

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 王 露 莎

論 文 題 目

Assessment of drought in Inner Mongolia based on remote sensing
drought severity index and its improvement

(リモートセンシング干ばつ指標を用いた内モンゴルの干ばつ評価と指標の改良)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学助教 小谷 亜由美

委 員 名古屋大学教授 竹中 千里

委 員 名古屋大学教授 山本 一清

委 員 名古屋大学准教授 田中 隆文

論文審査の結果の要旨

干ばつは、降水量の不足を主因として地表付近の過小な水分貯留が持続する状態で、乾燥・湿潤気候によらず世界各地で発生し、陸域生態系や人間社会に被害をもたらす。全球の干ばつ被害面積は過去半世紀において増大し、地上気温の上昇に伴い干ばつの強度および発生頻度が高まると予測されている。東アジアの植生・気候遷移帯に位置する中国内陸部の内モンゴルは、年間降水量 100–500 mm の半乾燥気候で降水量の年々変動が大きく、2000 年代以降に干ばつの発生頻度が上昇し、地域の主幹産業である牧畜や農業に深刻な被害をもたらしている。干ばつのモニタリングおよび早期警報システムを機能させることが、本地域の社会経済発展や生態系保全のために求められている。

本研究では、内モンゴルを対象として、過去の干ばつ状況の理解を通して、現在の干ばつモニタリングの有効性を向上させることを目的として、干ばつ指標の探索に着目した。干ばつの規模・程度を表現するために、降水量の長期変動や降水量と蒸発散量の収支に基づく気象学的指標、水収支タンクモデルを用いた水文学的指標、植生状態を考慮した生態学的指標のほか、作物収量の偏差等の農学的指標が利用されている。内モンゴルの西部草原から北東部森林の幅広い植生からなる 1000 km スケールの領域を対象とする干ばつ評価を行うため、地表面の空間多様性を表現できる衛星リモートセンシングデータに基づく干ばつ指標 (Remote Sensing Drought Severity Index: RSDSI) を選択した。RSDSI とそれをもとに本研究で考案した IDSI (Improved DSI) を比較し、本地域における干ばつ状況の評価に適切な指標を提案した。そして、これらの指標と土壤水分および降水量の関係を通して、深刻な干ばつが多発した 2000 年代における、内モンゴルの干ばつの時空間変動の特徴とその要因を明らかにした。以下に、本研究で得られた結果の概要を示す。

はじめに、植生指標 (正規化植生指標; 植生の分布や活性を表す) と蒸発散係数 (実蒸発散量と可能蒸発散量の比; 陸面の蒸発効率を表す) を用いる RSDSI を対象地域に適用し、とくに深刻な干ばつ年には、乾燥草原から比較的湿潤な森林までの多様な気候・植生地域で、地域ごとに異なる季節パターンの干ばつが発生したことを明らかにした。なかでも対象地域に多大な農業被害をもたらした 2001, 07, 09 年では、極端な干ばつの発生時期および持続期間が各年で異なった。

直接的に干ばつ状態を表す土壤水分と RSDSI の相関関係は時空間的に変動し、RSDSI の 2 変数のうち蒸発散係数の寄与が大きく、植生指標は土壤水分とのタイムラグのため相関を小さくする方向に働くと考えられた。降水量の時空間変動に着目すると、草原地域の干ばつの時空間変動は、亜大陸規模の雨域の季節移動と、植生と土壤の分布に密接に関連することが明らかになった。とくに南東部の草原地域では、密な草原植生が保水性の高い土壤地域に分布し、植物による効率的な降水利用が RSDSI と土壤水分の相関が大きくなる原因と考えられた。しかし、ここで用

いた RSDSI の 2 変数（植生指標と蒸発散係数）は互いに独立でないため、極端な干ばつが強調して示されることが問題として残された。

そこで、従来の植生指標の関与は残し、蒸発散係数を土壤水分に置き換えた IDSI を提案し、RSDSI と同様に干ばつの時空間変動を評価した。この土壤水分データは、地上観測と気候・陸面モデルに基づく全球データ同化プロダクト（GLDAS-2.1）から得られ、先行研究により対象地域での精度が検証されている。蒸発散係数を用いた場合（RSDSI）と異なり、これらの 2 変数の IDSI の変動に対する寄与は同程度であった。植物の吸水深度を考慮して、表層 0–10 cm と草本の根系が集中する 0–40 cm の二通りの指標を用いて、その時空間変動の違いを比較した。例えば、季節性雨域が未到達の植物成長初期（5 月）の西部草原では、少ない降雨に表層の土壤水分だけが応答するため、土壤水分深度による IDSI 変動の違いが明瞭となり、地域により異なる土壤水分深度に基づく干ばつ指標を用いる有効性が示唆された。

最後に、ここで提案した干ばつ指標により評価された干ばつ状況と、農業統計に基づく農業被害地域等の比較を通して、とくに農業被害をもたらす干ばつのモニタリング指標としての RSDSI・IDSI の利用可能性を議論した。その結果、本研究で検討した干ばつ指標のうち、空間適用性が大きく本地域の深刻な干ばつの時期・場所の特定に使用できるものは、表層土壤水分と衛星植生指標を変数とする IDSI であるという結論が得られた。さらに、降水や気温変動の極端化や季節推移の変化が予想される今後は、植生応答と降雨変動の双方が対象地域の干ばつ発生に影響を及ぼすことが考えられる。対象地域の降雨変動は局所的な現象としてだけでなく、より広域の大気循環からも制御されるため、アジアモンスーンやエルニーニョ南方振動など大規模大気海洋現象とのテレコネクションなどの知見をとり入れた、分野横断的な干ばつ指標への展望が示された。また、近年、高精度化および高解像度化が進んでいる土壤水分データセットを利用した指標の改良を通して、干ばつモニタリング精度の向上に貢献することが期待される。

以上のように本研究では、内モンゴルの植生・土壤分布の東西あるいは南北のコントラスト、植物生長期の降雨域および植物生長の季節変化パターン、それらの相互作用が、干ばつの時空間変動の要因であることが明らかにされた。この結果に基づき、従来の干ばつ指標に代わる IDSI の提案を通して、気象学・水文学・植物生態学などの多視点を複合した干ばつ評価の重要性が認識された。また、本研究で使用した衛星観測データや気候データセットのように、全球スケールで均一な空間・時間解像度の公開データを用いることで、本研究の手法は全球スケールで適用可能となり、とくに地上観測データの入手困難な地域での干ばつ評価を推進するものとしても期待される。本学位審査委員会は、本論文について慎重に審査し、博士の学位を授与するに十分な価値があるものと認め、合格と判定した。