

# リアルタイムな雨量計測手法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。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。また店舗では、雨が降ってあ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の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。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、水面の映像から降雨時に水面に形成される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するシステムである。しかし、撮影した映像に雨粒の波紋が映っているかを元に降雨検知を行っているため、周囲が暗くなり波紋が撮影できない夜間の降雨検知には対応していない。そして、雨量を判断する機能は実装されていない。また、雨量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桁形雨量計があるが、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<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、昼間のみならず夜間においてもリアルタイムに降雨検知を可能にすべく、夜間における降雨検知手法の提案を行う。また、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、リアルタイムに雨量計測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 リアルタイム雨量計測システム

### 3.1 波紋を用いた雨量計測手法

リアルタイムな雨量計測を可能にすべく、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

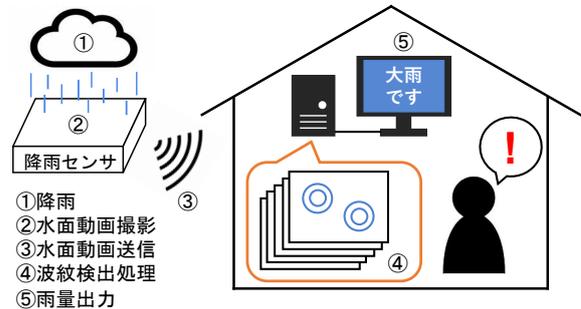


Fig.1 リアルタイム雨量計測システムの概要図

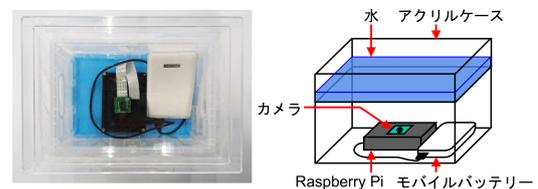


Fig.2 降雨センサの構造

な雨量計測システムを提案する。

リアルタイム雨量計測システムの概要図を Fig. 1 に示す。リアルタイム雨量計測システムは、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る降雨センサの構造を Fig. 2 に示す。

次に、リアルタイム雨量計測システムの動作手順について述べる。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、撮影した動画をストリーミング配信する。そして、ストリーミング配信した動画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、検出結果をもとに雨量を計測する。そして、計測した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。

### 3.2 実験概要

本実験では、波紋の検出頻度と雨量の関係性を調査し、波紋の検出頻度をもとに雨量計測が可能であるかについて検証した。降雨センサを用いて水面映像の撮影を各 1 時間ずつ、計 3 回行い、各映像に対し波紋検出を行った。また、映像を撮影した同時時間帯に転倒桁形雨量計を用いて雨量計測を行った。なお、本研究においては、転倒桁形雨量計による計測値を雨量の真値とした。

### 3.3 実験結果および考察

30 秒間の平均波紋検出数と転倒桁形雨量計により計測した雨量との関係を Fig. 3 に示す。Fig. 3 に示す曲線は、30 秒間の平均波紋検出数と雨量の真値を対応付けたデー

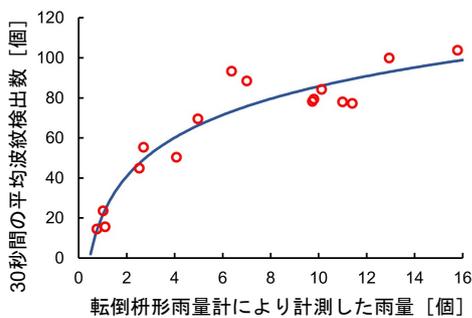


Fig.3 30秒間の平均波紋検出数と転倒桁形雨量計により計測した雨量との関係

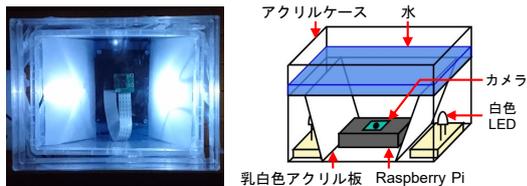


Fig.4 夜間対応型降雨センサの構造

タを近似したものである。得られた近似曲線をもとに、転倒桁形雨量計による計測雨量 1 mm/h の小雨の動画 1 本に対し提案手法を適用した結果、実際の雨量との誤差が  $-0.5 \text{ mm/h} \sim +0.4 \text{ mm/h}$  の範囲で雨量の値が得られた。転倒桁形雨量計により計測した雨量 1 mm/h を真値とすると、雨量が 1 mm/h の環境下においては 0.5 mm/h 以内の誤差で雨量推定が可能であることがわかった。

## 4 夜間における降雨検知実験

### 4.1 実験概要

本実験は、夜間対応型降雨センサを用いて夜間における降雨検知が可能であるかについて検証する。夜間対応型降雨センサの構造を Fig. 4 に示す。夜間対応型降雨センサは、Fig. 2 に示す降雨センサを改良したものである。改良後の降雨センサでは、夜間においても明るい映像の撮影を可能とすべく、LED を水面に照射した。使用した LED は白色である。また、LED の光を拡散させて満遍なく水面に照射するため、LED と Raspberry Pi の間に乳白色のアクリル板を設置した。なお、2つの LED は Raspberry Pi に接続し、それぞれ 3.3V の電圧を供給した。

### 4.2 実験条件

本実験は Fig. 4 に示す LED を両側点灯した状態で行った。アクリルケースに水を張った状態において、水面にスポットで水滴を 20 滴落下した。水滴の落下位置はカメラの画角におさまる範囲で無作為に決定した。そして、波紋が正しく検出された回数、誤検出数、未検出数を記録した。なお、同一の水滴による波紋を複数回検出した場合や、水滴以外を波紋として検出した場合は誤検出とした。

### 4.3 実験結果および考察

波紋の検出率、未検出率および誤検出率を Fig. 5 に示す。また、波紋の映り方を Fig. 6 に示す。Fig. 5 より、LED を降雨センサの両側に点灯しながら水面映像を撮影

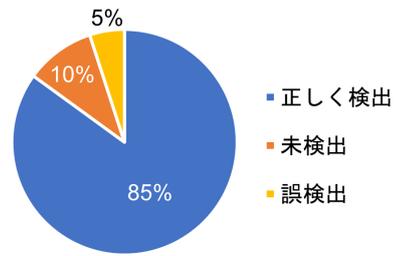


Fig.5 波紋の検出率、未検出率および誤検出率

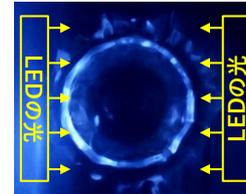


Fig.6 波紋の映り方

した場合、85%の割合で水滴による波紋を正しく検出できたことがわかる。85%の精度を実現できた理由としては、Fig. 5 に示す通り、LED を 2 方向から水面に照射したことにより波紋の全体像がくっきりと映ったためであると考えられる。一方、10%の割合で未検出が生じ、5%の割合で誤検出が生じた。未検出が生じた理由としては、水滴の落下位置はカメラの画角に納まっているものの、波紋の全体像が映りきらずに映像上で円形を成さなかったためであると考えられる。しかし、波紋の全体像が撮影できないケースが数回生じたとしても、他の波紋を検出することにより降雨検知は可能であると考えられる。また、誤検出が生じた理由としては、水面に水滴が落下した際に反動で水が飛び跳ね、再度落下したためであると考えられる。なお、本実験において水滴以外を波紋として検出した場合はなかった。そのため、降雨のない状態において誤って降雨ありと判定する場合はないと考えられる。

以上より、夜間対応型降雨センサを用いることで夜間における降雨検知が可能であると考えられる。

## 5 結論と今後の研究方針

波紋を用いたリアルタイム雨量計測システムを用いることにより、雨量が 1 mm/h の環境下においては 0.5 mm/h 以内の誤差で雨量の推定が可能であることがわかった。また、複数の LED による光を乳白色アクリル板により拡散して水面に照射することで、夜間においても波紋が検知でき、降雨検知が可能であることがわかった。

波紋検出数を用いた雨量計測システムの精度を向上させるため、様々な雨量における水面動画のサンプルを取得する。また、夜間対応型降雨センサを用いた夜間の降雨検知手法の有用性を確かめるため、実際の降雨時に夜間対応型降雨センサを使用し波紋検出が可能であるか検証を行う。

## 参考文献

- 1) 観測機器について—気象庁, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq11.html>, 参照 Nov.25, 2019.