

## 원근방향 추적 눈 운동 시 참조자극이 자극운동 유도 표면의 삼차원 경사지각 왜곡에 미치는 효과\*

Effect of reference on the distortion of 3D slant perception of semitransparent motion-induced surface during disjunctive eye movement

이 형 철\*\*  
(Hyung-Chul O. Li)

**요 약** 눈 운동과 관련된 공간지각 왜곡이 다양하게 보고 되었는데, 대부분의 공간지각 왜곡이 두 눈이 동일한 방향으로 움직이는 눈 운동에 국한되어 연구되었다. 이형철, 감기택, 김은수와 윤장한 (2002)은 두 눈이 각기 반대 방향으로 움직이는 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 증첩패턴에 의해 정의되는 대상의 경사가 체계적으로 왜곡되어 지각된다는 것을 보고하였다. 본 연구에서는 배경과 대상이 상이한 명도를 갖는 반투명 대상의 경사가 원근방향 추적 눈 운동에 의해 왜곡되어 지각되는지를 검증하였고, 동시에 목표대상의 주위에 존재하는 참조자극이 경사지각 왜곡에 미치는 영향을 검증하였다.

**주제어** 경사지각, 원근방향 추적 눈 운동, 지각왜곡

**Abstracts** Various perceptual distortions in spatial vision occur during eye movements. Most of the studies on perceptual distortion have focused on the conjunctive eye movements. Recently, Li, Kham, Kim & Yoon (2002) reported that subjects experienced perceptual distortion of 3D slant of an object defined by the spatiotemporal pattern of occlusion. The present research examined whether the subjects experienced the same perceptual distortion in the target object whose luminance is different from that of background. It also examined the effect of the reference on the perceptual distortion of 3D slant of an object.

**Keywords** slant perception, disjunctive eye movement, perceptual distortion

끊임없는 눈 운동에도 불구하고 우리의 시각기제는 외부세계의 공간속성을 대부분의 경우에 일관되게 지각한다. 눈 운동에 따라서 외부세계에 존재하는 대상이 관찰자의 망막에서 역동적으로 변화함에도 불구하고 우리의 시각기제는 어떻게 외부세계의 공간속성을 안정적으로 지각하게 되는가? Helmholtz는 우리의 시각기제가 망막의 상과 눈 운동정보 (혹은 눈 위치정보)를 고려하여 외부세계에 존재하는 대상의 공간속성을 지각한다고 제

안하였다 [1]. Helmholtz가 제안한 체계가 완벽하게 작동하지 않음을 보여주는 눈 운동과 관련된 여러 가지 공간지각 왜곡현상이 보고 되었는데 [2, 3, 4, 5, 6], 많은 연구자들이 공간지각에서의 왜곡이 시각체계가 눈 운동을 과소추정하거나 또는 망막에서의 상의 움직임을 과대추정해서 나타나는 현상으로 해석하였으며 [7, 8, 9], 궁극적으로 눈 운동과 망막에서의 상의 움직임에 대한 추정에서의 상대적인 차이가 이러한 공간지각에서의 왜곡을 발생시킨다고 주장한다. 최근에 Brenner와 Comelissen [10]은 추적 눈 운동 동안에 연속적으로 순간 노출 (flash) 되는 자극의 상대적인 거리지각이 눈 운동 정보나 눈 위치 정보를 전혀 고려하지 않고 망막에 맺힌 두 상의 정보에만 근거하여 계산된다는 결과를 보여 주었다. 흥미롭게도

\* 이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-042-H00004).

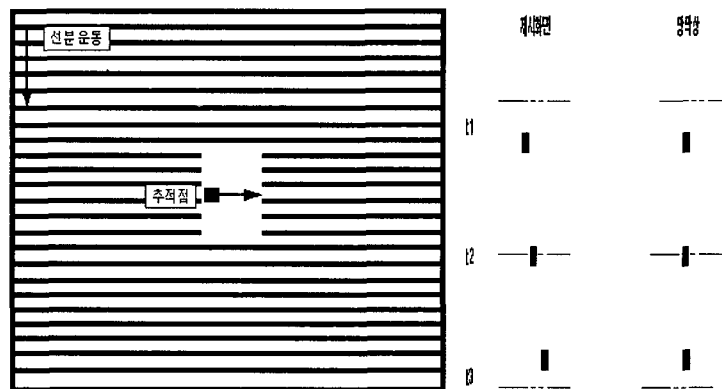
\*\* 광운대학교 산업심리학과  
교신저자 주소: 이형철, 서울시 노원구 월계동 447-1  
광운대학교 산업심리학과  
(E-mail: hyung@daisy.gwu.ac.kr)

Li, Brenner, Cornelissen 과 Kim [6]은 추적 눈 운동 동안에 제시되는 2차원 모양의 지각에서도 체계적인 왜곡이 발생하며, 지각적 왜곡이 눈 위치 정보를 전혀 고려하지 않고 단지 망막에 형성된 상의 정보를 그대로 반영한다는 연구결과를 보여 주었다. 이와 같은 실험결과는 우리의 시각기제가 눈 위치정보를 정확히 고려하지 못하거나 상황에 따라서는 눈 위치 정보를 전혀 고려하지 않을 수 있음을 시사한다.

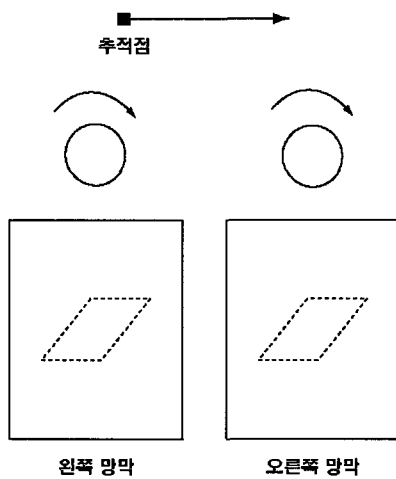
눈 운동 동안에 발생하는 공간지각에서의 왜곡을 연구하는 것은 역동적인 망막에서의 상의 변화에도 불구하고 대부분의 경우에 어떻게 공간지각 항상성이 유지되는지를 밝히는 중요한 수단이 된다. 눈 운동 동안의 공간지각에 대한 시각기제의 정보처리속성을 규명하고자 하는 연구는 크게 도약 눈 운동과 추적 눈 운동 분야에서 수행되었다. 도약 눈 운동과 추적 눈 운동의 속성이 상이함에도 불구하고 이 둘의 공통점은 눈 운동을 유도하는 대상의 움직임이 관찰자와 평행한 2차원 상에서 이루어진다는 것이다. 이 두 가지 눈 운동에서 두 눈 모두는 동일한 방향으로 움직인다. 하지만, 일상생활에서 눈 운동은 이 두 가지 눈 운동 이외에도 깊이차원에서 움직이는 대상을 추적 할 때의 원근방향 추적 눈 운동 (disjunctive-eye-movement)도 존재한다. 이형철, 감기택, 윤장환과 김은수 [11]는 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 표면의 경사가 원근방향 추적 눈 운동의 방향에 따라서 체계적으로 왜곡된다는 것을 보여 주었다. (그림 1)과 같이 배경과 명도가 동일한 사각형 목표대상의 뒤로 배경과 명도가 다른 수평선분이 아랫방향으로 움직이면 수평선분의 움직임이 없을 때에는 지각되지 않던 목표대상이 수평선분의 움직임으로 인해 중첩을 발생시키고, 목표대상의 여러 부위에서 시공간에

걸쳐서 발생하는 중첩정보를 통합하면 목표대상의 모양이 정확히 지각된다. 이러한 목표대상은 결국 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 것이다. Li 등은 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 목표대상의 모양이 그림 2에 나타나 있는 것처럼 외부대상과 상이하게 망막에 맺히게 되는데, 관찰자들이 지각하는 목표대상의 모양은 외부세계에 정의된 대상의 모양이 아니라 망막에 형성된 상의 내용을 그대로 반영한다는 것을 보여 주었다. 추적 눈 운동 동안에 제시되는 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 대상이 양쪽 망막에 동일한 상을 형성 하는데 반하여 (그림 2 참조), 깊이차원에서 움직이는 추적점을 추적하는 원근방향 추적 눈 운동을 하는 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 대상은 (그림 3)과 같이 양 쪽 망막에 각기 상이한 상을 형성한다. 이러한 망막에서의 상의 차이는 양안시차를 유발하는데, 이형철등은 우리의 시각기제가 이러한 양안시차를 눈 운동 정보를 고려하여 보정하지 못하고 따라서 외부세계에 정의된 목표대상이 관찰자와 평행하게 존재하는 것으로 지각하지 못하고 목표대상이 한쪽으로 기울어진 것으로 지각하며 이러한 경사지각의 왜곡이 망막에 형성된 양안시차와 일치하는 것임을 보여 주었다.

본 연구의 목적은 이형철등의 연구에서 발견된 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 3차원 경사지각의 왜곡이 왜 발생하는지, 그리고 어떤 요인이 이러한 경사지각의 왜곡을 감소시키는지를 규명하는 것이다. 본 연구에서의 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 이형철등의 연구에서 경사지각왜곡을 발생하게 하는 요인은 무엇인가? 이형철등의 연구에 사용된 목표대상은 배경과 동일한 명도를 가지면서 동시에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 자극인데, 목표대상과 배경의 명도가 동일한 것이 원



(그림 1) 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 목표대상. 추적점을 추적하면 망막의 상은 제시화면에 형성되는 상과 달리 형성된다.

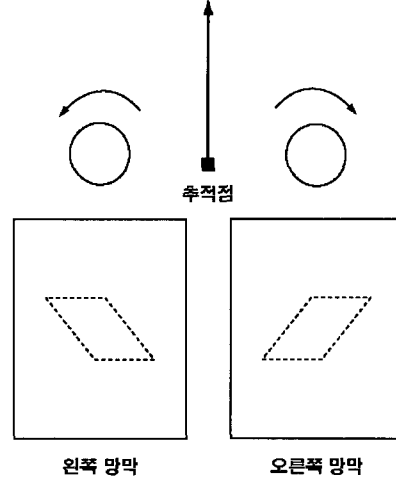


(그림 2) 그림 1의 자극이 제시될 때 추적 눈 운동 동안에 망막에 형성되는 상

근방향 추적 눈 운동 동안의 경사지각왜곡을 유발하는 요인인가? 아니면 목표대상을 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의하는 것이 원근방향 추적 눈 운동 동안의 경사지각 왜곡을 유발하는가? 둘째, 이형철등의 연구에서 목표대상의 주변시야에 어떤 참조자극도 존재하지 않았는데, 참조자극의 존재가 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 목표대상의 경사지각 왜곡에 영향을 주는가? 첫째 연구문제에 답하기 위하여 시공간적인 중첩패턴에 의해서만 정의되고 배경과 명도는 상이한 자극을 구성하였다. 만약, 목표대상과 배경과의 명도의 동일성이 경사지각왜곡의 필수요건이라면 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 배경과 상이한 명도를 갖는 목표대상의 경사지각에서 왜곡이 발생하지 않을 것이다. 둘째 연구문제인 경사지각왜곡에서의 참조자극의 영향을 검증하기 위하여 참조자극이 존재하지 않는 경우와 참조자극이 존재하는 경우의 경사지각 왜곡을 비교하였고 동시에 참조자극과 목표대상과의 거리 및 참조자극의 배경에 대한 명도대비가 경사지각 왜곡에 미치는 영향을 검증하였다.

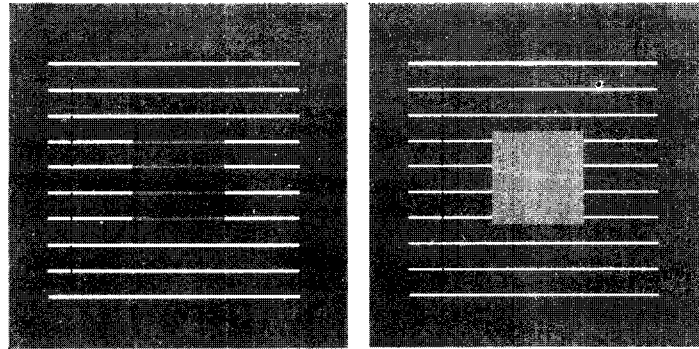
### 실험 1

이형철등의 연구에 사용된 목표대상은 배경과 동일한 명도를 갖는 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 사각형이었다. 원근방향 추적 눈 운동 동안의 경사지각의 왜곡이 목표대상과 배경의 명도가 동일하기 때문에 나타나는 것인지 알아보기 위하여 본 연구에서는 목표대상과 배경



(그림 3) 그림 1의 자극이 각 눈에 제시되고 관찰자로부터 멀어지는 추적점을 추적할 때의 원근방향 추적 눈 운동 동안에 망막에 형성되는 상

의 명도가 동일한 조건과 목표대상과 배경의 명도가 상이한 조건에서의 경사지각 왜곡을 검증하였다. 일반적으로 배경과 명도가 상이한 목표대상은 목표대상의 뒤에서 수직방향으로 움직이는 선분에 의한 시공간적인 중첩이 없더라도 배경에 대한 목표대상의 명도대비에 의해 모양이 지각된다. 본 연구의 목적은 목표대상과 배경의 명도 동일성 여부가 원근방향 추적 눈 운동 동안의 경사지각 왜곡에 미치는 영향을 검증하는 것이므로, 중첩정보 요인은 동일하게 유지한 상황에서 명도 동일성 여부만 조작할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에 새로 포함된 배경과 명도가 상이한 목표대상은 수직방향으로 움직이는 수평선분의 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 자극이다. 이를 구현하기 위하여 수직방향으로 움직이는 수평선분이 목표대상의 뒤를 지날 때에 이형철등의 연구에 사용된 자극과 달리 배경과 동일한 명도로 바뀌는 대신에 배경과 상이한 명도를 갖도록 하였다. 본 연구에서 배경의 명도는 64 cd/m<sup>2</sup>, 수직방향으로 움직이는 수평선분의 명도는 109 cd/m<sup>2</sup> 이었는데, 중첩되는 부위의 명도를 94 cd/m<sup>2</sup> 로 하면 마치 배경보다는 밝고 수평선분보다는 어두운 반투명 표면의 뒤를 수평선분이 움직이는 것으로 지각된다 (그림 4 참조). 이와 같은 방법으로 목표대상의 명도를 조작하는 것 외에 경사지각 왜곡에 미치는 참조자극의 영향을 검증하기 위하여 참조자극의 존재여부 및 참조자극의 특성 (목표대상과 참조자극과의 거리, 참조자극의 배경에 대한 명도대비)을 조작하였다.



(그림 4) 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는, 배경과 명도가 상이한 목표대상 (좌측)과 이에 대한 지각 (우측).

## 방법

### 피험자

연구시설을 아는 연구자 1명과 연구시설을 알지 못하는 3명이 피험자로서 실험에 참가하였다. 피험자들은 정상시력 또는 정상교정시력을 지녔다.

### 도구

자극은 1024 X 768 해상도와 85Hz의 수평주파수를 갖는 17인치 LG Flatron 모니터에 제시되었다. 자극의 생성 및 실험통제는 PowerMac G4/450에 의해 이루어 졌으며, 실험 프로그램은 Matlab과 Matlab함수 모음인 Psychophysics Toolbox [12, 13]에 의해 구성되었다. 실험 자극으로 사용된 입체그림쌍을 관찰하는 데에 거울식 입체경이 이용되었다.

### 자극

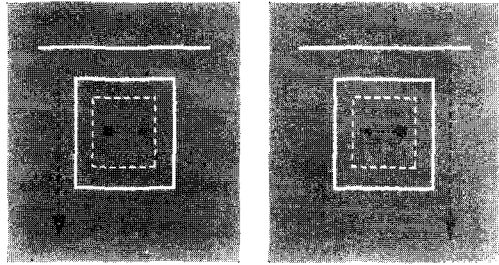
이형철 등과 Li 등의 연구에서 사용된 (그림 1)과 같은 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 자극과 유사한 자극이 실험자극으로 이용되었다. 목표대상은 기본적으로 수직방향으로 배경과 명도가 같거나 ( $64 \text{ cd/m}^2$ ) 상이하였으며 ( $94 \text{ cd/m}^2$ ) 이 목표대상의 뒤를  $6.7 \text{ deg/sec}$ 의 속도로 움직이는 수평선분 ( $116 \text{ cd/m}^2$ )의 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되었다. 수평선분의 수직이동거리는  $3.94 \text{ deg}$ 이었다. 피험자가 원근방향 추적 눈 운동 동안에 추적해야 할 추적점의 깊이차원에서의 움직임의 모사하기 위하여 입체쌍 그림의 각 각에서 추적점이 목표대상의 가운데 부위를  $0.384 \text{ deg}$  또는  $0.65 \text{ deg}$  좌우로 움직이도록 하였다. 이때, 추적점의 속도는 추적점의 운동량에 따라서 변화하였는데, 각 각  $0.67 \text{ deg/sec}$  또는  $1.11 \text{ deg/sec}$ 이었다. (그림 5와 6)은 목표대상을 구성하는 자극과 추적점이 어떻게 구성되었는지를 개략적으로 보여준다. 참조자극이 목표대상의 경사지각 왜곡에 미치는 영향을 검증하

기 위하여 참조자극이 존재하는 조건에서는 목표대상을 둘러싸는 사각형의 틀을 제시하였으며, 참조자극과 목표대상과의 거리 ( $0 \text{ deg}$ ,  $0.39 \text{ deg}$ )와 참조대상의 명도( $66 \text{ cd/m}^2$ ,  $83 \text{ cd/m}^2$ ,  $109 \text{ cd/m}^2$ ; 배경은  $64 \text{ cd/m}^2$ 로 고정)를 조작하였다. 각기 두 눈에 제시되는 입체그림쌍이 쉽게 집합되어 단일상이 형성되는 돕기 위하여 각 눈에 제시되는 자극은 가로  $7.9 \text{ deg}$ , 세로  $11.8 \text{ deg}$ 의 크기를 갖는 직사각형 윤곽 안에 제시되었다.

### 실험절차

하나의 세션은 112회의 시행으로 구성되었다. 112회의 시행중에 참조자극이 존재하는 시행이 96회 이었고, 참조자극이 존재하지 않는 시행이 16회였다. 참조자극이 존재하는 시행은, 두 가지 목표대상의 명도 ( $64 \text{ cd/m}^2$ ,  $94 \text{ cd/m}^2$ ) X 두 가지 참조자극과 목표대상의 거리 ( $0 \text{ deg}$ ,  $0.39 \text{ deg}$ ) X 세 가지 참조대상의 명도 ( $66 \text{ cd/m}^2$ ,  $83 \text{ cd/m}^2$ ,  $109 \text{ cd/m}^2$ ) X 두 가지 추적 눈 운동 방향 (다가오거나 물러남) X 두 가지 추적점 운동량 ( $0.384 \text{ deg}$ ,  $0.65 \text{ deg}$ ) X 두 가지 수평선분의 운동방향 (위에서 아래, 아래에서 위)의 조합으로 96회가 되었고, 참조자극이 존재하지 않는 시행은 두 가지 목표대상의 명도 ( $64 \text{ cd/m}^2$ ,  $94 \text{ cd/m}^2$ ) X 두 가지 추적 눈 운동 방향 (다가오거나 물러남) X 두 가지 추적점 운동량 ( $0.384 \text{ deg}$ ,  $0.65 \text{ deg}$ ) X 두 가지 수평선분의 운동방향 (위에서 아래, 아래에서 위)의 조합으로 16회가 되었다. 세션 내에서 각 각의 조건은 무선적으로 제시되었다.

피험자는 입체경을 통하여 자극을 보았는데, 모든 시행에서 먼저 추적해야 할 점이 제시되고, 피험자가 입체그림쌍을 단일상으로 보는 데에 성공하면 키보드 버튼을 눌렀다. 키보드 버튼을 누르면 추적점이 움직이기 시작하



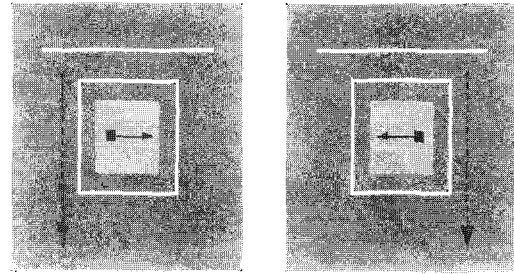
(그림 5) 원근방향 추적 눈 운동 동안에 각 눈에 제시되는 배경과 명도가 동일한 목표대상과 이를 둘러싼 참조자극

고 피험자는 깊이차원에서 움직이는 추적점을 눈으로 추적하였다. 추적점이 목표대상이 위치한 가운데 부위에 도달하였을 때에 수직방향으로 움직이는 수평선의 시공간적인 중첩패턴에 의해 목표대상이 정의되었다 사라졌다. 피험자의 지속적인 원근방향 추적 눈 운동을 유도하기 위해 목표대상이 사라진 후에도 추적점이 운동을 계속한 후에 화면에서 사라졌다. 피험자들의 과제는 2AFC 과제 (2 Alternative-Force-Choice Task) 이었는데, 깊이 차원에서 움직이는 추적점을 추적하는 원근방향 추적 눈 운동이 끝난 후에 피험자는 두 개의 키보드 버튼을 이용하여 제시된 목표대상의 경사를 보고하였다: 목표대상인 사각형의 윗변이 아랫변보다 피험자에게서 상대적으로 멀리 떨어져 있다고 지각하면 키보드의 버튼 “1”을 누르고, 아랫변이 윗변보다 멀리 떨어져 있다고 지각하면 “2”를 누르도록 하였다. 각 피험자들은 세션을 5회 반복하였고 첫 번째 세션은 연습시행으로 간주하여 결과분석에서는 마지막 4회 세션의 자료만 이용되었다. 피험자의 머리움직임을 최소화하기 위하여 턱 받침대가 사용되었고, 관찰거리는 45cm 이었다.

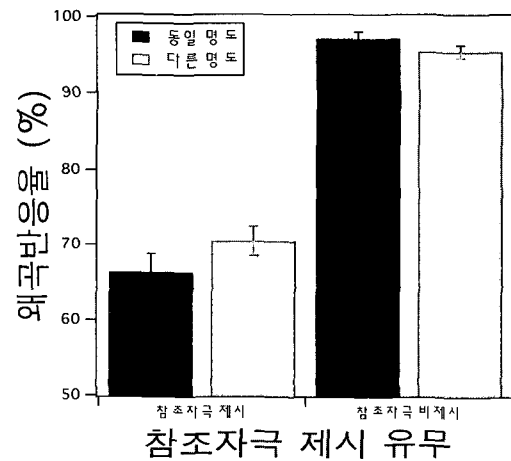
**결과 및 논의**

목표대상의 경사가 원근방향 추적 눈 운동에 의해 관찰자의 망막에 형성된 양안시차와 일치하는 방향으로 지각되면 이때의 반응을 양안시차와 일관된 왜곡반응 (여기서부터 왜곡반응이라고 칭함)으로 간주하였다. 만약, 목표대상의 표면이 실제 외부세계에 정의된 것처럼 3차원 공간에서 관찰자와 평행하게 놓여 있는 것으로 제대로 지각되었다면 (즉, 어느 한쪽으로 기울어진 것으로 지각되지 않았다면), 2AFC 과제에서 왜곡 반응율은 50%가 될 것이다.

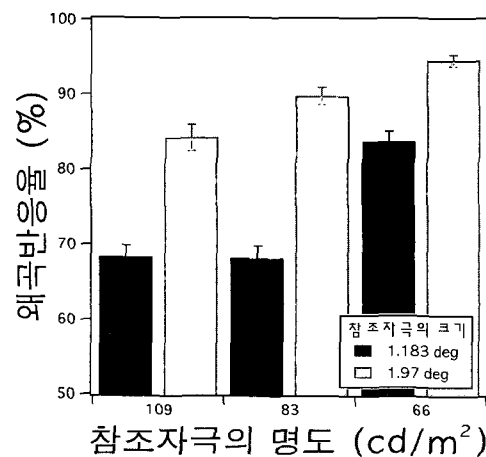
(그림 7)이 보여 주듯이 목표대상이 배경과 동일명도를 갖고 있는지의 여부는 왜곡반응율에 영향을 주지 않았다.



(그림 6) 원근방향 추적 눈 운동 동안에 각 눈에 제시되는 배경과 명도가 상이한 목표대상과 이를 둘러싼 참조자극



(그림 7) 참조자극 제시 유무에 따른 경사지각 왜곡 반응율



(그림 8) 참조자극의 명도에 따른 경사지각 왜곡 반응율

목표대상이 배경과 동일한 명도를 지니고 있을 때와 마찬가지로 목표대상이 배경과 상이한 명도를 갖고 있는 반투명한 경우에도 원근방향 추적 눈 운동에 따라서 목표대상의 경사가 체계적으로 왜곡되어 지각되었으며 왜곡 방향은 망막에 형성된 양안시차와 일치하였다. 반면에, 목표대상의 주위에 참조자극이 존재하지 않을 때에 비하여 참조자극이 존재할 때에 왜곡반응율이 낮게 나타났다. 특히 참조자극이 목표대상으로부터 멀리 떨어져 있을수록 (즉, 참조자극의 크기가 커서 목표대상으로부터 멀리 떨어져 있을수록) 왜곡반응율은 컸으며, 참조자극의 명도가 낮을수록 (따라서 배경에 대한 명도대비가 작을수록) 왜곡반응율이 컸다 (그림 8 참조).

이러한 실험결과는 참조자극의 존재가 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 목표대상의 경사지각 왜곡에 영향을 미치며, 참조자극이 목표대상에 근접할수록, 그리고 참조자극이 배경에 비하여 지각적으로 뚜렷할수록 경사지각의 왜곡을 감소시킨다는 것을 시사한다. 또한 배경과 명도가 동일한 대상과 동일한 양식으로 배경과 명도가 상이한 반투명표면의 경사도 원근방향 추적 눈 운동 동안에 왜곡되어 지각되는데, 동시에 목표대상과 배경과의 명도의 동일성이 경사지각왜곡을 유발하는 필수요인이 아니며, 배경과 목표대상의 명도가 상이한 경우에서도 목표대상의 경사가 왜곡되어 지각될 수 있음을 의미한다. 또한, 배경과 목표대상의 명도가 동일하거나 상이한 경우 모두에서 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 목표대상의 양안시차변화가 시각체계 내에서 눈 운동 정보를 이용하여 보정되지 못함을 의미한다. 참조자극이 제시되지 않았을 때에 목표대상의 왜곡 반응율이 90% 이상이었다는 반하여, 참조자극이 제시되었을 때의 목표대상의 왜곡 반응율은 약 70% 이었다. 이러한 결과는 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 양안시차가 참조자극정보를 이용하여 실제 세계와 일치하는 방향으로 보정되었다는 것을 의미하는가? 한 가지 가능성은 3차원 정보처리 단계에서 참조자극에 대한 정보를 이용하여 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생한 양안시차를 보정하였을 수 있다는 것이다. 또 다른 가능성은 2차원 정보처리 단계에서 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 각 눈에 형성된 각기 상이한 모양의 망막상을 참조자극에 대한 정보를 이용하여 외부세계에 존재하는 대상의 속성과 일치하게 보정하고 이 결과를 3차원 정보처리의 입력 값으로 이용하였을 수 있다는 것이다. 즉 참조자극이 3차원 깊이지각이 아닌 2차원 모양지각이 제대로 이루어지도록 하는 데에 직접적인 영향을 주었을 수 있다. 실험 2에서는 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해

정의되는 대상의 모양지각 왜곡에 미치는 참조자극의 영향을 검증하였다.

## 실험 2

실험 1의 결과에 의하면, 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 목표대상의 경사가 목표대상 주위에 참조자극이 존재하지 않는 경우에 비하여 존재하는 경우에 덜 왜곡되어 지각되었다. 또한, 배경자극과 참조자극의 명도가 상이할수록, 그리고 목표대상과 참조자극이 가까울수록 목표대상의 경사가 덜 왜곡되어 지각되었다. 실험 2의 목적은 목표대상의 경사지각에 미치는 참조자극의 효과가 시각정보처리의 어느 수준에서 발생하는지에 대한 기초 자료를 확보하는 것이다. 실험 2에서는 원근방향 추적 눈 운동이 발생하는 동안에 두 눈 중 한쪽 눈에 목표대상을 제시하고 제시된 목표대상의 모양지각 왜곡에 미치는 참조자극의 영향을 검증하였다.

## 방법

실험 1에 사용된 방법이 기본적으로 그대로 이용되었다. 다만, 실험 1에서 목표대상이 양 쪽 눈에 각기 모두 제시되었던데 반하여, 실험 2에서는 양 쪽 눈 중 한쪽 눈에만 목표대상이 제시되었다. 원근방향 추적 눈 운동을 유도하기 위한 추적점은 양 쪽 눈에 모두 제시되었다.

## 실험절차

실험 1에 사용된 실험절차와 유사하였다. 다만, 실험 1에서 피험자의 과제가 목표대상의 경사에 대한 2AFC 과제 이었던데 반하여 실험 2에서 피험자의 과제는 한 쪽 눈에 제시되는 목표대상의 2차원 모양에 대한 2AFC과제 이었다. 목표대상의 윗변이 아랫변보다 왼쪽으로 치우친 평행사변형으로 지각되면 "1"버튼을, 오른쪽으로 치우친 평행사변형으로 지각되면 "2"버튼을 눌렀다.

하나의 세션은 224회의 시행으로 구성되었다. 224회의 시행중에 참조자극이 존재하는 시행이 192회 이었고 참조자극이 존재하지 않는 시행이 32회 이었다. 참조자극이 존재하는 시행은 두 가지 목표대상의 명도 (64 cd/m<sup>2</sup>, 94 cd/m<sup>2</sup>) X 두 가지 참조자극과 목표대상의 거리 (0 deg, 0.39 deg) X 세 가지 참조대상의 명도 (66 cd/m<sup>2</sup>, 83 cd/m<sup>2</sup>, 109 cd/m<sup>2</sup>) X 두 가지 추적 눈 운동 방향 (다가오거나 물러남) X 두 가지 추적점 운동양 (0.384 deg, 0.65 deg) X 두 가지 수평선분의 운동방향 (위에서 아래, 아래에서 위) X 두 가지 목표대상이 제시되는 눈 (왼쪽, 오른쪽)의

조합으로 192회가 되었고, 참조자극이 존재하지 않는 시행은 두 가지 목표대상의 명도 (64 cd/m<sup>2</sup>, 94 cd/m<sup>2</sup>) X 두 가지 추적 눈 운동 방향 (다가오거나 물러남) X 두 가지 추적점 운동양 (0.384 deg, 0.65 deg) X 두 가지 수평선분의 운동방향 (위에서 아래, 아래에서 위) X 두 가지 목표대상이 제시되는 눈 (왼쪽, 오른쪽)의 조합으로 32회가 되었다. 세션 내에서 각 각의 조건은 무선적으로 제시되었다. 피험자는 입체경을 통하여 자극을 보았는데, 각 피험자들은 세션을 5회 반복하였고 첫 번째 세션은 연습시행으로 간주하여 결과분석에서는 마지막 4회 세션의 자료만 이용되었다. 피험자의 머리움직임을 최소화하기 위하여 턱 받침대가 사용되었고, 관찰거리는 45cm 이었다.

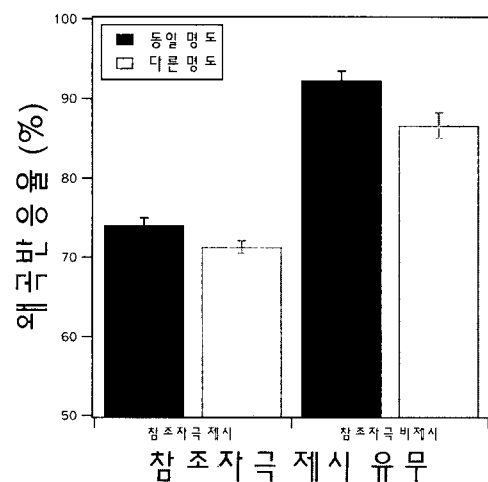
**결과 및 논의**

원근방향 추적 눈 운동 동안에 관찰자의 한 쪽 눈의 망막에 형성된 목표대상의 모양과 일치하는 방향으로 2차원 모양이 지각되면 이때의 반응을 망막에 형성된 모양과 일관된 왜곡반응 (여기서부터 왜곡반응이라고 칭함)으로 간주하였다. 만약, 목표대상이 실제 외부세계에 정의된 것처럼 목표대상의 2차원 모양이 직사각형으로 제대로 지각되었다면 (즉, 어느 한쪽으로 기울어진 것으로 지각되지 않았다면), 2AFC 과제에서 왜곡 반응율은 50%가 될 것이다.

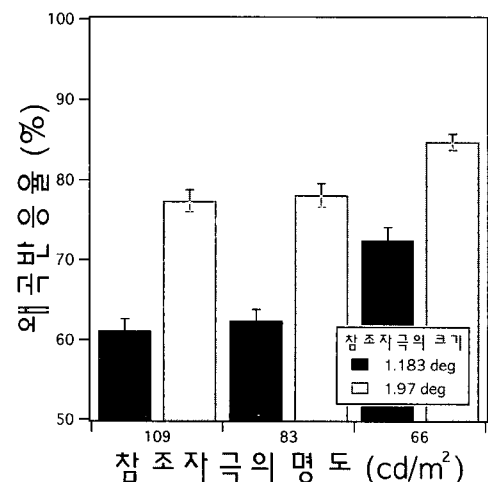
(그림 9)가 보여 주듯이 목표대상이 배경과 동일명도를 갖고 있는지의 여부는 목표대상의 2차원 모양지각에 대한 왜곡반응율에 영향을 주지 않았다. 하지만 참조자극이 존재할 때에 비하여 참조자극이 존재하지 않을 때에 목

표대상의 2차원 모양에 대한 왜곡반응율이 상대적으로 컸다 (참조자극이 존재할 때에 약 70%, 참조자극이 존재하지 않을 때에 약 85%). 특히 참조자극이 목표대상으로부터 멀리 떨어져 있을수록 (즉, 참조자극의 크기가 커서 목표대상으로부터 멀리 떨어져 있을수록) 왜곡반응율은 컸으며, 참조자극의 명도가 낮을수록 (따라서 배경에 대한 명도대비가 작을수록) 왜곡반응율이 컸다 (그림 10 참조). 이러한 결과는 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 목표대상의 2차원 모양지각 왜곡이 참조자극의 존재에 의해 영향을 받음을 의미하며, 시각기제가 원근방향 추적 눈 운동 동안에 망막에 형성되는 목표대상의 왜곡을 참조자극 정보를 이용하여 보정할 가능성을 시사한다.

(그림 7)과 (그림 9), 그리고 (그림 8)과 (그림 10)을 비교해 보면 약간의 차이는 있지만 목표대상의 3차원 경사에 대한 왜곡반응율과 2차원 모양에 대한 왜곡반응율이 상당히 유사함을 알 수 있다. 목표대상이 배경과 동일명도를 갖고 있는지의 여부는 목표대상의 경사지각왜곡과 2차원 모양지각왜곡에 차이를 유발하지 않았으며, 참조자극이 존재할 때에 비하여 참조자극이 존재하지 않을 때에 두 가지 왜곡반응율이 더 높았다. 또한, 참조자극이 목표대상으로부터 멀리 떨어져 있을수록, 그리고 참조자극의 명도가 낮을수록 왜곡반응율이 컸다. 이러한 두 왜곡반응율에서의 유사성은 실험 1에서 발견된 3차원 경사지각에서의 참조자극의 효과가 3차원 정보처리 단계에서 발생하였다기보다는 2차원 모양정보처리 단계에서 발생하였고, 2차원 모양정보 처리의 결과가 3차원 정보처리



(그림 9) 실험 2에서 참조자극 제시 유무에 따른 모양지각 왜곡 반응율



(그림 10) 실험 2에서 참조자극의 명도에 따른 모양지각 왜곡 반응율

입력되어 경사지각왜곡에서 참조자극의 효과가 간접적으로 나타났을 가능성을 시사한다.

### 종합논의

이형철 등 [11]은 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 목표대상의 3차원 경사가 눈 운동 방향에 따라서 체계적으로 왜곡되어 지각된다는 것을 보고하였다. 이형철등의 연구에서 목표대상과 배경은 동일한 명도를 지녔고 단지 수직운동하는 선분의 시공간적인 중첩패턴에 의하여 대상의 모양이 정의되었다. 본 연구에서는 목표대상의 3차원 경사지각 왜곡에서 목표대상과 배경의 명도가 동일하기에 이러한 경사지각 왜곡이 발생하였는지를 시공간적인 중첩패턴에 의해 모양이 지각되는 배경과 명도가 상이한 반투명 목표대상을 이용하여 검증하였다. 또한 목표대상의 경사지각 왜곡에 미치는 참조자극의 영향을 검증하였고, 참조자극의 영향이 시각적보처리의 어느 단계에서 발생하는지에 대한 잠정적인 답을 제시하였다.

본 연구에서 목표대상과 배경이 동일한 명도를 지닐 때는 물론이고 상이한 명도를 지닐 때에도 원근방향 추적 눈 운동 동안에 목표대상의 경사가 체계적으로 왜곡되어 지각되었다. 이러한 결과는 배경과 목표대상의 명도의 동일성이 왜곡된 경사지각왜곡에서의 필요조건이 아님을 시사한다. 이형철등의 연구 [11]에서 배경과 목표대상의 명도가 동일한 것이 원근방향 추적 눈 운동 동안의 경사지각왜곡을 유발하였다기 보다는 원근방향 추적 눈 운동이 일어나는 동안의 일정 시간에 걸쳐서 목표대상이 정의된 것이 목표대상의 경사지각왜곡의 주요한 요인으로 작용하였을 가능성이 매우 높다. 본 연구에서는 참조자극이 존재하지 않을 때에 비하여 참조자극이 존재할 때에 목표대상의 경사지각왜곡이 상대적으로 낮았고, 참조자극이 목표자극에 가까이 있을수록, 그리고 참조자극이 배경에 비하여 명도대비가 높을수록 경사지각의 왜곡이 상대적으로 낮았다. 이러한 결과는 실제세계에 존재하는 다양한 배경/참조자극의 존재가 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생할 수 있는 3차원 공간지각에서의 왜곡가능성을 상당부분 감소시킬 가능성을 시사한다. 원근방향 추적 눈 운동 동안에 시공간적으로 정의되는 목표대상의 2차원 모양지각왜곡이 참조자극의 존재에 의해 감소된다는 실험 2의 결과와 여러 실험조건에서의 2차원 모양지각에 대한 왜곡반응율과 3차원 경사지각 왜곡반응율의 유사성은 원근방향 추적 눈 운동 동안에 발생하는 목표대상의 3차원 경사지각 왜곡과 경사지각 왜곡에 대한 참

조자극의 영향이 3차원 정보처리 단계 자체에서 발생하는 것이 아니라 2차원 정보처리 결과가 3차원 정보처리로 입력되기에 나타나는 간접적인 효과임을 시사한다.

본 연구에 사용된 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 배경과 명도가 상이한 목표대상은 어느 연구에서 사용되지 않은 아주 새로운 자극이다 (그림 4 참조). 그림 4와 같은 목표대상은 배경과 명도가 상이하지만 그 자체로는 지각되지 않고 단지 수직방향으로 움직이는 배경과 명도가 상이한 수평선분의 시공간적인 중첩패턴에 의해서만 정의되는 자극이다. 실제세계에서 이와 같은 자극은 존재하지 않는데, 이와 가장 유사한 자극은 반투명한 자극일 것이다. 수직방향으로 움직이는 수평선분이 반투명한 표면의 뒤로 들어가면 수평선분이 반투명한 표면에 의해 완전히 사라지는 것이 아니라 단지 수평선분의 명도가 변화한다. 흥미로운 것은 그림 4처럼 반투명 표면에 의해 가려지는 부위를 제외한 모든 시야에서의 수평선분을 제거하면 더 이상 반투명 표면으로 지각되지 않고 단순한 수평선분의 상하이동으로 지각된다는 것이다. 즉, 반투명 표면이 존재하는 부위에 대응하는 망막에서의 자극은 두 조건에서 물리적으로 동일할지라도 전체적인 수평선분이 존재하느냐 존재하지 않느냐에 따라서 동일한 망막부위에 대한 지각이 달라진다. 아마도 반투명 표면에 대한 시각기체의 해석이 이와 같은 결과를 유발하는 것으로 보인다. 이와 같은 현상이 구체적으로 어떤 처리기체에 의해 나타나는지, 그리고 이러한 처리기체의 정보처리 속성은 무엇인지에 대한 물음은 앞으로의 연구문제로 남는다.

### 참고문헌

- [1] Helmholtz, H. von (1867/1925) *Treatise on physiological optics* (from 3rd German edition, Trans.) (3rd ed., Vol III). New York: Dover Publications.
- [2] Filehne, W. (1922). Ueber das optische Wahenehmen von Bewegungen. *Zeitschrift fur Sinnesphysiologie*, 53, 134-145.
- [3] Mack, A., & Herman, E. (1973). Position constancy during pursuit eye movements: an investigation of the Filehne illusion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 71-84.
- [4] Aubert, H. (1886). Die Bewegungsemphindungen. *Pfluger's Archiv fur Die Gesamte Physiologie Des Menschen und Der Tiere*, 39, 347-370
- [5] Fleischl, E. (1882). Von Physiologieschoptische notizen.



*Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften*, 86, 17-25.

- [6] Li, H.-C. O., Brenner, E., Cornelissen, F. W. & Kim, E.-S. (2001). Systematic distortion of 2D shape during pursuit eye-movements. *Vision Research*, 42, 2569-2575.
- [7] Howard, I. P. (1982). *Human Visual Orientation*. New York: Wiley.
- [8] Wertheim, A. H. (1994). Motion perception during self-motion-direct versus inferential controversy revisited. *Behavioural and Brain Sciences*, 17, 293-311.
- [9] Freeman, T. C. A. & Banks, M. S. (1998). Perceived head-centric speed is affected by both extra-retinal and retinal errors. *Vision Research*, 38, 941-945.
- [10] Brenner, E. & Cornelissen, F. W. (2000). Separate simultaneous processing of egocentric and relative positions. *Vision Research*, 40, 2557-2563.
- [11] 이형철, 감기택, 김은수, 윤장한 (2002). 반향 눈 운동에 의한 3차원 경사의 왜곡된 지각. *인지과학* 13, 37-45.
- [12] Brainard, D. H. (1997) The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision* 10:433-436.
- [13] Pelli, D. G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision* 10,437-442.

접 수	2003년 09월 01일
게재승인	2003년 10월 08일