

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03742

研究課題名(和文) 積乱雲発生期・発達初期の二重偏波雲レーダー観測

研究課題名(英文) Polarimetric radar observation for early developing stage of cumulonimbus clouds

研究代表者

大東 忠保 (Ohigashi, Tadayasu)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主幹研究員

研究者番号：80464155

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：夏季に数多く発生する積雲の中から強雨をもたらす積乱雲が発生する過程はよくわかっていない。そこで、雲の3次元分布を観測できる二重偏波雲レーダーを用いて、発生期・発達初期の観測を行った。晴天エコーと雲・降水エコーを識別する方法を開発したのち、ほぼ同じ時間・場所で発生した発達度の異なる2つのエコー域を比較した。発達したエコー域は、内部のエコー極大域の数が多く、発達初期から水平スケールが大きかった。水平スケールが大きいことで、雲外部との混合が起こりにくく、発達が阻害されにくくなることと推測された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

夏季に強雨をもたらす積乱雲の発生場所・時間を前もって予測することは難しい。本研究では夏季に数多く発生する積雲の中から強雨をもたらす積乱雲に発達する一つの過程が明らかにされた。このことは、発達する雲と発達しない雲の違いを明らかにし、強雨の直前予測に寄与することが期待できる。また、レーダーの偏波機能を利用して、目的としない晴天エコー域を識別し、晴天エコーと雲・降水エコーが混在する中から目的とする雲・降水エコーを抽出する方法を示した。

研究成果の概要(英文)：The development process of cumulonimbus clouds causing heavy rainfall from among numerous cumulus clouds in summer is not well understood. Therefore, we conducted observations of the generation and early development stage of cumulonimbus using polarimetric cloud radars, which can observe the three-dimensional distribution of clouds. After developing a method to distinguish cloud/precipitation echoes from clear-air echoes, we compared two echo areas with different degrees of development that occurred at approximately the same time and location. The developed echo area had a larger number of internal echo maxima and a larger horizontal scale from the early stage of development. It was inferred that the larger horizontal scale prevented mixing with the outside of clouds, and thus development was less likely to be inhibited.

研究分野：気象学

キーワード：積乱雲 雲レーダー 偏波レーダー 雲発生 晴天エコー

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

夏季には強い日射によって地面が温められ、その地面に加熱された大気中に対流が起こり、積乱雲が形成される。夏季に発生する積乱雲は、その発生機構が十分にわかっておらず、時間と場所を正確に特定した予測が難しいため、予想外の場所や時間において強雨がもたらされる。このような天気急変によって、小河川の急激な増水や地下への流入が起こり、過去には死者が出るなどの事故が起こっている。地面からの加熱によって降水を伴わない積雲は比較的たくさん生じるが、その中から強雨をもたらす積乱雲が発生するメカニズムは、研究開始当初よくわかっていなかった。

この積雲から積乱雲への遷移時、積乱雲の発生期・初期発達期には、雲内部においてそれほど大きな粒子が形成されていないため、広く使用されている X 帯、C 帯、S 帯を用いる降水レーダーでは観測することが難しい。そこで、波長の短いミリメートルオーダーの波長帯のレーダーを使用することによってそのような小さな粒の状態から観測することが必要となる。当時、世界に存在するミリ波レーダーはそのほとんどが雲の気候学的特徴を明らかにするために製作されており、そういった雲レーダーは鉛直上方のみを観測するものであった。しかしながら、夏季の積乱雲はどこで発生するかわからないため鉛直観測レーダーでは観測が不十分であった。

2016年に防災科学技術研究所(防災科研)にはミリ波帯の一つである Ka 帯の雲レーダーが5台導入された。この雲レーダーは水平(PPI)走査、および鉛直(RHI)走査可能なレーダーであった。雲レーダーの観測範囲は広くなく、感度を得るためには観測時間がかかるが、複数台のレーダーの観測範囲をオーバーラップさせて設置することによって、これらの弱点を克服することが可能になる。研究開始当初には、これらの走査型雲レーダーを使用することによって、積乱雲の発生期・発達初期の観測し、その特徴を明らかにするための準備が整えられてきていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、積乱雲の発生期・発達初期を観測することによって、積雲・積乱雲の遷移過程を明らかにすることを目的とした。このことによって、積雲から積乱雲が形成されるために必要なメカニズムが解明され、発達する積乱雲の早期探知に寄与することが可能となる。この目的のため、防災科研が所有する複数台の走査型 Ka 帯雲レーダーを用いて観測を行うとともに、タイムラプスカメラを用いたさらに時空間分解能の高い観測を実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 雲レーダー観測

防災科研では Ka 帯(波長 8.6mm)の雲レーダー5台を関東圏に設置し観測を行っている(図1)。走査可能なタイプで観測範囲は 30km である。5台のうち3台は二重偏波機能を有している。通常時は、水平(PPI)走査、鉛直(RHI)走査を組み合わせ合わせて観測を行っており、このデータを使い晴天時に現れる晴天エコーを雲・降水エコーと区別するための研究を実施した。

積乱雲の観測においては、その変動が早いことからなるべく早い時間間隔で観測を実施する必要がある。そこで、東京都大田区(Ka2)、東京都西東京市(Ka4)、千葉県松戸市(Ka5)の3台の雲レーダーを用い、3台の観測範囲が重なる限定された方位について、観測の方位範囲を限定して走査を行うセクターキャン観測を実施した。同観測では1分間モードでは各レーダー4仰角(3台で12仰角)、2分間モードでは各レーダー8仰角(3台で24仰角)で観測を行い、データを取得した。

#### (2) タイムラプスカメラ観測

Ka 帯の雲レーダーでは、通常  $10\mu\text{m}$  程度の粒径をもつ液相の雲については観測が難しい場合が多い。また、レーダー観

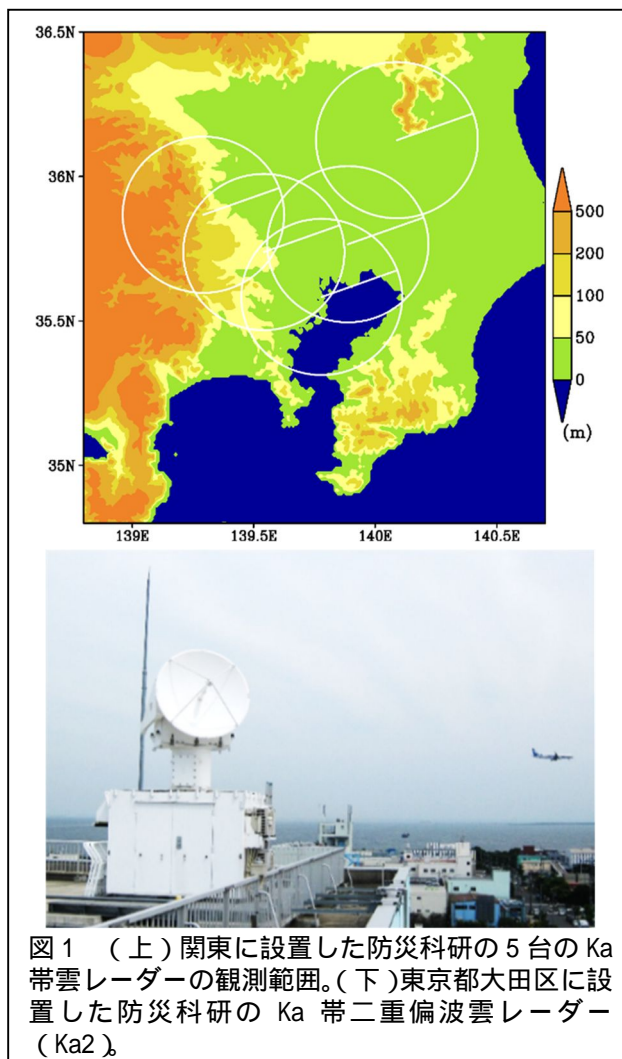


図1 (上) 関東に設置した防災科研の5台の Ka 帯雲レーダーの観測範囲。(下) 東京都大田区に設置した防災科研の Ka 帯二重偏波雲レーダー (Ka2)。

測の項目で説明したとおり、フェーズドアレイ型でない通常の走査型レーダーでは 3 次元観測に一定の時間を必要とする。したがって、高い時間分解能で変動する積乱雲の構造を把握するためにタイムラプスカメラによる観測を行った。タイムラプスカメラは雲レーダー (Ka2, Ka4, Ka5) と同じ場所に設置し、30 秒間隔で観測を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 二重偏波雲レーダーによって観測された晴天エコーと雲・降水エコーの識別

雲レーダーの観測において、晴天日、雲・降水が存在しないような状況においても、エコーが観測されることがある。このエコーは晴天エコーと呼ばれる。晴天エコーの原因となる電波の反射体には大きく 2 つの原因が知られている。1 つ目は大気中に存在する乱流からの反射であり、これはブラッグ散乱によっている。ブラッグ散乱は波長が長いほど強い傾向があり、諸外国の降水観測レーダーとして広く使用されている S 帯 (波長 10cm) のレーダーの観測事例が多い。もう一つは、動物由来のエコーである。昆虫や鳥、コウモリなどからの反射である。

観測の結果、観測された晴天エコーの偏波パラメータ (図 2a-c) は、ブラッグ散乱で想定される最大の反射強度よりも強い部分が主で、ZDR が 0 ではなく  $h\nu$  が低かった。これらのことから、観測された晴天エコーはブラッグ散乱ではない。一方で、過去の動物由来のエコーとよく一致した。エコーは観測範囲に一面に現れることが多く、移動性ではなかったことから、鳥やコウモリではないと考えられた。これらのことから、観測された晴天エコーは昆虫由来によるものと結論される。

この晴天エコーの偏波パラメータの特徴を、雲降水エコー (図 2d-f) と比較したところ分布が異なっていた。特に ZDR と  $h\nu$  の違いが明瞭であり、偏波パラメータを用いた識別が可能であることがわかった。Kilambi et al. (2018) などが導入した ZDR と  $h\nu$  を用いて定義される偏波抑圧比 (DR) を使用すると、DR=-12dB のしきい値によって両者が比較的良好に区別できることがわかった。すなわち DR<-12dB の時、観測されたエコーは雲・降水エコーとして識別することができる。

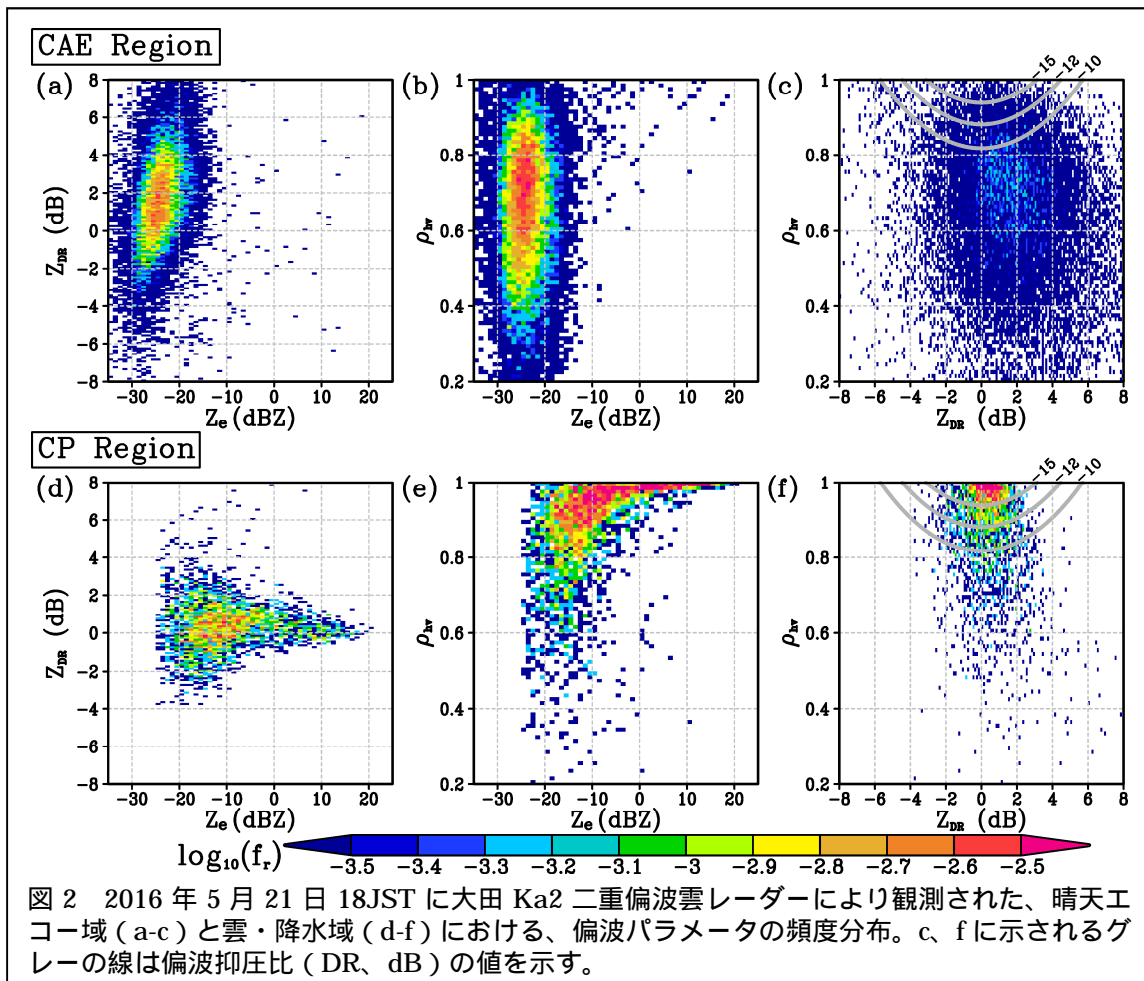


図 2 2016 年 5 月 21 日 18JST に大田 Ka2 二重偏波雲レーダーにより観測された、晴天エコー域 (a-c) と雲・降水域 (d-f) における、偏波パラメータの頻度分布。c、f に示されるグレーの線は偏波抑圧比 (DR、dB) の値を示す。

##### (2) 雲レーダーによる積乱雲発生期・発達初期の観測

2018 年の夏季に行った 1 分間隔のセクター PPI スキャンによる観測によって、8 月 3 日に非常に近い時間と場所で起こった 2 つのエコーが観測された。国土交通省の XRAIN による降水強度において、一連のエコーの時間最大値をとると、一方は  $1.1 \text{ mm h}^{-1}$  であったがもう一方は  $64.1 \text{ mm h}^{-1}$  であった。この発達しなかったエコーと発達したエコーの違いを調べた。



当日の、全球再解析 JRA-55 の8月3日 15JSTの地上付近では、日本列島に沿って弱い気圧の谷となっている。500hPa には寒冷渦は見られず寒気は強くなかった。したがって、日射によっていくつかの降水エコーが形成されたが、関東一帯で降水エコーが見られるような状況ではなかった。気象庁メソ客観解析の950hPaの09JSTと15JSTを比較すると比湿にはほとんど変化がなかったが、内陸を中心に気温が上昇し、対象のエコーが発生した付近では4 ほど昇温していた。これは日射に伴う境界層の発達に伴うものと考えられる。15JSTに、東京湾のすぐ北から西に伸びる収束線が形成されており、その収束線付近でいくつかの降水エコー夜にかけて形成された。

図3に14:30JST過ぎから上記の収束線付近で形成された降水域を3台の雲レーダーによるセクターPPI スキャン観測によって観測した。図3の上図は比較的発達しなかったエコーの、下図は比較的発達したエコーのレーダー反射強度の最大値を水平面上に投影させたものである。発達しなかったエコーも発達したエコーも、エコー内部には複数のエコーの極大域が見られる。これらの水平スケールは両者とも同程度で2~3kmあった。発達したエコーは発達しなかった

エコーと比べて、内部のエコー極大域の数が多くなっていた。その結果、発達したエコーの方の水平スケールが大きくなっていた。発達したエコーの時間発展をみると、極大域のエコーが内部で形成されるとともに、近接して発生したエコーとの合流が起こることによってエコー面積が大きくなっていた。

エコーの水平スケールが大きいことは、以下の点で雲の発達に有利と考えられる。対流雲が発達する際、雲の側面と上面は雲の外部の乾いた空気と接しており、乾いた空気を雲内に取り込みながら発達する。乾いた空気を取り込みによって、雲の一部は未飽和状態となり雲の蒸発が起こり空気を冷却するために浮力が小さくなる。エコーの水平スケールが大きくなるほど、雲域全体の体積と、上面と側面を合わせた面積の比は大きくなる。このことにより、雲が雲外部の乾燥空気と混合し雲の消失するためにかかる時間が長くなる。すなわち、水平スケールが大きいほど、浮力を失いにくくなり、発達が阻害されにくくなるのではないかと考えられる。また、水平スケールが大きい場合は、エコーの中央付近で生じた上昇流は周囲に雲があるために上部境界以外には乾燥空気とふれ合うことがない。このため、水平スケールの大きなエコーの中央付近で生じた上昇流は本来もつ発達のポテンシャルをあまり失うことなく発達することができる。したがって、一定程度水平スケールの大きなエコー域をもつことが、積乱雲が発達する要素の一つであると考えることができる。

### (3) タイムラプスカメラによる積乱雲発生期・発達初期の観測

積乱雲の微細構造とその詳細な時間変化を明らかにするために、タイムラプスカメラによる観測を行った。2020年8月11日に、大田(Ka2)雲レーダーサイトに設置したタイムラプスカメラによって、孤立した積乱雲の発生・発達過程を観測することができた。図4に14:10JSTから20分ごとの北の方角の雲画像を示す。12:30JSTすぎから徐々に上方に発達した雲は、13:50JST

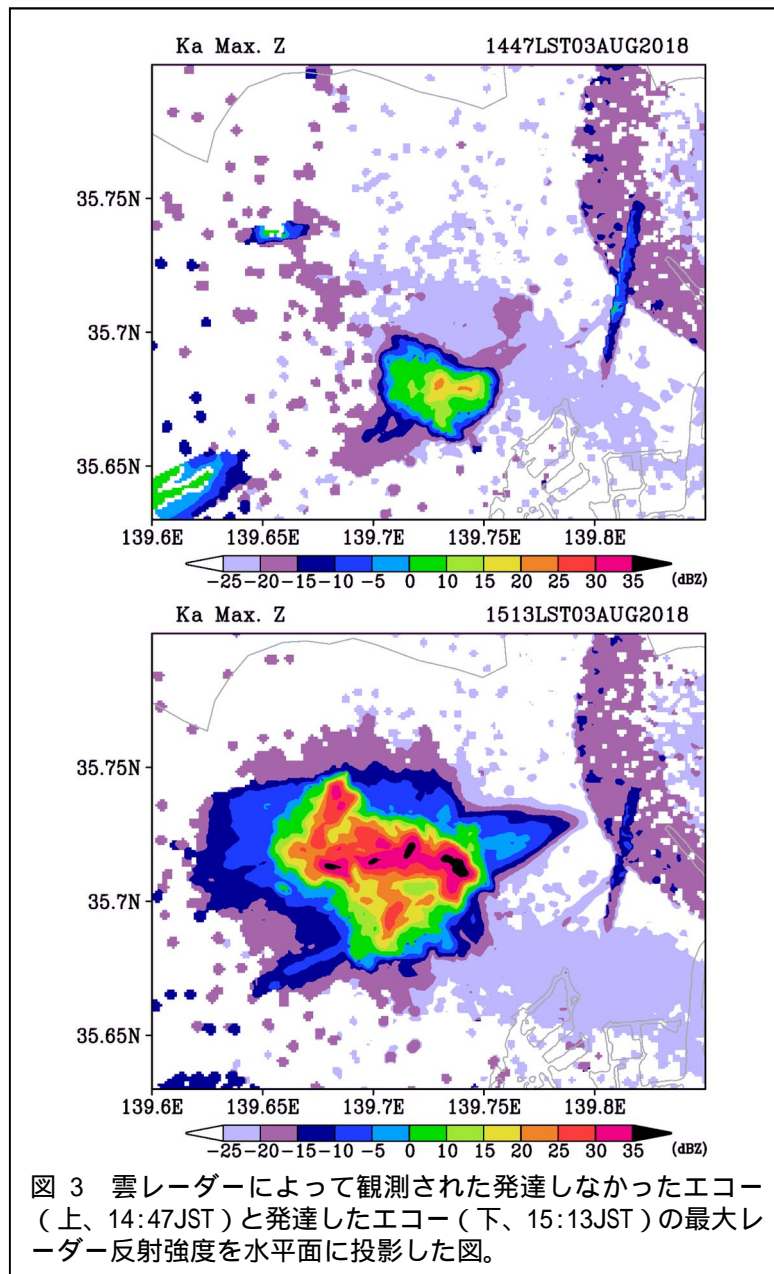


図3 雲レーダーによって観測された発達しなかったエコー（上、14:47JST）と発達したエコー（下、15:13JST）の最大レーダー反射強度を水平面に投影した図。

頃までにピーク高度に達したあと、一度衰退を始めた。14:10JST(一番上)の画像は、その直後でありピークの時よりも上端の雲の高度は低くなっている。

一方、14:30JST(上から2番目)の画像では、再度下方から雲の発達を確認されその後の時間にかけて雲は積乱雲へと発達し、14:50JST(上から3番目)や15:10JST(一番下)ではアンビルが水平方向に広がっている。アンビルは、上方に発達した対流が対流圏界面付近に達し、それ以上上方に発達できないために水平方向に広がったものであり、発達した積乱雲が形成されていることを示している。

30秒毎に観測された画像の動画を確認すると、積乱雲の水平スケールよりも小さなスケールの上昇流に対応した雲が上方に少し伸びては衰退することを繰り返していた。積乱雲スケールよりも小さなスケールの上昇流が発達する位置は、衰退したものと全く同じ場所ではなく水平方向に少しずれた場所であった。このようなプロセスの結果、最終的に積乱雲が形成されていたことがわかった。

この発達過程は以下のように解釈される。晴天日の温かい地面付近の空気は上昇し雲を形成する。この中を次の上昇流が上っていき、既存の雲よりも上方に伸びていく段階においては、雲の無い比較的乾燥した空気と上昇流が混ざりあう。その結果、上昇流は周囲の乾燥した空気を取り込み、不飽和状態となり、雲は蒸発して冷却される。また、周囲の空気は相対的に気温が小さいためこれを取り込むことでも気温が下がる。これらのことによって、上昇流は浮力を失う。一方で、蒸発した雲はその高度を加湿する。上昇流がたびたび形成されることによって、下層から徐々に湿った層が上方に伸びていく。そして、上昇流が阻害されにくい環境が形成され、最終的に積乱雲が形成されると考えられる。

このような、雲の微細構造とその詳細な時間発展については、観測がまだ不十分であるとともに、高空間解像度の雲モデルを用いた研究も必要とされる。

#### <引用文献>

Kilambi, A., F. Fabry, and V. Meunier, 2018: A simple and effective method for separating meteorological from nonmeteorological targets using dual-polarization data. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **35**, 1415-1424.



図4 2020年8月11日、大田(Ka2)雲レーダーサイトに設置したタイムラプスカメラによって観測された積乱雲の発達過程。時間は14:10JSTから20分ごとで、北の方角を撮影している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tadayasu OHIGASHI, Takeshi MAESAKA, Shin-ichi SUZUKI, Yukari SHUSSE, Namiko SAKURAI, and Koyuru IWANAMI	4. 巻 99
2. 論文標題 Clear-Air Echoes Observed by Ka-band Polarimetric Cloud Radar: A Case Study on Insect Echoes in the Tokyo Metropolitan Area, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 101-112
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/jmsj.2021-006	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 -
1. 著者名 中北英一・新保友啓・大東忠保・山口弘誠	4. 巻 62B
2. 論文標題 Kaバンド雲レーダー等のマルチセンサーで捉えた積乱雲の生成・発達過程	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 京都大学防災研究所年報	6. 最初と最後の頁 399-431
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 大東忠保・中北英一・山口弘誠・坪木和久	4. 巻 61B
2. 論文標題 夏季積乱雲発達初期の雲レーダー観測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都大学防災研究所年報	6. 最初と最後の頁 555-571
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 中北英一・新保友啓・佐藤悠人・山口弘誠・大東忠保	4. 巻 74
2. 論文標題 Kaバンドレーダーを利用した積乱雲生成段階に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	6. 最初と最後の頁 55-60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Ohigashi, T., T. Maesaka, S. Suzuki, Y. Shusse, N. Sakurai, and K. Iwanami
2. 発表標題 Clear-air echoes observed by Ka-band polarimetric cloud radar: A case study
3. 学会等名 2021 Joint Workshop on Weather Radar between WRC and NIED (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohigashi, T., T. Maesaka, S. Suzuki, Y. Shusse, and N. Sakurai
2. 発表標題 Comparison between developed and non-developed summer convective clouds in the Tokyo metropolitan area observed by scanning cloud radars
3. 学会等名 International Conference on Clouds and Precipitation 2021 (ICCP2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前坂 剛・大東忠保・岩波 越・鈴木真一・出世ゆかり・櫻井南海子・木枝香織・清水慎吾・宇治 靖・高橋暢宏・花土 弘・中川勝広・牛尾知雄
2. 発表標題 マルチセンシング観測による積雲から積乱雲への成長過程
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前坂 剛・大東忠保・岩波 越・鈴木真一・出世ゆかり・櫻井南海子
2. 発表標題 Kaバンド雲レーダーによる霧の観測
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大東忠保・三隅良平・飯塚 聡・鈴木真一・前坂 剛・出世ゆかり・櫻井南海子・下瀬健一・栃本英伍・清水慎吾・岩波 越
2. 発表標題 2020年7月3日 - 4日熊本県南部における豪雨のメソスケール環境場と雲発達過程
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前坂 剛・大東忠保・岩波 越・鈴木真一・櫻井南海子・出世ゆかり・木枝香織・清水慎吾・宇治 靖・高橋暢宏・花土 弘・中川勝広・牛尾知雄
2. 発表標題 マルチセンシング観測による積雲から積乱雲への成長過程
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前坂 剛・大東忠保・岩波 越・鈴木真一・出世ゆかり・櫻井南海子
2. 発表標題 積乱雲発生の早期検知のための雲レーダーネットワーク
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohigashi, T., T. Maesaka, S. Suzuki, Y. Shusse, and N. Sakurai
2. 発表標題 Ka-band scanning cloud radar observations for early stage of summer convective clouds developed in Kanto, Japan
3. 学会等名 27th IUGG General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Ohigashi, T., T. Maesaka, S. Suzuki, Y. Shusse, and N. Sakurai
2. 発表標題 Clear-air echoes observed by Ka-band scanning polarimetric cloud radars
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maesaka, M., T. Ohigashi, K. Iwanami, S. Suzuki, Y. Shusse, N. Sakurai, K. Kieda, S. Shimizu, Y. Uji, N. Takahashi, H. Hanado, K. Nakagawa, T. Ushio
2. 発表標題 Multi-sensor observation of evolution from cumulus to cumulonimbus in Tokyo metropolitan area
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kato, R., S. Shimizu, T. Ohigashi, T. Maesaka, and K. Iwanami
2. 発表標題 Assimilation impact of cloud radar on quantitative precipitation forecast for localized heavy rainfall: Evidence from water vapor nudging data assimilation experiments
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大東忠保・前坂 剛・鈴木真一・出世ゆかり・櫻井南海子
2. 発表標題 複数の雲レーダーを用いた夏季積乱雲発達初期の高時間分解能観測
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤亮平・清水慎吾・大東忠保・前坂 剛・岩波 越
2. 発表標題 局地的大雨予測に対する雲レーダー同化インパクト：水蒸気ナッジングデータ同化実験
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohigashi, T., R. Misumi, and T. Maesaka
2. 発表標題 Cloud observation in the Tokyo metropolitan area using scanning Ka-band radars
3. 学会等名 8th International EarthCARE Science Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀧藤丈晴・上田 博・大東忠保・坪木和久
2. 発表標題 Xバンド偏波レーダーを用いた夏季雷雲内部の降水粒子分布観測
3. 学会等名 第49回メソ気象研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村崎あつみ・篠田太郎・大東忠保・鈴木賢士・山口弘誠・山田広幸・川村誠治・坪木和久・中北英一
2. 発表標題 Ka 帯レーダーで検出されなかった層積雲の粒径分布の特徴
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Niibo, T., E. Nakakita, K. Yamaguchi, T. Ohigashi, T. Shinoda, and K. Tsuboki
2. 発表標題 Cloud development analysis based on Ka-band radar and multi-sensor observation
3. 学会等名 AOGS 15th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Murasaki, A, T. Shinoda, T. Ohigashi, K. Suzuki, K. Yamaguchi, H. Yamada, S. Kawamura, K. Tsuboki, and E. Nakakita
2. 発表標題 Characteristics of particle size distributions of a stratocumulus cloud undetected by a Ka-band radar
3. 学会等名 AOGS 15th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大東忠保・前坂 剛・鈴木真一・出世ゆかり・櫻井南海子
2. 発表標題 Ka帯偏波雲レーダーによって観測される晴天エコー
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohigashi, T., T. Maesaka, S. Suzuki, Y. Shusse, and N. Sakurai
2. 発表標題 Ka-band scanning polarimetric radar observations of clear-air echoes
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中北英一・新保友啓・大東忠保・山口弘誠
2. 発表標題 Ka バンド雲レーダー等のマルチセンサーで捉えた積乱雲の生成・発達過程
3. 学会等名 平成30年度防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Murasaki, A, T. Shinoda, T. Ohigashi, K. Suzuki, K. Yamaguchi, H. Yamada, S. Kawamura, K. Tsuboki, and E. Nakakita
2. 発表標題 Droplet size distributions of a stratocumulus cloud undetected by a Ka-band radar in the Okinawa region
3. 学会等名 The 13th Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia (ICMCS-XIII) (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
---------	---------