

可變反光標記對交通安全之風險分析

黃燦煌 Tsan-Huang Huang¹
高聖龍 Sheng-Long Kao²
楊智傑 Chih-Chieh Yang³

摘 要

隨著經濟的發展，全台機動車輛的登記數量在 2013 年已經高達兩千多萬台，加上國人國內旅遊意識抬頭，使得道路的使用已經不只侷限於當地居民，可變反光標記融合了方向性及指示車道的功能，凸體設計又有警示之效果，但相對而言，在可視距離、設置位置、天候影響等因素下，對駕駛人的安全性的影響層面，確實需要更廣泛的探討，因此本研究針對所設計之可變反光標記進行相關交通安全影響風險因子進行分析，並進行相關測試與文獻分析，以利將可變反光標記之效果發揮到最大，同時將可能影響交通安全之風險降至最低程度。

關鍵字：可變反光標記、交通安全、風險分析

一、緣 起

受到科技進步的影響，人類的運輸方式有著極大的改變，從以往的步行獸類代步，到現代的車子，但是也因為速度的加快，而人的反應卻無法跟上，導致許多事故的發生，為了預防這種情況，政府與民間開發了許多提供駕駛者導引，禁止，警告等交通產品，以避免危險的發生。但是人因造成的事故，往往是最難被防止及克服，所以我們只能從設置方式，位置，以及設施本身下去做審慎的評估和考量。其中反光標記之應用，主要的目的是使用者能在天候不佳或光線不足的情況之下，能夠獲得關於道路的資訊。然而話雖如此，駕駛者藉由反光標記能夠獲得的資訊仍然太少，若是對於道路不熟悉之駕駛者，可能會有誤闖車道等事故的發生，所以本研究研擬設計可變反光標記，也就是反光標記上增加了可變燈光，不僅提供了關於駕駛者車道資訊，更包含了方向的成分，甚至可以因應道路施工，而提早讓用路人知道車道是否可以通行，以避免事故重演。但是台灣機車比例甚高，很容易在下雨天的時候因為壓到反光標記導致重心不穩，且車子則容易受到反光標記損壞後造成碎片引起車輛爆胎之危險，所以必須要針對反光標記的製作，選擇影響層面最小的方法。但因反光標記之研究在國內的數量不多，所以希望藉由探討新的反光標記之設計，並從其風險與現有反光標記之風險作比較分析。

¹ 國立臺灣海洋大學運輸科學系暨研究所助理教授。(聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路二號，電話：02-24622192 轉 7030，E-mail：tony@mail.ntou.edu.tw)。

² 國立臺灣海洋大學運輸科學系暨研究所助理教授。

³ 國立臺灣海洋大學運輸科學系研究生。

二、文獻回顧

張悟非(1992)將資訊的接收方式可分為文字，圖像，符號這三種，其中只有文字具有溝通之能力，但是可以利用有效的設計來突破其他兩種的缺點。利用更簡單的方式傳達訊息。吳彥勳(2009)探討整合圖形和文字可變標誌與駕駛人之反應時間，當路徑顯示為單純的顏色，可以效的減少駕駛者的反應時間。張經本(2005)於論文中提到人類視野與速度息息相關，尤其是速度越快的時候，其視野能見的廣角將大幅度的減少。林立農(2000)提到關於資訊背景越簡單，越是減少駕駛人花費之觀看並了解的時間，而對於交通標誌熟悉的駕駛，所需搜索的時間將會大幅度的減少。Parviainen et al.(1998)研究指出，駕駛者的視線若是離開道路超過 2 秒以上會有安全上之疑慮。Bahise et al.(1986)研究中指出駕駛會多次觀看指標或告示，以減少一次看清楚所花費的時間。而在 Zwahlen et al.(1988)卻提出了觀看資訊的次數若是過多，會影響到駕駛者的行車安全。林豐福 et al.(2002)於研究中指出設施的設計以及工程，皆應以人作為出發點，尤其是對於駕駛行為有重大之影響的視覺以及聽覺，其中以視覺方面由於光譜之關係人眼對於黃色較為敏感。

Hammond et al.(2001)提到反光標記的設置的間距會與駕駛者於彎道過彎時，跨越對向車道的程度成反比。由此可見，反光標記的設立的確可以在白天的時候減少跨越向車道之行為。但王愛禎(2006)認為反光標記產生的光線，能夠使駕駛者更容易辨識道標線的位置，可是從駕駛者心理層面下去考量，反光標記容易使駕駛者偏向反光標記行駛，或預期對向車道不會有跨越之行為，因此可能造成對撞事故的發生。

林壯宇(2013)針對反光標記對安全之影響進行研究，比較了現今在台灣使用的反光標記，並且針對了反光標記之人因性作問卷分析，得到了重要順序為標記受損遺留之殘骸，標記之高度，標記給予駕駛者視覺之壓力，標記反光之角度，標記寬度五項指標。

徐耀賜等人.(2012)提出強化玻璃（俗稱:貓眼）反光標記是利用光線聚集以及反射，達到使駕駛者能夠清楚辨識，而強化玻璃路面標記亦可結合太陽能，LED 等應用。反光標記受到車子高速輾壓後有可能造成破損或者脫落的情況，鋼化玻璃可承受壓力較大，並且在破碎時呈顯粉狀，可對車體造成之損傷降至最低。同文中提到關於有些地方反光標記的高度太高，容易造成機車或者汽車之事故。伍國卿(2003)認為當輪胎與路面接觸產生之摩擦力較小，而速度較快之時，容易造成打滑之危險。而其中輪胎之摩擦力來自於輪胎與地面之接觸範圍，加上輪胎為橡膠所製，所以壓到物體後會改變型態，當通過物體後這些改變都將會恢復原本之型態。交通運輸研究所(1997)反光標記與車燈可是偏角之關係報告提到。反光標記可視之範圍並不用需要太長，其目的在於提供駕駛者方向與車道之資訊。蕭耀榮(2010)於機車頭燈照明法規之研究中提到，機車發生事故有很大的比例與機車頭燈之照明有關，但以台灣照明之法規與國外比較，稍顯不足。

陳令昀(2010)提及 LED 燈具有環保，持久，高效能等優勢，而且顏色又不易有偏移的情況，因此廣泛的被使用在交通號誌之中。Harald Hass(2014)

於商業期刊上宣布可見光通訊(Visible Light Communications, VLC)之研究，利用可見光傳達訊息已經突破了 10 公尺傳送之距離並且傳輸速度上看每秒 1Gbps，且使用的瓦數甚至只佔之前所花費的 5%。此成果無疑是世代的躍進，未來利用可見光應用於各個交通設施號誌不再只是科幻夢想而已。張騰霄等人於紅色的心理效應:現象與機制研究評述中提到，紅色不僅能夠誘發迴避生理機能以及注意力，於心理層面的關係更是受到各方面數據的支持。

綜和上述文獻回顧可以知道，反光標記在設計上仍存有改善的空間。

三、現有反光標記之風險

針對現有反光標記在交通安全上的主要風險，可以由王愛禎(2006)探討反光標記在車燈照射下反射產生的光線，能夠使駕駛者更容易辨識道標線的位置，可是從駕駛者心理層面下去考量，反光標記容易使駕駛者偏向反光標記行駛，或預期對向車道不會有跨越之行為，因此可能造成對撞事故的發生，因為駕駛者之預設心理導致對撞事故增加。徐耀賜等人(2012)分析提出現有光標記的高度太高，容易造成機車或者汽車之事故。伍國卿(2003)認為當輪胎與路面接觸產生之摩擦力較小，而速度較快之時，容易造成打滑之危險。而其中輪胎之摩擦力來自於輪胎與地面之接觸範圍:間接影響到車子與地面之摩擦面積，駕駛者通過之時的不適以及機車騎士因重心不穩而跌倒，而目前最常被使用的貓眼反光標記整體直徑高達 10 公分對於機車輪寬 13 公分，至於 125cc 以下則約為 10 公分來說，可能會造成危險。蕭耀榮(2010)對於於機車頭燈照明法規之研究中提到，機車發生事故有很大的比例與機車頭燈照明有關，因此目前現有之地面反光標記大部分用採用的是光線進行反射，對於車燈不亮的車輛或者是車頭燈不夠亮的機車騎士功效不大。

因此，本研究將主要針對反光標記之可視性與大小進行改善研究。

四、可變反光標記之設計

林立農(2000)提到關於資訊背景越簡單，越是減少駕駛人花費之觀看並了解的時間，而對於交通標誌熟悉的駕駛，所需搜索的時間將會大幅度的減少。Parviainen et al.(1998)研究指出，駕駛者的視線若是離開道路超過 2 秒以上會有安全上之疑慮。Zwahlen et al.(1988)卻提出了觀看資訊的次數若是過多，會影響到駕駛者的行車安全。張騰霄與韓布新(2013)於紅色的心理效應:現象與機制研究評述中提到，紅色不僅能夠誘發迴避生理機能以及注意力。所以將車道方向的因素融入到反光標記之中，可以減少對於道路不熟悉駕駛者需要花更多時間去搜索他想知道的資訊，而導致行車危險的產生，有鑑於目前反光標記造成駕駛者預設之心理，所導致對撞之事故，因為世界各地紅色燈號均設定為禁止的含意存在，所以此設計利用紅色燈號，作為提醒駕駛者誤入未經過允許之車道，一來不僅可以增加對駕駛者迴避的心理，加上又可以對道路不熟之駕駛達到提醒之作用，現有反光標記依照現有法之規定其

市區道路高度不得超過 2.5mm，但是對於寬度卻無限制，而伍國卿(2003)提出輪胎磨擦力與接觸地面有很大的關聯，所以對於寬度應該予以限制。

因此本研究將反光標記整體之寬度由目前貓眼反光標記 10 公分縮小至 9 公分，如圖 1 所示，並利用 LED 燈泡裝置在反光標記內部，經由內部反射光發亮來取代利用車燈光線反射，以確保汽機車燈光亮度不足或者角度無法照射之情況下仍可發揮其警示效果，也因採內部反射光發亮，可避免 LED 燈光對駕駛者眼睛進行直射，造成眼睛不適，而設計可分為四個區域，分別提供車道線兩側之車道資訊之內容如圖 2，為了避免個車道內的燈號進行干擾，所以在各號誌之間增加隔板加以區隔，使其燈號能夠各自獨立顯示，在外觀上為了使遠距離看見號誌時光線不會重疊，所以貼上了黑色膠條，同時未來在商業化設計時，此部分可以加裝太陽能光板，利用白天吸收的電力供標誌於夜晚使用。

基本上可以區分為三個模組，其中模組 I 為綠紅燈反光標記，基本設計方式如圖 3(a)所示，對於正確車行方向皆採綠燈指示，因此相對於違規逆向行車方向之駕駛人則須以紅色燈光作為警示之用；模組 II 則為紅黃燈反光標記，基本設計方式如圖 3(b)所示，以黃色燈光警示駕駛目前行駛車道為最內側車道，左側車道為對向車道，不可跨越，而另一端紅色燈光代表警示違規逆向行車方向之駕駛人，目前使用車道位置為錯誤的訊息；模組 III 則採綠白燈反光標記，基本設計方式如圖 3(c)所示，以白色燈光告知駕駛者跨越此標記右側為路肩，至於正確車行方向一樣採綠燈指示；至於三種模組的使用位置分別是模組 I 如圖 4(a)所示，當左右兩線車道皆為可通行的時候，使用模組一作為車道與車道之間之劃分界線，以避免柏油路面因下雨或者是路燈燈光不足的情況下，導致標線不明，造成駕駛者偏離目前行駛車道，造成碰撞之事故發生。模組 II 的使用位置如圖 4(b)所示，作為中央分隔順向或逆向兩車道，亦可作為臨時調撥車道等使用，基本概念為改良目前黃色反光標記並加入紅色燈光以提高警示之效果。模組 III 使用位置如圖 4(c)所示，可於道路最外側設置，用以區分道路和路肩的差異，以避免駕駛人偏離車道。

經由測試各種模組於天候，坡度及陽光影響的情況之下，測試可清晰辨識距離均可達到 15 公尺，測試結果如表 1 及表 2 所示。而依據王澤種(1993)與李素卿(2004)皆引用 USDA Forest, Serv, 1973 移動速度與視野關係圖如圖 5 其中表示在時數 40 的時候駕駛者之視覺能夠清楚辨識約 15 公尺，加上因為設計之時僅以交通運輸研究所(1997)反光標記與車燈可是偏角之關係報告提到，反光標記可視之範圍並不需要太長，其目的在於提供駕駛者方向與車道之資訊。但當未來商業化設計若能改善 LED 光線的強度，相信一定能提供能見度更遠的距離。



圖 1 可變反光標記高度與寬度示意圖

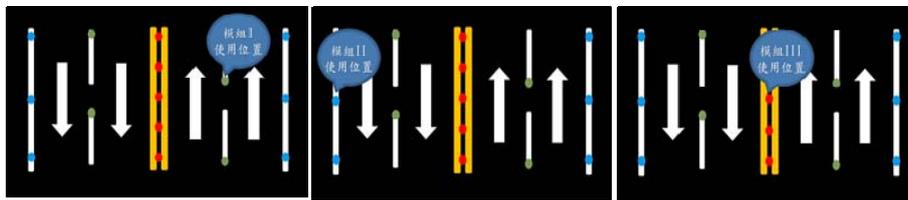


圖 2 可變反光標記之模型



(a) 模組 I 綠紅燈 (b) 模組 II 綠白燈 (c) 模組 III 黃紅燈

圖 3 可變反光標記設計實例



(a) 模組 I 使用位置 (b) 模組 II 使用位置 (c) 模組 III 使用位置

圖 4 各種可變反光標記使用位置

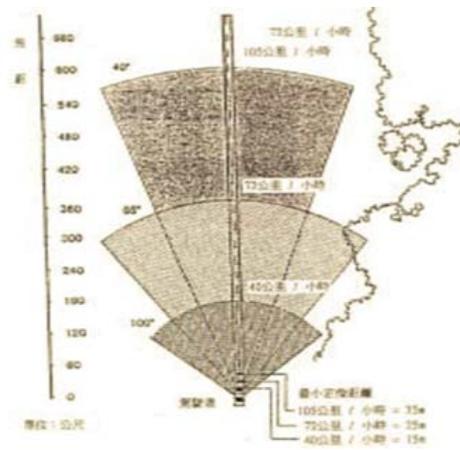


圖 5 速度與視野關係圖

資料來源 USDA Forest, Serv, 1973；王澤種，1993；李素，2004

表 1 可變反光標記設置於平面道路時，駕駛者能辨識之距離（單位公尺）

模組	天候	中午	下午	晚上
模組一(雙綠燈)	晴	15(20)	20(30)	25(45)
	雨	20(25)	20(25)	25(40)
	陰	20(30)	20(30)	25(45)
模組二(綠白燈)	晴	15(15)	20(25)	25(35)
	雨	20(20)	20(20)	25(30)
	陰	20(25)	20(30)	25(35)
模組三(紅黃燈)	晴	15(15)	20(25)	25(40)
	雨	20(20)	20(20)	25(35)
	陰	20(25)	20(30)	25(40)

表 2 可變反光標記於道路坡度約 10° 時，駕駛者能辨識之最遠距離（單位公尺）

模組	天候	中午	下午	晚上
模組一(雙綠燈)	晴	20(20)	25(40)	30(45)
	雨	25(30)	25(30)	30(40)
	陰	30(35)	30(35)	30(45)
模組二(綠白燈)	晴	15(15)	20(25)	25(40)
	雨	20(20)	25(30)	30(35)
	陰	20(25)	30(30)	30(40)
模組三(紅黃燈)	晴	15(15)	20(25)	25(40)
	雨	20(20)	25(30)	30(35)
	陰	25(30)	30(35)	30(45)

五、可變反光標記對交通安全之風險

本研究針對可變反光標記來改良現有貓眼反光標記之缺失，雖然可以改良不少目前的缺失，但是現階段仍會相對伴隨著其他的交通安全之風險產生，分別說明如下：

1. 可變號誌之電力問題：因為可變反光標記採用是 LED 燈泡來發光，當沒有電源供應時，仍應具有現有反光標記之反射燈光功能，才能避免引起交通安全之疑慮；至於電源之供給設計，若是做到由交控中心操控，將可以更靈活的應用於道路交通管制方面，甚至有可能未來結合 LI-FI 進行整合，利用光線可以傳遞交通資訊，更能雙向的傳達資訊，使交控中心更能有效掌控道路之情況。

2. 單價成本與維修之問題：若與交通號誌一樣由行控中心操控，雖說可以更有效的運用，可是相對的成本也會較高，因此可採用加裝太陽能光板利用白天吸收能量，於晚上發光使用，當沒有電源供應時，仍應具有現有反光

標記之反射燈光功能，才能避免引起交通安全之疑慮；另外當燈泡壞掉時，則更換時也需考量對交通影響最小的模組更換方式。

3.穩定性：可變反光標記必須能防止因為車輛長期輾壓造成的脫落，因此必須從設置基座來考量，除了可以減少因為輾壓造成脫落之交通安全危害，也可增進模組更換的可行性。

4.防滑性：可變反光標記必須能減少對機車騎士之危害，目前的寬度部分相對的以減少，可是能需加強可變反光標記之表面玻璃之防滑條紋設計，以增加機車輪胎在上面的抓地性，以減少交通安全之風險。

5.光源太多對駕駛者造成混亂：可以利用光的強弱進行調節，於適當距離才可以看見，以避免過多光源影響駕駛者視線。

六、結 論

可變反光標記雖說目前還沒有被使用，但是依照其特性，以及設計的理念可以得知大致上與現今之反光標記並無不同，但是本研究將反光標記整體之寬度由目前貓眼反光標記 10 公分縮小至 9 公分，並利用 LED 燈泡裝置在反光標記內部，經由內部反射光發亮來取代利用車燈光線反射，以確保汽機車燈光亮度不足或者角度無法照射之情況下仍可發揮其警示效果，而設計可分為四個區域，分別提供車道線兩側之車道資訊。

基本上可變反光標記設計可以區分為三個模組，其中模組 I 為綠紅燈反光標記，對於正確車行方向皆採綠燈指示，因此相對於違規逆向行車方向之駕駛人則須以紅色燈光作為警示之用；模組 II 則為紅黃燈反光標記，以黃色燈光警示駕駛目前行駛車道為最內側車道，左側車道為對向車道，不可跨越，而另一端紅色燈光代表警示違規逆向行車方向之駕駛人，目前使用車道位置為錯誤的訊息；模組 III 則採綠白燈反光標記，以白色燈光告知駕駛者跨越此標記右側為路肩，至於正確車行方向一樣採綠燈指示。

經由測試各種模組於天候，坡度及陽光影響的情況之下，測試可清晰辨識距離均可達到 15 公尺，可變反光標記可改良現有貓眼反光標記之缺失，但是現階段仍會相對伴隨著其他的交通安全之風險產生，包括可變號誌之電力問題、單價成本與維修之問題、穩定性、防滑性及光源太多對駕駛者造成混亂等可能之交通風險必須進一步克服與改善。

參考文獻

- 王愛禎(2006)，市區道路佈設反光路面標記成效之探討，中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 林壯宇(2013)，路面標記佈設對交通安全影響之研究，逢甲大學運輸科技與管理學研究所碩士論文。
- 林豐福，林傑亨(2002)，標誌標線號誌設置基準之人因工程初探，交通部運輸研究所。
- 林豐福，林傑亨(2004)，道路交通設施使用情形與問題探討，交通部運輸研究所。
- 徐耀賜，張舜棋，林壯宇(2012)，車道屏路面標記佈設對交通影響之初步研究，*台灣公路工程*，第 38 卷，第 12 期 頁 68-88。
- 伍國卿(2003)，橡膠輪胎打滑動力學仿真分析技術 西南機械聯合公司 MSC Software 中國用戶論文。
- 蕭耀榮，鄭文欽(2010)，機車頭燈照明法規之研究，國立台北科技大學車輛工程系，*技術學刊*，第 25 卷，第 2 期 頁 141-149
- 張騰霄、韓布新(2013)，紅色的心理效應:現象與機制研究述評，中國科學院心理研究所心理健康院重點時間室北京 100101，*心理科學進展*第 21 卷第 3 期 頁 398~406
- 張悟非(1992)，從認知心理的觀點來探討視覺資訊設計的方向，*明志工專學報*，24 期 頁 163-174。
- 吳彥勳(2009)，整合圖形與文字之可變訊息標誌資訊組合與呈現位置對駕駛者反應之影響，國立勤益科技大學流通管理系碩士論文。
- 陳令昀(2010)，LED 道路指示標誌的使用現況與駕駛者需求之相關性研究，大同大學工業設計所碩士論文。
- 張經本(2005)，轎車行駛彎道時駕駛者視覺模式研究，大葉大學設計研究所碩士論文。
- 林立農(2000)，交通標誌內含資訊量與駕駛者行為反應關係之研究，雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文。
- 交通運輸研究所(1997)，反光路面標記與車燈可視偏角之關係。
- Hammond JL, Wegmann FJ. 2001” Daytime Effects of Raised Pavement Markers on Horizontal Curves” *ITE J.* ; 71(8) pp: 38-41.
- Parviainen, French, Zwahlen (1988) Mobile Information Systems Impact Study. Research and Development Branch Ontario Ministry.

Bahise, Forbes, Farber (1986) Driver behavioral data and considerations in evaluating in-vehicle controls and displays. Presented at the Transportation Review Board 65th Annual Meeting.

Parviainen, French, Zwahlen (1988) Mobile Information Systems Impact Study. Research and Development Branch Ontario Ministry.

Harald Hass(2014)Li-Fi breakthrough as data transmitted via LED bulbs over record distance. Business Wire.

