

# Human Perception Characteristics according to the Arrangement of Visual Stimuli

Yejin Lee<sup>1,2</sup>, Kwang Tae Jung<sup>1</sup>, Hyun Chul Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea University of Technology and Education, Department of Industrial Design Engineering, Cheonan, 31253

<sup>2</sup>SA Monitoring and Mitigation Research Team, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 34057

## 시각자극의 배열 방향과 순서에 따른 인간의 자극 인지 특성

이예진<sup>1,2</sup>, 정광태<sup>1</sup>, 이현철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기술교육대학교 디자인공학과

<sup>2</sup>한국원자력연구원

### Corresponding Author

Kwang Tae Jung

Korea University of Technology and Education, Department of Industrial Design Engineering, Cheonan, 31253  
Email : ktjung@kut.ac.kr

Received : May 08, 2020

Revised : May 12, 2020

Accepted : May 20, 2020

**Objective:** The purpose of this study is to find out how the arrangement of visual stimuli affects human perception.

**Background:** The correct perception of visual information in the design of human-machine systems is one of the most important factors to consider for improving the usability and safety of systems. In particular, the arrangement direction and order of visual stimuli are design elements that should be considered important in the design of visual information or in the design of the user interface.

**Method:** Three black circles were used as an experimental stimulus. The reference stimulus was a 30mm diameter circle and the signal stimulus was a 30.8mm diameter circle. The signal stimulus was the size that 90% of the subjects correctly determined in the JND measurement experiment. The experimental equipment was a tachistoscope and 20 college students participated as subjects. The subjects judged whether the three circles presented in the horizontal or vertical direction were the same size. They pressed the left button if they were the same and pressed the right button for the other.

**Results:** Although the difference was not statistically significant, the accuracy of men's visual perception was slightly higher than that of women in both the horizontal and vertical arrangements, and the response time was longer than that of women. In addition, the accuracy of perception for the stimuli of the horizontal arrangement was higher than that of the vertical, and the response time was short. The location of the signal stimulus in the horizontal arrangement of visual stimuli did not significantly affect the accuracy of perception and response time of the stimulus judgment. However, the location of the signal stimulus in the vertical arrangement had a significant effect on the accuracy and response time, and the accuracy and response time were the smallest when the signal stimulus was located at the center.

**Conclusion:** The horizontal arrangement tends to have higher accuracy of visual perception than the vertical, and the response time tends to be shorter. It can be seen that the accuracy tends to increase and the response time tends to decrease when it is centrally located.

**Application:** These results should be considered in the visual information design or interface design.

**Keywords:** Visual stimuli, Just noticeable difference, Tachistoscope, Recognition accuracy, Response time

## 1. Introduction

인간-기계 시스템에서의 적합한 작업수행을 위해 시스템에서 제시되는 정보를 올바르게 인지하는 것은 매우 중요하다. 인간은 작업수행과 일상생활을 위하여 필요한 정보의 80% 이상을 시각에 의존한다(Sanders and McCormick, 1993). 특히 디지털 기기의 대중화로 인하여 작업수행과 일상생활에서 시각 정보의 중요성은 더욱 높아지고 있다.

일반적으로 작업수행에 필요한 시각적 자극은 불필요한 자극과 함께 제시되어 올바른 자극의 인지를 어렵게 만든다. 따라서 인간이 제시되는 시각자극을 항상 올바르게 인지하는 것은 쉽지 않다(Nevin, 1969). 그러한 측면에서 시각자극의 인지에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다.

Park (2013)은 표적과 동일한 방해자극이 옆에 있을 때, 표적의 정확도가 떨어지는 경향이 있는지를 실험을 통하여 연구하였다. 그 결과 방해자극은 표적의 식별에 부정적인 영향을 미친다고 하였다. Kwon and Shin (2002)은 배경자극 속에서 표적을 탐지하는데 표적의 유형과 출현위치가 미치는 영향을 실험을 통하여 규명하였다. 배경자극이 있는 상황에서 표적의 유형과 출현위치가 자극의 탐지에 미치는 영향을 다루었는데, 방향표적이 세부특징 표적보다 빨리 탐지되고 제1사분면에 제시된 표적이 가장 빠르게 탐지되었다고 하였다. Smith (1969)는 면적의 지각에 도형의 형태가 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과로 동일한 면적이지만 다른 모양의 그림은 면적이 다른 것으로 인식된다고 하였는데, 이러한 차이는 특정 모양 변수의 상호 작용에 의한 것이라고 하였다.

Lee (2016)은 엘리베이터의 버튼에 표시된 숫자의 순서가 어떻게 제공되어야 하는지, 버튼의 형태와 배열이 어떻게 디자인되어야 하는지, 그리고 이들 요소가 어떻게 조화를 이루어야 하는지에 대한 연구를 진행하였다. 그 결과로서 버튼의 형태와 배열이 버튼에 표시되는 숫자의 흐름을 방해하지 않는다면 숫자배열의 패턴에 대한 친숙성이 숫자 탐색의 효율성에 영향을 준다고 하였다. Kim et al. (2008)은 자극의 크기, 거리, 정렬방향과 관찰방향에 따른 눈의 움직임에 관한 연구를 진행하였다. 그 결과로, 눈의 움직임에서 자극의 수평배열이 수직배열에 비해 Saccade 최대속도가 더 빠르고 정확하였고, 자극의 크기와 관찰방향은 Saccade 최대속도에 영향을 주지 않는다고 하였다. Kim (2008)은 평면의 기하학적 도형에 대한 크기 지각을 연구하였는데, 실험결과 동일한 면적에 대하여 삼각형과 역삼각형이 가장 크게 지각되고 그 다음으로 마름모가 크게 지각된다고 하였다. 그리고 도형의 선길이, 내각, 배치방향 등의 기하학적 요소가 크기 지각에 직접적인 영향을 미친다고 하였다.

이상의 연구 사례에서 볼 수 있는 것처럼 시각자극의 인지에 관한 여러 연구가 진행되어 왔지만, 시각 정보의 디자인이나 사용자 인터페이스의 디자인에서 중요한 디자인 요소로 고려되어야 하는 시각자극의 배열방향과 순서에 대한 연구 사례는 많지 않았다. 물론 Kim et al. (2008)은 눈 움직임의 Saccade 최대속도를 근거로 자극의 정렬방향이 가로일 때가 세로일 때 보다 더 빠르고 정확하게 인지한다고 하였고, Yang and Jung (2000)은 시각자극은 아니지만, 촉각 인지에 있어 가로방향이 세로방향 배열보다 더 정확하다고 주장하였다. 하지만 이상의 연구 사례는 시각자극의 배열방향에 대한 인지의 정확성을 직접적으로 밝혀주지는 못하였다. 그리고 시각자극의 배열방향 뿐만 아니라 배열 순서, 성별에 따른 자극 인지의 정확성과 자극의 판단에 관한 응답시간(response time)을 연구한 사례는 없었다. 따라서 본 연구에서는 시각자극의 배열방향과 순서에 따른 자극 인지의 정확성과 응답시간을 알아보고, 자극의 판단에 대한 반응 성향을 분석하였다.

## 2. Method

본 연구는 시각자극의 배열방향과 순서가 자극 인지의 정확성과 응답시간에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 수행되었다. 연구

의 수행을 위하여 3개의 원으로 구성된 실험자극을 사용하였다. 실험자극은 3개로 구성된 원의 배열에 크기가 큰 한 개의 원이 포함된 자극과 크기가 모두 같은 3개의 원으로 구성된 자극이었다.

피실험자들은 모니터에 제시되는 3개의 원의 크기가 모두 같은지 아닌지의 여부를 판단하도록 하였다. 실험을 위하여 원형의 시각자극을 사용한 이유는 디지털 공간상에서 사용되는 아이콘이나 일반적인 버튼의 형태가 기본적으로 원의 형태를 갖고 있는 경우가 많기 때문이었다. 신호자극에서 크기가 다른 원의 크기를 결정하기 위하여 우선적으로 원의 크기에 대한 변화감지역(Just Noticeable Difference) 측정실험을 수행하였다.

## 2.1 Just noticeable difference of circle size

변화감지역은 상대판단에 의하여 두 자극 사이 변화를 감지할 수 있는 가장 작은 차이 값을 말하는 것으로, 실험적으로는 50% 이상의 확률로 올바르게 판단할 수 있는 자극의 최소변화 또는 차이를 구하면 된다(Yu and Grauman, 2015). 본 연구에서는 지름 30mm인 검은색 원을 기준자극으로 사용하였는데, 신호로 사용할 원의 크기를 결정하기 위하여 지름이 30mm인 검은색 원을 대상으로 비교자극의 크기를 변화시켜 가면서 그 차이를 인지하는지를 평가하였다. 20명의 피실험자를 대상으로 실험한 결과는 Figure 1과 같다. 실험 결과로부터 JND는 0.45mm이고, Weber 비는 0.015가 됨을 알 수 있는데, 이 결과는 시각에 대한 Weber 비가 0.017이라는 이전의 연구결과(Sanders and McCormick, 1993)와 큰 차이가 나지 않았다. 이 실험결과를 토대로 피실험자들이 올바르게 판단한 비율 90%에 해당하는 자극의 차이 값인 0.8mm를 실험에 활용하였다. 90%에 해당하는 차이 값을 사용한 이유는 예비실험에서 이 수치보다 작은 차이 값을 사용한 경우, 피실험자들이 자극의 차이를 올바르게 식별하는 비율이 너무 작게 나타나서 배열방향과 순서의 효과를 알아 보는데 어려움이 있었기 때문이었다.

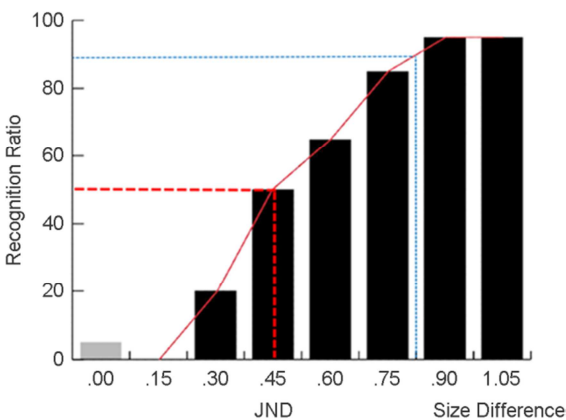


Figure 1. Recognition ratio for circle size

## 2.2 Experiment method

본 연구에서는 실험장비로 시각자극의 인지반응 특성을 연구하기 위한 목적으로 개발된 TAKEI의 Tachistoscope를 사용하였다. 실험에는 20명의 피실험자가 참여하였고, 성별 구성은 남성 10명, 여성 10명이었다. 피실험자의 연령은 전체 23.1세였고, 피실험자들은 모두 정상 시력을 가진 대학생들이었다. 피실험자들은 제시되는 실험자극을 보고 세 원의 크기가 모두 같은지의 여부를 판단하여 같다고 생각하면 왼쪽 버튼을 누르고, 그렇지 않으면 오른쪽 버튼을 누르도록 하였다. 실험 자극물은 화면의 중앙에 제시하였다. Figure 2는 실험장면이다.

실험자극에서 원의 크기는 지름이 30mm인 검은색 원이고, 원 사이의 간격(원의 가장자리 사이의 간격)은 30mm로 하였다. 신호자극

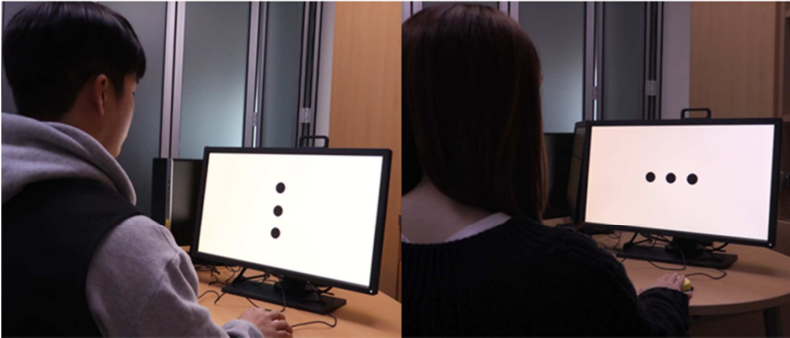


Figure 2. Experiment scene

에 포함된 크기가 큰 원의 지름은 30.8mm였는데, 이것은 변화감지 실험을 통하여 나온 결과에서 90% 정도의 피실험자들이 올바르게 판단한 자극물의 차이를 기준으로 하였다(Figure 1). 본 실험 전의 예비실험을 통하여 실험자극의 제시시간은 2초로 설정하였고, 자극이 사라지고 다음 자극이 나타날 때까지의 시간도 2초로 설정하였으며 그 시간 동안 이전 자극의 잔상을 제거하기 위하여 풍경 이미지를 제시하였다.

실험자극의 제시횟수는 각각의 배열방향에 대하여 40개씩이었고, 크기가 모두 같은 원으로 구성된 자극 10개, 배열에서 첫 번째 원의 크기가 큰 자극 10개, 두 번째 원의 크기가 큰 자극 10개, 세 번째 원의 크기가 큰 자극 10개씩 구성되었다. 각 자극의 제시 순서는 피실험자 별로 무작위로 이루어졌다. 피실험자는 실험시작 전에 실험에 대한 전반적인 내용에 대하여 설명을 듣고 간단한 예비실험을 통하여 실험 방법을 숙지한 후에 실험을 진행하였다.

### 3. Results

#### 3.1 Accuracy of perception according to the arrangement direction of visual stimuli

##### 3.1.1 Analysis by gender

자극의 배열방향에 따른 시각 인지의 정확도를 분석하기 전에, 먼저 성별 차이가 존재하는지 분석하였다. 시각자극의 배열에서 크기

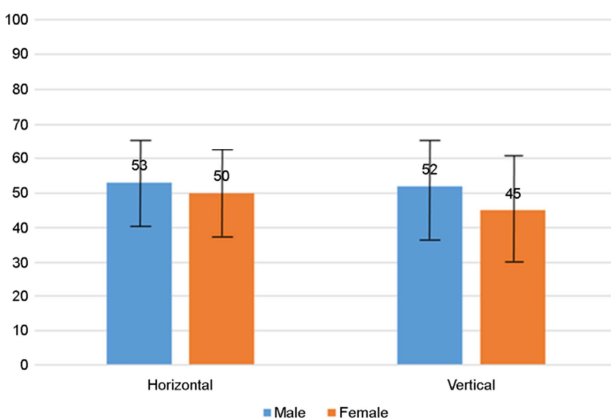


Figure 3. Accuracy of perception according to gender

가 큰 원이 포함된 자극을 올바르게 인지한 비율을 나타낸 Figure 3을 보면, 가로 배열에서는 남성이 53%였고 여성은 50%였으며, 그 차이는 유의수준 0.05에서 유의하지 않았다( $p=0.70>0.05$ ). 시각자극의 세로배열에서는 남성은 52%였고 여성은 45%였으며, 그 차이는 가로 배열과 마찬가지로 유의수준 0.05에서 유의하지 않았다( $p=0.52>0.05$ ).

비록 그 차이가 유의하게 나타나지는 않았지만, 가로방향과 세로방향 모두에서 남성의 시각 인지의 정확도가 여성보다 약간 높은 것을 알 수 있었다. 이러한 사실은 가로 또는 세로방향으로 배열된 시각자극의 크기를 지각하는 능력에 있어 남성이 여성보다 약간 더 우수하다는 것을 의미한다. 이러한 사실은 시각적 능력에 있어 남성이 여성보다 약간 더 우수하다는 Shaqiri et al. (2018)의 연구결과와 일치한다.

### 3.1.2 Analysis by arrangement direction

배열방향에 따른 시각 인지의 정확도를 비교분석하기 위하여, 크기가 큰 한 개의 원이 포함된 가로방향 배열과 세로방향 배열의 시각 자극에 대하여 올바르게 인지한 비율을 분석하였다. 가로방향 배열과 세로방향 배열 모두에서 남성이 약간 더 우수한 능력을 보였지만, 그 차이의 유의성은 보이지 않았기 때문에 성별을 구분하지 않고 분석하였다.

크기가 다른 원이 포함되어 있는 것을 올바르게 인지한 비율을 나타내는 Figure 4를 보면, 가로배열에서는 52%이고 세로배열에서는 49%로 가로배열의 자극에 대한 인지의 정확도가 더 높은 것을 알 수 있다. 하지만 그 차이는 유의수준 0.05에서 유의하지 않았다( $p=0.62>0.05$ ).

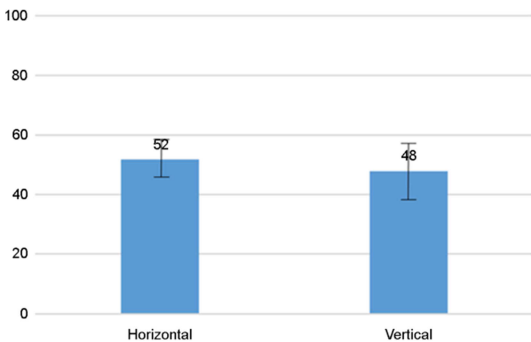


Figure 4. Perception accuracy according to arrangement direction

자극의 가로배열과 세로배열에서 자극 인지에 대한 피실험자의 반응 성향을 분석하기 위하여 신호탐지이론을 활용하였다. 신호탐지이론을 활용하기 위하여 크기가 같은 세 개의 원으로 구성된 시각자극을 소음(noise)로 정의하였고, 크기가 큰 원이 포함된 시각자극

Table 1. Response ratio for the judgement of stimuli

Direction	Response	
	Stimuli	
Horizontal	Signal	52%
	Noise	28%
Vertical	Signal	49%
	Noise	22%

을 신호(signal)로 정의하였다. 이때 신호탐지이론에 따라 피실험자의 반응을 네 가지로 분류하였고(Lee and Jung, 2019), 그 반응 비율을 Table 1과 같이 구하였다.

Table 1의 반응 결과로부터 가로배열과 세로배열에 대한 신호탐지이론의 민감도와 반응편향을 구한 결과는 다음과 같다.

Horizontal Arrangement:  $d_1' = |Z_{FA}| + |Z_{Miss}| = 0.644 + 0.055 = 0.7$ ,  $\beta_1 = P(\text{Miss})/P(\text{FA}) = 0.51/0.28 = 1.82$

Vertical Arrangement:  $d_2' = |Z_{FA}| + |Z_{Miss}| = 0.775 + 0.025 = 0.8$ ,  $\beta_2 = P(\text{Miss})/P(\text{FA}) = 0.51/0.22 = 2.32$

신호탐지이론의 민감도를 계산한 결과를 보면, 가로방향 배열의 자극에 대해서는 0.7이고 세로방향 자극은 0.8로 세로방향에서의 민감도가 약간 더 높았다. 그리고 반응편향을 보면, 가로방향 배열의 자극에 대해서 1.82이고 세로방향은 2.32로 세로방향일 때의 반응편향이 약간 더 높았다. 신호탐지이론의 민감도와 반응편향으로부터 피실험자들은 세로방향 배열의 자극을 판단할 때, 가로방향 배열보다 약간 더 민감하고 엄격한 기준을 적용함을 알 수 있었다. 이러한 사실 때문에 세로방향 배열의 자극 인지의 정확도가 낮게 나타났음을 알 수 있다.

## 3.2 Response time according to the arrangement direction of visual stimuli

### 3.2.1 Analysis by gender

본 연구에서는 피실험자가 화면에 제시된 자극을 보고 버튼을 누르기까지 걸린 시간을 응답시간(response time)으로 정의하였다. 자극의 배열방향에 따라 응답시간에 유의한 차이가 있는지를 분석하기 전에, 먼저 성별에 따른 영향을 분석하였다. 그 결과를 나타내는 Figure 5를 보면, 가로배열에 대한 응답시간은 남성 1355msec, 여성 1317msec로 남성이 더 긴 시간을 보였다. 하지만, 그 차이는 유의수준 0.05에서 유의하지 않은 것으로 나타났다( $p = 0.31 > 0.05$ ). 또한 세로배열에 대한 분석결과 피실험자의 응답시간은 남성 1396msec, 여성 1344msec로 남성이 더 긴 시간을 보였지만, 그 차이는 가로배열과 마찬가지로 유의하지 않은 것으로 나타났다( $p = 0.13 > 0.05$ ). 이러한 사실로부터, 비록 그 차이가 유의하게 나타나지는 않았지만, 가로방향과 세로방향의 배열 모두에서 남성의 응답시간이 여성보다 약간 더 길게 나타난 것을 알 수 있다.

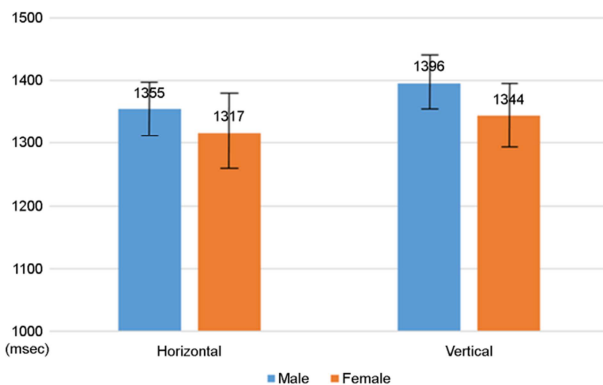


Figure 5. Response time according to gender

### 3.2.2 Analysis by arrangement direction

성별에 따른 응답시간에 유의한 차이가 발견되지 않았기 때문에 성별을 구분하지 않고 자극의 배열방향에 따른 응답시간을 분석하였다. 그 결과를 나타내는 Figure 6을 보면, 가로배열의 자극에 대한 응답시간은 1,336msec, 세로방향의 자극에 대한 응답시간은 1,370msec

로 세로방향의 자극을 판단하는데 더 긴 시간을 소요한 것으로 나타났지만, 그 차이는 유의수준 0.05에서 유의하게 나타나지 않았다 ( $p=0.19>0.05$ ).

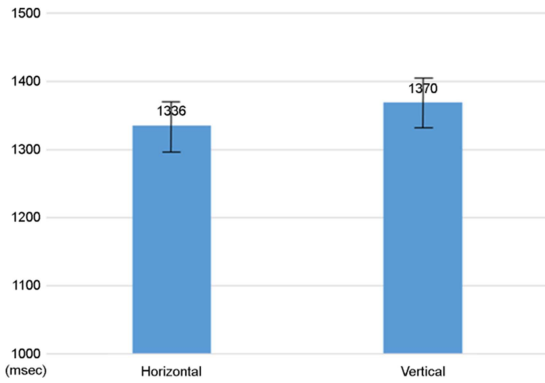


Figure 6. Response time according to arrangement direction

자극의 배열방향에 대한 인지의 정확도를 분석한 결과에서 가로방향의 정확성이 더 높게 나타났는데, 응답시간은 오히려 작게 나타난 것을 알 수 있다. 따라서 인지의 정확도와 응답시간의 상관성을 알아보기 위하여 상관분석을 수행하였다. 분석결과를 보면, 시각자극에 대한 인지의 정확도와 응답시간 간에는 음의 관계가 존재하지만, 그 상관성의 정도는 높지 않았다( $p=-0.122$ ). 즉 인지의 정확도와 응답시간 간에는 큰 상관성이 존재한다고 보기는 어려운 것을 알 수 있다.

### 3.3 Accuracy analysis according to the arrangement order of visual stimuli

시각자극의 배열 순서에 따른 인지의 정확도를 알아보기 위하여, 가로배열과 세로배열 각각에 대하여 시각자극을 올바르게 판단한 비율을 분석하였다. 먼저 가로배열 자극에 대한 분석결과를 보면, 크기가 큰 자극이 배열의 왼쪽에 위치한 경우의 정확도는 46.5%, 중간에 위치한 경우의 정확도는 60%, 오른쪽에 위치한 경우의 정확도는 48%로 나타났다. 그 결과를 보면 중간에 위치하는 경우의 정확도가 가장 높은 것을 있다. 하지만 그 차이는 유의수준 0.05에서 유의하게 나타나지는 않았다( $p=0.26>0.05$ ). 세로배열의 정확도를 나타내는 Figure 7을 보면 크기가 큰 원이 가장 위쪽에 위치할 때의 정확도가 가장 낮았고, 중간에 위치할 때의 정확성이 가장 높았다. 그리고 이러한 차이는 유의수준 0.05에서 유의하게 나타났다( $p=0.03<0.05$ ). 이러한 사실로부터 세로배열에서는 크기가 큰 자극의 위치

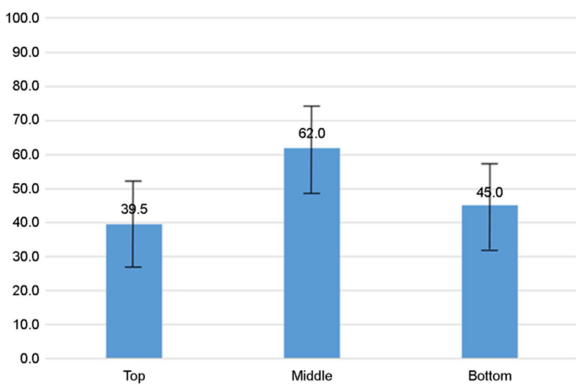


Figure 7. Perception accuracy according to stimuli order in vertical arrangement

에 따라 자극 인지의 정확도가 현저하게 차이가 나는 것을 알 수 있다.

### 3.4 Response time according to the arrangement order of visual stimuli

시각자극의 배열 순서에 따른 자극 판단의 응답시간을 알아보기 위하여, 가로배열과 세로배열 각각에 대하여 피실험자의 응답시간을 분석하였다. 먼저 가로배열 자극에 대한 분석결과를 나타낸 Figure 8을 보면, 크기가 큰 자극이 배열의 중간에 위치할 때 응답시간이 가장 짧게 나타났지만, 그 차이는 유의수준 0.05에서 유의하게 나타나지 않았다( $p=0.16>0.05$ ). 세로배열에서는 인지 정확성과 마찬가지로 크기가 큰 원의 위치가 피실험자의 응답시간에 유의한 영향을 주었다( $p=0.047<0.05$ ). 응답시간의 평균치를 보면, 자극 인지의 정확도와 마찬가지로 신호자극이 중간에 있을 때 응답시간이 가장 짧았다.

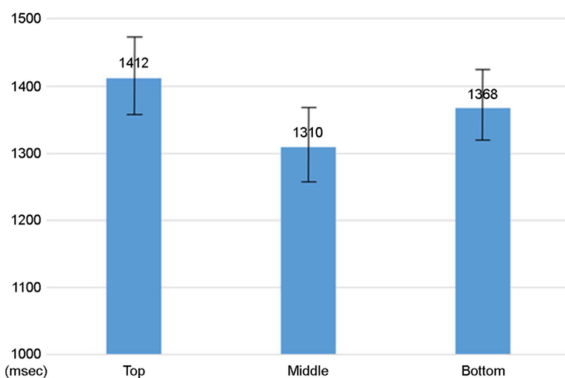


Figure 8. Response time according to the position of signal in vertical arrangement

## 4. Conclusion

인간-기계 체계에서 시각자극에 대한 올바른 인지는 시스템의 안전성과 사용성, 그리고 작업 수행도의 향상을 위하여 중요하게 고려되어야 할 요소이다. 특히 디지털 기술의 대중화로 인한 시각 인터페이스와 정보의 중요성이 과거 보다 더욱 높아지고 있는 상황에서 사용자들이 올바르게 인지할 수 있도록 시각 정보를 디자인하는 것은 무엇보다 중요하다. 사용자 인터페이스와 시각 정보의 레이아웃에서 구성요소의 배열방향과 순서는 정보의 수용과 시스템의 사용성 측면에서 중요한 디자인 요소이고, 이는 시각자극의 배열방향과 순서에 관한 문제이다. 따라서 본 연구에서는 시각자극의 배열방향과 순서에 따른 자극 인지의 정확도와 응답시간을 분석하였다.

시각자극의 판단에 대한 성별 차이를 분석한 결과로부터 남성이 여성보다 정확도가 약간 높았고 응답시간도 약간 더 길게 나타났다는 것을 알 수 있었다. 그리고 가로배열과 세로배열의 시각자극에 대한 인지의 정확성과 응답시간을 분석한 결과로부터, 통계적으로 유의하지는 않았지만 가로배열의 시각자극에 대한 인지의 정확도가 약간 더 높고, 응답시간은 약간 더 짧게 나타났다.

자극의 배열 순서에 따른 자극 인지의 정확도와 응답시간의 분석결과를 보면, 가로배열과 세로배열 모두에서 신호자극이 배열의 중간에 위치할 때 인지의 정확도가 가장 높게 나타났고, 응답시간은 짧게 나타났다. 특히 세로배열의 자극에 대해서는 인지의 정확도와 응답시간 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

본 연구의 결과를 볼 때, 실험조건에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 경우도 있지만 전반적으로 가로배열이 세로배열보다 시각 인지의 정확성이 높고 응답시간은 짧아지는 경향을 보였으며, 신호자극이 자극의 중앙에 위치할 때 정확성이 높아지고 응답시간은 짧아지는 경향을 보임을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 시각 정보 디자인이나 인터페이스 디자인에서 가로배열이 세로배열보다 시각 정보의 처리 측면에서 더 바람직하고, 특히 중요한 정보나 구성요소는 배열의 중심에 위치시킬 때 사용자들이 더 빠르고



쉽게 정보를 처리할 수 있음을 알 수 있다. 결론적으로 본 연구의 결과는 사용자 인터페이스의 레이아웃이나 시각 정보의 디자인 등에서 중요한 지침으로 고려되어야 할 것이다.

## Acknowledgement

This paper was (partially) supported by the Sabbatical Year Research Program of KOREATECH.

## References

- Kim, H., "The Effect of Configuration Characteristics of Geometrical Figure on Size Perception", *Journal of Integrated Design Research*, 7(2), 23-23, 2008.
- Kim, J., Kim, Y., Yoo, I., Park, J., Lee, H. and Lee, M., "An Analysis on Eye Movement under Varying Stimuli Size, Distance, Array and Direction", *Proceedings of 2008 Spring Conference of ESK*, 184-187, 2008.
- Kwon, O. and Shin, H., "Effects of Target Types and Locations on Visual Detection Performance", *The Korean Journal of Experimental and Cognitive Psychology*, 14(2), 127-143, 2002.
- Lee, J.H., "The Effect of Visual Perception for Elevator Button Search", *The Korean Journal of Animation*, 12(4), 132-153, 2016.
- Lee, Y. and Jung, K., "User Experience Analysis of SNS Native Advertising using Signal Detection Theory", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 38(1), 49-60, 2019.
- Nevin, J.A., "Signal Detection Theory and Operant Behavior: A Review of David M. Green and John A. Swets' Signal Detection Theory and Psychophysics", *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 475-480, 1969.
- Park, C., "The Influence of Unattended Distractors on the Identification of Targets", *Korean Journal of Cognitive Science*, 24(4), 365-391, 2013.
- Sanders, M.S. and McCormick, E.J., *Human Factors in Engineering and Design*, McGraw-Hill Education, 1993.
- Shaqiri, A., Roinishvili, M., Grzeczowski, L., Chkonia, E., Pilz, K., Mohr, C., Brand, A., Kunchulia, M. and Herzog, M.H., "Sex-related differences in vision are heterogeneous", *Scientific Reports*, 8(1), 1-10, 2018.
- Smith, J.P., "The effects of figural shape on the perception of area", *Perception & Psychophysics*, 5(1), 49-52, 1969.
- Yang, S.M. and Jung, B.Y., "Basic Research for the Tactual User Interface Design", *IE Interfaces*, 13(2), 253-257, 2000.
- Yu, A. and Grauman, K., "Just Noticeable Differences in Visual Attributes", *The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2416-2424, 2015.

## Author listings

**Yejin Lee:** yejin3210@koreatech.ac.kr

**Highest degree:** BS, Department of Advertisement, Fudan University

**Position title:** Graduate student, Koreatech/ Research Student, SA Monitoring and Mitigation Research Team, KAERI

**Areas of interest:** UX Design, Advertisement Design

**Kwang Tae Jung:** ktjung@kut.ac.kr

**Highest degree:** Ph.D, Department of Industrial Engineering, KAIST

**Position title:** Professor, Department of Industrial Design Engineering, KOREATECH

**Areas of interest:** Ergonomic design, UI/UX

**Hyun Chul Lee:** leehc@kaeri.re.kr

**Highest degree:** Ph.D, Department of Nuclear and Quantum Engineering, KAIST

**Position title:** Principal Researcher, SA Monitoring and Mitigation Research Team, KAERI

**Areas of interest:** Human System Interfaces Design and Evaluation, Human Error and Reliability