

学位論文題名

Connection between the Asian summer monsoon and the middle latitudes through the geopotential height anomaly over the western Tibetan plateau

(西部チベット高原上空の高度場擾乱を介した夏季アジアモンスーンと中緯度との関係)

学位論文内容の要旨

アジアモンスーンはアジアの気象を支配する主要な気象システムであり、その変動はアジア社会に大きい影響を及ぼす。本研究は夏季アジアモンスーンの季節内変動を対象としている。

夏期においてもアジアモンスーン域の大気の基本場は季節の進行とともに大きく変化する。夏季アジアモンスーンの季節内変動を考える際は、夏期をいくつかの期間に分けて考える必要がある。そこで本研究では5月から6月までの初夏を対象とした。初夏におけるアジアモンスーン域の上層の高度場は、西部チベット高原上空で大きい変動を示す。西部チベット高原上空の変動は中緯度と夏季の南アジアモンスーンとを関係づけることが知られている。

本研究の目的は、夏季アジアモンスーンと中緯度の関係の理解をより深めることである。特に2つの観点から研究を進める。1つは、初夏の期間の季節内変動を対象とすることであり、もう1つは西部チベット高原上空の高度場に注目するということである。本研究では6時間間隔の再解析データ(ERA40)を使用した。また日平均 OLR データ(NOAA)と日降水量データ(APHRODITE)を使用した。本研究では、5日の移動平均を行った日間隔気候値を使用し、偏差を日間隔気候値からの差と定義した。

西部チベット高原上空の 200hPa におけるジオポテンシャルハイトの偏差を領域平均したものを GPH インデックスと定義した。GPH インデックスが+1.5 以上、また-1.5 以下の場合に関してそれぞれコンポジットを計算した。GPH が正の場合のコンポジットから、西部チベット高原上空の高気圧偏差は北部大西洋から西部ロシアを通して伝播する波と関係することが分かり、day0 に西部チベット高原に到達した後は亜熱帯ジェットに沿って東へ伝播する波が見られた。850 hPa には、day 0 以降にアラビア海から東南アジアにかけての西風強風帯中に波状の擾乱が見られ約1週間持続する。下層に見られる波状の擾乱は東西波数 11 で、東へ約 12m/s で伝播する。この西風強風帯領域の東西風から計算される定常ロスビー波の波数分布はロスビー導波管で見られる特徴を示し、理論的には全波数 11 から 16 のロスビー波を捕捉することが考えられる。コンポジット解析から見られた波状の擾乱は、理論的に考えられる導波管中に捕捉される定常ロスビー波とよく一致することから、観測された下層で見られた波状の擾乱はロスビー波であると考えられる。

上層の高気圧偏差がアジアモンスーンに影響をするメカニズムは以下のように説明できる。上層の高気圧偏差は、Q-vector を用いた解析から力学的に下降流を作り出すことが分かった。この下降流による対流圏上層から中層の断熱加熱と、晴天による地表面付近の加熱により、高気圧偏差の下にヒートローが発達する。ヒートローによりアラビア海上に強化された西風はインド亜大陸の地形と作用して高気圧性の渦を生じ、導波管中をロスビー波が伝播する。負の GPH インデックスに関するコンポジットは正の場合とほぼ同じ分布を示すが、逆符号の結果を示す。

下層ロスビー波は準定常的に1週間程度持続することで、その期間中には南アジアから東南ア

ジアまでの領域で降水量の増加が見られ、持続する。しかしながら day0 以前の 1 週間程度の期間、降水量の増加が見られる。速度ポテンシャルに関するコンポジットは赤道域に波数 1 の東進する擾乱を示す。day0 以前にはインド洋に対流が活発な部分が、東部太平洋から中央アメリカにかけて対流を抑制する部分が見られる。day0 以前の南アジアから東南アジアまで降水量の増加はインド洋の対流活動の影響によるものである。インド洋の活発な対流は西部チベット高原上空で収束域を作り、高度場に変動を起こす。

北部大西洋から西部ロシアを通り、西部チベット高原に到着する波動を調べるために、これら 3 つの地点の上空の領域平均したジオポテンシャルを結合したインデックス (ART インデックス) を定義した。顕著な ART インデックスに関するコンポジットは、北部大西洋から、西部ロシアを通り西部チベット高原に到着する波動をよく表す。波動の経路をさらにさかのぼると、北アメリカ北東部上空の偏差までさかのぼることができる。速度ポテンシャルに関するコンポジットは GPH インデックスに関するコンポジットと同様に赤道域に波数 1 の擾乱が見られ、また OLR に関するコンポジットからは中央アメリカに正の偏差が見られる。赤道域の対流活動は中緯度の波動と関係することが知られており、中央アメリカでの対流の変化が北アメリカ北東部から西部チベット高原への波動の起源になっている可能性が考えられる。

Linear baroclinic model を使った数値実験により、初夏において中央アメリカ及び北部インド洋の対流の変化が西部チベット高原上空の高度場に影響をすることを確認した。中央アメリカに抑制された対流を模した負の温度強制を置くと、北アメリカ北東部から西部チベット高原への波動が見られ、変動の符号もコンポジット解析の結果と一致する。しかし西部チベット高原上空の高度場の偏差は小さい。北部インド洋に活発な対流を模して正の温度強制を与えた場合の数値実験は、西部チベット高原上空に正の高度場偏差を生じる。数値実験の結果から、赤道域に波数 1 の擾乱が現れると西部チベット高原上空の高度場の強い偏差が生じやすいと言える。

本研究では、西部チベット上空の高度場の偏差に注目することで、初夏におけるアジアモンスーンと中緯度の季節内規模の関係を明らかにした。本研究で得られた成果は、モンスーンの季節内変動の理解の深化に貢献でき、自然災害への対策や水資源の利用などに応用できると考えられる。

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
副査	准教授	佐藤友徳
副査	准教授	稲津 將 (大学院理学研究院)

学位論文題名

Connection between the Asian summer monsoon and the middle latitudes through the geopotential height anomaly over the western Tibetan plateau

(西部チベット高原上空の高度場擾乱を介した夏季アジアモンスーンと中緯度との関係)

アジアモンスーンはアジアの気象を支配する主要な気象システムであり、その変動はアジア社会に大きい影響を及ぼす。本研究は夏季アジアモンスーンの季節内変動を対象とする。

夏季アジアモンスーンの季節内変動を考える際は、夏期をいくつかの期間に分けて考える必要がある。そこで本研究では5月から6月までの初夏を対象とした。初夏におけるアジアモンスーン域の上層の高度場は、西部チベット高原上空で大きい変動を示す。西部チベット高原上空の変動は中緯度と夏季の南アジアモンスーンとを関係づけることが知られている。

本研究の目的は、夏季アジアモンスーンと中緯度の関係の理解をより深めることである。特に2つの観点から研究を進める。1つは、初夏の期間の季節内変動を対象とすることであり、もう1つは西部チベット高原上空の高度場に注目するということである。本研究では6時間間隔の再解析データ(ERA40)を使用した。また日平均OLRデータ(NOAA)と日降水量データ(APHRODITE)を使用した。本研究では、5日の移動平均を行った日間隔気候値を使用し、偏差を日間隔気候値からの差と定義した。

西部チベット高原上空の200hPaにおける高度場 (geopotential height) の偏差を領域平均したものをGPH index と定義した。GPH index が+1.5以上、また-1.5以下の場合に関してそれぞれコンポジット (合成図) を計算した。GPHが正の場合の合成図から、西部チベット高原上空の高気圧偏差は北部大西洋から西部ロシアを通して伝播する波と関係することが分かり、day0に西部チベット高原に到達した後は亜熱帯ジェットに沿って東へ波動伝播する。850hPaには、day0以降にアラビア海から東南アジアにかけての西風強風帯中に波状の擾乱が見られ約1週間持続する。下層に見られる波状の擾乱は東西波数11で、東へ約12m/sで伝播する。この西風強風帯領域の東西風から計算される準定常ロスビー波の波数分布はロスビー導波管で見られる特徴を示し、理論的には全波数11から16のロスビー波を捕捉することが考えられる。合成図解析に見られた波状擾乱は、理論的に考えられる準定常ロスビー波とよく一致することから、観測された下層で見られた波状の擾乱はロスビー波であると考えられる。

上層の高気圧偏差がアジアモンスーンに影響をするメカニズムは以下のように説明できる。上層の高気圧偏差は、 Q -vectorを用いた解析から力学的に下降流を作り出すことが分かった。この下降流による対流圏上層から中層の断熱加熱と、晴天による地表面付近の加熱により、高気圧偏差の下に熱的低気圧（ヒートロー）が発達する。これによりアラビア海上に強化された西風はインド亜大陸の地形と作用して高気圧性の渦を生じ、導波管中をロスビー波が伝播する。負のGPH index に関するコンポジットは正の場合とほぼ同じ分布で、逆符号を示す。

下層ロスビー波は準定常的に1週間程度持続することで、その期間中には南アジアから東南アジアまでの領域で降水量の増加が見られ、持続する。しかしながらday0以前の1週間程度の期間、降水量の増加が見られる。速度ポテンシャルに関する合成図は赤道域に波数1の東進する擾乱を示す。day0以前にはインド洋に対流が活発な部分、東部太平洋から中央アメリカにかけて対流を抑制する部分が見られる。day0以前の南アジアから東南アジアまで降水量の増加はインド洋の対流活動の影響によるものである。インド洋の活発な対流は西部チベット高原上空で収束域を作り、高度場に変動を起こす。

北部大西洋から西部ロシアを通り、西部チベット高原に到着する波動を調べるために、これら3つの地点の上空の領域平均した高度を結合したindex (ART index) を定義した。顕著なART index に関する合成図は、北部大西洋から、西部ロシアを通り西部チベット高原に到着する波動をよく表す。波動の経路をさらにさかのぼると、北アメリカ北東部上空の偏差までさかのぼることができる。速度ポテンシャルに関する合成図はGPH indexに関するコンポジットと同様に赤道域に波数1の擾乱が見られ、またOLRに関する合成図からは中央アメリカに正の偏差が見られる。赤道域の対流活動は中緯度の波動と関係することが知られており、中央アメリカでの対流の変化が北アメリカ北東部から西部チベット高原への波動の起源になっている可能性が考えられる。

Linear baroclinic modelを使った数値実験により、初夏において中央アメリカ及び北部インド洋の対流の変化が西部チベット高原上空の高度場に影響をすることを確認した。中央アメリカに抑制された対流を模した負の温度強制を置くと、北アメリカ北東部から西部チベット高原への波動が見られ、変動の符号もコンポジット解析の結果と一致する。しかし西部チベット高原上空の高度場の偏差は小さい。北部インド洋に活発な対流を模して正の温度強制を与えた場合の数値実験は、西部チベット高原上空に正の高度偏差を生じる。数値実験の結果から、赤道域に波数1の擾乱が現れると西部チベット高原上空の高度の強い偏差が生じやすいと言える。

本研究では、西部チベット上空の高度偏差に注目することで、初夏におけるアジアモンスーンと中緯度の季節内規模の関係を明らかにした。本研究で得られた成果は、モンスーンの季節内変動の理解の深化に貢献でき、自然災害への対策や水資源の利用などに応用できると考えられる。

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。