

# 中華二號衛星遙測酬載雜光分析結果

本文介紹筆者參與太空計畫室團隊，分析中華二號衛星遙測酬載由於二次反射及擋板反射與散射造成之雜光報告，供有興趣者參考。

黃鼎名、黃國政、王必昌、梁新祥

## 一、前言

中華二號衛星（簡稱華衛二號）搭載一遙測酬載（remote sensing instrument, RSI），用於拍攝台灣地區高解析度影像，華衛二號及 RSI 均由歐洲承包商 Astrium 公司承製。RSI 為一折反射式光學望遠鏡，包含光學鏡頭及焦平面電路二部份，光學設計如圖 1 所示，有主、次鏡及修正透鏡組。其結構由主結構管（main tube）、主鏡板（main plate）、次鏡支撐架（secondary mirror support frame）及支桿結構（strut）組成，材料包括主、次鏡大多選用特殊之

SiC (silicon carbide)，考量重點在於此種材料優異之高比剛性（specific stiffness，楊氏係數與密度比值）及高熱傳係數。高比剛性材料可以用較輕重量達到結構所需強度，而高熱傳係數可維持光學系統之溫度，避免由於溫度變化產生熱變形，而影響光學成像品質。整個光學結構置放於一隔絕衛星振動及熱傳之酬載介面板（payload interface plate）上。RSI 系統規格如表 1 所列。華衛二號設計每天通過台灣上空二次（白天晚上各一次），為了取得立體影

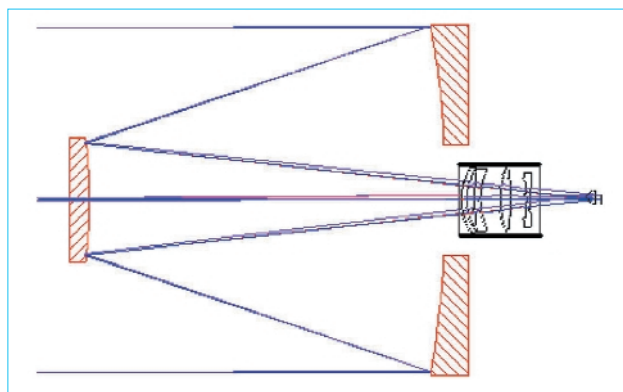


圖 1. RSI 光學系統。

黃鼎名先生為國立成功大學航太所博士，現任國科會精密儀器發展中心副研究員。

黃國政先生為國立臺灣大學機械所博士，現任國科會精密儀器發展中心副工程師。

王必昌先生為國立成功大學航太所博士，現任國科會精密儀器發展中心副研究員。

梁新祥先生畢業於逢甲大學機械系，現任國科會精密儀器發展中心助理工程師。

表 1. RSI 系統規格。

|        | 全波段<br>(Panchromatic)                     | 多波段<br>(Multispectral)       |
|--------|---|------------------------------|
| 任務     |   |                              |
| 軌道高度   | 891 km                                    |                              |
| 波段數    | 1   | 4 波段：B1, B2, B3, B4          |
| 地面解析度  | 2 m (直視)                                  | 8 m (直視)                     |
| 刈幅     | 24 km (直視)                                |                              |
| 波段對準   | 地面影像處理                                    |                              |
| 衛星指向能力 | Roll 及 Pitch 方向 $\pm 45^\circ$            |                              |
| 光學系統   |   |                              |
| 焦長     | 2896 mm                                   |                              |
| 口徑     | 600 mm (F/N = 4.83)                       |                              |
| 型式     | Cassegrain type with refractive corrector |                              |
| 焦平面    |   |                              |
| CCD    | TH 7834                                   | THX 31547<br>Quad-linear CCD |
| 積分時間   | 0.308 ms                                  | 1.232 ms                     |
| 資料量    | 10 Mpixels/s                              | 5 Mpixels/s                  |

像，也考慮一次通過台灣上空抓取三次不同地區影像。華衛二號也設計有  $\pm 45^\circ$  的轉向能力，提供側視影像。

筆者等參與太空計畫室駐廠團隊，全力支援對 RSI 之研發工作，其中一項工作即是分析 RSI 之雜光，確認擋板 (baffle) 設計是否合適，分析是否有雜光並評估雜光影響。本文利用商用光學追跡軟體 ASAP 進行分析與評估，分析時所使用之模型如圖 2，可看見 RSI 之主結構管、次鏡支撐架及外圍擋板 (線框結構部份)。主結構管及次鏡支撐架材料均為 SiC，次鏡支撐架為防止雜光藉由反射進入 RSI，並向外加工一 1.2 度的錐度 (圖 2 上方)。在此將分析結果報告如後。

雜光，簡單的說就是不要的光。雜光會產生假訊號，造成光輻射度失真，並降低影像對比度，因此必須加以去除<sup>(1-2)</sup>。雜光的來源主要有五：由於直接入射光造成、由於主次鏡間二次或多次反射造成、由於機械結構或鏡片之散射造成、由於透鏡間多重反射造成，以及由於 CCD 感測器鏡面反射造成。其他尚有由於孔徑造成之繞射現象等因素，但皆較為次要。本文報告前三項之分析結果，並將報告分為以下部份：(1) 確定擋板設計是否可擋住直

接入射光，(2) 分析擋板是否造成漸暈現象，(3) 確定是否有二次或多次反射之雜散光，(4) 評估衛星轉向取像時，太陽光直接入射光的影響，及 (5) 評估由機械結構散射產生之雜光。<sup>(3-4)</sup>

## 二、評估擋板設計

折反射式光學設計之視角通常不大 (例如 RSI 垂直飛行方向之視角約  $\pm 0.78$  度)，且若無適當處置，視角之外的光會不經主次鏡反射而直接進入焦平面形成雜光。此種雜光由於未經散射減少能量，其影響最大，可稱為第一階雜光，為雜光抑制工作首要任務。抑制直射雜光須有適當之主次鏡擋板設計，且入口處須有太陽遮板。RSI 擋板設計由 Astrium 工程師完成，此設計同時必須考慮機械加工可能性。最後光學設計及擋板形狀如圖 2 所示，由於飛行方向與垂直飛行方向視角不同，擋板設計成非圓對稱形狀。評估擋板設計是否可擋住直接入

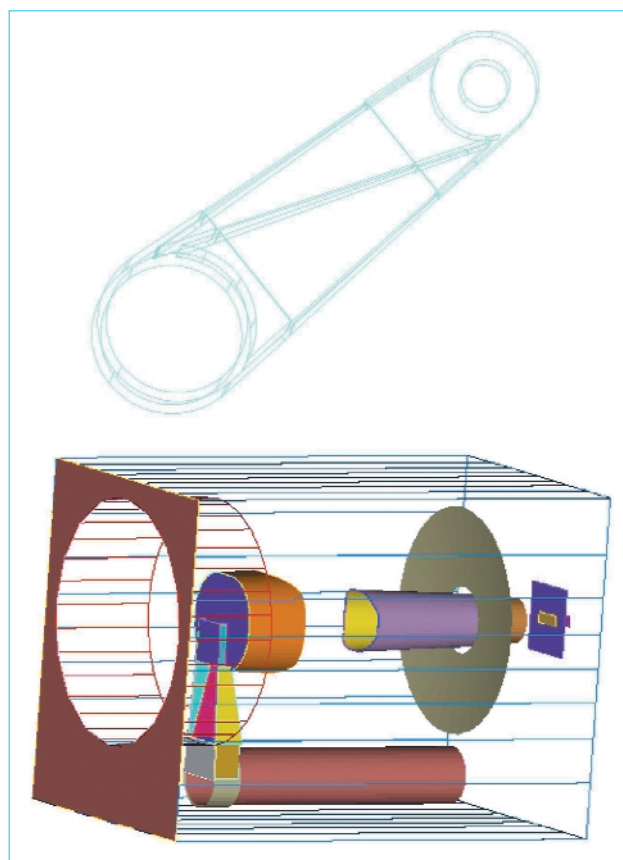


圖 2. 分析時模型示意圖。

射的雜光，僅需就視角外光線分析即可。為簡化評估結果，假設透鏡為完全穿透，反射鏡之反射率為 100%，同時擋板之吸收率為 100%，此種假設並不會對結果有嚴重影響。

由實際光學追跡，我們可以發現擋板及太陽遮板的組合的確可以擋住直接入射的雜光，此擋板之設計已達初步要求。以上分析乃基於擋板表面為完全吸收體之假設，實際上，目前存在之黑色表面處理方法是無法達到此要求的。且一般表面黑色處理，於入射角接近 0 度時最接近黑色表面 (即完全吸收體)，當入射角變大時，卻接近鏡面。因而我們可相信在某些情形下，入射至擋板內面之光線，肯定會經由反射或散射而進入焦平面形成雜光，如圖 3

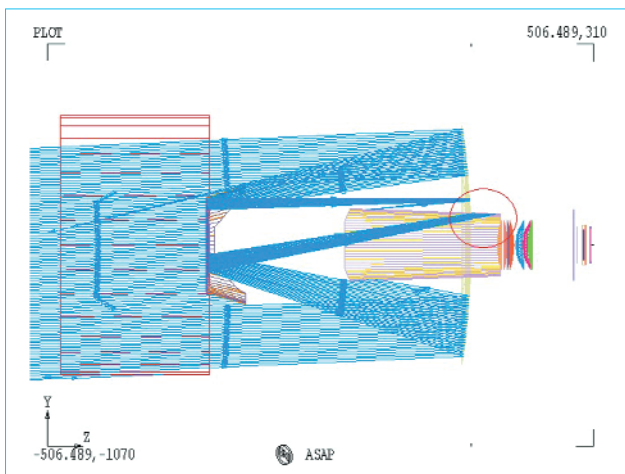


圖 3. 有可能形成雜光之路徑示意圖。

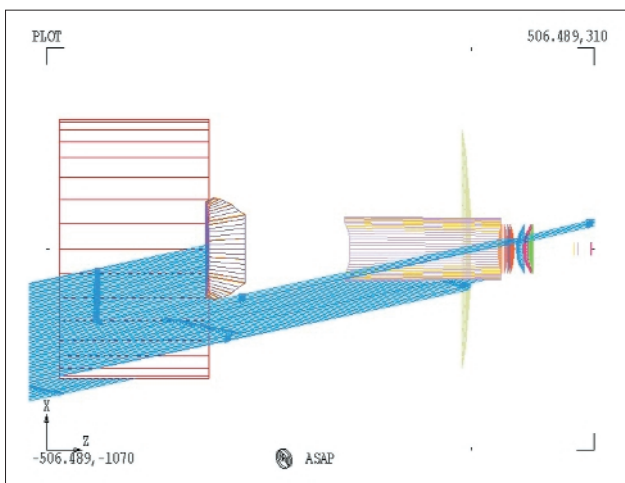


圖 4. 有可能直接入射 CCD 形成雜光之路徑示意圖。

所示。此種雜光之影響評估頗為耗時，留待後述。

實際上 RSI 在焦平面附近有一場分器 (field separator)，其目的為將全波段 (panchromatic band) 及多波段 (multispectral bands) 的光線分開，分別反射至各自的 CCD 感測器中。在分析的過程中，我們發現在某些情形下，若焦平面附近機構無特殊考量，雜光極有可能經由如圖 4 的路徑，直接入射至 CCD 上。更細部份析顯示，直射光入射至 CCD 的機率不高，但必須防止經由散射的入射，經建議後承包商已有特殊考量。

### 三、分析擋板是否造成漸暈現象

設計不良的主次鏡擋板會彼此阻擋光線，產生漸暈現象 (vignetting)。漸暈即入射光線由於鏡片或機械結構口徑影響，無法完全到達焦平面，造成焦

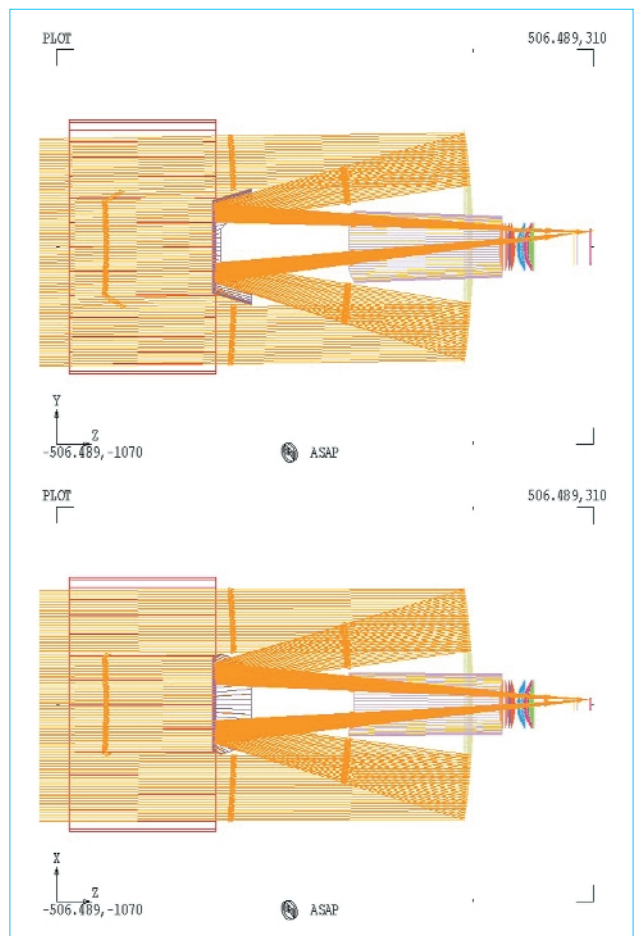


圖 5. 分析顯示擋板系統無漸暈現象產生。

表 2.

焦平面光輻射度 (與全部入射光量比較) 計算結果。

| 入射角       | 0° × 0° | 0.77° × 0° | 0° × 0.23° | 0.77° × 0.23° |
|-----------|---------|------------|------------|---------------|
| 次鏡的影響     | 84.6%   | 84.6%      | 84.6%      | 84.1%         |
| 加入擋板後     | 76.6%   | 76.5%      | 76.6%      | 76.2%         |
| 再加入次鏡支撐架後 | 75.8%   | 75.8%      | 75.5%      | 75.42%        |

平面能量均勻性降低。此均勻性的降低會增加後續電子電路增益 (gain) 設計的複雜度，因此必須分析加入擋板是否造成漸暈現象。此類分析僅需就設計視角內光線分析即可，為簡化評估結果，假設仍與上述相同，此種假設並不會對結果有嚴重影響。由圖 5 可明顯看出，擋板之設計並不會產生漸暈現象，通過主或次鏡擋板周圍的光線，完全可經由主次鏡之反射而到達焦平面。

在此我們也一併分析焦平面之能量均勻性。折反射式光學設計將次鏡放在光路中，阻擋部份入射光線，降低入射光量，而且加入擋板雖可擋住視角外之直接入射光，不可避免的卻又減少了入射光量。入射光量減少最直接的影響在於訊噪比 (SNR) 及光學 MTF 降低，補償的方法為增大主鏡尺寸。但增大主鏡尺寸有實際加工困難度，機構尺寸重量也須隨著更動，另外也有是否曾通過太空環境測試之可靠度等其他衍生的問題，因此必須瞭解入射光量減少量以作評估。分析結果如表 2 所示，次鏡的影響約損失 15 - 16% 入射光量，由於擋板的加入，平均入射光量約再減少 8%，約相當於主反射鏡須增加 12 mm 的半徑，才有辦法補償回來。表 2 中由於系統對稱之故，僅顯示 1/4 焦平面數值，橫軸為入射光角度 (即焦平面不同位置)。由表 2 中可以發現焦平面之光輻射度均勻性極佳，主要由於 RSI 遠心光學設計且視角小外，另一部份原因也在於擋板沒有造成光學系統的漸暈。

再加入次鏡支撐架的影響，約再損失 0.8% 光量，可知其影響並不高，同時對系統對稱性影響也不高，故仍只列 1/4 焦平面結果，焦平面能量均勻性也同樣很好。

#### 四、主次鏡二次反射之鬼影雜光

對於折射式或折反射式望遠鏡，除了探討直接入射之雜光外，尚須分析二次反射 (double path) 造

成之鬼影現象，此鬼影會經由主次鏡間之多次反射後進入焦平面，但這並非我們想得到的訊號。此種雜光由於未經散射，全部由反射而來，也可屬於第一階雜光。次鏡直徑愈大，二次反射愈嚴重。由於次鏡鍍膜規格容許膜層直徑有一定誤差，分析時取最大直徑。分析發現目前之擋板設計，並無法完全阻擋經由二次反射的雜光，如圖 6 所示，因此必須評估此種雜光對於實際訊號的比重為何。圖 6 中二次反射造成鬼影成像焦長大於設計焦長，且隨位置不同，鬼影能量不同。

光能量傳遞可以下式表示，

$$d\Phi_c = L_s(\theta_c, \phi_c) dA_s \frac{\cos(\phi_s) dA_c \cos(\phi_c)}{R_{sc}^2} \quad (1)$$

其中  $d\Phi_c$  為光能量， $L_s$  為光輻射輝度， $dA_c$  及  $dA_s$  分為光源面積及接收面積， $\phi_s$  及  $\phi_c$  分別為光源及接收面與兩者連線之夾角。由 (1) 式可看出光傳遞

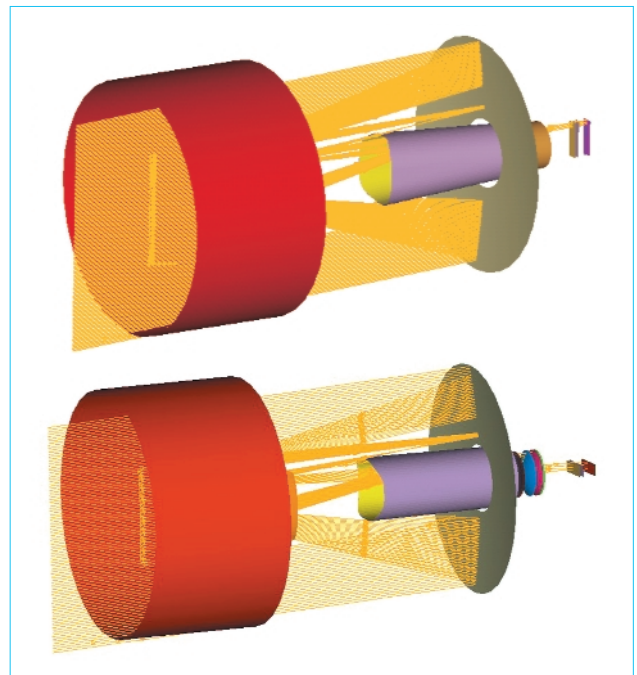


圖 6. 二次反射鬼影雜光路徑及示意圖。

| x \ y | 0     | 8      | 16     | 24     | 32     | 39.5  |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 0     | 0     | 0      | 0      | 0.002% | 0.003% | 0.12% |
| 4     | 0.04% | 0.04%  | 0.04%  | 0.04%  | 0.05%  | 0.15% |
| 8     | 0.08% | 0.085% | 0.085% | 0.085% | 0.1%   | 0.2%  |
| 11.5  | 0.12% | 0.12%  | 0.12%  | 0.12%  | 0.15%  | 0.3%  |

表 3.  
焦平面上經由二次反射形成之  
雜光訊號比重。

過程具有可逆性。為了評估二次反射雜光影響，利用反向光學追跡法 (backward ray tracing)，將光源置於焦平面的一點，讓光由後向前反推。此方法的基本假設為光源為均勻光源，RSI 用於觀測地球，基本上符合此種假設。利用此種方法，我們發現焦平面上不同位置之雜光，越往焦平面外圍越嚴重。雜光佔正常訊號的比重分析結果如表 3，表中  $x$  及  $y$  值為焦平面位置，單位為 mm，(0, 0) 表示焦平面中心。圖 7 為焦平面 (0, 39.5) 之二次反射雜光路徑的切面，類似彎月形，實際正常訊號 (一次反射) 為如圖 7 中下方，二者均聚焦於同一點。焦平面上不同位置之雜光路徑切面如圖 8 所示，越往外圍形狀略有變化，雜光比例越高。

如表 3 所示，二次反射雜光比重不高，但是否必須重新設計擋板外型，以便擋住二次反射的雜光呢？此問題牽涉到衛星計畫時常面臨的妥協 (trade off) 問題，必須由工程師提供足夠的資訊讓計畫主持人下決定，必須瞭解 RSI 的客戶需求規格為何；必須瞭解若重新設計，入射光量又減少多少；重新設計後是否能擋住所有的雜光。以目前計算的結果，雜光比重仍在 RSI 規格內，若重新設計擋板，入射光量將約再減少 4%，且透鏡間之反射造成的雜光也無法由此法去除。考慮到 RSI 之訊噪比，及擋板加工容易度等因素，最後並沒更改擋板設計。

## 五、太陽光直接入射的影響

華衛二號軌道為太陽同步軌道，降點通過赤道為當地時間早上 9 點 45 分  $\pm$  15 分，傾角 99 度，並有  $\pm$  45 度傾斜取像功能。台灣大約位於北緯 23 度，在此位置上空 891 km 處，若在衛星 45 度傾斜取像同時，太陽直射光是否會對 RSI 訊號有所影響，為此部份欲探討者。

分析此影響前，有必要瞭解在傾斜取像時，太陽光直接入射的角度。根據承包商內部份析結果<sup>(5)</sup>顯示，太陽光與衛星  $z$  軸 (對地方向) 最小直接入射角為 53 度，如圖 9 所示。圖中每一點為軌道上每一小時太陽光入射角及與衛星座標軸關係，橫軸為衛星  $y$  軸 (垂直飛行方向)，中心點為衛星  $z$  軸 (垂直向地心)，半徑為太陽入射方向與  $z$  軸夾角。太陽光入射角大，入射光越不易入射進 RSI，本分析取最差狀況，即 53 度入射。而且雖然此情況發生時，太陽入射方向與衛星  $y$  軸有固定角度，本分析暫不考慮太陽對衛星座標軸相對位置 (即  $x$ - $y$  平面上，與  $x$  軸夾角)。分析時所使用之模型如圖 2，主結構管及次鏡支撐架材料均為 SiC，其反射率設定為 0.1。

首先假設主次鏡擋板仍完全吸收光線，以確定太陽光是否可以經由主結構管及次鏡支撐架之反射進入焦平面，分析結果如圖 10，為了顯示光線方

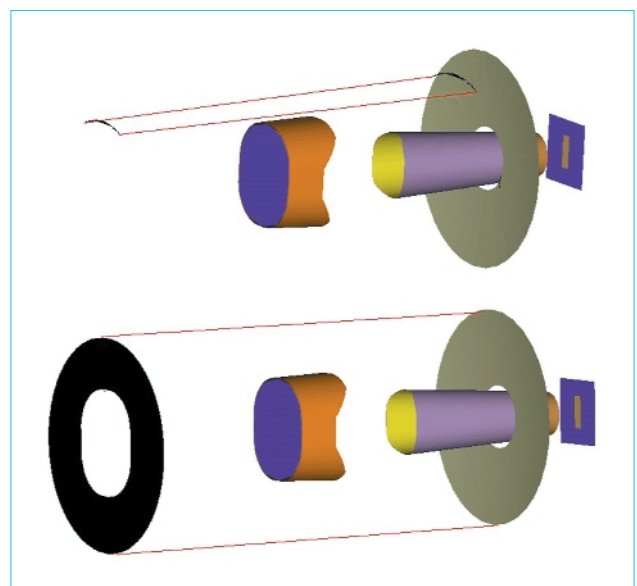


圖 7. 二次反射雜光路徑及正確訊號路徑示意圖 (二者均聚焦於同一點)。

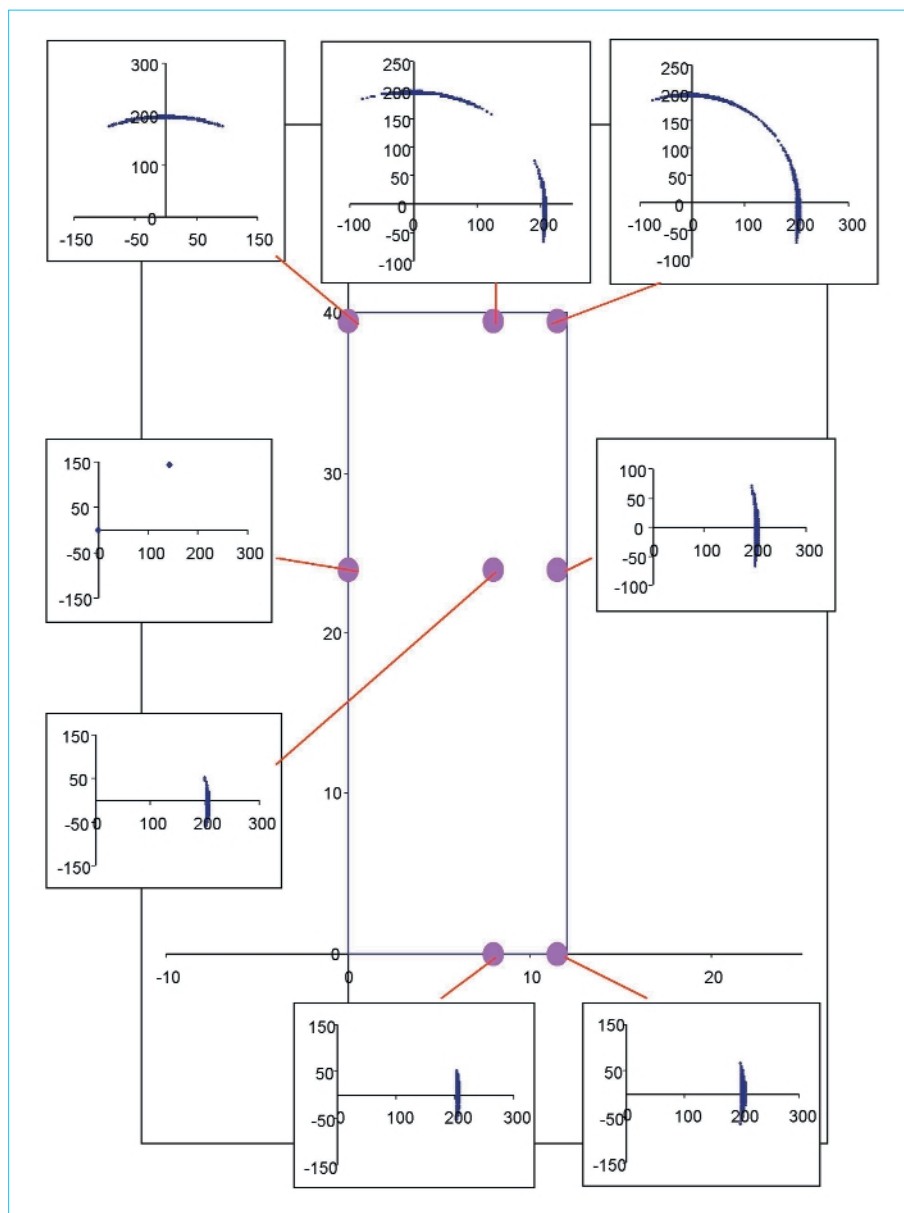


圖 8.  
焦平面不同位置二次反射雜光  
路徑切面圖。

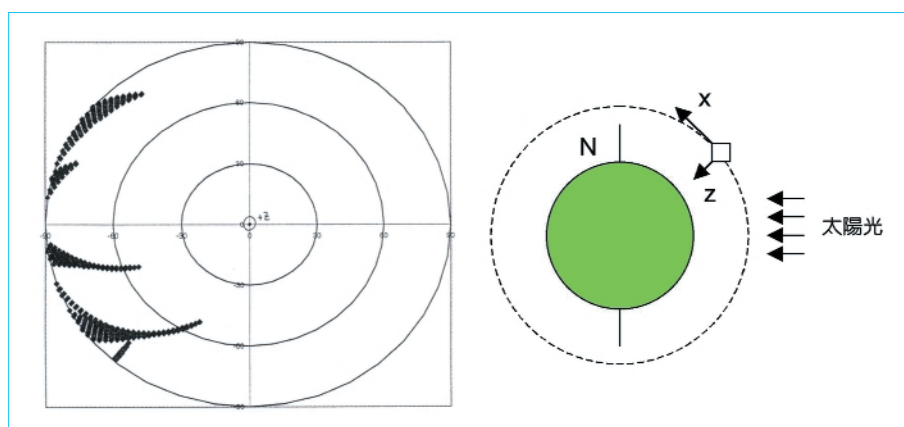


圖 9.  
太陽光入射角度分析結果，太  
陽光最小入射角為 53 度。

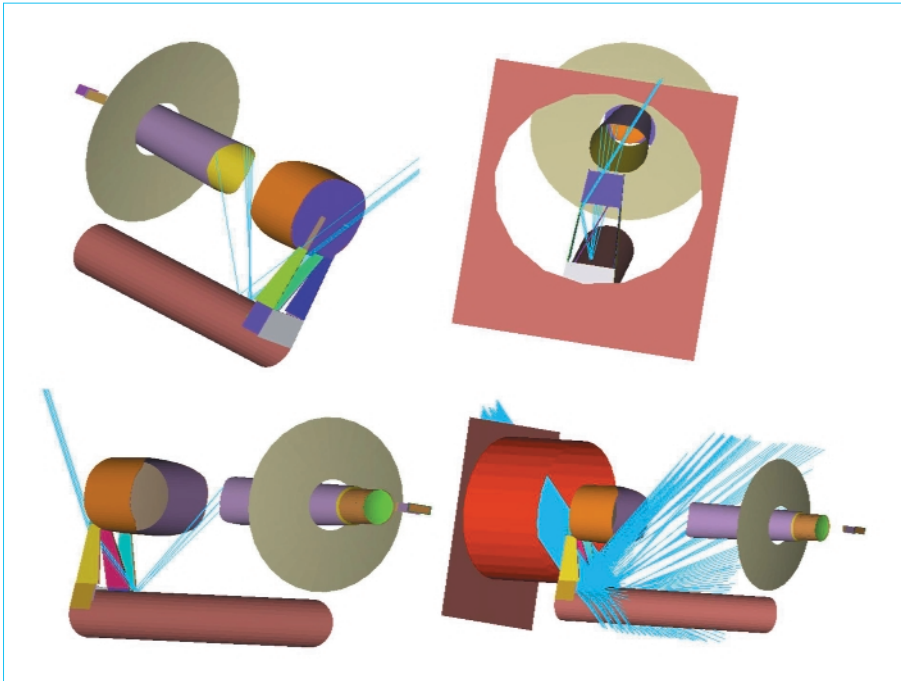


圖 10. 太陽光直射光線行經路線示意圖。

便，圖中某些部份故意不顯示出來。由圖可以發現光線各種路徑，但頂多此種太陽直射光僅少部份能進入到主鏡擋板，無法直接入射焦平面。根據 RSI 一些相關尺寸，可以先估計出那些入射角度的光可以經主結構管反射進入主鏡擋板。如圖 11 所示，太陽光經主結構管反射進入主鏡擋板，粗估可能反射光線進入主鏡擋板的角介於 47.5 度至 55 間。但太陽光最小入射角為 53 度，因此大約 53 度至 55 度之直射太陽光可能經反射進入主鏡擋板。主結構

管為圓柱狀，因此以上分析僅能作為數量級參考，其功用在於使我們易於瞭解入射角度範圍。我們可以想見，進入主鏡擋板後之光線經散射後一定會到達焦平面形成雜光，此亦為進行上述分析之原因。

由於太陽直射光強度 (約 1000 至 2200  $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$  數量級) 遠比一般地球訊號 (80 至 200  $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$  數量級) 強，可合理懷疑即使僅有少量太陽光經散射形成雜光，其影響也許不能忽略，因此必須評估其影響。在此我們必須輸入主鏡擋板之散射性質 (BSDF 值)。圖 12 為 RSI 預備用於主鏡擋板表面之熱控 MLI (multi-layer insulation) 的

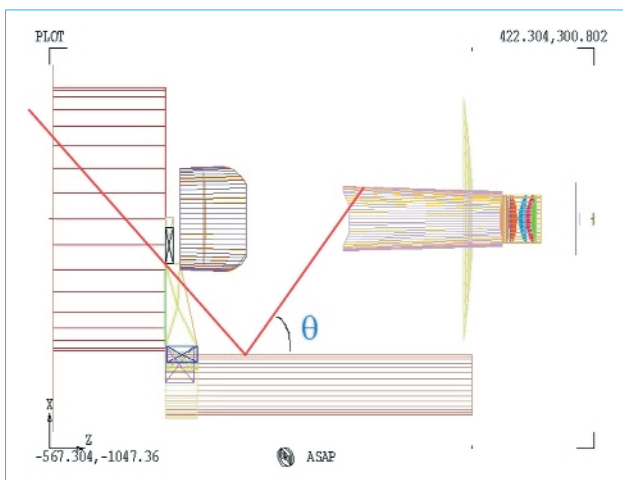


圖 11. 分析太陽光可能影響之入射角度。

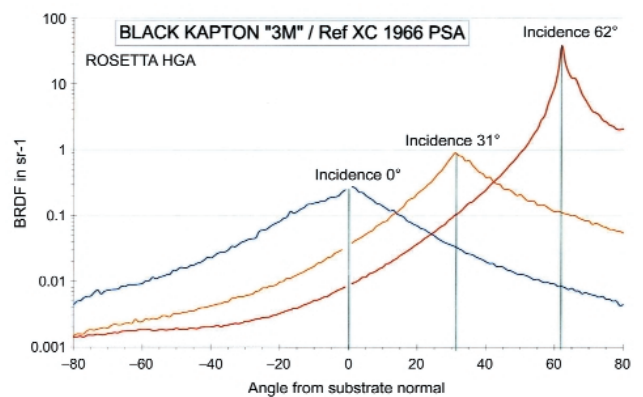


圖 12. 黑色 MLI 表面散射性質圖。

BRDF 值，圖中顯示於入射角接近 0 度時最接近黑色表面，當入射角變大時，散射愈強烈，且散射量集中於反射角周圍，接近鏡面反射，且不具等向性<sup>(6)</sup>。將 MLI 之反射率設為 0.1，利用上述反向追跡法，且假設太陽光為地球訊號強度之 10 倍，我們可以計算太陽光直射的雜光比重，其結果顯示太陽光直射的影響在於  $10^{-8}$  的數量級，幾乎可忽略，其原因在於多重散射後，能量已大幅減弱。

以上分析僅將主鏡擋板之表面散射列入考慮，現將 RSI 最前方之太陽遮板(圖 2 中圓筒形線狀結構物)之散射列入考慮，此遮板之材料及表面均與主鏡擋板相同。加入此因素後，無論太陽光是否能直射到主結構管造成反射，均可利用太陽遮板上之散射將光線反射至主鏡擋板甚至到焦平面。分析結果顯示太陽光直射的影響在於  $10^{-7}$  的數量級，也屬於可忽略的數值。

## 六、由機械結構散射產生雜光之影響

現將主鏡擋板、次鏡擋板及太陽遮板均設定為

散射，0 度入射時表面反射率為 0.1，同時將主結構管及次鏡支撐架設定為反射面，反射率設為 0.1，以考慮雜光影響。考慮的同時將光路徑分為以下路徑(如圖 13)：

- (1)經由主鏡擋板一次散射及主鏡一次反射；
- (2)經由主鏡及次鏡上二次反射(即之前分析結果)；
- (3)經由主鏡擋板一次散射及主鏡上二次反射；
- (4)經由主鏡擋板上一次散射及主鏡上三次反射；
- (5)經由主鏡擋板一次散射、主鏡一次反射及次鏡支撐架一次反射。

以上分析尚未加入主鏡由於污染或材料表面微小孔洞造成的散射影響，若加入後將會更增分析複雜性。

分析結果如表 4 所列，雖然加入次鏡支撐架後，系統不絕對對稱，但可發現其影響程度不高，表 4 因此僅列出 1/4 焦平面的結果。由表中可知，5 個路徑中以路徑 1 與路徑 3 影響較高，路徑 4 及 5 的影響很小，路徑 1 影響高的區域在於焦平面的外圍，而路徑 3 影響高的區域在於焦平面中心。由此表可知機械結構之散射及反射造成的雜光影響，

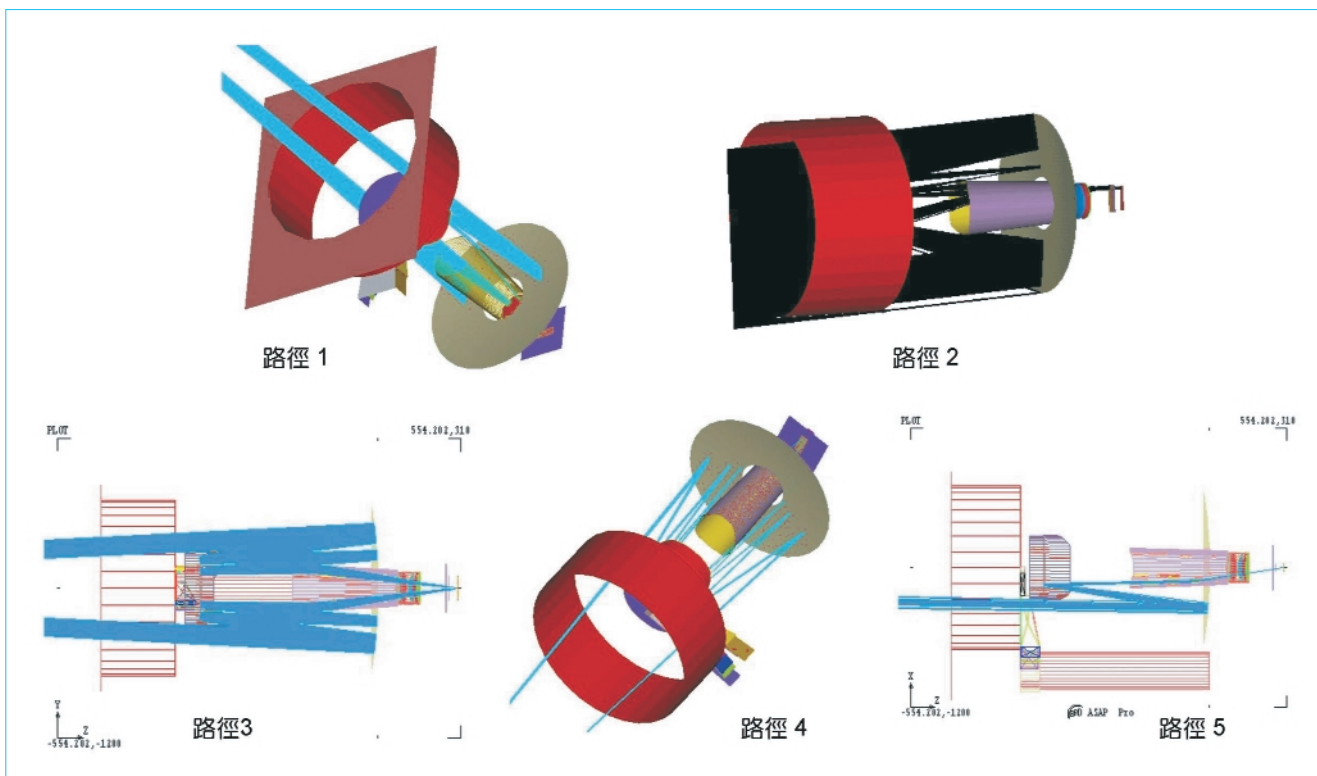


圖 13. 不同雜光路徑示意圖。

| x \ y |        | y           |                       |                      |                      |                      |                      |
|-------|--------|-------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|       |        | 0           | 8                     | 16                   | 24                   | 32                   | 39.5                 |
| 0     | Path 1 | 0           | 0.05%                 | 0.53%                | 1.44%                | 3.66%                | 4.6%                 |
|       | Path 2 | 0.07%       | 0.04%                 | 0.04%                | 0.04%                | 0.05%                | 0.15%                |
|       | Path 3 | 2.46%       | 2.4%                  | 1.9%                 | 1.88%                | 1.44%                | 0.41%                |
|       | Path 4 | 0           | 0                     | $1.4 \times 10^{-5}$ | $1.3 \times 10^{-5}$ | 0.016%               | $1.7 \times 10^{-5}$ |
|       | Path 5 | 0           | $< 10^{-6}$           | $< 10^{-6}$          | $3 \times 10^{-6}$   | $6.3 \times 10^{-6}$ | $3.9 \times 10^{-6}$ |
| 4     | Path 1 | 0           | 0.08%                 | 0.56%                | 1.56%                | 3.84%                | 4.6%                 |
|       | Path 2 | 0.06%       | 0.04%                 | 0.04%                | 0.04%                | 0.05%                | 0.16%                |
|       | Path 3 | 2.45%       | 2.31%                 | 1.87%                | 1.9%                 | 1.36%                | 0.41%                |
|       | Path 4 | 0           | 0                     | $1.4 \times 10^{-5}$ | $8.8 \times 10^{-5}$ | $7 \times 10^{-5}$   | $3.9 \times 10^{-5}$ |
|       | Path 5 | 0           | $< 10^{-6}$           | $1.1 \times 10^{-6}$ | $3.4 \times 10^{-6}$ | $9 \times 10^{-6}$   | $1.2 \times 10^{-5}$ |
| 8     | Path 1 | 0.02%       | 0.16%                 | 0.69%                | 2%                   | 4.2%                 | 4.5%                 |
|       | Path 2 | 0.1%        | 0.09%                 | 0.09%                | 0.09%                | 0.1%                 | 0.22%                |
|       | Path 3 | 2.4%        | 2.2%                  | 1.82%                | 1.78%                | 1.2%                 | 0.41%                |
|       | Path 4 | 0           | $3.9 \times 10^{-6}$  | $4.4 \times 10^{-5}$ | 0.013%               | 0.014%               | 0                    |
|       | Path 5 | $< 10^{-6}$ | $2.68 \times 10^{-6}$ | $1.1 \times 10^{-6}$ | $4.9 \times 10^{-6}$ | $1.3 \times 10^{-5}$ | $1.3 \times 10^{-5}$ |
| 11.5  | Path 1 | 0.12%       | 0.28%                 | 0.87%                | 2.2%                 | 4.1%                 | 3%                   |
|       | Path 2 | 0.14%       | 0.12%                 | 0.13%                | 0.13%                | 0.13%                | 0.3%                 |
|       | Path 3 | 1.75%       | 1.63%                 | 1.42%                | 1.14%                | 0.41%                | 0.02%                |
|       | Path 4 | 0           | $1.56 \times 10^{-6}$ | $1.3 \times 10^{-5}$ | $4.4 \times 10^{-5}$ | $7.1 \times 10^{-6}$ | $1.6 \times 10^{-5}$ |
|       | Path 5 | 0           | $< 10^{-6}$           | $3 \times 10^{-6}$   | $9.2 \times 10^{-6}$ | $1.4 \times 10^{-5}$ | $1.4 \times 10^{-5}$ |

表 4.  
不同焦平面位置不同路徑雜光比例。

| x \ y |  | y     |       |       |       |       |       |
|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  | 0     | 8     | 16    | 24    | 32    | 39.5  |
| 0     |  | 2.53% | 2.45% | 2.48% | 3.37% | 5.17% | 5.16% |
| 4     |  | 2.51% | 2.43% | 2.47% | 3.52% | 5.26% | 5.19% |
| 8     |  | 2.5%  | 2.47% | 2.6%  | 3.88% | 5.47% | 5.16% |
| 11.5  |  | 2.0%  | 2.03% | 2.4%  | 3.48% | 4.66% | 3.48% |

表 5.  
不同焦平面位置各路徑雜光加總後比例。

遠比二次反射 (路徑 2) 之雜光高。表 4 中路徑 2 與表 3 中結果略有出入的原因在於, ASAP 程式中對於擋板此類結構之光學追跡計算上略有漏光之錯誤計算, 其誤差在 0.02% 以內。路徑 1、3、4 及 5 的情況及圖 3 中所說明者, 由結果顯示如先前所預期有所影響, 且其影響程度頗高。將所有路徑影響加總後, 雜光比重如表 5 所示, 約佔正常訊號之 2 - 4%, 此誤差會影響光輻射度校正結果。解決方法為儘量減少機械結構之散射及反射量, 但目前所知反射量較低之黑色 MLI, 逸氣量 (outgassing) 較高, 尚無法完全符合 RSI 品保規範需求, 改採陽極表面處理方法又有成本及熱控方面的考量, 目前決定以現有方式製作。

## 七、結語

雜光分析花費時間極長, 但為望遠鏡系統研發中不可或缺之一環, 其重要性高, 分析成敗足以影響望遠鏡系統之成敗, 不可等閒視之。曾有多個衛星計畫由於雜光分析或雜光抑制工作不盡完善, 影響整個衛星計畫成功, 或導致衛星計畫延宕一年之久。雜光分析大約花費 10% 的時間處理 90% 能量的雜光, 剩餘 10% 能量的雜光卻需使用 90% 的時間, 考究越仔細, 時間及經費越高, 決定考量程度取決於系統對於訊噪比與光輻射校正準確性的需求。本文僅報告由於二次反射及擋板散射產生之影響, 若再考慮透鏡間多重反射及 CCD 焦平面之反

射雜光，分析結果將更形複雜，費時亦久。

### 參考文獻

1. R. P. Robert, "Control of Stray Light," in *Handbook of Optics*, Vol. 1, Chap. 38, 2nd ed., New York: McGrall Hill Inc. (1995).
2. J. J. Arnoux, "RSI Stray Light Analysis Report," in *ROCSAT2 CDR document package*, Vol. 9, ROC2.TN.0082-MMS-T (2001).
3. T. M. Huang, "Verification of RSI Baffle system and of ghost images due to multiple reflection in the Telescope," in *ROCSAT2 CDR document package*, Vol. 9, ROC2.TN.0082-MMS-T (attached documents) (2001).
4. T. M. Huang, "Verification of RSI stray light by direct solar incidence," in *ROCSAT2 CDR document package*, Vol. 9, ROC2.TN.0082-MMS-T (attached documents) (2001).
5. Thermal Section (ASTRIUM), "Solar Incidence Angle Analysis," in ROC2.NI.0042.2000 (2000).
6. S. M. Pompea and R. P. Robert, "Black Surfaces for Optical Systems," in *Handbook of Optics*, Vol. 2, Chap. 37, 2nd ed., New York: McGrall Hill Inc. (1995).