防災用監視カメラを用いた降雨量推定手法の検討

国土技術政策総合研究所　○金澤瑛、木下篤彦、中谷洋明
国土交通省近畿地方整備局　山田拓、柴田俊
株式会社エイト日本技術開発　海原荘一
株式会社ブレインズ　井深真治

1. はじめに

土砂災害に対する効果的な警戒避難体制を整備するためには、高い時空間解像度の気象・水文情報の把握が不可欠であり、地上部特に観測網が整備されていない山間部での気象・水文観測体制の強化が必要である。これまで、山間部に設置された防災用監視カメラ（以下、CCTV と称す）の映像の解析から渓流の水位、濁度、流況などを定量的に評価する研究はなされていることから、降雨量観測についても CCTV の画像解析技術を適用できる可能性がある。他方、画像認識の分野では、降雨の写る画像から雨滴部分のみを除去する画像補正に関する研究 [1]も行われている。そこで、本研究では CCTV 映像から得られる画像情報をもとにした降雨量推定手法を検討したので、その結果を報告する。

2. 降雨が映る画像の特徴量抽出手法

降雨時の CCTV の映像には、降雨が同一方向を向いた筋状の線として映り込む。特に夜間の降雨は、輝度（グレースケール）の高低が顕著に表れた映像となる（図-1）。そこで、降雨の特徴が輝度の変化つまり縞模様に表現されると考え、輝度画像から輝度の縞の特徴（以下、輝度差分降雨特徴量と称す）を抽出した。輝度差分降雨特徴量の算定方法は図-2 のとおりである。

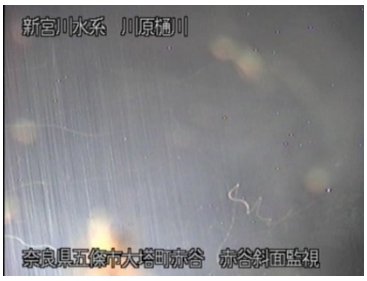
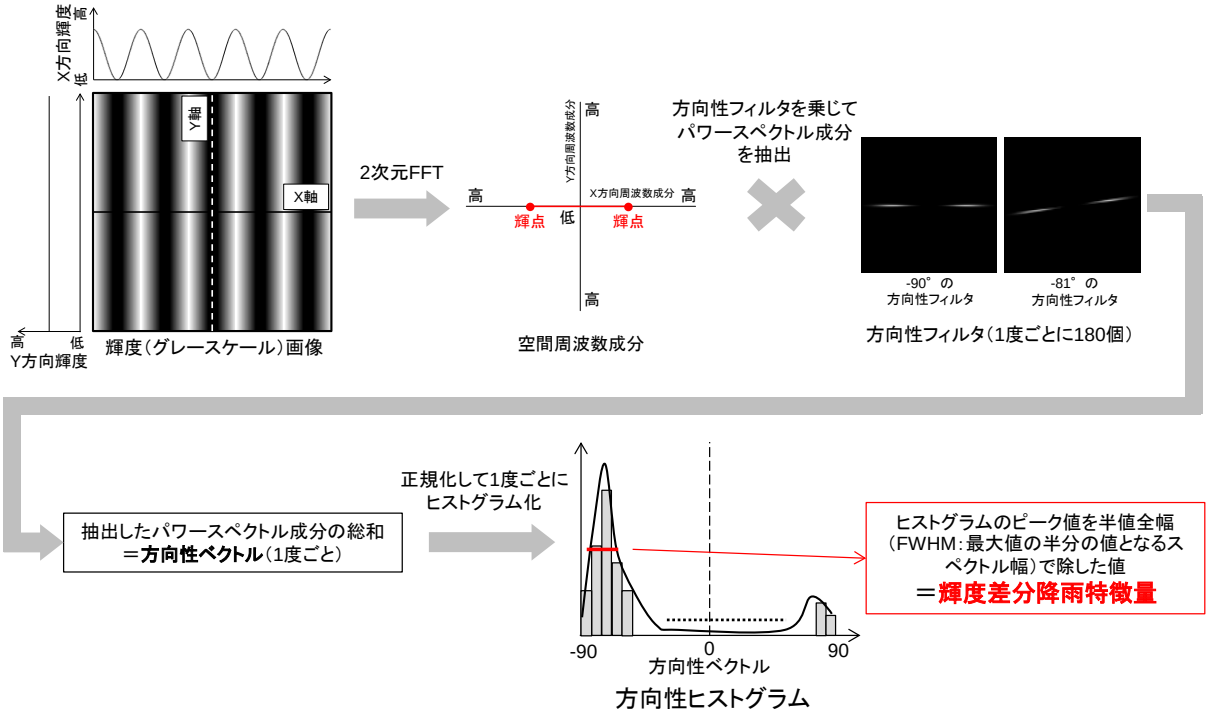


図-1　夜間の降雨の映り込み

CCTV 映像から切り出した静止画像を輝度画像に変換した後、2 次元周波数解析（FFT：高速フーリエ変換）により、空間周波数成分としての輝度パワースペクトルを取得する。単一方向の正弦波状の輝度変化を持つ画像の周波数解析



図−2　輝度画像から輝度差分降雨特徴量の算定方法

では、輝度パワースペクトルは原点対称な輝点となり、輝点間を結ぶ直線の角度は、変換元画像の縞の角度となる。2 次元周波数解析では、周波数成分の線形結合として、無数のパワースペクトル輝点が生成される。そのパワースペクトル輝点分布を取得することで、元画像内にある方向性成分の強度を得ることができる。次に、2 次元周波数解析で得たパワースペクトル輝点分布に対して、1 度ごとの 180 個の方向性フィルタを乗じて 1 度ごとの輝度パワースペクトル成分を抽出し総和（方向性ベクトルと称す）をとる。方向性ベクトルを正規化し、ヒストグラム（方向性ヒストグラムと称す）に表す。ヒストグラムのピーク値を半値全幅（FWHM：最大値の半分の値となるスペクトル幅）で除した値を、輝度差分降雨特徴量とする。

なお、CCTV 画像には、降雨以外の背景、構造物、樹木などが含まれ、その中には降雨と同じ鉛直方向に近い成分が含まれる。実際の降雨の画像には高周波から低周波まで幅広い帯域の成分が含まれており、背景の影響を除外するため、ガウシアンフィルタを用いて高周波成分を除いた画像とその処理を行わない画像から求めた方向性ベクトルの差分を求めることで高周波成分のみを抽出し、方向性ベクトルおよび方向性ヒストグラムを求めた。

3. 輝度差分降雨特徴量の適用事例

紀伊山系砂防事務所管内赤谷地区の崩壊斜面箇所に設置した CCTV の映像を用いて、輝度差分降雨特徴量と観測雨量との関係を比較した。降雨時の画像は、表-1 に示す 2019 年の 5 つの降雨イベントの画像を用いた。降雨時画像の 2 次元周波数解析結果の例を図-3 に示す。図-3 から降雨の線による縞模様から輝度パワースペクトルを抽出できていることがわかる。

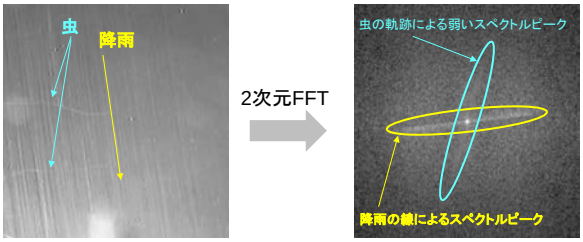


図-3 降雨時画像の 2 次元周波数解析例

表-1 検討に用いた降雨イベントにおける輝度差分降雨特徴量と観測雨量の相関係数

名称	降雨期間	相関係数(全体)	相関係数(夜間のみ)
降雨イベント1	2019/07/18 15:10 ～ 07/19 21:20	0.32	0.63
降雨イベント2	2019/08/14 09:00 ～ 08/16 06:20	0.27	0.56
降雨イベント3	2019/08/23 01:30 ～ 08/24 06:30	0.28	0.29
降雨イベント4	2019/08/30 01:50 ～ 08/80 08:40	0.71	0.70
降雨イベント5	2019/10/18 17:20 ～ 10/19 22:40	0.49	0.49
平均値		0.41	0.53

図-4 上図には、昼間の降雨ピーク時（9mm/10min）と夜間の降雨ピーク時（3.5mm/10min）の画像を示した。図-4 上図から、昼間は明るさが十分に確保されており、シャッタースピードが早いことから、降雨を確認しにくい映像となるが、夜間は照明による影響で降雨が映像に映り込みやすいことが分かる。図-4 下図には降雨イベント 1 期間における輝度差分降雨特徴量と10分間雨量の関係を示し、表-1 には5つの降雨イベントにおける輝度差分降雨特徴量と 10 分間雨量の相関係数を夜間のみと昼間・夜間全体に分けて示した。図-4 下図から、輝度差分降雨特徴量は昼間の降雨ピークを捉えきれていないが、夜間の降雨ピークを捉えていることが分かった。また、表-1 から相関係数は全体で平均 0.41、夜間が平均 0.53 であり、夜間の方が高いことが分かった。これらのことから、本手法は画像内の降雨の特徴を輝度差分降雨特徴量としてある程度抽出できていると考えられ、特に夜間においてはその精度も向上すると考えられた。

図-4 輝度差分降雨特徴量と 10 分間雨量の関係（降雨イベント 1）

今後、適用する事例を増やして、本手法の適用性についてさらなる検証を進める。

参考文献

1)Kshitiz GARG and Shree K. NAYAR(2007)：Vision and Rain, International Journal of Computer Vision, Vol. 75, Issue 1, pp. 3-27.