

조도와 글자 크기에 따른 가시거리 측정과 예상

김태현^{1*}

¹명지전문대 공학정보학부 전기과 교수

Measurement and Forecast of the Visibility Range according to Illuminance and the Character Sizes

Tae-Hyun Kim^{1*}

¹Division of Electrical Engineering, School of Information Technology Myongji College

요 약 가시거리는 무엇인지 정확히 보이는 거리로 정의되며 이는 조도, 글자 크기와 시력 등에 따라 달라진다. 본 논문에서는 4가지 글자 크기와 3가지 조도에 대해서 약 120명의 학생들을 대상으로 교실에서 가시거리를 측정하였다. 측정하지 않은 조도에 대한 가시거리를 예상하기 위해서 최소 제곱 근사 이론을 적용하여 조도가 독립변수이고 가시거리가 종속변수인 함수를 만들었다. 조도가 많이 변해도 가시거리는 조금 밖에 변하지 않으므로 상용로그함수를 이용하여 글자 크기 4가지 각각에 대해서 함수를 만들었다. 만들어진 함수의 값과 측정값과의 오차가 매우 적으므로 함수가 잘 만들어졌음을 보였다.

Abstract The visibility range is defined from where one can see. And it can be changed by illuminance, the character size, and eyesight and so on. In this paper the visibility range of 120 students is measured for 4 character sizes and 3 illuminations in a classroom. In order to forecast the visibility range of unmeasured data, using least square approximation theory, functions whose independent variable is illuminance and whose dependent variable is the visibility range is proposed. Because the visibility range is invariant according to illuminance, common logarithmic functions for 4 character sizes are used. The small difference between the postulated functions and the measured data verifies the accuracy of the functions.

Key Words : Illuminance, Least Square Approximation, the Visibility Range, the Character Size

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근, 비용 절감을 위해서 강의실의 크기를 크게 하여 강의실당 학생 수를 늘려 강좌수를 줄이는 사례가 늘고 있다. 물론 이렇게 하면 비용을 줄어줄겠지만 뒤에 있는 학생들은 보이지 않으므로 학습 효율이 떨어지고 이는 학생들의 강의 관심 저하와 학력 저하가 예상된다.

물론 조도를 높이거나 글자 크기를 크게 하면 이 문제는 많이 해결되었지만 글씨가 너무 크면 칠판에 쓰는 양이 너무 적어서 이것도 역시 문제가 된다.

그러므로, 글자 크기가 정해졌을 때 어디까지 보이는

가는 조도 설계와 강의실 규모를 설계할 때 중요한 문제라고 생각된다.

강의실 조도에 대한 논문이 몇 개[1-3] 있으나 가시거리에 대한 논문은 전무하다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 가시거리에 대한 연구로서 다음 2가지의 목적을 가지고 있다.

1.2.1 가시거리 측정

4가지 글자 크기(10,20,30,40)에 대해서 3가지 조도에 대해서 학생들의 가시거리를 측정한다.

*Corresponding Author : Tae-Hyun Kim (Myongji College.)

Tel: +82-2-300-3728 email: kth@mail.mjc.ac.kr

Received October 24, 2013

Revised (1st November 28, 2013, 2nd December 6, 2013)

Accepted January 9, 2014

1.2.2 가시거리 예상

측정한 가시거리를 근거로 측정하지 않은 조도에 대해서 가시거리를 예상한다.

1.3 연구의 방법

1.3.1 가시거리 측정

강의실의 앞 칠판에 간단한 글자만이 쓰여진 A4 용지를 인쇄해서 붙이고 뒤에서부터 와서 무엇인지 보이는 위치에서 정지하라고 하고 칠판에서부터의 거리를 측정하였다. 거리를 정확히 측정하기는 힘들므로 강의실의 앞부터 학생 신발의 앞부분까지의 거리를 10cm 간격으로 측정하였다.

1.3.2 가시거리 예상

측정한 가시거리를 근거로 최소 제곱 근사 이론을 적용하여 조사하지 않은 조도에 대해서 상용로그함수로 가시거리를 예상한다.

2. 본론

2.1 가시거리

2.1.1 가시거리의 정의

본 논문에서 가시거리는 보아서 무엇인지 정확히 알 수 있는 거리로 정의하였다.

2.1.2 가시거리의 변화 요인

가시거리는 조도, 글자 크기, 시력 등에 따라 달라진다.

2.2 최소 제곱 근사 이론

본 논문에서는 3가지 조도에 대해서만 가시거리를 측정하였다. 본 논문에서 측정하지 않은 조도인 경우 가시거리를 예상해 보려고 한다. 이를 위해서 조도가 독립 변수이고 가시거리가 종속 변수인 함수를 만들려고 한다. 조도가 많이 변해도 가시거리는 조금밖에 변하지 않으므로 상용로그함수를 이용하여 함수를 만들었다. 이를 식으로 표현하면

$$y = a \log x + b \tag{1}$$

이 된다.

위에서 x 는 조도, y 는 가시거리이고 a 와 b 는 결정해야 할 상수이다.

a 와 b 를 구하는 방법은 여러 가지가 있는데 본 논문에서는 성과 지수를 최소화하는 a 와 b 를 구한다. 글자

크기가 10일 때, 글자 크기가 20일 때, 글자 크기가 30일 때, 글자 크기가 40일 때의 4가지 경우에 대해서 a 와 b 의 값을 각각 구한다.

2.2.1 함수식

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 가 주어졌을 때 $y = a \log x + b$ 로 근사화하려고 한다.

x 대신 x_1, x_2, x_3 를 대입하면

$$y_1 = a \log x_1 + b \tag{2}$$

$$y_2 = a \log x_2 + b \tag{3}$$

$$y_3 = a \log x_3 + b \tag{4}$$

이 된다.

2.2.2 성과 지수

성과 지수는 다음과 같이 오차의 제곱의 합으로 정한다.

$$\begin{aligned} J &= (y_1' - y_1)^2 + (y_2' - y_2)^2 + (y_3' - y_3)^2 \\ &= (a \log x_1 + b - y_1')^2 + (a \log x_2 + b - y_2')^2 \\ &\quad + (a \log x_3 + b - y_3')^2 \end{aligned} \tag{5}$$

이 된다.

이를 최소화하는 a 와 b 를 구해 보자.

2.2.3 a 와 b 의 값

성과 지수를 a 와 b 에 대해서 편미분하면 a 와 b 에 대한 식이 나오므로 성과 지수를 최소화하는 a 와 b 를 구할 수 있다.

J 를 a 에 대해서 편미분하면

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial a} &= 2(a \log x_1 + b - y_1) \log x_1 \\ &\quad + 2(a \log x_2 + b - y_2) \log x_2 \\ &\quad + 2(a \log x_3 + b - y_3) \log x_3 \end{aligned} \tag{6}$$

\sum 기호를 사용하면

$$a \sum_{n=1}^3 (\log x_n)^2 + b \sum_{n=1}^3 \log x_n = \sum_{n=1}^3 y_n \log x_n \tag{7}$$

J 를 b 에 대해서 편미분하면

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial b} &= 2(a \log x_1 + b - y_1) \\ &\quad + 2(a \log x_2 + b - y_2) \\ &\quad + 2(a \log x_3 + b - y_3) \end{aligned} \tag{8}$$

\sum 기호를 사용하면

$$a \sum_{n=1}^3 \log x_n + 3b = \sum_{n=1}^3 y_n \quad (9)$$

2.2.6 행렬로 표현

식 (7)과 식 (9)를 행렬로 표현하면

$$\begin{bmatrix} \sum_{n=1}^3 (\log x_n)^2 & \sum_{n=1}^3 \log x_n \\ \sum_{n=1}^3 \log x_n & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^3 y_n \log x_n \\ \sum_{n=1}^3 y_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

이 된다.

2.2.7 크레이머의 법칙에 의한 해법

선형 연립 방정식을 푸는 한 가지 방법인 크레이머의 법칙에 의해서 위 방정식의 해를 구하자.

$$D = \begin{vmatrix} \sum_{n=1}^3 (\log x_n)^2 & \sum_{n=1}^3 \log x_n \\ \sum_{n=1}^3 \log x_n & 3 \end{vmatrix} \quad (11)$$

$$D_a = \begin{vmatrix} \sum_{n=1}^3 y_n \log x_n & \sum_{n=1}^3 \log x_n \\ \sum_{n=1}^3 y_n & 3 \end{vmatrix} \quad (12)$$

$$D_b = \begin{vmatrix} \sum_{n=1}^3 (\log x_n)^2 & \sum_{n=1}^3 y_n \log x_n \\ \sum_{n=1}^3 \log x_n & \sum_{n=1}^3 y_n \end{vmatrix} \quad (13)$$

라 하면

$$a = \frac{D_a}{D} \quad (14)$$

$$b = \frac{D_b}{D} \quad (15)$$

가 된다.

2.3 피험자 집단의 교정시력

교정시력도 가시거리에 영향을 끼치므로 피험자들의

교정시력을 다음 표 1에 보였다. 피험자들의 교정시력은 0.2부터 2.0까지 있으며, 1.0이 가장 많았다. 비율은 소수 점 둘째 자리에서 반올림해서 소수점 첫째 자리까지 보였다.

[Table 1] Corrected eyesight of examinees

corrected eyesight	the number of the people	ratio(%)
0.2	2	1.6
0.3	3	2.3
0.4	2	1.6
0.5	7	5.4
0.6	12	9.3
0.7	9	7.0
0.8	14	10.9
0.9	10	7.8
1.0	40	31.0
1.1	2	1.6
1.2	12	9.3
1.3	1	0.8
1.5	12	9.3
1.7	1	0.8
1.9	1	0.8
2.0	1	0.8
total	129	100

2.4 측정에 사용된 글자

측정에 사용된 글자의 종류와 크기는 다음과 같다.

2.4.1 글자의 종류

한글과 영어를 대상으로 하였다. 이유는 우리나라에서는 우리말인 한글이 강의실에서 가장 많이 사용되므로 한글을 선택하였으며, 그 다음으로 많이 사용되는 영어를 대상으로 하였다.

처음에는 복잡한 글자보다는 간단한 글자를 대상으로 하는 것이 좋으므로 한글은 자음 3개(ㄱ, ㄴ, ㄷ)와 모음 3개(ㅏ, ㅑ, ㅓ)를 대상으로 하였고, 영어는 6개의 철자(a,b,c,d,e,,f)를 대상으로 하였다.

2.4.2 글자의 크기

같은 간격으로 하는 것이 좋을 것 같아서 글자 크기를 10,20,30,40으로 선정하였다. 글자 크기 50은 너무 커서 시력이 좋은 일부 학생의 경우 강의실 제일 뒤에서도 보여서 실험하기에 적당치 않았다.

2.5 가시거리 측정

본 논문에서는 약 120명의 학생을 약 60명씩 2조로 나누어 글자 크기와 조도를 바꾸어 가시거리를 조사하였다. 여기서 조도는 실험면(칠판)에 대한 연직면 조도이다.

전등을 다 켜 준 경우, 반만 켜 준 경우, 다 끈 경우의 3가지에 대해서 조사했다. 편이상 전등을 다 켜 준 경우를 l(light의 첫 글자), 반만 켜 준 경우를 m(middle의 첫 글자), 다 끈 경우를 d(dark의 첫 글자)라고 하기로 한다.

2.5.1 글자 크기 10

글자 크기가 10인 경우 다음 3가지 경우에 대해서 가시거리를 조사하였다.

[Table 2] Visibility range in case of character size 10

case	10-1	10-2	10-3
character	ㄱ	ㄷ	ㄴ
illuminance	l	m	d
lux	400	60	1
average(cm)	164	153	106

2.5.2 글자 크기 20

글자 크기가 20인 경우 다음 3가지 경우에 대해서 가시거리를 조사하였다.

[Table 3] Visibility range in case of character size 20

case	20-1	20-2	20-3
character	ㅏ	ㅑ	ㅓ
illuminance	l	m	d
lux	330	56	1
average(cm)	249	245	136

2.5.3 글자 크기 30

글자 크기가 30인 경우 다음 3가지 경우에 대해서 가시거리를 조사하였다.

[Table 4] Visibility range in case of character size 30

case	30-1	30-2	30-3
character	a	e	c
illuminance	l	m	d
lux	220	180	1
average(cm)	292	291	170

2.5.4 글자 크기 40

글자 크기가 40인 경우 다음 3가지 경우에 대해서 가시거리를 조사하였다.

[Table 5] Visibility range in case of character size 40

case	40-1	40-2	40-3
character	b	f	d
illuminance	l	m	d
lux	250	120	1
average(cm)	445	335	274

2.6 성과 지수 계산

최소 제곱 근사 이론을 적용하여 4가지 글자 크기에 대해서 최소 제곱 근사 이론을 적용하여 조도와 가시거리와의 관계를 함수로 만들었다.

만든 함수의 값과 측정된 값이 차이의 제곱의 합이 성과 지수인데 이를 계산해 보자. 이 차이가 작을수록 정확하게 함수를 만든 것이다. 성과 지수는 식 (5)와 같이 정의된다.

2.6.1 글자 크기 10

글자 크기가 10인 경우 본 논문에서 계산한 조도가 독립 변수이고 가시거리가 종속 변수인 함수는 다음 식 (16)과 같다.

$$y = 47.9 \log x + 142.0 \quad (16)$$

성과 지수는 다음 식 (17)과 같다.

$$\begin{aligned} J &= (y'_1 - 106)^2 + (y'_2 - 153)^2 + (y'_3 - 164)^2 \\ &= (47.9 \log 1 + 142 - 106)^2 \\ &\quad + (47.9 \log 60 + 142 - 153)^2 \\ &\quad + (47.9 \log 400 + 142 - 164)^2 \\ &= 1.5^2 + (-4.6)^2 + 3.3^2 = 34 \end{aligned} \quad (17)$$

2.6.2 글자 크기 20

글자 크기가 20인 경우 본 논문에서 계산한 조도가 독립 변수이고 가시거리가 종속 변수인 함수는 다음 식 (18)과 같다.

$$y = 48.1 \log x + 141.8 \quad (18)$$

성과 지수는 다음 식 (19)과 같다.

$$\begin{aligned}
 J &= (y_1' - 136)^2 + (y_2' - 245)^2 + (y_3' - 249)^2 \\
 &= (48.1\log 1 + 141.8 - 136)^2 \\
 &+ (48.1\log 56 + 141.8 - 245)^2 \\
 &+ (48.1\log 330 + 141.8 - 249)^2 \\
 &= 5.8^2 + (-19.1)^2 + 13.9^2 = 593
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

2.6.3 글자 크기 30

글자 크기가 30인 경우 본 논문에서 계산한 조도가 독립 변수이고 가시거리가 종속 변수인 함수는 다음 식 (16)과 같다.

$$y = 52.8\log x + 170.0 \tag{20}$$

성과 지수는 다음 식 (21)과 같다.

$$\begin{aligned}
 J &= (y_1' - 170)^2 + (y_2' - 291)^2 + (y_3' - 292)^2 \\
 &= (52.8\log 1 + 170 - 170)^2 \\
 &+ (52.8\log 180 + 170 - 291)^2 \\
 &+ (52.8\log 220 + 170 - 292)^2 \\
 &= 0^2 + (-1.9)^2 + 1.7^2 = 7
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

2.6.4 글자 크기 40

글자 크기가 40인 경우 본 논문에서 계산한 조도가 독립 변수이고 가시거리가 종속 변수인 함수는 다음 식 (16)과 같다.

$$y = 56.2\log x + 267.4 \tag{22}$$

성과 지수는 다음 식 (23)과 같다.

$$\begin{aligned}
 J &= (y_1' - 274)^2 + (y_2' - 335)^2 + (y_3' - 445)^2 \\
 &= (56.2\log 1 + 267.4 - 274)^2 \\
 &+ (56.2\log 120 + 267.4 - 335)^2 \\
 &+ (56.2\log 250 + 267.4 - 445)^2 \\
 &= (-6.6)^2 + 49.2^2 + (-42.8)^2 = 4304
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

3. 결론

강의실의 조도와 강의실의 크기를 설계할 때 한 가지 참고할만한 사항을 제시하였다.

본 논문에서는 약 120명의 학생들을 대상으로 4가지 글자 크기와 3가지 조도에 대해서 정확히 보이는 거리, 즉 가시거리를 조사하였다.

측정하지 않은 조도의 경우의 가시거리를 추정하기 위

해서 독립변수를 조도로 정하고 종속변수를 가시거리로 정한 함수에 의한 성과 지수를 최소 제곱 오차에 의해서 계산하였다. 계산된 함수에 의한 성과지수의 값이 작으므로 계산한 함수가 잘 계산되었음을 보였다.

b의 값은 x 즉 조도가 1일 때의 가시거리이다. 글자 크기가 10일 때와 20일 때는 약 140이고 글자크기가 40일 때는 약 270으로 차이가 많이 나는데 이는 글자 크기에 따라 가시거리의 차이가 많은 것을 알 수 있다.

향후, 시력 등에 따른 가시거리 조사도 연구되어야 할 것으로 생각된다.

References

- [1] In-Ho Choi, Hong-nam Ryu, A study on the effects of emotional lighting in public school, The Proceeding of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineerings pp.134-139, 2012
- [2] Jin-Goo. Kim, Dong-Jo Kim, Hoon Kim, An Investigation & Improvement of Illumination for Analysis Relation between Classroom, Illumination and Variation of Student's Eyesight, Journal of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineering, pp.145-153, 2013
- [3] Yong-Sik Shin, Hong-Kyoo Choi, Seung-Won Park, Beom-Gwan Seo, Myung-Hwna Lim, Hye-Young Shin, Improvement of lecture room light by pattern search method, The Proceedings of the Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engeinners, pp89-92, 2008

김 태 현(Tae-Hyun Kim)

[정회원]



- 1986년 2월 : 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학학사)
- 1988년 2월 : 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학석사)
- 1999년 2월 : 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학박사)
- 2000년 3월 ~ 2002년 2월 : 목포대학교 전기제어공학부 전기공학전공 교수

- 2002년 3월 ~ 현재 : 명지전문대 공학정보학부 전기과 교수

<관심분야>
조명공학, 가시거리