

# 霧による光の減衰

システム工学技術系 田村 忠

## 1. はじめに

光の空間伝搬において、大気による減衰がある。これらの要因として、大気屈折率の変動・大気中の浮遊水滴粒子などによる吸収、散乱・大気中のガス分子などによる吸収が挙げられる。本研究では、大気の光の透過率を測定することのできる視程計を用いることによって、減衰の状態を連続的に測定した。

## 2. 測定方法

視程計は投光器と受光器によって構成され、2地点間における水平方向の大気透過率を測定できる。(図1) また、降雨および気温の減衰に与える影響を調べるために、視程計の設置地点での雨量と温度も測定した。

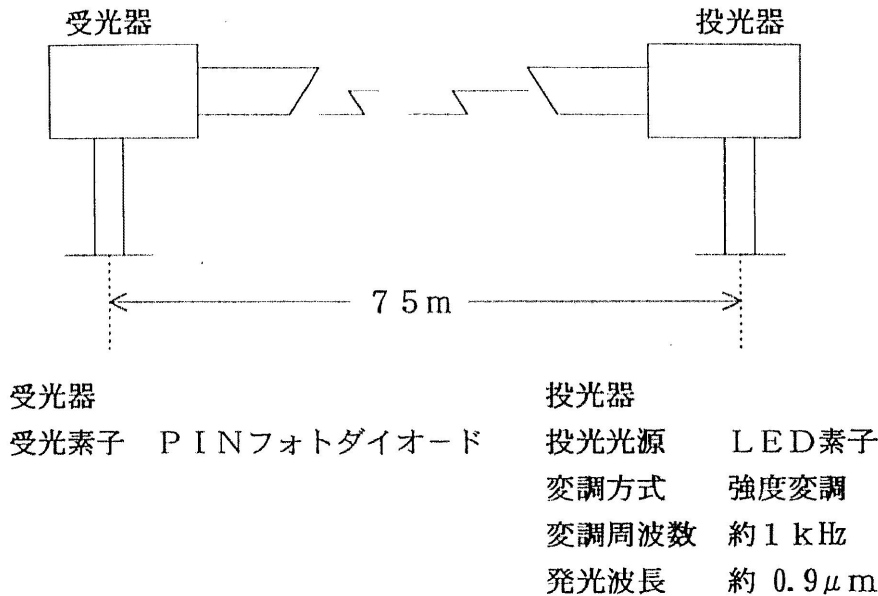


図1 視程計の構成

## 3. 減衰定数の計算方法

減衰定数は視程計の観測によって得られた減衰量を1 kmあたりの減衰量に換算することによって求められ、式(1)のように表わせる、また、各月ごとの基準電圧はその月の最大受信電圧とする。

$$A = 10 \log \left( \frac{x}{x_0} \right) \quad [dB/km] \quad (1)$$

ここで、 $x_0$  : 各月の最大受信電圧  $x$  : 各減衰量を与える電圧

#### 4. 測定の内容

本研究において観測のために用いる装置は視程計・雨量計及び温度計である。また、肉眼で距離のわかっている目標物を観測することによって視程（視界）を求め、それより減衰定数が得られるとされるので、視程計によって求めた減衰定数の精度を確認するため、視程の観測を並行して行い、両者を比較・検討する。

#### 5. 視程計の動作原理

本研究では、視程計を用いることにより、光の空間伝搬を測定している。視程計は本学屋上に設置されており、視程計の投光器と受光器の距離は75(m)である。投光部投光器は一定光度を有するビーム光を受光部受光器に対して投射する。受光部ではこの入射光量に応じて繰り返し数の変化するパルス信号を作り、パルス信号は繰り返し数に比例した直流電流に変換される。ここより直流電圧を取出しX-Tレコーダに記録する。

—投光器—		—受光器—	
・投光光源	LED素子	・受光素子	PINフォトダイオード
・変調方式	強度変調	・信号出力	DC0~10mw
・変調周波数	約1 KHz	・光学系	レンズ $\phi=80\text{mm}$ , $f=100\text{mm}$
・投光出力	~ 20 mw		
・発光波長	約 0.9 $\mu\text{m}$		
・光学系	レンズ $\phi=80\text{mm}$ , $f=100\text{mm}$		

##### (a) 投光器の動作

視程計の投光光源から発信器により作り出された約1 [kHz] の矩形波によって輝度変調された光が出ていたとする。その光が「光学系」により平行光となり測定対象区間に投射される。平行光は「基準受光素子」に導かれ光電変換されたあと、「前置増幅」「同期検波」「積分」によって直流電圧に変換される。つまり平行光の強さと比例した直流電圧が得られるのである。この電圧は「比較増幅」により「基準電圧」と比較され、差があれば「比較増幅」出力は誤差電圧を生ずる。「光源制御」出力には入力誤差電圧が大であれば投光光源輝度を下げ、また誤差電圧が小であれば投光光源輝度を上げるような信号が現われる。つまり、この系は「積分」出力電圧（平行光の強さと比例）と基準電圧がいつも等しくなるように投光光源輝度を調整するので、常に一定の強さの平行光が得られる。

##### (b) 受光器の動作

投光器より投射された光は「光学系」により「受光素子」に集光され光電変換される。この信号電圧は「前置増幅」で増幅されたあと「同期検波」により、直流電圧に変換される。検波された信号は「直流増幅」で所定の電圧まで増幅され、出力がX-Tレコーダに記録される。

## 6. 視程観測と評価

目視による視程の観測は観測地から距離が分かっている目標物を設定する。視程の観測は一日一回行い、またその時間の視程計の測定電圧・天候・温度も記録する。視程より求める減衰定数を  $\alpha$  とすると、減衰定数は次式で示される。

$$\alpha = 20 / V \quad [\text{dB/km}]$$

ただし、 $V$ ：目視によってもとめた視程 [km]

### (a) 目標の選定法

- 1, 目標は各方向とも均等になるべく数多く選ぶ。
- 2, 目標は黒あるいはなるべく黒っぽいもので、その背景が空あるいは白っぽいものを選ぶ。

### (b) 目標によって視程を決める場合

- 1, 視程は目標が建物ならそれを建物と認め得る距離をとる。何かあることはわかっている、それが何であるかは分からないときは、視程はその目標の距離よりも小さい
- 2, 視程が遠近の二つの目標の間にあるときは、近くのほうの目標の輪郭の鮮明さを手掛りにして推定する。

これらの点を考慮して目標物を選定した。

## 7. 各気象条件による減衰

光の空間伝搬時において、もっとも影響を与えるのはその区間の大気の状態である。その要因の大部分は気象条件に支配されているわけだが、気象条件を大別すると、晴れ・雨・雪・霧に区別することができる。各気象条件における測定結果の例を図2～で示す。

晴天時においては、減衰量の大きな変動を観測することはなかった。雨天時においては、およそその時の雨の強さに応じて減衰量も変動していることがわかる。また、降雨による減衰定数はおよそ10～40 [dB/km] 観測された。

降雪時の減衰については、時間変化における降雪の強さを測定することは現在できないため、はっきりしたことを言うことができないが、降雪量に応じて減衰量も大きくなり、減衰定数はおよそ20～60 [dB/km] となる。このように降雨時と比較して降雪時の減衰量が大きいことが明らかになった。したがって新潟のような降雪のある地区では降雪時の減衰量の測定は重要なことである。また減衰量の変動幅が大きいことも特徴である。

霧は一年間を通じて発生回数(2～4)および継続時間(10h)は観測地点においてともに少ないが、しかしいったん発生すると100 [dB/km] を越える減衰量が観測されている。

## 8. その他の減衰

視程計の設置してある本学屋上はコンクリートのため、夏は太陽に熱せられ温度の高い状態になる。温度が高い状態になると、大地が太陽熱で暖められ地上付近の空気は軽くな

り、上部の重い空気と混じりあう運動が生じている。具体的な例として、「かげろう」や「星のまたたき」が挙げられる。

このような大気の運動により、大気屈折率の乱れが生じ、光の位相面がランダムな変形を受け減衰が生じると考えられる。本測定では温度変化による光の減衰について、その現象を確認することにとどまり、また、75 (m) と短い距離で、はたして大気屈折率の乱れが視程計の観測結果に現われるほど大きくなるかどうかは問題として残る。

### 9. 視程による降雪強度の推定

強度4 [cm/h] 以上 (視程200m) において50~60 [dB/km] の減衰が観測された。全体としては、降雪時の減衰量は20~60 [dB/km] であり、新潟のように降雪の多い地方では降雪時の減衰量の測定が重要である。

降雪強度 [cm/h]	1 ±	2 ~ 3	> 4
視程 [m]	< 1000	500 ±	< 200
積り方 (数分間屋外にいる場合)	帽子に雪がひととおりつく	帽子に一面に雪がつく	帽子に雪が積もる

### 10. 各気象条件における減衰例

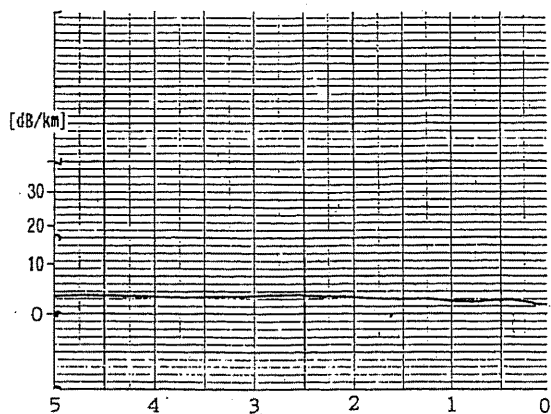


図2 晴天時

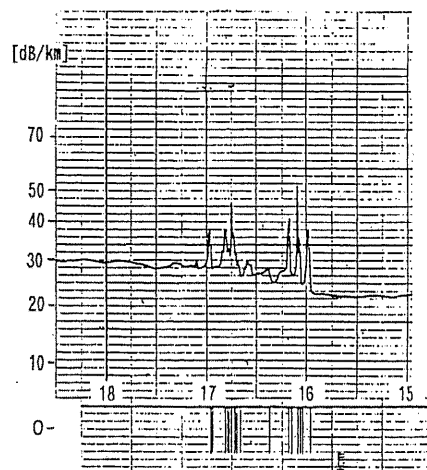


図3 雨天時

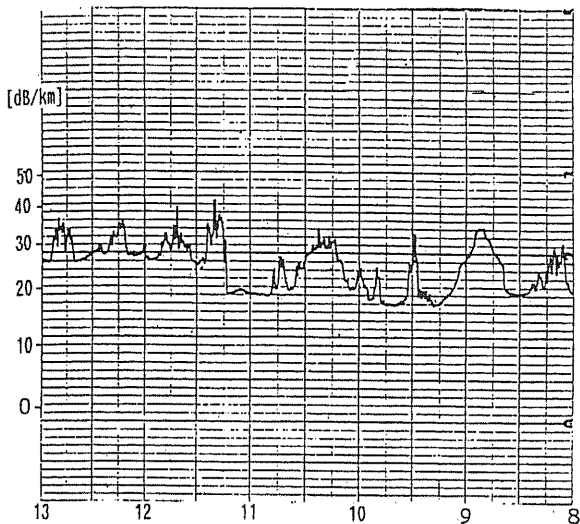


図4 降雪時

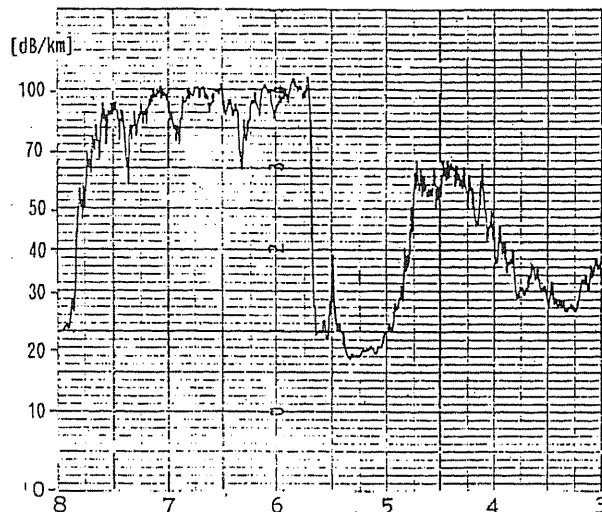
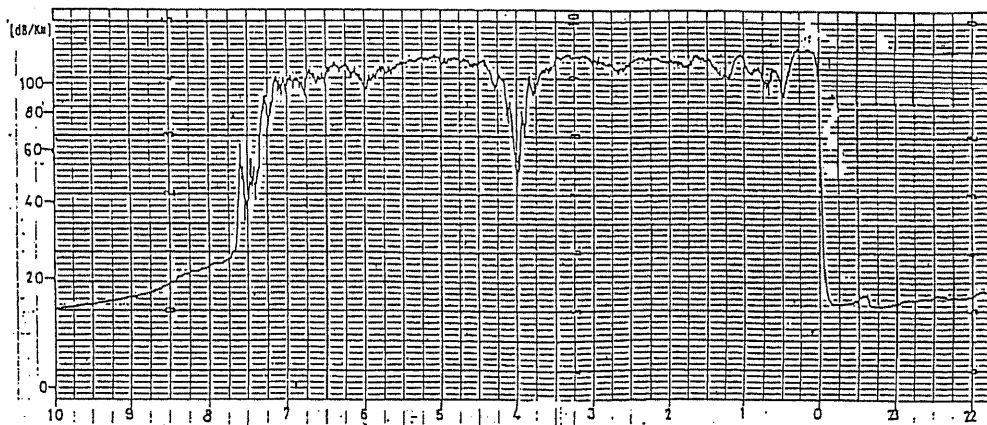


図5 霧(a)



霧(b)

### 1.1. まとめ

図2～図5に各気象条件における減衰の状態を示す。これらの例より、降雨時で10～40 [dB/km]，降雪時で20～60 [dB/km]，霧の発生時で約100 [dB/km]以上の減衰で視程距離では200m以下が観測された。

降雨時は一般に降雨強度に応じた減衰を生じたが、霧雨状の雨が降ったときは、降雨量が少なくても大きな減衰を生じた。霧は急激に減衰を生じ継続時間も(2h～7h)に及び、濃霧はAM1:00～8:00の時間帯に主に発生している。