

明度對比의 振動模型 - Hermann grid의 錯視模型 -

鄭 燦 璧 · 朴 美 子
 延世大學校 心理學科

明度對比에 關여하는 神經세포의 相互作用을 說明하기 위하여 振動模型이 使用되었다. 振動模型을 使用하게 된 基本 가정은 한 세포의 反應은 그 세포의 자극에 대한 흥분보다는 순환억제과정을 거쳐 이웃하는 세포들의 反應에 의해 좌우된다는 것이었다. 振動이론의 적용성을 논하기 위하여 Hermann grid 착시현상에 장미형의 方向그래프가 적용되었다. 振動模型은 기존하는 일차원적인 수리모형과는 달리 이차원적인 수용영역의 位相의 特性을 살리면서도 Hermann grid 착시를 성공적으로 豫測하도록 해 주었다.

Hermann Grid는 明度對比와 關계된 錯視圖型으로서 바둑판 모양으로 배열된 검은 색의 四角型들과 그들 사이를 구분하는 흰 띠들로 이루어지는데, 적절한 거리에서 바라보면 흰 띠들이 교차하는 곳

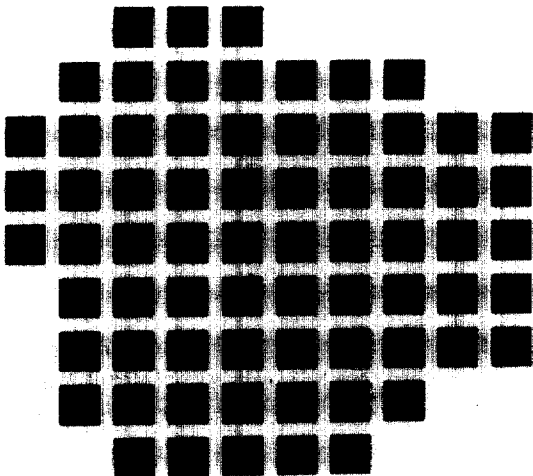


그림 1.

에 등근 모양의 회색빛 錯視點들이 나타나게 된다 (그림 1 참조).

이와같은 錯視는 “活性中心 同心圓 受容領域 (on-center concentric receptive field)”의 作用에서 기인되는 것으로 說明되어지고 있다 (Berbaum & Chung, 1981). 고양이나 원숭이의 ganglion 또는 LGN 에 위치하고 있는 하나의 神經세포 단위는 그 단위의 同心圓 受容領域의 中心圓 부분에 빛이 들어오면 흥분하는 율이 높아지고 바깥圓 부분에 빛이 떨어지면 흥분하는 율이 감소되는 경우, “活性中心 同心圓 受容領域”을 지닌다고 한다. Jung (1972) 은 이것에 상응하는 사람의 受容領域이 存在한다는 것을 밝혀내고 이를 “知覺受容領域 (perceptive field)”이라고 명명하였다.

시각수용영역 (visual receptive field)의 기능적 중요성은 밝기 恒常性을 유지하면서 明度對比를 증가시킬 수 있다는 데에 있다. 지금까지 이와같은 機能을 數理的으로 模型化하려는 試圖가 여럿 있었다. Mach band 착시는 聯立 明度對比 (simultaneous br-

ightness contrast)를 數理模型으로 나타내기 위한 素材로서 가장 빈번하게 使用되어져 왔다. 例를 들어 Ratliff(1976)는 Huggins와 Licklider(1951)의 청각주파분석모형을 응용하여 밝기 係數函數의 逆二次微分을 망막내 明度기울기에 따라 積分 함으로써 受容領域內 두 부위간의 상호억제 관계를 설명하고 있다.

이 밖에도 여러가지 數理模型들이 있는데(Ratliff(1965)을 참조하기 바람) 이들 중 Hartline과 Ratliff(1958)¹⁾ 및 Taylor(1956)²⁾의 模型은 知覺 受容領域의 두 하위부위 즉, 活性 및 억제부위 간의 일정시간에 걸친 순환적 억제작용(recurrent inhibition)을 假定하고 있다. 이들 두 模型들은 망막 내에서의 力動的인 신경작용이 어떻게 일정시간 동안의 반복적 상호작용을 거쳐 안정된 平衡상태에 도달하게 되는지를 잘 설명해 주고 있다. 이들 두 模型은 참게(Limulus)와 고양이의 눈을 전기생리학적으로 실험관찰한 결과를 토대로 해서 얻어진 것이다. 이 두 모형은 모두 한 신경세포와 관련된 신경상호작용이 그 세포를 중심으로 하는 한정된 크기의 망막부위내에서만 일어난다는 것과 각 감각세포 및 ganglion세포의 活動은 그것에 이웃하는 세포

들의 반응에 의해 좌우된다는 것을 假定하고 있다. 따라서, 이 두 모형은 모두 그들 공식내에 서로 對比되는 두 개념으로, 한 특정 신경세포의 흥분잠재력과 그와 이웃한 신경세포들의 積立된 억제잠재력을 포함시키고 있다. 이들 두 모형에 의하면 일정시간에 걸쳐 일어나는 흥분 및 억제기능 사이에 반복, 순환적인 상호작용에 의하여 특정 신경단위의 반응정도가 결정된다는 것이다.

여기에서 제시될 振動模型은 공식에 순환적 억제작용을 포함한다는 점에서 위의 두 數理的 模型과 비슷하지만 자극이 망막위에 배열되는 특징(retinotopography)이 직접 모형속에 고려되고 있다는 점에서 이들과 구분될 수 있다. Hermann grid착시의 기저를 이루는 신경단위들간의 순환적 상호작용은 그림 2와 같은 그래프로 나타낼 수 있다. 인접한 수용영역들간의 순환적 상호작용을 가정함으로써 그림 2에 나타난 방향그래프(digraph)는 장미꽃 형태(rossette form)의 진동모형으로 概念化될 수 있다.

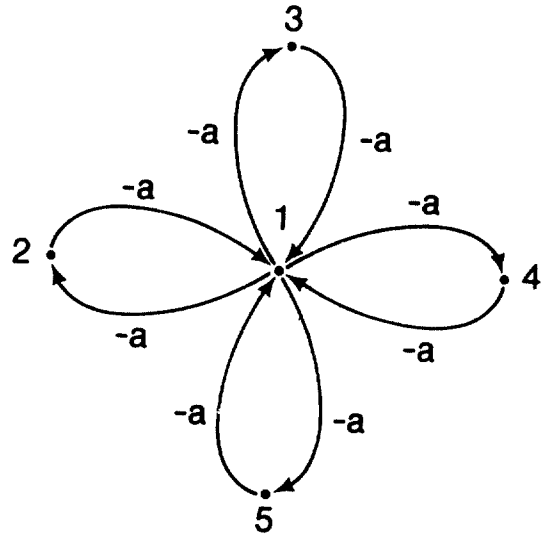


그림 2.

그림에서 꼭지점 1은 수용영역의 활성중심을 나타내며, 꼭지점 2-5는 고리형의 억제주변 부위를 나타낸다. 따라서 다섯개의 꼭지점은 각각 망막위에 떨어진 자극의 상이한 부분에 해당되는 일정크

註 1) Hartline과 Ratliff는 특정신경단위의 반응정도는 그 신경단위에 가해지는 자극강도보다는 억제요인으로서 그것에 이웃한 신경단위들의 반응정도에 더 크게 좌우된다는 가정하에 다음과 같은 선형 연립방정식을 제시하고 있다: $r_p = e_p - \sum_{j=1}^n k_{p,j}(r_j - r_{p,j}^*)$, $p=1, 2, \dots, n$, 여기서 r_p 는 한 신경단위(p)의 반응정도, e_p 는 자극에 의한 그 신경단위의 흥분정도, $k_{p,j}$ 는 신경단위 j의 p에 대한 억제계수, $r_{p,j}^*$ 는 신경단위(j)가 p에 대해 억제력을 갖게되는 반응역이다. Hartline과 Ratliff은 이 공식을 참게(Limulus)의 눈을 실험관찰함으로써 고안해 내었다.

2) Taylor는 고양이의 ganglion 세포를 실험적으로 관찰한 것을 토대로 다음과 같은 선형연립방정식을 제시하고 있다: $r_p = e_p + k \sum_{s=1}^s r_s$, 여기서 r_p 는 특정단위 p의 반응, e_p 는 자극에 의한 흥분, k는 상호작용 계수(-일 때 억제작용), s는 특정단위 p와 상호작용이 가능한 망막부위의 최대거리, r_s 는 p와 s사이에 있는 한 신경단위(j)의 반응정도이다.

기의 인접한 수용영역들을 이론적으로 나타낸다.³⁾

활성중심이 꼭지점 1에 있을 때는 꼭지점 2-5에 해당되는 부위들이 억제주변(inhibitory surround)으로서 작용할 수 있고 활성중심이 꼭지점 2-5 중 어느 하나에 있을 때는 꼭지점 1에 해당되는 부위가 억제주변에 포함되기 때문에 중심(꼭지점 1)과 주변(꼭지점 2-5)사이에 순환적 억제작용이 발생된다고 가정할 수 있다. 이와같은 가정은 Hermann grid착시에 진동모형이 적용될 수 있다는 가능성을 합리화 해준다.

꼭지점 5개에 일정한 明度値가 주어지게 되면 그림 2의 진동모형은 독특하고 안정된 하나의 구조에 접근하게 된다. 이것을 증명하기 위해 각 주변의 꼭지점이 중심의 꼭지점에 가하는 억제정도가 중심의 꼭지점이 주변의 꼭지점에 가하는 억제정도와 같다는 것을 가정해 보자. 즉, 그래프의 連結路(path)들이 모두 같은 정도의 억제력을 지닌다고 가정해 보자. 이 값을 $-a$ 라 하면(a 는 양의 실수), 방향 그래프(digraph)의 인접행렬(adjacent matrix)은 다음과 같이 된다.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & -a & -a & -a & -a \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$V(t)$ 가 각 꼭지점에 대응되는 자극부위의 明度値 벡터라 하고 $P(t)$ 를 중심과 주변 꼭지점들 사이에 순환적 억제작용이 t 번 일어난 후의 진동벡터라고 하자. 만약, 흰 띠의 명도를 1, 검은 사각형의 명도를 0이라 하면 $a < \frac{1}{2}$ 이 되며 지각된 벡터는 $(1/(1-4a))(1-4a, 1-a, 1-a, 1-a, 1-a)$ (공식 1)에 접근하게 된다.

〈공식 1〉은 쉽고 간단하게 증명할 수 있다. 꼭지점들 사이에 t 번 상호작용이 일어난 뒤의 명도벡터

3) 흰 띠의 교차점이 아닌 두 부위간의 상호억제 관계에 대해서는 고려하지 않겠다. 교차점이 아닌 두 부위에 위치하게 되는 활성중심들은 서로 동일한 구조(즉 흰 띠위에 두 개의 꼭지점 및 검은 띠위에 두 개의 꼭지점)를 갖기 때문에 이들 두 부위간의 상호억제는 서로 상쇄되어 균등한 밝기의 명도를 제공하게 된다.

는 다음과 같이 된다: $V(t) = V(0) + P(0)(A + A^2 + \dots + A^t) = (1/(1-4a^2))(1-4a - (2a)^{t+2}, 1-a-a(2a)^{t+1}, 1-a-a(2a)^{t+1}, 1-a-a(2a)^{t+1}, 1-a-a(2a)^{t+1})$ (공식 2) (증명은 부록을 참조할 것).

우리는 우리의 지각 경험을 통하여 각 꼭지점의 명도가가 지각적으로 안정된 수준을 유지해야만 한다는 것을 알고 있다. 따라서 明度値 벡터의 각 요소(entry)값은 t 가 무한대로 접근할때 일정한 값의 상수에 漸近되어야 한다. 이것은 $4a^2 < 1$, 즉, $a < 1/2$ 이 되어야 한다는 것을 의미하며 진동구조가 안정된 값을 갖는 조건을 만족시켜 준다.

이 증명에 따르면 $a < 1/2$ 인 조건에서는 $1-4a < 1-a$ 이 되기 때문에 꼭지점 1에서 지각된 명도는 주변(꼭지점 2-5)의 지각된 명도보다 낮아야만 된다. 다시말해 흰 띠가 교차되는 곳에서 지각된 띠의 밝기는 다른 곳에서 지각된 띠의 밝기보다 어둡게 되어 둥근 모양의 회색점이 있는 것 같은 착시가 경험되어야 한다는 것이다. 따라서 진동모형은 Hermann grid착시를 성공적으로 설명해 준다.

중심과 주변사이에 대칭적인 억제작용이 일어난다는 것은 꼭지점 2에서 5까지가 단지 두 방향으로부터만 억제당하는 반면에, 꼭지점 1은 네방향으로부터 억제당하므로 비현실적인 가정인 것 같다. 이에 비해 그림 3의 방향그래프(digraph)는 비대칭

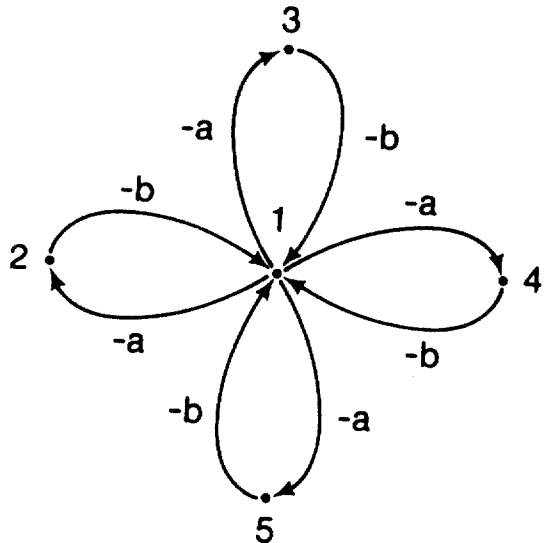


그림 3.

적인 억제관계를 나타내고 있다. 그림에서 꼭지점 1로부터 꼭지점 2에서 5 까지에 이르는 각 연결로 값이 $-a$ 이며 꼭지점 2에서 5로부터 꼭지점 1에 이르는 값은 $-b$ 이다 (여기서 a 와 b 는 양의 실수).

비대칭적으로 일어나는 순환억제에 대해서 다음과 같은 진술이 성립될 수 있다. $P(o) = (1, 1, 1, 1, 1)$, $V(o) = (1, 1, 1, 1, 1)$ 이면 $ab < 1/4$, $0 < a < b$, $a < 1/2$ 이 되며 明度價 벡터는 $(1/(1-4ab)) (1-4b, 1-a, 1-a, 1-a, 1-a)$ (공식 3)에 접근한다. 대칭적인 순환억제의 경우와 마찬가지로 이 공식에 대한 증명은 쉽고 간단하다. 꼭지점 1이 흰 띠에 있는 네 군데의 꼭지점으로부터 억제를 받는 반면에, 꼭지점 2에서 5는 두 군데로부터만 억제를 받기 때문에 꼭지점 2 - 5에 대응된 부위들에서, 꼭지점 1에 대응된 부위에서보다 신경세포의 활동이 더 클 것으로 예상된다. Hermann grid의 상대적인 명도대비를 고려할 때 꼭지점 2 - 5가 행사할 수 있는 억제력은 꼭지점 1이 행사할 수 있는 억제력 보다 작아야 한다 (즉, b 가 a 보다 커야 한다). 나머지 증명은 (공식 1)의 증명과 비슷하다. 따라서 비대칭적인 순환억제를 가정하는 Hermann grid 착시가 역시 진동모형에 의해 성공적으로 설명되어질 수 있다. 비대칭적인 순환억제 모형은 $b > a$ 이기 때문에 대칭적인 순환억제의 경우보다 더 큰 착시효과가 발생한다는 것을 예측하게 해 준다.

진동모형에 반영되어 있는 신경세포들의 位相的인 구조는 Hermann grid착시의 기저를 이루는 신경세포들의 복잡한 相互作用을 理解하는데 큰 도움을 준다. Hermann grid도형을 비스듬하게 돌려서 보면 착시효과가 감소되어지게 된다 (Spillman, 1971; Spillman & Levine, 1971). 이러한 현상을 직접 경험하기 위해서 (그림 1)의 도형을 45° 돌려서 보기 바란다. 同心圓 受容領域에 根據하여서는 이와 같은 現象을 잘 說明할 수가 없다. 이것은 시피에 이르기 이전의 同心圓 受容領域들 (즉, ganglion, LGN에 있는 세포들의 수용영역)은 방향특정적 (orientation-specific)인 구조를 지니고 있지 않기 때문이다. Spillman (1971, 1977)은 이와 같은 “대각 방향 효과(oblique effect)” - (Appelle, 1972)는 方向特定的인 피질세포의 영향때문에 나타나게 된다는 것을 지적하고 있다. 따라서 대각방향효과를 설

명하기 위해서 위에 제시된 그래프狀의 구조에서 동심원 수용 영역의 작용이 어떻게 수정되어야 하는가가 고려되어야 한다.

여기서, 이전에 소개한 두 수리모형, 즉 Hartline과 Ratliff (1950)의 모형과 Taylor (1956)의 모형이 Hermann grid착시현상을 설명하기 위하여 그래픽 모형에서처럼 신경세포가 상호작용하는 위상적인 양상을 포함하도록 간단하게 수정될 수 없을 까 하는 의문이 제기될 수 있다. 이전에 제시된 두 모형은 비록 2 차원적인 신경세포의 위상적 구조를 수리적으로 나타내 줄 수는 없지만 묵시적으로 진동모형과 동일한 신경상호작용의 스키마(schema)를 가정하고 있다 (특히, 스키마의 유사성을 위해서는 Taylor (1956)를 참조해 볼 것). 그러나 Hartline과 Ratliff 및 Taylor의 모형들은 Hermann grid 착시를 설명하기 위해서 교차점의 밝기를 나타내는 5개의 서로 다른 상호연관된 연결방정식을 풀어야 하는 번거로움을 안고 있다. 이것에 비해 진동모형은 훨씬 간단한 解를 제공해 준다.

참 고 문 헌

- Appelle, S. (1972). Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: The “oblique” effect in man and animals. *Psychological Bulletin*, 18, 266-278.
- Berbaum, K., & Chung, C.S. (1981). Perceptive field sizes and a new version of the Hermann grid. *Perception*, 10, 85-89.
- Hartline, H.K., & Ratliff, A.F. (1958). Spatial summation of inhibitory influences in the eye of Limulus, and the mutual interaction of receptor units. *Journal of General Physiology*, 41, 1049-1066.
- Hermann, L. (1870). Eine Erscheinung simultanen Kontrastes. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 3, 13-45.
- Huggins, W.H., & Licklider, J.C.R. (1951). Place mechanisms of Auditory Frequency Analysis. *Journal of Acoustic Society of America*, 23, 290-299.

Jung, R. (1972). Neurophysiological and psychophysical correlates in vision research. In A.G. Karczmar & J.C. Eccles (Eds.), *Brain and Human Behavior*, (pp.209-258). Berlin: Springer-Verlag.

Ratliff, F. (1965). *Mach bands: Quantitative studies on neural networks in the retina*. San Francisco: Holden-Day.

Spillman, L. (1971). Foveal perceptive fields in the human visual system measured with simultaneous contrast in grids and bars. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie*, 326, 281-299.

Spillman, L. (1977). Kontrastsehen in Helligkeitsaustausungen. Medizinische Habilitationsschrift, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Br.

Spillman, L., & Levine, J. (1971). Contrast enhancement in a Hermann grid with variable figure-ground ratio. *Experimental Brain Research*, 13, 547-559.

Taylor, W.K. (1956). Electrical simulation of some nervous system functional activities. In C. Cherry (Ed.), *Information theory*. New York: Academic Press.

부 록

$$A = \begin{pmatrix} 0 & -a & -a & -a & -a \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{이므로}$$

$(a_{ij}) = A + A^2 + A^3 + \dots + A^t$ 라 할 때,

$$a_{11} = 0 + 4a^2 + 0 + 4^2a^4 + 0 + 4^3a^6 + \dots + 4^{\frac{t-1}{2}}(-a)^t$$

$$= (4a^2) + (4a^2)^2 + \dots + (4a^2)^{\frac{t}{2}}$$

$$= 4a^2 - (4a^2)(4a^2)^{\frac{t}{2}} / (1 - 4a^2)$$

$$a_{12} = (-a) + 0 + 4(-a)^3 + 0 + 4^2(-a)^5 + \dots + 4^{\frac{t-1}{2}}(-a)^t$$

따라서,

$$(a_{ij}) = \begin{pmatrix} \frac{4a^2 - 4a^2 \cdot (4a^2)^{\frac{t}{2}}}{1 - 4a^2}, & \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2} \\ \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2} \\ \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2} \\ \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2} \\ \frac{-a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2}, & \frac{a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t}{1 - 4a^2} \end{pmatrix}$$

$$= (-a) + 4(-a)^3 + 4^2(-a)^5 + \dots + 4^{\frac{t-1}{2}}(-a)^t$$

$$= -a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t / (1 - 4a^2)$$

$$a_{22} = 0 + (-a)^2 + 0 + 4(-a)^4 + 0 + 4^2(-a)^6 + \dots + 4^{\frac{t-2}{2}}(-a)^t$$

$$= a^2 + 4a^4 + 4^2a^6 + \dots + 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t$$

$$= a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t / (1 - 4a^2)$$

여기서 $a_{12} = a_{13} = a_{14} = a_{15} = a_{21} = a_{31} = a_{41} = a_{51}$ 이고

$$a_{22} = a_{23} = a_{24} = a_{25} = a_{32} = a_{33} = a_{34} = a_{35} = a_{42} = a_{43} = a_{44} = a_{45} = a_{52} = a_{53} = a_{54} = a_{55} \text{이다.}$$

꼭지점들 사이에 t 번 상호작용이 일어난 후의 명도 벡터는,

$$\begin{aligned} V(t) &= V(0) + P(0)(A + A^2 + A^3 + \dots + A^t) \\ &= (1, 1, 1, 1, 1) + (1, 1, 1, 1, 1)(a_{t,j}) \\ &= (1, 1, 1, 1, 1) + \frac{1}{1-4a^2} [4a^2 - 4a^2 \cdot (4a^2)^{\frac{t}{2}} + 4(-a \\ &\quad + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t), -a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t + 4(a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t), \\ &\quad -a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t + 4(a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t), -a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t \\ &\quad + 4(a^2 - 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t), -a + 4a^2 \cdot 4^{\frac{t-1}{2}} \cdot a^t + 4(a^2 - 4a^2 \cdot \\ &\quad 4^{\frac{t-2}{2}} \cdot a^t)] \\ &= \frac{1}{1-4a^2} (1 - 4a - (2a)^{t+2}, 1 - a - a(2a)^{t+1}, 1 - a - \end{aligned}$$

$a(2a)^{t+1}, 1 - a - a(2a)^{t+1}, 1 - a - a(2a)^{t+1})$ 이 된다.

우리는 Hermann grid를 볼 때, 안정된 지각적 체험을 갖게 된다. 이것은 $V(t)$ 가 궁극적으로 일정한 값에 접근해야 된다는 것을 의미한다. 이와같은 조건을 만족시키기 위해서는 $4a^2 < 1$ 즉, $0 < a < \frac{1}{2}$ 이 되어야 한다. $0 < a < \frac{1}{2}$ 인 조건에서 상호작용 횟수가 무한대가 되면 역수에 t 를 포함하는 항목들은 모두 0에 수렴한다.

따라서, 지각된 명도벡터 V 는 $(1/1-4a^2)(1-4a, 1-a, 1-a, 1-a, 1-a)$ 에 접근하게 된다.

韓國心理學會誌

Korean Journal of Psychology

1985. Vol. 5, No. 1. 2-7.

A Pulse Model for Simultaneous Brightness Contrast in the Hermann Grid

Chan-Sup Chung and Mi-Ja Park

Yonsei University

A pulse model is described to account for the neural interaction involved in simultaneous brightness contrast. It is assumed that the response of a neural unit depends rather on the responses of its neighboring units through the process of recurrent inhibition than on its excitation by the external stimulus. A digraph of rosette form is designed to model the phenomenon of the Herman grid illusion based on the assumption of recurrent inhibition. Unlike the existing one-dimensional mathematical models of simultaneous brightness contrast, the pulse model includes the topographical aspects of neural interaction and successfully predicts the Hermann grid illusion.