

# アムダリア川流域の灌漑農地における作物動態への環境要因の影響分析

## Analysis of Environmental Factors Affecting Crop Dynamics in the Irrigated Lands of the Amu Darya River Basin

劉 浩辰<sup>1</sup>, 長野宇規<sup>1</sup>, 小寺昭彦<sup>2</sup>  
Haochen Liu, Takanori Nagano, Kotera akihiko

### 1. はじめに

中央アジア、ウズベキスタン共和国のアムダリア川下流域はソ連時代の大規模灌漑地開発を発端に河川流量の低下（アラル海の縮小）と深刻な塩害に瀕している。これ以上の環境悪化を防ぐためには流域スケールでの土地利用配分の最適化による節水が必要である。そして、乾燥地域は水不足と塩害などの環境因子が作物生産に大きな影響を及ぼしており、その影響を詳細に理解することが必要である。

本研究では、カシュカダリヤとカラカルパクスタン地域の灌漑農地を対象とし、2001年から2021年にかけてのLandsat NDVI時間系列データを基に、農地の耕作履歴を明らかにし、塩分指数（NDSI）、地表日射量（Rs）、気温（Ta）、及び土層（7-28cm）中の体積含水量（SWV）といった環境ストレス因子が作物のNDVI変化に与える影響を分析した。研究地域における耕作パターンと資源管理に向けた実用的な参考を提供し、さらには塩害が問題となる他の乾燥地域における農業生産の改善に貢献することを目的とする。

### 2. 研究手法

#### 2.1. 研究地域

ウズベキスタンのアムダリア川流域の中流部支流に位置し、塩害の程度が低くかつ灌漑水が不足しているカシュカダリヤ地域と、下流部で塩害が深刻かつ灌漑水の含塩量が高いカラカルパクスタン地域を対象に解析を行った。

#### 2.2. 使用データとプラットフォーム

アムダリア川流域で長期間のデータの解析を行うには膨大なデータ量の処理が必要である。そこで衛星画像解析のクラウドコンピューティングであるGoogle Earth Engine(GEE)を用いた。研究地域のNDVI、NDSIなどのスペクトル指数はLandsatシリーズのデータから取得した。地表の日射量（Rs）、気温（Ta）、降水量（Pre）および土層の体積含水量（SWV）の年間シリーズデータはERA5-Landデータセットから取得した。これらの指数の合成及びダウンロードはGEEを通じて行われた。

#### 2.3. 農地の検出と作物の判別

長期間の作物履歴を整理するため、画像処理ソフトウェアeCognitionとCannyエッジ検出を用いて異なる特徴（テクスチャ、インデックス、地形など）に基づきセグメンテーションを行い、研究地域の農地境界を識別し、一筆ごとに固有識別フィールド（ID）を与えた。一方、農地における塩害の不均質性と作物の生育状況の悪さから、作物の判別は栽培期間中のデータの時系列解析により類似の生育パターンを持つ農地を検出し、植生指数の累積、時系列調和解析（HANTS）、クラスター分析を使用してノイズの影響を除去し、作物の生育パターンと反射率の差異に基づき判別を実現した。

---

1. 神戸大学大学院農学研究科 2. 茨城大学地球・地域環境共創機構

キーワード：土地利用分類；環境ドライバー；リモートセンシング

## 2.4. 環境ストレス因子の寄与分析法

植生指数と環境ストレス因子間の相互作用および環境因子間の多重共線性問題が存在するため、リッジ回帰法 (Ridge regression analysis) を用いて環境ストレス因子の NDVI 変化への寄与を定量化し、多重共線性問題を解決した。最終的に、リッジ回帰係数と環境因子の標準化トレンドに基づき、各因子の相対寄与量および絶対寄与量を計算した。

## 3. 結果と考察

### 3.1. 2001 年から 2021 年までの年次作物判別の結果と精度

現地の写真サンプルデータを利用して、両地域での分類精度を評価した。カシュカダリヤ (OA:87.5% ; Kappa:0.72) はカラカルパクスタン (OA:79.4% ; Kappa:0.63) に比べて高い精度を示した。図 1 に研究地域の作物エリア比率のマップを示す。

### 3.2. 異なる耕作パターンの年間 NDVI 変動における環境因子の影響

表 1 に示すように、同一地域内の各農地における NDVI の傾向は耕作パターンによって異なる因子の寄与率に影響を受けていた。連作農地は塩分指数 (NDSI) の影響がより顕著であり、一方で輪作農地は日射量 (Rs) の影響をより強く受けていた。

表 1. 2001-2021 年間にカシュカダリヤ地域での環境因子の相対的寄与

Table 1. Relative contributions of the environmental factors in the Kashkadarya region, 2001-2021.

Cultivation pattern	NDSI(%)	Pre(%)	Rs(%)	Ta(%)	SWV(%)
Monoculture	38.43	24.95	13.07	11.86	6.10
Two or Three-Year Crop Rotation	36.51	24.35	15.19	13.03	6.31

## 4. おわりに

本研究は、2001-2021 年の Landsat 及び ERA5 の時系列データに基づき、地域の主要作物の履歴を作成し、NDVI の時空間ダイナミクスとその影響因子について解析した。中央アジア地域において、干ばつや塩害などの環境条件が作物の選択及び成長過程における重要な役割を果たしている。環境因子の影響を定量化することにより、農業政策の策定や農業の持続可能性の実現に向けた参考情報を提供することができる。

### 参考文献

[1]Zhao Y, Chen Y, Wu C, et al. Exploring the contribution of environmental factors to evapotranspiration dynamics in the Three-River-Source region, China[J]. Journal of Hydrology, 2023, 626: 130222.

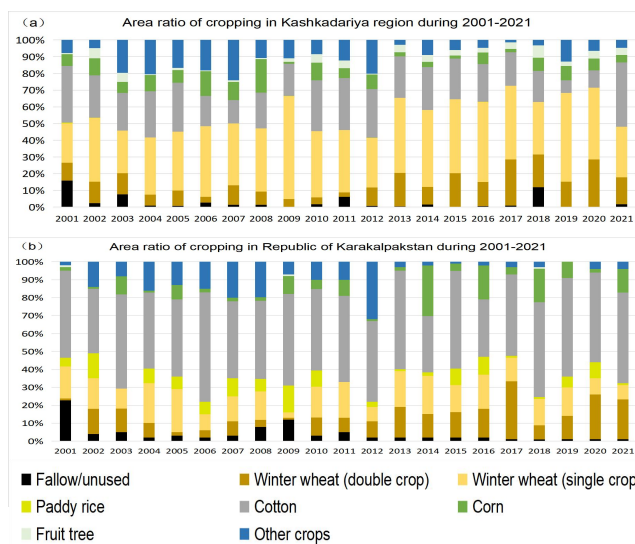


図 1. 2001-2021 年のカシュカダリヤ地域 (a) とカラカルパクスタン (b) の作付面積割合

Fig.1 Proportional crop area distribution in the Kashkadarya region(a) and the Republic of Karakalpakstan(b), 2001-2021.