

Stimuli의 크기, 거리, 정렬방향과 관찰방향에 따른 눈의 움직임에 관한 연구

An Analysis on Eye Movement under Varying Stimuli Size, Distance, Array and Direction

김재용, 김영수, 유일선, 박준호, 이현도, 이면우

서울대학교 산업공학과 인간공학연구실

ABSTRACT

This research utilizes an eye-tracking camera to measure the accuracy, instability and saccade speed of the eye during gazing two stimuli. The alignment and distance was varied per experiment trial. The accuracy decreased as the distance between two stimuli lengthened, and saccades were more stable during horizontal movement than vertical.

Keywords: Eye-camera, Word recognition, Eye movement

1. 눈의 움직임(Eye Movement)에 대한 기존연구

눈의 움직임에 대한 연구는 1870년 후반부터 현재에 이르기까지 꾸준히 연구되어 왔으며, 연구 주제 및 방법에 있어서 변화를 거듭했다. 눈의 움직임에 대한 연구는 연구 주제 및 연구 방법에 따라 크게 3세대로 나뉜다[1][2].

첫번째 세대는 1870년대 후반부터 1920년대에 이르기까지의 연구이며, 주로 눈의 움직임에 대한 기초적인 사실들을 발견하였다[2].

두번째 세대는 1930년대부터 1960년대에 이르기까지의 연구이며, 심리학 분야에서 인지과정을 추론하기 위한 실험이 주를 이루었다. 대표적인 예로 읽기 과업에 관련된 눈의 움직임을

연구한 Tinker(1946)나 장면 인식과 관련된 눈의 움직임을 연구한 Buswell(1935)을 들 수 있다 [2][3].

세번째 세대는 1970년대 중반부터 현재까지의 연구이며, 눈의 움직임을 기록할 수 있는 기술이 발전함에 따라 구체적으로 어디를 바라보는 지를 영상으로 기록할 수 있게 되었다[2].

최근에는 웹페이지의 사용성 평가 연구 같이 HCI, 마케팅, 광고 등 다양한 분야에 눈의 움직임을 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

눈의 움직임에 관한 연구에서 통용되는 기본적인 개념의 정의는 내용은 다음과 같다.

Eye movement는 크게 fixation과 saccade로 나뉜다[2]. fixation은 눈이 약 200-300ms 동안 일정한 곳에 머무르는 것이다. saccade는 fixation과

또 다른 fixation 사이에 눈을 빠르게 움직이는 것이다. 시각 자극의 인지는 fixation 상태에서 주로 이루어진다.

2. Eye tracking과정의 눈의 움직임 측정

eye tracking 과정에서 눈의 움직임 특성을 분석하기 위하여 다음 사항을 검증해야 한다.

- 두 stimuli 사이의 거리가 길어짐에 따라 눈의 움직임 정확도가 떨어지고, stimuli의 정렬방향이 수직보다 수평일 때 눈의 움직임 속도 및 정확도가 향상된다.

이를 증명하기 위하여 눈의 움직임을 측정하는 실험을 실시하였다.

2.1. Eye tracking과정의 눈의 움직임 측정 실험계획

두 stimuli 사이의 거리와 stimuli의 크기, 두 stimuli의 정렬방향, 그리고 관찰방향을 독립변수로, 눈의 saccade가 끝나는 지점으로부터 다음 saccade 시작 전까지 시선이 stimuli안에 머무는 비율인 정확도, saccade 최대 속도, 그리고 fixation동안 stimuli 중심으로부터 벗어나는 거리의 표준 편차인 안정성을 종속변수로 선정하였다(그림 1).

2.2. Eye tracking과정의 눈의 움직임 측정 절차 및 방법

두 stimuli간의 거리는 수평 방향으로 정렬되어 있을 때에는 60cm, 90cm, 120cm, 150cm 4가지 수준으로 나누고, 수직 방향으로 정렬되어 있을 때에는 60cm, 90cm, 120cm 3가지 수준으로 나누고 stimuli의 크기는 직경이 3cm와 6cm 2가지로 나누어서 측정하였다.

수평 방향과 수직 방향의 수준 수가 다른 이유는 실험 환경상 스크린이 수평이 수직보다 길었기 때문이다.

실험은 두 stimuli 중 수평방향 정렬일 때는 왼쪽 stimuli부터, 수직방향 정렬일 때는 위쪽 stimuli부터 바라보게 하였고, 피실험자에게 2초마다 소리 자극을 주어서 다음 stimuli를 보게 하였고, 한 수준에 대해 12번의 소리 자극을 주어서 눈의 움직임을 반복적으로 12번 이동시키게 하였다(표 1).

피실험자 13명에게 실험을 수행하였고, 1수준 실험이 끝날 때마다 눈의 피로도를 줄여주기 위해서 1분의 휴식시간을 취하도록 하였다.

2.3. Eye tracking과정의 눈의 움직임 측정실험의 환경 통제

피실험자는 178cm 떨어진 곳에 위치한 스크린에 나타나는 관찰하였다. 여기서 도출된 눈의 움직임의 raw data를 eye-camera를 이용하여 컴퓨터에 기록하였다. Eye camera의 좌표해상도는 768*512 px 이었으며, 컴퓨터에 초당 25 프레임 속도로 자동 기록하였다. 피실험자는 턱받침을 사용하여 고정하였다. 피실험자가 바라보는 화면은 검은 바탕이고 stimuli는 흰색 원이었다. 그리고 실험은 암실에서 진행하여 외부의 빛으로부터의 방해로 인한 오류가 발생하지 않도록 하였다.

표 1. 눈의 움직임 측정의 실험계획

정렬 방향	독립변수		소리 자극 회수(회)
	거리 (cm)	직경 크기 (cm)	
수평	60	3	12
		6	12
	90	3	12
		6	12
	120	3	12
		6	12
	150	3	12
		6	12
수직	60	3	12
		6	12
	90	3	12
		6	12
	120	3	12
		6	12

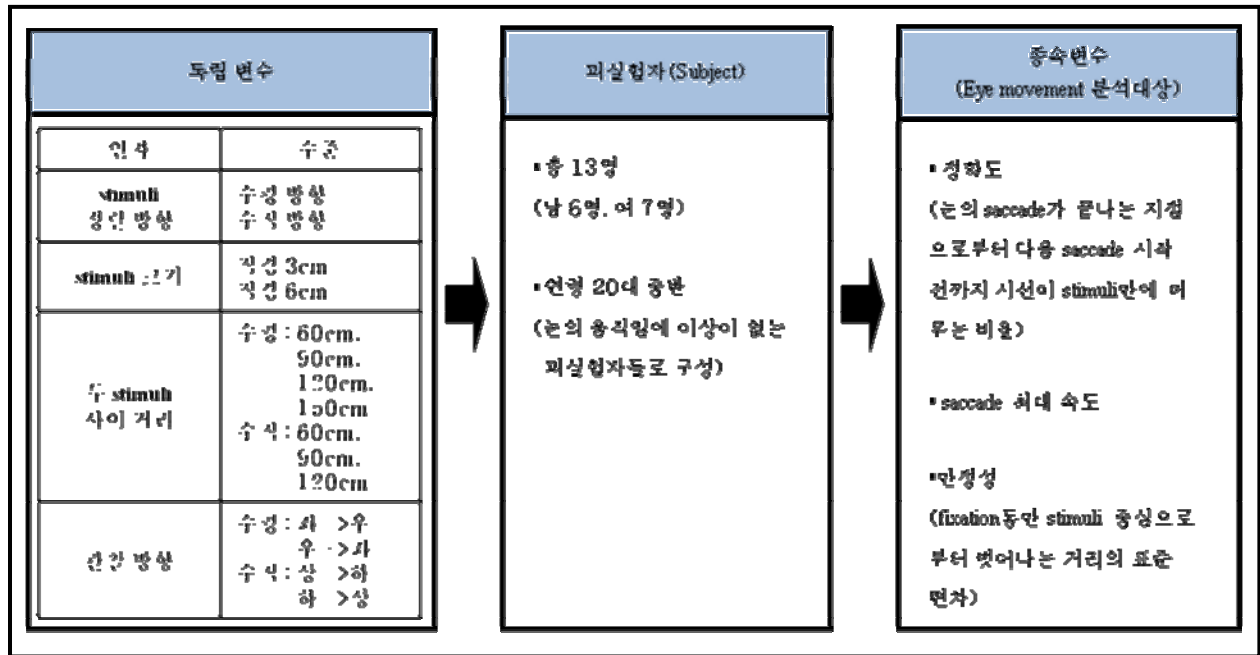


그림 1. 피실험자, 독립변수와 종속변수

3. Stimuli의 크기, 정렬방향, 그리고 관찰방향에 따른 눈의 움직임 분석

이번 실험의 독립변수에 따른 3가지 종속변수인 정확도, saccade 최대 속도, 안정성 중에서 정확도 ($R^2 = 0.548$)와 saccade 최대 속도($R^2 = 0.713$)가 유의한 변수로 판별되었다. 반면 안정성($R^2 = 0.282$)은 유의한 변수로 판별되지 않았다(표 2).

각 피실험자에 따른 정확도, saccade 최대 속도는 유의하다고 판별되었다(표 3).

stimuli의 크기와 saccade 최대 속도는 유의한 관계가 있다고 판별되지 않았다(표 3).

정렬 방향이 수평일 경우 눈의 움직임이 좌에서 우로 갈 때와 우에서 좌로 갈 때, 그리고 수직일 경우 눈의 움직임이 위에서 아래로 갈 때와 아래에서 위로 갈 때 모두 유의한 결과가 나오지 않았다. Saccade 최대 속도와 정확도는 관찰방향과는 관련성이 부족함을 알 수 있다.

stimuli의 거리가 멀어질수록 눈의 움직임이 가속할 수 있는 시간이 더욱 길게 주어짐으로써 saccade 최대 속도가 증가하는 것을 알 수 있다(그림 3).

또한 stimuli 정렬 방향에 따라 수평이 수직에 비해서 saccade 최대 속도가 더욱 빠르다는 것을 알 수 있다(그림 2).

표 2. 종속변수의 R^2

종속변수	R Squared
정확도	0.548
Saccade 최대속도	0.713
안정성	0.282

표 3. 독립변수와 종속변수간의 상관도

방향 \ 변수	독립변수	종속변수	P-value
수평	Subject	정확도	.000
		Saccade 최대속도	.000
	DotDistance	정확도	.000
		Saccade 최대속도	.000
	Dotsize	정확도	.000
		Saccade 최대속도	.000
수직	Subject	정확도	.302
		Saccade 최대속도	.132
	DotDistance	정확도	.000
		Saccade 최대속도	.000
	Dotsize	정확도	.000
		Saccade 최대속도	.798
정확도	정확도	정확도	.427
		Saccade 최대속도	.995

크기가 더 큰 stimuli의 정확도가 더 높고, 정렬 방향이 수평일 경우가 수직일 경우보다 더 정확하다(그림 3).

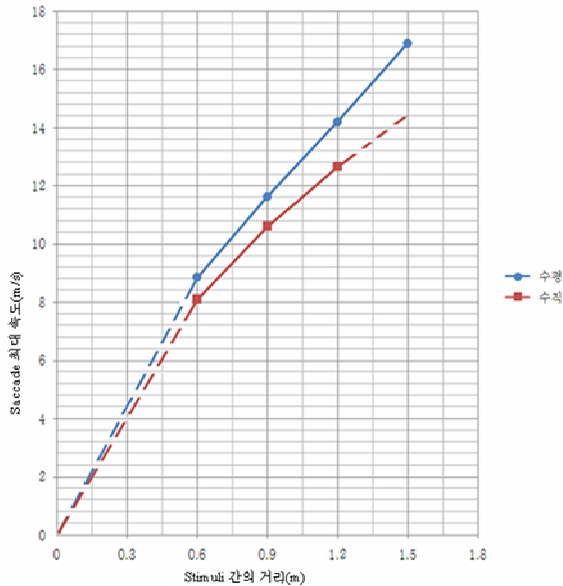


그림 2. Stimuli 간의 거리에 따른 saccade 최대속도

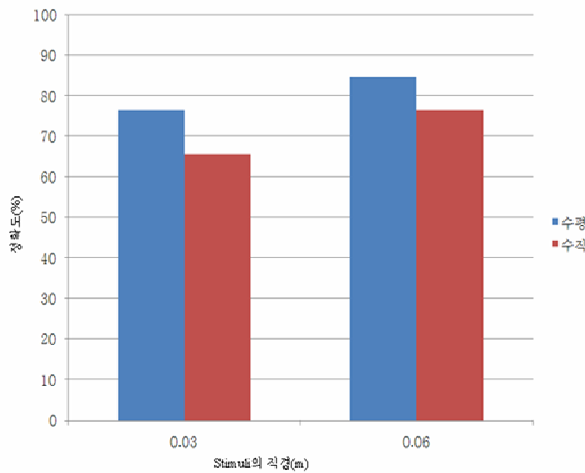


그림 3. stimuli의 크기에 따른 정확도

4. Stimuli와 눈의 움직임 분석 결론

실험의 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 눈의 움직임에서 수평이 수직에 비해 saccade 최대 속도가 더 빠르고 정확도가 더 높음을 알 수

있다. 이는 문자 등의 정보 배열 시 수직에 비해 수평으로 정보를 배열하는 것이 더욱 효과적임을 시사한다.

(2) stimuli 크기와 saccade 최대 속도는 관련이 없음을 알 수 있다. 이는 정보의 특성은 saccade 최대 속도에 영향을 미치지 못한다는 것을 시사한다.

(3) saccade 최대 속도와 정확도는 관찰 방향에 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 이는 정보의 배열 방향에 따라 saccade 최대 속도와 정확도는 크게 변하지 않는다는 것을 시사한다.

5. 참고문헌

- [1] Duffy, S. A., Morris, R. K., & Rayner, K. (1988). Lexical ambiguity and fixation times in reading: Journal of Memory and Language, 27, 429-446.
- [2] Keith Rayner (1998). Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research, Psychological Bulletin 1998, Vol. 124, No. 3, 372-422
- [3] Buswell, G. T. (1935). How people look at pictures. Chicago: University of Chicago Press.