

エクス線 CT を用いた 土中の根の非破壊計測基盤の構築

SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

根は作物生産に大きく影響する重要な器官です。しかし、土中にある根を掘り起こし洗い出すには多大な労力がかかり、多数個体の調査は不可能でした。したがって、根菜類以外のイネやダイズなどの作物において、可食部でない根の改良はほとんど進んでいませんでした。

見えない物体の中の構造を観察する手法の1つに、エクス線CT(Computed Tomography)があり、工業・医学の分野で幅広く使用されています。ポットで栽培した植物の土中の根についても、これまでに海外でエクス線CTを用いた計測が試みられています。しかしながら、その計測には数時間かかり、多数個体の調査には適していませんでした。そこで、エクス線CTを用いた迅速な非破壊計測基盤を構築に取り組みました。

■ 活動内容

1. エクス線CT画像から根画像の抽出

土壌条件・撮影条件・画像処理アルゴリズムを検討し、イネ (*Oryza sativa*) を材料とした迅速な根画像抽出パイプラインを構築しました。撮影10分、画像処理2分でエクス線CT画像からイネ根を抽出・可視化できました。(注:ここでの根とは、種子根や冠根などの太い根であり、細い側根は含まれません。)

2. 根画像から根系のベクトル化・計測

抽出したイネ根画像から、根の形(ここでは、太い根の形)をベクトル化するソフトウェアを作成し、エクス線CT画像からイネ根の定量化を可能にしました。ベクトル化とは、根を線と捉え、線の繋がりを座標点の連続で表現する手法です。座標軸上に根系の位置情報がプロットできるため、定量化が容易となります。ベクトルデータを用いたイネ根の再現画像を図1に示します。

■ 今後の展望と社会実装

1. 経時的に取得した根画像からの計測基盤の迅速化

エクス線CTは非破壊で撮影できるため、土中の根の経時的な成長を計測することができます。しかしながら、例えば1週間毎日撮影を行うとデータ量は7倍となり、これらの膨大なデータを処理できる、より迅速な計測基盤の構築が望まれます。

2. シミュレーションへの応用

ベクトル化した根は根の形を詳細に表現しています。したがって、根の形をモデル化する基礎データとして利用

でき、土中の根の生育シミュレーションなどに応用できると期待されます。

3. 他作物への展開

単子葉作物がもつひげ根¹⁾は、今回開発した非破壊計測基盤を用いて計測できると考えられます。一方で、双子葉作物が持つ主根型根²⁾はひげ根とは大きく根の形が異なるため、主根型根に対応したソフトウェアを作成する必要があります。単子葉・双子葉作物用の計測基盤を整備し、作物全般に利用できるよう整備を進める予定です。

¹⁾種子根と不定根からなる図1に見られるような根系。

²⁾主根と側根から構成される根系。

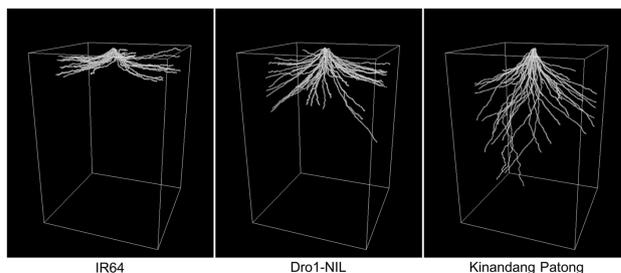


図1. ベクトル化したエクス線CT画像から再描画したイネ根系。異なる根の形をもつイネ3品種、IR64、Dro1-NIL、およびKinandang Patong (Teramoto et al. 2021 BMC Plant Biolより引用)。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

学術論文:

Teramoto et al. (2020) High-throughput three-dimensional visualization of root system architecture of rice using X-ray computed tomography. *Plant Methods* 16:66.

Teramoto et al. (2021) RSAtrace3D: robust vectorization software for measuring monocot root system architecture. *BMC Plant Biol* 21:398.

公開レポジトリ:

<https://github.com/st707311g/>

■ 謝辞

本研究は、JST CREST(JPMJCR17O1)の支援を受けて実施されました。

代表発表者 寺本 翔太(てらもと しょうた)
所属 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構) 作物研究部門
問合せ先 農研機構ホームページ問い合わせフォーム
<https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html>

■キーワード: (1) 非破壊計測
(2) 画像処理
(3) 作物根

■共同研究者:

宇賀 優作(農研機構 作物研究部門)
七夕 高也(かずさDNA研究所)