

“主観的階段” 錯視と垂直ホロプター傾斜

中溝幸夫*・Hiroshi Ono**・氏家弘裕***

* 福岡教育大学 教育学部

〒811-41 宗像市赤間 729-1

** Department of Psychology, York University

4700 Keele Street, North York, Ontario, Canada

*** 生命工学工業技術研究所 人間情報部

〒305 つくば市東 1-1

1. はじめに

直径2ミリ程度の大きさの黒点が縦横均等に並んでいるパターン（ドットパターン）を、眼の高さの水平面から傾けて、両眼で観察すると、階段状の3Dパターンが知覚される（図1）。中溝・Ono¹⁾は、この3D錯視を“主観的階段（subjective staircase）”と名付け、この錯視が古典的なウォールペーパー錯視²⁾のバリエーションであることを示した。

ウォールペーパー錯視は、近接要素融合規則（nearest-neighbor rule）³⁾を用いて説明することができる。近接要素融合規則とは、‘視覚システムが、ある輻輳状態において、最小の網膜像差をもつ両眼のイメージ間でマッチングし、それらのイメージを融合させる’という規則である（Howard and Rogers³⁾）。ウォールペーパー錯視では、眼から一定距離の前額平行面上に、同じ形態のパターン要素が左右に均等に並んだ刺激（ウォールペーパー刺激）が提示される。両眼が刺激の物理的距離よりも近く（あるいは、遠く）に輻輳したとき、近接要素融合規則によって、最小の網膜像差をもつパターン要素対のイメージが両眼融合する。その結果として、奥行き錯視が起こると説明されている³⁾。

主観的階段錯視は、眼からさまざまな距離の前額平行面上、異なる高さにドット行（row of

dots）が提示されるので（図1b），それらのドット行にウォールペーパー錯視と同種の“奥行き錯視”が起こったもの、つまりマルチ・ウォールペーパー錯視であると考えられる⁴⁾。主観的階段錯視では、奥行き方向に傾いたドットパターンを両眼で観察する。したがって、凝視点より遠く（あるいは近く）に存在するすべてのドットが網膜像差を生ずる。視覚システムは、近接要素融合規則によって、最小の網膜像差をもつドット対を選択し、それらのイメージ間で両眼融合が起こる。ドットが生

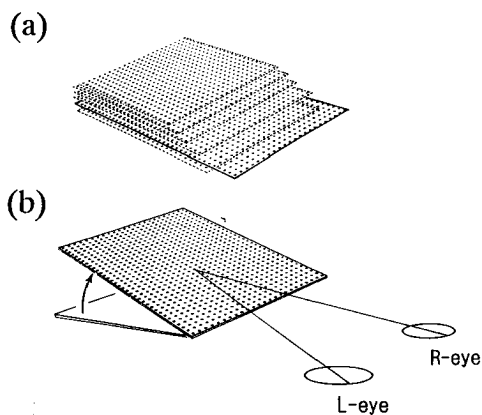


図1 “主観的階段” 錯視。(a)は、観察者のパーセプトを右手前から見て表現した図、(b)は、錯視の生じる物理的状況（ドットパターンと両眼位置）を示す。

み出す網膜像差の大きさに依存して、同じドット列 (column of dots) の数行のドットが融合し、さらにその隣のドット列の数行のドットが融合するというように、ドット列が一行づつずれていくので、層状に (階段状に) 重なった面の知覚が生じるのである。

ところで、観察者から刺激までの距離 (刺激距離) いかんにかかわらず、刺激の網膜上でのサイズ (プロキシマル・サイズ) を一定にして刺激距離を変えた場合、主観的階段錯視にはどんな変化が生じるだろうか。

両眼の輻輳距離が増加すると、経験的垂直ホロプター (empirical vertical horopter) の傾斜 (前額平行面からの) が増すという事実が報告されており^{4,6)}、一般に、垂直ホロプター傾斜 (vertical horopter inclination) と呼ばれている。[正中面上における垂直ホロプター線の上部が後方 (下部が手前) に傾斜する。この傾斜は、両眼において、水平網膜像差がゼロの両眼対応点を結んだ網膜中央経線が互いに傾むいている (上部がこめかみ側に) ことに起因すると考えられている。詳しくは、文献^{3,7)}を参照。] 主観的階段錯視では、ドットパターンが奥行き方向に傾斜して提示され、傾斜の方向が垂直ホロプター傾斜のそれと同じなので、もしプロキシマル・サイズを一定にして刺激距離を増加したら、おそらく、主観的階段錯視は垂直ホロプター傾斜に影響されるはずである。

本研究の目的は、刺激距離が主観的階段錯視に及ぼす効果を測定し、その結果と垂直ホロプター傾斜 (vertical horopter inclination) との関係を検討することであった。実験1では、刺激距離にかかわらずドットパターンのプロキシマル・サイズを一定にして、主観的階段錯視における知覚されたステップの数を刺激距離と刺激面の傾斜角の関数として測定した。実験2では、主観的階段錯視の起こる限界の傾斜角を刺激距離の関数として測定した。2つの実験の結果を垂直ホロプター傾斜の概念および近接要素融合規則を用いて説明した。

2. 実験 I

2.1 方法

2.1.1 刺激と装置

刺激は、直径 22.9' の大きさのドットが縦横均等に並んだパターンで、刺激の大きさは、 $38.6^\circ \times 53.1^\circ$ 、ドット間隔は、 $37.8'$ であった。刺激は、可変傾斜台の上に固定されて提示された。可変傾斜台は、ほぼ 1° の精度で、刺激面の傾斜角 (眼の高さの水平面と刺激面とのなす角) を変えることができた。パターンのほぼ中央に凝視点として直径 0.5 mm、長さ 3 mm の棒が置かれた。

2.1.2 手続き

被験者の顔は、顔面固定器によって固定され、眼と凝視点がほぼ同じ高さになるように、固定器の高さが調節された。被験者の課題は、凝視点を見ながら、刺激面上に観察された見かけの階段のステップの個数を口頭で報告することであった。実験変数は、刺激面の傾斜角 ($20, 30, 40, 50^\circ$) と刺激距離 (30, 45, 60, 120 cm) であった。ひとりの被験者の総試行数は、 4 (傾斜角) $\times 4$ (刺激距離) $\times 3$ (繰り返し) の 48 試行であった。

2.1.3 被験者

両眼視に異常のない成人 9 名 (男性 4 名、女性 5 名) が被験者として参加した。そのうち 1 名は、両眼視の実験に豊富な経験をもつ被験者 (著者の S.N.) で、残りの 8 名はナイーブな被験者であった。

2.2 結果と考察

各被験者について、各下位条件における 3 回の試行の平均値を分析の単位として、2 要因 (傾斜角 \times 刺激距離) 繰り返し分散分析を行った結果、2 つの要因の主効果、および交互作用は統計的に有意であった [傾斜角: $F(3, 120) = 163.815, p < .0012$; 刺激距離: $F(3, 120) = 272.916, p < .001$; 交互作用: $F(9, 120) = 4.315, p < .001$]。図 2 は、知覚されたステップの個数について、9 名の被験者の平均値を刺激距離の関数として、傾斜角別にプロットしたものである。平均値を結んだ各線分の勾配は、上で述

べた統計的分析結果を反映している。

プロキシマル刺激を一定にして、刺激距離を増加させたときに、知覚されたステップの個数が減少するという実験の結果は、垂直ホロプター傾斜の概念によって解釈することができる。本実験における刺激面は、垂直ホロプター傾斜と同方向に傾斜していたので、刺激面上の各ドットが生み出す網膜像差は、刺激距離の関数として減少したであろう。その結果として、知覚されたステップの個数が刺激距離の関数として減少したのである。と解釈することができる。図2において、刺激距離120cm、刺激傾斜角50°での知覚されたステップの個数の平均値は、1.2であった。(1.0は、錯視が起らなかったことを意味する。)この下位条件下で、9名の被験者のうち7名は、錯視を観察しなかった。この事実は、輻輳距離120cmにおける垂直ホロプター傾斜が約50°であることを示唆している。

ある観察距離における刺激面の傾斜角が、その輻輳距離での垂直ホロプターの傾斜角と同じとき、“主観的階段”錯視は起らない、というわれわれの仮説が妥当ならば、主観的階段錯視が消失する限界の刺激傾斜角を調べることによって、垂直ホロプター傾斜を推定することができる。実験IIは、この可能性を調べたものである。

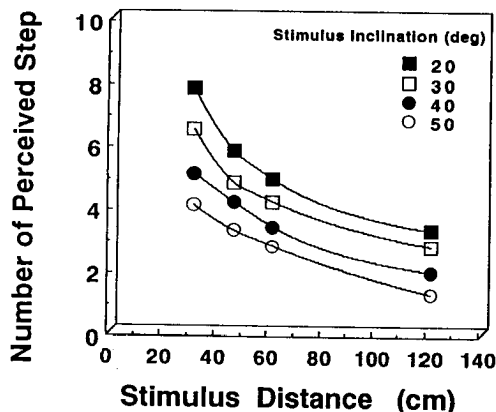


図2 刺激距離の関数として、刺激傾斜角別にプロットされた知覚されたステップの個数

3. 実験 II

3.1 方法

刺激と装置は、実験Iと同じであった。被験者の課題は、刺激面の傾斜角をゆっくりと増加させながら刺激を観察したとき、見かけの階段が見えなくなったときにそれを口頭で報告することであった。刺激面の傾斜角は、実験者が変化させた。実験Iに参加した被験者のうち3名が実験IIに参加した。実験変数は、刺激距離(30, 45, 60, 120 cm)であり、従属変数は、錯視が消える限界の刺激角度であった。一人の被験者の総試行数は、4(刺激距離)×3繰り返しの12試行であった。

3.2 結果と考察

各被験者について、各下位条件における3回の試行の平均値を分析の単位として、1要因

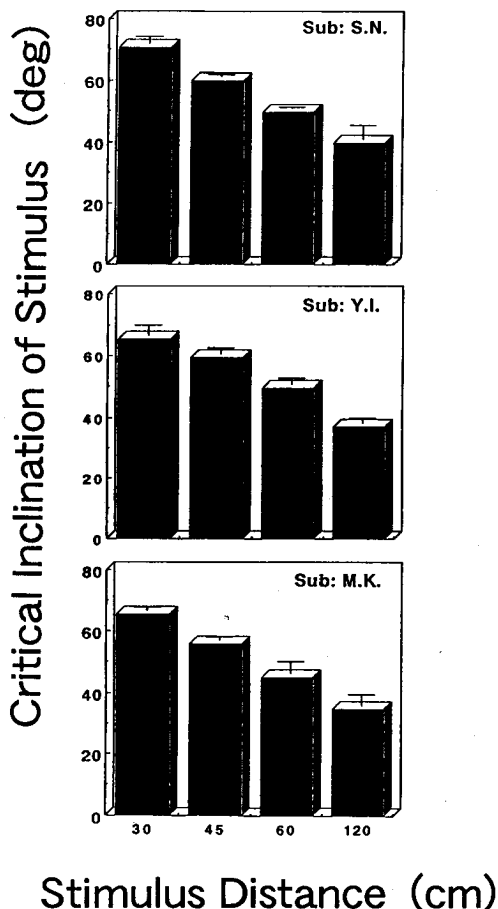


図3 刺激距離の関数としてプロットされた錯視の消失する限界の刺激傾斜角