

新しいミニライゾトロンを森林土壌に適用した根の枯死生産量の測定

神戸大学大学院自然科学研究科 檀浦正子

1. はじめに

根系の成長発達・枯死・分解といった動態の解明は、近年の地球温暖化防止の観点から森林の二酸化炭素収支に関連して注目を集めている。ひとつは、森林の炭素固定に果たす役割で、根系による固定量の評価である。根系の成長量の推定は、掘り取りが前提となる。また掘り取りも根系全体を完全な形で掘り出すことは困難である。また掘り出しても根系の構造が複雑なため、成長量推定の方法が確立されていない。また近年、細根が注目され、量的には少ないが (Jackson *et al.*, 1997)、その生産量は高いとする報告もある (里村ら, 2001; Vogt *et al.*, 1982)。もうひとつは、森林の炭素収支の重要な部分を占める土壌呼吸に関連する部分である。土壌呼吸量は森林全体からの CO₂ 放出量の大きな部分を占めている (Lavigne *et al.*, 1997) が、土壌呼吸としてまとめて放出される 2 つの呼吸量、すなわち独立栄養呼吸である根系自身の呼吸と従属栄養呼吸である分解呼吸の分離は、森林の炭素固定能の評価に大きく影響する重要事項である。Hanson *et al.* (2000) は土壌呼吸に占める根呼吸の割合に関するレビューから、その割合は季節や植生によって 10-90% と、調査方法や場所によって大きく異なっていることを報告している。とくに細根については、生産量が高く、その成長・枯死・分解による動態は物質循環の重要な部分であり (Gill and Jackson, 2000)、同一林分内でも観察される土壌呼吸の大きな空間変動 (Tamai *et al.*, 2005) に影響を与えていることは否定できない。

このため、地下部を観察する手法の開発がも求められる。現在では地下部に埋設した透明チューブを用いて根系を観察するミニライゾトロンと呼ばれる手法が行われ (里村ら, 2001)、地下部の画像を採取して解析するという観点からの研究がある程度蓄積されつつある。しかし、ミニライゾトロンは非常に高価なうえに、採取できる画像が 1.6*1.8cm 程度と小さい。また、画像の採取には、埋設しておいたチューブの場所までカメラを持っていく必要があるため、測定間隔も 1 ヶ月に 1 回程度となっている研究例がほとんどである。本研究は、画像サイズの小ささ、および画像採取の高頻度化を実現するために、新しい根圏の画像採取手法を確立することを目的として行った。

2. 方法

植物体を植えたプランターに、市販のスキャナを埋設し (Canon、根系を観察した。スキャナは表面に対して斜めに埋設した。植物体には適宜灌水を行い、スキャナは水の浸入を防ぐため厚手ビニールで梱包した。

腐葉土および鹿沼土を 3 : 1 で混合した土壌に、里山で下層植生としてよく観察されるジャノヒゲを植栽したプランターと、芝目土とバーミキュライトを 3 : 1 で混合した土壌にダイズの種子を播種したプランターを使用した。ダイズのプランターでは化成肥料を N:P2O5:K2O=3 : 10 : 10 の割合で使用した。ジャノヒゲのプランターではおよそ 1 日に一回の頻度で画像データの回収を行い、ダイズのプランターでは 4 時間ごとに画像データの回収を行った。

3. 結果

1) マクروسケールでの根の可視

得られた画像の一例を下図に示す。可視範囲は A4 版スキャナによって従来のミニライゾトロンよりも格段に大きくなっている。

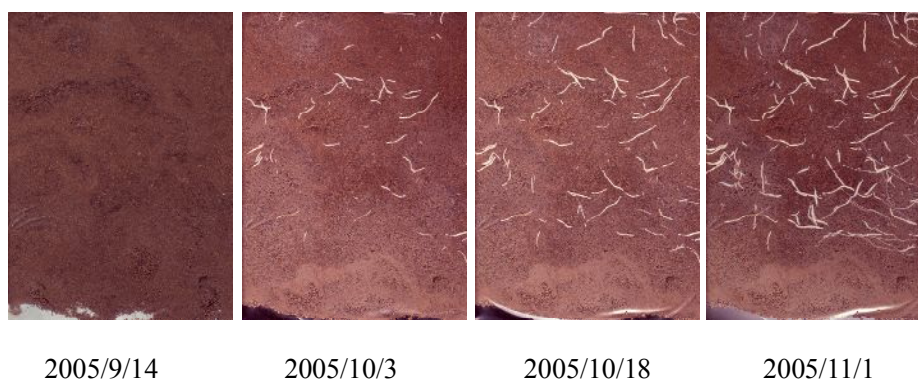


図 1. 得られたジャノヒゲの根の画像

2) ミクروسケールでの根の可視

今回使用したスキャナでの解像度は 1200*2400dpi と高画質であるため拡大機能によって細根の表面の特徴である根毛もはっきりと観察された。また種の違いによる根の形状の違いも観察できた。



図 2. 観察された根系の拡大図

ジャノヒゲ（左）では根毛が観察されるのに対し、ダイズでは根毛が観察されず、根直径はジャノヒゲよりも細い。

3) 根の伸長速度

根の成長速度を推定した。得られた画像を2値化し、黒色のドット数を数えることにより、根の成長速度とした。4時間おきに回収したダイズの花の画像データの一部を用いた。観測期間は2006年2月13日22時から3月11日6時である。

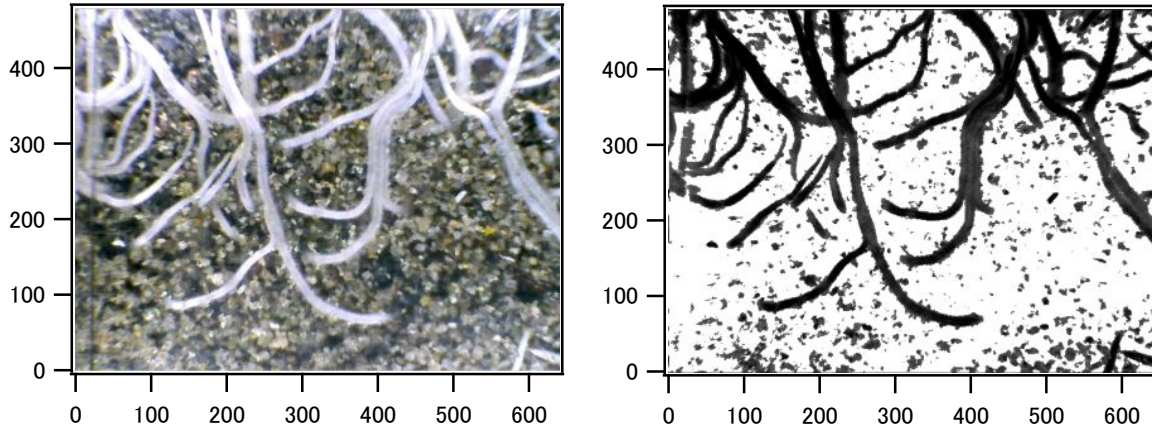


図3. 得られた画像の一部(左)を二値化した(右)

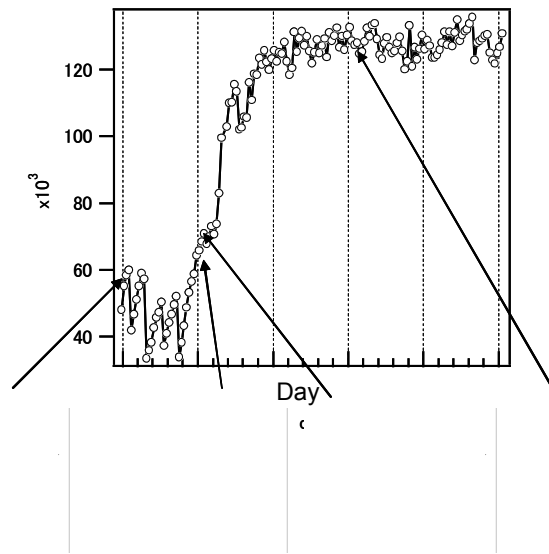
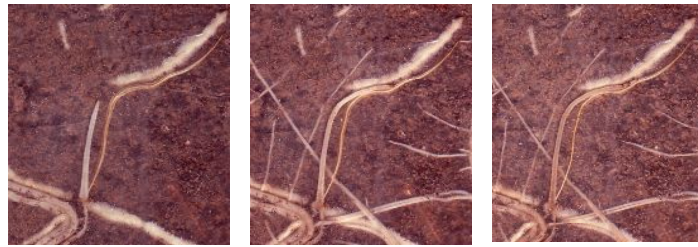


図4. 二値化した画像におけるドット数の時系列変化。
X軸の1メモリは1日を示す。

4. 今後の課題と研究の可能性

図4で見られるように、発根前の土壌や元画像上では成長が止まっている期間でもドット数に変動が見られる。これは土壌中の水分条件の違いによって、画像の色調に変化が現れるためであると考えられる。正確な根の伸長速度を推定する際には画像によって二値化処理を適切な設定にする必要がある。

根の色調の変化を観察することで白根の木化や、枯死も観察することができると考えられる。図5に観察された色の変化を示す。



2006/2/28

2006/3/21

2006/4/21

図5. 観察されたダイズの根の色の变化。

ダイズとジャノヒゲを混植した。中央部分に伸びてきたダイズ根（2006/2/28）が成長し白色に見えるが、成長が止まり（2006/3/23）、しばらくすると褐色に変色した（2006/4/21）。

地下部から供給されるリター量はいまだわかっておらず、測定手法の一つとして画像からの推定手法を確立することができれば、森林炭素循環を考えるうえで重要なパラメータを得ることができる。また、土壌呼吸において高い寄与率をもつ根からの呼吸に関しても活性の高い細根が大きな役割を示すことが報告されており（檀浦、2006）、細根の動態を観察し、成長の速度を知ることはこれらの現象を説明する一助となると考えられる。

いずれにせよ、細根の動態は伸長時の速度が速いことが観察より明らかになった。特に、図4で見られるように、成長のピーク時が存在し、4時間で5mm程度の根伸長も観察された。図5でも、1ヶ月で色の変化が観察された。以上から、特に細根に関しては、従来のような1ヶ月に1回程度の観察では、その期間に成長、枯死のサイクルが行われている可能性もあり、特に成長期には高頻度での観察が必要であると考えられる。

また、画像範囲が広く、分解能も高いので、土壌生物の観察にも適しており、様々な用途への応用も考えられる。

本研究期間内では、ビニールだけでは降雨に耐えられなかったため、野外での観測には成功していない。現在、野外での適応に耐えられうる防水カバーを作成中であり、画像データ回収の自動化による森林土壌での連続的な根の画像データの回収に取り組む予定である。

5. 引用文献

- Gill, R. A., and Jackson, R. B. 2000. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems *New Phytol* **147**, 13-31.
- Hanson, P. J., Edwards, N. T., Garten, C. T., and Andrews, J. A. 2000. Separating root and soil microbial contribution to soil respiration: a review of methods and observations. *Biogeochemistry* **48**, 115-146.
- Jackson, R. B., Mooney, H. A., and Schulze, E.D. 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Ecology* **94**, 7362-7366.

- Lavigne, M. B., Ryan, M. G, Anderson, D. E., Baldocchi, D. D., Crill, P., Fitzjarrard, D. R., Goulden, M. L., Gower, S. T., McCaughey, J. H., Rayment, M., and Striegl, R. G. 1997. Comparing nocturnal eddy covariance measurements to estimates of ecosystem respiration made by scaling chamber measurements at six coniferous boreal sites. *J. Geophys. Res. Atmospheres* **102**, 28977-28985.
- Vogt, K.A., Grier, C. C., Meier, C.A., and Edmonds, R.L. 1982. Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in western Washington. *Ecology* **63**, 370-380.
- 里村多香美, 中根周歩, 堀越孝雄 2001. ミニライゾトロンによる樹木細根の純生産の解明根の研究 10, 3-12.
- 玉井幸治, 小南裕志, 深山貴文, 後藤義明 2005. 山地小流域における地温、土壌含水率からの土壌呼吸量時系列データの推定とその空間変動-京都府南部における風化花崗岩地域の場合- 日本森林学会誌 87, 331-339.
- 檀浦正子, 小南裕志, 玉井幸治, 後藤義明, 上村真由子, 金澤洋一 2006. 京都府南部広葉樹林において短期間に測定された根呼吸量の土壌呼吸量に対する寄与の評価, 農業気象学会誌, 62(1), 15-21