

(第6号様式)

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	Sweata Sijapati
審査委員	主査 森脇 亮 副査 井内 國光 副査 門田 章宏

### 論文名

Study on Local Cloud Coverage Using Ground-Based Measurement of Solar Radiation

### 審査結果の要旨

本論文は地上における日射量の計測情報から上空の雲の特徴を明らかにすることを目指したものである。近年、局所的な集中豪雨による災害が頻繁に発生しており、豪雨の早期発見・予測のためのモニタリングが重要となっている。雲の有無や厚さは日射量の低減量と密接な関係があることが知られており、このことから、日射量分布を把握できれば雲の分布を把握することができると考えられる。しかし、日射計は気象台など限られた場所にしかないため空間的な日射量分布の把握には適していない。そこで、本論文では以下の二つの独創的なアプローチによって、上空の雲の特徴を把握することを試みている。一つ目は、時間解像度の高い日射量データを用いて日射量の時間変動から雲の種類を分類すること、二つ目は既設の太陽光パネルの発電量データから雲の空間分布をモニタリングすることである。降水の前段階である雲の特徴を廉価な日射計や太陽光パネルの出力値を用いて明らかにすることが出来れば、豪雨の早期発見に大きく資するものである。

上述の手法の有用性を主張するために本学位論文は以下のように構成されている。第1章では局地気象における雲の形成に関する関連研究が述べられ、また論文の全体の構成が記述されている。第2章では日射量の観測手法の歴史や、雲の存在による日射量の低減に関する理論的考察が述べられている。また雲による日射量の低減効果の相対的な評価指標として「晴天率」を定義している。第3章ではフィールドにおける日射量計測と全天カメラを用いた雲撮影の方法が述べられ、また得られた日射量データの時間変化から雲の分類を行う手法の提案及びその検証結果について述べられている。第4章では実際の家屋や公共施設などの屋根への普及が進んでいる一般的な結晶系太陽光パネルを利用し、また水平や斜面など様々な角度に設置されることを想定して、太陽光発電量から日射量を推定する手法が提案されている。また、太陽光発電と日射計の計測データを用いてその推定手法の検証を行い、太陽光パネルの日射センサーとしての利用可能性を検討している。第5章では松山平野内に設置された25か所の太陽光パネルの発電量を用いて全天

日射量の空間分布を求め、直達散乱日射計のデータや天空カメラで撮影された雲の様子と比較している。そして、太陽光パネルの発電量から求められた日射量の空間分布を雲の空間分布として有用であるか検討している。

得られた結果の主なものは次のようである。

- ・晴天率の時間平均値と時間標準偏差の相関図を作成することにより、雲の有無や雲の種類を判別できることが示された。具体的には下記のとおりである。晴天率の時間平均値が0に近い時と1に近い時はそれぞれ下層雲、雲なしの状態と判別される。晴天率の時間平均値が0.2から0.8のとき時間標準偏差はその値に幅を持ち、時間標準偏差が大きければ乱層雲、時間標準偏差が小さければ高層雲が存在していることが分かった。このように一つの日射計のデータであっても、時間解像度の高いデータを用いることで雲の種類を分類することが可能であることが示された。
- ・水平面の太陽光パネルから求めた全天日射量の推定値と日射計による実測値の比較を行ったところ、雲による日射低減パターンが良く表現できており、また全天日射量の推定値と実測値は相関係数が0.99と十分に高い相関が得られた。また、南向き・傾斜角 $20^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ の条件においても推定が可能であることが確認されている。
- ・松山平野内に設置された25か所の太陽光パネルの発電量を用いて全天日射量の空間分布を求め、直達散乱日射計のデータや天空カメラで撮影された雲の様子と比較した。快晴日あるいは曇天日（層雲が空を覆っている状況）では日射量の空間分布は小さいが、曇りがちの天候下（積雲が存在する状況）では上空の雲の状態に応じて日射量の空間的な変動が大きくなる傾向が認められた。日射量が局所的に小さく雲がかかっていると考えられる場所は、天空カメラで撮影した雲と合致していた。以上より、本研究で提案する太陽光パネルを用いた日射量の稠密モニタリングは、局地気象メカニズムの解明や降雨予報の参考データとして十分な可能性を秘めていることが示された。

学位論文の公聴会は平成28年8月1日に開催され、続いて開催された学位論文審査会において慎重に審議を行った。審査の結果、本論文は地上における日射量の計測値や太陽光パネルの出力値情報から上空の雲の特徴を明らかにする独創的な手法を開発しており、得られた成果は技術的にも学術的にも重要な貢献をしていると認め、全員一致して博士（工学）を授与するに値すると判定した。