

## 자극의 신호강도가 주의 깜박임 현상에 미치는 영향\*

어 강 용<sup>1)</sup>                      주 성 준<sup>1),3)</sup>                      정 상 철<sup>1),2),†</sup>

<sup>1)</sup>연세대학교 인지과학협동과정

<sup>2)</sup>연세대학교 심리학과

<sup>3)</sup>Department of Psychology, University of Texas, Austin

주의 깜박임 현상은 기억 혹은 주의의 용량 제한 때문에 발생하는 상위 영역 현상으로 알려져 있다. 그러나 최근의 주의 깜박임 연구들은 자극의 현저성과 같은 하위 영역 특징 또한 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 것을 관찰하였다. 본 연구는 작업기억 용량 제한뿐만 아니라 자극의 하위 영역 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 주의 단계 모델을 검증하고자 하였다. 구체적으로, 하위 영역의 특징들 중 T2의 신호 강도를 조절하여 주의 깜박임 현상에 영향을 미치는지 여부를 조사하였다. 실험 1에서는 단순한 방위 탐지 과제도 주의 깜박임 현상을 발생시킬 수 있다는 것을 관찰하였다. 실험 2에서는 방위 탐지 과제(실험 2-1)와 숫자 탐지 과제(실험 2-2)를 사용하여 T2의 신호 강도가 주의 깜박임 정도를 변화시킴을 관찰하였다. T2의 신호 강도에 따라 주의 깜박임 정도가 달라질 수 있다는 본 연구의 결과는 하위 영역 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 주의 단계 모델을 지지한다.

주제어 : 주의 깜박임, 주의 단계 모델, 신호 강도

---

\* 본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2012-0008546).

† 교신저자 : 정상철, 연세대학교 인지과학 협동과정 심리학과 부교수, (120-749) 서울시 서대문구 신촌동 134, Tel : 02-2123-2447, E-mail : sschong@yonsei.ac.kr

시각체계는 많은 양의 정보를 끊임없이 받아들인다. 예를 들어, 변화한 도심 속을 걷고 있을 때, 시각 장면에는 수많은 사람들, 자동차, 건물들이 존재한다. 시각 장면에 존재하는 모든 정보들은 우리 눈에 입력되지만, 입력된 정보 모두가 의식적으로 지각되지는 않는다. 이와 같은 시각 정보의 홍수를 극복하기 위해 시각체계는 현재 목표와 관련된 정보만을 선택적으로 처리하는 주의 기제를 사용한다 (Duncan, 1998; Kastner & Ungerleider, 2000; Moran & Desimone, 1985). 시각체계는 주의 선택을 통해서 현재 목표와 관련된 정보의 신호 강도를 증가시키는 반면, 선택되지 않은 정보 즉, 불필요한 정보는 잡음으로 간주하고 이 잡음을 여과해 낸다. 이러한 방식을 통해 시각체계는 현재 목표와 관련된 정보에 대해 높은 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)를 성취할 수 있다.

선택적 주의(selective attention)는 시각 탐색을 할 때에 방해 자극보다 목표 자극을 보다 더 잘 처리하게 만든다. 선택적 주의를 통해서 우리는 자극의 세부적인 특징들을 통합하고 그 자극이 목표 자극인지 혹은 방해 자극인지 여부를 판단할 수 있다(Treisman & Gelade, 1980). 그러나 선택적 주의가 항상 성공적인 목표 자극 식별을 유도하지는 않는다. 가령, 목표 자극이 방해 자극들의 빠른 연속 제시 속에 포함되어 제시되면 우리는 종종 목표 자극 식별에 실패한다. 이와 같은 주의 깜박임 현상(attentional blink)이 선택적 주의 실패의 대표적인 예이다(김장진과 김민식, 2012; Raymond, Shapiro, & Arnerll, 1992). 두 개의 목표 자극이 신속 순차 시각 제시(rapid serial

visual presentation; RSVP) 속에서 제시되면 첫 번째 목표 자극(T1)에 대한 성공적 식별이 두 번째 목표 자극(T2) 처리에 시간적인 결손을 초래하여 T2자극의 식별이 어렵게 된다. 주의 깜박임 현상은 일반적으로 T2가 T1 제시 이후 200ms~500ms 안에 제시되면 발생한다. T1과 T2의 제시 간격이 500ms보다 커지게 되면 일반적으로 T2의 보고율은 정상 수준으로 회복된다. 이 현상은 빠른 속도로 자극들이 제시되는 경우에 시각체계가 효율적으로 목표자극을 선택하고 방해자극을 억제하지 못한다는 것을 보여주고 있다.

주의 깜박임 현상을 설명하는 모델들은 이 현상을 상위 영역 현상(high-level phenomenon)으로 설명하고 있다. 간섭 모델(interference model)은 작업 기억(working memory)에서 자극들 간의 간섭 때문에 주의 깜박임 현상이 발생한다고 설명한다(Shapiro, Raymond, & Arnell, 1994). T1, 방해자극들, T2는 시각 작업 기억의 제한된 용량 안에서 경쟁하는데, 만약 T2가 T1 제시 후 500ms 안에 제시되면 T2를 처리할 수 있는 자원이 작업 기억 안에 남아 있지 않아서 주의 깜박임 현상이 발생한다. 주의 깜박임 현상을 상위 영역 현상으로 가정하는 또 다른 모델은 Chun과 Potter(1995)가 제안한 이 단계 모델(two-stage model)이다. 이 모델에 따르면, 신속 순차 시각 제시 동안 제시되었던 자극의 정보는 자동적으로 첫 번째 단계(신속 탐지 단계; rapid detection stage)에 도달하게 된다. 하지만 이 정보들은 두 번째 단계(용량-제한 단계; capacity-limited stage)에서 처리되고 공고화되지 않으면 급격히 쇠퇴하고 만다. 이 단계 모델에서 두 번째 단계는 용량이 제

한되어 있기 때문에 T1이 두 번째 단계에서 처리되는 동안 T2는 이 두 번째 단계로 진입하지 못하게 된다. 두 번째 단계에 진입하지 못한 T2 정보는 점차 사라지게 되고, 그 결과 T2의 보고율은 감소한다. 주의 깜박임 현상을 설명하는 위 모델들은 주의 깜박임 현상이 기억이나 주의의 용량 제한 때문에 발생하는 상위 영역 현상이라고 가정하고 있다.

신경생리학적 연구들도 주의 깜박임 현상이 후기 지각 처리 단계에서 발생한다고 주장한다. 신속 순차 시각 제시 동안 제시된 단어는 주의 깜박임 현상을 유발하지만, 그 단어의 의미는 처리 될 수 있다(Luck, Vogel, & Shapiro, 1996). 사건 유발 전위(event-related potential; ERP)를 통해 측정된 N400 성분은 단어가 문맥과 일치하지 않을 때 발생한다고 알려져 있다. 문맥과 일치하지 않는 단어가 T2로 제시되었을 때, 참가자들이 T2를 보고하지 못하였지만 N400 반응은 그대로 유지되었다. 반면에 작업 기억에 정보가 입력되었을 때 발생한다고 알려진 P3 성분은 주의 깜박임 동안 억제되었다(Vogel, Luck, & Shapiro, 1998). 이 결과들은 주의 깜박임 현상이 지각적, 의미적 처리과정보다 상위 단계인 후기 지각 처리 과정의 결손으로 발생한다는 것을 시사한다.

그렇다면, 하위 영역 특징(low-level feature)은 주의 깜박임 현상에 영향을 미치지 않는 것일까? 주의 깜박임 현상을 설명하는 또 다른 모델인 주의 단계 모델(attention cascade model)은 주의 깜박임 현상이 기본적으로 작업 기억의 용량 제한에 의해 발생하는 상위 영역 현상이지만, 자극의 현저성과 같은 하위 영역 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다고 설명

하고 있다(Shih, 2008). 이 모델에 따르면 자극 정보는 주의 창(attention window)을 통해 선택되어 작업 기억으로 전달된다. 주의 창의 선택과정은 자극의 하향식(top-down) 현저성과 상향식(bottom-up) 현저성에 의해서 영향을 받는다. 자극의 하향식 현저성은 목표 자극으로 정의된 지각적, 개념적 특징(예를 들면 하얀색 숫자 중 검은색 숫자)과 제시된 자극이 얼마나 유사한지에 따른 것이고, 상향식 현저성은 현재 제시된 자극이 앞서 제시된 자극들과 비교하였을 때 얼마나 물리적으로 다른지 여부를 의미한다. T2 정보는 일반적으로 작업 기억의 용량 제한 때문에 T1 정보가 작업 기억 속에서 처리되는 동안 약해지게 되고, 그 결과, 주의 깜박임 현상이 발생한다. 그러나 만약 T2의 상향식 현저성이 애초에 강하다면 T2 표상은 상대적으로 덜 약해지고, 작업 기억 속의 공고화 과정에서 정보가 회복될 가능성이 높기 때문에 주의 깜박임 현상이 감소한다. 그러므로 주의 단계 모델은 자극의 하위 영역 특징, 즉 자극의 현저성이 주의 깜박임 현상을 감소시킬 수 있다고 가정한다.

몇몇 연구 결과들은 실제로 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여주었다. Shih와 Reeves(2007)는 자극의 하위 영역 특징 중 자극의 현저성을 조절하여 주의 깜박임 현상을 측정하였다. 그들은 숫자로 정의된 T1, T2, 그리고 방해자극(문자의 색을 달리하여 자극의 현저성을 조절하였다. 실험 결과, T2의 색이 T1, 방해자극의 색과 달랐을 때 주의 깜박임 현상이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 한편, Chua(2005)는 대비의 차이로 정의된 문자들을 T1, T2, 방해자

극으로 정의하였다. 그는 T1과 방해자극의 대비가 서로 다른 상태로 고정시켜 놓은 상태에서 T2의 대비를 체계적으로 변화시키며 주의 깜박임 현상을 측정하였다(실험 3). 결과는 T2의 대비가 주의 깜박임 현상의 정도와 부적인 상관관계를 갖는다는 것을 보여주었다. 다시 말해서 T2의 대비가 증가하면 주의 깜박임 현상이 감소한다는 것이다. 이 연구 결과들은 자극의 하위 영역 특징도 실제로 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 것을 시사한다.

하지만, 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준 기존의 연구 결과들은 상향적 특징의 영향을 배제한 주의 효과만으로도 설명가능하다. Shih와 Reeves(2007)의 연구에서 목표자극(T1, T2)은 숫자였던 반면에 방해자극은 문자가 사용되었다. 목표자극과 방해자극의 범주가 달랐기 때문에 그들의 연구 결과가 실제로는 주의 세트 전환에 의해 얻어진 결과일 가능성이 존재한다. 한편, Chua(2005)에서 사용된 목표자극과 방해자극은 모두 문자였지만, T1, T2, 그리고 방해자극의 대비가 모두 달랐을 뿐만 아니라 목표자극과 방해자극의 대비 차이는 최대 65.7%이었고 T2의 대비는 항상 방해자극의 대비보다 높았다(실험 3). 이러한 대비 차이는 외인성 주의를 유발할 가능성이 높다(Nakayama & Mackeben, 1989). 따라서 이들의 결과가 주의 때문에 얻어진 결과인지 T2의 현저성 때문에 얻어진 결과인지 불분명하다.

본 연구는 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준 기존 연구들의 한계점을 보완하여 주의 깜박임 현상을 측정하였다. 즉, 주의 효과를 최소

화 한 상태에서 상향식 자극 강도 조작을 통하여 주의 단계 모델을 검증하고자 하였다. 먼저, 주의 세트 전환을 통제하기 위하여 목표 자극과 방해자극의 범주를 통일하였다. 본 연구는 문자가 아닌 격자무늬 자극을 T1, T2, 그리고 방해자극으로 사용하였다(실험 1, 실험 2-1). 목표자극과 방해자극은 자극의 방위로 구분되었다. 같은 범주에 속하는 자극을 목표자극과 방해자극으로 사용함으로써 주의 세트의 전환 없이 자극의 현저성만으로 주의 깜박임 현상이 달라질 수 있는지 여부를 살펴보았다(실험 1, 실험 2-1). 다음으로 외인성 주의 효과를 배제하기 위하여 T1과 방해자극의 대비를 고정시킨 상태에서 T2의 대비만을 변화시켰다. 구체적으로, 본 연구에서는 T2의 대비가 T1과 방해자극의 대비보다 높거나 혹은 낮은 조건을 사용하였다. T2의 대비 변화에 따라 주의 깜박임 현상이 달라지는지 여부를 살펴봄과 동시에 외인성 주의 효과를 배제하고자 하였다(실험 2-1, 실험 2-2). 만약 외인성 주의 효과라면, 밝기 변화 자체가 외인성 주의를 유도하므로(Watson & Humphreys, 1995) 대비가 높거나 낮은 경우 모두 T2 인식률이 높아져야 한다.

본 연구는 휘도 대비로 정의된 T2의 신호 강도를 체계적으로 변화시키면서 T2의 신호 강도 변화에 따라 주의 깜박임 정도가 어떻게 변화하는지 살펴보았다. 두 가지 다른 과제 즉 단순 방위 탐지 과제와 문자 탐지 과제를 시행하였다. T2의 신호 강도가 T1, 방해자극의 신호 강도보다 높을 때 T2의 보고율이 높아진 반면(실험 2-1, 실험 2-2) T2의 신호 강도가 T1, 방해자극의 신호 강도보다 낮을 때 T2

의 보고율이 낮아졌다(실험 2-1). 이 결과들은 하위 영역 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 주의 단계 모델을 지지한다.

### 실험 1

방위 자극을 사용하여 주의 깜박임 현상을 측정하였다. 과제는 방위 자극들의 신속 순차 시각 제시 속에서 두 목표자극(T1, T2)의 방위를 탐지하는 것이었다. 실험 1의 목표는 단순 방위 탐지 과제에서도 주의 깜박임 현상이 발생하는지 여부를 살펴보는 것이었다.

### 방 법

참가자 연세대학교 학생 11명이 실험에 참가하였다. 참가자들은 실험 참가 동의서를 작성하고 실험에 참여하였고 실험의 목적과 가설을 알지 못하였다. 이들은 모두 나안 혹은 교정시력이 정상이었으며, 정상적인 색채시가 가능하였다. 본 실험의 모든 절차는 연세대학교 윤리위원회의 승인을 받아 이루어졌다.

기구 실험 자극의 제시와 반응 기록은 Matlab 과 Psychophysics Toolbox로 제작된 프로그램을 통하여 통제되었다(Brainard, 1997; Pelli, 1997). 자극은 빛이 차단된 암실에서 주사율 85Hz인 삼성 21인치 평면 CRT모니터에 제시되었다. 모니터의 밝기는 선형화되었다. 참가자들은 이마-턱 받침대(chin and forehead rest)에 턱을 고정하였고, 참가자와 모니터와의 거리는 90cm이었다.

재료 자극은 격자무늬 자극이었다. 자극의 방위는 0°(수직 방향), -45°, 45°, 90°(수평방향)로 이루어졌다. 목표자극(T1, T2)의 방위는 ±45°이었고 방해자극의 방위는 0° 혹은 90°이었다. 방해자극의 방위는 한 시행 내에서 항상 무선적으로 제시되었다. 자극의 크기는 시각도 1.22°로 화면 중앙에 제시되었다. 자극의 공간 주파수는 10 cpd(cycle per degree)이었다. 자극의 대비를 보다 더 정확하게 조절하기 위해 비트 스틸링 기법(bit-stealing technique, Tyler, 1997)을 이용하여 1792 밝기 단계를 생성하였다. 격자무늬 자극의 위상(phase)은 항상 일정하게 유지되었다. 자극은 회색 배경화면(51.34 cd/m<sup>2</sup>)에 제시되었다.

설계 대비와 지연(lag)이 실험의 독립변인이었다. 자극의 대비 수준은 참가자 개인의 역치 \*2(C1) 혹은 참가자 개인의 역치\*4(C2)의 두 가지 수준을 사용하였다. T1, T2, 그리고 방해 자극의 대비 수준은 항상 동일하였다. 지연은 신속 순차 시각 제시 속에서, T1과 T2 사이에 순차적 위치 차이 정도로 정의되었고 지연수준은 2~6(240ms, 480ms, 600ms, 840ms, 960ms)이었다. 한 블록은 10시행(2개의 대비 수준\*5개의 지연 수준)으로 구성되었으며, 36번 반복 시행하여 총 360시행의 본 실험이 실시되었다. 참가자들은 T1 보고율이 75%이상 될 때까지 20시행으로 구성된 연습시행을 실시하였다.

절차 참가자들은 두 세션으로 구성된 실험에 참가하였다. 첫 번째 세션에서는 참가자 개인 별로 격자무늬 자극에 대한 대비 역을 측정하였다. 대비 역은 번갈아 제시된 두 개의

QUEST(Watson & Pelli, 1983)를 이용하여 측정하였다. 측정 방법은 다음과 같다. 100ms 동안 제시되는 두 간격이 존재했고, 각 간격 구분을 위해 고음이 간격 시작과 동시에 제시되었다. 격자무늬 자극은 첫 번째 혹은 두 번째 간격 중 한번만 제시되었다. 참가자들의 과제는 몇 번째 간격에서 격자무늬 자극이 제시되었는지를 판단하는 것이었다.  $\pm 45^\circ$ 방위의 격자 자극에 대한 대비 역을 각각 측정하였다. 한 방위에 대한 대비 역을 측정한 뒤에 5분간 휴식시간이 주어졌다. 휴식시간 후에 나머지 방위에 대한 대비 역을 측정하였다. 방위 제시 순서는 참가자 절반은  $+45^\circ$ 방위에 대한 대비 역을 먼저 측정하였고, 나머지 절반의 참가자는  $-45^\circ$ 방위에 대한 대비 역을 먼저 측정하였다. 두 방위의 평균 대비 역 값을 참가자 개인의 대비 역으로 정의하였다. 두 번째 세션의 절차는 그림 1과 같다. 격자무늬

자극들이 신속 순차 시각 제시 방법으로 제시되었다. T1, T2, 그리고 방해자극을 포함하여 총 15개의 격자무늬 자극이 한 시행 내에서 제시되었다. 자극 시차(stimulus onset asynchrony; SOA)는 120ms이었다. 참가자들이 스페이스 바를 누르면 매 시행이 시작되었다. 스페이스 바를 누른 후에는 화면 중앙에 응시점이 300ms 동안 제시되었다. 수직 혹은 수평 방위의 방해자극들이 순차적으로 제시되었다. T1은 신속 순차 시각 제시 내에서 4~6번째 위치에 제시되었다. T2는 T1제시 이후에 지연 조건(2~6)에 따라서 제시되었다. 참가자들의 과제는 T1과 T2의 방위를 순서대로 보고하는 것이었다. 참가자들은 목표자극의 방위가  $-45^\circ$ 라고 판단될 경우에는 숫자 키 '1'을 눌러야 했고  $+45^\circ$ 라고 판단될 경우에는 숫자 키 '2'를 눌러야 했다. 참가자들은 120 시행, 240 시행 후에 2분 동안의 휴식시간을 가졌다.

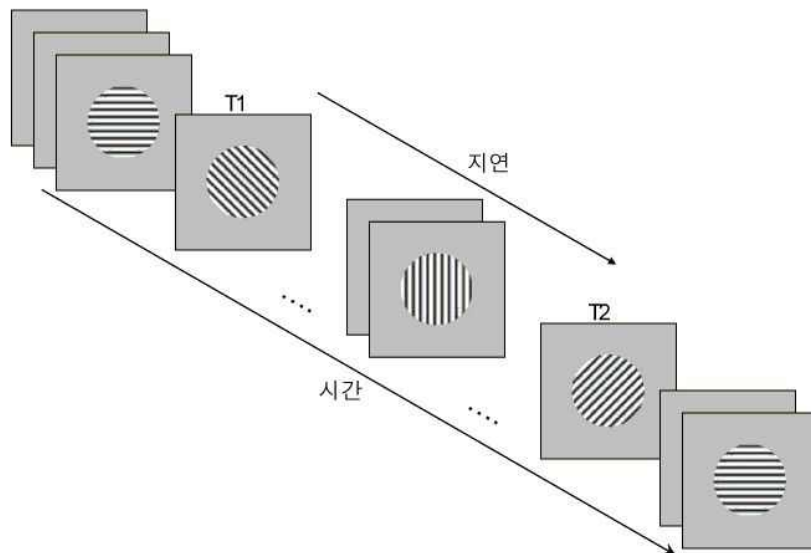


그림 1. 실험 1의 절차. 지연 정도는 T1과 T2 사이에 자극시차로 정의. 지연수준은 240ms, 480ms, 600ms, 840ms, 960ms. 목표자극(T1, T2)의 방위는  $\pm 45^\circ$ , 방해자극의 방위는  $0^\circ$  혹은  $90^\circ$ .

### 결과 및 논의

그림 2는 T1이 정확히 보고되었을 때 T2의 정확율을 보여주고 있다(T2|T1). T1 보고에 대한 정확율은 대비의 수준( $R(1,10)=.000$ ,  $p=1.000$ )과 지연 정도( $R(4,40)=1.952$ ,  $p=.121$ )에 관계없이 높았다( $M=94.81\%$ ). T2|T1에 대한 반복 측정 변량 분석 결과 지연 정도에 따라 참가자들의 정확율이 통계적으로 유의미하게 변화하였다( $F(4,40)=19.154$ ,  $p<.01$ ). 이 결과는 지연이 짧으면 정확율이 낮지만, 지연이 길어지면 정확율이 다시 높아진다는 것을 보여준다. 그러나 대비 수준에 따른 효과( $F(1,10)=1.737$ ,  $p=.217$ )와 대비 수준과 지연 간에 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았다( $F(4,40)=1.273$ ,  $p=.297$ ). 실험 1의 결과는 신속 순차 시각 제

시 동안 제시된 모든 자극의 대비가 동일하다면, 자극의 대비와 관계없이 단순한 방위 탐지 과제에서도 주의 깜박임 현상이 발생한다는 것을 시사한다.

실험 1에서 T1과 T2는  $\pm 45^\circ$  방위를 지닌 격자 자극이었다. 전체 시행의 절반에서 T1과 T2의 방위가  $+45^\circ$  혹은  $-45^\circ$ 로 동일하였다. 신속 순차 시각 제시 속에서 동일한 자극이 반복 제시되면 두 번째로 반복 제시된 자극의 식별이 어려워진다(Kanwisher, 1987). 이러한 현상을 반복 맹(repetition blindness)이라고 한다. 주의 깜박임 페러다임이 T1과 T2만을 보고하게 하는 것과 달리 반복 맹은 신속 순차 시각 제시 속에 제시되었던 모든 자극을 보고하게 한다(Chun과 Potter, 1995). 이러한 차이로 인해 실험 1에서 T1과 T2의 방위가 동일했기 때문

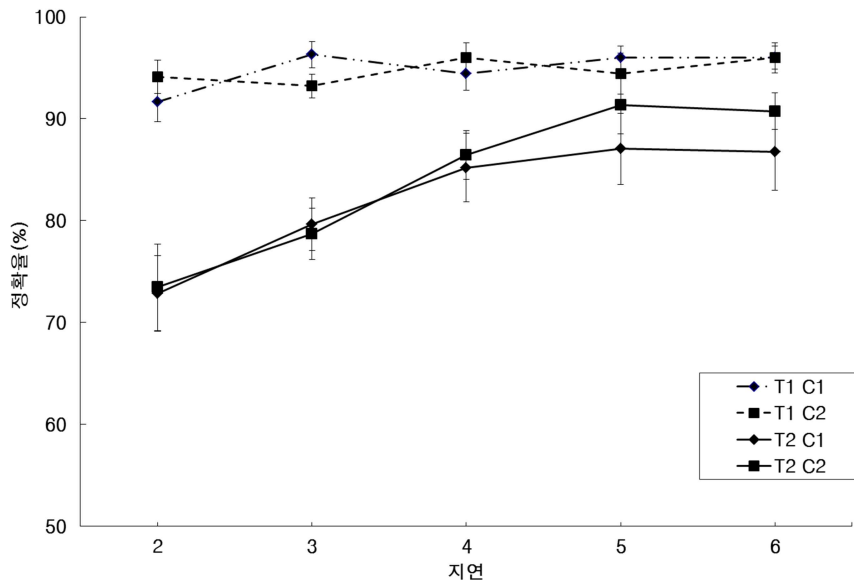


그림 2. 실험 1의 결과. 실선은 T1이 정확히 보고되었을 때 T2의 정확율. 점선은 T1의 정확율. 다이아몬드와 사각형은 각각 참가자 개인의 역치\*2(C1)와 참가자 개인의 역치\*4(C2). 오류 막대는 표준 오차를 나타냄.

에 반복 맹이 일어났을 가능성이 낮다. 그럼에도 불구하고 실험 1에서 반복 맹 효과가 나타났을 가능성을 살펴보았다. 반복 여부에 따른 참가자들의 정확율은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다( $R(1,10)=.002, p=.970$ ). 이 결과는 T1과 T2의 방위가 동일하더라도 반복 맹이 발생하지 않는다는 것을 보여준다.

실험 1에서 얻어진 결과는 하위 영역 수준에서 처리되는 단순한 방위 처리 과정도 주의 병목에 의해 영향을 받는다는 것을 시사한다(Joseph와 그의 동료들, 1997). 그렇다면 주의 깜박임 현상이 오로지 주의의 용량 제한 때문에 발생하는 현상일까? 실험 2에서는 T2의 신호 강도를 조절하여 자극의 현저성이 주의 깜박임 현상에 어떤 영향을 미치는지 살펴보았다.

## 실험 2

실험 1은 T1, T2, 그리고 방해자극들의 대비가 동일할 때 단순한 방위 탐지 과제에서도 주의 깜박임 현상이 발생할 수 있다는 것을 보여주었다. 실험 2에서는 T1과 방해자극의 대비를 동일하게 고정시킨 상태에서 T2의 대비를 체계적으로 변화시키며 주의 깜박임 현상을 측정하였다. 휘도 대비로 정의된 자극(T2)의 신호 강도가 주의 깜박임 현상에 어떤 영향을 미치는지 살펴봄으로써 주의 단계 모델을 검증하고자 하였다. 단순한 방위 탐지 과제(실험 2-1)와 문자 탐지 과제(실험 2-2)를 이용하여 실험을 실시하였다.

## 실험 2-1

실험 2-1의 목표는 단순한 방위 탐지 과제에서 T2의 신호 강도가 주의 깜박임 현상에 어떤 영향을 미치는지 살펴보는 것이었다. T2의 신호 강도에 따라 T2의 보고율이 달라질 것이라고 예상하였다. 구체적으로 T2의 신호 강도가 가장 높은 조건에서 T2의 보고율이 가장 높을 것이고 T2의 신호 강도가 낮아지면 T2의 보고율도 낮아질 것이라고 예상하였다.

## 방 법

**참가자** 연세대학교 학생 9명이 실험에 참가하였다. 참가자들은 실험 참가 동의서를 작성하고 실험에 참여하였고 실험의 목적과 가설을 알지 못하였다. 이들은 모두 나안 혹은 교정시력이 정상이었으며, 정상적인 색채시가 가능하였다. 본 실험의 모든 절차는 연세대학교 윤리위원회의 승인을 받아 이루어졌다.

**기구** 실험 1과 동일하였다.

**재료** 실험 2-1의 재료는 다음의 내용을 제외하고는 실험 1과 동일하였다. 순응(adaptation)이 일어나는 것을 방지하기 위해 격자무늬 자극의 위상은 반대 단계적 방법(counter-phased manner)을 통해 변화하였다. 즉, 신속 순차 시각 제시 동안 앞서 제시된 격자무늬 자극과 뒤이어 제시된 격자무늬 자극의 위상은 항상  $180^\circ$  차이가 났다.



설계 대비와 지연(lag)이 실험의 독립변인이었다. T2의 대비 수준은 참가자 개인의 역치(C1), 참가자 개인의 역치\*2(C2), 그리고 참가자 개인의 역치\*4(C3)의 세 가지 수준을 사용하였다. T1과 방해자극의 대비는 C2 수준으로 고정되었다. 지연수준은 2~5(240ms, 480ms, 600ms, 840ms)이었다. 한 블록은 12시행(3개의 대비 수준\*4개의 지연 수준)으로 구성되었으며, 36번 반복 시행하여 총 432시행의 본 실험이 실시되었다. 참가자들은 T1 보고율이 75% 이상이 될 때까지 20시행으로 구성된 연습시행을 실시하였다. 연습시행은 3블록을 초과하지는 않았다.

절차 참가자들은 실험 1과 마찬가지로 두 세션으로 구성된 실험을 시행하였다. 첫 번째 세션에서 참가자 개인별로 격자무늬 자극에 대한 대비 역을 실험 1과 동일한 방식으로 측정하였다. 두 번째 세션의 절차는 T1과 방해

자극의 대비가 고정된 상황에서 T2의 대비가 체계적으로 변화하며 제시되었다는 점을 제외하고는 실험 1의 절차와 동일하였다.

### 결과 및 논의

그림 3은 T1이 정확히 보고되었을 때 T2의 정확율이다(T2|T1). T1 보고에 대한 정확율은 실험 1과 마찬가지로 대비의 수준( $R(2,20)=2.317, p=.124$ )과 지연 정도( $R(3,30)=1.579, p=.215$ )에 관계없이 높았다( $M=90.49\%$ ). T2|T1에 대한 반복측정 변량 분석 결과 지연 정도에 따라 참가자의 정확율이 통계적으로 유의미하게 변화하였다( $R(3,30)=3.247, p<.05$ ). 이 결과는 실험 1의 결과와 동일한 결과이다. T2의 대비 수준 또한 참가자의 정확율을 통계적으로 유의미하게 변화시켰다( $R(2,20)=7.884, p<.01$ ). 구체적으로 C3 조건에서 T2 보고율(지연 2의 경우, 84.63%; 지연 3의 경우, 85.11%;

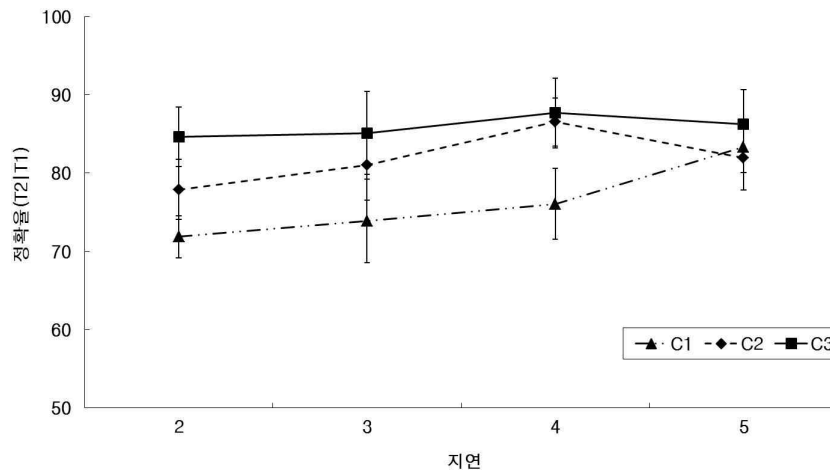


그림 3. 실험 2-1의 결과. T1이 정확히 보고되었을 때 T2의 정확율. 삼각형, 다이아몬드, 사각형 각각은 참가자 개인의 역치(C1), 참가자 개인의 역치\*2(C2), 그리고 참가자 개인의 역치\*4(C3). 오류 막대는 표준 오차를 나타냄.

지연 4의 경우, 87.67%; 지연 5의 경우, 86.23%; 전체 평균의 경우, 85.91%)이 가장 높았고, C2(77.91%, 81.04%, 86.51%, 81.92%, 81.85%), C1(71.85%, 73.86%, 76.06%, 83.32%, 76.27%)로 갈수록 전반적인 T2 보고율이 낮아졌다. 대비 수준과 지연 간에 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았다( $R(6,60)=1.839$ ,  $p=.107$ ). 하지만 지연 수준 별로 T2의 대비 수준에 따른 주의 깜박임 현상에 차이가 있었는지 여부를 살펴본 결과, T2의 신호강도가 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 것을 부분적으로 보여주고 있다. T2의 신호강도가 T1과 방해자극의 신호 강도보다 낮았을 때(C1), T2의 신호 강도가 T1과 방해자극의 신호 강도와 동일했을 때(C2)보다 지연 3( $t(10)=-2.26$ ,  $p<.05$ )과 지연 4( $t(10)=-2.34$ ,  $p<.05$ )에서 주의 깜박임 현상이 더 강하게 나타났다. 반면 T2의 신호 강도가 T1과 방해자극의 신호 강도보다 높았을 때(C3), T2의 신호 강도가 T1과 방해자극의 신호 강도와 동일했을 때(C2)보다 지연 2( $t(10)=4.13$ ,  $p<.05$ )에서 주의 깜박임 현상이 더 약하게 나타났다.

실험 2-1의 결과는 하위 영역의 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 주의 단계 모델을 지지한다. 실험 2-1에서 휘도 대비로 정의된 T2의 신호 강도가 강해지면 주의 깜박임 현상이 감소하고, T2의 신호 강도가 약해지면 주의 깜박임 현상이 증가한다는 것을 관찰할 수 있었다. 이 결과는 목표자극(T2)의 상향식 현저성이 강하다면 작업 기억 속의 공고화 과정에서 정보가 회복될 가능성이 높아지고, 그 결과, 주의 깜박임 현상이 감소할 수 있다는 주의 단계 모델의 설명과 일치한다

(Shih, 2008).

## 실험 2-2

실험 2-1에서 격자무늬 자극을 사용하여 T2의 신호 강도에 따른 주의 깜박임 현상을 측정하였다. 실험 2-1에서 참가자들의 과제는 격자무늬 자극의 방위( $\pm 45^\circ$ )를 탐지하는 것이었다. 실험 2-2에서는 문자 탐지 과제(문자, 숫자)를 이용하여 실험 2-1의 결과를 확장하고 일반화하고자 하였다.

## 방 법

**참가자** 연세대학교 대학원생 6명이 실험에 참가하였다. 참가자들은 실험 참가 동의서를 작성하고 실험에 참여하였고 실험의 목적과 가설을 알지 못하였다. 이들은 모두 나안 혹은 교정시력이 정상이었으며, 정상적인 색채 시가 가능하였다. 본 실험의 모든 절차는 연세대학교 윤리위원회의 승인을 받아 이루어졌다.

**기구** 실험 1과 동일하였다.

**재료** 자극은 Helvetica체의 대문자로 된 영어 알파벳 문자들과 숫자들이었다. 문자와 숫자의 평균 크기는 각각  $1.63^\circ \times 2.09^\circ$ 와  $1.31^\circ \times 2.09^\circ$ 이었다. 가우스 잡음(gaussian noise)이  $1.9^\circ \times 1.9^\circ$  크기로 자극들 위에 제시되었다. 가우스 잡음의 RMS 대비는 대략 3.8%이었다. 비슷한 모양의 문자들(B, I, O, Q, Z)와 숫자들(0, 1, 5, 8)은 자극에서 제외하였다.

설계 대비와 지연(lag)이 실험의 독립변인이었다. T2의 대비 수준은 참가자 개인의 역치\*2(C1), 그리고 참가자 개인의 역치\*3(C2)의 두 가지 수준을 사용하였다. T1과 방해자극의 대비는 C1 수준으로 고정되었다. 지연 정도는 7 수준(85ms, 170ms, 255ms, 340ms, 425ms, 510ms, 595ms)이었다. 한 블록은 14시행(2개의 대비 수준\*7개의 지연 수준)으로 구성되었으며, 36번 반복 시행하여 총 504시행의 본 실험이 실시되었다. 참가자들은 30시행으로 구성된 연습시행을 실시하였고 만약 T1 보고율이 75% 미만일 경우 T1 보고율이 75%수준에 이를 때까지 연습시행을 실시하였다.

절차 참가자들은 두 세션으로 구성된 실험을 시행하였다. 첫 번째 세션에서는 참가자 개인별로 숫자식별의 대비 역을 측정하였다. 숫자는 고음과 함께 제시되었고 참가자들의 과제는 숫자를 보고하는 것이었다. 숫자는 100ms 동안 제시되었다. 제시된 숫자의 대비 역은 번갈아 제시된 두 개의 QUEST(Watson & Pelli, 1983)를 이용하여 측정하였다. 두 번째 세션의 절차는 T1과 방해자극의 대비가 고정된 상황에서 T2의 대비가 체계적으로 변화하며 제시되었다는 점을 제외하고는 실험 1의 절차와 동일하였다. 숫자들(목표자극)과 문자(방해자극)들이 신속 순차 시각 제시 방법으로 제시되었다. T1, T2, 그리고 방해자극을 포함하여 총 16개의 자극들이 한 시행 내에서 제시되었다. 자극 시차는 85ms이었다. 참가자들이 스페이스 바를 누르면 매 시행이 시작되었다. 스페이스 바를 누른 후에는 화면 중앙에 응시점이 400ms 동안 제시되었다. T1은 신속 순차

시각 제시 내에서 5~7번째 위치에 무선적으로 제시되었다. T2는 T1제시 이후에 지연(1~7)에 따라서 제시되었다. 참가자들의 과제는 T1과 T2의 숫자를 순서대로 보고하는 것이었다.

## 결과 및 논의

그림 4는 실험 2-2의 결과를 보여준다. 분석에서 참가자들이 목표자극을 보고한 순서를 무시하여 분석하였다. 참가자들이 종종 목표자극이 제시된 순서를 잊은 채 목표자극을 보고하였기 때문이다. 하지만 목표자극의 보고 순서를 무시하지 않은 분석 결과도 무시한 분석 결과와 경향성이 동일하였다. T1 보고에 대한 정확율은 대비의 수준( $R(1,5)=16.158$ ,  $p<.05$ )과 지연 정도( $R(6,30)=7.653$ ,  $p<.01$ )에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 대비와 지연 간 상호작용도 통계적으로 유의미하였다( $R(6,30)=6.135$ ,  $p<.01$ ). 이 결과들은 T2의 대비가 T1보다 높은 조건(C2)에서 T1에 비해 상대적으로 높은 T2의 대비가 역행 차폐(backward masking)로 작용했기 때문에 얻어진 결과로 보인다. 지연 수준이 1이었을 때 T1의 정확율이 65%이었던 반면 다른 지연 수준에서 T1의 평균 정확율은 87%이었기 때문이다. 예상한 바와 같이 대비 수준을 분리하여 분석한 결과는 T2의 대비가 C2였을 경우에만 지연 효과가 통계적으로 유의미하였다( $R(6,30)=10.143$ ,  $p<.01$ ; T2의 대비가 C1이었을 경우,  $R(6,30)=2.113$ ,  $p=.08$ ).

T2|T1에 대한 반복측정 변량 분석 결과, 지연 정도에 따라 참가자의 정확율이 통계적으

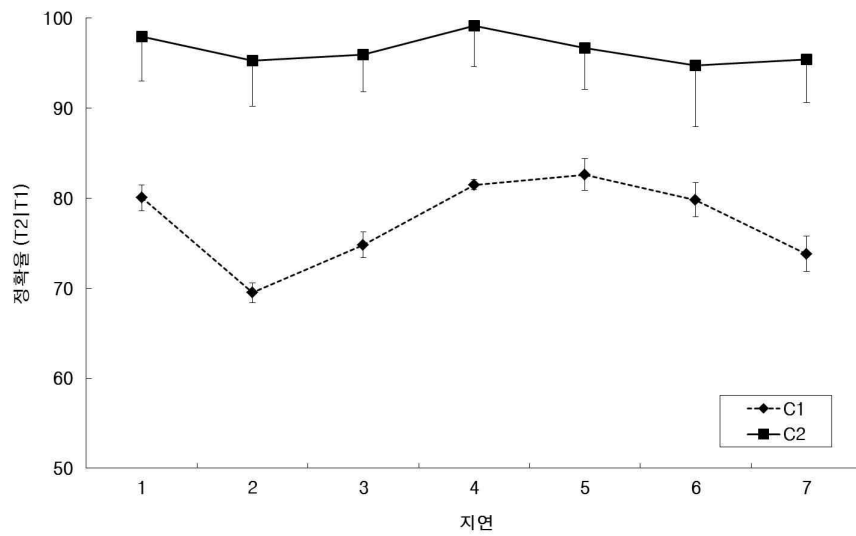


그림 4. 실험 2-2의 결과. T1이 정확히 보고되었을 때 T2의 정확율. 다이아몬드, 사각형 각각은 참가자 개인의 역치\*2(C1), 그리고 참가자 개인의 역치\*3(C2). 오류 막대는 표준 오차를 나타냄.

로 유의미하게 변화하였다( $R(6,30)=5.028, p < .01$ ). T2의 대비 수준에 따라서도 참가자의 정확율이 통계적으로 유의미하게 변화하였다 ( $R(1,5)=32.269, p < .01$ ). 대비 수준과 지연 간에 상호작용도 통계적으로 유의미하였다( $R(6,30)=2.934, p < .05$ ).

실험 2-2는 T2의 신호강도가 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 낱자와 숫자 자극을 사용하여 반복 검증하였다. T2의 신호강도가 T1과 방해자극의 신호 강도와 동일하였을 때(C1) 주의 깜박임 현상 정도가 심해졌다. 반면에 T2의 신호강도가 T1과 방해자극의 신호 강도보다 높았을 때(C2)는 주의 깜박임 현상이 감소하였다.

실험 2-2의 결과는 하위 영역의 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 것을 보여준 기존의 연구 결과들(Chua, 2005; Shih & Reeves, 2007)과 일치하는 결과이며, 이 결과는

다시 한 번 주의 단계 모델을 지지한다. Shih와 Reeves(2007)는 T2의 색을 T1과 방해자극의 색과 달리하여 자극의 현저성을 조절하였다. 결과는 T2의 색이 T1, 방해자극의 색과 상이하였을 때 주의 깜박임 현상이 감소한다는 것을 보여주었다. 본 연구에서는 T2의 신호강도가 T1, 방해자극의 신호강도보다 강했을 때 주의 깜박임 현상이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 한편, Chua(2005)는 T2의 대비가 증가하면 주의 깜박임 현상이 감소한다는 것을 보여주었다(실험 3). 실험 2-2의 결과는 Chua(2005)의 결과와 일치하는 결과이다. 나아가서, 실험 2-2의 결과는 Chua(2005)의 연구에서 T1과 방해자극의 대비가 서로 달랐던 것과는 달리 T1과 방해자극의 대비를 고정함으로써 T2의 대비가 조금만 증가(평균 7.5%)하더라도 주의 깜박임 현상을 감소시킬 수 있다는 것을 보여주었다. 그러므로 실험 2-2의 결과는 하위

영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 기존 연구 결과들과 일치하며, 외인성 주의의 효과를 최대한 배제한 상태에서도 대비가 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여 주었다.

### 종합논의

본 연구는 방위 자극(실험 1, 실험 2-1)과 문자 자극(실험 2-2)을 사용하여 휘도 대비로 정의된 T2의 신호강도를 체계적으로 변화시키며 주의 깜박임 정도를 살펴보았다. 결과는 T2의 신호강도가 T1과 방해자극의 신호강도에 비해 강했을 때 주의 깜박임 현상이 감소하였고(실험 2-1, 실험 2-2), 이와는 반대로 T2의 신호강도가 T1과 방해자극의 신호강도에 비해 약했을 때 주의 깜박임 현상이 증가(실험 2-1)하였다. 이와 같은 결과는 과제 종류(단순한 방위 탐지 과제, 문자 탐지 과제)와 관계없이 관찰되었다. 이러한 결과들은 하위 영역 특징도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 것을 시사하고 있다.

T2의 신호 강도가 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 것을 보여준 연구 결과는 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준 기존의 연구 결과들과 일치하는 결과이다(Chua, 2005; Joo, & Chong, 2013; Shih, & Reeves, 2007). Chua(2005)는 T2의 대비가 증가하면 주의 깜박임 현상이 감소한다는 것을 관찰하였고, Shih와 Reeves(2007)는 T2의 색이 T1, 방해자극의 색과 달랐을 때 주의 깜박임 현상의 정도가 감소한다는 것을 보여주었다. 나아가 Joo와 Chong(2013)은 대비로

정의된 T2의 신호강도가 T1, 방해자극의 신호강도와 지각적으로 구분이 불가능하더라도 T2의 대비가 T1, 방해자극의 대비보다 높거나 낮음이 주의 깜박임 정도에 영향을 미친다는 것을 보여주었다. 본 연구의 결과는 휘도 대비로 정의된 T2의 신호 강도가 주의 깜박임 현상을 조절할 수 있다는 것을 보여주었다. 즉, T2의 신호강도와 주의 깜박임 현상의 정도가 부적인 상관관계를 갖는다는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 본 연구의 결과는 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준 기존의 연구 결과들과 일치하는 결과이다. 나아가 이 현상을 단순 격자 무늬 자극과 날자 자극을 통하여 일반화하였다.

실험1, 2-1의 결과는 주의 세트의 전환 때문에 얻어진 결과가 아니다(Di Lollo와 그의 동료들, 2005). 본 연구는 문자 탐지 과제(실험 2-2) 뿐만 아니라 단순한 방위 탐지 과제(실험 1, 실험 2-1)를 실시하여 주의 깜박임 현상을 측정하였다. 단순한 방위 탐지 과제에서 사용된 T1, T2, 그리고 방해자극은 모두 격자무늬 자극이었으며, T1, T2에 대한 과제는 모두 방위 탐지 과제로써 두 목표자극에 대한 과제는 동일하였다. 따라서 단순한 방위 탐지 과제를 수행하는데 주의의 전환이 필요하지 않았다. 그러므로 T2의 신호강도에 따라 주의 깜박임 현상의 정도가 달라진 결과는 실제로 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미쳤기 때문임을 시사한다.

본 실험의 결과는 또한 외인성 주의에 의한 결과가 아니다(실험 2-1). T2의 신호 강도가 갑작스럽게 증가하거나 감소함으로써 외인성 주

의를 수반할 수 있다. 만약 본 연구의 결과가 외인성 주의에 의한 결과라면 T2의 신호강도의 강·약에 관계없이 동일한 결과가 나타났어야 한다. 그 이유는 자극 밝기의 증·감에 관계없이 자극 밝기의 일시적 변화는 동일하게 주의를 유도하기 때문이다(Atchley, Kramer, & Hillstrom, 2000). 하지만 T2의 신호강도가 강했을 경우에는 주의 깜박임 현상이 감소하였고, T2의 신호강도가 약했을 경우에는 주의 깜박임 현상이 증가하였다. 이 결과는 외인성 주의에 의해 얻어진 결과라기보다 T2의 신호강도가 자극 공고화 시 중요한 요소로 작용한다는 것을 시사한다.

본 연구의 결과는 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준 기존 연구들과 몇 가지 측면에서 차별성을 갖는다. 첫째, 목표자극과 방해자극의 범주가 동일하였다. Shih와 Reeves(2007)와 달리 격자무늬 자극을 목표자극과 동시에 방해자극으로 사용하였다. 같은 범주에 속하는 자극을 목표자극과 방해자극으로 사용함으로써 주의 세트의 전환 없이 자극의 현저성만으로 주의 깜박임 현상이 달라질 수 있는지 여부를 살펴보았다(실험 1, 실험 2-1). 둘째, 하위 영역 특징 중 자극의 신호 강도를 하위 영역 특징으로 선택하였고, 휘도 대비를 신호 강도로 정의하였다. Shih와 Reeves(2007)는 색으로 자극의 현저성을 정의한 반면에 본 연구는 대비를 자극의 현저성으로 정의하였다. 셋째, Chua(2005)는 T1, T2, 그리고 방해자극의 대비를 모두 다르게 사용하였지만 본 연구는 T1과 방해자극의 대비를 고정하고 T2의 대비만을 변화시키며 주의 깜박임 현상의 정도를 측정하였다(실

험 2-1, 실험 2-2). 나아가, 본 연구는 T1과 방해자극의 대비를 고정시킴과 동시에 T2의 대비가 T1과 방해자극의 대비보다 높거나 혹은 낮은 조건을 사용하여 외인성 주의의 효과를 줄이고자 하였다. 마지막으로 본 연구는 참가자별 대비역을 측정하여 자극의 신호 강도를 조절하였다. Chua(2005)는 미리 정해놓은 자극의 대비를 일괄적으로 참가자들에게 적용하였다. 동일한 대비를 갖는 자극을 일괄적으로 사용하게 되면 대비 민감도의 개인차로 인해 자극의 신호 강도가 참가자별로 다르게 지각될 수 있다. 반면, 본 연구에서는 참가자별로 대비역을 측정하여 개인차를 통제하였다.

주의 깜박임 현상을 상위 단계 현상으로 가정하고 있는 기존의 모델들은 본 연구의 결과를 잘 설명하지 못한다. 간섭 모델과 이 단계 모델은 주의 깜박임 현상이 작업 기억이나 주의의 용량 제한 때문에 발생하는 상위 영역 현상이라고 가정하고 있다(Chun, & Potter, 1995; Shapiro, Raymond, & Arnell, 1994). 이 모델들은 주의 깜박임 현상을 상위 영역 현상으로만 가정하고 있기 때문에 자극의 하위 영역 특징에 따라 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 본 연구 결과를 잘 설명하지 못한다. 주의 깜박임 현상을 상위 단계 현상으로 가정하고 있는 또 다른 설명인 통제의 시간적 결함(temporal loss of control; TLC) 설명은 주의 깜박임 현상이 제한된 용량 때문에 발생하는 것이 아니라 주의 세트가 변화할 때 내인성 통제의 결함으로 주의 깜박임 현상을 설명하고 있다(Di Lollo와 그의 동료들, 2005). 이 설명에 의하면 T2의 강도가 다른 자극들과 상이하기만 하면 통제의 시간적 결함을 보완해 줄 수 있

어야 한다. 그러나 본 연구 결과는 T2의 자극 강도가 다른 자극들의 강도보다 높았을 경우에만 통제의 시간적 결함을 보완해 줄 수 있었다.

그러므로, T2의 신호 강도 즉 하위 영역 특징이 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 본 연구의 결과는 주의 깜박임 현상을 설명하는 모델들 중의 하나인 주의 단계 모델을 지지한다. 주의 단계 모델은 주의 깜박임 현상이 작업기억의 용량 제한 때문에 발생하는 상위 영역 현상이지만 자극의 하위 영역 특징 또한 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다고 직접적으로 명시하고 있다(Shih, 2008). 주의 단계 모델에 따르면, T2의 상향식 현저성이 강하면 T2의 표상이 상대적으로 덜 약해지게 되고 결과적으로 작업기억 속의 공고화 과정에서 정보가 손실되지 않을 가능성이 높아지기 때문에 주의 깜박임 현상이 감소할 수 있다. 주의 단계 모델의 이와 같은 설명은 T2의 신호강도가 강할 때 주의 깜박임 현상이 감소하고 T2의 신호강도가 약할 때 주의 깜박임 현상이 증가하는 본 연구 결과를 잘 설명한다.

주의 깜박임 현상과 같은 상위 단계 현상을 연구한 기존의 연구들 또한 하위 영역 특징이 상위 단계 현상에 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여주었다. 과밀효과(crowding)는 주의의 해상력 한계 때문에 발생한다고 알려져 있어서 상위 단계 현상으로 간주되어왔다(He, Cavanagh, & Intriligator, 1996). 그러나 낮은 대비의 자극이 사용되면 과밀효과가 감소하였다(Kothe, & Regan, 1990). 또한 과밀효과 동안 측정된 순응의 정도도 방해자극(flankers)의 대비에 따라 변화하였다(Blake, Tadin, Sobel, Raissian,

& Chong, 2006). 과밀효과와 마찬가지로 양안 경합(binocular rivalry)도 하위 영역 특징에 영향을 받을 수 있는 상위 영역 현상의 또 다른 예다. 주의가 주어지지 않으면 양안경합이 발생하지 않기 때문이다(Zhang과 그의 동료들, 2011). 하지만, Levelt(1965)는 자극의 신호강도가 경합 동안 경쟁 자극의 억압 기간을 결정하는 중요한 요소라는 것을 또한 보여주었다. 나아가 약한 신호 강도를 갖는 흐릿한 이미지보다 보통의 이미지가 양안 경합 시 우세하다(Arnold, Grove, & Wallis, 2007). 변화 맹(change blindness)은 주의의 부족 때문에 발생한다고 알려져 있지만(Cavanaugh, & Wurtz, 2004), 이 현상 또한 단순한 대비 탐지 과제 내에서도 발생한다(Scott-Brown, & Orbach, 1998). 게다가 풍경 사진 속 물체의 현저성은 변화 탐지를 예측한다(Wright, 2005). 이러한 결과들은 본 연구의 결과와 마찬가지로 하위 영역 특징이 상위 단계 현상을 설명하는데 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다.

본 연구는 하위 영역 특징(T2의 신호 강도)이 상위 단계 현상(주의 깜박임 현상)에 영향을 미친다는 것을 보여주었다. T1과 방해자극의 신호 강도(대비)를 고정시킨 상태에서 T2의 신호 강도를 체계적으로 변화시키면서 T2의 신호강도 자체가 T2의 의식적 접근을 용이하게 하거나 혹은 어렵게 만들 수 있다는 것을 보여주었다. T2의 보고율이 T2의 신호강도에 의해 달라질 수 있다는 본 연구의 결과는 하위 영역 특정도 주의 깜박임 현상에 영향을 미친다는 주의 단계 모델을 지지한다.

참고문헌

- 김장진, 김민식 (2012). 과제와 무관한 색의 통일성이 순간적 주의 상실에 미치는 영향. *한국심리학회지 인지 및 생물*, 24 (3), 281-293.
- Atchley, P., Kramer, A. F., & Hillstrom, A. P. (2000). Contingent capture for onsets and offsets: Attentional set for perceptual transients. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 594-606.
- Arnold, D. H., Grove, P. M., & Wallis, T. S. A. (2007). Staying focused: A functional account of perceptual suppression during binocular rivalry. *Journal of Vision*, 7, 1-8.
- Blake, R., Tadin, D., Sobel, K. V., Raissian, T. A., & Chong, S. C. (2006). Strength of early visual adaptation depends on visual awareness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 4783-4788.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Cavanaugh, J., & Wurtz, R. H. (2004). Subcortical modulation of attention counters change blindness. *The Journal of Neuroscience*, 24 (50), 11236-11243.
- Chua, F. K. (2005). The effect of target contrast on the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, 67, 770-788.
- Chun, M. M., & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 109-127.
- Di Lollo, V., Kawahara, J., Shahab Ghorashi, S. M., & Enns, J. T. (2005). The attentional blink: resource depletion or temporary loss of control? *Psychological Research*, 69, 191-200.
- Duncan, J. (1998). Converging levels of analysis in the cognitive neuroscience of visual attention. *Philosophical transactions of the Royal Society of London, Series B*, 353, 1307-1317.
- He, S., Cavanagh, P., & Intriligator, J. (1996). Attentional resolution and the locus of visual awareness. *Nature*, 383, 334-337.
- Joo, S. J., & Chong, S. C. (2013). Effects of subtle stimulus strength on the attentional blink. *Perception*, 42, 28-33.
- Joseph, J. S., Chun, M. M., & Nakayama, K. (1997). Attentional requirements in a 'preattentive' feature search task. *Nature*, 387, 805-807.
- Kanwisher, N., G. (1987). Repetition blindness: Type recognition without token individuation. *Cognition*, 27, 117-143.
- Kastner S, & Ungerleider L. G. (2000). Mechanisms of visual attention in the human cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 315-341.
- Kothe, A. C., & Regan, D. (1990). Crowding depends on contrast. *Optometry and Vision Science*, 67, 283-286.
- Kovacs, I., Papathomas, T. V., Yang, M. & Feher, A. (1996). When the brain changes its mind:



- interocular grouping during binocular rivalry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *93*, 15508-15511.
- Levelt, W. (1965). On binocular rivalry. *The Hague: Mouton*
- Logothetis, N. K., Leopold, D. A., & Sheinberg, D. L. (1996). What is rivalling during binocular rivalry? *Nature*, *380*, 621-624.
- Luck, S. J., Vogel, E. K., & Shapiro, K. L. (1996). Word meanings can be accessed but not reported during the attentional blink. *Nature*, *383*, 616-618.
- Moran, J., & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, *229*, 782-784.
- Nakayama, K., & Mackeben, M. (1989). Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Research*, *29* (11), 1631-1647.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*, 437-442.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 849-860.
- Scott-Brown, K. C., & Orbach, H. S. (1998). Contrast discrimination, non-uniform patterns and change blindness. *Proceedings of the Royal Society, B*, *265*, 2159-2166.
- Shapiro, K. L., Raymond, J. E., & Arnell, K. M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 357-371.
- Shih, S., & Reeves, A. (2007). Attentional capture in rapid serial visual presentation. *Spatial Vision*, *20* (4), 301-315.
- Shih, S. (2008). The attention cascade model and attentional blink. *Cognitive Psychology*, *56*, 210-236.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *16*, 97-136.
- Tyler, C. W. (1997). Colour bit-stealing to enhance the luminance resolution of digital displays on a single pixel basis. *Spatial Vision*, *10*, 369-377.
- Vogel, E. K., Luck, S. J., & Shapiro, K. L. (1998). Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1656-1674.
- Watson, A. B., & Pelli, D. (1983). QUEST: a Bayesian adaptive psychometric method. *Perception and Psychophysics*, *33*, 113-120.
- Watson, D. G., & Humphreys, G. W. (1995). Attention capture by contour onsets and offsets: no special role for onsets. *Perception & Psychophysics*, *57*, 583-597.
- Wright, M. J. (2005). Saliency predicts change detection in pictures of natural scenes. *Spatial Vision*, *18*, 413-430.
- Zhang, P., Jamison, K., Engel, S., He, B., & He,

S. (2011). Binocular rivalry requires visual attention. *Neuron*, 71 (2), 362-369.

1 차원고접수 : 2013. 03. 22

1차 수정원고접수 : 2013. 07. 03

2차 수정원고접수 : 2013. 09. 04

최종게재결정 : 2013. 09. 09

## The effect of signal strength on the attentional blink

Kang Yong Eo<sup>1)</sup>

Sung Jun Joo<sup>1,3)</sup>

Sang Chul Chong<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>Graduate Program in Cognitive Science, Yonsei University

<sup>2)</sup>Department of Psychology, Yonsei University

<sup>3)</sup>Department of Psychology, Yniversity of Texas, Austin

The attentional blink (AB) is a high-level phenomenon that is known to occur due to capacity limitations in memory or limited resources in attention. Recent studies, however, have shown that low-level visual features such as the bottom-up saliency of a stimulus can also influence the AB. In this study, we investigated the validity of an attentional cascade model which is based on the assumption that both working memory and bottom-up saliency will influence the AB. More specifically, we manipulated the signal strength, one of low-level features, of the second target (T2) and investigated its effect on the AB. In Experiment 1, we were able to observe that a simple orientation detection task produced the AB, suggesting that the AB can occur even for simple orientation stimuli. In Experiment 2, it was observed that the amount of the AB was modulated by the signal strength of T2 both in the orientation detection task (Experiment 2-1) and in the digit detection task (Experiment 2-2). Through these results, it was shown that the AB can be regulated by the signal strength of T2. Furthermore, the result for which the effect of the AB varies depending on the signal strength of T2 supports the validity of the attentional cascade model.

*Key words* : the attentional blink, an attentional cascade model, signal strength