

위치에 근거한 선택에서의 위치의 본질: 상징적 공간 탐사 과제로부터의 증거

김민식·이도준

연세대학교 심리학과

시각적 대상이 차지하고 있는 위치는 공간 표상에 어떤 형식으로 부호화되고 선택되는가? 본 연구는 위치 표상과 관련된 이러한 의문들에 답하기 위해 시각탐색 과정에서 공간적 주의가 유도된 위치와 화살표 탐사 자극이 상징하는 위치의 관계를 탐사 반응시간을 측정하여 알아보았다. 피험자들은 일차과제로 시각 탐색과제를, 이차과제로 탐사과제를 수행하였다. 실험 1에서는 방위로 정의된 탐색요소가 사용되었는데, 탐색요소와 탐사 자극의 제시간격(stimulus onset asynchrony; SOA)이 150ms일 때, 탐사 자극인 화살표가 표적 자극이 나타났던 위치를 가리킬 때가 그렇지 않을 때보다 화살표에 대한 반응시간이 더 빨랐다. 탐색 표적 자극이 색으로 정의된 실험 2에서도 탐사 자극에 대하여 이러한 주의 이득(attentional benefit)이 나타났다. 이러한 결과는 시각적 선택이 대상들의 절대적, 물리적인 공간 표상이 아니라, 혹은 그와 동시에, 상대적이고 상징적인 공간 표상에도 근거하고 있음을 의미하는 것이다. 이러한 결과는 기존의 수많은 연구에서 보여온 공간적 주의 효과가 단순히 물리적으로 동일한 위치에 주위가 주어졌기 때문만은 아님을 시사한다.

우리의 시각 체계에는 매 순간 무수히 많은 양의 시각적 정보들이 입력되지만, 이 중에서 우리가 의식적으로 경험할 수 있는 수준까지 처리되는 것들은 극히 일부에 지나지 않는다. 입력된 자극의 물리적 특징에 따라서 혹은 관찰자의 의도나 관심에 따라서 어떤 정보는 선택되어 다른 정보들에 비해 더 자세하게 처리될 수 있다. 이처럼 시각 체계에 입력된 정보를 선택하거나(selecting) 여과하는(filtering)

기제를 시각적 주의(visual attention)라고 하는데, 지금까지 많은 실험심리학자들은 시각적 주의가 정보처리 과정의 어느 수준에서 그리고 어떤 기준에 근거해서 정보를 선택하는지에 관해 큰 관심을 보여왔다.

연구자들은 먼저 시각적 주의의 위치-중심적인 특성에 주목하였다. 이들은 초기 대상 분리 과정에서 추출된 선, 질감, 색 등의 속성들이 하나의 시각적 대상으로 경험되기 위해서

본 연구는 과학기술부의 '뇌과학 및 뇌공학 연구 프로그램'의 지원으로 수행되었다.

교신저자 주소: 서울시 서대문구 신촌동 연세대학교 심리학과, 〒 120-749

(e-mail: kimm@bubble.yonsei.ac.kr)

는 이것들이 다시 어떤 기준에 의해 결합되어야 하는데, 그 기준은 바로 대상이 차지하는 공간상의 위치일 가능성이 높다고 주장하였다 (Treisman & Gelade, 1980). 즉, 우리가 경험하는 대상(object)은 대상 그 자체가 아니라, 시각적 주의가 가해지는 위치에 속하는 속성들이 시각적으로 군집화된(perceptual grouping) 결과로서 인식된다는 것이다(Treisman, Kahneman, & Burkell, 1983). 이와 같은 관점에서, 시각적 선택의 근거가 되는 표상(representation)은 실제 세계에서 대상들이 갖는 공간적인 관계가 그대로 반영된 위상적(topological)인 구조이고, 시각적 주의를 이러한 위치-중심적 표상 위에서 스포트라이트처럼(Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen & Hoffman, 1972; Hoffman & Nelson, 1981; Posner, 1980; Posner, Snyder, & Davidson, 1980) 또는 줌렌즈처럼(Eriksen & St. James, 1986; Eriksen & Yeh, 1985) 이동할 수 있거나 특정 위치를 중심으로 경감적인(gradient) 분포를 이루어(Downing & Pinker, 1985; LaBerge, 1983; LaBerge & Brown, 1989; Mangun & Hillyard, 1988) 표상에 투영된 시각적 정보들 중 일부분을 선별적으로 선택하는 것으로 생각되었다.

이러한 위치에 근거한 선택(location-based selection) 모형은 자극의 위치를 파악하는 것이 과제 수행을 위해 필요하거나 수행 능력을 향상시키는데 도움이 되지 않는에도 불구하고 자극의 위치 정보가 처리된다는 것을 보여주는 실험들에 의해 지지를 받아왔다. 예를 들어, Posner와 그의 동료들(Posner & Cohen, 1984; Posner, Snyder, & Davidson, 1980)이 실시한 실험에서는 표적자극(target)이 공간적 단서(spatial cueing)가 나타났던 위치에 제시되면 다른 위치에 제시되었을 때보다 더 빨리 탐지되었는데, 이는 표적자극의 위치 정보가 공간적 단서를 통해 미리 시각 선택 기제에 제공되었기 때문으로 해석될 수 있다. 한편, Kim과 그의 동료들(Cepeda, Cave, Bichot, &

Kim, 1998; Kim & Cave, 1995, 1999a, 1999b)은 시각탐색과제(visual search task)와 탐사과제(probe task)를 결합한 이중 과제(dual task)를 사용하여 시각장에 할당된 공간적 주의의 양을 측정하고자 하였다. 이들의 실험에서 피험자들은 화면에 제시된 탐색요소들(search elements) 중에서 미리 정해진 표적자극을 탐색하였는데, 일부 시행에서 탐색요소들이 사라진 직후 그 위치들 중 한 곳에 탐사 점(dot probe)이 출현하면 가능한 한 빠르게 반응하였다. 그 결과, 시각탐색과제는 탐색요소들의 형태나 색을 변별하는 것이고 탐사과제는 탐사 점의 출현 여부만을 판단하는 것이므로 탐색요소들과 탐사 점의 위치 정보를 처리할 필요가 없었음에도 불구하고, 탐사 점에 대한 반응 시간은 표적자극이 제시되었던 위치에서 출현했을 때 가장 빨랐고, 표적자극과 동일한 세부 특징(feature)을 공유하는 방해자극의 위치에서 출현했을 때 그렇지 못한 방해자극의 위치에서 출현했을 때보다 더 빨랐다. 이는 시각탐색 과정에서 표적 속성들이 차지하는 위치들이 기본적으로 선택되며, 어떤 대상이라도 그 위치 안에 놓여있으면 더 빨리 그리고 더 정확하게 처리될 수 있음을 시사한다.

위치-중심적인 선택 모형과는 달리, 시각적 선택 과정에서 위치가 색이나 밝기 또는 질감과 같은 다른 자극 특성들에 비해 특별히 중요한 역할을 담당하는 것은 아니라는 주장들도 제기되어왔다(Duncan, 1984; Egly, Driver, & Rafal, 1994; Kramer & Jacobson, 1991; Vecera & Farah, 1994). 예를 들어, Duncan (1984)의 실험에서는 피험자들이 조건간 거리의 차이가 없음에도 불구하고 서로 다른 대상에 속하는 두 속성들을 보고할 때보다 같은 대상에 속하는 두 속성들을 보고할 때 더 정확히 수행을 보였고, Kramer와 Jacobson(1991)의 실험에서는 거리가 같더라도 서로 다른 대상에 속하는 두 속성 사이에서보다 같은 대상에 속하는 두 속성 사이에서 더 큰 반응 경쟁이 발

생하였다. 또한, Egly, Driver 그리고 Rafal (1994)의 실험에서는 직사각형의 한쪽 끝에 단서가 나타난 후 표적자극이 반대편의 끝에 제시되면 동일한 거리에 있는 이웃한 직사각형의 끝에서 제시되었을 때보다 탐지 반응시간이 더 빨라지는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 시각적 자극들이 물리적인 위치가 아닌 색, 형태, 질감과 같은 다른 종류의 속성들에 근거하여 거리에 상관없이 군집화될 수 있으며, 그렇게 생성된 대상(object) 자체가 시각 정보처리 과정에서 선택됨으로써 과제 수행에 영향을 줄 수 있음을 의미한다.

이처럼 대상에 근거한 선택(object-based selection) 모형을 제안하는 연구자들은 시각적 선택의 기본 단위가 잘 구조화된 위치-독립적인 대상일 수 있으며 시각 선택 기제는 위치-중심의 표상과 대상-중심의 표상을 병행하여 참조한다고 주장해왔다. 예컨대, Vecera와 Farah (1994)는 Duncan(1984)의 실험 방법을 사용하여, 자극의 속성을 변별할 필요가 있는 과제에서는 대상-중심적 선택 기제가 사용되지만 자극을 탐지할 필요가 있는 과제에서는 위치-중심적 선택 기제가 사용될 수 있음을 입증한 바 있다(이들과 다른 입장은 Kramer, Weber와 Watson[1997]을 참조할 것).

시각적 선택 과정에서의 위치-독립적인 대상 효과(object effect)가 반복적으로 증명되어 왔음에도 불구하고, 실제로 시각적 선택이 위치-중심적 표상과 대상-중심적 표상을 모두 사용하는지는 아직 분명하지 않다. 존재하는 모든 대상들은 항상 공간상의 특정한 위치를 차지하고 있으므로 위치로부터 분리된 대상을 관찰하는 것은 매우 어려운 일이다. 대상 효과가 관찰된 실험들에서조차 자극들간의 거리가 수행에 영향을 주는 증거들을 발견할 수 있는 것은 이러한 이유 때문이다(Egly, Driver, & Rafal, 1994; Moore, Yantis, & Vaughan, 1998). 또한, 두 종류의 선택 기제를 모두 가정하는 것보다 단일한 선택 기제로써 모든 경험

적 증거들을 설명할 수 있다면 이론적으로나 실질적으로 훨씬 효율적일 것이다.

이중적인 선택 기제에 대한 한 가지 대안으로서 Kim과 Cave(1995, 1999a, 1999b)의 '속성-유도적 위치 선택 모형(feature-driven location selection model)'을 들 수 있다. 이 모형에 따르면, 위치 정보처럼 비공간적인 시각 속성들도 시각적 선택을 유도할 수 있지만 궁극적으로 자극의 선택 여부를 결정하는 것은 위치 정보를 근거로 이루어진다. 이 모형은 최근 신경망으로도 성공적으로 구현되었다(김민식, 1999; Cave, 1999; Cave, Kim, Bichot, & Sobel, in preparation). Shih와 Sperling(1996)도 역시 시각적 주의가 표적 자극의 비공간적 속성, 예컨대 표적자극의 색이나 움직임과 같은 속성에 의해 유도될 수 있지만 결국에는 그러한 속성이 위치하는 장소에 할당된다는 증거를 보고한 바 있다.

비록 많은 연구들이 시각적 주의 할당에서 위치의 중요성을 강조하고 그에 대한 모형을 제안하고 있지만 최근의 대상-중심적 모형을 지지하는 자료들까지 포괄적으로 설명할 수 있는 연구는 거의 없는 실정이다. 서로 모순되는 것처럼 보이는 이들 자료들을 모두 설명하기 위해서는 이전의 위치-중심적 주의 모형에서 말해왔던 '위치'의 의미를 검토해야 한다. 위치는 위치-중심적 표상에 어떻게 부호화되어 있으며, 각각의 시각적 대상들이 차지하는 위치는 서로 어떤 방식으로 관련되어 있는가? 지금까지의 실험 방법들은 시각적 선택의 위치-중심적인 특성을 증명하는 것에만 초점을 두었기 때문에 이처럼 위치의 본질과 관련된 질문에 대해서는 관심을 기울이지 않았다. 예를 들어, 공간 단서 실험에서는 단서에 의해 특정한 위치로 유도된 공간적 주의가 후속 표적자극에 대한 탐지 반응시간에 영향을 주는 것으로 해석되어 왔는데, 그 결과는 단서가 나타난 위치와 표적자극이 나타난 위치가 물리적으로 동일하기 때문인지 아니면 어떤 자극

표상의 활성화가 동일한 위치를 매개로 다른 자극의 처리를 촉진한 것인지 알 수 없다. 마찬가지로, 공간 탐사 과제를 사용한 연구들도 표적 속성이 나타난 위치와 탐사자극이 나타난 위치가 물리적으로 동일한지 아닌지에 따라 반응시간을 측정했을 뿐, 위치 표상 자체의 특성에 대해서는 말해주는 바가 적었다.

이처럼 위치에 관한 기존 연구 방법들은 표적이나 탐사자극을 특정한 위치에 직접 제시하고 그 자극에 대한 피험자의 반응시간을 측정해 왔으며, 이들 반응시간이 각 물리적 위치에 어느 정도의 공간적 주의가 할당되었는지를 반영한다고 가정해 왔다. 물론, 어느 특정한 위치에서 표적이나 탐사자극이 다른 위치에 비하여 더 빨리 탐지된다면, 그 위치는 다른 위치에 비하여 주의로 인한 이득(attentional benefit)이 더 크다고 할 수 있다. 그러나 이전 연구자들이 당연한 것으로 가정하듯이 반드시 이러한 이득이 그 물리적 위치에 더 많은 주의가 할당되었음을 의미하는 것은 아니다. 즉, 공간적 주의로 인한 이득이 특정한 물리적 위치에 더 많이 주어졌다기보다는(혹은 더 많은 주의가 주어짐과 동시에), 그 특정한 위치와 관련된 상징적 공간 표상이 활성화되었다고도 할 수 있는 것이다. 여기서 말하는 상징적 공간 표상이란 특정한 대상이 공간상에서 갖는 절대적이고 물리적인 위치가 아닌, 전체 시각장에서 다른 대상들과의 상대적인 위치관계를 포함하는 의미적 공간 표상을 말한다. 이러한 맥락을 감안할 때, 이전 연구들에서 발견된 ‘공간적 주의로 인한 이득’의 본질은 지금까지와는 다른 관점에서 이해될 필요가 있다.

본 연구는 위치에 근거한 선택에서 말하는 ‘위치’의 특성을 밝히고자 수행되었고, 이를 위하여 탐색요소가 출현했던 위치에 탐사자극을 직접적으로 제시했던 기존 연구 방법(Cepeda, Cave, Bichot, & Kim, 1998; Kim & Cave, 1995, 1999a, 1999b)과 다른 새로운 실험 패러

다임을 제안하고 있다. 즉, 본 연구에서는 탐색요소들이 응시도형 주위에서 나타났다가 사라진 다음에 탐사자극을 응시도형 위치에 제시함으로써 탐색요소들의 위치와 탐사자극의 위치가 물리적으로는 서로 다르게 하였으나, 탐사자극인 화살표가 조건에 따라 특정한 위치를 가리키게 함으로써 탐색요소들이 차지하는 위치와 상징적으로 관계되도록 하였다. 만일, 탐색요소들의 위치와 탐사자극의 상징적 내용의 부합 여부에 따라 탐사 반응시간이 달라진다면, 기존 연구들에서 보고된 공간적 주의로 인한 이득이 한 대상의 절대적이고 물리적인 위치 표상에 근거하지 않은 않는다는 것으로 해석할 수 있다.

실험 1

실험 1의 일차 과제는 네 개의 Landolt 고리들이 동일한 이심률(eccentricity)로 응시도형 주변에 제시되었을 때 표적자극에 해당하는 고리가 상하좌우 중 어느 쪽으로 열렸는지를 정확하게 변별하는 시각탐색과제였으며, 이차과제는 탐색요소들이 사라진 후 응시도형의 일부가 소거되면서 특정 방위의 화살표나 비화살표 자극으로 변했을 때 이를 정확하고 빠르게 구별해야 하는 상징적 공간 탐사과제였다. 이 때, 탐사과제를 수행하기 위해 화살표의 방위까지 판단할 필요는 없다는 사실에 주목할 필요가 있다. 탐사과제의 종속측정치는 반응시간이었기 때문에 피험자들은 화살표가 가리키는 방위에 상관없이 화살표라는 것이 확인되기만 하면 가능한 한 빠르게 반응했을 것이다. 그럼에도 불구하고 화살표가 어떤 탐색요소의 위치를 가리키는지에 따라 반응시간이 달라진다면, 그것은 공간 주의가 탐색요소를 선택했던 위치와 화살표가 갖는 공간적 상징간의 관계에서 기인했을 가능성이 높다.

방법

피험자. 연세대학교에서 교양심리학 및 심리학 개론을 수강하는 31명의 학부생들이 과목 이수 조건을 채우기 위해 실험에 참가하였다. 모든 피험자들은 나안 또는 교정 시력 0.8 이상이었다. 모든 피험자들은 실험의 목적과 가설에 대해 전혀 알지 못했다.

도구 및 재료. 실험은 C 언어로 구현된 프로그램을 통해 IBM 호환 Pentium II급 개인용 컴퓨터와 화면주사율 60Hz인 17inch 평면 모니터에서 실시되었다. 피험자는 모니터에서 60cm 떨어진 받침대에 턱을 고정된 상태에서 자극을 관찰하였고 자판과 마우스를 통해 반응하였다. 실험은 약한 간접조명 하에서 실시되었으며, 한 회기에 두 명의 피험자들이 실험을 실시하였다. 실험은 약 40분간 진행되었다.

실험 1의 자극과 절차를 그림 1에 도식적으로 제시하였다. 사용된 자극들은 모두 흰색 (115.0 cd/m^2)이었고 검은 색 배경 (0.6 cd/m^2)에서 제시되었다. 먼저, 일차 탐색과제에서는 지름이 1.8° 이고 상하좌우 가운데 한 방향으로 열린 Landolt 고리가 탐색자극으로 사용되었는데, 고리의 두께와 열린 부분의 넓이는 각각 0.2° 와 0.9° 이었다. 탐색자극들은 응시도형 주위로 가상적인 정사각형의 네 꼭지점을 이루며 제시되었는데, 각 탐색자극들의 중심과 화면의 중심간의 거리는 6.4° 이었고, 이웃한 두 탐색자극들 간의 중심 간 거리는 9.1° 이었다. 한편, 이차 탐사과제에서는 네 방향을 가리키는 화살표들과 '+'와 '×'가 지름이 2.4° 이고 두께가 0.2° 인 고리와 함께 탐사자극으로서 화면의 중심에 제시되었다. 전체 시행에서 사용된 응시도형은 여섯 가지 탐사자극들을 모두 겹쳐서 만든 별표 모양의 도형이었다.

설계 및 절차. 일차 시각탐색 과제에서는 두 가지 표적자극의 종류와 위치(좌상단, 우상단, 좌하단, 우하단)의 조합에 따라 여덟 가지 조건이 생성되었다. 피험자들 가운데 절반은

상향이나 하향으로 열린 Landolt 고리를 표적 자극으로, 우향이나 좌향으로 열린 고리를 방해자극으로 탐색하였으며(U-자극 조건), 나머지 피험자들은 반대로 탐색하였다(C-자극 조건). 이차 과제인 탐사과제에서는 네 개의 화살표 탐사자극이 각각 한 번씩 제시될 때 두 개의 비화살표 탐사자극들이 각각 두 번씩 제시되도록 하여 화살표 탐사조건과 비화살표 탐사조건이 전체 시행의 각각 절반씩을 차지하도록 하였다.

실험 1에서 처치된 두 가지 주요 변인은 다음과 같다. 먼저, 시각탐색 과제에서 표적자극이 제시된 위치와 탐사과제에서 화살표 탐사 자극의 방위는 그 조합에 따라 세 가지 탐사 조건을 정의하였다. 즉, 화살표가 표적자극이 출현했던 위치를 가리키는 경우를 동일방향 조건이라 하고, 표적자극에 인접한 두 방해자극을 가리키는 경우와 표적자극과 대각선 방향에 제시된 방해자극을 가리키는 경우를 각각 직교방향 조건과 반대방향 조건이라고 하였다. 한편, 시간 경과에 따른 탐사 반응 시간의 변화를 관찰하기 위하여 탐색자극과 탐사 자극의 출현간 시간 간격(stimulus onset asynchrony: SOA)을 117ms, 150ms, 그리고 183ms SOA 조건으로 나누어 실시하였다. 많은 기존 연구들에서 공간 주의의 효과는 SOA가 100ms에서 200ms 사이일 때 가장 두드러지게 발견되었으므로, 본 실험에서는 이러한 시간대의 전반, 중반, 후반부에 해당하는 SOA 수준을 사용함으로써 공간 주의와 상징적 공간 탐사 자극 간의 관계를 효과적으로 관찰하고자 하였다.

각 시행은 화면의 중앙에 응시도형이 제시되면서 시작되었다. 1초가 경과한 후, 응시도형 주위에 100ms동안 네 개의 탐색자극들이 나타난 후 사라졌다. 이 때, 피험자들은 방해자극들로부터 표적자극을 찾아내어 그것이 어느 방향으로 열렸는지를 변별해야 했다. 표적 자극의 유형과 위치는 무선적으로 결정되었으

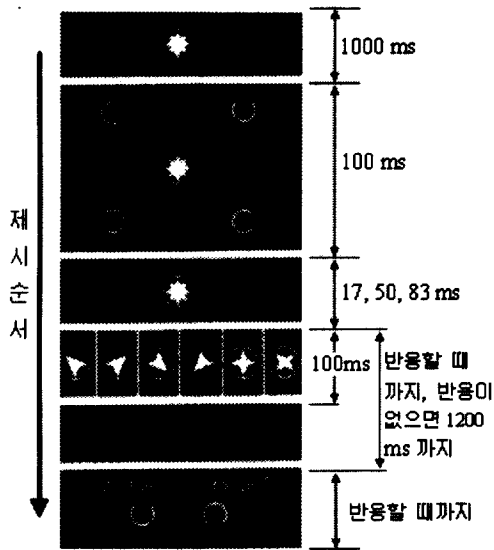


그림 1. 실험1에서 사용된 단일 시행의 도식적인 절차. 응시도형이 제시된 후 1 초가 경과하면 일차 탐색자극들이 100ms 동안 나타났다가 사라졌다. 그 후 조건에 따라 17ms, 50ms, 혹은 83ms가 지난 후, 이차 탐색자극들이 100ms 동안 나타났다가 사라졌다. 마지막으로, 탐사 자극에 대해 피험자들이 반응을 했거나 반응하지 않은 채로 1200ms가 경과하면 탐색과제에서 나타난 표적자극의 종류를 묻는 질문이 제시되었다.

며 세 개의 방해자극들은 적어도 하나가 나머지와 다른 방위를 가리켜야 한다는 제약 하에서 무선적으로 결정되었다. 탐색자극이 사라지면, 17ms, 50ms, 혹은 83ms가 경과한 후에 화면 중심에 있던 응시도형의 일부가 소거되면서 100msec 동안 탐사자극으로 변한 다음에 사라졌다. 이 때, 피험자들은 어떤 종류의 탐사자극이 나타났는지 판단하여 화살표 탐사자극이 제시된 경우에는 가능한 한 빨리 자판의 SPACE 바를 눌러 반응해야 했다. 반응하지 않는 경우에는 1200ms가 경과한 후 다음 단계로 진행하였다. 만약, 피험자가 화살표 자극이

나타났는데 반응하지 않았거나 ‘+’ 또는 ‘×’가 나타났는데 반응한 경우에는 화면 중앙에 빨간 색 × 표시를 제시하였다. 제시될 탐사자극의 종류는 매 시행마다 무선적으로 결정되었다. 마지막으로, 탐사과제가 끝나면 탐색과제에서 어떤 표적자극이 제시되었는지를 질문하였다. 마찬가지로, 피험자의 반응이 틀렸을 경우에는 화면 중앙에 빨간 색 × 표시를 제시하였다.

결과 및 논의

본 실험에서 탐사 과제 수행은 일차 시각탐색 과제를 통해 주의가 적절한 위치에 할당될 것을 전제로 하므로, 탐사과제에서 얻은 반응 시간들을 분석하기 전에 탐색 과제에서 오류를 많이 범한 피험자들의 자료를 미리 정해진 기준에 의해 제거하였다. 제거 기준은 화살표가 제시된 192시행의 25%에 해당하는 48시행 이상의 탐색 오류를 포함한 자료였으며, 이 기준에 의해 C-자극 조건 8명과 U-자극 조건 6명의 자료가 분석에서 제외되었다. 또한, 탐사 과제에서 25% 이상의 오경보율을 나타낸 피험자 한 명의 자료 역시 분석에서 제외되었다. U-자극 조건과 C-자극 조건 각 8명씩 총 16명의 자료를 분석하기에 앞서, 각 조건별 반응 시간에 대한 반복 제거 절차(iterative trimming procedure)를 통해 평균으로부터 3 SD 이상 벗어난 반응 시간들을 분석에서 제외하였다. 이 절차를 통해 제거된 반응 시간들은 전체 자료 중 2.4%에 해당하였다.

탐사 조건에 따른 반응시간 평균은 동일방향 조건에서 498ms, 직교방향 조건에서 510ms, 반대방향 조건에서 499ms이었으며, SOA 조건에 따른 반응시간 평균은 117ms SOA 조건에서 488ms, 150ms SOA 조건에서 483ms, 183ms SOA 조건에서 481ms이었다. U-자극 집단과 C-자극 집단간에는 어떠한 분석에서도 차이가 나타나지 않았으므로 두 집단의 자료를 합하

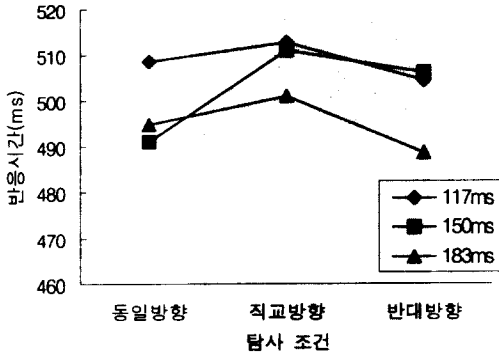


그림 2. 실험 1의 결과. 탐사조건과 SOA 조건의 주효과는 통계적으로 유의미하였고, 상호작용 효과는 유의미한 수준에 미치지 못했다. 그러나, 150ms SOA 조건에서는 동일방향 조건의 반응시간이 직교방향이나 반대방향 조건에 비해 통계적으로 유의하게 빨랐던 것으로 나타났다.

였고, 반응시간에 대하여 탐사 조건과 SOA 조건을 피험자내 요인으로 하는 이원변량분석을 실시하였다. 그 결과, 탐사 조건의 주효과가 통계적으로 유의미하였고($F(2, 30) = 4.34, MSE = 436.86, p < .05$), SOA 조건의 주효과도 역시 유의미하였다($F(2, 30) = 4.22, MSE = 610.62, p < .05$). 탐사 조건과 SOA 조건의 상호작용 효과는 유의한 수준에 미치지 못하였다($p > .06$). 탐사 조건에 대한 사후 검증에서 동일방향 조건과 반대방향 조건의 반응 시간 차이는 유의하지 않았으나($p > .1$), 두 조건 모두 직교방향 조건에 비해서는 빨랐던 것으로 나타났다($ps < .05$). 특히, SOA가 150ms일 때 동일방향 조건의 반응시간은 직교 및 반대방향 조건보다 훨씬 빨라졌는데, 통계적으로도 150ms SOA조건에서 단순주효과는 매우 유의미하였다($F(2, 30) = 7.15, MSE = 145.97, p < .01$).

피험자들의 평균 탐색 오류 횟수는 화살표 제시 및 비제시 조건에서 각각 21.6회와 5.4회였으며, 각 조건의 전체 시행 중 11.3%와 2.8%에 해당하였다. 화살표가 제시되었을 때 탐사조건

별 탐색 오류 횟수의 평균은 동일 조건에서 3.9회, 직교 조건에서 12.6회 그리고 반대 조건에서 5.2회였으나, 직교 조건의 시행수가 다른 조건의 두 배였으므로 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다($p > .1$). 한편, 평균 탐사 오류 횟수는 누락이 2.7회, 오경보가 2.2회였고, 전체 탐사 시행 중에서 각각 1.4%와 1.1%에 해당하였다.

탐사 조건의 주효과가 유의미했다는 것은 공간적 주의가 유도된 탐색요소들의 위치와 화살표 탐사자극이 상징하는 공간상의 위치간에 모종의 관련성이 있음을 의미하며, 동시에 시각적 선택이 참조하는 표상이 대상의 물리적, 절대적 위치보다는 상징적, 상대적 위치에 관한 정보를 담고 있음을 시사한다. 한편, 화살표 탐사자극이 표적자극의 반대방향을 가리키는 경우에도 반응시간이 감소했던 것은 예상하지 못한 결과였는데, 이는 지각적 공간의 상징적인 축(axis)이 선택되었을 가능성으로 해석될 수 있다. 즉, 화살표가 가리키는 방향이 ‘~을 향해’라는 의미를 갖는다면 그 반대방향은 ‘~으로부터’라는 의미를 갖기 때문에, 표적자극의 반대방향은 화살표를 매개로 표적자극의 위치와 상징적으로 연결되어 함께 활성화되었다고 추론할 수 있다. 그렇지만, 이러한 해석은 후속 연구를 통해 더 정확하게 검증되어야 할 것이다.

실험 1에서 제기된 두 가지 문제점 중 한가지는 탐색 과제가 어려워져서 14명이나 되는 피험자들이 결과분석에서 제외되었다는 사실이다. 결과 분석에 포함된 피험자들은 제외된 피험자들에 비해 주의 집중 수준이 높았다고 볼 수 있지만, 다른 한편으로는 과제에서 요구되는 주의 집중 수준이 일상적인 시각탐색 행동에서 요구되는 주의 수준을 넘어섰다고도 볼 수 있다. 또다른 문제점은 탐색과제의 Landolt 고리와 탐사과제의 화살표가 공통적으로 방위(orientation)를 주요 속성으로 지녔다는 점에 있다. 만약 피험자들이 탐사 단계에서 화살표

의 방위를 암묵적으로 처리했다면, 탐색 단계에서 Landolt 고리의 방향을 변별하는 절차가 후속 화살표 탐색과제의 수행에 정적이든 부적이든 영향을 끼쳤을 가능성이 있다.

실험 2

두 번째 실험에서는 앞서 제기된 실험 1의 문제점을 보완하기 위해 탐색요소들을 방위가 아닌 다른 차원으로 정의하고 과제의 난이도를 낮추는데 주안점을 두었다. 탐색요소들은 색상에 의해 사전 정의된 고리였는데, 피험자들은 표적의 색상으로 바뀐 고리의 크기가 큰 것인지 작은 것인지를 정확하게 변별해야 했다.

방법

피험자. 연세대학교에서 교양심리학 및 심리학 개론을 수강하는 24명의 새로운 학부생들이 과목 이수 조건을 채우기 위해 실험에 참가하였다. 모든 피험자들은 나안 또는 교정시력 0.8 이상이었으며 색약이나 색맹이 아니었다. 모든 피험자들은 실험의 목적과 가설에 대해 전혀 알지 못했다.

도구 및 재료. 일차 탐색 과제에서 제시된 각 탐색 요소는 두께가 0.2° 이고 지름이 각각 2.9° , 1.5° 인 큰 고리와 작은 고리의 쌍으로 이루어졌으며, 고리의 색은 녹색(49.4 cd/m^2)이나 빨간색(15.5 cd/m^2) 또는 파란색(9.9 cd/m^2)이었다. 탐사자극과 응시도형의 형태와 크기는 실험 1과 동일하였으나 탐색 과제를 더 쉽게 하기 위해 밝은 회색(73.0 cd/m^2)으로 광도를 낮추어 제시하였다. 이밖에 사용된 도구들과 환경, 그리고 소요 시간은 실험 1과 같았다.

설계 및 절차. 실험 2의 절차를 그림 3에 도식적으로 제시하였다. 실험 1과 달리 각 시행은 네 개의 탐색요소들이 응시도형과 함께

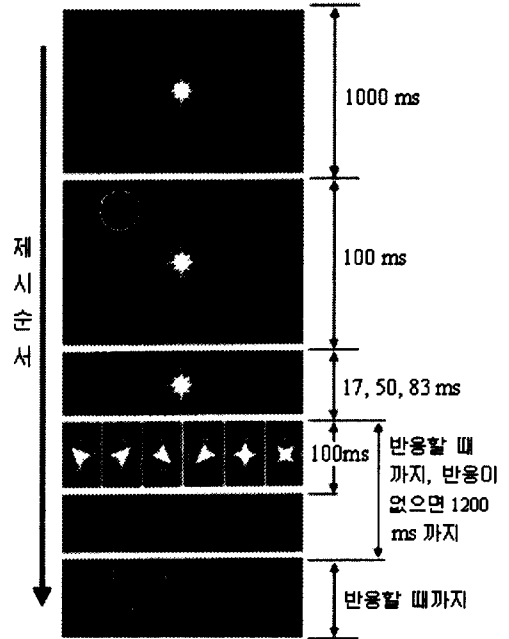


그림 3. 실험 2에서 사용된 단일 시행의 도식적인 절차. 일차 탐색과제는 각 탐색요소를 구성하는 두 개의 고리 중 하나의 색이 변하면서 표적자극(여기서는 흰색 고리)이나 방해자극(줄무늬 고리)으로 변했을 때, 표적자극으로 변한 고리가 큰 것이었는지 작은 것이었는지를 변별하는 것이었다. 나머지 절차와 조건들은 실험 1과 동일하였다.

제시되면서 시작되었다. 1 초 후, 각각의 탐색요소를 구성하는 두 개의 고리 중 한 개가 색이 변하면서 표적자극 또는 방해자극으로 바뀌고, 100 ms가 경과하면 나머지 다른 고리들과 함께 사라지게 된다. 이 때, 피험자들은 표적자극의 색으로 바뀌었던 한 개의 고리가 큰 것이었는지 아니면 작은 것이었는지를 정확하게 변별해야 했다. 표적자극과 방해자극은 녹색이나 빨간색 또는 파란색 중에서 한 가지 색으로 정의되었으며, 이 3 가지 색상이 이루는 여섯 가지 색 조합 조건은 피험자간 요인으로 처리되었다. 각 시행에서 표적자극의 크기가 크거나 작을 확률은 같았고 무선적으로

결정되었다. 방해자극의 크기는 적어도 하나가 나머지와 다른 크기이어야 한다는 제약 하에서 무선적으로 결정되었다. 만약, 탐색과제나 탐사과제에서 오류를 범했을 경우에는 회색 × 표시를 화면의 중앙에 제시하였다. 이 밖에 이차 탐사과제의 절차와 SOA 조건을 비롯하여 실험 2에서 사용된 방법들은 실험 1과 동일하였다.

결과 및 논의

피험자들의 평균 탐색 오류 횟수는 화살표 제시 및 비제시 조건에서 각각 8.0회와 6.1회였으며, 이는 각 조건의 전체 시행 중 4.2%와 3.2%에 해당하였다. 평균 탐사 오류 횟수는 누락이 2.5회, 오경보가 4.9회였고, 전체 탐사 시행 중에서 1.3%와 2.5%에 각각 해당하였다. 탐색 오류나 탐사 오류가 많아서 분석에서 제외된 피험자는 없었으므로 실험 2가 실험 1보다 쉬웠다고 볼 수 있다. 한편, 실험 1에서처럼 각 조건별 반응시간에 대해 반복 제거 절차를 거쳐 평균으로부터 3 SD 이상 벗어난 3.7%의 반응시간 자료들을 분석에서 제외하였다.

탐사 조건에 따른 반응시간 평균은 동일방향 조건에서 468ms, 직교방향 조건에서 480ms, 반대방향 조건에서 478ms이었으며, SOA 조건에 따른 반응시간 평균은 117ms 조건에서 475ms, 150ms 조건에서 473ms, 183ms 조건에서 478ms이었다. 자극 색상 조합에 따른 효과는 어떠한 분석에도 발견되지 않았으므로 여섯 집단의 자료를 합하였고, 반응시간에 대하여 세 가지 탐사 조건과 세 가지 SOA 조건을 피험자내 요인으로 하는 이원변량분석을 실시하였다. 그 결과, 화살표 방향에 따른 탐사조건간 반응시간의 차이가 통계적으로 유의미하였는데($F(2, 46) = 6.13, MSE = 441.79, p < .01$), 사후 검증에서 동일방향 조건의 반응시간은 다른 두 조건들에 비해 유의하게 빨랐으나 ($ps < .01$) 직교방향 조건과 반대방향 조건의

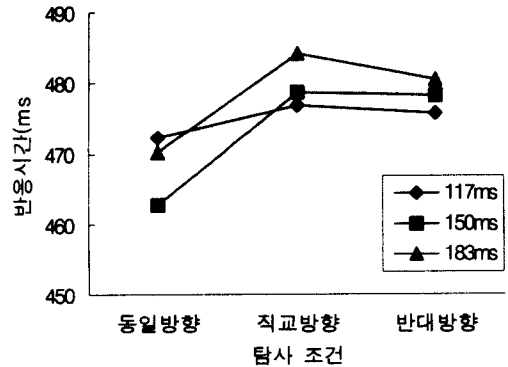


그림 4. 실험 2의 결과. SOA가 150ms인 조건과 183ms인 조건에서 탐사 반응시간은 동일방향 조건일 때 직교방향 조건이나 반대방향 조건에 비해 빨라졌다. SOA 조건에 따른 차이와 SOA와 탐사조건 간 상호작용은 통계적으로 유의한 수준에 미치지 않았다.

차이는 통계적으로 유의한 수준에 미치지 못했음을 알 수 있었다($p > .1$). 그림 4에서도 확인할 수 있듯이, 이러한 결과는 SOA가 150ms일 때와 183ms일 때에 두드러지게 나타났다. 한편, SOA의 주효과 및 SOA와 탐사 조건의 상호작용 효과는 모두 통계적으로 유의미한 수준이 미치지 못했다($ps > .1$).

탐색 오류 횟수는 화살표 제시 조건일 때 비제시 조건일 때보다 더 많았으며, 이 차이는 통계적으로도 유의미하였다($F(1, 23) = 8.82, MSE = 5.00, p < .01$). 화살표가 제시되었을 때 탐사조건별 탐색 오류 횟수의 평균은 동일 조건에서 2.3회, 직교 조건에서 3.6회 그리고 반대 조건에서 2.1회였으나, 직교조건의 시행수가 다른 조건보다 두 배 많았으므로 이 차이는 유의미한 수준에 미치지 않았다($p > .1$).

실험 2는 과제를 쉽게 하고 탐색요소를 방위 대신 색과 크기로 정의함으로써 탐사조건의 주효과를 실험 1보다 명확하게 관찰할 수 있었다. 예컨대, 실험 2에서는 동일방향 조건이 직교방향이나 반대방향 조건에 비해 더 빨랐으며, SOA가 150ms일 때 뿐만 아니라 183ms일

때에도 주의에 의한 이득이 관찰되었다. 이 결과는 탐색요소들의 위치와 화살표 탐사자극이 상징하는 공간상의 위치가 위치-표상 내에서 서로 연관되어 있다는 추론을 더욱 뒷받침한다.

종합 논의

위치에 근거한 선택 모형을 지지하는 연구자들은 대상이 차지하고 있는 위치가 선택 과정에서 일차적으로 중요하다고 주장하며, 공간 단서 실험(Posner & Cohen, 1984; Posner, Snyder, & Davidson, 1980)이나 공간 탐사 과제(Cepeda, Cave, Bichot, & Kim, 1998; Kim & Cave, 1995, 1999a, 1999b)를 통해 이를 증명해왔다. 그러나, 이들 과제에서는 시각장의 특정한 위치에 유도된 공간적 주의를 바로 그 위치에서 표적자극이나 탐사자극에 대한 반응 시간을 통해 측정해왔기 때문에, 시각적 대상의 위치가 어떤 형식으로 공간 표상에 부호화되고 시각 선택과정에서 어떻게 선택되는지에 대한 답을 제공할 수 없었다. 따라서, 본 연구의 목적은 위치 표상과 관련된 의문들에 대한 가지 해결책을 제공함과 동시에 기존의 연구 결과들을 달리 해석할 수 있는 가능성을 제시하려는 것이었다.

실험 1에서 피험자들은 방위로 정의된 Landolt 고리를 탐색하였는데 탐색요소와 탐사자극의 SOA가 150ms인 경우, 화살표가 상징하는 공간상의 위치와 표적자극이 나타났던 위치가 일치하면 일치하지 않는 조건에서보다 반응시간이 더 빨라졌다. 실험 2에서는 색으로 정의된 탐색요소의 크기를 변별하는 비교적 쉬운 탐색과제가 사용되었는데, 표적자극의 위치와 탐사자극의 방위가 일치할 때의 주의 이득(attentional benefit)이 실험 1보다 더 명확하게 나타났다.

기존 연구 방법에서와 달리, 본 연구에서는 탐사자극과 탐색요소들의 물리적 위치가 서로

달랐으며 매 조건에서 탐사자극의 위치는 고정되어 제시되었다. 그럼에도 불구하고, 탐색요소들의 물리적인 위치가 공간적 상징을 갖는 탐사자극의 변별에 영향을 줄 수 있다는 사실은 시각적 선택의 근거가 되는 위치 표상이 절대적, 물리적인 속성을 갖기보다는, 혹은 그와 더불어, 상대적이고 상징적인 형식으로 부호화되어 있을 가능성이 있음을 암시한다. 아울러 본 연구의 결과는 기존의 위치-중심적 혹은 대상-중심적 모형의 입장에서 관찰된 실험 결과들이 재해석될 필요가 있음을 시사한다. 즉, 공간의 특정한 위치에 할당된 주의에 의한 이득은 반드시 특정한 물리적 위치에 주의가 더 많이 주어졌기 때문만이 아니라 그 위치와 관련된 상징적 공간 표상이 활성화되었기 때문이라고 해석될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 김민식 (1999). 시각적 선택에 대한 신경망 모형 : FeatureGate 모형의 하향적 기제, *한국인지과학회지*, 10, 1-15.
- Cave, K. R. (1999). The FeatureGate Model of Visual Selection. *Psychological Research*, 62, 182-194.
- Cave, K. R., Kim, M.-S., Bichot, N. P., & Sobel, K. V. (in preparation) Visual selection within a hierarchical network: The FeatureGate Model.
- Cepeda, N. J., Cave, K. R., Bichot, N. P., & Kim, M.-S. (1998). Spatial selection via feature-driven inhibition of distractor locations. *Perception & Psychophysics*, 60, 727-746.
- Downing, C., & Pinker, S. (1985). The spatial structure of visual attention. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI* (pp.171-187). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501-517.

- Egly, R. E., Driver, J., & Rafal, R. D. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, *123*, 161-177.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters on the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*, 143-149.
- Eriksen, C. W., & Hoffman, J. E. (1972). Temporal and spatial characteristics of selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, *12*, 201-204.
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, *40*, 225-240.
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y. Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *11*, 583-597.
- Hoffman, J. E., & Nelson, B. (1981). Spatial selectivity in visual search. *Perception & Psychophysics*, *30*, 283-290.
- Kim, M.-S., & Cave, K. R. (1995). Spatial attention in visual search for features and feature conjunctions. *Psychological Science*, *6*, 376-380.
- Kim, M.-S., & Cave, K. R. (1999a). Top-down and bottom-up attentional control: On the nature of interference from a salient distractor. *Perception & Psychophysics*, *61*, 1009-1023.
- Kim, M.-S., & Cave, K. R. (1999b). Grouping effects on spatial attention in visual search. *Journal of General Psychology*, *126*, 326-352.
- Kramer, A. F., & Jacobson, A. (1991). Perceptual organization and focused attention: The role of objects and proximity in visual attention. *Perception & Psychophysics*, *50*, 267-284.
- Kramer, A. F., Weber, T. A., & Watson, S. E. (1997). Object-based attentional selection - Grouped-arrays or spatially-invariant representations?: Comments on Vecera and Farah (1994). *Journal of Experimental Psychology: General*, *126*, 3-13.
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *9*, 371-379.
- LaBerge, D. & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, *96*, 101-124.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1988). Spatial gradients of visual attention: Behavioral and electrophysiological evidence. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *70*, 417-428.
- Moore, C. M., Yantis, S., & Vaughan, B. (1998). Object-based visual attention: Evidence from perceptual completion. *Psychological Science*, *9*, 104-110.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3-25.
- Posner, M. I. & Cohen, Y. (1984). Components of attention. In H. Bouma & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X* (pp. 55-66). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, *109*, 160-174.
- Shih, S.-I., & Sperling, G. (1996). Is there feature-based attentional selection in visual search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 758-779.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*, 97-136.
- Treisman, A., Kahneman, D., & Burkell, J. (1983). Perceptual Objects and the cost of filtering. *Perception & Psychophysics*, *33*, 527-532.
- Vecera, S. P., & Farah, M. J. (1994). Does visual attention select objects or location? *Journal of Experimental Psychology: General*, *123*, 146-160.

The Nature of Location in Location-based Selection: Evidence from a Symbolic Spatial Probe Task

Min-Shik Kim & Do-Joon Yi

Department of Psychology, Yonsei University

How does the visual system encode and select the locations of visual objects? To examine the question, we used a symbolic spatial probe technique and observed the relationship between the peripheral location of search elements and the symbolic orientation of a central arrow-probe. In two experiments, probe responses were faster when the arrow pointed to the target location than when it pointed to one of the distractor locations, indicating that discriminating the arrow was sensitive to the location of the target and the spatial relationship between the target and distractors. It is possible that some more abstract type of spatial coding occurred during search, and that visual selection occurred based not (or not only) on a physical or absolute location per se, but on symbolic or relative spatial relation. Based on the evidence, implications for cognitive theories of spatial attention will be discussed.