

추적 눈 운동에 의해 유발된 2차원 모양 및 위치지각의 왜곡에 대한 참조틀의 영향*

이 형 철[†]

광운대학교 산업심리학과

하나의 대상을 눈으로 추적할 때, 정지해 있는 배경이 망막상에서 움직임에도 불구하고 우리는 대부분의 경우에 실제세계와 부합되게 배경이 외부세계에 정지해 있는 것으로 지각한다. Helmholtz의 제안을 따라서 많은 연구자들은 우리의 시각체계가 망막에서의 상의 움직임과 눈 움직임 정보를 동시에 고려하여 이러한 지각적 안정성을 형성한다고 믿어 왔다. Li, Brenner, Cornelissen & Kim (2002)은 이와 같은 Helmholtz의 제안으로는 설명될 수 없는 2차원 모양지각에서의 왜곡 현상을 보고 하였다. 본 연구의 결과는 추적 눈 운동 동안에 발생하는 이러한 2차원 모양지각의 왜곡정도가 목표대상과 참조대상과의 거리에 비례하고 배경에 대한 참조대상의 명도대비에 반비례하며, 2차원 모양의 왜곡된 지각이 참조대상과의 상대적인 거리지각으로 환원될 수 없음을 보여준다.

주제어 모양지각, 지각왜곡, 눈 운동

* 이 논문은 2002년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-074-HS1003)

† 교신저자 : 이 형 철, (139-701) 서울시 노원구 월계동, 광운대 산업심리학과

E-mail : hyung@daisy.kwangwoon.ac.kr

움직이는 대상을 눈으로 추적을 하면, 이 대상은 관찰자의 중심와(fovea)에 상이 맺히고 대상의 배경은 관찰자의 망막에서 추적방향과 반대방향으로 움직인다. 배경이 망막에서 추적 방향과 반대 방향으로 움직임에도 불구하고, 대부분의 경우에 우리는 배경이 실제세계와 부합되게 외부 세계에서 정지되어 있는 것으로 지각한다. 외부 세계에서 고정되어 있는 대상이 눈 운동에 의해 망막에서 역동적으로 변화함에도 불구하고 지각체계의 안정성은 어떻게 획득되는 것일까? Helmholtz의 제안을 따라서, 많은 연구자들이 특정 대상의 움직임 또는 위치는 망막에서의 상의 움직임 정보와 눈의 움직임에 대한 정보가 통합되어 최종적으로 지각된다고 믿어 왔다. Helmholtz의 이론이 옳다는 많은 실험적 증거들과 더불어, 이러한 체계가 완벽하게 작동하지 않음을 보여주는 여러 실험적 증거들이 있다.

Helmholtz가 제안한 체계가 완벽하게 작동하지 않는다는 것을 뒷받침 하는 현상적인 증거 중의 하나는 1922년 Filehne에 의해 보고 되었다. 관찰자가 하나의 움직이는 대상을 추적할 때, 아주 짧은 시간 동안 정지해 있는 다른 대상을 제시하면, 관찰자는 정지해 있는 대상이 추적방향과 반대 방향으로 움직이는 것으로 지각한다(Filehne, 1922). 이와 같은 현상을 Filehne 착시(Filehne illusion)라고 한다. Filehne 착시가 일어나는 조건은 정지된 대상이 아주 짧은 시간동안 제시될 때에 국한되는 것으로 밝혀져 있다(Mack & Herman, 1978). Helmholtz가 제안한 체계가 완벽하게 작동하지 않는다는 것을 보여주는 또 다른 현상적인 증거는 Aubert-Fleischl 현상으로써, 움직이는 대상을 추적하지 않을 때에 비하여 추적할 때, 이 대상의 속도가 느리게 지각된다(Aubert, 1886; Fleischl, 1882). 두 현상 모두 Helmholtz가 제안한 체계에서 눈의 움직임 양이 과소 추정되었

기 때문에 나타난 것으로 설명될 수 있다(Howard, 1982; Wertheim, 1981, 1994). 반대로, 망막에서의 상의 움직임이 과대 추정되어 나타난 결과일 수도 있다(Howard, 1982). 최근의 논문에서, Freeman과 Banks는 추적 눈 운동이 수반하는 운동착시나 위치항상성의 붕괴를 유발하는 요인은 망막에서의 대상의 움직임과 눈의 움직임 양에 관한 추정에 있어서의 상대적인 차이라고 결론지었다(Freeman and Banks, 1998).

Brenner와 Cornelissen(2000)은 눈 운동이 시각체계에 의해 고려되는 양상이 절대적인 위치지각(egocentric localization)과 상대적인 위치지각(exocentric localization)에서 각기 다르다는 것을 보여 주었다. 자신들의 논문에서 Brenner와 Cornelissen은 독립적으로 상이한 공간에 각기 제시되는 순간 노출자극이 눈 운동 방향으로 동일한 양만큼 왜곡되어 지각된다는 것을 보여 주었는데, Brenner와 Cornelissen은 이와 같은 절대적인 위치지각(egocentric localization) 상황에서는 Helmholtz 등이 주장하듯이 망막에서의 상의 정보와 눈 운동 정보가 고려되어 절대적인 위치가 계산되어야 하는데, 이 계산과정에서의 오류가 위치지각에서의 왜곡으로 나타난다고 보았다. 만약, 상이한 공간에 연속해서 제시되는 순간노출 자극간의 거리 표상(즉, 상대적인 위치지각)이 각각의 독립적인 순간노출자극의 위치표상(즉, 절대적인 위치지각)에 근거한다면, 각각의 순간노출자극이 일정한 양만큼 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각된다 하더라도 두 순간노출자극간의 지각된 거리는 실제 공간에서의 거리와 유사할 것이다. 왜냐하면, 두 위치에 제시되는 독립적인 순간노출자극에 대한 위치지각 오류가 동일한 양상으로 나타나면 두 자극에 대한 절대적인 위치지각에는 오류가 발생하지만 상대적인 위치지각(두 자극간의 지각된 거리)은 실제 두 자극간 거리와 일치할

수 있기 때문이다. 그러나 Brenner와 Cornelissen은 추적 눈 운동 동안에 상이한 공간에 제시되는 순간노출자극간의 거리지각은 실제 공간에서의 두 자극간의 거리를 반영하지 않고 망막에 형성된 두 자극간의 거리를 반영한다는 것을 보여 주었다. 이러한 실험결과는 절대적인 위치지각(egocentric localization)은 Helmholtz등이 주장하듯이 망막에서의 상의 정보와 눈 운동 정보가 고려되어 계산되지만, 상대적인 위치지각(exocentric localization)은 눈 운동정보의 고려 없이 망막에서의 상의 정보에만 근거하여 계산됨을 시사한다.

Li, Brenner, Cornelissen과 Kim(2002)은 위치지각 뿐 아니라 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩정보에 의해 정의되는 2차원 모양의 지각도 눈 운동 정보가 전혀 고려되지 않고 망막에 맺힌 상에 의해서만 결정됨을 보여 주었다. 그림 1과 같이 수직방향으로 움직이는, 배경과의 명도 대비에 의해 정의된 수평선이 목표대상(여기서는 사각형)의 아래를 지날 때 수평선의 일부가 가려

져 중첩정보로 작용하고, 이러한 중첩정보가 시간에 걸쳐서 통합되면 목표대상, 즉 사각형이 정의된다. 이와 같은 사각형이 추적 눈 운동 동안에 정의되면 스크린에 정의되는 목표대상은 사각형일지라도 관찰자의 망막에 맺히는 상은 그림 1의 (b)와 같은 마름모꼴이다. Li 등은 추적 눈 운동 동안에 중첩정보에 의해 정의되는 사각형이 눈 운동 정보를 고려하여 사각형으로 제대로 지각되지 않고 망막에 맺힌 2차원 모양인 마름모로 지각됨을 보여 주었다. 시공간적인 중첩 패턴에 의해 정의되는 주관적인 2차원 모양지각이 추적 눈 운동 방향에 따라서 체계적으로 왜곡되고 왜곡된 모양은 실제 제시된 자극이 아닌 망막에 형성된 모양을 그대로 반영하였다. 흥미로운 것은 우리의 시각체계가 눈 운동 정보로 거의 고려하지 못하고 망막에서의 상 정보에만 근거해서 모양지각을 수행한다는 것이다.

우리의 시각체계가 눈 운동 정보를 전혀 고려하지 못한다면, 우리는 일상생활에서 어떻게 역

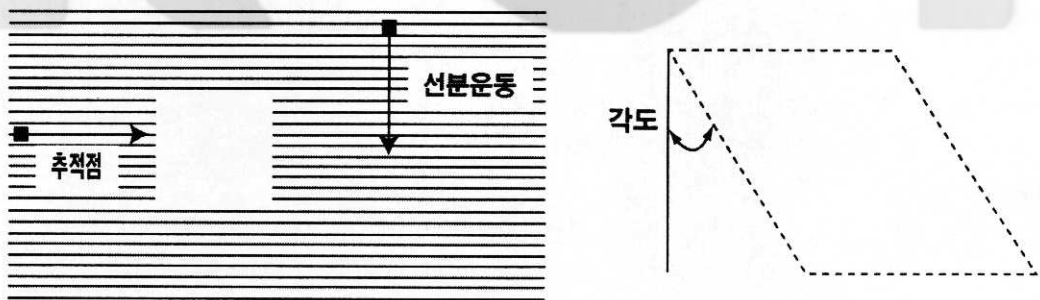


그림 1. 수평선의 수직운동에 의해 형성되는 시공간적인 중첩정보에 의해 정의되는 대상(그림에서 사각형) (a)과 오른쪽으로 움직이는 추적점을 따라서 추적 눈 운동을 했을 때 망막에 맺히는 목표대상의 모양 (b).

모니터에 제시되는 목표대상은 정사각형이고 따라서 각도는 0도인데, 추적 눈 운동에 의해 형성되는 망막에 맺힌 목표대상의 각도는 더 이상 0도가 아니다. 이 각도는 목표대상이 망막과 모니터상에서 갖는 모양 변화량을 수치화하기 위하여 임의적으로 붙인 이름이다. 추적점을 따라서 추적 눈 운동을 하는 피험자들은 모니터에 제시되는 목표대상의 모양 (정사각형)을 제대로 보고하지 못하고 망막에 형성되는 목표대상의 모양 (평행사변형)을 보고한다. 그림 (b)에서의 각도는 정적 각도를 나타내는데, 추적 눈 운동 방향이 그림 (a)의 상황과 정반대이면 이 각도는 부정적 각도를 갖게 된다.

동적인 눈 움직임에도 불구하고 외부세계의 공간속성을 안정적으로 지각할 수 있는 것일까? 한 가지 가능성은, 실제 외부세계에는 목표대상 주위에 다양한 참조대상이 존재하는데 눈 운동 동안에 목표대상을 구성하는 국소적인 요소의 공간속성이 망막상에서 역동적으로 변화하더라도 참조대상과 목표대상을 구성하는 국소적인 요소의 상대적인 위치는 망막에서 변화하지 않을 것이다. 따라서 국소적인 요소와 참조대상간의 상대적인 위치파악에 의해서 목표대상의 공간속성을 우리의 시각체계가 제대로 표상할 가능성이 있다. 이형철과 김은수(2002)는 추적 눈 운동 동안에 발생하는 2차원 모양지각의 왜곡이 참조대상이 존재하는 경우에도 발생하지만 그 왜곡의 양은 목표대상과 참조대상과의 거리에 반비례한다는 것을 보여 주었다. 이러한 실험결과는 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 목표대상의 모양이 망막에서 역동적으로 변화하더라도 목표대상을 구성하는 국소적인 요소와 참조대상과의 상대적인 위치파악을 통하여 목표대상의 공간속성을 제대로 표상할 가능성을 시사한다. 그래도 여전히 남아 있는 문제는 왜 참조대상이 존재함에도 불구하고 추적 눈 운동 동안에 무시하지 못할 정도의 2차원 모양지각의 왜곡이 발생하느냐 하는 것이다.

참조대상과 목표대상간의 거리이외에 어떤 요인이 추적 눈 운동 동안의 2차원 모양지각의 왜곡에 영향을 미치는가? Brenner 등은 상대적인 위치지각이 외부에 존재하는 대상들의 공간관계보다 망막에 맺힌 대상들의 공간관계를 반영한다고 하였는데, 그렇다면, 이형철과 김은수의 연구 결과가 암시하듯이 추적 눈 운동 동안에 발생하는 2차원 모양지각은 참조대상과 목표대상을 구성하는 요소들의 상대적인 위치지각으로 재구성될 수 있는 것인가? 본 연구의 목적은 이와 같은

질문에 답하는 것이다. 본 연구의 목적을 달성하기 위하여 세 개의 실험을 수행하였는데, 실험 1에서는 참조대상과 목표대상간의 거리뿐만 아니라 배경의 밝기를 고정한 상태에서 참조대상의 명도를 조절함으로써 배경에 대한 참조대상의 명도대비가 목표대상에 대한 관찰자의 2차원 모양지각왜곡에 어떤 영향을 주는지를 측정하였다. 실험 2에서는 실험 1에 사용된 목표대상(사각형)이 시간에 걸쳐서 정의되는 동안에 이 대상을 구성하는 윗변 또는 아랫변이 정의되는 시점에 이들을 제시하고 그 외의 목표대상을 구성하는 국소적인 요소는 스크린에 제시하지 않았다. 이때 피험자는 윗변 또는 아랫변과 참조대상과의 상대적인 위치를 보고하였다. 실험 3에서는 목표대상을 구성하는 윗변과 아랫변이 실험 1에서 나타나는 시점에 모두 스크린에 정의되고 피험자는 이들과 참조대상간의 상대적인 위치를 보고하였다. 실험 2와 실험 3의 차이는 실험 2에서는 한 시행에서 윗변 또는 아랫변중 하나만 제시되었고 실험 3에서는 한 시행에서 윗변과 아랫변이 모두 제시되었다는 것이다.

실 험 1

참조대상과 목표대상간의 거리이외에 어떤 요인이 추적 눈 운동 동안의 2차원 모양지각의 왜곡에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 참조대상과 목표대상간의 거리뿐만 아니라 배경의 밝기를 고정한 상태에서 참조대상의 명도를 조절함으로써 배경에 대한 참조대상의 명도대비를 조절하였다. 실험 1에서는 목표대상과 참조대상과의 거리 그리고 참조대상의 명도대비가 목표대상에 대한 관찰자의 2차원 모양지각왜곡에 어떤 영향을 주는지를 측정하였다.

방법

피험자. 연구시설을 아는 연구자 1명과 연구 가설을 알지 못하는 피험자 3명, 총 4명의 피험자가 실험에 참가하였다. 피험자들은 정상 시력 또는 정상 교정시력을 가졌다.

도구. 실험자극은 Matlab과 Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997)와 PowerMac G4/450에 의해 형성되어 17" LG Flatron 795 FT plus(해상도: 1024 H X 768 V, 수평주파수: 85 Hz)에 제시되었다.

자극. 배경 보다 밝은 수평선(116.4 cd/m^2)이 배경과 같은 밝기(56.8 cd/m^2)를 갖는 가상의 대상 (항상 정사각형의 모양을 갖는 대상; 지금부터 목표대상이라고 칭함) 뒤를 6.7 deg/sec 의 속도로 위에서 아래로 수직방향으로 이동하고, 이 수평선은 목표대상 뒤를 지날 때 목표대상에 의해 가려지면서 이 목표대상의 모양에 대한 중첩정보를 시공간적으로 제공한다(그림 1의 b 참조). 목표대상의 크기는 가로/세로 모두 1.6 deg 였다. 피험자가 눈으로 추적해야 할 점(4 pixel로 구성, 116.4 cd/m^2)은 목표대상을 정의하는 수평선이 움직이는 속도와 같은 속도로 좌에서 우로 수평방향으로 목표대상 위를 통과 하면서 움직였다. 수직방향으로 움직이는 수평선의 시공간적인 중첩 패턴에 의해 목표대상이 정의되는데 걸리는 시간은 약 240 msec 이었고, 추적 눈 운동을 이끌기 위해 제시되는 수평방향으로 움직이는 추적점이 나타남과 사라짐을 포함한 전체 자극 제시 시간은 약 1.2 초였다. 목표대상을 감싸는 정사각형 모양의 참조대상이 목표대상으로부터 0 deg , 0.394 deg , 또는 1.58 deg 거리에 떨어져서 제시되었으며(그림 2 참조), 참조대상의 명도는 58.9 , 66.1 ,

113.7 cd/m^2 중 하나의 명도를 무선적으로 갖도록 조작하였다. 전체 실험자극의 왼쪽으로 5도 떨어진 곳에 명도대비에 의해 정의된 사각형이 비교 대상으로 제시되었고, 이 비교대상의 모양은 정사각형 또는 평행사변형으로 키보드에 의해 변환 가능 하도록 구성되었다. 비교대상의 맨 처음 모양은 가로/세로 1.6도의 크기를 갖는 정사각형이었다.

실험절차. 하나의 세션은 45회의 시행으로 구성되었다. 목표대상과 참조대상의 세 가지 거리 조건(0 deg , 0.394 deg , 또는 1.58 deg) X 참조대상의 세 가지 명도조건 (58.9 , 66.1 , 113.7 cd/m^2) X 반복 5회. 모든 세션 내에서 각 각의 조건은 무선적으로 제시되었다. 모든 시행에서 먼저 추적해야 할 점이 제시되고, 피험자는 추적 눈 운동을 할 준비가 되면 키보드 버튼을 누르도록 지시 받았다. 피험자가 키보드 버튼을 누름과 동시에

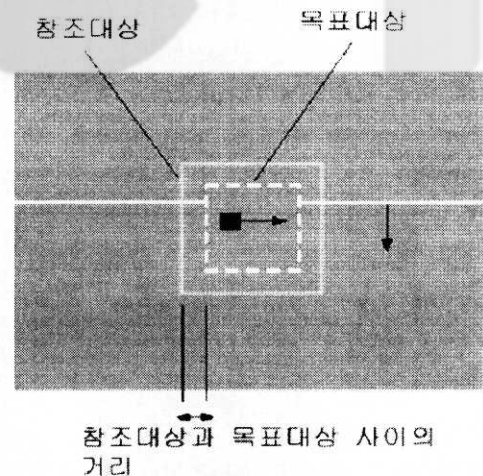


그림 2. 참조자극 안에 제시된 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 실험 1에 사용된 자극

(그림에서 목표대상 안에 제시된 검정색 사각형은 추적점을 나타낸다. 실제 실험에서 추적점은 빨간색 점으로 구성되었다).

추적점이 좌에서 우로 움직이기 시작하고 피험자는 추적점을 눈으로 추적하였다. 추적점이 수평방향으로 이동하는 가운데 시점에 수직방향으로 움직이는 수평선의 시공간적인 중첩패턴에 의해 목표대상이 정의되었다 사라졌다. 추적 눈 운동이 끝난 후에 피험자는 제시된 목표대상의 지각된 모양을 보고하기 위해 실험자극 옆에 제시된 비교대상의 모양을 키보드 버튼을 이용하여서 변화시키고 자신이 변화시킨 비교대상의 모양이 지각된 목표대상의 모양과 일치한다고 생각되면 키보드 버튼을 이용하여 시행을 종료시켰다. 한 시행이 종료되면 자동적으로 그 다음 시행으로 진행되었다. 한 시행 내에서 피험자들은 추적 눈 운동을 수행하면서 목표대상의 모양을 원하는 만큼 반복하여 관찰할 수 있었다. 실험에 참가하기 전에 각 피험자들은 의도된 눈 운동이 충분히 일어날 수 있도록 이형철과 김은수(2002)의 실험에 사용된 자극을 이용하여 훈련 받았다. 각 피험자들은 세션을 5회 반복하여, 9가지 조건 각각에 대하여 총 25회 반복 수행하였다. 처음 두 세션은 연습시행으로 간주하였고, 결과분석에서는 마지막 세 세션의 데이터만 이용되었다. 피험자의 머리 움직임을 최소화하기 위하여 턱 받침대가 사용되었고 관찰거리는 45cm이었다. 목표대상에 대한 모양지각에서의 왜곡 정도는 비교대상에서의 변화된 각도(그림 1에서의 b의 각도)를 결정함으로써 계산하였다.

결과

피험자들의 자료유형은 실험가설을 이는지에 관계없이 기본적으로 유사하였으므로, 결과분석은 전체피험자의 자료를 통합하여 실시하였다. 그림 3은 목표대상과 참조대상간의 거리에 따른 모양지각에서의 왜곡된 정도를 나타내는데, 목표

대상과 참조대상간의 거리가 증가함에 따라서 모양지각에서의 왜곡정도가 증가하였다($F(2,6)=35.586, MSE=63.839, p<.01$). 그림 3에서 왜곡된 정도 0은 피험자들이 제시된 목표대상의 모양을 제대로 지각하였음을 의미한다. 그림에서 보듯이 피험자들은 뚜렷한 참조대상이 존재할 때에도 목표대상의 모양을 왜곡하여 지각하였다. 흥미롭게도 그림 4에 나타나 있듯이 참조대상의 명도가 배경의 명도(56.8 cd/m^2)보다 밝아짐에 따라서, 즉 명도대비가 증가함에 따라 모양지각에서의 왜곡정도가 감소하였다($F(3,9)=34.688, MSE=12.195, p<.01$). 또한 목표대상과 참조대상간의 거리와 참조대상의 명도사이에서 유의미한 상호작용이 발견되었다($F(6,18)=8.857, MSE=15.937, p<.01$). 그림 5에서 확인해 볼 수 있듯이 전반적으로 참조대상의 명도가 밝아짐에 따라서, 즉 참조대상의 명도대비가 증가함에 따라서 목표대상의 모양지각왜곡은 감소하는 경향을 보였다. 특히, 목표대상과 참조대상간의 거리가 0도일 때, 참조대상의 명도는 목표대상의 모양지각왜곡에 매우

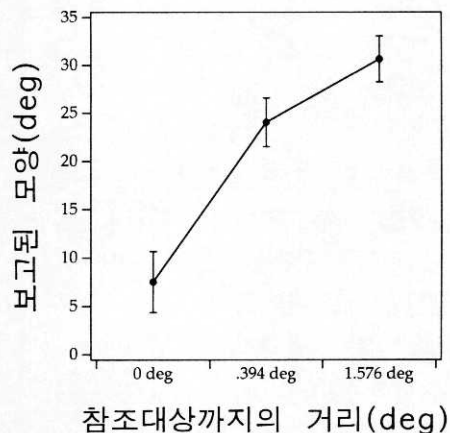


그림 3. 실험 1에서 발견되는 목표대상과 참조대상간의 거리에 따른 모양지각에서의 왜곡정도

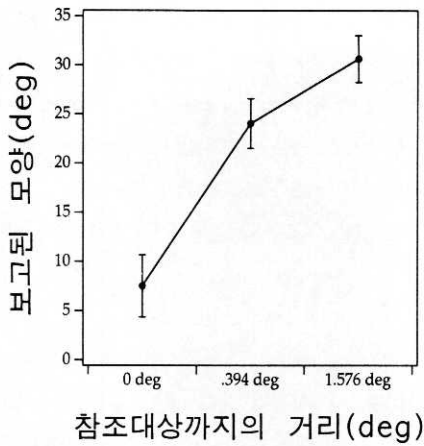


그림 4. 실험 1에서 발견되는 참조대상의 명도가 모양지각에서의 왜곡에 미치는 영향.

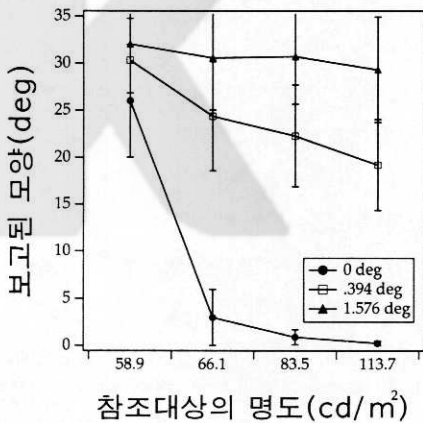


그림 5. 실험 1에서 목표대상과 참조대상의 거리와 참조대상의 명도가 상호작용하여 모양지각의 왜곡에 미치는 영향.

강한 영향을 미쳤다: 참조대상과 배경과의 명도 대비가 낮을 때에는 참조대상과 목표대상과의 거리가 .394도이거나 1.576도 일 때와 유사한 정도로 목표대상의 모양이 왜곡되었으나 명도대비가 높을 때에는 다른 두 거리조건에서와는 확연

히 다르게 목표대상의 모양이 거의 왜곡되어 지각되지 않았다.

논의

참조대상이 존재할 때에도 목표대상의 모양이 왜곡되어 지각되고 왜곡의 정도가 참조대상과 목표대상의 거리에 비례한다는 실험 1의 결과는 이형철과 김은수(2002)의 연구결과와 일치한다. 이형철과 김은수(2002)의 연구에서와는 달리 본 연구에서는 참조대상과 목표대상간의 거리가 0도인 조건이 포함되었으며 참조대상의 명도가 조작되었다. 흥미로운 것은 목표대상의 모양지각의 왜곡정도가 참조대상과 목표대상과의 거리에 의해서만 영향을 받는 것이 아니고 목표대상을 둘러싼 참조대상의 명도에 의해서도 영향을 받는다는 것이다.

참조대상이 없이 목표대상만을 제시한 Brenner와 Cornelissen(2000)의 연구 및 Li, Brenner, Cornelissen과 Kim(2002)의 연구는 상대적인 위치지각(exocentric localization)과 모양지각이 망막에 형성된 상을 거의 완벽하게 반영한다는 실험결과에 근거하여 시각체계가 상대적인 위치지각과 모양지각에 있어서 추적 눈 운동을 고려하지 못한다고 해석하였다. 본 연구에서는 목표대상과 참조대상과의 거리가 감소함에 따라서 목표대상의 모양지각에서의 왜곡된 정도가 감소하는데, 이러한 실험결과가 Brenner 및 Li 등의 연구결과와 불일치하는 것 같지는 않다. 참조대상이 존재하지 않을 때에 비하여 존재할 때에 모양지각의 왜곡정도가 상대적으로 적은데, 이는 참조대상이 존재하지 않을 때에는 목표대상의 지각된 모양이 망막에 형성된 상을 거의 완벽하게 반영하고, 참조대상이 존재할 때에는 목표대상의 지각된 모양이 망막에 형성된 상을 완벽하게 반영하지 못한 것으로

해석할 수 있다. 하지만 이러한 해석에 근거하여 참조대상이 존재하지 않을 때에는 시각체계가 추적 눈 운동을 고려하지 않고 참조대상이 존재할 때에는 추적 눈 운동을 고려한다고 보기는 어렵다. 참조대상의 특성이 목표대상의 모양지각에 영향을 미친다는 연구결과는 상대적인 위치지각 및 모양지각에 있어서 추적 눈 운동 정보가 고려되지는 않지만 최종적인 목표대상의 모양 표상에 있어서 주변자극의 정보가 고려되어 최종적인 목표대상의 모양이 표상된다고 해석하는 것이 옳을 것이다. 실험 1의 결과는 목표대상의 모양지각에 고려되는 주변자극의 정보에 목표대상과 참조대상과의 거리뿐만 아니라 참조대상의 명도(또는 배경과의 명도대비)도 포함됨을 시사한다.

실험 2

실험 1에서는 참조대상이 존재함에도 불구하고 추적 눈 운동 동안에 2차원 모양지각에서의 왜곡이 발생하였다. Brenner 등은 상대적인 위치지각이 외부에 존재하는 대상들의 공간관계보다 망막에 맺힌 대상들의 상대적인 공간관계를 반영한다고 하였는데, 그렇다면, 추적 눈 운동 동안에 발생하는 2차원 모양지각은 참조대상에 대한 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들의 상대적인 위치지각으로 재구성될 수 있는 것인가? 실험 2는 이와 같은 가설을 검증하였다.

방법

피험자. 연구가설을 아는 연구자 1명과 연구가설을 알지 못하는 피험자 3명, 총 4명의 피험자가 실험에 참가하였다. 피험자들은 정상 시력

또는 정상 교정시력을 가졌다.

도구. 실험자극은 Matlab과 Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997)와 PowerMac G4/450에 의해 형성되어 17" LG Flatron 795 FT plus(해상도: 1024H X 768V, 수평주파수: 85Hz)에 제시되었다.

자극. 실험 1에서 사용된 자극과 유사한 자극이 실험 2에서 사용되었다. 단, 실험 1에서의 목표대상이 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 사각형이라면, 실험 2에서는 사각형을 구성하는 윗변과 아랫변만이 배경(56.8 cd/m^2)과의 명도대비(윗변과 아랫변의 명도: 116.4 cd/m^2)에 의해 정의되어 제시되었다. 단, 실험 2에서 윗변과 아랫변은 실험 1에서 중첩패턴이 사각형을 정의할 때의 윗변과 아랫변이 나타나는 시간과 위치에 나타나도록 하였다. 매시행마다 윗변 또는 아랫변이 무선적으로 제시되었다. 추적점의 속성은 실험 1에서와 동일하였다. 실험 1과 동일하게 목표대상(윗변 또는 아랫변)을 감싸는 정사각형 모양의 참조 대상이 목표대상으로부터 0 deg , 0.394 deg , 또는 1.58 deg 거리에 떨어져서 제시되었으며, 참조대상의 명도는 58.9 , 66.1 , 113.7 cd/m^2 중 하나의 명도를 무선적으로 갖도록 조작하였다. 전체 실험자극의 왼쪽으로 5° 떨어진 곳에 참조대상과 윗변 또는 아랫변이 비교자극으로 제시되고, 피험자들은 키보드 조작을 통하여 참조대상에 상대적으로 윗변 또는 아랫변을 움직임으로써 윗변 또는 아랫변이 참조대상과의 관계 속에서 어떤 곳에 위치하는지를 보고하였다.

실험절차. 하나의 세션은 90회의 시행으로 구성되었다. 목표대상의 종류(윗변 또는 아랫변) x 목표대상과 참조대상과의 세 가지 거리조건(0

deg, 0.394 deg, 또는 1.58 deg) X 참조대상의 세 가지 명도조건(58.9, 66.1, 113.7 cd/m²) X 반복 5회. 기본적인 실험절차는 실험 1과 동일하였다. 추적 눈 운동이 끝난 후에 피험자는 제시된 윗변 또는 아랫변이 참조대상을 기준으로 어느 곳에 위치하는지 보고하기 위해 실험자극 옆에 제시된 비교자극(참조대상과 윗변 또는 아랫변)에서 윗변 또는 아랫변이 참조대상을 기준으로 어느 곳에 위치하는지를 키보드 버튼을 이용하여서 변화시키고 자신이 변화시킨 위치가 지각된 목표대상의 위치와 일치한다고 생각되면 키보드 버튼을 이용하여 시행을 종료시켰다. 실험에 참가하기 전에 각 피험자들은 의도된 눈 운동이 충분히 일어날 수 있도록 이형철과 김은수 (2002)의 실험에 사용된 자극을 이용하여 훈련받았다. 각 피험자들은 세션을 5회 반복하여, 18가지 조건 각각에 대하여 총 25회 반복 수행하였다.

결과

실험 1의 결과분석에 사용된 자료가 지각된 목표대상의 모양, 즉 그림 1의 b)에 기술된 각도인데, 실험 2의 결과분석에 사용된 것은 이에 대응하는 유추된 각도이다. 실험 2에서는 윗변과 아랫변이 참조대상을 기준으로 어디에 위치하는지를 보고하게 하였는데, 피험자들은 윗변, 아랫변 모두 원래 이들이 나타난 위치보다 눈 운동 방향으로 왜곡하여 위치지각을 하였다. 실험 2의 목적은 실험 1에서의 목표대상의 지각된 모양이 참조대상에 대한 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들의 상대적인 위치지각에 의하여 재구성될 수 있는지를 검증하는 것이었다. 이를 위하여, 참조대상에 대한 윗변과 아랫변 사이에 존재하는 국소적인 요소들의 상대적인 위치는 선형적으로 보간될 것이라는 가정하에, 실험 2에서 보

고된 윗변과 아랫변의 지각된 위치에 근거하여 그림 1의 b)에 대응하는 각도를 계산하였다. 이것이 유추된 각도이다. 피험자들의 자료유형은 실험가설을 아는지에 관계없이 기본적으로 유사하였으므로, 결과분석은 전체피험자의 자료를 통합하여 실시하였다.

그림 6이 보여주듯이 목표대상(윗변과 아랫변)과 참조대상과의 거리에 따라서 유추된 각도는 유의하게 변하지 않았다($F(2,6)=0.375$, $MSE=16.755$, $p>.05$). 또한 그림 7에 나타나 있듯이 참조대상의 명도에 따라서 유추된 각도가 유의미하게 변하지 않았다 ($F(3,9)=0.131$, $MSE=2.148$, $p>.05$). 목표대상과 참조대상과의 거리와 참조대상의 명도 사이에 유의미한 상호작용이 발견되었다 ($F(6,18)=3.640$, $MSE=1.239$, $p<.05$ (그림 8 참조). 목표대상과 참조대상의 거리가 가까울 때에(0 deg, 0.394 deg 조건)는 참조대상의 명도가 증가함에 따라서 유추된 각도가 감소하여 실험 1에서의 전반적인 명도효과와 유사한 경향을 보였으나 목표대상과 참조대상의 거리가 먼 경우(1.58

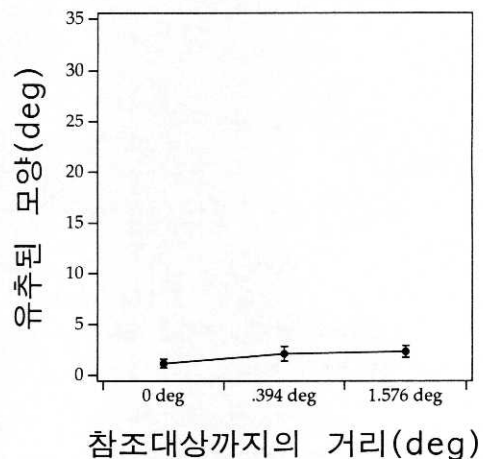


그림 6. 실험 2에서 목표대상과 참조대상의 거리가 유추된 모양에 미치는 영향

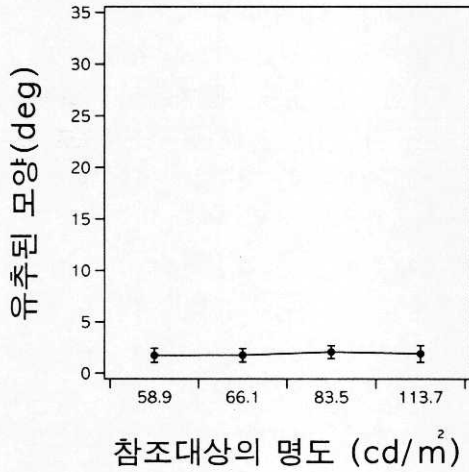


그림 7. 실험 2에서 참조대상의 명도가 유추된 모양에 미치는 영향

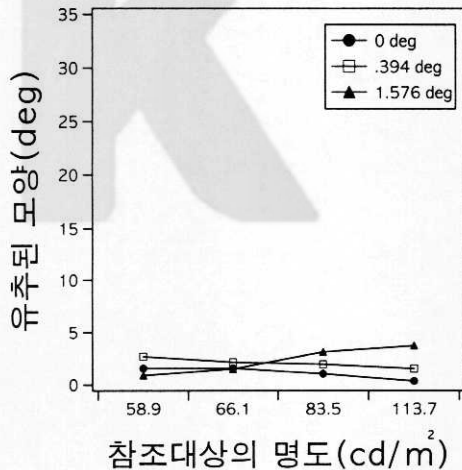


그림 8. 실험 2에서 목표대상과 참조대상의 거리와 참조대상의 명도가 유추된 모양에 미치는 상호작용 효과

deg)에는 참조대상의 명도가 증가함에 따라서 오히려 유추된 각도가 증가하여 실험 1에서의 전반적인 명도효과와 정반대의 경향을 보였다.

논의

참조대상이 존재하는 경우에 발견되는 추적 눈 운동 동안의 중첩패턴에 의해 정의되는 대상의 모양지각 왜곡이 참조대상과 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들의 상대적인 위치지각에 의해 재구성되는지 알아보기 위하여 실험 2를 실시하였다. 만약, 이 가설이 맞다면, 실험 2에서 참조대상에 상대적인 윗변과 아랫변의 위치지각으로부터 계산된 유추된 각도의 패턴이 실험 1에서 얻어진 목표대상에 대한 모양지각의 왜곡 패턴과 유사하여야 할 것이다. 실험 1에서는 목표대상과 참조대상의 거리가 증가함에 따라서 목표대상의 모양지각왜곡이 유의미하게 증가하였으나 실험 2의 유추된 각도는 거리에 따라서 유의미하게 증가하지 않았다(그림 3과 그림 4 비교). 실험 1에서는 참조대상의 명도가 증가함에 따라서 모양지각의 왜곡이 유의미하게 감소하였으나 실험 2에서는 명도가 증가함에도 불구하고 유추된 각도가 유의미하게 감소하지 않았다. 실험 1과 실험 2 모두에서 목표대상과 참조대상의 거리와 참조대상의 명도 사이에 유의미한 상호작용이 발견되었으나 상호작용패턴은 상이하였다. 이러한 실험결과는 참조대상이 존재하는 경우에 발견되는 추적 눈 운동 동안의 모양지각 왜곡이 참조대상에 상대적인 국소적인 요소들의 위치지각으로 재구성 될 수 없음을 시사한다. 즉, 참조 틀이 존재하는 상황에서의 추적 눈 운동 동안의 모양지각 왜곡은 참조 틀과의 상대적인 국소적인 요소의 위치지각 오류로 환원될 수 없음을 시사한다

Brenner 등은 두 대상의 상대적인 위치가 두 대상의 독립적인 위치지각으로부터 유추될 수 없음을 보여 주었다. 실험 2에서의 유추된 각도는 각각의 독립적인 시행에서 측정된 윗변과 아

랫변의 위치지각으로부터 유추된 것이다. 특히 실험 1에서 측정된 목표대상의 모양지각 왜곡이 한 시행에서 측정되는 것임을 감안할 때 실험 2의 결과에 근거하여 실험 1에서 발견된 추적 눈 운동 동안의 모양지각 왜곡이 참조대상에 상대적인 국소적인 요소들의 위치지각으로 재구성될 수 없다고 해석하는 것은 제한점이 있다. 이러한 제한점을 극복하기 위하여 실험 3이 설계되었다.

실 험 3

참조대상이 존재하는 상황에서의 실험 1의 모양지각의 왜곡패턴과 실험 2의 유추된 각도의 패턴이 상이함에도 불구하고 참조틀이 존재하는 상황에서의 추적 눈 운동 동안의 모양지각 왜곡이 참조틀과의 상대적인 국소요소의 위치지각 오류에 기인한다고 단순히 해석할 수 없다. 왜냐하면, Brenner 등의 연구결과가 시사하듯이 독립적인 시행에서 획득된 두 대상의 위치지각으로부터 예측되는 두 대상의 상대적인 위치와 한 실험 내에서 측정된 실제의 두 대상의 상대적인 위치지각은 상이할 수 있기 때문이다. 실험 3에서는 실험 2에서와 달리 목표대상의 윗변과 아랫변이 한 시행내에 순차적으로 제시되고 피험자들은 윗변과 아랫변이 참조대상과 상대적으로 어느 곳에 위치하는지를 보고 하였다.

방법

피험자. 실험 2에 참석한 피험자들이 실험 3에 참가하였다.

도구. 실험 2에 사용된 도구가 실험 3에 그대로 사용되었다.

자극. 실험 2에서는 윗변과 아랫변이 각기 독립된 시행에서 무선적으로 제시되었으나 실험 3에서는 한 시행내에서 순차적으로 제시되었다. 이 점을 제외하고 실험 3의 자극은 실험 2의 자극과 동일하였다.

실험절차. 실험 2에서는 한 시행에서 윗변 또는 아랫변이 참조대상으로부터 상대적으로 어느 곳에 위치하는지를 보고하였는데, 실험 3에서는 한 시행에서 윗변과 아랫변이 참조대상으로부터 상대적으로 어느 곳에 위치하는지를 모두 보고하였다. 이점을 제외하고 실험 3의 절차는 실험 2의 절차와 동일하였다.

결과

실험 2의 결과분석에 그림 1의 b)에 대응하는 유추된 각도가 사용되었는데, 실험 3에서도 유추된 각도가 결과분석에 사용되었다. 유추된 각도를 계산하는 방식은 실험 2와 동일하였다. 피험자들의 자료유형은 실험가설을 어느 지에 관계없이 기본적으로 유사하였으므로, 결과분석은 전체

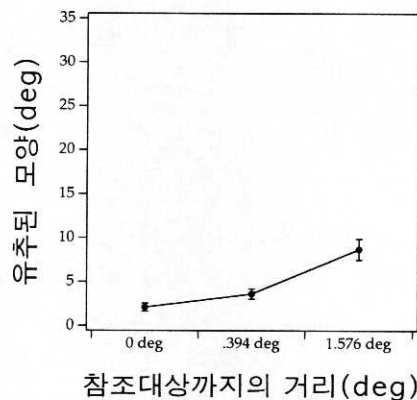


그림 9. 실험 3에서 목표대상과 참조대상의 거리가 유추된 모양에 미치는 영향

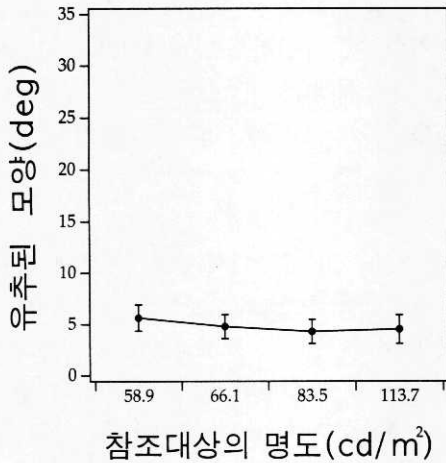


그림 10. 실험 3에서 참조대상의 명도가 유추된 모양에 미치는 영향

피험자의 자료를 통합하여 실시하였다.

그림 9에 나타나 있듯이 목표대상(윗변과 아랫변)과 참조대상과의 거리가 증가함에 따라서 유추된 각도가 유의미 하게 증가하였다($F(2,6) = 10.517, MSE = 18.139, p < .05$). 또한 그림 10에 나타나 있듯이 참조대상의 명도가 감소함에 따라서 유추된 각도가 유의미하게 증가하였다 ($F(3,9) = 14.707, MSE = .284, p < .01$). 목표대상과 참조대상과의 거리와 참조대상의 명도사이의 상호작용은 발견되지 않았다.

논의

실험 2에서와 달리 실험 3에서는 목표대상과 참조대상과의 거리가 증가함에 따라서 유추된 각도가 유의미하게 증가하였다. 이러한 실험결과는 실험 1에서 목표대상과 참조대상과의 거리가 증가함에 따라서 모양지각의 왜곡이 증가한 것과 유사한 결과이다. 하지만 실험 3의 결과에 근거해서 실험 1에서 발견된 모양지각의 왜곡이

참조들에 상대적인 국소적인 요소의 위치지각 오류로 설명된다고 결론내리는 것은 타당하지 않다. 왜냐하면, 실험 1에서 목표대상과 참조대상의 거리변화에 따른 모양지각의 왜곡과 실험 3에서 발견된 목표대상과 참조대상의 거리변화에 따른 유추된 각도사이의 상당한 양의 차이가 존재하기 때문이다(그림 3과 그림 9 참조). 참조대상의 명도변화에 따른 유추된 각도의 변화역시 실험 1에서와 마찬가지로 유의미하였으나 실험 3의 유추된 각도와 실험 1의 모양지각의 왜곡사이에 상당한 양의 차이가 존재하기 때문에 실험 3의 결과에 근거하여 실험 1에서 발견된 모양지각의 왜곡이 참조들에 대한 상대적인 국소적인 요소들의 위치지각 오류로 설명된다고 결론내리는 것은 타당하지 않다. 그림 10. 실험 3에서 참조대상의 명도가 유추된 모양에 미치는 영향

종합논의

본 연구에서의 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 실험 1에서 뚜렷한 참조대상이 존재함에도 불구하고 추적 눈 운동 동안에 정의되는 2차원 모양의 왜곡된 지각이 지속적으로 관찰되었다. 하지만, 왜곡 양은 목표대상과 참조대상과의 거리에 비례하고 참조대상과 배경과의 명도대비에 반비례 하였다. 둘째, 실험 2에서 추적 눈 운동 동안에 정의되는 목표대상의 윗변과 아랫변의 위치가 참조대상이 존재할 때에 눈 운동 방향으로 편향되어 지각되었다. 특이한 것은 윗변과 아랫변의 위치가 참조대상에 상대적으로 비슷한 양만큼 편향되게 지각되어 참조대상에 상대적인 윗변과 아랫변의 위치지각에 근거하여 계산된 유추된 각도는 참조대상과 목표대상과의 거리 그리고 참조대상과 배경과의 명도대비에 의하여

영향을 받지 않았다. 셋째, 실험 3의 하나의 시행에서 참조대상을 기준으로 윗변과 아랫변의 상대적인 위치지각에 근거하여 계산된 유추된 각도는 참조대상과 목표대상과의 거리 그리고 참조대상과 배경과의 명도대비변화에 따라서 유의미하게 변화하였으나 유추된 각도의 변화량은 모양지각의 왜곡 양과 상당한 차이가 있었다. 이러한 실험결과는 2차원 모양지각이 목표대상을 구성하는 요소들의 위치지각으로 환원되지 않으며 동시에 참조대상이 존재하는 상황에서의 모양지각의 왜곡이 구성요소들의 위치지각 오류에 근거하지 않음을 시사한다.

Brenner 등은 대상의 절대적인 위치는 눈 운동 정보를 고려하여 표상되지만 상대적인 위치는 눈 운동정보를 고려하지 않고 망막에 맺힌 상의 정보만을 고려하여 표상된다고 주장하였다. 본 연구에 사용된 자극은 목표대상과 참조대상으로 구성되어 있다. 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들은 참조대상과 상대적인 위치를 점유하기도 하지만 동시에 국소적인 요소들간에 상대적인 위치를 점유한다. 목표대상을 구성하는 국소적인 요소와 참조대상과의 상대적인 위치표상을 통합하여 목표대상의 모양표상이 이루어진다면 목표대상은 왜곡되어 지각되지 말아야 할 것이며, 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들간의 상대적인 위치만 통합하여 목표대상의 모양이 표상된다면 참조대상의 특성이 목표대상의 모양지각의 왜곡에 영향을 주지 말아야 한다. 본 연구의 실험결과에 의하면 참조대상이 존재함에도 불구하고 목표대상의 모양이 왜곡되어 지각되며 왜곡의 양은 참조대상의 특성에 영향을 받는다. 이러한 실험결과는 첫째, 목표대상의 모양지각 왜곡이 참조대상에 상대적인 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들의 위치지각 오류로 환원될 수 없다는 것을 시사한다. 둘째, 목표대상의 모

양지각이 참조대상에 상대적인 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들의 위치표상에만 근거해서 이루어지지도 않지만 그렇다고 목표대상을 구성하는 국소적인 요소들간의 상대적인 위치표상에만 근거해서 이루어지지도 않음을 시사한다. 참조대상이 존재하는 상황에서의 목표대상의 모양지각 왜곡이 어떤 정보처리과정에 의해서 발생하는지 밝히기 위해서는 새로운 연구가 요구된다.

추적 눈 운동 동안에 대상의 2차원 모양이 왜곡되어 지각된다는 본 연구의 결과와 달리 실제 생활에서 대상의 2차원 모양이 왜곡되어 지각되지 않는다. 실험 1에서 목표대상과 참조대상의 거리가 0도인 경우가 실제 생활에서 우리가 흔히 접하는 경우라고 볼 수 있는데, 실제 생활에서 대상은 시공간적인 중첩패턴에 의해서만 정의되지 않고 오히려 대부분의 경우에 배경과의 명도대비에 의해서 정의된다. 실험 1에서 목표대상과 참조대상의 거리가 0도인 경우는 마치 실제 생활에서 목표대상이 배경과의 명도대비에 의해 정의되는 경우와 같다. 이 경우에 명도대비가 큰 경우에 목표대상의 모양은 추적 눈 운동에 의하여 왜곡되어 지각되지 않았다. 하지만 명도대비가 약한 경우에 목표대상의 모양은 추적 눈 운동에 의하여 왜곡되어 지각되었다. 대상의 2차원 모양을 정의하는 정보에는 명도대비와 시공간적인 중첩패턴이 있다. 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 대상의 2차원 모양은 추적 눈 운동 정보를 고려하지 못하여 대상의 모양이 왜곡되어 지각되지만, 이 대상이 명도대비에 의해서도 동시에 정의되는 경우에 왜곡된 대상의 모양표상이 보정되어 외부세계에 존재하는 대상의 모양대로 제대로 표상되는 것으로 보인다.

참고문헌

- 이형철, 김은수 (2002). 참조자극이 존재하는 상황에서 추적 눈 운동에 따른 대상의 모양 및 운동경로지각의 왜곡. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 14, 33-46.
- Aubert, H. (1886). Die Bewegungsempfindung. *Pflügers Archiv*, 39, 347-370.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Brenner, E. & Cornelissen, F. W. (2000). Separate simultaneous processing of egocentric and relative positions. *Vision Research*, 40, 2557-2563.
- Cornelissen FW, Peters E, Palmer J. The Eyelink Toolbox. *In preparation*.
- Filehne, W. (1922). Über das optische Wahrnehmen von Bewegungen. *Zeitschrift für Sinnesphysiologie*, 53, 134-145.
- Fleischl, E. V. (1882). Physiologisch-optische Notizen, 2 Mitteilung. *Sitzung Wiener Bereich der Akademie der Wissenschaften*, 3, 7-25.
- 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.
- Howard, I. P. (1982). *Human Visual Orientation*. New York: Wiley.
- Li, H.-C. O., Brenner, E., Cornelissen, F. W., Kim, E.-S. (2002). SYstematic distortion of 2D shape during pursuit eye movements. *Vision Research*, 42, 2569-2575.
- 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.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Stoper, A. E. (1967). *Vision during pursuit movement: the role of oculomotor information*. Unpublished doctoral dissertation. Brandeis University
- Wertheim, A. H. (1981). On the relativity of perceived motion. *Acta Psychologica*, 48, 97-110.
- Wertheim, A. H. (1994). Motion perception during self-motion-direct versus inferential controversy revisited. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 293-311.

1 차원고접수 : 2003. 5. 18.

2 차원고접수 : 2003. 7. 28.

최종게재결정 : 2003. 9. 22.

Effect of Reference Frames on Perceptual Distortion of 2D Shape and Localization Errors during Pursuit Eye Movements

Hyung-Chul O. Li

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

Observers veridically perceive a static object in the world is static although the object in the retinal image moves which results from one's pursuit eye movement. Following Helmholtz, many researchers have believed that our visual system coordinated the retinal and the extraretinal information to achieve this kind of perceptual stability. Recently, in Li, Brenner, Cornelissen & Kim (2002), observers have reported perceptual distortion of 2D shape during pursuit eye movement which cannot be explained by Helmholtz's efferent copy theory. Current research shows that the amount of perceptual distortion of 2D shape during pursuit eye movement increases as the distance between target object and reference object increases and as the luminance contrast of reference object decreases and that perceptual distortion of 2D shape cannot be explained by the localization errors of the local features comprising the target object relative to the reference object.

Keywords shape perception, perceptual distortion, eye movement