



The effect of attention directed to the center and boundaries of a scene on boundary transformation*

Yongseong Lee¹, Su Keun Jeong^{2,3*}

¹Cognitive Science Research Group, Korea Brain Research Institute

²Department of Psychology, The Catholic University of Korea

³Department of Psychology, Chungbuk National University

Boundary extension is a memory distortion where individuals recall a scene as encompassing a broader area than was originally perceived. Recent studies have shown that boundary contraction, where a narrower area is remembered, is also a common phenomenon. Both types of boundary transformations are systematically influenced by scene properties. However, the cognitive mechanisms through which scene properties induce boundary transformations remain largely unexplored. It has been suggested that scene properties influence boundary transformations by guiding visual attention, but empirical evidence that supports this idea is limited. To address this gap, the current study investigated how scene properties and visual attention interact to influence boundary transformations by manipulating both top-down and bottom-up attention. In Experiment 1, top-down attention was directed toward either objects or backgrounds of a scene. However, no significant effects of attention on boundary transformations were observed. In contrast, Experiment 2 revealed that boundary transformations were significantly influenced by bottom-up attention. Specifically, when attention was directed toward the center of the scene, boundary extension increased, while attention directed toward the periphery increased boundary contraction. Moreover, object-related properties interacted with the direction of bottom-up attention, further modulating boundary transformations. These results suggest that scene properties influence boundary transformations by modulating visual attention. The current study extends the existing theories of boundary transformation that rely on stimulus-level explanations by uncovering the role of cognitive mechanisms.

Keywords: Scene, Boundary extension, Boundary contraction, Visual attention

1차원고접수: 25.02.11; 수정본접수: 25.07.03; 최종게재결정: 25.07.06



Copyright: © 2025 The Korean Society for Cognitive and Biological Psychology. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited and the use is non-commercial.

경계확장(boundary extension)은 시각 장면(visual scene)을 회상할 때 실제 봤던 장면의 경계 밖 영역까지 떠올리는 기억 왜곡 현상이다. 경계확장의 초기 연구에서는 참가자들에게 장면 사진을 보여준 뒤, 이를 기억에서 회상하여 그리도록 했다(Intraub & Richardson, 1989). 실험 결과, 참가

자들이 그린 그림은 일관되게 원래 사진의 경계를 넘어선 영역을 포함하고 있었다. 이러한 현상은 그림 그리기 과제(Bainbridge & Baker, 2020; Intraub & Richardson, 1989) 뿐만 아니라, 경계를 직접 조정하거나(Chapman et al., 2005; Kong & Yi, 2011; Gagnier et al., 2013) 경계 왜곡

* 본 연구는 이용성의 학위 논문을 바탕으로 작성되었음.

† 교신저자 : 정수근, 가톨릭대학교 심리학과, (14662) 경기도 부천시 원미구 지봉로 43, E-mail: skj@catholic.ac.kr

정도를 평정하는(Bainbridge & Baker, 2020; Intraub et al., 1992; Intraub & Dickinson, 2008) 과제 등 다양한 실험 패러다임에서 일관되게 나타났다(Hubbard et al., 2010).

경계확장을 설명하기 위해 다중 출처(multi-source) 가설이 제안되었다(Intraub, 2010). 이 가설에 따르면 장면을 지각할 때 장면의 경계 밖의 정보까지 포함하는 장면 스키마(scene schema)가 자동으로 활성화된다. 이러한 장면 스키마는 장면의 지각 표상과 결합된다. 장면을 보는 동안에는 실제 지각 정보와 사전 지식으로부터 활성화된 장면 관련 스키마의 출처가 구분될 수 있다. 그러나 장면을 회상할 때는 장면의 지각 표상과 스키마를 제대로 구분하지 못하는 출처 감시 오류(source-monitoring error)가 발생할 수 있다. 이에 따라 실제 봤던 장면보다 더 넓은 영역을 지각했다고 잘못 기억하는 경계확장 현상이 나타난다.

다중 출처 이론을 지지하는 연구자들은 장면 기억에서 보편적으로 경계확장이 발생하고 경계축소는 제한적이라 예측한다. Intraub와 Dickinson(2008)에서는 장면 제시 후 48ms의 차폐가 주어진 짧은 지속 시간만 지나도 기억에서 경계확장이 발생함을 확인했다. 이러한 결과는 경계확장이 장면 제시 후에 즉각적으로 발생했다는 점에서 지각 단계에서부터 자동으로 스키마가 활성화된다는 다중 출처 가설을 지지했다. 반면 경계축소는 장면을 본 후 48시간이 지나서야 확장된 장면 기억이 다시 축소되는 양상으로만 나타난다고 보고했다(Intraub et al., 1992). 신경생리학적 증거도 경계확장이 보편적으로 나타남을 보여주어 다중 출처 이론을 뒷받침했다. Park 등(2007)의 fMRI 연구에서는 같은 자극이 반복해서 제시될 때 관심 영역의 활성화 감쇠가 나타나는 경향을 활용하여 경계확장의 신경학적 표상을 확인했다. 경계확장을 확인하는재인 패러다임에서 목표 장면을 제시하고 난 후 목표 장면보다 넓은 장면이 제시되었음에도 parahippocampal place area(PPA)와 retrosplenial cortex(RSC)에서 선택적 감쇠가 나타났다. 반면 초기 시각 영역과 lateral occipital complex(LOC)에서는 이러한 패턴이 나타나지 않았다. 이는 장면 지각에 특정한 영역이 목표 장면과 이후 지각된 넓은 장면을 동일한 자극 표상으로 받아들이는 것을 의미한다. 선택적 감쇠는 장면 지각에 특정된 영역에서만 나타났고 객체 지각에 특정되는 영역에서는 나타나지 않았다. 이는 경계확장이 장면 속 객체의 크기 변화나 중심, 주변 영역 변화에 따른 결과일 가능성을 배제하고 장면 표상의 경계 너머가 확장되는 방식으로 경계확장이 나타났음을 신경생리학적으로 보여주는 결과다(Park et al., 2007). 그러나 해당 연구에서 경계축소에 관한 증거는 어느 영역에서도 발견되지 않았다. 이

밖에도 많은 선행연구 결과에서 경계축소는 제한적으로 관찰될 뿐 경계확장처럼 보편적으로 나타나지 않았고 이는 다중 출처 가설을 강하게 지지하는 증거가 되었다(Hubbard et al., 2010).

최근 연구는 기존의 경계확장 연구가 주로 장면 중앙에 주요 객체가 배치된 객체 중심(object-oriented) 장면 자극을 사용했기 때문에 실제 세상의 환경을 충분히 반영하지 못했다고 평가했다. Bainbridge와 Baker(2020)는 중심 객체가 있는 객체 중심(object-oriented) 자극과 특정 중심 객체가 없는 장면 중심(scene-oriented) 자극을 사용하여 경계변환 현상을 조사했다. 연구 결과, 기존 연구에서 주로 사용된 객체 중심 자극은 경계확장을 보였지만, 장면 중심 자극은 경계축소를 보이는 경향이 나타났다. 해당 연구는 객체 개수, 객체 면적, 객체 중심성(centricity), 주관적 거리 등의 장면 특성이 경계변환 정도와 상관관계를 보인다고 보고했다. 구체적으로, 객체 수가 적을수록, 객체 면적이 넓을수록, 객체가 중심에 위치할수록, 그리고 주관적 거리가 가까게 느껴질수록 장면 경계가 확장되는 경향을 보였다. 연구자들은 이러한 결과가 경계축소가 없다고 가정한 다중 출처 모델로 설명되기 어려우며, 경계확장과 경계축소를 모두 포함하는 정규화(normalization) 가설이 이를 더 잘 설명할 수 있다고 주장했다. 이후 경계변환에 영향을 미치는 여러 장면 특성에 관한 연구들이 이어졌고, 이는 정규화 가설을 뒷받침했다(Hafri et al., 2022; Lin et al., 2022; Park et al., 2024).

다중 출처 가설은 경계축소와 경계확장이 별개의 기억 왜곡 현상이라 주장하지만, 정규화 가설은 경계확장과 경계축소를 모두 포함하는 경계변환(boundary transformation)이 동일한 기전에 의해 발생한다고 설명한다. 정규화 가설에 따르면 장면을 기억에서 회상할 때 장면의 표상이 가장 전형적인 형태인 원형 시점(prototype view)으로 회귀하는 경향 때문에 경계변환이 나타난다(Bainbridge & Baker, 2020; Intraub et al., 1992; Intraub et al., 1996). 즉, 장면의 원형 시점보다 가까운 시점의 장면은 회상 시 시점이 더 멀어지는 경계확장이 나타나며, 원형 시점보다 먼 시점의 장면은 회상 시 시점이 더 가까워지는 경계축소가 나타난다. 이후의 연구들은 장면 자극의 특성에 따라 경계축소 또는 경계확장이 나타날 수 있음을 보여줬으나(Hafri et al., 2022; Lin et al., 2022; Park et al., 2024), 자극 특성이 어떠한 인지 기제를 통해 경계변환을 유발하는가에 관한 구체적인 설명이 부족했다. 다만, 선행연구들은 장면 내 객체 관련 특성이 주의 유도를 통해 경계변환을 일으켰을 가능성을 시사한다(Gandolfo et al., 2023; Park et al., 2024). Vö(2021)는 장

면의 객체를 맥락에 따라 전역적(global) 속성과 국소적(local) 속성으로 구분하며, 전역적인 객체가 장면의 공간을 정의한다고 설명했다. 전역적 객체는 다른 객체의 위치를 고정(anchor)하고 장면 지각 및 식별에 중요한 역할을 한다(Boettcher et al., 2018; Võ, 2021). 예를 들어, 화장실 장면에서는 변기나 세면대가 전역적 객체이고 수건이나 샴푸는 국소적 객체이다. 장면을 볼 때 수건 같은 국소적 객체보다 변기 같은 전역적 객체에 주의를 두는 게 공간적 맥락을 파악하는 데 유리할 수 있다. 이는 사람들이 전역적 객체와 같이 장면 내에서 의미가 큰 영역에 주로 주의를 집중하고, 주의 패턴이 달라지는 경우 장면의 의미와 맥락을 파악하는 정도도 변화할 수 있음을 시사한다.

객체 관련 특성이 유도한 주의를 지각과정에서 장면의 맥락 파악을 안내하는 방식으로 경계변환에 영향을 미칠 수 있다(Greene & Trivedi, 2023; Kong & Yi, 2011). 주의를 공간적 맥락을 잘 파악할 수 있는 장면 중앙이나 전역적 객체로 향하면 지각과정에서 충분한 맥락 정보를 파악하고 이를 스키마 정보와 결합하여 경계확장 편향이 나타날 수 있다. 반면, 주의를 공간적 맥락 정보가 부족한 장면의 테두리나 국소적 객체로 향하는 경우 주의를 향하는 영역을 중심으로 공간적 맥락이 형성될 가능성이 커진다. 이에 따라 전체 장면을 지각하는 과정에서 손실되는 정보가 생겨나 경계축소 편향이 나타날 수 있다. 따라서 객체가 장면 중심에 크게 위치해서 주의를 중앙에 집중되면 경계확장이 발생하고, 여러 객체가 퍼져 있어서 주의를 분산되면 경계축소가 발생한다고 예상할 수 있다. 이러한 예상과 일관되게 Bainbridge와 Baker(2020)는 객체 중심 자극이 장면 중심 자극보다 더 큰 경계확장을 유발하고, 객체가 중앙에 위치하고 객체가 차지하는 면적이 클수록 경계확장이 더 발생한다는 결과를 보고했다.

그러나 선행연구는 주위의 효과와 장면의 특성을 분리하여 직접 조작하지 않았다는 한계가 있다. 예를 들어, 장면을 지각할 때 관찰자는 장면의 배경보다 전경 혹은 객체에 시선을 고정하려는 편향을 보이기 때문에(Neider & Zelinsky, 2006; Vincent et al., 2009), 객체 중심 자극은 주의를 중심 객체로 유도한다. 따라서 객체 중심이라는 자극의 특성과 자극의 중심 또는 주변부로 향하는 주위의 효과를 분리하기가 어렵다. 주위의 효과를 보았던 한 연구는 객체로 주위가 향할 때 경계변환에 미치는 영향을 확인하기 위해 한 집단에게 장면 속 객체를 탐색하는 시각 탐색 과제를 주어 주의를 조작하고 단순 장면을 기억하는 과제를 수행한 통제 집단과 경계변환 정도를 비교했다(Hall & Geng, 2024). 그 결과 객체

탐색 과제를 수행한 집단에서 경계축소가 더 나타났으며 연구자들은 시각주의가 장면 국소에 주어지면 장면 표상도 국소 영역을 중심으로 형성되기 때문에 경계변환에도 영향을 미칠 수 있다고 보고했다. 그러나 Hall과 Geng(2024)의 연구에서는 객체 탐색 과제를 수행할 수 있도록 먼 시점에서 객체가 다수 존재하는 장면 중심 자극을 사용했고 국소적 객체가 주 타겟이었기 때문에 객체 중심 장면에서의 주위의 영향이나 전역적 객체로 향하는 주위의 영향을 함께 확인하지 못했다는 한계가 있었다.

따라서 본 연구는 주위가 경계변환에 미치는 영향을 확인하기 위해 장면의 객체 특성과 주의 유도를 독립적으로 조작하였다. 구체적으로 객체 중심 자극과 장면 중심 자극을 활용하여 객체 특성이 경계변환에 미치는 효과를 확인하는 동시에, 주위를 직접 자극의 중심 또는 주변부로 유도했을 때 경계변환에 어떤 변화가 나타나는가를 확인했다.

실험 1. 사전질문으로 유도된 하향주의가 장면의 경계확장에 미치는 영향

실험 1은 관찰자가 특정 장면 정보에 주의를 기울이는 것이 장면의 경계변환에 영향을 미칠 수 있는지 알아보았다. 이를 위해 장면을 제시하기 전에 배경 또는 객체에 관한 사전질문을 제시하여 주의를 유도하였다. 실험 1의 사전질문 과제는 Hall과 Geng(2024)의 객체 탐색 과제와 유사하게 관찰자가 특정한 목표를 가지고 장면의 특정 부분에 주의를 기울이도록 유도하는 하향주의(top-down attention)를 사용한다는 공통점이 있다. 그러나 본 연구는 장면 중심 자극을 사용한 선행연구와 달리 사전질문 과제와 더불어 Bainbridge와 Baker(2020)의 객체 중심 자극과 장면 중심 자극을 모두 사용하여 장면 특성이 달라져도 주의 효과가 나타나는지를 확인하였다. 구체적으로, 장면 특성과 무관하게 사전질문으로 인해 주위가 객체로 유도되면 경계확장 경향이 증가하고, 주위가 배경으로 유도되면 경계축소 경향이 증가하는지를 조사했다.

방법

참가자

적절한 참가자 수를 산정하기 위해 G*Power 3를 사용하여 검정력 분석을 수행했다(Faul et al., 2007). Lin 등(2022)에서 보고했던 깊이 장면 특성에 따른 왜곡 정도의 효과 크기는 $\eta^2_p = .35$ 로, 중간 효과크기(effect size)였다. 본 연구에서

장면 특성의 두 수준(객체 중심 vs. 장면 중심)과 사전질문의 두 수준(객체질문 vs. 배경질문)에 대한 반복측정 변량분석과 Cohen's $f = .25$ (medium effect size), $\alpha = .05$, 검정력 = .95를 가정했을 때 필요한 참가자 수는 36명이었다. 본 연구에서는 탈락률을 고려하여 40명의 참가자를 모집하였다. 청주시에 거주 중인 성인 남녀 40명(여: 30명, 만 나이 평균: 22.48세)이 실험에 참가하였다. 모든 참가자는 색채 지각에 이상이 없었다. 본 연구는 충북대학교 연구심의위원회(IRB)의 승인을 받았다.

자극

본 연구에서는 Bainbridge와 Baker(2020)가 사용한 1,000장의 사진 중에서 경계확장이 크게 나타난 객체 중심 자극 200개와 경계축소가 크게 나타난 장면 중심 자극 200개를 선별하여 사용하였다(<https://osf.io/28nzt/>). Bainbridge와 Baker(2020)는 Google Open Images(GOI) 데이터베이스에서 객체 범주로 분류된 사진과 Scene Understanding Database(SUN)에서 장면 범주로 분류된 사진을 각각 객체 중심과 장면 중심 자극으로 사용했다(Kuznetsova et al., 2020; Xiao et al., 2010).

GOI와 SUN 데이터베이스에는 객체 중심과 장면 범주로 구분하기 어려운 사진이 포함되어 있어 일부 사진이 제외되었다. 구체적으로, 데이터베이스에서 장면 중심 자극으로 분류되었으나 장면 속 객체 크기가 전체 장면의 50%를 넘는 자극 1장이 제외되었다(Figure 1. (d)). 추가로 객체나 배경 식

별이 불가능한 장면(Figure 1. (c)) 및 선행연구에서 객체 수, 크기, 중심성 등의 측정치가 결측된 장면 9장(객체 중심 자극 6장, 장면 중심 자극 3장)도 제외되었다. 제외된 10장의 사진은 데이터베이스 내 다른 사진으로 교체되었다. 실험의 본 시행에서 총 400장의 장면 사진이 350 × 350 화소로 중앙에 제시되었다. 사용된 모니터는 24인치 FHD(1920 × 1080)의 해상도였다. 눈과 모니터 사이의 거리는 약 57cm였으며 자극의 시각도(visual angle)는 약 9.5° 였다.

연습 시행에서는 본 실험에 사용하지 않은 데이터베이스 내의 객체 중심 자극과 장면 중심 자극이 각 12장씩 선별되었다. 연습 시행에는 동일한 자극의 가까운 시야와 먼 시야에서 본 버전이 필요했다. 350 × 350 화소의 기본 사진은 먼 시야 사진으로, 동일한 사진의 가로와 세로를 50화소씩 확장한 후 중앙을 기준으로 350 × 350 화소 크기로 가장자리를 자른 사진을 가까운 시야 사진으로 사용했다.

차폐 자극은 선행연구를 참고하여(Bainbridge & Baker, 2020; Hafri et al., 2022), 동일한 데이터베이스의 장면 40장을 추가로 선별하고, 각 사진을 35 × 35 화소 간격으로 자른 후 무작위로 섞어서 장면의 의미 정보를 알 수 없게 했다. 시행마다 차폐 자극 40장 중 무작위로 5장이 50ms씩 총 250ms 제시되는 동적(dynamic) 차폐를 사용했다.

절차

선행연구에서 사용했던 경계변환 RSVP(rapid serial visual presentation) 패러다임을 활용하여 이중과제를 제작했다

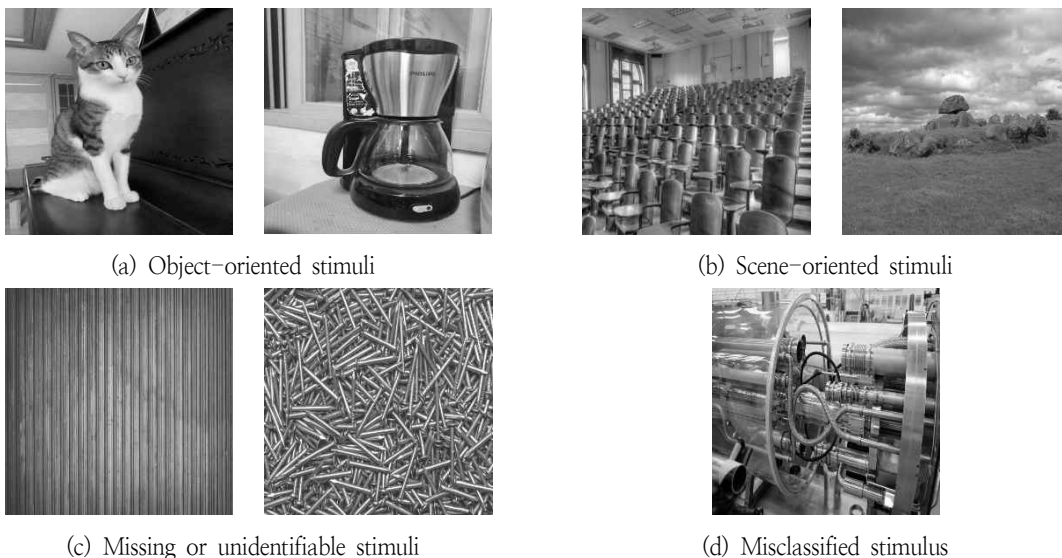


Figure 1. (a) Examples of object-oriented stimuli, (b) Examples of scene-oriented stimuli. (c) Stimuli excluded due to missing scene properties measurements, inability to identify objects, or backgrounds from previous research. (d) Examples of stimuli initially classified as scene-oriented from the Scene Understanding Database in previous research but were excluded because the object area exceeded 50% of the total image area.

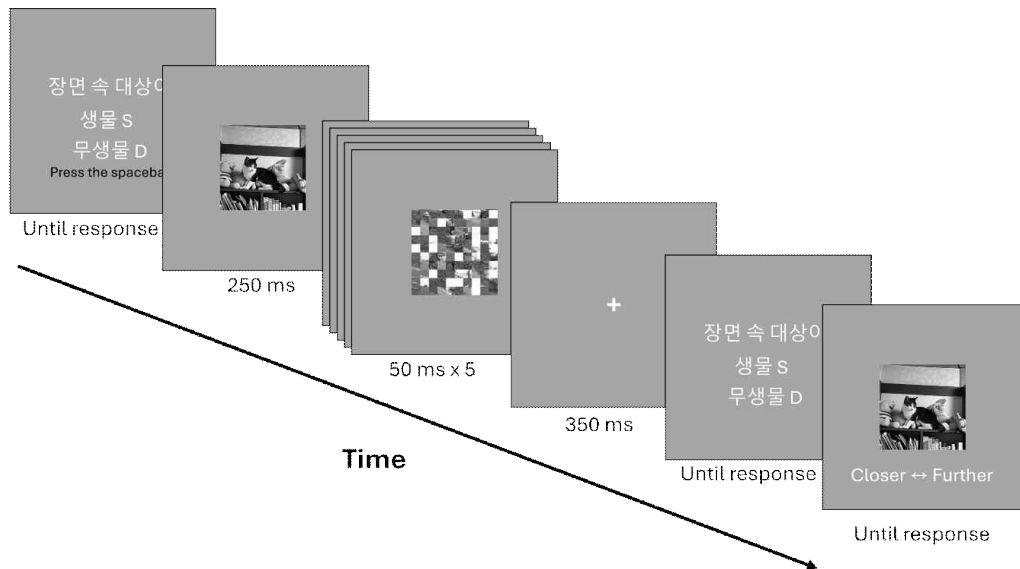


Figure 2. The procedure of Experiment 1. This figure shows an example of the object pre-question and an object-oriented image trial.

(Figure 2)(Bainbridge & Baker, 2020; Hafri et al., 2022; Intraub & Dickinson, 2008). 경계변환 RSVP 과제는 목표 장면을 250ms 제시하고, 차폐 자극 5장을 50ms씩 총 250ms 제시한 후, 다시 목표 장면을 1,000ms 동안 보여준다. 이후, 두 번째 본 목표 장면이 처음 제시된 목표 장면보다 가까워 보였는지 멀어 보였는지 묻게 된다. 이 과제는 첫 번째와 두 번째에 제시되는 장면이 동일한 자극임을 참가자가 인식하지 못한다는 점에 기반하고 있다. 참가자가 첫 번째 장면을 본 후 경계확장 혹은 경계축소가 발생했다면, 두 번째에 제시되는 동일한 장면의 거리감이 경계변환의 정도에 따라 달라진다.

참가자가 두 번째 장면이 첫 번째 장면보다 ‘가깝다’라고 반응하는 것은 참가자의 기억 표상에서 첫 번째 장면의 경계가 확장되었음을 의미한다. 반대로 두 번째 장면이 ‘멀다’라고 반응하는 것은 첫 번째 장면의 경계가 축소되었음을 의미한다. 참가자가 두 번 제시되는 장면이 동일한 자극임을 알아차리지 못하게 하도록 연습 시행에서는 실제로 두 장면의 거리를 다르게 조작하여 정답이 있는 시행을 사용했다(Hafri et al., 2022).

본 실험에서는 경계변환 RSVP 과제에 주의를 조작하기 위한 사전질문을 추가했다. 사전질문 과제에서 참가자는 먼저 장면에 관한 질문을 읽은 후 이어서 제시되는 장면의 객체 혹은 배경을 보고 응답해야 했다. 사전질문은 장면 내 객체가 생물인지 무생물인지 묻는 객체 질문과 장면 내 배경이 야외인지 실내인지 묻는 배경 질문으로 나뉘었다. 사전질문에 대한 응답은 첫 장면 자극이 제시된 후 250ms의 차폐 자극과 350ms의 고정 십자가가 제시된 후에 이뤄졌다. 참가

자는 ‘S’ 또는 ‘D’ 키로 반응했으며, 응답이 완료될 때까지 다음 화면으로 넘어가지 않았다.

본 시행에서 사전질문은 50 시행마다 구획을 이루었고 구획의 순서는 무작위로 결정되었다. 사전질문의 종류를 구획 단위로 설정한 이유는 참가자가 구획 내에서 배경이나 객체로 주의를 효율적으로 할당하게 하여 주의 효과를 더 명확히 관찰하기 위해서였다. 사전질문 응답에 이어 두 번째 장면이 제시되고, 참가자는 첫 번째 장면보다 두 번째 장면이 더 가깝거나 더 먼지 답하는 경계 판단 과제를 수행했다. 두 번째 장면 자극은 응답이 이루어질 때까지 화면이 남아 있었다. 참가자는 과제 설명을 듣고 24번의 연습 시행을 수행했다. 연습 시행에서는 사전질문에 대한 정답 피드백은 제공하지 않았으며 경계 판단에 대해서만 정답 피드백을 제공했다. 연습이 끝난 후 참가자는 본 실험의 난이도가 연습보다 더 높으며 정답 피드백이 주어지지 않는다는 설명을 듣고 본 실험을 시작했다. 본 실험은 400 시행으로 구성되었으며, 매 150 시행마다 30초의 휴식 시간이 주어졌다. 참가자는 눈과 모니터의 거리가 57cm가 되는 위치에 앉아 최대한 거리를 일정하게 유지하라는 지시를 받고 실험을 수행했다.

분석

선행연구의 제외기준에 따라 경계 판단 과제에서 전체 시행의 95% 이상 한 가지 반응만 보이거나, 경계 판단 반응속도가 200ms보다 빠른 시행이 전체 시행의 10% 이상이거나, 평균 반응속도가 전체 참가자의 3표준편차를 벗어나는 참가자를 분석에서 제외했다(Hafri et al., 2022; Park et al., 2024). 경계 판단 반응속도가 200ms보다 빠른 시행이 48%

인 참가자 1명, 평균 반응속도가 3,014ms로 전체 참가자의 3표준편차보다 큰 참가자 1명을 제외한 38명의 데이터가 분석에 사용되었다.

실험 1의 독립변인은 사전질문의 종류(객체질문 vs. 배경질문)와 장면 특성(객체 중심 vs. 장면 중심)이다. 종속변인은 가깝다(Closer) 반응을 -1, 멀다(Further) 반응을 1로 코딩한 경계변환점수이다. 평균 경계변환점수가 음수면 경계확장, 양수면 경계축소를 의미하고 점수가 0에 가까울수록 해당 장면에 대한 경계 기억이 정확하다는 사실을 나타낸다 (Park et al., 2024).

결 과

사전질문과 장면 특성에 따른 평균 경계변환점수에 차이가 있는지 확인하기 위해 이원 반복측정 변량분석을 수행했다. 경계변환점수는 장면 특성 변인의 수준에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다, $F_{(1,37)} = 180.48, p < .001, \eta_p^2 = .831$ (Figure 3). 그러나 사전질문의 주효과와 사전질문과 장면 특성의 상호작용효과는 통계적으로 유의하지 않았다, 주효과: $F_{(1,37)} = 0.51, p = .482, \eta_p^2 = .013$, 상호작용효과:

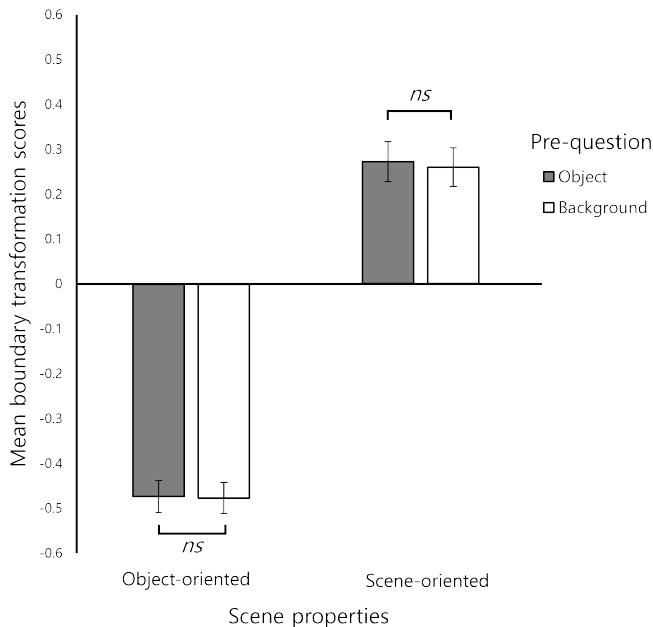


Figure 3. Results of Experiment 1. Mean boundary transformation scores across pre-question types and scene properties. Negative scores indicate boundary extension, whereas positive scores indicate boundary contraction. Consistent with previous research, an effect of scene properties was observed. However, no significant differences were found between pre-question type. Error bars represent the standard error of the mean across participants. ns non-significant

$$F_{(1,37)} = 0.08, p = .781, \eta_p^2 = .002.$$

논 의

실험 1은 경계확장과 경계축소가 장면의 특성에 따라 달라진다는 선행연구들의 결과를 재현했다(Bainbridge & Baker, 2020; Lin et al., 2022; Park et al., 2024). 구체적으로, 객체 중심 자극에서는 경계확장이, 장면 중심 자극에서는 경계축소가 나타났다. 그러나 사전질문을 통해 장면 내 객체 또는 배경으로 유도된 주의를 장면의 경계 판단에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

Hall과 Geng(2024)은 장면 중심 자극에서 시각탐색 과제를 사용한 주의 유도가 경계 축소를 증가시킨다는 결과를 보고했다. Hall과 Geng의 연구의 주의 유도와 본 연구의 실험 1에서 사전질문으로 인한 주의 유도는 모두 참가자가 의도를 갖고 주의를 행사하는 하향주의(top-down attention)에 해당한다. Hall과 Geng의 연구와 달리 실험 1에서 사전질문으로 유도된 하향주의 효과가 나타나지 않은 데에는 다음 몇 가지 요인이 영향을 미쳤을 수 있다.

먼저, 하향주의의 효과는 즉각적으로 나타나지 않을 수 있다. Hall과 Geng(2024)의 연구에서는 한 장면을 10초 이상 탐색하는 과정에서 주의의 영향을 확인했다. 그러나 본 연구의 실험 1은 장면이 250ms 동안 짧게 제시되는 상황에서 주의가 즉각적으로 경계 판단에 영향을 미치는지를 조사했다. 하향주의는 관찰자의 목표에 따라 이루어지는 지속적인 주의 과정으로, 많은 인지적 자원이 필요하고 외부 자극에 의해 유발되는 상향주의에 비해 반응시간이 상대적으로 느리다(Carrasco, 2014; Cheal et al., 1991; Koch, 2004; Ling & Carrasco, 2006). 이는 하향주의가 작동되더라도, 장면이 입력되고 처리되는 경계변환에 충분히 영향을 미치지 위해서는 시간이 더 필요할 수 있음을 시사한다. 선행연구에서 경계변환이 자극이 빠른 속도로 제시되는 RSVP 패러다임에서 발생한 점을 고려하면, 하향주의가 경계변환의 주요 메커니즘이 아닐 가능성도 있다.

두 번째로, 사전질문 조작이 하향주의를 확실히 유도하지 못했을 가능성이 있다. 실험 1에서 사용된 사전질문은 장면 속 대상이 생물인지 무생물인지를 묻는 객체질문과 장면 속 배경이 야외인지 실내인지를 묻는 배경질문으로 구성되었다. 객체질문은 주의를 객체로, 배경질문은 주의를 배경으로 유도하기 위한 과제였다. 질문을 먼저 제시하여 후에 장면을 보는 참가자가 의도를 갖고 주의를 둘 수 있도록 설계했다. 그러나 장면 내 생물 유무를 판단하는 지각 과제는 주의 용

량이 부족한 이중과제 상황에서도 높은 정확률을 보인다(Li et al., 2002). 즉, 사전질문 과제의 난이도가 낮았기 때문에 참가자가 질문에 따라 주의를 이동하는 대신 빠르게 장면의 요점(gist)만 처리하고 답했을 가능성이 있다.

목표지향적 주의인 하향주의는 반응시간이 상대적으로 느리므로 즉각적으로 나타나는 경계변환의 주요 메커니즘이 아닐 수 있다. 또한 사전질문 과제의 낮은 난이도로 인해 참가자가 하향주의를 제대로 사용하지 않았을 가능성도 있다. 이러한 실험 1의 한계를 보완하기 위해, 실험 2에서는 하향주의보다 빠르게 작동할 수 있는 상향주의를 조작하여 짧게 제시된 장면 자극에서 주의 유도가 경계변환에 미치는 영향을 알아보았다.

실험 2. 현출성 자극으로 유도된 시각주의가 장면의 경계확장에 미치는 영향

하향주의는 선행연구에서 충분한 시간이 주어졌을 때 경계변환에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Hall & Geng, 2024; Gagnier et al., 2013). 그러나 실험 1과 같은 빠른 장면이 제시되는 상황에서는 하향주의의 영향을 관찰하지 못했다. 이는 하향주의가 작용하는 데 시간이 걸리기 때문에 즉각적으로 발생하는 경계변환 과정에서는 효과를 발휘하지 못했을 가능성을 시사한다(Carrasco, 2014; Cheal et al., 1991; Koch, 2004; Ling & Carrasco, 2006). 반면, 현출성(saliency)이 높은 자극으로 주의를 유도되는 상향주의는 하향주의보다 빠르게 작용하기 때문에(Carrasco, 2014) 즉각적인 경계변환 과정에서 더 큰 효과를 보일 가능성이 있다. 실험 2에서는 상향주의를 조작하여 즉각적인 경계변환에 주의를 미치는 효과를 확인하였다. 구체적으로 현출성 자극에 의해 유도되는 상향주의가 장면 특성과 함께 경계변환에 미치는 영향을 확인하였다. 시각적으로 현출성이 높은 자극을 장면의 중앙이나 테두리에 각각 제시하여 주의를 유도하였다. 현출성 자극이 충분히 상향주의를 유도하도록 짧은 시간 다섯 가지 원색 자극이 연속해서 제시되는 형태로 자극을 제작했다. 하향주의의 영향을 최소화하고 상향주의의 효과를 관찰하기 위해 참가자들에게 현출성 자극은 본 실험 과제와 무관하다는 점을 사전에 설명했다. 실험 2는 현출성 자극(중앙 vs. 테두리) 변인과 실험 1에서 효과가 나타났던 장면 특성(객체 중심 vs. 장면 중심) 변인이 장면의 경계변환에 미치는 영향을 확인하였다. 구체적으로, 중앙 현출성 자극은 장면의 중앙으로 주의를 유도하여 객체 중심 이미지와 같이 경계확장을 유발할 것이고 테두리 현출성 자극은 장면의 테두리로

주의를 유도하여 장면 중심 이미지와 같이 경계축소를 유발할 것이라고 예상했다. 추가로, 선행연구에서 평정된 장면의 객체 관련 특성이 경계변환에 미치는 영향을 분석하고, 현출성 자극의 효과와 어떤 관계를 갖는지 알아보았다.

방 법

참가자

참가자 수의 선정 근거는 실험 1과 같았다. 청주시에 거주 중인 성인 남녀 42명(여: 30명, 만 나이 평균: 22.24세)이 실험에 참가하였다. 모든 참가자는 색채 지각에 이상이 없었다.

자극

실험 2의 장면 자극과 연습 시행 자극, 차폐 자극은 실험 1에서 사용했던 자극과 동일했다. 다만 현출성 자극이 장면의 테두리에 제시될 때 장면이 실제 크기보다 작게 지각되는 현상을 방지하기 위해 장면에 30화소 두께의 흰색 테두리가 추가되었다(Figure 4. (b)). 차폐 자극 역시 흰색 테두리 영역을 포함하기 위해 380×380 화소의 크기로 제시되었다. 장면 자극의 시각도는 약 9.5° 였고 차폐 자극과 흰색 테두리 영역을 포함한 자극의 시각도는 10.5° 였다.

주의를 유도하기 위한 현출성 자극에는 여섯 가지 색깔(빨강, 초록, 노랑, 파랑, 하양, 검정)이 사용되었다. 중앙 현출성 자극은 50×50 화소의 크기의 사각형으로 장면 자극의 중앙에 제시되었고, 테두리 현출성 자극은 30×30 화소 두께의 장면 자극 테두리로 제시되었다. 현출성 자극은 차폐 자극과 마찬가지로 여섯 가지 색깔 중 각 시행마다 무작위로 선택된 다섯 가지 색깔이 현출성 변인의 각 수준에 해당하는 크기로 50ms씩 연이어 제시되었다.

절차

실험 2의 전반적인 절차는 실험 1과 동일했다. 그러나 실험 1과 달리 사전질문 과제가 제외되었고 첫 장면과 함께 주의를 유도하기 위해 장면 자극의 중앙 또는 테두리에 현출성 자극이 제시되었다(Figure 4).

참가자는 현출성 자극이 첫 장면과 함께 제시되지만 경계 판단 과제와 무관하므로 무시하고 진행해도 된다는 안내를 받았다. 실험 1에서는 하향주의 유도를 위해 사전질문 변인의 각 수준을 구획 단위로 제시되었으나, 실험 2에서는 현출성에 따른 상향주의 유도의 효과를 높이기 위해 참가자가 현출성 자극의 위치를 예측하지 못하도록 현출성 자극의 각 수준을 무작위 순서로 제시하였다.

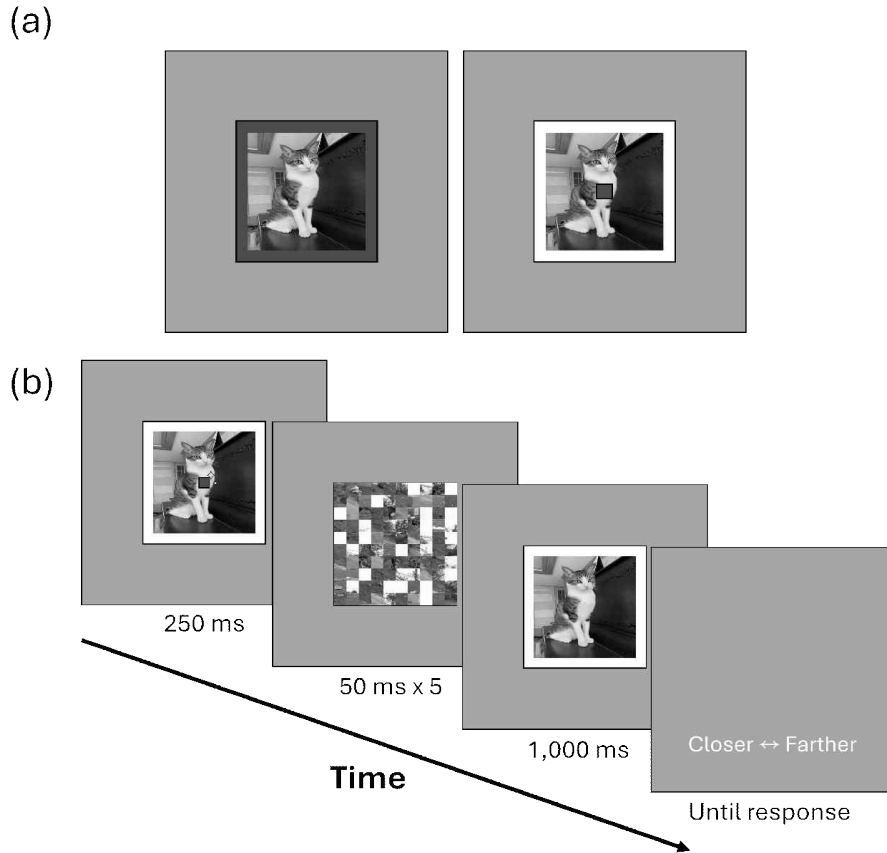


Figure 4. Examples of salient cues and procedure for Experiment 2. (a) Example illustration of the salient cues in Experiment 2. The salient cues were a dynamic stimulus that rapidly presented in multiple colors (depicted as a grey square in the center in the example). A white boundary was presented in the region where the edges of salient cues were presented throughout the trial to account for the possibility that scene boundaries might be perceived differently when presented at the edges versus in the center. Central salient cues were 50 × 50-pixel squares presented at the center of the scene, while boundary salient cues were 30-pixel-thick outlines presented along the edges of the scene. (b) Example trial of the boundary transformation RSVP task with the center salient cues.

경계 판단 과제는 실험 1과 동일하게 두 번째 장면이 첫 번째 장면에 비해 ‘가깝다 (closer)’ 또는 ‘멀다 (further)’라고 반응하는 형식이었다. 실험 1에서는 이중과제를 사용했기 때문에 인지 부하를 고려하여 참가자가 반응할 때까지 두 번째 장면이 화면에 남아 있었다. 그러나 실험 2는 단일과제를 사용했기 때문에 난이도 통제를 위해 Bainbridge와 Baker (2020)의 절차를 따라 두 번째 장면이 1초 제시된 후 경계 판단 반응을 받는 방식을 사용했다. 선행연구에 따르면 두 번째 장면이 사라진 채 반응을 얻거나(Bainbridge & Baker, 2020; Park et al., 2024), 두 번째 장면이 제시된 채 반응할 때까지 기다리더라도(Hafri et al., 2022), 장면 특성 조작에 따른 경계변환 효과는 일관되게 나타났다.

참가자는 현출성 자극에 대한 설명을 듣고 24번의 연습 시행을 수행했다. 연습 시행하는 동안에는 경계 판단에 대한 정답 피드백이 주어졌다. 연습이 끝난 후 참가자는 정답 피드백이 주어지지 않으며 과제가 더 어려울 것이라는 설명을

듣고 본 시행을 수행했다. 본 시행은 총 400번의 시행으로 구성되었으며, 참가자는 시행 간에 자유롭게 휴식을 취할 수 있었으며 별도의 휴식 시간이 제공되지는 않았다.

분석

현출성 자극과 장면 특성에 따른 평균 경계변환점수에 차이가 있는지 확인하기 위해 이원 반복측정 변량분석을 수행했다. 또한 현출성 자극이 유도하는 주의 효과가 장면의 어떤 특성과 상호작용하는지 알아보기 위해 Bainbridge와 Baker (2020)의 연구에서 측정된 장면 특성 평정값을 추가한 선형 혼합효과 로지스틱 회귀분석(Linear mixed-effects logistic regression analysis)을 수행했다. 종속변인은 이분형 척도의 ‘가깝다’ (0)와 ‘멀다’ (1) 반응으로, 각각 경계확장과 경계 축소를 의미했다. 현출성 자극(중앙 vs. 테두리)과 장면 특성(객체 중심 vs. 장면 중심)을 고정 변인으로, 참가자와 장면 자극을 무선 변인으로 설정하였다. 선행연구에서 경계확

장에 영향을 미치는 것으로 보고된 객체 관련 특성을 모형에 투입하여 현출성 자극의 효과와 상호작용을 확인하였다 (Bainbridge & Baker, 2020; Hall & Geng, 2024; Park et al., 2024). 구체적으로 본 실험에서 사용된 이미지에 대해 Bainbridge와 Baker(2020)에서 평정한 객체 수와 객체 중심성(Centricity) 측정치를 표준화하여 모형에 투입하였다.

결 과

실험 2는 Bainbridge와 Baker(2020)의 패러다임을 따라 두 번째 장면이 1초 제시된 후에 반응을 받는 방식이었기 때문에 참가자들의 전반적인 반응속도가 빨랐다. 따라서 실험 1과 같이 전체 시행 중 10% 이상에서 200ms보다 빠른 반응속도를 보인 참가자를 제외하는 기준을 사용하기 어려웠다. 대신 동일한 실험 패러다임을 사용한 선행연구를 따라 경계 판단의 평균 반응속도가 200ms 미만인 참가자를 제외했다 (Bainbridge & Baker, 2020). 추가로 경계 판단 시행의 95% 이상에서 동일한 반응을 하는 편향을 보이는 참가자를 분석에서 제외하는 기준을 세웠으나, 이 기준에 따라 제외된 참가자는 없었다. 평균 반응속도가 153ms인 참가자 1명을 제외하였고 41명의 데이터가 분석에 사용되었다.

실험 2의 독립변인은 현출성 자극(중앙 vs. 테두리) 변인

과 장면 특성(객체 중심 vs. 장면 중심) 변인이다. 종속변인은 실험 1과 동일하게 평균 경계변환점수이다. 현출성 자극과 장면 특성에 따른 평균 경계변환점수에 차이가 있는지 확인하는 이원 반복측정 변량분석을 수행했다. 장면 특성 변인의 주효과는 통계적으로 유의했다, $F_{(1, 40)} = 208.84$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .839$. 현출성 자극의 주효과도 통계적으로 유의했다, $F_{(1, 40)} = 4.78$, $p = .035$, $\eta_p^2 = .107$. 그러나 현출성 자극과 장면 특성의 상호작용효과는 통계적으로 유의하지 않았다, $F_{(1, 40)} = 0.316$, $p = .577$, $\eta_p^2 = .008$.

현출성 자극의 효과가 장면 특성의 모든 수준에서 나타나는지 확인하기 위해 장면 특성의 각 수준에서 현출성 자극의 효과가 나타나는지 확인하는 단순 주효과 검정을 수행했다 (Figure 5). 장면 중심 수준에서 현출성 자극의 효과는 통계적으로 유의하였다, $t_{(40)} = 2.08$, $p = .044$, Cohen's $d = 0.324$. 객체 중심 수준에서 현출성 자극의 효과의 경향성이 나타났지만 통계적 유의성은 경계에 있었다, $t_{(40)} = 1.70$, $p = .093$, Cohen's $d = 0.266$.

현출성 자극은 경계변환에 영향을 미쳤으나 장면 특성과는 상호작용하지 않았다. 현출성 자극의 효과가 장면 특성의 효과와 독립적으로 작용했을 가능성이 있거나, 장면 특성이 객체 수, 주관적 거리, 객체 크기 등등 다양한 특성들을 포함

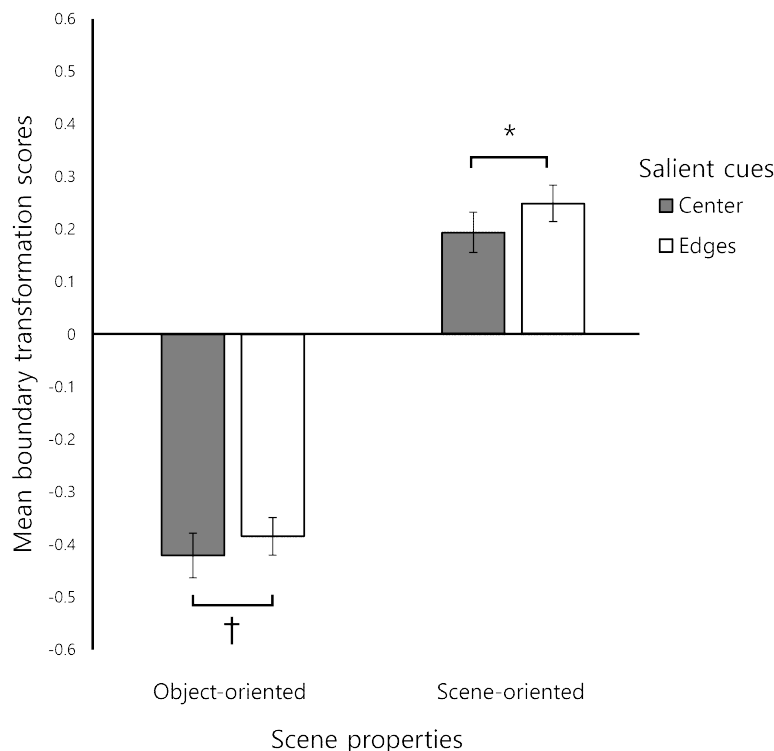


Figure 5. Results graph for Experiment 2. This graph shows the boundary transformation scores of the salient cues and scene properties. A negative boundary transformation score indicates boundary extension, while a positive score indicates boundary contraction. Error bars represent the standard error of the mean across participants. * $p < .05$, † $p < .1$

하고 있기 때문에 상호작용 효과가 관찰되지 않았을 가능성도 있다. 후자의 경우 현출성 자극의 효과는 장면의 일부 세부 특성에만 영향을 미쳤기 때문에 현출성 자극과 장면 특성 간의 상호작용효과가 관찰되지 않았을 수 있다. 이를 확인하기 위해 장면 내 객체 수와 객체 중심성 같은 장면 특성 평정치와 현출성 자극의 상호작용 효과를 확인하는 추가 분석을 수행했다.

무선효과를 검증하고 모형을 선정하기 위해 모형 적합성 분석을 수행하였다. 참가자 무선 절편 모형에 비해 참가자와 장면 자극의 무선 절편 모형이 통계적으로 유의하게 모형 적합성을 증가시켰으며(LRT $\chi^2 = 171.50, p < .001$), 장면 자극 별로 달라지는 장면 특성과 현출성 자극의 상호작용효과에 대한 무선 기울기 모형은 참가자와 장면 자극의 무선 절편 모형보다 통계적으로 유의하게 모형 적합성을 증가시키지 못했다(LRT $\chi^2 = 12.67, p = .178$). 따라서 참가자 변인과 장면 자극의 무선 절편을 무선효과로 포함하였다. 현출성 자극 변인과 장면 특성 변인을 고정효과로 투입하고 현출성 자극 변인과 장면 특성 변인의 상호작용항을 투입하여 모형 적합성을 비교하였다. 상호작용 모형은 주효과 모형에 비해 통계적으로 유의하게 모형 적합성을 증가시키지 못했기 때문에 상호작용효과를 모형에서 제외하였다(LRT $\chi^2 = 0.072, p = .789$). 추가 분석을 위해 객체 수, 객체 중심성, 객체 수와 현출성 자극의 상호작용효과, 객체 중심성과 현출성 자극의 상호작용효과를 모형에 투입한 모형을 최종모형으로 선정하였다.

선형 혼합효과 로지스틱 회귀분석으로 생성한 최종모형에 대해 Wald 검정을 실시하였다. 장면 특성과 현출성 자극의 고정효과는 통계적으로 유의했다($\beta = 1.21, SE = 0.08, Z = 15.79, p < .001, \beta = 0.11, SE = 0.08, Z = 3.24, p = .001$). 객체 수와 객체 중심성 측정치가 경계변환에 미치는 영향을 확인하기 위해 각각 고정효과 및 현출성 자극 변인과의 상호작용효과를 확인하였다. 객체 수에 대한 고정효과는 통계적으로 유의하지 않았다($\beta = 0.05, SE = 0.04, Z = 1.37, p = .170$). 그리고 객체 중심성에 대한 고정효과는 통계적으로 유의했다($\beta = 0.11, SE = 0.04, Z = 2.98, p = .003$). 객체 수와 현출성 자극의 상호작용효과는 경향성이 나타났지만 통계적 유의성은 경계에 있었다($\beta = 0.07, SE = 0.04, Z = 1.96, p = .050$). 객체 중심성과 현출성 자극의 상호작용효과는 통계적으로 유의했다($\beta = -0.07, SE = 0.04, Z = -1.99, p = .046$).

추가 분석 결과 객체 중심성이 경계변환에 미치는 고정효과를 확인하였다. 이는 객체가 중심에서 멀어질수록 경계축

소가 유도된 것으로 Bainbridge와 Baker(2020)의 연구에서 객체 중심성과 경계확장이 부적 상관성이 나타났던 결과와 일치했다. 그러나 객체 수가 경계변환에 미치는 고정효과는 나타나지 않았다. 본 연구의 주의 조작으로 참가자들이 장면을 볼 때 특정 위치에 주의를 두면서 객체 수가 미치는 영향을 감소시켰을 가능성이 있다. 장면에서 객체 관련 특성이 경계변환에 미치는 영향은 현출성 자극이 유도하는 상향주의 효과와 상호작용하였다. 구체적으로 장면의 객체가 중심에서 멀어질수록 현출성 자극의 효과를 감소시켰다. 장면의 객체 수가 증가할수록 현출성 자극의 효과도 증가하는 경향이 있었지만 그 효과가 통계적으로 유의하지는 않았다.

논 의

실험 2에서는 현출성 자극으로 유도된 상향주의가 경계변환에 미치는 영향을 확인할 수 있었다. 참가자는 중앙에 현출성 자극이 나타나면 경계확장 편향을, 테두리에 현출성 자극이 나타나면 경계축소 편향을 보였다. 추가 분석에서는 현출성 자극으로 유도된 상향주의가 경계변환에 미치는 효과가 장면 내 객체의 위치에 영향을 받는 것으로 나타났다. 객체의 개수에도 경계변환 효과가 달라지는 약한 경향성을 보였다. 현출성 자극의 효과는 장면 특성의 효과와 상호작용하지 않았으나 추가 분석 결과를 고려하면 이는 다양한 장면 특성의 효과가 혼합되었기 때문으로 보인다. 종합하면 객체가 중심에 위치할수록 현출성 자극으로 유도된 상향주의는 경계변환에 더 큰 영향을 주었다. 또한 객체 수가 많아지면 현출성 자극으로 유도된 상향주의는 경계변환에 더 큰 영향을 주는 경향을 보였다.

종합논의

본 연구는 장면의 특성과 시각주의가 경계확장에 미치는 영향을 알아보았다. 실험 1에서는 장면을 보기 전 장면에 관한 사전질문을 제시하여 장면의 객체나 배경으로 유도된 하향주의가 경계변환에 미치는 영향을 알아보았다. 실험 결과, 장면 특성은 경계변환에 영향을 미쳤으나, 사전질문을 통해 유도된 하향주의가 경계변환에 미치는 영향은 발견하지 못했다. 실험 2는 장면을 제시할 때 현출성 자극을 함께 제시하여 현출성 자극으로 유도된 상향주의가 경계변환에 미치는 효과를 확인했다. 상향주의가 장면의 중앙으로 유도되면 경계확장 편향이, 테두리로 유도되면 경계축소 편향이 나타났다. 또한 장면 속 객체가 중심에 위치할수록, 그리고 객체의

개수가 많을수록 이러한 상향주의 효과는 더 강하게 나타나는 경향을 보였다.

경계확장의 메커니즘으로 주의의 영향을 확인했던 이전 연구들은 장면의 여러 특성이 간접적으로 주의 유도를 통해 경계변환에 영향을 미쳤을 가능성을 시사했을 뿐 직접 주의를 조작하여 장면 특성과 주의 효과를 함께 확인한 연구는 부족했다(Bainbridge & Baker, 2020; Park et al., 2024). 또 직접적인 주의 조작으로 경계변환에 미치는 영향을 확인한 일부 선행연구가 있으나 그 결과들은 일관되지 않았다. Mathews와 Mackintosh(2004)는 불안 성향의 관찰자에게 부정적인 정서가 포함된 장면으로 좁은 주의 창을 유도했을 때 경계확장 정도가 감소함을 보고했으나, Intraub 등(2006)은 장면 위에 단서 자극을 제시하여 참가자의 특정 방향으로 주의를 유도했을 때 주의가 향하는 방향으로 경계확장이 유지되거나 증가함을 보고했다. Gagnier 등(2013)은 장면의 경계에 일부가 잘린 물체를 제시하여 해당 위치의 경계로 주의를 간접적으로 유도했지만, 주의가 경계확장에 미치는 영향을 발견하지 못했다. 또한 같은 연구에서 참가자에게 장면의 경계에 주의를 두어야 함을 알려줬을 때는 오히려 경계확장이 감소하는 것으로 나타났다. Hall과 Geng(2024)은 장면 내 객체들을 탐색하는 과제가 경계축소를 유발함을 보고했으며, 이러한 결과는 장면 내의 특정 물체에 주의를 집중하면 장면의 경계가 기억되는 방식이 달라질 수 있음을 시사한다. 종합하면 장면의 특정 위치로 주의가 유도됨에 따라 경계확장의 정도가 달라질 수 있지만 주의의 영향과 그 방향은 명확하지 않다. 주의 작동이 경계확장의 주된 기제이기보다는 주의가 장면 스키마의 활성화로 경계확장이 유발되는 과정을 조절한다고 보는 시각도 있다(Hubbard et al., 2010). 따라서 주의 작동 기전이 다중 출처 가설과 정규화 가설에서 각각 어떻게 설명될 수 있는지를 실험적으로 검토할 필요가 있다.

경계변환이 주의 메커니즘으로 조절된다면 짧은 제시 시간으로도 발생하는 경계변환에서 주의 조작의 효과를 확인할 필요가 있다. 그러나 이전까지의 연구는 RSVP 패러다임에 비해 상대적으로 느린 패러다임으로 주의 효과를 관찰했기 때문에 즉각적으로 나타나는 경계변환 과정에서 주의 메커니즘을 파악하는 데 한계가 있었다(Hall & Geng, 2024; Intraub et al., 2006; Gagnier et al., 2013). 본 연구는 다양한 장면 특성이 포함된 자극 세트를 사용하였고 자극이 빠르게 제시되는 RSVP 패러다임에서 나타나는 경계변환에 주의 조작이 미치는 영향을 조사했다. 또한 참가자가 과제 수행의 의도를 갖고 주의를 두는 하향주의와 과제와 무관한 자

극이 유도하는 상향주의를 체계적으로 구분하여 주의 효과를 확인했다는 점에 본 연구의 의의가 있다.

본 연구에서는 상향주의의 효과를 관찰하였으나, 초기 경계확장 연구에서는 상향주의의 효과가 나타나지 않았던 경우도 있다. 예를 들어, Gagnier 등(2013)은 중심 객체가 사진 경계에 잘려 나간 장면을 제시해 경계에 잘린 객체로 상향주의가 향하도록 조작하였다. Gagnier 등은 잘린 물체로 상향주의가 향하면 자연스럽게 장면 경계 형태를 기억할 수 있고 경계확장 정도가 감소할 것으로 예상했으나, 상향주의 유도로 인한 경계확장 정도 변화가 나타나지 않았다. 이는 잘린 객체에서 발생하는 무형 완성(admodal completion)으로 인한 효과가 주의 유도 효과와 혼재되었기 때문일 수 있다. 잘려 있는 미완성 객체는 나머지 부분을 상상하게 만드는 무형 완성을 촉진하며, 다중 출처 모델에 따르면 이러한 객체의 무형 완성 과정은 경계 너머의 영역들을 더 채워 넣기 쉽게 만들어 경계확장을 유발할 수 있다(Intraub, 2010). 이와 달리 본 연구의 실험 2는 장면과 무관한 현출성 주의 자극을 사용했기에 객체의 무형 완성 효과를 배제한 상태에서 상향주의 효과를 확인할 수 있었다.

실험 2의 추가 분석에서는 장면 내 객체 관련 세부특성의 주효과뿐만 아니라 상향주의와의 상호작용효과도 관찰할 수 있었다. 이는 장면 내 객체 관련 특성이 시각주의를 통해서만 경계변환에 영향을 미치는 것이 아님을 뜻한다. Kong과 Yi(2011)의 연구에서는 장면 속 객체가 상하 반전(inverted)되어 맥락 정보가 덜 활성화되면 경계확장이 감소한다는 결과를 보고했다. 상하 반전된 객체는 의미적 일관성이 없어서 똑바로 된 객체보다 더 강하고 길게 주의를 끌었을 가능성이 높다(Vö, 2021). 그럼에도 경계확장이 감소한 결과는 단순히 객체로 주의가 향할수록 경계가 확장되는 것이 아니라 공간적 맥락 정보를 포함한 다양한 요소가 경계변환에 영향을 미침을 시사한다.

본 연구 결과에 따르면 장면 특성과 상관없이 중앙으로 향하는 상향주의는 경계확장 편향을 강화했고 테두리로 향하는 상향주의는 경계축소 편향을 강화했다. 이러한 상향주의 효과는 경계확장과 경계축소가 동일한 메커니즘에 의해 발생한다는 정규화 가설을 지지하는 결과로 볼 수 있다. 특히 이전 연구들은 장면 특성의 변화에 따라 경계확장에서 축소로 이어지는 연속성을 보여주었으나, 본 연구는 상향주의라는 인지적 메커니즘이 두 현상에 공통으로 작용한다는 점을 실험적으로 확인했다. 그러나 시각주의가 장면 지각의 질을 조절할 수 있음을 고려하면 다중 출처 모델로도 본 연구의 결과를 설명할 수 있다. 주의가 장면의 테두리로 향하면 장면

의 테두리와 배경 정보가 상대적으로 정확하게 부호화될 가능성이 크다. 이후 스키마와 결합하는 과정에서 정보량이 부족한 장면의 중심 표상에서 주변부보다 더 왜곡이 발생하면 경계축소 현상이 유발될 수 있다. 이러한 해석과 일관되게 Gandolfo 등(2023)은 피사계 심도가 낮아 중심 객체가 선명하고 주변 배경이 흐린 장면에서는 완성도가 떨어지는 배경에 대한 스키마 정보를 통합하는 과정에서 경계확장이 나타나는 결과를 보고했다. 그러나 피사계 심도가 깊어 넓은 영역에서 객체가 선명하게 보이는 장면에서는 경계축소가 나타났다. 이러한 장면 부호화 과정에서는 장면 내 객체에 많은 주의 자원이 소모되고 장면 주변부 정보의 손실이 발생할 수 있다. 따라서 부족한 주변부 정보가 스키마와 통합되는 과정에서 왜곡되어 경계확장이 유발될 수 있다. 본 연구는 이러한 가능성을 실험적으로 검증함으로써, 다중 출처 모델이 설명하지 못했던 경계축소 현상이 주의 메커니즘을 고려했을 때 설명 가능함을 시사한다. 본 연구가 정규화 가설과 다중 출처 가설 중 하나를 독점적으로 지지하지는 않았으나, 최근 연구들이 지지하는 정규화 가설뿐만 아니라 다중 출처 가설의 재검토 필요성도 제기한다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

두 가설을 면밀하게 검증하기 위해 경계변환이 기억 수행에 미치는 영향에 관한 연구를 진행해 볼 수 있다. 다중 출처 모델에 따르면 경계확장은 지각된 정보를 세상의 연속적인 표상으로 통합하는 과정에서 나타나는 산물이다(Intraub, 2010). 이 이론에 따르면 경계확장이 크게 나타날수록 기존의 스키마와 통합이 잘 이루어졌음을 의미하기 때문에 장면의 기억 수행이 증가할 것으로 예상된다. 반면, 경계축소는 스키마와 제대로 통합되지 않은 결과로 볼 수 있기 때문에 경계축소가 커질수록 기억 수행이 감소할 가능성이 있다.

정규화 가설은 장면 표상이 원형 시점으로 회귀함으로써 경계변환이 발생한다고 설명한다(Bainbridge & Baker, 2020; Intraub et al., 1992; Intraub et al., 1996). 따라서 경계가 확장되거나 축소될수록 장면의 원형 시점과 원래의 장면 정보 간 불일치가 커짐을 의미한다. 즉, 정규화 가설에서는 장면의 원형 시점이 기준이 되며, 경계확장과 경계축소는 방향만 다를 뿐 모두 동일하게 기억 왜곡을 의미한다. 이러한 관점에 따르면, 기억 수행은 경계변환의 방향이 아니라 경계 왜곡의 절대적인 크기에 영향을 받을 것이다. 따라서 경계확장 혹은 축소의 방향과 무관하게 경계가 왜곡된 정도에 따라 기억 수행이 달라진다면 정규화 가설을 지지하는 결과로, 경계확장에서 경계축소로 변함에 따라 기억 수행이 감소한다면 다중 출처 모델을 지지하는 결과로 볼 수 있을 것

이다. Bainbridge와 Baker(2020)의 연구에서는 경계변환의 방향이나 정도에 따라 기억 수행이 차이가 없다는 결과가 보고되었다. 그러나 이는 60장의 제한된 장면 세트를 대상으로 이루어진 분석이었다. 따라서 다양한 장면 특성을 가진 대규모 자극 세트를 활용해 장면의 기억 수행과 경계변환의 관계를 직접적으로 확인하는 후속 연구는 경계변환의 기제에 대한 새로운 통찰을 제공할 수 있을 것이다.

하향주의를 조작한 실험 1에서는 주의가 경계확장에 미치는 효과를 발견하지 못했다. 상향주의 효과를 관찰한 실험 2의 결과를 고려하면, 하향주의가 상향주의보다 느리게 작동하기 때문에 실험 1에서 주의 효과가 없었을 가능성이 높다(Carrasco, 2014). 그러나 실험 1의 사전질문 과제가 하향주의를 강하게 유발하지 못했을 가능성도 완전히 배제할 수는 없다. 실험 1에서 참가자들은 장면이 짧게 제시되는 동안 경계를 기억하며 사전질문에 답해야 했기 때문에, 장면의 객체나 배경에 하향주의를 두기보다는 전반적인 요점 지각을 통해 이중 과제를 수행했을 가능성이 있다. 추후 연구에서는 하향주의의 정확한 조작 점검과 함께 장면의 요점과 맥락의 영향을 적게 받는 하향주의 과제를 사용하여 객체나 배경으로 향하는 하향주의가 경계변환에 미치는 효과를 확인할 필요가 있다. 시선 추적기를 사용하여 참가자의 하향주의 이동을 확인할 수도 있다.

실험 2에서 현출성 자극이 경계변환을 조절했으나, 그 효과가 장면 특성의 효과만큼 크지는 않았다. 즉, 현출성 자극이 객체 중심 자극에서 경계축소를 유발하거나 장면 중심 자극에서 경계확장을 유발하지는 못했다. 후속 연구에서 더 강력한 상향주의 조작을 통해 장면 특성에 따른 경계변환의 방향을 바꿀 수 있는지 확인할 필요가 있다. 또한 주의 조작이 없는 통제조건이 부재했기 때문에 본 결과에서 중앙 현출성 자극과 테두리 현출성 자극의 효과를 분리하여 볼 수 없다는 한계도 있다. 따라서 추후 연구에서 통제집단을 추가하여 주의 효과의 정도와 방향성을 더 명확하게 비교할 필요가 있다.

본 연구의 실험 1은 주의 전환을 줄이고 효과적으로 주의를 할당할 수 있게 구획 설계를 사용했다. 실험 2는 현출성 자극이 시행마다 같은 위치에 반복 제시되어 순응을 유발할 가능성을 줄이고, 상향주의 유도 효과를 높이기 위해 무작위 설계를 사용했다. 각 실험에서 하향주의와 상향주의의 효과를 높이기 위한 설계를 적용했으나, 실험 2에서만 주의의 효과가 나타난 이유가 이러한 실험 설계 차이로 인한 것일 가능성도 있다. 실험 설계에 따른 주의 유도의 효과 차이 역시 이후 연구에서 검증될 필요가 있을 것이다.

초기 경계확장 연구들에 따르면 장면의 단편 정보들로 표상된 지각 스키마는 더 큰 세상의 연속적인 표상으로 통합하는 과정을 유도하는 역할을 한다(Intraub et al., 1992). 시야 너머를 예측하고 채워 넣는(fill in) 경계변환의 기제에 관한 연구는 현실 세계에서 연속적이고 일관된 시각 경험이 어떻게 발생하는지를 이해하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

References

- Bainbridge, W. A., & Baker, C. I. (2020). Boundaries extend and contract in scene memory depending on image properties. *Current Biology*, *30*(3), 537-543. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.12.004>
- Boettcher, S. E., Draschkow, D., Dienhart, E., & Vö, M. L.-H. (2018). Anchoring visual search in scenes: Assessing the role of anchor objects on eye movements during visual search. *Journal of Vision*, *18*(13), 11. <https://doi.org/10.1167/18.13.11>
- Carrasco, M. (2014). Spatial covert attention: Perceptual modulation. *The Oxford Handbook of Attention*, *183*, 230.
- Chapman, P., Ropar, D., Mitchell, P., & Ackroyd, K. (2005). Understanding boundary extension: Normalization and extension errors in picture memory among adults and boys with and without Asperger's syndrome. *Visual Cognition*, *12*(7), 1265-1290. <https://doi.org/10.1080/13506280444000508>
- Cheal, M., Lyon, D. R., & Hubbard, D. C. (1991). Does attention have different effects on line orientation and line arrangement discrimination? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *43*(4), 825-857. <https://doi.org/10.1080/14640749108400959>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Gagnier, M. K., Dickinson, C. A., & Intraub, H. (2013). Fixating picture boundaries does not eliminate boundary extension: Implications for scene representation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *66*(11), 2161-2186. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.775595>
- Gaudouin, F., Ménétrier, E., & Didierjean, A. (2023). Does boundary extension need attention?. *Experimental Psychology*, *70*(6), 315-323. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000603>
- Gandolfo, M., Nägele, H., & Peelen, M. V. (2023). Predictive processing of scene layout depends on naturalistic depth of field. *Psychological Science*, *34*(3), 394-405. <https://doi.org/10.1177/09567976221140341>
- Greene, M. R., & Trivedi, D. (2023). Spatial Scene Memories Are Biased Towards a Fixed Amount of Semantic Information. *Open Mind*, *7*, 445-459. https://doi.org/10.1162/opmi_a_00088
- Hafri, A., Wadhwa, S., & Bonner, M. F. (2022). Perceived distance alters memory for scene boundaries. *Psychological Science*, *33*(12), 2040-2058. <https://doi.org/10.1177/09567976221093575>
- Hall, E. H., & Geng, J. J. (2024). Object-based attention during scene perception elicits boundary contraction in memory. *Memory & Cognition*. *53*(1), 6-18. <https://doi.org/10.3758/s13421-024-01540-9>
- Hubbard, T. L., Hutchison, J. L., & Courtney, J. R. (2010). Boundary extension: Findings and theories. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*(8), 1467-1494. <https://doi.org/10.1080/17470210903511236>
- Intraub, H. (2010). Rethinking scene perception: A multisource model. In B. H. Ross (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (Vol. 52, pp. 231 - 264). Elsevier Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079_7421\(10\)52006_1](https://doi.org/10.1016/S0079_7421(10)52006_1)
- Intraub, H., Bender, S., & Mangels, A. (1992). Looking at pictures but remembering scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*(1), 180-191. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.18.1.180>
- Intraub, H., Daniels, K. K., Horowitz, T. S., & Wolfe, J. M. (2008). Looking at scenes while searching for numbers: dividing attention multiplies space. *Perception & Psychophysics*, *70*(7), 1337-1349. <https://doi.org/10.3758/PP.70.7.1337>
- Intraub, H., & Dickinson, C. A. (2008). False memory 1/20th of a second later: What the early onset of boundary extension reveals about perception. *Psychological Science*, *19*(10), 1007-1014. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02192.x>
- Intraub, H., Gottesman, C. V., Willey, E. V., & Zuk, I. J. (1996). Boundary extension for briefly glimpsed photographs: Do common perceptual processes result in unexpected memory distortions? *Journal of Memory and Language*, *35*(2), 118-134. <https://doi.org/10.1006/jmla.1996.0007>

- Intraub, H., Hoffman, J. E., Wetherhold, C. J., & Stoehs, S. A. (2006). More than meets the eye: The effect of planned fixations on scene representation. *Perception & Psychophysics*, *68*, 759-769.
<https://doi.org/10.3758/BF03193699>
- Intraub, H., & Richardson, M. (1989). Wide-angle memories of close-up scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*(2), 179.
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.2.179>
- Koch, C. (2004). *The quest for consciousness: A neurobiological approach*. Englewood, CO: Roberts & Company Publishers.
- Kong, J., & Yi, D. (2011). Boundary Extension of Inverted Scenes. *Korean Journal of Cognitive Science*, *22*(2), 173-192.
- Kuznetsova, A., Rom, H., Alldrin, N., Uijlings, J., Krasin, I., Pont-Tuset, J., Kamali, S., Popov, S., Mallocci, M., & Kolesnikov, A. (2020). The open images dataset v4: Unified image classification, object detection, and visual relationship detection at scale. *International Journal of Computer Vision*, *128*(7), 1956-1981.
<https://doi.org/10.1007/s11263-020-01316-z>
- Li, F. F., VanRullen, R., Koch, C., & Perona, P. (2002). Rapid natural scene categorization in the near absence of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*(14), 9596-9601. <https://doi.org/10.1073/pnas.092277599>
- Lin, F. K., Hafri, A., & Bonner, M. F. (2022). Scene Memories Are Biased Toward High-Probability Views. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, *48*(10), 1116-1129.
<https://doi.org/10.1037/xhp0001045>
- Ling, S., & Carrasco, M. (2006). When sustained attention impairs perception. *Nature Neuroscience*, *9*(10), 1243-1245.
<https://doi.org/10.1038/nn1761>
- Mathews, A., & Mackintosh, B. (2004). Take a closer look: emotion modifies the boundary extension effect. *Emotion*, *4*(1), 36. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.1.36>
- Neider, M. B., & Zelinsky, G. J. (2006). Scene context guides eye movements during visual search. *Vision Research*, *46*(5), 614-621. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.08.025>
- Park, J., Josephs, E., & Konkle, T. (2024). Systematic transition from boundary extension to contraction along an object-to-scene continuum. *Journal of Vision*, *24*(1), 9-13.
<https://doi.org/10.1167/jov.24.1.9>
- Park, S., Intraub, H., Yi, D.-J., Widders, D., & Chun, M. M. (2007). Beyond the edges of a view: boundary extension in human scene-selective visual cortex. *Neuron*, *54*(2), 335-342.
- Vö, M. L.-H. (2021). The meaning and structure of scenes. *Vision Research*, *181*, 10-20.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.11.003>
- Vincent, B. T., Correani, A., Baddeley, R. J., Troscianko, T., & Leonards, U. (2009). Do we look at lights? Using mixture modelling to determine the contribution of low-versus high-level factors in visual scene exploration. *Visual Cognition*, *17*, 856-897.
<https://doi.org/10.1080/13506280902916691>
- Xiao, J., Hays, J., Ehinger, K. A., Oliva, A., & Torralba, A. (2010, June). SUN database: Large scale scene recognition from abbey to zoo. *Proceedings of the 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 3485-3492). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2010.5539970>

장면의 중앙과 경계로 향하는 주위가 경계변환에 미치는 영향

이용성¹, 정수근^{2,3}

¹한국뇌연구원 인지과학 연구그룹

²가톨릭대학교 심리학과

³충북대학교 심리학과

경계확장은 장면을 회상할 때 실제로 보았던 영역 너머까지 기억하는 기억 왜곡 현상이다. 최근 연구들은 경계확장 뿐 아니라 실제로 보았던 것보다 더 적은 영역을 기억하는 경계축소도 보편적으로 나타나며 장면의 특성에 따라 이러한 경계변환이 체계적으로 나타난다고 주장했다. 그러나 장면 특성이 어떠한 인지적 기제로 경계변환을 유발하는지에 대한 연구는 아직 부족하다. 선행연구들에 따르면 장면 특성이 주의를 유도하여 경계변환을 유발했을 가능성이 있으나, 이를 직접적으로 확인한 연구는 드물다. 따라서 본 연구는 하향주의와 상향주의를 직접 조작하여 장면 특성과 주위가 어떻게 상호작용하여 경계변환에 영향을 미치는지 알아보았다. 실험 1은 장면의 객체나 배경으로 하향주의를 유도하였으나 경계변환에서 하향주의 효과는 나타나지 않았다. 실험 2는 장면의 중앙 혹은 테두리로 상향주의를 유도했고 경계변환에서 상향주의 효과가 나타났다. 구체적으로 중앙으로 향하는 주위는 확장 편향을 유발했고 테두리로 향하는 주위는 축소 편향을 유발했다. 또한 장면의 객체 특성이 경계변환에 미치는 영향은 상향주의 방향에 따라 달라졌다. 이는 장면 특성이 시각주의를 통해 경계변환에 영향을 미침을 시사한다. 본 연구는 자극 특성 수준에서만 논의되었던 경계변환을 인지적 기제와 연관시켜 이해하려 한 시도라는 점에서 의의가 있다.

주제어: 장면, 경계확장, 경계축소, 시각주의