

가려진 물체의 움직임 표상과 지각된 지속시간 확장

김 성 호[†]

이화여자대학교 심리학과

움직이는 물체가 다른 물체에 가려 잠시 시야에서 사라질 때도, 관찰자는 가려진 물체의 연속적인 움직임을 지각할 수 있다. 본 연구는 가려져서 보이지 않는 물체의 움직임 표상이 지각된 지속시간에 미치는 영향을 살펴보았다. 삼차원 입체 자극 상에서 표면의 양안시차를 조작하여, 한 물체의 가려진 움직임이 지각되는 조건과 시공간적으로 분리된 두 물체의 순차적 움직임이 지각되는 조건의 움직임 자극을 구현하였다. 이 두 자극의 지각된 지속시간을 각각 가시적인 움직임 자극과 비교한 결과, 가려진 움직임 조건의 지속시간이 상대적으로 더 길게 추정되었다. 이 결과는 시간지각에 영향을 준다고 알려진 시각적 요인인 변화의 현저성, 주의, 예측가능성 등의 효과로 설명되기 어렵다. 본 연구는 움직이는 물체가 가려질 때 발생하는 감각 정보의 시공간적인 공백을 메꾸는, 무형완성된 표면 표상의 지각적 중요성을 보여주며, 움직임 사건의 지속시간 지각이 운동량의 감각 정보가 아닌, 표면 표상이 매개된 상위 수준의 운동 표상에 영향받을 수 시사한다.

주제어: 시간지각, 시간확장, 터널효과, 무형완성, 표면표상

[†] 교신저자 : 김성호, 이화여자대학교 심리학과, (120-750) 서울시 서대문구 이화여대길 52
E-mail: sunghokim@ewha.ac.kr

우리는 색을 보고, 소리를 듣고, 냄새를 맡고, 촉감을 느낀다. 이러한 감각 양상들은 대응되는 감각기관의 수용기와 전문화된 뇌 영역들의 처리를 기반으로 지각된다. 한편, 시간을 탐지하는 감각 수용기나 시간 탐지에 특화된 뉴런들의 존재는 알려져 있지 않다. 시간은 그 자체로 지각될 수 없는 유도된 속성(derived feature)이며, 시간 지각은 주어진 시간동안 발생한 사건에 대한 감각적, 정서적, 인지적 처리를 통해 간접적으로 이뤄진다. 따라서 관찰자의 심리 상태나 물리적, 사회적 사건들의 강도 및 양상 등에 따라 시간 지각이 왜곡되어, 지각된 지속시간의 확장(time dilation)이나 축소(time contraction)가 경험될 수 있다.

시간지각의 양상은 추정해야 하는 시간의 단위에 따라 달라질 수 있는데, 상대적으로 긴 시간인 수 초에서 수 분, 혹은 몇 시간, 며칠이나 더 긴 기간을 추정하기 위해서는 개별 감각 정보를 통합하는 인지적인 정보처리가 요구되는 반면, 몇 백 밀리 초의 짧은 시간 단위에 대한 시간지각은 즉각적이고 자동적인 감각 양상의 처리를 반영한다고 알려져 있다(Lewis & Miall, 2003; Mauk & Buonomano, 2004; Rammsayer, 1999). 짧은 시간동안 제시된 물리적 자극의 지속시간 추정은 자극의 비시간적 지각 속성에 영향을 받아서, 제시된 자극의 크기나 강도가 커질수록(Matthews, Stewart, & Wearden, 2011; Xuan, Zhang, He, & Chen, 2007), 자극의 개수가 많을수록(Xuan et al., 2007), 자극의 복잡성이 증가할수록(Palumbo, Ogden, Makin, & Bertamini, 2014), 그리고 장면의 공간 구조가 험클어지지 않고 일관적으로 구조화되

어 있을수록(Varakin, Klemes, & Porter, 2013) 자극 제시시간을 더 길게 지각하는 경향성을 띤다.

시간 지각은 본질적으로 사건의 변화에 기초하므로(Fraisse, 1963), 시간에 따른 위치 변화를 담고 있는 움직임 자극은 정지된 자극에 비해 지속시간 지각에 더 직접적이고 근본적인 단서로 작용할 수 있다. 움직임 자극이 시간지각에 미치는 영향에 대한 선행연구에 따르면, 일반적으로 정지된 물체보다 움직이는 물체의 지속시간이 더 길게 지각되며(Brown, 1995; Kanai, Paffen, Hogendoorn, & Verstraten, 2006), 움직이는 대상의 속도가 빠를수록 시간 확장 경향이 증가한다(Kaneko & Murakami, 2009). 또한, 움직임이 수반되지 않는, 반복적으로 깜박이는(flickering) 자극을 볼 때에도 깜박임의 빈도가 증가할 때 지속시간을 길게 지각한다. 이러한 결과들은 변화의 양, 혹은 사건의 밀도(event density)가 지속시간 추정에 사용되는 결정적 단서임을 시사한다.

한편, 여러 물체들로 채워진 생태적 환경을 탐색하는 역동적 관찰자에게 움직이는 물체의 전체 궤적이 가시적으로 드러나는 일은 드물며, 대부분의 상황에서 움직이는 물체가 잠시 다른 물체에 의해 가려지는 현상이 발생한다(Gibson, 1979). 다른 물체의 앞으로 이동하는 물체는 뒷 물체의 일부를 가리고, 큰 물체의 뒤로 지나치는 물체는 잠시 동안 시야에서 사라지기도 한다. 관찰자가 이동하여 관찰 시점이 달라질 때에도, 물체 간 중첩(occlusion)이 발생한다.

물체 간 중첩으로 인해 감각 자료의 시공간적 불연속을 유발함에도 불구하고, 보이지 않

는 물체나 그 일부분이 지각적으로 완성되는 현상은 무형완성(amodal completion)으로 알려져 있다(Kanizsa, 1979; Michotte, Thinés, & Crabbé, 1964/1991; Shimojo & Nakayama, 1990). 정지된 장면에서 물체의 일부가 다른 대상에 의해 가려졌을 때, 보이지 않는 부분을 무형완성하는 경향성은 시지각 연구의 전통적 주제 중 하나였으나(예, Anderson, Singh, & Fleming, 2002; Bruno, Bertamini & Domini, 1997; Gerbino & Salmaso, 1987; Kanizsa & Gerbino, 1982; Kellman & Shipley, 1991; Sekuler, Palmer, & Flynn, 1994; Singh, 2004; Watanabe, 1995), 역동적인 움직임 상황에서 물체 이동 궤적의 무형완성은 상대적으로 많은 연구의 주목을 받지 못했다.

움직임 상황에서의 무형완성과 관련된 대표적인 연구 사례는 터널 효과(tunnel effect; 또는 가림막 효과 screening effect)이다(Burke, 1952; Michotte et al., 1964/1991; Wertheimer, 1912/1961). 움직이는 물체가 정지된 큰 가림막(tunnel)와 접하는 순간 점진적으로 크기가 줄어들어(progressive deletion) 시야에서 완전히 사라지고, 잠시 후 가림막의 반대편 경계선에서 또다른 물체가 점진적으로 나타나서(progressive accretion) 첫 물체의 움직임과 같은 방향으로 이동한다고 하자. 이 장면에서 첫(pre-tunnel) 물체의 사라짐과 두 번째(post-tunnel) 물체의 출현 사이에 시공간적인 단절이 있음에도 불구하고, 두 물체 사이의 시공간적인 거리가 적절할 때 관찰자들은 한 물체의 연속적인 움직임을 지각할 수 있다. 또한 마치 물체가 가시적으로 주어진 것처럼, 가려져 보이지 않는 구간의 이동 궤적도 생생히 지각할 수 있다. 즉, 가려져서 보이지 않는 물체의 무형 표상

(amodal representation)이 시공간적으로 단절된 두 움직임 사건을 연결하여, 물체의 연속성과 움직임의 연속성에 기여한다.

본 연구는 터널효과 상황을 이용하여, 움직이는 대상이 다른 대상에 가려져 보이지 않을 때 느껴지는 운동감이 지속시간 확장을 유발하는지를 확인하고자 하였다. 터널 효과를 유발하는 가림막 대신, 두 기둥이 일정 간격을 두고 화면 좌우측에 배치되어 있는 상황을 생각해보자. 터널 효과 상황과 유사하게 좌에서 우로 이동하는 한 물체가 왼쪽 기둥 뒤에서 사라진 후, 오른쪽 기둥 뒤에서 새로운 물체가 나타나서 오른쪽으로 이동한다. 이 조건(비가림 조건)에서 두 기둥 사이의 공간에는 움직이는 물체를 가릴 수 있는 막이 존재하지 않으므로, 두 물체의 가시적인 움직임 궤적을 연결시킬 무형 표상의 생성이 불가능하여 한 물체의 연속적 움직임 대신 시공간적으로 분리된 두 물체의 순차적 움직임이 지각될 것이다. 물리적 운동이 아닌 지각된 움직임(혹은 움직임 사건)의 양이 지속시간 지각을 결정한다면, 터널효과를 유발하는 가림 조건에서 분리된 두 물체 움직임이 지각되는 비가림 조건보다 자극 제시시간이 더 길게 느껴질 것이다. 반면, 시간지각의 많은 연구들은 새로운 물체의 출현이 유발하는 예측불가능성, 변화의 현출성, 주의포착 등의 효과가 지속시간 연장을 유발함을 보고하였다(자세한 설명은 논의 부분 참조). 이러한 선행연구에 따르면, 비가림 조건의 사건을 가림 조건보다 더 길게 지각될 가능성도 있다.

본 연구에서는 정신물리학적 실험에서 흔히 사용되는 두 간격간 강제선택(two-interval forced

choice; 이하 2-IFC) 과제를 사용하여, 두 움직임 자극의 지각된 지속시간을 비교하였다. 두 간격 비교 과제를 사용할 때 아래의 두 가지 잠재적 문제점을 고려해야 한다. 우선, 두 자극이 순차적으로 제시될 때, 제시 순서에 따라 판단에 편향(time-order error)이 나타날 수 있다. 정신물리학의 창시자인 Fechner 이래로 많은 연구자들이 실험 방법이나 자극 속성 등에 따라 첫 자극을 길게 혹은 짧게 지각하는 일관되지 않은 편향을 보고해 왔다(리뷰를 위해 Eisler, H., Eisler, A. D., & Hellström, 2008 참조). 둘째로, 두 간격간 비교에서 고정된 기준자극과 시행마다 달라지는 비교자극은 두 가지 방식으로 제시될 수 있다. 기준자극을 항상 먼저 제시하는 상기 방식(reminder method)과 두 자극의 제시 순서를 무선화하는 변동 방식(roving method) 중에서, 상기 방식을 따를 때 지속시간 변별 수행이 더 좋은 것으로 알려져 있다(Eisler et al., 2008; Grondin, 2010). 따라서 (1) 제시 순서 편향을 피하기 위해, 무형완성을 유발하는 가림 조건의 자극과 그렇지 않은 비가림 조건 자극의 지속시간을 직접 비교하는 대신, 이 두 자극의 지속시간을 각각 공통의 비교 대상인 가시적 움직임 자극과 비교하도록 하였고, (2) 지속시간의 지각적 변별력을 높이고자 기준자극인 가시적 움직임 자극을 항상 첫 자극으로 제시하고, 다양한 지속시간 수준이 할당되는 비교자극을 이어서 제시하였다. 무형완성된 움직임이 지각된 시간을 연장시킨다면 가림 조건의 비교자극을 비가림 조건의 비교자극에 비해 더 길게 지각하는 경향이 관찰될 것이라고 예상하였다.

방 법

참가자 심리학 개론을 수강하는 학부생 11명이 본 실험에 참가하였다.

기구 실험은 빛이 차단된 암실에서 IBM 호환 개인용 컴퓨터를 이용하여 진행되었다. 실험 절차와 자극 제시는 MATLAB(The Mathworks, Inc., Natick, MA, USA)에서 Psychophysics Toolbox(Brainard, 1997; Pelli, 1997)를 사용하여 제작된 프로그램을 통해 통제되었다. 자극은 19인치 CRT 모니터(해상도 1,024 × 768 픽셀, 수직 주사율 120 Hz)를 통해 제시되었고 참가자와 모니터 간 거리는 턱 받침대(chinrest)를 사용하여 100cm로 통제하였다. 참가자들은 NVIDIA사의 액정 셔터 안경(LCD shutter glasses; NVIDIA GeForce 3D Vision Kit)을 착용하고, 두 눈에 번갈아가며 제시되는 두 개의 자극 이미지(각 눈에 제시되는 프레임 빈도는 60 Hz)를 통해 3차원 입체 이미지를 관찰하였다. 참가자 반응은 키보드를 통해 수집되었다.

자극 및 설계 그림 1은 자극 화면의 예시이다. 회색의 사각형 프레임이 모니터 화면 깊이(양안 시차 0) 상에 주어졌으며, 프레임 안쪽의 빈 공간(시야각 13.5° × 9.1°)에 배경과 자극이 제시되었다. 이미지의 입체적 합성(stereoscopic fusion)을 촉진하기 위해, 배경에는 검정/흰색의 무작위 점(random dot) 패턴이 제시되었으며, 배경 표면의 양안 시차는 20 픽셀(시야각 27 arcmin)이었다. 화면 중앙에서 좌우로 시야각 2.5° 만큼 떨어진 위치에 보라/흰색 무작위점 패턴으로 된 두 수직막대(폭

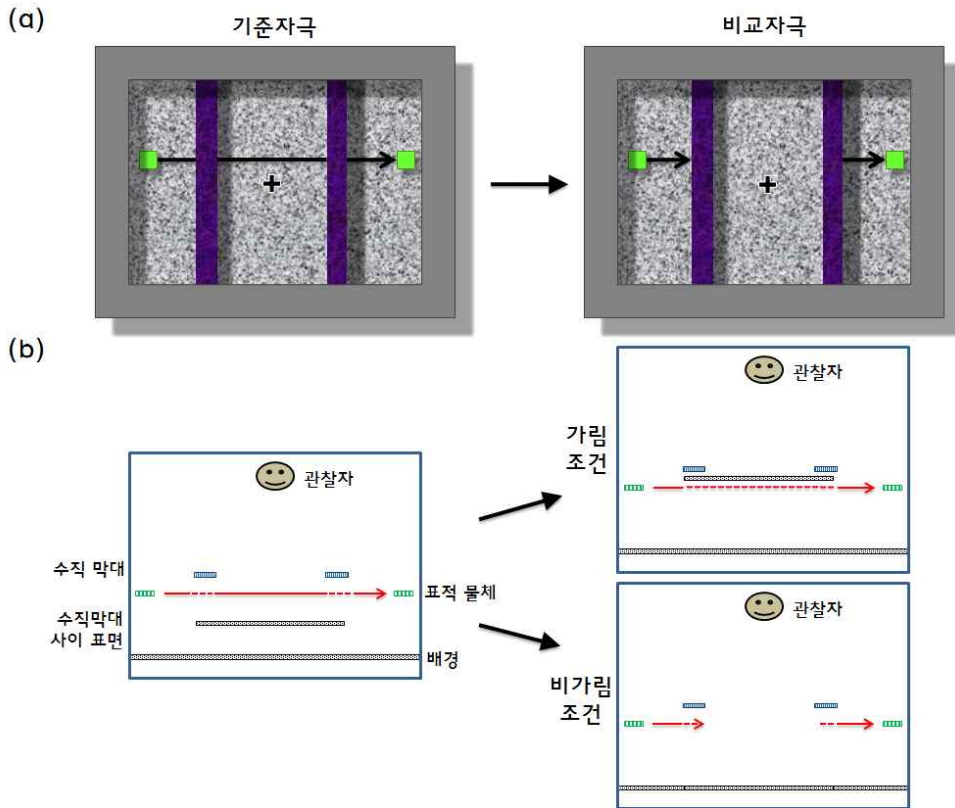


그림 1. 실험 자극 및 절차. (a) 기준자극과 비교자극 자극판 예시. 기준자극에서는 두 수직막대 뒤를 지나 는 순간 이외의 모든 이동 경로 상에서 사각형 표적이 가시적으로 제시되었다. 비교자극에서는 두 수직막대 사이 영역에서 움직이는 표적이 가시적으로 제시되지 않았다. 그림자는 3차원 깊이, 실선 화살표는 가시적으 로 제시된 표적 움직임을 나타낸다. (b) 각 자극판의 3차원 깊이 상 배열을 위에서 내려다 보는 시점 (bird's-eye view)에서 묘사하였다. 실선 화살표는 물체의 가시적 움직임, 점선은 비가시적인 가려진 움직 임을 나타낸다. 실제 실험에서 그림자, 실선 및 점선 화살표는 제시되지 않았다.

0.67°)가 양안시차 2 픽셀(2.7 arcmin)에 대응되 는 깊이에 배치되었다. 두 수직막대 사이 영 역(폭 4.2°)에는 배경 표면과 동일한 무작위 점 패턴의 표면(이하 스크린)이 제시되었고, 이 표면은 조건에 따라 양안 시차 4, 12, 또는 20 픽셀에 대응되는 삼차원 깊이에 놓여졌다. 참 여자들이 제시시간을 판단해야 하는 움직이는 표적은 녹색/흰색의 무작위 점 패턴으로 이뤄

진 정사각형(폭 0.56°)이었고, 양안시차 6 픽셀 (8.1 arcmin)의 깊이 상에 배치되었다. 화면 중 양에는 '+' 표시의 응시점(0.45°× 0.45°)이 수 직막대와 같은 깊이 상(양안시차 2 픽셀)에 제 시되었다.

표적 사각형은 왼쪽 수직막대에서 왼쪽으로 1°(중심간 거리)만큼 떨어진 지점에서부터 오 른쪽 수직막대의 오른쪽 1° 지점까지 이동하

였고, 각 시행에서 이러한 움직임 자극이 두 번 연이어 제시되었다. 표적은 화면 중앙의 응시점에서 0.91° 만큼 위 또는 아래의 수평선 상에서 이동하여 응시점을 지나지 않도록 하였으며, 한 시행의 두 움직임 자극에서 표적 사각형은 같은 경로(응시점 위 또는 아래) 상에서 이동하였다. 첫 자극인 기준자극에서는 표적이 두 수직막대 뒤를 통과하는 순간을 제외한 모든 경로 상 위치에서 가시적으로 제시된 반면, 비교자극에서는 왼쪽 수직막대 통과 전 구간과 오른쪽 수직막대 통과 후 구간에서만 가시적으로 제시되었으며 두 막대의 사이 구간에서는 표적이 가시적으로 나타나지 않았다(그림 1). 모든 자극 장면에서 표적 사각형은 최초 출현 시 30ms 동안 정지 상태로 머문 후 움직임을 개시하였고, 마찬가지로 최종 위치에 도착하면 30ms 동안 정지 상태로 머문 후 사라져 장면이 종료되었다.

비교자극으로는 두 조건(가림과 비가림 조건)의 자극이 사용되었으며, 기준자극과 두 유형은 비교자극은 구체적으로 다음과 같이 구성되었다. (1) *기준자극*: 두 수직막대 사이 영역에 놓인 스크린이 깊이 상에서 배경보다 약간 앞(양안시차 12 픽셀)에 배치되어, 마치 수직 기둥 사이에 배경과 동일한 무늬의 막이 놓여 있는 것처럼 보였다. 사각형 표적은 깊이 상에서 두 수직막대 뒤로, 그리고 수직막대 사이에 놓인 스크린 앞으로 이동하여, 수직막대 뒤를 지나는 순간을 제외한 모든 위치에서 가시적으로 드러났다(그림 1b 왼쪽). (2) *가림-비교자극*: 두 수직막대 사이 영역의 스크린이 깊이 상에서 수직 막대와 사각형 표적의 사이(양안 시차 4 픽셀)에 배치되었다. 이에

따라, 표적 사각형이 왼쪽 수직막대를 통과한 후 스크린 뒤로 이동하여, 오른쪽 수직막대의 오른쪽에서 다시 나타난다는 지각적 해석이 가능하였다(그림 1b 오른쪽 상단). (3) *비가림-비교자극*: 두 수직막대 사이에 놓인 스크린이 좌우 배경과 같은 깊이(양안시차 20 픽셀)에 제시되어, 두 수직막대 뒤로 이어져 있는 배경으로 지각되었다.¹⁾ 표적 사각형이 이동 중에 사라졌다가 다시 나타나는 양상은 가림-비교자극 조건과 동일하였다. 그러나 표적이 배경 뒤로 이동하는 것은 물리적으로 불가능하므로, 마치 한 사각형이 왼쪽 막대 뒤로 사라진 후, 오른쪽 막대 뒤에 미리 대기 중이던 다른 사각형이 그 막대 뒤에서 나와 오른쪽으로 이동한다는 지각적 해석이 가능하였다(그림 1b 오른쪽 하단). 기준자극에서는 사각형 표적의 총 이동시간은 대략 623 ms이었다. 비교자극에서 왼쪽 수직막대의 왼쪽 구간과 오른쪽 수직막대의 오른쪽 구간의 표적 이동시간 (104 ms)은 기준자극과 동일하였으며, 두 수직막대 사이에서 표적이 제시되지 않는 구간 (ITI: inter-target interval)의 제시시간으로는 기준자극에서 두 막대 사이의 표적 이동 시간인 415 ms의 0.4, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3, 또는 1.6 배에 대응되는 여섯 수준이 사용되었다(그림 2).

1) 비가림 조건은 가림막 역할을 하는 레이어(layer)가 없었으므로, 가림 조건에 비해서 더 복잡한 자극으로 지각될 가능성이 있다. 그럼에도 불구하고 비가림 조건에서 화면 중앙의 레이어를 배경과 같은 깊이에 제시한 이유는, 사전 실험 결과 중앙 레이어가 약간이라도 배경 앞에 놓인 것으로 지각되면 표적이 중앙 레이어와 배경 사이의 틈으로 이동하는 것 같이 지각되는 경향성이 관찰되었기 때문이다.

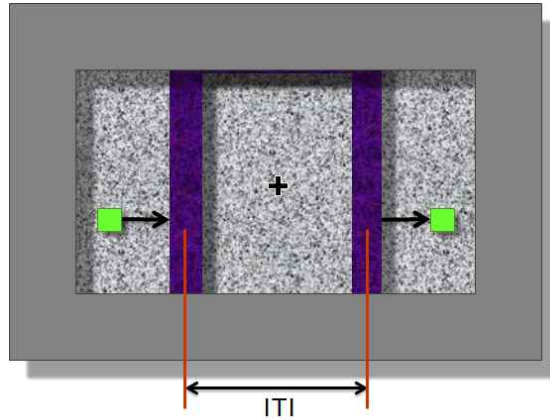


그림 2. 비교자극에서 표적 사각형이 제시되지 않는 구간 (ITI: inter-target interval). 이 구간의 제시 시간으로는 기준자극에서 두 수직막대 사이로 표적이 이동하는데 걸리는 시간인 415 ms의 0.4, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3, 또는 1.6 배에 대응되는 여섯 수준이 할당되었다.

두 비교자극은 각각 독립된 블록에 할당되었으며, 각 블록 내에서 ITI의 여섯 수준들은 18 번씩 반복 제시되어, 각 피험자는 총 216 회 (블록당 108 회)의 시행을 수행하였다. 블록간 제시 순서는 피험자간 역균형화하였고, 블록 내에서 ITI 수준들의 할당 순서는 무선화하였다.

절차 연이어 제시되는 두 자극의 움직임 지속시간을 비교하는 2-IFC 과제가 사용되었다. 매 시행에서 기준자극과 비교자극 움직임 장면이 순차적으로 제시된 후, 참가자들은 두 자극판에서 표적 사각형이 왼쪽 막대 뒤에 숨은 후 오른쪽 막대 뒤에서 다시 출현할 때까지 걸린 시간을 비교하도록 하였다. 이 지속시간이 첫 자극(기준자극)에 비해 두번째 자극(비교자극)에서 길었는지, 혹은 짧았는지를 판단하여 반응하도록 하였다.

참가자들은 매 시행이 진행되는 동안 응시

점에 시선을 고정하도록 하였다. 각 시행이 시작되면, 배경 화면과 두 수직막대, 두 막대 사이의 스크린, 그리고 화면 중앙의 응시점을 담은 대기화면이 800 ms 동안 제시된 후, 기준자극의 움직임 장면이 제시되었다. 기준자극 움직임 장면이 종료되면, 다시 배경과 수직막대, 응시점, 그리고 새로운 삼차원 깊이에 할당된 스크린이 제시되는 대기화면이 800 ms 동안 나타났고, 이어서 비교자극 움직임 장면이 제시되었다. 비교자극 움직임 장면이 종료 후 사라지면, 참가자는 두 움직임 장면 중 어떤 장면에서 “사각형이 왼쪽 막대 뒤에 들어간 순간부터 오른쪽 막대 뒤에서 다시 출현한 순간까지 경과된 시간”이 더 길었는지를 판단하여 해당 반응키를 누르도록 하였다. 반응이 입력되면, 자동적으로 다음 시행이 시작되었다. 참가자들은 각각 블록의 반이 경과한 후, 그리고 첫 블록 종료 후 잠시 휴식을 취하도록 하였으며, 실험은 대략 30분이 소요되었다.

결 과

그림 3a는 두 비교자극 조건에서 각 제시 시간별로 비교자극을 기준자극보다 “길다”라고 응답한 비율을 보여주고 있다. “길다” 응답의 비율은 가림-비교자극 조건에서 51.9%, 비가림-비교자극 조건에서 44.6%였다.

두 비교자극 조건 간 “길다” 응답 비율의 차이를 체계적으로 분석하기 위해 주관적 동등점(point of subjective equality; PSE)을 계산하였다. 주관적 동등점이란 제시시간 상에서 “길다”라는 반응의 비율이 50%인 지점이다. 부트스트래핑(bootstrapping) 기법을 기반으로 하는 최대 우도 추정(maximum-likelihood estimation)을 통해, 각 비교자극 조건별로 자료에 가장 잘 들어맞는 누적 가우시안(cumulative gaussian) 함수를 심리측정 함수(psychometric function)로 선택하였다(Wichmann & Hill, 2001a, 2001b). 주관

적 동등점은 심리측정 함수 상에서 “길다”라고 응답한 비율이 50%인 제시시간 값에 대응되었다. 주관적 동등점은 응답자가 기준자극의 제시시간(415 ms)과 같다고 판단한 비교자극 제시시간의 평균값을 의미하므로, 이 값이 1보다 크면 응답자가 평균적으로 비교자극을 기준자극보다 더 길게 지각했음을 의미한다.

그림 3b에는 각 비교자극 조건에서 얻어진 주관적 동등점이 제시되어 있다. 가림-비교자극과 비가림-비교자극 조건의 주관적 동등점은 각각 기준자극 제시시간의 .96, 1.07 배인 397 ms와 442 ms이었다. 대응 표본 t 검증 결과 두 비교자극 조건간 주관적 동등점의 차이는 유의미하였고, $t(10)=-2.73$, $p<.05$, 이는 참가자들이 기준자극과의 비교 판단에 있어서 가림-비교자극의 지속시간을 비가림-비교자극보다 상대적으로 더 길게 경험했음을 의미한다.

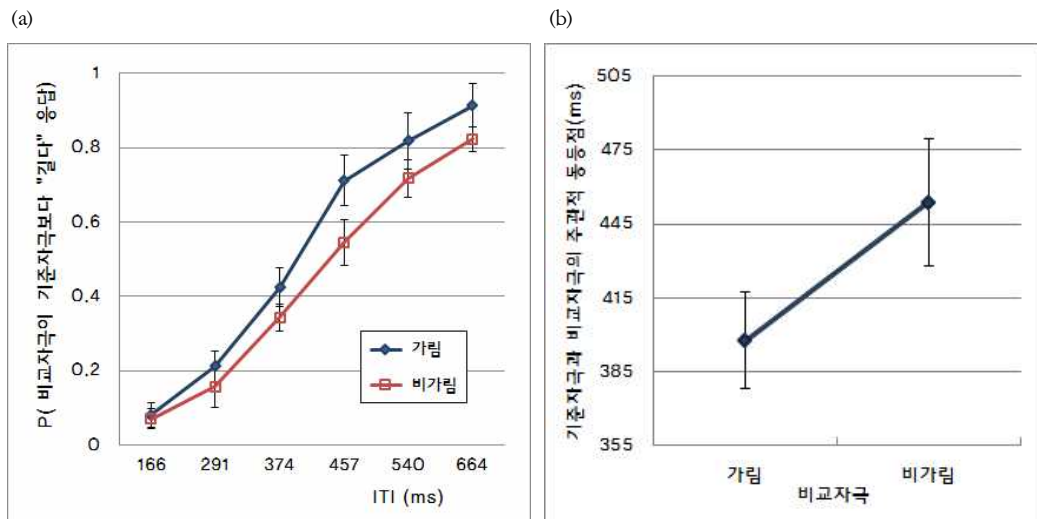


그림 3. 실험 결과. (a) 두 비교자극 조건(가림, 비가림)에서 “비교자극이 기준자극보다 더 길게 제시되었다”는 응답 비율 (b) 두 비교자극 조건의 주관적 동등점. 오차막대는 표준오차를 나타낸다.

논 의

본 연구는 가려진 움직임 표상이 시간지각에 미치는 영향을 알아보았다. 표적의 동선이 가림막에 의해 가려져 무형완성이 수반될 수 있는 가림 조건과 무형완성을 수반할 가능성이 낮은 비가림 조건의 지각된 지속시간을 비교한 결과, 비가림 조건에 비해 가림 조건에서 지속시간이 상대적으로 더 길게 지각되었다. 두 조건은 표적의 가려짐을 유발할 수 있는 스크린의 양안시차에서만 차이가 있을 뿐 스크린의 표면 속성을 비롯한 단안단서에서는 동일하였으므로, 본 결과는 낮은 수준(low level)의 감각 정보 차이로 설명되기 어렵다. 이 결과는 이미지 표상이 아닌 지각된 표면 표상(surface representation)에 의해 매개되는, 상위 수준의 움직임 정보처리가 대상의 지속시간 지각을 결정함을 시사한다.

본 연구의 결과는 시간지각의 선행 연구들이 밝혀낸 변인들의 효과들로 설명되기 어려운 현상처럼 보인다. 가령, 비가림 조건의 움직임 사건은 시공간적으로 분리된 두 물체의 움직임 사건으로 분절화될 수 있다. 분절화된 사건 간 경계는 가림 조건에서 지각된 한 물체의 연속된 움직임에 비해 더 크고 두드러진 변화로 지각될 수 있으므로, 지속시간 지각이 사건 변화의 양상과 현저성에 영향을 받는다면(Brown, 1995), 가림 조건보다 비가림 조건에서 지속시간이 더 길게 지각될 수 있었다. 또한, 시간지각의 선행 연구에 따르면 예측 가능한 익숙한 자극에 비해 새로운 자극의 출현이 지각된 지속시간을 확장시킨다고 알려져 있으며, 이 현상은 낯선 물체 효과(oddball

effect)라고 불린다(예, Kanai & Watanabe 2006; New & Scholl, 2009; Pariyadath & Eagleman, 2007; Tse, Intriligator, Rivest, & Cavanagh, 2004; 리뷰를 위해서는 Eagleman, 2008 참조). 비가림 조건에서 한 물체의 연속된 움직임이 아닌 독립된 두 물체의 순차적 움직임이 지각될 경우, 두 번째 (새로운) 물체의 출현은 지속시간의 확장을 유발할 수 있었다. 마지막으로, 독립된 두 물체의 순차적 움직임은 한 물체의 연속적 움직임보다 구조적으로 더 복잡한 움직임 자극이므로, 지각적 복잡성이 높은 비가림 조건에서 지속시간이 더 길게 지각될 수 있었다(Brown & Boltz, 2002; Palumbo et al., 2014). 이 상에서 시간지각에 영향을 주는 변인들인 변화의 현저성, 주의, 예측가능성, 또는 자극 복잡성 등은 본 연구의 결과를 설명하기 어려우며, 가림 조건의 상대적 지속시간 확장은 무형완성된 운동 표상의 효과임을 시사한다.

한편, 가림 조건에서의 지속시간 확장 경향성은 비가림 조건과의 직접 비교가 아닌, 기준자극인 가시적인 움직임 자극과의 비교를 통해 상대적으로 드러난 결과이므로, 해석에 주의가 요구된다. 본 연구는 2-IFC 과제 상에서 자극제시 순서 효과를 피하고 자극 간 변별을 높이기 위해, 가시적 움직임 자극을 기준자극으로 채택하여 언제나 첫 자극으로 제시하였고, 두 유형의 비교자극을 이와 비교하도록 하였다. 따라서 본 연구의 결과로부터 무형완성을 수반하는 가림 자극이 가시적 움직임 자극보다 길게 지각되는지 여부를 직접 판단하기는 어렵다. 터널 효과에 관한 Burke (1952)의 초기 연구에 따르면, 표적이 제시되지 않는 가림막 통과 구간의 지속시간이 물리

적인 실제 움직임에 소요되는 시간보다 짧을 때, 관찰자들은 가려진 움직임에서 가시적 움직임과 유사한 부드러운 등속운동을 지각할 수 있었다. 이러한 현상이 지각된 무형 공간의 축소(shrinkage of amodal space)에서 비롯되는지, 혹은 무형 표상의 지속시간의 확장(time dilation)에서 비롯되는지 여부는 실험적으로 확인해볼 가치가 있는 연구주제이다. 후속 연구에서는 가려진 움직임 자극과 가시적 움직임 자극을 직접 비교하기 위해 새로운 실험 과제의 도입이나 방법론적인 개선이 요구된다.

또한 본 연구는 두 비교자극 조건 간 자극 구성의 복잡성을 완벽히 통제하지 못한 한계점이 있다. 앞서 언급했듯이, 비가림 조건은 ‘가림막’ 역할을 하는 레이어(layer)가 없었으므로, 가림 조건에 비해서 더 복잡한 자극으로 지각되었을 가능성이 있다. 그러나 본 연구는 표적이 왼쪽 막대 뒤에서 사라진 후 오른쪽 막대 뒤에서 다시 나타날 때까지 소요되는 시간 추정 시, 그 사이에서 지각된 움직임 사건 양상의 효과를 비교하였으므로, “사건의 변화와 무관한” 자극 구성 복잡도의 직접적인 영향은 미미하리라고 가정할 수 있다. 이러한 가정의 타당성을 검증하기 위해서는, 후속 실험을 통해 움직이는 표적 없이 정지된 장면만 제시되었을 때 두 조건 간 시간 지각의 차이가 관찰되는지를 확인해야 할 것이다.

본 연구의 결과는 지각된 움직임의 양이나 사건의 밀도(event density)가 지속시간 지각을 결정됨을 보여주는 선행 연구의 결과와 잘 부합된다. 또한, 본 연구는 이미지 수준의 운동 에너지(motion energy)가 아니라, 표면 표상에 기초하여 지각적으로 완성된 움직임이 지속시

간의 추정에 사용되는 운동 표상임을 시사한다. 표면 표상의 지각적 중요성을 규명한 지난 20여 년의 연구는 시각적 주의(He & Nakayama, 1992; 1994), 물체 재인(Nakayama, Shimojo, & Silverman, 1989), 운동지각(He & Nakayama, 1994; Shimojo & Nakayama, 1989; 1990) 등의 지각적 처리가 이미지 정보가 아닌 표면 표상에 의해 결정됨을 확인하였다. 이러한 실험 증거들은 표면 표상이 의식적 접근에 가능한 가장 낮은 수준의 시각적 표상일 가능성을 제시한다(Jackendoff, 1987; Prinz, 2005). 본 연구는, 행위자가 직접 상호작용하는 대상으로서 3차원 물체 표면의 지각적 중요성(Gibson, 1979; Nakayama, He, & Shimojo, 1995)을 확인한 선행 연구에 추가하여, 표면 표상에 기반한 물체 움직임 정보가 지속시간 추정에 사용되는 중요한 정보임을 보여준다.

여러 물체로 가득 찬 생태적 환경에서 움직이는 물체의 가려짐은 필연적으로 발생하지만, 무형완성은 움직임 궤적의 시공간적인 단절을 보충하여, 분절화된 움직임이 통합되고 안정된 사건으로 구조화되도록 돕는다. Liverence와 Scholl (2012)은 연속적으로 움직이는 자극이 그 궤적의 분절들이 시간상에서 뒤섞인 순서로 제시되는 자극보다 더 길게 지각되는 현상을 관찰하였다. 이는 움직임의 연속성을 기반으로 구조화된 단일 사건이 시간 지각의 기본 단위임을 보여준다. 본 연구는 이에 더하여, 무형완성에 의한 움직임 정보의 통합이 지각된 사건 구조를 변화시켜 시간지각에 영향을 줄 수 있음을 시사한다.

참고문헌

- Anderson, B., Singh, M., & Fleming, R. (2002). The interpolation of object and surface structure. *Cognitive Psychology, 44*, 148-190.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision, 10*, 433 - 436.
- Brown, S. W. (1995). Time, change, and motion: The effects of stimulus movement on temporal perception. *Perception & Psychophysics, 57*, 105-116.
- Brown, S. W., & Boltz, M. G. (2002). Attentional processes in time perception: Effects of mental workload and event structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 28*, 600 - 615.
- Bruno, N., Bertamini, M., & Domini, F. (1997). Amodal completion of partly occluded surfaces: Is there evidence for a mosaic stage? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 23*, 1412-1426.
- Burke, L. (1952). On the tunnel effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4*, 121-138.
- Eagleman, D. M. (2008). Human time perception and its illusions. *Current Opinion in Neurobiology, 18*, 131 - 136.
- Eisler, H., Eisler, A. D., & Hellström, Å. (2008). Psychophysical issues in the study of time perception. In S. Grondin (Ed.), *Psychology of time* (pp. 75-110). Bingley, U.K.: Emerald Group.
- Fraisse, P. (1963). *The psychology of time*. New York: Harper & Row.
- Gerbino, W., & Salmaso, D. (1987). The effect of amodal completion on visual matching. *Acta Psychologica, 65*, 25-46.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception, & Psychophysics, 72*, 561-582.
- He, Z. J., & Nakayama, K. (1992). Surfaces vs. features in visual search. *Nature, 359*, 231-233.
- He, Z. J., & Nakayama, K. (1994). Perceiving textures: beyond filtering. *Vision Research 34*, 151-162.
- Jackendoff, R. (1987). *Consciousness and the Computational Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kanai, R., Paffen, C. L. E., Hogendoorn, H., & Verstraten, F. A. J. (2006). Time dilation in dynamic visual display. *Journal of Vision, 6*, 1421-1430.
- Kanai, R., & Watanabe, M. (2006). Visual onset expands subjective time. *Perception & Psychophysics, 68*, 1113-1123.
- Kaneko, S., & Murakami, I. (2009). Perceived duration of visual motion increases with speed. *Journal of Vision, 9*, 1-12.
- Kanizsa, G. (1979). *Organization in vision*. New York: Praeger.
- Kanizsa, G., & Gerbino, W. (1982). Amodal completion: Seeing or thinking? In J. Beck (Ed.), *Organization and representation in perception*

- (pp. 167-190). Hillsdale: Erlbaum.
- Kellman, P. J., & Shipley, T. F. (1991). A theory of visual interpolation in object perception. *Cognitive Psychology, 23*, 141-221.
- Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: Evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology, 13*, 250-255.
- Liverence, B. M., & Scholl, B. J. (2012). Discrete events as units of perceived time. *Journal of experimental psychology: human perception and performance, 38*(3), 549.
- Matthews, W. J., Stewart, N., & Wearden, J. H. (2011). Stimulus intensity and the perception of duration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37*(1), 303-313.
- Mauk, M. D., & Buonomano, D. V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annual Review of Neuroscience, 27*, 307-340.
- Michotte, A., Thinés, G., & Crabbé, G. (1991). Amodal completion of perceptual structures. In G. Thinés, A. Costall, & G. Butterworth (Eds.). *Michotte's experimental phenomenology of perception* (pp. 140-167). Hillsdale, NJ: Erlbaum (Original work published 1964).
- Nakayama, K., He, Z. J., & Shimojo, S. (1995). Visual surface representation: A critical link between lower-level and higher-level vision. In S. M. Kosslyn & D. N. Osherson (Eds.), *Invitation to cognitive science* (pp. 1 - 70). Cambridge: MIT Press.
- Nakayama, K., Shimojo, S., & Silverman, G. H. (1989). Stereoscopic Depth: Its relation to image segmentation, grouping and the recognition of occluded objects. *Perception, 18*, 55-68.
- New, J. J., & Scholl, B. J. (2009). Subjective time dilation: spatially local, object-based, or a global visual experience?. *Journal of Vision, 9*(2), 1-11.
- Palumbo, L., Ogden, R. Makin, A. D. J., & Bertamini, M. (2014). Examining visual complexity and its influence on perceived duration. *Journal of Vision, 14*(14), 1-18.
- Pariyadath, V., & Eagleman, D. (2007). The effect of predictability on subjective duration. *PLoS ONE, 2*, Article e1264.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision, 10*, 437 - 442.
- Prinz, J. J. (2005). A neurofunctional theory of consciousness. *Cognition and the brain: Philosophy and neuroscience movement, 381-96*.
- Rammsayer, T. H. (1999). Neuropharmacological evidence for different timing mechanisms in humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 52*, 273-286.
- Sekuler, A. B., Palmer, S. E., & Flynn, C. (1994). Local and global processes in visual completion. *Psychological Science, 5*, 260 - 267.
- Shimojo, S., & Nakayama, K. (1990). Amodal presence of partially occluded surfaces: role of invisible stimuli in apparent motion correspondence. *Perception, 19*, 285-299.

- Singh, M. (2004). Modal and amodal completion generate different shapes. *Psychological Science*, 15, 454-459.
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & Psychophysics*, 66, 1171 - 1189.
- Varakin D. A., Klemes, K. J., & Porter, K. A. (2013). The effect of scene structure on time perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(8), 1639-1652.
- Watanabe, T. (1995). Orientation and color processing for partially occluded objects. *Vision Research*, 5, 647-655.
- Wertheimer, M. (1912/1961). Experimental studies on the seeing of motion. In T. Shipley (Ed.), *Classics in psychology* (pp. 1032 - 1088). New York: Philosophical Library (Original work published 1912).
- Wichmann, F. A., & Hill, N. J. (2001a). The psychometric function: I. Fitting, sampling, and goodness of fit. *Perception & psychophysics*, 63(8), 1293-1313.
- Wichmann, F. A., & Hill, N. J. (2001b). The psychometric function: II. Bootstrap-based confidence intervals and sampling. *Perception, & Psychophysics*, 63(8), 1314-1329.
- Xuan, B., Zhang, D., He, S., & Chen, X. (2007). Larger stimuli are judged to last longer. *Journal of Vision*, 7, 1-5.

1 차원고접수 : 2016. 01. 18

수정원고접수 : 2016. 04. 18

최종게재결정 : 2016. 04. 18

The Influence of Amodally Completed Motion on Perceived Duration

Sung-Ho Kim

Department of Psychology, Ewha Womans University

A moving object is temporarily invisible as it passes behind an occluding surface, but people perceive it as moving continuously behind the occluder, suggesting that the representation of the moving object is amodally maintained during its disappearance. The current study investigated whether the display where object invisibility is interpreted as amodal completion of a hidden object moving behind an occluder results in greater time dilation than in comparable displays that lack the interpretation of amodal completion, by manipulating the binocular disparity depth of the surface which can potentially work as an occluder in 3D displays. The result shows that the display involving amodally completed motion is perceived as longer in duration than the display where object invisibility does not entail amodal completion. This result runs counter to the prediction based on psychophysical factors previously implicated in time perception, such as overall stimulus saliency, motion energy, attention and predictability. It suggests that time dilation for moving objects is mediated by higher level motion processing based on surface representation.

Key words : time perception, time dilation, tunnel effect, amodal completion, surface representation