

プローブ傘による降雨マップシステムの作成手法に関する研究

細川茂樹[†]

藤波香織[‡]

東京農工大学工学部情報工学科[†]

東京農工大学工学府情報工学専攻[‡]

1 はじめに

近年、局地的な集中豪雨が全国で頻発している[1]. 局地的な集中豪雨は日単位や時間単位の計測では検知しにくいいため、細かい計測が必要となる. 気象庁は5分間隔で更新する降水ナウキャスト[2]を提供しているが、表示領域は1km四方単位であり、計測粒度に欠ける. 粒度を上げるためには計測施設の増設が必要であるが高コストであり、設置場所も山上などの高所に限定されるため容易ではない. 以上のように現状のシステムでは局地的な集中豪雨に対応することは非常に困難である.

この問題の解決案としてパーソンプローブを導入した雨量計測手法を提案する. パーソンプローブは多数の人がセンサーで環境を計測し、情報を共有し合う計測形態である[3]. パーソンプローブの利点は、1) 実装が容易で計測機器1つ当たりのコストが低いこと、2) 局地的な計測に向いていることである. これにより計測局所性と実現容易性が向上し、局地的な集中豪雨の計測精度が増すと考えられる. 我々はパーソンプローブによる雨量計測を行うにあたり、身近な雨具である傘に着目した. 傘に当たる雨滴衝撃音は雨粒の大きさや量で変化するため、解析により雨量を判別できると考えられる. 本稿では傘プローブによる雨量計測システムについて述べる.

2 プローブ傘システム

2.1 システムの概要と実装

本稿で提案するシステムは傘の雨滴衝撃音(雨音)から雨量を推定し、地図上に可視化する. 本システムの利点は通常の傘に本来の利用法を妨げずに実装できること、多くのユーザが参加することで高い計測粒度で雨量計測できることである. また、車が通りにくい小道での計測が可能のため、ワイパーの動作から雨を検知するプローブカー[4]では計測が行えない場所でも計測が可能である.

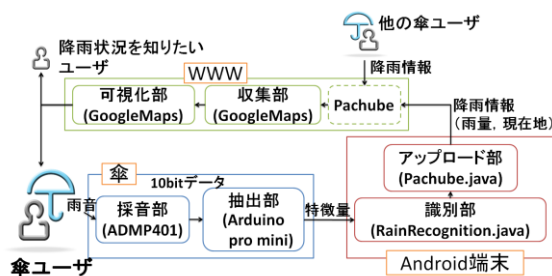


図1 システムの構成

An Umbrella-based Rainfall Probe and Visualization System

Shigeki HOSOKAWA[†] Kaori FUJINAMI[‡]

^{†,‡} Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

本システムの構成を図1に示す. まずマイクロフォンによる採音部で雨音をA/D変換する(小型MEMSマイクモジュールADMP401使用. 10bit, 1チャンネル, 10kHz). 抽出部では, 22節で述べる2種類の特徴量を雨音データから抽出する. 抽出した特徴量はBluetooth通信によりAndroid端末に送信する. これらは小型マイコンArduino Pro Mini 328(3.3V 8MHz)で制御する. 識別部では抽出部から特徴量を受信し, 22節で述べる手法で雨レベルを識別する. つづくアップロード部にて識別結果と端末内蔵のGPSレシーバより取得した現在地情報の2種の情報をインターネット上のセンサーデータ共有プラットフォームPachube[5]に送信する. GPSレシーバの性能として, 数メートル単位で測位ができ, 車の通りにくい道でも細かく計測できることを確認している.

識別部およびアップロード部はAndroidアプリケーションとして実装する. その後, 収集部ですべてのユーザの雨データをPachubeから収集する. 最後に可視化部で図2のように計測場所ごとに傘アイコンを載せた地図を表示する. 傘アイコンの左下の数字は雨レベルであり, 表1の雨量と対応する. また地図上の傘アイコンをクリックすると, 計測した雨レベルの履歴を折れ線グラフで表示する. 横軸はPachubeがデータ受信した時刻を表す. ユーザは雨マップが埋め込まれたウェブサイトにアクセスして周囲の降雨状況を知ることができる. 収集部および可視化部はGoogle Maps JavaScript API V3により作成する.



図2 雨マップと傘アイコン

2.2 特徴量と識別器

雨量識別の際の段階数は, アンケート結果から集中豪雨の検出も考慮して表1に示す5段階とする. 本システムでは, 傘に当たる雨粒の大きさと数から雨量および雨レベルを推定する. まず, 周波数解析により雨音と他の環境音を区別する. 雨音は周波数特性を持ち, 他の音と区別できることは上田らにより明らかにされている[6]. 本システムは車, 雑踏, 水道, 落ち葉の摩擦音, 静かな場所の5種類の音と雨音を区別する. 例として図3に雨音と車の走行音の周波数スペクトルを示す. 車は30~250Hzの低周波数成分が少ないのに対し, 雨音は低周波

数成分も多いため区別される。他の4種類の音も同様の理由で雨音と区別できる。

雨音と判定されたら、次に雨粒の大きさと数から雨量を算出する。大きい雨粒ほど雨音は強くなり、強い音ほど音波の振幅の変化量(図4の矢印線で示す長さ)も大きくなるため、雨粒の大きさは振幅の変化量に比例する。ゆえに、1ウィンドウにおける雨音の振幅変化量の平均値をもとに、雨粒の大きさを大粒(3.0mm)、中粒(1.5mm)、小粒(1.0mm)の3種類に量子化する。

また、雨音の振幅は瞬間的に変動するため、時系列グラフで表すと図4(左)のように突出した針の形となり、他の環境音との区別は容易である。ゆえに、振幅変化量が閾値以上の場合に雨粒と判定し、その回数から傘に当たった雨粒の数を推定する。ただし、振幅変化量は雨粒が大きいほど閾値を超える回数が多くなるため、雨粒の大きさに応じた補正を行う。そして推定した雨粒の大きさと数から雨量を計算する。雨量は傘を半径0.6mの円平面、雨粒を半径3.0, 1.5, 1.0mmの球体とみなして算出する。例えば、表1は中粒の場合を表す。小粒の場合は雨粒の数が278倍、大粒の場合は18倍となる。

表1 雨粒数と雨量の関係(粒半径1.5mmの場合)

雨レベル	識別段階	雨量(mm/h)	雨粒の数(粒)
0	None(No)	0	0
1	Weak(W)	0~3	0~67
2	Normal(N)	3~10	67~222
3	Heavy(H)	10~30	222~667
4	Burst(B)	30~	667~

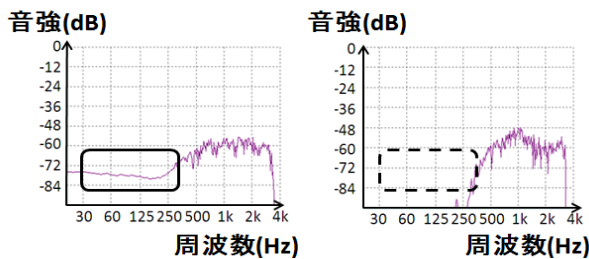


図3 周波数スペクトル(左:雨, 右:車)

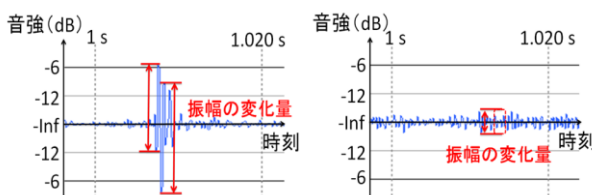


図4 時系列データ(左:雨, 右:車)

3 評価実験

3.1 実験概要

実装したシステムの雨量識別精度の評価を行った。評価実験は、実装したプローブ傘に雨粒の直径が異なる3種類のじょうろ(雨量は heavy, normal, weak に相当)で5mの高所から水滴を降らせて行った。実験は静かな場所で行った。目標識別精度は90%とした。

3.2 実験結果および考察

識別精度実験の結果を表2に示す。正答率は None と Heavy が約90%と高く、その他は50%未満であった。また、全体的に実際の雨量より少ない雨量と判定された。これは次の原因が考えられる。(1)雨粒の当たる場所がマイクから遠くなり、音が小さいため大粒の雨でも中粒または小粒の雨と判定されたこと、(2)じょうろの水滴の量が雨量段階の境界値の近隣であり、少しの雨量変化で識別結果が変わること、(3)傘に水滴が当たらなかった時間が数秒間あったこと、(4)周波数解析の識別率が低かったこと。(1)~(3)の原因は実験方法の改善により解決できるが、(4)は、より有効な特徴量の検討が必要と考える。しかし、雨音のサンプルが少ないため十分な検討ができない。ゆえに雨音のサンプルを増やすことが課題となる。

表2 雨量識別実験の結果

実測\予測	No	W	N	H	B	再現率(%)
No	134	0	0	0	0	100.0
W	0	13	0	0	0	100.0
N	0	8	6	0	0	42.9
H	2	3	6	6	0	35.3
B	5	3	2	1	0	0.0
適合率(%)	95.0	48.1	42.9	85.7	0.0	

4 おわりに

本稿では、従来の雨量計測システムの課題である計測局所性と装置の実現容易性を補う位置づけとして、プローブ傘を用いた雨量計測・表示システムを実装した。評価実験の結果、適合率は識別段階により差が現れ、無雨を除き最大85.7%となった。また実際の雨レベルより小さいレベルに判別する傾向があった。今後は雨音のサンプルを増やし、他の音と区別可能な特徴量を追求する。

参考文献

- [1] 秋山, 他; “河道・氾濫原包括解析による氾濫流量の評価と市街地破堤氾濫解析”, 土木学会論文集 B Vol.63 No.3, pp.224-237, 2007.
- [2] 気象庁 | レーダー・ナウキャスト(降水・雷・竜巻) URL: <http://www.jma.go.jp/jp/radnowc/>
- [3] J. Goldman, K.Shilton, et al. “Participatory Sensing: A Citizen-powered Approach to Illuminating the Patterns That Shape our World”, Foresight and Governance Project, White Paper, 2009.
- [4] 田島, 他; “インターネット ITS におけるプローブデータ通信量の削減”, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2003(25), pp.61-67, 2003.
- [5] The Internet of Things Real-Time Web Service and Applications – Pachube URL: <https://pachube.com/>
- [6] 上田, 他; “視覚障害者のための傘の降雨騒音低減に関する基礎的検討”, 日本音響学会誌, 66巻6号, pp.265-269, 2010.