

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제19권 제4호, 2014년 7월 (JBE Vol. 19, No. 4, July 2014)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2014.19.4.478>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

## 3-D 영상 제작 시 고려돼야 할 좌우 눈의 비대칭적인 역할

임재아<sup>a)</sup>, 남종호<sup>a)†</sup>

### Asymmetrical Role of Left and Right Eyes in 3-D Contents Production

Jae-A Lim<sup>a)</sup> and Jong-Ho Nam<sup>a)†</sup>

#### 요 약

3-D 디스플레이를 이용하여 실감나는 입체 경험을 시청자에게 제공하는데 필요한 요인을 파악하는 다양한 연구가 여러 분야에서 이루어지고 있다. 본 연구는 3차원 지각에 필요한 정보를 어느 쪽 눈에 제시하느냐에 따라 관찰자의 입체 지각 과정에 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 실험은 관찰자의 우세안과 비우세안에 3-D 자극 패턴의 변화를 배타적으로 제공하고, 이 자극 정보를 통합해서 3-D 입체로 지각하는 시간을 측정하는 과정이 포함되었다. 다양한 조건으로 구성된 실험에서 얻은 결과는 관찰자의 우세안 여부에 상관없이 3-D 정보가 왼쪽 눈에 제시된 경우, 오른쪽 눈에 비해 일관성 있게 지각이 수행된다는 것이다. 본 결과는 3-D 영상물 제작 시 깊이 정보가 왼쪽 눈에 담길 수 있도록 입체 영상 카메라 시점을 조정한다면, 입체 영상물에 담겨있는 깊이를 영상 관람자가 더 잘 지각할 수 있음을 제안하고 있다.

#### Abstract

In order to make 3-D display technique a better tool to provide viewers with realistic stereoscopic experience, various researches have been done in the many relevant fields. This psychophysical study was designed to investigate whether there was any difference in the perceptual processing between a dominant and non-dominant eye when a 3-D cue was provided exclusively to only one eye. We measured the reaction time for detecting a depth change by providing the viewer's each eyes with differential 3-D stimuli, which have systematical patterns. We obtained that there was a consistent 3-D perceptual performance when the 3-D cue was provided to the viewers' left eye regardless of their eye dominance. The result suggests that it might be a better technique to arrange the camera for left eye to carry 3-D cues to get the viewer's consistent 3-D perception.

Keyword : Binocular asymmetry, Stereopsis, Dominant eye, 3-D perception

---

a) 가톨릭대학교 심리학과 (Dept. of Psychology, The Catholic University of Korea)

† Corresponding Author : 남종호(Jong-Ho Nam)

E-mail: [texton@catholic.ac.kr](mailto:texton@catholic.ac.kr)

Tel: +82-2-2164-4279

※ 본 연구는 지식경제부 산업융합원천기술개발사업[10041937, 시청환경 적응적 3D 입체 저작도구 및 렌더링 프로세스 개발]과 2010년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어졌습니다.

· Manuscript received April 14, 2014 Revised June 16, 2014 Accepted July 14, 2014

## 1. 서론

자연이 우리에게 제공할 수 있는 경험을 사람이 원하는 시간과 장소에서 경험할 수 있도록 하는 수많은 노력이 진 행돼왔다. 숲과 호수를 축소해 놓은 정원, 오랫동안 성장한 나무의 모습을 닮은 분재, 바다를 옮겨놓은 수족관 등 인공 의 매체를 통해 경험하면서도 실제 느낌을 가질 수 있도록 하는 것들이 그 예라고 할 수 있다. 오랜 역사를 통해 인간 에게 실감나는 경험을 제공하기 위한 기술적 노력은 다양 한 분야에서 끊임없이 계속되었고, 또한 혁신을 거듭해 왔 다. 이러한 혁신의 핵심은 자연 환경에서 인간이 직접적으 로 경험하는 대상과 인공 매체를 통하여 간접적으로 경험 하는 대상 사이를 구분하지 못하도록 하는 것이다. 따라서 어떻게 인공물이 실제와 구분되고, 그리고 구분되지 못하 는지의 경계를 파악하여 이를 기술에 적용하는 경우, 인간 의 인식과정에 대한 이해가 중요한 역할을 하고 있다.

예를 들어, 색상과 관련된 다양한 응용 기기의 근간에는 색채 경험에 대한 Thomas Young 그리고 Hermann von Helmholtz의 색채 지각의 삼원색 이론이 자리하고 있다. 또 한 Hering이 제안한 색채 지각의 대립과정 이론은 Jameson 과 Hurvich의 연구를 통해 삼원색 이론과 통합될 수 있었 고, 적-녹, 청-황의 대립 색상 조절 시스템으로 실제 제품에 적용될 수 있었다고 본다. 이러한 사례들을 통하여 3-D 디 스플레이를 이용해 인간에게 실감 경험을 제공하고자 하는 노력의 결실은 인간의 감각, 지각, 인지 과정에 대한 이해가 더해질 때 풍성해질 수 있을 것이라고 기대하게 만든다.

3-D 디스플레이 분야에서 입체시(stereopsis)란 양안 부 등 정보로부터 만들어지는 어떤 대상의 깊이 인상을 의미 한다<sup>1)</sup>. 양안 부등(binocular disparity)이란 왼쪽 눈과 오른 쪽 눈의 망막에 맺힌 물체 상의 위치 차이를 말한다. 일반적 으로 성인의 경우 두 눈이 약 65mm 떨어져 있는데, 이로 인하여 양안 입체시가 기능하게 된다. 즉, 두 눈이 떨어져있 기 때문에 어떤 장면을 바라볼 때 각 눈의 망막에는 동일한 장면에 대해 약간 다른 이미지가 상을 맺는다. 이렇게 두 눈에 형성된 이미지의 차이를 해소하고, 하나의 이미지로 융합(fusion)시키는 시지각 과정에서 장면 속 대상의 상대 적인 공간 위치가 생성된다.

3-D 디스플레이는 위와 같은 과정을 역순으로 이용하여, 인간이 2-D 디스플레이에서 생생한 3-D 장면을 경험할 수 있도록 하는 것이다. 대상의 양안 부등 정도를 체계적으로 다르게 만든 이미지를 인위적 방식으로 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 각각 제시하면, 두 개의 이미지가 하나의 이미지로 융 합하는 과정 중에 2-D 이미지로 제시된 대상들이 깊이가 다른 공간 위치에 자리하고 있는 3-D 장면으로 관찰자가 지각하게 된다<sup>2)</sup>.

보통 3-D 영상을 제작할 때에는 양 쪽 눈에 동일한 정도 로 양안 부등을 조작한 이미지를 투영하여 입체감을 만들 어 내는 것으로 알려져 있다. 하지만 양안 부등뿐만 아니라 다른 요인도 함께 고려하여 입체 이미지를 제작하는 방법 도 존재한다.

Stelmach와 Tam(1998)은 인간의 시각 체계가 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 관점(view)에서 압축 정도가 다른 입체 이미지 시퀀스에 어떻게 반응하는지를 알아보기 위한 연구를 수행 하였다. 저자들은 이러한 주제가 중요한 이유는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 관점 간에 압축 정도의 차이가 정상적인 조건 하에서 입체 이미지 코딩을 할 때 발생할 수 있고, 또는 코 딩 효율성을 향상시키기 위해 의도적으로 도입될 수 있기 때문이라고 하였다. 시각 체계는 입체 이미지의 왼쪽과 오 른쪽 관점의 부조화(mismatch) 혹은 비상관(uncorrelated) 적인 측면을 희석시키는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 비주얼 노이즈는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 이미지가 상관이 있을 때보다 상관 없을 때 덜 보인다. Stelmach와 Tam (1998)은 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 코딩된 이미지 품질에 약 간의 불일치가 있더라도 인간의 시각 체계가 이를 용인할 수 있다고 하였다. 따라서 원하는 목표 수준의 이미지 품질 을 얻기 위해 왼쪽과 오른쪽 눈 이미지 간에 비트율 할당을 다양하게 하는 것이 가능하다는 것을 제안하였다. 이러한 제안과 더불어 이미지 품질과 눈 우세의 관계에 대한 연구 의 필요성을 언급하였다<sup>3-6)</sup>.

본 논문에서는 관찰자의 우세안(dominant eye)에 따라 차별적으로 발생할 수 있는 입체시 경험에 초점을 두고 연 구를 시작하였다. 사람들은 장면을 지각할 때 두 눈이 보고 있는 각각의 장면을 번갈아 인식하지 않는다. 뇌의 의식 속 에 선호하는 장면이 있으며, 우세안은 뇌가 선호하는 장면

을 제공하는 눈이라고 볼 수 있다.

보통의 경우 사람은 한 쌍의 신체기관 중 어느 한 쪽 부분을 선호하여 사용하는 경향을 보인다. 사람의 경우를 예로 들면, 손, 발과 같이 쌍으로 구성된 신체기관들이 있으며, 이 두 기관 중 어느 한 쪽을 특히 선호하여 사용하는 경우, 손잡이(handedness) 또는 발잡이(footedness)라는 표현을 쓴다. 예를 들어, 글씨를 쓸 때 오른손을 주로 사용할 경우 오른손잡이라 칭하고, 공을 찰 때 왼발을 자주 사용할 경우 왼발잡이라 부른다<sup>7)</sup>.

이러한 경향은 시각정보를 처리할 때에도 존재한다. 우리가 시각정보를 받아들일 때 양 눈을 모두 사용한다고 하더라도 어느 한 쪽 눈으로 들어온 시각 정보를 주로 선호하여 받아들이며, 다른 쪽 눈에 들어온 정보는 부차적으로 받아들여 시각 정보를 처리한다. 선호하는 눈이 오른쪽일 경우, 오른쪽 눈에 들어오는 시각 정보를 우선적으로 받아들이고 왼쪽 눈에 들어오는 시각 정보를 부차적인 정보로 받아들여 처리하는데 이러한 경우는 오른눈 우세(right-eye dominant)라고 부른다. 반대의 경우는 왼눈 우세(left-eye dominant)라고 부른다. 그러나 우세안을 결정하는 요인이 대뇌반구와 관련성이 깊을 것이라는 일반적인 기대와는 달리, 관련 연구에 따르면 눈 우세와 손잡이 또는 발잡이는 상관성이 없다고 한다<sup>7)</sup>.

Porac과 Coren(1976)은 우세안을 측정한 연구들의 표본 집단을 사용하여 주시 우세(sighting-dominance)를 탐구하였다. 표본 집단에서 모든 관찰자들의 약 65%가 오른쪽 눈이 주시야였고, 32%는 왼쪽 눈이 주시야였다. 나머지 3%는 선호하는 눈이 일관적이지 않았다. 이러한 결과를 토대로 Porac과 Coren(1976)은 특정한 반복적인 주시 기회 혹은 다양한 주시 과제에서 모든 관찰자들의 97%는 동일한 눈을 일관적으로 사용하고, 주시 우세라는 것은 일관적이고 광범위한 현상이라고 결론지었다<sup>7)</sup>.

일반적으로 대상의 공간 위치로부터 야기된 양안 부등 정보는 두 눈에 맺힌 쌍을 이룬 이미지에서 상대적인 차이로 묘사되는데, 이 때 어느 한쪽 망막 상이 기준이 되는 것이 필요하다. 이렇게 우세안이 보는 장면이 뇌가 인지하는 장면이고, 이것이 기준으로 작용한다면, 깊이 지각에 필요한 정보는 비우세안에서 제공될 가능성이 있다. 그림 1은

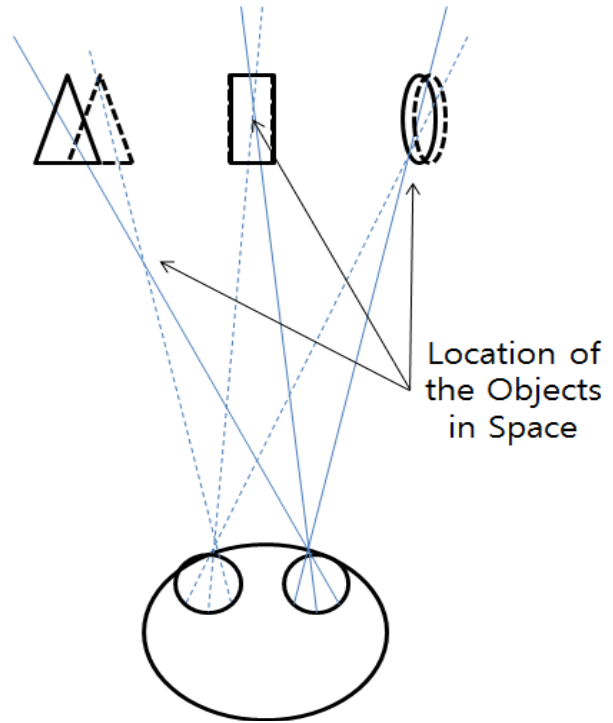


그림 1. 물체의 공간 위치와 좌우 눈에 맺히는 물체의 상  
Fig 1. The location of the objects and their corresponding images projected onto the retina of the left and right eyes

대상의 위치와 좌우 눈에 맺히는 상을 도식으로 나타낸 것이다. 오른눈 우세자의 경우 세 개의 실선 도형은 오른쪽 눈이 보는 장면이고, 뇌가 지각하는 도형의 장면이다. 점선 도형은 왼쪽 눈이 보는 장면이지만, 뇌가 주로 인식하는 장면은 아니다. 그러나 왼쪽 눈에 맺힌 장면의 정보는 3차원 입체시 형성에 필수불가결한 부등정보를 제공하고 있다. 점선과 실선이 교차되는 지점은 양안 부등 정보 처리 후에 지각된 물체의 공간 위치가 된다. 단안 거리 단서인 물체의 상대적 크기 정보가 작용하지 않는다는 가정 하에서, 도형이 오른쪽 눈에서 뻗은 실선을 따라 움직이면 뇌가 보는 장면은 바뀌지 않는다. 그러나 왼쪽 눈에 맺히는 상을 나타내는 점선이 달라지고, 점선과 실선의 교차점 또한 달라진다. 즉 왼쪽 눈이 제공하는 부등정보가 도형의 공간 위치 변화를 알려준다. 따라서 어느 한 쪽 눈에 대한 선호가 3-D 장면을 구성하는데 영향을 미칠 수 있음을 추론해볼 수 있다.

본 논문은 공간 위치 변화를 일으키는 3-D 자극 정보를 피험자의 어느 한쪽 눈에 차별적으로 제공했을 때, 3-D 자극 패턴 지각에 차이가 있는지를 살펴보고자 수행된 최초의 연구 보고이다. 우세안에 단독으로 깊이 정보를 제공했을 경우, 그리고 비우세안에 단독으로 깊이 정보를 제공했을 경우, 3-D 자극의 공간 위치 변화를 지각하는 수행의 차이가 있는지를 알아보고, 향후 입체 영상을 제작할 경우 어떠한 요인을 고려해야 하는지 알아보고자 하였다.

## II. 실험 1

### 1. 참가자

참가자를 선정한 기준은 일차적으로 오른쪽 눈이 우세한지, 이차적으로 정상적인 입체시 경험이 가능한지 여부였다. 또한 선호하는 손잡이에 따라 양 손 간에 키보드를 누르는 반응시간이 참가자 간에 크게 다를 수 있으므로 참가자의 동질성을 가능한 한 크게 유지할 필요가 있다. 따라서 실험을 진행하기 전, 실험 참가자의 손잡이를 자가보고 (self-reported) 형태로 조사하였다. 심리학 과목을 수강하는 가톨릭 대학교 학부학생 중 실험 참가 의사를 밝힌 자원에 대해 원형구멍카드법 검사를 이용해 오른눈 우세자(right-eye dominant)를 실험 참가자로 선발하였다. 원형구멍카드법 검사는 피험자에게 가운데 구멍이 뚫린 카드를 주고, 구멍을 통하여 표적자극을 주시하도록 요청하는 검사이다. 구멍을 통하여 표적자극을 볼 수 있는 눈이 우세안이다<sup>[8]</sup>. 모두 16명(남자 4명, 여자 12명, 나이 21~25세)이 실험 1에 참여하였다. 모든 참가자들은 오른손잡이였으며, 정상시력 또는 교정된 정상시력을 지녔다. 색약이라고 보고한 참가자 한 명을 포함하여 참가자 모두 정상적으로 양안 부등 정보에 근거한 입체시 경험이 가능했다.

### 2. 장치 및 자극

실험은 개인용 컴퓨터(모델: HP Pro 3000MT, Graphics card: NVIDIA GeForce 9500GT)로 진행되었고, 실행통제

프로그램으로는 Python 언어와 정신물리학 실험용 패키지인 Psychopy(ver. 1.71)가 사용되었다<sup>[9-10]</sup>. 3-D 자극은 24인치 삼성모니터(모델명: SyncMaster SA350, 수평주파수 60Hz, 해상도 1920x1080)에 제시되었다. 관찰자와 화면사이의 거리는 75cm이었으며, 턱 고정 받침대는 사용하지 않았다.

3-D 제시 방식으로는 Red-Cyan의 애너그리프(anaglyph) 기법을 이용하고, 크로스톡(crosstalk)을 방지하기 위해 자극 색상의 채도를 낮췄다. 좌우 눈에 제시되는 대상의 공간 위치 변화를 일으키기 위해서 적용된 대상의 화면 변화는 각각 0, +8, -8 pixel 의 크기로 고정했다. 또한 제시되는 눈의 조건에 따라 부등이 없거나, 교차 부등, 또는 비교차 부등을 만드는 자극을 사용하였고, 이를 Red-Cyan 안경을 착용하고 보면 관찰자는 자극이 화면 앞으로 튀어나오거나 들어가는 공간상의 위치 변화를 느낄 수 있었다.

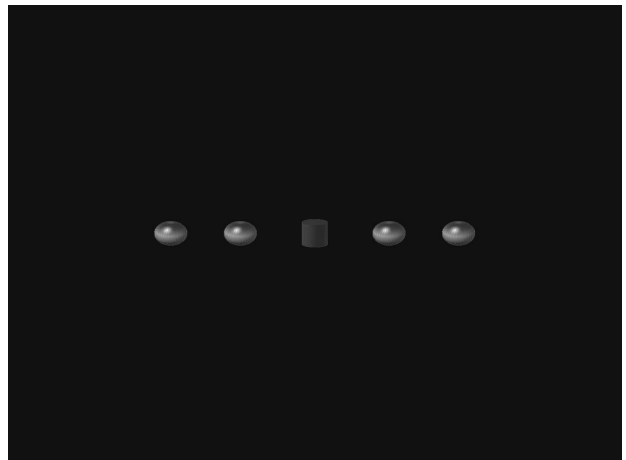


그림 2. 자극 배열 예시(1920 x 1080 모니터 기준)  
Fig 2. An example of stimuli arrangements  
(display size 1920 x 1080)

실험 자극 화면은 고정된 초점 자극인 원기둥을 중앙에 배치하고, 깊이감(양안 부등)이 변화하는 구형 자극을 좌우 각각 두 개씩 4cm 간격으로 수평 배열시켜 구성하였다(그림 2). 중앙의 원기둥을 기준으로 자극 간의 거리 4cm와 관찰 거리 75cm를 고려한 시각도(visual angle)는 인접 구형 자극의 경우 3.05°, 먼 구형 자극의 경우 6.08°이었다.

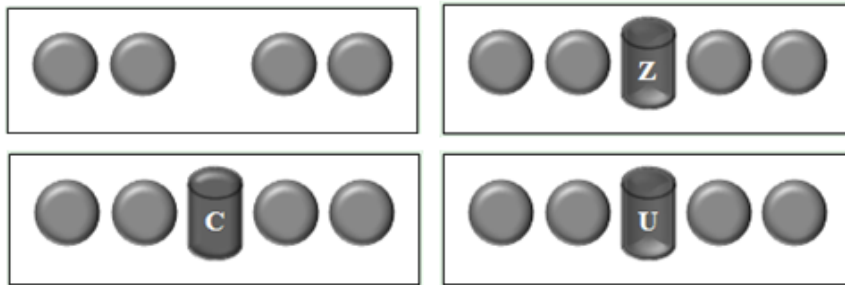


그림 3. 가운데 초점자극의 네 가지 조건에 따른 자극 배열 도식  
 Fig 3. Stimuli arrangements with regard to disparity information of central cylinder shaped fixation



그림 4. 구형 자극의 부등 쌍 도식  
 Fig 4. Stimuli arrangements with regard to disparity information of sphere shaped stimuli

원기둥의 크기는 가로 1.4cm, 세로 2cm이었으며, 시각도는 1.07°이었다. 구형은 1.7cm 크기로, 시각도는 1.3°이었다. ±8 pixels의 위치 이동으로 발생된 시각도 변화는 초점 반대 방향으로 8 pixels 이동했을 경우 인접 구형 자극은 3.05°, 먼 구형 자극은 5.79°였다. 초점 방향으로 8 pixel 이동했을 경우 인접 구형 자극은 2.52°, 먼 구형 자극은 5.63°의 시각도를 가졌다. 중앙의 원기둥 제시 조건으로 네 가지 실험조건 - 제시 없음(none), 부등 없음(zero disparity), 교차 부등(crossed disparity), 비교차 부등(uncrossed disparity)-이 있었다(그림 3).

그리고 초점자극인 원기둥 자극과 일직선상으로 배치된 구형 자극은 교차 부등, 비교차 부등의 움직임 두 가지로 조작하였다. 원기둥 자극(F: fixation)과 인접하게 위치한 구형 자극들을 한 쌍, 떨어져 위치한 구형 자극들을 한 쌍으로 하여 부등 생성 방향을 반대로 조작하였다(그림 4). 그림 4에서 U로 표시된 구형은 비교차와 교차 없음 사이를, C로 표시된 구형은 교차와 교차 없음 사이를 움직인다.

### 3. 절차

참가자들은 원형구멍카드법 검사를 통하여 오른쪽 눈이

우세한지를 확인받았다. 다음은 입체시각 가능 여부를 확인하기 위해, 매직아이를 보여주고 이를 제대로 경험할 수 있는지 알아보았다. 두 가지 검사가 끝나면 실험자는 지시문을 읽어주면서 참가자가 실험 절차에 대하여 정확하게 이해하고 있는지 확인하였다.

실험은 암막이 설치된 실험실에서 주 모니터를 제외한 모든 조명과 보조 모니터를 끈 상태에서 진행되었다. 참가자는 Red-Cyan anaglyph 안경을 착용하고 주 모니터 화면으로부터 75cm 떨어져 앉았다. 수평으로 배열된 네 개의 구형 중 어느 하나가 깊이 변화를 보이면, 두 손의 검지와 중지를 사용하여 각 위치에 대응된 자판키(S, D, K, L)를 빠르고 정확하게 누르도록 요청하였다. 깊이 변화가 발생하기 0.5초 전에 짧은 저음의 경고 신호가 제시되었고, 깊이 변화가 발생한 후에 관찰자가 10초 이상 반응을 하지 않으면, 실험자가 관찰자에게 어느 한 반응키를 누르도록 지시하여 다음 시행으로 넘어갈 수 있도록 하고, 이 시행은 오류 시행으로 간주되었다.

본 시행으로 진행하기 전에 원기둥 제시 조건 네 가지가 차례로 나타나는 연습시행을 각 16번씩 총 64시행을 수행하였다. 본 시행은 64시행으로 구성되었는데, 연습시행과는 달리 원기둥 제시 조건이 한 회기 내에서 한 가지로 고정

되어 제시되었다. 한 회기 당 5분이 소요됐으며, 모두 16회기를 8회기(40분 소요됨)씩 이틀에 걸쳐 진행하였다.

자극 제시 조건은 원기동 제시 조건(4)과 구형자극의 위치(2)와 부등 조건(2)을 조합하는 반복측정 설계를 적용했으며, 총 16개 조건을 균형 잡힌 라틴 방형으로 각 회기의 시행 순서를 결정하였다. 반복측정 설계는 인지과학 연구에서 일반적인 설계법으로 참가자는 두 개 혹은 그 이상의 실험 조건 하에서 수행을 여러 번 반복하고, 이를 측정 받는다. 반복측정 설계는 한 참가자가 상이한 처치 조건을 전부 다 수행하기 때문에 처치효과가 개인차에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다<sup>[11]</sup>.

#### 4. 결과 및 논의

반복측정 설계가 적용된 실험 데이터를 분석하기 위한 통계 기법이 반복측정 변량 분석법이다. 참가자별로 입체 자극 지각 패턴에 차이가 있는지를 보기 위하여 원기동 제시 조건, 이동 정보가 제시된 눈, 움직임의 형태, 시야, 구형 자극의 위치 변인에 대해 반복측정 변량 분석을 시행하였다.

각 변인에 포함된 조건은 다음과 같았다. 초점으로 사용된 원기동이 제시되는 조건은 네 가지(원기동 없음 vs. 원기동 부등 없음 vs. 교차부등 vs. 비교차부등)였다. 3-D 형태의 이동정보가 제시된 눈은 두 가지(우안 vs. 좌안)였으며, 공간 위치 변화를 일으키는 구형의 움직임 형태는 네 가지

(부등 없음→비교차부등 vs. 비교차부등→부등 없음 vs. 부등 없음→교차부등 vs. 교차부등→부등 없음)였다. 변화 자극이 제시되는 시야의 종류는 두 가지(좌시야 vs. 우시야)였고, 초점과의 상대적 거리를 나타내는 구형 자극의 위치는 두 가지(초점에서 먼 vs. 초점에서 가까운)였다.

주효과로는 이동 정보가 제시된 눈, 시야, 구형 자극의 위치 변인이 유의미하게 나타났다. 본 연구에서 가장 주목하고 있는 결과인, 제시된 눈의 주효과가 있었다. 즉 양 눈에 제시된 구형 자극의 깊이 변화 지각에 대한 반응시간이 오른쪽 눈보다 왼쪽 눈에서 짧았다. 그리고 좌시야에 제시된 자극들에 대한 반응시간이 우시야에 제시된 자극들에 대한 반응시간보다 길었다. 그런데 좌우시야 요인은 반응을 하는 손과 혼입되어 효과를 명확하게 구분하여 설명하기는 힘들 수 있다. 그리고 초점자극과 가깝게 위치한 자극들에 대한 반응시간이 초점자극과 떨어져 위치한 자극들에 대한 반응시간보다 짧았다(그림 5).

이원 상호작용으로는 이동정보가 제시된 눈과 구형 자극의 위치가 유의미하게 나타났다. 좌안의 경우, 구형 자극의 위치에 따른 반응시간에서 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 우안의 경우에는 구형 자극이 초점자극과 가깝게 위치한 경우의 반응시간이 초점자극과 떨어져 위치한 경우의 반응시간보다 빠르게 나타났다. 다시 말하면, 좌안의 경우 구형 자극이 초점자극과 가깝게 위치하였는지 멀리 떨어져 위치하였는지의 여부에 관계없이 반응시간이 비슷하게 나타났지만, 우안의 경우 구형 자극이 초점자극과 가깝게 위치하

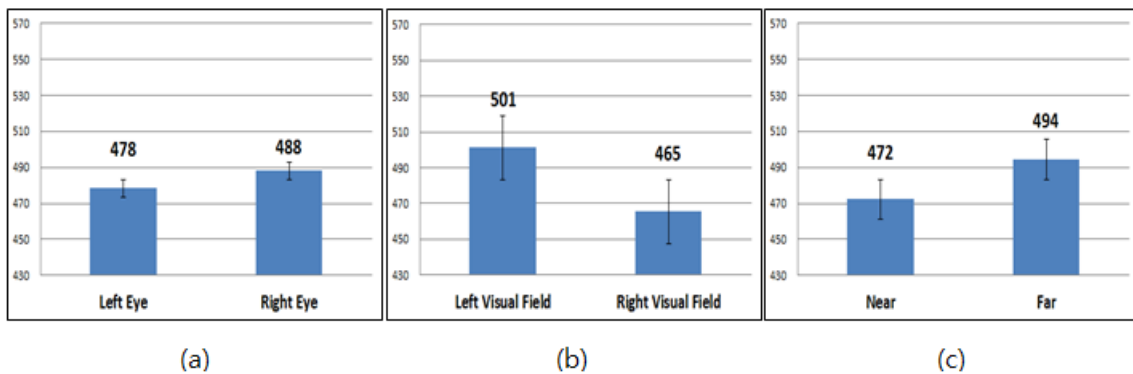


그림 5. 단서를 제공받는 눈, 시야, 구형 자극의 위치에 의한 평균 반응 시간(단위: msec)  
 Fig 5. Reaction time of cue-receiving eyes, visual fields, target positions(unit: msec)

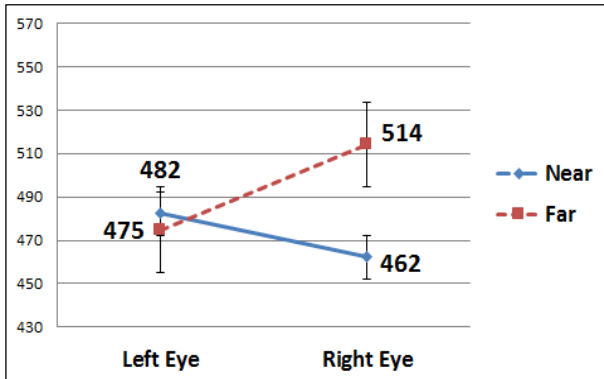


그림 6. 이동정보가 제시된 눈 × 구형자극의 위치 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 6. 2-way interaction of eye × target position(unit: msec)

였는지 멀리 위치하였는지의 여부에 따라 반응시간에 차이를 보였다(그림 6).

또한 움직임의 형태와 구형자극의 위치 상호작용도 유의미하게 나타났는데, 초점자극과 가깝게 위치한 구형자극의 움직임을 초점자극에서 떨어진 곳에 위치한 구형자극의 움직임보다 빠르게 탐지하였다. 즉, 초점자극과 가깝게 위치한 구형자극의 모든 움직임 형태가 초점자극과 떨어져 위치한 구형자극의 움직임 형태보다 빠르게 지각되었다(그림 7).

삼원 상호작용으로는 원기둥 제시 조건과 이동정보가 제시된 눈, 구형자극의 위치가 유의미하게 나타났다. 이동정보가 제시된 눈과 구형자극의 위치 사이의 상호작용 패턴

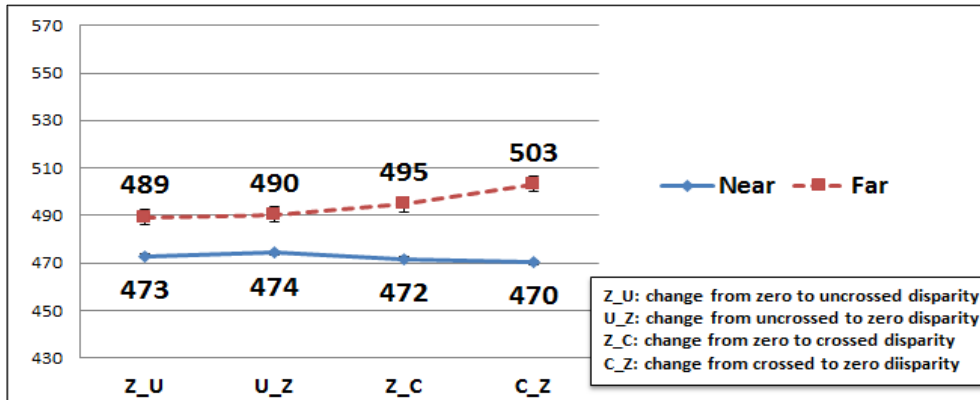


그림 7. 움직임의 형태 × 구형 자극의 위치 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 7. 2-way interaction of motion in depth × target position(unit: msec)

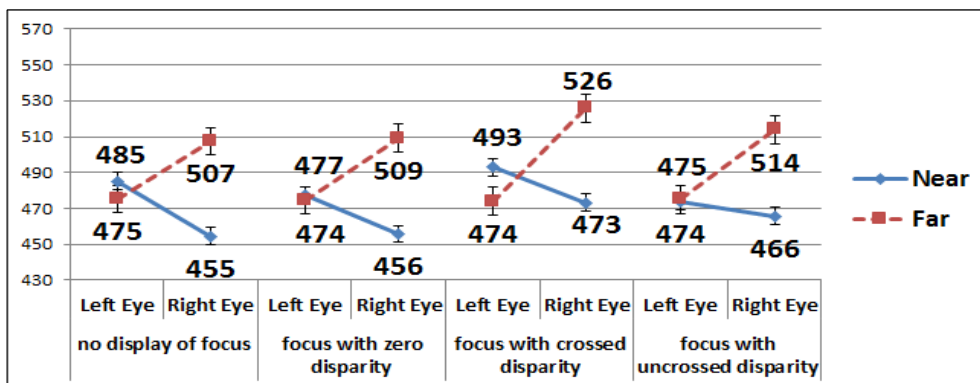


그림 8. 원기둥 제시 조건 × 이동정보가 제시된 눈 × 구형자극의 위치 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 8. 3-way interaction of focus\_type × eye × target\_position(unit: msec)



이 원기동 자극의 초점조건 네 가지에 따라 다소 상이하다. 그러나 구형자극의 위치에 따른 반응시간의 차이가 왼쪽 눈보다 오른쪽 눈에서 큰 패턴은 모든 조건에서 관찰되고 있다(그림 8).

마지막으로 사원상호작용으로는 이동정보가 제시된 눈, 움직임의 형태, 시야, 구형자극의 위치가 있었다. 좌안과 우안에서 구형자극 탐지 패턴의 차이를 보였는데, 좌안의 경우 원기동 자극의 네 가지 부등 조건 모두 좌시야에 제시된 자극들에 대한 반응 시간이 우시야에 제시된 자극들에 대한 반응시간보다 느렸다. 하지만 구형자극이 초점자극과 가까운 곳에 위치한 경우의 반응시간과 멀리 떨어진 곳에 위치한 경우의 반응시간에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 우안의 경우 좌안과 마찬가지로 좌시야에 제시된 자극들에 대한 반응시간이 느렸지만, 구형 자극의 위치가 원기동과 인접한 경우의 반응시간이 떨어져 위치한 경우의 반응시간보다 눈에 띄게 빨랐다. 이는 좌안에서 나타난 결과와 차이를 보인다(그림 9).

좌시야와 우시야에 관련된 상호작용 효과는 반응에 할당된 손의 효과와 결합되어 명확하게 해석하기는 힘들다. 그러나 주목해야 할 부분은 시야에 관계없이 좌안은 네 가지의 모든 운동 형태, 초점과의 상대적 위치에 제공된 정보에 대하여 우안보다 상대적으로 일관성 있는 수행을 보인다는 점이다. 그림을 살펴보면, 좌안과 관련된 반응 선분은 우안

과 관련된 반응 선분 사이에 위치하고 있다. 즉, 좌안에 제시된 장면의 변화에 민감하고도 일관되게 반응한다는 것을 시사하고 있다. 본 실험의 조건상 우세안에서 탐지된 것에 비해 비우세안에서 탐지된 부등 정보가 3-D 지각 과정에 상대적으로 더 중요하게 기여할 수 있다는 해석이 가능하다.

### III. 실험 2

실험 1의 결과가 오른쪽 눈이 우세안인 참가자에서 얻은 결과이므로 왼쪽 눈이 우세안인 경우를 관찰할 필요가 있으며, 이를 위해 실험 2를 실시하였다.

#### 1. 참가자

참가자를 선정한 기준은 왼눈이 우세한지의 여부를 제외하고 실험 1과 동일하였다. 가톨릭 대학교 학부학생 중 원형구멍카드법 검사를 통해 왼눈 우세자(left-eye dominant)를 선발하였다. 모두 16명(남자 4명, 여자 12명, 나이 21~25세)이 실험 2에 참여하였다. 이들 중 안과적 질환(황반원공, 망막에 구멍이 생기는 안과질환)으로 인해 수행이 극단적으로 저조하였던 한 명의 데이터는 분석에서 제외하였다.

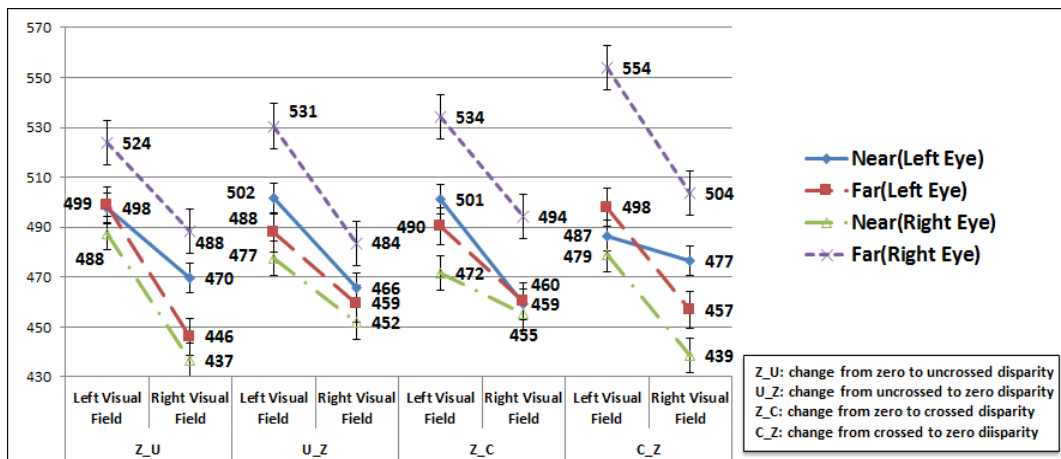


그림 9. 이동정보가 제시된 눈 × 움직임의 형태 × 시야 × 구형자극의 위치 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 9. 4-way interaction of eye × motion in depth × visual field × target position(unit: msec)



분석에 사용된 15명 중 14명은 오른손잡이, 1명은 왼손잡이였다. 참가자는 모두 정상시력 또는 교정된 정상시력을 지녔다. 참가자 중에 색약, 사시, 비문증(눈 앞에 먼지나 벌레 같은 뭔가가 떠다니는 것처럼 느끼는 증상)을 가지고 있다고 응답한 참가자가 각 한 명씩 있었다. 그러나 이들 모두 실험 조작으로 만들어진 양안 부등에 따른 입체시 경험을 정상적으로 할 수 있었으며, 이들의 자료는 분석에 포함되었다.

2. 장치 및 자극

실험 1과 동일한 장치 및 자극을 사용하였다.

3. 실험 절차

실험 1과 동일한 실험 절차를 사용하였다.

4. 결과 및 논의

실험 1과 마찬가지로 원기동 제시 조건(4), 이동정보가 제시된 눈(2), 움직임의 형태(4), 시야(2), 구형 자극의 위치(2)에 대한 반복측정 변량 분석이 시행되었다. 주효과로는 이동정보가 제시된 눈, 움직임의 형태, 구형 자극의 위치 변인이 유의미하였다. 실험 1과 마찬가지로 우안에 제시된 자극에 대한 반응시간이 좌안에 제시된 자극에 대한 반응 시간보다 길었다. 서론에서 언급했듯이 깊이 지각에 필요한 정보가 비우세안에서 제공될 가능성이 있다면, 실험 2에서는 오른쪽 눈이 비우세안인 참가자의 반응을 분석했기

때문에 실험 1의 결과에서 얻은 두 눈의 반응 패턴과 비교했을 때, 좌우 눈의 반응 패턴이 실험 1과 반대로 나와야 한다. 따라서 실험 1과 2의 결과를 종합하면, 탐지 시간의 차이는 우세안과 비우세안의 차이로 발생된 것이 아닌 좌우 눈의 차이로 인해 발생된 것이라고 해석할 수 있을 것이다. 그리고 움직임 형태의 주효과는 실험 1에서는 관찰되지 않았던 것이다. 이는 구형자극이 부등이 없는 상태에서 비교차 부등으로 변할 때 가장 긴 탐지 수행 시간이 관찰되었기 때문에 발생하였다. 또한 실험 1의 결과와 마찬가지로 원기동 자극과 가깝게 위치한 구형 자극에 대한 반응 시간이 원기동 자극과 떨어져 위치한 구형 자극에 대한 반응 시간보다 빨랐다(그림 10).

이원 상호작용으로는 이동정보가 제시된 눈과 구형 자극의 위치가 유의미하게 나타났다. 좌안의 경우 구형 자극과

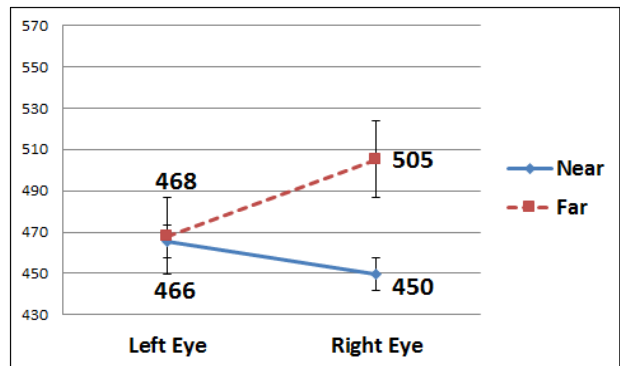


그림 11. 이동정보가 제시된 눈 × 구형 자극의 위치 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프 (단위: msec)

Fig 11. 2-way interaction of eye × target position (unit: msec)

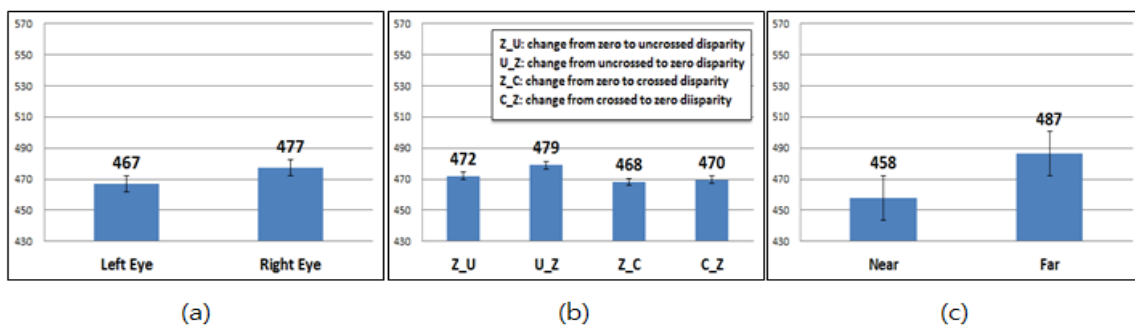


그림 10. 단서를 제공받는 눈, 움직임의 형태, 구형 자극의 위치에 의한 평균 반응 시간(단위: msec)

Fig 10. Reaction time of cue-receiving eye, types of motion in depth, target positions(unit: msec)

초점자극간 거리에 따른 반응 시간에서 거의 차이를 보이지 않지만, 우안의 경우에는 큰 차이를 보였다. 구형 자극이 원기동 자극과 가깝게 위치한 경우의 반응시간이 원기동 자극과 떨어져 위치한 경우의 반응시간보다 훨씬 빨랐다(그림 11).

삼원 상호작용으로는 원기동 제시 조건과 이동정보가 제시된 눈과 움직임의 형태, 이동정보가 제시된 눈과 움직임의 형태와 시야가 유의미하였다. 원기동 자극의 부등 정보에 따라 양 눈이 움직임의 형태를 처리하는 반응패턴에 차이를 보였는데, 원기동 자극이 제시되지 않거나 부등이 없

을 때, 양 눈이 움직임의 형태를 처리하는 평균 반응시간이 원기동 자극이 교차 부등 또는 비교차 부등을 가지고 있을 때의 평균 반응시간보다 느린 편이었다. 그러나 좌우 눈과 움직임의 종류에서 보이는 상호작용 패턴은 전반적으로 유사하였고, 단서가 왼쪽 눈에 제시된 경우에 비해서 오른쪽 눈에 제시된 경우, 반응시간의 차이가 컸다(그림 12).

이동 정보가 제시된 눈, 움직임의 형태, 시야의 삼원 상호작용에서는 좌안과 우안 모두 좌시야에 제시된 구형 자극에 대한 반응시간이 우시야에 제시된 구형 자극에 대한 반응 시간보다 느렸다. 그리고 구형 자극의 부등을 탐지하는

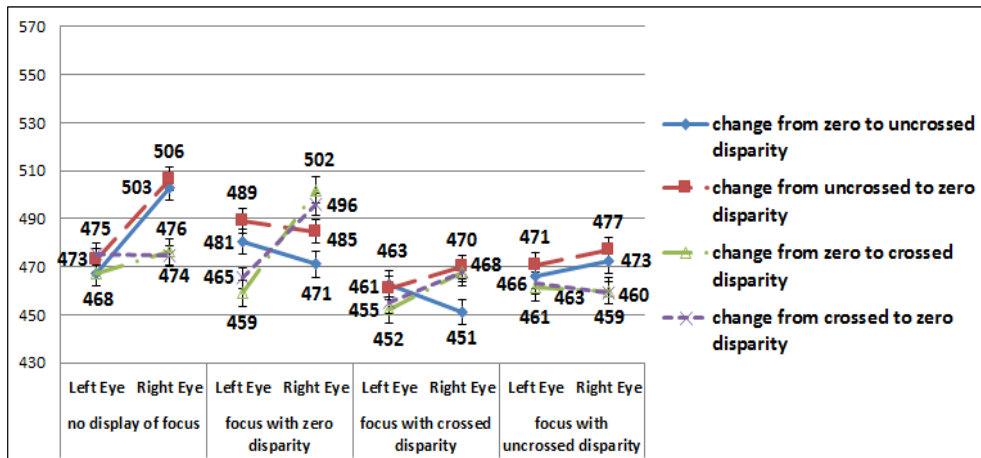


그림 12. 원기동 제시 조건 × 이동정보가 제시된 눈 × 움직임의 형태 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 12. 3-way interaction of focus type × eye × motion in depth(unit: msec)

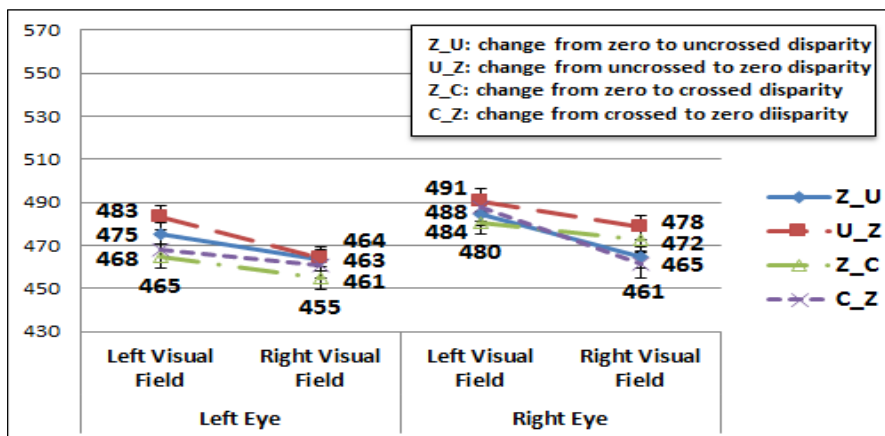


그림 13. 이동 정보가 제시된 눈 × 움직임의 형태 × 시야 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 13. 3-way interaction of eye × motion in depth × visual field(unit: msec)

평균 반응시간은 좌시야, 우시야 모두 좌안이 우안보다 다소 빠르게 나타났다(그림 13). 실험 1의 결과와 마찬가지로 좌시야에 제시된 자극은 반응 할당된 손과의 혼입으로 인해서 해석하기 힘들지만, 실험 1에서 보여준 왼쪽 눈에 제시한 단서에 대한 반응시간이 실험 2에서도 여전히 빠르다는 것이 주목받아야 한다. 실험 1, 2를 통해 3-D 시각에 왼쪽 눈의 역할이 오른쪽 눈에 비해서 일관성 있음을 보여주었다.

사원 상호작용으로는 실험 1과 마찬가지로 이동정보가 제시된 눈, 움직임의 형태, 시야, 구형자극의 위치가 유의미하였다. 반응 패턴 그래프에서 실험 1의 결과와 유사한 부분도 있었지만, 차이를 보이는 부분도 있었다. 실험 1에서는 양 눈 모두 좌시야에 제시된 구형 자극에 대한 반응시간이 우시야에 구형 자극이 제시된 경우보다 느리게 나타났지만, 실험 2에서는 그러한 일관성이 나타나지 않았다. 하지만 구형 자극의 위치에 따른 반응시간의 차이가 좌안에서는 거의 나타나지 않은 점, 우안의 경우 구형 자극이 원기둥 자극에 인접하여 위치한 경우의 반응시간이 원기둥 자극과 떨어져 위치한 경우의 반응시간보다 현저하게 빠르게 나타난 점은 실험 1의 결과에서도 관찰된 것이다(그림 14).

실험 1과 마찬가지로 좌시야와 우시야에 관련된 상호작용 효과는 반응에 할당된 손의 효과와 결합되어 있어서 분명하게 설명하기 힘들다. 하지만 좌안이 네 가지의 모든 운

동 형태 및 초점과의 상대적 위치에 제공된 정보를 우안에 비해 상대적으로 일관성 있게 반응한다는 점을 실험 1과 실험 2의 결과에서 모두 확인할 수 있었다.

#### IV. 종합 논의

본 연구는 관찰자의 우세안에 따라 3-D 자극 변화의 시각 패턴에 차이가 있는지를 알아보고자 수행되었다. 실험 참가자들은 애너글리프 방식으로 제작된 입체 자극의 공간 위치 변화를 탐지하는 과제를 수행하였는데, 실험 1, 2의 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

상대적인 양안 부등 정도의 변화를 왼쪽 눈이 탐지하도록 조건을 제공한 경우, 오른쪽 눈이 탐지하도록 한 경우와 비교해서 탐지시간이 전반적으로 짧았다. 이는 왼쪽 눈에 제공된 정보가 3-D 입체시 구축과 장면의 변화 탐지에 안정적으로 기여할 가능성을 보여준 것이다.

좌우시야에 제시된 부등 정보 변화를 탐지하는 반응시간을 비교했을 경우, 좌시야에 제시된 정보를 탐지하는 반응시간이 우시야에 제시된 정보를 탐지하는 반응시간에 비해서 느린 결과를 얻었다. 자극이 제시되는 시야 요인과 반응 할당 요인이 혼입되어 있기 때문에 이러한 결과가 3-D 시각에 대한 좌우 뇌의 비대칭적 영향으로만 발생하는 것이

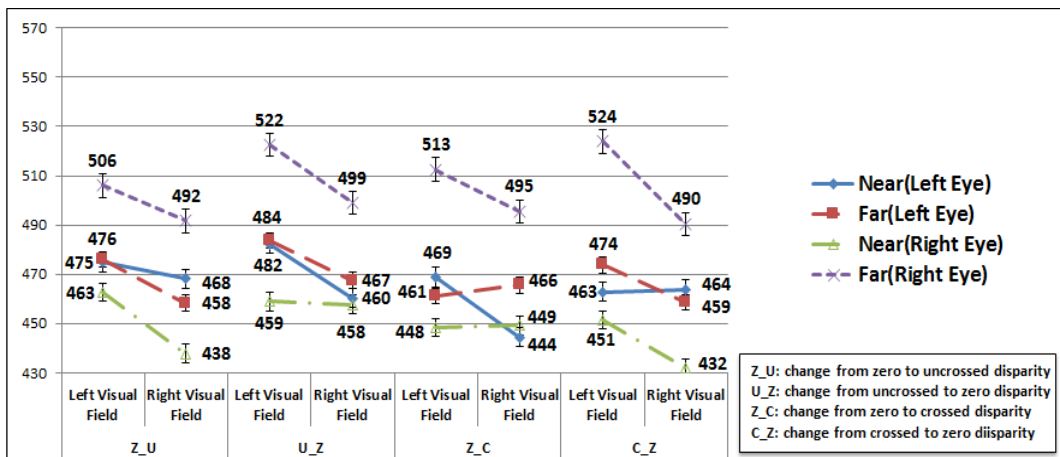


그림 14. 이동정보가 제시된 눈 × 움직임의 형태 × 시야 × 구형자극의 위치 상호작용에 대한 평균 반응시간 그래프(단위: msec)  
 Fig 14. 4-way interaction of eye × motion in depth × visual field × target position(unit: msec)

라는 해석을 내리기는 조심스럽다. 왜냐하면 이는 실험 참가자들이 1명을 제외하고 모두 오른손잡이였으며, 이로 인해 좌시야에 제시된 자극에 대한 느린 반응시간은 왼손을 할당했기 때문에 발생한 결과일 수도 있기 때문이다. 따라서 좌우시야에 따른 차이를 3-D 지각 과정의 차이로 인한 것이라고 해석하기는 어렵다. 그럼에도 불구하고 왼쪽 눈의 경우 정보가 어느 쪽 시야에 제시되느냐에 따른 반응시간의 차이가 오른쪽 눈의 경우에 비해서 현저하게 작다. 이러한 결과는 왼쪽 눈이 우세한 참가자를 대상으로 얻은 실험 2의 결과에서도 관찰된다. 따라서 이것은 눈의 우세성과는 별개로 왼쪽 눈에 제시되는 정보가 3-D 장면 지각 과정에 신뢰성이 높게 이용될 가능성을 보이는 것이라 할 수 있다.

기존의 3-D 방송제작은 기본적으로 두 눈의 역할이 동등하다는 가정을 가지고 있다. 따라서 3-D 영상물을 제작할 때 좌우 영상 중 기준이 되는 영상 장면이란 개념은 가지고 있지 않다. 그러나 본 연구에서 좌우 눈이 3-D 지각에 비대칭적인 기여를 할 가능성을 제시하였다. 입체 시각 정보처리에 부합하도록 좌우 영상 중 기준이 되는 영상을 정하는 방식으로 다음과 같이 촬영 기법을 조정할 필요성을 고려할 수 있다. 먼저 3-D 영상물 촬영이라고 하더라도 오른쪽 눈에 제시될 영상을 촬영하는 우측 카메라는 2-D 영상을 촬영하는 경우처럼 사용하도록 한다. 그리고 왼쪽 눈에 제시된 깊이 변화 정보가 일관성 있게 처리된다는 본 연구의 결과를 적용하여, 깊이 정보와 관련된 부동정보가 담긴 영상은 왼쪽 눈에 제시될 수 있도록 좌측 카메라를 사용하도록 한다. 이러한 방식으로 입체 영상물을 만든다면, 영상

물이 제공하는 3-D 정보가 인간의 3차원 정보처리 과정에 더 자연스럽게 부합할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌 (References)

- [1] E. Bruce Goldstein; Translated by Jeong-Oh Kim et al., Sensation and perception, Cengage Learning Korea, Seoul, pp.200-209, 2011
- [2] T. Shibata, J. Kim, D. M. Hoffman, & M. S. Banks, The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays, Journal of Vision, 11, 8, pp.1-29, Jul, 2011
- [3] L.B. Stelmach, W.J. Tam, Stereoscopic image coding: Effect of disparate image-quality in left- and right-eye views, Signal Processing: Image Communication, 14, 1-2, pp.111-117, Nov, 1998
- [4] T. Mitsuhashi, Subjective image position in stereoscopic TV systems- Considerations on comfortable stereoscopic images, Proc. SPIE, 2179, 5, pp.259-266, May, 1994
- [5] S. Pastoor, 3D-television: a survey of recent research results on subjective requirements, Signal Processing: Image Communication, 4, 1, pp.21-32, Nov, 1991
- [6] S. Yano, Y. Yuyama, Stereoscopic HDTV: Experimental system and psychological effects, SMPTE Journal, 100, 1, pp.14-18, Jan, 1991
- [7] C. Porac, S. Coren, The Dominant Eye, Psychological Bulletin, 83, 5, pp.880-897, Sep, 1976
- [8] H. Ono, R. Barbeito, The cyclopean eye vs. the sighting-dominant eye as the center of visual direction, Perception & Psychophysics, 32, 3, pp.201-210, May, 1982
- [9] JW. Peirce, PsychoPy-Psychophysics software in Python, Journal of Neuroscience Methods, 162, 1-2, pp.8-13, May, 2007
- [10] JW. Peirce, Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy, Front Neuroinformatics, 2, 10, pp.1-8, Jan, 2009
- [11] W. V. d. Noortgate, P. Onghena, Analysing repeated measures data in cognitive research: A comment on regression coefficient analyses, European Journal of Cognitive Psychology, 18, 6, pp.937-952, Nov, 2006

---

## 저 자 소 개



### 임 재 아

- 2009년 : 가톨릭대학교 심리/일어일본문화 학사
- 2012년 : 가톨릭대학교 심리학과 석사
- 2014년 3월 ~ 현재 : 서울특별시보라매병원 정신건강의학과 연구원
- 주관심분야: 시지각, 3-D 휴먼팩터, 인공지능

---

저 자 소 개



남 종 호

- 1985년 : 서울대학교 심리학과 학사
- 1987년 : 서울대학교 심리학과 석사
- 1997년 : 미국 Rutgers, the State University of New Jersey, 심리학과 박사
- 1998년 ~ 현재 : 가톨릭대학교 심리학과 교수
- 주관심분야 : 시지각, 3-D 휴먼팩터