

참조자극이 존재하는 상황에서의 추적 눈 운동에 따른 대상의 모양 및 운동경로 지각의 왜곡

이형철

광운대학교 산업심리학과

김은수

광운대학교 3D Media Lab

추적 눈 운동 동안에 발생하는 망막상의 역동적인 변화에도 불구하고 우리는 외부세계를 안정적으로 지각한다. Helmholtz와 그의 전통을 따르는 연구자들은 우리의 시각체계가 망막상의 움직임 정보와 눈 움직임 정보를 통합하여 외부세계의 공간특성을 표상한다고 주장한다. 최근에, Li, Brenner, Cornilissen과 Kim(2001)은 추적 눈 운동 동안에 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 대상의 모양 지각은 눈 운동이 고려되지 않은 채 망막에 맺힌 상을 그대로 반영한다는 것을 시사하는 결과를 보여 주었다. 본 연구는 뚜렷한 참조자극이 존재하는 경우에도 시공간적으로 정의되는 대상의 모양과 배경과 다른 휘도에 의해 정의되는 대상의 운동경로가 추적 눈 운동 방향에 따라서 체계적으로 왜곡되어 지각된다는 결과를 보여준다. 이러한 실험결과는 뚜렷한 참조자극정보가 추적 눈 운동에 의해 발생하는 망막상의 변화로 인한 지각 왜곡을 완벽하게 상쇄하지 못함을 의미한다. 하지만, 지각 왜곡 정도는 참조자극이 목표대상에 가까이 제시될수록 감소하였다. 이러한 결과는 시각체계가 참조자극정보를 이용함을 시사한다.

주제어 추적 눈 운동, 모양 지각, 경로 지각

하나의 움직이는 대상을 눈으로 추적을 하면, 이 대상은 관찰자의 중심와(fovea)에 상이 맺히고 이 대상의 배경은 관찰자의 망막에서 추적방향과 반대방향으로 움직인다. 배경이 망막에서 추적 방향과 반대 방향으로 움직임에도 불구하고, 일반적으로 우리는 배경이 실제 세계와 부합되게 정지되어 있는 것으로 지각한다. 어떻게 우리의 지각 체계는 망막에서 움직이는 배경이 실제 외부 세

이 논문은 과학기술부 국가지정과제(NRL)와 2001년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음
교신저자 주소 : 이형철, 서울시 노원구 월계동 광운대학교 산업심리학과, 〒139-701
(E-mail : hyung@daisy.kwangwoon.ac.kr)

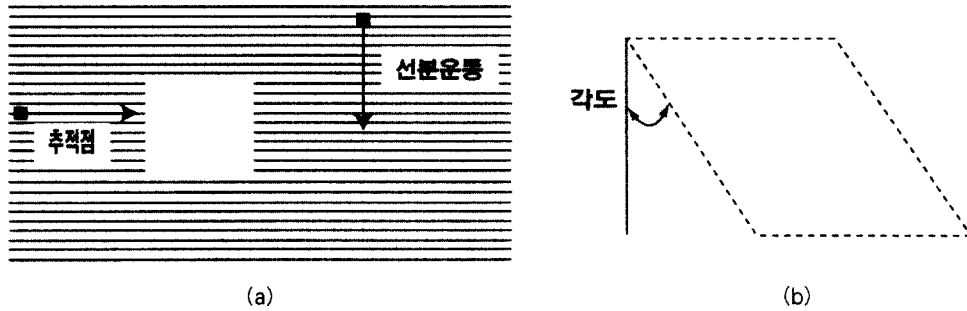


그림 1. 수평선의 수직운동에 의해 형성되는 시공간적인 중첩정보에 의해 정의되는 대상(그림에서 사각형) (a) 과 오른쪽으로 움직이는 추적점을 따라서 추적 눈 운동을 했을 때 망막에 맺히는 목표대상의 모양 (b) (Li, Brenner, Cornelissen & Kim, 2001).. 모니터에 제시되는 목표대상은 정사각형이고 따라서 각도는 0도인데, 추적 눈 운동에 의해 형성되는 망막에 맺힌 목표대상의 각도는 더 이상 0도가 아니다. 이 각도는 목표대상이 망막과 모니터상에서 갖는 모양 변화량을 수치화하기 위하여 임의적으로 붙인 이름이다. 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.

계에서는 정지해 있는 것으로 지각할 수 있을까? 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 증거들이 제시되어 왔지만, 이러한 체계가 완벽하게 작동하는 것 같지 않다.

Helmholtz가 제안한 체계가 완벽하게 작동하지 않는다는 것을 뒷받침하는 현상적인 증거 중 하나는 1922년 Filehne에 의해 보고되었다. 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 국한되는데, 이는 일반적으로 200 msec 이하인 것으로 밝혀져 있다(Mack & Herman, 1978). Filehne 착시와 함께 Helmholtz가 제안한 체계가 완벽하게 작동하

지 않는다는 것을 보여주는 또 다른 현상적인 증거는 움직이는 대상을 추적하지 않을 때에 비하여 추적할 때, 이 대상의 속도가 느리게 지각된다는 것이다. 이는 Aubert-Fleischl 현상으로 알려져 있다(Aubert, 1886; Fleischl, 1882). 두 현상 모두 Helmholtz가 제안한 체계에서 눈의 움직임 양이 과소 추정되었기 때문에 나타난 것으로 설명할 수 있다(Howard, 1982; Wertheim, 1994). 또는, 반대로, 망막에서의 상의 움직임이 과대 추정되어 나타난 결과일 수도 있다(Howard, 1982). 최근의 논문에서, Freeman과 Banks(1998)는 추적 눈 운동이 수반하는 운동착시나 위치항상성의 붕괴를 유발하는 요인은 망막에서의 대상의 움직임과 눈의 움직임 양에 관한 추정에 있어서의 상대적인 차이라고 결론지었다.

여러 연구자들이 다양한 과제를 이용하여 추적 눈 운동을 하는 동안에 발생하는 지각적 오류에 대한 연구를 수행하여 왔다. 예를 들자면, 추적 눈 운동 동안에 실제 정지상태에 있는 배경이 움직이는지 정지해 있는지(Ehrenstein, Mateef & Hohnsbein, 1986; Haarmeier & Their, 1996; Mack &

Herman, 1973 Wertheim, 1981), 추적하는 대상의 속도 지각에는 어떤 변화가 있는지(Brenner & van den Berg, 1994; Turano & Heidenreich, 1999), 아주 잠깐 제시되는 정지된 대상의 위치지각을 얼마나 정확하게 하는지에 대하여(Brenner & Cornelissen, 2000; Mateeff, Yakimoff & Dimirtrov, 1981; Mita, Hironaka & Koike, 1950) 연구가 진행되어 왔다. 최근에, Li, Brenner, Cornelissen 과 Kim(2001)은 추적 눈 운동을 하는 동안에 수직방향으로 움직이는 수평막대의 중첩정보에 의해 시공간적으로 정의되는 대상(정사각형, 그림 1의 a)의 2차원 모양지각이 제대로 이루어지는지를 알아보기 위해 눈 운동을 기록하면서 피험자들의 모양지각을 측정하였다. 피험자들은 눈 고정 조건과 추적 눈 운동 조건, 두 조건에서 제시된 자극의 지각된 모양을 자극 옆에 제시되는 비교자극의 모양을 컴퓨터 키보드를 이용하여 변화시켜 가면서 보고하였다. 피험자들은 자극에 초점을 맞출 때에는 실제 제시된 자극(정사각형)을 제대로 보고하지만, 추적 눈 운동을 하면서 제시된 자극의 모양을 보고하게 하면 실제 제시된 정사각형이 아닌, 평행사변형(그림 1의 b)을 지각한다고 보고하였다. 또한, 눈 움직임 양이 증가함에 따라서 모양지각에서 왜곡되는 정도도 같이 증가하였다. 특히, 눈 운동 기록과 모양지각에서의 왜곡 정도를 비교해 본 결과, 모양 지각에서의 왜곡이 눈 움직임 양을 거의 완벽하게 반영함을 보여 주었다. 이러한 실험 결과는 시각체계가 시공간적으로 정의된 대상의 2차원 모양지각에서 눈 운동 정보를 전혀 고려하지 못했음을 의미한다. 추적 눈 운동이 수반하는 지각적 오류에 대한 이전의 연구와 Li등의 연구의 중요한 차이는, 이전 연구 결과들은 우리의 시각체계가 눈 운동 양을 과소 추정하던, 아니면 망막에서의 대상의 움직임을 과대 추정하던, 어떤 식으로든 눈 운동 정보를 고려한다는 것을 시사하였고, Li등의 연구결과는 우리의 시각체계가 눈 운동 정보를 전혀 고려하지 않는다는 것을 의미한

다는 것이다.

배경과 다른 휘도에 의해 정의된 뚜렷한 참조 자극이 존재하는 경우에도 Li등의 연구에서 얻어진 결과들이 관찰될 수 있을까? 본 연구는 추적 눈 운동 동안에 시공간적으로 정의되는 대상의 2차원 모양 지각이 뚜렷한 참조자극의 존재에 의해 어떤 영향을 받는지 알아보기 위해 설계되었다. 본 연구에서는 시공간적으로 정의되는 대상의 2차원 모양 지각뿐 아니라, 배경과 다른 휘도에 의해 정의된 움직이는 대상의 운동경로가 추적 눈 운동 동안에 얼마나 정확하게 지각되는지, 또한 이러한 운동경로 지각이 뚜렷한 참조자극의 존재에 의해 얼마나 향상되는지 검증하였다.

실 험 1

뚜렷한 참조자극이 존재하는 경우에도 추적 눈 운동 동안에 시공간적으로 정의된 대상의 2차원 모양이 왜곡되어 지각될까? 실험 1은 이러한 질문에 답하기 위하여 설계되었다. 만약 우리의 시각체계가 추적 눈 운동 동안 발생하는 시공간적으로 정의되는 대상의 2차원 모양지각에서 참조자극 정보를 이용한다면 참조자극이 존재할 때 모양지각에서의 왜곡이 아예 발생하지 않거나 최소한 참조자극이 존재하지 않을 때에 비하여 모양지각에서의 왜곡 정도가 감소할 것이다.

방법

피험자. 연구가설을 아는 연구자 2명과 연구가설을 알지 못하는 피험자 2명, 총 4명의 피험자가 실험에 참가하였다. 피험자들은 정상 시력 또는 정상 교정시력을 가졌다.

도구. 자극은 1024 X 768 해상도와 85Hz의 수평 주파수를 갖는 17인치 LG Flatron 모니터에 제시되었다. 자극의 생성 및 실험통제는 PowerMac

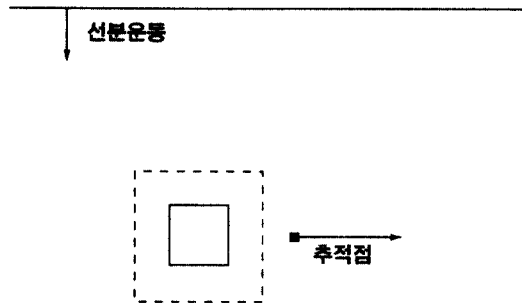


그림 2. 실험 1에 사용된 자극 예. 수평선이 수직방향으로 움직임에 따라 형성되는 중첩패턴에 의해 점선으로 표시된 정사각형 모양과 같이 목표대상이 정의되는데, 그림 2에서 추적점은 오른쪽으로 움직이고 있고 참조자극은(그림에서 실선으로 표시된 사각형) 목표대상 내부에 제시되어 있다. 참조자극이 목표대상의 외부에 있을 때 움직이는 선분은 참조자극과 목표대상 사이의 공간을 채우며 움직였다.

G4/450에 의해 이루어졌으며, 실험 프로그램은 Matlab과 Matlab함수 모음인 Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997)에 의해 구성되었다.

자극. Li등의 연구에서 사용된 시공간적으로 정의된 대상이 기본적인 자극으로 사용되었다. 배경보다 밝은 수평선(116.4 cd/m²)이 배경과 같은 밝기(56.8 cd/m²)를 갖는 가상의 대상(항상 정사각형의 모양을 갖는 대상: 지금부터 목표대상이라고 칭함) 뒤를 6.7 도/초의 속도로 위에서 아래로 수직방향으로 이동하고, 이 수평선은 목표대상 뒤를 지날 때 목표대상에 의해 가려지면서 이 목표대상의 모양에 대한 중첩정보를 시공간적으로 제공한다. 목표대상의 크기는 가로/세로 모두 1.6 도였다. 피험자가 눈으로 추적해야 할 점(4 pixel로 구성, 116.4 cd/m²)은 목표대상을 정의하는 수평선이 움직이는 속도와 같은 속도로 좌에서 우로 또는 우에서 좌로 수평방향으로 목표대상 위를 통과하면서 움직였다. 수직방향으로 움직이는 수평선의 시공간적인 중첩패턴에 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. 전체 실험 자극의 왼쪽으로 5도 떨어진 곳에 배경과 다른 휘도에 의해 정의된 사각형이 비교대상으로 제시되었고, 이 비교대상의 모양은 정사각형 또는 평행사변형으로 키보드에 의해 변환 가능하도록 구성되었다. 비교대상의 맨 처음모양은 가로/세로 1.6도의 크기를 갖는 정사각형이었다. 참조자극은 실제 목표대상의 모양과 동일한 정사각형 모양을 갖는 명도 대비에 의해 정의되는 윤곽(116.4 cd/m²)이었다. 참조자극은 목표대상 내부에 제시되거나, 목표대상을 둘러싼 형태로 목표대상 외부에 제시되거나, 또는 제시되지 않았다. 목표대상 내부에 제시된 경우에 참조자극과 목표대상과의 거리는 0.4도, 그리고 목표대상 외부에 제시되는 경우에는 0.4도 또는 0.8도 이었다(그림 2 참조).

실험절차

하나의 세션은 40회의 시행으로 구성되었다. 두 가지 추적 눈 운동 방향(좌에서 우로 또는 우에서 좌로) X 네 가지 참조자극 제시 조건(참조자극 없

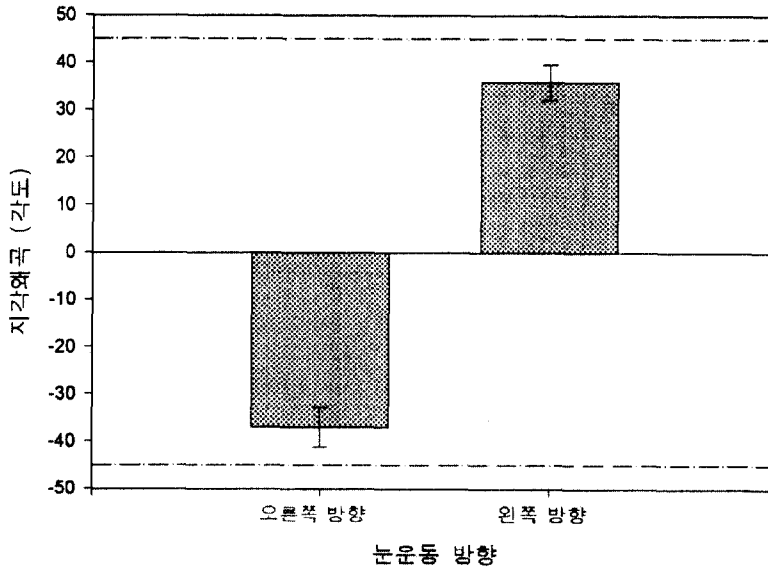


그림 3. 실험 1의 결과: 추적 눈 운동 방향에 따른 2차원 모양지각에서의 왜곡. 그림에서 점선은 추적 눈 운동에 의해 망막에 투영된 목표대상의 각도를 나타낸다. 목표대상이 망막에 맺는 각도는, 추적점의 움직임을 완벽하게 추적한 것을 전제로 할 때, 각각 45도, -45도였는데, 이는 수직방향으로 움직이는 선분의 속도와 추적점의 속도가 동일하기 때문이다. 모니터에 나타나는 목표대상의 각도는 0도 이다.

음, 목표대상의 내부 0.4도 위치, 목표대상의 외부 0.4도 위치, 목표대상의 외부 0.8도 위치) X 반복 5회. 각 세션 내에서 각 각의 조건은 무선적으로 제시되었다. 모든 시행에서 먼저 추적해야 할 점이 제시되고, 피험자는 준비가 되면 키보드 버튼을 누르도록 지시받았다. 피험자가 키보드 버튼을 누르면 이와 동시에 추적점이 움직이기 시작하고 피험자는 추적점을 눈으로 추적하였다. 추적점이 수평방향으로 이동하는 가운데 시점에 수직방향으로 움직이는 수평선에 의해 시공간적으로 정의되는 목표대상이 제시되었다 사라졌다. 추적 눈 운동이 끝난 후에 피험자는 제시된 목표대상의 지각된 모양을 보고하기 위해 실험자극 옆에 제시된 비교대상의 모양을 키보드 버튼을 이용하여 변화시키고 자신이 변화시킨 비교대상의 모양이 목표대상의 모양과 일치한다고 생각되면 키보드 버튼을 이용하여 시행을 종료시켰다. 한 시행

이 종료되면 자동적으로 그 다음 시행으로 진행되었다. 한 시행 내에서 피험자들은 추적 눈 운동을 수행하면서 목표대상의 모양을 원하는 만큼 반복하여 관찰할 수 있었다. 각 피험자들은 세션을 4회 반복하여, 여덟 실험 조건 각각에 대하여 총 20회 반복 수행하였다. 첫번째 세션의 데이터는 연습 세션으로 간주되었고, 결과분석에서는 마지막 3회 세션의 데이터만 이용되었다. 피험자의 머리 움직임을 최소화하기 위하여 턱 받침대가 사용되었고, 관찰 거리는 45 cm 이었다. 목표대상에 대한 모양지각에서의 왜곡 정도는 비교대상에서의 변화된 각도를(그림 1의 b에서의 각도) 곱셈으로써 계산하였다.

결과

피험자들의 자료유형은 실험가설을 아는지

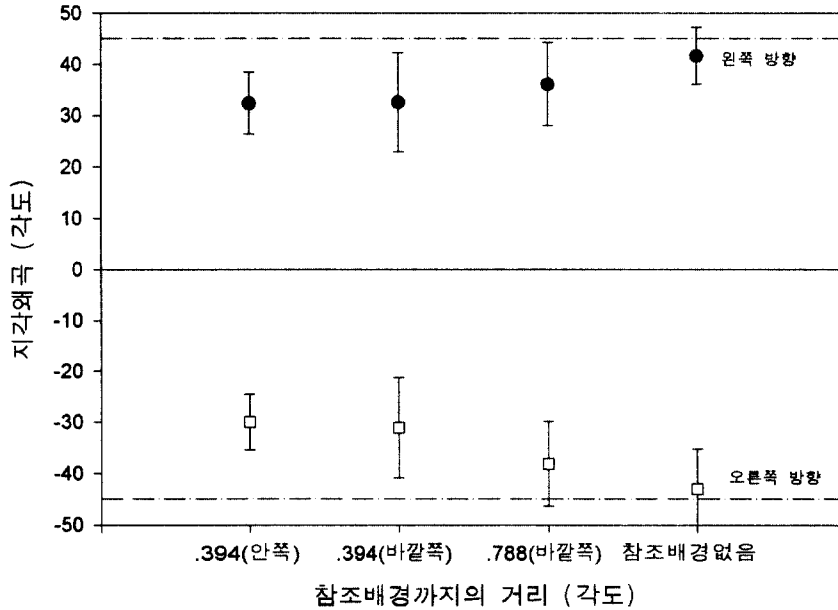


그림 4. 실험 1의 결과: 목표대상과 참조자극과의 거리에 따른 2차원 모양지각에서의 왜곡. 그림에서 오차막대는 표준오차를 나타낸다.

관계없이 기본적으로 유사하였다. 그림 3은 눈 운동 방향에 따른 모양 지각의 왜곡 정도를 나타낸다. 제시된 자극은 정사각형이었음에도 불구하고, 추적 눈 운동 동안에 피험자들이 지각한 것은 평행사변형이었으며 이들의 모양은 추적 눈 운동 방향에 따라 체계적으로 변화하였다. 이러한 실험 결과는 Li등의 실험결과와 일치한다.

뚜렷한 참조자극이 존재할 때에도 제시된 목표대상의 모양은 추적 눈 운동 동안에 왜곡되어 지각되었다. 그림 4에서 왜곡된 정도 0은 피험자들이 제시된 목표대상의 모양을 제대로 지각하였음을 의미한다. 그림에서 보듯이 피험자들은 뚜렷한 참조자극이 존재할 때에도 제시된 목표대상의 모양을 왜곡하여 지각하였다. 단, 왜곡된 정도는 참조자극이 없을 때에 비하여 있을 때 감소하였으며, 또한 참조자극이 목표대상으로부터 멀어질수록 증가하였다. 눈 운동 방향이 왼쪽방향일 때와

오른쪽 방향일 때 지각왜곡의 양이 각각 정적 또는 부적이어서, 이들을 절대적으로 통합하여 통계분석을 하면 서로 상쇄되어 조건간에 아무런 차이가 없게 나타난다. 따라서, 지각 왜곡의 절대값을 취하여 통계분석을 실시하였다. 이 때, 참조 자극 거리에 의한 왜곡정도는 통계적으로 유의미하였다($F(3,9)=13.085$, $MSE=9.942$, $p < .01$). 또한 집단간 평균비교에서도 목표대상이 참조자극으로부터 0.788도 떨어져 있을 때와 참조자극이 아예 존재할 존재하지 않을 때의 지각왜곡정도에 있어서의 차이도 통계적으로 유의미하였다($F(1,9)=7.615$, $MSE=9.942$, $p < .05$).

논의

추적 눈 운동 동안에 시공간적으로 정의되는 목표대상의 모양지각에 참조자극 정보가 이용될

가능성 중의 한 가지는 시공간적으로 정의되는 목표대상을 구성하는 부분들의 순간 순간의 위치를 참조자극과의 상대적인 관계 속에서 지각하고 이들의 시공간적인 통합을 통하여 전체 목표대상의 모양을 지각하는 것이다. 예를 들자면, 목표대상이 시공간적으로 정의되는 방향과 평행하게 참조자극이 존재하는 실험 1의 상황에서, 매 순간 참조자극과 평행하게 제시되는 목표대상의 부분 부분을 만약 시각체계가 참조자극과의 상대적인 관계 속에서 제대로 처리하고, 이들을 시공간적으로 통합한다면, 목표대상의 전체모양이 제대로 지각될 것이다.

뚜렷한 참조자극이 존재할 때에도 목표대상의 모양을 왜곡하여 지각한다는 실험 1의 결과는 이러한 가능성이 희박함을 시사한다. 하지만, 참조자극이 목표대상에 가까이 제시 될수록 지각되는 모양의 왜곡정도가 감소한다는 결과는 참조자극 정보가 완벽하게 무시되지 않고 시각체계에 의해 어느 정도 이용된다는 것을 의미한다. 한 가지 가능성은 참조자극이 시공간적으로 정의되는 목표대상의 절대적인 모양 지각에 기여하지는 못하지만, 상대적인 모양지각에 기여할 수 있다는 것이다. 예를 들자면, 목표대상을 구성하는 부분 부분이 참조자극의 안쪽에 제시되었다는 정보를 시각체계가 이용한다면, 이 경우 시각체계는 목표대상의 부분들이 참조자극의 테두리를 벗어나지 않는다는 정보를 갖게되는 것이며, 결국 목표대상의 모양이 왜곡되어 지각되더라도 참조자극의 테두리를 벗어나는 정도로 왜곡되어 지각되지는 않게 될 것이다.

그림 4의 참조자극이 존재하지 않는 상황에서의 지각왜곡정도는 추적 눈 운동에 의해 형성된 망막에서의 목표대상의 각도(그림 4에서 점선으로 표시)와 상당히 일치함을 알 수 있다. 이러한 실험 결과는 Li등의 연구결과에서 나타나듯이 추적 눈 운동 동안에 시공간적으로 정의된 대상의 2차원 모양지각에서 시각체계가 눈 운동 정보를 거

의 고려하지 못함을 의미한다.

실험 2

실험 1에 사용된 시공간적인 중첩정보로만 정의된 목표대상은 일상생활에서 접하기 힘든 자극이다. 일상생활에서 우리가 접하는 자극은 대부분 배경과 다른 휘도에 의해 그 모양이 정의되고, 부분적으로는 시공간적인 중첩정보에 의해 대상의 모양이 정의되기도 한다. 실험 2는 추적 눈 운동 동안에 배경과 다른 휘도에 의해 정의된 대상의 움직임 경로지각에서도 실험 1에서 발견된 참조자극 효과가 발견되는지 알아보기 위해 설계되었다.

방법

피험자. 구가설을 아는 피험자 2명과 연구가설을 알지 못하는 피험자 8명, 총 10명의 피험자가 실험에 참가 하였다. 피험자들은 정상시력 또는 정상 교정시력을 가졌다.

도구. 실험1에 사용된 도구가 실험2에서 그대로 사용되었다.

자극. 배경(56.8 cd/m²)에 비하여 밝은 4 픽 셀(2 픽셀 X 2 픽셀, .079 도 X .079 도)로 구성된 점이 목표대상(116.4 cd/m²)으로 사용되었다. 목표대상은 위에서 아래로 6.7 도/초의 속도로 수직방향으로 1.6 도의 거리를 움직였다(그림 5 참조). 목표대상이 움직인 속도와 거리는 실험 1에서 사용된 목표대상의 속도 및 세로길기와 정확히 일치하였다. 피험자가 눈으로 추적해야할 점은 실험1에서 사용된 추적점과 같은 크기, 밝기(116.4 cd/m²), 속도로 수평방향으로 움직이도록 하였다.

실험1에서와 마찬가지로 추적점이 먼저 움직이고 추적점이 스크린의 중앙부위에 위치할 때 목표자극도 중앙부위를 지나도록 하였다. 수직방향

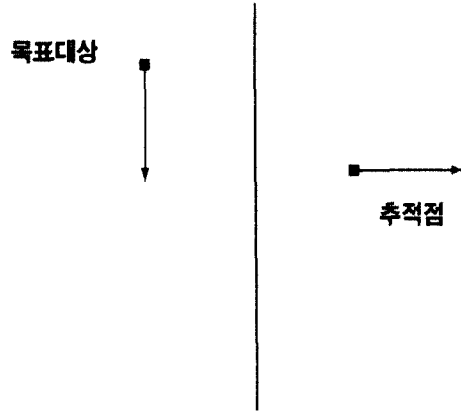


그림 5. 실험 2에 사용된 실험자극 예. 그림은 목표대상이 위에서 아래로 움직이고 참조자극(그림에서 실선으로 표시)은 목표대상의 오른쪽에 제시된 상태를 나타낸다. 추적점은 왼쪽에서 오른쪽으로 움직이고 있다. 비교대상으로 제시된 두 점은 그림 5에 나타나 있지 않다.

으로 움직이는 목표대상이 움직임을 완료하는데 걸리는 시간은 약 240 msec 이었고, 추적 눈 운동을 이끌기 위해 제시되는 수평방향으로 움직이는 추적점이 나타남과 사라짐을 포함한 전체 자극 제시시간은 약 1.2 초였다. 전체 실험자극의 왼쪽으로 5도 떨어진 곳에 명도 대비에 의해 정의된 두개의 점이 수직방향으로 나란히 제시되었고(두 점의 경사각도¹⁾는 0도), 이 두 점의 경사각도는 키보드에 의해 변환이 가능하도록 구성되었다. 두 점의 수직거리는 1.6도의 크기를 갖도록 고정되었다. 참조자극은 배경과 다른 휘도에 의해 정의된 2.5 도의 크기를 갖는 수직선 이었고, 참조자극과 목표대상과의 수평거리는 0 도(목표대상이 참조자극인 수직선 위에서 움직이는 조건), 0.118 도, 0.315 도, 0.788 도이었다. 참조자극은 목표대상의 왼쪽 또는 오른쪽에 제시되도록 하였다.

실험절차

하나의 세션은 80회의 시행으로 구성되었다. 두

가지 추적 눈 운동 방향(좌에서 우로 또는 우에서 좌로) X 네 가지 참조자극 거리 조건(0 도, 0.118 도, 0.315 도, 0.788 도) X 두 가지 참조자극 위치 조건(목표대상의 왼쪽, 목표대상의 오른쪽) X 반복 5회. 각 세션내에서 각 각의조건은 무선적으로 제시되었으며, 그 외의 실험절차는 실험1과 동일하였다. 단, 실험 1에서 피험자들은 지각된 모양을 비교대상의 모양을 변화시킴으로써 보고하였으나, 실험 2에서 피험자들은 비교대상으로 제시된 두 점의 수평거리를 변화시킴으로써 목표대상이 움직인 경로를 보고하였다. 실험 1에서와 마찬가지로 각 피험자들은 세션을 4회 반복하여, 40개의 실험 조건 각각에 대하여 각각 총 20회 반복 수행하였다. 첫번째 세션의 데이터는 연습세션으로 간주되었고, 결과분석에서는 마지막 3회 세션의 데이터만 이용되었다. 피험자의 머리 움직임을 최소화하기 위하여 턱받침대가 사용되었고, 관찰거리는 45 cm 이었다. 목표대상의 움직임경로 지각에 대한 왜곡 정도는 비교대상을 구성하는 두 점의 경사각도로 계산하였다. 모니터에 제시된 목표대

1) 실험 2에서 두 점의 경사각도는 두 점의 상대적인 위치를 기술하기 위하여 도입한 용어으로써, 실험 1에서의 목표대상의 모양을 정의할 때 사용된 각도에 상응하는 용어이다.

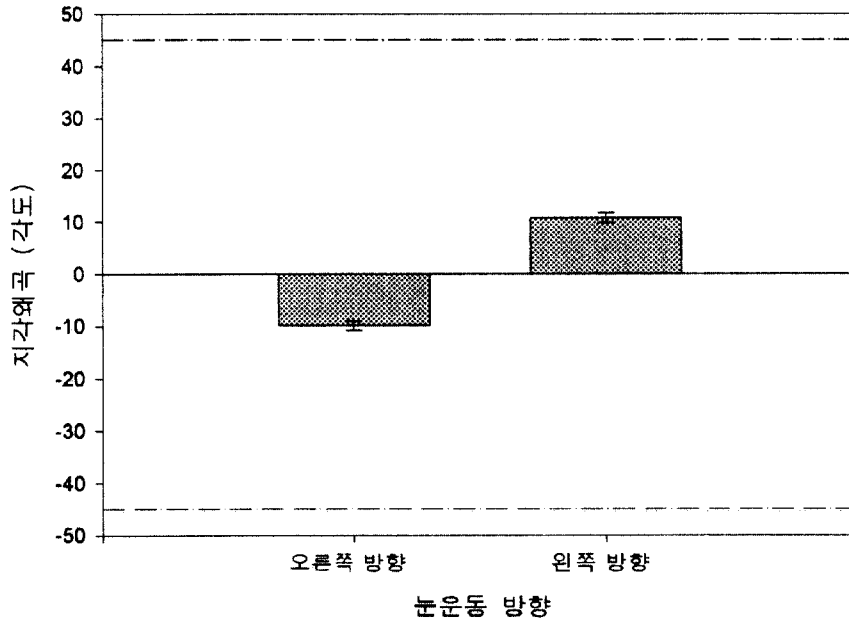


그림 6. 실험 2의 결과: 추적 방향에 따른 경로지각에서의 왜곡.

상은 실험동안에 언제나 수직방향으로 움직였기 때문에 이 목표대상의 경로를 경사각도로 표시하면 0도가 되는데, 추적 눈 운동 동안에 망막에 맺힌 목표대상의 경로는 0도가 아니다.

결과

실험 1에서와 마찬가지로 피험자들의 자료유형은 실험가설을 아는지에 관계없이 기본적으로 유사하였다. 그림 6이 보여주듯이 추적 눈 운동 동안에 움직인 목표대상의 경로는 눈 운동 방향에 따라서 체계적으로 왜곡되어 지각되었다. 목표대상이 실제로는 위에서 아래로 수직 방향으로 움직였음에도 불구하고 피험자들은 눈이 왼쪽에서 오른쪽으로 움직일 때 목표대상이 왼쪽 아래로 비스듬하게 움직인 것으로 지각하였고 눈이 오른쪽에서 왼쪽으로 움직일 때 목표대상이 오른쪽 아래로 비스듬하게 움직인 것으로 왜곡하여 지각

하였다. 주목해야할 것은 목표대상의 움직임 경로와 평행하게 뚜렷한 수직선의 참조자극이 존재함에도 불구하고 이러한 목표대상의 경로가 왜곡되어 지각된다는 것이다. 그림 7에서 관찰되듯이, 전반적으로 참조자극이 목표대상에 가까이 존재할수록 왜곡정도는 감소하였다. 실험 1의 결과에서 언급하였듯이, 눈 운동 방향이 왼쪽 방향일 때와 오른쪽 방향일 때 지각왜곡의 양이 각각 정적 또는 부적이어서, 이들을 절대적으로 통합하여 통계분석을 하면 서로 상쇄되어 실제 참조자극의 거리에 따라서 지각왜곡 정도가 변화함에도 불구하고 조건간에 아무런 차이가 없게 나타난다. 따라서, 지각 왜곡의 절대값을 취하여 통계분석을 실시하였다. 이 때, 참조자극 거리에 의한 왜곡정도는 통계적으로 유의미하였다($F(3,27)=6.287$, $MSE=39.187$, $p < .01$). 또한 집단간 평균비교에서도 목표대상이 참조자극으로부터 0.788도 떨어져 있을 때와 0.315도 떨어져 있을 때의 지각왜곡정도

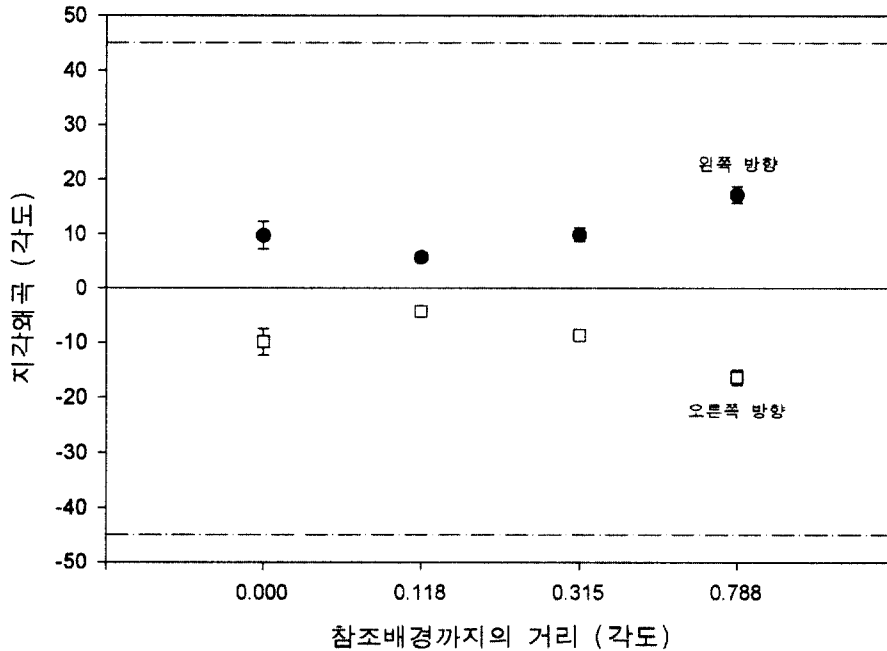


그림 7. 실험 2의 결과: 목표대상과 참조자극과의 거리에 따른 경로지각에서의 왜곡.

도에 있어서의 차이도 통계적으로 유의미하였다 ($F(1,27)=7.58$, $MSE=39.187$, $p < .05$). 참조자극이 목표대상의 오른쪽에 제시되었는지 또는 왼쪽에 제시되었는지는 목표대상의 경로지각에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

논의

배경과 다른 휘도에 의해 정의된 목표대상의 움직임 경로가 추적 눈 운동 방향에 따라서 체계적으로 왜곡되어 지각된다는 실험 2의 결과는 추적 눈 운동 방향에 따라서 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 대상의 모양이 체계적으로 왜곡된다는 실험 1의 결과와 일치한다. 또한 뚜렷한 참조자극의 존재 자체가 추적 눈 운동에 의한 왜곡 자체를 완벽하게 제거하지는 못하지만 왜곡 정도가 참조자극과 목표대상과의 거리에 반비례한

다는 것을 보여준다는 점에서도 실험 1의 결과와 일치한다. 실험 2의 결과로 볼 때, 추적 눈 운동에 따라서 나타나는 체계적인 지각 왜곡은 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 대상에서만 관찰되는 것은 아니며, 또한 이러한 지각 왜곡이 뚜렷한 참조자극의 존재에 의해서도 완벽하게 제거되지 못하고 단지 지각 왜곡을 감소시킨다는 것이 일반적인 현상일 수 있음을 시사한다.

실험 2에서 흥미로운 것은 참조자극인 수직선이 목표대상의 실제운동경로와 정확히 일치하는 위치에 존재하는 상황(참조자극과 목표대상과의 거리가 0 도인 조건)에서조차도 피험자들이 목표대상의 운동 경로를 왜곡하여 지각한다는 점이다 (그림 7참조). 이와 같이 목표대상의 운동 경로상에 참조자극이 놓여 있는 경우 목표대상의 운동 경로를 왜곡하여 지각한다고 하는 것은 피험자들이 목표대상이 참조자극인 수직선을 실제 벗어나

는 것으로 위치지각을 했을 가능성이 있다. 이러한 가능성을 검증하기 위해서는 추가적인 실험이 필요하지만, 관련성이 깊은 특질들도 독립적으로 처리할 수 있다는 연구결과들을 종합해 보면 (Abrams & Landgraf, 1990; Brenner, van den Berg & van Damme, 1996; Brenner & van Damme, 1999; Mack, Heuer, Villardi & Chambers, 1985) 운동방향지각과 위치지각이 독립적으로 처리될 가능성은 충분하다.

종합논의

만약 눈 운동 정보가 시각체계에 의해 고려되지 못한다면 추적 눈 운동 동안에 어떻게 외부세계에 대한 안정적인 지각을 할 수 있을까? Li, Brenner, Cornelissen 과 Kim(2001)의 연구결과는 우리의 시각체계가 눈 운동정보를 전혀 고려하지 못할 수 있다는 가능성을 제시하고 있다. 눈 운동 정보가 전혀 고려되지 못한다고 할 때 시각체계가 이용할 수 있는 가능한 정보중의 하나는 목표 자극 주변에 일반적으로 함께 존재하는 배경자극의 공간정보일 것이다. 본 연구에서는 추적 눈 운동 동안 발생하는 시공간적으로 정의되는 대상의 모양 또는 경로지각이 안정적으로 이루어지게 하는데 참조자극정보가 기여하는지를 검증하였다.

참조자극의 존재 여부가 추적 눈 운동 동안 공간지각에 미치는 영향에 대한 연구는 상당히 빈약한 편이다. Filehne 현상이 가장 적절하게 관찰되는 자극제시 시간을 알아보기 위해 추적점 이외에 배경자극의 제시시간을 통제한 실험이 있지만, 이때의 배경자극이라고 하는 것은 엄밀한 의미에서 추적점 이외에 제시된 피험자들이 주의를 기울여서 그 속성을 보고해야할 목표대상이었지 엄밀한 의미에서 참조자극이라고 볼 수 없다. Brenner와 Cornelissen(2000)은 추적 눈 운동 동안에 짧게 제시되는(flash 되는) 자극의 위치를 피험자로 하여금 보고하게하면서, 참조자극으로 배경 밝기

보다 10% 밝거나 어두운 무선점들을 제시 하였지만, 자신들의 연구가 무선점 참조자극이 존재하는 상황에서 진행된 것이라는 것을 밝혔을 뿐, 참조자극이 추적 눈 운동 동안에 발생하는 지각왜곡에 미치는 영향에 대하여 밝힌 것은 없다. 최근에 Brenner, Smeets 와 van den Berg(2001)는 무선점 참조자극이 존재하지 않을 때에 비하여 존재할 때 목표자극의 위치지각이 좀 더 정확하다는 것을 보고하였다. 본 연구에서는 참조자극의 존재 유무, 목표대상까지의 거리가 시공간적으로 정의된 대상의 모양지각과 배경과 다른 휘도에 의하여 정의된 대상의 운동경로지각에 미치는 영향을 측정하였다.

실험 1에서 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 목표대상의 모양은 추적 눈 운동 방향에 의해 체계적으로 왜곡되어 지각되었으며, 이러한 체계적인 왜곡은 뚜렷한 참조자극이 존재할 때에도 관찰 되었다. 하지만, 참조자극이 목표대상에 공간적으로 가까이 제시될수록 왜곡정도는 감소하였다. 실험 2에서 배경과 다른 휘도에 의해 정의된 목표대상의 움직임 경로는 실험 1에서와 마찬가지로 뚜렷한 참조자극이 존재함에도 불구하고 추적 눈 운동 방향에 의해 체계적으로 왜곡되어 지각되었으며 왜곡정도는 참조자극이 목표대상에 가까이 제시될수록 감소하였다. 이러한 실험결과는 추적 눈 운동에 의해 발생하는 망막상의 변화가 참조자극 정보에 의해 완벽하게 상쇄되지 못함을 시사한다. 하지만, 참조자극과 목표대상과의 거리가 감소함에 따라 지각의 왜곡정도가 감소한다는 실험결과는 참조자극정보가 완벽하게 추적 눈 운동의 영향을 상쇄하지는 못하지만 안정적인 공간 지각을 위해 사용되고 있음을 시사한다. 눈 운동의 또 다른 중요한 형태중의 하나인 도약 눈 운동(saccadic eye movement) 동안에도 본 연구에서 밝혀진 현상들이 나타날 것인지는 알 수 없다. 하지만, 도약 눈 운동 시간을 전후해서 여러 가지 다양한 지각왜곡이 일어난다는 것은 여러 연구에서

이미 밝혀져 있다(Park, J., Lee, J. & Lee, C., 2001; Ross, J., Morrone, C. & Burr, D. C., 1997; Whitney, D. & Cavanagh, P., 2000).

본 연구의 실험결과는 Helmholtz의 전통을 따르는 연구자들이 주장하는 것처럼(Freeman & Banks, 1998; Howard, 1982; Wertheim, 1994), 뚜렷한 참조 자극이 존재 할 때, 추적 눈 운동 동안에 시공간적으로 정의되는 목표대상의 모양과 배경과 다른 휘도에 의해 정의된 대상의 운동경로를 지각할 때 우리의 시각체계가 눈 운동 정보를 어떤 방식으로든 이용한다는 것을 의미하는 것일까? 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 대상의 모양지각에서 우리의 시각체계가 눈 운동을 전혀 고려하지 못한다고 하는 Li등의 연구결과와, 동일한 실험 자극과 과제를 사용한 본 연구의 실험 1에서 참조 자극이 존재할 때 추적 눈 운동에 의한 모양지각에서의 왜곡정도가 감소한다는 결과를 동시에 고려해 볼 때, 이러한 물음에 대한 답은 부정적이다. 왜냐하면, 뚜렷한 참조자극의 존재여부에 따라서 시각체계가 눈 운동을 고려하고 고려하지 않고 할 가능성은 매우 회박하기 때문이다. 만약 시각체계가 눈 운동 정보를 전혀 고려하지 못한다면, 참조자극정보가 존재할 때 모양지각/운동경로지각에서의 왜곡정도는 어떻게 감소하는 것일까? 한 가지 가능성은 실험 1의 논의에서 기술 되었던듯, 참조자극정보가 시공간적으로 정의되는 대상의 모양과 목표대상의 운동경로지각에 절대적인 정보는 아닐지라도 상대적인 정보로서 이용될 수 있다는 것이다.

본 연구는 참조자극의 존재자체가 추적 눈 운동으로 인한 모양지각에서의 왜곡이나 운동경로지각에서의 왜곡을 완벽하게 상쇄하지는 못하지만 참조자극이 존재하지 않을 때에 비하여 지각의 왜곡정도가 감소하고, 참조자극의 효과는 목표대상과의 거리에 비례한다는 결과를 보여주었다.

이러한 실험결과는 참조자극정보가 추적 눈 운동으로 인한 지각왜곡을 완벽하게 상쇄하지는 못하지만, 지각왜곡의 교정에 이용될 수 있음을 시사한다. 일상생활에서 우리가 추적 눈 운동을 함에도 불구하고 세상의 공간속성을 안정적으로 지각하는 것은 여러 다양한 정보의 종합에 의해 가능할 것이다. 주목해야할 것은 본 연구에서는 추적 눈 운동에 의해 유발되는 지각왜곡의 교정에 이용될 수 있는 여러 가지 정보 중에서 단 한 가지 정보만을 실험자극에 포함하였다는 것이다.²⁾ 참조 자극정보와 어떤 정보들이 어떤 방식으로 조합하여 추적 눈 운동으로 인한 지각왜곡을 교정하는 지에 대한 것은 앞으로의 연구문제로 남는다.

참고문헌

- Abrams, R. A. & Landgraf, J. Z. (1990). Differential use of distance and location information for spatial localization. *Perception & Psychophysics*, 47, 349-359.
- Aubert, H. (1886). Die Bewegungsemphindungen. *Pfluger's Archiv für Die Gesamte Physiologie Des Menschen und Der Tiere*, 39, 347-370.
- Brainard, D. H. (1997) The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Brenner, E., & van den Berg, A. V. (1994). Judging object velocity during smooth pursuit eye movements. *Experimental Brain Research*, 99, 316-324.
- Brenner, E., van den Berg, A. V., & van Damme (1996). Perceived motion in depth. *Vision Research*, 36, 699-706.
- Brenner, E. & Cornelissen, F. W. (2000). Separate simultaneous processing of egocentric and relative positions. *Vision Research*, 40, 2557-2563.
- Brenner, E. & van Damme, W. J. M. (1999). Perceived distance, shape and size. *Vision Research*, 39, 975-986.
- Brenner, E., Smeets, A. V. & van den Berg (2001). Smooth eye movements and spatial localization.

2) 특히 유의해야할 점은, 본 연구에 포함된 참조자극은 극히 빈약한 자극일 수 있다. 보다 풍부한 참조자극이 포함된다면 참조자극의 효과는 더욱 커질 가능성이 있다.

- Vision Research*, 41, 2253-2259.
- Ehrenstein, W. H., Mateef, S., & Hohsbein, J. (1986). Temporal aspects of position constancy during ocular pursuit. *Pflügers Archiv*, 406, R15, 47.
- Filehne, W. (1922). Ueber das optische Wahnehmen von Bewegungen. *Zeitschrift für Sinnesphysiologie*, 53, 134-145.
- Fleischl, E. (1882). Von Physiologieschoptische notizen. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften*, 86, 17-25.
- 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.
- Haarmeier, T., & Their, P. (1996). Modification of Filehne illusion by conditioning visual stimuli. *Vision Research*, 36, 741-750.
- Howard, I. P. (1982). *Human Visual Orientation*. New York: Wiley.
- Park, J., Lee, J. & Lee, C. (2001) Non-veridical visual motion perception immediately after saccades. *Vision Research*, 41, 3751-3761.
- Li, H.-C. O., Brenner, E., Cornelissen, F. W. & Kim, E.-S. (2001). Systematic distortion of 2D shape during pursuit eye-movements. Submitted for publication.
- Mareeff, S., Yakimoff, N., & Dimirtrov, G. (1981). Localization of brief visual stimuli during pursuit eye movements. *Acta Psychologica*, 48, 133-140.
- 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.
- Mack, A. & Herman, E. (1978). The loss of position constancy during pursuit eye movements. *Vision research*, 18, 55-62.
- Mack, A., Heuer, F., Villardi, K. & Chambers, D. (1985). The dissociation of position and extent in Muller-Lyer figures. *Perception & Psychophysics*, 37, 335-344.
- Mita, T., Hironaka, K., & Koike, I. (1950). The influence of retinal adaptation and location on the "Empfindungszeit". *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 52, 397-405.
- Pelli, D. G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Ross, J., Morrone, C. & Burr, D. C. (1997). Compression of visual space before saccades. *Nature*, 386, 598-601.
- Turano, K. A., & Heidenreich, S. M. (1999). Eye movements affect the perceived speed of visual motion. *Vision Research*, 39, 1177-1187.
- 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. *Behavioural and Brain Sciences*, 17, 293-311.
- Whitney, D. & Cavanagh, P. (2000). Motion distorts visual space: shifting the perceived position of remote stationary objects. *Nature Neuroscience*, 3, 954-959.

Perceptual distortion of 2D shape and path during pursuit eye movements in the presence of salient reference backgrounds

Hyung-Chul O.Li

Dept. of Industrial Psychology
Kwangwoon University

Eun-Soo Kim

3D Media Lab
Kwangwoon University

Despite dynamical retinal image changes resulting from continuous pursuit eye movements, the visual system succeeds in representing the stable environment. Helmholtz and the researchers following his thesis have proposed that the visual system coordinates retinal and extraretinal information to represent the spatial properties of the environment. Very recently, Li, Brenner, Cornillissen and Kim (2001) showed that the perceived shape of the object defined by spatiotemporal pattern of occlusion reflected retinal image, implying that the visual system ignored extraretinal information. We examined the effect of the presence of a salient reference background on the perception of the shape of a spatiotemporally defined object and on the path perception of a luminance-defined object. Systematic distortion in the perceived shape and path was observed even in the presence of the salient reference background. These results imply that the presence of a salient reference background does not completely compensate for the retinal image changes resulting from pursuit eye movement. However, the amount of perceptual distortion decreased as the reference background became closer to the target object. This implies that the visual system utilizes spatial information of a reference background.

keywords pursuit eye movement, shape perception, path perception

1차 원고접수 2002. 2. 21.

수정 원고접수 2002. 3. 7.

최종 게재결정 2002. 3. 14.