인지과학, 제23권 제2호
Korean Journal of Cognitive Science
2012, Vol. 23, No. 2, 225～248.

기억자극의 과제 무관련 세부특징 정보가 과제 관련 세부특징에 대한 시각단기재인에 미치는 영향*

현 주 석†
중앙대학교 심리학과

시각단기재인 과정에 대한 유사성 합산 모형은 단기기억에 저장된 기억 표상들과 재인검사 자극 간 유사성의 합산치가 재인의사결정을 좌우한다고 제안한다[1]. 본 연구는 수직 공간주파수를 달리하는 두 Gabor 자극에 대한 공간주파수 재인 과제에서 과제와 무관한 기억자극의 위치 정보가 재인 반응에 미치는 영향을 조사하였다. 실험의 매 시행에서 참가자는 시야 좌우에 제시된 서로 다른 두 Gabor 자극의 공간주파수를 기억하고 약 1초 뒤에 제시된 재인검사 자극과의 동일성 여부를 보고하였다. 재인검사 자극은 기억 항목과 동일하거나 기억된 항목을 기준으로 공간주파수 차원에서 1 또는 4 최소식별단위 만큼 표적과 유사한 미끼자극이었다. 또한 재인검사항목이 제시되는 위치는 재인이 요구된 기억항목의 위치를 기준으로 동일하거나 혹은 반대편 시야 위치에 제시되었으며, 참가자는 검사자극의 위치변화를 무시하고 공간주파수 차원의 재인 반응만을 요구받았다. 실험 결과 미끼자극에 대한 오인반응(false recognition)은 기억항목과 미끼자극 간 유사성 합산치가 커짐에 따라 증가했다. 아울러 과제와는 무관하게 검사항목의 위치 변화가 있었던 조건의 경우 없었던 조건에 비해 이러한 오인 반응의 빈도가 감소한 것으로 나타났다. 과제 무관련 위치 변화에 의한 미끼자극에 대한 오인 반응의 감소는 재인과제의 요구와는 관계없이 무관련 세부특징이 과제 관련 세부특징에 대한 재인 반응에 영향을 미칠 수 있음을 보여주며, 시각단기기억에 저장되는 정보가 세부특징들의 독립적 표상이 아닌 세부특징 간 공고한 결합에 의해 표상될 가능성을 시사한다.

주요어 : 시각단기재인, 유사성합산, 시각단기기억, 공고한 결합

---

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

† 교신저자: 현주석, 중앙대학교 사회과학대학 심리학과, (156-756) 서울시 동작구 흑석동 221
Tel: 02-820-5128, Fax: 02-816-5124, E-mail: jshyun@cau.ac.kr

시야에 존재하는 사물들의 특정 시각 속성을 잠시 기억해 재인해야 하는 상황에서 재인과제와는 무관한 다른 속성 정보의 변화는 어떠한 역할을 할까? 시각단기재인(visual short-term recognition)에 대한 기존 연구는 시각단기기억에 저장된 정보와 재인이 요구되는 대상의 동일 여부를 판단하는 과정에는 기억된 정보와 재인 자극의 유사성(similarity)이 매우 중요한 역할을 한다고 설명한다[1-3]. 특히 기억에 저장된 항목이 두 개 이상일 경우, 기억재인을 요구하는 단일 검사항목을 기억된 여러 항목들 중 하나였다고 판단할 가능성은 기억된 각각의 기억항목과 단일 재인 항목 간의 감각적 유사성의 평가치를 모두 더한 합산 유사성(summed similarity)에 크게 의존한다. 합산 유사성은 개별 기억항목들과 재인이 요구되는 단일 검사항목 간의 유사성이 증가할수록 기하급수적으로 늘어나는 특성이 있다[2, 4].

시각 자극의 공간적 위치(spatial location) 정보는 시각정보처리 과정에서 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으나, 그 특별함에 대해서는 논란의 소지가 있다. 예를 들어 사물지각(object perception)에 관한 대표적 모형인 세부특징 통합 모형(feature-integration theory, FIT)은 위치 정보가 색상이나 방위와 같은 일반적인 세부특징 정보 간 결합 및 초점주의의 이동 경로를 지정하는 등 매우 독립적인 양상을 보이므로 특별한 형태의 세부특징으로 구분되어야 한다고 주장한다[5]. 반면에 최근에 수행된 일련의 연구들은 위치 정보 또한 색상과 깊이(depth) 등과 같은 일반적인 세부특징과 유사하게 특정 세부특징 값(feature value)으로 환산될 수 있으며 따라서 위치의 변별 혹은 기억을 요구하는 과제 상황아래에서는 다른 일반적인 세부특징 차원과 동일하게 간주될 수 있다고 주장한다[6-8].

공간적 위치 정보의 특수성을 감안하더라도 사물의 위치 정보가 시각단기기억의 표상 형성에 직접 혹은 간접적으로 관여하고 있다는 사실에는 의심의 여지가 없다. 예를 들어 기억항목의 공간적 배열(spatial layout)은 정확한 시각단기기억 표상 형성 과정에 맥락(context) 정보로서 매우 중요한 역할을 하며[9], 시각단기기억에 표상된 기억 항목에 집중된 초점주의는 그 표상의 파지 효율성에 큰 영향을 미칠 수 있음이 여러 차례 보고된 바 있다[10-13]. 따라서 시각단기기억에 저장될 정보의 정확한 표상을 위해서는 기억이 요구되는 일반적인 세부특징들에 대한 정확한 표상 형성뿐만 아니라 개별 세부특징들의 위치 정보 또한 매우 중요할 가능성이 크다.

한편 시각단기기억에 저장된 자극들에 대한 재인(recognition) 과정에서 기억된 자극과 재인검사 자극들 간의 일치 및 불일치 여부를 평가하는 과정은 기억항목과 재인검사 항목의 세부특징들 간의 일치 및 불일치 여부를 평가하는 과정으로 간주될 수 있다. 최근의 시각단기기억 연구들은 이러한 재인 과정에서 요구되는 단기기억 표상 형성 과정에 관한 매우 중요한 모형을 제안한 바 있다. 예를 들어 두 개 이상의 시각적 세부특징(visual feature)들을 보유한 자극에 대한 단기기억 표상 형성이 요구될 경우, 시각시스템은 단일 세부특징으로 구성된 기억 항목을 표상하는 경우에 동등한 기억 효율성을 보여준다[14-16]. 이러한 결과는 시각단기기억이 개별 기억항목을 구성하는 세부특징이 둘 이상인 경우 개별 항목의 세부특징들을 독립적 그리고 병렬적으로 저장하는 것이 아니라 각 항목의 세부특징간의 공고한 결합을 통해 통합적으로 표상함을 시사한다. 결과적으로 통합적 기억 표상 방식은 기억 항목을 구성하는 세부특징 개수의 증가로 인한 기억 항목의 복잡성 증가가 초래하는 기억 부담(memory load)을 상쇄시켜 효율적인 단기기억 파지를 가능하게 하는 것으로 해석되고 있다.

시각단기기억이 세부특징들 간 공고한 결합에 근거한 기억 표상을 형성할 경우, 앞서 소개된 합산 유사성 모형에 근거해 단기재인 과정에 대한 흥미로운 예측이 가능하다. 예를 들어 두 개의 세부특징으로 구성된 기억 항목(예: 공간주파수+위치)에 대해 특정 단일 세부특징 차원(예: 공간주파수)에 대해서만 재인이 요구되는 상황을 가정하자. 만약 기억 항목을 구성하는 세부 특징 간 독립적인 기억 표상이 형성되었을 경우 뒤이어 요구되는 기억 재인 과정에서 기억과 검사 항목 간 일치 및 불일치 여부를 평가하기 위한 합산 유사성 산출 과정은 재인 과제와는 무관한 나머지 다른 한 세부특징 차원(예: 위치)의 변화에 의해 어떠한 영향도 받지 않아야 한다. 반면 세부특징들 간 분리되기 어려운 결합을 매개로 한 통합적 표상의 형성을 가정할 경우, 과제와 무관한 세부특징 차원의 변화는 재인 과제에서 요구되는 세부특징 차원의 유사성 합산치의 증감에 영향을 미칠 가능성이 있다.

이러한 예측에 근거하여 본 연구는 기억된 두 항목에 뒤이어 제시된 탐사자극 간 공간주파수 차원에서의 재인을 요구하는 과제에서, 과제와 무관한 자극의 위치 정보가 합산유사성 평가 과정에 미치는 영향을 조사하였다. 시각단기기억에 저장이 요구되는 정보가 세부특징들 사이의 통합에 의해 상호 분리되기 어려운 형태로

표상이 될 경우 재인이 요구되는 항목의 공간적 위치 변화는 공간주파수 차원의 유사성 평가에 있어서 위치 변화가 없는 경우보다 합산유사성을 감소시키는 방향으로 영향을 줄 가능성이 있다. 반대로 저장이 요구되는 정보가 세부특징들 간의 단순 조합에 의해 독립적으로 표상될 경우 재인항목의 공간적 위치 변화는 공간주파수 차원의 유사성 합산에 근거한 재인 반응에 큰 영향을 미치지 않을 것이다.

실 험

본 연구는 서로 유사하거나 상이한 기억자극들에 대해 단일 탐사자극을 사용한 단기재인이 요구될 경우, 기억항목들과 재인 탐사자극(recognition probe)의 감각 표상 사이의 유사성합산값에 의해 재인 반응이 결정된다고 가정한다[1, 2]. 이와 같은 유사성합산 모형은 단기재인 과정에서 개별 기억 항목들의 기억 표상과 탐사자극간의 유사성 평가가 선행되며, 각각의 유사성 평가치는 서로 더해져 단일 유사성 합산 값을 산출하는 것으로 가정한다. 최종 유사성 합산 값이 관찰자가 설정한 특정 역치(threshold)를 상회할 경우 검사항목이 기억항목들 중 하나라고 반응(target or 'Yes' response)하거나 역치를 하회할 경우 검사항목은 기억항목들 중 하나가 아니라고 반응(lure or 'No' response)하게 된다.

유사성합산 모형에서는 두 자극 간 유사성 정도가 개별 자극의 감각적 표상 강도 사이의 차이에 의존하며, 그 차이 값이 커짐에 따라 평가된 유사성 정도가 점차 감소하되 그 기울기는 부적 지수함수(negative exponential function)의 패턴을 따른다. 또한 두 자극의 유사성 계산 과정에는 물리적 자극 강도에 따라 제각기 다른 감각 표상 강도의 차이를 지각하는 개인 피험자의 특성을 고려해 웨버 상수(weber fraction)에 근거한 가중치가 반영된다[1, 3]. 특히 복수의 기억항목에 대한 재인을 요구할 경우 기억항목과 검사항목간의 유사성 평가치에 대한 단순 합산 외에 기억항목들 간의 유사성(inter-item similarity) 또한 영향을 미치는 것으로 가정된다.

이와 같은 유사성 합산 모형의 기본 가정에 근거해, 본 실험에서는 먼저 수직 공간주파수 차원에서만 변별이 가능한 사인파 무늬 형태의 Gabor 자극이 고안되었다[1-2, 4, 17]. 사인파 무늬에 근거한 자극은 필요에 따라 사인파의 방향과 진폭

및 주기와 위상을 변형함으로서 복잡성의 수준을 달리하는 다양한 자극 세트를 구성할 수 있는 장점이 있다. 이러한 Gabor 자극은 좌우 시야에 각각 서로 다른 공간주파수를 가지고 동시에 제시되었으며, 뒤이어 출현한 또 다른 Gabor 탐사자극과 사인파 함수의 주기(frequency) 차원에서의 재인이 요구되었다. 또한 시야의 좌우측에 제시된 기억항목의 위치 중 한 곳을 무선 선택하여 검사항목을 제시함으로써, 과제와 무관한 검사항목의 위치 변화가 처치되었으며, 기억항목으로 제시된 Gabor 자극들에 대해 수직 공간주파수 차원에서의 거리를 가깝거나 멀게 함으로써 기억항목들 간 유사성 또한 두 수준으로 구분하였다.

이러한 자극과 과제 구성 아래에서 검사자극에 대한 재인 반응은 크게 수직 공간주파수 차원에서의 기억항목과 검사항목 간 유사성[1]과 개별 기억항목과 검사항목 간 위치적 유사성 및 기억항목 간 유사성에 의해 결정된다. 특히 위치 유사성 평가치는 평가의 대상이 되는 두 자극 간 공간적 거리 차이에 멀어질수록 감소하고 반대로 가까워질수록 증가하는 것으로 가정한다. 결과적으로 공간적 위치 정보를 고려한 재인 반응은 개별 기억항목과 검사항목 간의 유사성에 공간적 유사성(spatial similarity)이 가중된 값과 마지막으로 기억항목 간 유사성을 더한 최종적 합산치를 기준으로 결정된다.[1)]

위의 처치아래 본 실험에서는 크게 두 가지 상황에 대한 단기재인 반응 특성에 관한 예견이 가능하다. 첫째, 기억항목들과 검사항목간의 공간주파수 차원에서의 유사성 합산 과정에 과제와 무관한 위치적 유사성 합산치가 가중된 경우이다. 이 경우 탐사자극이 공간주파수 차원에서 기억항목들 중 하나와 완전히 동일하거나(표적) 아니면 현격한 차이가 있을 경우(미끼)에는 천정(ceiling)과 바닥(floor) 수준의 재인 확률[Probability of Saying 'Yes', p(Yes)]을 예상할 수 있다. 그러나 탐사자극이 기억항목과 공간주파수 차원에서 분명히 다르지만 매우 유사한 경우, 그 기억항목의 위치에 탐사자극이 제시된 경우에 비해 다른 위치에 제시되었을 때 최종적인 합산 유사성 값이 상대적으로 감소될 가능성이 있다. 즉 기억항목에 대한 수직공간주파수 차원에서의 재인이 어려운 경우, 위치 유사성은 최종 합산 유사성에 매

1) 유사성 합산 과정에서 기억항목들 간 유사성은 기억항목과 검사항목 간 유사성 합산치에 가중되기 보다는 단순히 더해지는 것으로 가정하며[1], 본 연구 또한 이러한 가정을 따르고 있음을 밝혀둔다.

우 큰 영향을 줄 가능성이 있다.

구체적으로, 두 기억항목들 중 특정 한 항목의 위치(기준위치, @reference location)에 공간주파수 차원에서 매우 유사한 미끼 탐사자극(near-identical lure)이 뒤따를 경우 공간주파수 차원의 유사성에 위치 유사성이 가중되므로 최종 유사성 합산치는 가장 큰 값을 가지게 된다. 반대로 기준 위치가 아닌 상이한 위치에 미끼 탐사자극이 제시될 경우 위치 유사성의 영향력이 저하되므로 유사성 합산치가 상대적으로 감소하게 된다. 따라서 기준위치에 제시된 미끼자극은 기준위치가 아닌 다른 위치에 제시된 미끼자극에 비해 상대적으로 기억된 항목들 중 하나로 오인(falsely recognized)될 가능성이 커진다. 반대로 기준위치가 아닌 다른 위치에 제시된 미끼자극은 기억항목이 아닌 것으로 올바르게 보고될 가능성이 커진다.

둘째, 본 실험에서는 재인의사결정을 위한 유사성 합산과정에 기억항목들 간 유사성이 더해짐을 가정하며, 이에 근거해 기억항목들 간 유사성을 수직 공간주파수 차원에서 두 수준(2-*JND*와 4-*JND*)으로 달리하였다. 만약 수직 공간주파수와 위치 차원에 근거한 유사성 합산치에 기억항목 간 유사성 합산치가 더해진다면, 기억항목들 간 유사성이 작은 경우(예: 2-*JND*)에 비해 큰 경우(4-*JND*)에 기준위치에 미끼자극에 제시된 경우와 그렇지 않은 경우의 μ('Yes') 차이가 더욱 분명해질 가능성이 있다.

본 실험에서는 이러한 두 가지 예측의 타당성을 검증함으로써 과제와 무관한 위치 정보의 변화가 공간주파수에 근거한 단기재인 반응에 미치는 영향을 조사하였다.

방 법

실험참가자

브랜다이즈 대학 심리학 개론 과목을 수강하는 학부생 12 명이 실험에 참가하였다. 참가자는 모두 정상시력과 정상교정시력을 보고하였으며, 실험 참가에 대한 보상으로 학점의 일부분을 인정받았다.

자극과 절차

실험에 사용된 자극은 수직 사인파(vertical sinusoidal wave)에 근거해 구성된 Gabor 자극이었다. 개별 Gabor 자극은 약 11.0° x 11.0° 의 공간 내에 아래와 같은 공식에 근거한 수직 사인파 무늬패턴을 형성한 후 패턴의 중앙부로부터 주변부로 약 2.3° 크기의 Gaussian 분포 패턴에 근거해 대비를 낮춰감으로써 구성되었다.

$$L_x = L_{avg}\left[1 + \frac{1}{2}A_l \bullet cos\ (\pi f x)\right]$$

여기서 L_{avg}는 회색 배경 화면의 평균 밝기로서 60cd/m^{2}이었으며, A_l은 Michelson 대비(Michelson contrast) 값으로 0.3 값을 가지는 상수로 고정되었다. f값은 1, 2, 3, 4, cycles/deg의 네 가지로 설정되었으며, Gabor 자극의 수직 공간주파수를 결정하였다.

사전실험

재인 과제 수행에 앞서 실험에서 사용된 Gabor 자극의 공간주파수 차원에 대한 개별 피험자의 변별 민감도 차이를 반영하기 위하여 상하향식 계단법(up-down staircase method)에 근거해 개별 피험자의 변별 역치를 측정하였다[18]. 사전실험의 매 시행에서 사용된 Gabor 자극의 공간 주파수로는 1, 2, 3, 4 cycles/deg의 크기가 서로 다른 임의의 공간주파수 값에서 동일한 확률(25%)로 무선 선택된 하나의 공간주파수 값을 사용하였다. 기준자극과 비교가 요구되는 시야 반대편의 Gabor 자극의 공간주파수 값은 아래와 같은 원리에 의해 구성되었다.

$$F_1 = F_0 + F_0 \times JND(in\%)$$

여기서 F_0는 기준자극의 수직 공간주파수 값이며 F_1은 비교자극의 수직공간주파수 값이다. 매 시행에서 F_1은 80% 정반응 기준에 근거한 *QUEST* 절차[19]에 근

거해 산출되는 *Log* 최소식별차이 값을 비율(%)로 환산하여 F_0에 곱한 후 원래의 F_0에 더해 최종 산출되었다. 결과적으로 개별피험자 별로 기준자극을 구성하는 4개의 공간주파수 값(1, 2, 3, 4 cycles/deg)에 대해 4개의 *JND* 값이 공간주파수차원에서 산출되었으며 이 값들의 평균치를 본 실험의 개별 피험자별 자극 최소식별단위값(*JND*-based scaling unit)으로 사용하였다. 사전실험 과정에서 *JND* 산출의 원리는 근본적으로는 웨버의 법칙(Weber's law)에 근거한 웨버 계수(Weber faction)를 구하는 원리와 동일하였다[20].

매 시행에서 피험자는 먼저 500ms 동안 제시된 응시점(0.01 cd/m^2)의 출현 후 응시점을 중심으로 5.05°의 거리를 두고 시야의 좌우에 200ms 동안 제시된 두 Gabor 자극에 대하여 수직 공간주파수의 동일성 여부를 키보드의 두 단추('z' 또는 '/') 중 하나를 눌러 가능한 정확하게 보고하도록 요구 받았다(그림 1 참고). 두 Gabor 자극은 피험자의 반응과 동시에 사라졌으며, 탐사자극이 사라진 후 100ms가 경과한 시점에 화면 중앙의 응시점이 사라짐으로써 해당 시행이 종료되었다. 개별 시행의 종료로부터 다음 시행의 시작을 알리는 응시점의 재출현까지는 약 300-800ms의 시행간 변화시간간격(variable inter-trial interval)이 사용되었다.

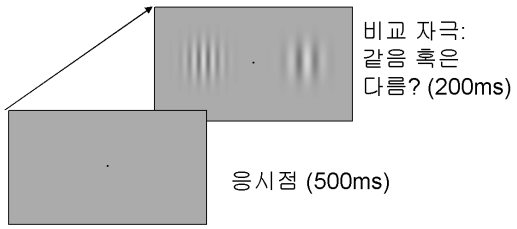

그림 1. 사전 실험에서 사용된 자극과 절차의 예. 매 시행에서 참가자는 응시점 출현 이후 좌우 시야에 제시되는 Gabor 자극들이 수직 공간주파수 차원에서 서로 같은지 아니면 다른지를 보고하였다

사전실험은 *QUEST* 절차에 의해 1, 2, 3, 4 cycle/deg 시행 당 하나씩의 JND 값을 산출하는 개별 구획이 3회 반복 실시되었으며 각 구획은 총 64시행으로 구성되었다. 세 구획 중 피험자의 과제 수행이 상대적으로 안정된 것으로 가정된 마지막 세 번째 구획에서 얻어진 네 가지의 *JND* 값의 평균치가 최종 산출되었으며, 이 단

일 *JND* 값을 본실험의 *Gabor* 자극을 구성하는 공간주파수를 위한 *JND* 단위 척도화(*JND*-based SF scaling) 과정에서의 1-*JND* 단위 값으로 사용하였다.

본실험

본실험에서는 사전실험에서 얻어진 각 피험자의 자극 최소식별단위값 즉 *JND* 기준값를 기준으로 1-*JND*씩 거리를 두고 수직공간주파수를 달리하는 12개의 Gabor 자극이 구성되었다. 매 시행에서 기억이 요구되는 두 개의 기억항목과 재인검사가 요구되는 검사항목은 12개의 Gabor 자극들로부터 다음과 같은 원리에 의해 선택되었다.

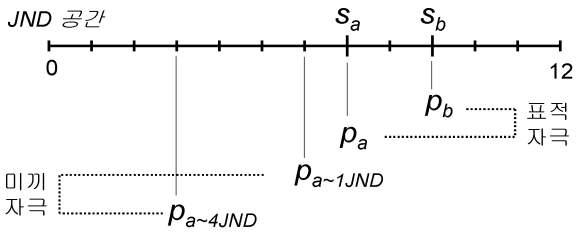

그림 2. 기억항목간 유사성이 2-*JND*인 조건에서 표적 및 미끼자극 선정 기준의 예. S_a, S_b는 기억항목, p_a, p_b는 탐사자극이 표적인 경우 그리고 $p_{a\sim1JND}$, $P_{a\sim4JND}$는 탐사자극이 미끼자극인 경우를 의미한다. 위의 예에서 기준자극의 위치는 표적과 동일하거나 혹은 미끼와 유사한 기억항목에 해당하는 S_a가 제시된 시야 위치이다.

먼저 그림 2에 도해된 바와 같이 기억항목들의 공간주파수 선택을 위한 제약조건 형성을 위해 *JND* 공간 내 거리를 표상하는 1~12의 정수 값(integer value)들 중 임의의 두 값을 선택하되, 두 값의 간격은 2 또는 4의 *JND* 거리 값을 가지도록 처치되었다. 재인검사를 위한 검사항목의 공간 주파수 선택은 먼저 기억항목과 탐사자극의 수직 공간주파수가 동일한 표적시행(target trial)의 경우 기억항목을 위해 선택된 두 정수 값 중 하나를 무선 선택하였다. 반면 기억항목과 검사항목의 수직 공간주파수가 동일하지 않은 미끼시행(lure trial)의 경우 기억항목의 *JND* 값 중 하

나와 1 또는 4의 거리 차이를 부여하였다. 예를 들어 두 기억항목을 위해 1~12의 값 중 2의 거리 값을 가진 7과 9가 선택되었을 경우, 표적시행의 탐사자극은 역시 7 또는 9의 값을 무선 적으로 부여받았다. 반면에 미끼시행의 경우 탐사자극은 1 또는 4의 간격 제약에 의해 7과 9 중 하나에서 1 또는 4 간격만큼 떨어진 값을 부여 받았다.

반면에 예를 들어, 1~12의 값 중 4의 거리 값을 가진 6과 10의 값이 선택되었을 경우 앞선 방법과 동일하게 표적시행의 탐사자극은 6 또는 10의 값을 무선 적으로 부여 받았으며, 미끼시행의 탐사자극은 6과 10로부터 1 간격 또는 4 간격만큼 떨어진 값을 부여받았다. 이 경우 탐사자극이 4의 거리값을 가진 경우, 기억항목에 부여된 값과 탐사자극에 부여된 값이 동일한 경우가 발생할 가능성이 있는데 이 경우 재 선택 과정에 의해 4의 거리 값을 가진 다른 값을 항상 선택하도록 처치되었다.

기억항목 및 검사항목들에 대해 선택된 이와 같은 JND 값들은 아래의 원리에 의해 Gabor 자극의 수직공간주파수를 정의하는데 사용되었다.

$$F = BaseF(1 + JND_{subj})^n$$

여기서 F는 개별 시행의 단기재인 과제에 잠정적으로 사용될 세 Gabor 자극(기억항목 2, 탐사자극 1) 각각의 수직 공간주파수 값으로 정의된다. $BaseF$는 기준 수직 공간주파수값(base vertical frequency)으로서 매 시행마다 0.3~1.0 cycles/deg의 값 중 소수점 6단위의 제약을 가지고 무작위 선택된 하나의 값(예: 0.49574, 0.95432, 0. 76538…)이 사용되었다. 모든 시행에서 시행 내 그리고 시행 간 Gabor 자극들의 $BaseF$는 모두 달랐으므로 피험자는 오직 공간주파수 차원에서의 차이에 근거해서 과제를 수행하도록 요구되었다. JND_{subj}값(%)은 개별 피험자별로 사전실험에서 측정된 평균 JND 값으로 Weber 계수에 해당된다[2].

2) 사전실험에서 1, 2, 3, 4 cycles/deg의 초기화 값으로부터 QUEST 절차에 근거해 산출된 네 개의 JND 값은 모두 Weber 계수에 해당된다. 각각의 초기화 값은 모두 별도의 QUEST 구획에 할당되었으므로 이론적으로는 네 종류의 Weber 계수값 중 하나 만을 본실험의 자극 척도화에 사용해도 무방하다. 그러나 측정된 계수값의 신뢰도를 높이기 위해 본실

개별 시행내의 Gabor 자극의 수직 공간주파수는 앞서 그림 2에 예시된 바와 같이 *JND* 공간상의 12가지 값 중에서 시행 유형별 제약 아래 무선 선택된 세 가지 정수값에 의해 결정되는데, 이 서로 다른 정수값이 *n*에 해당된다. 결과적으로 세 Gabor 자극은 *BaseF*를 기준으로 Weber 계수에 근거한 자극 척도화 과정을 거친 12종류의 서로 Gabor 자극 중 시행 유형에 따라 두 종류(표적시행) 혹은 세 종류(미끼시행)의 Gabor 자극을 선택함으로써 최종 구성되었다.

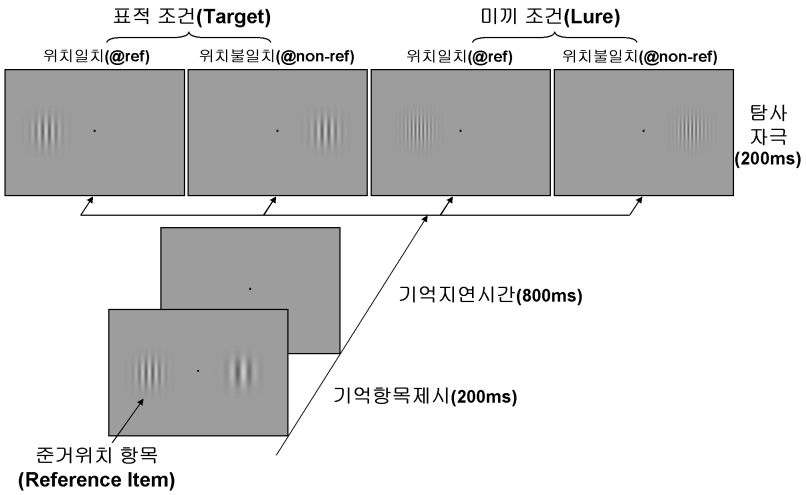

그림 3. 본실험에서 사용된 자극과 절차의 예

그림 3에 예시된 바와 같이, 본실험의 매 시행은 응시점의 출현에 의해 시작되었으며 응시점 출현 후 500ms가 경과한 뒤 기억항목에 해당하는 두 Gabor 자극이 응시점의 좌우에 동시에 200ms 동안 제시되었다. 두 Gabor 자극은 서로 상이한 수직 공간주파수를 가지고 있었으며, 피험자는 이 두 자극을 공간주파수 차원에서 기억하도록 요구 받았다. 기억 항목들이 사라진 후 800ms 이 경과한 시점에[3] 두

험에서는 네 값의 평균치를 최종적으로 자극 척도화에 사용하였다.

3) 본실험에서 기억지연시간으로 사용된 800ms의 시간간격은 최근 변화탐지 과제를 사용한 시각단기기억 연구에서 기억지연시간으로 널리 사용된 바 있다[12, 14-15, 21]. 비교적 짧은 시간에 해당하는 이와 같은 기억지연시간의 사용에 대해서는 감각기억(sensory

Gabor 자극이 점유했던 위치 중 한 곳에 탐사자극으로 한 개의 Gabor 자극이 제시되었다. 탐사자극의 수직 공간주파수는 기억이 요구되었던 Gabor 자극들 중 한 자극의 수직 공간주파수와 동일하거나 혹은 두 Gabor 자극들의 공간주파수 값들 중 어느 것과도 일치하지 않았다.

피험자는 제시된 탐사자극이 두 Gabor 항목의 공간주파수 중 하나와 일치하는지(‘Yes’) 아니면 어느 것과도 일치하지 않는지(‘No’)의 여부를 키보드상의 두 단추(‘z’ 또는 ‘/’) 중 하나를 눌러 보고하였다. 또한 탐사자극의 제시될 양쪽 시야 중 한 시야가 무선 선택된다는 점을 사전에 피험자에게 공지함으로써, 재인반응에 있어서 기억자극과 검사자극의 위치적 유사성을 고려하지 않도록 명시적으로 처치하였다. 탐사자극은 피험자의 반응과 동시에 사라졌으며, 탐사자극이 사라진 후 100ms가 경과한 시점에 화면 중앙의 응시점이 사라짐으로써 해당 시행이 종료되었다. 개별 시행의 종료로부터 다음 시행의 시작을 알리는 응시점의 재출현까지는 약 300-800ms의 시행 간 변화시간간격(variable inter-trial interval)이 사용되었다.

본실험에서 사용된 1024회의 시행은 다음과 같은 다섯 가지 변인의 처치수준 간 조합으로 구성된 32회의 시행들이 32회 반복되었으며 반복된 모든 시행의 제시 순서는 단일 구획 내에서 무선화 되었다. 시행을 구성하는 다섯 가지 변인은 첫째, 두 기억항목간 유사성(inter-item similarity) 변인이었으며 기억항목 간 공간주파수 차원에서 가깝거나 먼 두 처치수준으로 구성되었다(2 vs. 4-*JND*). 두 번째, 기억항목으로 제시된 두 Gabor 자극 중 하나는 뒤이어 제시되는 탐사자극의 공간주파수를 선택하는데 있어서 기준이 되는데 이를 표적자극(target stimulus)라 정의한다. 이 표적자극이 좌시야 또는 우시야에 제시되었는지에 따라 표적준거위치(LVF vs. RVF reference location)의 두 처치수준을 정의하였다. 세 번째 표적자극의 제시 시야와 탐사자극의 제시시야는 동일하거나(target@reference location) 혹은 다를 수 있었는데(target@non-reference location) 이러한 위치 일치 또는 불일치 여부에 근거해 탐사위치변인의 두 수준을 정의하였다. 마지막으로 탐사자극이 표적자극과 동일한지

---

or iconic memory)의 개입가능성에 대한 우려가 있을 수 있다. 그러나 고전적 연구에서 이미 보고된 바와 같이 기억항목 제시 이후 250ms만 경과해도 감각기억에 기반을 둔 기억파지는 불가능해지며 그 이후는 전적으로 단기기억에 의존하므로[22], 본실험에서 사용된 800ms의 기억지연 시간은 이론적으로 문제가 없는 것으로 판단된다.

(target) 아니면 다른지(lure) 여부에 근거한 네 가지 합산유사성 변인이었다. 여기에는 먼저 표적자극과 탐사자극의 수직 공간주파수가 동일했던 경우 즉 표적자극의 공간주파수로 선정된 두 값(low-SF vs. high-SF) 중 어느 값이 사용되었는지 근거한 두 종류의 표적재인 시행(correct recognition trial)이 있었다. 마지막으로 탐사자극이 표적자극과 동일하지 않았던 경우인 미끼자극의 공간주파수를 결정하는데 있어서 기준이 된 기억항목의 공간주파수와 미끼자극의 공간주파수와의 유사성 차원에서의 두 거리 간격(1- vs. 4-*JND*)에 근거한 두 종류의 미끼 시행이 있었다. 이와 같은 네 가지 변인들 즉 기억항목간 유사성(2) x 준거위치(2) x 탐사위치(2) x 합산유사성 변인(4)의 각 처치수준의 모든 조합에 근거한 32가지 조건에서, 탐사자극을 표적으로 재인한 시행들('Yes' trials) 총 시행수를 모두 합산하여 개별 조건의 총 시행수로 나눈 비율인 p('Yes') (probability of saying 'Yes')를 결정하였다.

32개의 개별 조건에서의 p('Yes')는 기억항목간 유사성 2 수준(2-*JND* vs. 4-*JND*), 위치준거자극과 탐사자극의 제시시야 간 일치 여부 2 수준(탐사@ref vs. 탐사@non-ref) 그리고 표적자극과 탐사자극의 수직 공간주파수간 일치 및 불일치 여부 3 수준(표적 vs. 1-*JND* 미끼 vs. 4-*JND* 미끼)에 근거한 2x2x3=12개의 범주 조건별로 다시 합산 및 평균되었다. 결과적으로 세 변인으로 압축되어 각 12개 조건 별로 최종 산출된 p('Yes')는 표적을 정확히 재인(correct recognition)하거나 혹은 미끼를 표적이라고 오인(false recognition)한 확률을 의미하며, 표적과 탐사자극의 위치 유사성 그리고 공간주파수 차원에서의 유사성에 근거해 표적자극을 정확히 재인하거나 미끼를 표적으로 오인하는 경향성(tendency of recognizing the probe as a target)을 반영하는 최종 지표로 간주된다.[4)]

피험자는 각각 사전실험과 본실험의 실시에 앞서 과제 수행에 있어서 편안함을 보고할 때까지 연습시행을 수행하였다. 사전실험의 연습시행에는 총 64 시행 그리고 본실험의 경우 128 시행이 있었으며, 사전실험에서 추가 연습을 요구한 피험자

---

4) p('Yes')는 표적인 탐사자극을 표적으로 판단한 적중(hit) 반응과 미끼를 표적으로 판단한 오경보(false-alarm) 반응 각각의 확률을 합산한 값이다. 반대로 표적을 미끼로 판단한 누락(miss) 반응과 미끼를 미끼로 판단한 정확한 기각(correct-rejection) 반응 각각의 확률의 합산 값은 p('No')에 해당되나 본 연구는 표적 변별에 대한 정, 오반응이 아닌 기억 내에 저장된 표상에 대한 관찰자의 재인의사결정에 중점을 두는 만큼 p('Yes')만을 고려한다.

는 없었고 본실험의 경우 한 명의 피험자를 제외하고 반복 연습을 요구한 피험자는 없었다. 자료측정이 수행되는 사전실험에서는 2회의 단기휴식(short-break) 그리고 본실험에서는 15회의 단기휴식과 1회의 장기휴식(long-break)을 제공받았다.

결 과

기억항목간 유사성 수준(2- vs. 4-*JND* memory items) 그리고 탐사자극과 기억항목간 유사성 수준 즉 합산유사성 수준(target vs. 1-*JND* lure vs. 4-*JND* lure) 및 탐사자극의 준거위치 제시여부(probe@ref vs. @nonref) 세 변인의 처치 수준에 따른 피험자의 재인 반응의 변화 패턴을 조사하기 위해 각 변인의 처치 수준에 따른 값의 평균을 산출하여 표 1에 제시하였다.

먼저 기억항목간 유사성 수준에 따른 평균 차이를 비교한 결과 항목 간 유사성이 적었던 4-*JND* 조건(505±.243)에 비해 항목 간 유사성이 컸던 2-JND 조건(.535±.299)에서 상대적으로 p('Yes')값이 증가했던 것으로 나타났으며 이는 기억항목간 유사성 변인의 유의미한 주효과에 의해 지지되었다. $F(1, 11) = 10.9$, $p < .01$. 다음으로 합산유사성 수준에 따른 평균 차이를 비교한 결과 합산 유사성이 가장 큰 것으로 간주되는 표적 조건의 p('Yes') 값(.745±.105)이 가장 높았으며, 표적이 아

표 1. 기억항목간 유사성(2-*JND* vs. 4-*JND* 조건)과 합산유사성(표적, 1-*JND* 미끼, 4-*JND* 미끼자극)의 각 수준 및 탐사자극의 준거위치 제시여부에 따른 피험자의 재인반응확률[p('Yes')] 평균값

	기억항목간 거리 2-*JND*				기억항목간 거리 4-*JND*				
	표적	미끼1*	미끼2*	평균	표적	미끼1*	미끼2*	평균	총평균
준거위치	.822	.714	.173	.570	.739	.708	.230	.559	.564
(@ref)	(.078)	(.067)	(.081)	(.297)	(.073)	(.072)	(.095)	(.249)	(.272)
비준거위치	.781	.616	.102	.499	.638	.564	.152	.451	.475
(@non-ref)	(.094)	(.061)	(.048)	(.301)	(.078)	(.060)	(.073)	(.228)	(.266)
평균	.801	.665	.137	.535	.688	.636	.191	.505	.520
	(.087)	(.080)	(.075)	(.299)	(.090)	(.098)	(.092)	(.243)	(.272)

*미끼1은 1-*JND* 그리고 미끼2 는 4-*JND* 미끼자극, ( )안의 값은 표준편차

닌 미끼시행의 경우 1-*JND* 미끼 조건(.650±.090)이 4-*JND* 미끼 조건(.164±.088)에 비해 상대적으로 p('Yes')값이 높았다. 이는 합산유사성 변인의 유의미한 주효과에 의해 지지되었다, $F(2, 22) = 503.0$, $p < .01$. 마지막으로 탐사자극의 준거위치 제시여부에 따른 p('Yes') 값을 비교한 결과 탐사자극이 준거자극 위치에 제시된 경우(.564±.272)가 그렇지 않은 경우(.451±.228)에 비해 p('Yes') 값이 상대적으로 높았으며 이는 준거위치 제시여부 변인의 유의미한 주효과에 의해 지지되었다, $F(1, 11) = 63.4$, $p < .01$.

개별 변인의 주효과 분석을 토대로 각 변인들 간 상호작용에 대한 분석이 시도되었다. 첫째, 기억항목 간 유사성 수준에 따른 기억항목과 탐사자극의 공간주파수 차원에서의 유사성 이 피험자의 재인 반응에 미치는 영향을 조사하기 위해 먼저, 탐사자극 준거위치 제시여부 변인의 두 처치 수준(탐사자극@ref vs. 탐사자극@nonref)에서 측정된 p('Yes') 값을 합산(collapse)하였다. 합산된 값으로부터 기억항목 간 유사성 수준 별(2-*JND* vs. 4-*JND*)로 개별 합산유사성 수준(표적 vs. 1-*JND* 미끼 vs. 4-*JND* 미끼)에서의 p('Yes') 평균값을 산출하였다[그림 4(가)] 참고.

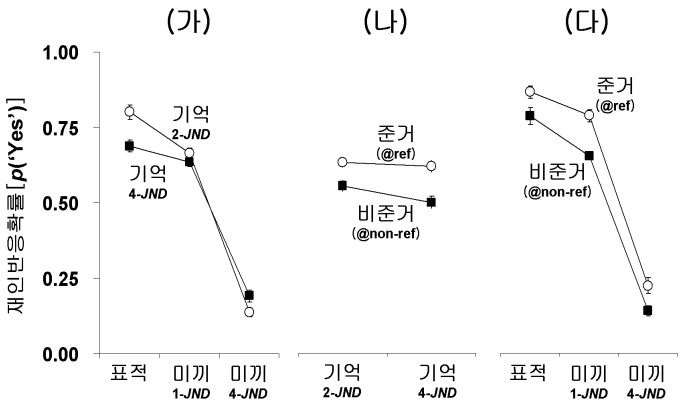

그림 4. (가) 합산유사성과 기억항목간유사성 수준, (나) 탐사자극 준거위치 제시여부와 기억항목간 유사성, (다) 준거위치여부와 합산유사성의 각 수준에 따른 재인반응 확률. 개별 평균치의 오차막대는 표준오차(standard error of mean)를 의미함.

이 평균값들을 토대로 기억항목 간 유사성 변인과 합산유사성 변인(2x3)에 대해 반복측정에 근거한 이원변량분석(repeated-measure two-way anova)을 실시한 결과 두 변인 간 상호작용이 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 22) = 29.5$, $p < .01$. 상호작용 패턴의 정확한 해석을 위해 개별 합산유사성 수준의 교차 조합(표적 vs. 1-*JND* 미끼, 1-*JND* 미끼 vs. 4-*JND* 미끼, 표적 vs. 4-*JND* 미끼)별로 기억항목 간 유사성 변인과 합산유사성 변인의 상호작용 여부를 다시 조사한 결과 세 조합 모두에서 유의미한 상호작용이 관찰되었다, all $ps<.01$. 특히 그림 4의 (가)에서 나타난 바와 같이 표적시행과 1-*JND* 미끼시행 구간의 상호작용 패턴이 1-*JND* 미끼시행과 4-*JND* 미끼시행 구간에서 역전(reversal)되는 것이 관찰되었다. 이러한 역전 패턴은 기억항목 간 유사성이 적은 경우(interitem distance of 4-*JND*) 합산 유사성의 상대적 영향력이 상대적으로 감소했음을 의미하며, 따라서 기억이 요구된 항목들이 수직공간주파수 차원에서 서로 상이할수록 탐사자극을 표적 혹은 미끼자극으로 보고하는데 있어서 보수적인 재인의사결정이 수행될 가능성을 시사한다.

다음으로 합산유사성에 관계없이 기억항목간 유사성 수준에 따라 탐사자극의 준거위치에 제시 여부가 피험자의 재인반응에 미치는 영향을 조사하기 위해, 먼저 탐사자극 유형 변인 즉 준거위치 및 비 준거위치 조건의 두 처치 수준에서 측정된 p('Yes') 값을 서로 합산하였다. 합산된 값으로부터 기억항목간 유사성 수준(2-*JND* vs. 4-*JND*) 별로 탐사 변인의 두 처치 수준(탐사자극@ref vs. 탐사자극@nonref) 각각의 p('Yes') 평균값을 산출하였다[그림 4 (나) 참고]. 이 평균값들을 토대로 기억항목 간 유사성 변인과 준거위치 변인(2x2)에 대한 이원변량분석을 실시한 결과, 두 변인 간 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았다, $F(1, 11) = 3.12$, $p = .11$. 준거위치 변인의 주효과는 유의미했으나 기억항목간 유사성 변인과 준거위치 변인 간 상호작용은 관찰되지 않았다는 점은 준거위치에 제시된 탐사자극이 비 준거위치에 제시된 탐사자극보다 표적으로 보고될 가능성이 상대적으로 높지만 그 증감 패턴 자체는 기억항목들 간 유사성 정도에 크게 영향을 받지 않음을 의미한다.

마지막으로 기억항목과 탐사자극의 공간주파수 차원에서의 유사성 및 탐사자극의 준거위치 제시 여부 즉 위치적 유사성(location similarity)에 따른 피험자의 재인 반응 패턴을 조사하였다. 이를 위해 먼저 기억항목간 유사성 변인의 두 수준(inter-item distance 2- vs. 4-*JND*)에서 측정된 p('Yes') 값을 서로 합산하였다 [그림 4

(다) 참고]. 합산된 값으로부터 합산유사성 변인과 탐사위치 변인을 대상(3x2)으로 이원변량분석을 실시한 결과 두 변인 간 상호작용이 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 22) = 3.87$, $p < .05$. 상호작용 패턴의 정확한 해석을 위해 개별 합산유사성 수준의 교차 조합(표적 vs. 1-*JND* 미끼; 1-*JND* 미끼 vs. 4-*JND* 미끼; 표적 vs. 4-*JND* 미끼)별로 준거위치 변인과 합산유사성 변인의 상호작용 여부를 조사한 결과 두 변인 간 상호작용은 표적 vs. 1-*JND* 미끼 구간에서만 유의미하였다, $F(1, 11) = 9.96$, $p < .01$.

앞서 두 변인의 주효과가 각각 모두 유의미했음을 고려할 때 기억항목들과 탐사자극 간 수직 공간주파수 차원에서의 합산유사성 그리고 표적과 탐사자극의 위치적 동일성 여부는 피험자가 탐사자극을 표적으로 재인 또는 오인하는데 있어서 각각 영향을 주고 있음이 분명하다. 특히 두 변인 간 상호작용이 표적과 1-*JND* 미끼 구간에서만 관찰되었다는 점은 기억항목과 미끼자극 간 합산 유사성의 상대적으로 큰 경우(1-*JND* > 4-*JND*), 탐사자극이 표적과 다른 위치에 제시된 경우(탐사자극@nonref)보다 같은 위치(탐사자극@ref)에 제시된 경우 미끼자극을 표적으로 오인할 확률이 상대적으로 증가함을 알 수 있다.

요약하면, 기억항목들간의 유사성 그리고 기억항목들과 탐사자극간 합산유사성 및 탐사자극의 준거위치제시 여부는 피험자의 재인반응에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로 피험자가 표적 또는 미끼 자극에 해당하는 탐사자극을 표적으로 보고할 확률인 p('Yes')값은 첫째, 기억항목들 간 유사성이 큰 경우 둘째, 기억항목들과 탐사자극 간 합산유사성이 큰 경우 셋째, 탐사자극이 표적 위치에 제시된 경우 증가하였다. 또한 합산유사성의 증가로 인한 p('Yes')값의 상대적인 상승패턴은 기억항목들간 유사성이 큰 경우 그리고 탐사자극이 표적의 위치 즉 준거위치에 제시된 경우에 각각 더 분명한 것으로 나타났다.

종합논의

본 연구는 시각단기기억에 저장된 기억항목의 위치가 기억된 항목들에 대한 공간주파수 재인 반응에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 재인이 요구되는 기

억항목들 중 한 항목의 위치와 동일 또는 서로 다른 위치에 제시된 탐사자극에 대한 피험자의 재인 반응 패턴이 기억항목들과 탐사자극 간 합산유사성의 증감에 따라 어떻게 변화하는지를 관찰하였다. 그 결과, 합산유사성이 적은 경우보다 상대적으로 큰 경우 즉 탐사자극을 표적으로 재인하는 경향성이 증가하였으며 이러한 패턴은 특히 탐사자극이 표적과 동일한 위치에 제시된 경우 더욱 두드러졌다. 특히 합산유사성의 증감에 의한 재인 반응의 변화패턴은 표적과 탐사자극 위치의 동일성 여부뿐만 아니라 기억항목들 간 유사성의 증감에 의해서도 영향을 받는 것이 관찰되었는데 그럼에도 불구하고 기억항목들 간 유사성은 탐사자극의 위치 변화에 의한 재인 반응 자체에는 큰 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다.

최근 일련의 시각단기기억 연구들은 기억항목의 세부특징들만을 기억하는 경우에 비해 항목들의 위치정보를 추가적으로 정확히 기억하는 것이 크게 어렵지 않다는 결과와, 위치 정보를 추가적으로 기억하는 것이 상대적으로 어려울 가능성을 동시에 보고하고 있다. 이러한 상충된 연구 결과는 일반적으로 기억된 항목을 기준으로 검사항목과의 차이를 보고하도록 요구하는 변화탐지(change detection) 과제 [14-15, 21]의 결과에 근거하고 있다. 일반적인 변화탐지 과제에서는 변화탐지가 요구되는 시각적 세부특징의 범주(예: 색상, 방위, 크기)에 따라서는 기억 및 검사항목 간 차이 판별의 기준이 되는 변화의 크기(change magnitude) 즉 유사성의 정도에 대한 정확한 평가가 어려운 경우가 대부분이다.

반면에 본 연구에서 시도된 Gabor 자극에 근거한 단기재인 과제는 개별 피험자의 최소식별차이 값을 기준으로 유사성의 차이 크기를 표준화(normalize)함으로써 기억항목과 검사항목 간 유사성의 정도를 비교적 정확하게 통제할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 통제 아래 본 연구에서는 기억항목과 매우 유사한 1-*JND* 미끼자극이 준거위치에 제시된 경우 비 준거위치에 비해 상대적으로 미끼자극을 표적으로 오인하는 반응이 증가하는 것을 관찰했다. 이러한 결과는 기억항목과 탐사자극이 공간주파수 차원에서의 유사성 정도가 증가해 미끼자극에 대한 정확한 변별이 어려워진 경우 과제와는 무관했던 위치정보의 기억표상이 추가적으로 재인 과정에 영향을 미쳤음을 의미한다. 바꿔 말하면 기억항목과 검사항목의 유사성 정도가 증가함에 따라 기억항목과 검사항목 간 공간주파수 차원에서의 정확한 변별이 불가능질 경우, 기억항목의 위치와 같은 과제 무관련 정보가 공간주파수 차원의 합산

유사성의 산출과정에 가중치를 부여했음을 의미한다.

시각단기기억 정보의 위치 결합(location binding)에 관한 기존 연구는 이러한 해석과 관련이 있는 부분적인 실험 결과를 제공한다. 예를 들어, Wheeler와 Treisman [23]의 경우 기억항목의 위치와 색상을 정확히 기억해야 하는 결합 과제(binding task)에서 기억항목의 개수가 늘어날수록 색상 변화 없이 위치 변화만 발생한 경우(location swap)에 대한 변화 탐지 정확도가 상대적으로 저하되는 것을 관찰하였다. 기억 항목의 개수 증가를 매개로한 기억 부담의 증가는 기억항목과 탐사자극 간 유사성 증가를 매개로한 본 연구의 처치와 질적으로는 동일하지 않다. 그럼에도 불구하고 Wheeler와 Treisman의 과제에서 기억 항목 개수의 증가는 결과적으로 기억부담의 증가를 의미하므로 기억 표상적 측면에서 색상 및 위치 차원의 선명한 기억 표상의 형성을 방해한다. 이러한 상황은 본 연구에서 기억된 항목과 표상 수준에서 매우 유사한 1-*JND* 미끼자극에 대한 변별이 요구되는 상황에 견주어볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 관찰된 바와 같이, 정확한 변별이 어려운 1-*JND* 미끼자극을 표적으로 보고하는 오반응이 준거위치 일치 시행에서 상대적으로 증가했다는 점(합산유사성x탐사위치 상호작용)은 Wheeler와 Treisman의 결합과제 조건에서 관찰된 변화탐지 정확도의 감소가 기억부담 증가로 인해 선명하지 못하게 표상된 위치 및 색상 정보가 변화탐지를 더욱 부정확하게 만들었기 때문임을 짐작하게 해 준다.

최근의 변화탐지 연구는, 위치 정보가 아닌 다른 종류의 무관련 세부특징의 변화 또한 재인을 요구하는 기억과제의 수행에 영향을 미칠 수 있음을 보고한 바 있다. 예를 들어 색상 변화탐지 과제임에도 불구하고 기억검사 과정에서 색상변화와 무관한 방위 차원의 변화가 있을 경우 피험자가 빈번히 변화를 보고(false change response)하는 것이 관찰된 바 있다[21, 24-25]. 이처럼 과제 무관련 세부특징 변화가 과제 관련 세부특징 변화로 빈번히 오인되는 현상[5]은 종종, 둘 이상의 세부특징으

5) 변화탐지 과제에서 무관련 세부특징 차원의 변화에 의해 관련 세부특징의 변화탐지 정확도 저하는 오경보 반응(false-change response)의 증가 때문으로 짐작된다. 본 연구에서 무관련 세부특징의 변화에 해당하는 위치 유사성 감소는 미끼에 대한 재인 오반응(false recognition response)의 감소라는 어찌보면 변화탐지와 외형상으로는 완전히 상반된 결과를 초래한다. 그러나 변화탐지 정확도가 기억자극과 검사자극 간 차이점 평가에 의존하는

로 구성된 기억 항목의 경우 두 세부특징이 상호 독립적으로 분리되어 표상되는 것이 아니라 서로 공고하게 결합(solid binding)되어 표상되기 때문인 것으로 해석된 바 있다[25]. 이러한 맥락에서 본 연구에서 기억항목과 미끼 자극의 위치가 일치한 경우 그렇지 않은 경우에 비해 미끼자극을 기억항목으로 오인할 가능성이 상대적으로 증가했다는 점은 시각단기기억의 표상이 세부특징 간 공고한 결합에 근거해 형성된다는 주장[14-15, 16, 21, 23, 25]을 지지하는 결과로 해석될 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 첫째, 합산유사성이 공간주파수라는 연속 변인에 대한 처치에 근거를 두고 있음에도 불구하고 위치 변인에 대한 유사성 증감 처치는 좌우 시야와 같은 단속적(discrete) 수준의 처치로 제한했다. 결과적으로 위치정보의 단계적 변화가 공간주파수 차원의 합산유사성 산출 과정에 초래하는 영향에 대한 특별한 시사점을 제공하지 못한다. 둘째, 격자무늬 자극을 사용한 최근의 단기재인 연구는[17] 기억항목간 유사성(inter-item similarity) 변인이 합산 유사성에 근거한 재인 정확도를 예측하는데 있어서 비교적 중요한 역할을 하는 것을 관찰하였다. 이에 근거해 본 연구는 기억항목간 유사성 변인과 위치 변인과의 상호작용 가능성을 예상했으나, 위치정보와의 상호작용에 대한 어떠한 시사점도 찾아내지 못했다. 이는 세 개 이상의 항목을 사용한 최근 연구[17]에 비해 본 연구에서는 두 개 항목만을 사용했기 때문에 기억항목 간 유사성의 영향력이 상대적으로 미미했기 때문인 것으로 짐작할 수 있으나, 본 연구의 결과 안에서는 정확한 해석이 불가능하다.

셋째, 본 연구는 유사성 합산 모형에 포함된 다양한 변수들을 연구의 편의상 명확하지 않은 가정에 근거해 임의로 제거 또는 추가했으며, 그에 대한 결과로서 마땅히 동반되어야 할 단기재인모형의 수리적 예측 가능성 및 타당성에 대한 어떠한 시사점도 제공하지 못한다. 이는 본 연구가 상세한 수리적 모형 검증을 제공한 기

반면 본 연구의 재인과제는 차이점 보다는 유사성 평가에 의존한다는 점을 염두에 두면, 과제 무관련 세부특징의 변화가 변화탐지 과정에서 오경보 가능성을 증가시킨다는 해석은 합산유사성 산출과는 무관한 검사자극의 위치 변화가 미끼를 미끼라고 정확히 판단할 가능성을 증가시킨다는 본 연구의 해석과 일맥상통한다. 따라서 무관련 세부특징 차원의 변화가 관련 세부특징에 대한 평가 과정에 적지 않은 영향을 초래한다는 점에서 본 연구의 결과 또한 시각단기기억에 저장되는 세부특징들 간의 공고한 결합 가설을 지지하는 결과로 해석될 수 있다.

존 연구[1-2, 4, 17]와 비교해 상대적으로 그 중요성을 평가받기 어려운 이유 중 하나이며 실험 결과의 일반화에 있어서도 그 타당성이 퇴색될 수밖에 없다. 넷째, 기억지연시간 중 진행되는 기억항목의 위치와 공간주파수에 대한 표상 강도의 유지(maintenance)에 있어서 두 세부특징 간에 차이가 있을 경우, 본 연구의 결과는 검사자극의 제시와 동시에 두 차원 간 동등한 비중으로 유사성이 평가된다는 가정에 위배된다. 이러한 가능성은 세부특징 간 비교적 동등한 기억파지 효율성을 가정하며 합산 유사성과 위치 유사성 및 기억항목간 유사성에 대한 동시다발적 평가에 근거해 재인반응에 요구되는 유사성 평가가 진행된다는 기존 모형의 잠정적인 가정에 위배된다. 이에 대해 본 연구는 뚜렷한 해석을 제공하지 못한다.

마지막으로 본 연구는 과제 무관련 세부특징인 위치 정보에 대한 무시(igonre) 요구가 참가자로 하여금 위치정보를 궁극적으로 선택하지 않도록 할 수 있는가에 대한 어떠한 경험적 증거도 제시하지 못한다. 이는 둘 이상의 세부특징들 간의 상호 분리되기 어려운 공고한 결합에 의한 시각단기기억 표상이 선택적 주의의 영향 없이 자동적으로 형성될 수 있는가에 대한 매우 중요한 질문임에도 불구하고 본 연구에서 시도된 검증 과정에서 뚜렷한 해답을 제공하지 못했다. 후속 연구는 이러한 다양한 제한점들을 보완할 수 있는 방향으로 시도되는 것이 바람직 할 것이다.

요약하면, 본 연구는 단기재인 과제에서 기억된 항목과 재인검사 항목 간 공간주파수 차원에서의 유사성을 평가하는 과제에서 과제와 무관하게 발생하는 공간적인 위치 변화가 합산 유사성에 근거한 재인과정에 영향을 미침을 보여주었다. 이러한 결과는 시각단기기억에 표상되는 정보가 여러 세부특징들 간 독립적으로 분리된 형태보다는 상호 공고하게 결합되어 통합된 기억 표상 형태로 저장될 가능성을 시사한다.

참고문헌

[1] Kahana, M. J., & Sekuler, R. (2002). Recognizing spatial patterns: a noisy examplar approach. *Vision Research, 42*, 2177-2192.

[2] Kahana, M. J., Zhou, F., Geller, A., & Sekuler, R. (2007). Lure similarity affects visual

episodic recognition: Detailed tests of a noisy exemplar model. *Memory & Cognition, 35*(6), 1222-1232.

[3] Nosofsky, R. M., & Palmeri, T. J. (1997). An exemplar based random walk model of speeded classification. *Psychological Review, 104*(2), 266-300.

[4] Zhou, F., Kahana, M. J., & Sekuler, R. (2004). Short term episodic memory for visual textures: A roving probe gathers some memory. *Psychological Science, 15*, 112-118.

[5] Treisman, A. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40*, 201-237.

[6] Hopf, J. M., Boelmans, K., Schoenfeld, A. M., Luck, S. J., & Heinze, H. J. (2004). Attention to features precedes attention to locations in visual search: Evidence from electromagnetic brain responses in humans. *Journal of Neuroscience, 24*, 1822-1832.

[7] Treue, S., & Martinez Trujillo, J. C. (1999). Feature based attention influences motion processing gain in macaque visual cortex. *Nature, 399*, 575-579.

[8] Zhang, W., & Luck, S. J. (2009). Feature based attention modulates feedforward visual processing. *Nature Neuroscience, 12*(1), 24-25.

[9] 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.

[10] 현주석. (2008). 지각과 단기 기억 수준에 발현되는 주의 효과의 공간적 연장 패턴. **인지과학, 19**(3), 311 330.

[11] Griffin, I. C., & Nobre, A. C. (2003). Orienting attention to locations in internal representations. *Journal of Cognitive Neuroscience, 15*, 1176-1194.

[12] Schmidt, B. K., Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2002). Voluntary and involuntary attentional control of visual working memory. *Perception and Psychophysics, 64*, 754-763.

[13] Woodman, G. F., Vecera, S. P., & Luck, S. J. (2003). Perceptual organization influences visual working memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 10*, 80-87.

[14] Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature, 390*, 279-281.

[15] 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.

[16] Xu, Y., & Chun, M. M. (2006). Dissociable neural mechanisms supporting visual short term memory for objects. *Nature*.

[17] Viswanathan, S., Perl, D. R., Visscher, K. M., Kahana, M., & Sekuler, R. (2010). Homogeneity computation: How interitem similarity in visual short term memory alters recogntiion. *Psychonomic Bulletin & Review, 17*(1), 59-65.

[18] Wetherill, G. B., & Levitt, H. (1965). Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical & Statistical Psychology, 18*, 1-10.

[19] Watson, A. B., & Pelli, D. G. (1983). QUEST: A Bayesian adaptive psychometric method. *Perception & Psychophysics, 33*(2), 113-120.

[20] Gescheider, G. A. (1976). *Psychophysics:Method and theory*. Hillsdale: NJ: Earlbaum.

[21] 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.

[22] Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs, 74*(11), 1-29.

[23] Wheeler, M., & Treisman, A. M. (2002). Binding in short term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General, 131*, 48-64.

[24] 현주석. (2009). 시각작업기억과 지각입력 간 비교 처리 과정에서의 선별적 변화 탐지의 특성. **한국심리학회지: 인지 및 생물, 21**(3), 147-166.

[25] 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.

1 차원고접수 : 2012. 4. 17
2 차원고접수 : 2012. 5. 25
최종게재승인 : 2012. 6. 13

(*Abstract*)

Effect of Task-irrelevant Feature Information on Visual Short-term Recognition of Task-relevant Feature

Joo-Seok Hyun

Department of Psychology Chung-Ang University

The summed-similarity model of visual short-term recognition proposes that the estimated amount of summed similarity between remembered items and a recognition probe determines recognition judgement decision (Kahan & Sekuler, 2002). This study examined the effect of a task-irrelevant location change on the recognition decision against two remembered Gabor gratings differing in their spatial frequencies. On each trial in Experiment, participants reported if two gratings displayed across the visual fields are the same or not as the probe grating displayed after about a second of memory delay. The probe grating would be the same as or different from the memory items (lure) by 1 or 4 JND units. The location of the probe would also vary randomly across the left and right visual field with respect to the location of the corresponding memory item. The participants were instructed to perform their recognition task exclusively to the spatial frequencies of the memory items and the probe while ignoring the potential location change of the probe. The results showed that false-recognition rates of the lure probe increased as the summed similarity between the memory items and the probe increased. The rates also further increased in the condition where the probe location was different from the location of the corresponding memory item compared to the condition where the probe location was the same. The increased false-recognition rates indicate that information stored into visual short-term memory is represented as a form of well-bound visual features rather than independent features.

Key words : short-term recognition; summed similarity; visual short-term memory; bound features