

論文内容の要旨

論文題目 Structure and dynamics of the Pacific-Japan teleconnection pattern

(PJ パターンの構造と力学)

氏名 小坂 洋介

北半球夏季において、熱帯西部北太平洋(フィリピン付近)における積雲対流活動と日本付近の等圧面高度場との間には正の相関があることが知られている(Nitta 1987). この Pacific-Japan (PJ)パターンは、東アジアにおける夏季の天候に影響する主要な遠隔影響パターンの1つである。従来、PJパターンは積雲対流活動に伴う非断熱加熱偏差が励起する対流圏上層のロスビー波もしくは順圧不安定モードと解釈されてきたが、最近の研究では対流圏下層における東西非一様な気候場の重要性も示唆されている。しかしながら、長期に渡る高解像度のデータに基づくPJパターンの構造や力学に関する包括的研究はなされていない。そこで本研究では、月平均場に見られるPJパターンの3次元構造を明らかにし、JRA-25再解析に基づくデータ解析およびモデル解析を通じてその力学的メカニズムを議論した。

熱帯西部北太平洋における対流活発化に伴う顕著な32例の合成図解析により同定したPJパターンの循環偏差は、対流圏下層においてはNitta (1987)の解析結果と同様に対流活発化領域付近の低気圧性偏差とその極側での高気圧性偏差を示すが、その鉛直構造は従来信じられてきた「熱帯で傾圧的、中緯度で順圧的」という単純なものではなく、東西に長い渦度偏差が上層ほど北に傾く構造で特徴づけられる。このような構造は合成図だけでなく、

対流活発化を伴う個々の月においても認められた。西部北太平洋域における渦度収支解析の結果、対流活動偏差に伴う下層の収束および上層の発散偏差に対し、ベータ効果と平均南北風による渦度偏差の移流の寄与が卓越し、西にある夏季アジアモンスーンと東にある北太平洋亜熱帯高気圧の間に見られる、鉛直シアを伴った平均南北風の重要性が示唆される。またこの循環偏差に伴う波の活動度 flux は対流圏上層では赤道向き、下層では極向きであり、ロスビー波的な極向きエネルギー伝播が気候場における西部北太平洋下層の南風領域のみで顕著なことを示唆する。また波活動度 flux は中緯度で上向きとなり、後述の傾圧エネルギー変換との対応を示している。

合成図に基づくエネルギー収支解析から、中緯度上空のアジアジェットにおける西に傾いた偏差に対する傾圧エネルギー変換に加え、対流圏下層のモンスーンジェットおよび貿易風の出口付近での東西に長い偏差に対する順圧エネルギー変換により、PJ パターンがエネルギーを気候場から効率的に受け取ることが示された。これらのエネルギー変換効率は気候場に対する偏差パターンの相対的な位置に依存しており、最も高くなる位置では月平均場としてのPJパターンに伴う偏差の全エネルギーを1ヶ月以内に満たすことができる程であった。また、さまざまな領域で対流活動偏差を伴う偏差パターンにおいて、中緯度の高気圧性偏差中心は気候場に固定される傾向にあることがわかった。以上の結果は、PJパターンが亜熱帯ジェットおよびアジアモンスーンと北太平洋亜熱帯高気圧で特徴付けられる夏季西部北太平洋域の気候場に見られる力学モードである可能性を示唆する。実際に、線形準地衡風近似に基づく定常2層力学モデルにおいて、中緯度のジェットに加え、亜熱帯のモンスーンとその東方の亜熱帯高気圧を想定した仮想的な基本場を与え、両者の間に熱源を置くと、その応答としてPJパターンと類似した構造を持つ擾乱が現れ、上記の合成図解析に基づくものと同様のエネルギー変換を伴っていることが示された。さらに、この基本場の特異解として熱応答に似た構造を持つモードが認められ、PJパターンの力学モード的性質が確認された。これに対し、中緯度のジェットのみ、あるいはモンスーンと亜熱帯高気圧のみを想定した基本場においてはPJパターンの熱応答は見られず、これら全てを持つ基本場の重要性が確かめられた。

一方、合成図から求めた非断熱加熱偏差に伴う有効位置エネルギー生成は、順圧および傾圧エネルギー変換の和と同程度であり、PJパターンのメカニズムにおける湿潤過程の重要性を示唆する。ただしこのエネルギー生成効率は再解析における不確定性を強く反映しており、NCEP/NCARやNCEP-DOE再解析データに基づく解析では極めて低い値となった。

PJパターンに伴う対流圏下層の循環偏差は、南シナ海上のモンスーンジェットおよび亜熱帯西太平洋上の貿易風を強めて海面からの蒸発を促進するとともに、水蒸気収束を強め

ることによって対流活動偏差を強化する傾向をもつことがわかった。また、オメガ方程式を用いた診断から、PJ パターンに伴う渦度と熱の輸送が、対流偏差域に上昇流偏差を力学的に誘起し得る傾向が認められ、これには特に対流圏上層における南北渦度移流偏差が寄与していた。以上のことから、PJ パターンが、気候平均場における大陸の夏季モンスーンと海洋上の亜熱帯高気圧に挟まれた対流活動の活発な領域に出現しやすい、湿潤過程を伴った力学モードである可能性が示唆される。さらにこの可能性は、対流活動がPJパターンを誘起する場合だけでなく、上流からの波動伝播などの要因によってPJパターンが対流活動を活発化させつつ成長する場合もあり得ることを示唆している。一方、PJパターンに伴う対流活動偏差と熱帯西太平洋における1ヶ月前の海面水温との間には有意な相関が認められるものの、海面水温が高い(低い)にもかかわらず対流活動が不活発(活発)になる例も見られ、このことはPJパターンの力学モード的な性質と矛盾しない。また、季節内変動としての性質を持つPJパターンと、経年変動であるエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールとの相関は低い。

以上の結果は、気候平均場が夏季西部北太平洋と同様の特徴を有するような他の領域においても、対流活動偏差に伴いPJパターン的な偏差が見られる可能性を示唆する。南北半球それぞれの夏季について、全ての経度帯において合成図解析を行った結果、北半球夏季の西部北大西洋、南半球夏季の西部インド洋、中部南太平洋、西部南大西洋において、PJパターンに似た偏差パターンが実際に同定された。