

주의 깜박임 현상의 검증: 주의 자원의 반시야 독립성과 상호작용

A Test of Attentional Blink: Hemifield Independence and Interaction

김정열* · 이국희** · 이형철* · 김신우*†

Jung-Yul Kim* · Guk-Hee Lee** · Hyung-Chul O. Lee* · ShinWoo Kim*†

*광운대학교 산업심리학과

*Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

**이화여자대학교 융합디자인연구소

**Design Convergence Research Center, Ewha Womans University

Abstract

Attentional blink is observed in an identification task of multiple targets during rapid serial visual presentation (RSVP) where performance for the second target (T2) that follows within 500ms of the first (T1) shows systematic decrease although that for T1 remains highly accurate. Theories accounting for attentional blink can be classified into two broad categories of resource depletion model and disruption of input filter model. Meanwhile, visual attention capacity shows hemifield independence between left and right visual fields, and many studies reported bilateral advantage in a range of visual working memory tasks. The current research tested two major theories of attentional blink using bilateral independence of attentional capacity. To this end, we conducted two experiments where two RSVPs were presented in either bilateral or unilateral visual fields. Experiment 1 presented two RSVPs which contained both T1 and T2 in either bilateral or unilateral visual fields and tested interaction between attentional blink and bilateral advantage. Experiment 2 removed T1 in one of the two RSVPs to test whether attentional blink obtains when identification of T1 and T2 utilize independent sources of attention across two visual fields. The results showed that subjects were more accurate when two RSVPs were presented in bilateral visual fields (i.e., bilateral advantage) although there was no interaction between attentional blink and bilateral advantage (Experiment 1). In addition, attentional blink for T2 was observed in a T1-absent RSVP even when two RSVPs were presented in bilateral visual fields (Experiment 2). These results support disruption of input filter model rather than resource depletion model.

Key words: Attentional Blink, Attentional Resources, Hemifield Independence, Bilateral Field Advantage

요약

주의 깜박임이란 RSVP상에서 두 개 이상의 표적을 탐지할 때 먼저 제시된 표적(T1)에 대해서는 정확성이 높지만 이후 500ms 이내의 표적(T2)에 대해서는 체계적으로 수행이 저하되는 현상을 말한다. 이를 설명하는 이론들은 주의용

※ 이 논문은 2016년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

† 교신저자 : 김신우 (광운대학교 산업심리학과)

E-mail : shinwoo.kim@kw.ac.kr

TEL : 02-940-5421

FAX : 02-941-9214

량결핍 모형과 주의여과지연 모형으로 분류할 수 있다. 한편, 시각적 주의 용량은 좌우 시각영역에서 독립적으로 작용하는 반시야 독립성으로 인해 다양한 과제에서 양측영역이득이 나타난다고 알려져 있다. 본 연구는 주의 용량의 반시야 독립성을 이용하여 주의 깜박임을 설명하는 두 갈래의 이론을 검증하였다. 실험 1은 T1과 T2를 포함하는 두 개의 RSVP를 양쪽 시야 영역에 나누어 제시하거나 한쪽 시야 영역에 제시하여 주의 깜박임과 양측영역이득간의 상호작용을 검증하였다. 실험 2는 하나의 RSVP에서 T1을 제거함으로써 양쪽 시야 영역에 T1과 T2가 독립된 주의용량을 사용할 때에도 주의 깜박임이 나타나는지 확인하였다. 그 결과 두 개의 RSVP를 양쪽 시야 영역에 나누어 제시하였을 때 더 우수한 수행을 보여주었으나 (즉, 양측영역이득) 주의 깜박임과 양측영역이득의 상호작용은 나타나지 않았다. 또한, T1이 제시되지 않은 RSVP의 T2에서도 주의 깜박임 현상을 관찰할 수 있었다. 이 결과들은 주의 깜박임에 대한 주의여과지연 모형을 지지한다.

주제어: 주의 깜박임, 주의 자원, 좌우시야 독립성, 양측영역 이득

1. 서론

인간은 제한된 심적 자원(mental resource)으로 인해 수많은 외부 자극들 중 일부를 선택하여 처리할 필요가 있다. 주의 기제(attention mechanism)는 필요한 정보만을 선택하여 처리하는 선택적 주의(selective attention)를 사용하여 환경의 자극을 효과적으로 인식할 수 있게 한다(Ko et al., 2012). 이 선택적 주의를 일반적인 자연 환경에는 적절하게 대응할 수 있지만 자연에게 보기 힘든 실험실 환경에서는 흥미로운 제한점들을 보여주기도 한다. 이 중 주의 깜박임(attentional blink)는 많은 연구자들의 주목을 받아 왔다.

주의 깜박임이란 빠르게 제시되는 일련의 시각 자극(rapid serial visual presentation; 이하 RSVP) 중 두 개 이상의 표적자극을 탐지하는 과제를 수행할 때, 첫 번째 표적자극(이하 T1)에 대해서는 우수한 수행을 보이지만, 두 번째 표적자극(이하 T2)에 대해서는 T1과 T2의 간의 제시 지연 간격(Lag)에 따라 체계적으로 수행이 저하 되는 현상을 말한다. Fig. 1은 주의 깜박임의 전형적인 실험절차와 결과를 보여준다. Fig. 1a와 같이 자극 간 제시간격은 100 ms로 매우 짧게 제시되며 연속으로 제시되는 방해자극 사이에 포함된 표적자극을 탐지하는 것이 과제이다. 일반적으로 T1을 탐지한 이후 T2가 빨리 제시될수록(즉, 지연간격이 짧을수록) 더 큰 수행의 저하가 나타나며 지연간격이 길어짐에 따라 수행수준이 회복되는 패턴을 보인다. 특징적으로 T1 직후에 바로 T2가 제시 될 때 (지연1 조건)는 T2에 대한 수행의 저하가 나타나지

않는데 이러한 현상을 지연 1 미손실(lag-1 sparing)이라고 한다. 따라서 주의 깜박임의 일반적인 양상은 Fig. 1b와 같이 나타난다(Chun & Potter, 1995; Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992).

주의 깜박임 현상을 설명하는 이론들은 크게 두 가지 갈래로 나눌 수 있다(Dux & Marois, 2009). 먼저 주의용량결핍이론(resource depletion theory)은 주의 깜박임이 시각 정보 처리에 필요한 주의 용량의 한계 때문에 발생한다고 설명하는데(Bowman & Wyble, 2007; Shapiro et al., 1994; Ward, Duncan, & Shapiro 1996), 대표적인 모형으로 2단계 모형이(two-stage theory) 있다. 2단계 모형에 따르면 시각 정보처리는 대략적인 정보만 표상되는 1단계와 이러한 1단계의 정보 중 필요한 정보를 선택하여 처리하는 2단계를 거친다. 이 때, 2단계의 용량의 제한으로 인해 먼저 입력된 정보가 2단계에서 처리 되는 동안 이 후 들어온 정보는 1단계에서 머무르게 된다. 1단계는 큰 용량을 가지고 있지만 불안정하여 정보가 소거되거나 덮여 쓰이기 쉽다는 특성을 가지고 있는데, 먼저 입력된 정보와 후에 입력된 정보의 간격이 가까울수록 후에 입력된 정보가 1단계에 머무르는 시간이 길어지게 된다. 이에 따라 더 많은 양의 정보가 손상 되는데, 2단계 모형은 이러한 주의용량의 특성 때문에 T1과 T2의 지연 간격이 짧을수록 T2의 수행이 저하되는 주의 깜박임이 발생하게 된다고 설명한다(Chun & Potter, 1995).

반면 주의여과지연이론(disruption of input filter theory)은 주의 깜박임이 주의의 용량 때문이 아닌 주의 입력 여과 기제의 재설정 지연에 의해 발생한다

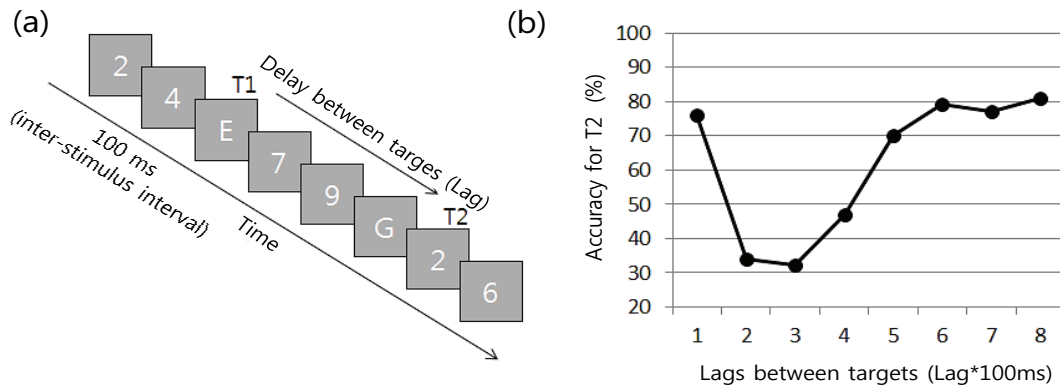


Fig. 1. A schematic example of (a) experimental procedure and (b) pattern of results

고 설명하는데(Di Lollo et al., 2005; Olivers & Meeter, 2008), 대표적인 모형으로는 B&B 모형(boost & bounce model)이 있다. B&B 모형 역시 정보처리에 있어 초기 단계와 작업기억 단계의 2단계의 처리를 가정한다. 이 때, 여과기제는 초기 단계에 표상된 정보의 속성에 따라 입력된 정보를 촉진(boost) 시키거나 억제(bounce) 시켜 2단계에서 처리되는 정보를 통제하는 역할을 하는데, 이 여과기제는 한 가지 상태만을 지닐 수 있다. 따라서 표적자극과 방해 자극이 순서대로 입력되는 경우 여과기제는 촉진 상태에서 억제 상태로 전환하여야 하고 이 반대의 경우 억제 상태에서 촉진 상태로 다시 전환되어야 한다. 하지만 상태 재설정 속도보다 자극이 입력되는 속도가 빠르다면 여과기제가 적절히 역할을 수행하지 못하고 방해 자극을 촉진시키거나, 표적자극을 억제하게 된다. B&B 모형에 따르면 T1의 탐지 이후 방해 자극의 입력에 따라 여과기제가 억제 상태로 변하게 되고 재설정 이전에 입력된 T2에 대해서 적절하게 대응하지 못해 지연 간격에 따라 T2의 수행이 저하되는 주의 깜박임이 발생하게 된다(Olivers & Meeter, 2008).

정리하면 이 두 모형은 공통적으로 두 단계의 정보 처리 과정을 가정한다. 하지만 2단계 모형의 경우 첫 번째 단계의 주의 용량의 한계로 인해 주의 깜박임이 나타난다고 설명하는 반면 B&B 모형은 두 단계 사이의 여과기제의 특성으로 인해 주의 깜박임이 발생한다고 설명한다.

한편, 시각 과제를 처리하는데 필요한 주의의 용량은 좌우반구독립성(hemifield independency)을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 평소 시각을 통해 외부 정

보를 인식할 때 우리는 단일한 외부 세계를 인식하는 것으로 지각한다. 하지만 실제로는 시야 영역에서 응시점을 중심으로 좌측에 위치한 시각 자극은 망막의 오른쪽 영역을 통해 우뇌로, 우측에 위치한 외부정보는 망막의 왼쪽 영역을 통해 좌뇌로 분리되어 입력된다. 그런데, 양쪽 대뇌 반구에는 독립적으로 주의용량이 존재하기 때문에 한쪽 시야영역에만 자극을 제시하는 경우보다 양쪽 시야영역에 자극을 제시할 때 사람들은 더 우수한 수행을 보인다. 이러한 주의 용량의 좌우반구독립성에 이득을 양측영역이득(bilateral field advantage)이라고 한다(Alvarez & Cavanagh, 2005). 이전 연구들은 주의 추적과제, 방위 기억과제, 색 기억 과제 등에서 양측영역이득이 나타나는 것을 보고하였다(Delvenne, 2005; Delvenne, et al., 2011; Delvenne & Holt, 2012; Umamoto, et al., 2010).

본 연구는 주의 용량의 좌우반구 독립성을 이용하여 주의 깜박임의 이론에 대해 검증하였다. 동시에 두 개의 RSVP를 제시할 때 시야의 한쪽 영역에 두 개의 RSVP를 제시하는 방법과 시야 양측 영역에 각각 한 개씩 나누어 제시하는 방법으로 구분할 수 있다. 주의 깜박임 현상을 설명하는 두 이론 모두 과제 수행에 주의용량을 전제하고 있기 때문에 양측영역이득에 의해 두 개의 RSVP를 한쪽 시야 영역에만 제시하였을 때 보다, 양측 시야 영역에 나누어 제시하였을 때 전체적인 수행이 더 우수하게 나타날 것이라 예상 가능하다. 하지만 주의 깜박임이 주의 용량의 한계로 인해 발생한다면 주의 깜박임이 나타나는 양상 역시 변화가 나타날 수 있다. 즉, 두 개의 RSVP를 양측 영역에 나누어 제시하는 경우에 비해 한쪽 영역

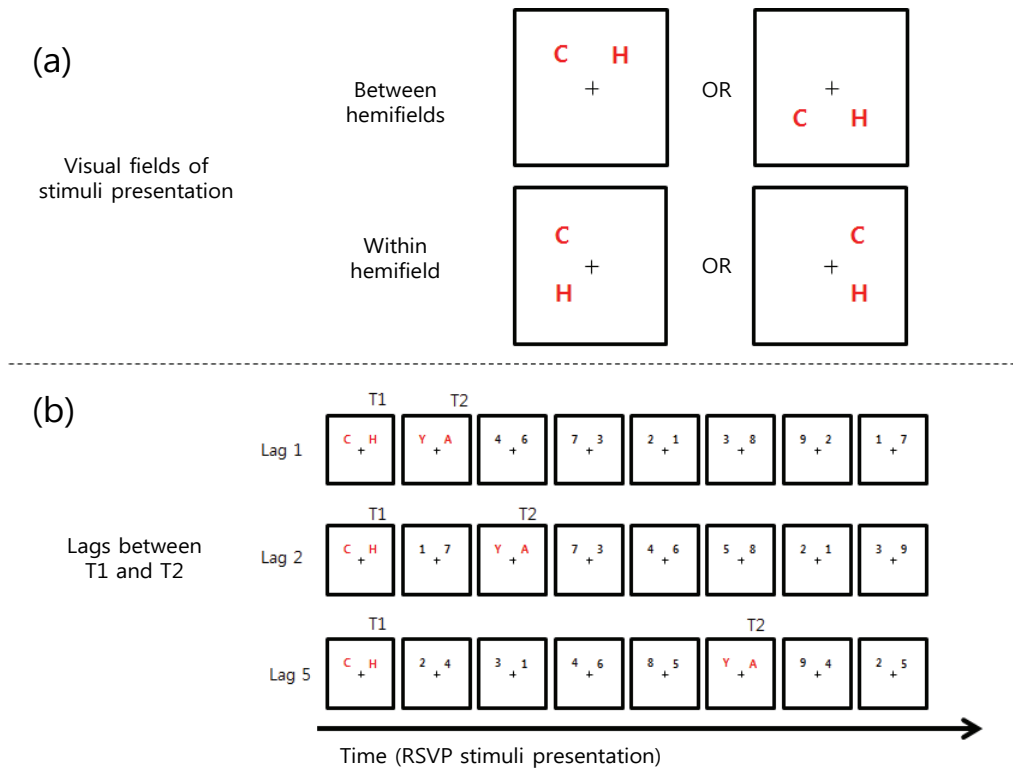


Fig. 2. An illustration of stimuli structure. (a) RSVP appeared either between hemifields or with hemifield and (b) Lags between T1 vs. T2 differed depending on delay conditions

에 모두 제시하게 되면 각 RSVP에 할당할 수 있는 주의용량이 감소하기 때문에 수행의 저하가 더 큰 폭으로 나타나거나 주의 회복 시간이 늘어나는 등 주의 깜박임이 나타나는 양상에 변화가 나타날 것이라 예측해 볼 수 있다(Kawahara & Yamada, 2006). 반면 주의 깜박임이 여과기제의 상태 설정 지연에 의해서 발생 한다면 양측에 나누어 제시하였을 때, 용량의 이득으로 인해 전체적인 수행의 증가는 나타나지만 주의 깜박임이 나타나는 양상은 RSVP 제시 방법에 상관없이 동일하게 나타날 것이다.

또한 만약 주의의 용량이 주의 깜박임의 원인이라면 T1과 T2가 같은 시야 영역에 포함되었을 때는 주의 깜박임이 발생하지만 한쪽 시야 영역에 T1이 제시되고 반대 시야 영역에 T2가 제시 되었을 때에는 주의 깜박임이 발생하지 않을 것이다. 하지만 시야 전 영역에 적용되는 여과기제에 의해 주의 깜박임이 발생한다면 한쪽 시야 영역에만 T1이 제시되었을 때, 같은 시야 영역 내에 제시된 T2는 물론 반대 시야영역에 제시된 T2에도 주의 깜박임 현상이 나타날 것이라 예측할 수 있다.

주의용량의 좌우반구 독립성을 이용하여 주의 깜박임의 이론을 검증하기 위한 두 가지 실험을 진행하였다. 실험 1에서는 각각 T1과 T2를 포함하는 두 개의 RSVP를 조건별로 시야 영역에 제시하여 주의 깜박임이 나타나는 RSVP 과제에서도 양측영역이득이 발생하는지 알아보고 이러한 양측영역이득이 주의 깜박임의 양상에 어떤 영향을 주는지 살펴보았다. 실험 2에서는 한 개의 RSVP는 실험 1과 마찬가지로 T1과 T2가 모두 포함되어있지만 다른 한 개의 RSVP에는 T1없이 T2만을 포함하고 있는 실험 자극을 제시하였다. 이를 통해 주의 깜박임의 원인이 되는 주의기제가 양측영역에 독립적으로 작용하는지, 아니면 전역적으로 작용하는지 알아보았다.

2. 실험 1

실험 1에서는 조건에 따라 두 개의 RSVP를 양쪽 시야에 각각 하나씩 나누어 제시하거나 한쪽 시야에 모두 제시였다. 이를 통해 양측영역이득과 각 조건에서 주의 깜박임의 양상을 확인하고자 하였다.

2.1. 방법

2.1.1. 참가자

17명의 광운대학교 학부생(*avg. age* = 25.4)이 실험에 참가하였으나, 사전 실험에서 T1의 정답률이 60% 이하인 2명을 제외한 15명만 본 실험에 참여하였다.

2.1.2. 자극구성 및 실험설계

자극은 LG 19인치 CRT모니터(해상도 1280x1024, 재생빈도 85hz)를 통해 제시하였으며 참가자들은 모니터와 80cm 거리에서 턱받침을 사용하여 머리를 고정하고 모니터를 관찰하였다. 자극 제작과 제시에는 MATLAB 7.1과 Psychtoolbox-3를 사용하였다.

실험 1은 두 RSVP가 제시되는 시야에 따라 제시영역 두 수준(영역 간 제시, 영역 내 제시)과 T1과 T2의 간격인 지연시간 다섯 수준(*lag* 1, 2, 3, 5, 7)의 독립변인 총 두 가지를 피험자 내 요인으로 사용하였다.

Fig. 2는 독립변인의 수준에 따른 자극제시의 예를 보여준다. Fig. 2a는 제시영역조건에 따른 화면상 RSVP의 위치를 보여준다. 영역 간 제시조건에서는 두 개의 RSVP를 응시점을 중심으로 좌상-우상, 좌하-우하에 제시하는 두 가지 경우가 있었으며, 영역 내 제시조건에서는 좌상-좌하, 우상-우하에 제시하는 두 가지 경우가 있었다. Fig. 2b는 지연조건에 따른 T1과 T2의 시간적 간격을 보여준다.

실험은 총 여섯 개의 블록으로 구성하였다. 각 블록은 지연조건(5), RSVP 제시위치의 조합(4)을 2회 반복하여 총 40회로 구성하였으며 제시순서는 각 블록 내에서 무선화하였다. 각 참가자들은 총 240회의 시행을 실시했으며 120회의 수행 후 반드시 2분 이상 쉬도록 하였다.

실험 자극은 흰색 바탕에 응시점과 두 개의 RSVP로 구성하였다. 응시점은 화면 중앙에 제시하였으며, 두 개의 RSVP는 응시점으로부터 가로 1.95°, 세로 1.95° (직선거리 1.38°) 만큼 떨어진 4 곳 중 조건에 따라 제시하였다. 각 RSVP는 검은색의 숫자로 된 방해 자극과 빨간색의 알파벳으로 된 표적자극으로 구성되어 14개의 자극을 포함하고 있었으며, 각 자극은 자극 간 간격 없이 94ms 동안 순서대로 제시하였다. 방해 자극으로 0부터 9까지의 10개 숫자를 사용 하였고, 표

적자극으로 숫자와 형태가 비슷하지 않은 10개의 대문자 알파벳(A, C, E, H, N, R, T, W, X, Y)을 사용하였다. 글자체는 나눔 고딕체였으며 0.76° x 0.76°의 시각도로 제시하였다. 연속으로 등장하는 방해자극 숫자는 서로 다른 숫자가 되도록 통제하였고, 한 시행 내 등장하는 알파벳은 모두 서로 다르게 구성하였다.

한 시행 내의 두 RSVP는 T1과 T2를 동시에 제시하였으며 각각 14개의 자극을 제시하였다. 하나의 RSVP는 먼저 최소 두 개 이상의 방해자극을 제시한 후 3~5번째에 T1을 제시하였고 이후 조건에 따라 1, 2, 3, 5, 혹은 7번째에 T2를 제시하였다. 따라서 T2가 제시된 후 최소 두 개 이상의 방해자극이 제시되었다.

2.1.3. 절차

실험은 사전실험과 본 실험의 2단계로 진행하였다. 사전실험은 참가자가 자극에 적절히 반응할 수 있는지를 확인하고 실험절차를 숙지시키기 위한 목적으로 실시하였다. 사전실험은 본 실험과 거의 동일하였으나 응답을 입력한 후 정답에 대한 피드백을 제시하여 표적 알파벳을 확인할 수 있도록 하였다.

Fig. 3은 한 시행 내 자극 제시의 예를 보여준다. 매 시행마다 화면에 준비 메시지가 나오면 참가자들이 스페이스바를 눌러 시행을 시작하였다. 시행이 시작되면 화면 중앙에 응시점이 표시되었으며 RSVP가 끝날 때까지 유지되었다. 참가자에게 응시점이 나타나는 동안에는 항상 응시점에 시선을 고정할 것을 요구하였다. 응시점 제시 1초 후에 RSVP가 나타날 위

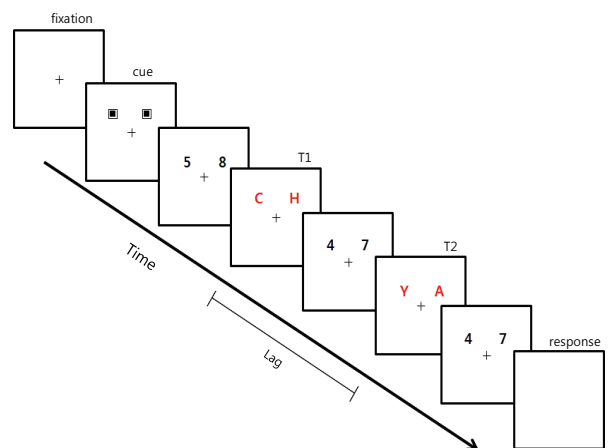


Fig. 3. An illustration of stimuli presentation (Experiment 1). After viewing two streams of RSVP, subjects entered target letters using keyboard

치 2곳에 단서가 1초간 제시된 후 사라졌다. 단서가 사라지고 1초 후에 단서와 동일한 위치에서 RSVP가 시작되었다. RSVP 완료 직후 응시점이 화면에서 사라지면 참가자는 제시된 RSVP에 포함되어 있는 표적 자극에 해당하는 알파벳 4개(두 개의 T1과 두 개의 T2)를 순서에 상관없이 키보드를 통해 입력하였다. 실험에 사용된 10개의 알파벳만 입력 가능하며, 입력한 알파벳은 화면을 통해 확인할 수 있었고 잘못 입력하였을 때에는 수정 가능했다. 사전실험에서는 입력한 알파벳의 정답여부에 대한 피드백을 제시하였으나 본 실험에서는 피드백 없이 바로 다음 시행의 준비 메시지를 제시하였다.

2.2. 결과 및 논의

참가자들의 T1이 모두 정답일 확률은 평균 85%로 나타났다. 제시영역별로 나누어 보았을 때, 영역 간 조건(89%)이 영역 내 조건(81%)보다 정답률이 더 높았지만 두 조건 모두 충분한 수준으로 나타났다.

독립변인이 주의 깜박임에 미치는 효과를 확인하기 위해 두 RSVP에서 T1이 모두 정답일 때, T2가 모두 정답인 경우의 정답률(이하 T2|T1)을 측정치로 사용하였다. 이 방법은 주의 깜박임 연구에서 일반적으로 사용하는 방법으로 T1에 대해서 옳은 응답이 전제되지 않으면 T2의 정답률이 주의 깜박임 현상의 결과라 볼 수 없기 때문이다.

Fig. 4는 제시영역별 정답률(즉, T2|T1)을 지연에 따라 나타낸 것이다. 전체적으로 영역 간 제시조건에서 영역 내 제시조건보다 정답률이 높게 나타났다. 특히 두 조건에서 모두 지연 2일 때 가장 낮은 정답률을 보였으며 지연간격이 길어짐에 따라 정답률이 높아지는 주의 깜박임의 양상이 나타났다. 또한, 지연 1 조건이 지연 2 조건에 비해 높은 정답률을 보여 지연 1 미손실의 양상도 관찰할 수 있었다.

통계적 검증을 위해 2 (제시영역) x 5 (지연)의 피험자 내 변량분석을 실시하였다. 그 결과 정답률은 지연에 따라 차이가 나는 것으로 나타났다, $F(4, 56) = 67.75, p < .05$. 특히 지연에 따른 정답률 변화는 주의 깜박임의 전형적인 양상을 보여주었다. 또한 영역 내 조건에 비해 영역 간 조건에서 정답률이 높게 나타났다, $F(1, 14) = 21.89, p < .05$. 이 결과는 RSVP

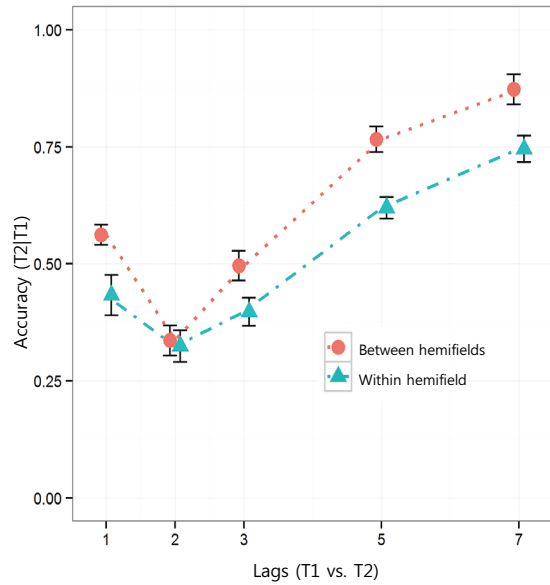


Fig. 4. Results of Experiment 1

에서 표적자극을 탐지하는 과제에서도 양측영역이득이 나타난다는 것을 보여준다. 마지막으로 지연과 제시영역의 상호작용은 유의미하지 않은 것으로 나타났다, $F(4, 56) = 1.96, p = .14$. 이는 제시영역의 차이가 전체적인 정답률에는 영향을 미치지 않지만 그 효과가 지연에 따라 달라지지 않음을 보여준다.

실험 1은 두 개의 RSVP에서 과제를 수행할 때도 주의 깜박임이 나타나며 양측영역이득이 발생한다는 것을 보여준다. 하지만 이 두 현상은 독립적이며 서로간의 상호작용은 관찰할 수 없었다. 다시 말해, 양측 시야에 RSVP를 나누어 제시했을 때 사용가능한 주의용량의 증가로 과제를 수행하기 수월해지지만 이러한 용량의 증가가 주의 깜박임의 양상에는 변화를 가져오지 않았다. 이 결과는 주의의 용량이 주의 깜박임의 원인이 아닐 수 있다는 점을 시사한다.

3. 실험 2

실험 2에서도 실험 1과 동일하게 두 개의 RSVP를 사용하였지만, 하나의 RSVP에서는 T1과 T2를 모두 제시하였고 다른 RSVP에서는 T1을 제시하지 않고 T2만 제시하였다. 이를 통해 T1을 제시하지 않은 시야영역에서도 주의 깜박임이 나타나는지 확인해보고자 하였다. 만약 주의 깜박임이 주의 용량에 의해서 발생한다면 주의 용량의 좌우반구 독립성에 의해

T1이 제시되지 않은 RSVP에서는 T2에 대한 주의 깜박임이 나타나지 않을 것이다. 반면 주의 깜박임이 (B&B 모형이 제안하는 바와 같이) 주의 용량이 아닌 전역적으로 작동하는 선택적 주의기제에 의해 발생한다면 T1이 제시되지 않은 RSVP에서도 T2에 대한 주의 깜박임이 발생할 것으로 예측할 수 있다.

3.1. 방법

3.1.1. 참가자

12명의 광운대학교 학부생(avg. age = 25.4)이 실험에 참여하였으나 사전실험에서 T1의 정답률이 60% 미만인 참가자 1명을 제외한 총 11명이 본 실험에 참여하였다.

3.1.2. 자극구성 및 실험설계

실험 2의 실험자극은 실험 1과 동일하였으나 몇 가지 차이점이 존재하였다. 첫째, 실험 2에서는 둘 중 하나의 RSVP에서 T1을 제시하지 않고 대신 방해자극을 제시하였다(Fig. 5 참고). 따라서 한 시행에 포함되는 총 표적의 개수는 3개(하나의 T1, 두 개의 T2)가 되었다. 둘째, 탐지해야 하는 표적자극이 세 개로 감소함에 따라 과제 난이도를 높이기 위해 표적 알파벳을 일곱 개(D, F, G, K, L, P, V) 추가하여 총 17개의 알파벳을 표적으로 사용하였다. 실험 2의 실험설계는 실험 1과 마찬가지로 제시영역 두 수준(영역 간 제시, 영역 내 제시)과 지연시간 다섯 수준(lag 1, 2, 3, 5, 7)의 총 두 가지를 피험자 내 요인으로 사용하였다.

참가자들은 총 여섯 개의 블록을 수행하였다. 각

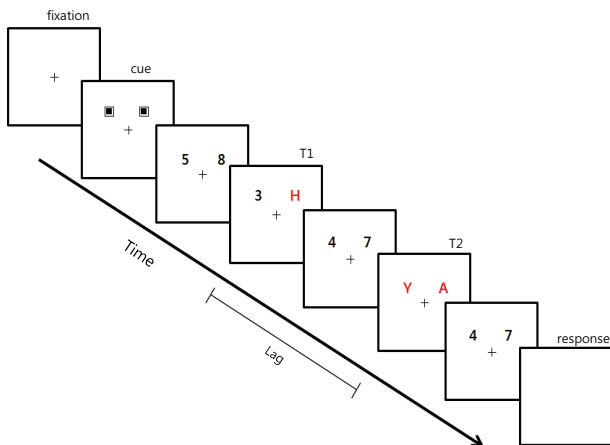


Fig. 5. An illustration of stimuli presentation (Experiment 2). T1 and T2 appeared either on the same or different streams of RSVP

블록은 지연조건 (5), RSVP 제시위치의 조합 (4; 좌상-좌하, 우상-우하, 좌상-우상, 좌하-우하), T1이 나타나는 RSVP의 위치 (2)에 따라 총 40회로 구성하였으며 제시순서는 각 블록 내에서 무선화하였다. 각 참가자들은 총 240회의 시행을 실시했으며 120회의 수행 후 반드시 2분 이상 쉬도록 하였다.

3.1.3. 절차

실험 2의 본 실험에서는 T1이 하나만 제시되었으나 이를 사전실험으로 사용할 경우 난이도가 낮아 참가자를 적절하게 구분할 수 없었다. 따라서 사전실험에서는 실험 1과 동일하게 T1을 두 개 제시하였다. 본 실험에서 자극은 실험 1과 동일한 방식으로 제시하였으며 참가자들은 세 개의 표적에 대한 응답을 키보드로 입력하였다.

3.2. 결과 및 논의

참가자들의 평균 T1정답률은 93%로 나타났다. 이는 실험 1에 비해 더 높은 수치로 T1 탐지 난이도가 하락한 것에 따른 결과이다. 특히 영역 간 조건(94%)과 영역 내 조건(92%)의 정답률은 매우 유사하였다.

Fig. 6은 실험 2의 결과를 보여준다. T1을 제시한 RSVP에서의 T2 정답률(same RSVP)과, T1을 제시하지 않은 RSVP에서의 T2 정답률(different RSVP)을 제시영역(within vs. between hemifields)별로 구분하여 지연에 따라 나타내었다. 실험 1과 마찬가지로 독립변인이 주의 깜박임에 미치는 효과를 확인하기 위해 T1이 정답일 때 T2가 정답인 경우의 정답률(T2/T1)을 종속변인으로 사용하였다.

동일 RSVP(same RSVP)에서는 제시영역 조건에 따른 정답률의 차이가 나타나지 않았다. 두 조건 모두 지연2 조건에서 가장 낮은 정답률을 보였으며, 지연이 증가함에 따라 정답률이 증가하였다. 또한, 지연1 조건이 지연2 조건보다 높은 정답률을 보여 실험 1과 마찬가지로 일반적인 주의 깜박임 양상이 나타났다.

상이 RSVP(different RSVP)의 정답률은 영역 간 제시 조건에서 영역 내 제시 조건보다 정답률이 높게 나타났다. 두 제시조건에서 모두 지연이 증가함에 따라 정답률이 증가하였으나 지연 1조건이 가장 낮은 정답률을 보였다. 이는 지연1 절약이 사라진 주의 깜박임의 양상으로, T1과 T2를 다른 위치에 제시하거

나 다른 감각양상으로 제시하였을 때 이와 유사한 형태의 지연1 절약이 사라진 주의 깜박임의 양상이 나타난다는 것을 기존 연구들이 보고하였다(Visser, Bischof, & Di Lollo, 1999). 더불어 영역 간 제시조건에서의 높은 정답률은 양측영역 이득이 상이 RSVP 조건에서도 나타남을 보여준다.

통계적 검증을 위해 동일 RSVP 및 상이 RSVP 조건 각각에서 2 (제시영역) x 5 (지연)의 피험자 내 변량분석을 실시하였다. 그 결과, 동일 및 상이 RSVP 조건 모두에서 지연간격이 정답률에 미치는 효과는 유의미 하였다 (동일 RSVP: $F(4, 40) = 11.22, p < .05$; 상이 RSVP: $F(4, 40) = 19.19, p < .05$). 다만 동일 RSVP 조건에서는 주의 깜박임에서 전형적으로 나타나는 지연1 미손실을 관찰할 수 있었으나, 상이 RSVP에서는 동일한 양상이 나타나지 않았다.

더불어 동일 RSVP 조건에서는 제시영역에 따른 정답률의 차이가 나타나지 않았지만($F(1, 10) = 0.61, p = .45$), 상이 RSVP 조건에서는 자극 제시영역에 따른 차이가 나타났는데 T1이 제시된 반대편 시각영역의 T2에 대한 정답률이 더 높은 것을 발견하였다 ($F(1, 10) = 36.13, p < .05$). 즉, 상이 RSVP 조건에서 T1이 제시된 곳의 반대편 시각영역에서 T2가 제시될 때의 정답률이 동일한 시각영역에 T2가 제시될 때보다 높다는 결과를 획득하였으며, 이는 양측영역이득이 나타남을 보여준다.

실험 2는 동일 RSVP뿐만 아니라 상이 RSVP에서도 주의 깜박임 현상이 나타나는 것을 보여준다. 다만 T1과 다른 RSVP의 T2에서는 지연1 미손실이 나타나지 않았다. 이전의 여러 주의 깜박임 실험에서 T1과 T2를 다른 위치에 제시하는 경우 주의 깜박임은 나타나지만, 지연1 미손실 현상이 사라지는 결과를 보고하였다 (Visser, et al., 1999; Lunau & Olivers, 2010). 본 실험에서도 상이 RSVP에 제시된 T2는 T1과 다른 위치에 제시된 T2이며 기존 연구결과와 마찬가지로 지연1 미손실 현상이 사라지는 결과를 획득하였다.

특히 주의 깜박임은 두 개의 RSVP를 같은 시야 영역 내에 제시 하였을 때뿐만 아니라 서로 다른 시야 영역에 나누어 제시 되었을 때에도 발생하였다. 다시 말해, T1과 T2가 서로 독립되어 있는 주의 용량을 사용하도록 자극을 분리하여 제시한 경우에도 주의 깜박임이 발생하였다. 이 결과는 주의 용량에 의해 주의 깜박임이 발생한다는 설명과 일치하지 않는다. 왜

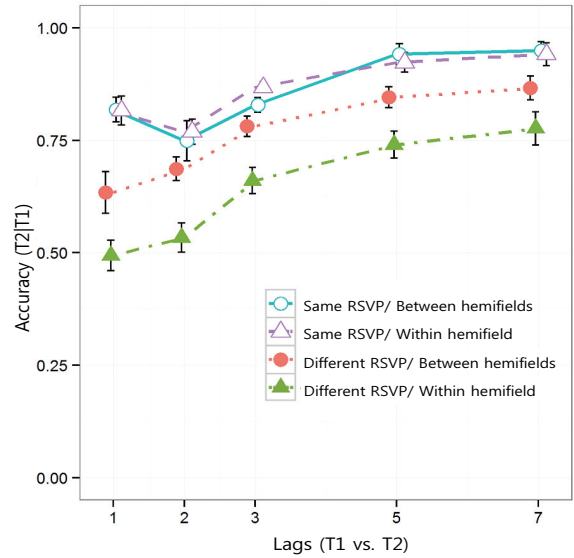


Fig. 6. Results of Experiment 2

냐하면 주의용량에 근거한 설명이 옳다면 T1이 없는 RSVP상에서의 T2에 대한 정답률은 지연과 상관없이 일정해야하기 때문이다. T1이 없는 상이 RSVP에서 주의 깜박임이 발생한 것은 (대뇌 양반구가 주의 용량에서는 상대적으로 독립적이지만) 선택적 주의의 여과기제는 전역적으로 작용한다는 것을 보여준다.

마지막으로 상이 RSVP의 경우 T2가 반대편 시야에 제시될 때의 정답률이 동일한 시야에 제시될 보다 높다는 것을 발견하였다. 그러나 제시영역에 따라 전체적인 정답률만 달리 나타났을 뿐 지연간격에 따른 양상은 다르지 않았다. 이는 주의 깜박임과 주의 용량간의 상호작용이 발생하지 않으며 서로 독립적인 기제라는 것을 보여준다.

5. 종합 논의

본 연구에서는 주의 용량의 특성인 좌우반구 독립성을 이용하여 RSVP 자극에 대한 주의 깜박임의 이론을 검증하기 위한 실험을 진행하였다. 먼저 실험 1에서는 두 개의 RSVP를 반시야 내 혹은 반시야 간에 제시하였다. 그 결과 제시방법에 상관없이 주의 깜박임 양상이 나타났으며, 두 개의 RSVP가 같은 시야 영역 내에 제시 되었을 때보다 양측 시야 영역 간에 나누어 제시되었을 때의 정답률이 더 높은 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 두 개의 RSVP를 시야 영역에 제시하는 방법은 주의 깜박임 양상에는 영향을 주지

않았다. 실험 2에서는 두 개의 RSVP 중 하나의 RSVP에만 T1을 제시하고 T2는 두 개의 RSVP에 동시에 제시하였다. 그 결과, T1을 제시한 RSVP의 T2 정답률은 제시 방법에 따른 차이가 나타나지 않았지만 T1을 제시하지 않은 RSVP의 T2 정답률은 RSVP를 한쪽 시야영역에만 제시하였을 때 수행이 더 우수하게 나타났다(Fig. 6). 그리고 두 개의 T2 모두에서 제시방법과 주의 깜박임 양상과의 상호작용은 역시 나타나지 않았다. 모든 조건의 T2에서 주의 깜박임 양상이 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 특히 이 때 T1을 제시한 RSVP와 같은 영역에 제시된 다른 RSVP의 T2는 물론, T1을 제시한 RSVP를 제시한 영역의 반대 영역에 제시한 RSVP의 T2에서도 주의 깜박임이 관찰되었다. 이 때 지연1 미손실은 T1과 T2를 제시한 시야 영역과 관계없이 T1을 제시한 RSVP와 동일한 RSVP에 T2가 제시된 경우에만 나타났다.

실험 1과 실험 2에서 모두 두 개의 RSVP를 한쪽 시야 영역에 제시하였을 때보다 양쪽 시야영역에 나누어 제시하였을 때 더 우수한 과제 수행 결과를 보였다. 이러한 결과는 양측 영역이득이 기존의 주의 추적과제, 주의 기억과제, 위치 기억과제 등과 마찬가지로 주의 깜박임 과제에서도 나타나는 것을 보여준다.

본 실험의 결과는 기존의 주의 깜박임의 원인을 주의 주의용량의 결핍으로 설명하는 이론과는 일치하지 않는다. 먼저 실험 1에서 두 개의 RSVP를 양쪽 시야영역에 나누어 제시했을 때와 한쪽 시야영역에 두 개의 RSVP를 모두 제시했을 때 주의 깜박임 양상에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다(즉, 자극제시 조건과 지연의 상호작용이 유의미 하지 않았다). 실험 2에서는 동일 RSVP 조건에서 반구 조건에 따른 주의 깜박임 양상의 차이가 나타나지 않았으며(same RSVP: within hemifield vs. between hemifields) 상이 RSVP 조건에서도 반구 조건에 따른 주의 깜박임 양상의 차이는 나타나지 않았다(different RSVP: within hemifield vs. between hemifields). 용량 결핍 이론의 설명대로 주의 깜박임이 주의 용량의 부족으로 인한 것이라면, 양쪽 시야에 RSVP를 나누어 제시하는 경우 가용한 주의 용량의 증가로 인해 lag2에서 수행이 향상되거나 혹은 지연에 따른 주의의 회복이 더 빠르게 일어났어야 한다. 하지만 실험 1과 2에서 RSVP를 양쪽 시야에 나누어 제시하였을 때 일부 조건에서 전체적인 수행의 상승이 있었을 뿐(즉, 제시조건의 주

효과는 유의미하였으나), 주의 깜박임을 보여주는 지연에 따른 정확률의 변화패턴에는 차이를 보이지 않았다(즉, 제시조건과 지연의 상호작용은 유의미하지 않았다). 또한 용량 결핍이 주의 깜박임의 원인이라면 실험 2에서 한쪽 시야 영역의 RSVP에만 T1을 제시하였을 때, 독립된 주의 자원을 사용하는 반대쪽 시야 영역에 제시된 RSVP의 T2에 대해서는 주의 깜박임 현상이 발생하지 않아야 한다. 하지만 본 연구에서는 이 같은 경우에서도 주의 깜박임이 나타나는 것을 관찰 할 수 있었다.

반면, 여과지연 이론은 본 실험의 결과를 잘 설명할 수 있다. 여과지연 이론의 설명대로 주의 깜박임이 주의의 용량의 제한 때문이 아니라 주의 여과기제에 의해서 발생할 경우 과제에 사용되는 주의 용량에 의해 양측영역이득이 발생하지만, RSVP 제시방법에 따라서는 주의 용량의 이득만 발생하기 때문에 주의 깜박임 양상과의 상호작용은 발생하지 않는다. 또한, 시야 영역 간에 분리 되어 있지 않은 전역적인 여과기제에 의해 T1과 T2가 다른 시야 영역에 제시된다고 하여도 주의 깜박임이 발생하게 된다.

실험 2에서 T1과 T2가 동일한 RSVP에서 제시된 경우에만 지연1 절약이 발생하였는데, 이는 이전에 진행된 T1과 T2를 다른 위치에 제시한 주의 깜박임 실험 결과와 일치하며 이 결과 역시 여과지연 이론으로 설명 가능하다. 여과지연 이론에 따르면 같은 속성 정보를 가진 목표자극이 연달아 제시되는 경우 주의 여과기제의 상태 전환 없이 T2를 처리할 수 있기 때문에 지연1 절약이 발생한다. 따라서 T1과 T2가 다른 위치에 제시되는 경우 자극의 속성 정보중 하나인 위치정보가 달라짐에 따라 T1과 다른 위치에서 제시된 T2에 대해서는 바로 직후에 제시되었다고 하더라도 주의 여과기제 상태의 전환이 필요하게 되고 이에 따라 수행의 저하가 나타나게 된다.

종합하면, 본 실험의 결과들은 주의 깜박임 현상의 여과지연 이론을 지지한다. 과제 수행에 주의가 필요한 만큼 사용할 수 있는 주의의 용량에 따라서 과제 수행의 수준은 영향을 받는다. 하지만 주의 용량의 증가나 감소로 인하여 나타나는 수행의 향상 또는 저하는 주의 깜박임 현상으로 인한 수행의 저하와 별개로 나타난다. 여과지연이론은 반시야 독립성과 주의 깜박임 현상의 관계를 더 일관성 있게 설명할 수 있다.

본 연구는 어느 단계에서의 주의용량에서 주의의

양측영역이득이 나타나는지 설명하진 못한다. 서론에서 언급한 대로 여과지연이론에서는 두 단계의 주의 용량을 가정하는데 본 실험 결과는 적어도 작업기억 단계에서는 주의 용량이 독립적으로 작용할 수 있다는 것만을 보여준다. 다시 말해 본 실험의 결과는 자극이 입력되어 선택되어지기 이전 단계에서도 용량의 분리가 발생하는지에 대해서는 답을 할 수는 없다. 또 만약 양측영역이득은 주의 깜박임이 발생하는 자극에 대한 여과처리 이후의 정보처리 단계에 의해 발생하고 주의 깜박임은 정보처리의 초기 단계의 여과기제에 의한 것이라면 여전히 용량 결핍이론은 본 실험의 일부 결과를 설명할 수는 있다. 이러한 부분을 보완할 수 있는 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2005). Independent resources for attentional tracking in the left and right visual hemifields. *Psychological Science, 16*(8), 637-643.
- Bowman, H., & Wyble, B. (2007). The simultaneous type, serial token model of temporal attention and working memory. *Psychological Review, 114*(1), 38-70.
- 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*(1), 109-127.
- Delvenne, J. F. (2005). The capacity of visual short-term memory within and between hemifields. *Cognition, 96*(3), 79-88.
- Delvenne, J. F., Castronovo, J., Demeyere, N., & Humphreys, G. W. (2011). Bilateral field advantage in visual enumeration. *PLoS ONE, 6*(3), e17743.
- Delvenne, J. F., & Holt, J. L. (2012). Splitting attention across the two visual fields in visual short-term memory. *Cognition, 122*(2), 258-263.
- Di Lollo, V., Kawahara, J. I., Ghorashi, S. S., & Enns, J. T. (2005). The attentional blink: Resource depletion or temporary loss of control? *Psychological Research, 69*(3), 191-200.
- Dux, P. E., & Marois, R. (2009). The attentional blink: A review of data and theory. *Attention, Perception, & Psychophysics, 71*(8), 1683-1700.
- Kawahara, J. I., & Yamada, Y. (2006). Two noncontiguous locations can be attended concurrently: Evidence from the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review, 13*(4), 594-599.
- Ko, J.-H., Kim, S., & Li, H.-C. O. (2012). The effects of endogenous attention and reorienting on performance of detection task (내현적 주의와 재정향이 탐지과제 수행에 미치는 영향). *Science of Emotion & Sensibility, 15*(1), 37-46.
- Lunau, R., & Olivers, C. N. (2010). The attentional blink and lag 1 sparing are nonspatial. *Attention, Perception, & Psychophysics, 72*(2), 317-325.
- Olivers, C. N., & Meeter, M. (2008). A boost and bounce theory of temporal attention. *Psychological Review, 115*(4), 836-863.
- 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*(3), 849-860.
- 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 & Performance, 20*, 357-371.
- Umamoto, A., Drew, T., Ester, E. F., & Awh, E. (2010). A bilateral advantage for storage in visual working memory. *Cognition, 117*(1), 69-79.
- Visser, T. A., Bischof, W. F., & Di Lollo, V. (1999). Attentional switching in spatial and nonspatial domains: Evidence from the attentional blink. *Psychological Bulletin, 125*(4), 458-469.
- Visser, T. A., Zuvic, S. M., Bischof, W. F., & Di Lollo, V. (1999). The attentional blink with targets in different spatial locations. *Psychonomic Bulletin & Review, 6*(3), 432-436.
- Ward, R., Duncan, J., & Shapiro, K. (1996). The slow time-course of visual attention. *Cognitive Psychology, 30*(1), 79-109.

원고접수: 2017.03.01

게재확정: 2017.03.16