《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.7 No. 1, June 1988

자동차 전조등 시스템에 관한 Ergo Design

(Ergo Design on the Headlight System of Automobile)

申 學 秀†

Abstract

Because the moving visual acuity is less than the static visual acuity, a new headlight system was designed and manufactured to make reparation for that.

Then the new headlight system was built in a passenger car and some experiment was achieved.

When the car is accelerated the luminous flux of headlight is augmented.

When the speed of the car was increasing, the new system was effective, but when the car was decelerated the system was less effective.

Ⅰ. 서 론

인간의 활동과 빛은 불가분의 관계에 있다. 원시시대에는 인간의 거의 모든 활동이 태양광선을 통해 사물을 식별할 수 있는 시간으로 제한되었으나, 인공조명이 발명되고난 후에는 그 활동에 있어서의 제약을 거의 받지않게 되었다. 태양광선의 양은 낮에도 시간과 위치에 따른 변화가 심하므로 그 시간과 장소의 제약을 넘어서려면 더욱 우수한 조명시스템이 필요하다.

특히 통계자료에 의하면 통행금지가 실시되던 1980년도에 우리나라 교통사고 발생량은 약 120,182건이었는데 이 중 49.7%인 59,749 건이 야간(저녁 17.6%, 밤 25.6%, 새벽 6.5%)에 발생하였다. 통행금지 시간에는 화물자동차 이외에는 통행할 수 없었으므로 통행량에 비한 사고발생 건수는 하루 중 야간이 훨씬 높은비율을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 우리나라뿐만 아니라 외국의 어느 나라 통계자료를 보아도 야간의 교통사고 비율이 현저히 높다는 것을 알 수 있다.

† 서울산업대학 산업공학과 부교수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

야간주행시 운전자에 있어서 전조등(headlight)의 역할은 운전자와 보행자의 생명에 직접 관계되는 문제라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 야간운전자와 보행자의 안전을 향상시키기 위해 구성한 새로운 전조등시스템에 대해 고찰하고자 한다.

Ⅱ. 시각과 조명

1. 시 각

인간의 눈은 사진기와 비슷한 구조 및 기능을 가지고 있다. 물체를 잘 식별하기 위해서는 눈의 기능이 좋아야 하지만 운전자는 대체로 운전면허 기준내에 해당하는 시력(양쪽 눈 중 한쪽 눈의 시력이 0.8 이상 다른 한 쪽 눈의 시력이 0.5 이상이어야 함, 교정시력 포함)을 가지고 있으므로 각 개인의 차이는 어느 정도 있겠으나 그것은 무시하고 생각할 수 밖에 없다.

2. 시각특성

운전중의 운전자가 운전에 필요한 정보의 대부분을 시각을 통하여 얻게되므로 운전자의 시각능력은 안전에 있어서 대단히 중요하다. 이러한 시각능력은 시력뿐만 아니라 색의 知覺, 視野, 順應, 眩惑현상 등에 대한 것도 포함된다.

시력은 정지시력(static visual acuity), 이동시력, 야간시력 등으로 나누는데 정지시력은 視標에 의해 그것과 피검자가 정지한 상태에서 측정할 수 있는 것으로 국제식 試視力表, Snellen식 試視力表, Landolt식 試視力表 등에 의해 측정할 수 있으며 첫번째 것을 일반적으로 사용한다. 정지시력에 의해 이동시력과 야간시력을 짐작을 할 수는 있으나 각 개인의 차이, 상황 및 조건의 차이를 무시할 수 없다.

이동시력은 시표와 피검자의 거리를 일정하게 유지한 상태에서 시표나 피검자를 중심으로 다른 하나를 이동시켜 시표를 판독할 수 없는 최고 각 속도를 측정한다. 이동시력의 측정에는 특수한 장비나 장치가 필요하다. 外國의 자료

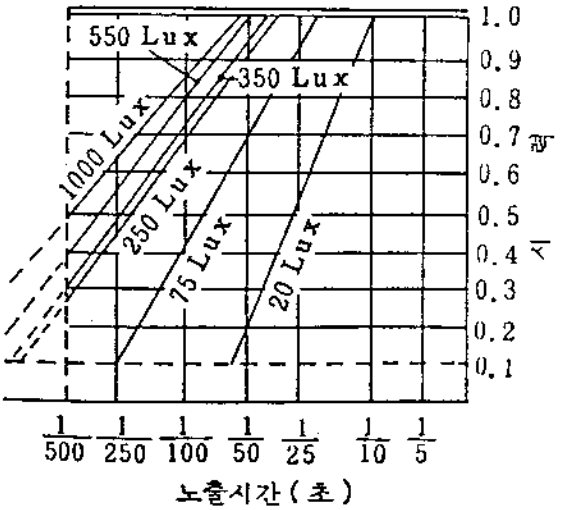

그림 1. 조도별 노출시력과 시력

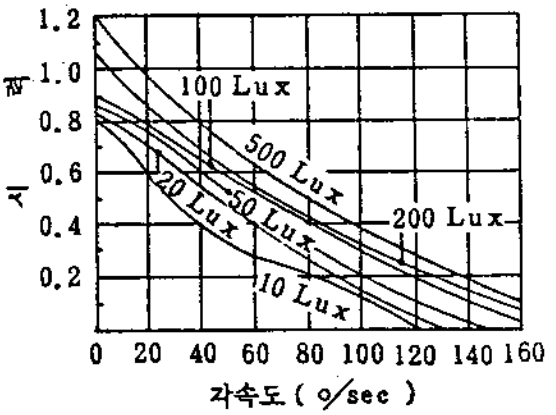

그림 2. 각 속도와 시력

에 의하면 자극을 노출시키는 시간에 의하여 시력이 변화한다고 하는데 판독에 요하는 최소 노출시간의 역수를 시속도라 한다. 그림 1과 2를 보면 이동시력과 시속도가 조도와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

순응은 명순응과 암순응으로 구별되는데, 명순응은 어두운 곳에서 밝은 곳으로 나갔을 때 한동안 눈이 부셔 보이지 않다가 시력을 회복하는 것을 말하며, 암순응은 그 반대의 경우를 말한다. 즉, 급격한 조도의 변화에는 시력 회복에 어느 정도의 시간이 필요하고, 순응에 의해 시력을 회복하는 시간은 조도의 차이와 관계있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

시야는 전방을 주시할 때 보이는 왼쪽끝과 오른쪽의 범위이지만, 이 視野 전체에 대하여 시력이 같을 수는 없으며, 注視하고 있는 점을 중심으로 아주 작은 범위만이 확실하게 보인다.

眩惑은 주행중 운전자와 맞은 편에서 다가오는 차량의 전조등에서 발산되는 강한 빛이 운전자의 눈으로 들어와 일시적으로 시각장애를 일으키는 현상을 말한다.

색의 지각, 즉 색각은 어떤 파장의 빛을 감각하여 색채를 식별하는 視覺을 말하며, 이것은 색채의 물리적 특성(광원색, 투과색, 표면색)과 색의 세 가지 특성(색상, 명도, 채도)과 관계된다. 물체의 색깔은 광원의 스펙트럼과 조도에 밀접한 관계를 가지고 있다.

이상과 같이 살펴본 바에 의해 인간의 시각능력은 거의 모든 경우 照度와 매우 밀접한 관계를 가지고 있음을 알 수 있다.

3. 조 명

조명의 목적은 여러가지로 분류할 수 있으나 차량 전조등의 가장 중요한 목적은 대상물을 정확하게 판별하기 위함이다. 인간은 오랜세월동안 천연의 조명에 적응되어 왔으므로 태양광선의 질과 양에 가까운 인공조명일수록 대상물을 더욱 정확하게 판별하게 된다.

태양광선은 연속스펙트럼을 갖고 있으므로 전조등에 사용하는 전구는 특별한 경우를 제외하고는 연속스펙트럼을 갖는 것이라야 하겠다. 여기에는 백열전구와 할로겐전구가 있다. 이외에도 방전등이 있으나 연속스펙트럼을 갖지 않으며, 장치가 복잡하고 전구의 크기에 비한 광속을 고려하여도 백열전구나 할로겐전구가 적합하다. 또하나의 장점은, 백열전구나 할로겐전구는 정격전압 아래에서도 동작을 하며, 전압변화에 의해 방출광속을 변화시킬 수 있다는 것이다.

조명의 4가지 요소는 밝기, 물체와 크기, 대비, 시간 등이며, 이 4가지 요소가 물체가 보이는 것에 큰 영향을 준다.

물체나 관찰자가 이동하고 있을 때는 그만큼 시력이 감소한다. 이러한 현상은 운전자의

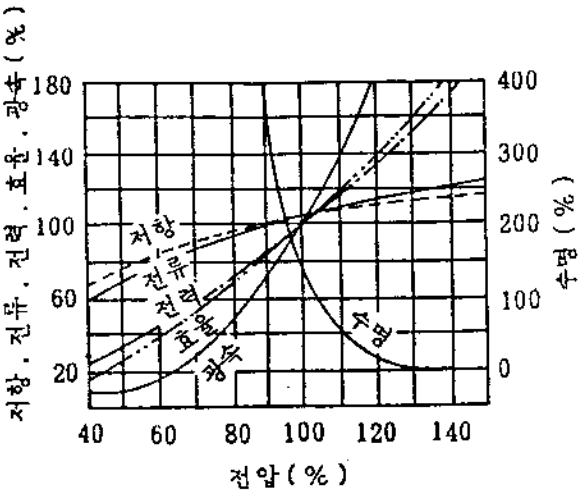

그림 3. 가스든 전구의 전압특성

운전자의 안전과 보행자의 안전에 관계되는 것이다. 따라서, 물체 또는 관찰자의 이동에 의한 시력감소를 보상할 수 있는 것은 전조등의 밝기를 증가시키거나 주행속도를 감소시키는 길밖에 없다. 여기서는 주행속도에 무관한 시력을 가능한한 확보하기 위함이 목적이므로 전조등의 밝기를 증가시켜야 한다.

조명공학이론에 의하면 백열 또는 할로겐전구에 있어서 광속과 동작전압의 관계는 대체로 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{f}{F}=\left(\frac{v}{V}\right)^{k} \qquad (1)$$

여기서 f, F는 광속, v, V는 전압이며, 이 식의 $k=3.38$은 가스봉입전구 경우이다.

그림 3은 가스가 봉입된 전구의 특성이다.

그림 1과 식 (1)에서 알 수 있는 바와 같이 정격전압 100[V]인 전구를 50[V]로 동작시키면 광도는 1/10로 감소한다. 백열 또는 할로겐전구는 정격전압을 초과시켜 동작시키면 그 수명이 급격히 감소하므로, 저속 주행시에는 낮은 전압에서 동작시킨다. 주행속도가 증가함에 비례하여 전압을 상승시켜, 그로 인해 광량이 증가하도록 한다. 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 조도가 증가하면 시력이 증가하는데, 광속 F와 광도 I의 관계는 광원이 점광원이고 광속

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

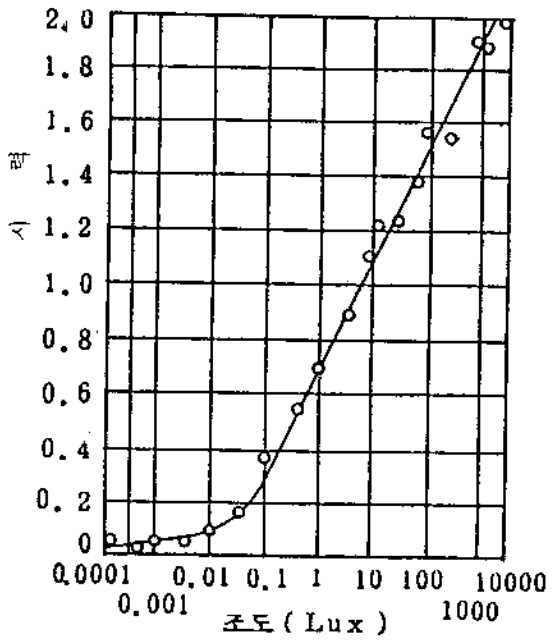

그림 4. 조도와 시력

이 모든 방향으로 균등하게 발산될 때,

$$I = \frac{F}{4\pi}$$

이다. 여기서, I의 단위는 [cd]이고 F의 단위는 [lm]이다. 또한, 점광원 즉 전구로부터 R[m] 떨어진 거리의 조도 E는

$$E = \frac{I}{R^2}$$

이며, E의 단위는 [lx]이다. 따라서, 광원과 물체, 그리고 운전자와 물체 사이의 거리가 일정하다고 하면 광원의 광도가 증가할 때 조도가 증가하고 시력도 증가하게 됨을 알 수 있다.

Ⅲ. 새로운 전조등시스템

1. 이론적 근거

앞에서 언급한 명순응에 요구되는 시간은 수초에서 1분 정도이며, 암순응의 경우는 약 15분이다. 주행속도가 증가함에 따라서 전조등의 밝기가 증가하는 경우는 명순응에 해당한다. 전조등의 밝기를 10배 이내에서 증가시킨다면 명순응에 요구되는 시간은 대단히 작을 것이다. 따라서, 전조등이 밝아짐으로 인해 운전자에게 일어날 수 있는 시각장애는 무시할 수 있다.

또한, 문헌에 의하면 차량의 주행속도가 커지면 그만큼 운전자의 주시거리가 증가한다. 즉, 주행속도가 커지면 그만큼 먼 곳을 보고 대상물을 식별할 수 있어야 한다.

2. 전조등 시스템의 구성

그림 5는 기존의 자동차 전기계통에 새로운 전조등 시스템을 추가한 것을 보여준다. 이 시스템의 기능은 다음과 같다.

입력전압	12V DC
최대 출력전압	12V DC (60km/H 이상에서)
최소 출력전압	8V DC (20km/H 이하에서)
최대 출력전류	15A DC
입력신호	속도계입력

Ⅳ. 실험 및 결과

실험에 사용된 자동차는 스텔라GX이며 사용된 전조등전구는 자동차용 할로겐전구(Solite®) H4,12V, 60/55W이다. 시간은 달이 뜨지 않은 날 밤 11시에서 새벽 1시 사이로 하였다. 실험장소는 대향차가 없는 한적한 도로를 택하였으며 이 때 사용한 視標는 Landolt 環을 사용하였다. 운전자가 전방의 視標를 보고 끊어진 방향을 식별할 수 있는 거리를 동승한 검사자가 측정하도록 하였다. 여기에 사용한 Landolt 環의 규격은 다음과 같다.

바깥지름	40cm
안쪽지름	20cm
끊어진 폭	10cm
바탕색	하얀색
標의 색	검정색

표1에서 식별거리 A는 기존의 전조등을 사용한 경우의 거리이며 식별거리 B는 새로운 시스템을 사용한 경우의 것이다.

표 1. 실험결과

피검자	시력	식별거리A	식별거리B
가	1.2	26m	29m
나	1.2	25m	28m
다	1.2	27m	32m
라	1.2	26m	28m
마	1.2	25m	27m

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

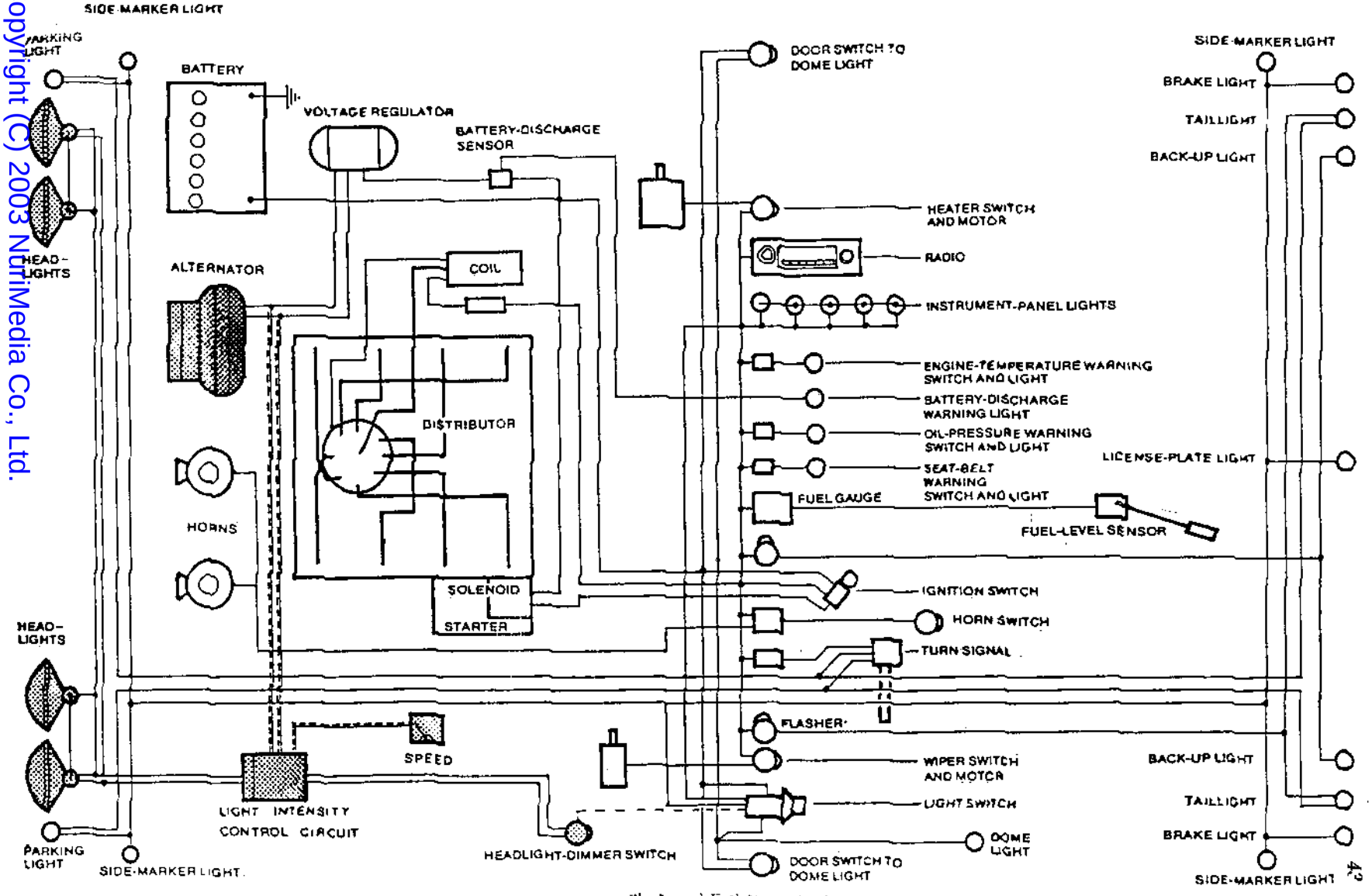

그림 5. 자동차의 전기계통

측정의 간단을 위하여 피검자는 같은 시력을 갖는 사람들로 하였고 식별 거리를 측정할 때의 주행속도는 60km/H로 하였다. 표1에서 알 수 있는바와 같이 새로운 조명 시스템의 경우 식별 거리가 약 12%정도 증가하였다.

V. 결 론

이동 시력이 정지 시력보다 낮다는 점에 착안해서 차량의 주행속도가 증가함에 따라 감소하게 되는 운전자의 시력을 전조등의 광속을 증가시킴으로서 보상해 주고자 도입한 새로운 전조등시스템을 적용시켜 보았다.

주행속도를 증가시킬 경우 이 시스템의 효과를 볼 수 있었으나 급정거나 갑작스런 감속시에는 전조등의 밝기 또한 급격히 감소하여 전방의 식별에 약간의 시간이 소요되었으나 이는 정지시나, 속도가 아주 낮은 경우이므로 큰 문제는 없으리라 기대된다. 이러한 현상은 암순응에 요구되는 시간이 명순응의 그것보다 크기 때문이라 생각된다.

참 고 문 헌

〔1〕 지철근, 최신 조명공학, 서울, 문운당, 1986. p. 5 ~p. 23, p. 33~p. 40

〔2〕 김형태, 교통안전연구논총 제1집, 서울, 도로교통안전협회, 1982. p. 288~p. 301

〔3〕 Baerwald, J. E., *Transportation & Traffic Engineering Handbook*, Prentice-Hall Inc., N. J., 1976.

〔4〕 Woodson. W. E., *Human Factors Design Handbook*, Mc Graw Hill Inc., N. Y. 1981.

〔5〕 Flurscheim, C. H. *Industrial Design in Engineering*, Springer-Verlag, London, 1983.

〔6〕 Woodson, W. E., & Conover J., *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, California University Press, 1978.

〔7〕 McCormick, E. J., *Human Factors in Engineering*, Mc Graw-Hill Inc., 1976.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.