

ナトリウムライダー観測のための 種レーザ自動アライメントシステムの開発

Injection seeding auto-alignment system
for a continuous sodium lidar observation

小泉和希、川原琢也

K.Koizumi, T.D.Kawahara

信州大学工学部

Faculty of Engineering, Shinshu University

Abstract We measure the temperature of mesopause region with an injection-seeded sodium lidar transmitter. The seed laser alignment is a key for the injection seeding in the continuous observation. Thus, we made an auto-alignment system with two PIN photo diodes in the seeder line. It is confirmed that the system corrected the alignment within an angle of ~ 1.5 mrad.

1. はじめに

我々は、ナトリウムライダーを用いて中間圏ナトリウム原子層(高度80–110km)の共鳴散乱光を計測し、密度と温度を観測している。我々のナトリウムライダー送信系はinjection seeding型Nd:YAGレーザで、1064nmと1319nmの単一縦モードパルスレーザの和周波をとることで、ナトリウム共鳴線である波長589nmのレーザを射出している。固体レーザを用いたナトリウムライダー送信系は、高出力で長時間観測が可能という特徴がある。

ナトリウム層の温度観測では、発振する589nmパルスレーザの波長をNa D₂内の2波長に、0.1pm以下の精度で制御する必要がある。このため、injection seedingの光学アライメントの安定性はパルスレーザの単一縦モード化、狭帯域化、パルスレーザ波長制御のための種レーザ波長制御などの要素に影響を与える。レーザアライメントはレーザ内の温度変化や振動により狂うので、夜間観測の際に観測者がモニターを続け、手動でアライメントをし直すのが現状である。我々は長時間観測を行う際の観測者の負担を減らすため、種レーザアライメントのずれを自動補正するシステムの開発を行ってきた。本発表ではそのシステム評価に関して述べる。

2. 自動アライメントシステム基本原理

基本的な原理は、レーザ光路のずれを検出器でモニターし、パルス共振器への種レーザの導入調整に用いるミラー2枚を外から制御するというものである(図1)。種レーザから制御ミラーBまでの光路は変化しないと仮定し、パルスレーザの戻り光が正しい位置に来ているかどうかのモニターを、その光路の2カ所に入れたハーフミラーと、検出器(PINフォトダイオード)により検出し、フィードバック制御をかける。特徴としては、①検出器が安価なこと、②種レーザから共振器までの光路中にカードセンサーを挿入することがないため、観測を中断せずにアライメントを実行できること、③戻り光のみのモニターのため、光学系が簡素になること、などがあげられる。

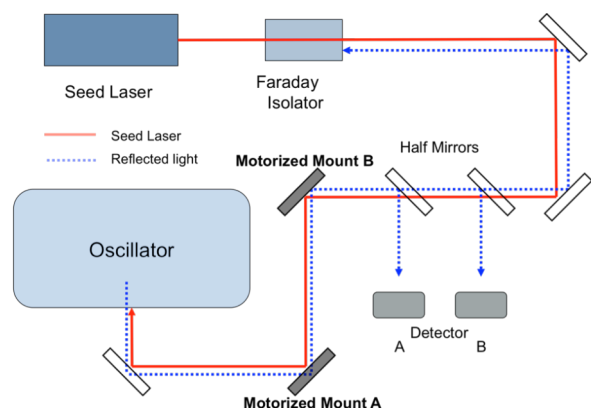


Figure 1. Auto-alignment system using half mirrors and PIN photo diodes.

3. 実験

図2に示したシステムを用いて、光源にHe-Neレーザを用い、同じアライメント手法を手動と自動とで結果の比較実験を行った。

手動アライメントでは、アライメントを崩した状態から2枚のミラーを用いて光路中の2つのアイリスを通すことで光軸を決定した。ミラー操作を10回程度繰り返すことでターゲット中心付近に収束する。

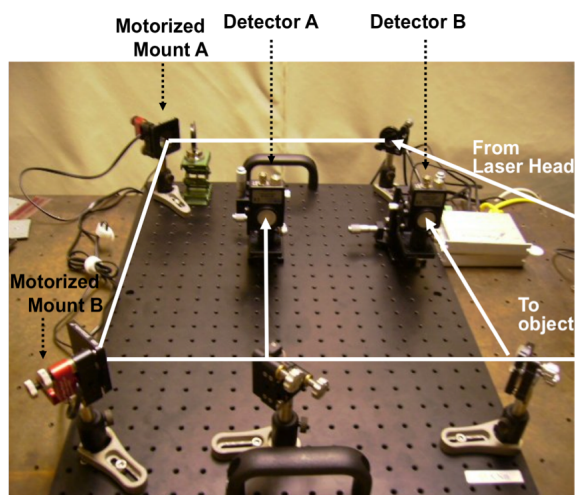


Figure 2. Schematics of an experimental setup of laser alignment system.

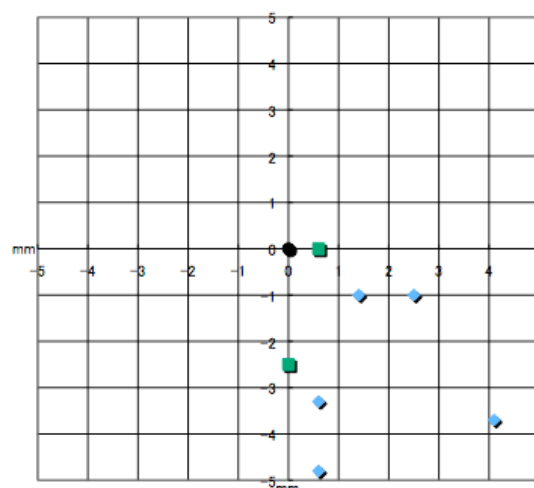


Figure 3. Results of alignment experiments. The square and the diamonds indicate results from alignment by hands and auto-alignment.

これをアライメント操作の1回と数え、ターゲットの位置にある方眼紙により、収束位置を記録する。この操作を10回繰り返し、結果からばらつきを算出した。

自動アライメントでは、共振器に種レーザが正しく導かれている状態をアライメントの基本状態とし、その時のパルスの戻り光強度が最大になる位置に検出器を設置した。検出器からの電圧出力は、A/D 変換ボードを介して PC 上でモニタリングされる。アライメント用の2枚のミラーの2軸を PC 制御し、電圧出力をモニターしながら基本状態に戻す制御を行う。

自動アライメントに関しては、収束させる作業を10回行い、対象でのビーム座標を記録し、初期位置(対象でアライメントがなされている状態)から最も離れたビーム座標の距離から最大ずれ角を導出し、それぞれの最大ずれ角を各アライメント手法の誤差として比較を行った。

5.結果

実験の結果を X-Y グラフに置き換えた図を図3に示す。(0,0)の点が初期位置であり、四角の点が手動アライメント時、菱形の点がミラーマウント動作回数10回の記録位置である。全体の傾向としては下半分にビームが集中する様な結果となった。

基本状態からのずれの平均値、最大ずれ幅、最大ずれ角を導出したものを、表1に示す。

最大ずれ角は手動アライメントが0.8mradに対し自動アライメントは1.4～1.5mradとずれ幅が約2倍になっている。手動アライメントの精度のほうが高いのは、フォトダイオードでの光検出部分に問題があると考えられる。

この原因として、実験に用いたHe-Neレーザは出力が安定していなかったことが考えられる。半導体レーザを用いて自動アライメントを行ったところ約0.5mradとなり、手動アライメントの0.8mradより最大ずれ幅が小さくなった。ただし、この計測には出力安定性の評価を更に詳しくする必要がある。

6.まとめ

我々の研究テーマであるナトリウムライダーを用いた高高度大気の観測の中で、自動アライメントシステムの開発を行った結果、約1.5mrad角以内でアライメント補正ができることがわかった。これは1m遠方で1.5mm程度のずれに相当するので、これより短い光路における種レーザアライメントにはほぼ問題なく適用できることがわかった。今後はビームのずれが生じる原因を探っていく。

Table 1. The amount of off-target is shown in mm unit and mrad unit.

	Maximum	Average gap
Manual	2.5mm (0.8 mrad)	1.5mm (0.5 mrad)
Automatic	5.5mm (1.5 mrad)	3.6mm (1.2 mrad)