

근접 가현운동 방향의 누적효과

정 우현 정 찬섭
연세대학교 심리학과

근접 가현운동에서 한 시점의 방향지각이 다음 시점에 누적적으로 영향을 미치는지 확인하고 이러한 누적 효과의 발생 원인을 규명하기 위해 네편의 실험을 수행하였다. 각각의 실험에서, 무선적인 운동을 하는 점들 가운데 특정한 방향으로 운동하는 편향점들이 일정 비율 삽입된 여러 장면의 무선점 시네마토그램이 사용되었다. 이와같은 무선점 시네마토그램의 여러 장면을 나누어 제시할 때보다 연속적으로 제시할 때 전반적인 운동 방향에 대한 인상이 편향점들의 운동 방향쪽으로 더 기울게 된다면 이는 한 시점의 운동방향이 다음 시점의 방향 지각에 누적적으로 영향을 미친다는 것을 의미하는 것으로 해석되었다. 실험 결과, 이러한 시간적 통합 효과는 근접 가현운동의 제약들을 만족시키면서 연속적으로 제시되어야만 나타날 수 있으며, 장면 수가 늘어남에 따라 누적적으로 증가하였다. 또한 편향점이 장면에 따라 변하는 경우보다 변하지 않고 동일한 경우에, 그리고 무선점 시네마토그램의 점의 밀도가 높을 때보다 낮을 때 더 분명하게 나타났다. 이러한 결과는 근접 가현운동에서 한 시점의 방향 지각이 다음 시점의 운동 방향에 누적적으로 영향을 미치며 이러한 근접 가현운동 방향의 누적 효과는 운동 탐지기 수준에서 이들의 상호 작용에 의해 발생된다는 것을 시사한다.

Braddick(1974)은 자극 제시 간격이 60msec 미만 이고 이동 거리가 시각(visual angle)으로 15분 이내 일 때 일어나는 가현운동과 제시간격이 길고 이동 거리가 멀 때 일어나는 가현운동이 서로 다른 과정에 의해 발생된다고 제안하고 전자를 근접 가현운동(short range apparent motion), 후자를 원격 가현운동(long range apparent motion)이라고 구분하였다. 이러한 구분 이후 정보처리 관점에서 두 과정의 특징 및 차이점을 대비시키기 위한 많은 연구 시도들이 있었는데, 이들 연구에 의하면 근접 가현운동은 운동탐지 신경세포에 의해 일어나는 반면 원격 가현운동은 좀 더 인지적인 과정에 의해서 일어난다고 할 수 있다(Braddick & Adlard, 1978; Anstis, 1980; Pantle & Picciano, 1976).

두 형태의 가현운동이 서로 다른 과정에 의해 발생된다면 가현운동의 핵심 문제인 운동 대응의 문제(motion correspondence problem)도 각 형태의 가현운동 별로 설명될 수 있어야 한다. 이에 대해 Ullman(1979)은 우리의 운동 지각 체계가 정보처리의 부담을 줄이는 쪽으로 대응 문제를 해결한다고 하는 최소 짝짓기 이론(minimal mapping theory)을 내놓았다. 이 이론에 의하면 두 자극 사이의 거리가 멀면 멀수록 대응 과정에 소요되는 정보 처리의 부담이 증가하기 때문에 근접 가현운동 조건에서는 아주 작은 범위내에 있는 바로 이웃한 자극요소가 대응점으로, 원격 가현운동 조건에서는 비교적 큰 범위내에 있는 여러점 가운데 가장 가까운 요소가 대응점으로 선택된다는 것이다. Ullman의 모형

은 간단하면서도 매우 유용한 모형이지만 운동 대응의 문제가 해결되는 것을 지나치게 단순화시켰기 때문에 많은 제한점을 갖는다. 즉, 자극 사이의 거리가 운동 대응의 문제 해결에 중요한 요인이긴 하지만 배경의 운동방향이나 이전 시간에서의 운동방향과 같은 많은 다른 요인이 또한 영향을 미칠 수 있는데 이러한 점들이 그의 모형에서는 간과되고 있다(Dawson, 1987; Ramachandran과 Anstis 1985, 1987).

Ramachandran과 Anstis는 원격 가현운동 과정에서의 시각적 관성(visual inertia) 현상을 통해 이전 시간의 방향 지각이 다음 순간의 방향 지각에 영향을 줄 수 있다는 것을 보여 주었다. 시각적 관성이란 시각체계가 특정방향으로 운동하는 자극을 계속 같은 방향으로 운동하는 것으로 지각하게 되는 경향을 말한다. 그림 1의 ㄱ)처럼 첫번째 장면에서 자극 ①과 ①'을 제시하고 다음장면에서 ②와 ②'을 제시하면 자극들은 시계방향으로 운동한 것으로 볼 수도 있고 그 반대 방향으로 운동한 것으로 볼 수도 있다. 그러나 다)에서처럼 자극 ①과 ①'이 제시되기 이전 시간에 ⑥과 ⑥'이 제시되면 이 자극들의 운동 방향이 영향을 주어서 ①은 ②로, ①'은 ②'으로 운동하는 것처럼 지각된다. 이러한 경향은 ①과 ②', ①'과 ② 사이의 거리를 ①과 ②, ①'과 ②'사이의 거리보다 가깝게 하더라도 지속된다.

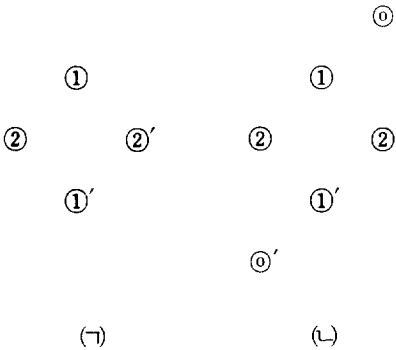


그림 1. 시각적 관성의 예. 원 안의 숫자는 자극이 제시된 시간 순서를 나타낸다. ㄱ)은 운동 방향이 모호한 경우로서 ①은 ②와 ②' 중 어느 쪽으로 운동했는지 알 수 없다. ㄴ)은 이전 시간의 영향으로 운동 방향이 분명해진 경우. ①과 ①'이 제시되기 전에 ⑥, ⑥'이 먼저 제시되면 모호했던 운동 방향이 ⑥→①→②, ⑥'→①'→②'으로 명확해진다. (Ramachandran과 Anstis (1987)에서 발췌)

다.

이와같이 운동하는 물체의 방향지각은 이전 시간에서의 방향 지각과 무관하게 매 순간 다시 반복되는 것이라기보다는 이전 시간에서의 방향에 의해 영향을 받게 된다. 이것은 또한 Ullman의 최소 짝짓기 이론에서의 주장처럼 운동 대응의 문제 해결에 자극간 거리만이 중요한 것이 아니며 어떤 시점에서의 운동 대응의 문제 해결이 다음 순간의 해결에도 영향을 준다는 것을 의미한다.

그렇다면 원격 가현운동에서 확인된 이와같은 시각적 관성이 근접 가현운동에도 적용될 수 있을까? 정보처리의 초기가 아닌 후기 단계에서는, 운동 중인 물체는 갑자기 방향을 바꿀 수 없다는 지각 가설이나 제약에 의해 시각적 관성의 효과가 나타날 수 있지만 근접 가현운동은 운동 탐지기 수준에서 발생하기 때문에 이와같은 지각 가설이나 제약이 적용될 수 있는 가능성이 거의 없다. 따라서 근접 가현운동에서도 한 시점에서의 방향 지각이 다음 시점의 방향 지각에 누적적으로 영향을 미칠 수 있다면, 이것은 운동 탐지기를 간의 상호 작용을 분석하여 운동 방향 지각에 영향을 주게 되는 모종의 2차적인 방향탐지 기체가 있어야 한다는 것을 의미한다. Chang과 Julesz(1984)이 제안한 협응기제는 바로 이러한 기체의 후보 중의 하나가 될 수 있다.

Chang과 Julesz은 근접 가현운동 과정에서 공간적으로 이웃한 점들이 서로 같은 방향으로 운동할 때는 흥분성 영향을 주고 받으며 다른 방향으로 운동할 때는 억제성 영향을 주고 받는 협응성(cooperativity)이 있다는 것을 발견하였다. 이들은 두 장면으로 된 무선점 시네마토그램(random dot cinematogram)을 사용하여 한 시점에서의 이웃한 영역의 협응 작용을 연구하였는데 만일 여러 장면을 연속적으로 제시하면 원격 가현운동 과정에서의 시각적 관성과 유사하게 한 시점의 방향 지각이 다음 시점의 방향 지각에 누적적으로 영향을 주는 시간 차원에 걸친 협응 작용이 나타날 수 있을 것이다.

본 연구에서는 근접 가현운동 방향의 누적 효과의 존재 유무를 확인하고 이러한 누적 효과의 발생 원인을 규명하기 위해 네편의 실험을 수행하였다. 실험 1-1에서는 원격 가현운동 과정의 시각적 관성과 유사하게 근접 가현운동 과정에서도 한 시점에

서의 운동 방향이 다음 시간 장면의 운동 방향에 영향을 줄 수 있는지를 알아보았다. 실험 1-2에서는 제시되는 장면의 수의 함수로서 이러한 운동방향의 누적효과가 증가하게 되는지를 알아보았다. 실험 2에서는 근접 가현운동 방향의 누적효과가 어떤 전반적인 과정에 의한 것인지 아니면 개별적인 점들의 운동 방향에 대한 운동 탐지기들의 상호작용에 의한 것인지를 알아보았다. 실험 3에서는 무선 점의 밀도에 따라 근접 가현운동 방향의 누적효과가 달라지는지를 알아보았다.

실 험 1-1

근접 가현운동에서 한 시점의 운동 방향이 다음 시간 장면에 누적적으로 영향을 줄 수 있는지를 알아보기 위해 위쪽, 아래쪽, 왼쪽, 오른쪽의 네 방향 중 어느 한 방향으로 운동하는 편향점들이 삽입된 여섯장면으로 이루어진 무선점 시네마토그램을 시간 간격 없이 연속적으로 제시한 경우(여섯장면 연속누적조건)와 한 시점의 방향 지각이 다음 시간 장면에 영향을 줄 수 없도록 중간에 충분한 시간간격을 주어 두장면씩 나누어 제시한 경우(여섯장면 시차누적조건), 여섯장면 중 앞의 두장면만 제시한 경우(두장면 누적조건)를 비교해 보았다. 만일 한 시점에서의 방향 지각이 다음 시간 장면에 누적적으로 영향을 줄 수 있다면 두장면만 제시하거나 시간 간격이 포함된 여섯장면을 제시할 때보다 여러 장면을 연속적으로 제시할 때 편향된 방향으로의 전체 점들의 운동은 더 분명하게 지각될 것이다.

방 법

피험자. 연세대학교 심리학과 학부과목인 학습심리학과 지각심리학을 수강하는 남녀대학생 20명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정시력 0.8 이상이었다.

장치. 자극은 주사 속도가 초당 64회인 1024 × 768 화소(pixel)의 해상도를 갖는 칼라 모니터에 제시되었다. 자극제시와 반응은 모두 IBM AT 호환기종의 컴퓨터에 의해 통제되었으며 피험자의 눈과 자극과의 거리를 일정하게 유지시키기 위하여 턱

받이가 사용되었다.

자극. 하나의 무선점 시네마토그램은 여섯 개의 장면으로 이루어졌으며 각 장면은 320 × 200의 해상도에서 흰 점과 검은 점이 각 50%씩인 80 × 60 화소의 직사각형이었다. 피험자의 눈과 자극과의 거리는 약 70cm이었고, 장면의 크기는 가로 약 6cm, 세로 약 5.8cm로 이는 시각(visual angle)으로 약 4.53도, 4.44도이었다. 무선점 시네마토그램은 위쪽, 아래쪽, 왼쪽, 오른쪽 중에서 어느 한 방향으로 함께 운동하는 편향점들이 조건에 따라 10%, 30% 또는 50% 삽입되었고(이후 편향점들의 운동 방향을 '편향된 방향'이라고 부르기로 한다), 나머지 점들은 완전히 무선적인 방향으로 움직였다. 이때 편향점들의 이동 거리는 시각(visual angle)으로 약 10분이었다.

절차. 본시행에 앞서 피험자들은 실험절차에 익숙해지도록 72회의 연습시행을 하였다. 본시행은 총 72회(자극장면누적조건 3 × 삽입된 편향점의 비율 3 × 편향점의 운동방향 4 × 반복 2)로 구성되었으며 무선적인 순서로 실시되었다. 한 시행에 대해 반응을 하면 800msec 후에 다음 시행이 시작되었다. 피험자의 실험과제는 무선점 시네마토그램이 사라진 다음, 점들의 전반적인 운동방향에 대해 컴퓨터 자판의 오른쪽 아래에 있는 화살표 자쇠를 눌러 반응하는 것이었다. 무선점 시네마토그램은 두장면 누적조건, 여섯장면 시차누적조건, 여섯장면 연속누적조건 3가지 조건에 따라 다른 방법으로 제시되었다. 두장면 누적조건에서는 여섯 개의 장면 중 처음 두 장면만 연속적으로 제시되었고, 여섯장면 시차누적조건에서는 여섯 장면을 두 장면씩 나누어 처음 두 장면이 연속으로 제시되고나서 500msec 후 다음 두 장면이 연속으로 제시되고 다시 500msec 후에 나머지 두 장면이 연속으로 제시되었으며, 여섯장면 연속누적조건에서는 여섯 장면이 연속적으로 제시되었다. 각 장면의 제시시간은 50msec 이고 연속으로 제시될 때 다음 장면과의 제시간격 없이 바로 다음 장면이 이어졌다.

결 과 및 논 의

실험 1-1에서 수집된 자료는 세가지 편향점 삽

입비율과 세가지 무선점 시네마토그램 제시조건의 조합에서 나온 아홉 개의 조건에 대해 편향점들의 움직임 방향에 대한 구별없이 여덟번씩 반복 측정된 편향된 방향으로의 반응 빈도였다. 이렇게 구해진 아홉 개의 측정치들을 각 실험 조건별로 20명의 피험자에 대해 평균하여 그 평균값들간의 차이를 3×3 반복측정방안에 의하여 변량분석하였다.

무선점 시네마토그램의 자극장면 누적조건에 따른 편향된 방향으로의 반응 평균은 두장면 누적조건일 때 3.63(±2.05), 여섯장면 시차누적조건일 때 4.38(±2.06), 여섯장면 연속누적조건일 때 5.68(±2.27)번이었으며 이를 변량분석한 결과 이들 평균치들 간의 차이는 통계적으로 매우 유의하였다. $F(2, 18)=63.60, p<.001$. 각 조건별 평균의 세부 분석을 위해 Scheffé의 방법(±.05)에 따라 사후 분석을 한 결과 두장면 누적조건과 여섯장면 시차누적조건의 평균의 차이는 유의하지 않았으나, 두장면 누적조건이나 여섯장면 시차누적조건일 때보다는 여섯장면 연속누적조건일 때의 편향된 방향으로 반응한 빈도가 유의하게 높았다.

삽입된 편향점의 비율에 따른 편향된 방향으로

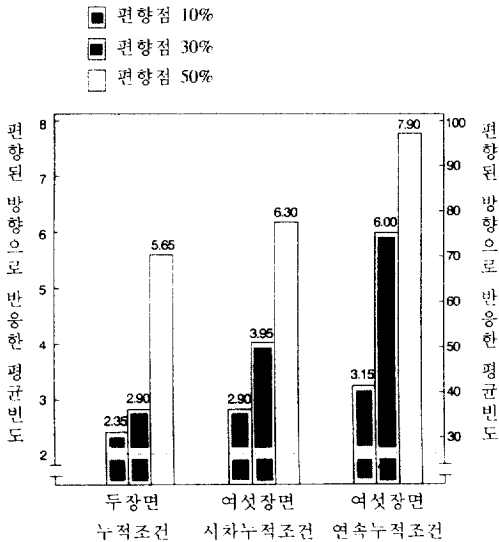


그림 2. 무선점 시네마토그램 제시조건에 따른 편향된 방향으로 반응한 빈도(점선은 우연수준, 막대 위의 숫자는 평균 빈도를 나타낸다). 오른쪽의 세로 축은 평균 빈도를 백분율로 환산한 것. 삽입된 편향점의 비율에 상관없이 6장면을 연속적으로 제시했을 때 편향된 방향으로 반응한 비율이 가장 높았다.

의 반응 평균은 삽입된 편향점의 비율이 10%일 때 2.80(±1.41), 30%일 때 4.28(±1.78), 50%일 때 6.62(±1.76)번이었다. 이들의 차이도 통계적으로 매우 유의하였다. $F(2,18)=85.84, p<.001$. 이는 삽입된 편향점의 비율이 높을수록 편향된 방향으로 반응했다는 것을 의미한다. 편향점의 비율과 제시조건의 상호작용 역시 통계적으로 유의하게 나타났다. $F(4,16)=4.69, p<.05$. 삽입된 편향점의 비율별로 자극장면 누적조건의 효과를 살펴보면, 편향점이 30% 삽입되었을 때($F(2,18)=27.22, p<.001$)와 50% 삽입되었을 때($F(2,18)=13.48, p<.001$)는 자극장면 누적조건의 주효과가 통계적으로 유의하였으나, 편향점이 10% 삽입되었을 때는 통계적으로 유의하지 않았다. $F(2,18)=2.11$.

그림 2는 각 조건별로 편향된 방향으로 반응한 평균 빈도와 백분율을 나타낸 것이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 여섯장면 연속누적조건과 여섯장면 시차누적조건은 편향된 방향으로 반응한 빈도에 차이를 보이지만 두장면 누적조건과 여섯장면 시차누적조건은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 연속적으로 여러 장면을 제시할 때 한 시점의 방향 지각이 다음 시점의 방향 지각에 누적적으로 영향을 줄 수 있으며 이러한 운동 방향의 누적 효과가 단순히 여러 장면이 제시되어 생기는 것이 아니라 시간차원에 걸친 협응 작용에 의한 것임을 의미한다. 따라서 원격 가현운동 과정에서 시각적 관성과 유사하게 근접 가현운동 과정에서도 운동 대응의 문제가 매순간 독립적으로 해결된다기보다는 이전 시간 장면에서의 해결에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다. 이와 같은 이전 시간의 영향은 이웃한 영역의 협응 작용과 더불어 근접 가현운동 과정에서 매우 짧은 시간동안 운동 대응의 문제를 효율적으로 해결하는데 도움이 될 것이다. 여섯 장면을 제시하더라도 500msec의 시간간격과 같이 근접 가현운동이 가능한 범위를 넘어서는 제약들이 중간에 포함되면 근접 가현운동 방향의 누적효과가 거의 나타나지 않는데 이는 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 운동 탐지기 수준에서 일어난다는 것을 암시한다.

두장면으로 된 무선점 시네마토그램을 사용한 Chang과 Julesz(1984)의 실험에서는 편향점이 10%만 삽입되어도 거의 대부분 편향된 방향으로의 반응이 나타나는데 비해 본 실험에서는 두장면 누적조

건에서 삽입된 편향점의 비율이 10%일 때 편향된 방향으로의 반응비율이 우연수준에 가깝다. 이처럼 Chang과 Julesz의 실험 결과와 본 실험의 결과가 일치하지 않는 것은 다음과 같은 이유 때문이라고 생각된다. 첫째, 본 실험에서 각 장면의 제시 시간은 50msec로 Chang과 Julesz의 각 장면 제시 시간 60msec보다 짧았다. 둘째, Chang과 Julesz의 실험에서는 점들의 운동 방향이 오른쪽과 왼쪽 두 방향 뿐이었는데 반해 본 실험에서는 앞의 두 방향에 윗쪽, 아랫쪽 방향이 추가되어 점들의 운동 방향은 모두 네 방향이었다. 따라서 편향점이 10% 삽입되었을 때 전체 점들 중에서 편향된 방향으로 운동하는 점의 비율은 Chang과 Julesz의 실험에서는 55%인 반면 본 실험에서는 32.5%에 불과했다. 이러한 이유들로 인해 본 실험에서 편향점이 10% 삽입된 두장면 누적조건은 편향된 방향으로의 반응이 우연수준에 가까웠던 것으로 생각된다. 한 시점의 방향 지각은 누적적으로 다음 시점의 운동 방향에 영향을 미친다고 생각되므로 이처럼 편향점의 삽입 비율이 낮을 때는 그림 2에서 볼 수 있는 것처럼 여러 장면을 연속적으로 제시하더라도 편향된 방향으로의 반응 비율이 크게 늘지 않는다. 그러나 편향점의 삽입 비율이 높으면 한 시점의 방향 지각은 누적되어 다음 시점에 더 크게 영향을 미치게 된다.

Chang과 Julesz은 두 장면의 무선점 시네마토그램을 사용하여 한 시점에서 이웃한 영역의 협응 작용을 밝혔는데 본 실험의 결과에 의하면 근접 가현 운동에서 이러한 공간적으로 이웃한 영역의 협응성 이외에 시간적 차원에 걸친 협응 작용도 있다는 것을 알 수 있다.

실험 1-2

실험 1-2에서는 무선점 시네마토그램의 장면 수를 단계적으로 증가시켜서 앞의 실험에서 나타난 근접 가현운동의 누적효과가 장면 수의 함수로서 증가하는지를 알아보았다. 실험 1-2의 자극, 장치는 앞의 실험과 동일하였다.

방법

피험자. 연세대학교 심리학과 학부과목인 학습심

리학과 지각심리학을 수강하는 남녀대학생 20명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정시력 0.8 이상이었다.

절차. 본시행에 앞서 피험자들은 실험절차에 익숙해지도록 120회의 연습시행을 하였다. 본시행은 총 120회(제시된 장면의 수 $5 \times$ 삽입된 편향점의 비율, $3 \times$ 편향점의 운동방향 $4 \times$ 반복 2)로 구성되었다. 실험 절차는 앞의 실험과 대체로 같았으나, 세가지 자극장면 누적조건 대신 제시한 무선점 시네마토그램의 장면 수에 따라 처음 두장면만 제시한 조건, 세장면을 제시한 조건, 네장면, 다섯장면, 여섯장면을 제시한 조건의 다섯 가지로 바뀌었다. 모든 조건에서 무선점 장면은 시간지연 없이 연속적으로 제시되었다.

결과 및 논의

실험 1-2에서 수집된 자료는 세가지 편향점 삽입비율과 다섯가지 제시 장면 수의 조합에서 나온 열다섯개의 조건에 대해 편향점들의 움직임 방향에 대한 구별없이 여덟번씩 반복 측정된 편향된 방향으로의 반응 빈도였다. 이렇게 구해진 열다섯개의 측정치들을 앞의 실험에서처럼 각 실험 조건별로 20명의 피험자에 대해 평균하여 그 평균값들간의 차이를 3×5 반복 측정 방안에 의하여 변량분석하였다.

장면 수에 따른 편향된 방향으로의 반응 평균은 두장면일 때 $3.13(\pm 1.93)$, 세장면일 때 $4.45(\pm 2.49)$, 네장면일 때 $4.98(\pm 2.34)$, 다섯장면일 때 $5.15(\pm 2.41)$, 여섯장면일 때 $5.30(\pm 2.41)$ 번이었으며, 이를 변량분석한 결과 이들 평균치들 간의 차이는 통계적으로 매우 유의하였다, $F(4,16)=27.20, p<.001$. 또한 제시된 장면의 수와 편향점 삽입 비율의 상호작용 역시 매우 유의하게 나타났다, $F(8,12)=5.35, p<.001$.

제시된 장면 수가 늘어날수록 편향된 방향으로 반응한 빈도도 증가하였으며, 이러한 추세는 장면 수가 늘어남에 따라 줄어들었다. 삽입된 편향점이 50%인 조건에서 장면 수에 따른 편향된 방향으로 반응한 빈도를 추세분석한 결과 일차성분($F(1,19)=50.31, p<.001$)과 이차성분($F(1,19)=31.57, p<.001$) 모두 통계적으로 유의하였다. 삽입된 편향점이 30%인 조건에서도 장면 수에 따른 편향된 방향으

■ 편향점 10% ▲ 편향점 30% -□- 편향점 50%

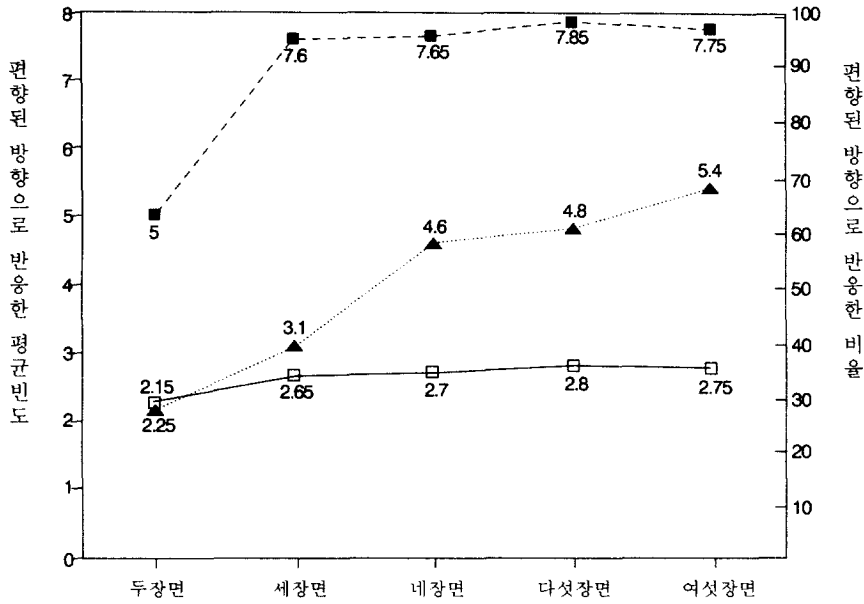


그림 3. 제시된 장면의 수에 따른 편향된 방향으로 반응한 빈도(오른쪽의 세로 축은 평균 빈도를 백분율로 환산한 것). 제시된 장면 수가 늘어남에 따라 편향된 방향으로 반응한 비율도 높아졌다.

로 반응한 빈도를 추세분석한 결과 일차성분($F(1, 19)=53.54, p<.001$)과 이차성분($F(1,19)=5.24, p<.05$) 모두 통계적으로 유의하였다. 그러나 삽입된 편향점이 10%인 조건에서는 장면 수에 따른 편향된 방향으로 반응한 빈도를 추세분석한 결과 일차성분($F(1,19)=2.48$)과 이차성분($F(1,19)=.74$) 모두 통계적으로 유의하지 않았다.

그림 3은 장면 수에 따라 편향된 방향으로 반응한 평균 빈도와 백분율을 나타낸 것이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 제시된 장면 수가 늘어남에 따라 이전 시간의 영향도 누적적으로 증가하였다. 이처럼 한 시점의 방향 지각은 다음 시점의 운동 방향에 누적적으로 영향을 미치기 때문에 편향점이 삽입된 비율이 낮을 때는 여러 장면을 연속적으로 제시하더라도 편향된 방향으로의 반응 비율이 크게 증가하지 않지만 삽입된 편향점의 비율이 높을 때는 장면 수가 늘어남에 따라 급격히 증가하게 된다. 그림 3을 보면 삽입된 편향점의 비율이 높을수록 기울기가 크다는 것을 알 수 있다. 다만 편향점이 50% 삽입되었을 때는 천장효과(ceiling effect)에

의해 제시된 장면 수가 네장면 이상이 되면 더 이상의 증가가 나타나지 않았다.

실험 2

실험 2에서는 근접 가현운동 방향의 누적효과가 어떤 전반적인 과정에 의한 것인지 아니면 개별적인 점들의 운동 방향에 대한 운동 탐지기의 상호작용에 의한 것인지를 알아보기 위해 각 장면에서 편향점이 변하지 않고 동일한 경우와 편향점들이 바뀌는 경우를 비교해 보았다. 만약 근접 가현운동 방향의 누적효과가 어떤 전반적인 과정을 통해 일어나는 것이라면 편향점들이 변하는 경우와 변하지 않고 동일한 경우의 차이가 거의 없을 것이다. 그러나 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 어떤 전반적인 과정에 의한 것이 아니라 이전 시간 장면과 같은 방향으로 운동하는 개별적인 점들에 대해, 같은 운동 방향을 탐지하는 이웃한 운동 탐지기 간의 흥분적 상호작용에 의한 것이라면 편향점들이 장

면에 따라 변할 경우에는 연속적으로 제시되더라도 같은 방향에 대한 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 나타나지 않을 것이다. 실험 2의 장치는 실험 1과 동일하였다.

방법

피험자. 연세대학교 심리학과 학부과목인 학습심리학과 지각심리학을 수강하는 남녀대학생 20명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정시력 0.8 이상이었다.

자극 및 절차. 본시행에 앞서 피험자들은 실험절차에 익숙해지도록 48회의 연습시행을 하였다. 본시행은 총 48회(편향점 변화여부 2 × 삽입된 편향점의 비율 3 × 편향점의 운동방향 4 × 반복 2)로 구성되었다. 가현운동을 발생시키는데 다섯장면의 무선점 시네마토그램이 사용되었다. 편향점 변화여부조건은 편향점들이 장면에 따라 바뀌는 장면간 편향점 변화조건과 바뀌지 않는 장면간 편향점

불변조건을 포함하고 있었다. 장면간 편향점 불변조건은 앞의 실험 1-2에서 다섯장면조건과 같으며, 장면간 편향점 변화조건에서는 매 장면마다 전체 점들 중에서 편향점을 무선적으로 다시 선택하여 다음 장면에서 편향된 운동방향으로 이동시켰다. 이처럼 매 장면에서 편향점들은 무선적으로 다시 선택되었지만 편향된 방향은 변하지 않고 동일했다. 그 외의 실험 절차는 앞의 실험과 같았다.

결과 및 논의

실험 2에서 수집된 자료는 세가지 편향점 삽입비율과 두가지 편향점의 변화여부 조건의 조합에서 나온 여섯개의 조건에 대해 편향점들의 움직임 방향에 대한 구별없이 여덟번씩 반복 측정된 편향된 방향으로의 반응 빈도였다. 이렇게 구해진 여섯개의 측정치들을 각 실험 조건별로 20명의 피험자에 대해 평균하여 그 평균값들간의 차이를 3 × 2 반

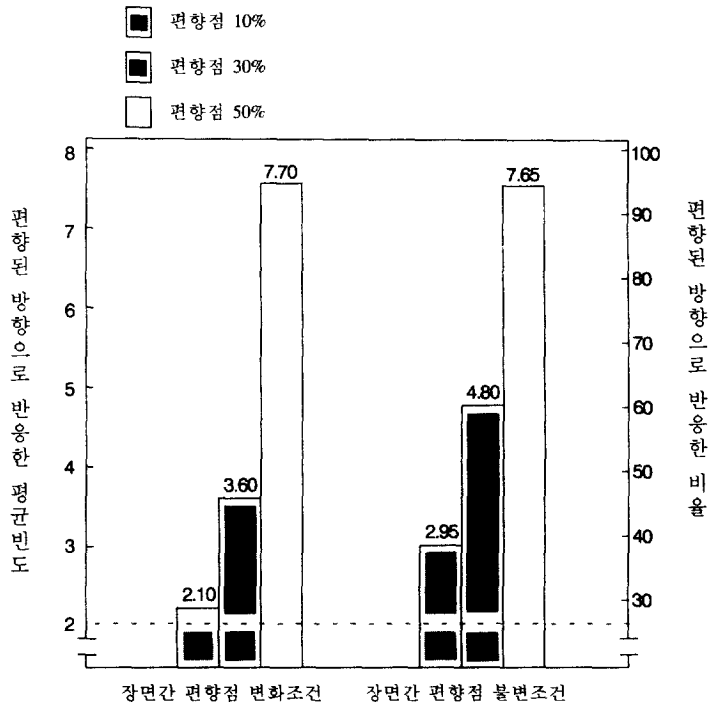


그림 4. 편향점의 변화여부에 따른 편향된 방향으로 반응한 빈도(점선은 우연 수준, 막대 위의 숫자는 평균 빈도를 나타낸다). 오른쪽의 세로 축은 평균 빈도를 백분율로 환산한 것. 편향점이 장면에 따라 변할 때 보다 변하지 않고 동일할 때 편향된 방향으로 반응한 비율이 더 높지만 삽입된 편향점의 비율이 50%일 때는 두 조건의 차이가 거의 나지 않는다.

복 측정 방안에 의하여 변량분석 하였다.

편향점들의 변화여부 조건에 따른 편향된 방향으로의 반응 평균은 장면간 편향점 불변조건일 때 $5.13(\pm 2.21)$, 장면간 편향점 변화조건일 때 $4.47(\pm 2.63)$ 번이었으며, 이를 변량분석한 결과 이들 평균치들 간의 차이는 통계적으로 매우 유의하였다, $F(1, 19)=12.46, p<.001$. 또한 편향점들의 변화여부 조건과 삽입된 편향점 비율의 상호작용 역시 통계적으로 유의하게 나타났다, $F(2, 18)=6.28, p<.01$.

삽입된 편향점의 비율 조건별로 편향점의 변화여부에 따른 편향된 방향으로의 반응 빈도를 보면, 삽입된 편향점의 비율이 10%일 때, 장면간 편향점 불변조건(2.95 ± 1.32)이 장면간 편향점 변화조건(2.10 ± 1.21)보다 편향된 방향으로 반응한 빈도가 높았으며, 이는 통계적으로 유의하였다, $F(1, 19)=5.03, p<.05$. 삽입된 편향점의 비율이 30%일 때도 장면간 편향점 불변조건(4.80 ± 1.15)이 장면간 변화조건(3.60 ± 1.43)보다 편향된 방향으로 반응한 빈도가 통계적으로 유의하게 높았다, $F(1, 19)=9.57, p<.01$. 그러나 삽입된 편향점의 비율이 50%일 때는 장면간 편향점 불변조건(7.65 ± 0.59)과 장면간 편향점 변화조건(7.70 ± 0.57)의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1, 19)=.09$.

그림 4는 편향점들의 변화여부에 따라 편향된 방향으로 반응한 평균 빈도와 백분율을 나타낸 것이다. 만일 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 전반적 과정에 의해 개별적인 점들의 운동이 통합되어 전체적인 편향된 방향에 대해 일어나는 것이라면 장면간 편향점 변화조건과 불변조건 사이에 차이가 없어야 하는데 그림 4에서 알 수 있듯이 장면간 편향점 불변조건에서 편향된 방향으로의 반응 빈도가 더 높은 것은 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 운동 탐지기 수준에서 이들의 상호 작용에 의해 나타난다는 가능성을 암시하고 있다.

또한 그림 4를 보면 장면간 편향점 변화조건에서 편향점의 비율이 10%일 때는 편향된 방향으로의 반응이 거의 우연 수준에 불과하지만, 편향점의 비율이 높아짐에 따라 편향된 방향으로의 반응 비율이 급격히 높아진다는 것을 알 수 있다. 그러나 이것이 편향점의 비율이 높은 경우, 편향점이 변화하더라도 전체적인 편향 방향만 동일 하다면 근접 가현운동 방향의 누적효과가 나타날 수 있다는 것을 의미하지는 않는다. 왜냐하면 편향점의 비

율이 높아지면 다시 무선적인 선택에 의해 편향점이 될 가능성도 증가하므로 계속 같은 방향으로 운동하는 편향점의 수도 증가하기 때문이다. 예를 들어 편향점의 비율이 50%일 때는 약 25%의 편향점이 다음 장면에서도 계속 같은 방향으로 운동할 가능성이 있다. 따라서 편향점의 비율이 높을 때 두 조건의 차이가 없는 것은 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 전체적인 편향된 방향에 대해서도 나타나기 때문인지 아니면 편향점의 비율이 높아짐에 따라 계속 동일한 방향으로 운동하는 점의 비율도 높아지기 때문인지는 확실하게 말할 수 없다. 그러나 삽입된 편향점의 비율이 이보다 낮을 때, 장면간 편향점 불변조건과 장면간 편향점 변화조건 사이에 차이가 뚜렷한 것은 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 계속 같은 방향으로 운동하는 개별적인 점들에 대해 같은 운동 방향을 탐지하는 이웃한 운동 탐지기들 간의 상호작용에 의해 발생된다는 가정을 뒷받침해 준다.

실험 3

앞의 서론에서 논의한 바대로 근접 가현운동 과정에서 이웃한 영역이 서로 같은 방향으로 운동할 때 흥분적 영향, 다른 방향으로 운동할 때 억제적 영향을 주고 받는 협응성이 있는데 이러한 협응 상호작용은 바로 이웃한 영역에서 일어나고 조금 떨어진 영역에서는 거의 일어나지 않는다(Chang과 Julesz, 1984). 따라서 점의 밀도가 낮아지면 이웃점까지의 거리는 그만큼 증가하게 되므로 협응 상호작용도 감소할 것이다. 반면 운동 대응의 문제는 점의 밀도가 낮아질수록 그만큼 쉬워지게 된다. 따라서 근접 가현운동 방향의 누적 효과도 무선점 시네마토그램의 점의 밀도에 따라 달라질 수 있다. 실험 3에서는 이러한 연구문제를 검증하기 위하여 무선점 시네마토그램의 점의 밀도가 50%일 때와 25%일 때를 비교해보았다. 만일 점의 밀도가 높아짐에 따라 운동 대응의 문제 해결의 어려움은 급격히 증가하는데 비해 협응 작용의 영향은 완만히 증가한다면 점의 밀도가 25%일 때의 편향된 방향으로의 반응 빈도는 50%일 때보다 높을 것이다. 반면 점의 밀도가 높아짐에 따라 운동 대응의 문제 해결의 어려움은 완만히 증가하는데 비해 협응 작

용의 영향은 급격히 증가한다면 점의 밀도가 25% 일 때의 편향된 방향으로의 반응 빈도는 50%일 때 보다 낮을 것이다. 실험 3의 장치는 앞의 실험과 동일하였다.

방법

피험자. 연세대학교 심리학과 학부과목인 학습심리학과 지각심리학을 수강하는 남녀대학생 20명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 교정시력 0.8 이상이었다.

자극 및 절차. 본시행에 앞서 피험자들은 실험절차에 익숙해지도록 48회의 연습시행을 하였다. 본시행은 총 48회(점의 밀도 2×삽입된 편향점의 비율 3×편향점의 운동방향 4×반복 2)로 구성되었다. 자극 및 절차는 조건에 따라 무선점 시네마토그램의 밀도가 50%인 것과 25%인 것의 두 가지가 사용된 점을 제외하고는 앞의 실험 1, 2와 동일하

였다.

결과 및 논의

실험 3에서 수집된 자료는 세가지 편향점 삽입 비율과 두가지 점의 밀도 조건 조합에서 나온 여섯개의 조건에 대해 편향점들의 움직임 방향에 대한 구별없이 여덟번씩 반복 측정된 편향된 방향으로의 반응 빈도였다. 이렇게 구해진 여섯개의 측정치들을 각 실험 조건별로 20명의 피험자에 대해 평균하여 그 평균값들간의 차이를 2×3 반복 측정 방안에 의하여 변량분석하였다.

점의 밀도에 따른 편향된 방향으로의 반응 평균은 밀도가 50%일 때 5.13(±2.38), 밀도가 25%일 때 6.08(±2.27)번이었으며 이 평균치들 간의 차이는 통계적으로 유의하였다, $F(1,19)=27.42, p<.001$. 또한 무선점 시네마토그램의 점의 밀도와 삽입된 편향점 비율의 상호작용 역시 통계적으로 유의하게 나타났다, $F(2,18)=15.42, p<.001$.

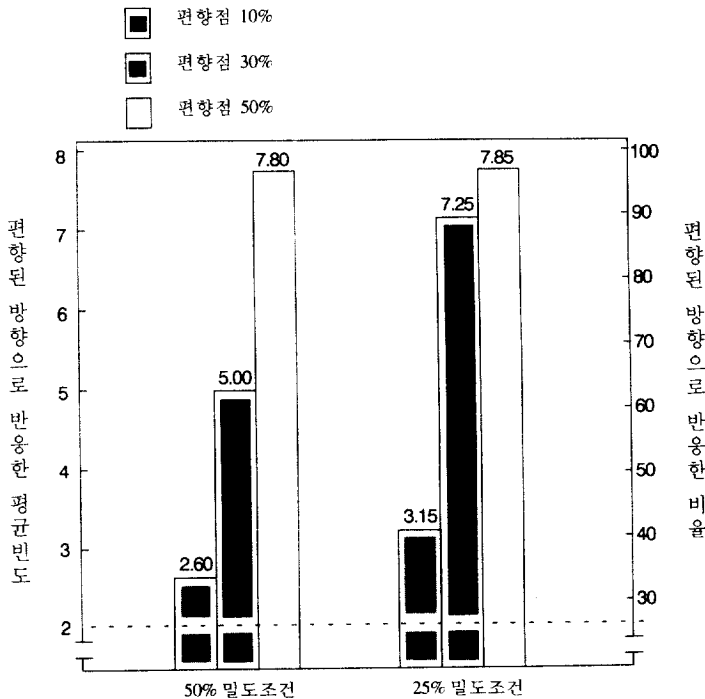


그림 5. 점의 밀도에 따른 편향된 방향으로 반응한 빈도(점선은 우연 수준, 막대 위의 숫자는 평균 빈도를 나타낸다). 오른쪽의 세로 축은 평균 빈도를 백분율로 환산한 것. 삽입된 편향점의 비율이 50%일 때는 두 조건이 비슷하나 그 외에는 점의 밀도가 25%일 때 편향된 방향으로 반응한 비율이 높았다.

삽입된 편향점의 비율 조건별로 점의 밀도에 따른 편향된 방향으로의 반응 빈도를 살펴보면, 삽입된 편향점의 비율이 10%일 때, 25% 밀도조건(3.15±1.04)이 50%밀도조건(2.60±1.04)보다 편향된 방향으로 반응한 빈도가 높았으나, 이는 통계적으로 유의하지 않았다. $F(1,19)=1.83$. 삽입된 편향점의 비율이 30%일 때는 25% 밀도조건(7.25±1.02)이 50% 밀도조건(5.00±1.41)보다 편향된 방향으로 반응한 빈도가 통계적으로 유의하게 높았다. $F(1,19)=42.05, p<.001$. 삽입된 편향점의 비율이 50%일 때는 25% 밀도조건(7.85±0.37)과 50% 밀도조건(7.80±0.52)의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. $F(1,19)=.19$.

그림 5는 점의 밀도에 따른 편향된 방향으로 반응한 평균 빈도와 백분율을 나타낸 것이다. 그림 5에서 알 수 있듯이 50% 밀도조건일 때보다 25% 밀도조건일 때 편향된 방향으로의 반응 빈도가 더 높았다. 이러한 결과는 무선점 시네마토그램의 점의 밀도가 높아짐에 따라 운동 대응의 문제는 해결이 급격히 어려워지는데 비해 협응 작용의 영향은 완만히 증가한다는 가정을 뒷받침해준다. 그림 6은 이러한 가정을 그림으로 나타낸 것이다. 그림에서 처럼 점의 밀도가 높아짐에 따라 운동 대응의 문제 해결의 어려움은 급격히 증가하는데 비해 협응 작용의 영향은 완만히 증가한다면 두 영향이 상쇄된 후의 효과는 점의 밀도가 낮을 때 더 클 것이다.

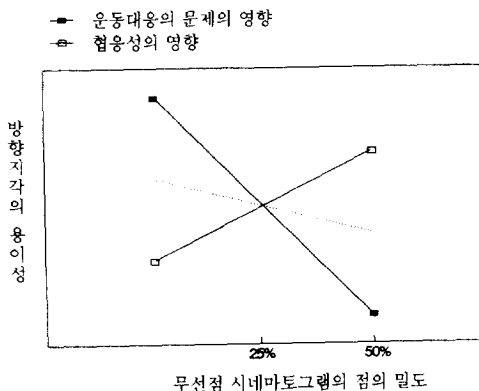


그림 6. 점의 밀도에 따른 운동 대응의 문제와 협응성의 효과. 점의 밀도가 높아짐에 따라 운동 대응의 문제는 어려워지지만 협응성의 효과는 증가한다. 점선은 두 영향이 상쇄되었을 때의 효과를 나타낸다.

따라서 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 25% 밀도 조건에서 더 크게 나타난다고 생각할 수 있다. 이처럼 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 점의 밀도에 따라 달라지는 것은 이 기제가 Chang과 Julesz (1984)이 말한 협응 기제와 관련이 있다는 것을 암시한다.

종합논의

본 연구에서는 근접 가현운동 방향의 누적 효과의 존재 유무를 확인하고 이러한 누적 효과의 발생 원인을 규명하기 위해 네편의 실험을 수행하였다. 실험에서 나타난 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 무선적인 운동을 하는 점들로 이루어진 자극에 특정한 방향으로 운동하는 편향점들이 삽입되면 두장면만 제시하거나 여러 장면을 나누어 제시할 때보다 여러 장면을 연속적으로 제시할 때 편향된 방향으로의 전체점들의 운동이 더 분명하게 지각되었다. 이것은 여러 장면을 연속적으로 제시할 때 한 시점의 운동 방향이 다음 시점의 운동 방향 지각에 영향을 미친다는 것을 보여준다. 둘째, 한 시점의 방향 지각이 다음 시점의 운동 방향 지각에 미치는 영향은 장면 수의 함수로 증가하였다. 셋째, 편향점이 장면에 따라 변하는 경우보다 모든 장면에서 동일한 경우에 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 더 뚜렷이 나타났다. 이것은 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 계속 동일한 방향으로 운동하는 개별 점들에 대해 운동 탐지기 수준에서 이들의 상호작용에 의해 생긴다는 것을 암시한다. 넷째, 무선점 연속장면의 점의 밀도가 높을 때보다 낮을 때 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 더 뚜렷이 나타났다. 이는 점의 밀도가 높아지면 운동 대응의 문제는 급격히 어려워지는데 반해 협응성의 영향은 완만히 증가하기 때문이라고 생각된다.

이러한 결과를 통해, 원격 가현운동 과정에서 운동 대응의 문제를 해결하는데 이전 시간에서의 운동 방향이 영향을 미칠 수 있듯이, 근접 가현운동 과정에서도 운동 대응의 문제가 매순간 독립적으로 해결되기보다는 이전 시간에서의 운동 방향에 의해 영향 받는다는 것을 알 수 있다. 그러나 원격 가현운동 과정과 달리 근접 가현운동 과정은

운동 탐지기에 의해 일어나므로, 근접 가현운동의 제약을 넘어서는 시간 간격이 있거나 편향점이 장면에 따라 변하면 그 영향이 미약해진다고 생각된다. 또한 점의 밀도가 높을 때보다 낮을 때 근접 가현운동 방향의 누적 효과가 더 분명하게 나타나는 것은 이웃 영역과의 협응작용의 효과는 줄어들지만 그 이상으로 운동 대응의 문제가 쉽게 해결되는 잇점이 있기 때문이라고 할 수 있다.

참고 문헌

- Anstis, S. M. (1980). The perception of apparent movement. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 290*, 153-168.
- Anstis, S. M., & Ramachandran, V. S. (1987). Visual inertia in apparent motion. *Vision Research, 27*, 755-764.
- Braddick, O. J. (1974). A short range process in apparent motion. *Vision Research, 14*, 519-527.
- Braddick, O. J., & Adlard, A. J. (1978). Apparent motion and the motion detector. In J. Armington, J. Krauskopf, & B.R. Wooten (Eds.), *Visual psychophysics and physiology* (pp.417-426). New York: Academic Press.
- Braddick, O.J. (1980). Low-level and high-level processes in apparent motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 290*, 137-151.
- Chang, J. J., & Julesz, B. (1984). Cooperative phenomena in apparent movement perception of random-dot cinematograms. *Vision Research, 24*, 1781-1788.
- Dawson, M. R. (1987). Moving contexts do affect the perceived direction of apparent motion in motion competition displays. *Vision Research, 27*, 799-809.
- Pantle, A. J., & Picciano, L. (1976). A multistable movement display: Evidence for two separate motion systems in human vision. *Science, 193*, 500-502.
- Ramachandran, V. S., & Anstis, S. M. (1985). Perceptual organization in multistable apparent motion. *Perception, 14*, 135-143
- Ternus, J. (1938). The problem of phenomenal identity. In W. D. Ellis (Ed.), *A source book of Gestalt psychology*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Ullman, S. (1979). *The interpretation of visual motion*. Cambridge, MA: MIT Press.

Effect of Temporal Integration on the Direction of Short Range Apparent Motion

Woo Hyun Jung and Chan Sup Chung
Yonsei University

Four experiments were performed to investigate the effect of temporal integration on the direction of short range apparent motion. In each trial of the experiments, a set of random-dot cinematogram(RDC)s of which dot elements move in random directions were successively presented together with a certain proportion of biased dots moving in a particular direction. The measurement of interest was whether the effect of the biased dots on the coherent global motion impression of the RDC increases as a function of the number of successively presented RDCs across time. Existence of such incremental effect was interpreted as an evidence of excitatory temporal interaction among the moving dots in short range motion. Results of the experiments show, first, that the temporal integration effect exists only when the successively presented RDCs satisfy the constraints of short range motion. Second, the effect of temporal integration in the direction of biased dots increases as a function of the number of RDC images. Third, the effect occurs, as it can be expected in the short range motion, more apparently when the biased dots moving in a particular direction remains the same than when they are changed from one frame of RDC to another. Fourth, the temporal integration effect is greater when the density of a RDCs is low than when it is high, which can be interpreted as an indication of the reduction of the processing load associated with correspondence problem.