

## 행위 가능성에 의한 개인의 공간의 시각 민감도 향상\*

박 정 호<sup>1)</sup> 김 효 정<sup>2)</sup> 백 종 수<sup>3)</sup> 이 도 준<sup>4)\*</sup>

<sup>1)</sup>Johns Hopkins University, Department of Cognitive Science

<sup>2)</sup>University of Texas at Austin, Department of Psychology

<sup>3)</sup>연세대학교 글로벌융합기술원

<sup>4)</sup>연세대학교 심리학과

관찰자를 둘러싼 공간 중 손이나 발이 닿을 수 있는 공간과 그 바깥 공간을 각각 개인주변 공간과 개인의 공간이라 한다. 관찰자의 행위가 집중되는 개인주변 공간에서는 신체 감각과 통합된 시각 정보처리가 물체에 관한 시각 표상을 향상시킨다. 최근 여러 연구들은 개인의 공간에서도 관찰자가 도구를 사용하여 행위를 취할 수 있으면 개인주변 공간과 유사한 다중 감각적 통합이 발생할 수 있다고 보고하였다. 이에 본 연구는 개인의 공간의 시각 표상이 행위 가능성에 의해 향상될 수 있는지 검증하였다. 참가자들은 손이 닿을 수 없는 거리에 위치한 컴퓨터 화면 속의 과제를 자판을 사용하여 수행하였다. 실험 전, 후에 대비역을 측정함으로써 시각 민감도에 미치는 행위 가능성의 효과를 측정하였다. 실험 1에서는 화면에 제시된 공의 움직임을 직접 조작했던 행위 집단과 조작할 수 없었던 관찰 집단의 시각 민감도 변화를 측정하였다. 그 결과, 행위 집단의 시각 민감도가 관찰 집단에 비해 더 향상되었다. 실험 2에서는 행위 가능성을 참가자 내 설계로 조작하였다. 각 참가자는 공을 한쪽 화면에서는 움직일 수 있었지만 다른 쪽에서는 움직일 수 없었다. 그 결과, 공을 조작할 수 있었던 위치의 시각 민감도가 다른 위치의 시각 민감도보다 더 향상되었다. 이러한 결과는 행위 가능성에 의해 활성화된 두정엽의 행위자-중심 좌표 체계가 개인외 공간의 시각 표상을 향상시켰기 때문인 것으로 추정된다.

주요어 : 행위 가능성, 개인외 공간, 개인주변 공간, 시각 민감도, 대비역

---

\* 본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 뇌과학원천기술 개발사업의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2010-0018949).

† 교신저자 : 이도준, 연세대학교 심리학과, (120-749) 서울 서대문구 연세로 50

E-mail : dojoon.yi@yonsei.ac.kr

“움직이려면 지각해야 한다. 그러나 지각하려면 움직여야 한다(We must perceive in order to move, but we must also move in order to perceive).” - James J. Gibson(1979, 223쪽).

지각은 단순히 환경의 정보를 수용하는 과정이 아니라 적극적으로 환경을 요약하고 해석함으로써 행위에 필요한 정보를 제공하는 과정이다. J. J. Gibson이 생태론적 접근을 통해 강조한 바와 같이 지각과 행위는 동전의 양면과 같다(Gibson, 1979). 지각은 행위를 인도하고 행위의 결과로 인해 변화한다. 변화된 지각은 다시 새로운 행위를 가능케 한다. 그러나 Gibson이 지각 이론에 끼친 영향력에도 불구하고, 행위와 관련된 요소들은 전통적인 지각 실험 장면에서 배제되어왔으며 지각과 행위의 관계에 관해서는 알려진 바가 많지 않다. 이에 본 연구는 ‘거리’를 중심으로 시각에 끼치는 행위의 영향을 탐색하고자 하였다.

거리는 시각 경험을 결정하는 주요 요인이다. 한편으로, 가까이 있는 물체는 먼 물체보다 더 정확하게 처리될 수 있다. 광학적 원리에 의해 물체가 가까울수록 망막에 더 큰 상이 맺히기 때문이다. 다른 한편으로, 가까이 있는 물체는 먼 물체보다 더 정확히 처리되어야 한다. 가까운 물체는 행위의 대상이 될 가능성이 더 높기 때문이다(Abrams, Davoli, Du, Knapp, & Paull, 2008). 관찰자가 물체에 대한 행위 의도를 실현하려면 신속하고 정확하게 대상 물체를 계측하고, 그 정보를 신체의 내적 상태 및 공간적 위치와 통합할 수 있어야 한다(Wolpert, Ghahramani, & Flanagan, 2001).

같은 맥락에서, 거리는 지각 공간을 ‘개인주변 공간(peripersonal space)’과 ‘개인의 공간(extrapersonal space)’으로 나눈다(Holmes & Spence, 2004; Rizzolatti, Fadiga, Fogassi, & Gallese, 1997). 개인주변 공간은 안으로는 신체가 차지한 개인 공간(personal space)을 에워싸고 바깥으로는 손과 발이 닿을 수 있는 최대 거리를 경계로 하여 ‘개인의 공간(extrapersonal space)’과 접한다. 개인주변 공간에서 관찰자는 물체를 직접 조작할 수 있으므로, 이 공간에서 통제감을 가장 강하게 느낀다(Gallese & Sinigaglia, 2010). 그에 비해 개인의 공간에서는 관찰자의 행위가 영향을 발휘하기 어렵다. 몸을 움직여 물체에 다가가지 않는 한, 손과 발을 사용하여 개인의 공간의 물체를 조작하는 것은 불가능하다.

개인주변 공간과 개인의 공간에서 경험할 수 있는 감각은 사뭇 다르다. 관찰자는 주로 시청각과 후각을 통해 개인의 공간을 경험하는데 비해, 개인주변 공간에서는 추가로 촉각뿐만 아니라 신체의 위치와 움직임에 관한 자기수용 감각(proprioception)을 동시에 활용할 수 있다. 원숭이의 전운동피질(premotor cortex)과 하두정피질(intraparietal cortex)에서 발견된 다중양식(multimodal) 뉴런들은 개인주변 공간에 분포된 감각 정보의 특성을 반영한다(Colby, Duhamel, & Goldberg, 1993; Graziano, Yap, & Gross, 1994; Hyvarinen & Poranen, 1974; Rizzolatti, Scandolara, Matelli, & Gentilucci, 1981). 이 뉴런들은 원숭이의 신체에 가까운 물체에 대하여 시각적으로 반응한다. 후두엽의 뉴런들이 망막 중심의(retinotopic) 시각 수용장을 가지는 것과 달리, 이 뉴런들은 신체 또는 신체

부위 중심의(body-centered) 수용장을 가진다. 개인주변 공간의 다중양식 정보들이 단일 뉴런 수준에서 통합되는 셈이다.

개인주변 공간과 개인의 공간의 차이를 편측 무시(unilateral neglect) 환자의 증상에서도 관찰할 수 있다. 우반구 손상으로 인해 좌측 시야를 정확히 의식하지 못하는 환자들 중에는 가까운 거리에서만 결함을 보이거나 먼 거리에서만 결함을 보이는 경우가 있다(Cowey, Small, & Ellis, 1994; Halligan & Marshall, 1991; Vuilleumier, Valenza, Mayer, Reverdin, & Landis, 1998). 이처럼 신경심리학적 증상에서 이중 해리(double dissociation)가 관찰된다는 사실은 시각 공간이 거리에 따라 서로 다른 신경회로에 의해 독립적으로 표상되고 있을 가능성을 시사한다.

그럼에도 불구하고 공간을 나누는 기준은 고정불변의 것이 아니다. 개인주변 공간은 관찰자가 도구를 사용함으로써 손과 발의 길이 너머로 확장될 수 있다(Holmes & Spence, 2004; Maravita & Iriki, 2004; Maravita, Spence, & Driver, 2003). 선행 연구들은 도구 사용이 유발하는 심리적, 신경생리적 효과를 보고해왔다. 예를 들어, Iriki 등(1996)은 왼손이가 긴 갈퀴를 사용하여 먼 거리의 물체를 조작하는 동안 하두정피질(intraparietal) 뉴런의 반응을 측정하였다. 이 뉴런들은 손의 촉감에 반응하는 체감각 수용장뿐만 아니라 물체에 시각적으로 반응하는 이중양상 수용장(bimodal receptive field)을 가지고 있었다. 갈퀴를 사용하기 전, 이중양상 수용장의 위치는 주로 손 근처에 제한되었다. 그러나 일단 왼손이가 갈퀴를 능숙하게 사용하게 되면 이 수용장은 갈퀴의 말단

부위로까지 넓게 확장되었다. 즉, 왼손이의 뇌는 갈퀴를 사지의 연장으로서 표상하게 된 것이다.

유사한 도구 효과를 정상인을 대상으로 한 실험에서도 관찰할 수 있었다(Bassolino, Serino, Ubaldi, & Ladavas, 2010; Maravita, Spence, Kennett, & Driver, 2002; Serino, Bassolino, Farne, & Ladavas, 2007). 한 실험에서 참가자는 오른손에 가해진 촉각 자극(전류)의 세기를 변별하는 동안 백색 소음을 들었다(Bassolino et al., 2010). 소음은 오른손 옆에 있는 스피커에서 들리거나 오른손에서 전방 70 cm 떨어진 모니터 화면 옆의 스피커에서 들렸다. 참가자는 소음이 멀리서 들렸을 때보다 가까이서 들렸을 때 촉각 자극을 더 빨리 구분할 수 있었다. 그러나 참가자가 컴퓨터 마우스를 사용하여 모니터 화면의 내용을 조작할 수 있으면(‘초록색 점들을 연결하기’), 소리 위치에 따른 촉각 변별 시간의 차이가 사라졌다. 마우스를 조작하여 먼 공간에 행위를 가할 수 있게 되자 오른손과 모니터 사이의 지각적 거리가 사라진 것이다. 이 결과가 특히 흥미로운 까닭은 도구 사용이 체감각의 질을 향상시켰다는 데 있다. 즉, 먼 공간의 청각 정보가 관찰자의 체감각에 통합됨으로써 촉각 판단에 필요한 시간을 줄일 수 있었다.

선행 연구들을 종합하면, ‘시각 공간을 나누는 거리’는 손과 발의 길이 자체보다는 관찰자의 행위 가능성(action capability)을 반영한다. 손이나 발이 닿지 않는 먼 거리의 물체를 관찰자가 조작할 수 있다면 그 물체가 위치한 개인의 공간은 기능적으로 개인주변 공간과 다르지 않다. 그러나 행위 가능성의 효과에

관한 연구는 주로 개인주변 공간의 교차 (crossmodal) 감각에 집중되어 있고, 개인의 공간의 시각 경험에서 일어나는 변화는 면밀히 검토되지 않았다. 이 주제와 관련된 선행 연구들은 대부분 거리 추정치를 종속변인으로 채택했다는 한계가 있다. 예를 들어, 참가자는 탁자 위에 비춰졌던 불빛의 위치를 손가락으로 짚을 때보다 지휘봉으로 짚을 때 불빛의 거리가 더 가깝다고 보고했고(Witt, Proffitt, & Epstein, 2005), 복도 저편에 있는 과녁을 지휘봉으로 가리킬 때보다 레이저 포인터로 비출 때 과녁의 거리가 더 가깝다고 보고했다(Davoli, Brockmole, & Witt, 2012). 이 연구들은 참가자로 하여금 거리를 추정하게 했기 때문에, 그 결과가 시각 과정의 변화에 기인한 것인지, 반응 편향이나 기억의 영향 때문인지 알기 어려웠다(Cooper, Sterling, Bacon, & Bridgeman, 2012; Durgin, DeWald, Lechich, Li, & Ontiveros, 2011). 더 나아가 이 연구들은 연구 목적을 투명하게 드러냄으로써 참가자를 요구 특성에 노출시켰다는 비판을 받고 있다(Firestone, 2013; Firestone & Scholl, 2014).

선행 연구들의 한계를 감안하여, 본 연구는 개인의 공간의 시각 경험이 행위 가능성의 영향을 받는지 검증하기 위해 두 건의 정신물리학적 실험을 실시하였다. 본 연구의 참가자는 손이 닿지 않을 만큼 멀리 떨어져 있는 컴퓨터 화면의 시각 자극을 자판을 사용하여 조작하였다. 참가자가 행위 가능성을 경험하기 전 후에 각각 한 번씩 자극 탐지를 위한 대비역 (contrast threshold)을 측정하여 시각 민감도의 변화량을 계산하였다. 시각 역치를 측정하였으므로 반응 편향이나 기억의 영향이 반응에

개입할 가능성이 적었고, 거리를 추정한 경우에 비해 시각 능력의 변화를 직접 평가할 수 있다는 장점이 있었다. 만약 행위 가능성에 의해 개인의 공간의 시각 민감도가 향상된다면 참가자의 대비역은 처음 측정할 때보다 두 번째로 측정할 때 더 낮아질 것이다. 이 가설을 검증하기 위해 실험 1에서는 참가자간 설계를 통해 행위 가능성의 효과를 조작하였고, 실험 2에서는 참가자내 설계를 통해 실험 1의 결과를 보완하였다.

## 실험 1

실험 1은 참가자간 설계를 통해 행위 가능성의 효과를 검증하였다. 참가자들은 무작위로 행위 집단이나 관찰 집단에 할당되었다. 실험 절차는 세 단계로 구성되었다. 첫 번째와 세 번째 단계에서는 모든 참가자들의 시각 민감도를 측정하였다. 두 번째 단계에서는 집단 별로 개인의 공간의 물체에 대한 행위 가능성을 조작하였다. 행위 집단의 참가자들은 120cm 앞에 놓인 컴퓨터 화면 속의 표적 공을 자판 조작을 통해 직접 움직였다. 그에 비해, 관찰 집단의 참가자들은 비슷한 조건에서 표적 공의 움직임을 관찰할 수 있었으나 직접 움직일 수는 없었다. 행위와 관찰의 효과는 두 차례 측정한 시각 민감도의 변화량을 통해 비교하였다. 행위 가능성이 시각 민감도를 향상시킨다면, 행위 집단의 시각 민감도가 관찰 집단에 비해 더 많이 향상될 것으로 예상하였다.

## 방 법

**참가자** 학부생 36 명이 심리학 과목 이수를 위한 크레딧이나 참가비를 받는 조건으로 실험에 자원하였다. 이들은 각각 18 명씩 행위 집단과 관찰 집단에 무선 할당되었다. 다섯 명의 참가자가 지시를 제대로 따르지 않아서 새로운 참가자들로 대체되었다<sup>1)</sup>. 최종 참가자 중 여성은 17 명이었고, 모든 참가자의 평균 연령은 22.3 세였다<sup>2)</sup>. 모든 참가자들은 나안 또는 교정시력이 정상이었다. 실험 후 설문을 통해 참가자들이 실험의 목적이나 가설을 사전에 알지 못했음을 확인하였다. 연구 방법은 연구 윤리 위원회의 검토를 거쳤고, 참가자들은 실험 전에 참가 동의서에 서명하였다.

**도구** 실험은 암실에서 진행되었다. 화면 주사율 60 Hz 인 17 인치 모니터를 통해 자극이 제시되었다. 참가자는 모니터 화면으로부터 120 cm 떨어진 턱받이에 턱을 뒀 채로 과제에 임했고, 자판을 사용하여 반응을 입력하였다.

- 1) 턱받이를 지속적으로 사용하지 않고, 실험 중 휴대폰을 사용하거나, 표적 공의 움직임을 양방향으로 제어할 수 있다는 사실을 숙지하지 못하여 공을 움직이는 데 불편함을 겪은 참가자들을 분석에서 제외하였다.
- 2) 행위 집단은 여성이 10명이고 평균 연령이 21.1 세(범위 19~25세)였으며, 관찰 집단은 여성이 7 명이고 평균 연령이 23.4세(범위 19~31세)였다. 사후에 실시한 접합도 분석에서 두 집단의 남녀 분포 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $p > .5$ . 그러나 행위 집단보다 관찰 집단의 연령이 유의미하게 높았던 것으로 나타났다,  $t(34) = 2.605, p < .05$ . 실험 1의 '결과 및 논의'에서 집단 간 연령차에 관해 논의하였다.

실험 절차와 반응 수집은 Matlab 과 Psychtoolbox 를 통해 제어되었다(Brainard, 1997; Pelli, 1997).

**절차** 실험은 세 단계로 구성되었다. 첫 번째 단계에서는 개별 참가자의 대비역을 측정했고, 두 번째 단계에서는 집단 별로 행위 가능성을 조작하였다. 마지막 세 번째 단계에서는 다시 개별 참가자의 대비역을 측정하여 행위 가능성에 의해 변화된 대비역을 계산하였다.

**대비역 측정.** 참가자는 80 시행의 가버 패치 탐지 과제를 수행하였다. 매 시행 마다 회색 화면 중앙에 제시된 응시점(+)이 깜박인 후, 응시점에서 왼쪽이나 오른쪽으로 3.7° 떨어진 위치에 200 ms 동안 가버 패치가 제시되었다(그림 1). 참가자는 왼쪽이나 오른쪽 방향의 화살표를 눌러서 가버 패치의 위치를 보고 하였다. 반응이 입력되면 새로운 시행이 곧 시작되었다.

가버 패치는 6 cpd 의 공간 주파수를 가졌고 수직 방향이었다. 대비 강도(c)는 아래와 같이 가버 패치의 가장 밝은 부분의 밝기와 배경의 밝기(각각  $L_{max}$ ,  $L_0$ ) 차이로 정의하였다.

$$c = \frac{L_{max} - L_0}{L_0}$$

최초 대비는 20%였고, 참가자의 탐지 반응에 근거하여 계단 절차(staircase procedure)를 통해 후속 시행의 대비가 결정되었다. 참가자가 한 시행에서 틀렸다면 다음 시행의 자극 강도는 이전 자극의 대비 강도보다 12.2%(1 dB) 만

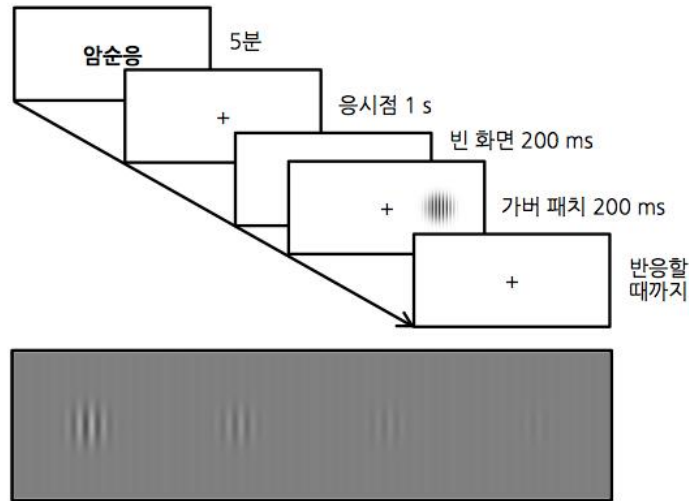


그림 1. 실험 1의 대비역 측정 절차. 첫 번째 대비역은 5분간의 암순응 후 측정하였다. 응시점이 깜박인 후 가버 패치가 응시점(+)의 왼쪽이나 오른쪽에 잠시 출현했다가 사라지면, 참가자는 가버 패치가 출현한 위치에 해당하는 화살표를 눌렀다. 실제 실험에서는 낮은 대비의 가버 패치가 제시되었고, 배경 화면 색은 회색이었다. 실험에서 사용된 가버 패치의 예를 하단에 제시하였다(대비 강도  $c$  는 왼쪽부터 40%, 20%, 10%, 5%).

큼 강해졌고, 연속해서 두 시행을 맞췄다면 다음 시행의 대비 강도는 12.2% 만큼 감소했다. 가령, 첫 번째 시행에서 제시된 20% 대비 강도의 자극에 대하여 참가자가 틀린 답을 보고하면 두 번째 시행에서는  $20 + 20 \times 0.122$ 의 대비 강도를 가진 자극이 제시되었고, 이 시행에서도 틀린 답을 보고하면 세 번째 시행에서  $25.18\% (= 22.44 + 22.44 \times 0.122)$  대비 강도의 자극이 제시되었다. 연속된 시행에서 대비 조절 방향이 역전되는 시점들(reversal points) 중 마지막 네 번의 대비를 평균하여 대비역을 정의하였다. 이론적으로, 이 절차를 통해 측정된 대비역은 70.7% 정확도에 해당하는 자극 대비 강도로 수렴하게 된다(Brown, 1996). 이 대비역을 행위 가능성을 조작하기 전후로 한 번씩 측정하여 비교함으

로써 행위 가능성이 시각 분석에 미치는 효과를 계산하였다.

암순응 상태에서 대비역을 측정하기 위해 첫 번째 대비역 측정은 참가자가 암실에 입장한 후 5분이 지나서 시작하였다. 두 번째 대비역 측정은 집단별 행위 가능성 조치가 완료된 직후에 실시하였다.

**행위 가능성 조작.** 참가자들은 집단별로 각기 다른 ‘중심각 판단’ 과제를 수행하였다. 행위 집단의 참가자들은 매 시행마다 표적 공을 움직여서 공의 위치와 시작점이 특정한 중심각을 이루게 하였다(그림 2, 왼쪽). 매 시행의 순서는 다음과 같다. 먼저 화면에 1초간 응시점이 제시된 후 중심각을 나타내는 숫자가 제시되었다. 중심각은 전 방위에 걸쳐

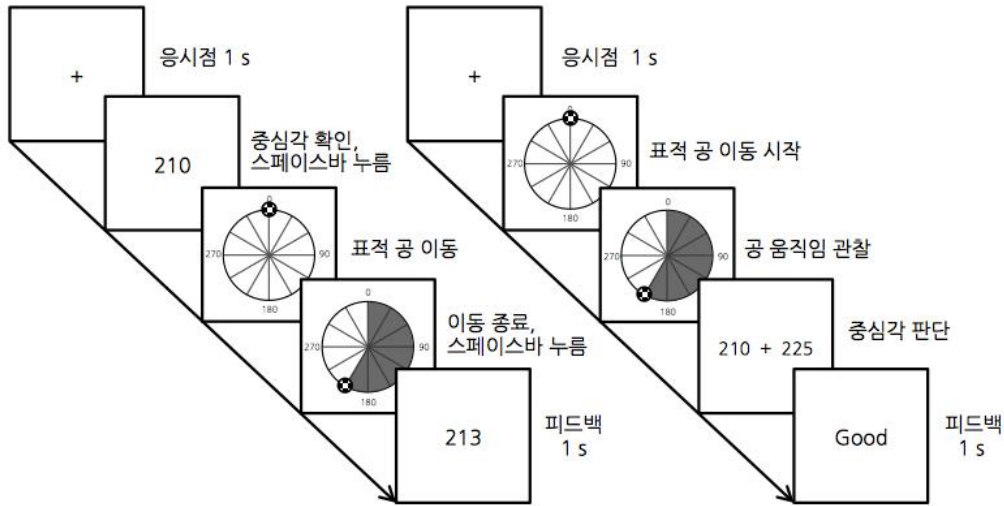


그림 2. 실험 1의 행위 가능성 조작 절차. 행위 집단의 참가자들은 매 시행마다 주어진 중심각만큼 표적 공을 움직였고(왼쪽), 관찰 집단의 참가자들은 표적 공이 움직인 중심각을 추정했다(오른쪽). 실제 실험에서 표적 공은 분홍색이었고 배경은 밝은 회색이었다.

고르게 분포된 72 개의 각도들 중에서 0°, 90°, 180°, 270°를 제외한 68 개의 각도 중 하나였다. 각도를 확인한 참가자가 스페이스 바를 누르면 분홍색 공(반지름 0.2°)과 원형 궤도(반지름 4.9°)가 제시되었다. 참가자에게 속도보다 정확성을 중시하도록 지시하였고, 정확한 판단을 장려하기 위해 중심각 30° 마다 안내선을 제시하였다. 참가자들은 왼쪽 방향 또는 오른쪽 방향 화살표를 눌러서 주어진 중심각만큼 분홍색 공을 이동하였다. 공이 지나간 부채꼴 영역은 어두운 회색으로 바뀌었다. 조종을 마친 참가자가 스페이스 바를 누르면 공이 이동한 중심각의 크기가 피드백으로 제시되었다.

관찰 집단의 참가자들은 저절로 움직이는 표적 공을 관찰한 후, 공이 이동한 위치와 시작점의 중심각을 추정하였다(그림 2, 오른쪽). 이들의 시행에서는 응시점이 제시된 후 분홍

색 공과 원형 궤도가 먼저 제시되었다. 잠시 후, 공이 스스로 궤도 위를 이동하다가 특정 위치에서 멈추었다. 참가자들은 공의 움직임을 주의 깊게 지켜보다가 화면이 바뀌어 두 개의 숫자가 응시점의 양편에 제시되면, 어느편이 공이 이동한 중심각에 해당하는지 해당 화살표를 눌러 답해야 했다. 참가자가 답을 입력한 후에는 피드백("Good" 또는 "Wrong")이 화면에 제시되었다.

관찰 집단의 시행에서는 다른 사람이 공을 움직인다는 느낌을 참가자가 갖지 않도록 표적 공이 한 방향으로 멈춤 없이 일정한 속도(30°/s)로 이동하였다. 또한 관찰 집단과 행위 집단의 시각 경험을 최대한 동일하게 유지하기 위해 행위 집단의 참가자가 경험했던 시행 순서와 각 시행 별 소요 시간을 기록하여 관찰 집단의 참가자에게 그대로 적용하였다. 예

를 들어, 행위 집단의 첫 번째 참가자가 두 번째 시행에서 중심각 210° 만큼 공을 움직이기 위해 9 초를 사용했다면, 관찰 집단의 첫 번째 참가자가 두 번째 시행을 수행할 때는 공이 7 초 동안 210°(=7 초 x 30°/s)를 이동하여 2 초간 멈추어 있다가 다음 단계의 화면이 제시되었다. 만약 행위 집단의 참가자가 충분히 공을 조작하지 못한 상태에서 스페이스 바를 잘못 눌러 시행을 종료했다면, 관찰 집단 참가자의 시행에서는 목표 중심각에 이를 때까지 공이 움직인 후 다음 단계의 화면이 등장하였다.

### 결과 및 논의

행위 집단의 일차 및 이차 평균 대비역은 각각 .0220 과 .0187 이었고, 관찰 집단의 일차 및 이차 평균 대비역은 각각 .0174 과 .0186 이었다(그림 3, 왼쪽). 대비역 측정 차수(전, 후)와 집단(행위, 관찰)을 두 요인으로 하는 혼합 변량분석을 실시했을 때, 이원 상호작용이 통계적으로 유의미하였다,  $F(1, 34) = 4.994, p < .05$ . 측정 차수의 주효과와 집단의 주효과는 모두 유의미하지 않았다,  $p's > .3$ . 수치상으로는 일차 대비역의 집단차가 이차 대비역의 집단차보다 컸다. 이는 대비역의 일반적인 개인차가 크기 때문으로 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고, 두 집단의 일차 대비역은 통계적으로 다르지 않았다,  $t(34) = 1.789, p > .05$ .

이원 상호작용이 유의미했으므로, 각 집단별로 대비역의 변화량을 분석하였다(그림 3, 오른쪽). 참가자별로 일차 대비역에서 이차 대비역을 빼서 시각 민감도 향상 점수로 정의하

였다. 시각 민감도가 향상되었다면 대비역이 낮아지게 되므로 이 점수는 양의 값을 가지게 되고, 시각 민감도가 나빠졌다면 대비역이 높아지게 되므로 이 점수는 음의 값을 가지게 된다. 시각 민감도 향상 점수는 행위 집단 (.0032)에서는 통계적으로 유의미했지만,  $t(17) = 2.189, p < .05$ , 관찰 집단(-.0012)에서는 유의미하지 않았다,  $t(17) = -0.908, p > .3$ .

중심각 판단 과제에서 행위 집단은 시행 당 평균 9.2 초를 사용했고 관찰 집단은 평균 9.7 초를 사용하였다. 이 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $t(34) = .688, p > .5$ . 행위 집단의 참가자들이 매 시행 할당받은 중심각과 참가자들 스스로 공을 움직인 중심각의 차이는 평균 3.7°였다. 관찰 집단의 참가자들은 2% 시행에서 오답을 보고하였다.

본 실험은 개인의 공간에 대한 시각 분석 능력이 행위 가능성에 의해 향상될 수 있다는 결과를 보고하였다. 두 번째 단계인 중심각 판단 과제에서 행위 집단과 관찰 집단이 시각적으로 경험한 장면과 소요 시간은 거의 비슷했기 때문에, 대비역 변화량 차이를 단순한 시각 경험 차이로 설명하기는 어렵다. 또한 무선 할당 과정에서 의도하지 않게 유발된 집단 간 연령 차이(2.3 세; 주석 3 참조)도 본 실험 결과를 설명하기 어렵다. 일반적으로 대비 민감도는 나이가 들수록 감소한다(McKendrick, Weymouth, & Battista, 2013; Owsley, Sekuler, & Siemsen, 1983). 따라서 2.3 세의 연령 차이가 유의미한 영향을 끼쳤다면, 평균 연령이 높은 관찰 집단에서 측정한 대비역이 행위 집단보다 전반적으로 높았어야 했다. 그러나 실제 결과는 그렇지 않았다. 그럼에도 불구하고, 행위



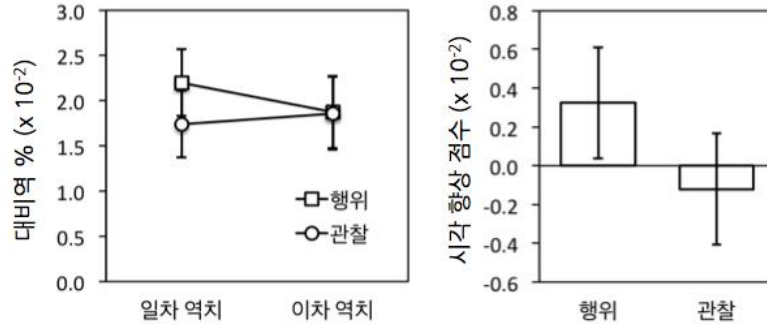


그림 3. 실험 1의 결과. 행위 집단과 관찰 집단의 평균 대비역 및 변화량. 시각 분석 능력이 향상될수록 대비역이 낮아지므로, 왼쪽 그래프의 일차 대비역으로부터 이차 대비역을 뺀 값이 오른쪽 그래프의 시각 향상 점수가 된다. 오류막대는 95% 신뢰 구간(Masson & Loftus, 2003).

집단과 관찰 집단이 각성이나 동기 수준에서 달랐을 가능성이 여전히 남아있다. 만약 행위 집단의 참가자들이 중심각 판단 과제를 하는 동안 실험에 더 큰 흥미를 느꼈거나 관찰 집단의 참가자들이 지루함을 더 많이 느꼈다면, 이어지는 대비역 측정 단계에서 행위 가능성이 아닌 요인들에 의해 집단 차이가 발생할 수 있었을 것이다. 이러한 가능성을 배제하고 실험 결과를 재현하기 위해 실험 2를 실시하였다.

## 실 험 2

실험 2는 참가자내 설계를 사용하여 개인의 공간의 시각 분석에 대한 행위 가능성의 효과를 검증하였다. 실험 1과 마찬가지로, 첫 번째 단계와 세 번째 단계에서는 대비역을 측정했고, 두 번째 단계에서는 행위 가능성을 조작하였다. 모든 참가자는 두 번째 단계에서 화면에 제시된 공을 움직이는 과제를 수행하였다. 화면 속 일부 공간에서는 공을 이동시킬

수 있었지만 다른 공간에서는 공을 움직일 수 없었다. 따라서 본 실험에서 참가자는 행위가 가능한 조건과 불가능한 조건을 모두 경험하였다.

두 번째 단계에서 참가자는 공을 이동함과 동시에 ‘빨간 점 탐지’ 과제를 수행하였다. 만약 참가자가 공을 움직일 수 있는 공간에만 주의를 집중한다면 그 공간에서만 시각 분석 능력이 향상될 수 있다. 그럴 경우, 행위 가능성 자체보다는 주의에 의한 지각 학습이 시각 분석을 향상시켰다고 해석할 수 있다(Ahissar & Hochstein, 1993; Doshier & Lu, 2000; Roelfsema, van Ooyen, & Watanabe, 2010). 따라서 빨간 점 탐사 과제를 삽입함으로써 참가자로 하여금 화면에 끌고루 주의를 기울이도록 유도하였다.

## 방 법

**참가자** 새로운 학부생 12명을 모집하였다. 지시에 불응하여 두 번째 대비역 측정 시 턱 받이를 사용하지 않았던 참가자 한 명을 제외

하고 11 명의 자료를 분석하였다(여자 8 명, 평균 연령 22.6 세).

**도구** 참가자는 모니터로부터 110 cm 떨어진 턱받이를 사용하여 화면을 주시하였다.

**절차** 첫 번째와 세 번째 단계에서 개별 참가자의 대비역을 측정하였고, 두 번째 단계에서 행위 가능성을 조작하였다. 두 번에 걸쳐 측정한 대비역의 차이를 계산하여 행위 가능성의 효과를 통계적으로 비교하였다.

**대비역 측정.** 항상 화면에는 회색 배경에 검은 색 원형 궤도(반지름 3.3°)와 밝은 회색의 부채꼴 영역(중심각 60°) 두 개가 좌우로 제시되었다(그림 4, 왼쪽). 두 부채꼴 영역에서 참가자가 느끼게 될 행위 가능성 여부가 다르므로(아래 ‘행위 가능성 조작’ 단계의 설명 참조), 각 부채꼴 영역의 대비역을 측정하는 계단 절차 두 개를 동시에 실시하였다.

**행위 가능성 조작.** 모든 참가자들은 72 시행의 ‘공 이동’ 과제를 수행하였다. 대비역 측

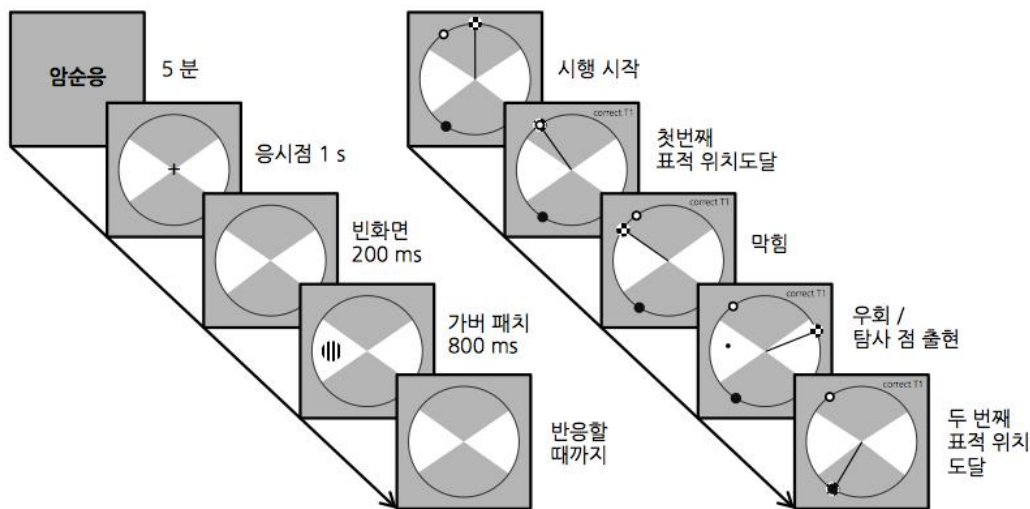


그림 4. 실험 2의 대비역 측정 절차(왼쪽)와 행위 가능성 조작 절차(오른쪽). 대비역 측정 단계에서는 각 시행마다 응시점이 깜박인 후 가버 패치가 왼쪽이나 오른쪽 부채꼴 영역에 잠시 출현했다가 사라졌다. 참가자는 가버 패치가 출현한 위치에 해당하는 화살표를 눌렀다. 실제 실험에서는 낮은 대비의 가버 패치가 제시되었다. 첫 번째 대비역은 5분간의 암순응 후 측정하였다. 행위 가능성 조작 단계에서 참가자들은 공(체크무늬, 실제 실험에서는 흰색)을 움직여서 먼저 첫 번째 표적(검은 테두리의 작은 원)의 위치로 이동시키고, 곧 바로 두 번째 표적(궤도 하부의 검은 원)의 위치로 옮겼다. 좌우 부채꼴 중 하나(위 사례에서 오른쪽)는 ‘행위 가능 영역’이었고 다른 하나(왼쪽)는 ‘행위 불가능 영역’이었다. 공은 항상 행위 가능 영역의 궤도로만 이동할 수 있었다. 참가자들이 두 부채꼴 영역에 골고루 주의를 기울이게 하기 위해, 시행 중에 빨간 점(위 사례에서 왼쪽 부채꼴에 제시된 작은 점)이 부채꼴 위에 짧게 제시되었다. 참가자는 빨간 점이 나타날 때마다 가능한 한 빠르게 스페이스 바를 눌러야 했다. 실제 실험에서 부채꼴 영역은 밝은 회색이었으며 나머지 배경 화면은 어두운 회색이었다.

정 단계에서와 마찬가지로, 화면에는 항상 회색 배경에 검은 색 원형 궤도와 밝은 회색의 부채꼴 영역 두 개가 좌우로 제시되었다(그림 4, 오른쪽). 두 부채꼴 중 하나는 참가자가 공을 조종하여 통과할 수 있는 ‘행위 가능 영역’이었고 다른 하나는 공이 통과할 수 없는 ‘행위 불가능 영역’이었다. 참가자들 중 절반에게는 오른쪽 부채꼴이 행위 가능 영역이었고, 나머지 참가자들에게는 왼쪽 부채꼴이 행위 가능 영역이었다. 각 시행이 시작되면, 궤도 위에 흰 공(반지름 0.4°)과 두 개의 표적이 제시되었다. 첫 번째 표적은 속이 텅 빈 검은 원(반지름 0.15°)이었고, 두 번째 표적은 속이 찬 검은 원(반지름 0.2°)이었다. 두 표적 자극은 부채꼴의 원호가 아닌 궤도에서만 나타났다. 참가자는 오른손으로 자판의 좌우 화살표를 눌러 흰 공이 첫 번째 표적과 두 번째 표적의 위치에 차례대로 도달하도록 조작하였다. 흰 공이 첫 번째 표적의 위치에 도달하면 화면 오른쪽 상단에 “correct T1”이라는 문구가 피드백으로 제시되었다. 참가자는 피드백을 확인한 후, 행위 불가능 영역을 회피하여 두 번째 표적의 위치로 흰 공을 옮겼다.

참가자들은 흰 공을 이동하는 동시에 ‘빨간 점 탐지’ 과제를 수행하였다. 빨간 점(반지름 0.1°)은 공을 이동하는 도중에 아무 때나 밝은 회색의 부채꼴 영역에서 17 ms 동안 출현하였다. 참가자들은 이 점을 발견하는 순간에 스페이스바를 빠르게 눌러야 했다. 이 과제는 참가자가 두 부채꼴 영역에 골고루 주의를 집중하도록 유도하기 위해 삽입되었다.

위에 기술하지 않은 나머지 실험 방법은 실험 1과 같았다.

## 결과 및 논의

행위 가능 영역에서 측정한 일차 및 이차 평균 대비역은 각각 .0521 과 .0295 였고, 행위 불가능 영역에서 일차 및 이차 평균 대비역은 각각 .0430 과 .0384 였다(그림 5, 왼쪽). 본 실험의 대비역 값들은 전반적으로 실험 1보다 높았다. 그 원인으로서 본 실험에서 가버 패치가 출현했던 위치가 실험 1보다 더 밝았다는 점과 검사 장면이 더 복잡했다는 점을 들 수 있다. 대비역 측정 차수(전, 후)와 행위 가능성(가능 영역, 불가능 영역)을 두 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시했을 때, 실험 1에서와 같이 이원 상호작용이 통계적으로 유의미하였다,  $F(1, 10) = 7.959, p < .05$ . 한편 대비역 측정 차수의 주효과는 유의미하였고,  $F(1, 10) = 7.109, p < .05$ , 행위 가능성의 주효과는 유의미하지 않았다,  $F < 1$ . 행위 가능 영역과 불가능 영역의 일차 대비역을 비교했을 때 통계적인 차이를 발견할 수 없었다,  $t(10) = 1.281, p > .2$ .

이원 상호작용이 유의미했으므로, 행위 가능 영역과 불가능 영역의 시각 민감도 향상 점수를 실험 1에서와 같이 계산하였다(그림 5, 오른쪽). 시각 민감도 향상 점수는 행위 가능 영역(.0226)에서는 통계적으로 유의미했지만,  $t(10) = 3.201, p < .05$ , 행위 불가능 영역(.0046)에서는 유의미하지 않았다,  $t(10) = 0.966, p > .3$ .

점 탐사 과제의 반응을 분석한 결과, 정확율의 평균은 행위 가능 영역 조건(.838)이 불가능 영역 조건(.768)보다 더 높았고,  $t(10) = 2.409, p < .05$ , 반응시간의 평균은 행위 가능

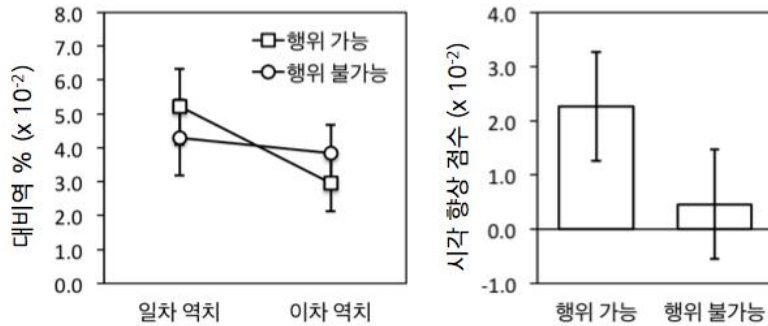


그림 5. 실험 2의 결과. 행위 가능 영역과 행위 불가능 영역의 평균 대비역 및 변화량. 시각 분석 능력이 향상될수록 대비역이 낮아지므로, 왼쪽 그래프의 일차 대비역으로부터 이차 대비역을 뺀 값이 오른쪽 그래프의 시각 향상 점수가 된다. 오류막대는 95% 신뢰 구간(Masson & Loftus, 2003).

영역 조건(759.6 ms)보다 불가능 영역 조건(738.3 ms)에서 더 빨랐다,  $t(10) = 2.703, p < .05$ . 속도와 정확성의 교환 현상(speed-accuracy trade-off)이 나타났으므로, 반응시간을 정확율로 나누어서 반응시간을 정확율로 보정하였다(Horowitz & Wolfe, 2003; Townsend & Ashby, 1978). 보정된 반응시간의 평균은 행위 가능 영역 조건이 936.8 ms 이고 불가능 영역 조건이 988.9 ms 으로서 통계적으로 다르지 않았다,  $t(10) = 1.445, p > .1$ .

본 실험의 결과는 실험 1의 결과를 재현하였다. 본 실험에서 참가자는 공을 조작할 수 있는 조건과 조작할 수 없는 조건을 동시에 경험하였다. 따라서 참가자의 기분이나 동기가 조건 간 차이를 유발했을 가능성은 거의 없다. 또한 빨간 점 탐지 과제의 결과를 감안할 때, 참가자가 특정 영역에만 선택적으로 주의를 기울였을 가능성도 높지 않다. 이러한 결과는 참가자간 설계로 수행된 실험 1의 결과를 보완함으로써 행위 가능성이 시각 민감도를 향상시킬 수 있다는 주장을 더욱 뒷받침한다.

### 종합 논의

관찰자는 손과 발 대신 도구를 사용함으로써 개인주변 공간 너머에 있는 정보를 제어할 수 있다. 이러한 행위는 개인의 공간에 대한 지각을 변화시킨다(Gibson, 1979). 선행 연구들은 이에 관한 두 종류의 증거를 제시해왔다. 한편으로는 관찰자의 체감각(somatic perception)이 먼 공간의 감각 정보와 통합된다(Holmes & Spence, 2004; Maravita & Iriki, 2004; Maravita et al., 2003). 마우스를 사용하여 멀리 있는 모니터 화면을 조작했던 참가자들은 손에 가해진 촉감을 변별하기 위해 모니터 근처의 소리를 사용하였다(Bassolino et al., 2010). 다른 한편으로는 관찰자의 현상적인 경험이 달라진다. 지휘봉이나 레이저 포인터를 사용한 참가자들은 먼 거리를 가깝게 느꼈다(Davoli et al., 2012; Witt et al., 2005). 선행 연구들에 비해 본 연구는 다중감각의 통합이 아닌 시각 자체의 변화를 시각 역치를 측정하여 증명했다는 특징이 있다.

실험 1 과 2 는 각각 참가자간 설계와 참가자

내 설계를 사용하여 행위 가능성의 효과를 검증하였다. 실험 1에서 표적 공을 조작했던 행위 집단은 공의 움직임을 지켜보기만 했던 관찰 집단에 비해 유의미하게 높은 시각 향상 점수를 보였다. 두 집단의 참가자들은 비슷한 시각 장면을 비슷한 시간 동안 관찰했다. 또한 개별 참가자는 한 가지 조건에만 노출되므로 전체 연구 목적을 파악하기 어려웠다. 따라서 집단 차이가 요구 특성 또는 시각적 경험의 차이에 기인했을 가능성은 낮다. 그러나 두 집단은 동기와 각성 수준에서 서로 달랐을 수 있다. 또한 참가자들이 두 집단에 무작위로 할당되었음에도 불구하고, 행위 집단의 일차 대비역이 관찰 집단에 비해 (통계적으로는 다르지 않았으나) 높았다. 따라서 행위 집단은 관찰 집단에 비해 시각 민감도를 향상시킬 여지가 더 컸을 수 있다.

실험 2는 개별 참가자가 행위 가능성과 불가능성을 동시에 경험하게 함으로써 실험 1의 문제점들을 보완하였다. 참가자는 행위 불가능 영역보다 행위 가능 영역에서 유의미하게 높은 시각 향상 점수를 보였다. 행위 가능성이 참가자내 변인으로 조작되었으므로 각성 및 동기 수준이나 시각 민감도의 기저선 차이와 같은 오염 변인들이 개입했을 가능성은 낮았다. 특히 크기와 거리 추정치를 종속변인으로 수집한 선행 연구들에 비해 본 연구는 대비역을 측정하여 요구 특성의 영향을 최소화하였다. 대비역으로 측정된 시각 민감도는 참가자가 의도적으로 향상시킬 수 있는 것이 아니므로, 요구 특성이 개입했다면 참가자는 행위 가능 영역의 시각 민감도를 높이기보다는 행위 불가능 영역의 시각 민감도를 낮출 수밖에

에 없었다. 이는 본 실험의 결과와 달랐다.

행위 가능성은 어떻게 시각 민감도를 향상시켰을까? 개인의 공간의 시각적 향상이 보고된 적은 없지만, 관찰자의 손이 주변의 시각 정보처리를 변화시킨다는 결과는 자주 보고되고 있다. 예를 들어, Reed, Grubb와 Steele(2006)은 참가자로 하여금 한 쪽 화면 가까이 손을 댄 채로 공간 단서 과제(spatial cueing task)를 수행하게 하였다. 그 결과, 손의 위치는 표적의 위치와 아무런 상관도 없었음에도 불구하고 참가자는 손 가까이에서 출현한 표적을 훨씬 정확히 탐지할 수 있었다. 후속 연구에서 참가자들은 모니터에 양손을 대고 있을 때 화면에 주의를 더욱 집중했고(Abrams et al., 2008), 변화 탐지를 더욱 잘 수행했다(Tseng & Bridgeman, 2011). 마찬가지로, 본 연구에서도 행위 가능성에 의한 주의 편향이 개인의 공간의 시각 민감도를 변화시켰을 가능성이 있다. 만약 참가자가 행위 가능성 조작 단계에서 행위 가능 영역에만 주의를 집중했다면, 그 영역에서 지각 학습(perceptual learning)이 일어나 대비역을 감소시키는 효과가 있을 수 있다. 행위 가능 영역에서만 대비역이 낮아졌다는 실험 2의 결과도 위치-특정적인 지각 학습의 특징(location specificity 또는 retinotopicity)과 일치한다(Ahissar & Hochstein, 1993; Karni & Sagi, 1991). 그러나 실험 2에서 추가된 빨간 점 탐지 과제의 결과는 이러한 가능성을 지지하지 않았다. 만약 주의 편향이 발생했다면, 행위 가능 영역의 점 탐지 수행이 행위 불가능 영역보다 좋았겠지만 실제 두 조건의 차이는 없었다. 또한 초기 시각 단계의 지각 학습은 위치-특정적일 뿐만 아니라 자극에도 특정적이

다(stimulus-specific). 행위 가능성 조작 단계에서는 가버 패치가 제시된 적이 없었기 때문에, 이 단계에서 지각 학습이 일어났다고 해도 그 학습 효과가 후속 대비역 측정 단계로 전이(learning transfer)될 가능성은 높지 않다(Ahissar & Hochstein, 1993; Karni & Sagi, 1991). 따라서 단순한 주의 편향 가능성만으로는 본 연구의 결과를 설명하기가 어렵다.

연구자들은 두정엽이 주관하는 행위자-중심(또는 손-중심) 좌표 체계에 주목한다(Abrams et al., 2008; Brockmole, Davoli, Abrams, & Witt, 2013). 신체에 가까운 물체들은 잠재적으로 행위의 대상이기 때문에 상세하게 분석할 필요가 있다. 따라서 먼 물체를 볼 때에 비해, 가까운 물체를 볼 때는 행위자 중심의 정보처리 체계가 추가로 가동하여 시각 정보 처리를 도울 가능성이 있다. 이와 관련된 현상을 두정엽 손상 환자의 시각적 소거(visual extinction) 증상에서 관찰할 수 있다(di Pellegrino & Frassinetti, 2000; Schendel & Robertson, 2004). 이 환자들은 왼쪽이나 오른쪽 시야 중 한 곳에 출현한 시각 자극은 쉽게 인식하지만 각 시야에 하나씩, 두 개의 시각 자극이 제시되면 손상된 뇌 영역의 반대편에 위치한 자극은 잘 인식하지 못한다. 그러나 소거된 시야에 손을 대고 있으면 소거 현상이 눈에 띄게 감소한다. 흥미롭게도 이 때 환자가 손을 볼 수 없도록 가리면 소거가 다시 일어난다. 즉, 소거를 완화시킨 것은 손 위치에 관한 자기수용감각이 아니라 손에 관한 시각 정보였다(di Pellegrino & Frassinetti, 2000). 마찬가지로, 본 연구에서 개인의 공간의 시각 민감도가 향상된 원인을 두정엽의 공간 표상 기능에서부터 추정해 볼

수 있다. 특히, 본 연구의 대비역 측정 단계에서 참가자는 가버 패치의 '위치'를 판단해야 했으므로 자극의 공간적 불확실성을 줄이기 위해 정확한 공간 표상이 필요했을 것이다. 따라서 행위 가능성 조작 단계에서 참가자가 경험한 행위 가능성이 후속 대비역 측정 단계에서 두정엽의 공간 표상을 더욱 강화했을 가능성이 있다.

최근 Abrams 와 Weidler(2014)는 행위 가능성과 시각 민감도의 관계에 관하여 더욱 구체적인 가설을 제기하였다. 이들은 대세포 경로(magnocellular pathway)의 활동이 손 주변의 정보처리를 강화시킨다고 주장하였다. 손 주변에 출현한 물체가 두정엽의 다중 양식 뉴런들이나 편도체의 방어 체계를 자극함으로써 시각 정보를 신속하게 처리하는 대세포 경로의 활동을 유도한다는 것이다. 이와 같은 가설을 증명하기 위해 Abrams 와 Weidler 는 손 주변에서 낮은 공간 주파수의 가버 패치가 높은 공간 주파수의 가버 패치보다 정확히 변별될 수 있고(실험 1), 대세포 활동을 억제하는 붉은 빛의 산란광(diffuse light)이 이러한 효과를 없앤다는 결과(실험 2 와 3)를 제시하였다. 그러나 이들의 가설이 개인의 공간에도 적용될 수 있을지는 확실하지 않다. 본 연구에서는 한 가지 공간 주파수의 가버 패치를 사용했기 때문에 행위 가능성과 공간 주파수의 관계를 파악할 수 없었다. 따라서 후속 연구에서는 한 가지 이상의 공간 주파수를 비교함으로써 개인의 공간에서의 대세포 활동과 행위 가능성의 관계를 검토해볼 필요가 있다.

본 연구는 행위자가 개인의 공간에서 행위 가능성을 경험하면 그 공간의 시각 정보를 더

자세히 경험할 수 있다는 점을 증명하였다. 관찰자는 행위 가능성을 통해 개인의 공간을 근접 공간처럼 지각하게 되었다. 이 결과는 멀리 있는 물체는 보기가 어렵다는 광학 원리에 반하는 것처럼 들릴 수 있다. 그러나 그보다는 광학 원리에 의해 이미 가용한 정보들이 행위 가능성에 의해 더 효과적으로 분석된다고 해석하는 것이 정확할 것이다. 본 연구의 결과는 가깝거나 먼 공간이 단순한 물리적 거리에 의해 정의되는 것이 아님을 시사한다. 특히 관찰자가 먼 거리의 환경을 통제할 수 있다면 물리적으로 먼 거리는 시각적으로 가까운 거리가 될 수 있다. 이러한 생각은 Gibson의 입장과도 일맥상통한다. 지각과 행위는 서로 영향을 주고받는다.

### 참고문헌

- Abrams, R. A., Davoli, C. C., Du, F., Knapp, W. H., 3rd, & Paull, D. (2008). Altered vision near the hands. *Cognition*, 107(3), 1035-1047.
- Abrams, R. A., & Weidler, B. J. (2014). Trade-offs in visual processing for stimuli near the hands. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76, 383-390.
- Ahissar, M., & Hochstein, S. (1993). Attentional control of early perceptual learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90(12), 5718-5722.
- Bassolino, M., Serino, A., Ubaldi, S., & Ladavas, E. (2010). Everyday use of the computer mouse extends peripersonal space representation. *Neuropsychologia*, 48(3), 803-811.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433-436.
- Brockmole, J. R., Davoli, C. C., Abrams, R. A., & Witt, J. K. (2013). The world within reach: Effects of hand posture and tool-use on visual cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 38-44.
- Brown, L. G. (1996). Additional rules for the transformed up-down method in psychophysics. *Perception and Psychophysics*, 58(6), 959-962.
- Colby, C. L., Duhamel, J. R., & Goldberg, M. E. (1993). Ventral intraparietal area of the macaque: anatomic location and visual response properties. *Journal of Neurophysiology*, 69(3), 902-914.
- Cooper, A. D., Sterling, C. P., Bacon, M. P., & Bridgeman, B. (2012). Does action affect perception or memory? *Vision Research*, 62, 235-240.
- Cowey, A., Small, M., & Ellis, S. (1994). Left visuo-spatial neglect can be worse in far than in near space. *Neuropsychologia*, 32(9), 1059-1066.
- Davoli, C. C., Brockmole, J. R., & Witt, J. K. (2012). Compressing perceived distance with remote tool-use: real, imagined, and remembered. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38(1), 80-89.
- di Pellegrino, G., & Frassinetti, F. (2000). Direct evidence from parietal extinction of enhancement of visual attention near a visible hand. *Current Biology*, 10(22), 1475-1477.
- Dosher, B. A., & Lu, Z. L. (2000). Noise

- exclusion in spatial attention. *Psychological Science*, 11(2), 139-146.
- Durgin, F. H., DeWald, D., Lechich, S., Li, Z., & Ontiveros, Z. (2011). Action and motivation: measuring perception or strategies? *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(6), 1077-1082.
- Firestone, C. (2013). How “Paternalistic” Is Spatial Perception? Why Wearing a Heavy Backpack Doesn't- and Couldn't-Make Hills Look Steeper. *Perspectives on Psychological Science*, 8(4), 455-473.
- Firestone, C., & Scholl, B. J. (2014). “Top-down” effects where none should be found: the El Greco fallacy in perception research. *Psychological Science*, 25(1), 38-46.
- Gallese, V., & Sinigaglia, C. (2010). The bodily self as power for action. *Neuropsychologia*, 48(3), 746-755.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Moughton Mifflin.
- Graziano, M. S., Yap, G. S., & Gross, C. G. (1994). Coding of visual space by premotor neurons. *Science*, 266(5187), 1054-1057.
- Halligan, P. W., & Marshall, J. C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. *Nature*, 350(6318), 498-500.
- Holmes, N. P., & Spence, C. (2004). The body schema and the multisensory representation(s) of peripersonal space. *Cognitive Processing*, 5(2), 94-105.
- Horowitz, T. S., & Wolfe, J. M. (2003). Memory for rejected distractors in visual search? *Visual Cognition*, 10(3), 257-298.
- Hyvarinen, J., & Poranen, A. (1974). Function of the parietal associative area 7 as revealed from cellular discharges in alert monkeys. *Brain*, 97(4), 673-692.
- Iriki, A., Tanaka, M., & Iwamura, Y. (1996). Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones. *Neuroreport*, 7(14), 2325-2330.
- Karni, A., & Sagi, D. (1991). Where practice makes perfect in texture discrimination: evidence for primary visual cortex plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(11), 4966-4970.
- Maravita, A., & Iriki, A. (2004). Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Sciences*, 8(2), 79-86.
- Maravita, A., Spence, C., & Driver, J. (2003). Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach. *Current Biology*, 13(13), R531-539.
- Maravita, A., Spence, C., Kennett, S., & Driver, J. (2002). Tool-use changes multimodal spatial interactions between vision and touch in normal humans. *Cognition*, 83(2), B25-34.
- Masson, M. E., & Loftus, G. R. (2003). Using confidence intervals for graphically based data interpretation. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 57(3), 203-220.
- McKendrick, A. M., Weymouth, A. E., Battista, J. (2013). Visual form perception from age 20 through 80 years. *Investigative Ophthalmology*



- and *Visual Science*, 54(3), 1730-1739.
- Owsley, C., Sekuler, R., & Siemsen, D. (1983). Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, 23(7), 689-699.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), 437-442.
- Reed, C. L., Grubb, J. D., & Steele, C. (2006). Hands up: attentional prioritization of space near the hand. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(1), 166-177.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (1997). The space around us. *Science*, 277(5323), 190-191.
- Rizzolatti, G., Scandolara, C., Matelli, M., & Gentilucci, M. (1981). Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses. *Behavioural Brain Research*, 2(2), 147-163.
- Roelfsema, P. R., van Ooyen, A., & Watanabe, T. (2010). Perceptual learning rules based on reinforcers and attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(2), 64-71.
- Schendel, K., & Robertson, L. C. (2004). Reaching out to see: arm position can attenuate human visual loss. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(6), 935-943.
- Serino, A., Bassolino, M., Farne, A., & Ladavas, E. (2007). Extended multisensory space in blind cane users. *Psychological Science*, 18(7), 642-648.
- Townsend, J. T., & Ashby, F. G. (1978). Methods of modeling capacity in simple processing systems. In J. N. Castellan Jr. & F. Restle (Eds.), *Cognitive theory* (Vol. 3, pp. 199-239). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Tseng, P., & Bridgeman, B. (2011). Improved change detection with nearby hands. *Experimental Brain Research*, 209(2), 257-269.
- Vuilleumier, P., Valenza, N., Mayer, E., Reverdin, A., & Landis, T. (1998). Near and far visual space in unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 43(3), 406-410.
- Witt, J. K., Proffitt, D. R., & Epstein, W. (2005). Tool use affects perceived distance, but only when you intend to use it. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(5), 880-888.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Flanagan, J. R. (2001). Perspectives and problems in motor learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(11), 487-494.

1 차원고접수 : 2015. 05. 04  
 수정원고접수 : 2015. 07. 22  
 최종게재결정 : 2015. 07. 29

## Action capability enhances visual sensitivity in the extrapersonal space

Jeongho Park<sup>1)</sup>      Hyojeong Kim<sup>2)</sup>      Jongsoo Baek<sup>3)</sup>      Do-Joon Yi<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Cognitive Science, Johns Hopkins University

<sup>2)</sup>Department of Psychology, University of Texas at Austin

<sup>3)</sup>Institute of Convergence Technology, Yonsei University

<sup>4)</sup>Department of Psychology, Yonsei University

The physical space around an observer can be divided into the peripersonal space that immediately surrounds the observer and the extrapersonal space that cannot be reached by the observer's hands and other body parts. Actions are mostly executed in the peripersonal space, in which visual processing integrates with somatic perception and enhances visual representations of objects. Recent studies have provided evidence that similar multimodal integration takes place in the extrapersonal space as well if tool-use enables an observer to act towards objects there. Here, we tested if action capability can improve visual sensitivity in the extrapersonal space. Participants performed a task in a distant screen of a computer by using a keyboard. The effect of action capability on visual sensitivity was measured in terms of contrast threshold. Experiment 1 compared threshold changes in one group of participants, who manipulated the movement of a target ball with those in the other group of participants, who did not have a chance to manipulate the ball movement. The improvement in visual sensitivity was greater in the action group than in the observation group. Experiment 2 allowed individual participants to manipulate the movement of a target ball in a part of the screen but not in another part of the screen. Participants showed greater improvement in visual sensitivity only in the screen area in which they were capable of moving the ball. These findings suggest that action capability activates actor-centered coordinate systems in parietal cortex, which in turn enhance visual representations of the extrapersonal space.

*Key words* : action capability, extrapersonal space, peripersonal space, visual sensitivity, contrast threshold