

頭部傾斜が形の恒常性に及ぼす効果*

杉浦巧知¹⁾・高橋啓介²⁾

Effects of head tilt on the shape constancy

Takuto SUGIURA and Keisuke TAKAHASHI

要約

本研究では身体座標軸と視覚的に与えられる外界の物理的な座標軸との間に齟齬が生じた場合、視空間知覚にどのような影響が生じるかについて検討した。身体座標軸と視覚的座標軸との齟齬を、頭部を傾斜させることで設定し、視空間知覚への影響を検討するために、形の恒常性への影響を検討した。頭部傾斜は時計回り、反時計回り 15°と 30°の側方傾斜および仰角、俯角各 15°の前後の傾斜を設定し、傾斜 0°を統制条件とした。形の恒常性を測定するための図形は、円、矩形、十字形とし、それらを中心垂直軸を中心に 0°、30°、60°回転させた図形を標準刺激とし、呈示された標準刺激の回転角度の PSE を完全上下法によって測定した。その結果、頭部傾斜は形の恒常性には明確な効果を及ぼさないことが示された。しかし、それは呈示図形の 3 次元性のシミュレーションの方法に依存する可能性がある。

Key Words 頭部傾斜 形の恒常性、身体座標軸、視覚的座標軸

head tilt shape constancy body coordinate axis visual coordinate axis

1. 問題

われわれの網膜像は、視対象が同じであっても見る方向や照明、対象までの距離などが異なればそれに合わせてその網膜像も変化する。それにもかかわらず、視対象の見えは比較的一定に保たれる。これを知覚的恒常性という。知覚的恒常性には、明るさ、色、大きさ、形、方位、位置など様々なものがあり、われわれの視覚系が視対象の網膜像のみならず、その視対象の置かれている物理的状況をも考慮に入れて知覚を成立させていることを示している。

ところで、身体を傾斜させると知覚に影響することがある。古くは Werner & Wapner(1942; 1952)や Bauermeister(1964)が身体の側方傾斜により重力方向の知覚に変位が生じ、身体傾斜度に伴って、その変異が規則的に変化することを報告している。また東山(2016)は、股のぞきをして上体を逆転させると、風景の奥行きが不明瞭となり、遠くのは小さく見える「股のぞき効果」について報告している。股のぞきをせずに逆さ眼鏡をかけて視野を逆転させても、股のぞき効果は得られないことが知られている。これらの知見は、視覚に基づく外界の座標系と自己受容器感覚に基づく身体座標系との間にズレが生じた際に、そのズレが視覚系にどのように影響しているかを示すものであり、方位については系統的な補償が行われるのに対し、奥行きや大きさについては、近刺激に基づく知覚が成立しやすいことを示して

* 愛知淑徳大学健康医療科学部倫理委員会による倫理審査の承認を受けた(健学教通 2018-2 号)。また、愛知淑徳大学研究助成特定課題研究(「頭部傾斜が空間の知覚的恒常性におよぼす効果」研究課題番号: 18TT19)の助成を受けた。

¹⁾ 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻 学部生

²⁾ 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻

いる。では、視覚に基づく外界の座標系と身体座標系とのズレは、他の知覚的恒常に対してどのような効果をもっているのだろうか。従来、身体傾斜の知覚的恒常性におよぼす効果は、大きさの恒常性、方位の恒常性などについて専ら検討されており、空間的把握や対象知覚にとってより重要と考えられる奥行き恒常性や形の恒常性についてはほとんど検討されて来なかった。本研究では形の恒常性について取り上げる。

例えば、正円を傾けて呈示した場合、その網膜像は楕円となるにもかかわらず正円として知覚される。このように視対象の置かれた環境情報を考慮に入れて形の知覚が成立し、視対象の形態情報が一定に保たれる現象を形の恒常性という(坂田, 2005)。より正確には、形の恒常性とは、視線に対して対象を傾けた場合、それによって生ずる近刺激の形が幾何学的な法則に従って変化するにもかかわらず、知覚される形は、実物の客観的な形を保つことをいう。一般には、完全な恒常は保たれず、実物の形と幾何学的に想定されたその網膜投影の形との中間の形となる。形の恒常性については、従来、実体図形を呈示し、それを回転させた場合の恒常度について検討されることが一般的であるが、本研究においては、モニター上に呈示された2次元図形を用いることとした。その際、図形回転の手がかりとして、図形の下部に陰影となる線分を呈示することによって、呈示刺激の3次元性をシミュレートすることとした。

形の恒常性の研究は、Thouless(1932)、Brunswik(1928)によって取り上げられ、現在まで多くの研究がなされている。視線に対して傾いた対象の見かけの上の形が、多くの場合、実物の形に復帰しようとする傾向を持っている。こうした傾向を客観的な数値で示す指標として、Thoulessの恒常指数(Z)が知られている。Thoulessの恒常指数は、次式で求められる。

$$Z = (\log S - \log P) / (\log W - \log P)$$

S: PSE

P: 恒常性が0の時の期待値

W: 恒常性が完全な時の期待値

Thoulessの恒常指数では、恒常性が完全な場合には $z=1.0$ となり、恒常性が全く機能しなければ $Z=0.0$ となる。Thoulessの恒常指数を恒常度の指標とする限り、客観的傾斜角の増大とともに恒常度が減少するという一般的傾向が認められる。この一般的傾向を表1に示した。

表1 傾斜角と形の恒常性(Thouless, 1932)

前額平行面よりの傾斜角	指数
7°	0.28
10°	0.41
20°	0.33
30°	0.32
45°	0.16
65°	0.1

本研究では、頭部を左右方向と前後方向とに傾斜させ、その傾斜を組織的に操作した場合、形の恒常性にどのような変位が生じるかを、Thoulessの恒常指数を指標としたときの一般的傾向との比較についても検討する。

2. 方法

◆実験参加者

視力健常（視力 1.0 以上，矯正含む）な両眼視機能が正常である 21 歳大学生女子 4 名。いずれも本研究で扱う事象についてはナイーブであり，実験にはボランティアとして参加した。

◆刺激

標準刺激：矩形（ $7.0^\circ \times 7.0^\circ$ ），円形（ $r = 3.5^\circ$ ），十字形（ $7.0^\circ \times 7.0^\circ$ ）を各図形の重心を通る垂直軸を中心として各図形を真正面から見た状態を 0° とし，それらを時計周り方向に 0° ， 30° （横幅範囲 2.6° ）， 60° （横幅範囲 1.3° ）に回転させた場合をシミュレートした 2 次元図形とした。加えて，その図形の下部に図形の影となる線分を付加した。刺激の呈示輝度はいずれも 230cd/m^2 であった。図 1 に実験に使用した標準刺激の円図形を示した。

比較刺激：矩形，円形，十字形を各図形の重心を通る垂直軸を中心として各図形を真正面から見た状態を 0° とし，それらを $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で 15° ステップで回転させた図形をシミュレートした 2 次元図形を用いた。図形の下部に図形の影となる線分を付加した。

◆実験条件

独立変数として以下の各要因を設定した。

頭部傾斜条件： 0° （統制条件）側方 -30° ， -15° ， $+15^\circ$ ， $+30^\circ$ （ $-$:反時計回り(ccw)， $+$:時計回り(cw))，仰角 15° ，俯角 15° の 7 水準。

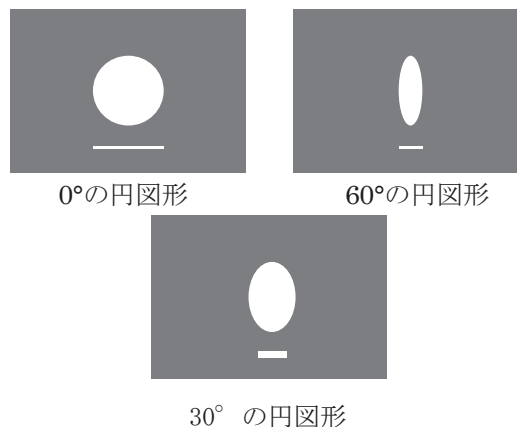


図 1 実験に用いた標準刺激の円図形

図形条件：標準刺激として矩形，円，十字形の 3 水準。

回転角度条件：標準刺激図形の重心を通る垂直軸を中心として，各図形を真正面から見た場合を 0° とし，時計回りに 0° ， 30° ， 60° 回転させる 3 水準。

系列条件：上昇系列と下降系列の 2 水準。

実験条件は，各独立変数の各水準を総当たりで組み合わせた 126 条件であった。

◆装置

刺激は PsychoPy(1.82.02)を用いて作成し，モバイルコンピューター(15-ce016TX/HP)で制御し，コンピュータの液晶モニターに呈示させた。実験参加者は暗幕に覆われた暗室内で液晶モニターに呈示される刺激を観察した。

◆手続き

各頭部傾斜条件において，図形条件と回転角度条件を組み合わせた標準刺激の図形を 1 つずつ暗室内

液晶モニターに観察距離 57.3cm でランダムに呈示した。標準刺激消失後、直ちに、比較刺激を順次系列的に呈示した。実験参加者には、各頭部傾斜条件においてランダムに呈示される標準刺激の形態知覚と最も近似する比較刺激を決定することを求めた。比較刺激の呈示は完全上下法の手続きによった。測定のリピートは4回であった。従属変数は標準刺激の形態知覚に最も近似すると判断された比較刺激のシミュレートされた回転角度とした。

3. 結果

実験参加者が標準刺激と同じ形であると知覚した各図形の回転角度の PSE を上昇系列, 下降系列の両弁別閾の平均値として求め、PSE と標準刺激の回転角度との差 (標準刺激の回転角度 - PSE) を「 Δ 回転角度」として分析した。「 Δ 回転角度 > 0」の時、恒常性が機能し、その値が大きいほど恒常度が高いことを示す。本研究は、 Δ 回転角度に対する頭部傾斜 (7水準)、図形 (3水準)、標準刺激の回転角度 (3水準) の効果について 3元配置分散分析実験計画に基づいて分析を行った。

図2に Δ 回転角度の頭部側方傾斜度に伴う変化を示した。

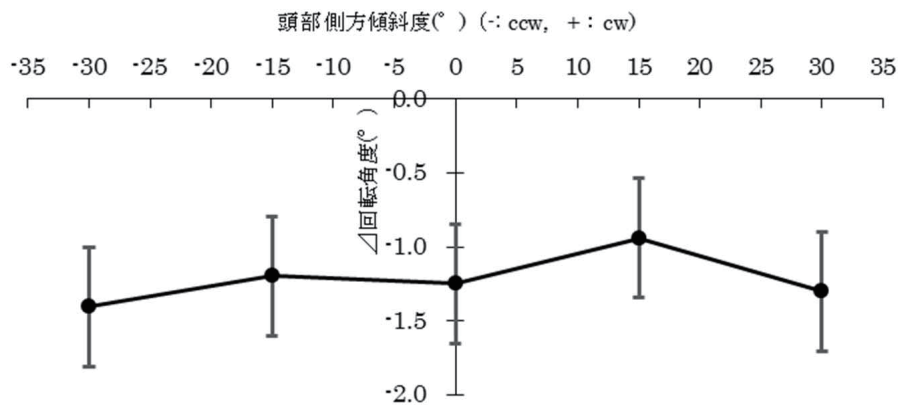


図2 Δ 回転角度の頭部側方傾斜度に伴う変化

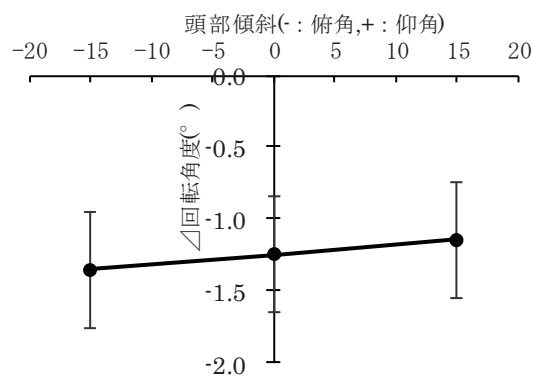


図3 Δ 回転角度の頭部前後傾斜度に伴う変化

図2によると、頭部側方傾斜による Δ 回転角度の明確な変化は認められず、いずれの頭部側方傾斜条件においても回転角度は過大視されていることが示された。

図3に Δ 回転角度の頭部前後傾斜度に伴う変化を示した。

図 3 によると、図 2 と同様、頭部傾斜による \angle 回転角度の明確な変化は認められず、いずれの頭部前後傾斜条件においても回転角度は過大視が認められた。

分散分析の結果も同様に、 \angle 回転角度に対する頭部傾斜の主効果は認められなかった($F(6,945)=.148$, n.s.)。

図 4 に各図形条件における \angle 回転角度を示した。

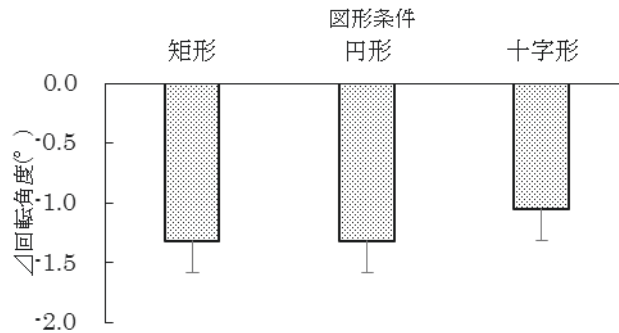


図 4 各図形条件における \angle 回転角度

図 4 によると、十字形で矩形、円形に比べ \angle 回転角度が量的に小さくなる傾向が認められ、十字形で矩形、円形に比べ回転角度の過大視が弱まる傾向が認められたものの、顕著な差異はなく、いずれの図形条件でも回転角度は過大視されることが示された。分散分析の結果、 \angle 回転角度に対する図形の主効果は有意ではなかった($F(2, 945)=.339$, n.s.)。

図 5 に \angle 回転角度の標準刺激の回転角度に伴う変化を示した。分散分析の結果、 \angle 回転角度に対する標準刺激の回転角度の主効果が有意であった($F(2,945)=73.861$, $p<.001$)。

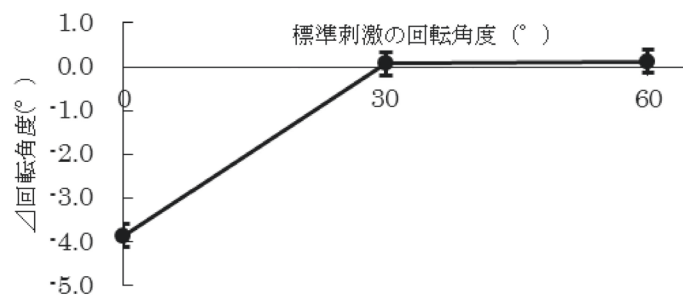


図 5 \angle 回転角度の標準刺激の回転角度に伴う変化

図 5 によると、回転角度 30° 条件、60° 条件に比べ 0° 条件で有意に \angle 回転角度が量的に大きくなった。30°、60° 条件では、ほぼ近刺激通りの図形の知覚が成立していたが、0° 条件では回転角度の過大視が生じ、どの図形もやや縦長の形で知覚されていたことが示された。

分散分析の結果、 \angle 回転角度に対して、頭部傾斜と図形の交互作用($F(12,945)=.392$, n.s.)、図形と標準刺激の回転角度の交互作用($F(12,945)=.392$, n.s.)、頭部傾斜と標準刺激の回転角度の交互作用($F(12,945)=.283$, n.s.)、頭部傾斜と図形と標準刺激の回転角度の交互作用($F(24,945)=.158$, n.s.)のいずれも有意ではなかった。統計的証明は得られなかったが、以下に頭部傾斜と標準刺激の回転角度とが \angle 回転角度にどのような傾向をもたらしたのかについて検討する。

図6に標準刺激の各回転角度条件における△回転角度の頭部側方傾斜度に伴う変化を示した。

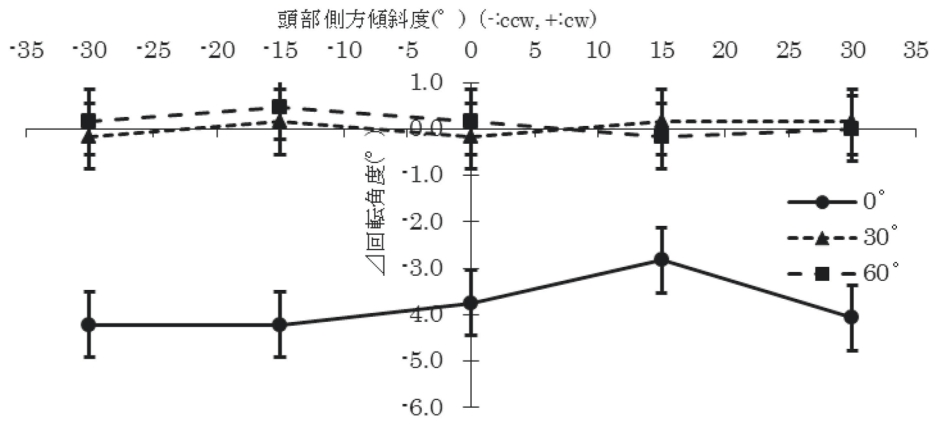


図6 標準刺激の各回転角度条件における△回転角度の頭部側方傾斜度に伴う変化

図6によると、標準刺激の回転角度0°条件で30°条件、60°条件に比べて△回転角度が量的に大きく、0°条件において他の回転角度条件に比べて回転角度の過大視傾向が認められたが、その傾向は頭部側方傾斜度に伴って変化はしなかった。30°条件、60°条件では頭部側方傾斜度に関わらず、ほぼ近刺激のままの知覚が成立していたことが示された。

図7に標準刺激の各回転角度条件における△回転角度の頭部前後傾斜度に伴う変化を示した。

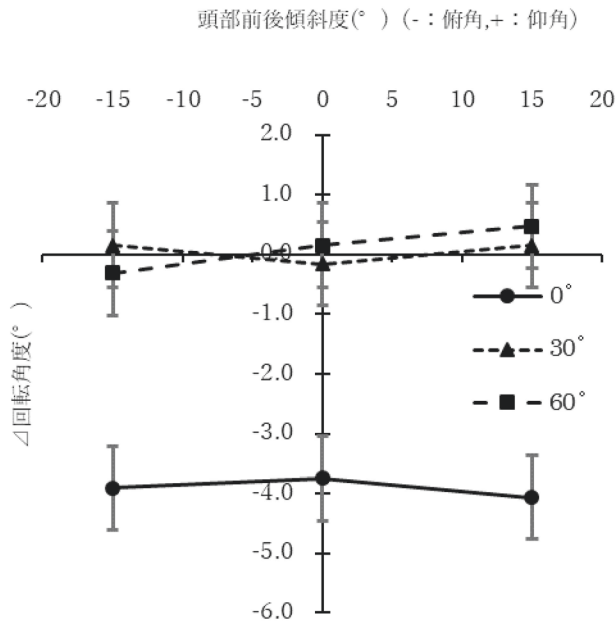


図7 標準刺激の各回転角度条件における△回転角度の頭部前後傾斜に伴う変化

図7によると、標準刺激の回転角度30°条件、60°条件では頭部前後傾斜に関わらずほぼ近刺激のままの知覚が成立していたことが示された。他方回転角度0°条件では回転角度30°条件、60°条件に比べて、いずれの頭部前後傾斜条件においても△回転角度が量的に増大し、回転角度の過大視が生じる傾向が認められた。

最後に、各頭部傾斜条件における各標準刺激の各回転角度条件でのPSEに基づいて、Thoulessの恒

常指数を算出し表 2 に示した。表 2 によれば、いずれの条件においても恒常指数は低い値を示しており、形の恒常性はほとんど保たれていなかったことが示された。

**表 2 本研究の結果に基づく各頭部傾斜条件における各標準刺激の
回転角度条件での PSE の Thouless の恒常指数**

	図形回転角度	PSE
頭部傾斜 0°	30°	0.095
	60°	-0.028
頭部傾斜-15°	30°	0.104
	60°	-0.023
頭部傾斜-30°	30°	0.095
	60°	0.128
頭部傾斜+15°	30°	0.104
	60°	-0.033
頭部傾斜+30°	30°	0.104
	60°	-0.028
頭部傾斜俯角 15°	30°	0.104
	60°	-0.034
頭部傾斜仰角 15°	30°	0.104
	60°	-0.023

4. 考察

本研究では、頭部傾斜と標準刺激のシミュレートされた回転角度とを組織的に操作し、形の恒常性に及ぼす頭部傾斜と標準刺激の回転角度との影響を検討した。その結果、図 6、図 7 に示した通り、いずれの実験条件でも形の恒常性はあまり良好に保たれておらず、近刺激に基づいた形態認知がなされた。

また算出した Thouless の恒常指数によっても、本研究での観察事態では形の恒常性が保たれることが難しかったことが示された。Thouless (1932) によれば、本研究における回転角度 30° 条件に等しい、前額平行面からの傾斜角 30° の恒常指数は 0.32 であるが、本研究における同じ傾斜角に対する恒常指数は、表 2 に示した通り、すべての条件において低い水準に保たれていた。しかし、図 5 に端的に示されたように、標準刺激の回転角度 0° 条件で他の回転角度条件に比べ、 \sphericalangle 回転角度が量的に大きくなった。これは回転角度 0° 条件の図形の回転角度が過大視され、やや縦長の図形として知覚されていたことを示す。図 6、図 7 に示した通り、回転角度 0° 条件の回転角度過大視傾向は頭部傾斜度に関わらず一貫していることから、こうした傾向が各実験参加者の前額平行面に正位ととして呈示された図形の形態知覚の標準であるとみなせば、回転角度 0° 条件に比べて、回転角度 30° 条件、60° 条件ではいずれの \sphericalangle 回転角度は正の方向に変異している。このことは回転角度 0° 条件に対して回転角度 30° 条件、60° 条件では相対的に回転角度が過小視されたと見なすことができる。この解釈が妥当であるとすれば、回転角度 30° 条件、60° 条件では、形の恒常性がある程度保たれていたと見ることはできるのではないだろうか。しかし、図 6、図 7 に示されたように、回転角度 30° 条件、60° 条件における回転角度の相対的な過小視傾向には頭部傾斜による変動は認められず、本研究の結果からは、頭部傾斜は形の恒常性に対してほとんど効果を有しないと結論づけられる。

Clark, Smith & Rabe(1956)は、両眼視の手がかり、運動視差の手がかりを排除して、図形の表面の肌理と輪郭の形を手がかりとして傾きの調整を行わせると、その結果は、客観的傾斜角よりもかなり小さくなること、その形を回答させると実際の形を回答することを報告している。これは、傾きの調整をしたときに客観的傾斜角よりもかなり小さくなるが、形の恒常性は機能していることを示している。しかし本研究では同様の傾向は見いだされなかった。本研究では図形表面の肌理を操作せず図形の影を付加することで図形の回転に関する知覚手がかりを与えたが、図形の回転手がかりの呈示方法によって、形の恒常性の作用に差異がある可能性は十分に考えられる。本実験で用いた呈示図形の陰影を線分で呈示するという方法は、シミュレートされた図形の3次元的空間定位の手がかりとしては不十分であったと考えられ、この点については今後、改めて検討したい。

東山(2012)は、頭が側方30°に傾くと、視覚的垂直は、頭位と反対方向に2°の方向に傾くことを示した。これは、頭の側方傾斜30°に対しては、ミュラー効果が生じたことを意味する。ところが、頭が側方10°から-10°の間で傾けられたときには、視覚的垂直は、ほぼ重力方向の恒常性が維持されたことを示している。本研究では、図6に示したように、頭部の側方傾斜は形の恒常性にはほとんど効果を持たないことが示された。身体座標軸と視覚的座標軸との齟齬は、形態知覚といった視対象の質的な知覚にはほとんど効果をもたず、視対象の方位や位置、奥行きといった空間定位にかかわる恒常性に効果をもつのかかもしれない。この点については今後の研究課題である。

加えて、Lichte(1952)は、形の恒常度は測定 of 反復によって次第に低下し、個人内の変動も小さくなると報告している。一方、Klimpfinger(1933)は、練習の効果は実験参加者の態度と関係し、呈示された刺激をナイーブな態度で全体的知覚しようとする総合的態度をとるときは、練習によって恒常度は上昇し、呈示された刺激の形態や定位などの変数を考慮して知覚しようとする分析的態度をとるときには練習によって恒常度は低下するとしている。頭部傾斜が形の恒常性におよぼす効果に関する検討において、今後、これらの先行研究の所見との関係を検討することによって、さらに知見を蓄積することが必要であろう。

5. 引用文献

- Bauermeister, M. (1964) Effect of body tilt on apparent verticality, apparent body position, and their relation. *Journal of Experimental Psychology*, 67, 142-147.
- Brunswik, E. (1928) Zur Entwicklung der Albedowahrnehmung. *Zeitschrift für Psychologie*, 109, 40-115.
- Clark, W. C., Smith, A. H., & Rabe, A. (1956) The interaction of surface texture, outline gradient and ground in the perception of slant. *Canadian Journal of Psychology*, 10, 1-8.
- 東山篤規 (2012) 体と手がつくる知覚世界 株式会社 勁草書房, 7, 23, 39-40, 45.
- Klimpfinger, S. (1933) *Die Entwicklung der Gestaltkonstanz von Kind Zum Erwachsenen*.
- Lichte, W. H. (1952) Shape constancy : Dependence upon angle of rotation. Individual differences. *Journal of General Psychology*, 50, 141-146.
- 坂田勝亮 (2005) 錯視の科学ハンドブック 財団法人 東京大学出版会, 85.
- Thouless, R. H. (1932) Individual differences in phenomenal regression. *British Journal of Psychology*, 22, 216-241.
- Werner, H. & Wapner, S. (1942) Sensory-tonic field theory of perception. *Journal of Personality*, 18, 88-107.
- Werner, H. & Wapner, S. (1952) Toward a general theory of perception. *Psychological Review*, 59, 324-338.