

## 시각탐색을 통한 선분 운동 착시의 유도

이 도 준 · 김 민 식

연세대학교 심리학과

공간적 주의의 정보처리 촉진 효과가 선분 운동 착시에 반영되는지 알아보기 위해 시각 탐색 과제와 선분 탐사 과제를 결합한 실험을 실시하였다. 실험 1에서는 색으로 정의된 도형들을 표적자극과 방해자극으로 제시하고 인접한 위치에 선분을 제시하였는데, 표적자극의 위치와 방해자극의 위치에서 측정된 선분 운동 착시량 사이에는 아무런 차이가 없었다. 실험 2에서는 탐색자극의 돌발 출현(abrupt onset)으로 인한 주의의 자동할당(attentional capture)을 피하기 위해 차폐자극을 부분 소거(offset)하여 탐색자극들을 제시하고 또한, 선분 운동 착시량의 시간에 따른 변화를 관찰하기 위하여 두 가지 자극 제시 간격(stimulus onset asynchrony; SOA)을 사용했을 때, 공간적 주의의 효과가 큰 150msec SOA 조건에서는 실험 1과 동일한 결과가 나타났고 오히려 공간적 주의의 효과가 감소하는 250msec SOA 조건에서 탐색자극의 종류에 따른 착시량의 차이가 관찰되었다. 이러한 결과는 공간적 주의가 선분 운동 착시를 일으키는데 필수조건이 아니라는 점을 증명함과 동시에, 선분 운동 착시가 선행 자극과 후속 선분간의 결합(binding)을 통한 가현운동의 산물일 가능성이 높다는 점을 시사한다.

시야의 한 위치에 시각적 자극이 순간적으로 나타난 후 그 옆으로 나란히 수평 선분이 제시되면, 물리적으로는 이 선분의 모든 부분이 동시에 제시되었음에도 불구하고 우리는 마치 선행 자극에 가까운 부분이 먼저 나타난 후에 반대편을 향해 빠르게 뻗어나가는 듯한 운동감을 느끼게 된다. 이와 같은 착시 현상은 이미 오래 전부터 감마 운동(gamma movement) 등의 이름으로 보고되어 왔으나 그 원인이 무엇인지에 대해서 체계적인 연구가 이루어지지 않았다. 그런데, 이 착시 현상은 최근에 와

서 선분 운동 착시(line motion illusion)로 불리며 다시 한번 정신물리학자들의 주목을 받고 있는데, 그 이유는 중요한 정보처리 기제들 가운데 하나인 주의(attention)의 작용이 이 착시 현상에 직접·간접적으로 반영된다는 의견이 여러 연구자들에 의해 제기되었기 때문이다(Downing & Treisman, 1997; Hikosaka, Miyauchi, & Shimojo, 1993a, 1993b, 1993c; Kawahara, Yokosawa, Nishida, & Sato, 1996).

Hikosaka, Miyauchi와 Shimojo(1993a, 1993b, 1993c)는 LaBerge(1983; LaBerge & Brown,

---

본 연구는 과학기술부의 'Braintech 21'의 '뇌과학연구' 지원을 받아 수행되었다.

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

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

1989)의 주의 경감 모형(attentional gradient model)을 통해 선분 운동 착시를 설명하려고 시도하였다. 주의 경감이란 주의 효과가 주의 착점(the locus of attention)에서 가장 높고 거리가 멀어질수록 점차 감소한다는 공간적 주의의 가설적인 분포를 말하며, 여기서 주의 효과는 특정한 위치에 주의가 주어짐으로써 그 위치에 나타나는 시각적 정보가 다른 위치에 나타나는 정보에 비하여 상대적으로 더 정확하게 그리고/또는 더 빠르게 처리된다는 것을 의미한다. Hikosaka 등은 선행 자극에 의해 시각장에 유도된 주의의 경감적인(gradient) 분포가 후속 선분의 시각 정보 처리를 차별적으로 촉진하여 선분 운동 착시가 발생한다고 주장하였다. 즉, 한 선분 중에서도 주의 착점에 근접한 부분은 먼 부분에 비해 상대적으로 더 많은 주의 효과를 누리게 되어 내측두엽(medial temporal lobe: MT)에 더 빨리 도달하게 되는데, 이 때 내측두엽에 위치한 운동 탐지기(motion detector)가 이러한 국소적인 처리 속도의 차이를 실제 운동에 기인한 것으로 오인하여 선분 운동 착시가 발생한다는 것이다.

Hikosaka 등(1993a, 1993b, 1993c)은 선분 운동 착시가 공간적 주의의 효과를 상당히 정확하게 반영한다고 주장하였다. 예를 들어, 선행 자극을 나타나게 한 후에 시간 간격(stimulus onset asynchrony; SOA)을 달리하여 후속 선분 자극을 제시하였을 때, 피험자들이 느끼는 착시의 양은 SOA가 증가하여 100msec에 가까워질수록 급격히 증가하다가 대략 150msec을 지나면 점차 감소하는 추세를 나타내었다. 선분 운동 착시의 이러한 시간적 추세(temporal profile)는 기존에 보고되어 온 공간적 주의의 시간적 추세와 유사한 점이 많다(Kim & Cave, 1999a; Müller & Rabbitt, 1989; Nakayama & Mackeben, 1989; Theeuwes, 1995). 그러므로, 선행 자극이 제시된 직후에는 주의의 일시적 요소(transient component)에 의해 선분의 국소적인 정보처리가 크게 촉진되고 일시적 주

의가 쇠퇴할 즈음에는 주의의 지속적인 요소(sustained component)가 작용하여 선분 운동 착시량을 유지한다고 추론할 수 있다. 결론적으로, Hikosaka 등의 연구는 선분 운동 착시에 대해 기존의 주의 이론들과 잘 부합되는 해석을 제공함으로써 주의 기제의 신경생리학적 경로(Steinman, Steinman, & Lehmkuhle, 1996), 회귀 억제(inhibition of return; Schmidt, 1996), 주의의 공간적 연장 패턴(현주석, 정삼철, 정찬섭, 1998) 등 선분 운동 착시를 이용한 여러 주의 연구들의 방법론적 근거를 제공하였다.

주의 촉진 효과를 선분 운동 착시의 직접적인 원인이라고 보는 견해와 다르게, 어떤 연구자들은 이 현상을 일종의 가현 운동(apparent motion)으로 보는 것이 더 적절하다고 제안한다(Dowling & Treisman, 1997; Kawahara, Yokosawa, Nishida, & Sato, 1996). 일반적으로 가현 운동은 시공간적으로 근접한 자극들이 지각 과정에서 대응 관계를 맺어 독립적인 개체들이 아닌 동일한 대상의 여러 가지 모습들로 파악되면서 발생한다고 알려져 있다(Ullman, 1979). 같은 맥락에서 보면 선분 운동 착시는 선행 자극과 후속 선분이 서로 대응하여 발생하는 가현운동이라고 해석할 수 있다. 따라서, 이를 주장하는 연구자들은 공간적 주의 이론으로는 설명하기 어려우나 가현 운동으로는 설명이 가능한 실험 결과들을 제시하려고 노력하였다.

먼저, Kawahara, Yokosawa, Nishida와 Sato (1996)는 선분 운동 착시가 시각장의 여러 위치에 걸쳐서 동시에 유발될 수 있음을 특이 표적 탐색 과제(odd-target-search task)를 사용하여 증명하였다. 이들은 여러 개의 흩어진 점들을 첫 번째 화면에서 보여주고 두 번째 화면에서는 같은 수의 수평선들을 점이 있던 위치의 한 쪽 옆에 나란히 제시하여 동시에 여러 위치에서 선분 운동 착시가 발생하도록 하였다. 이 때, 전체 시행 중 절반의 시행에서는 하나의 선분을 점의 반대편에 제시함으로

써 나머지 선분들과 반대 방향으로 운동감이 발생하도록 조작하고, 피험자들로 하여금 매 시행에서 이러한 반대 방향의 선분 운동이 일어났었는지를 판단하도록 지시하였다. 주의 경감 모형을 비롯하여 스포트라이트(spotlight) 모형이나 줌렌즈(zoom-lens) 모형과 같은 공간적 주의의 기존 모형들은 대개 하나의 주의 초점(attentional focus)만을 가정하기 때문에, 선분 운동 착시를 일으키는데 주의가 필수적으로 요구된다면 피험자들이 매 시행에서 제시되는 여러 개의 선분들에서 동시에 주관적인 운동감을 느끼고 이들의 방향을 비교하여 표적을 찾아내기란 이론적으로 거의 불가능하다. 그러나 이러한 예상과 달리 피험자들이 표적을 찾아내는데 실패할 확률은 점-선분쌍의 개수가 여덟 개에 이를 때까지도 대략 10% 수준에 머물렀다. Kawahara 등은 선분 운동 착시가 이처럼 시각장에서 병렬적이고 전주의적으로(preattentively) 지각될 수 있기 때문에 공간적 주의는 선분 운동 착시를 일으키기 위한 필수 조건이 될 수 없다고 주장하였다(Treisman & Gelade, 1980).

그러나, 단순한 세부특징(simple feature)을 찾는 탐색 과제에서도 표적자극 위치에 공간적 주의가 할당될 수 있으며(Kim & Cave, 1995) 시각 탐색 과정에서 동시에 여러 위치에 공간적 주의가 할당될 수 있다는 점이(Bichot, Cave, & Pashler, 1999; Cave & Pashler, 1994; Kramer & Hahn, 1995) 최근의 몇몇 연구들에서 보고된 바 있었다. 이러한 점들을 감안할 때, Kawahara(1996) 등의 연구에서 점-선분쌍의 수에 상관없이 오류율이 낮았다는 사실만으로는 탐색에 주의가 개입되지 않았다는 것을 보장할 수 없으며 또한, 실제로 여러 점-선분쌍에 공간적 주의가 할당되어 다중의 선분 운동 착시가 발생했을 가능성도 단적으로 부정하기 어렵다.

한편, Downing과 Treisman(1997)은 공간적 주의가 유도되었음에도 불구하고 선분 운동 착시가 발생하지 않을 수 있음을 실험을 통해

증명하였다. 이들의 한 실험에서 피험자들은 응시점 상단에 제시된 서로 다른 색상의 두 가지 단서들 중에서 미리 정해진 한 가지 색상의 단서에 주의를 집중하도록 지시 받았다. 이 때, 피험자들은 첫 번째 조건에서는 두 단서 사이에 제시된 선분에서 느껴지는 주관적인 운동감의 방향을 판단해야 했고, 두 번째 조건에서는 단서가 제시되었던 위치에 나타난 문자가 무엇이었는지를 변별해야 했으며, 마지막 세 번째 조건에서는 두 단서 사이에 점이 나타났을 때 느껴지는 가현 운동의 방향을 보고해야 했다. 그 결과, 단서가 주어졌던 위치에 나타난 문자들은 다른 위치에 나타난 문자들에 비해 훨씬 더 잘 변별되었으나, 선분 자극과 점 자극에서는 운동감이 거의 보고되지 않았다. Downing과 Treisman은 이러한 결과에 대하여, 문자 변별이 가능할 정도의 공간적 주의가 단서가 제시된 위치에 할당되었음에도 불구하고 선분 운동 착시와 가현운동이 모두 발생하지 않았다는 사실은 공간적 주의 효과가 이 착시 현상에 반영되지 않았음을 의미하며 따라서, 선분 운동 착시가 가현 운동과 유사한 기제를 따르고 있음을 입증한다고 주장하였다.

선분 운동 착시를 가현 운동의 특수한 사례로서 파악하고 있다는 점에서 Downing과 Treisman(1997)은 Kawahara 등(1996)과 비슷한 주장을 하고 있지만 이들의 이론적인 입장은 다르다. 예를 들어, Kawahara 등은 선분 운동 착시가 전주의적으로 발생하는 하위 수준의 가현 운동이며 또한 가현 운동 자체에 주의가 관여할 수 있기 때문에 부분적으로는 공간 주의의 영향이 선분 운동 착시에 반영될 수 있다고 보았다. 이와 달리, Downing과 Treisman은 선행자극과 후속 선분이 대응하여 결합(binding)하면서 그 외형적인 차이를 극복하기 위해 실세계적인(real-world) 지식을 근거로 중간 변형 단계를 암묵적으로 추론하여 채워 넣는 과정(implicit impletion)에서 주관적 운동

감이 부수적으로 발생한다고 제안하고, 공간적 주의를 선행 자극과 후속 선분간의 대응관계가 모호한 상황에서 단지 접합 문제(binding problem)를 해결하는데 영향을 끼칠 뿐이라고 그 역할을 제한하였다.

이러한 맥락에서 본 연구는 선분 운동 착시가 공간적 주의를 얼마나 민감하게 반영하는지, 그리고 선분 운동 착사에서 공간적 주의의 역할은 무엇인지를 탐구하고자 하였다. 이를 위한 실험 방법으로는 시각 탐색 과제(visual search task)에 탐사 기법(probe technique)을 결합한 이중 과제(dual task)가 사용되었는데, Kim과 그의 동료들(Cepeda, Cave, Bichot, & Kim, 1998; Kim & Cave, 1995, 1999a, 1999b)은 이 방법을 사용하여 공간적 주의의 시공간적인 패턴을 측정하였다. 예를 들어, Kim과 Cave(1995)의 한 실험에서 피험자들은 시각 탐색 과제에서 표적자극을 변별한 후, 일정한 시간 간격 후에 탐사 점(dot probe)이 나타나면 가능한 한 빠르게 자판을 누르도록 지시를 받았다. 그 결과, 탐사 반응시간은 표적자극(target)이 있었던 위치에 점이 나타났을 때 가장 빨랐고, 표적자극과 같은 세부특징(feature)을 지니는 방해자극(distractor)의 위치에 나타났을 때 그렇지 않은 방해자극의 위치에서보다 더 빨랐다. 이는 탐사 점에 대한 반응이 특정 위치에 할당된 주의의 양에 비례하여 촉진되었기 때문이라고 할 수 있다(Kim & Cave, 1995). 따라서, 본 연구에서는 탐사 자극으로서 점을 제시하는 대신, 선분을 탐색 요소들(search elements) 사이에 제시하고 과연 탐색 요소들의 위치에 할당된 공간적 주의에 의해 인접 선분에 주관적인 운동감이 발생하는지 그리고 할당된 공간적 주의의 양에 따라 이러한 착시량이 얼마나 민감하게 변화하는지를 측정하고자 하였다.

본 연구에서 예상할 수 있는 결과는 다음과 같다. 만약 Hikosaka 등(1993a, 1993b, 1993c)의 주장대로 공간적 주위가 선분 운동 착시를 일으키는데 필요하다면, 시각 탐색 과정에서

유도된 공간적 주위는 후속 선분에서 착시를 일으킬 것이며 그 착시량은 탐색 요소들에 할당된 공간적 주의의 양과 비례할 것이다. 예를 들어, 표적 자극에는 방해 자극보다 더 많은 양의 공간적 주위가 할당될 것이므로 선분이 표적자극과 나란히 제시되는 조건에서는 방해 자극과 나란히 제시되는 조건에서보다 더 많은 선분 운동 착시량이 보고될 것이다. 반대로 Kawahara 등(1996)과 Downing과 Treisman(1997)의 주장대로 선분 운동 착시가 가현 운동의 일종이며 공간적 주의 때문에 발생하는 것이 아니라면, 표적자극과 방해자극이 선행 자극으로서 선분과 절합할 가능성은 같으므로 표적자극의 위치나 방해자극의 위치에 인접한 선분에서 발생하는 착시량은 각 위치에 할당된 공간적 주의의 양적인 차이와 상관없이 서로 비슷할 것으로 예상할 수 있다.

## 실험 1

실험 1의 과제는 특정 색상으로 정의된 표적자극의 형태가 무엇이었는지를 방해자극들 사이에서 변별한 후, 후속 선분이 제시되었을 때 느껴지는 주관적인 운동감을 보고하는 것이었다. 시각 탐색 공간은 표적자극(T; target), 표적자극과 같은 형태의 방해자극(D1; distractor 1), 표적자극과 다른 형태의 방해자극(D2; distractor 2), 그리고 빈 공간(B; blank space)의 네 가지 탐색요소로 구성되었다. 또한, 선분은 표적자극과 빈 공간 사이(T-B), 표적자극과 동형 방해자극 사이(T-D1), 표적자극과 이형 방해자극 사이(T-D2), 동형 방해자극과 이형 방해자극 사이(D1-D2), 동형 방해자극과 빈 공간 사이(D1-B), 그리고 이형 방해자극과 빈 공간 사이(D2-B)에서 제시될 수 있으므로 총 여섯 가지의 선분제시조건에서 선분 운동 착시를 관찰할 수 있었다. 탐색자극들이 제시된 후 선분 탐사 자극이 제시되기까지의 시간 간격(SOA;

stimulus onset asynchrony)은 공간적 주의의 효과가 강하게 나타나는 것으로 보고된 100msec 이었다(Nakayama & Mackeben, 1989).

각 선분제시조건에 따라서 다음과 같은 결과를 예상할 수 있었다. 먼저, 공간적 주의 때문에 주관적인 운동감이 발생한다면 표적자극의 위치에 가장 많은 공간적 주의가 할당될 것이므로 탐사 선분이 표적자극과 나머지 탐색 요소들 사이에서 제시되면 표적자극의 반대 방향을 향해 뻗어나가는 것처럼 느껴질 것이다(T-D1, T-D2, T-B 조건). 또한, 동형 방해자극에 할당되는 주의량이 이형 방해자극에 할당되는 주의량보다 더 많을 것이므로(Kim & Cave, 1995), 이들 사이에 선분이 제시되면 동형 방해자극으로부터 이형 방해자극을 향해 운동감이 발생할 가능성이 높다(D1-D2 조건). 마지막으로, 방해자극과 빈 공간 사이에 선분이 제시되면 방해자극 위치에 할당된 적은 양의 주의가 반영되어 빈 공간을 향한 운동감이 발생할 것이다(D1-B, D2-B 조건). 이에 반하여, 선행자극과 선분의 접합이 선분 운동 착시의 원인이라면, 착시량은 각 탐색 요소의 위치에 할당된 공간적 주의의 양에 따라 달라지지 않을 것이며 선분이 표적자극이나 방해자극과 접합할 가능성은 거의 같을 것이다. 따라서, 하나의 탐색자극과 빈 공간 사이에 제시된 선분은 탐색자극과 접합하여 빈 공간을 향한 착시를 일으키겠지만(T-B, D1-B, D2-B 조건), 두 탐색자극들 사이에 제시된 선분은 어떤 자극과 접합해야 할지 애매한 상황에 놓이기 때문에 착시를 일으키지 않을 수도 있고, 매 시행마다 무선적으로 접합하여 일관적이지 않은 운동감을 유발하거나 또는 두 자극 모두와 접합하여 중앙으로 수렴하는 듯한 착시를 일으킬 것이다(T-D1, T-D2, D1-D2 조건).

## 방법

피험자. 연세대학교에서 교양 심리학을 수강

하는 열 여섯 명의 학부생들이 추가 점수를 받기 위해 실험에 참가하였다. 이들은 나안 및 교정 시력 0.8 이상이었으며 색맹이나 색약이 아니었다. 실험은 희미한 조명의 실험실에서 약 40분 동안 개별적으로 실시되었다. 모든 피험자들은 실험의 목적과 가설에 대해 전혀 알지 못했다.

도구 및 재료. 실험은 IBM 호환 Pentium 120 개인용 컴퓨터와 화면 주사율 60Hz인 17inch 모니터에서 실시되었다. 피험자는 모니터에서 50cm 떨어진 받침대에 턱을 고정하고 마우스를 통해 반응하였다.

응시점은 검은 배경화면( $0.16\text{cd/m}^2$ )의 중심에 제시되었으며 탐색 요소들은 응시점으로부터  $7.6^\circ$  떨어진 위치에 정사각형 형태를 이루며 제시되었다. 탐색자극의 형태는 대각선이  $1.6^\circ$  인 정사각형이거나 이를  $45^\circ$  회전시킨 다이아몬드형이었으며, 색상은 빨간색( $4.25\text{cd/m}^2$ )이거나 파란색( $2.23\text{cd/m}^2$ )이었다. 탐사 선분과 '+' 형태의 응시점의 크기는 각각  $7.7^\circ \times 0.3^\circ$  와  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  이었으며, 모두 희색( $21.35\text{cd/m}^2$ )이었다.

설계 및 절차. 전체 시행수는 탐사 선분의 제시 여부(2; 탐사/무탐사)와 표적자극의 형태(2; 정사각형/다이아몬드형) 그리고 네 가지 탐색 요소들의 위치(4( $4!=24$ ))와 선분 탐사 자극의 위치(4; 상/하/좌/우)에 따라 총 384시행이었다. 각 시행은 무선적인 순서로 제시되었으므로 피험자들은 매 시행에서 어떤 조건이 제시될지 알 수 없었다. 연습시행은 전체 시행 가운데 40회의 시행을 무선적으로 선택하여 본 시행 전에 실시되었다.

단일 시행의 자극 제시 순서를 그림 1에 도식적으로 제시하였다. 각 시행은 신호음과 함께 화면 중앙에 응시점이 제시되면서 시작되었다. 1200msec가 지나면, 응시점을 중심으로 가상적인 정사각형의 꼭지점 중 세 곳에 탐색자극들이 50msec동안 나타났다가 사라졌다. 이 때, 절반의 피험자들은 빨간색 표적자극과

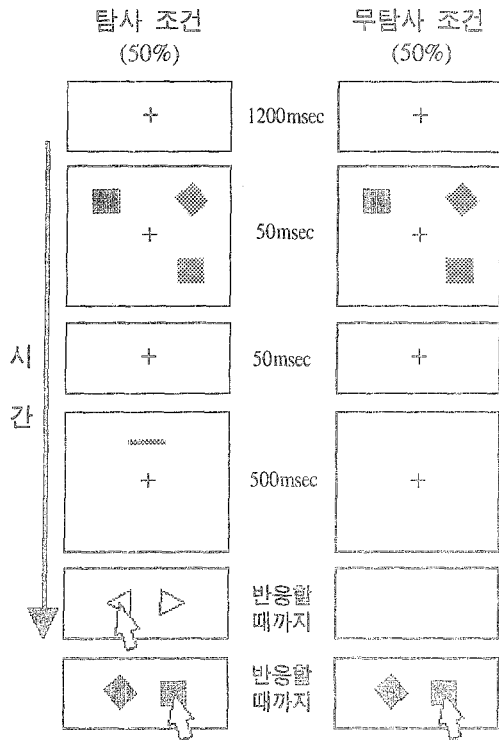


그림 1. 실험 1의 자극과 절차. 그림에서 표적 자극은 검은색 사각형이며 방해자극은 두 회색 도형들이다. 실제 실험에서는 검은색과 회색 대신 빨간색과 파란색이 사용되었으며, 탐색자극들의 크기는 비율 상 그림에서 나타난 것보다 작았다. 왼쪽과 오른쪽 절차는 탐색 선분이 표적자극과 이형 방해자극 사이에서 제시된 조건과 제시되지 않은 조건을 각각 예시한다. 흰색 화살표는 마우스의 커서를 의미한다.

파란색 방해자극을, 나머지 절반의 피험자들은 파란색 표적자극과 빨간색 방해자극을 탐색자극으로서 제시받았다. 표적자극의 형태는 매 시행마다 무선적으로 결정되었고, 방해자극은 언제나 정사각형과 다이아몬드형이 한 개씩 제시되었다. 피험자들은 탐색자극들이 제시되면 표적자극을 찾아서 그 형태가 무엇이었는지를 변별해야 했다. 선분 탐색 자극은 전체 시행 가운데 무선적으로 절반의 시행에서만 제시되

었는데, 탐색 선분이 제시되었던 조건에서는 탐색자극이 사라지고 50msec가 지난 후에 선분을 500msec 동안 제시하였다. 자극 제시되고 나면, 이원 강제 선택(two-alternative forced choice)에 의해 선분의 주관적인 운동 방향을 묻는 질문을 제시하였다. 예를 들어, 수평 선분이 제시되었던 조건에는 오른쪽과 왼쪽을 가리키는 두개의 화살표가 나란히 제시되었고 수직 선분이 제시되었던 조건에는 위쪽과 아래쪽을 가리키는 두개의 화살표가 위아래로 제시되었다. 이 때, 피험자들은 주관적인 느낌에 따라 마우스를 이용하여 해당 운동 방향을 가리키는 화살표를 누르도록 지시를 받았다. 선분이 제시되지 않은 조건에서는 같은 기간 동안 응시점만을 제시하였다. 각 시행의 마지막 단계에서는 탐색 과제에서 나타난 표적자극의 형태가 무엇이었는지 질문하였다. 이 때에도 다이아몬드형과 정사각형을 화면에 제시하고 피험자들로 하여금 앞서 보았던 표적 형태에 해당하는 도형을 마우스를 움직여 누르도록 지시하였다. 틀린 반응에 대해서 짧은 경고음을 들려주었다. 모든 반응 표집이 끝나면 일 초 후에 새로운 시행이 시작되었다.

### 결과 및 논의

본 실험에서는 피험자들의 공간적 주의가 시각 탐색 과제를 통해 탐색 요소들의 위치에 선별적으로 할당될 것을 주요 가정으로 삼고 있으므로 표적자극을 변별하는데 실패한 2.6%의 시행들은 결과 분석에서 제외하였다. 종속 측정치인 착시량은 나머지 시행들에 대하여 각 선분제시조건에서 입력된 운동 방향에 +1 혹은 -1을 부여한 값들의 평균이었다. 예를 들어, T-D1 조건일 경우에는 선분이 방해자극(D1) 방향으로 운동했다고 보고됐으면 +1, 표적자극(T) 방향으로 운동했다고 보고됐으면 -1의 값을 부여하고 각 조건별로 이 값들을 평균하여 조건별 착시량을 도출하였다. 따라

서, 만약 어떤 조건에서 얻은 착시량이 1이나 -1에 가깝다면 피험자들이 어느 한 방향으로 일관적인 운동감을 느꼈다는 것을 의미하며, 착시량이 0에 가깝다면 피험자들이 운동감을 느끼지 않았을 가능성과 함께 운동 방향이 일관적이지 않았거나 혹은 중양으로 수렴하는 듯한 느낌을 받았음을 의미한다.

탐색자극의 색상 조건은 피험자간 요인으로 처리되었으나 예비 분석에서 그 효과가 나타나지 않았으므로 이후 분석에서 생략하였다. 실험 1에서 얻은 조건별 착시량의 평균을 그림 2에 제시하였다. 종속변인인 착시량에 대하여 여섯 가지 선분제시조건을 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량 분석을 실시한 결과, 통계적으로 매우 유의한 차이가 나타났다( $F(5, 75) = 36.494, MSE = 6.915E-02, p < .001$ ). 또한, 선분이 두 탐색자극 사이에 제시된 T-D1, T-D2 및 D1-D2 조건의 착시량은 0과 다르지 않았고, 서로 차이가 없었다( $ps > .20$ ).

실험 1의 결과에서 주목할 만한 점은 착시량의 양상이 두 탐색자극 사이에 선분을 제시한 경우와 한 자극과 빈 공간 사이에 제시한 경우로 뚜렷하게 양분되었다는 사실이다. 이는 표적자극의 위치에 할당된 공간적 주의 효과가 선분 운동 착시에 거의 반영되지 않았다는 것을 의미하며, 선분이 탐색자극과 빈 공간 사이에 제시된 경우에는 탐색자극과 쉽게 접합하여 운동 방향이 일관적인 반면, 두 탐색자극 사이에 제시된 경우에는 특정 자극과 일관적으로 접합하기가 어려워서 운동 방향이 일관적이지 않았음을 뜻한다.

그러나, 이러한 결과만으로 어떤 결론을 내리기 전에 공간적 주의가 시각 탐색 과정에서 표적자극은 물론 방해자극의 위치까지 할당되었을 가능성을 고려해야 할 필요가 있다. Jonides와 Yantis(1988) 그리고 Remington, Johnston과 Yantis(1992)의 연구에 따르면, 돌발 출현(abrupt onset)한 시각적 자극은 매우 강력하게 자극-주도적(stimulus-driven)인 공

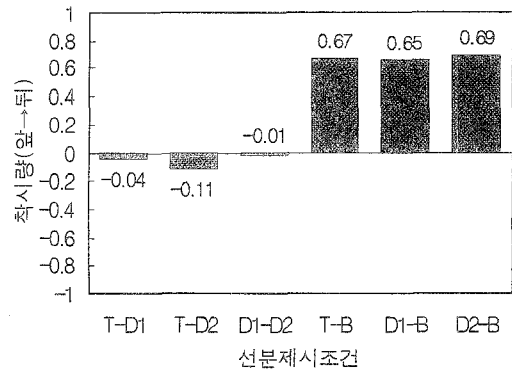


그림 2. 실험 1의 결과. 각 막대 위 혹은 아래의 숫자는 각 조건의 평균 착시량을 의미한다(착시량 도출 방법은 본문 참조). 실험 결과, 선분이 두 자극 사이에서 제시된 조건들에서는 착시량이 0에 가까웠으나, 한 자극과 빈 공간 사이에 제시된 조건들에서는 일관적으로 빈 공간을 향한 착시가 발생하였다.

간적 주의를 시각장으로 유도할 수 있다. 마찬가지로 실험 1에서는 탐색자극들이 시각 탐색 과정에서 모두 돌발적으로 출현했으므로 표적자극은 물론 방해자극의 위치까지 자동적으로 공간적 주의가 할당되었을 가능성이 있다. 따라서, 표적자극 위치에 할당된 만큼의 주의가 방해자극 위치에도 유도되어 선분 운동 착시를 일으켰다면 실험 1의 결과만으로는 어떠한 결론도 내리기 힘들다. 이러한 이유로 인하여 아래와 같이 실험 2를 실시하였다.

## 실험 2

시각적 자극을 사라지게 하는 것(offset)은 나타나게 하는 것(onset)만큼 효과적이진 않지만 공간적 주의를 끌기에는 충분하다(Miller, 1989). 실험 2는 실험 1과 달리 미리 제시된 사전차폐자극(premask)을 부분적으로 소거하여 탐색자극을 제시함으로써 자동적인 주의 포획(attentional capture)의 가능성을 줄이고자



그림 3. 실험 2에서 사용된 사전차폐자극과 이를 부분 소거한 탐색자극. 실제 실험에서 사용된 자극 색상은 빨간색과 녹색 그리고 하늘색이었다.

하였다. 실험에서 사용된 자극들을 그림 3에 제시하였다. 이 자극들은 Yantis와 Jonides (1984)와 Miller(1989)가 공간 주의 연구에 사용했던 '日'자 형태의 사전차폐자극과 이 자극을 이루는 일곱 개의 구성 선분 가운데 두 개를 제거하여 만든 'E' 또는 '3' 형태의 탐색자극이었다.

피험자들은 사전차폐자극들의 색상이 변하면서 부분 소거되어 탐색자극들로 변하면 미리 정해진 색상의 표적자극이 'E'와 '3' 중 어떤 형태였는지를 변별해야 했다. 실험 1에서 표적자극과 같은 형태의 방해자극(D1)과 다른 형태의 방해자극(D2)이 아무런 차이를 보이지 않았으므로, 실험 2에서는 두 유형의 방해자극을 구분하지 않고 무선적으로 제시하였다. 대신, 한 시행에 제시되는 탐색자극들이 모두 같은 형태가 될 수 없도록 제약을 두어 피험자들의 시각 탐색이 반드시 표적자극에 근거하여 이루어지도록 조치하였다. 따라서, 실험 2에서는 표적자극-방해자극 조건(T-D), 표적자극-사전차폐자극 조건(T-P), 방해자극-사전차폐자극 조건(D-P)의 세 가지 선분제시조건이 사용되었고, 방해자극-방해자극 조건(D-D)은 제시는 되었으나 D1과 D2 중 어떤 것이 제시될지 통제하지 않았으므로 분석에서는 제외되었다. 탐색자극으로 변하지 않고 사전차폐자극이 그대로 남아있는 위치(P)에는 실험 1의 빈공간(B)처럼 공간적 주의가 할당될 만한 변화가 발생하지 않으므로, 각 조건에서 예상되는

결과는 빈공간(B)이 사전차폐 자극(P)으로 바뀐 것만 제외하면 실험 1과 같았다.

한편, 실험 2에서는 SOA를 150msec과 250 msec의 두 가지 수준으로 처치하여 시간 경과에 따른 선분 운동 착시의 변화를 관찰하고자 하였다. 실험 1과 비교할 때 실험 2에서 사용된 SOA가 더 길었던 것은 부분 소거자극을 실험 1에서처럼 100msec으로 제시한 예비 실험에서 피험자들의 탐색 오류율이 크게 증가했기 때문이다. 기존 연구들에 따르면 공간적 주의 효과는 SOA가 100msec에서 150msec사이일 때 최고조에 이르는 것으로 알려져 있으므로(Kim & Cave, 1999a; Nakayama & Mackeben, 1989; Theeuwes, 1995), 선분 운동 착시가 공간적 주의 효과를 반영한다면 SOA가 250msec일 때보다는 150msec일 때 표적자극 위치에서 발생하는 착시량이 방해자극 위치에서 발생하는 착시량보다 더 클 것으로 예상할 수 있다.

## 방법

**피험자.** 연세대학교에서 교양 심리학을 수강하는 24 명의 새로운 학부생들이 실험에 참가하였다. 피험자 제한 조건은 실험 1과 같았다. 실험은 희미한 조명의 실험실에서 약 1시간 20분 동안 개별적으로 실시되었으며, 모든 피험자들은 실험의 목적과 가설을 전혀 알지 못하였다.

**도구 및 재료.** 표적자극, 방해자극 그리고 사전차폐자극의 색상은 빨간색(5.65cd/m<sup>2</sup>), 녹색(19.50cd/m<sup>2</sup>), 하늘색(72.50cd/m<sup>2</sup>) 중에서 결정되었으며, 세 가지 색상이 이루는 여섯 가지 색상 조합이 피험자간 요인으로 처치되었다. 탐색자극의 크기는 가로 1.0°, 세로 1.5°이었다. 이 밖에 탐사 선분과 응시점을 포함한 모든 조건들은 실험 1과 같았다.

**설계 및 절차.** 실험 2에서는 방해자극의 유형이 구분되지 않았으므로 가능한 탐색 요소의 배열은 12(=4×3)가지였다. 전체 시행수는



12가지 탐색요소들의 위치, 탐사 선분의 제시 여부(2; 탐사/무탐사), 표적자극의 형태(2; 'E'/'G'), 탐사 선분의 위치(4; 상/하/좌/우)와 SOA 조건(2; 150msec/250msec)의 조합을 두 번 반복한 768회였다.

실험의 각 시행은 신호음과 함께 응시점을 중심으로 네 개의 사전차폐 자극들이 제시되면서 시작되었다. 일 초가 경과하여, 사전차폐 자극들 가운데 세 개가 색이 바뀌면서 일부가 소거되고 100msec 동안 탐색자극으로 변했다가 모두 사라지면, 50msec이 지난 후에 500msec동안 탐사 선분이 제시되었다. 이 밖의 절차는 실험 1과 같았다.

#### 결과 및 논의

전체 시행 중 표적자극 변별에 실패한 1.6%의 시행들과 D-D 조건의 시행들을 분석에서 제외하였고, 피험자간 요인으로 처리된 여섯 가지 색상 조합 조건을 결합하여 선분제시조건과 SOA 조건의 효과를 더 엄격하게 검증하였다. 실험 2에서 얻은 조건별 착시량의 평균을 그림 4에 제시하였다. 종속변인인 착시량에 대해 세 가지 선분제시조건과 두 가지 SOA 조건을 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 선분제시조건의 주효과( $F(2, 46) = 4.296, MSE = .113, p < .05$ )와 SOA 조건의 주효과( $F(1, 23) = 4.649, MSE = 3.132E-02, p < .05$ ) 그리고 선분제시조건과 SOA 조건의 상호작용 효과( $F(2, 46) = 12.301, MSE = 2.057E-02, p < .001$ ) 모두 통계적으로 유의했던 것으로 나타났다. 또한, 각 선분제시조건의 착시량은 SOA 조건에 따라 달라졌는데, SOA가 150msec에서 250msec로 길어지면 착시량의 절대값은 T-D 조건에서는 증가하고 T-P 조건과 D-P 조건에서는 반대로 감소하였다( $ps < .05$ ).

착시량이 전체적으로 줄어들었다는 점을 제외하면 150msec SOA 조건의 결과는 실험 1

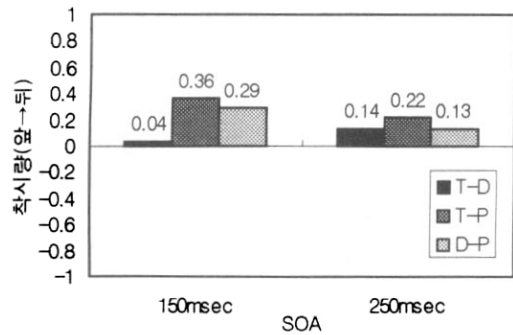


그림 4. 실험 2의 결과. 범례는 선분제시조건이며, 각 막대 위의 숫자는 각 조건의 평균 착시량을 의미한다. SOA가 150msec일 때는 실험 1의 결과와 같았고, 250msec일 때는 T-D 조건에서 표적자극으로부터 방해자극을 향해 더 많은 운동감이 보고되었다.

의 결과와 거의 같다고 할 수 있다. 즉, T-P 조건과 D-P 조건에서는 탐색자극으로부터 사전차폐자극을 향해 비교적 일관적인 선분 운동이 보고되었으나, T-D 조건에서 보고된 착시량은 거의 0에 가까웠다. 실험 1과 달리 소거를 통해 탐색자극을 제시했음에도 불구하고 150msec SOA 조건의 결과가 실험 1과 같았다는 사실은 실험 1의 결과가 탐색자극의 돌발 출현으로 인한 자동적 주의 포획(attentional capture)에 기인한 것이 아니라는 점과 두 실험에서 공통적으로 공간적 주의가 선분 운동 착시에 반영되지 않았다는 점을 시사한다.

실험 2의 결과에서 주목할 만한 점은 SOA 조건에 따른 T-D 조건의 착시량 변화이다. 다른 선분제시조건과 대조적으로, 이 조건에서는 150msec SOA 조건보다 공간적 주의 효과가 감소할 것으로 예상되었던 250msec SOA 조건에서 오히려 더 큰 착시량이 보고되었다. 기존 연구 결과들(Kim & Cave, 1999a; Müller & Rabbitt, 1989; Nakayama & Mackeben, 1989; Theeuwes, 1995)에 비추어 볼 때, 탐색요소들의 위치에 할당된 주의의 양적인 차이

로는 이러한 결과를 해석하기가 어렵다. 만약 공간적 주의 효과가 선분 운동 착시의 직접적인 원인이라면, 피험자들이 T-D 조건에서 느끼는 주관적인 운동감은 공간적 주의의 시간적 추세처럼 SOA가 150msec에서 250msec으로 변할수록 감소해야만 한다.

실험 2에서 부분 소거를 통해 탐색자극을 제시한 이유는 시각 탐색 과정에서 탐색 요소들의 위치에 할당되는 공간적 주의의 양을 조건에 맞게 조절하려는 의도에서였다. 그럼에도 불구하고, 실제로 공간적 주의가 적절한 탐색 자극 위치에 선별적으로 할당되었는지 여부는 여전히 의심스럽다. 즉, 할당된 주의의 양을 측정해보기 전에는 소거 자극을 사용했다는 것만으로 방해자극에 유도된 공간적 주의의 양이 표적자극에 유도된 양보다 적었다고 확신할 수 없다. 따라서, 이미 언급한 바 있는 점 탐사 기법(Cepeda, Cave, Bichot, & Kim, 1998; Kim & Cave, 1995, 1999a, 1999b)을 사용하여 실험 2와 동일한 자극 조건에서 탐색 요소들의 위치에 할당되는 공간적 주의의 양을 아래와 같이 측정하였다.

보충 실험에서는 탐사 과제에서 선분을 제시하는 대신에 탐색 요소의 위치에 탐사 점을 같은 시간동안 제시하였다. 전체 시행은 384회였으며, 30명의 새로운 피험자들이 참여하였다. 독립변인은 탐사 점이 제시된 위치에 따른 점탐사조건(표적자극조건/방해자극조건/사전차폐자극조건)과 SOA 조건(150msec/250msec)이었고, 종속변인은 탐사 점을 보고 자판을 누를 때까지 걸린 반응시간(RT; reaction time)이었다. 전체 반응시간 자료 중에서 표적 탐색에 실패한 2.3%의 자료들과 점 탐사에 실패한 1.3%의 자료들(오정보 0.9%, 누락 0.4%)을 분석에서 제외했고, 반복 제거 절차(iterative trimming procedure)를 통해 각 조건별로 평균에서 3 SD 이상 벗어난 0.6%의 자료들 역시 분석에서 제외하였다. 나머지 자료들에서 구한 조건별 반응시간의 평균을 그림 5에 제

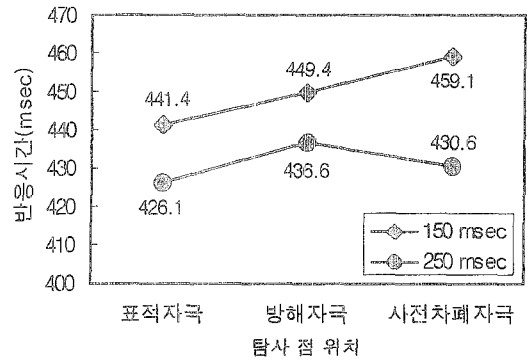


그림 5. 실험 2와 동일한 실험 자극에 대한 점탐사 실험의 결과. 텀레는 두 SOA 조건이며, 각 점의 위 혹은 아래에 보이는 숫자들은 평균 반응시간을 나타낸다. SOA가 150msec일 때에는 표적자극조건-방해자극조건-사전차폐자극조건 순서로 반응시간이 빨랐으나 250msec일 때에는 각 점탐사조건에 따라 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

시하였다. 이들에 대하여 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 점탐사조건의 주효과( $F(2, 58) = 8.678, MSE = 242.07, p < .01$ )와 SOA 조건의 주효과( $F(1, 29) = 32.362, MSE = 496.17, p < .001$ ) 그리고 두 조건간의 상호작용 효과( $F(2, 58) = 4.889, MSE = 218.91, p < .05$ )가 모두 통계적으로 유의했던 것으로 나타났다. 탐사 반응시간은 SOA가 150msec일 때 표적 자극조건, 방해자극조건, 사전차폐자극조건 순서대로 빨랐으며 각 조건 간 쌍별 비교는 모두 유의한 차이를 보였다( $ps < .05$ ). 이와 달리, 250msec SOA 조건에서는 표적자극 조건의 반응시간이 방해자극 조건보다는 빨랐지만 ( $p < .05$ ) 사전차폐자극 조건보다는 빠르지 않았다( $p > .1$ ).

동일한 탐색자극과 SOA를 사용했음에도 불구하고 탐사 점을 사용하여 측정한 공간적 주의의 시공간적인 양상과 탐사 선분을 사용하여 측정한 선분 운동 착시의 시공간적인 양상은 큰 차이를 보인다. 먼저, 점 탐사 실험에서

는 두 SOA 조건에서 모두 표적자극 위치에서의 반응시간이 방해자극 위치에서의 반응시간보다 더 빨랐는데도 불구하고, 선분 탐사 실험에서는 250msec SOA 조건에서만 표적자극 위치에서 방해자극 위치보다 더 많은 선분 운동 착시가 발생하였다. 또한, 250ms SOA 조건에서 표적자극이나 방해자극 위치에서의 반응시간과 사전차폐자극 위치에서의 반응시간 사이에는 차이가 없었으나 표적자극과 방해자극 으로부터 사전차폐자극을 향해 뺏어나가는 듯한 운동감은 그 반대의 경우보다 더 많이 보고되었다. 결론적으로 실험 2에서 측정된 선분 운동 착시량과 보충 실험에서 측정된 탐사 반응 시간의 차이는 선분 운동 착시와 공간적 주의가 공간적인 패턴뿐만 아니라 시간적인 패턴에서도 서로 일치하지 않는다는 것을 보여준다.

### 종합 논의

본 연구는 시각 탐색 과제와 공간 탐사 기법을 결합한 이중 과제를 사용하여 시각장에 유도된 공간적 주의가 선분 운동 착시에 어떻게 반영되는지를 관찰하였다. 만약 선분 운동 착시가 발생하는 직접적인 원인이 주의의 시공간적 분포에 따른 정보처리 촉진 효과에 있다면, 시각 탐색 과정에서 탐색 요소들의 위치에 할당되는 공간 주의의 양적인 차이는 후속 선분 탐사 과제에 반영되어 비례적인 양의 선분 운동 착시를 일으킬 것으로 예상할 수 있었다. 그러나, 본 연구에서는 이러한 예상을 지지할 만한 증거를 찾을 수 없었으며, 오히려 공간적 주의가 선분 운동 착시의 필수조건이 아님을 시사하는 실험 결과들을 제공하고 있다.

실험 1에서는 시각장에 출현한 탐색자극들 중에서 색으로 정의된 표적자극의 형태를 변별해야 했는데, 표적자극과 동형 및 이형 방해자극 근처에서 보고된 선분 운동 착시량들 사이에는 서로 아무런 차이도 보이지 않았다. 마

찬가지로, 탐색자극들의 돌발출현에 따른 자동적인 주의 포획 가능성을 줄이기 위해 사전차폐자극을 부분적으로 소거하여 탐색자극들을 제시했던 실험 2에서도 SOA가 150msec일 때 표적자극과 방해자극은 선분 운동 착시를 일으키는데 있어서 차이를 보이지 않았다. 한편, 실험 2의 250msec SOA 조건에서 얻은 결과는 점탐사 기법을 사용한 보충 실험의 결과와 더불어, 공간적 주의 없이도 선분 운동 착시가 발생할 수 있다는 증거를 제공하였다. 예를 들어, SOA가 250msec일 때 사전차폐자극 위치에서의 점탐사 반응시간은 표적자극이나 방해자극 위치에서의 반응시간과 다르지 않았음에도 불구하고, 표적자극이나 방해자극 으로부터 사전차폐를 향해 뺏어나가는 듯한 선분 운동감이 그 반대방향의 경우보다 더 많이 보고되었다.

본 연구의 결과들은 선분 운동 착시의 원인이 공간적 주의에 의한 정보처리 촉진 과정에 있다기보다는 선행자극과 선분의 대응을 통한 접합(binding) 과정에 있음을 시사한다. 예를 들어, 시각적 대상 한 개가 먼저 나타나고 그 인접 위치에 선분이 제시되면(실험 1의 T-B, D1-B, D2-B 조건, 실험 2의 T-P, D-P 조건), 선분은 이 대상과 쉽게 접합하여 대상의 반대방향으로 뺏어나가는 듯한 일관적인 운동감을 일으키게 된다. 또한, 선분이 두 선행자극 사이에 제시되면(실험 1의 T-D1, T-D2 조건, 실험 2의 T-D 조건), 어떤 것과 대응관계를 맺어야 할지 애매한 접합 문제(binding problem)가 발생한다. 이 경우에 선분은 둘 중 아무 대상과 접합하여 매 시행에서 일관적이지 않은 방향으로 운동감을 유발하거나 두 자극 모두와 접합하여 중앙으로 수렴하는 듯한 운동감을 불러일으키거나, 혹은 아무 자극과도 접합하지 않음으로써 전혀 운동감을 일으키지 않을 수도 있다. 이 점을 감안하면, 실험 2의 착시량이 전반적으로 실험 1에 비해 감소한 이유를 추론할 수 있다. 즉, 실험 2의 사전차폐 자극은 표적자극이나 방해자극처럼 그 위치에 어

변화가 일어나지는 않았지만 실험 1의 빈 공간(B)과 달리 어느 정도 후속 선분과 접합할 가능성이 있었기 때문에 착시 방향이 덜 일관적이었을 것이다.

한편, 실험 2에서 SOA가 250msec일 때 T-D 조건에서는 표적자극으로부터 방해자극 방향으로의 선분 운동감이 더 많이 보고되었는데, 이 결과를 들어 공간적 주의가 선분 운동 착시를 유도한다는 주장이 제기될 가능성이 있다. 그러나, SOA가 150msec일 때 같은 T-D 조건에서 공간적 주의가 표적자극의 위치에 더 많이 할당되었음에도 불구하고 착시량이 0에 가까웠던 점을 감안하면, 그러한 주장의 타당성은 낮다고 할 수 있다. 그 대신에, 이미 공간적 주의가 주어졌던 표적자극이 그렇지 못한 방해자극에 비해 대상파일(object file)을 초기화하는데 우선권을 갖게 되어 후속 선분을 자신의 파일에 포함시킬 가능성이 높아진다고 제안한 Downing과 Treisman(1997)의 이론이 더 좋은 대안이 될 것이다.

결론적으로, 선분 운동 착시는 공간적 주의의 촉진 효과 때문이 아니라 선행자극과 후속 선분이 접합되는 과정에서 생겨나는 가현운동의 산물일 가능성이 높으며, 이미 주의가 주어진 대상은 그렇지 않은 대상에 비해 주변에 나타나는 후속 자극과 접합하여 후주의적인(post-attentive) 운동감을 유발할 가능성이 더 높아지는 것으로 추론된다. 선분 운동 착시에서의 공간적 주의의 역할을 선행 자극과 후속 선분 간의 접합 문제 해결로 제한한 본 연구의 결과는 대상과 대상의 접합을 공간적 주의의 역할로 규정한 Treisman(1988)의 속성 통합 이론(Feature Integration Theory)과 같은 맥락이라고 할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 현주석, 정상철, 정찬섭 (1998). 선분 운동 착시를 통해 본 주의 효과의 공간적 패턴, 한국 인지과학회지, 9, 107-120.
- Bichot, N. P., Cave, K. R., & Pashler, H. (1999). Visual selection mediated by location: Feature-based selection of noncontiguous locations. *Perception & Psychophysics*, 61, 403-423.
- Cave, K. R., & Pashler, H. (1995). Visual selection mediated by location: Selecting successive visual objects. *Perception and Psychophysics*, 57, 421-432.
- 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, P. E., & Treisman, A. M. (1997). The line motion illusion: Attention or Impletion?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 768-779.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993a). Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, 33, 1219-1240.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993b). Visual attention reveal by an illusion of motion. *Neuroscience Research*, 18, 11-18.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993c). Voluntary and stimulus-induced attention detected as motion sensation. *Perception*, 22, 517-526.
- Jonides, J., & Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual onset in capturing attention. *Perception & Psychophysics*, 43, 346-354.
- Kawahara, J., Yokosawa, K., Nishida, S., & Sato, T. (1996). Illusory line motion in visual search: attentional facilitation or apparent motion? *Perception*, 25, 901-920.
- 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. & Hahn, S. (1995). Splitting the beam: Distribution of attention over noncontiguous regions of the visual field, *Psychological Science, 6*, 381-386.
- 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.
- Miller, J. (1989). The control of attention by abrupt visual onsets and offsets. *Perception & Psychophysics, 45*, 567-571.
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. A. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Psychophysics, 15*, 315-330.
- Nakayama, K., & Mackeben, M. (1989). Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Research, 29*, 1631-1647.
- Remington, R. W., Johnston, J. C., & Yantis, S. (1992). Involuntary attentional capture by abrupt onsets. *Perception & Psychophysics, 51*, 279-290.
- Schmidt, W. C. (1996). Inhibition of return in not detected using illusory line motion. *Perception & Psychophysics, 58*, 883-898.
- Steinman, B. A., Steinman, S. B., & Lehmkuhle, S. (1996). Transient visual attention in dominated by the magnocellular stream. *Vision Research, 37*, 17-23.
- Theeuwes, J. (1995). Temporal and spatial characteristics of preattentive and attentive processing. *Visual Cognition, 2*, 221-233.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: the Fourteenth Bartlett Memorial Lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40A*, 201-237.
- Ullman, S. (1979). *The interpretation of visual motion*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 10*, 601-621.

## The Line Motion Illusion in Visual Search

Do-Joon Yi & Min-Shik Kim

Department of Psychology, Yonsei University

Two visual search experiments were conducted to investigate whether the line motion illusion results from the local facilitation of a line stimulus in the gradient of attention. In Experiment 1, color-defined search elements were presented as sudden-onset stimuli, and a line appeared between them. Subjects showed no difference between a target and distractors in inducing an illusory projecting sensation from a line following them. In Experiment 2, search elements were presented through partial offset of premasks in order to prevent attentional capture by abrupt onset, and two stimulus onset asynchronies (SOAs) were applied to measure a temporal profile of the line motion illusion. The 150msec SOA condition produced the same result as Experiment 1, whereas the target induced more amount of illusion than the distractors with 250msec SOA. These results provide an evidence that spatial attention is not a necessary condition of the line motion illusion, suggesting that the line motion illusion may be a byproduct of binding process between a preceding stimulus and a subsequent line.