인지과학, 제17권 제3호, 2006, 151~175.

운동 중첩에 의한 직선적 윤곽의 방위 지각*

Perceiving the Orientation of Linear Edges from Kinetic Occlusion

정 우 현** (Woo Hyun Jung)　　정 찬 섭*** (Chan-sup Chung)

요 약 운동 중첩에 의해 배경의 유도 요소들이 차례로 사라질 때 유도 요소들이 사라지는 순서와 이들이 이루는 각도는 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 한정시켜 준다. 이러한 제약 범위의 시간적 통합에 의해 운동중첩에 의한 윤곽 추출 과정을 설명하는 공통 제약 범위 모형을 제안하고 그것의 타당성을 검증하기 위해 다섯 편의 실험을 수행하였다. 실험 결과 윤곽 방위에 대한 공통 제약 범위 각의 크기가 작을수록 윤곽 방위 지각의 정확율이 높은 것으로 나타났다. 운동 중첩 요소의 수를 증가시키거나 요소들 사이의 거리를 변화시키더라도 제약 범위가 일정하다면 윤곽지각의 정확율은 높아지지 않는 것으로 나타났다. 이러한 실험 결과는 윤곽 방위에 대한 공통 제약 범위 모형을 지지해주는 것으로 해석될 수 있으며 운동 중첩에 의해 윤곽을 지각하는 과정에 배경 텍스쳐의 밀도 자체보다 운동 중첩에 의해 결정되는 공통 제약 범위 각의 크기가 더 중요한 역할을 할 수 있다는 것을 시사한다.

주제어 운동중첩, 방위, 직선적 윤곽

Abstracts A common constraint-range model was suggested to explain the extraction of edge orientation from kinetic occlusion and five experiments were performed to verify this model. Results of the experiments show that the subjects' ability to identify the orientation of the kinetic edge increases as the angle of common constraint-range decreases. If the common constraint-range was fixed, the number of occluded elements or the interval between them had no effect on the accuracy. These results indicate that in the edge extraction process from kinetic occlusion, the angle of common constraint-range plays more important role than the density of background texture, supporting the common constraint-range model.

Keywords Kinetic occlusion, orientation, linear edges

---

* This research was supported as a Brain neuroinformatics Research program by Korean Ministry of Commerce, Industry, and Energy.

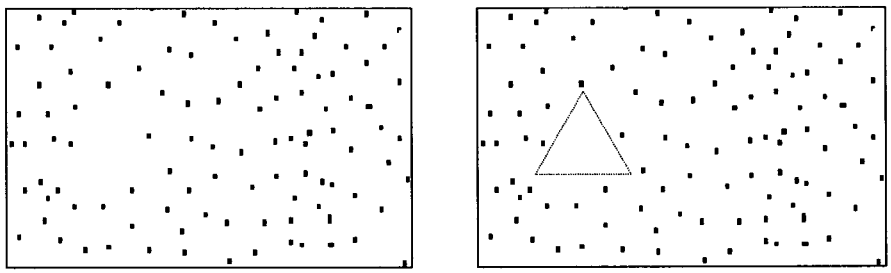
** 연세대학교 인지과학연구소, 연구 세부분야: 인지심리학
서울시 서대문구 신촌동 134, 전화: 02-2123-4721, E-mail: com4man@yonsei.ac.kr

*** 연세대학교 심리학과

시각 체계는 한 대상과 배경, 또는 다른 대상과의 경계 부위에서 발생하는 밝기, 색, 텍스쳐(texture), 깊이 등에서의 급격한 차이 정보를 사용하여 윤곽을 추출한다[1][2][3][4][5][6]. 그러나 어떤 조건에서는 주관적 윤곽 도형처럼 한 대상과 배경에 해당되는 부분이 급격한 차이 없이 동질적일 때에도 윤곽이 뚜렷이 지각될 수 있다[7]. 운동 중첩(kinetic occlusion) 정보는 이러한 경우에 윤곽 추출을 위한 단서의 역할을 할 수 있다. 운동 중첩이란 전경의 대상이 움직일 때 이 움직임에 따라 배경의 어떤 부분은 가려지고 어떤 부분은 가려졌다가 다시 나타나는 것을 말한다. Gibson[8][9][10]은 시간에 따른 변화의 패턴이 공간적 배열의 지속적인 속성에 대한 정보를 담고 있다고 주장하고 운동 중인 표면의 경계 부위에서 발생하는 텍스쳐 요소의 사라짐(disappearance)과 다시 나타남(reappearance)의 패턴을 통해 표면들 사이의 깊이 순서뿐 아니라 표면들의 윤곽까지도 지각할 수 있다는 것을 보여주었다.

그림 1은 운동 중첩에 의해 윤곽선이 지각될 수 있는 자극의 한 예를 보여준다. 그림 1의 (가)에는 (나)의 점선으로 둘러싸인 삼각형과 동일한 삼각형이 있지만 밝기, 색, 깊이 등의 정보를 이용해 윤곽선을 추출할 수 없다. 그러나 (가)에 있는 흰 삼각형이 운동하게 되면 관찰자에게는 배경의 점들이 흰 삼각형의 운동 방향을 따라 순서대로 제자리에서 사라졌다 다시 나타나는 것과 같은 정보만이 제공됨에도 불구하고 뚜렷한 윤곽을 가진 흰 삼각형을 지각할 수 있게 된다. 이러한 운동 중첩에 의한 윤곽선 추출 및 도형 지각은 배경 점의 밀도가 높을수록, 전경 도형의 운동 속도가 빠를수록 정확율이 증가한다[11][12]. 배경 텍스쳐로 무선적인 점들 대신 방사형의 선분을 사용한 연구들에서도 선분의 수, 운동 속도에 따라 도형 지각의 정확율이 달라진다는 유사한 결과가 관찰되었다[13][14].

그러나 이러한 연구들의 대부분은 운동 중첩에 의한 윤곽선 추출 및 전경 도형의 지각 과정에 어떠한 변인들이 영향을 미치는가에 대해 기술하는 수준에 머물러 있을 뿐 윤곽을 추출해내는 과정이나 원리에 대한 만족할만한 설명을 제공해 주지 못한다. Shipley와 Kellman [12][15]은 단지 세 개의 점이 연속적으로 사라지기만 하더라도 전경 도형의 운동에 대한

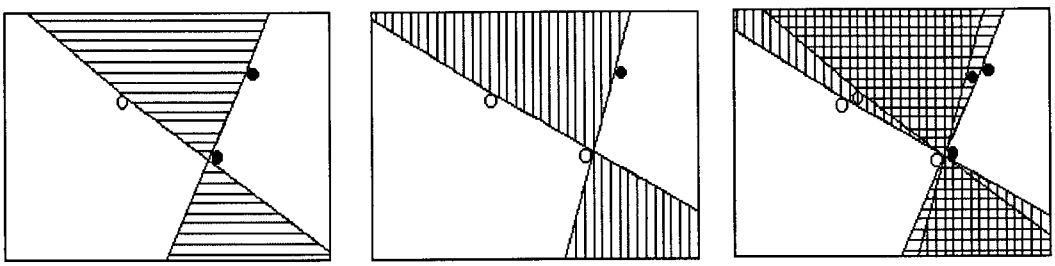


(가) (나)

(그림 1) 운동 중첩에 의한 도형지각. (가) 배경과 동일한 밝기의 삼각형이 배경 텍스쳐의 일부를 가리고 있는 장면. 정지해 있는 경우 흰 삼각형을 전혀 볼 수가 없다. (나) 앞의 그림과 동일하나 삼각형을 점선으로 표시해 놓았다. 삼각형이 운동하게 되면 점선이 없더라도 뚜렷한 윤곽을 지각할 수 있다.

사전 정보 없이 직선적 윤곽의 방위(orientation)가 추출될 수 있다고 주장하고 이러한 상황을 운동 중첩에 의해 직선적 윤곽의 방위가 추출되기 위한 최소 조건이라고 규정하였다. 이들은 전경의 도형이 일정한 속도로 운동할 때 이러한 최소 조건에서 정확한 직선적 윤곽의 방위를 추출해 낼 수 있는 수리적인 계산 절차를 제안하였다. 이들이 제안한 모형에 따르면 세 점을 지날 때의 속도 정보를 이용하여 직선적 윤곽의 정확한 방위가 추출될 수 있다. 그러나 이들이 제안한 계산 절차는 인간에 대한 모형으로 보기에는 무리가 있으며, 전경 도형이 일정한 속도로 운동하지 않는 경우에는 적용될 수 없다는 한계를 지닌다.

Brown[16]과 Rock, Hill 및 Finemann[17]의 정신물리학 실험 결과는 인간의 속도 탐지가 매우 부정확하다는 것을 보여준다. 이러한 실험 결과들은 세 점 조건과 같은 제한된 조건에서 인간이 운동 중첩을 통해 정확한 윤곽의 방위를 찾아낼 수 없을 것이라는 것을 암시한다. 속도 정보를 이용할 수 없으면 정확한 윤곽 방위를 찾을 수는 없지만 점들이 사라진 각 시점에서 사라진 점과 사라지지 않은 점들 사이의 관계에 의해 직선적 윤곽의 방위가 존재하는 범위에 대한 정보를 얻을 수 있다. 그림 2의 (가)와 (나)는 직선적 윤곽의 운동에 의해 세 점 가운데 첫 번째 점만이 사라진 경우와 다음 점까지 사라진 경우의 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 각각 보여주고 있다. 전경 도형 또는 직선적 윤곽의 운동에 따라 점들이 사라지거나 다시 나타날 때마다 이러한 범위가 구해질 수 있고 동일한 윤곽에 의해 이러한 범위들이 구해진다면 직선적 윤곽의 방위는 각 장면에서 구한 범위를 공통으로 만족시키는 범위에 한정될 것이다. 그림 2의 (다)는 이렇게 각각의 시점에서 구해진 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 겹쳐 놓은 그림으로 직선적 윤곽의 방위는 두 영역의 교집합 부분에 존재할 것이다. 세 점 가운데 어느 한 점도 사라지지 않은 경우나 세 점이 모두 사라진 시점에서는 직선적 윤곽의 방위에 대한 한정된 범위 정보를 얻을 수



(가) (나) (다)

(그림 2) 배경 점이 사라지는 각 시점에서 운동 중첩에 의해 정의되는 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위. (가)는 첫 번째 점만 사라졌을 경우, (나)는 두 번째 점까지 사라졌을 경우 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 각각 나타낸다. (다)는 (가)와 (나)의 범위를 겹침으로써 찾을 수 있는 공통 범위를 보여준다(그림에서 흰 점은 전경 도형에 의해 가려진 점을 표시하고 검은 점은 아직 사라지지 않은 점을 나타낸다). 수평선으로 표시된 영역은 첫 번째 점이 사라졌을 때 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 나타내며 수직선 영역은 두 번째 점이 사라졌을 때의 범위를 나타낸다.

없으므로 이러한 경우들을 포함해서 공통 범위를 구하더라도 그 결과는 그림 2의 (다)에 표시된 영역과 마찬가지가 된다. 이 영역이 좁을수록 윤곽의 방위를 정확하게 지각할 수 있는 가능성은 커진다. 배경 점의 수가 많아지면 점들의 사라짐과 다시 나타남에 의해 발생되는 직선적 윤곽의 방위에 대한 범위가 좁아지므로 윤곽의 방위를 정확하게 추출할 가능성은 높아지게 된다.

운동 중첩으로부터 직선적 윤곽의 방위 추출과정에 대한 이러한 가정은 전경 도형의 운동에 의해 배경 점이 사라질 때, 각 장면에서 직선적 윤곽의 방위에 대한 범위를 구하고 이렇게 구해진 범위의 공통 영역으로부터 직선적 윤곽의 방위가 추출되는 것으로 설명하므로 이를 직선적 윤곽의 방위에 대한 '공통 제약 범위 모형'이라고 명명할 수 있다. 만일 직선적 윤곽의 방위에 대한 '공통 제약 범위 모형'에서 가정하는 것처럼 이러한 공통 제약 범위에 대한 정보를 이용하여 직선적 윤곽의 방위가 추출된다면 전경 도형 또는 직선적 윤곽이 등속 운동을 하지 않는 경우에도 운동 중첩을 통해 직선적 윤곽의 방위에 대한 정보를 얻을 수 있다.

운동 중첩을 통한 윤곽 추출 과정에는 공통 제약 범위 외에 유도요소의 수나 유도요소간 거리, 운동하면서 유도요소와 접하게 되는 윤곽선의 비율 등이 영향을 미칠 수 있다. 운동 중첩을 통한 도형의 형태지각 과정에 대해 살펴보았던 이전 연구들에 따르면 유도 요소인 배경 점의 밀도가 높을수록 도형 지각의 정확율이 높아진다[11][12][13][14]. 유도 요소의 밀도가 높아지면 윤곽 방위에 대한 제약 범위가 좁아지게 될 뿐 아니라 유도 요소의 수도 증가하게 되고 일반적으로 유도 요소간의 공간적 거리도 작아지게 되며 운동 중에 직선적 윤곽의 더 많은 부분이 유도요소와 접하게 된다. 이러한 요인들도 윤곽의 방위 지각에 영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서는 이러한 요인들과 공통 제약 범위의 크기가 운동 중첩으로부터 직선적 윤곽의 방위 지각 과정에 어떻게 영향을 미치는지 살펴보기 위해 다섯 편의 실험을 수행하였다. 실험 1에서는 세 개의 점만이 있는 최소조건에서 윤곽의 방위 지각이 공통 제약 범위의 크기에 따라 어떻게 달라지는지, 그리고 운동 속도가 최소조건에서도 영향을 미치는지 알아보았다. 실험 2에서는 공통 제약 범위나 점의 밀도는 일정하게 유지한 채 점의 수만 증가시켜도 윤곽지각이 달라질 수 있는지 살펴보았다. 운동 중첩으로부터 직선적 윤곽의 방위를 지각하는 과정이 여러 오염원의 영향에 의해 방해 받는다면 유도 요소 수의 증가는 윤곽의 추출 과정이 여러 번 반복되는 것과 같은 효과에 의해 도움이 될 수 있다. 단순히 운동 중첩을 통한 윤곽 지각 과정이 여러 번 반복되는 것만으로도 윤곽 지각에 이점을 갖는다면 제약 범위의 크기나 밀도를 일정하게 유지하고 유도 요소들의 수만을 늘리더라도 윤곽의 방위 지각은 더 정확해 질 것이다. 그러나 윤곽 방위에 대한 제약 범위를 좁히지 못하고 단순히 제약 범위 정보를 여러 번 얻는 것만으로는 도움이 되지 않는다면 유도 요소 수의 증가는 윤곽 방위 지각의 정확율에 영향을 주지 못할 것이다.

실험 3에서는 유도 요소가 동일한 패턴으로 반복되지 않을 때 직선적 윤곽의 방위에 대한 지각이 운동 속도에 영향 받는지 알아보았다. 직선적 윤곽의 방위에 대한 '공통 제약 범위 모형'에서는 직선적 윤곽의 운동에 의해 배경

점들이 사라지는 각 시점마다 그림 2에서 본 것처럼 가려진 점과 가려지지 않은 점들 사이의 관계에 의해 규정되는 윤곽의 방위에 대한 제약 범위를 구할 수 있고 이렇게 각 시점에서 얻어진 범위의 공통 영역으로부터 직선적 윤곽의 방위가 추출된다. 직선적 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위를 찾기 위해서는 한 시점에서 구한 직선적 윤곽의 방위에 대한 제약 범위 정보를 다른 시점에서 얻은 제약 범위에 대한 정보와 통합해야 한다. 만일 이러한 통합 과정에 어떤 시간적인 제한이 있다면 느리게 운동할 때보다 빠르게 운동하는 경우에 더 많은 시간 장면에서 얻어진 제약 범위 정보를 통합하여 공통 영역을 찾을 수 있으므로 더 정확한 직선적 윤곽의 방위 지각이 가능할 것이라고 추론할 수 있다. 그러나 운동 속도가 지나치게 빠르면 운동 중인 도형의 형태지각은 불가능해지므로[18] 어느 한계 이상의 속도가 되면 운동 중첩에 의한 직선적 윤곽의 지각도 어려워질 것이다. 또한 점의 밀도가 지나치게 낮은 경우에는 더 많은 시간 장면의 정보를 통합하는 것이 윤곽의 방위 지각에 별 도움을 줄 수 없을 것이다.

실험 4에서는 윤곽의 방위에 대한 제약 범위를 일정하게 유지시킨 채 유도 요소들 간의 거리를 일정하게 유지시킨 경우와 불규칙하게 변화시킨 경우를 비교하였다. 유도 요소의 밀도가 높으면 직선적 윤곽의 더 많은 부분이 운동 중에 유도요소와 접할 수 있고 이것이 직선적 윤곽의 방위 지각에 영향을 줄 수 있다. 직선적 윤곽의 얼마나 많은 부분이 유도 요소와 접하는가가 윤곽 방위지각에 영향을 준다면 윤곽 방위에 대한 제약 범위의 크기가 동일하더라도 유도 요소들 간의 거리가 일정한 경우보다 불규칙하게 변하는 경우에 윤곽 지각이 더 정확할 것이다. 그러나 이러한 정보가 윤곽 지각에 도움이 되지 않는다면 유도 요소간 거리의 변화여부는 윤곽의 방위 지각에 영향을 주지 못하고 제약 범위의 크기에 따라 윤곽 지각의 정확도가 달라질 것이다.

실험 5에서는 유도 요소들 사이의 공간적 거리가 직선적 윤곽의 방위 지각에 미치는 영향에 대해 알아보고 직선적 윤곽의 운동 속도에 따라 공간적 거리의 영향이 어떻게 달라지는지에 대해 살펴보았다. 운동 중첩으로부터 윤곽의 방위에 대한 제약 범위를 찾는 것이 일정한 공간적 한계 내에서만 이루어질 수 있는 것이라면 유도 요소간의 거리가 이 한계를 벗어날 때 윤곽 방위 지각의 정확율은 감소하게 될 것이고 유도 요소들 사이의 거리가 먼 경우보다 가까운 경우에 윤곽 지각이 유리할 수 있다. 유도 요소간의 거리가 윤곽 지각에 영향을 줄 수 있는 또 다른 가능성은 유도 요소들이 사라지는 시간 간격과 관계가 있다. 유도 요소간의 거리가 멀면 하나의 점이 사라지고 다음 점이 사라질 때까지의 시간적 간격이 길어지게 된다. 만일 유도 요소간 공간적 거리와 관계없이 이러한 시간적 간격이 운동 중첩에 의한 윤곽의 방위 지각에 영향을 미친다면 유도 요소간 거리가 가깝고 직선적 윤곽의 운동 속도가 느린 경우의 윤곽 지각 정확율은 유도 요소간 거리가 멀고 직선적 윤곽이 빠르게 운동하는 경우의 윤곽 지각과 마찬가지가 될 것이다. 그러나 유도 요소들이 사라지는 시간적 간격과 관계없이 유도 요소간 공간적 거리만이 문제라면 직선적 윤곽의 운동 속도와 관계없이 유도 요소들 사이의 거리에 따라서 정확율이 달라지게 될 것이다.

실험 1. 직선적 윤곽 방위의 범위 효과

실험 1은 Shipley 등[15]이 운동 중첩에 의한 직선적 윤곽 추출의 최소 조건이라고 규정한 세 점 조건에서 직선적 윤곽의 방위 지각 정확율이 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위의 크기에 따라 달라지는지를 알아보기 위하여 수행되었다. 직선적 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위는 두 번째 사라지는 점을 중심으로 첫 번째 사라지는 점과 세 번째로 사라지는 점에 의해 만들어지는 각의 크기로 정의할 수 있다. 실험 1에서는 이 각의 크기를 0°, 22.5°, 45°, 90°의 네 가지 조건으로 나누어 비교하였다. 만일 운동 중첩에 의한 윤곽선 지각이 이러한 공통 제약 범위의 크기에 영향을 받는다면 점의 배열에 따라 결정되는 이 각의 크기가 작을수록 윤곽 지각의 정확율이 높을 것이다. 운동 중첩에 의한 도형 지각 과정을 연구한 Anderson 등[11]과 Shipley 등[12]의 연구 결과에 따르면 전경 도형의 운동 속도가 빠를수록 도형 지각의 정확율이 높았다. 실험 1에서는 도형 지각과정에 대한 이러한 실험 결과가 배경 텍스쳐 요소로 세 개의 점만이 있는 상황에서 윤곽의 방위를 지각하는 과정에 적용될 수 있는지에 대해서도 살펴보았다.

방 법

실험참가자

연세대학교 심리학과 대학원에 재학 중인 남, 여 6명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정 시력 0.8 이상이고 평소 운동 지각에 이상이 없는 사람들로서 실험의 목적과 가설을 모르는 채 실험에 참가하였다.

자극 및 장치

자극은 640 X 480 화소의 해상도 조건에서 LG Flatron 17″완전 평면 모니터 상에 제시되었다. 자극의 제시와 반응을 통제하기 위해 Intel Pentium II CPU를 장착한 IBM 호환 컴퓨터가 사용되었다. 하나의 자극은 특정한 속도로 운동하는 특정 방위의 윤곽에 의해 세 개의 점이 모두 사라지기까지의 장면들로 구성되어 있다. 세 개의 점은 가로, 세로 12 화소, 시각으로 62′ 크기의 정사각형 영역 안에 제시되었다. 세 개의 점은 흰 색이며 선분은 배경과 같은 검은 색이므로 실제 화면에는 세 개의 점이 나타났다가 차례로 하나씩 사라지는 것으로 보인다. 실험에 사용된 윤곽의 방위는 30°, 45°, 60°, 75°의 네 가지이며 윤곽의 운동 속도 조건은 1.6 deg/sec, 3.2 deg/sec, 6.4 deg/sec로 운동하는 조건의 세 가지였다. 점의 위치는 0° 공통 제약 범위 조건, 22.5° 공통 제약 범위 조건, 45° 공통 제약 범위 조건, 90° 공통 제약 범위 조건의 네 가지 조건에 따라 다르게 결정되었다. 공통 제약 범위가 0°인 조건에서는 두 개의 점이 직선적 윤곽의 운동에 따라 동시에 사라지도록 점의 위치가 결정되었으며 나머지 하나의 점은 무선적인 위치에 제시되었다. 공통 제약 범위가 22.5°인 조건에서는 세 점이 이루는 각의 크기가 22.5°가 되고 직선적 윤곽의 방위가 이 영역 내에 포함되도록 하기 위해 다음과 같은 방법에 의해 세 점의 위치를 정했다. 먼저 임의의 위치에 한 점을 제시하고 이 점을 지나는 직선적 윤곽으로부터 22.5° 이상 벗어나지 않는 영역 내의 무선적인 위치에 두 번째로 점의 위치를

정한다. 세 번째 점은 첫 번째 점을 기준으로 두 번째 점을 22.5° 회전시킨 위치에 제시하였다. 마찬가지 방법으로 45° 공통 제약 범위 조건에서는 윤곽의 방위에 대한 공통 범위인 세 점이 이루는 각의 크기가 45°가 되도록 하였다. 공통 제약 범위가 90°인 조건에서는 실험에 사용된 윤곽의 방위가 모두 포함되도록 세 점이 이루는 각의 크기가 수직이 되는 위치에 점들을 제시하였다. 윤곽의 운동 방향은 모두 좌에서 우로 일정하였으며 자극과 실험참가자의 눈과의 거리는 약 40cm이었다.

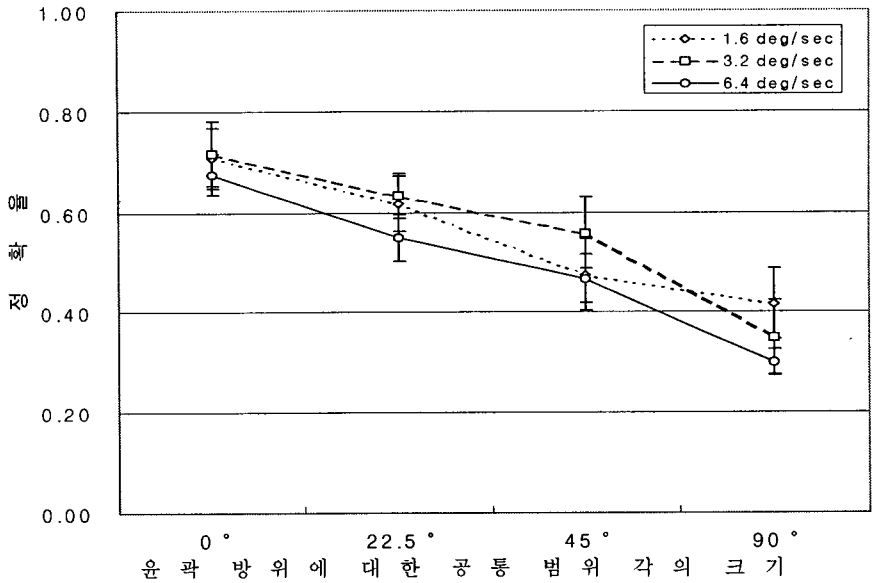
절차

본 시행에 앞서 실험참가자들은 실험 절차에 익숙해지도록 20회의 연습시행을 하였다. 본 시행은 총 240회(윤곽 방위에 대한 공통 제약 범위의 크기 조건 4 X 직선적 윤곽의 운동 속도 조건 3 X 윤곽의 방위 4 X 반복 5)로 구성되었으며 각각의 조건은 완전히 무선적인 순서로 제시되었다. 하나의 시행이 시작되면 화면의 중앙에 세 개의 점이 나타나고 실험참가자가 컴퓨터 자판에서 임의의 자쇠를 누르면 윤곽의 운동에 의해 세 점이 차례로 하나씩 또는 조건에 따라 어떤 경우에는 두 점이 동시에 사라졌다. 세 점이 모두 사라지면 화면의 아랫부분에 네 가지 방위의 선분이 각각에 대한 번호와 함께 보기로 제시되었다. 실험참가자가 할 일은 그 가운데 지각된 윤곽의 방위와 같은 방위의 선분 번호를 눌러 반응하는 것이었다. 실험참가자가 반응하면 다시 화면에 세 개의 점이 제시되고 다시 임의의 자쇠를 누르면 다음 시행이 같은 절차에 의해 이루어졌다. 실험에 소요된 시간은 약 25분이었다.

결과 및 논의

실험 1에서 수집된 자료는 네 가지 공통 범위 크기 조건과 세 가지 운동 속도 조건의 조합에서 나온 12개의 조건에 대해 윤곽의 방위에 대한 구별 없이 20 번씩 반복 측정한 윤곽 방위 지각의 정확율이었다. 이렇게 구해진 12개의 측정치들을 각각의 실험 조건별로 여섯 명의 실험 참가자에 대해 평균하여 그 평균값들 간의 차이를 4 X 3 반복 측정 설계에 의하여 변량 분석하였다. 그림 3은 네 가지 공통 범위 크기 조건과 세 가지 운동 속도 조건에 대해 여섯 명의 실험참가자의 윤곽 방위 지각 정확율을 도표로 나타낸 것이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 운동 속도 조건에 관계없이 윤곽 방위에 대한 공통 범위 각의 크기가 클수록 윤곽 지각의 정확율이 낮아지는 것으로 나타났으며 네 가지 공통범위 크기의 주효과는 통계적으로 유의했다, $F(3, 55) = 23.65 (p < .001)$, $MSe = .016$. 네 가지 공통 범위 크기 조건간의 평균 차이를 SNK의 방법에 따라 사후 분석한 결과 0° 공통 제약 범위 조건(0.70 ± 0.13), 22.5° 공통 제약 범위 조건(0.60 ± 0.12), 45° 공통 제약 범위 조건(0.50 ± 0.15), 90° 공통 제약 범위 조건(0.36 ± 0.15)의 차이는 모두 통계적으로 유의했다($p < .001$). 세 가지 운동 속도 조건의 주효과는 통계적으로 유의하지 않았으며 운동 속도와 공통 범위 크기의 상호작용 효과도 통계적으로 유의하지 않았다.

운동 중첩에 의해 세 개의 점이 차례로 사라질 때 두 번째 사라지는 점을 중심으로 나머지 두 점과 이루는 각도는 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 한정해 준다. 실험 1의 결과는 이러한 공통 제약 범위 각의 크기가 작을수록 운동 중첩에 의한 윤곽 지각



(그림 3) 세 점 조건에서 직선적 윤곽 방위에 대한 공통 범위의 크기와 도형의 운동 속도에 따른 윤곽 방위 지각의 정확율. 오차 막대의 수평선은 순서대로 각 조건의 변산을 나타낸다.

의 정확율이 높아진다는 것을 보여준다. 만약 도형의 윤곽선에 의해 두 점이 동시에 사라지게 되면 공통 범위 각의 크기는 0°가 되는데 그림 3에서 알 수 있듯이 이러한 경우에 윤곽선의 방위 지각이 가장 정확했다. 이러한 실험 결과는 점이 사라지는 순서와 점의 배열에 따른 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위가 윤곽의 방위 지각 과정에 단서로 사용될 수 있음을 보여준다. 도형 지각과정에 대한 기존 연구들의 결과와 달리 본 실험의 결과 운동 속도는 윤곽 방위 지각의 정확율에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. Shipley와 Kellman[12]은 운동 중첩을 통한 도형지각을 위해서는 여러 장면에서의 정보를 통합하는 것이 필요한데 이러한 통합이 제한된 시간 간격 안에 이루어진다는 가설을 제안하였다. 이러한 가설에 따르면 여러 배경 점이 있는 가운데 도형 지각을 하는 경우에는 운동 속도가 빠를수록 제한된 시간 안에 더 많은 장면의 정보를 통합할 수 있으므로 정확율이 높아진다. 그러나 첫 번째 점이 사라진 시점과 두 번째 점이 사라진 시점의 단지 두 시점으로부터 직선적 윤곽 방위의 공통 제약 범위가 구해지는 경우, 운동 속도가 빠르다고 해서 더 많은 시간 장면을 통합하여 이점을 얻을 수 있는 것이 아니며 따라서 본 실험에서 속도에 따른 정확율에 차이가 나타나지 않은 것은 직선적 윤곽의 방위에 대한 '공통 제약 범위 모형'을 지지해주는 결과로 해석할 수 있다.

실험 2. 유도 요소의 반복 제시 효과

운동 상황에서 배경 텍스쳐 요소의 사라짐

과 다시 나타남을 통한 전경 도형의 형태지각에 대한 이전 연구들에 따르면 배경 요소의 수가 증가할수록 도형 지각의 정확율이 높아진다[11][12][13][14]. 실험 2에서는 이러한 효과가 단지 점의 수가 증가했기 때문에 생기는 것인지를 알아보았다. 운동 중첩으로부터 직선적 윤곽의 방위를 지각하는 과정이 여러 오염원의 영향에 의해 방해 받는다면 유도 요소 수의 증가는 윤곽의 지각 과정이 여러 번 반복되는 것과 같은 효과에 의해 도움이 될 수 있다. 운동 중첩을 통한 윤곽 지각 과정이 여러 번 반복되는 것만으로도 윤곽 지각에 이점을 갖는다면 제약 범위의 크기를 일정하게 유지하고 유도 요소들의 수만을 늘리더라도 윤곽의 방위 지각은 더 정확해 질 것이다. 그러나 윤곽 방위에 대한 지각에 공통 제약 범위만이 영향을 주는 것이라면 공통제약 범위를 좁히지 못하고 동일한 제약 범위 정보를 여러 번 얻는 것만으로는 윤곽 방위 지각의 정확율에 차이가 없을 것이다.

방 법

실험참가자

연세대학교 심리학과 대학원에 재학 중인 남, 여 8명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정 시력 0.8 이상이고 평소 운동 지각에 이상이 없는 사람들로서 실험의 목적과 가설을 모르는 채 실험에 참가하였다.

장치 및 자극

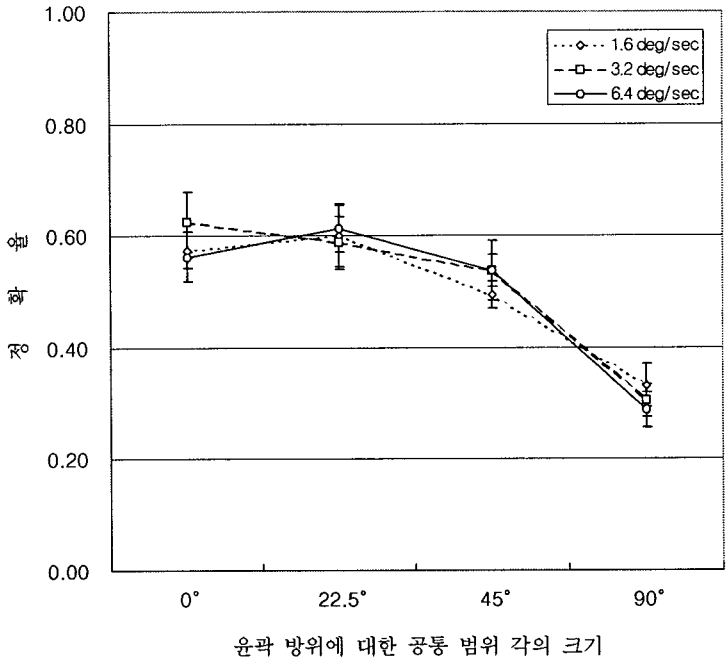
실험 2에 사용된 장치는 실험 1과 동일하였다. 자극에 사용된 점의 수가 많다는 점을 제외하면 실험에 사용된 자극이나 실험 조건 역시 실험 1과 동일하였다. 네 가지 공통 제약 범위의 크기 조건에서 점들의 위치는 각각 세 점 상황에서 점의 위치를 결정하는 방법을 네 번 반복하여 열 두 개의 점을 찍었으며 세 개의 점의 위치가 결정되면 다음 점들이 앞의 점들과 윤곽의 방위에 대한 다른 제약 범위를 제공할 수 없도록 약 12 화소의 간격을 두고 반복하였다. 그 외 운동 속도 조건이나 운동하는 윤곽의 방위 등은 실험 1과 동일하였다.

절차

실험 절차 역시 실험 1과 동일하였다. 본 시행에 앞서 실험참가자들은 실험 절차에 익숙해지도록 20회의 연습시행을 하였다. 본 시행은 총 240회(윤곽 방위에 대한 공통 제약 범위의 크기 조건 4 X 직선적 윤곽의 운동 속도 조건 3 X 윤곽의 방위 4 X 반복 5)로 구성되었으며 각각의 조건은 완전히 무선적인 순서로 제시되었다. 실험에 소요된 시간은 약 30분이었다.

결과 및 논의

실험 2에서 수집된 자료는 네 가지 공통 범위 크기 조건과 세 가지 운동 속도 조건의 조합에서 나온 12개의 조건에 대해 윤곽의 방위에 대한 구별 없이 다섯 번씩 반복 측정한 윤곽 방위 지각의 정확율이었다. 이렇게 구해진 12개의 측정치들을 각 실험 조건별로 여덟 명의 피험자에 대해 평균하여 그 평균값들 간의 차이를 4 X 3 반복 측정 설계에 의하여 변량



(그림 4) 여러 점 조건에서 직선적 윤곽 방위에 대한 공통 범위의 크기와 도형의 운동 속도에 따른 윤곽 방위 지각의 정확율

분석하였다. 그림 4는 네 가지 공통 제약 범위 크기 조건과 세 가지 운동 속도 조건에 대한 윤곽 방위 지각의 정확율을 여덟 명의 실험참가자에 대해 평균을 구해 그림으로 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 점이 여러 개인 상황에서도 윤곽 방위에 대한 공통 제약 범위 각의 크기가 작을수록 윤곽 방위 지각의 정확율이 높아지는 것으로 나타났으며 네 가지 공통 범위 크기의 주효과는 통계적으로 유의했다, $F(3, 79) = 37.03 (p < .001)$, $MSe = .012$. 네 가지 공통 제약 범위 크기 조건간의 평균 차이를 SNK의 방법에 따라 사후분석한 결과 0° 공통 제약 범위 조건(0.59 ± 0.12)과 22.5° 공통 제약 범위 조건(0.60 ± 0.13)의 차이는 통계적으로 유의하지 않았으나, 이들 조건의 평균과 45° 공통 제약 범위 조건(0.52 ± 0.10), 90° 공통 제약 범위 조건(0.31 ± 0.09)의 평균 차이는 모두 통계적으로 유의했다($p < .001$). 동일한 패턴을 반복한 여러 점 상황에서도 세 점 조건을 사용한 실험 1에서와 마찬가지로 세 가지 운동 속도 조건간의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며 운동 속도와 제약 범위 크기의 상호 작용 효과도 통계적으로 유의하지 않았다.

실험 2의 결과는 유도 요소로 12 개의 점을 제시한 상황에서도 세 점 상황에서와 마찬가지로 유도 요소가 사라지는 순서와 이들 간의 각도에 의해 규정되는 제약 범위의 크기에 따라 운동 증첩을 통한 직선적 윤곽 지각의 정확율이 달라지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시각 기제가 운동 증첩 정보를 제외한 밝기 차나, 깊이, 색 등의 정보를 이용하여 윤

곽선을 추출할 수 없는 상황에서도 제약 범위를 통해 윤곽선의 방위에 대한 최소한의 정보를 추출할 수 있음을 보여준다. 세 점 상황에서 여러 오염원의 영향에 의해 운동 중첩으로부터 주어지는 윤곽 방위에 대한 정보를 완전히 이용하지 못한다면 세 점 상황을 반복하기만 하더라도 윤곽 방위 지각의 정확율은 높아질 수 있다. 그러나 실험 2의 결과는 점의 수가 증가함에 따라 윤곽 방위의 범위를 좁힐 수 있는 정보가 추가되지 않고 동일한 정보가 단순히 반복되는 것만으로는 윤곽의 방위 지각에 도움이 되지 않는다는 것을 보여준다. 이는 이전 연구들[11][12][13][14]에서 배경 요소의 밀도가 높을수록 도형 지각의 정확율이 높게 나온 이유가 단지 운동중첩을 통한 윤곽 지각 과정을 여러 번 반복했기 때문에 나타난 것이 아니라 유도 요소의 밀도가 높아질수록 윤곽 방위에 대한 제약 범위가 좁아질 가능성이 증가하기 때문이라는 사실을 시사한다.

실험 1에서와 마찬가지로 운동 중첩을 통한 윤곽 지각에 운동속도가 영향을 주지 못하는 것으로 나온 결과는 본 실험에서와 같이 동일한 패턴이 반복되는 조건에서는 운동 속도가 빠르더라도 더 많은 시점에서의 정보를 통합하는 것이 윤곽의 방위에 대한 범위를 좁혀주지 못하기 때문으로 해석할 수 있다. 실험 1에서는 두 점이 동시에 사라지는 조건의 정확율이 공통 제약 범위가 22.5°인 조건에서의 정확율보다 높았으나 실험 2에서는 두 조건 간에 정확율에서 거의 차이가 없었다. 실험 2에서는 세 개의 점을 하나의 단위로 해서 일정한 간격을 두고 나누어 제시했는데 세 점이 사라지기까지를 하나의 프레임이라 한다면 이러한 결과는 두 점이 동시에 사라지는 조건에서 프레임간 방해과정이 개입될 수 있음을 시사한다.

실험 3. 운동 속도에 따른 제약 범위의 시간적 통합 효과

실험 2의 결과는 점의 수가 늘어나더라도 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 제약범위가 좁아지지 않는다면 점의 수의 증가만으로는 윤곽 지각에 도움이 되지 않는다는 것을 보여준다. 실험 3에서는 유도 요소가 동일한 패턴으로 반복되지 않을 때 직선적 윤곽의 방위에 대한 지각이 운동 속도에 따라 어떻게 달라지는지 살펴보았다. 유도 요소가 동일한 패턴으로 반복되지 않으면 운동 중첩을 통해 매 시점 얻게 되는 윤곽지각의 방위에 대한 제약 범위 정보도 달라질 수 있다. 만일 직선적 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위를 찾기 위해 한 시점에서 구한 제약 범위 정보를 다른 시점에서 얻은 제약 범위에 대한 정보와 통합하는 과정에 어떤 시간적인 제한이 있다면 느리게 운동할 때보다 빠르게 운동하는 경우에 더 많은 시간 장면에서 얻어진 제약 범위 정보를 통합하여 공통 영역을 찾을 수 있으므로 더 정확한 직선적 윤곽의 방위 지각이 가능할 것이라고 추론할 수 있다.

방 법

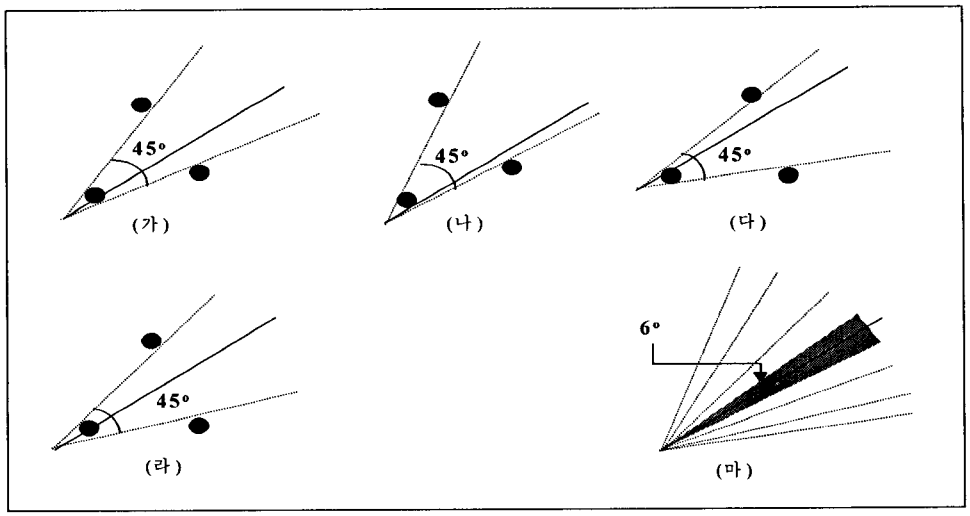
실험참가자

연세대학교 심리학과 대학원에 재학 중인 학생 세 명이 개별적으로 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정 시력 0.8 이상이고 평소 운

동 지각에 이상이 없다고 보고하였다.

자극 및 장치

실험에 사용된 윤곽의 방위는 30°에서 75° 까지 범위의 방위 중에서 매 시행마다 무선적으로 선정되었다. 자극으로는 실험 2와 마찬가지로 세 개의 점을 단위로 하여 한 단위의 세 점을 제시하고 직선적 윤곽의 방위에 대한 제약 범위가 동일한 세 점을 12 화소의 간격을 두고 제시하는 방법을 반복하여 모두 12 개의 점을 사용하였다. 한 단위의 세 점이 이루는 직선적 윤곽의 방위에 대한 제약 범위는 30°또는 45°조건의 두 가지 조건이 있었으며 세 점의 위치를 결정하는 방법은 실험 1에 제시된 것과 동일하였다. 세 점의 위치가 결정되면 통합 범위가 6° 또는 20°가 되도록 조건에 따라 다르게 회전 시켜가면서 12 화소의 간격을 두고 제시하였다. 따라서 점들의 제시 조건은 한 단위의 세 점이 이루는 윤곽 방위의 제약 범위가 30°, 45°인 두 가지 조건과 6°, 20°의 두 가지 통합 제약 범위 조건의 조합에 의해 만들어진 네 가지였다. 그림 5는 45° 통합 6° 조건의 한 예를 보여주고 있다. 세 점의 위치가 그림 5의 (가)와 같이 정해지면 직선적 윤곽을 기준으로 해서 시계 반대 방향으로 19.5° 회전 시켜 (나)와 같이 첫 번째 세 점 집합, 시계 방향으로 19.5° 회전 시켜 (다)와 같이 두 번째 세 점 집합을 만들고, 3°에서 19.5° 사이의 범위 내에서 무선적인 각의 크기만큼 회전시켜 세 번째, 네 번째 세 점 집합을 만든다. 이렇게 만들어진 세 점 집합을 12 화소의 간격을 두고 무선적인 순서로 제시하였다. 따라서 (가), (나), (다), (라)에서 볼 수 있는 것처럼 각각의 세 점 집합이 이루는 직선적 윤곽의 방위에 대한 제약범위는 모두 45°



(그림 5) 실험 3에서 사용된 자극 제시 조건 가운데 45° 통합 6° 조건의 한 예. (가), (나), (다), (라)에서 직선적 윤곽의 방위에 대한 제약범위는 모두 45°이다. 그러나 (가)~(라)를 통합하여 공통 제약 범위를 구하면 (마)의 회색 영역으로 표시된 것처럼 통합된 제약범위는 6°가 된다. 점선은 윤곽 방위에 대한 제약 범위를 나타내고 실선은 직선적 윤곽의 방위를 나타낸다.

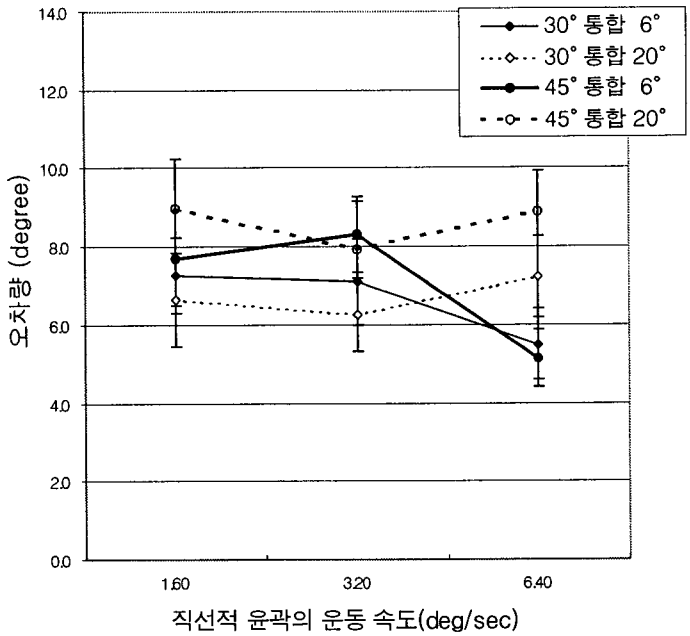
이지만 각의 중심점이 일치하도록 겹쳐 놓으면 그림 5의 (마)에 표시된 것처럼 통합된 제약범위는 6°가 된다. 마찬가지로 45° 통합 20° 조건에서는 세 점이 제공하는 윤곽 방위에 대한 제약 범위는 각각 45°이지만 이를 모두 통합하면 20°, 30° 통합 6° 조건에서는 30°의 제약 범위를 통합하여 6°, 30° 통합 20° 조건에서는 30°의 제약 범위를 통합하여 20°가 되도록 하였다. 자극과 실험참가자의 눈과의 거리는 약 40cm이었고 그 밖의 자극 및 장치는 실험 1과 동일하였다.

절차. 본 시행에 앞서 실험참가자들은 실험 절차에 익숙해지도록 24회의 연습시행을 하였다. 본 시행은 총 120회(세 점 집합의 제약 범위 조건 2 X 통합 제약 범위 조건 2 X 직선적 윤곽의 운동 속도 조건 3 X 반복 10)로 구성되었으며 모든 조건은 무선적인 순서로 제시되었다. 실험 3에서 자극이 제시되는 순서나 방법은 실험 1, 2와 동일하나 점들이 모두 사라지게 되면 화면의 중앙 아랫부분에 네 가지 방위의 선분이 제시되는 대신 흰 점 하나와 화면의 오른 쪽 맨 아래에 가로, 세로 각각 2° 40′인 크기의 회색 정사각형이 제시되었다. 실험참가자가 할 일은 마우스를 이용하여 점들을 사라지게 한 윤곽과 같은 방위가 되도록 이 점으로부터 선을 긋는 것이었다. 이렇게 그린 선이 지각된 윤곽선의 방위와 다르다고 느껴지면 몇 번이고 반복해서 다시 그릴 수 있었고 비슷하다고 느껴지면 오른 쪽 아래에 있는 사각형을 마우스로 누르도록 하였다. 실험참가자가 반응한 윤곽선의 방위와 실제 실험에 사용된 윤곽선의 방위의 차이가 각 조건에서 종속측정치로 기록되었다. 실험참가자가 반응하면 같은 절차에 의해 다음 시행이 계속되었다. 그 외의 절차는 실험 2와 동일하였다.

결과 및 논의

실험 3에서 수집된 자료는 세 점 집합의 제약 범위의 크기 조건 두 가지와 통합 제약 범위 조건 두 가지, 운동 속도 조건 세 가지의 조합에서 나온 12개의 조건에 대해 윤곽의 방위에 대한 구별 없이 열 번씩 반복 측정한 실제 윤곽의 방위와 지각된 윤곽의 방위 차였다. 단위는 각도(degree)였다. 세 명의 실험참가자로부터 각 조건별로 구해진 방위 차의 평균이 그림 6에 제시되어 있다. 세 점 집합의 제약 범위 크기와 통합 제약 범위의 크기, 그리고 운동 속도에 따라 실제 윤곽의 방위와 지각된 윤곽의 방위 차를 반복 측정설계로 삼원 변량 분석 하였다. 분석 결과 세 점 집합의 제약 범위 크기가 30°인 조건에서의 지각된 윤곽의 방위에 대한 오차량(6.71 ± 5.60)이 45°일 때 (7.83 ± 6.04)보다 작았으며 이 차이는 통계적으로 유의했다, $F(1, 18) = 5.87 (p < .05)$, $MSe = 19.265$. 통합 제약 범위 조건간의 평균 차이와 세 가지 운동 속도 조건간의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며 운동 속도와 통합 제약 범위 크기의 상호작용 효과, 세 점 집합의 제약범위와 운동 속도의 상호작용 효과, 세 조건간의 삼원 상호작용 효과는 모두 통계적으로 유의하지 않았다.

세 점 집합의 제약 범위 크기가 30°일 때의 지각된 윤곽 방위의 오차가 45°일 때보다 작은 것으로 나타난 실험 3의 결과는 앞의 실험 1, 2의 결과와 일치하는 것으로서 유도 요소들이 동일한 패턴으로 반복되지 않을 때에도 제약 범위의 크기가 작을수록 더 정확하게 윤



(그림 6) 세 점 집합의 제약 범위, 통합 제약 범위의 크기와 운동 속도에 따른 윤곽 방위 지각의 오차. 세로축은 지각된 윤곽의 방위와 실제 방위와의 차이를 각도 단위로 나타내며 가로축은 직선적 윤곽의 운동 속도를 나타낸다.

곽 방위의 지각이 일어날 수 있다는 것을 보여준다. 실험 3에서는 열 두 개의 점을 세 개씩 나누어 제시하였으며 각각의 세 점에 의해 주어지는 직선적 윤곽의 방위에 대한 제약 범위는 모두 동일하였다. 다만 세 점에 의해 주어지는 제약 범위의 크기는 조건에 따라 30° 또는 45°가 되도록 하였으며 이 범위들을 통합하면 공통 제약범위는 6° 또는 20°가 되도록 하였다. 따라서 만일 어떤 시간적인 한계 내에서 각각의 세 점에 의해 주어지는 이러한 제약 범위 정보들을 통합하여 윤곽의 지각이 일어나는 것이라면 느리게 운동할 때보다 빠르게 운동하는 경우에 더 많은 시간 장면에서 얻어진 제약 범위 정보를 통합하여 공통 영역을 찾을 수 있으므로 더 정확한 직선적 윤곽의 방위 지각이 가능하며 통합 제약 범위의 크기에 따라서도 윤곽 지각의 정확도가 달라질 것이다. 그러나 본 실험의 결과는 통합 제약 범위의 크기나 운동 속도 모두 윤곽 방위 지각의 정확도에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 운동 증첩을 통해 직선적 윤곽의 방위를 지각할 때 제한된 국소 영역에서의 제약 범위에 비해 여러 시간 장면에서 통합된 공통의 제약 범위에 대한 정보가 사용되기 어렵다는 것을 시사한다. 주관적 윤곽 도형을 사용하여 배경 텍스쳐의 밀도와 도형의 운동 속도가 도형지각에 미치는 영향에 대해 연구한 Anderson 등[11]의 실험 결과에 따르면 도형의 운동 속도보다 배경 텍스쳐의 밀도가 더 크게 영향을 주는 것으로 나

타났다. 운동 속도와 통합 제약 범위의 크기가 윤곽 지각의 정확도에 영향을 주지 못하는 것으로 나타난 본 실험의 결과는 이와 관련이 있는 것으로 해석할 수 있다. 만일 배경 텍스쳐의 밀도가 어떤 한계 이상으로 지나치게 낮다면 운동 속도는 주관적 윤곽 도형의 지각이나 직선적 윤곽의 방위 지각에 전혀 영향을 줄 수 없을 것이다. 또한 본 실험에서 세 개의 점을 하나의 단위로 하여 열 두 개의 점을 일정한 간격을 두고 나누어 제시했는데 세 점이 사라지기까지를 하나의 프레임이라 한다면 실험 2에서와 같이 프레임간의 간격으로 인해 제약 범위의 통합이 이루어지지 않았을 가능성도 있다.

실험 4. 유도 요소간 간격의 불규칙성 효과

실험 4에서는 윤곽 방위에 대한 제약 범위는 동일하지만 유도 요소들 간의 거리가 일정한 조건과 무선적으로 변하는 조건 사이에 윤곽 방위지각에 차이가 있는지 알아보았다. 유도 요소들의 거리를 바꾸어 주면 유도 요소들 간의 거리를 일정하게 유지 시켰을 때보다 직선적 윤곽이 운동함에 따라 더 많은 부분이 유도 요소와 접하게 만들 수 있다. 직선적 윤곽의 얼마나 많은 부분이 유도요소와 접하는가가 윤곽 방위지각에 영향을 준다면 윤곽 방위에 대한 제약 범위의 크기가 동일하더라도 유도 요소들 간의 거리가 일정한 경우보다 불규칙하게 변하는 경우에 윤곽 지각이 더 정확할 것이다. 실험 4에서는 또한 지각된 직선적 윤곽의 방위가 운동 중첩에 의한 윤곽 방위의 제약 범위의 중앙을 지나는 선의 방위에 가까운지 아니면 유도 요소를 사라지게 한 직선적 윤곽의 실제 방위와 더 가까운지를 비교해 보았다. 윤곽 방위에 대한 제약 범위만이 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 지각 과정에 영향을 주는 것이라면 지각된 직선적 윤곽의 방위는 실제 윤곽선의 방위보다 제약 범위의 중앙을 지나는 선의 방위에 더 가까울 것이다. 그렇지만 제약 범위 외에 다른 정보들이 사용된다면 범위의 중앙선보다 실제 윤곽의 방위에 가까울 것이다.

방 법

실험참가자

연세대학교 심리학과 대학원에 재학 중인 학생 세 명이 개별적으로 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정 시력 0.8 이상이고 평소 운동 지각에 이상이 없다고 보고하였다.

장치 및 자극

실험에 사용되는 장치와 자극은 실험 3과 동일하였다. 실험 1, 2, 3에서 모두 운동 속도에 따른 직선적 윤곽 지각에 차이가 없었으므로 본 실험에서의 직선적 윤곽의 운동 속도는 모든 조건에서 3.2 deg/sec로 일정하게 유지시켰다. 유도 요소로는 실험 2, 3과 마찬가지로 열 두 개의 점이 사용되었지만 프레임간 간격 없이 열 두 개의 점을 동일한 방법에 따라 연속적으로 제시하였다. 점들은 30°, 45°의 두 가지 제약 범위의 크기 조건과 유도 요소간 간격 일정, 간격 무선의 두 가지 간격 조건에 따라 다르게 제시되었다. 먼저 실험 1에 제시된 방법에 의해 직선적 윤곽에 대한 제약 범

위가 30° 또는 45°가 되도록 세 점의 위치를 결정하고 범위의 중앙선의 방위가 직선적 윤곽의 방위와 달라지도록 세 점을 회전시켰다. 이 때 직선적 윤곽의 방위가 제약 범위를 벗어나지 않도록 제약 범위 각 크기의 1/3을 최대 회전 한도로 하여 무선적으로 회전시켰다. 이렇게 세 점의 위치를 정한 다음 네 번째 점은 세 번째로 사라지게 되는 점을 지나면서 첫 번째로 사라지는 점과 두 번째로 사라지는 점을 이은 선에 평행한 선 위에 제시한다. 간격 일정 조건에서는 첫 번째 사라지는 점과 두 번째 점 사이의 거리와 세 번째 사라지는 점과 네 번째 점 사이의 거리가 같아지도록 네 번째 점의 위치를 정하는 반면 간격 무선 조건에서는 이 거리가 무선적으로 변하도록 하였다. 이런 식으로 반복하여 열 두 개의 점의 위치를 정하였다. 실험에 사용된 윤곽의 방위는 30°에서 75°까지 범위의 방위 중에서 매 시행마다 무선적으로 선정되었고 윤곽의 운동 방향은 모든 시행에서 좌에서 우로 일정하였다. 실험참가자의 반응을 위해 마우스가 사용되었다. 자극과 실험참가자의 눈과의 거리는 약 40cm이었고 그 밖의 자극 및 장치는 실험 1과 동일하였다.

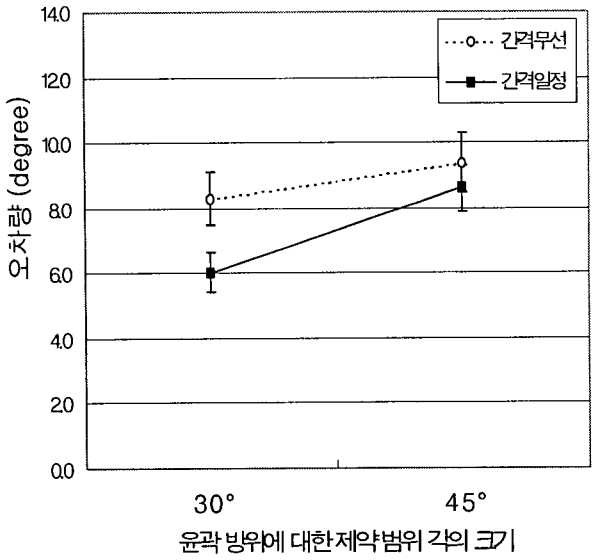
절차

본 시행에 앞서 실험참가자들은 실험 절차에 익숙해지도록 24회의 연습시행을 하였다. 본 시행은 총 80회(제약 범위 조건 2 X 간격 변화 조건 2 X 반복 20)로 구성되었으며 모든 조건은 무선적인 순서로 제시되었다. 실험 4에서 자극이 제시되는 순서나 방법은 실험 3과 동일하였으며 실험참가자가 지각된 윤곽의 방위에 대해 반응하는 방법도 실험 3과 동일하였다.

실험참가자가 반응을 하면 유도 요소를 사라지게 한 실제 직선적 윤곽의 방위와 지각된 윤곽선의 방위의 차, 제약 범위 중앙선의 방위와 지각된 윤곽선의 방위와 차 두 가지가 모두 각도(degree)를 단위로 하여 각 조건에서 종속측정치로 기록되었다. 실험참가자가 반응하면 같은 절차에 의해 다음 시행이 계속되었다. 그 외의 절차는 실험 3과 동일하였다.

결과 및 논의

실험 4에서 수집된 자료는 두 가지 제약 범위 조건과 두 가지 간격 변화 조건의 조합에서 나온 4개의 조건에 대해 윤곽의 방위에 대한 구별 없이 스무 번씩 반복 측정한 실제 윤곽의 방위와 지각된 윤곽의 방위 차이였다. 세 명의 실험참가자로부터 각 조건별로 구해진 방위 차의 평균이 그림 7에 제시되어 있다. 제약 범위의 크기와 유도 요소간 간격의 변화 여부에 따라 실제 윤곽의 방위와 지각된 윤곽의 방위 차를 반복 측정설계로 이원 변량분석하였다. 분석 결과 제약 범위의 크기가 30°인 조건에서의 지각된 윤곽의 방위에 대한 오차량(7.16 ± 5.73)이 45°일 때(9.00 ± 6.30)보다 작았으며 이 차이는 통계적으로 유의했다, $F(1, 38) = 5.41 (p < .05)$, $MSe = 37.51$. 유도 요소간 간격이 일정한 조건과 불규칙한 조건간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며 유도 요소간 간격 변화 여부와 제약 범위 크기의 상호작용 효과도 통계적으로 유의하지 않았다. 유도 요소를 사라지게 한 실제 직선적 윤곽의 방위와 지각된 윤곽선의 방위의 차, 제약 범위 중앙선의 방위와 지각된 윤곽선의 방위와



(그림 7) 제약 범위의 크기, 유도 요소간 간격의 변화 여부에 따른 윤곽 방위 지각의 오차. 세로축은 지각된 윤곽의 방위와 실제 방위와의 차이를 각도 단위로 나타낸다. 흰 원은 유도 요소간 간격이 무선적으로 변하는 조건을 표시하고 검은 사각형은 간격이 일정한 조건을 표시한다.

차를 각 실험 조건 별로 구하여 그 차이를 t 검증으로 분석하였다. 분석 결과 유도 요소를 사라지게 한 실제 직선적 윤곽의 방위와 지각된 윤곽선의 방위의 차이(8.08 ± 6.08)가 제약 범위 중앙선의 방위와 지각된 윤곽선의 방위의 차이(9.12 ± 6.83)보다 작았으며 그 차이는 통계적으로 유의했다, $t(239) = 2.72(p < .01)$.

실험 4에서도 윤곽의 방위에 대한 제약 범위의 크기가 30°일 때의 지각된 윤곽 방위의 오차가 45°일 때보다 작은 것으로 나타났으며 이는 실험 1, 2, 3의 결과와 일치하는 것으로서 유도 요소들 간의 간격이 일정하든, 불규칙하게 변하든 제약 범위의 크기가 작을수록 더 정확하게 윤곽 방위의 지각이 일어날 수 있다는 것을 보여준다. 유도 요소의 밀도가 높으면 직선적 윤곽의 더 많은 부분이 운동 중에 유도요소와 접할 수 있고 제약 범위의 크기 외에 이러한 요인이 직선적 윤곽의 방위 지각에 영향을 줄 수 있다. 윤곽 방위에 대한 제약 범위는 각의 크기로 정의되므로 이 각을 일정하게 유지시키면서 유도 요소들 간의 간격을 불규칙하게 바꾸어 주면 제약 범위의 크기는 변화시키지 않은 채 유도 요소들 간의 거리를 일정하게 유지 시켰을 때보다 직선적 윤곽의 더 많은 부분이 유도 요소와 접하게 만들 수 있다. 유도요소들 간의 거리를 일정하게 유지시킨 경우에는 직선적 윤곽이 운동함에 따라 유도 요소와 만나는 부분이 항상 동일하지만 유도 요소간 거리를 무선적으로 변화시키면 직선적 윤곽의 더 많은 부분이 유도 요소와 만나게 된다. 실험 4의 결과는 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 방위 지각에

있어서 제약 범위의 크기가 중요하며 직선적 윤곽의 얼마나 많은 부분이 유도요소와 접하는가하는 정보는 도움이 되지 않는다는 것을 보여준다.

또한 지각된 직선적 윤곽의 방위가 윤곽 방위의 제약 범위의 중앙을 지나는 선의 방위보다 유도 요소를 사라지게 한 직선적 윤곽의 방위와 더 가깝게 나타난 결과는 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 지각이 제약 범위 정보만을 이용해서 일어나는 것이 아님을 시사해준다. 만일 윤곽 방위에 대한 제약 범위만이 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 지각 과정에 영향을 주는 것이라면 지각된 직선적 윤곽의 방위는 제약 범위의 중앙을 중심으로 분포하며 실제 윤곽의 방위보다 범위의 중앙선의 방위에 가깝게 나타났을 것이다. 따라서 본 실험의 결과는 운동 중첩을 통한 윤곽의 지각 과정에 윤곽 방위에 대한 제약 범위 외에 다른 정보들이 이용된다는 것을 시사해 주며 Shipley 등[12][15]이 제안하였듯이 속도 정보와 같은 것이 그 한 예가 될 수 있을 것이다.

실험 5. 유도 요소간 거리와 운동 속도의 효과

실험 5에서는 유도 요소간의 공간적 거리가 운동 중첩에 의한 윤곽의 방위 지각에 영향을 미치는지 알아보았다. 직선적 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위는 두 번째 사라지는 점을 중심으로 첫 번째 사라지는 점과 세 번째로 사라지는 점에 의해 만들어지는 각의 크기로 정의할 수 있다. 윤곽의 방위를 지각하는데 제약 범위 각의 크기만이 중요하다면 유도 요소간의 거리가 가까운 경우나 먼 경우의 방위 지각의 정확도에는 차이가 없을 것이다. 그러나 운동 중첩으로부터 윤곽의 방위에 대한 범위를 구하는 과정이 일정한 공간적 영역 내에서 이루어지는 것이라면 유도 요소간의 거리가 이 한계를 벗어날 때 윤곽 방위 지각의 정확도는 감소하게 될 것이다. 또한 유도 요소간의 거리가 먼 경우에는 세 점이 모두 사라질 때까지의 시간적 간격도 길어지게 되는데 이러한 시간적 간격에 의해서 윤곽 방위 지각이 영향을 받는다면 유도 요소간 거리는 직선적 윤곽의 운동 속도와 상호작용 할 것이다. 실험 5에서는 이와 같은 운동 중첩에 의한 윤곽 방위 지각 과정에서의 공간적 한계에 대해 알아보고 유도 요소들이 사라지는 시간 간격의 영향과 두 요인 사이의 상호작용에 대해서 살펴보았다.

방 법

실험참가자

연세대학교 심리학과 대학원에 재학 중인 학생 세 명이 개별적으로 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정 시력 0.8 이상이고 평소 운동 지각에 이상이 없다고 보고하였다.

장치 및 자극

실험 5에 사용된 장치는 실험 3과 동일하였다. 자극은 유도 요소 간 공간적 거리 조건에 따라 점들 간의 거리가 다르다는 점을 제외하면 실험 3과 동일했다. 유도 요소간 거리 조건은 직선적 윤곽의 운동에 의해 첫 번째로 사라지는 점과 두 번째 점, 두 번째 점과 세

번째 점 사이의 거리가 40cm 거리에서 약 2 4′인 조건, 48′인 조건, 96′인 조건, 192′인 조건의 네 가지였다. 유도 요소로는 실험 3과 마찬가지로 세 개의 점을 단위로 하여 한 단위의 세 점을 제시하고 유도 요소간 거리가 24′인 조건에서는 6 화소, 48′인 조건에서는 12 화소, 96′인 조건에서는 24 화소, 192′인 조건에서는 48 화소의 간격을 두고 다음 세 개의 점을 제시하는 방법을 반복하여 모두 12 개의 점을 사용하였다. 제약 범위의 크기는 모든 조건에서 45°로 동일하였다. 직선적 윤곽의 운동 속도 조건은 1.6 deg/sec, 3.2 deg/sec, 6.4 deg/sec, 12.8 deg/sec의 네 가지였다. 그 밖의 윤곽의 방위, 직선적 윤곽의 운동 방향 등은 실험 3과 동일하다.

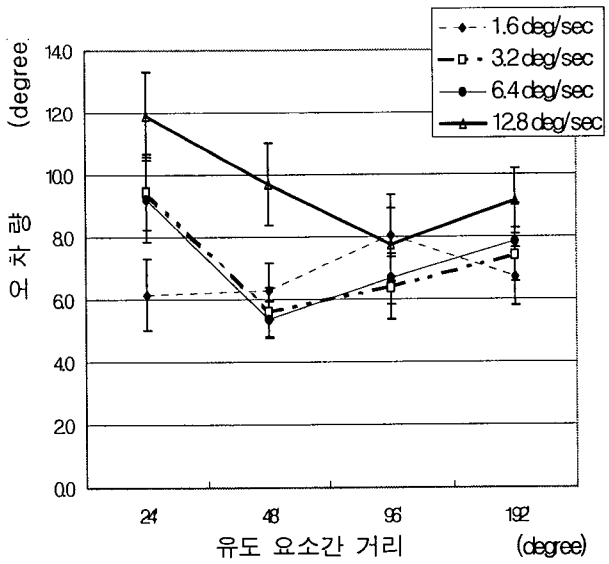
절차

본 시행에 앞서 실험참가자들은 실험 절차에 익숙해지도록 24회의 연습시행을 하였다. 본 시행은 총 160회(유도 요소간 거리 조건 4 X 직선적 윤곽의 운동 속도 조건 4 X 반복 10)로 구성되었으며 모든 조건은 무선적인 순서로 제시되었다. 실험참가자가 지각된 윤곽의 방위에 대해 반응하는 방법은 실험 3과 동일하였다. 자극이 제시되는 순서나 방법, 그 밖의 실험절차도 실험 3과 동일하였다.

결과 및 논의

실험 5에서 수집된 자료는 네 가지 유도요소간 거리 조건과 네 가지 운동 속도 조건의 조합에서 나온 16 개의 조건에 대해 윤곽의 방위에 대한 구별 없이 열 번씩 반복 측정한 실제 윤곽의 방위와 지각된 윤곽의 방위 차였다. 세 명의 실험참가자로부터 각 조건별로 구해진 방위 차의 평균이 그림 8에 제시되어 있다. 유도 요소간 거리와 운동 속도에 따라 실제 윤곽의 방위와 지각된 윤곽의 방위 차를 반복 측정설계로 이원 변량분석 하였다. 분석 결과 네 가지 유도 요소 거리의 주효과는 통계적으로 유의했다, $F(3, 54) = 4.28 (p < .01)$, $MSe = 31.39$. 네 가지 유도 요소 거리 조건간의 평균 차이를 SNK의 방법에 따라 사후분석한 결과 유도 요소간 거리가 24′인 조건의 윤곽 방위 지각의 오차(9.18 ± 7.30)는 48′인 조건(6.74 ± 5.38)이나 96′인 조건(7.21 ± 6.00)보다 컸으며 이 차이는 통계적으로 유의했다($p < .05$). 유도 요소간 거리가 192′인 조건의 윤곽 방위 지각의 오차(7.78 ± 5.61)는 다른 어떤 거리 조건과도 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 24′인 조건과 48′인 조건의 평균 차이도 통계적으로 유의하지 않았다. 네 가지 운동 속도의 주효과도 통계적으로 유의했다, $F(3, 54) = 4.50 (p < .01)$, $MSe = 43.86$. 네 가지 유도 요소 거리 조건간의 평균 차이를 SNK의 방법에 따라 사후분석한 결과 운동 속도가 12.8 deg/sec인 조건의 윤곽 방위 지각의 오차(9.63 ± 6.92)는 1.6 deg/sec인 조건(6.80 ± 5.97), 3.2 deg/sec인 조건(7.21 ± 5.51), 6.4 deg/sec인 조건(7.27 ± 5.84)보다 컸으며 이 차이는 통계적으로 유의했다($p < .05$). 다른 속도 조건간의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 운동 속도와 유도 요소간 거리의 상호 작용 효과는 통계적으로 유의하지 않았다.

윤곽의 방위를 지각하는데 제약 범위 각의 크기만이 중요하다면 제약 범위의 각의 크기가 동일한 경우에는 유도요소인 배경 점간의



(그림 8) 유도 요소간 거리와 운동 속도에 따른 윤곽 방위 지각의 오차. 세로축은 지각된 윤곽의 방위와 실제 방위와의 차이를 각도 단위로 나타내며 가로축은 유도 요소간 거리를 나타낸다.

거리가 가까운 경우나 먼 경우의 방위 지각의 정확도에는 차이가 없어야한다. 그러나 만일 운동 중첩으로부터 윤곽을 지각하는 과정이 어떤 시간적, 공간적 한계 내에서 이루어지는 것이라면 이러한 시간적 한계를 벗어나도록 하는 직선적 윤곽의 운동 속도나 공간적 한계를 넘어서는 유도 요소간의 거리는 윤곽 방위 지각의 정확도를 감소시킬 수 있다. 또한 직선적 윤곽의 운동 속도가 동일하다면 유도요소간 거리가 늘어날수록 두 번째 유도 요소가 사라지고 나서 세 번째 유도 요소가 사라지기까지의 시간간격도 거리에 비례해서 늘어나게 되지만 유도 요소간 거리가 증가하는 만큼 비례해서 운동 속도도 증가한다면 두 번째 유도 요소와 세 번째 유도 요소가 사라지는 시간간격은 동일해질 것이다. 따라서 직선적 윤곽의 특정 운동 속도조건의 윤곽 방위 지각 정확도는 유도 요소의 거리에 따라 달라질 수 있다. 그림 8을 보면 운동 속도가 1.6 deg/sec인 조건은 유도 요소간 거리가 24′일 때, 3.2 deg/sec와 6.4 deg/sec 조건은 48′일 때, 12.8 deg/sec인 조건은 유도 요소간 거리가 96′일 때 윤곽의 방위 지각에서의 오차량이 가장 적게 나타나는 경향이 있음을 알 수 있다.

실험 5의 결과는 운동 속도가 12.8 deg/sec와 같이 지나치게 빠르거나 첫 번째 유도 요소와 두 번째, 두 번째와 세 번째 유도 요소 사이의 거리가 24′ 정도로 매우 작을 때 윤곽 방위 지각의 정확도가 감소하는 것으로 나타났다. 운동 속도가 1.6 deg/sec, 3.2 deg/sec, 6.4 deg/sec인 조건들 간에 통계적으로 유의한 차이가 나지 않는 것은 앞의 실험 1, 2, 3에서의 결과와 일관된 것이다. 이러한 결과는 지나치게 짧은 시간 간격 내에서는 운동 중첩을 통

한 직선적 윤곽의 지각이 일어나기 어렵다는 것을 시사한다. 초대비 현상을 이용하여 주관적 윤곽이 지각되기 위한 시간적 한계를 연구한 Reynolds[19]에 따르면 주관적 윤곽이 지각되기 위해서는 약 150msec의 시간이 필요하며 꼭지점이 날카로운 주관적 윤곽이 지각되려면 200msec의 시간이 필요하다. 따라서 운동속도가 12.8 deg/sec인 조건이나 유도 요소간 거리가 24'인 조건에서 윤곽 방위 지각의 오차가 큰 것은 운동 중첩을 통해 주관적인 윤곽선을 지각하기에는 시간이 부족했기 때문이라고 해석할 수 있으며 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 방위 지각 과정이 주관적 윤곽을 형성시키는 기제와 관련이 있음을 시사한다.

종합 논의

운동 중첩에 의해 세 개의 점이 차례로 사라질 때 두 번째 사라지는 점을 중심으로 이 점과 나머지 두 점이 이루는 각도는 직선적 윤곽의 방위가 존재할 수 있는 범위를 한정해 준다. 다섯 편의 실험을 통해 이러한 공통 제약 범위 각의 크기가 작을수록 운동 중첩에 의한 윤곽 지각의 정확율이 높아진다는 결과를 얻었다. 이러한 실험 결과는 점이 사라지는 순서와 점의 배열에 따른 윤곽의 방위에 대한 공통 제약 범위가 윤곽의 방위 지각 과정에 단서로 사용될 수 있음을 보여준다.

운동 중첩을 통한 도형의 형태지각 과정에 대해 살펴보았던 이전 연구들에 따르면 유도 요소인 배경 점의 밀도가 높을수록 도형 지각의 정확율이 높아진다[11][12][13][14]. 일반적으로 유도 요소의 밀도가 높아지면 윤곽 방위에 대한 제약 범위가 좁아지게 된다. 그러나 밀도의 증가는 제약 범위뿐만 아니라 다른 요인들에도 영향을 미친다. 밀도가 높아지게 되면 일반적으로 유도 요소의 수도 증가하게 되고 유도 요소간의 공간적 거리도 작아지게 되며 운동 중에 직선적 윤곽의 더 많은 부분이 유도요소와 접하게 되는데 제약 범위의 효과를 분명히 하기 위하여 이러한 요인들의 영향에 대해 살펴볼 필요가 있다.

실험 2의 결과를 통해 점의 수가 증가하더라도 윤곽 방위에 대한 범위가 작아지지 않는다면 점의 수의 증가는 윤곽의 방위 지각에 도움이 되지 않는다는 것을 알 수 있다. 실험 5의 결과는 유도 요소 간 공간적 거리가 작아지더라도 제약 범위의 크기가 작아지지 않는다면 윤곽 지각의 정확도는 증가하지 않는 것으로 나타났다. 실험 4에서도 유도 요소들 간의 간격이 일정하든, 불규칙하게 변하든 제약 범위의 크기가 작을수록 윤곽 방위의 지각이 더 정확하게 일어난다는 결과를 얻었다. 이러한 결과들은 유도 요소의 수나 유도 요소간 거리, 직선적 윤곽의 운동 중에 유도 요소와 접하게 되는 부분의 비율과 관계없이 제약 범위의 크기가 작을수록 운동 중첩을 통한 윤곽 지각이 더 정확하게 일어날 수 있다는 것을 보여준다.

유도 요소의 밀도가 증가하거나 전경 도형의 운동 속도가 증가하게 되면 일정한 시간동안 배경의 유도 요소들이 사라지고 다시 나타나는 비율도 증가하게 된다. Kaplan[20] 운동 중첩을 통해 표면들의 깊이 순서를 결정할 때 이와 같은 드러남(accretion)과 사라짐(deletion)의 비율이 결정적인 역할을 한다고 제안하였다. Anderson 등[11]은 배경 유도 요소의 밀도와 운동 속도, 전경 도형의 높이의 곱으로 이 비율을 정의하고 이 비율이 운동 중첩을 통한

도형의 형태 지각에도 중요한 변수인지를 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 이들의 연구 결과에 따르면 도형 지각의 정확율은 배경 점의 밀도에 의해 크게 영향 받는 것으로 나타났으며 배경 점의 밀도가 지나치게 낮지만 않으면 운동 속도 역시 정확율에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 유도 요소의 밀도, 운동 속도, 전경 도형의 곱에 의해 정의되는 드러남과 사라짐의 비율은 전경 도형 지각의 정확율에 별 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 다른 조건이 동일하다면 유도 요소간 거리가 멀어질수록 이 비율은 낮아지게 된다. 만일 이 비율이 운동 중첩을 통한 윤곽선의 방위 지각 과정에 영향을 미친다면 유도 요소간 거리가 멀더라도 운동 속도가 빠르다면 유도 요소간 거리가 가깝고 운동 속도가 느린 경우와 윤곽지각의 정확도는 마찬가지이어야 한다. 유도요소간 거리와 운동 속도간의 상호작용이 없는 것으로 나온 실험 5의 결과는 운동 중첩을 통한 윤곽선의 방위 지각 과정에서도 이 비율이 영향을 주지 못한다는 것을 보여준다. 윤곽 방위지각의 정확성은 일정한 시간동안 얼마나 많은 배경 요소들이 사라지는가에 대한 비율보다 윤곽 방위에 대한 제약 범위의 크기에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.

그러나 지각된 직선적 윤곽의 방위가 제약 범위의 중앙을 지나는 선의 방위보다 유도 요소를 사라지게 한 직선적 윤곽의 방위와 더 가깝게 나타난 실험 4의 결과는 시각기제가 운동 중첩을 통해 직선적 윤곽의 방위를 지각할 때 제약 범위 정보 외에 다른 부가적인 정보를 사용할 수 있음을 시사한다. 그러한 정보의 한 예로는 Shipley 등[12][15]이 제안한 속도 정보와 같은 것을 생각해 볼 수 있을 것이다.

운동 중첩으로부터 윤곽을 지각하는 과정이 어떤 시간적, 공간적 한계 내에서 이루어지는 것이라면 이러한 시간적 한계를 벗어나도록 하는 직선적 윤곽의 운동 속도나 공간적 한계를 넘어서는 유도 요소간의 거리는 윤곽 방위 지각의 정확도를 감소시킬 수 있다. 실험 5의 결과는 운동 속도가 12.8 deg/sec와 같이 지나치게 빠르거나 첫 번째 유도 요소와 두 번째, 두 번째와 세 번째 유도 요소 사이의 거리가 24′ 정도로 매우 작을 때 윤곽 방위 지각의 정확도가 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지나치게 짧은 시간 간격 내에서는 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 지각이 일어나기 어렵다는 것을 보여준다. Reynolds[19]는 주관적 윤곽이 지각되기 위해서는 약 150msec의 시간이 필요하며 꼭지점이 날카로운 주관적 윤곽이 지각되려면 200msec의 시간이 필요하다고 주장하였다. Gellatly[21]에 따르면 주관적 윤곽이 형성되기 위해서는 약 1000ms가 필요하다. 이처럼 주관적 윤곽이 형성되는데 필요한 시간은 연구자에 따라 차이가 나지만 실제 윤곽 지각에 필요한 시간으로 알려져 있는 50ms [22][23][24][25]보다 상당히 오래 걸린다는 점에서는 일치된 결과를 보고하고 있다. 따라서 운동속도가 12.8 deg/sec인 조건이나 유도 요소간 거리가 24′인 조건에서 윤곽 방위 지각의 오차가 큰 것은 운동 중첩을 통해 주관적인 윤곽선을 지각하기에는 시간이 부족했기 때문이라고 해석할 수 있으며 운동 중첩을 통한 직선적 윤곽의 방위 지각 과정이 주관적 윤곽을 형성시키는 기제와 관련이 있음을 시사한다.

실험 3에서는 유도 요소들이 동일한 패턴으로 반복되지 않을 때에도 제약 범위의 크기가

작을수록 윤곽 방위의 지각이 더 정확했으나 여러 시간 장면에서 얻어진 제약 범위 정보를 통합한 통합 제약 범위의 크기나 운동 속도는 윤곽 방위 지각의 정확도에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 운동 중첩을 통해 직선적 윤곽의 방위를 지각할 때 제한된 국소 영역에서의 제약 범위에 비해 여러 시간 장면에서 통합된 공통의 제약 범위에 대한 정보가 사용되기 어렵다는 것을 시사한다. 주관적 윤곽 도형을 사용하여 배경 텍스쳐의 밀도와 도형의 운동 속도가 도형지각에 미치는 영향에 대해 연구한 Anderson 등[11]의 실험 결과에 따르면 도형의 운동 속도보다 배경 텍스쳐의 밀도가 더 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 운동 속도와 통합 제약 범위의 크기가 윤곽 지각의 정확도에 영향을 주지 못하는 것으로 나타난 본 실험의 결과는 이와 관련이 있는 것으로 해석할 수 있다. 만일 배경 텍스쳐의 밀도가 어떤 한계 이상으로 지나치게 낮다면 운동 속도는 주관적 윤곽 도형의 지각이나 직선적 윤곽의 방위 지각에 전혀 영향을 줄 수 없을 것이다.

세 개 또는 열 두 개와 같이 제한된 수의 유도 요소만을 사용하여 직선적 윤곽의 방위 지각과정을 연구한 본 실험의 여러 연구결과들은 12.8 deg/sec처럼 지나치게 빠른 경우를 제외하고는 도형 지각과정에 대한 기존 연구들의 결과와 달리 운동 속도에 따른 윤곽의 방위 지각 정확도에 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 실험에서와 같이 극히 적은 수의 유도 요소만이 존재하거나 유도 요소가 지나치게 많은 상황에서는 운동 속도가 별 도움을 줄 수 없기 때문이라고 나타난 것일 수 있다. 배경 텍스쳐 요소로 세 개의 점만이 있는 조건에서 전경 도형의 운동에 의해 세 점이 차례로 하나씩 사라질 때 단순히 점들이 사라지는 것으로 지각되는 것에 그치지 않고 국소 윤곽에 대한 정보를 추출하도록 하는데 전경 표면의 운동 방향에 대한 정보가 필요할 수 있다. Cunningham, Shipley와 Kellman [26]은 전경 표면의 운동에 대한 정보가 윤곽의 형성 과정에 영향을 줄 수 있다는 것을 밝혔다. 이들에 따르면 국소 윤곽 추출 과정과 전체 도형의 형태 및 운동을 지각하는 과정은 독립적인 처리 과정으로서 윤곽 추출 후 이를 통합하여 전체 도형의 형태와 운동이 지각되는 것이라기보다는 두 과정이 서로 상호작용 한다는 것이다. 따라서 이전 연구들의 결과와는 달리 본 연구에서 운동 중첩을 통한 윤곽 지각에 속도가 영향을 주지 못한 것은 제한된 수의 유도 요소만이 있는 상황에서 국소 윤곽의 방위를 지각하는 경우에는 전경 표면이나 전체 도형의 형태 및 운동에 대한 정보가 제공되지 않기 때문이라고 해석할 수 있다.

참고문헌

[1] Cavanagh, P., Arguin, M., & Treisman, A. (1990). Effect of surface medium on visual search for orientation and size features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*(3), 479-491.

[2] Gillam, B., Chambers, D., & Russo, T. (1988). Postfusional latency in stereoscopic slant perception and the primitives of stereopsis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14*, 163-174.

[3] Marr, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.

[4] Marr, D., & Hildreth, E. C. (1980). Theory of edge detection. *Proceedings of the Royal Society of London B, 207*, 187-217.

[5] Poggio, T., Gamble, E. B., & Little, J. J. (1988). Parallel integration of vision Modules. *Science, 242*, 436-440.

[6] Shipley, T. F. (1991). Perception of a unified world: The role of discontinuities. In Donna Jo Napoli & Judy Anne Kegl(Eds.), *Bridges between psychology and linguistics: A Swarthmore Festschrift for Lila Gleitman* (pp. 55-88). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

[7] Schumann, F. (1904). Einige Beobachtungen Uber die Zusammenfassung von Gesichtseindrukern zu Binheiten, *Psychologische Studien, 1*, 1-32.

[8] Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.

[9] Gibson, J. J. (1968). *The change from visible to invisible: A study of optical transition* [Film]. Pennsylvania: Psychological cinema register. State College.

[10] Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

[11] Andersen, G. J., & Cortese, J. M. (1989). 2-D contour perception resulting from kinetic occlusion. *Perception and Psychophysics, 46*, 49-55.

[12] Shipley, T. F., & Kellman, P. J. (1994). Spatiotemporal Boundary Formation: Boundary, form, and motion perception from transformations of surface elements. *Journal of Experimental Psychology: General, 123*, 3-20.

[13] Bruno, N., & Bertamini, M. (1990). Identifying contours from occlusion events. *Perception and Psychophysics, 48*(4), 331-342.

[14] Bruno, N., & Gerbino, W. (1991). Illusory figures based on local kinematics. *Perception, 20*, 259-274.

[15] Shipley, T. F., & Kellman, P. J. (1997). Spatio-temporal Boundary Formation: the Role of Local Motion Signals in Boundary Perception. *Vision Research, 37*, 1281-1293.

[16] Brown, T. F. (1931). The visual perception of velocity. *Psychol. Forsch.*, 14, 199-232.

[17] Rock, I., Hill, L. A., & Fineman, M. (1968). Speed Constancy as a function of size constancy. *Perception and Psychophysics, 4*, 37-40.

[18] Kelly, D. H. (1979). Motion and Vision. II. Stabilized spatio-temporal threshold surface. *Journal of the Optical Society of America, 69*, 1340-1349.

[19] Reynolds, R. I. (1981). Perception of an illusory contour as a function of processing time. *Perception, 10*, 107-115.

[20] Kaplan, G. A. (1969). Kinetic disruption of optical texture: The perception of depth at an edge. *Perception & psychophysics, 6*, 193-198.

[21] Gallatly, A. R. H. (1980). Perception of an illusory triangle with masked inducing figure. *Perception, 9*, 599-602.

[22] Cheathan, P. G. (1951). Visual latency as a function of stimulus brightness and contour shape. *Journal of Experimental Psychology, 43*, 369-380.

[23] Weisstein, N. (1966). Backward masking and models of perceptual processing. *Journal of Experimental Psychology, 72*, 223-230.

[24] Werner, H.(1935). Studies on contour.

American Journal of Psychology, 47, 40-64.

[25] Werner, H., & Wapner, S. (1952). Toward a general theory of perception. *Psychological Review, 59*, 324-338.

[26] Cunningham, D. W., Shipley, T. F., & Kellman, P. J. (1998). Interaction between spatial and spatiotemporal information in spatiotemporal boundary formation. *Perception & Psychophysics 60(5)*, 839-851.

1 차원고접수: 2006. 8. 14
2 차원고접수: 2006. 9. 14
최종게재승인: 2006. 9. 18