

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03744

研究課題名(和文) 梅雨前線帯の多重スケール階層構造に存在するスケール間相互作用の解明

研究課題名(英文) Investigation of interactions between various scale phenomena in the Baiu frontal zone

研究代表者

川野 哲也 (Kawano, Tetsuya)

九州大学・理学研究院・助教

研究者番号：30291511

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：梅雨前線帯の多重スケール階層構造に存在するスケール間相互作用を調査するため、大気再解析データの解析、理想化数値実験、現実場を用いた数値シミュレーションを実施した。スケール間相互作用が顕著に現れやすいと考えられる大雨事例において下層水蒸気の動向に着目し、その相互作用の理解を目指した。激しい積乱雲群の潜熱加熱によってメソスケール渦が発達し、それに伴って下層水蒸気輸送が強化され、新たな積乱雲群の発生・発達を促すというメカニズムが示唆された。また、それら積乱雲群は環境場を変調させ、それに呼応した維持過程が存在することも示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

渦位(非断熱加熱によって生成・消滅する渦を表す物理量)を用いて、梅雨前線帯の多重スケール階層構造に存在するスケール間相互作用を調査した。水蒸気が豊富な梅雨前線帯において活発な積乱雲群に伴う潜熱加熱によってメソスケール渦が生成され、その低気圧性循環はメソスケール渦前面の南からの水蒸気輸送を強化する。その結果、別の場所に活発な積乱雲群が発生・発達し、新たな大雨域が形成されるというメカニズムが存在していることが示された。

研究成果の概要(英文)：To investigate interactions between various scale phenomena that exist in the Baiu frontal zone, I conducted an analysis using atmospheric reanalysis data, idealized numerical experiments, and numerical simulations with realistic conditions. I focused on the transportation of low-level water vapor in the torrential rainfall cases because the interactions may appear clearly in such cases. A mesoscale vortex associated with latent heat release from active cumulonimbus enhances the northward transportation of low-level water vapor in front of the vortex. As a result, a new mesoscale convective system occurred and developed there. In addition, the convective system modulates the ambient conditions and is maintained in the modulated environment.

研究分野：気象学

キーワード：梅雨前線帯 スケール間相互作用 渦位

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 梅雨期の降水は、日本を含む東アジア域において生活用水・農業用水となる「恵みの雨」と、各地で甚大な被害をもたらす「豪雨」という二面性を持つため、気象学のみならず一般社会からの関心も高く、また防災・減災面からも重要な研究対象となってきた。

(2) 古くは、気象研究所によって実施された 1968～72 年の梅雨末期集中豪雨特別研究によって、梅雨前線帯の多くの特徴が明らかにされた。梅雨前線帯はその西部では大きな南北水蒸気傾度、一方東部では大きな南北温度傾度によって特徴づけられる構造をもつこと、また、梅雨前線帯には一般的な低気圧より小スケールのメソスケール(200～2000km 程度)低気圧が発生・発達すること、さらにそのメソスケール低気圧内部により小スケールのメソスケール(20～200km 程度)の対流システムが埋め込まれた構造になっていることなどが示された。その後、高性能化された気象レーダーによってメソスケール対流システム内の微細構造(個々の積乱雲の振る舞い)までも詳細に観測され、メソスケール対流システムの実態が明らかにされてきた。

(3) Ninomiya and Akiyama (1992)はそれまでの多数の梅雨前線帯研究のレビューを行い、梅雨前線帯には多種スケールの階層構造が存在していることを強調した。一般に、ある現象の振る舞いはそれより大スケールの場合、すなわち環境場によってコントロールされる。しかし実際には、ある現象の活動によってその環境場が変調され、その変調された環境場によって現象の振る舞いが変化するというスケール間相互作用が存在している。しかしながら、このスケール間相互作用の解明に積極的に取り組んだ研究はなく、この重要な課題は未解明のままである。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、梅雨前線帯の多重スケール階層構造に存在するスケール間相互作用の理解を前進させることである。そのスケール間相互作用が顕著に現れやすいと考えられる大雨事例に着目して解析を進めていく。これまでの先行研究から、大雨形成には下層水蒸気の流入が決定的な役割を果たすことが知られているので、下層水蒸気の動向に注目してスケール間の相互作用を調査する。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、梅雨前線帯に存在するスケール間相互作用の理解を前進させることを目指す。その目的を達成するために、大気再解析データの解析、理相場を用いた数値実験、現実場を用いた数値シミュレーションの3つの手法を用いた。

(2) 大気再解析データを用いて、2018年7月豪雨期間中に梅雨前線帯内に発生・発達したメソスケール渦による環境場の変調を調査した。特にメソスケール渦の発達に呼応した下層水蒸気輸送の強化と大雨形成過程に着目した。

(3) 大雨形成には下層水蒸気流入が決定的な役割を果たす。理想化数値実験によって、下層水蒸気量変化に対する梅雨前線帯低気圧の応答について調査した。

(4) 現実場を用いた数値シミュレーションによって、2017年7月5日に九州北部地方に未曾有の豪雨災害をもたらした線状降水帯を再現し、その発生・発達・維持過程を詳細に調査した。

4. 研究成果

(1) 2018年7月上旬に西日本を中心とした広域豪雨が発生した。その豪雨期間中に九州およびその西方海上で発生・発達したメソスケール渦と中国地方で発生した大雨の関係を、渦位の観点から考察した。気象学において、比較的大きなスケールの現象を理解する助けとして、非断熱・無摩擦運動に対して保存量である渦位を用いることが多い。積乱雲の発生・発達・衰退に伴って非断熱加熱・冷却(潜熱加熱・冷却)が生じるため、積乱雲を含むメソスケール現象では渦位はもはや保存量でなくなる。しかしながら、渦位の生成・消滅が潜熱加熱・冷却に直接関連していることを逆手にとり、積乱雲の作用を渦位の生成・消滅の形で表現し、その影響による環境場変調を理解することができる。具体的には、積乱雲群の活動によって生成された渦位分布にインバージョンを施すことによって、その渦位分布に対応する循環場を求めることができる。

(2) 2018年7月豪雨期間中でも特に多量の降水がもたらされた2018年7月6日夕刻から7日朝方にかけての期間に注目した。まず九州およびその西方海上で強い対流活動が発生し、水蒸気の凝結に伴う潜熱加熱によって下層で正渦位(メソスケール渦)が生成された。そのメソスケール

ール渦の発達に伴って低気圧性循環が強化され、渦の前面で南からの水蒸気輸送が強化された。その結果、中国地方にメソ スケール強降水帯が形成された。このことは、九州地方のメソ スケール渦によって環境場が変調され、その前面に新たなメソ スケール大雨域が形成されたことを示唆している。

(3) 梅雨前線帯低気圧が発達する理想的な環境場において下層の水蒸気量を増加・減少させ、梅雨前線帯低気圧の応答を調査した。梅雨前線帯低気圧の発達度合いは、下層水蒸気量の増加に対して非線形的な応答した。下層水蒸気量の増加によって、低気圧性循環による南からの水蒸気輸送が強化され、積乱雲群の発生・発達がより一層促進される。それに伴う潜熱加熱によって下層に正渦位が生成され、低気圧性循環をより強化する。その結果、南からの水蒸気輸送がさらに強化されるという正のフィードバックメカニズムが働くことによって、低気圧の非線形的な発達が生じていることが示された。この正のフィードバックメカニズムが総観スケール(数千 km)とメソ スケール間の相互作用であると考えられる。

(4) 2017年7月九州北部豪雨をもたらした線状降水帯の発生・維持過程を解明するため、高解像度数値シミュレーションを実施した。総観スケール高気圧による下層風のブロッキングが、線状降水帯の発生・維持に大きく寄与していたことが明らかになった。それに加えてメソスケール海陸分布を反映した熱的コントラストの影響も大きかったことが示された。また、線状降水帯自身が作り出す下層の冷氣プールによってメソスケール環境場を変調させ、その変化したメソスケール環境場はまた成熟期以降の線状降水帯の維持に寄与していた。すなわち、線状降水帯とメソスケール環境場の間に働いているスケール間相互作用の一例が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Keita Fujiwara, Ryuichi Kawamura, Tetsuya Kawano	4. 巻 125
2. 論文標題 Remote thermodynamic impact of the Kuroshio Current on a developing tropical cyclone over the western North Pacific in boreal fall	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD031356
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019JD031356	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 Tetsuya Kawano and Ryuichi Kawamura	4. 巻 98
2. 論文標題 Genesis and Maintenance Processes of a Quasi-Stationary Convective Band that Produced Record-Breaking Precipitation in Northern Kyushu, Japan on 5 July 2017	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 673-690
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/jmsj.2020-033	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 Yuta Shinoda, Ryuichi Kawamura, Tetsuya Kawano, Hiroyuki Shimizu	4. 巻 41
2. 論文標題 Dynamical role of the Changbai Mountains and the Korean Peninsula in the wintertime quasi-stationary convergence zone over the Sea of Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Climatology	6. 最初と最後の頁 E602-E615
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/joc.6713	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 -
1. 著者名 Keita Fujiwara, Ryuichi Kawamura, Tetsuya Kawano	4. 巻 16
2. 論文標題 Suppression of tropical cyclone development in response to a remote increase in the latent heat flux over the Kuroshio: A case study for Typhoon Chaba in 2010	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 151-156
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2020-026	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 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 藤原圭太, 川村隆一, 川野哲也
2. 発表標題 モンsoon渦から発生した2019年台風17号(TAPHA)の数値実験
3. 学会等名 研究集会「台風研究会」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 篠田裕太, 川村隆一, 川野哲也, 清水宏幸
2. 発表標題 JPCZ に伴う日本海沿岸の降水持続性に与える長白山系の力学効果
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 藤原圭太, 川村隆一, 川野哲也
2. 発表標題 黒潮の潜熱フラックス増加実験でみられた秋台風の発達抑制
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川野哲也, 川村隆一
2. 発表標題 平成29年7月九州北部豪雨をもたらした線状降水帯の数値シミュレーション
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 川野哲也, 鈴木賢士, 川村隆一
2. 発表標題 平成29年7月九州北部豪雨をもたらした線状降水帯の発雷特性
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 鈴木賢士, 竈本倫平, 藤田優樹, 増田有俊, 川野哲也
2. 発表標題 2017年九州北部豪雨と2014年広島豪雨に伴う線状降水帯の雷活動の比較
3. 学会等名 第40回日本気象学会九州支部発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原啓喜・川野哲也・川村隆一・望月崇・増田有俊
2. 発表標題 台風の発雷域の大気環境場
3. 学会等名 2020年度日本気象学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩下将也・川野哲也・川村隆一・望月崇
2. 発表標題 下層水蒸気量変化に対する梅雨前線帯低気圧の応答
3. 学会等名 第42回日本気象学会九州支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 袁添良輔・川野哲也・川村隆一・望月崇
2. 発表標題 2018年7月豪雨期間中の中国地方の大雨形成に対するメソ渦の寄与
3. 学会等名 第42回日本気象学会九州支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木雄斗・川村隆一・川野哲也・望月崇
2. 発表標題 2021年1月における大雪時の爆弾低気圧とJPCZ:長白山系の影響評価
3. 学会等名 第42回日本気象学会九州支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田尚起・川村隆一・川野哲也・望月崇・飯塚聡
2. 発表標題 台風ポーガスをを用いた7月気候場シミュレーションによる台風の遠隔影響
3. 学会等名 第42回日本気象学会九州支部発表会
4. 発表年 2021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
---------	---------