

학습자의 실험설계 행동의 분석을 위한 Eye-tracking 과제설계 방법의 고찰**

김윤영, 권용주*

한국교원대학교

A review on Task Design Methods of Eye-tracking for Analyzing Learner's Experimental Design Behavior**

Youn-Young Kim, Yong-ju Kwon*

Korea National University of Education

<ABSTRACT>

Eye movement is a neurophysiological and goal-oriented behavior and one of nonverbal expressions to communicate with others. In addition, the adjustment of the ocular muscles in eye movement could be linked to the cognitive processes of attention. Actually, eye-tracker are used to measure the subject's pupil size, pupil location and pupil direction. Therefore, using the eye-tracker can be applied to see the subject's attention target, attention movement, the target recognition method. Thus, this study was to review how to design the steps of task selection and design, AOI settings, and selection of analysis object in eye-tracking for analyzing the experimental design behavior. According to the several studies, task selection, AOI setting, selection of analysis object are very important processes in eye-tracking design. They should be designed based on the components of the hypothesis, and controled and dependent variables. Tasks should be developed to take subject's attention and interesting.. Tasks are also administered a practice session for subjects before experiment session. Furthermore, the size and the position of AOI should be considered and decided in the point of study purpose. The results of eye-tracking measurement are derived from statistical analysis methods. The objects of data analysis in eye-tracking are saccade, fixation, scanpath, and regression.

Key words: Experimental design, Eye tracking, Eye movement, Eye movement task design, AOI, analysis object.

* 교신저자 : 권용주, kwonyju@gmail.com

** Received 15 May 2013; Accepted 01 June 2013; Published 30 June 2013

2013. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. 서 론

흔히 우리는 뇌에서 일어나는 정신적 과정의 지표로 눈을 사용한다. 포유류는 뇌와 그 밖의 다른 부분을 이어주는 ‘interface’가 발달 했으며 우리의 눈은 다른 생물과 다르게 정교하게 이루어져 있다(Pomplun, 1998). 우리의 시선은 흥미로운 사물이나 장소에 매우 짧은 순간 집중하기 위해 전환된다. 따라서 이러한 시선의 움직임을 추적하는 것(eye tracking)으로 관찰자가 흥미로워 하는 것이 무엇인지, 흥미로워 하는 대상을 어떻게 인식하고 있는지, 주의집중의 시선 패턴이 어떻게 변화하는지를 알 수 있다(Rommelse et al., 2008). 안구 운동은 6개의 근육으로 이루어지며, 안구 내의 세 가지 translation과 세 가지 rotation으로 6개의 움직임이 있다. Medial recti와 Lateral recti는 왼쪽과 오른쪽으로 움직이는 것을 조정하며, Superior recti와 Inferior recti는 아래쪽과 위쪽으로 움직이는 것을 조정한다. Superior obliques와 Inferior obliques는 대각선 방향으로 움직이는 것을 조정한다(Davson, 1980).

즉, 인간의 시선 운동은 의도적 행위이며 목적 지향적이고 시선집중이 두뇌의 인지적 과정과 연계되어 있음을 의미하기 때문에 시선추적기술을 사용하여 안구의 움직임을 추적함으로써 의도적 · 비의도적 주의집중을 파악하고 이를 정량화 할 수 있다(Baars & Gage, 2010).

시선추적기(Eye tracker)는 피험자의 동공의 위치와 크기, 방향 등을 측정함으로써 시각적 주의 집중과 관련된 데이터를 산출하는 도구이다(Karatekin, 2007). 특히 시선추적 결과를 통해 제시되는 문제해결과정에서의 시선집중(fixation)은 주의집중(attention)으로 해석될 수 있으며, 시선 도약(gaze saccade)과 시선 이동(gaze movement)은 주의 이동(attention shift)의 경향성 파악에 활용될 수 있다(Duchowski, 2007).

시선추적 연구를 통해 피험자의 주의집중과 주의 집중 이동, 사물이나 장면에 대한 인식을 파악하고자 할 때 가장 중요한 것은 과제 선택과 관심 시선 추적 영역인 AOI 설정, 그리고 분석 대상 설정이다(Holmqvist et al., 2011). 그러나 시선추적 연구에

대한 과제와 AOI 설정, 분석 대상 설정은 많은 연구에서 정형화된 바가 없으며 연구 마다 다양하게 사용된다.

따라서 이 연구에서는 Task 선택과 설계 방법과, AOI 설정 방법, 분석 대상 선정 방법을 리뷰해보고 실험설계에 적합한 과제 선택과 AOI 설정 방법, 분석 대상을 탐색 하고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

실험설계를 위한 Eye-tracking의 Task 선택과 AOI 설정 방법, 분석 대상을 알기 위해 분석한 주요 문헌은 아래 <Table 1>에 제시되어 있다.

<Table. 1> Literatures to review on eye-tracking methods

Author (Year)	Title
Kowler(2011)	Eye movements, The past 25 years
Spering & Montagnini(2011)	Do we track what we see? Common versus independent processing for motion perception and smooth pursuit eye movements: A review
van Gog & Scheiter(2010)	Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning
Melcher & Kowler(2001)	Visual scene memory and the guidance of saccadic eye movements
Holmqvist et al(2011)	Eye tracking : A comprehensive guide to methods and measures
Duchowski(2007)	Eye tracking Methodology(2E)
Pomplun(1998)	Analysis and Models of Eye movements in comparative visual search

즉, 이 연구에서는 구체적으로 Task 선택과 설계 방법, AOI 설정 방법, 그리고 분석대상 선정 방법에 대해서 분석하였다. 과제의 선택과 설계 방법은 선택 과정, 과제 제시 과정, 사전 연습 과정, 그리고 과제의 유형 분석 측면에서 고찰하였다. AOI 설정 방법은 AOI의 정의, AOI의 유형, AOI의 유형에 따른 설정

과정 등에 대해서 고찰하였다. 마지막으로, 분석대상 선정 방법은 ‘시선집중(Fixation)’, ‘도약(Saccade)’, ‘주사(Scanpath)’, 그리고 ‘역행(Regression)’에 대한 선정 방법에 대해서 고찰하였다.

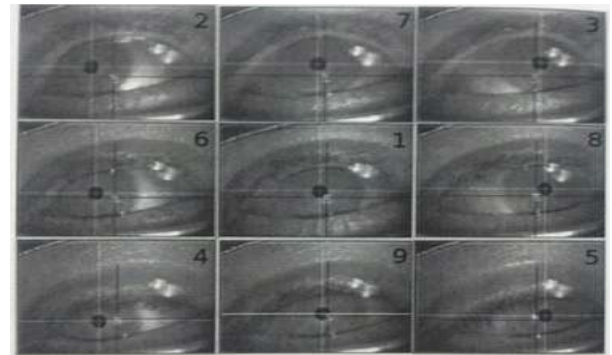
Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과제의 선택과 설계

과제 선택은 시선 추적 연구에서 특히나 중요하며, 모든 연구에서 가장 중요한 과정이다. 왜냐하면 과제의 본질이 시선 추적의 결과물에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 안구의 움직임은 과제 의존적이며 그러므로 과제는 신중하게 골라야한다(Holmqvist et al., 2011). 과제 선택과 안구의 움직임은 대개 피험자가 무슨 행동을 하는지와 관련이 있으며, 그러므로 시각적 과제는 오히려 특별할 수 있다. 과제의 본질은 안구 움직임의 기록에 영향을 줄 수 있기 때문에 과제를 피험자에게 분명히 명시해야하며, 이후 이뤄지는 규정은 모두 기록해야한다(Duchowski, 2007). 좋은 과제의 조건은 크게 세 가지로 정의할 수 있다. 먼저 변인통제가 잘 되어 있어야한다. 실험군 조건과 대조군 조건에 독립적으로 설계되어야 하며, 선호되는 것이 보이면 안 된다. 두 번째로 과제는 마음을 이끌 수 있어야 한다. 피험자가 가만히 앉아서, Eye tracker를 착용하고 그의 행동을 이끌 수 있을 정도의 이끌 수 있는 주제가 되어야 피험자의 시선 추적을 통해 주의 집중을 확인할 수 있을 것이다. 세 번째로 주제는 피험자가 추측할 수 없으며, 피험자의 인지 구조에 따라 다른 결과가 나올 수 있도록 설계되어야 한다(Yarbus, 1967: Buswell, 1935).

과제를 설계한 다음에는 실험과정에 따라 과제를 제시하게 된다. 정형화 된 과제 설계 방법은 없으나 시선 추적의 선행 연구 과제에서의 실험 과정은 ‘초점 보정(Calibration)’, ‘사전 연습 단계’, ‘과제 제시 단계’ 순으로 이뤄진다(Choi et al., 2012). 첫 번째, 보정단계(Calibration)에서는 보아야하는 화면의 목표점(target) 다섯 곳을 지정하여 학생들의 시선을 보정한다(Pomplun, 1998, Figure. 1). 피험자는 9개의

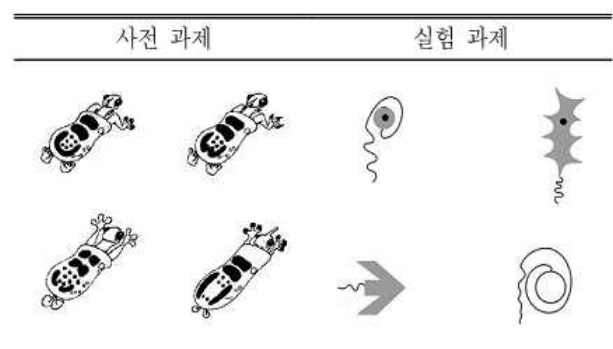
Point를 순서대로 보고 이를 통해 안구와 동공 위치를 잡아준다.



<Fig. 1> Calibration of eye-tracking (Holmqvist et al., 2011)

인간의 안구의 모양과 크기, 위치는 서로 개인차를 가지고 있기 때문에 보정은 안구 운동 추적 실험에서 반드시 필요하다(Duchowski, 2007).

사전 연습 단계에서는 피험자가 처음 접하는 과제의 형태에 대해 훈련할 수 있는 시간을 확보해줌으로써 처음 접하는 과제에 대한 혼란과 거부감을 줄여주기 위해 제시한다(Figure. 2). 연습 단계의 과제는 피험자의 개인차를 최대한 배제하고 아무런 선입견 없이 연습을 할 수 있는 과제여야 하며, 충분한 시간을 주어 연습단계의 효과를 보아야한다(Holmqvist et al., 2011: von Gog & Scheiter, 2010).



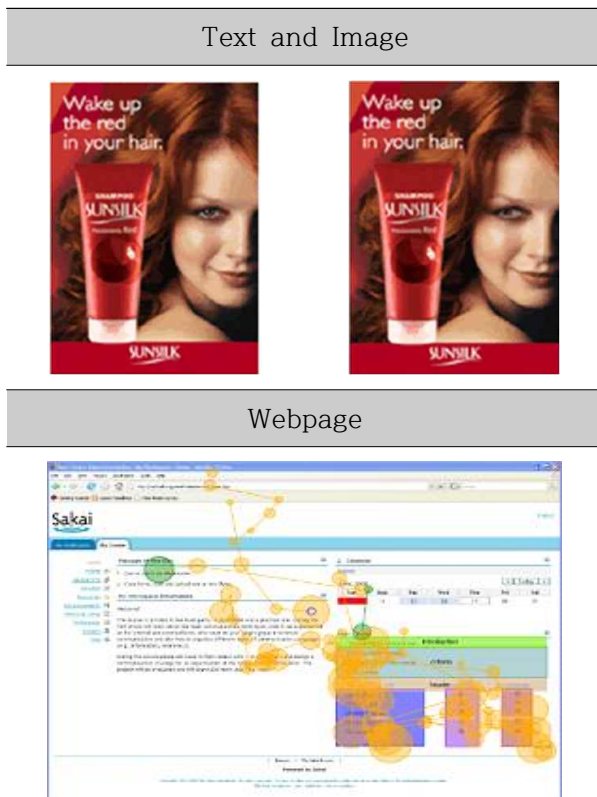
<Fig. 2> Examples of instruction. Caminalcules task is presented in the classification task. This task reduces the bias of the subjects (Choi et al., 2012).

사전 연습 단계의 유형도 여러 가지가 있다(McNamara et al., 2007). 사전 연습 단계지만 문제를 스스로 풀 수 있도록 힌트를 주고, 여러 측면으

로 문제를 풀어보도록 하는 방법이 있으며, 이와 비슷한 방법으로 문제를 풀 수 있는 중간 답을 주고 그것을 바탕으로 최종 답을 추론할 수 있는 방향으로 진행되는 방법이 있다. 또는 비슷한 과정의 다른 문제를 주고, 문제를 푸는 방법이 있을 수 있다 (Renkl et al., 1998).

또한 본 실험을 진행하기 전에 예비 연구를 실시하여 효과를 볼 수 있다. 시선 추적 연구에서 예비 연구는 본 실험에서의 하드웨어와 소프트웨어의 정상적인 작동과 실험 자료 제시 방법의 적절성 등을 확인할 수 있으며 실험 자료의 획득률을 향상시키기 위해 반드시 필요하다(Holmqvist et al., 2011). 예비 연구를 통해 얻어진 결과를 분석하여 적절한 자료의 제시 방법과 시간을 확인하고 실험을 수정하여 재설계할 수 있다.

과제의 유형은 다양하나 유형의 소그룹으로 들어가는 과제 제시 방법은 크게 Text나 Image, Video, Question으로 이루어진다. (Fig. 3)은 과제 제시 방법의 예시를 보여준다.



<Fig. 3> Examples of proposed task. From http://www.bunnyfoot.com/articles/not_focus_groups.htm

(Top). <http://www.weibelzahl.de/projects.html>(Bottom).

앞서 말했듯이 과제는 피험자의 흥미와 동기를 이끌어낼 수 있어야 한다. 이 때 과제 제시 요소 중 Question은 피험자의 흥미를 끌고 주의집중 하도록 하며 과제에 대해 답하고 문제를 해결할 수 있도록 하는 역할을 한다. 또한 과제 제시 요소 뿐 아니라 과제 제시 방법으로 과제의 순서를 다르게 해서 준 다거나 혹은 과제를 한꺼번에 제시할 수 있으며, 필요한 경우 평면적 이미지나 Text가 아닌 입체적인 이미지나 Text를 제시할 수 있다. Text와 Image, Video의 비율과 과제에서의 Text, image, movie 유 무는 가설과 실험적 필요에 의해 정해져야한다(A. T. Duchowski, 2007).

2. AOI 설정

AOI (areas of interest)란 연구에 사용되는 과제에서의 관심 영역, 자극이 주어지는 범위를 말한다. 관심 영역 요소는 과제 제시 요소와 마찬가지로 글자나 장면, 웹 페이지, 동영상, 또는 특정한 상황에서의 사건이 될 수 있다(Fig. 4).



<Fig. 4> Setup an example of AOI(left). AOI was set to top, left, and content. The figure on the right is the heat map. It is the result of AOI settings(right). (Ramakrisnan et al., 2012)

또한 관심 영역 요소는 운전하는 상황, 스포츠 상황, 쇼핑 상황, 교실 상황 등 현실 상황을 반영한다. 따라서 AOI의 설정을 통해 현실 상황에서 일어나는 시선 추적 패턴이나 응시, 도약 등을 관찰하고 연구 결과를 현실에 적용할 수 있다(Johansson et al., 2006).

과제에서 사용되는 장면은 크게 두 가지 유형으로 구분할 수 있다. 하나는 Natural scenes으로 비균형적인 장면을 말한다. 이 장면에서의 사물과 사람들은 조절 받지 않으며 따라서 그들의 위치나,

색, 모양, 조도 등은 자연 상태의 그대로이다. 예를 들면 현실 상황에서의 환경, 우리가 매일 경험하는 장면들을 말한다. 다른 하나는 Artificial scenes로 균형적인 장면을 말한다. 이 장면에서의 장소와 사물은 실험자에 의해 선택 받으며 예를 들어, 장면을 필요한 사물로 구성한다든지 일정하게 장소의 빈도를 원하는 형태로 다르게 바꾼다든지 하는 실험자의 개입이 첨가되는 장면을 말한다. 각각의 장면에는 이점과 단점이 존재한다. 정리한 내용은 다음과 같다.(Table. 2)

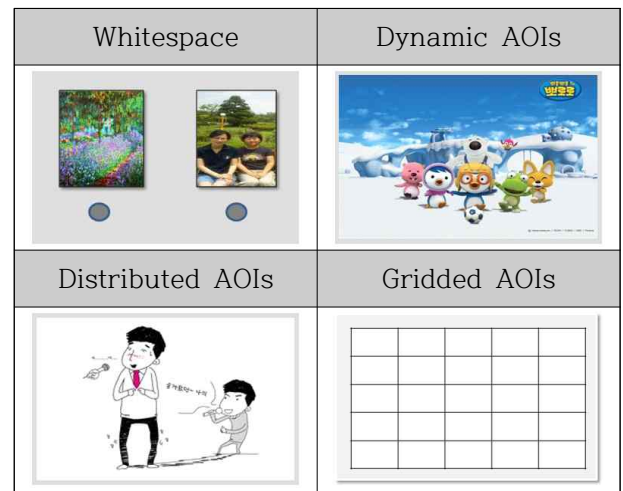
<Table. 2> Comparing between natural scene and artificial scene

	Natural scenes	Artificial scenes
Bene-fits	현실을 일반화하기 좋음, 세부적으로 묘사 X	조절 가능(적은 수의 특징), 최적의 환경 조성
Draw-back	나오지 않은 환경에서의 일반화 불가능	세부적인 묘사 필요(위치, 방향, 색, 휘도 설정)

Natural Scenes을 이용해서는 현실 상황과 유사한 상황에서의 피험자들의 시선 패턴을 일반화시킬 수 있으며, 따로 장면의 색이나 모양, 형태 등을 조정할 필요가 없어 사용이 편리하다. Artificial scenes의 경우 현실 상황과 다른 장면을 꾸미고, 세부 사항을 적게 넣을 수 있어 분석이 상대적으로 쉬울 수 있다는 장점이 있다. 그러나 실험자 자신이 꾸며 시선의 움직임과 주의 집중을 유도하기 때문에 현실 상황과 오차가 생길 수 있다는 단점이 있다. 실험에서는 대개 조절이 쉬운 Artificial scenes를 사용하며, 이는 연구에 따라 달라질 수 있다(Holmqvist et al., 2011). 자극은 AOI 내에서 이루어진다. 즉, 관심 영역이 어디에 있는 지, 얼마만큼의 크기로 지정하고, 어떤 영역을 지정 했는지에 따라서 Fixation, Saccade 같은 시선의 움직임의 계산이 달라질 수 있다. AOI 설정에서 명심해야 하는 것은 반드시 AOI를 설정할 때 가설에 따라 설정해야 한다는 것이다. 가설이 아니라 AOI의 Type이나 다른 사람이 한 것을 그대로 사용할 경우 잘못된 계산 혹은 계산이 반대로 될 수 있다. 따라서 AOI

를 설정한 후 data를 기록하고, data를 분석, 관찰하지만 그 전에 가설에 따라 AOI를 설정하는 것이 필요하다. 이를 ‘AOI editor’라고 한다(Pomplun, 1998).

그러나 대개 시선 추적을 연구하는 연구자들은 몇 가지의 AOI를 사용한다. 이러한 AOI의 type을 알아두면 experimental design에 응용하여 사용할 수 있다. 보편적으로 사용되는 AOI type으로는 Whitespace, Dynamic AOIs, Distributed AOIs, Gridded AOIs이 있다(Holmqvist et al., 2011, Fig. 5).



<Fig. 5> Types of AOIs (Holmqvist et al., 2011)

Whitespace란 자극이 주어지지 않은, 관심 구역이 아닌 영역을 말한다. 대개 Whitespace 영역은 중요하게 여겨지지 않으나 원하는 물체나 장면을 선택하기 위해 AOI를 설정해야할 때 설정되는 AOI를 말한다. 문제를 풀기 위해 요구되는 이 영역은, 따라서 이 영역을 보기 위해 인지 과정이 일어난다. 뿐만 아니라, 현실 상황을 도입하려고 할 때 Whitespace 영역은 더 커질 수 있다. 과제 분석에는 중요하지 않으나, 분석의 오류를 막기 위해 Whitespace AOI를 설정해 주어야한다(Holmqvist et al., 2011).

Dynamic AOI는 Video와 같은 움직이는 자극을 주고자 할 때 움직이는 사물에 지정되는 영역을 말한다. 최근 상업적인 소프트웨어의 도입과 비디오와 같은 움직이는 것에도 집중하는 것을 보고 싶을 때 이와 같은 AOI를 설정할 수 있다. 그러나 이러한 영상에서의 AOI의 경우 AOI의 모양과 크기, 위치가 변할 뿐 아니라 AOI가 시간에 따라 바뀔 수 있

으므로 설정이 어렵다(Papenmeier & Huff, 2010). 이런 경우 AOI 모양을 일정하게 유지시킬 key frame을 설정해 주어야 한다. key frame 몇 가지를 가지고 분석할 경우 빠르게 움직이는 물체에서도 분석을 할 수 있다.

Distributed AOIs는 대개 많이 사용되는 AOI 설정 방법으로 서로 다른 물체나 장면, 서로 다른 영역에 요소들이 있을 때, 영역을 지정하는 것을 말한다. 이때는 AOI마다 크기와 위치, 지정하는 범위가 달라지므로 앞서 말한 AOI 타입보다 분석방법이 더 복잡해진다. 그러나 서로 다른 AOI 마다의 시선 운동을 분석할 수 있기 때문에 주로 이 방법을 많이 사용한다(Holsanova, 2008).

마지막으로 Gridded AOIs는 여러 가지 같은 크기의 물체를 모아두고 물체 사이의 전체적 시선 패턴을 분석할 때 사용한다. 격자형으로 AOI를 설정하며 격자의 크기는 모두 같기 때문에 물체의 크기에 의존하지 않는다는 특징이 있다. 따라서 시선 패턴의 분석이 상대적으로 쉽고, 시선의 움직임을 파악하는데 유용하다는 데에 장점이 있다. Gridded AOI의 경우 매우 오래 전부터 시작되었으며, 그러나 격자의 크기를 어떻게 조정하느냐에 따라 다른 결과가 나올 수 있기 때문에 문제가 생길 수 있다(Foulsham, 2008).

3. 분석 대상

Eye tracker는 피험자가 어떤 대상에 시각적 주의 집중을 하고 있는지 정량적으로 측정한다. 이 때 측정하는 것은 ‘동공의 위치’와 ‘시선집중(Fixation)’, ‘도약(Saccade)’, ‘주사(Scanpath)’, ‘역행(Regression)’ 등의 안구에서 일어나는 즉각적인 생리적 반응이다(Kowler, 2011).

인간의 눈은 대상, 즉 흥미 있는 사물이나 그림 혹은 장면의 각 요소에 시선을 고정하는 동안 시선의 정지(약 100~300ms)를 유지한다. 이와 같이 짧은 시간 동안 시선이 정지하는 것을 Fixation이라 하며, 이 때 정보의 처리는 신속하게 이루어진다. 또한 이러한 응시가 있기 위해서는 물체의 상을 시각 시스템 내부에 존재하는 망막의 중심 Fovea에 위치시켜야 한다. 이러한 망막의 중심에 물체의 상을 위치시키는 것을 유효시야라 하며 고정점으로부터 유

효시야는 반경 1도 내외이다(Eriksen & Eriksen, 1974).

Saccade란 새로운 장소의 시각적 환경을 저장하는 중심인 Fovea를 사용한 빠른 안구 도약 운동을 말한다. Saccade는 인지에 의해 움직이며 자발적이고 반사적인 성질이 강하다. Saccade는 인지적 시각 집중과 관계가 있으며, 다음번 대상에 시선이 도달할 때까지 멈추지 않고 움직이며, 그 움직임은 직선에 가까운 궤적을 나타낸다(Carpenter, 1988). 일반적으로 인간의 눈은 깨어있는 동안 초당 2~3번 평균 7° 정도 크기의 도약이 일어나며 도약 도중에 민감도가 급격히 감소하면 정보 처리가 거의 이루어지지 않게 된다(Park & Myung, 2007).

Scanpath란 처음 응시에서 다음 응시까지의 응시와 Saccade를 나타낸 것을 말한다. 피험자 개개마다 Scanpath에는 차이가 있을 수 있으며, 이러한 차이의 비교를 통해 개개인의 인식 구조를 추측해낼 수 있다(Spring & Montagnini, 2011.).

마지막으로 Regression이란 처음 응시에서 다음 응시로 Saccade, Smooth pursuit이 일어났으나 다시 처음 응시 대상을 관찰하기 위해 시선이 움직이는 것을 말한다. 과제에 따라 역행의 횟수나, 역행의 거리, 시간 등을 측정하는 경우도 있다(Spring & Montagnini, 2011.).

IV. 결 론

본 연구에서는 실험 설계를 위한 시선 추적 연구의 과제 설계 방법을 탐색해 보았다. 과제 설계 방법을 모색하기 위해서 먼저 과제 선택과 좋은 과제의 요건, 과제 제시 방법에 대해 알아보았으며, 실험 방법에 대해 정리해보았다. 과제 선택은 실험의 가설에 맞는 변인에 따라 선택해야 하며 정형화 된 답은 없었다. 좋은 과제의 요건으로 과제는 대조군과 실험군에서 통제되어야 하며, 피험자에게 동기를 부여해 시선 운동을 유도할 수 있어야 한다. 또한 피험자가 경험해 보지 못한 과제를 설계해 피험자마다 서로 다른 안구 운동을 유발해 측정해야 한다. 과제 제시의 요소로는 Text나 Image, Webpage, 사

물이나 장면, Question 등이 있었으며 가설에 따라 제시 요소의 비율이 결정될 수 있었다. 시선 추적 실험은 동공 초점 보정과 사전 연습 과제 제시, 본 과제 제시 순으로 진행되었다. 이 중 사전 연습 과제는 본 과제와 유사한 과제지만 개인차가 별로 나지 않는 과제이거나, 본 과제의 하위 단계의 과제이거나, 힌트를 주어 풀 수 있는 과제를 말한다. 사전 연습 과제를 통해 본 과제에서 있을 불편함이나 연습 부족으로 인한 오차를 줄이는 것이 목적이다. 또한 사전 연습 과제 뿐 아니라 본 과제의 과제 제시 시간이나 참여자의 개인차, 과제의 신뢰성, 타당성 등을 점검하기 위해 예비 실험을 진행함으로써 과제를 수정해야 한다.

시선 추적 실험 설계에서 중요한 것은 과제 선정뿐만이 아니다. 시선 추적 실험은 다른 실험과 다르게 AOI라는 관심영역을 지정하여 Data를 분석한다. 관심 영역의 요소는 과제의 요소와 마찬가지로 Text, Image, Webpage, Scene, Place 등으로 구성되며 각 요소가 어떻게 지정되느냐에 따라 Data 분석 결과가 달라질 수 있다. 장면의 제시는 Natural한 것과 Artificial한 것이 있으나 실험 단계에서는 Natural한 것 보다는 Artificial한 조절할 수 있는 장면을 많이 사용한다. AOI에는 다양한 타입과 실험마다 다양한 영역이 지정되지만, 대표적으로 쓰이는 여러 가지 type이 존재한다. 그 중에서도 본 연구에서는 Whitespace와 Distributed AOI, Dynamic AOI, Gridded AOI를 설명하였다.

시선 추적을 통해 분석하는 것은 다양하나 크게 시선을 일정 시간 동안 고정하여 물체나 장면을 응시(Fixation)하는 것과 새로운 물체나 장면에 노출되었을 때 응시로부터 다른 물체나 장면으로 시선이 이동하는 것, 짧은 시간의 도약(Saccade), 응시와 도약을 통해 다른 사람과의 시선 움직임 패턴을 비교하는 것(Scanpath), 새로운 물체나 장면에 노출되어 다른 물체나 장면으로 시선이 이동했으나, 처음 장면이나 물체를 다시 응시하기 위해 처음 물체나 장면으로 시선을 재이동하는 것(Regression)을 통해 시선을 추적한다. 각각의 응시 지속시간, 응시의 개수, 응시의 비율, 도약의 수, 도약의 비율, 도약의 거리, Attention의 분포, 시선 패턴 비교, Scanpath의 유사성, 재이동의 개수, 재이동의 이동거리 등을 분

석해 통계적 방법을 통해 결과를 낸다.

즉 정리하자면, 시선 추적의 과제 선정과 AOI 설정은 잠재적 가설에 대한 변인에 따라 정해야하며, 과제와 AOI에 의존하여 결과가 달라지기 때문에 각각의 실험에 맞는 과제와 AOI 선정을 위해 많은 예비 실험을 거친 수정이 필요하다.

참고 문헌

- Baars, B. J., Gage, N. M., 2010. Cognition, Brain and Consciousness: An Introduction to cognitive Neuroscience, Academic Press.
- Buswell G. T. , 1935. How People Look at Pictures. Chicago: University of Chicago Press.
- Carpenter, R. H. S., 1988. Movements of the eyes. London: Pion.
- Choi, Hyun-dong et al., 2012. Differences in Eye Movement Pattern during the Classification between the Gifted and General Students in Elementary Schools. Korea of Elementary science education, Vol. 31(4). 501-502.
- Davson, 1980. Physiology of the Eye (4th ed.). New York: Academic Press.
- Duchowski, A. T., 2007. Eye tracking Methodology: Theory and Practice(2E). Springer-Verlag London Limited 2007.
- Foulsham. T., 2008. Saliency and Eye Movements in the Perception of Natural Scenes. Unpublished doctoral dissertation, Nottingham University.
- Gog, T. V. and Scheiter, K., 2010. Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning. Learning and Instruction. 20. 95-99.
- Holmqvist et al., 2011. Eye Tracking - a comprehensive guide to methods and measures. Oxford University.
- Holsanova, J., 2008. Discourse, Vision, and Cognition. Amsterdam, Philadelphia: John

- Benjamins Publishing Company.
- Johansson R. et al., 2006. Pictures and spoken descriptions elicit similar eye movements during mental imagery, both in light and in complete darkness. *Cognitive Science*, 30(6), 1053–1079.
- Karatekin, 2007. Eye tracking studies of normative and atypical development. *Development Review*, 27, 283–348.
- Kowler, E., 2011. Eye movements, The past 25 years. *Visual Research*. 51. 1457–1483.
- McNamara D. S. et al., 2007. iSTART: A web-based tutor that teaches self-explanation and metacognitive reading strategies. In D. S. McNamara (Ed.), *Reading Comprehension Strategies: Theories, Interventions, and Technologiew* (pp. 397–421). Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Melcher and Kowler, 2001. Visual scene memory and the guidance of saccadic eye movements. *Vision search*. 41. 3597 - 3611.
- Park and Myung, 2007. The Validation of Spreading Activation Model as Evaluation Methodology of Menu Structure : Eye-Tracking Approach. *Ergonomics Society of Korea*, 26(2), 103~112.
- Papenmeier, F., and Huff, M. 2010. Dynamic AOI - A tool for matching eye movement data with dynamic areas of interest in animations and movies. *Behavior Research Methods*, 42(1), 179–187.
- Pomplun, M. et al., 1998. Analysis and models of eye movements in comparative visual search. bei der Technischen Fakultät an der Universität Bielefeld.
- Ramakrisnan et al., 2012. Evaluation of User Interface Design for Learning Management System (LMS): Investigating Student's Eye Tracking Pattern and Experiences. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 67. 527–537.
- Renkl, A., et al., 1998. Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology*, 23(1), 90–108.
- Rommelse, N. N. J., Stigchel, S. V., and Sergeant, J. A., 2008. A review on eye movement studies in childhood and adolescent psychiatry. *Brain and Cognition*, 68, 391–414.
- Spering, M. and Montagnini, A., 2011. Do we track what we see? Common versus independent processing for motion perception and smooth pursuit eye movements: A review. *Visual research*. 51. 836–852.
- Yarbus, A. L., 1967. *Eye movements and Vision*. New York: Plenum Press.