

インストラクションコース 4

「眼科手術で最適な視認性を得るための tricks & tips」

第 48 回 日本眼科手術学会学術総会

眼科手術で最適な視認性を得るための tricks & tips

われわれは、「手術における基本は対象をできるだけよく見える状況下、すなわち最適な視認性を確保したうえで行うことがレベルの高い手術を行うための最初の入口だ」というコンセプトのもと、過去数年にわたってインストラクションコースを行ってきた。良好な視認性を確保することの重要性についての理解を深めることがこのコースの目的である。熟練した術者ほど視認性の確保に注意を払い見やすい状態を確保して手術を行っているということに気づいていない初心者も多い。近年話題になっている Heads-up Surgery (HUS) もつまるところは視認性の問題に行きつく。従来の顕微鏡による視認性に比べ HUS の視認性の優位性と今後の伸びしろを比較したらどうなるかということにつける。今回はできるだけ抽象的な議論は避け、実際の症例をもとに、より実践的な内容にすることを心掛けた。実際の症例を提示し、経験豊富な各術者が普段行っている良好な視認性を確保するためのノウハウを披露してもらおう。ここで得たことが明日から行う手術の一助になれば幸いである。



ASUCA EYE CLINIC
SENDAI MARK ONE

白内障手術で最適な視認性を
確保するためのコツ

SANTARO
NOGUCHI
PRESEBYOPIA CORRECTION

SANTARO NOGUCHI

Tsukazaki Hospital
ASUCA eye clinic
SENDAI MARK ONE



ASUCA EYE CLINIC
SENDAI MARK ONE

Today's talk

- Guidance system
- ノッチフィルター
- Filter system解析

SANTARO
NOGUCHI
PRESEBYOPIA CORRECTION



ASUCA EYE CLINIC
SENDAI MARK ONE

Guidance system

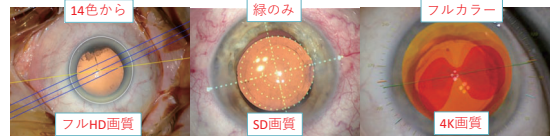
SANTARO
NOGUCHI
PRESEBYOPIA CORRECTION

Guidance system



ASUCA EYE CLINIC
SENDAI MARK ONE

結膜、結膜強膜血管、虹彩紋理のコントラストを認識することで眼の固有点からの角度で乱視軸を認識、表示させるためマーカレスで正確な角度表示



どの器械も血管自体を認識している訳ではない！！

ガイダンス表示はVERIONのみ顕微鏡の左右目どちらでも設定可能
他社2社は右眼にしか表示されないようになっている

SANTARO
NOGUCHI
PRESEBYOPIA CORRECTION

Light loss



ASUCA EYE CLINIC
SENDAI MARK ONE

全社、左目は理論上、光減衰はない。



Lumera700 + CALLIST
36%の減衰

ビームスプリッター20%
IDISで20% (on offどちらでも)
↓
0.8 × 0.8 = 64%が残る



VERIONでは44%以上の光減衰が発生する

MIDIにて30% (onoffどちらでも)
ビームスプリッター20%-50%
↓
0.7 × 0.5 - 0.8 = 35% - 56%が残る



Leica顕微鏡は4光路になっており、術者の右眼のみ15%光減衰する。モニターへの分光は助手側から取っており術者には影響ない。高感度CCDを用いているために低減衰。

SANTARO
NOGUCHI
PRESEBYOPIA CORRECTION



ASUCA EYE CLINIC
SENDAI MARK ONE

バンドパスフィルター

SANTARO
NOGUCHI
PRESEBYOPIA CORRECTION

ノッチフィルター



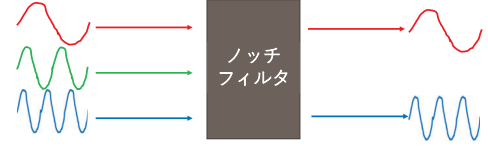
理想的なフィルタは完全に平らな通過帯域を持ち、通過帯域の外のすべての周波数を完全に減衰させる。しかし実際には、そのようなバンドパスフィルタは存在しない。
 フィルタは必要な周波数帯域外のすべての周波数を完全に減衰させるというわけではなく、特に必要な通過帯域のすぐ外側の帯域では、減衰はするが完全には取り除けない。これはフィルタの「roll-off」として知られており、これは周波数のオクターブあたりの減衰をdBで表現される。
 一般にフィルタの「roll-off」はできるだけ狭くなるように設計し、その結果フィルタはできるだけ理想的な特性が得られるようになる。しかしながら「roll-off」が狭くなるとともに、通過帯域は水平でなくなりはじめ「リップル(電気)」が生じ始める。この効果はギブス現象として知られており、通過帯域の端で顕著である。



ノッチフィルタ



特定の波長帯域の光のみをととも低いレベルにまで減衰(遮断)させ、それ以外の波長帯域の光は高い透過率をしめす光学フィルタ。



バンドパスフィルタは特定の波長帯域の光のみを透過させる。ノッチフィルタはこの逆(特定帯域の光のみを透過させない)

遮断の度合いは遮断領域でのピーク光学密度 (OD) とされる。
 OD=6は透過する割合が10のマイナス6乗すなわち透過率が0.0001%を示し、OD値が大きいくほど遮断率が高くなる。



特定の波長帯域の光のみをととも低いレベルにまで減衰

ノッチフィルタ 理想と現実



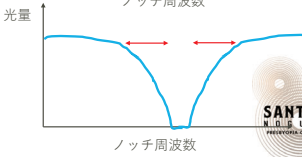
理想

特定の波長帯域の光のみをととも低いレベルにまで減衰(遮断)させ、そのほかの波長は100%透過することが理想

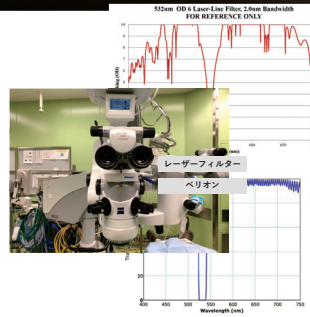


現実

特定の波長帯域周辺も減衰する。



バンドパスフィルタ



眼科顕微鏡のFilterは532nmカットを目的とする。

特定波長以外も必ず、光減衰が発生する。

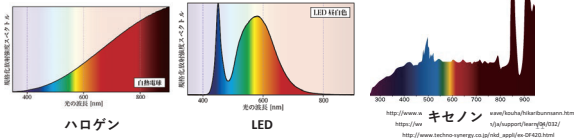


波長



- 波長
 - 青 (短: 散乱しやすい)
 - 赤 (長: 散乱しにくい)
- 波長
 - 青 (浅いところで散乱)
 - 赤 (深いところまで到達)

フィルタは引き算
 ハロゲンの様な長波長は得られない



Filter system解析



Filter system解析



6種のレーザーフィルター
+
Guidance system

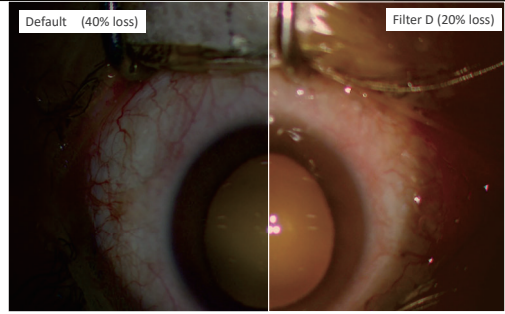
Zeiss ルメラ700
キセノン光源
(ハロゲンモードフィルター)
二台

人眼に射入する光量
測定解析

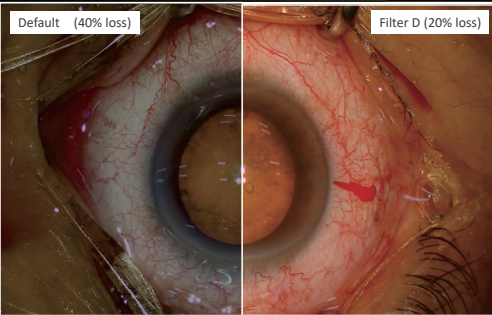


Lux (照度) 指示値の±5%±1digit, 3,000lx~±7.5%1digit
CMOSリニアイメージセンサー
分光データ (1nm, 単位: W·m⁻²·nm⁻¹) 380nm~780nm

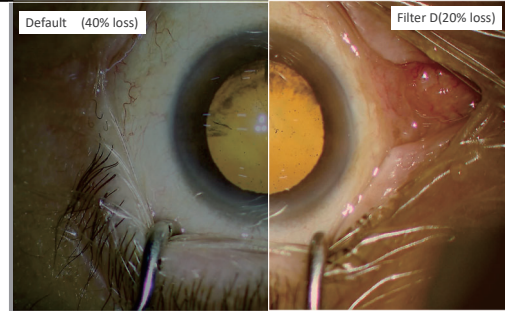
Light loss simulation



Light loss simulation



減衰波長



Light lossまとめ



- 普通の私たちの顕微鏡
約1/3の光でみている (右眼)
- Guidance systemのLight loss
40%以上のLoss
色温度は変わらない
- Filter
種類によって大きな差 **不要な波長Loss**
- 組み合わせでのLossは計算可能
- 演色性の大きな差
filter Cは使いにくい

適切な顕微鏡セッティングは？



Thank you



Special thanks




第48回日本眼科手術学会学術総会
 インストラクションコース
 眼科手術で最適な視認性を得るための tricks & tips

硝子体手術での視認性の工夫

はねもと眼科
 塙本 幸

日時: 2025年1月31日-2月1日
 会場: パシフィコ横浜会議センター



内境界膜剥離の研修について

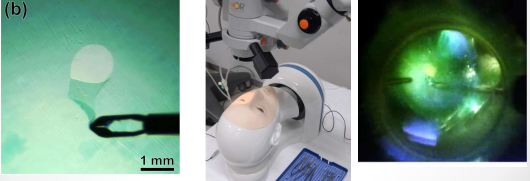
- ◆ 硝子体手術の練習は、豚眼を用いたり、模擬眼を用いたり、様々である。
- ◆ 特に内境界膜剥離の練習は難しく、手術を行いながら覚えることが、いまだ現実である。



RESEARCH ARTICLE
 A surgical simulator for peeling the inner limiting membrane during wet conditions

Mitsui Chemicals
 bionic-EYE

Seiji Omata^{1*}, Yusel Someya¹, Shyn'ya Adachi¹, Taisuke Masuda¹, Takeshi Hayakawa², Kanako Harada^{3,4}, Mamoru Mitsuishi⁵, Kiyohito Totsuka⁶, Fumiyuki Araki⁶, Muneyuki Takao⁶, Makoto Aihara⁶, Fumihito Arai¹



PLOS ONE | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196131> May 14, 2018

MISCELLANEOUS
 A simulated eye for vitreous surgery using Japanese quail eggs

Akira Hirata · Ryo Iwakiri · Satoshi Okinami



Received: 25 July 2012 / Revised: 6 December 2012 / Accepted: 13 December 2012 / Published online: 5 January 2013
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

◆ 卵殻膜の剥離が内境界膜剥離の練習になることを提案

Hirataが開発したうずらを用いた模擬眼を簡便化
 視認性が良好なモデルを作成



ILMトレーナー

- ◆ 模擬眼の角膜がないことが、むしろ観察構造簡便化につながり視認性が向上し、内境界膜剥離の練習を手術室内外で比較的簡単に行えるようになった
- ◆ 黄斑部の操作の訓練が最終的に患者さんの視機能を初心者でも損なわずに行える機会ができる

網膜剥離の裂孔凝固の視認性の工夫

- ◆ 網膜剥離の硝子体手術では通常液空気置換後に網膜裂孔から網膜下液を吸引し、光凝固や冷凍凝固で裂孔凝固を行う。
- ◆ 液空気置換下での視認性は悪く小さな裂孔などはわかりにくくなる。
- ◆ 網膜剥離の硝子体手術で、網膜冷凍凝固プローブを用い内陥させて凝固する特性を利用して、液空気置換をする前に直視下で裂孔凝固を行う手術手技を紹介する

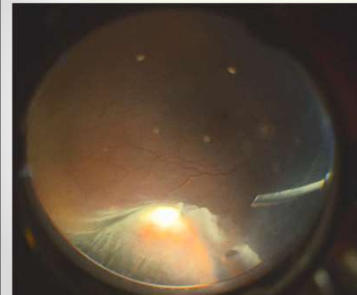
網膜剥離硝子体手術の凝固について

- ◆ 網膜剥離硝子体手術において裂孔を凝固する方法は、光凝固と冷凍凝固、ジアテルミーなどがある。
Falkner-Radler Cl. Acta Ophthalmol. 2015
- ◆ バックル手術では網膜冷凍凝固は術後フレアが網膜光凝固よりも有意に強く視力回復も遅い
Veckeneer M. Am J Ophthalmol. 2001
- ◆ 冷凍凝固とガスタンポナーデを用いたPPVは初回復位96%と有効
Loidice P. Eur J Ophthalmol. 2023
- ◆ PPVで冷凍凝固の使用は適切に行われれば、癒痕は大きく、いまでも海外では広く利用されている。
Bentivoglio, M. BMC Ophthalmol 2019

手術手技

- ◆ シャンデリアを用いた4ポート
- ◆ 中心部の硝子体切除後に、冷凍凝固のプローブを用いて裂孔周辺を圧迫してshavingを行い、裂孔に近寄って内陥したプローブに裂孔に軽く触れる程度まで網膜下液を吸引し、灌流液下で裂孔の冷凍凝固(同時に行える)
- ◆ 液空気置換を行いガスを注入して手術を終了

手術手技



- ◆ クライオプローブで強膜圧迫した状態で、硝子体カッターで網膜下液を吸引し、灌流液下で裂孔の冷凍凝固を行う
- ◆ 左足で硝子体カッターを操作、右足でクライオを踏み同時に操作する

考按

- ◆ 空気置換下における網膜凝固は基本的に視認性低下がする。冷凍凝固は過凝固になりやすく加減が難しいため、レーザー凝固治療が主流
- ◆ レーザー凝固は裂孔周囲がドライになるのが必要で後極と同じ凝固をすると周辺過凝固になりやすく残存皮質収縮にて術後裂孔の原因になる場合がある。
- ◆ 灌流液下直視下の冷凍凝固は網膜と色素上皮を凝固するため裂孔周囲がドライでなくても行え、空気下よりも色調確認が容易で過凝固のコントロールができる

手術手技のまとめ

- ◆ 本方法は、灌流液下の冷凍凝固を行うことによって従来から懸念されている液空気置換下における過剰凝固がない。
- ◆ 強膜圧迫を行いながら網膜下液を抜いて引き続きや同時に冷凍凝固を行う作業が効率的である。

第48回日本眼科手術学会総会 IS4:眼科手術で最適な視認性を得るためのtricks&tips

手術顕微鏡の歴史



図 35 Hans Littmann

1953年：耳鼻科手術にて
1960年代：眼科、脳外科にて



OPMI1 (Zeiss社)

双眼にて立体視が可能

眼科手術と顕微鏡の関係

	顕微鏡の照明系	顕微鏡の観察系	その他
白内障手術	●	○	
硝子体手術		●	眼内照明
緑内障（眼外）手術	○	○	

*それぞれの機種の照明系と観察系の特徴を知った上で、手術の種類、及びどの程度の難易度の症例と日頃取り組むかを基準に考えると、選択すべき機種も決めやすいと考える。

顕微鏡の照明について

1：光源について＝変遷と色温度と演色性


2：光路について＝照明方法

ハロゲン光源の出現


タングステン-ハロゲン電球=タングステンより高熱を発生し明るく、ハロゲンサイクル(Halogen Cycle)により、寿命が長いのが利点。

しかし、初期のハロゲン電球では発光効率の問題から、電球を大きくする必要が生じ、そのために、発熱の問題で鏡筒内にファンを搭載する必要が生じ、重量の問題と埃が舞うという問題から、光源が鏡筒より別の場所へ分離・移動し、これと鏡筒を結ぶファイバースystemが開発された。

(ダイレクト照明方式)



(ライトガイド方式)



LED光源の出現

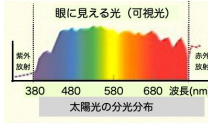


青色LED+黄色蛍光体

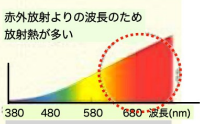
- 1：フィラメントがなく長寿命。
- 2：発熱性なし
- 3：点灯直後から安定。
- 4：色の再現性が高い。

光の波長と色温度と演色性の関係性の認識

ハロゲン電球*LEDの分光分布

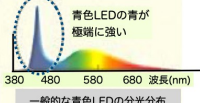


太陽光の分光分布



ハロゲン電球の分光分布

赤外放射よりの波長のため放射熱が多い



青色LEDの青が極端に強い

一般的な青色LEDの分光分布

光源の拡散性

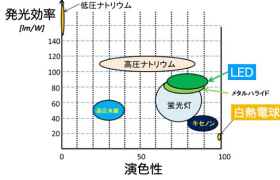
LED光は波長の短い光で構成されておりドライの環境下では直進性(指向性)に優れているため、乾いた角膜からの徹照照明に向く。しかし、水を含む環境下では、波長が短いゆえに乱反射を起こし視認性を低下させる。こういった環境では、波長の多い光を含むハロゲン光源が有利である。



車のフォグランプの原理


光源の演色性

演色性(えんしょくせい)とは、ランプなど発光する道具・装置が、ある物体を照らしたときに、その物体の色見え方に及ぼす光源の性質のこと。一般的に自然光を基準として、近いものほど「良い」「優れる」、かけ離れたものほど「悪い」「劣る」と判断される。心地良く感じる色合い。



発光効率 [lm/W]

演色性



特定領域の波長が強い、連続性に乏しい光(青色LEDなど)は演色性が落ちる。青が強いほど影も消え立体感が欠けることも一因。

色温度の手術場面毎での演色性による選択

←赤みが増す → 青みが増す→
2000K 3000K 5500K 6500K 9300K 12000K

https://www.eizo.co.jp/eizolibrary/other/tmedia02_05/

HUS時のモニター上でなら可能になる。

網膜 (黄斑) 核処理
硝子体観察 CCC

https://note.com/kohki_shiraishi/n/n53df48d9148

顕微鏡の照明について

1 : 光源について=色温度と演色性

2 : 光路について=照明方法について

顕微鏡の照明システム

同軸落射 (側射) 照明
M844

立体的

完全同軸落射照明
M822
Proveo8

ハーフミラー

高解像だが平面的
反射が強い

同軸拡散照明

輪郭がシャープ=3D手前向き

高解像度で立体的

実践を理解する上での、
基礎編として顕微鏡の進化の必然性を理解していただき、
これから各先生にお話しいただくための前振りとさせていただきます。

私からの実践編として、良好な視認性の確保と安全な手術
を遂行するため、ドレーピングの重要性についてMy tipsを
お話しさせていただきます。

IC : 白内障手術で最適な視認性を確保するためのTricks & Tips:実践編

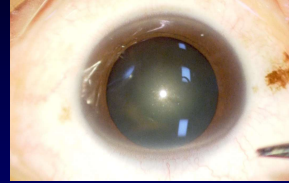


顕微鏡画像
見る, 観る, 推る, 悟る

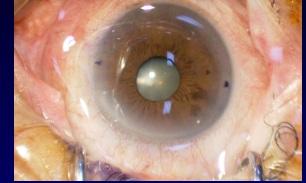
井上眼科病院
徳田 芳浩

術野の水捌け：顔付きは十人十色

術野の水捌けのポイント



大きな瞼裂
比較的年若, 大柄, 近視系
水捌けに全く問題なし



狭い瞼裂
比較的高齢, 小柄, 遠視系
術野に水が溜まりやすい

術野の水捌け：基本中の基本



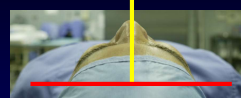
バッターボックスに立ってから
どうやってホームランを打とうか？
VS
既に情報分析に基づく戦略と
練習は終わっている

手術開始時(眼球に触れた時)、勝負は既に終わっている 🐦

- ・ドレープのトリミング
- ・顔位と眼位の調整

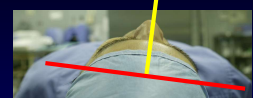
術野の水捌け：基本中の基本

術野の水捌けのポイント



視認性<<操作性

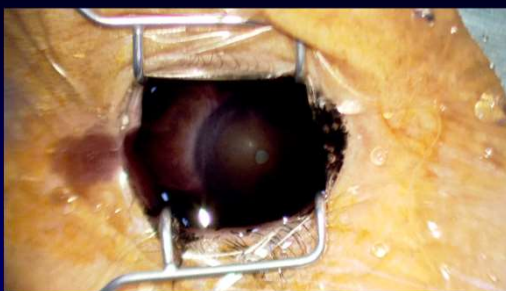
眼瞼に邪魔されにくく操作性は良いが
水が溜まって視認性が落ちる



視認性>>操作性

水捌けが良く視認性は良いが
眼瞼が邪魔で操作は窮屈

頭位補正による水捌け対策



その他の術野/視認性の確保

術野/視認性の確保は外科手術の基本

- ・ 前囊染色
→未承認ではあるがメリットは絶大
→操作の途中でも:追い染色
- ・ 制御糸の活用(6-0シルク丸針)
→めったに使わないがあると便利
→邪魔な結膜への意外な使い方
- ・ ズームの呪縛
→大きくしたら見やすい(わかりやすい)か？
→見えにくいと感じたらズームダウンしよう～



拡大鏡：大きくすれば見える？

高倍率

低倍率



細部 > 全体

細部 < 全体

拡大で問題が解決するなら小瞳孔例は無くなる

奥義：見えないものを観る

若手もベテランも、網膜に映る画像は同じ

- ベテランが観えるのは解釈の問題
 - **経験的解釈**: 過去の画像と比較
 - (例) 角膜混濁
 - 普通の症例を完璧に基本通りに操作する
 - まったく同じ操作で見えないところを補完する
 - **理論的解釈**: 見えるものから推る
 - (例) プラインドCCC
 - 見えるフラップの形から
 - 見えないプラインド部分を推定

ズームダウンのメリット

