

画像を用いた降雨強度推定手法の開発

国土技術政策総合研究所 中谷洋明^{*}、金澤瑛

株式会社コルバック ○張成美、吉村暢也、遠藤哲雄、鶴田謙次

(^{*}現 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター)

1. はじめに

山間地域である砂防流域における地上雨量観測は、低標高域に比べて観測箇所が少ない上、近年では観測コストのために減少傾向となっている（林ら 2017、鈴木 2018）。一方、レーダー雨量観測は、空間的な網羅性に優れているが数百mから数kmの上空の雨滴情報によるもので地上での降雨現象と異なり、局所的な土砂生産移動現象と対比するには課題が残ると考える。

今回検討に利用する CCTV カメラは、砂防流域内においても近年整備が進み、各地点の画像を得ることが可能となっている。また、簡易カメラの製品が多数存在し、施工現場や土砂災害発生時の緊急時に置いても比較的容易に設置して画像を得ることが可能である。

今回検討は、CCTV カメラ画像を利用した雨量強度の推定方法について検討を行ったので、その報告を行うものである。また、検討で使用した雨滴を計測するディストロメータ雨量計の紹介についても行う。

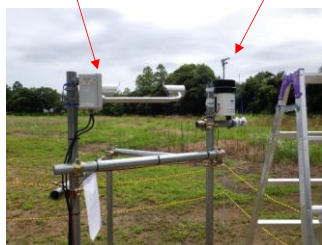
2. 使用した降雨観測装置の概要

CCTV カメラからの見え方に影響する雨滴サイズと雨滴数が計測できる装置を使用して観測を行った。以降に使用した降雨観測装置を説明する。

2.1 使用した降雨観測装置

- ・名称 : LPM ディストロメータ雨量計
- ・方式 : レーザー光方式
- ・計測項目 : 雨滴径、雨滴数、雨滴の落下速度
- ・計測できる雨滴範囲 : 雨滴径 0.125~8mm
- ・雨滴の検知エリア : 22.8cm×2.0cm=45.6cm²

LPMディストロメータ 転倒ます雨量計



雨量計の設置

受信機 レーザー光



LPMディストロメータ

図-1 LPM ディストロメータ雨量計

2.2 観測位置

国土交通省国土技術政策総合研究所の敷地内の運動施設で観測を行った。

2.3 計測結果

観測は、2022/8 から3箇月間実施し、LPM ディストロメータによる観測の他、転倒ます雨量計観測およびカメラ画像の撮影を行った。

LPM ディストロメータによる計測値から雨量強度 R 、雨滴径ごとの雨量強度、雨滴径ごとの雨滴の投影面積 Z_2 の時系列図を計算して図-2 に整理した。また、図には転倒ます雨量計による値も合わせて示した。このようにディストロメータ雨量計を用いると雨滴に関する情報を時系列的に知ることができる。

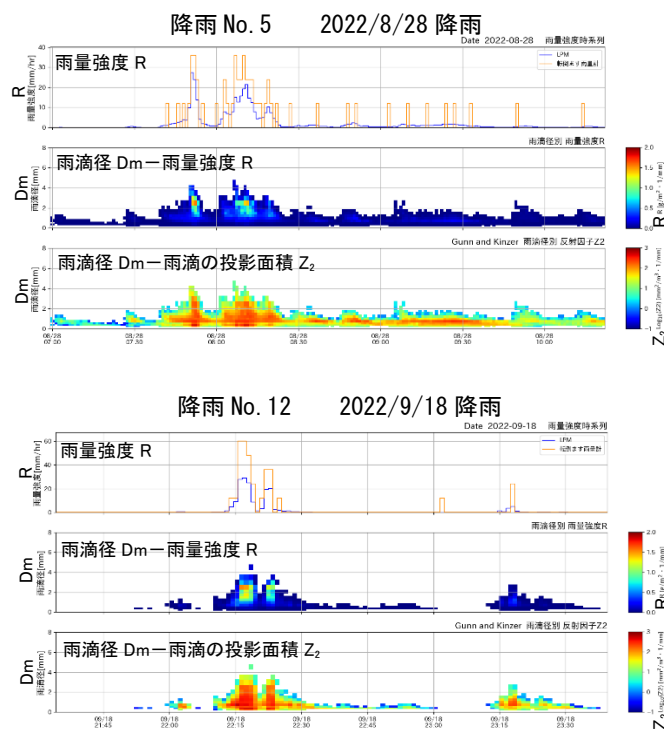


図-2 降雨観測データ時系列図、抜粋

3. 画像を用いた雨量強度推定手法の概要

3.1 画像から透過率 t の計算

画像の透過率 t を指標として透過率 t から降雨強度を推定することとした。

ここで透過率 t は、大気中の光の透過の程度を表す指標であり、背景が雨滴や霞により霞むことなく見える状態が 1、背景が霞んで全く見えない状態が 0 とし、計算方法は、He 氏によるダークチャンネルプライア手法¹⁾に基づいて行った（図-3 参照）。また透過率 t は背景までの距離 d の影響を受けるので補正する。図-4 に画像を透過率に変換した計算例を示す。

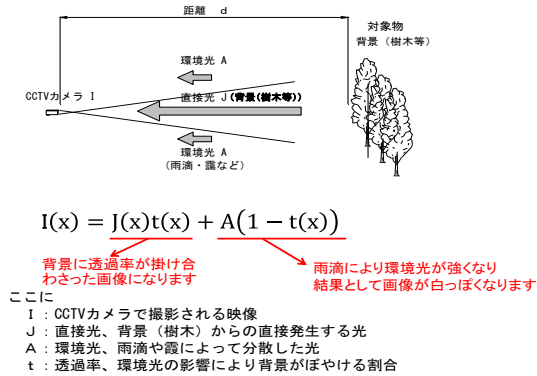


図-3 カメラ画像と光との関係

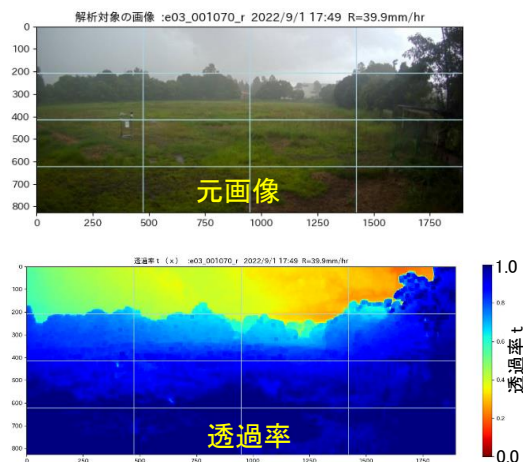


図-4 元画像と透過率

3.2 透過率 t から雨量強度 R の計算

計算手順は、画像から求めた透過率 t から雨滴の投影面積 Z_2 と代表雨滴径 D_m および落下速度 V を推定し、その結果から式(1) (2)より雨量強度 R を計算した。

$$W = \frac{2}{3} \cdot D_m \cdot Z_2 \quad \text{式(1)}$$

$$R = W \cdot V \cdot 0.0006\pi \quad \text{式(2)}$$

ここに、 W : 空中水分量 [mm^3/m^3], Z_2 : 雨滴の投影面積 [mm^2/m^3], D_m : 代表雨滴径 [mm], V : 落下速度 [m/s]

雨滴の投影面積 Z_2 は、今回のカメラ画像とディストロメータ計測値から分析した図-5 左図に示す関係式を使用して推定した。代表雨滴径 D_m は、今回のディストロメータ計測値の雨量強度 R と雨滴径 D_m から分析した図-5 右図に示す関係式を使用して R から D_m を推定した。ただし、1 回では計算できないので最初に D_m の仮値を設定して式(1) (2)を3回繰返し計算した結果を D_m とした。雨滴の落下速度 V は、雨滴径 D_m をもとに Gunn and Kinzer 経験式から推定した。

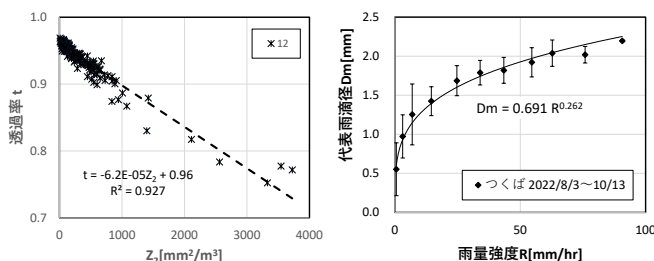
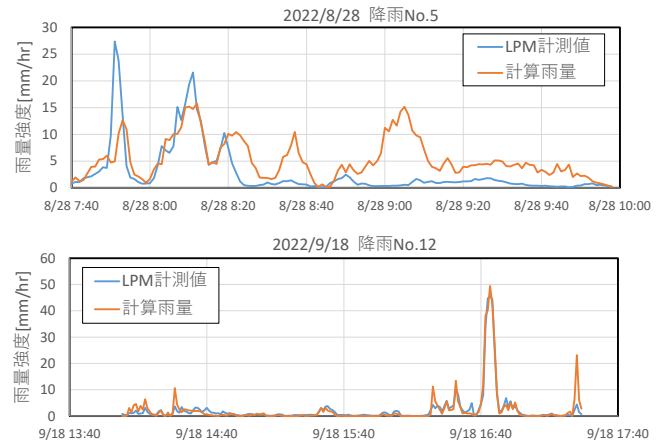


図-5 Z_2 と t 、 R と D_m との関係

4. 計算例

LPM ディストロメータによる計測値と画像から式(1) (2)で計算した計算雨量を比較したものを図-6, -7に整理した。この整理図によると、画像から推定した計算雨量は LPM 計測値の約 0.8~1 倍の範囲であった。また、LPM 計測値との決定係数は一部の時間帯で誤差があった降雨 No. 5 で R^2 =約 0.5、No12 のケースで R^2 =約 0.9 であった。



- ・ LPM 計測値 : LPM ディストロメータで計測した値
- ・ 計算雨量 : 画像から式(1) (2)で計算した雨量強度

図-6 画像から推定した雨量強度と計測値の時系列図

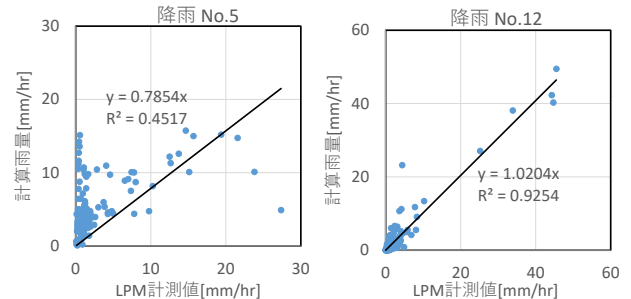


図-7 画像から推定した雨量強度と計測値の比較

5. 考察

推定誤差の原因としては、逆光となる画像と雨のときに雲間から差し込む光の画像が主なものであった。発生頻度としては、「晴」の天気ของときに逆光の影響で「雨」となり降雨があるケースが「晴」の天気の内、2%程度あった。そのため、使用するカメラの選定時に逆光となる時間帯を考慮する必要があると考える。

また、霧や霞についても計算結果に影響するものとする。今回観測では霧となる気象条件は生じなかったが、透過率は霧などのヘイズ成分に反応することが分かっており¹⁾、今後は雨と霧の区別する方法の検討が必要と考える。

参考文献

- 1) He, K., Sun, J. and Tan, X. (2011) : Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 33
- 2) 鶴田ら: 強雨時雨滴粒径分布の計測と計測事例, 砂防学会研究発表会 (2022), P1-33
- 3) 金澤ら: 画像を用いた降雨強度推定手法開発のための降雨撮影実験 (2022), P1-32