

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	竹村和人
論文題目	夏季アジアジェット上のロスビー波束の伝播及び砕波と太平洋・日本パターンとの関連性に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>太平洋・日本 (PJ) パターンの発現は、夏季東アジア域における気温偏差及び降水特性に大きな影響を及ぼすため、その発現メカニズムと予測可能性、及び関連する大気循環場の特徴の解明は重要である。これまでの研究により、PJ パターンと夏季アジアジェットに沿うロスビー波束伝播に対応するシルクロードパターンがしばしば共存することは明らかとなったが、両者が共存する力学過程は未解明であった。このため、本研究では、シルクロードパターンに伴って生ずる日本の東海上でのロスビー波の砕波によって PJ パターンが発現する可能性に着目し、両者が共存する力学過程を明らかにするために、主に気象庁 55 年長期再解析データを用いた統計解析を行った。また、2016 年 8 月後半の砕波事例における上記の力学過程の予測可能性を、アンサンブル予報データを用いて評価した。さらに、砕波頻度の将来変化及び関連する大気循環場の特徴を調べるために、「地球温暖化対策に資する気候予測データベース」(d4PDF) と呼ばれる大規模アンサンブル気候シミュレーション結果を用いた解析を行った。</p> <p>まず、再解析データから抽出した、夏季の日本付近からその東海上における計 44 個の砕波事例についてラグ合成図解析を行い、対流圏上層でシルクロードパターンに伴って生ずる日本の東海上での高気圧性砕波は、高渦位気塊の南西方向への進入を促進し、北西太平洋亜熱帯域での積雲対流活動を活発化させて、PJ パターンの発現に重要な役割を果たすことを明らかにした。さらに、日本の東海上での高気圧性偏差が高度とともに北に傾く鉛直構造を持つことが、太平洋高気圧の北側での強い暖気移流偏差と関連する対流圏中層での上昇流偏差の強化に重要な役割を果たし、砕波と PJ パターンの持続性をもたらすことも明らかにした。</p> <p>次に、2016 年 8 月後半の砕波事例に着目し、気象庁 1 ヶ月アンサンブル予報データを用いて、PJ パターンの発現に関連する北西太平洋亜熱帯域における下層低気圧の予測可能性を評価した。その結果、アンサンブル平均予測場では、アジアジェットに沿う波束伝播と、砕波、及び北西太平洋亜熱帯域での積雲対流活動は解析値と比べて弱く、下層低気圧の発達が予測されていないことが分かった。さらに、簡易予報感度解析や大気大循環モデルを用いた緩和アンサンブル予報実験を実施し、砕波域及びユーラシア大陸上の波束伝播域での予測誤差の軽減が、下層低気圧の再現性の向上に重要な役割を果たしていることを明らかにした。</p> <p>また、熱帯東太平洋域の海面水温が平年よりも低くなるラニーニャ発生年に、8 月の日本付近での砕波頻度が大きくなることを明らかにした。ラニーニャ発生年では、熱帯域での東西循環であるウォーカー循環の強化に伴いアジアジェットが強化・北偏し、砕波頻度を増大させることも明らかにした。加えて、d4PDF を用いた解析より、全球平均気温が 4℃上昇した場合の将来気候実験における夏季北太平洋中央部での砕波頻度は、現在気候に比べて顕著に減少することを示した。また、将来気候において、南アジア域から東南アジア域での対流圏上層の大規模発散場が弱体化し、アジアジェットが南偏することに伴い北太平洋中央部付近における対流圏上層での西風の減速・分流が弱化する傾向は、砕波頻度の減少と整合的であることも示された。</p> <p>このように、本研究によって、夏季アジアジェット上のロスビー波束の伝播及び砕波と PJ パターンとの関連性が明らかとなった。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

夏季において対流圏下層の北西太平洋域で出現する太平洋・日本パターン (PJ) パターンと、対流圏上層で発現するシルクロードパターンに代表されるアジアジェットに沿うロスビー波束伝播は、東アジア域における気温偏差や降水量偏差を支配する最も重要な大気循環偏差である。特に、両者が共存する場合には日本域は顕著な異常高温となるため、両者が共存する力学過程及びその予測可能性の解明は、気象・気候力学の研究課題として大変重要である。これまでの月平均データを用いた解析的研究によって、両者がしばしば共存することは明らかになっていたが、共存する必然性の理由やその力学過程、さらにその予測可能性は未解明であった。

申請者は、シルクロードパターンに伴って生ずる日本の東海上でのロスビー波の砕波がPJパターンの発現を促すという新規の着眼点に立脚し、長期再解析データの日別値を用いて詳しい解析を行った。その結果、アジアジェットに沿う波束伝播が強化して日本の東海上で高気圧性砕波が生じた場合には、砕波によって対流圏上層での高渦位大気塊の南西方向への進入が促進されることによって、北西太平洋亜熱帯域での積雲対流活動が活発化してPJパターンが発現するという力学過程が明らかになったことは高く評価できる。また、砕波とPJパターンが持続する場合には、対流圏下層の太平洋高気圧の周縁に沿って北上する暖湿流が日本付近からその東海上での上昇流を強化し、それに伴って生じる対流圏上層での渦管収縮の強化が、砕波を持続させる要因であることも明らかにした。このような夏季中緯度域における対流圏上層と下層の循環場の相互作用を明らかにしたことは、気象学的に大変意義深い。

さらに、申請者は、気象庁1ヶ月アンサンブル予報データを用いた簡易感度解析と大気大循環モデル (AGCM) を用いた予報実験を実施し、2016年8月後半に生じたPJパターンの発現に関連する北西太平洋亜熱帯域における下層低気圧の予測可能性を詳しく吟味した。その結果、砕波域及びアジアジェット入口付近での初期摂動が、下層低気圧の予測可能性に大きな影響を及ぼしたことを明らかにした。また、AGCMを用いた緩和アンサンブル予報実験も独自に実施し、下層低気圧の再現性の向上には、砕波及びユーラシア大陸上における波束伝播の予測誤差の軽減が重要であることを明らかにした。これらの結果は、波束伝播に伴うロスビー波の砕波がPJパターンを発現させるという力学過程とも整合的であり、高く評価できる。

また、申請者は、8月の日本付近における砕波頻度の年々変動と関連する大気循環場の特徴について解析を行い、ラニーニャ発生年には、対流圏上層のインド洋付近における発散偏差によってアジアジェットが強化・北偏することに伴い、日本付近で西風の減速・分流が強化し、砕波頻度が増加することによりPJパターンが発現しやすくなるという興味深い結果を得た。一方、大規模アンサンブル気候予測データを用いて、地球が温暖化した将来気候では、南アジアから東南アジアの対流圏上層での発散場が弱化してアジアジェットが南偏することに伴い、北太平洋中央部の対流圏上層における西風の減速・分流が弱化し、砕波頻度が減少することを明らかにした。

このように申請者の研究は、夏季アジアジェット上の準定常ロスビー波束伝播に伴う砕波がPJパターンの発現を促進する力学過程やその予測可能性、さらに砕波頻度の年々変動や将来変化と関連する大気循環場の特徴に関する新しい知見を与えており、気象学・気候学の分野において重要な貢献をしたものとして高く評価できる。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年6月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降