

시각작업기억에 표상된 시공간적 맥락 정보가 변화탐지 과정에 미치는 영향*

장 준 하

현 주 석†

중앙대학교 심리학과

본 연구는 시각작업기억의 통합적 표상 가설(Luck & Vogel, 1997)에 근거해 시각작업기억에 표상된 시간적·공간적 맥락 정보가 변화탐지 수행에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 공간적으로 집단화가 용이한 고정적 위치 혹은 그렇지 않은 무선적 위치에 기억항목들을 제시하였다. 또한 기억이 요구된 두 집단의 모든 항목에 대해 무차별적인 변화탐지(전체탐사)를 요구하거나 특정 집단의 기억항목들에 국한해 변화탐지를 요구함(부분탐사)으로서 기억항목들의 시공간적 맥락 정보에 대한 선택 요구가 변화탐지 정확도에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 기억항목들이 속한 두 집단을 기준으로 어떤 집단에서 변화가 발생했는지를 보고하도록 요구함으로써 위치 맥락 정보의 정확성 또한 조사하였다. 그 결과 고정위치 조건에서 전체탐사를 요구한 경우 무선위치 조건보다 상대적으로 변화탐지가 정확했고 부분탐사가 요구된 경우에만 정확도가 저하된 것이 관찰되었으며, 변화가 발생한 항목에 대한 집단 범주 변별은 비교적 정확한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시각작업기억에 비교적 정확하고 통합적으로 표상된 시공간적 정보에 대한 선택적 접근을 요구할 경우 불필요한 기억항목들의 세부특징에 대한 무차별적 인출이 초래될 수 있으며 결과적으로 기억 수행에 간섭이 야기될 가능성이 있음을 시사한다.

주제어 : 시각작업기억, 통합적 표상, 맥락정보, 선택적 접근

* 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-0003607)

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

우리는 일반적으로 관심을 두고 있던 시야의 사물에 대한 정보를 잠시 기억함에 있어서 큰 불편을 경험하지 않으며, 특히 그 사물이 매우 중요할 경우 더더욱 그러하다. 기억에 대한 기존의 연구들은 이처럼 사물의 속성정보가 잠시 저장되는 기억저장소를 시각작업기억(Visual Working Memory, VWM)으로 정의하였으며, 시야의 다양한 사물들에 대한 시각경험의 일관성을 유지하기 위해 시각작업기억이 매우 중요한 역할을 수행하고 있음을 강조한 바 있다(Deubel, Schneider, & Bridgemen, 2002; Hollingworth, Richard, & Luck, 2008; Irwin, 1991; Irwin, 1992a; Irwin, 1992b; Luck, 2008).

시각정보에 대한 의식 수준의 처리에 있어서 비교적 일관되고 안정적인 우리의 주관적 경험과는 달리 최근의 기억 연구들은 시각작업기억에 표상되는 정보의 개수가 매우 제한적임을 강조한 바 있다. 예를 들어 다수의 색상도형에 대한 1초 정도의 색상 파지(retention)를 요구할 경우 대다수의 피험자는 평균적으로 3~4개의 제한된 소수 항목들의 색상만을 안정적으로 기억하고 있음이 관찰되었다(Luck & Vogel, 1997; Vogel, Woodman, & Luck, 2001; Zhang & Luck, 2008).

시각작업기억의 용량이 이처럼 제한되어 있음에도 불구하고 우리의 시각적 경험이 비교적 안정적이고 풍부한 까닭은 무엇일까? 한 가지 가능한 해석은, 매 순간 시각기관을 통해 유입되는 무수한 정보에 대해 시각작업기억이 무차별적인 저장을 시도하기 보다는 주어진 상황에서 중요한 소수의 항목이 지닌 복잡한 세부 특징을 항목별로 정확하게 표상함으로써 기억 저장의 효율성을 추구하기 때문

일 것이다.

이러한 해석은 시각작업기억에 표상되는 기억 정보가 단편적인 세부특징들의 독립적 저장에 근거하기 보다는 여러 세부특징들을 공고하게 결합한 객체(integrated object) 수준의 저장에 근거해 형성된다는 일련의 주장들에 의해 지지된다(Luck & Vogel, 1997; Woodman & Vecera, 2011; Xu, 2004, 2006). 예를 들어 Luck과 Vogel (1997)은 둘 이상의 단순세부특징의 조합으로 구성된 항목을 시각작업기억에 파지할 때의 기억 정확도가 단일 세부특징을 파지할 때의 정확도 수준에 근접하는 것을 관찰하였다. 이는 저장되는 항목의 개수 측면에서는 시각작업기억의 저장 용량이 매우 제한되어 있지만, 개별 항목의 세부특징 차원에서는 다수의 세부특징을 매우 정확하게 표상할 가능성을 의미한다. 이와 같은 통합된 객체 수준의 기억 표상 방식은 선택된 소수의 기억 항목에 대해서만큼은 적어도 복잡성에 관계없이 정확한 기억 파지를 가능하게 함으로써 결과적으로 의식 수준의 기억 처리를 요구하는 주요 정보에 대한 시각경험의 일관성과 정확성을 유지하는 데에 큰 도움을 주게 된다.

이처럼 세부특징들 간 공고한 결합에 의한 기억표상 방식은 근본적으로 이미 형성된 기억표상의 특정 세부특징이 그와 결합된 또 다른 세부특징으로부터 쉽게 분리되지 않음을 가정한다. 이에 대한 경험적 증거는 변화탐지 과제¹⁾를 사용한 최근의 시각작업기억 연구에

1) 변화탐지과제(change detection task)는 시각작업기억의 용량 측정 및 처리 특성을 조사하기 위해 흔히 사용되는 과제이며, 피험자는 단일세부특징 혹은 둘 이상의 세부특징으로 구성된 자극의

서 드물지 않게 발견된다(현주석, 2009b; Hyun, Woodman, Vogel, Hollingworth, & Luck, 2009; Woodman & Vecera, 2011; Yin et al., 2012). 예를 들어 현주석(2009b)은 방위 혹은 색상 변화가 가능한 기억항목에 대해 방위 차원을 무시하고 색상 차원만의 변화탐지를 요구했을 경우, 방위 변화만 있었음에도 불구하고 색상의 변화가 있었음을 보고하는 오반응(false-change response)이 빈번하게 나타남을 보고하였다. 이러한 빈번한 오반응은 둘 이상의 세부특징으로 구성된 기억 항목의 한 세부특징에 대해 변화탐지를 요구할 경우, 변화탐지 과제와는 무관한 과제 무관련(task-irrelevant) 세부특징 차원의 정보가 변화탐지 과제와 관련된(task-relevant) 세부특징 차원의 변화 탐지 처리 과정에 간섭을 초래할 수 있음을 의미하며 결과적으로 시각작업기억에 저장되는 기억 표상이 여러 세부특징들의 공고한 결합에 의해 형성 및 유지되고 있을 가능성을 시사한다.

시각작업기억에 표상되는 기억항목의 세부특징들이 서로 자동적으로 결합되는지의 여부에 대해서는 논란의 소지가 있다. 최근 연구는 둘 이상의 세부특징으로 구성된 기억 항목의 특정 단일 세부특징에 대한 선택적 저장이 반드시 자동적일 필요는 없다는 견해를 제시하고 있는데(Woodman & Vogel, 2008; Woodman, Vogel, & Luck, 2012), 이러한 견해는 경우에 따라서는 기억 항목의 세부특징들이

특정 차원의 세부 특징을 1초 정도 기억하고 뒤 이어 제시되는 검사자극에 견주어 기억된 세부특징 차원의 변화 유무를 보고한다. 만약 피험자가 기억항목의 세부특징을 완벽하게 기억하고 있었다면 변화탐지의 정확도는 이론적으로 100%가 된다.

반드시 통합적 객체 수준이 아닌 세부특징들 간 독립적 저장에 의해서도 표상될 수 있음을 주장한다. 다만 이와 같은 선별적 저장은 자발적 통제(voluntary control)에 근거한 특정 세부특징 차원에 대한 선택적 처리가 과제에서 요구될 경우 가능하며 그렇지 않을 경우는 통합적 객체 수준의 표상이 자동적으로 형성될 가능성이 큰 것으로 짐작되고 있다(현주석, 2009b; Hyun, et al., 2009).

본 연구는 시각작업기억에 표상된 세부특징들간의 공고한 결합 가설을 기반으로 기억 및 검사 항목들의 시간적·공간적(이후 시공간적) 군집화(spatial and temporal grouping)에 근거한 맥락 정보가 변화탐지 정확도에 미치는 영향을 조사하였다. 기억항목의 공간적 맥락 정보가 변화탐지 과제의 수행 과정에서 비교적 정확히 표상되고 있음을 최근 연구들에서 드물지 않게 발견된다. 예를 들어, Jiang, Olson과 Chun (2000)은 기억항목들과 검사항목들 간 공간적 배치 형태(spatial layout)의 일관성이 변화탐지 정확도를 향상시킬 수 있음을 관찰하였다. 이와 같은 공간적 배치의 일관성은 기억항목에 대한 변화탐지가 요구되는 상황에서 일종의 맥락적 특징 정보(contextual feature information)의 역할을 함으로써 기억 수행의 정확성에 영향을 미치는 것으로 해석되었다. 또한 Woodman과 Luck (2003)은 공간적 집단화 단서(spatial grouping cue)에 의해 범주화된 단순색상도형들에 대한 변화탐지 정확도가 범주화되지 않은 경우에 비해 상대적으로 정확함을 관찰하였다. 이처럼 시각작업기억에 표상되는 정보들에 있어서 기억항목의 공간적 위치는 기억 표상 형성 및 검사 과정에서 맥락

적 세부특징 정보로 활용됨으로써 집단화를 통한 기억 효율성을 증가시켜 변화탐지 정확도를 향상시킨다.

반면 기억항목이 순차적으로 제시될 경우 제시 시점에 따라 기억항목 혹은 검사항목들 간 부여될 수 있는 시간적 맥락정보가 시각작업기억 수행에 미치는 영향에 관한 연구는 그리 흔하지 않다. 그 원인을 추정해 보면 첫째, 수 초에서 수십 초까지 시각작업기억의 표상이 비교적 안정되게 유지됨을 고려할 때(Vogel, et al., 2001; Zhang & Luck, 2009) 기억항목들의 순차 혹은 동시 제시에 따른 부호화 및 파지 효율성이 상호 크게 차이가 없을 것이라는 예측 때문이다. 둘째, 기억 항목들의 감각적 부호화와 기억 공고화 과정(short-term memory consolidation)에 있어서 기억 항목들 간 상호 감각적 간섭이 초래되지 않는 이상, 기억항목들에 대한 순차적 부호화 및 공고화 효율성은 동시적인 경우와 큰 차이가 없으리라는 고전적 연구와 이를 지지하는 최근의 실험 결과들(Jaswal & Logie, 2011; Logie, Brockmole, & Jaswal, 2011; Sternberg, 1966; Woodman, et al., 2012) 때문이다²⁾.

2) Baddeley (2000)는 초기에 그가 제안한 작업기억 모형의 하위체계들 중 시공간잡기장(visuo-spatial sketchpad)과 음운루프(phonological loop)외에 임시완충기(episodic buffer)를 추가시켰다. 임시완충기는 기억이 요구되는 정보의 시간적 순서 정보(temporal order information)를 임시로 저장해 나머지 기억저장소에 저장된 정보들을 중앙집행기가 시공간적으로 통합하는 과정을 보조하는 하위저장소로 개념화 되었다. 본 연구에서 고안된 과제 상황에서 임시완충기의 개입 가능성은 비교적 큰 것으로 판단되나, 실험적 처치에 있어서 중앙집행기능과 임시완충기의 개입 가능성에

이처럼 공간적 정보를 시각작업기억 표상의 형성 과정에서 공고화 및 파지 과정에서 기억 표상의 정확성을 좌우하는 특징 정보(feature information)의 일종으로 가정하고, 시간적 맥락 정보의 역할이 상대적으로 미미함을 가정할 경우 앞서 소개된 시각작업기억의 통합적 표상 가설에 근거해 몇 가지 흥미로운 예측이 가능하다.

먼저 시공간적으로 분리된 두 집단의 기억 항목들에 대한 순차적 저장이 요구될 경우, 개별 집단의 기억 항목들은 기존 연구에서 관찰된 바와 같이 부호화 및 공고화 과정에서 서로 분리되지 않고 각 집단의 전체 기억항목들로 구성된 단일한 기억 표상을 형성할 가능성이 크다(Jaswal & Logie, 2011; Logie, et al., 2011; Woodman, et al., 2012). 결과적으로 공고하고 통합된 단일 기억 표상을 구성하는 기억 항목들 전체에 대한 동시다발적 검사가 요구되는 전체탐사가 진행될 경우 시간적 맥락 정보의 부재에도 불구하고 변화탐지는 비교적 정확할 것이 예상된다.

반면 두 기억집단 중 특정 집단의 기억항목들에 대한 부분탐사를 요구할 경우, 두 집단 전체의 기억항목들로 구성된 단일 표상의 형성은 그 표상내의 기억항목들에 대한 무차별적 접근을 야기해 오히려 변화탐지에 간섭을 초래할 수 있다. 이는 전체탐사에서의 논리와 마찬가지로 두 집단의 기억항목들을 통합적으로 표상하는 과정에서 개별 항목들의 공간적 정

대한 직접적인 처치가 시도되지 않았으므로 모든 결과에 대한 해석은 최근의 변화탐지를 사용한 시각작업기억 연구의 결과 해석에 토대가 된 배경 이론들의 범위 이내로 국한하였다.

보를 제외하고 시간적 정보의 영향력은 사라질 가능성에 기인한다. 즉 두 기억 집단 중 특정 집단에 대한 변화탐지가 요구되면, 시간적 맥락 정보의 부재로 인해 변화탐지가 요구되는 특정 집단이 아닌 다른 집단에 속한 기억항목에 대한 접근 가능성이 증가한다. 또한 부분탐사과정에서의 이러한 가능성은 부호화 과정에서 두 집단 내 기억항목들의 세부특징들과 위치정보가 서로 분리되기 어려운 단일 기억 표상을 형성했을 경우 더더욱 증가하게 된다.

불필요한 기억항목들에 대한 무차별적 접근에도 불구하고 정확한 변화탐지를 수행하기 위해서는, 무차별적 접근에 의해 변화탐지 과정에 간섭을 초래하는 기억항목들의 영향력을 억제하는 추가적인 처리 과정이 요구될 수 있다. 만약 이와 같은 억제 과정이 변화탐지 과정에서 비교적 큰 처리 부담으로 작용한다면, 순차적으로 제시된 두 집단의 기억항목들 전체에 대한 무차별적인 변화탐지를 요구하는 전체탐사의 경우보다 두 집단 중 특정 집단에 대한 선택적인 변화탐지를 요구하는 부분탐사의 경우에 상대적으로 변화탐지가 부정확할 것을 예상할 수 있다.

본 연구는 이처럼 시각작업기억의 통합적 표상 가설에 근거해 기억항목의 시공간적 정보에 근거한 선별적 변화탐지 요구가 기억항목에 대한 검사과정에서 처리 부담을 초래해 결과적으로 변화탐지 정확도를 저하시킬 수 있는지의 여부를 조사하였다.

실험 1

실험 1에서는 시각작업기억 내에 저장된 기

억항목이 둘 이상의 세부특징 간 공고한 결합에 의해 표상된다는 기존 연구의 주장(Luck & Vogel, 1997; Xu, 2004, 2006)에 근거해, 시공간적 정보 또한 어느 세부특징처럼 기억항목의 표상 형성과정에서 견고하게 통합된 형태로 표상될 수 있다는 가설을 검증하였다. 특히 시공간적 정보를 포함한 여러 세부특징들은 일반적으로 기억항목의 부호화 및 공고화와 동시에 견고하게 단일 표상으로 통합되므로(Woodman & Vecera, 2011), 이러한 공고한 표상을 개별 항목으로 분리 및 검사하는 과정은 추가적인 처리 부담을 야기할 수 있음을 가정하였다. 또한 변화탐지가 수행되는 시점 즉, 검사항목이 제시와 동시에 발생하는 변화에 대한 탐지과정은 개별항목의 세부특징에 대한 확인 뿐만 아니라 시공간적 정보를 포함한 전체 시각작업기억 표상에 대한 무차별적이고 자동적인 비교 처리(comparison process)에 의해 수행됨을 가정하였다(현주석, 2009b; Hyun, et al., 2009).

이를 위해 실험 1에서는 단순색상도형에 대한 색상 변화탐지를 요구하되, 기억이 요구되는 색상도형을 서로 다른 공간적 위치를 점유하는 두 집단으로 분리하여 각기 다른 시점에 제시함으로써 두 기억 항목 집단 간 시공간적 범주 구분을 명확히 하였다. 또한 두 기억 항목 집단 내의 기억항목의 제시 위치를 선정함에 있어서 고정적인 위치 혹은 무선 선정된 자극 위치를 사용함으로써, 두 집단 내 항목들의 공간적 집단화의 용이성(ease of grouping) 여부에 따른 변화탐지 정확도의 증감 여부를 조사하였다. 마지막으로, 기억이 요구된 두 집단에 대한 변화탐지가 수행되는 시점에 기억

항목 전체를 대상으로 변화탐지를 요구하거나 아니면 두 집단의 기억 항목들 중 특정 집단에 국한된 변화탐지를 요구하였다. 특정 집단에 국한된 부분탐사 요구는 기억항목의 시공간적 정보에 근거한 선별적 인출 과정에서 변화탐지와 무관한 항목들의 무차별적 인출을 초래하며, 결과적으로 전체 탐사가 요구된 경우보다 변화탐지 정확도를 저하시킬 것이 예측되었다.

방 법

참가자 중앙대학교에서 심리학 과목을 수강 중인 대학생 14명과 타 지역 대학생 2명이 실험에 참가하였다. 참가자의 절반에 해당하는 8명은 고정위치 조건에 할당되었으며 나머지 8명은 무선위치 조건에 할당되었다. 모든 피험자는 정상 색신과 교정시를 보고하였으며 실험 시작 전 실험에 대한 개괄적인 설명을 듣고 참가 동의서에 서명하였다.

자극 및 절차 그림 1에 실험 1의 자극과 절차를 도해하였다. 모든 자극은 피험자의 눈에서 57cm 거리에 위치한 17인치 LCD 모니터상에 제시되었다. 배경 화면의 색상은 균질한 회색이었으며, 화면의 중앙에는 검은색 원형 응시점($0.35^\circ \times 0.35^\circ$)이 제시되었다. 색상 변화 탐지 과제에 사용된 색상 사각형($0.75^\circ \times 0.75^\circ$)은 기억 및 검사 항목으로 제시될 때 응시점에서 5.65° 거리를 둔 삼각형 혹은 역삼각형 꼭지점 위치에 제시되거나(고정위치조건) 혹은 무선적으로 선택된 위치에 제시되었다(무선위치조건). 고정 위치 조건의 경우 두 가상의 삼

각형 꼭지점들에 의해 구성되는 육각형 꼭지점 지점 간 거리는 5.65° 였으며, 무선 위치 조건의 경우 응시점을 기준으로 $15.0^\circ \times 15.0^\circ$ 의 장방형 공간내에 개별 색상 사각형 간 최소 2.64° 의 간격을 두도록 자극 위치가 무선적으로 선정되었다. 변화탐지 과제에 사용된 색상 사각형의 색상은 빨간색, 갈색, 파란색, 노란색, 보라색, 하늘색, 초록색, 분홍색, 주황색(오렌지색), 흰색의 총 10개 색상이었으며, 기억 및 검사 항목으로 제시된 색상 사각형들 간에 색상의 중첩은 없었다.

매 시행은 응시점의 출현과 동시에 시작되었다. 고정 및 무선 위치 조건 여부에 관계없이, 두 집단의 기억 항목이 위치와 시점을 달리해 출현하는 순차기억 조건의 경우 첫 번째 기억항목들은 응시점 출현 이후 500ms이 경과한 시점에 제시되었으며, 화면상에 200ms 동안 머물다 사라졌다. 첫 번째 기억항목들이 사라진 후 500ms가 경과한 시점에 두 번째 기억항목들이 제시되었으며 역시 200ms 동안 화면상에 머물다 사라졌다. 두 번째 기억항목들이 사라지고 난 후 1초가 경과한 후 검사항목들이 제시되었으며, 화면상에 1.5초간 머물다 사라졌다. 검사항목이 사라진 후 3500ms가 경과하면 응시점이 화면상에 제거되어 시행의 종료를 알렸으며, 500ms 이후 다음 시행이 시작되었다. 동시기억 조건의 경우 첫 번째 그리고 두 번째 기억항목이 모두 한꺼번에 200ms 동안 제시된 후 사라졌으며³⁾, 검사항목

3) 동시기억 조건에서는 6개의 기억항목들이 200ms 동안 제시되었으며, 순차기억 조건에서는 3개의 기억항목들 각각이 200ms 동안 제시되었으므로 결과적으로 6개의 기억항목이 400ms 동안 제시

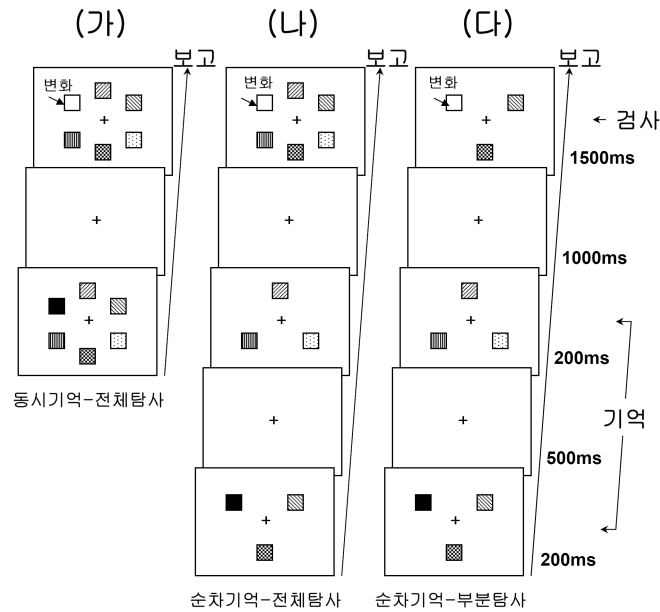


그림 1. 실험 1의 (가)동시기억-전체탐사, (나)순차기억-전체탐사 및 (다)순차기억-부분탐사 조건의 '변화있음' 시행에 사용된 자극과 절차의 예. 자극의 문양은 색상을 의미한다.

이 제시되기까지의 기억지연 시간과 검사항목 제시시간은 순차기억 조건과 모두 동일하였다.

16명의 참가자 중 절반인 8명이 참가한 고정위치 조건의 경우 총 420 시행이 있었으며, 나머지 8명이 참가한 무선위치 조건 또한 동일한 시행 유형과 시행 개수가 할당되었다. 고정 및 무선 위치 각각의 조건에는 모두 세 종류의 시행 유형이 있었으며, 1) 기억항목이 두 집단으로 분리되지 않고 한꺼번에 제시되

는 동시기억-전체탐사 조건(총 140 시행), 2) 기억항목이 두 집단으로 분리되어 제시되었으나 두 집단 모두를 대상으로 변화탐지가 요구되는 순차기억-전체탐사 조건(총 140 시행) 그리고 3) 기억항목이 두 집단으로 분리되어 제시되고 두 집단 중 하나에 대해서만 변화탐지가 요구되는 순차기억-부분탐사 조건으로 구분되었다(총 140 시행). 이러한 시행 유형은 모두 세 구획으로 설정되어 컴퓨터의 난수 발생(random number generation)에 근거해 무선화된 순서로 개별 피험자에게 할당되었다.

색상 변화탐지 과제의 모든 시행에서 절반의 시행은 기억과 검사항목 간 색상이 동일하였으며, 나머지 절반의 시행에서는 검사항목 중 한 항목이 대응되는 위치의 기억항목과 색상을 달리하였다. 순차기억 조건에서 고정위

된 것에 해당한다. 두 조건의 기억항목의 노출 시간 차이가 변화탐지에 영향을 미칠 가능성은 여전히 배제하기 어려우나, 색상도형에 대한 변화탐지 과제에서 기억항목의 노출시간을 각각 100ms와 500ms로 달리해 탐지 정확도를 측정할 기존 연구 결과, 변화탐지 정확도에 있어서 큰 차이는 발견되지 않았다(Vogel et al., 2001, Experiment 7, 8).

치 조건의 경우 두 기억항목 집단 내의 개별 자극 위치를 지정하는 가상의 역삼각형 혹은 삼각형 위치 선정의 확률은 동일하였으며(50% vs. 50%), 두 기억항목 집단 중 한 집단에 국한해 변화탐지를 요구한 부분탐사 조건의 경우 첫 번째 혹은 두 번째 기억항목 집단에 대한 검사 확률 또한 서로 동일하였다(50% vs. 50%).

참가자들은 매 시행에서 기억항목으로 제시된 6개의 색상 사각형(setsizes=6)의 색상을 가능한 한 정확히 기억하고 검사항목과 비교해 색상 변화 여부를 키보드 상의 두 버튼 중 하나('z' 혹은 '/')를 눌러 보고하였다. 특히 순차기억-부분탐사 조건의 경우 세 개씩 순차적으로 제시된 기억항목들 중 검사항목의 위치에 대응되는 기억항목들에 건주어 색상 변화가 발생했는지의 유무를 보고하도록 처리되었다. 피험자의 반응을 지시함에 있어서 정확한 반응만이 요구되었으며 반응시간은 강조되지 않았다.

결과 및 논의

실험 1의 동시기억-전체탐사 조건, 순차기억-전체탐사 조건, 순차기억-부분탐사 조건의 고정 위치 시행과 무선 위치 시행의 변화탐지 정확도를 그림 2에 제시하였으며 평균반응시

간의 기술통계치를 표 1에 제시하였다. 먼저 자극제시 위치의 규칙성 여부 즉 무선 및 고정 위치 기억항목 여부에 따른 변화탐지는 자극이 고정위치에 제시된 경우(80.0 ± 6.53)가 무선위치에 제시된 경우(69.6 ± 5.98)보다 평균적으로 정확했다. 또한 과제 유형별 변화탐지 정확도는 동시기억-전체탐사 조건(79.7 ± 6.42)에서 순차기억-전체탐사(72.8 ± 10.8) 및 순차기억-부분탐사(71.8 ± 3.22) 조건 보다 상대적으로 정확했던 것으로 나타났다.

자극제시 위치의 규칙성 여부에 따른 각 변화탐지 과제 조건에서의 평균 차이 패턴이 서

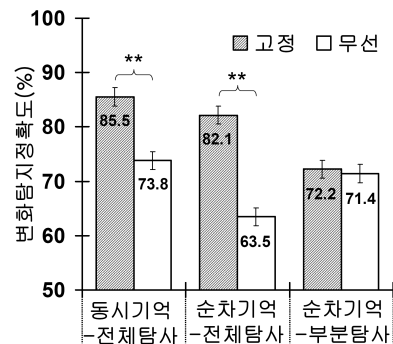


그림 2. 실험 1의 동시기억-전체탐사 조건, 순차기억-전체탐사 조건, 순차기억-부분탐사 조건의 고정 위치 시행과 무선 위치 시행의 변화탐지 정확도. 오차막대(error bar)는 Loftus와 Masson(1994)이 제안한 95% 피험자내 신뢰구간(within-subject confidence interval)을 의미한다.

표 1. 실험 1의 각 조건별 반응시간의 평균값(ms). 괄호안은 표준편차

	동시기억-전체탐사	순차기억-전체탐사	순차기억-부분탐사	평균
고정위치	689(84)	789(159)	835(150)	771(143)
무선위치	602(74)	691(85)	701(44)	664(81)
평균	645(89)	740(133)	768(127)	717(127)

로 다른지를 알아보기 위해 피험자간(between-subject) 변인인 위치규칙성여부(고정, 무선위치)와 피험자간 변인(within-subject)인 변화탐지과제 유형(동시기억-전체탐사, 순차기억-전체탐사, 순차기억-부분탐사) 변인에 대해 반복측정에 근거한 2원 변량분석(repeated-measure 2-way ANOVA)이 실시되었다. 두 변인간 상호작용은 유의미하였으며, $F(2, 28) = 31.0, p < .01$ 이는 각각의 위치조건 내에서 변화탐지 과제 유형 조건들 간의 평균차이 패턴이 서로 달랐음을 의미한다. 위치 변인과 과제유형 변인 각각의 주효과 또한 유의미한 것으로 나타났다, $F(2, 28) = 28.0, p < .01$ 그리고 $F(1, 14) = 65.6, p < .01$.

상호작용 패턴의 좀 더 정확한 분석을 위하여 먼저 위치변인(고정 vs. 무선)을 기준으로 과제 유형별 세 조건에 대한 쌍별 비교(pairwise *t*-test)를 실시하였다. 고정위치 조건의 경우 과제 유형별 평균 차이는 동시기억-전체탐사 조건과 순차기억-전체탐사 조건 간을 제외하고 그리고, 무선위치 조건의 경우 동시기억-전체탐사 조건과 순차기억-부분탐사 조건 간 차이를 제외하고 나머지 쌍별 비교에서 유의미한 차이가 발견되었다, $ps < .01$. 이러한 결과는, 그림 2에 도해된 고정위치 조건의 과제 유형별 평균 패턴에서 나타난 바와 같이 부분탐사를 요구한 순차기억-부분탐사 조건에서만 변화탐지가 상대적으로 부정확했음을 의미하며(72.2%), 기억항목에 대한 전체탐사를 요구할 경우 기억항목에 대한 동시 혹은 순차 기억 여부에 관계없이 80%를 상회하는 비교적 정확한 변화탐지가 수행됨을 의미한다.

반면 무선위치가 사용된 경우 개별 조건의

변화탐지는 순차기억-전체탐사의 경우에만 약 64% 수준으로 상대적으로 부정확했는데, 이는 고정위치 조건과 달리 무선위치 조건에서는 선행 및 후행 기억집단에 대한 순차적 기억요구에도 불구하고 전체탐사가 요구될 경우 변화탐지가 상대적으로 어려워졌음을 의미한다. 고정위치 조건과 무선위치 조건내의 전체탐사와 부분탐사 시행의 변화탐지 정확도 간 이처럼 상반되는 패턴은 두 시행 유형 간 탐사 방식이 요구하는 맥락 정보의 활용 특성에 기인한 것으로 판단된다. 즉 무선위치가 사용된 시행에서는 자극위치의 무선허로 인해 고정위치 조건에 비해 공간적 맥락정보의 활용이 어려우며 따라서 시간적 맥락 정보의 활용이 요구된다. 이러한 상황에서 시간적 정보의 활용이 불가능한 전체탐사가 요구되면 결과적으로 변화탐지가 부정확해질 가능성이 있다. 반면 고정위치가 사용된 경우에는 위치 의미성에 근거한 집단화가 가능하므로 공간적 정보의 활용이 가능해 지며 상대적으로 시간적 정보의 활용 가능성은 감소하게 된다. 따라서 순차기억-부분탐사와 같은 시간적 맥락 정보의 활용을 요구할 경우 변화탐지 정확도의 감소가 예측된다.

이러한 예측에 대한 확인은 순차기억-부분탐사 조건에서 선행 및 후행 기억집단의 순서 차이가 변화탐지 정확도에 미치는 영향을 조사함으로써 확인될 수 있다. 즉 시간 정보에 대한 파지가 시도되었을 경우 선행 및 후행 기억집단 각각에 대한 변화탐지 요구는 각기 상이한 정확도를 나타낼 가능성이 있는데, 이에 대한 검증을 위해 순차기억-부분탐사 조건의 시행을 선행과 후행 기억항목 집단에 대해

변화탐지를 요구한 두 유형의 시행으로 분리하였다. 고정위치 조건의 경우, 첫 번째 기억 항목에 대한 변화탐지를 요구한 시행(72.6 ± 3.18)과 두 번째에 대한 경우(72.1 ± 4.99) 간 정확도의 차이가 관찰되지 않았으나, $t(7) = 0.29$, $p = .78$, 무선위치 조건의 경우 두 번째에 대한 경우(81.6 ± 4.74)가 첫 번째에 대한 경우(60.7 ± 4.46)보다 상대적으로 더 정확한 것으로 나타났다, $t(7) = -8.30$, $p < .01$. 이러한 결과는 순차기억-부분탐사 시행에서 무선위치가 사용된 경우 피험자는 시간적 맥락 정보를, 고정위치가 사용된 경우에는 공간적 맥락 정보를 선택적으로 활용하고 있었을 가능성을 시사한다⁴⁾.

다음으로, 세 종류의 과제 유형별로 기억 항목의 고정 혹은 무선위치 제시 조건간 평균차이를 검증(independent-sample *t*-test)한 결과, 순차기억-부분탐사 조건을 제외한 나머지 두 조건의 평균차이가 통계적으로 유의미하였다, $p_s < .01$. 이는 그림 1에서와 같이 부분탐사를 요구한 순차기억-부분탐사 조건을 제외하고,

전체 탐사를 요구한 나머지 두 조건에서 기억 항목을 고정위치에 제시하는 것이 무선위치에 제시하는 것에 비해 상대적으로 더 정확한 변화탐지를 가능하게 했음을 의미한다.

요약하면 실험 1에서는 첫째, 자극위치가 기억항목들 간 집단화에 용이한 정형화된 고정위치에 제시된 경우 상대적으로 정확한 변화탐지가 수행됨이 관찰되었다. 둘째, 자극들이 고정위치에 제시되어도, 기억이 요구된 항목 전체보다는 일부분에 대한 선별적 변화탐지가 요구되면 변화탐지가 상대적으로 부정확해지는 것이 관찰되었다. 셋째, 자극 제시위치가 무선적일 경우 기억항목 집단 중 특정 집단에 대한 선별적 변화탐지 요구는 일반적인 변화탐지 즉 동시기억-전체탐사 수준의 변화탐지를 가능하게 한다. 넷째, 자극 제시위치가 무선적일지라도 순차기억이 요구된 경우 기억 항목들에 대한 무차별적인 변화탐지를 요구하면 상대적으로 변화탐지가 부정확해지는 것이 관찰되었다.

실험 1에서는 자극이 정형화된 고정위치에 제시된 경우, 순차적으로 기억된 항목들에 대한 변화탐지는 동시기억이 요구된 기억항목들에 대한 변화탐지만큼 정확할 수 있음이 관찰되었다. 특히 고정위치 조건에서 순차기억 조건의 변화탐지가 전체탐사가 요구된 경우에만 정확했다는 점은 기억항목들이 공간적 위치를 달리하여 순차적 집단화에 근거해 부호화되더라도 동시다발적으로 부호화되는 기억항목들만큼 통합적이고도 단일한 기억표상이 형성될 가능성이 있음을 시사한다. 반면에 순차적으로 기억된 기억항목 집단들 중 특정 집단에 대한 선별적인 부분탐사가 요구되면 오히려

4) 무선위치 조건에 국한된 후행 기억항목 집단에 대한 상대적인 변화탐지 향상만으로 시공간적 맥락 정보의 선택적 활용 여부를 단언하기는 어렵다. 이는 첫째, 전체탐사가 반드시 공간적 맥락 정보의 배타적 활용만을 요구한다는 근거가 본 연구의 실험적 처치아래에서는 불분명하며, 둘째 후행 기억항목에 대한 최신 효과는 순차제시에 근거한 단기파지를 요구하는 기억 연구에서 흔히 관찰되므로 피험자의 설명하기 어려운 기억책략에 의해 무선위치 조건의 순차기억-부분탐사 시행에서만 최신효과가 나타났을 가능성 또한 배제하기 어렵기 때문이다. 따라서 실험 1의 순차기억-부분탐사 조건의 결과에 대해서는 좀 더 신중한 해석이 필요한 것으로 판단된다.

부정확한 변화탐지가 초래되었는데, 이는 기억표상 형성과정에서 순차 기억된 항목들 중 일부에 대한 선택적인 변화탐지가 오히려 간섭을 초래했음을 의미한다. 이러한 간섭 현상은 부분탐사가 요구되는 특정 위치의 기억 및 검사항목들을 제외한 불필요한 항목들이 변화탐지 과정에 개입했을 가능성을 의미하며, 부분탐사 요구에도 불구하고 두 집단 전체의 기억항목들이 보유한 세부특징이 무차별적으로 인출되었을 가능성을 시사한다.

실험 2

실험 1의 결과 변화탐지와 관련된 기억항목의 세부특징은 그 기억항목의 시공간적 정보와 견고하게 결합된 상태로 시각작업기억에 표상될 가능성이 관찰되었다. 특히 이러한 시공간적 정보의 선별에 근거한 부분탐사를 요구할 경우, 변화탐지와 직접 관련된 기억항목들의 세부특징뿐만 아니라 무관한 항목들의 세부특징 또한 무차별적으로 인출될 가능성이 관찰되었다.

그럼에도 불구하고 기억항목의 세부특징에 결합된 시공간적 정보의 정확성에 대한 추정은 여전히 분명하지 않다. 즉 실험 1의 처치 아래에서는 기억항목과 검사항목 간 상호 대조를 통한 변화의 존재 여부만을 보고하도록 요구하였으므로, 변화 자체가 과연 어느 기억항목을 기준으로 발생했는지의 여부가 보고될 수 있는지를 가늠하는 것이 불가능했다. 기억이 요구된 항목들과 검사항목을 건주어 변화가 발생한 항목을 추정할 수 있다는 점은 적어도 시각작업기억에 성공적으로 저장된 항목

에 대해서만큼은 그 항목의 세부특징과 시공간적 정보를 비교적 정확히 표상했음을 의미한다.

이러한 문제점에 근거해 실험 2에서는 기억이 요구된 항목 전체를 대상으로 변화탐지를 요구하되 전체탐사에 사용되는 검사항목을 두 집단으로 나누어 순차 제시하도록 처치함으로써 변화가 발생한 항목이 속했던 집단에 대한 범주적 변별이 가능한지의 여부를 조사하였다. 특히 실험 2에서는 변화를 탐지했는지의 여부와 변화가 발생한 기억항목의 위치를 추정할 때의 정확도 간 상관(correlation)을 조사하였다. 이는 기억항목에 대한 재인과정에서 성공적으로 표상된 기억항목에 대한 재인이 요구될 경우 변화 발생의 유무뿐만 아니라 변화와 관련된 공간적 정보 또한 비교적 정확하게 표상되어 있는지에 대한 해답을 제공할 것이다.

방 법

참가자 중앙대학교에서 심리학 과목을 수강 중인 대학생 중 실험 1에 참가하지 않은 8명이 실험 2에 참가하였다. 모든 피험자는 정상 색신과 교정시를 보고하였으며 실험 시작 전 실험에 대한 개괄적인 설명을 듣고 참가 동의서에 서명하였다.

자극 및 절차 그림 3에 실험 2의 자극과 절차를 도해하였다. 실험 2에 사용된 자극과 절차는 다음을 제외하고는 실험 1과 동일하였다. 첫째, 실험 1의 무선 위치 조건은 제거되었으며 자극이 제시되는 위치를 실험 1의 고정 위치 조건과 동일하게 처치하였다. 둘째, 실험 2

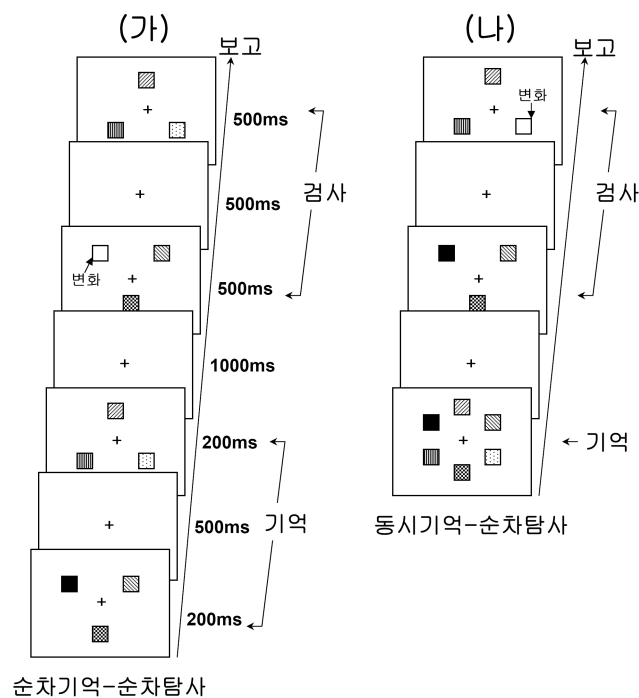


그림 3. 실험 2의 (가)순차기억-순차탐사와 (나)동시기억-순차탐사 조건의 '변화있음' 시행에 사용된 자극과 절차의 예

의 순차기억 조건에서는 기억 항목을 공간적 위치를 달리하는 두 집단으로 나누고 검사와 정에서도 순차적으로 제시하였다. 그리고 동시기억 조건에서는 기억항목을 두 집단으로 구분하지 않고 한 번에 제시하였으나, 검사 과정에서는 두 집단으로 나누어 순차적으로 제시하였다. 셋째, 실험 2의 사전실험 과정에서 실험 후 인터뷰(post-experiment debriefing) 결과, 참가자의 대다수가 기억항목의 항목 개수(6개)로 인한 기억부담보다는 극단적으로 짧은 검사항목 노출시간(200ms) 때문에 과제 수행이 불가능했음을 보고하였다. 이에 근거해 실험 2에서는 기억 항목의 노출 시간을 실험 1과 동일하게 200ms로 고정하되, 순차적으로 제시되

는 검사 항목 집단 각각의 노출시간을 500ms로 연장하였다. 넷째, 실험 1에서는 기억항목을 검사항목에 견주어 변화의 유무만을 보고하도록 처치하였으나 실험 2에서는 기억항목들에 뒤이어 순차적으로 제시된 검사항목 집단들 중 기억항목에 견주어 어느 검사항목 집단에 변화가 있었는지를 판단해 보고하도록 요구하였다. 따라서 실험 1에서는 선택이 요구되는 반응이 '변화없음' 혹은 '변화있음'이었던 반면에 실험 2에서는 '변화없음', '선행 검사항목변화', '후행검사항목변화' 반응 중 한 가지를 키보드 상의 세 버튼('V' 혹은 'B' 혹은 'N')키를 눌러 보고하였다. 동시기억과 순차기억 조건에는 각각 총 256 시행이 있었

으며 총 시행의 절반에 해당하는 128시행에서는 변화가 없었으며 변화가 있었던 나머지 64 시행에서는 선행 검사항목에, 나머지 64 시행에서는 후행 검사항목에 변화가 발생하였다.

결과 및 논의

그림 4에 실험 2의 결과를 요약하였다⁵⁾. 먼저 변화의 유무를 정확히 보고한 전반적인 변화탐지 정확도 측면에서, 순차기억-순차검사 조건(66.6 ± 6.59)과 동시기억-순차검사 조건(64.0 ± 5.92)간의 평균 변화탐지 정확도 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $t(7) = 1.74, p = .13$. 검사항목들 중 순차적으로 제시된 두 항목 세트 중 기억항목들에 건주어 어느 검사항목 세트에 변화가 발생했는지를 보고하도록 요구한 변화 전·후 변별 정확도 측면에서도 순차기억-순차검사 조건(62.1 ± 6.86)과 동시기억-순차검사 조건(59.9 ± 6.96) 간 정확도 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $t(7) = 1.14, p = .29$. 이러한 결과는 자극이 고정된 위치에 제시된 경우 기억항목들에 대해 순차 혹은 동시기억이 요구되었는지에 관계 없이 기억검사 과정에서 순차적 변화탐지를 요구할 경우 피험자가 비교적 정확하게 변화를 탐지할 수 있었음을 의미한다.

다음으로, 기억된 항목에 건주어 선행 혹은 후행 검사항목들 중 어느 항목들에 변화가 발생했는지 여부에 대한 보고의 정확성(변화

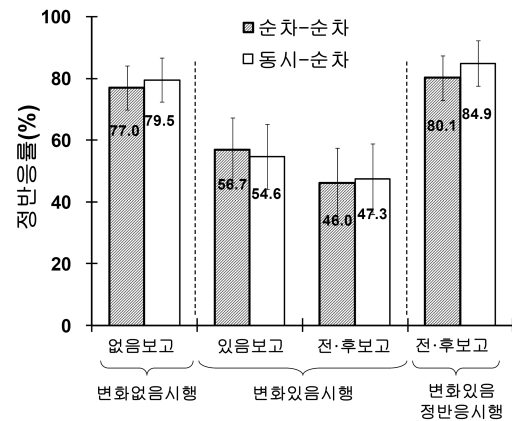


그림 4. 실험 2의 순차기억-순차검사 조건 및 동시기억-순차검사 조건에서 변화 유무 및 변화 변별여부에 따른 정반응률. '변화있음 정반응' 시행은 변화가 실제로 있었던 시행들 중 전·후 정답여부에 관계없이 참가자가 검사항목 두 집단 중 하나에 변화가 발생했다고 보고한 시행을 의미한다.

전·후 변별 정확도)을 알아보았다. 이를 위해 변화가 실제로 있었던 시행만을 대상으로, 동시기억-순차탐사 조건(46.0 ± 12.1)과 순차기억-순차탐사 조건(47.3 ± 15.6) 간 전·후 변별 정확도 평균을 비교하였다. 그 결과 두 조건 간 평균 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $t(7) = -0.34, p = .74$. 또한 전·후 보고여부에 관계없이 변화가 실제로 있었던 시행만을 대상으로 전·후 여부를 무조건 보고한 정확도(변화있음 시행에 국한된 변화탐지정확도)를 조사하기 위해 동시기억-순차탐사 조건(56.7 ± 10.3)과 순차기억-순차탐사 조건(54.6 ± 14.9) 간 평균 차이를 비교한 결과 역시 유의미하지 않았다, $t(7) = 0.60, p = .56$. 특히 변화있음 시행에서 변화 탐지에 성공함과 동시에 그에 따른 전·후 변별보고의 정확성을 가늠하기 위해, 변화 시행에서 전·후 보고를 한 시행들

5) 실험 2의 평균 반응시간은 $765(\pm 217)$ ms였으며, 순차기억-순차탐사와 동시기억-순차탐사 조건의 평균 반응시간은 각각 $750(\pm 234)$ ms와 $779(\pm 215)$ ms였다(괄호 안은 표준편차).

중 전·후 변화여부를 정확히 맞춘 시행들의 비율(전후보고 정반응률)을 동시기억-순차탐사 조건(80.1 ± 8.55)과 순차기억-순차탐사 조건(84.9 ± 9.25) 별로 산출한 결과 두 조건 간 차이 또한 유의미하지 않았다, $t(7) = -1.39, p = .21$. 마지막으로 변화가 없었던 시행에서 변화없음을 정확히 보고한 정반응률을 두 조건 간 비교한 결과(각각 77.0 ± 6.55 그리고 79.5 ± 10.5) 그 역시 통계적으로 유의미하지 않았다, $t(7) = -0.74, p = .48$.

실험 2의 결과에서 관찰된 바와 같이, 변화가 성공적으로 탐지되었을 경우 검사항목의 첫 번째 혹은 두 번째 항목 중 어디에서 변화가 발생했는지의 여부에 대한 보고는 동시기억-순차탐사 조건과 순차기억-순차탐사 조건 모두에서 평균적으로 80% 이상의 정확도를 상회함으로써 비교적 정확했다. 이처럼 두 조건에서 변화탐지가 성공했을 경우 변화 전·후 관계를 정확히 가려냈는지의 여부에 대한 객관적 검증은 개인 참가자 별 변화탐지 정확도와 변화 전·후 변별 정확도 간 상관을 관찰함으로써 확인될 수 있다. 구체적으로, 변화있음 시행만을 기준으로 첫째, 두 검사항목 집단 중 정답여부에 관계없이 둘 중 한 집단에 변화가 발생했다고 보고한 시행의 비율 즉 일반적인 변화탐지 정확도가 계산될 수 있다. 역시 변화있음 시행만을 기준으로, 검사항목 전·후 변화여부를 정확히 맞춘 시행의 비율 즉 변화 전·후 변별 정확도 역시 계산될 수 있다.

만약 참가자가 변화 유무를 정확히 파악했으며, 첫 번째 혹은 두 번째 검사항목 집단에서 변화가 발생했는지 여부 또한 매우 정확하

게 파악했을 경우 전·후 보고 여부에 관계없는 단순 변화탐지 정확도와 변화 전·후 변별 정확도 간에는 높은 정적 상관이 존재할 가능성이 크다. 이에 근거해 동시기억-순차탐사 조건과 순차기억-순차탐사 조건 각각에 대해 변화탐지 정확도와 변화 전·후 변별 정확도 간 상관 분석을 실시한 결과 두 조건 모두에서 유의미한 정적 상관이 관찰되었다, 각각 $r = .93, p < .01$ 그리고 $r = .93, p < .01$ (그림 5 참고).

요약하면, 실험 2의 결과는 기억이 요구된 항목들에 대해 순차적인 변화탐지를 강요할 경우, 기억항목에 대해 동시 혹은 순차적으로 기억을 시도했는지의 여부에 관계없이 변화탐지 정확도가 일정했음을 보여준다. 특히 실험 2에서는 변화탐지가 성공했을 경우, 기억항목에 견주어 검사항목 중 변화가 발생한 항목이 어느 기억항목에 해당하는지를 적어도 범주적으로는 정확하게 파악했음이 관찰되었다. 이는 결과적으로 시각작업기억에 저장이 요구된 항목들 중 적어도 기억에 성공한 항목들에 대

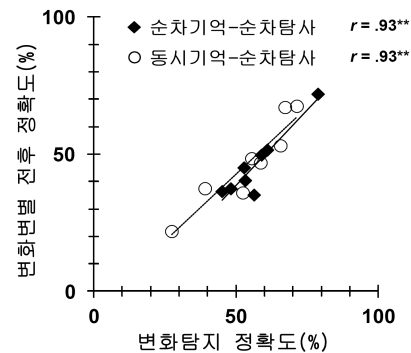


그림 5. 실험 2의 순차기억-순차탐사 조건과 동시기억-순차탐사 조건에서 관찰된 변화탐지 정확도와 변화변별 전·후 정확도 평균치간의 산포도(** $p < .01$)

해서는 기억항목들의 공간적 맥락 정보가 비교적 정확하게 표상되고 있었음을 시사한다.

종합 논의

본 연구는 변화탐지 과제에서 기억이 요구되는 항목들이 무선적 위치에 제시된 경우보다 정형화된 위치에 제시된 경우 상대적으로 변화탐지가 정확했으며, 이러한 정확도 향상은 기억항목들 중 선택된 일부 항목들보다는 기억항목들 전체에 대한 무차별적 변화탐지를 요구할 경우 더욱 분명했다. 또한 검사항목의 순차적 제시를 통해 기억 항목의 시공간적 정보를 정확히 변별하도록 요구한 경우, 변화의 유무뿐만 아니라 변화와 관련된 기억항목의 공간적 정보 또한 비교적 정확하게 파악하고 있음이 관찰되었다.

실험 1의 결과는 시각작업기억 처리 과정에 있어서 집단화 단서의 유용성을 강조한 기존 연구들에 근거해 일부 해석이 가능하다(Jiang, Chun, & Olson, 2004; Jiang, et al., 2000; Woodman, et al., 2003). 먼저 자극이 무선적 위치에 제시되었을 경우, 순차적으로 제시되는 기억항목들의 부호화 및 저장에 관여하는 집단화 단서는 기억항목들의 시간적 분리에 근거한 위치정보가 유일하다. 이 경우 기억된 항목들 전체에 대한 무차별적인 전체탐사가 요구되면 기억항목이 저장될 당시의 시간적 맥락 정보는 검사과정 즉 탐사과정에서 맥락 단서로서의 역할을 상실하게 되는데, 순차기억-전체탐사 시행의 부정확한 변화탐지는 시간적 맥락정보 활용을 불가능하게 만드는 전체탐사 요구가 결과적으로 부정확한 변화탐지

를 초래함을 보여주는 사례가 된다. 반면에 검사과정에서 시간적 맥락정보의 잠재적 활용이 가능한 것으로 짐작되는 순차기억-부분탐사 조건에서 정확도가 현격히 향상되었다는 점은 기억항목의 시간적 맥락 정보에 근거한 집단화가 실제로 기억수행을 현격하게 향상시킬 가능성을 시사한다.

또한 실험 1의 고정위치 조건에서 사용된 가상의 삼각형 혹은 역삼각형의 꼭지점 위치는 게슈탈트 원리들(Gestalt principles) 중 의미성(meaningfulness) 원리를 따를 때 매우 효과적인 집단화 단서가 될 가능성이 있다(Rock & Mack, 1994; Wertheimer, 1924/1950). 특히 기억항목을 시각작업기억에 저장함에 있어서 집단화 단서를 제공하는 것은 기억정확도의 향상을 가져올 수 있다는 기존 연구 사례(Jiang, et al., 2000; Woodman, et al., 2003)에 근거할 때 실험 1의 고정위치 조건에서 관찰된 상대적인 변화탐지 정확도의 향상은 충분히 예측할 수 있는 결과이다. 특히 이러한 기억 수행 향상은 기억항목에 대한 동시 혹은 순차적인 기억 요구에 관계없이 전체탐사 조건에서 일관되게 나타났다. 이는 고정위치 조건에서 위치 정보의 의미성에 근거한 집단화 단서가 시간적 맥락 정보의 상실에 의해 초래되는 변화탐지의 저하를 상쇄시킬 만큼 매우 강력한 맥락 단서로 작용했음을 의미한다.

반면 실험 1의 고정위치 조건에서는 순차기억-전체탐사 조건에 비해 순차기억-부분탐사 조건에서 변화탐지가 현격하게 부정확해지는 특이점이 관찰되었다. 특히 순차기억-부분탐사 요구는 시간적 맥락 정보가 활용될 가능성이 있다는 점에서 변화탐지가 더욱 향상될 것이

예측 되는데, 실험 1의 무선위치 조건의 순차 기억-부분탐사 시행의 상대적으로 정확한 변화탐지를 고려했을 때 이러한 예측은 더욱 신빙성이 있다. 그럼에도 불구하고 고정위치 조건의 순차기억-부분탐사 시행에서 변화탐지가 상대적으로 부정확했다는 점은 결국 고정위치가 사용된 경우, 순차기억-부분탐사 과정의 맥락 정보의 일관성에도 불구하고 변화탐지 과정에 강력한 간섭이 발생했음을 의미한다.

이와 같은 강력한 간섭의 원인을 정확히 추정하기는 어려우나, 무선위치 조건에 비해 고정위치 조건에서는 시간적 맥락 정보 이외에 집단화에 더욱 용이한 공간 정보의 의미성이 추가되었다는 분명한 차이점이 있다. 집단화에 용이하다는 사실은 결과적으로 기억항목의 저장 과정에서는 유용한 맥락 정보로서 긍정적인 역할을 할 가능성이 있으나 기억에 저장된 맥락 정보의 선별적 활용이 요구될 경우 오히려 변화탐지 과정에서 오히려 간섭을 초래할 가능성이 있다.

구체적으로, 무선위치 조건에 비해 고정위치 조건에서 시공간적 맥락 정보에 의해 상대적으로 더 많은 개수의 기억항목이 표상될 수 있다고 가정하자. 이 경우 부분 혹은 전체탐사 요구에 관계없이, 무선위치 조건에서는 상대적으로 고정위치 조건에 비해 적은 개수의 기억항목에 대한 검사가 요구된다. 결과적으로 전체탐사가 요구된 경우의 변화탐지는 무선위치 조건에 비해 고정위치 조건에서 전반적으로 더 정확할 것이 예상되며 이는 실험 1의 결과와 정확히 일치한다.

반면에 부분탐사가 요구될 경우, 무선위치 조건에 비해 상대적으로 다수의 항목이 저장

될 것이 예상되는 고정위치 조건에서는 기억과 검사항목 간 상호 비교가 요구되는 경우의 수(comparison alternatives)가 결과적으로 늘어날 것이 예측된다. 이처럼 증가된 비교 처리 요구는 무차별적 검사가 진행되는 전체탐사의 경우 문제가 되지 않으나, 기억항목 일부분에 대한 선별적인 검사가 요구되는 부분탐사의 경우 검사가 요구되는 일부 기억항목을 선택하는 추가적인 처리 과정이 필요하게 된다.

실험 1의 부분탐사 조건에 대한 이러한 해석은, 실험 2의 결과를 통해 다시 한 번 확인된다. 구체적으로, 실험 1의 동시기억-전체탐사 조건과 순차기억-전체탐사 조건에서는 도합 약 84%의 정확도가 관찰되었으며, 실험 2에서는 동시기억-순차탐사 조건과 순차기억-순차탐사 조건에서는 도합 약 65%의 부정확한 변화탐지가 관찰되었다. 따라서 실험 2의 두 조건에서 관찰된 65%의 정확도는 실험 1의 두 전체탐사 조건이 아닌 부분탐사 조건(72.2%)에 견줄 만큼 부정확했음을 의미한다. 이는 실험 2의 순차탐사 처치가 실험 1의 부분탐사 조건과 매우 유사한 처리 비용(processing cost)을 요구했을 가능성을 의미한다.

물론 실험 2는 두 검사항목 집단 중 어느 집단에서 변화가 발생했는지에 대한 보고가 요구되었으므로 반응선택의 요구 측면에서는 실험 1과 과제 난이도 면에서 분명한 차이가 있었다. 그러나 실험 2의 65% 수준에 해당하는 변화탐지 정확도는 변화발생 전후 집단 여부에 관계없이 변화의 유무만을 보고했음을 가정했을 때 얻어진 것으로, 단순한 반응선택의 난이도 증가에 근거해 실험 1의 전체탐사 조건에서 관찰된 80%를 상회하는 정확도와

현격한 차이의 원인을 설명하기에는 무리가 있다. 또한 실험 2는 순차탐사의 방식을 취하면서도 전체 기억항목에 대한 탐사를 요구한다는 점에서 실험 1의 전체탐사 조건과 매우 유사했다. 이러한 유사성에도 불구하고 실험 2의 변화탐지 정확도가 실험 1의 부분탐사 조건의 약 72%에 근사한 65% 수준으로 저하되었는데, 실험 2의 순차적 전체탐사 과정의 변화탐지 정확도 저하는 결과적으로 순차탐사 과정 자체에 내재하는 선별적 처리 요구 자체가 원인임을 의미한다.

특히 기억항목의 제시 방식을 고려했을 때, 실험 1의 동시기억-전체탐사 조건과 순차기억-전체탐사 조건간에는 변화탐지 정확도에 큰 차이가 없었으며 (85.5% vs. 82.1%), 이에 상응하는 실험 2의 동시기억-순차탐사 및 순차기억-순차탐사 조건 간에는 큰 차이가 없었다 (66.6% vs. 64.5%). 이는 실험 1의 고정 위치 조건의 전체 탐사와 부분탐사 시행 사이에서 관찰된 변화탐지 정확도의 차이가 결과적으로 기억 항목의 순차적 제시 여부보다는 탐사 과정에서의 선별적 변화탐지 요구 여부에 기인할 가능성을 더욱 지지한다.

따라서 실험 1의 고정위치 조건의 순차기억-부분탐사 시행과 실험 2의 두 조건에서 관찰된 현격한 변화탐지의 저하는, 고정위치 조건의 강력한 집단화 단서에 의해 상대적으로 다수의 항목이 저장되었음에도 불구하고 선별적인 변화탐지 요구가 기억항목에 대한 검사와정에 강력한 간섭을 초래했을 가능성을 의미한다. 기억항목에 대한 검사과정에서 선별적 변화탐지 요구가 이와 같은 강력한 간섭을 초래할 수 있는지에 대해서는 정확한 해석은 어

려우나, 선택적 주의 처리 과정에서 나타나는 강력한 간섭 현상들의 사례(Eriksen, 1995; Lavie, Hirst, de Fockert, & Viding, 2004; MacLeod, 1991; Miller, 1991)를 고려할 때 전혀 불가능하지만은 않은 것으로 판단된다.

그렇다면 이러한 강력한 간섭을 야기한 기억 표상의 특성은 근본적으로 어떠한 것일까? 시각작업기억의 표상 특성에 대한 기존 연구 중 일부는 시각작업기억에 저장되는 기억항목의 세부특징이 둘 이상으로 구성되어 있을 경우 그 세부특징간 결합은 매우 공고하게 통합되어 저장된다고 주장한다(Luck & Vogel, 1997; Woodman & Vecera, 2011; Xu, 2004, 2006; Yin, et al., 2012). 이러한 세부특징의 범주에는 색상이나 방위와 같은 비공간적 정보뿐만 아니라 경우에 따라서는 위치 정보와 같은 공간적 정보를 포함한다(Jiang, et al., 2004; Jiang, et al., 2000; Wheeler & Treisman, 2002).

실험 1의 무선허치 조건에서 상대적으로 변화탐지기가 부정확했음을 고려했을 때, 실험 1의 고정위치 조건과 실험 2의 변화탐지 과제에서 기억항목의 위치 및 개별 위치간 관계성 (spatial relation) 또한 변화탐지의 대상이 된 색상 차원의 정보와 매우 공고하게 결합되었음을 추측할 수 있다. 특히 실험 1과 2에서 기억항목에 대한 동시기억 및 순차기억 요구 여부가 변화탐지 정확도에 큰 차이를 초래하지 않았음을 고려할 때 기억항목의 색상과 위치 정보는 기억 표상이 형성되는 과정에서 기억항목이 유입되는 시간적 맥락 정보의 차이에 비교적 둔감하되 공간적으로는 매우 견고하고 통합된 단일 표상을 형성할 가능성을 의미한다. 이는 최근 연구가 기억항목의 순차제시

여부가 변화탐지에 미치는 영향이 비교적 미미하였음을 보고한 것을 고려할 때 비교적 설득력이 있는 해석으로 여겨진다(Jaswal & Logie, 2011; Logie, et al., 2011; Sternberg, 1966; Woodman, et al., 2012)

결과적으로 이와 같은 통합된 단일 기억 표상은 전체탐사와 같이 항목 전체에 대한 동시다발적 검사가 요구되는 경우 크게 문제되지 않으나, 부분탐사와 같이 선택적인 처리가 요구될 경우 검사가 요구되는 기억항목 이외의 불필요한 항목들에 대한 자동적인 접근을 초래할 수 있다. 이러한 자동적 접근은 선택적 검사과정에서 무시가 요구되는 기억항목들에 대한 무차별적 인출을 초래함으로써 오히려 변화탐지를 간접하는 결과를 초래할 수 있으며, 이는 실험 1의 고정위치 조건의 순차기억-부분탐사 시행 및 실험 2에서 관찰된 전반적인 변화탐지 정확도의 저하 패턴과 정확히 일치한다. 변화탐지의 검사과정에서 요구되는 비교과정이 성공적으로 기억된 항목들에 대해 자동적이고 신속하게 수행된다는 최근 연구의 결과들(현주석, 2009a, 2009b; Agam et al., 2009; Hyun, et al., 2009)은 고정위치 조건과 같이 공간적 정보가 기억 표상 과정에서 매우 강력한 집단화 단서로 사용된 경우에는 기억 항목에 대한 선별적 변화탐지 요구가 오히려 변화탐지의 정확성에 역효과를 초래할 수 있다는 실험 1의 해석을 더더욱 지지하는 사례가 된다.

특히 실험 1의 무선위치 조건에서는 기억항목의 순차제시에 뒤이은 전체탐사 결과 변화탐지가 현격하게 부정확해지는 것이 관찰되었다. 이는 앞서 실험 1의 결과에서 시도된 해

석처럼, 자극위치의 의미성에 근거한 기억항목의 집단화가 무선위치조건에서 상대적으로 어려웠음에 기인한 것으로 추측된다. 즉 고정위치 조건에서는 의미성에 근거한 집단화가 기억 가능한 항목의 개수를 증가시켜 불필요한 항목으로부터의 간섭 가능성이 커지게 되므로 순차기억 요구에 뒤이은 부분탐사의 경우 기억 검사가 요구되지 않은 항목들로부터의 간섭의 가능성이 늘어난다. 반면 무선위치 조건에서는 집단화가 상대적으로 어렵기 때문에 검사가 요구되지 않는 항목이 파지될 가능성이 그만큼 감소하며, 따라서 이러한 불필요한 기억항목들로부터의 간섭 가능성이 감소하여 오히려 기억수행을 촉진시킬 가능성이 예측된다. 이러한 예측은 실험 1의 무선위치 조건의 순차기억-부분탐사 시행들에서 관찰된 변화탐지 정확도의 상대적인 상승 결과와 정확히 일치한다.

또한 실험 2에서는, 적어도 기억에 성공한 항목들에 대해서는 공간적 정보가 비교적 정확하게 표상되어 있을 가능성이 관찰되었다. 즉 실험 2의 순차기억 및 동시기억 조건모두에서 적어도 변화가 있음을 정확하게 간파한 시행들의 경우, 순차적으로 제시된 두 검사항목 집단 중 기억항목들에 견주어 어느 집단에 변화가 있었는지를 약 80% 정확도 수준으로 비교적 명확히 판단할 수 있었다. 이는 순차적으로 제시되는 검사항목과 대조가 요구되는 기억 항목들의 시공간적 정보가 색상정보와 공고하게 결합되어 표상되지 않고는 불가능한 결과이며 따라서 기억항목의 순차 및 동시 제시 여부와 관계없이 적어도 기억에 성공한 항목에 대해서는 시공간적 정보가 매우 정확하

게 표상되어 있음을 지지하는 증거가 된다.

요약하면, 본 연구에서는 시공간적 맥락을 달리한 두 집단의 기억항목들이 시각작업기억에 순차적으로 저장될 경우, 두 집단에 속한 기억항목들의 시공간 정보가 시각작업기억에 자동적으로 통합될 가능성을 관찰하였다. 또한 기억항목들 중 특정 항목들에 대해 선별적 변화탐지가 요구될 경우 그와 같은 특정 기억항목들뿐만 아니라 변화탐지가 요구되지 않는 불필요한 항목들의 세부특징 또한 함께 인출될 가능성이 관찰되었다. 이와 같은 무차별적 인출은 변화탐지 과정에서 처리부담을 추가하여 부정확한 변화탐지를 초래하였으며, 이는 결과적으로 시각작업기억에 저장되는 세부특징들은 공고한 결합에 의해 상호 분리되기 어려운 통합적 형태로 표상됨을 시사한다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 중요한 제한점을 가진다.

첫째, 현재까지 제안된 시각작업 기억 표상에 대한 연구들은 세부특징들간의 공고한 결합이외에 경우에 따라서는 부분적 혹은 병렬적 저장이 가능하다는 다양한 가능성 또한 제안한다(Xu, 2002; Wheeler & Treisman, 2002; Woodman & Vogel, 2008; Treisman & Zhang, 2006). 본 연구의 범위 안에서는 이러한 다양한 모형과의 절충 혹은 검증에 대한 시사점을 제공하기에는 무리가 따르며, 결과적으로 통합적 표상 모형의 테두리 안에서만 결과를 해석하기에는 논리적 비약의 가능성이 존재한다.

둘째, 실험 1과 2의 결과에 대한 좀 더 명확한 해석은 실험 1에서는 시도되지 않았던 동시기억-부분탐사 조건이 추가되어야 가능한 것으로 판단된다. 실험 1에서는 시간적 맥락

정보의 활용 가능성을 일부 검증하는 차원에서 순차기억-부분탐사 조건을 나머지 두 조건에 추가하는 방식으로 세 수준 실험이 시도되었으나, 실험 2의 동시기억-순차검사 조건의 결과와 정확한 비교를 위해서는 동시기억이 요구된 경우 부분탐사 요구가 변화탐지에 미치는 영향 또한 포함되는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

셋째, 실험 2의 동시 및 순차기억 조건 간 큰 차이를 발견하지 못한 결과는 앞서 본 연구에서 논의된 해석들 이외에 근본적으로는 항목개수가 여섯 개로 비교적 기억부담이 컸으며 반응선택이 실험 1에 비해 어려웠던 관계로 바닥 수준(ceiling level)의 수행에 기인했을 가능성이 존재한다. 물론 실험 1에서 대다수의 조건이 70% 이상의 정확도를 나타내긴 했으나 실험 2에서 변화 전·후 여부 보고에 관계없이 환산된 변화탐지 정확도가 평균적으로 65% 수준에 머물렀다는 점은 실험 2의 변화탐지 과제 난이도 자체가 실험 1에서 시도된 처치의 효과를 관찰하기에는 무리가 있었을 가능성을 시사한다. 후속 연구는 이러한 제한점을 보완해 좀 더 시각작업기억과 시공간적 정보의 통합적 표상을 좀 더 정확하게 이해하는 방향으로 시도되는 것이 바람직할 것이다.

참고문헌

현주석. (2009a). 기억 표상과 지각적 입력 간 비교 과정을 통해 본 시각작업기억 표상의 특성. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 21(4), 265-282.

- 현주석. (2009b). 시각작업기억과 지각입력 간 비교 처리 과정에서의 선별적 변화 탐지의 특성. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 21(3), 147-166.
- Agam, Y., Hyun, J.-S., Danker, J. F., Zhou, F., Kahana, M., & Sekuler, R. (2009). Early Neural Signature of visual short-term memory. *NeuroImage*, 44(2), 531-536.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Deubel, H., Schneider, W. X., & Bridgemen, B. (2002). Transsaccadic memory of position and form. *Progress in Brain Research*, 140, 165-180.
- Eriksen, C. W. (1995). The flankers task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. *Visual Cognition*, 2, 101-118.
- Hollingworth, A., Richard, A. M., & Luck, S. J. (2008). Understanding the function of visual short-term memory in human cognition: Transsaccadic memory, object correspondence, and gaze correction. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(1), 163-181.
- 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. (1991). Information integration across saccadic eye movements. *Cognitive Psychology*, 23(3), 420-456.
- Irwin, D. E. (1992). Memory for position and identity across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 307-317.
- Irwin, D. E. (1992). Perceiving an integrated visual world. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Eds.), *Attention and Performance XIV: Synergies in Experimental Psychology, Artificial Intelligence, and Cognitive Neuroscience* (pp.121-142). Cambridge, MA: MIT Press.
- Jaswal, S., & Logie, R. H. (2011). Configural encoding in visual feature binding. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(5), 586-603.
- Jiang, Y., Chun, M. M., & Olson, I. R. (2004). Perceptual grouping in change detection. *Perception and Psychophysics*, 66, 446-453.
- Jiang, Y., Olson, I. R., & Chun, M. M. (2000). Organization of visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 2, 683-702.
- Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 339-354.
- Loftus, G. R., & Masson, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in within-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 476-490.
- Logie, R. H., Brockmole, J., & Jaswal, S. (2011). Feature binding in visual short-term memory is unaffected by task-irrelevant changes of location, shape, and color. *Memory & Cognition*, 39(1), 24-36.
- Luck, S. J. (2008). Visual short-term memory. In

- S. J. Luck & A. Hollingworth (Eds.), *Visual Memory*: Oxford University Press.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163-203.
- Miller, J. (1991). The flanker compatibility effect as a function of visual angle, attentional focus, visual transients, and perceptual load: A search for boundary conditions. *Perception and Psychophysics*, 49, 270-288.
- Rock, I., & Mack, A. (1994). Attention and perceptual organization. In S. Ballesteros (Ed.), *Cognitive approaches to human perception* (pp.23-41). Hillsdale, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652-654.
- Treisman, A., & Zhang, W. (2006). Location and binding in visual working memory. *Memory & Cognition*, 34, 1704-1719.
- 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, 92-114.
- Wertheimer, M. (1924/1950). Gestalt theory. In W. D. Ellis (Ed.), *A sourcebook of Gestalt psychology* (pp.1-11). New York: The Humanities Press.
- Wheeler, M., & Treisman, A. M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 48-64.
- Woodman, G. F., & Vecera, S. P. (2011). The cost of accessing an object's feature stored in visual working memory, *Visual Cognition*, 19 (1), 1-12.
- Woodman, G. F., Vecera, S. P., & Luck, S. J. (2003). Perceptual organization influences visual working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 80-87.
- Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2008). Selective storage and maintenance of an object's features in visual working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(1), 223-229.
- Woodman, G. F., Vogel, E. K., & Luck, S. (2012). Flexibility in visual working memory: Accurate change detection in the face of irrelevant variations in position. *Visual Cognition*, 20(1), 1-28.
- Xu, Y. (2002). Limitations of object-based feature encoding in visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 458-468.
- Xu, Y. (2004). *An Object Benefit for Encoding Two Within-Dimension Features in Visual Short Term Memory*. Paper presented at the 45th Annual Meeting of the Psychonomic Society, Minneapolis, MN.
- Xu, Y. (2006). Dissociable neural mechanisms supporting visual short-term memory for objects. *Nature*, 440, 91-95.
- Yin, J., Zhou, J., Xu, H., Liang, J., Gao, Z., & Shen, M. (2012). Does high memory load

- kick task-irrelevant information out of visual working memory? *Psychonomic Bulletin & Review*, 19, 218-224.
- Zhang, W., & Luck, S. (2009). Sudden death and gradual decay in visual working memory. *Psychological Science*, 20(4), 423-428.
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453, 233-235.
- 1 차원고접수 : 2012. 5. 18
수정원고접수 : 2012. 6. 1
최종게재결정 : 2012. 6. 11

The Effect of Spatio-Temporal Contextual Information in Visual Working Memory on Change Detection Process

Junha Chang

Joo-Seok Hyun

Department of Psychology, Chung-Ang University

According to the hypothesis of integrated representations in visual working memory (VWM; Luck & Vogel, 1997), the present study tested if spatio-temporal contextual information in VWM can affect change detection performance. In Experiments, sample items were displayed either at fixed positions that would be easily organized into two distinctive groups or otherwise at random positions that would be difficult for such spatial organization. For the purpose of examining how the selection demand on the spatio-temporal information of the sample items affect change detection accuracy, the test items were displayed in a way that either every sample items (e.g., whole probe) or only a subset of the sample (e.g., partial probe) were displayed. We also examined the accuracy of participants' responses when determining the membership of a change across two separate groups of test items. We found that change detection was more accurate in the fixed-position condition than the random-position condition except relatively lower accuracy under the partial probe, and the membership determination responses were fairly accurate. The results indicate that the selective access to spatio-temporal information that are accurately represented in VWM in an integrated fashion can lead to indiscriminate retrieval of memory items and consequently can cause a potential interference against VWM performance.

Key words : visual working memory, integrated representation, contextual information, selective access