

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Lijian HAN
審査委員	主査 恒川 篤史 (印) 副査 坪 充 (印) 副査 荊木 康臣 (印) 副査 増永 二之 (印) 副査 木村 玲二 (印)
題目	Active and passive microwave remote sensing of near-surface soil freeze/thaw event in northern China and Mongolia
審査結果の要旨 (2,000字以内)	
<p>地表面表層における土壌の凍結・融解サイクルは地球システムの動態に重要な役割を果たしている。しかし、近地表環境の変化が大きい中緯度地域においては、リモートセンシングを用いた表層土壌凍結・融解サイクル検出の研究はこれまでほとんど行われていない。</p> <p>本研究は、能動型・受動型マイクロ波リモートセンシング手法を用いて、典型的な中緯度地域である中国北部及びモンゴルを対象とした。まず、能動型、受動型それぞれのマイクロ波リモートセンシング手法を用いて、表層土壌凍結・融解イベントを検出した。二つの手法の結果を比較・統合し、能動型及び受動型の両者を用いた、新たなマイクロ波リモートセンシング観測手法を提案した。最後に、気候変動と表層土壌凍結・融解イベントとの関係、及び土壌凍結・融解イベントがダスト発生に及ぼす影響を解析した。</p> <p>以下、本論文の中核的成果について、4点に絞り、その内容を述べる。</p> <p>第一に、土壌温度と7日間合成最大/最小受動型マイクロ波輝度温度を用いた、研究対象地の土壌凍結・融解アルゴリズムを作成した。ランダム・サンプリングの手法を用いて、37 GHz 帯垂直偏波における輝度温度の閾値（朝と夜の衛星パスに対してそれぞれ 258.2 と 260.1 K）を決定し、1998年から2007年の10年間の土壌凍結・融解サイクルの開始・終了時期及び日周期の凍結・融解が生じる移行期間を求めた。春の土壌凍結・融解の開始及び終了時期は、研究対象地域の南部から北部と北西部へ、また低海拔地域から高海拔地域へと進んだ。日周期の凍結・融解が生じる移行期間が最も長い地域は中国黄土高原、オルドス高原、松嫩平原であった。また、南部から北西・北東部に向かうにつれて、年間土壌凍結期間は徐々に増加し、年間融解期間は徐々に減少した。この10年の間、土壌凍結・融解サイクルの時期及び日周期の凍結・融解が生じる移行期間の変化は、秋より春のほうが大きかった。ほとんどの地域で変化は2週間以内であったが、中国東北平原、黄土高原、陰山山脈での変化は3~4週間以上であった。</p>	

第二に、中緯度地域における地表春季土壌融解イベントを検出するためにレーダー後方散乱時系列データを利用した新しい多段階法を提案した。この方法は主に融解イベントの地理的境界と開始日検出に注目したものであり、本研究対象地の土壌凍結・融解状態に適用した結果、地上観測値と $R^2 = 0.678 \pm 0.021$ ($P < 0.01$) の相関があった。また標高、気温及び土壌水分が春季土壌融解に影響する主要因であることが示された。8年間の春季土壌融解発生の地理的境界変動と温度変化に有意な相関が認められたのは中国北東部 ($R^2 = 0.50$, $P < 0.01$) とモンゴル北東部 ($R^2 = 0.56$, $P < 0.01$) であり、中国西部、モンゴル北西部、チベットの3地域では有意な相関は認められなかった。

第三に、能動型及び受動型マイクロ波リモートセンシングデータの両者を用いた新しい理論的方法を提案した。すべての対象地域において、年間最初180日の間、輝度温度は増加する傾向を示したが、後方散乱係数は凍結地域では減少する傾向を、非凍結地域では増加する傾向を示し、砂漠地域では変わらなかった。また、朝と夜の衛星軌道による輝度温度の違いによって、土壌水分含量が高く凍結する地域、土壌水分含量は高いが凍結しない地域、及び土壌水分含量が低く凍結する砂漠地域を判別することができた。信号分析結果に基づき、中緯度地域に適用可能な新たな手法を開発し、まず、朝と夜の輝度温度差 (TI) 及び後方散乱係数と輝度温度時系列の傾き比 (SI) を提案し、この指数によって凍結地域、非凍結地域と砂漠地域を分類した、次に、能動型と受動型時系列の日常信号の差 (DI_i) のロジスティック関数を提案し、これによって凍結・融解サイクルの開始、終了を検出することができた。

第四に、アジア地域における風成ダスト (黄砂) の主要な長距離広域輸送源となっているモンゴル高原東部地域における春季の地表凍結と土壌水分が春季融解以降のダスト発生に及ぼす影響を解析した。その結果、ダストは主に春季融解以降に発生したことが示された。融解前ダスト発生回数は非凍結地域の面積割合と正の相関 ($R^2 = 0.82$, $P < 0.01$) があった。一方、土壌水分が高いときの融解後ダスト発生回数は凍結地域の面積割合と負の相関があった ($R^2 = 0.88$, $P < 0.01$)。

以上を要するに、本研究の主たる成果は、新たな受動型・能動型マイクロ波リモートセンシング手法を開発することによって、これまでの関連研究が対象としていた高緯度地域や永久凍土地域から中緯度地域にも対象地域を広げ、表層土壌凍結・融解サイクルの検出を可能としたことである。また表層土壌凍結・融解サイクルは半乾燥地域や乾燥地域におけるダスト発生などの極端事象と関連することが示唆された。これらの研究は、中緯度地域近表面地球システムの理解に関して高い学術的価値のある結果を有するものであり、本審査会は、本論文を学位論文として十分価値があるものと判定した。