

Root Research

Japanese Society for Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.34, No.3
September 2025

目 次

【巻 頭 言】

会員の皆様へ 35

【教 育】

根箱を活用した根の空間分布と成長の観察・記録・画像解析の手引き

田丸翔太郎・芝日菜子・寺本翔太・神山拓也・檀浦正子・

田島亮介・西嶋遼・角田智詞・塩野克宏 37

【情 報】

菜根譚 野菜の根の話 29. 江戸農書に見る根に関する栽培技術 中野明正 47

【報 告】

第 61 回根研究学会プログラム 48

【会 告】

2025 年度根研究学会総会報告 53

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



事務局からのお知らせ

1. 第 61 回根研究集会の開催と優秀発表賞受賞報告

6月14日-15日に第61回根研究集会が開催されました。口頭発表8件、ポスター発表23件の一般発表がありました。田島亮介博士（東北大学）による、根掘りワークショップ「Back to the Basic: 掘って洗って測定して」と題した公開ワークショップを行いました。モノリス法で掘り起こした根系の採取・洗浄、画像の取り込み、画像解析を実践しながら、ノウハウを交換することができました。詳しくは本号のプログラム、別冊1号および掲載の報告をご覧ください。また、優秀発表賞は、丸山紀子氏（千葉大学大学院園芸学研究科）、吉田日向氏（福井県立大学大学院生物資源学研究科）、齋藤温子氏（東京農業大学大学院）と橋本裕生氏（信州大学大学院総合医理工学研究科）の3名が受賞しました。

2. 第 61 回根研究集会要旨集をオンライン公開しました！

第61回根研究集会要旨集を「根の研究 第34巻 別冊1号」としてオンライン限定公開しました。根研究学会ホームページにある、会誌「根の研究」ダウンロード(<http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>)からダウンロードすることができます。ダウンロードに関する、ユーザー名、パスワードは通常の会誌ダウンロードのものと同一ものです。

3. 「根の研究」の発行形態の変更について

2026年度からの「根の研究」の発行形態の変更について、2025年6月14日に東北大学で開催された2025年度総会において承認されました。論文については、J-STAGEにて都度発行とし、半年分の出版論文を束ねて冊子体（電子体）として年2回（6月、12月）発行になります。それ以外の記事や事務局からのお知らせは随時ML等で配信し、ML等で配信した事務局からのお知らせは学会活動の記録として「根の研究」に掲載します。詳細は総会報告欄をご覧ください。発行形態が変わりますが、引き続き根の研究へ投稿いただきますようお願いいたします。

4. 総会において予算・事業計画が承認されました

6月14日の第61回根研究集会内で総会を行い、本年度の予算、事業計画が承認されました。詳しくは今号に掲載の報告をご覧ください。

5. 2025年・2026年度の根研究学会

・2025年度の集会

秋の研究集会は長野県松本市の信州大学で開催します。詳しい案内はホームページでご案内し、9月以降に発表申し込みを受け付ける予定です。

日程；2025年11月29日（土）～30日（日）

会場；信州大学 松本キャンパス

問い合わせ先：牧田直樹（macky@shinshu-u.ac.jp）

・2026年度の集会

春の研究集会は京都府福知山市の福知山公立大学にて現地開催する予定です（池野英利実行委員長）。秋の集会につきまして、開催地については募集中です。立候補ありましたら事務局長にお知らせください。

6. 電子版会誌のダウンロードについて

2025年度から根研究学会ホームページおよびJ-Stageから電子版会誌をダウンロードするためのパ

スワードを変更しました。ご注意ください。なお、ユーザー名の変更はありません。

根研究学会電子版会誌の URL <http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>

J-Stage の URL <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/rootres/-char/ja>

5. 「根の研究」への投稿にテンプレートをご使用ください！

著者の執筆負担軽減と校正・編集作業の効率化のため、根の研究のテンプレートを整備しました。テンプレートの word ファイルは根研究会ホームページ「根の研究投稿規定」(<http://www.jsrr.jp/rspnsv/rule.html>)からダウンロードできます。こちらにしたがって原稿を作成していただきますようお願いいたします。なお、テンプレート中の青字は投稿に関する規定や記載例です。投稿時には削除してください。

6. 「苺住」国内研修支援の募集

・根研究学会所属の若手会員(申請時の年齢が40歳以下)の国際的な活躍を支援するため、国内外の学会等に参加して根に関する研究成果を公表したり調査に出向いたりするための経費の一部を補助します。年1~2件程度(1件 6~12万円を目安)を助成します。

・受付は随時行い(1月~12月)、採択数に達した時点で終了とします。

※詳細は根研究学会ホームページ (<http://www.jsrr.jp/img/AQyPg4sU.pdf>) でご確認ください。

7. 学生会員の研究集会への参加費は無料です

学生会員の研究集会への参加費は無料です！学生会員は集会受付で学生証の提示をお願いいたします。この機会に是非、根研究学会にご加入いただけますよう、関係学生の皆さんにご周知いただけますようお願いいたします。なお、一般会員の研究集会への参加費は有料です。また、非会員の参加費は、一般・学生に関係なく、一般会員より1,000円程度高くなります。

8. 会費納入のお願い

2025年度の会費をまだお支払いいただいていない方は、下記の郵便振替口座に納入をお願いします。請求書等の伝票をご希望の方は、事務局までお知らせください。

年会費(2025年): 電子版個人 3,000 円, 冊子版(+電子版)個人 4,000 円, 冊子版団体 9,000 円
(年度は1月~12月です)

郵便振替口座 口座名義(加入者名): 根研究学会, 口座番号: 00100-4-655313

[他の銀行から振り込みの場合: ゆうちょ銀行 〇一九店(ゼロイチキョウテン) 「当座」0655313]

根研究学会所在地・連絡先: 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

(株) 共立内 根研究学会事務局 TEL: 03-3551-9891/FAX: 03-3553-2047

・メールアドレス 事務局: neken2025@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長: editor2025@jsrr.jp
Plant Root 編集委員長: editor2025@plantroot.org

・Web サイト 根研究学会: <http://www.jsrr.jp/> 『根の研究』オンライン版: <http://root.jsrr.jp/>
Plant Root: <http://www.plantroot.org/>

根箱を活用した根の空間分布と成長の観察・記録・画像解析の手引き

田丸翔太郎^{1, 2)}・芝日菜子^{1, 2)}・寺本翔太³⁾・神山拓也⁴⁾・檀浦正子⁵⁾・
田島亮介⁶⁾・西嶋遼¹⁾・角田智詞¹⁾・塩野克宏^{*1)}

1) 福井県立大学大学院生物資源学研究科

2) 日本学術振興会・特別研究員

3) 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究部門

4) 宇都宮大学農学部

5) 京都大学大学院農学研究科

6) 東北大学大学院農学研究科

要 旨：植物は、土壌空間に不均一に分布し、時間的にもその様相が変化する養水分を獲得するため、根の空間分布（根系構造）を可塑的に変化させる。根の生理機能を理解するには、個々の根（個根）だけでなく、根系を構成する全ての根の分布や成長の様子を把握することが重要である。本稿では、個根から根系全体までの根系構造を破壊的・非破壊的に計測可能な「根箱法（rhizobox method）」について、解析方法の選択基準、使用機材、解析ソフトウェアを含め、これから根の研究をはじめの方にもわかりやすく解説する。

キーワード：画像解析、根系、スキャナ法、根箱ピンボード法。

A guide to observing, recording and image analysis of spatial root distribution and root growth in the rhizobox : Shotaro TAMARU^{1, 2)}, Hinako SHIBA^{1, 2)}, Shota TERAMOTO³⁾, Takuya KOYAMA⁴⁾, Masako DANNOURA⁵⁾, Ryouске TAJIMA⁶⁾, Ryo NISHIJIMA¹⁾, Tomonori TSUNODA¹⁾ and Katsuhiro SHIONO^{*1)} (¹⁾Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Fukui Prefectural University, ²⁾JSPS Research Fellowship for Young Scientist, ³⁾Institute of Crop Science, National Agriculture and Food Research Organization, ⁴⁾School of Agriculture, Utsunomiya University, ⁵⁾Graduate School of Agriculture, Kyoto University, ⁶⁾Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Japan)

Abstract : Plants alter root distribution (root system architecture) to acquire water and nutrients that are spatial-temporally heterogeneously distributed in the soil. To understand the physiological functions of roots, root growth and root distribution at the whole root level as well as the single root level must be known. Here, we explain the essence of the “rhizobox method,” which enables obtaining both destructive and non-destructive information on root system architecture with selection criteria for methods, equipment, and software for image analysis. We aim to describe this manuscript as readable for people beginning root research.

Keywords : Flatbed scanner method, Image analysis, Rootbox pin-board method, Root system.

1. はじめに

根は植物個体の支持のみならず、生存に不可欠な養水分の吸収を担う重要な器官である。植物は、土壌空間に不均一に分布する養水分を効率的に獲得するため、根の空間分布（根系構造, root system architecture）を最適化する（Uga, 2021）。また、土壌の生物的・非生物的な状態は、降雨、日長、気温などの環境要因によって時間的に変動する。こうした時間的・空間的な環境変動に対応するため、植物は根系構造を可塑的に変化させる（Drew, 1975；Hutchings and de Kroon, 1994；Yamauchi et al., 1996；Schneider and Lynch, 2020）。根の生理応答は、根の空間的な構造に依拠し

ているため、個々の根（個根）だけでなく根系全体の構造の把握が求められる（山内, 2016）。しかし、野外環境にある根を調べることは容易ではない。それは、根のほとんどが不透明な土壌の中に隠れているだけでなく、根は土壌と結びつき、根どうしが互いに絡み合うために、損傷なく土壌から根を取り出すことが難しいからである（Hutchings and John, 2003）。そのような困難がありながらも、近年の画像解析技術の進展により、根の調査手法は着実に発展している。

寺本（2024）によれば、根系解析における根の収集手法を基準に、根の調査手法は3つに分類できる：(i) 土壌ブロックによる収集（e.g., コアサンプラー法、イングロースコア法、モノリス法）、(ii) 土壌断面の収集

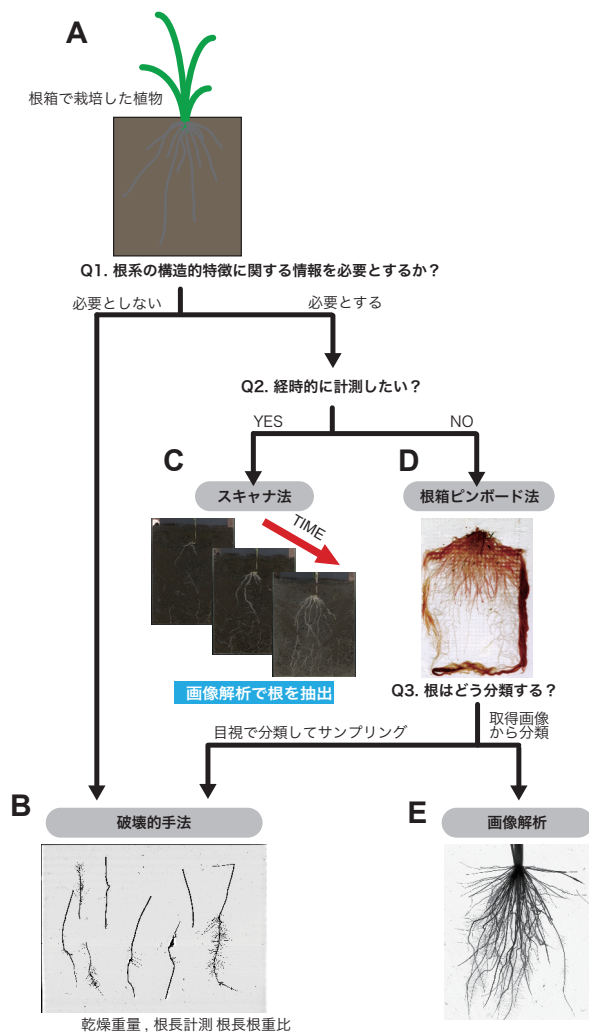


第1図 根箱で生育したオオムギの根系。

根箱（横幅 200 mm × 奥行き 100 mm × 高さ 280 mm）で 37 日間、排水性のよい条件で栽培したオオムギ（品種 Morex）の根系。根箱法は、観察面から根の成長および枯死を非破壊で観察・記録できる手法である。観察時以外は観察面を遮光する。写真右下のスケールバーは 10 cm を示す。

(e.g., 根箱法, ライゾトロン法, ミニライゾトロン法, 塹壕法), (iii) 根の収集を伴わない 3 次元の非破壊計測装置による計測 [e.g., エックス線 CT (Computed Tomography), MRI (Magnetic Resonance Imaging)]. 本稿で取り扱う根箱法は、土壤断面の収集により行う手法の 1 つである (森田, 2020; 寺本, 2024). 根箱は、両側面または片面がガラスやアクリル板のような透明素材で構成され、観察面から根の発生、成長と枯死を経時的に観察できる栽培容器である (第 1 図). 英語では rhizobox, rootbox または rooting box などと呼ばれる。根箱法は、任意のサイズ、任意の形状の根箱を用いることで、評価者の研究目的に合わせた実験操作ができるというメリットがある (Schmidt et al., 2018). また、実験室や温室内で栽培条件を自在に制御した実験が可能である (e.g., Jia et al., 2019). 大きな根系をもつ樹木の研究に根箱を用いることは難しいが、苗木の生育や細根の観察に有効である (e.g., 荻住, 1979; 佐藤, 1987, 1995; Fukuzawa et al., 2010). 根箱法は樹木の苗木から草本植物まで応用範囲の広い手法といえる。

本稿では、個根および根系全体を時空間的に評価するため、どのように根箱法を活用すべきかを、解析手法の選択基準 (第 2 図参照) とともに概説する。また、根箱法 (Rhizobox method) の実施にあたり、我々がよく用いる機器リストを第 1 表に示す。根箱法による解析に用いる際の参考にしていただきたい。なお、根系調査法の選択については大橋ら (2012) を参照されたい。根箱法以外の根系解析に関する手法は、寺本 (2024), 森田ら (2013), 森田・阿部 (2014), 河野 (1987) などに詳しく解説されている。Smit et al. (2000), Ristova and Barbez (2018), Freschet et al. (2021) にも根の計測手法がまとめられている。さらに、PhenomeForce (<https://phenome-force.github.io/PhenomeForce/>) という Web サイトでは、RhizoVision Explorer (Seethepalli et al., 2021) を用いた画像解析による根の調査手順などが YouTube 動画で丁寧に解説されている。



第2図 根箱で栽培した植物の根系解析における方法選択フロー。

根箱で栽培した植物の根系を効果的に解析するには、研究目的に応じた適切な手法の選択が重要である。(A) 根箱で栽培した植物。詳細は「2. 根箱法による植物の栽培」を参照。(B) 破壊的手法。洗い出した根を水中で重ならないように展開し、スキャナで画像を取得する。画像解析により根長、分岐、表面積などの計測が可能である。さらに、別に測定した乾燥重量と組み合わせることで、根長根重比などの生育パラメータを算出できる。詳細は「7. 破壊的計測手法」を参照。(C) 根箱スキャナ法。観察面の状態をスキャナやデジタルカメラで画像取得し、画像解析することで、非破壊的に根の状態を計測することができる。詳細は「4. 根箱スキャナ法」を参照。(D) 根箱ピンボード法。根系の2次元構造を保持したまま、全根を採取することが可能である。詳細は「5. 根箱ピンボード法」を参照。(E) 根箱ピンボード法を用いた画像解析。根箱ピンボード法で採取した根をスキャナで画像取得し、画像解析による根系解析をすることが可能である。

2. 根箱法による植物の栽培

根箱を用いた根系構造の観察において、栽培上いくつか留意すべき点がある。(i) 根箱が根の生育を制限しない十分な空間を確保していることが重要である。樹木のように根域が大きい植物の場合は、根箱法を適用できるのは苗木に限られることが多い。また、根箱は、幅2-3 cmであることから、草本であっても根域は制限されており、縦横に制限のない野外と比較して、根の発達に影響を及ぼしていることを留意した上で使用されたい。草本植物の場合、双子葉植物であれば主根と側根からなる直根型の根系が形成されるし、単子葉植物であれば多くの不定根からなるひげ根型の根系が形成される。各植物の根系の特徴にあわせた栽培条件の設定が必要となる。また、根系の発達は生育期間にも影響を受けるため、どのタイミングの根系を観測するかについて、実験計画時に考慮する必要がある。次に(ii) 観察面に根が露出しやすい工夫が求められる。根箱法では、観察面に現れた根のみが計測対象となる。そのため、根箱を斜めに設置することが一般的である[e.g., ダイズ: 地面と観察面のなす角 30° (揚原・真田, 2020); シロイヌナズナ, ブラキボディウム, ナタネ, オオムギ: 角度 47° (Nagel et al., 2012)]. 一方、根箱を平置きし、地面と観察面のなす角を 0° にすることで、処理に対する根の誘引性・忌避性を評価する場合もある[e.g., リン酸局所施肥に対する根の応答 (Hashimoto et al., 2024)]. なお、観察面への根の現れやすさは、設置角度だけでなく土壌の物理性 (Nagel et al., 2012) や観察面の素材の違い (森田, 2020) によっても影響を受けるため、実験の開始にあたって最適な設置角度、設置条件を検証するのが望ましい。

根箱を用いる際、ガラス板やアクリル板と土壌の境界面は特殊な環境になり得るということを留意しておくべきである。境界面は、土壌硬度が低く、水や空気を通りやすいため、根が伸長しやすく、土壌中の姿が必ずしも再現できているとは限らない (森田, 2020)。実際、根はアクリル板と相性が悪く、逃げる根が観察されている (森田, 2020)。また、壁面から十分に離れた土壌 (bulk soil) 中における根の生育と壁面近くの根の生育が異なる事例も報告されている (Taylor and Böhm, 1976)。

根箱は、根系構造だけでなく、微生物、土壌動物、養水分との相互作用の研究にも活用できる。その際には、目的に合わせた、最適な根箱を設計する必要がある。これまでにさまざまな種類の根箱が開発され、Yee et al. (2021) にその概要がまとめられている。また、Vienna Scientific Instruments GmbH (Alland, Austria) の

第1表 根箱法での栽培, 解析に用いる機材リスト.

機材名	用途	型番・メーカー	備考
根箱	植物の根系観察・栽培	オーダーメイド	横幅 220 mm × 奥行き 25 mm × 高さ 300 mm. 根箱は大起理化工業からも購入できる.
根系採取装置	根の採取	DIK-7500・大起理 化工業	神山ら (2017) の根箱ピンボード法を容易に行うための器具一式.
根系回収用シート	根の回収・保存	LDKI40-18・伊藤忠 リーテイルリンク	LD 規格袋 18 号, 横 380 mm × 縦 530 mm × 厚さ 0.04 mm
フラットベッド スキャナ	根系回収用シートで回 収した根の画像取得	DS-50000・EPSON	最大原稿サイズ: A3 サイズ, 透過原稿ユニット付き.
フラットベッド スキャナ	根箱で栽培中の根の画 像取得	GT-S630・EPSON [*]	GT-S630 は CCD センサであるため, 被写体深度が深い. このため, 根箱で栽培中の根の画像取得の際, 数ミリ厚みのある透明なプラスチック越しに, 根を検出するのに有利である.
フラットベッド スキャナ	破壊的手法により回収 した根の画像取得	GT-X830	透過光原稿ユニット付き. 水に浮かべた状態の根の画像取得には透過光原稿モードでの画像取得が適している.

^{*} 2025 年 3 月現在, GT-S630 は販売終了品となっている. 新しいモデルはセンサシステムが変更になり, 被写体深度が浅くなっていることに注意が必要. 最大原稿サイズ: A4 サイズ.

Web サイト (<https://www.vienna-scientific.com/products/root-soil-monitoring-systems/>) には, 市販の根箱や栽培に必要な付属品が掲載されており, 自作を検討する研究者にとっても参考になる情報が得られる.

3. 根の構造解析手法の選択

根箱で栽培した植物根系の解析においては, 研究目的に応じた適切な手法の選択が不可欠である (第2図). まず, 『Q1. 根系の構造的特徴に関する情報を必要とするか?』を検討するとよい. 根箱では全ての根が観察面に現れるわけでない. そのため, 根の重量, 太さ, 表面積などの測定精度を重視する場合, 根箱内の根を水で洗い出して計測する破壊的な手法の方が, 外観から計測する手法よりも精度がよい (第2図B). しかし, 破壊的手法では根系構造情報が失われるため, 研究目的によっては適さない場合もある.

Q1 で根系の構造的特徴を必要とする場合, 次に, 『Q2. 根の状態を経時的に観測する必要があるのか?』を問いたい. 経時的な観測が必要な場合, 根箱の透明な観察面に現れた根をデジタルカメラやフラットベッドスキャナでデジタル画像として取得し, 画像解析により根長や太さを計測することができる (詳細は「4. 根箱スキャナ法」および「6. 画像解析」を参照, 第2図C). ただし, この方法では観察面に現れた根のみが解析対象となるため, 全ての根を計測することはできない. 経時的な観測が不要な場合, 2次元的な根系構造を保持したまま全根を採取できる「根箱ピンボード法」が適用できる (詳細は「5. 根箱ピンボード法」を参照). 根箱ピンボード法によって2次元的な根系構造を保持したまま全ての根を収集することができる (第2図D).

植物の生育段階によって, 第2図Dのように根と根

の重なりが多く見られる状態になることがある. 研究目的によっては重なり合いが根の太さや表面積に与える誤差を許容できない場合もある. そこで, 手法選択の3つ目の問いは『Q3. 根をどのように分類するか?』としたい. 2次元的な空間分布を確認した上で, 目視で分類して根を収集する破壊的計測手法により, 重なり合いのない状態での精度よい計測が可能になる. ただし, 根を分類するための労力は必要となる (第2図B). 一方で, 根箱ピンボード法で採取した根をそのまま, スキャナなどで画像取得することで, 画像解析による根の解析をすることも可能である (詳細は「6. 画像解析」を参照, 第2図E).

4. 根箱スキャナ法

根箱スキャナ法は, 根箱とスキャナを用いて生育中の根の画像を撮影し, その画像を画像解析ソフトウェア (詳細は「6. 画像解析」を参照) で解析する手法である. 根箱内の根の発達を記録する方法として, 目視やデジタルカメラによる記録が可能であるが, 市販のフラットベッドスキャナを使用すると, 一定の光条件下で再現性のある画像が取得可能である (Dong et al., 2003; 揚原・真田, 2020). 根箱スキャナ法は, 非破壊で根系構造を計測できるため, 施肥 (Adu et al., 2017), 植物生長調整剤処理 (Agehara and Leskovar, 2014), 環境ストレス (Maan et al., 2023) など, 処理に対する植物の反応を経時的に観測する目的で広く利用されている.

根箱スキャナ法のコンセプトは野外調査にも応用されている. 透明なアクリルボックスを野外の土中に埋設し, フラットベッドスキャナをそのアクリルボックスの中に挿入し, 根の画像を取得する方法が, 樹木根の野外調査で利用されている. スキャナ法は, 低コスト

トで根の成長と枯死を追跡する有効な手法としての地位を確立している (Dannoura et al., 2008; Dannoura et al., 2012; 遠藤, 2024).

5. 根箱ピンボード法

根箱ピンボード法は、長釘が配置されたピンボードを土壌断面に押し込むことで、根系の配置や構造を損なうことなく根系全体を採取する手法であり、各要素の形態や根系における機能分担の解析に適している。本法により、これまで土壌硬度、水環境、根粒形成と根系の関連性が調査されてきた (e.g., Kono et al., 1987; Schuurman and Goedewaagen, 1971; Suralta et al., 2010). 根系標本を作成できる改良根箱ピンボード法では、長釘の数に合わせて穴を開けた二つ折りシートの片面をピンボードに通しておくことで、シートで根系を挟んで採取できる (Kono et al., 1987). 従来は根系採取用のシートの穴開けを事前に行う必要があった。2017年、神山ら (2017) は、従来は4時間かかっていた根系回収用のシートの穴開け工程を簡略化し、シートの作成から1個体の根系採取までの時間を約10分に短縮する改良に成功した。これにより、従来は研究者が手作りしていた根系回収用のシートが不要となり、ピンボードが、市販品 (根系採取装置 DIK-7500, 大起理化工業) として提供されるようになった。根系採取装置の詳細は神山ら (2017) を参照されたい。また、同装置を用いたサンプリング事例は、Koyama et al. (2021) の補足資料や、大起理化工業のYouTube チャンネル (https://www.youtube.com/watch?v=6n_tWUB9Sik) で、動画が確認できる。

根箱ピンボード法での採取後、根系回収用シートに挟まれた状態の根系は、Formalin-Acetic acid-70% ethanol mixture (FAA) (ホルマリン:酢酸:70%エタノール = 1:1:18 の体積比) にシートごと浸漬することで、根箱内での状態を保持したまま長期間保存できる (Kono et al., 1987). 切片観察などをしない場合には、70%エタノールでも問題ない。土が付着しているとその部分からカビが発生するため、長期保存時には、可能な限り根についた土を除去することが望ましい。保存状態、保存環境にも影響されるが、数年の保管ができることもある。また、0.25 % (w/v) Coomassie Brilliant Blue R in water による根系染色で、デジタルカメラやスキャナでの検出感度を向上させることができる (Kono et al., 1987). さらに、TTC (2,3,5-Triphenyl-2H-tetrazolium chloride) 染色を用いれば、根の活性を定性的に評価することも可能である (Koyama et al., 2021).

6. 画像解析

画像解析では、実験条件と実験目的に応じて適切な解析手法を選択する必要がある。根箱スキャナ法では、土壌断面上に出現した根を画像解析する必要がある。破壊的手法では、透明なプラスチック容器に薄く水をはり (水の深さは数ミリから1 cm 程度)、根と根が重なり合わないよう、ピンセットなどで根を広げ、プラスチック容器の底面側からスキャンした根の画像を解析に用いることが多い。改良根箱ピンボード法で根系回収用シートに採取した根系標本サンプルの場合は、一部の根が重なり合うことは避けられないため、根の重なり合いを考慮した解析が求められる。根系標本サンプルをそのままスキャンすることで、根表面積に関しては精度良く解析できるが、根長および根の直径を解析することはできない (Koyama et al., 2021). 近年、人工知能の活用により、背景 (土壌) と対象物 (根や根粒) を識別するセグメンテーションの精度が向上し、画像解析手法は飛躍的に発展している。根の解析に用いられる代表的な画像解析ソフトウェアを第2表にまとめた。各ソフトウェアの詳細については、それぞれの説明書や論文を参照されたい。

まず、特に代表的なソフトウェアとして以下が挙げられる。(i) **WinRHIZO**: 根長、形態、構造の解析が可能なソフトウェアであり、根解析のスタンダードとなっている。(ii) **WinRHIZO Tron**: WinRHIZO を開発した Regent Instruments Inc. が販売するソフトウェアで、土壌中の根の解析を目的として開発された。根の追跡には手動操作が必要となる。WinRHIZO は有料のソフトウェアであるが、無料で利用できる代表的なソフトウェアとして **ImageJ** がある。(iii) **ImageJ**: オープンソースの画像解析ソフトで、多数のプラグインが無償公開されている。さまざまな解析方法が解説された Web サイトも充実しており、根の解析にも広く利用されている (田島, 2014). 例えば ImageJ のプラグインの1つである **SmartRoot** は、半自動的な根の解析が可能であり、自動解析では抽出が困難なノイズのある画像やコントラストの低い画像からも根を抽出・解析できる (Lobet et al., 2011). インストール不要でウェブブラウザ上で利用できる **ImageJJS** (<https://ij.imjoy.io>) を使用すれば、小・中学校や高等学校で導入されることの多い Google Chrome OS や iPad OS でも ImageJ による画像解析が可能である。また、Windows OS であれば (iv) **RhizoVision Explorer** も破壊的手法で採取した根の解析に有用で、オープンアクセスソフトウェアであるため、無料で利用できる (Seethepalli et al., 2021).

また、深層学習を利用して根を解析するソフトウェ

第2表 根の画像解析に用いられる解析ソフトウェア.

ソフトウェア	主な計測項目	特徴	出典
ARATA	根の検出, 根の投影面積	深層学習に基づく画像セグメンテーションが可能. 土壌中にある樹木の細根の検出に優れる. 無料.	Yabuki et al. (2022) ¹
ImageJ	根長, 表面積, 直径, 本数, 形態	オープンソースの画像解析ソフトウェアとしての世界標準. 解析対象は根に限らず, 多用途に使用可能. プラグインも充実. 無料.	ImageJ ²
ImageJJS	根長, 表面積, 直径	ウェブブラウザ上で動作できるため, Chrome OS や iPad OS でも利用可能. ただし動作が重いので, 一般の研究者向けではなく, 公開講座や小中高の探究学習向け.	ImageJ ³
RootPainter	根の検出	根の画像抽出を全自動, 半自動で実行可能. 無料.	Smith et al. (2022) ⁴
RhizoVision Explorer	根長, 表面積, 直径, 本数, 形態	Windows で動作するオープンソースのソフトウェア. 無料.	Seethepalli et al. (2021) ⁵
SmartRoot	根長, 表面積, 直径	半自動で主根や側根を選択・抽出し, 根長や直径を測定可能. ImageJ のプラグインの1つ. 無料.	Lobet et al. (2011) ⁶
TrenchRoot-SEG	根の検出	土壌中にある作物根の検出に優れる. モデル学習時にデータ拡張を行うため, 根の抽出は土質や光条件による影響を受けにくい. 無料.	Teramoto and Uga (2020) ⁷
WinRHIZO	根長, 表面積, 直径, 根のトポロジー構造, 色の計測	根の画像解析の世界標準的なソフトウェア. スキャナやデジタルカメラから取り込んだ画像を, 自動計測可能. 高精度かつ多機能だが, 有料.	Regent Instruments Inc. ^{8, 9}
WinRHIZO Tron	根長, 表面積, 直径, 根のトポロジー構造.	土壌中にある根の解析が可能. 手で根をトレースするため, 背景と根のコントラストが低い画像でも解析可能. 有料.	Regent Instruments Inc. ^{8, 9}

各ソフトウェアのダウンロードサイトまたは製品サイト: ¹<https://github.com/A-Yabuki/ARATA>, ²<https://imagej.net/ij/>, ³<https://ij.ijmjoy.io>, ⁴<https://www.quantitative-plant.org/software/rootpainter>, ⁵<https://www.rhizovision.com>, ⁶<https://smartroot.github.io>, ⁷<https://github.com/st707311g/TrenchRoot-SEG>, ⁸https://regent.qc.ca/assets/winrhizo_about.html, ⁹https://www.namoto.com/natural/win_rhizo_rhizo_t.html.

アとして以下が挙げられる. (v) **ARATA**: 深層学習を用いた画像セグメンテーションが可能であり, 特に土壌中の樹木の細根検出に優れている (Yabuki et al., 2022). (vi) **TrenchRoot-SEG**: 塹壕法で露出させた土壌断面のデジタルカメラ撮影画像から根を抽出するプログラムとして開発された. 深層学習を用いた根系抽出プログラムであり, モデル学習時にデータ拡張をおこなうことで, 土質や光条件の影響を受けにくい根系抽出が可能である (Teramoto and Uga, 2020). (vii) **RootPainter**: 深層学習による画像セグメンテーションを半自動的に行うことができる (Smith et al., 2022).

その他, 根の解析に限らず葉, 種子, 細胞など,さまざまな植物情報を画像から解析するソフトウェアが開発されている. Quantitative Plant (<https://quantitative-plant.org>) などの Web サイトで, 目的に合ったソフトウェアを探すのもよい.

7. 破壊的計測手法

根箱内の根をそのまま掘り出すと, 破壊的手法により高精度な計測が可能となるが, 同時に根系構造の情報は失われる. 研究目的に応じ, 根系構造の情報も重視したいような場合には, 根箱ピンボード法で根を固定した後, 回収用シートにある根を切り分けて破壊的に計測することができる. または, 根箱内の根を, 土

壌に埋まったままの状態でも土壌もろとも切り出し, 根を洗い出すことで, 根の空間分布情報を保持しながら破壊的手法による高精度な計測が可能となる.

切り出した根, 全体の根を破壊的に計測する手法について考えてみる. 根系の生育や発達の程度を表す形態的指標には, 根重, 根数, 根の直径, 長さ, 表面積, 体積, 色などがある. これに加えて, マメ科植物では, 根粒の数や大きさが窒素固定能力に影響する形態的指標となる. 根重は同化速度や成長に関わり, 根系の発達程度を大まかに把握するのに有効である. 根端は生理活性が高く, 物質の生合成に関わるため, 根数は根系機能と関連する指標となる. 根の直径は, 根の維管束の発達程度と対応することから, 養水分の輸送能力と関係する. また, 直径は土壌中への伸張方向や土壌の硬さとも関係する (Materechera et al., 1991). 実際に, 直径が太いほど, 土壌貫通力が高い傾向にある (Clark et al., 2003, 2008). 根の長さ, 表面積, 体積は根と土壌の接触の程度をよく示すため, 養水分の吸収能と関連する. 根色は土壌動物による食害, 微生物の感染や枯死根の判別に有効である. なお, 根色による枯死根の推定精度は, 草本か木本かによって異なる (Wang et al., 1995). 破壊的手法では, 掘り出した根について, 形態的指標を, 定規・はかりでの計測や目視での観察により計測する. または, 水に浮かべた根をスキャナ

第3表 根系形態の特徴づけに利用できる形態的指標 (塩野, 2024 を改変)。

指標名	説明	式
根の直径	値が大きいほど土壌貫通能力が高いと推定できる。	
根重密度	値が高いほど養分の吸収効率が高いと推定できる。	$\frac{\text{総根重}}{\text{土壌体積}}$
根長密度	値が高いほど養分の吸収効率が高いと推定できる。	$\frac{\text{総根長}}{\text{土壌体積}}$
根長 / 根重比 ^{*1}	根系を構成する根の平均的な直径, あるいは側根の程度を示す。値が大きいほど, 細い根が多く, 側根が発達していると判断できる。	$\frac{\text{総根長}}{\text{根の乾物重}}$
平均根長	側根を含めた1次根 ^{*2} , 1本あたりの総根長を示す。値が大きいほど1次根が長い, 側根長が長いまたは側根数が多いことを意味する。	$\frac{\text{総根長}}{\text{1次根の本数}}$
分枝指数	1次根に長さあたりどれだけの長さ側根が着生しているかを示す。値が大きいほど側根の発達が旺盛であることを意味する。	$\frac{\text{総根長} - \text{総1次根長}}{\text{総1次根長}}$
根の深さ指数	根系の平均的な深さを示す。根系の重心とも呼ばれる。値が大きいほど根が深いことが推定される。	$\frac{\sum(\text{ある層の深さ} \times \text{その層の根量}^{*3})}{\text{全根量}}$

*1 比根長とも呼ばれる。

*2 種子から発生する種子根と茎から発生する不定根の両方を含む。

*3 深さ別の根長または根の乾物重。

で画像取得し, 根と根の重なり合いのない状態で画像解析し, 根数, 根の直径, 長さ, 表面積, 体積, 色などを正確に計測することもできる。根の洗い出しやスキャナでの画像取得における注意点は Phenome Force の YouTube チャンネルの中に, 動画での詳しい説明がある (<https://www.youtube.com/watch?v=DxHnbnwgSGw>)。

破壊的計測による計測であっても, 根系形態の特徴を推定できる形態的指標が考案されている (第3表)。目的に合わせて, これらの形態的手法を選択することで, 解析に十分な精度で労力を最適化した研究ができる。比根長 (総根長 / 根の乾物重) は, 根の平均的な直径や側根の発達度合いを示し, 値が大きいほど細い根が多く, 側根が発達していると判断できる。平均根長 (総根長 / 一次根の本数) は, 側根を含めた一次根1本あたりの総根長を示し, 値が大きいほど一次根が長い, 側根長が長い, または側根数が多いことを意味する。根の深さ指数は, 根系の平均的な深さを示し, 根系の重心とも呼ばれる (小柳, 1998)。根の深さ指数は大きいほど, 根が深いということが出来る。また, 根箱では根域制限の影響が出やすいため, 適用にあたっては注意が必要であるものの, 根密度が高い方ほど, 養分吸収効率が良いと推定できる。

破壊的手法で取得した根は, 根系の生育や発達の程度を表す形態的指標の計測に用いられるだけではない。得られた根は, 根の組織学的構造, 代謝物の分布, 遺伝子発現の解析に使用できる。さらには, 菌根菌や微生物, 土壌動物との相互作用など, 異種間相互作用の解析にも応用できる。これらの情報と根系情報を融合させることで, 植物の生理, 生態的な機能の理解が

一層進むことが期待される。

8. おわりに

根箱法のように, 根系を非破壊で解析できる手法は, 経時的な画像解析や根系形質調査を通して大量のデータを取得し, フェノミクスに応用されている。例えば, 根の表現型解析プラットフォームである Rhizoscope では, 根系自動解析を可能にするために開発されたソフトウェアである GT-RootS によりハイスループットな根系解析が試みられている (Borriane et al., 2018)。また, 根箱を用いた栽培, 根系解析の自動化により, 大量の形質データの取得が試みられている (LaRue et al., 2022)。根箱の他にも, 透明な円筒型チューブで植物を栽培し, 根の成長状態を計測する RhizoTubes を用いた, 成長追跡システムも開発されている (Jeudy et al., 2016)。LaRue et al. (2022) や INOVIA FLOW (Dole, France) の Web サイト (<https://www.inoviaflow.fr>) には, 栽培・計測の様子を収めた動画があり, ハイスループットな根系形質評価のイメージをつかみやすい。さらに, 野外でのハイスループットな根系解析手法として, 圃場で栽培した草本植物の根を大型モノリスで回収し, X線CTにより3次元構造を計測する手法が開発されている (Teramoto and Uga, 2022; Teramoto and Uga, 2025)。こうした根系の大量データ取得手法を GWAS (Genome-Wide Association Study) などに応用することで, 根系を形成・制御する遺伝子の単離が進められている (Takahashi and Pradal, 2020; LaRue et al., 2022; Teramoto and Uga, 2025)。

近年, 時空間的なイメージング技術により, 根圏環境の非破壊計測が可能となっている。例えば, 二次元

オプトード法は、光化学反応を利用して酸素、pH、二酸化炭素などの空間分布を定量する手法である (Blossfeld and Gansert, 2012)。また、薄膜拡散勾配 (Diffusive Gradients in Thin-films, DGT) 法は、養分濃度や金属の移動のイメージングに用いられる。これらの、土壌環境の不均一性を評価できる技術と根系構造解析を組み合わせることで、「根の生理機能」の評価がさらに進むと考えられる。筆者らは、根の生理機能と遺伝学との融合により、根の生理機能を「デザイン」する可能性にも期待しており、その実現に向けた研究を進めている。根と環境の空間情報の計測が、今後の根研究の進展に貢献することが期待される。

本稿は 2024 年 7 月 21 日に福井県福井市で開催された第 59 回根研究集会の一環で開催された公開ワークショップ開催 (角田ら, 2024) を契機に一般の人にも根の研究を広く知っていただくことを目的に執筆した。根系の非破壊計測は今後さらに重要性を増していくことが予想される。本稿が根系の評価を考えている方々にとって、適切な解析手法を選択する際の一助になれば嬉しい。

謝辞

本項の内容の一部は、科研費 (22K05587, 22K19350, 23K23587, 24KJ1880, 24KJ1881) の支援を受けて実施した。

引用文献

- Adu, M. O., Yawson, D. O., Bennett, M. J., Broadley, M. R., Dupuy, L. X., White, P. J. 2017. A scanner-based rhizobox system enabling the quantification of root system development and response of *Brassica rapa* seedlings to external P availability. *Plant Root* 11: 16-32.
- Agehara S., Leskovar, D. I. 2014. Age-dependent effectiveness of exogenous abscisic acid in height control of bell pepper and jalapeño transplants. *Sci. Hortic.* 175: 193-200.
- 揚原晋輔, 真田篤史 2020. 根箱と ImageJ を用いた迅速かつ安価なダイズ (*Glycine max*) の根および地上部の生育評価手法の確立. *根の研究* 29: 5-19.
- Blossfeld, S., Gansert, D. 2012. The use of planar optodes in root studies for quantitative imaging. In: Mancuso S., ed. *Measuring Roots: an Updated Approach*. Heidelberg. Germany: Springer. pp. 83-92.
- Borianne, P., Subsol, G., Fallavier, F., Dardou, A., Audebert, A. 2018. GT-RootS: An integrated software for automated root system measurement from high-throughput phenotyping platform images. *Comput. Electron. Agric.* 150: 328-342.
- Clark, L. J., Whalley, W. R., Barraclough, P. B. 2003. How do roots penetrate strong soil? *Plant Soil* 255: 93-104.
- Clark, L. J., Price, A. H., Steele, K. A., Whalley, W. R. 2008. Evidence from near-isogenic lines that root penetration increases with root diameter and bending stiffness in rice. *Funct. Plant Biol.* 35: 1163-1171.
- Dannoura, M., Kominami, Y., Oguma, H., Kanazawa, Y. 2008. The development of an optical scanner method for observation of plant root dynamics. *Plant Root* 2: 14-18.
- Dannoura, M., Kominami, Y., Makita, N., Oguma, H. 2012. Flat optical scanner method and root dynamics. In: Mancuso S., ed. *Measuring Roots: an Updated Approach*. Springer. pp. 127-133.
- Dong, S., Neilsen, D., Neilsen, G. H., Weis, M. 2003. A scanner-based root image acquisition technique for measuring roots on a rhizotron window. *HortScience* 38: 1385-1388.
- Drew, M. C. 1975. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 75: 479-490.
- 遠藤いず貴 2024. 熱帯多雨林の細根動態の解析—スキャナー法による研究事例とその課題—. *根の研究* 33: 84-92.
- Fukuzawa, K., Dannoura, M., Kanemitsu, S., Kosugi, Y. 2010. Seasonal patterns of root production of Japanese oak seedlings and dwarf bamboo grown in rhizoboxes. *Plant Biosyst.* 144: 434-439.
- Freschet, G. T., Pagès, L., Iversen, C. M., Comas, L. H., Rewald, B., Roumet, C., Klimešová, J., Zadworny, M., Poorter, H., Postma, J. A., Adams, T. S., Bagniewska-Zadworna, A., Bengough, A. G., Blancaflor, E. B., Brunner, I., Cornelissen, J. H. C., Garnier, E., Gessler, A., Hobbie, S. E., Meier, I. C., Mommer, L., Picon-Cochard, C., Rose, L., Ryser, P., Scherer-Lorenzen, M., Soudzilovskaia, N. A., Stokes, A., Sun, T., Valverde-Barrantes, O. J., Weemstra, M., Weigelt, A., Wurzbürger, N., York, L. M., Batterman, S. A., Gomes de Moraes, M., Janeček, Š., Lambers, H., Salmon, V., Tharayil, N., McCormack, M. L. 2021. A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. *New Phytol.* 232: 973-1122.
- Hashimoto, M., Aoki, H., Murakami, S., Koyama, T. 2025. How do wheat roots improve shoot growth under different local phosphorus supply conditions? *Plant Soil*. 510: 421-433.
- Hutchings, M. J., de Kroon, H. 1994. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Adv. Ecol. Res.* 25: 159-238.
- Hutchings, M. J., John, E. A. 2003. Distribution of roots in soil, and root foraging activity. In: de Kroon, H., Visser, E. J. W. eds. *Root Ecology* Springer-Verlag. pp. 33-60.
- Jeudy, C., Adrian, M., Baussard, C., Bernard, C., Bernaud, E., Bourion, V., Busset, H., Cabrera-Bosquet, L., Cointault, F., Han, S., Lamboeuf, M., Moreau, D., Pivato, B., Prudent, M., Trouvelot, S., Truong, H. N., Vernoud, V., Voisin, A. S., Wipf, D., Salon, C. 2016. RhizoTubes as a new tool for high throughput imaging of plant root development and architecture: test, comparison with pot grown plants and validation. *Plant Methods* 12: 31.
- Jia, Z., Liu, Y., Gruber, B. D., Neumann, K., Kilian, B., Graner, A., von Wirén, N. 2019. Genetic dissection of root system

- architectural traits in spring barley. *Front. Plant Sci.* 10: 400.
- 荻住昇 1979. 樹木根系図説. 誠文堂新光社.
- 河野恭広 1987. 根の形態と分布量. 土壌施肥編. 農業技術大系 第 1 巻 土壌と根圏 II. 農文協, pp. 1-19.
- Kono, Y., Yamauchi, A., Nonoyama, T., Tatsumi, J., Kawamura, N. 1987. A revised experimental system of root-soil interaction for laboratory work. *Environ. Control Biol.* 25: 141-151.
- Koyama, T., Murakami, S., Karasawa, T., Ejiri, M., Shiono, K. 2021. Complete root specimen of plants grown in soil-filled root box: sampling, measuring, and staining method. *Plant Methods* 17: 97.
- 神山拓也, 吉留克彦, 荒川祐介 2017. 根箱・ピンボード法に用いる根系採取装置の開発と利用法. 根の研究 26: 85-91.
- LaRue, T., Lindner, H., Srinivas, A., Exposito-Alonso, M., Lobet, G., Dinneny J. R. 2022. Uncovering natural variation in root system architecture and growth dynamics using a robotics-assisted phenomics platform. *eLife* 11: e76968.
- Lobet, G., Pagès, L., Draye, X. 2011. A novel image-analysis toolbox enabling quantitative analysis of root system architecture. *Plant Physiol.* 157: 29-39.
- Maan, C., ten Veldhuis, M. -C., van de Wiel, B. J. H. 2023. Dynamic root growth in response to depth-varying soil moisture availability: a rhizobox study. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 27: 2341-2355.
- Materechera, S. A., Dexter, A. R., Alston, A. M. 1991. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. *Plant Soil* 135: 31-41.
- 森田茂紀 2020. 根系の形態と機能を読む [7]. 農業および園芸 95: 889-898.
- 森田茂紀, 阿部淳 2014. 根系の構造を「見る」. 根の研究 23: 99-106.
- 森田茂紀, 関谷信人, 阿部淳 2013. 根系の形成を「見る」. 根の研究 22: 111-118.
- Nagel, K. A., Putz, A., Gilmer, F., Heinz, K., Fischbach, A., Pfeifer, J., Faget, M., Blossfeld, S., Ernst, M., Dimaki, C., Kastenholz, B., Kleinert, A. -K., Galinski, A., Scharr, H., Fiorani, F., Schurr, U. 2012. GROWSCREEN-Rhizo is a novel phenotyping robot enabling simultaneous measurements of root and shoot growth for plants grown in soil-filled rhizotrons. *Funct. Plant Biol.* 39: 891-904.
- 大橋瑞江, 中野愛子, 平野恭弘 2012. 土の中の根をみる方法. 森林科学 65: 8-11.
- 小柳敦史 1998. 深さの定量化による作物根系の新しいとらえかた. 日作紀 67: 3-10.
- Ristova, D., Barbez, E. 2018. Root development: Methods and protocols. Humana Press.
- 佐藤孝夫 1987. 広葉樹苗の根の伸長の季節変化. 北林試研報 25: 1-17.
- 佐藤孝夫 1995. 樹木の根系の成長に関する基礎的研究. 北林試研報 32: 1-54.
- Seethepalli, A., Dhakal, K., Griffiths, M., Guo, H., Freschet, G. T., York, L. M. 2021. RhizoVision Explorer: open-source software for root image analysis and measurement standardization. *AoB PLANTS* 13: plab056.
- Schmidt, J. E., Lowry, C., Gaudin, A. C. 2018. An optimized rhizobox protocol to visualize root growth and responsiveness to localized nutrients. *J. Vis. Exp.* 140: e58674.
- Schneider, H. M., Lynch, J. P. 2020. Should root plasticity be a crop breeding target? *Front. Plant Sci.* 11: 1-16.
- Schuurman, J. J., Goedewaagen, M. A. J. 1971. Methods for the examination of root systems and roots. Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- 塩野克宏 2024. 根のフェノタイピング・モデリング. 根研究学会著 / 編. 図解でよくわかる 根のきほん: 根の種類, 構造, 機能から, 品目ごとの特徴, 樹種による違い, 環境へのかかわりまで. 誠文堂新光社. pp. 172-173.
- Smit, A. L., Bengough, A. G., Engels, C., Noordwijk, M., Pellerin, S., Geijn, S. C. 2000. Root methods: a handbook. Springer.
- Smith, A. G., Han, E., Petersen, J., Olsen, N. A. F., Giese, C., Athmann, M., Dresbøll D. B., Thorup-Kristensen, K. 2022. RootPainter: deep learning segmentation of biological images with corrective annotation. *New Phytol.* 236: 774-791.
- Suralta, R. R., Inukai, A., Yamauchi, A. 2010. Dry matter production in relation to root plastic development, oxygen transport, and water uptake of rice under transient soil moisture stresses. *Plant Soil* 332: 87-104.
- Takahashi, H., Pradal, C. 2021. Root phenotyping: important and minimum information required for root modeling in crop plants. *Breed. Sci.* 71: 109-116.
- 田島亮介 2014. ImageJ を用いた画像解析による根長の評価. 根の研究 23: 75-81.
- Taylor, H. M., Böhm, W. 1976. Use of acrylic plastic as rhizotron windows. *Agron. J.* 68: 693-694.
- 寺本翔太 2024. 作物根系解析の効率化. 根の研究 33: 7-14.
- Teramoto, S., Uga, Y. 2020. A deep learning-based phenotypic analysis of rice root distribution from field images. *Plant Phenomics* 2020: 430810.
- Teramoto, S., Uga, Y. 2022. Improving the efficiency of plant root system phenotyping through digitization and automation. *Breed. Sci.* 72: 48-55.
- Teramoto, S., Uga, Y. 2025. Detection of quantitative trait loci for rice root systems grown in paddies based on nondestructive phenotyping using X-ray computed tomography. *Plant J.* 121: e17171.
- 角田智詞, 田丸翔太郎, 芝日菜子, 澤田佳穂, 小河樹, 西嶋遼, 塩野克宏 2024. 北陸新幹線の改札横でやってみた! 公開ワークショップ「掘らないと! 掘らないの? ~知っていそうで知らない根の様子と画像解析のウルテク~」の開催報告. 根の研究 33: 102-103.
- Uga, Y. 2021. Challenges to design-oriented breeding of root system architecture adapted to climate change. *Breed. Sci.* 71: 3-12.
- Wang, Z., Burch, W.H., Mou, P., Jones, R. H., Mitchell, R. J. 1995. Accuracy of visible and ultraviolet light for estimating live root proportions with minirhizotrons. *Ecology* 76: 2330-2334.
- Yabuki, A., Ikeno, H., Dannoura, M. 2022. A root auto tracing and

- analysis (ARATA): An automatic analysis software for detecting fine roots in images from flatbed optical scanners. *Methods Ecol. Evol.* 13: 2372-2378.
- 山内章 2016. 作物根系の構造およびその可塑性の機能的意義. 日本作物学会講演会要旨集 241: 272-275.
- Yamauchi, A., Pardales, Jr J. R., Kono, Y. 1996. Root system structure and its relation to stress tolerance. In: Ito, O., Johansen, C., Adu-Gyamfi, J. J., Katayama, K., Kumar, Rao, J. V. D. K., Rego, T. J. eds., *Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-arid Tropics*. Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS): 211-234.
- Yee, M. O., Kim, P., Li, Y., Singh, A. K., Northen, T. R., Chakraborty, R. 2021. Specialized plant growth chamber designs to study complex rhizosphere interactions. *Front. Microbiol.* 12: 625752

菜根譚 野菜の根の話

中野明正

千葉大学 大学院 園芸学研究院

29. 江戸農書に見る根に関する栽培技術

江戸農書の中に「根」という文字はあるが、細かい表現は少ない。たとえば上根－底根、縦根－横根、太根－細根、古根－新根、小根、脇根、ひげ根などがある(徳永, 2025)。確かにこの言葉だけでは、それが具体的に何を示しているのか評価するのは難しい。その他、根付き、根ざし、根配り、根はらみという言葉もあるが、地上部と比べれば表現する言葉はるかに少ない。地上部の実りに寄与する根の大切さは、当時からも認識されていたが、観察となると大変だったことは、今も昔も変わらないだろう。

江戸農書の中でも『農業全書』は最も有名な農書であろう。大蔵永常、佐藤信淵と並んで、明治以前の日本の三大農学者とされる、江戸前期の農学者・宮崎安貞(1623-1697)が著した。自身の農業体験や諸国旅行、中国の農書によって得た知識が基となっていて、イネをはじめ148種類の作物に関する農業技術を体系的に解説している。

『農業全書』にも、根についての記述がいくつか認められるが、今に活かせる農業技術もある。ポイントは「苗を植える前に、根を切る、つまり断根処理を施せば、病虫害に負けない丈夫な株となり、収量が増える」とのことである。

具体的には、巻之三「茄(なすび)」の項目があり、その部分の意味のみ記すと「苗を移植するとき、主根の先を少しばかり切って植えるのと、側根に力が入って活着が良い。また主根の先が長いと、心土の硬い土に当たるので、傷んで枯れることがある。だから長い根のある苗は先の方を少し切って植えると良い」(高

内, 2025)。これには確かに一理あり、苗の主根を切断すると、その上から側根が多く生えるようになる。横に根が張るようになり、浅い根系に制御できる可能性がある。確かにナスが根を深く張りすぎて、地下水位が急に上がるような場合は、根腐れを起こし、浅い根系の方がこのようなリスクを回避できた場合があったのかもしれない。少ないながらも今の栽培技術に通じる知見が読み取れる。私たちも、後代の農林業の参考になるように、根の画像などより多くの情報を残しておきたいものである。

参考情報

高内実 2025. 今に活かせる、江戸農書の栽培技術, 活着・生育抜群! 断根定植法, 現代農業, 6月号, 252-253, 農文協。

徳永光俊 2025. 日本農史研究(上), 「生きものの循環」と農法, 農文協。



第 61 回根研究学会プログラム

第 61 回根研究集会が 2025 年 6 月 14 日 (土) ～15 日 (日) に、宮城県仙台市の東北大学青葉山コモンズにて開催されました。

口頭発表 8 件、ポスター発表 23 件の一般発表がありました。田島亮介博士 (東北大学) による、根掘りワークショップ「Back to the Basic: 掘って洗って測定して」と題した公開ワークショップを行いました。モノリス法で掘り起こした根系の採取・洗浄、画像の取り込み、画像解析を実践しながら、ノウハウを交換することができました。

<開催日時 Date and time>

2025 年 6 月 14 日 (土) 13 : 00–18 : 00

15 日 (日) 9 : 00–17 : 00

※14 日の懇親会は青葉山コモンズみどり食堂で開催

<開催場所 Venue>

〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 青葉山コモンズ

電車でのアクセス: 仙台市営地下鉄「青葉山駅」より徒歩 10 分

<プログラム Program>

6 月 14 日 (土) Saturday, June 14th

13 : 00 受付 Registration, ポスター提示 Posters display
 13 : 30–13 : 40 開会の挨拶 Opening remarks
 13 : 40–15 : 00 口頭発表 (4 課題) Oral presentation
 15 : 10–15 : 40 ポスターピッチ (23 課題) Poster session
 16 : 00–17 : 00 ポスター発表 (奇数 12 課題) Poster session
 17 : 10–18 : 00 総会 General meeting
 18 : 30–20 : 30 懇親会 Conference dinner (青葉山コモンズみどり食堂)

6 月 15 日 (日) Sunday, June 15th

09 : 00–10 : 20 口頭発表 (4 課題) Oral presentation
 10 : 30–11 : 30 ポスター発表 (偶数 11 課題) Poster session
 (昼休憩)
 13 : 00–14 : 00 優秀発表賞表彰 Best Presentation Award
 14 : 00–14 : 05 次回予告 Announcement of next JSRR meeting
 | 牧田 直樹 大会実行委員長 (信州大学)
 14 : 05–14 : 10 閉会の挨拶 Closing remarks
 15 : 00–17 : 00 根掘りワークショップ「Back to the Basic: 掘って洗って測定して」

<第 61 回根研究集会実行委員>

実行委員長: 亀岡 笑

庶務担当: 田島亮介

(東北大学大学院農学研究科)

Chairman: Emi Kameoka

General affairs: Ryosuke Tajima

(Graduate school of Agricultural Science, Tohoku University)

<問合せ先 Contact>

東北大学大学院農学研究科 亀岡 笑

〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 東北大学大学院農学研究科

E-mail: emi.kameoka.c8@tohoku.ac.jp 電話: 022-757-4084

Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University

Emi Kameoka

468-1 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8572, Japan

E-mail: emi.kameoka.c8@tohoku.ac.jp Tel: 022-757-4084

<共催>

東北大学大学院農学研究科

<口頭発表 Oral Presentations> 講演 12 分+質疑 5 分+入替等 3 分

★優秀発表賞エントリー

6 月 14 日 (土) 13 : 40–15 : 00 (4 課題)

13:40 O1 DRO1 と qSOR1 の異なるアリル組合せにより生じる根系分布の違いが収量性に及ぼす影響
○宇賀優作, 木富悠花, 寺本翔太, 射場木萌春, 河合翼

14:00 O2 野生イネ *Oryza glumaepatula* の恒常的な酸素漏出バリア形成に関わる遺伝子領域の推定
○塩野克宏, 江尻真斗, 西嶋遼, 馬場美幸, 芝日菜子, 山形悦透, 三浦孝太郎

14:20 ★O3 光で根端が帯電する Tanada 効果の再訪：アセチルコリンの影響について
○野口紅羽, 陽川 憲

14:40 ★O4 メラトニンを中心としたインドールアミン類がシロイヌナズナ根の重力屈性に与える影響
○山口 翔太郎, 陽川 憲

6 月 15 日 (日) 09 : 00–10 : 20 (4 課題)

09:00 O5 クロズキンタケ属の未記載種におけるツツジ科植物の細根への共生能力の解明
○馬場隆士, 広瀬 大

09:20 ★O6 地下で起きるコモンズの悲劇：雑草イネは脱栽培化で根が競争的になるよう進化したか？
○丸山紀子, 今泉智通, 深野祐也

09:40 ★O7 スキャナ法を用いたスギ細根の分岐時期の解明
○趙星一, 大橋瑞江

10:00 O8 日本における根研究の展開序説 1
○森田茂紀

<ポスター発表 Poster Presentations>

6月14日(土)・15日(日)

★優秀発表賞エントリー

P1 もみ殻炭の連年施用ならびに施用法がダイコンの生育に及ぼす影響

○塔野岡(寺門)純子, 垣内悠太郎, 徳田進一

★P2 湛水土壤中で増加するアンモニアはイネ根の酸素通気に影響するのか?

○吉田日向, 江岸祐夏, 塩野克宏

P3 3Dオブジェクト手法による根先端域での篩部篩管の起源と発達の解析(2)―原生篩管, 後生篩管の形成について―

○仁木輝緒, 幹 康, 斉藤 進

P4 イネ超深根型 qSOR1-v アリルの同定と被子植物の相同遺伝子における配列・機能保存性

○河合翼, 木富悠花, 黒田凌, 中田隆, 相馬史幸, 杉本和彦, 宇賀優作

P5 生薬・天然色素植物ムラサキ(*Lithospermum erythrorhizon*)の実用生産化 ―北海道・当別町での取り組み―

○高上馬 希重

★P6 琉球列島におけるツツジ科スノキ属のメタバーコーディングによるエリコイド菌根関連菌相解明

○佐藤創太, 馬場隆士, 伊東拓朗, 國府方吾郎, 牧雅之

P7 ウキクサ由来植物生育促進細菌を用いた養液栽培レタスの生育

○渡邊高人, 阿野哲也, 田中靖浩, 中野明正

★P8 阿蘇外輪山東部の半自然草地における放牧管理が草本根系および土壌炭素蓄積量に与える影響

○齋藤温子, 白井里奈, 坂上翼, 山口滉太, 町田怜子, 下嶋聖, 茂木もも子, 山田晋, 今井伸夫, 檜谷 昂, 犬伏和之, 大島宏行, 加藤拓

★P9 リン酸局所施肥パッチサイズおよびパッチへの根の誘導がコムギの生育に与える影響

○藤元琴羽, 関澤央宜, 神山拓也

P10 北方落葉広葉樹の根滲出物の炭素量と構成分子種の解析

○遠藤いず貴, 郷久美空, 大越研人, 井手淳一郎

P11 樹木個体の成長とともに増加する力学的負荷は根・幹の呼吸増加を促し成長制限要因となるか

○森茂太, 黒澤陽子, 相蘇春菜

★P12 根箱とリボンヒーターを用いた根の局所加温応答観察系の確立

○原口果子, 房相佑, 神山拓也, 大西孝幸

P13 コムギ根の評価にミニライゾトロンは本当に使えないのか?

橋本叡信, 青木博光, ○神山拓也

- ★P14 樹木根系 3 次元モデルにおける根系バイオマス推定誤差とその補償に関する検討
○田中優斗, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 大橋瑞江, 森健介, 平野恭弘, 谷川東子, 檀浦正子, 池野英利
- ★P15 コムギ栽培において硝化抑制物質が土壌無機態窒素濃度を与える影響とその簡易評価法
○小南雪乃・下野裕之・松波麻耶
- ★P16 地中レーダを用いたカンショ根の自動検出・定量化
○鄭美嘉, 劉佳啓, クリストファーゴメス, 石井孝佳, 宇賀優作
- P17 Photoperiod moderates the root growth and grain yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress
Ekemini Obok・○Ping An・Anthony Eneji
- ★P18 シロイヌナズナ根におけるストロンチウムによる活性酸素種の生成と候補輸送体の抽出
○長田武, 岡田佳之, 國分阜世, 尾上未央
- P19 硝酸欠乏応答における STOP1 依存的な根系構造変化の三次元解析
○時澤睦朋
- P20 中国の半乾燥地林に生育する 4 樹種の細根形質の比較
○福澤加里部, 細川奈々枝, 杜盛, 龍見史恵, 舘野龍之輔
- ★P21 冷温帯 9 樹種における細根の糖、アミノ酸、有機酸の種特異性
○橋本裕生, 勝間帆波, 牧田直樹
- P22 草本と木本で異なる地下部・地上部呼吸スケーリング
○黒澤陽子, 森茂太
- ★P23 真正双子葉植物における根の放射構造進化 -解剖学的比較からの示唆-
○佐藤友, 古賀皓之, 塚谷裕一

2025 年度 根研究学会総会報告

東北大学青葉山コモンズで開催された第 61 回根研究集会の一部として、6 月 14 日に定期総会を開催しました。塩野克宏会員に議長を務めて頂き、下記の通り 2024 年度の会務報告・決算報告・会計監査報告、2025 年度の事業計画・予算が承認されました。

1. 2024 年度 会務報告

1) 会誌『根の研究』第 33 巻を発行した。

(福澤 加里部 編集委員長)

第 1 号 (2024 年 3 月発行) pp. 1 - 53 (53 頁)

第 2 号 (2024 年 6 月発行) pp. 55 - 73 (19 頁)

第 3 号 (2024 年 9 月発行) pp. 75 - 114 (40 頁)

第 4 号 (2024 年 12 月発行) pp. 115 - 136 (22 頁)

別冊 1 号 (2024 年 9 月発行) pp. 1 - 49 (49 頁)

別冊 2 号 (2024 年 12 月発行) pp. 1 - 42 (42 頁)

2) 研究集会

以下 2 回の研究集会を開催した。第 59 回根研究集会内では特別講演が 1 件、第 60 回では受賞講演が行われた。

・第 59 回根研究集会

於：福井市地域交流プラザ

7 月 20 日 (土) ～ 21 日 (日)

実行委員長 塩野克宏会員

・第 60 回根研究集会

於：東海大学阿蘇くまもと臨空キャンパス

12 月 14 日 (土) ～ 15 日 (日)

実行委員長 阿部淳会員

3) 2024 年度根研究学会賞

選考の結果、以下の業績を表彰した。

【学術功労賞】 1 件

受賞者：島村聡

(農研機構九州沖縄農業研究センター)

業績：ダイズの耐湿性向上のための二次通気組織に関する研究

【学術奨励賞】 3 件

受賞者：河合翼

(農業・食品産業技術総合研究機構)

業績：イネにおける可塑的な側根形態制御機構の解明

受賞者：神山拓也

(宇都宮大学農学部)

業績：アーバスキュラー菌根 (AM) 菌質材を有効に活用するための土壌環境条件の解明および根の可塑性を利用したリン酸局所施肥技術の開発

受賞者：菅井徹人

(国立研究開発法人森林総合研究所)

業績：多雪地域における春先の樹木根の動態およびその形質特性に関する研究

【優秀発表賞】 6 件

受賞者：時澤 睦朋氏

(電力中央研究所)

業績：Root system architecture modification in response to soil nitrate availability is co-regulated by soil pH

受賞者：田丸 翔太郎氏

(福井県立大学大学院生物資源学研究科)

業績：二次元酸素オプトードによるイネ幼苗期の冠根伸長と根圏酸化の時空間的追跡

受賞者：藤元 琴羽

(宇都宮大学農学部)

業績：遮根シートによるリン酸局所施肥位置へのコムギ根系誘導で収量は増加するのか

受賞者：佐藤 友

(東京大学大学院理学系研究科)

業績：水陸両生植物における異形根性の形態と制御機構および進化

受賞者：細井 彩

(信州大学大学院総合理工学研究科)

業績：樹木細根系の解剖構造は季節変動するのか？：ヒノキとスギにおける根の原生木部数からの探求

受賞者：庄司 森

(岩手大学大学院連合農学研究科)

業績：雪による地下部冷却は春先の葉の拡大を抑制する

4) 国際誌 *Plant Root* の刊行

(野口享太郎 編集委員長ら)

<http://www.plantroot.org/>

第 18 巻として、4 本の論文 (全 47 頁) を掲載した。受理後早期の掲載、並びに編集委員の負担を軽減する目的で BIB 作成費を計上した。

5) 会誌以外の出版物・根研ロゴライセンス

「根の研究の最前線 7」および同シリーズのうち、在庫があるバックナンバーについては、引き続き販売した (セット割りを適用)。使用料を支払うことで根研ロゴを使用したグッズを自由に製作することができるようにした。

6) 会員勧誘と費用節減対策

会員数は横ばいであり、会費収入は下止まり傾向にある。財政状況改善を目的として、第 55 回根研究集会から根研究集会要旨の公開は引き続き別冊 (PDF オンライン公開) のみとして、継続している。根研ホームページや *Plant Root* のためのサーバーの維持費が値上がりとともに予算を圧迫しており、サーバーの移行を実施した。これまでのサーバー使用料¥46,920/年を¥16,302/年に圧縮出来た。なおサーバー移行の手数料 (¥165,000) はサーバーレンタル料の支出減に伴い 5 年間の継続使用により相殺できる予定。また、学生や若手研究者の入会を促すため、根研究学会優秀発表賞、若手会員研修支援、研究集会参加費無料化を継続した。

2. 2024 年度 決算報告

期間： 2024 年 1 月 1 日 - 12 月 31 日

1) 2024 年度 一般会計

1. 収入				単位: 円
事項	予算	2024年度	予算との差額	
前年度繰越金	780,441	780,441	0	
会費未納分 ^{※1}	108,000	81,000	-27,000	
2024年会費 ^{※1}	752,000	401,000	-351,000	
2024年以降の会費前納分 ^{※1}	550,000	550,000	0	
寄付・雑収入 (前課料利子) ^{※2}	40,000	242,234	202,234	
合計	2,230,441	2,054,675	-175,766	
2. 支出				
事項	予算	2024年度	予算との差額	
会誌・名簿の製版・印刷費 ^{※3}	550,000	589,600	39,600	
会誌・名簿の送付費 ^{※4}	32,000	33,678	1,678	
事務局委託費・謝金 ^{※5}	356,400	356,400	0	
事務通信費 ^{※6}	15,000	15,334	334	
事務用品費	2,000	3,530	1,530	
研究集会経費	40,000	0	-40,000	
学会賞経費 ^{※7}	25,000	29,410	4,410	
サーバー使用料 ^{※8}	16,302	16,302	0	
サーバー移行料	150,000	165,000	15,000	
予備費 ^{※9}	50,000	44,784	-5,216	
次年度繰越金	993,739	800,837	-193,102	
合計	2,230,441	2,054,675	-175,766	
繰越金を除く2024年の実収入		1,274,234		
繰越金を除く2024年の実支出		1,254,038		
繰越金を除く2024年の実収支		20,196		

※1 年会費は電子版個人会員 3,000 円、冊子版 (+ 電子版) 個人会員 4,000 円、冊子版団体会員 9,000 円。前納は、12 月までに 2024 年度を納入した分など。

※2024年に納入された会費の内訳		合計	1,032,000
1) 未納分	2023年度以前	81,000	(3,000円 × 13名 + 4,000円 × 6名 + 9,000円 × 2名)
2) 当年度分	2024年	401,000	(3,000円 × 82名 + 4,000円 × 32名 + 9,000円 × 3名)
3) 前納分	2025年度以降	550,000	(3,000円 × 118名 + 4,000円 × 40名 + 9,000円 × 4名)
※雑収入の内訳		合計	242,234
1) 寄付 (「根っここのふしぎな世界」原稿料) 他			142,196
2) オープンアクセス費 (5件)			100,000
3) 銀行利息			38
※会誌・名簿印刷製版内訳 (表紙を除いた頁数)		合計	589,600
1) 33 巻第 1 号 (54 頁)			177,100
2) 33 巻第 2 号 (20 頁)			125,400
3) 33 巻第 3 号 (40 頁)			151,800
4) 33 巻第 4 号 (26 頁)			135,300
※会誌・名簿送付費の内訳		合計	33,678
1) 32 巻第 4 号			13,878
2) 33 巻第 1 号			7,634
3) 33 巻第 2 号			6,006
4) 33 巻第 3 号			6,160
* メール便は翌月払			
※謝金の内訳		合計	356,400
1) 2024 年事務委託費 (概共立)			330,000
2) 2024 年 HRP 管理費 (概共立)			26,400
※事務通信費の内訳		合計	15,334
1) 振込手数料			1,485
2) 郵送料 (切手代他)			13,849
※学会賞経費の内訳		合計	29,410
1) バウチャー購入費			22,870
2) 送料等			3,790
3) 賞状作成代			2,750
※サーバー使用料の内訳		合計	16,302
1) ドメイン使用料 (jpp.jp)			3,102
2) サーバー使用料 (xserver/スタンダード)			13,200
※予備費の内訳		合計	44,784
1) 会費請求書作製代 (ラベルシール代含む)			15,304
2) 会費請求書送料			29,480

2) 2024 年度 特別会計

1. 収入				単位: 円
事項	予算	決算	予算との差額	
前年度繰越金	106,960	106,960		
出版物販売 ^{※1}	5,000	2,520	-2,480	
Plantroot掲載料 ^{※2}	105,000	65,000	-40,000	
寄付・雑収入 (利息等)	1,000	4	-996	
	217,960	174,484	-43,476	
2. 支出				
事項	予算	決算	予算との差額	
出版物 (印刷費・製作費)	0	0	0	
「根の研究」デジタル化	0	0	0	
送料・手数料など	700	685	-15	
国際誌刊行経費 (サーバーレンタル料)	1,518	1,671	153	
PlantrootBIB作成費	35,000	30,800	-4,200	
会長経費	50,000	0	-50,000	
会誌改善費 (一般会計への補助)	0	0	0	
苅住基金運営維持費	0	0	0	
次年度への繰越金	130,742	141,328	10,586	
	217,960	174,484	-43,476	
繰越金を除く2024年の実収入	67,524			
繰越金を除く2024年の実支出	33,156			
繰越金を除く2024年の実質収支	34,368			
前年度繰越金				106,960
小口現金	7,617			
郵便口座	91,315			
三菱UFJ	8,028			
次年度への繰越金				141,328
小口現金	3,097			
郵便口座	68,479			
三菱UFJ	69,752			
※1 出版物販売の内訳				
1) 根の研究の最前線1～5巻売上 (送料込)				
	合計	2,520		
※2 Plantroot掲載料の内訳				
1) 掲載料: 3件 (非会員25,000円×1件・会員20,000円×2件)				
	合計	65,000		

3) 2024 年度 苅住基金

1. 収入				単位: 円
事項	予算	決算	予算との差額	
前年度繰越金	735,454	675,124	0	
特別会計繰入金	0	0	0	
寄付金 (森の根の生態学印税)	10,000	138,310	128,310	
利子	0	54	54	
雑収入	0	0	0	
	745,454	813,488	0	
2. 支出 ^{※2}				
事項	予算	決算	予算との差額	
若手会員海外渡航支援	100,000	0	-100,000	
送料・手数料	1,500	0	-1,500	
次年度への繰越金	643,954	813,488	169,534	
	745,454	813,488	68,034	

※支援無し

3. 2024 年度会計の監査報告

2025 年 2 月 20 日に、リモート会議にて、根研究学会監査の二瓶直登会員に事務局業務担当者 (共立 栗本様) が説明を行い、会計監査をして頂いた。以下がその監査報告の写しである。

会計監査報告書

根研究会会則第 9 条に基づき、2024 年度 (2024 年 1 月 1 日～12 月 31 日) の会計監査を行った結果、適正に執行されていることを確認しました。

2025 年 2 月 20 日

監査 氏名 二瓶 直登

4. 2025 年度事業計画

1) 会誌『根の研究』第 34 巻発行

(編集委員長: 福澤 加里部)

第 1 号 (2025 年 3 月発行) pp. 1-21 (21 頁)

第 2 号 (2025 年 7 月発行予定)

第 3 号 (2025 年 9 月発行予定)

第 4 号 (2025 年 12 月発行予定)

別冊 1 号 (2025 年 7 月発行予定)

別冊 2 号 (2025 年 12 月発行予定)

2) 研究集会等の開催

・第 61 回根研究集会

(東北大学 青葉山キャンパス)

6 月 14 日 (土) ～ 15 日 (日)

実行委員長 亀岡笑・田島亮介会員

・第 62 回根研究集会

(信州大学 松本キャンパス)

11 月 29 日 (土) ～ 30 日 (日)

実行委員長 牧田直樹会員

3) 2025 年度根研究学会賞の公募・選考・授与

7 月発行の会誌で告示し、8 月に公募。第 62 回根研究集会において授賞。

これまでの受賞者について、他団体の賞への推薦も検討する。

4) 一般会計・特別会計による学会活動と会員の研究活動の支援 (予算案を参照)

・国際誌 *Plant Root* 第 19 巻発行 (編集委員長: 野口享太郎ら)。投稿数・掲載数の増加に努める。

・根の研究に掲載された原著論文・総説・ミニレビュー等の J-Stage に収録される論文について、著者がオープンアクセス権の取得料金を支払うことで、非会員でも根研会員への公開と同

時に論文を読める状態にできる「オープンアクセスオプション」を引き続き運営する。オープンアクセス料は1編あたり20,000円とする。

- 根研ロゴ使用料による特別会計の増収を図るため、会員によるグッズ作製を促進する。

5) 根研究学会「苺住」国内外研修支援

根研究学会所属の若手会員(申請時の年齢が40歳以下)の国際的な活躍を支援するため、国内外の学会等に参加して根に関する研究成果を公表したり調査に出向いたりするための経費の一部を補助する。年1~2件程度(1件6~12万円を目安)を助成する。

6) 会運営に関する問題

単年度収入の減少に対しては一層の節約に努める。運営の基盤となる会費を増やすため、根研究学会HPを整理・拡充(研究集会案内ページの追加、根研ははじめませんか?バナーの追加)し、会員の増加をはかる。あわせて、助成金や広告料の取得に努める。

2025年3月に「根の研究」と「Plant Root」の出版にかかわる費用の改訂があった(補足資料1)。「根の研究」については、2024年度に発行回数に関するアンケートを行い、執行部と根の研究編集委員会で議論した結果、2026年度から半年分の出版論文とその他の記事を束ねたものを冊子体(電子体)として年2回発行することとする。論文については、掲載までのスピードを重視し、J-STAGEにて都度発行とする。

7) 出版

「根の研究の最前線7」およびバックナンバーの販売促進に努める。その他、出版社等から、根の研究の発展や社会へのアピールに役立つような出版の企画提案があれば協力する。

8) 他の学術関連団体などとの協力

- 日本学術会議等
協力学術研究団体として、委員候補の推薦やアンケートなどの依頼があれば協力する。
- 国際研究集会等
会誌への開催情報の掲載など、情報の伝達に協力する。
- その他
学術活動に関するアンケートなど、根の研究や日本の学術発展に有意義と思われる要請につ

いては、大きな負担のない範囲で協力する。他の学術団体からの共催、講師推薦等の要請に対しては、執行部・評議員で検討する。

9) その他

総会場で議論したい事項。

5. 2025年度予算

期間：1月1日~12月31日

1) 2025年度 一般会計

2025年5月現在の会員数は、276名(海外含む)、団体8件。年会費は、電子版個人3,000円、冊子版(+電子版)個人4,000円、冊子版団体9,000円とする。

収入				単位 円
事項	予算	前年実績	前年との差額	
前年度繰越金	800,637	780,441	20,196	
会費未納分※1	70,000	81,000	-11,000	
2025年会費※1	339,000	401,000	-62,000	
2026年以降の会費前納分※1	550,000	550,000	0	
寄付・雑収入※2	250,000	242,234	7,766	
合計	2,009,637	2,054,675	-45,038	

支出				単位 円
事項	予算	前年実績	前年との差額	
会誌・名簿の製版・印刷費※3	750,000	589,600	160,400	
会誌・名簿の送付費※3	55,000	33,678	21,322	
事務局委託費・謝金※4	356,400	356,400	0	
事務通信費	17,000	15,334	1,666	
事務用品費	4,000	3,530	470	
研究集会経費	40,000	0	40,000	
学会賞経費※5	30,000	29,410	590	
サーバー使用料	16,302	16,302	0	
サーバー移行料※6	0	165,000	-165,000	
予備費	50,000	44,784	5,216	
次年度への繰越金	690,935	800,637	-109,702	
合計	2,009,637	2,054,675	-45,038	

繰越金を除いた2025年の実収入	1,209,000 円
繰越金を除いた2025年の実支出	1,318,702 円
繰越金を除いた2025年の実質収支	-109,702 円

- ※1 10月に次年度分の会費納入のお願いをするので、多額の前納分が発生し、当該年になってからのその年分の会費納入額は会員数×年会費より少ない。財源の安定化のためには、30名程度会員が増えることが望ましい。
- ※2 オープンアクセス料、会誌広告・ホームページのバナー広告で収入を上げることが
- ※3 会誌(全4号)の発行。名簿本年度に発行。2~4号の組版増額分を計上
- ※4 事務局委託経費(年30万円+消費税10%)。ホームページ管理委託費(年3万円+消費税10%)。
- ※5 3名程度の授賞を想定。受賞者が増えた場合は予備費等で対応する。
- ※6 サーバー移行は完了済みのため予算計上無し。

2) 2025 年度 特別会計

収入		単位: 円	
事項	予算	前年実績	前年との差額
前年度繰越金	141,328	106,960	34,368
出版物販売※1	2,500	2,520	-20
Plant Root掲載料※2	65,000	65,000	0
寄付・雑収入(利息等)※3, 4	1,000	4	996
合計	209,828	174,484	35,344
支出			
事項	予算	前年実績	前年との差額
出版物(印刷・製作費)	0	0	0
「根の研究」デジタル化※5	0	0	0
送料・手数料など	700	685	15
国際誌刊行経費(サーバーレンタル率	1,671	1,671	0
Plant Root BIB作成費※6	51,000	30,800	20,200
会長裁量経費	50,000	0	50,000
会誌改善費(一般会計へ)	0	0	0
苅住基金運営維持費	0	0	0
次年度への繰越金	106,457	141,328	-34,871
合計	209,828	174,484	35,344
繰越金を除く2025年の実収入 68,500 円			
繰越金を除く2025年の実支出 103,371 円			
繰越金を除く2025年度の実質収支 -34,871 円			
(会長裁量経費50,000円を使わずにすれば、赤字は縮小)			
※1 「根の研究の最前線7」を中心に販売予定.			
※2 Plant Root掲載料(根研究学会会員: 20,000円/編; 非会員: 25,000円/編). 3編で計算.			
※3 根研ロゴ使用料(1製品につき100円).			
※4 銀行口座利息.			
※5 論文以外のコンテンツも含めた画像PDF化委託費.			
※6 組版代@2,000円×5ページ×3報=30,000円、J-Stage登載 @7,000円×3報=			

3) 2025 年度 苅住基金

収入				単位: 円
事項	予算	前年実績	前年との差額	
前年度繰越金	813,488	675,124	138,364	
特別会計繰入金	0	0	0	
寄付金(森の根の生態学印税)	10,000	138,310	-128,310	
利子	0	54	-54	
雑収入	0	0	0	
合計	823,488	813,488	10,000	

支出				単位: 円
事項	予算	前年実績	前年との差額	
若手会員旅費支援	100,000	0	100,000	
送料・手数料	1,500	0	1,500	
次年度への繰越金	721,988	813,488	-91,500	
合計	823,488	813,488	10,000	

国外において根に関する研究成果を公表したり調査したりするための経費支援として 2 名 (12 万円/件)を予定.

以上の 3 会計は, 2026 年 2 月頃に会計監査を実施予定.

以上

補足資料 1

(根研究学会総会 2025 年 6 月 14 日)

根研究学会の出版物にかかわる費用について

1. 出版にかかわる費用の変化

「根の研究」

～2025 年 3 月

Word 入稿、組版＋著者校正（論文や菜根譚など） @200 円×ページ数

PDF 入稿（巻頭言など） @200 円×ページ数

2025 年 3 月～

Word 入稿、組版＋著者校正（論文や菜根譚など） @2,000 円×ページ数

PDF 入稿（巻頭言など） @500 円×ページ数

「Plant root」

～2025 年 3 月

組版代＋J-Stage 登載 1 件 7,000 円

2025 年 3 月～

組版代 @2,000 円×ページ数＋J-Stage 登載 1 件 5,000 円

2. 「根の研究」出版費用シミュレーション

毎号 80 部印刷（冊子会員数）。

発行費用（組版代＋印刷製本）¥120,000×4 回＋郵送費＝¥536,000（2024 年度実績）（上記に加えて J-stage への登載に 1 件あたり 5,000 円）

例：2024 年度根の研究 33 巻の組版代が必要なページ数

1 号 25 ページ

2 号 40 ページ

3 号 19 ページ

4 号 53 ページ

合計 137 ページ

2024 年度で支払った組版代@¥200 ¥27,400-

組版代@¥2,000 の場合 ¥274,000-

約 25 万円程度の支出増加

出版回数を4回から2回に削減の場合：

2024年度の4回発行の組版代以外の合計コスト＝¥508,600

¥508,600 ÷ 2 = ¥254,300 (組版代以外にかかるコストが半分)

¥254,300 + ¥274,000 = ¥528,300 (2024年と同じページ数を出版するとして組版代を加算)

参考：OAを選択した場合：20,000円／編 (但しOA作業費¥4,400／件が発生)

3. 「Plant Root」出版費用シミュレーション

年間5報を出版する場合：

以前

¥7,000 (／組版代 + J-Stage 登載) × 5 報 = ¥35,000

現行

組版代 @¥2,000 × 10 ページ × 5 報 = ¥100,000 (10 ページ組版が必要な場合)

J-Stage 搭載 ¥7,000 × 5 報 = ¥35,000

サーバー利用料 ¥1,671

計¥136,671／年

約¥27,500／報、1 報辺り約¥20,000 の費用増

参考：現在の APC：国内 20,000 円、海外 25,000 円 (5000 円は振込手数料分)

「根の研究」の発行形態について

「根の研究」については、2024 年度に発行回数に関するアンケートを行い、執行部と根の研究編集委員会で議論した結果、2026 年度から半年分の出版論文とその他の記事を束ねたものを冊子体（電子体）として**年 2 回発行**することとする。論文については、掲載までのスピードを重視し、**J-STAGE にて都度発行**とする（総会資料中の説明）。

発行回数削減の背景

- ✓ 発行経費を圧縮する必要性（組版代単価改定の影響で発行経費増加）
- ✓ インターネットを介したサービスが拡充する中、編集作業の効率化の必要性
- ✓ 投稿論文数が少ない現状で、各号に論文を掲載することが難しい場面が生じている

発行回数と形態

- ✓ 根の研究の特長として、単なる論文だけの学術雑誌と違って、報告や各種読み物、事務局からのお知らせなど根に関する多岐にわたる情報を含んでいること、冊子体会員が一定数（75 名／287 名 2025 年 5 月 28 日現在）いることから、冊子体（電子体）として年 2 回の発行が適当。
- ✓ 発行月は 6 月および 12 月とする。
- ✓ 論文は掲載までのスピードを重視し、J-STAGE にて都度発行とする。
- ✓ それ以外の記事や事務局からのお知らせは随時 ML 等で配信し、先に ML 等で配信した事務局からのお知らせは学会活動の記録として根の研究に掲載する。（予算に余裕がないため、J-STAGE 登録なし）
- ✓ アンケートの結果によると、2 回が最多であり、また 3 回以上との回答を含めると、2 回以上との回答は 8 割に達した。
- ✓ 発行回数を 2 回に削減すれば、印刷費用の削減効果で組版代の値上がり分をカバー可能。
- ✓ 日本学術会議学術協力団体の要件は、発行する「機関誌」が継続して年 1 回以上発行していること、学術の研究発表及び議論を主たる目的とする、主に査読付きの投稿論文等を掲載した論文誌であることが必要。
- ✓ 年 4 回発行の雑誌の業績が高く評価される研究機関はなかった。
- ✓ カレンダー を冊子体会員の付録にはしない。

Root Research 根の研究

編集委員長	福澤加里部	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
副編集委員長	松波 麻耶	岩手大学農学部
	神山 拓也	宇都宮大学農学部
編集委員	岩崎 光徳	農研機構・果樹茶業研究部門
	宇賀 優作	農研機構・作物研究部門
	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	篠遠 善哉	農研機構・東北農業研究センター
	辻 博之	農研機構・北海道農業研究センター
	仲田(狩野)麻奈	名古屋大学農学国際教育研究センター
	菱 拓雄	福岡大学理学部
	松村 篤	龍谷大学農学部
	南 基泰	中部大学応用生物学部
	山崎 篤	高崎健康福祉大学農学部
	山本 岳彦	農研機構・東北農業研究センター
上級編集補佐	島村 聡	農研機構・東北農業研究センター

事務局 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F
株式会社共立内 根研究学会事務局
Tel : 03-3551-9891
Fax : 03-3553-2047
e-mail : neken2025@jsrr.jp

根研究学会ホームページ <https://jsrr.jp>

年会費 電子版個人 3,000 円, 冊子版 (+ 電子版) 個人 4,000 円, 冊子版団体 9,000 円

根の研究 第 34 巻 第 3 号	2025 年 9 月 15 日印刷 2025 年 9 月 20 日発行
発行人：大橋瑞江 〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町 1 丁目 1-12	
兵庫県立大学 環境人間学部	
印刷所：株式会社共立 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F	

Root Research

Japanese Society for Root Research

Education

A guide to observing, recording and image analysis of spatial root distribution and root growth in the rhizobox

Shotaro TAMARU, Hinako SHIBA, Shota TERAMOTO, Takuya KOYAMA, Masako DANNOURA,
Ryouske TAJIMA, Ryo NISHIJIMA, Tomonori TSUNODA and Katsuhiko SHIONO 37