

주관적 표면이 양안 경쟁에 미치는 영향*

감 기 택†

윤 수 연

연세대학교 인지과학 연구소

연세대학교 인지과학 협동과정

상이한 두 자극이 각 눈에 제시되면 시간이 경과함에 따라 두 자극이 번갈아 보이는 양안 경쟁이 발생된다. 본 연구에서는 표면 형성과정이 양안 경쟁에 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 네 개의 유도 요소들로부터 주관적 표면이 형성될 수 있는 양안 경쟁 자극을 사용하였으며, 이 자극들은 유도 요소의 색깔 차원에서 경쟁이 발생할 수 있었다. 유도 요소의 이차원 배열과 정렬, 그리고 양안 부등을 조작하여 표면 형성 정도를 변화시킨 후 각 유도 요소에서 동일한 색깔이 지각되는 시간, 즉 공통 우세 시간을 측정하였다. 각 유도 요소가 정렬되어 하나의 이차원 표면이 형성될 수 있도록 배열된 조건에서 공통 우세시간은 길게 나타났으며, 유도 요소의 정렬이 어긋나는 정도가 커짐에 따라 공통 우세시간이 점진적으로 감소하였다. 각 유도 요소들의 깊이가 동일하여 삼차원의 표면이 형성될 수 있는 유, 무형 완성조건보다 유도 요소들의 깊이가 달라 단일 표면을 형성할 수 없는 조건에서의 공통 우세시간이 상대적으로 짧게 지각되는 것으로 나타났다. 깊이 불연속에 의해 삼차원 표면 형성을 방해하는 자극이 유도 요소들 사이에 주어지면 유형 완성조건에서의 공통 우세시간은 감소하였지만 무형 완성조건에서의 공통 우세시간은 거의 영향을 받지 않았다. 이러한 결과들은 이차원과 삼차원의 표면 정보가 양안 경쟁에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

주제어 양안 경쟁, 주관적 표면, 맥락효과, 공통 우세시간, 유형 완성, 무형 완성

* 본 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의해서 연구되었음(KRF-2002-005-H20001).

† 교신저자 : 감 기 택, (120-749) 서울시 서대문구 신촌동 134, 연세대학교 인지과학 연구소

E-mail : kham@yonsei.ac.kr

두 눈이 전면으로 향해 있는 동물들의 각 눈에는 매우 유사한 영상들이 투사되며, 시각 기제는 융합(fusion)과정을 통해 두 영상으로부터 하나의 장면을 표상한다. 실제 장면을 지각하는 과정과는 달리 각 눈에 융합될 수 없을 만큼 상이한 영상들이 주어지면 시각기제는 각기 상이한 영상들을 어떻게 표상할까? 두 영상들이 중첩된 것으로 표상할 가능성도 있지만, 실제로는 각 눈에 주어진 상이한 패턴들 중 한쪽 눈에 제시된 패턴이 일정시간동안 지각되고, 그 후에 다른 쪽 눈에 제시된 패턴이 일정기간 지각되는 과정이 반복된다(Wheatstone, 1838). 즉, 시간이 경과함에 따라 각 패턴들은 우세 국면(dominance phase)과 억제 국면(suppression phase)이 번갈아 나타나 마치 두 패턴이 의식(awareness)속에 반영되기 위해 경쟁이 발생하는 것처럼 지각되기 때문에 이 현상은 양안 경쟁(binocular rivalry)이라고 불린다.

양안 경쟁 현상의 특징 중 하나는 특정 시간에 지각되는 패턴이 모두 동일한 눈에 제시된 자극은 아니라는 점이다. 주어진 자극의 크기가 작을 때는 각 눈에 제시된 패턴들이 배타적으로 번갈아 가면서 지각되지만, 자극의 크기가 커짐에 따라 각 눈에 제시된 자극의 조각들이 섞여서 지각되는 '조각 경쟁(piecemeal rivalry)'이 발생된다. 일정한 영역 내에서 억제가 발생되며(Kaufman, 1963), 이러한 억제 영역(suppression zone)의 범위는 망막 이심률(eccentricity) (Blake, O'Shea & Mueller, 1992)이나 자극의 공간 주파수(O'Shea, Sim & Govan, 1997)등에 따라 변화되며, V1에 있는 세포들의 수용장의 크기와 유사하다(Blake 등, 1992). 각 조각들 혹은 억제 영역 내에서의 양안 경쟁은 각 억제 영역들 간에 완전히 독립적으로 발생하지 않는다. 망막의 각기 다른 영역에 여러 개의 양안 경쟁 자극들이 주어지면 공통 선상에 있는(colinear) 방위를 가진 격자들(Alais & Blake,

1999; Ngo, Miller, Liu, & Pettigrew, 2001)이나, 동일 색상(Kovacs, Papatomas, Yang & Feher, 1997)들과 같이 유사한 속성을 가진 자극이 동시에 지각되는 비율 즉 공통 우세시간(joint predominance)이 증가한다. 이러한 결과들은 공간적으로 서로 다른 영역에 주어진 양안 경쟁 자극들이 조직화될 수 있거나 동일한 맥락에 포함되면 각 영역의 억제-우세 국면이 독립적으로 발생하는 대신에 동기화되어 발생됨을 시사한다. 따라서 맥락 정보가 양안 경쟁 현상에 미치는 영향을 살펴보는 여러 연구들에서 공통 우세시간은 중요한 중속 변인으로서 고려되고 있다.

시각 기제가 해결해야 하는 기본적인 문제들 중의 하나는 망막에 주어진 영상으로부터 대상과 표면을 복원하는 것이다. 시각 정보의 초기 단계에서는 신경세포의 수용장(receptive field)이라는 제한된 영역 내에서 자극의 국소적인 형태소들만이 표상되므로(Hubel & Wiesel, 1968), 복잡한 대상들을 표상하기 위해서는 이들 형태소나 윤곽들을 통합하여 표면을 추출하는 과정이 반드시 필요하다(Nakayama, He & Shimojo, 1995). 국소적인 형태소들을 통합하는 과정에서 시각기체가 당면하는 문제들 중의 하나는 동일 표면에 속한 윤곽들이 보다 가까이 있는 다른 대상에 가려져 망막 상에서는 분절되는 경우가 종종 발생된다는 점이다. 물리적으로 분절된 윤곽선들을 통합하기 위해 시각기체는 능동적인 시각적 완성(visual completion) 과정을 통해 공간적으로 떨어져 있는 윤곽들을 통합하여 하나의 표면을 형성한다. 그림 1은 대표적인 시각적 완성 과정인 유형 완성¹⁾(modal completion)과 무형 완성(amodal

1) modal completion에서는 물리적으로 존재하는 윤곽들의 보간에 의해 물리적인 윤곽이 주어지지 않은 영역에까지 윤곽정보가 전파되고 이러한 윤곽들이 통합되어 하나의 표면이 형성된다. 이때 발생된 표면

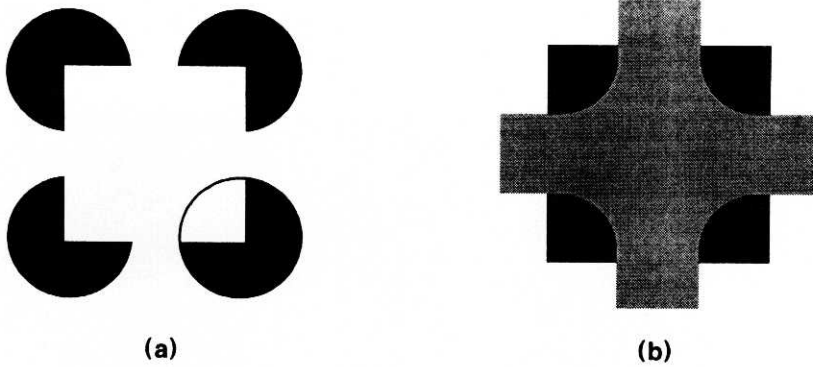


그림 1. 유형 완성과 무형 완성에 의한 주관적 표면

completion) 과정을 보여주고 있다. 그림 1의 (a)와 같이 네 개의 팩맨(pacman)이 주어진다면 분리되어 있는 네 개의 팩맨으로 지각되는 것이 아니라 네 개의 검은 원 위에 하나의 사각형 표면이 놓여있는 것으로 지각된다. 각 유도 요소(팩맨)들에 의해서 발생된 표면의 밝기는 전 표면에 걸쳐

의 밝기와 색깔은 전 표면에 걸쳐 동일하게 지각된다. 이에 반해 가림에 의한 amodal completion에서는 가려진 대상 뒤에 표면이 있는 것으로 지각은 되지만 물리적으로 존재하지 않는 윤곽이 지각되거나, 혹은 한 표면으로 지각되는 영역에서 모두 동일한 밝기나 색깔이 지각되지는 않는다. 원래 Michotte, Thines 와 Crabbe(1964/1991)는 modal 혹은 amodal completion에서 'mode'란 용어를 한 표면으로 지각되는 영역에서 색이나 밝기와 같은 속성들이 균질하게 지각되는 지의 관점에서 사용한 것으로, 하나의 표면으로 지각되는 전 영역이 하나의 'mode'를 가지는 지의 여부에 따라 두 용어를 구별하여 사용하였다. 동일한 표면으로 지각되는 전 영역이 동일 속성을 가진 것으로 지각되는 지의 여부 이외에 modal과 amodal을 구별할 수 있는 또 다른 속성은 동일 표면으로 지각되는 부분에서 윤곽에 의한 형태가 지각되는 지의 여부이다. modal과 amodal completion을 유형완성과 무형 완성으로 번역한 것은 두 과정에서 발생하는 윤곽선의 지각여부에 초점을 맞춘 것이다.

동일하게 지각되므로 이러한 유형의 표면 완성 과정을 유형 완성이라고 부른다. 유형완성에서는 물리적인 경계 윤곽이 없는 유도 요소들 사이에서도 배경과 구별되는 윤곽이 지각되며 이들 윤곽들이 통합되어 하나의 표면이 형성됨을 알 수 있다. 이와 달리 그림 1의 (b)는 가림(occlusion)에 의해 대표적으로 발생하는 무형 완성의 예를 보여주고 있는데, 유형 완성과는 달리 유도 요소들 사이에 윤곽은 지각되지 않지만 하나의 사각형이 십자 형태에 의해 가려져 있는 것으로 지각된다.

주관적 표면을 형성할 수 있는 각 유도 요소들이 양안 경쟁 상태에 있을 때 주관적 표면이 양안 경쟁에 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 결과가 보고되었다. Ooi & He(2003)는 그림 2에 제시되어 있는 것과 같이 본 연구에 사용된 자극과 유사한 자극을 사용하여 가능한 두 지각감(percept)의 지속시간을 비교하였다. 두 지각감 중 하나는 네 개의 유도요소의 속성이 모두 동일하게 지각되는 것이었고, 다른 하나는 두 대각선상(45도와 135도)에 있는 각 두 개의 유도 요소의 색깔은 동일하지만 서로 다른 대각선상에 있는 유도 요소들 간의 색깔이 다르게 지각되는 것이

었다. 두 지각감이 발생할 확률은 모두 동일하지만, 유도 요소들의 속성이 모두 동일하게 지각되는 시간(공통 우세시간)이 대각선상의 요소들만 동일하게 지각되는 시간보다 길어지는 것으로 나타났다. Ooi 등(2003)은 이러한 결과를 유도 요소들에 의해 생성된 투명 표면 즉, 유형 완성에 의한 표면이 양안 경쟁에 영향을 미치는 것으로 해석했다.

그림 2의 (a)를 자세히 보면 다른 이중안정적(bistable) 자극처럼(예를 들어, Bradley & Petry, 1977; Shipley & Kellman(1992)의 그림 1-c), 유형 완성뿐만 아니라 무형 완성도 발생할 수 있다. 다시 말해서 네 개의 구멍이 있는 검은색 배경 위에 투명한 사각형이 놓여있는 것으로 지각(유형완성)될 수도 있고, 네 개의 구멍 뒤에 사각형이 놓여있는 것으로 지각(무형완성)될 수 있다. 따라서, Ooi 등(2003)이 발견한 표면 효과는 유형 완성에 의한 투명 표면의 효과인지 무형 완성에 의한 표면의 효과인지를 구별할 수 없다. 특히, 여러 개의 양안 경쟁 자극이 주어지는 경우 속성이 동일한 요소들이 동시에 지각되는 시간이 증가하므로(Alais 등, 1999; Kovacs 등, 1997, Ngo 등,

2001), Ooi 등(2003)의 결과가 주관적 표면에 의한 것인지 동일 속성에 의한 것인지를 확증하기 어렵다.

본 연구에서는 이러한 문제들을 제거하고 주관적인 표면이 맥락효과로 작용하여 양안 경쟁에 영향을 미칠 수 있는지를 알아보기 위해서 주관적 표면의 형성 정도를 직접 조작한 후 공통 우세시간을 비교하였다. 실험 1에서는 이차원 표면의 형성 정도를 조작하였고, 실험 2에서는 유도 요소들의 깊이를 양안 부등(binocular disparity)에 의해 조작하여 삼차원 표면 형성 여부를 조작하였다. 유도 요소들의 깊이를 조작함으로써 이차원적 주관적 표면 자극에서 모두 발생할 수 있는 유, 무형 완성에 의한 표면 형성의 효과를 분리하여 볼 수 있었다.

실험 1. 이차원 표면의 형성과 양안 경쟁

유도 요소에 주어진 윤곽선들의 보간(interpolation)과 윤곽선들의 통합에 의해서 윤곽들이 완성되고 이로부터 하나의 표면이 형성되는 과정은

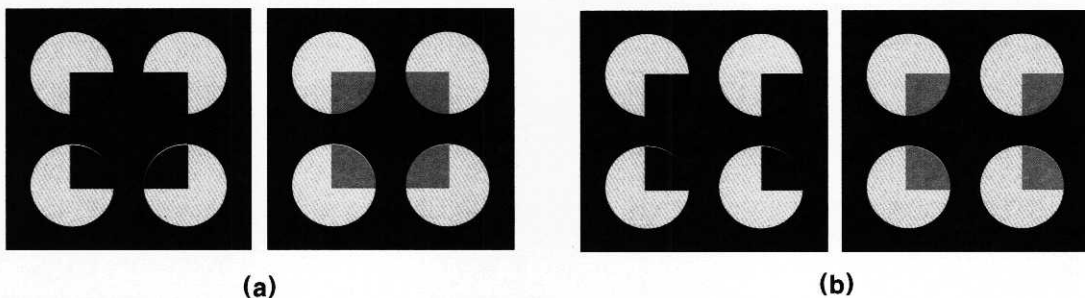


그림 2. 실험 1에 사용된 양안 경쟁 자극 중 완전 정렬조건에 예

(a)와 (b)에서 왼쪽과 오른쪽에 제시된 영상들은 각각 입체경을 통해 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 분리되어 제시되었다. 각 눈에 제시된 유도 요소들은 서로 색깔이 달랐기 때문에 입체경으로 보면 빨간색과 파란색이 번갈아 지각되었다. 표면 조건인 그림 (a)에서는 네 개의 유도 요소들이 하나의 사각형으로 통합될 수 있도록 배열되어 있었으며, 비표면 조건인 그림 (b)에서는 네 유도 요소들로부터 하나의 표면이 형성될 수 없었다.

유도 요소의 배열과 윤곽들의 정렬 정도에 달려 있다. 실험 1에서는 유도 요소에 의한 주관적 표면 형성이 양안 경쟁에 영향을 미치는지를 직접적으로 살펴보기 위해서 유도 요소의 배열과 정렬 정도를 변화시켜가면서 표면 형성 정도를 조작한 후 유도 요소들의 공통 우세 시간을 측정하였다.

방법

관찰자. 네 명의 관찰자들이 실험에 참가하였으며, 그 중 두 명은 저자였고, 나머지 두 명은 실험의 목적을 알지 못하는 대학원생이었다.

자극 및 장치. 관찰자들은 그림 2에 제시되어 있는 것과 같은 양안 경쟁 자극을 거울형 입체경(mirror-type stereoscope)을 통해서 바라보았다. 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 제시된 양안 경쟁 자극의 각 영상은 유도 요소의 색깔을 제외하고는 모두 동일하였기 때문에 모든 자극의 양안 부등은 없었다. 모든 실험 자극은 Psychophysical Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997)를 이용하여 생성되었으며, 17인치 모니터(해상도 1024 x 768)에 제시되었다. 관찰자들은 모니터로부터 69cm 거리에서 자극을 보았는데, 이 거리에서 모니터의 한 화소는 시각으로 1.5분에 해당하였다. 그림 2의 (a)와 (b)는 각각 표면 조건과 비표면 조건에 사용된 양안 경쟁자극을 보여주고 있다. 그림 2의 (a)에 제시된 것과 같이 표면 조건에서는 네 유도 요소가 통합되어 하나의 주관적인 사각형이 형성될 수 있도록 배열되어 있었다. 이와 달리 그림 2의 (b)에 제시된 비표면 조건에서는 좌, 우측 유도 요소들 간에 불연속(discontinuity)이 주어져 하나의 표면이 형성될 수 없었다.

표면 완성 정도를 조작하기 위한 두 번째 변

인은 위쪽과 아래쪽에 제시된 유도 요소들의 수직 정렬 정도였다. 각 유도 요소들의 수직 정렬이 어긋날수록 주관적 표면의 강도는 점진적으로 감소하여 정렬이 30분정도 차이가 나면 하나의 표면으로 거의 지각되지 않는다(Shipley 등, 1992). 이에 따라 정렬 정도는 완전 정렬, 15분 비정렬, 30분 비정렬의 세 수준으로 조작되었다. 완전 정렬 조건에서는 그림 2에 제시된 것과 같이 위쪽과 아래쪽에 제시된 유도 요소들의 수직선이 정렬되어 하나의 직선으로 연결될 수 있도록 배열되어 있었다. 15분 비정렬 조건에서는 위와 아래에 제시된 두 유도 요소들 각각이 정렬 조건의 유도 요소들의 위치를 기준으로 오른쪽이나 왼쪽으로 7.5분씩 이동되어 두 유도 요소들의 수직선이 15분 차이가 나도록 배열되어 있었다. 이와 유사하게 30분 비정렬 조건에서는 위와 아래에 제시된 유도 요소들이 각각 왼쪽이나 오른쪽으로 15분씩 수평으로 이동되었다. 따라서, 정렬 조건의 유도 요소 크기와 비교해 볼 때 비정렬 조건에서 유도 요소의 크기는 유도 요소의 이동 방향에 따라 조금씩 달라졌다. 위쪽 유도 요소들과 아래쪽 유도 요소들 중 어느 유도 요소들이 왼쪽으로 이동될 지는 매 시행마다 무선적으로 선정되었다.

각 눈에 제시된 자극은 가로 세로 모두 5도인 어두운 회색(0.7cd/m²) 사각형에 1.5도의 지름을 가진 네 개의 원이 제시되었으며, 원들 사이의 가로 세로 간격은 모두 0.5도로 동일하였다. 정렬 조건에서 주관적 사각형(subjective square)의 크기는 가로 세로 모두 약 1.7분이었다. 양안 경쟁 자극은 각 눈에 제시된 유도 요소들의 색깔을 파란색(3.9 cd/m²)과 빨간색(9.3 cd/m²)으로 각기 다르게 제시하여 만들어졌으며, 각 색깔의 밝기는 예비 실험을 통해서 두 색깔의 우세 국면의 지속시간이 비슷한 값으로 결정되었다. 각 눈에

제시될 유도 요소들의 색깔은 매 시행마다 무선적으로 정해졌지만, 한쪽 눈에 제시되는 유도 요소들은 모두 동일한 색깔로 제시되었다.

절차. 실험에 앞서 관찰자들은 입체경의 거울을 조절하여 각 눈에 제시된 십자형태의 응시점이 융합되도록 하였다. 각 시행에서 응시점이 융합되면 관찰자들은 컴퓨터 키보드의 두 시프트 키를 모두 눌렀는데, 이를 통해서 양안 경쟁 자극이 제시되었다. 양안 경쟁 자극은 모두 일분 동안 제시되어 있었는데, 관찰자들의 과제는 네 유도 요소들의 색깔변화를 추적하면서 네 유도 요소들이 모두 동일한 색깔로 지각되는 지를 판단하는 것이었다. 네 유도 요소들이 모두 빨간색으로 지각될 때와 모두 파란색으로 지각될 때를 구별하여 두 시프트 키 중 하나를 누르도록 하였으며, 네 유도 요소의 색깔이 동일하게 유지되고 있는 동안에는 특정 키를 계속해서 누르고 있도록 하였다. 모두 빨간색으로 지각된 시간과

모두 파란색으로 지각된 시간을 합쳐 주어진 조건의 지각된 공통 우세시간으로 삼았다. 일분 동안의 시행이 끝나면 잔상(afterimage)을 제거하기 위해서 30초 동안 휴식 시간을 가졌다. 한 실험 회기에서는 표면 조건(2)과 정렬 조건(3)의 구획이 두 번 반복되었으며, 각 조건의 시행 순서는 구획 내에서 무선화되었다. 각기 다른 날짜에 모두 세 번의 실험 회기가 시행되어 각 조건은 총 여섯 번 반복 실시되었다.

결과 및 논의

여섯 번의 반복 측정을 통해서 얻어진 공통 우세시간의 평균을 각 조건의 공통 우세시간으로 삼았다. 네 명의 관찰자로부터 얻어진 각 조건의 공통 우세시간과 각 관찰자들의 평균이 그림 3에 제시되어 있다. 전반적으로 하나의 표면으로 형성될 수 있도록 유도 요소들이 배열된 표면 조건에서의 공통 우세시간이 하나의 단일

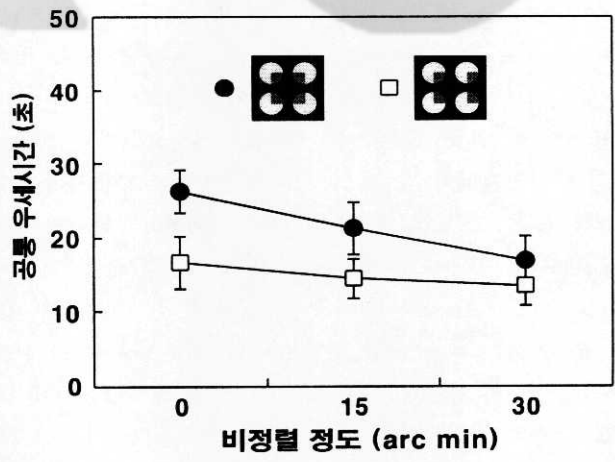


그림 3. 표면 조건과 비표면 조건 각각에 대해 공통 우세시간이 수직 윤곽들의 비정렬 정도의 함수로 표시되어 있다. 검은색 원과 흰 사각형은 각각 표면조건과 비표면 조건을 나타내며, 각 자료점의 오차 막대는 네 관찰자로부터 얻어진 평균치의 표준 오차를 나타낸다.

표면으로 형성될 수 없는 비표면 조건보다 높게 나왔으며($F(1,3)=30.40, p<.05$), 윤곽들이 정렬되어 있는 조건에서 공통 우세시간이 다른 비정렬 조건보다 더 높게 나왔다($F(1,3)=11.07, p<.05$). 비표면 조건에서는 유도 요소들의 정렬이 깨어짐에 따라 공통 우세시간에서 유의한 차이가 없었지만, 표면 조건에서는 유도 요소들의 정렬이 깨어짐에 따라 공통 우세시간이 감소하는 것으로 나타났다($F(1,3)=13.0, p<.05$), 네 유도 요소들로부터 하나의 표면이 형성될수록 동일한 색깔로 지각되는 시간이 증가하는 것으로 나타났다. 각 유도 요소들의 정렬이 깨어짐에 따라 지각되는 표면의 강도는 점차 감소하며, 유도 요소들이 시각으로 30분 정도의 비정렬된 상태로 제시되면 거의 동일 표면으로 지각되지 않는다(Shipley 등, 1992). 이러한 결과와 유사하게 표면 조건에서의 공통 우세 시간은 유도 요소의 정렬이 깨어짐에 따라 감소하며, 30분 비정렬 조건의 공통 우세시간은 비표면 조건의 공통 우세시간과 유의한 차이가 나지 않았다.

각 유도 요소들에서 양안 경쟁 현상이 독립적으로 발생한다면 본 연구의 자극으로부터 네 유도 요소들이 모두 특정 색깔로 지각될 확률은 $1/16$ 이기 때문에 각 유도가 동일한 색깔(빨간색 혹은 파란색)로 지각될 확률은 $1/8$ 이 된다. 본 연구에 포함된 모든 조건에서 공통 우세 시간들은 확률로 예측할 수 있는 7.5초($60\text{초} * 1/8$)보다 더 길게 지각된 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 본 연구에 사용된 자극에 기인했을 가능성이 있다. 여러 개의 양안 경쟁 자극이 주어지는 경우, 각 눈에 모두 동일 속성을 가진 자극이 제시되는 조건의 공통 우세시간이 동일 속성이 각 눈에 나뉘어 제시되는 조건의 공통 우세시간보다 더 길게 나타나는 동일 눈 효과가 발생된다(Ooi 등, 2003). 또한 동일 속성을 가진 자

극이 각 눈에 나뉘어 제시되는 조건에서의 공통 우세시간도 단지 확률적 예측시간보다 더 길게 나타나는 동일 속성 효과(Kovacs 등, 1996)가 발생된다. 본 연구에 사용된 양안 경쟁 자극은 한쪽 눈에 제시된 유도 요소의 색깔은 모두 동일했기 때문에 동일 눈 효과나 동일 속성의 효과가 발생할 수 있었기 때문에 모든 조건에서 공통 우세시간이 확률적 예측치보다 높게 나타난 것으로 설명될 수 있다.

본 연구에 사용된 모든 양안 경쟁 자극들에서는 특정 눈에 제시된 유도 요소들의 색상은 모두 동일하였기 때문에, 동일 눈 효과나 동일 속성 효과는 모든 조건에 균등하게 유지되었다. 따라서 표면 조건과 비표면 조건에서의 발견된 공통 우세시간의 차이나 표면 조건에서 정렬의 정도에 따른 공통 우세시간의 차이는 모두 이차원 표면 형성에 의해 발생된 것으로 설명될 수 있다. 동일 자극으로부터 지각되는 두 가능한 지각감의 지속시간을 비교한 Ooi 등(2003)의 연구와는 달리, 표면의 형성 정도를 직접 조작한 본 연구의 결과는 공통 속성의 효과와 같은 다른 가능한 설명들을 배제할 수 있기 때문에 표면형성의 효과를 보다 직접적으로 보여준다.

실험 후 사후 질문에서 실험의 목적을 모르는 관찰자들은 정렬된 표면 조건 자극으로부터 배경보다 앞쪽에 투명한 사각형 표면이 지각될 수 있을 뿐만 아니라 배경 뒤쪽에 사각형 표면이 있는 것으로 지각될 수 있음을 보고하였다. 따라서 본 실험에서의 발견된 표면 효과는 유형 완성에 의한 표면 완성의 효과인지 무형 완성에 의한 표면 완성인지, 혹은 두 효과가 섞여있는 것인지를 확인할 수 없다. 실험 1에서 확인한 이차원의 표면 효과를 삼차원 표면의 효과로 확장시키고 유, 무형의 완성 효과를 분리하여 살펴보기 위해서 실험 2를 실시하였다.

실험 2. 삼차원 표면의 형성과 양안 경쟁

분리하여 살펴보았다.

공간상에서 떨어져 있는 요소들을 통합하여 유, 무형 완성과정을 통해 표면을 형성하는 데 중요한 정보들 중의 하나는 양안 부등에 의한 깊이이다(Nakayama 등, 1995; Nakayama, 1996). 실험 2에서는 실험 1에서 발견된 이차원 표면 효과를 삼차원의 주관적 표면으로 확대하여 표면 형성의 효과를 살펴보기 위해 경쟁 상태에 있는 유도 요소들의 양안 부등을 조작하였다. 양안 부등에 의해 배경과 다른 깊이에 있는 유도 요소들이 통합되어 배경보다 앞 혹은 뒤에 주어진 주관적 표면을 통해서 유, 무형 완성의 효과를

방법

관찰자. 두 명의 저자와 실험의 목적을 알지 못하는 한 명의 대학원생이 실험에 참가하였다.

자극 및 장치. 실험 1에서와 마찬가지로 거울형 입체경을 통해서 그림 4에 제시되어 있는 양안 경쟁 자극을 바라보았다. 각 유도 요소들의 깊이는 양안 부등을 통해 조작되었다. 깊이 표면 조건은 유형 완성과 무형 완성에 의한 표면 조건과 비 표면조건으로 구별되어 모두 세 수준은

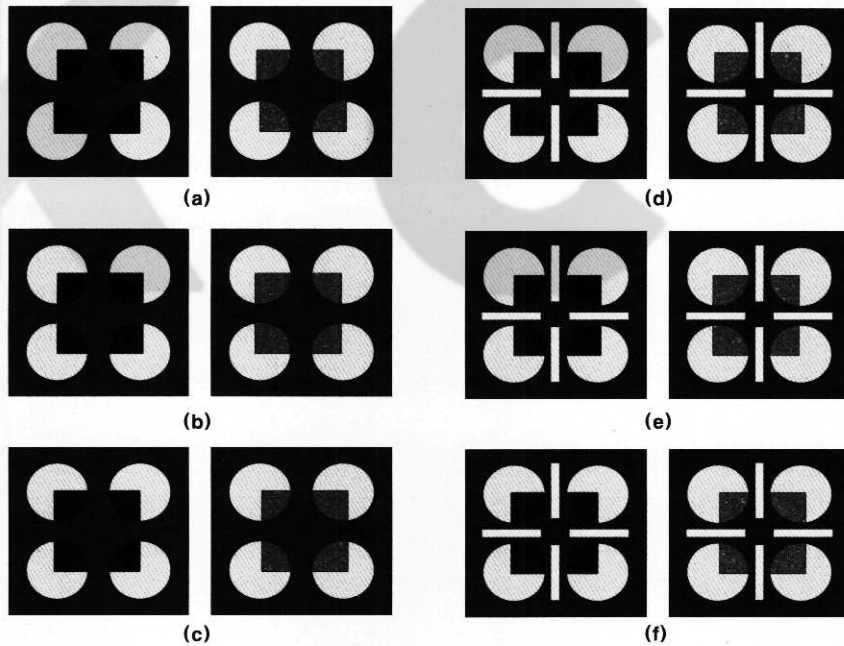


그림 4. 실험 2에 사용된 양안 경쟁 자극

오른쪽(a, b, c)과 왼쪽(d, e, f) 줄에 제시된 경쟁 자극들 각각은 표면 형성을 방해하는 자극이 없는 조건과 방해 자극이 있는 조건을 나타낸다. 첫 번째(a, d), 두 번째(b, e), 그리고 세 번째(c, f) 줄에 있는 자극은 각각 비표면, 유형 완성, 무형완성 조건을 나타낸다. 각 경쟁 자극에서 왼쪽과 오른쪽에 제시된 상은 각각 왼쪽과 오른쪽 눈에 분리되어 제시되었다.

로 나뉘어 졌다. 유형 완성 조건과 무형 완성 조건 각각에서는 모든 유도 요소들의 양안 부등이 시각으로 4분의 교차 부등²⁾과 비교차 부등으로 고정되었다. 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 제시되는 유도 요소들의 위치를 각각 오른쪽과 왼쪽으로 2분씩 수평 이동시킴으로써 4분의 교차 부등을 부여하였고, 비교차 부등은 위와 반대로 왼쪽과 오른쪽에 제시되는 유도 요소들의 각 위치를 각각 왼쪽과 오른쪽으로 2분씩 수평 이동시킴으로써 부과되었다.

양안 경쟁에 의해 한쪽 눈의 자극이 완전히 억제될 경우 각 유도 요소의 깊이가 계산되기 어려울 수 있기 때문에, 실험 1과 달리 각 유도 요소의 가장자리에 시각으로 3분의 두께를 가지는 검은색의 윤곽선을 두어 윤곽선의 깊이는 항상 지각될 수 있도록 하였다. 따라서, 입체경으로 보면, 유형 완성에서는 배경보다 앞에 놓여있는 유도 요소들이 조직화되어 하나의 표면이 검은색 배경 위에 놓여있는 것으로 지각되며, 무형 완성에서는 배경보다 뒤에 있는 유도 요소들이 조직화되어 검은색 배경 뒤에 놓여있는 사각형을 네 구멍을 통해 바라보는 것으로 지각되었다. 비표면 조건에서는 위에 있는 두 유도 요소들과 아래에 있는 두 유도 요소들의 깊이를 다르게 제시하였다. 예를 들어, 위에 있는 두 유도 요소들이 4분의 교차 부등을 가지면 아래에 있는 두 유도 요소들은 4분의 비교차 부등을 가지게 되어 양안 부등의 차이가 8분이 나도록 하였다. 위

에 있는 유도 요소들이 교차 부등을 가질지, 비교차 부등을 가질지는 무선적으로 결정되었다. 입체경을 통해 바라보았을 때, 위쪽 유도 요소와 아래쪽 유도 요소들은 검은색 배경의 깊이를 기준으로 각기 반대 방향의 깊이를 가진 것으로 지각되어 하나의 표면으로 지각되기 어려웠다.

주관적 표면의 형성정도를 조작하기 위한 두 번째 변인은 유도 요소들의 깊이 보간 과정을 방해할 수 있는 밝은(31cd/m²) 막대(7.5분 x 90분)의 제시 유무였다. 유도 요소들 사이에 제시된 방해 자극은 배경과 동일한 깊이에 제시되었다. 각 유도 요소들이 교차 부등을 가지는 유형 완성 조건에서는 방해 자극에 의해 깊이 불연속이 발생하므로 투명한 주관적 표면이 형성되기 어렵다. 이에 반해 각 유도 요소들이 비교차 부등을 가지는 무형 완성은 앞에 놓여있는 대상의 가림 때문에 발생하는 것이므로 배경과 동일한 깊이에 있는 자극이 표면형성을 방해하지 않는다(Nakayama, 등, 1990).

절차. 실험 1의 절차와 동일한 과정을 통해서 각 조건의 공통 우세시간을 측정하였다. 한 실험 회기에서는 윤곽 완성 방해 자극의 제시 유무(2)와 표면 완성 유형 조건(3)이 두 번의 반복 구획 내에서 무선화 되어 한 실험 회기는 모두 12번의 시행으로 구성되었다. 각기 다른 날짜에 모두 세 번의 실험 회기가 시행되어 각 조건은 총 여섯 번 반복 실시되었다.

2) 교차 부등을 가진 대상은 응시 표면보다 튀어나온 것으로, 비교차 부등을 가진 대상은 응시 표면보다 뒤쪽에 놓여있는 것으로 지각된다. 따라서 교차부등을 가지는 유도 요소들로부터 생성되는 표면은 응시표면보다 앞쪽에 있는 것으로 지각되며(유형 완성), 비교차 부등을 가지는 유도 요소들에 의해 생성되는 표면은 응시 표면보다 뒤쪽에 있는 것으로 지각된다(무형완성).

결과 및 논의

여섯 번의 반복 측정을 통해서 얻어진 공통 우세시간의 평균을 각 조건의 공통 우세시간으로 삼았다. 세 명의 관찰자로부터 얻어진 각 조건의 공통 우세시간의 평균이 그림 5에 제시되

어 있다. 유도 요소들의 깊이가 서로 달라 깊이에 의한 표면 완성이 이루어질 수 없는 비표면 조건에서의 공통 우세시간은 유형 완성이나 무형완성 조건과 같이 유도 요소의 동일한 깊이에 의해 하나의 표면으로 지각될 수 있는 조건의 공통 우세시간보다 짧게 나타났다($F(1,2)=30.66, p<.01$).

유 무형 표면 완성조건에서는 특정 눈에 제시된 유도 요소들을 모두 동일한 방향과 거리만큼 수평 이동시킴으로써 양안 부등을 부과하였다. 이에 반해 비표면 조건에서는 위쪽과 아래쪽에 제시된 유도요소들을 서로 반대 방향으로 수평 이동시킴으로써 양안 부등 부호를 반대로 만들었다. 따라서 유, 무형 표면 완성조건에서 각 눈에 제시된 유도 요소들은 항상 수직으로 정렬되어 있는 반면, 비표면 조건에서 위쪽과 아래쪽에 제시된 유도 요소들은 수직 정렬이 8분 어긋나 있었다. 유도 요소들의 수직 정렬이 표면 형성에

영향을 미치고 그 결과 공통 우세 시간에서 차이가 나타난 실험 1의 결과를 고려해볼 때, 비표면 조건과 표면 조건(유, 무형완성 조건)들 간의 차이는 삼차원 표면이 형성되었는지의 여부가 아니라 각 눈에 제시된 이차원 자극의 정렬 여부에 의해 발생된 것으로 해석될 수 있다. 그러나 실험 1의 결과에서 완전 정렬과 15분의 비정렬 조건의 결과를 보간하여 8분 비정렬의 효과를 계산하면 공통 우세 시간의 감소가 대략 2.5 초 정도로 나타났다. 이에 반해 실험 1의 정렬조건이나 이에 대응되는 실험 2의 유형완성과 무형완성조건의 결과와 비교해보면 실제 비표면 조건의 감소는 10초 이상의 감소를 보이는 것으로 나타났다. 비록 단안에 주어진 유도 요소들의 비정렬 효과를 배제할 수 없지만 실험 2의 비표면 조건에서 나타난 공통 우세시간의 감소 정도는 유도요소들의 비정렬에 의한 효과를 훨씬 뛰어넘는 것이었다. 따라서 표면 조건과 비표면 조

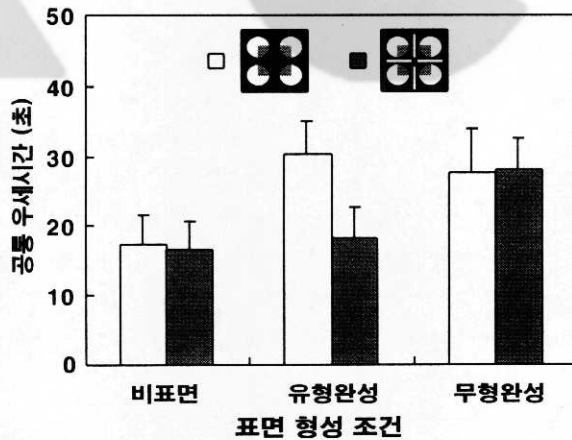


그림 5. 표면 완성 유형과 윤곽 방해 요소의 유무에 따라 공통 우세시간의 차이.

흰 막대와 검은 막대는 각각 방해 자극이 없는 조건과 방해 자극이 주어진 조건을 나타낸다. 오차 막대는 세 관찰자의 평균치의 표준 오차를 나타낸다.

건들에서 발견된 공통 우세시간의 차이는 깊이 에 의한 삼차원 표면 형성 여부에 크게 영향받은 것으로 결론지을 수 있다.

삼차원 표면의 형성을 방해하는 자극의 영향은 유형 완성과 무형 완성에서 각기 다르게 나타남을 그림 5는 보여주고 있다. 즉, 유형완성조건에서는 방해 자극이 없는 조건보다 방해 자극이 주어진 조건에서 공통 우세시간이 짧게 나타났다($t(2) = 6.18, p < .05$), 무형 완성에서는 방해 자극의 유무와 무관하게 공통 우세시간은 유사하게 나타났다. 이러한 차이가 반드시 유형 완성과 무형 완성에서 보간 기제의 차이(Anderson, Singh, & Fleming, 2002)를 반영하는 것으로 해석할 수는 없지만, 공간적으로 떨어져있는 부분 영상들로부터 대상을 인식하는 경우 주어진 부분 영상들이 배경이나 혹은 다른 대상보다 깊이 차원에서 뒤에 놓여있을 때 형태 인식이 높아진다(Bregman, 1981; Nakayama, Shimojo & Silverman, 1989)는 정신물리학적 결과와 비교될 수 있다. 이러한 결과들은 일상 환경에서 빈번하게 발생하는 무형 완성과정이 유형 완성과정보다 주변 대상의 속성들로부터 영향을 덜 받을 수 있음을 보여준다.

삼차원 표면 형성과정이 양안 경쟁에 영향을 미친다는 사실은 방해 도형이 주어진 유, 무형 완성조건 결과들을 비교함으로써 보다 직접적으로 얻을 수 있다. 본 실험에 사용된 방해 자극은 두 가지 다른 차원에서 주관적 표면 형성에 영향을 미칠 수 있다. 첫째, 유도 요소보다 밝기가 밝은 도형이 유도 요소들 사이에 놓여질 때 이차원의 주관적 표면 형성 과정은 방해받을 수 있다(Metelli, 1976). 둘째, 유도 요소들의 깊이 통합에 의한 삼차원적 표면 형성과정은 유도 요소들 사이에 주어진 자극의 깊이에 의해 방해받을 수 있다(Nakayama 등, 1990). 방해 도형이 주

어진 유, 무형 완성 조건을 비교해 보면, 각 눈에 제시된 단안 자극들은 유도 요소의 수평 위치차이를 제외하고는 모두 동일하기 때문에, 이차원 표면의 형성과정에 미치는 효과는 동일할 것을 예상할 수 있다. 그러나 유도 요소들의 깊이 통합에 의한 삼차원 표면 형성과정에서는 방해 자극의 깊이에 의한 영향이 유, 무형 완성과정에서 서로 다르게 나타날 것을 예상할 수 있다. 즉, 유형 완성 조건에서는 방해 자극에 의한 깊이 불연속이 발생되므로 삼차원 표면 형성이 방해받을 수 있지만, 무형 완성조건에서는 배경과 같은 깊이에 제시된 자극들의 영향이 적어 표면 형성이 방해받지 않을 수 있다.

그림 5에서 보는 것과 같이 유형 완성 조건에서는 방해 자극에 의해 공통 우세 시간이 크게 감소되었지만, 무형 완성 조건에서는 방해 자극의 제시된 조건에서도 공통 우세시간이 거의 감소되지 않았다. 두 조건에서 이차원 표면 형성과정은 동등하게 영향받고 있음을 고려해 볼 때, 두 조건에서 발견된 공통 우세시간의 차이는 유도 요소의 깊이 통합에 의한 삼차원의 표면 형성에 의해 영향받은 것으로 판단할 수 있으며, 이차원 표면뿐만 아니라 유도 요소들의 깊이 통합에 의해 생성되는 삼차원의 주관적 표면도 양안 경쟁에 영향을 미치고 있음을 보여주는 강력한 자료이다.

종합 논의

본 연구는 표면 형성 정도를 조작해 가면서 주관적 표면 형성이 양안 경쟁현상에 미치는 효과를 살펴보았다. 실험 1과 2의 결과를 종합해 보면, 유도 요소들의 정렬 등의 요인에 의한 이차원 표면이든지 유도 요소들의 깊이가 통합되

어 발생하는 삼차원 표면이든지와 무관하게 주관적 표면은 모두 양안 경쟁에 영향을 미치고 있음을 보여준다. 이러한 결과는 기존의 양안 경쟁 연구에서 보여주었던 맥락 효과들(Alais 등, 1999; Kovacs 등, 1997; Ooi 등, 2003)과 함께 유도 요소에 의해 형성된 표면이 양안 경쟁에 영향을 주고 있음을 시사한다.

맥락 효과가 양안 경쟁에 미치는 영향을 살펴본 각 연구들에서 사용된 자극을 고려해보면 그 효과는 시각 정보 처리의 각기 다른 수준에서 발생되었을 가능성이 있다. 예를 들어, 방위가 다른 격자무늬와 무선점 패턴을 양안 경쟁자극으로 사용하여 공간적으로 서로 다른 두 영역에서 양안 경쟁이 발생하도록 자극을 구성했을 때 (Alais 등, 1999), 공통 선상에 있는 격자 자극들이 제시되는 조건에서 공통 우세시간이 직교적인 격자 자극이 제시된 조건보다 더 길게 나타났다. 이러한 결과들은 V1에 있는 세포들의 장폭(long-range) 상호작용에 의해 발생하는 공간적 통합과정(Polat & Sagi, 1993; Dresch, 1993; Kapadia, Ito, Gilbert & Westheimer, 1995)으로 설명될 수 있다. 그러나 이차원의 주관적 윤곽(von der Heydt, Peterhans & Baumgartner, 1984; Sheth, Sharma, Rao & Sur, 1996)이나 요소들의 깊이에 의한 삼차원 표면(Bakin, Nakayama & Gilbert, 2000)들은 주로 V2수준에서 산출될 수 있음을 보여주는 신경생리학적 연구 결과들을 고려해 볼 때, 본 연구에서 발견된 표면 형성에 의한 맥락효과는 Alais 등 (1999)이 발견한 맥락효과와는 다른 수준에서 발생될 것을 시사한다.

주관적 표면의 형성에 의해 양안 경쟁의 공통 우세시간이 변화된다는 본 연구의 결과는 주관적 표면의 산출에 관여하는 신경 기제가 양안 경쟁에 관여하는 신경기제보다 앞선 영역에 있음을 시사하는 결과로 해석될 가능성이 있다. 그

러나 양안 경쟁은 시각 정보 처리의 특정 단계에서만 발생하는 것이 아니라 여러 단계에 걸쳐서 발생되며, 각기 다른 단계로부터의 피드백이 V1과 같은 초기 수준에서의 억제 과정에도 영향(Lee & Blake, 2002)을 줄 수 있기 때문에 두 처리 기제의 상대적인 위치를 해석하는 데 조심스러워야 한다. 특히 V2에서 표상된 주관적 윤곽 정보가 V1으로 전파될 수 있음을 보여준 신경생리학적 연구 결과(Lee & Nguyen, 2001)는 상대적으로 후기에서 추출된 표면 정보가 피드백에 의해 초기 수준에서 발생하는 양안 경쟁에 영향을 줄 수도 있음을 시사한다. 본 연구에서 발견된 표면 정보의 효과는 표면 정보가 양안 경쟁보다 먼저 처리되었기 때문에 발생했을 가능성도 있지만, 표면 정보가 상대적으로 후기에 처리된 경우에도 피드백에 의해 발생했을 가능성을 배제할 수 없다.

V1과 같은 초기 단계에서의 맥락효과(Alais 등, 1999), 그리고 상대적으로 후기 단계에 처리되는 얼굴과 같은 복잡한 자극에 의한 맥락효과(Kovacs 등, 1997)와 더불어, V2수준에서 추출될 것이라고 알려져 있는 주관적 표면에 의한 맥락 효과가 양안 경쟁에 영향을 미칠 수 있다는 결과는 양안 경쟁 현상이 여러 처리 수준에서 분산된 형태로 발생되고 있음(예를 들어, Blake, 2001; Ooi 등, 2003)을 보여준다.

결론적으로, 본 연구는 주관적 표면 형성이 양안 경쟁에 영향을 미칠 수 있음을 보고한 Ooi 등 (2003)의 연구 결과를 표면의 형성 정도를 조작하여 보다 직접적으로 확인했으며, 삼차원 표면에 의한 맥락효과도 발생할 수 있음을 확인하였다. 특히, 유형 완성뿐만 아니라 무형 완성에 의한 표면 형성도 양안 경쟁에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

- Alais, D. & Blake, R. (1999). Grouping visual features during binocular rivalry. *Vision Research*, 39, 4341-4353.
- Anderson, B. L., Singh, M., & Fleming, R. W. (2002). The interpolation of object and surface structure. *Cognitive Psychology*, 44, 148-190.
- Bakin, J. S., Nakayama, K., & Gilbert, C. D. (2000). Visual responses in monkey areas V1 and V2 to three-dimensional surface configurations. *Journal of Neuroscience*, 20, 1888-8198.
- Blake, R. (2001). A primer on binocular rivalry, including current controversies. *Brain and Mind*, 2, 5-38.
- Blake, R., O'Shea, R.P. and Mueller, T.J. (1992). Spatial zones of binocular rivalry in central and peripheral vision. *Visual Neuroscience*, 8, 469-478.
- Bradley, D. R., & Petry, H. M. (1977). Organizational determinants of subjective contour: The subjective Necker cube. *American Journal of Psychology*, 90, 253-262.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Bregman, A. (1981). Asking the "what for" question in auditory perception. In Kubovy, M. & Pomerantz, J. R. (Eds.), *Perceptual organization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 99-119.
- Dresp, B. (1993). Bright lines and edges facilitate the detection of small light targets. *Spatial Vision*, 7, 213-225.
- Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. (1968). Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex. *Journal of Physiology*, 148, 574-591.
- Kapadia, M. K., Ito, M., Gilbert, C. D. & Westheimer, G. (1995). Improvement in visual sensitivity by changes in local context: parallel studies in human observers and in V1 of alert monkeys. *Neuron* 15, 843-856.
- Kaufman, L. (1963) On the spread of suppression and binocular rivalry. *Vision Research*, 3, 401-415.
- Kovacs, I., Pappathomas, T.V., Yang, M. and Feher, A. (1997). When the brain changes its mind, Interocular grouping during binocular rivalry. *Proceedings of National Academy of Science USA*, 93, 15508-15511.
- Lee, S.-H., & Blake, R. (2002). V1 activity is reduced during binocular rivalry. *Journal of Vision*, 2(9), 618-626, <http://journalofvision.org/2/9/4/>, DOI 10.1167/2.9.4.
- Lee, T. S., & Nguyen, M. (2001). Dynamics of subjective contour formation in the early visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 98, 1907-1911.
- Metelli, F. (1974). The perception of transparency. *Scientific American*, 230(4), 90-98.
- Michotte, A., Thines, G., & Grabble, G. (1964). Les complements amodaux des structures perceptives (The amodal complements of perceptive structures). *Studia Psychologica*. Louvain, Belgium: Publications Universitaires de Louvain.
- Nakayama K, Shimojo S., & Ramachandran, V. S. (1990). Transparency: relation to depth, subjective contours, luminance, and neon color spreading. *Perception*, 19, 497-513.
- Nakayama K, Shimojo S., & Silverman, G. H. (1989). Stereoscopic depth: its relation to image segmentation, grouping and recognition of occluded objects. *Perception*, 18, 55-68.
- Nakayama, K. (1996). Binocular visual surface

- perception. *Proceedings of National Academy of Science USA*, 93, 634-639.
- Nakayama, K., He, Z.J., & Shimojo, S. (1995) Visual surface representation: a critical link between lower-level and higher-level vision. In Kosslyn S. M., & Osherson, D. N. (Eds.), *Imitation to cognitive science*, pp 1-70. Cambridge, MA: MIT.
- Ngo, T. T., Miller, S. M. Liu, G. G., Pettigrew, J. D. (2001). Binocular rivalry and perceptual coherence. *Current Biology*, 10(4), R134-R136.
- O'Shea, R. P., Sims, A. J. H., & Govan, D. G. (1997). The effect of spatial frequency and field size on the spread of exclusive visibility in binocular rivalry. *Vision Research*, 37, 175-183.
- Ooi, T. L. & He, Z. J. (2003). A distributed intercortical processing of binocular rivalry: psychophysical evidence. *Perception*, 25, 551-574.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Polat, U. & Sagi, D. (1993). Lateral interactions between spatial channels, suppression and facilitation revealed by lateral masking experiments. *Vision Research*, 33, 993-999.
- Sheth, B. R., Sharma, J., Rao, S. C., & Sur, M. (1996). Orientation maps of subjective contours in visual cortex. *Science*, 274, 2110 -2115.
- Shipley, T. F., & Kellman, P. J. (1992). Perception of partly occluded objects and illusory figures: Evidence fro an identity hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(1), 106-120.
- von der Heydt, R., Peterhans, E., & Baumgartner, G. (1984). Illusory contours and cortical neuron responses. *Science* 224, 1260 -1262.
- Wheatstone, C., (1838). On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. *Philosophical Transactions of Royal Society of London*, 128, 371-394.

1 차원고접수 : 2003. 8. 1.
2 차원고접수 : 2003. 9. 18.
최종게재결정 : 2003. 9. 22.

The Effect of subjective surface on binocular rivalry

Keetaek Kham

Center for Cognitive Science,
Yonsei University

Sooyeoun Yoon

Graduate Program in Cognitive Science
Yonsei University

When dissimilar patterns are viewed dichoptically, observers perceive the only one pattern in a time and then the other one after a while. To examine whether the surface formation process influences binocular rivalry, we varied the extend to which two- or three-dimensional subjective surface is formed from spatially separated four-rival features by manipulating the alignment and disparity of the rival features. We found that when the features were aligned so that a single two-dimensional surface could form from the features, joint predominance was longer than when the features were misaligned. This surface effect was also found in three-dimensional surface integrated from the depth of the rival features. Regardless of the sign of the surface depth, relatively longer joint predominance was found when the features were given with the same binocular disparity than when they were different. When the bars between the rival features were presented at the same depth as the background, the joint predominance in modal completion condition was greatly reduced, while that in amodal condition was little influenced. These results suggest that both two- and three-dimensional surfaces can affect binocular rivalry.

Keywords binocular rivalry, subjective surface, contextual effect, joint predominance, modal completion, amodal completion