

〔論文〕

身体運動による距離手がかりが見えの
 大きさの知覚に及ぼす効果
 - Emmert の法則の検討 -

渡辺 功・斎藤成敏

The effect of distance cue from body movement on visual perception of size: Examination of Emmert's law.

Isao WATANADE and Shigetoshi SAITO

Two experiments were designed to test how Emmert's law can be applied to the distance cue obtained through a body movement. Twelve students who generated an afterimage of a test stimulus using a stroboscopic flash in the dark, took either of the following four movements in the dark: keeping still, stepping at the same position, stepping forward, and stepping backward. After the movement, they were asked to judge an apparent size of the afterimage based on a set of comparison stimuli. Experiment 1 showed that the apparent size was the smallest after stepping forward, the largest after stepping backward, and medium after keeping still or stepping of all the four conditions of body movement. Experiment 2, where the all the possible visual cues were deleted, reproduced the same results as those of Experiment 1 in the condition of stepping forward but not backward. The results demonstrated that Emmert's law applies to the distance cue produced by the forward movement but not that by the backward movement.

キーワード psychology, visual perception, body movement, distance cue, size, Emmert's law

人が外部世界を見ることは、外部世界の対象が近刺激として一つの網膜像を作ることから始まり、視覚系において様々な処理を受けた網膜像の情報に基づいて脳が外界に実在するものを復元することであると考えられている。一つの網膜像から外界の対象として復元するとき、その網膜像は様々な距離に位置する外部世界の無限の対象に対応することが可能である。つまり、たっ

た一つの網膜像が近くにある小さな対象、近くにある中位の大きさの対象、遠くにある大きな対象といった具合に外部世界の無限の数の対象群に対応する。

一つの網膜像から対象の見えの大きさを復元する作業に関わるものに Emmert の法則がある。Figure 1 のように、網膜上に一定の大きさの残像を作るとき、この残像の見えの大きさ (S_1 、 S_2) はレンズから投射面まで

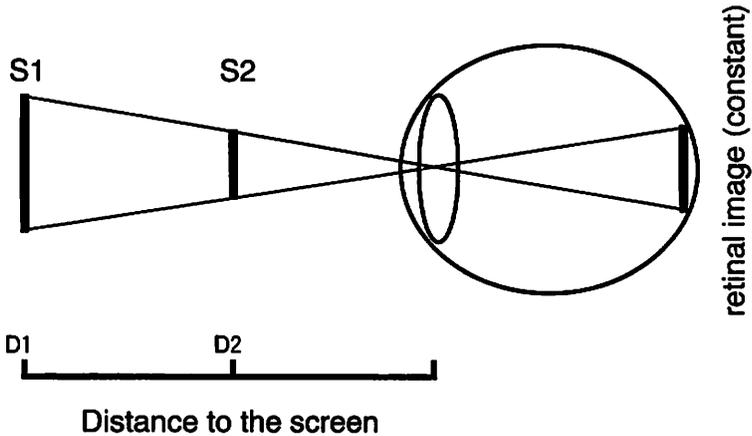


Figure 1 Illustration for Emmert's law.

の距離 (D_1 、 D_2) に比例する。すなわち、対象までの距離を D_1 と想定すれば対象の見えの大きさは S_1 として、また、対象までの距離を D_2 と想定すれば対象の大きさは S_2 として復元される。すなわち、同一の網膜像に対応する対象の見えの大きさが対象までの見えの距離と比例する関係にあるとするこの考えを Emmert の法則と言う (Boring, 1942; 大山正・今井省吾・和気典二, 1996; 田崎京二・大山正・樋渡涓二, 1979; 梅津八三・相良守次・宮城音弥・依田新, 1988)。元来、この法則は視覚的な距離手がかりに対して成り立つものとされて来たが、Bross (2000) は、触覚的な距離手がかりを用いてもこの法則が成り立つことを実験的に証明した。すなわち、彼は暗室でフラッシュを発光させることにより被験者の網膜に立方体のルービックキューブの残像を作り、このルービックキューブを腕の上で触覚的に移動さ

せることにより得られる距離手がかりを変化させた。その結果、被験者の腕の上でのキューブの位置が被験者の身体から離れた位置にあるときには残像は大きく拡大して見え、逆に被験者の身体に近づけるときには残像は縮小して見えた。この結果から Bross (2000) は、一定の大きさを持つ残像の見えの大きさの知覚が触覚的な距離手がかりによって Emmert の法則が成り立つと結論した。更に、彼は触覚だけでなく、運動により作られる距離手がかりによっても Emmert の法則が成り立つ可能性を示したが、実験的な証明を行っていない。そこで本研究では、足の伸縮運動による身体的運動の距離手がかりを用いても Emmert の法則が成り立つかどうかを検討する。その際、運動の方向によって違いが出るのかも同時に検討する。

実験1では、暗室でストロボを発光させることによって作った正方形の対象の網膜残像の見えの大きさが、被験者自身が前後に運動することによって作られる身体的な運動距離の手がかりによってどのように影響を受けるのかを検討した。被験者に静止、その場で足踏み、前進運動、あるいは後退運動のいずれかを暗室で行なわせ、その直後に、残像の見えの大きさを判断するよう求めた。もし、Emmert の法則が身体運動の手がかりに対しても適用できるのであれば、前進運動することによって残像までの距離が小さくなるので、残像の見えの大きさも小さくなるであろう。後退運動することによって残像までの距離は大きくなるため残像の見えの大きさは大きくなるであろう。静止したままであれば、距離は変化しないため見えの大きさは以上の中間の大きさとなるであろう。実験2では、視覚的な手がかりを完全に無くした状態において実験1と同じ結果が再現可能かどうかを検討した。

いずれの実験においても、被験者がフラッシュによって残像を作り、いずれかの運動動作の終了後に提示される比較刺激群の中から、網膜像の見えの大きさとほぼ等しいと選択した図形の大きさを反応指標として使用した。

実 験 1

暗闇中で被験者自身の前後方向の身体運動によって得られる距離の手がかりに関して Emmert の法則が成り立つかどうかを調べる。同時に、運動の方向によって Emmert の法則の効果に差があるのかも検討する。

方法

被験者 裸眼視力あるいは矯正視力が正常で本実験に関して未経験な男3名女9名、合計12名の大学生であった。

刺激 出発地点から123cm離れた一面黒色のラシャ紙を貼った壁に、残像を作るための刺激として一辺が視角 4.03° の白色の正方形を150cmの高さに貼り付けた。正方形の中心には凝視点として一辺が視角 0.07° の正方形の蓄光シールを貼っていた。また、一辺が視角 4.03° の正方形を100%とし、5%刻みで20%から180%まで大小に変化させた33個の黒色の正方形をFigure 2のように並べたものをキャスター付きボード上に貼り付けたものを比較刺激として用意した。

手続き 事前に別室でストロボの使用法と実験の手順について教示した後、被験者を実験室に導き入れ実験開始前に約3分間の暗順応を与えた。続いて各条件について1試行ずつの練習試行を被験者に求めた後、約5分間の休憩を取った。約3分間の暗順応の後、本試行に入った。本試行においては、各条件1試行ずつを含むブロックを3つ、試行間に約30秒の暗順応の時間を挟んで各条件とも3試行、合計12の試行を求めた。

刺激を貼った壁から123cm離れた床に白い紙テープを貼り、これを出発点とし、どの試行においても被験者はまずこの出発点上に立った状態で自分で残像を作った。実験変数は運動とし、静止(still)、足踏み(step)、前進(forward)及び、後退(backward)の4条件を設定した。

被験者はまず出発点に立ち凝視点を見つめたまま自分で左側頭部に持ったストロボのスイッチを押すことによってストロボを発光させ、残像を作った。残像ができると、各試行開始前に与えられた運動の各条件のやり方に従って次のいずれかの動作をした。静止条件で被験者は、開始点に立ち凝視点を見たまま、残像の見えの大きさを記憶した。足踏み条件では出発点の位置で5歩足踏みをした。前進条件では100cm手前にあるストッパーまで前進し、そこで残像の見えの大きさを記憶した。後退条件では100cm後ろにあるストッパーまで後退し、そこで残像の見えの大きさを記憶した。以上のいずれかの動作の完了とともに実験者が微弱な赤色光で比較刺激を照明し、被験者にこの比較刺激の中から、記憶した残像の正方形の見えの大きさに最も近いもの

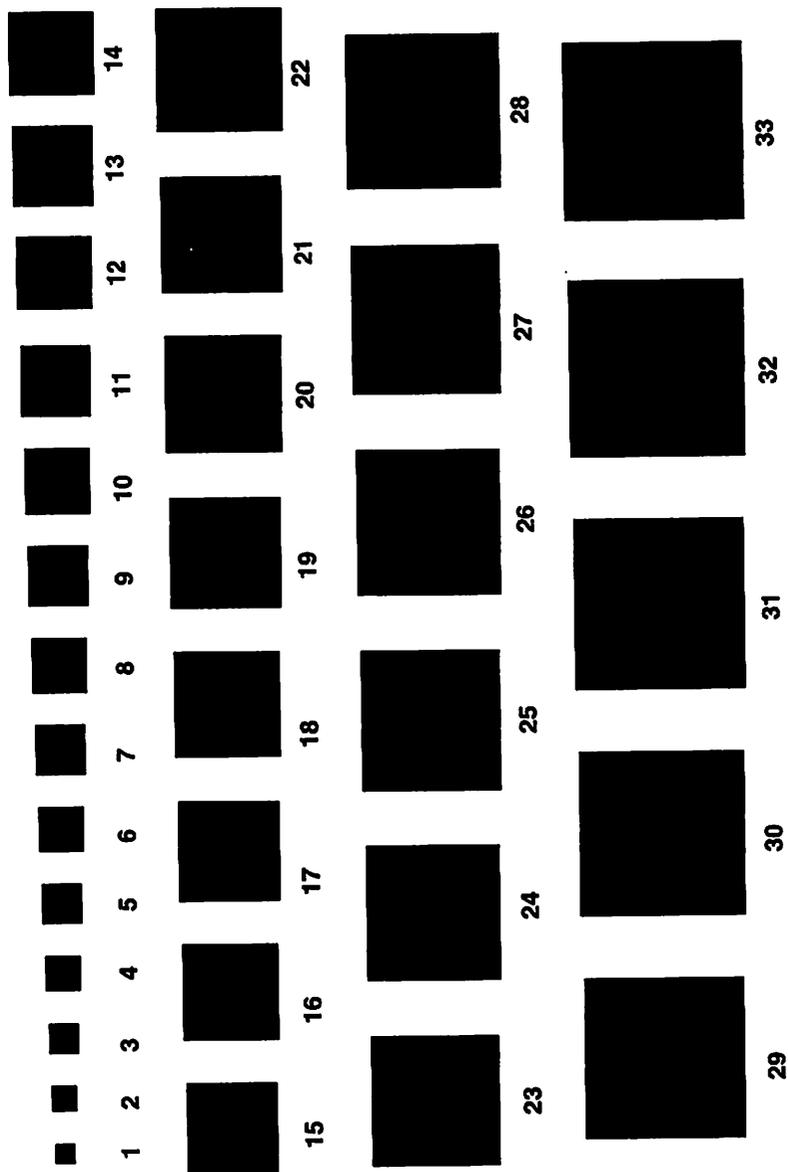


Figure 2 Comparison stimuli for measuring size of a test square.

を選び、その数値を口頭で答えるよう求めた。被験者が報告し終わるとともに赤色の照明を消灯した。実験室の配置を被験者に見せないために、実験室に導き入れるに先立ち、被験者に目隠しをし、凝視点を見つめてから見えの大きさについての報告が終わるまでの試行期間を除いて終始、被験者を暗室の中で眼を閉じたままにさせた。

結果

各被験者ごとの3回の本試行の平均値を求め、以後データとして用いた。12名の被験者の報告した見えの大きさの各条件ごとの平均値を Figure 3に

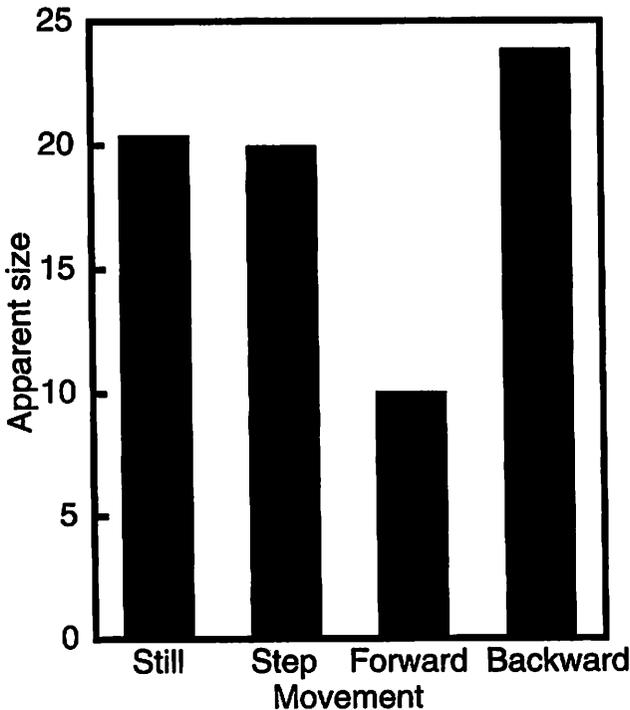


Figure 3 Apparent size of the test square as for each condition of movement (Experiment 1).

示す。図より、見えの大きさは後退条件で最大で、次に静止条件と足踏み条件でほぼ等しく、前進条件で最小となるのが分かる。また、静止条件と前進

条件の差は静止条件と後退条件との差より大きいことが分かる。

運動に関して1要因の分散分析を行ったところ、主効果に関して有意差が見られた ($F(3, 33) = 98.40, p < .01$)。続いて、LSD法による下位検定を行ったところ、静止と足踏みの条件対間を除くどの条件対間にも有意差が見られた ($LSD = 2.322, p < .01$)。次に、静止条件と前進条件との差、静止条件と後退条件の差を算出し、これらの中でt検定を行ったところ、前者の方が後者よりも有意に大きいことが分かった ($t(11) = 6.06, p < .01$)。これより、前進、後退では前進の方が Emmert の法則の効果が強いと言える。

実験 2

実験1において被験者は、試行期間中凝視点を見つめており、身体運動による距離手がかりだけでなく凝視点が見えることによる視覚的距離手がかりも距離手がかりとして利用していた可能性を否定できない。本実験では、視覚的な刺激を完全に排除した厳密な条件設定の下で、身体運動の距離の手がかりだけによって Emmert の法則が成り立つのかどうかを再検討する。

方法

被験者 実験1に参加した12名の大学生であった。

刺激 実験1で用いたと同じものであった。

手続き 実験変数は運動とし、実験1の4条件の内、足踏みを除いた静止、前進及び、後退の3条件を設定した。被験者は残像ができたなら直ちに目を閉じて凝視点が見えないようにしたまま、静止、前進あるいは、後退のいずれかの条件に従った動作を行ない、その動作の終了時に見えた残像の大きさを記憶した。以上のいずれかの動作の完了とともに実験者が微弱な赤色光で比較刺激を照明し、被験者に目を開けて比較刺激の中から記憶した残像の正方形の見えの大きさに最も近いものを選び、その数値を口頭で答えるよう求めた。以上の他の手続きは実験1と同様であった。

結果

各被験者ごとの3回の本試行の平均値を求め、以後データとして用いた。12名の被験者の報告した見えの大きさの各条件ごとの平均値を Figure 4 に示す。図より、見えの大きさは静止条件と後退条件でほぼ等しく、前進条件

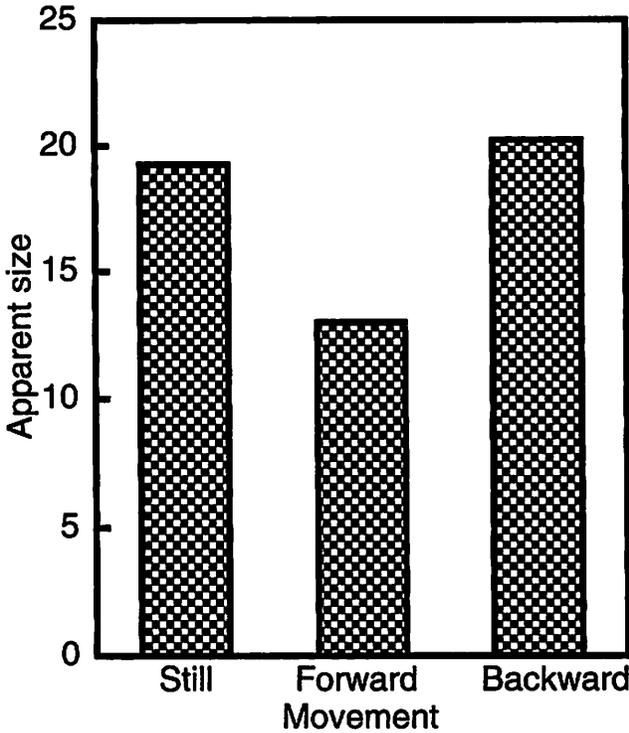


Figure 4 Apparent size of the test square as for each condition of movement (Experiment 2).

ではこれらより小さいことが分かる。運動に関して1要因の分散分析を行ったところ、主効果に関して有意差が見られた ($F(2, 22) = 36.52, p < .01$)。続いて、LSD法による下位検定を行ったところ、静止と後退の条件対間を除くどの条件対間にも有意差が見られた ($LSD = 2.578, p < .01$)。

実験1と実験2の対応する各条件ごとの見えの大きさをFigure 5に示す。図より、実験1と実験2ではEmmertの法則の効果の現れ方に違いがあることが分かる。前進条件では実験1の方が実験2より小さく、後退条件では実験1の方がより大きくなっている。実験1と2の実験データを用いて3(運動) × 2(実験)の2要因の分散分析を行ったところ、運動の主効果 ($F(2, 22) = 110.14, p < .01$) 及び、運動 × 実験の交互作用 ($F(2, 22) = 24.36, p$

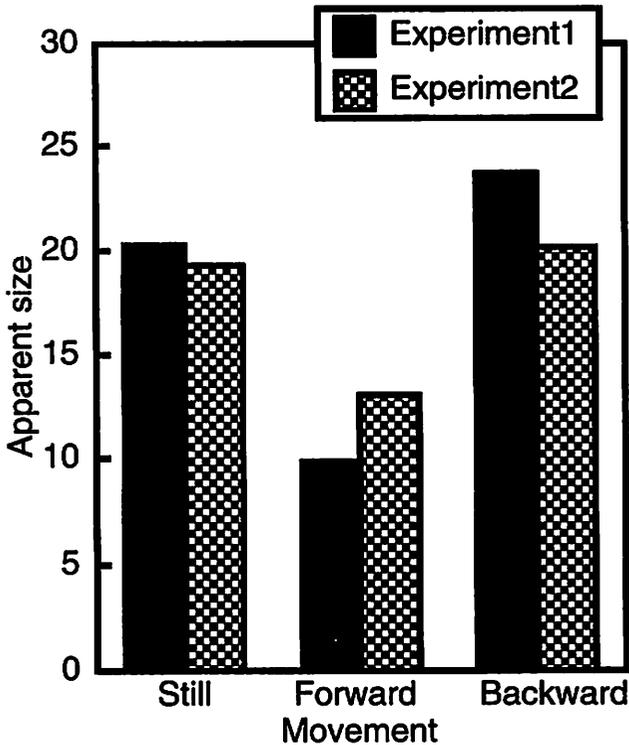


Figure 5 Apparent size of the test square as for each condition of movement in Experiment 1 with that in Experiment 2.

< .01) に関して有意差が見られた。交互作用が見られたので、運動の条件ごとに実験 1 と実験 2 の差を t 検定によって調べたところ、静止条件 ($t(11) = 1.91, p > .05$) では有意差が見られなかったが、前進条件 ($t(11) = 3.83, p < .01$) と後退条件 ($t(11) = 2.68, p < .05$) では有意差が見られた。この結果から実験 1 の方が Emmert の法則の効果が強かったと言える。

考 察

本研究は、被験者に網膜残像を作らせた後、身体運動をさせることによって得られる距離手がかりが網膜残像に対応する対象の見えの大きさの知覚に

対して、Emmertの法則に従う効果を持つのかどうかを実験的に検討した。

実験1では静止条件、足踏み条件、前進条件、後退条件を設定し、これらの身体運動の手がかりが網膜像の大きさの知覚に及ぼす効果を調べた。見えの大きさは後退条件において最大で、前進条件において最小であり、静止条件でこれらの条件の間となる結果を得た。この結果は、身体運動をすることにより変化する網膜残像までの距離感覚の変化と比例して対象の見えの大きさが変化して知覚されることを意味するものであり、身体運動の手がかりに対してもEmmertの法則が成り立つことを示す。また、足踏み条件と静止条件とで網膜像の大きさは等しく知覚される結果も得た。この結果から、Emmertの法則を適用するには、実際に歩いて移動することが必要であって、単に足の伸縮運動だけでは距離手がかりにはならないものと考えられる。どのような身体運動の手がかりが本現象に関わる距離手がかりを与えるのかについては、今後更に検討する必要がある。

実験1により身体運動の手がかりに関してEmmertの法則が成立することが確かめられたが、この実験には以下の問題点がある。すなわち、静止、足踏み、前進、後退の動作をするとき、被験者は凝視点を見つめたままであったことである。このため、凝視点が被験者に弱い視覚的な手がかりを与えていた可能性がある。したがって、実験1で得た結果は身体運動の手がかりだけに因るものであったと言いがたい。そこで、実験2では、被験者に残像を作るときにのみ凝視点を見つめるよう求め、前進、後退、及び足踏みの動作中には凝視点がまったく見えないように眼を閉じさせることによって、身体運動の手がかりのみに頼らなければならない状況を作り出した。静止、前進、及び後退の3条件を設定した実験2の結果によると、前進条件における対象の見えの大きさは静止条件より大きいが、静止条件と後退条件間で違いが見られなかった。この結果は部分的ではあるがEmmertの法則を支持するものである。

次に、実験1で得られた静止条件と後退条件間の見えの大きさの差が実験2で見られなかったことについて検討する。実験1において、静止条件と前進条件との差、静止条件と後退条件の差をそれぞれ算出し、その大きさを比較した結果も、後退条件との差の方が小さい結果を得ており、後退条件にお

ける身体運動の手がかりの効果が弱いこと示す。日常の経験では前進する動作をすることはあっても、後退する動作をすることはごく少ない。このような経験の違いが身体運動の手がかりの機能の違いとなり、このような結果が得られたのではないだろうか。しかし、本実験の結果はこのことを結論づけるには十分とは言えない。更に実験的に検討する必要があると考える。

以上のように本研究は、Bross (2000) の予測通り、視覚的な距離の手がかり、触覚的な距離の手がかりに加えて、身体運動による距離の手がかりに關しても Emmert の法則が成立することを実証した。

引用文献

- Boring, E.G. 1942 *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. Appleton-Century-Crofts.
- Bross, M. 2000 Emmert' law in the dark: active and passive proprioceptive effects on positive visual afterimages. *Perception*, 29, 1385-1391.
- 大山正・今井省吾・和氣典二(編) 1996 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック 誠信書房.
- 梅津八三・相良守次・宮城音弥・依田新(監修) 1988 新版 心理学辞典 平凡社.
- 田崎京二・大山正・樋渡涓二(編) 1979 視覚情報処理 朝倉書店.