

시각 탐색과 공간적 작업기억간 상호 간섭의 원인*

Main Cause of the Interference between Visual Search and Spatial Working Memory Task

안 지원
(Jee-Won Ahn)

김 민 식**
(Min-Shik Kim)

요약 최근 연구들은 공간적 작업기억 과제를 수행하면서 시각 탐색 과제를 수행했을 때 시각 탐색의 효율성과 작업 기억 과제의 정확률이 동시에 낮아지는 결과를 보고하였다(Oh & Kim, 2004; Woodman & Luck, 2004). 이러한 결과는 두 과제의 처리 과정이 동일한 인지적 자원을 요구하기 때문인 것으로 해석할 수 있는데, 동일한 인지적 자원은 공간적 주의(공간적 주의 부하 가설)나, 공간적 작업기억(공간적 작업기억 부하 가설), 혹은 이 둘과 모두 관련될 가능성이 있다. 시각 탐색과 공간적 작업기억 간 상호 간섭의 기제를 밝히기 위해 작업기억에 유지해야 하는 위치와 공간적 주의를 사용해야 하는 시각 탐색의 자극 위치를 변화시켜 2개의 실험을 수행하였다. 실험 1에서는 공간적 작업기억 과제의 자극을 탐색 자극이 제시될 수 있는 주변 영역에 제시하는 경우에도 두 과제 간의 간섭이 나타남을 보임으로써 이전 연구 결과들을 재확인하였다. 실험 2에서는 기억 자극과 탐색 자극을 모두 동일한 사분면에 제시하는 경우와 그렇지 않은 경우에서 시각 탐색과 작업기억 과제 수행을 비교하였다. 실험 결과 시각 탐색의 효율은 시각 탐색 과제만을 수행한 조건과 동일 위치 조건에 비해 비동일 위치 조건에서 유의미하게 저하되었다. 공간적 작업기억 과제의 정확률 역시 다른 조건보다 비동일 위치 조건에서 더 낮게 나타났다. 이러한 결과들은 선행 연구들에서 밝혀진 공간 기억과 시각 탐색 간의 상호 간섭이 작업기억의 과부하보다는 공간적 주의의 과부하로 인한 것임을 시사한다.

주제어 공간적 주의, 시각 탐색, 공간적 작업기억, 이중 과제

Abstract Oh and Kim (2004) and Woodman and Luck (2004) demonstrated that spatial working memory (SWM) load interfered concurrent visual search and that search process also impaired the maintenance of spatial information implying that visual search and SWM task both require access to the same limited-capacity mechanism. Two obvious possibilities have been suggested about what this shared limited-capacity mechanism is: common demand for attention to the locations where the items for the two tasks were presented (spatial attention load hypothesis), and common use of working memory to maintain a record of locations have been processed (SWM load hypothesis). To test these two hypothetical explanations, Experiment 1 replicated the mutual interference between visual search and SWM task in spite of difference of procedure with preceding researches; possible areas where the items for two tasks were presented were not separated. In Experiment 2, we presented the items for visual search either in the same quadrants where the items for SWM task had appeared (same-location condition) or in the different quadrants (different-location condition). As a result, search efficiency was more impaired in the different-location condition than in the same-location condition. The memory accuracy was worse in the different-location condition than in the same-location condition. Overall results of study indicate that the mutual interference between SWM and visual search might be related to the overload of spatial attention, but not to that of SWM.

Keywords spatial attention, visual search, spatial working memory, dual task paradigm

* 이 논문은 21세기프론티어연구개발사업인 뇌기능활용및뇌질환치료기술개발연구사업단의 연구비 지원(M103KV 010021 05K2201 02110)에 의해 수행되었으며, 2002학년도 연세대학교 학술 연구비의 부분적인 지원에 의하여 연구되었음.

** 연세대학교 심리학과, 연구세부분야: 인지심리학, 시각, 주의 기억
서울시 서대문구 신촌동 134, Tel: 02-2123-2443, E-mail: kimm@yonsei.ac.kr

인간의 정보 처리 용량이 매우 한정적이어서 시각 체계로 입력되는 모든 정보를 상세하게 파악할 수 없다는 사실은 이미 잘 알려져 있다(Egley, Driver, & Rafal, 1994; Moran & Desimone, 1985; Rensink, 2000; Treisman & Gelade, 1980). 따라서, 우리는 주변을 바라볼 때 행동의 목표에 부합하는 대상만을 선별적으로 찾아내고 그 위치나 속성을 기억하여 반응한다. 이렇듯 제한된 용량 안에서 정보를 효율적으로 처리하기 위해 여러 가지 기제가 작동하는데, 많은 연구들은 그 중에서 특히 주의와 작업기억의 상호작용에 주목해 왔다(백종수와 김민식, 2005; Awh & Jonides, 2001; De Fockert 등, 2001; Desimone & Duncan, 1995; Downing, 2000; Han & Kim, 2004; Lavie 등, 2004; Oh & Kim, 2004; Shore & Klein, 2000; Woodman, Vogel, & Luck, 2001; Woodman & Luck, 2004; Yi 등, 2004).

주의의 선택 과정을 연구하는 여러 방법 중 하나로 제시된 화면에서 특정 표적 자극을 찾아서 반응하는 시각 탐색 패러다임을 들 수 있다. 시각 탐색 패러다임에 따르면 단일 차원의 세부특징으로 표적 자극이 정의되는 세부특징 탐색조건(feature search condition)에서는 표적 자극을 찾는 시간이 나머지 방해 자극들의 수에 의해 영향을 받지 않지만, 색이나 방향 등 여러 차원의 세부특징들을 결합한 자극들이 제시됨으로써 표적 자극을 찾아내기 어렵게 하는 접합 탐색조건(conjunction search condition)에서는 주어지는 자극의 개수가 늘어남에 따라 반응 시간이 선형적으로 증가한다. 또한 접합 탐색조건에서 자극 중에 표적 자극이 없을 때는 그렇지 않을 때에 비해 자극 개수에 따른 반응 시간의 기울기가 두 배 가까

이 증가하는 결과를 관찰할 수 있다. 이러한 결과는 접합 탐색조건에 초점 주의(focal attention)가 요구되고, 초점 주의가 자극 하나 하나를 거치면서 자기 종료 주사(self-terminating scanning) 방식으로 탐색을 수행하기 때문이라고 해석된다(Treisman, 1988; Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Sato, 1990; Wolfe, 1994).

한편 작업기억은 제한된 양의 정보를 순간적으로 보유하고 사용할 수 있도록 하는 기제로 알려져 있으며, 시공간적 정보와 언어적 정보를 저장하는 공간으로 분류된다(Awh & Jonides, 2001; Baddeley, 1986; Baddeley & Hitch, 1974). 시각적 작업기억에서 보유할 수 있는 정보량은 여러 세부 특징을 갖는 약 네 개의 시각적 대상으로 알려져 있다(Luck & Vogel, 1997; Vogel et al, 2001). 지금까지의 연구들은 작업기억이 시각 탐색 과제의 표적 자극 정보를 유지하고 이 표적 자극의 세부특징을 포함하는 자극을 시각적으로 먼저 처리되도록 하며(Desimone & Duncan, 1995), 주의에 의해 선택된 정보를 일시적인 표상으로 저장하고 탐색 과정 전반을 통해 갱신하며(백종수와 김민식, 2005; Shore & Klein, 2000; Takeda, 2002; Treisman & Gelade, 1980), 작업기억에 보유하고 있는 정보와 관련한 대상에 주의를 기울이도록 하는(Downing, 2000) 등 시각 탐색의 수행에서 중요한 역할을 한다는 결과를 보고하였다.

그러나 Woodman 등(Woodman, Vogel, & Luck, 2001)은 시각 탐색 과제와 시각적 작업기억의 저장 공간이 필요한 과제의 수행 사이에서 상호작용을 찾을 수 없다고 보고하였다. 연구자들은 참가자들이 색 또는 모양이 서로 다른 네 개 도형의 시각적 속성, 즉 색채나

형태를 기억함으로써 시각적 작업기억을 채우도록 하였다. 참가자들은 기억 과제를 유지하면서 시각 탐색 과제를 수행하고, 뒤이어 제시되는 네 개 도형의 배열이 앞서 기억하고 있었던 배열과 일치하는지 아닌지 판단하였다. 연구자들은 시각적 작업기억에 접근, 작업기억을 활용하는 것이 시각 탐색 과제의 수행에 중요한 역할을 한다면 다른 과제에 의해 작업기억이 점유되었을 때 시각 탐색의 수행 효율이 저하될 것으로 예측하였다. 시각 탐색 과제만 수행하는 조건과 시각 탐색 과제 및 시각적 작업기억 과제의 이중 과제를 수행하는 조건을 비교한 결과, 한 과제에서 다른 과제로의 전환이 주는 부담 때문에 이중 과제 조건에서 전반적으로 반응 시간이 길었다. 그러나 시각 탐색 과제의 자극 개수가 늘어남에 따라 반응 시간이 증가하는 함수의 기울기를 비교했을 때, 시각 탐색 과제만 수행하는 조건과 이중 과제 조건에는 차이가 없었다. 자극 개수 당 반응 시간 함수의 기울기는 시각 탐색 과제 수행의 효율을 나타낸다. 따라서 이 실험 결과에 따르면 시각적 작업기억을 다른 과제가 점유하고 있는 상태에서 시각 탐색 과제를 수행하더라도 과제의 수행 효율은 영향을 받지 않았다.

이에 대해 여러 연구자들은 시각적 작업기억은 공간적인 속성을 갖는 것과 그렇지 않은 것으로 나뉘며(Baddeley & Logie, 1999), 시각 탐색 동안에는 공간적인 처리가 이루어진다는 점(Treisman & Gelade, 1980; Kim & Cave, 1995; Kim & Robertson, 2001)에 착안하였다. 이들은 시각적 작업기억 과제 중에서도 공간적 성격을 갖는 과제를 사용한 실험을 통하여 Woodman 등(Woodman, Vogel, & Luck, 2001)의

연구를 보완하였다(Oh & Kim, 2004; Woodman & Luck, 2004). Oh와 Kim의 실험에서는 Woodman 등(2001)이 사용했던 시각적-비공간적 작업기억 과제 대신 시각적-공간적(visuo-spatial) 작업기억 과제를 사용하였다. 실험 참가자들은 여러 방향으로 회전한 'L'자 모양의 방해 자극 중 똑바로 선 'L'자 모양의 표적 자극을 찾아내는 시각 탐색 과제를 수행하였고, 자극의 개수는 네 개, 여덟 개, 또는 열두 개로 변화하였다. 작업기억 과제는 응시점 주변의 아홉 개 위치 중 시행마다 무선적으로 나타나는 네 개 사각형의 위치를 기억하고 일정한 유지 간격이 경과한 후 주어지는 한 개 탐사 자극의 위치가 기억하고 있는 위치와 동일한지 아닌지를 판단하는 것이었다. 이중 과제 조건에서는 공간적 작업기억 과제의 유지 간격 동안 시각 탐색 과제를 실시하였다. 실험 결과 이중 과제 조건에서 자극 개수에 따른 반응 시간의 증가 폭이 시각 탐색 과제만을 수행하는 조건에서보다 유의미하게 큰 것으로 나타났다. 또한 이중 과제 조건에서 작업기억 과제의 정확률은 작업기억 과제만을 수행하는 조건보다 저하되었고, 시각 탐색 과제의 자극 개수가 늘어남에 따라 더 큰 폭으로 낮아졌다. 이러한 결과는 작업기억에서 유지되는 표상의 유형에 따라 시각 탐색 과제와 작업기억 과제의 상호작용이 달라질 수 있으며, 시각 탐색 과제와 시각적 작업기억 중에서도 공간적인 성격을 갖는 과제의 수행 사이에 분명한 상호 간섭이 있다는 가설을 강력하게 지지하였다.

그러나 이러한 실험 결과에는 아직 해석하기 어려운 의문들이 남아 있다. 그 중 하나는 이중 과제에서 두 과제의 수행 사이에 간섭을

일으키는 기제의 정체이다. 시각 탐색 과제와 공간적 작업기억 과제는 동일한 인지적 자원을 공유하는 것으로 보이는데, 특히 두 과제의 상호 간섭 효과는 두 과제가 동일한 인지적 자원을 동시에 요구하기 때문에 발생하는 것으로 보인다. 그런데 주의의 선택 및 처리 과정과 작업기억에 보유할 수 있는 정보의 양 등 여러 자원 중 어떤 자원에 추가적인 부하가 주어지는 것이 수행을 저하시키는 주된 원인인지는 아직 밝혀지지 않았다.

Smyth와 Scholey(1994)는 Corsi Block을 차례로 늘어놓는 화면을 잠깐 제시하고 블록의 위치와 놓인 순서를 기억해 내도록 하는 과제에서 화면이 사라진 후 기억 과제를 수행하기 전까지의 시간 동안 주의가 분산되도록 하면 기억 과제의 정확률이 크게 떨어지는 것을 발견하였다. 또한 Awh와 그의 동료들(Awh, Jonides, & Reuter-Lorenz, 1998; Awh & Jonides, 2001)은 글자 자극의 위치를 기억하는 공간적 작업기억 과제와 글자와 비슷하지만 글자가 아닌 그림 자극이 나타난 방향을 판별하는 선택 반응 과제를 동시에 수행할 때 기억해야 하는 위치가 가까이에 선택 반응 과제의 자극이 나타날수록 반응이 더 빠르고, 기억되었던 자극 위치에 주의를 유지하지 못하도록 조작할 경우 그 위치에 대한 기억 과제 수행이 저하된다는 결과를 보고하였다. Awh 등의 연구는 자극의 위치를 기억할 때 해당 위치로 주의가 할당되고, 기억해야 하는 위치에 지속적으로 주의를 기울여야지만 작업기억상의 공간적 표상이 공고하게 유지될 수 있다는 것을 보여준다. 이렇듯 공간적 작업기억에 공간적 주의의 할당과 유지가 필수적이라는 점을 보여주는 연구들은 Oh와 Kim(2004) 및 Woodman과 Luck(2004)이

발견한 이중 과제의 상호 간섭 효과가 시각 탐색과 공간적 작업기억 과제 모두가 특정 위치에 대한 주의 할당을 요구하기 때문에 일어난다는 관점을 지지하는 근거가 된다.

반면 시각 탐색 과제 수행 중 탐색된 자극에 대한 위치 정보가 작업기억에서 유지되기 때문에(백종수와 김민식, 2005; Kristjansson, 2000; Klein, 2000; Muhlenen, Muller, & Muller, 2003; Peterson, Kramer, & Wang, 2001) 기억해야 하는 위치 정보로 작업기억을 채운 상태에서 시각 탐색 과제를 수행할 때 공간적 작업기억의 용량을 초과함으로써 과제 사이의 간섭이 일어난다는 의문 또한 제기할 수 있다. Woodman과 Vogel(2005)은 기하학적 도형 자극 여러 개를 보여주고 차례 자극을 제시한 후 나타난 탐사 자극이 기억에 보유한 자극의 정체와 모두 동일하지 판단하도록 하는 과제를 사용하여, 앞서 본 자극을 기억에 유지하는 상태에서는 새로 입력되는 자극이 작업기억에 공고하게 기억되는 속도가 느려지는지 관찰하였다. 연구자들은 작업기억 과제의 자극이 제시되는 시점과 차례 자극이 나타나는 시점 사이의 제시 간격(ISI: Inter-stimulus Interval)이 늘어남에 따라 정확하게 기억할 수 있는 자극 개수가 줄어드는 결과를 발견하였다. 또한 작업기억 과제의 자극을 제시하기 전에 차폐되지 않는 자극 두 개를 더 보여주고 차폐되지 않는 자극과 차폐되는 자극을 모두 기억하도록 하는 조건에서는 차폐되는 자극만을 기억하는 조건에 비해 모든 제시 간격 조건에서 기억할 수 있는 자극 개수가 일정하게 줄어드는 것으로 나타났다. 연구자들은 이 결과에 대하여 앞서 나타난 자극에 대한 기억을 유지하면서 새로운 자극을 기억에 입력하는 것이

자극을 작업기억에 입력하는 속도에는 영향을 주지 않지만, 기억해야 하는 자극의 개수가 작업기억상에 설정된 구획의 용량을 초과하기 때문에 기억할 수 있는 자극의 개수가 줄어든다고 결론지었다. 비록 Woodman과 Vogel의 연구가 공간적 작업기억에 대해 수행된 것은 아니지만, 이를 참고할 때 이중 과제 실험에서 시각 탐색 과제의 자극 개수가 늘어남에 따라 공간적 작업기억 과제의 정확률이 떨어진 것은 시각 탐색 과제와 공간적 작업기억 과제의 자극 위치가 모두 작업기억에 입력되고 유지되어야 하기 때문이라고 해석할 수 있다.

본 연구는 Oh와 Kim(2004) 및 Woodman과 Luck(2004)의 연구에서 보고되었던 시각 탐색과 공간적 작업기억 과제 간 상호간섭이 공간적 주의의 과부하로 인한 것인지 혹은 작업기억의 과부하로 인한 것인지 알아보려 하였다. 주의를 외부 세계로부터 입력된 공간 표상을 근거로 할당되는데(Eriksen & St. James, 1986), 이러한 주의 할당은 망막상의 절대적인 위치가 아니라 자극이 제시되는 화면상의 상대적인 배치에 의거하여 나타난다고 알려져 있다(Robertson & Kim, 1998; Klein, 2000). 또한 특정한 위치를 작업기억 내에 유지하는 경우, 기억된 위치나 혹은 그 주변 위치(특히 같은 사분면; Hughes & Zimba, 1985, 1987)에 공간적 주의가 할당되는 것으로 알려져 있다(Awh, Jonides, & Reuter-Lorenz, 1998; Awh & Jonides, 2001). 따라서 시각 탐색 자극이 이미 기억 자극들이 제시되었던 동일한 사분면에 나타나는 경우에는 그렇지 않은 경우에 비하여 탐색 과제 수행 시 공간적 주의 자원이 덜 요구될 것으로 예상할 수 있다. 반면 공간적 작업기억 과제에서 기억되는 위치와 시각 탐색 과제의

자극 위치가 각기 다른 사분면에 제시되어 멀리 떨어져 있다면 일단 기억되는 위치로 주의를 기울인 후 탐색 과제의 자극이 제시되는 위치로 주의를 다시 이동해야 하므로 공간적 주의 부하가 상대적으로 증가할 것이다. 만일 탐색 과제와 공간적 작업기억 간 상호간섭이 공간적 주의의 과부하 때문에 일어난다면 공간적 주의 자원이 덜 요구되는 조건에서 이중 과제 수행 중의 인지적 부하가 줄어들어 두 과제의 상호 간섭 효과가 감소할 것이라고 기대할 수 있다. 다시 말해, 기억해야 하는 위치와 동일한 사분면에 시각 탐색 과제가 제시될 때 탐색 과제의 자극 개수 당 반응 시간 함수의 기울기가 두 과제의 자극이 각기 다른 사분면에 제시되는 조건에서보다 완만해진다면 실험 결과는 이중 과제의 상호 간섭이 공간적 주의 할당에 관련된 부하에 기인한다는 가설을 지지할 것이다. 같은 맥락에서, 두 과제의 자극이 동일한 사분면에 제시되는 조건에서는 시각 탐색 과제의 자극 개수에 따라 공간적 작업기억 과제의 정확률이 떨어지는 정도가 완화되는 결과를 기대할 수 있을 것이다.

이와 달리 실험 결과 두 과제의 자극 위치와 상관없이 비슷한 탐색 및 기억 수행이 관찰된다면, 이중 과제의 상호 간섭 효과는 주의 할당이 아닌 다른 이유에서 비롯된다고 해석할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 공간적 주의의 과부하가 시각 탐색과 공간적 작업기억 간 상호 간섭의 원인이 아니라면, 다른 유력한 설명 틀로서 공간적 작업기억의 과부하를 가정해 볼 수 있다. 즉, 시각 탐색 과제와 공간적 작업기억 과제의 자극 위치가 작업기억에 누적되기 때문에 작업기억에 보유한 정보가 늘어나서 두 과제 사이의 간섭이 일어

난다는 가설이 가능하다. 이 가설대로라면 작업기억 과제의 자극 위치 정보를 작업기억에 유지하는 동시에 시각 탐색 과제의 자극에 대한 위치 정보도 작업기억에 유지해야 하기 때문에 탐색 과제의 자극이 공간적 작업기억 자극과 같은 사분면에 제시된다고 해도 작업기억의 용량에 관련된 인지적 부하에는 변화가 없을 것이다. 따라서 시각 탐색의 효율은 두 과제의 자극 위치간 거리에 상관없이 시각 탐색 과제만을 수행하는 조건에 비해 낮아질 것이다. 또한 동일한 개수의 위치 정보를 기억해야 하기 때문에 이중 과제 조건에서 단일 과제 조건에서보다 기억 과제의 정확률이 낮아지는 정도도 두 과제의 자극 위치가 떨어져 있는 거리에는 영향을 받지 않을 것이다.

본 연구는 위와 같은 설명에 근거하여 이중 과제의 상호 간섭 효과가 공간적 주의의 할당에 관련된 부하에 기인한다는 가설을 ‘공간적 주의 부하 가설’로, 공간적 작업기억의 용량에 관련된 부하에 기인한다는 가설을 ‘공간적 작업기억 부하 가설’로 명명하고, 이중 과제의 자극 위치 간 거리를 변인으로 하여 두 가설을 검증하고자 하였다.

실험 1

실험 1은 이중 과제 패러다임을 사용한 이전 연구(Oh & Kim, 2004; Woodman & Luck, 2004)의 실험 절차를 변형할 때에도 이중 과제의 상호 간섭 효과가 나타나는지 알아보려는 통제 실험으로서 수행되었다. 이전 연구의 이중 과제 패러다임에서 공간적 작업기억 과제 자극은 응시점 주변의 제한된 영역 안에만

제시되었고, 시각 탐색 과제 자극은 공간적 작업기억 과제 자극이 제시되는 영역 바깥에만 제시되었다. 따라서 두 과제의 자극은 전체 시행에서 공간적으로 완전히 분리되었다. 이와 달리 본 실험에서는 작업기억 과제의 자극이 탐색 자극이 나타날 수 있는 사분면 중 하나의 사분면에 나타나도록 하였으며, 다만 매 시행마다 기억 자극이 탐색 자극과 동일한 사분면에 나오지 않도록 제한하였다.

방 법

실험참가자

심리학 교양 과목을 수강하는 연세대학교 학부생 12 명이 참여하였다. 이들은 모두 정상 또는 정상에 가깝게 교정된 시력을 갖고 있었으며, 실험의 가설과 목적에 대해 알지 못했다.

도구

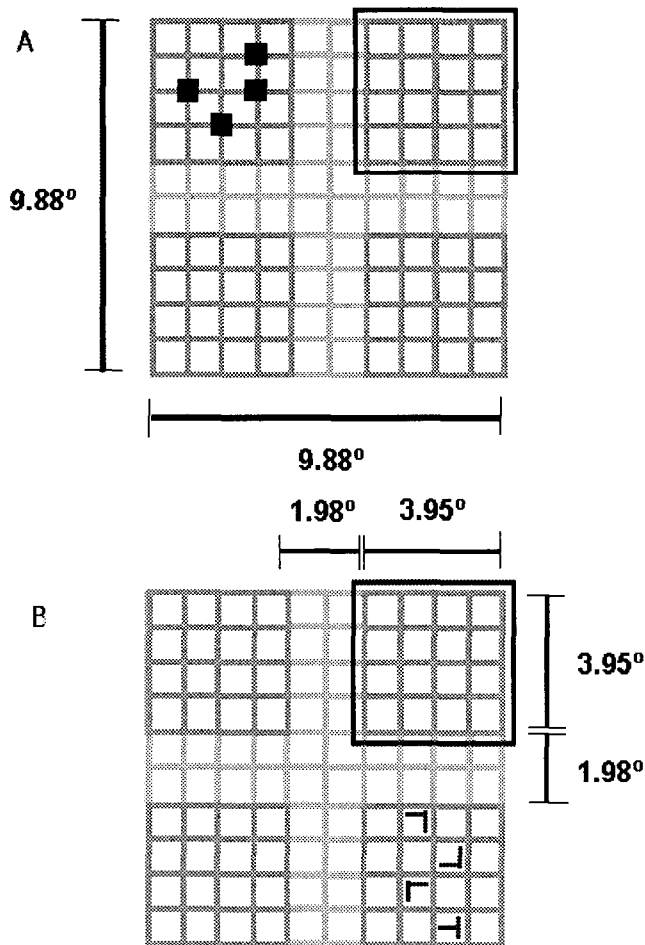
실험 자극을 제시하고 실험 참가자의 반응을 기록하는 일련의 절차는 Matlab 7.0으로 제작된 프로그램을 사용하여 IBM 호환 Pentium 120 개인용 컴퓨터에서 제어되었다. 조명을 통제된 상태에서 LG-Platron Super FT 19" 모니터(주사율 75Hz)를 사용하여 자극을 제시하였다. 모니터 화면은 실험 참가자의 눈으로부터 57cm 떨어져 있었고 이 거리에서 화면상 크기가 1cm인 자극은 시각도 1°에 해당하였다.

자극

자극은 회색 배경에 제시되었다. 응시점으로 시각도 $0.35^\circ \times 0.35^\circ$ 크기의 흰색 정사각형이 사용되었다. $0.46^\circ \times 0.46^\circ$ 크기의 밝은 회색 정사각형이 공간적 작업기억 과제의 자극으로 사용되었다. 시각 탐색 과제에서는 0° , 90° , 180° , 270° 방향으로 회전한 'L' 형태의 방해 자극 여러 개 중에서 90° , 270° 방향으로

회전한 'T' 형태 중 한 개를 표적 자극으로 포함하고 있는 배열이 사용되었다. 방해 자극의 두 선이 갖는 교차점에는 0.04° 의 선 엇갈림(offset)을 두어 표적 자극과 구별이 어렵게 하였다. 시각 탐색 과제의 모든 자극의 크기는 $0.46^\circ \times 0.46^\circ$ 이었고 선의 굵기는 0.11° 였으며, 색은 밝은 회색이었다.

자극은 응시점 주변 $9.88^\circ \times 9.88^\circ$ 의 영역에 제시되었다(그림 1). 해당 영역은 $3.95^\circ \times 3.95^\circ$



(그림 1) 실험 1의 자극 제시 영역과 자극 제시 예. A는 공간적 작업기억 과제이고, B는 시각 탐색 과제이다. 두 과제의 자극 제시 영역의 크기와 위치는 동일하다.

크기의 사분면으로 나뉘었다. 각 사분면은 응시점을 중심으로 서로 1.98°씩 떨어져 있었고, 한 사분면은 동일한 크기의 정사각형 16 개로 이루어진 가상의 4 x 4 정사각형 격자로 나뉘었다. 공간적 작업기억 과제는 한 개 사분면 안에서 격자의 네 꼭지점을 제외한 교차점 아홉 개 중 시행마다 무선적으로 선택된 네 개 위치에 제시되었고, 교차점 중앙으로부터 상하좌우로 0.25°씩 이동할 수 있었다. 시각 탐색 과제는 한 개의 사분면에 항상 네 개의 자극만 나타나서, 시각 탐색 과제의 자극 개수 조건이 네 개일 때는 한 개의 사분면에, 여덟 개일 때는 두 개의 사분면에, 열 두 개일 때는 세 개의 사분면에 제시되었다. 같은 시행 내에서 공간적 작업기억 과제가 나타났던 사분면에는 시각 탐색 과제의 자극이 제시되지 않았다. 시각 탐색 과제의 자극은 사분면 내의 격자에서 시행마다 무선적으로 선택된 네 개, 여덟 개 또는 열 두 개의 정사각형 중앙에 나타났으며, 정사각형 중앙에서 상하좌우로 0.25°씩 이동할 수 있었다. 공간적 작업기억 과제와 시각 탐색 과제를 동시에 수행할 때 공간적 작업기억 과제의 자극이 뒤이어 나타나는 시각 탐색 과제의 자극을 차폐할 가능성을 배제하기 위하여, 두 과제의 자극이 나타나는 위치를 각각 가상의 격자의 교차점과 격자를 구성하는 정사각형의 중앙으로 분리하였다. 따라서 두 과제의 자극은 서로 가까운 위치에 나타날 수 있지만, 완전히 겹쳐지는 경우는 없도록 제시되었다.

설계 및 절차

실험의 기본 변인은 시각 탐색 과제의 자극

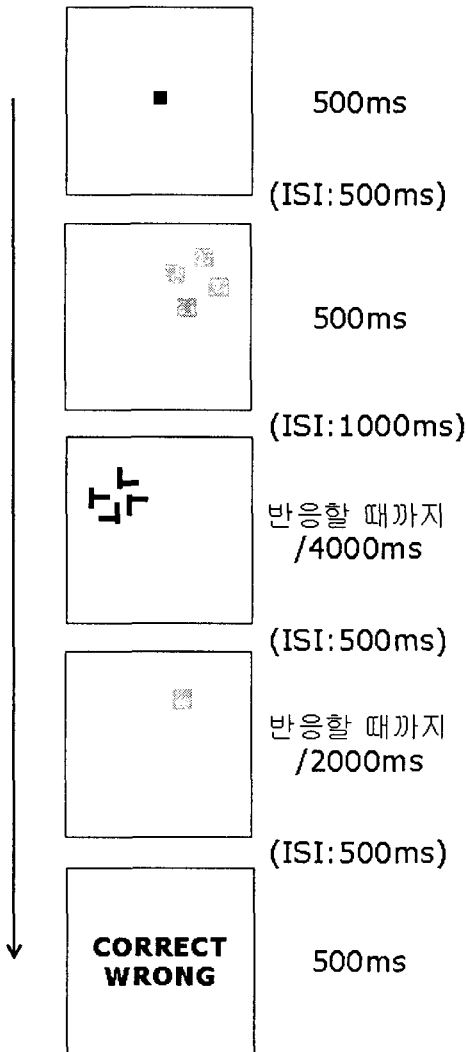
개수 조건과 과제 조건으로 이루어졌다. 시각 탐색 과제의 자극 개수는 네 개, 여덟 개, 열 두 개였다. 과제 조건은 기저선 비교를 위한 단일 과제인 공간적 작업기억 단일 과제 조건과 시각 탐색 단일 과제 조건, 그리고 이중 과제 조건 등 세 가지로 나뉘었다. 각 과제 조건에는 48 시행으로 구성된 블록이 하나씩 배정되었다. 실험을 시작하기 전 이중 과제 조건으로만 이루어진 연습 시행을 한 블록 실시하였다. 본 시행의 세 개 블록은 순서를 역균형화하였고, 매 블록마다 간단한 지시문을 주었다. 또한 공간적 작업기억 과제에서 공간적 표상 대신 언어적 작업기억 등 다른 전략을 사용할 가능성을 고려하여 실험 전반에 걸쳐 '1, 2, 3, 4'를 소리내어 반복하게 하는 음운적 억압(phonological suppression)을 실시하였다.

시각 탐색 단일 과제 조건 블록에서는 응시점이 500ms 동안 나타났다가 사라지고 빈 화면이 500ms 동안 유지된 후 네 개, 여덟 개, 혹은 열 두 개의 자극이 최대 4000ms까지 제시되었다. 시각 탐색 과제는 각 시행에 하나씩 포함되어 있는 표적 자극을 찾아 좌우로 뻗은 꼬리 방향을 판별하여 오른쪽이면 키보드상의 '/' 키로, 왼쪽이면 '.' 키로 반응하는 것이었다. 실험 참가자들은 최대한 빠르고 정확한 수행을 요구받았다. 시각 탐색 과제의 반응 즉시 화면은 빈 상태로 바뀌어 유지되었고, 시각 탐색 과제가 제시된 후 4000ms가 지날 때까지 반응이 없으면 부정확한 반응으로 간주하고 경고음을 주었다. 반응 직후에는 반응이 정확한지를 'correct' 또는 'wrong'이라는 표시로 알려주었다. 시행 사이의 간격은 500ms였다.

공간적 작업기억 단일 과제 조건 블록에서는 화면에 응시점이 500ms 동안 나타나고 빈 화면이 500ms 동안 유지된 후 네 개의 작업기억 과제 자극이 500ms 동안 제시되었다. 자극이 사라진 후 빈 화면이 5500ms 동안 유지되

고, 한 개의 탐사 자극이 최대 2000ms 동안 제시되었다. 실험 참가자들은 사각형 네 개가 나타난 위치를 기억하고 일정 기간 기억을 유지한 후 한 개의 정사각형이 탐사 자극으로 다시 나타난 위치가 기억하고 있는 위치와 같은지 다른지 판단하여 키보드상의 'z' 키와 'x' 키로 각각 반응하는 과제를 수행하였다. 시행의 절반에서는 작업기억 과제의 위치와 탐사 자극의 위치가 동일했고, 절반에서는 그렇지 않았다. 실험 참가자들은 최대한 정확한 반응을 하도록 요구받았다. 반응 직후 정확 여부를 알려주는 것과 시행 사이의 간격은 시각 탐색 단일 과제와 같았다.

이중 과제 조건 블록에서는 공간적 작업기억 과제가 사라진 후 1000ms 동안 빈 화면이 차폐 화면으로 주어지고 나서 시각 탐색 과제가 나타났으며, 각각의 과제는 단일 과제 조건과 동일했다. 따라서 공간적 작업기억 과제가 제시된 후 탐사 자극이 나타날 때까지의 시간은 시각 탐색 과제를 끝내는 시점과 관계 없이 5500ms로 일정하게 조정되었다. 반응 직후에는 두 가지 과제에 대한 반응의 정확 여부를 함께 알려주었다. 다른 모든 사항은 단일 과제 조건과 동일하였다(그림 2).



(그림 2) 실험 1의 절차. 이중 과제 조건의 예이다. 반응 직후 피드백은 윗줄에 시각 탐색 과제 반응의 정확 여부를, 아랫줄에 작업기억 과제 반응의 정확 여부를 알려주었다.

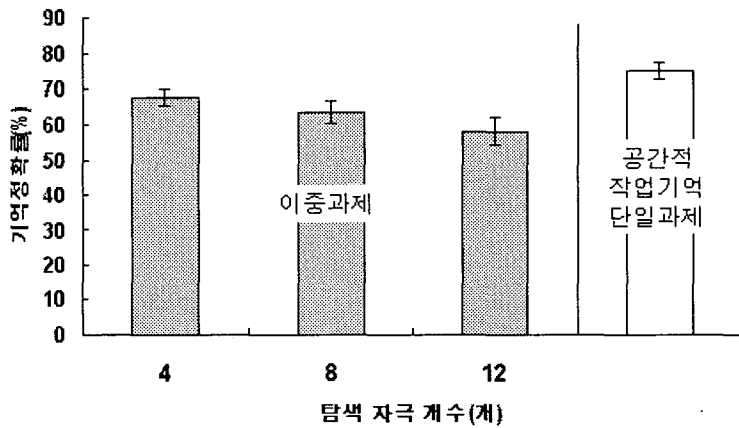
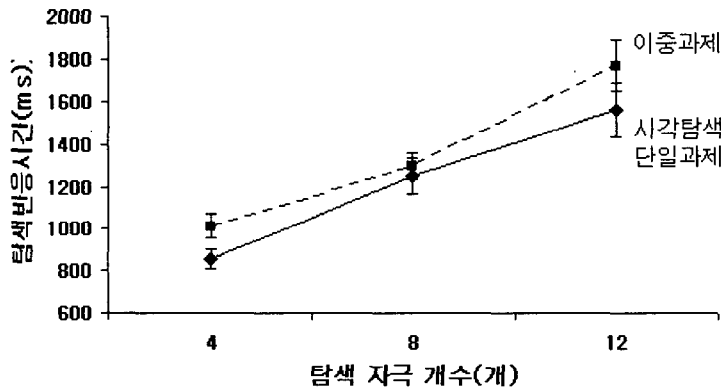
결 과

과제 조건 중 공간적 작업기억 단일 과제 조건을 제외한 두 조건에서 자극 개수가 늘어남에 따라 시각 탐색 과제의 반응 시간이 증가하는 정도에 어떤 차이가 있는지 반복 측정 이원변량분석(repeated measure two-way ANOVA)으로 분석하였다. 시각 탐색 과제에서 오반응

한 시행은 분석에서 제외되었다. 시각 탐색 과제의 평균 정확률은 96.79%였다. 자극 개수 조건과 과제 조건에 따른 정확률의 차이는 나타나지 않았다. 단일 과제 조건과 이중 과제 조건을 비교한 결과 자극 개수 조건의 주효과, 과제 조건의 주효과, 자극 개수 조건과 과제 조건의 상호작용이 모두 유의미하였다; 각각 $F(2, 22) = 68.207$, $F(1, 11) = 4.881$, $p < .05$, $p < .01$, $F(2, 22) = 3.563$, $p < .05$. 상호 작용의 소재를 밝히기 위해 시각 탐색 과제의 세

가지 자극 개수 조건을 두 개씩 묶어 분석한 결과, 자극 개수가 여덟 개와 열 두 개인 조건을 비교했을 경우에만 자극 개수 조건과 과제 조건의 상호작용이 유의미한 수준에 근접하게(marginal) 관찰되었다; $F(1, 11) = 4.620$, $p = .055$.

시각 탐색 단일 과제 조건을 제외한 두 조건에서 공간적 작업기억 과제 수행의 정확률(%)을 비교하였다. 공간적 작업기억 과제에서 오반응한 시행은 분석에서 제외되었다. 공간



(그림 3) 실험 1의 결과. 시각 탐색 과제의 반응 시간과 공간적 작업기억 과제의 정확률을 조건에 따라 비교하였다. 그래프의 오차 막대(error bar)는 표준 오차를 나타낸다.

적 작업기억 과제의 평균 정확률은 66.23%였다. 공간적 작업기억 단일 과제 조건과 이중 과제 조건을 t 검증으로 비교한 결과 단일 과제 조건의 정확률에 유의미한 차이가 있었다; $t(11) = 4.293, p < .01$. 이중 과제 조건 내에서 시각 탐색의 자극 개수 조건에 따른 작업기억 과제의 정확률을 변량 분석한 결과 자극 개수 조건의 주효과는 유의미하였다; $F(2, 22) = 4.503, p < .05$. 실험 1의 결과가 그림 3에 제시되어 있다.

논 의

본 연구는 이전 연구(Oh & Kim, 2004; Woodman & Luck, 2004)에 기초하여 이중 과제 조건에서 과제의 전환이 존재하기 때문에 단일 과제 조건에서보다 반응 시간이 전반적으로 증가해야 한다는 점을 전제하였다. 또한 공간적 작업기억 과제를 사용하는 이중 과제 조건에서는 단일 과제 조건에 비해 시각 탐색 과제의 자극 개수 당 반응 시간 함수의 기울기가 커져야 한다고 가정하였다. 실험 결과 자극 개수가 늘어남에 따라 반응 시간이 선형적으로 증가하는 시각 탐색의 전형적인 결과를 볼 수 있었다. 또한 단일 과제에 비해 이중 과제 조건에서 시각 탐색의 반응 시간이 더 길었고, 자극 개수가 가장 많을 때 자극 개수가 적을 때에 비해 시각 탐색의 반응 시간이 증가하는 정도가 커졌다. 공간적 작업기억 과제의 정확률을 비교한 결과 이중 과제 조건에서 단일 과제 조건보다 정확률이 낮았으며, 시각 탐색 과제의 자극 개수가 늘어남에 따라 정확률이 더 크게 저하되었다. 이러

한 결과는 공간적 성격을 갖는 이중 과제의 수행에서 단일 과제에 비해 추가적인 부하 및 과제 사이의 상호 간섭이 관찰된다는 이전 연구 결과와 일치하였다.

자극이 제시되는 영역 등 실험 절차가 이전 연구와 완전히 동일하지는 않았음에도 불구하고, 실험 결과는 이중 과제의 상호 간섭 효과에 대한 이전의 발견과 크게 다르지 않았다. 즉 이전 연구의 결과와 마찬가지로 시각 탐색 과제와 공간적 작업기억 과제가 동시에 수행될 때 두 과제의 수행이 저하되었다. 따라서 공간적 작업기억 과제 자극이 나타날 수 있는 영역이 시행마다 달라지도록 절차를 변형할 때에도 이중 과제의 상호 간섭 효과는 유지되는 것으로 해석되었다.

실험 2

실험 2는 시각 탐색 과제와 공간적 작업기억 과제를 동시에 수행할 때 주의를 이동하는 과정의 유무가 이중 과제의 상호 간섭 효과에 어떤 영향을 주는지 알아보려고 하였다. 즉 Oh와 Kim(2004) 및 Woodman과 Luck(2004)의 이중 과제 패러다임에서 두 과제의 자극이 같은 가상의 사분면 안에 나타나는지 아닌지에 따라 한 가지 과제만을 수행할 때에 비해 수행이 저하되는 정도가 어떻게 달라지는지 관찰하였다. 앞서 정의한 공간적 주의 부하 가설에 따르면 한 시행 내에서 두 과제의 자극이 같은 사분면에 제시되는 조건에서는 할당된 주의를 이동할 필요가 적기 때문에 이중 과제를 수행하더라도 과제 전환 외의 추가적 부하가 발생하지 않을 것이다. 반면 공간적

작업기억 부하 가설에 따르면 자극이 제시되는 사분면의 일치 여부에 상관없이 두 과제 자극의 위치 정보가 모두 작업기억에 누적되므로 그로 인해 발생하는 이중 과제의 상호 간섭 효과는 두 조건에서 서로 다르지 않을 것이다.

방 법

실험참가자

심리학 교양 과목을 수강하는 연세대학교 학부생 12 명이 참여하였다. 이들은 실험 1에 참여하지 않았다. 이들은 모두 정상 또는 정상에 가깝게 교정된 시력을 갖고 있었으며, 실험의 가설과 목적에 대해 알지 못했다

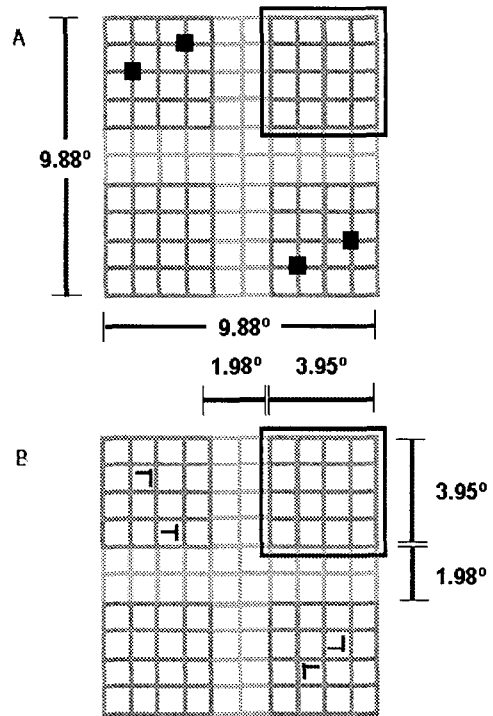
도구

사용된 도구와 장치는 실험 1과 동일하였다.

자극

사용된 자극과 자극이 제시되는 영역은 실험 1과 동일하였으나, 자극이 제시되는 방식은 실험 1과 달랐다(그림 4). 먼저 공간적 작업기억 과제인 네 개의 사각형이 무선적으로 선택된 두 개의 사분면에 두 개씩 제시되었다. 기억 자극들은 각 사분면 내에서 격자의 네 꼭지점을 제외한 안쪽 교차점 아홉 개 중 시행마다 무선적으로 선택된 두 개 위치에 제시되었다. 공간적 작업기억 과제는 교차점 중앙

으로부터 상하좌우로 0.25° 씩 이동할 수 있었다. 공간적 작업기억 과제의 탐사 자극은 한 개뿐이었으므로 앞서 공간적 작업기억 과제가 나타났던 두 개 사분면 중 한 개를 선택하여 제시하였다. 시각 탐색 과제 또한 자극 개수 조건에 상관없이 두 개의 사분면에만 나타나도록 조정하였다. 이중 과제의 동일 위치 조건에서는 앞서 공간적 작업기억 과제가 제시되었던 사분면 두 개에, 이중 과제-비동일 위치 조건에서는 공간적 작업기억 과제가 제시되지 않았던 사분면 두 개에 자극 개수의 절반씩 자극을 제시하였다. 시각 탐색 과제의 자극들은 각 사분면 내의 격자에서 시행마다



(그림 4) 실험 2의 자극 제시 영역과 자극 제시 예. A는 공간적 작업기억 과제이고, B는 시각 탐색 과제이다. 두 과제의 자극 제시 영역의 크기와 위치는 동일하다.

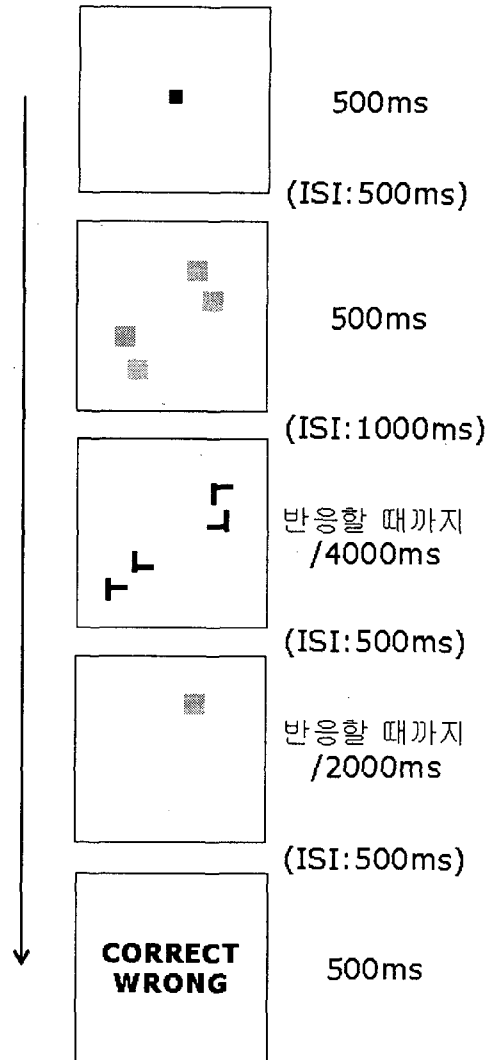
무선적으로 선택된 두 개, 네 개 또는 여섯 개의 정사각형 안에 나타났으며, 정사각형 중앙에서 상하좌우로 0.25°씩 이동할 수 있었다.

설계 및 절차

실험의 기본 변인은 실험 1과 마찬가지로 시각 탐색 과제의 자극 개수 조건과 과제 조건이었다. 시각 탐색 과제의 자극 개수는 네 개, 여덟 개, 열 두 개로 변화하였다. 과제 조건은 기저선 비교를 위한 단일 과제로서 시각 탐색 단일 과제 조건과 공간적 작업기억 단일 과제 조건, 그리고 이중 과제로서 시각 탐색 과제와 공간적 작업기억 과제 자극이 같은 사분면에 제시되는 조건(이중 과제-동일 위치 조건)과 그렇지 않은 조건(이중 과제-비동일 위치 조건) 등 네 가지로 나뉘었다. 단일 과제 조건에는 48 시행으로 구성된 블록이 하나씩 배정되었고, 이중 과제 조건에는 두 개가 배정되었다. 이중 과제 조건에서 동일 위치 조건과 비동일 위치 조건은 각각 50%의 확률로 블록 내에 무선적으로 배정되었다. 실험을 시작하기 전 이중 과제 조건으로만 이루어진 연습 시행을 한 블록 실시하였다. 본 시행의 네 개 블록은 순서를 역군형화하였고, 매 블록마다 간단한 지시문이 주어졌다. 다른 모든 절차는 각 조건별로 실험 1과 동일하였다. 실험 2의 절차가 그림 5에 제시되어 있다.

결 과

공간적 작업기억 단일 과제 조건을 제외한

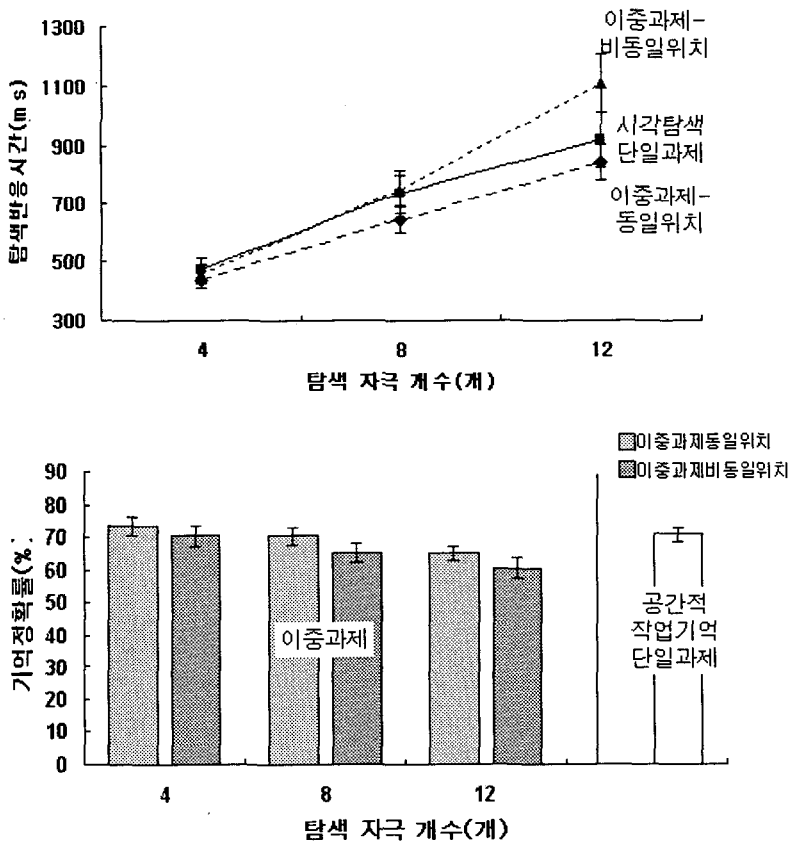


(그림 5) 실험 2의 절차. 이중 과제-동일 위치 조건의 예이다. 반응 직후 피드백은 윗줄에 시각 탐색 과제 반응의 정확 여부를, 아랫줄에 작업기억 과제 반응의 정확 여부를 알려주었다.

세 조건에서 자극 개수가 늘어남에 따라 시각 탐색 과제의 반응 시간이 증가하는 정도에 어떤 차이가 있는지 반복 측정 이원변량 분석(repeated measure two-way ANOVA)을 통해 비교하였다. 시각 탐색 과제의 평균 정확률은

98.73%였다. 시각 탐색 과제의 정확률에서 자극 개수 조건과 과제 조건에 따른 변화는 관찰되지 않았다. 시각 탐색 과제에서 오반응한 시행은 분석에서 제외되었다. 세 가지 과제 조건을 비교한 결과 과제 조건의 주효과, 자극 개수 조건의 주효과 및 두 조건의 상호작용이 모두 유의미하였다; 각각 $F(2, 22) = 7.328, p < .05, F(2, 22) = 58.706, p < .01, F(4, 44) = 2.970, p < .05$. 상호작용의 소재를 밝히기 위해 과제 조건 중 단일 과제 조건/이중 과제-동일 위치 조건, 단일 과제 조건/이중 과제-비동일 위치 조건, 이중 과제-동일 위치 조건/이중 과제-비동일 위치 조건으로 두 조건씩 묶어 비교하였다. 단일 과제 조건과 이중 과제-동일 위치 조건을 비교한 결과 자극 개수 조건의 주효과만 관찰되었다; $F(2, 22) = 45.401, p < .01$. 과제 조건의 주효과와 두 조건의 상호작용은 유의미하지 않았다. 반면 단일 과제 조건과 이중 과제-비동일 위치 조건을 비교한 결과 자극 개수 조건의 주효과와 과제의 주효과 및 두 조건의 상호작용이 모두 유의미하였다; 각각 $F(2, 22) = 40.794, p <$

과제-비동일 위치 조건, 이중 과제-동일 위치 조건/이중 과제-비동일 위치 조건으로 두 조건씩 묶어 비교하였다. 단일 과제 조건과 이중 과제-동일 위치 조건을 비교한 결과 자극 개수 조건의 주효과만 관찰되었다; $F(2, 22) = 45.401, p < .01$. 과제 조건의 주효과와 두 조건의 상호작용은 유의미하지 않았다. 반면 단일 과제 조건과 이중 과제-비동일 위치 조건을 비교한 결과 자극 개수 조건의 주효과와 과제의 주효과 및 두 조건의 상호작용이 모두 유의미하였다; 각각 $F(2, 22) = 40.794, p <$



(그림 6) 실험 2의 결과. 시각 탐색 과제의 반응 시간과 공간적 작업기억 과제의 정확률을 조건에 따라 비교하였다. 그래프의 오차 막대(error bar)는 표준 오차를 나타낸다.

.01, $F(1, 11) = 6.961$, $p < .05$, $F(2, 22) = 3.968$, $p < .05$. 이중 과제-동일 위치 조건과 이중 과제-비동일 위치 조건을 비교했을 때에도 자극 개수 조건의 주효과와 과제 조건의 주효과 및 두 조건의 상호작용이 모두 유의미하였다. 각각 $F(2, 22) = 60.113$, $p < .01$, $F(1, 11) = 16.285$, $p < .01$, $F(2, 22) = 5.815$, $p < .01$.

시각 탐색 단일 과제 조건을 제외한 세 조건에서 공간적 작업기억·과제 수행의 정확률(%)을 비교하였다. 공간적 작업기억 과제의 평균 정확률은 67.93%였다. 공간적 작업기억 과제에서 오반응한 시행은 분석에서 제외되었다. 공간적 작업기억 단일 과제 조건과 이중 과제-동일 위치 조건을 t 검증으로 비교한 결과 정확률에 유의미한 차이가 나타났다, $t(11) = 3.790$, $p < .05$. 공간적 작업 기억 단일 과제 조건과 이중 과제-비동일 위치 조건을 t 검증으로 비교한 결과에서도 정확률에 유의미한 차이가 있었다, $t(11) = 4.785$, $p < .01$. 이중 과제의 두 조건을 비교한 결과 자극 개수 조건과 과제 조건의 주효과가 유의미하였다; 각각 $F(2, 22) = 3.635$, $p < .05$, $F(1, 11) = 18.531$, $p < .01$. 두 조건의 상호작용은 나타나지 않았다. 실험 2의 결과가 그림 6에 제시되어 있다.

논 의

실험 2에서 시각 탐색 과제의 반응 시간을 비교한 결과 시각 탐색 단일 과제 조건과 이중 과제-동일 위치 조건에서 자극 개수 당 반응 시간 함수의 기울기는 거의 동일하였다.

반면 이중 과제-비동일 위치 조건에서는 다른 두 조건보다 반응 시간이 길었고 자극 개수 당 반응 시간 함수의 기울기로 나타나는 시각 탐색의 효율도 더 낮았다. 작업기억 과제의 정확률을 비교한 결과 공간적 작업기억 단일 과제 조건의 수행에 비해 이중 과제 조건의 수행이 저하되었고, 이중 과제 조건에서 시각 탐색의 자극 개수가 늘어남에 따라 정확률이 저하되었으며, 이중 과제-비동일 위치 조건에서는 수행이 저하되는 정도가 더 컸다. 이러한 결과는 공간적 성격을 갖는 이중 과제를 수행할 때 단일 과제에 비해 수행이 저하된다는 이전의 연구(Oh & Kim, 2004; Woodman & Luck, 2004)와 일치하였다. 또한 이 결과는 두 과제 사이에서 주의의 이동이 필요하지 않도록 조작할 경우 이중 과제의 상호 간섭 효과가 줄어든다는 의미로, 이중 과제의 상호 간섭의 원인에 대하여 공간적 주의 부하 가설을 지지하였다.

실험 1에서는 탐색 과제의 자극 개수가 한 사분면 당 네 개로 통제되었다. 이와 달리 실험 2에서는 탐색 과제의 자극이 항상 네 개 중 두 개의 사분면에만 제시되었기 때문에, 자극 개수 조건에 따라 한 사분면에 제시되는 탐색 과제의 자극 개수가 두 개, 네 개 혹은 여섯 개로 달라졌다. 이 때 한 사분면 당 자극 개수가 두 개인 경우에는 한 사분면 내에서 탐색해야 하는 자극이 너무 적기 때문에, 그리고 여섯 개인 경우에는 모여 있는 자극을 하나의 묶음으로 파악할 수 있기 때문에 탐색을 더 쉽게 수행할 가능성이 존재하였다. 그러나 모든 조건에서 이런 가능성이 동일했는데도 불구하고 실험 결과 조건에 따라 반응 시간이 달라졌으며 특히 비동일 위치 조건에

서 탐색의 효율이 뚜렷하게 저하되었다. 따라서 실험 2의 결과는 시각 탐색 과제의 난이도로는 설명될 수 없으며, 과제 조건을 구분하는 공간적 주의의 할당에서 원인을 찾아야 한다.

이는 작업기억 과제의 정확률 분석 결과로도 뒷받침된다. 이중 과제의 두 가지 조건에서 시각 탐색 과제의 자극 개수 조건이 같다면 한 시행에서 작업기억에 유지해야 하는 위치 정보의 개수는 동일하였다. 그럼에도 불구하고 이중 과제-비동일 위치 조건에서는 이중 과제-동일 위치 조건에서보다 정확률이 일정하게 더 떨어지는 결과를 볼 수 있었다. Woodman과 Vogel의 연구(2005)를 참고할 때, 이중 과제에서 동일 위치 조건과 비동일 위치 조건 사이에 나타난 정확률의 차이는 시각 탐색 과제의 자극 개수와 관계없이 비동일 위치 조건에서 작업기억 과제의 수행이 동일 위치 조건에서보다 현저하게 큰 간섭을 받았을 가능성을 시사한다. Awh 등(Awh, Jonides, & Reuter-Lorenz, 1998; Awh & Jonides, 2001)에 따르면 특정 위치를 기억하는 동안 그 위치에 주의를 고정하면 주위의 암송 효과가 공간적 작업기억 과제의 정확한 수행을 돕는 반면, 주의를 이동하면 공간적 작업기억 과제에 요구되는 위치 정보의 보존에 어려움을 겪게 된다. 따라서 실험 2의 결과는 두 과제의 자극이 같은 사분면에 나타나 주의를 같은 사분면에 유지할 수 있는 동일 위치 조건에서 공간적 작업기억 과제의 수행에 간섭이 적었다는 뜻으로 해석되었다.

위의 내용을 종합할 때, 실험 2의 결과는 위치에 대한 주의의 할당과 이동으로 이중 과제의 상호 간섭 효과를 설명하는 공간적 주의

부하 가설의 예측과 일치하였다.

종합 논의

본 연구는 공간적 성격을 갖는 이중 과제의 상호 간섭 효과가 일어나는 원인을 공간적 주의의 부하와 공간적 작업기억의 부하라는 관점에서 알아보려 하였다. 즉 이전 연구에서 보고된 시각 탐색과 공간적 작업 기억 과제 간 상호 간섭 효과라는 현상이 두 과제가 공유하는 인지적 자원의 부족으로 일어난다고 보고, 어떤 자원의 부족이 간섭 효과를 일으키는 지 그 원인을 밝히고자 하였다. 구체적으로, 이중 과제 수행 시 공간적 주의의 부하와 공간적 작업기억의 부하라는 두 가지 가능성을 가정하고, 공간적 주의의 할당과 이동을 변인으로 하여 공간적 주의의 부하를 조작하였을 때 통제 조건과 비교하여 이중 과제의 상호 간섭 효과가 어떻게 달라지는지 관찰하였다. 실험 1은 시각 탐색과 공간적 작업기억 과제 자극이 제시될 수 있는 영역이 구분되지 않는다는 본 실험의 기본 설계가 이미 보고된 바 있는 이중 과제의 상호 간섭 효과에 영향을 주지 않음을 확인하였다. 따라서 이전 연구에서 나타난 이중 과제의 상호 간섭 효과는 실험 절차상의 이유가 아니라 두 과제가 각각 요구하는 인지적 자원에 대한 부하로 인해 발생한다는 관점을 다시 한 번 지지하였다. 실험 2에서는 시각 탐색과 공간적 작업기억 과제 자극이 한 시행 내에서 동일한 사분면에 제시됨으로써 공간적 주의의 이동이 상대적으로 적게 일어나는 조건과 그렇지 않은 조건을 비교하였다. 실험 결과 기억해야 하는 위치에

할당된 주의가 뒤이은 시각 탐색 과제 수행 시 이동되지 않도록 하는 조건에서 이중 과제의 상호 간섭 효과가 크게 줄어들었고, 반대로 공간적 주의의 이동이 상대적으로 많은 조건에서는 뚜렷한 상호 간섭 효과가 발견되었다. 이는 공간적 주의 부하 가설에 부합하는 결과로, 공간적 주의의 과부하가 이중 과제의 상호 간섭 효과를 유발한다는 관점을 지지하였다.

본 연구 결과는 주의와 작업기억의 관계에 대한 기존 연구 결과와 그 맥락을 같이 하고 있다. Awh 등(Awh, Jonides, & Reuter-Lorenz, 1998; Awh & Jonides, 2001)의 연구는 표적 자극의 위치가 기억해야 하는 위치로부터 가까울수록 선택 반응의 수행이 향상되고, 기억해야 하는 위치에 나타난 선택 반응 과제에 의해 기억이 유지되면 작업기억 과제의 수행도 촉진되는 결과를 보고하였다. 이렇듯 주의가 할당된 위치에서 주의 선택 과정의 처리가 향상된다는 것은 이미 잘 알려진 주제이다. 또한, 지금까지 여러 연구에서 주의와 작업기억이 동일한 인지 자원을 공유하면서 긴밀한 상호 작용을 한다는 주장도 꾸준히 제기되어 왔다(시각 탐색의 경우 백종수와 김민식, 2005; Desimone & Duncan, 1995; Downing, 2000; Oh & Kim, 2004; Shore & Klein, 2000; Takeda, 2002; Woodman & Luck, 2004).

그러나 상호 작용의 구체적인 성격은 아직 많은 부분 알려지지 않고 있다. 일례로 Woodman 등(Woodman, Vogel, & Luck, 2001)과 Oh와 Kim(2004) 및 Woodman과 Luck(2004)의 연구 결과는 주의 과제의 하나인 시각 탐색과 작업 기억 과제가 항상 상호 작용하는 것은 아니며, 작업기억에서 유지되는 표상의 유형

에 따라 상호 작용이 달라질 수 있음을 보여 주었다. 또한 시각 탐색과 같은 과제에는 주의의 선택 과정(Treisman, 1988; Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Sato, 1990)뿐 아니라 자극 정보의 유지(백종수와 김민식, 2005; Desimone & Duncan, 1995; Downing, 2000; Takeda, 2002)와 방해 자극의 억제(Klein, 2000; Shore & Klien, 2000)처럼 여러 처리 과정이 관련되어 있으므로 시각 탐색과 공간적 작업기억 과제의 상호 간섭의 원인을 확실하게 알기 어렵다. 따라서 두 과제가 본 연구는 시각 탐색과 공간적 작업기억 과제 수행의 상호 간섭이라는 현상뿐 아니라 현상의 원인과 속성을 밝혔다는 점에서 의의를 갖는다고 할 수 있다.

한편, 본 연구의 결과에 기초하여 주의와 작업기억의 상호작용에 대한 추가적인 연구를 생각해 볼 수 있을 것이다. Han과 Kim(2004)은 작업기억에서 정보를 유지할 뿐 아니라 목표에 따라 조작하는 집행 기능에 관련된 과제와 시각 탐색 과제를 동시에 수행할 때에도 상호 간섭 효과가 발견된다는 결과를 보고하였다. 작업기억의 종류에 따라 선택적 주의 과정과 작업기억의 상호 작용이 달라진다는 선행 연구(Oh & Kim, 2004; Woodman, Vogel & Luck, 2001; Woodman & Luck, 2004)를 참고할 때, Han과 Kim의 연구에서 이중 과제로 사용된 집행적 작업기억이 시각 탐색의 어떤 과정과 특히 관련이 있는지를 추가적으로 연구할 수 있다. 또한 Hazlett과 Woldorff(2004)는 주의의 이동을 미리 계획하는 과정과 실제로 이동하는 과정으로 분류한 바 있는데, 본 연구에서 밝혀진 이중 과제의 추가적인 부하가 주의 이동의 어떤 과정에서 일어나는지 향후 연구에서 알아볼 수 있을 것이다. 보이는 것 중에서

수행에 필수적인 정보만이 선택되고, 선택된 정보가 기억, 사용되는 시각 체계의 동시적이고 복잡한 처리 과정을 생각해 볼 때, 위와 같은 주제들은 실생활에서의 인지적 수행을 탐구하는 데 중요한 의미를 가질 것으로 생각된다.

참고문헌

- 백중수, 김민식 (2005). 시각 탐색에서의 기억: 탐색 효율성에 근거한 증거. *인지과학*, 16(1), 1-15.
- Awh, E., Jonides, J., & Reuter-Lorenz, P. A. (1998). Rehearsal in spatial working memory. *Journal of experimental psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 780-790.
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(3), 119-126.
- Baddeley, A. D. (1986). Working memory. Oxford, England: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (ed.), *Attention and performance VI*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple component model. In: A. Miyake, P. Shah (ed.), *Models of Working Memory*, New York: Cambridge University Press.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- De Fockert, J., Rees, G., Frith, C., & Lavie, N. (2001). The Role of Working Memory Load in Selective Attention. *Science*, 291, 1803-1806.
- Downing, P. E. (2000). Interaction between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 11, 467-473.
- Egley, R., Driver, J., & Rafal, R. P. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 161-177.
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention; A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.
- Han, S. -H., & Kim, M. -S. (2004). The influence of Working memory on visual search efficiency: visual search does not remain efficient when working memory is working. *Psychological Science*, 15(9), 623-628.
- Hazlett, C. J., & Woldorff, M. G. (2004). Mechanism of moving the mind's eye: Planning and execution of spatial shifts of attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(5), 742-750.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(4), 409-430.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1987). Natural boundaries for the spatial spread of directed visual attention. *Neuropsychologia*, 25(1A), 5-18.
- Kim, M. -S., & Cave, K. R. (1995). Spatial

- attention in visual search for features and feature conjunctions. *Psychological Science*, 6, 376-380.
- Kim, M. -S., & Robertson, L. C. (2001). Implicit representations of space after bilateral parietal lobe damage. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(9), 1-8.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 138-147.
- Kristjansson, A. (2000). In search of remembrance: Evidence for memory in visual search. *Psychological Science*, 11(4), 328-332.
- Lavie, N., Hirst, A., De Fockert, J. W. & Viding, E. (2004) Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 339-354.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Moran, J. & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, 229, 782-784.
- Muhlenen, A., Muller, H. J., & Muller, D. (2003). Sit-and-wait strategies in dynamic visual search. *Psychological Science*, 14(4), 309-314.
- Oh, S. -H., & Kim, M. -S. (2004). The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(2), 275-281.
- Peterson, M. S., Kramer, A. F., Wang, R. F., Irwin, D. E., & McCarley, J. S. (2001). Visual search has memory. *Psychological Science*, 12(4), 287-292.
- Rensink, R. A. (2000). When Good Observers Go Bad: Change blindness, inattention blindness, and visual experience. *Psyche*, 6(9).
- Robertson, L. C. & Kim, M.-S. (1998). Effects of perceived space on spatial attention. *Psychological Science*, 10, 76-79.
- Shore, D. I., & Klein, R. M. (2000). On the manifestations of memory in visual search. *Spatial Vision*, 14(1), 59-75.
- Smyth, M. M. & Scholey, K. A. (1994). Interference in immediate spatial memory. *Memory and Cognition*, 22, 1-13.
- Takeda, Y. (2002). Visual search has memory: Evidence from multiple target search. *Technical Report on Attention and Cognition*, 13.
- Treisman, A., (1988). Features and objects: The Fourteenth Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A(2), 201-237.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A. M., & Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16, 459-478.
- 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.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 202-238.
- Woodman, G. F., Vogel, E. K., & Luck, S. J.

- (2001). Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychological Science*, 12(3), 219-224.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2004). Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(2), 269-274.
- Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2005). Fractionating working memory consolidation and maintenance are independent processes. *Psychological Science*, 16(2), 106-113.
- Yi, D. J., Woodman, G. F., Widders, D., Marois, R., & Chun, M. M. (2004). The neural fate of ignored visual events: Dissociable effects of perceptual load and working memory load. *Nature Neuroscience*, Sep 7(9), 992-996.

1 차원고접수: 2005. 6. 29

최종게재승인: 2005. 8. 1