

色の視覚について(その1)*

Vision of Colour (Part one)

多久和 文 則¹⁾

Fuminori TAKUWA

はじめに

視力は正視眼において色々な調節作用により一番よく見える距離は25cmであるといわれている。例えば近点を見る場合の調節作用は毛様体筋が収縮運動を行うと、毛様小帯が弛緩し水晶体固有の弾性で肥厚して近点調節が行なわれ確認できる。この確認できる最短距離は1cmまでである。高年齢になるにしたがって屈折力が減退して近くの確認に対しては矯正眼鏡が必要となるのは水晶体の弾性の減退が原因でこれを老視という。反対に遠点の調節作用は毛様小帯によって毛様が緊張され、水晶体が少しく扁平となって遠点に調節されている。

色調に対する眼の作用は刺激光の波長と対応関係にあり、照明の条件で多少のずれも起る。また混合波長の光線で刺激すると色混合の現象も見られる、その現象は補色^(注)と混合色とに区別される。

光の感覚については網膜にある視細胞に杆状体細胞と錐状体細胞の二種類があり、暗い所では杆状体細胞が光の刺激に応じて興奮するがこの場合には無色の光感が起る。明るい所では錐状体細胞が興奮して刺激光の波長に応じて種々の色が感覚されているといわれている。その古典的学説には Helmholtz の三色説、Hering の反対色説等がある。また視覚の内包的属性としては量的及び質的差別が認められ、光の色として感覚される場合と物体の色として感覚される場合とは少しの違いがある。

飽和度について、混合色は一般的には飽和度が少なくなると感覚されるもので単色光でも弱い照明では、色は見えず光としてだけ見える。物理的にはスペクトルの単色光を飽和して感覚される。またこれに白光を混ぜたものを不飽和というが感覚としては必ずしもそうでない。

物体の色別は普通有色系の色(スペクトル色、赤、紫)と無色系の色(白、灰、黒)の2系統色があり、感覚としての物体の属性は、イ)感覚の強さ、ロ)色調、ハ)色味、ニ)明暗、ホ)濃淡に区分できる、また物体色を対比した場合には単色感覚より感じが違ってくる。例えば隣接対比(同時対比)をすると視野におかれた2色の濃淡物体の表面は一方はより濃く、一方はより淡く見える。そのような色として挙げられるのは黄と赤、赤と緑の組合せでその接触線付近では互の色味はより強く感覚される、このような組合せ色を対比色という。また同じような対比効果が2つの色を相継いで見せたときにも起る、これを継時対比といいいづれも感覚の誘導現象に属するものである。

視覚による外界認知は空間視(視覚による空間認知)の精密度で一般にはそれを視力といっている。視力は最小限どれだけの物体が視野の2点として認められるかを示す角度(視覚の空間域)である。その角度は人それぞれの個人差があるのでその個人差を調査し検討をした。

以上のような仕組みによって人体の視覚は物体を確認したり、色別をしたりすることができる。

目 的

眼の調節作用によって視覚の角度がどのような範囲を示すかを確認するとともに、年齢、利目等の関連性について学生の視野をまとめたものである。また継続的研究としては、イ)運動選手の視野、

*昭和54年1月9日原稿受理

1) 大阪産業大学教養部

(注) 2つの波長の組合せが適当であれば混合色は無色となる。このときの2つの色を補色という。

ロ) 運動種目別選手の視野の関係, ハ) 運動能力と視野の関連性, ニ) 試合成績と視野の関連性, ホ) 動的視野, ヘ) 帯空時間と視野との関連性等について究明し, 視覚の最も大切な運動種目を確認し, その運動のトレーニングにおいて視野を広めて行くための効果的トレーニングの方法を究明する。

方 法

被検者の測定については 380 度回転式の東大式視野計を使用した。この視野計は隣接対比と対比色の関係を利用して測定値を読みとるようになっている。また視野計の台色は無色系の黒である。また利目の決定については宮崎教授(名古屋大学)の方法で決定した。その決定方法は両腕を伸ばし両手の親指とひとさし指で三角形を作りその中で一点の物体を両目で確認し, 一方の右眼をとじた時に物体が消えた場合を非利目, 消えない場合を利目とした。

被検者は39名で年齢は18才~21才までの学生を対象として測定した。利目については18才の被検者より資料を抜すいたしたものであり, 近視の被検者の資料については年齢に関係なく被検者中より資料を抜すいたしたものである。

結 果

被検者39名についてまず18才と19才~21才の二つのグループに分けたものと, その他に18才の被検者を左利目, 右利目に分け, 全体の被検者中より近視者を抜すいたし三つのグループに分けたもので合計5グループの比較検討を試みて以下のような結果を得た。

表1の色に対する視野を全体的に見ると, 最高角度90度から最低角度55度の範囲内で色の確認が行なわれていることが判明した。その角度を視野範囲の距離に換算すると20.48cm~35.36cmの範囲内となる。この距離範囲は目から物体色が25cmの距離間で目と物体色の仮想直線と床は平行で目と物体色は左右180度の角度での視野範囲である。したがって物体色と目の距離が遠くなればなるほどその確認距離の差は大きくなるが視界の限界はある。(注)

無色系の黒色の中で有色系の色混合現象になり易い色の視野の比較は緑色が全体的にやや良く, 黒

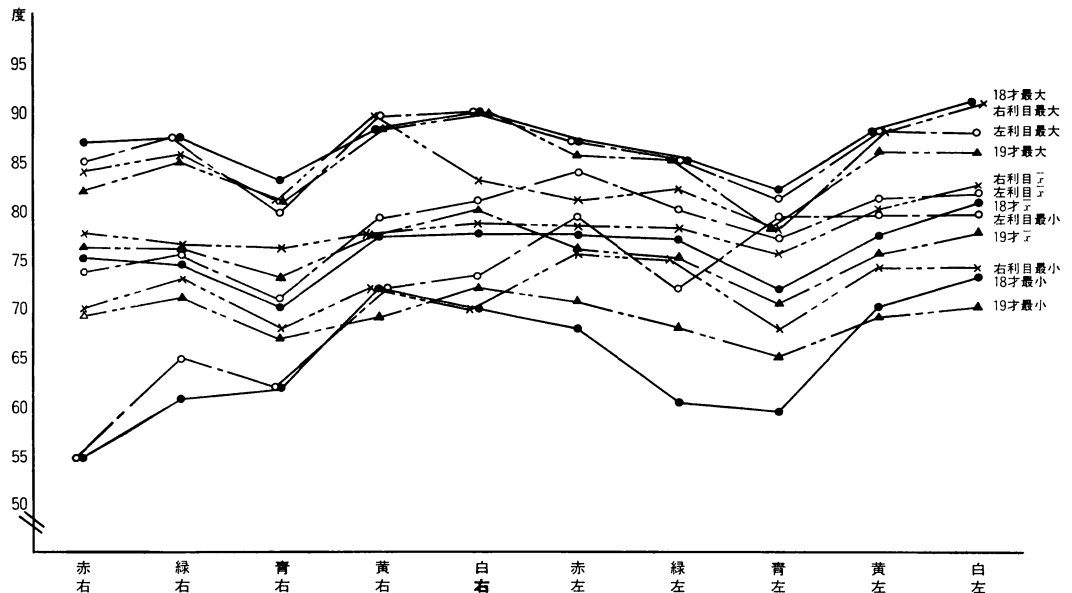


表1 視野色別測定値〔最大値, 平均値, 最小値〕

(注) 視界の限界は有色が無色に変わった場合と無色から物体確認のできなくなる場合の二通りある。

色に最も近い色といえる青色が少し劣っている。これは青色の視野角度がだんだん広がると色混合現象が起って確認ができなくなってくるからである。また部分的には赤色右の18才最小、と左利目最小が低い視野角度を示している。

表2の色別の相関について見ると、赤色右に対して緑色右、青色右の類似色は深い関係を示しているが、黄色右の右利目と白色右の右利目、18才で低い相関係数が認められた。その他では黄色右の19才、近視の左では緑色と青色と黄色で同じような相関係数を示していることが判明した。このように黄色でも緑色や青色と同じような相関係数を示すことは大脳の視覚の部分で黄色と緑色は同じような刺激光で感覚されていると考えられることは注目すべきことである。緑色右に対して青色右と黄色右は深い相関係数を示しているが、白色の右利目でやや低い相関係数を示している。緑色右に対して白色右の右利目でやや低い相関係数を示している。青色右に対して黄色右の全グループ、白色右の全グループの相関係数は各グループのバラツキが大きく各グループの関係は深い、浅いがはっきりとあらわれている。同類色の黄色右に対して白色右の全グループの相関係数は各グループのバラツキが小さくかつ関係の深いことがうかがえる。

右眼の相関係数を全体的にまとめると赤色と緑色、緑色と青色、黄色と白色といったように類似色どうしでは関係が深く、その他では深かったり浅かったりと不安定な関係にある。同様に左目について見ると、赤色左に対して白色左の左利目が低い相関係数を示しているが、その他の色の相関は多少の差はあるが関係有り認められる。

色に対する視野の相関を全体的に見地より見ると右目の方が各グループのバラツキも大きく相関も浅い部分が多い。左目の方は各グループのバラツキも小さく相関も深く安定した相関係数を示している。このような結果から五色間の色に対する視野関係は右目より左目の方が深いつながりを持っていることが判明した。

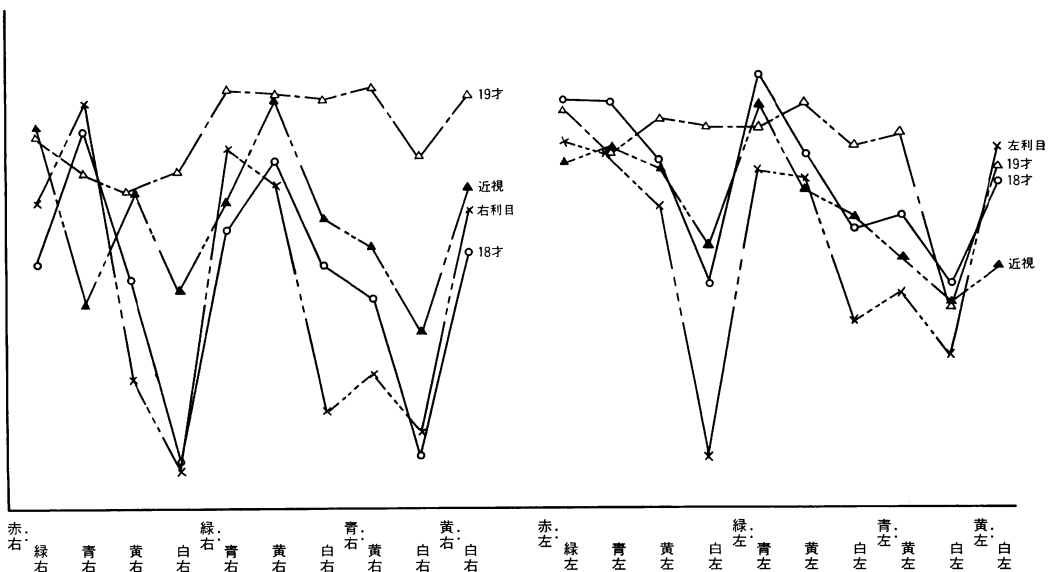
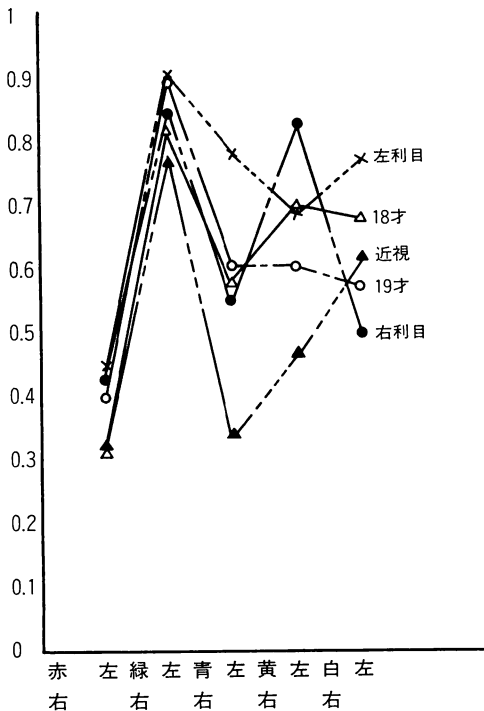


表2 色別左右の相関

表3の左右の目の視野の相関について見ると、赤色、緑色では各グループとも近似値的な相関係数を示しているが、色が明から暗に変化すると相関係数の変化が見られ、明色になると相関係数のバラツキも大きくなり、各グループの相関の変化がはっきりと現われている。

表3 色別左右の相関



(注) 相関係数と回帰直線の数式

n組データ $(x_i, y_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$ の相関係数 γ と回帰直線 $y = a_i x + a_0$ を定める。

$$\gamma = \frac{\sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum x_i \sum y_i}{\left\{ \left(\sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \right) \left(\sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2 \right) \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$a_i = \frac{\sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum x_i \sum y_i}{\sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2}$$

$$a_0 = \frac{1}{n} (\sum y_i - a_i \sum x_i)$$

ただし $x_i \geq 0$ とする。

表4では簡単な反応測定による反応時間と色の視野の相関について見たが0~0.2以下の相関係数を示したのが32%で中でも左利目が最も多く相関の深いグループと浅いグループのバラツキが多くはっきりした結果は得られなかった。

表5の標準偏差について見ると、赤色の左のグループ、黄色の左右のグループ、白色左右のグループのバラツキが小さく安定した視野角度が保たれている。また赤色の右、緑色の右、青色の右の一部分を除いたその他の各グループの偏差は3~7の間にあり被検者の目での確認が安定した視野角度を示していることがうかがわれ、これをいいかえればよく確認できる色ともいえる。これは刺激光の波長に対して眼の調節作用が順調な働きをしているからである。また反応時間の目をつむった時の偏差値のバラツキはさまざまな偏差値を示しているがこれは人間の視覚の働きがいかに重要な役割をしているかを物語っていると考えられる。

標準偏差値を全体的に偏差値の大小に関係なくみると右目のバラツキが目立ち視野の不安定性がうかがわれ、左目のバラツキは小さく安定性が保たれているようにうかがわれる、したがって色に対する視野は右目が不安定性の角度を示し、左目が安定した角度で常に物体色を判断しているといえる。また全グループからうかがわれることは左目の偏差値が低く安定した物体色の確認角度を持っているので物体色の視野角度は左目が主となって確認していると考えられる。

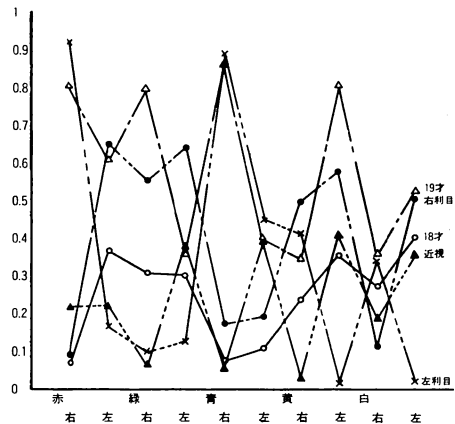


表4 視覚と色度の相関

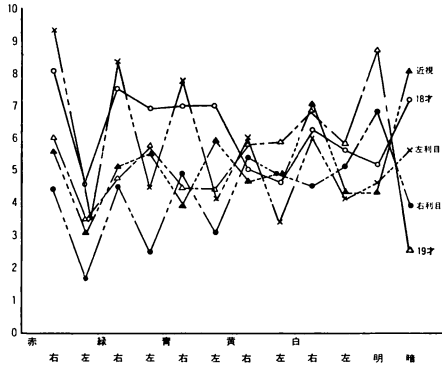


表5 標準偏差

表6の偏差値Tスコアについては赤色右目の左利目と18才、左目の右利目、緑色の右目の左利目、18才、青色右目の左利目と18才が低い数値を示しており、反対に赤色左目の19才、左利目、近視、緑色左目の右利目、青色左目の右利目、黄色左目の左利目で高い数値を示しており中でも緑色左の右利目は258と非常に大きい数値であるがその他は60~140の範囲でまずまず信頼できる数値である。

表7の回帰直線について見ると右目では赤色右に対して青色右の18才、緑色右に対して白色右の19才、青色右に対して黄色右の19才と白色右の19才のバラツキが大きい。左目では赤色右に対して緑色左の18才と19才、青色左の18才、黄色左の19才、白色左の19才でのバラツキが大きかった。

最後に左利目と右利目について比較検討を試みると次のような結果が得られた。

表8の利目、非利目の平均値については右利目の左右の目の平均値は一定で、非利目の視野角度は赤色、青色、白色で利目より非利目の方が広い視野角度であった。また左利目の左右の目の平均値の利目、非利目の視野角度は全色に対して利目が広い視野角度であった左利目と右利目にこのような相違点があるのは刺激光の波長の感覚は同じように感じられなければならないはずであるが利目、非利目に関係なく左目が中心となって確認している。この事実は視野角度の数値の差にも現われている。

表9の左右の目の相関について見ると右利目の青、緑、赤と低い相関係数で関係が浅く、反対に

(注) テストの素点を x_i ($i=1,2,\dots,n$) とするとき

$$\text{平均点 } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{標準偏差 } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$
 を算出し

続いて偏差値を計算する。

評点Xに対する偏差値T(x)を次の式で定義する。

$$T(x) = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \times 10 + 50$$

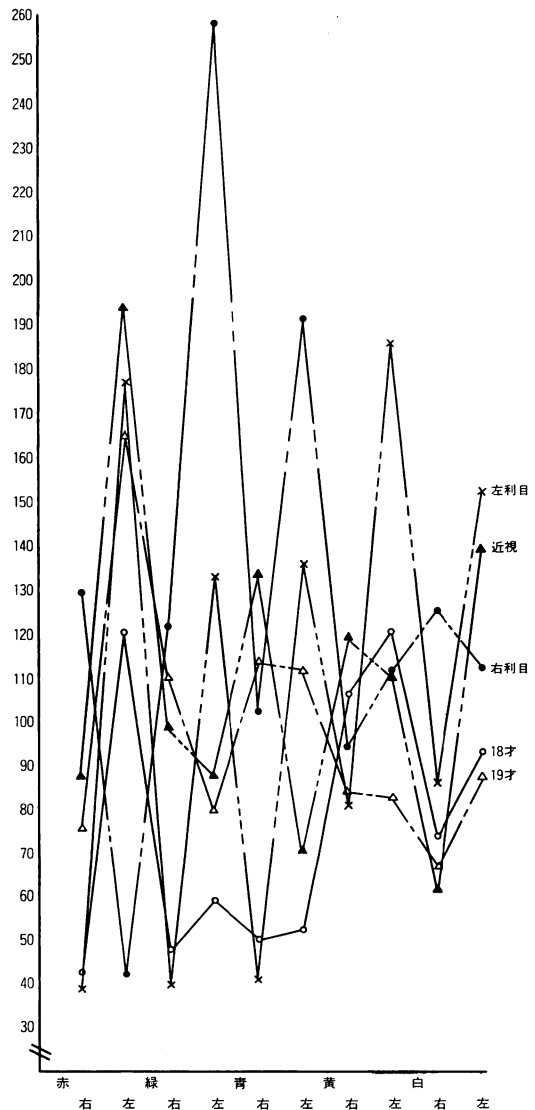


表6 偏差値Tスコア (To)

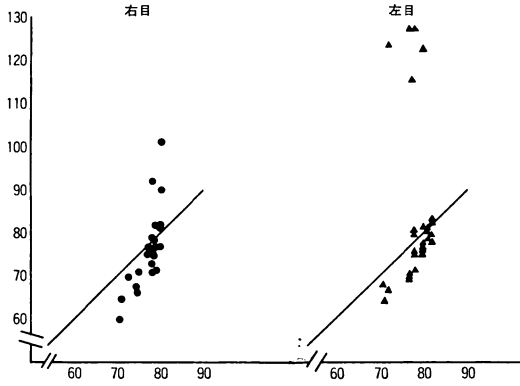


表7 回帰直線

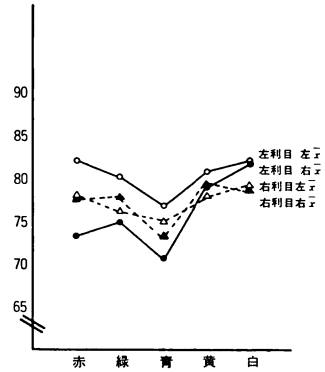


表8 平均值(利目)

左利目の右は全色に対して相関係数は高く関係の深いことがうかがわれる。全体的には利目，非利目をとわず全色に対して左目の方がやや深い関係にある。

表10の利目左右の相関では，赤色，緑色では類似した数値を示しているが，白色と青色で両者間の相関係数差が認められるが相関は関係ありと認めることができる。全体的には左利目，右利目とも相関の深いことが認められる。

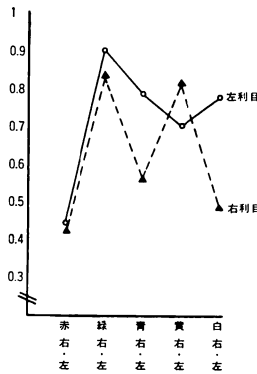


表9 標準偏差(利目)

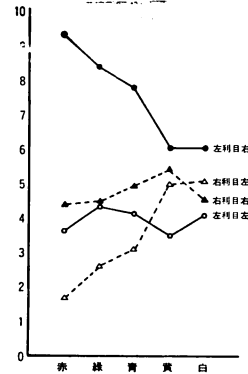


表10 相 関

表11の利目に関する相関は赤色の利目に対して黄色の右利目，白色の左右の利目，青色利目に対して白色右利目で低い数値を示し相関の浅いことがうかがわれる。また緑色利目に対して白色の右利目，赤色利目に対して黄色右利目，青色利目に対して黄色右利目でやや低い数値を示しているが相関はあるといえる。その他の色の相関については深い関係を持っていることが認められた。

全体的には色が暗色から明色に変化していくと同時に相関の変化がうかがわれる。その他についていえることは暗色と暗色，明色と明色での相関は深いことが認められるが，黄色における相関は暗色と明色の中間色として流動的な数値を示すことが認められた。

その他に左右利目の偏差値Tスコアでは右利目が左利目よりやや安定した数値を示しており左

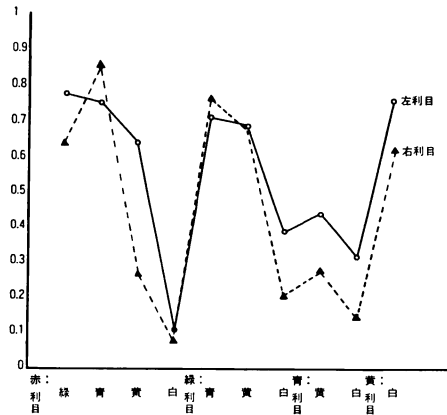


表11 相 関

利目より信頼度が高いようにうかがえる。同様に回帰直線からは赤色利目に対して白色の利目，緑色の利目に対しては白色の右利目，青色の利目に対しては白色右利目の数値が低く，赤色の利目に対して緑色の左右利目，黄色の左右利目，緑色の利目に対して白色の左右利目の差が大きく左右の目の視野にバラツキを示している。全体的には右利目，左利目の両方で一長一短はあるが総合的判断をすると左利目の方が安定した視野角度を示しているように考えられる。

おわりに

色に対する視野の変化は結果で述べたように暗色から明色に色の変化があるとそれにしたがって視野範囲もだんだんと広がってくる。しかし日常の生活の中では常に物体色のバックが黒とは限らず補色や色混合の中で視野範囲が決定されるので今回の測定値がそのままの参考資料とはなり得ないと思われるが次回では色々な色のバックでどのような色が安定した視野を持っているかを究明して行きたい。

その他の目的は一般学生の視野とトレーニングを積重ねた運動選手との比較また運動選手の視野と成績の関係，視野に関与している神経系の関係等についてアプローチして行きたい。

引用文献

大島新治著・図解人体の構造と機能 PP. 249～257

参考文献

植松 稔著・衛生教育に必要な保健統計学

岩原信九郎著・推計学による新教育統計学

吉岡 博人著・衛生統計概論

野口 義之著・教師のための体育測定 一理論と実際一

横地 千仞・写真で見る解剖学「人体」

C・G・ミュラー／M・ルドルフ著，田口昶三郎監訳・光と視覚

R・L・グレゴリー著，船原芳範訳・見るしくみ 目と脳の生理学

クレストニコフ著，ソビエツスポーツ科学研究会訳・スポーツ生理学