



视野改善技术



# 控制光线波长， 打造舒适的视野

— NeoContrast™ 技术 —

半田知也

北里大学，医疗卫生学部



光学月刊，2020，2（第 70-73 页）

向所有人奉上最好的视界品质QOV。

※QOV (Quality of View) 系指视力的最优化、舒适的可视性、眼睛的健康管理和预防疾病等与眼睛相关的生活质量、满意度的衡量尺度。



三井化学集团

<https://www.mitsuichemicals.cn/special/mr/>

上海市静安区恒通路 268 号凯德星贸大厦 2102 室 200070

# 控制光线波长，打造舒适的视野

## — NeoContrast™ 技术 —

光在我们的日常生活中、观察物体时不可或缺。不过，观察物体时所需的光量并非越多越清晰。我们的眼睛具有捕捉光、并将信号传入视觉皮层的作用，无论在室内还是室外，均可持续接受来自极广泛范围的光的波长、光量的光刺激。要想捕捉光线并打造舒适的视野，则需从“折射矫正：捕捉光线并在视网膜上清晰成像的功能”、和“光线波长的控制：阻断特定光线波长并改善视觉效果和保护眼睛的功能”这两方面同时入手。所说的第一种功能，即捕捉通过眼镜镜片的光线并将清晰图像传送至视网膜的功能（折射矫正）早已是一种广为人知的社会常识。而另一种控制光线波长的功能是什么样的呢？基于保护眼睛免遭光线刺激的观点，防紫外线

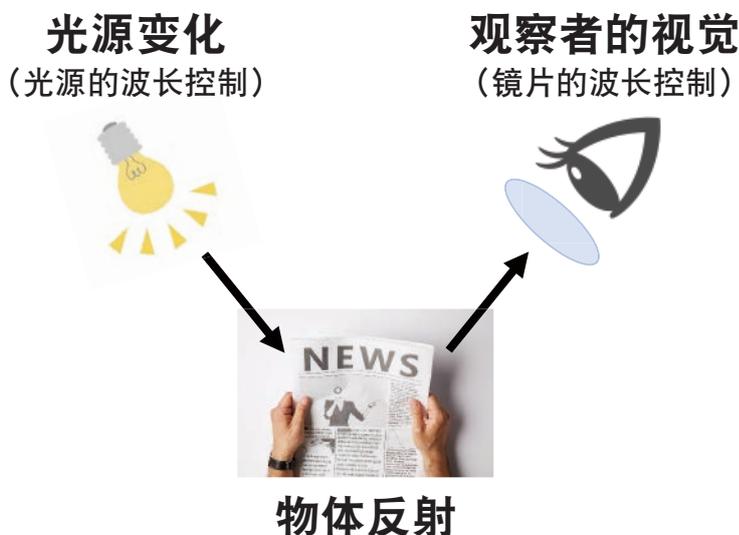
(UV-A, UV-B) 及可见光线中波长较短的蓝光 (380 ~ 500nm) 等阻断效果受到重视。但是我认为，目前控制光线波长对于改善视觉效果 (quality of vision: QOV) 还没有完全表现出来。



基于对 QOV 的考量，除了观察者的视觉（眼睛的光度、分辨率）以外，光源（照明）的波长控制、通过眼前镜片的光线波长控制也至关重要（图 1）。

我们在观看物体时，原本是光源照射物体，然后再通过物体的反射光射入观察者的眼内来识别物体的颜色和形状。但是光源波长一旦发生变化，物体的视觉效果也会随之变化，另外通过眼前镜片进行光线波长控制时，物体的视觉效果同样也会发生变化。然而，我们日常生活中的照明环境大相径庭，大多无法调节。而另一方面，通过镜片进行光线波长控制（通过添加的色素实现各种分光特性）则可根据生活场景，以佩戴或摘下眼镜的方式来轻松调节，可谓是一种更加实际的对应措施。

图1. 物体的视觉效果与光源、观察者视觉的关系



作者简介：半田知也，医学博士，北里大学 医疗卫生学部 视觉机能疗法学教授。

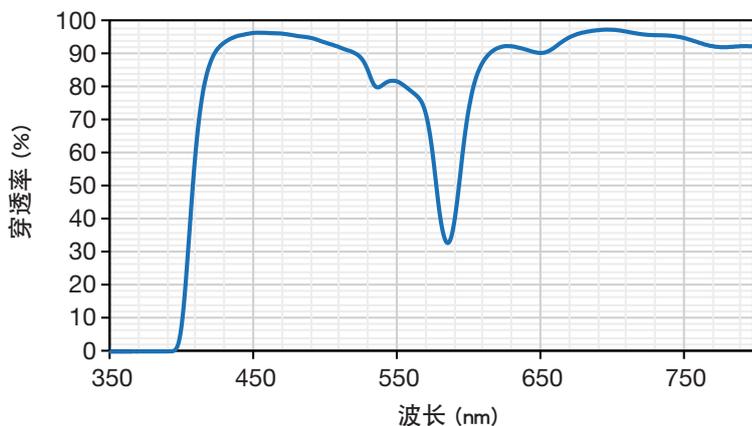
研究方向：视觉机能检查法的开发



而 NeoContrast™ 是三井化学株式会社在近年开发的一种选择性阻断黄光（585nm 附近）的光线波长控制技术（图 2）。日常临床结果表明，虽然在日常的视力检查中可达到良好的矫正视力效果，但一些中老年患者的反馈却是“看不清字”、“模糊不清”等。这种现象可能是多种原因导致，而主要原因则可能是水晶体的光学特性伴随年龄增长而发生变化（变黄）所致。水晶体原本并非完全无色透明，青少年时期就会略呈黄色<sup>1)</sup>。伴随年龄的增长，水晶体将进一步变黄，可见光线的短波长区域（蓝色系统）

穿透性将会减弱。水晶体的颜色将会随着年龄增长而逐渐加深，而色觉虽然没有相应地呈现明显的感觉，但中长波长区域（黄色系统）却更加鲜明，视野可见黄色，微妙色调（黑色和藏青色等）的辨别能力下降，从而可能会感觉到 QOV 的下降。坂本<sup>2)</sup>在报告中曾指出，黄光阻断对于改善中老年人的颜色对比灵敏度具有明显效果。据推测，在伴随年龄增长而愈加明显的中长波长区域中，选择性阻断黄光（585nm 附近）的 NeoContrast™ 可减轻伴随年龄增长的水晶体变黄影响，并使 QOV 得到改善。

图2. NeoContrast™ 的光线穿透率

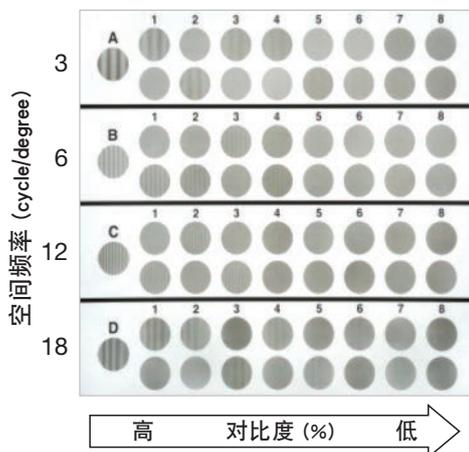


左图为NeoContrast™ 的光线穿透率范例，右图为NeoContrast™ 镜片范例(运动型太阳镜)。

图3. 对比灵敏度检查



CSV-1000 (VectorVision公司)



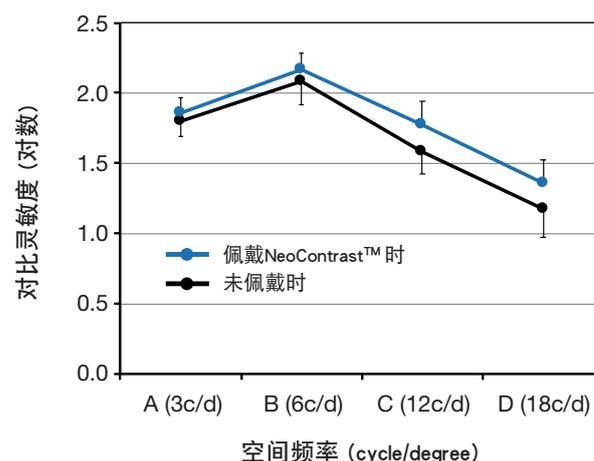
左图为对比灵敏度检查装置 (CSV-1000, Vector Vision公司) 的检查外观。右图为CSV-1000上使用的对比灵敏度检查视标(条纹视标)。在设置上，检查视标的条纹图案越向下表示空间频率越高，越向右表示对比度越低。对比灵敏度视标的一侧为条纹视标，另一侧为上下对称的单色视标。受检者回答条纹视标所在位置，然后基于正确率最低的对比灵敏度视标值计算对比灵敏度。



QOV 评估的代表性检查法是视力检查（使用深浅鲜明的高对比度视标），对比灵敏度检查在视力中可谓难以评估的“形觉（形状知觉）”。为了验证 NeoContrast™ 的 QOV 改善效果，我们以 15 名健康受检者（平均年龄  $36 \pm 6.9$  岁、矫正视力在 1.0 以上）及 15 名白内障患者（平均年龄  $76 \pm 7.5$  岁、矫正视力在 0.3 ~ 0.7）为对象，使用对比灵敏度检测器（CSV-1000, VectorVision 公司）测试了对比灵敏度（图 3）。本装置可对 4 个空间频率（A: 3cycles/degree (cpd), B: 6cpd, C: 12cpd, D: 18cpd）进行定量评估。在任何空间频率区域，对比度高时（视标与其背景偏差较大）便于识别，对比度较低的文字（视标与其背景偏差较小）则难以识别。如果对比灵敏度为较高数值，则表示即使明暗偏差（视力视标与其背景的偏差）较小，也具有可识别视标的出色形觉。检测室光度已设置为 500lx。

图 4 中表示以健康受检者为对象的 NeoContrast™ 佩戴和未佩戴时的对比灵敏度检测结果。佩戴 NeoContrast™ 时的对比灵敏度与未佩戴时相比，对于 12cpd、18cpd 呈现有效的高对比灵敏度（Mann-Whitney Rank Sum Test,  $p < 0.05$ ）。图 5 中表示以白内障患者为对象的 NeoContrast™ 佩戴和未佩戴时的对比灵敏度检测结果。佩戴 NeoContrast™ 时的对比灵敏度与未佩戴时相比，对于所有空间频率呈现有效的高对比灵敏度（Mann-Whitney Rank Sum Test,  $p < 0.05$ ）。佩戴时的对比度改善效果表明，有必要推测一下视网膜锥体细胞（S 锥体、M 锥体、L 锥体）对外侧膝状体及大脑皮质的颜色信息处理过程中的影响。基于心理物理学的视观点，已检测到 S、M、L 锥体的灵敏度会伴随年龄的增长而下降，且报告结果也表明，所有锥体细胞均会伴随年龄的增长而导致灵敏度下降<sup>3)</sup>。尤其是短波长区域中具有分光灵敏度的 S 锥体对水晶体光学特性变化（变黄）的影响更大。NeoContrast™ 可选择性地减少 585nm 附近（黄色）区域的中长波长区域，由此相对提高作为相反色<sup>4)</sup> 的蓝光的感知知觉，从而提高对比灵敏度检查标（图 3 左）的颜色感知知觉平衡（白色更白、黑白差鲜明），结果可能有望提高对比灵敏度的效果。

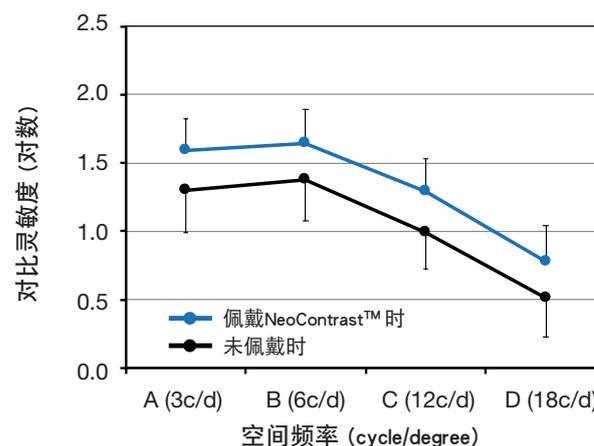
图 4. 健康受检者的对比灵敏度



\* :Mann-Whitney Rank Sum Test,  $p < 0.05$

表示以健康受检者（平均年龄  $36 \pm 6.9$  岁）为对象、佩戴 NeoContrast™ 时与未佩戴时的对比灵敏度。纵轴为对比灵敏度值(将基于视标对比度值(%)的倒数算出的数值转换为对数值(log)的数值)，数值越高表示对比灵敏度越好。

图 5. 白内障患者的对比灵敏度



\* :Mann-Whitney Rank Sum Test,  $p < 0.05$

表示以白内障患者（平均年龄  $76 \pm 7.5$  岁）为对象、佩戴 NeoContrast™ 时与未佩戴时的对比灵敏度。



在场景随时发生变化的日常生活中，要想使 QOV 的效果保持稳定，通过在室内外控制光线波长是可能达到的。本次提到的 NeoContrast™ 可选择性地阻断黄光（585nm 附近），有望提高在室内照明（白天白色：略黄灯光、颜色温度 5000K）下报纸文字的清晰度、室外的可见度。目前我们面临着空气污染造成的城市内能见度严重低下问题，以及由此可能导致的行车交通事故、飞机事故等严重问题。图 6 表示佩戴 NeoContrast™ 时的城市内能见度变化。佩戴 NeoContrast™ 后，黄色变淡且对比度和能见度都明显提高。室外能见度的提高可直接有效地防止行车时的交通事故、以及飞机事故，所以 NeoContrast™ 有望成为确保交通安全的有效对策并被应用起来。

在通过眼镜镜片实现波长控制方面，今后将继续探讨阻断区域波长以及镜片透光率（穿透率）相关事宜，并有必要开发适用于生活场景或生活环境的有波长控制效果的镜片。本次提到的 NeoContrast™ 可谓是一项迈向实现光线波长控制效果第一步的革新性镜片技术，由此可通过提高对比度（提高可见性）来实现 QOV 效果的改善。

#### 文献

- 1) Tanito M, Okuno T, Ishiba Y, Ohira A. Transmission spectrum and retinal blue-light irradiance values of untinted and yellow-tinted intraocular lenses. *J Cataract and Refract Surg*, 36:299-307, 2010.
- 2) 坂本保夫. 遮光与视觉功能—透明遮光眼镜之挑战—*日本白内障学会杂志* 22, 24-28, 2010.
- 3) Sagawa K, Takahashi Y. Spectral luminous efficiency as a function of age. *J. Opt. Soc. AM. A*, 18:2659-2667, 2001.
- 4) Zeki S. The retinex theory and the organization of the colour pathways in the brain. *Vision of the Brain*. Blackwell Scientific Publication 1993, p246-255.

图6. 佩戴NeoContrast™时的城市内能见度变化



表示佩戴NeoContrast™后、空气污染问题严重的印度城市内（孟买：空气污染级别较低地区）的能见度变化。通过镜片使黄色变淡，提高对比度（尤其是建筑物的对比度）及颜色鲜明度的感知。

