

## 비순응 영역으로의 운동 잔여효과의 번짐에 미치는 삼차원 깊이 불연속의 효과

감 기택<sup>†</sup>

강원대학교 심리학과

운동자극에 오랫동안 노출된 이후 해당 자극이 제시된 망막상의 영역에 제시된 정지 자극은 운동 자극의 방향과는 반대방향으로 움직이는 것으로 지각되는 운동 잔여효과(motion aftereffect: MAE)가 발생한다. 본 연구에서는 운동순응에 의해 발생된 운동 잔여효과가 인접 비순응 영역에까지 번져나가는 현상이 양안 시차에 의해 깊이가 다른 표면에서도 발생하는지를 살펴보았다. 동심원의 고리부분에만 운동순응을 시킨 후, 실험 1에서는 양안 시차에 의한 경사 표면을 중앙 비순응 영역에 제시했고 실험 2에서는 양안시차에 의해 깊이가 다른 정면평행 표면(fronto parallel plane)을 중앙 비순응 영역에 제시하였다. 경사 표면인 경우 주변 순응영역과 깊이가 동일한 비경사조건에서의 MAE지속시간과 유사한 반면, 깊이가 다른 정면 평행 표면에서는 동일 깊이 조건보다 MAE 지속시간은 줄어들었지만 완전히 사라지지 않는 않았다. 이러한 결과는 MAE의 번짐 현상이 깊이 불연속 정보에 의해 영향 받는다는 것을 보여줄 뿐만 아니라 양안정보가 합치된 이후에도 발생할 수 있음을 시사한다.

주제어 : 운동 잔여 효과, 깊이 불연속, 번짐 현상

---

\* 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-332-H00008). 저자는 자료 수집과 정리에 도움을 준 전현민에게 감사를 표한다.

<sup>†</sup> 교신저자: 감기택, 강원대학교 심리학과

E-mail:kham@kangwon.ac.kr

우리가 지각하는 세계는 망막에 입력되어 처리되는 영상정보와 정확히 일치하지 않는 경우가 매우 많다. 그 대표적인 예로, 망막에서 광수용기가 없는 맹점이나 병적 암점(scotomas)에 제시된 시각정보는 후속적인 처리가 가능하지 않지만 우리는 최종적으로 아무런 시각 정보가 없는 빈 공간으로 지각하는 것이 아니라 맹점이나 암점 주위에 제시된 시각적 속성들로 채워진 것으로 지각한다[1,2]. 소위 속성정보의 번짐 혹은 채워넣기 과정(filling-in process)이라 불리는 이 현상은 단지 수용기가 없는 영역에 투사된 영상의 처리에서 발생하는 현상을 넘어 일반적인 시지각 과정의 다양한 시각 속성의 처리에서도 관찰할 수 있다. 예를 들어, 밝기[3,4,5], 색상[6], 표면결[7], 그리고 양안 시차(binocular disparity)에 의한 깊이정보[8] 등의 처리에서도 주변에 제시된 속성정보들이 인접영역에 영향을 미치며, 이 과정은 일반적인 시각정보의 처리에서 발생하는 표면 형성과정의 일부분으로 고려되고 있다[9].

지각 속성의 채워넣기 과정에서 흥미로운 점은 윤곽선이 중요한 역할을 한다는 점이다. 예를 들어, 색상이나 밝기가 단일한 표면의 경우 해당 표면의 지각된 색상이나 밝기는 표면 내부의 물리적 특성이 아니라 표면의 윤곽선 부근에 있는 지각 속성에 의해서 결정된다[10, 11, 12]. 이러한 정신물리학적 결과들은 단일 색상의 표면이 제시되면 표면 내부를 수용장으로 하는 신경 세포들보다 윤곽선 부근을 수용장으로 하는 신경세포들의 활성화 수준이 높게 나타난다는 신경 생리학적인 결과[13, 14] 들에 의해서도 지지받는다. 또한 한 표면 속성이 인접 영역으로 채워지는 과정에서 밝기에 의한 뚜렷한 윤곽선이 있는 경우 채워넣기 과정은 윤곽선이 있는 위치에 한정된다[5, 15].

여러 시각 속성의 채워넣기 과정에 대한 연구들은 대부분 정지된 영상에서 색상이나 밝기와 같은 시각속성을 대상으로 한 것들이었지만, 최근의 한 연구[16]는 운동 잔여효과(motion aftereffect: MAE)를 이용하여 운동 자극이 제시된 순응영역에서 발생한 MAE가 운동 자극이 제시되지 않은 비순응 영역에까지 번져나갈 수 있음을 보고하였다. 특히, 다른 시각 속성의 번짐에서와 유사하게 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상이 반대로 제시되어 두 영역사이에 밝기정보에 의한 윤곽이 주어지는 경우 순응 영역에서 발생한 MAE가 더 이상 인접영역으로 번져나가지 않음을 보고하였다. 이는 격자무늬의 위상차에 의해 발생하는 윤곽정보에 의해서 MAE의 번짐이 더 이상 진행되지 않은 것으로 해석될 수 있다.

채워 넣기 과정에서 윤곽선 정보는 보다 복잡한 방식으로 작동할 수 있다. 예를 들어, 두 영역의 밝기 정보가 유사하여 밝기 차에 의한 윤곽선 정보는 주어지지 않지만 공간 주파수 차이에 의해 윤곽선이 발생되는 상황에서도 밝기정보의 번짐이 방해받을 수도 있으며[17], 이와 반대로 밝기에 의한 윤곽선이 주어지는 경우라도 이 윤곽선이 이웃하고 있는 두 영역과 서로 다른 표면으로 표상되는 경우 한 영역의 색상이 밝기 윤곽선을 뛰어 넘어 인접영역으로 번져나가기도 한다(예를 들어 [11,18]). 후자의 대표적인 경우로 한 표면 앞에 다른 대상에 제시된 상황을 가정할 수 있는 데, 이 상황에서 동일표면 영역은 이차원의 망막 상에서는 가리는 대상에 의해 분할되어 있지만 삼차원 표상에서는 동일한 표면으로 정확히 지각된다. 이와 같이 삼차원 표상에서 두 영역이 동일 표면으로 지각되는 경우 속성들의 번짐이 윤곽선에 의해 제약받지 않는다. 이러한 결과는 표면들의 삼차원에서의 동일 표면 여부가 속성들의 채워 넣기 과정에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

본 연구에서는 MAE의 번짐 현상이 밝기에 의한 윤곽정보에 의해 영향을 받을 수 있다는 연구[16]를 확장하여 삼차원 깊이 차에 의한 윤곽정보에 의해서도 영향을 받을 수 있는 지를 확인하고자 실시하였다. 양안시차를 이용하면 이차원 영상에서의 최소한의 위치 변화만으로 표면 깊이를 쉽게 조작할 수 있기 때문에 본 연구에서는 양안시차를 이용하여 표면의 삼차원 깊이를 조작하였다. 특히 양안시차는 양안의 정보가 수렴되어야 발생될 수 있는 정보이므로 본 연구의 결과는 시각 정보처리 과정에서 양안 정보가 수렴되거나 그 이후에 발생하는 윤곽정보에 의해서도 영향을 받을 수 있는 지를 확인할 수 있다.

### 예비 실험: 격자무늬의 위상차에 따른 운동 잔여효과의 강도

본 연구에서는 그림 1에 제시되어 있는 것과 같이 이전 연구[16]에 사용된 단안 자극을 기본 자극으로 삼았으며, 실험 1, 2에서 중앙 영역에 제시된 격자무늬의 입체 깊이는 양안시차를 이용하여 제공되어졌다. 실험 1과 2의 모든 자극은 입체 그림쌍(stereogram pair)으로 제시되었고 중앙 영역에 제시된 격자의 양안시차를 변화시키기 위해 해당 격자의 수평위치를 변화시켰다. 이를 위해 두 영역사이에는 공

간적 거리가 필요한데, 다행스럽게도 두 영역 사이에 공간적 거리가 좁은 경우에는 주변 영역에서 발생된 MAE가 중앙 영역에까지 번져나가는 MAE 번짐 현상이 여전히 발생된다[16]. 따라서 본 연구에 사용되는 기본 자극은 중앙 영역과 주변 영역사이의 공간적 간격이 시각(visual angle)으로 8분(arc min)인 자극을 사용하였다. 이 공간적 간격에서 양안시차를 부여하는 경우 한 가지 고려해야 하는 점은 중앙 영역에 제시된 자극의 수평 위치를 옮길 때 두 영역에 제시된 격자무늬들의 위상에서 약간의 오정렬이 발생된다는 것이다. 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상이 동일할 때 발생하는 MAE의 번짐 현상이 반대(180도 위상차)인 상황에서는 더 이상 발생하지 않음을 보고한 연구 결과[16]을 고려할 때, MAE의 번짐 현상이 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상차에 얼마나 민감한지가 먼저 고려될 필요가 있다. 만약 MAE 번짐 현상이 두 영역사이에 제시된 격자무늬의 아주 작은 위상차에도 민감하다면 양안시차를 조작하는 과정에서 발생하는 두 영역들의 위상차에 의해서 MAE의 번짐 현상이 영향을 받을 수 있다. 이 경우 중앙영역에서 MAE 번짐 현상이 약화되는 경우에도 그 원인이 두 영역 사이의 입체시 깊이의 불연속에 의한 것인지 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상차에 의한 것인지를 구별하기 어렵다.

따라서 본 예비 실험의 목적은 실험 1과 2에서 사용될 입체그림 자극에서 양안시차에 의한 입체 깊이를 조작하는 과정에서 발생될 수 있는 작은 위상차가 MAE 번짐 현상에 영향을 줄 수 있는지를 확인하는 것이었다.

## 방 법

### 관찰자

실험의 목적을 알지 못하는 13명의 학부생이 실험에 참가하였으며, 참가자 모두 나안이나 교정시력으로 0.8 이상의 시력을 갖고 있었고 무선점 입체 그림(random dot stereogram)으로부터 입체 표면을 지각하는데 이상이 없었다. 본 연구의 궁극적 목적은 실험 1, 2를 통해 MAE의 번짐 현상이 깊이가 다른 표면에서도 여전히 발생되는지, 감소되는지를 확인하는 것이었다. 따라서 실험 1, 2에서는 MAE의 번짐

현상을 관찰할 수 있는 피험자가 필요하므로 이 조건을 만족시키는 관찰자들을 선정할 필요가 있다. 두 영역의 위상이 정확히 동일한 조건(위상차 0조건)에서도 MAE의 번짐 현상을 지각하지 못하는 관찰자들의 자료는 예비실험의 자료의 분석에서 제외시켰으며 이후 실험에도 참가하지 않았다. 이 기준에 의해서 3명의 관찰자의 자료가 분석에서 제외되었다.

### 자극과 장치

관찰자들은 암실에서 턱받이에 턱을 고정시킨 채 두 눈으로 화면을 바라보았다. 자극은 PC에서 Psychophysical Toolbox([19], [20])를 이용하여 생성되었으며 1920 x 1200의 해상도를 갖는 30인치 Apple 모니터(모델명 A1083)에 제시되었다. 관찰자들은 115cm 거리에서 자극을 관찰하였으며 해당 거리에서 1 픽셀은 시각으로 약 1분에 해당되었다. 그림 1에서 보는 바와 같이 운동순응 자극과 MAE를 측정하기 위한 검사자극 각각은 중앙 원판 영역(이후 ‘중앙’으로 표시)과 주변 고리 영역(이후 ‘주변’으로 표시)으로 구분되었다. 운동순응 자극에서 실제 운동자극은 주변 영

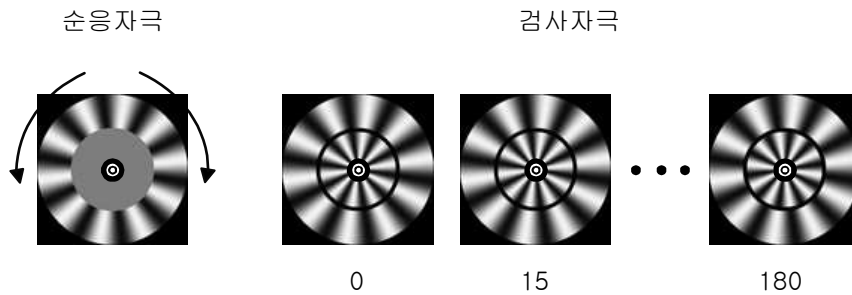


그림 1. 예비 실험에 사용된 자극의 예. 왼쪽에 제시되어있는 순응 자극에서 고리모양의 원도우 측 주변 영역에서만 방사상 격자무늬가 제시되었으며 이 패턴이 운동순응기간동안 시계 혹은 반시계 방향으로 회전하였다. 중앙 영역은 주변 격자무늬의 평균밝기를 가진 회색의 균질한 표면이 제시되었다. 오른쪽에 제시된 세 검사자극은 위상차에 따라 각기 다른 조건들에서 사용된 자극 예를 보여주고 있다. 세 조건 각각에서 주변과 중앙 영역 모두에 방사상 격자가 제시되었으며, 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상 차이에 따라 동일 위상 조건인 0조건, 180도에 이르기까지 모두 5개의 위상차 조건이 자극으로 사용되었다.

역에만 제시되었으며 중앙 영역은 격자무늬의 평균밝기를 가진 균질한 회색 표면이 제시되었다. 검사자극에서 중앙영역과 주변영역사이에는 시각으로 8분의 공간적 간격이 주어졌다. 중앙과 주변의 반지름은 시각으로 각각 3.2도와 4.6도였으며, 밝기 변화(luminance modulation)에 의해 만들어진 10 cycle의 방사상 격자무늬가 순응 자극으로 사용되었고 격자의 대비는 80%였다. 순응 기간 동안 방사상 격자무늬는 고리모양의 주변영역에서 초당 3 주기의 속도로 시계방향이나 반시계 방향으로 20초 동안 회전하였다. 순응 기간 동안 작은 황소 눈(bull's eye) 모양의 응시점이 항상 순응 자극의 중앙에 제시되었으며 관찰자들은 항상 이 점을 응시하도록 지시 받았다. MAE의 지속시간을 측정하기 위한 검사자극에서는 중앙영역과 주변영역 모두에서 격자무늬가 정지된 상태로 제시되었다. 검사자극의 주변 영역에는 순응 자극과 동일한 주기를 가진 방사상 격자무늬가 제시되었으며, 두 영역에 제시된 격자무늬들의 위상차 조건(0도, 15도, 45도, 90도, 180도)에 따라 중앙 영역에는 주변과 동일한 주기를 가진 격자무늬가 해당 위상차 조건에 따라 각기 다른 위상으로 제시되었다. 검사자극에도 순응자극의 응시점과 동일한 응시점이 항상 중앙에 제시되었다. 예비실험에서는 양안시차가 조작된 조건은 없었지만, 입체 그림(stereogram)으로 자극을 제시한 실험 1, 2와의 일관성을 유지하기 위해 예비실험의 모든 자극들도 입체 그림으로 제시되었다. 예비 실험에서는 양안 시차가 조작되지 않았기 때문에 입체 그림의 좌측과 우측에는 동일한 자극이 제시되었다.

#### 절차

실험 전 관찰자들은 자극, 절차, 그리고 과제에 대한 지시를 들었다. 각 시행에서 관찰자들은 응시점에 눈을 고정한 채 키보드를 눌러 운동순응 자극이 회전하도록 하였다. 순응 자극은 20초 동안 시계방향이나 반시계 방향 중 무선적으로 선정된 특정 방향으로 회전한 후에 사라졌으며, 관찰자들은 순응 자극이 제시된 주변 영역이나 순응 자극이 제시되지 않은 중앙 영역 둘 중 MAE를 관찰해야 하는 영역이 어디인지에 대한 언어적 단서(중앙 혹은 주변)를 헤드폰을 통해 들었다. 순응 자극이 사라지고 난 500ms 후에 정지 상태의 검사자극이 제시되었다. 중앙영역에서 발생하는 MAE는 주변영역에서 발생하는 MAE와 각속도는 유사할 것을 예상할

수 있지만 실제 지각된 MAE의 속도는 주변영역이 빠를 것을 예상할 수 있다. 지각된 MAE의 속도차이에 의한 영향을 최소화하기위해 관찰자들은 해당 영역에서 발생하는 MAE의 속도는 무시하고 MAE가 지각 되는 지에 대해서만 반응하도록 지시받았다. 또한 반응이 끝날 때까지 항상 응시점에 눈을 고정시키도록 지시를 받았다. 관찰자들의 과제는 해당 영역(주변 혹은 중앙)에서 운동감이 지각되는지를 확인한 후 좌/우로 지정된 버튼 중 운동 방향에 해당되는 키보드 버튼을 누른 채 기다리다가 MAE가 사라지면 버튼에서 손을 떼는 것이었다. 각 시행에서 MAE의 지속시간은 컴퓨터에 기록, 저장되었으며, 운동순응의 누적효과를 감소시키기 위해 관찰자들의 반응이 끝난 후 모니터는 30초 동안 검은 색으로 유지되었다. 이 시간이 지난 후 응시점이 깜박임으로써 다음 시행이 준비되었다는 것을 관찰자들에게 알려주었다. 5개의 위상차 조건(0, 15, 45, 90, 180도 위상차 조건들), 검사 영역(2: 중앙 대 주변영역)이 조합되어 열 개의 실험 조건이 만들어졌으며, 각 조건은 2번 반복되어 20번의 시행이 하루에 실시되었다. 20번의 시행을 각기 다른 날에 반복하여 각 조건 당 4회씩 총 40회의 시행이 실시되었다.

## 결과 및 논의

위상차가 없는 0도 위상차 조건에서도 MAE 번짐 현상을 보고하지 못한 3명의 자료를 제외한 10명 관찰자의 자료들의 평균이 그림 2에 각 조건별로 제시되어 있다. MAE의 검사 영역과 두 영역의 위상차를 두 변인으로 하여 MAE의 지속시간을 반복측정 방안으로 변량 분석을 하였다. 전반적으로 운동순응 자극이 제시된 주변 영역에서 지각된 MAE의 지속시간은 약 8.0초로 운동순응 자극이 제시되지 않은 중앙영역에서 지각된 MAE의 지속시간 3.7초보다 긴 것으로 나타났다( $F(1,9)=24.59$ ,  $p < .01$ ). 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상차가 커질수록 MAE의 지속시간은 짧아지는 것으로 나타났으며( $F(4,36)=7.13$ ,  $p < .001$ ), 검사 영역과 위상차의 상호 작용 효과도 유의한 것으로 나타났으며( $F(4,36)=15.90$ ,  $p < .001$ ). 두 변인 간 상호작용이 유의한 것으로 나타난 것은 순응영역인 주변영역에서 측정된 MAE의 지속시간은 격자무늬의 위상차에 따른 유의한 차이가 발견되지 않았지만( $F(4,36)=.64$ ,  $p$

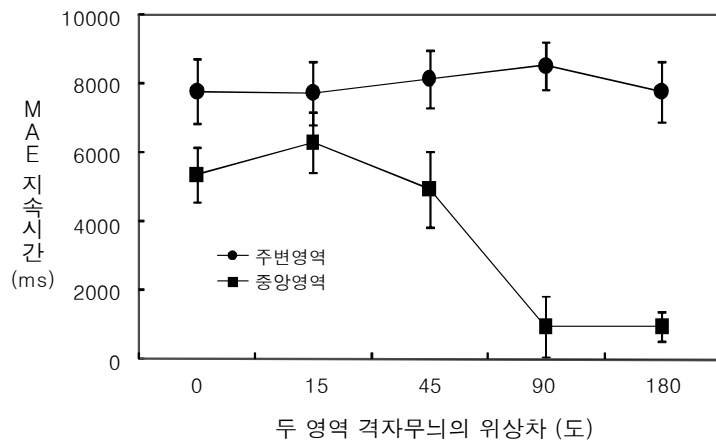


그림 2. 격자무늬의 위상차에 따라 주변영역과 중앙 영역에서의 MAE 지속시간.

>.05), 비순응 영역인 중앙영역에서 측정된 MAE의 지속시간은 위상차조건에 따라 통계적으로 유의한 차이( $F(4,36)=14.30$   $p <.001$ )가 발생했기 때문이다. 본 예비 실험의 원래 목적인 비순응 영역에서의 MAE 지속시간 즉 MAE 번짐 현상이 각 위상차 조건들 간에 차이가 있는지를 확인하기 위해 사후 검증한 결과 0도, 15도, 45도 조건에서의 MAE 지속시간은 각각 5.4초, 6.3초, 4.9초로 유의한 차이를 보이지 않았지만 이들 조건들은 90도와 180도 위상조건에서 얻어진 MAE 지속시간 1.0초들보다는 모두 긴 것으로 나타났다. 위상차가 없는 0도 조건에서 위상차 45도에 이르기까지 중앙영역의 MAE 지속시간에서 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 실험 1, 2에서 양안시차를 부여하기 위해 중앙영역의 위치를 변경시켜서 발생하는 작은 위상차에 의해 중앙영역의 MAE 지속시간이 통계적으로 유의한 결과가 산출될 것을 가정하기 어렵다. 따라서 양안시차의 조작에서 발견되는 MAE 지속시간의 변화는 위상차의 효과보다는 양안시차에 의한 효과로 해석하는 것이 타당하다. 두 영역의 위상차가 커지면 중앙영역의 MAE는 1초정도 잠깐 발생했다가 사라진 것으로 나타났다. 이러한 결과는 두 영역 사이에 밝기 차에 의한 윤곽정보가 주어지면 MAE 번짐현상이 약화됨을 보여주는 것으로 MAE의 번짐 현상도 밝기에 의한 윤곽정보에 영향을 받고 있음을 보여준다.

결론적으로 예비실험을 통해 주변영역과 중앙영역의 공간적 간격이 시각으로 8



본인 경우에 MAE의 번짐 현상이 발생할 수 있음을 확인하였고 두 영역에 제시된 격자무늬의 위상차가 45도 이하와 같이 작은 위상차는 MAE의 번짐 현상이 발생하는 데 영향이 없다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 이후 실험 1과 2에서 양안 시차를 제공하기 위해 중앙 영역의 위치를 약간 변화시킴으로써 발생할 수 있는 작은 위상 차이에도 불구하고 MAE의 번짐 현상이 발생할 수 있을 것을 예상할 수 있기 때문에 예비 실험에서 사용된 자극들 중 위상차 0인 자극이 이후 실험 1, 2의 기본 자극으로 사용되는데 큰 문제가 없음을 확인하였다.

### 실험 1. 양안시차에 의한 경사표면이 MAE의 번짐 현상에 미치는 효과

밝기 불연속은 동심원적 수용장을 가지는 망막의 신경절 세포 수준에서도 추출될 수 있는 기본적인 윤곽 정보이지만, 대상들 간의 삼차원적 윤곽은 이차원 영상으로부터 실제 공간 정보에 해당되는 삼차원 공간을 표상하는 과정에서 발생된다. 삼차원 윤곽들 중 대표적인 것이 양안 시차에 의한 깊이 차이, 즉 깊이 불연속 정보로 이는 삼차원 표면을 재구성하는데 매우 중요한 역할을 한다[21]. 특히 양안시차에 의한 깊이 불연속 정보는 단안 정보만 처리되는 수준에서는 추출될 수 없으며 양안 정보가 결합된 이후 단계에서 추출될 수 있는 정보이다. 따라서 양안시차에 의한 깊이 윤곽 정보의 영향력을 살펴보는 것은 해당 현상이 시각 정보처리과정의 위계의 어느 수준에서 발생하는 지를 살펴볼 수 있는 강력한 도구가 될 수 있다[22].

양안시차를 이용하여 표면 깊이를 조작한다면 이차원 영상에서의 최소한의 변화로도 표면 깊이를 쉽게 조작할 수 있다. 만약 양안시차에 의한 깊이 차이에 의해 MAE의 번짐 현상이 변화된다면 양안 정보가 수렴된 후에도 이 현상이 영향받을 수 있음을 확인할 수 있을 것이다. 실험 1과 2에서 주변 영역은 항상 중앙정면 평면위에 있는 것으로 고정한 채, 중앙 영역에 제시된 표면 깊이를 변화시켰다. 실험 1에서는 중앙 영역의 표면이 좌, 우측으로 기울어져(slanted) 있는 상황에서의 MAE의 번짐 현상을, 실험 2에서는 중앙 영역의 표면이 정면에 있지만 주변 영역과 다른 깊이에 있는 상황에서의 MAE 번짐 현상을 살펴보았다.

## 방 법

### 관찰자

예비실험에 참가한 관찰자 중 MAE 번짐 현상을 보고하지 않은 3명을 제외한 관찰자들이 실험 1에 참가하였다.

### 자극과 장치

기본적인 실험 장치는 이전 실험과 동일하였으며, 운동순응에 사용된 자극 또한 동일하였다. MAE를 측정하는 검사자극의 주변 영역의 크기나 격자무늬도 이전 실험

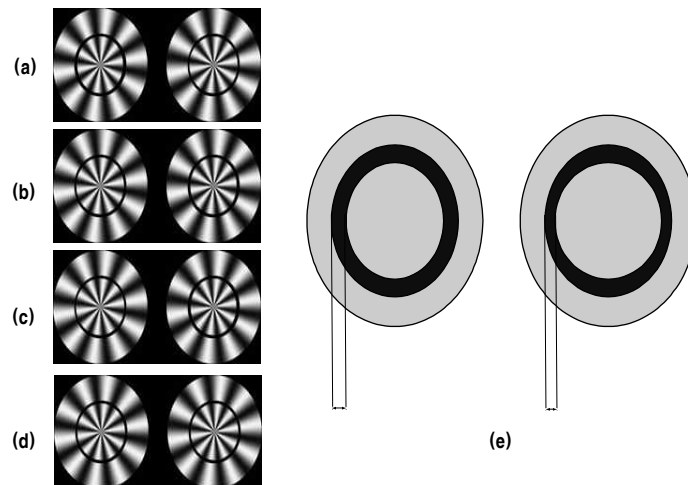


그림 3. 실험 1에 제시된 입체 그림쌍이 (a)에서 (d)까지 제시되어 있다. 입체경으로 보았을 때 (a)는 중앙영역의 우측이 먼 경사 표면 조건, (b)는 주변영역과 동일 깊이에 있는 무경사 조건, (c)는 중앙영역의 좌측이 먼 경사 표면 조건을, (d)는 통제조건을 나타내고 있다. (e)는 우측면이 먼 것으로 지각되는 경사 표면의 입체 그림쌍을 도식적으로 나타내고 있다. 바깥쪽 회색 고리 영역은 주변영역을 안쪽 회색 원판은 중앙 영역을 각각 나타내며 두 영역사이의 검은색 고리는 공간적 간격을 나타내고 있다. 좌측 입체 그림에서 두 영역사이의 간격은 넓지만 우측 입체 그림에서 두 영역사이의 간격은 좁은 것을 확인할 수 있다(상세 설명은 실험 1의 자극부분을 볼 것).

험과 동일하였으며 주변 영역과 중앙 영역의 격자무늬의 위상차는 항상 0으로 고정되어 있었다. 검사자극의 중앙영역은 실험 조건에 따라 경사 표면 혹은 무경사 표면으로 조작된 점에서 차이가 있었다. 중앙 영역의 좌측이 주변영역보다 가까우며 우측은 먼 경사 표면은 그림 3의 (e)에서 보는 바와 같이 조작되었다. 좌, 우 입체 그림에서 주변영역의 위치나 크기는 동일하였지만, 중앙 영역의 경우 좌측에 제시된 입체 그림에서는 동심원으로 제시된 반면 우측에 제시된 입체 그림에서는 타원으로 제시하였다. 이때 우측 입체 그림의 타원 영역은 좌측 입체 그림의 원 영역과 비교해볼 때 수직 직경의 길이는 변화되지 않았지만 수평 직경은 좌, 우측 4분씩 길게 제시하였다<sup>1)</sup>. 이와 반대로 우측면이 가까우며 좌측면이 먼 경사표면은 그림 3의 (e)에 제시된 입체 그림의 좌, 우 영상을 뒤바꿔서 만들었다. 두 경사 표면 조건이외에 무경사 조건에 사용된 자극은 좌 우 입체 그림의 중앙영역이 모두 원으로 제시되어 경사도 없이 주변영역과 동일 깊이에 있는 조건을 포함시켰으며, 이 조건의 자극은 예비 실험에서 위상차 0인 조건의 자극과 정확히 동일하였다. 이들 조건이외에 통제 조건으로 좌 우 입체 그림의 중앙 영역이 모두 타원인 조건을 포함시켜 모두 네 개의 실험 조건이 만들어졌다.

#### 절차

실험1의 전반적인 절차는 예비 실험의 절차와 동일하였다. 운동순응 자극이 20 초 동안 제시되고 사라진 후, 곧바로 보고해야 할 영역에 대한 언어적 단서(중앙 혹은 주변)가 헤드폰으로 주어졌다. 운동순응 자극이 사라지고 난 500ms 이후에

---

1) 주변영역과 중앙영역 사이의 공간적 간격 내에서 양안 시차를 이용하여 경사 표면을 조작하는 데에는 여러 제약들이 있었다. MAE의 번짐 현상은 두 영역 사이의 공간적 간격이 너무 넓어지면 약해지기 때문에 공간적 간격은 제한되었다. 이 제한된 공간적 내에서 부과할 수 있는 양안시차의 크기도 제한될 수밖에 없어 경사 표면의 경사도도 크게 만들기 어려웠다. 큰 양안 시차를 부과할 수 있다하더라도 인접 영역에 제시되어 있는 다른 자극과 양안 시차의 차이 즉 양안시차 기울기(disparity gradient)가 너무 급격하면 이중상으로 보일 수 있어([23]) 안정적인 삼차원 표면을 만들기가 어렵다. 이러한 이유들 때문에 본 연구에서는 중앙 영역의 좌우측면의 양안시차를 교차 혹은 비교차 시차 4분으로 고정하였다.

검사자극이 제시되었다. 검사자극으로 4개의 검사자극 조건들 중 무선적으로 선정된 자극이 제시되었고 언어 단서로 주어진 영역에서 MAE가 지속되는 한 해당 키보드를 누르고 있도록 하였다. 한 시행이 끝난 후 30초 동안의 휴식이 예비 실험에서와 같이 주어졌다.

경사 표면 조건(4: 우측경사, 무경사, 좌측경사, 통제조건), 검사 영역(2: 중앙 대 주변영역)이 조합되어 여덟 개의 실험 조건이 만들어졌으며, 각 조건은 3번 반복되어 24번의 시행이 하루에 실시되었다. 24번의 시행 각각을 2일에 걸쳐 반복하여 각 조건 당 6회씩 총 48회의 시행이 실시되었다.

### 결과 및 논의

실험에 참가한 10명 관찰자로부터 얻어진 자료들의 평균이 각 표면경사 조건별로 그림 4에 제시되어 있다. 각 개인의 자료는 각 조건 당 6번의 시행에서 얻어진

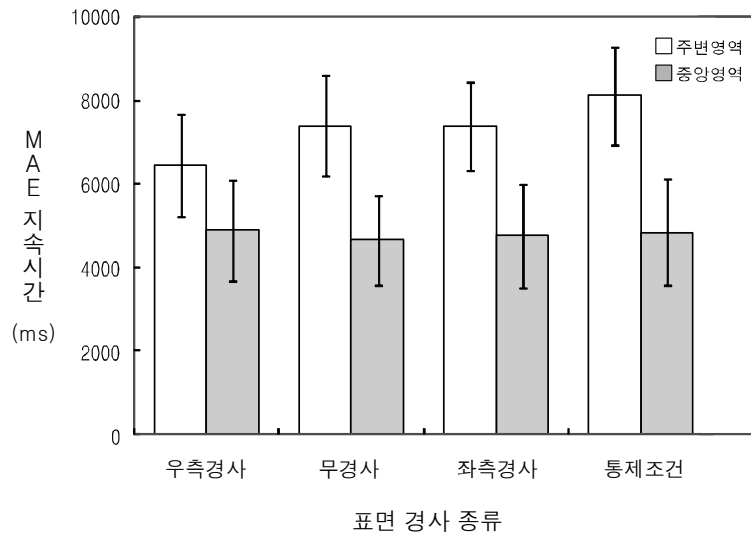


그림 4. 중앙 영역에 제시된 표면의 경사 조건에 따른 주변영역과 중앙영역에서의 MAE 지속시간

MAE의 지속시간의 평균을 통해 얻어졌다. MAE의 검사 영역과 중앙 영역의 표면 경사 조건을 두 변인으로 하여 MAE의 지속시간을 반복측정 방안으로 변량 분석을 하였다. 전반적으로 운동순응 자극이 제시된 주변 영역에서 지각된 MAE의 지속시간은 약 7.3초로 운동순응 자극이 제시되지 않은 중앙영역에서 지각된 MAE의 지속시간 4.8초보다 긴 것으로 나타났다( $F(1,9)=21.19, p < .01$ ). 그러나 중앙영역의 표면경사 조건의 효과는 통계적으로 유의하지 않았고, 검사영역과 표면경사 조건들 간의 상호작용 또한 통계적으로 유의하지 않았다.

실험 1의 무경사 조건에 제시된 자극에서 중앙 영역은 주변 영역과 동일한 깊이의 동일평면에 제시된 자극으로 예비 실험에서 위상차가 0인 자극과 동일하였다. 예비실험과 실험1에의 동일한 자극상황에서 얻어진 자료를 상관표본  $t$ -검증을 한 결과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중앙 영역에서 발생하는 MAE의 번짐 현상이 안정적임을 나타낸다. 입체 그림의 좌, 우측 자극의 중앙영역을 모두 타원으로 제시한 통제조건의 결과도 무경사 조건과 차이가 없는 것으로 나타나, 중앙영역을 타원으로 만드는 것에 의해 두 영역사이의 공간적 거리가 짧아진 것이 MAE의 번짐 현상에는 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다.

실험 1의 주된 목적인 두 경사 조건(좌경사, 우경사)의 MAE 지속시간이 무경사 조건의 MAE 지속시간과 차이가 있는 지를 확인하기 위해 중앙영역에서 지각된 MAE의 지속시간을 표면경사 조건에 대해 반복측정방안 변량분석을 실시한 결과 표면경사 조건에 따른 MAE지속시간은 차이가 없는 것으로 나타났다( $F(3,27)=0.04, p > .05$ ). 즉 중앙영역에서 좌 혹은 우측으로 경사진 표면에서 발생된 MAE의 번짐 현상은 주변과 동일한 평면에 제시된 무경사 조건에서 발생된 MAE의 번짐 현상과 유사한 것으로 나타났다. 그러나 본 실험의 결과로부터 깊이 불연속정보는 MAE의 번짐 현상을 차단하는데 영향을 주지 못하는 것으로 해석하는 것은 이르다. 예를 들면 첫째, 각주 1에서 기술한 것과 같이 본 실험에 사용된 자극 조건하에서 보다 큰 경사도를 가진 조건을 포함시키기 어려웠기 때문에 본 연구에 사용된 표면경사 정도가 충분하지 않았을 가능성이 있다. 둘째 좌 혹은 우측으로 기울어져있는 표면을 만들기 위해 중앙타원영역의 장폭 직경의 양 끝(즉 좌 우 윤곽선)은 주변 영역과 다른 깊이를 갖고 있었지만 단폭 직경의 양 끝(즉, 위와 아래 윤곽선)은 주변 영역과 동일한 깊이를 갖고 있었다. 따라서 이 자극을 입체경을 통해서 바라보면

좌우 영역은 주변자극과 다른 깊이를 가지고 있었지만 위와 아래 영역은 주변 영역과 동일한 깊이를 가지고 있었다. 따라서 MAE의 번짐 현상이 주변자극과 깊이가 동일한 위와 아래 윤곽선을 통해 진행되었을 가능성도 있다. 실험 2는 두 번째 문제점을 해결하기 위해 중앙 영역의 모든 윤곽선의 깊이가 주변 영역과 다른 정면표면에 놓여있는 자극을 이용하여 실험을 실시하였다.

## 실험 2. 양안시차에 의한 정면 표면이 MAE 번짐에 미치는 영향

### 방 법

#### 관찰자

실험 1에 참가한 관찰자가 실험 2에도 참가하였다.

#### 자극과 장치

실험 2의 기본적인 실험 장치나 운동순응 자극도 이전 실험들과 동일하였다. MAE를 측정하기 위한 검사자극의 중앙 영역은 항상 정면 평행 표면에 위치해 있었고, 중앙 표면의 입체시 깊이는 실험 조건에 따라 교차시차 조건, 비교차시차 조건, 0 시차 조건으로 구별되었다. 비교차시차 조건에서는 그림 5의 (e)에서 보듯이 좌측 입체 그림의 중앙 영역을 동심원의 위치로부터 좌측으로 4 픽셀 이동하였고 우측 입체 그림의 중앙 영역을 동심원의 위치로부터 우측으로 4 픽셀 이동하여 좌우 입체그림에서 중앙 영역의 위치는 동심원적 위치로부터 서로 반대 방향으로 이동시켰다. 이 자극을 입체경으로 보았을 때 중앙 영역이 주변 영역보다 멀리 있는 것으로 지각되었다. 이에 해당되는 실제 자극이 그림 5의 (a)에 제시되어 있다. 이와 반대로 교차시차 조건에서는 비교차시차 조건의 입체 그림의 좌 우측을 서로 바꿔 구현하였으며 입체경으로 볼 때 주변 영역보다 가까이 있는 것으로 지각되었다(그림 5의 c). 0시차 조건의 자극은 그림 5의 (b)에 제시되어 있는 것처럼 동심원

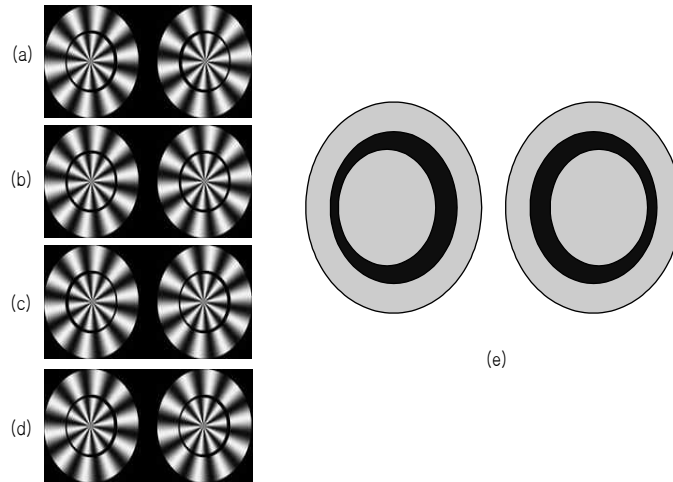


그림 5. 실험 2에 제시된 입체 그림쌍이 (a)에서 (d)까지 제시되어 있다. 입체경으로 보았을 때 (a)는 중앙영역이 멀리 지각되는 비교차시차 조건을, (b)는 주변영역과 깊이가 동일한 0 시차 조건, (c)는 중앙영역이 가까이 지각되는 교차시차 조건, (d)는 통제조건을 각각 나타내고 있다. (e)는 비교차시차 조건의 입체 그림쌍을 도식적으로 나타내고 있다. 바깥쪽 회색 고리와 안쪽 회색 원판은 각각 주변 영역과 중앙 영역을 나타낸다. 입체 그림의 좌 우 자극 모두에서 중앙 영역은 원으로 제시되었으며 양안 시차를 제공하기 위해 좌 혹은 우측으로 평행이동만 하였다(상세 설명은 자극부분을 볼 것).

에서 위치변화가 전혀 주어지지 않았다. 실험 1에서와 마찬가지로 중앙 영역이 한 쪽으로 이동되어 제시되었을 때의 효과를 알아보기 위해 좌,우 입체그림의 중앙영역을 모두 한쪽방향으로 동일한 거리만큼 옮겨 양안 시차는 0인 조건을 통제조건으로 포함시켰다. 그림 5의 (d)에 제시되어 있는 것과 같이 이 조건에서는 교차조건(혹은 비교차시차 조건)의 좌측이나 우측에 제시된 입체 그림 하나를 선정하여 이 영상을 좌, 우측 입체 그림자극으로 제시하였다. 따라서 단안 자극을 볼 때 중앙영역은 동심원의 위치에서 이동되어 있었지만 양안 시차가 없기 때문에 이 자극을 입체경으로 볼 때 주변 영역과 깊이 차이는 지각되지 않았다.

## 절차

실험 2의 전반적인 절차는 이전 실험들과 동일하였다. 이전 실험에 제시되었던 자극과 동일한 자극이 운동순응 자극으로 20초 동안 제시되고 사라진 후, 곧바로 보고해야 할 영역에 대한 언어적 단서(중앙 혹은 주변)가 헤드폰으로 주어졌다. 운동순응 자극이 사라지고 난 500ms 이후에 검사자극이 제시되었다. 검사자극으로 4개의 검사자극 조건들 중 무선적으로 선정된 자극이 제시되었고 언어 단서로 주어진 영역에서 MAE가 지속되는 한 해당 키보드를 누르고 있도록 하였다. 한 시행이 끝난 후 30초 동안의 휴식이 예비 실험에서와 같이 주어졌다.

양안시차 조건(4: 비교차시차, 0 시차, 교차시차, 통제조건), 검사 영역(2: 중앙 대 주변영역)이 조합되어 여덟 개의 실험 조건이 만들어졌으며, 각 조건은 3번 반복되어 24번의 시행이 하루에 실시되었다. 24번의 시행 각각을 2일에 걸쳐 반복하여 각 조건 당 6회씩 총 48회의 시행이 실시되었다.

## 결과 및 논의

각 관찰자별로 여덟 개의 실험 조건 당 여섯 번씩 반복 측정된 MAE의 지속시간의 평균을 해당 조건의 원자료로 삼아 검사 영역과 중앙 표면의 입체 깊이 조건에 대해 반복측정 방안 이원 변량분석을 실시하였다. 실험 1이나 여타 다른 실험의 결과들[24, 25, 26] 에서와 유사하게 운동순응 자극이 제시된 주변 영역에서 지각된 MAE의 지속시간은 약 7.4초로 운동순응 자극이 제시되지 않은 중앙영역에서 지각된 MAE의 지속시간 4.0초보다 긴 것으로 나타나 검사영역 변인의 효과는 통계적으로 유의미했다( $F(1,9)=31.05, p < .001$ ). 중앙영역 표면의 입체깊이에 따른 주효과는 유의하지 않았지만( $F(3,27)=1.28, p > .05$ ), 검사 영역변인과 입체깊이 변인들 간의 상호작용효과는 통계적으로 유의하였다( $F(3,27)=1.28, p > .05$ ). 두 변인간 상호작용이 유의한 결과는 주변 영역에서의 MAE 지속시간은 입체깊이에 따른 차이가 없었지만( $F(3,27)=2.22, p > .05$ ), 중앙 영역에서의 MAE 지속시간은 입체깊이에 따라 차이가 나타났기 때문에( $F(3,27)=6.04, p < .01$ ) 발생한 것으로 해석할 수 있다.



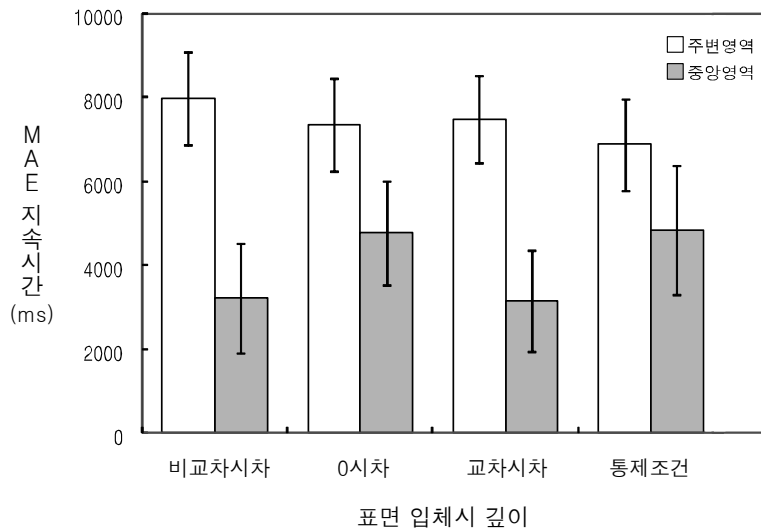


그림 6. 중앙 영역에 제시된 표면의 입체시 깊이에 따른 주변영역과 중앙영역에서의 MAE 지속시간

중앙영역에서 발생된 MAE 지속시간을 최소 유의도 검증으로 사후비교한 결과 주변영역과 깊이가 달랐던 비교차시차나 교차 시차조건에서의 MAE 지속시간(3.2초)은 주변 영역과 깊이가 동일했던 0시차 조건이나 통제조건에서의 MAE 지속시간(4.8초)보다 짧은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중앙영역과 주변영역의 깊이가 다를 경우 깊이 차에 의한 윤곽정보가 주변영역에서 발생된 MAE의 번짐 현상을 어느 정도 차단하였음을 보여준다.

중앙표면이 정면표면으로 주변과 다른 깊이에 제시되었을 때 MAE의 번짐 현상이 약화된다는 실험 2의 결과는 경사표면으로 제시된 실험 1의 결과와는 차이가 있었다. 경사표면과 정면표면이 표면이 서로 독립적으로 처리될 수 있음을 시사하는 신경생리학적 연구결과[27]가 있지만, 각 표면에 따른 깊이 윤곽의 효과가 서로 다르게 나타난 실험 1, 2의 결과가 반드시 깊이 윤곽정보가 경사표면과 정면표면에서 서로 다르게 처리됨을 시사하는 것으로 해석하기는 이르다. 오히려 정면표면에서 깊이 윤곽이 제공되는 경우에는 전 윤곽 영역에서 주변영역과 구별될 수 있었지만, 경사표면의 상하 윤곽은 주변영역과 동일한 깊이에 있었기 때문에 경사표

면에서 깊이 윤곽의 효과가 잘 나타나지 않았을 가능성을 배제할 수 없다.

입체시 깊이에 의한 윤곽이 MAE 번짐 현상을 약화시키기는 하지만 그 효과는 위상차에 의한 윤곽정보가 있는 경우보다 미약하였다. 예비실험에서 위상차가 큰 조건들(90도와 180도 위상차 조건들)에서 MAE의 지속시간은 약 1초로 나타나 위상차와 깊이 차가 없는 조건들(예비실험의 0시차, 실험 1의 무경사조건, 실험 2의 0시차 조건)의 중앙 영역에서 발생한 MAE 지속시간(5.4초에서 4.6초)으로부터 급격한 감소를 보여주었지만 실험 2에서 깊이가 다른 교차시차나 비교차 시차 조건에서의 MAE 지속시간은 3.2초로 감소 정도는 상대적으로 극심하지 않았다. 이러한 결과는 위상차에 의한 밝기 불연속의 효과보다 양안 시차에 의한 깊이 불연속의 효과가 MAE의 번짐 현상을 차단하는 데 그 효과가 미약함을 보여준다.

### 전체 논의

본 연구는 순응 영역에서 발생한 MAE가 인접영역으로 번져가는 현상이 깊이 불연속 정보에 의해 제약받는 지를 살펴보기 위해 수행되었다. 양안시차를 이용하여 순응영역과 비순응영역 사이에 경사에 의한 깊이 불연속 윤곽과 표면 전체의 깊이 차이에 의한 깊이 불연속 윤곽을 제시하였다. 경사 표면이 제시된 실험 1에서는 깊이 불연속에 의해 MAE의 번짐 현상이 약화되는 것이 발견되지 않았지만 표면 전체가 인접 영역과 다른 깊이에 제시되었던 실험 2에서는 깊이 불연속에 의해 MAE 번짐 현상이 약화되는 것이 발견되었다. 이러한 결과는 색상이나 밝기정보의 채워넣기 혹은 번짐 현상에서 밝기에 근거한 윤곽[5, 15]이나 텍스처[17]에 의한 윤곽정보가 영향을 주는 것과 유사하게 깊이에 의한 윤곽정보가 MAE의 번짐 현상에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 특히, 본 연구에서 조작된 윤곽정보가 양안시차에 의한 깊이 불연속임을 고려할 때 MAE의 번짐 현상은 양안정보가 수렴된 이후에도 윤곽정보에 의해 영향 받을 수 있음을 보여준다.

다양한 자극상황과 측정방법들을 사용한 여러 정신물리학적 연구들[24, 25, 26, 28, 29]에서 비순응 영역에서도 MAE가 발생된다는 사실이 반복적으로 보고되어 왔다. 순응 영역과 비순응 영역에서 발생한 MAE를 비교했던 기존연구들과는 달리

본 연구에서는 비순응 영역에서 발생된 MAE의 지속시간이 윤곽정보에 의해 달라지는지를 살펴본 것이다. 기존 연구들에서 비순응 영역의 MAE에 대한 주된 설명들 중의 하나는 큰 수용장을 갖는 운동 탐지기에 의해 발생하는 것으로 해석되어 왔다(예를 들어, [30]). 이러한 설명은 비록 비순응 영역에는 운동순응 자극이 제시되지 않았지만 순응 영역과 비순응 영역을 모두 포함하는 큰 수용장을 가진 운동 탐지기가 순응됨으로써 비순응 영역에서도 MAE가 발생된다는 것이다. 그러나 본 연구의 결과와 같이 비순응 영역에서 지각되는 MAE가 밝기나 깊이에 의한 윤곽정보에 의해 영향 받는다는 사실은 비순응 영역에서 지각되는 MAE가 큰 수용장을 갖는 운동 탐지기의 순응만으로 설명될 수 없음을 시사한다.

색상, 밝기, 그리고 텍스처와 같은 기본 시각속성들의 채워넣기 과정에 대해서는 정신물리학적 연구뿐만 아니라 신경생리학적 연구도 광범위하게 수행되었다. 현상적으로 유사함에도 불구하고 다양한 채워넣기 과정은 각기 다른 뇌 영역에서 처리되고 있음이 보고되었다. 예를 들어, 맹점에서의 채워넣기 과정은 주로 일차시각영역인 V1[31, 32]에서 발생하는 반면, Craik - O'Brien - Cornsweet의 밝기차이에 의한 채워넣기[33]나 텍스처 채워넣기[34]의 경우 V1보다는 V2에 있는 신경세포들이 흥분되는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 시각정보가 처리되는 다양한 수준에서 각기 다른 시각속성들의 채워넣기 과정이 발생됨을 시사한다.

수직격자들이 공간적 간격을 두고 동일위상으로 제시되면 두 영역이 하나로 군집화될 수 있음을 보여주는 현상적, 정신물리학적 증거들이 많다. 예를 들어 정지된 수직격자가 공간적 간격을 두고 위와 아래에서 동일위상으로 제시되면 자극이 제시되지 않은 공간적 간격영역에서도 격자가 지각된다[35, 36]. 착각적 격자가 지각되지 않는 경우에도 격자 자극들 간의 공선성(collinearity)은 군집화의 강력한 단서로 작용하여 대비 탐지를 촉진시키거나[38, 39, 40], 전역적 윤곽형성을 촉진시킨다[41, 42]. 본 실험에서 동일 위상자극의 경우 중앙영역과 주변영역의 동일위상 혹은 공선성으로 인해 군집화가 발생했을 가능성이 있으며, 이 과정에서 주변영역에서 발생된 MAE가 중앙영역으로 번져나갔을 가능성이 있다. 특히 기능적 자기공명 영상(functional magnetic resonance imaging: fMRI)을 이용한 최근의 한 연구[43]는 물리적으로 자극은 제시되지 않았지만 착각적 격자의 공간적 영역에 해당되는 V1 영역에 신경흥분이 발생됨을 보고하였는데, 위상차에 따른 MAE의 번짐 현상의 변

화는 V1과 같은 초기 영역에서 발생될 가능성을 시사한다. 양안시차에 의한 3D 형태나 표면 방위(surface orientation)는 MT, IT, V4 등과 같이 상대적으로 고차 영역에서 처리됨을 시사하는 많은 신경생리학적 보고되었지만[24, 43, 44], V2와 같이 상대적으로 초기단계에서 양안시차에 의한 윤곽정보가 추출될 수 있음을 시사하는 연구들도 있다[45, 46]. 따라서 본 연구의 결과만으로 MAE 번짐 현상에 영향을 미치는 양안시차에 의한 깊이윤곽의 효과가 발생하는 정확한 뇌영역을 추정하기는 어렵다. 이러한 질문에 대한 직접적인 대답은 본 자극에 사용된 자극을 이용한 뇌영상 연구를 포함한 신경생리학적 연구를 통해 얻을 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] Ramachandran, V. S. (1992). Filling-in the blind spot. *Nature*, 356, 115.
- [2] Walls, G. L. (1954). The filling-in process. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 31, 329-341.
- [3] Davey, M. P., Maddess, T., & Srinivasan, M.V. (1998). The spatiotemporal properties of the Craik - O'Brien - Cornsweet effect are consistent with 'filling-in', *Vision Research*, 38, 2037 - 2046.
- [4] Rossi, A. F., & M. A. Paradiso, (1996). Temporal limits of brightness induction and mechanisms of brightness perception. *Vision Research*, 36, 1391 - 1398.
- [5] Paradiso, M. & Nakayama, K. (1991). Brightness perception and filling-in. *Vision Research*, 31, 1221 - 1236.
- [6] Friedman, H. S., Zhou, H., & von der Heydt, R. (1999). Color filling-in under steady fixation: Behavioral demonstration in monkeys and humans. *Perception*, 28, 1383-1395.
- [7] DeWeerd, P., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (1998). Perceptual filling-in: a parametric study. *Vision Research*, 38, 2721 - 2734.
- [8] Nishina, S., Okada, M., & Kawato, M. (2003). Spatio-temporal dynamics of depth propagation on uniform region. *Vision Research*, 43, 2493-2503.
- [9] Kellman, P. J., Yin, C., & Shipley, T. F. A. (1998). common mechanism for illusory

and occluded object completion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Human Performance*, 24, 859 - 869.

- [10] Cornsweet, T. N. (1970). *Visual perception*. New York: Academic Press.
- [11] Kanai, R., Wu, D.-A., Verstraten, F. A. J., & Shimojo, S. (2006). Discrete color filling beyond luminance gaps along perceptual surfaces. *Journal of Vision*, 6(12), 1380-1395.
- [12] Pinna, B., Brelstaff, G., & Spillmann, L. (2001). Surface color from boundaries: A new 'watercolor' illusion. *Vision Research*, 41, 2669-2676.
- [13] Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1968). Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *The Journal Of Physiology*, 195, 215- 243.
- [14] Peng, X., & Van Essen, D. C. (2005). Peaked encoding of relative luminance in macaque areas V1 and V2. *Journal of Neurophysiology*, 93, 1620- 1632.
- [15] Watanabe, T., & Cavanagh, P. (1991). Texture and motion spreading, the aperture problem, and transparency. *Perception & Psychophysics*, 50, 459-464.
- [16] 정찬섭, 감기택 (2001). 형태 통합이 운동 잔여 효과의 번짐에 미치는 효과. **한국 뇌 학회지**, 1(2), 211-215.
- [17] Salmela, V. R., & Laurinen, P. I. (2007). Spatial frequency difference between textures interferes with brightness perception. *Vision Research*, 47, 452-459.
- [18] Pinna, B., & Grossberg, S. (2007). The watercolor illusion and neon color spreading: a unified analysis of new cases and neural mechanisms. *Journal of Optical Society of America A*, 22 (10), 2207-2221.
- [19] Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 437- 442.
- [20] Pelli, D. G. (1997). The Video Toolbox software for visual psychophysics. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- [21] Marr, D. (1982). *Vision Research*. Freeman and Company, NY.
- [22] Julesz, B. (1971). *Foundations of the Cyclopean Perception*, University of Chicago Press.
- [23] Burt, P., & Julesz, B. (1980). A disparity gradient limit for binocular fusion, *Science*, 208, 615-617.

- [24] 전지원, 남중호. (2007). 자극의 형태 속성 관계가 운동 잔여효과에 미치는 영향. *한국심리학회지: 실험*, 19(1), 1-19.
- [25] Hershenson, M. (1984). Phantom spiral aftereffect: Evidence for global mechanisms in perception. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 22(6), 535-537.
- [26] Price, N. S. C., Greenwood, J. A., & Ibbotson, M. R. (2004). Tuning properties of radial phantom motion aftereffects, *Vision Research*, 44, 1971-1979.
- [27] Nguyenkim, J. D., & DeAngelis, G. C. (2003). Disparity-Based coding of three-dimensional surface orientation by Macaque middle temporal neurons. *The Journal of Neuroscience*, 23 (18), 7117-7128.
- [28] Bonnet, C., & Pouthas, V. (1972). Interactions between spatial and kinetic dimensions in movement aftereffect. *Perception and Psychophysics*, 12, 193-200.
- [29] Weisstein, N., Maguire, W., & Berbaum, K. (1977). A phantom-motion aftereffect. *Science*, 198, 955-958.
- [30] Snowden, R. J., & Milne, A. B. (1997). Phantom motion aftereffects: evidence of detectors for the analysis of optic flow, *Current Biology*, 7(10), 717-722.
- [31] Fiorani, M., Rosa, M. G. P., Gattas, R., & Rocha-Miranda, C. E. (1992). Dynamic surrounds of receptive fields in primate striate cortex: a physiological basis for perceptual completion? *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 89, 8547-8551.
- [32] Murakami, I. (1995). Motion aftereffect after monocular adaptation to filled-in motion at the blind spot. *Vision Research*, 35, 1041-1045.
- [33] Roe, A. W., Lu, H. D., & Hung, C. P. (2005). Cortical processing of a brightness illusion. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102, 3869-3874.
- [34] DeWeerd, P., Gattass, R., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (1995). Responses of cells in monkey visual cortex during perceptual filling-in of an artificial scotoma. *Nature*, 377, 731 - 734.
- [35] Gyoba, J. (1983). Stationary phantoms: A completion effect without motion and flicker. *Vision Research*, 23, 205-211
- [36] Kitaoka A., Gyoba J., & Kawabata H. (1999). "Photopic visual phantom illusion: Its

- common and unique characteristics as a completion effect” *Perception*, 28, 825-834
- [37] Tynan P., & Sekuler R. (1975). “Moving visual phantoms: A new contour completion effect” *Science*, 188, 951- 952.
- [38] Dresch, B., & Bonnet, C. (1995). Subthreshold summation with illusory contours. *Vision Research*, 35, 1071-1078.
- [39] 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*, 14, 843-856.
- [40] Polat, U., & Sagi, D. (1994). The architecture of perceptual spatial interactions. *Vision Research*, 28, 115-132.
- [41] Field, D., Hayes, A., & Hess, R. (1993). “Contour integration by the human visual system: Evidence for a local “association field””. *Vision Research*, 33, 173-193.
- [42] Kovacs, I., & Julesz, B. (1993). A closed curve is much more than an incomplete one: Effect of closure in figure-ground segmentation *closure in figure-ground segmentation closure in fig*, 90, 7495-7497.
- [43] Meng, M., Remus, D. A., & Tong, F. (2005). Filling-in of visual phantoms in the human brain. *Nature Neuroscience*, 8, 1248 - 1254.
- [44] Hinkle, D. A., & Connor, C. E. (2002). Three-dimensional orientation tuning in macaque area V4. *Nature Neuroscience*, 5, 665-670.
- [45] Janssen, P., Vogels, R., & Orban, G. A. (1999). Macaque inferior temporal neurons are selective for disparity-defined three-dimensional shapes. *Proceedings of National Academy of Science, USA*, 96, 8217 - 8222.
- [46] von der Heydt, R., Zhou, H., & Friedman, H. S. (2000). Representation of stereoscopic edges in monkey visual cortex. *Vision Research*, 40, 1955-1967.

1 차원고접수 : 2009. 11. 11

2 차원고접수 : 2010. 2. 10

최종게재승인 : 2010. 2. 11

*(Abstract)*

## The effect of depth discontinuity on spreading of motion aftereffect to non-adapted area.

Keetaek Kham

Department of Psychology, Kangwon National University

The stationary image appears to move after we view a moving stimulus for a long time. The motion aftereffect(MAE) can spread to an adjacent region if there is no contrast discontinuity between two regions. In this study, it is investigated whether a phenomenon of MAE spreading to an adjacent non adapting area is affected by the depth discontinuity defined by binocular disparity. In the first experiment a disparity defined slanted pattern was presented in an unadapted region, and in the second experiment, a disparity defined pattern with a different depth was presented on the fronto-parallel plane. Although MAE duration in the condition with slanted pattern was not different from that in the non-slanted pattern condition, MAE durations in the pattern presented on fronto-parallel plane was vividly reduced, but not completely disappeared. These results suggest that a phenomenon of MAE spreading might be affected by depth discontinuity, and could be occurred after binocular information converges.

*Keywords : motion aftereffect, depth discontinuity, spreading*