

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20540420

研究課題名（和文）山岳豪雨の増加傾向の実態解明と数値予報モデルを用いた増加メカニズムについての考察

研究課題名（英文）Study on the characteristic features of the recent variation of mountainous heavy rainfall and discussion on the mechanism using numerical modeling

研究代表者

岩崎 博之（IWASAKI HIROYUKI）

群馬大学・教育学部・教授

研究者番号：70261823

研究成果の概要（和文）：

31年間 AMeDAS データと高層気象データを利用して、近年、北関東山岳域の南側で日没後の豪雨(25 mm/hr)が増加し、かつ、大気中の水蒸気量も増加していることを示した。また、数値モデルの結果から、大気中の水蒸気量が増加すると、この領域での日没後の積乱雲活動が活発することが示された。近年の水蒸気量の増加が、北関東山岳域の南側での積乱雲活動の活発化に寄与している可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

The significant positive trend in nocturnal heavy rainfall was found over around the southeastern foot of the mountains in the northern Kanto district through the analysis of 31 years' worth of AMeDAS data. In addition, the specific humidity at 850 hPa also increased on convective days. A numerical study elucidated that the cumulonimbus clouds around the southeastern foot of the mountains became active in the night when specific humidity increased. It is suggested that recent increase in specific humidity is the cause of recent positive trend of heavy rainfall.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	700,000	210,000	810,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：メソ気候学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：気候変動・豪雨・局地循環・積乱雲

1. 研究開始当初の背景

近年、日本において豪雨が増えていることは観測事実である。地球温暖化やヒートアイランドなどが豪雨増加に影響している可能性も指摘されているが、梅雨前線に伴う豪雨を除けば、豪雨が増加する原因について十分に研究されていないのが現状である。

研究が進んでいない理由の1つに、豪雨の

実態が十分に調べられていないことが挙げられる。例えば、過去100年間において、1日単位で見た強雨の増加傾向は明らかであるが、その解析に使われた観測点は51点であり、空間分解能は約500kmと非常に粗い。しかし、多くの事例解析により、豪雨はメソスケール（数10km）の空間スケールを持ち、かつ、豪雨をもたらす積乱雲の発生・発達に

は地形などの地理的要因が重要であることが明らかになっている。また、約 20km の空間分解能に相当する気象庁 AMeDAS データを使った解析もあるが、日本では 1 時間単位で見て豪雨頻度が増加していることを指摘するに留まり、その地理的な特徴まで言及されていない。従って、メソスケールの視点から豪雨増加の実態を理解することは、豪雨増加の原因を理解するための有益な情報を与えてくれると期待される。

2. 研究の目的

豪雨の空間スケールと同じ空間分解能を有する AMeDAS 観測点網で得られた 31 年間 (1976-2006) に亘る 1 時間雨量を利用して、豪雨の時空間変動の特徴を明らかにすることが第 1 の目的である。そして、他の気象要素の解析から推定された豪雨変動のメカニズムについて、数値モデルを用いた定量的な検討を行うことが第 2 の目的である。

3. 研究の方法

まず、本研究課題では、AMeDAS 降水量データを用いて、メソスケールの視点から豪雨増加の実態を明らかにする。解析に用いた AMeDAS 地点数は全国で約 800 点に達し、これは約 20km の空間分解能に対応するので、メソスケールの視点からの解析が可能となる。解析の結果、北関東の山岳南側で夜間に豪雨が増加傾向にあり、かつ、近年の豪雨日には大気下層の水蒸気量が増加していたことが示された。つまり、積乱雲のエネルギー源である水蒸気の増加が豪雨増加に関係している可能性が示唆された。

次に、この解析事実を踏まえて、水蒸気量変動が積乱雲活動に与える影響について数値予報モデルを用いて調べ、水蒸気増加が豪雨増加の原因になり得るか否かを考察する。

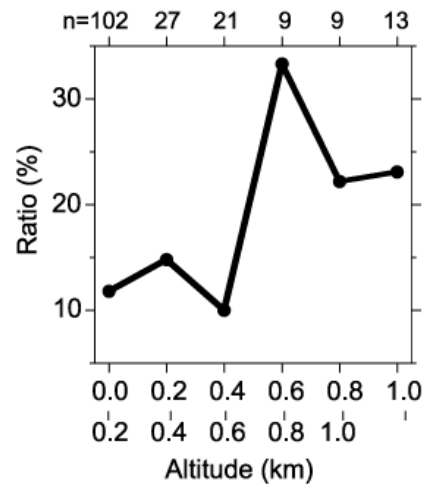
4. 研究成果

(1) 山岳豪雨の増加傾向について

研究課題名は「山岳豪雨の増加傾向の実態解明と数値予報モデルを用いた増加メカニズムについての考察」であるが、この報告書では山岳豪雨について、余り述べられていない。

科研費の申請前に、気象庁がインターネット上に公開している「地点ごとの観測史上 1-10 位」を基に行った予備解析では、標高が高くなるにつれて豪雨が増加する傾向が見られた。そのため、豪雨が山岳域で増加しているという作業仮説を立てていた。しかし、詳しい解析の結果、山岳域(標高 1.0 km 以上)では平野域(標高 0.6 km 以下)よりも豪雨の増加した地点の割合が多いのは事実であるが、決して、山岳域で豪雨増加が卓越しているという事実は得られなかった(第 1 図)。

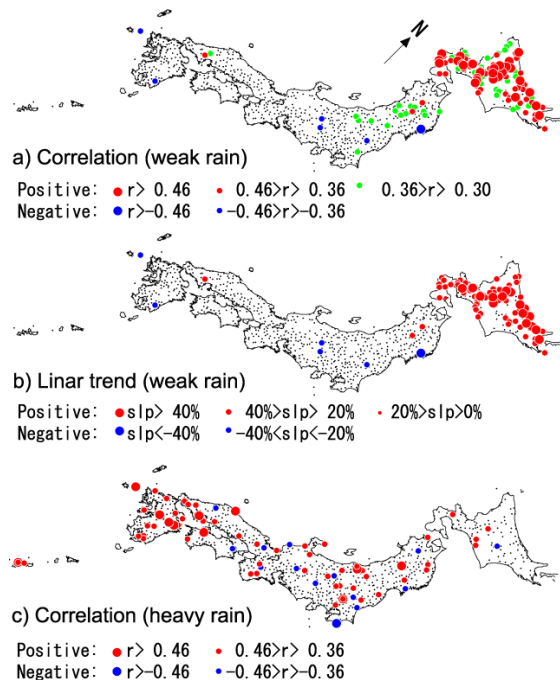
従って、この報告書では「山岳豪雨」を主題にはしていない。



第 1 図：豪雨が有意に増加した AMeDAS 観測点の割合と標高の関係

(2) 弱雨頻度・豪雨頻度の経年変化の地理的特徴に関する研究

31 年間の AMeDAS 1 時間雨量データを用いて、暖候期 (6-9 月) に観測された弱雨と豪雨の経年変化の地理的特徴について調べた。1 時間雨量が 1mm 以上 5mm 以下の降水を弱雨と定義し、各 AMeDAS 地点について、弱雨頻度の時系列に線形回帰分析を行い、有意に弱雨の頻度が増加した地点を抽出した(第 2 図 a と b)。

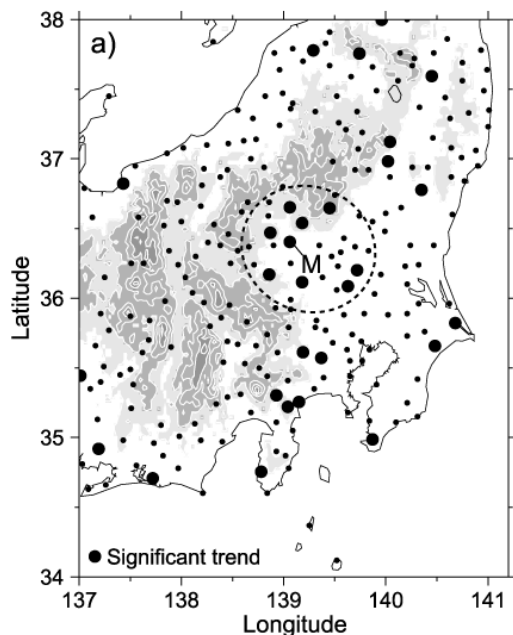


第 2 図：弱雨頻度についての a) 相関係数と b) 増加の割合. c) 豪雨頻度についての相関係数. 赤・青・緑の丸は、統計的に有意な変動が認められた地点である。

北海道では 65%以上の地点で弱雨が有意な増加傾向を示すが、25mm/h 以上の豪雨頻度では増加傾向は見られない(第 2 図 c)。また、約半数の地点で 31 年間に 20-50%の弱雨頻度の増加が認められ、この弱雨頻度の増加により北海道の総降水量は増加している。一方、北海道以外の領域では弱雨が有意に増加した地点はほとんど見られないが、25mm/h 以上の豪雨頻度は増加する地点が多くなる。このように北海道とそれ以外の領域では、雨量強度による特徴が大きく異なることが示された。

(3) 豪雨頻度の経年変化の地理的特徴に関する研究

AMeDAS 1 時間雨量データを用いて、暖候期(6-9 月)に観測された豪雨頻度の経年変化の特徴について調べた。1 時間雨量が 25mm の降水を豪雨と定義し、各 AMeDAS 地点について、Wilcoxon の順位和検定を用いて、期間 1(1980-1989)と期間 2(1997-2006)の 2 つの期間で有意に豪雨頻度が増加した地点を抽出した。東日本では、豪雨頻度は 2 つの領域で増加傾向にあった。



第 3 図:豪雨頻度が有意に増加した地点(●)。破線域は、有意に増加した地点が集中している領域を示している。

1 つは、日没後の対流活動がもともと活発な北関東の山岳域の南に位置する領域である(第 3 図の破線域)。この領域では、太平洋高気圧が発達した比較的静穏な日の熱的局地循環が発達する条件下で、日没後の豪雨頻度が増加し、特に、50mm/h 以上の豪雨で明瞭な増加が見られた。特筆すべき事は、豪雨が記録された日では、期間 2 における館野の 850 hPa の水蒸気量が、期間 1 よりも多く、かつ、大気の大気不安定も強まっていたことであ

る。期間 2 では大気下層の水蒸気が増加したことで大気の安定度が低下し、もともと活発であった日没後の積乱雲活動が強化されたと解釈できる。

もう 1 つは早朝の対流活動が活発な太平洋沿岸の領域である。この領域では、低気圧や台風の影響が強い条件下で、早朝に豪雨が増加する傾向にあった。しかし、水蒸気量の変動と豪雨増加には有意な関係が認められない。150km しか離れていない 2 つの領域で、水蒸気変動と豪雨増加の関係が異なることは、近年の豪雨増加の原因が単純ではないことを示唆している。

(4) 数値予報モデルを用いた関東周辺の豪雨増加メカニズムに関する考察

豪雨頻度の解析から、日没後の豪雨頻度が北関東で増加した期間に、対流圏下層の水蒸気量も増加していたことが明らかになった。日没後に見られる積乱雲活動の活発化と水蒸気量増加との因果関係を考察するために、数値予報モデルを用いて、水蒸気量の変動によって関東地方で発生する積乱雲活動が、どのように影響を受けるのかを調べた。

解析期間は、関東地方で積乱雲活動が活発だった 2001 年 7 月 13 日から 8 月 31 日までの 47 日間とした。大気の初期条件と境界条件は NCEP final 再解析データを用いて、格子間隔は個々の積乱雲を十分に分解できるように 3km とした。再解析データの水蒸気量を用いた対照実験と地上から 200hPa までの水蒸気量を 10%増加させた湿潤実験の積乱雲活動を比較すると、時間帯により積乱雲が強化される特徴が異なっていた(第 4 図)。

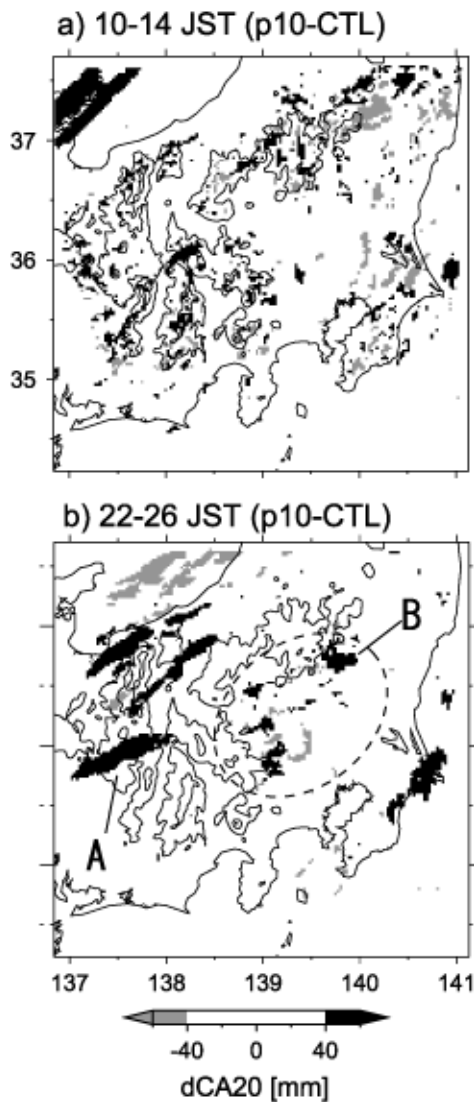
① 日中(10-14 時)の特徴

標高 2km 以上の山岳域で、20mm/h 以下の降水に伴う降水量は有意に増加した(第 4 図 a)。しかし、40mm/h 以上の強い降水に伴う降水量に大きな変化はなかった。水蒸気量を増加させたことにより、熱的局地循環によって山岳域へ輸送される水蒸気も増えたことが、山岳域での降水量増加の原因と考えられる。

② 夜間(22-26 時)の特徴

標高には関係なく、積乱雲に伴う強い降水の頻度が増加している。強雨の増加には 2 つのパターンが見られる。1 つは前線などに伴う積乱雲の強化であり、降水量が増加した領域はライン状を呈する(第 4 図 b の A)。

もう 1 つは、北関東山岳域の南東域で起きる積乱雲の強化である。この積乱雲の強化は、熱的局地循環が発達した日の日没後に、大規模海陸風が地形収束する領域で起きている(第 4 図 b の点線域)。これらの特徴は、31 年間の 1 時間雨量データの解析から指摘された特徴と一致している。水蒸気量を増加させることで、北関東における近年の豪雨増加の特徴を再現できた可能性がある。



第4図：水蒸気量を10%増加した湿潤実験と対照実験における20mm/h以上の強い降水に伴う降水量の変化。

(5) 土壌水分量が積乱雲活動に与える影響に関する研究

AMeDASの1時間雨量データと数値予報モデルを用いた2つの研究から、大気中の水蒸気量が増加することで、夕方から夜間の豪雨が増加する可能性が示された。次の問題は、水蒸気量が増加する原因を解明することである。一般に、近年の全球規模の水蒸気量増加は、気温上昇が原因と考えられているが、領域規模の水蒸気量増加には、別の要因も考えられる。浅沼ら(2004, 天気 667-677)は、気象庁が観測しているパン蒸発量の長期データを利用して、近年、地面からの蒸発量が増加している可能性を指摘している。つまり、土壌水分量の経年変化が積乱雲活動に影響を与えている可能性があり、これは興味深い研究対象である。

地面からの蒸発量が積乱雲活動に与える影響は、大気中の水蒸気が少ない条件下で明

瞭に現れると期待されるので、湿潤気候区の日本を念頭に置きながら、乾燥気候区のモンゴル国ウランバートル周辺を対象に土壌水分量と積乱雲活動との関係を調べた。解析に用いた土壌水分量と対流活動度は、それぞれ、AMSR-Eマイクロ波放射計とCバンド空港レーダーのデータから推定した。次の結果が得られた。

①モンゴル国ウランバートル周辺では領域平均した土壌水分量の値は、降水量の変動に強く影響されていた。

②土壌水分量の高い日には、積乱雲の発生する時間と積乱雲活動の最大に達する時間が、土壌水分量の低い日に比べて、1-2時間遅れていた。

③解析領域で平均した土壌水分量の低い日には、土壌水分量が正の偏差を示す場所で積乱雲が発生する傾向にあった。

④土壌水分量の低い日には、+1.0から+5.0°Cという比較的高いSSIであっても積乱雲が発生していた。一方、土壌水分量の高い日には、+1.0°Cよりも低いSSIが積乱雲の出現に必要であった。

⑤山岳域の土壌水分量が11%よりも高くなると、午後の早い時間における山岳域の積乱雲群活動度は弱まる傾向にあった。

乾燥気候区のモンゴル国ウランバートル周辺では、土壌水分量が積乱雲活動の日変化や活動度に影響を与えることが示された。しかし、夏期の関東地方は湿度が高く、土壌からの蒸発量は低であろうから、湿潤域における土壌水分量が積乱雲活動に与える影響は乾燥域のそれとは異なる可能性もある。今後、近年の関東地方で水蒸気量が増加した原因を明らかにすると同時に、土壌水分量の時空間変動が積乱雲活動に与える影響を調べる予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

1. Iwasaki, H., 2011: Recent positive trend in heavy rainfall in eastern Japan and its relation with variations in atmospheric moisture. *Int. J. Climatol.*, 査読有, in print.

2. Iwasaki, H. and H. Fujii, 2011: A study on the influence of soil moisture on deep convection around Ulaanbaatar, Mongolia, as an arid environment using AMSR-E soil moisture. *J. Meteor. Soc. Japan*, 査読有, 89A, 97-109.

3. Iwasaki, H and Y. Yoshinobu, 2009: Study of recent variation in weak rainfall over Japan using 31-year AMeDAS dataset. SOLA, 査読有, 5, 157-159.

4. 岩崎博之・藤井秀幸, 2009: モンゴル・ウランバートル周辺における土壌水分が積乱雲活動に与える影響--- AMSR-E 土壌水分量の気象学への応用---. 2009 土壌水分ワークショップ論文集. 査読有, 17-20.

[学会発表] (計 5 件)

1. 岩崎博之: AMeDAS データを用いた近年の強雨増加の地理的特徴. 日本気象学会春期大会, 東京, 2010 年 5 月 25 日.

2. 岩崎博之・須永吉信: AMeDAS データを用いた弱雨の経年変化の地理的特徴の研究. 日本気象学会秋期大会, 福岡, 2009 年 11 月 26 日.

3. 岩崎博之: AMeDAS データを用いた強雨の経年変化の解析--- 山岳と強雨増加の関係---. 日本気象学会春期大会, つくば, 2009 年 5 月 28 日.

4. 岩崎博之・藤井秀幸, 2009: モンゴル・ウランバートル周辺における土壌水分が積乱雲活動に与える影響--- AMSR-E 土壌水分量の気象学への応用---. 2009 土壌水分ワークショップ, 東京, 2009 年 3 月 28 日.

5. 岩崎博之・藤井秀幸: 日乾燥域における土壌水分量が積乱雲活動に与える影響--- AMSR-E 土壌水分量の気象学への応用---. 日本気象学会秋期大会, 仙台, 2008 年 11 月 19 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩崎 博之 (IWASAKI HIROYUKI)

群馬大学・教育学部・教授

研究者番号: 7 0 2 6 1 8 2 3