

学 位 論 文 題 名

Climatological evolution and interannual variation of the
Okinawa Baiu

(沖縄梅雨の気候学的時間発展と年々変動)

学位論文内容の要旨

梅雨は東アジアで5月から7月にかけて観測される特徴的な雨期である。Sampe and Xie (2010) は対流圏中層の暖気移流と上昇流がよく対応していることを示した。梅雨期間中の対流圏中層の暖気移流は、温かいチベット高原上の空気を西風ジェットによって中国・日本付近にもたらし、そこで上昇流を誘起する (Sampe and Xie, 2010)。そして、対流・循環のフィードバックにより梅雨前線に対応する活発な降水帯を形成する。

沖縄地方は、本州・九州より1ヶ月早く梅雨入り/ 梅雨明けが生じる。5月上旬、乾いた移動性高気圧と温かく湿った空気からなる太平洋高気圧の境目付近に東西に延びる前線が停滞することで梅雨入りする。しかし5月の降雨は断続的で雨量も少ない。6月になると降水量の増加が見られる (気象庁技術報告書, 1982)。6月後半になると前線の北上により梅雨は明ける。

これまで梅雨に関する研究は数多くなされているが、沖縄梅雨については気候学的観点からその特徴を十分に説明するような研究はほとんどなされていない。本研究では沖縄地方の梅雨の平均的な気候場について、最近10年間 (1997~2006年) の日データ (JRA, GPCP) を用いて主に対流圏中層における大規模場の時間発展を調べると共に、30年間 (1979~2008年) の月平均データを用いて年々変動も調べた。

沖縄の梅雨入りは5月初旬に起こり、5月中旬には降水量が最初のピーク、下旬に一時的な少雨が起る。そして6月中旬に2度目のピークを迎える。その後、前線の北上と共に6月下旬に梅雨明けする。水蒸気フラックスの収束は降水と同様の分布を示すが、5月は比較的弱く、ピークも約半分しか満たさない。これは収束では5月の降水を示すのに十分ではないことを示す。

沖縄梅雨の降水は、500 hPaの暖気移流と関連がある。5月は500 hPaで西風ジェットが強いものの、チベット高原上の温度上昇は太平洋側との東西の温度コントラストを示すほど明らかではない。代わりに南北の温度勾配が大きく、沖縄地方では比較的弱いものの南風が吹く。ゆえに、5月の暖気移流は主に対流圏中層の南北の温度勾配と、比較的弱い南風によるものであることが分かった。しかし、この暖気移流は沖縄付近で上昇流を引き起こすが、5月の降水量ピークを示すのに十分ではない。おそらく、台風を含む非定常擾乱による降水の強化がこれに寄与する。5月下旬の少雨は、南シナ海 (SCS) モンスーンのピークとほぼ同時期に起こる。線型傾圧モデル (Linear Baroclinic Model; LBM) を用いて熱源に対する大気応答を調べた。SCSに熱源を与えると沖縄地方を含めた太平洋側で対流が抑制され、下旬の少雨と整合することが分かった。6月は、チベット

高原上の温度上昇も著しく、太平洋側との東西の温度コントラストが明らかになる。この東西に大きい温度勾配とジェット気流が、沖縄地方に強い暖気移流をもたらす。これが上昇流を引き起こし、沖縄地方に再び降水量ピークをもたらす。これらの結果は、沖縄梅雨の降水量の5月のピークと6月のピークの間に大規模場の気象学的特徴の違いを示す。

ここまで、沖縄梅雨について日データを用いて平均的に見てきたが、梅雨は年々変動の大きな現象である。そこで、年々変動の解析を行った。解析は、沖縄地方で領域平均した降水量と周辺場の他変数との相関・回帰を求めた。5月の沖縄地方降水量と周辺の降水間には、SCS北部から日本の南方にかけて有意な正の相関を示す。対流圏下層の温度場ではフィリピン北東沖で正の相関を示しており、また、同領域で有意な南～南西風が存在する。下層では南の温かく湿った空気が沖縄地方へ運ばれることで5月の沖縄地方に降水をもたらす。前出の平均場では、5月の降水量と対流圏中層の平均温度移流の南北項の関係を示したが、年々変動では2つの間に有意な相関は得られなかった。一方で、東西項では沖縄地方の北に存在する寒気移流と有意な関係を示す。また、フィリピン東沖では下層と同様に南風が有意である。6月の降水量と周辺の降水量間には、中国華南から日本の南方で有意な正の相関を示す。対流圏下層では、温度場においてSCSから西にかけ有意な正の相関を示しており、西の温度上昇が6月の降水にとって重要であることを示す。また、沖縄地方を中心に低気圧性循環が存在する。対流圏中層では、温度場においてインドシナ半島で有意な正の相関、華北から西日本にかけて負の相関が存在する。これは西からの暖気移流が強いと6月の沖縄地方に降水をもたらすことを示す。これらの結果は、前出の5月と6月の特徴の違いを裏付けるものである。

加えて、海面水温(SST)との関係も調べた。沖縄地方の降水量とSSTは同時相関では沖縄地方周辺海域で有意な関係は見られなかった。そこで、降水量と前月のSSTとの関係も調べた。5月の降水量はフィリピン上の4月のSSTと有意な正の相関を示すが、沖縄地方の周辺海域では有意な関係は見られない。一方で、6月の降水量と5月のSSTとの間では、東シナ海～日本の南方で有意な正の相関が見られた。これは沖縄地方の周辺海域で5月のSSTが高いと沖縄地方では6月に多雨になることを示す。また、全球的には6月の降水量と5月のSST間では東太平洋の赤道付近で有意な正の相関が見られる。これは1月のSSTから継続して見られる結果である。つまり、エルニーニョ現象が起これば6月の沖縄地方は多雨になる。このような結果は、5月の降水量との間には見られない。SSTとの関係から、5月と6月の特徴の違いは明らかである。

当論文で明らかにした沖縄梅雨の知見が、梅雨の全体像の把握に寄与し、沖縄梅雨の長期予報に役立つと期待される。

学位論文審査の要旨

主 査	特任教授	山 崎 孝 治
副 査	教 授	長谷部 文 雄
	准教授	堀之内 武
	准教授	藤 原 正 智
	准教授	稲 津 将 (大学院理学研究院)

学 位 論 文 題 名

Climatological evolution and interannual variation of the Okinawa Baiu

(沖縄梅雨の気候学的時間発展と年々変動)

梅雨は東アジアで5月から7月にかけて観測される特徴的な雨期である。Sampe and Xie (2010) は対流圏中層の暖気移流と上昇流がよく対応していることを示した。梅雨期間中の対流圏中層の暖気移流は、暖かいチベット高原上の空気を西風ジェットによって中国揚子江付近にもたらし、そこで上昇流を誘起し、さらに対流とのフィードバックにより東方へと上昇流域が伸び、梅雨前線に対応する活発な降水帯を形成する。

沖縄地方は、本州・九州より1ヶ月早く梅雨入り/ 梅雨明けが生じる。5月上旬に梅雨入りするが5月の降雨は断続的で雨量も少ない。6月になると降水量の増加が見られる(気象庁技術報告書, 1982)。6月後半になると前線の北上により梅雨は明ける。

これまで梅雨に関する研究は数多くなされているが、沖縄梅雨については気候学的観点からその特徴を十分に説明するような研究はほとんどなされていない。本研究では沖縄地方の梅雨の平均的な気候場について、最近10年間(1997~2006年)の日データ(JRA, GPCP)を用いて主に対流圏中層における大規模場の時間発展を調べると共に、30年間(1979~2008年)の月平均データを用いて年々変動も調べた。

沖縄では5月初旬の梅雨入り後、5月中旬に降水量が最初のピーク、下旬に一時的な少雨が起り、6月中旬に2度目のピークを迎える。その後、前線の北上と共に6月下旬に梅雨明けする。水蒸気フラックスの収束は降水と同様の分布を示すが、5月は比較的弱く、ピークも約半分しか満たさない。これは水蒸気収束のみでは5月の降水を示すのに十分ではないことを示す。

沖縄梅雨の降水は、500 hPaの暖気移流と関連がある。5月は500 hPaで西風ジェットが強いものの、チベット高原上の温度上昇は太平洋側との東西の温度コントラストを示すほど明らかではない。代わりに南北の温度勾配が大きく、沖縄地方では比較的弱いものの南風が吹く。ゆえに、5月の暖気移流は主に対流圏中層の南北の温度勾配と、比較的弱い南風によるものであることが分かった。5月下旬の少雨は、南シナ海(SCS)モンスーンのピークとほぼ同時期に起こる。線型傾圧モデル(Linear Baroclinic Model; LBM)を用いて熱源に対する大気応答を調べた。SCSに熱源を与えると沖縄地方を含めた太平洋側で対流が抑制され、下旬

の少雨と整合することが分かった。6月は、チベット高原上の温度上昇も著しく、太平洋側との東西の温度コントラストが明らかになる。この東西に大きい温度勾配とジェット気流が、沖縄地方に強い暖気移流をもたらす。これが上昇流を引き起こし、沖縄地方に再び降水量ピークをもたらす。これらの結果は、沖縄梅雨の降水量の5月のピークと6月のピークの間に大規模場の気象学的特徴の違いを示す。

沖縄梅雨の年々変動の解析も行った。沖縄地方で領域平均した降水量と周辺場の他変数との相関・回帰を求めた。5月の沖縄地方降水量と周辺の降水間は、SCS北部から日本の南方にかけて有意な正の相関を示す。対流圏下層の温度場ではフィリピン北東沖で正の相関を示しており、また、同領域で有意な南～南西風が存在する。下層では南の暖かく湿った空気が沖縄地方へ運ばれることで5月の沖縄地方に降水をもたらすと考えられる。500hPaの暖気移流と正の相関があり、特に南風との相関があり、平均場の解析と整合的である。

6月の降水量と周辺の降水量間は、中国華南から日本の南方で有意な正の相関を示す。対流圏下層では、温度場においてSCSから西にかけ有意な正の相関を示しており、西の温度上昇が6月の降水にとって重要であることを示す。また、沖縄地方を中心に低気圧性循環が存在する。500hPaでは、温度場においてインドシナ半島で有意な正の相関、華北から西日本にかけて負の相関が存在する。これは西からの暖気移流が強いと6月の沖縄地方に降水をもたらすことを示す。これらの結果は、前出の5月と6月の特徴の違いを裏付けるものである。

海面水温(SST)との関係も調べた。沖縄地方の降水量とSSTは同時相関では沖縄地方周辺海域で有意な関係は見られなかった。そこで、降水量と前月のSSTとの関係も調べた。5月の降水量はフィリピン上の4月のSSTと有意な正の相関を示すが、沖縄地方の周辺海域では有意な関係は見られない。一方で、6月の降水量と5月のSSTの間では、東シナ海～日本の南方で有意な正の相関が見られた。これは沖縄地方の周辺海域で5月のSSTが高いと沖縄地方では6月に多雨になることを示す。また、全球的には6月の降水量と5月のSST間では東太平洋の赤道付近で有意な正の相関が見られる。これは1月のSSTから継続して見られる結果である。つまり、エルニーニョ現象が起こるとき6月の沖縄地方は多雨になる。このような結果は、5月の降水量との間には見られない。

当論文で明らかにした沖縄梅雨の知見が、梅雨の全体像の把握に寄与し、沖縄梅雨の理解や予測に役立つと期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。