

逢 甲 大 學  
資訊電機工程碩士在職專班  
碩 士 論 文

預防近視鏡片之設計  
**The Prevention of Myopia Lens Design**

The logo of Feng Chia University is a circular seal. It features a central emblem with a gear-like design and a cross-like shape. The words "FENG CHIA UNIVERSITY" are written in English around the top half of the circle, and "逢甲大學" is written in Chinese around the bottom half. The seal is light gray and serves as a background for the title text.

指導教授：陳德請 博士  
研 究 生：林世章

中 華 民 國 一 百 零 一 年 六 月

逢甲大學  
資訊電機工程碩士在職專班碩士學位論文

預防近視鏡片之設計

The prevention of myopia lens design

研究生： 林世章

經碩士學位考試合格特此證明

評審委員

張學謙

黃光榮

陳德請

指導教授

陳德請

主任

郭成峰

考試日期：中華民國 101 年 6 月 15 日

## 誌 謝

能有本篇論文完成，首先要特別感謝我的指導教授陳德請老師。在本人從事研究的期間提供理論和實務方面的經驗分享與協助。不僅從中得到許多專業上的知識和寶貴的意見，也學習到許多做研究的方法。

也要感謝口試委員張榮森教授及黃光榮教授，對本論文給予諸多寶貴建議及指導，有了教授們給予的意見與指正，使得本論文能更加完善、充實，在此致上由衷的感謝。

另外，感謝實驗室中的同學暉凱、宗樺還有靖元學弟，在你們熱心的協助下，才能讓本文順利的完成。在此也要感謝李企桓老師所開的光學課程，讓我在課堂上所學的都能應用的上。最後要感謝我的父母，在我家庭、事業與學業三頭燒的情況下給予我最大的支持與鼓勵，謹以此篇論文獻給我摯愛的家人。

## 摘 要

本研究目的係使用非球面設計一符合近視眼視網膜中心與邊緣度數的預防與控制近視眼鏡鏡片。設計時著重客製化眼鏡設計以適合近視眼睛病患的配戴，增加配戴患者視網膜周邊影像清晰，降低近視度數的增加。設計方法首先建立近視人眼模型，並由四種角度 $0^{\circ}$ ， $10^{\circ}$ ， $15^{\circ}$ ， $20^{\circ}$ 對人眼入射光線，使各角度入射之光線聚焦在視網膜上，在設計當中對各角度進行優化，使近視眼鏡鏡片能將 $20^{\circ}$ 範圍內之影像清晰化，從 $20^{\circ}$ 對人眼入射光線的場曲分析數據來看，所設計的非球面鏡片對視網膜遠視性離焦來得比球面鏡片短，即可使視網膜周邊視野影像清晰，讓眼球軸長不再增加，達到預防近視的目的。

最後選用近視眼 $-1.00\text{D}\sim-4.50\text{D}$ ，分為 4 組，將每組鏡片分別對不同眼睛軸長做多重組態設計，在優化後 MTF 也都能有完美表現，使得原本須用 15 片光學鏡片矯正近視，做多重組態設計後，用 4 片光學鏡片便能解決，達到經濟與環保效果。

關鍵字：近視、非球面、視網膜、周邊遠視、多重組態

## Abstract

The purpose of this study is to use aspheric lens to Design the lens which prevent and control myopia by conforming to the Diopter of center and edge of retina. This design is concentrating on the customization of spectacles for myopic patients to increase clear edge image of retina and prevent the increasing Diopter. Using human-eye structure can simulate four Different fields of view of human-eye which are  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ . Let object rays of each angle focus on retina and we optimizes myopic lens to incur clear images inside  $20^\circ$ . Suppose that these edge images of retina are clear, the main purpose for preventing myopia is achieved as the axial length of eye would not increase.

Myopic lens is chosen from the range between -1.00D to -4.50D, which is further divided into four groups. Each group serves as multi-configuration optimizing Design suitable for Different the axial length of eye. MTF can also reach planned performance. Normally, fifteen optics lenses are needed to correct myopia, after multi-configuration optimization only four optics lenses are necessary.

**Key Word:** myopia 、 aspheric 、 retina 、 peripheral hyperopia 、  
**Multi-Configuration**

## 目 錄

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 摘 要 .....          | i   |
| Abstract .....     | ii  |
| 目 錄 .....          | iii |
| 圖目錄 .....          | vi  |
| 表目錄 .....          | xii |
| 第一章 緒 論 .....      | 1   |
| 1.1 研究背景與動機 .....  | 1   |
| 1.2 研究目的 .....     | 2   |
| 1.3 文獻回顧 .....     | 2   |
| 1.4 論文架構 .....     | 5   |
| 第二章 光學基本理論 .....   | 6   |
| 2.1 初階光學 .....     | 6   |
| 2.2 非球面透鏡 .....    | 10  |
| 2.3 近軸光線追跡原理 ..... | 11  |
| 2.3.1 折射過程 .....   | 12  |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.3.2 傳遞過程 .....        | 13 |
| 2.4 像差理論 .....          | 14 |
| 2.4.1 單色像差 .....        | 15 |
| 2.4.2 色像差 .....         | 19 |
| 2.5 眼球構造 .....          | 20 |
| 2.5.1 角膜 .....          | 21 |
| 2.5.2 房水 .....          | 23 |
| 2.5.3 水晶體 .....         | 23 |
| 2.5.4 玻璃狀液 .....        | 23 |
| 2.5.5 視網膜(Retina) ..... | 24 |
| 2.6 眼球屈折狀況 .....        | 30 |
| 2.7 預防近視眼鏡鏡片原理 .....    | 32 |
| 第三章 設計範例與結果分析 .....     | 34 |
| 3.1 系統設計規格 .....        | 34 |
| 3.2 鏡片設計流程 .....        | 37 |
| 3.3 優化 .....            | 86 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 3.4 分別對不同眼睛軸長多重組態鏡片設計 .....       | 87  |
| 3.4 .1 -1.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計 ..... | 87  |
| 3.4 .2 -2.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計 ..... | 91  |
| 3.4 .1 -3.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計 ..... | 94  |
| 3.4 .1 -4.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計 ..... | 97  |
| 第四章 結論與未來展望 .....                 | 101 |
| 4.1 結論 .....                      | 101 |
| 4.2 未來展望 .....                    | 102 |
| 參考文獻 .....                        | 104 |
| 作者簡介 .....                        | 106 |

## 圖目錄

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 圖 2.1 符號定義圖 .....              | 7  |
| 圖 2.2 光線球面折射圖 .....            | 7  |
| 圖 2.3 薄透鏡成像圖 .....             | 9  |
| 圖 2.4 近軸光線追跡參數描述 .....         | 11 |
| 圖 2.5 折射過程 .....               | 13 |
| 圖 2.6 傳遞過程 .....               | 14 |
| 圖 2.7 球面像差 .....               | 16 |
| 圖 2.8 彗星像差 .....               | 16 |
| 圖 2.9 像散 .....                 | 17 |
| 圖 2.10 場曲 .....                | 18 |
| 圖 2.11 畸變 .....                | 19 |
| 圖 2.12 軸上色像差與倍率色像差 .....       | 20 |
| 圖 2.13 眼球結構圖 .....             | 21 |
| 圖 3.1 眼鏡鏡片設計流程 .....           | 37 |
| 圖 3.2 正常人眼模型圖(3D Layout) ..... | 39 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 3.3 正常人眼模型圖(FFT MTF).....         | 39 |
| 圖 3.4 近視-0.25D 眼睛模型(FFT MTF).....   | 41 |
| 圖 3.5 近視-0.25D 球面鏡片(FFT MTF).....   | 41 |
| 圖 3.6 近視-0.25D 非球面鏡片(FFT MTF).....  | 42 |
| 圖 3.7 近視-0.50D 眼睛模型(FFT MTF).....   | 43 |
| 圖 3.8 近視-0.50D 球面鏡片(FFT MTF).....   | 44 |
| 圖 3.9 近視-0.50D 非球面鏡片(FFT MTF).....  | 44 |
| 圖 3.10 近視-0.75D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 46 |
| 圖 3.11 近視-0.75D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 46 |
| 圖 3.12 近視-0.75D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 47 |
| 圖 3.13 近視-1.00D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 48 |
| 圖 3.14 近視-1.00D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 49 |
| 圖 3.15 近視-1.00D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 49 |
| 圖 3.16 近視-1.25D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 51 |
| 圖 3.17 近視-1.25D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 51 |
| 圖 3.18 近視-1.25D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 52 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 3.19 近視-1.50D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 53 |
| 圖 3.20 近視-1.50D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 54 |
| 圖 3.21 近視-1.50D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 54 |
| 圖 3.22 近視-1.75D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 56 |
| 圖 3.23 近視-1.75D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 56 |
| 圖 3.24 近視-1.75D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 57 |
| 圖 3.25 近視-2.00D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 58 |
| 圖 3.26 近視-2.00D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 59 |
| 圖 3.27 近視-2.00D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 59 |
| 圖 3.28 近視-2.25D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 61 |
| 圖 3.29 近視-2.25D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 61 |
| 圖 3.30 近視-2.25D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 62 |
| 圖 3.31 近視-2.50D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 63 |
| 圖 3.32 近視-2.50D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 64 |
| 圖 3.33 近視-2.50D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 64 |
| 圖 3.34 近視-2.75 眼睛模型(FFT MTF).....   | 66 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 3.35 近視-2.75D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 66 |
| 圖 3.36 近視-2.75D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 67 |
| 圖 3.37 近視-3.00D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 68 |
| 圖 3.38 近視-3.00D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 69 |
| 圖 3.39 近視-3.00D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 69 |
| 圖 3.40 近視-3.25D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 71 |
| 圖 3.41 近視-3.25D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 71 |
| 圖 3.42 近視-3.25D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 72 |
| 圖 3.43 近視-3.50D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 73 |
| 圖 3.44 近視-3.50D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 74 |
| 圖 3.45 近視-3.50D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 74 |
| 圖 3.46 近視-3.75D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 76 |
| 圖 3.47 近視-3.75D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 76 |
| 圖 3.48 近視-3.75D 非球面鏡片(FFT MTF)..... | 77 |
| 圖 3.49 近視-4.00D 眼睛模型(FFT MTF).....  | 78 |
| 圖 3.50 近視-4.00D 球面鏡片(FFT MTF).....  | 79 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 圖 3.51 近視-4.00D 非球面鏡片 (FFT MTF).....                 | 79  |
| 圖 3.52 近視-4.25D 眼睛模型 (FFT MTF).....                  | 81  |
| 圖 3.53 近視-4.25D 球面鏡片 (FFT MTF).....                  | 81  |
| 圖 3.54 近視-4.25D 非球面鏡片 (FFT MTF).....                 | 82  |
| 圖 3.55 近視-4.50D 眼睛模型 (FFT MTF).....                  | 83  |
| 圖 3.56 近視-4.50D 球面鏡片 (FFT MTF).....                  | 84  |
| 圖 3.57 近視-4.50D 非球面鏡片 (FFT MTF).....                 | 84  |
| 圖 3.58 近視-1.50D 組優化前 FFT MTF .....                   | 88  |
| 圖 3.59 近視-1.50D 組優化後(a) FFT MTF (b) Ray FanData..... | 90  |
| 圖 3.60 近視-2.50D 組優化前 FFT MTF .....                   | 92  |
| 圖 3.61 近視-2.50D 組優化後 FFT MTF .....                   | 93  |
| 圖 3.62 近視-3.50D 組優化前(a) FFT MTF (b) Ray FanData..... | 95  |
| 圖 3.63 近視-3.50D 組優化後(a) FFT MTF (b) Ray FanData..... | 97  |
| 圖 3.64 近視-4.50D 組優化前(a) FFT MTF (b) Ray FanData..... | 99  |
| 圖 3.65 近視-4.50D 組優化後 FFT MTF .....                   | 100 |
| 圖 4.1 線性擴散函數量測裝置 .....                               | 103 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 圖 4.2 雷射光點影像追蹤分析裝置 ..... | 103 |
|--------------------------|-----|



## 表目錄

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 表 2.1 賽德像差分類表 .....                  | 15 |
| 表 3.1 鏡片設計規格表 .....                  | 35 |
| 表 3.2 近視度數與前後曲率之關係 .....             | 36 |
| 表 3.3 ZEMAX 正常人眼模型參數設定 .....         | 38 |
| 表 3.4 ZEMAX 近視-0.25D 人眼模型參數設定 .....  | 40 |
| 表 3.5 ZEMAX 近視-0.50D 人眼模型參數設定 .....  | 43 |
| 表 3.6 ZEMAX 近視-0.75D 人眼模型參數設定 .....  | 45 |
| 表 3.7 ZEMAX 近視-1.00D 人眼模型參數設定 .....  | 48 |
| 表 3.8 ZEMAX 近視-1.25D 人眼模型參數設定 .....  | 50 |
| 表 3.9 ZEMAX 近視-1.50D 人眼模型參數設定 .....  | 53 |
| 表 3.10 ZEMAX 近視-1.75D 人眼模型參數設定 ..... | 55 |
| 表 3.11 ZEMAX 近視-2.00D 人眼模型參數設定 ..... | 58 |
| 表 3.12 ZEMAX 近視-2.25D 人眼模型參數設定 ..... | 60 |
| 表 3.13 ZEMAX 近視-2.50D 人眼模型參數設定 ..... | 63 |
| 表 3.14 ZEMAX 近視-2.75D 人眼模型參數設定 ..... | 65 |

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 表 3.15 ZEMAX 近視-3.00D 人眼模型參數設定 .....      | 68 |
| 表 3.16 ZEMAX 近視-3.25D 人眼模型參數設定 .....      | 70 |
| 表 3.17 ZEMAX 近視-3.50D 人眼模型參數設定 .....      | 73 |
| 表 3.18 ZEMAX 近視-3.75D 人眼模型參數設定 .....      | 75 |
| 表 3.19 ZEMAX 近視-4.00D 人眼模型參數設定 .....      | 78 |
| 表 3.20 ZEMAX 近視-4.25D 人眼模型參數設定 .....      | 80 |
| 表 3.21 ZEMAX 近視-4.50D 人眼模型參數設定 .....      | 83 |
| 表 3.22 Sagittal 優化前後數據 .....              | 85 |
| 表 3.23 近視-1.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態 .....    | 87 |
| 表 3.24 近視-1.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態 ..... | 88 |
| 表 3.25 近視-2.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態 .....    | 91 |
| 表 3.26 近視-2.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態 ..... | 92 |
| 表 3.27 近視-3.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態 .....    | 94 |
| 表 3.28 近視-3.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態 ..... | 96 |
| 表 3.29 近視-4.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態 .....    | 98 |
| 表 3.30 近視-4.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態 ..... | 99 |

# 第一章 緒 論

## 1.1 研究背景與動機

現代小孩係因基因遺傳、環境社會因素(人口密度高、太早學習、學業競爭)、個人因素(過度使用、不當使用)而造成近視年齡層明顯下降。

近視的成因在於眼軸過長令遠方落焦成像在視網膜前面，平均近視增加一百度，眼軸長增加 0.37 mm，人類眼軸會隨著年齡慢慢增長，至成人之後才停止(嬰孩眼軸為 16 mm，三歲時為 23 mm，青春期为 24 mm) [1]。在小時候使用眼睛過度，常看近的事物而不看遠方事物，導致眼軸增長的速度過快，而發生病理性近視。

比率「高」外，近視度數「深」更是需要重視的問題。模糊、不美觀、不方便，日後較易有視網膜剝離、視神經病變、青光眼、白內障、失明等併發症的可能[2]。

最近研究報告發現，外圍視網膜圖像對刺激眼睛發育和近視有著重要影響因素[3]。

數百年來，眼睛的聚焦缺陷都是簡單地靠眼鏡鏡片來後移或前移網膜影像進行矯正。如果我們將中心影像移到視網膜上，但將邊緣影像留在視網膜之後，則邊緣影像可能會促使眼軸伸長，導致近視加深[4]。

## 1.2 研究目的

本研究目的在設計一預防近視眼鏡鏡片以符合近視眼睛視網膜中心與周邊邊緣的度數，降低近視度數的增加。研究特色加入人眼光學參數模型做為近視眼鏡鏡片設計與分析，達到客製化目的。研究方法利用 ZEMAX 光學設計程式進行非球面近視眼鏡鏡片的設計，並以人類眼睛近視 0.25~4.50D 為設計考量範圍。當眼睛觀看正前方時，光線所進入到視網膜中心凹及周邊 10°、15°、20°四個不同視場角，做為預防近視眼鏡鏡片的像差分析對像。

## 1.3 文獻回顧

回顧眼鏡的發展歷史，在中國春秋末年，齊國就有用凹球面鏡取火的記載，當時記載的就是鏡片的概念。在中國南宋時已經發明了眼鏡，馬可-波羅 於 1270 年來到北京時，看到元朝官吏們戴凸透鏡閱讀文件，便將其帶回仿製，眼鏡因而傳入歐洲。

最初眼鏡為手持式的單眼正透鏡，一個鏡片連接一個手柄，類似像現在的放大鏡，後來製作成為雙眼排鏡式，再後來用兩根繩子繫掛到耳上，然後逐步出現與現代接近的鏡腳。

鏡片材料最初是用天然水晶石，隨著玻璃工業的發展，漸漸被取而代之。在光學上的知識逐漸有了之後，不同類型及不同折射率的鏡

片材料相繼出現，其中最具代表性的就是冕玻璃，折射率為 1.523，之後也出現了高折射率的玻璃鏡片，減輕了鏡片的重量及厚度。隨著航空業的發展，原本在航空領域所研發的材料也逐漸被一般所使用，其中典型的就樹脂材料〈Columbian resin 39〉及聚碳酸酯〈polycarbonate〉等，這些材料在眼鏡領域中的應用達到了安全、健康、舒適的效果。

鏡片的鍍膜方面，從最初的耐磨損膜〈又稱硬化膜〉到單層減反射膜，發展到由耐磨損膜、多層減反射膜、防水膜〈又稱抗污膜〉等組成的複合膜層，不但減少了反光和眩光等作用，同時也能加了過濾紫外線的設計，除了美觀以外也多了功能性及耐用性。

鏡片的設計部份，從球面鏡片發展到現在消像差功能性的非球面鏡片。眼鏡片設計方面的另一個突破就是矯正老花眼的鏡片，從最初單純看近的單光鏡片、到雙光鏡片，隨之出現能看遠、中、近距離的三光鏡片，在 20 世紀 50 年代出現了漸進多焦點鏡片，即一片鏡片就能滿足不同距離的注視要求，不過在配戴者有周邊變形、晃動感及視覺範圍限制等許多問題，但隨者電腦科技的發展、臨床經驗累積和對調節和聚合、眼球運動等各方面的深入認識，一代比一代設計出來的鏡片，更能符合眼睛視覺需求的漸進多焦點鏡片應運而生。

關於近視控制發展的文獻回顧，在“A Case for Peripheral Optical Treatment Strategies for Myopia” [5]這篇文章中提出了幾個重要的因素與實驗證明，如下幾點：

- 1.視覺剝奪會讓眼睛無法正常產生正視化過程，減少了視覺的回饋，使眼球產生了不規律的生長。
- 2.有度數的鏡片會影響到眼球和屈光發育。
- 3.眼前段(角膜，水晶體)並不影響到屈光差的改變，主要是在玻璃體的軸長度變化才影響到屈光差。
- 4.針對特定區域所做視覺剝奪實驗中，發現調控眼球成長和屈光發育的機制主要是存在眼球內部，周邊視覺反應會對眼球的生長有所影響。
- 5.視網膜黃斑部的中心凹並不會傳遞有關視覺剝奪相關的信號，但周邊的信號會覆蓋視網膜黃斑部的中心凹的信號而決定屈光和眼球發育的走向。
- 6.研究發現視網膜周邊的視覺才是眼睛檢測正視化信號最重要的細胞。

## 1.4 論文架構

本論文的內容安排，第一章為介紹研究動機、研究目的與文獻回顧。第二章光學基本理論。第三章設計範例與結果分析，第四章結論與未來展望。



## 第二章 光學基本理論

### 2.1 初階光學[6]

在近軸光學的情況下針對文章中使用到的符號定義如下：

(1)光線行進方向定義：光線的行進方向為由左向右射入透鏡(如圖2.1所示)。

(2)高度定義： $h$ 是邊緣光線在透鏡上的高度，在光軸上方取正值，在下方取負值；對於物高和像高而言，在光軸上方取正值，在下方則取負值。

(3)曲率半徑定義：曲率中心(C)在曲面的右方其曲率為正值，曲率中心(C)在曲面的左方其曲率為負。

(4)距離定義：光軸上的距離在曲面的左方，其值為負；光軸上的距離在曲面的右方，其值為正。

(5)折射率定義： $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$  分別為物空間、透鏡和像空間的折射率。

(6)角度定義： $u$  與  $u'$  是邊緣光線分別在物空間和像空間與光軸的夾角(圖2.1)，光軸往光線方向順時針轉動其角度為正，逆時針轉動其角度為負，所以  $u$  為負值， $u'$  為正值。

(7)  $P_1$  與  $P_2$  分別為組合鏡組的第一主平面與第二主平面，其與光軸的焦點分別為第一主點與第二主點。

(8)  $\psi$  與  $f$  分別為透鏡的光焦度與焦距， $\psi = f^{-1}$ 。

(9)  $I$  和  $I'$  為光線入射曲面的入射角與折射角(如圖2.2所示)。由入射光或折射光向法線旋轉，順時針旋轉為正，逆時針旋轉為負。

(10) 焦距判別：聚焦(凸)透鏡為正，發散(凹)透鏡為負。

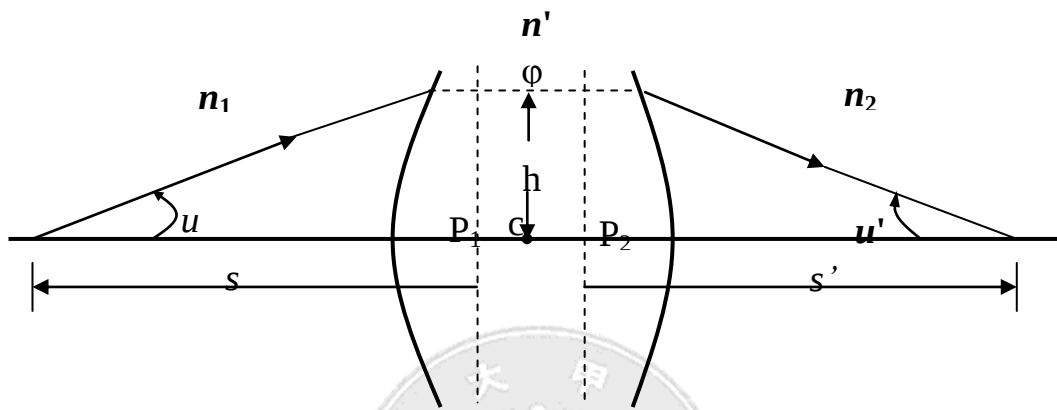


圖 2.1 符號定義圖

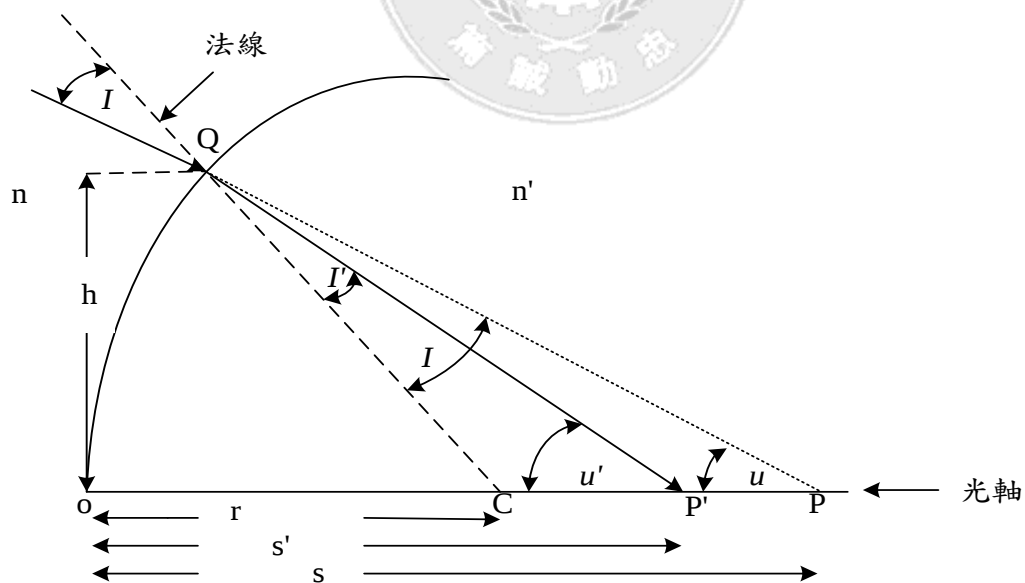


圖 2.2 光線球面折射圖

如圖2.2 所示，在  $\Delta QCP$  中

$$\frac{\sin I}{\sin u} = \frac{s-r}{r} \quad (2.1)$$

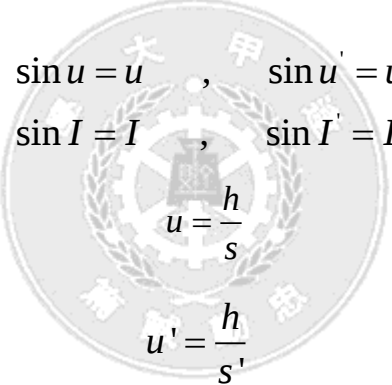
Snells 定律

$$n \sin I = n' \sin I' \quad (2.2)$$

在  $\Delta QCP'$  中

$$\frac{\sin I'}{\sin u'} = \frac{s'-r}{r} \quad (2.3)$$

而近軸條件下


$$\begin{aligned} \sin u &= u, & \sin u' &= u' \\ \sin I &= I, & \sin I' &= I' \\ u &= \frac{h}{s} \\ u' &= \frac{h}{s'} \end{aligned} \quad (2.4)$$

則公式(2.1)變成

$$\frac{I}{u} = \frac{s-r}{r} \Rightarrow I = u \left( \frac{s-r}{r} \right) \quad (2.5)$$

將公式(2.4)代入公式(2.5)得到

$$I = \frac{h}{s} \left( \frac{s}{r} - 1 \right) = h \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right) \quad (2.6)$$

將公式(2.3)改成

$$I' = u' \left( \frac{s'-r}{r} \right) \quad (2.7)$$

將公式(2.4)代入公式(2.7)得到

$$I' = \frac{h}{s'} \left( \frac{s' - r}{r} \right) = h \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s'} \right) \quad (2.8)$$

而公式(2.2)變成

$$nI = n'I' \quad (2.9)$$

將公式(2.6)及公式(2.8)代入公式(2.9)得到

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} + \frac{n' - n}{r} \quad (2.10)$$

探討薄透鏡成像方程式

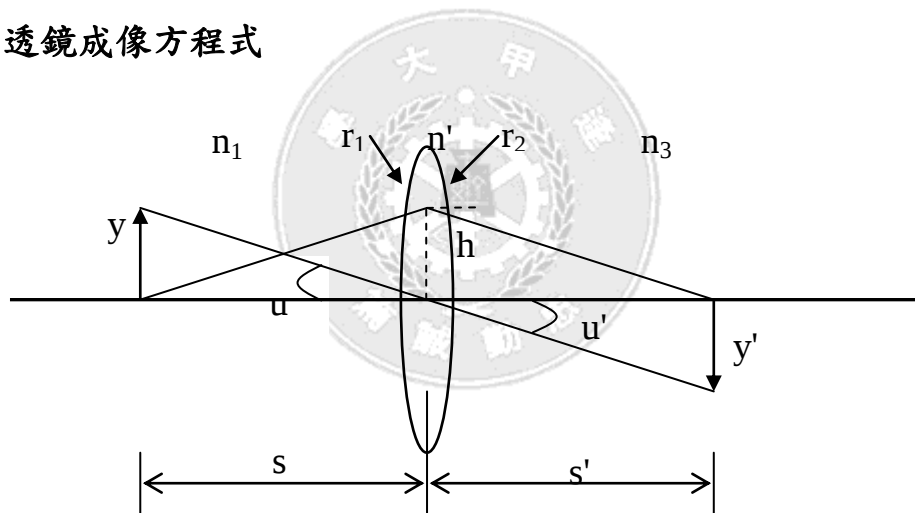


圖 2.3 薄透鏡成像圖

由公式(2.10)得知(假設 $n_1 = n_3 = 1$ ):

前透鏡曲率半徑( $r_1$ )

$$\frac{n'}{s_1'} = \frac{1}{s_1} + \frac{n' - 1}{r_1}$$

$$s_2 = s_1' - 0 = s_1' \quad (2.11)$$

後透鏡曲率半徑( $r_2$ )

$$\frac{1}{s_2'} = \frac{n}{s_2} + \frac{1-n}{r_2} = \frac{n}{s_1'} + \frac{1-n}{r_2} \quad (2.12)$$

公式(2.11)代入公式(2.12)可以得到

$$\begin{aligned} \frac{1}{s_2'} &= \frac{1}{s_1} + \frac{n-1}{r_1} + \frac{1-n}{r_2} \\ \frac{1}{s_2'} &= \frac{1}{s_1} + (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \end{aligned} \quad (2.13)$$

$s_2'$ 即為圖2.3所示之 $s'$ ， $s_1'$ 即為 $s$ ，則：

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{s} + (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (2.14)$$

定義焦距 $f$ ，則公式(2.15)為造鏡者公式：

$$\frac{n}{f} = (n' - n) \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{t(n' - n)}{n' r_1 r_2} \right] \quad (2.15)$$

公式(2.16)為高斯成像方程式：

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{s} + \frac{1}{f} \quad (2.16)$$

## 2.2 非球面透鏡

長久以來光學設計人員都知道「螢石鏡片」與「非球面鏡片」對光學系統的高性能化與小型化貢獻很大。非球面鏡(Aspherical lens)在鏡頭

的光學系統中，一片非球面透鏡可以替代好幾片球面透鏡補償像差，能夠非常明顯地簡化鏡頭的光學設計，減少它的體積與重量。

## 2.3 近軸光線追跡原理

為了數學化計算方式，經過光學系統的光線傳遞，採用習慣性的命名及變數符號是必要的。

當分辨鏡面兩邊量時，物這邊的鏡面代表量是不加撇號，像這邊的鏡面代表量是加撇號。例如： $n$  是物這邊的鏡面折射率， $n'$  是像這邊的鏡面折射率。圖 2.4 是近軸光線追跡參數的描述。

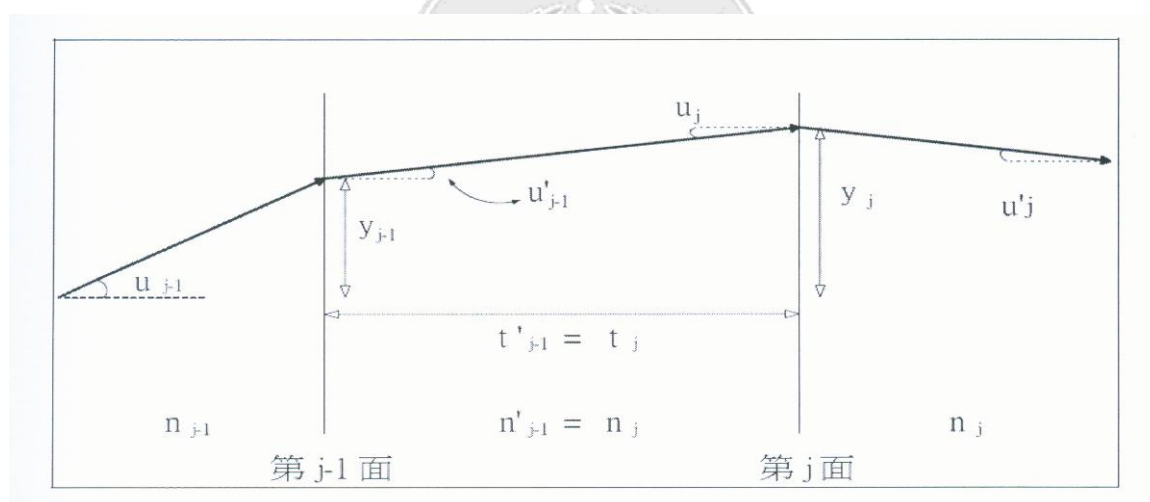


圖 2.4 近軸光線追跡參數描述

我們常見的三種光線追跡方法就是  $y$ - $nu$ 、 $y$ - $ui$  和矩陣法。然而  $y$ - $nu$  方法是三種中最有效的方法，且在手算工作中廣泛被使用。

光線在光學系統中的行進行為，大致上可分為兩種方式，一為折射過程，另一種為傳遞過程。

### 2.3.1 折射過程

圖 2.5 所示為單一球面，兩邊介質分別為  $n$  及  $n'$ ，一條和光軸夾  $u$  角度的光線入射至球面上，光線在面上高度為  $y$ ，此光線經過球面折射後，與光軸夾  $u'$  的角度從球面射出。且入射、出射光線和光軸焦點分別為  $M$ ， $M'$ (共軛點)，因此滿足

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{r'} \quad (2.17)$$

將上式每一項均乘  $y$  可得

$$n' \frac{y}{s'} = y \left( \frac{n' - n}{r} \right) - n \frac{y}{s} \quad (2.18)$$

利用近軸光的條件，公式(2.18)可改寫成

$$n' u' = nu + yc(n' - n) \quad (2.19)$$

注意：上式符號變化的改變是因為  $\frac{y}{s} = -u$  的結果。且由於計算上的需求，習慣用曲率  $c$  來取代曲率半徑  $r$ ( $c$  與  $r$  互為倒數)。

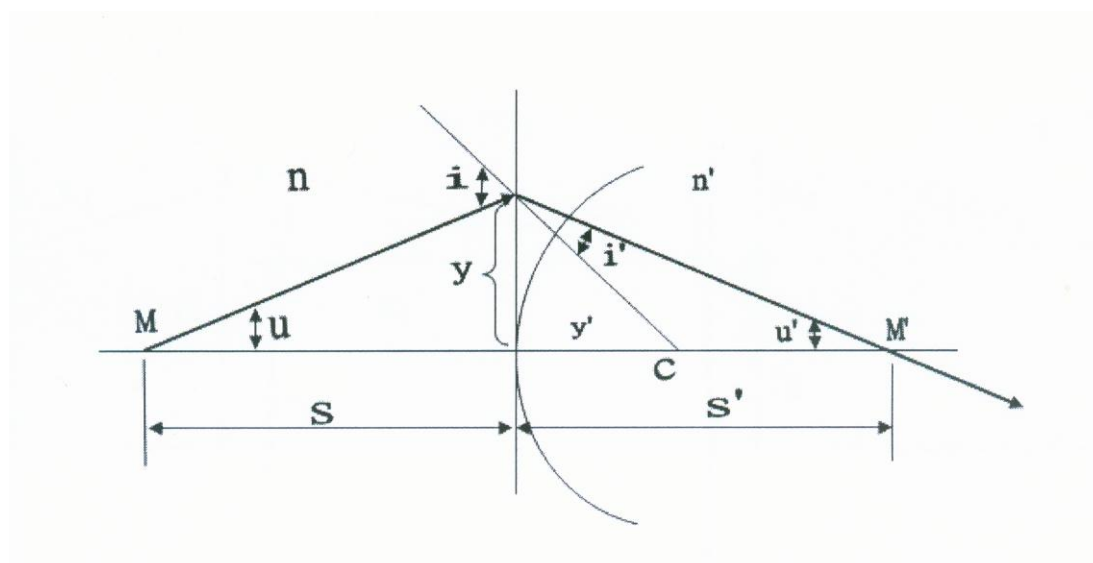


圖 2.5 折射過程

### 2.3.2 傳遞過程

傳遞過程是在討論光線經過球面後，進行到下一個球面間的關係。

假設兩球面間距離為  $t$  光線在第一球面上的高度為  $y_1$ ，第二球面上的高度  $y_2$ ，兩者間的關係如下式：

$$y_2 = y_1 - u_1' t \quad (2.20)$$

為了直接利用公式(2.19)式得出的結果，習慣上將(2.20)式改寫成：

$$y_2 = y_1 + n_1' u_1' \left( \frac{-t}{n_1} \right) \quad (2.21)$$

由(2.19)、(2.21)式分別可求出光線的方向( $nu$ )及高度( $y$ )，因此稱為  $y$ - $nu$  方法。

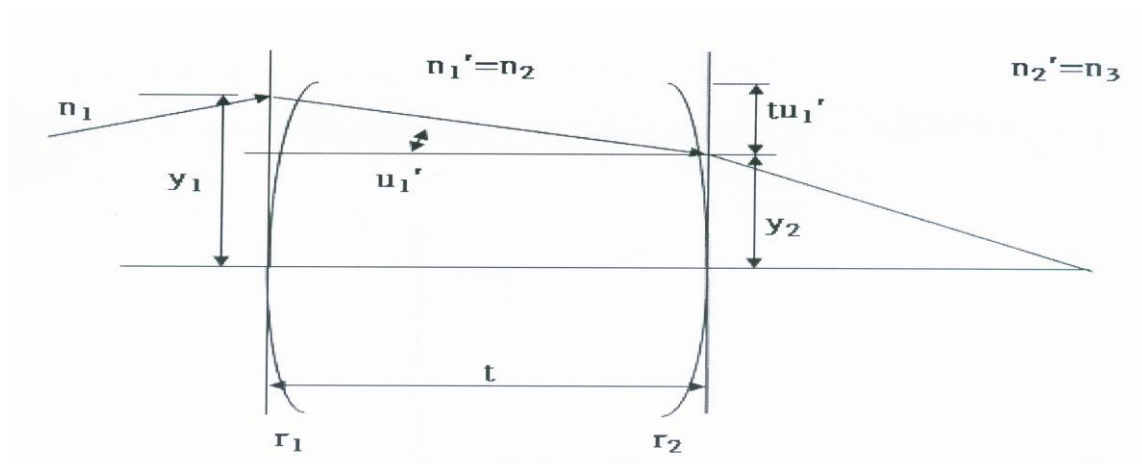


圖 2.6 傳遞過程

## 2.4 像差理論

所謂的像差，簡單說就是在近軸光小角度近似( $\sin \theta \cong \theta$ )的情形下，物體經光學系統後的理想成像位置與實際成像位置之差即為像差。近軸近似只在極接近光軸處才成立，實際的光線不能完全滿足近軸近似的條件，光線在不滿足近軸近似條件下所成的像會與實際成像不同，例如平行光經透鏡折射後不再聚於一點，而使像面呈現模糊不清的現象，這種現象稱為像差，且此現象將會影響成像品質。在光學系統中必定有像差存在，像差是以各種形式混合出現，像差平衡的目的是將像差控制在眼睛或感測器可接受的範圍內，平衡像差時大部分是以賽德(Seidel)於1860年針對像差作有系統的研究後，所提出的五種單色像差和兩個色差為像差修正之依據。

對於像差，我們可以簡單的分成兩大類：

## (1) 單色像差

## (2) 色像差

如再以軸上與軸外加以區分，其分類如表 2.1 所示，本節內容主要針對這幾種 Siedel 像差作介紹。

表 2.1 賽德像差分類表

| 單色光  |                              | 複色光   |       |
|------|------------------------------|-------|-------|
| 軸上   | 軸外                           | 軸上    | 軸外    |
| 球面像差 | 彗星像差<br>像散<br>畸變<br>像場彎曲(場區) | 軸上色像差 | 橫向色散差 |

### 2.4.1 單色像差

#### (a)球面像差(Spherical Aberration)

當平行光入射過一凸面鏡時，其焦點位置會隨著光線偏離光軸的程度而往左位移，將不再匯聚成一理想的像點，如圖 2.7 所示，此現象稱為球面像差，其球面像差量與孔徑半徑四次方成正比。

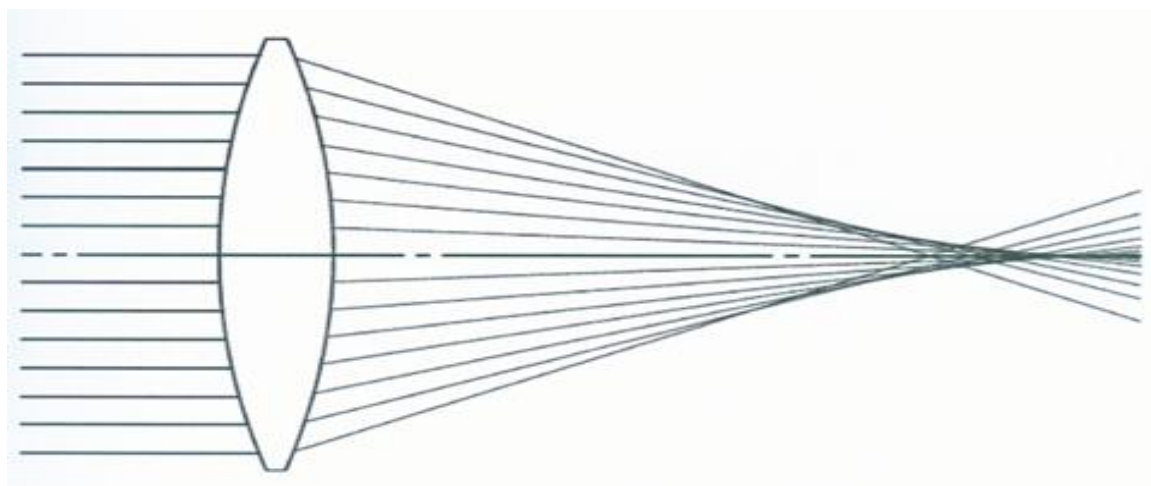


圖 2.7 球面像差

### (b) 彗星像差(Coma Aberration)

彗星像差為軸外之點光源經透鏡後在成像面上所產生之像差，此像差使點光源之成像外型有如彗星一般，故稱為彗星。如圖 2.8 所示。欲消去彗星像差，條件就是要滿足正弦條件。

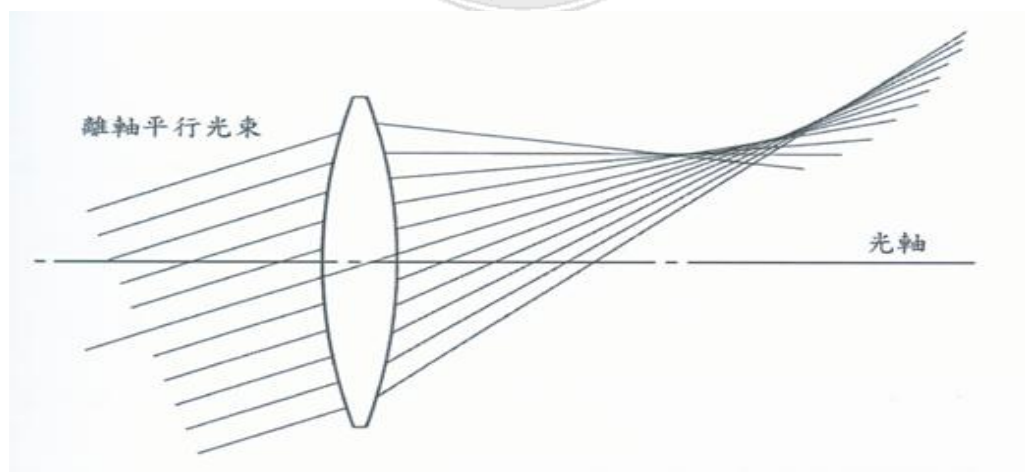


圖 2.8 彗星像差

### (c) 像散(Astigmatism)

來自軸外物點之光束經過透鏡折射後形成互相正交之兩組短交線，叫做像散(散光)。如圖 2.9 所示，可以得知其像差是由於子午與弧矢像面不重合所導致。

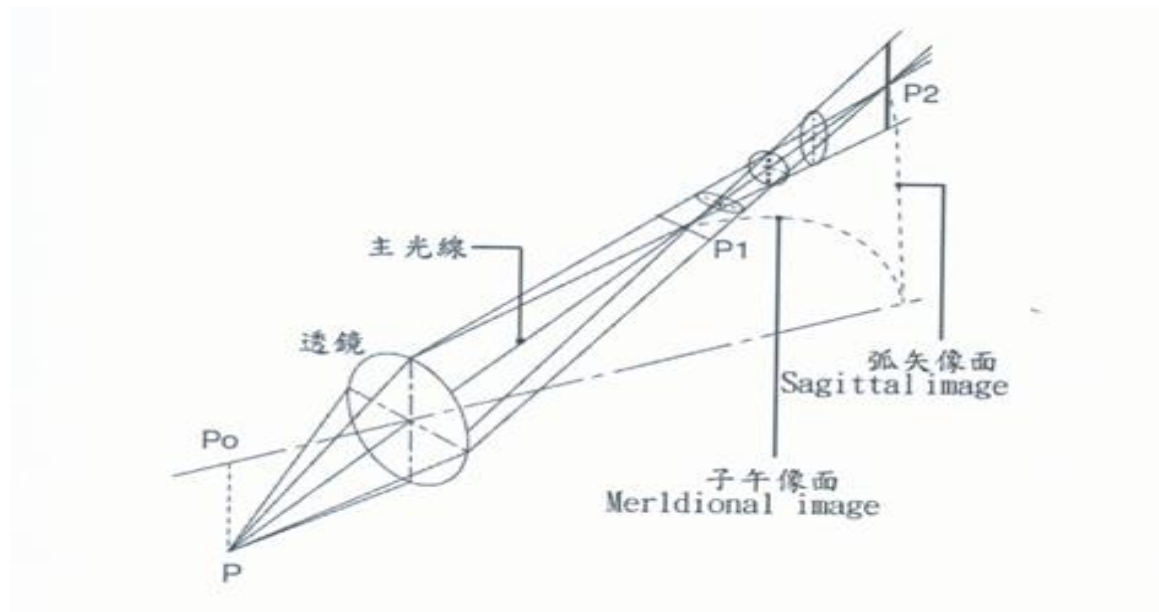
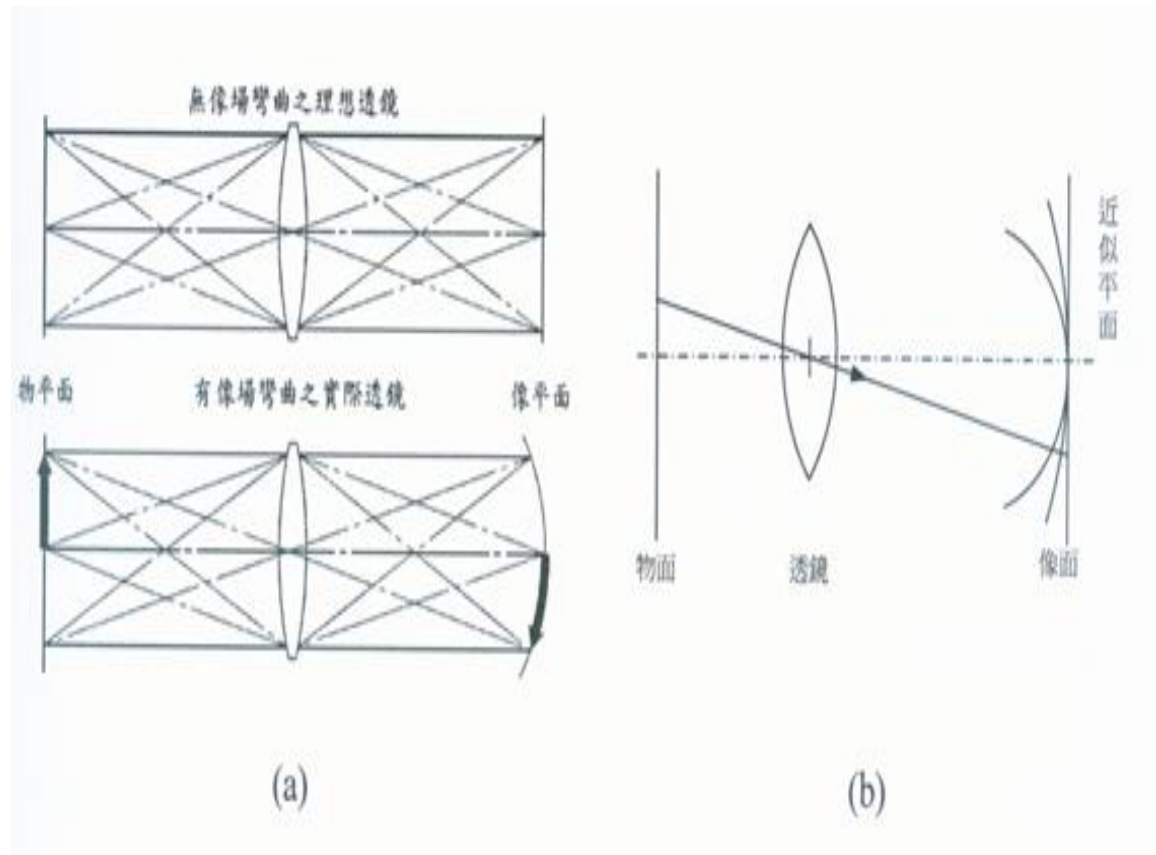


圖 2.9 像散

#### (d)場曲(Field Curvature)

斜物距比光軸上的投影物距略大，依據成像公式，因此像距必較軸上像距略小，即造成所謂的像面彎曲，如圖 2.10(a)所示。對於像面彎曲透鏡，如將焦距定在視野中央部份時，則週邊部分會發生像面模糊現象。反之將焦點定在週邊部分，則中央部份會發生模糊現象。如圖 2.10(b)所示。像面彎曲面又稱為 Petzval 曲面，其曲率之曲率半徑為  $r_p = -nf$  ( $n$ ：介質折射率； $f$ ：焦距)如欲使單一透鏡之像面彎曲越平，則  $r_p$  越大

越好。



### (e)畸變(Distortion Aberration)

所謂的畸變就是透鏡或透鏡系統對某一形狀的物體所造成的像無法完全與原物像系統對某一形狀的物體所造成的像相似。畸變對於像的鮮明度無關，只是各像點的位置不在其理想位置。如果像點所在位置較理想位置更接近光軸，則稱為桶型畸變(BarrelDistortion)。反之，遠離光軸，則稱為枕型畸變(PincushionDistortion)。

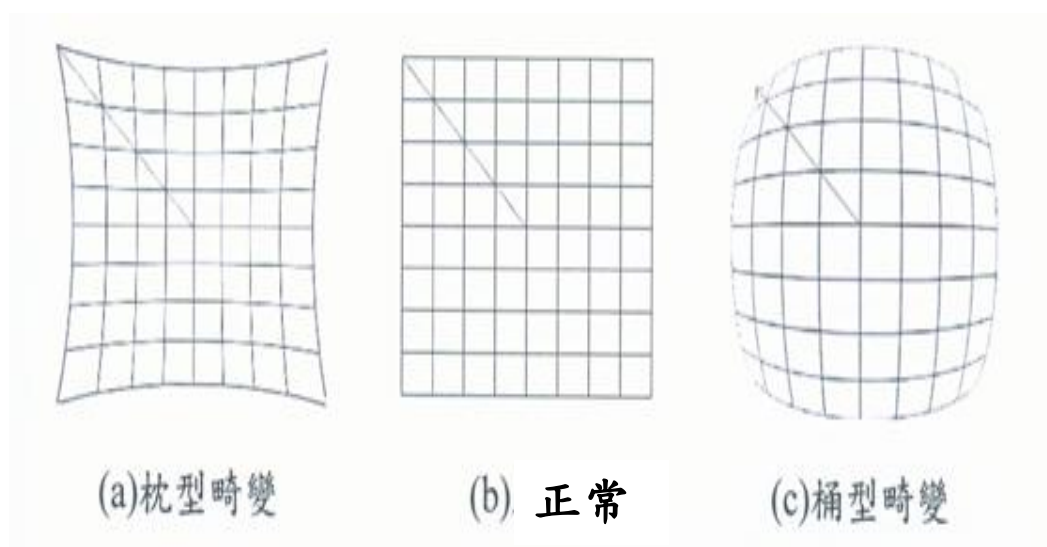


圖 2.11 畸變

## 2.4.2 色像差

當白光進入透鏡時會產生色散的原因，是因為不同波長的光線進入透鏡時受透鏡的曲折能力不同所導致，也就是不同的波長進入同一介質會有不同的折射率，由此產生的像差又可分為兩類：軸上色像差(Axial Chromatic Aberration)與橫向色像差(Lateral Chromatic Aberration)，如圖 2.12 所示。

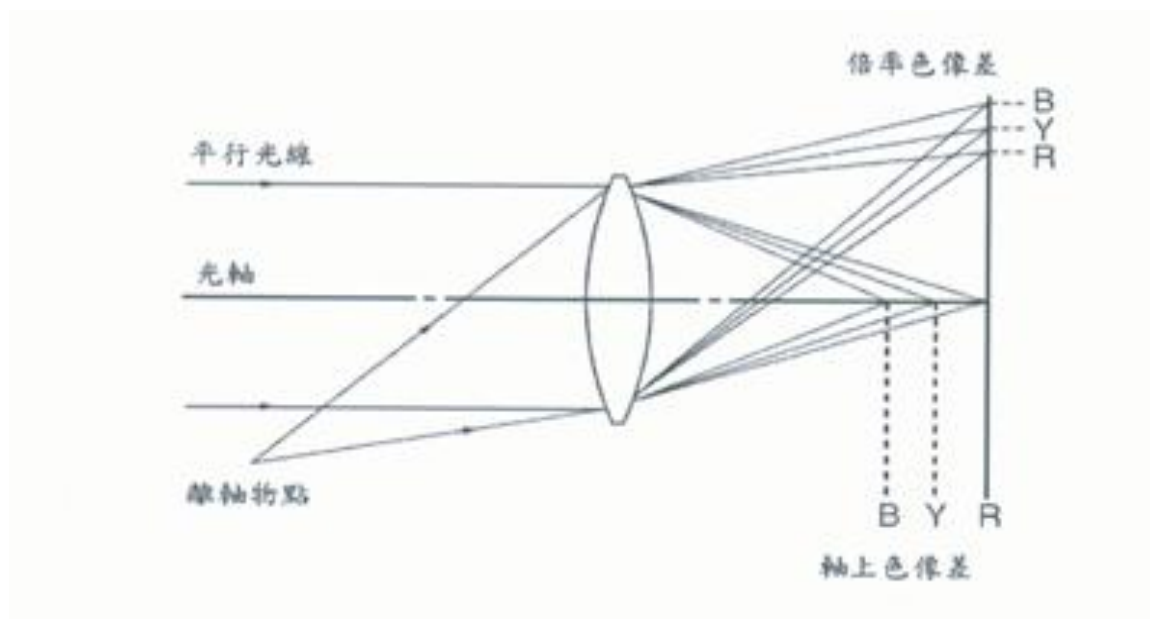


圖 2.12 軸上色像差與倍率色像差

## 2.5 眼球構造[7]

在人體眼球四個透明的薄膜及液體成份，其平均的折射角度即有所不同(角膜 1.37：前房水 1.33：水晶體 1.42：及玻璃體 1.33)，各層膜自行調整以便順利地將光線傳遞至網膜上。

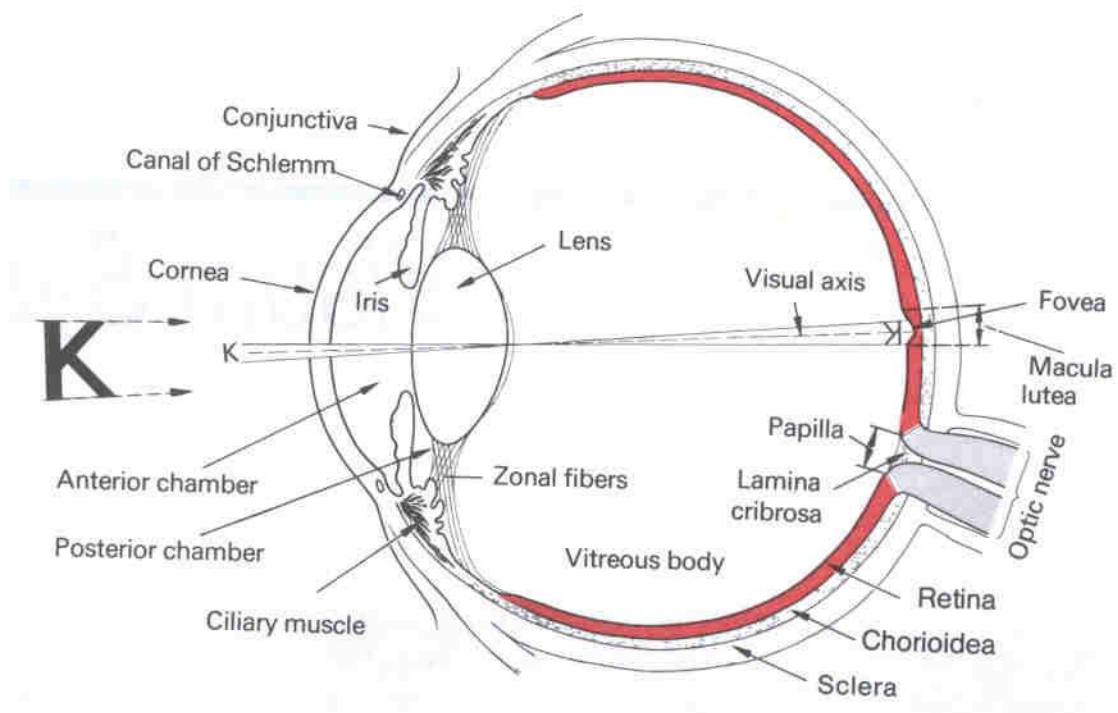


圖 2.13 眼球結構圖

## 2.5.1 角膜

角膜的平均屈光度大約是在 43.00D，但角膜的屈光度小自 36.00D 大到 50.00D 不等。角膜的折射率為 1.3376，為了考量角膜後表面所發生的折射，一般角膜弧度儀是將折射率定在 1.3375。

角膜能有一個清晰的光學表面應該要歸功於前淚液層。淚液層的折射率為 1.336，和水非常接近。進入眼球的光線其第一次折射是發生在淚液層而不是角膜。

在淚液層所產生的折射，可從先計算在空氣和淚液層之間的折射，然後再計算發生在淚液層與角膜之間的折射來說明。

淚液層承擔了幾乎所有角膜的折射。更進一步來說，如果我們假定淚液層是無限的薄，如此一來角膜前表面的曲率半徑會和淚液層相同，而這也只是介於空氣和淚液之間的屈折的一小部分。成熟角膜的直徑約為 11 - 12 mm，周邊厚度為 0.8 ~ 1 mm，中央為 0.6 mm。

角膜構造上為鞏膜的前部，它是由幾層非常透明且堅韌的物質所構成，因此它能忍受劇烈的撞擊及刺戳，而仍然維持其結構的完整。角膜為一透明無色的組織，所以透過角膜可見虹膜的顏色，東方人因虹膜含色素多，所以呈現黑眼珠。

角膜是由一些排列非常整齊的細胞所構成，由於這些細胞均排列地常緊密而整齊，所以使角膜具有相當透明的物理特性。又因其表面曲率非常大，所以也具有很強的折射光線能力，一片眼角膜由五層組織合成，角膜本身無血管，所以角膜不能透過血液來傳輸養分以及氧，只有靠水樣液(aqueous humor)來擴散吸取養份、礦物質，而養分卻由淚液來取得，角膜卻有豐富的感覺神經，尤其含有豐富的三叉神經，故對外界的刺激反應十分敏感，以至於一稍有異物靠近眼睛時，眼瞼即有反射性的闔上眼睛之動作。所以一旦發炎或受傷，也會有疼痛畏光流淚及影響視力。

角膜位於眼球的正最前方最外層，厚約 1 mm，略向外凸，角膜是

覆蓋在眼球的最外側，亦即平常所見眼睛之黑色瞳仁的外圍部份。它主要擔負的是屈折光線的重任，讓光線折射入眼球內。若是沒有堅韌的結構保護，則很容易因外界物體的衝擊而受到傷害。

## 2.5.2 房水

房水主要功能：(1) 維持眼睛呈膨脹球形，(2) 維持角膜為凸透鏡狀態，(3) 維持眼內壓恆定，(4) 抵禦紫外線及外來病原菌，(5) 維持眼球於良好的生理性光學環境，(6) 提供營養給無血管分布的組織，以及排泄其所產生的代謝物

## 2.5.3 水晶體

水晶體外形似雙凸扁球，為富有彈性且透明的半固體，沒有血管、神經分布，由懸韌帶固定且懸掛在眼球赤道部，位於玻璃體（vitreous）前方、後房及瞳孔後方。水晶體前面彎曲半徑為 9mm，後面彎曲半徑為 5.5mm，使得水晶體成為雙凸透鏡。

## 2.5.4 玻璃狀液

玻璃狀液 99% 為水分，剩下 1% 為膠原(collagen)與玻尿酸(hyaluronic acid)，此賦予其特殊之性質。長鏈膠原分子的疏鬆結合在水中能結合 200 倍重量的水分而使玻璃狀液成為膠樣形狀。玻尿酸為很大

而疏鬆的分子，於水中可結合 60 倍重量的水分，其與膠原分子構成玻璃狀液之特殊物理性質。玻璃狀液是透明無血管的膠狀體，它占眼球體積、重量的三分之二，而填充於玻璃狀液、網膜和視神經盤包圍的空間中，因為玻璃狀液不具彈性且對細胞或碎層不通透，而對維持眼球透明度和形狀很重要。除了房水內發現之多種蛋白質外，玻璃狀液還包含它獨特之兩種物質：類粘蛋白(mucoïd)與玻璃蛋白(vitrein)。後者係一種殘餘的蛋白質，除了與碳水化合物結合之外，與膠原類似。一般認為玻璃狀液比房水較少含有葡萄糖與磷酸鹽(phosphate)，可能與網膜之利用葡萄糖與磷酸鹽有關。

### 2.5.5 視網膜(Retina)

視網膜即內膜為眼球的最內層呈紫色，因視桿細胞中含有此種色素稱視紫紅質。從機能上視網膜可分為兩部：一為感光的視部(Optic part)，一為不感光的盲部(Blind part)。兩鄰的分界線相當於鉅齒緣，通常所指的是視網膜的視部而言。如果自赤道部橫斷眼球，取出玻璃體，觀察視網膜後部，能清楚見到下列結構：

視神經乳頭(Optic papilla)它位於眼球後極鼻側約 3 mm 處，視神經盤直徑約 1.5 mm 之圓盤，是視網膜神經纖維穿過篩板與視神經相接之處，也是視網膜中央動、靜脈出入的地方。在視神經盤中央的地方有一

凹陷，稱生理凹陷生理杯或視杯(ophthalmic cup).視杯的形狀大小、位置和深度有個體差異視神經盤處無感光細胞，故無感光作用，在視野中稱生理盲點(Physiological blind spot)。

黃斑區(Region of macula lutea)位於視神經盤的顳側約 3-4 mm，直徑約 1-3 mm，但由於有血管掩蓋，一般並不顯著，黃斑的中心為一淺凹，名中央凹(Central fovea)，直徑約 0.2 mm，是視力最敏銳之處，主管中心視力，此處有任何病變均可引起中心視力障礙。在視網膜的切片上可見到分層結構，由內向外分為十層，即：

- 1.色素上皮層(Pigment epithelial layer).
- 2.視細胞層(Visual cell layer).
- 3.外界膜(Outer limiting).
- 4.外顆粒層(Outer nuclear layer).
- 5.外網狀層(Outer plexiform layer).
- 6.內顆粒層(Inner nuclear layer).
- 7.內網狀層(Inner plexiform layer).
- 8.神經節細胞層(Ganglion cell layer).
- 9.神經纖維層(Optic nerve fiber layer).
- 10.內界膜(Inner limiting membrane).

另可從神經元的連接和功能分為色素上皮細胞、視細胞、雙極細胞和節細胞構成，故通常把視網膜分為四層。

第一層為色素上皮層(pigment epithelial layer)為單層矮柱狀上皮，基部緊貼於玻璃膜，其胞質充滿色素顆粒，頂部有許多突起，並深入視桿細胞與視椎細胞之間，將它們隔離。眼受強光刺激時，上皮細胞的色素顆粒便向細胞突移動，使每個視桿細胞及視椎細胞均被色素包圍；若外界光線減弱時，則色素顆粒又從突起縮回到細胞體內，這種色素顆粒運動現象的意義是可保護細胞感受強光刺激，白化病人所以怕見陽光是因為眼球內層缺乏色素的緣故，在病理條件下視網膜脫離時，常在視網膜色素層與神經層間劈開，而色素層殘留在脈絡膜上。

第二層為視錐細胞和視桿細胞(cone and rod cell)(第一級神經元)這些細胞能感受光的刺激，是視覺的感受器，視桿細胞較多，約有12000-12500 萬個，多位於視網膜周邊部;視錐細胞約 600-700 萬個，多位於黃斑部，每一視桿或視錐都有內外兩節，外節是感光部分，含有一種色素稱”視紫紅(rhodopsin)；視桿細胞感受微弱的光，視錐細胞則有感應強光和色光的能力.當維生素 A 缺乏時，視桿細胞的視紫紅質含量降低，以致在弱光中視力減退，即所謂夜盲症.當我們由暗處至明處時，會感到有一種耀眼過程，這是由於視紫紅質大量分解釋放較強的能量，

刺激視神經之故.通常經過 3—10 分鐘，視紫紅質大部分被分解，只剩下視錐細胞感受強光的物質，故怕光現象消失。

第三層為雙極細胞(Bipolar cell)(第二級神經元)它們是由中間神經元，連接視錐、視桿細胞和神經節細胞，視覺信息在此整合後傳給節細胞。

第四層為節細胞或視束神經節(Ganglion cell or ganglion of optic tract)(第三神經元)為視網膜最內面的一層細胞，它的特點是神經節細胞比上述兩種細胞大，在視網膜周圍多為大型的節細胞，在黃斑和中央凹內則小型的節細胞較多，視覺在眼內的傳導主要就是通過視網膜的三層神經細胞來完成，視網膜約有 12600—13200 萬個視細胞，但這些視細胞所收集到的信息並非全部傳到中樞神經系統，許多視細胞所收集到的信息在通過雙極細胞和節細胞時受到篩選和處理，把所得到的信息進行整編，只把信息資料的摘要送給中樞。

視網膜的血液供應(Blood Supply of retina)主要由兩方面獲得血液供應，詳述如下：

視網膜中央動脈(Central artery Of retina)主要居於神經纖維層內，並分支到視神經節細胞內，後又形成毛細血管，直到內顆粒層的外面。黃斑部的血管供應由內側上、下枝而來，但中央凹本身無血管在。

視網膜靜脈(Retina vein)靜脈行程大致與動脈相同，有時在短距離內與相映的動脈伴行，在某些地方一個靜脈可能橫過動脈的前面或後面，或者和動脈有些距離。靜脈比伴行的動脈直徑粗  $1/3-1/4$ 。一般而言，動脈鮮紅，血管細而較直，其中央部位有鮮紅的反光帶，靜脈呈紫紅，血管粗而彎曲，反光帶也較暗。

網膜的構造雖複雜，若是瞭解了它只有三個神經元的厚度，就變得容易多了。每一個桿細胞或錐細胞(第一神經元)都有一個感覺末梢器官對著色素上皮排列在最外面，一個核，和一內終纖維，細胞的這些部分構成外層。桿細胞的核此錐細胞的核位於較中央部位。在中央凹處有許多層的錐細胞核，但在網膜的其他部分，第四層是由較外單排的錐細胞核和四排較中央部位的桿細胞核所組成。外叢狀層標出第一及第二(中間)神經元的界限。內核層看起來似乎像是由雙極(第二神經元)細胞和連接細胞的神經核和支持物質緊密排列成的質塊。內叢狀層是第二和第三神經元相交接的位置。神經節細胞層含有神經節(第三神經元)細胞和神經膠細胞。神經節細胞的中央突起構成(視神經纖維)。所有這些纖維都經過視乳突，形成視神經，這些纖維沒有髓鞘：但當它們經過視乳突上的篩板之後就有了髓鞘。因此我們必須認清楚網膜是中樞神經系統的灰質，而視神經是白質，內膜將網膜和玻璃狀體分開。色素上皮此為一單層多

角形細胞，除了鋸齒緣附近的細胞較為扁平，高度在 10 到 14  $\mu\text{m}$ ，形狀也很規則。每一細胞的底部有一圓形的核，及複雜的指狀接合，此為活潑的運輸細胞所特有的突起特徵。在細胞兩側則有接合複體，至於頂部則有複雜的柱狀外突間於光受器細胞的外節，此外突上並有微絨毛。另在底部細胞質尚有許多的粒腺體於核的周圍，及發達的無顆粒內質網，一些有顆粒內質網，高基氏體，褐脂質顆粒。此外明顯可見的尚有黑色素顆粒和原黑色素體和餘體或噬體，在餘體中含有板狀的殘渣，此是由於吞噬了受光器外段之外尖的膜板所致。

功能上，色素上皮會吸收光而能防止光的反射，它與光受器的營養有關，與膜板的替換有關，對於視紫質的形成及移動非常重要，因它能貯存及釋放維他命 A(為視紫質的前驅物)。

神經性網膜的組成網膜的組成可分四組：(1)光受器(桿細胞和錐細胞)，(2)直接傳導神經元(雙極細胞和神經節細胞)，(3)聯絡神經元和其他神經元(水平 horizontal，無軸索細 amacrine，和離心的雙極細胞)，(4)支持細胞 Muller's fibers 和神經膠細胞。

光受器為桿細胞和錐細胞皆為變形的神經元，它在外限膜之外的部份分成內節和外節，另外有一根外傳導纖維(生理上的樹突)傳至外核層的細胞體，和一條伸進外叢層的內傳導纖維(生理上的軸突)。有一點非

常重要：即光線必須經過整個網膜的厚度才能到達光受器。

桿細胞是一狹長，特化的細胞，具有一長  $28\text{ }\mu\text{m}$  的柱形外節，及一稍厚的內節，長約  $32\text{ }\mu\text{m}$ ，這兩部分都厚約  $1.5\text{-}2\text{ }\mu\text{m}$ 。外節內含視紫質，其頂端為色素上皮所包圍，並顯示有橫紋，這兩節間以一狹窄的頸區所連接。如電子顯微鏡所示：外節由厚約  $14\text{ }\mu\text{m}$  的橫走膜板所構成，其間由寬  $10\text{ }\mu\text{m}$  的間隙隔開，視紫質就位於這些膜板內。頸部區域，含有一變形的纖毛，此纖毛起始於位於內節遠端的基體，在其根部常有橫紋。內節含有一縱向粒線體組成的外“橢圓體”和一內含內質網、微小管、高基氏體和肝糖顆粒的內“肌狀體”。桿細胞以一條橫過外限膜的纖細外桿纖維連到其細胞體在外核層，此細胞體具有一核，細胞質成一薄層包於其外緣，內桿纖維口從此核發出且伸入外叢層，終止時成一小終結或小球，與內核層之雙極細胞的樹突和水平細胞的軸突相接觸在桿細胞籬膜板不斷被合成並加入外節內，而老的膜板則在頂端被色素皮細胞吞噬破壞掉，這樣重新排列的週期約需 10 天。

## 2.6 眼球屈折狀況[8]

眼睛是一個特殊的感光器官，這個器官接受外界進來的光線刺激，並將這些刺激訊息傳遞到反應器官。這些傳遞光線刺激的介質包括角膜、葡萄膜、眼房水、虹膜、瞳孔、水晶體、玻璃體，在視網膜、黃斑

部的感光細胞將這刺激訊息轉換成為神經衝動，並將它傳遞到大腦。

這種將入射眼睛的光線適當的屈折，使它在視網膜的感光細胞上結像的機轉，稱為「眼球的屈折」。眼球在沒有調節的狀態下，稱為靜態的屈折(static refraction)；相對的，經過調節作用改變水晶體的屈折率，因而暫時改變眼睛裡面的屈折狀況，稱為「動態屈折」(dynamic refraction)。

靜態屈折狀況包括正視(emmetropia)、近視(myopia)、遠視(hyperopia)、及散光(astigmatism)；對正視而言，其他的屈折狀況稱為非正式眼(ametropia)或屈光異常(refraction error)。

正視眼的定義為從無限遠的光線，在沒有調節的狀況下，光線從角膜、水晶體、玻璃體行進並且在視網膜中心窩的感光細胞結像。這表示正視眼可以看清楚遠處的物體，位在眼前的有限距離狀況下，遠方的這一點稱為遠點(far point)。在光學上，這是視網膜中心窩結像的共軛點。

非正視眼而言，如果非正視眼是由於眼軸的長度異常，以致光線無法投映在視網膜上，這種狀況稱為軸性非正視眼(axial ametropia)；如果是由於屈折性因素所引起的，則稱為屈光性非正視眼(refractive ametropia)。

就正視眼與非正視眼的關係而言，如果遠距離的物體影像，聚焦在

視網膜前面，這種現象稱為近視；如果聚焦在視網膜後面，這種現象稱為遠視；如果進到眼睛裡面的光沒有辦法聚焦在一點，而形成前後兩個焦點，這種現象稱為散光。

近視為人在無調節的狀況下，來自遠方的平行光線在視網膜前面結像，這種現象稱為近視。近視眼的遠點在眼睛前面的有限距離。

近視眼其成因分為軸性近視及屈折性近視：

1. 軸性近視：這種狀況是指眼球的光學系統大致在生理的合理範圍內，但是因為眼軸比一般正常眼的還長，以致焦點落在視網膜前面。一個正常的眼球長度為 24 mm，若眼軸增長 1 mm，大約會形成 3D 的近視。
2. 屈折性近視：這種狀況眼軸的長度大致正常，但是由於眼球傳遞光線的介質屈折力太強而形成的近視。

## 2.7 預防近視眼鏡鏡片原理

眼鏡鏡片就是使用單一的凸或者凹透鏡所製成，近視是指平行光線通過眼球的屈光系統所成的像落在視網膜前方，導致成像模糊，所以必須透過在眼睛前方加一面凹透鏡作為矯正，讓光線所成的像落在視網膜上，而遠視則是成像落在視網膜後方，必須用凸透鏡矯正，讓成像落

在視網膜上。根據造鏡者公式(2.15)，因為眼鏡鏡片的基弧較大、厚度較小，通常都當成薄透鏡來計算，所使用的公式為

$$F = F_1 + F_2 \quad (2.22)$$

其度數也就是前後兩個表面的度數和，其中

$$F = \frac{(n' - n)}{r} \quad (2.23)$$

$n$  為空氣的折射率 1， $n'$  為材料的折射率， $r$  為表面的曲率半徑，當曲率半徑和折射率已知時，便可求出眼鏡鏡片的度數。

因視網膜曲率半徑為 12 mm，加上鏡片到角膜中心點距離為 12 mm，依據斜率公式可計算出，角度越偏離聚焦點的視網膜黃斑部，影像更會遠離視網膜，使得產生周邊遠視現象，固將鏡片周邊使用加入度 +1.00D~+1.50D 將視網膜周邊影像往前拉，做為設計預防近視鏡片為主要參考參數。

但又必須考慮球像差，免得因影像未真正完全投射在視網膜上，造成部份影像模糊，引發不平均屈光矯正，又因視網膜為弧形曲面，不能用一般透鏡所呈現的焦平面設計，故設計非球面型之自由曲面，優化成像鏡片，來改善視覺品質，達到預防近視最終目的。

## 第三章 設計範例與結果分析

### 3.1 系統設計規格

在本研究中，我們將設計使用一符合近視眼睛邊緣度數的鏡片，它可降低眼鏡度數的增加。鏡框設定範圍水平 40~55 mm，垂直 27~33 mm，通常年齡越大者配戴較大鏡框。一般選擇鏡片曲面為環狀對稱設計，清晰 20 mm 中央直徑，往周邊漸進增加球面正度數+1.00D 到直徑 25 mm，在傳統上為了能達到多焦點功能。

鏡片常常採用環狀設計，鑑於考量製程的簡易性，我們改以非球面鏡片取代上述環面的設計。鏡片初始規格及材質訂定，選擇 PC(Polycarbonate)鏡片，折射率 1.5860[9]，度數從-0.25D~-4.50D，共計 18 片。材質訂定考量如下：

1. 極耐撞擊，不易碎裂（美國政府指定 15 歲以下兒童所需配戴之安全鏡片）
2. 生產過程環保
3. 重量輕配戴舒適（它大約只有玻璃的十分之一的重量，與傳統的樹脂鏡片相比也僅只有一半的重量）

PC(Polycarbonate)鏡片，有著極強韌性，不破碎(加厚至 2mm 以上可俗稱為防彈玻璃)，故又稱為安全鏡片。比重每立方厘米僅為 2 克，是

目前用於鏡片的最輕材料，鏡片設計規格如表 3.1 所示。

表 3.1 鏡片設計規格表

|   |                                                            |
|---|------------------------------------------------------------|
|   | 設計鏡片                                                       |
| 1 | 採非球面設計                                                     |
| 2 | 度數範圍：-0.25D~-4.50D                                         |
| 3 | 折射率範圍：1.5~1.6(PC=1.586)                                    |
| 4 | 尺寸：水平 40~55 mm，垂直 27~33 mm                                 |
| 5 | 厚度範圍：2~4 mm                                                |
| 6 | 曲率半徑範圍：大於 50 mm                                            |
| 7 | 視場角 MTF 範圍：-0.25D~-3.00D 需大於 0.35<br>-3.25D~-4.50D 需大於 0.3 |

由公式(2.11)及(2.12)可得知近視度數與前後曲率之關係如表 3.2 所

示。

表 3.2 近視度數與前後曲率之關係[10]

| 近視度數(Diopter) | 前曲率(mm) | 後曲率(mm) |
|---------------|---------|---------|
| -0.25         | 167.428 | 137.882 |
| -0.50         | 167.428 | 130.222 |
| -0.75         | 167.428 | 123.368 |
| -1.00         | 167.428 | 117.2   |
| -1.25         | 167.428 | 111.619 |
| -1.50         | 167.428 | 106.545 |
| -1.75         | 167.428 | 101.913 |
| -2.00         | 167.428 | 97.666  |
| -2.25         | 167.428 | 93.76   |
| -2.50         | 167.428 | 90.153  |
| -2.75         | 167.428 | 86.814  |
| -3.00         | 167.428 | 83.714  |
| -3.25         | 167.428 | 80.827  |
| -3.50         | 167.428 | 78.133  |
| -3.75         | 167.428 | 75.612  |
| -4.00         | 167.428 | 73.25   |
| -4.25         | 167.428 | 71.03   |
| -4.50         | 167.428 | 68.941  |

## 3.2 鏡片設計流程

一個眼鏡鏡片的設計流程如圖 3.1 所示。而此流程主要是先決定眼睛模型，因為如果設計的光屈度不符合使用者的正確的眼睛度數，將會導致設計出的鏡片不符合佩帶者使用，且會因為光屈度變化過大，使得



圖 3.1 眼鏡鏡片設計流程

配戴起來極不舒服除外，度數過深，基於生物回饋原理，眼軸會增

長，使度數加深更快；度數若不足，會使水晶體調節力過大，且影像不清楚，視網膜也會受化學反應刺激，促使鞏膜增生，眼軸拉長，度數因而增加。

接著利用正常人眼模型參數設定如表3.3所示。設計一近視眼，並放入傳統鏡片參數，觀看在 $0^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 對人眼入射光線如圖3.2所示，聚焦在視網膜上不同視場角度，所產生的視網膜周邊的遠視性離焦，然而再針對透鏡表面去作優化，使各角度入射之光線聚焦在視網膜上，並能將 $20^\circ$ 範圍內之影像清晰化，達到視網膜周邊視野影像清晰的目標，正常人眼在 $0^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 時，MTF在20 lp/mm皆大於0.5如圖3.3所示[11]。

表 3.3 ZEMAX 正常人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.23883  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

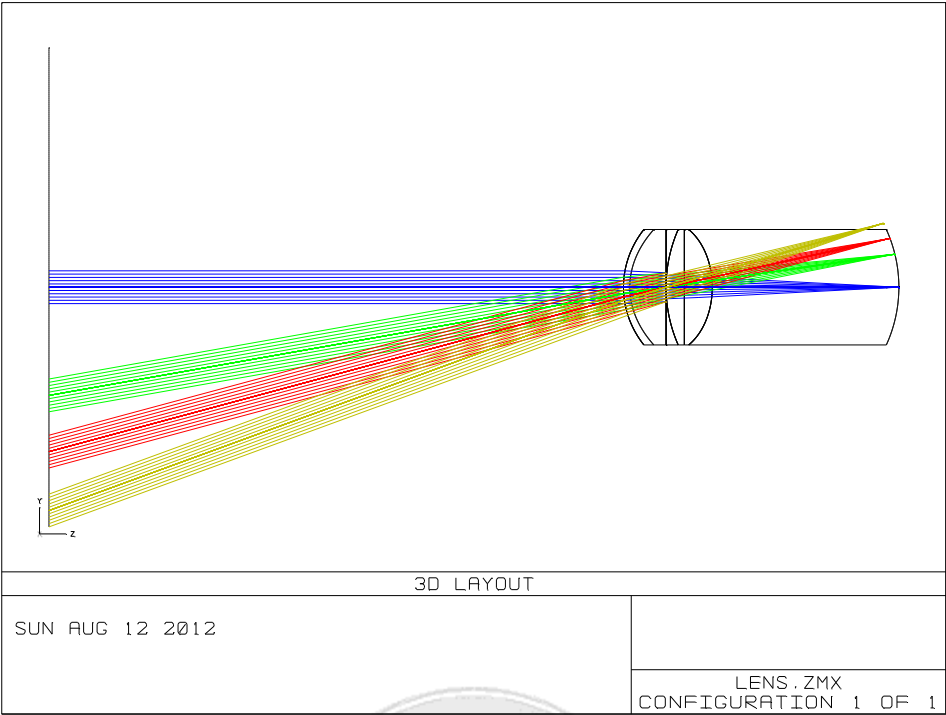


圖 3.2 正常人眼模型圖(3D Layout)

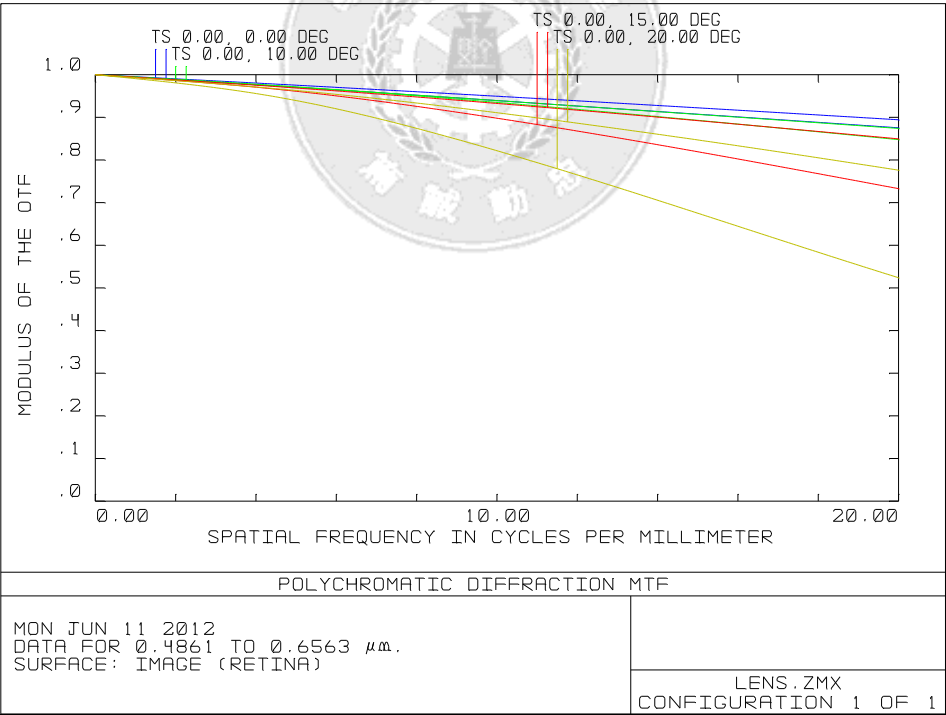


圖 3.3 正常人眼模型圖(FFT MTF)

當人眼在近視-0.25D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.4 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.4 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.5 如圖 3.5 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.5 如圖 3.6 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.4 ZEMAX 近視-0.25D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.32216  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

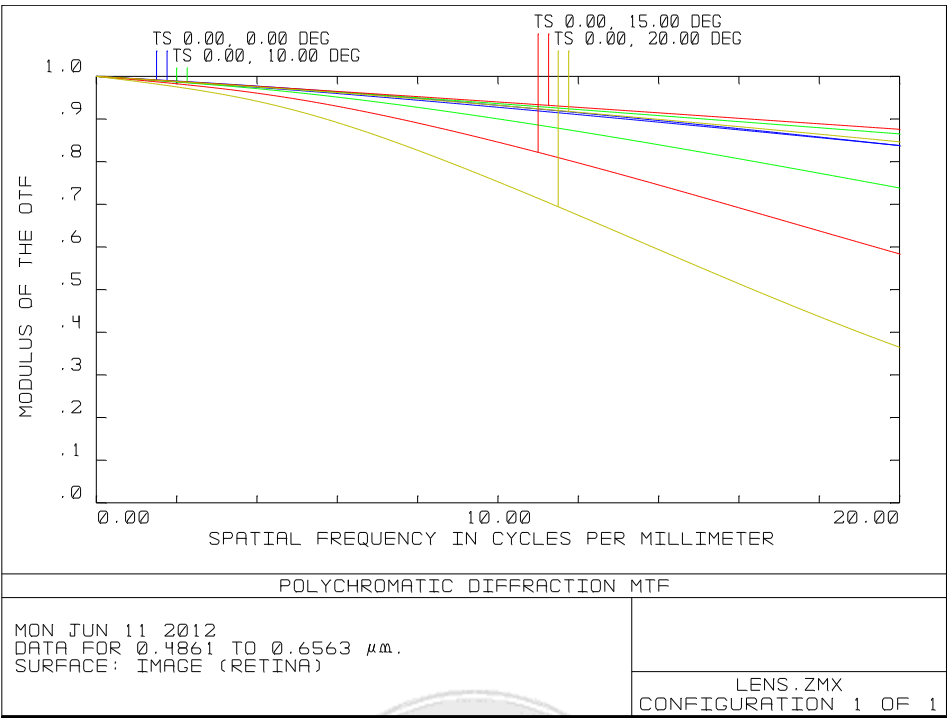


圖 3.4 近視-0.25D 眼睛模型(FFT MTF)

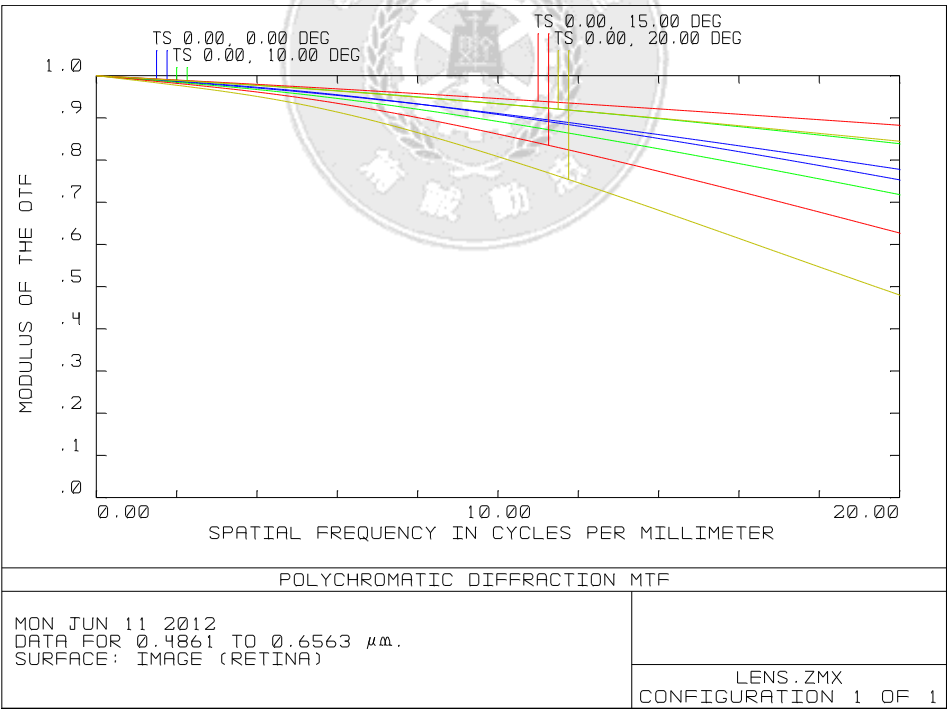


圖 3.5 近視-0.25D 球面鏡片(FFT MTF)

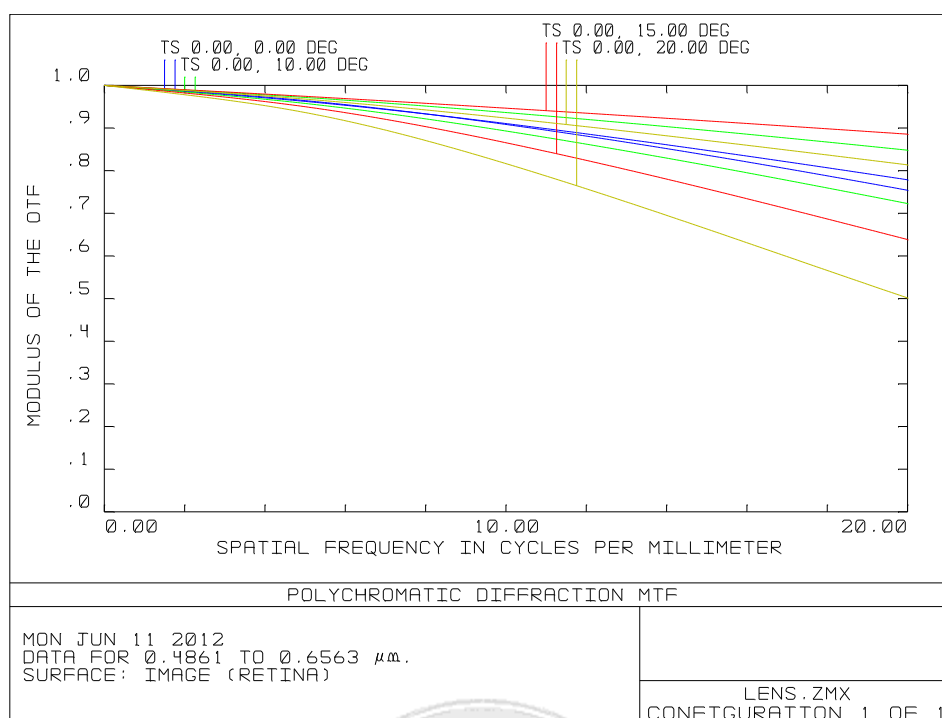


圖 3.6 近視-0.25D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-0.50D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.5 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.7 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.5 如圖 3.8 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.5 如圖 3.9 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.5 ZEMAX 近視-0.50D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.40549  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

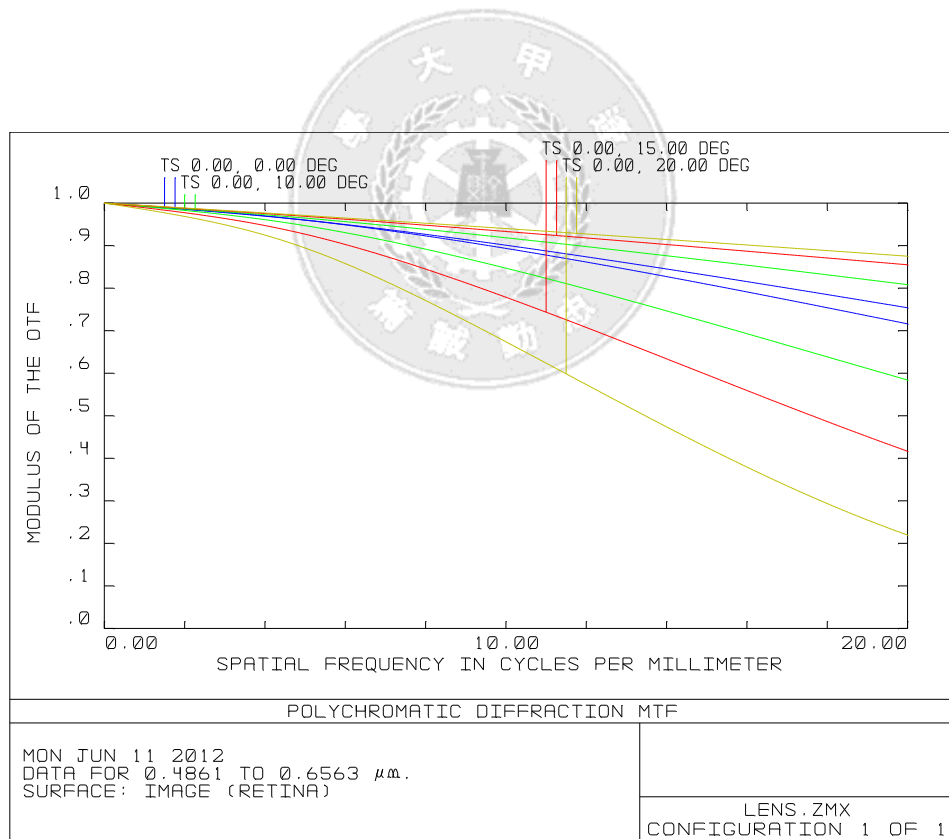


圖 3.7 近視-0.50D 眼睛模型(FFT MTF)

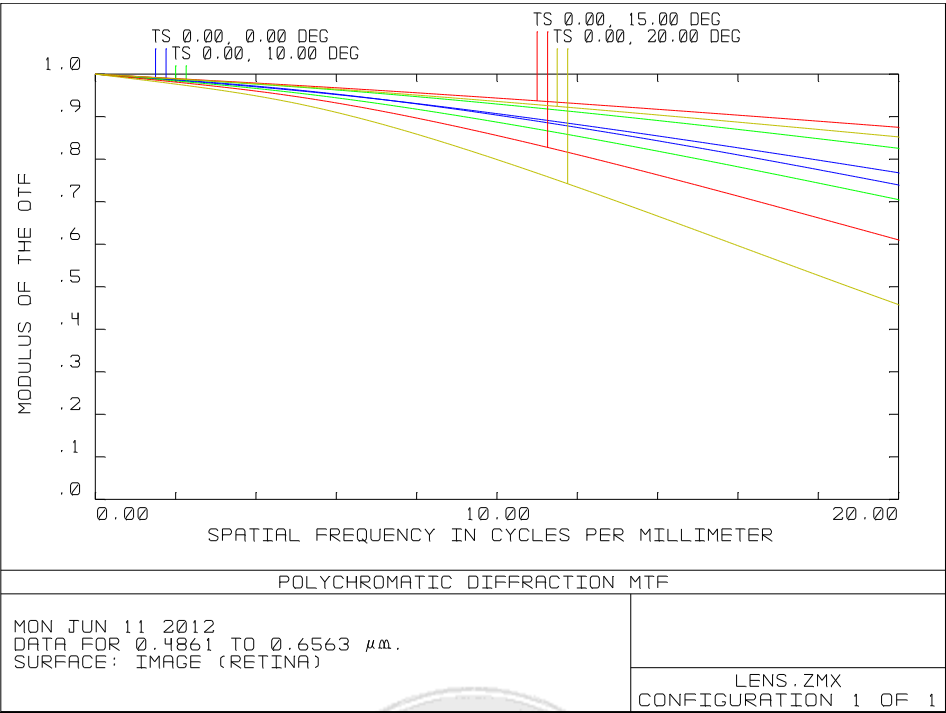


圖 3.8 近視-0.50D 球面鏡片(FFT MTF)

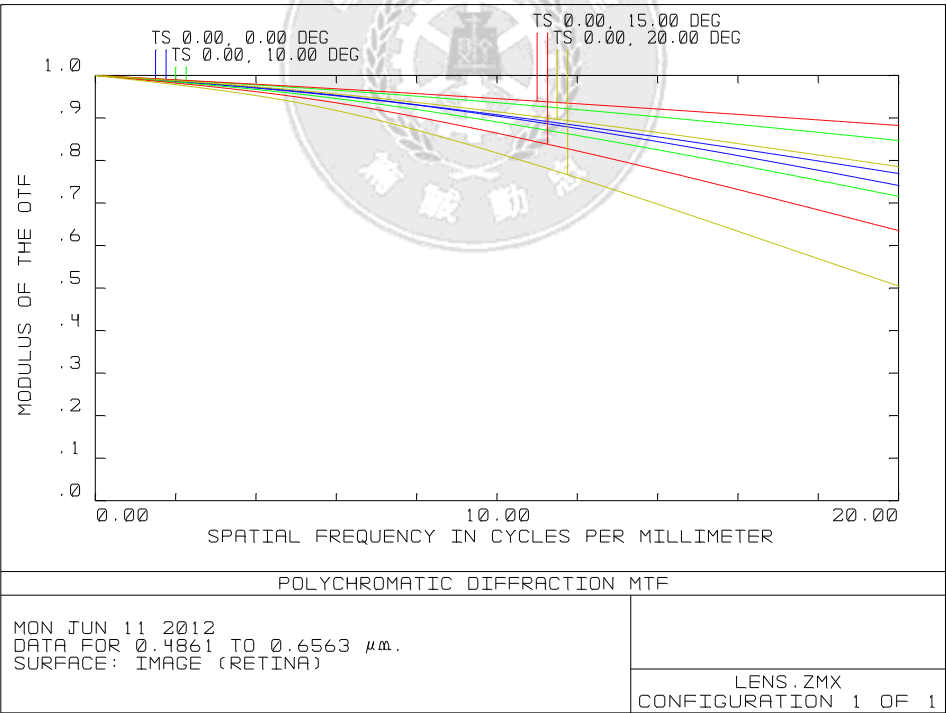


圖 3.9 近視-0.50D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-0.75D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.6 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.10 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.45 如圖 3.11 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.5 如圖 3.12 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.6 ZEMAX 近視-0.75D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.48882  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

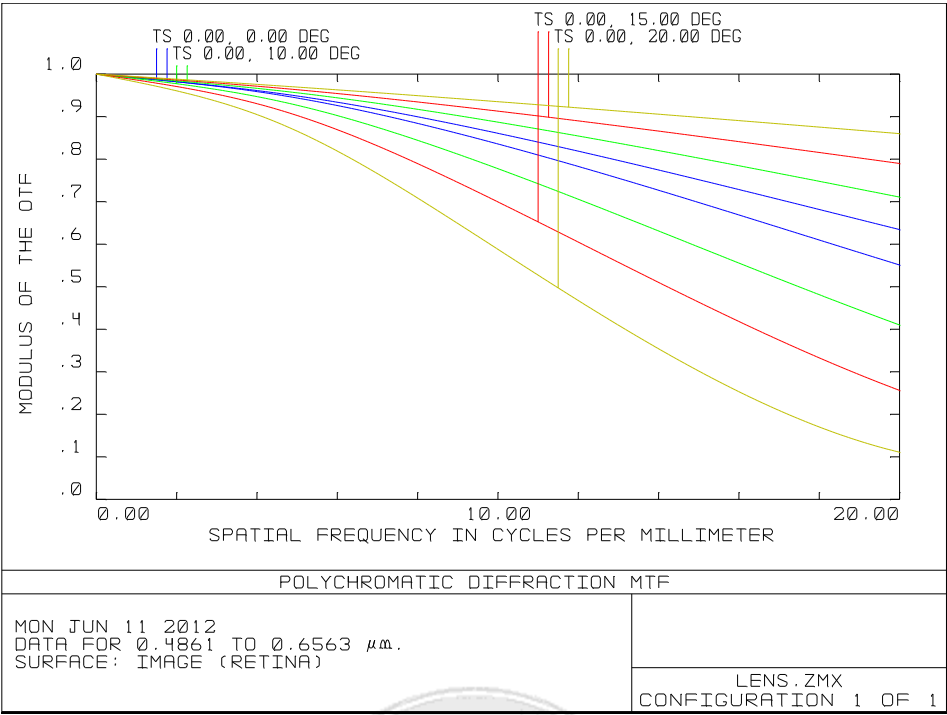


圖 3.10 近視-0.75D 眼睛模型(FFT MTF)

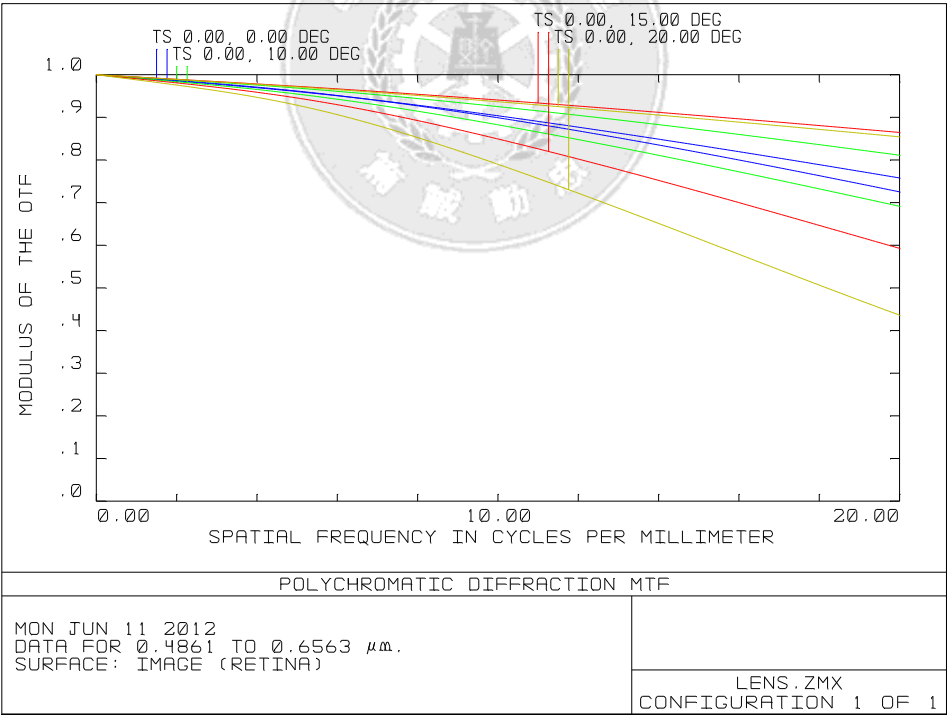


圖 3.11 近視-0.75D 球面鏡片(FFT MTF)

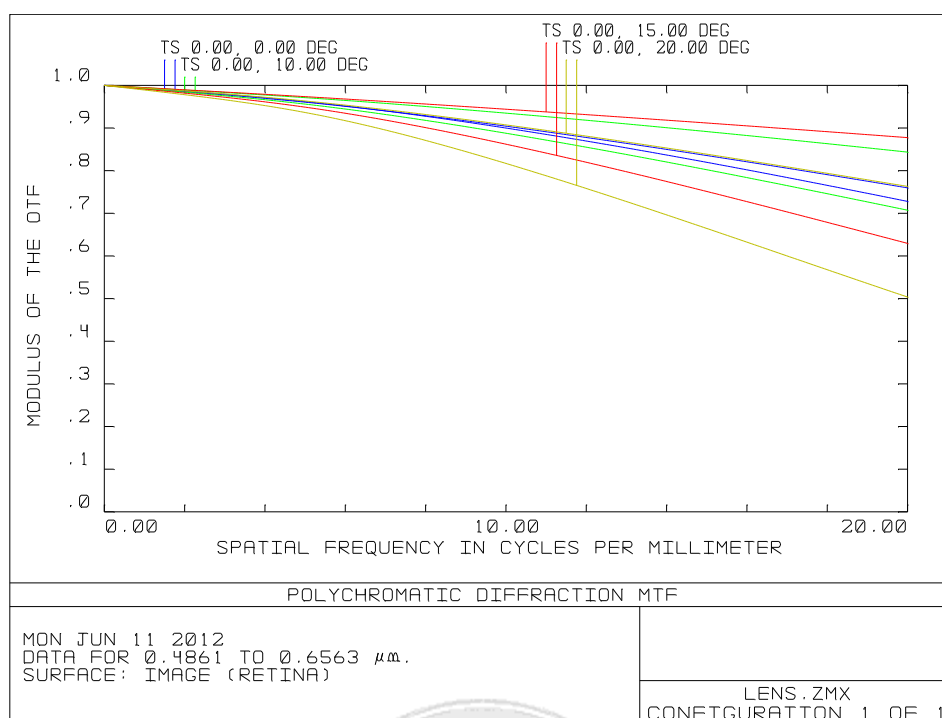


圖 3.12 近視-0.75D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-1.00D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.7 所示，其 MTF 值在 20lp/mm 時皆降低了如圖 3.13 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20lp/mm 能低於 0.45 如圖 3.14 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20lp/mm 皆大於 0.5 如圖 3.15 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.7 ZEMAX 近視-1.00D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.57216  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

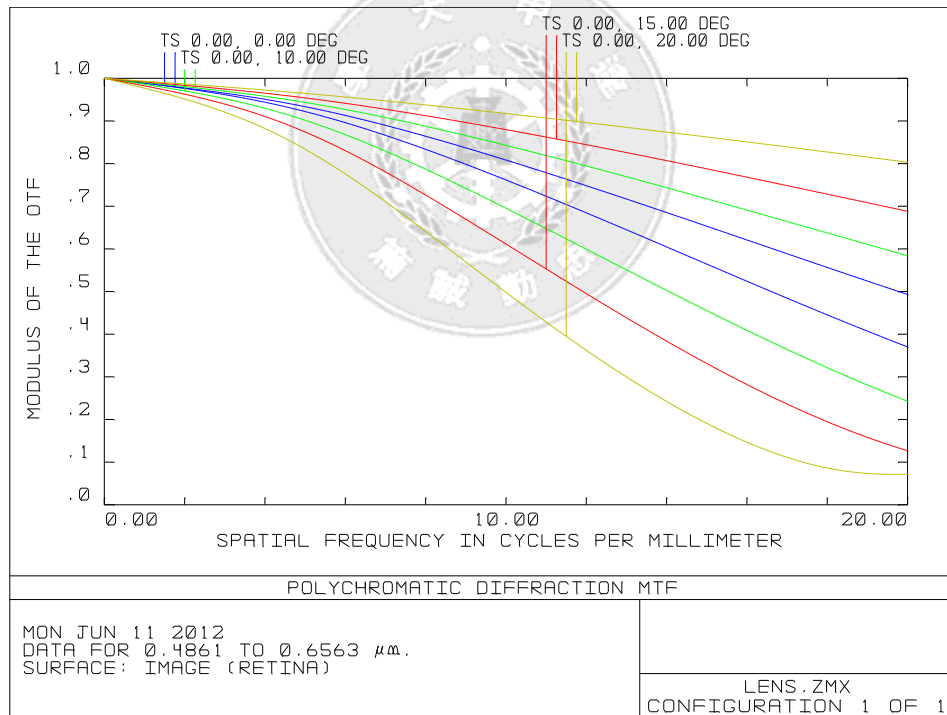


圖 3.13 近視-1.00D 眼睛模型(FFT MTF)

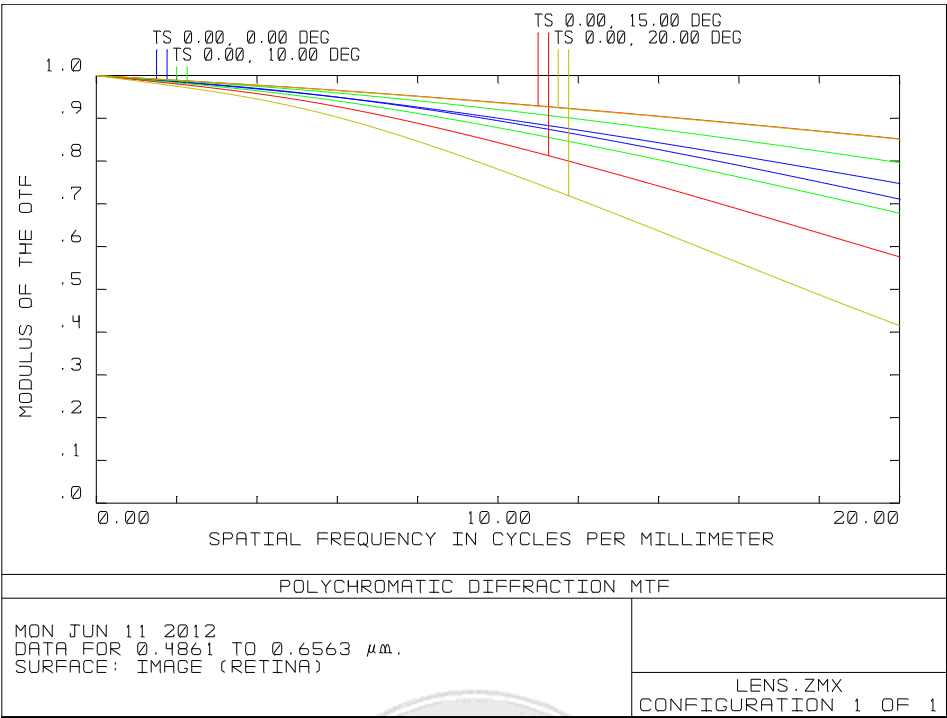


圖 3.14 近視-1.00D 球面鏡片(FFT MTF)

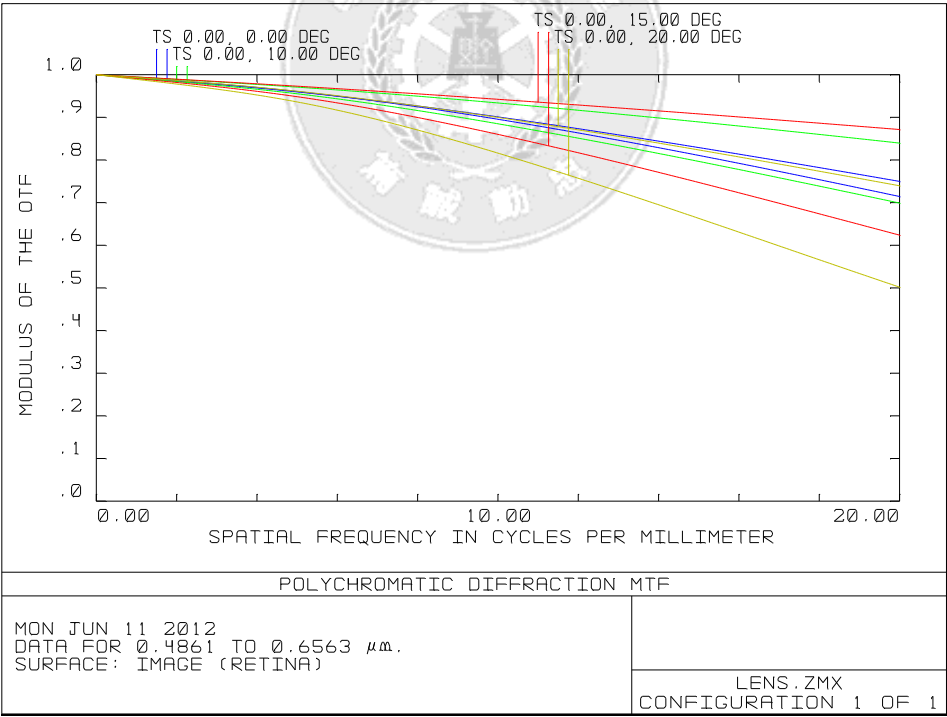


圖 3.15 近視-1.00D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-1.25D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.8 所示，其 MTF 值在 20lp/mm 時皆降低了如圖 3.16 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20lp/mm 能低於 0.4 如圖 3.17 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.18 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.8 ZEMAX 近視-1.25D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.65549  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

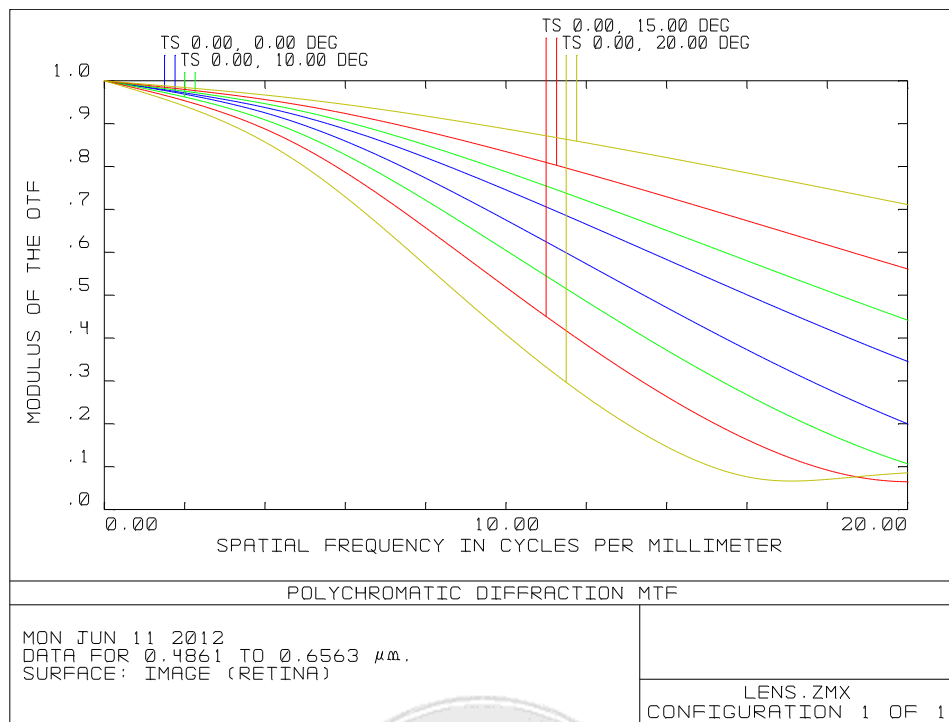


圖 3.16 近視-1.25D 眼睛模型(FFT MTF)

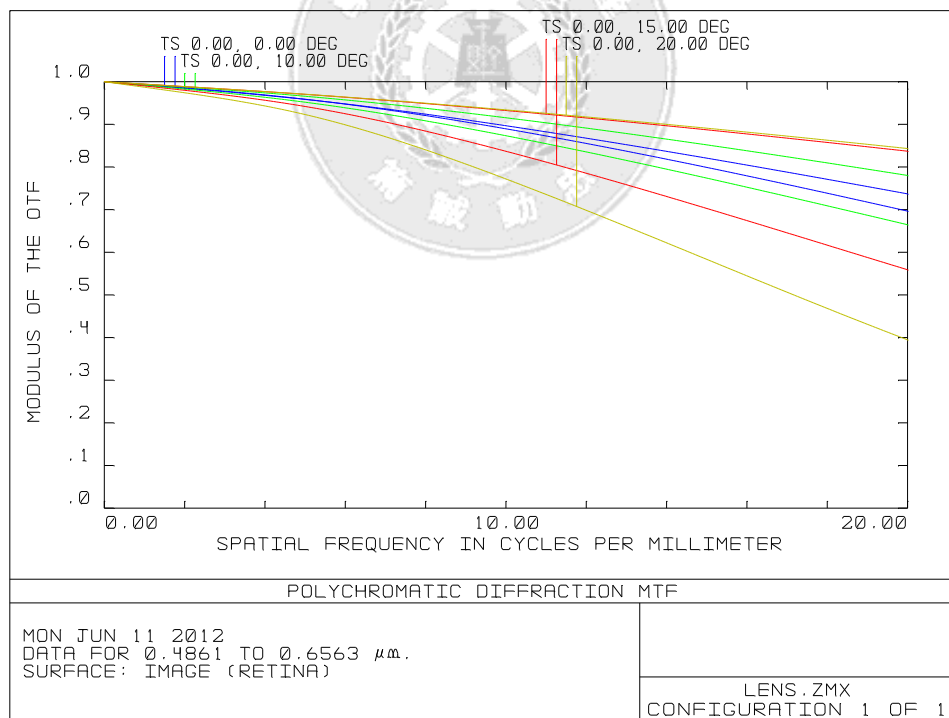


圖 3.17 近視-1.25D 球面鏡片(FFT MTF)

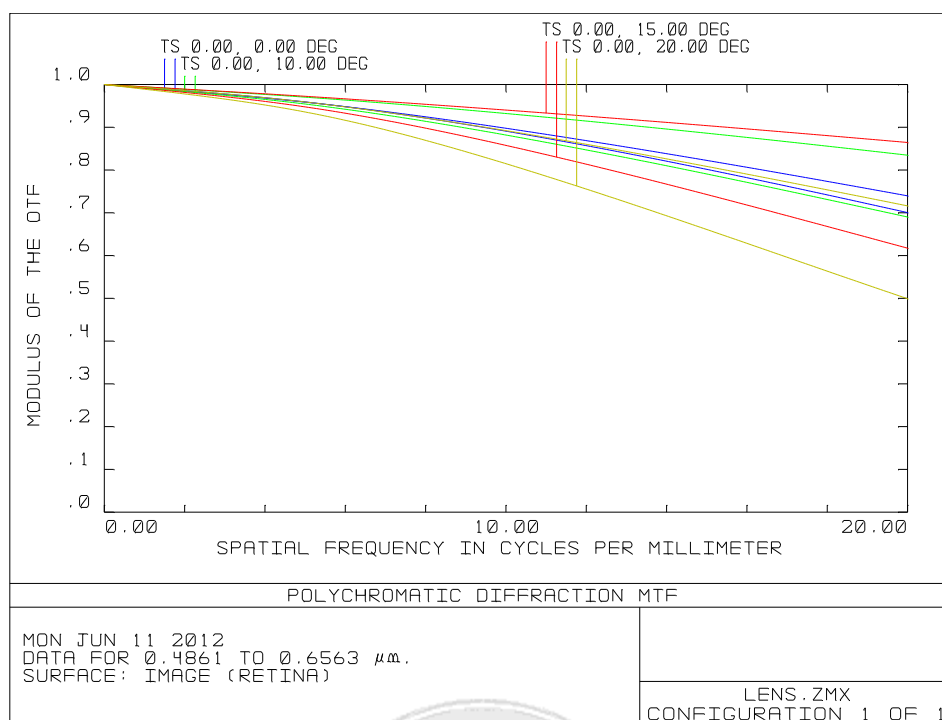


圖 3.18 近視-1.25D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-1.50D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.9 所示，其 MTF 值在 20lp/mm 時皆降低了如圖 3.19 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20lp/mm 能低於 0.4 如圖 3.20 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.21 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.9 ZEMAX 近視-1.50D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.73882  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

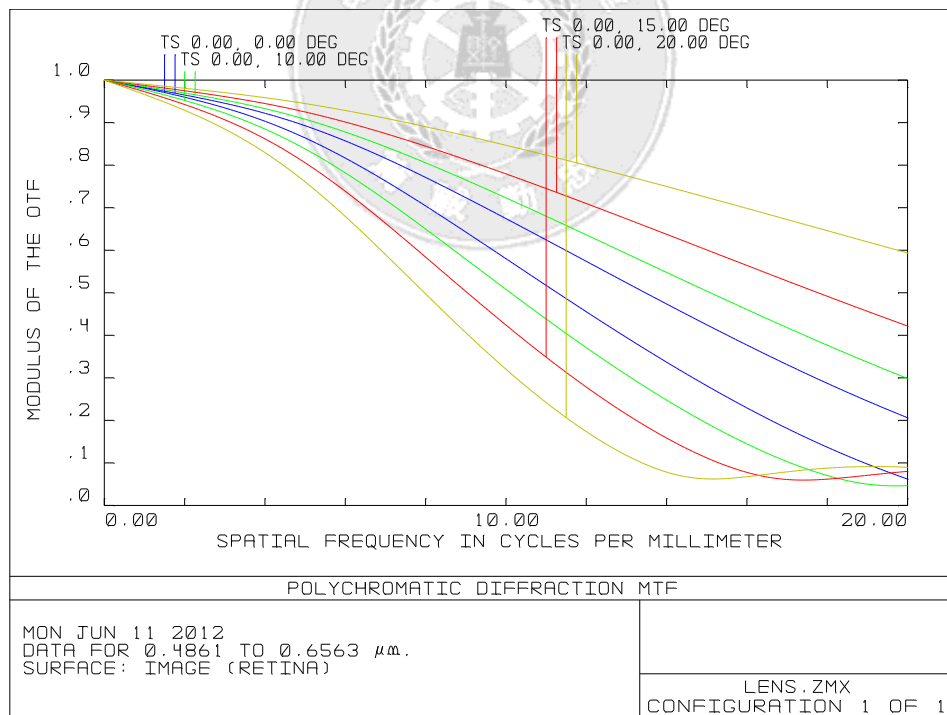


圖 3.19 近視-1.50D 眼睛模型(FFT MTF)

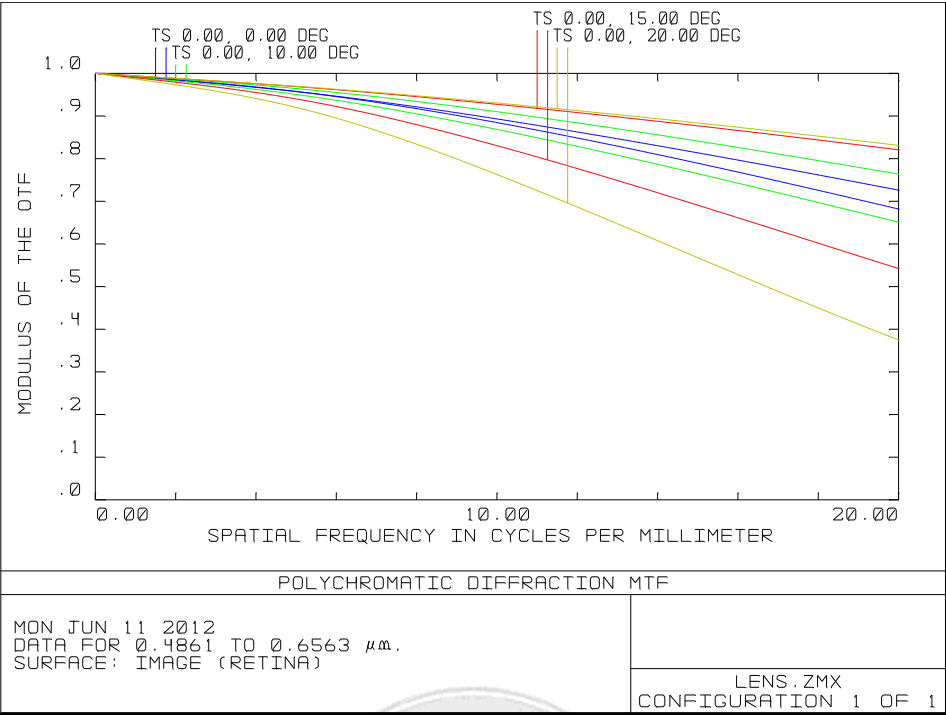


圖 3.20 近視-1.50D 球面鏡片(FFT MTF)

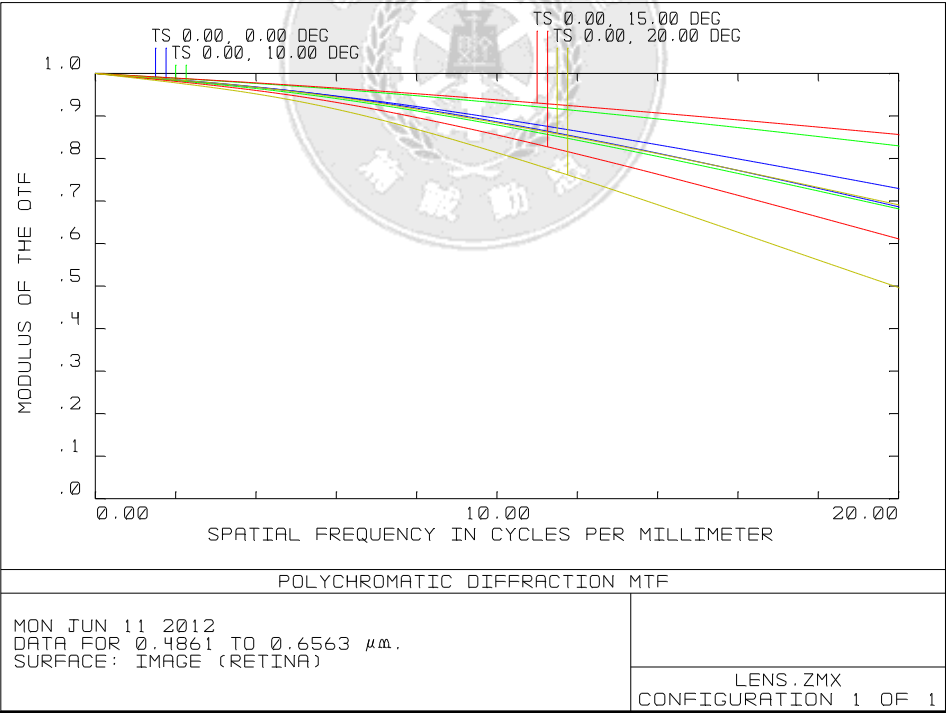


圖 3.21 近視-1.50D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-1.75D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.10 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.22 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.4 如圖 3.23 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.24 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.10 ZEMAX 近視-1.75D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.82215  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

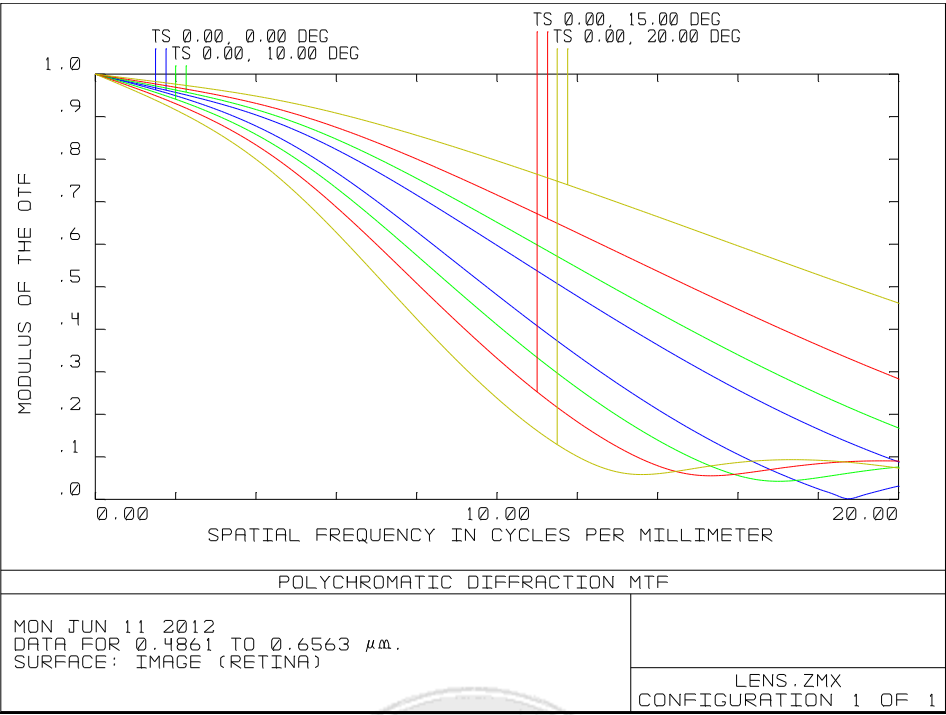


圖 3.22 近視-1.75D 眼睛模型(FFT MTF)

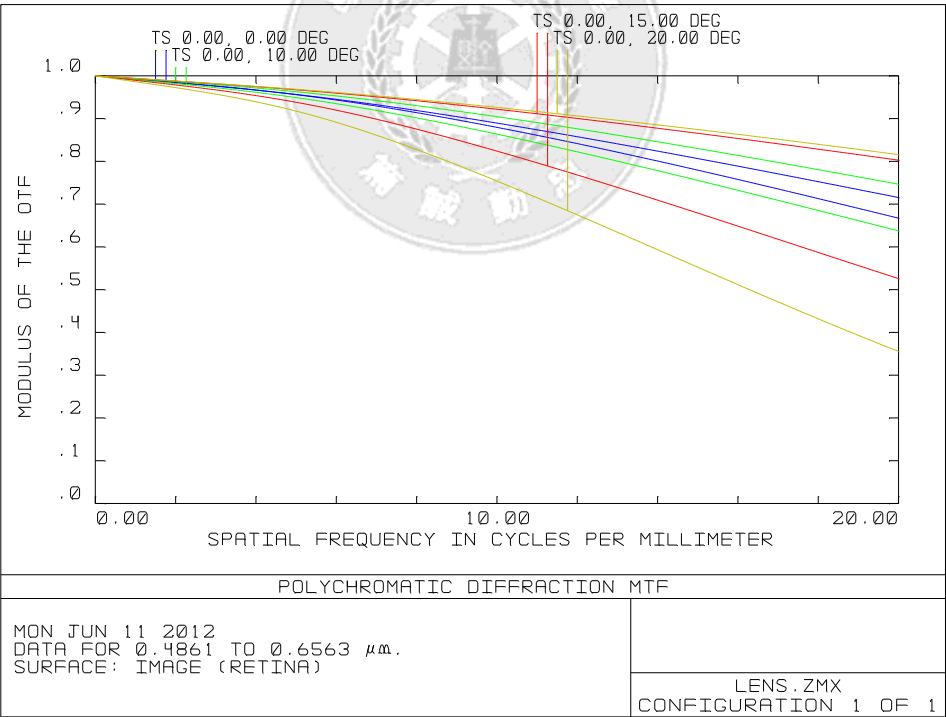


圖 3.23 近視-1.75D 球面鏡片(FFT MTF)

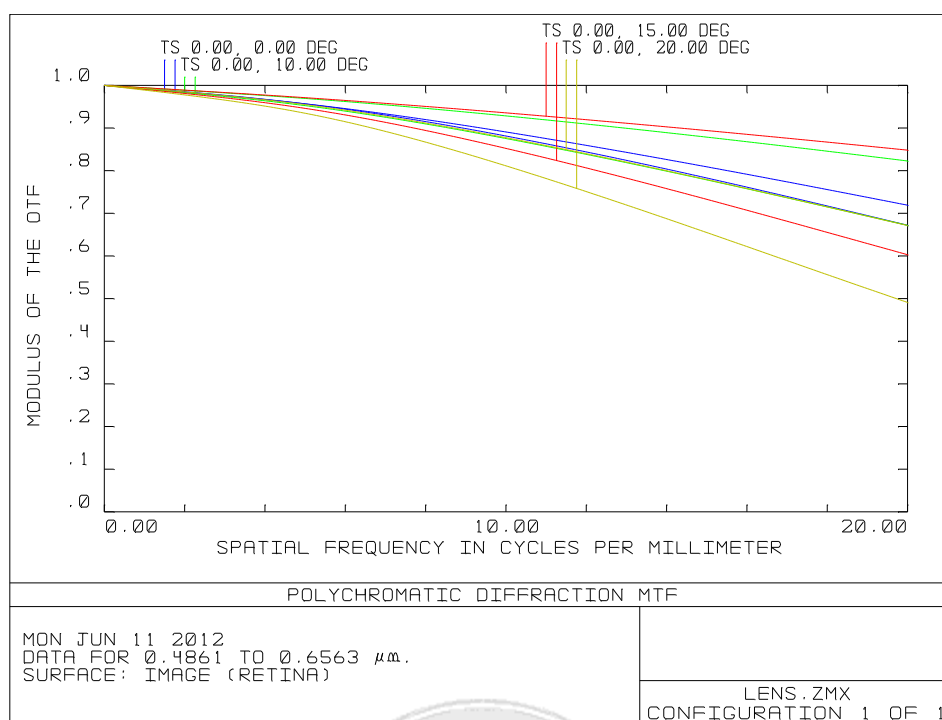


圖 3.24 近視-1.75D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-2.00D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.11 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.25 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.35 如圖 3.26 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.27 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.11 ZEMAX 近視-2.00D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.90549  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

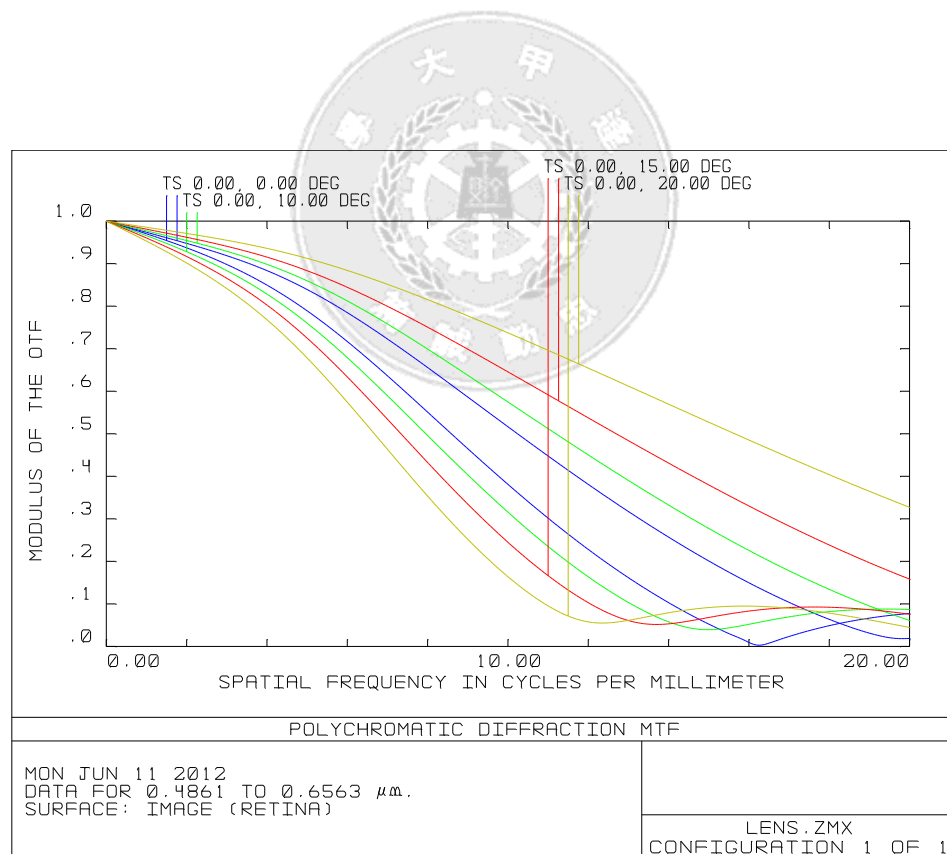


圖 3.25 近視-2.00D 眼睛模型(FFT MTF)

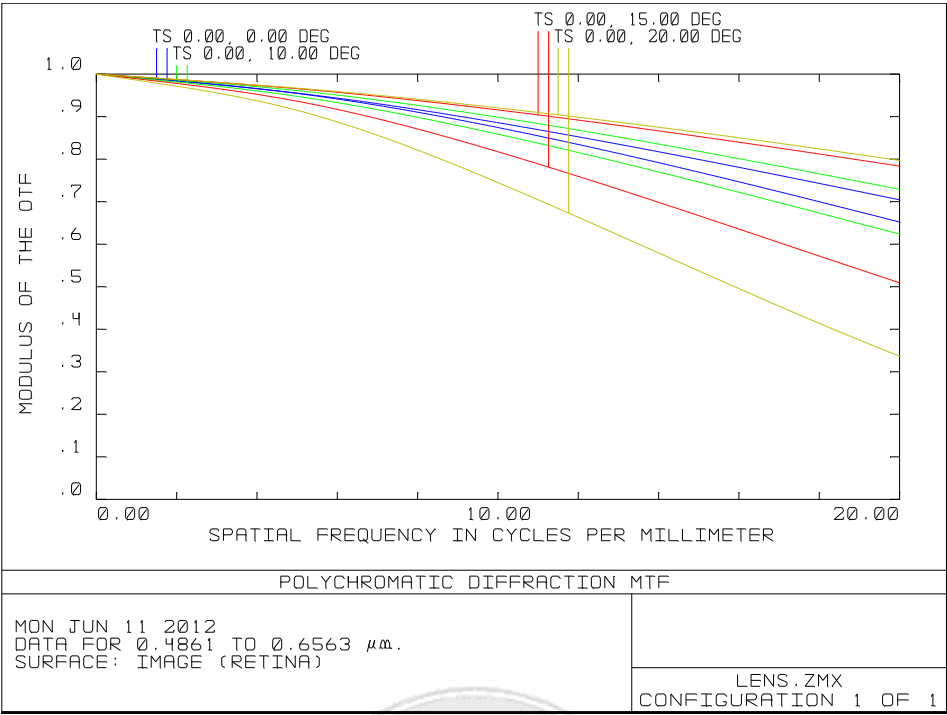


圖 3.26 近視-2.00D 球面鏡片(FFT MTF)

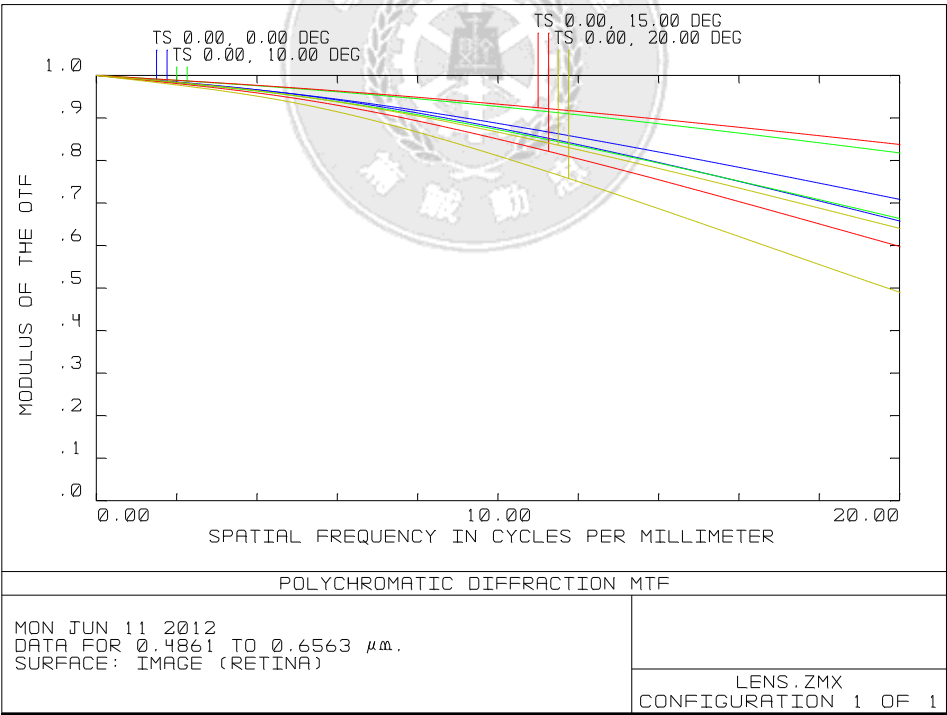


圖 3.27 近視-2.00D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-2.25D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.12 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.28 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.35 如圖 3.29 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.30 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.12 ZEMAX 近視-2.25D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 16.98882  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

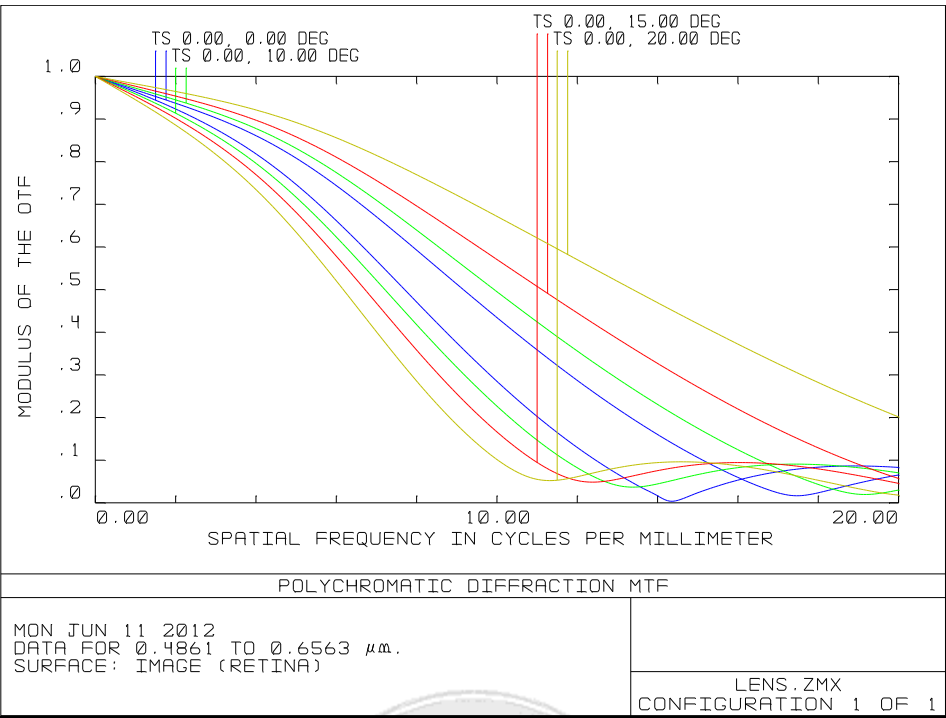


圖 3.28 近視-2.25D 眼睛模型(FFT MTF)

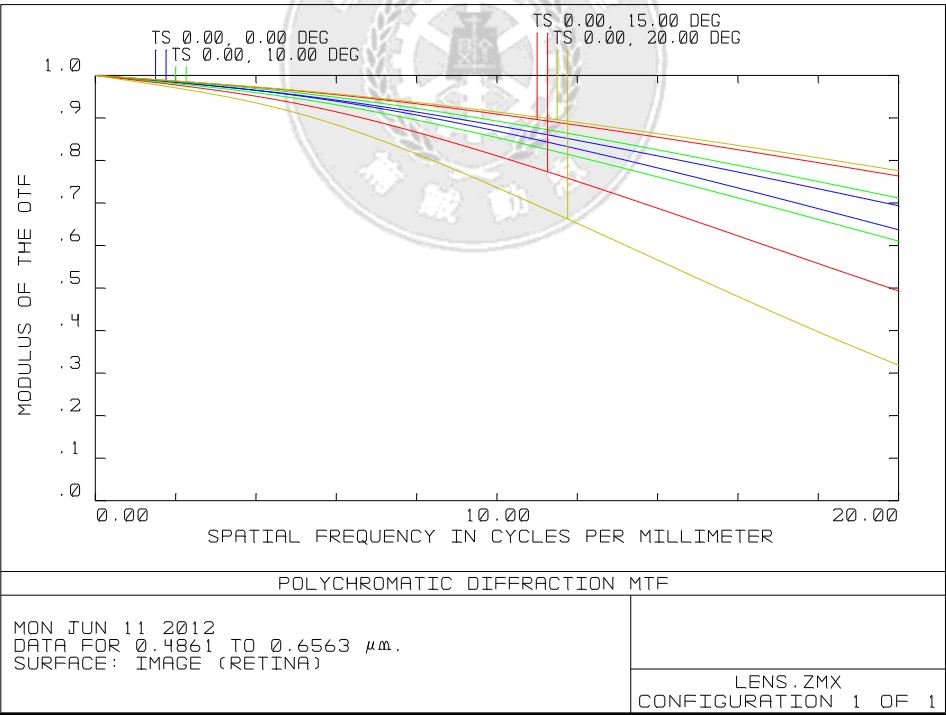


圖 3.29 近視-2.25D 球面鏡片(FFT MTF)

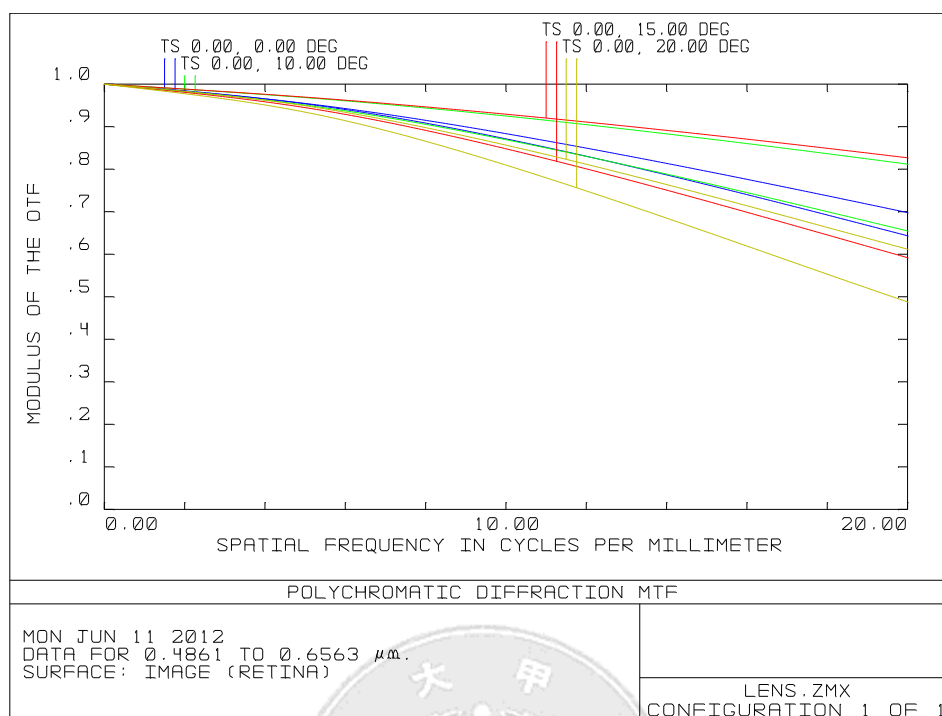


圖 3.30 近視-2.25D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-2.50D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.13 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.31 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.35 如圖 3.32 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.33 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.13 ZEMAX 近視-2.50D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.07215  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

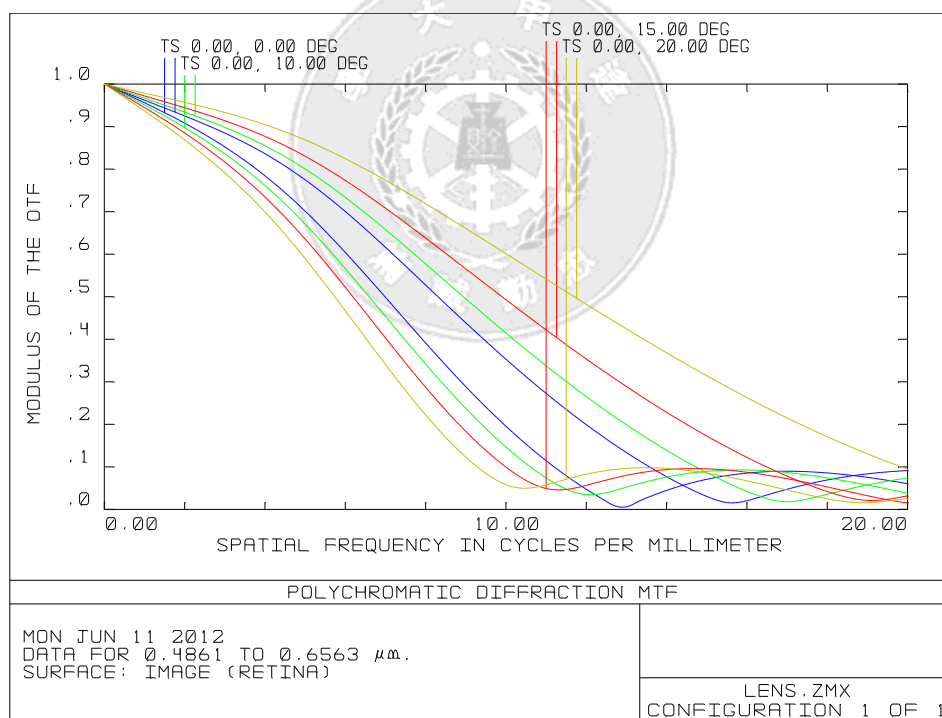


圖 3.31 近視-2.50D 眼睛模型(FFT MTF)

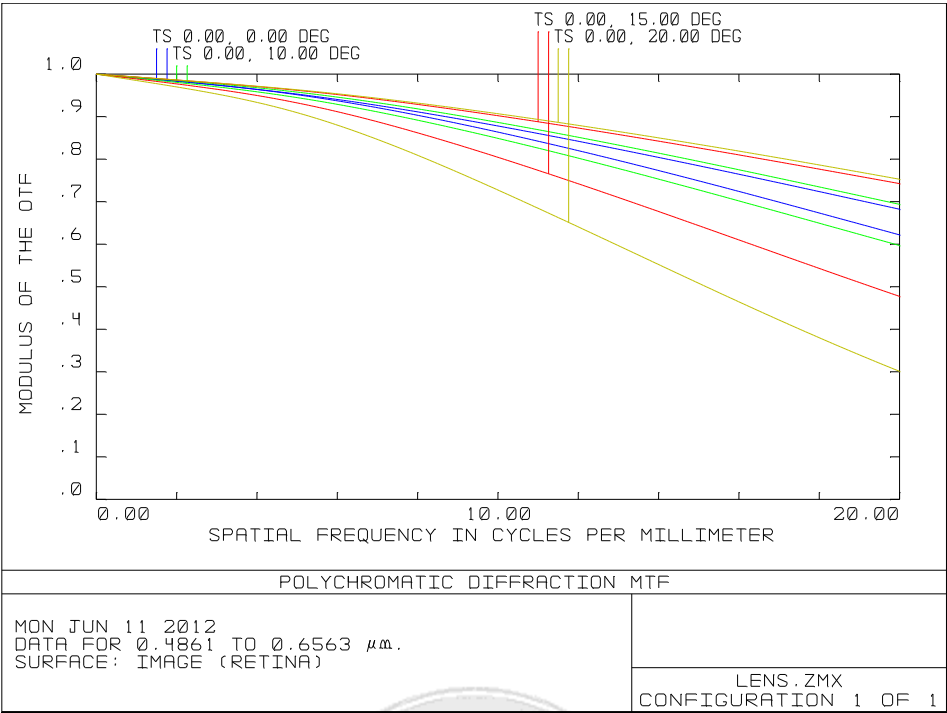


圖 3.32 近視-2.50D 球面鏡片(FFT MTF)

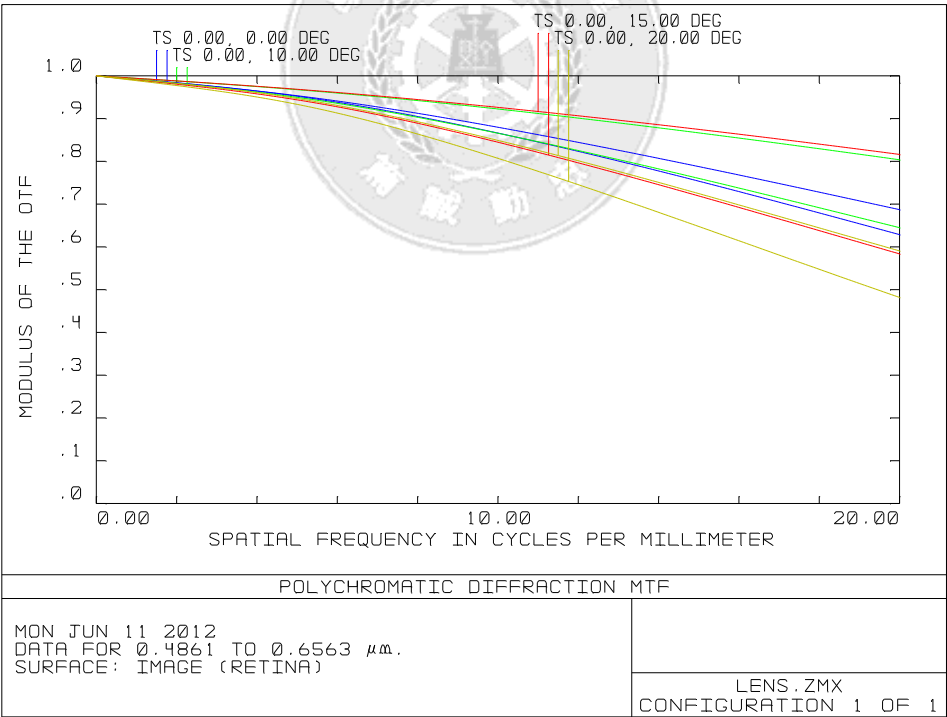


圖 3.33 近視-2.50D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-2.75D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.14 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.34 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.3 如圖 3.35 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.36 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.14 ZEMAX 近視-2.75D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.15548  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

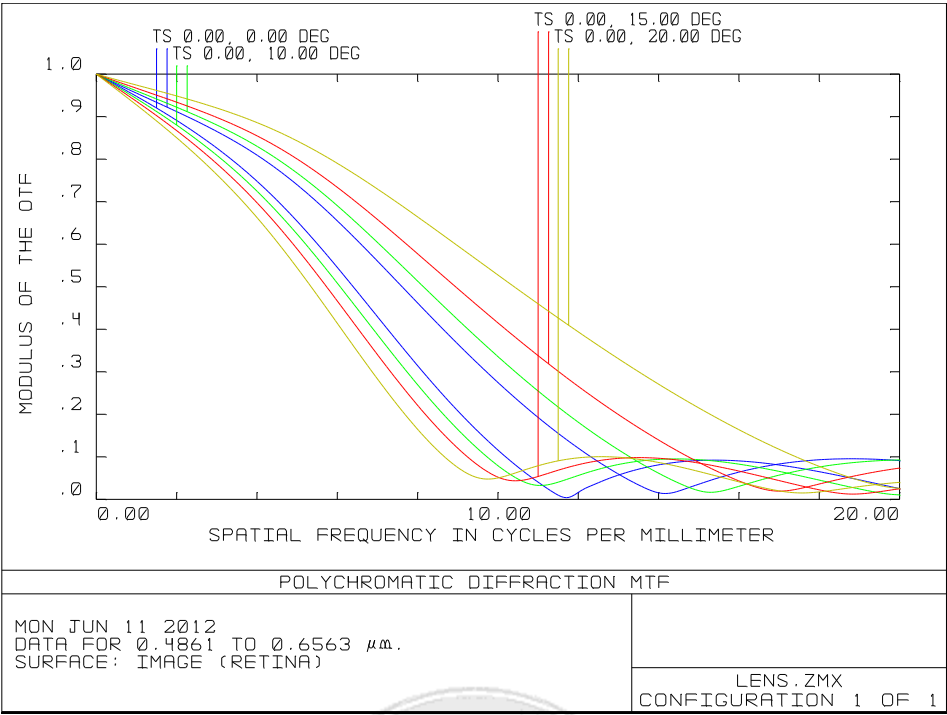


圖 3.34 近視-2.75 眼睛模型(FFT MTF)

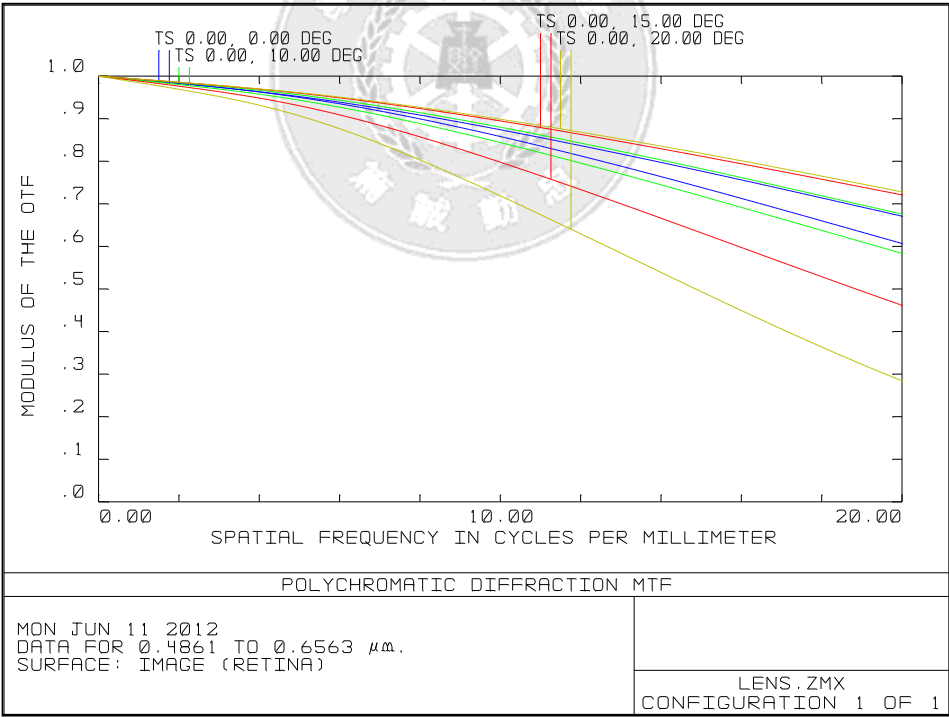


圖 3.35 近視-2.75D 球面鏡片(FFT MTF)

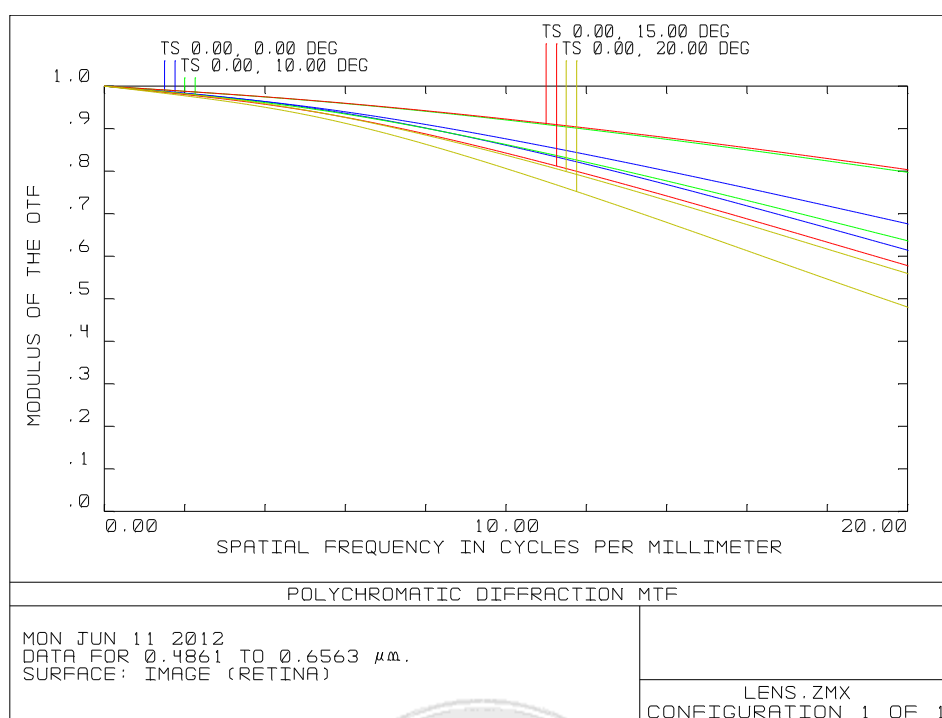


圖 3.36 近視-2.75D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-3.00D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.15 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.37 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.3 如圖 3.38 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.39 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.15 ZEMAX 近視-3.00D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.23883  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

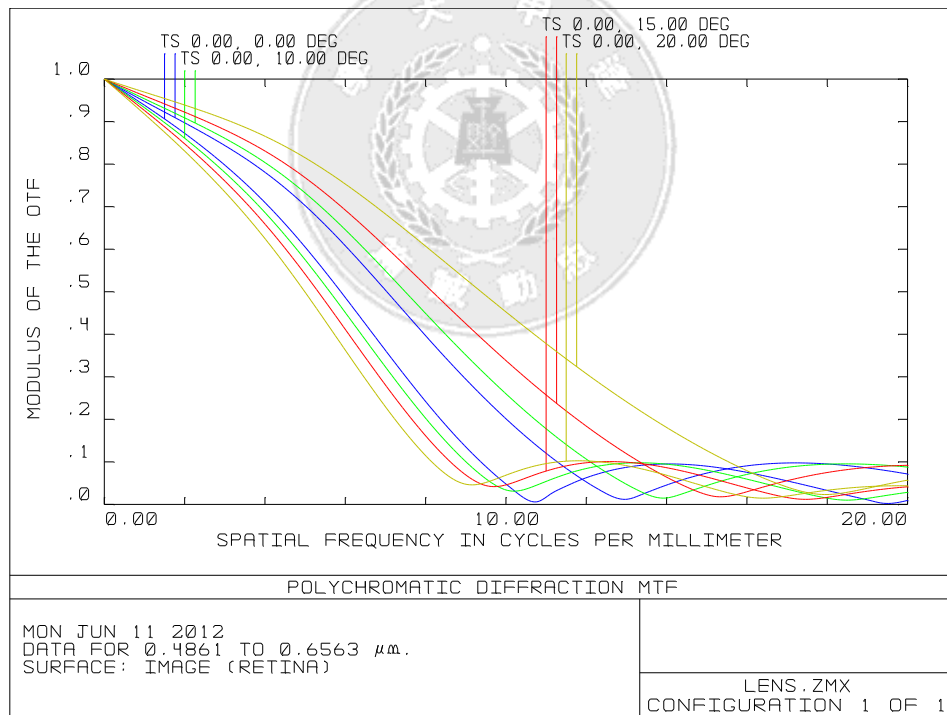


圖 3.37 近視-3.00D 眼睛模型(FFT MTF)

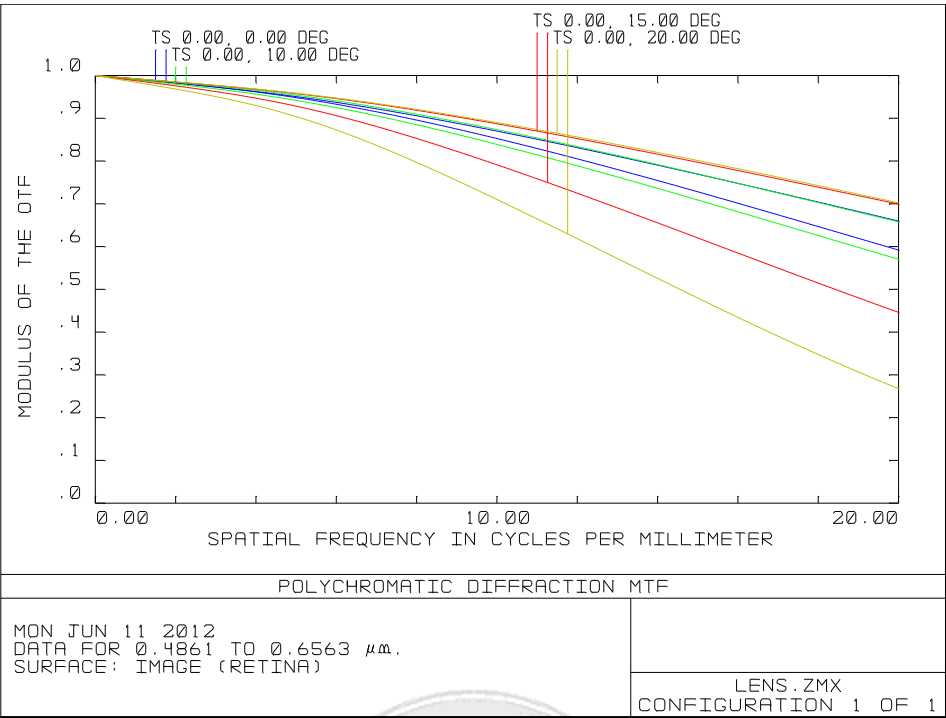


圖 3.38 近視-3.00D 球面鏡片(FFT MTF)

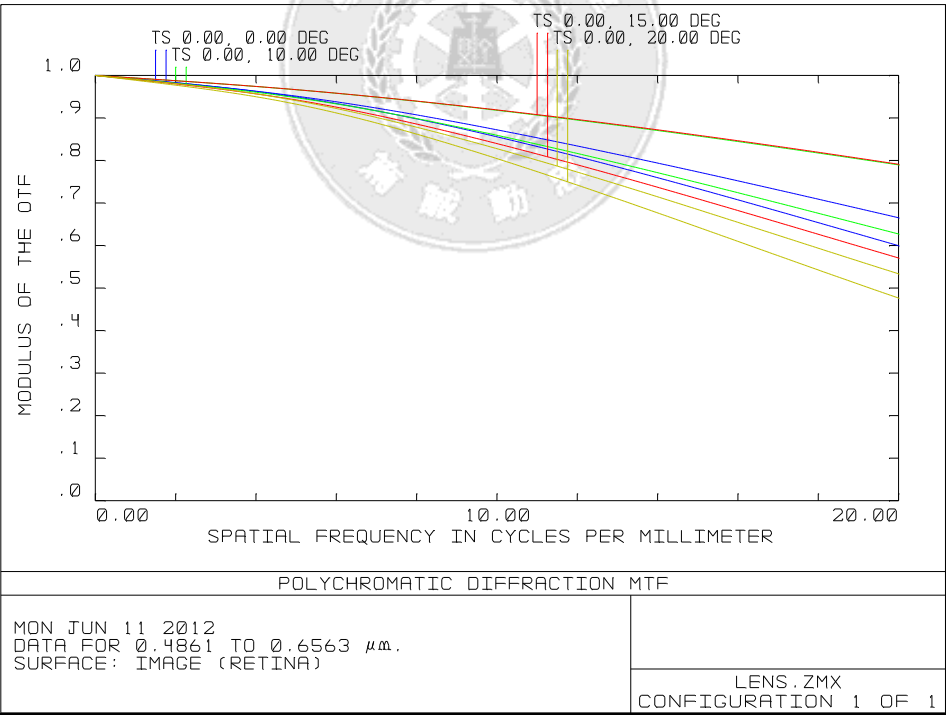


圖 3.39 近視-3.00D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-3.25D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.16 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.40 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.3 如圖 3.41 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.42 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.16 ZEMAX 近視-3.25D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.32216  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

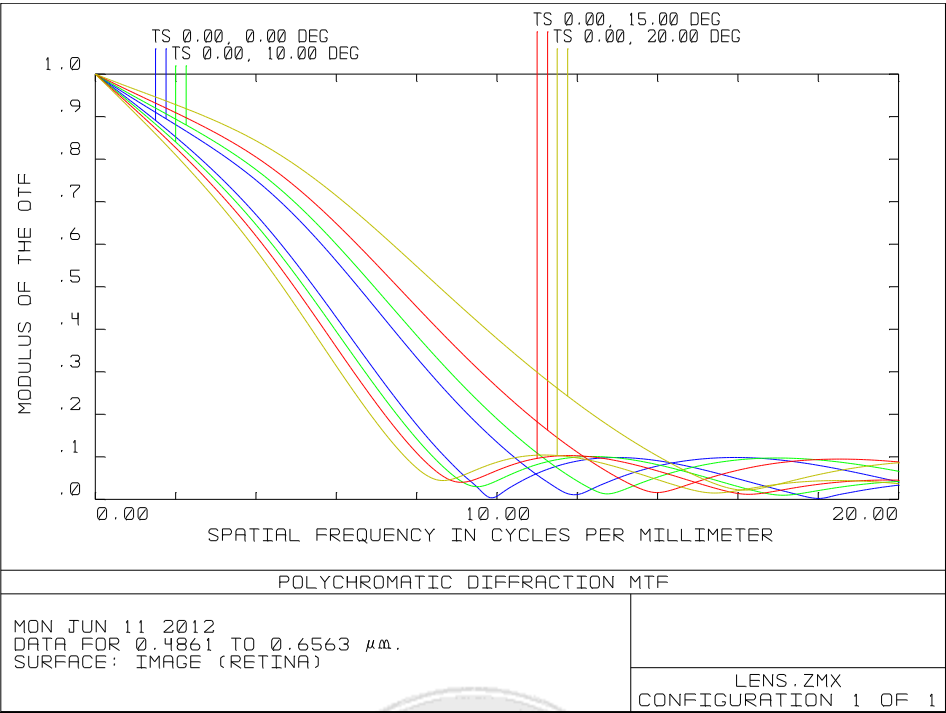


圖 3.40 近視-3.25D 眼睛模型(FFT MTF)

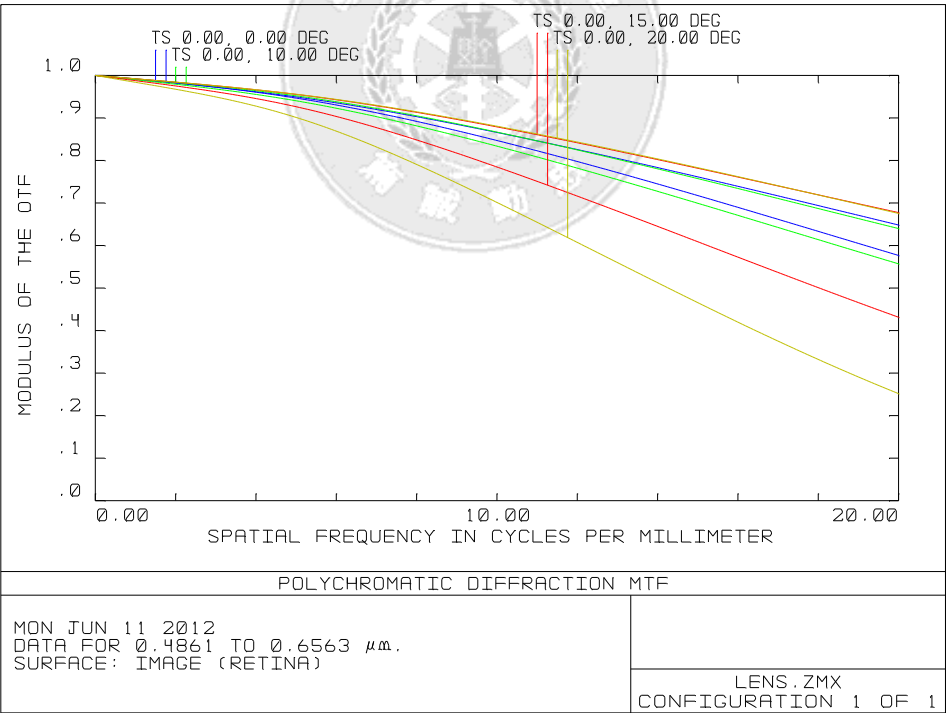


圖 3.41 近視-3.25D 球面鏡片(FFT MTF)

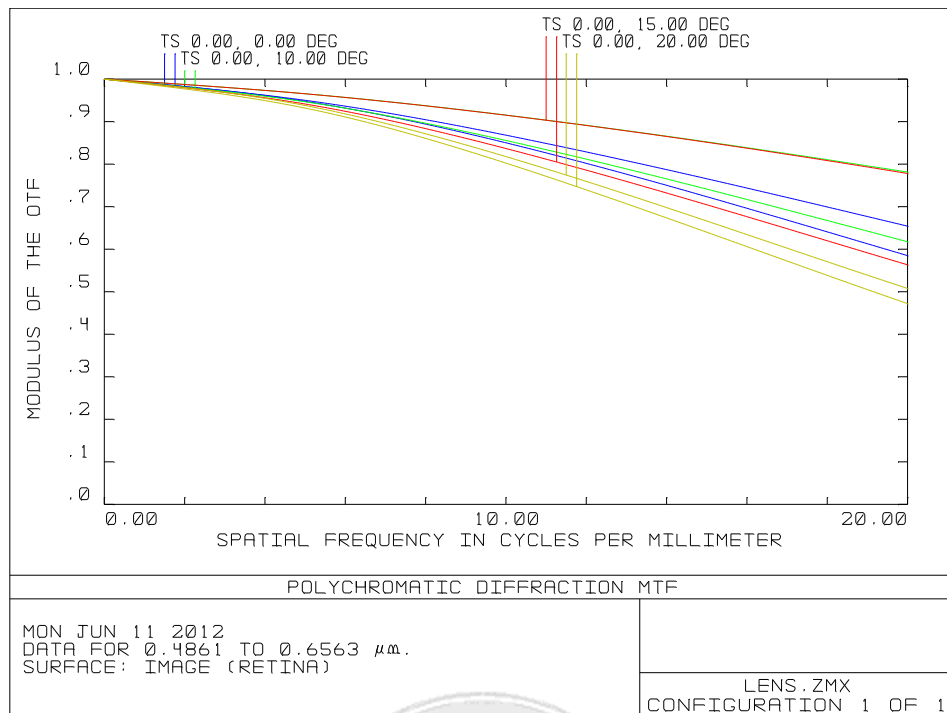


圖 3.42 近視-3.25D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-3.50D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.17 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.43 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.25 如圖 3.44 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.45 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.17 ZEMAX 近視-3.50D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.40549  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

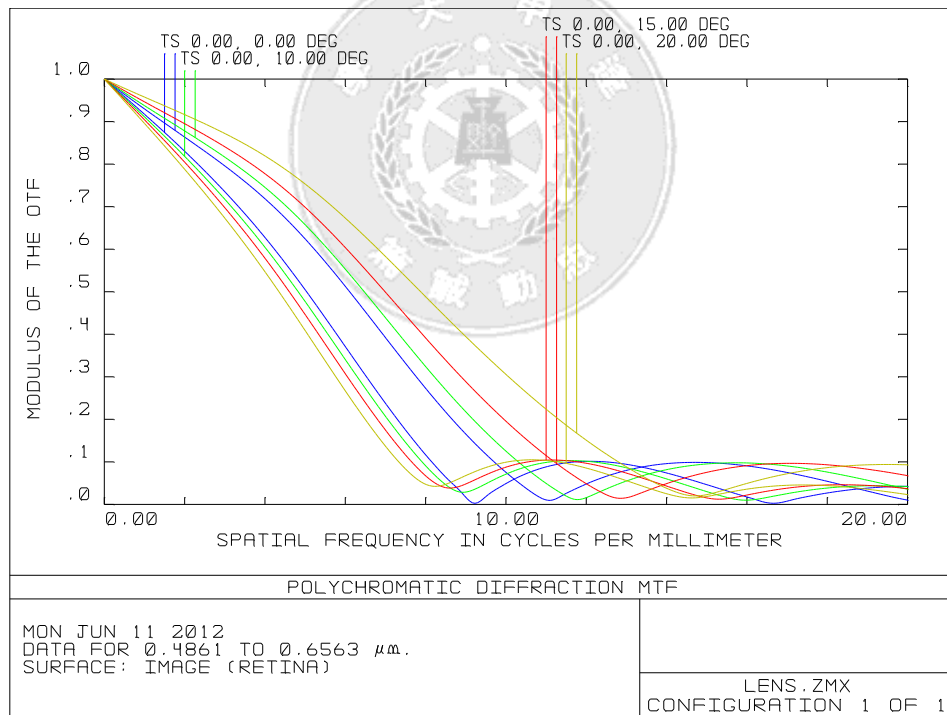


圖 3.43 近視-3.50D 眼睛模型(FFT MTF)

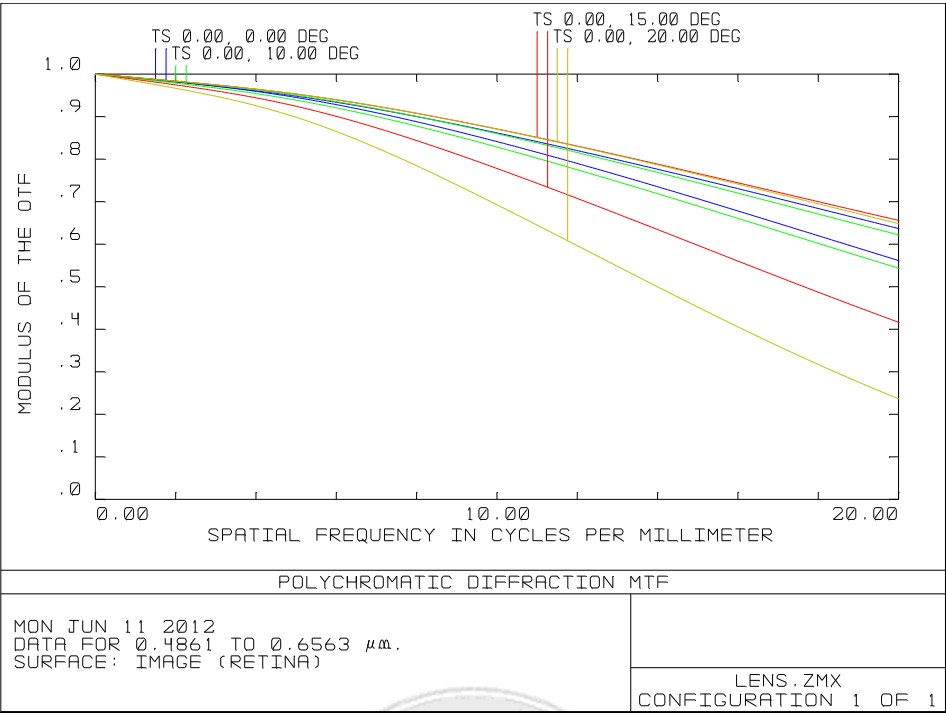


圖 3.44 近視-3.50D 球面鏡片(FFT MTF)

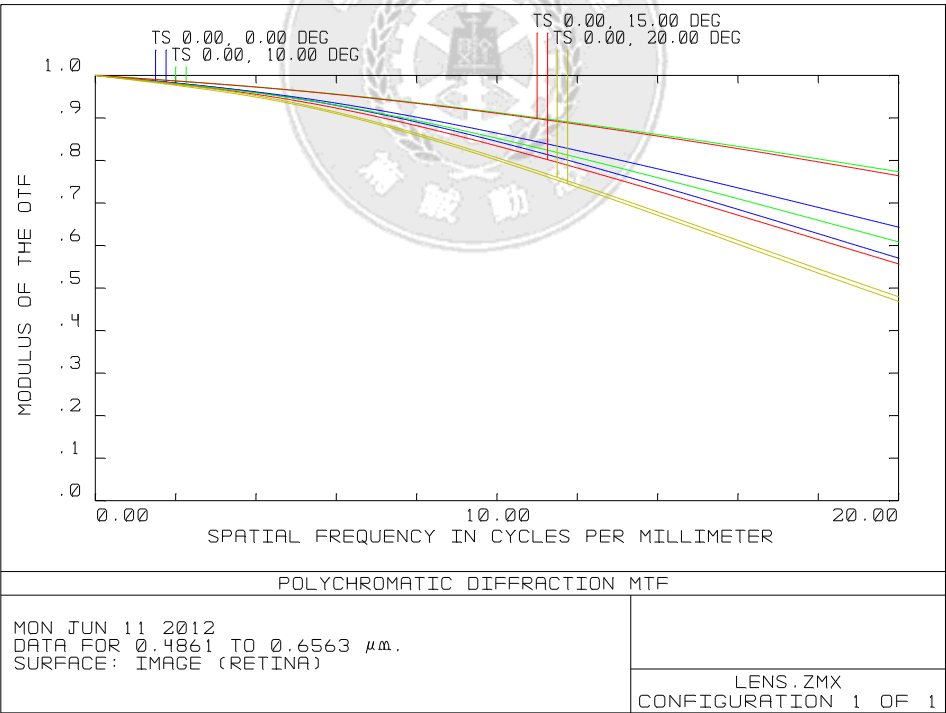


圖 3.45 近視-3.50D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-3.75D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.18 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.46 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.25 如圖 3.47 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.48 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.18 ZEMAX 近視-3.75D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.48882  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

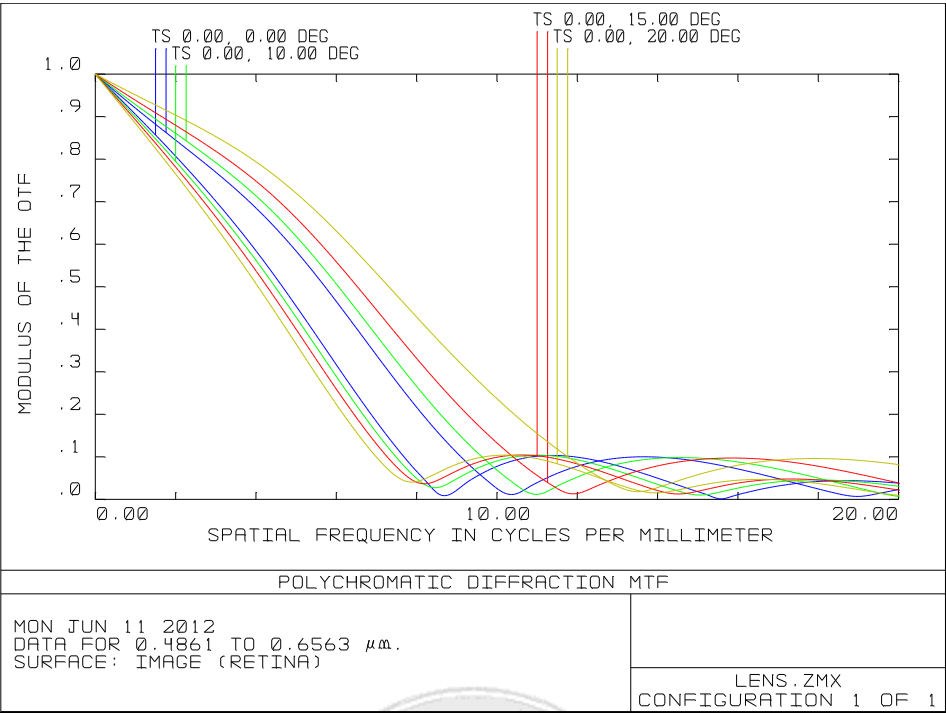


圖 3.46 近視-3.75D 眼睛模型(FFT MTF)

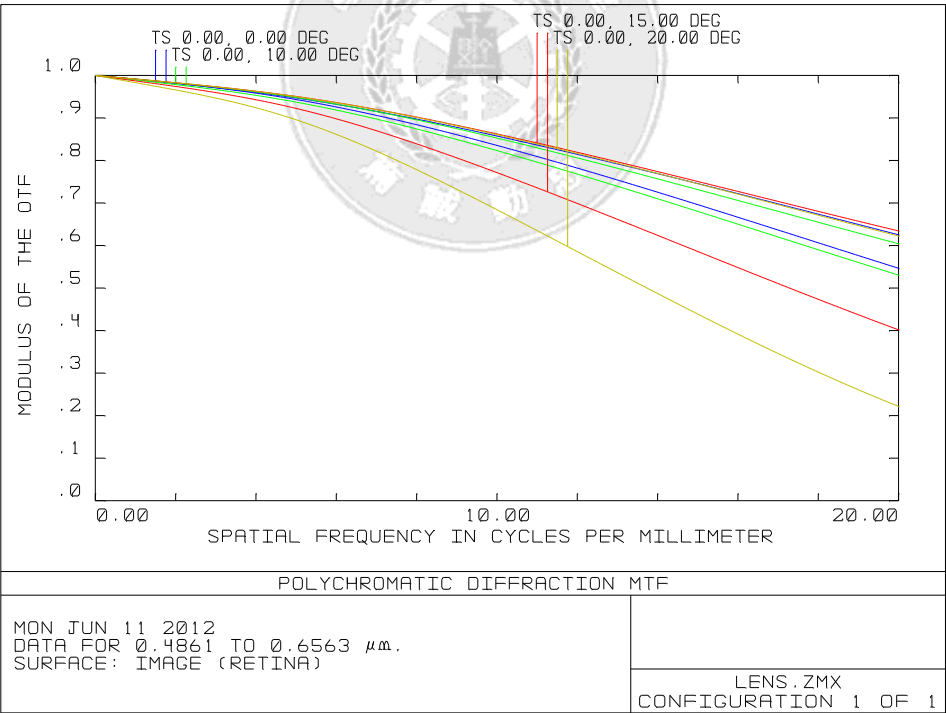


圖 3.47 近視-3.75D 球面鏡片(FFT MTF)

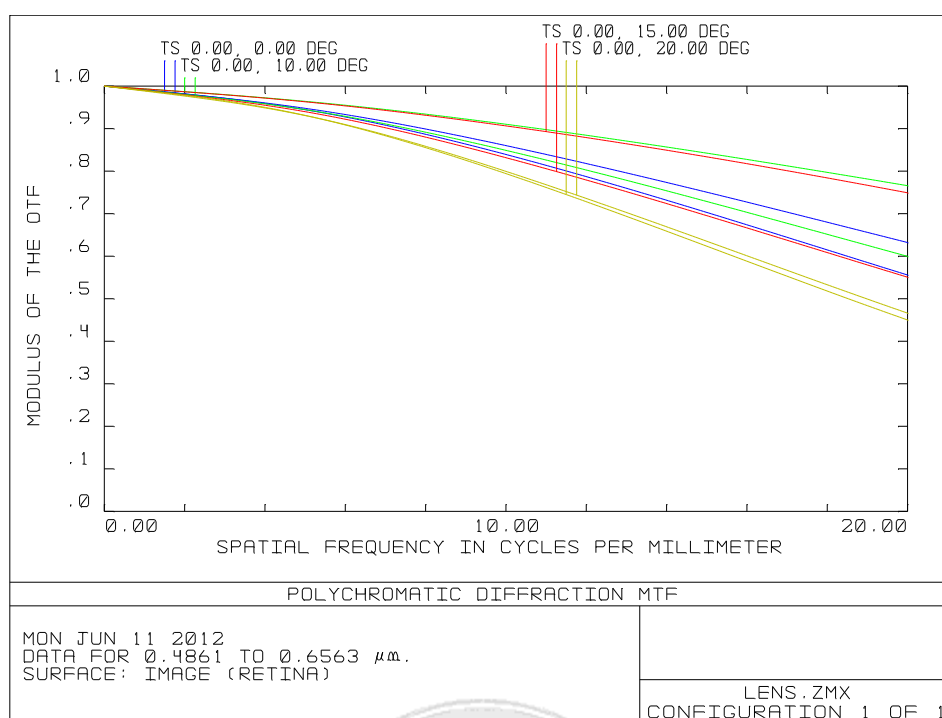


圖 3.48 近視-3.75D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-4.00D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.19 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.49 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.25 如圖 3.50 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.51 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.19 ZEMAX 近視-4.00D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.57216  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

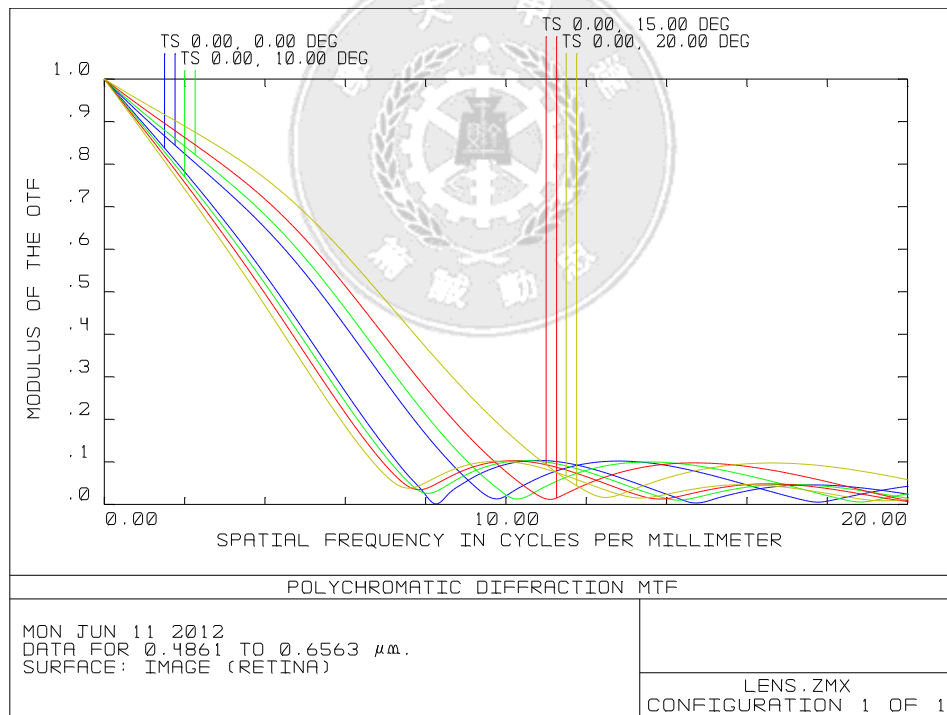


圖 3.49 近視-4.00D 眼睛模型(FFT MTF)

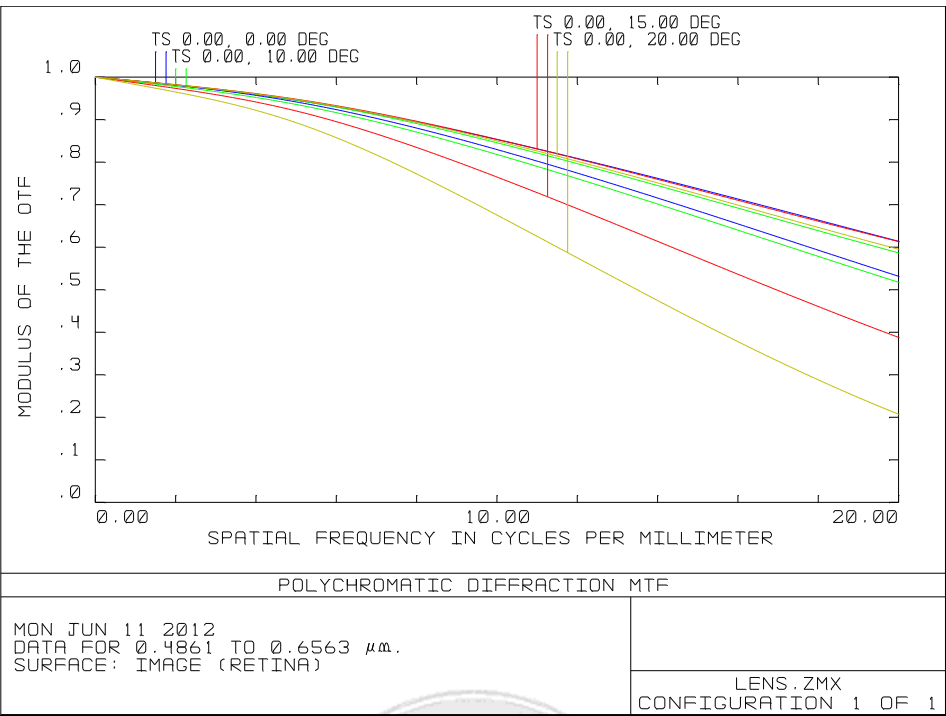


圖 3.50 近視-4.00D 球面鏡片(FFT MTF)

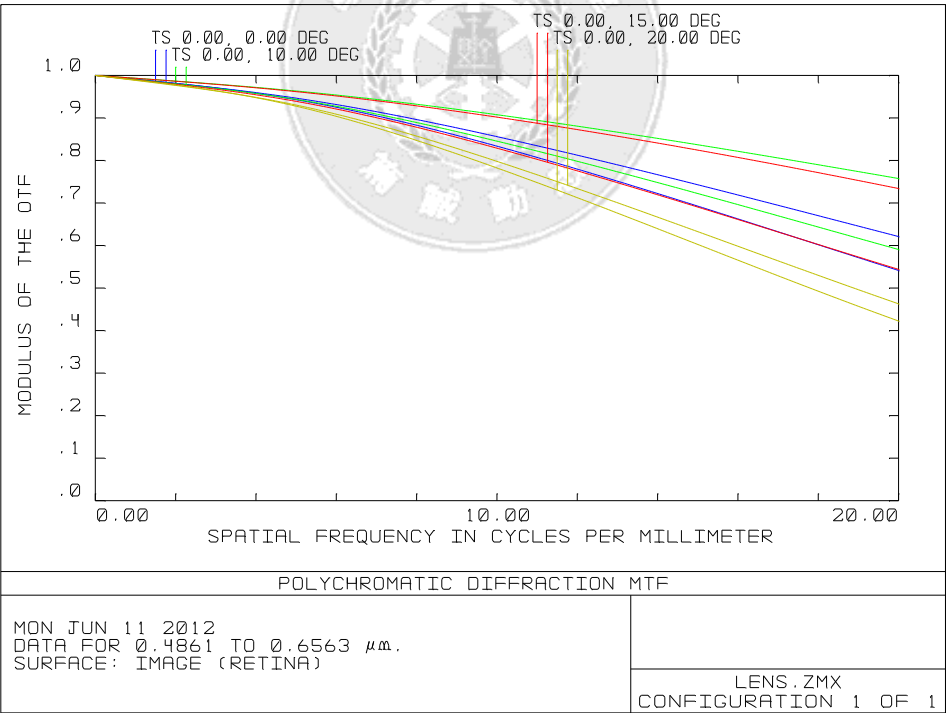


圖 3.51 近視-4.00D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-4.25D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.20 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.52 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.2 如圖 3.53 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.54 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.20 ZEMAX 近視-4.25D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.65549  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

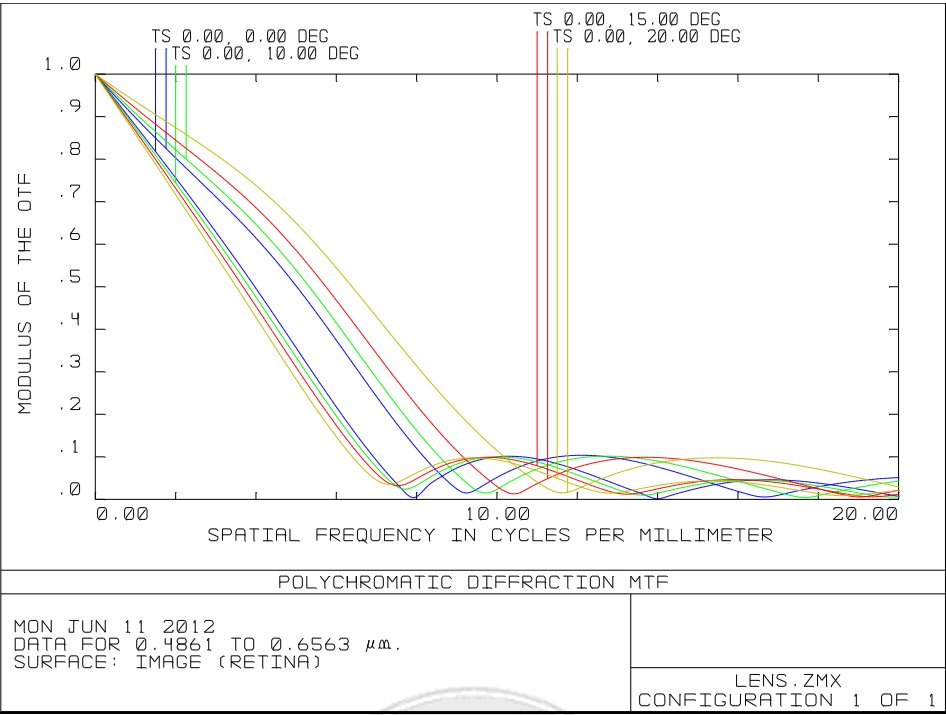


圖 3.52 近視-4.25D 眼睛模型(FFT MTF)

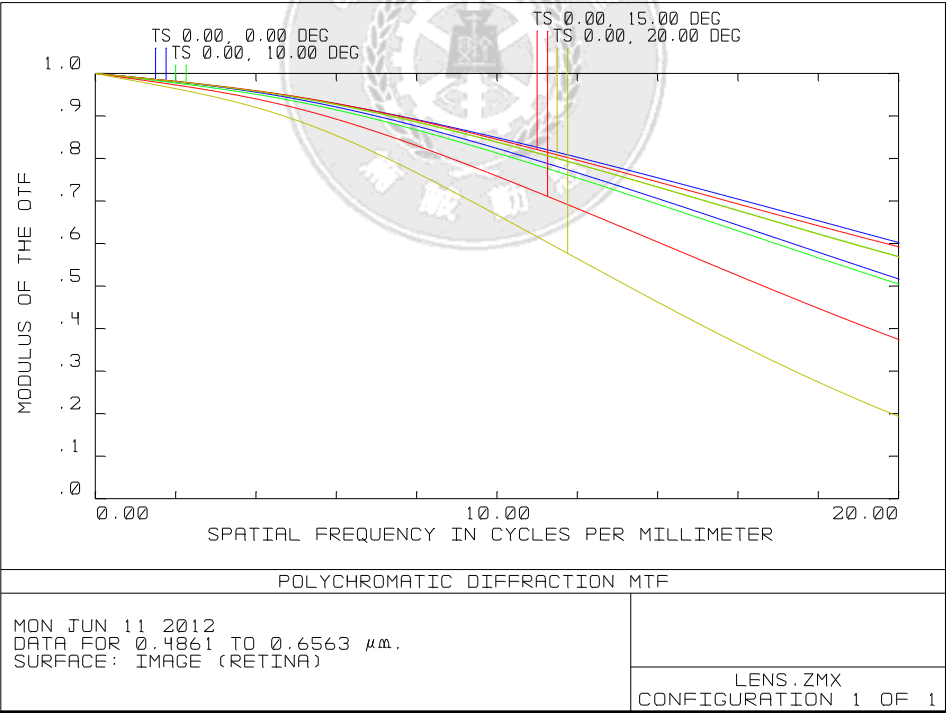


圖 3.53 近視-4.25D 球面鏡片(FFT MTF)

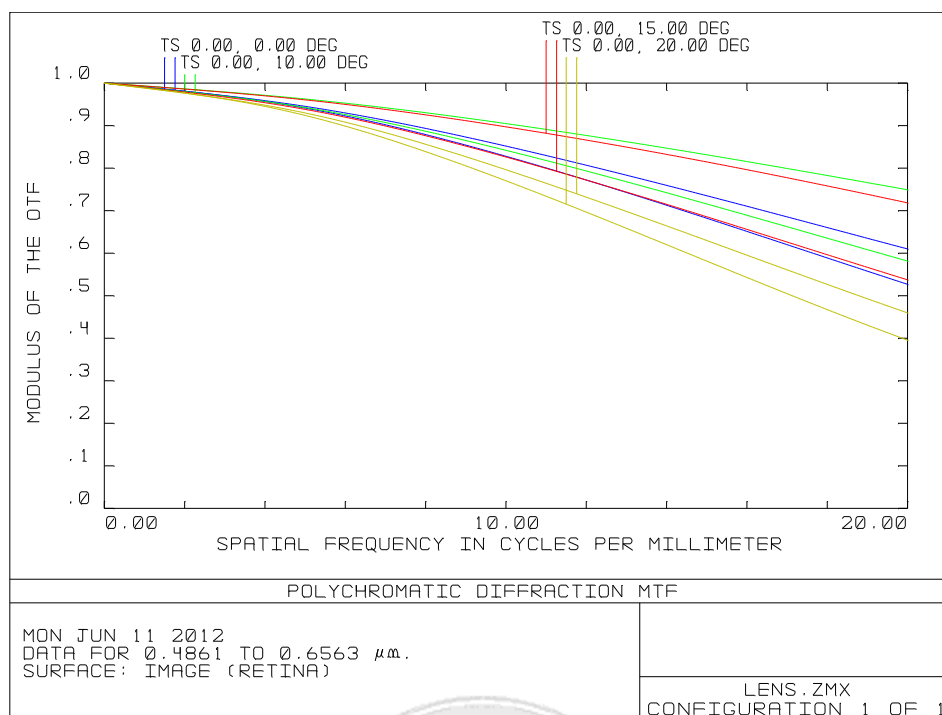


圖 3.54 近視-4.25D 非球面鏡片(FFT MTF)

當人眼在近視-4.50D 的情況下，因 Vitreous 軸長度產生變化(增長)，參數設定如表 3.21 所示，其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.55 所示，我們為了加入一傳統球面鏡片進行矯正並對其鏡片進行優化但效果有限，在人眼觀看 20°時 MTF 值在 20 lp/mm 能低於 0.2 如圖 3.56 所示，所以將球面鏡片改為非球面並優化再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.45 如圖 3.57 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.21 ZEMAX 近視-4.50D 人眼模型參數設定

| Surf:Type |           | Comment    | Radius   | Thickness | Glass     | Semi-Diameter | conic |
|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|---------------|-------|
| OBJ       | Standard  | Object     | Infinity | 1.0E+009  |           | 3.639703E+008 | 0     |
| 1         | Standard  | Input beam | Infinity | 50        |           | 20.762983     | 0     |
| 2         | Standard  | Cornea     | 7.77     | 0.55      | 1.38,50.2 | 5             | -0.18 |
| 3         | Standard  | Aqueous    | 6.40     | 3.16      | 1.34,50.2 | 5             | -0.60 |
| STO       | Standard  | Pupil      | Infinity | 0         | 1.34,50.2 | 1.25          | 0     |
| 5         | Gradient3 | Lens-front | 12.4     | 1.59      |           | 5             | 0     |
| 6         | Gradient3 | Lens-back  | Infinity | 2.43      |           | 5             | 0     |
| 7         | Standard  | Vitreous   | -8.1     | 17.73882  | 1.34,50.2 | 5             | 0.96  |
| IMA       | Standard  | Retina     | -12      |           |           | 5             | 0     |

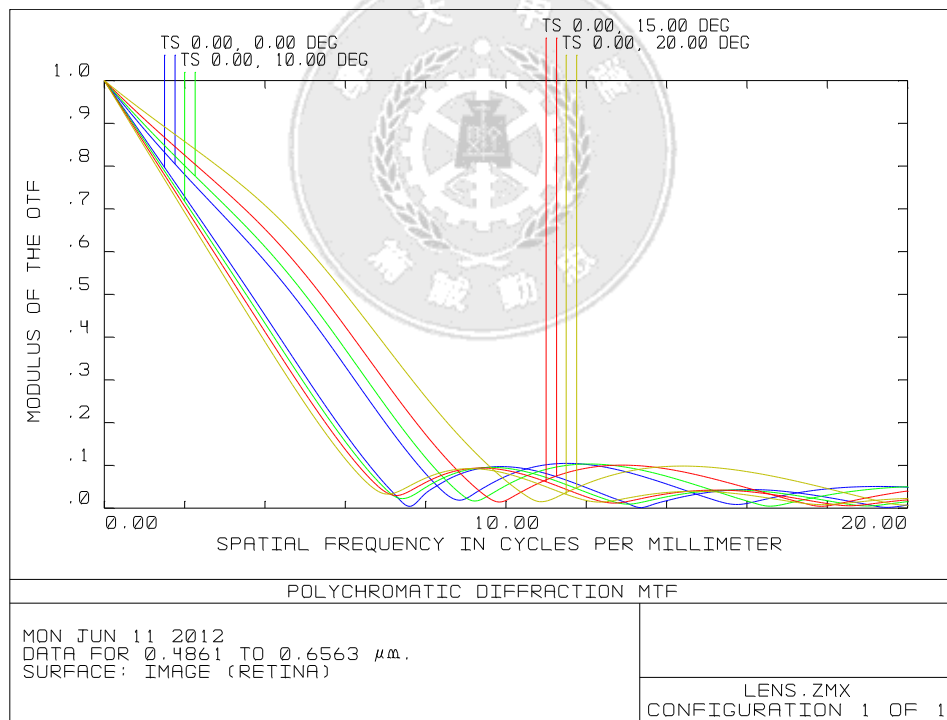


圖 3.55 近視-4.50D 眼睛模型(FFT MTF)

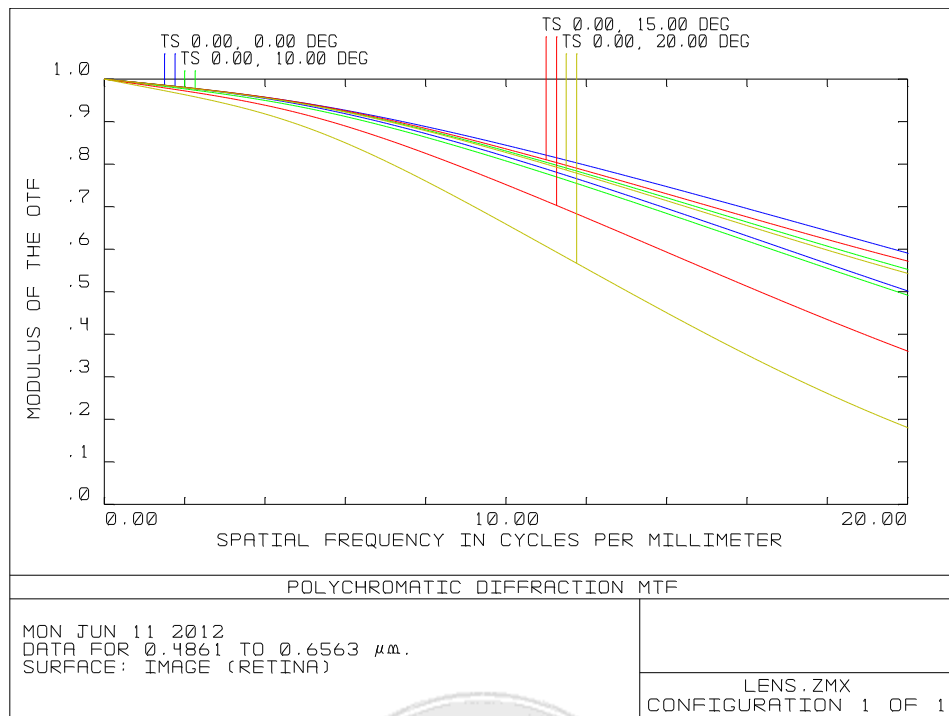


圖 3.56 近視-4.50D 球面鏡片(FFT MTF)

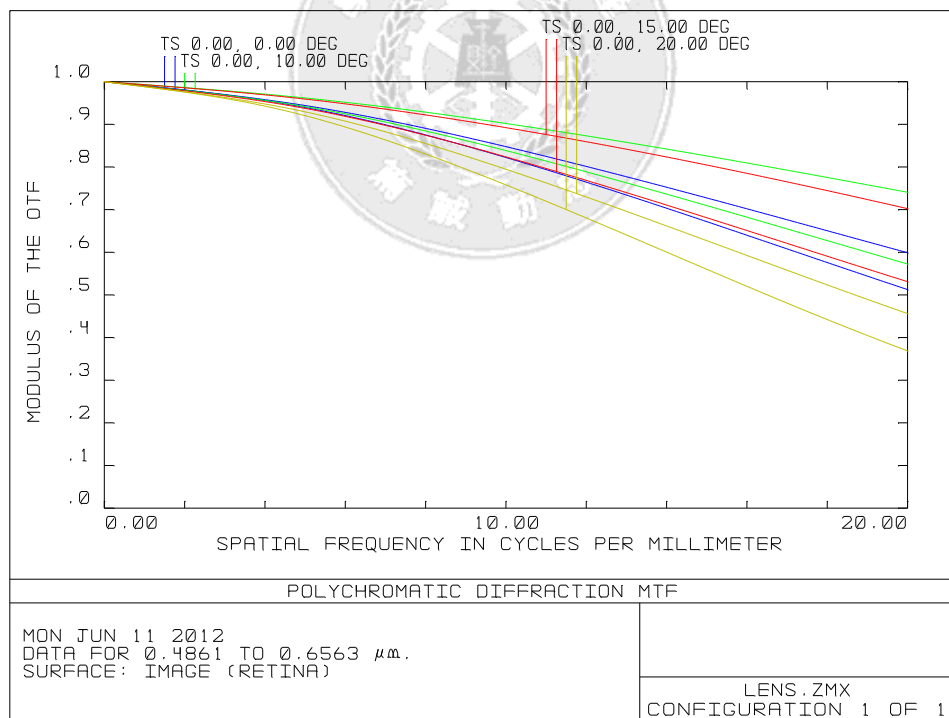


圖 3.57 近視-4.50D 非球面鏡片(FFT MTF)

在設定人眼最大頻率 20 lp/mm 的情況下，我們可以得到數據如表 3.22

表 3.22 Sagittal 優化前後數據

| 優化前(Diopter) | Sagittal | 優化後(Diopter) | Sagittal |
|--------------|----------|--------------|----------|
| -0.25        | 0.480129 | -0.25        | 0.501504 |
| -0.50        | 0.457942 | -0.50        | 0.504912 |
| -0.75        | 0.436102 | -0.75        | 0.503613 |
| -1.00        | 0.415055 | -1.00        | 0.501809 |
| -1.25        | 0.394668 | -1.25        | 0.4991   |
| -1.50        | 0.374941 | -1.50        | 0.496634 |
| -1.75        | 0.355521 | -1.75        | 0.491032 |
| -2.00        | 0.336657 | -2.00        | 0.49022  |
| -2.25        | 0.318818 | -2.25        | 0.487845 |
| -2.50        | 0.301033 | -2.50        | 0.481823 |
| -2.75        | 0.284103 | -2.75        | 0.480355 |
| -3.00        | 0.267564 | -3.00        | 0.476437 |
| -3.25        | 0.251675 | -3.25        | 0.472052 |
| -3.50        | 0.23654  | -3.50        | 0.468563 |
| -3.75        | 0.221587 | -3.75        | 0.466104 |
| -4.00        | 0.207293 | -4.00        | 0.462876 |
| -4.25        | 0.193507 | -4.25        | 0.459557 |
| -4.50        | 0.180574 | -4.50        | 0.456178 |

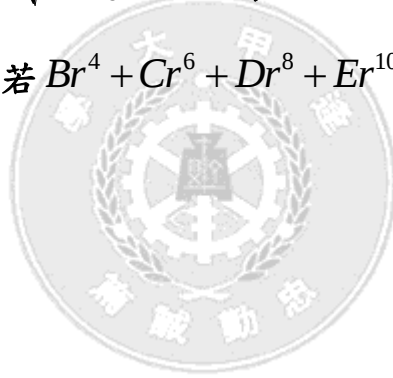
由表 3.22 設計結果可以得知當 MTF 值在 20 lp/mm 時，皆高於 0.3。

### 3.3 優化

最後進行預防近視眼鏡鏡片系統的光線追跡與優化處理，優化函數目標值，可以設定鏡片為非球面，由改變優化參數項來達到優化鏡面使像面不扭曲及鏡片兩邊干擾區變小。非球面深度方程式如公式(3.1)：

$$Z = \frac{c_v r^2}{1 + \sqrt{1 - K c_v^2 r^2}} + Br^4 + Cr^6 + Dr^8 + Er^{10} + \dots \quad (3.1)$$

其中  $Z$  為鏡面深度(Sag)， $C_v$  為鏡面中心曲率， $r$  為鏡面上任一點至鏡面中心之垂直高度， $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ， $K$  為二次曲線常數值， $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  表非球面高次項係數。若  $Br^4 + Cr^6 + Dr^8 + Er^{10} = 0$  時，方程式則代表為一個二次圓錐面。



### 3.4 分別對不同眼睛軸長多重組態鏡片設計

#### 3.4.1 -1.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計

當人眼在各種不同的近視狀態下 Vitreous 的軸長度也不相同，必須針對不同近視度數用單一鏡片矯正如表 3.23(a)所示，故設計 4 種不同 Vitreous 的軸長度做多重組態設計如表 3.23(b)所示，來符合單一鏡片矯正使用，達到經濟與環保效果。優化前其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.58 所示，將鏡片進行優化後再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.2 如圖 3.59(a)所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.23 近視-1.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/4 |              |               |            |               |            |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |            |               |             |
| Surf                         | Type         | Comment       | Radius     | Thickness     | Glass      | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 |            | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     |            | 26.353880     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.200000 | 3.000000      | POLYCARB   | 20.000000     | U 0.000000  |
| 3*                           | Standard     | GLASSES-BACK  | 106.545000 | 28.000000     |            | 20.000000     | U 0.000000  |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -          | 0.000000      |             |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38, 50.2 | 5.000000      | U -0.180000 |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U -0.600000 |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34, 50.2 | 1.250000      | U 0.000000  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 16.572160     | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U 0.960000  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |            | 5.000000      | U 0.000000  |

(a) 鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |           |           |           |           |           |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |           |           |           |           |           |
| Active : 1/4               | Config 1* | Config 2  | Config 3  | Config 4  |           |
| 1: MOFF                    | 0         | -100      | -125      | -150      | -175      |
| 2: THIC                    | 10        | 16.572160 | 16.655490 | 16.738820 | 16.822150 |

(b)多重組態設定

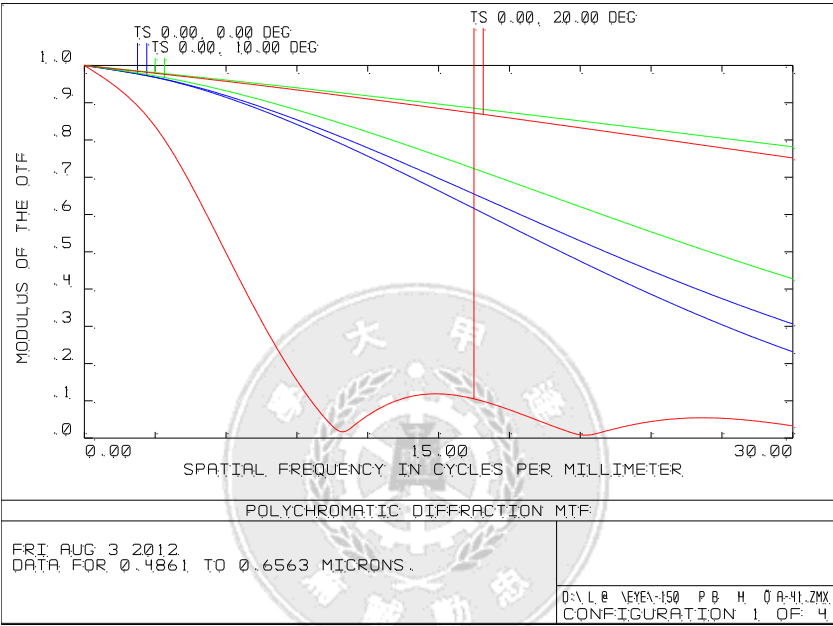


圖 3.58 近視-1.50D 組優化前 FFT MTF

優化後

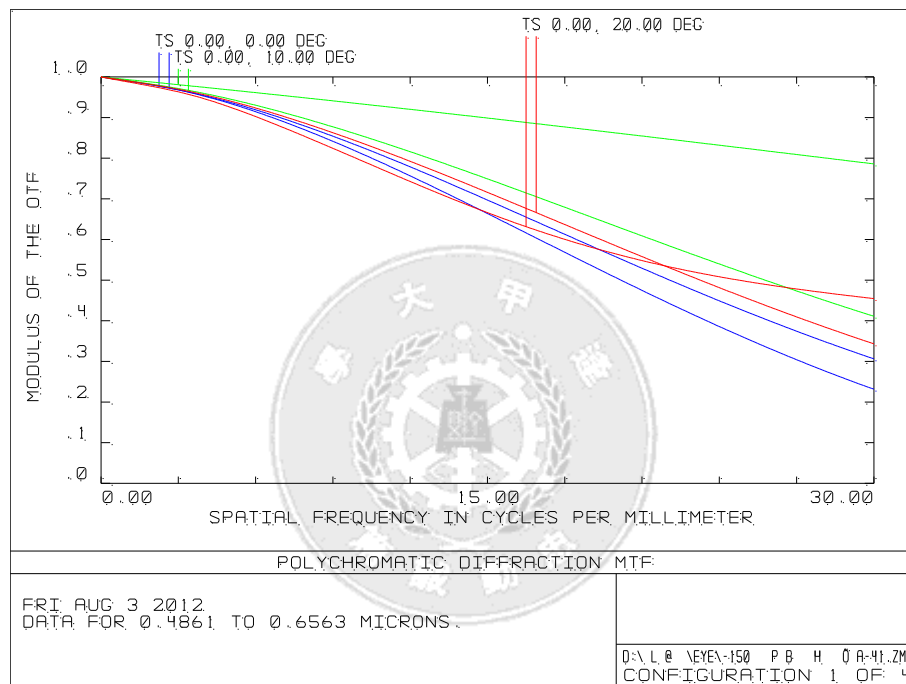
表 3.24 近視-1.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/4 |                |                |                 |                 |                 |                 |        |
|------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| Edit Solves Options Help     |                |                |                 |                 |                 |                 |        |
| Surf:Type                    | Par 2 (unused) | Par 3 (unused) | Par 4 (unused)  | Par 5 (unused)  | Par 6 (unused)  | Par 8 (unused)  |        |
| OBJ                          | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| 1                            | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| 2*                           | Even Asphere   | 0.000011 V     | -3.42906E-008 V | -3.87577E-010 V | -4.46892E-012 V | 1.766015E-014 V | 0.0000 |
| 3*                           | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| 4                            | Coord Break    | 0.000000       | 0.000000        | 0.000000        | 0.000000        | 0               |        |
| 5*                           | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| 6*                           | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| STO*                         | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| 8*                           | Gradient 3     | 1.368000       | -0.001978       | 0.000000        | 0.000000        | 0.049057        | 0.0000 |
| 9*                           | Gradient 3     | 1.407000       | -0.001978       | 0.000000        | 0.000000        | 0.000000        | 0.0000 |
| 10*                          | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |
| IMA                          | Standard       |                |                 |                 |                 |                 |        |

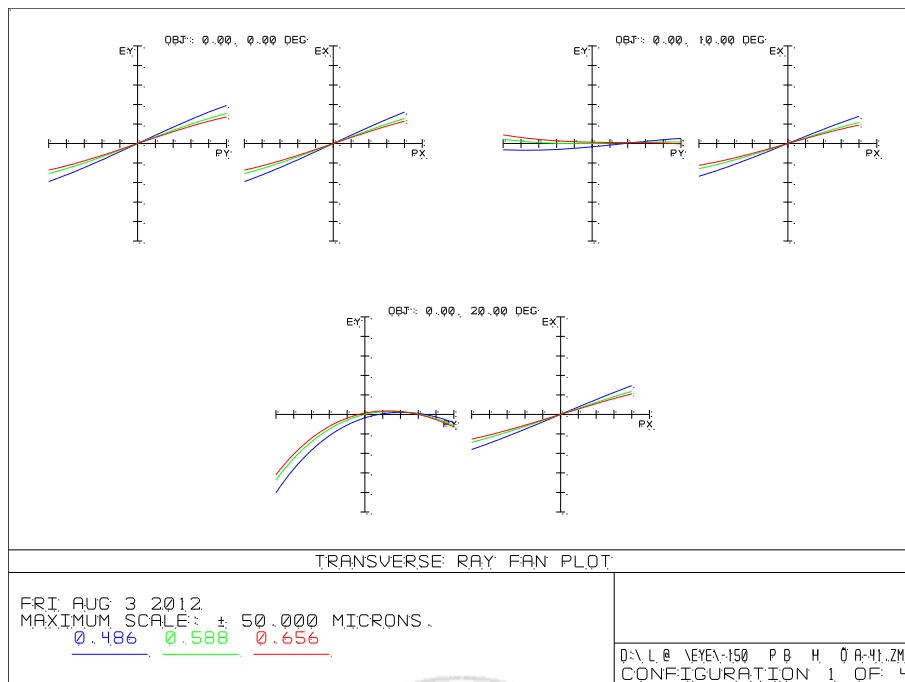
### (a)鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |    |           |           |           |           |
|----------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |    |           |           |           |           |
| Active : 1/4               |    | Config 1* | Config 2  | Config 3  | Config 4  |
| 1: MOFF                    | 0  | -100      | -125      | -150      | -175      |
| 2: THIC                    | 10 | 16.572160 | 16.655490 | 16.738820 | 16.822150 |

### (b)多重組態設定



### (a) 近視-1.50D 組優化後 FFT MTF



(b) 近視-1.50D 組優化後 Ray Fan

圖 3.59 近視-1.50D 組優化後(a) FFT MTF (b) Ray Fan

### 3.4.2 -2.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計

當人眼在各種不同的近視狀態下 Vitreous 的軸長度也不相同，必須針對不同近視度數用單一鏡片矯正如表 3.25(a)所示，故設計 4 種不同 Vitreous 的軸長度做多重組態設計如表 3.25(b)所示，來符合單一鏡片矯正使用，達到經濟與環保效果。優化前其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.60 所示，將鏡片進行優化後再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.15 如圖 3.61 所示，在我們所接受的範圍內。

表 3.25 近視-2.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/4 |              |               |            |               |            |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |            |               |             |
| Surf                         | Type         | Comment       | Radius     | Thickness     | Glass      | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 |            | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     |            | 26.242059     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.428000 | 3.000000      | POLYCARB   | 20.000000     | U 0.000000  |
| 3*                           | Standard     | GLASSES-BACK  | 90.153000  | 28.000000     |            | 20.000000     | U 0.000000  |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -          | 0.000000      |             |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38, 50.2 | 5.000000      | U -0.180000 |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U -0.600000 |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34, 50.2 | 1.250000      | U 0.000000  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 16.905490     | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U 0.960000  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |            | 5.000000      | U 0.000000  |

(a)鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |    |           |           |           |           |
|----------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |    |           |           |           |           |
| Active : 1/4               |    | Config 1* | Config 2  | Config 3  | Config 4  |
| 1: MOFF                    | 0  | -200      | -225      | -250      | -275      |
| 2: THIC                    | 10 | 16.905490 | 16.988820 | 17.072150 | 17.155480 |

(b) 多重組態設定

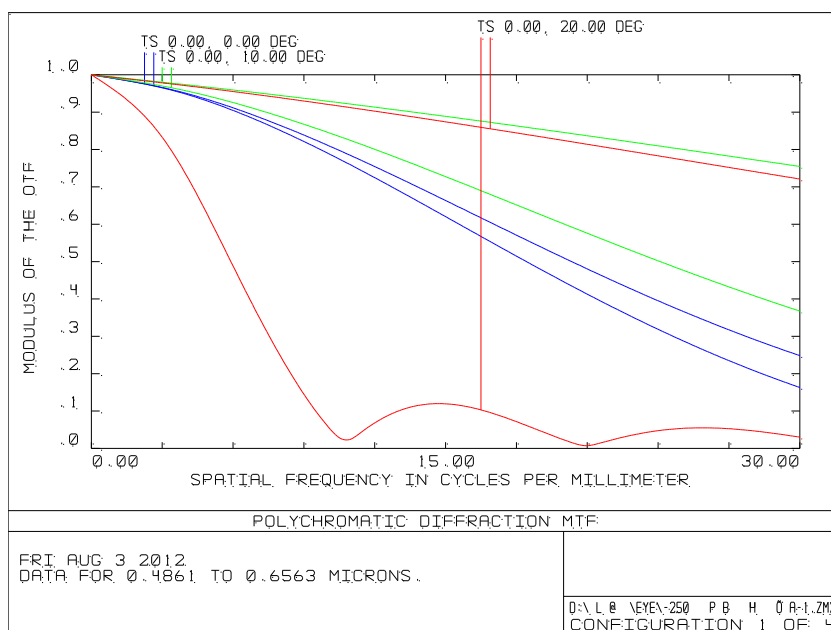


圖 3.60 近視-2.50D 組優化前 FFT MTF

優化後

表 3.26 近視-2.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/4 |              |               |            |               |            |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |            |               |             |
| Surf                         | Type         | Comment       | Radius     | Thickness     | Glass      | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 |            | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     |            | 26.242059     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.428000 | 3.000000      | POLYCARB   | 20.000000     | U 0.000000  |
| 3*                           | Standard     | GLASSES-BACK  | 90.153000  | 28.000000     |            | 20.000000     | U 0.000000  |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -          | 0.000000      |             |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38, 50.2 | 5.000000      | U -0.180000 |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U -0.600000 |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34, 50.2 | 1.250000      | U 0.000000  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 16.905490     | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U 0.960000  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |            | 5.000000      | U 0.000000  |

(a) 鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |           |           |           |           |           |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |           |           |           |           |           |
| Active : 1/4               | Config 1* | Config 2  | Config 3  | Config 4  |           |
| 1: MOFF                    | 0         | -200      | -225      | -250      | -275      |
| 2: THIC                    | 10        | 16.905490 | 16.988820 | 17.072150 | 17.155480 |

(b) 多重組態設定

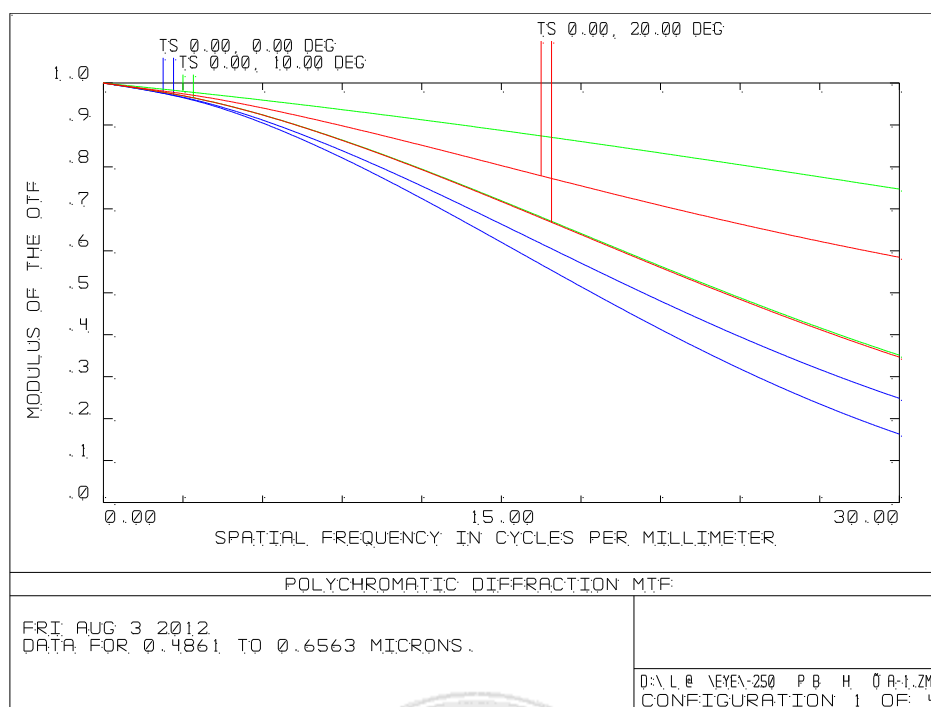


圖 3.61 近視-2.50D 組優化後 FFT MTF

### 3.4.1 -3.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計

當人眼在各種不同的近視狀態下 Vitreous 的軸長度也不相同，必須針對不同近視度數用單一鏡片矯正如表 3.27(a)所示，故設計 4 種不同 Vitreous 的軸長度做多重組態設計如表 3.27(b)所示，來符合單一鏡片矯正使用，達到經濟與環保效果。優化前其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.62(a)所示，將鏡片進行優化後再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.3 如圖 3.63(a)所示，在我們所接受的範圍內。

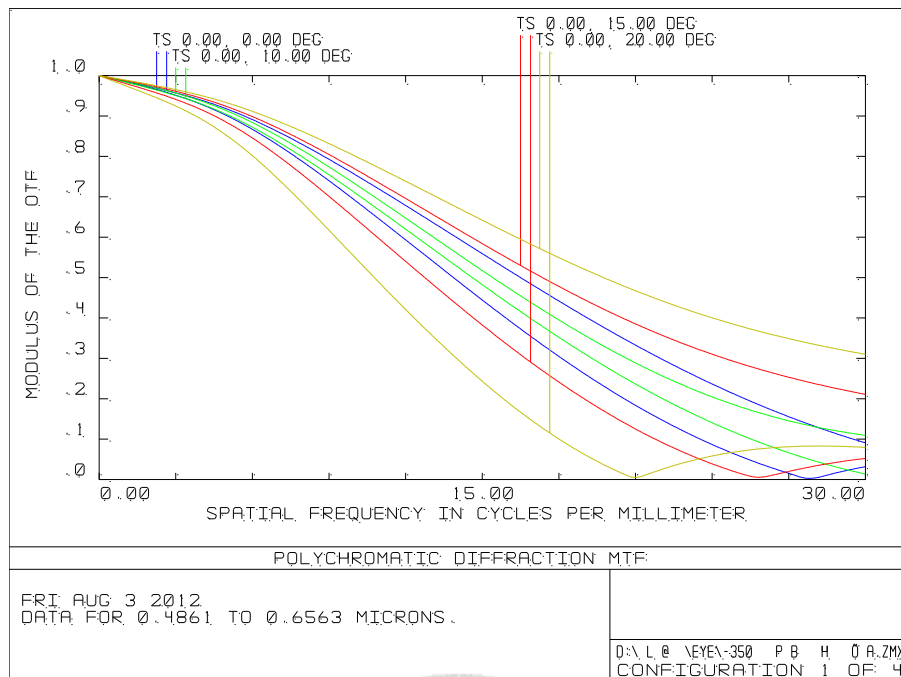
表 3.27 近視-3.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/4 |              |               |            |               |            |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |            |               |             |
| Surf                         | Type         | Comment       | Radius     | Thickness     | Glass      | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 |            | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     |            | 26.467412     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.428000 | 3.000000      | POLYCARB   | 20.000000     | U 0.000000  |
| 3*                           | Ext. Poly    | GLASSES-BACK  | 78.133000  | 28.000000     |            | 20.000000     | U 0.000000  |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -          | 0.000000      |             |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38, 50.2 | 5.000000      | U -0.180000 |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U -0.600000 |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34, 50.2 | 1.250000      | U 0.000000  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |            | 5.000000      | U 0.000000  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 17.238830     | 1.34, 50.2 | 5.000000      | U 0.960000  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |            | 5.000000      | U 0.000000  |

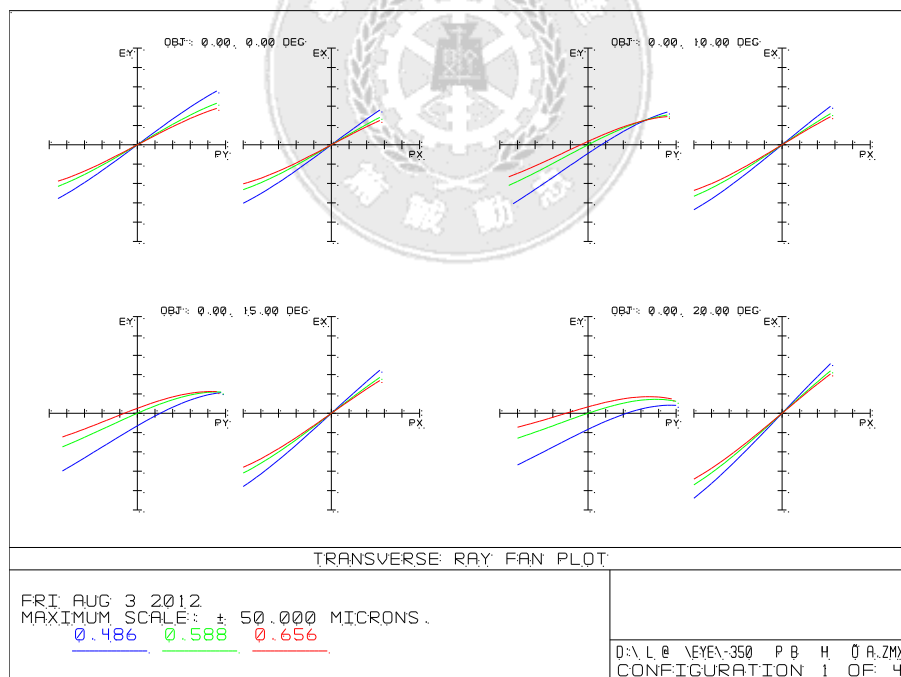
(a)鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |    |           |           |           |           |
|----------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |    |           |           |           |           |
| Active : 1/4               |    | Config 1* | Config 2  | Config 3  | Config 4  |
| 1: MOFF                    | 0  | -300      | -325      | -350      | -375      |
| 2: THIC                    | 10 | 17.238830 | 17.322160 | 17.405490 | 17.488820 |

(b)多重組態設定



(a) 近視-3.50D 組優化前 FFT MTF



(b) 近視-3.50D 組優化前 Ray Fan

圖 3.62 近視-3.50D 組優化前(a) FFT MTF (b) Ray Fan

## 優化後

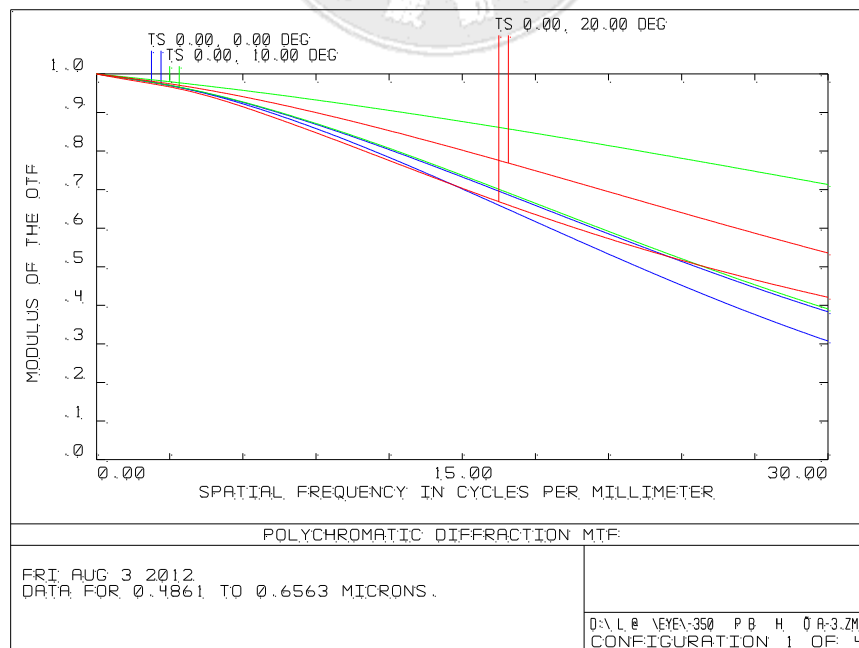
表 3.28 近視-3.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/4 |              |               |            |               |           |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|-----------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |           |               |             |
| Surf                         | Type         | Comment       | Radius     | Thickness     | Glass     | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 |           | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     |           | 26.174186     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.428000 | 3.000000      | POLYCARB  | 20.000000     | U 0.000000  |
| 3*                           | Standard     | GLASSES-BACK  | 78.133000  | 28.000000     |           | 20.000000     | U 0.000000  |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -         | 0.000000      |             |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38,50.2 | 5.000000      | U -0.180000 |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34,50.2 | 5.000000      | U -0.600000 |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34,50.2 | 1.250000      | U 0.000000  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |           | 5.000000      | U 0.000000  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |           | 5.000000      | U 0.000000  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 17.238830     | 1.34,50.2 | 5.000000      | U 0.960000  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |           | 5.000000      | U 0.000000  |

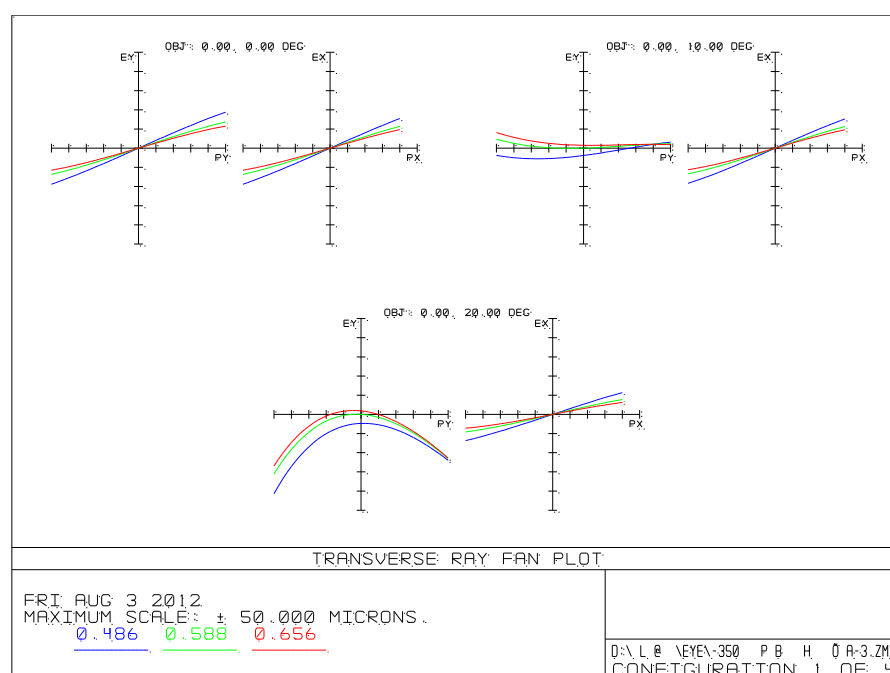
(a) 鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |    |           |           |           |           |
|----------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |    |           |           |           |           |
| Active : 1/4               |    | Config 1* | Config 2  | Config 3  | Config 4  |
| 1: MOFF                    | 0  | -300      | -325      | -350      | -375      |
| 2: THIC                    | 10 | 17.238830 | 17.322160 | 17.405490 | 17.488820 |

(b) 多重組態設定



(a) 近視-3.50D組優化後FFT MTF



(b) 近視-3.50D組優化後Ray Fan

圖 3.63 近視-3.50D 組優化後(a) FFT MTF (b) Ray Fan

### 3.4.1 -4.50D 組不同眼睛軸長多重組態設計

當人眼在各種不同的近視狀態下 Vitreous 的軸長度也不相同，必須針對不同近視度數用單一鏡片矯正如表 3.29(a)所示，故設計 4 種不同 Vitreous 的軸長度做多重組態設計如表 3.29(b)所示，來符合單一鏡片矯正使用，達到經濟與環保效果。優化前其 MTF 值在 20 lp/mm 時皆降低了如圖 3.64(a)所示，將鏡片進行優化後再加以改善，效果有明顯的提升其 MTF 值，在 MTF 值在 20 lp/mm 皆大於 0.07 如圖 3.65 所示，在我們所接受的範圍內。

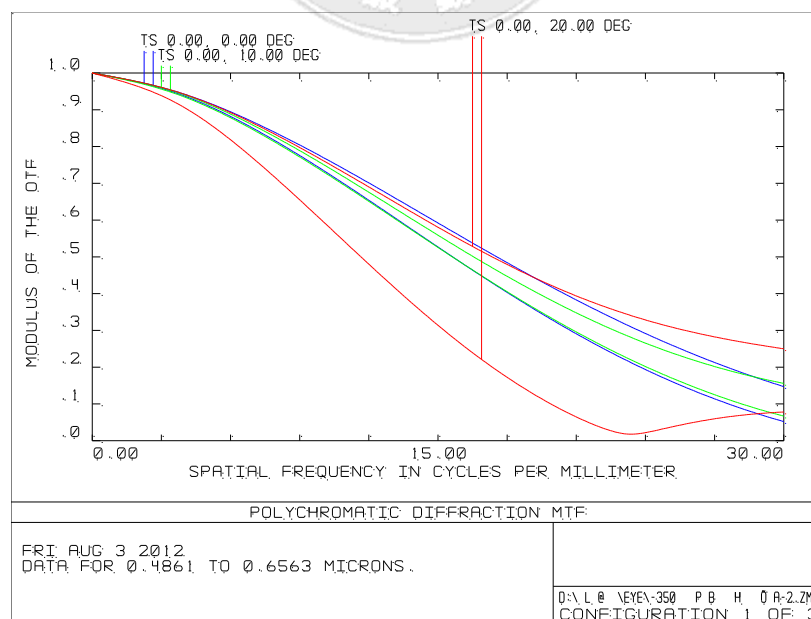
表 3.29 近視-4.50D 組不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/3 |              |               |            |               |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |               |             |
| Surf:Type                    | Comment      | Radius        | Thickness  | Glass         | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     | 26.030861     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.428000 | 3.000000      | POLYCARB      | 20.000000 U |
| 3*                           | Standard     | GLASSES-BACK  | 68.941000  | 28.000000     |               | 20.000000 U |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -             | 0.000000    |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38, 50.2    | 5.000000 U  |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34, 50.2    | 5.000000 U  |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34, 50.2    | 1.250000 U  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |               | 5.000000 U  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |               | 5.000000 U  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 17.572160     | 1.34, 50.2    | 5.000000 U  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |               | 5.000000 U  |

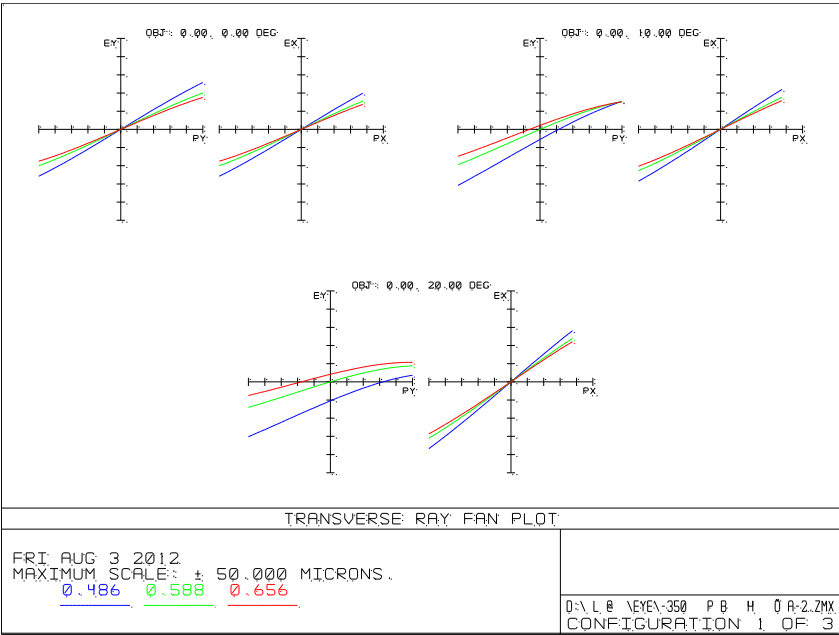
(a) 鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |    |           |           |           |
|----------------------------|----|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |    |           |           |           |
| Active : 1/3               |    | Config 1* | Config 2  | Config 3  |
| 1: MOFF                    | 0  | -400      | -425      | -450      |
| 2: THIC                    | 10 | 17.572160 | 17.655490 | 17.738820 |

(b) 多重組態設定



(a) 近視-4.50D組優化前FFT MTF



(b) 近視-4.50D組優化前Ray Fan

圖 3.64 近視-4.50D 組優化前(a) FFT MTF (b) Ray Fan

優化後

表 3.30 近視-4.50D 組優化後不同眼睛軸長的近視模型多重組態

| Lens Data Editor: Config 1/3 |              |               |            |               |           |               |             |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|-----------|---------------|-------------|
| Edit Solves Options Help     |              |               |            |               |           |               |             |
| Surf                         | Type         | Comment       | Radius     | Thickness     | Glass     | Semi-Diameter | Conic       |
| OBJ                          | Standard     | OBJECT        | Infinity   | 1.000000E+009 |           | 3.639703E+008 | 0.000000    |
| 1                            | Standard     | INPUT BEAM    | Infinity   | 50.000000     |           | 26.030861     | 0.000000    |
| 2*                           | Even Asphere | GLASSES-FRONT | 167.428000 | 3.000000      | POLYCARB  | 20.000000     | U 0.000000  |
| 3*                           | Standard     | GLASSES-BACK  | 68.941000  | 28.000000     |           | 20.000000     | U 0.000000  |
| 4                            | Coord Break  | CENTER OF EYE |            | -13.000000    | -         | 0.000000      |             |
| 5*                           | Standard     | CORNEA        | 7.770000   | 0.550000      | 1.38,50.2 | 5.000000      | U -0.180000 |
| 6*                           | Standard     | AQUEOUS       | 6.400000   | 3.160000      | 1.34,50.2 | 5.000000      | U -0.600000 |
| STO*                         | Standard     | PUPIL         | Infinity   | 0.000000      | 1.34,50.2 | 1.250000      | U 0.000000  |
| 8*                           | Gradient 3   | LENS-FRONT    | 12.400000  | 1.590000      |           | 5.000000      | U 0.000000  |
| 9*                           | Gradient 3   | LENS-BACK     | Infinity   | 2.430000      |           | 5.000000      | U 0.000000  |
| 10*                          | Standard     | VITREOUS      | -8.100000  | 17.572160     | 1.34,50.2 | 5.000000      | U 0.960000  |
| IMA                          | Standard     | RETINA        | -12.000000 |               |           | 5.000000      | U 0.000000  |

(a) 鏡組參數

| Multi-Configuration Editor |    |           |           |           |
|----------------------------|----|-----------|-----------|-----------|
| Edit Solves Tools Help     |    |           |           |           |
| Active : 1/3               |    | Config 1* | Config 2  | Config 3  |
| 1: MOFF                    | 0  | -400      | -425      | -450      |
| 2: THIC                    | 10 | 17.572160 | 17.655490 | 17.738820 |

(b)多重組態設定

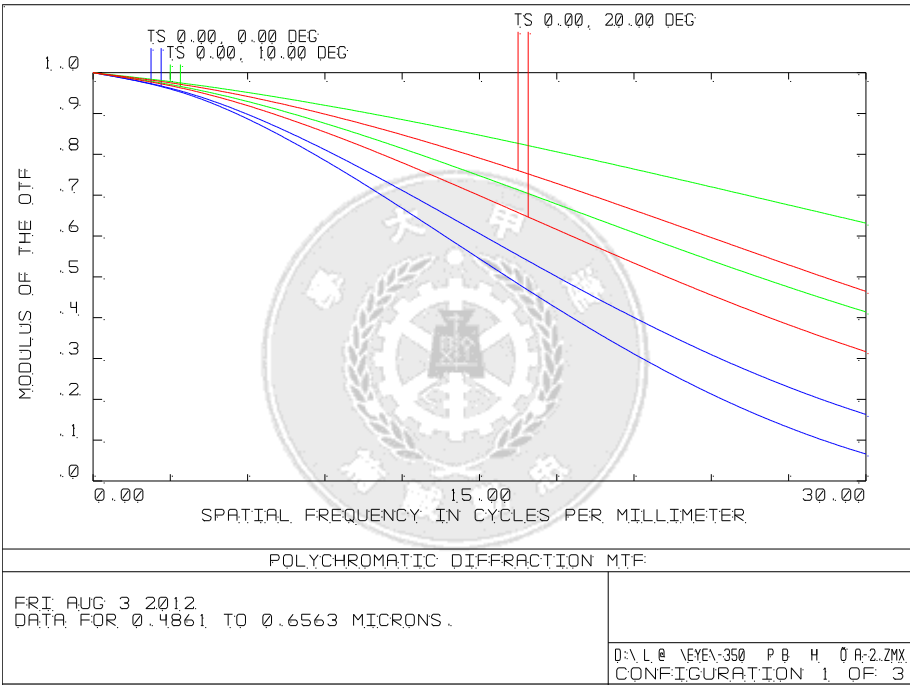


圖 3.65 近視-4.50D 組優化後 FFT MTF

## 第四章 結論與未來展望

### 4.1 結論

本文設計主要目的是要求屈光不正的患者，配戴矯正用的光學鏡片，除了能讓影像正確投射到視網膜中心點之外，同時也能顧及視網膜周邊影像的清晰，達到預防人眼近視度數增加。

首先分析傳統眼鏡鏡片，發現在視網膜中心偏離越遠，縱然影像準確聚焦在黃斑點上，但周邊視網膜卻聚焦於眼球後面(遠視性離焦)，所產生的影像清晰度更差，眼睛仍會不斷增長。因為要防止眼軸增長才能有效預防近視增加，須考慮人眼視場邊緣之影像皆投射在視網膜上，所以將人眼視場角角度設定為  $0\sim 20^\circ$ ，選用近視眼 $-0.25\text{D}\sim -4.50\text{D}$  每隔  $0.25\text{D}$  當設計範例，共十八例子，使用非球面來進行預防近視眼鏡鏡片設計，經設計結果已達預防近視眼鏡鏡片的規格，經像質分析在  $20\text{ lp/mm}$  時，MTF 皆高於 0.3。解決了傳統球面鏡片造成在視網膜周邊遠視性離焦的問題，達到預防近視的目的。

最後選用近視眼 $-1.00\text{D}\sim -4.50\text{D}$ ，分為 4 組，將每組鏡片分別對不同眼睛軸長做多重組態設計，在優化後 MTF 也都能有完美表現，使得原本須用 15 片光學鏡片矯正近視的，做多重組態設計後，用 4 片光學鏡片便能解決，達到經濟與環保效果。

但在-4.5D 時，邊緣角度影像清晰化的效果已不明顯，所以未來研究方向會以雙透鏡設計為解決方法，使高屈光度與更大的邊緣角度可達到更完美的結果。

## 4.2 未來展望

本論文係使用非球面設計一符合近視眼視網膜中心與邊緣度數的預防與控制近視眼鏡鏡片，經設計結果此方法係證實可行。如果預防近視眼鏡鏡片在設計之後經實作再給近視眼睛病患配戴，病患配戴前後能做視網膜周邊影像清晰測試，本研究方法將更具實用性。目前一般驗光儀器做此項測試解析度明顯不足，高階儀器又很貴，為測試病患配戴防近視眼鏡鏡片前後視網膜中心與周邊影像清晰度，我們特別設計兩種量測方法。以下為我們簡述此兩種測試架構。圖 4.1 所示為一線性擴散函數量測裝置，整個系統包括光源、聚光鏡、光圈、光源狹縫光圈、分光片、矯正鏡片、人造瞳孔、被測者、輸出鏡片、掃瞄平面鏡、分析狹縫及 CCD 攝影機…等，由量測到線性擴散函數即可獲得被測者的視力解析度。

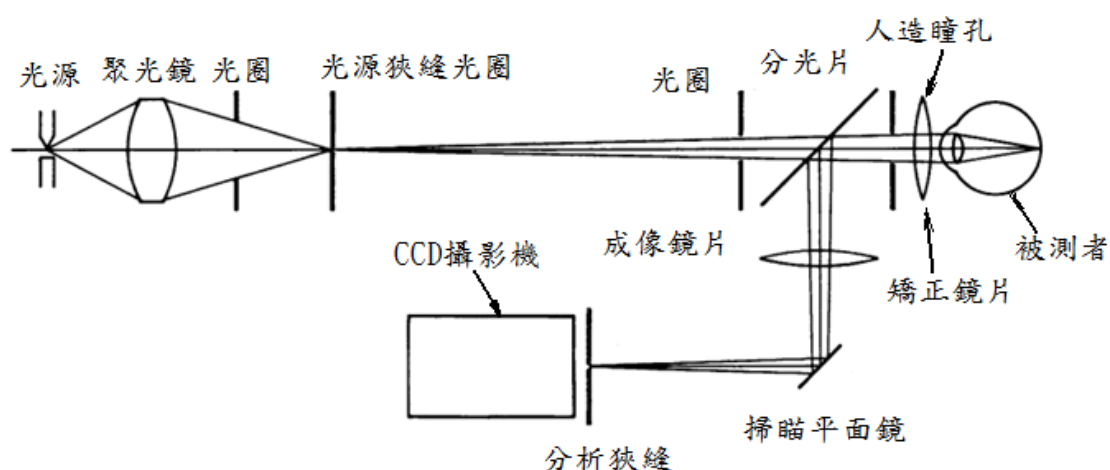


圖 4.1 線性擴散函數量測裝置

圖 4.2 所示為一雷射光點追蹤分析裝置，整個系統包括雷射光源、透鏡 1、透鏡 2、準直鏡、分光稜鏡、被測者、成像鏡片、XY 掃瞄鏡、出瞳及 CCD 攝影機…等，由量測到追蹤雷射光點影像即可獲得被測者的視網膜中心與周邊影像清晰。

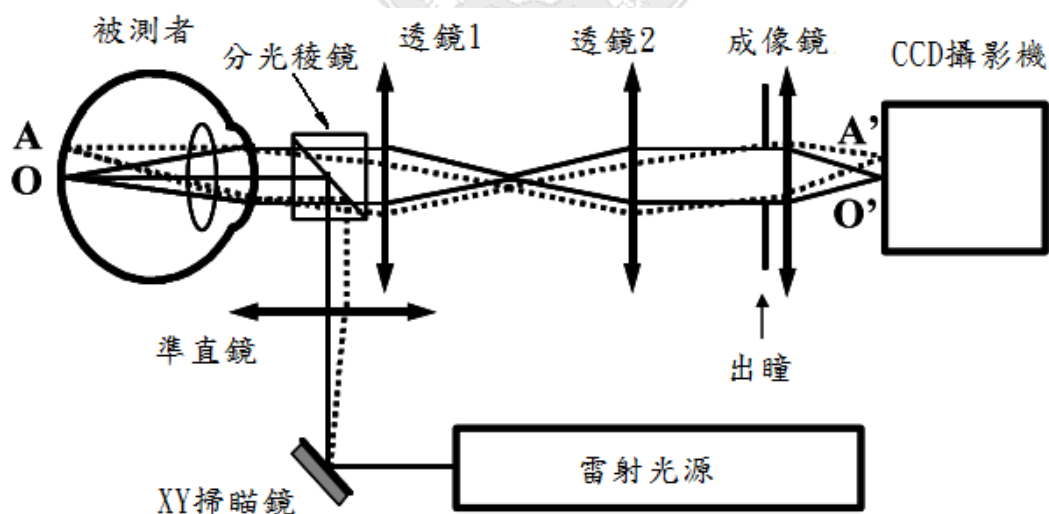


圖 4.2 雷射光點影像追蹤分析裝置

## 參考文獻

- [1] Theodore Grosvenor David A.Goss, “近視-臨床上的矯正、控制與度數減低,” 合記圖書出版社 (2005).
- [2] Josh Wallman and Jonathan Winawer, “Homeostasis of Eye Growth Review and the Question of Myopia,” *Neuron*, Vol.43, pp.447-468, August 2004.
- [3] P.Sankaridurg, L. Donovan, S.Varnas, A. Ho, X. Chen, A. Martinez, S. Fisher, Z. Lin, Earl L. Smith III, J.Ge, and B. Holden, “Spectacle Lenses Designed to Reduce Progression of Myopia: 12-Month Results,” *OPTOMETRY AND VISION SCIENCE*, Vol.87(9), pp.631-641, September 2010.
- [4] J.Tabernero, D. Vazquez, A.Seidemann, D.Uttenweiler, F.Schaeffel, “Effects of myopic spectacle correction and radial refractive gradient spectacles on peripheral refraction,” *Vision Research*, Vol.49(17), pp.2176-2186, August 2009.
- [5] E. L. Smith 3rd, “The Charles F. Prentice Award Lecture 2010: A Case for Peripheral Optical Treatment Strategies for Myopia,” *Optometry and Vision Science*, Vol.88(9), pp.1029-1044, September 2011.
- [6] 林宸生, 陳德請, “近代光電工程導論,” 全華圖書股份有限公司 (2008).
- [7] 曾廣文, 許淑芬, 關宇翔, 沈秉衡, “眼解剖生理學,” 華格那企業有

限公司 (2009).

[8] 陳振豪,“兩眼視機能異常-診斷與治療,”合記圖書出版社 (2001).

[9] 陳木星,張松林,楊文卿,劉祥瑞,孫涵瑛,廖英傑,葉上民,楊佩怡,陳賢堂,黃宣瑜,“視光學概論,”五南圖書出版股份有限公司 (2011).

[10]王益朗,何明裕,“基礎驗光檢查程序,”藝軒圖書出版社 (2011).

[11]ZEMAX 光學設計程式使用手冊,訊技科技 (2003).



## 作者簡介



姓 名：林世章

籍 貫：台灣省台北縣

學 歷：逢甲大學 資訊電機學院研究所（99.9～101.6）

中山醫學大學 視光學系（93.9～96.6）

經 歷：小林眼鏡 逢甲分公司 店經理（96.08.07～迄今）

### 期刊論文：

1. 林世章、郭哲瑋、陳德請，“染色鏡片對紫外線阻隔影響”，第十屆現代通訊科技應用學術研討會議論文集，編號S7-1，台北城市科技大學，民國101年3月。
2. Shih-Chang Lin, Der-Chin Chen, Shih-Wen Lee, “The Research of UV Transmittance of Tinted Plastic Lens”, 2012 Optics & Photonics Taiwan, International Conference, National Taiwan University, Aug,2012.
3. 林世章、陳德請、李世文，中華民國新型專利，專利名稱：近視鏡

片之視網膜上離焦程度之檢測裝置。(專利公司資料處理中)

4. 莊鎮嘉、林世章、陳德請，“平板玻璃外型特殊加工之研究”， 第五屆電資科技應用與發展學術研討會，萬能科技大學，民國99年12月。
5. 陳德請、鍾博祺、林世章、謝尚璋，“遠紅外鍍光學平板穿透率量測技術”， 第五屆電資科技應用與發展學術研討會，萬能科技大學，民國 99 年 12 月。

