

Title	エアロゾルを考慮した積乱雲の形成理論の構築：定性的だった理論の定式化
Sub Title	Theory on formation of moist convection with effects of aerosol
Author	宮本, 佳明(Miyamoto, Yoshiaki)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2021
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2020.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>夏の夕立や集中豪雨の原因である積乱雲は、非常に強い上昇流を伴う雲である。これまでの理論では、積乱雲は次のように成長すると考えられている。水滴（雲粒）形成して空気が温められると、軽くなり浮力が生じて空気が上昇する。上層では気温が低いため、さらに水蒸気が凝結し気温が上がり、もっと上昇する。このように水の相変化と空気の流れの間に正のフィードバックが働くことが重要である。</p> <p>ここで、雲粒が形成する時には、核となる物質（エアロゾル：大気に浮遊する微粒子）が必要である。近年の研究から、エアロゾルの数が変わると雲の構造が変化することが分かってきた（例：Miyamoto et al. 2020）。しかし、エアロゾルの影響は複雑で系統的な理論が存在しない。そこで、本研究ではエアロゾルの影響のエッセンスを取り出した定式化し、積乱雲の形成理論を再構築することを目的とする。</p> <p>まず古典理論の通り、空気塊が鉛直方向に断熱的に変化する過程を考え、塊の中にこれまで考えて来られなかったエアロゾルが一定数存在する系を考えた。想定する基本的なメカニズムは古典理論の通りであるが、形成する水滴の数がエアロゾルの数濃度に依存する。これを記述する空気の運動の式、水蒸気・エアロゾル数の変化式を構築した。</p> <p>次にシミュレーションを行ったところ、エアロゾル数が少ない時は凝結量、つまり大気に加熱量が減り、さらにエアロゾル数が少ない時には、積乱雲が形成することもできなくなることが示された。そこで、構築した理論式を線形化し、エアロゾル数が変化した時の系の安定性を調べた。その結果、エアロゾル数が十分に無いと上述の正のフィードバックが働くほどの凝結量が得られないことが示された。つまり本研究の結果、エアロゾルの効果を加味した積乱雲の理論モデルを構築でき、積乱雲が生じるためにはエアロゾルが一定数必要であることが分かった。一連の結果を論文としてまとめ投稿中である。</p> <p>Cumulus is a deep convective cloud that causes heavy precipitation, which accompanies a strong updraft produced by condensation heating. In classic theory, the formation of cumulus convection forms as a result of positive feedback between condensation of water vapor and vertical motion. To occur condensation, aerosols, small particles in the atmosphere, are needed as cloud condensation nuclei (CCN). Recent studies have found that intensity and structure of cumulus convection are sensitive to number of aerosol (e.g., Miyamoto et al. 2020). However, the effects of aerosol on cumulus are not formulated due to the complexity. Here we develop a theoretical model incorporating the effects of aerosol on cumulus convection.</p> <p>First, we consider an air parcel that vertically moves adiabatically as in the classic theory. We added the effects of aerosol in an air parcel. In this theory, the basic mechanism is similar to that of classic theory, but the microphysical quantities such as number of droplets and degree of supersaturation depend on the number of aerosol.</p> <p>Second, we conduct a set of numerical simulation. When the number of aerosol is less, the amount of diabatic heating is small. Furthermore, when the aerosol number is not many enough, moist convection does not form. Then, the equations developed in this study are linearized and the linear stability of the system is examined. It is found that when the number of aerosol is not many enough, the diabatic heating is not large enough to produce the positive feedback.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2020000008-20200173

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	環境情報学部	職名	専任講師(有期)	補助額	300 (A) 千円
	氏名	宮本 佳明	氏名 (英語)	Yoshiaki Miyamoto		
研究課題 (日本語)						
エアロゾルを考慮した積乱雲の形成理論の構築 一定性的だった理論の定式化—						
研究課題 (英訳)						
Theory on formation of moist convection with effects of aerosol						
1. 研究成果実績の概要						
<p>夏の夕立や集中豪雨の原因である積乱雲は、非常に強い上昇流を伴う雲である。これまでの理論では、積乱雲は次のように成長すると考えられている。水滴(雲粒)形成して空気が温められると、軽くなり浮力が生じて空気が上昇する。上層では気温が低いので、さらに水蒸気が凝結し気温が上がり、もっと上昇する。このように水の相変化と空気の流れの間に正のフィードバックが働くことが重要である。</p> <p>ここで、雲粒が形成する時には、核となる物質(エアロゾル:大気に浮遊する微粒子)が必要である。近年の研究から、エアロゾルの数が変わると雲の構造が変化することが分かってきた(例:Miyamoto et al. 2020)。しかし、エアロゾルの影響は複雑で系統的な理論が存在しない。そこで、本研究ではエアロゾルの影響のエッセンスを取り出した定式化し、積乱雲の形成理論を再構築することを目的とする。</p> <p>まず古典理論の通り、空気塊が鉛直方向に断熱的に変化する過程を考え、塊の中にこれまで考えて来られなかったエアロゾルが一定数存在する系を考えた。想定する基本的なメカニズムは古典理論の通りであるが、形成する水滴の数がエアロゾルの数濃度に依存する。これを記述する空気の運動の式、水蒸気・エアロゾル数の変化式を構築した。</p> <p>次にシミュレーションを行ったところ、エアロゾル数が少ない時は凝結量、つまり大気加熱量が減り、さらにエアロゾル数が少ない時には、積乱雲が形成することもできなくなることが示された。そこで、構築した理論式を線形化し、エアロゾル数が変化した時の系の安定性を調べた。その結果、エアロゾル数が十分に無いと上述の正のフィードバックが働くほどの凝結量が得られないことが示された。つまり本研究の結果、エアロゾルの効果を加味した積乱雲の理論モデルを構築でき、積乱雲が生じるためにはエアロゾルが一定数必要であることが分かった。一連の結果を論文としてまとめ投稿中である。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>Cumulus is a deep convective cloud that causes heavy precipitation, which accompanies a strong updraft produced by condensation heating. In classic theory, the formation of cumulus convection forms as a result of positive feedback between condensation of water vapor and vertical motion.</p> <p>To occur condensation, aerosols, small particles in the atmosphere, are needed as cloud condensation nuclei (CCN). Recent studies have found that intensity and structure of cumulus convection are sensitive to number of aerosol (e.g., Miyamoto et al. 2020). However, the effects of aerosol on cumulus are not formulated due to the complexity. Here we develop a theoretical model incorporating the effects of aerosol on cumulus convection.</p> <p>First, we consider an air parcel that vertically moves adiabatically as in the classic theory. We added the effects of aerosol in an air parcel. In this theory, the basic mechanism is similar to that of classic theory, but the microphysical quantities such as number of droplets and degree of supersaturation depend on the number of aerosol.</p> <p>Second, we conduct a set of numerical simulation. When the number of aerosol is less, the amount of diabatic heating is small. Furthermore, when the aerosol number is not many enough, moist convection does not form. Then, the equations developed in this study are linearized and the linear stability of the system is examined. It is found that when the number of aerosol is not many enough, the diabatic heating is not large enough to produce the positive feedback.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			