

인간의 기억은 얼마나 정확할까? 우리는 때때로 사람들 간에 동일한 사건에 대한 경험이나 정보를 전혀 다르게 보고하거나, 심지어는 완전히 잘못 기억하고 있음에도 불구하고 그 내용을 정확하다고 확신하는 경우도 심심치 않게 발견한다. 이는 기억 정보의 정확성 여부와는 독립적으로, 잘못된 기억 내용에 대해 그것을 정확한 기억이라고 믿고 있는 경우 즉 기억 왜곡(memory distortion) 현상이 일상생활에서 드물지 않게 발견됨을 의미한다. 기억 왜곡에 대한 장기기억 분야의 고전적 연구는 기억에 대한 확신 정도(memory confidence)와 실제 기억 내용의 정확성(memory accuracy) 간에 상관이 매우 낮음을 관찰하였으며, 이러한 기억 왜곡이 기억 인출 및 회상 과정에서의 오류를 유도하는 단서에 의해 쉽게 발생할 수 있음을 보여 준 바 있다[1].

그동안 기억 왜곡 현상을 다룬 연구는 장기기억 분야에 국한되어 왔으며, 이와 달리 단기기억의 왜곡 가능성을 시사하는 연구는 흔치 않았다. 이는 단기기억에서의 정보처리가 비교적 의식적이고 명시적인 수준의 기억 정보에 근거해 수행되며, 따라서 시간의 경과에 따른 기억 왜곡의 개입 가능성이 지극히 낮을 것으로 예상하기 때문이다[2]. 그럼에도 불구하고, 단기기억의 여러 특성을 고려할 때 단기기억에 왜곡이 초래될 가능성은 여전히 다분하다. 예를 들어, 단기기억은 용량 제한적 특성을 가지는데[3, 4], 이는 다량의 기억 정보에 대한 단기 파지가 요구될 경우 소량의 주요 정보에 대한 선별적 처리가 불가피함을 의미한다. 시각작업기억의 저장용량은 3~4 항목 정도로 제한되어 있으며 기억이 요구된 다수 항목을 전일적으로 표상하기 보다는 선택된 소수의 항목을 매우 상세히 표상함으로써 저장 효율성을 극대화하는 것으로 보고되었다[3]. 따라서 이러한 선별적 처리 과정 중에 간섭이 발생할 경우 부정확한 기억 정보가 단기기억에 저장되는 것을 피하기 어렵게 된다[5, 6]1). 또한 선별적 처리가 성공적으로 진행되었더라도, 단기기억에 저장된 정보는 유지 및 인출 과정의 간섭에 역시 취약한 것으로 보고된 바 있다[7]. 최근 연구는 시각정보처리에 관여하는 단기기억 저장소를 시각작업기억(visual working memory, VWM)으로 정의하고, 저장 용량 및 처리 특성에 대해 상세한 관찰을 시도

1) 본 연구에서 정의한 기억 왜곡의 개념은 ‘온전히 생성된 기억 표상의 시간에 따른 왜곡’ 뿐 아니라 부호화 과정에서의 간섭에 의한 ‘기억표상의 형성 단계에서의 왜곡’ 역시 포함한다.

한 바 있다[8].

장기 기억 분야의 비교적 분명한 기억 왜곡 연구 사례에 비해 시각작업 기억 연구 분야에서는 단기 기억의 왜곡 가능성을 가늠하는데 필요한 분명한 연구 사례가 발견되지 않는다. 이는 기존의 시각작업 기억 연구가 기억 왜곡이나 기억 오류에 초점을 맞추기보다는 단기 기억 정확도에 기초한 저장 용량의 추정이나 기억 표상의 질적 특성에 집중한 것에 기인한 것으로 추측된다[3, 4]. 바꿔 말하면, 기억 왜곡 현상을 이해하기 위해서는 정확히 저장된 기억 표상만을 살필 것이 아니라 기억된 표상 자체가 나타내는 정보 특성을 관찰하는 것이 중요하다. 그럼에도 불구하고 현재까지의 시각작업 기억 연구를 포함한 대다수의 단기 기억 연구들은 이러한 기억 오류에 대한 관찰의 필요성에 대해 중점을 두지 않은 것으로 판단된다.

본 연구는 시각작업 기억에 성공적으로 저장된 정보의 비율과 정확성을 살피는데 그치지 않고 단기 기억 수준의 기억 왜곡 가능성을 살펴보고자 하였다. 이를 위해, 스트룹 단어를 기억 자극으로 사용하였으며 이 때 발생한 기억 오류의 패턴을 관찰하였다. 스트룹 간섭(stroop interference)은 단어의 실제 색상과 명칭이 불일치할 경우(예: 파란색으로 채색된 ‘빨강’ 단어), 단어에 채색된 색상(예: 파랑)을 명명하는 과정에서 단어의 명칭(예: ‘빨강’)이 강력한 간섭을 초래해 명명 시간이 지연되는 현상이다[9]. 스트룹 간섭 현상은, 단어 명칭 정보의 자동적 활성화가 초래하는 강력한 하향적 간섭(top-down interference)이 원인인 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 스트룹 단어의 색상에 대한 단기 파지를 요구함으로써 스트룹 단어의 명칭이 단어의 색상에 대한 단기 파지를 체계적으로 왜곡 시키는지의 여부를 조사하고자 하였다.

최근 시각작업 기억에 대한 연구는, 오류의 발생 여부에 기초한 기억 정확도 뿐만 아니라 기억된 정보의 표상 선명성(representational precision)을 측정하는 관찰 방법을 제공하였다. 예를 들어, Zhang과 Luck[10, 11]은 단순 색상도형의 색상에 대한 단기 파지를 요구한 뒤 이에 대한 기억 검사를 위해 연속적인 색상목록으로 구성된 색상환을 제시하였다. 참가자는 검사 단계에서 제시되는 단서를 통해 지정되는 특정 기억 항목의 색상을 회상하여 이 색상환에서 직접 마우스를 사용하여 선택하도록 지시받았다. 검사가 요구된 특정 기억 항목의 색상환에서의 위치를 중심으로 참가자의 회상 선택 빈도 및 집중 경향을 분석한 결과, 참가자는 본인이 분명하게 기

억하고 있는 항목에 대해서는 색상환에서 해당 색상을 분명하게 선택했던 반면 기억하지 못했던 항목에 대해서는 색상환에서 무작위 선택을 시도하는 것이 관찰되었다. 이는 기억 표상에 성공한 소수의 항목들을 제외하고, 나머지 항목들에 대한 정보는 시각작업기억에 전혀 남아있지 않음을 시사하는 증거로 해석되었다.

색상환 과제의 장점은 무엇보다도, 회상 정확도 측면뿐만 아니라 회상 오류 반응의 체계성에 대한 관찰을 가능케 한다는 점이다. Zhang과 Luck[10]은 색상환에서의 회상 선택 반응을 기반으로 한 확률 분포함수(probability distribution)를 통해 두 가지 중요한 측정치가 있음을 강조하였다. 첫째, 기억에 성공한 항목에 기초한 회상 선택 반응을 반영하는 기억 내 항목에 대한 회상확률(recall probability in memory, 이하 P_m)이다. 이는 전체 시행 중 기억항목의 색상과 정확히 대응되는 색상환에서의 위치를 선택한 시행의 비율에 해당한다. 따라서 기존 시각작업기억 연구에서 주로 측정된 기억 정확도의 개념과 일맥상통하며, 기억항목의 개수가 3~4개 이상으로 늘어나면 회상확률 또한 낮아지는 특성을 보인다. 두 번째는, 기억표상을 바탕으로 한 회상 선택반응의 변산성을 반영하는 회상 확률함수의 표준편차(standard deviation of the recall-probability distribution, 이하 s.d.)로서, 보고하기 위해 참가자가 작업기억 내에서 인출한 기억 표상의 선명도를 반영한다. 구체적으로, Zhang과 Luck은 기억에 표상된 특정 항목에 대한 표상이 선명할수록 기억항목에 대응되는 색상환에서의 위치를 정확히 선택하게 되므로 s.d.는 작아지는 반면, 반대로 표상이 선명하지 못할 경우 정확한 색상을 선택하기 보다는 인접 색상을 빈번히 선택해 보고하게 되므로 s.d.가 커진다고 주장하였다. 따라서 회상확률의 분포함수는 기억 표상의 선명도가 높을 경우 기억항목의 색상환에서의 위치를 중심으로 집중되는 반면 선명도가 낮을 경우 그 위치로부터 넓게 퍼진 형태를 가지게 된다. 결과적으로 P_m 과 별도로 s.d.는 기억에 표상된 항목에 대해 참가자의 주관적 보고에 근거한 기억 표상의 선명도를 반영한다. 특히 Zhang과 Luck[10]은 색상환 과제에서 기억 항목의 개수가 세 개를 초과해 P_m 이 급격히 감소함에도 불구하고 s.d.는 비교적 일정하게 유지되는 것을 관찰하였다. 이는 다수의 기억 항목에 대한 단기파지가 요구될 경우, 시각작업기억이 주어진 모든 항목들에 대한 전일적 파지를 위해 개별 기억항목의 표상 선명도를 희생하는 방식을 선택하지 않음을 보여준다. 오히려 시각작업기억은, 3~4개의 소수 항목들에 대한 선별적 파지를 시도하되 선택된

개별 기억 항목에 대해서는 매우 선명한 표상 형성을 시도함을 보여준다.

이처럼 색상환 회상과제는 기억 표상의 질적 특성에 대한 직접적인 관찰을 가능케 한다는 점에서 매우 유용하다. 그러나 이 과제를 사용한 기존 연구들 역시 오류시행에 대하여 특별한 고찰 없이 단일분포를 가정하고 있을 뿐이다. 이는 앞서 소개된 바와 같이, 성공적으로 형성된 기억 표상의 특성을 관찰하는 과정에서 참가자의 오류 반응들에 대해 큰 의미를 두지 않았기 때문이다. 본 연구는 기존 연구와 동일한 색상환 과제를 사용하되, 큰 해석의 여지를 두지 않았던 참가자의 오류반응들의 패턴과 특성을 관찰해 시각작업기억에서 기억 표상의 왜곡에 준하는 사례의 발생 여부를 조사하였다.

예를 들어 특정 스트룹 단어의 색상을 단기 파지할 때 실제 단어의 색상이 아닌 단어가 지칭하는 색상을 회상해내는 오류 상황을 가정해 보자. 이러한 회상 오류는 크게 세 가지 원인에 의해 초래될 가능성이 있다. 첫 번째는, 스트룹 간섭으로 인한 과제 난이도 상승으로 기억 표상을 형성하려는 시도 자체를 포기한 결과 시각작업기억 저장소 내에 아무 정보도 남아있지 못한 경우이다. 이 경우 참가자의 색상환 선택 반응에는 기본적으로 스트룹 단어의 색상이나 명칭이 지칭하는 색상상의 위치를 기준으로 했을 때 어떠한 선택의 체계성도 관찰되지 않을 것이 예상된다. 두 번째 경우는 단일분포 형태의 첫 번째 반응유형에 더해 일부 체계적인 반응편향이 추가될 것을 예상해 볼 수 있다. 즉, 정확한 기억표상 형성에 실패했으나, 무작위적인 회상 선택보다는 실험에 사용된 스트룹 단어 세트의 명칭 색상에 대응되는 색상환에서의 위치를 편파적으로 추측하는 경우이다. 이 경우 선택 반응의 분포는 색상환에서 실험에 사용된 스트룹 단어의 개별 색상 명칭에 해당되는 위치들에 동등한 확률로 회상 선택 반응이 고르게 분포될 것이 예상된다. 마지막으로, 앞서 두 경우와는 달리 스트룹 단어의 색상보다는 명칭에 해당되는 색상이 일관되게 회상되는 상황, 즉 표상 수준의 기억왜곡이 발생하는 경우이다. 이 경우 참가자는 스트룹 간섭에 의해 스트룹 단어의 색상 자체 보다는 명칭이 지칭하는 색상을 색상환 상에서 편파적으로 선택할 것이 예상되며, 자극의 실제 색상(예: 스트룹 단어 색상)이 아닌 단어의 명칭 색상을 시각작업기억에 파지한 분명한 기억 왜곡 오류 상황에 해당된다. 본 연구는 분명하고 체계적인 기억 오류에 해당되는 세 번째의 경우의 발생 여부를 조사하는데 중점을 두었다.

실 험

스트룹 현상은 일반적으로 단어의 의미 수준의 정보가 읽기 처리 과정과 같은 지극히 자동적이고 신속한 정보처리 과정에 의해 활성화되어 단어의 감각 속성에 해당하는 단어의 실제 색상을 명명하는 상황에서 간섭을 초래하기 때문인 것으로 해석된다[12]. 만약 이러한 스트룹 단어의 실제 색상에 대한 단기 파지가 요구되는 상황에서 스트룹 간섭이 발생한다면 기억 수행에는 어떠한 영향을 초래할까? 본 연구에서는 스트룹 현상의 배후 원리에 착안해 기억 항목을 스트룹 단어들로 구성하고, 각 기억이 요구된 스트룹 단어의 실제 색상을 색상환에서 선택하는 색상환 회상 과제를 실시하였다[10, 11].

이미 서론에서 소개한 바와 같이, Zhang과 Luck[10, 11]은 기억에 성공한 항목이 전혀 다른 범주의 색상 항목으로 잘못 회상될 확률은 지극히 낮을 것으로 보고하였다. 이러한 해석은 바꿔 말하면, 기억저장에 실패한 상황에서 관찰되는 회상 오류는 궁극적으로는 정확한 기억 표상의 부재에 기인하며 단일 분포 형태를 띠는 무선적 추측 보고로 이어진다는 논리적 가정을 내포한다. 그러나 이와 같은 추측 보고는 오직 회상 보고의 근거가 되는 기억 표상이 존재하지 않는 상황에 해당되며, 기억 저장소에 소수 항목이 표상되긴 했으나 그 중 일부 혹은 전체가 체계적으로 왜곡된 상황에 대해서는 특별한 시사점을 제공하지 않는다. 즉 회상 오류의 근원을 설명함에 있어서 ‘표상의 왜곡’ 상황에서 관찰되는 회상 오류에 대해서는 분명한 설명을 제공하지 못하고 있다.

본 연구에서는 이점에 착안해 시각작업기억에 표상될 것으로 예상되는 스트룹 단어의 실제 색상 정보가 때로는 스트룹 간섭과 같은 하향적 맥락 정보의 간섭에 의해 단어의 명칭이 지칭하는 다른 범주의 색상 정보로 교체되거나 변형될 가능성을 조사하였다. 이러한 교체나 변형은 일반적인 기억 오류가 단순히 기억 표상 형성의 실패가 아니라 기억 처리 과정에서 간섭 자극이 초래하는 체계적 왜곡에 기인할 가능성을 시사하는 중요한 근거가 된다. 이러한 가능성에 대한 검증을 위해 구체적으로 본 연구에서는 스트룹 단어의 색상에 대한 회상을 요구하되 기억이 요구되는 단어 항목의 개수를 달리해 기억부담의 수준을 달리하였다. 참가자는 스트룹 단어의 색상을 기억하도록 요구받았으며 기억된 색상을 최대한 정확히 회상해

뒤이어 제시되는 색상환에서 선택하도록 요구되었다. 이러한 처치 아래 기억 단어 개수의 증가에 따른 기억부담의 증가가 스트룹 간섭의 영향력 또한 증가시킨다면 결과적으로 기억 단어의 실제 색상이 아닌 스트룹 단어가 지칭하는 색상에 대한 선택 빈도를 상대적으로 증가시킬 것이다. 바꿔 말하면, 항목 개수 증가에 따라 스트룹 단어의 실제 색상이 선택될 확률은 감소하고 스트룹 단어가 지칭하는 왜곡된 색상이 선택될 확률은 오히려 증가하는 교환 패턴을 예상할 수 있다. 반면에 시각 단기기억에 대한 스트룹 간섭의 영향력이 기억부담의 증감과는 독립적으로 나타난다면, 항목개수 처치는 스트룹 기억 왜곡 확률에 영향을 주지 않을 것으로 예견되었다.

참가자

서울특별시 소재 중앙대학교에서 실험심리학 혹은 인지심리학을 수강하는 20~25세의 학생 11명(남자 4명, 여자 7명)이 수업 실습의 일환으로 본 실험에 참여하였다²⁾. 참가자들은 동의서를 충분히 읽고 실험 참가에 대한 동의가 이루어진 후 실험에 임하였다. 모든 참가자는 정상 색상 지각과 정상 시력 또는 정상 교정 시력(0.8 이상)을 보고하였다.

자극 및 절차

실험의 모든 자극제시와 자료획득 및 혼합모형검증에 사용한 프로그램은 Mathwork사의 MATLAB에서 구동되는 psychophysics toolbox를 기반으로 제작되었다 [13]. 그림 1에 과제에 사용된 자극 및 절차가 예시되었다. 무채색이 사용된 응시 점과 위치단서 및 배경화면을 제외하고, 실험에서 사용된 모든 색상은 색상과 채도 및 명도 차원의 색상 선택을 가능하게 하는 HSV 색 모델에 기초해 구성되었으며, 회상 선택 보고의 기준이 되는 색상환은 HSV 모델의 채도와 명도 값을 최대

2) 이후 자료분석 과정에서 참가자 간 평균으로부터 ± 2 표준편차를 벗어나는 3명의 참가자를 제거하였으며 극단치 제거는 이후에 실시된 모든 통계적 검증의 유의미성을 변화시키지 않았다.

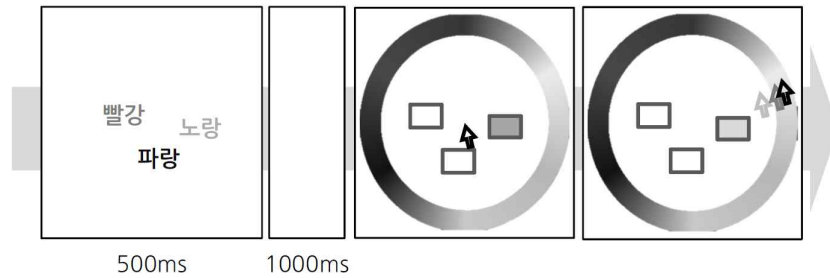


그림 1. 실험 자극 및 절차. 항목개수 3의 사례가 예시되었다. 매 시행은 응시점 제시(500ms), 빈 화면(100ms), 기억항목 제시(500ms), 기억지연(1000ms), 보고의 순서로 시행되었다. 보고 시 마우스 커서가 색상환에 다르면 검사항목을 지정하는 위치단서(어두운 회색으로 채워진 사각형)의 색상이 현재 마우스 커서가 위치하고 있는 색상으로 대체되었다. 참가자는 마우스 버튼을 클릭할 때까지 자유롭게 색상환의 여러 지점을 커서로 이동하며 보고항목의 색상을 변화시킬 수 있었다.

치인 100%로 고정시킨 상태에서 $0^{\circ}\sim 359^{\circ}$ 의 색상 단계 값에 기초해 원형 배치함으로써 구성되었다. 스트룹 단어의 명칭으로는, 색상환에서 60° 고정 간격 기준 0° , 60° , 120° , 180° , 240° 및 300° 의 여섯 가지 색상 값을 분명하게 대표하는 두 글자 한글 색상명들(‘빨강’, ‘노랑’, ‘초록’, ‘하늘’, ‘파랑’ 및 ‘분홍’)을 사용하였다. 또한 스트룹 단어의 실제 글자색은 색상환의 모든 색들 중에서 무선적으로 추출하되, 단어자극의 개별 색상 간에는 색상 차이가 비교적 분명하도록 최소 24° 의 간격이 존재하도록 처치되었다. 개별 단어의 제시 위치에 뒤이어 출현한 직사각형 위치단서는 검정색 선분으로 구성되었으며 그 중 회상을 요구하는 단어 위치를 지정한 단서 사각형의 내부는 배경화면으로부터 뚜렷이 구분되는 짙은 회색으로 채워져 다른 위치의 단서들로부터 뚜렷이 구분되었다.

개별 단어는 검은색의 응시점을 기준으로 $7.56^{\circ}\times 7.56^{\circ}$ 크기의 가상의 정사각형 공간의 내부에 제시되었으며, 단어 자극 간의 위치 혼동을 막기 위해 개별 단어 간에는 각 자극의 중심점을 기준으로 최소 2.15° 의 간격을 유지하였다. 개별 단어는 위치 단서의 크기인 $0.67^{\circ}\times 1.51^{\circ}$ 에 대략 근접한 크기였으며, 색상환의 크기는 응시점 기준 내경 8.65° 그리고 외경 10.8° 이었다. 매 시행에서 사용된 색상환은 동일한 색상환을 10° 간격으로 회전시킨 36종의 가능한 색상환 중에서 무선적으로

선택되었다.

매 시행은 기억자극으로 스트룹(stroop) 자극을 사용한 점을 제외하고 Zhang & Luck[10]의 연구에서 수행된 과제와 동일한 절차로 진행되었다. 모든 실험 자극은 회색배경 화면상에 제시되었으며, 매 시행의 개시 시점에는 원형의 응시점($0.26^\circ \times 0.26^\circ$)이 출현해 500ms 뒤에 사라졌다. 응시점 소멸 이후, 100ms의 간격을 두고 뒤이어 1, 2, 3, 혹은 6개의 스트룹 기억 단어들이 500ms 동안 제시된 후 사라졌다. 스트룹 기억 단어가 사라진 후 1000ms의 기억지연 시간(memory delay) 동안 빈 화면이 제시되었으며, 그 직후 개별 스트룹 단어의 위치를 지정하는 위치단서들과 색상환이 동시에 제시되어 참가자가 반응할 때까지 화면상에 머물렀다가 반응과 동시에 사라졌다. 참가자는 위치 단서들 중 짙은 회색으로 채워진 단서의 위치에 제시되었던 특정 스트룹 단어의 색상을 회상해 색상환에서 마우스로 클릭해 선택 보고하도록 요구받았다.

개별 참가자는 1, 2, 3 및 6개의 각 항목개수 조건별 128 시행이 존재하는 총 512회의 시행을 수행하였으며, 모든 시행의 제시 순서는 무선화 되었다. 전체 시행의 1/4, 3/4 지점에서 20초의 짧은 휴식을 그리고 1/2 지점에서 원하는 시간만큼 쉴 수 있는 긴 휴식시간이 주어졌다. 모든 참가자는 본 시행에 앞서 32시행의 연습시행을 수행하였으며, 회상 선택 반응의 정확성을 최우선시 하도록 요구되었다.

Pm과 s.d. 분석

본 연구의 회상선택 반응 분포에 대한 정량적인 분석에는 기존 색상환 연구들 [10, 11, 13]에서 시도된 기억표상에 대한 혼합모형(mixture model)을 가정한 분석 방식이 사용되었다. 혼합모형에서는, 두 가지 회상 반응 유형의 조합에 의해 색상환의 선택 반응 분포가 형성됨을 가정한다. 첫째는, 기억표상의 부재로 인해 초래되는 무작위적인 회상 선택 반응이며, 색상에 대해 어떠한 체계적인 선택 반응도 시도되지 않으므로 결과적으로 반응 분포는 균등 분포(uniform distribution) 형태를 가지게 된다. 두 번째는 기억표상이 성공적으로 형성되어 비교적 올바른 회상을 수행하는 경우에 해당하며, 이에 대한 반응 분포는 색상환에서 기억항목의 색상 위치를 중심으로 집중 분포(focalized distribution) 형태를 가지게 된다. 따라서 개별 참

가자의 전체 회상 선택 반응의 최종적 분포 형태는 이러한 균등분포와 집중분포가 혼합된 형태로 가정할 수 있다.

이 때 균등분포를 제외한 집중분포는 그 분포의 형태 측면에서 표준분포와 유사한 Von Mises 분포 곡선의 분포 형태를 따르는 것으로 가정되며, 본 연구에서 중요시하는 P_m 과 $s.d.$ 는 이러한 Von Mises 분포 곡선의 추정 과정에서 산출되었다. 즉 P_m 은 기억에 성공한 항목의 색상을 비교적 정확히 회상 보고한 경우의 확률에 해당되므로, Von Mises 분포의 면적 비율 값을 통해 추정될 수 있다. 또한 $s.d.$ 는 기억 표상을 원래의 기억항목에 얼마나 근접하게 회상하고 있는지를 반영하는 기억 선명도에 해당되므로 Von Mises 분포의 분산을 반영하는 표준 편차를 구함으로써 추정될 수 있다. 예를 들어, 회상 선택 반응 결과에 대해, 균등분포에 부합하는 시행의 비율이 70%이고 이를 제외한 나머지 시행 30%가 집중분포 곡선에 해당하는 경우를 가정해 보자. 이 경우 기억반응에 해당하는 Von Mises 곡선 형태의 전체 누적확률(cumulative probability)은 결과적으로 총 면적의 .3(또는 30%)을 차지하게 되며, 그와 동시에 추정된 Von Mises 곡선에 해당하는 표준편차를 구함으로써 기억표상의 선명도를 반영하는 $s.d.$ 가 얻어진다[10]³).

결 과

먼저 항목개수의 1, 2, 3, 6개 조건 별로 스트룹 단어의 색상으로부터의 거리에 따른 참가자의 회상 선택 반응의 분포와 항목 개수별로 혼합모형에 의해 추정된 확률분포 곡선을 그림 2의 (가)에 제시하였다. 개별 항목 개수 조건에서 참가자의 회상 선택 반응은 색상환에서 스트룹 단어의 실제 색상에 해당하는 위치에 집중되는 것으로 나타났다⁴). 이는 참가자가 스트룹 간섭 처치에도 불구하고 다수의 시행

3) 분석에는 Paul Bays가 온라인(<http://www.paulbays.com/>)에 공개한 분석 절차가 사용되었다 [14].

4) 그림 2의 (가)에서 회상선택 반응 확률 분포와 혼합모형을 토대로 추정된 분포 곡선이 정확히 일치하지 않는 것은 다음의 원인들에 기인한 것으로 짐작된다. 첫째, 기존 연구에서 사용된 추정 방식은 스트룹 간섭과 같은 추가적인 처치를 고려하지 않았

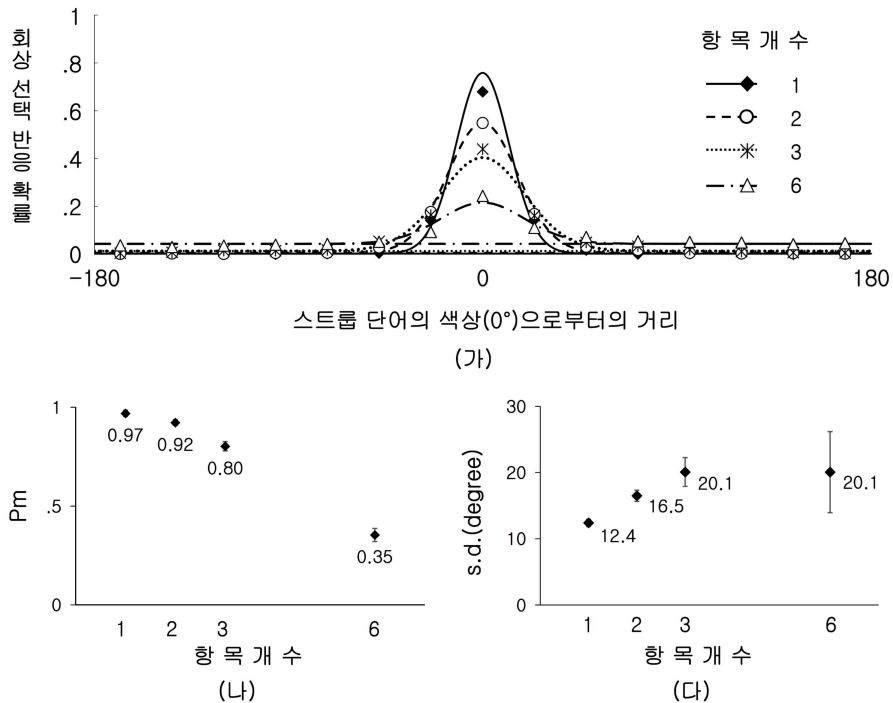


그림 2. (가) 스트룹 단어의 실제 색상에 대한 회상 선택 반응 분포. 조건별 직선 혹은 점선들은 각 항목개수 조건에서 관찰된 회상 선택 빈도에 기초해 추정된 확률분포곡선. 항목개수 별 표식들은 각 영역(24° 간격)의 반응 빈도에 대한 참가자 간 평균값을 사용하였다. (나) 항목개수 조건별 Pm. (다) 항목개수 조건별 s.d.. (나)와 (다)에 표기된 오차막대는 조건별 평균의 표준오차를 사용하였다.

에서 과제에서 요구한 대로 스트룹 단어의 색상을 비교적 정확히 회상했음을 보여 준다. 또한 스트룹 단어의 색상을 중심으로 선택 반응이 집중되는 정도(s.d.)는 항목 개수의 증가에도 불구하고 비교적 일정한 것이 관찰되는데, 이는 이전 연구들 [10, 12]에서 보고된 것처럼 회상 선택 반응의 대상이 된 기억 표상의 선명도가 비

으므로 Von Mises 곡선 추정 방법을 본 연구의 결과에 적용하는 과정에서 다소 무리가 있었을 가능성이 있다. 둘째, 본 연구에서는 L*a*b* 색좌표계가 사용된 Zhang과 Luck[11, 13]의 연구와 달리 HSV 색좌표계를 사용해 색상환을 구성하였으므로 이러한 색상환의 차이가 회상 선택 반응에 다소 잡음을 추가했을 가능성이 있다.

교적 일정했음을 의미한다.

이에 대한 구체적인 검증을 위해, 개별 항목 개수 별로 추정된 Von Mises 함수에 근거해 P_m 과 s.d.를 산출하였다. 먼저 P_m 의 경우 그림 2의 (나)에 제시된 바와 같이 항목 개수 g 증가함에 따라 감소하였으며, 항목 개수가 3개를 넘어서면서 더욱 분명하게 나타났다. 이러한 감소 패턴에 대한 검증을 위해 항목 개수 변인을 대상으로 P_m 에 대한 반복측정 일원변량분석(repeated measure one-way ANOVA)을 실시한 결과 유의미한 차이가 발견되었으며, $F(3, 30) = 36.9, p < .001$, 그 차이는 모든 항목 개수 조건에서 유의미한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 항목 개수 증가에 따라 기억부담이 증가할 경우, 개별 스트룹 단어의 색상을 정확히 회상할 확률이 급격히 감소함을 의미한다.

P_m 의 급격한 감소와는 달리 표상 선명도를 반영하는 추정치인 s.d.는 그림 2의 (다)에 제시된 바와 같이 항목개수 1, 2 조건 간 증가하나, 항목개수 1 vs. 2, $t(7)=9.81, p < .001$, 이후의 구간들(2 vs. 3, 3 vs. 6)에서는 유의미한 차이를 발견하지 못했다⁵⁾. 이는 항목 개수 6개 조건에서 기억부담이 극단적으로 증가했음에도 불구하고, 개별 스트룹 단어의 색상 범주에 대한 혼동은 3개 조건에 비해 큰 차이가 없었음을 의미하며, 기억 부담에도 불구하고 기억 저장에 성공한 항목에 대한 표상 선명도는 변화가 없었음을 보고한 기존 연구의 결과 패턴과 정확히 일치한다 [10, 11].

P_m 과 s.d. 추정치를 토대로 스트룹 단어의 색상에 대한 파지 과정에 개입된 스트룹 간섭 여부를 확인하는 것은 쉽지 않다. 이러한 간섭 여부에 대한 한 가지 추정 방법은, 먼저 스트룹 단어의 실제 색상을 보고하는 참가자의 반응에 있어서 단어의 명칭으로 사용된 여섯 가지 색상 범주 단어의 체계적인 영향이 관찰되는지를 가늠하는 것이다. 이를 위해 그림 3에 제시된 바와 같이, 전체 참가자의 모든 시행에 걸쳐 스트룹 단어 자극의 실제 색상 위치(가로축)를 기준으로 참가자가 색상환에서 실제로 선택 보고한 색상의 위치(세로축)를 표시한 산포도를 구성하였다. 그 결과, 스트룹 단어의 실제 색상이 색상환에서 동일한 확률로 무선 선택되었음에도 불구하고 실험에 사용된 여섯 가지 색상 명칭의 위치(0, 60, 120, 180, 240, 300)에

5) 항목개수 1 vs. 2에 대한 대응표본 t 검증(paired t-test) 결과는 다중비교에 따른 교정된 유의도 수준을 적용하였다.

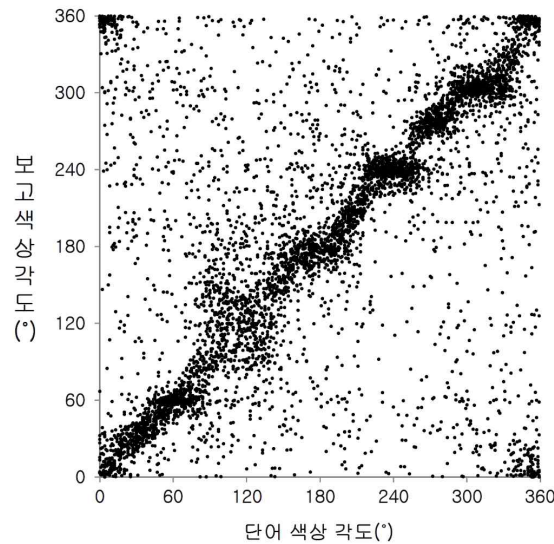


그림 3. 스트룹 단어의 색상과 명칭 색상에 기초한 전체 참가자의 회상 선택 반응 간 산포도. 전체적인 과제수행에서 나타나는 스트룹 간섭에 의한 패턴을 탐색적으로 살피고자 산포도를 도해하였다. 가로축은 스트룹 자극의 색상을 의미하며 세로축은 참가자의 반응에 해당한다. 따라서 대각선 상에 선형적으로 밀집된 분포는 정확하게 수행된 시행을 의미한다.

회상 선택 반응이 상대적으로 집중되었을 가능성이 제기되었다. 앞서 언급한 것과 같이, 본 연구에서는 스트룹 처치를 위해 6개의 색상 명칭을 사용하였으며 이 여섯 명칭은 색상환에서 각각 60°의 간격을 갖는 여섯 지점(0, 60, 120, 180, 240, 300)을 표상하는 것으로 가정되었다. 따라서 색상 명칭에 의한 스트룹 효과를 파악하기 위해 전체 색상환 영역(360°)을 6개의 명칭 색상을 중심으로 각각 $\pm 15^\circ$ 의 범위를 갖으며 총합 180°범위에 해당하는 제시어휘범주와, 이에 포함되지 않으며 동일한 범위를 갖는 사이사이의 6개 비어휘범주로 구분하여 두 범주 간 반응 비율을 비교하였다. 제시어휘범주(평균 10.4%)와 비어휘범주(평균 6.3%) 간 평균 반응비율에 대해 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 범주의 주효과에 대한 유의미한 차이가 관찰되었다, $F(1, 7) = 17.5, p < .01$. 이러한 패턴의 발견과 관련해 스트룹 기억왜곡의 가능성을 정확히 가늠하기 위해서는 전체 시행 중 스트룹 간섭이 예상되는 시행에서 참가자의 회상 오류 반응의 특성을 정확히 이해하는 것이 중요하다.

이를 위해 먼저 전체 시행 중 스트룹 단어의 실제 색상과 단어 명칭 색상의 색상환에서의 거리가 $\pm 45^\circ$ 이상 차이가 있었던 시행들을 ‘스트룹 간섭처치 시행’으로 분류하고 개별 참가자 별로 이 시행들의 총 빈도수를 계산하였다. 다음으로, 개별 참가자 별 스트룹 간섭 처치 시행들 중 참가자가 분명히 스트룹 단어의 실제 색상이 아닌 현저히 다른 색상을 회상 보고한 경우 즉 ‘회상오류 시행’을 구분하기 위해, 스트룹 단어의 색상과 참가자가 보고한 색상 간 색상환에서의 거리가 역시 45° 이상 차이가 난 회상 오류 시행들을 분류해 총 빈도수를 계산하였다. ‘스트룹 간섭 처치 시행’과 ‘회상 오류 시행’ 분석에 적용된 45° 이상의 거리 차이는 여섯 범주로 구분되는 스트룹 단어의 명칭 색상과 스트룹 단어의 실제 색상이 적어도 서로 다른 색상으로 구분되기 위한 최소 요건을 충족시키는 거리 차이에 해당된다. 예를 들어, 색상환에서 정확히 60° 위치에 해당하는 색상 명칭 즉 ‘노랑’이 스트룹 단어의 명칭으로 사용된 경우, 스트룹 단어의 실제 색상이 명칭 색상인 노란색과 전혀 다른 색상이 되려면 적어도 노란색의 범주($60^\circ, \pm 15^\circ$ 범위), 그리고 이와 이웃한 두 개의 범주들(30° 와 90° 영역, 중앙값 기준)을 제외하고 완전히 다른 범주의 색상으로 구분되는 $0^\circ \sim 15^\circ$ 혹은 $105^\circ \sim 359^\circ$ 위치의 색상 중 하나가 무선 선택될 필요가 있다. 각 참가자 별로 기억항목 개수 1, 2, 3, 6개 조건에 걸쳐 계산해 평균한 결과, 각각 1.0, 5.8, 14.6, 38.4%의 비율로 회상 오류가 증가하는 것이 관찰되었다(표 1). 이는 회상이 요구된 단어의 실제 색상과 단어의 명칭 색상 간 차이가 현저할 경우 즉 스트룹 간섭이 처치된 경우, 기억항목의 개수가 증가함에 따라 회상 오류 또한 증가했음을 의미한다.

스트룹 간섭 처치 시행에서 항목 개수 증가에 따른 회상오류의 증가 원인은 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 한 가지는 기억 부담 증가로 인한 일반적인 회상 오류

표 1. 개별 참가자의 총 시행 기준 스트룹 간섭이 처치된 시행(자극 색상과 명칭 색상 간 45° 이상)의 비율 및 그에 따른 회상오류 시행의 비율값에 대한 전체 참가자 평균치(%). 괄호 안의 숫자는 표준편차를 의미함.

항목 개수	1	2	3	6
스트룹 간섭 처치 시행	72.4 (4.0)	73.9 (2.5)	75.6 (2.5)	75.2 (3.6)
회상 오류 시행	1.0 (1.6)	5.8 (2.4)	14.6 (5.7)	38.4 (3.6)

의 증가 현상이고, 다른 한 가지는 스트룹 간섭에 의한 회상 오류의 증가이다. 전자에 해당하는 회상 오류는 항목 개수 증가에 따른 일반적인 기억 확률(P_m)의 저하 차원에서 분명한 예측이 가능하다(10, 11). 후자의 경우는, 회상이 요구된 단어에 대해 스트룹 간섭이 초래되어 단어의 실제 색상이 아닌 명칭 색상을 토대로 회상이 시도된 경우이다. 이 경우에는 회상이 요구된 스트룹 단어의 명칭 색상 위치에 회상 선택 반응이 집중될 가능성이 있다. 이 두 번째 경우의 회상 오류가 바로 스트룹 간섭에 의해 체계적인 기억 왜곡이 발생한 것으로 해석되는 시행들이다.

이러한 시행들에 대한 좀 더 정확한 확인을 위해 전체 회상 오류 시행들 중에서 바닥(floor) 수준의 회상 오류가 관찰된 항목개수 1개 조건을 제외하고 2, 3, 6개 조건에 걸쳐, 매 시행에서 회상이 요구되었던 스트룹 단어의 명칭 색상 위치를 기준으로 회상 선택 반응의 분포를 조사하였다(그림 4).⁶⁾ 기억부하 수준(항목개수 2, 3, 6)과 단어 명칭 색상 위치(6개의 사용 어휘색상을 중심으로 $\pm 15^\circ$ 영역 vs. 동일 범위 비사용 범주)에 대한 이원변량분석 결과, 항목개수 2, 3, 6개 조건에서 6개의 스트룹 단어의 명칭 색상의 색상환 위치 기준 $\pm 15^\circ$ 이내의 색상을 선택할 상대적인 비율은 27.3%, 22.8%, 21.3%로 다소 감소하는 패턴이 관찰되었으나 이러한 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $R(2, 14) = .77, p = .480$. 반면, 그림 4(가)에 제시한 것과 같이, 6개의 어휘색상 범주는 그 사이의 동일한 범위의 비사용 범주와 비교하여 더 높은 비율로 보고되었다. 만약 참가자의 회상 선택이 기억 표상의 부재로 인해 어떠한 체계성도 없이 무선 선택에 기초할 경우 색상환의 모든 위치에 걸쳐 균등한 확률로 회상 선택 반응이 분포할 것이 예상된다. 그러나 실제로는 이처럼 단어의 명칭 색상을 기준으로 빈번하게 회상이 이루어졌다는 점은 본 실험에서 사용된 스트룹 간섭 처치가 유효했으며, 다수의 시행에 걸쳐 참가자가 단어의 실제 색상이 아닌 명칭 색상에 기초해 회상을 시도했음을 의미한다.

마지막으로, 개별 참가자별 스트룹 간섭 처치 총 시행 대비, 단어의 명칭 색상에 토대를 둔 회상과 이를 제외한 다른 명칭 색상을 기준으로 회상이 수행된 시행의 비율을 계산하였다. 앞서 스트룹 간섭 처치 시행 중 회상 오류가 발생한 시행

6) 결과적으로 스트룹 간섭 시행에서의 회상 오류 비율이 전반적인 오류 비율($1-P_m$)과 크게 다르지 않았다. 따라서 명칭 색상을 기준으로 확률분포곡선을 추정하여 P_{m_stroop} 과 $s.d._{stroop}$ 을 계산하기 보다는 원자료의 빈도 분포에 기반한 분석을 실시하였다.

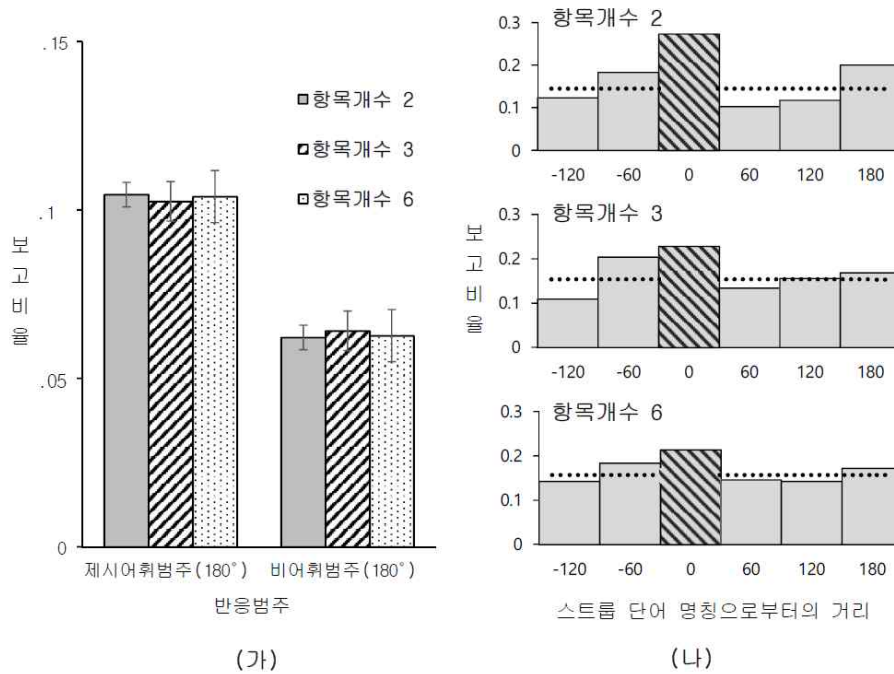


그림 4. (가) 색상환에서 회상 오류 시행에 대하여, 항목개수 2, 3, 6 조건 별 명칭색상으로 사용된 6가지 제시 어휘 색상 범주(0, 60, 120, 180, 240, 300)와 동일 범위의 비어휘 색상 범주(30, 90, 150, 210, 270, 330, 각 30° 범위) 간 보고비율을 항목개수별로 도해하였다. 제시된 오차막대는 조건별 표준오차를 의미함. (나) 스트룹 단어의 명칭 색상(0°)을 기준으로 한 회상 선택 반응 분포 히스토그램 (60° 간격). 가로축에서 각 영역들(±60°, ±120°, ±180°)은 회상이 요구된 스트룹 단어의 색상 명칭에 기초한 회상이 아닌 다른 범주의 색상을 선택한 경우에 해당한다. 예를 들어 해당 시행의 단어 명칭이 '빨강'(0°)이었다면, -60° 혹은 +60° 위치의 반응 분포는 각각 '분홍'(300°) 혹은 '노랑'(60°)을 선택한 시행의 비율을 의미한다. 비교를 위해 제시된 점선은 단일분포를 의미하며 0° 를 제외한 영역의 평균 보고비율을 통해 산출되었다.

들을 토대로 추정된 색상환의 선택 반응 분포는 기억부담 증가에 따라 회상 오류가 발생했을 경우 스트룹 간섭이 초래한 기억 왜곡의 상대적인 확률 추정치만을 제공한다. 반면 개별 기억 항목 조건의 총 스트룹 간섭 처치 시행 대비, 명칭 색상 기준 회상과 이를 제외한 시행 각각의 확률을 조사하는 것은, 기억부담의 증가에 따라 전반적으로 늘어날 수밖에 없는 회상 오류를 반영한 상태에서 스트룹 간섭에

의한 체계적인 기억 왜곡 발생 확률에 대한 전반적인 추정치를 제공한다.

이를 위해 개별 항목 개수 조건 별로, 전체 스트룹 간섭처리 시행들 중 회상 오류 시행을 구성하는 두 시행 유형 즉, 명칭 색상 기준 회상 시행의 빈도와 이를 제외한 나머지 개별 명칭 색상 기준 회상 시행의 평균 빈도를 구하여 스트룹 간섭 처리 시행의 총빈도를 기준으로 확률값을 각각 계산하였다(그림 5). 앞서 그림 4(가)에서 예시된 바와 같이 기억부담의 증가에 따라 점차 증가하는 회상 오류 시행 중 스트룹 단어의 명칭 기준 회상 확률은 이를 제외한 나머지 개별 색상 명칭 기준 회상 확률에 비해 평균적으로 높은 것으로 나타났으며(4.65% vs. 2.98%), 이러한 차이는 통계적으로 유의미하였다, $t(8) = 3.56, p < .01$. 바닥수준에 해당하는 항목 개수 1개 조건을 제외한 나머지 2, 3, 6개 조건에 대해 항목개수 변인과 오류유형 변인을 대상으로 반복측정에 근거한 이원변량분석을 실시한 결과, 항목개수 변인의 주효과, $F(2, 14) = 67.2, p < .001$, 및 오류유형(보고 자극의 명칭 색상 보고

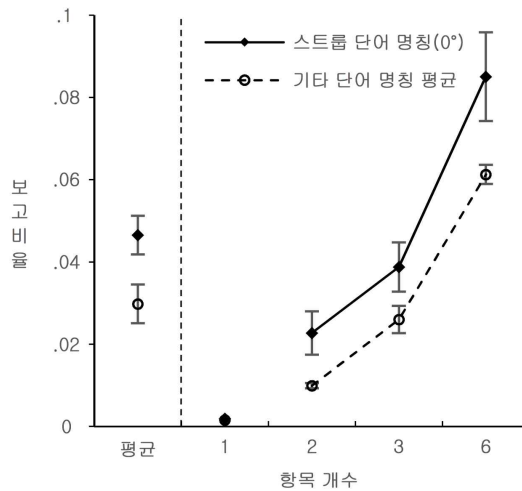


그림 5. 회상이 요구된 스트룹 단어 명칭 색상(0°, 각도표기는 각 구획의 중앙 값 기준)과 이를 제외한 기타 명칭 색상(±60°(2), ±120°(2), ±180°(1): 총 5구획의 평균) 기준 항목개수 조건 별 평균 보고비율. 오차막대는 조건별 표준 오차를 사용하였음.

vs. 기타 단어 명칭 색상 보고)의 주효과, $F(1, 7) = 15.8, p < .01$, 모두 유의미한 것으로 나타났다⁷⁾. 또한 이원상호작용 분석을 시도한 결과 유의미한 상호작용은 관찰되지 않았으며, $F(2, 14) = .55, p = .592$, 이는 앞서 회상 오류 시행을 대상으로 수행된 분석에서 나타난 바와 같이 스트룹 간섭에 의한 체계적인 왜곡 가능성이 기억부담의 증감에 관계없이 일정했기 때문인 것으로 해석된다.

논 의

본 연구는 시각작업기억에 저장되는 기억 정보의 표상적 특성을 조사하는 색상 환 회상 과제를 사용함으로써, 스트룹 단어의 색상에 대한 단기 회상과정에서 스트룹 단어의 명칭이 초래하는 간섭에 의한 체계적인 기억 왜곡 여부를 조사하였다. 조사 결과, 회상이 요구된 스트룹 단어의 명칭 색상에 기초한 회상 선택이 상대적으로 빈번한 것이 관찰되었다. 이러한 스트룹 간섭에 의한 체계적인 회상 오류의 정도는 기억이 요구되었던 스트룹 단어의 항목 개수의 증가에 관계없이 일정한 것으로 나타났다.

기억 실패와 기억 왜곡은 실제 기억 연구에서 그 구분이 쉽지 않은 경우가 대부분이다. 대다수의 기억 연구들은 인출된 정보와 간섭을 초래한 정보 간 체계적인 관련성에 대한 면밀한 분석 없이 단순히 재인 및 회상 과제에서 특정 기억 항목을 성공적으로 재인하거나 회상해 내었는지 여부 즉 기억 정확도의 관찰에 집중해 왔다. 본 연구는 이러한 기존의 틀을 벗어나, 기억 실패로 인한 오류와 체계적인 기억 왜곡을 구분하고 이러한 기억 왜곡이 발생하는 원리에 대한 규명에 중점을 두었다. 특히 기억이 요구된 정보와 간섭 단서 간의 체계적 관련성을 조사함으로써, 간섭 자극이 단순히 기억 저장 실패를 초래하기 보다는 간섭 단서의 특성을 반영한 새로운 기억 표상을 형성할 가능성에 대한 관찰을 시도하였다. 따라서 이는 궁극적으로는, 인간의 기억 오류가 단순히 기억 저장 실패뿐만 아니라 경우에

7) 일부 분석에서 구형성 가정에 위배되는 것으로 나타나 Greenhouse-Geisser 교정이 이루어졌으며, 제시된 F 값 및 유의도 수준은 교정된 결과를 제시하였다.

따라서 체계적 왜곡에 의해 초래될 가능성을 보여주는 시도에 해당된다.

본 연구의 결과를 정확히 해석하기 위해서는 먼저, 시각작업기억의 표상 특성에 대한 기존의 두 대립되는 모형 즉 융통적 자원모형(flexible resource model) 혹은 고정해상도 슬롯모형(fixed-resolution slot model)에 대한 이해가 필요하다. 먼저, 융통적 자원모형은 시각작업기억의 저장용량이 한정되어 있으며 기억이 요구되는 항목의 개수가 증가할 경우 개별 항목에 할당되는 기억자원의 양을 상대적으로 감소시키는 교환(trade-off) 기제를 통해 기억 표상이 형성된다고 가정한다[14]. 이와는 달리 슬롯 모형은 시각작업기억의 저장용량이 한정되어 있다는 측면에서는 자원모형과 동일하나, 기억정보가 고정된 해상력을 보유한 기능적(functional) 저장소 즉 슬롯에 저장된다는 관점을 취한다[11, 12]. 따라서 자원모형의 경우 항목개수 증가에 따라 개별 항목에 대한 회상 정확도나 표상 선명도가 함께 감소함을 가정하지만, 슬롯 모형의 경우 이와 달리 항목 개수가 증가할 경우 평균적으로 기억정확도는 감소해도 기억 저장에 성공한 3-4개 소수 항목의 표상 선명도는 일정할 것으로 예측한다.

두 모형은 기억항목개수의 증감에 따른 스트룹 처치의 영향력에 대해 다소 상이한 예측을 제공한다. 먼저 서두에서 가정한 바와 같이, 스트룹 간섭의 개입은 기억 표상의 선명도가 저하될수록 커진다고 가정하자. 자원 모형의 경우, 기억 항목 개수 증가로 인한 기억 부담의 증가는 기억항목인 개별 스트룹 단어들의 실제 색상을 표상할 자원의 부족을 초래한다. 이러한 기억 자원의 부족은 기억에 표상되는 단어의 색상들의 표상 선명도를 저하시키므로 결과적으로 자원모형 아래에서는 항목개수의 증가는 스트룹 간섭의 가능성 또한 증가할 것으로 예상된다. 반면 슬롯 모형의 경우, 기억 항목 개수의 증가는 기억 저장 실패의 가능성만을 증가시킬 뿐, 기억에 성공한 3-4개 항목의 표상은 비교적 선명할 것을 예측한다. 따라서 항목개수가 증가함에 따라 기억저장 실패로 인한 무작위 회상 선택 반응은 늘어나더라도, 기억 저장에 성공한 3-4개 항목들에 대한 스트룹 간섭의 영향력은 비교적 일정할 것이 예상된다.

본 연구에서는 기억 항목 개수의 증가에도 불구하고 스트룹 간섭의 영향력이 비교적 일정한 것이 관찰되었다. 이는 회상이 요구된 단어의 실제 색상과 명칭 색상이 현저하게 차이가 있는 경우 대개 참가자는 항목 개수 증가와 관계없이 비교적 일정한 확률로 단어의 명칭 색상에 해당하는 색상환 상의 위치를 선택해 보고

했음을 의미한다. 따라서 이러한 결과는 항목 개수가 늘어남에 따라 스트룹 간섭이 더욱 커질 것을 예상하는 자원 모형보다는, 기억 항목의 개수에 관계없이 비교적 일정한 확률로 스트룹 간섭에 의한 회상 오류가 발생할 것을 예측하는 슬롯 모형에 부합하는 결과로 해석된다.

만약 본 연구에서 스트룹 단어의 실제 색상이 고정 해상도 슬롯에 저장되고 있었다면, 스트룹 간섭에 의한 체계적인 회상 왜곡은 비교적 소수의 시행에서 발생할 가능성이 크다. 구체적으로, 고정해상도 슬롯 모형은 적어도 기억 저장에 성공한 기억 항목에 대해서는 매우 선명한 표상이 존재한다고 주장한다. 이러한 슬롯 모형의 주장을 뒷받침하듯, 본 연구에서는 그림 2의 (가)에 제시된 바와 같이 항목 개수가 증가할 때 P_m 은 점차 감소했으나 기억표상의 선명도를 반영하는 s.d.는 비교적 일정했다. 적어도 회상이 요구된 단어의 실제 색상에 대한 선명한 기억 표상이 존재할 경우 스트룹 간섭의 가능성은 사실상 매우 낮을 수밖에 없다. 이는 대다수의 시행에서 참가자는 기억에 성공한 스트룹 단어의 실제 색상을 비교적 선명하게 표상하고 있었으며 결과적으로 스트룹 간섭의 영향력이 나타나는 시행은 상대적으로 소수에 불과할 것이 예측된다.

본 연구에서 항목 개수 별 총 시행 중 약 70% 정도의 다수 시행들에서 스트룹 간섭 처치가 시도되었는데 이러한 시행들 중 실제 스트룹 단어의 색상 명칭에 기초한 체계적인 회상 오류가 관찰된 시행은 5.75%의 시행들에 불과했다. 이는 스트룹 간섭 처치 시행 중 기억 실패로 인해 무작위 선택을 시도한 다수의 오류 시행을 제외하고, 단어의 실제 색상을 성공적으로 기억한 소수의 시행 중 지극히 일부 시행에서만 스트룹 간섭이 나타났음을 의미한다. 이러한 저조한 스트룹 간섭의 영향력은 결과적으로 슬롯 모형에서 예측하는 매우 선명한 기억 표상의 가능성을 고려할 때 충분히 예측 가능한 결과에 해당한다.

이처럼 스트룹 단어의 명칭에 기초한 회상 오류를 범한 소수 시행들은, 그 회소성에도 불구하고 본 연구에서 중점을 둔 기억 왜곡 현상을 예시하는 중요한 증거가 된다. 구체적으로, 이 오류 시행들은 회상이 요구된 단어의 실제 색상 정보가 선명하게 표상되었음에도 스트룹 단어의 명칭 색상이 회상 선택 과정에 강력한 간섭을 초래한 경우에 해당된다. 이러한 회상 오류는 기억 실패로 인한 무선적 오류와는 달리 단어의 명칭 색상에 토대를 두었다는 점에서 체계적인 기억 오류로 구

분될 수 있으며, 따라서 본 연구에서 검증이 시도된 체계적인 기억 왜곡 가능성을 보여주는 사례가 된다.

고정 해상도 슬롯 모형의 또 다른 가정은, 본 연구에서 관찰된 스트룹 간섭의 체계적인 기억 왜곡 현상에 대한 또 다른 중요한 해석을 제공한다. 구체적으로, 고정해상도 슬롯 모형은 시각작업기억에 표상된 기억 항목들은 세부특징들의 단순 조합이 아닌 통합적 표상 방식을 취한다고 가정한다[3, 10]. 이러한 가정에 기초할 때, 기억에 표상된 스트룹 단어의 실제 색상은 색상 그 자체만이 아니라 단어의 명칭 또한 함께 통합되어 표상될 가능성이 크다. 따라서 특정 스트룹 단어의 색상에 대한 파지가 시도될 경우 색상 뿐 아니라 명칭 정보가 함께 파지되므로, 파지 과정에서 어떤 형태로든 스트룹 단어의 명칭 정보가 색상 자체의 파지에 영향을 미칠 가능성은 다분하다. 물론 이러한 통합적 기억 표상의 존재에 대해서는 논란의 소지가 있으나, 이를 지지하는 연구 결과는 그다지 드물지 않게 발견된다[3, 4, 17].

최근의 시각작업기억 능력의 개인차에 대한 연구들은 경우에 따라 기억 성공 및 실패의 여부와 같은 단순한 양적 평가 자체보다는 기억에 저장된 정보에 대한 효율적인 파지 능력이 기억 수행에 있어서 중요한 역할을 할 수 있다고 보고한 바 있다[16-18]. 이러한 연구들에 기초할 때, 본 연구에서 관찰된 스트룹 간섭의 체계적인 기억 왜곡 현상은 스트룹 단어의 실제 색상에 대한 파지 과정에서 그에 종속되어 파지된 단어 명칭 정보에 대한 효과적인 억제에 실패했기 때문에 발생한 것으로 추측할 수 있다.

그럼에도 불구하고 이와 같은 선별적 파지의 실패가 본 연구에서 관찰된 스트룹 간섭에 의한 기억 왜곡의 직접적인 원인인지에 대해서는 비교적 신중한 해석이 요구된다. 이는 본 연구에서 관찰된 스트룹 간섭에 의한 체계적인 회상 오류가, 앞서 해석된 바와 같이 파지 과정에서의 체계적 표상 왜곡 때문인지 아니면 본 연구에서 직접적인 관찰이 시도되지 않은 회상 수행 과정에 개입된 다른 원인 때문인지에 대한 근본적인 답이 매우 어렵기 때문이다. 다만, 선명한 기억 표상 형성이 가능한 상황임에도 불구하고 스트룹 간섭에 의한 체계적인 회상 오류가 관찰된다는 측면에서 회상 과정 보다는 부호화 혹은 파지 과정에서의 왜곡일 가능성에 좀 더 무게를 둘 수 있다는 추측이 가능할 뿐이다. 이러한 문제점에 대해서는 후속

연구를 통한 추가적 검증을 통해 좀 더 정확한 설명을 시도할 필요가 있다. 예를 들어, 본 연구의 기억왜곡 상황에서 높은 주관적 확신도를 보고한다면 이는 기억 왜곡이 공고히 형성된 선명한 오기억에 근거한다는 증거로 활용될 수 있을 것이다.

또 한 가지 본 연구에서 분명한 해석이 어려운 점은, 실험에 사용된 여섯 가지 스트룹 명칭에 대해 회상 선택 반응이 비교적 빈번하게 관찰되었다는 점이다(그림 4). 서론에서 논의한 바와 같이 이는 회상이 요구된 스트룹 단어에 초래된 기억 왜곡뿐만 아니라 회상 과정에서 참가자가 빈번히 사용되는 색상 명칭들의 범주에 토대를 두고 회상을 시도했기 때문일 가능성이 있다. 바꿔 말하면, 실험에 사용된 여섯 가지 색상 명칭은 일반적으로 흔히 사용되는 언어적 명칭에 해당하므로, 일부 시행에서 기억에 대한 확신 즉 표상 선명도가 낮았을 경우 스트룹 간섭과 관계 없이 이와 같은 여섯 가지 명칭 범주에 해당하는 색상을 색상환에서 편파적으로 보고했을 가능성이 있다. 이러한 언어적 책략(verbal strategy)의 개입은 일반적으로, 색상 도형과 같은 단순 자극을 사용한 실험에서는 그 가능성이 희박한 것으로 보고된 바 있으나[17], 본 연구에서처럼 스트룹 단어를 사용해 색상 명칭이 명시적으로 부각되는 연구에서는 그 영향력을 가늠하기 어렵다. 향후 연구에서는 이러한 색상 명칭의 영향력을 고려해 언어적 책략의 개입 가능성에 대한 통제가 필요할 것으로 짐작된다.

참고문헌

- [1] Loftus, E. F., & Palmer, J. C. (1974). Reconstruction of automobile destruction: An example of the interaction between language and memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 13(5), 585-589.
- [2] Vogel, E. K., & Luck, S. J. (2002). Delayed working memory consolidation during the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 739-743.
- [3] Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 391(6657), 279-281.

- [4] Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and brain sciences*, 24(1), 87-114.
- [5] Treisman, A. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40, 201-237.
- [6] Treisman, A., & Schmidt, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, 14, 107-141.
- [7] Grossman, L., & Eagle, M. (1970). Synonymity, antonymity, and association in false recognition responses. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 244-248.
- [8] Anderson, D. E., Vogel, E. K., & Awh, E. (2011). Precision in visual working memory reaches a stable plateau when individual item limits are exceeded. *The Journal of Neuroscience*, 31(3), 1128-1138.
- [9] Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- [10] Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453, 233-235.
- [11] Zhang, W., & Luck, S. (2009). Sudden death and gradual decay in visual working memory. *Psychological Science*, 20(4), 423-428.
- [12] McLeod, C. M. (1991). Half a century of research in the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163-203.
- [13] Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433-436.
- [14] Bays PM, Catalao RFG & Husain M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision* 9(10): 7, 1-11
- [15] Alvarez, G. A. & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by information load and by number of objects. *Psychological Science*, 15, 106-111.
- [16] Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 428, 748-751.
- [17] Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438,

인지과학, 제26권 제1호

500-503.

- [18] 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 : 2014. 10. 27

1 차심사완료 : 2015. 01. 21

2 차원고접수 : 2015. 02. 14

2 차심사완료 : 2015. 03. 03

최종게재승인 : 2015. 03. 05

(Abstract)

Distortion of the Visual Working Memory Induced by Stroop Interference

Daegy Kim

Joo-seok Hyun

Chung-Ang University

The present study tested the effect of a top-down influence on recalling the colors of Stroop words. Participants remembered the colors of 1, 2, 3 or 6 Stroop words. After 1 second of a memory delay, they were asked to recall the color of a cued Stroop word by selecting out its corresponding color on a color-wheel stimulus. The correct recall was defined when the participants chose a color that was within $\pm 45^\circ$ from the exact location of Stroop word's color on the color-wheel. Otherwise, the recall was defined as incorrect. The analyses of the frequency distribution of the participants' responses in the error trials showed that the probability of choosing the color-name of the target Stroop word was higher than the probability of other five color-names on the color-wheel. Further analyses showed that increasing the number of Stroop words to manipulate memory load did not affect the probability of the Stroop interference. These results indicate that the top-down interference by Stroop manipulation may induce systematic distortion of the stored representation in visual working memory.

Key words : Stroop words, short-term memory, color-wheel recall task, memory distortion, visual working memory