

일반화 선형모형을 이용한 냉음극 형광램프의 휘도 측정 시 온도 및 습도의 영향에 대한 연구

윤양기¹⁾, 길영수²⁾

요 약

휘도(Luminance)는 냉음극 형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp : CCFL)의 신뢰성을 평가하는데 있어 중요한 항목으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 휘도 측정 시 주위 온도 및 습도에 따라 측정값이 어떻게 변화하는가를 일반화 선형모형(Generalize Linear Model)을 이용하여 알아보고, 측정시의 환경조건 및 측정 오차에 대한 지침을 제시할 수 있게 된다.

주요용어 : 휘도(Luminance), 냉음극 형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp), 일반화 선형모형(Generalized Linear Model)

1. 서 론

냉음극 형광램프의 신뢰성 평가를 위하여, 2001년도에 기준이 제정이 되었으며, 2004년도에 고장률 수준 M수준으로 시험을 하는 것을 수명 시험 B₁₀ 수명 시험으로 개정되었다. 신뢰성 인증에 필요한 시험은 품질 시험과 수명 시험으로 구성이 되어있으며, 냉음극 형광램프의 신뢰성 인증 시험을 통해 수명이 일정기간임을 보증하기 위하여, 신뢰성 기준 RS C 0014을 통하여 시험을 수행하고 있다. 품질 시험이나 수명시험에서 적용하는 고장 판정 기준은 휘도 특성, 휘도 균일도 이며, 휘도 특성은 초기 휘도 값의 70%이하로 저하, 균일도 85%이하로 판정을 하게 되어 있다. 하지만 휘도 측정시의 주위 온도 및 습도에 따라 휘도값의 변화가 통계적으로 유의한 차이를 보인다면 수명 및 측정 데이터에 결정적인 인자로 작용할 것이라 추측하였다. 따라서 측정환경조건 결정에 대한 연구를 통하여 반영해야 할 것이다.

본 연구에서 사용한 시료는 적정시간을 사용한 58cm 크기의 CCFL이며, 측정 시 온·습도 조절을 위해 Room Chamber를 이용하여 적절한 온·습도(온도 : 24℃, 27℃, 30℃, 습도 : 30%, 40%)를 변화시키면서 휘도를 측정하였다.

자료 수집후의 분석은 일반화 선형모형(Generalized Linear Model : GLM)을 이용해 휘도 측정값이 주위 온·습도에 얼마만큼 영향을 받는가를 정량화하였다.

2. 일반화 선형모형

Y_1, \dots, Y_n 은 서로 독립인 확률변수를 나타내고 $Y = [Y_1, \dots, Y_n]^T$ 는 $n \times 1$ 벡터이고, X 는 독립변수로 이루어진 $n \times p$ 공변량행렬(Covariate matrix)라고 하고

1) 한국전기전자시험연구원 신뢰성 평가팀 계장, 경기도 군포시 금정동 692-8,

E-mail: yanggi40@keeti.re.kr

2) 한국외국어대학교 통계학과 석사

E-mail: gilys97@dreamwiz.com

$\beta = [\beta_1, \dots, \beta_p]^T$ 는 $p \times 1$ 모수벡터라고 하자. 일반화 선형모형은 선형모형의 랜덤 성분과 체계적 성분을 일반화시킨모형으로

(1) Y 가 지수족에 속하는 분포를 따른다. 즉, Y_i 의 확률밀도함수 $f(y_i; \theta_i)$ 가

$$f(y_i; \theta_i) = \exp\left\{\frac{y_i \theta_i - b(\theta_i)}{a(\phi)} + c(y_i, \phi)\right\},$$

라고 가정하며,

(2) 임의의 미분가능하고 단조함수인 g (g^{-1} 가 존재해야 되기 때문에)에 대하여 $g(\mu) = \eta$ 가 β 의 선형식으로 표현된다.

즉,

$$g(\mu) = \eta = X\beta.$$

여기서

$$g(\mu) = \begin{bmatrix} g(\mu_1) \\ g(\mu_2) \\ \vdots \\ g(\mu_n) \end{bmatrix}, \quad \eta = \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \vdots \\ \eta_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1^T \\ x_2^T \\ \vdots \\ x_n^T \end{bmatrix}$$

이므로 일반화 선형모형은

$$\eta_i = g(\mu_i) = x_i^T \beta, \quad i = 1, \dots, n$$

으로 표시할 수 있다. η 는 선형예측식(linear predictor)이라고 부르며 함수 g 는 연결함수(Link function)라고 부른다.

연결함수 g 는 선형예측식 η 를 $\mu = E(Y)$ 를 연결하는 함수이다. 종속변수 및 모수가 정규분포를 따르는 기존의 선형모형에서는

$$\eta_i = g(\mu_i) = \mu_i = x_i^T \beta, \quad i = 1, \dots, n$$

이므로 연결함수는 $g(\mu) = \mu$ 인 동치함수(identity function)가 된다.

일반화 선형모형의 모수는 벡터 β 이므로 로그우도함수를 β 의 함수로 표현한 후 이를 최대화하는 β 를 찾으면 된다.

Y_1, \dots, Y_n 은 서로 독립이고 확률변수 Y_i 의 확률밀도함수 $f(y_i; \theta_i)$ 가

$$f(y_i; \theta_i) = \exp\left\{\frac{y_i \theta_i - b(\theta_i)}{a(\phi)} + c(y_i, \phi)\right\}$$

이면 로그우도함수는

$$l(\theta) = \sum_{i=1}^n l_i = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i \theta_i - b(\theta_i)}{a(\phi)} + c(y_i, \phi) \right\}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \theta_i - \sum_{i=1}^n b(\theta_i)}{a(\phi)} + \sum_{i=1}^n c(y_i, \phi)$$

이다. 적당한 정칙 조건이 만족되면 1의 최대값은 $\frac{\partial l}{\partial \beta_i} = 0$ 의 해에서 얻어진다. 연쇄법칙에 의해서 전개하면 아래의 방정식을 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial l_i}{\partial \beta_i} = \frac{y_i - \mu_i}{a(\phi)} \frac{a(\phi)}{\text{Var}(Y_i)} \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} x_{ij} = \frac{(y_i - \mu_i) x_{ij}}{\text{Var}(Y_i)} \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i}$$

따라서 $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)^T$ 의 최대우도추정량은 다음의 p개 방정식의 해로부터 구하게 된다.

$$U_j = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_i) x_{ij}}{\text{Var}(Y_i)} \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} = 0, \quad j=1, \dots, p.$$

그러나, 이 방정식은 비선형이며 반복적인 방법을 사용해 구해야 한다. 자주 사용되는 반복 알고리즘은 Newton-Raphson 알고리즘과 Scoring 알고리즘이다. 알고리즘에 대한 설명은 생략하기로 하겠다.

우선 실험계획에 대해 간략히 살펴보면 아래와 같다.

3. 자료분석

본 단원에서는 LCD모니터 및 PDP 백라이트용으로 많이 사용되는 58cm 크기의 CCFL을 이용해 휘도 측정시 주위 온도 및 습도의 영향에 대한 분석을 실시하도록 하겠다.

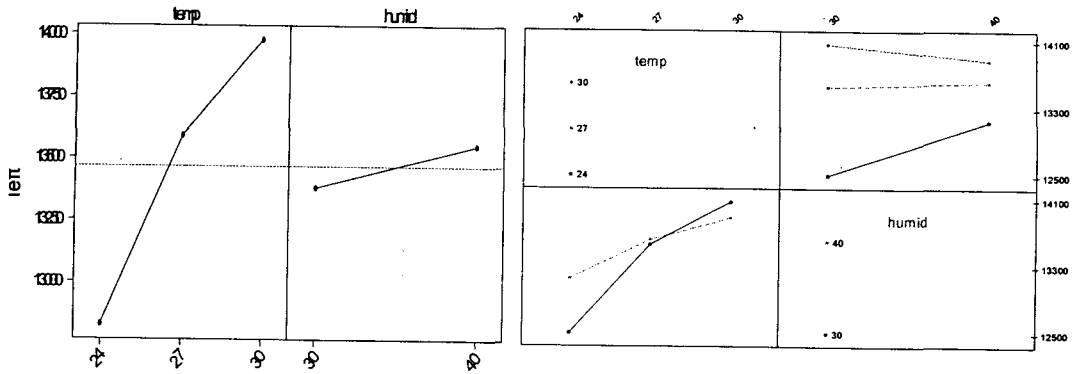
우선 data수집을 위해 실시한 실험계획을 살펴보도록 하겠다. 온도 및 습도의 수준(Level) 결정을 위해 LCD 및 PDP의 설계온도 및 내부 온도를 참고하여 아래의 표와 같은 실험을 실시하였으며 data의 측정위치는 좌·중·우 모두 세 군데에서 측정하였다.

(표1)

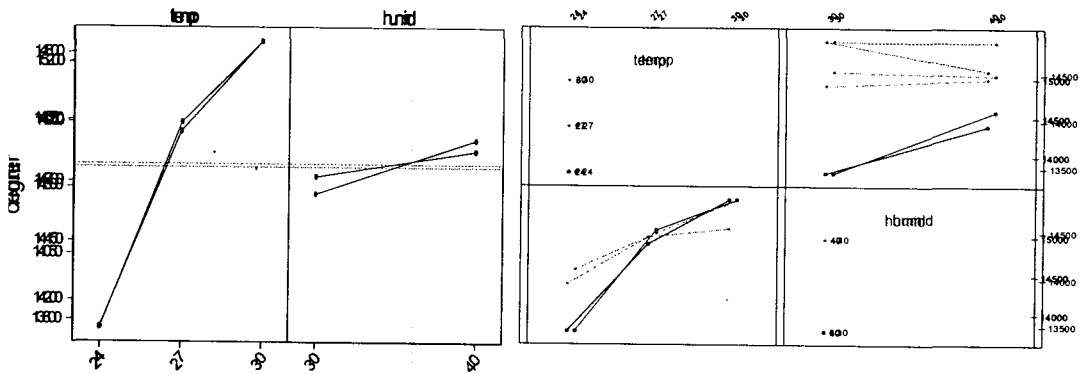
인자	수준			인자	수준	
	1	2	3		1	3
온도	24도	27도	30도	습도	30%	40%

휘도에 대한 분석을 위해 우선 각 요인(Factor)에 대한 주 효과 그래프에 대해 살펴 보도록 하겠다.

(그림2 : 왼쪽 휘도값에 대한 주효과 및 교호작용 그래프)



(그림3 : 중앙 휘도값에 대한 주효과 및 교호작용 그래프)



(그림4 : 오른쪽 휘도값에 대한 주효과 및 교호작용 그래프)

위의 그림1, 그림2, 그림3을 보면 주요인의 효과가 있음을 알 수 있고 위치의 차이는 있지만 상호작용의 효과 또한 확인해보는 것이 바람직하다고 여겨지기 때문에 다음과 같은 모형식을 고려하게 되었다.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{where } i=1, \dots, a \quad j=1, \dots, b \quad k=1, \dots, n$$

$$\sum_i^a \alpha_i = 0, \quad \sum_j^b \beta_j = 0, \quad \sum_i^a \alpha\beta_{ij} = \sum_j^b \alpha\beta_{ij} = 0$$

$$\varepsilon_{ijk} \sim i.i.d N(0, \sigma^2)$$

여기서 y_{ijk} 는 i 번째 온도 조건에 j 번째 습도 조건에서 측정된 k 번째 시료를 의미한다.

위의 모형을 적합시키기 위해 우리는 아래와 같은 SAS문장을 이용하여 분석을 실시하였다.

```
(SAS 문장 )
proc glm data=lumi;
class temp humid;
model lumi_l= temp humid /solution;
run;
```

일차적인 분석결과 당초 예상했던대로 온도의 효과는 모든 위치에서 유의하게 나타났으나 습도 및 교호작용에 대한 효과는 제외되었다. 아래의 표는 온도만을 요인으로 하여 일반화 선형모형을 적합시켜 도출된 결과물이다.

(표 2 : 왼쪽 휘도에 대한 GLM 결과물)

Standard Parameter		Estimate	Error	t Value	Pr > t
Intercept		13975.75000 B	78.0750413	179.00	<.0001
temp	24	-1149.00000 B	110.4147823	-10.41	<.0001
temp	27	-386.50000 B	110.4147823	-3.50	0.0007
temp	30	0.00000 B			

(표3 : 중앙 휘도에 대한 GLM 결과물)

Standard Parameter		Estimate	Error	t Value	Pr > t
Intercept		14843.50000 B	77.7702450	190.86	<.0001
temp	24	-1074.25000 B	109.9837352	-9.77	<.0001
temp	27	-336.50000 B	109.9837352	-3.06	0.0027
temp	30	0.00000 B			

(표4 : 오른쪽 휘도에 대한 GLM 결과물)

Standard Parameter		Estimate	Error	t Value	Pr > t
Intercept		15287.50000 B	101.8983567	150.03	<.0001
temp	24	-1202.50000 B	144.1060381	-8.34	<.0001
temp	27	-339.25000 B	144.1060381	-2.35	0.0202
temp	30	0.00000 B			

위의 결과에서 알 수 있듯이 휘도 측정 시 온도를 24℃에서 30℃로 약 6도 정도 높일 경우 전체적으로 1100cd/m²만큼 휘도가 증가함을 알 수 있다. 이는 현재 대부분의 휘도측정기가 제공하고 있는 측정오차를 벗어나는 것으로써 항-온조를 통한 온도실험뿐만 아니라 측정시의 주위의 온도에도 휘도의 크기가 변화한다는 것으로 해석할 수 있다.

4. 결론

본 연구를 통해서 CCFL의 휘도 측정시 주위 온도변화가 휘도값에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

현재 생산되고 있는 LCD 및 PDP의 경우 대부분 설계온도를 45°C이상으로 설정하고 있으며 형광등, 백열등, CCFL등과 같은 조명기구의 신뢰성 시험의 경우 휘도에 대한 분석을 통해 수명인증이 이루어 진다는 점을 고려한다면 환경시험 조건에 조정이 필요하다 할 수 있다.

끝으로, 본 연구의 접근방법과 결과가 앞으로 여러 제품의 신뢰성 평가에 좋은 자료로 사용되길 기대하며 마치고 싶다.

References

- [1] Flury, B.(1984). Common principal components analysis, *Journal of American Statistical Association*, 79, 892-898
- [2] McLean, R.A. and Sanders, W.L. (1988). Approximating degrees of freedom for standard errors in mixed linear models, *Proceedings of the Statistical Computing Section, New Orleans; American Statistical Association*, 50-59.
- [3] Stroup, W. W.(1989). Predictable functions and prediction space in the mixed model procedure, in *Applications of Mixed Models in Agriculture and Related Disciplines, Southern Cooperative Series Bulletin No.343, Baton Rouge: Louisiana Agricultural Experiment Station*, 39-48.
- [4] Hampel, F. R.(1974). The influence curve and its role in robust estimation, *Journal of American Statistical Association*, 69, 383-393.
- [5] Hawkins, D. M. and W. J. R. Eplett(1982). The Cholesky factorization of the inverse correlation or covariance matrix in multiple regression, *Technometrics*, 24, 191-198.
- [6] Kim, M. G.(1994). Influence curve for the Cholesky root of a covariance matrix, *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 23(5), 1399-1412.
- [7] Kim, M. G. and Jung, K. M.(2000). 「S-PLUS를 이용한 다변량자료분석」, 교우사, 서울.
- [8] Muirhead, R.J.(1982). *Aspects of multivariate Statistical Theory*, John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Olkin, I.(1985). Estimating a Cholesky decomposition, *Linear Algebra and Its Applications*, 67, 201-205.
- [10] Park, J. T.(1996). On computing a Cholesky decomposition, *The Korean Communications in Statistics*, 3(2), 37-42.