

氏 名	たなか けんじ 田中 健 路
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	論 理 博 第 1462 号
学位授与の日付	平 成 17 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	チベット高原における大気陸面相互作用に関する観測的研究

論文調査委員 (主 査) 助教授 石 川 裕 彦 教 授 岩 嶋 樹 也 教 授 木 田 秀 次

論 文 内 容 の 要 旨

標高 4000 m を越えるチベット高原は、対流圏中層における大気の冷熱源としてアジアモンスーンの形成と変動に大きな影響を与えていると言われている。地表面から大気に与えられる熱フラックス(顕熱)は大気を下層から加熱し、また地表面から蒸発する水分(潜熱)は対流圏上層で凝結して潜熱を放出し大気を加熱する。この顕熱、潜熱フラックスを定量化する試みは、高層観測データを用いた大気熱収支法による間接的手法、ルーチン地上観測データを用いたバルク法による算出などが行われてきたが、観測データ自体が少ないこと等により、これまで定量的な知見は十分ではなかった。本研究では、1998年から2003年までチベット高原上実施した大気・陸面観測データを用いて、チベット高原上の大気陸面相互作用を定量的に明らかにした。

第1部では、1998年5月から9月の間、連続的に実施した大気乱流観測データを解析した結果を述べた。高原上では日中の地表面加熱や夜間の放射冷却が強く効くため、低地で観測されるよりも広い範囲の大気安定度で乱流データが得られた。このデータを解析することにより、従来知られているよりもはるかに広い安定度範囲で接地境界層の相似則が成立していることが示された。次に渦相関法により、大気に輸送される顕熱、潜熱を30分平均値の時系列として直接算出し、モンスーンの進行に伴う季節変化を調べた。地表面が乾燥しているモンスーン入り前の4月—5月は顕熱フラックスが卓越し、日最大値で 400 W/m^2 を超える場合があること、モンスーンによる降水で地表面が湿潤になるとともに潜熱フラックスが増加、顕熱フラックスが減少し、7月から8月にかけて潜熱フラックスが顕熱フラックスを上回る様子を定量的に明らかにした。また、土壌水分量と地表面及び地中温度の観測結果を用いた地中熱流量の算出結果、4成分放射観測データから算出した地表面放射収支と合わせて解析し、この期間の地表面熱収支を明らかにした。地表面付近の土壌水分が凍結(夜間)、融解(午前中)を繰り返す時期に関して、凍結融解に関わる潜熱が熱収支に寄与する量を、実測により明らかにした。

第2部では、境界層タワーで観測された気温、風速の鉛直分布と地表面温度を用いて1998~2003年までの6年間の地表面フラックスを算出し、年々変動を調べた結果について述べている。タワー観測データからフラックスを算出するにあたり、第1部で扱った1998年の集中観測期間中の直接計測で得られた乱流輸送量とタワー観測で得られた気温の鉛直プロファイルと比較し、輸送係数をバルク・リチャードソン数の関数として定めた。算出した6年間のフラックスを比較することにより、プレモンスーン期には顕熱輸送が支配的であるがモンスーン期には正味放射の7割が潜熱輸送で大気に輸送されること、10月上旬には再び顕熱輸送が支配的になり絶対値で見ると顕熱輸送が一時的に増加することなど、地表面エネルギー収支の平均的な季節変化の様子を明らかにした。年々変動に関しては、モンスーン入り後に潜熱が顕熱を上回る時期は年による差が大きい、秋に顕熱が再び支配的になる時期は年々の差がほとんど無いことがわかった。また、月平均でみると冬季においても高原の地表面が大気への熱源として働いていることを明らかにした。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

この論文は、チベット高原上で実施した観測データを用いて、高原地表面から大気への顕熱、潜熱輸送を定量的に算出し、

その地表面熱収支について論じたものである。

4000 m を超えるチベット高原は、対流圏中層において大気への冷熱源として作用し、アジアモンスーンの形成と変動に重要な役割を果たすものとして注目されてきた。地表面から大気への熱輸送量を調べる研究は、高層観測データを用いた大気エネルギー収支法による間接的算出や、ルーチン地上観測データと経験的な輸送係数を用いた算出がこれまでも行われてきたが、定量的な信頼性に乏しかった。また、観測データが少ないために、日変化、季節変動や年々変動に関する知見はほとんど得られていなかった。

申請者は、まず1998年5月から9月まで連続して実施した地表付近での大気乱流観測データを用いた解析を行った。この乱流観測では、従来行われたどの観測よりもはるかに広い安定度範囲のデータが取得され、これまで観測的に明らかにされたものよりも広い安定度範囲で大気境界層の相似則が成り立つことがまず示された。次に、渦相関法により顕熱・潜熱フラックスを30分平均として算出し、その日変化と季節変動を調べた。モンスーン入り前の4月―5月は顕熱フラックスが卓越し日最大値で 400 W/m^2 を超える場合があること、モンスーンによる降水で地表面が湿潤になるとともに潜熱フラックスが増加、顕熱フラックスが減少する季節変化パターンを明らかにした。

申請者はさらに境界層タワーで観測された気温、風速の鉛直分布と地表面温度を用いて1998～2003年までの6年間の地表面フラックスを算出し、年々変動を調べた。タワー観測データからフラックスを算出するにあたり、これまでの研究で用いられてきた経験的なバルク係数に代わるものとして、直接測定で得られた乱流輸送量をタワー観測で得られた気温プロファイルと比較し、バルク・リチャードソン数の関数として求めた輸送係数を用いた。これにより、精度の高い算出が可能となった。このようにして得られた6年間の潜熱、顕熱輸送量を、4成分放射計測で得られた地表面放射収支、土壤水分量と地中温度計測から算出した地中熱流量と合わせて解析し、高原地表面における大気陸面間エネルギー収支の季節変化の平均的な描像と年々変動を明らかにした。特に冬季においても地表面が大気への熱源として作用していることが示された点は、高精度な連続的観測と緻密な解析により初めて得られた成果である。

以上の成果は、本研究で行った乱流観測および連続的な大気境界層観測データを用いることにより初めて明らかにされたものであり、アジアモンスーン研究や大気陸面モデル研究の基礎情報として価値の高い観測的成果である。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、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。