

Title	視野変換研究における視野変換の種類と方法(1)
Author	太城, 敬良
Citation	人文研究. 51 卷 10 号, p.25-36.
Issue Date	1999-12
ISSN	0491-3329
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学文学部
Description	上野雄宏教授退任記念号

Placed on: Osaka City University Repository

視野変換研究における 視野変換の種類と方法（1）

太 城 敬 良

序

視野を眼前に装着された何らかの光学系によって変換し、我々の知覚体制の仕組みを研究する方法は、Helmholtz (1866) と Stratton (1896,1897) を発端として、今や数多くの実験研究が蓄積され、また、幾つもの理論モデルの構築と検討が為されてきた (Welch, 1986; 太城, 1994)。近年、知覚—運動協応、感覚間関係、知覚的順応、適応といった従来の知覚・認知心理学の分野から他の分野へと広がりを持ちつつある。その一つは、大脳生理学研究として、脳の可塑性とのテーマの下で、微小電極法やポジトロン断層撮影法 (Positron Emission Tomography; PET)、機能的磁気共鳴画像法 (functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI)、脳磁界計測法 (Magneto encephalo graphy; MEG) 等を使用している (Sugita, 1996; Linden, Kallenbach, Heinecke, Singer & Goebel, 1999; Sekiyama, Miyauchi, Tashiro, Imaruoka, Hayakawa & Kato, 1999; Miyauchi, Sekiyama, Tanabe, Imaruoka, Fujimaki & Tashiro, 1999)。もう一方では、工学研究として運動学習特性のモデル化に向かったの、テクニカルな方法を駆使した研究が注目される (Gomi & Kawato, 1996; Kitazawa, Kimura & Uka, 1997)。かかる現状で、変換視野研究法を用いることによりそれぞれの分野での研究をより進展させるには、視野変換の種類は様々であること、そして、それへの人の対応の仕方が様々であることを知ることは重要である。その状況へのシステムとしての人の対応の基本様相を理解するには、ただ一種の変換視野への対応を見ることに加えて、変換を量的・質的に体系的に変化させて、モデルの妥当性を検討して行かねばならない。われわれの回転プリズムへの順応による20度と70度の比較研究 (太城, 1980; 1981) や、20, 40, 70度回転における感覚間関係の研究 (太城, 1984),

10,20,30,40度ウェッジ・プリズムによる感覚間関係に関する研究 (Warren & Cleaves, 1971), 上下反転と左右反転そして逆転眼鏡の比較 (太城, 1990) 等が示唆的であると考えられる。そこで、本稿に於いては、これまでなされてきた研究での視野変換の種類とその方法、そして装置を纏め、問題点を検討して行く。

まず、人の目の光学的特性について概観してみよう。動物の目での外界像の光受容器への結像は3種の方法の何れかによる。一つは、針穴写真方式 (the "Pin-Hole" Eye), 次に、複眼方式 (the Compound Eye), そして、レンズ系による方式 (the Refracting Eye) である (Knowles & Dartnall, 1977)。我々人間の目は光の屈折によるレンズ系による光学系である。この事実が理論的に明確にされ、物体の像が網膜上にもとの物体とは上下左右反転して形成されることを明らかにしたのは、天文学者であるあのJ. Kepler (1604) による。そして、網膜像の逆転が直接観察されたのはC. Scheiner (1625) によってである。この辺りの経緯は鳥居 (1986) によって簡明に紹介されている。

遠刺激の単眼網膜像への鮮明な投影像は、レンズ系の原理に従って、角膜および水晶体等の屈折によった上下および左右の反転の映像によることは明確である。人間の眼球は直径約24mm, 角膜と水晶体等の合算焦点距離約24mm, 眼全体の屈折率の2/3 が角膜によるといわれている。試みに、Gullstrandの要式眼 (Smith & Atchison, 1996; 仁田, 1970を参照) にしたがって、眼前10mの距離に大きさ1mの対象の網膜像結像を近似的に計算してみると、眼の焦点距離を22.785mmとすると、焦点の後方の網膜に何と0.058mm上に大きさ2.4mmの結像をもたらす。眼は精密な機器である。水晶体の屈折率を変化させる毛様体の微妙な調整作用で像の鮮明度が変化し、また、眼球の各部位のちょっとした狂いで、近視や遠視や乱視といった問題が生じる事も承知の事実である。ここで取り扱う視野変換とは、近視等の視能力の矯正に伴う変換を除外し、調整作用により鮮明な網膜像が得られる状況で、眼前に装着される様々の光学系によって網膜像映像がいろいろの方向に変換される場合を扱う。視野変換では視覚入力の時間的遅れ (Smith & Smith, 1962), 潜望鏡のような視軸の変換や、波長 (色) を変換することや、解像度を全体に、また、部分的に落としたりすること、バーチャルリアリティ装置の様なものも対象となろうがここでは扱わない。

なお本稿においては、紙面数の都合上、視野変換の種類、プリズムの原理、

視野の偏位や回転の方法までとする。極変換と称されてきた上下反転，左右反転，逆転に関してと，まとめと視野変換の方法と今後の問題に関しては次稿で扱う。

視野変換の種類

眼前に装着された装置によって視野を光学的に変換した結果得られる，これまで実験に使用されてきた8ないし9種類の変換基本像を示す。①偏位 (displacement)・置換 (translation) ②-1 回転 (rotation)・傾斜 (tilt) ②-2 逆転 (inversion) ③左右反転 (right-left reversal・vertical reflection) ④上下反転 (up-down reversal・horizontal reflection) ⑤拡大 (magnification) ⑥縮小 (minification) ⑦湾曲 (curvature) ⑧剪

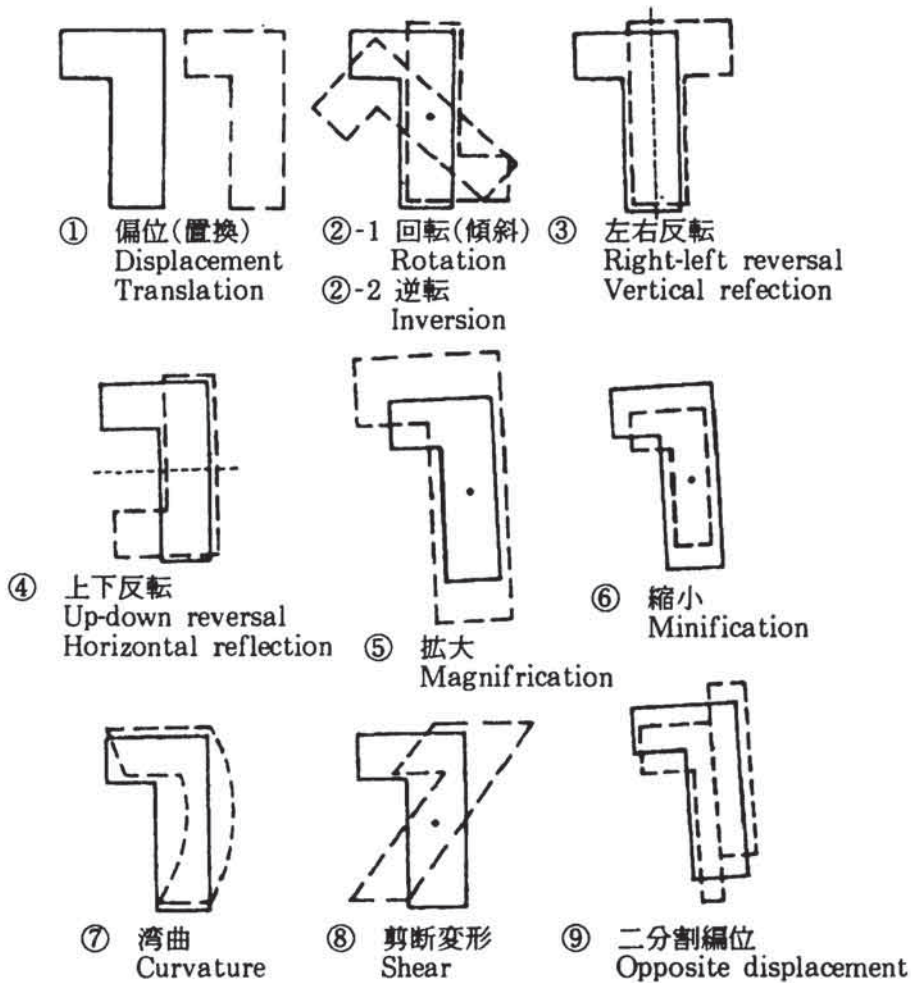


図-1 視野変換の種類。図中、実線は対象、破線は変換による。

断変形 (shear) ⑨分割偏位 (opposite displacement)となろう。図-1に視野変換の種類と物理的対象そして光学系によって変換された投影像を示す。見えの印象は必ずしも投影像に一致するとは限らない。見えに関しては、以下の個々の変換の紹介の所で扱う。

プリズムの特性

幾何光学の基本現象である、屈折と反射の原理に従い、ウェッジ・プリズム (楔型プリズム)、直角プリズム、平面鏡等がよく使用されてきている。変換視野研究において Helmholtz (1866) 以来最も多く使用されてきたウェッ

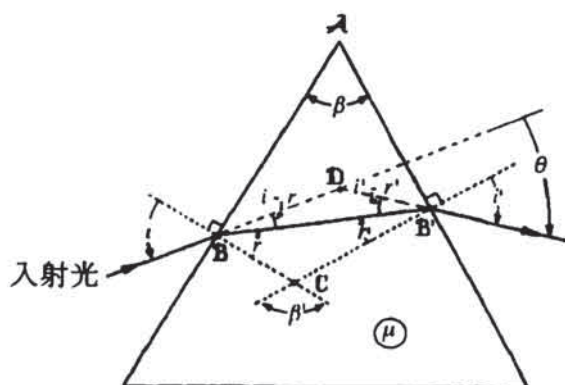


図-2 ウェッジ・プリズムによる光の屈折

ジ・プリズムによる屈折で得られる光学特性は、図-2に示す。空気中からの入射光はプリズムにより入射光とは異なった (屈折を受け) 方向に進み、さらに、再度、空気中に放出される時に屈折を受ける。プリズムによる屈折の大きさは、プリズムの材質により、入射光のプリズムへの入射角度、そして、入射光の波長によって変化する (色収差)。使用されるプリズムの2つの面がなす角度 (頂角) が比較的小さい時 (15°程度まで)、かつ、プリズムの前面に垂直に入射された場合、屈折角度は頂角の約2分の1に等しい。このプリズムによる屈折の測度として、プリズム・ジオプトリー (prism diopter [pd]) が使用される。1 mの距離で1 cm偏位する場合、1pdである。

ウェッジ・プリズムを眼前に装着すると、それによる外界対象の見えは図-3に示される様な、偏位の他に、頂角10°程度から湾曲、剪断変形という変換の見えの印象が強くなる。さらに加えて、頂角20°程度から頂角とベースに垂直な、対象の境界線に沿って、色収差による色の縁取の印象が強くなる。縁取は境界線の明暗の方向によって、暗明の場合に橙色で、明暗の

場合に青緑色になる。また、剪断変形は2次元的な形の変化の印象に加えて、3次元的な面の奥行の変化との印象が強い。プリズムの光学的、かつ、見えの特性に関しては、Ogle (1951,1961), 太城 (1970,1976), Smith & Atchison (1996) 等を参照。

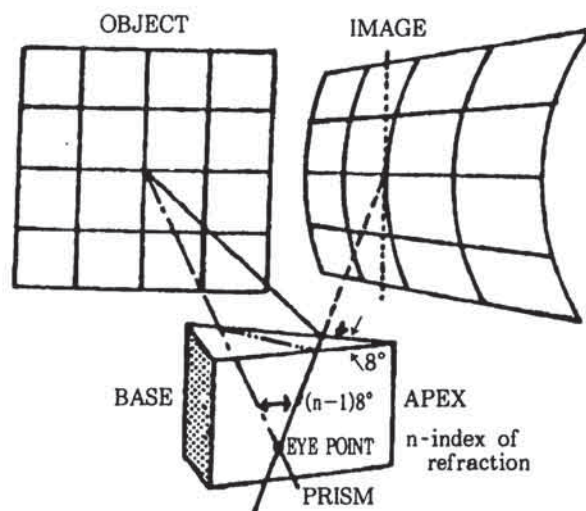


図-3 ウェッジ・プリズムによる変換像

偏位, 回転などの方法

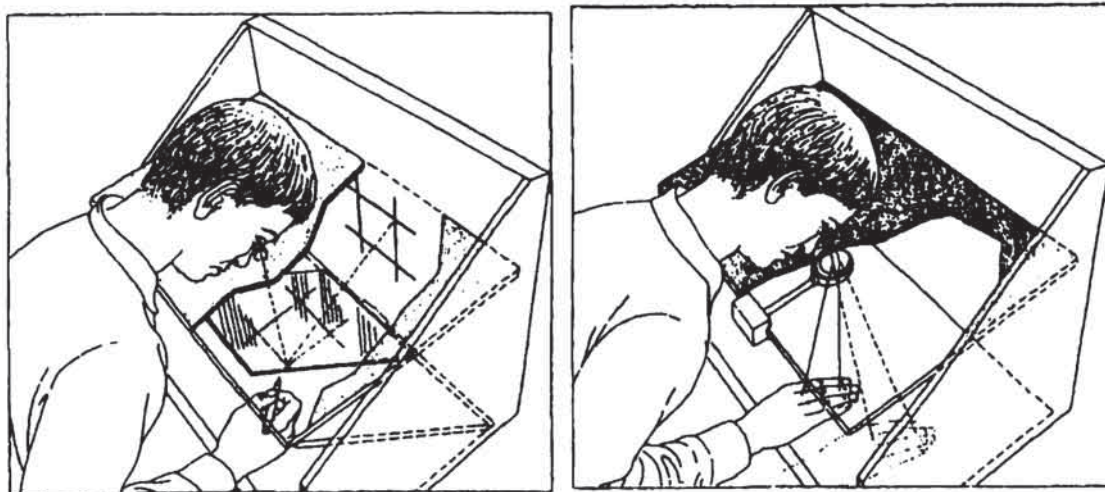
視野変換の研究の大部分は、 20° 程度までの視野の側方への偏位、又は、 30° 程度までの視野の回転によるものである。Helmholtz (1866), Hess (1956), そして、Heldら (Held & Hein, 1958, Held & Gottlieb, 1958 等) の今や古典的研究の中心は、ウェッジ・プリズムであった。以後、研究の幅が広がり色々の変換が検討されだして来た。これらを我々は小変換視野研究パラダイムと呼びたい (太城, 1984)。

一方、Stratton (1896, 1897) によるレンズ系による上下左右反転 (逆転) 眼鏡による実験は、Kohler (1951), 牧野 (1963) を通じて、極変換視野への人の知覚体制の適応・順応の問題として展開され、上下ないし左右反転といった、極変換問題として進展されてきた。そして、直角プリズムを使用した研究が主流になってきた。現在もその中にあると見做される。しかし、私は極変換とは一体何をいうのか明確でないと考える。すなわち、 90° 回転した変換は、‘倒れた’とか‘横になった’という極変換であろう。また、側方置換に於いても 90° 偏位であれば、‘前一横’の所謂‘極変換’であろうし、 180° 偏位であれば、‘前一後’の変換であろう。要するに、小変換から

極変換への境目は明確でない。故に、極変換というより、大変換と称する方が適切であると考え。そして、その境目を明確化するのも重要な一つの仕事である。以下、大変換への連続性を念頭に置いて、小変換と称される各種変換の方法と問題を概観する。

偏位（置換，側方置換）

偏位という変換には、プリズムの特性で概観したように、ウェッジ・プリズムを使用する。視野が狭く、変換の程度が 15° 程度までなら問題は少なからう。実験室状況で、主に、標的指示を中心とした目と手の協応関係を主体とする実験では、図-4に示される様なHeldらによる装置（Held & Gottlieb, 1958）、そして、図-5の様な装置がUhlarik（1972）により示されている。さらに、全身的な正中面判断を問題にするにHeld & Hein（1963）によって使用された図-6の様な装置、その改造、発展型が使用されてきている。今後の実験に於いては、顔面の固定だけでなく、身体の不固定ないし、姿勢の把握の必要性が、我々の研究（太城，1997）から示唆される。



統利条件

プリズム視条件

図-4 Heldらによるプリズム視実験装置
(Held & Hein, 1958より)

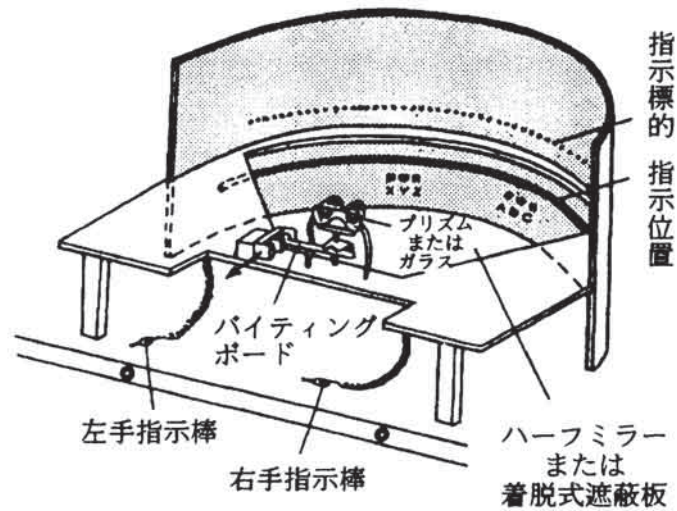


図-5 側方偏位視野実験の標準的装置 (Uhlarik, 1972より)

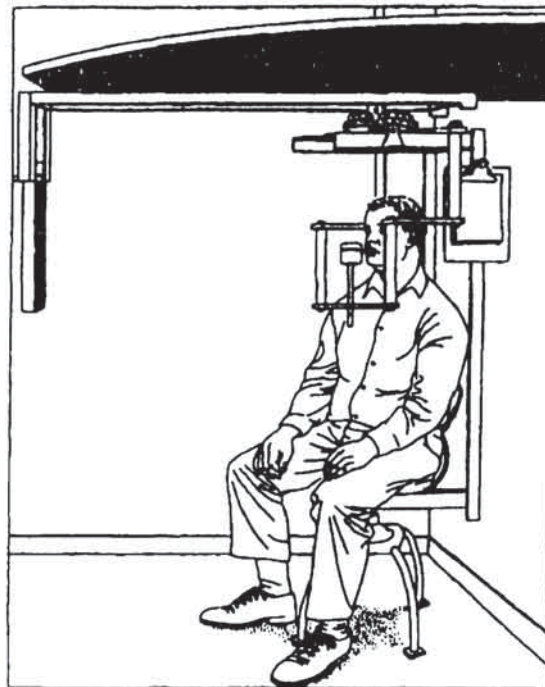


図-6 プリズム視による全身定位行動を調べる装置 (Held & Hein, 1963より)

実験装置に視野変換光学系が固定される場合、ウェッジ・プリズムを使用する代わりに、2枚の鏡により図-7の要領で視野の偏位を作り出すことが出来る。この方式によると、ウェッジ・プリズムの使用によって生じる湾曲、剪断変形のような他の変換が混入しない。しかし、全光路の延長により対象までの距離の拡大感ないし対象の縮小が起こる。これを光学的に補正することは可能であろうが、非常に複雑なものになる。

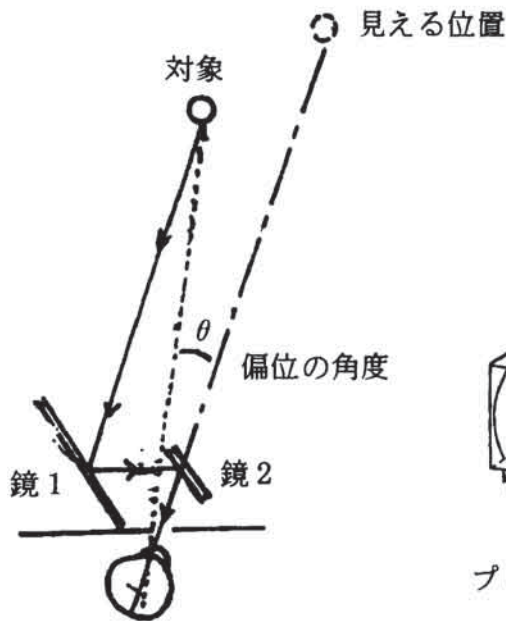


図-7 鏡による視野の偏位

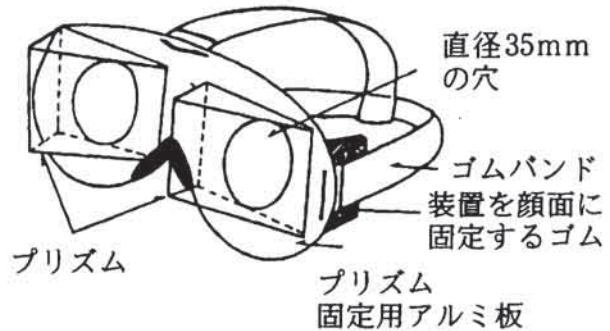


図-8 ウェッジ・プリズムによるゴーグル

全身動作や、日常場面で実験が設定される時には、我々の実験でも使用された（太城，1970）様なゴーグル状のものが使用される（図-8）。近年では、ウェッジ・プリズムの頂角部分のみを細かく繋ぎ合わせた、各種角度の平面的なものも使用することが可能になってきた。フレネル膜プリズム（市販名：3M presson オプティクス）と呼ばれている。しかし、視野を大きくすると種々の変換特性が混在することには変わりはない。また、コンタクトレンズ方式のウェッジ・プリズムも使用可能である。眼球運動と知覚的順応の関係を明確にするためにも、今後の使用が期待される。

回 転

Brown (1928) による75°視野回転7日着用実験に端を発する。視野の回転を達成する光学的方法は、一貫して、2個の直角プリズム（Dove prism ダブ・プリズム）を直列に並べて、その一方を回転させることにより、必要な角度に設定すると言うものである。視野回転角度は一方のプリズムの回転角度の2倍となる。すなわち、90°視野回転にはプリズムを45°回転させる。図-9に示される Day (1966) の図が解り易い。視野が狭い、目と手の関係場面においては適切な方法である。しかし、30°程度までの視野を得るに大きなプリズムが必要になってくる。

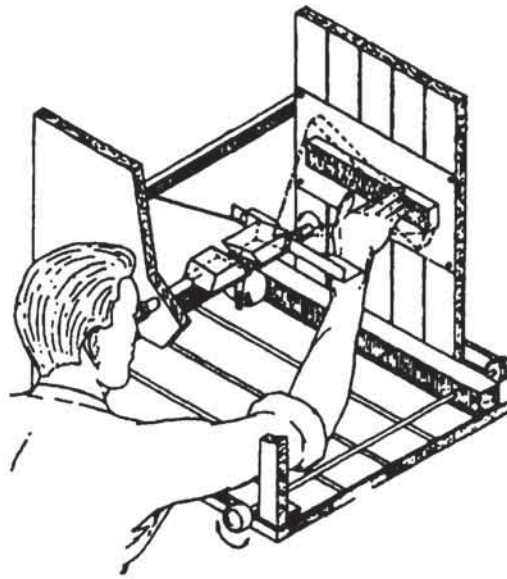


図-9 Day (1966) による視野回転の実験装置。

我々は図-10に示すように2個の直角プリズムの接眼方向のプリズムを小さくし、2つが上下逆になるように設定し、この小プリズムを望まれる視野回転角度に成るよう回転させ、かつ2つのプリズムがぶつからないよう接近させるという方法を採用した。この方法によって 20° と 70° 回転の比較実験が実施された。その一つは、Held型の装置によった目と手の関係に関するものであった(太城, 1980; 太城 & 積山, 1982)。もう一つは、このプリズム系を図-11に示すようなゴーグル状に設置し、それを、ヘルメットに装着し日常空間での4時間着用で使用された(太城, 1981)。ヘルメットと共に990gもあった。また、視野の大きさは $24^\circ \times 15^\circ$ 程度に止まった。雨宮(1983)はバルサ材を使用し同様の方法で 60° 回転の480gの眼鏡を作成し、12日間の着用実験を実施した。視野の大きさは 30° 程度であった。視野の広い視野回転をプリズム系で達成することは困難であろう。

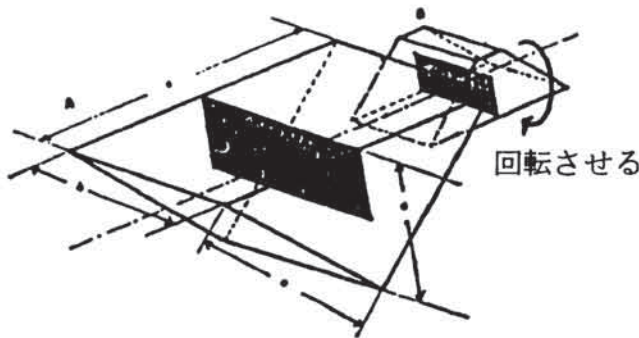


図-10 視野回転プリズムの組み合わせ方。

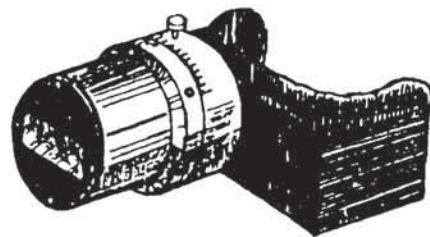


図-11 視野回転ゴーグル(単眼用)の例。

湾曲・剪断変形

ウェッジ・プリズムによる視野変換では、側方偏位以外の、形の変形に関わる変換が伴うことは前述された。この内、湾曲は古くから扱われ、Gibson (1933) による 'Gibson 効果' 研究は有名である。一方、正方形の刺激対象が歪む、剪断変形のような特性への体系的研究は現在の所なされてきていない。

拡大と縮小

拡大、縮小に関する研究は多くはない。Rock (1965), Rock & Victor (1964) は、レンズ系による望遠鏡の原理による、拡大や縮小視を作った。また、凸面鏡と還元円筒の使用により、縮小視を検討している。東山ら (東山, 横山 & 下野, 1998; 東山 & 下野, 1999) によっても各種曲率の凸面鏡による変換視野状況の知覚の特性を問題とされている。凸面鏡に依る対象の反射像の位置と大きさの簡単な図式を参考までに図-12に上げておこう。

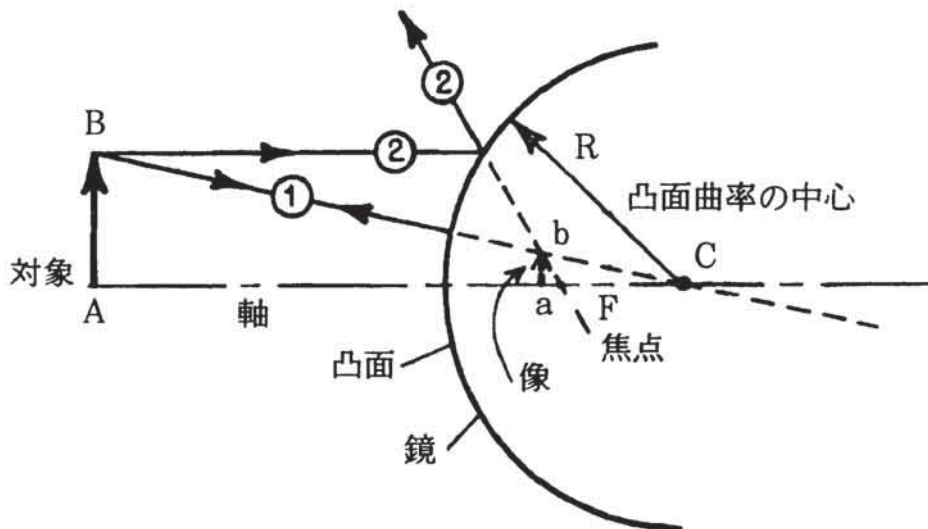


図-12 凸面鏡の像の成立

分割偏位

Kohler (1951), Pick, Hay & Martin (1969) は2種類の角度のウェッジ・プリズムを視野の上側と下側とで変化させて、視野の不連続性を作った。図-13に見るような視野が形成される。彼らはこれを半プリズム (half-prism; split-field wedge) 実験と言う。

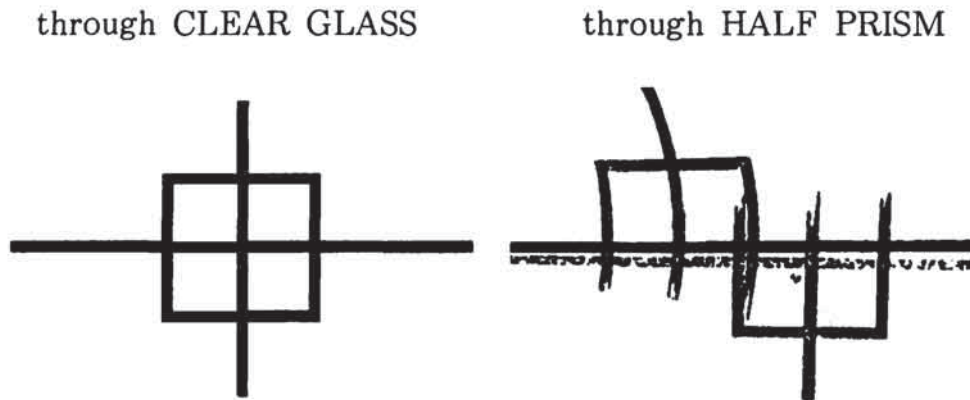


図-13 半プリズムによる像(Kohler, 1951より)

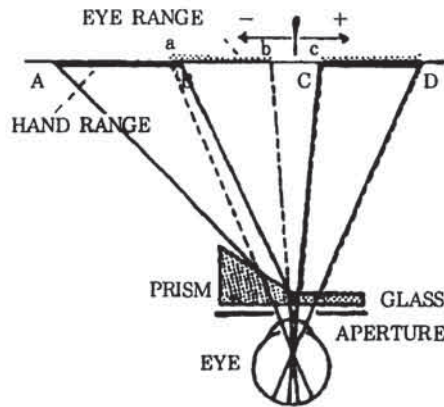


図-14 太城 (1976,7,8) による垂直方向分割実験の例

我々は、水平方向に2又は3種のプリズムを組み合わせ、スリットから外界を覗くようにした分割偏位条件を作り、主に、目と手の関係において変換視野への順応を検討した(太城, 1976; 1977; 1978)。図-14に2分割の構造を示す。変換視野への順応の特性を検討するには、一見奇妙と思われるこの種の変換による扱いが今後必要と思われる。

(未完)

文献

- 雨宮俊彦 1983, 基礎心理学研究, 2, 27-38.
 Brown,G.G. 1928, British Journal of Psychology, 19, 117-146.
 Day,R.H. 1966, Australian Journal of Psychology, 18, 63-70.
 Gibson,J.J. 1933, Journal of Experimental Psychology, 16, 1-31.

- Gomi & Kawato 1996, *Science*, 272, 117-120.
- Held, R. & Gottlieb, N. 1958, *Perceptual and Motor Skills*, 8, 83-86.
- Held, R. & Hein, A. 1958, *Perceptual and Motor Skills*, 8, 87-90.
- Held, R. & Hein, A. 1963, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 56, 872-876.
- Helmholtz, H.V. 1866, (A treatise on physiological optics. Vol.3. Dover. 1963)
- Hess, E.H. 1956, *Scientific American*, 195, 71-80.
- 東山篤規, 下野孝一 1999, 関西心理学会第111回大会発表論文集, 4.
- 東山篤規, 横山芳和, 下野孝一 1998, 関西心理学会第110回大会発表論文集, 6.
- Kitazawa, S., Kimura, & Uka, T. 1997, *Journal of Neuroscience*, 17, 1481-1492.
- Knowles, A. & Dartnall, H.J.A. 1977, Davson, H.(eds) *The eye*. Vol.2 B Academic Press.
- Kohler, I. 1951, (transl. by Fiss, H. *Psychological Issues*, 1964, 3(4).)
- Linden, D.E., Kallenbach, U., Heinecke, A., Singer, W. & Goebel, R. 1999, *Perception*, 28, 469-481.
- 牧野達郎 1963, 人文研究(大阪市立大学), 14(2). 157-171.
- Miyauchi, S., Sekiyama, K., Tanabe, H., Imaruoka, T., Fujimaki, N. & Tashiro, T. 1999, *IOVS*, 40, 4, 820.
- 仁田正雄 1968, 眼科学, 文光堂.
- Ogle, K.N. 1951, *Journal of the Optical Society of America*, 12, 1023-1028.
- Ogle, K.N. 1961, *Optics: an introduction for ophthalmologists*. Thomas.
- Pick, H.J., Hay, J.C. & Martin, R. 1969, *Journal of Experimental Psychology*, 80, 125-132.
- Rock, I. 1965, *Psychonomic Science*, 7, 61-62.
- Rock, I. & Victor, J. 1964, *Science*, 143, 594-596.
- Sekiyama, K., Miyauchi, S., Tashiro, T., Imaruoka, T., Hayakawa, T. & Kato, M. 1999, *IOVS*, 40, 4, 587.
- Smith, G. & Atchison, D.A. 1997, *The eye and visual optical instruments*. Cambridge Univ. Press.
- Smith, K.U. & Smith, W.K. 1962, *Perception and motion*. Saunders.
- Stratton, G.M. 1896, *Psychological Review*, 3, 611-617.
- Stratton, G.M. 1897, *Psychological Review*, 4, 182-187, 341-360, 463-481.
- Sugita, Y. 1996, *Nature*, 380, 523-526.
- 太城敬良 1970, 人文研究(大阪市立大学), 21(11), 46-64.
- 太城敬良 1976, 人文研究(大阪市立大学), 28(7), 26-49.
- 太城敬良 1977, 関西心理学会第89回大会発表論文集, 17.
- 太城敬良 1978, 人文研究(大阪市立大学), 30(12), 16-32.
- 太城敬良 1980, 人文研究(大阪市立大学), 32(8), 49-68.
- 太城敬良 1981, 人文研究(大阪市立大学), 33(9), 13-32.
- 太城敬良 1984, 人文研究(大阪市立大学), 36(6), 25-44.
- 太城敬良 1990, 人文研究(大阪市立大学), 42(12), 31-38.
- 太城敬良 1994, 大山正, 他, 編 新編感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠心書房, 168—207
- 太城敬良 1997, 日本心理学会第61回大会発表論文集, 476.
- 太城敬良, 積山薫 1982, 日本心理学会第46回大会発表論文集, 81.
- 鳥居修晃 1986, 八木(編) 現代基礎心理学 I 歴史的展開, 27-57, 東京大学出版会
- Uhlarik, J.J. 1972, *Behavior Research Methods and Instrumentation*, 4, 15-16.
- Warren, D.H. & Cleaves, W.T. 1971, *Journal of Experimental Psychology*, 90, 206-214.
- Welch, R.B., Boff, K.R. et. al.(eds) *Handbook of perception and human performance*. Wiley. 24-1 ~ 24-45.