

자극의 색과 크기가 Glass문양의 지각에 미치는 효과

구영애 · 정찬섭

연세대학교 심리학과

Glass문양의 발생에 대한 단순세포유사기체이론과 상징적처리기체이론을 비교하고, 신경생리학적 발견에 근거를 둔 단순세포유사기체이론의 타당성을 검증하기 위하여 두 편의 실험이 수행되었다. 첫번째 실험에서는 가상선을 발생시키는 두 자극요소의 크기차이의 한계를 확인하고 이러한 크기차이의 한계를 단순세포의 수용야 크기로 설명할 수 있는가를 밝히고자 하였다. 실험결과, Glass문양의 두 대응되는 요소 중 한 요소의 크기가 원래의 크기인 $0.03^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ 에서 $0.14^{\circ} \times 0.14^{\circ}$ 로 커질 때까지는 Glass문양이 출현하지만 그 이상의 크기에서는 Glass문양이 출현하지 않는다는 것이 확인되었다. 이 결과는 Hubel과 Wiesel(1968)이 원숭이의 줄무늬 피질에서 발견한 최대 크기의 단순세포($0.5^{\circ} \times 0.75^{\circ}$)의 중심수용야 넓이인 0.16° 와 거의 일치함으로써 단순세포유사기체이론을 지지하는 증거라 할 수 있다. 두번째 실험에서는 Glass문양의 가상선 형성에 색정보가 유효한 자극속성이 되는가를 확인하기 위하여 같은색과 다른색으로 구성된 두 갈등관계에 있는 Glass문양, 대립색으로 된 Glass문양 및 명도대비가 다르지만 유사한 색으로 구성된 Glass문양을 가지고 가상선의 출현여부를 조사하였다. 실험결과, 색정보가 Glass문양의 지각에 유효한 자극속성이 되지만 그 효과가 매우 약하다는 결론을 얻었다. 이러한 색정보의 미약한 효과는 두 자극의 유사성 만으로는 Glass문양의 출현을 설명하기 어렵다는 것을 암시하며 그 보다는 색정보 처리 채널의 해상력이 약하다는 최근의 생리학적 연구발견에 잘 부합되는 현상이라 할 수 있다. 결론적으로 본 연구의 실험결과는 Glass문양의 지각이 유사성 가정을 근본으로 하는 상징적처리기체이론보다는 단순세포유사기체이론에 의해 더 잘 설명될 수 있음을 시사한다.

Glass문양은 하나의 무선점 도형 내에 있는 각 점들을 확산방향 또는 회전방향으로 이동시킨 뒤 원래의 무선점들과 이동된 점들을 함께 제시할 때 나타나게 되는 문양으로서 도형 내에 있는 이동전과 이동후의 두 점 간을 잇는 가상선(virtual line)을 따라 점들이 배열되어 있는 듯한 구조를 시각적으로 발생시킨다(정찬섭, 1989). Glass문양은 우리의 시각 체계가 어떻게 모호한 자극정보로부터 시각대상들의 공간적 배열을 찾아내게 되는가에 대한 해답의 실마리를 제공해 줄 수 있는 실험연구자료로서, 그

발생기체에 관하여 두가지 대립된 이론적 견해——Glass(1969)의 단순세포유사기체(simple cell-like mechanism)이론과 Marr(1982)와 Stevens(1978)의 상징적처리기체(symbolic processing mechanism)이론——가 제시되어 왔다.

Glass문양의 발생을 설명하는 첫번째 이론인 단순세포유사기체이론은 장방형의 수용야를 가지는 시각피질의 단순세포와 유사한 기체가 Glass문양의 지각에 관여한다고 가정한다. 이 이론에 의하면 Glass문양의 발생은 두단계로 진행된다. 그 첫단계는 방

향 특정적 단순세포(직선탐지기)들의 흥분단계로, 도형 내의 한 점과 그것의 변형점을 잇는 선분 뿐 아니라 그 점을 중심으로 이웃해 있는 모든 점들을 잇는 선분들도 선분방향에 따라 제각기 다른 시각 피질의 직선탐지기들을 흥분시킨다. 두번째 단계는 제한된 범위를 갖는 영역 내에서 유사한 방향의 직선탐지기의 반응이 통합되는 단계로, 첫번째 단계에서 흥분된 직선탐지기의 반응 중 유사한 방향을 갖는 것들 끼리는 시각피질의 한 열(column)에서 통합된다. 시각피질 제17영역에는 피질표면에 직각을 이루고 있는 열조직들이 발견되는데 이 열조직 속에 특정 방향에만 민감하게 반응하는 신경단위들이 모여있다(Hubel과 Wiesel, 1968). 이와같이 시각피질의 각 열에서 방향정보가 통합된다는 것을 고려한다면 무선적인 직선방향에 반응한 신경단위들의 흥분빈도보다는 체계적인 변형구조의 직선방향에 반응한 신경단위들의 흥분빈도가 상대적으로 우세할 것이며, 우리의 시각체계는 이러한 우세성에 근거하여 Glass문양의 구조를 국소적으로 결정한다.

Glass문양의 발생을 설명하는 두번째 이론인 상징적처리기제이론을 주장하는 Marr와 Stevens는 상징적 표시의 짝진 빈도의 개념으로 Glass문양의 발생을 설명한다. Marr는 시각을 연속적인 계산과정으로 보고, 각 과정은 그에 해당하는 표상을 형성하여 계산을 진행시켜 나간다고 보았다. Marr의 이론에 따르면 Glass문양에서 두점 간을 잇는 가상선은 3차원 물체에 대한 2차원 표상을 유도해 내는 단계에서 두 요소 쌍의 위치와 그것들 간의 거리 및 방향에 대한 정보를 제공해 주는 표상의 기본단위이다. 이러한 표상단위들을 영상으로부터 이끌어내기 위해 Marr는 자극의 물리적 특성에 대해 몇가지 가정을 세우고 이것에 근거하여 표상의 단위들을 유도하고자 하였다. 이 가정들 중의 하나가 유사성가정으로, 가상선을 지각하기 위해서 가상선을 구성하는 두 요소는 크기, 국소적 대비, 색, 공간구성의 면에서 유사해야 한다는 것이다. 따라서 상징적처리기제이론에서는 두 점 간의 유사성이 Glass문양의 지각에 중요한 변인으로 작용하게 된다. Marr는 유사성에 의해 자극 쌍이 결정되면 국소적인 가상선들이 Stevens(1978)의 알고리즘에 의해 발생된다고 생각하였다. Stevens는 한 점에서의 국소적 방향(local

orientation)을 결정하는 하나의 알고리즘을 제시하였는데 이 알고리즘은 3단계로 진행된다: 첫단계에서 한 점과 그 점을 중심으로 하는 일정 영역 내의 모든 점을 잇는 가상선을 형성한다. 둘째 단계에서 이 영역 내의 모든 점에 대해서도 첫번째의 과정을 반복하여 가상선의 길이와 방향을 근거로 막대그래프를 그린다. 셋째 단계에서 막대그래프의 높이가 절정을 이루는 방향을 한점에서의 국소적 방향으로 결정한다. 따라서 국소적 방향의 탐지과정은 한 영역 내에 있는 각 점으로부터 나올 수 있는 모든 선분방향의 상대적 빈도에 근거한 협응과정(cooperative process)이다.

Glass문양의 발생을 설명하는 단순세포유사기제이론과 상징적처리기제이론의 유사점을 다음과 같이 요약할 수 있다: 두 이론 모두에서 Glass문양의 두 대응되는 요소를 잇는 국소적 방향의 결정이 두 요소의 속성에 의해서만 이루어지는 것이 아니라 두 요소와 인접한 일정 범위 내에 있는 방향정보를 통합함으로써 이루어진다. 이러한 통합과정은 첫번째 이론에서는 유사한 방향을 갖는 직선탐지기의 반응을 시각피질의 한 열에서 통합하여 가장 흥분빈도가 높은 직선탐지기의 방향을 국소적 방향으로 결정함으로써 이루어지고, 두번째 이론에서는 한 영역 내에 있는 각 점으로부터 나올 수 있는 모든 방향의 가상선 중 상대적 빈도가 가장 높은 방향을 선택함으로써 이루어진다. 한편 Glass문양의 지각을 설명하는 두 이론의 차이점은 첫번째 이론에서의 단순피질세포의 흥분빈도가 두번째 이론에서는 개별자(token)라는 상징적 표시의 짝진빈도에 의해 대체되었다는 점과, 첫번째 이론에서는 두 요소 간의 유사성이 중요한 역할을 하지 않는데 반해 두번째 이론에서는 두 요소가 유사해야 가상선이 형성되므로 유사성이 매우 중요하다는 것이다.

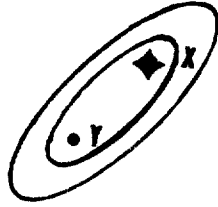
Glass문양을 구성하는 자극요소의 여러 속성을 변화시켜 보고 그러한 변화에서 초래되는 지각적 효과를 두 이론이 얼마나 만족스럽게 설명할 수 있는가를 살펴봄으로써 두 이론의 설명력을 검증해 볼 수 있다. 이러한 방법을 이용하여 Prazdny(1984, 1986)는 가상선을 구성하는 두 요소의 모양과 크기를 변화시켜 보았는데, 그 결과 두 요소가 모양과 크기 면에서 꽤 많이 차이난다 하더라도 Glass문양

은 지각되었으나 두 요소가 크기 면에서 너무 많이 차이나면 Glass문양은 지각되지 않았다. 또 Prazdny (1986)는 전형적인 Glass문양을 다소 변형시켜 원래의 무선점과 함께 변형점으로 회전점 및 확산점 모두를 겹쳐 제시하여 두 변형점 중 한 변형점의 강도를 높게 제시하였는데, 이때 전체적 구조는 원래점과 강도를 높인 변형점을 연결하는 방향과 일치하였다. 이러한 결과들은 유사성을 전체조건으로 하는 상징적처리기제이론으로는 설명할 수 없는 것으로 그보다는 단순세포유사기제이론을 지지하는 결과라 할 수 있다. 더우기 상징적처리기제이론은 가상선이 발생가능한 두 요소의 크기 및 모양 차이의 한계를 제시하지 않았으므로 유사성의 개념은 모호한 개념이라 할 수 있다. Prazdny는 자신의 실험결과를 에너지 개념으로 다음과 같이 설명하였다: 한 쌍을 이루는 두 요소의 에너지가 많을수록 전체구조는 더 잘 지각되므로 한 요소의 크기를 다소 증가시키는 경우 전체구조는 잘 지각될 것이고 무선점과 함께 회전점 및 확산점을 모두 제시하는 경우 전체구조는 더 많은 에너지를 갖는 변형점의 방향과 일치할 것이지만, Glass문양의 두 요소 중 한 요소의 크기를 너무 많이 증가시키는 경우에서와 같이 두 요소의 에너지가 너무 많이 차이나면 전체구조는 더이상 지각되지 않는다. 그러나 Prazdny의 에너지 설명 역시 “에너지 차이”에 대한 명확한 개념 정의가 결여되어 있으므로 유사성의 개념처럼 모호한 개념이라 할 수 있다. 본 연구에서는 Glass문양의 발생에 대한 단순세포유사기제이론의 설명을 검증하기 위하여 Glass문양을 구성하는 요소의 크기속성과 색속성 그리고 대비속성을 변화시켜 보고 이때 나타나는 결과와 단순세포유사기제이론이 예상하는 결과가 일치하는가를 살펴보고자 하였다.

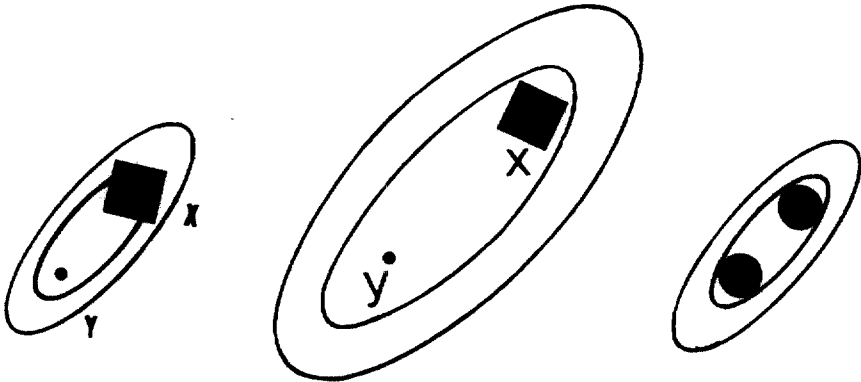
실험 1

본 실험에서는 Glass문양의 발생에 대한 단순세포유사기제이론의 설명을 검증하기 위하여 Glass문양을 구성하는 한 요소의 크기를 점차 변화시켜 보았다. 자극 요소의 크기를 변화시키는 경우 단순세포유사기제이론의 예상이 그림1에 나와있다. 그림1은 Glass문양의 발생과정에서 방향특정적 단순세포의

흥분빈도 뿐 아니라 흥분율도 함께 고려한 것이다. 그림1a에서, 한 직선탐지기에 떨어지는 두 요소의 크기와 모양이 다르다 하더라도 두 요소가 수용야의 중심-흥분 영역 안에만 떨어진다면 이 직선탐지기는 흥분할 것이며 전체구조는 흥분된 각 방향의 직선탐지기 중 흥분빈도가 가장 높은 방향과 일치할 것이다. 반면 그림1b에서 처럼, 한 쌍을 이루는 두 요소 중 한 요소가 너무 커서 중심-흥분 영역 밖으로까지 벗어나면 주변-억제 영역으로 부터 억제력을 받기 때문에 이 직선탐지기의 반응은 감소될 것이다. 그러나 우리는 그림1c에서 처럼, 그림1b의 두 요소 모두가 수용야의 중심-흥분 영역 안에 떨어질 수 있는 다소 큰 크기의 직선탐지기를 생각할 수 있다. 실제로 Hubel과 Wiesel(1968)이 원숭이의 줄무늬피질(striate cortex)에서 발견한 직선탐지기의 수용야 크기는 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 에서 $0.5^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ 에 걸쳐 다양하다. 그러나 이처럼 직선탐지기의 크기가 다양하다 할지라도 하나의 직선탐지기는 특정 크기의 자극에 가장 민감한 반응을 보이는데, 그림1d에서 볼수 있듯이 직선탐지기의 중심-흥분 영역에 꼭 채워질 수 있을 정도의 크기를 갖는 자극에 의해 그림1d의 직선탐지기는 최대반응을 보일 것이다. 그림1c에서 사각형자극은 그림1c의 직선탐지기의 최대반응을 유발하는데 적절하지만 점자극은 이런 크기의 직선탐지기를 흥분시키기에 적절하지 않다. 따라서 그림1b,c의 두 요소 각각이 망막에서의 동심원 수용영역을 갖는 세포에 의해 개별적으로 탐지될 수는 있겠지만, 그 다음 시각피질단계에서 두 요소를 연결하는 방향정보는 탐지되지 않을 수 있다. 왜냐하면 특정 크기의 직선탐지기는 특정 크기의 자극에 민감한 반응을 보이는데 점자극에 민감한 반응을 보이는 직선탐지기의 경우(그림1b) 사각형자극이 주변-억제 영역에도 떨어지므로 억제적 반응을 보일 수 있으며, 사각형자극에 민감한 반응을 보이는 직선탐지기의 경우(그림1c) 점자극은 이 직선탐지기를 흥분시키기에 충분하지 않기 때문이다. 그림1b,c의 자극요소로 구성된 Glass문양에서 흥분가능한 직선탐지기는 두 점자극을 연결하거나, 두 사각형자극을 연결하는 직선탐지기일 것이다. 그러나 Glass문양의 지각은 시각장의 다소 넓은 영역에서의 방향정보를 통합함으로써 이루어짐



a. 점 x가 수용야의 흥분영역 안에 떨어지면 이 직선탐지기는 흥분한다.



b. x가 수용야의 흥분영역을 벗어나면 주변-억제영역으로 부터 억제를 받아서 이 직선탐지기는 흥분하지 않는다.

c. x,y 모두가 중심-흥분 영역 안에 떨어질 수 있는 크기의 직선탐지기를 생각할 수 있다. 그러나 이 경우 점 y는 이 직선탐지기를 흥분시키기에 충분하지 않을 수 있다.

d. 직선탐지기는 중심-흥분 영역을 확대할 정도의 크기를 갖는 자극에 의해 최대의 반응을 보일 것이다.

그림 1. 두 요소의 크기차에 대한 단순세포유사기제이론의 설명 : 단순세포유사기제 이론은 관련된 두 요소의 크기가 다른 경우에 대해 적절한 설명을 제공할 수 있다.

을 생각해 본다면 한 영역 내에서 두점 또는 두 사각형에 의해 흥분된 각각의 직선탐지기의 방향은 무선적이므로 결국 우리는 어떠한 구조도 지각할 수 없다.

본 실험은 Glass문양의 지각을 가능케하는 두 요소 간의 크기 차이의 한계를 확인하고 이 크기가 신경생리학적 연구가 제시한 직선탐지기의 중심 수용야의 크기와 일치하는지를 살펴봄으로써 Glass문양의 발생에 대한 단순세포유사기제의 설명을 검증하기 위한 것이었다. 따라서 다음과 같은 예상을 하였다 : Hubel과 Wiesel(1968)이 원숭이의 줄무늬 피질에서 발견한 단순세포의 수용야 크기는 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 에서 $0.5^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ 의 범위를 갖는다. 이것이 수용야 전체의 크기라면 중심흥분영역 또는 중심억제영역의 넓이를 0.08° (수용야 전체 넓이 0.25° 의 1/3에

해당)에서 0.16° (수용야 전체 넓이 0.5° 의 1/3에 해당)의 범위로 상정할 수 있다. 따라서 중심-흥분, 주변-억제의 수용야를 갖는 단순세포의 경우 Glass문양을 구성하는 점의 크기가 중심-흥분 영역의 넓이인 $0.08^{\circ} \sim 0.16^{\circ}$ 의 범위 내에 들어온다면 이 단순세포는 흥분할 것이다. 또 Glass문양의 지각이 가능한 크기의 자극요소라 하더라도 그 자극요소를 탐지하는 직선탐지기의 흥분율을 고려한다면 두 자극요소의 크기가 비슷할수록 이를 탐지하는 직선탐지기는 최대반응을 보일 것이다.

방 법

피험자

Glass문양을 본 경험이 없는 연세대학교 학생으로

남녀 5명이 실험에 참가하였다.

자극

변형점을 원래의 무선점으로 부터 4화소 거리만큼 이동시킨 회전과 확산 모양의 Glass문양을 사용하였고, 무선점의 밀도는 전체 도형면적의 0.7%가 되도록 했다. 회전자극과 확산자극 모두에 대해 원래의 무선점들을 1화소로 고정시키고, 변형점의 크기는 13조건으로 변화시켰다. 즉 변형점의 크기조건은 1, 2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 25, 30, 36, 42, 49 화소의 13가지였다. 각 조건에 따른 변형점의 크기를 시각으로 환산하면 $0.03^{\circ} \times 0.05^{\circ}$, $0.07^{\circ} \times 0.05^{\circ}$, $0.07^{\circ} \times 0.09^{\circ}$, $0.10^{\circ} \times 0.09^{\circ}$, $0.10^{\circ} \times 0.14^{\circ}$, $0.14^{\circ} \times 0.14^{\circ}$, $0.14^{\circ} \times 0.19^{\circ}$, $0.17^{\circ} \times 0.19^{\circ}$, $0.17^{\circ} \times 0.23^{\circ}$, $0.21^{\circ} \times 0.23^{\circ}$, $0.21^{\circ} \times 0.28^{\circ}$, $0.24^{\circ} \times 0.28^{\circ}$, $0.24^{\circ} \times 0.33^{\circ}$ 에 해당했다.

장치

720×348 화소의 해상도를 갖는 12인치 모니터를

통해 자극이 제시되었으며 반응기록등의 전반적인 실험과정은 컴퓨터에 의해 자동통제되었다.

절차

피험자는 제시된 자극이 전체적으로 회전모양으로 보이는지 아니면 확산모양으로 보이는지를 강제 선택한 후 그 구조의 확실도를 1점에서 5점(1점: 전혀 나타나지 않음, 2점: 잘 나타나지 않음, 3점: 약간 나타남, 4점: 뚜렷이 나타남, 5점: 매우 뚜렷이 나타남)의 척도로 평정하였다. 자극 제시시간은 통제하지 않았으므로 자극은 피험자가 반응키를 누를 때까지 지속되었다. 본시행은 모두 78시행으로 구성되었는데 이는 13조건(변형점의 크기)×2조건(회전/확산)을 3회씩 반복한 시행수에 해당한다.

결과

실험1의 결과가 그림2에 나와있다. 그림2는 변형점의 크기에 따른 평정자 5명의 회전/확산 반응 및

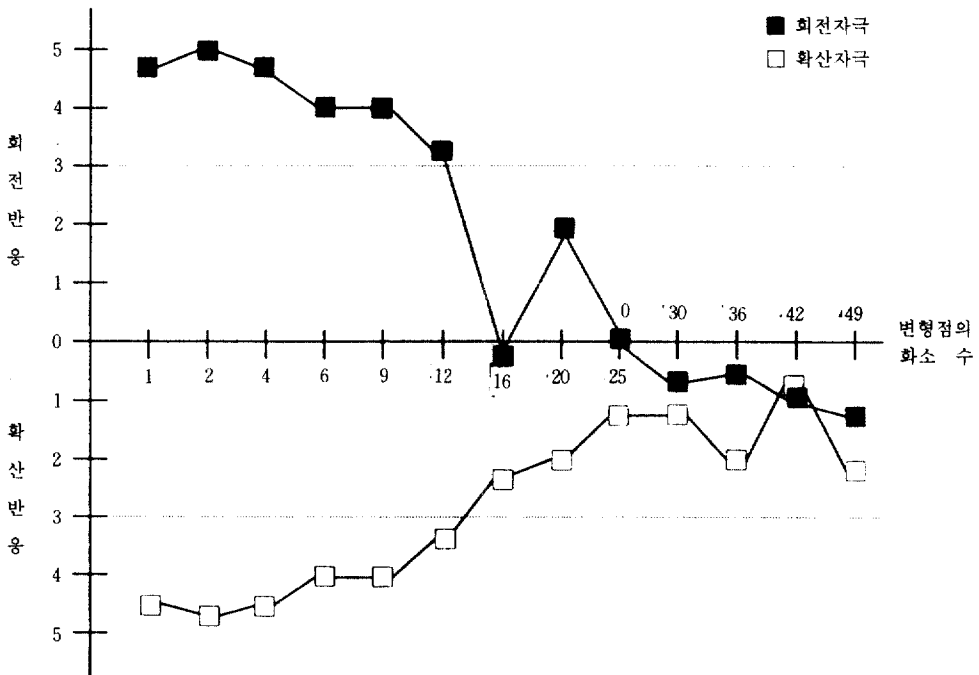


그림 2. 변형점의 크기에 따른 평정자 5명의 회전/확산반응 및 각 구조의 확실도 점수의 평균

실험 2

각 구조의 확실도 점수의 평균을 나타낸다. 그림2에서 볼 수 있듯이 회전자극/확산자극 모두에서 각 구조의 확실도 점수는 변형점의 크기가 1화소(시각 $0.03^\circ \times 0.05^\circ$)에서 12화소(시각 $0.14^\circ \times 0.14^\circ$ 에 해당)까지 “약간 나타남”에 해당하는 3점을 넘었으나, 16화소(시각 $0.14^\circ \times 0.19^\circ$ 에 해당)이후의 조건에서 확실도 점수는 3점 미만으로 떨어졌다. 더우기 16화소 조건에서 회전자극을 제시한 경우 5명의 피험자 중 3명이 이를 확산구조로 지각하였다. 이것은 Glass문양을 구성하는 두 요소 중 한 요소가 1화소일 때 Glass문양의 지각을 가능케 하는 다른 요소의 범위가 1화소에서 12화소까지임을 나타낸다. 또 확실도 점수가 가장 높은 조건은 1, 2, 4화소 조건으로 4.6점 이상을 나타냈다.

논 의

그림2에서 볼 수 있듯이 Glass문양의 지각이 가능한 점의 크기 범위가 1화소에서 12화소인데 이를 시각으로 환산하면 $0.03^\circ \times 0.05^\circ$ 에서 $0.14^\circ \times 0.14^\circ$ 가 된다. 이 크기는 Hubel과 Wiesel(1968)이 발견한 최대크기의 단순세포의 중심-흥분 영역의 넓이인 0.16° 보다 작은 것으로 이런 크기의 자극은 단순세포의 중심-흥분 영역 안에 떨어질 수 있으므로 직선탐지기를 흥분시킨다. 반면 점의 크기가 0.16° 이상인 경우, 예를 들어 시각 $0.14^\circ \times 0.19^\circ$ 에 해당하는 16화소 조건의 경우, 최대크기의 중심-흥분 영역을 벗어나므로 직선탐지기의 흥분율이 떨어지리라는 것을 알 수 있다. 또 변형점의 화소수가 1, 2, 4 조건의 경우 확실도 점수가 가장 높았다는 것은 두 자극요소의 크기가 비슷할수록 이를 탐지하는 직선탐지기가 최대반응을 보인다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 Glass문양의 지각이 가능한 자극 요소의 크기 범위와 Hubel과 Wiesel(1968)이 원숭이 줄무늬 피질에서 발견한 단순세포의 구조 및 기능적 특성이 일치함을 보여주는 증거라 할 수 있다. 이것은 두 요소 간의 유사성을 근본으로 하는 상징적처리기제로는 설명하기 어려운 것이다. 따라서 우리는 Glass문양의 발생이 상징적처리기제보다는 단순세포유사기제에 의해 더 잘 설명되어진다는 것을 알 수 있다.

Glass문양을 이루는 자극을 색 및 대비의 차원에서 변화시켜 보고 이때 나타나는 결과와 최근 신경생리학적 연구들을 비교해 봄으로써 Glass문양의 발생에 대한 단순세포유사기제이론의 타당성을 검증하고자 하였다. 본 연구에서는 신경생리학적 연구 발견들에 근거하여 다음과 같은 세가지 가설을 세웠다. 첫째, Hubel과 Wiesel(1968)은 원숭이의 시각 피질에서 특정 파장의 빛에 민감한 반응을 보이는 단순세포를 발견함으로써 시각피질에 색정보를 처리하는 단순세포가 있음을 확인했는데, 이러한 단순세포들의 작용에 근거하여 색정보가 Glass문양의 출현에 어느정도 유효한 자극속성으로 작용할 것이라 예상하였다. 이를 검증하기 위하여 자극과 자극이 제시되는 배경을 동일명도로 통제해야 하나(빛에 반응한 단순세포의 반응은 제거하고 순수히 색에 반응한 단순세포의 반응만을 유도하기 위해), 동일명도의 자극상황을 만들기 어려우므로 다음과 같은 자극을 사용하였다. 즉 Glass문양을 다소 변형시켜 원래점과 함께 변형점으로 회전점과 확산점 모두를 사용한 자극에서 원래점과 한 종류의 변형점은 같은색으로 그리고 다른 종류의 변형점은 이들과 다른색으로 제시하였으며, 원래점과 색이 다른 변형점의 밝기는 색이 같은 두점보다 밝았다. 이 경우 색정보가 Glass문양의 지각에 작용하지 않는다면 Prazdny(1986)의 실험에서와 같이 전체구조는 원래점과 강도를 높인 변형점을 연결하는 방향과 일치할 것이나, 색정보가 Glass문양의 발생에 유효한 속성이라면 전체구조는 원래점과 같은색을 지니는 변형점의 방향과 일치할 것이다. 둘째, Hubel과 Wiesel(1968)이 시각피질에서 발견한 선택적 단순세포와 Devalois(1975)가 제시한 선택적 통로의 세포들은 R-G, B-Y의 대립색에 근거한 활성중심과 억제주변을 갖는데, 이러한 단순세포들의 수용야의 특성을 고려해 볼 때 동일색 또는 대립색이 아닌 색의 두 요소는 Glass문양을 발생시키지만 대립색의 두 요소는 Glass문양을 발생시키지 못할 것이다. 이를 검증하기 위하여 역시 자극과 배경을 동일명도로 제시해야 하나 동일명도의 자극상황을 만들기

어려우므로, Glass문양의 두 자극요소를 대립색으로 제시한 경우와 대립색이 아닌 색으로 제시한 경우의 전체구조의 확실도를 비교하였다. 세제, Ramachandran은 자극의 색정보만으로는 양안입체 지각이나 가현운동의 지각이 이루어지지 않는다고 보고함으로써 색은 자극의 모양이나 위치, 윤곽등을 규정하는 기능이 약하다는 증거를 제시하였다. 또 Livingston(1987)은 사물의 모양을 분석하는 신경 채널은 명도정보에 의존하며 색정보의 처리를 맡고있지 않다는 것을 밝히고 있다. 이러한 연구발견과 더불어 Glass문양의 가상선 형성이 일종의 선분탐지 작용을 요한다는 점을 고려하여, 명도대비의 방향이 다른 경우 색정보만으로는 Glass문양이 출현하지 않을 것이며 혹시 출현한다 하더라도 색정보의 효과가 매우 미약할 것이라 예상하였다. 이를 검증하기 위하여 Glass문양을 구성하는 두 요소의 명도대비의 방향이 다른 경우 유사한 색으로 구성된 Glass문양에서 가상선이 출현하는가를 조사하였다.

방 법

피험자

Glass문양을 본 경험이 없는 연세대학교 학생으로 남녀 모두 5명이 실험에 참가하였다.

장치

Glass문양의 자극이 컴퓨터를 사용하여 640×400 화소의 해상도를 갖는 12인치 칼라 모니터에 그려졌고, OPC사의 OVM-9D모니터와 CCD 카메라를 통해 Glass문양을 구성하는 두 요소의 명도와 대비를 조절한 뒤 사진기를 통해 슬라이드로 만들어졌다. 슬라이드로 만들어진 자극은 환등기를 사용하여 피험자의 전면에 놓여있는 반투명 플라스틱 스크린에 뒤로 부터 투사되어 제시되었다. 환등기를 통제하고 반응을 기록하는 등 실험의 전반적인 과정은 컴퓨터에 의해 자동통제되었다.

자극

실험2에서 사용한 자극이 표1에 나와있다. 표1에서 볼수 있듯이 자극은 연구문제에 따라 3범주로 나

누어 제작되었다. 자극번호 1에서 6까지의 첫째 범주의 자극들은 색정보가 Glass문양의 유효한 자극속성이 되는가를 알아보기 위하여, 전형적인 Glass문양을 다소 변형시켜 색과 강도에서 서로 갈등관계를 보이는 두 Glass문양을 제시했을 때 어느쪽 구조가 더 우세하게 지각되는지를 알아보기 위한 것이었다. 자극번호 7에서 12까지의 두번째 범주의 자극들은 전형적인 Glass문양을 사용하여 원래점과 변형점을 대립색으로 제시하는 경우와 대립색이 아닌 색으로 제시하는 경우의 전체구조의 확실도 점수를 비교하기 위하여 사용한 자극이었다. 자극번호 13에서 24까지의 세번째 범주의 자극들은 전형적인 Glass문양을 사용하여 원래점과 변형점의 명도대비의 방향이 다른 경우 유사한 색으로 구성된 Glass문양에서 가상선이 출현하는가를 확인하기 위한 것이었다.

절차

자극이 환등기를 사용하여 스크린에 제시되었다는 것만을 제외하고 실험2의 절차는 실험1의 절차와 같았다. 본시행은 모두 72시행으로 구성되었는데 이는 표1의 24자극을 각 3회 반복한 시행수에 해당한다.

결 과

실험2의 결과가 그림3에 나와있다. 그림3은 자극의 색, 대비의 변화에 따른 평정자 5명의 회전/확산 반응 및 각 구조의 확실도 점수의 평균으로, 실험2에서 살펴보고자 한 연구문제에 따라 분류하여 표시한 것이다.

그림3a는 색정보의 유효성을 검증하기 위하여 사용한 자극번호1에서 6까지의 결과를 종합한 것이다. 자극번호1에서 6까지의 모든 자극에 대해 5명의 평정자 모두는 원래점과 같은색을 지니는 변형점의 방향을 탁월하게 지각하였으며, 또 확실도 판단은 3점("약간 나타남"에 해당) 이상의 수치를 보였다. 그림3b는 원래점과 변형점을 대립색으로 제시하는 경우와 대립색이 아닌 색으로 제시하는 경우 각 구조의 확실도를 비교하기 위해 사용한 자극번호7에서 12까지의 결과를 종합한 것이다. 대립색 조건이

표1. 실험 문제에 따른 자극 구성

문제1 : 색정보의 유효성 확인	자극번호		원래점	회전점	확산점
		1		파랑	*노랑
	2		빨강	*초록	빨강
	3		빨강	*파랑	빨강
	4		파랑	파랑	*노랑
	5		빨강	빨강	*초록
	6		빨강	빨강	*파랑
문제2 : 대립색과 대립색이 아닌 조건의 비교	자극번호		바탕색	원래점	변형점
	회전자극	확산자극			
	7	8	회색	초록	노랑
	9	10	회색	파랑	노랑
	11	12	회색	빨강	초록
문제3 : 명도대비의 방향이 다를 때 색정보의 유효성 검증	자극번호		바탕색	원래점	변형점
	회전자극	확산자극			
	13	14	회색	초록	노랑
	15	16	회색	파랑	노랑
	17	18	회색	빨강	초록
	19	20	회색	빨강	밝은빨강
21	22	회색	초록	밝은초록	
	23	24	빨강	초록	밝은초록

*는 강도(intensity)를 높인 자극요소를 나타냄

아닌 초록-노랑 자극의 경우 5명의 평정자 모두는 회전 및 확산 자극에 대해 올바르게 반응했으며 각 자극에 대한 평균 확실도 판단은 4점("뚜렷이 나타남"에 해당)이상으로 높게 나타났다. 반면 두점이 대립색인 경우를 보면, 먼저 파랑-노랑의 대립색 조건의 경우 회전자극에 대해 5명의 평정자 중 3명이 회전 반응을 하였으며 확산자극에 대해서는 5명의 평정자 중 4명이 확산반응을 하였다. 또 이때의 평균 확실도 점수는 3점("약간 나타남"에 해당)이하로 약하게 나타났다. 또 빨강-초록의 대립색 조건의 경우 5명의 평정자 모두가 각 자극에 대해 올바른 회전/확산 반응을 보였으며, 이때의 평균 확실도 점수도 4점("뚜렷이 나타남"에 해당)이상으로 높게 나타났다. 그림3c는 명도 대비의 방향이 다른 경우 유사한 색으로 구성된 Glass문양에서 가상선이 출현하는가를 확인하기 위하여 사용한 자극번호13에서 24까지의 결과를 종합한 것이다. 원래점과 변형점이 같은 색인 조건을 포함하여 그림 3C의 모든

조건에서 두 점의 대비의 방향이 다를 때 평균 확실도 점수는 3점("약간 나타남"에 해당)이하로 약하게 나타났다.

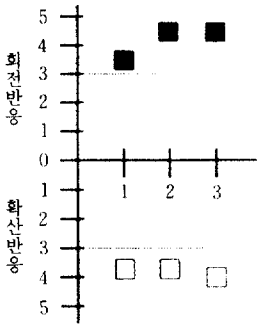
논 의

실험2의 결과와 단순세포유사기제이론의 예상을 비교해보자. 먼저, 단순세포유사기제이론은 색정보가 Glass문양의 지각에 어느정도 유효한 자극속성으로 작용할 것이라 예상하였는데, 실험결과 같은색과 다른색의 두 경쟁관계에 있는 Glass문양을 사용한 자극에서 탁월한 구조는 원래점과 같은 색을 지니는 점의 방향과 일치하였으므로 우리는 색정보가 Glass문양의 지각에 유효한 자극속성이 된다고 말할 수 있다. 둘째, 단순세포유사기제이론은 원래점과 변형점을 대립색 또는 대립색이 아닌 색으로 제시하는 경우 확실도 평정점수는 대립색이 아닌 자극이 대립색 자극보다 더 높을 것이라 예상하였는데,

- 원래점과 회전점의 색이 같고 확산점은 이들보다 강도가 높음
- 원래점과 확산점의 색이 같고 회전점은 이들보다 강도가 높음

- 회전자극
- 확산자극

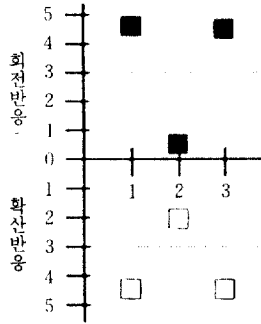
- 회전자극
- 확산자극



a. 연구문제1의 결과.

가로축은 원래점과 두 변형점의 색을 나타냄 :

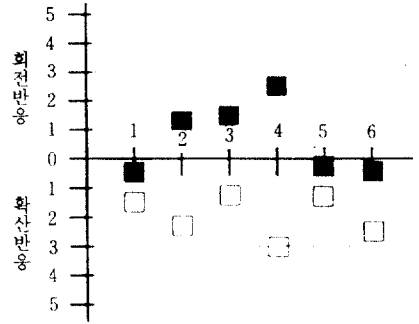
가로축	원래점	두 변형점
1	파랑	파랑, 노랑
2	빨강	빨강, 초록
3	빨강	빨강, 파랑



b. 연구문제2의 결과.

가로축은 배경, 원래점, 변형점의 색을 나타냄 :

가로축	배경	원래점	변형점
1	회색	초록	노랑
2	회색	파랑	노랑
3	회색	빨강	초록



c. 연구문제3의 결과.

가로축은 배경, 원래점, 변형점의 색을 나타냄 :

가로축	배경	원래점	변형점
1	회색	초록	노랑
2	회색	파랑	노랑
3	회색	빨강	초록
4	회색	빨강	밝은빨강
5	회색	초록	밝은초록
6	빨강	초록	밝은초록

그림 3. 자극의 색, 대비의 변화에 따른 평정자 5명의 회전/확산반응 및 각 구조의 확실히 점수의 평균.

본실험에서 사용한 자극은 약간의 문제가 있었기 때문에 대립색과 대립색이 아닌 조건을 직접적으로 비교하지 못하였다. 즉 대립색 조건인 회색-파란색-노란색의 조건에서, 노란색의 변형점은 바탕보다 월등히 밝았고, 파란색의 원래점은 밝기 면에서 바탕과 큰 차이가 나지 않았다. 이에 반해 대립색이 아닌 조건인 회색-초록색-노란색의 조건에서, 노란색의 변형점과 초록색의 변형점 모두가 바탕보다 월등히 밝았다. 따라서 두 조건은 색이외에 명도 면에서도 다르므로 전체구조의 지각에 색정보와 명도 정보가 혼입되었을 가능성이 있었기 때문에 두 조건을 직접 비교하지 못하였다. 따라서 두번째 연구문제에 대해 본실험에서는 명확한 결과를 얻지 못하였다. 세제, 단순세포유사기제이론은 색정보가 Glass문양에 어느정도는 유효한 자극속성이되지만

그 효과가 미약하기 때문에 색정보를 포함하는 원래점과 변형점의 명도대비의 방향이 다르다면 Glass문양이 지각되지 않을 것이라 예상하였는데, 실험결과 두 자극요소가 어떠한 색으로 제시되었건 두 요소의 대비가 다르다면 Glass문양은 잘 지각되지 않았다. 이러한 결과는 두 자극요소가 유사한 색을 지녔다 하더라도 명도대비가 다르다면 이 두 요소의 방향에 반응하는 직선탐지기를 흥분시키지 못함을 보여주는 것으로, Glass문양과 같은 형태지각은 색정보보다는 명도정보에 더 의존함을 보여주는 현상이다.

유사성에 근거를 둔 상징적처리기제이론은 실험2의 결과들을 만족스럽게 설명하지 못한다. 먼저 첫째 범주의 자극에 대해 같은색을 지니는 변형점의 방향으로 전체적 구조가 나타났다는 것은 유사성이

정으로 설명될 수 있다. 또 둘째 범주의 자극 중 초록-노랑의 조건은 두점이 색 면에서 유사해서 Glass문양이 지각되었고, 파랑-노랑의 조건은 두점이 색 면에서 유사하지 않아서 Glass문양이 잘 지각되지 않았다고 설명할 수 있다. 그러나 유사성 가정은 둘째 범주의 자극 중 초록-빨강의 자극과 세째 범주의 자극을 설명하지 못한다. 즉 빨강-초록의 자극은 두점이 색 면에서 유사하지 않으므로 전체구조가 지각되지 말아야 하나, 실험결과 전체구조는 뚜렷이 지각되었다. 또 세째 범주의 자극 중 같은색 및 노랑-초록의 유사색 조건에서, 두점이 색면에서 유사하므로 전체구조는 어느정도 지각되어야 하나, 실험결과 전체구조는 잘 지각되지 않았다. 따라서 실험2의 결과는 상징적처리기제이론보다는 단순세포유사기제이론과 더 일치하는 것으로, 이러한 비교를 통해 우리는 Glass문양의 지각이 유사성을 기본으로 하는 상징적처리기제보다는 단순세포유사기제에 의해 더 잘 설명될 수 있다는 것을 알 수 있다.

종합논의

Glass문양을 구성하는 두 대응요소 중 한 요소의 크기를 점차 증가시킨 실험1의 결과 두 요소가 크기 면에서 꽤 많이 차이나도 Glass문양은 지각되었는데 이는 유사성을 기본으로 하는 상징적처리기제이론으로는 설명할 수 없는 것이다. 실험1에서 밝혀진 Glass문양의 지각이 가능한 두 대응요소의 크기차이의 범위는 Hubel과 Wiesel(1968)이 발견한 단순피질 세포의 중심 수용야 크기와 일치하였는데, 이는 Glass문양의 발생이 상징적처리기제보다는 단순세포유사기제에 의해 발생함을 보이는 현상적 증거라 할 수 있다.

Glass문양을 구성하는 두 대응요소의 색 및 대비를 변화시킨 실험2의 결과, 색정보는 Glass문양의 발생에 어느정도는 작용하지만 그 효과가 미약하기 때문에 두 요소의 명도대비 방향이 다른 경우 색

정보는 Glass문양의 발생에 유효한 자극속성이 되지 못하였다. 이러한 색정보의 미약한 효과는 두 자극요소의 유사성 만으로는 Glass문양의 출현을 설명하기 어렵다는 것을 암시한다. 이러한 색정보의 특성은 최근의 신경생리학적 연구와 일치하는 것으로 Glass문양의 발생이 상징적처리기제보다는 단순세포유사기제에 의해 더 잘 설명될 수 있다는 것을 시사한다.

참고문헌

- 정찬섭(1989). 지각심리학. 실험심리연구법각론, 한국심리학회편. 서울:성원사.
- De Valois, R. L., & De Valois, K.K. (1975). Neural Coding of Color. In E.D. Carterette & M.P. Friedman(Eds.), *Handbook of perception(Vol.5)*. New York: Academic Press.
- Glass, L. (1969). Moire effect from random dots. *Nature*, 223, 578-580.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1968). Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *Journal of Physiology*, 195, 215-243.
- Livingstone, M. S., & Hubel, D. H.(1987). Psychophysical evidence for separate channels for the perception of color, movement, and depth. *Journal of Neuroscience*, 7(11), 3416-3468.
- Marr, D. (1982). Vision. San Fransisco, Cal.: Freeman.
- Prazdny, K. (1984). On the perception of Glass patterns. *Perception*, 13, 469-478.
- Prazdny, K. (1986). Some new phenomina in the perception of Glass pattern. *Biological Cybernetics*, 53, 153-158.
- Stevens, K. A. (1978). Computation of locally parallel structure. *Biological Cybernetics*, 29, 19-28.

Effects of Stimulus Color and Size on the Perception of the Glass Pattern

Young-Ai Koo and Chan-Sup Chung

Yonsei University

Two experiments were performed to compare the powers of the two alternative explanations, the simple cell-like mechanism and the symbolic processing mechanism, for the perception of the Glass pattern. The first experiment tested the effect of size difference between the two pairwise elements in the Glass pattern. The Result shows that the structure of the Glass pattern persists until the size of one of the pairwise dot elements is enlarged up to $0.14^\circ \times 0.14^\circ$ from its original size of $0.03^\circ \times 0.05^\circ$, but disappears beyond that range. This range coincides with the upper limit in the size dimension of the simple cells found by Hubel & Wiesel(1968) in the monkey striate cortex, which suggests that the simple cell-like mechanism may be responsible for the perception of Glass pattern. While the second experiment tested the effectiveness of color information as a relevant stimulus property in the perception of the Glass pattern and the result show that although color information might be a relevant stimulus property, its effect is so weak that the effect may readily disappear when the signs of luminance contrast are different. Such a weak effect of the same or similar color implies the symbolic processing mechanism based on the similarity between the two pairwise dot elements may be inadequate for explaining the perception of Glass pattern and the results could be more adequately explained by the recent physiological research findings reporting the low resolution power of the channel responsible for color information processing. In conclusion, the results of this study imply that the perception of Glass pattern could be more adequately explained by the simple cell-like mechanism rather than the symbolic processing mechanism.