



World News & Views

-Letters from Dr. Salmon, NSU-

今月より、Dr. Salmon Newsletter が始まります。この記事を書いてくださる Dr. Thomas O. Salmon はアメリカ在住の OD (Doctor of Optometry) 、 PhD で、 Northeastern State University の准教授 (associate professor) です。Dr. Salmon は眼光学のプロフェッショナルであり、特に波面収差に関しては波面センサー開発当時からかかわるほどの第一人者でもあります。



Dr. Salmon Newsletter では、コンタクトレンズや眼光学に関する話題についてわかりやすく解説していただき、またアメリカのコンタクトレンズニュースもいくつか紹介していただきます。

クーパービジョン・ジャパン株式会社
プロフェッショナルサービスグループ

Dr. Salmon newsletter
Volume 1, Number 1
June 2007

CooperVision Japan とともに仕事ができることをうれしく思います。また、この newsletter が皆さんの役に立つことを望んでいます。最初のテーマとして波面収差についてお話しします。波面収差の測定 (**aberrometry**) は、私が最も興味を持っている研究テーマです。それは目の高次収差を測定することです。今回の記事では、波面収差測定の基本原理をわかりやすく説明します。屈折矯正手術 (**LASIK** など) の分野では波面収差測定はすでに重要視されており、今後はコンタクトレンズの研究や新しいコンタクトレンズの開発にとってもますます重要になるでしょう。加えて、この **newsletter** では、アメリカのコンタクトレンズに関するニュースをいくつか紹介します。お忙しい中、このニュースレターを読んでくださることに感謝します。

Aberrometry とは

光学系と視覚

視覚は大きく 2つのプロセスに分けることができます。1)目の中での光学像の形成、2)脳を含む視神経系によるイメージ処理過程です。よい視力を得るためには、質の高い光学系とイメージ処理過程の両方が必要になります。光学系と視覚は密接な関係があります。しかし、それらは同じ意味というわけではありません。光学系の質は、網膜にどのくらいきれいな像を作るか、ということです。視力の質は、人がどの程度よく見えているかを示し、光学系とイメージ処理過程の両方がもたらす結果です。私たちは間接的に光学系を評価をするために、しばしば視力検査など視覚の質の検査を行います。しかし、屈折異常を矯正するためには目の光学系を直接測定する必要があります。オートレフラクトメータ、自覚的屈折検査、**aberrometer** (波面収差測定装置：日本では波面センサーと呼ばれています) はすべて光学系測定の手段です。

屈折異常

視力低下の最大の原因は未矯正の屈折異常です。屈折異常は像をぼやけさせ、視力低下の原因となります。屈折異常の代表的なものは近視と遠視です。乱視も屈折異常のひとつですが、近視や遠視より少し複雑になります。これらの他にも屈折異常といえるものがあります。それらは、まとめて高次収差と呼ばれています。一般的に目の光学系は、これらの屈折異常が混ざり合っています。近視、遠視、乱視は眼鏡やコンタクトレンズで矯正することができます。しかし、高次収差は測定することも矯正することも困難です。

波面収差

図 1 は、点光源から放射された光の波面を示しています。波面は球面の形で広がっていきます。その波面の一部を抜き出してみると、光源から離れるにしたがい波面の湾曲は徐々に広がり平面に近くなっていきます。そして点光源の位置が目から非常に遠ければ、光が目に入るとき波面はほとんど平面になります (図 2)。正視の場合、目に入って来る平面の波面は角膜と水晶体により曲げられて球面に形を変え、そして網膜上に収束します。

近視の場合、角膜と水晶体が光を強く曲げてしまうため、波面は網膜より手前に収束してしまいます。近視の波面は正視のものと比較し、湾曲が強くなっています。近視の

ような屈折異常を、波面の形におけるズレとして表現することができます。これが波面収差です。波面収差は通常、実際の目の波面が理想的な正視の波面と比べてどの程度ずれているかで表現されます（図3）。**Aberrometer**は、瞳孔を通り抜けた光束の波面収差を測定する器機です。また、**aberrometer**は光束全体のあらゆる位置で波面のズレを測定します。データは波面のズレの円形配列として記録されますが、一般的にはトポグラフィマップのような形で表示されます。図4aは、近視では周辺にいくに従いプラス側に波面のズレが増大することを波面収差マップで示しています。遠視の波面のズレは、周辺にいくに従いマイナス側に増加します。乱視の波面収差マップは、中心から周囲への変化だけでなく、経線方向によっても変化することを示しています。**Aberrometry**は目の波面収差を測定することにより屈折異常を測定する技術です。自覚的屈折検査のような従来の臨床技術は近視、遠視あるいは乱視を測定することができます。しかし、**aberrometers**は、目の高次収差を測定することができる唯一の方法といえます。

次回: **Shack-Hartmann** 型波面センサーがどのように波面収差を測定するのか？

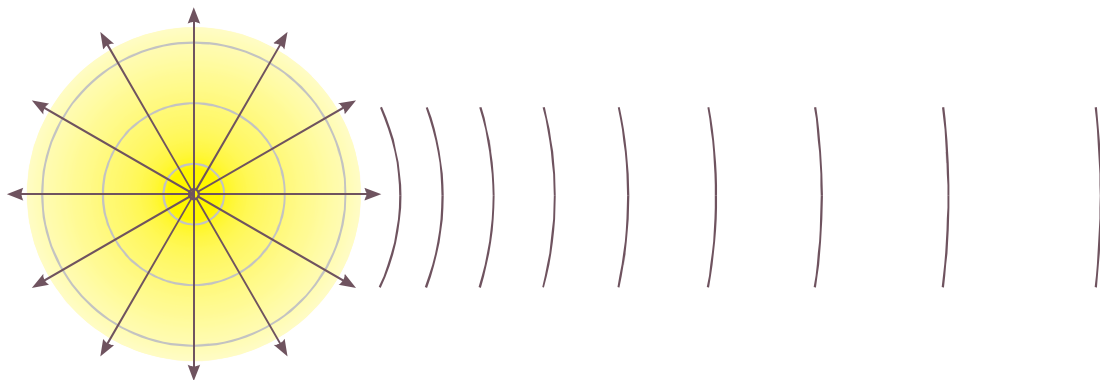


図1。点光源から発せられる光の波面はすべての方向に広がっていく

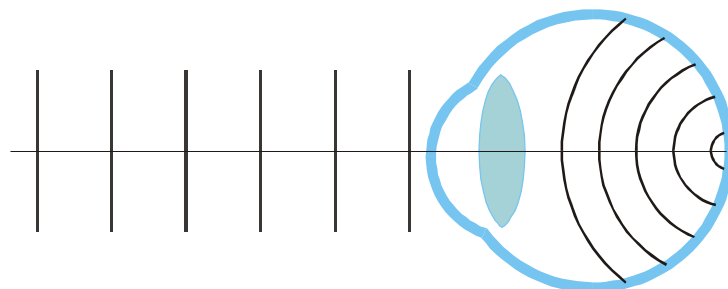


図2。正視眼では、平面の波面が目の中で球状に曲げられ網膜上に収束する。

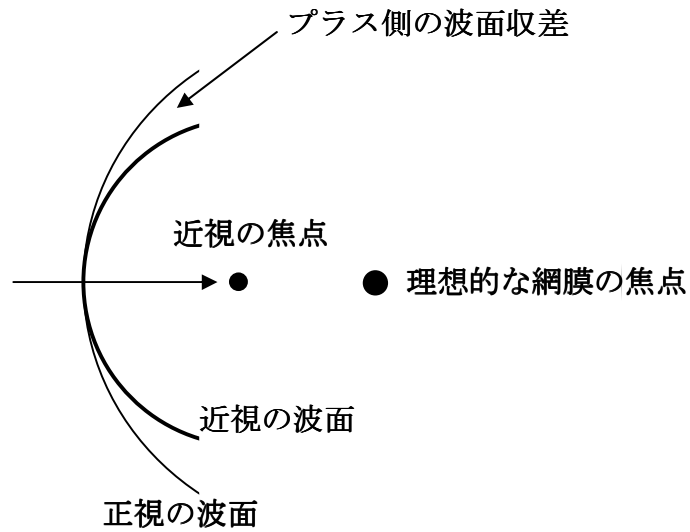


図3 近視の波面は理論的な正視の波面に比べて大きく曲げられ、網膜の手前で光を収束させます。周辺にいくに従いプラス側に増加する波面収差があるということです。

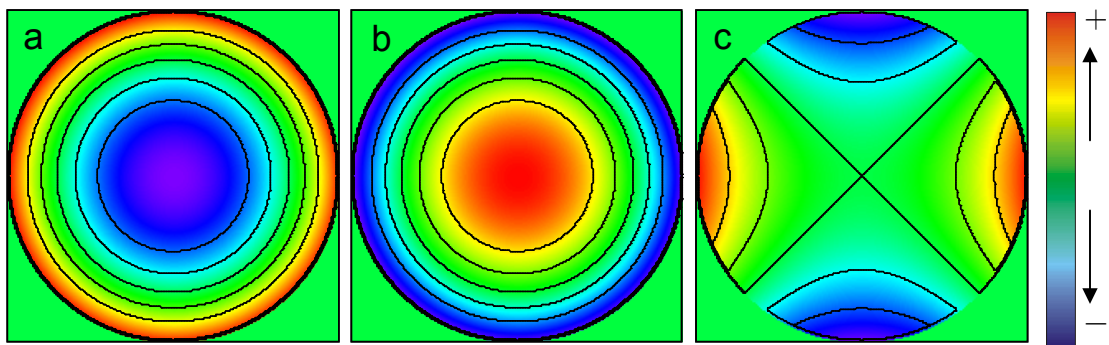


図4 a)近視、b)遠視およびc)乱視の波面収差マップの例を示します。近視の波面は周辺で進められ、遠視の波面は周辺で遅れます。乱視の波面は水平方向の周辺では進められますが、垂直方向の周辺では遅れます。

Contact lens news briefs

オプトメトリストと眼科医のためのオンライン講座

The Southeast Council of Optometry International (SECO)は、ウェブサイト (www.secointernational.com)で良質で広範囲にわたる継続的講座を提供しています。眼科医やスタッフは、最新の基礎的な講座を英語で見ることができます。その多くは講座内容に同調して進むスライドを使った講演者のビデオ講座になっています。ウェブサイトに登録すれば、講座は無料で見ることができます。

NIKE MAXSIGHT スポーツ・コンタクトレンズ

Northeastern State University の Dr. Alan Grover は、NIKE MAXSIGHT コンタクトレンズを使って、ゴルフの上級者と初級者を対象にパフォーマンスを比較しました。このコンタクトレンズはアスリートのパフォーマンス向上のために開発され、ボッシュロムが販売しています。このレンズには2種類の色があります。一つは緑で、ゴルフやランニングなどのスポーツに適しています。もう一つはアンバー（黄褐色）です。アンバーのレンズはサッカー、テニス、野球などに向いています。試験の結果は、何人かの初級者ゴルファーの正確さが向上し、反対に多くの上級者では悪くなるということを示していました。

Dr. Grover は、色のコントラストが向上したことは初級者ゴルファーにグリーンの輪郭をはっきりわからせることにつながるが、上級者ゴルファーはすでに目に見えるものを十分理解し微調整もしているため、色の感覚が変わることで混乱してしまうとの仮説を立てました。

正常眼の高次収差

Salmon と van de Pol は、専門誌 *Cataract and Refractive Surgery* (December 2006) のなかで、アメリカ、スペイン、日本の 10 施設における 2560 眼の正常眼の波面収差調査結果を発表しました。瞳孔径 6.0mm における高次収差の RMS 値（収差の大きさを示す値）の平均は $0.33 \mu\text{m}$ でした。瞳孔径 6.0mm において突出していた収差とその RMS 値は以下のとおり。

- ・ 垂直方向ののこま収差、Z(3,-1)、 $0.14 \mu\text{m}$
- ・ 球面収差、Z(4,0)、 $0.13 \mu\text{m}$
- ・ 斜め方向の三つ葉状(trefoil)収差、Z(3,-3) $0.11 \mu\text{m}$

RMS 値の平均の 2 倍を基準として考えると、正常眼の約 90%はその範囲内に入っていました。

オートレフ、波面センサー、自覚的屈折検査による屈折測定の再現性

Pesudovs らは、*Optometry and Vision Science* (May 2007)のなかで、オートレフラクトメータ 2 種類（二デック、トプコン）、波面センサー（COAS）、自覚的屈折検査で 16 眼の屈折異常を繰り返し検査した結果を発表しました。波面収差のデータからは 5 つの異なる計算方法で屈折異常を評価することができます。2 つのオートレフと波面収差データのなかで最も直接計算できるデータは、明らかに自覚的屈折検査より再現性が高いことが示されました。いくつかある波面収差のデータの中では、ゼルニケ係数の 2 次の項だけを用いる方法が最も良い結果でした。これらの結果は、再現性を評価したもので正確さを評価したものではないことに注意してください。