

퍼지 추론과 구역 공간법을 이용한 조도 계산법

(Calculation of Illuminance Using Fuzzy Reasoning and Zonal Cavity Method)

최홍규 · 강태은 · 원진희 · 조용상*

(Hong-kyoo Choi · Tae-eun Kang · Jin-Hee Won · Yong-Sang Cho)

요 약

본 연구에서는 현재 국내에서 사용하고 있는 3배광법 보다 정확도가 높은 구역 공간법에 대하여 설명하고, 구역 공간법이 평균 조도를 계산하는데 있어 필요한 조명 기구의 배광 곡선이나 반사율 등 그에 따른 자료의 부족으로 인해 국내 실정에 맞지 않는 문제점을 개선하고자 퍼지 추론 알고리즘을 제안하였다.

본 연구는 실내면의 조도에 영향을 주는 여러 가지 요소들을 변화시켰을때도 기존의 3배광법과 구역 공간법에 비해 정확도가 높고 또한 기존의 구역 공간법을 이용하여 조도 계산을 할 때의 복잡함을 퍼지 추론을 이용하여 간단하게 하였다.

Abstract

This paper proposes fuzzy reasoning algorithm for improvement in Zonal Cavity Method that is difficult to calculate average illumination without lighting scope and reflection factor so on.

This paper use fuzzy reasoning algorithm for maintainment of the best illumination in spite of some variation those are influenced of room illumination and cut down the difficult to be calculated used Zonal Cavity Method.

1. 서 론

조명 설계는 크게 옥내 조명 설계와 옥외 조명 설계로 구분하여 설명할 수 있으나 양자 어느 것이나 명시적이고 분류기 있는 조명 설계를 하여 가장 이상적인 설계가 되도록 하여야 한다.

조명 설계 시, 원하는 조도를 얻기 위해서는 설치하여야 할 조명 기구의 개수를 알 수 있어야 하고, 또한 정확한 조도 계산을 하여야 한다. 조도 계산은 조명 설계 단계에서 조명 설비를 실시하려는 장소의 조명 상황을 예측할 수 있게 한다. 그러나 조명 설비를 시공하고 난 후에는 이를 변경하는 것이 어려우므로, 설계 단계에서 조명 상황을 예측하는 것이 매우 중요하다. 따라서 적절한 조도 계산을 위해서는 조명이 설치되는 공간의 물리적인 크기, 마감재의 재질에 따른 반사율, 사용되는 등 기구의 배광 특성, 사용하는 램프의 종류 등을 미리 결정하고, 그 공간의 여러 가지 특성을 알아야 한다. 이로 인해 조명을 설치하려는 공간의 특성에 적합한 조명 설계를 한다.

평균조도를 구하는 계산법은 Harrison과 Anderson

이 조명 효율에 관한 실험의 결과에 따라 제안한 3배광법이 세계적으로 널리 사용되었으며, 현재 국내에서도 옥내 조명의 설계에 있어서 가장 중요한 계산법으로 이용되고 있다. 그러나 이 방법은 상호반사의 효과를 평가하는데 있어서의 정확도가 낮아 적용 시에 여러 가지 제약이 있으므로, 국외에서는 거의 사용되고 있지 않다.

현재 각국의 조명학회와 국제 조명 위원회(CIE)에서는 3배광법보다 정확도가 높은 새로운 옥내 조명 계산법을 추천하고 있는데, 그 중 비교적 널리 사용되고 있는 계산법들은 미국의 구역 공간법(Zonal Cavity Method ; ZCM), 영국의 영국 구역법(British Zonal Method ; BZM), 국제 조명위원회에서 권고하는 CIE법 등이 있다. 또한 독일과 프랑스에서는 3배광법을 토대로 하여 보다 개선한 방법들을 사용하고 있다.

실제적인 국내의 조명 설계에 있어서는 3배광법과 구역 공간법을 혼용하고 있는 실정이며, 따라서 국내 실정에 맞는 조도 계산법의 선택이 요구되며 그에 따른 조도 계산의 정확도 및 적용 한계에 대한 검토가

필요하게 되었다. 그럼에도 불구하고 현재 국내 소규모 건축물에 적용되고 있는 조명 방식은 대부분 설계 시공업자들의 경험이나 건축주의 감각에 의하여 결정되는 경우가 대부분이며 체계적인 연구와 방법을 통하여 설계 단계에서 조도 분포를 예측하여 조명 방식에 적용되는 경우는 드문 현실이다. 설계 단계에서 완공 후 건물내의 조도 분포를 예측하는 것의 어려움은 복잡해지고 다양화되어 가는 조명 환경의 요구 조건을 일일이 직접적인 실험을 통하여 확인하는데 따르는 시간적, 비용적인 어려움에 있다. 과거에 대략적으로 건축물내의 조도 계산을 위하여 사용해오던 실내 조도의 계산법은 표준적인 계수들을 이용하여 전체 실내면 조도의 평균치만을 구할 수 있는 것이므로 같은 공간 내에서도 보다 다양한 형태의 조명 방식이 요구되는 현대 건축물을 위한 해결책은 아니며 복잡한 실내 구조와 마감재로 이루어지는 건축물에는 적용 자체가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 조도 계산에 많이 이용되고 있는 구역 공간법과 퍼지 추론을 이용하여 건축물내의 조도를 계산할 수 있는 알고리즘을 개발하고자 한다.

2. 구역 공간법

구역 공간법은 건축물의 실내에 조명을 실시할 경우, 작업면 또는 바닥면에서의 평균조도를 계산하는 방법이다.

구역 공간법은 미국 조명학회(IES)에서 1964년부터 개발하여 추천해온 방법으로 꾸준히 개선되고 있으며, 그 개요는 다음과 같다. 조명 설계를 행하려는 방의 천장, 벽, 바닥의 반사율이 각각 ρ_c , ρ_w , ρ_f 일 때, 그림 1에서와 같이 방을 천장과 조명 기구 사이의 천장 공간, 조명 기구와 작업면 사이의 방 공간, 작업면과 바닥 사이의 바닥 공간으로 구분한다.

천장 공간, 바닥 공간과 방공간의 형태는 공간 비율(Cavity Ratio) 식 (1)과 같은 K 로 나타낸다.

$$\begin{aligned} K_{cc} &= \frac{5 \cdot h_{cc} \cdot (w + l)}{w \cdot l} \\ K_{rc} &= \frac{5 \cdot h_{rc} \cdot (w + l)}{w \cdot l} \\ K_{fc} &= \frac{5 \cdot h_{fc} \cdot (w + l)}{w \cdot l} \end{aligned} \quad (1)$$

K_{cc} , K_{rc} , K_{fc} : 천장 공간, 방공간, 바닥 공간의 공간 계수

h_{cc} , h_{rc} , h_{fc} : 천장 공간, 방공간, 바닥 공간의 높이 [m]

w, l : 방의 폭과 길이 [m]

식 (1)에 의해 천장과 바닥의 공간 비율 K_{cc} 와 K_{fc} 를 계산하면 천장과 바닥의 이용율을 계산할 수 있다.

즉, K_{rc} 의 값이 클수록 좁고 천장이 높은 방을 나타내며, K_{rc} 값이 작을수록 넓고 천장이 낮은 방을 나타내어 3배광법의 실지수와는 반대의 경향을 나타낸다. 방공간 계수 K_{rc} 는 종래의 3배광법에서 사용되던 실지수 R_r 과 $K_{rc} \cdot R_r = 5$ 인 관계가 있다.

유효 반사율 ρ_{ce} , ρ_{fe} 는 ρ_c , ρ_w , ρ_f 와 천장 공간 바닥 공간 형태의 함수로 된다. 각각 다른 반사율의 천장과 벽으로 구성된 천장 공간과 벽으로 구성된 천장 공간과 바닥과 벽으로 구성된 바닥 공간을 각각 하나의 유효 천장 공간 반사율 ρ_{ce} 와 유효 바닥 공간 반사율 ρ_{fe} 를 갖는 가상 면으로 치환할 수 있다. 각 반사율은 시공 초기의 값으로서 오염에 의한

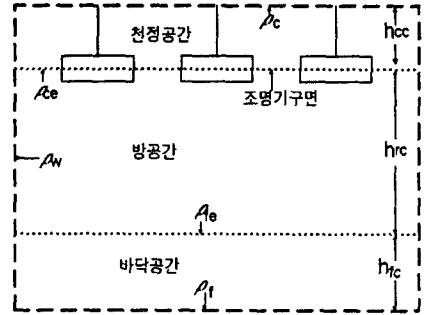


그림 1 구역 공간법에서의 방의 공간.
Fig. 1 A Space Room For The Zonal Cavity Method

반사율의 저하는 광손실률에서 보정한다. 천장에 부착하거나 매입한 조명 기구의 경우에는 CCR이 0으로 되며, 실제의 천장 반사율을 그대로 이용한다.

육면체 공간에는 네 개의 벽이 있고, 그 벽의 반사율을 ρ_w , 기저반사율(천장 공간의 경우 천장면, 바닥 공간의 경우 바닥면)을 ρ_b 라 할 때, 유효 공간 반사율 ρ_{eff} 는 그 공간에 입사한 광속에 대한 공간에서 반사되어 나가는 광속의 비가 된다. 모든 실내면이 완전 확산 반사를 하고, 공간에 입사하는 광속이 확산된 형태로 들어 올 때, 유효 공간 반사율은

방사 전달 이론에 의해 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$\rho_{\text{eff}} = \frac{\rho_b \rho_w F \left(\frac{2A_B}{A_w} (1-F) - F \right)}{1 - \rho_b \rho_w \frac{A_B}{A_w} (1-F)^2 + \rho_b F^2 + \rho_w \frac{A_B}{A_w} (1-F)^2 - \rho_w \left(1 - 2 \frac{A_B}{A_w} (1-F) \right)} \quad (2)$$

여기서

- A_B, A_w : 공간의 기저부와 벽면의 면적
- ρ_b, ρ_w : 공간의 기저부와 벽면의 반사율
- F : 공간의 개구부와 기저부의 형태율

또한 형태율 F 는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$F = \frac{2}{\pi xy} \ln \left(\frac{(1+x^2)(1+y^2)}{1+x^2+y^2} \right)^{1/2} + \frac{2}{\pi x} (1+x^2)^{1/2} \arctan \left(\frac{y}{(1+x^2)^{1/2}} \right) + \frac{2}{\pi y} (1+y^2)^{1/2} \arctan \left(\frac{x}{(1+y^2)^{1/2}} \right) - \frac{2}{\pi x} \arctan y - \frac{2}{\pi y} \arctan x \quad (3)$$

여기서 각각 x, y 는

$$x = \frac{\text{공간의 길이}}{\text{공간의 높이}}$$

$$y = \frac{\text{공간의 폭}}{\text{공간의 높이}}$$

이다. 단, \arctan 의 계산 결과는 라디안(radian)으로 표시되어야 한다. 만약 기저면이 정사각형이라면

$$x = y = \frac{10}{\text{공간 비율}} \quad (4)$$

이다. 또한, 천장이 수평이 아닐 때의 유효 천장 공간 반사율은 다음 식으로 계산된다.

$$\rho_{\text{ce}} = \frac{\rho}{\frac{A_s}{A_0} - \rho \left(\frac{A_s}{A_0} - 1 \right)} \quad (5)$$

- 여기서, A_s : 천장면의 면적
- A_0 : 천장 개구부의 면적

(천장 공간의 수평면 면적)

ρ : 천장면의 반사율

이다. 위 식은 반구와 같은 오목한 형태의 천장에도 적용되나, 이 때 천장면 전체가 다른 면에 대하여 노출되어 있어야 한다. 만약 천장면의 반사율이 각 부분에서 다르다면 면적 가중 평균치를 취한다. 즉, 천장이 반사율이 다른 n 부분으로 나누어 지고, i 번째 천장 부분의 반사율과 면적을 각각 ρ_i 및 A_i 라 한다면, 평균 반사율은 으로 계산된다.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6)$$

이상에서 구해진 ρ_{ce} , ρ_{fe} 와 K_{rc} , 그리고 ρ_w 를 이용하여 각각의 조명 기구에서 주어진 이용률 표에 의하여 해당되는 이용률을 찾아낸다.

대부분 조명 기구의 카탈로그에 주어진 이용률은 ρ_{fe} 가 0.2인 경우의 값들이며 ρ_{re} 가 이 값과 차이가 있을 때에는 적당한 배율을 도표에서 찾아 이용률에 곱해 준 것이 이용률이 된다. 결국 구역 공간법은 조도 계산의 대상인 실내 전체를 천장, 벽, 바닥 반사율이 ρ_{ce} , ρ_w , ρ_{fe} 인 방공간 크기의 방으로 치환하여 이용률을 계산하는 것이다.

구역 공간법에서의 이용률은 다음과 같이 구할 수 있다.

이용률은 조명 기구 내에 들어 있는 램프들이 발산하는 총광속중에서 작업면이 입사하는 광속의 비를 나타내는 것으로서 조명 기구의 배광 분포, 방의 형상, 실내면의 반사율 등에 따라 변화하는 값이다.

조명 기구에서 나오는 광속 중 상향하는 광속이나, 하향하는 광속 중 직접 작업면에 입사되지 않는 광속은 작업면이 아닌 다른 면에 입사 하여 흡수, 또는 반사되며 빛의 일부는 작업면에 입사하게 된다. 이렇게 한번, 또는 여러 번의 반사를 거쳐 작업면에 입사하는 광속은 광속 전달 이론에 의해 계산된다. 이러한 광속을 합하여 이용률을 구할 수 있다.

조명 기구에서의 방출 광속이 시간에 따라 감소하는 것을 여러 가지 요인으로 분석하고 이 경향을 광손실율로 표현한다. 광손실율은 조도 계산 결과를 실제 현장 상황에 맞도록 보정하는 역할을 한다. 즉, 램프의 광출력, 조명 기구의 광출력, 표면 반사율 등이 실제 현장에서는 이상적인 상황에서의 측정치 보다 일반적으로 작은 값을 가지므로 이에 대하여 교정을 행하는 것이다. 또한 광손실율은 조명 기구에서

예상되는 광출력의 저하를 나타내며, 주기적인 보수가 있을 때까지 최소 요구 조도를 유지하려는 것이다. 광 손실율은 회복 가능 요인과 회복 불가능 요인으로 구분할 수 있다.

3. 퍼지 추론 알고리즘

2장에서 대략적인 구역 공간법에 대한 설명을 하였다. 구역 공간법이 대부분의 국내 조명 설계시 사용되는 3배광법 보다 정확도가 높긴 하지만 3배광법에 비해 많은 계수들과 또한 유효 공간 반사율을 구하는데 있어 식 (1) ~ 식 (6) 까지의 매우 복잡한 계산을 하여야 한다. 또한 식 (1)에 의해 구해진 공간 비율은 규칙적인 육면체인 경우에 해당되며 불규칙한 경우는 식 (1)의 계수 5 대신에 적절한 계수로 보간하여야 하는 불편함이 있다.

그럼에도 불구하고 이렇게 매우 복잡한 계산을 통하여 유효 공간 반사율을 구하여도 조명 기구 제작사에서 배포하는 이용률에 대한 자료는 유효 공간 반사율이 20%인 경우에 대하여만 제공되기 때문에 대부분의 조명 설계 시공시 시공업자들의 경험이나 건축주의 감각에 의하여 결정된다. 그 이유는 국내 조명 기구 제작사들이 제공하는 조명 기구의 배광 곡선이 제대로 나오는 것이 없기 때문이다.

따라서 이러한 문제점들을 개선하고자 다음과 같은 퍼지 추론 알고리즘을 제안한다.

퍼지 추론 알고리즘을 실현시키기 위한 퍼지 논리 제어기는 3개의 퍼지 입력 상태 변수 조건에 따라 유효 공간 반사율을 구할수 있게 설계되었다.

퍼지 추론을 위한 입력으로 사용되는 3개의 퍼지 상태 변수 중 첫 번째 퍼지 상태 변수는 식 (11)에서 알 수 있듯이 기저반사율을 퍼지 연산자를 이용하여 퍼지화 시킴으로써 얻어진다.

$$\tilde{\rho}_b = \text{fuzzifier}(\rho_b) \quad (11)$$

식 (11)로 주어진 기저반사율 퍼지 변수의 전체 퍼지 집합은 7개의 중첩된 퍼지 집합으로 구성된다. 각 기

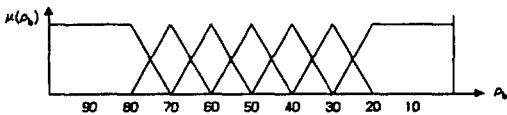


그림 2. 기저반사율의 소속 함수 분포
Fig. 2 Reflection Ratio Regiment Distribution Function

저반사율에 대한 소속 함수는 그림 2와 같이 정규화된 삼각 분포(normalized triangular distribution)를 갖는다.

두 번째 퍼지 변수는 식(12)와 같이 벽면반사율을 퍼지 연산자를 이용하여 퍼지화함으로써 얻어진다.

$$\tilde{\rho}_w = \text{fuzzifier}(\rho_w) \quad (12)$$

식 (12)로 주어진 벽면반사율 퍼지 변수의 전체 퍼지 집합 역시 7개의 중첩된 퍼지 집합으로 구성된다. 각 벽면반사율에 대한 소속 함수는 그림 3과 같이 정규화된 삼각 분포(normalized triangular distribution)를 갖는다.

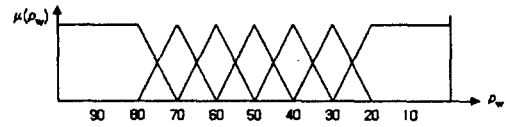


그림 3. 벽면반사율의 소속 함수 분포
Fig. 3 Of Wall Surface Reflection ratio Regiment Distribution Function

그림 4에서 나타낸 퍼지 변수는 세 번째 퍼지 변수인 공간 비율에 대한 퍼지 변수이다.

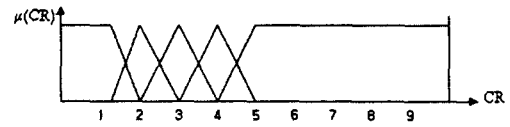


그림 4. 공간 비율의 소속 함수 분포
Fig. 4 Of Space Regiment Distribution Function

공간 비율 역시 유효 공간 반사율을 구하는데 있어서 입력 변수이므로 식 (13)을 이용하여 퍼지 변수로 변환한다.

$$\tilde{CR} = \text{fuzzifier}(CR) \quad (13)$$

구역 공간법에서 공간 비율을 구하는데 있어 적절한 계수 조정이 필요하다. 계수 조정은 방의 형태에 따라 설계자의 경험이나 의도에 의해 결정되므로 설계 상황에 따라 바뀌므로 이를 경험과 데이터에 의해 퍼지화한 것이다.

그림 5에서 나타낸 것은 퍼지 추론 알고리즘의 출

력인 유효 공간 반사율에 대한 퍼지 변수이다.

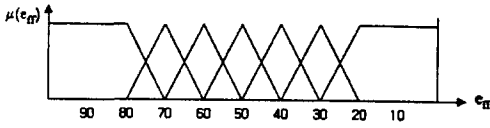


그림 5. 유효 공간 반사율의 소속 함수 분포
Fig. 5 Of Efficacy Space Reflection ratio Regiment Distribution Function

$$\tilde{e}_{ff} = \text{fuzzifier}(e_{ff}) \quad (14)$$

식 (14)로 주어진 벽면반사율 퍼지 변수의 전체 퍼지 집합 역시 7개의 중첩된 퍼지 집합으로 구성된다. 각 벽면반사율에 대한 소속 함수는 그림 5와 같이 정규화된 삼각 분포(normalized triangular distribution)를 갖는다.

퍼지 추론 알고리즘의 장점 중 하나는 알고리즘 자체의 지식 베이스에 있다. 지식 베이스를 설계한다는 것은 퍼지 추론 알고리즘안에 전문가의 경험과 지식을 결합하는 것이다. 이들 경험은 입력과 출력의 소속 함수값의 선택과 규칙 베이스를 조합하는 것이다.

이 논문에서의 추론 규칙은 기저 반사율과 벽면 반사율, 그리고 방의 비율을 이용한 경험적 지식을 바탕으로 다음과 같은 IF - THEN 형태를 갖는 퍼지 조건문(fuzzy conditional statement)으로 표시된 언어적 표현(linguistic description)을 사용한다.

IF - THEN 형태를 갖는 i 번째 퍼지 추론 규칙 R_i 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} R_i : \text{IF } \tilde{\rho}_w \text{ is " } A_i \text{ " and " } \tilde{\rho}_w \text{ is " } B_i \text{ " } \\ \text{and " } \tilde{CR} \text{ is " } C_i \text{ " } \\ \text{THEN " } \tilde{e}_{ff} \text{ is " } N_i \text{ " .} \end{aligned} \quad (15)$$

여기서 A_i, B_i, C_i, N_i : 퍼지 세그먼트(fuzzy segment)

퍼지 추론 결과는 입력 전체 집합에서 정의된 퍼지값을 출력하여 실제 입력 변수로 사용할 수 없기 때문에 이를 명확한 비퍼지값으로 변환시켜야 한다. 비퍼지화는 추론 결과의 수치적 해석으로 이해할 수 있으며 비퍼지화에 관한 체계적인 방법은 아직까지 없으며, 본 논문에서는 비퍼지화(defuzzification) 과정을 위하여 Min-Max-Gravity 방법을 이용한 모의실험을 하였고

그에 대한 결과를 비교하였다.

그림 6은 본 논문에서 제안한 퍼지 추론과 구역 공간법을 이용한 조도 계산법의 전체적인 개략도 이다.

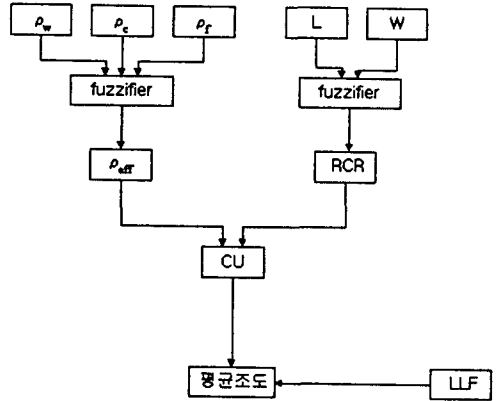


그림 6. 평균 조도를 구하기 위한 개략도
Fig. 6 Simple Drawing Assist For The Average Illumination

4. 모의실험 및 검토

조명 설계의 근간이 되는 평균 조도 계산은 주어진 방에 조명 기구를 설치할 때 평균 조도가 얼마로 되는지 계산하는 것이다.

조도에 영향을 미치는 요소는 매우 많으나 크게 분류하면 방에 관련된 요소와 조명 기구에 관련된 요소로 구분되고 이러한 요소들을 충분히 고려하여야 정확한 조도 계산이 된다.

i) 방에 관련된 요소

- 방의 크기
- 반사율
- 조명 기구 설치 높이
- 작업면 높이 등

ii) 조명 기구에 관련된 요소

- 배광 곡선
- 안정기울
- 램프 광속
- 램프 수명
- 공급 전압 등

이 논문의 모의실험에서는 완전 확산 조명 기구나 직접 조명 기구를 설치하였을 때 조도에 영향을 주는 요소, 즉 실내면의 크기, 광원의 위치, 각 부분의 반

사율, 광원의 개수 등을 변화시키면서 실내면의 조도값을 3배광법과 구역 공간법 그리고 본 논문에서 제시한 알고리즘을 이용한 구역공간법을 각각 비교하였다.

4.1 방의 크기 변화에 따른 평균 조도 비교

실내면에서 전반 확산형, 직접 조명 기구를 광원의 수[9개], 광원의 위치, 천장과 벽면의 반사율을 고정시킨 상태에서 정사각형의 방의 한변의 길이를 3[m]에서 30[m]까지 변화를 주었다.

표 1. 실험 결과 1
Table 1. Tasting Result One

단위(%)

| | 한 변의 길이 | 3배광법 | 구역 공간법 | 퍼지 구역 공간법 |
|----------------|---------|------|--------|-----------|
| 평균 조도 오차 | 3m | 50.7 | 38.8 | 31.7 |
| | 9m | 47 | 34 | 27.5 |
| | 15m | 25.3 | 17.2 | 13.2 |
| | 25m | 16.5 | 9.8 | 9.0 |
| | 30m | 16.3 | 9.7 | 8.9 |
| 오차의 범위 | 3m | 70 | 50.2 | 41.2 |
| | 9m | 68.2 | 47.3 | 38.2 |
| | 15m | 62.1 | 39.2 | 31.3 |
| | 25m | 57 | 31 | 27 |
| | 30m | 52 | 29.3 | 25.1 |

위 결과에서 광원의 형태와는 관계없이 3배광법의 평균 조도 오차가 크고 오차의 범위와 오차가 균일하게 되는 범위도 작아서 구역 공간법이 정확함을 알 수 있다. 그러나 구역 공간법이 3배광법에 비해 정확도가 높긴 하지만 설계자의 관점에 의해 어느 정도 한계가 있는데 반해 퍼지 추론 알고리즘을 이용한 구역 공간법의 정확도가 더 높음을 알 수 있다. 또한 같은 조건에서 세가지 방법 모두 방의 크기가 작은 공간에서 평균 조도 오차가 심하고 방공간이 커질수록 점점 오차가 줄어들었다.

4.2 방의 형태 변화에 따른 평균 조도 비교

방의 길이 및 직접 조명 기구의 개수를 고정시키고 방의 폭을 변화 시켰다.

이상의 결과로 미루어 보아 3배광법 보다는 구역 공간법이 오차가 작음을 알 수 있고, 또한 퍼지 추론 알고리즘을 이용한 구역 공간법이 더욱 오차가 작음을 알 수 있다. 또 복도와 같이 폭이 좁고 길이가 긴공간일수록 평균 조도의 오차가 점차적으로 크게 나타나고

표 2. 실험결과 2

Table 2. Tasting Result Two

단위(%)

| | 가로 세로비 비율 | 3배광법 | 구역 공간법 | 퍼지 구역 공간법 |
|----------------|-----------|------|--------|-----------|
| 평균 조도 오차 | 1.5 | 9.4 | 1.9 | 1.7 |
| | 1.2 | 8.8 | 1.7 | 1.6 |
| | 1.0 | 8.0 | 1.6 | 1.4 |
| 오차의 범위 | 1.5 | 27 | 2.8 | 2.1 |
| | 1.2 | 16 | 2.0 | 1.7 |
| | 1.0 | 12 | 1.8 | 1.4 |

방 공간이 커지면서 정방형에 가까워질수록 오차는 점점 적게 나타났다. 따라서 폭이 좁고 길이가 긴 공간에서 평균 조도법의 적용은 곤란하며 보다 정확도가 높은 새로운 조도 계산법이 필요하다.

5. 결론

표 1와 표 2으로 미루어 보아 실내면에서 조도에 영향을 주는 여러 요소들을 변화시켜 조명을 하였을 때 실내면의 조도값 계산에 대해 3배광법 보다는 구역 공간법이 정확도가 5.7 %정도 높음을 알 수 있으나, 구역 공간법이 현재 우리 나라의 실정에 잘 맞지 않고- 조명 기구의 배광 곡선에 대한 자료 부족 등, 또한 계산량이 많음으로 인해 복잡하고 여러 가지 변수들의 적용이 곤란하여 사용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서 제시한 퍼지 추론 알고리즘을 이용한 구역 공간법이 평균 조도를 계산하는데 있어 3배광법에 비해 7.5 % 정도 오차가 적고, 오차의 범위도 30 % 정도 적으므로 이것을 토대로 우리 나라 실정에 맞게 변형하고, 사용하기 쉬운 소프트웨어 개발과 보급이 요구된다.

참 고 문 헌

- (1) 지철근, 최신 조명 공학, 1993.
- (2) 전기 설비 사전, pp. 71(2편), 1989.
- (3) 기다리 조명 설계의 기술 계산, pp. 109-114.
- (4) W. M. C. Lam, Perception & Lighting, Van Nostrand Reinhold, 1992.
- (5) Lighting Handbook, 8/e, Illuminating Engineering Society of North America.
- (6) 엄정국, 원성현, 기초 퍼지 이론과 응용 시스템, 정보시대, 1992.
- (7) 박민영, 최성식, 퍼지 시스템의 응용 입문, 대영사, 1990.
- (8) C. C. Lee, "Fuzzy Logic in Control System : Fuzzy Logic Controller.-Part 1", IEEE Trans. Syst. Man, Cybern., vol. 20,

pp. 404-418, 1990.

(9) M. Braae and D. A. Rutherford, "Selection of Parameters for A Fuzzy Logic Controller", Fuzzy Sets Syst., pp. 185-199, 1979.

◇ 著 者 紹 介 ◇

최홍규(崔洪圭)

1975 홍익대학교 전기 1977년 연세대학교 전기(석사). 1992년 홍익대학교 전자(박사). 현재 홍익대학교 전기공학과 교수, 전기 설비 연구소 소장

강태은

1960년 1월 18일생. 1993 대전산업대 전기공학과 졸업. 1995년 건축 전기 설비 기술사. 1996년 홍익대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 홍익대학교 대학원 전기공학과 박사 과정

원진희

1959년 8월 29일생. 1985년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1994년 건축 전기 설비 기술사. 현재 홍익대학교 대학원 전기공학과 석사 과정

조용상(趙勇相)

1977년 1월 7일생. 1999년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 현재 홍익대학교 대학원 전기공학과 석사 과정