

지각과 단기 기억 수준에 발현되는 주의 효과의 공간적 연장 패턴 비교*

현 주 석†

중앙대학교 심리학과

주의가 주어진 위치에 발현되는 공간적 주의는 주의 착점으로부터 거리가 멀어질수록 점진적으로 감소한다. 이에 근거하여 지각과 단기 기억 수준에 작용하는 시각적 주의의 공간적 패턴을 조사하였다. 실험 1에서는 시야의 한 지점에 사전 단서(pre-cue)를 제시한 후 시각적 차폐를 동반한 표적 자극을 변별하는 지각적 처리 과제(perception-intensive task)와 차폐 자극이 없이 단서 위치의 항목을 기억해야 하는 기억 처리 과제(memory-intensive task)가 사용되었다. 지각 과제에서 표적 변별 정확도는 주의 착점에서 가장 높았고 인접한 위치에 제시된 표적일 경우 단서 위치로부터 거리가 멀어질수록 점진적으로 저하되었다. 반면에 기억 과제에서는 단서 위치에 제시된 기억 항목만이 정확히 재인되었으며 인접한 항목들에 대한 기억 재인은 우연 수준에 머물렀다. 실험 2는 지각 처리 과제에서도 객체(object) 수준의 공간적 주의가 작용함을 보여주어 기억 과제에서 관찰된 객체 중심적 주의 효과가 경우에 따라서는 지각적 처리 과정에서도 발현될 수 있음을 보여주었다. 이 결과는 선별적 주의 효과는 위치 중심적 모형의 예견에만 국한되지 않고 요구되는 정보 처리 수준의 공간적 특성에 따라 위치 중심적 또는 객체 중심으로 융통성 있게 작용함을 시사한다.

주제어 : 공간적 주의, 점진적 감소 모형, 차폐, 위치 중심, 객체 중심

* 본 연구는 중앙대학교 학술 연구비 지원에 의한 것임.

† 교신저자: 중앙대학교 심리학과, 연구세부분야: 인지 및 지각 심리학
E-mail: jshyun@cau.ac.kr

인간의 시각 체계는 시각각 기관을 통해 무한하게 입력되는 정보를 처리하기 위해 선별적 주의라는 매우 중요한 기제를 가지고 있다. 시야상의 한 지점에 제시된 돌발 자극(abrupt-onset stimulus)은 의미 있는 새로운 자극의 출현일 가능성이 크며, 일반적으로 그 위치에는 공간적 주의가 반사적으로 유도된다[1, 2]. 이러한 외생적(exogenous) 주의가 주어진 위치에 제시된 표적 자극은 그렇지 않은 경우보다 더 빨리 그리고 더 정확하게 처리된다. 자발적으로 시야의 한 위치에 주의를 기울인 경우에도 상대적인 정보 처리 속도의 촉진 현상이 관찰됨이 알려져 있으며, 이는 내생적 주의 기제 또한 존재함을 시사한다[3].

시각적 주의의 공간적 효과에 대한 기존의 연구는 주의가 주어진 위치로부터 거리를 달리하여 주의의 촉진 또는 억제 효과의 공간적 프로파일이 다양한 형태를 가지고 있음을 밝혀냈다. 대표적으로 점진적 감소(gradient) 모형은 주의가 유도된 지점으로부터 거리가 멀어질수록 주의 효과가 서서히 감소한다고 가정한다[4-6]. 이 가설을 검증하기 위한 일련의 연구에서는 응시점을 중심으로 시야의 좌우에 제시된 주의 착점(attention-inducing cue)의 명멸(blinking)을 통해 좌우 각각의 시야에 주의를 유도하였다. 주의 착점에서 거리를 달리하여 역치 부근(near-threshold) 광도를 가진 표적 자극을 제시한 결과, 거리가 멀어질수록 표적자극에 대한 탐지율이 감소함을 발견하였다[7]. 이는 주의가 주어진 지점으로부터 거리가 증가할수록 공간적 주의 효과가 서서히 감소함을 가정하는 점진적 감소 모형을 지지하는 결과이다.

주의 효과의 공간적 특성에 대한 연구는 시각 정보 처리 단계에서 지각적 촉진 및 억제 효과를 조사하는데 국한된 경향이 있다. 최근의 연구는 주의 효과가 발현되는 정보 처리 단계의 특성을 지각적 처리 과정에 국한하지 않고 단기 기억 수준으로 확장하였다. Vogel, Woodman과 Luck[8]은 응시점 상단에 제시된 화살표 자극을 사용해 피험자로 하여금 시야의 좌측 또는 우측에 주의를 집중하도록 처치하였다. 기억 처리 과제(memory-intensive task) 구획에서는 화살표에 뒤이어 각 시야에 색상 사각형(colored box) 다섯 개가 제시되었는데 피험자는 대부분의 시행에서 화살표가 지시한 시야에 제시된 각 사각형의 색상을 기억하도록 지시받았다. 지각 처리 과제(perception-intensive task) 구획에서는 대부분의 시행내에서 화살표가 지시한 시야에 제시된 사각형 중 하나가 동시 차폐(simultaneous mask), 즉 서로 다른 색

깔을 가진 작은 사각형들이 그 사각형 위에 중첩되었다. 따라서 피험자는 주의가 주어질 시야에 속한 모든 도형의 색깔을 기억하는 것이 아닌 차폐된 표적 자극의 색깔을 지각적으로 변별하고, 변별된 단일 표적 항목의 색깔만을 기억하였다. 실험의 주요 관심사는 화살표가 지시한 시야의 도형들 색상에 대한 변별(discrimination) 및 재인(recognition) 정확도와 그렇지 않은 경우의 변별 및 재인 정확도 차이였다.

Vogel 등[8]은 단서 유도 패러다임을 사용하여 주의의 촉진 효과에 의해 주의가 주어질 시야에 제시된 항목들이 그렇지 않은 경우보다 비교적 정확하게 변별되고 재인될 수 있음을 발견하였다. 이는 주의의 공간적 효과가 지각적 수준에만 머무르지 않고 단기 기억 수준까지 확장될 수 있음을 시사하며 기존에 보고된 주의 효과의 공간적 특성이 지각적 수준과 단기 기억 수준에 걸쳐 유사하게 발현될 가능성이 존재함을 의미한다.

주의에 의한 촉진 효과가 지각적 그리고 단기 기억 수준에서 모두 발현됨을 가정할 때 과연 그 공간적 효과의 프로파일(spatial effect profile) 또한 유사할 것인가? 공간적 주의 효과가 주의 착점에서 멀어지면서 그 크기가 점차 감소하는 점진적 감소 모형을 단기 기억에 적용하기에 앞서 지각적 수준과 단기 기억 수준에서 발현되는 주의 효과의 중요한 특징을 살펴볼 필요가 있다. 공간적 주의가 지각적 처리를 촉진하는 경우는 주의가 시각 정보 처리 초기 단계의 감각 표상 형성 과정에 직접 관여할 가능성이 크다. 따라서 주의 효과에 의한 촉진 현상이 객체(object) 수준이나 객체들의 체계적 배열(gestalt)에 국한되기 보다는, 초기 시각 정보 처리 단계의 특성 때문에 위치 중심적(location-based) 표상 즉, 주의 착점 부근에서 거리를 달리하여 완만하게 감소할 가능성이 크다. 반면에 단기기억의 경우는 이미 형성된 개별 항목의 감각 표상을 기초로 선별적 처리가 이루어지므로 지각적 수준과는 달리 객체 수준의 공간 정보나 체계적 배열 정보가 촉진 현상의 주요 단위가 될 가능성이 크다.

최근 연구는 기억 수준의 공간적 주의 효과가 적어도 기억 항목들의 배열로부터 발현되는 공간적 조직화 패턴의 영향을 받고 있음을 밝혀냈다. Woodman, Vecera 와 Luck[9]은 외현적주의 유도에 의한 단기기억 내 공간적 촉진 효과가 근접성(proximity)과 연결성(connectedness)과 같은 게슈탈트 원리(Gestalt principle)의 영향 아래 변화할 수 있는지를 조사하였다. 일련의 실험에서 응시점을 중심으로 좌우 시

야의 상단과 하단에 위치한 사분면(visual quadrant) 중 하나에 돌발 자극을 제시하여 외생적 주의를 유도하였다. 피험자는 주의 유도 후 주의 착점이 속한 사분면과 그에 인접한 사분면에 걸쳐 제시되는 3개의 사각형과 주의가 주어진 사분면으로부터 응시점을 경계로 반대편에 제시되는 3개의 사각형의 색상을 기억하도록 요구 받았다. 게슈탈트 원리에 따르면 주의 착점이 속한 사분면과 그 인접 사분면에 걸쳐 제시되는 세개의 사각형은 응시점을 기준으로 반대편 대칭 위치에 있는 사각형들과 분리되어 서로 하나의 그룹으로 조직화된다. 이처럼 단일 객체들이 상위단계의 체계적 조직 즉 게슈탈트 패턴을 만들어낼 경우 공간적 주의를 게슈탈트 내부로 퍼져나가는(spreading) 특징이 있다[10]. 이러한 원리하에서는 주의 착점으로부터 공간적으로 똑같이 떨어진(equidistant) 항목이라도 주의 착점과 인접한 항목들이 형성한 게슈탈트에 대한 기억은 그렇지 않은 경우보다 재인 정확도가 높아야 한다. Woodman 등의 연구 결과는 주의 착점으로부터 똑같이 떨어진 항목이라도 주의 착점이 속한 그룹내의 항목에 대한 재인이 좀 더 정확함을 보여줌으로써 게슈탈트 원리에서 예견된 결과 패턴과 정확히 일치하였다. 이는 단기 기억 수준에서의 공간적 주의 효과가 위치 특징적(location-specific)이기보다는 객체(object) 수준의 공간적 조직화 정보를 토대로 발현될 가능성을 시사한다.

종합해 볼 때, 지각적 그리고 단기 기억 수준에 작용하는 공간적 주의 효과는 선별적 주의의 대표적 기능인 주의 착점 부근의 정보 처리 촉진 현상에 그 근원이 있음이 분명하다. 그러나 지각적 수준에 작용하는 주의 효과의 공간적 분포 형태에 대해서는 비교적 다수의 경험적 연구에 의해 다양한 모형이 확보된데 비해, 단기 기억 수준에서의 분포 형태에 대해서는 지금까지 실증적 자료의 확보가 제대로 이루어지지 못했다. 본 연구는 이 점에 착안하여 지각적 수준과 단기 기억 수준에서 주의 효과의 공간적 특징을 조사하여 그 유사점과 차이점을 비교해 보고자 한다.

실 험 1

실험 1에서는 위치 단서를 사용한 주의 유도 패러다임(cuing paradigm)하에 시야의 특정 위치에 공간적 주의를 유도하고 그 주변에 제시된 표적 자극 또는 기억

항목에 대한 변별(discrimination) 또는 재인(recognition) 정확도를 살펴보았다. 실험 1에는 기존의 단서 유도 패러다임에서 사용된 자극 및 과제와는 두 가지 중요한 차이점이 존재한다. 먼저 지각적 수준에서 주의 효과를 알아보기 위해 동시 차폐 자극을 사용하여 표적의 변별을 어렵게 만들었다. 동시 차폐는 그 이전의 많은 연구에서 사용된, 차폐 자극이 표적 자극에 앞서는 순행(forward) 차폐 또는 뒤따른 역행(backward) 차폐의 경우에 비해 시공간적으로 표적 자극과 동시에 그리고 같은 위치에 제시되는 특징이 있다. 둘째, 지각 처리(perception-intensive) 과제와 기억 처리(memory-intensive) 과제간 자극 및 측정 과정의 비교를 가능하게 하기 위하여 변화 탐지(change-detection) 과제를 사용하되 지각 처리 과제의 경우 동시 차폐 자극의 위치가 재인되어야 할 항목의 위치를 정확히 지정하였다. 따라서 기억해야 할 항목의 수가 차폐 자극에 의해 단일 항목에 한정되므로 기억 부하가 최소화되고 정보처리가 표적과 차폐 자극의 지각적 처리에 국한된다. 반면에 차폐 자극을 제거한 기억 처리 과제의 경우 차폐 자극이 지정하는 특정 항목이 없는 관계로 피험자는 주의 유도 단서 주변에 제시되었던 항목들을 가능한 한 많이 기억해야 단서 위치를 중심으로 확률적으로 제시되는 검사 자극과 비교가 가능해진다. 차폐 자극을 사용한 이와 같은 처치는 주의에 의한 촉진 효과를 관찰하는데 있어서 지각적 처리 수준과 기억 수준에서 발현되는 공간적 효과를 관찰하는데 매우 효과적임이 알려져 있다. 그러나 이전 연구에서 보고된 공간적 주의 효과는 반구(hemispheric) 수준의 촉진효과에 머물렀다[8]. 실험 1에서는 기존 연구의 이러한 한계점을 극복하기 위해 지각 수준과 단기 기억 수준에서 주의 효과의 공간적 특성을 반구 수준이 아닌 시야상의 세분화된 거리별(위치간 거리 약 1.25°)로 좀 더 자세히 조사하였다.

방 법

참가자

20 명의 유급 피험자가 실험에 참가하였다. 참가자들은 모두 18세 이상 30세 미만이었으며 정상 시력을 보고하였다.

기구 및 재료

6가지 서로 다른 색깔로 구성된 개별 자극(0.65° x 0.65° 크기의 정사각형)들은 피험자로부터 70cm 떨어진 회색 배경(2.5 cd/m²)의 컴퓨터 화면에 제시되었으며 화면 중앙에는 밝은 회색(92.4 cd/m²)의 응시점이 항상 제시되었다(그림 1의(가)와 (나)의 자극 형태 참고). 언어 기억에 의한 오염을 막기 위한 조음 억제 과제 (articulatory suppression)에 사용될 두 숫자는 2에서 8사이의 숫자들 중 무선적으로

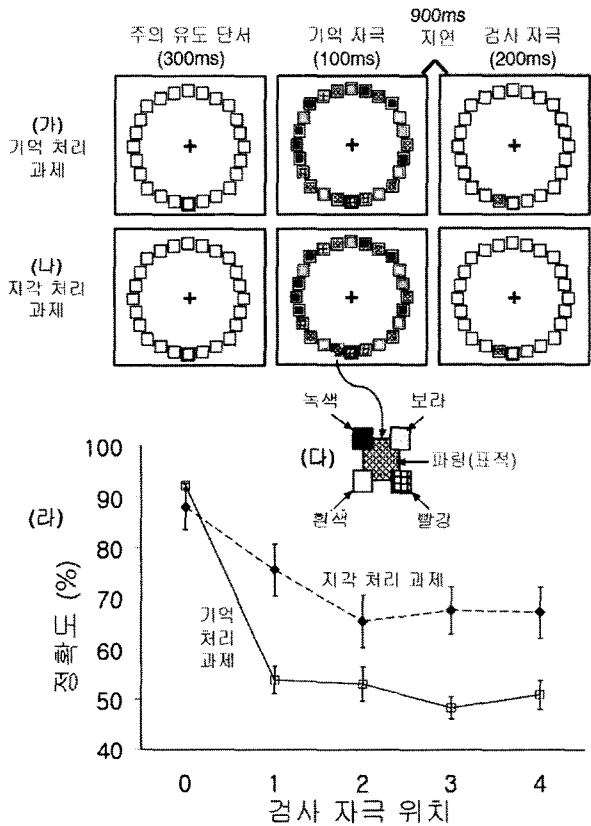


그림 1. 실험 1에서 사용된 자극 및 절차와 결과. (가) 지각 처리 과제의 절차. (나) 기억 처리 과제의 절차. (다) 표적과 동시 차폐 자극의 형태. (라) 실험 1의 결과. 오차 막대는 각 조건에서 측정된 평균의 표준 오차(standard error of mean)를 나타낸다.

선택되었다[11-13]. 각 변별 또는 기억 항목이 제시될, 응시점을 중심으로 원형(반지름 4.8°)으로 배열된 24개의 등간격(중앙 대 중앙 거리 1.25°) 위치에는 위치 표식(location marker)으로써 회색(1.31° x 1.31°, 27.3 cd/m²)의 정사각형 상자가 제시되었다. 각 시행에서 24개중 하나의 상자가 63.4cd/m²의 밝기로 순간 변화하여 공간적 주의를 유도하였다. 자극에 사용된 색깔들은 각각 빨강 및 초록, 보라, 파랑, 검정, 흰색이었으며 반복을 허용하여(with-replacement) 24개의 기억 항목에 무선 할당되었다[정확한 색상 좌표는Vogel, Woodman, & Luck, 14 참고]. 지각 과제에서 사용된 차폐 자극은 24개의 사각형 중 하나에 제시되었으며, 표적 사각형에 사용된 색깔을 제외한 나머지 다섯 색깔 중 네 가지를 무선적으로 선정하여 사용하였다(그림 1 (다) 참고). 주의 유도 단서 제시 후 약 300ms 이상의 시간이 경과한 후에 기억 항목이 제시되는 관계로 눈 운동에 의해 자료 오염을 방지하기 위해 수직 및 수평 안구 전위(electrooculogram)가 측정되었다. 피험자의 반응 입력에는 게임패드상의 두 개 단추가 사용되었다.

설계

실험 1에는 작은 기억 항목의 네 꼭지점 부위를 가리는 작은 사각형으로 구성된 차폐 자극의 유무만을 제외하고는 피험자가 수행할 과제의 자극 및 절차가 동일한 두 종류의 과제 구획(task block)이 있었다. 첫째는 지각 처리 과제(perception-intensive task) 구획으로써 동시 차폐 자극과 중첩되어 제시된 기억 항목에 대한 지각적 수준의 색깔 변별이 매우 어렵도록 처리되었다. 둘째는 기억 처리 과제(memory-intensive task) 구획으로 차폐 자극이 없다는 점을 제외하고는 지각 처리 과제와 완전히 동일하였다. 두 과제 구획은, 지각 처리 과제 구획의 경우는 차폐 자극에 의해 변별이 어려워진 기억 항목이 지각적 변별을 요구하는 단일 항목이므로 기억 부하가 없는 반면에 기억 처리 과제 구획의 경우는 차폐 자극이 없어서 주의 유도 단서 부근의 어느 항목을 재인하게 될지 예측할 수 없다는 차이점을 가지고 있다. 따라서 기억 처리 과제 구획의 경우는 주의 유도 단서 부근의 여러 항목의 색깔을 기억하는 것이 효율적인 과제 수행을 위해서 가장 중요한 책략이 된다. 피험자는 각 과제 조건내에서 64개의 시행으로 구성된 네 개의 시행 구획(trial block) 반복

수행하였으며, 과제 조건의 제시 순서는 각 피험자별로 교차 제시함으로써 순서 효과를 상쇄(counterbalance)시켰다.

절차

그림 1의 (가)와 (나)에 실험 1의 절차를 도해하였다. 지각 및 기억 처리 과제의 피험자가 색상 기억 과제를 수행하는 동안 언어적 시연(verbal rehearsal)에 의한 기억을 통제하기 위하여 조음 억제 과제를 병행하도록 지시하였다. 각 시행의 시작 되면 조음 억제를 위한 두 개의 숫자가 응시점에 1초간 제시되었으며 피험자는 이 두 숫자를 시행이 끝날 때 까지 소리내어 반복 시연하였다. 두 숫자가 사라지고 500ms의 지연 시간 후, 24개의 위치 표식 상자 중 하나가 밝아져 주의를 유도하였으며 변화한 표식 상자의 밝기는 시행이 끝날 때까지 유지되었다. 밝기 변화 후 300ms가 경과했을 때 각 상자 위치에 24개의 기억 항목이 100ms동안 제시되고 사라졌다. 지각 과제의 경우 차폐 자극이 중첩되어 제시된 항목이 표적 자극이 되며 나머지 23개의 자극은 방해 자극(distractor)으로 규정되었다. 기억 과제의 경우 차폐 자극이 없었으므로 주의 착점 부근에 제시되는 항목 모두는 기억 항목이 된다. 따라서 차폐 자극을 제외하고 지각과 기억 과제는 동일한 자극과 절차로 구성된다. 기억 항목이 사라진 후 900ms의 지연(delay) 경과 후 검사 자극이 2초간 제시되었다. 검사 자극은 50%의 시행에서는 변별 또는 기억 항목과 색깔이 같았고, 나머지 50%의 시행에서는 달랐다. 검사 자극은 75%의 시행에서는 주의가 주어진 위치에 제시된 항목의 변별 또는 재인 정확도를 측정(위치 조건 0)하였으나, 나머지 시행에서는 주의 위치 주변의 양쪽 네 위치에 동일한 확률(약 6%)로 제시되는 항목의 변별 또는 재인 정확도를 측정하였다(검사 위치 조건 1, 2, 3, 4)¹⁾. 피험자는 주의 유도 위치로부터 거리를 달리하여 검사 자극의 출현 빈도를 예측할 수 있는 이 확률(cue-stimulus probability)에 대한 정보를 사전에 듣고 이해하도록 처치되었다. 따라

1) 본 연구에서 예견하는 주의 효과는 위치 표식의 광도 변화에 의한 외생적 및 위치 조건 별 단서 출현 확률의 차이에 의한 내생적 주의 유도 모두의 결과물이다. 외생적과 내생적 주의 효과는 시공간적 프로파일에서 서로 미세한 차이가 있으나[1], 점진적 감소 모형의 예견에서 크게 벗어나지 않는 것으로 추정되고 있다[7].

서 검사 자극의 제시 위치는 주의가 유도된 위치 표식에 인접한 네 개의 위치로 한정되었으며, 지시문을 통해 피험자는 이러한 정보를 미리 알고 있었다. 피험자는 각 과제 수행에 앞서 본 실험과 동일한 연습 과제를 통해 원하는 만큼 연습시행을 하도록 허용되었으며 각 시행 구획 사이에 원하는 만큼의 단기 휴식(short-break)을 가지도록 요구되었다.

자료 분석

안구 전위 측정을 통해 주의 유도 단서 제시 후 400ms 이전에 응시점에서 0.2° 이상의 수평 및 수직 안구 운동이 발생한 시행은 모두 최종 자료 분석에서 제외되었다(총 시행의 약 2% 내외). 피험자의 변화 탐지 과제에서의 재인 정확도는 변화 있음(change-present) 시행과 변화 없음(change-absent) 시행의 정확도를 합쳐 산출하였다. 주의 유도 위치로부터 거리를 달리하여 변화하는 재인 정확도를 보기 위하여 주의 유도 위치(검사 자극 위치 조건 0)를 비롯한 인접한 네 위치 표식에 제시된 검사 자극(검사 위치 조건 1, 2, 3, 4 시행)의 재인 정확도 또한 각기 조사하였다. 과제 구획 변인과 위치 변인의 각 수준에 따른 변별 및 재인 정확도의 반복 측정치(repeated-measure)에 대한 이원 변량 분석(2-way ANOVA)을 실시하여 두 변인간의 상호 작용 및 각 구획내 위치 변인의 수준(위치 0, 1, 2, 3, 4)의 변화에 따른 정확도의 점진적 변화 유무를 조사하였다.

결과 및 논의

재인 정확도는 그림 1의 (라)에 요약된 바와 같이 지각 및 기억 처리 과제 구획 모두 주의가 유도된 위치에서는 매우 정확하였으나 그 밖의 위치에서는 현저하게 저하되었다. 지각 처리 과제 구획의 경우, 주의가 유도된 위치 0조건과 위치 1 그리고 위치 2 조건에 걸쳐 재인 정확도가 서서히 감소하였으며 위치 3과 4에서는 수행이 우연 수준(50%)에 가까웠다. 위치 1의 정확도는 위치 0과 위치 2의 중간 수준에 머물렀다. 반면에 기억 처리 과제 구획의 경우, 주의가 유도된 위치 0 조건을 제외하고 나머지 위치에서의 수행은 우연 수준에 가까웠다.

과제 요인(지각 대 기억)과 검사 자극에 대한 위치 요인(위치 0, 1, 2, 3, 4)에 대한 변량 분석 결과, 과제 요인과 검사 자극의 주효과는 모두 통계적으로 유의미하였다, $F(1, 19) = 33.79, p < .01$, 그리고 $F(4, 76) = 52.34, p < .01$. 두 요인의 상호작용 또한 유의미하였다, $F(4, 76) = 8.56, p < .01$. 주의 착점 부근의 정확도 평균 차이 비교를 위한 사전 대비 비교 검증(planned pairwise *t*-test) 결과²⁾, 지각 처리 과제에서 주의 유도 위치인 위치 0 조건의 정확도는 위치 1 보다 컸으며($p < .05$), 위치 1 조건의 정확도는 위치 2보다 컸다($p < .05$). 기억 처리 과제의 경우 위치 0 조건이 위치 1 조건 보다 통계적으로 유의미하게 컸으나, 위치 1과 2 사이는 차이가 없었다($F < 1$). 지각 대 기억 조건내 나머지 위치 2, 3, 4간 정확도 차이는 유의미하지 않았다($F_s < 1$)³⁾.

실험 1의 결과는 공간적 주의가 지각적 처리 수준에서 작용할 경우 그 효과가 주의 착점으로부터 멀어질수록 점진적으로 감소하나, 기억 수준에서 작용할 경우 주의 착점에 제시된 위치 표식 객체(location-marker object)에 배타적으로 집중됨을 시사한다. 이 결과는 객체 중심적 표상을 위치 중심적인 표상(location-based representation)을 가진 것으로 알려진 지각적 처리 수준의 공간 위상적 표상 특징과 객체 중심적인(object-based representation)을 가진 것으로 알려진 단기 기억의 표상 특징을 잘 반영한다. 그러나 기억 수준에서 발현되는 주의를 주의 착점에 제시된

-
- 2) 주의 효과의 점진적 증감의 경향성을 판단하기 위해서는 추세 분석(trend analysis)을 통해 선형 추세(linear trend)의 유무를 조사하는 방법이 고려될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 경향성의 유무보다는 주의 착점으로부터 거리에 따라 효과가 감소하는 명백한 검증 가능한 예견이 존재하므로 인접한 각 위치의 정확도값들로 구성된 평균쌍을 쌍별 *t*-검증(pairwise *t*-test)하여 인접 위치의 평균값간 서로 차이가 있는지를 알아보았다.
- 3) 위치 2, 3, 4간 차이가 없다는 점은 실험 1에서 유도된 주의 촉진 효과가 위치 0, 1, 2에만 영향을 주었음을 의미한다. 광도 탐지 과제가 사용된 기존 연구는 주의 촉진 효과가 약 시각 4°정도를 넘어서부터는 억제 성으로 변화할 수 있음을 보고하였다[7]. 반면에 실험1의 자극 상황에 있어서는 주의 효과의 공간적 범위는 시각 2.5°(위치 0에서 2까지의 거리 = 1.25° x 2)내에 한정됨을 알 수 있으며, 2, 3, 4 위치 조건에는 주의 효과의 증감에 대한 어떤 징후도 관찰되지 않았다. 이는 실험 1의 자극 상황에서는, 공간적 주의 효과의 세부적 연장 패턴이 기존 연구에서 보고된 중심 흥분-주변 억제성 DOG함수(∇²G) 형태 보다는 촉진 효과만이 점진적으로 감소하는 형태를 따른다고 추정해 볼 수 있다.

객체(object)에 집중된다기 보다는 지각적 처리 과정에서 발현되는 주의보다 단순히 그 집중되는 범위가 좁을 뿐(a narrower focus)이라는 대안적인 해석 또한 가능하다. 즉 실험 1의 기억 과제에서는 이러한 대안적 가설을 검증할 만큼 주의 착점 주변의 위치 조건을 세분화하여 조사하지 못했을 것이란 비판이 가능하다. 그러나 실험 1에서 사용된 위치 표식간의 거리는 실험 자극의 실용적 설계상 가능한 가장 좁은 간격을 사용하였다($<1.25^\circ$). 일반적으로 시야상의 1° 정도의 크기가 변별 가능한 사물들의 다양한 위치를 지정하기에는 비교적 좁은 공간임을 가정할 때, 기억 과제 조건에서 주의 착점(위치 0)에 배타적으로 나타난 주의 효과는 위치 표식 간 간격이 멀어서 점진적 감소를 탐지해 내는데 실패해서가 아니라 주의 착점의 단일 위치 표식, 즉 특정 객체에 집중되었기 때문이라는 설명이 좀 더 바람직함을 추정해 볼 수 있다.

실 험 2

지각적 탐지 과제를 사용한 공간적 주의에 대한 기존의 연구는 공간적 주의가 주어진 객체 전체가 촉진 효과의 혜택을 받는 객체 중심적(object-based) 주의 효과가 나타날 수 있음을 보고하였다[10]. 반면에 실험 1에서는 기억 수준에서 관찰된 주의 효과는 위치 표식 객체에 배타적으로 집중되었고, 차폐 자극이 사용된 지각적 처리 과제의 경우는 주의가 주어진 위치에 인접한 위치 표식에 대한 변별 수행 수준 또한 영향을 미쳤다. 실험 2는 이러한 공간적 효과의 차이를 설명하고 선택적 주의 효과의 융통성 있는 발현 특성을 살펴보기 위해 실시되었다. 실험 2는 실험 1에서 사용된 차폐 자극을 사용하여 지각적 수준의 주의를 유도하되, 객체 중심적 주의 효과를 조사하는데 사용된 기존의 실험 패러다임을 적용해 봄으로써 지각적 수준의 처리 과정에서도 필요에 의해서는 객체 수준의 주의가 유도될 수 있는가를 검사해 보았다.

방 법

참가자

Iowa 대학의 심리학 개론 수업을 수강하는 20명의 새로운 자원 피험자가 실험 2에 참가하였다.

기구 및 재료

실험 2에서는 실험 1과 몇 가지 차이점을 제외하고는 동일한 기구와 재료가 사용되었다. 실험 2의 응시점과 배경으로 사용된 Egly 막대($2.11^\circ \times 9.65^\circ$; 막대 중심과 응시점 간 거리 3.68°)는 검정색이었으며 각 시행 내에서 배경 화면에 항상 제시되었다(자세한 패러다임과 자극 형태는 그림 2 (가)와 Egly 등[10]을 참고). 배경 회색 화면의 밝기는 8.20 cd/m^2 였다. 실험 2에서는 주의 효과를 측정하는데 사용될 자극들이 응시점을 중심으로 모두 네 곳의 위치로 국한되었다. 응시점으로부터 표적 자극(또는 방해 자극)까지의 거리는 대각선 방향으로 중앙-대-중앙 5.1° 였다(수평 $3.6^\circ \times$ 수직 3.6°). 실험 2의 변화 탐지 과제에 사용된 색깔 사각형은 실험 1에서 사용된 색깔 들 중 보라색이 노란색(CIE 좌표 $x = .478, y = .452; 65.23 \text{ cd/m}^2$)으로 바뀐 것을 제외하고는 동일하였다. 실험 1과 달리 Egly 막대의 끝 일부분을 92.45 cd/m^2 의 밝기로 순간 명멸(blink) 시켜 주의를 유도하였다. 중립 시행(neutral trial)에서는 Egly 막대의 끝부분 명멸이 아닌 응시점의 상하 또는 좌우 1° 떨어진 거리에 1° 크기의 검은 막대 두 개를 제시하였다. 주의 유도를 위한 명멸 후 100ms 후에 차폐된 표적 자극이 사라져 눈 운동에 의한 자료 오염의 소지가 최소화된 관계로 안구 운동 통제를 위한 별도의 안구 전위 측정은 실시되지 않았다.

설계

실험 2에서는 실험 1의 과제 중 지각 처리 과제만을 사용하였다. 전체 240회의 시행은 Egly 막대 양 쪽 끝 중 하나가 명멸한 단서를 제시하고 그 위치에 차폐된

현주석 / 지각과 단기 기억 수준에 발현되는 주의 효과의 공간적 연장 패턴 비교

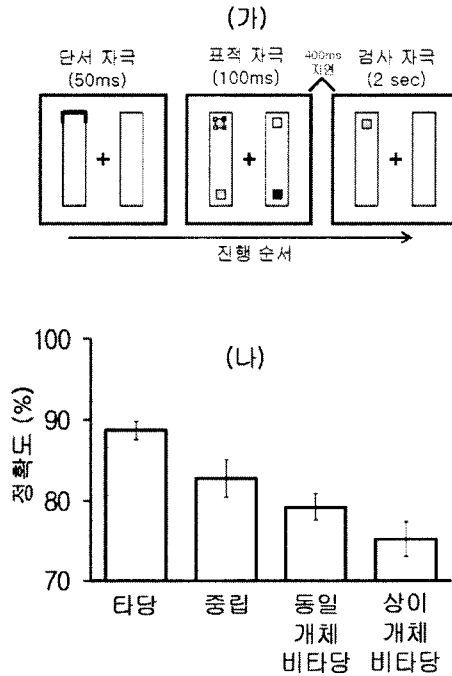


그림 2. 실험 2에서 사용된 자극 및 절차와 결과. 오차 막대는 각 조건에서 측정된 평균의 표준 오차(standard error of mean)를 나타낸다.

표적 자극이 제시된 경우는 타당 시행(valid trial) 16회, 명멸한 반대쪽 막대 끝부분에 제시된 경우는 동일객체 비타당 시행(invalid same-object trial) 32회, 그리고 명멸한 막대의 끝에서 동일 객체 비타당 시행의 표적 위치와 거리는 같지만 반대편 다른 막대의 끝에 표적 자극이 제시된 경우는 상이 객체 비타당 시행(invalid different-object trial) 32회, 마지막으로 응시점 주변에 두 개의 짧은 막대를 제시하여 단서를 통한 표적의 위치를 예측할 수 없도록 처치한 중립 시행 (neutral trial) 16회로 구성되었다. 피험자는 1회 또는 2회의 32회로 구성된 연습 시행을 의무적으로 수행하도록 요구 되었으며, 본 실험의 매 60회 시행마다 20초의 휴식을 취하도록 요구되었다.

절차

매 시행의 시작 전 피험자는 정중앙의 응시점에 시선을 고정시키도록 요구받았다. 개별 시행은 수평이나 수직으로 화면의 정중앙을 중심으로 좌우 또는 상하 대칭으로 제시된 두 개의 Egly 막대가 배경 화면에 제시됨으로써 시작되었다. 약 1초 후 두 막대 중 한 막대 양 끝 부분 중 하나가 50ms 동안 명멸하였으며 그 직후 두 Egly 막대 끝에 네 위치에 표적과 방해 자극이 각각 제시되었다(그림 2의 (가) 참고). 동시 차폐된 표적 자극은 단서-자극 확률을 따라 66.7%의 타당 시행에서는 주의 유도 명멸이 발생한 위치에, 13.3%의 동일 객체 비타당 시행에서는 같은 막대 내 주의 유도 명멸이 발생한 위치의 반대 쪽 끝에, 13.3%의 상이 객체 비타당 시행 13.3%에서는 주의 착점 위치로부터의 거리를 고려할 때 동일 객체 비타당 시행의 표적 자극의 위치와 동일하기는 하나 주의 착점이 속한 막대가 아닌 반대편 막대의 끝에, 마지막으로 6.7%의 중립시행에서는 자극 제시 가능한 네 곳의 위치 중 하나에 무선적으로 제시되었다. 표적 자극과 방해 자극이 100ms 동안 제시되고 난 400ms 후 표적 자극 위치에 검사 자극이 1초간 제시되었고 피험자는 이 검사 자극이 차폐되어 제시되었던 표적 자극과 동일한 색상을 가지고 있는지 여부를 게임패드상의 두 버튼 중 하나를 눌러 보고하도록 요구 받았다. 검사 자극은 전체 시행의 50%에서는 표적과 같은 색이었으나, 나머지 50%에서는 다른 색이었다. 검사 자극의 사라짐과 동시에 배경에 제시되어있던 두 막대가 사라졌으며 500ms 후 다음 시행이 시작되었다. 피험자는 정확한 반응을 요구 받긴 했으나, 반응의 신속성은 강조되지 않았다.

자료 분석

실험 1의 지각 처리 과제와 동일하게 실험 2에서는 표적 자극에 대한 변별 정확도의 측정치로써 표적-검사 자극간 변화 탐지 정확도를 수행 측정치로 정의하였다. 이 측정치의 분석을 위하여 시행 유형 조건(타당, 동일 객체 비타당, 상이 객체 비타당, 중립 시행)을 주요인으로 한 반복 측정 방안에 의한 일원 변량 분석(1-way ANOVA)이 실시되었다.

결과 및 논의

각 시행 유형에 따른 정확도는 그림 2의 (나)에 요약되어있다. 실험 결과 지각 처리 수준의 주의 효과는 배경 객체(background object)의 윤곽 즉 Egly 막대에 의해 객체 수준의 혜택(object benefit)을 받는 것으로 나타났다. 이러한 해석은 측정치에 대한 변량 분석 결과 통계 적으로 유의미한 시행 유형의 주효과에 의해 지지되었다, $F(3, 76) = 9.29, p < .01$. 실험 2의 주요 관심사인 동일 객체 비타당 시행과 상이 객체 비타당 시행 간 정확도 차이 비교를 위한 사전 대비 비교 검증 결과 두 조건간의 차이는 통계적으로 유의미 하였다, $t(19) = 9.02, p < .01$. 주의 효과 검증을 위한 타당 시행과 기타 시행 조건간의 비교 결과, 동일 객체 비타당 시행과 중립 시행 간 차이만을 제외하고 모두 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 객체 비타당 시행과 상이 객체 비타당 시행간에 정확도가 차이가 있었다는 사실은 실험 1에서 관찰된 지각적 수준의 주의 효과가 필요에 의해서는 위치 특정적이 아닌 객체 중심적 특성을 가질 수 있다는 점을 보여준다. 또한 기존의 공간적 주의에 관한 연구에서 보고되었던 객체 중심적 주의 효과가 지각적 수준에 존재한다는 사실을 재차 확인해 주는 결과이다.

종합 논의

본 연구는 공간적 주의가 지각 처리 수준과 기억 처리 수준에 작용할 때 서로 다른 공간적 프로파일(profile)을 가질 수 있음을 보여주었다. 실험 1에서 관찰된 바에 의하면 지각 수준의 경우 주의 착점으로 부터 멀어질수록 주의 효과는 점진적으로 감소되는 반면에 기억 수준의 경우는 주의 착점에 제시된 객체에 배타적으로 집중되는 것으로 나타났다. 실험 2에서는 반면에 지각 수준의 경우에도 필요에 따라서는 공간적 주의 효과가 객체 중심적 특성을 가지고 발현될 수 있음이 관찰되었다.

주의 효과의 공간적 특성에 대한 대다수의 연구들은 지각 수준과 기억 수준의

프로파일을 분리시켜 조사한 경우가 드물었다. 일례로 주의 유도 단서 제시 후 그 효과를 측정하는 과정에 사용된 표적은 대개가 광도를 변별하는 자극 또는 낱자에 대한 탐지와 변별에 소요되는 시간 및 정확도였다. 이러한 측정 패러다임 아래에서는 표적 자극의 처리에 관련된 지각적 변별이 피험자의 주된 과제이므로 피험자의 의사 결정 및 보고 반응 이전에 위치하는 선별적 주의의 영향을 받는 정보 처리 단계가 단기 기억과 같은 고등 인지 과정에 다다르지 못했다. 예외적인 경우로서 지각적 수준의 공간적 주의 효과를 비교적 고등 인지 과정에 속하는 의사 결정 단계에서의 의사 결정 잡음(decision noise)에 근거한 현상으로 설명하려는 시도는 있었다[15]. 그러나 뒤이어 실시된 신경 생리학적인 연구들은 지각적 수준의 주의 효과가 실재함을 시사하는 증거를 제시하였다[16-18].

본 연구는 지각 및 기억 수준의 정보 처리를 요구하는 두 과제간 자극과 절차상 유사성을 최대한 유지하면서 두 과제에서의 공간적 주의의 특성을 조사하려는 새로운 시도를 통해 기존 연구에서 측정하지 못했던 기억 수준의 공간적 주의가 지각적 수준과는 달리 객체 중심적 특성을 가질 가능성을 보여주었다. 점진적 감소 모형의 예견과는 비교적 크게 차이가 나는 기억 수준의 공간적 주의의 발현 특성을 직접적으로 예견한 모형에 대해서는 알려진 바가 없다. 다만 지각적 수준에서는 객체 중심적 표상에 의한 객체 혜택(object-benefit)이나, 점진적 감소의 예외적인 경우로서 시야상의 한 위치에 주의가 집중될 수 있다는 주시(spotlight) 모형이나 줌 렌즈(zoom lens) 모형이 제안된 경우는 있었다[19, 20]. 본 연구에서 관찰된 객체 수준의 주의 효과는 이러한 예외적 모형들이 지각적 수준이 아닌 기억 수준의 처리 과정을 요구하거나 두 처리 과정 모두에 관여하는 과제를 사용한 데서 비롯되었을 가능성 또한 추정해 볼 수 있다.

현재로서는 기억 수준의 객체 중심적 특성을 명료하게 설명할 공간적 주의 모형을 찾아보기는 어렵다. 다만 최근에 밝혀진 시각 단기 기억에 관한 행동적 (behavioral) 연구는 단기 기억 내 기억 항목들이 세부 특징의 단순한 조합이 공고한 결합(integration)에 의해 객체 수준의 표상으로 저장됨을 보고하였다[14, 21]. 이는 지각적 수준의 공간적 표상이 기억 수준의 표상으로 전환되는 과정에서 주의 착점에 제시된 기억 항목의 경계(boundary) 내부에 그 점진적 감소 패턴(gradient)이 한정

지어질 가능성을 추정하게 해준다. 따라서 실험 2와 기존의 연구에서 관찰된 객체 중심적 주의 효과는 반드시 지각적 수준에 국한된 공간적 주의 기제라기보다는 지각 수준과 기억 수준에서 모두 발현될 수 있는 공간적 주의 기제의 특수하고도 예외적인 형태임을 예상할 수 있다. 후속 연구는 이러한 가능성을 염두에 두고 기억 수준에서도 점진적 감소와 같은 공간적 패턴이 관찰될 수 있는지 조사하는 것이 바람직할 것이다.

참고문헌

- [1] K. Nakayama and M. Mackeben, "Sustained and transient components of focal visual attention". *Vision Research*, vol. 29, pp. 1631-1647, 1989.
- [2] H. J. Mueller and P. M. A. Rabbit, "Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 15, pp. 315-330, 1989.
- [3] S. Yantis and J. Jonides, "Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 16, pp. 121-134, 1990.
- [4] C. J. Downing, "Expectancy and visual-spatial attention: Effects on perceptual quality". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 14, pp. 188-202, 1988.
- [5] J. M. Henderson and A. D. Macquistan, "The spatial distribution of attention following an exogenous cue". *Perception and Psychophysics*, vol. 53, pp. 221-230, 1993.
- [6] 현주석, 정상철, 정찬섭, "선분 운동 착시를 통해 본 주의 효과의 공간적 패턴". **한국인지과학회 논문지**, 9권 4호, pp. 107-120, 1998.
- [7] 정상철, 현주석, 정찬섭, "외인성 주의 유도에 의한 시야의 시각 민감도 변화". **한국인지과학회 논문지**, 8권 4호, pp. 63-75, 1998.
- [8] E. K. Vogel, G. F. Woodman, and S.J. Luck, "Pushing around the locus of selection:

- Evidence for the flexible-selection hypothesis”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 17, pp. 1907-1922, 2005.
- [9] G. F. Woodman, S. P. Vecera, and S. J. Luck, “Perceptual organization influences visual working memory”. *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 10, pp. 80-87, 2003.
- [10] R. Egly, J. Driver, and R. D. Rafal, “Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects”. *Journal of Experimental Psychology: General*, vol. 123, pp. 161-177, 1994.
- [11] A. D. Baddeley, *Working Memory*. (Oxford, Clarendon, UK, 1986).
- [12] D. Besner, J. Davies, and S. Daniels, “Reading for meaning: The effects of concurrent articulation”. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 33A, pp. 415-437, 1981.
- [13] D. J. Murray, “Articulation and acoustic confusability in short-term memory”. *Journal of Experimental Psychology*, vol. 78, pp. 679-684, 1968.
- [14] E. K. Vogel, G. F. Woodman, and S. J. Luck, “Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory”. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 27, pp. 92-114, 2001.
- [15] L. Shiu and H. Pashler, “Negligible effect of spatial precuing on identification of single digits”. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 20, pp. 1037-1054, 1994.
- [16] S. J. Luck, et al., “Effects of spatial attention in area V4 of the macaque”. *Society for Neuroscience Abstracts*, vol. 19, no. 1, pp. 27, 1993.
- [17] S. J. Luck, S. Fan, and S. A. Hillyard, “Attention-related modulation of sensory-evoked brain activity in a visual search task”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 5, pp. 188-195, 1993.
- [18] S. J. Luck, et al., “Effects of spatial cuing on luminance detectability: Psychophysical and electrophysiological evidence for early selection”. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 20, pp. 887-904, 1994.
- [19] C. W. Eriksen and Y. Y. Yeh, “Allocation of attention in the visual field”. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 11, pp. 583-597, 1985.

- [20] B. A. Eriksen and C. W. Eriksen, "Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task". *Perception and Psychophysics*, vol. 16, pp. 143-149, 1974.
- [21] S. J. Luck and E. K. Vogel, "The capacity of visual working memory for features and conjunctions". *Nature*, vol. 390, pp. 279-281, 1997.

1 차원고접수 : 2008. 7. 4

2 차원고접수 : 2008. 9. 25

최종게재승인 : 2008. 9. 29

(Abstract)

The spatial-effect profile of visual attention in perception and memory

Joo-Seok Hyun

Department of Psychology, Chung-Ang University

The effect of spatial attention gradually decreases as a function of the distance between the locus of attention and a target. According to this hypothesis, we tested the spatial-effect profile of visual attention when it operates on perception and memory. Experiment 1 measured accuracy of discriminating the color of a simultaneously masked target after presenting a pre-cue to either at the target location or away from the target (perception-intensive task). Experiment 2 measured accuracy of recognizing the color of several items at and around the pre-cued location (memory-intensive task). In the perception-intensive condition, the accuracy gradually dropped as the distance between the cue and target location increases. However, in the memory-intensive condition, subjects remembered only the item at the cued location. This suggests spatial attention in a memory-intensive process would operate on object-based representations. Experiment 2 showed the object-based effect observed in Experiment 1 can be also present in perception under a special circumstance. The results indicate that spatial attention can operate on object-based representations in a memory-intensive process whereas it flexibly can operate either on location-based or object-based representations in a perception-intensive process.

Keywords : *spatial attention, gradient model, mask, location-based, object-based*