日射量の高密度観測に向けた独立電源型リアルタイム日射量モニタリングシステムの構築

愛媛大学大学院　学生会員　○安達岳広
愛媛大学大学院　正会員　藤森祥文　愛媛大学大学院　正会員　森脇亮

1.　はじめに

近年，降雨予測精度向上にデータ同化が注目されている．データ同化とは，数値モデルに観測値を入力し，計算結果を現実に近づけるという手法である．石井 [1]は，日射量から得た雲情報を水蒸気量に変換し，データ同化する手法を検討した．この研究では，気象庁が観測している各県 1 か所程度の地点間隔の日射データを使用していたが, 豪雨災害を引き起こす個々の積乱雲をとらえられる観測点の地点間隔はおよそ 1km 間隔であり，この間隔の日射データを石井の検討した手法でデータ同化することが有効である可能性がある．1km 間隔で大量に観測機器を設置し，降雨予測に利用するにあたり観測機器に必要な要素として，低コスト，設置を容易にするための独立電源，予測に用いるためリアルタイムでのデータ取得が挙げられる．よって本研究では，これらの 3 つの要素を備えた日射量モニタリングシステムを構築することを目的とする．本研究において，構築する日射量モニタリングシステムをソラジエールと呼称する．

2.　ソラジエールの作製方法

図 1 にソラジエールの全体図を示す．旗立てブロックに 2m のポールを挿入し，先端に簡易日射センサー (図 2)を取り付けている．制御回路は防水ボックス内部に収納し，旗立てブロックの上に取り付けている．

ソラジエールの特徴は，低コスト，リアルタイムでのデータ取得，独立電源の 3 点である．コストに関しては，1.2 万円の簡易日射センサーや，1.3 万円でロガーの役割を果たすマイコンボード (図 3)を用いるなどして低コスト化し，合計 3.9 万円で作製した．また，マイコンボードを用いてクラウドサービス SORACOM Harvest にデータを保存することで，リアルタイムでのデータ取得を行っている．電源は，電力制御ボード (図 4)を用いて制御回路を省電力化したうえでモバイルバッテリーを使用することで独立電源化した．

図 1 ソラジエールの全体図

図 3 Wio LTE JP Version(Seeed 社)

図 4 Wio Extention RTC(Seeed 社)

図 2 ML-02 薄型日射計(英弘精機社)

図 6 CMP-3 （PREDE 社）

制御システムの模式図を図 5 に示す. 制御システムはプログラムをマイコンボードに書き込むことで作動させている．起動して時刻，電源電圧，日射強度を取得，3 データをバックアップとして SD カードに書き込んだのちクラウドにデータを送信しスリープするのが 1 回の動作で，これを 1 分おきに日中行わせ, 夜間はスリープさせるのが 1 日の動きである. スリープを行わせなかった場合の 1 日あたりの消費電力量は 12.54Wh, スリープを行わせた場合の 1 日あたりの消費電力量は 1.44Wh であり，88%電力量を抑えられた.

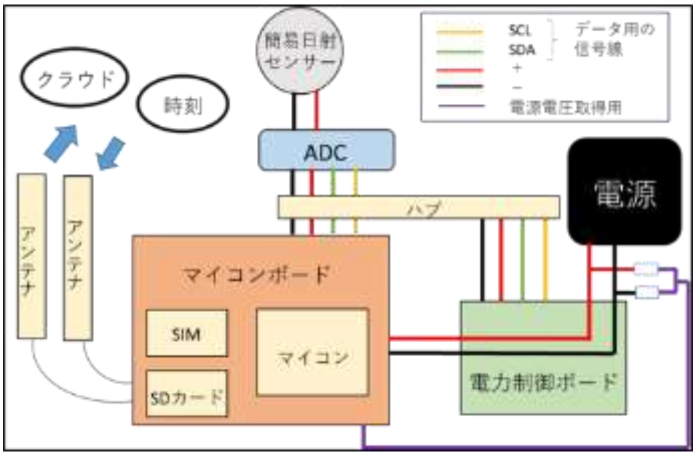

図 5 制御システムの模式図

簡易日射センサーと, 簡易日射センサーに比べ高価で精度の高い, 一般的に用いられている日射センサー (図 6)を愛媛大学工学部 2 号館屋上に 80cm 離して設置し，計測値を比較した．図 7 左は，両者の 7 日間の日射強度の散布図である．図を見ると，全体的に簡易日射センサーの計測値の方が高く, 補正する必要があ

ることがわかる．補正は，両センサーの 7 日分の計測値の散布図から，最小二乗法で作成した近似式と一般的な日射センサーとの値の差の絶対値について，第一四分位数から四分位範囲の 1.5 倍を引いた値以下，第三四分位数から四分位範囲の 1.5 倍を足した値以上を外れ値として除外し，再度最小二乗法で近似式を作成，これを補正式として時刻 t における日射強度 I_t を求める．外れ値を除外した散布図を図 7 右，作成した補正式を式(1)に示す．

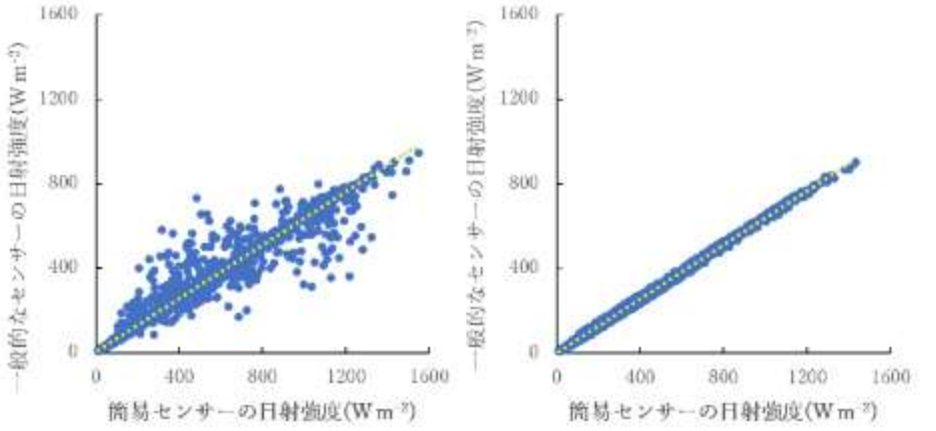

図 7 簡易，一般的な日射センサーの日射強度の散布図(左外れ値あり，右外れ値除外)

$$I_t = 0.639 I_{ml\ t} + 0.285 \quad (1)$$

ここで $I_{ml\ t}$ は時刻 t における簡易日射センサーの計測値である．なお，簡易日射センサーには個体差があるため，補正式は個体ごとに算出する必要がある．

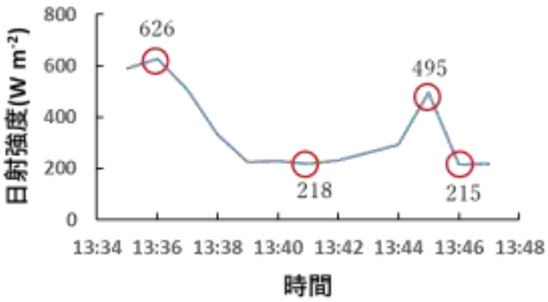

図 8 13:35 から 13:47 の日射強度の時間変化

3.　ソラジエールの結果と考察

センサーの計測値を上記の方法で補正したソラジエールを愛媛大学工学部 2 号館屋上に設置し日射強度の計測を行うとともに 1/20 の 13:35 から 13:47 の間，ソラジエールの近くで太陽の様子を撮影した．この期間の日射強度の時間変化を表したグラフを図 8，太陽の様子の画像を図 9 に示す．図 8 を見ると，13:36 で最大値を示し，13:41 にかけて値が下がり，13:45 にかけて値が上がり，13:36 で最小値を示すという変化をしている．図 9 を見ると，13:36 で太陽が見えており，13:41 で雲に陰り，13:45 では太陽が見えるが 13:36 よりは陰っており，13:46 で陰るという変化しており，図 8 図 9 から日射強度の増減と雲の有無が対応していることが確認できた．

図 9 13:35 から 13:47 の太陽の様子

4.　まとめ・今後の方針

安価，リアルタイムでのデータ取得，独立電源の要素を持った日射量モニタリングシステム，ソラジエールを作製し，従来から用いられている高価な日射計と比較することで計測値の補正方法を確立した．また，屋上での日射量計測により，日射強度の増減と雲の有無が対応していることが確認できた．

本研究で使用したモバイルバッテリーでは約 10 日間作動させることができたが，今後は長期間定点観測を行うためにバッテリーの大型化，もしくは太陽光パネルの実装を行う必要がある．また，本研究では観測の時間間隔を 1 分，地点間隔を 1km と想定しているが，実際に多点観測を行い，雲の発達，衰弱，移動をとらえられる時間間隔の検証を行う必要がある．これらを行った後，計測値をデータ同化に活用し，降雨の再現，予測精度に対する効果を検証する方針である．

謝辞　本研究は科研費（課題番号：22K04336）の助成を受けて実施された．ここに謝意を表す．

参考文献

1)　石井智：全天日射量のデータ同化の基礎的研究，令和 2 年度愛媛大学工学部環境建設工学科卒業論文