

令和 3 年 4 月 30 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2020

課題番号：19K22021

研究課題名(和文)地上及び超小型衛星からの撮像に基づく積乱雲3次元構造の精密計測

研究課題名(英文)3-D structure of thundercloud estimated by imaging on the ground and from micro-satellite

研究代表者

高橋 幸弘 (TAKAHASHI, YUKIHIRO)

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：50236329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：衛星及び地上の複数の観測点から雲撮像を、3Dモデル作成ソフトウェアを使うことで、雲の立体構造を高解像度で提供する手法の確立を目的とした。研究期間中に、同グループが独自運用する衛星と地上からの観測キャンペーンを実施し、同時画像を取得することに成功した。ただし、COVID-19の影響で衛星運用、地上観測ともその機会が著しく限定されたため、解析に適した積乱雲を捉えることはできなかった。一方、過去に取得された衛星、航空機、地上での観測で得られたデータもあわせて3D解析を行い、台風の目の内部や積乱雲について、世界最高精度での雲構造推定に成功した。また、全自動地上撮影システムを開発を完了した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

積乱雲や台風など極端気象の予測は今もって困難であり、その大きな要因のひとつが、雲の3次元構造を高精度・高頻度で推定できないことにある。本研究では、本グループが独自に開発・運用する超小型衛星と、地上に配置されたステレオカメラで得られた画像に対し、近年機能向上が著しい3D解析を用いることで、世界最高精度での雲の立体画像作成に成功した。これにより、台風強度の高精度推定や発達メカニズムの解明、積乱雲がもたらす豪雨予測に、観測の観点から道筋をつけることができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose was to establish a method for providing a three-dimensional structure of clouds with high resolution by using 3D model software for cloud imaging from satellites and multiple observation sites on the ground. During the research period, we carried out observation campaigns both from the satellite and the ground, and succeeded in acquiring simultaneous images. However, due to the COVID-19, the opportunities for both satellite operation and ground observation were significantly limited, so it was not possible to capture cumulonimbus clouds suitable for analysis. On the other hand, we performed 3D analysis of the data obtained from the satellite, aircraft, and ground observations acquired in the research period and past, and succeeded in estimating the 3D cloud structure inside the eye of the typhoon and cumulonimbus clouds with the highest resolution in the world. We have also completed the development of a fully automatic ground photography system.

研究分野：地球惑星科学、リモートセンシング

キーワード：積乱雲 台風 立体構造 超小型衛星 地上観測

1. 研究開始当初の背景

2018年の西日本豪雨や度重なる台風による広域の甚大な災害は、我々の気象災害に対する認識と覚悟を根底から問い直すものとなった。東南アジアに目を向ければ、台風の直撃を受けるフィリピン、バングラデシュ、ミャンマーでは1つの台風が千人から十万人規模の犠牲者を出すことさえある。また個々のゲリラ豪雨も人々の日常生活を奪い都市機能を麻痺させる、重大な災害である。台風や前線、ゲリラ豪雨の短期予測ができれば、被害を大幅に縮小する可能性が広がることは論を待たないが、現状ではその予測は極めて困難とされる。その最も大きな理由は、こうした極端気象現象は、少なくとも初期段階では時間スケールが短く、空間的にも限定された積乱雲の発達など、極めて規模の小さな、しかし強力な局所的な気象現象によって駆動される。そのため、そうした兆候を捉えるための観測が、通常の気象観測の常識を超える高空間時間分解能を必要とするからである。積乱雲は、台風の発達にも深く関連していることが分かっている。その個々の対流セルの水平スケールは、多くの場合5-10kmと小規模であるため、これまでの気象観測手段のみでは、正確な把握が難しい。通常の気象レーダー(Cバンド)は解像度が1-2kmと不十分であり、XバンドレーダーやKaバンドレーダーは解像度を要求を満たすが、豪雨があるとその先が見通せなくなる弱点があり、得られる雲画像の解像度、計測範囲、装置の安定度、価格などの面から実用的な運用までは課題が山積している。また、気象衛星による観測も、最新鋭のひまわり8号でも解像度は500mから2kmで積乱雲観測に必ずしも十分とは言えず、解像度の高い低軌道衛星は観測頻度が不十分である(1-2回/日)。

2. 研究の目的

本研究では、近年一般にも普及が進んでいる3Dモデル作成ソフトウェアを使うことで、衛星及び地上の複数の観測点から雲撮像を行い、それらから雲の高解像度3Dモデルを連続的に提供する手法の確立を目的とする。申請者らによる初期的な試験観測の結果から、地上では数km先の雲に対して10m程度、人工衛星からの計測でも10-100m程度の解像度で、静止気象衛星の観測と整合する3Dモデルが作成できることを確認している。特に衛星によるこうした精密測定は、世界的に例がない。この結果は、最先端のKaバンドレーダーと同等かそれ以上の精度で、雲の輪郭を把握できる可能性を意味する。これまでの殆ど衛星観測は、静止軌道あるいは真上からの固定角度での撮像であり、ステレオ撮影ができない。本研究では、稼働している申請者グループが独自開発した超小型衛星を用い、対象物に視野方向を固定したまま数秒以内に複数回撮像するターゲットポインティング撮像を実施することで、雲上面の立体構造の高精度計測を実現する。

3. 研究の方法

本研究では、地上カメラ観測網の構築とそれを用いた観測、及び本グループが独自開発、運用している超小型衛星を用いて、特定領域のターゲットポインティングによる観測を実施し、それぞれのデータから雲の3Dモデルを作成する手法を確立する。最終的には、地上及び衛星から同じ積乱雲を同時観測することで、雲の下端から上端までをカバーする雲全体の精密モデルの作成を試みる。さらにそれらを用いた積乱雲の3次元的な発達速度を推定し、それを降雨量などの気象データと比較し、定量的な関係を明らかにする道筋をつける。

4. 研究成果

研究期間中に、同グループが独自運用する衛星と地上からの観測キャンペーンを実施し、同時画像を取得することに成功した。このように能動的に特定地域の雲を衛星と地上から同時に撮影する試み自体が世界で初めてのものであり、その技術的実証に至ったことは大きな成果と考える。ただし、COVID-19の影響で衛星運用、地上観測ともその機会が著しく限定されたため、解析に適した積乱雲を捉えることはできなかった。一方、過去に取得された衛星、航空機、地上での観測で得られたデータもあわせて3D解析を行い、台風の目の内部や積乱雲について、世界最高精度での雲構造推定に成功した。具体的には、人工衛星画像からは100m以下、航空機及び地上からは数10m以下の高解像度3Dモデルの構築に成功した。その結果、台風の目の中の階段状の構造を初めて定量的な形で捉えることや、台風中心部に至るスパイラルの3次元構造、積乱雲の側面構造などを世界で初めて把握することに成功した(これらの結果は現在Nature関連など著名雑誌への投稿を準備している)。

さらに、3回の地上-衛星観測キャンペーンにおける、手動による複数カメラ観測の経験に基づき、5台のカメラを同期させる全自動地上撮影システムを開発を行い、試験観測を完了、実用性を確認した。

積乱雲や台風など極端気象の予測は今もって困難であり、その大きな要因のひとつが、雲の3次元構造を高精度・高頻度で推定できないことにある。本研究では、本グループが独自に開発・

運用する超小型衛星と、地上に配置されたステレオカメラで得られた画像に対し、近年機能向上が著しい3D解析を用いることで、世界最高精度での雲の立体画像作成に成功した。これにより、台風強度の高精度推定や発達メカニズムの解明、積乱雲がもたらす豪雨予測に、観測の観点から道筋をつけることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ellison Castro, Tetsuro Ishida, Yukihiro Takahashi, Hisayuki Kubota, Gay Jane Perez & Joel S. Marciano Jr	4. 巻 10
2. 論文標題 Determination of Cloud-top Height through Three-dimensional Cloud Reconstruction using DIWATA-1 Data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-64274-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 高橋幸弘
2. 発表標題 超小型衛星搭載スペクトル撮像装置による地球監視
3. 学会等名 日本光学会, OPJ シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison C. Castro, Loren Joy Estrebilllo, Purwadi, Meryl Algodon, Gay Jane P Perez, Joel Joseph Marciano, Jun Matsumoto, Jun-Ichi Hamada, Kazuhisa Tsuboki and Hiroyuki Yamada
2. 発表標題 Development of observation system for typhoon and thunderstorms with micro-satellites and ground-based lightning network
3. 学会等名 AGU Fall meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebilllo, Purwadi, Kazuhisa Tsuboki, Hiroyuki Yamada
2. 発表標題 Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms using micro-satellites and ground-based lightning networks
3. 学会等名 2019 AOGS（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------