

リアルタイム降雨程度推定システムおよび夜間における降雨検知手法の提案

伊藤 佑真

Yuma ITO

1 はじめに

人は、雨が降ると様々な行動を起こす。屋内のオフィスで働く従業員は、建物の外に出た際に雨が降っていれば、置き傘を取りに屋内へ戻る。店舗では、雨が降っていれば雨用のサービスへ切り替える。一度外へ出てから屋内へ戻ることは手間であり、サービスの切り替えは降雨の有無および雨の程度に応じて迅速に行う必要がある。そのため、屋内において降雨状況をリアルタイムに検知できることが望ましい。しかし、近年ビルの大規模化や地下空間の増加に伴い、窓が無い空間や屋外の状況を捉えづらい空間が増加している¹⁾。そのため、降雨の有無や雨の程度をリアルタイムで知ることは困難である。

そこで我々は、屋内において降雨の有無を検知可能なリアルタイム降雨検知システムを提案した。しかし、夜間の降雨検知には対応していない。また、雨の程度を目安となる雨量を計測する機能は実装していない。雨量計測が可能な機器として、従来より気象庁で利用している転倒ます型雨量計がある。しかし、雨量が少ない場合においては計測に時間がかかるという問題が存在する²⁾。

そのため本研究では、夜間においても降雨検知を可能にすべく夜間の降雨検知手法の提案を行う。また、リアルタイムな雨の程度の認知を可能にすべく、リアルタイムに雨の程度が推定可能なシステムの提案を行う。

2 リアルタイム降雨程度推定システム

2.1 波紋の形成頻度を用いた雨量推定手法

リアルタイムな雨の程度の推定を可能にすべく、水面に雨粒の波紋が形成される頻度に着目した。雨が強くなるほど、雨粒による波紋の形成頻度は高くなるためである。そこで、波紋の形成頻度と雨量との関係について調査した。波紋の形成頻度と雨量との関係を Fig. 1 に示す。Fig. 1 中の赤枠の点は、実際のデータをもとに対応付けを行った結果である。Fig. 1 に示す近似曲線を用いて、30 秒間あたりの波紋検出数から雨量を推定する。

2.2 システムの概要

リアルタイム降雨程度推定システムは、撮影した水面の映像を配信する装置（以後、降雨センサ）と、映像中の波紋を検出して雨量を推定するサーバ、および推定雨量をもとに判断した雨の程度を表示するディスプレイから構成される。降雨センサの構造を Fig. 2 に示す。雨

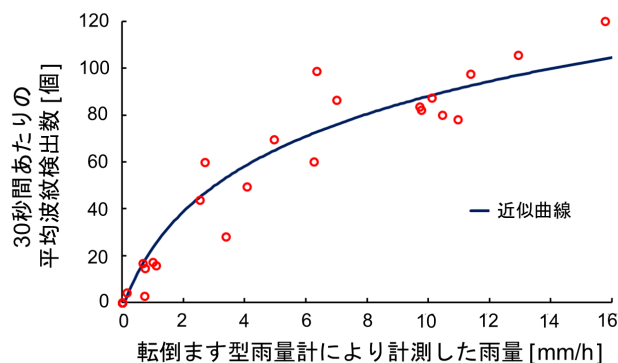


Fig. 1 波紋の形成頻度と雨量との関係

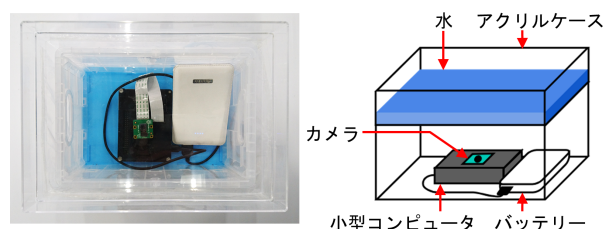


Fig. 2 降雨センサの構造

の程度の判断基準を Table 1 に示す。推定雨量をもとに Table 1 に示す基準により雨の程度を判断する。雨の程度は、降雨の有無のほか、傘をさす人の割合が 20 %に満たないほどの「非常に弱い雨」、70 %以上の人が傘をさす「弱い雨」、ほとんどの人が傘をさす雨を区別するため 4 段階で分類することとした。

2.3 システムの動作手順

リアルタイム降雨程度推定システムの動作手順を Fig. 3 に示す。はじめに、降雨センサで水面映像を撮影する。次に、撮影した映像を Wi-Fi を用いて無線 LAN 上にストリーミング配信する。そして、配信した映像を屋内のサーバで継続的に取得し、フレーム毎に切り分ける。切り分けられた各フレームに対して波紋検出処理を行い、波紋の検出頻度をもとに雨量を推定する。そして、推定雨量をもとに Table 1 の基準に従って雨の程度を判断し、傘の必要性とともにディスプレイに表示する。

3 波紋を用いた雨量推定手法の精度検証実験

3.1 実験概要

本実験では、波紋を用いた雨量推定手法（以後、提案手法）の精度を検証した。降雨センサを用いて異なる雨

Table 1 雨の程度の判断基準

判断基準	ディスプレイの表示内容
30秒間の波紋検出数が0滴	現在、雨は降っていません。
推定雨量が0~0.5 mm/h	非常に弱い雨です。 傘は必要ないかもしれません。
推定雨量が0.5~1 mm/h	弱い雨です。 傘はあった方がいいと思います。
推定雨量が1 mm/h~	雨です。傘が必要です。

- ①降雨センサで水面映像を撮影
- ②映像を屋内のサーバにストリーミング配信
- ③サーバで映像を取得後、フレームから波紋を検出し雨量推定
- ④推定雨量から雨の程度を判断しディスプレイに表示

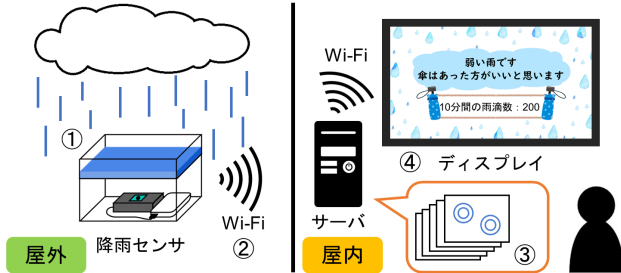


Fig. 3 リアルタイム降雨程度推定システムの動作手順

量における水面映像を19本撮影し、提案手法により雨量を推定した。また、撮影と並行して、転倒ます型雨量計により雨量を計測した。推定雨量の時間平均を求め、転倒枳形雨量計による雨量と比較した。

3.2 実験結果および考察

提案手法による推定雨量の平均値と転倒ます型雨量計による実測雨量との関係をFig. 4, Fig. 5に示す。Fig. 4より、取得した19本の水面映像のうちの、14本が1 mm/hより多い雨量の映像であった。うちE~G, J, Mの映像において、推定雨量は実測雨量と2倍以上異なった。雨量が1 mm/hより多い場合には、水滴の落下位置周辺に泡ができたり、水面が波立ち弧を描いたりする場合が多く生じた。そのため、本来検出するべき波紋の数より多くの波紋が検出され、実測雨量より多い雨量が推定される傾向にあったと考えられる。

またFig. 5より、6本が雨量1 mm/h以下の映像であった。精度を検証した結果、6本全ての映像において、実測雨量と推定雨量の差は± 0.5 mm/h未満であった。なお、雨量1 mm/h以下の映像において、推定雨量が1 mm/hを上回ることはなかった。そのため、雨の程度を適切に判断できる可能性がある。

今回精度検証に使用した19本の映像において、Table 1の基準を用いて雨の程度を分類した。分類の結果、Fig. 4におけるN, Fig. 5におけるD以外の全ての映像について実測雨量に従った正しい分類ができた。1 mm/h

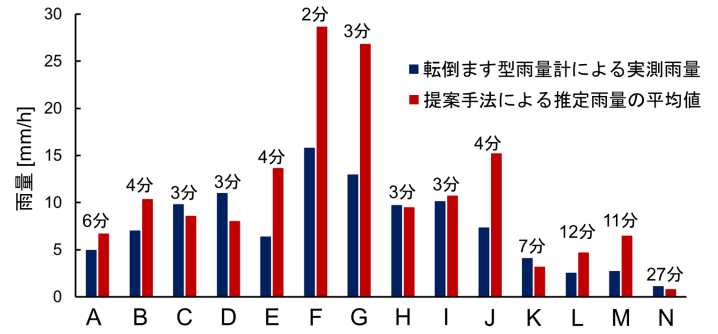


Fig. 4 提案手法による推定雨量の平均値と転倒ます型雨量計による実測雨量との関係 (雨量1 mm/hより多)

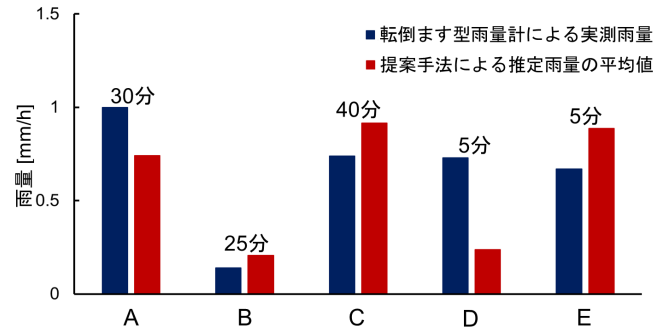


Fig. 5 提案手法による推定雨量の平均値と転倒ます型雨量計による実測雨量との関係 (雨量1 mm/h以下)

より多い雨量における分類精度は93%であった。また、0.5 mm/h~1 mm/h, 0~0.5 mm/hにおける分類精度はそれぞれ75%, 100%であった。しかし、検証に使用した映像の本数が少ないため、より多くの映像を取得して検証を行う必要があると考えられる。

以上より、1 mm/hより多い雨量では雨量の推定は容易でないが、雨の程度は93%の精度で推定可能であると考えられる。また、1 mm/h以下の雨量では雨量の推定値が1 mm/hを上回ることはなく、雨の程度を適切に推定できる可能性があると考えられる。

4 結論

波紋を用いた雨量推定手法を用いることにより、1 mm/hより多い雨量の降雨時には雨量推定は容易でないが、雨の程度は93%の精度で正しく分類できることがわかった。また、1 mm/h以下の雨量の降雨時には雨量の推定値は1 mm/hを越えることはなく、雨の程度を推定できる可能性があることがわかった。

参考文献

- 1) ナジエディット, 安永幸子, 古瀬敏, “地下オフィスと地上オフィスで働く人々の心理的反応の比較”, 日本建築学会技術報告集, Vol.2, No.2, pp.1-11 (1996).
- 2) 観測機器について一気象庁, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/faq/faq11.html>, 参照 Nov.25,2019.