

양측반구에 분할입력된 입체경 자극의 깊이표상

감기택 · 정찬섭

연세대학교 심리학과

양안의 정보가 한쪽 반구에서 결합되지 않고 양측뇌에서 분리되어 처리되는 경우의 입체경적 깊이표상 과정을 알아보기 위해 두 편의 실험이 수행되었다. 첫번째 실험에서는, 양안정보가 결합되지 않는 경우에도 지각된 깊이가 양안부동에 따라 체계적으로 변화되는 지를 알아보기 위해 양안정보가 양측반구로 각각 분리되어 처리되는 경우와 단안정보만 주어진 경우에서 입체경적 깊이가 측정되었다. 두번째 실험에서는, 깊이지각에서 접합의 효과를 알아보기 위해 양측반구에서 처리되는 자극과 단측반구에서 처리되는 자극에서의 깊이변별이 비교되었다. 실험결과 하나의 자극에 대한 양안단서를 양측반구에서 처리할 때는 이중상이 경험되지만 이때 지각된 깊이는 양안부동의 단조함수로서 변화된다는 것이 확인되었다. 피험자들은 하나의 단안자극이 한쪽반구에서 처리되도록 제시된 경우, 그 자극의 깊이를 판단하는 참조틀인 응시점으로부터의 거리에 관계없이 그것이 응시점보다 멀리있는 것으로 지각했다. 본 연구의 결과는 한 대상에 대한 양안단서가 두 반구로 나뉘어져 처리되는 경우, 우리의 시각기제는 접합이 아닌 다른 모종의 입체경지각기체에 의해 3차원적인 공간표상을 할 수 있음을 시사한다.

인간의 양안입체지각에 대해서 접합이론적 관점은 두 눈의 망막에 맺힌 2차원적인 상들이 결합되어 양안부동을 탐지하고 이로부터 3차원적인 공간표상이 이루어진다고 설명한다(Wheatstone, 1838). 이러한 접합이론적 관점은 한 자극의 밝기는 각 눈에 제시된 밝기의 합과 같다는 절대역 민감도(threshold sensitivity) 실험(Martin, 1962)이나, 시너피질에 양눈으로부터의 정보입력에 선별적으로 반응하는 세포들이 있다는 신경생리학적인 발견들(Hubel & Wiesel, 1962, 1970)에 의해서 지지받고 있다.

두 눈에 입력된 시각정보는 시야에 따라 좌반구나 우반구에서 처리된다. 즉, 두 눈으로부터 시각 정보는 시신경교차를 거쳐서 대뇌로 전달되는 과정에서 왼쪽 시야로부터의 시각정보는 오른쪽 시각피질로 입력처리되며, 오른쪽 시야로부터의 입력정보는 왼

쪽 시각피질에 입력되어 처리된다. 그러나, 두 눈으로부터 입력된 정보는 항상 같은쪽 반구의 시각피질에서 처리되지 않고 각기 다른쪽 반구의 시각피질에서 처리될 수도 있다. 그림 1에서와 같이, 만일 우리가 시야전방의 한 점을 응시하고 있다고 할때 빛 금친 (가)영역이나 (나)영역에 있는 자극들은 중심와를 기준으로 보았을 때 양쪽 망막의 동일한 측면이 아닌 각기 반대편 망막에 상을 맺게된다. 즉, (가)영역에 있는 대상은 양 눈 모두에서 코쪽(nasal) 망막에 상이 맺힌다. 이렇게 각 눈의 코쪽 망막에 맺힌 상은 시신경 교차에서 각각 교차되어, 왼쪽 눈에 맺힌 상은 오른쪽 반구에서 표상되며 오른쪽 눈에 맺힌 관자늘이쪽(temporal) 망막에 상이 맺히며 각 눈에 맺힌 상은 교차되지 않은 채, 오른쪽 눈에 맺힌 상은 오른쪽 반구에서 표상되고 왼쪽

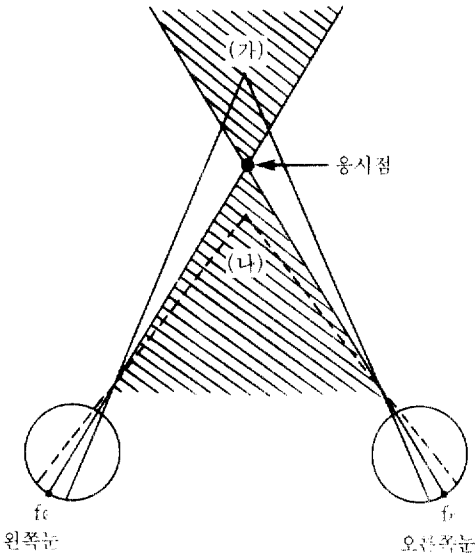


그림 1. 양측반구에서 표상되는 시각장의 영역
 그림에서 f_r 과 f_l 은 각각 오른쪽눈과 왼쪽눈
 의 중심와를 나타낸다.

눈에 맺힌 상은 왼쪽 반구에서 표상된다. 따라서 양안정보의 접합에 의해 깊이감이 발생한다는 접합이론은 외부대상이 왼쪽시야나 오른쪽 시야에 놓여있어 양안정보가 오른쪽반구나 왼쪽반구중 어느 한 반구에서 처리될 경우의 입체경적 깊이지각을 잘 설명 해주지만 (가)영역과 (나)영역에 놓여있는 외부대상은 두 망막상의 정보가 오른쪽 반구와 왼쪽반구 각각으로 분리되어 들어가므로 각 반구에서 시각피질(striate cortex)의 양안세포(binocular driven cell)를 적절히 흥분시키지 않을 수도 있다.

위와 같이 양안 정보가 각각 두 반구로 나뉘어 처리되는 경우는 아니지만 양안정보가 시뇌의 단일세포에 정보가 전달되지 않는 또 다른 예로서 Panum의 제한적 경우(Panum's limiting case)를 들 수 있다. Panum의 제한적 경우는 두 물체가 한쪽 눈의 시선(visual axes)방향에 놓여있어서 한 눈의 망막에는 외부의 두 물체의 상이 모두 맺히지만 반대편 눈의 망막에는 앞에 있는 물체가 뒷 물체를 가려서 앞 물체의 상만이 맺히는 자극상황을 말한다. 두 눈에 맺힌 상의 정보가 결합되고 그것으로부터 양안부등이 계산되어 깊이표상이 이루어지는 것을 정상적

인 경우로 볼 때, 대응상대를 갖지않는 Panum의 제한적 경우를 접합이론가들은 이례적인 것으로 본다(Arditi, 1984). 그러나, 외부대상이 단측반구에서 표상되는 경우와 양측반구에서 표상되는 경우를 구분하여 보면 Panum의 제한적 경우는 외부대상이 양측반구에서 표상되는 시각장의 영역과 단측반구에서 표상되는 시각장의 영역이 접하는 경계에 놓여있는 경우로서 양측반구에서 표상되는 경우의 특별한 예에 해당된다고 볼 수 있다. 접합이론가들은 Panum의 제한적 경우에서도 한쪽 눈의 망막에 맺힌 두 대상이 반대편 눈에 맺힌 하나의 대상과 동시에 결합이 일어남으로써 깊이감이 계산될 수 있다고 보았다(Kaufmann, 1974; Marr, 1982). 그러나, 한쪽 망막에 맺힌 하나의 물체가 반대편 눈의 망막에 맺힌 두 물체와 다중결합이 일어난다면, 이것은 오히려 우리의 시각기체가 외부대상을 잘못 표상한 것이 된다. 또한, 이형철과 정찬섭(1990)에서 처럼 다중접합의 가능성조차 없는 자극에서는 깊이감이 발생한다는 것은 Panum의 제한적 경우에서 다중접합이 일어나지 않음을 암시한다고 볼 수 있다.

양안부등 정보가 양측반구에서 처리될 때에는 양안시각 기체가 단측반구에서 처리될 때에는 달리 작용함을 암시하는 현상적인 사실들이 있다. 첫째, 양안부등정보가 단측반구에서 처리될 때에는 양안부등이 큰 경우에 이중상이 경험되지만, 양측반구에서 처리될 때에는 양안부등의 크기에 관계없이 항상 이중상이 나타나게 된다. 외부의 한 대상을 응시할 때 각 눈의 중심와와 응시대상을 잇는 가상적인 두개의 기본시선(principal visual direction)은 기하학적으로는 다르지만 주관적으로 지각된 시선방향은 동일하다. 예를 들어, 그림 1의 (가)영역에 있는 외부대상은 왼쪽눈으로 보면 왼쪽 시야에 있는 것으로 지각되며 오른쪽 눈으로는 오른쪽 시야에 있는 것으로 지각되기 때문에 응시하는 대상을 중심으로 이중상이 나타나게 된다. 따라서 양측반구에서 처리될 때 보이는 이중상은 단측반구에서 처리될 때 양안부등이 아주 커서 보이는 이중상(Ogle, 1952)과는 질적으로 다른 것이다. 둘째, 외부대상이 양측반구에서 표상되는 경우에 전이(displacement)현상이 발생하지 않는다. 양안정보가 단측반구에서 처리되는 경우

두 눈의 망막에 맺힌 상은 동일한 시야에 놓여 있으므로 두 망막상의 평균적인 시선방향에 놓여있는 것으로 지각되지만, 양측반구에서 처리될 경우에는 항상 이중상이 보이며 이러한 이중상은 왼쪽 눈에서 지각된 시야와 오른쪽 눈에서 지각된 시야가 다르므로 실제 지각된 상에서는 각 망막에 맺힌 시선방향대로 보이게 된다.

양측반구에서 표상되는 경우에 있어서 응시하는 대상보다 멀리있는 물체와 응시하는 대상보다 가까이 있는 물체는 각 반구에서 어느 눈의 정보가 입력되었는 지에 의해 구별될 수 있기때문에 양안정보가 결합되지 않아도 깊이의 방향이 결정될 수 있다. 그림 2의 (가)-(라)'는 대상이 시야의 오른쪽에 있을

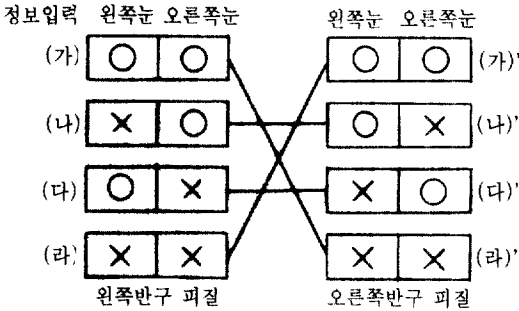


그림 2 양안의 입력정보가 양측반구에서 표상되는 모든 가능한 조합형태

그림에서 O는 대뇌반구에 자극정보가 입력되었음을 나타내고 X는 입력되지 않음을 나타낸다. 각 반구간에 연결된 선은 외부대상이 표상될 때 가능한 조합을 나타낸 것이다.

때 왼쪽 뇌에 두눈으로 부터의 입력이 있음을 나타내며 이것은 오른쪽 반구에서는 (라)'처럼 해당 대상에 대한 정보입력이 전혀 없다는 것을 함축한다. 반면에 (라)-(가)'는 대상이 시야의 왼쪽에 있는 경우로서 양안정보가 오른쪽 피질에서만 처리됨을 나타낸다. 위와같은 두 경우는 양안정보가 단측반구에서 처리되므로 양안정보의 결합에 의해 깊이의 방향과 정도가 계산되어질 수 있다. 한편, 대상이 그림 1의 (가)영역에 있을 때는 양안으로 부터의 입력 정보가 (나)-(나)'처럼 처리될 수 있으며, 마찬가지로 (다)-(다)'는 그림 1의 (나)영역에 대상이 있

을 경우 양측반구에서 정보가 표상되는 양식을 보여준다. 이와같이 한쌍의 입체경자극이 양측반구에서 따로 처리되는 경우에는 각 반구에 어떤 눈의 정보가 입력되었는가에 의해 외부대상이 응시점보다 앞에 놓여있는지 뒤에 놓여있는지 결정될 수 있다. 그림 2의 (나)-(나)'에서처럼 왼쪽 반구에 오른쪽 눈의 자극이 입력되었다면 이것은 오른쪽 반구에는 왼쪽 눈으로부터의 정보입력이 있다는 것을 함축하게 되어 양안부등이 비교차적이라는 것을 암시한다. 위 경우와는 반대로 그림 2의 (다)-(다)'에서는 왼쪽 반구에 왼쪽 눈의 정보가 입력되었다면 오른쪽 반구에는 오른쪽 눈으로부터의 정보입력이 있다는 것을 함축하게 되어 양안부등이 교차적이라는 것을 암시한다.

그림 2에 제시된 모형은, 입체경 지각에서 단안정보만이 주어졌을 때 그것의 깊이가 어떻게 지각될 수 있는가를 예측해 줄 수 있다. 단안정보가 단측뇌에 입력되는 경우, 왼쪽 피질에 오른쪽 눈에서의 입력이 있거나 오른쪽 피질에 왼쪽 눈에서의 입력이 있다면 우리의 시각체계는 그것을 그림 2의 (나)-(나)'에 근거하여 비교차부등의 단서로 풀이할 수 있으며, 왼쪽 반구에 왼쪽 눈에서의 입력이 있거나 오른쪽 반구에 오른쪽 눈의 정보가 있다면 그림 2의 (다)-(다)'에 근거하여 교차부등의 단서로 풀이할 수 있다. 그리고, 외부대상이 응시점과의 깊이차이가 많이 날수록 각 망막의 중심와로부터 떨어져 상이 맺히므로, 인간의 시각기체가 이를 탐지하면서 깊이의 정도도 표상할 수 있을 것이다. 이러한 가정이 옳다면 Panum의 제한적 경우와 유사하게 단안정보만 주어진 경우에서도 3차원적인 깊이판단이 가능할 것이다.

본 연구는 양안정보가 양측반구에서 각각 분리되어 처리되는 경우의 입체경적 깊이표상과정을 알아보기 위해서 수행되었다. 실험 1에서는 양안정보가 양측반구에서 각각 분리되어 처리된 경우에 지각된 깊이감이 양안부등에 따라 체계적으로 변하는 지를 알아보고, 여기에 덧붙여 단안정보만 주어진 경우에도 입체경적 깊이가 자극제시 위치에 따라 변화되는 지를 알아보았다. 실험 2에서는 깊이지각에 있어서 접합(fusion)의 효과를 살펴보기 위하여 양안정보가

결합되는 단측반구 표상조건과 양안정보가 결합되지 않는 양측반구 표상조건에서의 깊이변별을 비교해 보았다.

산을 줄이기 위하여 양안정보가 양측반구에서 처리되는 경우와 단안정보만 주어진 경우를 별개의 실험으로 구분하여 실시하였다.

실험 1

방법 및 절차

앞에서 논의한 바대로 외부대상이 양측반구에서 표상될 경우에는 두 눈의 정보가 각각 다른 반구로 전달되므로 각 반구의 시각피질에 있는 양안세포로는 단안정보만이 입력된다. 이 경우는 두 눈의 정보가 모두 한쪽 반구로 입력되어 양안부동의 양과 깊이가 결정될 수 있는 단측반구 표상과는 구별될 수 있는데, 시각피질의 양안세포에 두 눈의 정보가 모두 입력되지 않는 경우에도 우리의 시각기체가 정확히 3차원적인 깊이를 표상한다면 양안부동에 따라 깊이감의 정도가 변할 것이다. 또한, 한쪽 눈에만 자극을 제시하는 경우에도 입체경적 깊이가 나타나며, 이 경우의 깊이감은 응시점으로부터 자극까지의 수평적 거리에 따라 변화될 것이다. 깊이반응의 변

피험자

연세대학교 학부과목인 심리학 개론을 수강하는 남녀 대학생 25명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 나안 또는 교정시력 0.8이상이었다. 피험자들은 입체경지각 이상검사(stereoabnormal test)를 통해 판별되었는데, 이 검사에서는 컴퓨터 프로그래밍으로 만들어진 무선점 입체경 그림쌍(random dot stereogram pairs)을 자극으로 제시했다. 이들 무선점 입체경 그림쌍은 모두 배경의 큰사각형과 중앙의 작은 사각형으로 구성되어 2개의 깊이표면으로 구분되었으며 두 표면간의 양안부동은 -8, -6, -4, -2, -1, 1, 2, 4, 6, 8회소의 10개로 주어졌다. 입체경지각 이상검사서 깊이 변별율이 85% 이하인

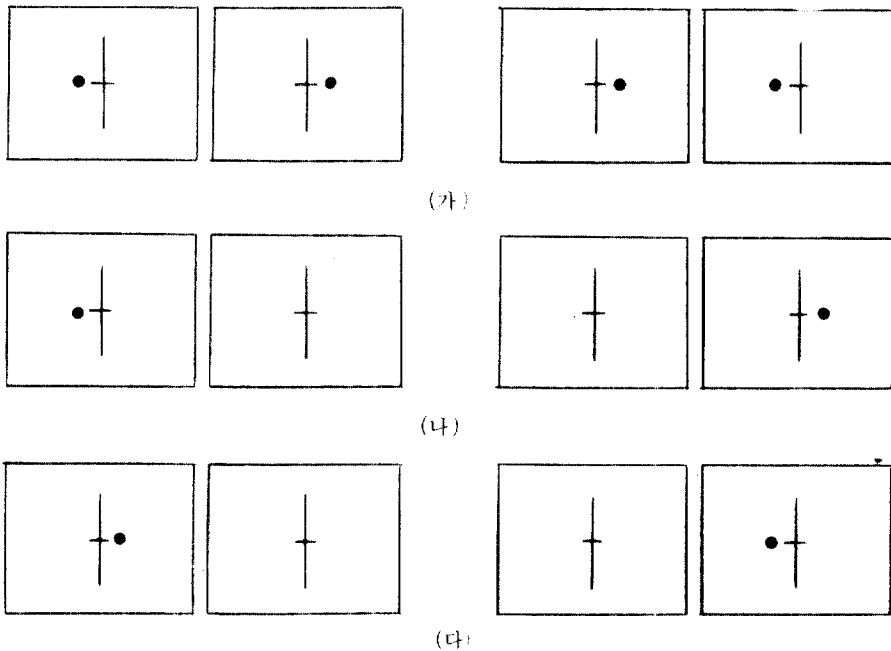


그림 3. 실험 1에 사용된 자극 예

각 입체경 그림쌍에서 십자형태의 수직선은 응시점을 나타내며 작은점은 깊이지각에 사용된 자극이다. 실제 실험에서는 바깥 사각형은 제시되지 않았다.

피험자와 본 실험의 전체 수행에서 75%이하의 정확율을 보인 5명(20%)의 피험자가 실험의 결과분석에서 제외되었다.

자극

본 실험에 사용된 자극이 그림 3에 나타나 있다. 그림에 나타난 수직선은 실험의 매시행에 앞서 응시점을 고정시키기 위해 사용되었는데 세로가 16화소가 가로가 3화소인 작은 점으로서, 양안부동조건에 따라 응시점으로 부터 각각 -32, -16, -8, -4, -2, 2, 4, 8, 16, 32화소 떨어져 제시되었으며 수직으로는 응시점의 윗쪽 4화소와 아래쪽 4화소에 무선적으로 제시되었다.

실험은 두 부분으로 나뉘어 실시되었는데 첫번째 부분에서 사용된 입체경 그림쌍은 각 양안부동 조건에 따라 자극이 부적양안부동(negative disparity)의 경우는 그림 3의 (가)의 왼쪽 그림쌍에서 처럼 자극이 응시점보다 모두 바깥쪽에, 정적양안부동(positive disparity)의 경우는 그림 3의 (가)의 오른쪽 그림쌍에서 처럼 자극이 응시점보다 모두 안쪽에 제시되었다. 자극이 한 쪽 눈에만 제시된 경우는 양안 부동을 계산할 수 없지만, 그림 2에 제시된 개념에 의해서, 자극제시 시야에 따라 부적 양안부동과 정적 양안부동으로 나누었다. 따라서, 실험 1의 두번째 부분에서 자극으로 제시된 입체경 그림쌍은 그림 3의(나)에 나타난 대로 부적 양안부동(negative disparity)에서, 자극이 입체경 그림쌍의 왼쪽 상에 제시될 경우는 왼쪽시야에 제시되었고, 자극이 입체경적 그림쌍의 오른쪽 상에 제시될 경우는 오른쪽 시야에 제시되었고 입체경적 그림쌍의 오른쪽 상에 제시될 경우 왼쪽시야에 제시되었다.

장치

자극은 720×348화소의 해상도를 갖는 12인치 단색 모니터에 제시되었다. 피험자는 턱받이에 턱을 고정시킨 채 컴퓨터 화면에 매달려 있는 Brewster형 입체경을 통해서 자극을 보았다. 매 시행의 시작은 피험자에 의해 결정되었는데(self-paced) 이를 위해 세개의 버튼이 달린 마이크로 소프트사의 마우스가 사용되었다. 자극을 제시하고, 반응을 기록하

는 등 실험의 전반적인 과정을 통제하기 위해서 개인용 컴퓨터가 사용되었다.

절차

실험을 시작하기 전에 컴퓨터 화면에 제시된 자극이 가장 선명하게 보이는 위치에 입체경을 고정시킨 뒤, 입체경 그림쌍으로 제시된 응시점이 하나로 보이도록 조절하였다. 피험자가 매 시행에 앞서 입체경적 그림쌍으로 제시되는 응시점에 촛점을 맞춘후 마우스 버튼을 누르면 100ms 동안 자극이 제시되었다가 응시점과 함께 사라진다. 이때 피험자의 과제는 첫째, 지각된 깊이를 보고하는 것으로서 깊이의 방향은 응시점보다 앞에 있을 경우는 '+', 응시점보다 멀리있는 경우는 '-', 로, 깊이의 정도는 mm단위로 보고하는 것이었으며 둘째, 지각된 깊이의 생생도(vividness)를 보고하는 것으로 깊이감이 생생하게 지각되었으면 5 깊이감이 생생하지 않았다면 1로서 5점척도상에서 보고하는 것이었다. 피험자의 구두보고는 실험자에 의해 컴퓨터에 입력되었다.

실험은 양안 양측반구 조건과 단안 단측반구 조건의 두 부분으로 나뉘어 실시되었으며, 먼저 양측반구조건에서는 10개의 양안부동조건과 6번의 반복구획으로 이루어져 각 피험자당 도합 60회 자극이 제시되었다. 하나의 반복구획내에서는 10개의 양안부동 조건과 6번의 반복구획으로 이루어져 각 피험자당 도합 60회 자극이 제시되었다. 하나의 반복구획내에서는 10개의 양안부동조건에 해당하는 자극들이 무선으로 제시되었다. 실험 첫째부분의 모든 시행이 끝나고 30초간의 휴식이 주어지후, 단안정보만 주어지는 실험의 둘째 부분에서도 첫째부분에서와 동일하게 10개의 양안부동 조건과 6번의 반복구획으로 이루어져 각 피험자당 도합 60회 자극이 제시되었다. 각 반복 구획내에서는 양안부동의 양에 따라 10번의 시행이 무선적으로 이루어졌다.

결과 및 해석

각 실험조건당 여섯번의 반복측정중 나중 다섯번의 측정치들의 평균점수들이 계산되었다. 피험자들은 mm단위를 사용하여 깊이를 보고하였는데 주관적

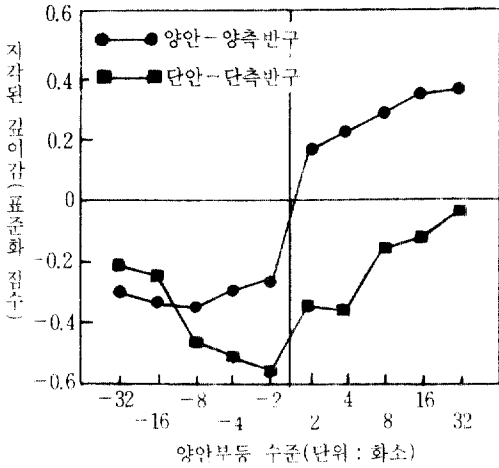


그림 4. 양안부등에 따라 지각된 깊이

인 깊이추정에서 기인되는 변산을 없애기 위해, 실험의 첫째부분에서 양안부등에 따라 계산된 열개조건의 평균점수와 실험의 둘째부분에서 계산된 열개조건의 평균점수들은 각각 가장 큰 점수와 가장 작은 점수의 차를 준거(norm)로 하여 표준화되었다. 이들 표준화된 점수(normalized score)가 통계적 분석의 원자료로 사용되었다.

양안부등에 따른 지각된 깊이의 양이 그림 4에 나타나 있다. 양측반구 표상조건에서 지각된 깊이는 양안부등의 함수로 변화되어 양안부등이 커질수록 지각된 깊이도 선형적으로 증가하였으며, 이러한 추세는 양안부등의 절대값이 커짐에 따라 줄어들었다. 양측반구 표상조건에서 양안부등에 따른 깊이변화를 추세분석한 결과 1차성분과 3차성분이 통계적으로 유의하였다($F(1,171)=354.79, p<.0001$ 그리고 $F(1,171)=21.79, p<.0001$).

단안정보만 주어진 경우에는 대부분 응시점보다 멀리 있는 것으로 지각했으며, 응시점으로 부터의 수평적 거리가 -2화소일 때를 기준으로 깊이감이 대칭적으로 변화되었다. 이러한 조건의 추세는 1차 성분과 2차성분 그리고 3차성분모두에서 통계적으로 유의하였다($F(1,171)=17.91, p<.001, F(1,171)=10.60, p<.01, F(1,171)=11.07, p<.01$).

깊이감의 생생도를 2요인 반복측정 변량분석(표상반구조건×양안부등)을 한 결과 표상조건에서는 양안정보-양측반구 표상조건(3.59 ± 1.21)이 단안정보-

단측반구 표상조건(3.28 ± 1.65)에서 보다 깊이감을 더 생생하게 지각했으며 이는 통계적으로 유의하였다($F(9,171)=9.07, p<.01$). 그러나 양안부등조건에서 양안부등의 차이에 따른 생생도는 차이가 없었으며($F(9,171)=1.34$), 표상조건과 양안부등조건의 상호작용도 통계적으로 유의미 하지 않았다($F(9,171)=1.61$).

논 의

그림 4에서 보듯이 양안정보가 양측반구로 각각 분리되어 처리되는 경우에 지각된 깊이의 정도는 양안부등의 함수로 증가하였다. 일반적으로 양안정보가 단측반구에서 표상되는 자극상황에서의 깊이감은 양안부등의 크기가 커짐에 따라 증가하지만 양안부등이 너무 크면 깊이감의 방향은 구별될 수 있어도 양안부등의 크기에 따라 깊이감이 체계적으로 변화되지 않는다(Ogle, 1952). 본 연구에서는 양측반구에서 표상되는 경우도 단측반구에서의 입체경적 지각과 유사하게 양안부등이 작을 경우에는 양안부등의 크기에 따라 깊이감이 체계적으로 변화되지만 양안부등이 너무 크면 깊이의 정도가 감소한다는 것이 확인되었다. 이러한 결과는 양안정보가 단측반구에서 결합되지 않고 양측반구로 분리되어 처리되는 경우에도 인간의 시각 기제는 외부대상의 공간적 위치를 정확히 표상할 수 있음을 암시한다.

단안정보만 주어진 경우에는 자극조건과는 관계 없이 응시점보다 멀리있는 것으로 지각했다. 그림 3의 (나)와 같이 자극이 한쪽 눈에만 주어진 경우에서 입체경 그림쌍중 왼쪽 상의 왼쪽시야에 제시되거나 오른쪽 상의 오른쪽 시야에 제시될 때는 실상황에서 작은 점이 응시점 뒤에 놓여 있을 때이다. 이 경우에서 자극이 응시점보다 뒤에 놓여있는 것으로 지각한 실험 1의 결과는 단안정보만 주어진 경우에서도 3차원적인 공간표상을 정확히 했음을 나타낸다. 그림 3의 (다)와 같이 단안자극이 입체경 그림쌍중 왼쪽상의 오른쪽 시야에 제시되거나, 오른쪽상의 왼쪽에 제시될 때는 자극이 응시점보다 앞쪽에 있는 것으로 지각해야 한다. 그러나, 응시점보다 앞쪽에 놓여있는 대상이 반대편 눈으로 입력되지 않는 경우

는 없으므로, 이와같은 자극상황은 실상황에서는 발생할 수 없다.

Julesz(1971, p21)의 무선점 입체경 그림쌍에서도 단안정보만 주어지는 영역이 생기는데, 이 경우에서도 중앙 사각형이 배경보다 앞으로 나와있는 경우에는 단안정보만 주어지는 영역이 배경사각형과 같은 깊이에 있는 것처럼 지각되고, 중앙사각형이 배경보다 들어가 보일 때에는 단안정보만 주어지는 영역은 항상 뒤에 놓여있는 것처럼 지각되었다. Gulick과 Lawson(1976, p132-175)은 이와같이 단안정보만 주어진 경우를 중첩에 의한 것으로 해석하였는데, 그림 3의 같이 실상황에서 발생할 수 없는 자극에서도 한 눈에만 들어온 자극은 응시점에 가려져 있는 것으로 처리하였기 때문에 응시점보다 멀리있는 것으로 지각하였다고 볼 수 있다.

실험 2

실험 1을 통해서 양안정보가 단측반구에서 표상되지 않는 경우에 있어서도 입체경적 깊이가 양안부동에 따라 발생된다는 것을 보았다. 이 실험에서는 입체경적 깊이를 지각하는데 있어서 접합의 효율성을 검증해보기 위해, 양안의 정보가 단측반구에서 표상되는 경우와 양측반구에서 표상되는 경우의 입체경적 깊이변별을 비교해 보았다.

방법 및 절차

피험자

연세대학교 학부과목인 심리학개론을 수강하는 남녀 대학생 24명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 나안 또는 교정시력 0.8이상이었다. 피험자들은 실험 1과 동일한 입체경지각 이상검사를 통해 판별되었었는데, 85%이하의 정확률을 보인 두 피험자(9%)의 결과는 분석에서 제외되었다.

자극

본 실험에 사용된 자극은 양안부동을 제외하고는 실험 1과 동일하였다. 단측반구 표상조건의 입체경 그림쌍은 응시점을 기준으로 동일한 시야에 제시하

였고, 양측반구 표상조건과 단안정보 조건에서의 자극상황은 실험 1과 동일하였다. 각 표상조건에 대해 양안부동(단안정보조건에서는 응시점으로부터의 거리)은 -3화소, -2화소, 2화소, 3화소로 주어졌으며 양안부동의 부호에 따라 교차부동조건과 비교차 부동조건으로 구분하였다. 따라서, 본 실험은 표상반구조건(3) X 양안부동의 부호(2) X 양안부동수준(2)으로 구성된 3요인 반복측정방안이었다.

장치

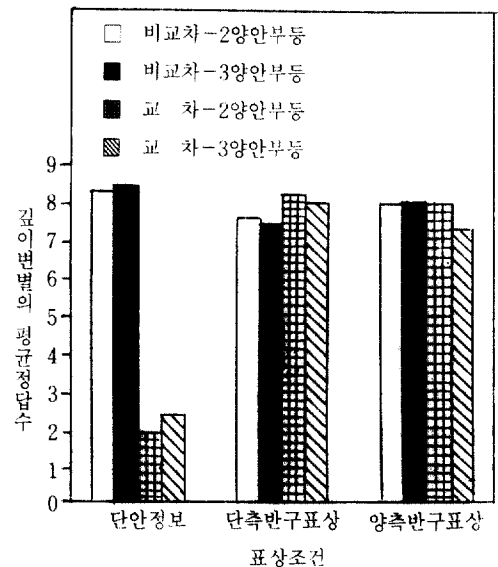
실험에 사용된 장치는 실험 1과 동일하였다.

절차

실험의 기본적 절차는 실험 1과 동일하였으나 피험자의 과제는 실험1과는 달리 순간적으로 제시된 자극이 응시점보다 가까이 있는지 혹은 멀리 있는지를 판단하는 것이었다.

결과 및 해석

각 조건조합당 열번의 측정중 나중 아홉번의 반응에 대한 정답수를 통계적 분석의 원자료로 사용하였



<그림 5> 각 표상조건에 따른 정답수

다. 표상반구조조건과 양안부등 그리고 깊이 방향에 따른 정답수가 그림 5에 제시되어 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 평균 정답수에서는 자극이 단측반구에서 표상된 경우(7.45 ± 1.91)와 양측반구에서 표상된 경우(7.65 ± 1.99)가 단안 정보조건(5.06 ± 3.39)보다 유의하게 많았다($F(2,42)=4.33, p<.001$).

깊이 방향조건에서는 비교차부등조건(7.65 ± 1.79)이 교차부등조건(5.79 ± 3.25)보다 깊이 지각이 더 정확했으며, 이는 통계적으로 유의했으나($F(1,21)=37.38, p<.0001$), 양안부등이 3일때(6.85 ± 2.25)가 양안부등이 2인 경우(6.45 ± 2.05)보다 정답수가 많았지만 유의한 차이는 없었다($F(1,21)=.09$). 단안 정보만 주어진 경우 교차부등에서만 정답수가 급격히 떨어졌는데 각 요인들간의 상호작용을 살펴본 결과 깊이의 방향요인과 표상조건 요인에서의 상호작용은 통계적으로 유의미하였으나($F(2,42)=75.15, p<.01$), 깊이의 방향과 양안부등, 표상반구조조건과 양안부등요인들의 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았다.

논 의

실험 2의 결과는 외부대상이 양측반구에서 표상되어 시뇌의 양안세포를 직접히 흥분시키지 않는 경우에서도 양안정보가 단측반구에서 표상되는 경우와 마찬가지로 깊이감이 정확하게 지각되었음을 보여준다. 그러나 단안정보만 주어진 경우에는 본 연구의 가설과는 달리 조건에 관계없이 목표자극이 응시점보다 멀리 있는 것으로 판단했다.

양안시각에서 단안정보가 어느 눈으로부터 입력된 것인지를 구별(utrocular discrimination)할 수 있는지에 대해서는 논란이 많지만, 본 실험의 자극상황과 유사한 조건에서 루어진 Ono & Barbeiro(1985)의 연구에서 그림 3의(나)와 같은 자극 상황에서는 어느쪽 눈에 자극이 제시되었는지를 거의 정확히 맞추었지만 그림 3의(다)와 같은 경우에는 일관되게 실제자극이 제시된 눈과는 다른쪽 눈에 자극이 제시된 것으로 판단했다. 본 실험의 결과를 보면, Ono 등의 실험에서 자극의 근원(eye-of-origin)을 정확히 반응한 그림 3의 (나)와 같은 자극에서는 가설과 일

치하게 목표자극이 응시 점보다 멀리 있는 것으로 반응한 반면, 자극의 근원에 대해 일관되게 항상 오 반응을 한 그림 3의 (다)의 자극상황에서는 가설과는 달리 응시점보다 멀리 있는 것으로 반응했다. 피험자의 반응이 무선택적이지 않고 일관된 반응을 보였으며 자극의 근원에 따라 깊이감의 방향이 변하였다는 것은 인간의 시각기체는 두 눈의 정보의 접합이 일어나지 않을 경우에는 외부대상의 정보가 어느 눈으로부터 입력되었는지를 구별하여 깊이감을 산출함을 암시한다. 하지만 그림 3의 (다)와 같은 자극상황에서 왜 자극의 근원이나 깊이감의 방향에 대해 오반응이 나타나는지, 이러한 반응이 양안시각기체에 의해 산출된 것인지에 대해서는 후속의 연구가 필요하다.

또한, 단안정보만 주어진 경우에서도 일관된 깊이 지각이 이루어졌는데 이러한 본 실험의 결과는 대응 상대가 없이 단안에만 자극이 이루어졌는데 이러한 본 실험의 결과는 대응상대가 없이 단안에만 자극이 제시된 경우에도 일관되게 이를 지각한다는 이형철 등의(1990)의 연구결과와 일치한다. 그림 3-(나), (다)와 같은 자극을 한 눈을 감은 채로 반대편 눈으로만 보면 깊이감을 느낄 수 없지만 입체경으로 보면 일관된 깊이가 지각된다. 이러한 사실은 입력되는 정보는 두 경우 모두 단안정보로 동일하지만 인간의 시각기체는 단안만으로 사물을 볼 때의 입력된 정보와 양안에 의해 사물을 볼 때의 단안에서 입력된 정보를 구분한다고 볼 수 있다.

종합논의

본 연구의 목적은 시지각 정보처리의 경로상 양안 정보가 결핍되지 않는 경우에서 입체경적 깊이가 정확히 표상되는지를 알아보는 것이었다. 실험 1, 2를 통해 나타난 결과를 종합해보면 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 양측반구에서 표상될 경우는 단측반구에서 표상되는 경우와 같이 양안부등에 따라 깊이감이 선형적으로 변화되었으며 깊이의 방향도 양안부등에 따라 정확하게 표상되었다. 둘째, 단안정보만 주어진 경우 모든 자극조건에 대해 가설과 일치된 결과를 얻지는 않았지만, 가설과는 다른 결

과를 얻은 자극상황에서는 자극의 근원에 관한 Ono(1985)등의 실험에서의 오반응의 관련성을 고려한다면 우리의 시각기제는 각 반구에서 어느 눈의 정보가 들어왔는지에 따라 깊이감을 지각한다고 볼 수 있다.

입체경적 깊이감에 대해 그동안 수행되었던 많은 연구들의 대부분은 접합이론의 관점에서 이루어졌다. 접합이론은 깊이감의 발생에 대해 명확히 설명하므로, 최근의 계산모형들(Marr & Poggio, 1979; Mayhew & Frisby, 1980)은 접합이론에 따라 두 눈의 정보로부터 어떻게 상호연관된 상(correlated image)을 탐지하여 양안부등을 계산해낼 수 있는가에 초점을 맞추고 있다. 따라서 이러한 계산모형들은 각 눈에 제시된 상에서 상호연관된 부분이 없는 영역에 대해서는 깊이할당을 하기 어렵다. 무선적 입체경 그림쌍에서도 왼쪽상과 오른쪽상을 비교할 때 단안정보만 주어지는 영역이 나타나며 이경우의 깊이는 본 실험의 단안정보 조건에서의 결과처럼 항상 뒤쪽에 있는 것으로 지각되는데 Julesz(1971, p. 259-261)는 깊이가 정확히 할당된 인접영역의 깊이로 표상될 수 있다고 보았다. 두 망막상을 전체적으로 비교하지 않고 인간의 정보처리 경로처럼 응시점을 기준으로 분리하여 비교한다면 양측반구에서 표상되는 외부대상은 대응상대가 없기 때문에 기존의 계산모형은 이러한 경우의 깊이를 정확히 파악하기 어렵다. 본 연구의 결과는 단안정보에서와는 달리 양측반구에서 표상되는 경우는 각 반구에 단안정보만 들어가지만 깊이가 정확하게 표상됨을 보여주는 데, 입체경 지각의 계산모형이 인간과 유사한 기제(human-like-mechanism)로서 깊이감의 문제를 해결하려면 망막상의 정보가 분리되어 처리되는 과정을 다루어야 할 뿐만아니라 양측반구에서 표상되는 자극에 대해 깊이감을 생성시키는 기제도 고려해야 할 것이다.

참고문헌

이형철과 정찬섭.(1990). 양안접합과 경쟁에 의한 깊이표상과 단일상형성. **한국심리학회지: 실험 및 인지**, 1(1), 11-20.

- Arditi, A. (1984). Binocular Vision. In: Boff, K. R.(Eds.): *Handbook of Perception and Human Performance*. pp. 23. 1-23.47. New York: A Wiley interscience publication.
- Gulick, W. L., & Lawson, R. B. (1976). *Human stereopsis*. New York: Oxford university press.
- Hubel, D.H., & Wiesel, T.N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of physiology*, 160, 106-154.
- Hubel, D.H., & Wiesel, T.N. (1970). Stereoscopic vision in macaque monkey. *Nature*, 225, 41-44.
- Julesz, B. (1971). *Foundations of Cyclopean Perception*. Chicago: The University of Chicago press.
- Kaufman, L. (1974). *Sight and Mind: An introduction to visual perception*. New York: Oxford University Press.
- Marr, D., & Poggio, T. (1979). A computational theory of human stereovision *Proceedings of the Royal Society of London. series B*, 204, 301-328.
- Matin, L. (1962). Binocular summation at the absolute threshold for peripheral vision. *Journal of the Optical Society of America*, 52, 1276-1286.
- Mayhew, J.E. W., & Frisby, T.P. (1980). The computation of binocular edges. *Perception*, 9, 69-86.
- Ogle, K.N. (1952). Disparity limits of stereoscopic vision. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 253-259.
- Ono, H., & Barbeito, R. (1985). Utrocular discrimination is no sufficient for utrocular identification. *Vision Research*, 25, 289-299.
- Pettigrew, J.D. (1972). The Neurophysiology of Binocular Vision. *Scientific American*, 227(2), 84-95.

- Pickersgill, M.J. (1961). On knowing with which eye one is seeing. *Q. J. Exp. Psychology*, 35, 1-14.
- Templeton, W. B., & Green, F. A. (1968). Chance results in utrocular discrimination. *Q. J. exp. Psychol.*, 20, 200-203.
- Thord, F., & Boynton, R.M. (1974). Human binocular summation at absolute threshold. *Vision Research*, 14, 108-120.
- Wheatstone C. (1838). Contributions to the physiology of vision. Part I. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. *Philosophical transaction of the Royal Society*. 128, 371-394.

韓國心理學會誌：實驗 及 認知

Korean Journal of Experimental and Cognitive Psychology

1991, Vol 3, 24-33

Depth Representation for Bilaterally Processed Binocular Stimulus

Ki-Taek Kam and Chan-Sup Chung

Yonsei University

The objective of this study was to investigate the depth representation for a bilaterally processed binocular stimulus. In the first experiment, the magnitude of perceived depth was measured to see whether the stereoscopic depth would vary systematically as a function of the sign and magnitude of binocular disparity. In the second experiment, the stereoscopic depth of a bilaterally processed stimulus was compared with that of a unilaterally processed stimulus to test the effect of fusion on the resolution of depth. Results show that perceived depth of a bilaterally processed stimulus change as a monotonic function of its binocular disparity although it produce double images. When a monocular stimulus was unilaterally presented, the subject perceived it as being farther than referential fixation point regardless of the target position relative to the fixation point, and the perceived depth of the target was maximum when it was located near the fixation point. In conclusion, the result implies that our visual system must have a certain nonfusional stereopsis mechanism which can correctly represent the depth of a bilaterally processed object in 3-dimensional space.