

日射量の時間変動を利用した雲の分類に関する研究

愛媛大学大学院 非会員 藤田遼 愛媛大学大学院 正会員 ○重松和恵 愛媛大学大学院 正会員 森脇亮
愛媛大学大学院 学生会員 松尾悠平 愛媛大学大学院 正会員 藤森祥文

1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨による災害がたびたび確認されており社会問題となっている。局所的な集中豪雨は都市の影響を受けていると考えられ、国内外で多くの研究が行われている。しかしながら未だそのメカニズムの解明には至っていない。著者らの研究室でも降水の前段階である雲に着目した研究が行われており、松尾や重谷^{1),2)}によって雲の厚さと日射量の低減に関係があることが明らかにされている。これらの研究で主に用いられる日射量データは1時間平均値であるが、雲の状態についての考察には時間解像度がより詳細なデータを用いた検討が必要であると考え、本研究では全天日射計を松山平野の6地点に設置し、1分毎に日射量を測定し、得られた日射量データの時間変化に着目して雲の状態について解析することを目的とする。また日射量データと併せて全天カメラで撮影された写真を用いて雲の状態についての考察を行う。

2. 観測概要と解析手法

松山平野を対象として図1に示す6地点に全天日射計(CMP-3EU. PRE DE社)を設置した。全天日射計は直達光と散乱光の両方をまとめた水平面日射量を測定する機器であり、1分間隔で測定している。本研究では2014年9月2日から2014年12月31日のうち6地点のデータがすべて揃っている9月の11日分、10月の14日分、11月の16日分、12月の27日分の計68日分の午前9時から午後4時のデータを使用する。日射量の日変化の傾向を見やすくするため、得られた日射量データを10分毎の移動平均値に補正し、晴天率を用いて解析を行った(以下10分

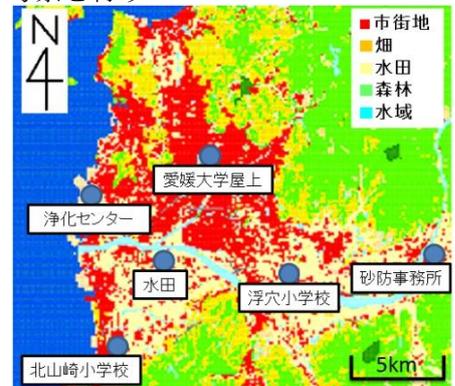


図1. 観測地点

毎の移動平均値を日射量という)。晴天率とは(解析日の日射量)/(仮想的な快晴日の日射量)で求められる。各時間において解析日の日射量が仮想的な快晴日の日射量と比較してどの程度小さいかということを表した指標が晴天率である。仮想的な快晴日の日射量は、それぞれの地点において解析対象とする9月から12月の月を10日毎に区切り、1分毎の日射量から10日間の各時間の最大値を求めたものである。この仮想的な快晴日を区切った期間毎に設定する。この晴天率が0に近いほど雲による日射の遮断効果が大いことを表す。また愛媛大学の屋上には全天カメラを設置しており、10分毎に上空の写真を撮影している。全天日射計から得られる日射量から晴天率を求め、晴天率の時間変化に着目し、全天カメラで撮影された写真を用いることで解析を行う。

3. 結果と考察

3.1 晴天率の時間標準偏差

晴天率を用いて雲の状態について考察を行うため、晴天率の時間標準偏差に着目する。愛媛大学屋上における晴天率の1時間平均値と時間標準偏差の関係を図2に示す。図2から晴天率の1時間平均値が0に近い時と1に近い時に時間標準偏差が小さいことがわかる。これは晴天率の1時間平均値が0に近いときは1時間を通してどんより曇っているため、晴天率の1時間平均値が1に近いときは1時間を通して快晴で雲がない状態である。また晴天率の1時間平均値が0.2から0.8のとき、それが同じ値であっても時間標準偏差に幅があり、雲の状態に違いがあるのではないかと考えられる。そこで晴天率の時間標準偏差の違いによる雲の状態を確認するために、愛媛大学屋上に設置している全天カメラで撮影さ

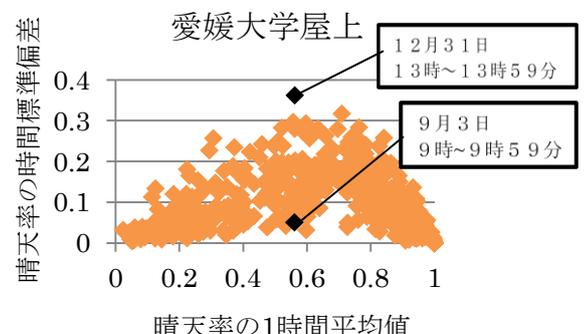


図2. 愛媛大学屋上における晴天率の

1時間平均値と時間標準偏差の関係

1時間平均値と時間標準偏差の関係

れた写真を用いて考察を行う。一例として同じ晴天率の1時間平均値において、晴天率の時間標準偏差の差が最も大きい2つのケース(図2中黒点の値)について詳細に見てみる。時間標準偏差が大きいケースは12月31日の13時から14時の1時間で、時間標準偏差が小さいケースは9月3日の9時から10時の1時間である。その時間帯に全天カメラで撮影された写真を図3に示す。図3から時間標準偏差が大きいケース(12月31日)は1時間のうちに上空を乱層雲が覆っていく様子が確認でき、時間標準偏差が小さいケース(9月3日)は1時間を通して上空に高層雲が存在し続けていることが確認できる。このことから時間標準偏差が大きければ乱層雲のような発達した雲が1時間のうちに移動または発生しているといえ、時間標準偏差が小さければ高層雲のような層状の雲が上空に存在し続けているといえる。

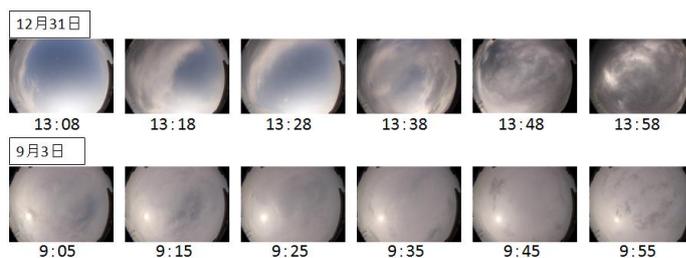


図3. 全天カメラの写真

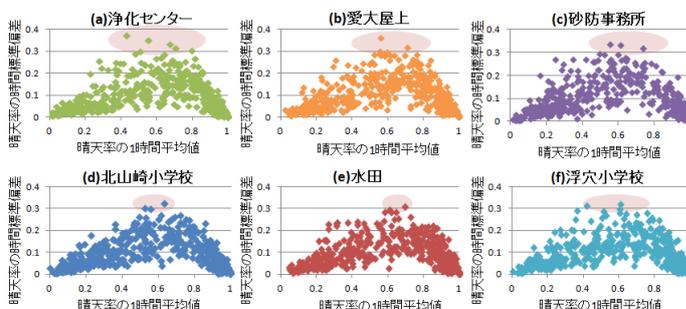


図4. 地点別に見た晴天率の1時間平均値と

時間標準偏差の関係

3.2 地点別にみた晴天率の時間標準偏差

地点別の晴天率の1時間平均値と時間標準偏差の関係を図4に示す。図4の網掛け部分は前節で述べたような1時間のうちに乱層雲のような発達の大い雲が移動または発生していると考えられる晴天率の時間標準偏差が0.3以上の点について示している。浄化センターや愛媛大学、砂防事務所では比較的標準偏差が大きくなっていることがわかり、乱層雲のような発達した雲が1時間のうちに移動または発生しやすい傾向があるのではないかと推測される。それに対し最も南に位置する北山崎小学校や郊外域に位置する水田では時間標準偏差が0.3を超えるような点はあまり見られない。愛媛大学屋上で時間標準偏差が大きくなったのは、都市部に位置するためヒートアイランドに伴う対流の活発化が原因で雲の発達が大きくなったためではないかと考えられる。森本ら³⁾によっても日射量の都市と郊外の観測から、郊外域よりも都市域で雲が発達しやすいことが示唆されている。砂防事務所では時間標準偏差が大きくなったのは海風の収束する扇頂部に位置し、周囲が山に囲まれていることから地形的な影響で上昇気流が起り、雲の発達が大きくなったためであると考えられる。浄化センターで時間標準偏差が大きくなったのは近くに工場が存在しており、工場からの排熱で上昇気流が起ることや排出される汚染物質が雲の凝結核となることで雲の発達を助長したためであると考えられる。

4. おわりに

晴天率の時間標準偏差の違いによって時間標準偏差が大きい時は1時間のうちに乱層雲のような発達した雲が移動または発生しており、時間標準偏差が小さい時は高層雲が存在し続けていることがわかった。また浄化センターや愛媛大学、砂防事務所などのような雲の発達が大きいとされる地点において時間標準偏差が大きくなることがわかった。今回は晴れから曇りの場合を考えたが曇りから晴れの場合も検討しなければならない。また結果の信頼性を向上させるためにも今後さらにデータを増やし、雲の状態と地点ごとの特徴について検討する必要がある。本研究のように1時間よりも短い間隔で日射量と晴天率を導出しておけば、平均値と時間標準偏差から上空の雲の種類を判別できるため、この手法を活用すれば雨雲の早期発見につながると予想される。

謝辞 本研究は総務省・戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)の援助を受けた。

参考文献

- 1) 松尾悠平: 後方散乱強度分布から見られた都市における雲の発達傾向, 平成24年愛媛大学工学部環境建設工学科卒業論文, 2013
- 2) 重谷祐樹: 松山平野上空における雲の発生に関する時空間検討, 平成23年度愛媛大学工学部環境建設工学科卒業論文, 2012
- 3) 森本一行, 山本拓男, 重谷祐樹, 森脇亮: 土地利用の違いが雲の形成に与える影響~松山平野における雲低高度及び日射量観測による検討~, 土木学会論文集B1, 69, I_1747-I_1752, 2013