HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	3D Reconstruction of Typhoon and Isolated Cumulonimbus Clouds Using Satellite, Airborne and Ground Cameras [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	ALGODON, Meryl Regine Llenaresas
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第14782号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85869
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Meryl_Algodon_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理学）　氏　名　Meryl Regine L. Algodon

審査担当者	主査	教　授	髙　橋　幸　弘
	副査	教　授	佐　藤　光　輝
	副査	特任准教授	久保田　尚　之
	副査	特任准教授	栗　原　純　一

学 位 論 文 題 名

3D Reconstruction of Typhoon and Isolated Cumulonimbus Clouds Using Satellite, Airborne and Ground Cameras
（衛星、航空機および地上での撮像に基づく台風と積乱雲の3次元構造推定）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

台風やゲリラ豪雨などの極端気象の高精度予測は現在では困難とされており、防災・減災の観点から予測精度の改善が大きな課題である。その原因のひとつは、雲の規模や形状、またその発達速度を正確に推定することが難しいことにある。特に雲頂の高度や形状を観測的に把握し、さらにその変化率から雲の発達を予測することは、台風においてはその強度の正しい推定において、また個々の積乱雲においては降水量を予測する上で本質的である。しかしながら、気象衛星の熱赤外線画像を用いた雲頂高度推定では大気温度の鉛直分布を仮定する必要があり、災害をもたらす積乱雲や台風中心では、大気温度の鉛直分布が他領域と異なるため、正確な推定ができない。またゲリラ豪雨をもたらす積乱雲の監視では、通常の気象レーダーでは雲粒は捉えることができず雲の形状や存在すら正しく掴めない。最先端のより高周波を用いたレーダーでも小さな雲粒の計測は難しく、また空間的に掃引するのに長時間かかるため、積乱雲の発達を追うことは限界がある。

申請者は、衛星、航空機、地上に設置されたデジカメなどの光学観測器を用いて、複数の角度から撮像することで、雲表面の立体構造を計測する手法の開発を行なった。地上に設置された 2 地点のカメラから雲の立体撮影をする試みは古くからあるが、カメラ視野の方向を精密に制御・管理し、画像から目視によって特徴的な構造を同定する方法では、雲の体積を求めるような精度の高い面的な情報を得ることは難しかった。また衛星観測でも、複数衛星による試みなどが報告されてきたが、台風の目や個々の積乱雲を捉えられる高解像度モデルは作られていない。申請者は、近年発達の目覚ましい、3-4 点以上の複数の視点からの撮像データを用いて立体構造を推定する手法に着目し、それを本格的に雲計測に応用する試みを初めて行なった。

2018 年 9 月の台風 Trami では、目の上空を通過する航空機から撮影された連続画像を解析した。その結果、目の内側に階段上の構造があることを世界で初めて発見した。その結果を、静止軌道上にある気象衛星（ひまわり 8 号）の熱赤外画像を用いて推定した雲頂高度と比較し、熱赤外画像による方法では高度を正しく推定できないことを示した。2020 年 9 月の台風 Maysak では、フィリピンの DIWATA-2 衛星を用いたオンディマンド運用で得られた連続撮像データから、台風中心付近の立体構造を衛星観測としては最も高い空間解像度で推定することに成功した。これまでは、衛星から試みられた台風の立体観測の報告は数例であり、また台風中心部の詳細構造を捉えるには空間解像度は十分ではなかった。今回の結果は、衛星のカメラの視野を意図的に制御して対象に向けた連続撮影を行うことで、これまでにない有効な情報が得られることを証明した。地上観測では、東京および北海道において、数 100m 間隔で５台のカメラを約 100-200 m ごとに設置し、超小型衛星との同時観測キャンペーンを計 5 回企画、実施した。その結果、衛星との同時観測に成功し、また積乱雲側面の凹凸の 10m スケ

ールの立体構造の推定を世界で初めて行い、静止軌道気象衛星の画像や防災科研の運用するKaバンドレーダーのデータとの比較を行なった。地上カメラによって得られた雲側面の立体構造は、先端的なレーダーによる観測と比較しても、時間分解能と空間分解能の両面で優れるものである。以上の成果は、学術的観点から気象学上の全く新しい知見をもたらしただけでなく、将来の台風やゲリラ豪雨、線状降水帯などの極端気象の予測技術に大きな進歩をもたらし、フィリピンなどの東南アジアだけでなく、温暖化の影響で被害が増大すると予想される日本にとっても大きな効果を期待されるものである。申請者のもたらした成果は、質・量ともに、博士号に求められる水準を十分に上回るものと判断する。以上を鑑み、本論文は、北海道大学博士（理学）の学位授与に値するものと認める。