The effect of light color when coloring menu for in-vehicle considering drivers' emotional states

Sung Hee Ahn, Wonjoon Kim, Myung Hwan Yoon

Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-744

ABSTRACT

Objective: The aim for this study is to verify the significant factors that are related to drivers' satisfaction considering their emotional states and to develop evaluation indexes of satisfaction. **Background**: Emotional states, in particular pleased and satisfied states, are strongly related to the accident rate and these can arise from color stimulus. Drivers can clearly and easily receive information through color using only peripheral vision, so, if selected appropriately, colors are one of the most effective stimuli while driving. **Method:** In this study, colors paired with menus on the in-vehicle LCD display were used to control emotions. When selecting a color for each menu, we considered nine factors. Evaluation index containing five variables, perception, suitability, compatibility, preference, and eye fatigue, and satisfaction was also developed and verified. **Result:** through regression and multicollinearity analysis, we found that all variables were independent, but only four variables except eye fatigue were significant on satisfaction. The most and least influencing variables on satisfaction were suitability and perception, respectively. **Conclusion:** Satisfaction is influenced by preference of color as well as variables related with color-menu combination such as suitability and compatibility. Also, eye fatigue is not a considering factor for satisfaction, but still needs to be reduced. **Application:** The four significant factors for satisfaction can be applied to design in-vehicle devices as well as LCD display and help to drive safely.

Keywords: Color, Emotion, Driving

1. Introduction

2011년을 기준으로 한국 자동차등록원부에 등록되어 운행할 수 있는 자동차의 등록 대수는 1844만대로 2.75명 당 한대 꼴로 이용되고 있다(통계청, 2012). 이처럼 사용이 대중화 된 자동차는, 사용이 잘못 되었을 경우에 돌아오는 대가가 매우 크기 때문에 자동차의 안전한 사용을 도모하는 설계가 필수적이다. 안전한 자동차 운전은 운전자들의 감성 상태와 무관하지 않은데 이는 사람의 감정이 이어지는 행동에 영향을 끼치기 때문이다(Nass. et al., 2005). Nass에 의하면 주행 시 운전자의 감정 상태가 자동차 내에서 수동적으로 주어진 감각 자극에 의해서 변하거나 유지 될 수 있고 만족하는 감정이 주행 집중력을 강화하여 주행능력을 높이고 사고율을 줄일 수 있기 때문에, 감성을 고려한 사용자 중심 설계가 중요함을 알 수 있다.

여러 자극 중 색에 의한 자극을 통해 의미를 전달하고 감정을 변하게 할 수 있는데,(Kaya and Epps, 2004, Ou et al., 2004, Hogg, 1969, Madden et al., 2000) 기존에는 차량 내부의 색 자극이 계기판의 조명에 의해서만 주어졌기 때문에 색의 활용에 제약이 있었다. 하지만, 차량 내 LCD display의 사용으로 다양한 색의 사용이 가능하게 되었고, 이를 통해 다양한 색 자극으로 운전자의 감정 상태를 변화시키고 의미를 전달 수 있게 되었다. 이처럼, 차량 내에서 운전자에게 다양한 색 자극이 주어질 수 있지만, 차량 내 효과적인 색 자극에 관한 연구가 많지 않고, 그에 대해 평가할 수 있는 지표가 마련되어있지 않은 상황이다.

이에, 본 연구에서는 운전자의 감성을 고려하였을

때, 차량 내 LCD display와 같은 조명기기에서 메뉴의 색에 대한 만족도의 평가 지표를 마련하고 어떠한 요인들에 의해서 결정되는지 분석하였다.

2. Literature review

색에 관한 기존 연구를 살펴보면 다음과 같다.

2.1 Role of Color in psychological aspect

심리학적 관점에서의 색의 역할은 지금까지 많이 연구되어 온 주제 중 하나이다. 색이 사용자에게 미치는 영향에 관한 기존 연구를 살펴보면, 감정(Kaya and Epps, 2004), 의미 및 개념(Ou et al., 2004)등 다양하게 연구되어 왔다. 또한 색은 심리학적 메시지와 의미를 내포하고 있고 사람의 감정을 변화 시킬 수 있다 (Eiseman, 2006).

색의 정보 전달 능력에 관한 대표적인 예로 단어의 색이 단어 자체의 의미와 다를 때 주로 보여지는 스트룹 (이하: stroop) 현상을 들 수 있다. 두 가지 이상의 자극들이 서로 충돌할 때 발생하여 정보처리에 부정적 영향을 미쳐 처리에 추가적인 시간이 소요되는 것을 간섭효과(interference effect)라고 한다.Stroop (1935)은 색을 통한 시각적 자극과 글자를 통한 시각적 자극이 서로 충돌함에 따라 간섭효과를 일으키면 단어의 의미를 인지하는데 시간이 더 걸리는 현상을 발견하였다.

Tanaka et al. (2001)의 연구에서는 색이 정교한 인식을 요구하지 않는 낮은 수준의 시각처리과정(low-level visual process)의 전 인식 (pre-recognition) 단계에서 사물을 구분하는데 매우 중요한 정보를 제공하고 정교한 인식을 요구하는 높은 수준의 시각 처리 과정(high-level visual process)에서는 같은 범주 내에서 사물의 구별 및 인식을 용이하게 한다는 결과를 보여준다. 따라서 색은 운전자들이 주행 중에 주변시 만을 통하여 LCD display 상 메뉴에 대한 정보를 전달받게 하고 중심시로는 시야를 확보하게 하여 안전한 운전을 돕는다 가장 좋은 수단임을 알 수 있다.

또한, 색은 감정을 변화시켜 행동에 변화를 줄 수 있다. Gorn et al. (2004)은 특정 환경이나 작업이 주어질 때 사람들은 시각적 자극의 색 요소의 변화에 따라 시간의 길이를 다르게 생각한다고 주장하였다. 또한 색의 3요소인 색, 채도, 명도가 이에 영향을 주는데 이 외에도 색이 지니고 있는 감성, 즉, 일반적으로 사람들이 긍정적으로 인식하는 색이 시간이 빨리 흐르는 것처럼 인식되는 시간 왜곡 정도와 긴장을 완화시키는 정도가 큰 경향을 보임을 밝혀냈다.

2.2 Role of Emotion in Driving Situation

안전하지 않은 운전은 사고를 일으켜 물질적 피해뿐만 아니라 인명피해로 이어진다. 자동차 운전은 많은 요인에 영향을 받는 복잡한 행위인데, 많은 요소들 중 도로, 날씨와 같은 환경적 요인과 자동차의 기계적 요인에 이어 인적 요소가 사고에 영향을 주는 가장 일반적인 요소로 보고되고 있다(Dahlen et al., 2005).

인적 요소가 사고에 영향을 줄 수 있는 예로 운전자들의 공격적 성향, 방해물로 인한 정신적 스트레스와 피로가 주행 능력에 부정적인 영향을 끼친다는 연구결과가 있다(Matthews and Desmond, 1995). 심리학적 관점에서 정신적 스트레스(High negative affect)와 피로(Low positive affect)는 만족(Pleasantness)의 반대 개념으로 쓰인다(Watson and Tellegen, 1985). 이 결과는 곧 주행 능력에 긍정적인 영향을 끼치는 요인이 운전자의 행복, 만족, 편안임을 의미한다. 안전한 운전을 위한 주행 능력, 사고발생률, 사고 발생 시 치사율이 위 세 가지 감정 상태에 의해 부정적인 영향을 받는지에 대한 세부적인 내용은 다음과 같다.

① High negative affect: High negative affect 감정을 가지면 화가 나기 쉽다. 화가 난 운전자들이 그렇지 않은 운전자들보다 약 3.5배에서 4배 더 많이 공격적 운전을 한다. 또 그들은 주행 중에 안전띠 미착용과 가은 공격적으로 여겨지지는 않지만 위험한 행동을 1.5배에서 2배 더 많이 하는 것으로 조사되었다(Dahlen et al., 2005). 공격적인 운전은 사고를 발생시킬 수 있는 가능성이 높으므로 이를 예방하는 방법이 필요하다.

② Low positive affect: 이 감정 구조는 사람들이 졸리거나 나른할 때에 느낄 수 있다. 졸음운전으로 인한 사망률, 치사율, 상해에 의한 피해는 다른 사고 원인들로 인한 것보다 높다(Horne and Reyner, 1995). 하지만 보통 예상치 못한 졸음으로 충돌 사고를 낸 운전자들의 경우 잠이 든 상태가 2분보다 짧을 때 자신이 잠이 들었다는 사실을 인지 조차 못한다(Horne and Reyner, 1995). 이처럼 운전 중 졸음을 자각하는 것이 어렵기 때문에 미리 졸음을 방지하는 것이 매우 중요하다.

③ Unpleasantness: 불쾌한 감정을 유발하는 정신적 스트레스는 주행 능력을 감소시키기 때문에(Matthews and Desmond, 1995) 운전자의 불쾌지수를 최소화 하여 긍정적 또는 만족스러운 감정 상태를 유지하는 것이 중요하다. 만약 운전자들이 수동적인 자극에 의해 긍정적 감정 상태를 가지게 하여 주행 능력의 강화시킬 수 있는 환경이 조성된다면 유용할 것이다. 본 연구는

색을 통한 시각적 자극을 통해서 이런 환경이 조성될 수 있다는 가정을 바탕으로 진행되었다.

2.3 User Satisfaction in terms of Usability

사용성은 특정 사용자가 특정한 사용 환경에서 상품을 사용 할 때 얼마나 효과적이고 효율적으로 만족스러운 사용을 하였는지를 나타낼 수 있는 지표이다(ISO, 1998). 따라서 이를 바탕으로 차량 내 display 메뉴의 색에 대한 사용성은 운전자가 자동차를 운전하는 상황에서 display를 통해 볼 수 있는 메뉴의 색이 메뉴에 대한 정보를 얼마나 효과적이고 효율적으로 전달하였는지, 색이 운전자의 감정상태를 얼마나 효과적으로 변화시켜 안전한 운전이 가능하게 하였는지, 눈이 피로 하지 않게끔 색이 사용되었는지, 마지막으로 운전자의 선호에 맞고 잘 인지되는 색을 사용하였는지를 파악하여 도출될 수 있다.

2.4 Summary

색에 의한 운전자의 감정 변화에 관한 기존 연구를 종합하면, 색은 운전자의 감성을 변화시키고 메시지를 쉽게 전달 할 수 있으며 그 만족도는 평가 가능하다. 따라서 색의 평가를 통해 자동차 내에 적합한 색을 파악하여, 주행 시에 운전자에게 효과적으로 메시지를 전달 할 수 있고, 운전자의 감성에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3. Method

3.1 Subjects

본 실험에서는 총 30명 (남 16명, 여 14명) 의 실험자가 참가하였다. 28명의 20대, 1명의 30대와 1명의 60대의 연령층을 대상으로 실험이 진행되었으며 운전 경력이 있는 피험자는 15명이었고 나머지 15명은 운전 경력이 없었다.

3.2 Experimental Apparatus

운전자들이 기본적으로 인지하고 있는 색-메뉴 조합을 설계하여 자동차 내부에 들어가는 햅틱 디바이스를 제작하였다. 개발 된 햅틱 디바이스는 콘솔 박스 전반부에 위치시켰다. 실험에는 콘솔 디바이스의 1단계 메뉴(Phone, Audio, Status, Sirius, HVAC (heating, ventilating, and air conditioning), Navigation, Telematics, Radio)는 각각 다른 8 가지 색과 짝지어졌다.

3.3 Color Sampling

section 2의 문헌조사의 결과를 바탕으로 각 메뉴와 결합 될 서로 다른 8가지 색을 선택 할 때 고려할 9가지 요소들이 추출되었다. (Table 1)

Table 1 Considered Factors in color sampling

Factor	Characteristic
Differentiation	Delivering information and reducing confusion by differentiating color clearly
Communication	Enhancing the information delivery function by using consensual meaning of color
Proactive interference	Avoiding proactive interference from information that a color of menu delivers to what the menu actually means
Sleepiness	Preventing sleepiness through color which can make drivers awake
Aggression	Using color that reduces aggressive trait
Photopic and Scotopic vision	Considering both photopic and scotopic vision
Bezold–Brücke shift	Considering change in the range of visible ray due to change in the intensity of the light
Eye fatigue	Avoiding use of colors that hasten eye fatigue
Emotion	Evoking a positive feeling through appropriate color

Berlin에 의해 기본 색(Basic color)의 개념이 처음으로 제시되었다. 각각이 고유한 느낌을 가지는 기본 색들은 색 공간에서도 그들만의 고유한 위치를 차지하고 동시에 통상적으로 다른 색이라 인식된다(Boynton, 1988). 색의 혼동을 피하기 위해 이런 기본 색의 사용을 최대화 하였다. 일반적으로 따뜻함은 붉은 계열의 색과 연결되기 때문에(Madden et al., 2000) HVAC 메뉴에 붉은색을 사용하였다. 이처럼 통상적으로 색이 지니는 의미를 메뉴의 의미와 일치시켜 정보의 간섭효과를 피하고 정보를 파악하는데 걸리는 시간을 줄여 효율적인 사용을 도모한다(Lidwell et al., 2010). 또, 나른하다고 인지되는 색과 공격적 성향을 유발 할 수 있는 색을 배제시키고, 옅은 색이나 어두운 색보다 채도가 높은 색에서는 피로가 미치는 영향이 적으므로 (Norris et al., 1911) 고채도 색상을 사용하였다. 빛의 휘도 수준에 따라 색상이 변한다고 느끼는 베졸드 프뤼케 효과(Bezold-Brüke effect)를 줄이고 주간시 및 야간시를 고려하여 밤낮 구분 없이 또는 빛이 없는 터널과 같은 환경에서도 색을 통해 메뉴를 인식 할 때의 혼동을 방

지했다.

또 색뿐만 아니라 메뉴의 사용시간까지 고려하여 눈의 피로를 최대한 줄이고 긍정적인 감성 상태를 유지할 수 있게 하였다. 감정상태는 색상보다 명도와 채도에 의해 영향을 더 많이 받기 때문에 (Wright and Rainwater, 1962) 명도, 채도에도 초점을 맞추었다.

각 메뉴의 의미를 고려하여 짝 지어진 결과는 Table 2에 나타나있다.

Table 2. Color samples and their corresponding menus used for the haptic device

Color	RGB	HSL	Menu	Figure
	R:179 G:0 B:0	H:0 S:255 L:90	HVAC	
	R:179 G:62 B:0	H: 15 S: 255 L: 90	Audio, CD	
	R:87 G:140 B:25	H: 62 S: 178 L: 83	Radio Function	
	R:158 G:157 B:0	H: 42 S: 255 L: 79	Telemetric	
	R:39 G:169 B:168	H: 127 S: 159 L: 104	Sirius	
	R:0 G:108 B:179	H: 145 S: 255 L: 90	Navigation	
	R:0 G:18 B:158	H: 165 S: 255 L: 79	Information	
	R:76 G:0 B:179	H: 188 S: 255 L: 90	Phone	

3.4 Procedure

여러 메뉴를 고유한 색으로 표현하여 햅틱 디바이스 제작 후 이를 평가하기 위한 척도를 개발하였다. section 2의 내용을 바탕으로 사용성 평가 방법 및 척도들을 전문가 회의를 거쳐 그 후보 변수를 가지고 pilot text를 진행한 후에 유의한 변수를 선정하였다. 그리고 이 변수들에 최종적으로 얼만큼 만족스러웠는지에 대한 항목을 더하였다. 그리고 만족도가 어떠한 변수들에 의하여 얼만큼 영향을 받는지 분석하였다.

실험은 피실험자들에게 실제로 햅틱 디바이스를 작동하게 하여 모니터를 통해 색이 입혀진 메뉴를 보고 다섯 가지 변수들과 만족도에 대해 평가하도록 하였다. 실제 실험 모습은 figure 1에서 나온 것과 같다.



Figure 1. Experiment

설문 변수, 만족도에 대한 정의 및 각각의 변수에 사용된 척도는 Table 3과 같다.

Table 3. Variables, definitions and scale

Variable	Definition	Scale
Perception	How well is the color perceived?	7 points
Suitability	How suitable is the color-menu paired?	7 points
Compatibility	How compatible between the existing meaning of menu and meaning of color?	7 points
Preference	How much do you prefer the color?	7 points
Eye fatigue	How much do you feel tired with the color?	7 points
Satisfaction	Overall, how much are you pleased, satisfied and relaxed?	100 points

4. Results

perception, suitability, compatibility, preference, eye fatigue의 다섯 가지 변수와 만족도에 관한 상관관계 분석 결과에서(Table 4) suitability-compatibility, suitability-preference 간 상관관계가 각각 0.658, 0.681으로 높다는 것을 알 수 있다. 이에 상관관계가 높은 변수들 간 독립성에 관해 의문을 가지고 다중 공선성 문제를 회귀분석을 통해 검증해보았다. 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 4. Result of Correlation Analysis between variables (Pearson's)

	Suitability	Eye Fatigue	Compatibility	Preference	Satisfaction
Perception	0.426**	-0.107	0.238**	0.286**	0.510**
Suitability		-0.217**	0.658**	0.681**	0.727**
Eye Fatigue			-0.127	-0.236	-0.218**
Compatibility				0.554	0.677**
Preference					0.668**

**: $p < 0.01$

Table 5. Regression Result with Five Factors

Variable	Coefficient	SE Coefficient	T	p-value	Tolerance Limit	VIF
Constant	19.627	3.580	5.483	0.000		
Perception	3.521	0.538	6.545	0.000	0.815	1.227
Suitability	2.240	0.608	3.686	0.000	0.376	2.663
Eye Fatigue	-0.404	0.367	-1.102	0.272	0.936	1.068
Compatibility	3.222	0.489	6.586	0.000	0.543	1.843
Preference	2.799	0.560	4.994	0.000	0.507	1.971

$R^2 = 0.692$

Table 5에서 perception, suitability, compatibility, preference, eye fatigue 다섯 가지 변수 모두 공차 한계 값이 0.1 이상이고 분산팽창요인(VIF) 값이 10 이하로 나타나 다중 공선성의 위험은 없는 것으로 판단하였다. 그러나 eye fatigue의 p-value가 0.272로 유의하지 않다고 판단되어 eye fatigue를 제외한 나머지 네 가지 변수를 포함하여 다시 회귀 분석을 하였고 (Table 6) 만족도를 수식화 한 결과는 다음과 같다.

Table 6. Regression Result with Four Factors

Variable	Coefficient	SE Coefficient	T	p-value
Perception	2.3345	0.5555	4.20	0.000
Suitability	3.4095	0.6462	5.28	0.000
Compatibility	3.0477	0.5388	5.66	0.000
Preference	2.7951	0.5944	4.70	0.000
Constant	19.483	3.341	5.83	0.000

$R^2 = 0.676$

$$\text{Satisfaction} = 19.5 + 2.33\ \text{Perception} + 3.41\ \text{Suitability} + 3.05\ \text{Compatibility} + 2.80\ \text{Preference}$$

이를 통해 만족도에 유의하게 영향을 미치는 변수들은 suitability, compatibility, preference, perception이고 앞에 나열된 순서로 만족도에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

5. Conclusion

개발된 다섯 가지 지표, perception, suitability, compatibility, preference, eye fatigue와 만족도에 대해 설문하여 이를 분석하여 다섯 변수들은 모두 독립적이지만 eye fatigue는 만족도에 유의한 영향을 끼치지 않는다는 결과를 찾았다. 이 실험을 통한 만족도에 대한 변수들의 영향력은 suitability, compatibility, preference, perception의 순이었다.

suitability-compatibility와 suitability-preference의 높은 상관관계에서 색-메뉴간 양립성이 높을수록 색-메뉴 쌍이 적합하다고 느낀다는 경향과 또 색에 대한 선호도가 높을수록 색-메뉴가 적합하다고 느끼는 경향을 찾을 수 있다. 또한 suitability, compatibility 와 같은 색-메뉴 결합에 관련된 변수 이외에도 색 자체에 대한 선호도가 메뉴와 상관없이 만족도에 영향을 끼친다는 점이 흥미롭다. 눈에 피로를 주는 정도가 만족도에 일관적으로 영향을 끼치지 않는다는 사실도 주목할 만 하다. 하지만 만족도와는 별개로 불필요한 눈에 피로는 제거해야 한다(Viteles and Brief, 1932).

본 연구는 이미 정해진 8가지의 색 메뉴에 대해서만 진행이 되었으므로 추후에 다양한 색-메뉴 결합에 대한 연구가 필요하다.

References

Boynton, R. M., Color Vision, *Annual Review Of Psychology,* 39(1)**,** 69-100, 1988.

Dahlen, E. R., Martin, R. C., Ragan, K. And Kuhlman, M. M., Driving Anger, Sensation Seeking, Impulsiveness, And Boredom Proneness In The Prediction Of Unsafe Driving, *Accident Analysis & Preventi*on, 37(2), 341-348, 2005.

Eiseman, L., Color: Messages And Meanings: A Pantone Color Resource, Hand Book Pr, 2006.

Gorn, G. J., Chattopadhyay, A., Sengupta, J. And Tripathi, S., Waiting For The Web: How Screen Color Affects Time Perception, Journal Of Marketing Research, 41(2), 215-225, 2004..

Hogg, J., A Principal Components Analysis Of Semantic Differential Judgements Of Single Colors And Color Pairs, The Journal Of General Psychology, 80(1), 129-140, 1969.

Horne, J. And Reyner, L. A., Sleep related vehicle accidents. Bmj, 310(6979), 565-567, 1995.

ISO, W., 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), The international organization for standardization,1998.

Kaya, N. and Epps, H. H., Relationship Between Color And Emotion: A Study Of College Students, College Student Journal, 38, 396-405, 2004.

Lidwell, W., Holden, K. and Butler, J., Universal Principles Of Design, Revised And Updated: 125 Ways To Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, And Teach Through Design, Rockport Publishers, 2010.

Madden, T. J., Hewett, K. and Roth, M. S., Managing Images In Different Cultures: A Cross-National Study Of Color Meanings And Preferences, Journal Of International Marketing, 90-107, 2000.

Matthews, G. and Desmond, P. A., Stress As A Factor In The Design Of In-Car Driving Enhancement Systems, Le Travail Humain: A Bilingual And Multi-Disciplinary Journal In Human Factors; Le Travail Humain: A Bilingual And Multi-Disciplinary Journal In Human Factors, 1995.

Nass., Jonsson, I. M., Harris, H., Reaves, B., Endo, J., Brave, S. and Takayama, L. Improving Automotive Safety By Pairing Driver Emotion And Car Voice Emotion, 2005.

Norris, E. L., Twiss, A. G. and Washburn, M., An Effect Of Fatigue On Judgments Of The Affective Value Of Colors, The American Journal Of Psychology, 22(1), 112-114, 1911.

Ou, L. C., Luo, M. R., Woodcock, A. and Wright, A., A Study Of Colour Emotion And Colour Preference. Part I: Colour Emotions For Single Colours, Color Research & Application, 29(3), 232-240, 2004.

Stroop, J. R, Studies Of Interference In Serial Verbal Reactions, Journal Of Experimental Psychology, 18(6), 643, 1935.

Tanaka, J., Weiskopf, D. and Williams, P., The Role Of Color In High-Level Vision, Trends In Cognitive Sciences, 5(5), 211-215, 2001.

Viteles, M. S. and Brief, A. Industrial Psychology, WW Norton New York, 1932.

Watson, D. and Tellegen, A., Toward A Consensual Structure Of Mood. Psychological Bulletin, 98(2), 219, 1985.

Wright, B. and Rainwater, L., The Meanings Of Color, The Journal Of General Psychology, 67(1), 89-99, 1962.

Korea National Statistical Office, Present State of Vehicle Registration. Korea National Statistical Office, 2012

Author listings

Sung Hee Ahn: kfcice@snu.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial and Operations Engineering, University of Michigan

Position title: MS candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: HCI, Biomechanics, User-Centered Product Design

Wonjoon Kim:

Highest degree: MS, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Position title: PhD candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: HCI, Affective Design, Ergonomics

Myunghwan Yoon: mhy@snu.ac.kr

Highest degree: PhD, Penn State University

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: Affective Engineering, User-Centered Product Design