

기억 항목 간 상이하거나 동일한 세부특징에 대한 저장 요구가 시각작업기억 수행에 미치는 영향*

김 대 규

현 주 석[†]

중앙대학교 심리학과

본 연구는 공간적 위치를 달리하는 둘 이상의 항목에 분산된 서로 다른 시각적 세부특징에 대한 저장 요구가 시각작업기억의 저장 효율성에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 실험 1의 분할기억 조건에서는 좌우 시야 중 한 쪽에 특정 세부특징(예: 색상)을 보유한 기억항목이 그리고 반대편 시야에는 다른 세부특징(예: 방위)을 보유한 기억항목들이 제시되었다. 반면, 단일기억 조건에서는 색상 혹은 방위 차원 중 하나로만 구성된 기억항목들이 제시되었다. 두 조건에서 참가자는 개별 기억항목들의 색상과 방위를 기억한 뒤 1초 뒤에 제시되는 검사자극과 비교해 색상 혹은 방위 차원의 변화 유무를 보고하였다. 실험 1의 변화탐지 정확도를 분석한 결과 분할기억 조건의 변화탐지가 전반적으로 더 정확하되, 요구되는 기억항목의 개수가 증가할 경우 이러한 차이는 더욱 커졌다. 실험 2의 분할기억 조건에서는 기억항목을 둘 이상의 세부특징으로 구성하되(예: 색상+방위 막대), 검사항목 출현 시 변화 가능한 세부특징을 좌우 시야에 각각 색상 혹은 방위 차원 중 하나로 지정하였다. 통합기억 조건에서는 좌우 시야 구분 없이 전체 항목 중 무선 선택된 한 항목의 색상 혹은 방위 차원에서 변화가 발생하도록 처치하였다. 그 결과 분할기억 조건에서 평균적으로 정확한 변화탐지 정확도를 관찰했으나 항목개수의 증가에 따른 두 조건 간 현격한 차이는 발견되지 않았다. 이와 같은 결과는 통합된 객체 모형이나 병렬-독립 저장 모형보다는 약한 객체 가설을 지지하는 결과라 할 수 있다.

주제어 : 시각작업기억, 변화탐지, 통합된 객체, 병렬-독립 저장, 약한 객체 가설

* 본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(NRF-327-2010-1-B00832)

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

기존 연구들을 통해 알려진 바에 따르면 우리의 시각체계(visual system)는 지극히 짧은 순간동안 많은 양의 정보를 처리하지만 이러한 정보는 대부분 시간이 지남에 따라 유실되며 (Miller, 1956; Sperling, 1960), 시각 자극이 사라진 후 일정시간 이상 정보를 유지하고 이를 활용하기 위해서는 3-4개의 제한된 용량을 가진 시각작업기억(visual working memory)이라 명명된 기억체계에 의존하는 것으로 판단된다 (Cowan, 2001; Luck & Vogel, 1997).

이전의 시각작업기억 연구들이 주로 시각작업기억의 용량적 한계를 조사하는데 중점을 둔 반면에 Luck과 Vogel(1997)은 시각작업기억의 표상 특성에 대한 본격적인 논의를 시도하였다. 그들의 연구에서는, 색상과 방위를 가진 막대 자극을 사용한 변화탐지과제(change-detection task)가 사용되었다. 이 때, 단순 세부특징(simple feature) 기억조건에서는 사전에 정해진 하나의 세부특징(예. 색상)에 대한 변화만을 탐지하도록 요구한 반면, 결합(conjunction) 기억조건에서는 색상 혹은 방위가 모두 변화할 수 있는 자극구성을 통해 항목의 모든 세부특징에 대한 기억을 요구하였다. 단순히 기억해야하는 세부특징 정보의 양만을 고려했을 때, 결합 기억조건은 단순 세부특징 기억조건보다 두 배의 기억부담을 요구하는 것으로 간주된다. 그러나 이러한 차이에도 불구하고, 결합 기억조건에서 단순 세부특징 기억조건과 동일한 수준의 기억정확도가 관찰되었다. Luck과 Vogel(1997)은 이러한 결과를 바탕으로 통합된 객체 모형(integrated object model)을 주장하였다.

통합된 객체 모형은 시각작업기억에 정보가

저장될 때, 개별 기억항목을 표상하는 각각의 세부특징들이 독립적으로 저장되기 보다는 작업기억 내에 항목 단위로 통합되어 저장된다고 본다(Awh, Dhaliwal, Christensen, & Matsukura, 2001; Jiang, Olson, & Chun, 2000; Luck & Vogel, 1997; Vogel, Woodman, & Luck, 2001; Xu, 2006). 예를 들어, Gajewski와 Brockmole (2006)은 작업기억 회상과제에서 항목 기반의 망각특성을 보고한 바 있다. 이 연구에서 참가자들은 보고하도록 지정된 항목의 세부특징들을 모두 보고하거나 혹은 하나도 보고하지 못하는 특성을 보였다. 이러한 결과는 시각작업기억이 정보들을 객체 단위로 통합하여 파지하는 특성이 있으며, 기억항목들을 구성하는 세부특징들의 조합에 근거한 복잡성(complexity) 보다는 개별 항목(item) 단위에 근거한 시각작업기억 파지가 수행됨을 의미한다.

반면 병렬-독립 저장 모형(parallel-independent feature storage model)에서는 항목의 개별 세부특징들이 상호 통합된 객체 수준의 표상 보다는 서로 병렬적이고 독립적으로 저장된다고 제안한다(Wilken & Ma, 2004; Magnussen, Greenlee & Thomas, 1996). 예를 들어, Magnussen과 동료들(1996)은 공간주파수 자극의 주파수 주기(frequency) 정보와 동일한 자극을 구성하는 대비(contrast) 정보가 서로 독립적인 망각패턴을 보임을 관찰함으로써 주기 정보와 대비 정보가 서로 독립적인 기억 저장소에 표상된다고 해석하였다. 병렬-독립 저장 모형은 기억 항목들을 구성하는 세부특징들이 각각 분리되어 병렬 저장되므로 항목 단위 표상에 기준한 세부특징들 사이의 공고한 결합

보다는 기억항목들을 구성하는 각각의 세부특징 정보와 항목 개수의 증감에 의한 기억 부담이 기억 파지 효율성에 영향을 주는 것으로 가정한다).

즉 통합된 객체 표상 모형은 기억 표상이 추가적인 주의자원의 요구 없이 항목 단위로 통합 및 파지되며 결과적으로 항목을 구성하는 세부특징의 종류나 개수(복잡성과 정보량)와는 무관하게 항목 개수 단위의 기억파지가 수행될 것으로 예측한다. 반면에 병렬-독립 저장 모형은 항목 내 세부특징 정보의 통합이 전제되지 않으며, 따라서 기억이 요구되는 항목의 개수 보다는 개별 항목들을 구성하는 세부특징의 종류나 개수의 증감에 의해 기억 파지 효율성이 크게 변화할 것을 예측한다.

그러나 이러한 두 모형의 기초가 되는 다수의 연구에서는 동시다발적으로 제시되는 다수의 기억항목이 사용되었음에도 불구하고 궁극적으로는, 개별 항목을 구성하는 세부특징들 간의 통합적 표상 여부만이 집중 조사되었다. 본 연구는 이러한 접근과는 달리, 기억 표상의 특성을 관찰함에 있어서 개별 항목을 구성하는 세부특징의 복잡성이 아닌 공간적으로 상호 구분되는 서로 다른 기억항목들을 구성

하는 상이한 세부특징에 대한 시각작업기억의 파지 효율성을 관찰하였다. 바꾸어 말하면, 개별 기억 항목의 복잡성은 동일한 수준으로 유지한 채 기억항목들을 구성하는 둘 이상의 기억항목들 중 절반씩을 서로 동일하거나 상이한 세부특징들로 구성하여, 개별 기억항목 수준이 아닌 기억항목 집단 간 세부특징의 동일성 여부가 기억 파지에 미치는 영향을 조사하였다.

이를 위해 첫째, 변화탐지 과제를 사용해 서로 다른 두 가지 유형의 단순 세부특징 항목(예. 색상도형과 검은색 방위막대)으로 구성된 기억항목들에 대한 변화탐지 과제의 수행 정확도와 동일한 개수의 기억 항목들이 단일 세부특징 항목들로 구성되었을 경우의 변화탐지 정확도를 비교하였다. 둘째, 전체 기억항목들을 구성하는 개별 항목들의 세부특징을 둘 이상으로 증가시키되 항목 간 서로 다른 세부특징만을 선별적으로 기억하도록 요구한 경우와 두 세부특징을 모두 기억하도록 요구한 경우를 비교하였다.

실험 1

실험 1은 둘 이상의 기억항목에 분산된 서로 다른 종류의 시각적 세부특징에 대한 저장 요구가 시각작업기억의 파지 효율성에 미치는 영향을 조사하는데 목적을 두었다. 항목 개수 단위의 기억 파지를 주장하는 통합적 객체 모형의 관점에 의하면 상이한 기억항목들에 분산된 서로 다른 시각적 세부특징들에 대한 기억 파지는 동일한 개수의 기억항목들이 단일 세부특징으로 구성된 경우와 파지 효율성 면

1) 본 연구에서 서두에서 가정하는 병렬-독립 저장 모형은 항목 개수의 증가에 관계없이 서로 다른 세부특징들은 독립적인 저장소에 표상되므로, 기억부담은 기억이 요구되는 단순 세부특징들의 종류와 개수에 의해 전적으로 좌우된다고 가정한다. 물론 이러한 극단적이고 단언적인 주장에 대한 절충으로 필요에 따라서는 독립적인 저장소에 표상된 세부특징들 간 공고한 결합(binding)에 의한 기억 표상 또한 가능하다는 관점 또한 대두된 바 있다(Olson & Jiang, 2002).

에서 큰 차이가 없을 것이 예측된다. 반면 서로 다른 세부특징들에 대해 독립적인 저장소를 가정하는 병렬-독립 저장 모형은 서로 다른 기억항목에 분산된 상이한 세부특징들에 대해 독립적인 저장소의 활용 가능성을 의미하므로, 동일한 개수의 기억항목들이 단일 세부특징으로 구성된 경우에 비해 상대적으로 월등한 기억 파지 효율성을 예측한다. 실험 1은 이러한 차이의 발현 여부를 조사하는데 중점을 두었다.

방 법

참가자 XX대학교에서 지각심리학 혹은 실험심리학 수업을 수강하는 19세-26세 사이의 참가자 12명이 수업 이수조건을 충족하기 위해 실험 1에 참여하였다. 각 실험참가자는 참가동의서에 동의한 후 실험에 참여하였고, 정상 색상 지각과 정상 시력 또는 정상 교정시력을 보유하고 있음을 보고하였다.

도구 및 장치. 실험 자극을 제시하고 참가자의 반응을 기록하는 일련의 절차에는 Matlab으로 제작된 프로그램을 통해 IBM 호환 Pentium 4 개인용 컴퓨터에서 제어되었다. 자극은 19인치 LCD 모니터를 사용하여 화면 주사율 60Hz로 제시되었으며, 참가자와 모니터 사이의 거리는 약 60cm 이었다. 참가자의 반응은 z 키와 /? 키를 사용하여 입력되었다. 실험에 사용된 자극을 구성하는데 사용된 색상은 CIE 1931 색상좌표체계(International Commission on Illumination 1931 xyY color coordinate)를 기준으로 빨강(x = .544, y =

.337, 2.00 cd/m²), 파랑(x = .237, y = .212, 1.22 cd/m²), 하늘색(x = .282, y = .412, 8.04 cd/m²), 노랑(x = .463, y = .404, 4.41 cd/m²), 녹색(x = .314, y = .510, 5.59 cd/m²), 자주색(x = .433, y = .290, 3.07 cd/m²), 흰색(x = .376, y = .394, 10.73 cd/m²), 검정색(x = .302, y = .320, 0.47 cd/m²) 총 8가지 색상이며, 모든 자극들은 회색(x = .341, y = .353, 1.12 cd/m²) 배경화면 위에 제시되었다.

자극과 절차 그림 1에 실험 1에서 사용된 자극과 절차를 도해하였다. 실험 1의 단일 세부특징 기억 조건(이하 단일기억 조건)은 두 구획으로 나누어 각각 수평(0°), 수직(90°), 좌우 대각선(±45°) 네 종류의 검은색 방위막대를 사용한 구획과 8가지 색상을 사용한 색상도형으로 구성된 구획을 나누어 실시하였다. 반면, 세부특징 분할기억 조건(이하 분할기억 조건)에는 동일한 수의 색상도형과 방위막대가 좌우로 나누어 동시에 제시되었다. 모든 조건에서 개별 자극들(시각도 1.2° × 1.2°)은 가로 16.1° × 세로 13.8°의 영역에 동일한 수가 중앙의 응시점을 기준으로 좌, 우로 나누어 제시되었다. 분할기억 조건의 자극열은 동일한 영역에 1.4개의 색상도형과 동일한 수의 방위막대가 세부특징 유형에 따라 각각 좌측 혹은 우측 영역에 분리되어 제시되었다. 모든 시행의 시작에는 시선 고정을 위한 응시점(시각도 0.4° × 0.4°)이 1000ms 동안 제시되었다. 이후 기억자극이 제시되기 100ms 전에 응시점이 50ms 동안의 깜빡임으로 시행의 시작을 알려주었다. 기억자극은 500ms 동안 제시되었으며 1000ms의 기억지연 후에 검사자극이 제시되었

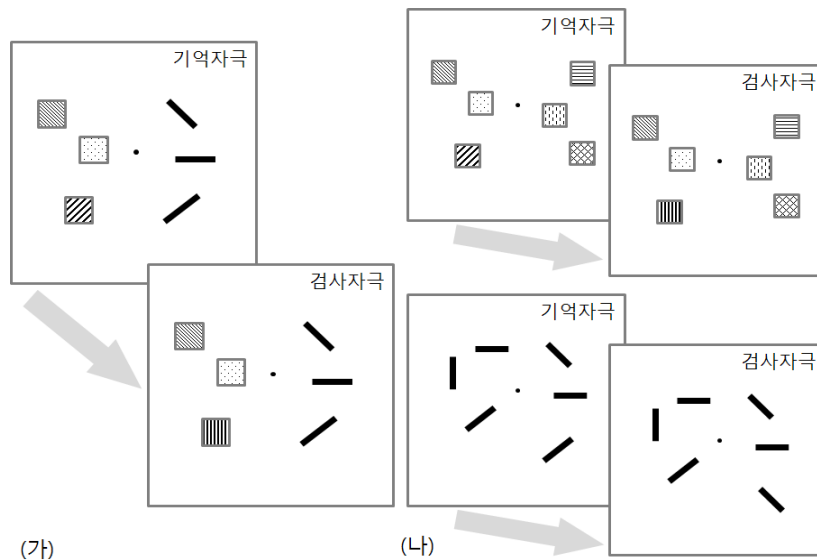


그림 1. 실험 1에서 사용된 (가)분할기억 조건(항목수 6, 색상변화 시행)과 (나)단일기억 조건(항목수 6)의 예. 사각형의 서로 다른 무늬는 서로 다른 색상을 의미한다. 기억자극과 검사자극 사이에는 1000ms의 기억지연이 존재하였으며 모든 예시에는 변화있음 시행만이 제시되었다. 실험 1에 참여한 전체 참가자의 절반에게는 (가)분할기억 조건에서 색상과 방위의 배치가 역전된 자극열(우-색상도형, 좌-방위막대)이 사용되었다. (나)단일기억 조건에서 색상변화탐지와 방위변화탐지 과제는 구획으로 구분되어 실시되었다.

다. 검사자극은 반응이 종료될 때까지 지속되었으며 반응에 대한 정답여부가 소리를 통해 고지되었다. 검사자극은 50 %의 시행에서 기억항목과 동일하게 제시되었으며, 나머지 50 %의 시행에서는 한 항목의 색상 혹은 방위가 기억항목과 다르게 제시되었다. 분할기억 조건의 변화 시행의 변화항목은 방위자극과 색상자극이 각각 64시행씩 동일하게 구성되었다. 개별 참가자들은 각각 256시행으로 구성된 단일기억 조건과 분할기억 조건에 대한 변화탐지과제를 수행하였다. 개별 참가자마다 두 조건의 순서를 교차시켜 과제순서에 대한 역균형화(counterbalancing)를 실시하였다. 모든 참가자들은 과제를 충분히 이해할 때까지 연습시

행을 수행하였다.

결과 및 논의

측정된 변화탐지 정확도에 대한 정확한 분석을 위해 기억항목을 구성하는 세부특징 유형(분할기억 vs. 단일기억) 및 항목 개수(2, 4, 6, 8) 두 변인을 대상으로 반복 측정에 근거한 이원 변량 분석(repeated-measure two-way ANOVA)이 실시되었다. 분석 결과, 전반적으로 분할기억 조건의 경우 단일 기억 조건에 비해 변화탐지가 정확한 것이 관찰되었으며, 이는 제시방법(단일 기억 vs. 분할 기억)에 따른 유의미한 주효과에 의해 지지되었다. $F(1,$

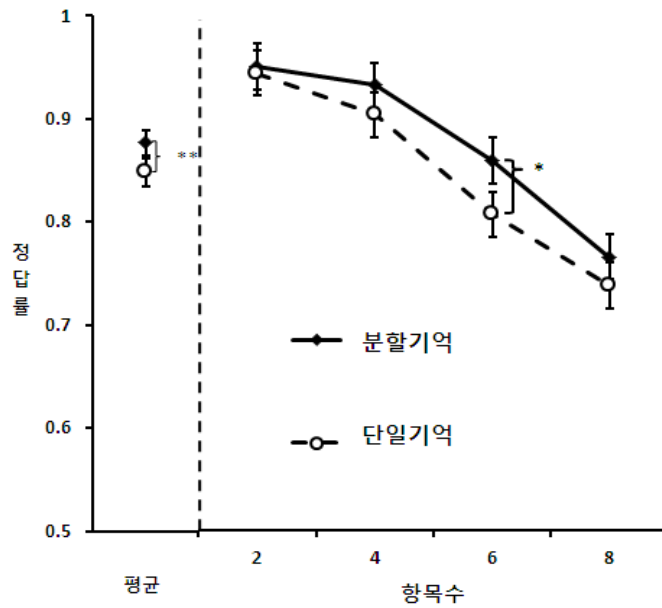


그림 2. 실험1의 두 조건의 평균정답률 및 항목수별 정답률. 세부특징 분할배열과 세부특징 단일배열 조건 간 제시방법의 주효과(왼쪽)는 유의미하였지만($p < .01$), 제시방법 \times 항목수의 상호작용은 유의미하지 않았다($p = .241$). 상호작용에 대한 오차막대(error bar)는 Loftus와 Masson이 제안한 95 % 피험자내 신뢰구간(within-subject confidence interval)이다 (Loftus & Masson, 1994). 평균에 대한 오차막대는 표준오차를 사용하였다.

11) = 10.9, $p < .01$ (그림 2 참고). 특히 항목 개수의 증가에 따른 변화탐지 정확도의 감소가 두 조건 모두에서 분명하게 나타났는데 이는 항목 개수의 유의미한 주효과에 의해 지지되었다, $F(3, 33) = 81.3, p < .001$.

일반적인 변화탐지 과제에서 실험 참가자의 추측 반응(guessing response)를 고려할 경우, 개별 조건에서 참가자가 기억에 성공한 기억항목의 개수를 추정하는 방식(k값 환산)이 제안된 바 있다(Pashler, 1988)²⁾. 일반적으로 변화탐

지 과제를 사용하여 작업기억의 특성을 연구할 때, 독립변인의 처치효과는 작업기억 용량에 영향을 줄 것이라는 가정 하에 이루어진다 (Rouder, Morey, Morey & Cowan, 2011). 그러나 재인기억(recognition memory)을 사용하는 변화탐지 과제의 특성 상, 과제 수행은 추측반응과 같은 요인들에 의해 영향을 받는다(Pashler, 1988). 따라서 K 값을 통해 조건 간 작업기억 내 저장된 항목수를 비교하는 분석은 매우 중요하다 할 수 있다.

이러한 K 값 추정치를 환산한 결과를 변화탐지 정확도와 동일한 방식으로 그림 3에 도해하였다. K 값에 대한 반복측정 이원 변량분석(two-way ANOVA) 결과, 제시유형의 주효과

2) K 값은 시각작업기억 내 저장된 항목수를 가늠하는 지표로써 사용되며, [적중률(Hit rate)-오경보(False Alarm)]/(1-오경보(False Alarm)) \times [항목수(Setsize)]로 계산된다.

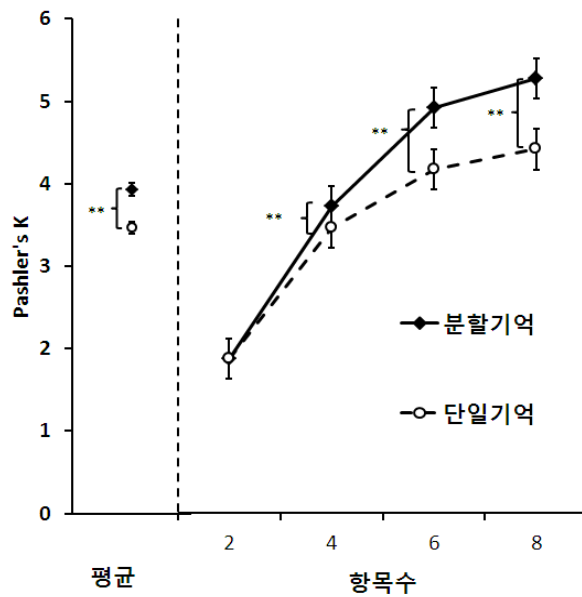


그림 3. 실험1의 K값 분석 결과. 분할유무(분할기억vs.단일기억)의 주효과($p < .01$)와 분할유무 X 항목수의 상호작용($p < .05$)이 유의미하였다. 개별 항목수 별 조건 간 차이에 대한 반복측정 ANOVA 분석 결과 항목수 2를 제외한 4, 6, 8 조건이 $p < .05$ 수준에서 유의미하였다.

($F(1, 11) = 10.9, p < .01$)와 제시유형 X 항목수의 상호작용($F(3, 33) = 5.638, p < .05$)이 유의미하였다. 단일기억과 분할기억 조건의 평균 K 값은 각각 $3.47 \pm .16, 3.93 \pm .14$ 이었다. 특히 K 값 분석에서는 항목 개수가 단계적으로 증가함에 따라 분할기억과 단일기억 조건간의 변화탐지 정확도 차이가 좀 더 분명해지는 상호작용 패턴이 발견되었다, $F(3, 33) = 5.6, p < .05$.

실험 1의 결과로 볼 때, 세부특징을 공유하지 않는 두 종류의 항목들로 구성된 기억 항목들을 파지하는 것은 동일한 수의 단일 세부특징 항목들로 구성된 기억항목들을 파지하는 것보다 효율적일 가능성이 관찰되었다. 또한 K 값 분석을 통해 나타난 바와 같이, 항목수

가 증가할수록 두 조건 사이의 차이는 높은 기억부담 상황(항목수 4, 6, 8)에서 좀 더 분명한 것으로 나타났다.

서로 다른 두 기억항목 집단을 상이한 세부특징으로 구성된 경우(분할 기억)가 두 집단을 동일한 세부특징으로 구성된 경우(단일 기억)보다 기억 파지에 있어서 상대적으로 유리함을 보여준 실험 1의 결과는, 항목 개수 단위의 저장을 강조하는 일반적인 통합된 객체 모형의 관점에서는 즉각적인 해석이 어려우며 병렬-독립 저장 모형에서 주장하는 서로 다른 세부특징에 대한 독립적 저장소에 근거해 일부 부분 해석이 가능한 것으로 판단된다. 즉 두 조건 간 동일한 개수의 항목에 대한 기억이 요구될 경우, 병렬-독립 저장 모형은 두 가지

세부특징으로 구성된 분할 기억 조건에 한 가지 세부특징으로 구성된 단일 기억 조건에서 이론적으로는 기억 부담이 두 배 정도 증가할 것을 예측하므로 결과적으로 단일 기억 조건에 비해 분할 기억 조건에서 두 배 정도의 현격한 기억 수행 축진을 예상한다.

이러한 예상과 어느 정도 일관되게 실험 1의 분할 기억 조건에서는 단일 기억 조건에 비해 평균적으로 기억 정확도가 향상된 것으로 나타났으며(그림 2의 정확도 평균 참고), 기억된 항목의 개수 또한 상대적으로 증가한 것으로 나타났다(그림 3의 K 값 평균 참고). 그림에도 불구하고 분할 기억 조건에서의 전반적인 기억 수행은 극단적인 병렬-독립 모형에서 예측한 두 배 정도의 현격한 기억 축진으로 이어지지는 못한 것이 관찰된다. 병렬-독립 모형이 예측한 분할 기억 조건에서 현격한 기억 축진이 실험 1에서 비교적 분명하지 못했다는 점은 결과적으로, 항목 개수 증가에 따른 기억 파지 과정에 어느 정도의 처리 비용(cost)이 두 조건 모두에서 공히 요구되었음을 의미한다. 이는 결과적으로는 병렬-독립 저장 모형 또한 실험 1의 결과를 설명하는데 있어서 한계가 있으며, 항목 개수 단위의 통합적 저장을 가정하는 통합된 객체 모형과의 절충이 필요함을 의미한다.

Olson과 Jiang (2002)은 병렬-독립 저장 모형에 대해 보다 타협적인 입장을 고려한 바 있다. 이러한 입장은 약한 객체(weak-object) 관점으로 일컬어지며, 강한 객체(strong-object) 관점에 해당하는 통합된 객체 모형과 반대로, 강한 세부특징 기반(strong-feature) 관점에 해당하는 병렬-독립 저장 모형의 절충적인 관점을

제시하고 있다. 즉 약한 객체 관점은, 기억 항목을 구성하는 세부특징 정보들이 그 항목 내에 성공적으로 통합될 여건이 주어질 경우에만 제한적으로 통합적 표상을 형성한다고 주장한다. 그러나 Olson과 Jiang은 색상-색상 결합자극과 같은 동일 세부특징 정보 간 결합 시에 비용(cost)이 발생하였음을 보고하였으며 효율적인 항목 내 통합이 경우에 따라 어려울 수도 있음을 보여주는데 그치고 있다. 반면, Luria & Vogel(2011)의 최근 연구에서도 색상-색상 결합 자극이 단순 세부특징 자극과 비교해 동일한 수준의 반응이 보고되는 등, 약한 객체 관점을 지지하는 일관된 결과는 아직 부족한 실정이다.

경우에 따라서는 실험 1의 결과 또한 이러한 약한 객체 관점을 지지하는 결과로 이해될 수 있으며, 단일 기억 조건에서처럼 동일 세부특징으로 구성된 항목들 간 간섭에 비해, 분할 기억 조건의 경우처럼 색상과 방위와 같은 서로 다른 차원의 세부특징을 보유한 항목 간에는 상대적으로 적은 간섭을 일으키는 것으로 해석할 수 있다. 이는 Olson과 Jiang (2002)의 연구에서 색상-색상 결합자극이 추가적인 비용(cost)을 발생시켰는지를 설명하는 근거가 되기 때문이다.

그러나 실험 1에 대한 또 하나의 가능한 해석은 시야의 좌우에 색상과 방위 차원에서 분할되어 제시된 기억항목들이 단일 세부특징으로 구성된 단일기억 조건에 비해 상대적으로 개별 기억 항목의 서로 다른 세부특징에 의한 집단화(grouping)가 용이했을 가능성이다. 이러한 집단화의 용이성은 기억항목의 부호화를 도와주어 기억 파지를 향상시키는 것으로 보

고된 바 있다(Woodman, Vecera & Luck, 2003; Jiang, Chun & Olson, 2004). 그러나 Woodman과 그의 동료들(2003)의 연구는 집단 내 항목을 집단 외 항목과 비교하여 상대적 수행 증가를 보고하였을 뿐, 시각작업기억을 활용하는 다수의 연구에서 실험 1에서와 같이 지각적 수준에서의 집단 분할 용이성이 전체 항목에 대한 기억수행의 증가로 이어진 사례는 제대로 보고된 바가 없다. 또한 Jiang과 그의 동료들(2004)의 연구 역시, 동일한 위치에 겹쳐서 제시된 원의 위치와 막대의 방향 간 정보의 집단화 처리 특성을 보고 했을 뿐 본 연구에서와 같이 서로 다른 위치에 제시된 항목 간 집단화의 영향에 대해서는 구체적인 검증이 시도되지 않았다. 따라서 실험 2에서는 이러한 집단화 가능성을 통제된 상황에서 분할 및 단일 기억 조건의 기억 효율성에 대한 관찰을 시도하였다.

실험 2

실험 1은 세부특징을 공유하지 않는 두 종류의 기억항목들을 기억하는 것은 동일한 수의 단일 세부특징 기억항목들을 기억하는 것보다 상대적으로 효율적일 가능성을 보여주었다. 이러한 결과는 극단적인 통합된 객체 모형이나 극단적인 병렬-독립 저장 모형의 관점에서는 모두 해석되기 어려운 결과에 해당하며 따라서 약한 객체 관점을 지지하는 결과로 간주될 수 있다. 그러나 이에 대한 또 하나의 가능한 해석은 시야의 좌우에 색상과 방위 차원에서 상호 분할되어 제시된 기억항목들이 단일 세부특징으로 구성된 단일기억 조건에

비해 상대적으로 개별 기억 항목의 서로 다른 세부특징에 의한 집단화가 용이했을 가능성이 있다.

이처럼 집단화에 근거한 부호화의 용이성을 통제하기 위해, 개별 시야에 각각 서로 다른 세부특징을 사용한 기억항목을 제시하는 것보다 두 가지의 세부특징으로 구성된 자극 즉 결합 자극(conjunction stimulus)을 제시하되 각각의 세부특징들에 대한 기억을 요구하는 방법을 고려할 수 있다. 즉 양쪽 시야에 색상과 방위로 구성된 색상 방위막대(colored-orientation bar)를 제시하되, 실험 1과 동일하게 분할기억 조건에서는 좌, 우 각각의 시야에서 색상 혹은 방위 한 차원의 세부특징 변화만이 일어나도록 처치하고(예. 좌-색상변화, 우-방위변화) 실험 1의 단일기억 조건에 해당하는, 세부특징 통합기억 조건(이하 통합기억 조건)에서는 이러한 구분 없이 모든 세부특징에 대한 통합적인 기억을 요구하는 절차가 가능하다. 실험 2는 기억항목에 대한 감각적 집단화의 가능성을 통제된 상태에서 분할기억 조건과 통합기억 조건 간의 기억 수행의 차이 여부를 조사함으로써 실험 1의 결과에 대한 보다 명확한 해석을 시도하였다.

방 법

참가자 xx대학교에서 지각심리학 혹은 실험심리학 수업을 수강하는 19세~27세 사이의 참가자 12명이 수업 이수조건을 충족하기 위해 실험 3에 참여하였다. 각 실험참가자는 참가 동의서에 동의를 한 후에 실험에 참여하였고, 정상 색상 지각과 정상 시력 또는 정상

교정시력을 보유하고 있음을 보고하였다.

도구 및 장치 실험 2에 사용된 도구 및 장치는 실험 1과 동일하였다.

자극과 절차 그림 4에 실험 2에서 사용된 자극과 절차를 도해하였다. 실험 2는 실험 1과 동일한 절차로 진행되되 색상과 방위차원의 세부특징을 모두 가진 색상 방위막대를 사용하였다. 실험2의 모든 조건에서 기억항목들의 배열은 실험 1과 동일한 영역 내에 2-8개의 색상 방위막대가 좌우 영역에 동일한 수로 제시되었다. 실험 2의 통합기억 조건에는 각각 수평(0°), 수직(90°), 좌우 대각선(±45°) 네 종류의 색상 방위막대로 구성된 세부특징 결합자극을 사용하여 변화탐지과제를 사용하였다.

통합기억 조건 역시 동일한 수의 색상 방위막대가 좌우로 나뉘어 동시에 제시되었다.

통합기억 조건과 분할기억 조건의 주요한 차이는 검사자극의 변화 유형에 있었다. 통합기억 조건의 모든 검사항목들이 색상 혹은 방위 세부특징이 변화할 수 있는데 반해, 분할기억 조건의 검사항목들은 좌, 우로 구분되어 각각의 영역에 하나의 세부특징에 한정된 변화만이 발생하였다. 좌우 영역과 변화 세부특징들의 조합에 대한 역균형화가 실시되었다. 즉, 전체 참가자의 받은 좌측영역이 색상변화 영역, 우측영역이 방위변화영역으로 지정되었으며 나머지 받은 변화 세부특징과 영역이 반대로 짝지어졌다. 실험 1과 동일하게 분할기억 조건과 통합기억 조건 간 역균형화가 실시되었으며, 조건 간 차이에 대한 사전고지 없

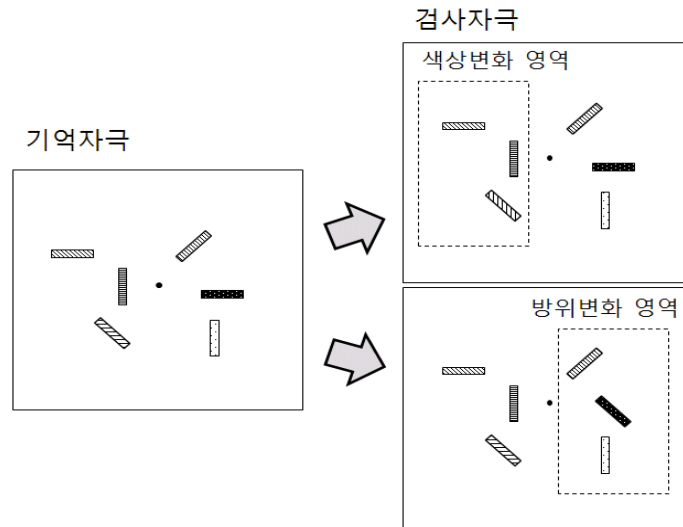


그림 4. 실험 2의 분할기억 조건에서 좌측이 색상변화 영역, 우측이 방위변화 영역으로 할당된 예. 자극들의 패턴은 각각의 색상을 의미한다. 실험 2에서는 색상과 방위 정보를 가진 결합자극이 사용되었으며, 분할기억 조건의 경우 응시점을 기준으로 구분된 두 영역내의 항목 중 하나가 색상 혹은 방위 차원에서 변화하였다. 영역과 변화 세부특징 간 조합은 피험자 간 역균형화가 이루어졌다.

이) 동일한 과제를 두 구획으로 나누어 실시하는 것으로 고지되었다. 두 조건은 각각 128시행의 변화 있음과 변화 없음 시행으로 구성되었으며 변화 있음 조건에는 각각 64시행의 색상변화 조건과 방위변화 조건이 포함되었다. 모든 참가자들은 과제가 끝난 후 조건 간 차이에 대해 인지하지 못하였다고 보고하였다⁴⁾.

결과 및 논의

실험 1과 동일하게 측정된 변화탐지 정확도와 K 값에 대한 정확한 분석을 위해 기억항목

- 3) 분할기억 조건에 대한 참가자의 정확한 이해는 실험 2의 처치를 고려할 때 반드시 필요한 것은 아니다. 즉 각각의 기억 유형 조건에서 참가자는 반드시 좌우 시야에 서로 다른 세부특징 차원 즉 색상 혹은 방위 차원에서 변화가 발생한다는 사실에 대한 명시적인 이해 없이 모든 기억 항목 중 하나에 색상 혹은 방위 차원에서 변화가 발생할 수 있다는 사실만을 이해하는 것만으로도 두 조건의 처치는 분명해진다. 특히 분할 및 통합기억 조건에 관계없이 개별 기억항목이 색상 혹은 방위 차원에서 변화가 발생할 수 있으며, 세부특징에 관계없이 기억항목과 검사항목의 동일성 혹은 차이 여부만을 탐지하여 보고하도록 지시하였다.
- 4) 실험 2의 자극 상황 역시 실험 1의 경우와 마찬가지로 좌 혹은 우 시야 별 색상 혹은 방위 별 집단화의 가능성이 여전히 존재한다. 그러나 실험 1의 경우는 기억항목의 집단화 자체가 자극 자체의 세부특징의 차이에 의해 부호화 단계에서 이미 자동적이고 상향적(automatic bottom-up) 방식의 집단화로 이어질 가능성이 크다는 점에서 기억외적인 요인으로써 변화탐지 정확도에 영향을 미칠 가능성이 크다. 실험 2에서 결합 자극을 사용한 집단화에 대한 통제는 이러한 문제점에 대한 보완을 염두에 두고 시도되었다.

의 세부특징 변화 유형(분할 vs. 통합기억) 및 항목 개수(2, 4, 6, 8) 두 변인을 대상으로 반복 측정에 근거한 이원 변량 분석(repeated-measure two-way ANOVA)이 실시되었다. 분석 결과, 정확도에서는 분할기억 조건과 통합기억 조건 간 차이가 발견되지 않은 반면, K 값의 경우 실험 1과 동일하게 분할기억 조건이 통합기억 조건에 비해 높은 변화탐지 정확도가 관찰되었다, $F(1, 11) = 5.93, p < .05$. 항목 개수의 증가에 따른 변화탐지 정확도의 감소 역시 두 조건 모두에서 분명하게 나타났으며 이는 항목 개수의 유의미한 주효과에 의해 지지되었다, $F(3, 33) = 120.2, p < .001$. 통합기억 조건과 분할기억 조건의 평균 K 값은 각각 $3.18 \pm .55, 3.56 \pm .41$ 이었으며 변화유형 X 항목수의 상호작용은 정답률, K 값 모두 유의미하지 않았다.

실험 2의 결과로 볼 때, 동시에 서로 다른 항목의 색상과 방위에 대한 선별적 처리가 효율적으로 수행될 가능성이 있다. 그러나 이러한 효과는 항목수 4 조건에서만 제한적으로 관찰되었다[정확도, $F(1, 11) = 7.43, p < .05$ 및 K 값, $F(1, 11) = 21.0, p < .01$]. 또한 변화유형과 항목수의 상호작용은 관찰되지 않았다.

실험 2의 결과, 기억항목의 상호 구분되는 세부특징에 의해 좌, 우 시야 항목에 대한 집단화가 불가능 할 경우 기억 정확도 측면에서 분할기억 조건과 통합 기억 조건의 차이는 그다지 분명하지 않았다(그림 5). 환산된 K 값 측정치의 경우, 개별 항목 개수 조건에 관계 없이 평균적으로는 분할 기억 조건이 통합 기억 조건에 비해 상대적으로 K 값이 높은 것으로 나타났으나(그림 6의 K 값 평균치 참고),

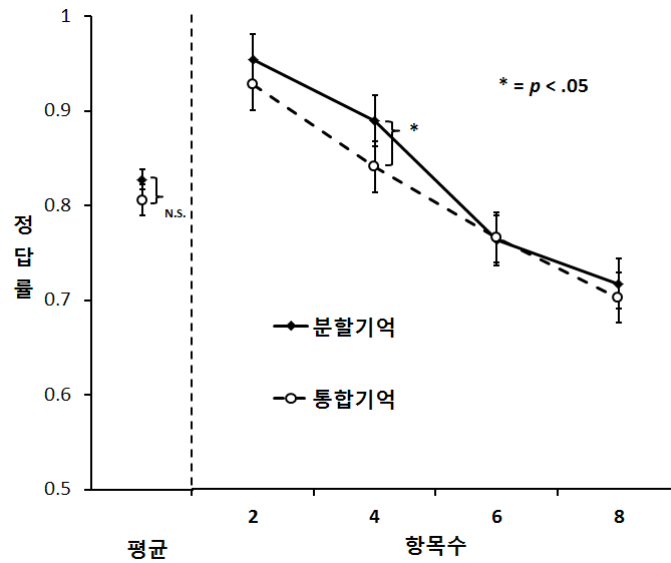


그림 5. 실험 2의 정답률 도표

항목 개수 조건에 따른 촉진 효과의 일관성은 비교적 부족한 것으로 나타났다. 또한 실험 1과 마찬가지로, 분할 조건과 통합 조건의 상대적 정보량 차이에 근거한 병렬-통합 모형의 예측 즉, 분할 기억 조건에서의 월등한 기억 촉진 효과는 여전히 관찰되지 않았다.

실험 1의 결과에 견주어, 실험 2는 기억 항목들 간 구분되는 두 세부특징에 의한 집단화 가능성이 통제되었을 때, 독립-병렬 저장 모형이 예측하는 분할 기억 조건의 촉진 효과는 상대적으로 감소됨을 보여주었다. 그럼에도 불구하고 이와 같은 촉진 효과는 일부 항목 개수 조건에서 분명하게 관찰되고 있으며(예: 실험 2의 항목개수 4 조건) 특히 평균적인 과제 난이도 증가에 따른 추측 반응의 가능성을 감안한 K 값 환산치의 경우, 기억에 성공한 항목개수 차원의 평균치 차원(K 값 평균)에서 분명한 촉진 효과가 관찰되었다.

기억항목들의 세부특징에 근거한 집단화의 영향력을 배제한 실험 2에서도 이러한 촉진 효과가 부분적으로 관찰되었다는 점은, 실험 1에서와 마찬가지로 독립-병렬 저장 모형이 가정하는 세부특징들에 대한 독립적 저장소 존재할 가능성을 일부분 시사한다. 반면 분할 기억 조건과 통합 기억 조건 간 분명한 정보량의 차이에도 불구하고 항목 개수의 증가에 따른 분할 기억 조건에서의 월등한 기억 촉진이 관찰되지 않았다는 점은 실험 2의 결과 또한 실험 1에서와 마찬가지로 독립-병렬 저장 모형의 관점에서는 명료한 해석이 어려우며, 통합적 객체 모형의 관점에서의 추가적인 해석이 요구됨 또한 의미한다.

실험 2는 함의적으로 볼 때, 역시 실험 1의 해석과 동일하게 약한 객체 관점을 지지하는 결과로 간주될 수 있다. 일반적으로 통합적 객체 모형의 관점에서 시각작업기억에 저장된

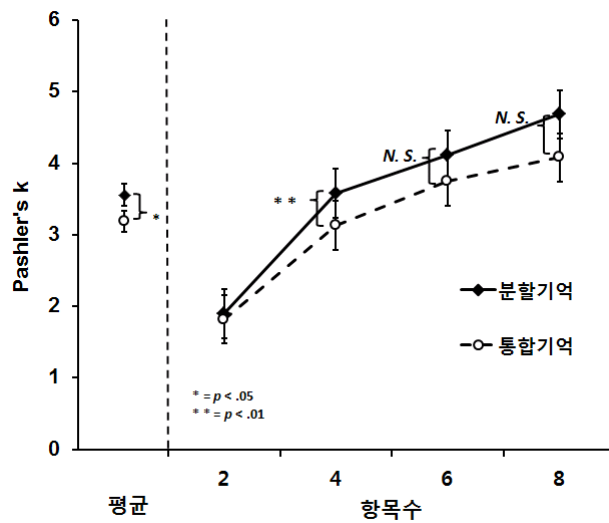


그림 6. 실험 2의 K값 분석 도표.

기억항목의 둘 이상의 세부특징 정보들은 과제 비관련 정보라 하더라도 단일 항목 내에 효과적으로 통합되어 일괄 표상되는 것으로 알려져 있으며(Jiang et al., 2004), 이는 둘 이상의 세부특징으로 구성된 기억항목의 두 세부특징을 모두 표상하는 것과 그 중 하나만을 선별적으로 표상하는 것이 분명한 정보량의 차이에도 불구하고 기억 부담 측면에서 큰 차이를 초래하지 않음을 의미한다.⁵⁾

5) 실험 2에서 분할 및 통합기억 조건 간 큰 차이가 없었던 원인에 대해서는, 조건 간 차이에 대한 명시적(explicit) 설명이 없었으므로 두 조건 간 처치의 차이가 불분명했을 수 있다는 반론이 가능하다. 이러한 가능성을 검증하기 위해 분할 기억 조건을 먼저 시행한 참가자 집단과 통합기억 조건을 먼저 시행한 집단 간 분할 및 통합 조건의 정확도 값을 조사하였다. 그 결과 실험 2의 결과 해석과 일관되게, 두 집단 모두 분할 기억 조건에서 상대적으로 정확한 변화탐지 정확도가 관찰되었으나 그 향상의 정도는 비교적 크지 않은 것으로 나타났다(각각 3.0%와 1.4%).

그러나 본 연구의 실험 2에서는 둘 이상의 세부특징으로 구성된 기억 항목들 중 서로 다른 항목 간 상이한 세부특징을 기억하도록 요구한 경우 즉 기억 항목들을 구성하는 둘 이상의 세부특징 들 중 한 가지만을 선별적으로 기억하도록 요구한 분할 기억 조건에서 기억 수행이 평균적으로 촉진되는 것이 관찰되었다. 이러한 선별적 저장 요구가 기억 부담을 감소시킬 가능성이 있다는 점은 분명히 병렬-독립 저장 모형을 지지하는 결과이긴 하나, 기억 항목 개수의 증감에 따라 예상되는 분할 기억 조건의 현격한 기억 촉진 효과가 실험 2에서 그다지 분명하지 않았다는 면에서는 역시 통합적 객체 모형의 주장 또한 배제시키기 어려운 결과로 평가할 수 있다. 따라서 실험 2의 결과는 실험 1과 마찬가지로, 통합된 객체 모형이나 병렬-독립 저장 모형 중 한 가지에 근거해서는 단언적인 해석이 어려운 것으로 판단되며, 기존의 약한 객체 관점에 대한 지지

및 추가적인 함의를 제공하는 결과라 할 수 있다.

종합 논의

본 연구의 결과, 서로 다른 항목을 구성하는 두 세부특징들에 대한 분할 기억 요구는 작업기억의 효율성을 일부 증가시키나, 이러한 분할 기억 요구에도 불구하고 항목 개수의 증가에 따른 기억부담의 영향력은 여전히 강력한 것이 관찰되었다. 이러한 결과는 통합적 객체 모형 혹은 병렬-독립 모형 양 쪽의 극단적인 주장에 의해서는 명확히 설명되기 어려우며 따라서 두 모형의 절충적 관점을 취하고 있는 약한 객체 관점을 지지하는 것으로 해석될 수 있다.

보다 자세한 논의를 위해 실험 1과 실험 2 사이의 개념적 비교가 표 1에 제시되었다. 실험 1의 분할기억 조건은 항목들이 좌, 우 영역 간 세부특징을 공유하지 않는 항목들에 의해 나뉘어 제시된 뒤 범주 내에서 변화하였다. 이러한 처치는 항목 개수에 의한 기억부하가 동일하게 유지되는 반면, 단일 세부특징 내 정보의 양을 선별적으로 저하시킬 것으로 생

각되었으며 그 결과 시각작업기억 수행이 향상된 것으로 나타났다.

그러나 실험 2와 달리 실험 1의 분할 기억 조건에서의 상대적으로 분명하게 발현된 기억 촉진 효과는 항목 간 서로 다른 세부특징에 의한 집단화에서 오는 부호화 효율성의 추가적 기억 촉진 효과에 기인할 가능성이 있다. 실험 1과 달리 색상과 방위를 모두 보유한 결합자극을 사용한 실험 2는 좌, 우 자극 제시 영역 간 동일한 자극을 사용하여 기억 항목의 감각적 세부특징의 차이에 근거한 부호화 단계의 집단화 가능성을 통제하였으며 검사항목의 출현 시 변화가 초래된 세부특징의 차원만을 좌, 우 시야에 걸쳐 달리함으로써 좌우 시야에서 각기 서로 다른 세부특징을 선별적으로 기억하도록 요구하였다. 실험 2의 이러한 처치 하에서는 분할기억 조건의 기억 촉진 효과는 실험 1에 비해 상대적으로 일관성이 결여되어 있기는 하나, 평균적으로는 여전히 나타나고 있음(실험 2의 *K* 값 평균치 차이)이 관찰되었다.

실험 1과 2의 결과에서 관찰된 바와 같이, 서로 다른 기억 항목들의 상이한 세부특징을 기억하는 단일 혹은 통합 기억 조건에 비해

표 1. 본 연구에서 수행된 실험들 간 개념적 비교. 항목수 4의 예.

	항목수	분할 제시	분할 변화	총 정보량 (세부특징 정보의 수)	범주 당 정보량	항목 당 정보량
단일기억 (실험 1)	4	×	×	4	4	1
분할기억 (실험 1)	4	○	○	4	2	1
통합기억 (실험 2)	4	×	×	8	4	2
분할기억 (실험 2)	4	×	○	과제관련 4	과제관련 2	과제관련 1

동일한 기억 항목들의 한 가지 세부특징만을 구분해 기억하는 분할 기억 조건에서 상대적인 기억 축진이 가능하다는 점은 앞서 실험 1과 2의 해석에서 언급된 바와 같이 병렬-독립 저장 모형의 주장을 지지하는 결과로 해석할 수 있다. 이는 특히 기억 항목을 구성하는 둘 이상의 세부특징 중 한 가지에 대한 독립적인 저장과 재인이 요구되는 본 연구의 분할 기억 조건과 같은 처치 아래에서는 이에 상응하는 단일 혹은 통합 기억 조건의 단일 세부특징에 대한 재인을 요구하는 경우보다 항목 개수가 커질수록 오히려 기억 부담이 상대적으로 월등하게 감소할 것을 예측한다.

그럼에도 불구하고, 실험 1과 2의 분할기억 조건에서의 상대적 기억 축진은 병렬-독립 모형의 예측과는 달리 그다지 분명하지 않았다. 특히 서로 다른 세부특징들 간의 감각적 집단화의 영향력에 의해 분할 기억 조건에서의 기억 축진 효과가 상대적으로 더욱 분명하게 발현된 것으로 나타난 실험 1에서조차도, 여전히 항목 개수 증가에 따른 이러한 현격한 기억 축진 효과는 드러나지 않았으며 집단화의 영향력을 통제한 실험 2에서는 이러한 축진 효과는 더욱 더 불분명해 졌다.

결과적으로 볼 때, 실험 1과 2의 결과에 대해서는 극단적인 병렬-독립 저장 모형의 관점에서 배타적인 해석을 시도하기 보다는 그에 대한 대안으로 통합된 객체 모형의 관점을 고려할 필요가 있다. 극단적인 통합적 객체 모형 즉 강한 객체 모형에서는 기억 항목을 구성하는 세부특징의 개수는 기억 부담의 증감과 전혀 관련이 없으며 기억 항목의 개수 증감만이 기억 부담의 정도를 결정한다고 주장

한다. 이러한 극단적인 강한 객체 모형은 실험 1과 2에서 분할 기억 조건과 단일 및 통합 기억 조건 간의 기억 수행의 차이가 나타나지 않을 것을 예측한다.

강한 객체 모형의 예측에도 불구하고, 실험 1과 2의 분할 기억 조건에서 기억 수행이 단일 및 통합 기억 조건에 비해 상대적으로 향상되었다는 점은, 강한 객체 모형 또한 실험 1과 2의 결과를 효과적으로 설명하지 못함을 의미한다. 결과적으로 두 극단적인 모형이 실험 1과 2의 결과 패턴에 대한 정확한 설명에 모두 실패하였음을 고려할 때, 두 모형을 절충하는 대안책으로 제안된 약한 객체모형은 본 연구의 실험 1과 2의 결과를 비교적 잘 설명해 줄 수 있는 모형으로 판단된다.

본 연구의 목적은 서로 다른 기억 항목들이 보유한 상이한 세부특징에 대한 처리 요구가 작업기억에 미치는 영향을 탐색적으로 살피는데 있었으며, 따라서 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 실험 1에서 관찰된 효과가 순수한 세부특징 분할에 의한 집단화(grouping)에 의한 효율성 증가에 의한 것인지 혹은 좌, 우 분할에 의한 공간적 집단화효과와의 상호작용인지 여전히 명확하게 구분하기 어렵다. 본 연구는 실험 간 비교를 위해 모든 실험에서 항목들이 좌우로 구분된 두 영역으로 나뉘어 제시되었다. 따라서 실험 1에서 세부특징 분할에 의한 구분 외에 공간적인 분리 역시 기억수행을 효율적으로 이루어지게 한 요인일 수 있다. 추후, 공간적 분리 없이 세부특징을 통해서만 구분되는 자극들을 사용하여 이러한 가능성을 살펴 볼 필요가 있다. 즉, 구분되지 않은 하나의 영역에 세부특징에 의해 구분되

는 두 종류의 자극들을 혼합하여 제시한 뒤 변화탐지 과제를 실시하였을 때 동일한 결과를 얻을 수 있는지 조사해볼 필요가 있다.

둘째, 본 연구는 검증이 요구되는 가설의 측면에서는 통합된 객체 모형과 병렬-독립 기억 모형 간 대립적 관점에서 접근하고 있으나 실험 1과 2의 결과를 통해 두 모형의 상충적 입장을 절충하는 대안적인 모형의 필요성을 강조한다. Olson과 Jiang(2002)은 세부특징 병렬-독립 저장 모형에 대해 보다 타협적인 입장을 고려한 바 있다. 이러한 입장은 앞서 소개된 바와 같이 약한 객체 관점으로 일컬어지며, 강한 객체 관점에 해당하는 통합된 객체 모형과 강한 세부특징 기반 관점에 해당하는 병렬-독립 모형의 절충적인 관점을 제시하고 있다. 약한 객체 관점에서 단일 세부특징 내 정보량은 여전히 중요한 요소이지만 이러한 정보들이 항목 내에 성공적으로 통합될 때, 정보처리 효율성은 향상될 수 있다고 본다.

따라서 본 연구 역시, 색상-방위 결합자극에 대해 서로 다른 세부특징에 대한 선별적 처리가 동시에 병렬적으로 수행될 수 있다는 전제하에서만 제한적으로 통합된 객체 이론을 지지하는 결과로 간주될 수 있다. 그러나 이러한 절충적 해석은 기존의 비교적 잘 정립된 모형들의 단언적 주장에 대한 타당성 검증 보다는 상충되는 양 극단의 모형에서 연구의 결과 해석에 도움이 되는 부분만을 선별적으로 취합하고 있다는 비판을 모면하기 어렵다. 특히 실험 2와 같이 조건 간 처치의 효과가 불분명할 경우 두 모형 중 하나를 명확하게 지지하는 결과를 도출하기 어렵다는 지극히 당연한 반론은 분명히 본 연구의 가장 큰 제한

점에 해당하며, 반드시 추가적인 검증이 요구되는 부분에 해당한다. 따라서 본 연구가 취한 절충적인 관점에 근거한 결과 해석의 시사점은, 본 연구가 기초를 둔 병렬-독립 저장 모형과 통합적 객체-모형의 타당성 검증에 명료한 해답을 제공하기 보다는 보다 설명력있고 타당한 모형을 제안하기 위한 하나의 수렴적 증거로 활용되는 것이 바람직하다고 판단된다. 시각작업기억의 표상 특성을 이해하기 위한 추후 연구는 본 연구가 취한 탐색적 검증과 그에 따른 절충적 해석의 한계점을 분명히 극복하는 방향으로 시도되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Awh E, Dhaliwal H, Christensen S, Matsukura M (2001), Evidence for two components of object-based selection. *Psychological Science*, 12, 4, 329-334.
- Cowan, N. (2001), The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity, *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.
- Gajewski, D. A., & Brockmole, J. R. (2006). Feature bindings endure without attention: Evidence from an explicit recall task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 581-587.
- Huang, L., & Pashler, H. (2012). Distinguishing Different Strategies of Across-Dimension Attentional Selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38, 2, 453-463.

- Jiang, Y., Chun, M., & Olson, I. (2004). Perceptual grouping in change detection. *Perception & Psychophysics*, 66, 446-453.
- Jiang, Y., Olson, I., & Chun, M. (2000). Organization of visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 683-702.
- Loftus, G. R. and Masson, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in within-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 476-490.
- Luck, S. J. and Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for feature and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Luria, R., & Vogel, E. K. (2011). Shape and color conjunction stimuli are represented as bound objects in visual working memory. *Neuropsychologia*, 49, 1632-1639.
- Magnussen, S., Greenlee, M. W., & Thomas, J. P. (1996). Parallel processing in visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 202-212.
- Miller, G. A. (1956) The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Olson, I. R., & Jiang, Y. (2002). Is visual short-term memory object based? Rejection of the “strong object” hypothesis. *Perception & Psychophysics*, 64, 1055-1067.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, 44, 369-378.
- Rouder, J. N., Morey, R. D., Morey, C. C., & Cowan, N. (2011). How to measure working memory capacity in the change detection paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 324-330.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74, 1-29.
- Wilken, P., & Ma, W. J. (2004). A detection theory account of change detection. *Journal of Vision*, 4, 12, 1120-1135.
- Woodman, G. F., Vecera, S. P., & Luck, S. J. (2003). Perceptual organization influences visual working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 80-87.
- Xu, Y. (2010), The Neural Fate of Task-Irrelevant Features in Object-Based Processing. *Journal of Neuroscience*. 30, 42, 14020-14028
- 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
- 1 차원고접수 : 2012. 9. 4
수정원고접수 : 2012. 11. 21
최종게재결정 : 2012. 12. 11

The Effect of Memory Demand for The Same or Different Features across Items in Visual Working Memory on Their Storage Performance

Dae-Gyu Kim

Joo-Seok Hyun

Department of Psychology, Chung-Ang University

The present study examined Visual Working Memory (VWM) storage efficiency when items with different features are displayed across different positions. In separate-memory condition of Experiment 1, either colored boxes or orientation bars were displayed respectively on either side of the visual fields as memory items whereas the items were all colored boxes or orientations bar in a control condition. Subjects were asked to remember the features of the memory items followed by a brief memory delay. After the delay, test items were displayed and subjects reported presence or absence of a change in either color or orientation across the memory and test items. The results showed that change detection performance was significantly higher in the separate memory condition than the control condition. Also, the difference became more apparent if the set size became larger. In Experiment 2, the items in separate-memory condition were replaced with colored orientation bars (i.e., conjunction items). The change in the test items could occur in either color or orientation dimension, but the side of visual fields for its occurrence was designated exclusively for each features (e.g., left for color vs. right for orientation). In the control condition (i.e., integrate-memory condition), no such constraint was present and either color or orientation change could occur randomly across the sides of visual fields. The results showed that the difference in change detection performance between separate-memory and the control conditions was greatly reduced, and no differential effect of the setsize manipulation was observed across each condition. These results support the weak-object hypothesis where items in VWM are represented flexibly either as a form of well-bound features or of independently-stored discrete features. rather than the strict models according to integrated-object or parallel-independent storage hypothesis.

Key words : Visual Working Memory, change detection, integrated object, parallel-independent storage, weak-object hypothesis