

# レーザービームの大気伝播における偏光依存性と大気パラメータの関係

## Relationship between Propagation Characteristics of Polarized Laser Beam and Atmospheric Parameters

香川直己、早杉崇央

Naoki KAGAWA, Takahisa HAYASUGI

福山大学 工学部 電子・電気工学科

Dept. of Electronic & Electrical Eng., Fukuyama University

**Abstract:** The characteristics of the circular polarized laser optical propagation through the atmosphere at the wavelength 783nm over a 300m round trip path were measured. Propagation characteristics of p-polarization and s-polarization were compared to examine the polarization dependence on atmospheric conditions such as temperature, humidity and turbulence.

### 1. まえがき

情報技術の発展に伴い高速ネットワークを簡便に構築するための光空間通信技術が注目されている。本稿では、レーザービームを用いた空間光通信の偏光による大気揺らぎの影響を水平偏光、垂直偏光について比較検討する事を目的として、円偏光レーザー光線の受信光強度変動を測定し、それらの数値処理結果より円偏光レーザー光線の大気伝播特性と大気パラメータとの因果関係を検討したのでその結果について報告する。

### 2. 実験の概要

実験装置の概略をFig.1に示す。実験は波長783nmの半導体レーザー素子からP偏光で出射される光線をチョッパで強度変調し大気中を約300mに亙り水平伝播させて行った。このとき出射ビームを1/4板を用いて円偏光に測定を行えるようにした。光軸は地表から6~10mの高度にあり、150m先の別棟の屋上に設置したコーナーキューブミラーに反射させた往復光路である。受信光は偏光ビームスプリッターで大地面に垂直なP偏光、水平なS偏光に分離し、同性能の2台の検出器でそれぞれ検出した後、2台のロックインアンプで同期検波される。各ロックインアンプの出力はプログラム制御されたデジタルオシロスコープに送られ、測定結果は1分毎に10秒間記録される。

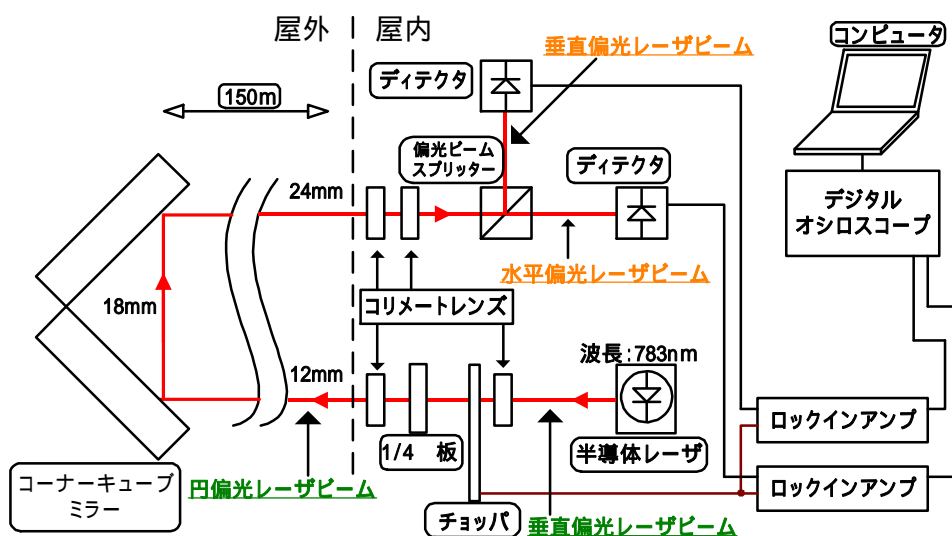


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup.

### 3. P, S偏光の関連度と大気パラメータの関係

ここでは、実験結果から算出したP偏光とS偏光のコヒーレンスと、式(1)の評価式により算出した全熱の変動の経時変化を重ねて掲載した結果の一例を載せる。

全熱とは、気温である顕熱と湿度などの寄与による潜熱の総和を言うが、この全熱の影響を、ここでは気温の時間変動率と相対湿度の時間変動率の二乗平均値を1から引くことにより表現した。即ち

$$A = 1 - \sqrt{\alpha \times \left(\frac{\partial C_{AH}}{\partial t}\right)^2 + \beta \times \left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)^2} \quad (1)$$

とした。ここで、Tは気温、また、 $C_{AH}$ は絶対湿度であり、これは同時に計測した気温と相対湿度から算出したものである。また、 $\alpha$ と $\beta$ はそれぞれ、絶対湿度の時間変動量と気温の時間変動量の寄与を表す係数であり、ここでは、経験的にそれぞれを0.3および0.01とした。この式より、全熱の時間変動が小さいほど評価式の値が1に近づくことになる。

Fig.2に1月1日から13日にかけて行った円偏光による実験結果から得られたP,S各偏光のコヒーレンスと、同時に計測した気温、湿度から式(1)を用いて算出した評価値の経時変化を示す。この結果より、P,S各偏光のコヒーレンスと式(1)で示す評価値は概ね一致した変動を示していることがわかる。

Fig.3は異なる日に測定したP,S各偏光のコヒーレンスの経時変化と評価値の経時変化の一日分の関連度を示したものである。この結果より、異なる日においても両者の関連度は高く、特に $10^{-4}$ Hz以下、つまり、2.8時間以上の周期での関連度が高いことが判る。

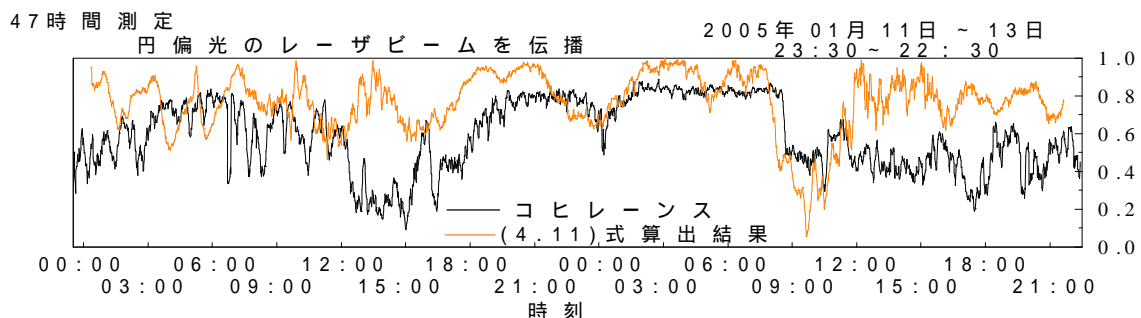


Fig. 2 Coherence between P and S polarized beam, and variance of the atmospheric parameters.

以上の結果から、全熱の時間変動量が著しい場合にP, S各偏光は大気から独立した影響を受け、それぞれの受信光揺らぎの相関が失われていると予測される。

### 4. むすび

大気中を水平伝播させた円偏光レーザー光線の受信光強度の長期連続観測結果を用い、そこに含まれるP, S各偏光成分の受信光強度変動のコヒーレンスと全熱の時間変動量の比較を行った。その結果、大気パラメータの変化分が大きくなることにより、その大気中を伝播するレーザー光線のP,S偏光の受信光強度成分間の相関が低くなる傾向が現れることがわかった。

今後継続的に実験を行い、各偏光の受信光変動と大気擾乱、気象条件の因果関係を明らかにしたい。

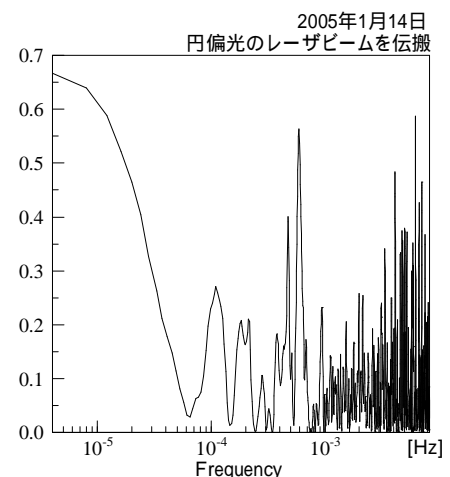


Fig. 3 Coherence between two temporal series shown in Fig.2.