黃色	0.094	0.020	59.4			黃色	0.181	0.063	59.4
		綠色	0.107	0.019	51.3			綠色	0.189	0.069	51.3
		藍色	0.158	0.038	23.2			藍色	0.284	0.085	23.2
	實驗三 霧氣 條件	紅色	0.196	0.043	101.4		實驗三 霧氣 條件	紅色	0.397	0.099	101.4
		橙色	0.163	0.032	107.4			橙色	0.344	0.094	107.4
		黃色	0.145	0.033	108.0			黃色	0.301	0.075	108.0
		綠色	0.168	0.046	107.6			綠色	0.338	0.094	107.6
		藍色	0.236	0.056	100.8			藍色	0.481	0.141	100.8
	實驗四 黃昏 條件	紅色	0.166	0.033	77.7		實驗四 黃昏 條件	紅色	0.320	0.079	77.7
		橙色	0.145	0.029	91.6			橙色	0.261	0.063	91.6
		黃色	0.136	0.038	95.7			黃色	0.246	0.061	95.7
		綠色	0.146	0.032	90.9			綠色	0.261	0.059	90.9
		藍色	0.212	0.046	77.7			藍色	0.414	0.124	77.7
實驗五 白色 背景	紅色	0.101	0.012	110.4	實驗五 白色 背景	紅色	0.199	0.060	110.4		
	橙色	0.117	0.024	111.3		橙色	0.240	0.076	111.3		
	黃色	0.140	0.038	87.4		黃色	0.283	0.088	87.4		
	綠色	0.120	0.020	117.9		綠色	0.236	0.080	117.9		
	藍色	0.102	0.013	95.2		藍色	0.202	0.071	95.2		

註：1. 單位：(視角：度)，(L值：燭光)。2. 文字背景亮度：實驗一、二為2.5燭光，實驗三、四為66.4燭光，實驗五為125燭光。3. 螢幕背景亮度：實驗一、三、四、五為125燭光，實驗二為2.5燭光。4. 環境光源亮度：345 lux。

同的環境下對於高齡受測者的視認角度，如表7所示，在日照環境條件對年輕受測者而言，其視認角度由小至大依序為黃色0.151度、綠色、橙色、紅色及藍色0.287度。對高齡者而言，依序為黃色0.264度，其次為綠色、橙色、紅色及藍色0.478度。

在實驗二的夜間環境中，其排序為黃色0.094度，其次為橙色、綠色，紅色，而以藍色0.158度最差。對高齡者而言，其排序為黃色0.181度、綠色、橙色、紅色，而最差亦為藍色0.284度。

另外，實驗三在受霧氣干擾的條件下，對年輕受測者而言，黃色的視認角度依然最佳為0.149度，其次依序為橙色、綠色、紅色，最差為藍色0.242度。對高齡者而言，黃色的視認角度最佳為0.301度，其次為綠色、橙色、紅色，而最差為藍色0.481度，整體的排序和年輕受測者並無太大的差異，僅橙色及綠色的順位不同。

實驗四於黃昏的環境中，對年輕受測者而言，視認值依序為黃色0.136度、橙色、綠色、紅色，最差為藍色0.212度。對高齡受測者而言，同樣黃色為第一位為0.246度，其次為綠色、橙色、紅色、最差為藍色0.414度。

最後，在實驗五文字於白色的VMS背景中，對年輕受測者而言，其視認值依序為紅色0.101度、藍色的0.102度，其次為橙色、綠色，最差為黃色0.140度。對高齡受測者而言，其排序為紅色0.199度、藍色、綠色、橙色、黃色0.283度。

IV. 討 論

4.1 文字色彩於不同環境之視認差異性比較

根據統計結果顯示，在實驗一日照的視認角度上，對年輕受測者而言，黃色LED文字在此環境中的視認角度最佳，其主要的因素是因為黃色與黑色的配色是屬於高對比和高醒目性的配色彩色，經由色度計測試，黃色與黑色背景明度對比達23.8:1，因此造成較佳的視認效果，而目前現有的VMS看板幾乎以紅色為標準色彩，在實驗中紅色的亮度值僅位居第四位，與背景之明度對比為14.6:1，而藍色的視認角度最差僅9.28:1，也是本項實驗中明暗對比最低的。而對高齡者而言，其排序和年輕受測者一致，同樣為黃色最佳，藍色最差，其次為紅色。

在實驗二夜間環境的視認角度上，年輕受測者所測得排序結果和實驗一相近，同樣是黃色0.094度的視認角度最佳，



橙色、綠色其次，藍色依舊是視認角度最差的色彩。而對高齡者而言，以黃色和綠色的視認角度最佳，藍色最差，這和年輕受測者的統計結果相近。而日照的視認角度的整體平均值為0.197度，夜間整體平均值0.115度，兩者的比值為1.7，由此可見以黑色背景的VMS看板在夜間是較具有視認上的優勢。

實驗三在受霧氣干擾的條件下，對年輕受測者而言，依舊是黃色的視認角度最佳，藍色最差，其次為紅色，而黃色的視認角度約為藍色1.6倍，此結果相近於藤田晃弘 (2002) 「模擬霧環境下でのLED視認性」的研究，其實驗結果若和本實驗中具交集的色彩如黃色、綠色、紅色、藍色項目作為比對，在本實驗中黃色LED文字的視認角度和藤田的實驗中黃色色光的穿透率，均為第一位，其中紅色及藍色均同屬視認角度不佳及穿透率差的色彩，由此可見，視認度和穿透性似乎有某些程度的關聯性。

實驗四在受2500k色溫影響的環境中對年輕受測者的排列順位和實驗一並無明顯差異之處，同樣以黃色最佳，藍色最差。對於高齡者，黃色、橙色、綠色均為視認角度最佳的色彩，由此可見，兩受測族群的視認特性幾乎一致，其視認雖受色溫所產生演色效應的影響，但主要還是受到明度對比所影響，因此，在排序上和實驗一至三比較並無明顯不同。

針對環境及文字色彩兩因子的事後比較，如圖9所示，日照、夜間、霧氣、黃昏四種環境中以藍色文字的視認角度最差，黃色最佳，而在白色文字背景中則以藍色最佳，黃色最差。

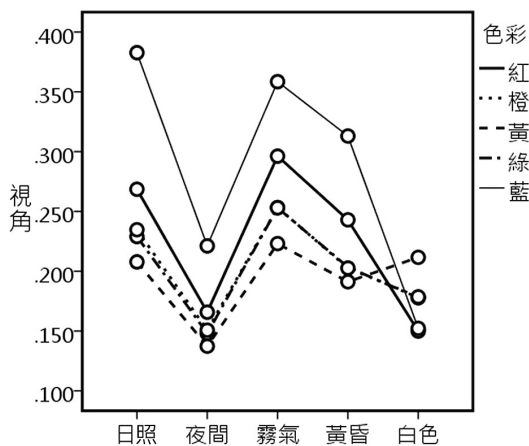


圖9 不同LED色彩在不同環境下之視角對應圖

此排序順位和各色彩實測的亮度排序順位一致，由可見LED文字色彩和背景色彩的對比越高，其視認度越佳。在實驗五文字於白色的VMS背景中，因為背景更換為白色，

兩族群在視認性的特性上和前四個實驗有極大差異性，請參考圖9，在排序上幾乎相反，以藍色、紅色的視認角度最低，而黃色卻居於最末位。年輕受測者在本實驗五的總平均值0.116度高於實驗一黑色VMS背景的0.197度，而VMS白色文字背景和黑色文字背景的比值為0.59，高齡者的比值則為0.7，以現行高速公路日照的VMS看板設計，若是能將黑色背景改為白色背景應可提升現有的視認角度至1.55倍。然而現有VMS文字背景為黑色，若改為白色背景仍須考量現實之因素。倘若從通用設計的角度，應考量達到高齡者的最低安全視距，如此亦涵蓋年輕的使用族群，至於高齡受測者於不同環境下建議採用之字體色彩，如表8所示。

表8 高齡受測者於不同環境下建議採用之字體

環境條件	建議採用色彩	避免採用色彩
日照環境條件	黃色、綠色	藍色
夜間環境條件	黃色、綠色、橙色	藍色
霧氣干擾條件	黃色	藍色
黃昏環境條件	黃色、綠色、橙色	藍色
白色文字背景	紅色、綠色、藍色	黃色

4.2 年輕與高齡受測者之視認能力差異性

倘若比較五個不同環境實驗中，年輕受測者和高齡受測者在整體平均視認角度之差異，請參考圖10所示，從實驗一到實驗五分別為0.197、0.115、0.182、0.161、0.116，五個實驗平均視認角度值為0.154，而高齡者的平均視認角度為0.29，由此可見高齡者的視認能力約僅為年輕受測者的1/2。對高齡者而言，須將標誌高度從現有的1.2m增加至2.3m或將現有標誌位置提前設置，才能達到年輕受測者的視認水準。另外，針對年齡與環境兩因子的事後比較，請參考圖10，年輕受測者在日照環境的視認角度最差，對於高齡受測者，則霧氣環境最差。對兩受測族群而言，在夜間條件的視認角度最佳，而霧氣和日照的環境均不利於視認。

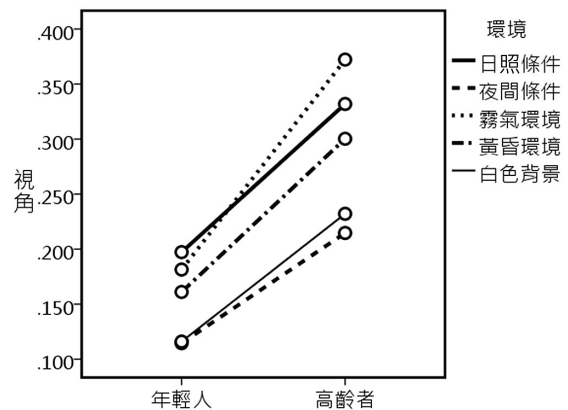


圖10 年輕及高齡者在不同環境下之視認角度比較圖

關於年輕人和高齡者兩者對於不同文字色彩的視認能力的探討(不含實驗五)，根據年齡與文字色彩兩因子的事後比較，如圖11所示，經估計邊緣平均數，以藍色文字色彩最不利於兩族群的視認，其次為紅色，兩者對於綠色及橙色的視認角度則趨近於一致。

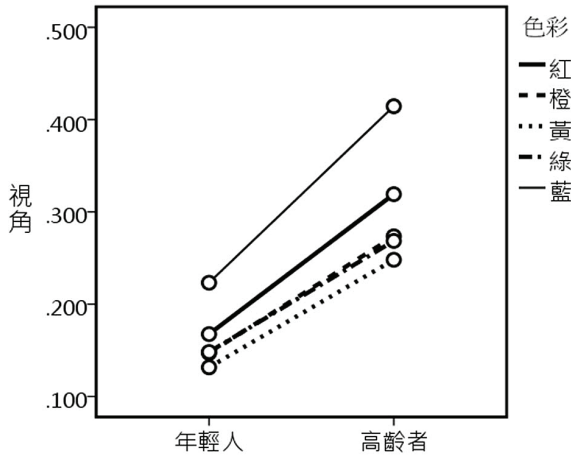


圖11 年輕及高齡者於不同LED色彩下之視認角度比較圖

另外，高齡者和年輕受測者在不同環境條件中對於不同的文字色彩的視認特性，從圖12及圖13可看出，兩族群的視認能力雖有差異，但視認特性幾乎一致，如在夜間環境及白色的文字背景下視認能力較佳，及在各種環境中以黃色文字色彩的視認性最佳，藍色最差。

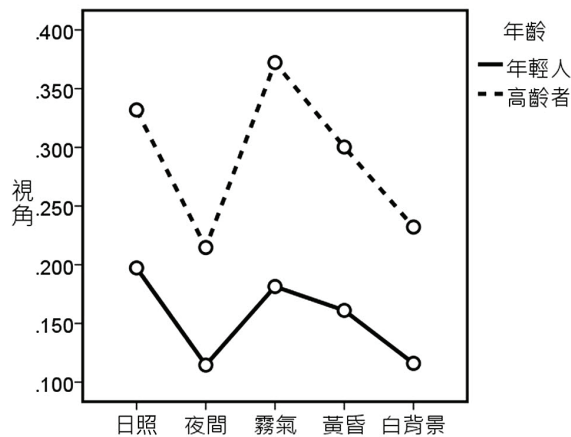


圖12 年輕及高齡者於不同環境條件下之視認能力比較圖

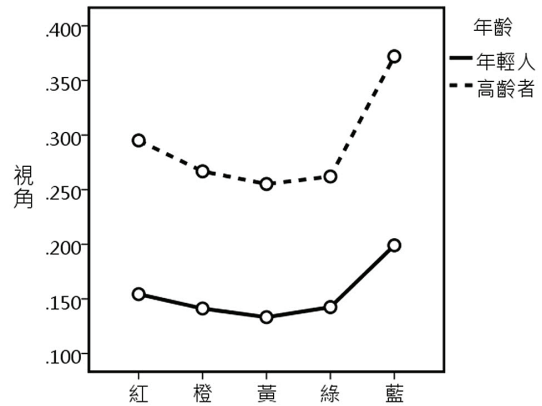


圖13 年輕及高齡者於不同LED文字色彩之視認能力比較圖(不含實驗五)

4.3 VMS理想的可视距離之探討

從VMS理想的可视距離公式可換算出，若時速為100km，其視認距離為105.8m；若時速為110km，其視認距離為111.5m。轉換現有50個實驗水準(5種環境X 5種色彩X 2種族群)的視認值為可视距離，可發現對年輕受測者而言，在時速100km的車速下，年輕受測者在各種實驗中均可達到基本的理想視距，但對高齡者而言則有部分未達標準，其量測結果與理想視距的差距，如表9所示，分別為：實驗一的藍色79.1m，實驗三的紅色90.1m、橙色103 m、藍色105m，實驗四的藍色86.4m，但若以時速為110km為基準，除上述幾項未達標準外，尚有實驗一的紅色110.1m，實驗三的綠色105m。這其中在實驗三的起霧條件有四項未達標準。因此，VMS設置在多霧的環境中，應考量提醒高齡者降低行車速度，以避免交通意外發生。

從各種環境的平均視認距離看來，如表10所示，夜間環境的平均視認角度最佳，依序為夜間白色文字背景、黃昏環境、日照環境條件，至於霧氣干擾條件的視認角度最差，因此在霧氣干擾環境的條件應該仔細考量VMS的設置距離，若從通用設計的角度考量高齡者的最低視認距離，即在時速100 km/hr安全距離為105.8m時，以視認最差的霧氣環境中的藍色LED為基準，應該考慮將VMS看板提前設置為31.8m，或將增加標誌高度尺寸至1.68m，若時速為110 km/hr 時則需提前設置為37.8m，或將增加標誌高度尺寸至1.81m，以符合最低的視認水準。

表9 VMS文字色彩在不同車速下未達安全視距之距離 (m)

實驗名稱	時速	紅色	橙色	黃色	綠色	藍色
日照條件	100 km/hr	—	—	—	—	26.8
	110 km/hr	1.5	—	—	—	32.5
霧氣條件	100 km/hr	15.8	2.8	—	0.8	31.8
	110 km/hr	21.5	8.5	—	6.5	37.5
黃昏環境	100 km/hr	—	—	—	—	19.8
	110 km/hr	—	—	—	—	25.5



表10 VMS於各種環境的平均視認距離 (m)

名次	環境條件	平均視距
1	夜間環境條件	182
2	白色文字背景	156
3	黃昏環境條件	123
4	日照環境條件	118
5	霧氣干擾條件	98

V. 結論與建議

5.1 結論

黃色的LED文字在各個實驗中均有不錯的視認性，除白色文字背景實驗外，可謂視認最佳的色彩。相對於視認不佳的藍色LED文字，除了白色文字背景的條件外，應該避免使用在其他環境中使用。而VMS看板若以白色為文字背景，其平均視認角度高於黑色文字背景1.7倍，意即在白天的環境之下，VMS看板可考慮以白色背景呈現LED文字，其視認效果將高於現有的黑色背景。除白色文字背景的實驗外，有關視認角度的排序，由高至低依序為黃色、橙色、綠色、紅色、藍色，此排序亦等同為各色彩明度值的大小排序，可見其視認角度和明度對比有關聯，亦即文字和背景的對比越大，其視認角度越高，而目前高速公路所常見VMS紅色LED文字色彩其視認角度在日照環境、夜間環境、霧氣環境、黃昏環境的實驗中均不理想，僅位居第四位，因此必須重新考量採用視認角度較佳的黃色色彩，倘若必須延用現有紅色文字色彩，則必須提升其明度，以增加與背景之對比性，而提升其視認度。

而在日照視認角度的整體平均值和夜間的比值為1.7，因此，VMS看板在夜間的視認上較具優勢。在五種實驗中，以霧氣的環境視認角度最差。若從通用設計的觀點，應顧及高齡者的視認能力，在時速為100 km/hr下，可考量看板提前設置為31.8m或將標誌增大為1.7m，若時速為110 km/hr時，則需提前設置為37.8m，或將標誌增大為1.8m，以符合最低的視認水準。

高齡受測者和年輕受測者的視認值比值為0.52，兩者差距近1/2倍，可見高齡者的視認能力是遠低於年輕受測者。對高齡者而言，須將標誌高度從現有的1.2m增加至2.3m或將現有標誌位置提前設置於126m才能達到年輕受測者的視認水準。

對高齡者而言，在起霧環境中的視認性最差，至於受日照的環境對於兩族群而言均不利於視認。在各種測試環境中，高齡受測者有多項測試未能達到VMS理想視認距離，尤其在霧氣的環境中就有四項未達標準最為嚴重，因此需針對霧氣的環境中，考量增大VMS的字體尺寸。

5.2 建議

目前現有的VMS看板已可呈現多樣的色彩。建議在VMS設備上設置感應器，以偵測各種不同環境條件，並自動選擇適合該環境的文字色彩，以取代現有單一色彩的呈現方式。

針對高齡和年輕受測者懸殊的視認性差異，及高齡者部分實驗項目未達安全視距標準，因此交通部及相關單位應該加以重視，尤其交通部目前並未嚴格規範高齡者上路，基於高齡者的駕駛安全，除建議高齡者駕駛須降低車速外，政府須重新審視高齡者的駕駛能力問題。

本研究旨在模擬不同環境中各種文字色彩的視認性，至於不同環境間之比較，變數頗多，如黃昏色溫的高低及霧氣的濃度等等因素，均影響不同環境條件的視認結果。

本研究之實驗均在實驗室中模擬，難以掌控實際環境中之變數，如粉塵、煙霧、震動、擋風玻璃的折射與清潔等干擾因素，另外，尚包含在自然環境中色光的顯色方式和螢幕以RGB混色方式(並置混合)的顯色的差異，以及螢幕和LED顯色的方式存在著差異等，但因本研究採比對為基準，如比對相同環境中不同色彩間之視認差異，以比較年輕人與高齡者之視認差異性，因此，有其參考價值。

誌 謝

感謝沈明勳及廖惠民兩位研究助理，協助完成本研究相關工作。

參考文獻

- 朱祖祥，曹立人，1994，目標-背景色的配合對彩色 CRT 顯示工效的影響，中國心理學報，26 (2)，頁128-134。
- 李傳房，2005，高齡者對PDA彩色文字之視認度研究，設計學報，10 (2)，頁1-12。
- 高速公路局，2006，資訊顯示系統—第16612章，高速公路局北區交控中心，頁11。
- 陳明德，1997，螢幕文字、背景色彩組合與相關作業特性對視覺績效與視覺疲勞影響之研究，台灣科技大學管理技術研究所博士論文。
- 陳澤澎，陳金源，1993，發光二極體室外顯示幕可信賴度研究，交通部國道新建工程局研究報告。
- 詹凱翔，2011，「用路人可變訊息標誌之視認性研究」，大同大學工業設計研究所碩士論文。
- 藤田晃弘，2002，模擬霧環境下でのLED視認性研究，日本人間工学会，37，特別号。
- 嚴國端，2004，高速公路用路人對可變訊息標誌之反應研究，勤益技術學院生產系統工程與管理研究所碩士論文。
- Berns, R. S., 2000, Billmeyer and Saltzman's Principles of

- Color Technology, 3rd edition, New York, Wiley, ISBN 0-471-19459-X.
- Bohua, L., Lishan, S., and Jian, R., 2011, Driver's Visual Cognition Behaviors of Traffic Signs Based on Eye Movement Parameters, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol. 11, 4, pp. 22-27.
- Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N., Czaja, S. J., and Sharit, J., 2004, *Designing for older adults, principles and creative human factors approaches*, CRC press.
- Kline, D. W., and Scialfa, C. T., 1996, Sensory and perceptual functioning: basic research and human factors implications, in: Fisk, A. D., Rogers, W. A. (Eds.), *Handbook of Human Factors and the Older Adult*, Academic.
- Kline, T. J. B., Ghali, L. M., Kline, D. W., and Brown, S., 1990, Visibility distance of highway signs among young.
- Mark, H., Kaarin, J., Christopher, H., Joanne, M., and Nancy, A., 2011, Older drivers' insight into their hazard perception ability, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 2121-2127.
- Okajima, K., Yamashita, K., Takamura, Y., Watanabe, K., and Tsuchiya, N., 2002, Color Perception of the Elderly: Experiments and Simulations, *Proceedings of the International Conference for Universal Design in Japan*, pp. 238-244.
- Sanders, M. S., and McCormick, E. J., 1992, *Human Factors in Engineering and Design*, 7th Ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Shinar, D., and Drory A., 1983, Sign registration in daytime and nighttime driving, *Human Factors*, Vol. 25, pp. 117-122.
- Sivak, M., Olson, P., and Pastalan, L., 1981, Effect of driver's age on nighttime legibility of highway signs, *Human Factors*, Vol. 23, pp. 59-64.
- Snyder, H. L., 1988, Image quality, In: Helander, M. (Ed.), *Handbook of human-computer interaction*, Elsevier science publishers, Amsterdam, pp. 437-474.
- Werner, J. S., and Steele, V. G., 1988, Sensitivity of human foveal color mechanisms through our the life span, *Journal of the optical of America A*, Vol. 5, pp. 2122-2130.

Received 6 June 2013
Revised 24 September 2013
Accepted 17 October 2013



THE STUDY ON DRIVERS' RECOGNITION OF VMS UNDER VARIOUS ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Yu-Hsing Chuang*, Chang-Franw Lee** and Min-Jho Young*

*Department of Industrial Design
Da-Yeh University
Dacun, Changhua, Taiwan, 51591, R. O. C.

**Graduate School of Design,
National Yunlin University of Science and Technology
Douliu, Yunlin, Taiwan 64002, R. O. C.

ABSTRACT

VMS (Variable Message System) with LED as the light source has been widely used on highways throughout Taiwan. This research intended to investigate if the drivers could recognize the information displayed on the VMS under various environmental conditions, such as sunset as well as fog, etc. and with various design parameters, such as font colors as well as background colors. Lab simulation was conducted. The results show that yellow font on black background can be best recognized by both young and elderly participants, and blue is the worst, red is just better than blue. When background is white, blue is the best, and yellow was the worst. Recognition was affected by contrast and brightness. In all experiments, significant differences exist between young and elderly groups in recognizing VMS. The size of the information needed to be well recognized by the elderly is nearly double that for the young subjects. The white background is better than the black one, and the recognition in the nighttime is better than during the daytime. From the viewpoint of Universal Design, the sign sizes must be enlarged from 1.2 m to 1.8 m or the sign must be installed 37.8m farther away from the location the sign indicates.

Keywords : Elderly, VMS (Variable Message System), Recognition, Font