

われわれは光学定盤の上にミラーやレンズを並べて光学実験を行う。実験結果の質はアライメントによって決まる。しかし、アライメントの方法について書かれた書物はほとんどない。多くの場合、伝統の技（研究室独自の技）と研究者の小さなアイデアの積み重ねでアライメントが行われている。アライメントの「こつ」や「秘訣」を伝えることは難しいが、筆者の経験から少しお話をさせていただきたい。具体的には「光フィードバックシステム」の光学系をとりあげる。学会の機関誌という性質上、社名や品名を挙げにくい。その分、記述の歯切れが悪い。そのあたりは学会等で会ったときに遠慮なく尋ねてほしい。

図1は実験光学系である。レンズの焦点距離やサイズ、ミラーの反射特性等の光学部品の選定は実験成功のキーであるが、ここでは、光学部品はすでに揃っており、並べるだけの段階であるとする。レーザーのようなビームを伝搬させる光学系と、光相関器のような画像を伝送する光学系とでは、光学系の様相が大きく異なるが、アライメントの基本は変わらない。ここではレンズ設計ソフトウェアを使って、十分に収差を補正された多数のレンズからなる光学系ではなく、2枚のレンズを使った4f光学系を基本とする画像伝送の光学系について議論する。4f光学系のような単純な光学系でも、原理実証実験には非常に有効である。

では、アライメントを始める。25 mm 間隔で M6 のタップを有する光学定盤にベースプレートで光学部品を固定する。ベースプレートを使用する理由は、マグネットベースよりもアライメント後のずれを少なくすることや、光学系の汚染源となる油や錆を出さないことに加えて、アライメントの自由度の少なさである。光軸とレンズ中心を一致させるなど、正確なアライメントを行わないとうまくいかない。うまくいくかいかないかが、デジタルになることである。一方、光学定盤のどこにでもおけるマグネットベースを用いると、得られる像が少しよくない、といったアナログ的な結果になる。アライメント初心者ほど、ベースプレートの使用を勧める。ただ、光学定盤に対して斜めの光軸が多く存在するような光学系は、ベースプレートではアライメントしにくい。任意の位置に光学部品を配置できる

ベースプレートが比較的安価で手に入るようになったので、うまく組み合わせて使うとよい。

図1の光学系を構築する。初めに行うことは、He-Ne レーザーから出射された光を、ビーム径を広げ、平面波となるようにコリメートしたのち、特定の高さで光学定盤と平行にすることである。これが高さの基準になるので、手を抜いてはいけない。長さ 30 cm の L 型定規 2 本と高さ 55 mm のマグネットベース 2 個を用意する。図2のように配置する。2つの定規を異なる方向で置き、2つの定規は見える範囲でできるだけ離す。レーザービームが同じ高さに、同じぐらいかかるように、レーザーの位置と傾きを調整する。これから、構築するコリメーターのすぐ後あたりに、微動調整可能な虹彩絞りを置く。コリメーター配置後のビームセンターの基準となる。また、2本目の L 型定規の位置にも虹彩絞りを置く。これはコリメーターの位置を決定するために用いる。使用するすべての光学部品にこのレーザービームをあて、反射や透過されたビームの高さが変わらないように光学部品の高さや傾きを調整する。

次に、対物レンズ (OL) とピンホール (PH1) を有する空間フィルターホルダー (SFH) とレンズ (L1) によるコリメーターを構築する。PH1 の穴径は、OL の開口数からの計算値だとうまくいかない。特にレーザーと OL の距離が近いと、OL の開口径よりビーム径が細い。これに気が付くまで結構な時間を要した。先に L1 を所定の位置に置き、その後、SFH を置く。L 型定規 2 本を用いて、拡大されたビームが同じ高さで、L 型定規と同じぐらいかかるように、SFH の高さや方向、PH1 の位置を調整する。このとき、虹彩絞りを最小径まで閉じて、はじめの虹彩絞りから出たビームが2つめに虹彩絞りのセンターを通過するか確認する。L1 と OL の位置関係が適切になるように、L1 と SFH の配置を何度か繰り返す。コリメートが正しく行われているかの確認には、ミラーで光を反射させて元に戻し、ピンホールの背面の穴のすぐ横に集光させる方法を用いる。このとき、L1 の位置を光軸方向に変化させて、PH1 の背面に集光されていれば、キラッと光る感じがする。これでも十分でないかもしれない。特に、コリメート後のビーム径の小さいと

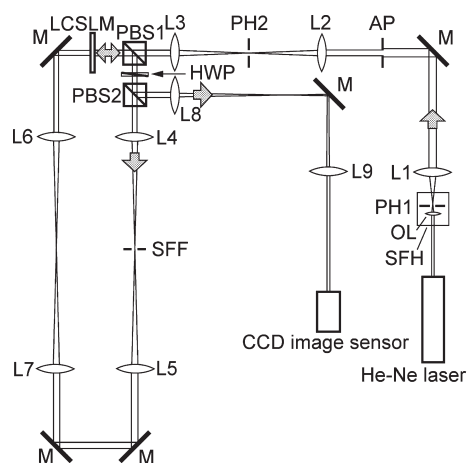


図1 光フィードバックシステム。

きは、ビームウエストが長いので、キラットの領域が広い。コリメートチェッカーを使う方法もあるが、経験さえ積めば必要ない。筆者は「キラッとひかる範囲のまんなかあたり」という合わせ方をしている。なお、レーザー光が目に直接入らないように注意してほしい。

次に、アパチャー (AP) から液晶空間光変調素子 (LCSLM) までの位置合わせについて述べる。パターン形成がエッジに影響されるので、パターンの発生領域を正確に規定するために、AP と L2, L3 の結像光学系は必要となる。また、LCSLM に照射される光強度を正確に決定できる。L2 と L3 の 4f 光学系は、光軸をずらさないように、L2 を固定して、L3 を光軸方向に移動して調節する。この場合、ビームを遠くに飛ばす方法と、集光面においたピンホール PH2 を用いてミラー (ここでは LCSLM がミラーの代わりをする) で光を反射させる方法を用いる。戻り光によるレーザーの不安定化を避けるため、LCSLM は (ほんの少しだけ) 傾けられ、戻り光が PH2 で遮られるようにする。また、PBS1 の端面の反射による出力上に現れる干渉縞を避けるため、PBS1 も少しだけ傾ける。ここまでで、慣れている筆者でも、うまくいって 3 時間はかかる。

次に、PBS1 から CCD イメージセンサーの光学系について述べる。PBS1 と PBS2 の間の半波長板 (HWP) で、偏光を回転し、ほとんどの光がフィードバック光学系の方に向かうように調節する。L8

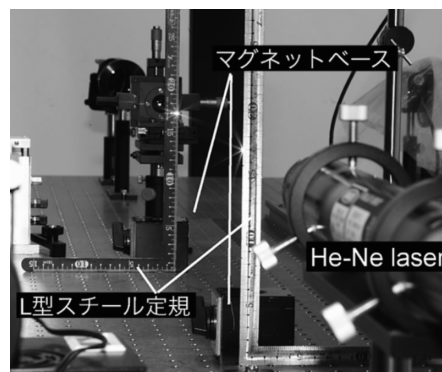


図2 アライメントの方法。

と L9 は、同様に結像系を組む。これらのレンズは、それほど神経を使って合わせる必要はない。CCD イメージセンサーを LCSLM の結像面に置く。LCSLM の結像面の探し方は、LCSLM に画像を入力すればよい。カメラを光軸方向にずらしながら観察すると、液晶層を確認でき、画像の入力なしに結像関係を合わすこともできる。その後、AP を動かして結像させる。

誌面の関係で、フィードバック光学系のアライメントについては触れることができなかった。基本的には、L 型定規 2 本と微動調整可能な虹彩絞り (この光学系では 6 個程度用意する) を各 4f 光学系の前後で使って、丁寧に合わせていくだけである。ただし、この光学系に特有なことであるが、サブ波長程度の光軸のずれによってパターンが流れる²⁾ので、何度も繰り返しアライメントをする必要がある。

今回はアライメントに話を限定したので、どのレンズを使うか、どのミラーを使うかなど、光学部品の仕様の決定については詳しく示せなかった。実は、光学系構築の醍醐味のひとつは、この光学部品の選定にある。いつかお話しできる機会があればいいと思う。

(早崎芳夫)

文 献

- 1) Y. Hayasaki, H. Yamamoto and N. Nishida: J. Opt. Soc. Am. B, **17** (2000) 1211-1215.
- 2) Y. Hayasaki, Y. Yuasa, H. Yamamoto and N. Nishida: Opt. Commun., **220** (2003) 281-287.