

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06236

研究課題名(和文) 稠密日射量観測とデータ同化手法を用いた雲の形成過程に関する研究

研究課題名(英文) Study on cloud formation process using dense solar radiation observation and data assimilation method

研究代表者

森脇 亮 (Moriwaki, Ryo)

愛媛大学・理工学研究科(工学系)・教授

研究者番号：10302952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年集中豪雨が頻繁に生じるようになり早期の予測が重要となっている。本研究では、降水の前段階である「雲」に着目し、日射量・雨量・気圧などの地上気象観測データから雲形成・降雨の観測可能性について検討を行った。

気圧の時空間特性について解析を行ったところ、局所降雨の発生1時間前から気圧が上昇を始め、この気圧変化が積乱雲の発生によって説明し得ることが示された。

また太陽光発電量から推定された日射量分布は全天カメラによる雲画像や降水の発生とよく合致しており、日射量の稠密な時空間観測データの取得がよる雲や降水のモニタリングをする一つ的手段に成り得ることを示した。

研究成果の概要(英文)： In recent years, torrential rainfall has occurred frequently and early prediction is important. In this study, we focused on the "cloud" which is the preliminary stage of precipitation, and examined the observability of cloud formation and rainfall from ground weather observation data such as solar radiation, rainfall and atmospheric pressure.

Analysis of the spatiotemporal characteristics of atmospheric pressure showed that the atmospheric pressure began to rise 1 hour before the occurrence of local rainfall and this pressure change could be explained by the occurrence of cumulonimbus clouds.

In addition, the solar radiation distribution estimated from the photovoltaic power generation is in good agreement with cloud images by the all-sky camera and rainfall occurrence. The dense spatio-temporal observation data of solar radiation could be useful for the monitoring of clouds and precipitation.

研究分野：水文学

キーワード：都市気象 日射量 雲 太陽光パネル 水文気象プロセス

1. 研究開始当初の背景

近年、局所的な集中豪雨による災害が頻発しており、大きな社会問題となっている。国土交通省ではXバンドMPレーダーが運用されており、これを利用した豪雨の早期発見・予測に関する研究が積極的に行われている。豪雨増加の原因の一つとして、都市化による地表面被覆の改変や人工排熱の影響が注目されている。例えば、藤部(2004)は首都圏における広域的な都市効果による昇温が収束を強め、都心の強い降水の増加をもたらす可能性を報告している。また下重ら(2010)は、都市の存在により海風の侵入の仕方が変化し、それが局地的な豪雨に繋がることを数値実験で示した。甲斐ら(1995)は東京環状八号線道路付近で観測される環八雲が、海風の収束とヒートアイランド循環によって発生すると推定している。このように都市と集中豪雨の関連を示した研究は多いが、数値シミュレーションによる検討が先行している傾向があり、現地観測データの充実化による現象の解明が必要とされている。

都市が大気に及ぼす影響を定量的に予測するには、現象の引き金となる都市大気間の熱輸送過程の把握が重要である。そのため、これまで、(1)住宅街における地表面熱収支の解明(例えば、Moriwaki and Kanda, JAM, 2004)、(2)都市の人工排熱データベース作成(Moriwaki et al., WRR, 2008)、(3)都市のヒートアイランド・ドライアイランド特性の解明(水工学論文集)などを行ってきた。また、最新の研究成果では、土地利用による地表熱フラックスの差異が上空にも影響を及ぼし、土地利用変化に応じて雲底高度が不連続に変化する現象を明らかにしている(Moriwaki et al., JJSCE)。この研究は、都市化による土地利用の変化が上空の雲の変質に影響を及ぼしうる可能性を示したものであり、決着のついていない都市の降水強化メカニズムに大きく一石を投じる可能性がある。

雲情報として着目しているのが、地上で計測される日射量である。日射量の大きさは雲の厚さに依存して大きく変化するために、この情報を利用すれば雲の有無や発達状況の分布をモニタリングできる。また日射量は太陽光パネルの発電量から推定することができる(水工学論文集)ので、全国的に普及が進んでいる太陽光パネルの情報を収集すれば日射量の空間分布情報がリアルタイムに得られる。いわゆる、ビッグデータの利用である。一方で、このようにして収集した日射量を含む地上気象観測データを気象予測に有効に活用することも重要な課題である。

2. 研究の目的

そこで本研究では、これまで十分に実績を上げてきたヒートアイランド計測、地表付近の乱流・熱フラックス・雲底高度の観測に加えて、日射量・降水量の水平分布計測を新た

に組み合わせることで、土地利用の変化と雲の発生・発達の間関係を明らかにしようとするものである。また、これらの日射量を含む気象観測データを気象モデルにデータ同化させる手法を開発し、予測精度向上に対する現地観測データ稠密化の有用性について評価した。

3. 研究の方法

観測対象地域として松山平野を選定し、平野内で全天日射量を観測した。全天日射量の減衰は雲量と密接な関係があり(吉門, 1987)、この関係を利用すれば日中の雲の時空間分布の特徴を把握することが出来る。また、松山市内の小学校に設置されている太陽光パネルの発電量データを収集した。これまでに開発されている手法(太陽光発電から日射量を推定する手法)による推定日射量と実測日射量を比較し、本手法の検証を行うとともに、推定手法の誤差について評価した。

日射量を雲の情報に結び付けることは単純ではないが、シーロメータによって連続的に観測される上空の後方散乱強度の鉛直積算値(光学的厚さ)、静止気象衛星による雲画像、地上から撮影した全天カメラによる画像、衛星日射量データベース(中島ら)などを補完的に用いることで、日射量の減衰値から雲量や雲密度の情報を得た。また雨量計も同じ地点に配置した。

4. 研究成果

(1) 日射量・雨量・風況の空間分布計測システムの構築と連続観測

松山平野内の複数地点に全天日射計、気圧計、雨量計を設置し、全天日射量および気圧データの詳細な解析から、これらのデータの雲形成や降雨の兆候として利用可能性を検証できるシステムを構築した。

(2) 気圧の時空間特性と微気象の関係

構築した観測システムから得られた気圧の時空間特性について解析を行ったところ、松山平野の土地利用や地形的特徴が気圧の時空間変化の特性に影響を与えていること、それにより海陸風の変化の傾向をよく説明できることが示された。また、局所降雨の発生1時間前から当該地付近の気圧が上昇を始め、この気圧変化が気温の変化と積乱雲の発生によって説明し得ることが示された。

(3) 太陽光パネルの活用による日射量の稠密な時空間観測データの取得と雲のモニタリング

太陽光発電量から全天日射量を推定する手法を都市スケール領域に適用し日射量空間分布の推定を試みた。快晴日であれば領域内のすべての領域で快晴であるとの仮定のもと、領域内の太陽光パネルの換算係数を一括して求める手法を導入した。この手法によ

り、太陽光パネル毎に日射量を観測することなく日射量の推定値を得ることが出来るようになった。推定された日射量分布は全天カメラによる雲画像とよく合致しており、太陽光パネルから日射量の空間分布を推定することの妥当性が検証できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 9 件)

1) 森脇 亮, 今村 実, 全 邦釘, 藤森祥文, 深層学習を用いた風速の短時間予測の試み, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.4, I_229-I_234, 2018.

2) Deepak Bikram Thapa Chhetri and Ryo Moriwaki, Monitoring urban growth, land use and land cover using remote sensing and GIS techniques, A case study of Bhaktapur district, NEPAL, Engineering Science and Technology, An International Journal (ESTIJ) Vol.7, No.3, 32-39, 2017.

3) Deepak Bikram Thapa Chhetri, Yoshifumi Fujimori and Ryo Moriwaki, Local climate classification and urban heat/dry island in Matsuyama plain, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 73, No. 4, I_487-I_492, 2017.

4) Deepak Bikram Thapa Chhetri, Herlin Verina, Yoshifumi Fujimori, and Ryo Moriwaki, Analysis of local cloud properties using downward solar radiation dataset from geostationary satellite, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 73, No. 4, I_481-I_486, 2017.

5) 藤森 祥文, Sijapati Sweata, 都築伸二, 森脇 亮, 多地点太陽光パネルを用いた日射量の空間分布と全天カメラ雲分布の関係, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, I_475-I_480, 2017.

6) 入川裕太, Deepak Bikram Thapa Chhetri, 重松和恵, 藤森祥文, 森脇 亮, 高密度気圧観測による局地気象のモニタリング～晴天日及び局所降雨発生日の事例解析～, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, I_469-I_474, 2017.

7) Sweata Sijapati, Yoshifumi Fujimori, and Ryo Moriwaki, Impact of difference in landuse on cloud formation in Matsuyama plain, International Journal of Landslide and Environment, Vol 3, No. 1-3, 16-23, 2016.

8) 藤森祥文, Deepak Bikram Thapa Chhetri, Sijapati Sweata, 俊野和恵, 森脇 亮, 解析雨量

を用いた降雨の地域特性 - 松山平野を対象とした事例研究 -, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.72, No.4, I_235-I_240, 2016.

9) Sweata Sijapati, Yoshifumi Fujimori and Ryo Moriwaki, A study on the classification of clouds using time variation of the amount of solar radiation, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 72, No. 4, I_103-I_108, 2016.

〔学会発表〕(計 22 件)

1) 井上 咲, 重松和恵, 藤森祥文, 森脇 亮, 気象衛星ひまわり 8 号の観測値を用いた地上全天日射量の推定, 平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会, 愛媛大学, 2017.05.20.

2) 矢野凌佑, Deepak Bikram Thapa Chhetri, Thaddeus M. Carvajal, Herlin Verina, 藤森祥文, 渡辺幸三, 森脇 亮, 気象モデル WRF を用いたメトロマニラにおける気象シミュレーション, 平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会, 愛媛大学, 2017.05.20.

3) Deepak Bikram Thapa Chhetri, Yoshifumi Fujimori, Ryo Moriwaki, Temporal and spatial variation of urban cloud in various cities in Japan, 平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会, 愛媛大学, 2017.05.20.

4) 浅岡佑亮, 全 邦釘, 藤森祥文, 森脇 亮, GPV の風速成分データを用いた愛媛沿岸域における飛来塩分量の推定, 平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会, 愛媛大学, 2017.05.20.

5) 藤森祥文, 都築伸二, 森脇 亮, 太陽光パネルによる日射量モニタリング手法の雲分布観測への適用, 平成 28 年度日本太陽エネルギー学会研究発表会, 松山, 2016.11.25.

6) Deepak Bikram Thapa Chhetri and Ryo Moriwaki, Temporal and spatial variation of urban cloud in various coastal cities in Japan, 44th Conference on Broadcast Meteorology, 15 - 17 June 2016, Austin, TX.

7) 平川晃司, 星川菜津美, 重松和恵, 都築伸二, 藤森祥文, 森脇 亮, 太陽光パネルから推定した松山平野における局所的な日射量分布, 平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会, 高知工科大学, 2016.05.28

8) 手嶋 唯, 俊野和恵, 藤森祥文, 森脇 亮, 解析雨量を用いた松山平野における降水特性に関する研究, 平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会, 高知工科大学, 2016.05.28

9) ヘルリンフェリナ, 田中あゆみ, 入川裕太, 重松和恵, 藤森祥文, 森脇 亮, 晴天日の松山平野における海面気圧の地域特性, 平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会, 高知工科大学, 2016.05.28.

10) 入川裕太, 重松和恵, 藤森祥文, 森脇 亮, 局所降雨時に見られた地上気圧の時空間特性, 平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会, 高知工科大学, 2016.05.28.

11) 久保慶介, 川瀬久美子, 藤森祥文, 森脇 亮, 2015 年 7 月 9 日に松山市で発生した局地的集中豪雨による冠水被害の特徴, 平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会, 高知工科大学, 2016.05.28.

12) 森脇 亮, スウェータ シジャパティ, 都築伸二, 太陽光パネルを用いた日射量稠密観測の可能性, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張, 2016 年 5 月 22-26 日 .

13) Deepak Bikram Thapa Chhetri, Ryo Moriwaki, Analysis of cloud properties in the Matsuyama plain using downward solar radiation dataset from a geostationary satellite, 9th International Conference on Urban Climate, online available, 2015.

14) Sweata Sijapati, Ryo Moriwaki, Urban dry island phenomenon and its impact on cloud base level and solar radiation, 9th International Conference on Urban Climate, online available, 2015.

15) Herlin Verina, 宮川晃輔, 麓由紀子, 森脇 亮, 松山平野における海陸風の侵入挙動と大気汚染物質濃度の関係に関する研究, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

16) Deepak Bikram Thapa Chhetri, 森脇 亮, 重松和恵, 岩野 涼, 実測日射量と衛星日射量を用いた松山平野の日射量分布に関する研究, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

17) 重松和恵, 森脇 亮, 松尾悠平, 藤森祥文, 日射量の時間変動を利用した雲の分類に関する研究, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

18) 藤森祥文, 松尾悠平, 重松和恵, 森脇 亮, 松山平野における日射量の多地点観測から見られた雲の時空間特性と降水との関係, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

19) 相原研吾, 森脇 亮, 都築伸二, 笹方裕平, 太陽光パネルの日射センサーとしての利用

可能性に関する研究, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

20) 宮尾 渉, 森脇 亮, 日射量の直散分離に関する検討及び新しい直散分離手法の提案, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

21) 尾崎智洋, 森脇 亮, 自己組織化マップを用いた乱流解析手法の研究, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

22) 大石直輝, 藤森祥文, 森脇 亮, 都市パラメータの詳細化が松山平野の気象シミュレーションに及ぼす影響, 平成 27 年度土木学会四国支部技術研究発表会, 高松, 2015.5.23.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森脇 亮 (MORIWAKI Ryo)
愛媛大学・理工学研究科(工学系)・教授
研究者番号: 10302952

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし

(4) 研究協力者
なし