

7 μm帯におけるシンチレーションの測定

Measurement of Scintillation in 7 μm band

香川 直己 Bouzidi Moncef 小坂 恵 和田 修己 古賀 隆治 佐野 博也*
 Naoki Kagawa Megumi Kosaka Osami Wada Ryuji Koga Hiroya Sano*

岡山大学工学部

*福山大学工学部

Faculty of Engineering, Okayama Univ.

*Faculty of Engineering, Fukuyama Univ.

Abstract: We measured scintillation in 7μm band and 0.6328μm(He-Ne) laser simultaneously, and compared them. We found that the index-of-refraction structure parameter, C_n^2 , depends on wavelength and the C_n^2 for 7μm laser is more sensitive to environmental condition than that of 0.6328μm one. Moreover, either for a wavelength of 7.690μm, that just hits a methane line, or 0.6328μm heavier scintillation takes place selectively.

1. まえがき He-Neレーザなどの可視光のシンチレーションは、Tatarskiによって導かれた理論¹⁾に基づくとされているが、ガスの指紋領域に当たる7 μm帯赤外光のシンチレーションの議論はなく、どの様な現象が起きるか興味深い。

そこで7 μm帯の鉛塩半導体レーザ光と0.63 μmのHe-Neレーザ光を同時に同一大気中に射出し、それぞれの受光強度の変動の分散値

$$\sigma_{I_{NE}^2} = 1.23 \cdot C_n^2 \cdot k^{7/6} \cdot L^{11/6} \quad (1)$$

k (= 2π/λ) : 伝搬する光の波数

L : 光の伝搬光路長

を、屈折率構造パラメータ C_n^2 が波長に依存しないという仮定のもとで比較し、T.D.L.光のシンチレーションの振舞いを調べたので報告する。

2. 測定装置 測定装置の構成を図1に示す。T.D.L.光とHe-Ne光は背景光の影響を無くするためにいずれもチョッピングされロックインアンプで位相検波される。T.D.L.光は、レーザ駆動電流のスイッチングにより、また、He-Neレーザ光は、オプティカルチョッパを用いてチョッピングを行った。ロックインアンプ出力はそれぞれ、周期1msでサンプリングされたのち、2チャンネル12bitのA/Dコンバータで量子化されコンピュータに取り込まれる。この測定システム全体のバンド幅は500Hzである。

3. 測定と結果 図2に測定場所の状況を示す。T.D.L.光、He-Neレーザ光は同時に実験室内から屋外の小山上に設置された一つの反射鏡に向かって射出される。反射鏡にはコーナーキューブ

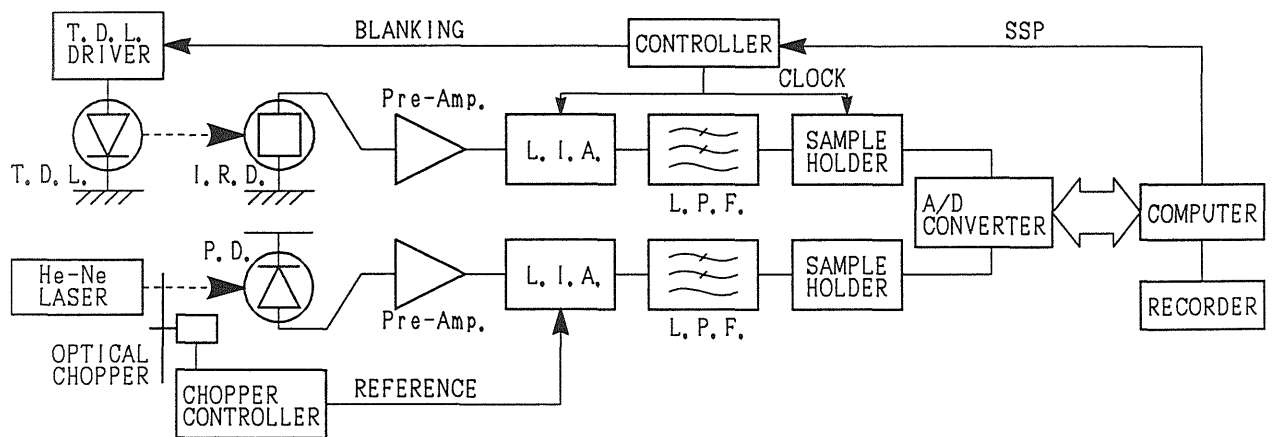


Fig.1 Block diagram of the measurement system.

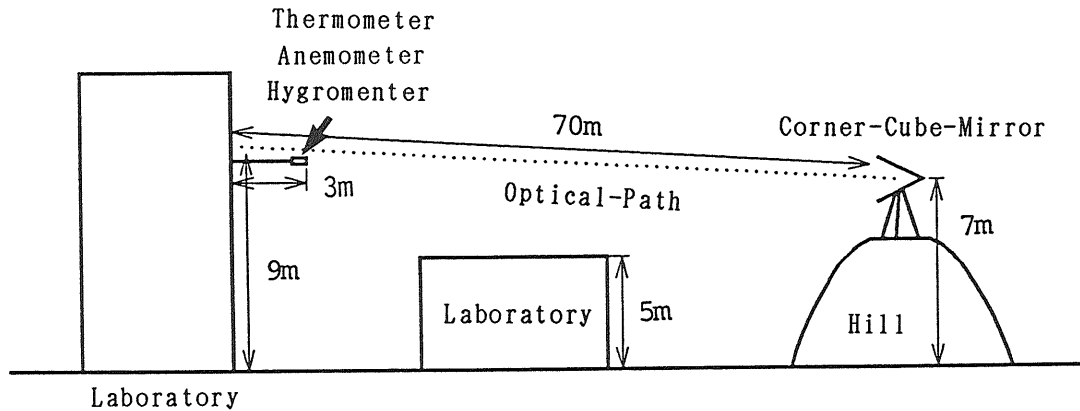


Fig.2 Situation of the experiment.

鏡を使用している。

各出射ビームはレンズでコリメートされ、ビーム直径はT. D. L. 光が約 5 mm、He-Neレーザー光が約20mmである。光路長は往復140mであり、各光軸の地面からの平均高度は約9 m、往復の光束は明確に分離してあり、その間隔は24cmとした。受光部の集光レンズ直径はT. D. L. に30mm、He-Neレーザーに10mmで有効アパチャー径を等しくしシンチレーションのアパチャー効果による減少²⁾の割合を等価にしている。

また、測定時の風速、気温、湿度（相対湿度）は、光軸に沿って小山方向に3 mの地点で測定し、その値を代表値とした。

測定は、T. D. L. 光の波長を大気中ガスの吸収を受けない波長 $7.879\mu\text{m}$ とメタンガスの吸収を受ける $7.690\mu\text{m}$ の二つの波長に設定して、各波長に対して1時間毎に24時間測定した。

図3は15:00~18:00までの4時間分について、波長 $7.879\mu\text{m}$ のT. D. L. 光の受光強度変動の分散値を、そのとき同時に測定したHe-Neの受光強度変動の分散値から式(1)経て求めた理論分散値に対して描いたものである。図中の実線は、最小二乗法で求めた回帰直線である。各図の相関係数は(a)0.80(b)0.72(c)0.47(d)0.31となった。これより、気温の低下にともなって相関が低くなる事が分かる。しかも、横軸つまりヘリウムネオンのデータのばらつきの範囲はあまり減少せず、T. D. L. 光の分散値のばらつきの範囲の方は減少している。この結果は、 C_n^2 の波長依存性があり、さらにT. D. L. 光の方がHe-Neレーザ

光に比べて環境変化による影響を受けやすいことを示している。これは、湿度の影響が考えられる。水蒸気の屈折率は赤外よりも可視域の方が高く、湿度の高い夜間は湿度による C_n^2 への寄与が、昼間の温度揺らぎによるものよりも大となる。したがって、夜間はHe-Ne光に対するシンチレーションはT. D. L. 光に対するものより強くなると推測できる。

図4は、メタンの吸収線の存在する、波長 $7.690\mu\text{m}$ の赤外光に図3と同様の処理を施したものである。これには、図3に見られたような分布とは全く異なる2種類の傾向が現れている。一つは(a)(b)に見られるような真横に伸びる分布、もう一つは、(c)(d)に見られるような真上に伸びる分布である。このことは、 $0.6328\mu\text{m}$ と $7.690\mu\text{m}$ のどちらかの波長だけに反応する大気の乱れの状態が存在することを示唆している。この現象にメタンが影響していることも考えられるが現在のところよく分かっていない。

4. あとがき 今回は、 $7\mu\text{m}$ 帯の赤外光について、大気ガスの吸収の影響を受ける波長と、そうでない波長についてそのシンチレーションの影響を調べた。今後、メタンの吸収の影響を受ける波長に現れる特長的な現象の原因を調べる予定である。

参考文献 1)V. I. Tatarskii: "Wave Propagation in a Turbulent Medium", McGraw-Hill Book Company, (1961). 2) A. G. Kjelaas and P. E. Nordal, Appl. Opt., Vol. 21[14] (1982) 2481.

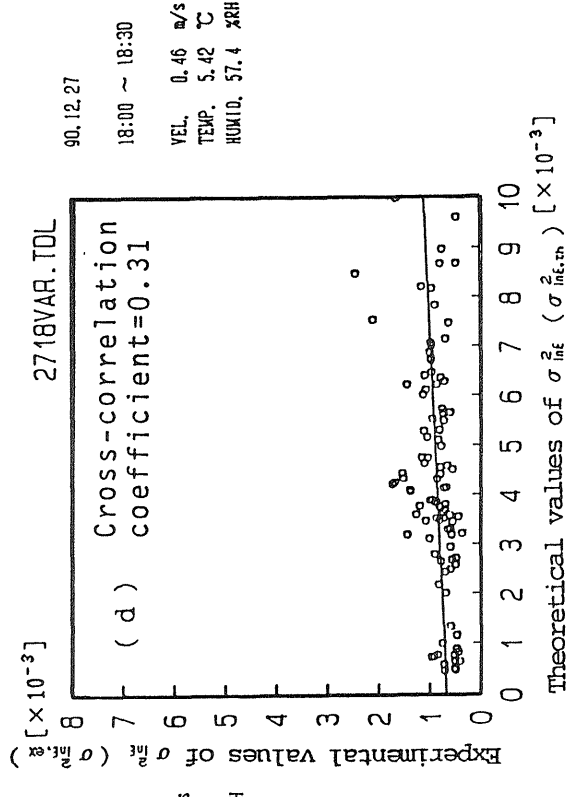
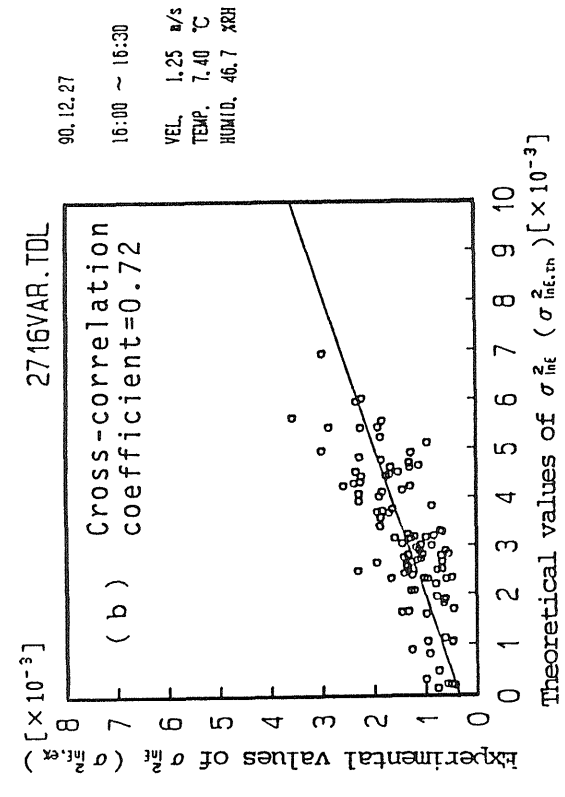
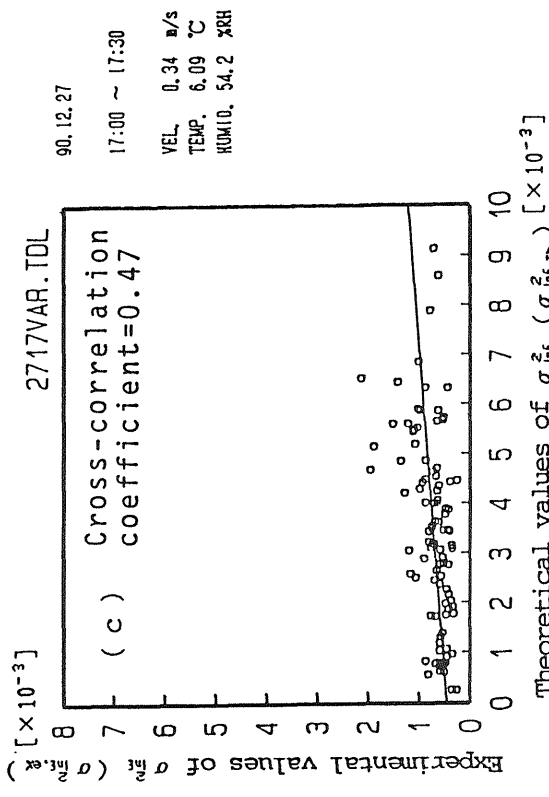
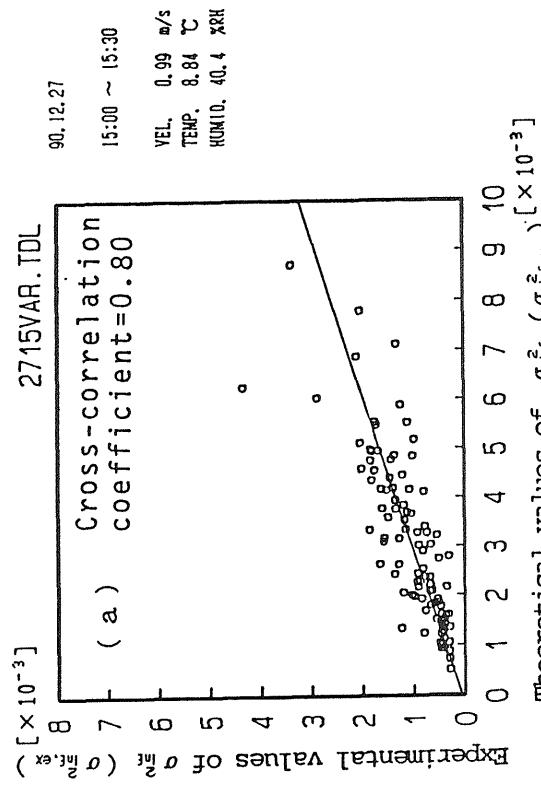


Fig. 3 Theoretically obtained variance $\sigma_{inf,th}^2$ versus experimental $\sigma_{inf,ex}^2$ at $\lambda = 7.879 \mu m$.

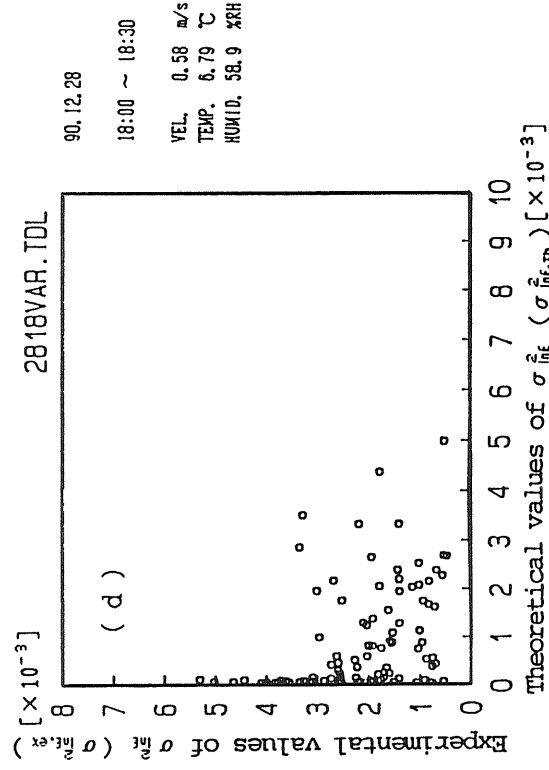
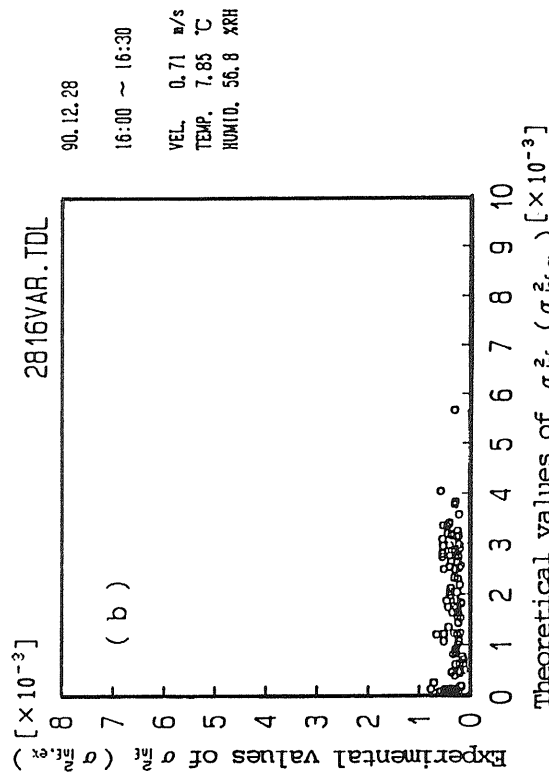
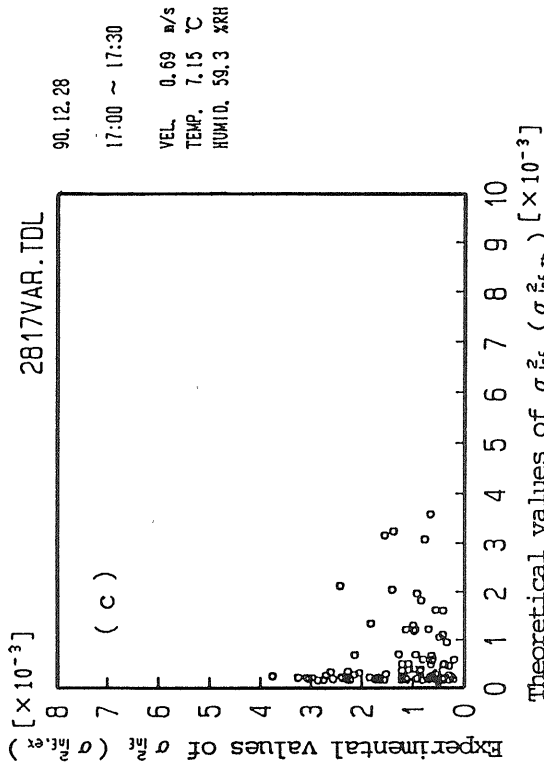
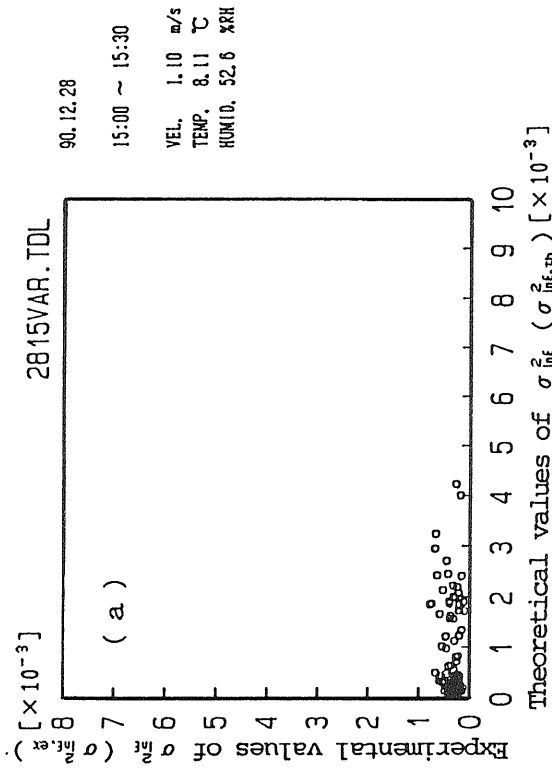


Fig. 4 Theoretically obtained variance $\sigma_{inf,t,h}^2$ versus experimental $\sigma_{inf,ex}^2$ at $\lambda = 7.690 \mu\text{m}$ just on a methane line.