

円偏光レーザービームの大気伝播特性の実験的検討

An Experimental Study on Atmospheric Propagation of Circular Polarized Laser Beam

香川直己 岩戸孝浩

Naoki KAGAWA, Takahiro IWATO

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. Variances of detected signals were equal each other in the turbulent conditions, but in the calm conditions that of s-polarization was bigger than p-polarization. Coherence between two signals was close to 1 in the turbulent conditions, but was down in the calm conditions. This shows that effect of atmospheric turbulence on the polarization becomes clear in the calm conditions.

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伝播特性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1/4板を用いて円偏光にし、チョップで強度変調し大気中を約300mに亘り水平伝播させて行った。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。実験は7月初旬より連続して行った。

3. 実験結果と考察

ここでは、実験結果の一例を載せる。Fig.1に7月28日から29日の実験により取得した各偏光の受信光強度から計算した対数分散の時間変化を示す。これを各受信光強度の変動の指標とする。また、図中に同時に取得した気温変動を載せる。この両日の天候は晴れであり、昼間の気温は35度を越える夏日であった。

図より、両偏光ともに対数分散値は気温に追従して変化し、昼間の受信光強度の変動が著しいことが判る。また、気温の低下に伴い、僅かではあるがS偏光の変動がP偏光のそれより大きくなる傾向が確認できる。

次に、測定より得られた1分毎10秒間の時系列データから算出した対数振幅をFFT処理し、その結果を利用して、P、S各偏光に関する対数振幅のパワースペクトル及び、2変動量の関連度関数 (Coherence function) を計算した。関連度関数は、二つの変動成分の相関性を示し、これが1であれば両者は完全に関連しており、0であれば無相関とみなせる。Fig.2およびFig.3にFig.1に示した2004年7月28日、29日両日の取得データの処理結果の中から、興味深い特徴を示すものを載せる。Fig.2は28日午後10時11分から21分まで、Fig.3は29日午前11時31分から41分までの10枚の処理結果を平均したものである。各図ともに、上がパワースペクトル、下が関連度関数である。

まず、各時間帯のパワースペクトルを比較すると、夜間は両偏光ともスペクトルの「肩」が明瞭であるが、昼間は「肩」が不明瞭となり、遮断周波数が上昇しスペクトルの最高レベルが夜間のものに比べ約10倍増加する。「肩」の明瞭度、遮断周波数、スペクトルレベルは大気擾乱の状態を表すといえ、昼間では大気擾乱が激しく、夜間は静穏な大気状態であったと判断できる。また、各時刻で比較すればスペクトル形状はP、S偏光の間で殆ど相違がなく、統計的には同等の変動をしていると言える。

しかしながら、関連度関数に着目すると、昼間の場合、数10Hz以下の変動においては1に極めて近く両偏光がほぼ完全に関連していることを示しているのに対し、夜間では関連度が一桁程度低下しており、変動の相関性が低くなっていることを示している。

これらのことから、大気擾乱の激しい状況ではレーザー光線は偏光に関わらず大気擾乱による散乱の寄与が支配的となり、受信効率に直接影響しているといえる。一方、夜間、即ち、大気が静穏な状況では大気擾乱が各偏光に与える影響が異なり、両者の受信光強度の変動が独立してくると考えられる。パワースペクトルの形状に相違がないことから、関連度の低下は各偏光の変動の位相に起因するものといえる。

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、統計分散、関連度関数などの数値処理を行った。その結果、大気変動の活発な状況では確認することができなかったレーザー光線の受信光強度変動に偏光依存性が、静穏な大気状態において現れる可能性を見出した。

今後、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。

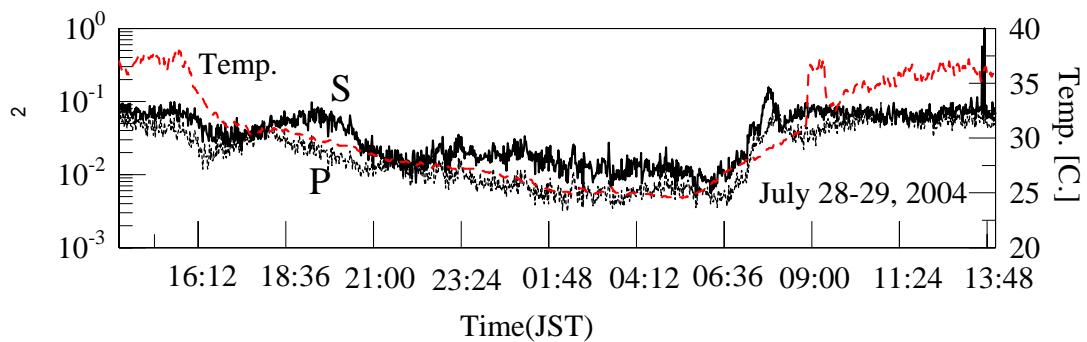


Fig.1 Variance of received power of p and s-polarization with atmospheric temperature during 24 hours.

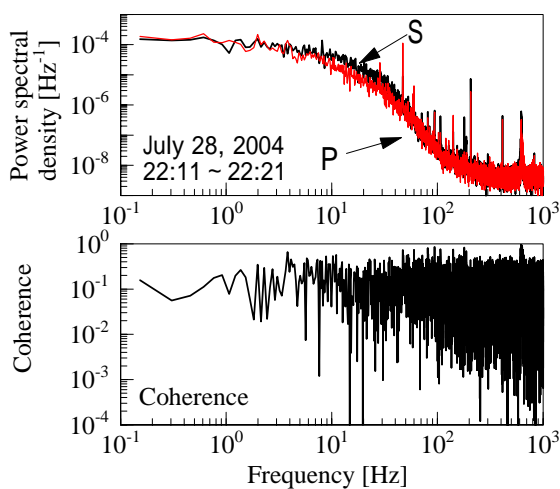


Fig.2 Power spectral density and coherence in the calm condition.

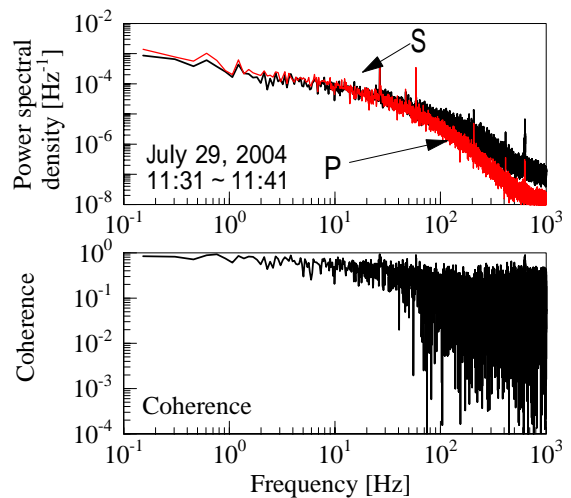


Fig.3 Power spectral density and coherence in the turbulent condition.