



Dr.Salmon Newsletter

World News & Views

-Letters from Dr.Salmon, NSU-

Dear readers,

Northeastern State University (NSU) でも木々に花が咲く季節になりました。こちらではまだ夜の気温が 0℃くらいまで下がる日がありますが、日中は良く晴れて暖かです。いま、日本では桜が満開になっているところもあると聞いています。

5月16日にはNSUの卒業式が予定されています。学生と教員たちに残された時間はあと1ヶ月です。先週、NSUの日本人留学生の会(JNSU)は、”Matsuri (祭)”を開催しました。Matsuriを見に来たアメリカ人は日本文化を体験しました。そこでは焼きそばや、豚汁、ドラ焼きなどの日本食が販売され、食すことも出来ました。また、書道、着物の着付け、ソーラン節、和太鼓などのパフォーマンスやアトラクションを通して日本文化を楽しめました。



今月のニュースレターでは、引き続き NSU Oklahoma College of Optometry で教えているコンタクトレンズ講座の内容を簡単に説明したいと思います。この講座を教えている、Dr. Laticia Pack は講義ノートを貸してくれました。3回目になるこのシリーズですが、今回は「角膜トポグラフィ」についてです。

Thomas O. Salmon, OD, PhD

VIA AIR MAIL

CooperVision® **4e** Program
enhance each and every contact lens experience.

Lectures from contact lenses 2 - Corneal Topography

Dr. Pack の角膜形状測定講座は、まず乱視用語の復習から始めます。

- 直乱視：最も屈折力の弱い経線(弱主経線)が水平方向にある角膜
- 倒乱視：最も屈折力の弱い経線(弱主経線)が垂直方向にある角膜
- 斜乱視：強弱主経線が 45°、135° 付近にある場合
- 対称性乱視：左右の眼の経線がお互い対称に位置している乱視
- 非対称性乱視：左右の眼の経線がお互い対称に位置していない乱視

一般的な角膜形状

角膜を正面から見ると、完全な円でないことがわかります。水平方向の直径は約 12mm、垂直方向の直径は約 11mm です。角膜径が小さくなると、角膜のカーブはスティーブになり近視になる傾向があります。角膜径が大きいと、角膜のカーブはフラットになり近視の傾向は小さくなります。

角膜の横断面を見ると、角膜表面の形状は円と言うよりむしろ楕円に近い形です。楕円の形は中央部の曲率と離心率によって表せます。角膜形状に近い楕円は次の条件で表せます。

- 非球面係数 $Q = e^2$
- 一般的な角膜の非球面係数は $Q = 0.2$
- 非球面を表すもう一つの係数は、 $p = (1 - e^2)$ で表され、角膜形状の表現に使われます
- 一般的な角膜の p 値は 0.8 です

角膜頂点は、角膜の中で最もスティーブなカーブであり、前方視しているとき最も前に位置しています。多くの場合、角膜頂点は視軸と少しずれています。視軸は固視点と瞳孔中心を結ぶ線です。コンタクトレンズは角膜頂点に向かう傾向があるので、視軸と若干ずれてしまうことがあります。

平均的な青年期の角膜は、およそ 0.75D の直乱視があります。この角膜乱視は徐々に減少し、中高年の眼は倒乱視の方向に変化していきます。

平均的な角膜の曲率半径は、7.85mm (43.00D) ですが、7.50mm (45.00D) から 8.23mm (41.00D) の範囲が正常範囲といえるでしょう。

角膜形状を測定する機器は、ほとんどの場合、角膜上のそれぞれの位置での曲率を示すことができます。曲率は、曲率半径(mm)でも、ディオプター(D)でも表示することができます。

mm表示とディオプター表示を(式1)で変換することができます。ここで使用する角膜の屈折率 n は 1.3375 です。これは初期のケラトメータで使用されていた値です。

$$D = \frac{n-1}{r} = \frac{(1.3375-1)}{r} = \frac{0.3375}{r} \quad (\text{式1})$$

(式1)は、mmで表されたコンタクトレンズのベースカーブをディオプターに変換する場合にも使用できます。ハードコンタクトレンズのベースカーブを変更する時、角膜とコンタクトレンズ間の涙液層の屈折力変化を計算するのに便利です。簡単な変換知識としては、曲率半径 0.1mmの違いは 0.5Dと同等です。

角膜形状測定のための機器

角膜形状を測定する機器で、最も古く、安価で、一般的に使用されているものは、ケラトメータです。ケラトメータは、角膜を球面として捉え、角膜の中央約 3mm 部分の曲率を測定します。ケラトメータでは、角膜形状の限られた情報しか得ることができませんが、コンタクトレンズ処方するときや、角膜形状の簡単な比較をする場合には非常に役立ちます。オートレフラクトメータとオートケラトメータが組み合わされた機器もあります。これらは、手動式のケラトメータより簡便で客観的かつ再現性の高いデータが得られます。



図 1. ケラトメータ

角膜形状を測定する他の機器には、プラチドディスクとも呼ばれているケラトスコープがあります。照明のついた同心円状の数本の輪を角膜に投影するものです。機器の中央に開いた穴から角膜に投影されたリングを観察します。角膜形状が歪んでいる場合、角膜に映ったリングも歪んで見えます。ケラトスコープはケラトメータより広い範囲の評価が可能です。フォトケラトスコープは、これにカメラをつけたもので、角膜に映るリング画像を記録できます。さらに詳細な角膜形状の解析ができます。



図 2. ケラトスコープ



図 3. ビデオケラトスコープ

ビデオケラトスコープ(日本では、角膜トポグラフィまたは、トポと呼ばれることが多い)は、角膜形状をコンピュータで解析する新しい角膜形状測定機器です。プラチドディスクの反射像をビデオカメラで撮影し、コンピュータに保存して解析します。角膜全体の数千箇所の曲率を測定し、角膜形状解析結果をカラーマップで表示します。スティーブなカーブは赤色で表され、徐々にフラットになると、黄色や緑色となり、フラットなカーブは青色で表されます。日本でもアメリカでも多くのビデオケラトスコープが販売されています。NSU のクリニックでは、Dr. Pack の講座でも紹介されている、Medmont E300 Corneal Topographer (<http://www.medmont.com/products/e300-corneal-topographer.aspx>) を使用しています。ビデオケラトスコープは、角膜形状を数種類の方法で表示することができます。

- **Axial power map:** これは、最もよく使われているマップです。カラーマップの色は角膜の曲率をディオプターで表します。これはケラトメータの値に近いものですが、測定では数千箇所の曲率を測ります。Axial power map はコンタクトレンズ処方において有用です。ディオプター表示はmm表示に変換可能です。
- **Tangential power map:** Axial map とは異なる方法でそれぞれの位置の曲率を計算し、ディオプターに換算して表示します。角膜の中央から周辺部にかけての曲率の変化は Axial map を用いた場合よりも大きいものになります。したがって、微妙な角膜形状の変化を観察するときには、Axial map より適していると言えます。
- **Refractive power map:** 角膜表面のそれぞれの位置の屈折力の分布を、光学追跡に基づき、ディオプターで表示します。屈折矯正手術のときに有用です。
- **Elevation map:** このマップは、角膜に近似した曲率の球面と角膜表面を重ねて、それぞれの地点での高さの差を表示します。これは、球面のハードコンタクトレンズを装着して、フィッティングを評価するためにフルオレセインを点眼したときと近いイメージの図になります。
- その他にも、角膜の波面収差を表示するものなど、数種類の表示方法があります。
(今月のニュースレターの最後の記事で、それぞれの種類のマップについて補足します。)

カラーマップのスケールにもいくつかの種類があります。たとえば、絶対スケールでは、35D から 50D までを 1.00D ステップで表示すると決まっていますが、どのような眼を測っても一定のスケールで表示されます。標準化スケールで表示すると、眼によってスケールが調節されます。これはより詳細に角膜表面を表すことができます。

ビデオケラトスコープでは、いくつかのインデックスを算出してくれます。それは、データ解析に大いに役立ちます。

- 測定信頼度: 測定時に中心、焦点が合っていたか、動いていないかを評価し、測定の信頼性を表します。
- ケラト値のシミュレート
- 非対称性係数 (SAI; surface asymmetry index)
- 規則性係数 (SRI; surface regularity index)
- 近似した球面の曲率
- 上下方向係数: 角膜の上方と下方の平均屈折力を比較。円錐角膜の診断の目安になります。

ビデオケラトスコープ測定時の注意事項

Dr. Pack は、ビデオケラトスコープで測定するときに以下の注意事項を守るよう推奨しています。

- 麻酔や散瞳剤の点眼前に測定すること。
- 眼圧測定や角膜厚さ測定をする前に測定すること。
- コンタクトレンズ装着前に測定すること。
- 視力に影響するような処置をする前に測定すること。
- 屈折矯正術前にはさまざまな種類のマップで表示して確認すること。
- 測定前に、眼を大きく開かせること。
- 角膜の乾燥によるリングの歪みがあるか、確認すること。必要であれば、何度か瞬目をさせてから再測定したり、測定前に人工涙液を点眼する。
- 測定の信頼性を表す、測定信頼度は、95%以上になるようにすること。

Contact lens news briefs

ARVO

世界で最も大規模で権威のある眼科学会の一つ、ARVO (Association for Research in Vision and Ophthalmology) が、5月3日から7日に Florida 州 Fort Lauderdale で開催されます。世界中から、約 10,000 人の眼科医や科学者らが集まり、最新の研究を発表したり、その発表を聞いたりします。研究発表は、多くの異なる領域で行われています。例えば、

- 糖尿病性網膜症
- 加齢性黄斑変性と黄斑部の疾患
- 栄養
- 眼底画像
- 緑内障
- 白内障と屈折矯正術
- 感染症
- マルチフォーカルによる矯正
- 収差と網膜像の質
- 角膜とコンタクトレンズ
- 近視

学会のプログラムには数千もの講演やポスター発表が掲載されていて、私はその中の 350 演題に興味を持ちました。演者の中には多くの日本人医師が含まれていて、このニュースレターを読んでいる人もいるかもしれません。私は、5月7日にポスター発表する予定です。NSU で行った、クーパービジョンのレンズに関する発表です。タイトルは、

「波面センサーを利用した、2 種類の 1 日使い捨てレンズの表面の濡れ性と乾燥状態の客観的評価 (Objective Evaluation of Surface Drying/Wetting in Two Daily-Disposable Contact Lenses Using Aberrometry)」です。

来月のニュースレターでは ARVO についてレポートします。

Review

タイトル: 角膜トポグラフィマップにおける、Elevation、Curvature、Power 表示の比較

著者: Thomas O. Salmon, Douglas G. Horner

掲載雑誌: Optometry and Vision Science, November, 1995

この論文は、ビデオケラトスコープのさまざまなマップ表示についてまとめ、楕円形状で 2.81D の直乱視がある角膜模型を用いて、それらがどのように計算されたのかを解説しています。著者は、以下のトポグラフィマップを作成しました(図 4~6)。

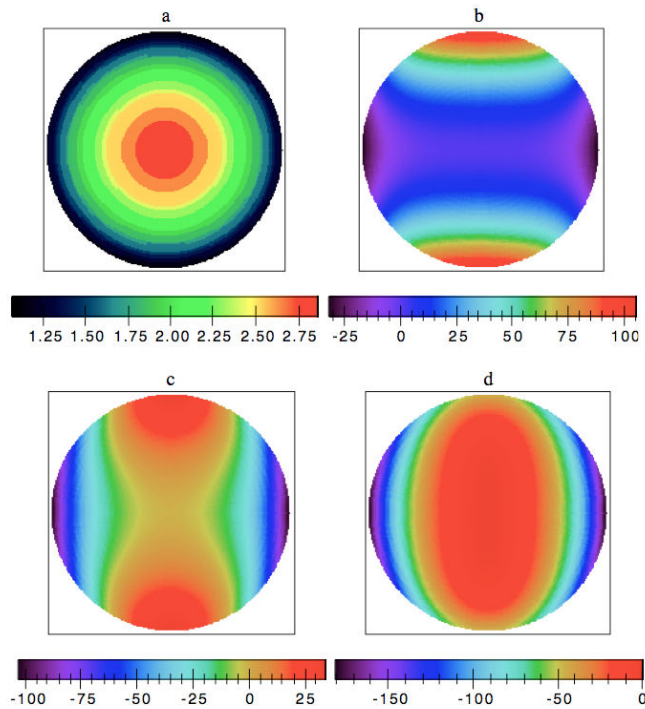


図 4. 4 種類の Elevation map

(a) は平面と比較した角膜の Elevation map、

(b) (c) (d) はそれぞれフラット、中間、スティーブな球面と比較した Elevation map

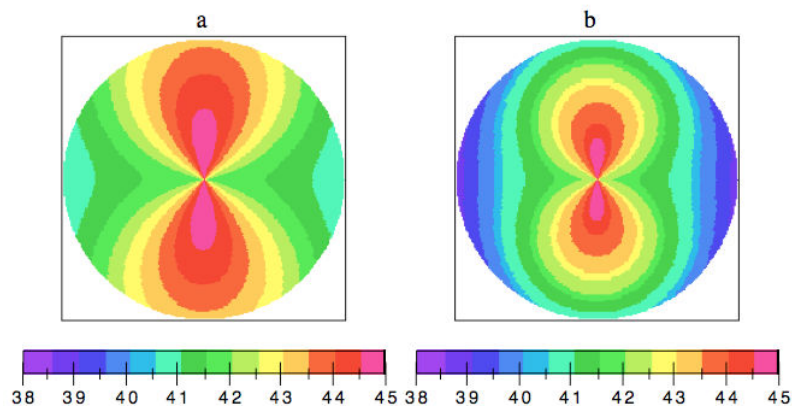


図 5. 2 種類のディオプター表示の曲率マップ

(a) は Axial map、(b) は Instantaneous map

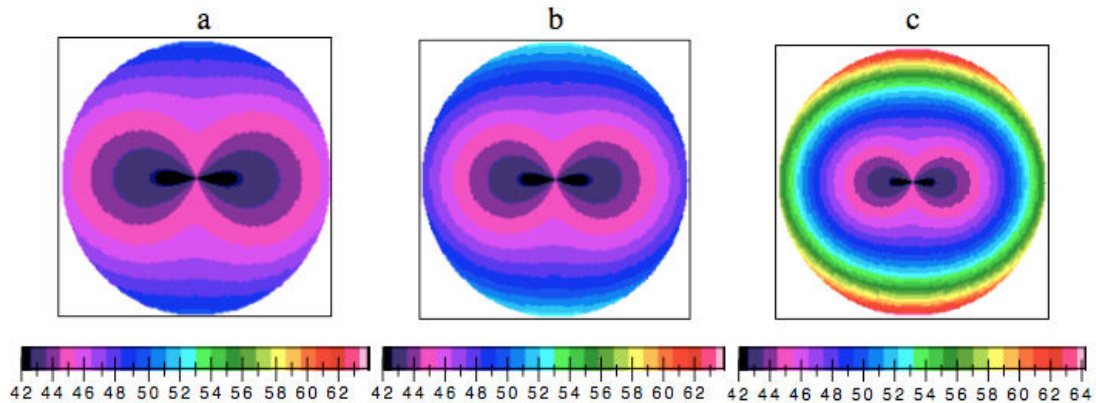


図 6. 3 種類の屈折力マップ

(a)は角膜全体の屈折力を簡略化し推定したもの

(b)は乱視収差をサジタル面で、(c)は乱視収差をタンジェンシャル面で示したマップ

これらは全て同じ角膜を示したのですが、それぞれから違った情報を得ることができます。図 4 の (b) (c) (d) は異なる 3 つの球面と角膜の高さの違いを示したものです。これは、異なるバースカーブのハードコンタクトレンズを装用した時のフルオレスセインパターンの違いに良く似ています。

図 5 の (a) (b) は、角膜表面の曲率を示しています(屈折力ではない)。直乱視は蝶ネクタイを縦にしたようなパターンを示します。Axial map (a) は、コンタクトレンズ診療によく使われます。Instantaneous map (b) は、場所による曲率の変化に対して敏感ですので、円錐角膜などの角膜の歪みを発見するときに有用になります。これらの角膜曲率マップでは、角膜中央から周辺部に行くに従い屈折力が減少していくのがわかります。これは、角膜は周辺部がよりフラットな形状であることを示しています。

図 6 に示した 3 種類の屈折力マップでは、曲率分布ではなく、屈折力の分布を示しています。これらのマップでは、蝶ネクタイパターンは水平方向になります。また、屈折力は角膜の中央から周辺部に行くに従い増加していきます。角膜曲率マップ(axial と instantaneous)とは逆です。

要約すると、いくつかの異なる種類のマップ表示をすることで角膜をさまざまな面から示すことができると言うことです。

- Axial curvature map は、最もよく使われています。
- Instantaneous curvature map は、微妙な角膜の歪みがわかります。
- Elevation map は、角膜の本当の形を示すものです。適切な球面を選択することにより、ハードコンタクトレンズを装用したときの角膜とコンタクトレンズの関係を予測することができます。
- Refractive power map は、角膜の光学特性を表しています。屈折矯正術に有用です。