

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 9日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300336

研究課題名（和文） 日本付近の気候系の広域季節サイクルの中でみた日々の降水コントラストと年々の変動

研究課題名（英文） Dynamic climatology of precipitation around Japan with attention to the daily precipitation systems in relation to the seasonal cycle of large-scale climate systems

研究代表者

加藤 内藏進 (KATO KURANOSHIN)

岡山大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号：90191981

研究成果の概要（和文）：

日本付近での降水の季節サイクルと年々変動に関して、季節毎の日々の降水系の特徴やその出現状況、アジアモンスーンサブシステム間の季節進行のタイミングのずれの影響、等を意識して解析を行った。その結果、梅雨期の九州北西部（気候学的に、梅雨期の集中豪雨が頻出）における2000年代の降水量の減少と多降水日の特徴の変化、秋雨期の降水の季節経過や多降水をもたらす現象の東西での違い、冬の降水の長期変化や晩秋～初冬の北陸での降水の季節経過、冬から初夏への前線・低気圧システムの振る舞いの季節変化、等が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

Seasonal cycle of the precipitation climatology and its year-to-year variation around the Japan were analyzed, with special attention to appearance tendency of the daily precipitation systems and effects of the phase differences in the seasonal march among the large-scale Asian monsoon subsystems near Japan. The present study reveals that the Baiu precipitation has decreased after ~2000 in the northwestern Kyushu, where the heavy rainfall events frequently appear climatologically, greatly reflected by the decrease in the heavy rainfall days. The detailed features on the rainfall characteristics in the "Aki-Same" (autumn rainfall) season, long-term change of the wintertime precipitation, and evolutions of the precipitation and the synoptic-scale systems during late autumn~midwinter~early spring have also been found.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2010年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2011年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：総合領域・数物系科学（気候学，気象学）

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：気候，東アジアの気象気候，気候変動，降水の動気候学，東アジア前線帯，季節サイクル

1. 研究開始当初の背景

水の集中や局在という降水の時空間的コントラストは、地球水循環の本質的特徴の一

つであり、集中豪雨・豪雪、低気圧や前線、モンスーン降水域とそれらの周辺域など、様々な時空間規模で現われている。温暖化等

に伴う地域規模の気候変化を考える際にも、それは重要な注目点の一つになる。アジアモンスーンの影響を大きく受ける日本付近では、年間を通じて前線帯あるいは寒気吹き出しに伴う降水が少なくない。特に梅雨期の集中豪雨や北陸等での集中豪雪に注目した研究は数多い。しかし、日本付近の大気循環の基本場は、アジアモンスーン各サブシステム（南アジア、ユーラシア大陸高緯度域、北西太平洋低緯度域、北西太平洋高緯度域）の季節進行のタイミングのずれ等を反映して、実に多彩な季節サイクルが見られる。このため、そのような基本場の中での日々の降水系の『質』やその集積としての季節的な降水分布の季節サイクルも大きいであろう。

ところで、暖候期の暖湿気団の侵入に伴い、前線の南側（暖域）での激しい降水もしばしば観測される（例えば、Ninomiya 1978）。また、冬には、顕著な寒気団や寒冷渦の侵入と気団変質により集中豪雪等も起きる。しかし、期間平均の降水の集中に対して、時々刻々では集中性が小さな層状性降水も、状況によっては重要な位置を占めうる。

そこで本研究では、梅雨なら梅雨、冬の降雪なら豪雪という個別的な研究にとどまらず、日々の降水の局在性とその集積としての降水の気候学的特徴について、大規模場の季節サイクル全体や年々変動を見据えた上で明らかにする。

2. 研究の目的

本研究では、アジアモンスーンの影響も受けた日本付近での『前線帯の質』の多彩な季節サイクルやその年々の変動性について、『日々の降水分布の偏り（激しい対流域、層状域、降水抑制域のコントラスト）とその集積』という動気候学状態の視点から明らかにし、「温暖化等に伴う広域季節サイクルの変調が日本付近の降水に及ぼす影響」を解明するための基礎的知見を蓄積することを目的とした。本研究では、梅雨や秋雨だけでなく、それ以外の時期の前線・低気圧の暖域での激しい降水や層状性降水の寄与、晩秋～初冬、早春～初夏の季節の変わり目など、季節サイクル全体を見通して研究を行った。

3. 研究の方法

種々のルーチン観測生データ（地上、高層気象、レーダー等）、3次元大気場の客観解析データ、衛星データの解析、及び、大気大循環モデル（AGCM）等に基づき、(A) 日々の総観規模降システムのマルチスケール降水構造や大気構造の解析、及び、それらの季節サ

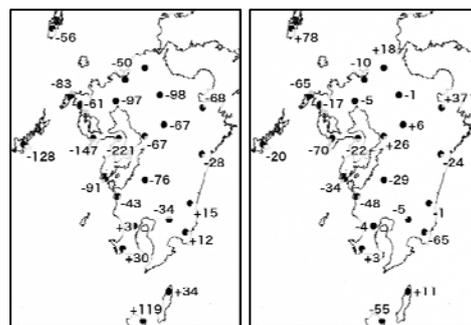
イクルでの位置づけ、(B) 日々のシステムの降水構造の積算としての降水分布の季節サイクルや季節内・年々変動の解析、(C) それらに関わる広域大気場の季節サイクルや年々変動の役割の評価、等を行って全体を総括した。

4. 研究成果

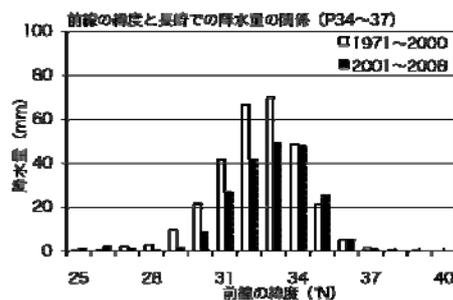
本研究の成果は、次の(1)～(5)に集約される。なお、以下の他にも、AGCM利用のための基礎過程理解にも関連して、アジアモンスーン域での成層圏と対流圏との結合過程の検討なども行っている。

(1) 九州付近の梅雨最盛期の多降水日の出現状況の経年変化

梅雨期の降水量が多い九州では、6月の降水量が、2000年代にはそれ以前に比べ減少していた（北西部を中心に。第1図）。これは、多降水日（50mm/日以上を指すことにする）の出現頻度やその持続性の減少を反映することが明らかになった。



第1図 九州の各官署における6月（左）・7月（右）の月降水量の変化(mm)（2001～2008年と1971～2000年の平均の差）。正值は2000年代に増加、負値は減少したことを示す。



第2図 地上前線(09JST)が解析された緯度帯ごとに平均した、長崎(32° 44'N/ 129° 52'E)における第34～37半旬での積算降水量の各年代での平均値。長崎かその南方に地上前線が解析された時の総降水量は2000年代に減少していることが注目される。

また、上述の九州北西部での降水量の減少は、「梅雨前線に伴う南九州で大雨となる日

一方、梅雨期の遙か前で、日本付近で移動性の高低気圧が周期的に通過しやすい4月頃でも、九州南部では、日本列島の他地域に先駆けて多降水日の出現頻度の季節的增加が見られた。それは、温帯低気圧の暖域で数時間程度激しい対流性の降水が持続する事例が多かった(第5図。1990~2010年の解析期間の中の一例)。4月頃はまだ日本付近の南北の温度差の大きな領域が比較的低緯度まで広がっているが故に、かなり南方から九州へ水蒸気を運べるような温帯低気圧が発達しやすいためであることが示唆された。

(3) 寒候期の降水について

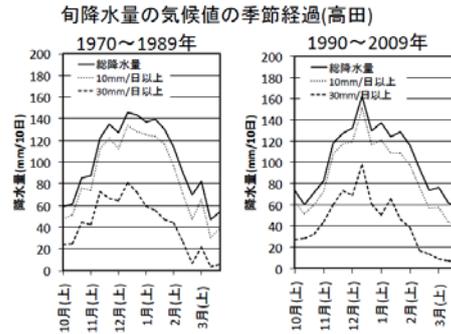
真冬の平野部での集中豪雪、いわゆる『ドカ雪』の出現傾向と総降雪量の経年変化に関連して、豪雪地帯の高田(北陸)を中心に1972~2001年1月の解析を行った。1987年以降の総降雪量の減少は、日降雪量30cm以上の降雪がある日(多雪日)の出現頻度の減少を強く反映していたが、多雪イベント開始時に、『里雪型』が持続しやすい上層場へと移行しやすいか否かが、多雪期間の延べ日数の違いに関連していたことが明らかになった。

一方、太平洋側の冬季の降水に関連して、南岸低気圧に伴う降水の経年的な増加および強化傾向を見出した。降水量の増加は、12月と1月に主に本州の南岸で見られた(ストームトラックの中心軸より、降水活動の極大軸は少し南にずれていた)。低気圧活動が強化されると、降水の増加による潜熱解放によってジェット気流が北偏、強化され、低気圧活動の正偏差を維持、強化する作用が生じることが示唆された。このような内部変動に加え、近年では黒潮域の海面水温の上昇という外部強制が働いて、降水が増加している可能性が示された。

より大規模な場の変動に関連して、冬季モンスーンにおける、フィリピン、日本域、シベリア域に、それぞれ、正(負)、負(正)、正(負)の3極構造をもつ東西風の偏差アンマリーの構造が見られるが、熱帯域における非断熱加熱が3極パターンの構造を決定し、ゆっくりした大気中の擾乱が、日本域やシベリア域における偏差の強化に寄与していることが分かった。

更に、秋から冬にかけての日本海側の降水の季節経過を、高田などの日降水量データに基づき調べた。11月以降、北陸の日本海側では、真冬と同様な大きな総降水量となる(多くは雨として降るが、第6図)。しかも、その降水は冬型時のものが多く、かつ、真冬と違って、弱い冬型時でも纏まった降水がもた

らされることが明らかになった。



第6図 北陸の高田における旬降水量や階級別日降水量の日の総降水量への寄与の季節経過(mm/10日に換算)。左図は1970~1989年の平均、右図は1990~2009年の平均。

(4) 冬から初夏への季節の経過と総観系

寒候期には、メソスケール降水系だけでなく、温帯低気圧や前線自体の出現状況も、降水分布の季節経過を把握する上で重要である。4月には冬の天気パターンの出現が殆どなくなるが(加藤他2009)、解析の結果、それより大分前の、2月半ば頃から、大陸で発生後に北日本方面に発達・東進する温帯低気圧の経路が明瞭化してくることが分かった。このことにより、2月半ば以降、日々の大きな気温の変動を伴いながら(低気圧接近時は全国的に昇温、通過後、真冬と同等の寒さになるものの)、平均気温が春へ向かって上昇していくことが分かった。

また、常時現れる現象ではないが、冬から春にかけての停滞前線に伴って天気がぐずつくことがしばしばある。1989年~2008年の2~5月におけるそのようなイベントを抽出して解析を行った。冬から春への停滞前線に伴うぐずつき型の発現には、①前線を日本列島付近に北上・停滞させる過程と、②傾圧不安定波等で前線を壊さない過程とが必要であり、①に関しては、下層の亜熱帯高気圧的なシステムの北偏による南風に伴う暖気移流の関与が、季節の進行に関わりなく見られた。しかし、②に関して、3月半ば頃までは上空のジェットの北偏に伴う寒気南下の弱まり、3月後半~4月には南北の温度差の様な領域がより北まで広がる平均場の中で(絶対値は真冬より小さいが)、日々のゆっくりした変動の一環としての上空の偏西風の南北への分離に関係するなど、季節進行の中で関与する過程に大きな差異が見られることが分かった。

また、気候学的には稀な現象であるが、

台風が5月頃に日本列島へ北上する時の状況についても再吟味した。北半球夏モンスーンの始まる6月と違い、5月には、弱いながらも傾圧ゾーンが南西諸島以南まで残っており、日々のゆっくりした変動としてそこでの上空の偏西風の蛇行などの変動が、大きく関わっていることが分かった。

以上のように、1ヶ月程度のステップで季節遷移する基本場は、日本付近の冬から初夏にかけての広域降水分布に関わる擾乱系の振る舞いの季節的变化に大きな影響があることを、本研究は例示している。

(5) 学校現場を通じた成果の普及へ向けて

研究成果の社会への還元として、普及イベント等の実施も重要であるが、それらの視点を国民の科学的リテラシーとして広く定着させるためには、研究成果やその背景を、学校での教科の学習や総合的学習（探究的授業も含む）のための教材・授業として提示することも大変意義深い。そこで、その一例として、集中豪雨の頻出に伴う梅雨期の降水量が大変大きな九州北西部の長崎を例に、「平均的には梅雨が明ける年も多い7月後半頃には（特に20世紀後半）、『無降水日』も多い中で、主に梅雨前線活動に関連した『顕著な大雨日』もしばしば出現する。」という点をポイントとする、データ分析活動を伴った探究的授業を開発した。平成24年度から始まる高校の『地学基礎』の探究的授業としての提案を念頭に置いているが、加藤が担当する大学の教育学部での小学校の免許必修の科目で授業を実践し、その効果を検討した。

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15件）

① 蔵田美希・加藤内藏進・大谷和男：顕著な大雨日の出現状況に注目した20世紀の梅雨降水変動に関する探究的授業の開発（九州の長崎を例に）。岡山大学教師教育開発センター紀要，査読無，2号，2012，1-13。

② 濱本奈津美・加藤内藏進・中山祐貴・塚本修：初夏に日本列島付近へ北上する台風の進路や周辺場の特徴について。岡山大学地球科学研究報告，査読無，18巻，2011，11-18。

③ 二宮洸三：1968年8月17日に発生した飛騨川豪雨のメソスケール降水系。天気，査読有，58巻，2011，305-316。

④ 二宮洸三：極端な豪雨の再現期間推定精度に関する検討（藤部2010）に対する質疑。天気，査読有，58巻，2011，143-145。

⑤ Huang, D., M. Takahashi, and Y. Zhang: Analysis of the Baiu Precipitation and associated circulations simulated by the MIROC coupled climate system model. J. Meteor. Soc. Japan, 査読有, Vol. 89, 2011, 305-316.

⑥ 飯野直子・金柿主税・木下紀正：霧島新燃岳2011年噴煙の映像観測と移流解析。熊本大学教育学部紀要（自然科学），査読無，60号，2011，69-76。

⑦ Ninomiya, K.: Intense rainfalls on August 17, 1968 over the Kiso-Hida and Nagara river basin in Japan associated with intrusion of middle tropospheric dry airs over the low-level moist belt. J. Meteor. Soc. Japan, 査読有, Vol. 88, 2010, 737 - 754.

⑧ Miyazaki, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, M. Takahashi, and K. Sato: Transport and mixing in the extratropical tropopause region in a high vertical resolution GCM. Part I: Potential vorticity and heat budget analysis, Journal of the Atmospheric Sciences, 査読有, 2010, Vol. 67, 1293-1314.

⑨ Miyazaki, K., K. Sato, S. Watanabe, Y. Tomikawa, Y. Kawatani, and M. Takahashi: Transport and mixing in the extratropical tropopause region in a high vertical resolution GCM. Part II: Relative importance of large-scale and small-scale dynamics, Journal of the Atmospheric Sciences, 査読有, 2010, Vol. 67, 1315-1336.

⑩ 重田祥範・大橋唯太・塚本修：海風の気流パターンの違いが街区気温に与える影響。環境システム論文集（土木学会），査読有，38巻，2010，81 - 92。

⑪ 福田維子・加藤内藏進：1993, 1994, 1995年における東アジアの秋雨前線帯付近の雲分布や大気場の総観的特徴の比較。岡山大学地球科学研究報告，査読無，第17巻，2010，7 - 19。

〔学会発表〕（計27件）

① 高橋信人・加藤内藏進：日本の梅雨期と秋雨期における前線活動に伴う雨域の比較。日本地理学会春季学術大会，2012年3月28日，東京。

② Takahashi, N.: Characteristics of summer frontal zone around Japan during 1951 to 2010. Annual Meeting of the Association of American Geographers (AAG),

2012年2月27日, NY Hilton ホテル (アメリカ)。

③佐藤尚毅, 齊藤崇裕, 城岡竜一: 関東地方南部における冬季の降水量の経年変化。日本気象学会秋季全国大会, 2011年11月18日, 名古屋市。

④二宮洗三: 1965年9月14-15日の岐阜県-福井県豪雨の総観規模環境場。日本気象学会秋季全国大会, 2011年11月16日, 名古屋市。

⑤西村奈那子・佐藤紗里・加藤内藏進: 寒候期を通じた冬型の多降水日の出現状況の季節進行に関する解析(序報)。日本気象学会秋季全国大会, 2011年11月16日, 名古屋市。

⑥森塚望・加藤内藏進: 九州南部における4月頃からの降水量の季節的增加に関する解析(序報)。日本気象学会秋季全国大会, 2011年11月16日, 名古屋市。

⑦光畑俊輝・加藤内藏進: 東アジアの季節サイクルの中で見た東日本における秋雨期の降水の特徴について(序報)。日本気象学会秋季全国大会, 2011年11月16日, 名古屋市。

⑧高橋信人: 夏期における日本付近の前線帯の年代別特徴。日本気象学会秋季全国大会, 2011年11月16日, 名古屋市。

⑨飯野直子・後藤将太・金柿主税: 黄砂現象の教材化。日本地学教育学会第65回全国大会, 2011年10月9日, 広島市。

⑩大谷和男・加藤内藏進: 九州付近における梅雨降水の2000年頃以降の変化一日々の降水の南北の広がり注目して一。日本気象学会関西支部 四国地区例会, 2010年12月18日, 松山市。

⑪松尾健一・加藤内藏進: 日本付近の早春に見られる季節遷移期の特徴(日々の気温変動と総観場に注目して)。日本気象学会関西支部中国地区例会, 2010年11月6日, 岡山市。

⑫ Kato, K. and Y. Kan: Synoptic climatological study on the decrease in heavy snowfall days in Hokuriku District of Central Japan after the latter half of 1980s. EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2010 (招待講演), 2010年5月4日, ウィーン(オーストリア)。

⑬ Otani, K. and K. Kato: On the decrease in the Baiu precipitation and heavy rainfall days after ~2000 around the northwestern part of Kyushu district in the western Japan. EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2010, 2010年5月4日, ウィーン(オーストリア)。

⑭二宮洗三: 1968年8月17日飛騨川豪雨の

総観規模環境場。日本気象学会秋季全国大会, 2009年11月27日, 福岡市。

⑮ Mori, Y. and K. Kato: On the precipitation peak around the northwestern Kyushu in Japan as the seasonal transition from midsummer to autumn rainfall (Aki-Same) season in East Asia. Forth Japan-China-Korea Joint Conference on Meteorology, 2009年11月9日, つくば市。

[図書] (計1件)

① 加藤内藏進: 全国農村教育協会, 温暖化の現状と東アジアの気候, (「地球温暖化と昆虫」(桐谷圭治・湯川淳一編)の第1章), 29-52, 2010年。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 内藏進 (KATO KURANOSHIN)
岡山大学・大学院教育学研究科・教授
研究者番号: 90191981

(2) 研究分担者

塚本 修 (TSUKAMOTO OSAMU)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 40027298

高橋 正明 (TAKAHASHI MASAOKI)
東京大学・大気海洋研究所・教授
研究者番号: 70188051

二宮 洗三 (NINOMIYA KOZO)
海洋研究開発機構・地球環境領域・
特任上席研究員
研究者番号: 60292950

佐藤 尚毅 (SATO NAOKI)
東京学芸大学・自然科学系・講師
研究者番号: 90392935

高橋 信人 (TAKAHASHI NOBUTO)
宮城大学・食産業学部・助教
研究者番号: 90422328

飯野 直子 (IINO NAOKO)
熊本大学・教育学部・准教授
研究者番号: 80284909

(3) 連携研究者

(なし)