

# 상대적인 위치지각의 왜곡: 참조자극의 위치가 왜곡에 미치는 영향

## Relative localization errors: The effect of reference location on the errors

이 형 철  
(Hyung-Chul O. Li)

**요약** 추적 눈 운동 동안에 순간적으로 노출되는 표적의 위치는 표적 주위에 참조자극이 존재하지 않을 때에 일반적으로 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각된다. 본 연구는 안정적이고 정적인 참조자극이 존재하는 경우에 순간적으로 노출되는 표적의 참조자극에 대한 상대적인 위치가 얼마나 정확하게 지각되는지를 검증하였다. 참조자극에 대한 표적의 상대적인 위치가 왜곡되게 지각되었으며 상대적인 위치지각 왜곡의 양상이 참조자극과 표적의 상대적인 위치에 따라서 체계적으로 변화하였다. 동일한 실험결과가 추적 눈 운동의 방향이 상이하거나 참조자극과 표적의 다양한 물리적인 거리 조건에서도 일관되게 관찰되었다. 본 연구의 실험결과가 위치지각에 관하여 제안된 기존의 이론에 의해 어떻게 설명될 수 있는지를 논의하였다.

**주제어** 추적 눈 운동, 상대적인 위치지각, 절대적인 위치지각

**Abstract** The perceived position of a flashing target object is generally biased towards the direction of eye movement when there is no reference around the target. Current research examined the localization accuracy of a flashing target relative to a static reference. The perceived location of the target relative to the reference was distorted and the pattern of perceptual distortion systematically depended on the position of the reference relative to the target. This kind of result was consistently observed regardless of the distance between the reference and the target and direction of pursuit eye movement. We have discussed how these results could be explained by the theories previously suggested to explain the localization of objects.

**Keywords** pursuit eye movement, relative localization, absolute localization

외부세계에 존재하는 대상의 위치지각을 위해 망막에 맺힌 대상의 상 정보와 눈 위치 정보(EPs: eye position signal)가 통합되어야 한다는 Helmholtz의 고전적인 이론에도 불구하고 지난 수 십년 동안에 Helmholtz의 이론에 의해 완벽하게 설명되지 않는, 눈 운동 동안에 관찰되는 여러 가지 공간지각 왜곡현상이 보고 되어 왔다 (이형철, 2003; 이형철, 감기택, 김은수와 윤장한, 2002; 이형철과 김은수, 2002; Li, Brenner, Cornelissen & Kim, 2002). 여러 가지 공간지각 왜곡현상 중에서도 아주 짧은 시간 동안 제시되는 대상에 대한 위치지각의 왜곡에 관하여 특히 많은 연

구가 수행되었다. 일반적인 현상은 어떤 자극도 확인되지 않는 암실조건에서 도약 눈 운동이 일어나기 바로 전 또는 도약 눈 운동이 일어난 후 일정한 시간 이내에 아주 짧게 제시되는 자극(flash)이 눈 운동 방향으로 위치가 왜곡되어 지각된다는 것이다 (Dassonville, Schlag & Schlag-Rey, 1992; Honda, 1989, 1990, 1991, 1997; Matin, 1972; Matin, Matin, & Pola, 1970). 도약 눈 운동 바로 전에 위치지각의 왜곡 정도가 제일 강했는데, 아마도 이는 실질적으로 눈이 움직이지는 않았지만 눈을 움직이기 위해 눈 운동 명령이 필요할 것이고, 도약 눈 운동의 경우에 눈 운동 명령에 대응하는 신경신호가 눈 운동 바로 직전에 가장 강하고, 이러한 눈 운동 명령 정보자체가 눈 위치 정보를 포함하고 있는데, 이 정보가 망막상의 정보와 결합하기 때문일 것이다. 도약 눈 운동 동안에 발생하는 왜곡은 짧게 제시되는

\* 이 논문은 2003년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

\*\* 광운대학교 산업심리학과 연구세부분야: 시지각  
주소: 노원구 월계동 광운대학교 산업심리학과 (139-701)  
hyung@kw.ac.kr

표적 주위에 참조자극이 존재할 때에도 관찰될 뿐만 아니라 (Bischof & Kramer, 1968; Honda, 1993; Mateeff, 1978; O'Regan, 1984), 공간지각에만 국한되지 않고 짧은 시간 동안 제시되는 자극의 위치에 대한 관찰자의 수행에서도 관찰 된다 (눈으로 표적 응시하기: Dassonville, Schlag, Schlag-Rey, 1990, 1992, 1995; Honda, 1990, 1991; 손으로 표적 가리키기: Miller, 1980, 1989). 도약 눈 운동뿐만 아니라, 부드럽게 움직이는 대상을 추적하는 추적 눈 운동 동안에도 짧게 제시되는 대상의 위치에 대한 눈 운동 방향의 왜곡이 관찰 된다 (Brenner & Cornelissen, 2000; Brenner & Smits, 1998; Mita, Hironaka & Koike, 1950; Mitrani & Dimitrov, 1982).

눈 운동 동안에 아주 짧게 제시되는 자극(flash, 순간노출자극)의 위치가 왜 눈 운동방향으로 왜곡되어 지각되는 것일까? 눈 운동 동안에 발생하는 공간지각 왜곡의 근원에는 크게 두 가지가 있다: 첫째는 망막상 정보의 부정확성이고 둘째는 EPS의 부정확성이다. 최근의 논문에서, Freeman과 Banks (1998)는 추적 눈 운동이 수반하는 운동 착시나 위치항상성의 붕괴를 유발하는 요인은 망막에서의 대상의 움직임과 눈의 움직임 양에 관한 추정에 있어서의 상대적인 차이라고 결론지었다. 최근에 제안된 부적합 결합가설은 짧은 순간 제시되는 자극과 이 자극에 대한 감각 정보가 중앙신경계에 도달하는 시간의 눈 위치 정보와 잘못 결합되어 위치지각 왜곡이 일어난다는 부적합 결합가설을 제시하였다 (Boucher, Groh & Hughes, 2001; Brenner, Smeets & van den Berg, 2001; Schlag & Schlag-Rey, 2002). 신경정보처리라는 물리적인 자극의 존재와 더불어 즉각적으로 처리되지 않고 일정시간이 걸리게 마련인데, 예를 들어, 감각정보가 중앙신경계에 도달하는 데에는 일정시간이 걸린다. 구체적으로 시자극이 V1영역에 도달하는 데에는 30에서 70 ms 정도의 시간이 걸리는 것으로 알려져 있다 (Maunsell & Gibson, 1992; Schmolesky, Wang, Hanes, Thompson, Leutgeb, Schall, & Leubenthal, 1998). 이 정도의 시간은 도약 눈 운동이 약 20°정도 일어나기에 충분한 시간이며, 추적 눈 운동 역시 그 속도에 따라 차이가 있겠지만 눈 운동이 발생하기에 충분한 시간이다. 만약, 망막에 아주 짧게 제시되는 대상의 위치가 이 대상에 대응하는 감각자극이 중앙신경계에 도달한 시간에서의 눈의 위치정보와 결합되어 최종적으로 대상의 위치가 지각된다면, 눈 운동 종류에 관계없이 짧게 제시되는 대상의 위치는 실제 위치보다 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각될 것이다. 부적합 결합 가설을 지지하는 결정적인 증거는 도약 눈 운동이 물리적으로 발생하기 전의 각기 다른 두 시간대에 물리적으로 동일한 위치에 두 번 반복하여 짧은 시간 동안 빛을

제시하면 빛의 위치가 상이하게 지각된다는 것이다; 주목할 것은 도약 눈 운동이 일어나기 전이므로 망막상에서의 자극의 위치는 동일하다는 점이다. 이 경우에, 망막상에서의 자극의 위치가 동일함에도 불구하고 자극의 위치가 상이하게 지각된다고 하는 것은 아마도 망막상 자극의 위치와 결합하는 눈 위치 정보가 상이하기 때문일 것이다.

앞서 소개한 위치지각은 배경 자극의 존재 여부와 관계없이 대부분의 경우에 목표대상의 위치를 관찰자의 위치를 기준으로 보고하는 절대적인 위치지각(egocentric localization) 상황이다. 절대적인 위치지각에 비하여 상대적인 위치지각(exocentric localization) 상황에서는 참조자극이 존재하고 표적이 참조자극과의 관계 속에서 상대적으로 어느 곳에 위치하는지를 보고한다. 절대적인 위치지각이 도약 눈 운동이나 추적 눈 운동에서 활발히 연구된데 비하여 상대적인 위치지각은 활발히 연구되지 못하였다. Brenner와 Cornelissen (2000)은 추적 눈 운동이 시각체계에 의해 고려되는 양상이 절대적인 위치지각과 상대적인 위치지각에서 각기 다르다는 것을 보여 주었다. 자신들의 논문에서 Brenner와 Cornelissen은 독립적으로 상이한 공간에 각기 제시되는 순간노출자극이 눈 운동 방향으로 동일한 양만큼 왜곡되어 지각된다는 것을 보여 주었는데, Brenner와 Cornelissen은 이와 같은 절대적인 위치지각 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 개의 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 위치지각은 Helmholtz 등이 주장하듯이 망막에서의 상의 정보와 눈 운동 정보가 고려되어 계산되지만, 상대적인 위치지각은 눈 운동정보의 고려 없이 망막에서의 상의 정보에만 근거하여 계산된

을 시사한다. Li, Brenner, Cornelissen과 Kim (2002)은 위치 지각뿐만 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.

Brenner와 Cornelissen (2000)이 연구한 상대적인 위치지각 상황은 일반적인 상대적인 위치지각 상황과 동떨어져 있는데, Brenner와 Cornelissen의 경우에 참조자극과 표적은 동일한 성격의 순간노출자극인 반면에 일반적인 상황에서 참조자극은 정지자극이다. 본 연구의 목적은 참조자극이 정지되어 있고 장시간 존재하는 안정적인 상황에서 순간적으로 노출되는 표적의 참조자극에 대한 상대적인 위치지각이 얼마나 정확하게 이루어지는지를 검증하는 것이었다. 본 연구에서는 이전의 연구에서 보고 되지 않은 새로운 형태의 위치지각 왜곡을 보고할 것이며 이러한 결과들이 이전의 연구에서 제시된 위치지각 이론들에 의해 어떻게 설명될 수 있는지 논의할 것이다. 모든 실험에서 참조자극은 배경과의 명도대비에 의해 정의된 하나의 점이었으며, 표적은 참조자극을 에워싼, 배경과의 명도대비에 의해 정의된 사각형이었다. 피험자의 과제는 순간 노출된 표적의 위치가 참조자극에 상대적으로 어느 곳에 나타나는지를 보고 하는 것이었다. 분석에 사용된 자료는 실제의 상대적인 위치에서 지각된 상대적인 위치가 얼마나 벗어났는지를 나타내는 왜곡정도였다. 실험 1에서 참조자극은 시행 내내 존재하였는데, 단지 표적과 참조자극의 상대적인 위치가 조작되었다. 참조자극과 표적의 상대적인 위치변화에 관계없이 표적은 추적점이 참조자극의 바로 아래에 도달하였을 때에 순간적으로 노출되었다. 실험 2에서는 표적과 참조자극의 거리에 따라서 상대적인 위치지각 왜곡에 변화가 있는지 검증하였고, 실험 3에서는 실험 1에서 관찰되는 현상이 눈 운동 방향과 관계없이 일관되게 관찰되는지를 검증하였다.

### 실험 1

Brenner와 Cornelissen (2000)은 추적 눈 운동이 시각체에 의해 고려되는 양상이 절대적인 위치지각과 상대적인 위치지각에서 각기 다르다고 주장하면서, 절대적인 위치지각에서는 망막 상의 정보와 눈 위치 정보가 결합되어 목표대상의 위치가 지각되지만, 상대적인 위치지각에서는 눈 위치 정보가 필요치 않고 단지 망막에 형성된 두 대상 간의 거리에 근거하여 위치가 상대적으로 지각된다고 보았다. Brenner와 Cornelissen의 연구에서 검증된 상대적인 위치지각 상황은 각기 상이한 시간대에 제시된 두 개의 순

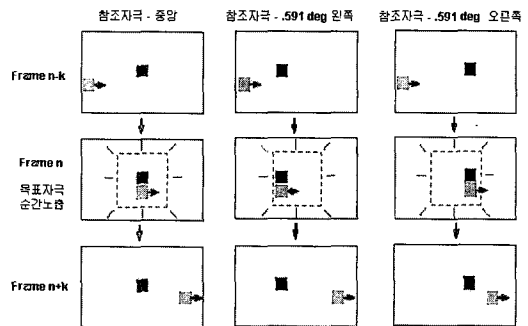
간 노출 자극의 상대적인 위치지각 상황인데, 이는 참조자극이 안정적인 정지된 자극인 일반상황과 차이가 있다. 실험 1에서는 참조자극이 안정적인 정지자극 상황에서 순간 노출되는 표적의 참조자극에 대한 상대적인 위치지각의 정확성을 검증하였다.

### 방법

피험자. 연구가설을 아는 연구자 1명과 연구가설을 알지 못하는 피험자 5명, 총 6명의 피험자가 실험에 참가하였는데, 연구자를 제외한 5명의 피험자들은 실험에 참가한 대가로 일정액의 실험참가비를 받았다. 연구자를 포함하여 3명은 눈 운동 실험에 참가한 경력이 많은 숙련된 피험자 이었고, 3명은 이전에 눈 운동 관련 실험에 참여해 본 경험이 없었다. 피험자들은 정상시력 또는 정상교정시력을 가졌다.

도구. 자극은 1024 X 768 해상도와 85Hz의 수평 주파수를 갖는 17인치 LG Flatron 모니터에 제시되었다. 자극의 생성 및 통제는 PowerMac G4/450에 의해 이루어졌으며, 실험 프로그램은 Matlab과 Matlab 함수 모음인 Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997)에 의해 구성되었다.

자극. 회색배경 (56.8 cd/m<sup>2</sup>) 의 중앙부위에 참조자극인 검정색 점 (5.5 cd/m<sup>2</sup>, 0.16 deg X 0.16 deg)이 제시되고 구성된 적색 추적점 (90.5 cd/m<sup>2</sup>, 0.16 deg X 0.16 deg)이 화면의 중앙에서 왼쪽으로 10 도 떨어진 곳에서 오른쪽으로 6.7도/초의 속도로 움직이다가 추적점이 참조자극인 검정색 점 바로 아래에 위치하는 순간에 표적인 사각형 프레임



(그림 1) 실험 1에 사용된 자극에 대한 도식적인 예: 목표대상 (밝은 사각형)과 참조자극 (흑색점)의 위치. 화살표가 붙은 사각형은 추적점을 나타낸다. 그림에서 점선으로 표시된 사각형은 순간적으로 노출되는 표적자극을 나타낸다 (실제 실험에서는 바탕보다 밝은 흰색 실선으로 구성되었다).

(116.4 cd/m<sup>2</sup>, 2.36 deg X 2.36 deg)이 참조자극을 둘러싼 형태로 아주 짧은 시간 (1 frame, 11.76 msec)동안 제시되었다 사라졌다. 적절한 피험자의 추적 눈 운동을 유도하기 위하여 표적이 사라진 후에도 추적점은 동일한 속도로 오른쪽으로 계속 움직이다가 중앙으로부터 6 도 떨어진 곳에 도달하면 사라졌다. (그림 1)은 실험 1에 사용된 자극을 도식적으로 나타낸 것이다. 실험 1에서 조작된 변인은 참조자극과 표적의 상대적인 위치인데, 표적은 모든 시행에서 화면의 중앙에 제시되지만, 참조자극은 중앙으로부터 왼쪽으로 0.591도 떨어진 곳에, 중앙에, 그리고 오른쪽으로 0.591도 떨어진 곳에 나타나도록 하였다. 참조자극과 표적의 상대적인 위치에 관계없이, 표적은 추적점이 참조자극 바로 아래에 오는 순간에 순간적으로 노출되었다 사라졌다. 추적 눈 운동이 끝나면, 참조자극이 사라지고, 피험자로 하여금 상대적인 위치지각을 보고하도록 하기 위해 화면의 좌측 (중앙으로부터 10 도 떨어진 곳)에 표적의 크기와 동일한 사각형 프레임이 제시되고 프레임 안에 매시행마다 수평축에서 무선적인 위치에 (수평축에서의 무선적인 위치의 범위는 참조자극의 위치조건에 관계없이 표적 자극의 크기인 2.36 deg 안에서 결정되었으며, 수직축으로는 사각형 프레임의 중앙에 제시 되었음) 참조자극의 크기와 동일한 크기의 검정색 점이 제시되었다. 이와 같이 피험자의 반응을 위하여 제시되는 목표자극내에 참조자극이 무선적인 위치에 나타나도록 한 이유는 참조자극이 일정한 위치에 나타날 경우에 나타날 수 있는 피험자의 반응편파를 사전에 방지하기 위함이었다. 위치를 무선적으로 선택한 이유는 이때, 키보드에서 “1”과 “2”버튼을 누르면 사각형 프레임이 각기 좌/우로 움직이도록 하였다.

실험절차. 모든 시행에서 추적 눈 운동 방향은 좌측에서 우측으로 고정되었다. 하나의 세션은 30 시행으로 구성되었다. 세 가지 참조자극의 위치 (좌측 0.591도, 중앙, 우측 0.591도) X 반복 10회. 각 세션 내에서 각각의 조건은 무선적으로 제시되었다. 모든 시행에서 먼저 추적점이 제시되었고, 피험자는 준비가 되면 ‘스페이스 바’ 버튼을 누르도록 지시받았다. 피험자가 ‘스페이스 바’ 버튼을 누르면 이와 동시에 추적점이 오른쪽으로 움직이기 시작하고 피험자는 추적점을 눈으로 추적하였다. 추적점이 오른쪽으로 이동하다가 참조자극 바로 아래에 위치하면 표적이 아주 짧은 시간 (11.76 msec) 동안 제시되었다 사라졌다. 추적 눈 운동이 끝난 후에 피험자로 하여금 참조자극에 상대적인 표적의 위치를 보고하도록 하기위해 화면 좌측에 반응자극이 제시되고 피험자는 “1”과 “2”버튼을 조작함으로써 정지되어 있는 검은색 점을 기준으로 사각형 프레임을 좌/우로 움직임으로써 자신이 지각한 상대적인 위치를 나타

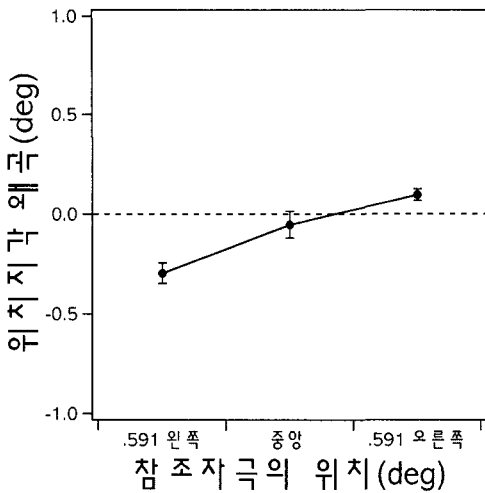
내도록 하였고, 반응자극이 자신이 지각한 상대적인 위치와 일치하면 ‘E’ 버튼을 이용하여 시행을 종료시켰다. 한 시행이 종료되면 자동적으로 그 다음 시행으로 진행되었다. 하나의 시행에서 피험자가 표적을 반복하여 보는 것은 허락되지 않았다. 각 피험자들은 세션을 4회 반복하여, 세 실험조건 각각에 대하여 총 120회 반복 수행을 하였다. 첫 번째 세션의 시행은 연습시행으로 간주되었고, 결과분석에서는 마지막 3회 세션의 데이터만 이용되었다. 피험자의 머리 움직임을 최소화하기 위하여 턱 받침대가 사용되었고, 관찰거리는 45 cm 이었다. 참조자극에 대한 표적의 상대적인 위치는 (그림 2)에 제시된 것처럼 피험자가 반응자극을 이용하여 보고한 거리 (D2)에서 원래 피험자에게 제시된 참조자극과 표적의 거리 (D1)를 빼어 줌으로써 계산하였다. D1과 D2의 계산은 참조자극의 위치조건과 목표자극의 지각된 위치에 관계없이 항상 목표자극의 왼쪽 변으로부터 참조자극까지의 거리로 계산되었다.

## 결과

피험자들의 자료유형은 연구가설을 이는데에 관계없이 기본적으로 유사하였다. 그림 3은 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡을 나타낸다. 그림에서 상대적인 위치지각 왜곡이 “0”이라고 하는 것은 상대적인 위치지각의 왜곡이 없었다는 것을 의미한다. 실험 1에서 상대적인 위치지각의 왜곡이 부적이라고 하는 것은 D2가 D1보다 작았다는 것을 의미하며 반대로, 상대적인 위치지각의 왜곡이 정적이라고 하는 것은 D2가 D1보다 컸다는 것을 의미한다. (그림 3)이 보여 주듯이, 모든 참조자극의 위치에 걸쳐서 표적의 상대적인 위치지각 왜곡이 관찰되었다. 참조자극이 표적의 중앙에 위치하거나 왼쪽에 치우쳐 있을 때에 상대적인 위치지각의 왜곡은 부적이었다고 참조자극이 표적의 오른쪽에 치우쳐 있을 때에 상대적인 위치지각의 왜곡은 정적이었다. 이러한 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡은 통계적으로 유의미하였다 ( $F(2,10) = 5.87$ ,  $MSE = 0.04$ ,  $p < 0.05$ ). 그림에서 부적인 위치지각 왜곡은 그림 2에 제시된 상황처럼 순간적으로 노출되는 목표자극이 눈 운동 방향으로 상대적으로 왜곡되었음을 의미하며, 정적인 위치지각 왜곡은 그림 2의 상황과 반대로 (즉, D2가 D1보다 큰 경우) 눈 운동 반대 방향으로 목표자극이 왜곡되었음을 의미한다. 그림에서 오차막대는 95% 신뢰구간의 표준오차를 나타낸다.

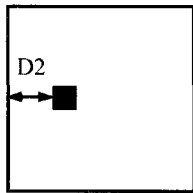
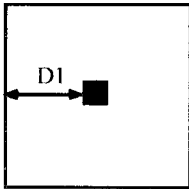
## 논의

안정적이고 정지된 참조자극이 존재함에도 불구하고 순간적으로 노출된 표적의 상대적인 위치지각 왜곡이 발견



(그림 2) 실험 1에서 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡. 그림에서 오차막대는 95% 신뢰 구간의 표준오차를 나타낸다.

참조자극과 목표자극의 거리 D1



보고한 거리 D2

(그림 3) 실험 1에서의 상대적인 위치지각의 왜곡 계산방식 예: 보고한 거리 (D2) - 실제거리 (D1).

되었으며, 상대적인 위치지각의 왜곡양상은 참조자극과 표적의 상대적인 위치에 따라서 변화하였다. Brenner와 Cornelissen (2000)은 상대적인 위치지각은 망막상의 내용을 그대로 반영한다고 주장하였는데, 상대적인 위치지각이 망막에 형성된 대상의 내용을 그대로 반영하는 것이라면, 참조자극이 정적이고 안정적인 상황에서 상대적인 위치지각의 왜곡이 발견되어서는 안되며, 또한 참조자극의 위치에 따라서 표적의 위치지각 왜곡패턴이 변화되어서도 안된다. 안정적이고 정지된 참조자극이 존재하는 경우에

도 상대적인 위치지각 왜곡이 발생하며 또한 참조자극과 표적의 상대적인 위치변화에 따라서 표적의 상대적인 위치지각 왜곡 양상이 변화한다는 실험 1의 결과는 Brenner와 Cornelissen이 주장하듯이 상대적인 위치지각이 망막에서의 두 대상의 관계를 그대로 반영하지 않음을 시사한다.

실험 1의 결과에서 주목해야 할 것은 참조자극의 위치가 표적 내에서 중앙이나 왼쪽에 치우쳐 위치할 때에 상대적인 위치지각의 왜곡이 부적인데 반하여 참조자극의 위치가 표적 내에서 오른쪽에 치우쳐 위치할 때에는 상대적인 위치지각의 왜곡이 정적이라는 것이다. 상대적인 위치지각의 왜곡이 부적이라고 하는 것은 정적인 참조자극의 위치지각이 안정적인 환경을 전제할 때, 순간적으로 노출되는 표적의 위치가 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각된 것으로 해석할 수 있다. 이러한 눈 운동 방향으로의 왜곡된 위치지각은 전형적인 절대적인 위치지각에서의 왜곡과 일치하는 것이다. 흥미로운 것은, 참조자극이 표적 내에서 오른쪽으로 치우쳐 위치할 때에 순간 노출되는 표적의 상대적인 위치지각이 정적이라는 것인데, 이러한 실험 결과는 정적인 참조자극의 위치지각이 안정적인 환경을 전제할 때, 전형적인 위치지각 왜곡의 방향과 상반되게, 순간 노출되는 표적의 절대적인 위치가 눈 운동의 반대방향으로 왜곡되어 지각된다는 것을 의미하는 것일까? 한 가지 가능성은 이와 같은 결과가 제한된 실험상황에서 나타나는 특수한 현상일 수 있다는 것이다. 이와 같은 현상이 제한된 조건에서 관찰되는 특수한 현상인지를 검증하기 위하여 실험 2와 실험 3을 수행하였다.

## 실험 2

실험 1에서 발견된 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡에서 표적과 참조자극의 거리 (참조자극이 중앙에 위치할 때)는 2.36도에 국한되었다. 또한, 실험 1에서 표적 내에 존재하는 참조자극의 위치와 참조자극과 표적간의 거리가 같이 변화하기에 실험 1에서 발견된 효과가 참조자극의 위치가 아닌 표적과 참조자극의 거리에 의한 것일 수 있다. 이러한 가능성을 검증하기 위하여 표적 내에 존재하는 참조자극의 위치를 통제하고 참조자극과 표적의 거리를 조작하면서 실험 1에서 관찰된 참조자극의 위치효과가 관찰되는지를 검증하였다.

## 방법

피험자. 실험 1에 참석한 피험자 6명이 실험 2에 그대로 참석하였다.

도구. 실험 1의 도구와 동일하였다.

자극. 실험 2에 사용된 자극은 기본적으로 실험 1에 사용된 자극과 동일하였다. 단, 실험 1에 사용된 표적의 크기가 2.36 deg X 2.36 deg에 국한되었던데 반하여, 실험 2에 사용된 표적의 크기는 세 가지 이었다: 2.36 deg X 2.36 deg, 3.15 deg X 3.15 deg, 4.73 deg X 4.73 deg. 따라서 표적과 참조자극간의 거리 (참조자극이 표적의 중앙에 위치한 경우)는 2.36 deg, 3.15 deg, 4.73 deg 세 가지이었다. 표적과 참조자극의 거리에 관계없이 참조자극의 위치는 실험 1에서와 동일하였다: 표적내의 중앙, 표적내의 중앙에서 표적내의 좌측으로, 표적의 좌측으로 0.591 deg, 표적의 우측으로 0.591 deg 치우친 위치.

실험절차. 총 시행수는 90회였다: 세 가지 표적과 참조자극의 거리 X 세 가지 참조자극의 위치 X 반복 10회. 그 외의 절차는 실험 1에 사용된 절차와 동일하였다.

### 결과

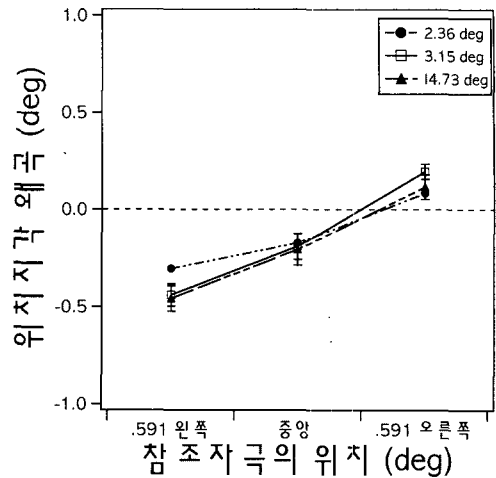
(그림 4)는 참조자극의 위치 및 표적과 참조자극간의 거리에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡을 나타낸다. 그림에서 나타나 있듯이 표적과 참조자극간의 거리에 관계없이 참조자극의 위치에 따라서 표적의 위치지각 왜곡패턴이 변화하였다. 실험 1에서의 결과와 일관되게, 참조자극이 표적 내에서 중앙이나 왼쪽에 치우쳐 위치한 경우에 표적의 상대적인 위치지각 왜곡이 부정인데 비하여 참조자극이 표적 내에서 오른쪽에 치우쳐 위치한 경우에 표적의 상대적인 위치지각 왜곡은 정적이었다. 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡은 통계적으로 유의미 하였으며 ( $F(2,10)=12.35$ ,  $MSE=0.11$ ,  $p < 0.01$ ), 참조자극과 표적의 거리에 따른 효과는 발견되지 않았다. 참조자극의 위치와 참조자극과 표적의 거리간의 상호작용 역시 발견되지 않았다.

### 논의

실험 1에서의 발견된 표적의 상대적인 위치지각 왜곡이 다양한 참조자극과 표적의 거리조건이 포함된 실험 2에서도 그대로 발견되었다. 특히, 실험 1의 결과와 일관되게 실험 2에서도 참조자극이 표적내의 오른쪽에 치우쳐 제시될 때 표적의 상대적인 위치지각 왜곡이 정적이었다. 이러한 실험 결과는 실험 1에서의 발견이 특정한 참조자극과 표적의 거리조건에서만 발견되는 특수한 것이 아니고 일반적인 현상임을 의미한다.

### 실험 3

실험 1에서 참조자극의 위치에 따라서 순간적으로 노출



(그림 4) 실험 2에서 참조자극의 위치 및 표적과 참조자극간의 거리에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡. 그림에서 오차막대는 95% 신뢰 구간의 표준오차를 나타낸다.

되는 표적의 상대적인 위치지각의 왜곡 양상이 변화하였다. 실험 2에서는 이와 같은 상대적인 위치지각의 왜곡 양상이 표적과 참조자극과의 거리에 관계없이 일반적으로 관찰되는 것임을 보여 주었다. 실험 1과 실험 2에서 관찰자의 눈 운동은 왼쪽에서 오른쪽으로 수행되었다. 가능성은 희박하지만, 실험 1과 2에서 관찰된 현상이 눈 운동 방향에 특정한 현상일 수 있다. 실험 3에서는 실험 1과 2에서 관찰된 현상이 눈 운동 방향과 관계없이 나타나는 일반적인 현상임을 검증하였다.

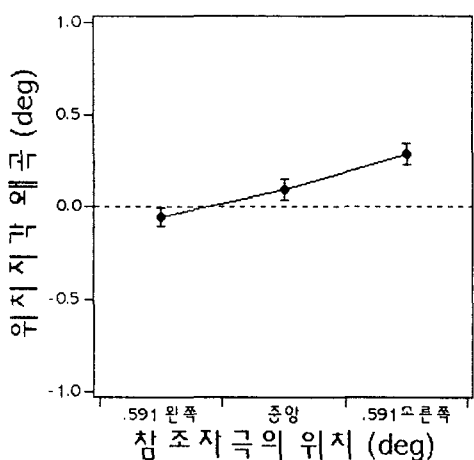
### 방법

피험자. 실험 1과 실험 2에 참석한 피험자 6명이 실험 3에 그대로 참석하였다.

도구. 실험 1의 도구와 동일하였다.

자극. 실험 3에 사용된 자극은 기본적으로 실험 1에 사용된 자극과 동일하였다. 실험 2에서 참조자극과 표적간의 거리에 관계없이 실험 1에서 관찰된 참조자극의 위치효과가 관찰되었기에, 실험 3에서는 실험 1에 사용된 표적의 크기를 실험 1에 사용된 크기인 2.36 deg X 2.36 deg에 제한하였다. 참조자극의 위치도 실험 1에서와 동일하였다: 표적내의 중앙, 표적내의 중앙에서 표적내의 좌측으로, 표적의 좌측으로 0.591 deg, 표적의 우측으로 0.591 deg 치우친 위치. 단, 실험 1에서 추적 눈 운동의 방향이 왼쪽에서 오른쪽이었던데 반하여, 실험 3에서 관찰자의 추적 눈 운동 방향은 오른쪽에서 왼쪽으로 제한하였다.

실험절차. 실험 3의 절차는 실험 1에 사용된 절차와 동



(그림 5) 실험 3에서 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡. 그림에서 오차막대는 95% 신뢰 구간의 표준오차를 나타낸다.

일하였다.

### 결과

(그림 5)는 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡을 나타낸다. 그림에 나타나 있듯이 참조자극의 위치에 따라서 표적의 위치지각 왜곡 양상이 변화하였다. 참조자극이 표적 내에서 중앙이나 오른쪽에 치우쳐 위치할 경우에 표적의 상대적인 위치지각 왜곡이 정적이던데 비하여 참조자극이 표적 내에서 왼쪽에 치우쳐 위치할 경우에 표적의 상대적인 위치지각 왜곡은 부적이었다. 참조자극의 위치에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡은 통계적으로 유의미 하였다 ( $F(2,10)=5.43$ ,  $MSE=0.06$ ,  $p < 0.05$ ).

### 논의

실험 1에서 추적 눈 운동의 방향은 왼쪽에서 오른쪽이었다. 이때, 참조자극이 표적의 왼쪽에 치우쳐 있거나 중앙에 위치할 때 위치지각 왜곡은 부적이었다고 참조자극이 표적의 오른쪽에 치우쳐 있을 때 위치지각의 왜곡은 정적이었다. 실험 3에서 추적 눈 운동의 방향은 오른쪽에서 왼쪽이었다. 이때, 참조자극이 표적의 중앙에 위치하거나 오른쪽에 치우쳐 위치할 때 위치지각 왜곡은 정적이었다고 참조자극이 표적의 왼쪽에 치우쳐 있을 때 위치지각 왜곡은 부적이었다. 두 실험에서 공통된 결과는 참조자극이 표적의 중앙을 기준으로 중앙이나 눈 운동 방향의 반대쪽에 치우쳐서 제시되는 경우에 상대적인 위치지각 왜곡은 부적이었으며 반대로 눈 운동 방향과 같은 쪽에 치우쳐서 제시

되는 경우에 상대적인 위치지각의 왜곡이 정적이었다는 것이다. 실험 3의 결과는 실험 1에서 발견된 표적의 상대적인 위치지각 왜곡과, 표적과 참조자극의 상대적인 위치에 따라서 체계적으로 변화하는 상대적인 위치지각 왜곡의 양상 변화가 눈 운동 방향과 관계없이 안정적으로 관찰됨을 시사한다.

### 종합논의

안정적인 참조자극이 존재함에도 불구하고 추적 눈 운동 동안에 순간적으로 제시되는 표적의 상대적인 위치가 왜곡되어 지각되었으며, 상대적인 위치지각의 왜곡 양상은 표적과 참조자극의 상대적인 위치에 따라서 변화하였다. 실험 1과 2에서 관찰된 것처럼, 추적 눈 운동의 방향이 왼쪽에서 오른쪽일 때, 참조자극이 표적의 중앙에 제시되거나 눈 운동 방향을 기준으로 중앙으로부터 반대쪽(실험 1과 2에서는 표적내의 왼쪽)에 치우쳐서 제시 되면 상대적인 위치지각 왜곡이 부적이었으며, 참조자극이 눈 운동 방향을 기준으로 중앙으로부터 눈 운동 방향 쪽(실험 1과 2에서는 표적내의 오른쪽)에 치우쳐서 제시될 때, 상대적인 위치지각 왜곡은 정적이었다. 이와 같은 실험 결과는 눈 운동 방향이 반대인 경우에도 일관되게 관찰되었다. 이러한 실험결과는 위치지각과 관련하여 기존에 제안된 이론에 의하여 어떻게 설명될 수 있는가?

본 연구에서는 표적과 참조자극의 절대적인 위치를 측정하지 않았고 참조자극에 상대적인 표적의 위치만을 측정하였기 때문에 실제 표적의 위치가 어떻게 지각되었는지 판단하는 것은 불가능하다. 하지만, 일반적으로 정지되어 있는 안정적인 대상의 위치가 정확하게 표상된다는 것을 전제로 한다면, 상대적인 위치지각 왜곡이 부적이라는 것은 순간적으로 제시되는 표적의 위치가 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각되었다는 것을 의미한다. 반면에, 상대적인 위치지각 왜곡이 정적이라는 것은 순간적으로 제시되는 표적의 위치가 눈 운동의 반대방향으로 왜곡되어 지각되었다는 것을 의미한다. 하지만, 추적 눈 운동 동안에 순간적으로 제시되는 자극의 절대적인 위치가 눈 운동 방향으로 위치가 왜곡되어 지각된다는 기존의 실험결과를 고려할 때, 참조자극과 표적의 상대적인 위치변화에 따라서 표적의 위치가 때로는 눈 운동 방향으로 때로는 눈 운동의 반대방향으로 왜곡되어 지각된다고 보기는 힘들다. 따라서, 참조자극과 표적의 상대적인 위치변화에 따른 표적의 상대적인 위치지각 왜곡양상의 변화를 기존의 연구에서 보고된 전형적인 절대적인 위치지각 왜곡으로 재해석하는 것은 바람직하지 않다.

Brenner와 Cornelissen (2000)은 절대적인 위치와 상대적인 위치가 각기 독립적인 기체에 의해 처리된다고 가정하면서, 절대적인 위치가 눈 위치정보를 고려하여 지각된다면, 상대적인 위치는 눈 위치정보를 고려하지 않고 망막에 형성된 대상간의 위치를 반영하여 지각된다고 주장하였다. 만약, 상대적인 위치가 망막에 형성된 표적과 참조자극의 상대적인 위치만을 반영하여 지각된다면 표적과 참조자극의 상대적인 위치변화가 상대적인 위치지각의 변화를 수반하더라도 상대적인 위치지각의 왜곡 양상에는 영향을 주지 말아야 한다. 하지만, 본 연구의 결과에 의하면 표적과 참조자극의 상대적인 위치변화가 상대적인 위치지각의 왜곡 양상의 변화를 수반하였다. 이와 같은 실험결과는 상대적인 위치지각이 망막에 형성된 대상의 상대적인 위치를 단순히 반영한 것이 아님을 시사한다. Brenner와 Cornelissen의 주장처럼 상대적인 위치가 망막에 형성된 대상의 상대적인 위치를 단순히 반영한 것이 아니라면 상대적인 위치지각에 눈 위치 정보가 이용되었다고 보아야 하는가? 눈 위치 정보가 이용될 때에 위치지각 왜곡이 발생한다고 하는 것은 눈 위치정보가 정확하게 계산되지 못하였다는 것을 의미한다. 하지만 Brenner와 Cornelissen의 주장과 달리 눈 위치정보가 상대적인 위치지각에 이용된다고 가정하는 것이 본 연구의 실험결과를 깨끗하게 설명하지도 못한다. 왜냐하면, 표적과 참조자극의 위치에 따라서 상대적인 위치지각의 왜곡양상이 변화한다는 본 연구의 실험결과를 설명하기 위해서는 표적과 참조자극의 위치에 따라서 눈 위치 정보의 계산 정확도가 체계적으로 변화해야 한다는 무리한 가정을 해야 하기 때문이다. 따라서, 표적과 참조자극의 위치변화에 따라서 표적과 참조자극의 상대적인 위치지각 왜곡의 양상이 변화한다는 본 연구의 실험결과는 망막에 형성된 두 대상의 상대적인 위치에 의해서 단독으로 설명되지도 않고 눈 위치 정보의 계산 부정확에 의해서도 단독으로 설명되지 않는다.

절대적인 위치지각에서의 왜곡을 설명하기 위하여 제안된 부적합 결합가설도 본 연구의 실험결과를 깨끗하게 설명하지 못한다. 부적합 결합가설이 절대적인 위치지각 왜곡을 설명하기 위해 제안되었기 때문에 부적합 결합가설이 상대적인 위치지각 왜곡을 설명하지 못한다고 하더라도 부적합 결합가설의 절대적인 위치지각 왜곡 자체에 대한 설명력이 감소하지는 않는다. 하지만, 부적합 결합가설이 순간적으로 제시되는 자극이 시각중추에 도달하는 데에 일정시간이 소요된다는 신경심리학의 일반적인 가정에 기초하고 있고, 절대적인 위치지각 상황이나 상대적인 위치지각 상황 모두에서 순간적으로 제시되는 자극이 시각중추에 도달하는 데에 일정시간이 소요되며, 자극의 속성

에 따라서 중추신경계에 도달하는 데에 소요되는 시간이 다를 것으로 가정되고 (Krekelberg & Lappe, 2001) 또한 본 연구에서 이용한 참조자극과 표적의 속성이 상이하기에 부적합 결합가설이 상대적인 위치지각 왜곡을 설명할 수 있는지 검토해 보는 것은 의미가 있다. 참조자극의 공간적 속성이나 시간적 속성을 조작하는 것은 부적합 결합가설에서의 중요한 요인인 지연시간 (표적에 대응하는 감각신호가 중앙신경체계에 도달하는 데에 소요되는 시간)에 영향을 주지 않는 것으로 예상된다. 따라서, 부적합 결합가설이 표적의 상대적인 위치지각 왜곡 양상을 타당하게 설명한다면, 참조자극의 시공간적 속성을 조작하는 것은 표적의 상대적인 위치지각에 영향을 주지 말아야 한다. 실험 1과 3의 결과에 의하면, 표적과 참조자극의 상대적인 위치가 표적의 상대적인 위치지각 왜곡에 영향을 미친다. 이러한 실험결과는 부적합 결합가설 자체만으로는 표적의 상대적인 위치지각 왜곡을 제대로 설명할 수 없음을 시사한다.

표적과 참조자극의 상대적인 위치변화에 따라서 표적의 상대적인 위치지각 왜곡 양상이 변화한다는 본 연구의 실험결과는 절대적인 위치지각의 왜곡, 망막에 형성된 두 대상의 상대적인 위치, 눈 위치정보의 계산 부정확성 그리고 부적합 결합가설 중 어느 하나에 의해서 완벽하게 설명되지 않는다. 그렇다면, 표적과 참조자극의 상대적인 위치변화에 따라서 상대적인 위치지각의 왜곡 양상이 변화하는 본 연구의 실험결과는 어떻게 설명될 수 있는가? 한 가지 가능성은 본 연구의 결과가 앞서 언급한 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하여 나타난 결과일 수 있다는 것이다. 또 다른 가능성은 참조자극을 기준으로 순간 노출되는 표적이 점유한 공간이 지각적으로 압축되어 나타난 결과일 수 있다는 것이다. 실제로, 도약 눈 운동이 유발 (onset)되는 시점을 전후해서 도약 눈 운동의 목표지점을 기준으로 공간이 압축 (compression)되어 지각된다는 연구결과가 있다 (Ross, Morrone & Burr, 1997). 추적 눈 운동 동안에 공간이 압축되어 지각된다는 증거는 현재로서는 없지만, 만약 참조자극을 기준으로 참조자극을 둘러싼 표적이 점유하는 공간이 압축되어 지각된다면, 설명 표적의 절대적인 위치가 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각될지라도 압축에 비해 절대적인 위치지각의 왜곡이 상대적으로 작다면 참조자극에 상대적인 표적의 위치에 대한 지각왜곡은 정적일 수 있을 것이다. 추적 눈 운동 동안에 공간압축이 발생하는 것인지, 그리고 추적 눈 운동 동안의 공간압축으로 본 연구의 실험결과를 어떻게 설명할 수 있는지, 공간압축으로 본 연구의 실험결과가 설명되지 않는다면 어떻게 본 연구의 실험결과가 설명될 수 있는지는 앞으로의 연구문



제로 남는다.

## 참고문헌

- 이형철 (2003). 추적 눈 운동에 의해 유발된 2차원 모양 및 위치 지각의 왜곡에 대한 참조틀의 영향. *한국 심리학회지: 실험* 15 (3), 393-407.
- 이형철, 감기택, 김은수, 윤장한 (2002). 추적 눈 운동에 의한 3차원 경사지각에서의 체계적인 왜곡. *한국 인지과학회지* 13 (2), 37-45.
- 이형철, 김은수 (2002). 참조자극이 존재하는 자극상황에서의 추적 눈 운동에 따른 대상의 모양 및 운동경로 지각의 왜곡. *한국 실험 및 인지심리학회지* 14 (1), 33-46.
- Bischof, N. & Kramer, E. (1968). Unterschung und Uberlegungen zur Richtungswahrnehmung bei willkurlichen sakkadischen Augenbewegungen. *Psychologische Forschung*, 32, 185-218.
- Boucher, L., Groh, J. M. & Hughes, H. C. (2001). Afferent delays and the mislocalization of perisaccadic stimuli. *Vision Research*, 41, 2631-2644.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Brenner, E. & Cornelissen, F. W. (2000). Separate simultaneous processing of egocentric and relative positions. *Vision Research*, 40, 2557-2564.
- Brenner, E. & Smitts, J. B. J. (1998). Using oculo-motor efference to predict a moving target's position. In B. Brill, A. Ledebt, G. Dietrich, & A. Roby-Brami, *Advances in perception-action coupling* (pp. 90-94). Paris: EDK.
- Brenner, E., Smeets, J.B. J. & van den Berg, A. V. (2001). Smooth eye movements and spatial localization. *Vision Research*, 41, 2253-2259.
- Dassonville, P., Schlag, J. & Schlag-Rey, M. (1990). A damped representation of eye position is used in oculomotor localization. *Society for Neuroscience Abstracts*, 16, 1085.
- Dassonville, P., Schlag, J. & Schlag-Rey, M. (1992). Oculomotor localization relies on a damped representation of saccadic eye displacement in human and nonhuman primates. *Visual Neuroscience*, 9, 261-269.
- Dassonville, P., Schlag, J. & Schlag-Rey, M. (1995). The use of egocentric and exocentric location cues in saccadic programming. *Vision Research*, 35, 2191-2199.
- Honda, H. (1989). Perceptual localization of visual stimuli flashed during saccades. *Perception & Psychophysics*, 46, 162-174.
- Honda, H. (1990). Motor representation and control. In *Attention and Performance XIII* (de. Jeannerod, M), 567-582. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Honda, H. (1991). The timecourses of visual mislocalization and of extra-retinal eye position signals at the time of vertical saccades. *Vision Research*, 31, 1915-1921.
- Honda, H. (1993). Saccade-contingent displacement of the apparent position of visual stimuli flashed on a dimly illuminated structured background. *Vision Research*, 33, 709-716.
- Honda, H. (1997). Interaction of extraretinal eye position signals in a double-step saccade task: psychophysical estimation. *Experimental Brain Research*, 113, 327-336.
- Krekelberg, B. & Lappe, M. (2001). Neuronal latencies and the position of moving objects. *Trends in Neuroscience*, 24, 335-339.
- Li, H.-C. O., Brenner, E., Cornelissen, F. W., & Kim, E.-S. (2002). Systematic distortion of perceived 2D shape during smooth pursuit eye movement. *Vision Research*, 42, 2569-2575.
- Mateeff, S. (1978). Saccadic eye movements and localization of visual stimuli. *Perception & Psychophysics*, 24, 215-224.
- Matin, L. (1972). Eye movements and perceived visual direction. In D. Jameson & L. M. Hurvich, *Handbook of sensory physiology: visual psychophysics*, vol. 7(4). New York: Springer.
- Matin, L., Matin, E. & Pola, J. (1970). Visual perception of direction when voluntary saccades occur: II. Relation of visual direction of a fixation target extinguished before a saccade to a subsequent test flash presented before the saccade. *Perception & Psychophysics*, 8, 9-14.
- Maunsell, J. H. R. & Gibson, J. R. (1992). Visual response latencies in striate cortex of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 68, 1332-1344.
- Miller, J. M. (1980). Information used by the perceptual and oculomotor systems regarding the amplitude of saccadic and pursuit eye movements. *Vision Research*, 20, 59-68.
- Miller, J. M. (1989). Egocentric localization around the time of saccadic eye movements. *Investigative*

- Ophthalmology 7 Visual Science (Suppl.)*, 30, 516.
- 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.
- Mitrani, L. & Dimitrov, G. (1982). Retinal location and visual localization during pursuit eye movements. *Vision Research*, 22, 1047-1051.
- O'Regan, J. K. (1984). Retinal versus extraretinal influences in flash localization during saccadic eye movements in the presence of a visible background. *Perception & Psychophysics*, 36, 1-14.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Ross, J., Morrone, M. C. & Burr, D. C. (1997). Compression of visual space before saccades. *Nature*, 386, 709-716.
- Schlag, J. & Schlag-Rey, M. (2002). Through the eye, slowly: delays and localization errors in the visual system. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 191-199.
- Schmolesky, M. T., Wang, Y., Hanes, D. R., Thompson, K. G., Leutgeb, S., Schall, J. D. & Leventhal, A. G. (1998). Signal timing across the macaque monkey visual system. *Journal of Neurophysiology*, 79, 3272-3278.

접 수	2004년 7월 13일
게재승인	2004년 9월 18일