

## ラボック便り

Department of Ophthalmology and Visual Sciences  
Texas Tech University Health Sciences Center

木村 英司

テキサスに来て一年以上が経ちましたが、こちらでの(冷や汗ものの)暮らしについて、以下、生活編と研究編に分けて御紹介します。

### 1. 生活編

こちらでの生活は、そもそもテキサスに来る前から、入国カードに書くアメリカでの滞在先の住所(私のボスの Young 教授の自宅)を書いた紙を受託手荷物の方にいれてしまい、仕方なく住所を適当にでっち上げて入国手続きを済ませるといってんでもないハプニングから始まりました。その後も、英語は下手くそだし、アメリカでの生活についての基本的なこと、たとえば、何はともあれまず最初に社会保証番号(social security number)を取得しなくてはならないとか、家賃、電気代、電話代などはすべて個人小切手(personal check)で支払う、といったことを全然知らなかったため、振り返ってみるとよくやってこれたものだと思います。これは、すべて Young 教授のおかげで、着いた当初に彼があちこち連れていってくれたおかげで、銀行に小切手用の口座を開いたり、社会保証番号の申請、アパート探し、電話の手配、あげくのはてには、当座必要な物の買い出しや、ケーブルTVの申し込みまで、当面必要なことはほとんど終えることができました。

#### ・ラボック(Lubbock)

大学のあるラボックというのは比較的小さな町なのですが、町中で特に目だつのが、とにかく教会の数が多くて、このあたりの人たちは週に2回教会に行くのだそうです。また、ドライ・タウンというお酒を売ってはいけない町なので、初めはかなりとまどいました。

#### ・気候

ラボックは、一年を通じて風の強い日が多く、春は雷雨・竜巻のシーズンで、夏はひたすら暑く、冬は冷たい風が吹いて、雪も量は多くないものかなりの頻度で降る、といった具合で、季節の変化がはっきりしています。特に、5、6月の雷雨はたいしたもの、日中は晴れていても、午後5時頃から黒い雲がもくもくとわいてきて、あとは雨、風、雷が荒れまわります。そうになると、道は川のようにになってしまうし、雷の光と同時にTVがしばらくの間ホワイト・アウトしたりして、なかなか貴重な体験ができます(これが下手をすると毎日のように起こるのには、閉口しますが)。また、気象条件によっては雷雨ではなく竜巻が発生して、場合によっては大被害となります。竜巻がラボックの近くまでくるとはほとんどないそうなのですが、一度だけ、ラボックの一方の端にほんの数秒間着地して(竜巻は空でグルグルしている分には全然問題ないんですが、それが着地すると大被害を起こします)、近くのアパートをなぎ倒し、不思議なことに町中を避けて、次にはラボックのもう一方の端に着地して、そこら中の車の窓ガラスをたたき割って去って行ったということがありました。

また、これを書いているのは5月なのですが、すでにかかなり暑く、屋外のプールで泳いでいる人をちらほら見かけます。日も長くて、8時頃になってようやく暗くなります。

#### ・大学

Texas Tech University は、とにかく広いというのが第一印象で、広いキャンパスに建物がぼつりぼつりと建っていて、それほど高い建物もな

く、広さがよけいきわだつ感じです。キャンパス内には一年を通じて鳥が多く、特に春先には、渡り鳥が高い木などで羽を休めていて、鳴き声でうるさいくらいになります。また、道路と駐車場以外はほとんど芝生におおわれていて（スプリンクラーで水をやって、乾燥のため枯れないようにしている）、ネズミだかりすだか分からない小さいやつがチョコチョコ走り回っていたりします。

我々の研究室や実験室は、Texas Tech のキャンパス内の医学部の建物の中にあり、この建物は、研究室と病院と学生の保険センターを兼ねています。そのせいか、男性職員にはワイシャツ、ネクタイの着用が義務づけられており、また、先生達もファースト・ネームではなく、「ドクター×××」と呼び合っています。大学に勤めている人は皆、IDとなるバッジをつけていて、そのバッジが建物の出入口の鍵にもなっています。建物の戸締まりはかなり厳重で、夕方の6時半頃には出入口の鍵がかかってしまい（こうなると、建物の中から外に出るためにも鍵が必要）、お巡りさんが見回りにきます。

大学で特に目についたのが、アメフト人気のすさまじさで、大学のスタジアムで試合がある日には、町中の人が集まってきたのではないかと思われるくらい人が集まります。そうになると、大学のキャンパスは大きな駐車場と化してしまい、そこらじゅうが車だらけになるは、お巡りさんは交通整理をするは、遅くまで歓声が鳴り響くはで、なかなか異様な雰囲気です。一度、雪の中で試合が行われたこともあり、そのときにも沢山の人が観戦に来ていました（ちなみにスタジアムは屋根無しです）。また、以前買ったコココーラの缶に、うちの大学のアメフトの試合のスケジュールが書いてあったのにもびっくりしました。

#### ・英語

英語については、研究の話をするぶんには（紙とペンを使って）なんとかなるのですが、普段の会話ではとまどうことがかなりありまし

た。一番困ったのが、英語は聞き取れているのに、意味がさっぱりわからないというもので、最初がスーパーマーケットでのことでした。レジでお金を払った後に、“Paper or plastic?” と聞かれ、何のことかわからず呆然としていると、“Plastic is OK, sir?” とか言われたので、わけもわからずイエスと答えたんですが、これは、わかってみればどうということはなく、買った物を入れるのに、プラスチック（日本語ではビニール）の袋にするか、紙袋にするかということでした。その次がクリーニング屋さんで、洗濯物をだした後、“What type of starch do you need?” と聞かれ、最初はスターチが何なのかさっぱりわからず、2回目の時はスターチが洗濯糊のことだということは辞書で調べて知っていたものの、どんなタイプの洗濯糊があるかまでは辞書にも載っていないので、どう答えていいものかわからず、クリーニング屋の人はかなり怪訝そうでした。このときまで、ハンバーガーを頼むとパンの種類や大きさ、何をはさむか等々を聞かれるお国柄なのだから、洗濯糊にもいくつかの種類があるのだらうと思っていたのですが、これもわかってみれば、ただ糊付けする強さをきいているだけでした。

英語に関してどうしても不思議なのは“fish sandwich”です。ハンバーガー屋さんで、なぜか fish sandwich が通じず、数回、「steak sandwich か？」と聞かれました。どうしてなのでしょう？

#### ・その他

その他、日本とはかなり違って驚いたこととか、興味深かった出来事などを列挙します。

・こちらに来て一番驚いたのが床屋で、髪の毛を濡らしてはさみで切るところまでは日本と同じなのですが、切り終わった後で髪の毛の切れ端が首筋とかそこそこについているのに「はい、おしまい」と言われ、最初のときは、お店を出てからしばらく呆然としました。首筋についている髪の毛くらい払ってくれてもよさそうなものなのなのですが、いずれにしろ、あのいたれりつくせりのサービスは、日本独自のもの

のようです。後で、シャンプーは別料金になっていて、「散髪とシャンプー」と頼めばよいことを知ったんですが、見ていると、大部分の人はシャンプーはせずに帰っていくようです。それと、床屋さんに行く前には、どういうふうに髪の毛を切ってもらいたいかを英語でどう言えればいいかで随分考え込みました（これは未だに自信がありません。）

・大学の近くには家具付きのアパートがかなりあって、学生はたいがいそこに住んでいます。私の住んでいるところもそうで、ベッド、ソファ、テーブル、筆筒、冷蔵庫など、最低限必要な家具（冷蔵庫は家具じゃないですか？）がついているので、家具を買う必要はありませんでした。また、家具のレンタルもかなり使われています。

・ダイエット食品がとても普及していて、それ以外でも、ほとんどの食べ物には脂肪分が何パーセントかが表示してあります。肉も脂肪分がほとんどないものばかりなので、だいたいバサバサしています（その割には太った人が多いのですが）。

・ケーブルTVはかなり充実していて、日本でもおなじみのCNNやMTVなどを含めて50近くのチャンネルがあり、そのほとんどが24時間やっています。中には、Weather Channelという、名前の通り天気予報しか流さないチャンネルや、土地柄のせいでスペイン語での放送も2チャンネルあります。もう一つTVと言えば、映画を主に流している一部のチャンネルを除くと、露骨なシーンが放映されることはなく、女性の裸のバスト・ショットのときには、なんとモザイクがかかります。

・クリスマスは、廊下に飾りのついたもみの木を飾ったり、もらったクリスマスカードを各人が自分の部屋のドアに貼ったりとそれなりに盛り上がったのですが、それに比べて正月は何もなく、ごく普通の休日といった感じでした。ちなみに、大学の正式な正月休みは大晦日と元旦だけです。

・こちらでの飲物というと、コーラのたぐいの

炭酸飲料、フルーツ・ジュース、ゲータレードなどで、日本のように怪しげな飲物（例：抹茶ミルク）がありません。また、缶コーヒーがないのが悲しいです。

・近くのオリエンタル・フードの店で納豆が売っているのですが、冷凍して保存してあるので、最初見たときは「これは食べても大丈夫なのだろうか」としばし考え込みました。

## 2. 研究編

Young 教授の研究室では、今はもっぱら瞳孔の対光反応について研究しています。瞳孔が光の強度に対して反応することはよく知られていることですが、それ以外に空間パターンや分光組成などといった他の刺激属性に対しても瞳孔は反応します。Young 教授は、瞳孔反応が、刺激のオン・オフに対して一過性の応答を示す成分(transient component)と、刺激が提示されている間持続的に応答する成分(sustained component)の2つから成り立っており、提示時間の長い刺激(6秒)に対する瞳孔反応を分析することにより、両者を分離できることを見いだして、その特性を調べています。そして、これまでの研究から、各成分が次のような反応特性を持っていることがわかりました<sup>13)</sup>。

### (1) Transient component

- ・Transient component は輝度の増分に対して、オン応答を示す。
- ・Transient component はコントラスト感度が高く、輝度格子縞刺激に対するこの成分の振幅は、比較的低いコントラストにおいて飽和する。
- ・Transient component は、ローパス型の空間周波数特性をもつ。
- ・Transient component は分光組成の異なる色光の置換に対して応答し、しかもその応答は輝度比にかかわらず生じ、色の変化の方向にかかわらず、常に収縮である（例えば、緑光と赤光の置換の場合、緑光から赤光、赤光から緑光のどちらに対しても瞳孔径は収縮する）。

- ・暗所視レベルの強度の輝度格子縞刺激に対する応答は、ほぼ transient component のみから成る。

## (2) Sustained component

- ・ Sustained component は輝度レベル (steady-state luminance もしくは space-averaged luminance) の変化に対して応答し、かつ、その応答は双方向である (輝度レベルの上昇に対しては瞳孔径の収縮、減少に対しては拡大という形で応答する)。
- ・輝度格子縞刺激に対する sustained component の振幅は、コントラストの関数として線形に増加する。
- ・ Sustained component は、バンドパス型の空間周波数特性をもち、transient component よりも高い空間周波数に対して感度がよい。

こうした反応特性が、生理学的に研究されている外側膝状体の大細胞層、小細胞層の細胞の反応特性ときわめて類似しているため (生理学的研究については、例えば、Lee et al.<sup>4)</sup>; Kaplan and Shapley<sup>5)</sup>; Derrington and Lennie<sup>6)</sup>; Purpura et al.<sup>7)</sup>などを参照)、我々は、transient component が、大細胞層の細胞 (以下、M細胞) から、sustained component が小細胞層の細胞 (P細胞) から、それぞれ入力を受けていると考えています。これが正しいとすると、次には瞳孔反応を使って、心理物理学的研究で使用される刺激条件下で、P細胞とM細胞がどのように応答しているかを、間接的にはありますが、検討することが可能になります。

私と Young 教授と一緒にやっている研究は、瞳孔反応の2つの成分の色覚特性を調べるもので、最初の実験では、高強度の白色順応野上に提示された単色光の検査刺激に対する瞳孔反応を測定しました。この刺激条件は、心理物理学的研究において反対色チャンネルの特性を検討するためにしばしば使用されるもので、刺激変数を適当に選び、増分閾を測定して分光感度曲線をもとめると、その曲線は反対色性の証拠である三峰性の形状を示します (例: Sperling and Harwerth<sup>8)</sup>; King-Smith and Carden<sup>9)</sup>; Thornton and

Pugh<sup>10)</sup>)。こうした反対色性が瞳孔反応の transient component と sustained component のどちらと結びついているのかを検討するのが、この実験の目的です。

この実験の結果、以下のことがわかりました (Kimura and Young<sup>11)</sup>)。

- ・白色順応野上に提示された検査刺激に対する瞳孔反応も、transient component と sustained component から成っている。
  - ・瞳孔は、単色光の検査刺激に対しては一過性のオフ応答を示すのに対して、白色光の検査刺激に対してはオフ応答を示さない (通常、強度の減少に対して瞳孔径は拡大するが、単色光の検査刺激に対するオフ応答は強度の減分に対する瞳孔収縮であり、輝度に対する応答とは異なる)。言い替えると、transient component は、白色光の検査刺激に対してはその onset に対してのみ応答し、単色光の検査刺激に対しては onset と offset の両方に対して応答する。
  - ・単色光の検査刺激に対する感度は transient component の方がよく、増分閾付近の強度に対する瞳孔反応は、ほぼ transient component のみから成る。
  - ・Sustained component の振幅は検査刺激の強度にともない単調に増加するが、transient component の振幅は比較的低い強度において飽和する。
  - ・Transient component の分光感度曲線は、同じ条件下で心理物理学的に測定された増分閾による分光感度とほとんど同じ三峰性の形状を示す。これに対して sustained component の分光感度はブロード・バンドとなり、 $V(\lambda)$  と  $V'(\lambda)$  の線形和で近似できる。
- このように、我々の実験結果は、transient component が反対色性の証拠である三峰性の分光感度曲線を示すというもので、心理物理学的に検討されている反対色チャンネルにM細胞が寄与していることを示唆しています。
- 一般的には、P細胞が反対色性の基礎過程であると考えられており、M細胞の色覚における

役割はあまり検討されていませんが、我々の結果と対応する生理学的知見もこれまでに報告されています。まず、M細胞に関しては、この細胞がある程度の反対色性を示すこと（例：Wiesel and Hubel<sup>12)</sup>; Derrington et al.<sup>13)</sup>），また、異なる色光のフリッカーに対して、M細胞は2倍の時間周波数で応答し（例えば、赤色光と緑色光を交替させたとする、赤から緑および緑から赤への交替に対して応答する。これは、frequency doubling と呼ばれている）、しかもこの応答は2種類の光の輝度比にかかわらず生じること（例：Schiller and Colby<sup>14)</sup>; Lee et al.<sup>4)</sup>）が報告されており、また、P細胞に関しては、その大部分が反対色性（波長拮抗性）を示すことはよく知られていますが、白色光に対する順応下ではほぼ1/3のP細胞が反対色性を示さないという知見も報告されています（例：de Monasterio et al.<sup>15)</sup>）。

P細胞が色覚の基礎過程であることを示す最も強力な証拠は、外側膝状体の小細胞層の選択的破壊により色弁別は著しく損なわれるが、大細胞層の破壊によってはほとんど損なわれないという研究結果（例：Merigan et al.<sup>16)</sup>; Schiller et al.<sup>17)</sup>）で、これは一見すると我々の結果と矛盾しているようですが、彼らの研究では色覚の限られた側面しか検討されていないこと、用いられた刺激が小さい（もしくは、空間周波数が高い）ものに限られていること（前述の frequency doubling は小さい刺激に対しては生じないので、M細胞の色応答にとって不利な条件下で実験が行われたことを示唆している）などから、両者は必ずしも相反するものではないと考えています。

ただし、ここで強調しておかなくてはならないのは、M細胞が色覚に寄与しているとしても、それはある特定の側面に限られるということです。生理学的知見および我々の実験結果が示すように、M細胞（およびtransient component）の応答は、どのような色の変化に対しても一方向であり、色の変化方向を伝えることはできません。したがって、M細胞の色覚

への寄与は、多数ある色覚の諸側面のうち、色の変化方向が必要とされない側面に限られると思われる。色覚検査を例にとると、石原式色覚検査では、色差が検出できれば数字を読みとることは可能ですが、100ヒュー・テストでは色差の検出だけでは不十分で、色の変化方向を使わないと正しく答えることはできません。こうした色の変化方向に関わる課題には、P細胞の寄与が必要であると思われます。これに対応する知見として、色差の検出と色相の知覚が異なる視覚過程の活動を反映していることを示す臨床例が報告されています（例：Victor et al.<sup>18)</sup>），また、色差の検出に関連する知見として、異なる色を隣接させた際の輪郭の明瞭さの知覚に、M細胞が寄与することが示唆されています（Kaiser et al.<sup>19)</sup>）。

以上、多少長くなりましたが、我々の研究は、ヒトを被験体として、瞳孔反応によりP細胞とM細胞の反応特性を調べ、それに基づいて視覚（私の場合は、特に色覚）の基礎過程について検討するというもので、視覚研究の新しいアプローチの一つとして期待しています。興味を持っていただければ幸いです。

## 文 献

- 1) R. S. L. Young, B. C. Han and P. Y. Wu: Transient and sustained components of the pupillary responses evoked by luminance and color. *Vision Research*, 33, 437-446, 1993.
- 2) R. S. L. Young and J. Kennish: Transient and sustained components of the pupil response evoked by achromatic spatial patterns. *Vision Research*, in press, 1993.
- 3) R. S. L. Young, E. Kimura and P. R. DeLucia: Dark adapted changes in the properties of visual pathways that project to the pupillomotor center. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 34, 749, 1993.
- 4) B. B. Lee, P. R. Martin and A. Valberg: Nonlinear summation of M- and L-cone inputs to phasic retinal ganglion cells of the macaque. *Journal of Neuroscience*, 9, 1433-1442, 1993.
- 5) E. Kaplan and R. M. Shapley: The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low

- contrast sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, **83**, 2755-2757, 1986.
- 6) A. M. Derrington and P. Lennie: Spatial and temporal contrast sensitivities of neurons in lateral geniculate nucleus of macaque. *Journal of Physiology*, **357**, 219-240, 1984.
  - 7) K. Purpura, E. Kaplan and R. M. Shapley: Background light and the contrast gain of primate P and M retinal ganglion cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, **85**, 4534-4537, 1988.
  - 8) H. G. Sperling and R. S. Harwerth: Red-green cone interactions in the increment-threshold spectral sensitivity of primates. *Science*, **172**, 180-184, 1971.
  - 9) P. E. King-Smith and D. Carden: Luminance and opponent-color contributions to visual detection and adaptation and to temporal and spatial integration. *Journal of the Optical Society of America*, **66**, 709-717, 1976.
  - 10) J. E. Thornton and E. N. Pugh Jr.: Red/green opponency at detection threshold. *Science*, **219**, 191-193, 1983.
  - 11) E. Kimura. and R. S. L. Young: Contributions of a phasic process to the Sloan notch in the pupillary action spectrum. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, **34**, 748, 1993.
  - 12) T. N. Wiesel and D. H. Hubel: Spatial and chromatic interactions in the lateral geniculate body of the rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*, **29**, 1115-1156, 1966.
  - 13) A. M. Derrington, J. Krauskopf and P. Lennie: Chromatic mechanisms in lateral geniculate nucleus of macaque. *Journal of Physiology*, **357**, 241-265, 1984.
  - 14) P. H. Schiller and C. L. Colby: The responses of single cells in the lateral geniculate nucleus of the rhesus monkey to color and luminance contrast. *Vision Research*, **23**, 1631-1641, 1983.
  - 15) F. M. de Monasterio, P. Gouras and D. J. Tolhurst: Concealed colour opponency in ganglion cells of the rhesus monkey retina. *Journal of Physiology*, **251**, 217-229, 1975.
  - 16) W. H. Merigan, L. M. Katz and H. R. Maunsell: The effect of parvocellular lateral geniculate lesions on the acuity and contrast sensitivity of macaque monkey. *Journal of Neuroscience*, **11**, 994-1101, 1991.
  - 17) P. H. Schiller, N. K. Logothetis and E. R. Charles: Role of the color-opponent and broad-band channels in vision. *Visual Neuroscience*, **5**, 321-346, 1990.
  - 18) J. D. Victor, K. Maiese, R. Shapley, J. Sidtis and M. S. Gazzaniga: Acquired central dyschromatopsia: Analysis of a case with preservation of color discrimination. *Clinical Vision Science*, **4**, 183-196, 1989.
  - 19) P. K. Kaiser, B. B. Lee, P. R. Martin and A. Valberg: The physiological basis of the minimally distinct border demonstrated in the ganglion cells of the macaque retina. *Journal of Physiology*, **422**, 153-183, 1990.