

초기의 기억 연구는 기억용량(memory capacity, memory span)이나 파지 기간, 혹은 기억의 종류 등 기억의 성격을 규명하는 것에 초점을 맞추었다. 기억은 파지 기간에 따라 감각기억(sensory memory), 단기기억(short-term memory), 장기기억(long-term memory)으로 구분되었다. 단기기억은 용량이 제한되어 있다는 것이 특징인데, 일반적으로 단기기억용량(short-term memory capacity)은 짧은 시간 동안 일련의 숫자나 단어 등의 자극을 제시한 후, 기억해 낸 개수를 통하여 측정되었다. Miller (1956)의 연구에 의하면, 단기기억에 저장할 수 있는 자극의 수는 7 ± 2 정도이다.

하지만 Baddeley가 작업기억(working memory)을 제안한 이 후로, 최근의 기억 연구는 정보를 저장하는 것을 넘어서서, 다양한 인지 행위(cognitive activity)의 기반이 되는 저장 및 처리 시스템으로까지 확장되었다. Baddeley의 다중구성요소 모형(multi-component model)은 두 개의 저장고(storage)와 하나의 처리 기제로 이루어져 있다. 이 모형에서 음운 루프(phonological loop)는 음운 정보를 저장하는 저장고이고, 시공간 스케치패드(visuo-spatial sketchpad)는 시공간 정보를 저장하는 저장고이며, 중앙 처리기(central executive)는 작업 기억 전체의 자원을 관리하는 것으로 제안되었다. 기존의 기억 연구에 비해 다중구성요소 모형은 저장은 물론 처리의 측면까지 고려하고 있다는 것이 중요한 특징이다(Baddeley, 1986).

단기기억용량을 측정하는 과제는 단순히 짧은 시간 동안 저장할 수 있는 자극의 개수만을 측정하는 것이므로, 작업 기억의 성격을 규명하는 데 한계가 있다. 저장은 물론 처리

의 측면까지 고려하여, 작업 기억 용량(working memory capacity)을 측정할 수 있는 과제로 복합 기억 용량 과제(complex span task)가 제안되었다(Daneman & Carpenter, 1980). 예를 들어, 읽기 기억 용량 과제(reading span)는, 하나의 문장이 제시되면 문장을 이해함과 동시에 문장의 마지막 단어를 저장할 것이 요구된다(Daneman & Carpenter, 1980). 때로는 문장이 제시되고, 문장 끝에 저장할 자극으로 문장과는 상관없는 단어가 따로 제시되기도 한다. 일련의 문장을 제시하여, 최종적으로 기억해 낸 단어의 개수가 작업 기억 용량 혹은 복합 기억 용량으로 간주되었다. 계산 기억 용량 과제(operation span)는 간단한 산술 계산식과 단어가 함께 제시되며, 산술 계산식에 대해서는 정답인지 오답인지 판단을 하고, 단어는 기억을 해야 한다(Turner & Engle, 1989). 이 외에도 개수 세기 기억 용량 과제(counting span), 회전 기억 용량 과제(spatial span, rotation span) 등이 있다(Case, Kurland & Goldberg, 1982; Shah & Miyake, 1996).

단기기억용량과 작업기억용량 사이의 관계 규명을 통해 저장고와 처리가 어떤 구조를 이루고 있는지 탐색하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 단기기억용량과 작업기억용량에 관한 기존의 연구는 크게 두 가지 측면에서 요약해 볼 수 있는데, 한 가지는 저장과 처리 사이의 관계에 대한 문제이고, 다른 한 가지는 저장과 처리에서 음운 영역과 시공간 영역 사이의 관계에 대한 문제이다. 먼저 저장과 처리 사이의 관계는, 저장과 처리가 개별적인 자원을 가지는 것으로 보는 입장이 있고, 저장과 처리가 공통된 자원을 공유한다고 보는

입장이 있다.

저장과 처리가 별개의 독립적인 자원을 가진다는 잠정적 결론을 도출한 연구는 다음과 같다. Engle, Tuholski, Laughlin, Conway(1999)는 단어 기억 용량 과제(word span task)를 사용하여 단기기억용량을 측정하였고, 읽기 기억 용량 과제, 계산 기억 용량 과제, 개수 세기 기억 용량 과제를 사용하여 작업기억용량을 측정하였다. 단기기억용량 측정치와 작업기억용량 측정치 사이의 상관성이 낮게 나타났기 때문에 저장과 처리가 서로 다른 자원을 가지는 것으로 제안하였다. 숫자 기억 용량 과제(digit span task)와 Corsi 블록 과제(Corsi block task)를 사용하여 실시한 유사한 실험과 분석에서도 단기기억용량과 작업기억용량 사이의 상관성은 낮게 나타났다(Bayliss, Jarrold, Gunn, & Baddeley, 2003; Shah & Miyake, 1996). Conway, Cowan, Bunting, Theriault, Minkoff(2002)의 연구에서도 역시 단기기억용량과 작업기억용량 사이의 상관관계가 낮게 나타났으며, 구조방정식 모형(structure equation modeling) 기법을 사용한 분석에서도 저장고와 처리의 2 요인 모형(2 factor model)이 지지되어, 저장과 처리가 다른 자원을 가진다는 결과를 지지하였다.

저장과 처리가 별개의 인지적인 자원을 가질 수 있다는 연구결과와 일치하지 않는 연구결과도 존재한다. Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne, Engle(2004)의 연구에서는 분석 기법에 따라 다른 결과를 보여주었는데, 단기기억용량과 작업기억용량 사이의 상관관계는 높게 나타나 저장고와 처리가 서로 다른 자원을 가진다는 가설을 지지하지 못했지만, 구조방정식 모형에서는 구분되어 있다는 결론

을 얻었다. 그에 비해 Colom, Rebollo, Abad, Shih(2006)는 여러 구조방정식 모형 연구를 재분석 해 보았고, 인지적 자원에서의 일반적 요인(general component)은 변량의 20-30%를 설명하지만, 특정적 요인(specific component)은 7% 밖에 설명하지 못한다는 결론을 얻어, 저장과 처리가 공통 자원을 공유한다는 입장을 보였다.

음운 영역과 시공간 영역 사이의 관계에 대해서는 영역 제한적(domain specific)이라는 입장과 영역 일반적(domain-general)이라는 입장이 있다. Daneman과 Carpenter(1987)는 읽기 기억 용량과 언어 능력 사이에 높은 상관관계가 있음을 발견하였다. 하지만 읽기 기억 용량과 시공간 능력 사이의 상관관계는 낮음을 발견하였는데 이 결과에 근거하여 작업 기억이 영역 제한적이라고 제안하였다. Shah와 Miyake(1996)도 유사한 결론을 얻었다. 이들의 연구에서 읽기 기억 용량과 언어영역 SAT 점수(verbal SAT score)와의 상관관계가 높았고, 회전 기억 용량과 시공간 과제 사이의 상관관계도 높았지만, 읽기 기억 용량과 시공간 과제 사이의 상관관계와 회전 기억 용량과 언어영역 SAT 점수 사이의 상관관계는 낮게 나타나 영역 제한적이라는 입장을 지지하였다. 그에 비해 Kane 등(2004)은 다양한 과제를 사용하여 실험한 결과에 근거하여 단기기억은 영역 제한적인 성격을 가지지만, 작업 기억은 영역 일반적이라고 제안하였다.

기존에는 주로 저장과 처리 사이의 관계, 혹은 음운 영역과 시공간 영역 사이의 관계 중 어느 한 가지 문제에만 초점을 맞추어서 연구를 수행하였다. 두 가지 문제가 함께 연

구된 경우라 하더라도 저장과 처리가 체계적으로 조작되지 않았고 또한 저장과 처리에서 음운 영역과 시공간 영역이 체계적으로 조작되지 않았다. 예를 들어, 음운 영역의 작업기억용량 과제의 경우, 문장의 이해나 산술 계산처럼 조작을 수행한 후, 단어나 낱자를 기억할 것이 요구되었다. 이와는 대조적으로 시공간 영역의 작업기억용량 과제의 경우, 도형을 회전하거나 방해 자극(distractor) 사이에서 목표 자극(target)의 개수를 세는 것처럼 조작을 하는 것이 요구되었고, 조작을 하면서 (음운 영역의 작업기억용량 과제에서 산술 계산과는 별개로 단어나 낱자를 기억하도록 하는 것과 같은) 가외의 자극을 저장하는 것은 요구되지 않았다(Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne, & Engle, 2004).

본 연구에서는 이와 같은 과제에서의 차이를 최소화 하고, 저장과 처리 및 저장과 처리에서 음운 영역과 시공간 영역을 체계적으로 조작하기 위하여, 기존의 작업기억용량 과제를 수정하여 실험을 실시하였다. 단기기억용량을 측정하기 위해서, 음운 영역에서는 숫자를 사용하였으며, 시공간 영역에서는 매트릭스(matrix)내의 위치를 사용하였다. 작업기억용량 과제의 음운 영역에서는 산술 계산을 수행하면서 낱자를 기억하도록 하는 조건, 산술 계산을 수행하면서 도형을 기억하도록 하는 조건이 포함되었고, 시공간 영역에서는 매트릭스 내에서 위치를 이동하는 조작을 수행하면서 낱자를 기억하도록 하는 조건, 매트릭스 내에서 위치를 이동하는 조작을 수행하면서 도형을 기억하도록 하는 조건이 포함되었다.

이상의 네 종류의 조건은 다시 두 조건으로 분류될 수 있는데, 조작과 저장이 모두 음운 영역인 경우와, 조작과 저장이 모두 시공간 영역인 경우는 조작과 저장이 동일 영역 내에서 이루어지는 조건이며, 조작은 음운 영역인데 저장은 시공간 영역인 경우와, 반대로 조작은 시공간 영역인데 저장은 음운 영역인 경우는 조작과 저장이 다른 영역에서 이루어지는 조건이다.

기존의 연구에서는 저장을 하도록 요구한 자극에 대한 측정치만을 작업기억용량으로 사용하였다. 예를 들어, 음운 영역의 작업기억용량 과제에서 산술 계산과 같은 조작에 대한 측정치는 상관관계나 구조방정식 모형 분석에 사용되지 않았고, 저장을 해야 하는 단어나 낱자에 대한 정답률을 작업기억용량으로 간주하였다(Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne, & Engle, 2004). 하지만 작업기억용량은 단기기억용량과 달리 저장과 처리의 특성을 함께 지니고 있으므로, 작업기억용량의 정보처리 특성을 제대로 이해하기 위해서는 작업기억용량의 저장 측정치와 함께 조작 측정치의 특성을 살펴볼 필요가 있다. 본 연구는 저장과 조작이 함께 이루어지는 상황에서, 저장하도록 요구된 자극의 측정치(저장 작업기억용량)와 산술 계산과 같은 조작에 대한 측정치(조작 작업기억용량)를 모두 사용하여 분석을 실시함으로써 저장과 처리의 관계를 좀 더 직접적으로 살펴보았다.

또한 본 연구에서는 음운 영역과 시공간 영역이 모두 관여되는 상황에서의 정보처리 특성을 검증하였다. 만약 저장과 처리가 영역

제한적이라면, 음운 영역과 시공간 영역은 개별적인 자원을 가지며, 직접적인 상호작용은 이루어지지 않을 것이다. 그러나 일상에서는 두 영역이 모두 관여되는 상황을 쉽게 접할 수 있는데, 대상의 이름과 모습을 연합한다든가, 시각적으로 제시된 자극을 음운적으로 명명한다든가 하는 일 등이 대표적인 예이다. 그렇다면 두 영역이 모두 관여되는 상황에서의 처리는 어디서, 그리고 어떻게 이루어지는 것인가 하는 의문이 생긴다. 하지만 이에 대해서는 아직 연구가 미흡하다. 두 영역이 함께 사용되는 상황에서의 처리를 살펴보는 것은, 그 자체로도 중요하지만 영역 사이의 관계를 살펴보는 데에도 유용한 단서가 될 수 있다. 음운영역과 시공간 영역 사이의 관계를 알아보기 위한 영역간 처리(cross domain processing) 과제로는 연합, 통합, 그리고 변형 과제가 포함되었다.

본 연구는 조작과 저장이 독립적인 인지적 자원을 갖는지 아니면 인지적 자원을 공유하는지의 문제와 동시에 음운영역과 시공간 영역에서의 정보처리가 독립적인 인지적 자원에 의해 수행되는지 아니면 공유된 인지적 자원에 의해 수행되는지의 문제에 관심이 있다. 조작과 저장 그리고 음운 영역과 시공간 영역의 문제는 실제 하나의 실험상황에서 서로 떼어서 생각할 수 없는데 왜냐하면 조작과 저장은 정보처리 양식의 문제이고 음운영역과 시공간영역은 처리되는 정보의 종류의 문제인데, 처리되는 정보가 없는 정보처리 양식과, 정보처리 양식이 없는 처리되는 정보자체로는 무의미하기 때문이다. 문제는 조작과 저장이 독립적인 인지적 자원을 갖는지 그리고 음운영

역과 시공간 영역의 정보를 처리하는데 독립적인 인지적 자원이 할당되는지 여부이다.

만약 저장과 처리가 개별적인 인지적 자원에 의해 수행된다면, 단기 기억용량과 조작 작업 기억용량 사이의 상관관계, 그리고 저장 작업 기억용량과 조작 작업 기억용량 사이의 상관관계는 낮게 나타날 것이다. 하지만 저장과 처리가 공통된 자원을 공유한다면, 단기 기억용량, 저장 작업 기억용량, 그리고 조작 작업 기억용량 사이의 상관관계는 높게 나타날 것이다. 그리고 음운 영역과 시공간 영역이 독립된 인지적 자원을 가진다면, 작업 기억용량 과제에서, 조작과 저장이 동일 영역 내에서 이루어지는 조건에서는 간섭이 나타나지만, 조작과 저장이 다른 영역에서 이루어지는 조건에서는 간섭이 나타나지 않을 것이다. 조작과 저장이 동일 영역에서 이루어지는 조건과 상이한 영역에서 이루어지는 조건에서의 저장 작업 기억용량 측정치 비교를 통해서 저장고의 성격을 살펴볼 수 있고, 두 조건에서의 조작 작업 기억용량 측정치 비교를 통해서 처리 측면의 특성을 살펴볼 수 있다. 또한 단기 기억용량과 저장 작업 기억용량, 그리고 조작 작업 기억용량 각각에서 음운 영역과 시공간 영역 사이의 상관관계를 비교해 보는 것 역시 저장과 처리에서 영역 사이의 관계를 유추해 보는데 도움이 될 수 있다. 만약 영역 제한적인 성격을 가진다면 동일 영역 사이에서는 상관관계가 높게 나타나지만, 다른 영역 사이에서는 상관관계가 낮게 나타날 것이다.

방 법

참가자 XX 대학교에 재학 중인 학생 18명이 자원하여 실험에 참가하였다. 단기기억 과제와 작업기억 과제, 그리고 영역간 연합과 통합 과제는 18명 모두가 실험에 참가하였으나, 영역간 변형 과제는 18명 중 12명만이 실험을 완료하였다. 시간당 6000원의 보상을 지급하였다.

기구 실험 프로그램은 17인치 LCD 화면을 포함한 eMac, Matlab 5.2.1과 Matlab 함수 모인인 Psychophysics Toolbox에 의해 구현되었다. 모니터의 해상도는 1024×768(89Hz) 이었다.

실험 자극 자극은 음운 영역에서는 숫자와 낱자 혹은 단어가 사용되었으며, 시공간 영역에서는 위치(matrix)와 도형이 사용되었다. 위치(matrix)의 한 셀(cell)과 도형은 1.24° x 1.24° 크기 이었으며, 숫자와 글자는 형태에 따라 약간의 차이가 있었으나, 세로를 기준으로 1.24° 을 유지하였다.

실험 절차 모든 실험 참가자는 단순기억용량 과제(즉, 단기기억용량 과제) 2개, 복합 기억용량 과제(즉, 작업기억용량 과제) 4개, 영역간 처리과제 3개, 총 9개의 개별적인 과제를 수행하였다(표 1 참고). 모든 과제는 각 시행의 준비 단계, 자극 제시 단계, 그리고 응답 단계로 구성되어 있다. 먼저 준비 단계에서는 회색의 바탕에 흰색의 응시점(fixation cross)을 제시하였고, 실험 참가자가 주의를 집중하여 과제를 수행할 준비를 마치면 스페이스바(space bar)를 누르도록 하였다. 자극 제시 단계에서는, 회색의 바탕에 검은색으로 자극이 1초 동안 제시되었다. 단, 영역간 연합과 영역간 통합의 경우에는, 음운 영역의 자극과 시공간 영역의 자극이 2초 동안 함께 제시되었다. 자극과 자극 사이에는 500ms 동안 회색의 빈 화면이 주어졌다. 자극개수(set size)만큼 자극이 제시되고 나면, 응답 단계로 들어서는 단서로 회색의 바탕에 흰색의 물음표가 500ms 동안 제시되었다. 응답 단계에서는 각 과제에 따른

표 1. 실험에 사용된 과제의 성격과 종류

과제의 성격	과제의 종류
단순 기억 용량 과제 (simple span task, 단기기억용량 과제)	음운 영역 (숫자)
	시공간 영역 (위치)
복합 기억 용량 과제 (complex span task, 작업기억용량 과제)	음운 영역 (숫자) 조작, 음운 영역 (낱자) 저장
	음운 영역 (숫자) 조작, 시공간 영역 (도형) 저장
	시공간 영역 (위치) 조작, 음운 영역 (낱자) 저장
영역-간 처리 과제 (cross-domain processing task)	시공간 영역 (위치) 조작, 시공간 영역 (도형) 저장
	음운 영역 (숫자), 시공간 영역 (위치) 사이의 연합
	음운 영역 (숫자), 시공간 영역 (위치) 사이의 통합
	음운 영역 (숫자, 단어), 시공간 영역 (위치, 도형) 사이의 변형

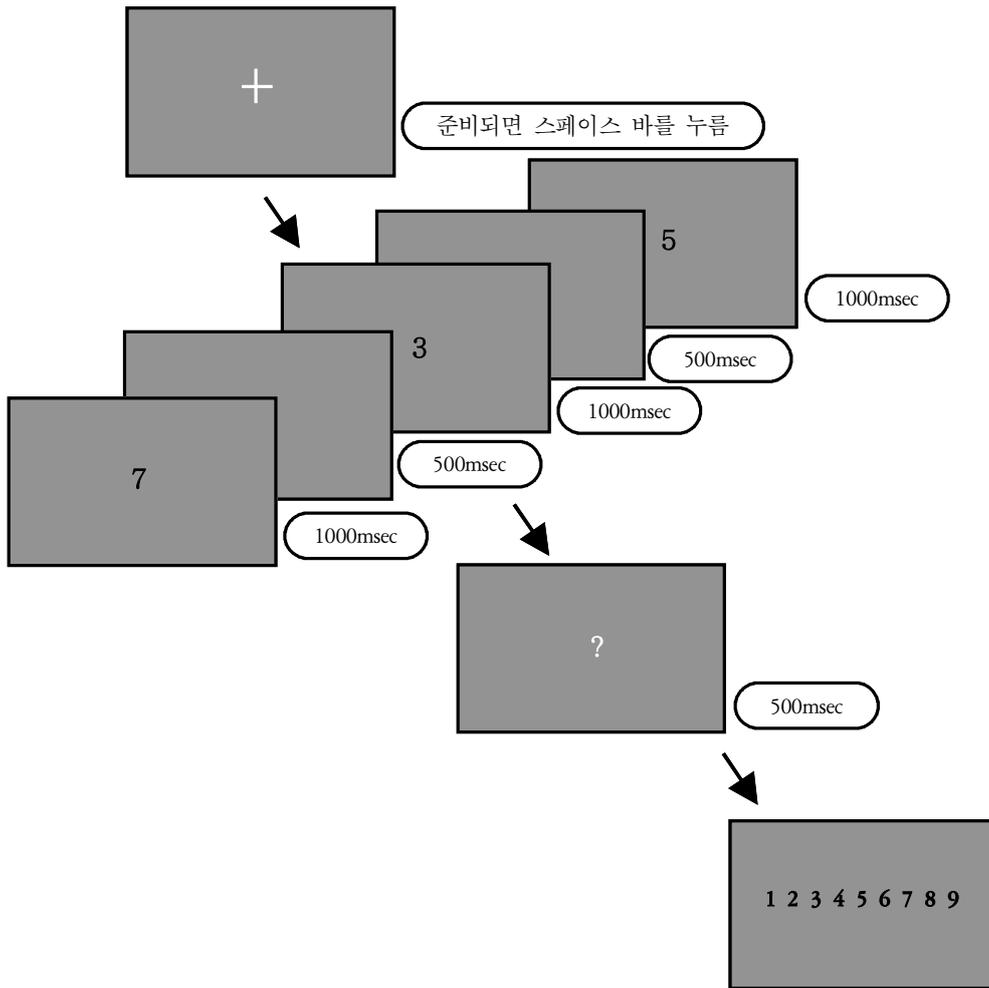


그림 1. 전체적인 실험 절차. 본 예는 단기기억 용량 과제에서 자극개수(set size)가 3인 경우에서 음운영역의 숫자가 제시되는 경우이다. 자세한 내용은 본문 참조.

응답 단서가 회색의 바탕에 검은색으로 제시되었고, 실험 참가자는 최대한 빠르고 정확하게 응답을 하도록 요구되었다. 그림 1은 단기기억 용량과제에서 자극 개수가 3인 경우의 자극제시와 반응절차를 개략적으로 나타낸 것인데 본 연구에서의 다른 과제 역시 기본적으로는 이와 유사한 절차를 갖는다. 단기기억용량 과제, 작업기억용량과제, 영역간 처리과제

에서의 구체적인 실험절차는 다음과 같다.

단기기억용량 과제: 일련의 자극(음운 영역은 1에서 9 사이의 숫자, 시공간 영역은 3x3 매트릭스 내의 한 위치)을 자극개수(5, 7, 9)만큼 제시하였다. 응답 단서로 1에서 9 사이의 숫자, 또는 3x3 매트릭스가 화면에 나타나면, 참가자들은 제시된 순서대로 응답 단서에 제

시된 자극을 마우스로 클릭하여 응답하였다. 단기기억용량 과제는 음운 영역과 시공간 영역에서의 단기기억용량을 측정하는 두 가지 과제를 포함한다.

작업기억용량 과제: 저장해야 될 자극(음운 영역은 ‘가’에서 ‘자’ 사이의 글자, 시공간 영역은 삼각형과 사각형으로 이루어진 도형)을 먼저 제시한 후, 조작해야 될 자극(음운 영역은 산술 계산식, 시공간 영역은 매트릭스 내에서 위치 이동 과제)을 제시하였다(그림 2 참고). 조작 자극이 정답일 경우, 키보드에서 숫자 ‘1’을, 오답일 경우, 숫자 ‘2’를 누르도록 지시하였다. 이 과정을 자극개수(1, 3, 5, 7)만큼 반복하여 제시한 후, 응답 단계에서 저장 자극에 대한 숫자 혹은 도형 모음이 화면에 나타나면, 제시된 순서대로 마우스를 클릭하여 응답하도록 하였다. 작업기억용량 과제에는 음운 영역 조작-음운 영역 저장 조건, 음운 영역 조작-시공간 영역 저장 조건, 시공간 영역 조작-음운 영역 저장 조건, 시공간 영역 조작-시공간 영역 저장 조건이 포함되었다. 위 네 조건은 조작과 저장이 동일한 영역 내에서 이루어지는 조건(음운 영역 조작-음운 영역 저장 조건, 시공간 영역 조작-시공간 영역 저장 조건)과 조작과 저장이 다른 영역에서 이루어지는 조건(음운 영역 조작-시공간 영역 저장 조건, 시공간 영역 조작-음운 영역 저장 조건)으로 나뉠 수 있다.

영역간 처리 과제: 영역간 처리 과제는 세 가지의 과제로 나뉜다: 영역간 연합, 영역간 통합, 영역간 변형 과제. 영역간 연합 과제는

매트릭스 내의 한 셀에 1에서 9 사이의 숫자 한 개가 제시되면, 위치와 숫자를 연합하여 기억하도록 요구하였다(그림 3 참고). 시공간 특성과 음운적 특성을 갖는 자극들이 하나의 자극 내에 제시되는데 만약 영역 제한적인 인지적 자원이 각 영역에 할당되어 있다면 참가자가 요구되는 과제를 수행하기 위해서 두 영역의 인지적 자원을 모두 사용할 필요성이 있다. 시공간 자극개수(1, 3, 5, 7)만큼 자극이 제시된 후에, 화면의 왼쪽에는 숫자 모음이, 오른쪽에는 빈 매트릭스가 나타나도록 함으로써 응답 단서 화면을 제시하였다. 응답 단서 화면이 제시되면, 실험 참가자는 마우스를 사용하여 제시된 순서대로 숫자와 위치를 각각 한 번씩 클릭하여 응답을 수행하였다.

영역간 통합 과제의 자극 제시 단계에서는 화면의 왼쪽에 숫자 한 개, 오른쪽에는 매트릭스의 위치 한 개를 따로 표시하여 제시하였다(그림 4 참고). 영역간 연합과제에서의 과제와 유사하기는 하지만, 연합과제와 달리 음운 자극과 시공간 자극이 독립적으로 제시되기에 참가자는 과제를 수행하기 위해 두 영역의 자극 정보를 능동적으로 통합할 필요성이 있다. 자극개수(1, 3, 5, 7)만큼 자극 제시가 완료되면, 자극개수만큼 차례대로 매트릭스 내의 한 위치에 숫자가 표시되었고, 숫자와 위치가 올바르게 통합되었는지 판단하도록 요구되었다. 숫자와 위치가 둘 다 제시된 자극과 같을 경우에는 키보드에서 숫자 ‘1’을, 숫자와 위치 중 한 가지라도 제시된 자극과 다를 경우에는 숫자 ‘2’를 누르도록 하였다. 응답 단서는, 전체 시행 중 무작위로 받은 정답을 제시하였고, 나머지 받은 오답으로 제시하였다.

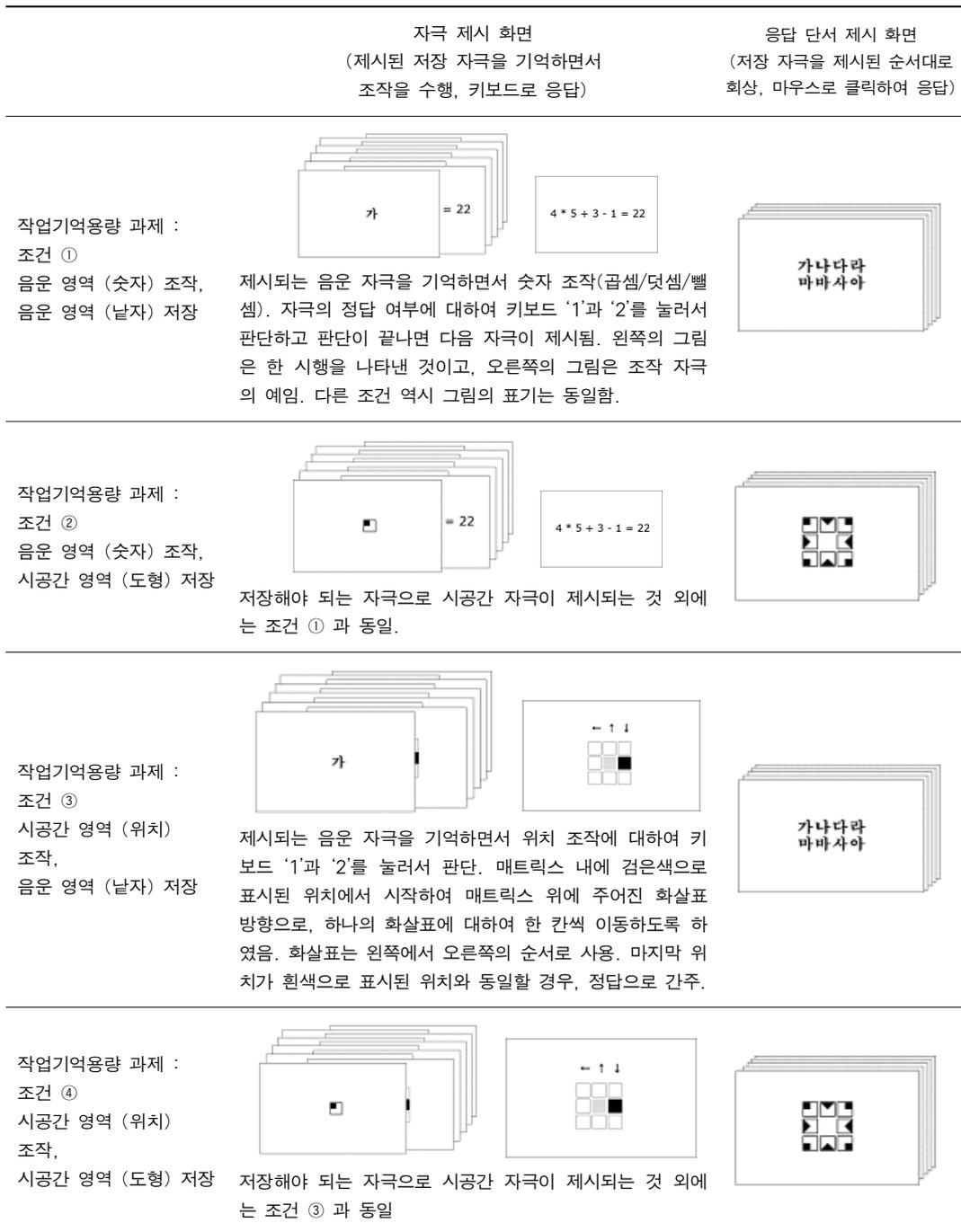


그림 2. 작업기억용량 과제

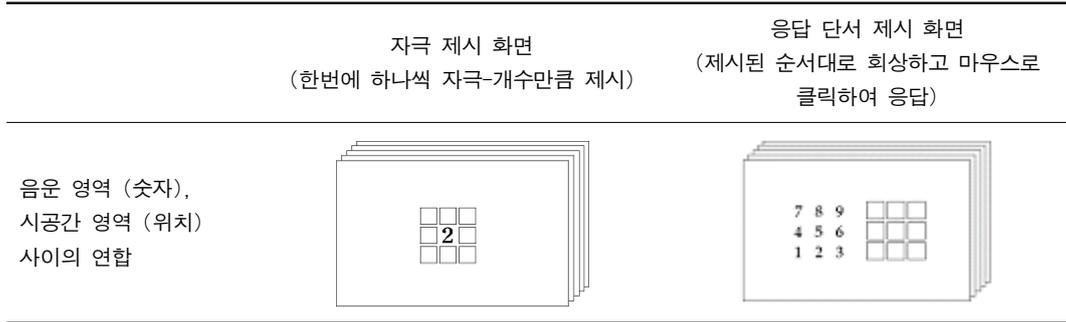


그림 3. 음운 영역 (숫자), 시공간 영역 (위치) 사이의 연합 과제

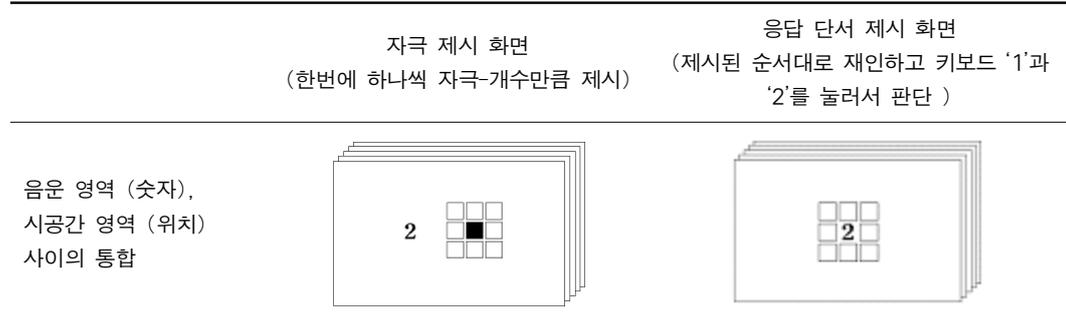


그림 4. 음운 영역 (숫자), 시공간 영역 (위치) 사이의 통합 과제

영역간 변형 과제에서 실험 참가자들은 일련의 음운 영역 혹은 시공간 영역에 해당하는 자극(음운 영역은 아라비아 숫자와, 각 숫자에 해당하는 글자, 위치를 의미하는 글자, 시공간 영역은 위치와, 위치를 가리키는 화살표, 숫자의 의미를 가지는 주사위 도형)을 제시받았다. 자극개수(1, 3, 5, 7)만큼 자극을 제시한 후, 응답 단서로 음운 영역 혹은 시공간 영역에 해당하는 자극을 제시하였다(그림 5 참고). 실험 참가자들은 저장된 자극과 응답 단서로 제시된 자극을 제시된 순서대로 비교하여, 의미가 동일하면 키보드를 사용하여 숫자 '1'을, 다를 경우에는 숫자 '2'를 눌러서 응답하였다. 적절하게 주어진 과제를 수행하기 위해서 참가자

는 시공간 영역과 음운영역의 정보를 각각 음운영역과 시공간 영역으로 적절히 변형할 필요성이 있다. 영역간 변형과제에는 제시된 자극과 응답 단서 사이에 변형이 일어나지 않는 조건(동일한 자극이 제시되는 조건), 동일한 영역 내에서 변형이 일어나는 조건(음운 영역에서 음운 영역으로, 혹은 시공간 영역에서 시공간 영역으로), 다른 영역으로 변형이 일어나는 조건(음운 영역에서 시공간 영역으로, 시공간 영역에서 음운 영역으로)이 포함되었다. 응답 단서는, 영역간 통합에서와 마찬가지로, 전체 시행 중 무작위로 받은 정답을, 나머지 받은 오답을 제시하였다.

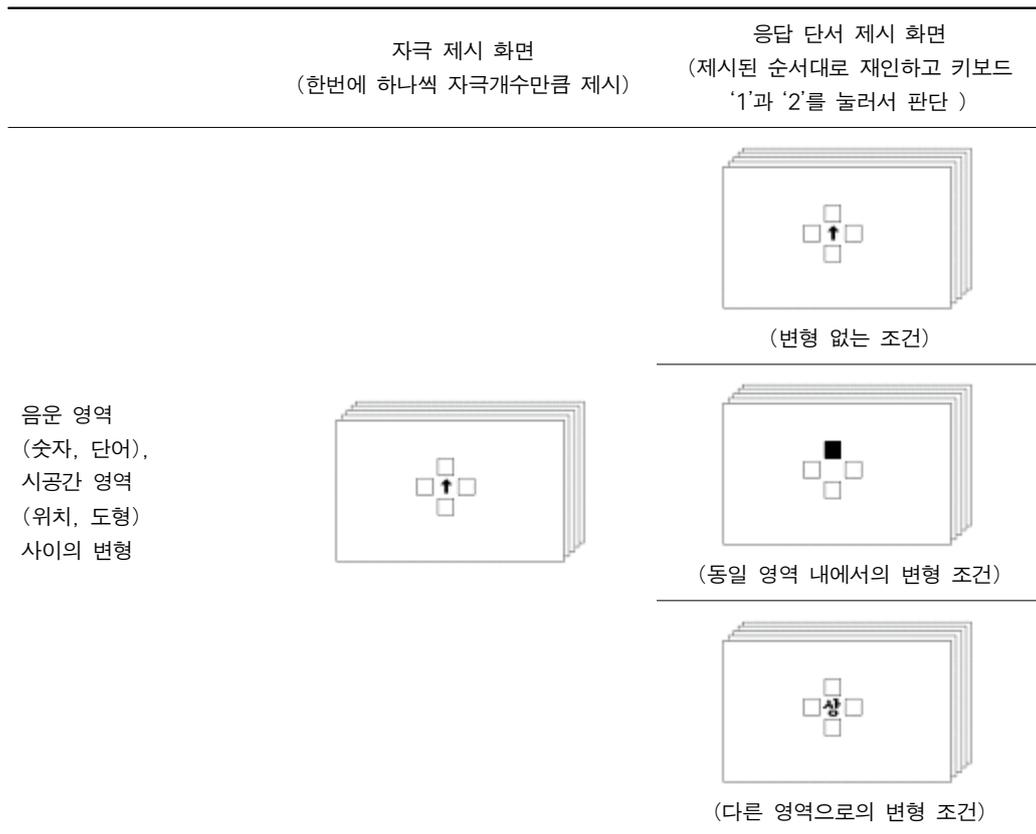


그림 5. 음운 영역 (숫자, 단어), 시공간 영역 (위치, 도형) 사이의 변형 과제

결 과

단기기억용량의 정답률, 저장 작업기억용량의 정답률, 그리고 영역간 처리(연합, 통합, 변형)의 정답률은 제시된 자극을 순서대로 모두 응답한 시행만을 이용하여, 제시된 전체 자극 개수에서 회상해 낸 자극의 개수를 퍼센트로 산출하였다. 조작 작업기억용량의 정답률은 전체 조작 판단에서 조작 판단을 올바르게 수행한 비율을 퍼센트로 산출하였다. 반응 시간은 각 과제에서 응답 단서가 제시된 직후부터 응답을 모두 마친 시점까지의 시간을 계산하

였다 (실험 참가자의 전체 평균과 반응 시간은 표 2와 3에 제시하였음).

단기기억용량 과제와 저장 작업기억용량 과제에서의 정답률은 각각 88%와 86%이었다. 조작 작업기억용량 과제에서의 정답률은 95%로서 저장 작업기억용량 과제에서의 수행보다 상대적으로 좋았다(표 2 참고). 이와 같은 수행에서의 차이는 저장과제의 경우 기억해야 할 자극을 1초 썩만 제시한 데 비해, 조작의 경우 자극 제시에 시간제한을 두지 않았기 때문일 수 있고(그림 2 참고; 조작에 대한 응답을 수행하면 다음 자극으로 넘어가게 됨), 또 다

표 2. 단기 기억용량 과제와 작업 기억용량 과제에서의 정답률 (단위 : %)

과제의 종류		평균	표준편차
단기 기억용량	전체	88.14	10.35
	음운 영역 (숫자)	92.64	9.41
	시공간 영역 (위치)	83.62	17.38
저장 작업 기억용량	전체	86.05	13.84
	음운 영역 (날자) 저장	88.08	12.47
	시공간 영역 (도형) 저장	84.02	19.20
조작 작업 기억용량	전체	95.25	3.90
	음운 영역 (숫자) 조작	93.32	6.03
	시공간 영역 (위치) 조작	97.18	3.84

표 3. 단기 기억용량 과제와 작업 기억용량 과제에서의 반응시간(단위 : 초)

과제의 종류		평균	표준편차
단기 기억용량	전체	.91	.25
	음운 영역 (숫자)	1.03	.29
	시공간 영역 (위치)	.78	.35
저장 작업 기억용량	전체	.68	.27
	음운 영역 (날자) 저장	.61	.27
	시공간 영역 (도형) 저장	.76	.42
조작 작업 기억용량	전체	4.02	1.48
	음운 영역 (숫자) 조작	4.31	1.78
	시공간 영역 (위치) 조작	3.73	1.77

른 가능성은 저장을 하는 것이 방해를 받더라도 조작에 좀 더 비중을 두고 과제를 수행했을 가능성이 있다. 하지만, 조작을 수행하지 않으면서 측정했던 단기 기억 용량과제에서의 정답률과 저장 작업 기억용량과제에서의 정답률이 유사함을 고려할 때, 아마도 조작 작업 기억용량과제에서의 높은 수행률은 조작 자극 제시시에 시간제한을 두지 않았기 때문일 가

능성이 높다.

작업 기억용량에서 저장과 조작이 동일한 영역에서 이루어지는 조건과 다른 영역에서 이루어지는 조건에서의 수행을 비교하였다. 조작 정답률 측정치에 대해서 두 조건 간 차이는 유의미 하지 않았다($F(1,17)=.221, p=.664$). 하지만 저장 정답률($F(1,17)=4.479, p=.049$), 저장 반응시간($F(1,17)=4.841, p=.042$), 조작 반응

시간($F(1,17)=8.561, p=.009$)에서 두 조건 간 유의미한 차이가 나타났다(표 4, 그림 6, 6 참고). 저장과 조작이 동일 영역에서 이루어지는 조건의 수행이 다른 영역에서 이루어지는 조건의 수행보다 저하되는 것으로 나타났는데, 이러한 실험결과는 작업 기억에서 동일 영역의 저장과 조작을 함께 수행할 경우 간섭이

나타남을 보여준다.

단기기억용량과 작업기억용량 사이의 상관관계를 통해, 저장과 처리의 구조를 유추해 볼 수 있다. 단기기억용량에서의 음운 영역과 저장 작업기억용량 사이에는 상관관계가 낮게 나타나기는 하였으나, 전체적으로 단기기억용량과 저장 작업기억용량 사이에는 0.3~0.6 정

표 4. 실험 결과: 작업기억용량에서 저장과 조작이 동일 영역에서 이루어지는 조건과 다른 영역에서 이루어지는 조건 비교

조건		저장과 조작이 동일 영역에서 이루어지는 조건	저장과 조작이 다른 영역에서 이루어지는 조건
저장 작업기억용량 정답률	평균	82.66	89.44
	표준편차	18.68	8.48
조작 작업기억용량 정답률	평균	95.07	95.43
	표준편차	3.45	3.66
저장 작업기억용량 반응시간	평균	0.73	0.63
	표준편차	0.25	0.17
조작 작업기억용량 반응시간	평균	4.34	3.71
	표준편차	1.52	1.02



그림 6. 작업기억용량에서 저장과 조작이 동일 영역에서 이루어지는 조건과 다른 영역에서 이루어지는 조건에서의 정답률 비교(왼쪽-저장의 정답률, 오른쪽-조작의 정답률)

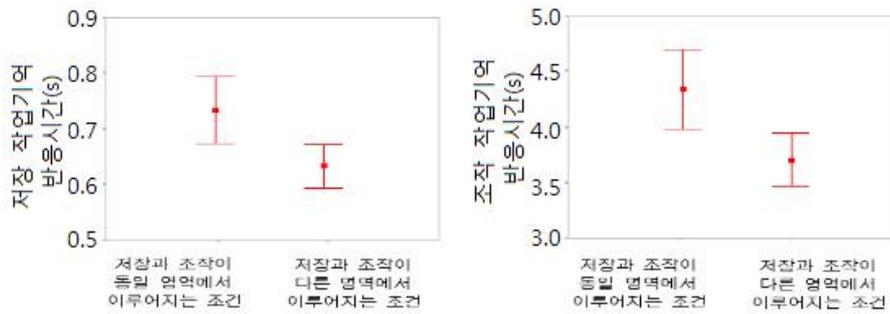


그림 7. 작업기억용량에서 저장과 조작이 동일 영역에서 이루어지는 조건과 다른 영역에서 이루어지는 조건에서의 반응시간 비교 (왼쪽-저장의 반응시간, 오른쪽-조작의 반응시간)

표 5. 실험 결과 : 단기기억용량 과제와 작업기억용량 과제 사이의 상관관계

		단기기억용량		
		전체	음운영역	시공간영역
저장 작업기억용량	전체	0.59**	0.19	0.61*
	음운영역	0.34*	0.23	0.29*
	시공간영역	0.63**	0.12	0.69*
조작 작업기억용량	전체	0.11	0.18	0.03
	음운영역	-0.02	0.16	-0.11
	시공간영역	0.25	0.11	0.24

주. * $p < .05$, ** $p < .01$

표 6. 실험 결과: 영역간 변형에서 변형 없는 조건, 동일 영역 내에서 변형 조건, 다른 영역으로 변형 조건 사이의 비교

조건		변형 없는 조건	동일 영역 내에서 변형 조건	다른 영역으로 변형 조건	F 값
변형의 정답률	평균	93.51	93.44	93.41	.045
	표준편차	5.13	6.23	5.64	
변형의 반응시간	평균	0.72	0.71	0.74	1.451
	표준편차	0.13	0.13	0.14	

도로 유의미하게 높은 상관성이 나타난다. 그에 비해서 단기기억용량과 조작 작업기억용량 사이에서는 유의미한 상관성이 발견되지 않는다(표 5 참고).



그림 8. 실험 결과: 영역간 변형에서 변형 없는 조건, 동일 영역 내에서 변형 조건, 다른 영역으로 변형 조건 사이의 비교 (왼쪽) 정답률 (오른쪽) 반응시간

영역간 변형에서 변형 없는 조건, 동일 영역 내에서 변형 조건, 다른 영역으로 변형 조건 사이에 정답률과 반응시간 모두에서 유의미한 차이가 발견되지 않았다(표 6, 그림 8 참고).

영역간 처리에서 기억이 영향을 주는 부분을 제거한 후, 순수하게 영역간 처리로 인해 발생하는 추가적인 인지적 노력을 알아보기 위해 수행의 비용(cost)을 산출하였다. 영역간 연합과 영역간 통합의 경우, 자극개수가 7인 조건에 한하여, 영역간 연합의 측정치와 영역간 통합의 측정치를 해당 단기기억용량으로 나누었다. 비용이 1보다 클 경우 단기기억용량에 비해 연합이나 통합을 수행하는 데 추가적인 비용이 발생한 것을 시사한다. 영역간 변형의 경우, 전체적으로는 세 조건(변형 없는 조건, 동일 영역 내에서 변형 조건, 다른 영역으로 변형 조건) 사이에 유의미한 차이가 발생하지 않았으나, 수행이 좋은 집단과 낮은 집단으로 나누어 비교를 해 본 결과 수행이 낮은 집단에서는 변형이 없는 조건과 변형이 일어나는 조건 사이에 약간의 경향성이 나타

표 7. 영역간 처리 비용

과제의 종류	평균	표준편차
영역간 연합	1.96	1.38
영역간 통합	1.02	0.21
영역간 변형	1.08	0.17

났기 때문에, 수행이 낮은 집단에서 변형이 없는 조건과 변형이 일어나는 조건 사이의 비용만을 산출하였다(영역간 처리 비용은 표 7에 제시하였음).

저장 작업기억용량, 조작 작업기억용량, 그리고 영역간 처리 비용 사이의 상관관계를 살펴본 결과, 연합과 변형은 유의미한 상관이 나타나지 않았다. 통합의 경우 저장 측면에서 높은 상관관계가 나타나긴 하였으나, 영역 사이의 차이는 미미했다(표 8 참고)¹⁾.

1) 단기기억용량, 작업기억용량 측정과제와 영역간 연합측정과제에서 참가자들은 마우스클릭 반응을 통한 회상과제를 수행하였다. 반면에 영역간 통합과 영역간 변형과제에서는 재인과제를 수행하였다. 표 8에서의 작업기억용량 과제와 영역간 처리 비용사이의 상관관계를 비교할 때 상관계수에서의 차이가 기억방법의 차이에 기인했을

표 8. 작업기억용량 과제와 영역간 처리 비용 사이의 상관관계

		영역간 연합	영역간 통합	영역간 변형
저장 작업기억용량	전체	-0.05	0.53**	-0.24
	음운영역	-0.08	0.28*	-0.04
	시공간영역	-0.01	0.47**	-0.26
조작 작업기억용량	전체	0.00	0.27*	-0.36
	음운영역	0.00	0.21	-0.04
	시공간영역	0.00	0.25	-0.42

주. * $p < .05$, ** $p < .01$

종합논의

단기기억용량 과제와, 작업기억용량 과제, 그리고 영역간 처리 과제를 사용하여 작업 기억 연구에서 여전히 논란이 되고 있는 저장과 처리의 관계와, 저장과 처리 각각에서 음운 부호와 시공간 부호 사이의 관계를 살펴보았다. 기존의 연구는 작업기억용량 과제에서 영역을 체계적으로 조작하지 않았기 때문에 영역 사이의 관계를 살펴보는 데 한계가 있었다. 하지만 본 연구에서는 작업기억용량 과제를 저장 측면과 조작 측면으로 구분하고, 각각에 대해 음운 부호와 시공간 부호를 체계적으로 조작하였기 때문에, 저장과 처리의 관계와 저장과 처리 각각에서 영역의 성격을 구체적으로 살펴볼 수 있었다.

단기기억용량과, 저장 작업기억용량, 조작 작업기억용량을 비교해 보면 단기기억용량과 저장 작업기억용량 사이에는 상관관계가 높게 나타난 반면, 단기기억용량과 조작 작업기억용량 사이에는 상관관계가 낮게 나타났다. 이 결과 가능성을 배제할 수 없다.

저장과 처리는 개별적인 인지적 자원을 가지고 있음을 시사한다. 저장과 처리가 개별적인 인지적 자원을 소유할 가능성을 시사하는 본 연구 결과는 기존의 단기기억 용량과 작업 기억 용량간의 관계를 통하여 저장과 처리가 상이한 인지적 자원을 가질 가능성을 제시한 Engle 등(1999), Bayliss 등(2003), Shah와 Miyake (1996) 및 Conway 등(2002)의 연구결과와 일치한다. 저장과 처리가 별개의 인지적 자원을 소유함을 제안한다는 측면에서 본 연구와 기존의 연구결과가 공통점이 있다. 기존의 연구가 저장 작업기억용량과 조작 작업기억용량을 구별하지 않고 작업기억의 저장 측정치만을 측정 한 상태에서 작업기억용량과 단기기억 용량의 관계를 규명하였던데 비하여 본 연구에서는 작업기억용량을 저장 작업기억용량과 조작 작업기억용량으로 구별하여 측정하였으며 특히, 단기기억 용량과 저장 및 조작 작업기억용량과의 상관관계를 검증하였다는 점에서 의미가 있다.

작업기억이 저장과 조작의 두 가지 속성을 갖는다는 것을 전제할 때 발생하는 의문은 작

업기억 기제가 음운 영역과 시공간 영역의 정보를 저장하거나 조작할 때 영역에 관계없이 일반적인 인지적 자원을 활용하는지 아니면 영역별로 독립된 인지적 자원을 할애하여 활용하는지이다. 이와 같은 의문에 답하기 위하여 저장 작업기억용량 과제와 조작 작업기억용량 과제에서 저장과 조작을 동일한 영역 내에서 하는 조건과 다른 영역에서 실행해야 하는 조건에서의 수행 비교를 통해, 저장과 처리 각각이 영역 일반적인 성격을 갖는지 아니면 영역 제한적인 성격을 갖는지를 검증하였다. 저장 작업기억용량과 조작 작업기억용량 모두에서 저장과 조작이 동일한 영역 내에서 이루어지는 조건의 수행이 다른 영역에서 수행되는 조건에 비해 수행이 더 낮게 나타나, 작업 기억에서의 저장과 조작이 동일 영역 내에서 간섭을 유발함을 보여 주었다. 이는 작업기억의 저장과 조작이 동시에 작용하는 경우 저장 작업기억용량과 조작 작업기억용량이 영역 제한적인 성격을 가지고 있음을 시사한다. 음운 영역과 시공간 영역 정보를 처리할 때 공통의 인지적 자원을 활용하는지 아니면 영역 제한적인 인지적 자원을 활용하는지에 대한 기존의 연구는 주로 단기기억과 작업기억의 저장 측면에서 검증되었다(Daneman과 Carpenter, 1987; Shah와 Miyake, 1996; Kane 등, 2004). 본 연구의 결과는 작업기억의 저장과 조작이 동일 영역 또는 상이한 영역에서 발생하도록 조작한 상황에서 획득되었는데, 작업기억이 영역 제한적임을 시사하는 Daneman과 Carpenter(1987) 및 Shah와 Miyake(1996)의 연구 결과와 일치한다. 또한 본 연구에서는 단기기억용량과 저장 작업기억용량, 조작 작업기억

용량 사이의 관계를 분석하였는데, 동일 영역 사이의 상관관계가 다른 영역 사이의 상관관계에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 저장과 처리가 영역 제한적일 가능성을 시사한다.

개별적인 자극을 저장하는 것을 넘어서서, 정보의 구조를 세우고 정보들 사이의 연합이나 통합을 수행하는 것은 작업 기억에서 매우 중요한 문제이다. 특히 저장과 처리가 영역 제한적인 성격을 가질 경우에는 더욱 그러하다. Baddeley는 영역 제한적인 저장고를 제안하면서 음운 영역과 시공간 영역이 함께 사용되는 상황에서의 처리는 고려하지 않았다. 이후에 작업 기억에서 나타나는 영역 일반적인 특성을 고려하여, 임시 완충기(episodic buffer)를 추가하여 작업 기억 모형을 수정하기는 하였으나, 지지 증거를 기반으로 이루어진 것은 아니었다(Baddeley, 2000). 게다가 수정된 모형에서도 영역간 처리에 대해서는 언급하지 않았다. 영역간 처리는 그 자체로도 매우 중요한 문제이며, 영역 일반성과 영역 제한성을 살펴보는 차원에서는 물론이고 작업 기억 전체의 구조를 유추하는 데에도 큰 의의를 지닌다. 영역간 처리의 수행은 단순히 개별적인 정보를 저장하는 단기기억용량에 비해 추가적인 인지적 비용이 발생하였다. 그리고 영역간 처리를 수행하는데 발생하는 추가적인 인지적 비용과 저장 작업기억용량, 조작 작업기억용량 사이의 상관관계는 낮게 나타나, 영역간 처리가 저장이나 처리와는 다른 성격을 지님을 보여주었다. 또한 영역간 변형에서 동일 영역 내에서 이루어지는 변형 조건과 다른 영역으로 이루어지는 변형 조건 사이에 유의미

한 차이가 존재하지 않아 영역간 변형이 영역 일반적인 성격을 가지는 것으로 나타났다. 이 실험 결과는 작업기억에 저장과 처리 이외에 Baddeley가 제안한 임시 완충기와 같은 가외의 구성요소가 존재할 가능성을 시사한다.

기존 연구에서 산술계산과 같은 조작에 대한 측정치는 사용하지 않고 저장을 요구한 자극에 대한 측정치만을 작업기억용량으로 사용하였는데 비하여 본 연구는 작업기억에서의 저장과 처리의 특성을 규명하기 위하여 작업기억에서의 저장과 조작에 대한 측정치를 획득하기 위한 시도를 하였다. 작업기억에서의 저장과 조작에 대한 측정치를 타당하게 독립적으로 획득할 수 있는가에 대한 의문이 있을 수 있다. 기존 연구에서는 산술연산과 같은 조작에 대해서는 거의 오반응이 없는 높은 수행수준을 요구하였고 실제로 오반응이 거의 없는 상황에서 저장 측정치를 획득하였다. 조작 수행이 100%에 근접하지 않을 때, 조작과 저장이 서로 교환적인 관계(trade-off)에 있을 가능성이 있는데, 만약, 저장 수행을 높이기 위해 조작 수행을 희생하거나 또는 조작 수행을 높이기 위해 저장 수행을 희생한다면 저장과 수행을 독립적으로 측정하는 것이 불가능할 수 있다. 본 연구에서 조작과 저장의 측정치가 서로 교환적인 관계에 있을 가능성을 배제할 수는 없다. 이와 같은 비판에 대해 두 가지 측면에서 논의가 가능하다. 첫째, 본 연구에서 시도하고자 한 것은 조작 작업기억용량과 저장 작업기억용량을 각 각 측정하고자 하였다는 점이다. 두 가지 작업기억용량과제를 반복적으로 또는 동시에 수행하도록 요구하였을 경우에 과제의 성격에 따라 또는 실험

참가자의 전략에 따라 조작과 저장 수행이 서로 교환관계에 있을 수 있다. 문제는 교환관계가 과제의 성격에 따라 발생한 것인지 아니면 참가자의 전략에 따른 것인지 구분하는 것이 쉽지 않다는 것이다. 둘째, 조작과 저장을 독립적으로 측정하는 것이 과연 가능할 것인가에 대한 의문과 과연 이를 검증할 수 있을 것인가에 대한 의문이 있다. 기존 연구에서 조작수행이 100% 근접하도록 높은 수행수준을 요구하였는데, 이러한 상황에서 측정된 저장 작업기억용량이 조작수행의 영향하에 측정되었을 가능성을 배제할 수 없다. 작업기억의 특성상 조작수행을 요구하면서 저장 작업기억용량을 측정한다면 조작수행의 수준이 높고 낮음에 관계없이 조작과 수행이 서로 영향을 주고받을 가능성을 배제할 수 없다. 본 연구에서 규명하고자 하는 것이 바로 조작과 저장의 관계성이다. 셋째, 표 2에서 확인할 수 있듯이 본 연구에서 조작 작업기억용량 과제에서의 정답율은 95%로서 매우 높다. 이와 같은 결과는 본 논문에서의 조작 수행 수준이 100%는 아닐지라도 여전히 기존 연구에서의 조작 수행 수준인 100%에 가깝기에 최소한 기존의 저장 측정치의 타당성으로부터 크게 벗어나다고 보기 힘들다는 것이다.

기존의 연구에서는 처리에 대해 연구할 때, 주로 저장고에 초점을 맞추었으며, 처리를 연구하는 경우에도 명확한 조작적 정의 없이 처리라는 용어를 추상적으로 사용하는 경우가 많았다. 하지만 본 연구의 결과는 저장 및 처리에 여러 종류가 있을 가능성을 시사한다. 단순히 개별 정보를 유지하는 저장과, 개별 정보를 사용하여 조작을 수행하는 처리와, 영

표 9. 본 연구에서 제안하는 여러 종류의 저장 및 처리

저장 및 처리의 종류	기능
유지 및 저장 (holding and storage)	정보 자체에서든 다른 정보와의 관계에 있어서든 아무런 사건(event)도 일어나지 않은 상태에서, 소실되지도 않고, 그렇다고 장기 기억으로 전이되지도 않은 채 유지되고 있는 것. 이를 위해 되뇌기 기제가 사용되는 것으로 가정됨. 이를 측정하는 과제로 STMC 과제가 사용됨.
낮은 수준의 처리 (low-level processing)	정보가 변환 되거나, 개개의 정보를 사용해 새로운 정보를 이끌어 내는 것. 산술 계산이나 도형 회전처럼 비교적 간단한 조작이 이에 해당함. WMC 과제에서 조작의 수행을 예로 들 수 있음.
중간 수준의 처리 (middle-level processing)	정보들 사이의 구조를 세우거나 통합을 하는 것. 영역-제한적인 저장고와 처리의 구성요소가 가정되지만, 영역-간 연합, 영역-간 통합, 영역-간 변형과 같이 두 영역의 정보가 모두 사용되는 상황에서의 처리가 이에 해당함.
높은 수준의 처리 (high-level processing)	주의 혹은 자원 할당 기능이나 관련된 정보는 선택하고 관련 없는 정보는 억제하는 감시 기능 등의 작업 기억 전반을 관리하는 것.

역간 처리는 서로 다른 차원의 구조적 성격을 지니는 것으로 보인다(표 9 참고). 하지만 본 연구에서는 높은 수준의 처리에 대해서는 살펴보지 않았으며, 정보의 구조를 세우고 정보들 사이의 연합이나 통합을 수행하는 것이라 해도 영역내 처리는 영역간 처리와는 다른 성격을 가질 수 있다는 점에서 추가적인 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서는 단기기억용량과 작업기억용량 측정과제 중 시공간 영역 정보를 조작하기 위하여 3x3 매트릭스내의 위치를 사용하였는데 연구자들의 의도와 달리 참가자들이 시공간 위치를 언어적으로 부호화하였을 가능성을 배제할 수 없으며 따라서 참가자들이 시공간 위치를 조작하도록 요구받은 과제에서 시공간 영역이 아닌 음운 영역과 관련된 작업기억에 의존하였을 가능성이 있다. 이와 같은 가능성을 검증하기 위한 실험은 앞으로의 연구문제로 남는다.

참고문헌

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory* (Oxford Psychology Series11). Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 71-92.
- Case, R., Kurland, M. D., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- Colom, R., Rebollo, I., Abad, F. J., & Shih, P. C.

- (2006). Complex span tasks, simple span tasks, and cognitive abilities: A re-analysis of key studies. *Memory & Cognition*, 34, 158-171.
- Colom, R., Shih, P. C., Flores-Mendoza, C., & Quiroga, M. A. (2006). The real relationship between short-term memory and working memory. *Memory*, 14, 804-814.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D., & Minkoff, S. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 189-217.
- 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.
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 4-27.
- Turner, M., & Engle, R. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.

1 차원고접수 : 2008. 5. 23

최종게재결정 : 2009. 3. 21

Domain-Specific Storage/Processing and Domain-General Cross-Domain Processing in Working Memory

Hwia Park

Hyung-Chul O. Li

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

In order to examine whether storage and processing share common resources and whether storage as well as processing is domain general or domain specific, we measured short term memory capacity, working memory capacity and cross domain processing cost using simple span, complex span and cross domain processing task. Cross domain processing has been rarely considered in working memory study, however it is very important in the investigation of working memory structure. Storage measurements in simple span and complex span was significantly correlated, but simple span and manipulation measurements in complex span was not. The storage/manipulation measurements in complex span were lower in the same domain storage processing condition than in the different domain. These results imply that storage and low level processing(manipulation) are domain specific. Simple span, complex span and cross domain processing cost was not significantly correlated. Moreover, no significant performance difference was found between the same domain transformation and the different domain transformation. These results imply that cross domain processing is domain general and suggest the possibility that cross domain processing occurs in the structure such as episodic buffer proposed by Baddeley.

Key words : working memory, domain, cross domain processing