

〈特別研究課題〉 局地的異常天候を早期に把握する
環境危機モニタリングシステムの開発
助成研究者 豊橋技術科学大学 針谷 達



局地的異常天候を早期に把握する 環境危機モニタリングシステムの開発

針谷 達
(豊橋技術科学大学)

Development of Environmental Hazard Monitoring System for Early Detecting of Local Unusual Weather

Toru Harigai
(Toyohashi University of Technology)

Abstract :

It has been required a system that deploys meteorological observation equipment at multiple points and collects and analyzes data in real time to understand local environmental conditions. In this paper, multi-environment measuring devices equipped with environmental measuring sensors such as an inexpensive solar radiation sensor are fabricated. As the environmental hazard monitoring system, the devices are wirelessly connected to multiple points. Field test using the environmental hazard monitoring system was conducted in an area centered on Toyohashi University of Technology. From the change of the solar radiation intensity at each measuring point, the flow direction and outline of the cloud were clarified. In the wind speed measurement, it was found that differences in wind speed conditions reflecting the topography and urban environment at each measuring point. Understanding the behavior of clouds can be used for weather change information such as heavy rain. In addition, the measure of the actual wind speed at each location is expected to lead to more accurate hazard avoidance information.

1. はじめに

近年頻発する異常天候は、我々の日常生活、果ては生命活動にまで大きな影響をおよぼす状況になっている。特に、深刻かつ甚大な被害をもたらす熱中症や水害は、気温の急激な上昇やゲリラ豪

雨の発生といった都市環境等に付随する局地的異常天候が原因となる場合が多い。現時点で、この局地的異常天候の予測・把握は非常に困難である。気象庁は、異常天候早期警戒情報の提供等により、対象地域への早期対策を促すなどの取り組みを実施している⁽¹⁾。しかし、これらの情報は、1週間から2週間程度の中・長期予報であり、またビルや道路、河川といった各都市の環境を十分に考慮した局地的予報でもない。局地的状況の予測・把握には、多地点に気象観測機器を配置し、それらをリアルタイムにデータ収集・分析するシステムが必要になる。しかし、従来の気象観測機器は数十万円以上の高価な製品が主流であるため、多項目計測や多地点への配置が困難である。本研究では、我々が独自に開発した安価な日射センサなど、安価なセンサ類で構成したマルチ環境計測装置を作製し、それら装置を多地点にワイヤレスで接続する環境危機モニタリングシステムを開発する。

2. マルチ環境計測装置の作製

2.1 環境計測センサ

本研究では、日射・風速・温度・湿度を計測可能なセンサ類を組み合わせたマルチ環境計測装置を作製した。日射センサには、小型太陽電池を用いたオリジナル日射センサを採用した。図1にオリジナル日射センサの写真と基本回路構成図を示す。太陽電池の短絡電流は日射強度に対し、直線相関を持つことから、適切な出力抵抗を選択することで、太陽電池の出力電圧から日射強度を算出できる⁽²⁻⁵⁾。太陽電池の出力短絡電流が持つわずかな温度依存性を緩和するため、出力抵抗に対し、並列に負特性サーミスタを取り付けた。太陽電池の上面は、防水・防汚のためドーム状の撥水カバーで覆った。また、上空の一時的な障害物によって生じた影によるデータ取得エラーを避けるため、1台のマルチ環境計測装置に対し、3つの日射センサへバイパスダイオードを並列に組みし、取り付けた。これによって、3つの日射センサのうち、1つ以上が影の影響外であれば、マルチ環境計測装置としては影の影響を受けずに日射データを取得することが可能である⁽³⁾。

2.2 装置構成とデータ通信ネットワークシステム

マルチ環境計測装置の概略構成図と、データ通信システム構成を図2に示す。日射センサと風速センサ、制御BOXがそれぞれ独立した構成になっており、制御BOX内には、温湿度センサを備えたCPUと、データ通信の通信モジュールを組み込んだ。また、装置位置情報を把握するために、GPSセンサも取り付けた。各種センサから得たデータは、制御BOX内CPUを介して通信モジュール

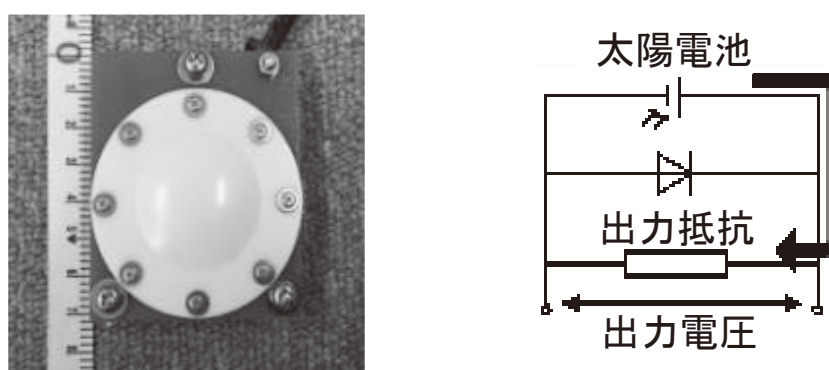


図1. オリジナル日射センサの上面写真と基本回路構成

ルへ送られ、この通信モジュールから、3G回線を経由したワイヤレス通信にて、専用サーバへデータを送信した。さらに、専用サーバへ蓄積したデータをデータ解析用PCへ送ることで、データ解析が可能になる。作製したマルチ環境計測装置の写真を図3に示す。地上から数mの高さの位置へ装置を配置できるように金具を用意し、その金具上に日射センサと風速センサを配置した。制御BOXは、この金具下部に配置した。

3. フィールド試験

3.1 マルチ環境計測装置の配置

局所環境データを取得するために、2019年12月～2020年1月のうち、約1ヶ月間、フィールド試験を実施した。豊橋技術科学大学を中心とした8方位(半径2.5 km)にマルチ環境計測装置を配置した。装置の配置図を図4に示す。各方位にそれぞれ1台のマルチ環境計測装置を配置し、中心に位置する大学には、市販の日射計と全天球カメラを配置した。大学を0番とし、各方位のマルチ環境計測装置には、北から時計回りに1～8の番号を付与した。大学に設置した市販日射計は、豊橋技術科学大学自然エネルギー実験棟屋上に配置し、マルチ環境計測装置は、柱から突き出した金具の先端上、地上数mの高さに設置した。

3.2 日射変化と雲の挙動把握

図5は、2019年12月21日12時34分から12時44分まで10分間の各地点における日射強度を示す。最も西に配置した7番のマルチ環境計測装置から得た日射強度に着目すると、12時35分頃から徐々に日射強度が減少し、その後、12時37分頃を境に日射強度が増加し、12時39分頃には元の日射強度まで戻った。日射強度のこの一連の増減は、この時間帯に雲(雲影)が7番の装置の上空を通過したことを意味する。また、各地点の日射強度変化の様子が類似しており、西に配置した装置から

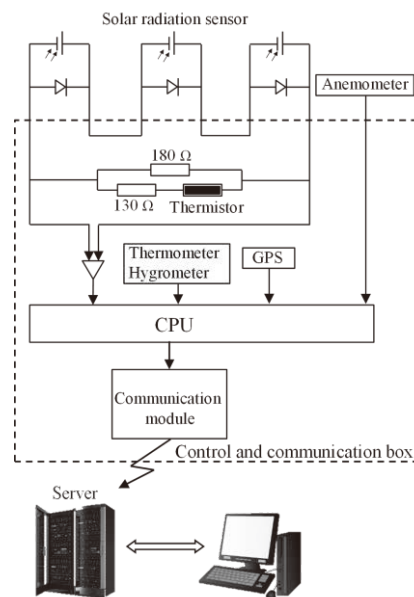


図2. マルチ環境計測装置の概略図

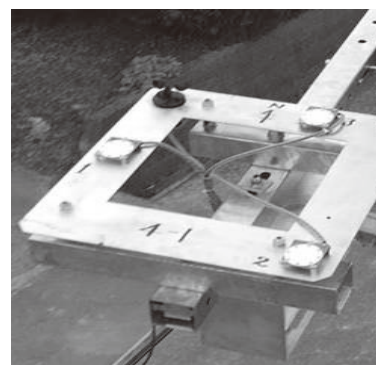


図3. 作製したマルチ環境計測装置

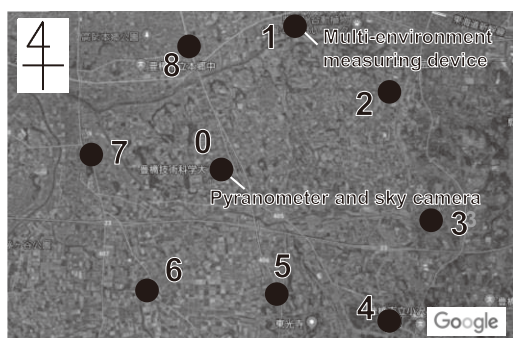


図4. マルチ環境計測装置のフィールド配置図

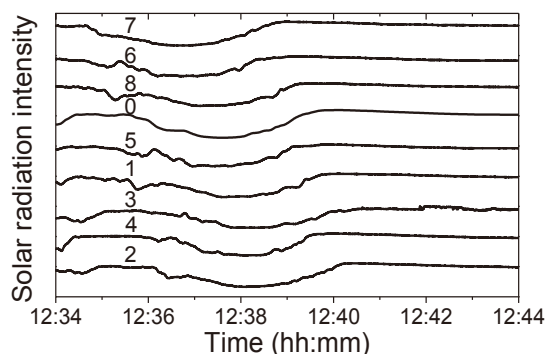


図5. 各地点における日射強度変化

7, 6, 8, 0, 5, 1, 3, 4, 2の順に、減少増加の変化が見られた。日射強度変化の様子の類似は、同形の雲が各装置上空を通過したことを示唆する。また、西から順に雲の通過が見られることから、各装置を同一の雲が通過し、その雲の幅は装置の配置円直径(約5 km)より大きいことが推察できる。また、装置の日射強度変化の順から、雲は西から到来し、北東方向へ通過したと考えられる。実際の同時間帯の雲の動きを、0番装置近くに設置した全天球カメラで確認した結果、雲が北東方向に流れていた。これらのことから、マルチ環境計測装置を用いて計測した日射強度とその変化から、雲の動きを推測可能であることが明らかになった。特に急激な日射強度の減少は、豪雨をもたらすような積乱雲等の厚い雲到来に関わると考えられる。多地点の日射強度変化を分析することで、雲の挙動を捉え、豪雨予測の精度向上などへの活用が期待できる。

3.3 暴風警報と局地風速

マルチ環境計測装置に組み込んだ風速センサを用いて測定した風速データの代表例を、図6に示す。風速は、0.1 s間隔でデータを取得した。平均風速は、気象庁等で用いられている10分間の平均風速とした。

2020年1月27日15時54分から2020年1月28日10時13分まで、愛知県豊橋市域に暴風警報が発令された。この暴風警報の発令および解除前後における各地点の風速状況を図7と図8にそれぞれ示す。豊橋市における暴風警報の発令基準は、陸上で平均風速20 m/sである。図7に示す警報発令前後の各地点の平均風速は、気象庁発表の値も含め、いずれも20 m/sを下回っていた。暴風警報の発令は、陸上・内海・外海でそれぞれ発令基準が設けられている。したがって、この暴風警報は、内海もしくは外海の発令基準に基づき発令され、合わせて陸上にも警報が発令されたと考えられる。図8に示す暴風警報解除前後における各地点の平均風速からは、警報解除時には、平均風速が警報発令基準を十分に下回っていることがわかる。

暴風警報の発令時および解除時の平均風速は、警報発令基準値を下回っていたが、一方で、10分間ごとの最大瞬間風速では、発令時において15 m/s程度、解除時においては20 m/sを上回る地点も見られた。風速20 m/sは、風に向かって歩くことが困難であり、歩行者転倒の恐れもある危険な状況である。また、地点別の風速状況では、比較的南側、特に南西方向に配置した装置の風速が高い傾向であった。図4に示した豊橋技術科学大学を中心とする試験フィールドは、西および南

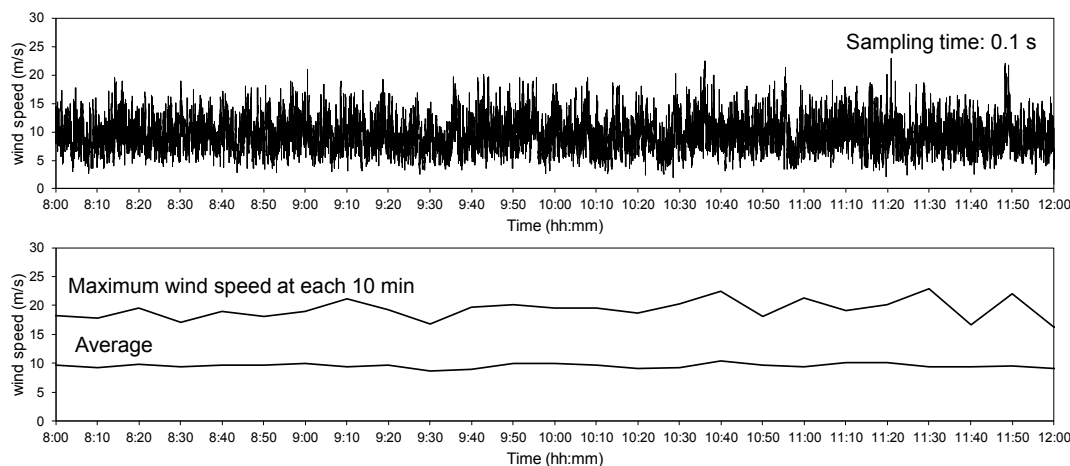


図6. 風速の測定

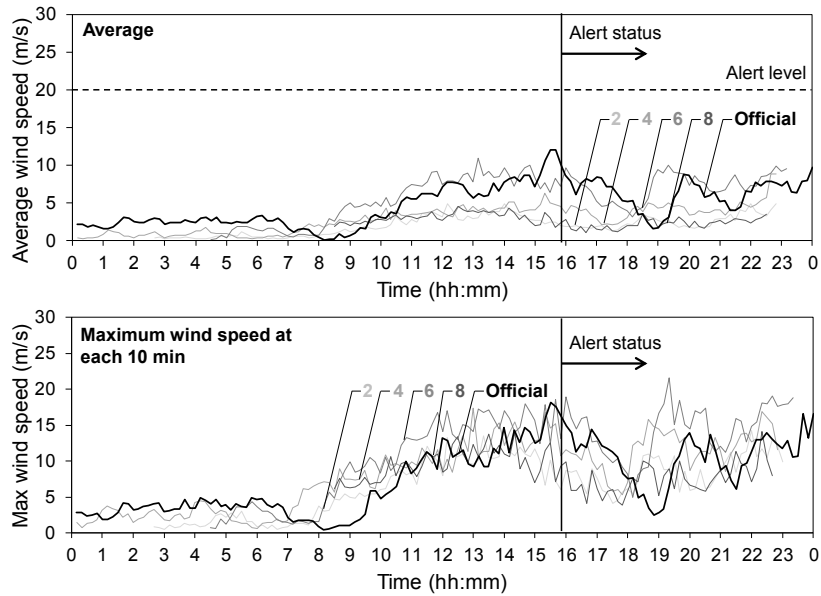


図7. 暴風警報発令時の風速の比較

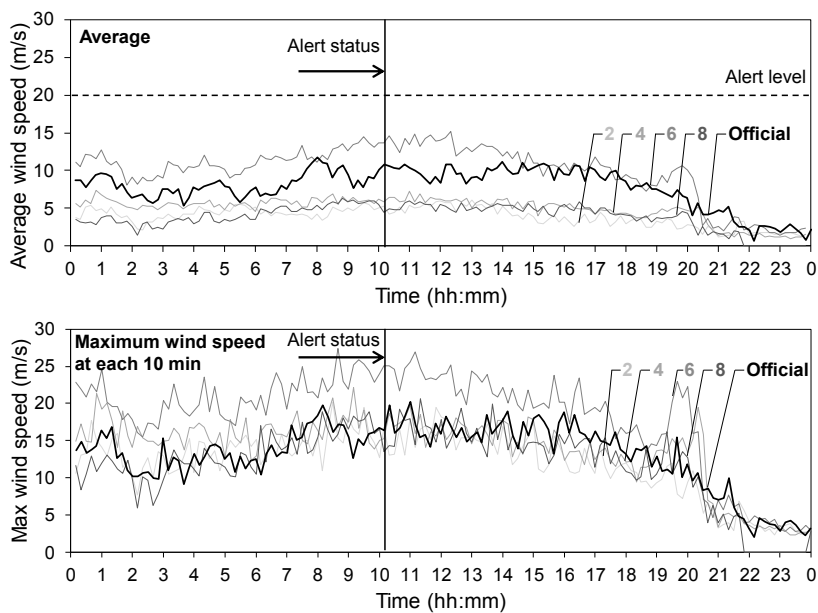


図8. 暴風警報解除時の風速の比較

側に海があり、北東側に山を持つ地形である。また、豊橋駅を含む市内中心部は北側に位置し、南側は田畑や農園の広がる建物の少ない地域である。これらの地形・都市環境から、建物が少なく遮るものが少ない南および南西地点に配置した装置の風速が高く、都市中心部に近く建物が多い北側に配置した装置の風速が低い傾向になったと考えられる。

4. まとめ

独自に開発した安価な日射センサを含め、安価なセンサ類で構成したマルチ環境計測装置を作製した。本装置に3G回線通信モジュールを組み込むことで、各地点に配置した装置からワイヤレス通信を介してサーバへデータを転送する環境危機モニタリングシステムを開発した。豊橋技術科学

大学を中心とした地域においてフィールド試験を実施した。日射強度変化から雲の挙動把握が可能であることを明らかにした。また、風速測定では、各地点の地形および都市環境を反映した風速状況の違いが見られた。雲の挙動把握は、豪雨などの天候変化情報へ活かすことが可能であり、各地点における実際の風速状況の把握は、より正確な危険回避情報の提供につながると期待される。今後はさらにデータ解析を進め、多量な計測データからの必要な危険情報の抽出方法の検討を進めるとともに、長期的な環境データの収集・解析によって、地球温暖化対策等への貢献を目指す。

参考文献

- (1) 経田正幸, 前田修平, 天気, 56(2009)pp.841-846
- (2) 桶真一郎, 杉山智美, 須田善行, 滝川浩史, 川嶋和子, 太陽エネルギー, 35(2009)pp.71-76
- (3) 杉山智美, M. A. Farizul, 田上英人, 須田善行, 滝川浩史, 桶真一郎, 川嶋和子, 太陽エネルギー, 37(2011)pp.55-61
- (4) A. Bilguun, T. Nakaso, T. Harigai, Y. Suda, H. Takikawa, H. Tanoue, AIP Conf. Proc., 1709(2016) pp.020025-1-020025-11
- (5) 針谷達, 平岩剛, 須田善行, 滝川浩史, 電気学会論文誌A, 137(2017)pp.674-675