

시각작업기억 처리 단계에 따른 주의 자원 활용 특성*

강 해 인

현 주 석[†]

중앙대학교 심리학과

시각작업기억의 처리 과정에는 기억 표상이 형성되고 유지되는 과정 뿐 아니라 기억된 항목에 대한 재인과 관련된 비교 과정이 포함된다(Hyun, Woodman, Vogel et al., 2006). 본 연구에서는 시각작업기억 처리 단계에 따른 주의 자원의 활용 특성을 알아보기 위해 중심시야에 제시된 자극에 대한 작업기억 처리가 진행되는 가운데 주변시야에 시점을 달리하여 촉발된 감각적 변화에 대한 변화맹 현상 발생 여부를 조사하였다. 실험 1에서 피험자들은 시야의 중심에 제시된 네 개 항목들의 색상을 기억할 것을 요구받았다(중심과제). 기억항목들이 사라지고 약 1초 경과 후 사라진 기억항목들의 색상에 대한 재인을 요구하는 검사항목이 출현하였다. 피험자는 기억항목과 검사항목 간 색상 변화 유무를 보고하는 변화탐지과제를 수행하였다. 또한 개별 시행 내에서 피험자들은 중심과제를 수행하는 동시에, 시점을 달리하여 주변시야의 자극에 발생하는 색상 변화를 탐지하도록 요구 받았다(주변과제). 중심과제의 검사자극이 제시되면 피험자들은 중심과제와 주변과제에 대한 반응을 순차적으로 보고하였다. 실험 2는 4개의 숫자가 기억항목으로, 1개의 숫자가 검사항목으로 제시되는 변형된 Sternberg의 과제(1966)가 중심과제로 제시된 점을 제외하고는 실험 1과 동일하게 진행되었다. 실험 1과 2의 결과, 중심과제의 기억항목이 사라진 직후 또는 파지되고 있을 때에 비해 검사항목이 출현한 시점과 동시에 발생한 주변자극의 색상 변화에 대한 탐지 정확도가 상대적으로 높았다. 이러한 결과는 기억항목에 대한 표상을 형성하거나 유지하는 과정에 비해 기억항목을 검사항목과 비교하는 과정은, 주의 자원의 배분에 의한 선별적 처리에 의해 크게 영향을 받지 않으며 신속하고 효율적으로 처리될 가능성을 시사한다.

주제어 : 시각작업기억, 초점주의, 변화맹, 비교

* 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2011-0005076)

[†] 교신저자 : 현주석, 중앙대학교 심리학과, (156-756) 서울시 동작구 흑석동 221
E-mail : jshyun@cau.ac.kr, Tel : 02-820-5128

시각 기관을 통해 유입되는 무수한 감각 정보는 감각 처리의 대상이 되는 사물과 관찰자의 안구 및 신체 운동으로 인해 불안정하며 가변적이다. 하지만 인간은 시각 기관으로부터 유입되는 감각 정보와 의식 내의 정보들을 통합함으로써, 복잡한 시각적 변화에도 불구하고 비교적 안정적인 지각적 경험을 획득한다. 이러한 지각적 경험의 항상성(constancy)에 매우 중요한 역할을 수행하는 것이 시각작업 기억(Visual Working Memory)이다(Baddeley, 1986; 현주석, 2009a).

시각작업기억과 함께 일상 생활의 사물에 대한 안정적인 지각 경험을 돕는 또 다른 기제로 시각적 주의(Visual attention)가 있다. 수많은 시각적 자극의 출현에도 불구하고 이들 중 우리가 의식적으로 처리하고 있는 자극들은 주의가 집중된 특정 사물, 혹은 장면으로 한정되어 있다. 예를 들어 Kelley, Chun과 Chua (2003)는 한 장면에 물리적으로 같은 현저성(Saliency)을 가진 물체들이 놓여있을 때 주의가 집중된 부위의 변화가 더 잘 탐지된다는 사실을 발견하였으며, Rensink, O'Regan와 Clark (1997) 또한 시각 장면의 변화를 탐지하기 위해서는 사물(object)에 대한 주의 집중이 필요하다는 사실을 보고하였다. 매우 현저한 물리적 변화임에도 불구하고 특정 심리적 상황에서 변화의 유무를 탐지하지 못하는 현상을 변화맹(change blindness)이라 정의한다(Simons & Ambinder, 2005). 변화맹 현상은 일반적으로, 시각적 주의가 주어지지 않은 사물들이 시각작업기억 내에 정확한 표상들을 형성하지 못했거나 혹은 시각작업기억으로부터 올바르게 인출되지 못해 발생한 것으로 해석되고 있다

(Hollingworth, 2003; Varakino, Levin, & Collins, 2007). 결과적으로 특정 객체나 사건에 대해 변화맹 현상이 관찰된다면 이는 시각작업기억 내에 그 객체나 사건을 표상하기 위한 초점주의(focused attention)가 집중되지 못했기 때문으로 해석할 수 있다.

변화맹 현상이 기억 처리 과정에서의 초점주의 실패에 기인한다는 가설 아래, 본 연구에서는 변화탐지과제(change detection task) 수행시 요구되는 주의 집중 과정에 이중과제를 통한 간섭을 초래하여, 주의 자원의 배분이 시각작업기억의 처리 과정에 미치는 영향을 관찰하였다. 변화탐지과제는 시각작업기억의 특성을 조사하기 위해 흔히 사용되는 과제로, 변화탐지가 요구되는 항목 개수(set-size)의 증가에 따른 변화탐지 정확도를 측정함으로써 시각작업기억의 용량 및 표상적 특징을 알아보는 데에 주로 이용된다(Luck & Vogel, 1997; Phillips, 1974).

일반적인 변화탐지과제에서는 먼저 기억이 요구되는 항목들(예: 특정 색상을 가진 사각형)이 화면에 제시되었다가 사라지며(200ms), 뒤이어 빈(blank) 화면이 제시된다. 피험자들은 순간적으로 제시되었던 기억항목들을 정확히 기억할 것을 지시 받는다. 빈 화면이 제시되는 약 1초 정도의 기억 지연 시간(memory delay) 이후, 검사항목들이 제시된다. 피험자는 제시된 검사항목들이 기억된 항목들과 일치하는지의 여부, 즉 기억항목과 검사항목간 변화(change)의 유무를 보고하도록 요구받는다. 일반적으로 제시되는 항목의 개수가 4개 이상이 되면 피험자의 변화탐지 정확도는 급격히 감소하기 시작하는 것으로 알려져 있다(Luck &

Vogel, 1997).

본 연구에서는 그림 1에 예시된 바와 같이 응시점 주변(near-fixation area)에 제시된 색상 도형들에 대한 기억을 토대로 변화탐지가 수행되는 동시에, 주변시야에 상시 제시된 항목에 발생하는 색상 변화 여부를 보고하는 이중과제(dual-task)가 사용되었다. 개별 시행 내에서 피험자는 응시점 주변에 출현했다 사라진 색상 도형의 색상을 기억하고 뒤이어 제시된 검사항목과의 비교를 통해 색상 변화의 유무를 보고하는 중심과제(central task)를 수행하였다. 또한 주변과제(peripheral task)를 위해, 시행의 시작과 동시에 응시점 주변을 제외한 주변시야(peripheral area)에 다수의 색상도형이 출현하였으며, 중심과제의 자극이 사라지는 시점까지 화면상에 지속적으로 제시되었다. 피험자가 중심과제를 수행하는 동안 주변시야에 제시된 색상 도형들 중 하나에 간헐적으로 색상 변화가 발생하였다. 피험자는 이러한 주변시야의 색상 변화 유무를 보고하도록 요구받았다. 주변시야의 색상 도형은 중심과제와 달리 항상 제시되어 있었으므로 즉, 빈 화면이 제시되는 기억지연시간이 존재하지 않으므로 주변과제의 색상 변화는 기억처리 과정 보다는 감각 및 지각적 처리 과정에 기반한 변화 탐지를 요구한다.

만약 변화맹 현상이 기억 과정에서의 초점 주의 실패에 기인할 경우 본 연구의 이중과제 상황 아래에서 흥미로운 예견이 가능하다. 중심과제에서 요구되는 기억 처리 과정에 초점 주의가 집중되어 있다면 주변과제의 색상 변화탐지에 요구되는 초점 주의는 상대적으로 부족해 진다. 결과적으로 주변과제에서 발생

하는 변화에 대한 정확한 탐지가 어려워질 것이라는 예견이 가능하다. 반면에 중심과제(기억과제)와 주변과제(지각적 과제) 간 서로 독립적인 초점 주의 기제가 사용되거나 혹은 중심과제에 대한 기억 처리 과정이 자동적(automatic)으로 수행되어 초점 주의 처리 과정이 요구되지 않는다면 주변과제에서 발생하는 색상의 변화는 비교적 정확하게 탐지될 것을 예상할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 상반된 예견에 근거해 시각작업기억의 처리 과정별 주의 자원 활용 특성을 조사하였다.

시각작업기억의 처리 단계

지금까지의 연구 결과에 의하면 감각적인 부호화(encoding) 과정을 거친 자극이 시각작업기억을 통해 처리 및 활용되는 과정은 공고화, 유지, 비교의 세 가설적 단계로 나뉜다. 먼저 공고화 과정은 시각적으로 입력된 자극을 시각작업기억에 등록하여 견고한 기억 표상을 형성하는 과정으로 정의되며(Chun & Potter, 1995; Jolicœur & Dell'Acqua, 1998; Vogel, Woodman, & Luck, 2006), 유지(maintenance) 과정은 공고화 이후 작업기억 속에 표상이 머무르는 단계로 규정된다. 마지막으로 비교(comparison) 과정은 시각작업기억에 저장된 표상을 감각적 신호와 대조하는 과정으로 정의된다.

이 중 첫 단계인 공고화 과정은 순차적인 처리 과정을 거치며(Jolicœur & Dell'Acqua, 1998), 용량 제한적인(capacity-limited)특성을 가지고 있는 것으로 보고된 바 있다(Jolicœur & Dell'Acqua, 1998; Raymond, Shapiro, & Arnell,

1992; Vogel, et al., 2006). 예를 들어 Vogel 등 (2006)은 기억이 요구되는 색상 도형에 뒤이어 패턴 역행 차폐 자극을 제시한 결과, 단순한 색상 도형에 대한 감각적 표상이 견고한 작업 기억 표상으로 전환되기 위해서는 항목당 50 ms 정도의 시간이 필요함을 확인하였다. 이처럼 개별 항목 공고화에 소요되는 시간이 일정하다는 사실은 항목의 개수가 증가함에 따라 공고화에 소요되는 시간이 체계적으로 지연됨을 의미하며, 공고화 처리 과정에 초점 주의가 중요한 역할을 할 가능성을 의미한다.

두 번째 단계인 유지 과정은 공고화를 거친 기억 자극을 기억이 요구되는 일정 지연시간 (memory delay) 동안 의식적 노력을 통해 파지하는 과정을 의미한다. 예를 들어 Johnson, Hollingworth와 Luck (2008)은 기억항목이 사라진 후 기억파지 시간 동안 초점 주의를 요구하는 시각탐색 과제를 동시 수행시킨 결과 기억 과제 수행정확도가 현저하게 저하되는 현상을 관찰하였다. 이는 기억항목을 시각작업 기억 저장소에 유지하는 과정에서도 초점 주의가 중요한 역할을 하기 때문인 것으로 해석되었다. 또한 McCollough, Machizawa, Vogel 등 (2007)은 시각작업기억의 표상이 유지될 때 그 용량에 비례하며 지속적으로 나타나는 사건 관련 전위 성분(event-related potential component)을 발견하였는데, 이 역시 유지 과정이 주의적 자원을 필요로 하는 과정임을 지지하는 증거로 해석될 수 있다.

마지막으로 비교 처리는 기억된 표상과 검사가 요구되는 검사 항목과의 대조를 통해 기억 표상의 정확성을 판단하는 재인과정과 관련이 있다. 비교 처리 과정은 공고화 및 유지

과정과 처리 효율성면에서 상반되는 특징을 가진 것으로 보고된 바 있다. 예를 들어, Hyun 등(2009)은, 변화탐지과제에서 기억된 항목과 검사 항목에 대한 비교가 요구되는 시점인 검사항목이 제시되는 시점에 발생한 색상 변화의 위치로 초점주의가 이동하는 발현시점(onset latency)이 항목 개수에 관계없이 일정함을 관찰하였다. 이는 시각작업기억내에 공고화된 기억 표상과 새로이 입력된 지각적 자극 간의 비교에 의한 변화탐지는 단순세부특징 탐색과제(simple feature pop-out search task)에서 표적이 처리되는 과정과 유사하게 매우 신속하고 병렬적으로 수행될 수 있음을 의미한다. 따라서 변화탐지 과정에서 요구되는 기억 표상과 감각적 입력 사이의 비교 처리 과정은 앞서 예시된 공고화 및 유지 과정과 달리 초점주의의 개입을 크게 요구하지 않을 가능성이 있다.

위의 연구들을 종합 해 볼 때, 시각작업기억의 처리 단계에 따라 초점 주의가 요구되는 정도가 다를 가능성을 추정해볼 수 있다. 즉 시각작업기억의 공고화 및 유지 단계에서는 처리 용량 제한적(capacity-limited) 특성으로 인해 초점 주의의 개입이 반드시 요구되는 반면, 비교 처리 단계에서는 이와 같은 제약이 사라짐으로 인해 초점 주의의 역할이 상대적으로 미미할 것임을 예측할 수 있다. 이러한 가능성을 고려해 볼 때 본 연구의 이중 과제 상황에서는 중심과제의 기억항목에 대한 기억 처리가 진행되는 동안 주변과제에서 색상 변화가 발생했을 때, 중심과제의 기억항목이 공고화, 유지 및 비교 처리 단계를 거치는 시점에 주변과제에 발생한 색상 변화를 탐지하는 정확도가 달라짐을 예측해 볼 수 있다.

본 연구의 실험 1에서는 이러한 예측에 근거하여 시각작업기억의 처리 단계에 따른 주의 자원의 활용특성을 조사하는데 목적을 두었으며, 실험 2에서는 기억항목의 자극 속성을 달리해 실험 2에서 관찰된 결과를 반복 검증하여 실험 1의 결과를 일반화시키는데에 목적을 두었다.

실험 1

실험 1에서 피험자들은 응시점 부근에 제시된 기억항목과 검사항목에 대한 변화탐지를 수행하는 중심과제(central task)와 동시에 시야 주변(periphery)에 지속적으로 제시된 항목의 색상 변화를 탐지하는 주변과제(peripheral task)를 수행하도록 지시받았다. 주변과제의 색상 변화는 세 시점 중 하나에 발생하도록 처치되었다. 첫 번째는 시각작업기억의 공고화 처리가 진행되는 시점이며 응시점 주변에 제시된 중심과제의 기억항목이 사라지는 시점에 해당한다. Vogel 등(2006)의 역행 차폐 연구에서는 4개의 색상도형에 대한 기억이 요구되었을 때 기억항목 제시 후 약 350ms가 경과해야 공고화 과정이 무리 없이 진행될 수 있음이 관찰되었다. 실험 1에서는 Vogel 등의 변화탐지과제 상황과는 달리 기억항목과 주변과제의 항목이 동시에 출현함으로 인해 중심과제의 기억항목에 대한 감각적 부호화 과정에 추가적인 부담이 예상되었다. 따라서 중심과제의 기억항목이 500ms 동안 제시된 후 사라지는 시점을 공고화 단계의 진행시점으로 설정하였다 (ISI 0ms 조건). 두 번째 시점은 중심과제의 기억항목이 사라진 후 500ms가 경과한 후(ISI

500ms)로, 시각작업기억의 표상 유지단계를 반영한다. 이 시점은 기억항목에 대한 공고화가 종료되고 검사항목과의 비교 처리가 요구되기 전 단계로서, 시야에서 사라진 기억자극의 표상이 시각작업기억 내에 안정적인 형태로 유지되고 있는 시점으로 추정된다¹⁾. 세 번째는 중심과제의 기억항목의 표상과 검사항목의 비교 처리가 시작되는 시점(ISI 1000ms)으로, 비교 처리 단계의 시작점을 반영한다. Hyun 등(2009)의 연구에서 또한 변화탐지과제에서 검사항목이 제시되는 시점을 비교 처리 과정으로 간주하고 이 시점을 기준으로 사건관련전위(ERPs)를 측정할 바 있다.

서두의 말미에서 예견된 바와 같이, 중심과제의 기억항목과 검사항목 간 비교 처리에 의해 변화탐지가 요구되는 비교(comparison) 단계에서는 기억항목에 대한 공고화 및 유지 단계에 비해 초점주의의 역할이 상대적으로 감소할 가능성이 크다. 바꿔 말하면, 중심과제의 기억항목을 부호화(encoding) 및 공고화하고 기억저장소에 유지하는 단계에 비해 비교 단계에서는 중심과제와는 독립적으로 발생하는 주

1) 공고화, 파지 및 비교 단계에 대한 시간적 구분 및 각 처리 단계 간 독립성에 대해서는 여전히 논란의 소지가 있다. 다만 기억항목이 사라진 후 500ms가 경과한 시점을 기억항목에 대한 안정적 파지가 진행되는 시점으로 가정하는 것은 최근 연구에서 사용된 실험적 처치에 근거한다. 예를 들어, Johnson 등(2008)의 최근 실험에서는 기억항목이 500ms 동안 제시되고 사라진 후 500ms 후에 유지 과정을 간섭하기 위한 시각탐색 과제가 제시되었으며, Vogel, McCollough, Machizawa(2005)의 실험에서도 기억항목 제시 후 500ms 시점에 추가 항목을 제시하여 기억항목의 유지 과정에 대한 간섭을 시도하였다.

변과제의 색상 변화탐지에 주의를 배분하는 것이 상대적으로 수월할 수 있다. 따라서 주변과제의 색상 변화가 중심과제의 기억항목이 제시되는 순간이나 그것을 파지하는 순간보다 기억항목에 대한 재인 처리 과정이 시작되는 비교 단계에서 발생할 경우에 탐지 정확도가 더 높을 것을 예견할 수 있다. 실험 1에서는 이러한 가설의 검증에 중점을 두었다.

방 법

참가자 중앙대학교에 재학 중인 대학생 12명이 실험에 참가하였다. 모든 피험자는 정상 색인과 교정시를 보고하였다. 모든 참가자들은 실험 참가 전 실험에 대한 설명을 듣고 동의서에 서명하였으며, 실험 종료 후 수행된 연구에 대한 간단한 설명을 제공받았다. 우연 수준보다 낮은 수행 정확도를 보인 피험자 1명은 결과 분석에서 제외되었다.

자극 및 절차 그림 1의 (가)에 실험 1의 자극과 절차를 도해하였다. 모든 자극은 피험자의 눈에서 57cm 거리에 위치한 17인치 LCD모니터상의 균질한 회색배경에 제시되었으며, 화면의 중앙에는 검은색의 원형 응시점($0.35^\circ \times 0.35^\circ$)이 제시되었다. 중심과제에 사용된 사각형 색상 도형($0.83^\circ \times 0.83^\circ$)은 응시점을 중심으로 $5.91^\circ \times 5.91^\circ$ 내의 영역에 제시되었으며, 주변 자극은 응시점을 기준으로 $11.78^\circ \times 11.78^\circ$ 영역 내에 제시되었다. 각 항목의 색상은 빨강, 파랑, 녹색, 검정, 노랑, 하늘색, 자주색, 흰색의 8개 색상으로 제시되었다. 중심과제에서 사용된 네 항목 사이에는 색상이 중복

해서 나타나지 않았으며, 주변과제의 10개 항목에 대해서는 2회까지의 색상 중복이 허용되었다. 중심과제가 제시되는 위치를 지시하는 사각형 모양의 테두리($1.48^\circ \times 1.48^\circ$)는 짙은 회색으로 제시되었다.

시행의 시작과 동시에 응시점 주변에 회색 테두리 사각형이 제시되었으며, 이 사각형들은 중심과제의 기억항목과 검사항목이 제시될 위치를 지시하였다. 응시점과 지시 사각형이 500ms간 제시된 후 중심과제의 기억항목(색상 도형)이 나타나 500ms동안 제시 되었다. 이 과정은 피험자들로 하여금 시각작업기억을 활용하게 하는 과제으로써, 피험자들은 제시된 4개의 색상도형의 색상을 기억하도록 요구받았다. 기억항목이 사라지고 1초가 경과한 후 다시 검사항목에 해당하는 색상도형이 제시되었으며, 피험자는 기억된 색상과 검사항목의 색상을 비교해 색상 변화가 있었는지의 유무를 키보드의 두 버튼 중 하나('z' 또는 '/')를 눌러 보고하였다. 중심과제의 모든 시행 중 절반의 시행에서는 기억과 검사항목 간 색상이 동일하였으며, 나머지 절반의 시행에서는 검사항목 중 한 자극이 색상을 달리하였다.

주변과제의 색상도형은 중심과제의 기억항목이 출현함과 동시에 중심과제 주변부에 제시되었으며 기억항목의 소멸이나 검사항목의 출현과 관계없이 화면에 지속적으로 제시되다가 중심과제의 검사항목이 사라짐과 동시에 화면상에서 소멸하였다. 주변과제는 중심과제와 달리 자극이 지속적으로 제시되므로 단독 과제로 수행될 경우 변화탐지의 난이도가 매우 낮은 특성을 가진다. 주변과제의 색상 변화는 중심과제의 처리 과정을 반영하여 세 가

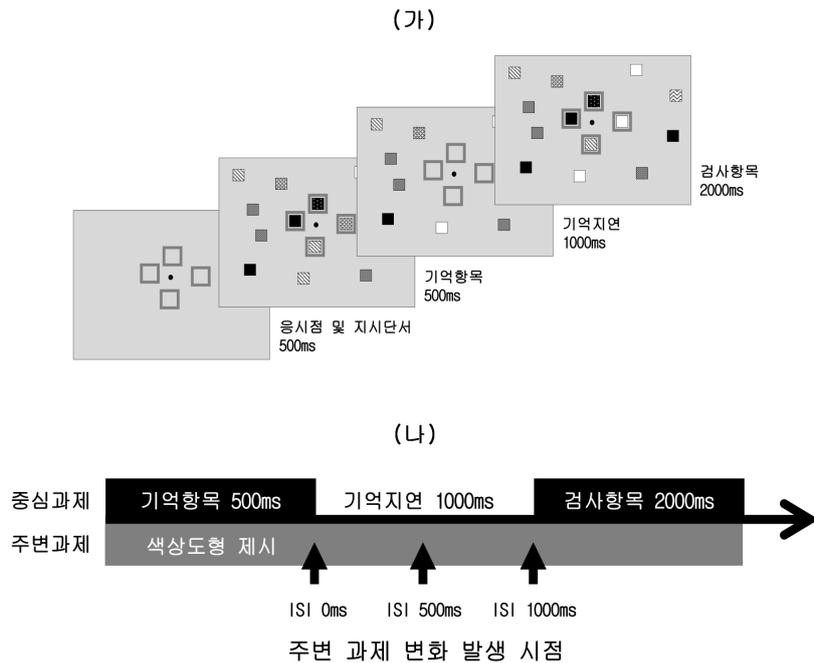


그림 1. (가) 실험 1에서 사용된 자극과 절차. 피험자는 응시점 부근에 제시된 네 사각형의 색상을 기억하는 중심과제(central task)를 수행하였으며, 동시에 주변부(peripheral area)에 제시된 사각형들의 색상 변화를 탐지하는 주변과제(peripheral task)를 수행하였다. 피험자는 검사자극이 사라짐과 동시에 중심 및 주변과제의 색상변화 유무를 순차적으로 보고하였다. (나) 주변과제 변화 발생 시점 도해

지 시점에 발생하였다. 첫 번째 시점은 기억 항목이 소멸되는 순간에 발생하여 공고화의 단계를 반영하였으며(ISI 0ms), 두 번째 시점은 기억항목이 사라지고 난 후 500ms가 경과한 후로, 유지 단계를 반영하였다(ISI 500ms). 세 번째 시점은 검사항목이 제시되는 순간으로 중심과제의 비교 처리 단계를 반영하였다(ISI 1000ms). 피험자는 이와 같은 주변과제의 색상 변화 유무를 키보드의 두 버튼 중 하나를 눌러 보고하였다. 주변과제의 모든 시행 중 절반의 시행에서만 색상 변화가 발생하였다.

실험 1은 총 두 개의 구획으로 나누어 진행되었다. 첫 번째 구획은 단독과제 수행 구획

으로, 중심과제와 주변과제의 자극이 동시에 제시되는 가운데 중심과제 혹은 주변과제에 대한 반응만을 입력하도록 하였다.

두 번째 구획은 이중과제 수행 구획이었다. 이 구획에서 피험자들은 중심과제 및 주변과제의 색상 변화 유무를 모두 보고하도록 요구 받았다. 중심과제의 검사항목이 제시된 후 먼저 중심과제의 변화 유무를 키보드의 두 개의 버튼 중 하나를 눌러 보고하였으며, 뒤이어 주변과제의 변화 유무를 동일한 방식으로 순차보고(sequential report)하였다. 중심과제와 주변과제의 색상 변화 유무는 서로 독립적이었다. 피험자들은 응시점 근처에 제시되는 중심

과제(시각작업기억 과제)의 정확한 수행을 최우선시하도록 지시받았으며(일차과제), 중심과제를 정확히 수행하는 가운데 주변시야에 발생하는 주변과제(이차과제)의 변화를 부가적으로 탐지하여 보고하도록 지시받았다.

총 864시행 중 단독과제 구획에서 중심과제 단독 수행 조건에 216시행이 그리고 주변과제 단독 수행 조건에 216시행이 할당되었으며, 432개의 시행이 이중과제 구획에 할당 되었다. 중심과제에 대한 변화탐지 정확도와 주변과제의 변화탐지 정확도를 각각 이중과제와 단독과제 수행 구획에 걸쳐 측정하였으며, 피험자들은 색상 변화에 대한 정확한 반응을 할 것을 요구받았다.

결과 및 논의

이중과제와 단독과제 구획에서의 중심과제와 주변과제의 변화탐지 정확도를 그림 2의 (가)에 제시하였다. 중심과제 수행시 이중과제 구획보다 단독과제 구획에서(각각 $85.2 \pm 6.33\%$, $88.6 \pm 5.21\%$) 더 높은 변화탐지 정확도를 보였으며, 이러한 패턴은 주변과제에서도 동일하게 관찰되었다(각각 $87.5 \pm 5.03\%$, $95.5 \pm 2.77\%$). 단독과제 구획과 이중과제 구획에서 중심과제와 주변과제의 탐지 정확도 평균에 대하여 상관표본의 *t*-검증(dependent-sample *t*-test)을 실시한 결과, 중심과제, $t(10) = 3.83$, $p < .01$,와 주변과제, $t(10) = 5.38$, $p < .01$, 모두에서 단독과제 수행시 통계적으로 유의미하게 나은 수행을 보이는 것을 발견하였다.

두 구획 조건에서 주변과제의 색상 변화가 발생한 시점, 즉 주과제의 기억항목이 사라짐

과 동시에 해당하는 공고화 시점(ISI 0ms), 기억항목이 사라진 후 500ms가 경과한 유지 시점(ISI 500ms), 그리고 검사항목이 제시되는 시점인 비교 시점(ISI 1000ms)에 따른 중심과제와 주변과제의 변화탐지 정확도를 그림 2의 (나)에 제시하였다.

주변과제의 변화 발생 시점에 따른 중심과제의 변화탐지 수행 정확도가 단독과제와 이중과제 구획 간에 걸쳐 차이를 보이는지를 조사하기 위해 주변과제의 색상 변화 시점(ISI 0, 500, 1000ms)과 과제 구획 유형(단독 및 이중) 변인의 각 수준에서 얻어진 중심과제의 변화탐지 정확도 측정치를 대상으로 반복측정에 근거한 이원변량분석(repeated-measure two-way ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과 두 변인 간 상호작용은 유의미하지 않았다, $F(2, 20) = .059$, $p = ns$. 이는 주변과제의 색상변화에 대한 탐지가 요구됨과 관계없이(이중 또는 단독), 주변과제의 색상변화는 중심과제의 기억항목에 대한 공고화, 유지 및 비교 처리 과정에 큰 영향을 주지 않았음을 의미한다. 또한 중심과제의 기억항목에 대한 공고화, 유지 및 비교 각 단계(ISI 0, 500, 1000ms)에서 주변과제의 색상 변화에 대한 탐지 정확도가 단독과제와 이중과제 구획간에 걸쳐 서로 다르게 나타나는지를 조사하였다. 이를 위해 주변과제의 색상 변화 시점과 과제 구획 유형 변인의 각 수준에서 얻어진 주변과제의 변화탐지 정확도 측정치를 대상으로 동일한 변량분석을 실시하였다. 분석 결과 두 변인간 상호작용은 유의미하였다, $F(2, 20) = 7.14$, $p < .01$. 이 결과는 중심과제와 달리 주변과제의 경우, 중심과제의 기억항목에 대한 공고화, 유지 및 비교 처

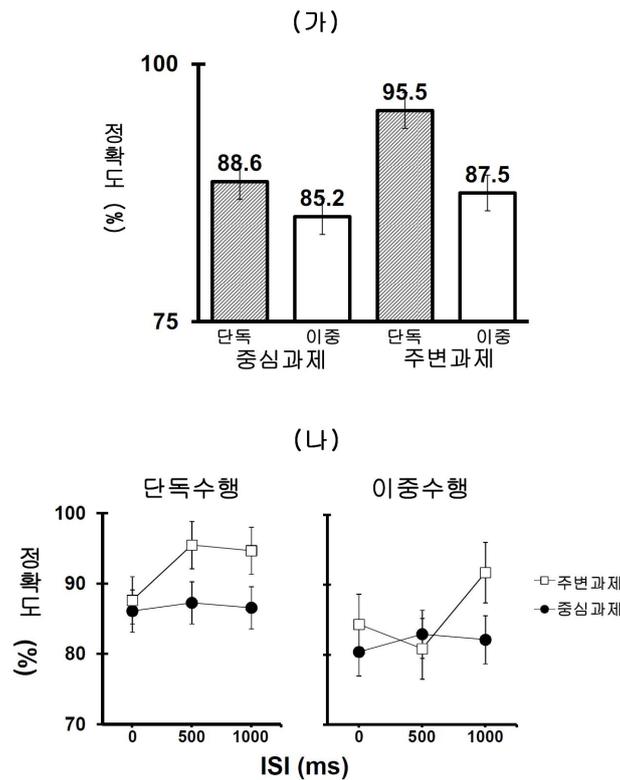


그림 2. (가) 실험 1의 중심과제와 주변과제 변화탐지 정확도, (나) 주변과제의 색상 변화 시점에 따른 중심과제와 주변과제 변화탐지 정확도. ISI 0, 500, 1000ms 조건은 각각 중심과제의 기억항목에 대한 공고화, 유지, 비교 처리 시점을 의미한다.

리가 요구될 경우 주변과제에 발생한 색상변화탐지 정확도에 차이가 있었을 가능성을 의미한다.

중심과제의 기억항목에 대한 공고화, 유지 및 비교 처리에 따른 주변과제의 색상 변화탐지 정확도 변화 패턴을 알아보기 위해 단독 및 이중과제 수행 구획 내에서 주변과제의 변화탐지 정확도 측정치에 대한 반복 측정에 근거한 일원 변량 분석을 실시하였다. 분석 결과 이중과제 구획, $F(2, 20) = 7.35, p < .01$,과 단독과제 구획²⁾, $F(2, 20) = 7.22, p < .01$,모두

2) 단독과제 구획에서 관찰된 주변과제의 변화탐지 정확도 패턴은 이중과제 구획에서의 그것과 일치하지는 않으나 본 연구의 가설에 비추어 볼 때 일관성이 있는 해석이 어렵다. 따라서 실험 1과 동일한 자극 상황아래 주변과제에 대한 색상변화탐지만을 요구하는 별도의 통제 실험 ($N=13$)이 실시되었다. 그 결과 각 시행 유형(중심과제의 기억항목 사라짐과 동시, 사라진후 500ms, 검사항목의 출현과 동시) 별 주변과제의 색상변화에 대한 탐지 정확도는 각각 $99.4 \pm 4.7, 95.2 \pm 2.8, 92.4 \pm 4.7$ 이었으며, 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다, $F(2, 24) = 2.61, p > .05$.

에서 유의미한 차이가 발견되었다. 각각의 과제 구획 내에서 주변과제의 색상이 변화하는 개별 시점(ISI 0, 500, 1000ms) 간 수행 정확도 비교를 위해 쌍별 *t*-검증(pairwise *t*-test)을 실시하였다. 분석 결과 단독과제 구획 내에서는 공고화 단계와 유지 단계(0ms vs 500ms), $t(10) = -3.27, p < .01$,에서 유의미한 차이가 관찰되었으며 이중과제 구획 내에서는 공고화와 비교 단계(0ms vs 1000ms), $t(10) = -4.18, p < .01$,과 유지와 비교 단계(500ms vs 1000ms), $t(10) = -3.73, p < .01$,에서 유의미한 정확도의 차이가 관찰되었다. 이 결과는, 중심과제에 대한 기억처리가 요구되지 않는 경우에 비해 공고화 및 유지 처리가 요구될 때 주변과제의 색상 변화탐지 정확도가 상대적으로 저하됨을 의미한다. 반면에 중심과제의 기억항목에 대한 비교 처리가 요구되는 시점에 발생한 주변과제의 색상변화에 대한 탐지 정확도는 주변과제 단독으로 수행될 경우의 탐지 정확도와 큰 차이가 없음을 의미한다.

실험 1의 결과는 중심과제가 성공적으로 수행되었을 경우 주변과제의 변화가 공고화나 유지단계에 발생했을 때 보다 중심과제의 비교 단계에 발생했을 때 더 잘 탐지된다는 사실을 보여준다. 이는, 중심과제의 기억항목에 대한 견고한 표상을 형성하고 파지하는 공고화 및 유지 과정에는 의식적인 노력과 집중이 요구되는 반면, 기억된 항목을 인출하여 검사항목과 비교하는 과정은 자동적이고 매우 신속하게 수행됨을 의미한다.

그러나 실험 1에서는 중심과제와 주변과제에 사용되는 자극의 특성이 색상 한 차원에만 한정되어 있었다. 중심과제와 주변과제가 동

일한 세부특징인 색상 차원에 대한 감각적 처리를 요구할 경우 두 과제 간에는 선별적 처리의 어려움으로 인한 간섭이 초래될 가능성이 있다(Wolfe et al., 1990). 실험 1에서는 지시 자극(회색 사각형)의 위치에 제시된 색상 도형들을 기억항목으로 지정함으로써 이러한 문제점에 대한 통제를 시도하였으나 이러한 간섭의 가능성이 완전히 통제된 것은 아니었다. 따라서 실험 2에서는 실험 1에서 중심과제와 주변과제의 자극 세부특징을 서로 다르게 함과 동시에 중심과제의 과제 특성을 변화시킨 작업기억 과제를 사용하여 실험 1의 결과를 반복 검증하는 데에 목적을 두었다.

실험 2

실험 2에서 중심과제로 사용된 기억 과제는 변형된 Sternberg의 과제(Sternberg, 1966)이다. Sternberg 과제에서는 한 자릿수의 숫자(single digit)가 화면의 중앙에 순차적으로 제시되며, 마지막 숫자가 사라지고 일정한 기억 지연 시간(memory delay)이 경과한 후 나타난 숫자(probe)가 기존에 제시된 숫자들 하나인지 아닌지를 판단하여 ‘예(Yes)’ 또는 ‘아니오(No)’로 선택 보고하는 것이 요구된다. 특히 실험 2에서는 Sternberg 과제와 동일하게 숫자 자극을 기억항목으로 사용하되, 화면 중앙의 무선적 위치에 주변과제의 색상도형의 출현과 동시에 한꺼번에 제시함으로써 실험 1과 자극제시 방식의 일관성을 유지하였다(그림 3). 또한 언어적 부호화(verbal coding)를 방지하기 위한 조음억제과제(articulatory suppression task)가 사용되었다(Baddeley, 1986; Luck & Vogel, 1997; Morey

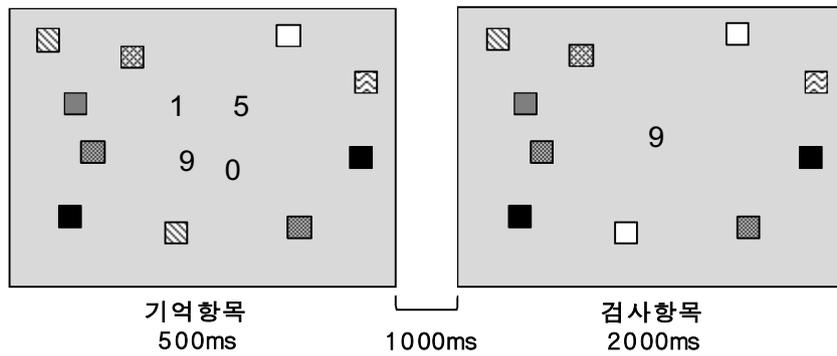


그림 3. 실험 2에서 사용된 이중과제의 예시 화면(‘예(Yes)’ 시행). 피험자는 화면의 중앙에 제시된 기억항목(숫자)들을 기억한 후 뒤이어 제시되는 검사항목(probe)이 기억된 항목들 중 하나였는지를 판단하도록 요구받는다. 주변시야의 색상 도형에 대한 변화탐지 요구는 실험 1과 동일하였다.

& Cowan, 2005).

실험 2의 중심과제는 검사항목과 기억항목이 동일한 위치에 제시되지 않으며, 색상 범주가 아닌 낱자 자극들에 대한 단기 파지가 요구되기 때문에 실험 1의 색상 변화탐지과제와는 차이가 있는 단기기억 과제로 분류될 수 있다. 실험 2에서는 이와 같이 중심과제와 주변과제 간 자극 속성을 달리하여 실험 1의 결과 패턴에 대한 반복 검증을 시도함으로써 실험 1에서 관찰된 비교 처리 과정의 효율적 처리 특성에 대한 일반화에 중점을 두었다.

방 법

실험참가자 중앙대학교에 재학중인 대학생 16명이 실험에 참가하였다. 모든 피험자는 정상 색신과 교정시를 보고하였다. 모든 참가자들은 실험 참가 전 실험에 대한 설명을 듣고 동의서에 서명하였으며, 실험 후 간단한 설명을 제공받았다. 우연 수준보다 낮은 수행 정확도를 보인 피험자 1명은 결과 분석에서 제

외되었다.

자극 및 절차 실험 2는 숫자 자극을 이용한 변형된 Sternberg의 과제를 중심과제로 이용하였다. 또한 실험 1과는 달리 이중 과제 조건만이 수행되었다³⁾. 중심과제에서는 응시점 기준 7.67° × 7.67°의 영역 내에 검은색의 Arial 폰트로 쓰여진 4개의 숫자(1.18° × 1.18°)가 무선적 위치에 기억 자극으로 제시되었다. 주변과제의 색상 도형(0.83° × 0.83°)은 응시점 기준 9.44° × 9.44° 영역에서부터 13.53° × 13.53°의 영역 사이의 무선적 위치에 제시되었다. 중심과제의 숫자 자극이 사라진 유지 기간 이후 화면의 중앙에 다시 하나의 숫자가 제시되었으며, 피험자는 이 숫자가 기존의 기

3) 실험 2의 중심 및 주변과제의 경우 단독 과제로 실시될 경우 실험 1에서 추가적으로 수행된 실험 결과(각주 2)에 비추어 볼 때 모든 ISI 구간에 걸쳐 천정 수준(ceiling)에 근사하는 정확도가 예견된다. 따라서 실험 2에서는 이중 과제 조건만을 진행하여 시행수의 증가와 피로도 감소를 통한 검증력 확보에 중점을 두었다.

역 자극에 포함되어 있었는지를 판단하였다. 언어적 부호화를 이용한 기억 책략의 사용을 방지하기 위하여, 피험자들은 ‘x’, ‘y’, ‘z’를 모든 시행내에서 소리내어 반복하는 조음 억제 과제를 수행하였다. 주변과제의 색상 변화는 기억항목들이 사라짐과 동시에, 기억항목들이 사라진 500ms 이후에, 검사항목이 나타남과 동시에 발생하였다. 피험자는 총 432시행의 이중과제를 수행하였다.

결과 및 논의

실험 2에서 중심과제와 주변과제의 수행 정확도가 그림 4에 제시되었다. 중심과제와 주변과제의 정확도는 각각 $90.54\% \pm 4.31\%$, $89.92\% \pm 4.35\%$ 로 실험 1의 이중과제 구획에 비해 다소 높은 수행률을 보였다. 이는 중심과제와 주변과제의 속성이 달라짐에 따른 두 과제간 간섭의 감소에 기인한 것으로 해석할 수 있다.

중심과제와 주변과제의 개별 과제 조건 내에서 ISI 0, 500, 1000ms(각각 공고화, 유지, 비교) 세 수준간 변화탐지 정확도 차이를 분석하기 위해 반복 측정에 근거한 일원 변량 분석(repeated-measure 1-way ANOVA)이 실시되었다. 그 결과, 중심과제 수행 정확도에서는 ISI 0, 500, 1000ms 수준간 유의미한 차이가 발견되지 않았으나, 주변과제 수행 정확도에서는 유의미한 차이가 발견되었다, $F(2, 28) = 8.76$, $p < .01$. 중심과제의 ISI 개별 수준 간 주변과제 수행 정확도의 비교를 위해 쌍별 *t*-검증(pairwise *t*-test)을 실시한 결과, 유지 단계와 비교 단계(500 vs. 1000ms), $t(14) = -3.54$, $p <$

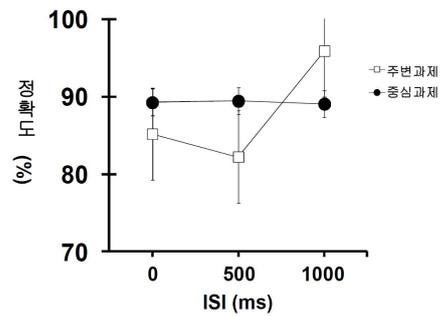


그림 4. 실험 2의 개별 ISI 조건별 중심, 주변과제 변화탐지 정확도

.01, 공고화 단계와 비교 단계(0 vs. 1000ms), $t(14) = -6.96$, $p < .01$, 사이에서 유의미한 차이가 발견되었다⁴⁾. 이는 중심과제의 비교 처리가 수행되는 ISI 1000ms 조건에서 공고화와 유지가 진행되는 0ms와 500ms 조건에 비해 주변과제의 변화탐지 정확도가 현격하게 회복되었음을 의미한다. ISI 500ms 조건에 비해 1000ms 조건에서 상대적으로 크게 회복된 주변과제의 정확도와 동일한 구간에서 상대적으로 큰 변화가 없었던 중심과제의 정확도 간 상호 비교를 위해 ISI 0, 500 및 1000ms 조건

4) 실험 1과 2에서 공히 기억항목이 사라지는 순간 (ISI 0ms) 또는 검사항목이 출현하는 순간 (ISI 1000ms)에는 물리적 자극의 순간적 제거나 출현으로 인한 순행차폐(forward masking)의 가능성이 있다. 실험 1과 2에서는 이와 같은 차폐가 발생하기에는 중심과 주변부에 제시된 자극간의 공간적 위치가 비교적 상이하긴 하였으나, 자극 출현과 제거의 시간적 구성상 순행 차폐의 영향을 배제하기가 여전히 불가능하다. 따라서 검사항목에 발생하는 변화의 시점을 기억 및 검사항목의 출현 및 제거 시점과 독립적으로 조작하는 등의 처치를 통해 차폐의 영향을 최소화할 수 있는 추가적인 실험이 반드시 필요한 것으로 판단된다.

(ISI 구간변인)에서 주변과제와 중심과제 조건(과제 변인)에서 얻어진 정확도를 대상으로 반복 측정에 근거한 이원 변량 분석을 실시하였다.

그 결과 0~500ms ISI 구간에서 구간 변인과 과제 변인간의 상호작용은 유의미하지 않았으나, $F(1, 14) = 2.22, p = .16$, 500~1000ms ISI 구간에서 구간 변인과 과제 변인 간 유의미한 상호작용이 관찰되었다, $F(1, 15) = 10.16, p < .01$. 결론적으로 이는 모든 ISI 구간내에서 중심과제의 정확도는 큰 변화가 없었음을 의미하며 반면에 주변과제의 경우 0~500ms 구간에서는 중심과제의 패턴과 유사하게 정확도 변화가 없었으나 500ms~1000ms 구간에서는 정확도가 현격히 회복되었음을 의미한다.

실험 2의 결과는 실험 1의 이중과제 수행 구획에서 관찰된 바와 같이, 중심과제의 기억 항목에 대한 기억 공고화 및 유지 처리 과정에 비해 비교 처리 과정에서 발생한 주변과제의 색상 변화를 피험자가 더 정확하게 탐지했음을 의미한다.

이는 실험 1에서 관찰된 바와 동일하게, 중심과제의 기억항목에 대한 공고화 및 유지 과정에 비해 비교 처리 과정은 기억 처리와 관련된 용량제한적 특성에 기인한 주변과제의 간섭으로부터 상대적으로 자유로울 가능성을 의미한다. 또한 중심과제를 색상 변화탐지과제가 아닌 낱자 기억과제로 대체하였음에도 불구하고 실험 1의 결과와 동일한 결과 패턴이 관찰되었다는 점은 비교 처리 과정의 자동적이고 신속한 처리 특성이 색상 기억 과제에만 국한된 것이 아니라 시각작업기억 일반적 특성일 가능성을 시사한다.

종합 논의

본 연구에서는 시각작업기억 처리가 요구되는 시야 중심부 과제의 수행과 동시에 주변시야에 발생한 감각적 변화에 대한 탐지 또한 요구되는 이중 변화탐지과제를 사용하여 시각작업기억의 처리 단계별 주의 자원의 활용 특성을 관찰하였다. 실험 1과 2는 시각작업기억이 공고화와 유지 단계를 수행할 때에 주변과제에서 발생한 감각적 변화에 대해서는 정확한 탐지가 어려운 반면, 비교 처리 단계를 수행할 때에는 상대적으로 수월해짐을 보여주었다. 이는 공고화와 유지의 단계는 기존 연구에서 보고된 바와 같이 상대적으로 많은 주의 자원을 필요로 하여(Johnson, et al., 2008; Vogel et al., 2005) 주변과제로의 주의 배분이 감소하지만, 비교의 단계에서는 그 필요량이 감소하여 주변과제로의 주의 배분이 가능해짐을 의미한다.

시각작업기억 처리가 요구되는 변화탐지과제에서 기억항목에 대한 감각 및 지각적 부호화 과정은 매우 신속하며 자동적으로 수행되는 것으로 알려져 있다(Potter, 1976; Sperling, 1960). 그러나 부호화 과정에 뒤이어 진행되는 기억항목에 대한 기억공고화 과정은 용량 제한적(capacity-limited) 특성을 가지며 따라서 초점 주의 처리 과정에 근거한 순차적 처리가 동반되는 것으로 보고된 바 있다(Vogel, et al., 2006). 따라서 본 연구의 실험 1과 2에서 요구된 중심과제의 변화탐지 수행을 위해서는 제시된 기억항목에 대한 주의 자원 할당에 기초한 초점주의 처리 과정이 수반되었을 가능성이 있다. 본 연구에서는 중심과제의 기억항목

이 사라짐과 동시에 주변과제에 색상 변화를 주었는데, 이는 중심과제의 기억항목에 대한 감각적 표상 형성이 완료되고 시각작업기억 표상으로의 공고화 과정이 진행되고 있는 시점을 반영한다. 이 시점에 주변과제의 색상 변화가 발생한 경우, 실험 1에서 관찰된 바와 같이 중심과제의 기억항목과 검사항목 간 비교가 진행되는 시점에 발생했을 때나 주변과제에 대한 변화탐지만이 요구되었을 때에 비해 상대적으로 낮은 탐지 정확도를 보였다. 결과적으로 중심과제의 기억항목에 대한 공고화의 처리 단계에서 발생한 주변과제의 변화에 대한 탐지 실패는 중심과제의 공고화 과정에 주의 자원이 집중됨으로 인해 주변과제의 변화를 탐지하기 위한 처리 자원이 상대적으로 부족해졌기 때문으로 해석할 수 있다.

형성된 기억 표상의 해상도를 유지하고 추후의 이용에 대비하기 위해서는 유지의 단계에서도 주의 자원이 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Makovski, Sussman, & Jiang, 2008). 특히 기억항목의 세부특징의 결합(feature binding)을 유지하는 과정에 동시 수행된 시각탐색과제(visual search)가 초래하는 간섭 현상을 관찰한 최근의 연구(Johnson, et al., 2008)는 유지 과정에서 기억항목에 집중되는 초점주의 처리 과정을 방해한 결과 결합과제의 기억정확도가 저하되는 현상을 관찰하였다. 또한 기억된 항목에 대한 추가적 방해 자극(distractor)에 대한 억제(suppression)가 요구되는 과제에서 특정 개인들의 경우(low-capacity individual) 선별적 처리의 효율성이 떨어지는 것이 관찰되었다(Vogel, et al., 2005). 이 결과들은 기억항목의 파지 또는 유지를 위해 주의

자원의 활용에 근거한 선택적 처리 과정이 요구됨을 시사하며 본 연구에서 관찰된 유지과정에서의 주변과제의 변화탐지 실패를 설명하기 위한 중요한 근거가 된다.

최근 수행된 시각작업기억의 비교 처리 특성에 관한 연구들은 시각작업기억의 비교 처리 과정이 공고화 및 유지단계에 비해 처리용량제한적 특성으로 인한 제약으로부터 상대적으로 자유로울 가능성을 관찰하였다(Hyun, et al., 2009; 현주석, 2009a, 2009b). 이와 같은 최근 연구의 결과에 비추어 볼 때, 본 연구의 실험 1과 2에서 관찰된 비교 처리 단계의 주변과제의 색상 변화탐지 정확도의 회복은 비교 처리 과정의 효율적이고 자동적인 처리 특성으로 인해 주변과제의 변화탐지에 요구되는 주의 자원의 배분이 가능했기 때문인 것으로 추측할 수 있다. 특히 실험 2의 Sternberg 과제의 기억 과제 속성이 실험 1과 상이함에도 불구하고 동일한 결과 패턴이 관찰되었다는 점은 비교 처리 과정의 자동적 처리 특성이 색상 기억과 같은 특정 세부특징 차원에만 국한된 것이 아니라 기억항목과 검사항목간의 대조가 보편적으로 요구되는 상황에서 발현되는 시각작업기억 일반적 특성일 가능성을 시사한다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫 번째는 단계적 모형(stage model)의 제약에 기인한다. 본 연구는 시각작업기억 처리 과정을 공고화, 유지, 비교 처리 과정으로 크게 구분하였는데 이러한 가정은 세 과정간 상호 독립적인 처리 과정이 존재함에 근거를 둔다. 이러한 세 가지 처리 단계는 현재까지 수행된 시각작업기억 연구에

서 실험적 처치를 위한 가설적 단계로 규정되었을 뿐 개별 단계의 독립성을 정확히 구분하기 위한 결정적인 경험적 증거의 확보는 요원한 상태이다. 특히 세 단계의 처리 특성을 관찰하기 위해 본 연구에서는 변화탐지과제와 같은 행동적 측정에 근거한 기억과제를 사용하였다. 그러나 변화탐지 정확도 자체가 공고화, 유지, 비교 처리의 세 단계 모두의 산물인 만큼 본 연구에서 검증을 시도한 비교 처리 과정의 자동적이고 효율적인 특성을 공고화와 유지 처리 단계를 제외하고 독립적으로 논의하기는 매우 어렵다. 작업기억을 기억의 독립적인 하위체계로 구성하기 보다는 장기기억이 일시적으로 활성화된 형태로 간주하는 최근의 경향(Cowan, 2001)을 고려할 때 본 연구에서 가정한 단계 모형은 그 타당성에 대한 근거가 심히 부족할 수 밖에 없다.

두 번째, 본 연구는 비교 처리 과정이 공고화 및 유지과정에 비해 선별적 처리를 위한 주의 자원의 배분에 있어서 상대적으로 효율적임을 주장한다. 이러한 주장은 중심과제의 기억항목을 공고화 및 유지하는 단계에 비해 비교 처리하는 과정에서 주의 자원이 상대적으로 적게 사용되며 변화탐지를 위한 감각 및 기억처리 과정의 정확성이 전적으로 주의 자원의 배분에 의해 지배된다는 해석과 일맥 상통한다. 그러나 본 연구의 주변과제에 사용된 색상 변화탐지과제에서 반드시 초점주의의 집중에 의한 선별적 처리가 요구된다는 근거는 아직까지 불충분하다. 기존의 변화맹과 주의 맹(inattention blindness) 연구에 비추어 볼 때 시야의 매우 현저한 감각적 변화 또한 주의가 집중되지 못할 경우 탐지에 실패할 가능성이

존재하긴 하나 복잡한 시각장면(Simons & Ambinder, 2005)이나 화면의 깜박거림(flickering)과 같은 감각적 간섭(Rensink 등, 1997)이 아닌 본 연구와 같은 색상 차원의 현저한 변화에 대한 탐지가 실패하는 경우는 흔히 보고되지 않았다. 특히 본 연구에서 가정한 세 단계가 연속적으로 진행되는 순차적 단계임을 고려할 때 개별 시행내에서 각성수준의 점진적 증가는 행동적 오류의 감소와 함께 본 연구의 결과패턴과 유사한 결과 패턴을 초래할 가능성이 있다. 본 연구에서 시도된 실험적 처치아래서는 세 단계의 독립성 및 각성 수준의 변화등과 같은 문제점들에 대한 명확한 해답을 제공하기 어려운 것이 사실이며, 후속 연구는 이와 같은 문제점들을 극복하는 방향으로 추후 진행되는 것이 바람직할 것이다.

참고문헌

- 현주석. (2009). 기억 표상과 지각적 입력 간 비교 과정을 통해 본 시각작업기억 표상의 특성. *한국심리학회지 인지 및 생물*, 21(4), 265-282.
- 현주석. (2009). 시각작업기억과 지각입력 간 비교 처리 과정에서의 선별적 변화 탐지의 특성. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 21(3), 147-166.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*: Oxford: Oxford University Press, Clarendon Press.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.

- 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.
- Hollingworth, A. (2003). Failures of retrieval and comparison constrain change detection in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(2), 388-403.
- Hyun, J.-s., Woodman, G. F., Vogel, E. K., Hollingworth, A., & Luck, S. J. (2009). The Comparison of Visual Working Memory Representations With Perceptual Inputs. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(4), 1140-1160.
- Johnson, J. S., Hollingworth, A., & Luck, S. J. (2008). The role of attention in the maintenance of feature bindings in visual short-term memory. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 34(1), 41-55.
- Jolicœur, P., & Dell'Acqua, R. (1998). The demonstration of short-term consolidation. *Cognitive Psychology*, 36(2), 138-202.
- Kelley, T., Chun, M., & Chua, K. (2003). Effects of scene inversion on change detection of targets matched for visual salience. *Journal of Vision*, 3(1), 1-5.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279-280.
- Makovski, T., Sussman, R., & Jiang, Y. V. (2008). Orienting attention in visual working memory reduces interference from memory probes. *Learning, Memory*, 34(2), 369-380.
- McCollough, A. W., Machizawa, M. G., & Vogel, E. K. (2007). Special Issue: Original Article, Electrophysiological measures of maintaining representations in visual working memory. *Cortex*, 43, 77-94.
- Morey, C. C., & Cowan, N. (2005). When do visual and verbal memories conflict? The importance of working-memory load and retrieval. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 31(4), 703-713.
- Phillips, W. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 16(2), 283-290.
- Potter, M. C. (1976). Short-term conceptual memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2(5), 509-522.
- 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.
- Rensink, R., O'Regan, J., & Clark, J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, 8(5), 368-373.
- Simons, D., & Ambinder, M. (2005). Change blindness. *Current Directions in Psychological Science*, 14(1), 44-48.
- Sperling, G. (1960). The information available

- in brief visual presentations. *Psychological monographs*, 74(11), 1-29.
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153(736), 652-654.
- Varakino, D., Levin, D., & Collins, K. (2007). Comparison and representation failures both cause real-world change blindness. *Perception*, 36(5), 737-749.
- Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438(7067), 500-503.
- Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2006). The Time Course of Consolidation in Visual Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(6), 1436-1451.
- Wolfe, J. M., Yu, K. P., Stewart, M. I., Shorter, A. D., Friedman-Hill, S. R., & Cave, K. R. (1990). Limitations on the parallel guidance of visual search: Color X Color and Orientation X Orientation conjunctions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(4), 879-892.

1 차원고접수 : 2011. 8. 25

2 차원고접수 : 2011. 9. 30

최종게재결정 : 2011. 10. 15

The property of attentional-resource allocation by the processing stages of visual working memory

Hae-In Kang

Joo-Seok Hyun

Department of Psychology, Chung-Ang University

The comparison between supra-threshold visual working memory (VWM) representations and sensory inputs was reported to be rapid and automatic (Hyun et al., 2009). In the present study, we examined if engaging attention to a central memory task can impair detection of a peripheral pop-out change during VWM consolidation, maintenance, and recognition. In Experiment 1, the central memory task was a change detection task where subjects remembered colors of four boxes (sample array) and were asked to report presence or absence of a color change when another set of boxes (test array) showed up. They were also asked to detect a pop-out color change among a set of colored boxes displayed at periphery while the central task was being performed. The pop-out change among the peripheral boxes was manipulated to occur immediately after the sample array of the central task disappeared or during the middle of blank duration, or at the same time as when the test array appeared. In Experiment 2, we replaced the central memory task with a short-term recognition task in which a set of four numbers was presented simultaneously as a sample, and subjects were asked to determine whether the test number was in the sample array or not. The peripheral task was the same as in Experiment 1. Results of these experiments showed that detection of a peripheral change was impaired both when the change occurred immediately after the sample array offset, and when it occurred during the middle of the blank interval. However, this impairment was not observed when the change in the peripheral task occurred simultaneously as the test array appeared. The results indicate that consolidating and maintaining memory items in VWM are resource-demanding process and thus lacking extra capacity for automatic detection of a peripheral pop-out whereas the recognition of memory items is relatively free of such capacity-limitation

Key words : visual working memory, focused attention, change blindness, comparison