

## 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향

정 일 영<sup>1</sup> 이 창 현<sup>2</sup> 이 미 선<sup>1</sup> 정 상 철<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 심리학과

<sup>2</sup>연세대학교 컴퓨터공학과

<sup>3</sup>연세대학교 인지과학협동과정

본 연구는 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 검증하였다. 첫 번째 실험에서는 심적 회전 시 주변 정보가 목표 자극을 회전하는데 미치는 영향을 조사하였다. 목표 글자와 주변 글자의 각도를 변화시키거나 좌우 글자의 위치를 바꾸어가며 목표 글자가 거울상인지 아닌지를 판단하게 하였다. 목표 글자는 세 글자로 이루어진 단어에서 가운데 글자로 정의하였고, 나머지 글자를 주변 글자로 정의하였다. 실험 결과 주변 글자의 회전 각도가 증가할수록 반응 시간이 증가하였다. 또한 목표 글자와 주변 글자의 회전 각도가 비슷할 때 반응 속도가 더 빠르게 나타났으며, 이러한 효과는 비단어 조건인 경우보다 단어 조건일 때 더 크게 나타났다. 두 번째 실험에서는 연습 난이도가 심적 회전에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 회전 각도에 따라서 반응 시간이 증가하긴 했지만, 연습 시행 난이도는 심적 회전 시간에 영향을 미치지 않았다. 위와 같은 실험 결과는 심적 회전이 주변 맥락 정보에 의해서 영향을 받지만 연습 난이도와 같은 사전 맥락 정보는 심적 회전에 영향을 미치지 않음을 시사한다.

주제어 : 심적 회전, 맥락 정보, 기능적 등가 가설

---

\* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 20090058713). 모든 저자는 본 연구에 동일하게 기여함.

†교신저자: 정상철, 연세대학교 인지과학 협동과정, 심리학과, 연구세부분야: 인지심리

E-mail: scchong@yonsei.ac.kr

사람이 물체를 직접 조작하지 않더라도, 물체가 변화하는 양상을 마음속에 그리고, 조작할 수 있는 능력은 일상생활에서 편리하고 중요하다. 예를 들어 이 능력을 이용하여 일정한 모양의 블록을 회전시켜서 층을 쌓는 테트리스 게임을 즐길 수 있다. 또한 집의 가구를 재배치시킬 때, 가구들을 마음속으로 먼저 배치해 보고 가구를 실제로 옮긴다. 지도를 보고 길을 찾아가는 경우, 우리는 지도의 이미지를 보고 그 심상을 처리하여 실제 세계와 일치시키기 위해 지도의 이미지를 마음속으로 가공하고 회전시킨다. 그러므로 심적 표상과 관련된 인지구조와 심적으로 시물레이션 하는 과정을 연구하는 것은 중요하다.

심적 조작은 표상된 이미지를 조작하여 과제를 수행하는 것을 말한다. 심적 회전(mental rotation)을 비롯한 심적 조작들은 시각적 심상이 시지각과 정확하게 일치하지 않는다는 것을 인정하지만 기능적으로는 거의 유사하다고 알려져 있다. 이를 기능적 등가가설(functional equivalence hypothesis)이라고 한다. 기능적 등가가설에 기반한 심적 회전에 대한 연구로 우선 Shepard와 Metzler의 실험을 들 수 있다[1]. 이 연구에서 자극은 이차원 상에 제시된 한 쌍의 삼차원 도형들이었다. 과제는 각 쌍의 그림이 동일한 그림인지를 판단하는 것이었다. 실험 결과, 도형 간의 회전 각도 차이가 커질수록 판단하는데 걸리는 시간이 더 오래 걸린다는 것을 발견하였다. 이후 실험에서는 실험 참가자들에게 매 시행마다 대문자와 숫자를 제시하되 정상적인 위치에서부터 여러 각도로 회전시켜 놓은 것들을 보여주고 그 글자가 거울상인지 아닌지를 판단하게 하였다[2]. 실험 결과, 비교 대상이 사물이나 문자이든지, 대상을 구현하는 방식이 이차원이든 삼차원이든 상관없이 반응 시간은 크게 다르지 않았다. 또한 회전하는 축(axis)의 위치보다는 회전하는 각도가 회전 시간에 더 큰 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다. 두 연구 모두에서 제시된 대상의 회전 각도와 반응 시간이 정적 선형관계를 보였다. 이 결과는 대상 이미지를 실제로 돌리는 것과 유사하게 마음 속 표상 이미지도 일정시간에 걸쳐 회전시킨다는 기능적 등가가설을 지지한다.

최근 심적 회전 연구는 성차를 중심으로 개인차 연구에 초점을 맞추어 왔다[3], [4], [5], [6], [7]. Peters 등 [8]의 연구에서는 남자의 심적 회전 능력이 여자보다 우수했고, 왼손잡이인지 오른손잡이인지도 심적 회전 과제 수행능력의 차이를 유발하는 주요 변인으로 작용했다. 또한 이학과 공학 전공 학생들이 사회 과학과 인문

학 전공 학생보다 주어진 과제의 심적 회전 능력이 뛰어났다. 수학 능력과 심적 회전 수행 능력은 행동적으로는 상관관계를 보이지 않았으나, 심적 회전과 관련된 뇌 영역은 상이한 것으로 나타났다[9]. 음악가, 일반인과 비교하여, 음치(amusia)는 음높이 변별 과제를 수행할 때 심적 회전 과제 동시 수행으로 인한 방해가 적게 받았다. 이 결과는 음치가 공간 지각 능력의 결여 때문이라는 것을 시사한다[10].

기존 연구들은 개인차가 심적 회전에 미치는 영향을 중점적으로 연구하였지만, 맥락 정보들이 심적 회전에 어떤 영향을 미치는 지는 연구하지 않았다. 그러나 일상생활에서는 개인의 능력뿐만 아니라 맥락 정보도 심적 회전에 영향을 미친다. 가령 길을 잃었을 때 맥락 정보, 즉 지나온 지표물의 상대적 위치를 파악하는 능력은 목적지 찾기에 중요한 요소 중 하나이다. 낯자 재인의 경우 동일한 형태의 ‘4’라도 주변에 ‘소’와 ‘무’가 있으면 ‘나’로 지각되지만, 주변에 ‘2’와 ‘6’이 있으면 숫자 ‘4’로 지각된다. Gallistel은 목표 대상을 찾는 과정에서 환경에 동일한 기하학적 단서(geometric cue)가 많을수록 회전 대칭(rotational symmetry) 판단 정확률이 감소한다고 주장하였다[11], [12]. 실제로 가상 현실상의 실험 결과, 원 형태의 방은 사각형 방이나 삼각형 방에 비해, 대칭하는 축이 많고 주변의 정보가 동일하기 때문에, 경로 찾거나 방 안의 특정 물체 찾기가 어려웠다[13]. 이 연구 결과는 심적 회전 과제수행에 있어서도 주변 맥락 정보의 영향이 중요할 수 있음을 시사한다. 실험 1에서는 주변 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 연구하였다.

주변 맥락 정보 뿐만 아니라 사전 맥락 정보도 심적 회전에 영향을 미칠 수 있다. 난이도가 높은 방위 변별 과제를 연습할 때 그 과제의 사전 난이도는 중요하다[14]. 구체적으로 난이도가 높은 버전만을 아무리 반복해서 연습하여도 그 과제가 학습되지 않았지만, 쉬운 버전을 단 한 번만 경험하면 과제가 학습되었다. 방위 변별 과제뿐만 아니라 심적 회전도 학습 정도에 영향을 받는다. Jolicoeur 는 연습 시행을 반복하면서 심적 회전에 걸리는 시간을 측정하였다[15]. 연습을 많이 할수록 회전 시간이 빨라지는 것을 발견하였다. 이러한 학습 효과는 객체-특정적(object-specific)이다. 즉, 향상된 회전 능력이 다른 물체로 전이가 되지는 않았다. 그러므로 사전 맥락의 난이도는 심적 회전 능력에 영향을 미칠 수 있다. 실험 2에서는 과제 난이도로 정의된 사전 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 연구하였다.

본 연구는 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 연구하였다. 실험 1, 2 모두 특정 문자가 거울상인지 아닌지를 판별하는 과제를 사용하였다. 실험 1에서는 특정 문자의 주변 맥락 정보(단어 여부, 주변 글자의 회전 정도)가 심적 회전 속도에 미치는 영향을 반응 시간으로 측정하였다. 실험 2에서는 사전 맥락 정보를 연습시행의 난이도로 정의한 후 그 효과가 심적 회전 속도에 미치는 영향을 연구하였다.

## 실험 1

실험 1의 목적은 주변 맥락 정보가 심적 회전 속도에 미치는 영향을 측정하는 것이었다. 자극은 세 글자로 이루어진 단어와 비단어를 사용하였고 참가자의 과제는 가운데 글자가 거울상으로 제시되었는지를 판단하는 것이었다. 주변 맥락 정보는 세 글자가 단어인지 아닌지의 여부와 회전할 글자의 좌, 우에 제시된 글자들의 제시 각도로 정의되었다.

## 실험 방법

### 참가자

연세대학교 학생 15명이 중앙도서관에 모집 공고를 보고 실험에 자발적으로 참가하였다. 이들은 모두 실험의 목적과 가설을 알지 못하였고, 참가자는 실험 참가의 대가로 6,000원의 현금을 받았다. 실험은 외부의 빛이 통제된 암실에서 실시되었다. 참가자 권익은 연세대학교 심리학과 윤리심의위원회 규정에 따라 보호되었으며, 동의서를 적성하고 실험에 참가하였다.

### 재료 및 도구

자극의 제시와 반응 시간 기록은 펜티엄 4 컴퓨터와 삼성 21인치 CRT 모니터를

사용하였다. 사용된 모니터는 1600 x 1200의 해상도와, 85Hz의 주사율을 갖추고 있었다. 참가자와 모니터까지의 거리는 90cm 이었으며, 그 거리는 턱 및 이마 받침대를 이용하여 고정되었다. 사용된 프로그램은 Psychophysics toolbox를 이용하여 작성되었다[16].

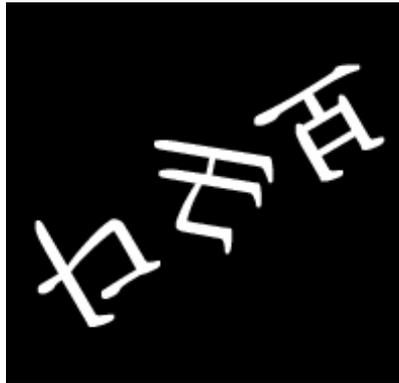
실험에 사용된 단어는 문화관광부 한국어 세계화 추진 위원회의 1998년 한국어 교육을 위한 기초 어휘 선정 보고서 중 기초 어휘 빈도 조사 결과를 참고하였다. 빈도 7500 이상의 세 글자 단어 문자열 중 회 문을 제외한 30개를 선정하였다. 선정한 단어에서 좌, 우 음절을 바꾸는 방법으로 비단어를 만들어 사용하였다. 좌, 우 음절을 바꾸었으므로 단어와 비단어간 물리적인 차이는 없었다. 참가자가 심적 회전을 해야 하는 글자는 단어의 가운데 글자이었고 이를 목표 글자, 그 좌우 글자를 주변 글자로 정의하였다. 단어 이미지는 시각 2.6의 크기로 제시되었고, 검정 배경에 글씨체는 바탕체, 글자의 색은 흰색이었다(그림 1).

## 설 계

실험은 위의 기준에 의해 선정된 30개의 세 글자 단어를 사용하였다. 각 단어 당 64개의 다른 이미지를 생성하였다. 목표 글자 및 주변 글자를 오른쪽으로 0°, 50°, 100°, 150°로 돌려서 제시하거나(4x4), 목표 글자를 거울상 혹은 정상으로 제시하거나(2), 주변 글자의 위치가 제자리이거나 바뀌었다(2). 그러므로 각 단어 당 64개의 이미지가 생성되었다(4x4x2x2=64). 목표 글자의 회전 각도, 주변 글자의 회전 각도, 그리고 주변 글자의 위치를 바꾼 지의 여부가 본 실험의 독립 변인이었고 모든 독립 변인들은 참가자 내 변인이었다. 이와 같이 총 64 개의 단어 이미지를 한 집합으로 정하고 선정된 30개 단어 별로 64개의 이미지를 생성하였다. 한 집합 안에 단어 이미지는 무작위하게 조합하여 제시하였다. 따라서 한 명의 참가자가 30x64=1920 번의 수행을 하였고 연습시행은 첫 집합으로 대체하였다.

## 절 차

자극은 모니터 중앙에 시각 2.6의 크기로 반응키를 누를 때까지 제시되었으며



<그림 1> 실험 자극 예. 목표 글자는 오른쪽으로 100도 회전한 것이고 주변 글자는 오른쪽으로 150도 회전한 예이다. 이 조건은 단어 조건이다.

반응은 목표 글자가 거울 이미지이면 키보드의 ‘1’ 버튼을, 정상 이미지이면 ‘2’ 버튼을 누르게 하였다. 이 후 참가자의 반응이 틀린 경우에는 경고음을 주었으며 이 결과는 반응 시간 분석에서 제외되었다. 한 시행과 다음 시행 사이에는 응시점이 ‘+’ 표시로 400 ~ 600 ms 내에서 무선적으로 선택되어 제시되었다. 참가자는 매 집합 수행 후 필요한 만큼 휴식을 취하였다.

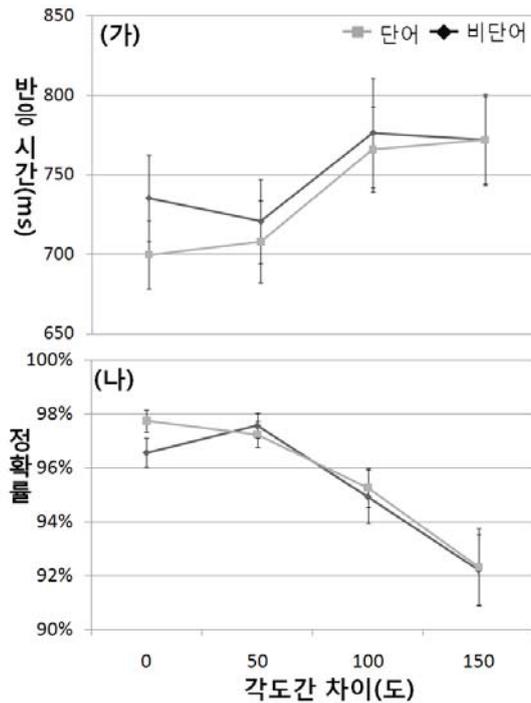
#### 결 과

실험 1의 결과가 그림 2에 제시되어 있다. 반복측정 변량 분석 결과 단어인지 비단어인지의 여부가 목표 글자 회전 속도에 통계적으로 유의미하게 영향을 미쳤다( $F(1,14)=7.193$ ,  $p<.05$ ,  $MSe=.004$ ). 참가자들의 반응 시간은 단어일 때 평균적으로  $728(\pm 24)ms$ 이었고, 비단어일 때 평균적으로  $745(\pm 28)ms$ 로 단어일 때가 비단어일 때 보다 반응 시간이 빨랐다. 그러나 단어 조건의 정확률(96.2%)은 비단어 조건의 정확률(96%)과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다( $F(1,14)=2.107$ ,  $p=.17$ ,  $MSe=.0004$ ). 주변 글자의 회전 각도도 과제에 대한 반응 시간에 통계적으로 유의미한 영향을 미쳤다( $F(3,42)=44.323$ ,  $p<.01$ ,  $MSe=.023$ ). 과제에 대한 반응 시간이 주변 글자의 회전 각도가 0도일 때 평균적으로  $677(\pm 22)ms$ , 50도일 때  $671(\pm 18)ms$ , 100도

일 때  $730(\pm 23)\text{ms}$ , 150도일 때  $868(\pm 43)\text{ms}$ 로 대체로 주변 글자의 회전 각도가 증가할수록 반응 시간이 증가하였다. 정반응률 분석 결과에서도 동일한 경향이 나타났다( $F(3,42)=36.534, p<.01, MS_e=.003$ ). 즉, 주변 글자의 각도가 0도일 때 평균 정확률은 97%, 50도일 때는 98.5%, 100도일 때는 97.3%, 그리고 150도일 때는 91.8%이었다.

목표 글자의 회전 각도는 과제의 반응 시간에 영향을 미치지 않았다( $F(3,42)=0.526, p=.67, MS_e=.007$ ). 그러나 목표 글자의 회전 각도는 정확률에 통계적으로 유의미한 영향을 미친 것으로 나타났다( $F(3,42)=4.66, p<.01, MS_e=.001$ ). 목표 글자의 회전 각도가 0도일 때부터 150도까지 평균 정확률은 각각 95.2%, 96.2%, 96.6%, 96.5%이었다. 이 정확률 간 차이는 임상적인 유의도 측면에서는 크지 않았으므로 속도-정확도 교환(speed-accuracy trade off)이 발생하지 않은 것으로 보인다. 이는 기존 연구인 기능적 등가가설을 지지하지 않는 것처럼 보였으나, 주변 글자의 회전 각도와 이원 상호 작용이 있었으므로( $F(9,126)=4.845, p<.01, MS_e=.006$ ) 결국 목표 글자 회전 각도의 변화에 따라서도 반응 시간이 변화했다는 사실을 알 수 있다. 그림 2(가)를 보면, 목표 글자와 주변 글자의 각도 차이가 0°, 50°일 때는 100°, 150°일 때보다 반응 시간이 빠르다는 것을 볼 수 있다. 이 결과는 주변 글자와 목표 글자의 각도 차이가 작은 경우는 일반적인 글자 인식 상황과 유사하고, 각도 차이가 큰 경우는 글자 인식 상황과 상이하기 때문에 나타난 결과라고 해석할 수 있다. 그림 2(나)에 목표 글자와 주변 글자간 각도 차이에 따른 정확률을 제시하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 반응 시간과 유사한 패턴으로 나타났다( $F(9,126)=8.546, p<.01, MS_e=.001$ ).

단어인지 비단어인지의 여부와 목표 글자의 회전 각도와 주변 글자의 회전 각도 사이에 삼원 상호 작용도 통계적으로 유의미하였다( $F(9,126)=2.173, p<.05, MS_e=.005$ ). 그러나 정확률에서는 삼원 상호 작용이 통계적으로 유의미하지 않았다( $F(9,126)=1.237, p=.28, MS_e=.0005$ ). 이 결과는 속도-정확도 교환이 발생하지 않았음을 의미한다. 그림 2에서 제시되어 있듯이, 위에서 관찰된 이원 상호 작용 효과가 단어 여부에 따라 다르게 변화하는 것을 관찰할 수 있다. 즉 목표 글자와 주변 글자의 각도 차이가 감소할수록 단어 조건의 반응 시간이 비단어 조건의 반응 시간보다 빨라졌다. 목표 글자와 주변 글자의 각도 차이에서 상관 표본  $t$  검증



<그림 2> 실험 1의 결과. X축은 목표 글자와 주변 글자의 각도 차이, Y축은 반응 시간과 정확률을 나타낸다. 오차막대는 표준오차이다.

결과, 그 차이가 0°일 때만 통계적으로 유의미하였다( $t(14)=2.723, p<.05$ ). 이 결과는 일반적인 단어 인식과 비슷한 상황일수록 단어 여부가 심적 회전 속도에 더 많은 영향을 미쳤다는 것을 시사한다. 위의 두 가지 유의미한 상호작용 외에 다른 모든 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았다.

실험 1의 결과는 주변 맥락 정보가 심적 회전 속도에 영향을 미친다는 것을 시사한다. 주변 글자의 각도는 목표 글자 회전 속도에 영향을 미쳤으며, 이 경향은 단어일수록 크게 나타났다. 다시 말하면 주변 글자와 목표 글자의 각도 차이가 작고 일반적인 단어 읽기 상황과 유사한 상황일수록, 목표 글자의 회전 속도가 빠르고 정확률이 높았다. 이 결과는 심적 회전이 주변 맥락(일반적인 단어 재인 상황)에 영향을 받는다는 것을 시사하며, 단어를 구성하는 글자보다 단어가 먼저 인식

된다는 기존 연구 결과와도 일치한다[17], [18].

## 실 험 2

실험 1에서는 주변 맥락이 심적 회전 속도에 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 실험 2의 목적은 사전 맥락도 심적 회전에 영향을 미치는지를 검증하는 것이었다. 사전 맥락은 본 시행 전 연습 시행의 난이도로 정의하였다. 만약 방위 변별 과제에서처럼[14] 낮은 난이도 시행이 방위 변별 학습에 도움이 되는 것이 심적 회전에도 적용이 된다면, 낮은 난이도의 연습 수행을 한 참가자들이 높은 난이도의 연습 수행을 한 참가자들보다 심적 회전을 잘 할 것이라고 예상하였다.

## 실험 방법

### 실험참가자

실험 1과 다른 연세대학교 학생 20명이 중앙도서관 앞의 공지를 보고 실험에 참가하였다. 이들은 모두 실험의 목적과 가설을 알지 못하였고, 참가자는 실험 참가의 대가로 4,000원의 현금을 받았다. 실험은 외부의 빛이 통제된 암실에서 실시되었다. 참가자 권익은 연세대학교 심리학과 윤리심의위원회 규정에 따라 보호되었으며, 동의서를 적성하고 실험에 참가하였다.

### 재료 및 도구

컴퓨터 및 모니터와 사용된 프로그램은 실험 1과 동일하였다. 실험에 사용된 글자는 한자 ‘民’자를 사용하였고, 단어 이미지는 실험 1과 동일한 시각 2.6°의 크기로 제시되었다. 흰 배경에 글씨체는 바탕체이었고 글자의 색은 검은색이었다(그림 3).



<그림 3> 실험 2의 자극. 글자를 오른쪽으로 50도만큼 회전한 예.

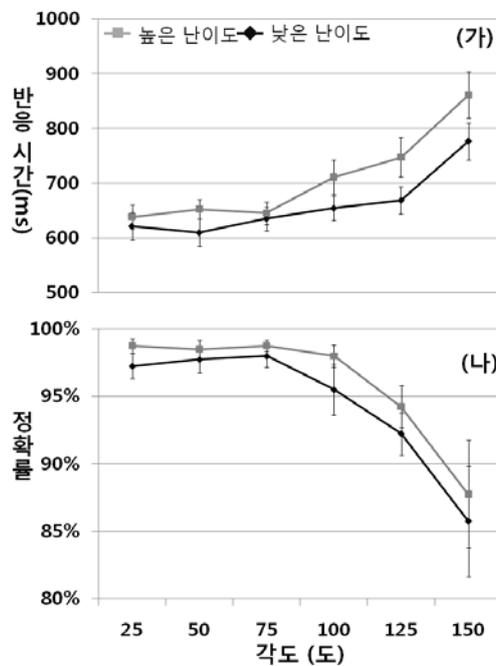
### 설계 및 절차

실험에는 한자 民을 사용하였고, 이에 대한 거울상도 제시하였다(2). 그리고 이 글자를 수직을 기준으로 오른쪽으로 25°, 50°, 75°, 100°, 125°, 150°로 회전시켜서(6) 제시하였다(2x6=12). 연습시행의 난이도와 글자의 회전 각도가 해당 실험의 독립 변인이었다. 연습시행의 난이도는 참가자 간 변인이었으며 글자의 회전 각도는 참가자 내 변인이었다. 실험은 연습 시행을 한 뒤에 본 시행으로 들어갔다. 연습 시행은 글자의 회전 각도를 25°, 50°, 75° 만을 제시하거나(난이도가 낮은 연습 시행) 100°, 125°, 150° (난이도가 높은 연습 시행)만을 제시하였다. 실험 참가자 20명 중 10명은 난이도가 낮은 시행을 한 뒤에 본 시행을 하게 하였고, 나머지 10명은 난이도가 높은 연습 시행을 한 뒤에 본 시행을 하게 하였다. 연습 시행 자극이 균일하게 8번씩 무작위로 제시되므로 참가자는 총  $8 \times 2 \times 3 = 48$ 번의 시행을 하였고, 본 시행에서는 자극이 균일하게 20번씩 제시되므로 총  $20 \times 2 \times 6 = 240$ 번의 시행을 하였다.

실험 시작 전에 10초 정도의 시간을 주어서 자세 고정과 시선의 위치를 모니터의 중앙에 맞추게 했다. 이미지는 모니터 중앙에 시각 2.6°의 크기로 반응키를 누를 때까지 제시되었으며 반응은 가운데 글자가 거울 이미지이면 키보드의 '1' 버튼을, 정상 이미지이면 '2' 버튼을 누르게 하였다. 이 후 참가자의 반응이 틀린 경우에는 경고음을 주었으며, 이 결과는 반응 시간 분석에서 제외되었다. 한 시행과 다음 시행 사이에는 응시점이 '+' 표시로 400 ~ 600 ms 내에서 무선적으로 선택되어 제시되었다.

결 과

그림 4에 실험 2의 결과가 제시되었다. 반복측정 통계 분석 결과, 글자의 회전 각도의 여부가 과제의 반응 시간에 영향을 미쳤다( $F(5,90)=42.732, p<.01, MS_e=.007$ ). 반응 시간은 평균적으로 회전 각도가 25° 일 때 680(±37)ms, 50° 일 때 699(±44)ms, 75° 일 때 726(±49)ms, 100° 일 때 773(±49)ms, 125° 일 때 848(±55)ms, 150° 일 때 994(±68)ms로 회전 각도가 증가할수록 반응 시간이 선형적으로 증가하였다. 또한 그림 4(나)에 제시되어 있듯이, 평균 정확률도 유사한 패턴을 보였다( $F(5,90)=14.166, p<.01, MS_e=.003$ ). 그러나 실험 2의 주요 독립 변인인 연습 시행의 난이도는 통계적으로 유의미하지 않았다( $F(1,18)=0.717, p=.408, MS_e=.282$ ). 마찬가지로 정확률에서도 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다( $F(1,18)=0.955,$



<그림 4> 실험 2 결과. X축은 회전 각도를, Y축은 반응 시간과 정확률을 나타낸다. 오차막대는 표준오차이다.

$p=.34$ ,  $MSe=.008$ ). 위의 그림에서 난이도가 낮은 연습 시행일 경우에 평균적인 반응 속도가 어려운 연습 시행일 경우보다 대체로 빠른 경향을 나타냈지만, 이 둘은 표준 오차 범위 내에서 평균 반응 시간이 대부분 겹치기 때문에 통계적으로 유의미 하지 않았다.

Ahissar과 Hochstein의 연구 결과에 의하면 사전 맥락 정보가 본 시행에 영향을 미치려면 과제 난이도가 높아야 한다[14]. 그러나 본 연구에서 가장 어려운 조건(150°)의 정확률이 86.8%로 높고 다른 조건들도 정확률이 93.3%에서 98.4% 사이에 분포하고 있어서 모든 조건의 난이도가 낮았다. 사전 맥락 정보가 심적 회전에 영향을 미치지 않은 이유는 본 실험의 낮은 난이도 때문인 것으로 사료된다.

### 종합 논의

본 연구에서는 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 연구하였다. 실험 1에서는 주변 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 알아보기 위해 심적 회전 시 주변 정보가 목표 자극 회전에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 단어 조건의 경우 비단어일 때 보다 반응 시간이 빨랐으며, 주변 글자의 회전 각도가 증가할수록 반응 시간이 증가하였다. 하지만 목표 자극의 회전 각도에 따른 반응 시간 차이는 나타나지 않았다. 또 단어의 목표 글자와 주변 글자의 회전 각도가 비슷할 때 반응 시간이 빠르게 나타났으며, 이러한 효과는 비단어 조건인 경우보다 단어 조건일 때 더 크게 나타났다. 실험 2에서는 사전 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 알아보려고 연습시행의 난이도가 심적 회전에 미치는 영향을 측정하였다. 실험 결과, 자극의 회전 각도가 커짐에 따라 반응 시간은 느려졌으나 연습 시행이 쉬운 조건과 어려운 조건 사이의 반응 시간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다.

실험 1, 2를 통해 공통적으로 나타난 결과는 기존의 여러 연구에서 밝혀진 바와 같이 기능적 등가가설을 지지한다. 기존 연구들에 의하면, 심적 회전의 각도가 증가할수록 그 심상을 처리하는 데에 걸리는 시간 역시 비례하여 증가하였다[1], [2]. 본 연구에서도 실험 1에서는 주변 글자의 회전 각도가 증가할수록 반응속도가 증가하였으며, 실험 2에서도 자극의 회전 각도가 커짐에 따라 반응 시간이 증가하였

다. 이러한 결과는 기존의 여러 연구 결과와 일치하는 것으로서 시각적 심상이 시지각과 동일하지는 않더라도 기능적으로는 유사하다는 것을 시사한다.

실험 1의 결과는 주변 맥락 정보가 목표 자극을 인지하는 데 영향을 미친다는 것을 시사한다. 구체적으로 목표 자극과 주변 자극 회전 각도의 상호작용이 유의미하였다. 즉 목표 자극의 인식 시간은 주변 자극의 회전 각도에 영향을 받은 것이다. 목표 글자와 주변 글자의 회전각 차이가  $0^\circ$ ,  $50^\circ$ 로 작은 경우는  $100^\circ$ ,  $150^\circ$  경우보다 글자 인식의 일반 상황과 유사한 상황이다. 본 실험의 결과에서도 글자 인식의 일반 상황과 유사할수록 참가자의 반응 시간이 빨라졌다. 이 결과는 목표 글자와 주변 글자간의 상대적인 각도 차이가 중요하다는 것을 시사하며, 물체의 형태 지각에서 상대적인 크기 차이가 절대적인 크기 차이보다 중요하다는 결과와도 일치한다[19].

다른 주변 맥락 효과로 실험 1의 단어 효과가 있었다. 주변 정보가 수행에 미치는 영향이 익숙한 단어 조건의 경우에서 그렇지 않은 비단어 조건에서 보다 더 크다는 것을 발견했는데 이는 단어를 글자 단위가 아닌 단어 전체로 재인지하기 때문에 나타난 현상이라고 볼 수 있다. Rawlinson[17]에 따르면, 첫 철자와 끝 철자만 원래 단어와 일치하면 나머지 철자의 순서에 상관없이 단어를 재인지할 수 있다. 이처럼 글자를 단어 맥락 속에서 더 빠르게 인지한다는 것은 Reicher[18]의 단어 우월 효과(word superiority effect)와도 일치하는 결과이다. 그는 하나의 글자가 단독으로 제시되거나 무의미하고 관련 없는 글자들 속에서 제시될 때보다 의미 있는 단어 속에 제시될 때 더 정확하고 빠르게 그 글자를 재인지할 수 있다는 것을 밝혔다. 본 연구 결과 역시 글자가 단어 맥락 속에서 더 쉽게 재인지될 수 있다는 기존의 연구 결과와 일치하는 결과이며, 심적 회전에서도 단어 인식 과정처럼 주변 맥락 정보가 중요하다는 것을 시사한다.

주변 맥락 정보가 심적 회전에 영향을 미친다는 결과는 동양인과 서양인의 심적 회전 속도의 차이가 있을 가능성을 시사한다. Masuda 와 Nisbett[20]은 일본인 학생들과 미국인 학생들에게 초점 대상이 되는 물고기와 함께 다른 배경 요소(수초, 물거품, 다른 동물들 등)를 애니메이션으로 제시한 후, 자신이 본 것을 회상하게 하였다. 그 결과, 초점 대상인 물고기에 대해서는 일본 학생과 미국 학생이 모두 동일한 정도로 회상하였으나 배경 요소에 대해서는 일본 학생들이 미국 학생들보다 60% 이상 더 많이 회상하였고 전체적인 맥락 및 관계에 대해서도 더 많이

회상하는 경향을 보였다. 서양인이 동양인보다 배경 요소에 영향을 덜 받는다는 결과를 고려하면, 심적 회전에서도 서양인의 경우 동양인보다 주변 정보의 영향을 덜 받을 것이라고 예측할 수 있다. 이러한 동, 서양 비교 연구를 통해 심적 회전 시 주변 정보들이 주는 영향이 문화 및 환경적 요인에 기인한 것인지를 알아 볼 수 있을 것이다.

사전 맥락 정보가 심적 회전에 영향을 미치는지를 연구한 실험 2에서는 연습 시행 난이도가 심적 회전 시간에 영향을 미치지 않았다. Ahissar과 Hochstein의 연구 [14]와는 상이하게, 실험 2의 난이도가 전체적으로 낮았기 때문에 난이도의 차이에 따른 심적 회전 속도의 차이를 관찰하지 못한 것으로 보인다. 또 다른 이유로 개인차를 들 수 있다. 본 실험은 참가자 간 설계로 진행되었는데 만약 참가자 내 설계로 한 참가자가 쉬운 연습 시행으로 시작하는 것과 어려운 연습 시행으로 시작하는 것 모두를 경험하게 하여 그 결과를 측정한다면 연습 난이도의 효과를 볼 수도 있었다. Voyer[21]의 연구와 Mumaw 등[22]의 연구는 심상 회전 속도에서 개인차가 매우 크다는 것을 보여주고 있는데 심적 회전에 대한 실험에서 이러한 개인차를 줄여 주었다면 연습 시행의 효과를 어느 정도 기대할 수 있었을 것이다. 그러나 본 연구에서는 연습 시행을 하고 어려운 연습 시행을 한 경우와 그 반대의 경우에 따라 순서 효과가 발생할 가능성 때문에 참가자 간 설계를 사용할 수밖에 없었다.

본 연구는 주변 맥락 정보가 목표 자극을 회전하는데 미치는 영향 및 연습 난이도와 같은 사전 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향 등에 대해 알아봄으로써 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향을 연구하였다. 실험 1, 2를 통해 심적 회전 시 단어 여부나 주변 글자의 회전 각도와 같은 주변 맥락 정보에 대해서는 영향을 받으나 연습 시행의 난이도와 같은 사전 맥락 정보에 대해서는 영향을 받지 않는다는 것을 발견했다. 심적 회전과 관련된 기존의 연구들이 심적 회전의 각도가 증가할수록 그 심상을 처리하는 데에 걸리는 시간 역시 비례하여 증가한다는 사실이나 개인차에만 초점을 맞추어 왔다는 점에서 볼 때, 앞으로는 이러한 개인의 능력 뿐 아니라 맥락 정보가 심적 회전에 미치는 영향도 고려해야 한다.

### 참고문헌

- [1] Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- [2] Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1973). The time required to prepare for a rotated stimulus. *Memory & Cognition*, 1, 246-250.
- [3] Hugdahl, K., Thomsen, T., & Ersland, L. (2006). Sex differences in visuo-spatial processing: A fMRI study of mental rotation. *Neuropsychologia*, 44, 1575-1583.
- [4] Quinn, P. C., & Liben, L. S. (2008). A sex difference in mental rotation in young infants. *Psychological Science*, 19, 1067-1070.
- [5] Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science? A critical review. *American Psychologist*, 60, 950-958.
- [6] Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G., & Rizzo, A. A. (2003). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42, 555-562.
- [7] Halari, R., Sharma, T., Hines, M., Andrew, C., Simmons, A., & Kumari, V. (2006). Comparable fMRI activity with differential behavioural performance on mental rotation and overt verbal fluency tasks in healthy men and women. *Experimental Brain Research*, 169, 1-14.
- [8] Peters. M., Laeng B., Latham K., Jackson M., Zaiyouna R. & Richardson C. (1995). A Redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Different versions and factors that affect performance. *Brain And Cognition*, 28, 39-58.
- [9] O'Boyle M. W., Cunnington R., Silk T. J., Vaughan D., Jackson G., Syngienotis A., & Egan G. F. (2005). Mathematically gifted male adolescents activate a unique brain network during mental rotation. *Cognitive Brain Research*, 25, 583-587.
- [10] Douglas K. M., & Bilkey D. K. (2007). Amusia is associated with deficits in spatial processing. *Nature Neuroscience*, 10, 915-921.
- [11] Gallistel, C. R. (1980). *The organization of action: A new synthesis*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- [12] Gallistel, C. R. (1990). *The organization of learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [13] Kelly, J. W., McNamara T. P., Bodenheimer B., Carr T. H., & Rieser J. J. (2008). The shape of human navigation: How environmental geometry is used in maintenance of spatial orientation. *Cognition*, 109, 281-286.
- [14] Ahlssar, M., & Hochstein, S. (1997). Task difficulty and the specificity of perceptual learning. *Nature*, 387, 401-406.
- [15] Jolicoeur P. (1985). The time to name disoriented natural objects. *Memory & Cognition*, 13, 289-303.
- [16] Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- [17] Rawlinson, G. E. (1976). *The significance of letter position in word recognition*. Unpublished doctoral dissertation, University of Nottingham, Nottingham, England.
- [18] Reicher, G. M. (1969). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 275-280.
- [19] Bundesen, C., & Larsen, A. (1975). Visual transformation of size. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 214-220.
- [20] Masuda, T. & Nisbett, R. E. (2001). Attending holistically versus analytically: comparing the context sensitivity of Japanese and Americans. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81, 922-934.
- [21] Voyer, D. (1997). Scoring procedure, performance factors, and magnitude of sex differences in spatial performance. *American Journal of Psychology*, 110, 259-276.
- [22] Mumaw, R. J., Pellegrino, J. W., Kail, R. V., & Carter, P. (1984). Different slopes for different folks: Process analysis of spatial aptitude. *Memory & Cognition*, 12, 515-521.

1 차원고접수 : 2009. 3. 30  
2 차원고접수 : 2009. 10. 26  
최종게재승인 : 2009. 12. 18

(Abstract)

## The Effect of Context on Mental Rotation

Ilyung Jung<sup>1</sup>    Chang Hyun Lee<sup>2</sup>    Mi Sun Lee<sup>1</sup>    Sang Chul Chong<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychology, Yonsei University

<sup>2</sup>Department of Computer Science, Yonsei University

<sup>3</sup>Graduate Program in Cognitive Science, Yonsei University

This study investigated whether contexts could influence the speed of mental rotation. Experiment 1 investigated whether the angle of neighboring letters influenced the recognition of the target letter. Reaction time of target recognition increased linearly, as angular differences between the angle of the target letter and that of neighboring letters increased. Moreover, this trend was more pronounced when the target and neighboring letters made a word as compared to when they did not. Experiment 2 examined the effects of practice difficulty on mental rotation. Reaction time again increased linearly with the degree of angular rotation. However, there were no significant differences between the easy and the difficult conditions. These results suggest that contextual information is important in mental rotation.

*Keywords : mental rotation, contextual information, functional equivalence hypothesis*