

# 長作動距離液浸対物レンズの設計 ～パワーのないエレメントによる収差補正～

京セラ SOC 株式会社 第二技術部  
田邊貴大

## 1. はじめに

近年、非常に長い浸液層を介して試料を観察する対物レンズの需要が高まっている。筆者はこの種の対物レンズの設計を行うにあたり、厚い平行平板を積極的に収差補正に用いる方法を考案した。本記事ではその理論的背景と設計例を紹介する。

平行平板はパワーを持たないので一見収差補正に役立たないように思われる。しかし、平行平板は通常のレンズにない種々の収差特性を持っており、実は収差補正に非常に有用である。

その一例が高倍・高 NA 対物レンズの最も試料側のレンズ群（フロントレンズ）に典型的に現れる厚いメニスカスレンズである。これはパワーのある屈折面とその間の厚い平行平板とに分解して考えることができる。平行平板は球面収差と色収差を補正過剰にする作用があり、高 NA 対物レンズにおいてこれらの収差を補正するのに効果を発揮する（参考文献 1）。

また、今回の主題である液浸対物レンズとは直接の関係は無いが、投影露光光学系において、露光光とアライメント光の波長の差異に伴う収差を平行平板で補正する例も参考文献 2 に紹介されている。

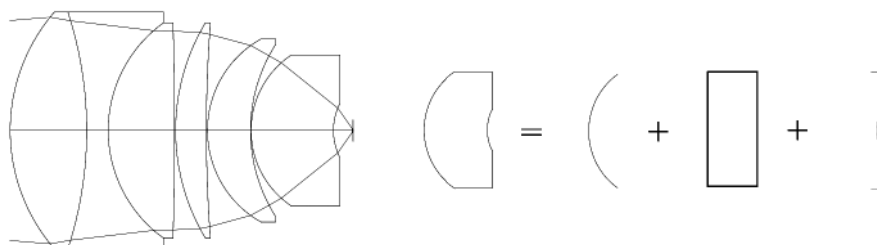


図 1 フロントレンズ形状の例（特開 2010-186162 より）

本記事では特に液浸対物レンズにおける平行平板の効果について扱う。浸液は平行平板と同じ作用をもたらすため、浸液単体の球面収差と色収差は補正過剰である。そのため対物レンズ側と浸液側の球面収差と色収差がバランスするように設計されている。

液浸対物レンズの内、特に複数の浸液に対応できるレンズをマルチイマージョンレンズと呼ぶ。このようなレンズにおいて、浸液を変更した場合何が起きるかを考えてみよう。屈折率とアッベ数が設計条件から外れれば浸液で発生する球面収差と色収差が異なるため、全体として収差補正が崩れてしまう。従来のマルチイマージョン対物レンズでは、この新たに生じた球面収差を補正するため、対物レンズ内の一部の群には光軸に沿って移動させる機能（補正環）が備わっていた。

この方式には二つのデメリットがある。一つは色収差が補正できないこと、もう一つは可動部を含むことである。最初のデメリットは、蛍光観察の場合は問題にならないが、後者の可動部の問題は重要である。長い作動距離の場合、浸液で発生する球面収差の変化量が大きくなり、その結果レンズの