

## 양안경합의 감각적 상충 경험에 기초한 시각적 변화탐지 경험에 대한 이해\*

Understanding the Experience of Visual Change Detection Based on the  
Experience of a Sensory Conflict Evoked by a Binocular Rivalry

신영선\*\* · 현주석\*\*\*

Youngseon Shin\*\* · Joo-Seok Hyun\*\*\*

중앙대학교 심리학과\*\*

Department of Psychology, Chung-Ang University

### Abstract

The present study aimed to understand the sensory characteristic of change detection by comparing the experience of detecting a salient visual change against the experience of detecting a sensory conflict evoked by a binocular mismatch. In Experiment 1, we used the change detection task where 2, 4, or 6 items were short-term remembered in visual working memory and were compared with following test items. The half of change-present trials were manipulated to elicit a binocular rivalry on the test item with the change by way of monocular inputs across the eyes. The results showed that change detection accuracy without the rivalry manipulation declined evidently as the display setsize increased whereas no such setsize effect was observed with the rivalry manipulation. Experiment 2 tested search efficiency for the search array where the target was designated as an item with the rivalry manipulation, and found the search was very efficient regardless of the rivalry manipulation. The results of Experiment 1 and 2 showed that when the given memory load varies, the experience of detecting a salient visual change become similar to the experience of detecting a sensory conflict by a binocular rivalry.

**Key words** : visual change, binocular rivalry, sensory conflict, change detection

### 요약

본 연구는 시야에 발생하는 현저한 시각적 변화에 대한 탐지 경험과 양안경합이 초래한 감각적 상충에 대한 탐지 경험을 상호 비교함으로써 변화탐지 경험의 감각적 특성에 대한 이해를 시도하였다. 이를 위해, 실험 1에서는 2, 4, 6개의 항목을 단기파지 한 후 뒤이어 제시되는 검사항목과의 비교를 요구하는 변화탐지 과제가 사용되었다. 전체 변화탐지 시행 중 시각적 변화가 발생한 일부 시행에서는 검사항목 중 변화를 야기하는 한 항목에 양쪽 단안 분리 입력을 통해 서로 다른 항목이 제시되는 양안경합을 처치하였다. 실험 결과, 양안 경합이 처치되지 않은 경우 항목 개수 증가에 따른 변화탐지 정확도의 분명한 감소가 관찰된 반면 양안 경합이 처치된 경우 이러한 항목 개수 효과는 관찰되지 않았다. 실험 2에서는 항목 개수를 4, 8, 16개로 달리하는 탐색 배열 중 양안경합

\* 이 논문은 2013년도 중앙대학교 연구장학기금 지원에 의한 것임

† 교신저자: 현주석(중앙대학교 사회과학대학 심리학과, 인지 및 지각 심리학 전공)

Email: jshyun@cau.ac.kr

TEL: 02-820-5128

Fax: 02-816-5124

이 초래하는 감각적 상충을 보유한 표적 항목에 대한 탐색 효율성을 측정된 결과, 양안경합 처치 유무에 관계없이 탐색이 매우 효율적인 것이 관찰되었다. 실험 1과 2의 결과는 시야의 현저한 변화에 대한 탐지 경험은 기억부담의 증감에 따라 경우에 따라서는 양안경합 자극이 초래하는 감각적 상충에 대한 탐지 경험과 유사할 가능성을 시사한다.

**주제어 :** 시각적 변화, 양안경합, 감각적 상충, 변화탐지

## 1. 연구 배경

시각작업기억에 저장된 중요한 정보와 환경으로부터 새로이 입력되는 시각 정보 간 불일치에 대한 정확한 탐지는 일상생활에서 매우 중요한 정보처리 능력에 해당한다. 예를 들어 끊임없이 발생하는 인간의 도약안구운동(saccadic leap)은 망막(retina)으로 입력되는 시각 정보의 불연속성을 초래한다. 이 과정에서 인간은 중요한 몇 가지 정보를 기억저장소에 정확하게 저장하고 파악함으로써, 불안정한 시각정보 중 의미 있는 일부 정보의 차이점 및 유사점을 정확히 파악하는 것으로 알려져 있다(Irwin, 1992a).

안구운동간 입력되는 정보에 대한 임시 저장소는 시각작업기억(visual working memory)이 담당한다(Irwin, 1992a; Luck & Vogel, 1997; Vogel, Woodman, & Luck, 2001). 시각작업기억의 특성을 연구하기 위한 실험실 상황의 과제로는 흔히 변화탐지 과제(change detection task)가 사용된다(Luck & Vogel, 1997; Vogel et al., 2001). 일반적인 변화탐지 과제에서 피험자는, 순간 노출된 기억항목의 세부특징을 파악한 후 뒤이어 출현하는 검사항목과의 대조를 통해 기억항목과 검사항목 사이의 일치 혹은 불일치 여부 즉 변화발생 여부를 보고한다. 변화탐지가 매우 정확할 경우, 기억항목의 세부특징이 매우 정확히 파악되었던 것으로 해석한다.

기억항목과 검사항목 간 비교 처리 과정에 대한 관찰을 시도한 기존 연구는, 시각작업기억에 저장된 정보와 차이 있는 새로운 감각 정보가 매우 신속하고 빠르게 탐지됨을 보고하였다(현주석, 2009; Hyun et al., 2009). 특히 이 차이점으로 인한 변화의 시각적 현출성(visual saliency)은 단순세부특징 탐색(simple feature search) 과제에서 돌출(pop-out)하는 표적(Wolfe, 1994)의 강력한 현출성(saliency)에 근접할 가능성이 보고되었다.

변화탐지과제에서 나타나는 시각적 변화의 현출성이 기억과 감각 정보 간 불일치에 의해 촉발됨을 고

려할 때, 변화탐지 과정에서 예상되는 자동적 변화 탐지는 여느 감각적 불일치 혹은 상충에 대한 시각정보 처리 시스템의 신속 정확한 탐지 과정과 유사한 처리 기제에 의존할 가능성이 있다. 예를 들어, 돌출하는 탐색표적에 대한 자동적 탐지는 세부특징 차원에서 표적과 방해자극의 감각적 불일치가 현저한 경우에 발생하는 것으로 이해될 수 있다(Wolfe, 1994).

본 연구에서는 변화탐지의 감각적 경험을 양안경합(binocular rivalry)이 초래하는 감각적 상충 경험과 비교함으로써, 변화탐지 과정의 감각적 현출성에 대한 이해를 시도하였다. 양안경합은 두 눈에 입력되는 정보가 동일하지 않을 때 발생하며(Levitt, 1965), 양안경합이 처치된 자극의 시각적 현출성은 매우 분명한 것으로 보고된 바 있다(Meng & Tong, 2004; Paffen, Hooge, Benjamins & Hogendoorn, 2011; Paffen, Hessels, & Stigchel, 2012).

본 연구에서는 먼저, 변화탐지 과제에서 검사항목들 중 변화를 초래하는 특정 항목에 대해 양안경합을 처치하였다. 양안경합을 처치함에 있어서, 한 쪽 단안 입력(monocular input)에서는 기억된 항목과 일치하는 항목을 제시하였고 다른 쪽 단안입력에서는 불일치하는 항목을 제시하였다. 이러한 양안 간 분리입력 처치 아래, 양안경합이 부여된 항목의 감각적 현출성에 대한 탐지 경험이 경우에 따라서는 기억정보와의 불일치에 따른 변화탐지의 경험과 혼동될 가능성을 조사하였다. 또한 시야상의 다수 항목 중 양안경합을 처치한 특정 항목에 대한 탐색 효율성을 측정함으로써 양안경합이 초래하는 감각적 수준의 현출성에 대한 구체적인 검증을 시도하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 1

실험 1은 색상 변화탐지과제를 사용해 변화가 탐지된 순간에 출현한 양안경합 자극이 변화 발생으로 오

인될 가능성을 조사하였다. 이를 위해 실험 1에서는 양안으로 분리 입력되는 특정 개수의 기억항목들의 색상들에 대한 단안 파지를 요구하고 뒤이어 이 항목들에 대한 검사항목의 제시를 통해 이 들 중 기억된 항목과 다른 색상을 보유한 한 항목이 있는지를 보고 하도록 요구하였다. 다른 색상의 검사 항목이 있을 경우, 이 항목의 색상은 양쪽 단안 입력 모두에서 대응되는 기억항목과 색상을 달리하였다. 따라서 이는 양안 분리 입력이 처치되었을 뿐, 기존 연구의 일반적인 색상 변화탐지과제의 자극 상황과 일치한다(Luck & Vogel, 1997; Vogel et al., 2001).

한편, 전체 시행 중 일부 시행들에서는 검사항목의 출현 시점에 특정 검사항목에 대해 양안 경합을 처치하였다. 예를 들어, 검사항목의 한쪽 단안 입력으로는 기억항목들과 동일 색상을 보유한 항목들을 제시하고 반대편 입력으로는, 한 항목의 색상이 기억항목과 다르고 나머지 항목들은 동일하게 처치하였다. 결과적으로는, 한쪽 단안으로 입력된 항목들에서는 색상 변화가 없는 반면 다른 쪽 단안 입력 항목들에서는 색상 변화가 있도록 처치하였다.

검사항목에 대한 이러한 양안경합 처치는 양안 간 입력 정보가 동일한 상황의 일반적인 ‘변화’ 경험에 비해 매우 특이한 감각적 경험을 초래할 가능성이 있다. 구체적으로, 양안 간 입력 자극이 일치한 상황에서 처치된 색상 변화는 일반적인 색상 변화탐지 과제에서의 변화에 대한 경험과 동일하게 매우 분명하고 현저한 변화로 경험될 가능성이 크다. 반면, 검사 항목에 대한 양안경합이 처치된 상황에서는 경합이 처치된 자극 자체의 감각적 현출성은 증가될 것으로 예측되나(Meng & Tong, 2004; Paffen et al., 2011, 2012), 그럼에도 불구하고 기억에 기초한 변화 발생이 한쪽 단안에 국한되므로 변화의 현출성은 상대적으로 저하될 가능성이 있다.

또한 일반적으로, 변화탐지과제의 탐지 정확도는 기억이 요구되는 항목의 개수 증감에 비교적 민감하게 반응한다. 이는 항목 개수의 변화에 따른 기억 부담의 증감에 기인하는 것으로 해석된다(Luck & Vogel, 1997; Vogel et al., 2001). 따라서 실험 1의 양안 분리 입력 아래에서의 변화탐지 또한 항목개수 증감의 영향을 받음과 동시에 양안경합이 처치의 효과 또한 이에 따라 변화할 가능성이 있다.

먼저 양안경합 처치는 한쪽 단안 입력에만 변화를 초래하고 다른 쪽 단안 입력에서는 변화를 초래하지

않으므로, 일반적인 변화탐지 상황에 비해 변화에 대한 탐지 가능성이 저하되고 따라서 변화의 현출성 감소를 예측한다. 그럼에도 불구하고, 이처럼 단안 변화(monocular change)가 초래된 항목은 역설적이게도, 양안 간 경합이 초래하는 감각적 상충에 의해 현출성이 상대적으로 증가할 가능성이 있다. 실험 1은 두 경우의 상반되는 현출성 증감이 초래한 변화탐지 경험의 특이성을 염두에 두고 실시되었다.

## 2.1.1 실험 설계

중양대학교에 재학 중인 만 20~24세의 대학생 12명이 실험에 참가하였다. 피험자는 모두 정상시력 혹은 정상 교정시력 및 정상색신을 보고 하였다. 양안경합 자극을 구현하기 위해, 화면에 빠른 속도로 번갈아 제시되는 두 영상 이미지를 좌우 각각의 눈에 입력할 수 있는 nVidia사의 3D Vision Kit™를 사용하였다(강해인, 현주석, 2012). 실험자극은 Matlab과 연동되는 Psychophysics toolbox로 구현되어 피험자의 눈으로부터 60cm 거리의 24인치 LCD 모니터(Samsung CM22WS)에 제시되었다.

Figure 1에 실험의 자극과 절차를 예시하였다. 개별 시행에서, 피험자들은 먼저 검은색 바탕의 화면에 화면의 중앙으로부터 시각  $10.0^\circ \times 10.0^\circ$  크기의 영역 내의 무선적 위치에 100ms 동안 제시된 기억항목들의 색상을 기억하였다. 기억항목들의 색상으로는 빨간색, 녹색, 파란색, 노란색, 보라색, 하늘색, 흰색, 분홍색 등 총 여덟 종류의 색상이 사용되었다. 기억항목의 크기는  $0.83^\circ \times 0.83^\circ$ 로 모두 동일하였으며, 항목들 간에는 최소  $2.07^\circ$ 의 거리를 두도록 처치되었다. 기억항목이 사라진 후 900ms의 기억지연 시간 동안 빈 화면이 제시되었으며, 뒤이어 기억항목과 동일한 개수의 색상 도형이 검사항목으로 제시되었으며 피험자의 반응이 있을 경우 즉각적으로 사라지거나 최대 2000ms까지 화면상에 머무르다 사라졌다. 기억과 검사항목으로 제시되는 개별 색상 사각형의 개수는 각 시행에 걸쳐 2, 4 혹은 6개로 달리 처치되었다. 피험자는 기억항목들에 뒤이어 제시된 검사항목들이 기억항목들과 동일한 색상을 보유하고 있는지를 판단해, 키보드의 ‘Z’ 혹은 ‘/’ 키 중 하나를 눌러 보고하였다.

전체 시행 중 절반의 시행은 기억항목과 검사 항목이 동일한 ‘변화없음(no-change)’ 시행이었으며(Figure 1A), 나머지 절반에는 양안입력 자극의 유형에 따라

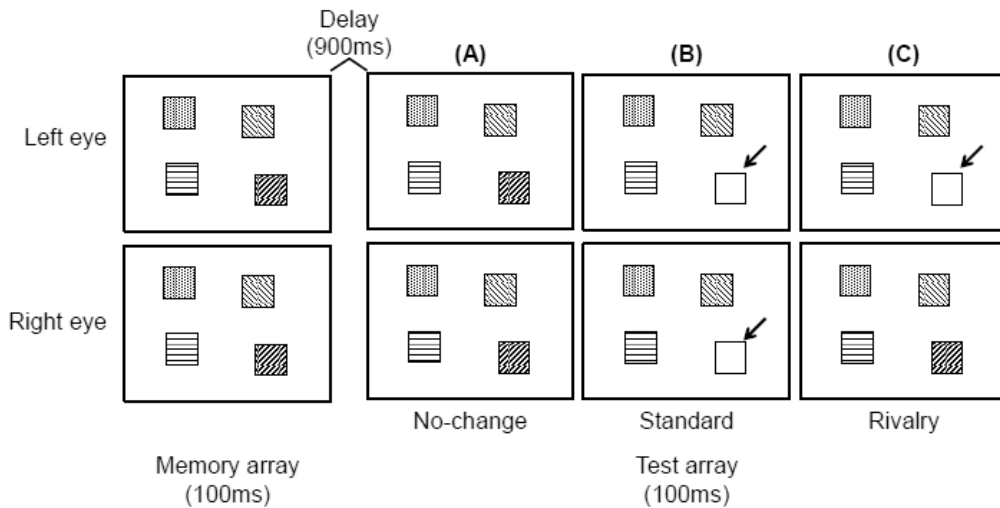


Figure 1. Trial examples for the stimuli and procedure of Experiment 1. Participants were asked to remember the colors of squares in the memory array and reported presence or absence of a color change upon the onset of the test array. Each column for the test arrays represents (A) No-change, (B) Standard-change, and (C) Rivalry-change condition. Note that the left and right inputs can switch across trials. The background was colored in black, and the arrows, which were not present in the actual stimulus display in the experiment, indicate the changed item(s)

두 종류의 ‘변화있음’ 시행이 있었다. 첫 번째 종류의 시행은 ‘표준변화(standard change)’시행으로(Figure 1B), 양안으로 입력되는 모든 영상 이미지가 동일하되 기억 항목과 검사항목 간 한 항목의 색상이 서로 다르게 처리되었다. 즉 기억항목과 검사항목 간 색상 변화가 존재하되 좌우 안구를 통해 제시되는 이미지가 양안 간 상호 동일하였으므로, 이는 기존 연구의 일반적인 ‘변화있음(change)’ 시행과 동일한 자극 처치를 구현한다. 반면 두 번째 종류의 시행은 ‘경합변화(rivalry change)’ 시행으로(Figure 1C), 기억항목들 자체는 양측 안구에 걸쳐 동일하게 분리 입력되나 뒤이어 한쪽 단안에 제시되는 검사항목들 중 하나가 기억항목과 색상이 다르고 다른 쪽 단안의 경우 기억항목들과 모두 동일한 경우에 해당된다. 이 경우, 기억항목에 근거한 검사항목과의 색상 차이, 즉 변화는 한쪽 단안 입력 정보에만 존재하며 이러한 단안 변화를 초래한 자극 자체는 양안경합 상황에 놓이게 된다.

세 가지의 항목개수 시행 유형 별로 200회의 시행이 있었으며, 총  $200 \times 3 = 600$ 회의 시행 중 절반에 해당하는 300 시행은 변화없음 시행이었으며, 나머지는 표준변화 150 시행과 경합변화 150 시행이었다. 모든 시행은 단일 구획 내에서 무선화되어 실시되었으며, 피험자는 본 실험에 앞서 과제에 익숙해질 때까지 연습 시행을 제한 없이 수행하였다. 피험자에게는 변화탐

지 반응의 정확성만이 강조되었으며 신속성은 강조되지 않았다.

### 2.1.2 실험 결과 및 논의

실험 1은 피험자의 주관적 변화 경험 유무에 대한 검증에 중점을 두므로, 모든 종속 측정치는 각 변인의 개별 처리 수준내의 전체시행 중 변화가 있었다고 보고한 시행의 비율 즉 ‘변화보고비율(proportion of change response)’값을 토대로 산출되었다.

표준 및 경합변화 조건의 변화보고비율을 살펴보기에 앞서, 전체 시행을 변화없음 시행과 변화있음 시행으로 구분했다. 변화없음 시행에서 변화있음을 보고한 오류 시행(false-change response) 비율은 2, 4, 6 항목 개수 조건 각각에 대해  $.05 \pm .03$ ,  $.11 \pm .05$ ,  $.13 \pm .06$ 로 비교적 크지 않았으나, 조건 간 차이는 통계적으로 유의미하였다,  $F(2, 24) = 29.7, p < .001$ .

반면 변화시행에 해당하는 표준 및 경합변화 시행의 경우 항목 개수의 증가에 따른 변화보고비율은 서로 확연히 다르게 나타났다(Figure 2). 먼저 표준변화 조건의 변화보고비율은 항목개수 증가에 따라 분명하게 감소하는 것이 관찰되었으나, 경합변화 조건에서는 이러한 감소 패턴이 관찰되지 않았다.

두 조건 간 항목개수 효과 차이에 대한 확인을 위해,

변화시행의 변화보고비율 자료를 대상으로, 변화유형(표준 vs. 경합)과 항목개수(2 vs. 4 vs. 6) 두 변인에 대해 반복측정에 기초한 이원 변량분석(repeated-measure two-way ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과, 변화유형에 따른 주효과는 발견되지 않았으나,  $F(1, 11) = 0.03, p = .87$ , 항목 개수의 주효과가 발견되었다,  $F(2, 22) = 43.7, p < .001$ . 이는 항목개수의 증가에 따라 변화탐지 정확도가 부정확해졌으며, 결과적으로 변화유형에 관계없이 항목개수 증가에 따라 변화의 현저성이 감소했음을 시사한다.

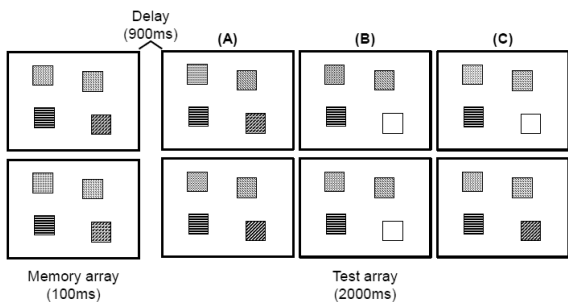


Figure 2. Proportion of change response of Standard and Rivalry change condition. The error bars in this chart and the subsequent chart indicate 95% confident interval according to Loftus and Masson (1994). (\* $p < .05$ )

또한 두 변인 간 상호작용이 통계적으로 유의미했는데,  $F(2, 22) = 20.1, p < .001$ , 이는 표준과 경합변화 조건에서 변화탐지 효율성에 차이가 있음을 의미한다. 이 차이에 대한 정확한 검증을 위해 먼저, 두 변화 조건 별로 항목개수 변인을 대상으로 일원변량분석을 실시해 단순 주효과 분석을 시도하였다. 그 결과, 표준 변화와 경합 변화 조건 모두에서 단순 주효과가 유의미한 것이 관찰되었다,  $F(2, 22) = 30.6, p < .001$  그리고,  $F(2, 22) = 4.27, p < .05$ .

개별 변화조건에서 공히 관찰된 단순 주효과 패턴에 대한 정확한 이해를 위해, 각 변화조건의 항목개수 시행 유형간 평균 변화보고비율에 대한 차이 검증을 시도하였다. 먼저 표준변화 조건의 개별 항목 개수 2, 4, 6개 각 조건의 평균들(.92±.06, .76±.14, .54±.16)을 대상으로 상관표본의 *t*-검증을 실시해 쌍별 비교(pairwise comparison)를 시도하였다. 그 결과 항목개수 2와 4개 조건 간 그리고 4와 6개 조건 간에 각각 유의미한 차이가 발견되었다, 각각  $t(11) = 4.96, p < .001$ , 그리고  $t(11) = 6.48, p < .001$ . 그러나 경합변화 조건의 동일 항목 개수 시행들(.80±.12, .74±.14, .71±.13)에 대

해 동일한 쌍별 비교를 시도한 결과, 항목 개수 2와 4개 조건과 2와 6개 조건 간에서만 유의미한 차이가 발견되었으며,  $t(11) = 2.64, p < .05$  그리고,  $t(11) = 2.55, p < .05$ , 4와 6 조건 간 차이는 유의미하지 않았다,  $t(11) = 0.90, p = .39$ .

이는 단순 및 경합변화 조건 각각에서 나타난 항목 개수의 증가에 따른 변화보고 비율의 감소 패턴이 확연히 차이가 있었음을 의미한다. 구체적으로, 단순변화 조건의 경우 항목개수가 2, 4, 6개로 증가함에 따라 변화보고비율의 감소가 분명하게 나타난 반면, 경합변화 조건의 경우 이러한 감소 패턴이 항목개수 2와 4개 구간에서만 나타나고 4와 6개 구간에서는 상대적으로 분명하지 않았음을 의미한다.

실험 1의 표준변화 조건에서 관찰된 분명한 항목 개수 효과는 변화탐지과제를 토대로 분명한 항목 개수 효과를 관찰한 기존 연구의 결과와 비교적 일치한다(Vogel et al., 2001). 즉 기존 연구에서는 시각작업기억의 일반적인 저장 용량이 3~4개 항목으로 지극히 제한적이므로 이를 초과하는 항목들에 대한 기억 저장은 대개 실패할 가능성이 큰 것으로 보고되었다. 이에 근거할 때 실험 1의 항목 개수 4와 6조건의 상대적으로 저조한 변화탐지는 변화없음 조건의 비교적 높은 변화없음 보고비율과 합산해 분명한 해석이 가능한 결과로 판단된다.

이에 비해 경합변화 조건에서 관찰된 항목 개수 효과는 그다지 분명하지 않았는데, 이는 크게 두 가지 가능성에 근거해 정확한 해석이 시도될 수 있다. 첫 번째는 피험자의 변화발생 여부에 대한 판단이 양안 입력을 통해 경합하는 두 자극 중 기억항목과 불일치하는 항목의 존재 여부에 근거해 변화발생 여부가 판단되는 경우이다. 이 경우 검사항목에 처치된 양안경합 상황을 고려할 때, 한쪽 단안입력에서 기억과 불일치하는 검사항목의 출현은 반대 쪽 단안입력에서 일치하는 검사항목의 출현을 의미하므로 두 자극의 경합 상황은 경합으로 인한 감각적 현출성 증가와 동시에 변화발생 자체로 인한 현출 가능성은 단안 변화라는 한계로 인해 감소한다.

이러한 기억에 의존한 변화발생의 현출성 감소와 동일 자극이 초래하는 양안경합에 의한 현출성 증가는 기억 항목이 기억에 정확히 표상되어 있는지의 여부에 따라 상호 영향력이 달라진다. 예를 들어 기억 저장이 용이했던 항목 개수 2개 조건의 경우 변화 발생 여부에 대한 피험자의 판단은, 양안경합이 처치된

항목이 초래하는 현출성에도 불구하고 상대적으로 기억과 검사항목 간의 차이에 의존할 가능성이 크다. 즉 양안경합이 초래하는 감각적 상충은 변화발생 여부를 가능하는데 도움을 줄 수는 있다. 그러나 항목개수 2개 처치는 소수 항목에 대한 분명한 기억 표상을 제공하므로, 피험자의 변화탐지는 전적으로 기억된 항목과 단안 입력된 개별 검사항목 간의 차이여부에 기초할 가능성이 크다. 이 경우, 한쪽 단안으로는 변화가 경험되고 반대편 단안으로는 변화가 경험되지 않으므로 변화 여부에 대한 판단이 표준변화 조건에 비해 보수적일 수밖에 없다. 실험 1의 경합변화 조건에서 항목개수 2개 조건의 변화보고 비율이 약 80% 수준으로 표준변화 조건에 비해 저조한 것은 이러한 해석을 정확히 지지한다.

반면, 항목 개수 4와 6개 조건처럼 기억정보가 상대적으로 부정확한 상황에서는 기억에 의존한 단안변화 탐지가 상대적으로 용이하지 않다. 이처럼 변화 발생 여부가 분명하지 못한 상황에서는, 기억과 검사항목 간 차이보다는 검사항목 출현과 동시에 촉발되는 양안경합의 현출성의 영향력이 상대적으로 강력해질 수 있다. 특히 항목 개수 4개 조건은 기억에 근거한 변화 탐지와 양안경합의 영향력이 변화발생 여부에 대한 판단을 위해 균형을 이루는 상황으로 추측되며, 표준변화와 경합변화 조건 간 변화보고 비율이 항목개수 4개 조건에서 거의 일치했던 점은 이러한 해석과 일맥상통한다.

마지막으로, 항목 개수 6개 조건에서처럼 기억정보가 지극히 부정확한 상황에서 피험자는 양안경합 처치아래의 검사항목이 촉발시키는 분명한 현출성에 기초해 변화발생 여부에 대한 판단을 시도할 가능성이 있다. 이 경우 양안경합 처치가 초래하는 특정 검사항목의 감각적 현출성은 변화있음 보고의 가능성을 증가시키므로, 기억정보에 의존해 변화발생 여부에 대한 판단이 시도되었던 표준변화 조건에 비해 변화보고비율을 비약적으로 증가시킬 수 있다. 다만 피험자는 극단적인 기억 부담아래 극명하게 경험되는 현저한 시각적 변화를 매우 예외적인 경우로 해석할 가능성이 있다. 따라서 검사항목의 양안경합이 초래하는 감각적 현출성에도 불구하고 이를 변화발생으로 해석할 가능성은 역시 보수적일 가능성이 있다. 실험 1의 항목개수 6개 조건에서 경합변화 조건의 변화보고 비율이 극단적으로 증가하지 않고 다른 항목개수 조건과 유사하게 80% 수준에 머무는 것은 이러한 보수적

인 판단의 가능성을 정확히 시사한다.

종합해 볼 때 실험 1의 결과는, 검사항목에 처치된 양안경합이 피험자의 변화탐지 발생 여부에 대한 판단에 영향을 미치며, 이러한 영향은 기억정보의 정확성 여부에 따라 상이하게 발현됨을 시사한다. 즉 기억 부담 감소로 인해 기억 표상이 정확할 경우 변화발생에 대한 판단은 전적으로 기억정보와 단안입력 정보 간 차이에 근거해 결정되는 반면 기억표상이 부정확할 경우에는, 그러한 차이보다는 양안경합이 초래하는 감각적 현출성에 의해 결정된다.

## 2.2 실험 2

실험 1에서는 검사항목에 처치된 양안경합의 현출성이 변화 발생여부에 대한 피험자의 해석에 영향을 줄 수 있음이 관찰되었다. 그럼에도 불구하고 한 가지 재차 확인이 요구되는 것은, 실험 1에서 지극히 당연시된 양안경합 자극의 현출성 여부에 대한 확인이다. 양안경합 자극의 현출성을 확인하는 것은 실험 1의 경합변화 조건의 항목 개수 4와 6개 시행에서 관찰된 양안경합으로 인한 현출성의 영향력을 정당화하기 위한 전제 조건에 해당된다.

실험 2에서는 이러한 확인을 목적으로 양안경합 자극이 초래하는 현출성을 가능하기 위해 현출성 탐색 과제('odd-one out' search)를 실시하였다(Treisman, 1988). 현출성 탐색과제는 특정 단일세부특징 차원에서 대다수의 다른 항목들과 상이한 항목의 존재 유무를 보고하도록 요구한다. 예를 들면, 모든 항목들이 녹색이고 한 항목이 빨간색이거나 혹은, 모든 항목들이 빨간색이고 한 항목이 녹색이면 피험자는 '예'라고 반응한다. 반면 모든 항목이 빨간색이거나 혹은, 모든 항목이 녹색이면 '아니오'라고 반응한다.

현출성 탐색과제는 표적과 방해자극의 세부특징이 구체적으로 지정되지 않는다는 점에서 일반적인 단순 세부특징 과제와 구분되나, 표적 탐색이 수행되는 원리는 동일한 것으로 해석된다(Treisman, 1988; Muller, Heller & Ziegler, 1995). 즉 단순세부특징 탐색과제에서 표적은 방해자극과 세부특징 차원의 현격한 차이에 의해 자동적으로 탐지(automatic detection)된다. 마찬가지로 현출성 탐색 과제의 표적 또한 단일 세부특징 차원에서 항목들 간 획일성(homogeneity)에 분명하게 위배되므로 그 존재 유무가 자동적으로 탐지된다.

실험 2에서는 이러한 점에 착안하여, 일반적인 현

출성 탐색 과제 및 그와 동일한 자극 상황에서 표적에 대해 양안경합이 처치되었을 때 탐색 효율성을 비교하였다. 이러한 비교를 통해 양안경합이 처치된 자극의 상대적 현출성 정도를 가늠하였다.

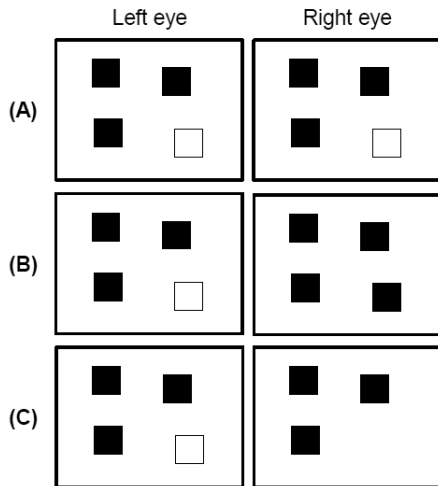


Figure 3. Examples of the target-present trials in Experiment 2. Each row represents (A) Standard, (B) Rivalry, and (C) Blank-rivalry target condition. Note that the left and right inputs can switch across trials. The background was colored in black, and the filled and blank squares indicate either the red or green-colored items, or vice versa. Participants were asked to report whether there is an item that has a different color from the rest of items in the array or not.

### 2.2.1 실험 설계

실험 1에 참가하지 않은 중앙대학교 재학생 중인 만 19~22세 사이의 10명이 실험 2에 참가하였다. 피험자는 모두 정상시력 혹은 정상 교정시력 및 정상 색시를 보고하였다. 실험에 사용된 도구는 실험 1과 동일하였다.

Figure 3에 실험 2의 자극과 절차를 예시하였다. 현출성 과제의 탐색배열로는, 검은색 배경에 항목 개수 조건 별로 빨간색 혹은 녹색 사각형이 4, 8 혹은 16개가 제시되었다. 0.83° x 0.83° 크기의 개별 색상 사각형은 화면의 중심을 기준으로 시각 14.7° x 14.7° 영역 내에서 항목 간 최소 거리 2.37°의 제약을 두고 무선화된 위치에 제시되었다.

탐색배열은 피험자의 반응이 있을 경우 즉각적으로 사라지거나 최대 2000ms까지 화면상에 머무르다 사라졌다. 피험자는 탐색배열로 제시된 사각형들 중 전혀

다른 색상을 보유한 사각형의 존재 유무를 판단해 키보드 상의 'Z' 혹은 '/' 키 중 하나를 눌러 보고하였다. 예를 들어 모든 항목이 빨간색이고 한 항목이 녹색이거나 혹은, 모든 항목이 녹색이고 한 항목이 빨간색인 경우 표적시행(target-present trial)으로 보고하였으며, 모든 항목이 빨간색이거나 혹은 모든 항목이 녹색인 경우에는 표적없음시행(target-absent trial)으로 보고하였다. 전체 시행 중 절반은 표적 시행이었으며 나머지는 표적없음 시행이었다.

또한 표적 시행에는 항목 개수 조건 별로 동일한 시행수를 보유한 표준(standard), 경합(rivalry) 및 바탕경합(blank-rivalry)의 세 유형이 있었다. 모든 표적없음 시행 그리고 표준표적 시행(Figure 3A)의 경우, 양안입력 이미지가 동일했으며 결과적으로 일반적인 현출성 탐색과제와 동일한 자극상황에 해당된다. 반면 경합표적 시행에서는(Figure 3B), 방해자극의 경우 양안 간 색상이 동일하였으나 표적에 해당되는 특정 항목은 양쪽 단안입력에 걸쳐 색상을 달리했다. 예를 들어, 한쪽 단안 자극들은 모두 녹색이고 반대편 단안 자극들은 한 항목이 빨간색이고 나머지가 녹색인 경우에 해당된다. 마지막으로 경합표적 시행과 유사하지만 구체적 경합대상이 존재하지 않는 상황으로 바탕경합표적시행(Figure 3C)이 구성되었다. 이 시행에서는 양안 간 단안 제시되는 자극들 중 표적을 제외한 나머지 자극 색상이 동일하였으나, 표적은 오직 한쪽 단안 입력에만 존재하였다.

모든 시행은 단일 구획내에서 무선화 된 순서로 제시되었으며, 피험자에게는 반응의 신속성과 정확성을 모두 강조하였다.

### 2.2.2 실험 결과 및 논의

Figure 4에 실험 2의 반응시간 결과를 도해하였다. 전반적으로 표준, 경합 그리고 바탕경합 표적 조건 간에 걸쳐 항목 개수의 효과는 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다. 이에 대한 확인을 위해 표적유형(표준 vs. 경합 vs. 바탕경합)과 항목개수(4 vs. 8 vs. 12개) 두 변인을 대상으로 반복 측정에 근거한 이원변량분석을 실시한 결과, 두 변인의 주효과가 모두 유의미했다, 각각  $F(2, 18) = 3.69, p < .05$  그리고,  $F(2, 18) = 6.23, p < .05$ . 반면 상호작용은 유의미하지 않은 것으로 나타났다,  $F(4, 36) = 0.79, p = .54$ .

두 변인의 주효과에 대한 정확한 해석을 위해, 먼저

항목 개수 조건을 피험자별로 병합한 평균 반응시간 자료에 대해 표준(566.3±110.4ms), 경합 (586.9±110.8ms) 그리고 바탕경합(659.9±104.7ms) 조건 간 평균에 대해 상관 표본에 근거한 쌍별비교를 시도하였다. 그 결과 경합표적과 표준표적 조건 간 유의미한 차이가 발견되었다,  $t(29)=2.71, p < .05$ . 반대로 표적유형 시행들을 모두 병합한 평균 자료에 대해 항목개수 4개 (578.5±115.2ms), 8개(564.6±105.2ms) 및 16개 (580.0±105.8ms) 조건 간 쌍별 비교를 시도한 결과, 항목개수 8과 16개 조건 간의 평균 차이가 유의미하였다,  $t(29)=2.69, p < .05$ ). 한편, 반응 정확도에 대한 별도의 분석 결과 두 변인의 개별 처치 수준에서 정확도는 모두 약 95% 이상 천정 수준으로 매우 정확했으며, 각 변인의 주효과 및 상호작용은 관찰되지 않았다, all  $ps > .05$ .

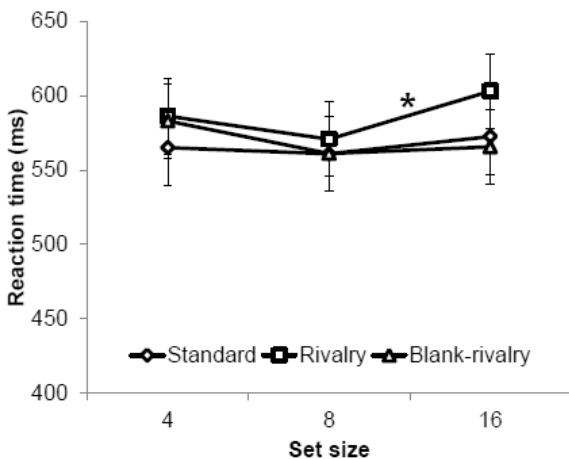


Figure 4. Result of reaction time of Standard, Rivalry, and Blank-rivalry in experiment 2. All differences are non-significant except difference between set size 8 and set size 16 of Rivalry condition.

종합해 볼 때, 경합표적 조건에서 관찰된 반응시간의 상대적 지연은, 양안경합이 처치된 표적에 대한 탐색이 바탕경합이 처치된 표적에 대한 탐색보다 다소 어려웠을 가능성을 의미한다. 그럼에도 불구하고 그러한 지연의 정도가 항목개수의 증가에 따라 크게 변

- 1) 항목개수 16개 조건에서 관찰된 반응시간의 상대적 지연은 그 이유가 분명치 않다. 다만 4와 8개 조건에 비해 8과 16개 조건 간 항목개수의 비약적 증가를 고려할 때, 항목개수가 늘어남에 따라 예상되는 상대적 오류 발생 가능성(Palmer, 1994; Levi, 2008)의 상쇄를 위한 탐색시간 지연이 원인일 가능성이 있다.

화하지 않았다는 점, 즉 표적유형과 항목개수 변인 간 상호작용이 부재했다는 점은 탐색 효율성 측면에 있어서는 세 종류의 표적 유형 조건 간에 큰 차이가 없음을 의미한다.

결과적으로 실험 2의 결과는 표준과 경합 및 바탕경합 표적 조건에서의 표적 탐지가, 일반적인 단순세부특징 탐색과제의 자동적 표적탐지와 유사하게 매우 효율적이었을 가능성을 시사한다. 특히 경합표적 조건에서 관찰된 항목개수 효과의 부재는 양안경합이 처치된 표적의 현출 가능성 즉 자동적인 탐지 가능성을 지지하는 결과로 해석될 수 있다.

### 3. 종합 논의

본 연구는 변화탐지과제에서 시각적 변화를 촉발시키는 변화항목에 대한 양안경합 처치를 통해, 시각적 변화 자체의 현출성에 양안경합 처치가 초래하는 영향을 조사하였다. 실험 1에서는 양안 입력을 통해 기억된 항목과 동일한 항목을 한쪽 단안에 검사항목으로 제시하고 반대편 단안에 동일하지 않은 항목을 검사항목으로 제시하였다. 이 경우, 피험자는 약 80% 정도의 확률로 시각적 변화가 발생한 것으로 보고하는 경향이 관찰되었는데, 그럼에도 불구하고 항목개수 효과는 양안경합이 처치되지 않은 경우에 비해 상대적으로 분명하지 않았다. 실험 2에서는 양안경합이 초래하는 현출성을 추정하기 위해 현출성 탐색과제를 고안해 실시한 결과 단순 세부특징 과제에 근접하는 탐색 효율성이 관찰되었다.

실험 1의 결과는 개별 단안에 입력된 정보에 근거한 변화탐지가 실제 기억된 정보의 영향아래 있으며 이러한 영향력이 기억부담의 수준에 따라 변화한다는 점에서 시각작업기억에 근거한 변화탐지 특성을 이해하는데 있어서 중요한 시사점을 제공한다. 구체적으로, 실험 1의 양안경합 처치아래 한쪽 단안에 제시된 검사항목들은 기억에 저장된 기억항목들과 모두 일치하므로 일반적인 변화탐지 과제의 관점에서는 시각적 변화가 발생하지 않은 상황에 해당된다. 한편 반대편 단안에 제시된 검사항목들 중 하나는 기억에 저장된 정보와 일치하지 않으므로 시각적 변화의 발생이 초래된 상황에 해당된다.

검사항목이 제시 시점의 이러한 단안 입력들 간의 상충은, 기억된 항목과 해당 검사항목 간 단안 변화(monocular change)가 초래하는 기억의존적



(memory-dependent) 현출성과 동시에 양안경합이 초래하는 감각적 현출성이 혼재된 상태를 초래한다. 이 경우 피험자는 양안경합이 초래한 감각적 현출성과 기억항목과 검사항목의 불일치, 즉 시각적 변화로 인한 현출성을 혼동할 가능성이 있다.

실험 1의 양안경합 조건에서 상대적으로 불분명했던 항목개수 처치효과는 양안경합이 초래하는 이러한 혼동의 가능성이 기억부담의 증감에 따른 기억표상의 정확성 여부에 의해 좌우될 가능성을 보여준다. 즉 기억부담이 적은 항목개수 2개 조건의 경우, 기억항목의 표상은 매우 정확하므로 양안경합이 초래한 현출성 자체와 관계없이 피험자는 경합 상황의 개별 단안 입력이 과연 변화에 해당하는지 아니면 그렇지 않은지를 기준으로 변화발생 여부를 판단할 가능성이 있다. 이 경우 변화를 초래하는 검사항목은 한쪽 단안 입력 자극에 국한되고, 반대편 단안 입력은 변화를 초래하는 자극 상황이 아니게 되므로 결과적으로 변화탐지의 가능성은 양안 간 단안입력에서 모두 변화가 처치된 표준변화 조건보다 감소할 가능성이 크다. 이에 비추어 볼 때, 실험 1의 항목 개수 2개 조건의 80% 수준의 변화보고 비율은 양안경합 처치가 촉발시키는 현출성에도 불구하고 피험자는 기억에 기초한 단안 변화를 경험함으로써 비교적 보수적인 변화탐지 보고를 시도했음을 보여준다.

반면 기억부담이 증가한 항목개수 4와 6개 조건의 경우 피험자는, 상대적으로 항목개수 2개 조건에 비해 기억이 부정확한 상황에서 변화탐지를 시도하게 된다. 이 경우 대다수의 시행에서 양안경합에 의한 감각적 현출성 이외에는 변화의 발생 여부를 판단할 증거가 부족하므로, 피험자는 항목개수 2개 조건에서처럼 단안 기억 정보에 의존하기 보다는 양안경합 자체의 현출성 여부에 근거한 변화 탐지를 시도하는 것으로 추측된다. 항목개수 4와 6개 조건에서 여전히 80%에 근접하는 변화보고 비율이 관찰된 것은 이러한 가능성을 지지하는 결과로 해석된다.

항목 개수 증가에 따른 이러한 오인 가능성의 증가는 결과적으로 피험자가 변화발생 여부에 대해 주관적 해석을 시도하는 과정에서, 변화의 현출성과 양안경합의 현출성을 동일시할 가능성을 보여준다. 따라서 이러한 모호한 상황에서 변화 발생 여부를 판단하기 위한 감각적 증거(sensory evidence)의 취합은, 그러한 감각적 증거가 기억정보에 의해 혹은 양안경합에 의해 초래되었는지의 여부에 관계없이 전적으로 감각

적 현출성의 발생 여부에 근거함을 시사한다. 따라서 실험 1의 결과는 변화탐지의 배경이 되는 시각적 변화의 현출성이 양안경합과 같은 감각적 상충이 초래하는 시각적 현출성과 질적인 면에서 경우에 따라서는 유사할 가능성을 시사한다.

또한 실험 2에서는 실험 1에서 지극히 당연한 것으로 가정되었던 양안경합에 의한 현출성 발현에 대해 확인을 시도하였다. 현출성 탐색과제를 사용해 항목 개수 증감에 따른 탐색 반응시간을 측정된 결과, 실험 2에서는 양안경합이 처치된 표적은 시야에서 돌출하는 특성이 있음이 관찰되었다. 즉 양안경합이 처치된 표적에 탐지에 소요되는 시간은 항목 개수의 증가에 관계없이 비교적 일정하였다. 이처럼 우수한 탐색 효율성은 일반적인 단순세부특징 탐색과제의 표적탐지 효율성과 일치하는 결과이다. 따라서 양안경합이 처치된 자극에 대한 탐지는 항목개수에 관계없이 매우 신속하고 정확할 가능성을 재차 확인해준다(Paffen et al., 2011, 2012).

종합해 볼 때, 본 연구는 시각작업기억에 기초한 변화와 양안경합이 초래한 감각적 상충 간 현출성에 대한 주관적 경험이 상호 유사할 가능성을 보여주었으며, 기억부담의 증감에 따라 이러한 감각적 경험에 대한 해석이 변화할 가능성을 보여주었다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 제한점을 가진다. 첫째, 실험 1에서는 변화있음 혹은 없음의 강제 선택을 요구하였다. 따라서 양안경합 조건에서 관찰되지 않았던 항목개수 효과는 시각적 변화와 양안경합을 혼동했기 보다는 단순히 양안경합 시행만을 편파적으로 변화 시행으로 보고했기 때문일 가능성이 있다. 둘째, 실험 2의 탐색 과제에서 관찰된 설명하기 어려운 항목개수 효과는, 비록 변화유형 조건에 따라 체계적으로 변화하지는 않았으므로 현재의 해석을 지지하긴 하나, 양안 분리 입력 처치의 자극 상황이 일반적인 나안(naked eye) 입력 상황에 비해 감각적으로 부담스러웠음에 기인했을 가능성이 있다. 셋째, 본 연구는 감각적 현출성에 따른 변화탐지 과정을 매개하는 초점주의의 역할과 같은 매우 구체적이고 일반적인 인지심리학적 기제에 대한 이론적 해석이 시도되지 않았다. 이는 그와 관련된 분명한 실험적 처치의 부재에 기인하는 것으로, 현출성과 초점주의 간 밀접한 관련성을 고려할 때 추가 연구를 통해 구체적인 관찰이 시도될 필요성이 있는 것으로 판단된다. 마지막으로, 실험 2에서 추가된 바탕경합 처치는 매우 현

제한 감각적 현출성을 촉발시키는 것이 관찰되었는데, 본 연구는 이에 대한 정확한 해석을 제공하지 못하고 있다. 이는 단안 간 경합 자극이 존재하지 않을 경우, 실험 1과 같은 변화탐지 상황에서 매우 흥미로운 감각적 경험을 초래할 가능성이 있다. 추후 시도될 후속 연구에서는 이러한 제약에 대한 보완 및 추가적인 검증에 대한 가능성을 염두에 두는 것이 바람직할 것이다.

## REFERENCES

- Hyun, J-S. (2009). The Nature of Selective Process during The Comparison between Visual Working Memory and Perceptual Inputs(시각작업기억과 지각입력 간 비교 처리 과정에서의 선별적 변화 탐지의 특성). *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 21(3), 147-166.
- Hyun, J-S., Woodman, G. F., Vogel, E. K., Hollingworth, A., & Luck, S. J. (2009). The comparison process of visual working memory representations with perceptual inputs. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(4), 1140-1160.
- Irwin, D. E. (1992a). Memory for position and identity across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(2), 307-317.
- Kang, H-I., & Hyun, J-S. (2012). Designing Vision Experiment Using Active-Shutter Glasses System(보급형 액티브 셔터 방식 안경을 이용한 시각 실험 설계). *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensitivity*, 15(4), 477-488.
- Levelt, W. J. M. (1965). *On binocular rivalry*. The Hague, Paris: Mouton.
- Levi, D. M. (2008). Crowing - An essential bottleneck for object recognition: A mini-review. *Vision Research*, 48(5), 635-654.
- Loftus, G. R. & Masson, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in within-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 476-490.
- Luck, S. J. & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281
- Meng, M. & Tong, F. (2004). Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures. *Journal of Vision*, 4(7), 539 - 551
- Muller, H. J., Heller, D., & Ziegler, J. (1995). Visual search for single feature targets within and across feature dimensions. *Perception & Psychophysics*, 57(1), 1-17.
- Paffen, C. L. E., Hooge, I. T. C., Benjamins, J. S., & Hogendoorn, H. (2011). A search asymmetry for interocular conflict. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 1042 - -1053.
- Paffen, C. L. E., Hessels, R. S., & Van der Stigchel, S. (2012). Interocular conflict attracts attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(2), 251-256.
- Palmer, J. (1994). Set-size effects in visual search: the effect of attention is independent of the stimulus for simple tasks. *Vision Research*, 34(13), 1703 - 1721.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40(2), 201-237.
- Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2001). Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(1), 92-114.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided search 2.0 A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(2), 202-238.

원고접수: 2013.07.11

게재확정: 2013.08.22