

画像処理を用いたリアルタイム雨量推定手法の提案

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。外に出る際に雨が降っていれば、雨の程度に応じて小走りで移動したり、傘や防水シューズなどの雨具の用意を行ったりする¹⁾。また店舗では、雨が降っていれば陳列する商品を変更し、雨の程度によっては紙袋カバーの用意を行う。どのように移動するかや雨具を用意するかは判断は出かける直前に行う場合が多い。また、店舗での雨用サービスへの変更は天候に合わせてできるだけ迅速に行われる必要がある。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²⁾。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が困難である。

そこで、我々はリアルタイム降雨検知システムを提案した。リアルタイム降雨検知システムとは、降雨時に水面に形成される雨粒の波紋を水面の映像から検出することで、リアルタイムに降雨を検知するシステムである。しかし、雨量を計測する機能は実装されておらず、雨の程度を知ることができない。また、雨量の計測が可能な機器として、従来より気象庁で利用されている転倒枡形雨量計がある。しかし、雨量が少ない場合においては雨量計測に時間を要するという問題点が存在する³⁾。

そのため本研究では、屋内においてリアルタイムな雨の程度の認知を可能にすべく、画像処理を用いてリアルタイムに雨量推定が可能なシステムの提案を行う。

2 リアルタイムな降雨検知に関する先行研究

水を張った透明なアクリルケースの下から水面の映像を撮影し、映像に映った雨粒の波紋を検出することでリアルタイムに降雨を検知できることが報告されている。形成される雨粒の波紋は円形であると仮定し、画像処理アルゴリズムである hough 変換を用いて映像中の円を検出することで降雨検知を可能としている。

3 リアルタイム雨量推定手法

リアルタイムな雨量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。雨量が増えるほど雨粒の落下頻度は高くなり、波紋が形成される頻度も高くなるためである。そこで、波紋の形成頻度を用いたリアルタイム雨量推定システムを提案する。

リアルタイム雨量推定システムは、水面の映像を撮影し、撮影した映像を配信する装置（以後、降雨センサ）と、動画を解析し、解析結果をもとに判断した雨の程度を表示するコンピュータから構成される。システムの構成要素であ

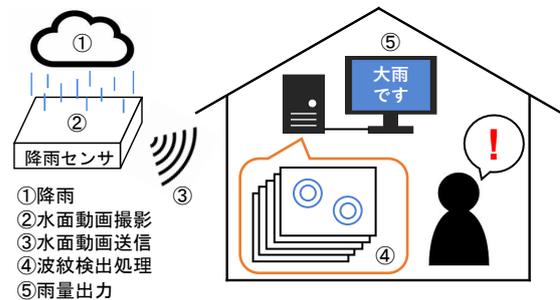


Fig.1 リアルタイム雨量推定システムの動作手順

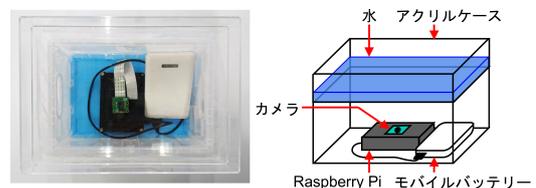


Fig.2 降雨センサの構造

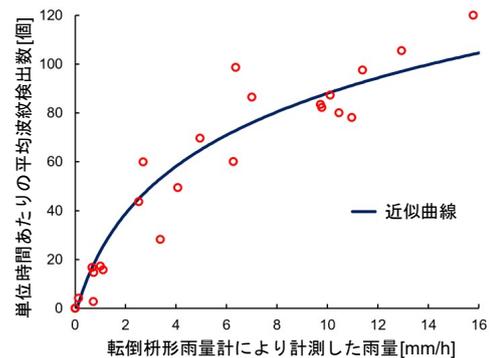


Fig.3 単位時間の波紋検出数と雨量との関係

る降雨センサの構造を Fig. 2 に示す。

リアルタイム雨量推定システムの動作手順を Fig. 1 に示す。はじめに、降雨時の水面映像を降雨センサに内蔵したカメラで撮影し、撮影した映像をストリーミング配信する。そして、配信した映像を屋内のコンピュータで継続的に取得し、フレーム毎に切り分ける。その後、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、雨量をもとに雨の程度を判断し、ディスプレイに表示する。単位時間の波紋検出数と雨量との関係を Fig. 3 に示す。Fig. 3 中の赤枠の点は、実際のデータをもとに対処付けを行った結果である。雨量の推定には Fig. 3 に示す近似曲線を利用する。

4 リアルタイム雨量推定手法の精度検証実験

4.1 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）の有用性を検証した。降雨センサを用いて異なる雨量

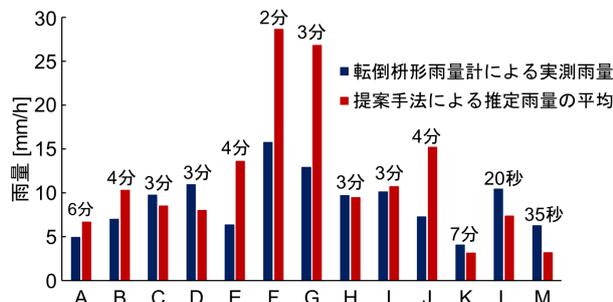


Fig.4 提案手法による推定雨量の平均値と転倒柵形雨量計による実測雨量との関係（雨量 3 mm/h 以上）

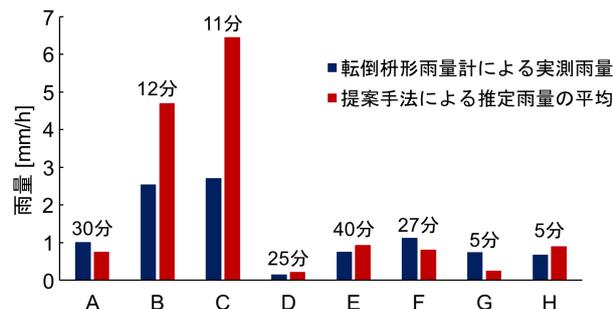


Fig.5 提案手法による推定雨量の平均値と転倒柵形雨量計による実測雨量との関係（雨量 3 mm/h 未満）

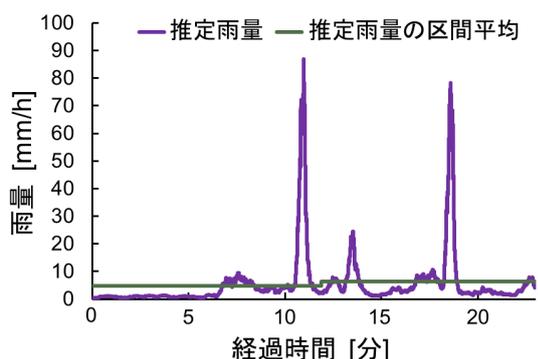


Fig.6 Fig. 5 における映像 B, C の推定雨量の時間遷移

における水面映像を 21 本取得し、提案手法により雨量を推定した。そして、推定雨量の時間平均を求め、転倒柵形雨量計による雨量と比較した。なお、本研究においては、転倒柵形雨量計による計測値を雨量の真値とした。

4.2 雨量 3 mm/h 以上の映像に対する結果および考察

提案手法による推定雨量の平均値と転倒柵形雨量計による実測雨量との関係（雨量 3 mm/h 以上）を Fig. 4 に示す。A~D, H, I, K の映像では、推定雨量の平均値と実測雨量との差は 3 mm/h 以内であった。一方、E~G, J, L, M の映像では 3 mm/h 以上の差が生じた。うち E~G, J の映像では推定雨量の平均値は実測雨量より 7 mm/h 以上多かった。雨量が多い場合には、水滴の落下位置周辺に泡ができた、水面が波立ち弧を描いたりする場合は生じる。そのため、本来の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たと考えられる。ま

た、L, M の映像では推定雨量の平均値は実測雨量より 3 mm/h 以上少なかった。空が青みがかったことと雨粒が小さかったことにより、波紋の輪郭がぼやけ十分な検出精度が維持できなかったためであると考えられる。

以上より、雨量 3 mm/h 以上では雨量推定が容易でないと考えられる。

4.3 雨量 2~3 mm/h の映像に対する結果および考察

提案手法による推定雨量の平均値と転倒柵形雨量計による実測雨量との関係（雨量 3 mm/h 未満）を Fig. 5 に示す。また、Fig. 5 における映像 B, C の推定雨量の時間遷移を Fig. 6 に示す。雨量が 2~3 mm/h を記録した B, C の映像では、推定雨量の平均値は実測雨量より 2 mm/h 以上多かった。Fig. 6 より、推定雨量が局所的に 30 mm/h 以上と非常に大きな値をとっている。そのため、推定雨量の平均値を急激に押し上げたと考えられる。

推定雨量が局所的に非常に大きくなった原因として、雲の色合いや水面の揺らぎによる波紋検出精度の悪化が考えられる。しかし、映像 B, C の撮影中に実際に雨量の時間変動が激しかった可能性も考えられる。よって、雨量 2~3 mm/h の映像として B, C が適さなかった可能性がある。

以上より、雨量 2~3 mm/h の映像については再検証が必要であると考えられる。

4.4 雨量 2 mm/h 未満の映像に対する結果および考察

Fig. 5 において A, D~H の映像では、雨量が 2 mm/h 未満であった。雨量 2 mm/h 未満の全ての映像において、推定雨量の平均値と実測雨量との差は 0.5 mm/h 未満であった。水滴による波紋以外を誤検出するケースが少なかったためであると考えられる。

以上より、雨量 2 mm/h 未満では ± 0.5 mm/h 未満で雨量推定が可能であると考えられる。

5 結論と今後の研究方針

波紋を用いた雨量推定手法を用いることにより、雨量 3 mm/h 以上では雨量推定が困難であることがわかった。しかし、雨量 2 mm/h 未満では ± 0.5 mm/h で雨量推定が可能であることがわかった。

今後は、今回の検証で明確な結論が得られなかった雨量 2 mm/h~3 mm/h の降雨について再度映像を取得し、雨量推定手法の精度検証を行う。また、提案手法を用いた雨量推定システムを作成するため、3 mm/h 未満の雨量における雨具の必要性調査を行う。

参考文献

- 1) 雨具に関する調査—楽天リサーチ株式会社, https://www.lisalisa50.com/research20140529_20.html, 参照 Dec.18,2019.
- 2) 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).
- 3) 観測機器について—気象庁, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/faq/faq11.html>, 参照 Nov.25, 2019.